



Disertační práce

Nástroje systematické kreativity ke zlepšování výrobních procesů

Studijní program:

P0788D270002 Technologie a materiály

Autor práce:

Ing. Vladimír Sojka

Školitel práce:

doc. Ing. Petr Lepšík, Ph.D.

Katedra částí a mechanismů strojů

Liberec 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že svou disertační práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé disertační práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou disertační práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé disertační práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li disertační práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má disertační práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

PODĚKOVÁNÍ

Předně bych chtěl poděkovat doc. Ing. Petru Lepšíkovi, Ph.D, za příkladné vedení a mentoring nejen při tvorbě této práce, ale i v průběhu celého doktorského studia.

Dále děkuji všem společnostem a odborníkům, se kterými jsem mohl spolupracovat v rámci řešení experimentální části práce. Ti umožnili provedení praktických experimentů, poskytovali cennou zpětnou vazbu k metodice a k nalezeným řešením. Především pak jmenovitě (bez titulů): Hana Šťastná (*Preciosa – Lustry, a.s.*); Martin Polák (*FläktGroup Czech Republic a.s.*); Martin Michajlec (*KNORR – BREMSE, Systémy pro užitková vozidla, CR, s.r.o.*); Roman Vinš, Lukáš Sak a Tomáš Douběta (*ŠKODA AUTO a.s.*); Jaroslav Tempír, Otto Mikšovský (*Preciosa, a.s.*); Zdeněk Pala (*GE Aviation Czech, s.r.o.*); Daniel Friš (*Preciosa Components*); Blanka Čebišová, Karel Kryslička (*Prusa Research, a.s.*); Alena Sojková (*Aletier Aleny Sojkové*); Vojtěch Hertík, Miroslav Pohořalý (*Ultra Clean Technology – Fluid Delivery Systems s.r.o.*).

Další poděkování patří specialistům, se kterými jsem mohl konzultovat odborné části práce, jako byla specifika materiálů, měření, nebo statistický přístup vyhodnocení experimentů.

Konzultace během návrhu metodiky – Asst. Prof. Anabela Carvalho Alves, Ph.D

Vlastnosti kubické zirkonie a proveditelnost nalezených námětů – Dr. Ing. Daniel Šída, Ing. Vladimír Šída, CSc. (*TU v Liberci*); Ing. Jiří Frimmel (*Preciosa, a.s.*).

Plánované experimenty a celkové vyhodnocení experimentů – prof. RNDr. Jan Pícek, CSc.

Měření povrchové kvality vzorků – Ing. Totka Nikolaeva Bakalova, Ph.D.

Na závěr bych chtěl také poděkovat Martinu Vandasovi za korekce anglických textů a Josefu Jínovi za korekci českého jazyka.

ANOTACE

Tato disertační práce na téma „Nástroje systematické kreativity ke zlepšování výrobních procesů“ se věnuje návrhu a ověření vlastní metodiky založené na nástrojích a principech systematické kreativity (TRIZ – Teorie řešení invenčních zadání) ke zlepšování produkčních procesů.

V disertační práci jsou stručně představeny současné hlavní směry zlepšování výrobních procesů, představena je rovněž teorie TRIZ.

Současné přístupy ke zlepšování procesů se zaměřují především na optimalizaci systému. Při hledání řešení procesního problému, nebo námětu na zlepšení, klasické metody vedou řešitele v hledání řešení ve směru psychologické setrvačnosti. Při použití nástrojů systematické kreativity jako jsou nástroje z teorie TRIZ, je možné nalézt vysoce inovativní řešení pro procesní problém, nebo nalézt inovativní námět při hledání lepšího procesního stavu.

V oblasti použití TRIZ pro zlepšování procesů byla provedena rozsáhlá literární rešerše zahrnující přes 160 zdrojů. Na základě výstupů literární rešerše byly stanoveny cíle disertační práce.

Hlavním cílem práce je vytvoření metodiky pro zlepšování průmyslových procesů, založené na principech teorie TRIZ.

V rámci plnění cílů byly nejprve vybrány vhodné nástroje a principy z teorie TRIZ. Na základě vybraných principů byla navržena nová metodika pro zlepšování procesů, případně pro řešení procesních problémů. Hlavní myšlenka metodiky vychází z konceptu ideality, kdy je snaha dosáhnout ideálního stavu procesu – tedy existuje požadovaný výstup procesu, ale proces neexistuje.

V rámci zhodnocení úspěšnosti použití metodiky byl také navržen nový procesní ukazatel a to procesní idealita, která vychází z původní rovnice ideality TRIZ.

Ověření funkčnosti navržené metodiky bylo provedeno v rámci několika experimentů na reálných procesech. Nejprve byly provedeny pilotní experimenty, kdy byl vybraný proces zlepšen pomocí běžných nástrojů (Lean, simulace). Na zlepšený stav byla poté aplikována navržená metodika s předpokladem, že pokud bude míra druhého zlepšení vyšší, navržená metodika je funkční a přináší radikálnější náměty na zlepšení procesů. Po pozitivních výstupech pilotních experimentů bylo provedeno poměrně mnoho verifikačních experimentů s cílem ověření funkčnosti metodiky na co nejrozmanitějším vzorku procesů, či procesních problémů.

Celkově bylo v této práci čerpáno z více než 300 literárních zdrojů.

Z výsledků vyplývá, že předpoklad funkčnosti navržené metodiky (tedy generování inovativních námětů na zlepšení procesu s vyšší výtěžností oproti současným přístupům) je naplněn.

Klíčová slova:

zlepšování procesů; inovace; TRIZ; systematická kreativita; řešení problémů;

ANNOTATION

This dissertation thesis on the topic of “Tools of Systematic Creativity for Improvement of Production Processes“ aims at the design and development of a new method based on tools and principles of systematic creativity (TRIZ – Theory of Inventive Problem Solving) to improve industrial processes.

In the thesis, the main current approaches to process improvement are introduced. Also, the TRIZ theory is shortly described.

Current approaches to process improvement are mainly focused on optimizing the production system. However, when searching for a solution to a problem, classic methods lead a solver in the way of psychological inertia. With the use of systematic creativity, such as TRIZ tools, highly innovative solutions can be found.

In the area of the use of TRIZ tools for process improvement, an extensive literature review containing more than 160 sources was done. Based on the results of the review, the goals of the thesis were set.

The main goal of the thesis is to develop a new method for the improvement of production processes based on principles from the TRIZ.

Suitable tools and principles from TRIZ were first chosen to follow the goals. From the chosen principles, a new method for process improvement, or process problem-solving, was designed. The main idea of the designed method is to aim for the ideal state of the process – there is demanded process outcome, but the process does not exist.

A new process metric (Process Ideality) was designed to evaluate the success of using the newly designed method. This metric is based on the original TRIZ ideality.

Several practical experiments on real production processes did verification of the designed method. Firstly pilot experiments were done, where processes were improved by classical approaches (lean, simulation, ...). On the improved state, the designed method was applied, assuming that if the rate of improvement of the second improvement is higher, the method is functional and provides more radical ideas for improvement. After the positive results of the pilot experiments, several more verification experiments were done to verify the functionality of this new method on different kinds of processes or process problems.

The results show the assumption that the method can generate more radical or innovative solutions to process problems or process improvement, compared with current approaches, is fulfilled.

Keywords:

Process improvement; innovation; TRIZ; systematic creativity; problem-solving;

Seznam zkratek, označení a symbolů

Seznam zkratek

<i>zkratka</i>	<i>význam</i>
3D	troj-rozměrný/třídídimenzionální
5S	utřídit, uspořádat, uklidit, určit pravidla, udržovat (z japonštiny: <i>seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke</i> ; anglicky: <i>sort, set in order, shine, standardize, sustain</i>)
5W1H	<i>What, Why, Where, Who, When, How</i> (česky: co?, proč?, kde?, kdo?, kdy?, jak?)
8D	8D report
A3	A3 report
AFD	<i>Anticipatory Failure Determination</i>
ANOVA	analýza rozptílu
ARIZ	algoritmus pro řešení invenčních zadání (z ruštiny: Алгоритм Решения Изобретательских Задач; anglicky: <i>Algorithm for Inventive Problem Solving</i>)
CECA	analýza příčinně-následkového řetězce (<i>Cause Effect Chain Analysis</i>)
CZ	kubická zirkonie (<i>Cubic Zirconia</i>)
CZK	české koruny
DFA	<i>Design for Assembly</i> (česky: návrh pro montáž nebo smontovatelnost)
DFM	<i>Design for Manufacturing</i> (česky: návrh pro výrobu nebo vyrobiteľnosť)
DFMA	návrh pro výrobu a montáž (<i>Design for Manufacturing and Assembly</i>)
DFSS	návrh pro Six Sigma (<i>Design for Six Sixma</i>)
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>
DOE	plánovaný experiment (<i>Design of Experiment</i>)
DTC	analýza rozměru, času a ceny, také systémový operátor (<i>Dimension, Time, Cost</i>)
FDM	<i>Fused Deposit Modeling</i>
FFT	rychlá Fourierova transformace (<i>Fast Fourier Transform</i>)
FMEA	analýza možného výskytu a vlivu vad (<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>)
FMECA	analýza možného výskytu, vlivu a kritičnosti vad (<i>Failure Mode Effects and Criticality Analysis</i>)
FMET	obchodní označení PVC (<i>polyvinylchlorid</i>) materiálu se specifickými vlastnostmi
FOS	funkce-objekt-subjekt
FOS	funkčně orientované vyhledávání (<i>Function Oriented Search</i>)
FR	fyzikální rozpor
G8D	Global 8D report
HVAC	<i>Heating, Ventilation, Air-Condition</i>
CHF	švýcarské franky
IFR	ideální konečné řešení (<i>Ideal Final Result</i>)
JIT	dodávání materiálu právě v čas (<i>Just-In-Time</i>)
KLT	standardizovaný typ plastových přepravních boxů (z němčiny: <i>kleine ladung transporter</i> , tj.: přepravka na malý náklad)
LAN	lokální počítačová síť (<i>Local Area Network</i>)
LSS	Lean Six Sigma
MMC	modelování s malými človíčky
MOST	<i>Maynard Operation Sequence Technique</i>
MS	Microsoft
MSA	ověření systému měření (<i>Measurement System Analysis</i>)
MTM	<i>Movement Time Measurements</i>
MTM-1	specifická úroveň detailu z metodiky MTM
NLP	<i>Neuro-Linguistic Programming</i>
NM	<i>Nakayama, Masakazu</i>
NOK	neshodné díly
NVA	hodnotu nepřidávající (<i>Non-Value Adding</i>)
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i> (zlepšovateľský cyklus: naplánuj-proveď-ověř-jednej)
PEI	<i>Polyetherimid</i>
PVFD	<i>polyvinylidenfluorid</i> nebo <i>polyvinylidendifluorid</i>
QFD	<i>Quality Function Deployment</i> (česky také dům kvality)
RCA	analýza kořenových příčin (<i>Root Cause Analysis</i>)
RCA+	analýza kořenových konfliktů (<i>Root Conflict Analysis</i>)
SAPB	<i>Systematic Approach of Pahl and Beitz</i> (systematický přístup dle Pahla a Beitze)

SD	SD karta – paměťové medium (<i>Secure Digital</i>)
SIPOC	<i>Supplier-Input-Process-Output-Customer</i>
SLA	<i>Stereolitography</i>
SLM	<i>Selective laser Melting</i>
SLS	<i>Selective Laser Sintering</i>
SMED	rychlé přeseřizování výroby (<i>Single Minute Exchange of Dies</i>)
Su-Field, S-Field, S-F	<i>Substance-Field analysis</i> (česky: analýza látek a polí)
SWOT	<i>Strenghts, Opportunities, Weaknesses, Threats</i>
TESE	trendy evoluce technických systémů (<i>Trends of Engineering System Evolution</i>)
TOC	teorie omezení (<i>Theory of Constraints</i>)
TPM	totálně produktivní údržba (<i>Total Productive Maitenance</i>)
TPS	výrobní systém firmy Toyota (<i>Toyota Production System</i>)
TR	technický rozpor
TRIZ	teorie řešení invenčních zadání (z ruštiny: Теория Решения Изобретательских Задач; anglicky: <i>Theory of Inventive Problem Solving</i>)
TUL	Technická univerzita v Liberci
TZ	tažné zařízení
UCT	<i>Ultra Clean Technology</i>
UI	umělá inteligence
USD	americké dolary
UV	ultrafialový (<i>Ultra Violet</i>)
VA	hodnotu přidávající (<i>Value Adding</i>)
VA-index	index přidané hodnoty (<i>Value Adding index</i>)
VE	hodnotu umožňující (<i>Value Enabling</i>)
VSM	mapování hodnotového toku (<i>Value Strem Mapping</i>)
WOS	<i>Web of Science</i>
YSZ	ytriem stabilizovaná zirkonie (<i>Yittrium Stabilised Zirconia</i>)

Seznam označení a symbolů

<i>označení</i>	<i>jednotky</i>	<i>význam</i>
B	-	užitečné funkce/efekty (<i>benefits</i>)
CO ₂	-	oxid uhličitý
D _n	-	n-tý rozdíl mezi hodnotami porovnávaných pravděpodobnostních rozdělení podle <i>Kolmogor-Smirnov</i> testu
E	<i>kWh</i>	energie potřebná pro vytvoření požadovaného výstupu procesu
Eq	-	potřebné vybavení pro vytvoření požadovaného výstupu procesu
F	<i>CZK/ ...</i>	finanční náklady potřebné pro vytvoření požadovaného výstupu procesu
F	-	funkce rozložení datového vzorku
F _n	-	hodnota n-tého prvku funkce rozložení datového vzorku
H	-	škodlivé funkce/efekty (<i>harms</i>)
I	-	Idealita (technického systému)
I _p	-	idealita procesu
I _{p0(R)}	-	idealita procesu - referenční stav procesu
I _{p0r}	-	idealita procesu - referenční stav procesu (reálné hodnoty)
I _{p1}	-	idealita procesu - zlepšený stav procesu (po přepočtu)
I _{p1r}	-	idealita procesu - zlepšený stav procesu (reálné hodnoty)
M	<i>m/m²/l/kg/...</i>	materiál potřebný pro vyrobení požadovaného výstupu procesu
NI	-	potřebované vstupy procesu (<i>needed inputs</i>)
NO	-	negativní výstupy procesu (<i>negative outcomes</i>)
NOK	-	neshodné díly vystupující z procesu (vztaženy na jednotu požadovaného výstupu procesu)
O	-	ostatní nežádoucí výstupy procesu (vztaženy na jednotu požadovaného výstupu procesu)
P	-	počet pracovníků potřebný pro vytvoření požadovaného výstupu procesu
PO	-	pozitivní výstupy procesu (<i>positive outcomes</i>)
PO _D	-	požadovaný pozitivní výstup procesu (<i>demanded PO</i>)
PO _E	-	pozitivní výstupy nad rámec očekávání (<i>extra PO</i>)
S _a	<i>μm</i>	aritmetický průměr výšky zkoumaného povrchu
S _e	-	bezpečnostní riziko pro prostředí způsobované procesem
S _{ku}	-	špičatost zkoumaného povrchu
S _p	-	bezpečnostní riziko pro osoby způsobované procesem
S _p	<i>μm</i>	maximální výška vrcholu zkoumaného povrchu
S _q	<i>μm</i>	kvadratický průměr výšky zkoumaného povrchu
S _{sk}	-	šikmost zkoumaného povrchu
S _v	<i>μm</i>	hloubka nejnižšího bodu zkoumaného povrchu
S _z	<i>μm</i>	rozsah mezi nejvyšším bodem a nejnižším bodem ve zkoumané ploše povrchu
T	<i>min/hod/...</i>	čas pro vytvoření požadovaného výstupu procesu
W	<i>m/m²/l/kg/...</i>	odpadní materiály vystupující z procesu (vztaženy na jednotu požadovaného výstupu procesu)
X _{0r}	-	index pro porovnání veličin procesu (reálné hodnoty původního stavu procesu)
X _{1r}	-	index pro porovnání veličin procesu (reálné hodnoty zlepšeného stavu procesu)
X _{2r}	-	index pro porovnání veličin procesu (reálné hodnoty inovovaného stavu procesu)
Y ₂ O ₃	-	oxid yittria
ZrO ₂	-	oxid zirkoničitý
ΔL	<i>μm</i>	šířka měřeného škrábance
ΔZ	<i>μm</i>	hloubky měřeného škrábance
Φ	-	referenční pravděpodobnostní rozložení

OBSAH

1 Úvod	1
1.1 Struktura disertační práce.....	2
2 Současný stav poznání	4
2.1 Vymezení základních pojmů.....	4
2.2 Teoretický základ.....	5
2.2.1 Přístupy pro zlepšování výrobních procesů	5
2.2.2 Základy z Teorie Řešení Invenčních Zadání (TRIZ)	11
2.3 Literární řešerše – Použití TRIZ ke zlepšování produkčních procesů	15
2.3.1 TRIZ a zlepšování procesů.....	15
2.3.2 TRIZ a navrhování procesů.....	18
2.3.3 TRIZ a řešení procesních problémů	19
2.4 Výstupy literární řešerše	20
3 Cíle disertační práce	22
3.1 Hlavní cíl práce	22
3.2 Vedlejší cíle práce.....	22
4 Postup k naplnění cílů	23
4.1 Použité vědecké metody.....	26
5 Návrh vlastní metodiky pro zlepšování procesů	28
5.1 Metodika pro řešení procesních problémů	28
5.2 Algoritmus pro inovaci produkčních systémů	35
5.3 Procesní idealita jako nová metrika	36
5.4 Podpůrná aplikace	39
5.5 Souhrn navržených nástrojů.....	40
6 Experimentální ověření navržené metodiky	41
6.1 Pilotní experimenty	41
6.1.1 Preciosa – Lustry: Proces balení skleněných sestav.....	41
6.1.2 FläktGroup – Czech Republic: montáž tepelných výměníků.....	51
6.1.3 Závěry z pilotních experimentů.....	59
6.2 Ověřovací experimenty	60
6.2.1 FläktGroup – Czech Republic: problém s přepravou výměníků.....	60
6.2.2 Ateliér Aleny Sojkové: problémy s výrobou prototypů	63
6.2.3 Knorr – Bremse: problém se zasekávajícími se pružinami	71
6.2.4 Škoda AUTO: problém s montáží tažného zařízení.....	76
6.2.5 Škoda AUTO: problém s montáží držáků dělicích sítí.....	80
6.2.6 Škoda AUTO: lepení karosářských dílů na svařovně	83
6.2.7 Preciosa: proces dělení kubické zirkonie	86
6.2.8 Preciosa: problém s čištěním distančních kroužků.....	95
6.2.9 Preciosa: proces lepení broušených kamenů.....	99
6.2.10 GE Aviation: proces balení disků.....	106
6.2.11 Prusa Research: proces lepení ultem folie.....	110
6.2.12 Prusa Research: procesy na tiskové farmě	114
6.2.13 Ultra Clean Technology: dělení deskového materiálu	123
6.2.14 Ultra Clean Technology: oprava poškrábaných dílů.....	127
6.2.15 Ateliér Aleny Sojkové: výroba černých očí	134
6.3 Vyhodnocení experimentální části.....	143
6.4 Ověření použitelnosti na celý produkční systém.....	145
6.4.1 Preciosa-Lustry: návrh inovace celého produkčního systému	145
6.5 Ověření snadnosti použití metodiky.....	149
6.5.1 Studenti inovačního inženýrství: zasekávající se pružiny	149
6.5.2 Studenti inovačního inženýrství: přeprava tepelných výměníků	150

6.5.3	Vyhodnocení snadnosti použití	152
7	Výsledky	153
7.1	Diskuse.....	158
8	Přínosy disertační práce	163
8.1	Přínosy pro vědní obor	163
8.2	Přínosy pro praxi.....	163
9	Závěr	164
9.1	Závěry disertační práce	164
9.2	Návrh dalšího postupu.....	165
	Reference	166
	Seznam publikací autora	184
	Přílohy	186

1 ÚVOD

Tématem této práce je výzkum v oblasti zlepšování produkčních procesů. Výzkum se zaměřuje na využití principů systematické kreativity pro generování námětů na zlepšování procesů. Systematická kreativita je v tomto případě zastoupena především nástroji a principy z teorie TRIZ (Teorie řešení invenčních zadání).

Systémy neustálého zlepšování, optimalizace procesů, Lean manufacturing, Six Sigma, nebo systémy Kaizen. To jsou některé nejrozšířenější přístupy, jak zlepšovat aktivity ve společnostech. Pomocí zmíněných metod lze dosáhnout poměrně dobrých výsledků. Problém může nastat ve fázi hledání řešení pro zlepšení procesů. Existuje mnoho způsobů, jak systematicky analyzovat produkční procesy, a identifikovat problémy, úzká místa nebo jiné slabiny. Návrhy na samotná zlepšení nebo vyřešení problémů jsou bohužel často založeny pouze na odhadech a předešlých zkušenostech řešitelů – tedy bez systematického přístupu.

Problémem při běžném způsobu hledání nových řešení ve zlepšovatelských projektech je, že se ve většině případů využívá nástrojů jako je brainstorming nebo nástrojů, které jsou na principu brainstormingu založené. Tyto konvenční metody hledání řešení nemusí vždy vést k nejlepšímu řešení. Řešitelský tým navrhuje řešení na základě předešlých zkušeností. To může být vhodné při řešení známých problémů. Pokud je ale problém náročnější, navrhované náměty směřují směrem psychologické setrvačnosti, který nebývá stejný, jako směr kde se nachází ideální řešení – směr evolučního vývoje technického systému.

Slabina ve hledání nových řešení během zlepšovatelských projektů je v rámci této práce shledána jako příležitost ke zlepšení. Je předpokládáno, že pomocí principů systematické kreativity bude možno zlepšit proces hledání nových řešení, tak aby nebyl ovlivněn psychologickou setrvačností řešitelů, a nová řešení směřovala ve směru rozvoje technických systémů. Motivem této práce je navrhnutí nového – systematického přístupu pro efektivnější zlepšování výrobních procesů. A to díky principům z teorie TRIZ.

Předpokladem je, že při využití principů z TRIZ pro zlepšování produkčních procesů by mělo být dosaženo výrazně vyšší výtěžnosti zlepšovatelských projektů oproti zlepšení plynoucího při použití současných metod.

V rámci zaměření tématu této práce bylo stanoveno několik počátečních výzkumných otázek.

- Byl již TRIZ, nebo jeho části použity ke zlepšování procesů? A pokud ano, jak a s jakými výsledky?
- Které principy, metody a nástroje z TRIZ by měli být pro zlepšování procesů použity?
- Měl by být TRIZ zkombinován s jinými nástroji?
- Bude při použití TRIZ dosaženo lepších výsledků?

Navrženými cíli je nalézt odpovědi na tyto otázky a na základě odpovědí navrhnout způsob jak využít principy z TRIZ k efektivnějšímu zlepšování výrobních procesů.

Z výstupů této práce lze očekávat několik přínosů. Očekávají se především přínosy praktické. Systematický přístup a využití principů systematické kreativity přinese větší výtěžnost zlepšovatelských projektů. Díky tomu lze předpokládat rychlejší vývoj procesů v produkčních společnostech, následně také rychlejší zlepšení jejich ekonomických faktorů. Během zlepšování procesu může být také dosaženo zlepšení spokojenosti pracovníků, díky zlepšení stavu bezpečnosti, ergonomie a ekologičnosti procesů. Přínosy z hlediska vědeckého poznání jsou očekávány především díky rozšíření aplikace systematické kreativity (TRIZ) v novém poli působnosti a to v oboru zlepšování produkčních procesů – v poli průmyslového inženýrství.

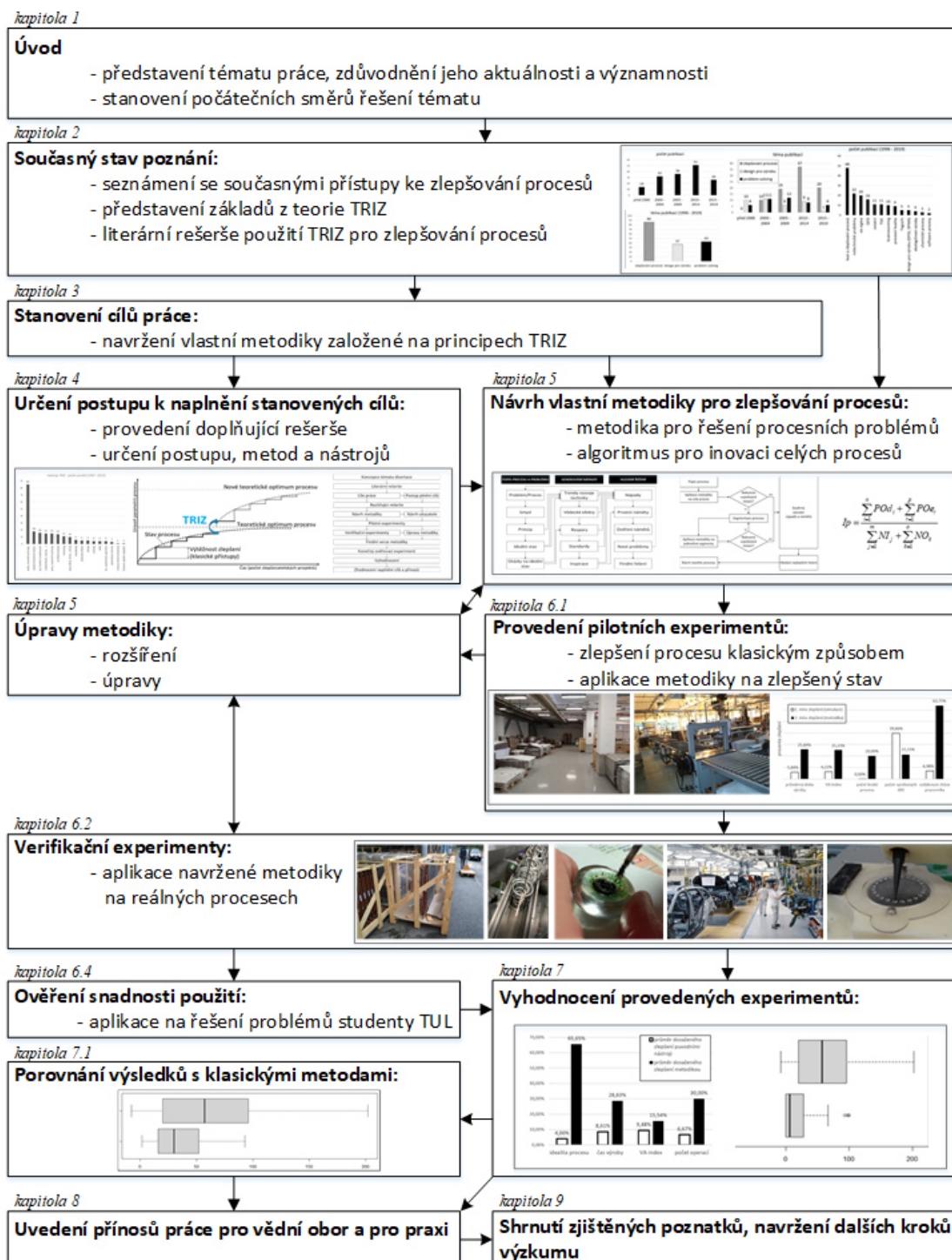
1.1 Struktura disertační práce

Po seznámení se současnými základy přístupů ke zlepšování výrobních procesů a seznámení s principy TRIZ, bylo nutno ověřit, zda je téma práce aktuální a významné. Proto jedním z prvních kroků bylo provedení rozsáhlé literární rešerše. Literární rešerše byla zaměřena především na použití TRIZ pro zlepšování produkčních procesů nebo pro zlepšování procesů souvisejících s výrobou.

Na základě výstupů literární rešerše byly stanoveny cíle disertace, poté byl sestaven postup jak těchto cílů dosáhnout.

Pro naplnění cílů byla nejprve navržena prvotní verze nové metodiky založené na principech TRIZ. Tato metodika byla aplikována na modelovém příkladu již zlepšeného procesu balení skleněných sestav. Jiný proces, montáž tepelných výměníků, byl nejprve zlepšen pomocí nástrojů počítačové simulace a poté i na tento proces byla aplikována nově navržená metoda. Během, a po těchto pilotních experimentů byla metodika upravena tak aby mohla být používána pokud možno univerzálně.

Po Vyhodnocení pilotních experimentů a zobecnění navržené metodiky následovala verifikace metodiky na několika dalších problémech a procesech v praxi. Výsledky ze všech aplikací metodiky byly souhrnně vyhodnoceny a porovnány s konvenčními přístupy. Po ověření funkčnosti metodiky byly shrnuty výsledky a přínosy této práce. Přehled této práce je vyobrazen na schématu (viz. Obr 1-1).



Obr. 1-1: Struktura disertační práce

2 SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

Tato kapitola poskytuje čtenáři informace potřebné k zabřednutí do tematiky disertační práce. Představuje stručný teoretický základ současných metod pro zlepšování procesů a seznamuje s teorií TRIZ. Po krátkém seznámení s teorií následuje rozsáhlá rešerše stavu poznání v oblasti využití systematické kreativity ke zlepšování výrobních procesů nebo procesů s výrobou souvisejících.

2.1 Vymezení základních pojmů

Pro jednoznačnou interpretaci jsou zde popsány základní pojmy používané v disertaci.

Proces – soustava aktivit, jež mění vstupy na požadované výstupy, může se týkat produktu nebo služby.

Výrobní proces – je takový proces, kdy v rámci procesních aktivit dochází k přeměně materiálových vstupů. Ucelený výrobní proces začíná vstupním materiálem a končí zhotoveným produktem.

Produkční proces – je takový proces, který může zahrnovat jak výrobní aktivity (tedy přeměnu materiálových vstupů), tak ostatní aktivity ne přímo související s výrobou (jako například návrh výrobku, plánování, a jiné). Ucelený produkční proces začíná objednávkou a končí doručením produktu, případně i služby.

Průmyslový proces – je takový produkční proces, využívající chemické, fyzikální, elektronické, nebo mechanické principy k přeměně materiálu. Zároveň je obvykle prováděn ve velkém měřítku. Průmyslový proces může být chápán jako podkategorie výrobních procesů.

Štíhlá výroba (*Lean manufacturing*) – je koncept výroby s cílem eliminace všeho nepotřebného k vyprodukování, případně doručení, požadovaného produktu či služby. Štíhlá výroba, neboli Lean, vychází z konceptu produkčního systému firmy Toyota (TPS – *Toyota Production System*).

Takt (*takt time*) – je čas požadované frekvence výstupu dílů z montážní linky. Takt je možné stanovit časem výroby poděleným požadovaným počtem vyrobených dílů. Na montážních (případně výrobních) linkách jsou pak jednotlivé stanoviště navrhovány tak, aby doba trvání aktivit na pracovišti korespondovala s taktem.

Zlepšení procesu – je změna procesu k lepšímu stavu. To může být například snižováním výrobního času, redukcí aktivit, redukcí počtu vznikajících defektů, a dalšími způsoby. Obecně by se dalo říci, že zlepšováním je snaha dosáhnout vyšší míry produktivity, proces lze ale také zlepšovat z hlediska vedlejších parametrů jako je například bezpečnost nebo ekologická zátěž.

Optimalizace procesu – je zlepšení procesu, kdy je snaha přiblížit se takzvanému optimálnímu stavu procesu, kdy jsou parametry procesu nastaveny tak aby bylo docíleno nejvýhodnějšího stavu daného procesu. Optimální stav je stavem, kdy žádný parametr procesu již nemůže být dále zlepšován bez toho, aniž by docházelo ke zhoršení jiného parametru.

Inovace procesu – je zlepšení procesu zahrnující radikálnější změny, to může být například změna technologie.

Nápad/idea na zlepšení – je hrubá myšlenka, nebo koncept, která udává směr, kde by se dalo hledat řešení daného problému (například řešení na zlepšení procesu).

Námět – je hlouběji rozpracovaný nápad na zlepšení. Oproti obecnému nápadu je námět již více konkrétní a popisuje detailnější způsob případného řešení daného problému. Námět ovšem stále není řešení.

Ověření (námětu) – je aktivita sloužící k prověření funkčnosti, nebo proveditelnosti navrhovaného námětu. Může se jednat o konzultaci s odborníkem, řešeršní práci, nebo reálné testování (například pomocí „proof of concept“, funkčních vzorků, nebo měření).

Ideální stav procesu – je takový stav, kdy je naplněna požadovaná funkce procesu, ale proces neexistuje. (Definice ideality vychází z teorie řešení invenčních problémů - TRIZ).

Sledovaný parametr procesu – je takový parametr, který je během zlepšovacích aktivit sledován. Tedy parametr, který je snaha na procesu zlepšit.

Technický systém – je funkční celek (výrobek, stroj, proces, ...), který je složen z propojených prvků. Smyslem technického systému je plnit požadovanou funkci. Znakem technického systému je, že vlastnosti systému přesahují prostý součet vlastností jeho prvků.

Funkce – je zpravidla užitečná aktivita, prováděna mezi prvky technického systému nebo jeho okolí. Funkce může být vyjádřena jako aktivita mezi pomyslným nástrojem a objektem, na který nástroj působí. Funkce mohou být dále členěny na užitečné, nedostatečné, nadbytečné, škodlivé, hlavní, vedlejší. V případě procesní problematiky pak ještě na funkce (aktivity) produktivní, podpůrné, opravné, a škodlivé.

Látka (substance) – jako látky (nebo substance) jsou označeny hmoty, přítomné v technickém systému nebo jeho okolí. To mohou být různé materiály, částice, prvky, ale například i „prázdnost“.

Pole (field) – je chápáno jako rozšířený význam fyzikálního pole, tedy v prostoru působící energie. Jinak řečeno jedná se o prostorově rozložené působení určité veličiny. Pole může být například: mechanické, akustické, teplotní, chemické, elektrické, magnetické, elektro-magnetické, světelné, biologické, ale může zde být zařazen například i proud tekutin, gravitace a další.

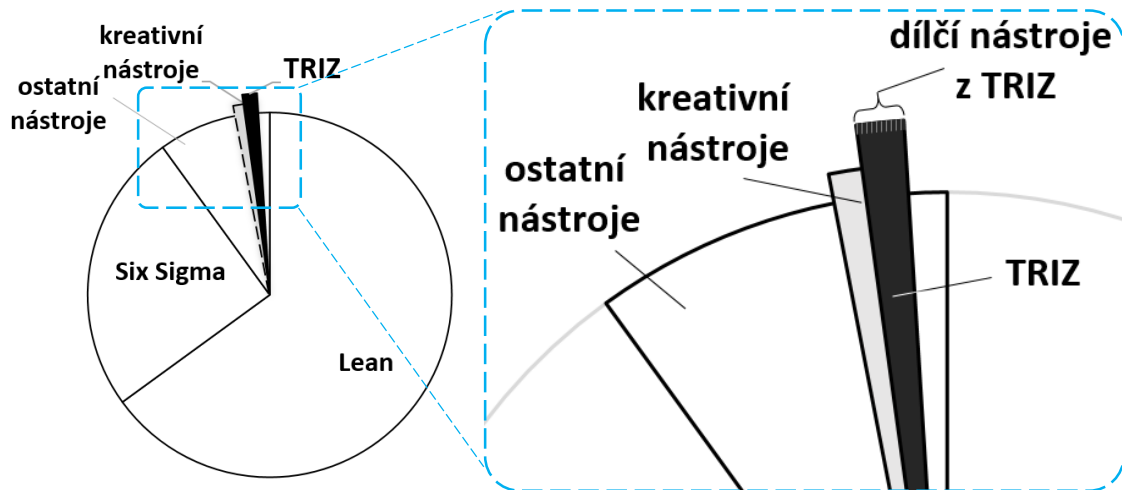
2.2 Teoretický základ

Teoretický základ má za úkol čtenáře krátce zasvětit do hlavních směrů konvenčního zlepšování procesů a seznámit se systematickou kreativitou. Kapitola poskytuje znalosti potřebné k jasnému pochopení dalších postupů.

2.2.1 Přístupy pro zlepšování výrobních procesů

Nejzásadnějšími směry zlepšování procesů jsou Lean manufacturing, neboli Štíhlá výroba, a Six Sigma. Kromě zmíněných zde budou krátce popsány i další přístupy používané pro zlepšování v praxi.

Obecně lze zlepšovateľské nástroje rozdělit dle mnoha kritérií. Nástroje mohou být děleny dle zaměření, zda se spíše zaměřují na redukci časů, nebo například snižování míry defektů. Dále lze nástroje dělit dle toho, zda jsou zaměřeny na drobná zlepšení nebo radikální změny. Jiné nástroje mohou být optimalizační, zato další inovační. Nástroje mohou být založeny na tzv. selském rozumu, nebo na systematickém postupu a analýze. Aby se čtenář lépe orientoval v oblasti zlepšovateľských nástrojů a TRIZ na obrázku (Obr. 2-1) následuje schématické vyobrazení přibližného poměru počtu nástrojů. Největší zastoupení nástrojů zaujímají právě nástroje z metodik Lean, a Six Sigma, z ostatních nástrojů potom lze vyčlenit malou oblast nástrojů založených na kreativě – respektive technické kreativě, kdy větší část těchto kreativních nástrojů je zahrnuta právě v teorii TRIZ. TRIZ samotný se potom skládá z mnoha dalších dílčích nástrojů, ze kterých budou pro řešení této práce použity pouze vybrané nástroje.



Obr. 2-1: Vizualizace nástrojů TRIZ v porovnání s množinou zlepšovateľských nástrojů.

Jednotlivé přístupy a jejich nástroje jsou popsány v následujícím textu.

Lean manufacturing

Lean production nebo Lean manufacturing je organizačně manažerská metodika, jež vychází z konceptu *Toyota Production System* (TPS) [1, 2]. Hlavními aspekty tohoto systému jsou neustálé zlepšování a respekt k lidem. Tento systém je často reprezentován domem se dvěma pilíři: *Just-in-time* (JIT)¹ a *Jidoka*², neboli autonomie viz obrázky (Obr. 2-2). Tyto pilíře obsahují mnoho nástrojů, k podepírání celého domu [3]. Ve střeše tohoto domu jsou cíle pro dosažení, těmito cíli jsou: nejlepší kvalita, nejnižší náklady, nejkratší výrobní čas, nejlepší bezpečnost a vysoká morálka [4]. K dosažení těchto cílů, se musejí společnosti neustále zlepšovat. To znamená neustálá eliminace plýtvání [5]. Plýtvání lze rozdělit do tří hlavních typů: *muda*, *muri* a *mura*.

Muda zastupuje běžné plýtvání, vykonávání zbytečných a bezúčelných aktivit. Existují tři typy aktivit: 1) Hodnotu přidávající, což jsou aktivity, za které je zákazník ochoten zaplatit; 2) Hodnotu nepřidávající aktivity, neboli plýtvání, to jsou všechny aktivity, které nepřidávají hodnotu z pohledu zákazníka – tedy zákazník není ochoten za tyto aktivity platit; 3) Hodnotu nepřidávající, ale nutné aktivity, což jsou aktivity, které nepřidávají hodnotu, ale je nutné je z nějakého důvodu provést. Plýtvání *muda* lze dále rozdělit na další kategorie, neboli druhy, plýtvání. Původní dělení obsahuje sedm druhů: nadvýroba (*overproduction*), čekání (*waiting*), nadbytečné přemísťování (*transport*), nadměrné zpracování (*overprocessing*), nadbytečné zásoby (*inventory*), zbytečné pohyby (*motion*) a vady (*defects*). V současné době je k těmto typům plýtvání často přiřazován osmý druh a to: nevyužitý potenciál zaměstnanců (*skills*). Krom toho lze tento seznam rozšířit o další méně používané kategorie jako je například: nadměrná administrativa, nevyužitá tržní příležitost, nejasná strategie, nebo plýtvání energiemi [3]. *Muri* zastupuje přetěžování lidí nebo vybavení. Spočívá v respektu k lidem ale i jejich okolí, to znamená využívání všech zdrojů v přirozených limitech, přetěžování vede k problémům s bezpečností, zdravím, ale i nekvalitou a vede k neudržitelnosti systému [3]. Produkce s plýtváním znamená přetěžování lidí, strojů ale i prostředí, vytěžování více než je potřeba. Proto, někteří autoři považují Lean Production nejen jako nástroj pro zlepšení pracovních podmínek ale i životního prostředí. [6, 7]. *Mura* reprezentuje nevyváženost výroby. Je následkem nerovnoměrného zatěžování systému. To je způsobeno například nepravidelným plánem nebo kolísajícím objemem výroby. Následkem jsou situace, kdy lidé nestíhají a jsou přetěžováni, nebo je naopak málo práce. [3]

¹ *Just-in-time* je založen na tom, že je nutné provádět všechny aktivity ve správném čase, na správném místě, ve správném množství, a v požadované kvalitě. K tomu se dále využívá mnoho nástrojů spadajících do metodiky Lean.

² *Jidoka* spočívá v autonomii, nebo samosprávě dílčích částí výrobního systému. To může znamenat například automatické zastavení výroby, v případě nalezených neshod, a podobně.

Lean lze také popsat a implementovat pomocí principů Lean Thinking. Lean Thinking je filozofie ze které vychází Lean Production. Principy Lean Thinking, které je nutno dodržovat jsou: hodnota (*value*), hodnotový tok (*value stream*), průtok (*flow*), systémy tahu (*pull*), a dosahování perfektního stavu (*perfection*). [8].



Obr. 2-2: Dům reprezentující systém výroby firmy Toyota (TPS) [9]

Mezi nástroje a metodiky používané v rámci Lean se řadí: eliminace plýtvání, časové snímky, 5S, Spaghetti diagram, Value Stream Mapping (VSM), Kanban, Poka Yoke, Standardizace práce, SMED, TPM, vizuální management, systémy neustálého zlepšování (kaizen), 5x proč, PDCA, balancování výroby, A3 report a další.

[3, 10–16]

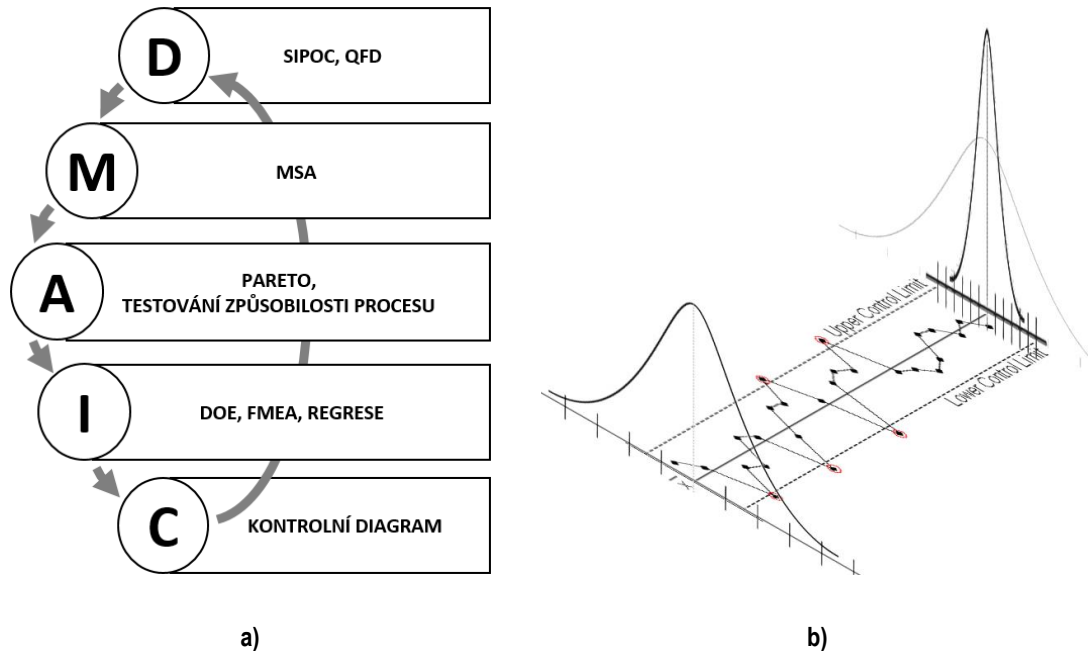
Six Sigma

Six Sigma je metodika pro zlepšování procesů založená na sběru dat. Název Six Sigma vyplývá ze statistiky, jež stojí za touto metodikou. Obecnou snahou je snížení variability výstupů procesu na úroveň ± 6 sigma normálního rozložení. Výsledkem je zredukování defektů na pouhé 3,4 defektu z jednoho milionu vyrobených produktů. Chybovost je tak takřka nulová. Způsob pro aplikování metodiky Six Sigma je pomocí zlepšovateľského cyklu DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). [17–19]

Define se zaměřuje na definování hlavních cílů projektu. *Measure* je fáze projektu, kdy se sbírají data, mapuje se proces, měří se výstupy. Důležitým aspektem této fáze je ověření systému měření tzv. MSA (*Measurement System Analysis*), kdy se zjišťuje, zda jsou sbírané hodnoty z procesu měřeny správně, tj. opakovatelně a reprodukovatelně [20].

Analyze se zaměřuje na práci s naměřenými daty. Data z procesu jsou analyzována s cílem získat jasné informace o procesu. Díky interpretaci dat lze snadno objevit problémy a slabá místa v procesu. *Improve* fáze se zaměřuje na generování řešení pro nalezené problémy z analýzy a

měření. Nejčastěji probíhá formou brainstormingu a podobných metod pro generování nápadů. Po výběru nejlepších řešení je plánována implementace změn pro zlepšení procesu. *Control* je finální fáze, kdy se zlepšený proces nastavuje tak, aby zůstal ve zlepšeném stavu. Tato činnost se provádí pomocí standardizace. Po aplikaci standardů se proces předává zpět původnímu majiteli. [17–19]



Obr. 2-3: a) Cyklus DMAIC a vybrané nástroje používané v jednotlivých fázích; b) Vizualizace snižování variability výstupu procesu.

V praxi se lze také setkat s kombinací Lean/Six Sigma. Tato metodika využívá benefitů z obou zlepšovateľských směrů. Širokou filozofickou základnu z Lean Production a daty řízený proces zlepšování ze Six Sigma. [21, 22]

Mezi nástroje a metodiky používané v rámci Six Sigma projektů patří: MSA, časové snímkování, statistické vyhodnocování výstupů, ANOVA, Pareto analýza, histogram, Ishikawa diagram, plánovaný experiment (DOE), Control chart, standardizace, SIPOC, DMAIC, a další.

[17–19, 21, 23, 24]

Simulace výrobních systémů

Mezi novější přístupy ke zlepšování produkčních procesů a systémů patří použití počítačové simulace. Simulace výrobních systémů využívá počítačový model systému k predikci, experimentování a odlaďování procesu. Simulace může být popsána jako experimentování se zjednodušenými virtuálními napodobeninami systému, jeho operací a jejich průběhu v čase, s cílem lepšího poznání a zlepšování daného systému. Simulace cílí na získání výsledků přenositelných na reálný systém. [25–27]

Simulace využívá počítačové modelování k virtuálnímu testování výrobních metod a procedur, jako je výroba, montáž, skladování nebo transport. Výsledkem je redukce časů a nákladů oproti nákladům vzniklým během testování v reálném výrobním systému. [28, 29]

Postup na tvorbu simulace může být popsán kroky, kdy vybereme reálný systém, ze kterého sbíráme data, poté následuje tvorba modelu dle potřeb (cílů) simulace. Když je model hotov následuje experimentování, ze kterého získáme mnoho výsledků, ty musíme následně interpretovat. Na základě interpretací výsledků může být rozhodnuto, zda a jakým způsobem bude reálný systém (proces) změněn. Během tvorby simulace bychom si měli odpovědět na otázky: Co

od simulace chceme? Co v systému vyšetřujeme. Jaké závěry vyplývají z výsledků experimentování. A jak realizovat výsledky v reálném systému. [30]

Postup při tvorbě simulace:

1. Formulace problému
 2. Test, zda má simulace smysl
 3. Formulace cílů
 4. Sběr a analýza dat
 5. Modelování
 6. Vykonání simulace (experimentování)
 7. Výsledky a jejich interpretace
 8. Dokumentace
- [27]

Simulační software může být použit k predikci chování plánovaných výrobních systémů, a porovnání návrhů řešení pro problémy v systémovém designu. To pomáhá výrobcům otestovat všechny možnosti před nákupem vybavení a realizací změn. Díky simulacím lze určit přesně to co je potřeba k zamezení problémů během produkce, zároveň redukovat odpad a opravy. [28]

Diskrétní simulace mění model pouze v případě, že nastane nějaká změna. Jsou tedy zobrazovány pouze „zajímavé okamžiky“. Díky tomu je značně snížen výpočetní výkon a lze tak simulovat poměrně rychle i velice dlouhé časové úseky. [25, 26, 30]

Obecně lze říci, že se v počítačovém softwaru vytvoří model procesu, nebo výrobního systému, a v rámci simulování různých scénářů, lze na modelu objevit nedostatky v procesu. Stejně tak, ne-li ještě lepší využití je při ověřování návrhů na změnu procesu. Pro navrhovaný stav procesu se vytvoří nový model, a simulováním scénářů dochází k ověření funkčnosti, případně odhalení dalších nedostatků na návrhu.

Mezi softwary pro tvorbu počítačových simulací patří například: Siemens Tecnomatix Plant Simulation, Lanner WITNESS, Arena Simulation, FlexSim, Process Simulator, aPriori, Autodesk Factory Design Utilities, Matlab Simulink, [31–38]

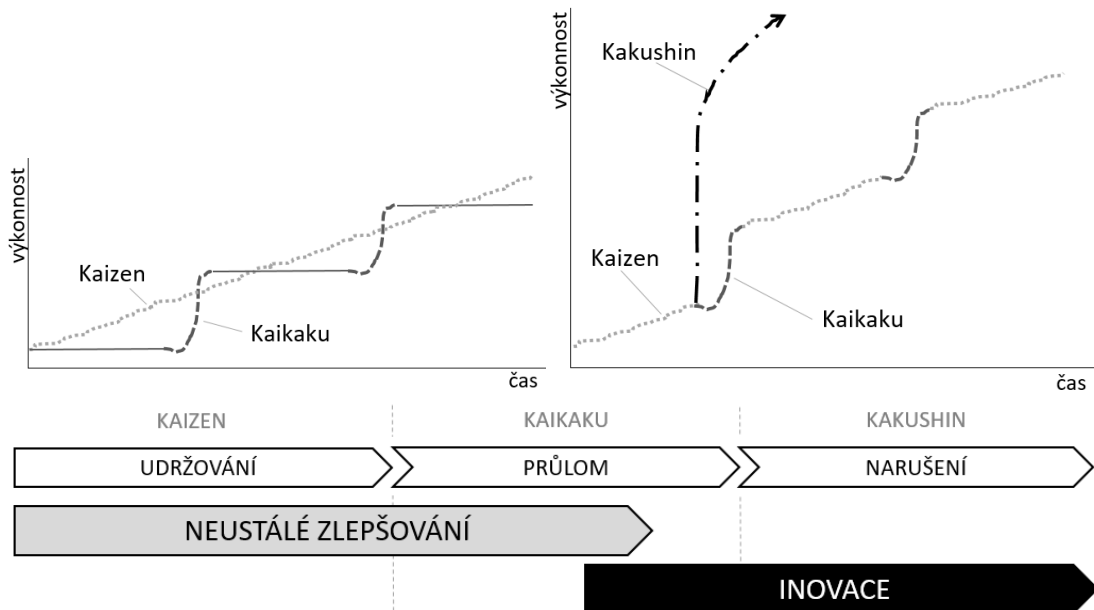
Mezi současnými trendy je využívání počítačových modelů výrobních systémů, nebo celých firem ve formě takzvaných digitálních dvojčat. Velké využití počítačových simulací je podpora v rámci konceptu průmyslu 4.0³. [39–43]

Systémy neustálého zlepšování

Dalším z konceptů jak přistupovat ke zlepšování procesů ve společnosti je systém neustálého zlepšování, nebo systém zlepšovatelských námětů, někdy označovaný jako kaizen. Tato kategorie spadá víceméně do metodiky Lean, kdy je pomocí systémů zlepšovatelských námětů využíván potenciál zaměstnanců. V principu jde o to, že jsou všichni pracovníci podporováni ve vymýšlení drobných ale i velkých zlepšovacích námětů. Pomocí drobných zlepšení lze proces neustále dlouhodobě zlepšovat. Úsilí vynaložené ke generování drobných změn může být menší než úsilí vynaložené pro jednu radikální změnu, ačkoliv celkový výsledek může být v konečném důsledku pomocí drobných zlepšení lepší.

³ Průmysl 4.0 (*Industry 4.0*) je označení pro trend v oblasti automatizace a digitalizace produkčních systémů. Je založen na konceptu autonomních, neboli chytrých strojů, které mezi sebou mohou komunikovat a automaticky tak provádět potřebné operace. Mezi prvky průmyslu 4.0 patří automatický sběr dat, internetové propojení součástí systému, vysoká míra automatizace a digitalizace. Nadneseně by se dalo říci, že tímto způsobem by bylo možné dosahovat efektivity sériové výroby při zachování vysoké míry kustomizace.

Pokud bychom se zaměřily na spektrum změn, zlepšovací náměty lze rozdělit na tři kategorie: drobná zlepšení, radikální zlepšení, a inovace (ve světě známé pod japonskými pojmy *kaizen*⁴, *kaikaku*⁵ a *kakushin*⁶).



Obr. 2-4: Spektrum změn při zlepšování produkčních procesů. [44, 45]

Kaizen, neboli spektrum udržování lze definovat jako drobná zlepšení současného stavu – jinými slovy „budeme hrát starou hru lépe“. Kaikaku, neboli průlom lze definovat jako radikální (průlomová) zlepšení při využití současných zdrojů – tedy „stará hra, nová pravidla“. Kakushin, neboli narušení lze popsat jako inovativní narušení systému (nové zdroje, noví zákazníci) – tedy „nová hra s novými pravidly“.

Systémy neustálého zlepšování (zlepšovatelských námětů) jsou většinou koncipovány tak, aby generovaly pouze drobná zlepšení. Naleznou se ale i výjimky, kdy je možné nalézt velice radikální či inovativní náměty.

Pro celkovou funkčnost těchto systémů je doporučená podpora ve vzdělávání všech zaměstnanců⁷. Tím může být poměrně snadno dosaženo ještě lepších výsledků. Pokud systém funguje, zaměstnanci se snaží a chtějí vymýšlet jak své procesy, nebo pracoviště zlepšit, protože vědí, že to má smysl. To zároveň pozitivně ovlivňuje implementaci nalezených řešení z běžných zlepšovatelských projektů (Lean, Six Sigma, ...).

Ostatní nástroje a metody

Mezi dalšími přístupy pro zlepšování výrobních procesů jsou používány různé metody a nástroje. TOC (*Theory of Constraints*), je přístup založený na nalezení nejslabšího článku procesu a jeho zlepšení. Vychází z předpokladu, že celý proces může být efektivní maximálně tak jako je jeho nejslabší prvek. Plánovaný experiment – DOE (*Design of Experiment*), je statistický nástroj sloužící k popisu velmi složitých systémů s mnoha parametry. Na základě statistické analýzy plánovaně provedených experimentů, dochází k rozpoznání statisticky významných parametrů procesu, a nalezení numerického popisu procesu. Díky tomu lze správným nastavením vstupních

⁴ kai = změna, zen = dobrý, kaizen zastupuje neustálou snahu o zlepšování, i v případě, že se jedná o velice malé přínosy.

⁵ kaikaku = radikální/velká změna, radikální změna procesu, většinou řízená z vrchu.

⁶ kakushin = inovace/reforma/obnovení, tento přístup se nesnaží systém zlepšit, ale dělat zcela jiným, novým způsobem.

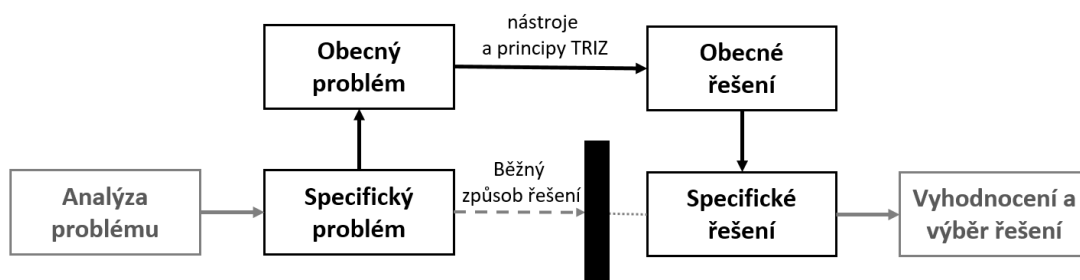
⁷ Také známo pod pojmem učící-se organizace.

parametrů docílit požadovaný výstup procesu. QFD (*Quality Function Deployment*) slouží k transformaci požadavků zákazníka na parametry produktu respektive procesu. FMEA/FMECA (*Failure Mode and Effects Analysis/Failure Mode Effects and Criticality Analysis*) je nástroj k odhalení rizik a vad na produktu nebo procesu, zároveň pomáhá určit nápravná či preventivní opatření. SMED (*Single Minute Exchange of Dies*) je metodika používaná k optimalizaci přeseřzení. Rozděluje potřebné aktivity na interní a externí. Aplikací SMED je dosahováno poměrně velkých redukcí času, kdy je pozastavena výroba. Metody předem určených časů jako je MTM (*Movement Time Measurements*), nebo MOST (*Maynard Operation Sequence Technique*) jsou založené na výzkumu a měření různých obecných pohybů. Na základě čehož byly sestaveny tabulky pro odhad časové náročnosti potřebných pohybů. To se nejčastěji používá u operací jako je ruční montáž. Jako zajímavé využití může být analýza existujících pohybů a jejich optimalizace na základě znalosti časové náročnosti například různých typů uchopení objektů. Výstupem bývá optimalizace pracoviště, redukce vzdálenosti pohybů, snazší uchopování a vkládání objektů a celkově zlepšená ergonomie. 8D (někdy G8D), je jednoduchý nástroj pro řešení problémů ve výrobě skládající se z osmi kroků⁸. 5W1H (*What, Why, Where, Who, When, How*) slouží k popisu a případně řešení problémů spojených s výrobou.

[47–65]

2.2.2 Základy z Teorie Řešení Invenčních Zadání (TRIZ)

TRIZ je akronym ruského теория решения изобретательских задач, česky Teorie řešení invenčních zadání⁹. Je to filozofie založená na výzkumu stovek tisíců patentů, v současné době to je již více než tři miliony prozkoumaných patentů [66]. Zkoumáním velkého množství patentů byly objeveny opakující se vzorce. Během historie, nehledě na druh technického systému, se opakovaně vyskytují stejné typy problémů, které byly překonány omezeným počtem inovačních řešení. Na základě těchto poznání byly sestaveny nástroje, které pomáhají řešitelům překonávat velice náročné problémy tak, aby jejich řešení nebylo ovlivněno vektorem psychologické setrvačnosti¹⁰ a výsledek se co nejvíce blížil k pomyslnému ideálnímu řešení, jež leží ve směru evolučního vývoje daného technologického systému [67, 68]. Na obrázku (Obr. 2-5) je vyobrazeno schéma rozdílu mezi běžným přístupem řešení problémů a obcházení problémů pomocí principů TRIZ.



Obr. 2-5: Schématické zobrazení principu obcházení problémů pomocí principů TRIZ.

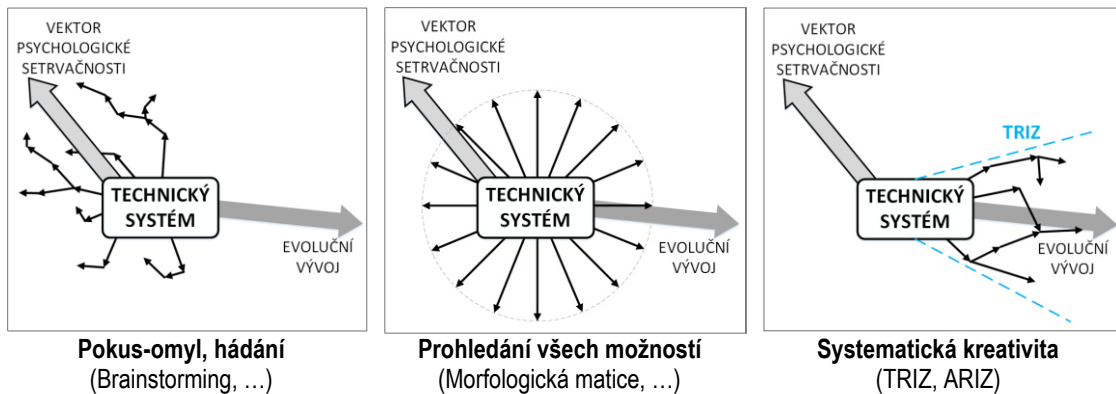
Specifický problém se zobecní. Na obecný problém lze snadno aplikovat poznatky z teorie TRIZ a nalézt obecná řešení. Řešitel pak musí z nalezených obecných řešení vyspecifikovat reálné,

⁸ D1: sestavení týmu, D2: definice problému, D3: okamžitá opatření, D4: analýza příčin, D5: nápravná opatření, D6: zavedení nápravných opatření a sledování jejich účinnosti, D7: zabezpečení proti opakování chyb, D8: závěrečná diskuze. [46]

⁹ TRIZ je v české literatuře často překládán jako „Tvorba a řešení inovačních zadání“. V angličtině je název překládán jako „Theory of Inventive Problem Solving“, ve starší literatuře je tak možné se setkat i s akronymem TIPS.

¹⁰ Vektor psychologické setrvačnosti je směr, ve kterém řešitel hledá řešení pro daný problém. Tento směr je dán předchozími zkušenostmi řešitele. Jinými slovy řešitel hledá řešení tam, kde již v minulosti nějaké řešení našel.

proveditelné, specifické řešení problému. Tento postup je u náročných problémů efektivnější než hledání řešení běžným způsobem. Porovnání možných přístupů pro generování námětů na řešení problémů je vyobrazeno na obrázku níže.



Obr. 2-6: Porovnání přístupů pro hledání řešení technických problémů. [68]

Běžné metody pro generování námětů na řešení technických problémů, jako je brainstorming a na něm založené metody, jsou silně ovlivněny psychologickou setrvačností. Řešitelé hledají nová řešení v blízkosti již nalezených řešení z předešlých zkušeností. Jak již bylo řečeno, tento přístup může být velice efektivní u řešení jednoduchých úloh. Prohledáním všech možností by bylo teoreticky možné nalézt ideální řešení, pro zahrnutí opravdu všech možností by byl tento přístup nesmírně zdoluhavý a náročný. Nejbližše se tomuto přístupu přibližuje aplikace morfologických matic. Systematická kreativita, založená na trendech evoluce technických systémů, pomáhá řešitelům udat směr, kde hledat řešení. Tento směr přibližuje k pomyslnému ideálnímu řešení.

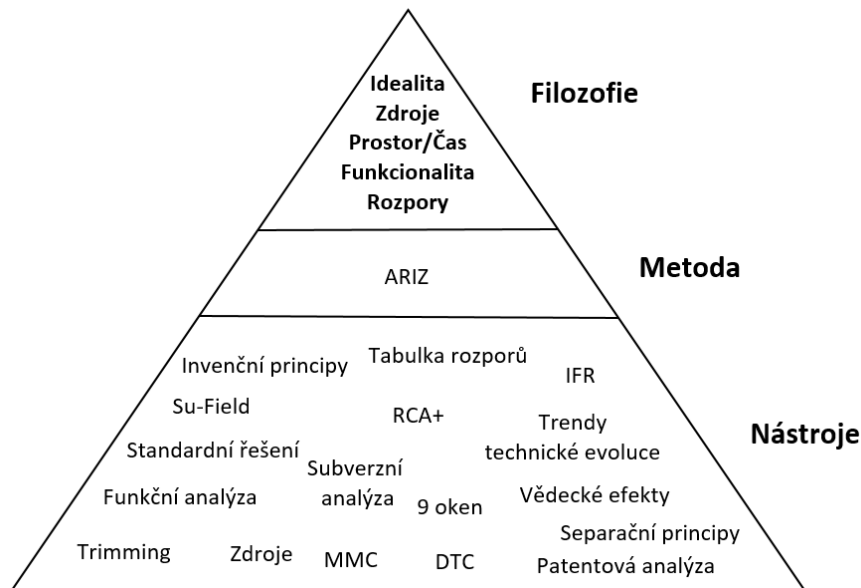
Teorie TRIZ rozděluje vynálezy na 5 úrovní. Od drobných zlepšení po velice převratné objevy. V tabulce (Tab. 2-1) jsou popsány tyto úrovně společně s přibližným počtem potřebných námětů vygenerovaných běžným přístupem (pokus-omyl, hádání, brainstorming) potřebných k dosažení řešení dané úrovně.

Tab. 2-1: Úrovně vynálezů dle TRIZ. [67]

Úrovně vynálezů		Počet potřebných námětů
1. úroveň	Nejjednodušší vynálezy nepřekonávající rozpor	1 – 10
2. úroveň	Jednoduché vynálezy s nalezením určité ideje	> 10
3. úroveň	Střední vynálezy překonávající rozpor novým způsobem pro danou úlohu	> 10 ²
4. úroveň	Velké vynálezy s novým způsobem pro celou třídu úloh	> 10 ³ – 10 ⁴
5. úroveň	Největší vynálezy, objevy – nový technický systém (TS) realizovaný na základě objevu	> 10 ⁵

Z tabulky je patrné, že na běžné a snadné problémy dostačuje použití klasických přístupů, jako je například brainstorming. Pokud je ale pro vyřešení problému nutno nalézt řešení vyšší úrovně, TRIZ poskytuje nespornou výhodu oproti běžným přístupům.

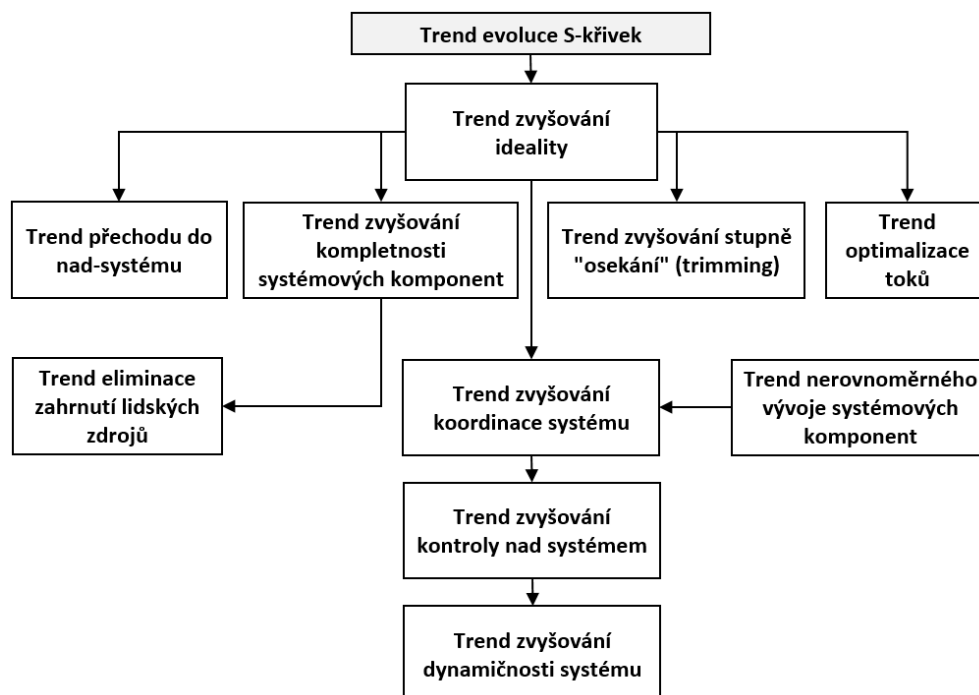
Mezi nástroje a principy používané při implementaci TRIZ patří například: ideální finální řešení, funkční modelování a funkční analýza, trimming, formulace a překonávání technických a fyzikálních rozporů, metoda malých človíčků a mnoho dalších. Technické rozpory jsou nejčastěji překonávány za pomoci invenčních principů společně s tabulkou pro překonávání technických rozporů. Fyzikální rozpory jsou překonávány použitím separačních principů. Při hledání nových řešení se také přihlíží k trendům vývoje technických systémů, použití standardů nebo databází vědeckých efektů. Kromě zmíněných nástrojů, existuje řada dalších nástrojů, metod a principů, které jsou součástí nebo vycházejí z TRIZ. Přehled vybraných nástrojů a principů je vyobrazen na obrázku (Obr. 2-7).



Obr. 2-7: přehled vybraných nástrojů a principů z teorie TRIZ. [69] (rozšířeno)

Za bližší zmínku stojí trendy rozvoje technických systémů (TESE – *Trends of Engineering Systems Evolution*). Znalost trendů rozvoje techniky dovoluje uživateli stanovit současný stav technického systému a následně snadněji odhadnout další krok rozvoje tohoto systému. Tím vzniká velmi efektivní nástroj pro predikci inovací produktů a technologií. Mezi trendy patří například: zvyšování ideality systému, zvyšování dynamičnosti, zvyšování segmentace, přechod z makro do mikro systému, eliminace zahrnutí lidských zdrojů, a další.

Starší označení, které lze v literatuře nalézt jsou zákonitosti rozvoje¹¹, anebo vzorce rozvoje¹² technických systémů. Právě koncept Trendů (TESE) všechny předešlé koncepty uceluje do jednotného seznamu. Schéma hlavních trendů je vyobrazeno na obrázku (Obr. 2-8).

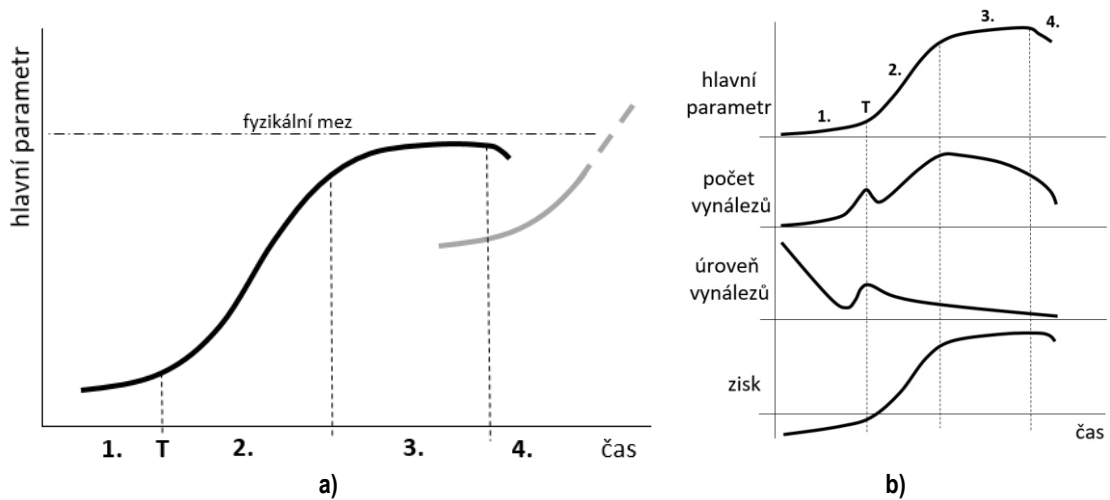


Obr. 2-8: Přehled hlavních trendů rozvoje technických systémů [68, 70]

¹¹ Laws of technical systems evolution

¹² Evolution Patterns of technical systems/Lines of evolution

Kromě trendů lze rozvoj technických systémů také popsat pomocí takzvaných S-křivek (*S-Curves*). Ty vyobrazují graficky charakter rozvoje systému.



Obr. 2-9: S-křivky [71, 72]

S-křivku, popisující vývoj technického systému, lze rozdělit v čase na několik fází. *1. fáze* je fáze zrození, kdy se systém formuje, objevují se vynálezy v malých množstvích ale vysoké úrovně. Do rozvoje systému se musejí vkládat velké finanční prostředky, systém však nepřináší zisk. *Tranzitní (přechodová) fáze (T)* je stav, kdy začínají hlavní parametry systému rychle růst, technický systém je takřka připraven na uvedení na trh, případně bylo dosaženo omezených úspěchů. *2. fáze* je rozvoj technického systému. V této fázi se systém stává ekonomicky výhodným, rychle se rozvíjí, vznikají vynálezy střední úrovně. *3. fáze* je zralost systému, kdy se rozvoj systému pomalu zastavuje, protože se přibližuje ke své fyzikální mez. V této fázi se objevuje velké množství vynálezů nízké úrovně. *4. fáze* je zanikání, pokud je rozvoj systému prodlužován, dochází ke konfliktu s jeho okolím. Starý systém je zpravidla nahrazen systémem novým, založeným na jiném principu, celý cyklus se opakuje. Kvalita hlavních parametrů nového systému je zpravidla v jeho zrození nižší než vrcholná fáze původního systému.

Podle analýzy lze určit, v jaké části křivky se daný systém vyskytuje a nalézt nejsnadnější směr pro jeho další rozvoj.

Hlavním trendem a filozofií TRIZ by se dala označit snaha o dosažení ideality, nebo ideálního stavu. K tomu pomáhá i technika ideální konečné řešení (IFR). Pomocí stanovení cíle „dosažení ideálního stavu“ lze lépe dosáhnout radikálnějších změn systému.

Idealita je v rámci TRIZ definována jako poměr pozitivních efektů k negativním efektům. Je reprezentována rovnicí (1)

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n B_i}{\sum_{j=1}^m H_j} \quad (1)$$

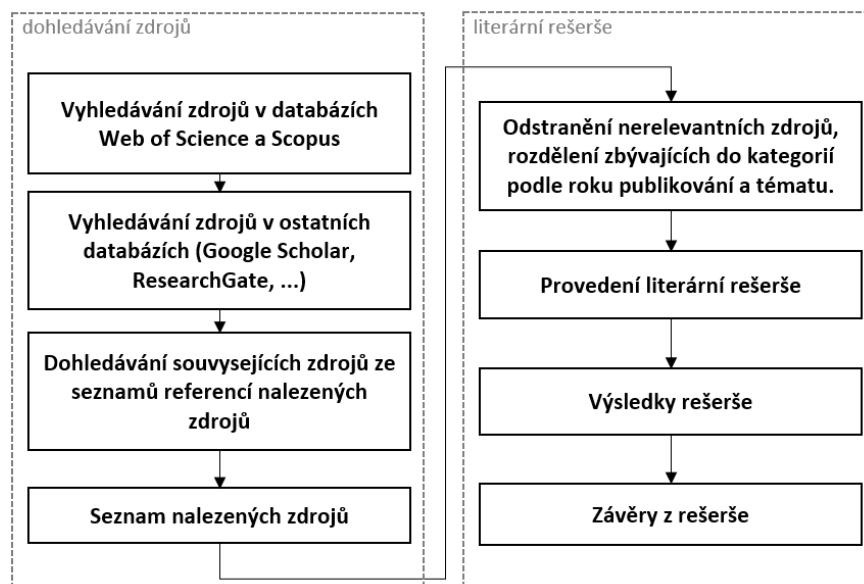
kde I je stupeň ideality systému, B jsou užitečné funkce (respektive pozitivní efekty), a H jsou škodlivé funkce (respektive negativní efekty). Tato rovnice je však spíše teoretická, a slouží jako pomůcka pro uvědomění si co je to idealita, než aby měla reálné využití v praxi. Ideální stav technického systému je takový, že technický systém neexistuje, ale je plněna jeho funkce. Takového stavu se dosahuje těžko, ale v určitých případech to je možné. Části systému mohou být například eliminovány tak, že jejich funkci zastane jiná část systému. Toho je dosahováno pomocí nástroje Trimming.

Teorie TRIZ je poměrně rozsáhlá a pro hlubší seznámení se s principy a nástroji TRIZ je nutné se zaměřit na obsáhlejší publikace, jako například [73–83]

2.3 Literární rešerše – Použití TRIZ ke zlepšování produkčních procesů

Odpovědět na otázku, zda byly nástroje a metody TRIZ již použity pro účely zlepšování procesů, jakým způsobem a s jakými výsledky lze pouze po provedení literární rešerše. V rámci literární rešerše byly předně prohledávány vědecké publikace především články. Nejprve byly prohledávány významné databáze jako je *Web of Science* (WOS), nebo *Scopus*. Protože v těchto databázích nebylo nalezeno příliš mnoho zdrojů, bylo dohledávání publikací postupně rozšířeno i do ostatních databází jako je *Google scholar*, *ResearchGate* a jiné. Dalším krokem bylo dohledávání souvisejících publikací v seznamech literatury uvedených v nalezených publikacích. Pro prohledávání databází byly používány kombinace klíčových výrazů jako: *TRIZ*, *Production*, *Manufacturing*, *improvement*, *Innovation*, *Process*, *process improvement*, *Lean*, *Six Sigma*, *QFD*, *Trimming*, *Contradiction*, *Continuous improvement*, *Kaizen*, *Radical*, a další.

Schéma celého procesu literární rešerše je zobrazeno na následujícím obrázku.



Obr. 2-10: Postup při zpracování literární rešerše.

Výstupy z vybraných literárních zdrojů byly pro přehlednost roztříděny do několika celků. TRIZ a zlepšování procesů, použití TRIZ pro návrh nových procesů, a použití TRIZ pro řešení problémů spojených s výrobou. Literární rešerše je shrnuta v následujícím textu.

2.3.1 TRIZ a zlepšování procesů

TRIZ a Lean

Mezi jedněmi z prvních zmínek o zlepšování procesů s použitím TRIZ je od autorů *Poppe* a *Gras* [84], ti kategorizovali procesní funkce jako: produktivní (*productive*), umožňující (*providing*), opravné (*corrective*) a škodlivé (*harmfull*). Dalšími kategoriemi jsou výsledky, a to: výsledky nechtěné, ale nevyhnutelné, a výsledky implementace. Dále zmiňují, že modely procesů mohou být velmi komplexní a tedy obtížně zhotovitelné.

V roce 2004 autoři *Ikoenko a Bradley* [85] popsali podobnosti mezi nástroji Lean a nástroji TRIZ. Došli k závěru, že aplikace Lean thinking by dosahovala udržitelnějších výsledků, pokud by nástroje Lean byly podpořeny metodami z teorie TRIZ.

Bligh [86] popsala přesah Lean a TRIZ metod. TRIZ i Lean mají mnoho společných bodů. Obě metody cílí na zlepšování systému, vycházejí ze současného stavu, který se snaží zlepšit. Cílem Lean je eliminovat nebo redukovat plýtvání. TRIZ zase využívá všech zdrojů systému a snaží se nalézt řešení, jak je využít jinak. TRIZ může být také použit jako nástroj Lean pro řešení náročných problémů. Podobnosti mezi Lean a TRIZ jsou shrnuty v tabulce (Tab. 2-2).

Tab. 2-2: Podobnosti mezi plýtváním z Lean Manufacturing a kategoriemi funkcí z TRIZ [85]

Plýtvání (Lean)	Reprezentace TRIZ funkcí
Nadvýroba	Nadbytečná funkce
Zásoby	Opravná funkce
Zbytečné zpracování	Poskytující a Opravná funkce
Zbytečné pohyby	Poskytující a Opravná funkce
Chyby	Nedostatečná, Nadbytečná nebo Škodlivá funkce
Čekání	Nedostatečná funkce
Transport	Poskytující funkce
Metoda Lean	TRIZ nástroj
VSM - současný stav	Funkční model
VSM - budoucí stav	Trimming, Příčině-následný řetězec
Kanban	Invenční principy, Standardy, Trimming
Standardizovaná práce	Invenční principy, Standardy
Balancování práce	Funkční model
5S	Přechod do nadsystému, Trimming, Standardy

Také podobnosti mezi TRIZ a TPS (*Toyota Production System*) jsou diskutovány autorem *Aggarwal* [87]. Autor došel k závěru, že oba přístupy jsou v mnoha faktorech téměř stejné.

Eliminace plýtvání je popsána *Thurnesem* [88], kde je snaha eliminovat nutné plýtvání – nutné plýtvání je ve svém základu rozpor a proto poskytuje příležitost k použití nástrojů TRIZ. *Thurnes* také popsal upravených 40 invenčních principů pro použití v Lean systémech [89].

Lean, v kombinaci s TOC a TRIZ popsali *Anosike a Lim* [90], nebo *Martin* [91]. *Anosike a Lim* používají Lean s TRIZ v rámci TOC, TOC s TRIZ v rámci Lean, a TOC s Lean v rámci TRIZ. Hlavní myšlenkou bylo vzít benefity z každé ze jmenovaných metod. TOC přináší fokus a logické myšlení, Lean je dobrý pro eliminaci plýtvání a TRIZ zprostředkovává kreativitu a pohled vpřed. Později definují paralelu mezi TOC, Lean a TRIZ pomocí rovnic.

$$Idealita = \frac{Pozitiva}{(Negativa + Náklady)} \quad (2)$$

$$Cíl = \frac{Průchodnost}{(Skladové zásoby + Operační náklady)} \quad (3)$$

$$Lean = \frac{Hodnota}{(Plýtvání + Náklady)} \quad (4)$$

Rovnice (1) je hlavní rovnicí TRIZ popisující idealitu systému. Rovnice (2) je rovnice popisující cíl z hlediska TOC. Rovnice (3) reprezentuje možnou reprezentaci Lean. [92]

Mnoho dalších studií popisuje kombinaci nástrojů TRIZ s různými metodami nebo principy Lean, a pro různé účely. Například zlepšování v rámci dodavatelského řetězce (*Supply Chain Management*) [93–96], životního cyklu výrobku (*Product Life Cycle*) [97], VSM (*Value Stream*

Mapping) [98, 99], Muda [100], SMED [101], 5S [102], Kaizen, TPM (*Total Productive Maintenance*), nebo PDCA (*Plan Do Check, Act*) [103]. Další publikace se zabývají využíváním nástrojů TRIZ a Lean se zaměřením na ekologii procesů [104–107], re-design procesních zařízení [108, 109], montážní procesy [110], textilní průmysl [111], soustružení [112], výrobu barevných filtrů [113], nebo potravinářské procesy [114].

Kombinace Lean a TRIZ byla také formulována do algoritmů. Algoritmus obsahující 12 kroků ke zlepšení procesů [115], nebo optimalizace procesů založená na Trimming pomocí 9-ti kroků [116].

Kromě zmíněných publikací, bylo nalezeno mnoho dalších publikací, zabývajících se kombinací Lean a TRIZ [117–133].

TRIZ a Six Sigma

Averbouh [134, 135] píše o TRIZ – Six Sigma metodice, kdy jsou nástroje TRIZ systematicky integrovány do rámce metodiky Six Sigma. Dále popisuje jak metodiku použít k analýze a eliminaci kořenových příčin problémů, nebo k redukci nákladů.

Averbouh dále popisuje pozitivní výsledky při použití nástrojů TRIZ v Six Sigma cyklu DMAIC, nebo v DFSS (*Design for Six Sigma*) [136], použití nástrojů TRIZ je nejvíce efektivní ve fázích Define a Improve. *Averbouh* také zmiňuje, že zde může být problém s trénováním nových uživatelů, kvůli složitosti TRIZ.

Propojení nástrojů TRIZ s cyklem DMAIC se věnují další publikace [137–143]. Toto propojení vesměs využívá nástroje a principy TRIZ, k efektivnějšímu užití jednotlivých fází cyklu.

Tab. 2-3: Využití nástrojů TRIZ v etapách cyklu DMAIC [137, 139, 143, 144]

Fáze DMAIC	Nástroj Six Sigma	Možný nástroj TRIZ
Define	SIPOC, QFD	Ideality, identifikace rozporů, funkční model, RCA, ARIZ, IFR,
Measure	MSA	Ve-polová analýza (su-field) Standardy, Evoluční trendy
Analyze	Pareto, Testování způsobilosti procesu	Matice rozporů, Invenční a separační principy
Improve	DOE, FMEA, Regrese	Evoluční trendy, zdroje, systémové operátory, Ideality
Control	Kontrolní diagram	Ideality, patenty

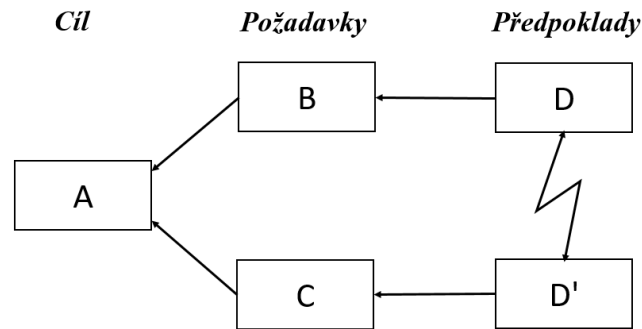
V tabulce (Tab. 2-3), je souhrnné vyobrazení vybraných nástrojů TRIZ pro aplikaci v jednotlivých krocích DMAIC podle několika autorů, zároveň jsou porovnány s obvyklými nástroji používanými při běžné aplikaci DMAIC.

Další variantou je propojení TRIZ s metodikou Lean/Six Sigma (LSS) [132, 145–147]. Kombinace TRIZ se Six Sigma bylo zpracováno také ve formě algoritmu [148], autor studie ovšem sám podotýká, že metodika je značně komplikovaná, především díky náročnosti nástrojů TRIZ.

K nalezení jsou i další publikace zaměřující se na kombinaci TRIZ a Six Sigma [133, 144, 149, 150].

TRIZ a TOC

Většina publikací zaměřujících se na kombinaci TRIZ s TOC využívá Nástroje TRIZ k efektivnějšímu řešení procesních problémů. Problémy jsou definovány pomocí nástroje *Evaporating Cloud*, a řešeny pomocí TRIZ [151–154]. *Evaporating Cloud* definuje problémy ve formě rozporů, a k použití nástrojů TRIZ pro překonávání technických či fyzikálních rozporů tak takřka vybízí.



Obr. 2-11: Schéma nástroje Evaporating Cloud z TOC [151–154].

Na požadovaný cíl (A) jsou kladeny různé požadavky (B) a (C). Pro naplnění těchto požadavků je třeba splnit protikladné předpoklady (D) a (D'). Protikladné požadavky poskytují příležitost pro aplikaci nástrojů pro překonávání technických a fyzikálních rozporů.

Řešením procesních problémů kombinací metodik TOC a TRIZ se zabývají další autoři [155–157]. Kombinace TOC a TRIZ je mimo jiné zmíněna také v dalších publikacích [90, 91, 95, 158, 159].

TRIZ a procesní kvalita

Další studie se zaměřují na využití nástrojů TRIZ se zaměřením na procesní kvalitu, neboli procesní jakost [100, 158, 160–166]. TRIZ je používán s metody jako 8D, Kaizen, Poka-Yoke, Kano model, a další.

TRIZ a ekologie procesů

V některých studiích je TRIZ používán za účelem zlepšovat dopady procesů. Dopady procesů lze chápat jako vliv na ekologii – tedy vliv na životní prostředí, tak bezpečnost a zdraví.

Mezi příklady jsou kombinace TRIZ s Green Lean [105], kombinace k QFD, za účelem zlepšení ekologičnosti [167, 168], nebo zlepšení ekologičnosti chemických procesů [169]. Touto tematikou se zabývají i další publikace [104, 107, 170, 171].

TRIZ a chemické procesy

Zlepšování chemických procesů pomocí TRIZ je diskutováno několika autory [84, 169, 172, 173].

TRIZ a procesy vývoje software

Použití TRIZ pro zlepšování procesů při vývoji softwarů je také diskutovaným tématem [131, 149, 174–176].

2.3.2 TRIZ a navrhování procesů

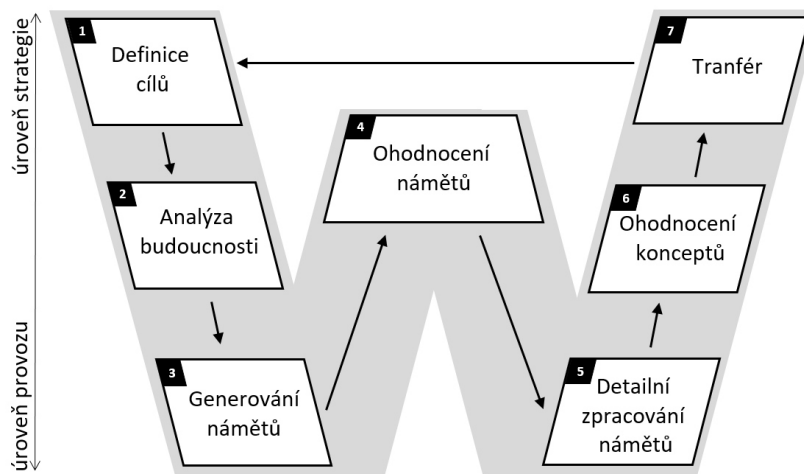
TRIZ a DFSS+DFMA

TRIZ nástroje jsou některými autory používány za účelem návrhu procesu. A to společně, nebo v rámci metodik jako DFSS (*Design for Six Sigma*) [136, 177], nebo DFMA (*Design form Manufacturing and Assembly*) [132, 178–180]. TRIZ usnadňuje návrh nových procesů dle zmíněných metod, tím, že díky jeho principům a trendům evolučního vývoje techniky lze snáze definovat budoucí stav nového procesu.

TRIZ a QFD

Propojení TRIZ a QFD je jedno z nejčastěji používaných. Většina autorů využívá QFD pro nalezení problémů, a TRIZ k jejich vyřešení. Výhodou se může zdát, že je možné kombinaci použít jak pro navrhování, či zlepšování produktů, tak i procesů.

První zmínky o integraci TRIZ a QFD jsou od *Domb* [181, 182]. K nalezení je ale mnoho dalších publikací [158, 167, 168, 183–193].



Obr. 2-12: W-model pro inovaci vycházející z principů QFD a TRIZ. [189]

TRIZ a FMEA

Podobně jako u QFD, FMEA slouží především k nalezení problémů a TRIZ je následně použit k jejich překonání [132, 133, 192, 193]. Tato kombinace lze opět použít jak pro procesy, tak pro produkty.

2.3.3 TRIZ a řešení procesních problémů

TRIZ a brainstorming

Autoři porovnávají a propojují TRIZ také s nástroji na řešení problémů, nejčastěji s metodou Brainstorming, nebo metody založené na stejném principu. Použití TRIZ během Brainstormingu generuje více inovativní náměty [194, 195].

Mnoho pokusů o propojení TRIZ s klasickými nástroji vytvořil *Hipple*, který se snažil TRIZ propojit metody jako Brainstorming, 6 klobouků, a další [196]. Další publikace se zaměřují na propojení TRIZ s metody jako 6 klobouků [197], Myšlenkové mapy (*Mind Mapping*) [198], 5W1H [199], Morfologická matice (*Morphological Matrix*) [200], nebo Shop-floor řešení problémů [201].

TRIZ a netechnické problémy

Nástroje z teorie TRIZ jsou poměrně hojně používány pro řešení netechnických problémů souvisejících s produkcí, nebo procesy. Tím může být řešení problémů, nebo zlepšování v rámci strategie, managementu, služeb a podobně.

Jedněmi z prvních, kdo se používáním TRIZ pro řešení netechnických problémů začali zabývat, jsou *Domb* a *Dettmer* [96, 151], kteří řeší problémy spojené například se strategií, managementem, nebo dodavatelským řetězcem. Netechnické problémy v procesech a službách řeší také *Belski* [202].

Takzvané Business procesy jsou zlepšovány pomocí principů a nástrojů TRIZ mnoha autory [190, 203–212], kdy se jedná například o strategii, e-business, nebo re-engineering.

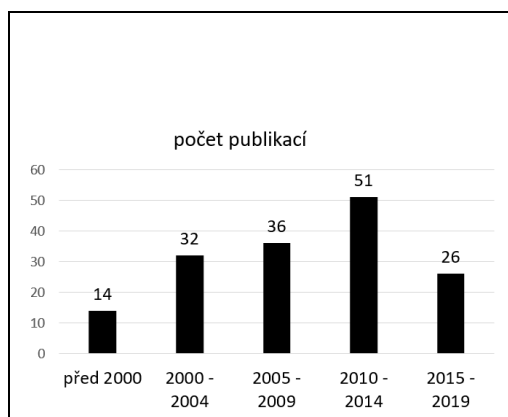
Také služby jsou zlepšovány pomocí TRIZ v několika publikacích [133, 163, 191, 213, 214]. Další zaměření a propojení TRIZ v netechnických oblastech je například v rámci projektového řízení [215, 216], předvídání technologického vývoje [217, 218], plánování procesů [219], nebo řešení náročných problémů [196, 220–226].

TRIZ a další nástroje

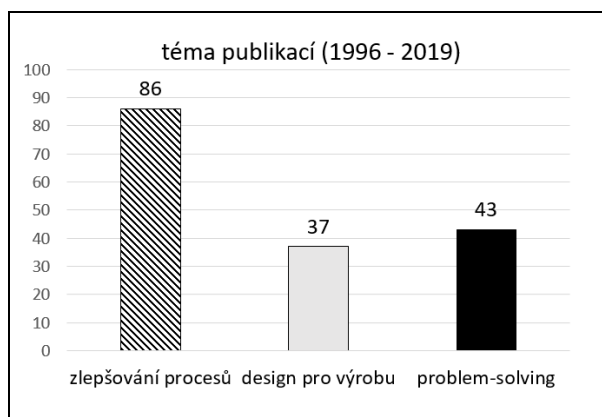
Mezi další kombinace metod s TRIZ, které souvisejí, nebo mohou souviset, se zlepšováním procesů jsou kombinace jako: TRIZ a NLP (*Neuro-Linguistic Programming*) [227–229], TRIZ a SAPB (*Systematic Approach of Pahl and Beitz*) [230, 231], TRIZ a NM (*Nakayama, Masakazu*) metoda [232], TRIZ a Pugh matice [233], TRIZ a SWOT [234], TRIZ a zlepšování spokojenosti zákazníka [235], TRIZ a DOE [188], TRIZ a technika scénářů (*scenario technique*) [189], TRIZ a agilní řízení [95], TRIZ a Taghuchi metoda [150, 158, 184, 236, 237]. Další publikace zmiňují například souvislost mezi inovací produktu a procesu. Inovace produktu často vede k inovaci výrobního procesu, ale i naopak [238]. Dále je zmiňována náročnost použití TRIZ, zejména z hlediska dlouhé doby trvání tréningu zaměstnanců [239].

2.4 Výstupy literární rešerše

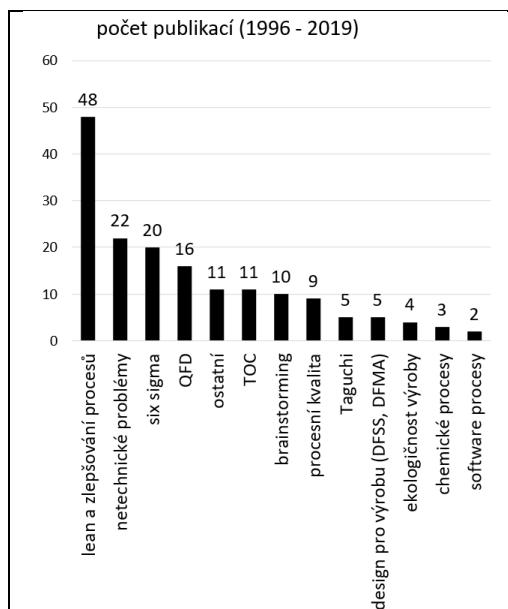
S vyhodnocením literární rešerše pomohou grafy porovnávající počty a kategorizované zaměření publikací. Literární rešerše byla zpracována a publikována autorem disertační práce [240].



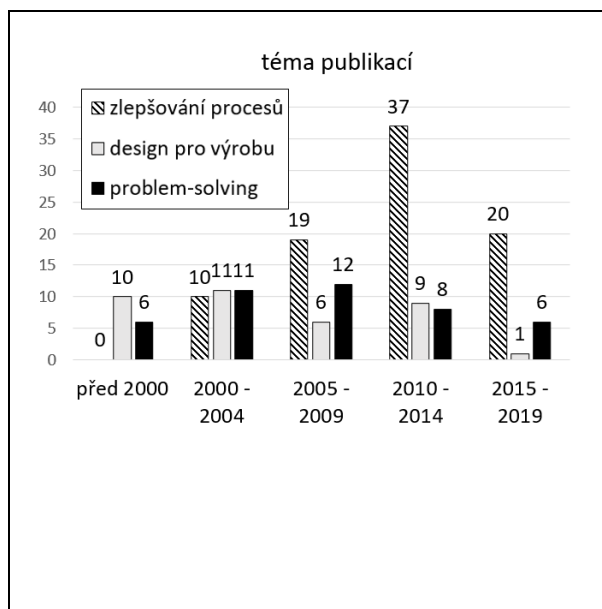
Obr. 2-13: Vývoj počtů publikací (1996 – 2019).



Obr. 2-14: Počty publikací dle témat (1996 – 2019).



Obr. 2-15: Počty publikací dle kategorií (1996 – 2019).



Obr. 2-16: Vývoj počtů publikací dle témat (1996 – 2019).

Z literární rešerše vyplývá, že propojení TRIZ s ostatními nástroji je obecně považováno za dobré. Vhodnost propojení je podpořena faktem kolik nástrojů se autoři pokouší s teorií TRIZ propojit. Nevýhodou je však složitost TRIZ. Pro nové uživatele je používání nástrojů TRIZ problém a

naučit se TRIZ na použitelnou úroveň může zabrat mnoho času. Proto je použití propojených nástrojů v běžné praxi velice náročné.

Dalším problémem je, že nalezená řešení jsou buď abstraktní, nebo příliš složitá. V jiných případech zase použití vyžaduje speciální software, který je často obtížně dostupný. Mnoho publikací pouze konstatuje pozitivní vliv propojení TRIZ s jinou metodou. Jinde zase chybí jasný návod jak univerzálně postupovat. To vše snižuje pravděpodobnost pro praktické využití TRIZ metod propojených se známými nástroji. Tyto překážky poukazují na obtížný přechod ze sféry, kde je TRIZ již znám do jiných oblastí použití. Pokud uživatel nemá předchozí zkušenosti s TRIZ je jeho použití pro zlepšování procesů takřka nemyslitelné.

Vyplývajícím závěrem by mohlo být oprostění se od pokusů propojit TRIZ s existujícími nástroji a vytvoření samostatného nástroje založeného na principech TRIZ. To by mohl být postup nebo algoritmus určený ke zlepšování či inovaci procesů. Stěžejním bodem je však snadnost použití v praxi. Výsledný nástroj musí být po určitém zaškolení poměrně snadno aplikovatelný v praxi například průmyslovými inženýry.

3 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Na základě výstupů z literární rešerše a analýzy současného stavu, byly stanoveny cíle disertační práce. Cíle jsou rozděleny na hlavní cíl a cíle vedlejší.

3.1 Hlavní cíl práce

Hlavním cílem práce je **vytvořit metodiku pro zlepšování průmyslových procesů**.

Nová metodika by měla umožnit nalézt více inovativní náměty ke zlepšování, díky využití systematické kreativity, konkrétně principů teorie TRIZ.

3.2 Vedlejší cíle práce

Vedlejšími cíli práce jsou:

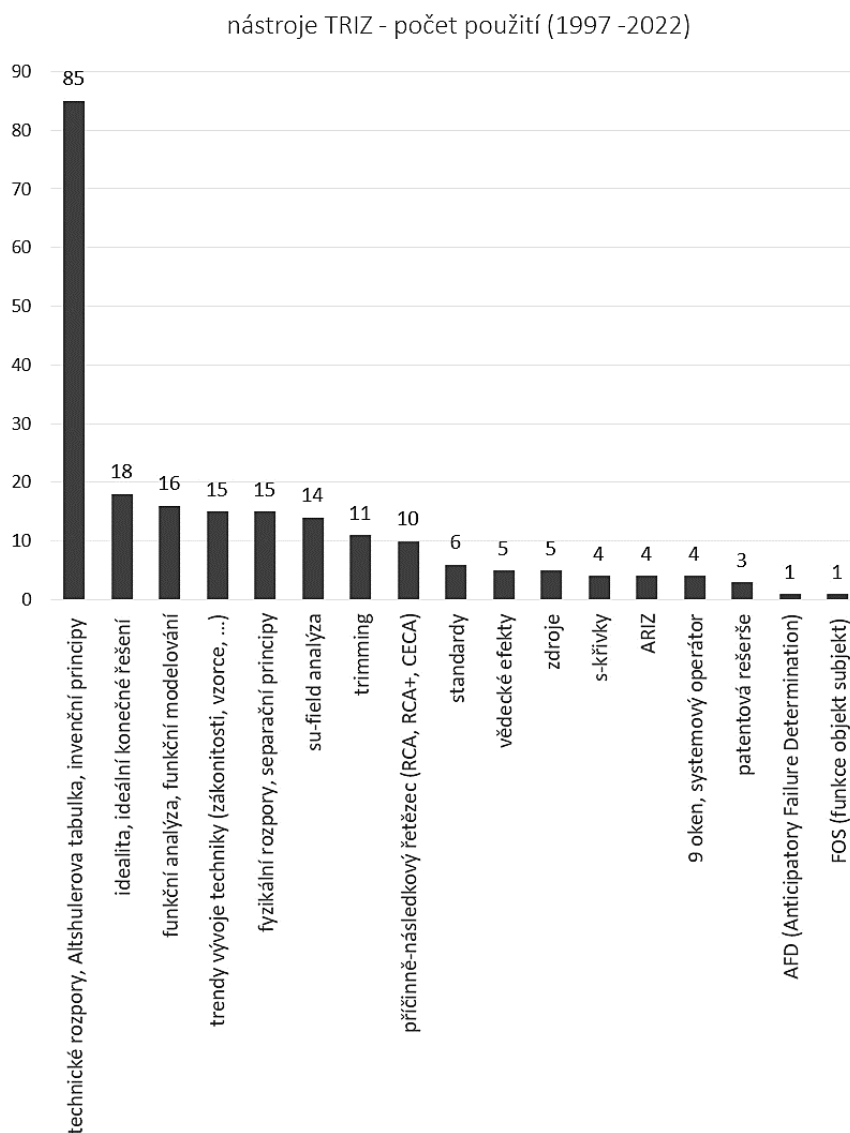
- Určit vhodné nástroje systematické kreativity k použití pro zlepšování procesů.
- Navrhnout ucelenou metodiku založenou na nástrojích a principech TRIZ.
- Určit nebo navrhnout vhodnou metriku, pro ověření funkčnosti navržené metodiky.
- Provést pilotní experimenty aplikace navržené metodiky.
- Upravit a zobecnit metodiku dle výsledků pilotních experimentů.
- Ověřit funkčnost metodiky na několika verifikačních experimentech.

Na základě rešerše současného poznání je vhodné vyvarovat se snaze propojit nástroje systematické kreativity s existujícími nástroji. Finální metodika by měla být poměrně snadno aplikovatelná pro použití v průmyslové praxi.

4 POSTUP K NAPLNĚNÍ CÍLŮ

Pro vytipování vhodných nástrojů systematické kreativity byla provedena analýza použití jednotlivých nástrojů za účelem zlepšování procesů, s cílem odhalit jaké nástroje jsou nejvhodnější pro reálnou aplikaci TRIZ. Rešerše vychází ze zdrojů z předešlé rešeršní části, kdy byly vybrány pouze ty publikace, které se reálně zabývají zlepšením produkčních procesů, a zároveň uvádí jaké konkrétní nástroje TRIZ jsou za tímto účelem použity. Protože byla tato rešerše provedena již během řešení dalších částí disertace, byla rozšířena i o novější publikace z let 2020, 2021, a začátku roku 2022.

Používanými nástroji jsou technické rozpory spolu s Altshulerovou tabulkou a invenčními principy, fyzikální rozpory se separačními principy, idealita, nebo ideální konečné řešení, funkční analýza, Trimming, Substance-Field analýza, RCA+, ale i využití trendů evoluce technických systémů, vědeckých efektů nebo standardů. [84–92, 94, 95, 97–101, 104–107, 109–114, 116–122, 125–131, 134–137, 139–147, 150–154, 156, 159–166, 169–174, 176, 209, 213, 214, 219, 221, 241–262]

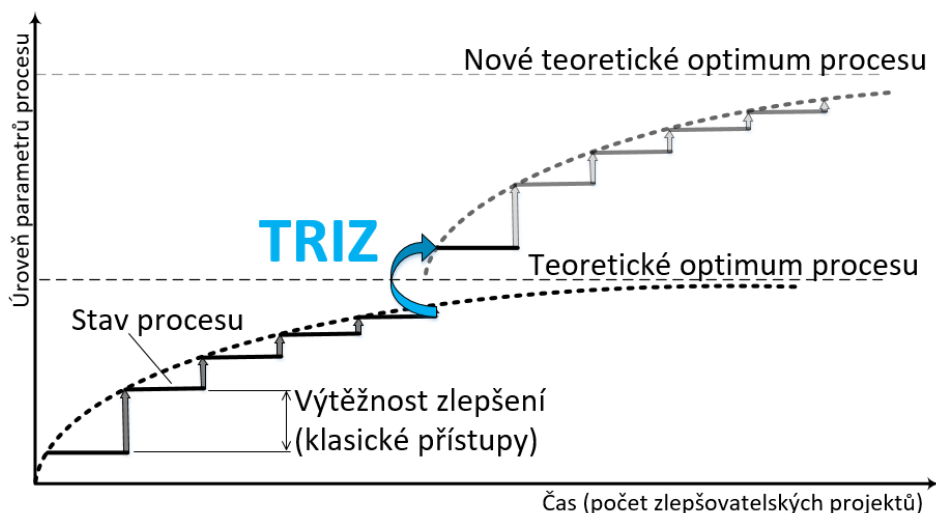


Obr. 4-1: Počty použití jednotlivých nástrojů TRIZ (1997 – 2022).

Nejčastěji používaným nástrojem je bezpochyby překonávání technických rozporů pomocí Altshulerovi tabulky a invenčních principů. Další často používané nástroje a principy TRIZ jsou idealita a ideální konečné řešení, funkční modelování, trendy vývoje technických systémů, fyzikální rozpory, Substance-Field analýza, Trimming nebo RCA+. Zmíněné nástroje stojí za zvážení pro použití při návrhu nových přístupů pro zlepšování procesů.

Smyslem zlepšování procesů pomocí navrhované metodiky by mělo být dosažení ideálního stavu, nebo se k němu alespoň přiblížit. Za tímto účelem by řešiteli mělo vypomoci použití dalších konceptů a principů z TRIZ, jako jsou trendy rozvoje technických systémů (TESE), vědecké efekty, ale i technické nebo fyzikální rozpory a další. Na základě těchto poznatků budou navrženy metodiky k idealizaci procesů. Podrobný popis těchto metodik následuje v kapitole (5 Návrh vlastní metodiky pro zlepšování procesů).

Pro ověření tvrzení, že při použití navrhované metodiky lze dosáhnout lepších výsledků než při použití současných nástrojů, se vychází z předpokladu, že se míra výnosnosti zlepšovatelských procesů při opakovaném zlepšení snižuje (viz Obr. 4-2). Pokud tedy bude proces nejprve zlepšen pomocí současných nástrojů, a poté bude aplikována navrhovaná metodika na zlepšený stav, a míra druhého zlepšení bude větší či rovna prvnímu zlepšení, použití navrhované metodiky má smysl.

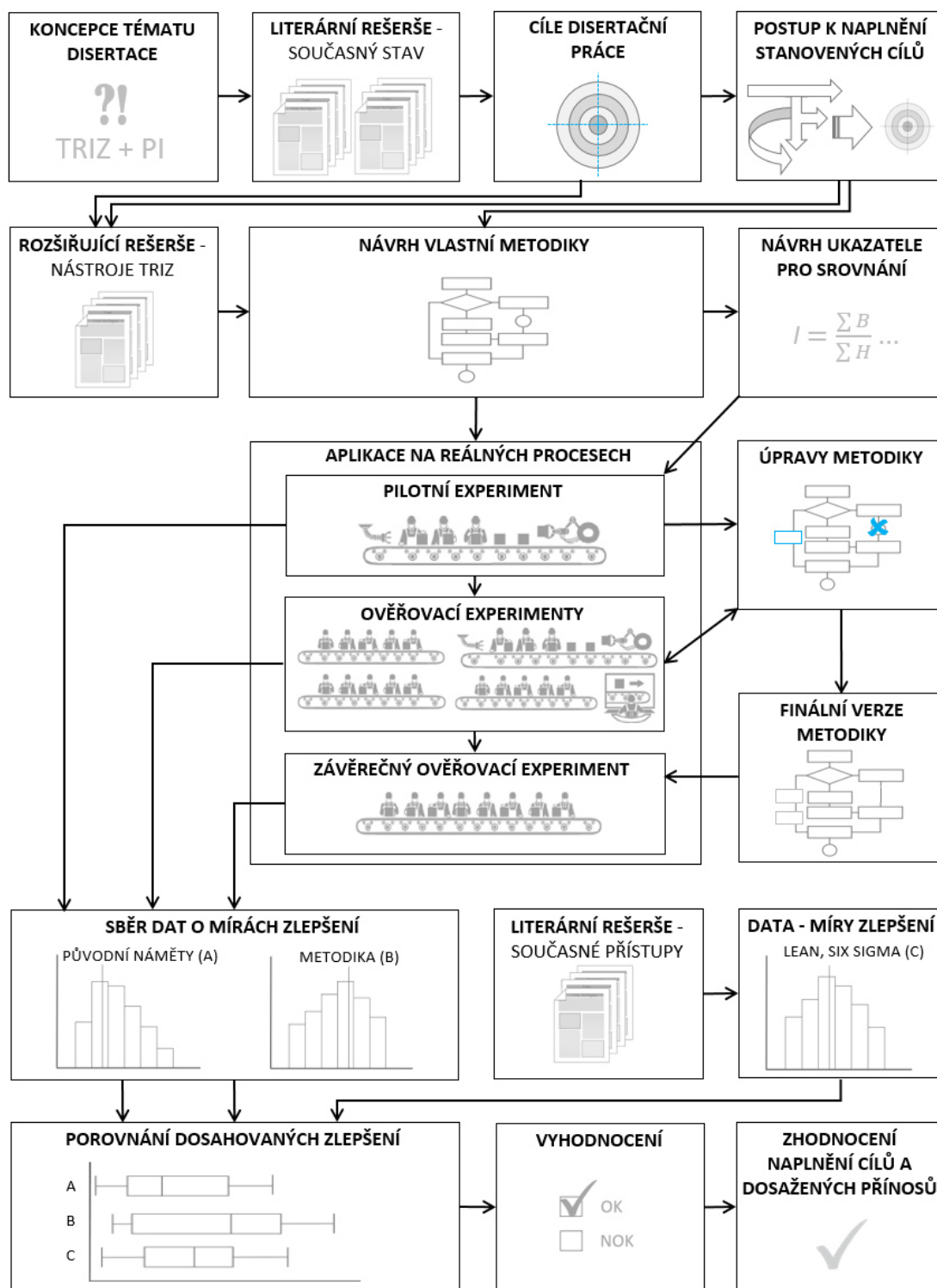


Obr. 4-2: Schematické vyobrazení rozdílu mezi optimalizací, a inovací pomocí principů TRIZ.

K porovnání míry zlepšení je vhodné použít jak běžné procesní ukazatele, tak nově navrhnutý ukazatel procesní ideality, který pomáhá řešiteli cílit na idealitu a ne na optimální stav. Očekává se, že během aplikací navržené metodiky bude docházet k úpravám v metodice, za účelem dosažení větší univerzálnosti, snazší použitelnosti a vyšší efektivity. Mimo jiné bude vytvořena podpůrná aplikace naprogramována pomocí funkcí a maker v softwaru Microsoft Excel. Volba kancelářského balíčku MS Excel je vhodná především, kvůli vysoké rozšířenosti mezi uživateli a tedy snadné použitelnosti bez nutnosti instalace jakéhokoliv jiného softwaru.

V kapitole (5 Návrh vlastní metodiky pro zlepšování procesů) je popsána finální verze metodiky¹³.

¹³ Jedná se o finální verzi v době sepisování disertační práce, autor se nebrání zlepšování, či rozšiřování metodiky, i v budoucnu.



Obr. 4-3: Schematické vyobrazení kroků potřebných pro naplnění stanovených cílů.

Metodika bude nejprve aplikována na dva pilotní procesy, které budou prvotně zlepšeny běžným způsobem. Poté bude následovat aplikace metodiky na několik dalších procesů, nebo procesních problémů, kdy se očekává, že bude docházet k drobným úpravám na metodice. Na závěr bude provedeno vyhodnocení všech experimentů s cílem verifikace funkčnosti navržené metodiky.

K dalšímu ověření univerzality navržené metodiky je plánováno metodiku aplikovat na celý produkční systém.

V rámci ověření snadnosti použití metodiky, je v plánu provést experimenty, se studenty posledního ročníku inovačního inženýrství. Dvěma skupinám studentů budou na začátku semestru představeny (zopakovány) běžné metody pro řešení problémů. Poté budou představeny 2 reálné problémy – řešené také v rámci experimentů v této práci.

Studenti pak budou mít přibližně 15 minut na brainstorming ke generování námětů, kdy jim bude umožněno použít jakékoliv známé metody. Seznam, námětů bude zaznamenán. Na konci semestru, během kterého budou studenti zaškoleni v základech používání TRIZ (v rámci předmětu Metody technické tvůrčí práce), jim bude představena metodika navrhovaná v této práci. Autor práce pak bude studenty provádět kroky metodiky při řešení stejných problémů jako na začátku semestru. Po aplikování metodiky budou navržená řešení z metodiky porovnány s výsledky z předchozího brainstormingu.

Vyhodnocení

Pro ověření funkčnosti bude snaha porovnávat míru zlepšení pomocí klasických přístupů zlepšování procesů, a dosažitelného zlepšení díky námětům vygenerovaným po aplikaci navrhované metodiky. Protože je v experimentální části snaha aplikovat metodiku na co nejroznorodější typy procesů a procesních problémů, lze očekávat obtíže při stanovení jasného a jednotného ukazatele pro porovnání míry zlepšení. Proto bylo rozhodnuto sledovat vždy změnu sledovaných parametrů procesu. To znamená, že pokud se zlepšovatelská aktivita bude zaměřovat převážně na míru defektů, míra defektů bude sledovaným parametrem procesu.

Ze získaných hodnot (míry zlepšení) pak budou sestaveny histogramy, pro které se určí popisné charakteristiky jako medián, směrodatná odchylka, špičatost a šikmost. Právě v rámci těchto charakteristik budou míry zlepšení dosahované běžnými přístupy a navrhovanou metodikou porovnány.

Další porovnání dosažených zlepšení, po aplikaci metodiky, bude provedeno s mírami změn dosahovaných pomocí běžných přístupů jako je Lean nebo Six Sigma, dohledatelných v odborné literatuře. Pro tyto hodnoty bude opět sestaven histogram, pro který budou stanoveny popisné charakteristiky, které se porovnají s parametry histogramu vycházejícího z navrhované metodiky.

4.1 Použité vědecké metody

K dosažení stanovených cílů popsaných v kapitole (3) postupem popsaným v předešlém textu, byly použity různé vědecké nástroje a metodiky.

Pro popsání současného stavu bylo použito:

- Literární řešerše
- Systematická literární řešerše

Pro prvotní zlepšení vybraných procesů bylo použito:

- Lean (časové snímky, Spaghetti diagram, mapování procesů, ...)
- Počítačová simulace výrobních systémů (*Siemens Tecnomatix Plant Simulation*)
- MTM-1
- VA – analýza
- Statistické metody, testy dobré shody (statistický software: *Statgraphics Centurion XVIII*)

Během aplikace navržené metodiky bylo především využito nástrojů z teorie TRIZ:

- Idealita, konečné ideální řešení
- Trendy rozvoje technických systémů (TESE)
- Vědecké efekty

- Technické rozpory spolu s invenčními principy a tabulkou pro překonávání TR
- Fyzikální rozpory společně se separačními principy
- Invenční standardy

Během ověřování funkčnosti jednotlivých návrhů pro zlepšení procesů v rámci experimentální části práce byly použity nástroje jako:

- Tvorba proof of concept
- Ověřování technologií (praktické ověření funkčnosti navržených řešení)
- Frekvenční analýza pomocí FFT (Fast Furier Transformation)
- Měření dosažených výsledků pomocí optické mikroskopie
- Literární rešerše
- Plánovaný experiment (DOE)

Pro vyhodnocení výsledků byly použity nástroje:

- Popisná statistika, charakteristiky datového souboru (statistický software *R*)
- Grafické nástroje popisné statistiky (statistický software *R*)

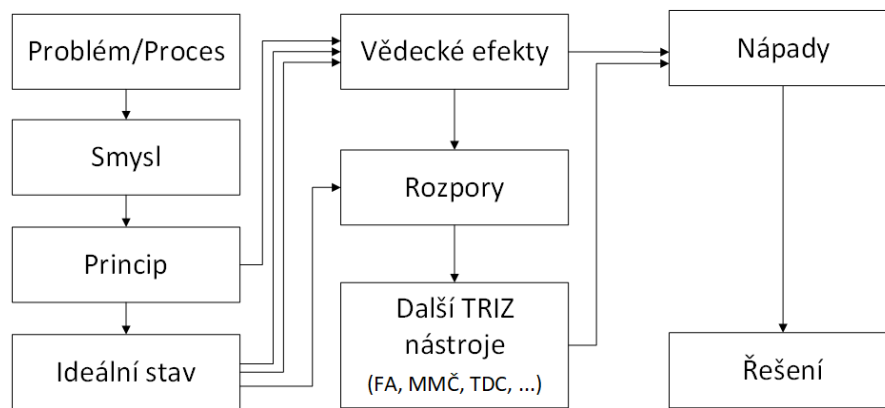
5 NÁVRH VLASTNÍ METODIKY PRO ZLEPŠOVÁNÍ PROCESŮ

Na základě výsledků literární rešerše, v předešlých kapitolách, byla navržena metodika, pro inovaci procesů založena na principech TRIZ.

5.1 Metodika pro řešení procesních problémů

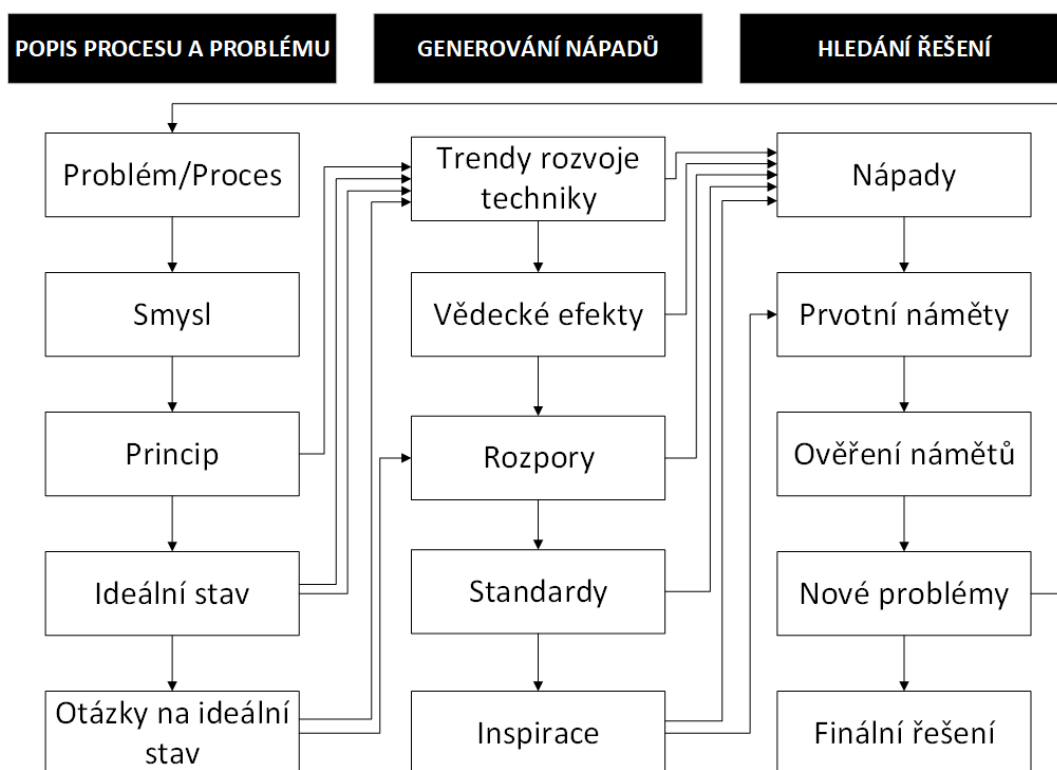
Tato metodika se skládá ze soustavy několika kroků, které vedou řešitele zlepšovateľským projektem, a pomáhají využívat nástroje a principy TRIZ. Metodiku lze použít pro zlepšování jednodušších procesů nebo jejich částí. Velmi se osvědčilo použití metodiky na procesní problem-solving, tedy řešení problémů ve výrobě.

Řešení problémů je založeno na principu ideality, kdy se problém jako takový fakticky neřeší, ale obchází. Nejprve se popíše procesní krok, kde k problému dochází, nebo kde se problém vyskytuje, a pomocí metodiky se vybrané části procesu zlepší nebo zinovují tak, že problémy buď již nevznikají, nebo daný problém na nový proces nemá žádný vliv. Schéma původního námětu metodiky je zobrazeno na obrázku (Obr. 5-1).



Obr. 5-1: jeden z prvních ucelených námětů metodiky.

Během aplikace pilotních experimentů a obecně testování funkčnosti metodiky, byla metodika rozšířena o další kroky, které usnadňují inovační proces a přidávají další nástroje, které mohou přinést zajímavé podněty k nalezení řešení. Mezi rozšiřující nástroje patří zejména použití trendů rozvoje technických systémů, a standardních řešení. Tyto nástroje společně s vědeckými efekty jsou poměrně snadné na použití, jedná se v podstatě o procházení seznamů. Dále byla metodika rozšířena o praktické prvky, jako sběr inspirací. To znamená, že řešitel by se měl během aplikace zamýšlet například nad tím, zda podobný proces již neexistuje v jiném odvětví. Tyto zdroje inspirací si je vhodné poznamenat a ve fázi sepisování nápadů prověřit. Hlavním důvodem je zamezení toho aby se vymýšlelo něco, co již v minulosti někdo vymyslel. Hledání řešení bylo postupně rozšířeno do několika kroků a především rozšířeno o ověřování navržených námětů. Poslední verze metodiky je vyobrazena na obrázku (Obr. 5-2). Autor nevyklučuje, že se bude metodika v budoucnu dále rozšiřovat, či modifikovat.



Obr. 5-2: Schéma metodiky pro řešení procesních problémů.

Metodika může být rozdělena na tři hlavní části, popis procesu a problému, generování nápadů a hledání řešení. V první části řešitel popisuje problém a proces, nebo jeho část související s problémem. Poté se popisuje smysl procesu, a jakým principem je smyslu dosahováno. Dalším krokem je definování ideálního stavu procesu – což je cíl, kterému se při hledání řešení snažíme přiblížit. V druhé fázi jsou použity nástroje a principy TRIZ. Procházejí se seznamy a databáze Trendů (TESE), vědeckých efektů, sestavují a překonávají se rozpory a hledá se další inspirace pro možná řešení. Výstupy z těchto kroků vedou k seznamu nápadů. Nápady mohou být generovány a sepisovány během všech kroků metodiky. Z nalezených nápadů se poté řešitel snaží vygenerovat náměty na řešení problému nebo zlepšení procesu. Prvotní náměty jsou konzultovány se specialisty z procesu, nebo je jinak ověřována jejich funkčnost. V této fázi může být definován nový problém, nebo predefinováno celé zadání úlohy. (Zjistíme, že původní problém není úplně kořenový problém a je vhodnější zaměřit pozornost někam jinam). Z ověřených námětů se pak sestavuje finální řešení. Poté může následovat zavedení dle zvyklostí firmy (například: prezentace managementu, finanční návratnost, rozhodnutí o podpoře, plán realizace, implementace, ...). Jednotlivé kroky metodiky jsou blíže popsány v následujícím textu.

Problém

Prvním krokem je popsání problému. V mnoha případech sem spadá zadání k řešení. V rámci tohoto kroku je potřeba zjistit, co je problémem. Je vhodné zjistit nejenom co je problémem ale i jeho příčinu. A kde v procesu se problém, respektive příčina vyskytuje. Často do tohoto kroku lze zahrnout i požadovaný výsledek.

Typickými problémy může být špatná rozměrová kvalita, problémy při přemísťování dílů, nekvalita způsobená zpracováním, ale i vysoké náklady procesu, nebo dlouhý čas zpracování.

Mezi nástroje, které lze v tomto kroku použít patří: přímé pozorování procesu, analýza procesních dat, 5WH, 5x proč, případně RCA. Dále lze provést rešeršní práci z důvodu pochopení dané problematiky, to například v situacích, kdy je řešený proces komplexní anebo technologicky specifický.

Proces

Když už je popsán řešený problém, je potřeba popsat proces, ve kterém se problém vyskytuje. Je důležité stanovit hranice procesu a pochopit jeho vstupy a požadované výstupy. Vhodné je také seznámit se s okolím procesu, a to nejenom s fyzickým okolím, ale také s předchozími a následujícími kroky ve výrobním systému. Na sebe navazující procesy spolu často souvisí a při hledání řešení můžeme nalézt námět na změnu okolních procesů, což může vést k eliminaci problému, nebo řešeného procesu. Dle charakteru problému se může jednat o jeden procesní krok, nebo celý proces složený z několika kroků.

Nástroje, které lze v tomto kroku použít jsou: přímé pozorování procesu, tvorba procesních map a diagramů, SIPOC, seznam procesních kroků,

Smysl

Tento krok je jedním ze stěžejních kroků celé metodiky. Pro hledání inovativního řešení problému je zapotřebí pochopit, jaký je skutečný cíl neboli smysl procesu. Pochopení reálného smyslu procesu poskytne řešiteli informaci o tom, čeho má být skutečně dosaženo. Zlepšení způsobu dosažení smyslu procesu je hlavním cílem této metodiky¹⁴. V krajních případech lze zjistit, že proces postrádá hlubšího smyslu, a může být eliminován nebo snadno nahrazen jinou částí produkčního systému.

V tomto kroku bychom se měli zaměřit na popsání požadovaného výstupu. Jinými slovy lze také tento krok popsat jako definování funkce procesu. Tento krok vychází funkčního modelování z teorie TRIZ.

Princip

Po tom co jsou popsány hranice procesu, a známe skutečný smysl procesu, je možné popsat současný stav toho, jakým principem je požadovaného smyslu dosahováno. Měl by být popsán fyzikální, či chemický princip toho jak jsou vstupy přetvářeny na požadované výstupy. Zároveň lze popsat negativní výstupy.

V rámci tohoto kroku lze provést rešeršní práci, k hlubšímu pochopení podstaty současného stavu procesu. I tento krok vychází z funkčního modelování teorie TRIZ. Jinými slovy popisujeme funkci současného stavu procesu¹⁵.

Ideální stav

Je popsán smysl i současný princip procesu, proto je možné poměrně snadno definovat ideální stav procesu. Tento krok vychází z jednoho z hlavních principů TRIZ – idealita. Proces by měl být popsán tak, aby se co nejvíce přiblížil ideálnímu stavu. Ideální stav je takový, kdy funkce (tedy smysl) procesu je naplněna, ale proces neexistuje. Protože je nemožné se k takovému ideálnímu stavu vždy dostat, je možné popsat více ideálních stavů. Popis ideálního stavu může být shrnut pouze jednou větou a měla by se v něm vyskytovat slova jako „sám“, „samo“, a podobné.

Definovaný ideální stav poskytuje řešiteli cíl, kterého by se měl snažit dosáhnout. Protože si řešitel může představit onen ideální stav, odpoutává se tak od stavu současného a hledá řešení neovlivněné psychologickou setrvačností.

Příklady definovaného ideálního stavu můžou být: „*Díl se na požadovanou pozici přepraví sám.*“, „*Díly se spojí samy.*“, a podobně.

¹⁴ Cílem je zlepšit způsob dosažení smyslu procesu, běžné přístupy zlepšují parametry procesu bez hlubšího zaměření na samotný smysl, zaměřují tak především na účinnost (efektivitu), oproti tomu navržená metodika se více zaměřuje na účelnost (smysl) daného procesu.

¹⁵ Funkce procesu může být popsána podle TRIZ jako nástroj působící pomocí akce na objekt – tedy *subjekt-akce-objekt*.

Otázky na ideální stav

Následujícím krokem je přeformulování ideálních stavů na otázky. Tento krok usnadňuje pochopit mezeru, která je mezi současným stavem, a požadovaným cílem. A přitom lépe popíše cíle, které se budeme v následujících krocích snažit dosáhnout.

Otázky by měly být formulovány jednou větou a mohou osahovat prvky jako: „*Jakým způsobem... ?*“, „*Jak docílit, aby ... ?*“, a další.

Příklady přeformulovaných otázek na idealitu mohou být: „*Jak docílit, aby se díly samy přepravili na požadovanou pozici?*“, „*Jakým způsobem zajistit, aby se díly spojili samy?*“, a podobně.

Sestavení těchto otázek uzavírá část popisu procesu a problému. Řešitel rozumí co je problém, kde se vyskytuje, a kde začíná a končí problematický proces. Právě popsané otázky dávají poměrně jasné zadání, na které se řešitel snaží pomocí dalších kroků metodiky nalézt odpověď.

Trendy rozvoje techniky (TESE)

Trendy rozvoje technických systémů neboli TESE (*Trends of Engineering System Evolution*) dopomáhají řešiteli nalézt řešení na zlepšení procesu, podle zákonitostí rozvoje těchto trendů. Seznam trendů je v příloze (PŘÍLOHA č. 1).

Aplikace tohoto kroku spočívá v prohledávání seznamu trendů a vybírání těch, které by mohli souviset s daným procesem, nebo problémem. Poté by si řešitel měl pokládat otázky, zda na základě rozvoje procesu dle vybraných trendů nenalézá nějaký nápad, který by mohl vést ke kžitému řešení problému.

Vědecké efekty

Obdobně jako u trendů, v tomto kroku řešitel prochází existující principy a technologie k nalezení možnosti jak požadovaný cíl procesu vykonat jinak. K tomuto slouží seznamy vědeckých efektů, jako jsou fyzikální efekty, chemické efekty, geometrické efekty, nebo efekty inspirovány přírodou. Seznamy vybraných vědeckých efektů jsou v příloze (PŘÍLOHA č. 2).

Kromě seznamů vědeckých efektů je možné použít různé databáze. V databázích se většinou definuje funkce, které chceme dosáhnout. Například „*spojit pevné látky*“ (*join solid*). Tento vstup do databáze poté vygeneruje seznam odpovídajících vědeckých efektů. Každá dostupná databáze se může lišit ale použití je v zásadě poměrně jednoduché.

Z volně dostupných databází v době psaní této práce by autor doporučil: Production Inspiration¹⁶, Oxford Creativity – TRIZ effects database¹⁷, a Ask Nature¹⁸.

Nalezené efekty a technologie poskytují velmi dobrý zdroj pro generování nápadů na požadovanou změnu procesu.

Technické rozporů

Dalším krokem je sestavení a překonání technických rozporů. Použití a překonávání technických rozporů pomocí invenčních principů a tabulky invenčních principů je pravděpodobně nejpoužívanější nástroj z teorie TRIZ¹⁹.

Nejprve je nutné sestavit jeden nebo více technických rozporů²⁰. Technický rozpor je založen na situaci, kdy pokud zlepšíme jeden parametr systému, jiný parametr se zhorší. Zhoršení jiného parametru je pro nás ale nepřijatelné. Pro sestavení technického rozporu se nejprve zvolí parametru

¹⁶ <https://www.productioninspiration.com/>

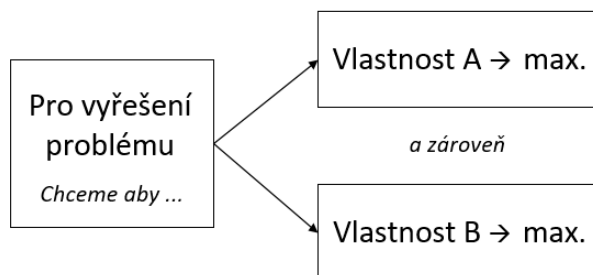
¹⁷ <https://www.triz.co.uk/triz-effects-database>

¹⁸ <https://asknature.org/>

¹⁹ Mnoho uživatelů se často domnívá, celá teorie TRIZ je pouze tabulka pro překonání technických rozporů.

²⁰ Podle TRIZ existují tři úrovně rozporů: administrativní rozpor, technický rozpor a fyzikální rozpor.

ke zlepšení. Poté se definuje, jak by bylo možné tento parametr zlepšit běžným způsobem. Po tomto zlepšení nám vyplyne parametr, který by se zhoršil.



Obr. 5-3: Schéma technického rozporu.

Pro překonání technických rozporů se používají invenční principy společně s tabulkou pro překonání technických rozporů. Z 39 parametrů se v levém sloupci vybere parametr (nebo několik parametrů) který nejlépe odpovídá námi popsanému parametru, který chceme zlepšit. Poté se v prvním řádku tabulky vybere parametr (nebo více parametrů), který se nepřipustně zhoršuje. Na spojnici těchto parametrů nalezneme doporučené invenční principy pro překonání technického rozporu. Seznam technických parametrů se základním popisem je v příloze (PŘÍLOHA č. 3), tabulka pro překonání rozporů je v příloze (PŘÍLOHA č. 4), a seznam invenčních principů je pak v příloze (PŘÍLOHA č. 5).

Co je nutno zlepšit ↓		Co se nepřipustně zhoršuje						
		8	9	10	11	12	13	14
1	Hmotnost pohyblivého objektu	-	2 8 15 38	8 10 18 37	10 36 37 40	10 14 35 40	1 35 18 39	28 27 18 40
2	Hmotnost nepohyblivého objektu	5 35 14 2	-	8 10 19 35	13 29 10 18	13 10 29 14	26 39 1 40	28 2 10 27
3	Délka pohyblivého objektu	-	13 4 8	17 10 4	1 8 35	1 8 10 29	1 8 15 34	8 35 29 34
4	Délka nepohyblivého objektu	35 8 2 14	-	28 10	1 14 35	13 14 15 7	39 37 35	15 14 28 26
5	Plocha pohyblivého objektu	-	29 30 4 34	19 30 35 2	10 15 36 28	5 34 29 4	11 2 13 39	3 15 40 14
6	Plocha nepohyblivého objektu	-	-	1 18 35 36	10 15 36 37	-	2 38	40
7	Objem pohyblivého objektu	-	29 4 38 34	15 35 36 37	6 35 36 37	1 15 29 4	28 10 1 39	9 14 15 7
8	Objem nepohyblivého objektu	*	-	2 18 37	24 35	7 2 35	34 28 35 40	9 14 17 15
9	Rychlost	-	*	13 28 15 19	6 18 38 40	35 15 18 34	28 33 1 18	8 3 26 14
10	Síla	2 36 18 37	13 28 15 12	*	18 21 11	10 35 40 34	35 10 21	35 10 14 27
11	Napětí, tlak	35 24	6 35 36	36 35 21	*	35 4 15 10	35 33 2 40	9 18 3 40
12	Tvar	7 2 35	35 15 34 18	35 10 37 40	34 15 10 14	*	33 1 18 4	30 14 10 40
13	Stabilita složení objektu	34 28 35 40	33 15 28 18	10 35 21 16	2 35 40	22 1 18 4	*	17 9 15
14	Pevnost	9 14 17 15	8 13 26 14	10 18 3 14	10 3 18 40	10 30 35 40	13 17 35	*

Invenční principy:
 26. Kopírování;
 39. Inertní prostředí;
 1. Segmentace;
 40. Kompozity;

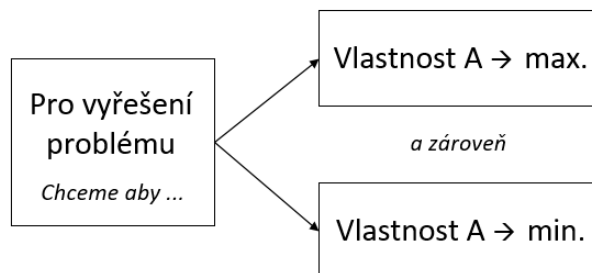
Obr. 5-4: Příklad použití tabulky pro překonání rozporů.

V rámci reálného řešení procesních problémů bylo nalezeno několik zjištění. Protože je tabulka koncipována převážně na inovaci produktů je obtížnější nalézt jeden správný parametr na popsaný technický problém. Současně je obtížnější problém popsat pouze jedním technickým rozporům. Z toho důvodu je možné sestavit více technických rozporů a pro každý rozpor zvolit více parametrů pro zlepšení i parametrů, které se nepřipustně zhoršují. Dalším doporučeným krokem je porovnat všechny kombinace dvojic a tím vygenerovat poměrně velké množství invenčních principů. Invenční principy poté seřadit podle četnosti výskytů. Invenční principy, které se vyskytly ve výsledcích nejčastěji, budou s největší pravděpodobností řešit námi popsaný problém.

Protože je takovéto řešení rozporů časově náročné je vhodné použít počítačovou podporu. Prvním usnadněním může být použití virtuální tabulky (jako například TRIZ40²¹, nebo interaktivní Excel tabulky od Oxford Creativity²²). Druhým je použití speciálního software²³.

Fyzikální rozpory

Po definování technického rozporu lze rozpor zintenzivnit a definovat rozpor fyzikální. Fyzikální rozpor je situace, kdy jsou na jeden prvek technického systému kladeny protichůdné požadavky. Například chceme, aby se objekt pohyboval, ale zároveň chceme, aby byl objekt v klidu.



Obr. 5-5: Schéma fyzikálního rozporu.

Pro překonání fyzikálního rozporu se používají separační principy. Ty pomáhají protichůdné požadavky oddělit v prostoru, čase, nebo v systémové hierarchii. Seznam separačních principů je v příloze (PŘÍLOHA č. 6).

Překonáním fyzikálního rozporu zpravidla dosáhneme silnějšího řešení než při překonání technických rozporů. Tento krok je ale pro nezkušeného uživatele obtížnější. Pokud bylo nalezeno mnoho slibných nápadů během řešení technických rozporů, pak tento krok může být vynechán.

Standardy

Invenční standardy neboli standardní řešení, jsou většinou používány společně s analýzou Su-Field (*Ve-pol, substance-field*). Z důvodu větší náročnosti aplikace analýzy S-F, bylo zvoleno použití pouze seznamu standardních řešení. Některé řešení se překrývají s nalezenými řešeními z invenčních principů a trendů rozvoje technických systémů.

Standardní řešení jsou taková řešení, která se nejčastěji vyskytují při překonávání často vyskytujících se problémů. Řešitel v tomto kroku prochází seznamem řešení, který lze zúžit pomocí kategorií: nekompletní Substance-Field model, problémy s měřením nebo detekcí, škodlivé efekty, nedostatečná, nebo nadbytečná vazba. Seznam standardních řešení je v příloze (PŘÍLOHA č. 7). Na základě vybraných standardních řešení je snaha vygenerovat nápady na zlepšení reálného procesu s cílem překonání daného problému.

Inspirace

Posledním krokem na generování nápadů je inspirace. Během předchozích kroků metodiky je možné, že si autor kromě nápadu na řešení vybaví odvětví, technologii, nebo nějaký princip, který by mohl poukázat na existující řešení problému (respektive zlepšení procesu). Tyto poznámky jsou sepisovány a v tomto kroku prozkoumány. Krom sběru poznámek k inspiraci během řešení je vhodné, aby se řešitel ještě jednou zamyslel v tomto kroku. Protože již vygeneroval několik nápadů na řešení, začínají se zpravidla řešitelé v hlavě utvářet možné náměty na finální řešení. V tomto kroku probíhá rešerše již existujících řešení k zamezení vymýšlení něčeho, co již bylo vymyšleno.

²¹ <https://www.triz40.com/>

²² <https://www.triz.co.uk/learning-centre-innovation-materials>

²³ Tuto funkcionalitu obsahuje podpůrná aplikace, která vznikla v rámci této práce.

Pro tyto účely je možné použít jakékoliv zdroje informací. Ať už jde o běžné dohledávání informací v internetových vyhledávačích, nebo prohledávání odborných a učebních textů, vědeckých publikací, patentů, a podobně.

Autor doporučuje prohledání More Inspiration²⁴, Patent Inspiration²⁵, Google Scholar²⁶, Google patents²⁷, Espacenet²⁸, ale i Youtube nebo Wikipedia. Jde zde především o to, ověřit zda již nějaké řešení existuje, a případně se inspirovat k rozvinutí nápadů v kvalitnější náměty pro zlepšení daného procesu.

Tímto krokem je ukončena druhá část metodiky s názvem generování nápadů, následuje poslední část a to hledání řešení.

Nápady (Ideje)

V tomto kroku jsou všechny nápady vygenerované v předešlých krocích sepsány do souhrnného seznamu nápadů. Tento seznam nápadů je pak řešitelem procházen a na základě těchto nápadů je snaha vygenerovat námět, nebo náměty, na reálné zlepšení procesu (respektive překonání problému).

Prvotní náměty

Jak je již naznačeno v předchozím kroku, procházením vygenerovaných nápadů a směrů ze všech kroků metodiky se generují náměty na zlepšení procesu. Výstupem tohoto kroku může být několik námětů, jak se vypořádat se zlepšením procesu za účelem překonání problému.

Tyto náměty by v podstatě měly být odpovědí na otázku na idealitu z první části metodiky.

Námět by měl být stručný, ale jasně popisovat zamýšlené řešení. Příkladem může být vygenerování námětu na základě poznatků z nalezených nápadů, jako je použití gravitačního pole: „Díly se budou samy přepravovat díky gravitační skluzavce.“

Ověření námětů

Po navrhnutí prvotních námětů je zapotřebí ověřit jejich funkčnost a realizovatelnost. V závislosti na typu námětu lze v jejich ověřování postupovat rozdílně. Některé náměty je nutné ověřit principiálně pomocí řešerše. Zde může jít například o dohledání materiálových vlastností. Další možnost ověření je konzultace námětů se specialisty a s technologií či průmyslovými inženýry, kteří proces znají. Ti dodají možná omezení a pomohou nasměrovat výběr či úpravu námětů. Dalším možným způsobem je experimentální ověření. Takový experiment nemusí nutně být vědeckého rázu, ale i nízkonákladové odzkoušení funkčnosti námětu. Sem spadá například měření, testy testy proof of concept, tvorba funkčních vzorků, a další pokusy.

Výstupem tohoto kroku by měly být vyřazené nebo ověřené náměty.

Nové problémy

Kromě toho, že jsou během ověřování nalezeny vhodné náměty a nevhodné eliminovány, se může stát, že se objeví nové doposud neznámé omezení, které je nutno dodržet. Tím může vzniknout nový problém – tedy nové zadání k řešení. V takovém případě se začíná s aplikací celé metodiky od začátku krokem jedna: popis problému.

Nové problémy by měli být definovány i v případě, že během ověřování nebyl vybrán ani jeden námět jako uspokojivý. Úpravou popisu problému se přerámuje celé řešení a je tak možné nalézt jiné příležitosti ke změně procesu.

²⁴ <https://www.moreinspiration.com/>

²⁵ <https://www.patentinspiration.com/>

²⁶ <https://scholar.google.com/>

²⁷ <https://patents.google.com/>

²⁸ <https://worldwide.espacenet.com/>

Výběr finálního řešení

Posledním krokem je výběr finálního řešení. Z ověřených námětů je vybrán ten nejvýhodnější, případně kombinace více námětů. Pokud nebylo provedeno testování v kroku ověřování, je možné vybrané náměty ještě dodatečně ověřit.

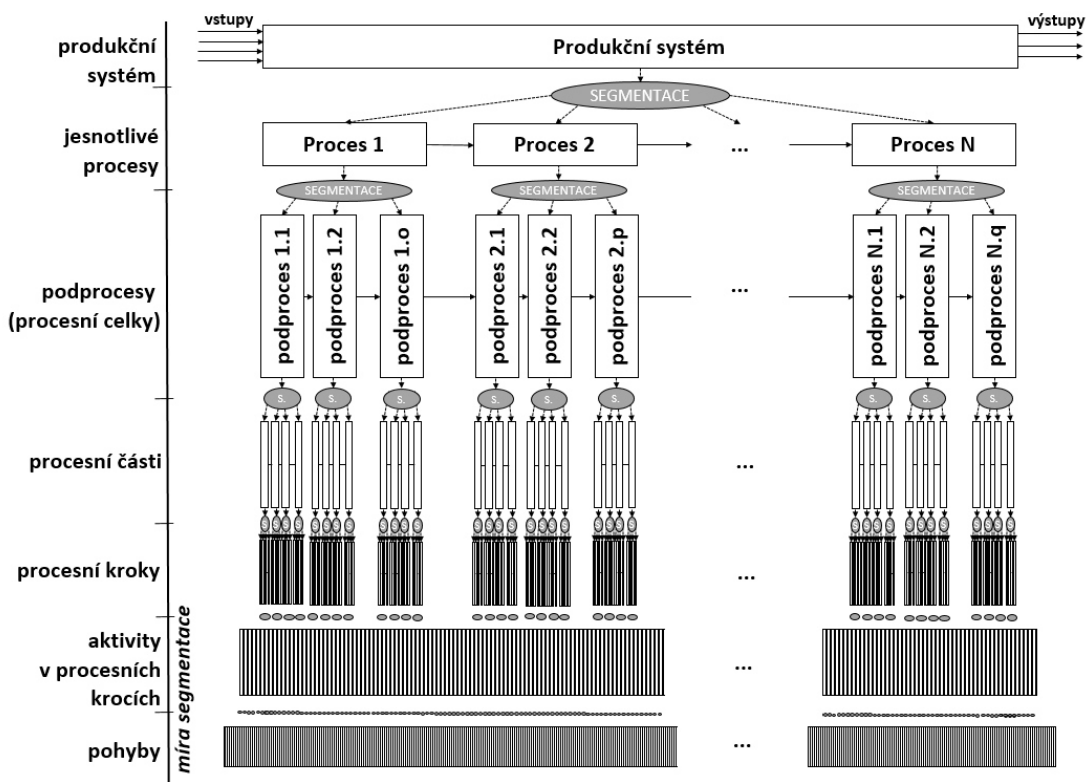
Po tom co je vybráno finální řešení, se postupuje s jeho implementací podle zvyklostí dané společnosti, ve které se zlepšovaný proces nachází.

Popis metodiky byl publikován autorem práce v odborné publikaci pod názvem 3I – Innovation by Increasing Ideality [263].

Prázdný formulář pro praktickou aplikaci metodiky je v příloze (PŘÍLOHA č. 8).

5.2 Algoritmus pro inovaci produkčních systémů

Pro potřebu zlepšovat a inovovat větší a komplexnější procesy, procesní celky, nebo celé produkční systémy byl navržen algoritmus. Tento algoritmus je založen na stejném postupu jako samotná metodika popsaná v předešlé kapitole. Problém s komplexností je zde řešen postupnou segmentací procesu²⁹ na části, pod-procesy, procesní kroky, nebo dílčí aktivity. Pro každý segment je pak snaha nalézt inovativní přístup jak dosáhnout smyslu segmentu lépe, nebo pokud možno bez existence segmentu samotného³⁰. Na obrázku (Obr. 5-6) je znázorněno možné členění – segmentace procesního celku.



Obr. 5-6: Schématické zobrazení postupné segmentace produkčního systému.

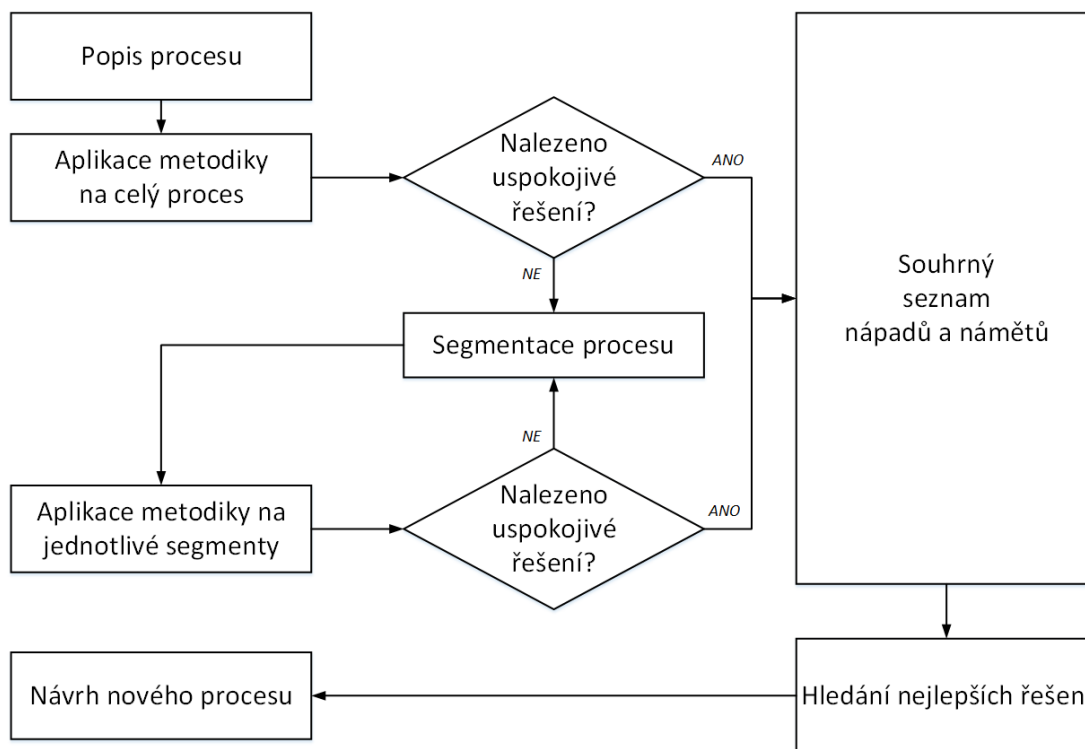
Způsob segmentace závisí na daném procesu, a to jak typově, tak dle úrovně na kterou je aplikována metodika. Lze očekávat, že s inovací celého produkčního systému se setkáme pouze zřídka. Pro představu produkční systém může být rozdělen na procesy podle jednotlivých oddělení, procesy na jednotlivých odděleních mohou být rozsegmentovány na procesní celky –

²⁹ sleduje trend segmentace

³⁰ sleduje trend zvyšování ideality

například linky, výrobní buňky a podobně. Další segmentace může být rozdělení procesu dle technologií. Hlubší segmentace pak směřuje na rozdělení procesu na jednotlivé kroky, aktivity, či pohyby (případně funkce). Jak již bylo zmíněno, nelze stanovit přesný návod jak proces dělit, řešitel musí rozhodnout o velikosti segmentů dle svého uvážení.

Navržený algoritmus poté vede řešitele segmentací procesu a aplikací navržené metodiky na jednotlivé segmenty.



Obr. 5-7: Schéma algoritmu pro inovaci procesů.

Nejprve je metodika aplikována na celý proces. K tomu je zapotřebí předchozího popisu, ohraničení procesního celku. Tato první aplikace dává šanci na nalezení zvlášť inovativních námětů na radikální změnu celého systému. Nalezení takových radikálních námětů však není příliš pravděpodobné. Proto se procesní celek segmentuje na určité části. Segmenty mohou být například podle oddělení, technologií, výrobních linek a podobně. Vše závisí na tom, jak komplexní procesní celek je inovován. Poté je navržená metodika aplikována na každý segment. V případě že nejsou nalezeny uspokojivé nápady nebo náměty pokračuje se v segmentaci. V segmentaci lze ale pokračovat i v případě že již nějaké nápady byly vygenerovány. Každá další úroveň segmentace dává jiný pohled na proces a může pomoci generovat jiný typ námětů na zlepšení procesu. Obecně by se dalo předpokládat, že čím menší je procesní segment, tím snáze se nalézá řešení na jeho zlepšení. Takové zlepšení ale zlepšuje právě pouze onen malý segment. Proto je snaha postupovat od větších procesních celků a segmentů, a teprve pokud není nalezeno vhodné řešení, postupuje se k menším a menší částem.

Ukončení segmentace závisí na řešiteli samotném. Procesní kroky je možné dále segmentovat na určité aktivity, nebo pohyby. Z hlediska množství takových segmentů se poté zdá aplikace na všechny prvky procesního systému příliš zdlouhavá.

5.3 Procesní idealita jako nová metrika

Z důvodu nutnosti porovnání procesních stavů před a po aplikaci navrhované metodiky byla navržena nová metrika. Metrika – respektive ukazatel procesní ideality vychází z konceptu

ideality z TRIZ, který je pouze teoretický, a rozvíjí ho pro použití na procesech, jak teoreticky, tak s možností dosažení skutečných veličin.

Bylo ověřeno, že většina současných procesních metrik se zaměřuje především na optimalizaci současného stavu³¹. Z tohoto důvodu byla navržena nová metrika vycházející z rovnice ideality definované v TRIZ (rovnice (1)), která je zde pro jasnost opět vyobrazena jako rovnice (5),

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n B_i}{\sum_{j=1}^m H_j} \quad (5)$$

kde I je idealita systému, B jsou pozitivní efekty systému, a H jsou negativní efekty systému. Problém se současnou rovnicí stupně ideality technického systému je v tom, že slouží spíše jako teoretická formulace popisu myšlenek. Všechny pozitivní a negativní funkce systému se stanovují jen velmi obtížně. Pro praktické použití bylo nutné formulovat novou rovnici pro výpočet stupně ideality výrobního procesu. Rovnice musí vycházet z původní rovnice ideality ale zároveň musí být jasné, jaká čísla dosadit a vypočítat tak požadovanou idealitu procesu.

Při návrhu se vycházelo z rozšířené rovnice ideality TRIZ, kdy jsou ve jmenovateli krom negativních efektů také náklady. Viz rovnice (2), zde je již v upravené formě pro obecný výpočet ideality procesu (6),

$$I_p = \frac{\sum_{i=1}^n PO_i}{\sum_{j=1}^m NI_j + \sum_{k=1}^o NO_k} \quad (6)$$

kde I_p je idealita procesu, PO jsou pozitivní výstupy procesu, NI jsou náklady na proces, neboli požadované vstupy procesu, a NO jsou negativní výstupy procesu. Tato rovnice může být dále rozšířena způsobem zobrazeným v rovnici (7),

$$I_p = \frac{\sum_{i=1}^n POd_i + \sum_{r=1}^p POe_r}{\sum_{j=1}^m NI_j + \sum_{k=1}^o NO_k} \quad (7)$$

Kde POd reprezentuje očekávané, nebo požadované pozitivní výstupy procesu, a POe jsou pozitivní výstupy procesu nad rámec očekávání. Pro upřesnění jsou všechny parametry rovnice blíže popsány v následujícím textu.

POd – (Demanded positive outcomes): Požadovaný pozitivní výstup procesu (je variací na pozitivní efekty z původní rovnice TRIZ), reprezentuje finální výstup procesu (produkt nebo službu), pro který daný proces existuje. Například se může jednat vyrobený, přepravený, nebo smontovaný díl. Z hlediska služeb může být výstup reprezentovaný provedenou akcí, jako jsou prodané jednotky, přepravení zákazníci, nebo ostříhaná hlava. POd je při výpočtu stanoven jako 1, protože celá rovnice je vázána k jednotce požadovaného výstupu (POd).

³¹ V případě radikálních změn, může nastat situace, kdy je některý běžný ukazatel zhoršen, přestože je stav celkově lepší. Příkladem může být VA-index, kdy radikální změnou procesu dojde k výrazně kratší době výroby, doba aktivit přidávající hodnotu (VA) v poměru k celkovému času procesu se však může zhoršit.

NI – (Needed inputs): Potřebné vstupy (variace na náklady z původní rovnice TRIZ). Tyto vstupy, nebo náklady, mohou být chápány jako všechny vstupy procesu, které je potřeba pro produkování jednotky požadovaného výstupu (*POd*). To mohou být náklady například z hlediska materiálů, energií, lidských zdrojů, zařízení, financí, nebo času.

NO – (Negative outcomes): negativní výstupy (variace na negativní efekty z rovnice TRIZ), je souhrn všech ostatních výstupů procesu, které nejsou žádoucí. Může sem patřit odpadový či zbytkový materiál, Neshodné (NOK) díly, nebo negativní vlivy na prostředí či zdraví.

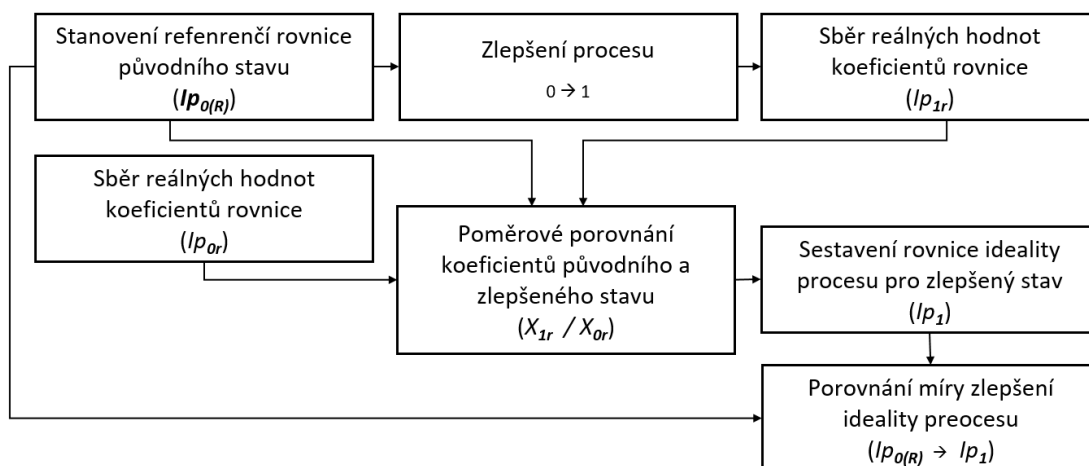
POe – (Extra positive outcomes): Extra pozitivní výstupy procesu, nebo pozitivní výstupy nad rámec očekávání. Sem patří takové výstupy, které nejsou smyslem procesu, neočekáváme je, ale nějakým způsobem přináší jiné pozitivní efekty procesu nebo jeho okolí. Extra pozitivní výstupy mohou vznikat například, když odpadní materiál je zároveň požadovaným vstupním materiálem v jiném procesu, nebo když proces jako vedlejší efekt generuje elektrickou energii, případně redukuje CO₂, a podobně.

Potřebné vstupy (*NI*) a negativní výstupy (*NO*) mohou být, pro usnadnění dosažení reálných hodnot do rovnice, rozděleny na dílčí parametry. Příklad rovnice s rozdělenými složkami je uveden v rovnici (8),

$$I_p = \frac{POd + POe}{(T + F + P + Eq + E + M) + (W + NOK + Sp + Se + O)} \quad (8)$$

kde *POd* je jednotka požadovaného výstupu (1 ks.); *POe* jsou extra pozitivní výstupy vztažené na jednotku *POd*; *T* je čas potřebný na vyprodukování jednotky požadovaného výstupu (*POd*); *F* jsou finanční náklady potřebné pro produkci jednotky (*POd*); *P* je počet potřebných pracovníků procesu; *Eq* je potřebné vybavení (ohodnocení množství a složitosti potřebných strojů a zařízení); *E* je energie potřebná k vyprodukování jednotky požadovaného výstupu (*POd*); *M* je materiál potřebný na výrobu jednotky (*POd*); *W* jsou odpadní materiály vystupující z procesu, vztažené na jednotku požadovaného výstupu (*POd*); *NOK* jsou neshodné díly připadající na jednotku (*POd*); *Sp* reprezentuje bezpečnost pro osoby (zahrnuje bezpečnost, ergonomii a zdravotní zátěž), což znamená úroveň hrozeb vycházejících z procesu, kterým jsou vystaveny osoby; *Se* reprezentuje bezpečnost pro prostředí (okolí – ekologická zátěž), to znamená hrozby, kterými je zatíženo okolní prostředí, vztažené na jednotku požadovaného výstupu procesu (*POd*); *O* je pro ostatní negativní výstupy, v případě, že nějaký výstup nebyl pokryt.

Postup porovnání dvou stavů procesu pomocí rovnice pro výpočet procesní ideality spočívá v porovnání relativní změny parametrů procesu. Nejprve se stanoví rovnice, která reprezentuje výchozí (referenční) stav procesu. Ta je označena $I_{p0(R)}$, a protože se jedná o referenční rovnici, všechny parametry rovnice jsou stanoveny jako „1“. Výsledek rovnice se tak z pravidla rovná 0,1 [-]. Reálné parametry původního stavu procesu však musejí být také zaznamenány, pro odlišení mohou být indexovány jako o_r . Následně se provede zlepšení procesu a pro zlepšený stav se stanoví nové reálné parametry, ty mohou být označeny indexem i_r . Na základě relativní změny parametrů i_r ku původním parametrům o_r jsou stanoveny koeficienty pro výpočet ideality procesu zlepšeného stavu I_{p1} . Následně porovnáním idealit procesu $I_{p0(R)}$ a I_{p1} , získáme relativní změnu ideality procesu dosaženou pomocí daného zlepšení procesu. Tento postup je pro názornost vyobrazen schématicky na obrázku níže.



Obr. 5-8: Schéma použití rovnic procesní ideality.

Příklad porovnání parametrů je popsán na parametru času výroby. Původní stav procesu má průběžnou dobu výroby 15 minut ($T_{0r} = 15$ [min]), pak T v rovnici $Ip_{0(R)}$ bude „1“. Po zlepšení procesu byl čas produkce zkrácen na 13 minut ($T_{1r} = 13$ [min]). Na základě relativní změny T_{0r} a T_{1r} lze stanovit hodnotu T_1 ($13/15 = 0,87$). Čas T v rovnici Ip_1 tedy bude „0,87“. Celková idealita procesu je tímto pozitivně ovlivněna, nehledě na to zda je v procesu více, nebo méně hodnotu přidávajících aktivit.

Tato metodika může být použita pouze pro porovnání různých stavů téhož procesu.

Rovnice a výpočet je především pro akademické účely – respektive pro účely ověření míry zlepšení procesů při porovnávání navrhované metodiky a s běžnými nástroji. Aplikace samotné metodiky nevyžaduje použití výpočtu procesní ideality, nicméně pokud si řešitel není jistý, nebo není jasné, které z navrhovaných řešení je nevhodnější, lze tento výpočet použít pro ohodnocení navrhovaných variant.

5.4 Podpůrná aplikace

V rámci zjednodušení aplikace navrhované metodiky byla v průběhu řešení experimentální části vytvořena podpůrná aplikace v programu Microsoft Excel. Použití aplikace není nutné, výrazně však urychluje a usnadňuje aplikaci metodiky na reálných problémech.

Aplikace, na několika listech excelovského sešitu provádí všemi kroky základní metodiky. Nejprve vede řešitele popsáním problému, poté pomocí zahrnutých seznamů a propojených odkazů pomáhá s výběrem trendů rozvoje techniky nebo vědeckých efektů. Jedním z nejpřínosnějších prvků vytvořené aplikace je automatizované dohledávání invenčních principů. Běžné dohledávání invenčních principů s pomocí tabulky pro překonávání technických rozporů lze nalézt v různých podobách zautomatizované. V rámci praktické aplikace této metodiky však docházelo k tomu, že nebyly nalezeny přesně odpovídající parametry, a tak bylo vybráno více významově blízkých parametrů (jak pro zlepšující vlastnost, tak nepřístupně zhoršující se vlastnos). To bohužel vedlo k značné složitosti dohledávání invenčních principů ze všech kombinací vybraných parametrů. Zjednodušeně, navržená aplikace poskytuje prostor, kdy uživatel může vybrat několik parametrů pro zlepšení a několik parametrů, které se nepřístupně zhoršují. Aplikace poté vyhledá všechny invenční principy na základě porovnání všech dvojic zadaných parametrů. Nalezené parametry jsou poté seřazeny podle počtu výskytů v tabulce, kdy v případě shody počtu výskytů o pořadí rozhoduje pořadí dle tabulky rozporů. Dále je řešitel veden řešením fyzikálních rozporů společně s rozšířeným seznamem separačních principů, a dále může hledat možná řešení za pomoci standardních řešení. Výstupem aplikace je report, tedy list, kde jsou všechny vstupy a výstupy z aplikace shrnuty na několika stránkách. Po vytisknutí může

sloužit k přehlednému generování námětů, případně finálních řešení. Mimo jiné může sloužit i jako zpráva z aplikace. Tyto reporty budou ve vizuálně přeformátované podobě zahrnuty v experimentální části.

Parametry, které chceme zlepšit: 5 8 25 36 39
 Parametry, které se zhoršují: 4 10 12
 VYČISTI
 Popis parametru: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39
 Název CZ 12. Tvar
 Název EN Shape
 Popis CZ ZDE

VYHLEDEJ PRINCIPY	počet	princip
Výsledné invenční principy:	4	10. Předběžná akce
	4	2. Extrakce, Separace
	4	14. Sféroidita, Zakřivení
POPIS PRINCIPŮ	3	30. Pružné pláště a tenké vrstvy
	3	26. Kopírování
	3	35. Změna parametrů
	3	34. Odhození a regenerace
	3	5. Sloučení, Kombinování
	2	7. Vnoření, Spojení
	2	29. Pneumatika a hydraulika
	2	28. Mechanická substituce
	2	4. Asymetrie
	2	37. Teplotní roztažnost
	2	15. Dynamičnost
	2	36. Fázové přechody
	1	19. Periodická akce
	1	24. Prostředník
	1	8. Anti-tíže
	1	13. Inverze, Naopak
	1	18. Mechanické kmity a vibrace
	1	16. Časnečná nebo nadměrná akce
	1	40. Kompozity
	1	17. Jiný rozměr, Jiná dimenze

Obr. 5-9: Ukázka dohledávání invenčních principů na základě více použitých parametrů.

Detailní popis včetně návodu na použití aplikace je v příloze (PŘÍLOHA č. 9).

Do budoucna není zavrženo přepracování aplikace do samostatně spustitelné aplikace, případně do aplikace ve webovém rozhraní, za účelem snazší použitelnosti, bez nutnosti vlastnit Microsoft Excel. Autor si je ovšem vědom, že Microsoft Excel patří mezi nejrozšířenější software, využívaný jak v akademické tak průmyslové sféře. Proto bylo rozhodnuto, že v rámci řešení disertační práce bude jako výstup ve formě excelovské aplikace dostačující.

5.5 Souhrn navržených nástrojů

V rámci této disertační práce bylo navrženo:

- Vlastní metodika pro překonávání problémů spojených s výrobou;
- Vlastní algoritmus, navazující na vlastní metodiku, určený k inovaci produkčních procesů;
- Vlastní ukazatel zlepšení procesů z hlediska jejich úrovně ideality (Procesní idealita);
- Podpůrná aplikace v MS Excel, pro snazší použití navržené metodiky, případně navrženého algoritmu;

6 EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ NAVRŽENÉ METODIKY

Navržená metodika popsána v předchozích kapitolách byla aplikována na několika reálných procesech. Snaha autora práce byla aplikovat navrženou metodiku na pokud možno co nejširším spektru procesů a procesních problémů a tím ověřit obecnou funkcionalitu metodiky. Metodika, ať už na řešení problémů ve výrobě, nebo pro inovaci procesů byla aplikována ve spolupráci s firmami jako: Preciosa – Lustry, a. s., FläktGroup Czech Republic a.s., Preciosa, a. s., KNORR - BREMSE, Systémy pro užitková vozidla, CR, s.r.o., ŠKODA AUTO a.s., GE Aviation Czech, s.r.o., Prusa Research a.s., Ultra Clean Technology – Fluid Delivery Systems s.r.o., nebo v ateliéru na výrobu skleněných očí Aleny Sojkové.

	firma	experiment
pilotní experimenty	Preciosa - Lustry:	1 proces balení
	FläktGroup Czech Republic:	2 proces montáže jednotek tepelných výměníků
	FläktGroup Czech Republic:	3 přeprava tepelných výměníků
	Knorr-Bremse:	4 zasekávající-se pružiny
	Ateliér Aleny Sojkové:	5 výroba speciálních prototypů skleněných očí
ověřovací experimenty		6 montáž tažného zařízení
	Škoda Auto:	7 montáž držáků dělicích sítí
		8 přetekající lepidlo na svařovně
		9 proces dělení kubické zirkonie
	Preciosa:	10 čištění distančních kroužků
		11 proces lepení broušených kamenů na sklo
	GE Aviation CZ:	12 proces balení kovových disků
	Průša Research:	13 ořezávání Ultem fólie
		14 procesy na tiskové farmě
	Ultra Clean Technology:	15 řezání deskového materiálu
		16 leštění poškrábaných dílů
závěrečný ověřovací exp.	Ateliér Aleny Sojkové:	17 proces výroby celočerných očí

Obr. 6-1: Přehled provedených experimentů.

6.1 Pilotní experimenty

Pro první ověření funkčnosti algoritmu a rozhodnutí, zda je potřeba metodiku změnit, upravit, nebo rozšířit byly provedeny dva pilotní experimenty. Pro ověření byly vybrány procesy nejprve zlepšeny pomocí klasických nástrojů, a na zlepšený proces byl aplikován navržený algoritmus. Následně byly porovnávány míry zlepšení dosažené klasickým způsobem, oproti zlepšení dosaženého navrženým algoritmem. Oba pilotní experimenty jsou také popsány v publikaci [264].

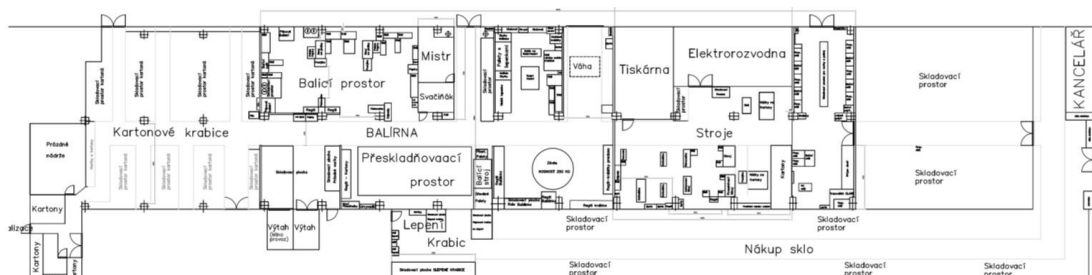
6.1.1 Preciosa – Lustry: Proces balení skleněných sestav

První pilotní experiment se zabýval zlepšováním procesu balení skleněných a kovových sestav ve společnosti Preciosa – Lustry, a. s. tato firma se zabývá výrobou zakázkových světelných instalací, například do hotelů, kasín, nebo luxusních jachet. Výrobní procesy se vyznačují vysokou mírou neopakovatelných dílů. Základní rozdělení produkce je na kovové díly a skleněné díly, ve firmě je mnoho druhů klasických, ale i moderních technologií.



Obr. 6-2: Ukázky finálních instalací společnosti Preciosa – Lustry (Preciosa – Lighting). [265]

V návaznosti na neurčitost tvaru a rozměru expedovaných dílů, a zároveň zohlednění křehkosti skleněných částí jsou kladeny poměrně vysoké nároky na oddělení balení. Pro proces balení se využívá lepenkových krabic a boxů rozličných rozměrů, nebo pro těžké kovové díly dřevěné bedny. V závislosti na hmotnosti, tvaru, materiálu a typu přepravy se vybírá z typu obalu a z velkého množství používaných probalových materiálů. Probalové materiály používané pro balení jsou například: mačkaný papír, papírová vlna, bublinková folie, nopafoam, polystyrénové desky, dvousložkové expanzní pytlíky, rolovací lepenka, kartonové papíry, plastové folie, ale i dřevěné tráčky, a další. Rozmanitost obalových a probalových materiálů přináší nutnost poměrně velkých skladových prostor. Pracovníci balírny musejí pro materiály často chodit do přilehlých skladovacích prostor, případně i potřebný materiál dohledávat.



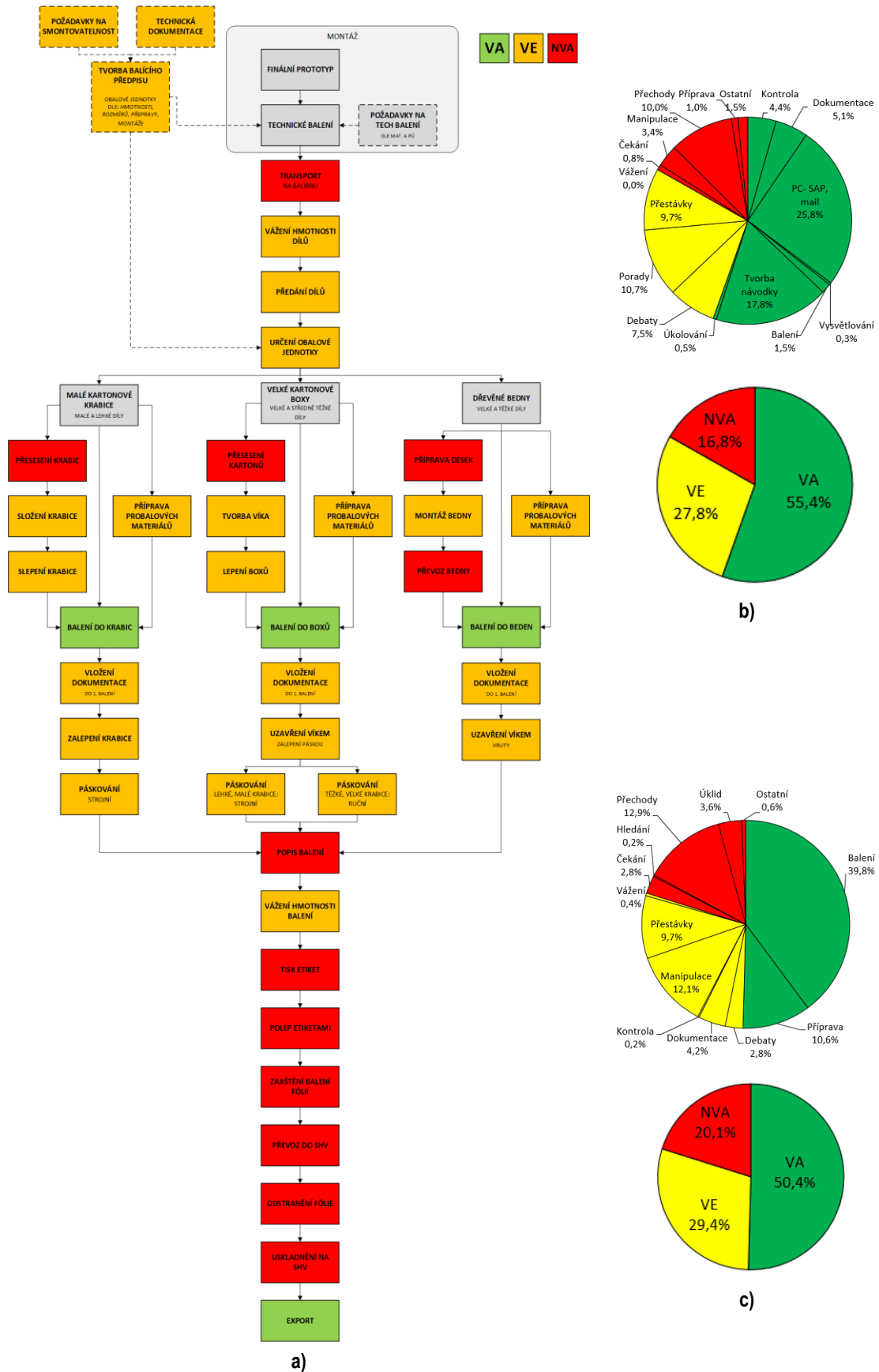
Obr. 6-3: Layout baličí haly.



Obr. 6-4: Příklad špatného uspořádání ve skladu lepenkových boxů.

Prvotní zlepšení – Lean

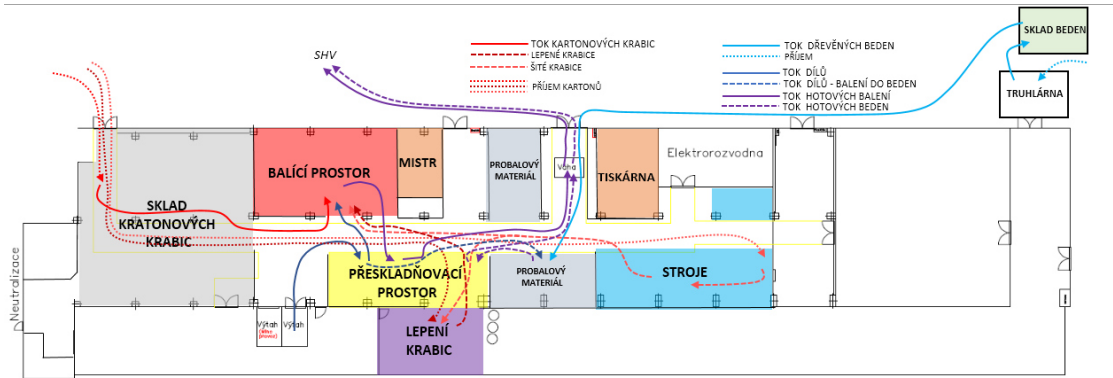
Jak již bylo zmíněno, proces byl nejprve zlepšen pomocí klasických nástrojů pro zlepšování procesů. V tomto případě bylo využito přístupu Lean, kdy byl proces nejprve zanalyzován pozorováním, na základě kterého byla vytvořena procesní mapa balení. Poté byl proces zanalyzován pomocí časových snímků pracovníků balírny. Aktivity byly rozčleněny do kategorií, a byla provedena hodnotová analýza (*value analysis*), kdy byly činnosti rozděleny na aktivity přidávající hodnotu (VA), aktivity nepřidávající hodnotu (NVA) a aktivity nutné ale nepřidávající hodnotu (VE). Stejná analýza byla provedena pro vytvořenou procesní mapu.



Obr. 6-5: Výstupy z analýzy procesu balení: a) procesní mapa aktivit na balicí hale, včetně hodnotové analýzy; b) výsledky časového snímkování – technolog balení; c) výsledky časového snímkování – pracovník balení.

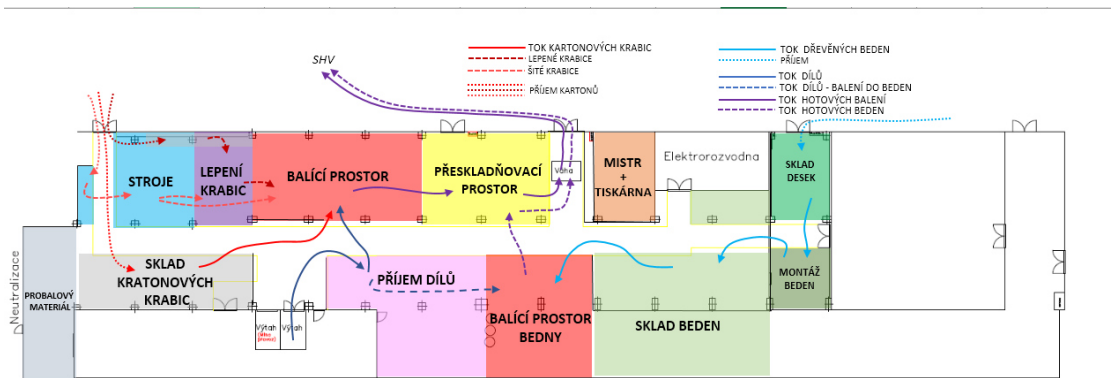
Ze snímkování pracovního dne byly jako nejzásadnější problémy identifikovány přechody a manipulace. Proto byly další snahy na zlepšení zaměřeny především na redukcí vzdáleností přechodů a manipulací s materiálem.

Dále byla snaha nalézt řešení pro eliminaci nebo redukcí všech aktivit, které nepřidávají hodnotu, případně zlepšení aktivit přidávajících hodnotu. Jako nejvhodnější řešení pro redukcí přechodů a manipulací bylo zvoleno navrhnutí nového uspořádání celé balicí haly. Pro tvorbu nových návrhů layoutu haly byly použity nástroje jako Spaghetti diagram (pro materiálové toky, i pro pracovníky), nebo diagram intenzity přechodů mezi pracovišti.



Obr. 6-6: Spaghetti diagram pro materiálové toky – původní stav.

Na základě těchto analýz byly navrženy nové náměty, ze kterých byl vybrán finální – nejlepší layout na základě vícekritériálního hodnocení, kdy vítězil poměr nákladů na stavební úpravy a míra ušetřených pochozích vzdáleností (viz Obr. 6-7.). Během řešení byly ještě nalezeny další zlepšovací náměty, jako pořízení malých stolních vah, balících stolů a ergonomických balících lavic, které zlepšují proces samotného balení a také snižují přechodové vzdálenosti.



Obr. 6-7: Spaghetti diagram pro materiálové toky – zlepšený stav.



Obr. 6-8: Přestavěný sklad lepenkových boxů.

Porovnání původního a zlepšeného stavu je shrnuto v tabulce (Tab. 6-1) níže.

Tab. 6-1: Porovnání původního a zlepšeného stavu balicího procesu.

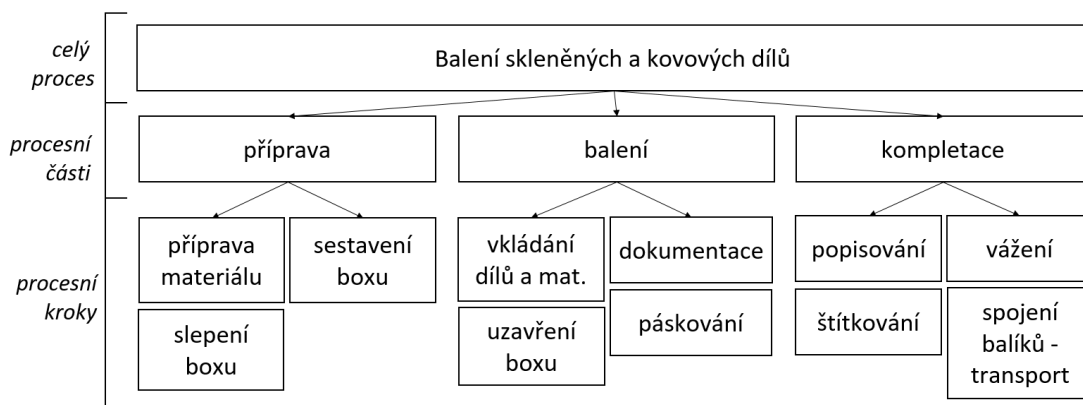
Parametr	Původní stav	Zlepšený stav (Lean)
Vzdálenost průchodu dílů [m]	82,6	47,7
Vzdálenost pohybů pracovníků [m]	78,3	59,5

Aplikací nového layoutu a drobných zlepšení, byla snížena vzdálenost průchodu dílů balířnou o 34,9 metrů což je zkrácení o 42,2 % a průměrnou vzdálenost pohybů pracovníka pro zabalení dílu o 18,8 metrů což je zkrácení o 24,01 %.

Tento zlepšovací projekt byl řešen v rámci autorovy diplomové práce [266], a je také částečně popsán v publikaci [267].

Aplikace algoritmu

Na zlepšený proces byl aplikován algoritmus pro zvyšování ideality procesů. Nejprve byla metodika aplikována na proces jako celek. Jelikož nedošlo k nalezení vyhovujících námětů, byl proces rozsegmentován a metodika byla použita na jednotlivé segmenty a poté na jednotlivé kroky balicího procesu. Ze všech aplikací metodiky byly kolektovány nápady – ideje pro zlepšení procesu, nebo jeho částí, viz tabulka (Tab. 6-3) níže.



Obr. 6-9: Schéma segmentace procesu balení.

Tab. 6-2: Aplikace metodiky na celý proces balení.

Problém	Chceme zlepšit procesy na balířně.
Proces	Balení skleněných a kovových dílů a sestav.
Smysl	Zabalit díly do transportního obalu. Obal chrání díly během přepravy.
Princip	Díly jsou baleny společně s měkkými probalovými materiály do boxu (papír, dřevo).
Ideální stav	<ul style="list-style-type: none"> - Díly se balí samy - Díly se chrání samy - Díly jsou bezpečně přepraveny na místo určení
Otázky na ideální stav	<ul style="list-style-type: none"> - Jak docílit, aby bylo balení snazší? - Jak docílit toho, aby byly díly chráněny bez obalu? - Jak bezpečně přepravit díly bez obalování?
Trendy (TESE)	Segmentace, Dynamizace, (protect-solid, move-solid)
Vědecké efekty	<nebyly použity>
Technické rozpory	TR1: Zlepšení produktivity balení / Zvýšení složitosti zařízení

TR2: Zlepšení spolehlivosti / zhoršení produktivity
TR3: Zvýšení rychlosti / Snížení spolehlivosti
Parametry, které chceme zlepšit: 39; 27; 9;
Parametry, které se nepřípustně zhoršují: 36; 39; 27;
Invenční principy (počet výskytů)
35. Změna parametrů (4x); 1. Segmentace (3x); 28. Mechanická substituce (3x); 10. Předběžná akce (2x); 38. Silné oxidanty (2x); 13. Inverze, Naopak (1x); 12. Ekvipotencialnost, Stejná hladina (1x); 11. Předběžná ochrana (1x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (1x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (1x); 4. Asymetrie (1x); 29. Pneumatika a hydraulika (1x); 24. Prostředník (1x); 34. Odhození a regenerace (1x);
Fyzikální rozpory
<nebyly definovány>
Separační principy
<nebyly použity>
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
Balící technika, balicí a obalové materiály, balení v jiných průmyslových odvětvích
Seznam nápadů
automatizace; aerogely; auxetické materiály; bubliny; pěna; origami; laminace; vzduchové vaky;

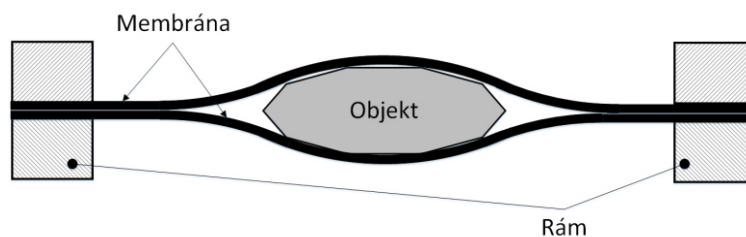
Aplikace metodiky na jednotlivých segmentech je v příloze (PŘÍLOHA č. 10). Sebrané náměty z aplikací metodiky na všechny segmenty procesu jsou shrnuty v následující tabulce.

Tab. 6-2: Tabulka nalezených námětů.

Námět	Vyřešený problém/zlepšený krok procesu
Použití na světlo citlivých částí na boxech	Označování boxů světlem
Balení na váhách	Vážení během procesu balení
Váhy v transportních prostředcích	Vážení během přepravy
Elektronická dokumentace	Eliminace tisku dokumentů; Eliminace kroku vkládání dokumentů do boxu;
Lepivé materiály	Snazší sestavování boxů
Magnety/magnetismus	Uzavírání boxů
Gravitace a válcové dopravníky	Sestavování nebo uzavírání boxů pomocí nízkonákladové automatizace
Gravitace	Vkládání dílů do boxu
Statický náboj	Obalový materiál přitahován k dílu
Obal vyroben z balicího materiálu	Eliminace boxů
Přeprava pomocí gravitačních dopravníků	Zlepšení přemístování materiálů
Využití nových materiálů nebo struktur (aerogel, auxetický materiál, bubliny, laminace, pěna, origami, ...)	Inovace probalových materiálů
Přeprava ve vzduchových vacích	Nahrazení boxů a probalového materiálu (nebo pouze probalového materiálu) opakovatelně použitelnými vaky naplněnými vzduchem
Papírové palety	Stabilita během přepravy palet do skladu expedice
Membrána uvnitř pevného rámu	Nahrazení probalového materiálu použitím membrán v rámu.
Houby jako balicí materiál	Ekologie procesu
Přidavatelné kolečka k boxům	Snazší transport hotových balení
Papírová náhrada bublinkové folie	Ekologie
Použití nástrojů a materiálů potřebných pro instalaci jako obalový nebo probalový materiál.	Redukce materiálů

Z nalezených námětů, byla snaha nalézt nejlepší řešení pro inovaci procesu, případně jednotlivá řešení zkombinovat, a na základě vybraných řešení navrhnout nový proces.

Nový, navržený proces je založen na konceptu balení dílů do rámu s pružnou membránou. Rámy jsou pak vloženy do pevných – skládacích boxů. Po přepravě mohou být boxy s rámy opětovně použity, nebo mohou být vyráběny z levných, ekologických materiálů na jedno použití.



Obr. 6-10: Schéma principu balení dílů do pružných membrán.

Navržená zlepšení z tabulky (Tab. 6-2) byla porovnána, a bylo vybráno několik nejvhodnějších variant, ze kterých po zkombinování vyplynul hrubý návrh nového procesu.

Celý navržený proces je popsán v následujících krocích:

1. Díly jsou přepravovány pomocí gravitačních dopravníků k balicímu stanovišti. (v plastových boxech)
2. Namísto probalového materiálu a beden jsou použity rámy s pružnou membránou a rozkládací boxy. Ty jsou uskladněny na dosah od balicího pracoviště (pouze malý počet univerzálních ráků vede k nízkým nárokům na skladovací prostory)
3. Plné ráky jsou vkládány do složeného boxu, který je během plnění na váze.
4. Po dokončení balení je odečtena hmotnost (protože jsou použity univerzální ráky, lze odečtem počtu použitých ráků získat přesnou hmotnost zabalených dílů)
5. Hmotnost a další informace jsou napsány na malý formulář, který je vložen do kapsy na boxu (lze zautomatizovat pomocí tiskárny propojené s váhou)
6. Zabalený box je transportován pomocí gravitačních dopravníků na místo pro finální transport.
7. Protože jsou na boxech otvory: lze na box připevnit kolečka, a zároveň lze spojit několik boxů dohromady. Tím je docíleno snadného a stabilního transportu více boxů.

Potřebná dokumentace je zaslána elektronicky (redukce papíru atd.). Boxy jsou rozkladatelné a během transportu zpět do společnosti, nebo při skladování, zabírají méně prostoru. Boxy mohou současně sloužit pro přepravu potřebného vybavení pro finální montáž – vnitřní držáky na nářadí.

Ráky s membránami lze nalézt například v práci *Fragile*³² popsané zde [268–270]. Nebo lze vytvořit vlastní variantu rákového systému, přesně dle potřeb společnosti.



Obr. 6-11: Příklad reálného použití balení křehkých dílů do ráků s flexibilními membrány [268–270].

Aplikací těchto změn je radikálně zredukován čas balení, čas na rozhodování, do kterého obalu díly vložit, nejsou nutné takřka žádné přechody, protože je zredukován probalový a obalový materiál, mohou být sníženy skladovací prostory. Zároveň nejsou potřeba extra balicí stroje na úpravu lepenky, a podobně.

³² Mireia Gordi Vila, RCA 2014—mixed media

Výpočet procesní ideality

Nejprve byla stanovena procesní idealita pro původní stav, poté pro stav po zlepšení pomocí Lean přístupu a nakonec pro proces založený na výstupech z aplikace navržené metodiky. Míry změny ideality byly následně porovnány.

Pro výpočet stupně procesní ideality pro původní stav procesu byly všechny parametry rovnice (8) stanoveny jako „1“, protože se jedná o referenční stav procesu, viz rovnice (9).

$$Ip_{0(R)} = \frac{1 + 0}{(1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1) + (1 + 1 + 1 + 1 + 0)} = 0,1[-] \quad (9)$$

Parametry pro výpočet zlepšeného stavu procesu byly určeny přepočtem tak, aby dosažené parametry v rovnici odpovídaly relativní změně oproti referenčnímu původnímu stavu. Viz rovnice tabulka (Tab. 6-3).

Tab. 6-3: hodnoty pro výpočet změny procesní ideality zlepšeného procesu klasickým přístupem.

Parametr i		Původní stav – reálné hodnoty	Původní stav – koeficienty rovnice	Zlepšený stav – reálné hodnoty	Zlepšený stav – koeficienty rovnice
		$i = 0r$	$i = 0(R)$	$i = 1r$	$i = 1$
Požadovaný výstup	(POd _i)	1	1	1	1
Extra pozitivní výstup	(POe _i)	0	0	0	0
Potřebný čas	(T _i)	21	1	17,5	0,83
Potřebné finance	(F _i)	85,5	1	73,36	0,86
Potřební lidé	(P _i)	8	1	8	1
Potřebná zařízení	(Eq _i)	21	1	21	1
Potřebná energie	(E _i)	8,6	1	8,6	1
Potřebný materiál	(M _i)	299	1	299	1
Odpad z procesu	(W _i)	120	1	120	1
Neshodné výstupy	(NOK _i)	0,04	1	0,04	1
Míra nebezpečí pro osoby	(Sp _i)	2,06	1	1,36	0,66
Míra nebezpečí pro prostředí	(Se _i)	0,8	1	0,64	0,8
Ostatní negativní výstupy	(O _i)	0	0	0	0

Na základě přepočtených hodnot z tabulky (Tab. 6-3) bylo možné vypočítat procesní idealitu pro zlepšený stav, viz rovnice (10)

$$Ip_1 = \frac{1 + 0}{(0,83 + 0,86 + 1 + 1 + 1 + 1) + (1 + 1 + 0,66 + 0,8 + 0)} = 0,109[-] \quad (10)$$

Stejným způsobem byla vypočtena procesní idealita pro inovovaný stav. V tomto případě je hodnota procesní ideality zlepšeného procesu nastavena jako referenční, tedy pro výpočet jsou dosazeny „1“. A dle změny dílčích parametrů jsou přepočteny parametry pro dosažení pro výpočet procesní ideality inovovaného stavu.

Parametry jsou shrnuty v tabulce (Tab. 6-4).

Tab. 6-4: hodnoty pro výpočet změny procesní ideality po inovaci procesu navrženou metodikou.

Parametr i		Zlepšený stav – reálné hodnoty	Zlepšený stav – koeficienty rovnice	Inovovaný stav – reálné hodnoty	Inovovaný stav – koeficienty rovnice
		$i = 1r$	$i = 1(R)$	$i = 2r$	$i = 2$
Požadovaný výstup	(POd _i)	1	1	1	1
Extra pozitivní výstup	(POe _i)	0	0	0	0

Potřebný čas	(T _i)	17,5	1	8,5	0,49
Potřebné finance	(F _i)	73,36	1	28,33	0,39
Potřební lidé	(P _i)	8	1	8	1
Potřebná zařízení	(Eq _i)	21	1	2	0,1
Potřebná energie	(E _i)	8,6	1	6,2	0,72
Potřebný materiál	(M _i)	299	1	12	0,04
Odpad z procesu	(W _i)	120	1	0	0
Neshodné výstupy	(NOK _i)	0,04	1	0,02	0,51
Míra nebezpečí pro osoby	(Sp _i)	1,36	1	0,06	0,04
Míra nebezpečí pro prostředí	(Se _i)	0,64	1	0,16	0,25
Ostatní negativní výstupy	(O _i)	0	0	0	0

Na základě hodnot z tabulky lze dosadit do rovnic, viz rovnice (11) a (12).

$$Ip_{1(R)} = \frac{1 + 0}{(1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1) + (1 + 1 + 1 + 1 + 0)} = 0,1[-] \quad (11)$$

$$Ip_2 = \frac{1 + 0}{(0,49 + 0,39 + 1 + 0,1 + 0,72 + 0,04) + (0 + 0,51 + 0,04 + 0,25 + 0)} = 0,283[-] \quad (12)$$

Porovnání míry zlepšení

Pro ověření efektivity navržené metody bylo nutno porovnat míry zlepšení procesu pomocí běžných metod a pomocí nové metody. Pro původní a zlepšený stav procesu byly zpětně vypočteny stupně ideality procesu dle rovnice (8). Stupeň ideality byl následně vypočten také pro navrhovaný proces po aplikaci nové metody. Porovnání všech tří stavů procesu balení z hlediska procesní ideality je shrnuto v tabulce (Tab. 6-5).

Tab. 6-5: Porovnání idealit stavů procesu.

Procesní stav	Procesní idealita	Změna ideality	Změna ideality
	[-]	[-]	[%]
Původní (Ref.)	0,1	-	-
Zlepšený (Lean)	0,109	0,009	9
Zlepšený (Ref.)	0,1	-	-
Inovovaný (metodika)	0,283	0,183	183

Dalším ověřením funkčnosti navržené metodiky bylo provedeno také porovnání klasických procesních ukazatelů. Z dat procesu a časových snímků byly získány časy procesních aktivit, které byly zprůměrovány. Z hodnotové analýzy (VA analýza) byl vypočten VA-index dle rovnice (13)

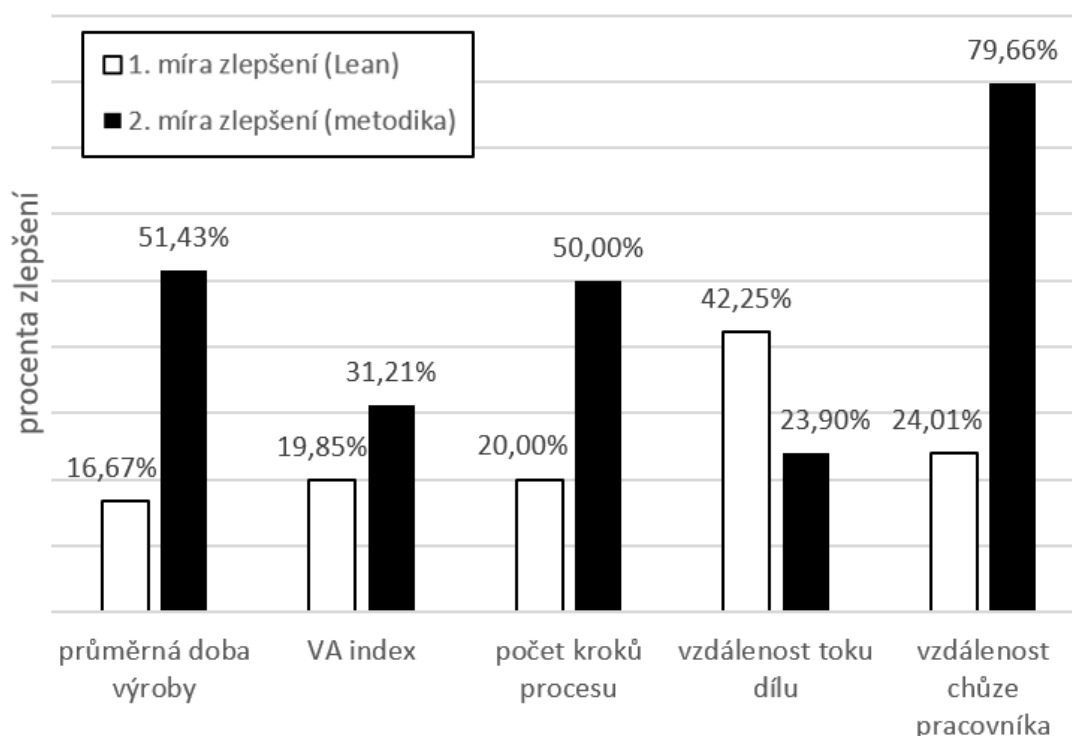
$$VA_{index} = \frac{VA}{VA + NVA} \quad (13)$$

Kde VA je součet dob trvání všech aktivit přidávající hodnotu a NVA je součet dob trvání všech ostatních aktivit (tedy aktivit nepřidávajících hodnotu). [271]

Byly spočteny počty aktivit – kroků v procesu balení a z layoutů a spaghetti diagramů byly odměřeny vzdálenosti toku dílu skrz balírnu a vzdálenosti chůze pracovníka při balení. Pro zlepšený a inovovaný stav se vycházelo z toho, že došlo ke změně layoutu pracoviště a některé kroky byly eliminovány. Pro nové aktivity byl čas odhadnut. Souhrn porovnání procesních stavů z hlediska běžných procesních ukazatelů je v tabulce (Tab. 6-6).

Tab. 6-6: Porovnání stavů balicího procesu – běžné ukazatele.

Procesní stav	Průměrná doba výroby	VA Index	Počet kroků procesu	Vzdálenost toku dílu	Vzdálenost chůze pracovníka
	[min]	[-]	[-]	[m]	[m]
Původní	21,0	0,262	20	82,6	78,3
Zlepšený (Lean)	17,5	0,314	16	47,7	59,5
Inovovaný (metodika)	8,5	0,412	8	36,3	12,1



Obr. 6-12: Porovnání relativního zlepšení procesních ukazatelů – proces balení.

Z porovnání je vidět že bylo dosaženo rapidního zlepšení procesu balení. Hlavní přínos zlepšení je díky redukci zbytečných operací při zachování plnění funkcí procesu. Z porovnání jak běžných ukazatelů, tak procesní ideality se zdá, že navržený algoritmus funguje a je vhodný k použití. Prvotním zlepšením bylo dosaženo zkrácení vzdálenosti přechodů z 78,3 metrů, na 59,5 metrů. Po aplikaci navržené metodiky byla vzdálenost zkrácena na pouhých 12,1 metrů, což je zlepšení o dalších 79,66%.³³

Porovnání použitých metodik ke generování zlepšovatelství námětů z hlediska času na generování námětů, či míry naplnění požadovaného řešení, také naznačuje výhody aplikace navržené metodiky. Původní projekt zlepšování pomocí metod Lean zabral přibližně 6 měsíců, přičemž míra požadavku na redukci přechodů³⁴ pracovníků byla naplněna z 27,84%. Oproti tomu aplikace navržené metodiky trvala pouze půl měsíce a bylo dosaženo naplnění redukce přechodů pracovníků z 84,55%.

³³ Pokud bychom porovnávaly zlepšení oproti původnímu stavu procesu, bylo dosaženo zkrácení vzdálenosti přechodů o 84,5%. Další ukazatele byly pak zlepšeny: průměrná doba výroby o 59,52%, VA index o 57,25%, Počet kroků procesu o 60% a vzdálenost toku materiálu o 56,05%.

³⁴ Cílem redukce je nulová vzdálenost, původní stav byl tedy definován jako 0% a vzdálenost přechodů 0 m jako 100% naplnění požadovaného cíle.

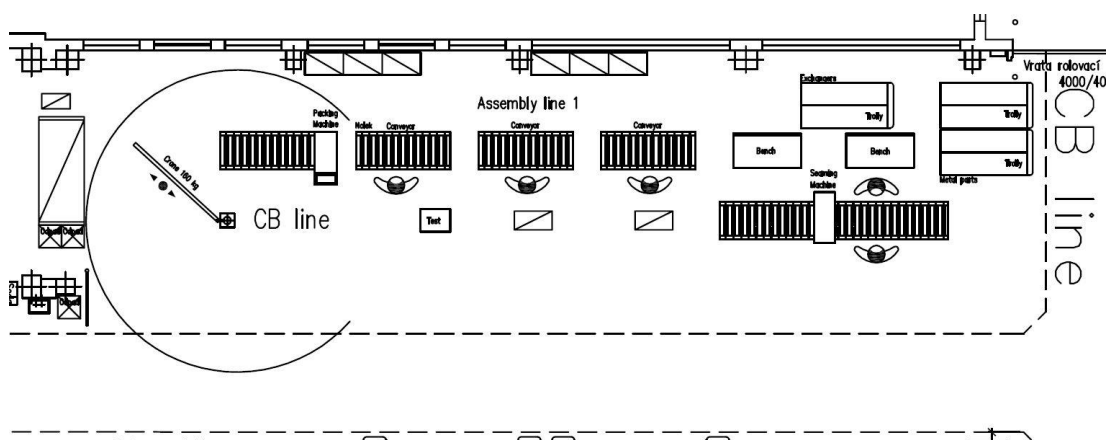
6.1.2 FläktGroup – Czech Republic: montáž tepelných výměníků

Druhým pilotním experimentem bylo zlepšení procesu montáže jednotek tepelných výměníků ve společnosti FläktGroup – Czech Republic. Společnost se zabývá výrobou rozličných tepelných výměníků, vzduchotechniky, nebo čistých prostor³⁵. Jednotky jsou určeny pro instalaci například do kancelářských prostor. Výroba je zakázková a každý typ produktu může být sestaven ve velkém množství variant.



Obr. 6-13: Ukázka produktu - CHILLED BEAM (IQII). [272]

Montáž jednotek Chilled Beams je založena především na nýtování připravených plechových součástí. Operace jsou uspořádány do montážní linky, takže všechny úkony jsou prováděny manuálně. Na konci linky jsou jednotky zabaleny a uloženy na paletu. Před zabalením je prováděno testování těsnosti výměníků a jednotek.



Obr. 6-14: Layout montážní linky.

³⁵ Obecně se jedná o výrobky ze sektoru označovaného HVAC (*Heating, Ventilation, Air Condition*)



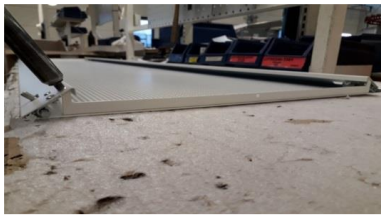
a)



b)

Obr. 6-15: a) pracoviště předmontáže; b) montážní linka;

Celá montážní linka se skládá z několika stanovišť. Prvním je stanoviště předmontáže, kde jsou montovány drobné díly do podstav. Zde dochází k: nýtování zámek (4x), nýtování zakončovacích desek (2x), nýtování plastových lamel, zacvaknutí lamel, rozstříhnutí lamel, přilepení izolace na přední a zadní bočnice, kontrola správnosti nalepených izolací, odstranění otvoru na přední bočnici, nahřátí vsuvek, předmontáž krycího plechu s izolací a vsuvky, nalepení štítku, připevnění plastových dílů na posuvnou konzoli kontrola nasazení.



a)



b)



c)

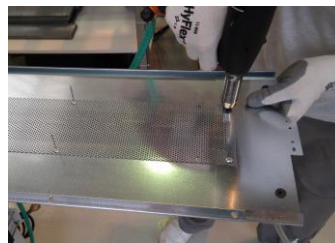
Obr. 6-16: Příklady operací na stanovišti předmontáže: a) nýtování zakončovacích desek; b) zkracování plastových lamel; c) odstranění a kontrola otvoru v izolaci na přední bočnici.

Následují montážní stanoviště, zde již dochází ke skládání velkých dílů společně s předpřipravenými podstavami.

Na montážním stanovišti 1 se provádějí operace: uložení dílu na montážní linku, kontrola dílu, nasazení sestavy krycího plechu, nasazení distribučních plechů, vložení nýtů – polohování, nasazení a přinýtování podpěry 1, přinýtování distribučních a krycích plechů, kontrola montáže, otočení a kontrola dílu, uložení nastavovacích dílů, nasazení a přinýtování podpěry 2, přinýtování konzole.



a)



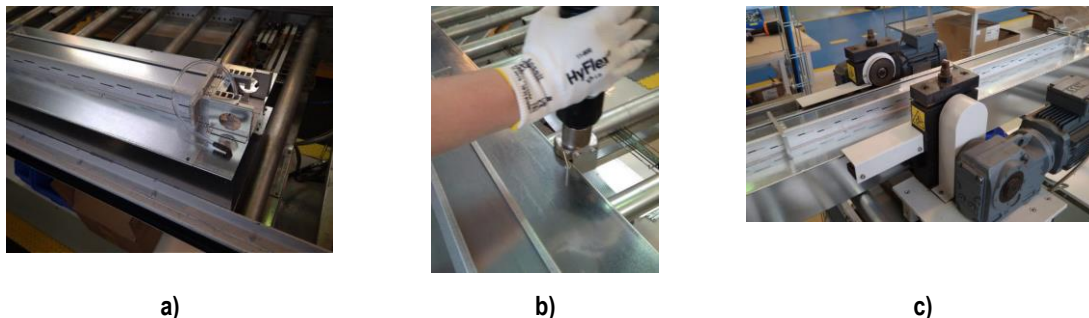
b)



c)

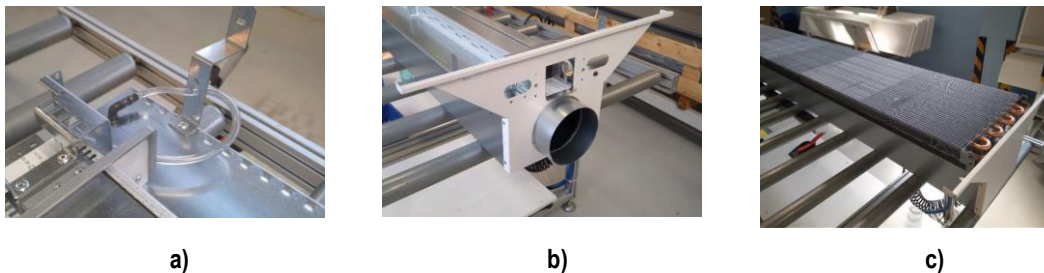
Obr. 6-17: Příklady operací na stanovišti montáž 1: a) uložení dílu na linku; b) přinýtování distribučních plechů; c) nasazení a přinýtování podpěry 2.

Na montážním stanovišti 2 se provádějí operace: sestavení spodního dílu s horním krytem, kontrola polohy, spojení lisovacími kleštěmi, nalepení štítku, spojení dílu falcovacím přípravkem, přemístění sestavy na další pracoviště.



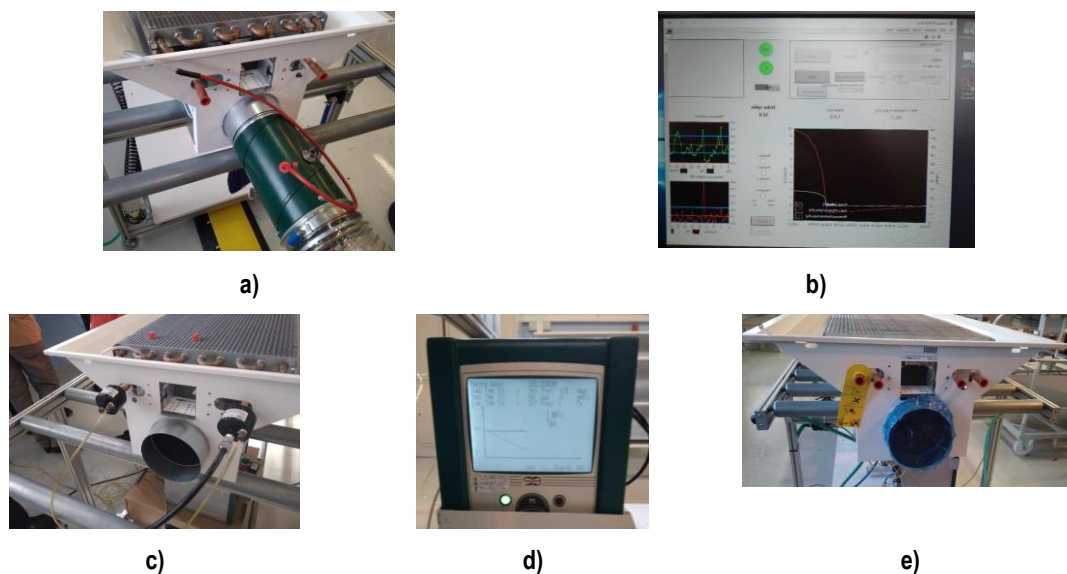
Obr. 6-18: Příklady operací na stanovišti montáž 2: a) sestavení spodního dílu s horním krytem; b) spojování dílu lisovacími kleštěmi; c) spojení pomocí falcovacího přípravku.

Na montážním stanovišti 3 se provádějí operace: přinýtování držáků výměníku na střední konzolu, prostrčení hadičky, přinýtování zadního čela, přinýtování předního čela, nasazení a přinýtování výměníku; nasazení a přinýtování podpěry výměníku, nasazení bočních krytů, přilepení štítku, přinýtování bočních krytů (z boku), přinýtování bočních krytů (z vrchu).



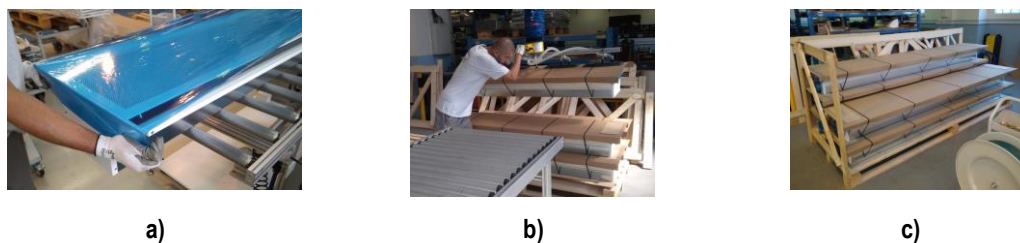
Obr. 6-19: Příklady operací na stanovišti montáž 3: a) polohování hadičky; b) přinýtování předního čela; c) nasazení výměníku.

Poté, co je jednotka smontována, je testována na dvou stanovištích. Operace testování jsou: test jednotky na těsnost, vyhodnocení testu, test výměníku na těsnost, vyhodnocení testu, nasazení štítku, umístění ochranného sáčku, polep štítku, očištění a přimontování předního panelu jednotky.



Obr. 6-20: příklady operací na stanovištích testování: a) testování těsnosti jednotky; b) vyhodnocení testu jednotky; c) testování těsnosti výměníku; d) vyhodnocení testu výměníku; e) hotový výměník po testech.

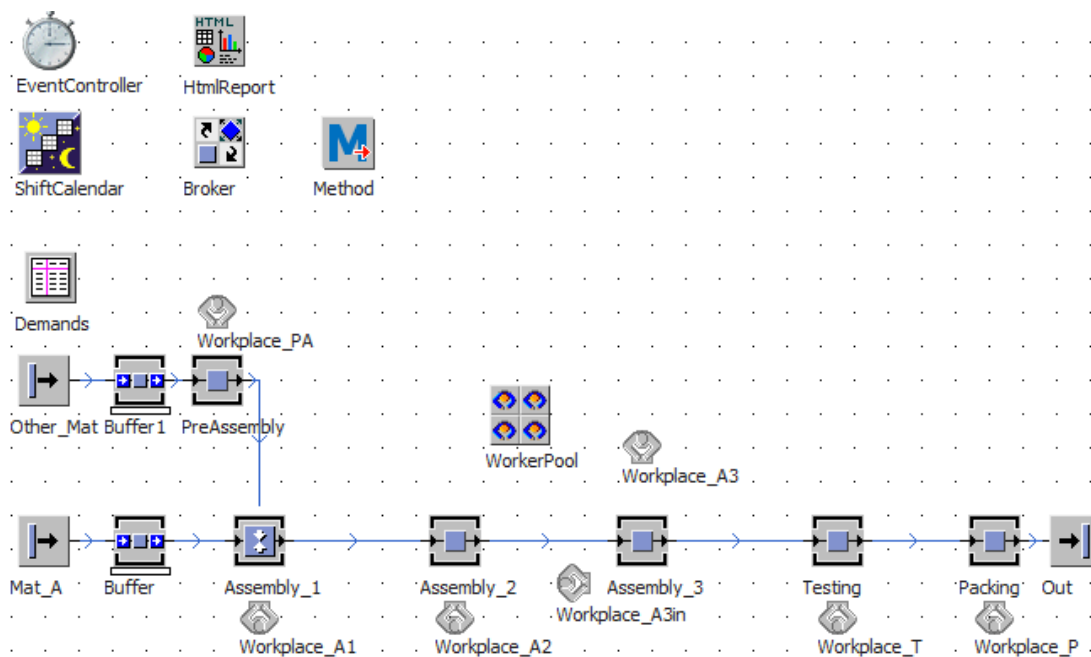
Nakonec je díl očištěn a zabalen. Podrobnější výčet operací je: vložení dokumentace, obalení krycí fólií, zabalení do lepenky, opáskování, přemístění do palety pomocí vakuového manipulátoru.



Obr. 6-21: Příklady operací balení: a) umístění ochranné folie; b) manipulace s balením; c) jednotky stohované v paletě.

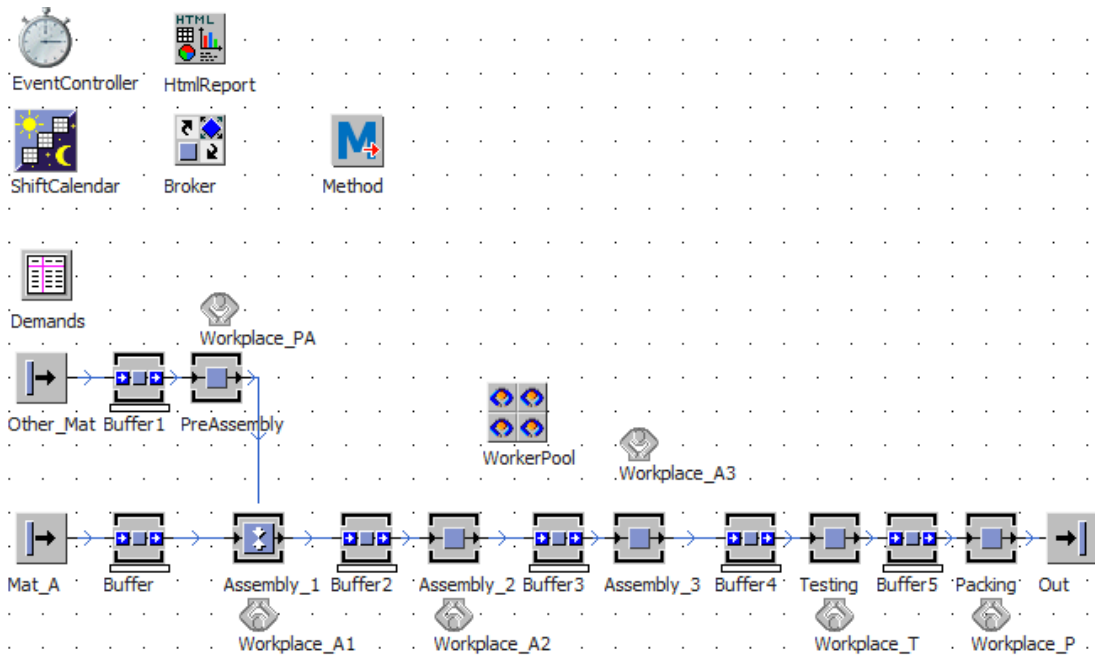
Prvotní zlepšení – simulace

Pro prvotní zlepšení procesu bylo zvoleno použití počítačové simulace. To především z důvodu rychlosti a typu procesního uspořádání. Původní stav procesu byl zanalyzován, a z informačního systému byly zjištěny časy operací na výrobní lince. Na základě těchto informací byl navržen počítačový model procesu. Model byl vytvořen pomocí softwaru *Siemens Tecnomatix Plant Simulation 14*.



Obr. 6-22: Simulační model původního stavu procesu montáže jednotek tepelných výměníků.

Na modelu byly provedeny simulační experimenty, pro nalezení slabých míst v procesu a příležitostí ke zlepšení. Z reportů bylo zjevné, že úzkými místy linky jsou stanoviště montáže 3, testování a balení (*Assembly_3*, *Testing*, *Packing*), okolo těchto stanovišť bylo navrženo vytvořit zásobníky, a činnosti na těchto úzkých pracovištích zlepšit drobnými úpravami. Mezi stanovišti montáže 2 a 3 se díly musejí přenášet, proto bylo navrženo napřímení a spojení linky tak aby se díly mohli posouvat po válcových dopravnících. Na základě těchto návrhů byl sestaven model zlepšeného procesu.



Obr. 6-23: Simulační model optimalizovaného stavu procesu montáže jednotek tepelných výměníků.

Díky optimalizaci procesu dle podnětů ze simulačního modelu může být dosaženo zlepšení z původních 237 vyprodukovaných dílů na 331 vyprodukovaných dílů za 10 dní simulačního běhu, to znamená zlepšení produktivity o 39,6%.

Aplikace algoritmu

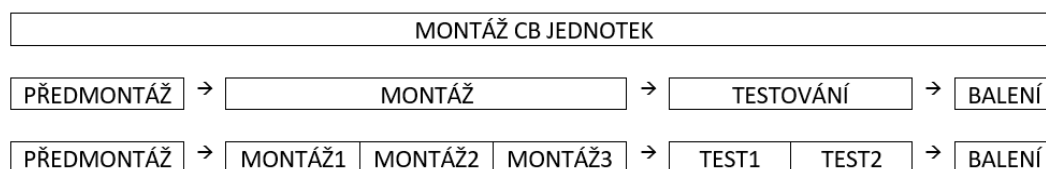
Na zlepšený proces pomocí počítačové simulace byl aplikován navržený algoritmus. Opět byla metodika na zvyšování ideality aplikována nejprve na celý proces montáže, a poté na jeho segmenty – jednotlivá stanoviště, a procesní kroky. Ze všech aplikací byly kolektovány nápady na zlepšení, ze kterých byly sestaveny náměty pro zlepšení procesu.

Tab. 6-7: Aplikace metodiky na celý proces montáže jednotek výměníků.

Problém	<nebyl definován>
Proces	Montážní linka jednotek tepelných výměníků Chilled Beams.
Smysl	Spojit díly dohromady, tak aby vznikla funkční a zabalená jednotka.
Princip	Ruční montáž (nýtování), testování (na těsnost), a balení
Ideální stav	<ul style="list-style-type: none"> - Díly se spojí/složí samy; - Není nutné testování; - Díly se zabalí samy;
Otázky na ideální stav	<ul style="list-style-type: none"> - Jak docílit, aby se díly spojili samy?; - Jak docílit, aby nebylo nutné testování?; - Jak docílit, aby se díly zabalili samy?; - Jak smontovat jednotky snadněji?; - Jak produkovat jednotky bez nutnosti smontování?;
Trendy (TESE)	<nebyly použity>
Vědecké efekty	Tvarová paměť; háky; mechanické spojení; lepení; využití pěn; difuzní spojení; feromagnetismus; pájení nebo svařování; laserové svařování; ultrazvukové vibrace; nano-valcero;
Technické rozpory	

TR1: Chceme snadněji spojovat díly Zhorší se složitost výroby dílů
Parametry, které chceme zlepšit: 9; 11; 13; 32; 33; 35; 38; 39; Parametry, které se nepřipustně zhoršují: 11; 13; 14; 32; 33; 35; 38; 39;
Invenční principy (počet výskytů)
35. Změna parametrů (27x); 1. Segmentace (20x); 28. Mechanická substituce (11x); 13. Inverze, Naopak (9x); 3. Lokální kvalita (9x); 2. Extrakce, Separace (8x); 10. Předběžná akce (8x); 32. Změna optických vlastností (7x); 12. Ekvipotencialnost, Stejná hladina (7x); 15. Dynamičnost (6x); 34. Odhození a regenerace (6x); 18. Mechanické kmity a vibrace (6x); 40. Kompozity (6x); 26. Kopírování (5x); 16. Částečná nebo nadměrná akce (5x); 37. Teplotní roztažnost (5x); 5. Sloučení, Kombinování (4x); 8. Anti-tíže (4x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (4x); 14. Sféroidita, Zakřivení (4x); 6. Univerzálnost, Multi-funkčnost (3x); 11. Předběžná ochrana (2x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (2x); 9. Předběžná protiakce (2x); 33. Homogenita, Stejnorodost (2x); 19. Periodická akce (2x); 24. Prostředník (2x); 23. Feedback, Zpětná vazba (1x); 25. Samoobsluha (1x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (1x); 29. Pneumatika a hydraulika (1x); 4. Asymetrie (1x); 22. Škoda v užiteku (1x); 38. Silné oxidanty (1x); 7. Vnoření, Spojení (1x); 31. Pórovité materiály (1x); 39. Inertní prostředí (1x);
Fyzikální rozpory
<nebyly použity>
Separční principy
<nebyly použity>
Standards
<nebyly použity>
Inspirace
Montážní linky; výroba jednotek tepelných výměníků; montážní buňky;
Seznam nápadů
samosvorný úhel; vsouvací profil podélných dílů (který se sám drží); místo nýtů – protlaky, zarážky, západky; suchý zip (kovo); magnetizmus; modulovat dílů (rapidní úbytek typů dílů ze kterých se vyrábí stejné i vyšší množství finálních typů); změna materiálu (místo plechu něco jiného?); změna designu jednotky (design for assembly); Segmentace procesů na samostatné procesy; sloučení (operací v procesech provádění více naráz); Univerzálnost univerzálnost pracovišť; Předběžné působení (materiálu a nástroje) – příprava materiálů a nástrojů; Ekvipotencialnost přeprava na stejné úrovni, valení; Změna způsobu spojování (bez nýtů, pružné „zacvakávací“ prvky); montáž na místě realizace; použití D-shopů;

Proces byl dále segmentován a metodika byla aplikována na jednotlivé segmenty. Segmentace je zobrazena na následujícím obrázku.



Obr. 6-24: Schéma segmentace procesu montáže jednotek tepelných výměníků Chilled Beams.

Ze všech aplikací metodiky, byly shromážděny nápady a z nich byly sestaveny náměty pro zlepšení nebo inovaci procesu (viz Tab. 6-8).

Tab. 6-8: Náměty řešení pro zlepšení procesu montáže tepelných jednotek.

Náměty	Vyřešený problém/ zlepšený krok procesu
Úprava dílů – eliminace nýtování	(DFA) díly jsou konstrukčně upraveny, tak, že není nutno spojit nýtováním – díly do sebe „zacvaknou“ Redukce montážních časů
Montáž na místě určení Zjednodušením montáže dílů, může být část montážních aktivit vykonána až na místě určení	Eliminace částí procesu, Redukce objemu přepravy, levnější náklady
Reorganizace výroby: Namísto výrobní linky několik pracovišť, kde samostatný pracovník vykonává všechny úkony	Celý proces Eliminace transportů, zlepšení ergonomie, Lepší vytiženost pracovníků, v případě chyby se nezastaví celá výroba (pouze jeden D-Shop), Dynamicky lze přerozdělovat práci

montáže. Tzv. D-Shops (Segmentace, Dynamičnost)	na různých zakázkách současně, Motivace pracovníků, Různorodější náplň práce.
Ergonomické zlepšení pracovišť	Drobné díly a nástroje jsou v každém D-Shopu po ruce, snížení časů přípravy a montáže samotné
Přípravky - Použití přípravků ve stylu Poka-Yoke	Rychlejší sestavování dílů, snazší manipulace, redukce kontrol
Při kontrole těsnosti výměníku vykonávat jiné práce	Redukce časů, čekání na vyhodnocení testu
Počítačová podpora	Počítač, senzory a světelná signalizace asistují pracovníkovi k dodržení bezchybné montáže

Několik námětů řešení inovace procesu spočívá v konstrukčních změnách dílů. Díky tomu by mohlo být docíleno velikých redukcí výrobních časů. Případně eliminace větší části procesu tak, že by se jednotky skládaly až na místě použití. Inovace dílů a výrobků ale není smyslem této práce. Pro tuto problematiku lze využít metodiky jako je *Design for Assembly* (DFA), *Design for Manufacturing* (DFM) nebo *Design for Six Sigma* (DFSS). Návrhy využívající změnu na dílech nebo produktu nebyly v experimentu použity, ačkoliv pro reálnou aplikaci by mohly být přínosné. V tomto případě použití algoritmu poukázalo na směr inovace – proces může být inovován inovací výrobku.

Hlavním výstupem experimentu je principiální změna výroby. Namísto výrobní linky je navrženo vytvoření několika výrobních pracovišť, kde budou individuální pracovníci montovat jednotky. Jinými slovy výrobní linky pro jednoho pracovníka, takzvané *D-Shopy*. [273]

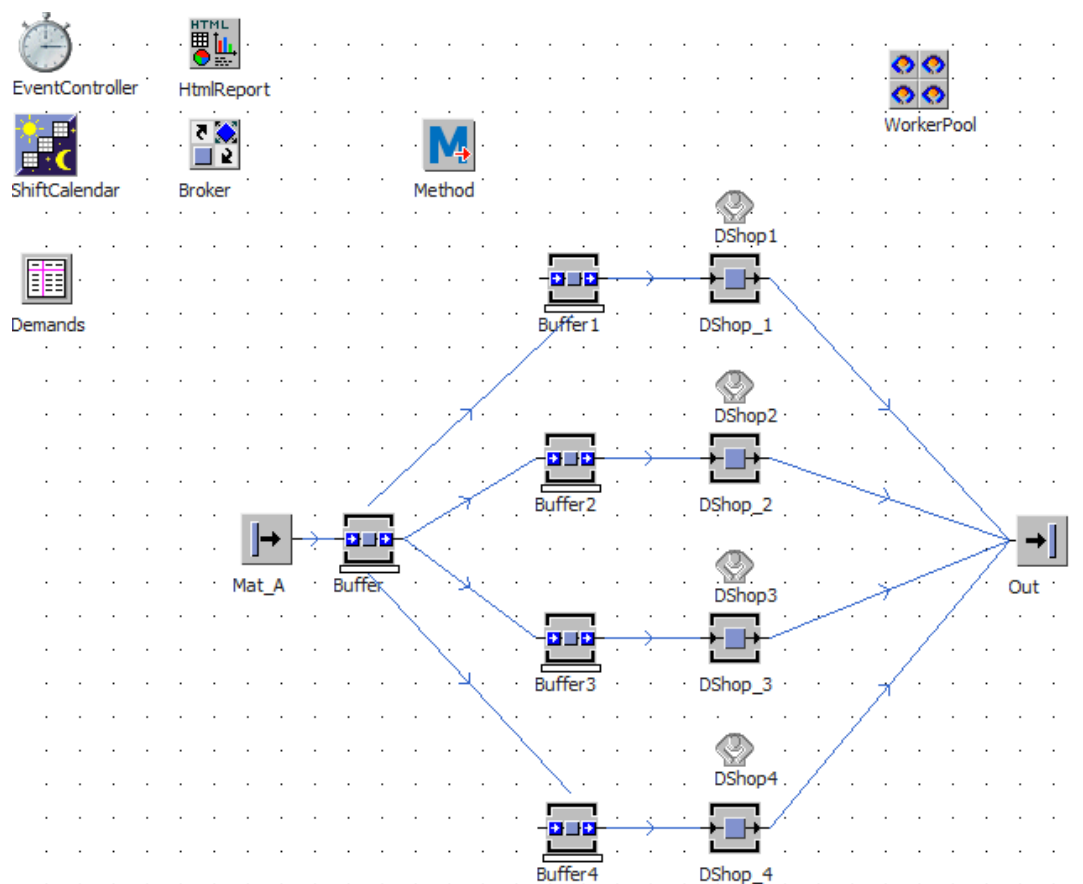
Použitím D-shopů se redukuje doba přesunů dílů po lince, toto řešení je možné, protože většina operací na lince je pouze nýtování. Rozdělením linky se dosáhne také toho, že lze zpracovávat více zakázek najednou. V případě chybějícího pracovníka není třeba hledat nezpracovanou náhradu, ale zbylá pracoviště mohou pracovat nezávisle na sobě.

Na základě vybraných inovativních řešení byl navržen nový proces pro montáž tepelných jednotek.

- 1) Díly jsou dováženy do gravitačních zásobníků práce k jednotlivým stanovištím (D-shopům).
- 2) Pracovník podle postupu odebírá díly a smontovává je, během čekání na vyhodnocení testů vykonává další montážní kroky (příprava dalšího kusu).
- 3) V druhé části pracoviště je hotová jednotka zabalena a přes gravitační dopravník transportována na místo hotové výroby.
- 4) Pravidelný transport přiváží nové díly a odváží hotové produkty.

Pracoviště jsou ergonomicky nastavitelná k přizpůsobení každému pracovníkovi.

Pro navržený proces byl opět vytvořen počítačový model, k porovnání všech stavů procesu. Jednotlivé stavy byly porovnány. Zároveň byla vypočtena procesní idealita a byly porovnány míry jejího zlepšení.



Obr. 6-25: Simulační model procesu montáže jednotek tepelných výměníků po aplikaci navržené metodiky.

Porovnání míry zlepšení

Nově navržený stav procesu byl porovnán s předchozími stavy z pohledu stupně ideality procesu, ale také pomocí vybraných běžných procesních ukazatelů.

Stupeň ideality všech stavů procesu je porovnán v tabulce (Tab. 6-9).

Tab. 6-9: Porovnání procesních idealit.

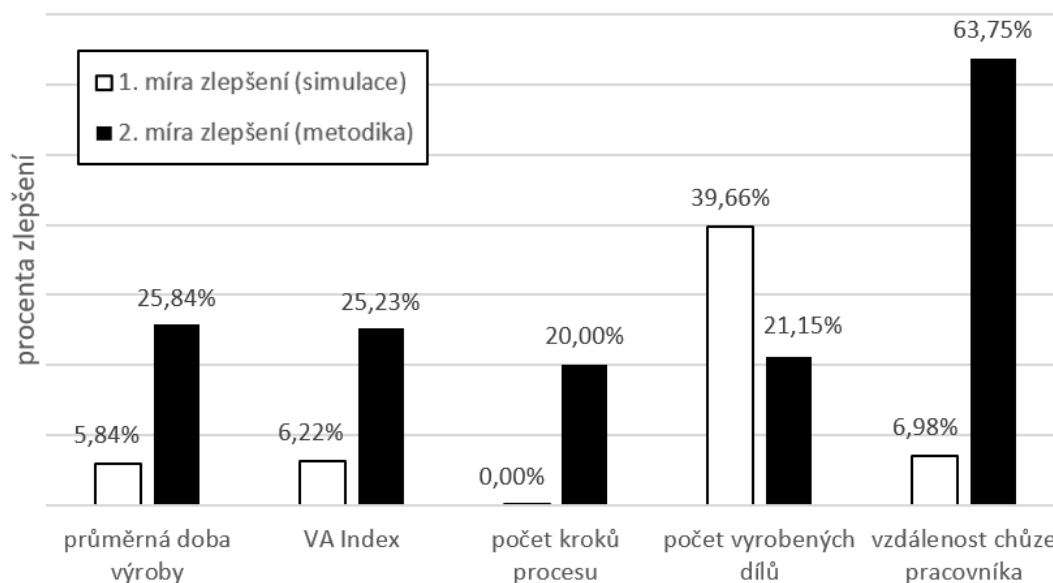
Procesní stav	Procesní ideality	Změna ideality	Změna ideality
	[-]	[-]	[%]
Původní (Ref.)	0,1	-	-
Zlepšený (Simulace)	0,102	0,002	2
Zlepšený (Ref.)	0,1	-	-
Inovovaný (metodika)	0,11	0,01	10

Ačkoliv nebylo dosaženo výrazného zlepšení z hlediska ideality ani v jednom z případů, je míra zlepšení procesní ideality po aplikaci metodiky větší, než po zlepšení pomocí námětů z počítačové simulace.

Další procesní parametry jsou porovnány v tabulce (Tab. 6-10) a obrázku (Obr. 6-26).

Tab. 6-10: Porovnání běžných procesních ukazatelů – proces montáže tepelných výměníků.

Procesní stav	Průměrná doba výroby	VA Index	Počet kroků procesu	Počet vyrobených dílů	Vzdálenost chůze pracovníka
	[min]	[-]	[-]	[ks./10 dnů]	[m]
Původní	40,24	0,418	40	237	8,6
Zlepšený (Simulace)	37,89	0,444	40	331	8
Inovovaný (metodika)	28,10	0,556	32	401	2,9



Obr. 6-26: Porovnání relativního zlepšení procesních ukazatelů – proces montáže tepelných výměníků.

Během prvního zlepšení bylo dosaženo navýšení vyprodukovaných dílů během deseti dní z 237 na 331. Po aplikaci algoritmu a provedení simulace pro nový proces byl počet vyprodukovaných kusů navýšen na 401 dílů během deseti dní³⁶.

Jak z hlediska procesní ideality tak klasických ukazatelů nebylo dosaženo tolik významného zlepšení jako u prvního pilotního experimentu. I tak lze výsledek považovat za uspokojivý, a s přihlédnutím k tomu, že byla v rámci tohoto experimentu záměrně ignorována změna montovaných dílů, je výsledek velice dobrý.

Aplikace počítačové simulace a vygenerování námětů na zlepšení zabralo přibližně 2 měsíce, přičemž aplikace navržené metodiky zabralo pouze přibližně půl měsíce.

6.1.3 Závěry z pilotních experimentů

Aplikace navržené metodiky na dvou pilotních experimentech může být shrnuta v následujících bodech:

- Procesy byly zlepšeny za pomoci principů štlhlé výroby (Lean), a počítačové simulace procesů.
- Na zlepšené procesy byla aplikována navržená metodika.
- Z hlediska ukazatele ideality procesu bylo dosaženo při aplikaci navržené metodiky větší míry zlepšení i přesto, že byly procesy nejprve zlepšeny pomocí klasických přístupů.
- Větší míry zlepšení bylo dosaženo i z hlediska sledovaných klasických ukazatelů, kdy u většiny sledovaných procesních ukazatelů bylo dosaženo vyšší míry zlepšení.
- Na základě dosažených pozitivních výsledků v pilotních experimentech bylo rozhodnuto o pokračování v ověřování funkčnosti navržené metodiky na dalších procesech. A to bez nutnosti provedení zásadních změn v navržené metodice.

³⁶ Pokud bychom opět srovnávali míru zlepšení oproti původnímu stavu tak bylo dosaženo zlepšení průměrné doby výroby o 30,17%, VA index o 33,01%, počet kroků výroby o 20%, počet vyrobených kusů o 69,20% a vzdálenost chůze pracovníka o 66,28%.

6.2 Ověřovací experimenty

V rámci dílčích ověřovacích experimentů byla snaha aplikovat metodiku nebo algoritmus na mnoha rozličných procesech nebo procesních problémech. Smyslem experimentů bylo získání většího množství případových studií z typově různorodých procesů. Díky tomu ověřit univerzální použitelnost navržené metodiky v praxi. Během těchto aplikací průběžně docházelo k drobným úpravám v metodice.

6.2.1 FläktGroup – Czech Republic: problém s přepravou výměníků

Ve společnosti FläktGroup – Czech Republic byla také aplikována metodika pro řešení procesního problému s přepravou tepelných výměníků.

Proces

Tepelné výměníky (jádra jednotek) jsou od dodavatele přepravovány v zbedněných paletách. Palety jsou uskladněny v budově skladu.

Pokud jsou výměníky potřeba ve výrobě, celá paleta je přepravena pomocí paletového vozíku do výrobní budovy k montážní lince. Zde se bednění otevře a vyjme se požadovaný počet výměníků. Bednění se opět zavře a zbylé výměníky jsou přepraveny zpět do budovy skladu.

Problém

Tento proces obsahuje hned několik problémů. Největším problémem je to, že v případech kdy je v paletě méně výměníků, díly ztrácí na stabilitě a při přepravě narážejí vzájemně do sebe nebo do bednění. Výměníky je poté nutno před montáží opravovat. V extrémních případech může i dojít k neopravitelným defektům – ačkoliv jen velmi zřídka.

Další problém je práce s otevíráním a zavíráním bednění u výrobní linky. Tyto aktivity zabírají čas a zanechávají nečistoty ve výrobních prostorech.

Posledním problémem je fakt, že díly putují opakovaně ze skladu do výroby, a část dílů zpět do skladu.



Obr. 6-27: Ukázky bednění a zbývajících výměníků: a) bednění ve skladu výměníků; b) bednění u výrobní linky.

Původní náměty

K problému bylo v průběhu několika let přiřazeno více řešitelů, či řešitelských týmů. Jelikož ale není následek problému kritický, a nepodařilo se nalézt levné a uspokojivé řešení, problém se dlouhodobě odsouvá.

Mezi původními náměty na řešení jsou například: svazování výměníků, použití různých podpěr a zarážek, Přeprava na „A“ paletách, přeprava na speciálních „T“ konstrukcích, přeprava na malých kolečkách. Negativní dopady původních námětů jsou shrnuty v tabulce (Tab. 6-11).

Tab. 6-11: Původní návrhy na vyřešení problému s přepravou výměníků.

Návrh na řešení	Negativní efekt
Fixace dílů uvnitř (lano, podpěry, zarážky,...)	Stále nutnost přepravy zpět, místo na skladování podpěr, vícepráce
Přeprava pomocí "A" palet	V případě potřeby více než 2 kusů nestačí jedna paleta. jak nakládat na palety ve skladu?
Otevírat palety už ve skladu	Ve skladu není jeřáb (moc velká investice)
použití "T" konstrukcí	nelze (výměníky nemají rám kolem dokola)
Přeprava na malých kolečkách	Skladování koleček, obtížná manipulace, ve skladu není jeřáb
Skladování u výrobní linky	Není prostor pro skladování u linky

Aplikace metodiky

Na popsany problém byla aplikována navržená metodika. Aplikace je shrnuta v tabulce (Tab. 6-12)

Tab. 6-12: Aplikace metodiky na problém s přepravou tepelných výměníků.

Problém
Díly jsou poškozovány během převodu. Je potřeba převážet díly zpět.
Proces
Přeprava dílů (tepebných výměníků) mezi skladem a výrobní linkou (a zpět).
Smysl
Přepravit díly k lince;
Princip
Přeprava na zabeđených paletách, pomocí paletového vozíku;
Ideální stav
- Přesný počet výměníků je bezpečně doručen k lince; - Není potřeba díly převážet/převážet zpět;
Otázky na ideální stav
- Jak docílit, aby byly výměníky převáženy bezpečně a v požadovaném množství? - Jak docílit, aby nebylo třeba výměníky převážet, resp. Nebylo třeba je převážet zpět?
Trendy (TESE)
<nebyly použity>
Vědecké efekty
<nebyly použity>
Technické rozpory
TR1: Chceme zlepšit stabilitu Zhorší se snadnost přepravy
TR2: Chceme převážet přesné množství dílů Zhorší se manipulace
Parametry, které chceme zlepšit: 26; 13; Parametry, které se nepřípustně zhoršují: 13; 27; 33; 35;
Invenční principy (počet výskytů)
35. Změna parametrů (3x); 15. Dynamičnost (2x); 3. Lokální kvalita (2x); 29. Pneumatika a hydraulika (2x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (2x); 2. Extrakce, Separace (2x); 40. Kompozity (2x); 32. Změna optických vlastností (1x); 18. Mechanické kmity a vibrace (1x); 28. Mechanická substituce (1x); 25. Samoobsluha (1x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (1x); 34. Odhození a regenerace (1x); 10. Předběžná akce (1x);
Fyzikální rozpory
Chceme používat jeřáb, protože jsou jednotlivé díly příliš těžké; Nechceme používat jeřáb, protože ve skladu nelze instalovat (nejsou finance);
Separční principy
Separace v čase; Separace v prostoru; Separace v principu

Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
<nebylo použito>
Seznam nápadů
převážení pouze jednoho dílu / nebo požadovaného množství; využití jiné dimenze; použití vibrací; použití gravitace nebo jiných polí; použití tenkých ochranných vrstev nebo folií; použití objektů, které po transportu zmizí; musí to být levné řešení; re-layout (sklad a montáž u sebe); jeřáb je používán při manipulaci s výměníky (u linky, zavést jeřáb do skladu);

Ze seznamu nápadů byly vygenerovány náměty na řešení procesního problému. Mezi vybrané patří částečné sloučení skladu s linkou. Protože u linky není místo na celý sklad, lze zhotovit pouze malý sklad vždy na jednu paletu pro každý typ výměníku, tak by se eliminovaly všechny zpětné cesty. Dalším návrhem je použití malých dílenských jeřábů pro manipulaci a přepravu výměníků mimo dosah velkého halového jeřábu.

Řešení

Jako vybrané řešení bylo navrženo použití dílenských jeřábů. Pořízení několika dílenských jeřábů je poměrně levné řešení, a umožňuje manipulaci požadovaného množství výměníků bez vracení, a rozbalování bednění u výrobní linky. Vyobrazení tohoto řešení je na obrázku (Obr. 6-28).



Obr. 6-28: Schématické zobrazení použití dílenského jeřábu na přepravu výměníků.

Výměník je na jeřábu po celou dobu manipulace zavěšen a obklopen „ničím“ – je tedy chráněn před poškozením. Dílenský jeřáb je o velikosti paletového místa, proto by neměl být problém s prostorem pro skladování. Pořizovací cena takovýchto jeřábů se pohybuje v řádu jednotek tisíců korun.

Vyhodnocení

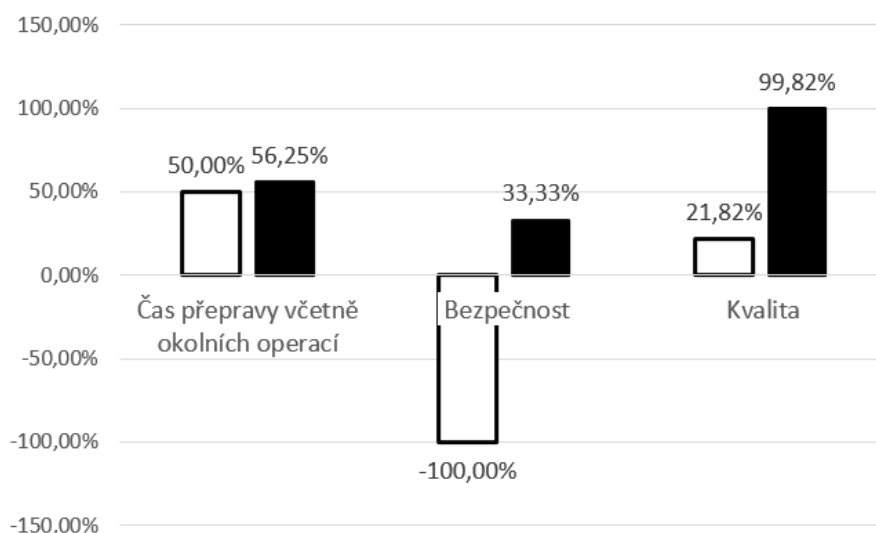
Navržené řešení bylo porovnáno s původními náměty. Porovnání je shrnuto v tabulkách (Tab. 6-13 a Tab. 6-14) a na obrázku (Obr. 6-29).

Tab. 6-13: Porovnání nalezených řešení.

Původní návrhy	Aplikace metodiky
Více než 6 pokusů	Jeden pokus
Hledání řešení během několika let	Doba trvání v rámci dnů až týdnů
Žádné uspokojivé řešení nebylo nalezeno	Nalezeno uspokojivé řešení

Tab. 6-14: Porovnání stavů procesů.

Stav	Čas přepravy včetně okolních operací	Bezpečnost	Kvalita
	[min]	[počet rizikových operací]	[defekty/100ks]
Původní	16	3	5,50
Zlepšený pomocí původních návrhů	8	6	4,30
Zlepšený pomocí metodiky	7	2	0,01



Obr. 6-29: Porovnání změny parametrů procesu původní náměty a navržená metodika.

Porovnání metodik z hlediska aplikace je v tomto případě velice zajímavé. Původní přístup k řešení problému zabral odhadem přes 4 roky, náměty na vyřešení by stály v řádech statisíců až milionů korun, a míra naplnění požadavku by přesto nebyla zcela naplněna. Aplikace navržené metodiky trvala 4,5 týdne, náklady na zavedení se pohybují v řádech jednotek až desítek tisíců korun, a požadavek je naplněn odhadem z 95%.

Tento experiment byl také autorem disertační práce popsán v publikaci [263].

6.2.2 Ateliér Aleny Sojkové: problémy s výrobou prototypů

V ateliéru Aleny Sojkové se vyrábí zakázkové produkty ze skla. Hlavní specializací je výroba skleněných očí pro preparátorské účely. Dále jsou vyráběny skleněné oči do různých uměleckých instalací, na sochy, figuríny, divadelní a filmové loutky a kostýmy, ale i hračky. Tento experiment se zaměřuje na problematiku při zpracování objednávek speciálních očí, s vysokými nároky na míru detailů a barevných prvků oka.



Obr. 6-30: Ukázka produktů z ateliéru Aleny Sojkové. [274]

Proces

Výroba skleněných očí vyžaduje několik operací u sklářského kahanu, všechny operace jsou prováděny manuálně. Nejprve je vytvořen střed – panenka, poté se vytvoří a vytvaruje křišťálové „tělo“ – *cornea*, dále se vytváří podbarvení duhovky, a nakonec je oko dotvarováno a vyhlazeno. Po vyrobení oka je nutné pomalé chlazení k zamezení popraskání v důsledku rozdílné teplotní roztažnosti jednotlivých skel. Každý typ oka vyžaduje jiné techniky v rámci těchto operací, jsou vyžadovány různé tvary očních panenek, jiné zakřivení oka, a především rozdílné způsoby jak vytvořit podbarvení oční duhovky.

I přesto, že je výroba čistě zakázková, u některých typů očí dochází k opětovným objednávkám, jsou to především oči pro preparaci. Tyto oči proto mohou být produkovány do zásoby.

Problém

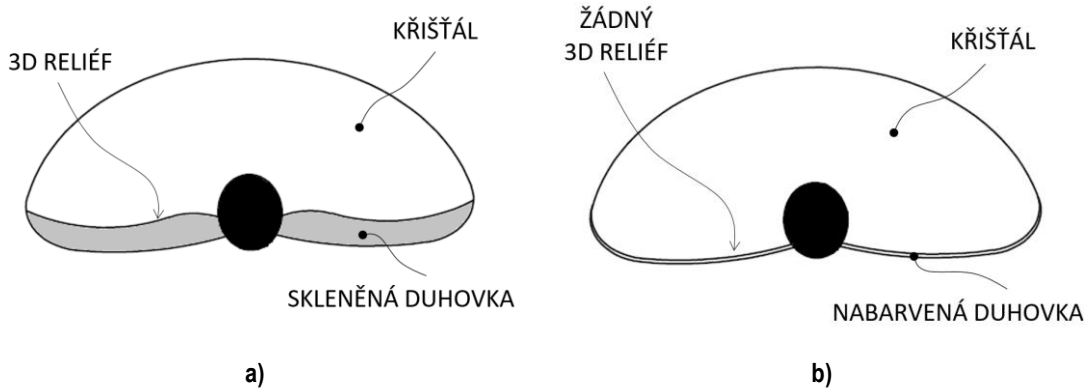
Manuální způsob výroby přináší problémy. Je téměř nemožné zhotovit dva identické kusy. Trochu jiný rozměr oční panenky, rozdíly v barevnosti nebo textuře duhovky, a k tomu vady jako bublinky, zakouření nebo prasknutí – to vše snižuje pravděpodobnost spárovat dvě oči dohromady. Právě oči pro preparátorské účely, které nejsou vhodné ke spárování, mohou být uloženy a později spárovány s výrobky z další zakázky.

Pokud je ale objednáno pouze malé množství speciálního oka, je potřeba zhotovit požadované množství perfektních očí v jedné dávce. Speciální objednávky s sebou nesou ještě další problém. Tím je to, že je často potřeba nalézt správnou techniku a kombinaci skel pro dosažení požadovaného výsledku. To přináší poměrně vysoké množství technologických prototypů. A následně, protože se jedná o často nové techniky a nové kombinace skel, dochází k větší míře zmetkovitosti, protože je nutné výrobky sladit do páru, a nové techniky nejsou plně zapracované. V některých případech nakonec dochází k tomu, že náklady spojené s výrobou přesáhnou prodejní cenu. Zákaznické objednávky také často požadují vysokou míru detailu, to je ale velice náročné při použití současných výrobních nástrojů. Při snahách dosáhnout velice složitého zbarvení duhovky, často dochází k pokřivení, deformaci, nebo zakroucení duhovky, příklad je znázorněn na obrázku (Obr. 6-31).



Obr. 6-31: Ukázka zdeformovaného podbarvení.

Jako původní řešení tohoto problému bylo navrženo, a i v několika případech aplikováno, nahrazení tvorby duhovky ze skla malováním barvou na sklo na křišťálové oko. Tento přístup přináší poměrně velké výhody a snižuje zmetkovitost téměř k nule. Bohužel jak je znázorněno na obrázku (Obr. 6-32) při použití barvy se z oka vytrácí 3D efekt oční duhovky. U některých očí to není ke škodě a například pro rybí oči je to velice vhodná technika. U složitějších a větších očí je ale ploché pozadí více patrné a vzhled je celkově nehezký. Kvalitou srovnatelný s plastovými produkty. Mimo jiné je nutné barvu na skle vypalovat, jinak se velice snadno sloupne, či poškrábe.



Obr. 6-32: Schématické vyobrazení technik podbarvování duhovky: a) duhovka z barevného skla; b) duhovka natíranou barvou.

Dalším námětem na zlepšení byla změna dodavatele skla, někteří dodavatelé deklarují možnost kombinace různých barevných skel bez následného praskání. To může snížit počet defektů, ale nevyřeší problém. Tento typ skla je v porovnání se v současné době používaným mnohem více nákladný, a výroba by nakonec byla ještě dražší.

Tab. 6-15: Původní návrhy na řešení problému.

Návrh na řešení	Negativní efekt
Jiný dodavatel skla	Vysoké náklady, nevyřešený problém se zakřivením prvků duhovky
Malování na krystaly (čiré oči)	Ztráta 3D efektu oka, nutnost vypalovat

Aplikace

Na popsany problém byla aplikována navržená metodika s cílem nalézt řešení pro zlepšení procesu tak, aby byla problematika výroby složitých prototypů překonána. Souhrn aplikace je shrnut v tabulce (Tab. 6-16).

Tab. 6-16: Aplikace metodiky na problému podbarvování komplexních skleněných očí.

Problém
Obtížné prototypování, velká míra zmetků u speciálních objednávek. (= malý počet objednaných)
Proces
Výroba speciálních zakázek složitých skleněných očí. (tvorba středu, tvarování oka, podbarvení, finální dotvarování, chlazení)
Smysl
Vyrobít speciální oči v malém množství
Princip
Ze skla, kahan, ruční práce, vrstvení barevných skel, tvarování formou.
Ideální stav
- Oko je v požadovaném tvaru, barvě a rozměru vyrobeno na 1. pokus (bez praskání) / Respektive 2 identické oči ...
Otázky na ideální stav
- Jak docílit, aby bylo možné vyrobit pár speciálních očí v požadované kvalitě na první pokus?
Trendy (TESE)
Segmentace; dynamizace; změna v nad-systému; přechod do podsystému;
Vědecké efekty
<nebyly použity>
Technické rozpory
TR1: Chceme zlepšit snadnost výroby Zhorší se kvalita detailu
TR2: Chceme zlepšit míru detailů

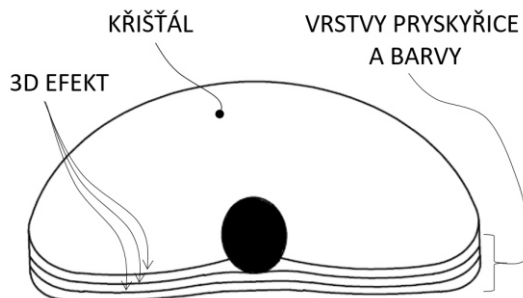
Zhorší se zmetkovitost, ztráta 3D efektu
Parametry, které chceme zlepšit: 12; 13; 29; 32;
Parametry, které se nepřipustně zhoršují: 26; 27; 31; 32;
Invenční principy (počet výskytů)
35. Změna parametrů (5x); 32. Změna optických vlastností (4x); 1. Segmentace (4x); 40. Kompozity (2x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (2x); 15. Dynamičnost (1x); 10. Předběžná akce (1x); 36. Fázové přechody (1x); 11. Předběžná ochrana (1x); 4. Asymetrie (1x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (1x); 23. Feedback, Zpětná vazba (1x); 19. Periodická akce (1x); 22. Škoda v užitek (1x); 16. Částečná nebo nadměrná akce (1x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (1x); 34. Odhození a regenerace (1x); 28. Mechanická substituce (1x); 39. Inertní prostředí (1x); 26. Kopírování (1x); 24. Prostředník (1x);
Fyzikální rozpory
Chceme složité oči, aby byly naplněny požadavky zákazníků (hezké, vysoká míra detailů, 3D efekt, ..); Chceme jednoduché oči, aby byly snadno vyrobitelné s nízkou zmetkovitostí;
Separční principy
Separace v čase; Separace v prostoru;
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
<nebylo použito>
Seznam nápadů
využití segmentace; kompozity; jiný rozměr, jiná dimenze; asymetrie; tenké vrstvy; periodická akce; škoda v užitek; částečná nebo nadměrná akce; kopírování; prostředník; separace jednoduchého oka od složité duhovky;

Ze seznamu nápadů byl vygenerován námět na překonání problému.

Námětem je použití tenkých vrstev epoxydové pryskyřice na křišťálové oko – postupně na jednotlivé vrstvy malovat. Tento námět je blíže popsán v následující sekci.

Vybrané řešení

K docílení jednoduchého oka pro výrobu ale zároveň komplexního z hlediska míry detailů, lze na spodek křišťálového oka postupně nanášet vrstvy barvy a pryskyřice. Křišťálové oči jsou velice snadné na výrobu, s poměrně nízkou úrovní chybovosti. Díky podbarvování lze dosáhnout velmi složitých detailů a kombinací barev. Dokonce pokud se něco nepovede, barva může být očištěna a přemalována. Vrstvy pryskyřice mezi vrstvy barev přinášejí 3D efekt malované duhovce. Schéma tohoto principu je zobrazeno na obrázku (Obr. 6-33) níže.



Obr. 6-33: Schématické vyobrazení nově navrženého řešení vrstveného podbarvování.

Verifikace námětu

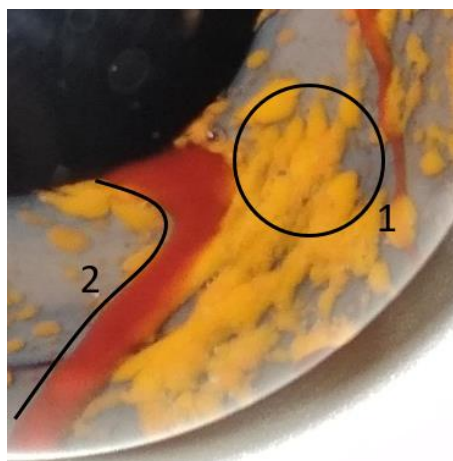
K ověření použitelnosti vybraného řešení byl proveden test, kdy byly porovnávány oči vyrobené technikou tvorby duhovky ze skla, pomocí nátěru a poté vrstvením barvy a pryskyřice. Na křišťálové oko byly nejprve namalovány částky, které mají tvořit plastický efekt. Poté bylo oko přetřeno vrstvou pryskyřice a opět přetřeno, to bylo několikrát zopakováno, nakonec bylo namalováno plné pozadí duhovky. Pro porovnání bylo takto vyrobeno několik typů očí. Na

obrázku (Obr. 6-34) je k vidění porovnání očí pomocí podbarvování sklem, barvou, a navrženou technikou vrstvení barvy a pryskyřice.



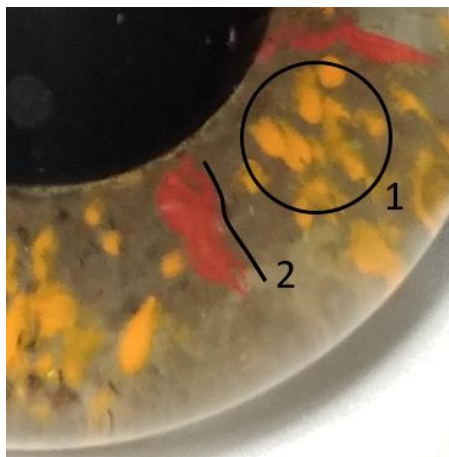
Obr. 6-34: Porovnání očí vyrobených různými techniky. Duhovka ze skla (vlevo), Duhovka podbarvením (Střed), vrstvení barvy a epoxidu (vpravo).

V rámci tohoto testu šlo především o ověření proveditelnosti a funkčnosti 3D efektu na duhovce. Proto nebyl kladen příliš velký důraz na míru detailu malby. Při ověření funkčnosti lze míru detailů zlepšit optimalizací techniky nánosu barvy. Detailnější porovnání jednotlivých technik je zobrazeno na obrázcích (Obr. 6-35, Obr. 6-36, a Obr. 6-37).



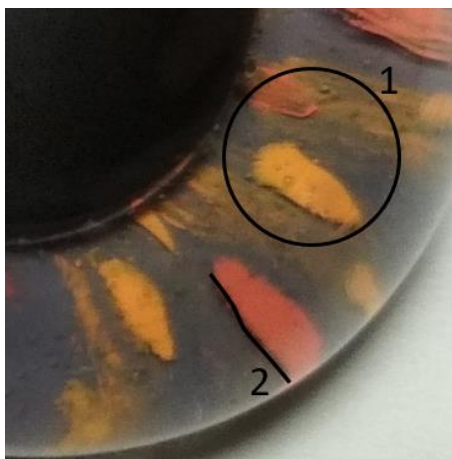
Obr. 6-35: Detail podbarvení pomocí barevného skla.

Na obrázku (Obr. 6-35) je 3D reliéf utvořen skleněnými částičky (1). Skleněná textura tvoří organický vzhled. V oblasti označené (1), částičky mohou občas splynout do většího celku, což může, ale nemusí být škodlivý efekt. Oblast označena (2) zobrazuje zakřivení lineárních prvků duhovky. Během zpracování byly lineární tvary zdeformovány, což je zásadní problém.



Obr. 6-36: Detail podbarvení pomocí nátěru barvy.

Duhovka tvořená malováním na obrázku (Obr. 6-36) poukazuje na možnost vysoké míry detailů a barevných možností. Barvení také umožňuje tvorbu lineárních prvků duhovky bez deformací. V oblasti označené (1) jsou k vidění oranžové částice s dobrou mírou detailu, bohužel postrádají 3D efekt a působí ploše – neživě. Rovné linie mohou být namalovány podle požadavků jak je vidět v oblasti označené (2). Namalované oči mohou dosahovat dobrých detailů za cenu ztráty 3D reliéfu.

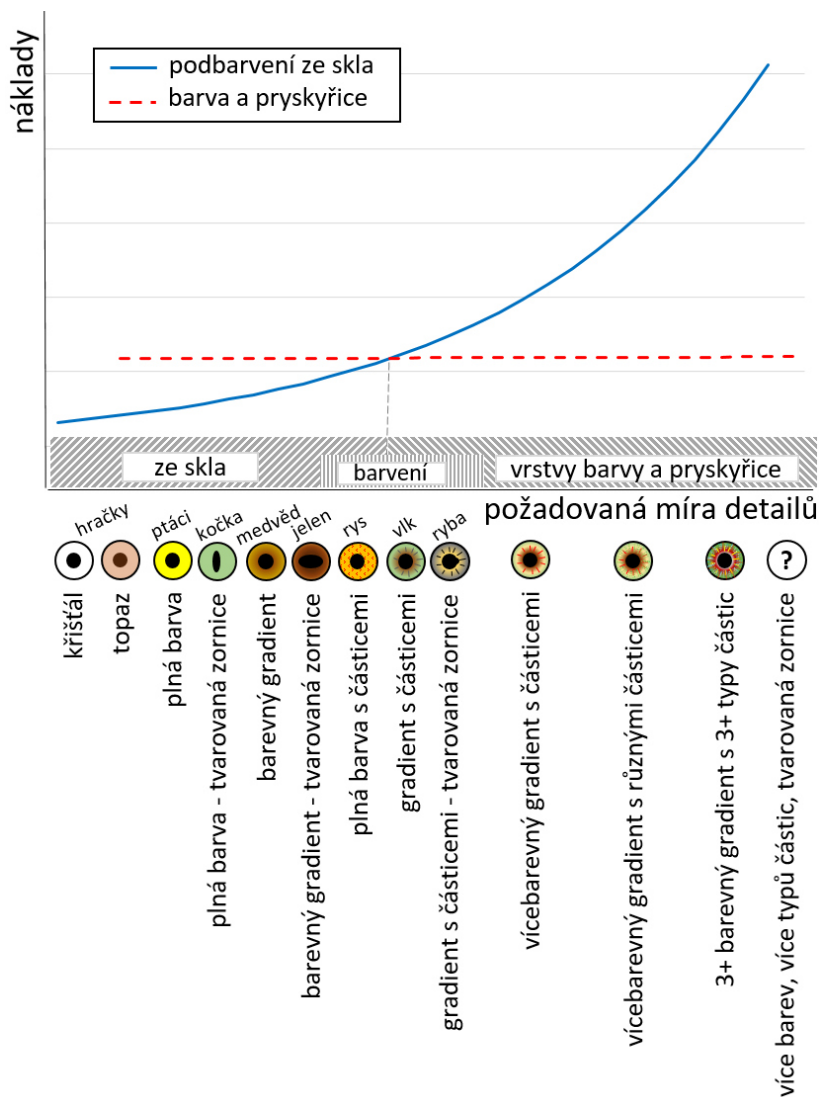


Obr. 6-37: Detail podbarvení pomocí vrstveného podbarvování.

Navržená technika nanášení vrstev barvy a epoxidu na obrázku (Obr. 6-37), poukazuje na možnost dosažení 3D efektu. V oblasti označené (1) je vidět 3D efekt. Lineární tvary lze také namalovat bez větších problémů, jak je znázorněno v oblasti označené (2). V tomto případě jsou oranžové částice větší než u předchozích technik. To je způsobeno nízkou mírou zkušeností s touto technikou a může být snadno zlepšeno v budoucnu.

Z porovnání je jasné, že navržené řešení je použitelné k překonání problematiky výrobou složitých očí. Technika by měla být optimalizována k dosažení excelentních výsledků. Je třeba vzít v potaz možnost tvoření bublinek mezi vrstvy pryskyřice, a technika nanášení jednotlivých vrstev by měla být také vylepšena. Tím by mělo být možné dosáhnout vzhledu realistických očí.

Navržená technika by neměla být používána na všechny vyráběné oči ale pouze na typy očí, kde je vyžadována vysoká míra detailů. U jednoduchých očí je doba trvání tvrzení jednotlivých vrstev příliš dlouhá, a je jednodušší použít podbarvení klasickým způsobem, případně jednoduchým podbarvením. Teoretická závislost výrobních nákladů s mírou požadovaných detailů je zobrazena na obrázku (Obr. 6-38)



Obr. 6-38: Teoretická závislost výrobních nákladů na komplexnosti podbarvení. (doplněno o typické zástupce vyráběných očí).

Na obrázku (Obr. 6-38) je zobrazeno porovnání nákladů na techniku tvorby duhovky. Pro větší přehlednost byly k ose reprezentující míru detailu přiřazeny jednotlivé kategorie vyráběných očí s příslušnými reprezentujícími typy. V levé části jsou jednoduché oči pro hračky, pouze s jednou barvou pozadí. V pravé části jsou velmi komplexní oči bez opakujících se objednávek. Ty jsou používány nejčastěji pro tvorbu kostýmů, soch nebo filmových a divadelních rekvizit. Oči s nízkými požadavky na míru detailů jako jednobarevné oči, by měli být vyráběny klasickou technikou ze skla. Výroba je poměrně snadná a duhovka má stále plastický tvar. Oči tedy vypadají více živě oproti plochému podbarvení. Navržená technika vrstvení by měla být používána pouze na vysoce komplexní oči, kdy je zapotřebí mnoho částecek a barevných kombinací. Tato technika může v těchto případech radikálně snížit náklady a přitom zachovat 3D vzhled. Běžné barvení lze použít na některé jednodušší oči s nízkou mírou detailních částic.

Hlavní limitací navržené techniky je potřebná doba na vytvrzení jednotlivých vrstev pryskyřice. To lze urychlit použitím UV aktivních pryskyřic. Dalším problémem mohou být bublinky uvnitř pryskyřice. Ty lze eliminovat použitím vakuové komory. Detaily barvených částic musejí být velmi malé, protože samotné oko funguje jako čočka a detaily se tedy zdají být o něco větší. Tohoto optického jevu by však mohlo být využito pro tvorbu „hlubokého“ reliéfu.

Během tohoto experimentu byly také objeveny další možné kroky v rozvoji výroby složitých očí. Vrstvy nanášené pryskyřice mohou být během tuhnutí tvarovány pomocí „razítek“ nebo tvořítek k dosažení více realistických textur. Do pryskyřice lze zakomponovat objekty. To mohou být vytisknuté obrázky reálných očí, nebo jiné částice jako prach, kamínky, či například kousky listů pro tvorbu nerealistických očí (například pro fantazy kreatury). Substance reagující na světlo mohou být přidány k dosažení dalších zajímavých efektů. Jak bylo zmíněno výše, použitím UV aktivních pryskyřic lze celý proces urychlit.

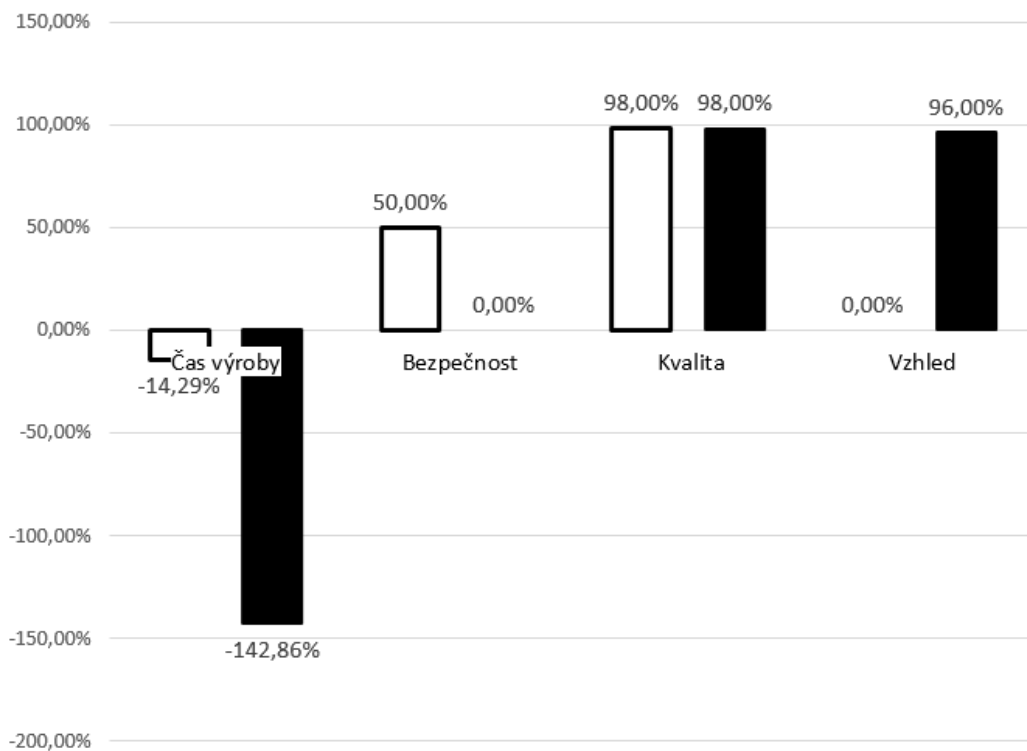
Tento experiment byl také autorem popsán v publikaci [275].

Vyhodnocení

Navrhnuté řešení bylo porovnáno z hlediska sledovaných ukazatelů. Výsledky porovnání jsou v tabulce (tab. 6-17) a na obrázku (obr. 6-39).

Tab. 6-17: Porovnání stavů procesu z hlediska sledovaných parametrů.

Stav	Čas výroby	Bezpečnost	Kvalita	Vzhled
	[min]	[počet rizikových operací]	[defekty/100ks]	[% přiblížení k reálnému oku]
Původní	35	2	50	50
Zlepšený pomocí původních návrhů	40	1	1	50
Zlepšený pomocí metodiky	85	2	1	98



Obr. 6-39: Porovnání změny parametrů dosažitelných pomocí původních námětů a navržené metodiky.

Náklady na zavedení jsou z hlediska technologie barvení nižší než barvení s vrstvy epoxidu. V případě použití speciálních skel jsou náklady výrazně vyšší. Míra naplnění požadavků z hlediska jak podbarvování sklem, tak barvením dosahuje přibližně 50%. Vždy je dosaženo nějakého požadavku, na úkor ztráty jiného. Navrhnutá technologie vrstvení dosahuje v uspokojivé míře všechny požadavky, 3D vzhled, snadnost výroby, z hlediska možností výroby dokonce výrazně přesahuje cílené požadavky.

Ověření technologie

Na základě těchto výsledků bylo provedeno ověření technologie přímo v ateliéru, kde se oči vyrábějí. Během ověření bylo dosaženo velice dobrých výsledků a tato technologie začala být využívána právě pro velice složité oči. Výstupy z ověření jsou k vidění na obrázku níže.



Obr. 6-40: Postup a výstupy z ověřování nalezené technologie vrstveného podbarvování.

6.2.3 Knorr – Bremse: problém se zasekávajícími se pružinami

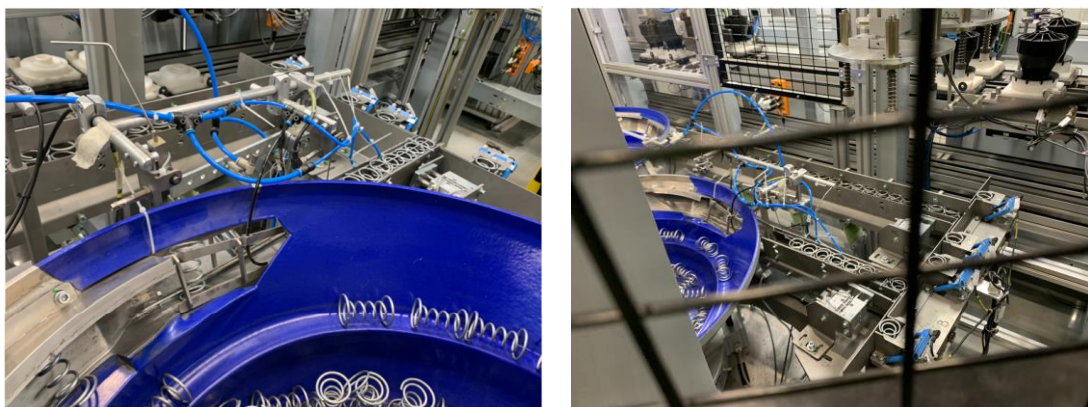
Společnost KNORR - BREMSE, Systémy pro užitková vozidla, CR, s.r.o. se zabývá výrobou komponent do brzdných systémů pro užitková vozidla, jako jsou například nákladní automobily. Hlavním produktem Liberecké pobočky jsou filtrační patrony, používané v brzdných systémech užitkových vozidel. Tento experiment se zabývá řešením problému na montážní lince těchto patron.



Obr. 6-41: Filtrační patrony pro brzdné systémy užitkových vozidel. [276, 277]

Proces

Na montážní lince filtračních patron se vkládají do sestavy pružiny, které uvolňují filtrační mechanismus. Pružiny jsou dodávány v KLT³⁷ boxech. Pružiny se postupně přesypávají do zásobníku, ze kterého se dále odsypávají automaticky po menších dávkách do miskového vibračního podavače. Pokud je v podavači málo pružin senzor sepne a mechanismus přisype nové. V miskovém podavači pružiny putují, díky vibracím, po stěnách mísy, kde se díky různým zábranám a propadlům orientují do pozice „nastojato“. Na konci mísy pružiny pokračují na další část podavače a to na lineární vibrační podavač. Ten dopravuje pružiny k místu odběru, kde jsou pružiny odebírány robotickou rukou a vkládány do patron.



Obr. 6-42: Přepravovaná pružina, a vibrační podavač.

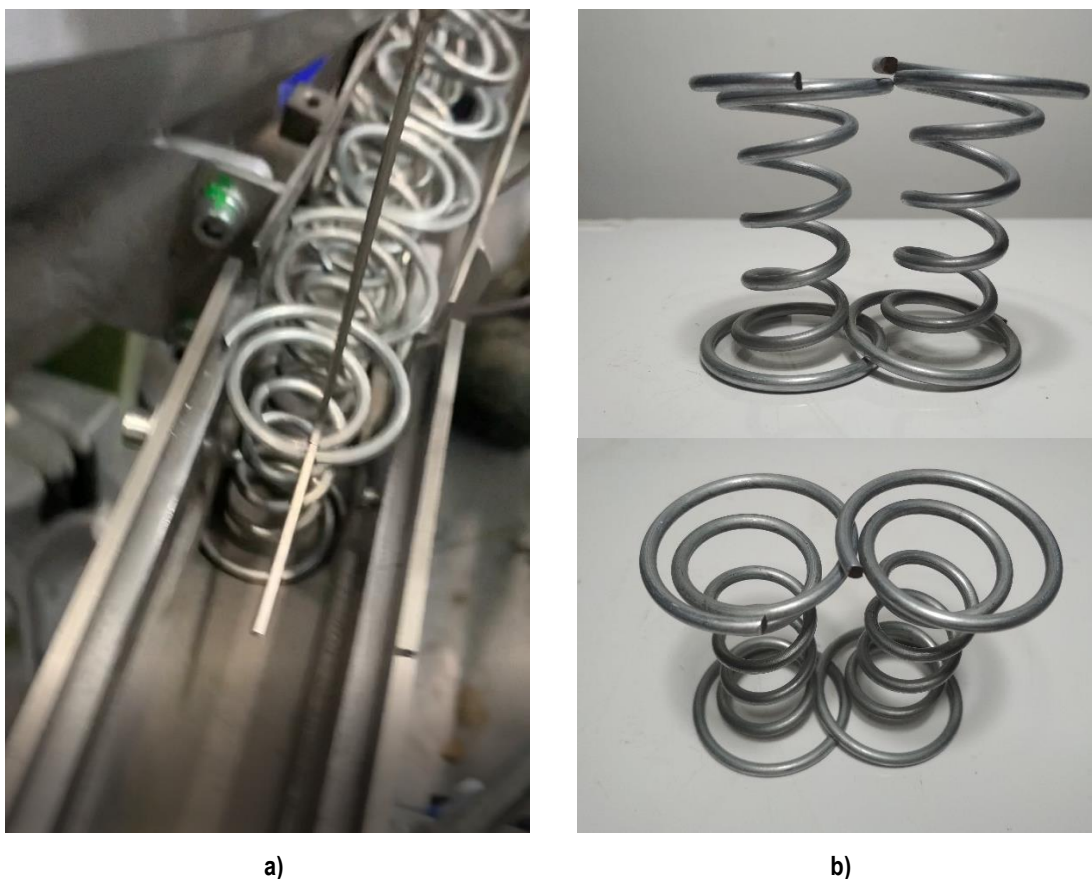
³⁷ KLT (*kleine ladung transporter*) – přepravka na malý náklad, jedná se o standardizovaný systém přepravek, jež splňují požadavky logistických systémů v sektoru automotive.

Problém

Problémem je, že se pružiny čas od času zasekávají v lineárním vedení vibračního podavače. To způsobuje zastavení celé montážní linky.

Řešitelský tým ve firmě provedl analýzu problému klasickými nástroji (Diagram příčin a následků – Ishikawa diagram, 5W1H, brainstorming)

Bylo zjištěno, že problém je pravděpodobně způsoben nepřesnostmi dodávaných pružin. Nicméně požadovat po dodavateli vyšší kvalitu – tedy snížení variability rozměrů, by znamenalo nepřípustné navýšení nákladů. Toto tvrzení je také podpořeno doporučením na řešení problémů od výrobce vibračních dopravníků [278].



Obr. 6-43: Zaseknuté pružiny: a) reálné zaseknuté pružiny ve vibračním dopravníku; b) ukázka polohy zaseknutých pružin jedna vůči druhé.

Původní náměty na řešení jsou:

Zavěsit (odebrat spodní část lišty), použít tlakový vzduch, optimalizovat frekvenci a amplitudu vibrací, vodící drát z vrchu.

Aplikace metodiky

Na popsany problém byla aplikována navrhovaná metodika.

Tab. 6-18: Aplikace metodiky na problém zasekávajících-se pružin ve vibračním podavači.

Problém
Přepravované pružiny se zasekávají ve vodící liště
Proces
Přepřava pružin k lince
Smysl
Přemístít pružiny ze zásobníku (resp. z KLT boxu) do požadované pozice („nastojato“);
Princip
Vibracemi, vedeny lištou („nastojato“);

Ideální stav	
<ul style="list-style-type: none"> - Pružiny není třeba přemísťovat; - Pružiny se přemísťují sami; - Pružiny se přemísťují bez zasekání; 	
Otázky na ideální stav	
<ul style="list-style-type: none"> - Jak docílit toho, aby byly pružiny na požadované pozici bez nutnosti přemístění? - Jak docílit toho, aby se pružiny přemísťovali sami? - Jak docílit toho aby se pružiny nezasekávali? 	
Trendy (TESE)	
Segmentace; zvyšování dynamičnosti; změna nad-systému; přechod na mikro;	
Vědecké efekty	
gravitace; setrvačnost; vibrace; štetce; el.-mg. kondukcce; fero-magnetismus; trychtýř; pružiny; magnetismus; mechanické zařízení; anizotropie; magnet; štetce; excentricita;	
Technické rozpory	
TR1: Chceme, aby se do sebe pružiny nezamotávaly Zhorší se, pružiny se zaklíní samy	
TR2: Chceme přepravit pružiny bez zaseknutí Zhorší se náklady na přestavbu/úpravu	
Parametry, které chceme zlepšit: 27; 21; 15; 39;	
Parametry, které se nepřípustně zhoršují: 36; 33; 38; 31; 30; 24;	
Invenční principy (počet výskytů)	
35. Změna parametrů (8x); 10. Předběžná akce (7x); 2. Extrakce, Separace (6x); 28. Mechanická substituce (5x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (4x); 13. Inverze, Naopak (4x); 22. Škoda v užitek (4x); 12. Ekvipotencialnost, Stejná hladina (3x); 19. Periodická akce (3x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (3x); 15. Dynamičnost (3x); 26. Kopírování (3x); 40. Kompozity (3x); 1. Segmentace (2x); 39. Inertní prostředí (2x); 18. Mechanické kmity a vibrace (2x); 24. Prostředník (2x); 11. Předběžná ochrana (1x); 5. Sloučení, Kombinování (1x); 6. Univerzálnost, Multi-funkčnost (1x); 21. Přeskočení (1x); 20. Plynulost užitečné akce (1x); 4. Asymetrie (1x); 29. Pneumatika a hydraulika (1x); 16. Částečná nebo nadměrná akce (1x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (1x); 23. Feedback, Zpětná vazba (1x); 33. Homogenita, Stejnorodost (1x); 7. Vnoření, Spojení (1x); 31. Pórovité materiály (1x); 34. Odhození a regenerace (1x);	
Fyzikální rozpory	
Chceme těsné uložení pružin, aby se do sebe nemohli zamotat; Nechceme těsné uložení pružin, aby se nezasekávali;	
Separační principy	
Separace v čase; separace v prostoru; separace v systémové úrovni;	
Standarty	
<nebyly použity>	
Inspirace	
Bowl feeder; vibration feeder; spring transport; jamming parts; Bin picking; Smart handling; Wave handling; pick and place; vision-guided picking; flexi bowl; flexi track; dopravníky;	
Seznam nápadů	
Přeprava bez fronty (po jednom); proložení/vytvoření mezer mezi pružinami; jiná orientace pružin; odstranění vodicích lišt; třídění pružin; magnety pro magnetizaci lišty; povrchové úpravy lišty (mazání); přeprava jiným principem (gravitační skluzavka); pásový dopravník; systém na vyprošťování pružin; zrychlující se profil; přeprava z vrchu (gravitačně); bin picking;	

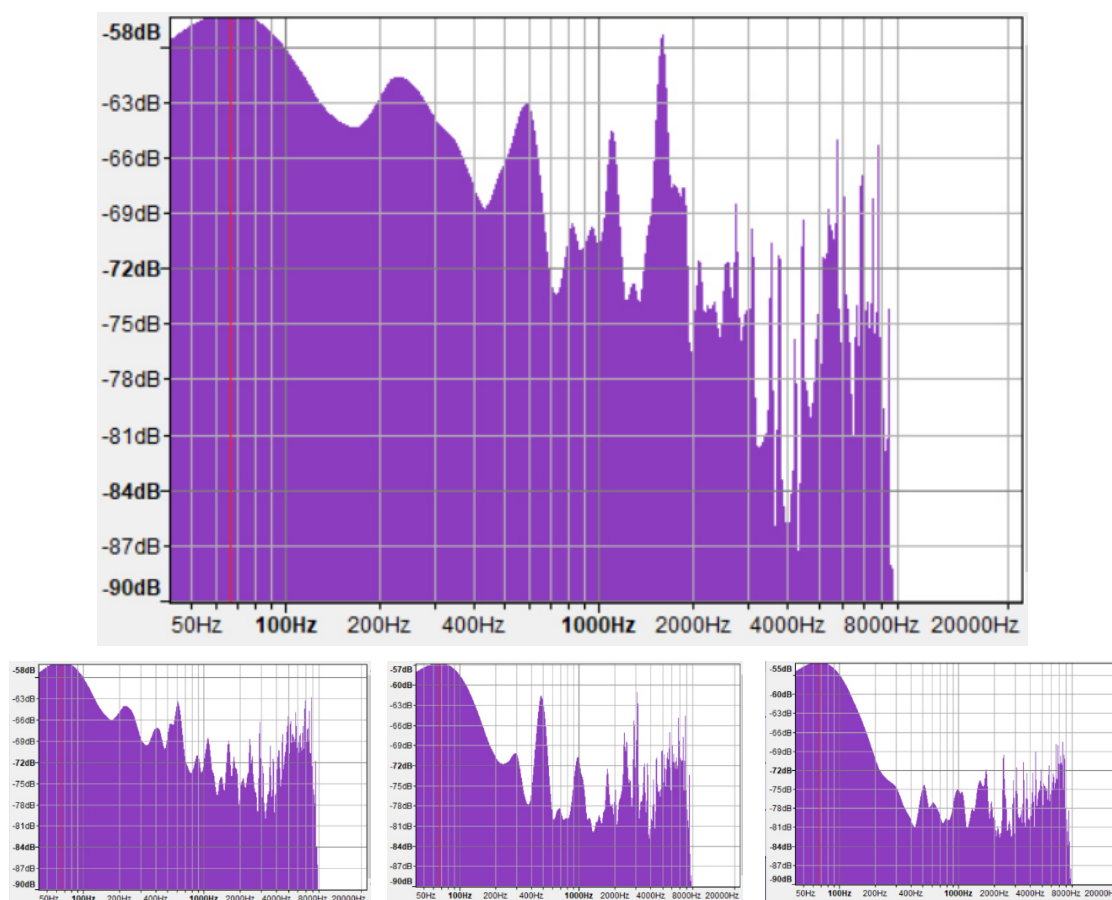
Tabulka 6-19: Vygenerované náměty pro zlepšení procesu přepravy pružin.

Přeprava pružin	
Třídění	Výběr pouze určitých pružin pro eliminaci zasekávání
Změna orientace	Přeprava naležato
	Orientace pružin nastojato tak, aby se redukovalo zasekávání
Povrchové úpravy lišty	Kluzký povrch
Jiný způsob	Gravitační skluzavka, gravitační zásobník
	Pásový dopravník
	Dopravník – šroubovice
Bin picking	Robot s kamerou schopen uchopit pružiny rovnou z boxu

Vyprošťování pružin	Hřeben
	Posuvný element
	Změna frekvence vibrací (vlastní frekvence pružin)

Třídění je bohužel časově náročné, proto bylo z praktických důvodů zavrhnuto. Většina námětů zahrnující úpravu, či přestavbu dopravníku byla vyloučena, protože si společnost nemohla dovolit investovat. Jako doporučené řešení bylo vybráno použití gravitační skluzavky, nebo zásobníku, nebo pokud by byl dostatek financí aplikovat metodu bin-picking, kdy by byl celý proces orientování a přepravy propojen do jedné operace robotické ruky.

Protože společnost nebyla ochotna na řešení problému vydat žádné finance, bylo nutno uchýlit se k nízkonákladovým řešením. Jako ideální námět se tedy zdá být využití vlastní frekvence pružin k vyproštění zaklíněných pružin. Pro tyto účely bylo provedeno měření vlastní frekvence pružin. Byly měřeny 4 kusy pružin poklepáním na pružinu a frekvenční analýzou zvukové odezvy, pomocí FFT (*Fast Fourier Transform*) byly detekovány vlastní frekvence jednotlivých pružin. (Pro toto vyhodnocení byl použit volně přístupný software Audacity. Zvukové odezvy byly měřeny běžným mikrofonem³⁸.)



Obr. 6-44: Frekvenční charakteristiky pružin.

Z naměřených frekvenčních charakteristik vyplývá, že vlastní frekvence pružin se pohybuje okolo 66 – 67 Hz. Protože je každá pružina trochu jiná, liší se i vlastní frekvence jednotlivých pružin. Proto je vhodné měnit frekvenci pulsně a překročit interval všech možných vlastních frekvencí. Frekvence vibrační lišty je 100 Hz.

Jako další možná aplikace tohoto řešení je použití pulsujících změn frekvence v blízkosti vlastní frekvence pružin k rozmotání zamotaných pružin ve vibrační míse. Zde totiž také dochází

³⁸ Dynamický mikrofon od výrobce Stagg. Směrová charakteristika: kardioidní; Impedance: 600 Ohm +/- 30 % @ 1 kHz; Citlivost: -74 db +/- 3 dB; Frekvenční rozsah: 60 – 16 000Hz;

k problému, když se více pružin do sebe zamotá, nejsou schopny projít překážky a propady na stěnách mísy. Zůstávají tak na jejím dně – jelikož ale sensor hmotnosti nezaznamenává úbytek, nepřispívají se nové pružiny a linka musí opět zastavit z důvodu absence pružin.

Tabulka 6-20: Porovnání stavů procesu přepravy pružin.

Stav	Počet zaseknutých pružin za směnu	Čas prostojů linky (způsobených zaseknutím)
	[ks/směna]	[min/směna]
Původní	8	24
Zlepšený pomocí metodiky	8	1

Díky vyprošťování pružin pomocí vlastní frekvence lze teoreticky dosáhnout snížení prostojů linky na minimum. Odhadem by tak mohlo být dosaženo snížení až o 95,83 %.

6.2.4 Škoda AUTO: problém s montáží tažného zařízení

Společnost Škoda AUTO se zabývá výrobou osobních automobilů, a asi není třeba společnost sídlící v Mladé Boleslavi blíže představovat.



Obr. 6-45: Ukázky produktů společnosti Škoda AUTO (OCTAVIA, ENYAQ). [279]

Ve spolupráci se společností Škoda AUTO bylo provedeno několik menších projektů, prvním z nich je problematika při montáži tažných zařízení (TZ).

Proces

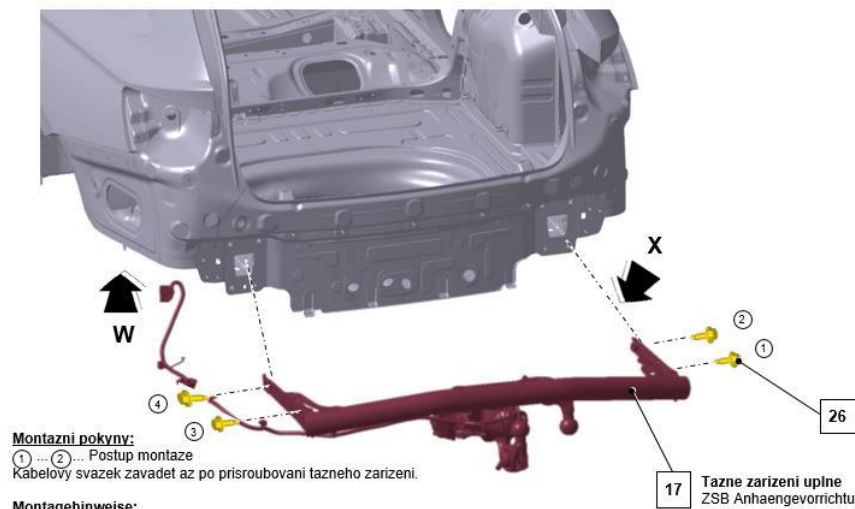
Montáž tažného zařízení je součástí montážní linky výroby celého vozu. V tomto případě se jednalo o společnou linku pro modely ENYAQ a OCTAVIA. Případné řešení lze ale aplikovat i na linkách pro ostatní modely, protože je tento proces a produktové řešení na dalších linkách obdobné. Na jedné finální montážní lince dochází k současné výrobě modelů se spalovacími i elektrickými motory.



Obr. 6-46: Ukázka montážní linky. [280]

Tažné zařízení se pomocí přípravku vkládá do otvorů v zadní části vozu. Poté je nutno tažné zařízení upevnit pomocí několika šroubů. Toto upevňování je rozděleno na dvě operace, nejprve

jsou šrouby ručně nasazeny, a v další části procesu jsou utahovány pomocí utahovacího zařízení na požadovaný moment. Z hlediska bezpečnostních požadavků jsou kladeny na tyto šroubové spoje vyšší požadavky³⁹. Každý šroub je dotahován na 55 Nm \pm 180° \pm 15%. Mezi nasazením šroubů a jejich utáhnutím dochází ještě ke vkládání kabelového svazku.



Obr. 6-47: Vizualizace procesu vkládání tažného zařízení z pracovního postupu.

Problém

Montáž tažného zařízení je prováděna mezi operacemi vkládání modulu palubní desky. Montáž modulu palubní desky je časově náročná operace, proto jsou na lince dvě stanoviště pro tuto operaci (operace trvá dva takty, a každé stanoviště vkládá moduly do vozů střídavě). Mezi těmito stanovišti se vkládají tažná zařízení. Kvůli této lokaci je stanoviště pro montáž tažných zařízení prostorově omezené a kvůli ramenům pro manipulaci s moduly palubních desek, zde nelze používat nástroje a zařízení připojené kabelem. Technicky tuto operaci z hlediska technologických návazností nelze provádět v jiném stanovišti.



Obr. 6-48: Stanoviště pro montáž tažného zařízení (zeleně) mezi stanovišti pro vkládání modulů palubních desek. [280] (upraveno)

³⁹ Jedná se o montážní operaci s povinným sledováním a dokladováním správného dokončení činnosti – tzv. životně důležitý spoj.

Utáhnutí šroubů ale vyžaduje moment, který nelze dosáhnout běžnými bateriovými utahovacími nástroji. Dalším problémem je poměrně špatný přístup ke šroubům, protože je vůz pro potřeby okolních operací uložen nízko u země. Z těchto důvodů je samotné dotahování šroubů prováděno na jiném stanovišti montážní linky dále v procesu, v místě kde se montované vozy zvedají, takže je pro utahování lepší přístup ke šroubům. Utahování je zde prováděno úhlovými utahovacími speciály s řízeným dotažením.

Problém je, že frekvence a množství požadavků na montáž tažných zařízení je nepředvídatelná. Vytížení pracovníků tak osciluje mezi čekáním na práci, v případě, že nejsou požadavky na montáž tažných zařízení, nebo přetížením – respektive nestíháním vše provést v případě, že se setká několik požadavků na tažné zařízení za sebou. Tato nevyváženost⁴⁰ je nejvíce znatelná právě na stanovišti utahování, kde není prováděna žádná jiná činnost.

Požadovaným stavem by bylo zjednodušení operací tak aby mohly být stanoviště sloučeny, tím by klesly nároky na počet potřebných pracovníků, kteří jsou zatěžováni nevyváženě.

Aplikace metodiky

Na popsany problém byla aplikována navržená metodika.

Tab. 6-21: Aplikace metodiky na proces montáže tažného zařízení.

Problém
Nevyváženost a špatná vytiženost pracovníka utahování, v procesu montáže tažných zařízení.
Proces
Nasazení (TZ), nasazení šroubů, vložení elektro svazku, utáhnutí šroubů;
Smysl
Umístit a upevnit tažné zařízení (pouze na některé kusy);
Princip
1) Nasazení TZ (pomocí přípravku) se nasune do vozu, ručně se uchytí šrouby (nutné hledat polohu díra-závit); 2) Instalace elektro svazků; 3) Utažení pomocí spec. utahovačky na požadovaný moment (55 Nm +180°±15%) Nutno dodržovat ergonomii
Ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - TZ bude nasazeno a upevněno (požadovanou pevností) během jedné operace; - TZ se upevní samo; - Není potřeba TZ;
Otázky na ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - Jak docílit toho, aby bylo TZ nasazeno a zároveň upevněno? - Jak docílit toho aby bylo TZ upevněno během nasazování? - Jak docílit, aby se TZ drželo samo? - Jak docílit aby nebylo potřeba TZ?
Trendy (TESE)
Úplnost technického systému; Zvyšování stupně ideality; Nerovnoměrnost rozvoje částí systému; Změny měřítka; Změny propojení; Nárůst interakcí látka-pole (substance-field); Chytré materiály; Segmentace prostoru; Segmentace plochy; Segmentace objektu; Přechod z makro do mikro (a dále); Zvyšování asymetrie (ke shodě s vnějšími asymetriemi); Geometrická evoluce (lineární); Geometrická evoluce (objemová); Dynamizace; Sladění akcí; Sladění rytmu; Mono-Bi-Poly (podobné); Redukce zahrnutí lidí;
Vědecké efekty
působení magnetického pole na objekt nebo na feromagnetikum, které je spojené s objektem; působení elektrického pole na elektricky nabitý předmět; tlakové působení kapaliny nebo plynu; mechanické kmity; odstředivá síla; jev tepelné roztažnosti; elektrické pole; magnetické pole ve vazbě s feromagnetickou látkou; fixace v kapalinách tuhnuoucích v magnetickém nebo elektrickém poli; gyroskopický jev; reaktivní pohyb; sypké materiály; pásky; kuličky; hyperboly; trojúhelníky Relo; pomocí hydridů; sváření; tavení-tuhnutí; molekulární spojení;
Technické rozpory
TR1: Chceme: utahovat na místě ukládání Zhorší se: nemožnost manipulace s utahovačkou (kabel překáží jiným operacím), ergonomie

⁴⁰ Firma pro tuto situaci užívá názvosloví *Zeitspreizung* (z německého jazyka) - nevyváženost vytižení pracovníka mezi modely z důvodu produktových nebo procesních rozdílů - nutná obsluha.

<p>TR2: Chceme utáhnout šroub na požadovaný moment bez použití kabel. utahovačky Zhorší se nemožnost kontroly kvality utáhnutí, nároky na prostor</p> <p>TR3: Chceme nahradit šroubový spoj, a dosáhnout požadovaných vlastností. Zhorší se složitost procesu</p> <p>Parametry, které chceme zlepšit: 10; 11; 12; 13; 14; 16; 32; 35; 38; 39; Parametry, které se nepřipustně zhoršují: 9; 10; 11; 13; 14; 25; 27; 33; 36;</p>
<p>Invenční principy (počet výskytů)</p> <p>35. Změna parametrů (33x); 10. Předběžná akce (24x); 28. Mechanická substituce (16x); 1. Segmentace (15x); 13. Inverze, Naopak (12x); 3. Lokální kvalita (12x); 15. Dynamičnost (11x); 18. Mechanické kmity a vibrace (10x); 14. Sferodality, Zakřivení (9x); 40. Kompozity (9x); 2. Extrakce, Separace (7x); 34. Odhození a regenerace (7x); 16. Částečná nebo nadměrná akce (7x); 32. Změna optických vlastností (6x); 37. Teplotní roztažnost (6x); 11. Předběžná ochrana (5x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (5x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (5x); 26. Kopírování (5x); 36. Fázové přechody (5x); 21. Přeskočení (5x); 29. Pneumatika a hydraulika (4x); 12. Ekvipotencialnost, Stejná hladina (4x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (4x); 25. Samoobsluha (4x); 24. Prostředník (4x); 33. Homogenita, Stejnorodost (3x); 19. Periodická akce (3x); 8. Anti-tíže (3x); 6. Univerzálnost, Multi-funkčnost (3x); 4. Asymetrie (3x); 9. Předběžná protiakce (2x); 39. Inertní prostředí (2x); 20. Plynulost užitečné akce (2x); 22. Škoda v užiteku (2x); 5. Sloučení, Kombinování (1x); 7. Vnoření, Spojení (1x); 38. Silné oxidanty (1x); 23. Feedback, Zpětná vazba (1x);</p>
<p>Fyzikální rozpory</p> <p>FR1: Chceme, aby bylo auto „dole“, kvůli snadnému vkládání TZ Chceme, aby bylo auto „nahore“, kvůli přístupnosti k utahování</p> <p>FR2: Chceme mít operace rozdělené, aby šlo snadno montovat Chceme mít operace spojené, aby nedocházelo k „prostojům“</p>
<p>Separční principy</p> <p>FR1: Čas: rozdělení operací (ještě jemnější rozdělení operací?) Prostor: přidělat uchycení šrouby, potom přidělat tělo TZ (rozdělení) Princip: utahovací přípravek – lze utahovat „dole“ (resp. nasazovací přípravek nahoru)</p> <p>FR2: Čas: - Prostor: utahovací přípravek Princip: změna způsobu upevnění</p> <p>A1. Separace konfliktních vlastností v prostoru; A2. Separace konfliktních vlastností v čase; A4. Systémový přechod: Přechod systému na anti-systém, nebo kombinace s anti-systémem; A5. Systémový přechod: Celý systém má vlastnost "X", zatímco jeho části mají vlastnosti opačné "X" (anti-X); A6. Systémový přechod: Přechod na systém, který pracuje na mikro úrovni; B3. Separace opačných vlastností mezi systémem a podsystémem;</p>
<p>Standardy</p> <p>Modifikace existující substance; fázové přechody; modifikace pole; Přidání nové substance; Přidání pole; Přidání nové substance a pole; feromagnetika; přechod do podsystému; přechod do nad-systému;</p>
<p>Inspirace</p> <p>Rozebíratelné spoje; utahování šroubů; spojování;</p>
<p>Seznam nápadů</p> <p>utáhnout šroub na požadovaný moment bez použití kabelové utahovačky (geometrické efekty); ultrazvukové svaření; nahradit šroubový spoj; rozdělení operací (ještě jemnější rozdělení operací?); rozdělení částí (přidělat ramena šrouby, potom přidělat tělo TZ k ramenům); utahovací přípravek – lze utahovat „dole“ (resp. nasazovací nahoru); změna způsobu upevnění;</p>

Po aplikaci metodiky byly z nápadů vygenerovány náměty na řešení problematiky, ty jsou shrnuty v tabulce (Tab. 6-22).

Tab. 6-22: Vygenerované náměty pro zlepšení procesu montáže tažného zařízení (TZ).

Montáž tažných zařízení	
Spojit nerozebíratelně	slepit, svařit, ...
Zaměnit šroubový spoj za lisovaný či jiný	lisovat, využití teplotní roztažnosti, ...
Použití přípravku na nasazení a utáhnutí	kombinovaný přípravek, jež pomáhá s nasazením TZ, a zároveň umožňuje nasazení a dotáhnutí šroubů
Požadovaný moment pomocí mechanických převodů	Pomocí mechanických převodů dosáhnout schopnosti utáhnout šroub na požadovaný moment i pomocí bateriové utahovačky
Segmentace tažného zařízení	Tažné zařízení je rozděleno na více dílů, které se snadněji nasazují a montují na více stanovištích v celém procesu.
Segmentace plánu výroby	Plánovat tak, aby nebyly montovány dva vozy s požadavkem na TZ za sebou.

Řešení

V souvislosti s charakterem výroby a produktu, je jen velmi obtížné aplikovat výrazné změny v produkci již schváleného procesu. Proto nelze aplikovat náměty, které mění šroubový spoj za jiné řešení, nebo obsahují konstrukční úpravy na tažném zařízení.

Segmentací plánu výroby by bylo možné zabránit neshodám a pozastavování linky ve chvílích, kdy je mnoho požadavků na montáž tažného zařízení za sebou, v opačném případě neřeší problém s tím, že existují dvě nevytížená pracoviště.

Jako nejvhodnější řešení tedy bylo vybráno použití přípravku pro snazší nasazení tažného zařízení s možností utažení šroubů, ať už pomocí mechanických převodů, nebo větší baterie uložené v přípravku.

Společnost se touto možností začala dále zabývat v rámci zlepšovacích „workshopů“⁴¹, ostatní náměty byly založeny ke zvážení v případě úprav na výrobní lince v rámci face-liftu, nebo při plánování nových linek.

Teoretickým použitím montovacího přípravku by mělo být možné dosáhnout redukce nevyvážených pracovníků a celou montáž tažného zařízení provést během jedné operace v rámci jednoho taktu. Díky přípravku se také očekává zlepšení z hlediska ergonomie, protože nebude nutné se při vkládání a nasazování šroubu ohýbat. Sloučením operací lze očekávat zkrácení ze 2 potřebných taktů na jeden. Dojde také k eliminaci ergonomicky rizikových aktivit na obou stanovištích. Pracovníci již nebudou nevyváženi.

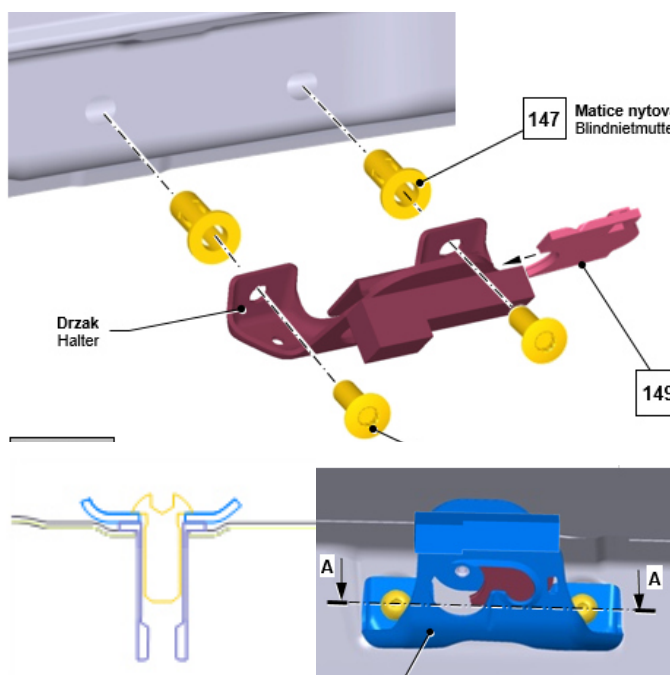
6.2.5 Škoda AUTO: problém s montáží držáků dělicích sítí

Podobně jako u předchozího experimentu je tento problém řešen ve spolupráci s firmou Škoda AUTO, a týká se problematiky montáže držáků pro dělicí síť.

Proces

Dělicí síť, respektive jejich držáky, jsou podobně jako tažná zařízení nadstandardním vybavením vozu. Proto se požadavky na jejich montáž vyskytují pouze zřídka. Montáž držáků je rozdělena na několik operací, které provádějí jednotliví pracovníci na různých stanovištích. Nejprve je vkládána nýtovací matice, poté se vkládá díl a slabě se uchytlí, nakonec dochází k samotnému přinýtování. Schéma montáže z montážního postupu je vyobrazeno níže.

⁴¹ KVP WS - trvalé zlepšování procesů, viz KAIZEN, kdy KVP = *Kontinuierlicher Verbesserungsprozess*.



Obr. 6-49: Schéma postupu montáže držáků dělicích sítí z montážního postupu.

Problém

Problematika montáže držáků dělicích sítí je podobná jako u montáže tažných zařízení. Pracovníci v případě, že nejsou požadavky na montáž držáků, nejsou plně vytíženi, nebo naopak nestíhají v případě více požadavků po sobě. Požadavků na dělicí sítě je velice málo, převládá tak spíše nevyužití pracovníků, pokud by se ale čas pracovníků využil jinak, v případě požadavku na dělicí síť by nemohli montáž stíhat.

Prvotní ideou bylo pokusit se operace nějakým způsobem sloučit tak, aby je bylo možné provádět na jednom stanovišti s minimální časovou náročností. Tím snížit personální potřebu nevyvážených stanovišť.

Aplikace metodiky

Na popsaný problém byla aplikována metodika.

Tab. 6-23: Aplikace metodiky na proces montáže držáků dělicích sítí.

Problém
nevyváženost pracovníků, protože držáky jsou jen v některých vozzech
Proces
montáž držáků na dělicí síť
Smysl
upevnit držák na dělicí síť;
Princip
vložení nýtovacích matic, nýtovat, přiložení podložky a držáku, přišroubování na přednastavený moment;
Ideální stav
- Držáky se připevňují samy;
- Držák lze připevnit v rámci jedné operace;
Otázky na ideální stav
- Jak docílit toho, aby se držáky připevňovali samy?;
- Jak docílit toho, aby bylo možné držák připevnit během jedné operace?;
Trendy (TESE)
Průchodnost energií systémem; Existence spojení mezi částmi technického systému; Zvyšování stupně ideality; Změny měřítka; Změny propojení; Nárůst interakcí látka-pole (substance-field); Chytré materiály; Segmentace prostoru; Segmentace plochy; Segmentace objektu; Přejít z makro do mikro (a dále); Přejít do nad-systému; Sítě a vlákna; Zvyšování asymetrie (ke shodě s vnějšími asymetriemi); Rozbití hranic; Geometrická evoluce

(lineární); Dynamizace; Sladění akcí; Sladění rytmu; Nelinearita (přizpůsobení s vnějškem); Mono-Bi-Poly (podobné); Ovladatelnost; Redukce zahrnutí lidí; Redukce počtu energetických konverzí;
Vědecké efekty
tvárová paměť; háčky; mechanické spoje; adhesivum (lepení); pěny; tepelná roztažnost; působení magnetického pole na objekt nebo na feromagnetikum, které je spojené s objektem; působení elektrického pole na elektricky nabitý předmět; tlakové působení kapaliny nebo plynu; mechanické kmity; odstředivá síla; jev tepelné roztažnosti; elektrické pole; magnetické pole ve vazbě s feromagnetickou látkou; fixace v kapalinách tuhoucích v magnetickém nebo elektrickém poli; gyroskopický jev; reaktivní pohyb; sypké materiály; pásky; kuličky; hyperboly; trojúhelníky Relo; kuličky;
Technické rozpory
TR1: Chceme zlepšit snadnost složení Zhorší se certifikace / bezpečnost Parametry, které chceme zlepšit: 13; 9; 21; 25; 32; 35; 38; 39; Parametry, které se nepřipustně zhoršují: 9; 12; 14; 23; 25; 27; 29; 33; 35; 36;
Invenční principy (počet výskytů)
28. Mechanická substituce (24x); 35. Změna parametrů (23x); 10. Předběžná akce (23x); 1. Segmentace (14x); 15. Dynamičnost (13x); 18. Mechanické kmity a vibrace (12x); 34. Odhození a regenerace (12x); 13. Inverze, Naopak (10x); 2. Extrakce, Separace (9x); 32. Změna optických vlastností (9x); 26. Kopírování (9x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (7x); 4. Asymetrie (7x); 24. Prostředník (6x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (6x); 29. Pneumatika a hydraulika (5x); 14. Sféroidita, Zakřivení (5x); 3. Lokální kvalita (5x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (4x); 8. Anti-tíže (4x); 19. Periodická akce (3x); 12. Ekvipotencialnost, Stejná hladina (3x); 6. Univerzálnost, Multi-funkčnost (3x); 37. Teplotní roztažnost (3x); 38. Silné oxidanty (3x); 40. Kompozity (3x); 11. Předběžná ochrana (2x); 20. Plynulost užitečné akce (2x); 22. Škoda v užitek (2x); 33. Homogenita, Stejnorodost (2x); 25. Samoobsluha (2x); 5. Sloučení, Kombinování (2x); 16. Částečná nebo nadměrná akce (2x); 23. Feedback, Zpětná vazba (2x); 9. Předběžná protiakce (1x); 7. Vnoření, Spojení (1x); 39. Inertní prostředí (1x); 31. Pórovité materiály (1x);
Fyzikální rozpory
Chceme upravit díly, aby se snáz montovaly Nechceme upravit díly, "protože" nelze měnit design dřív než při faceliftu
Separční principy
A1. Separace konfliktních vlastností v prostoru; A2. Separace konfliktních vlastností v čase; A3. Systémový přechod: Kombinace homogenních a heterogenních systémů v nad-systému; A4. Systémový přechod: Přechod systému na anti-systém, nebo kombinace s anti-systémem; A5. Systémový přechod: Celý systém má vlastnost "X", zatímco jeho části mají vlastnosti opačné "X" (anti-X); A6. Systémový přechod: Přechod na systém, který pracuje na mikro úrovni; A7. Fázový přechod: Nahrazení fázového stavu pomocí části systému, nebo externím prostředím;
Standarty
Modifikace existující substance; fázové přechody; modifikace pole; Přidání nové substance; Přidání pole; Přidání nové substance a pole; feromagnetika; přechod do podsystému; přechod do nad-systému;
Inspirace
Rozebíratelné spoje;
Seznam nápadů
Speciální materiály; Segmentace dílů; Asymetrie; Dynamizace; Lepení; Tepelná tvarová paměť; Pružné prvky - zacvaknout; Složit sestavu držáku předem, pak jen upevnit a utáhnout; využití vibrací při nýtování/utahování; použití přípravků; podtlak; Matice s funkcí jako hmožděnka - celou sestavu vložím a při utáhnutí se matice "roztáhne" a "přinýtuje";

Vygenerované náměty na řešení jsou shrnuty v tabulce (Tab. 6-24).

Tab. 6-24: Vygenerované náměty pro zlepšení procesu montáže držáků dělicích sítí.

Montáž držáků dělicích sítí	
Sloučení operací	celek před-montovat (nedotáhnout šrouby) vložit a dotáhnutím šroubů upevnit úprava matic pro snazší zavedení / nýtování (nýtování šroubem);
Segmentace – rozložení síly	Namísto několika držáků s velkou pevností, mnoho držáků s menší pevností (ale snazší smontovatelností);
Změna způsobu uchycení	Použití zpětných háčků; na místo nýtu použít lepený spoj; využití tvarové paměti / tep roztažnosti - po vložení a ustálení teploty se díl sám "přinýtuje"; místo nýtovací matice použít "samo-řezný vrut";

Řešení

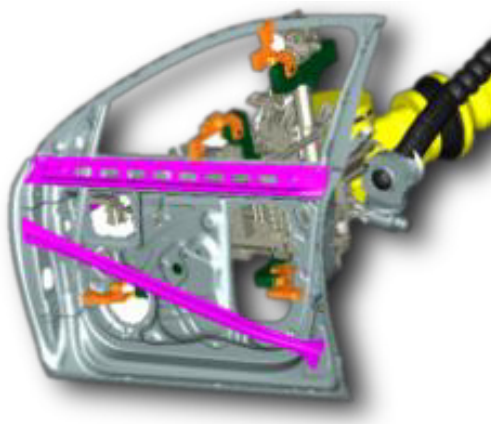
Jak již bylo zmíněno, náměty zahrnující změnu na komponentech, či výsledném produktu nepřipadají v úvahu. Tedy alespoň jako okamžité řešení. Jako nejvhodnější a doporučené řešení bylo tedy navrženo před-montování dílů držáku s předstihem a upevnění během jedné operace. Proto bude muset být ověřeno, zda lze v současnosti používané díly před-montovat, nebo zda se také jedná o řešení, které bude muset být odloženo na facelift, či novou výrobní linku.

Vyhodnocení

Teoretickou aplikací řešení, před-montování by mělo být možné zredukovat některé nevyvážené pracovníky a sloučit montáž držáků dělicích sítí z původních tří operací do operace jedné.

6.2.6 Škoda AUTO: lepení karosářských dílů na svařovně

Další experiment ve společnosti Škoda AUTO již neřeší problematiku na montážní lince, ale zaměřuje se na problém ve výrobě v oddělení svařovny. Problém se týká procesu lepení plechových dílů, jako jsou dveře, víko kufru, nebo kapota. Tato problematika je velice zajímavá, protože řešený problém s lepením se vyskytuje u všech lepených dílů u všech vyráběných modelů.



Obr. 6-50: Ukázka lepeného dílu dveří. [281]

Proces

Proces se zaměřuje na spojování – lepení dílů bočních dveří, předního víka a zadního víka (kufru). Dva vytvarované plechové díly jsou spojovány lepením, a svařeny jsou pouze bodově pro přidržení dílů v poloze, než bude lepidlo vytvrzeno. Celý proces je proveden pomocí robotických ramen.



Obr. 6-51: Ukázka robotického pracoviště pro lepení dílů na svařovně. [280]

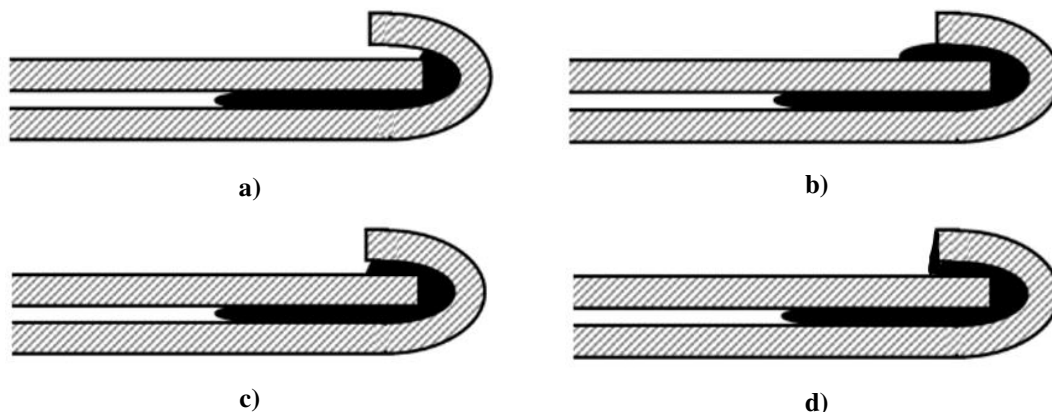
Díly jsou přehřáté, poté je na požadované plochy nanášeno lepidlo ve formě „housenky“, díly jsou stlačeny k sobě, olemovány a bodově svařeny. Dalším procesem je lakování dílů, při vypékání barvy dochází také k vytvrzování lepidla.

Problém

Po nanášení lepidla stlačení dílů a olemování stran dochází k přetékání lepidla ven. Prvním návrhem na zlepšení byla snaha optimalizovat dávku lepidla. Pokud je ale nanášeno lepidla méně, aby nevytékalo, nedochází k úplnému zaplnění lepené mezery, což je nepřijatelné z hlediska kvality a to zejména kvůli riziku koroze.

V současném stavu jsou na výstupu z robotických pracovišť pracovníci, kteří přeteklé lepidlo otírají pomocí „hadrů“.

Zadáním experimentu bylo nalezení řešení, jak spojit díly aby lepidlo nevyteklo, ale spojovaná mezera byla kompletně zaplněna.



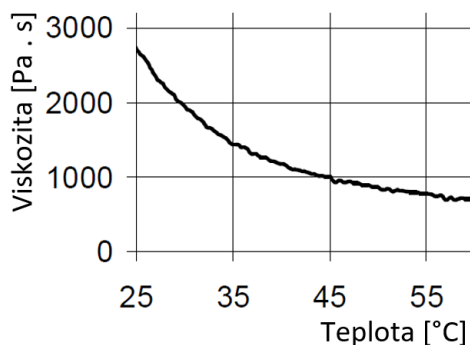
Obr. 6-52: Schématické vyobrazení možných stavů lepidla ve spojované mezeře – a) nedostatečné zaplnění; b) vytékající lepidlo; c) přesné vyplnění bez přetoku; d) přesné vyplnění s ochrannou vrstvou na hraně plechu.

Na obrázku (Obr. 6-52) je vidět že je potřeba dosahovat stavů (c), nebo (d). Nedostatečné zaplnění (a) neposkytuje dostatečnou těsnost a pevnost, přetok (b) je nepřijatelný z hlediska vizuální stránky.

Aplikace metodiky

Na popsany problém byla aplikována navržená metodika. V rámci hlubšího porozumění procesu byly ověřeny vlastnosti a specifika používaného lepidla.

Používané lepidlo – SikaPower® -492, je jednosložkové epoxydové lepidlo. Pro dodržení správné tloušťky lepeného spoje jsou v lepidlu přítomny malé skleněné kuličky, které vymezují mezeru mezi spojovanými povrchy. Lepidlo se aplikuje při teplotě 50 – 60 °C. Vytvrzení se provádí vypékáním, rychlost vytvrzování závisí na teplotě, která nesmí překonat 220 °C. Co je zajímavé, že s rostoucí teplotou klesá viskozita lepidla (viz. Obr. 6-53), tím je způsobeno, že při vytvrzování může snadněji docházet k vytékání lepidla z lemu – jak bylo několikrát hlášeno z oddělení lakovny, kde dochází k současnému vypékání lepidla a laku. [282, 283]



Obr. 6-53: Viskozita v závislosti na teplotě u lepidla SikaPower® -492. [282]

Následuje shrnutí aplikace metodiky.

Tab. 6-25: Aplikace metodiky na problém s lepením dílů na svařovně.

Problém
Lepidlo vytéká, pro odstranění vznikají vícepráce.
Proces
Lepení dílů dveří, kufru a kapoty.
Smysl
Spojit a utěsnit dva plechové díly;
Princip
Spojení pomocí adheziva na principu epoxidu (SikaPower-492G). Nanášeno pomocí robotů;
Ideální stav
- Díly jsou spojeny a utěsněny bez použití adheziva (a zároveň ochráněny proti korozi);
Otázky na ideální stav
- Jak spojit díly bez adheziva?
- Jak utěsnit díly bez adheziva?
- Jak ochránit díly proti korozi?
Trendy (TESE)
Segmentace; Dynamizace; Redukce zahrnutí lidí; Sladění akcí; Sladění rytmu; Trimming;
Vědecké efekty
magnetismus; lepení; svařování; pájení; laserové svařování; mechanické spoje;
Technické rozpory
TR1: Chceme spojit a utěsnit bez adheziva Zhorší se tepelně ovlivněná zóna, koroze
Parametry, které chceme zlepšit: 13; 14;
Parametry, které se nepřípustně zhoršují: 27; 38; 23;
Invenční principy (počet výskytů)
35. Změna parametrů (2x); 40. Kompozity (2x); 15. Dynamičnost (1x); 2. Extrakce, Separace (1x); 11. Předběžná ochrana (1x); 1. Segmentace (1x); 14. Sferodalita, Zakřivení (1x); 28. Mechanická substituce (1x); 8. Anti-tíže (1x); 3. Lokální kvalita (1x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (1x); 31. Pórovité materiály (1x);
Fyzikální rozpory
Chceme chlad, aby lepidlo méně teklo;
Chceme teplo, aby se lepidlo vytvrdilo;
Separační principy
separace v čase; separace v prostoru;

Standardy
Modifikace existující substance; modifikace pole; přidání nové substance; přidání pole; přidání nové substance a pole; přechod do podsystému; přechod do nad-systému;
Inspirace
Lepení v různých odvětvích
Seznam nápadů
Pájení (využití el.chem potenciálu proti korozi); „velcro“; MesoGlue (kovové nanolepidlo); svaření po celém obvodu; přidání feromagnetických částic – řízení polohy lepidla magnetickým polem); řízení tuhosti lepidla tepelným polem; vložení tenké folie- kapsy na držení lepidla; Pájka (tep odolnost při vypékání);

Následně byly navrženy prvotní náměty pro zlepšení procesu lepení (viz. Tab. 6-26).

Tab. 6-26: Vygenerované náměty pro proces lepení dílů na svařovně.

Lepení dílů dveří na svařovně	
Zlepšení nanášení lepidla	Roztírat, sprayovat, napěnit, použít pásku
Zamezení vytékání	Ovládat tekutost tepelným polem
	Feromagnetické částice v lepidle ovládat magnetickým polem
	Přidat zábranu (tenký proužek pružného tmelu na hranu spoje)
	Dvojitý lem
	Přidat objekt zamezující vytékání (gumička, pěna, textil, ...)
	Vysoký tlak vně spoje
Separace	Počkat až lepidlo vytuhne a teprve potom lemovat
	Zajistit, aby lepidlo při kontaktu s okolím tuhlo – tvořilo zátku
Spojít bez lepidla	Svařovat
Optimalizace všech parametrů procesu	DOE, ...
Odstraňování vyteklého lepidla	Stěrka za lemovacím Rollerem, stacionární stěrka – díl je skrz ni protahován
	Nepřílnavé ošetření povrch (prášek, kapaliny, páska)
Jiná orientace dílů v peci	Díly v peci naležato – aby lepidlo nevytékalo ven, ale zatékalo dovnitř
„Laminovat“	Použít lepidlo v tuhém stavu, teplem a tlakem díly spojit
Negativní efekt	Účelně nechat lepidlo vždy přetéct, hledat výhody přetoku.

Řešení

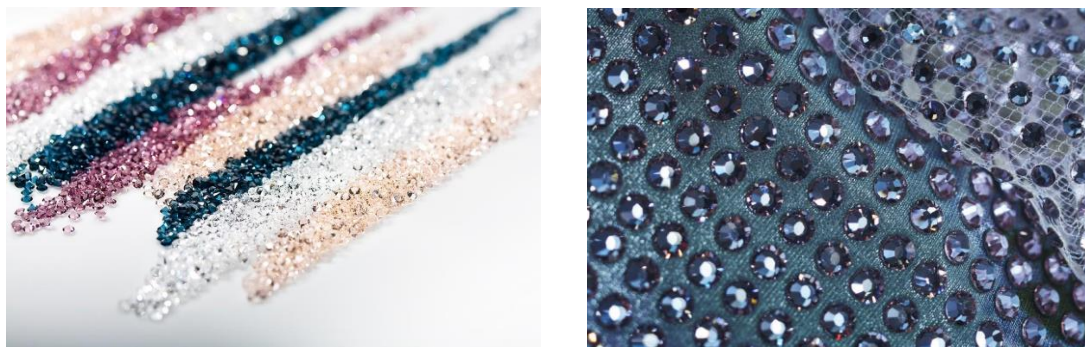
Jako vybrané řešení bylo zvoleno použití jiného lepidla se snahou aplikace v tuhém stavu. Specialisté a technologové lepení se hledáním reálného řešení v tomto směru začali zabývat.

Vyhodnocení

V případě nalezení požadovaného lepidla, bude docíleno redukce potřebných pracovníků k dočišťování dílů. To platí pro všechny obdobné linky lepení.

6.2.7 Preciosa: proces dělení kubické zirkonie

Společnost Preciosa a. s. se zabývá především výrobou komponent pro bižuterii. To znamená broušené kameny ze skla rozličných variací a povrchových úprav. Krom skleněných produktů jsou zde i vyráběny kameny z jiných materiálů jako je například kubická zirkonie, syntetický spinel, nebo různé typy tvrdých sklokeramických materiálů.



Obr. 6-54: Ukázky produktů od firmy Preciosa a.s. [284, 285]

V rámci tohoto experimentu byla snaha zlepšit proces dělení krystalů kubické zirkonie. Kubická zirkonie označována CZ (*Cubic Zirconia*), nebo YSZ (*Yttrium Stabilised Zirconia*), je oxid zirkoničitý (ZrO_2) v kubické formě.

Proces

Krystaly kubické zirkonie jsou nejprve zatmeleny do forem ve tvaru cihliček. Tyto cihličky se poté upnou na takzvaný karisol⁴² na pile. Karisol se otáčí a přibližuje k sestavě pil. Krystaly, respektive cihličky se zatmelenými krystaly, jsou nařezávány na plátky. Pilový nástroj je soustava pilových plátků s diamantovým prachem po obvodu, jež jsou vymezeny distančními kroužky o tloušťce stejně jako požadovaný rozměr plátku. Během řezání je místo řezu chlazeno vodou.



Obr. 6-55: Dělení kubické zirkonie 1. a) vstupní materiál; b) zatmelené krystaly.

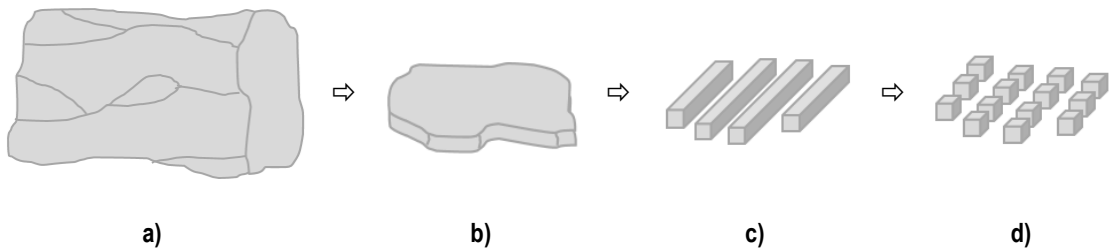
Z nařezaných cihliček se ručně vylámou plátky a vyskládají se na čtvercové podložky. Z podložky se plátky překlopením natmelí na přípravek na kterém se plátky řezají na kostičky. Přípravek s natmelenými plátky se upne do pily určené pro kostičkování. Podobným nástrojem jako pro plátkování dojde k nařezání plátků na proužky. V dalším kroku se z vrchu na nařezané proužky nanese trocha tmelu, tím se snižuje pravděpodobnost vylámaní materiálu při finálním řezu. Přetmelený přípravek se opět upne do pily otočený o 90° a proužky jsou nařezány na kostičky. Ty se následně čistí od tmelu v ultrazvukové lázni.

⁴² Karisol je rotační buben, na jehož obvod se upne až 10 cihliček se zatmelenými krystaly – může pojmout přibližně 20 kg krystalů CZ.

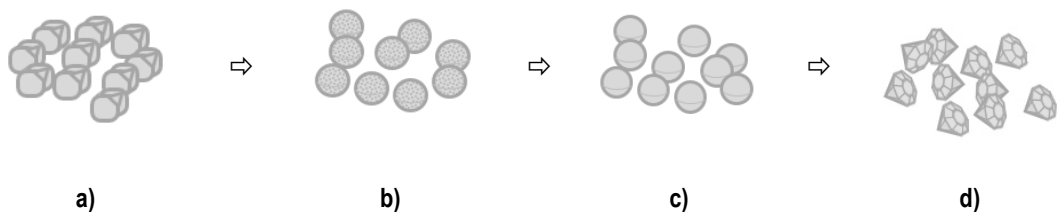


Obr. 6-56: Dělení kubické zirkonie 2. a) plátky nařezané na proužky; b) mezioperační přetmelení; c) plátky nařezané na kostičky; d) odtmelené kostičky před mytím.

Kostičky jsou výstupním produktem tohoto procesu, nicméně v dalších procesech dochází k jejich obrousování a leštění do kuliček, ze kterých jsou následně broušeny finální kameny. Celý proces je schématicky zobrazen na obrázcích (Obr. 6-57) a (obr. 6-58).



Obr. 6-57: Schéma změny materiálu v procesu dělení kubické zirkonie: a) krystal; b) plátek; c) proužky; d) kostičky.



Obr. 6-58: Schéma změny materiálu v procesech po dělení kubické zirkonie: a) nahrubo obroušené kostičky; b) hrubé kuličky; c) leštěné kuličky; d) vybroušené kameny.

Problém

Problémem popsaného procesu je to, že na výstupu namísto přesných kostiček – krychlí, vystupují „cihličky“. Nepřesnosti v produkci způsobují více prořezů a probusů v dalším zpracování. Protože je materiál velice drahý, je snaha využít materiál co nejlépe. Původním požadavkem bylo zpřesnit výrobu tak aby se snížily prořezy a probusy. Pro náročnost tohoto zadání bylo zvoleno „vyzkoušet“ navrženou metodiku, zda nebude možné nalézt nějaké jiné řešení na zlepšení tohoto procesu.

Aplikace metodiky

Nejprve byla metodika aplikována na celý proces dělení kubické zirkonie, a následně na segmenty plátkování a kostičkování. Z každé aplikace vzešlo několik námětů na změnu procesu.

Tab. 6-27: Aplikace metodiky na celý proces dělení krystalu kubické zirkonie.

Problém
Vysoký prořez, špatná kvalita, křivé kostičky
Proces
Dělení krystalů kubické zirkonie, na plátky, a poté na kostičky
Smysl
Vytvoření polotovaru pro broušení tvarového kamene (kostičky a poté kuličky)
Princip
Rezáni složeným pilovým nástrojem (plátkování, kostičkování)
Ideální stav
Materiál se dělí na kostičky sám; Materiál je dělen bez ztrát materiálů; Kostičky jsou tvořeny v přesných, požadovaných rozměrech;
Otázky na ideální stav
Jak docílit toho, aby se krystal dělil sám? Jak dělit krystal bez ztrát materiálu? Jak dělit krystal tak aby byly kostičky přesné?
Trendy (TESE)
Dynamizace; Segmentace; Přejchod do nad-systému; Přejchod z makro do mikro; Prostupnost systému; Úplnost systému;
Vědecké efekty
Trysky; Explose; Rozpuštění; Laser; Vibrace; Vyjiskřování;
Technické rozpory
TR1: Zlepšení přesnosti a výtěžnosti -> použití drátořezu Vysoká cena a nízká produktivita Parametry, které chceme zlepšit: 29; Parametry, které se nepřipustně zhoršují: 39; 38
Invenční principy (počet výskytů)
18. Mechanické kmity a vibrace (2x); 26. Kopírování (1x); 10. Předběžná akce (1x); 28. Mechanická substituce (1x); 32. Změna optických vlastností (1x); 23. Feedback, Zpětná vazba (1x); 39. Inertní prostředí (1x);
Fyzikální rozpory
<nebyly definovány>
Separáční principy
<nebyly použity>
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
Lámání (cleaving) diamantů;
Seznam nápadů
Laser; Drátořez; Ultrazvukové obrábění; Přeskočení procesu dělení – pěstovat malé krystaly;

Po úvodní aplikaci metodiky na celý proces dělení následovala segmentace procesu na plátkování, a kostičkování (viz. Tab. 6-27 a Tab. 6-28).

Tab. 6-27: Aplikace metodiky na segment procesu plátkování.

Problém
Plátky jsou klínovité, a nepřesné
Proces
Plátkování kubické zirkonie
Smysl
Dělení krystalu na plátky o požadované tloušťce
Princip
Řezání složeným pilovým nástrojem (krystaly nejprve zatmeleny)
Ideální stav
Krystal se dělí sám na požadované plátky; Plátky jsou vyráběny dokonale přesně;
Otázky na ideální stav
Jak docílit, aby se krystal dělil sám; Jak docílit aby byla zvýšena přesnost vyráběných plátků;
Trendy (TESE)
Dynamizace; Segmentace; Přechod do nad-systému; Přechod z makro do mikro; Prostupnost systému; Úplnost systému;
Vědecké efekty
Trysky; Explose; Rozpuštění; Laser; Vibrace; Vyjiskřování;
Technické rozpory
TR1: Chceme malý prořez -> použití tenké pily Zhoršení přesnosti (úhybem pily)
TR2: Chceme lepší tvarovou přesnost -> tlustší pily Více prořezaného materiálu
Parametry, které chceme zlepšit: 3; 26; 23; 29; Parametry, které se nepřípustně zhoršují: 29; 23; 26; 39;
Invenční principy (počet výskytů)
10. Předběžná akce (8x); 29. Pneumatika a hydraulika (5x); 35. Změna parametrů (4x); 24. Prostředník (4x); 28. Mechanická substituce (3x); 3. Lokální kvalita (3x); 6. Univerzálnost, Multifunkčnost (2x); 4. Asymetrie (2x); 32. Změna optických vlastností (2x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (2x); 31. Pórovité materiály (2x); 23. Feedback, Zpětná vazba (2x); 33. Homogenita, Stejnorodost (1x); 14. Sféroidalita, Zakřivení (1x); 13. Inverze, Naopak (1x); 18. Mechanické kmity a vibrace (1x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (1x); 37. Teplotní roztažnost (1x); 39. Inertní prostředí (1x);
Fyzikální rozpory
Chceme tlustou pilu, aby byly plátky přesné; Chceme tenkou pilu, aby byl malý prořez materiálu;
Separáční principy
A1. Separace konfliktních vlastností v prostoru; A2. Separace konfliktních vlastností v čase; A4. Systémový přechod: Přechod systému na anti-systém, nebo kombinace s anti-systémem; A6. Systémový přechod: Přechod na systém, který pracuje na mikro úrovni;
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
Lasery na řezání krystalů; Jiné způsoby dělení křehkých materiálů; Výroba plátků na čipy;
Seznam nápadů
Předběžná akce; Prostředník; Mechanická substituce; Inverze, Naopak; Mechanické kmity a vibrace; Segmentace; Laser; Vodní paprsek; Drátořez

Tab. 6-28: Aplikace metodiky na segment procesu kostičkování.

Problém
Na místo kostiček dostáváme cihličky
Proces
Dělení plátků na kostičky (proužky a kostičky)
Smysl
Vytvoření kostiček (krychliček) pro další opracování (kuličky, kameny)

Princip
Natmelené plátky na podložce jsou rozřezány sadou pil (dva řezy)
Ideální stav
Plátky se dělí na kostičky samy; Kostičky jsou rozděleny přesně a bez úbytku materiálu; Kostičky jsou děleny během jedné operace;
Otázky na ideální stav
Jak docílit toho, aby se plátky rozdělili na kostičky samy? Jak docílit, aby byly kostičky přesné a bez úbytku materiálu? Jak rozdělit kostičky v rámci jedné operace?
Trendy (TESE)
Segmentace; Dynamizace; Sladění rytmu a akcí;
Vědecké efekty
Trysky; Explose; Rozpuštění; Laser; Vibrace; Vyjiskřování;
Technické rozpory
TR1: Chceme snazší výrobu kostiček -> speciální zařízení Zhorší se univerzálnost použití (např. změna rozměru kostiček) Parametry, které chceme zlepšit: 32; Parametry, které se nepřipustně zhoršují: 35;
Invenční principy (počet výskytů)
2. Extrakce, Separace (1x); 13. Inverze, Naopak (1x); 15. Dynamičnost (1x);
Fyzikální rozpory
<nebyly definovány>
Separační principy
<nebyly použity>
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
Lámací stolice;
Seznam nápadů
Laser; Vodní paprsek; Lámání; Praskání; Naopak;

Na základě poznatků z aplikace metodiky na celý proces dělení a na segmenty plátkování a kostičkování byly generovány náměty na možná řešení.

Tab. 6-29: Vygenerované náměty pro zlepšení procesu dělení kubické zirkonie.

Celý proces	
Řezání laserem	Použití speciálního laseru na řezání tvrdých a křehkých materiálů.
Drátořez	Použit drátořez s více strunami.
Lámání	Lámat/štěpit podobně jako se lámají diamanty
Pěstování malých krystalů	Namísto řezání velkých krystalů pěstovat malé krystaly, tím přeskočit celý proces dělení.
Plátkování	
Drátořez	Použit drátořez s více strunami.
Laser vedený vodou	Laser vedený vodním paprskem pro zajištění souměrné řezné mezery.
Řezání na „čínské pile“	Využití jiných pil (používaných pro sklokeramické materiály)
Kostičkování	
Lámání	a) Plátek naškrábnout a zlomit; b) Nahřát nástrojem a šokem schladit (vhození do vody);
Laser vedený vodou	Laser vedený vodním paprskem pro zajištění souměrné řezné mezery.
Lámání laserem	Lokální předeřev laserem, poté lokální shlazení (používá se při řezání křemíkových disků).
Ultrazvukové obrábění	a) Nástroj ve tvaru mřížky – kostičky naráz; b) Nástroj ve tvaru dutých půlkuliček – obrobení nadvakrát, výstupem kulička

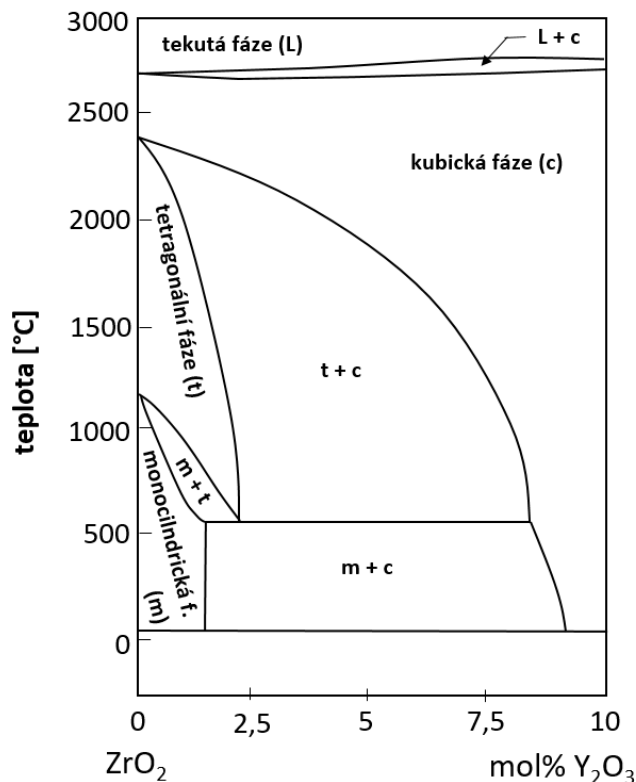
Pro vybrání nějakého řešení, byly vybrané náměty ověřovány. To znamená ověření funkčnosti námětu, realizovatelnost, případně popsat výhody a nevýhody.

Řezání laserem je velice přesná, ale pomalá technologie, zároveň jsou zařízení pro tyto účely drahé. Podobná situace je u použití laseru s vodním paprskem. Produktivita je díky vodnímu paprsku vyšší, ale stejně je technologie příliš drahá na to, aby byla nahrazena současná technologie. Nejlevněji vychází použití více strunného drátořezu, ten také umožňuje dělení více plátků naráz. Z hlediska produktivity a přesnosti je použití více strunného drátořezu velice vhodné. Lámání krystalu, jako se láme diamant, není možné, protože vnitřní struktura kubické zirkonie nemá střížné roviny jako právě zmíněný diamant. Lom by tedy byl velice nepředvídatelný. Plátkování na takzvané čínské pile spočívá principiálně v tom, že je jeden krystal upevněn do čelistí, které s krystalem otáčejí a pomalu se přibližují k pilové sestavě. Přidanou rotací krystalu je docíleno vyšší rychlosti řezu a zároveň větší stability pil – tedy menší pravděpodobnosti, že budou pily vybočovat. Nevýhodami je malý pracovní prostor a nutnost rovných čel na řezaném materiálu. To by vedlo k nutné úpravě materiálu a určitým ztrátám na odřezcích. Další nevýhodou je, že pila vyžaduje stálou přítomnost pracovníka, který mění materiál. Současná technologie se naplní materiálem a po dobu přibližně 8-9 hodin jsou krystaly v pile zpracovávány bez nutnosti stálé přítomnosti pracovníka. Poslední nevýhodou takzvaných čínských pil je, že krystal není prořezán až dokonce, protože by se v pile rozpadl, středy krystalu se tedy musejí dořezávat ručně, a na plátcích zůstávají ve středu nerovnosti.

Lámání plátků na kostičky se zdá jako zajímavý koncept, protože kubická zirkonie lze lámat, a má poměrně nízkou odolnost proti teplotním změnám. Vnitřní struktura materiálu však neumožňuje snadno provést řízený lom. Tato metoda by tedy byla použitelná pravděpodobně pouze na velmi tenké plátky. A i tak by docházelo k mnoha špatným lomům. Technologie lámání laserem (*Thermal-Laser-Separation*) by pravděpodobně dosáhla lepších výsledků, nicméně výrobce těchto zařízení uvedl, že funkčnost a přesnost především u tlustších plátků nemůže zaručit a bylo by potřeba provést poměrně nákladné testování. Ultrazvukové obrábění řeší otázku jak vytvořit všechny kostičky z plátku během jedné operace. Bohužel operace je velice pomalá. Myšlenka tvarového nástroje, k docílení obrobení kuliček je ještě zajímavější, protože by bylo možné přeskočit kroky zarovnávání kostiček do kuliček. Cena nástroje by však byla vysoká a technologicky by se muselo vyřešit kmitání s velkým nástrojem.

Pěstování malých krystalů a tím přeskocení celého procesu je velmi zajímavý koncept. Avšak výroba krystalů kubické zirkonie je poměrně náročný proces. Oxid zirkoničitý (ZrO_2) nabývá kubické formy při vyšších teplotách, ale při chladnutí přechází zpět do tetragonální formy. Aby se zabránilo zpětné změně struktury, přidávají se do zirkonie aditiva, nejčastěji (oxid yitria), která stabilizují kubickou formu, (viz. Obr. 6-59). Krystaly se vyrábějí pomocí metody Skull melting⁴³, kdy je směsice prášků ($ZrO_2 + Y_2O_3$) s trochou čistého zirkonu vložena do nádoby utvořené z chladicích trubek ve kterých proudí voda nebo tekutý dusík. Materiál se poté zahřívá pomocí odporového zařízení, zirkon se zahřeje a nataví materiál okolo sebe, tavenina je oproti prášku elektricky vodivá a je dále zahřívána odporovým zařízením. Protože tavenina dosahuje vysokých teplot (Teplota tání = $2700^\circ C$), nelze tuto taveninu držet v běžných nádobách. Proto je nádoba utvořena z chladicích trubek. To zabraňuje tomu, aby se prášek po stranách nádoby roztavil, tavenina je tedy držena samotným práškem.

⁴³ Také známo jako „skull crucible“.

Obr. 6-59: Fázový diagram $ZrO_2 + Y_2O_3$ [286] (přeloženo)

[287, 288]

Pro tuto technologii lze obtížně ovlivnit velikost vzniklých krystalů, a zmenšováním celého zařízení se dostaneme k energeticky nevýhodným poměrům spotřeby energie ku množství vyrobeného materiálu. Pokud bychom chtěli vyrábět malé krystaly, musel by se změnit způsob jejich výroby.

Řešení

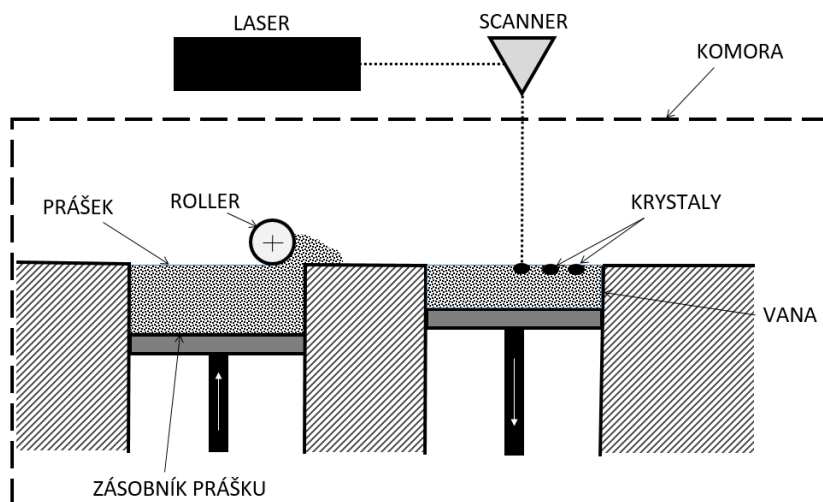
Na základě předchozích ověření vygenerovaných námětů byly dále rozšířeny a vybrány doporučená řešení pro zlepšení procesu.

Z pohledu ideality je nejvhodnější rozvinout myšlenku výroby malých krystalů. Ty se vyrábějí z prášku tavením, taveninu ale nelze ničím udržet. Současná metoda využívá prášek jako takový jako nádobu na držení taveniny. Pokud se tato myšlenka rozvine poměrně snadno lze dojít ke konceptu nové technologie jak malé krystaly vyrobit. Odpovědí je již existující technologie selective laser melting (SLM)⁴⁴. Do vany, optimálně chlazené, by se nasypala prášková směs, a pomocí výkonného laseru by se lokálně zahřívala, dokud by nevznikla tavenina o požadované velikosti. Následoval by přesun laseru o kousek vedle a tvorba dalšího krystalu. Po zaplnění celé plochy by se mohl prostor zasypat další vrstvou práškové směsi a vše opakovat. Zbytkový prášek by se po prosetí mohl opět použít. Prášková směs oproti původní technologii již nemusí obsahovat čistý zirkon pro zahájení tavení, krystaly by tak mohli dosahovat ještě větší kvality. Vzniklé krystaly by měli formu jakési hrudky obalené nataveným práškem. To ale z pohledu procesu jako celku není žádný problém. Kostičky se také nejprve musely obrousit do hrubých hrubek, z nichž se v několika brusných operacích vybrušovala stále více a více dokonalá kulička. Z vyrobených hrudkovitých krystalů je potřeba obrousit pouze povrch a poté zakulatit. Míra obroušeného

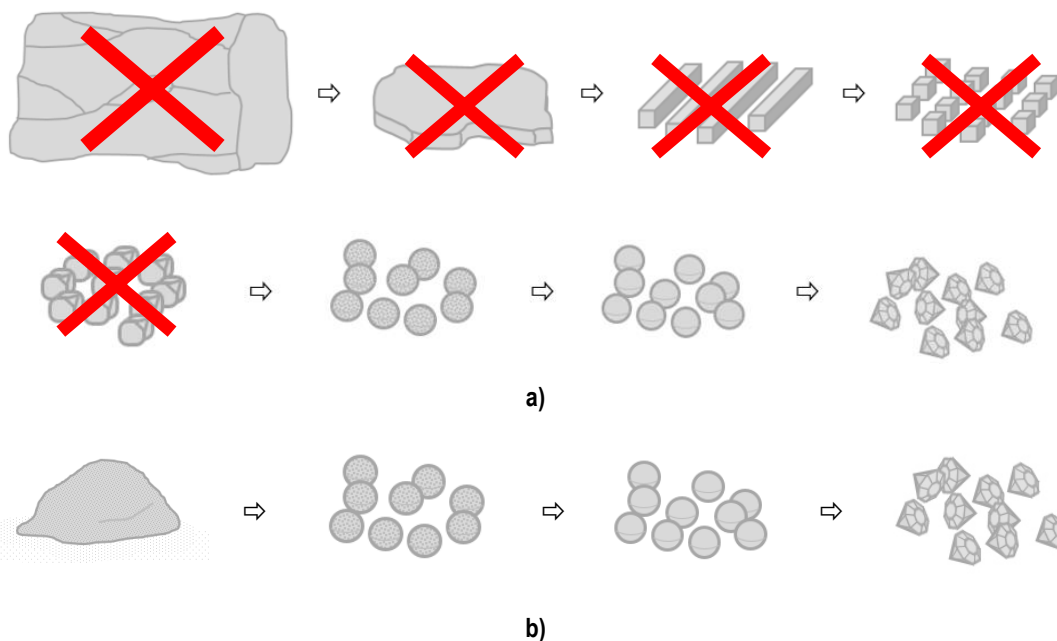
⁴⁴ SLM – Selective Laser Melting – metoda rapid prototypingu, neboli 3D tisku pro kovové prášky, kdy laser taví vrstvu jemného prášku. Na stejném principu funguje i metoda SLS – Selective Laser Sintering, kdy hlavním rozdílem je, že při SLS jsou zrna materiálu pouze spečena k sobě natavením povrchu zrn a u SLM dochází k úplnému protavení.

materiálu je tak rapidně menší. Celý proces dělení ztrácí význam a může být nahrazen touto technologií. Další výhodou technologie může být výroba různě velkých krystalů vedle sebe nebo do různých vrstev.

Otázkou zůstává, zda je tato koncepce nového procesu reálně proveditelná. Pro ověření proveditelnosti byly kontaktováni specialisté na krystalické materiály⁴⁵, a tento koncept s nimi byl konzultován. Výstupem konzultací je vesměs to, že z pohledu materiálů je koncept proveditelný, nicméně je nutné vzít v potaz potřebu celý proces otestovat a nalézt optimální parametry, jako hrubost a čistota prášku, přípravné operace s práškem (například lisování, předehřev), teplota v místě procesu, nastavení laseru, teplota, místo fokusace, doba působení, pohyb (zda bude laser staticky svítit na jedno místo, nebo například kroužit), a další. Takové testování může dle specialistů zabrat přes dva roky. I tak je toto řešení vybráno jako nejlepší nalezené, radikálně mění proces tak, že původní procesní činnosti jsou zcela přeskočeny, a zlepšuje tím i další parametry procesu.



Obr. 6-60: Schéma principu navrhované technologie SLM na výrobu malých krystalů kubické zirkonie.



Obr. 6-61: Schématické porovnání zpracování materiálu pro původní a navrhovaný proces: a) původní proces (řezání), s vyznačenými eliminovanými kroky; b) navrhovaný proces (výroba malých krystalů).

⁴⁵ Daniel Šída (TUL), Vladimír Šída (TUL), Jiří Frimmel (Preciosa)

Jak je vidět na obrázku (Obr. 6-61), aplikací metodiky byl navržen nový proces, kde pro dosažení stejného výstupu bylo nahrazeno 5 procesních změn materiálu, jedním krokem.

Dalším doporučením, pokud se společnost nechce vydat cestou tak razantní změny, je použití více strunných drátořezů. Tím by bylo zajištění vysoké kvality a přesnosti řezu, při současně poměrně vysoké produktivitě. Ačkoliv nahrazení všech pil poměrně drahá investice, v porovnání s jinými technologiemi je to stále jedna z nejlevnějších variant⁴⁶.

V době provádění tohoto experimentu byly takřka pozastaveny finance do nových investic⁴⁷. Protože se nejedná o extrémně strategický proces, výše zmíněné záměny nemohly být okamžitě aplikovány. Ačkoliv se představitelům ze společnosti zamlouvali. Z těchto důvodů byla snaha nalézt ještě třetí směr a to nízkonákladových změn procesu.

K nízkonákladovým opatřením patří například optimalizace parametrů řezu, hledání možných příčin a jejich řešení. Jenou z těchto příčin je čištění distančních kroužků, které je řešeno zvlášť v kapitole 6.2.8. Dále bylo doporučeno použití tlustších pil, protože ačkoli se zvětší úběr materiálu z řezné mezery, celková ztráta materiálu bude stejná, pokud se tím zlepší přesnost vyráběných kostiček. Dalším námětem je potom snaha pilové kotouče podpírat a zabránit tak jejich úhybu během řezu.

Vyhodnocení

Je předpokládáno, že změnou technologie, by nedošlo k úspoře z hlediska času, nicméně celý postup (tmelení, plátkování, rovnání, tmelení, kostičkování, a čištění) by byl přeskočen, zároveň by výstupem procesu byl produkt blíže k požadovanému tvaru, tedy by došlo k eliminaci další operace v následném procesu. Dále se předpokládá snížení počtu defektů, a radikální snížení spotřeby materiálu (nevyužitý prášek lze opakovaně použít).

6.2.8 Preciosa: problém s čištěním distančních kroužků

Jak bylo zmíněno v předešlém experimentu, radikální změna procesu dělení krystalů kubické zirkonie v době řešení nelze provést z finančních důvodů a to díky následkům pandemie covid-19, a také čipové a energetické krize. Proto byly v procesu řešeny dílčí problémy, tak aby byl proces alespoň zlepšen. Jedním z takových procesních problémů je čištění distančních kroužků.

Proces

Jak bylo popsáno, krystal je dělen na plátky a poté na kostičky sadou pilových listů, které jsou vymezeny distančními kroužky. Distanční kroužky jsou velice přesné, vyrobené z duralu. Během procesu řezání, je do místa řezu přiváděna voda, obsahující aditiva pro zlepšení řezných vlastností a desinfekci vody. Směsice sedimentů z řezu a vznikající rzi z pil pak ulpívá na distančních kroužcích (viz. Obr. 6-62).

⁴⁶ Firma Likai nabízí menší drátořezy o cenovém rozsahu 80 000 – 200 000 USD, tedy přibližně 1 800 000 – 4 500 000 CZK, finální cena se odvíjí od počtu pořízených strojů, jejich variant a dalšího příslušenství. Oproti tomu například laser vedený vodním paprskem od firmy Synova vychází cenově v rozmezí 500 000 – 1 300 000 CHF, tedy přibližně 12 000 000 – 32 000 000 CZK.

(Ceny a jejich přepočty z konce roku 2021)

⁴⁷ Následky: Covid-19, čipové a energetické krize



Obr. 6-62: Příkladů distančních kroužků s nánosem sedimentů.

Problém

Problém nastává během čištění sedimentu z kroužků. Sediment jako takový je nepřipustný, protože mění rozměr distančních kroužků a z procesu tedy vystupují větší kostičky, dále může způsobovat klínovitost řezu při dělení plátků. V současné době jsou sedimenty jemně obrušovány v roztoku s mýdlem. Bohužel je velice obtížné odhadnout správnou dobu broušení. Protože je nános sedimentu proměnlivý, dochází k nedokonalému obrusu, nebo v horším případě k úběru materiálu samotného kroužku. To má za následek nepřesnost vyráběných kostiček, případně úběru materiálu jsou kostičky menší a nelze z nich vyrobit kameny požadovaného rozměru. Z tohoto důvodu je čištění prováděno opatrně a ne moc často, mezery mezi pilami jsou tak spíše větší než je požadováno.



Obr. 6-63: Přípravek na obrušování distančních kroužků.

Jedním z původních námětů jak čištění řešit bylo využití ultrazvukových čistících van, které se používají na očištění tmelu z nařezaných kostiček. Bohužel při pokusu kroužky nabobtnaly, protože duralový materiál reagoval s chemikáliemi přidanými do ultrazvukové lázně.

Aplikace metodiky

Na popsany problém byla aplikována navržená metodika. Postup aplikace se shrnut v tabulce (Tab. 6-30).

Tab. 6-30: Aplikace metodiky na problém s čištěním distančních kroužků.

Problém
Sedimenty na distančních kroužcích mění rozměr kroužku a způsobují nepřesnosti řezu.
Proces

Příprava nástroje pro řezání, čištění kroužků.
Smysl
Definovat mezeru mezi pilovými listy.
Princip
Duralové kroužky umístěné mezi pilovými listy.
Ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - Pily drží mezeru sami. - Na kroužky se neusazuje žádný sediment. - Sediment může být snadno odstraněn, bez změny rozměru kroužku.
Otázky na ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - Jak držet mezeru mezi pilami bez distančních kroužků? - Jak držet mezeru mezi pilami pomocí pil samotných? - Jak docílit, aby se na kroužcích neusazoval sediment? - Jak docílit, aby šlo sediment čistit snadno a bez úběru materiálu?
Trendy (TESE)
Segmentace; Dynamizace; Přechod z makro do mikro; Přechod do nad-systému; Mono-Bi-Poly;
Vědecké efekty
Tvarová paměť; Háky; Mechanické spoje; Adhesiva; pěna; Feromagnetismus; Pájení a svažování; Odlévání; Tepelná roztažnost; Nano-velcro (nano suchý zip); Ultrazvukové vibrace; Akustické vibrace; Laserové odpařování; Elektrolýza; Rozpouštění; Vodní paprsek; Magnetismus; Štětce;
Technické rozpory
TR1: Chceme vymezit mezeru mezi pilovými plátky; (pomocí kroužku); Zhorší se přesnost výroby, díky usazujícím se sedimentům;
TR2: Chceme očistit sediment ale bez poškození kroužku;
TR3: Chceme použít vodu k chlazení procesu, ale zamezit tvorbě koroze a sedimentů;
Parametry, které chceme zlepšit: 3; 4; 29; 27; 26; Parametry, které se nepřípustně zhoršují: 29; 23; 30;
Invenční principy (počet výskytů)
10. Předběžná akce (8x); 35. Změna parametrů (5x); 29. Pneumatika a hydraulika (4x); 24. Prostředník (4x); 1. Segmentace (3x); 28. Mechanická substituce (3x); 33. Homogenita, Stejnorodost (2x); 2. Extrakce, Separace (2x); 32. Změna optických vlastností (2x); 31. Pórovité materiály (2x); 4. Asymetrie (1x); 11. Předběžná ochrana (1x); 26. Kopírování (1x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (1x); 6. Univerzálnost, Multi-funkčnost (1x); 3. Lokální kvalita (1x); 15. Dynamičnost (1x); 18. Mechanické kmity a vibrace (1x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (1x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (1x); 23. Feedback, Zpětná vazba (1x); 37. Teplotní roztažnost (1x); 40. Kompozity (1x); 39. Inertní prostředí (1x); 36. Fázové přechody (1x);
Fyzikální rozpory
Chceme vodu, abychom chladili místo řezu; Nechceme vodu, abychom zabránili vzniku koroze a sedimentů;
Separační principy
Separace v čase; Separace v prostoru; (použití ochranných vrstev);
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
Čistící lasery; tlakové vodní paprsky; pára; rozpouštědla; možnosti odstraňování rzi; možnosti ochrany před sedimenty;
Seznam nápadů
Ultrazvukové čištění (v lázni); Akustické vibrace; Odpařování laserem; Použití kartáčů; Segmentace kroužků; Potahování ochrannou vrstvou; Kompozitní materiály; Keramika; Univerzální kroužky – požadovaný rozměr dosažen použitím více tenkých kroužků; Připájení pil; Zalití pil lepidlem.

Po aplikaci byly vygenerovány možné náměty na řešení problému. Tyto náměty jsou shrnuty v tabulce (Tab. 6-31).

Tab. 6-30: Náměty na řešení problému s distančními kroužky.

Námět	Popis	
Čištění sedimentu	Čistící laser	Použití laserového paprsku k odpaření sedimentů bez poškození materiálu kroužku.
	Vodní paprsek	Použití tlakového proudu vody k očištění sedimentů.
	Rozpuštění	Rozpuštění sedimentů bez poškození duralu.
	Ultrazvuková lázeň	Čištění v ultrazvukové lázni bez použití chemikálií reagujících s durallem.
Zamezení sedimentaci	Ochranná vrstva	Použití ochranné vrstvy k utěsnění kroužků před vodou a sedimenty.
Změna materiálu	Kroužky na jedno použití	Použití levných kroužků na jedno použití.
	Keramika	Keramické kroužky pro snazší čištění.
	Kompozit	Kompozitní kroužky pro snazší čištění.
	Plast	Plastové kroužky pro snazší čištění.
Změna způsobu držení pil	lepení	Přilepit nebo připájet pily k hřídeli bez kroužků.
Změna technologie dělení	Dělení bez potřeby kroužků	Změna technologie, tak aby nebylo potřeba používat distanční kroužky.
Optimalizace/ standardizace	Standardy čištění	Pravidelně čistit pomocí plastových kartáčů po každém řezu.

Vhodnost námětů byla diskutována s technologií procesu. Některé byly testovány. Například použití čistících laserů, jehož výsledek je vidět na obrázku (Obr. 6-64).



Obr. 6-64: Test čištění kroužků pomocí čistícího laseru.

Laserové čištění funguje pro tento případ perfektně. Sedimenty jsou odstraněny a materiál kroužku zůstává netknutý, výsledky testu jsou vidět na obrázku (Obr. 6-64). Pro aplikaci laseru, musejí být nalezeny optimální parametry nastavení čištění. Hlavním nedostatkem je poměrně vysoká pořizovací cena.

Dalším příkladem je použití plastových kroužků (Obr. 6-65). Plast je mnohem méně náchylný k ulpívání sedimentu. Problém je, že u tenkých kroužků se kroužky již z výroby zakřívují, což může i nemusí být škodlivý faktor a musí být dále otestováno.



Obr. 6-65: Ukázka plastových distančních kroužků.

Další materiály pro výrobu kroužků jsou příliš nákladné. Rozpouštědla mají negativní dopad na ekologičnost procesu. Utěsnění kroužků zmenšuje řezný prostor, a také není trvanlivé. Během řezu dochází k odštěpování krystalu, a odštěpky by těsnění snadno poničili. Lepení pil by mohlo fungovat dobře, ale problém je, že pokud se poničí jedna pila, pro výměnu je nutné poměrně složitě rozebrat celý nástroj, což by bylo s lepením náročnější než nyní. Nejlevnějším řešením je standardizovat čištění po každém řezu, to ale přináší mnoho úsilí na opakované rozebírání a skládání nástroje. Dalším směrem je ověřit čištění v ultrazvukové lázni bez chemických aditiv.

Jako finální doporučení bylo zvoleno použití čistícího laseru. Náklady na pořízení technologie lze teoreticky vynahradit použitím laseru na více čistících aktivitách ve společnosti. Jako nízkonákladová alternativa je přechod na plastové kroužky, společně s častějším čištěním pomocí kartáčů.

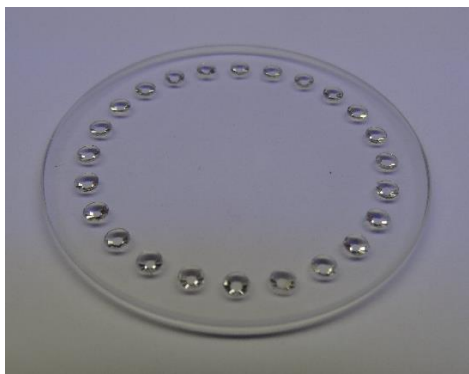
Nejvíce inovativním řešením je však nahrazení technologie dělení tak, že již nebude třeba řešit problém s kroužky. To je popsáno v předchozím experimentu.

Vyhodnocení

Aplikací změny způsobu čištění podložek by bylo dosaženo zrychlení čištění z původních 2 hodin na přibližně 10 minut. Zároveň by byl radikálně snížen počet již nepoužitelných distančních kroužků na takřka minimum.

6.2.9 Preciosa: proces lepení broušených kamenů

Dalším řešeným problémem ve společnosti Preciosa, a.s., je problematika lepení skleněných broušených kamenů na skleněná sklíčka.



a)



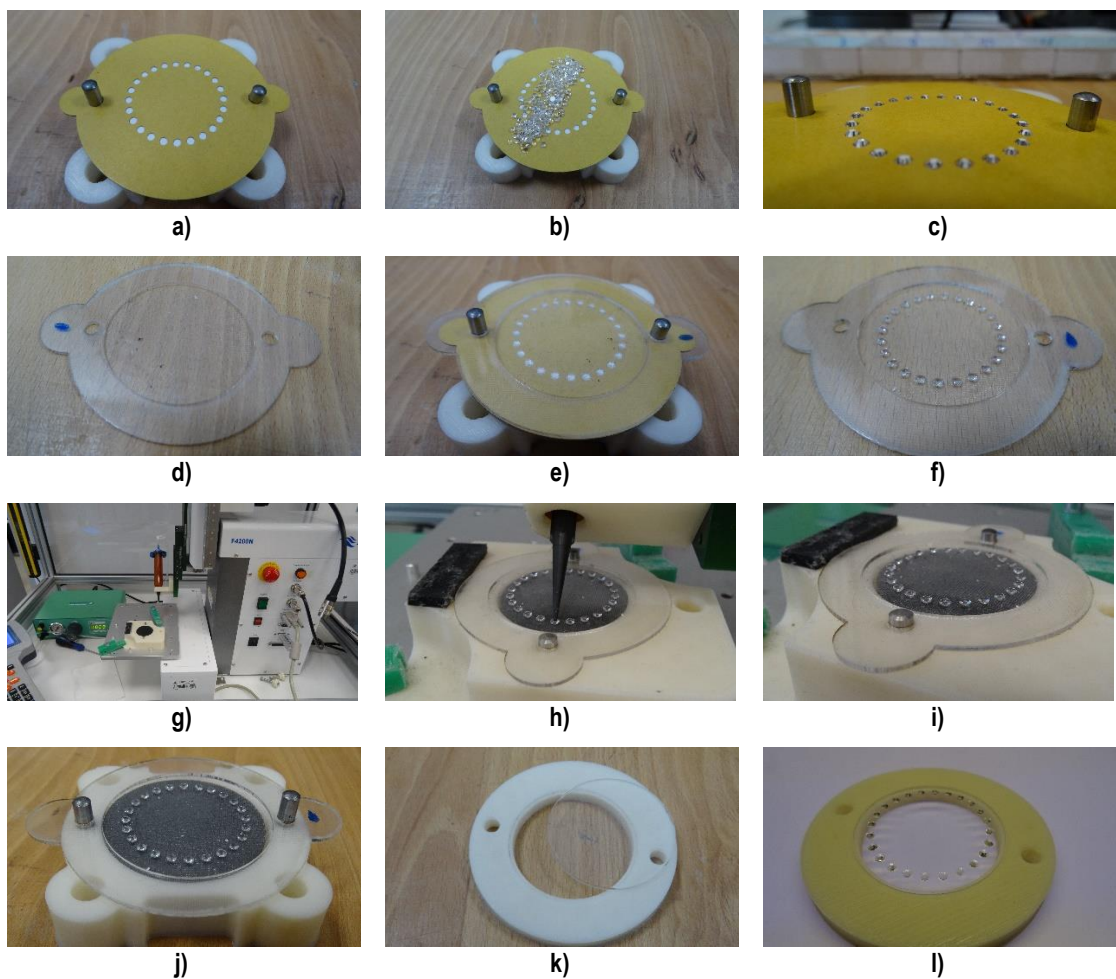
b)

Obr. 6-66: Ukázka hotového výrobku: a) sklíčko s nalepenými kameny; b) finální produkt – hodinky. [289, 290]

Proces

Jedná se o proces lepení broušených kamenů na skleněnou destičku, kdy pohledová část výsledného produktu je přes sklíčko. Jsou tedy kladeny poměrně vysoké nároky na pohledovou kvalitu lepeného spoje, tak lepidla samotného.

V rámci procesu lepení se používá několik jednoduchých přípravků. Nejprve se kameny pomocí přípravku s otvory naorientují a usadí do správných pozic vůči sobě. Poté se přenesou pomocí tzv. transferu (lepící folie) na další přípravek. Přípravek se pak vloží do zařízení s robotickým dávkovačem lepidla, kde je na každý kámen nanесeno určité množství lepidla. Mezitím je do jiného přípravku vloženo sklíčko. Po nanесení lepidla jsou přípravky s kameny a se sklíčkem spojeny vložením do dalšího pouzdra – to pomáhá vytvořit vhodný tlak na folii transferu, respektive na samotné kameny. Poté je celý přípravek krátce ozářen UV světlem, díky čemuž lepidlo vytvrdne. Následuje kontrola, a v případě shody se celý slepený díl vloží do zařízení na do-vytvrzení UV světlem.



Obr. 6-67: Proces lepení broušených kamenů: a) šablona; b) nasypání kamenů na šablonu; c) nametení kamenů do šablony; d) transfer; e) nalepení kamenů na transfer; f) transfer s kameny; g) robotické pracoviště dávkování lepidla; h) dávkování lepidla; i) přípravek v robotu s nanесeným lepidlem; j) montážní přípravek s transferem; k) nosič skla; l) sklo s nalepenými kameny po UV vytvrzení.

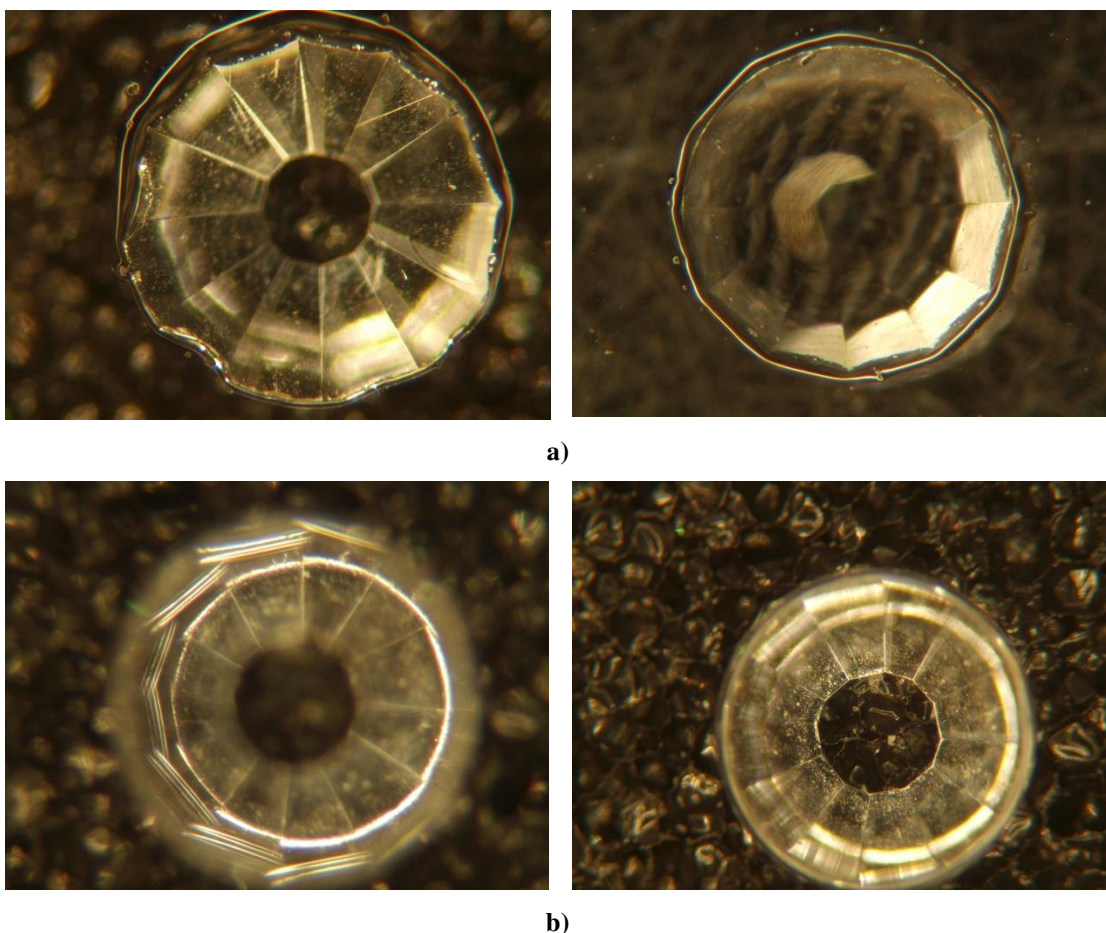
Problém

Problémem je, že velice často dochází k tomu, že nanášené lepidlo buďto vyteče mimo lepenou oblast, nebo naopak lepená plocha není zcela zaplněna. Protože je pohledová strana ze strany lepidla, tyto chyby jsou neakceptovatelné.

Během původní analýzy problému bylo zjištěno, že to je pravděpodobně způsobeno rozměrovou nestálostí lepených kamenů. Protože se mění plocha lepených kamenů, stejná dávka lepidla nemůže vždy vyplnit prostor pod kamenem zcela přesně. Dalším problémem může také být to, že ani dávkování lepidla pravděpodobně není 100% přesné a jednotlivé dávky se trochu liší.

Původními řešeními bylo třídění kamenů, kdy by docházelo k vyřazení přibližně 40% kamenů. Dalším námětem bylo sestavení zařízení, pro přeměření plochy každého kamene, a v závislosti s tím automaticky upravit dávku nanášeného lepidla robotem. Toto řešení je ale velice komplikované a nepřípustně drahé.

V rámci řešení tohoto problému je snaha nalézt takové řešení, díky kterému bude snížen počet neshod.



Obr. 6-68: Příklady vad při lepení kamenů (vyfoceno mikroskopem): a) přeteklé lepidlo; b) nedoteklé lepidlo.

Aplikace metodiky

Na popsany problém byla aplikována navržená metodika.

Tab. 6-31: Aplikace metodiky na problému s lepením broušených kamenů na sklo.

Problém
Dávkování lepidla - málo lepidla, moc lepidla (variabilita rozměrů kamenů) → lepidlo přetéká nebo nezaplňuje prostor pod kamenem.
Proces
Lepení kamenů na sklíčko.

Smysl
Upevnit / spojit broušený skleněný kámen na skleněnou destičku;
Princip
Ručně, pomocí přípravků, roboticky nanášené lepidlo, vytvrzování lepidla pomocí UV světla.;
Ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - Vždy perfektní dávka lepidla; - Kameny se spojují se sklíčkem samy; - Přeteklé lepidlo samo "zmizí";
Otázky na ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - Jak dosáhnout toho, aby byla vždy perfektní dávka lepidla?; - Jak dosáhnout toho, aby se kameny spojili se sklem samy?; - Jak dosáhnout toho, aby přeteklé lepidlo zmizelo samo?;
Trendy (TESE)
Úplnost technického systému; Změny měřítka; Změny propojení; Nárůst interakcí látka-pole (substance-field); Zvyšování stupně kontroly nad systémem; Chytré materiály; Zvyšování stupně dělení (segmentace); Přejít z makro do mikro (a dále); Zvyšování asymetrie (ke shodě s vnějšími asymetriemi); Rozbití hranic; Dynamizace; Sladění akcí; Sladění rytmu; Mono-Bi-Poly (podobné); Zvýšení transparentnosti; Trimming;;
Vědecké efekty
Electrostatic deposition; Injection; Spray; Spin coat; Roller coating; Air compression deposit; Pressing and stamping; kapilární jev; osmóza; Thomsonův jev; kmitavý pohyb; odstředivá síla; elektrické pole; magnetické pole ve vazbě s feromagnetickou látkou; fixace v kapalinách tuhoucích v magnetickém nebo elektrickém poli; gyroskopický jev; reaktivní pohyb;;
Technické rozpory
TR1: Chceme spojení kamene se sklíčkem Zhorší se nedostatečné nebo nadměrné zaplnění lepidla
TR2: Chceme zaplnit lepenou plochu na 100% Zhorší se, že lepidlo vytéká ven
Parametry, které chceme zlepšit: 13; 14; 26; 27; 32; 39; Parametry, které se nepřipustně zhoršují: 23; 26; 27; 29; 31;
Invenční principy (počet výskytů)
35. Změna parametrů (12x); 40. Kompozity (7x); 3. Lokální kvalita (6x); 10. Předběžná akce (6x); 18. Mechanické kmity a vibrace (4x); 28. Mechanická substituce (4x); 2. Extrakce, Separace (4x); 1. Segmentace (4x); 39. Inertní prostředí (4x); 15. Dynamičnost (3x); 32. Změna optických vlastností (3x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (3x); 11. Předběžná ochrana (2x); 33. Homogenita, Stejnorodost (2x); 29. Pneumatika a hydraulika (2x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (2x); 38. Silné oxidanty (2x); 23. Feedback, Zpětná vazba (2x); 24. Prostředník (2x); 6. Univerzálnost, Multi-funkčnost (1x); 21. Přeskočení (1x); 34. Odhození a regenerace (1x); 14. Sferoidálnost, Zakřivení (1x); 22. Škoda v užitek (1x); 31. Pórovité materiály (1x); 26. Kopírování (1x);
Fyzikální rozpory
Chceme hodně lepidla, aby bylo 100% zaplněno A zároveň chceme málo lepidla, aby nebyly přetoky
Separáční principy
A1. Separace konfliktních vlastností v prostoru; A2. Separace konfliktních vlastností v čase; A4. Systémový přechod: Přejít z systému na anti-systém, nebo kombinace s anti-systémem; A5. Systémový přechod: Celý systém má vlastnost "X", zatímco jeho části mají vlastnosti opačné "X" (anti-X); A6. Systémový přechod: Přejít na systém, který pracuje na mikro úrovni; A9. Fázový přechod: Využití fenoménu spojeného s fázovým přechodem;
Standardy
Modifikace existující látky; Fázové přechody; Modifikace Pole; Přidání nové látky; Přidání nového pole; Přidání nové látky a pole; Feromagnetika; Přejít do nad-systému; Přejít do pod-systému;
Inspirace
Fusing skla; způsoby nanášení lepidel, Litotonův bod měknutí; laminace skla
Seznam nápadů
Laminace (laminace/ lepidlo po celé ploše); ovládaná lepidla (tlak, teplo, ...); jiný princip dávkování (roztírat, spray, ...); lepidlo v "tuhém stavu"; tlak v okolí; změna lepidla; lokální fusing - spékání; Spojování již v UV (tuhost lepidla); Postupné vytvrzování (Střed - otřít přetek - dovtvrdit); vzlínavost po kamenu (hydrofilní povrchy?); zahřívání kamínků; Zalítí krystalů "lepidlem"; ošetření okolního povrchu (nelepivost) - maska tvořena samotnými kameny; ultrazvukové obrábění (kámen jako nástroj - do důlku lepidlo); namísto kamenů - tisknout "3D" SLA / vstříknout lepidlo do formičky ve tvaru kamenu (chemicky vyleštit); Pryžová podložka k těsnění vytékání lepidla

(pryž s malými otvory = jako nejmenší kámen - větší nutno "protlačit") pryž - lepidlo - kámen - vytvrdit - odebrat pryž (nelepivý mat <silikon>); probarvit lepidlo a používat pouze krystal. kameny (+možnost více trysek <barevné kombinace...>); optimalizace dávkování lepidla - dle velikosti kamene; dokonalý povrch - spojení přitažlivostí atomů (naleptat?); přetoky "opískovat" tak aby sklo nebylo poškozeno; rozdělit dávkování lep. (nanést po okrajích, polo-zatuhlé okraje zabraňují dalšímu přetékání); okolo kamenů nelepivé bariéry;

Ze seznamu nápadů byly následně generovány náměty k řešení problému (viz. Tab. 6-32).

Tab. 6-32: Náměty na řešení problému s lepením kamenů na sklo.

Námět	popis	
Spojení bez lepidla	Lokální fusing	Celé zahřát do blízkosti teploty na fusing, poté lokálně do-ohřát místo spojení
	Propojení materiálu na úrovni molekul	Úprava povrchů (leptání?), teplo a tlak k propojení materiálů
Laminace	Sklo-folie-kameny	
	Sklo-kameny-folie	
Mnoho lepidla	Lepidlo po celé ploše sklíčka	
	Zalít kameny vrstvou transparentního lepidla	
Zamezení přetoků	Pryžová podložka	Pryž, s otvory pro umístění lepidla a kamene (pružnost umožňuje měnit rozměr dle velikosti kamene, zároveň zabraňuje lepidlu vytéct mimo oblast pod kamenem.)
Postupné vytvrzování	Vytvrdit střed – oříť přetoky – dotvrdit zbytek	Použití stínítek na vytvrzení pouze části lepidla
Nelepivé okolí	Okolí kamenu ošetřit nelepivou vrstvou	Samotné kameny slouží jako maska pro nanesení nelepivé vrstvy (olej?)
Odstranění přetoků	„opískovat“	Po vytvrzení opískovat, nebo omlít takovým materiálem, který ubírá lepidlo, ale nepoškodí sklo
Kameny z lepidla	3D tisk (SLA)	SLA tisk přímo na sklíčko (chemické vyleštění)
	formování	Lepidlo aplikovat do formiček ve tvaru kamenů
Změna způsobu dávkování	Spray	Technika jako u displayů mobilních telefonů
	Měřit rozměry kamenů – dle plochy dávkovat množství lepidla	
+ bonus	Probarvené lepidlo	Používat pouze čiré kameny, barevnost dosáhnout probarveným lepidlem; také lze dosáhnout zajímavých efektů mícháním či kombinací více barev, nebo přidáním jemných částic. (strakaté, atd...)

Z praktických důvodů byly zvoleny nejsnazší a nejlevnější návrhy jako první k ověření funkčnosti. Vybráno bylo ověření postupného vytvrzování a použití pryžové podložky.

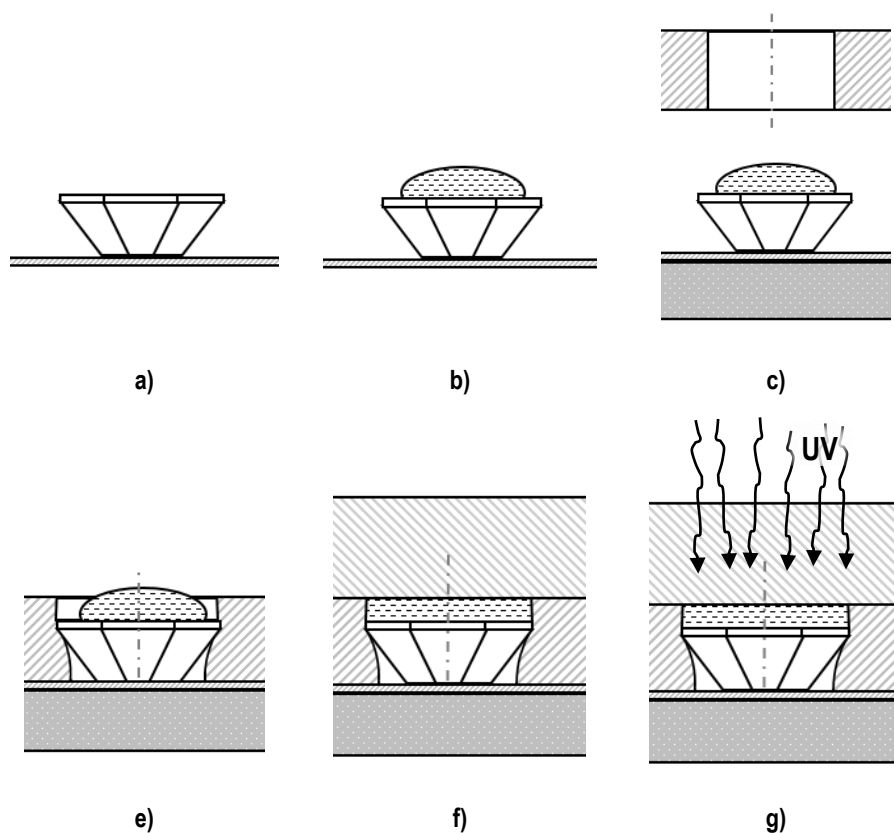
Při použití stínítek⁴⁸ pro vytvrzení pouze středu lepidla pod kamenem a následném otěru přetoků lepidla bohužel docházelo k odběru lepidla i v prostoru pod kamenem. Proto bylo toto řešení vyhodnoceno jako nevyhovující.

Dalším vybraným principem k ověření bylo použití pryžových podložek s otvory, aby byly velké maximálně jako nejmenší možný kámen, větší kameny musí být otvorem protlačeny. Do otvorů se na kámen nanese lepidlo, podložka zabraňuje vytékání lepidla mimo oblast lepení, šířka deformace otvoru je závislá na velikosti vloženého kamene, takže hranice pro lepidlo je totožná s hranicí daného kamene. Lepidlo se vytvrdí pod UV lampou a následně se odebere pryžová podložka. Ta je vyrobena ze silikonu. Aplikované lepidlo a silikon se k sobě nepřilepí a proto, je možné podložku po prvním vytvrzení bez problému sundat.

⁴⁸ Jako stínítko byla použita stejná pryžová podložka jako pro druhý ověřovaný způsob lepení.

Řešení

Jako finální řešení problému pro lepení kamenů na sklo bylo vybráno použití pryžové šablony. Podrobné schéma je vyobrazeno na obrázku níže.

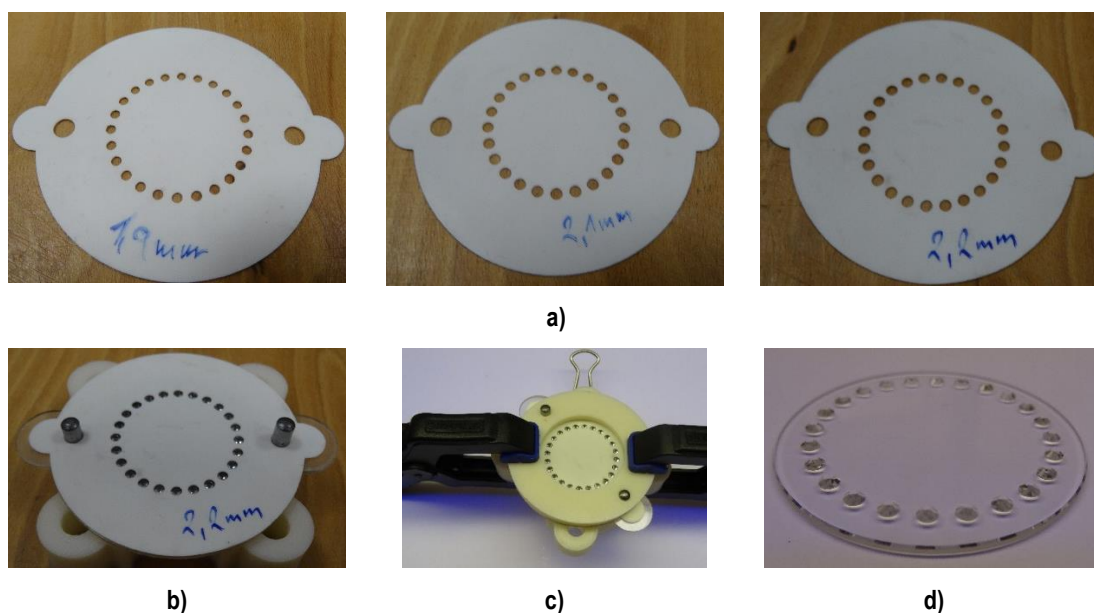


Obr. 6-69: Schéma postupu při použití silikonové podložky; a) kámen nalepený na transferu; b) nanesené lepidlo; c) uložení na přípravek s měkkou podložkou; e) nasazení pryžové podložky; f) přitlačení sklíčka; g) vytvrzování pomocí UV osvětlení;

Na kameny je roboticky nanášeno lepidlo. Poté je na transferovou folii s kameny umístěna pryžová šablona. V tento moment kameny šablonu roztahují podle své velikosti. Kameny s lepidlem jsou stlačeny mezi lepené sklíčko (skleněnou destičku) a pružnou podložku. Tím dochází ke kompletnímu vyplnění prostoru pod kamenem bez přetoku lepidla mimo. V případě, že by bylo aplikováno více lepidla, pružná podložka umožňuje, aby byla vrstva lepidla o něco vyšší, hranice ale zůstává stejná jako rozměr lepeného kamene. Na stlačený kámen se sklíčkem je aplikováno UV záření, díky kterému dochází k vytvrzení lepidla. Po vytvrzení se celý přípravek se šablonou, pružnou podložkou a transferovou folií rozloží, a finální díl je dovytvrzen v UV komoře.

Ověření

Popsaná technologie byla ověřena, jak z hlediska funkčnosti, tak za účelem nalezení vhodné velikosti otvorů v podložce. Během testování se prováděly zkoušky s několika rozměry otvorů, tak aby se našel vhodný rozměr, kdy nebude docházet k přetokům lepidla, ale bude možné vložit jakýkoliv rozměr kamene (v rámci tolerančních odchylek lepených kamenů).



Obr. 6-70: Ověřování nalezeného řešení: a) testované šablony; b) sesazení šablony s přípravkem; c) stlačení přípravků a osvětlení UV světlem; d) hotový výrobek bez přetoků.

Ze silikonové pryže o tloušťce 1 mm byly pomocí CO₂ laseru připraveny šablony s různými rozměry otvorů. Tloušťka 1 mm byla zvolena na základě maximální výšky kamene 0,7 mm. Průměry otvorů řezané laserem byly: 1,9 mm, 2,1 mm a 2,2 mm. Ačkoli se deklarovaná tolerance průměru lepených kamenů pohybuje v rozmezí 1,9 – 2,0 mm, po vytvoření první šablony bylo zjištěno, že se vyřezané otvory oproti zadaným rozměrům k vyřezání zmenšují (způsobeno pružností materiálů). Pomocí připravených šablon bylo provedeno testování postupu popsaného v předešlém textu. Šablony s původním rozměrem otvorů 1,9 mm a 2,1 mm nebylo možné nasadit na všechny připravené kameny a byly tak označeny za nevhodné. Šablonu s původním rozměrem otvorů 2,2 mm bylo možné na kameny nasadit, a ověření tak bylo možné dokončit. Po vytvrzení lepidla byla provedena vizuální kontrola a tento způsob lepení byl prokázán jako funkční. Hranice lepidla kopíruje okraj lepených kamenů.

Po ověřovacím testování, lze konstatovat, že navrhovaná technologie je funkční a lze díky ní dosáhnout požadovaných výsledků. Variabilita rozměrů lepených objektů je kontrolována pružností pryžové šablony. Možná variabilita ve velikosti dávky lepidla se tedy promítne do tloušťky lepidla.

Tab. 6-32: Vyhodnocení testování technologie bezpřetokového lepení.

Výška pryže	1 mm	1 mm	1 mm
Průměr otvorů šablony	1,9 mm	2,1 mm	2,2 mm
výsledek	nevhodné	nevhodné	vhodné

Výše popsaná technologie lepení s pomocí pryžové podložky byla ověřena jako funkční, a byla ihned zavedena do výroby. Díky této technologii jsou nekvality zredukovány na minimum. Zároveň je možné použít veškeré rozměry z tolerančního pole dodávaných kamenů. Jako rozšiřující námět pro budoucí použití je doporučeno testování probarveného lepidla, kdy by bylo možné ušetřit náklady na kamenech, protože by bylo možné používat pouze křišťálově čiré. Předpokládá se, že opakovatelnost namíchání odstínu barvy u lepidla bude výrazně snazší než u skla. A i v případě, že dojde k chybě cena dávky lepidla je výrazně nižší než celé skleněné pánve. Další výhodou tohoto přístupu je pak možnost nanášet lepidla z více trysek a dosáhnout tak například barevných přechodů a podobně.

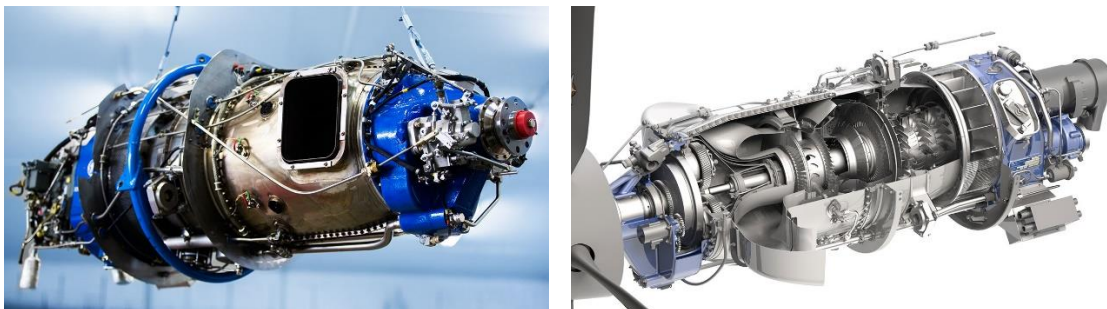
Vyhodnocení

Nově navržená technologie bezpřetokového lepení byla ověřena a začala se využívat. Došlo k radikálnímu snížení defektů, a to nejen těch způsobených variabilitou velikostí kamínku, ale i

těch, způsobených například kvůli nepřesné aplikaci lepidla⁴⁹. Hlavním přínosem zde bylo to, že přestože na původním problému pracovali odborníci na lepení a jiné oblasti, nepřišli s jednoduchým a levným řešením. Při aplikaci navržené metodiky, bylo nalezeno hned několik směrů během pouhých 8 hodin a to včetně představení procesu a problému.

6.2.10 GE Aviation: proces balení disků

Společnost GE Aviation CZ se specializuje na výrobu turbolovrtulových motorů a jejich komponent, určených pro letecký průmysl. Hlavní výrobní procesy se soustřeďují na přesné obrábění, montáž a testování.



Obr. 6-71: Ukázka turbolovrtulových motorů. [291]

Problém

Vytipovaným problematickým procesem byl proces balení komponent, konkrétně takzvaných „disků“ pro motor CF34-3. Problematika z pohledu společnosti je taková, že celkové zabalení dílů trvá příliš dlouho.

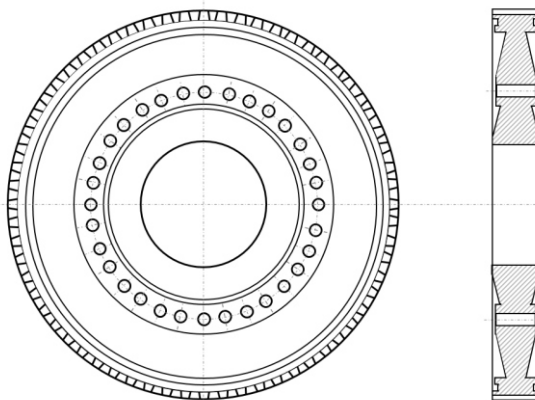
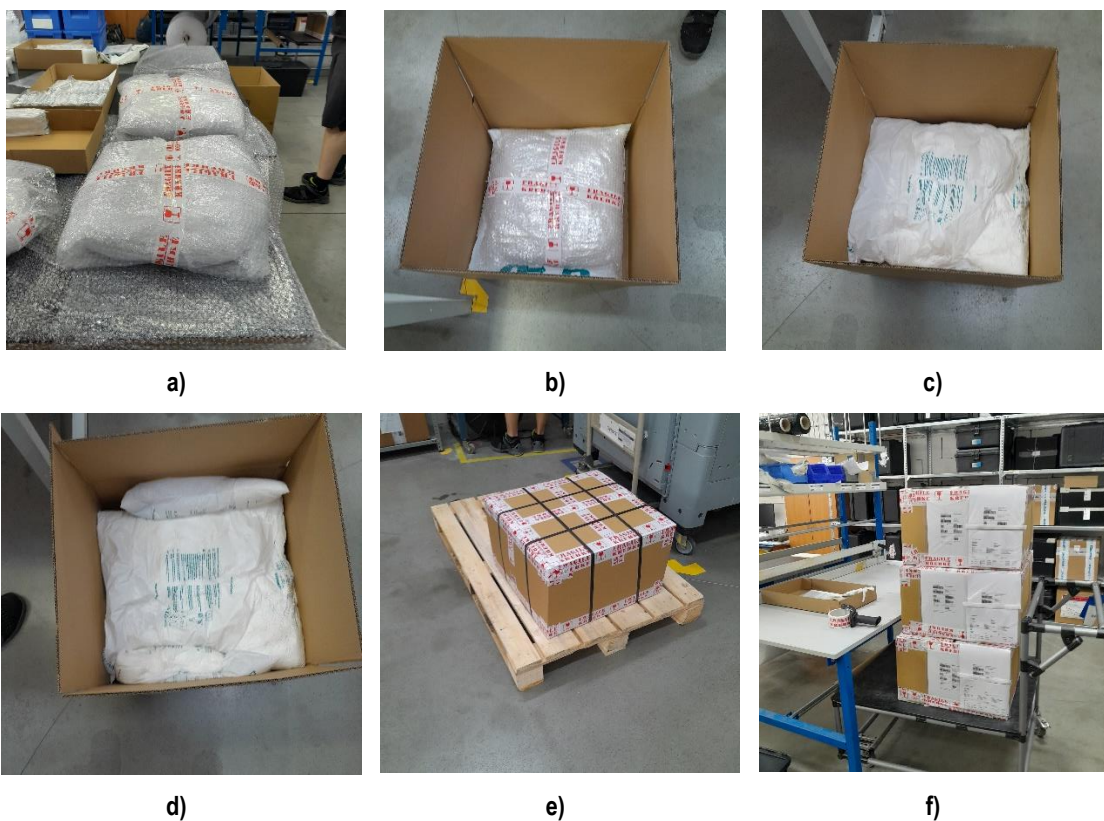
Proces

Balené díly – disky, o průměru asi 30 cm váží přibližně 14 kg. Zároveň musí být brán zřetel na bezpečné zacházení, aby se nepoškodil povrch. Disky existují ve třech typech, dvě velké varianty (cca 30 cm), a jedna menší (cca 25 cm). Balení je prováděno ručně pouze jedním pracovníkem balení. Občas je na pomoc do balírny přerazen pracovník z jiného oddělení.

Nejprve je provedena kontrola disků před expedicí, ta je prováděna v balírně pracovníkem kvality. Poté si pracovník balírny přichystá potřebné materiály (lepenkové boxy, bublinkové folie, pásky, expanzní pytlíky⁵⁰, ...). Disk je obalen bublinkovou folií, a zalepen páskou. Poté se do složeného boxu vloží jeden větší expanzní pytlík, na který se vloží obalený disk. Následuje přikrytí disku dalším větším expanzním pytlíkem, a přidání dvou menších expanzních pytlíků po stranách. Vrchní část boxu se dovyplní bublinkovou folií, případně je do prvního boxu z objednávky vložena patřičná dokumentace. Jako další krok je box uzavřen, zalepen a opáskován. Jako poslední krok je box polepen potřebnými štítky a dokumentací pro přepravu.

⁴⁹ Jeden z defektů, který mohl nastat, bylo, že robot vůči přípravku aplikoval lepidlo ne zcela do středu kamene, pro stlačení se sklíčkem byly u všech kamenů přetoky na jedné straně a nedoteklé lepidlo na druhé straně.

⁵⁰ Expanzní pytlíky Instapak® Quick RT [292]

Obr. 6-72: Schématické vyobrazení disku⁵¹.

Obr. 6-73: Proces balení disků – a) disk obalený bublinkovou folií; b) balík vložen do lepenkové krabice na expanzní pytlík; c) přidán vrchní expanzní pytlík; d) boční expanzní pytlíky; e) opáskovaný box; f) finální box s dokumentací.

Bylo pozorováno balení osmi disků. Z toho pět disků bylo jedné varianty a tři zbývající druhé varianty. Nejprve byla provedena kontrola všech disků, poté bylo provedeno přichystání materiálů. Zprvu byly zabaleny 3 disky, poté zbylých 5 druhého typu. Souhrn naměřených časů balení je shrnut v tabulce (Tab. 6-33).

Tab. 6-33: Výstupy z měření operací balení

Operace	start	konec	Doba trvání	Počet kusů	Čas / kus
	[hh:mm]	[hh:mm]	[min]	[ks]	[min]
Kontrola	09:10	09:55	45	8	5,63
Příprava materiálů	10:00	10:12	12	8	1,50**

⁵¹ Z důvodu utajení nebylo možné zveřejnit fotografii ani přesnou technickou dokumentaci dílu. Schéma vyobrazuje pouze přibližnou podobu balených disků.

Balení (3ks)	10:12	10:32	20	3	6,67**
Štítkování (3ks)	10:32	10:47	15	3	5,00*
Balení (5ks)	10:35	11:24	49	5	9,80**
Štítkování (5ks)	11:24	11:42	18	5	3,60*
Balení (vše)	-	-	69	8	8,63
Štítkování (vše)	-	-	33	8	4,13
Suma (vše)	09:10	11:42	152	8	19,00

* jeden pracovník balení; ** dva pracovníci balení.

V době pozorování byl na balírně extra pracovník na výpomoc. Reálné časy pro pouze jednoho pracovníka tedy budou delší.

I pokud bychom časy balení, a přípravy zdvojnásobily abychom odhadli čas pouze pro jednoho pracovníka, vychází zabalení disku včetně kontroly, přípravy materiálů a štítkování na 30,02 minuty. Pro osm disků jsou to tedy dohromady přibližně 4 hodiny.

Aplikace metodiky

Na popsany proces byla aplikována navržená metodika, aplikace je shrnuta v následující tabulce.

Tab. 6-34: Aplikace metodiky na proces balení kovových disků.

Problém
Balení disků zabere moc času
Proces
Disky jsou baleny manuálně. Příprava materiálů, obalení disku do bublinkové folie, vložení do boxu (společně s expanzními pytlíky), dozaplnění boxu, uzavření boxu, páskování boxu, polepení štítky.
Smysl
Ochránit díly během přepravy; připravit díly k expedici;
Princip
Lepenková krabice; expanzní pytlíky (Instapak® Quick RT®; bublinková folie; pásky; vše manuálně;
Ideální stav
- díly se chrání samy; - díly se balí samy; - balení zabere zlomek času;
Otázky na ideální stav
- Jak docílit, aby se díly chránili samy? - Jak docílit, aby se díly zabalili samy? - Jak docílit toho, aby balení trvalo pouze zlomek času?
Trendy (TESE)
Zvýšení informační saturace; Chytré materiály; Zvyšování stupně dělení (segmentace); Přechod z makro do mikro (a dále); Přechod do nad-systému; Síť a vlákna; Snižování hustoty; Zvyšování asymetrie (ke shodě s vnějšími asymetriemi); Rozbití hranic; Geometrická evoluce (lineární); Geometrická evoluce (objemová); Dynamizace; Sladění akcí; Sladění rytmu; Nelinearita (přízpusobením s vnějškem); Mono-Bi-Poly; Zvýšení využití smyslů; Zvýšení využití barev; Zvýšení transparentnosti; Trimming; Ovladatelnost; Redukce zahrnutí lidí; Redukce počtu energetických konverzí;
Vědecké efekty
povlakování; pěna; izolace; magnetismus; vakuum; působení magnetického pole na objekt nebo na feromagnetikum, které je spojené s objektem; působení elektrického pole na elektricky nabitý předmět; tlakové působení kapaliny nebo plynu; mechanické kmity; odstředivá síla; jev tepelné roztažnosti; značkování látek použitím luminoforu; (transformace vnějšího pole) nebo feromagnetika (vytvoření vlastního pole); odraz a emise světla; fotoelektrický jev; rentgenové a radioaktivní záření; luminiscence; záměna elektrického a magnetického pole; elektrické výboje; Dopplerův jev; deformace; sypké materiály; pásky; kuličky; hyperboly; trojúhelníky Relo; sypké materiály; kuličky; elipsy; kuličky;
Technické rozpory
TR1: Chceme lepší kvalitu zabalení Zhorší se doba balení
TR2: Chceme zkrátit čas balení Zhorší se nákladnost na použití (transportní kufry)

Parametry, které chceme zlepšit:	9; 13; 14; 21; 32; 35; 39; 15; 16;
Parametry, které se nepřípustně zhoršují:	15; 9; 25; 27; 29; 30; 23; 24; 31;
Invenční principy (počet výskytů)	
35. Změna parametrů (28x); 10. Předběžná akce (17x); 28. Mechanická substituce (15x); 18. Mechanické kmity a vibrace (13x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (12x); 2. Extrakce, Separace (12x); 13. Inverze, Naopak (11x); 3. Lokální kvalita (8x); 1. Segmentace (8x); 15. Dynamičnost (7x); 24. Prostředník (7x); 22. Škoda v užitek (6x); 40. Kompozity (6x); 19. Periodická akce (5x); 32. Změna optických vlastností (5x); 16. Částečná nebo nadměrná akce (5x); 38. Silné oxidanty (5x); 11. Předběžná ochrana (4x); 26. Kopírování (4x); 33. Homogenita, Stejnorodost (4x); 31. Pórovité materiály (4x); 20. Plynulost užitečné akce (3x); 34. Odhození a regenerace (3x); 8. Anti-tíže (3x); 14. Sferoidalita, Zakřivení (3x); 39. Inertní prostředí (3x); 23. Feedback, Zpětná vazba (3x); 21. Přeskočení (2x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (2x); 4. Asymetrie (2x); 5. Sloučení, Kombinování (2x); 6. Univerzálnost, Multi-funkčnost (2x); 29. Pneumatika a hydraulika (1x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (1x); 37. Teplotní roztažnost (1x); 25. Samoobsluha (1x);	
Fyzikální rozpory	
Chceme obal, aby byl díl chráněn; Nechceme obal, aby bylo balení rychlé;	
Separační principy	
Separace konfliktních vlastností v prostoru; Separace konfliktních vlastností v čase; Systémový přechod: Kombinace homogenních a heterogenních systémů v nad-systému; Systémový přechod: Přechod systému na anti-systém, nebo kombinace s anti-systémem; Systémový přechod: Celý systém má vlastnost "X", zatímco jeho části mají vlastnosti opačné "X" (anti-X); Systémový přechod: Přechod na systém, který pracuje na mikro úrovni; Fázový přechod: Nahrazení fázového stavu pomocí části systému, nebo externím prostředím;	
Standardy	
Modifikace existující substance; modifikace pole; přidání nové substance; přidání nové substance a pole; přechod do pod-systému; přechod do nad-systému; modifikace polí; modifikace substance; fázové přechody;	
Inspirace	
sériové balení; typy tvarovaných probalových/obalových materiálů a technologií;	
Seznam nápadů	
namísto praskacích pytlíků použít předem připravené proklady; zavěšení dílů; použití sítí; automatizace; přípravky; pružné obaly; "laminace" - laminátované proklady; probal vyrobit předem; segmentace probalového materiálu; vzduchové vaky; zabaleno do prázdna - "nasadit na 'trn' "; Typy tvarových obalů: papírové; termo-formování; polystyrénové; houby; pěna (PUR); karton-plast;	

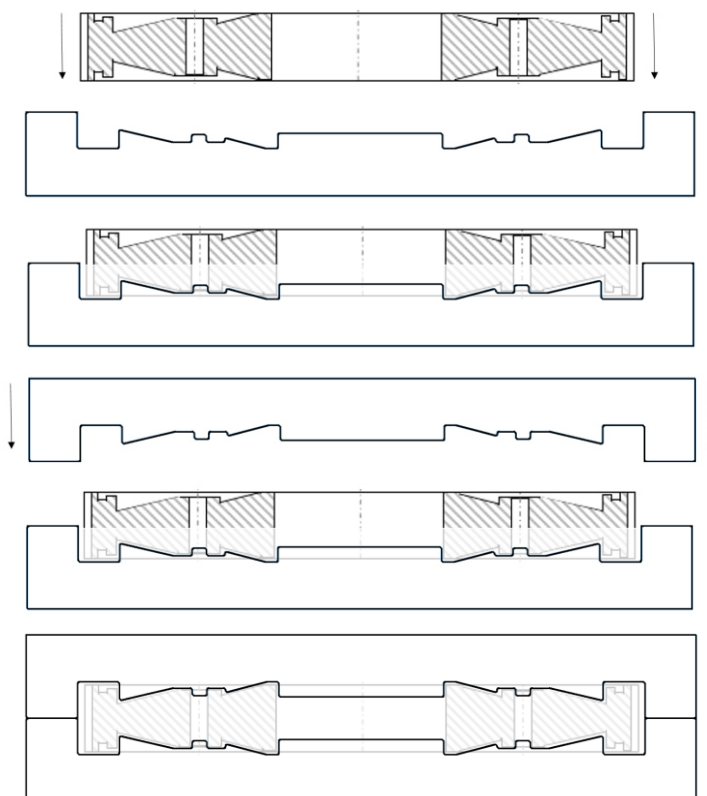
Ze seznamu nápadů a dílčích výstupů jednotlivých kroků aplikace byly vygenerovány náměty na zlepšení procesu balení disků.

Tab. 6-35: Vygenerované náměty pro zlepšení procesu balení disků.

Balení disků	
Tvarové proklady	Výroba nebo nákup tvarových prokladů (termoforming, papír, ...)
Držet disk navléknutý na „trnu“	Disk je držet v přepravním boxu na trnu (tedy stejně jako je uchycen ve finálním výrobku) okolo disku je „prázdné“

Řešení

Jako doporučené řešení bylo vybráno použití tvarových prokladů. Ať už nakupovaných od dodavatele, nebo vyráběných interně. Náklady na takový typ prokladů mohou rapidně klesnout v porovnání s používanými expanzními pytlíky. Jeden pytlík stojí přibližně 100 Kč, pokud budou pytlíky nahrazeny formovaným prokladem, lze tyto náklady redukovat k minimu. V případě vhodné volby materiálu by bylo dosaženo zlepšení i z hlediska ekologičnosti procesu. Termoformované plasty jsou velice snadno recyklovatelné. Proklady z papíru lze také snadno recyklovat.



Obr. 6-73: Schematické vyobrazení tvarového prokladu pro balení disků.

Z hlediska času balení se předpokládá také snížení. Odhadem lze čas balení jednoho disku stanovit součtem dílčích aktivit: 5,6 minut kontrola, 1,4 minut příprava materiálů, 0,5 minut balení, a 4,1 minut štítkování. Celkově tedy 11,6 minut na kompletní zabalení disku včetně kontroly a oštitkování. To je oproti původnímu stavu zlepšení o 61,33%.

Společnost se rozhodla navržené řešení poplat v období Q2 2023, s tím že poté bude provedena tzv. „cost benefit“ analýza, na základě které bude rozhodnuto o realizaci nalezeného řešení.

6.2.11 Prusa Research: proces lepení ultem folie

Společnost Prusa Research⁵² se zabývá vývojem a výrobou 3D tiskáren. Mezi nejúspěšnější modely patří Original Prusa MK3, Tiskárna založená na principu FDM⁵³ (*Fused Deposition Modeling*). Společnost ale také vyrábí tiskárny založené na principu SLA⁵⁴ (*Stereolitografie*). Mimo jiné produkuje vlastní filament⁵⁵ i pryskyřici do obou typů tiskáren. Filament firmy Průša lze zařadit na špičku na trhu jak z hlediska přesnosti průměru drátu, tak barevné stálosti. Dále se společnost zabývá vývojem tiskových farem, přičemž v rámci produkce tiskáren je značná část komponent tisknuta právě na tiskové farmě.

⁵² Společnost Prusa Research byla v roce 2018 vyhodnocena jako 3. nejrychleji rostoucí technologická společnost v zemích EMEA (Europe, Middle East, Asia). [293]

⁵³ FDM = *Fused Deposit Modeling* je technologie 3D tisku, kdy je díl tvořen vrstvením materiálu z trysky, nejčastěji se jedná o termoplasty, na podobném principu mohou být vrstveny i jiné materiály.

⁵⁴ SLA = *Stereolitografie* (*Stereolithography*) je technologie 3D tisky založená na principu vytvrzování pryskyřice pomocí světla.

⁵⁵ Filamnet je materiál ve formě drátu pro technologii FDM.



Obr. 6-74: Original Prusa i3 MK3S+ [294]

Proces

První řešený projekt ve společnosti Prusa research se týkal procesu ořezávání ultemových folií z tiskových podložek. Na plechový díl podložky, již vyříznutý pomocí laseru a nabarvený, se nalepí a poté zalaminuje folie z materiálu *Ultem*⁵⁶. Tato folie je tepelně odolná. Zároveň má vhodné vlastnosti k tomu, aby na ni byl tisknutý materiál přilnutý. Po laminaci jsou okraje folie ořezány běžným řezákem. Ořezávání je prováděno ručně. Folie se laminuje z obou stran.

Problém

Problémem je, že celý proces ořezávání je velice zdoluhavý a monotónní. Cílem projektu bylo pokusit se nalézt řešení, jak proces ořezu usnadnit, případně zrychlit.

Původním námětem na řešení problému bylo použití ručního lisu na uštíhnutí okrajů folie. Toto řešení ale zabírá místo na pracovišti, se kterým celá společnost „bojuje“, a střížné nástroje na takový přípravek mohou být poměrně drahé.

Aplikace metodiky

Na popsáný problém byla aplikována navržená metodika, souhrn aplikace je v následující tabulce.

Tab. 6-36: Aplikace metodiky na proces ořezávání ultemových folií.

Problém
Celý proces je zdoluhavý, především ořezávání přesahujících částí folie;
Proces
Podložka je očištěna, poté je nalepena folie, pomocí válcového lisu je zalaminováno k sobě, přesahující okraje ořezány
Smysl
Nanést na podložku ochrannou vrstvu pro 3D tisk (Ultem - PEI [Polyetherimid] zajišťuje lepší přilnavost první vrstvy tisku - není třeba používat lepidlo atd...);
Princip
ručně, pomocí válcové lisovací lamnovačky, řezákem;
Ideální stav
- Folií není třeba ořezávat;
- Ořezávání je výrazně snazší;
Otázky na ideální stav
- Jak docílit toho aby nebylo třeba folii ořezávat?;
- Jak docílit, aby bylo ořezávání radikálně usnadněno?;
Trendy (TESE)
Úplnost technického systému; Nerovnoměrnost rozvoje částí systému; Změny měřítka; Změny propojení; Nárůst interakcí látka-pole (substance-field); Chytré materiály; Zvyšování stupně dělení (segmentace); Segmentace prostoru; Segmentace plochy; Segmentace objektu; Přejchod z makro do mikro (a dále); Přejchod do nad-systému; Síťe a vlákna; Snižování hustoty; Rozbití hranic; Dynamizace; Sladění akcí; Sladění rytmu; Mono-Bi-Poly (podobné); Ovladatelnost; Redukce zahrnutí lidí;
Vědecké efekty

⁵⁶ Ultem = PEI (*Polyetherimid*), termoplastický materiál s poměrně vysokou teplotou tání (přibližně 330°C).

tavení; působení magnetického pole na objekt nebo na feromagnetikum, které je spojené s objektem; působení elektrického pole na elektricky nabitý předmět; tlakové působení kapaliny nebo plynu; mechanické kmity; odstředivá síla; jev tepelné roztažnosti; kapilární jev; osmóza; Thomsonův jev; kmitavý pohyb; odstředivá síla; Elektrizace; elektrické a magnetické pole; tření; absorpce (adsorpce); difuze; elektrický výboj; mechanický a akustický kmitavý pohyb; ultrafialové záření; elektrické pole; magnetické pole ve vazbě s feromagnetickou látkou; fixace v kapalinách tuhoucích v magnetickém nebo elektrickém poli; gyroskopický jev; reaktivní pohyb; transportní reakce; termochemická metoda; v hydrátech; ve stlačených plynech; v hydridech; jako část budoucí sloučeniny; v absorbentech; jako výbušná směs; molekulární vazby (samo-spoj); komplexy; tekuté membrány; transportní reakce; v hydrátovém stavu; pomocí hydridů; okysličení - vytváření oxidů; sloučení vzájemně aktivních látek; fotochromů; elektrochromů; molekulární vazby; hydrofilie - hydrofobie; tekuté membrány; pomocí hydridů; sváření; tavení-tuhnutí; molekulární spojení; využití pásků; spirál; jednostranných povrchů; elips; parabol; sypké látky; elipsy; sypké materiály; pásky; spirály;
Technické rozpory
TR1: Chceme odstranit přesahy folie Zhorší se náklady a složitost nástroje, neuniverzálnost
TR2: Chceme nanášení vrstvy bez okrajů Zhorší se náklady, složitost zařízení
Parametry, které chceme zlepšit: 6; 9; 13; 15; 21; 23; 25; 26; 29; 39; Parametry, které se nepřipustně zhoršují: 13; 23; 26; 32; 35; 36;
Invenční principy (počet výskytů)
35. Změna parametrů (22x); 10. Předběžná akce (16x); 28. Mechanická substituce (12x); 2. Extrakce, Separace (10x); 18. Mechanické kmity a vibrace (10x); 15. Dynamičnost (9x); 3. Lokální kvalita (9x); 34. Odhození a regenerace (8x); 1. Segmentace (7x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (6x); 4. Asymetrie (6x); 38. Silné oxidanty (6x); 40. Kompozity (6x); 24. Prostředník (6x); 19. Periodická akce (5x); 13. Inverze, Naopak (5x); 29. Pneumatika a hydraulika (5x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (5x); 26. Kopírování (4x); 6. Univerzálnost, Multifunkčnost (3x); 32. Změna optických vlastností (3x); 14. Sferoidality, Zakřivení (3x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (3x); 16. Částečná nebo nadměrná akce (3x); 22. Škoda v užitek (3x); 39. Inertní prostředí (3x); 33. Homogenita, Stejnorodost (2x); 31. Pórovité materiály (2x); 12. Ekvipotencialnost, Stejná hladina (1x); 20. Plynulost užitečné akce (1x); 36. Fázové přechody (1x); 8. Anti-tíže (1x); 37. Teplotní roztažnost (1x); 5. Sloučení, Kombinování (1x); 23. Feedback, Zpětná vazba (1x);
Fyzikální rozpory
Chceme používat folii, protože je to levné; Nechceme používat folii (chceme jinou metodu), aby nebylo třeba ořezávat ZLP: podložka; folie (ULTEM); laminovací lis; řezák; gravitace; ...;
Separační principy
SP: A1. Separace konfliktních vlastností v prostoru; A2. Separace konfliktních vlastností v čase; A4. Systémový přechod: Přechod systému na anti-systém, nebo kombinace s anti-systémem; A5. Systémový přechod: Celý systém má vlastnost "X", zatímco jeho části mají vlastnosti opačné "X" (anti-X); A6. Systémový přechod: Přechod na systém, který pracuje na mikro úrovni; A9. Fázový přechod: Využití fenoménu spojeného s fázovým přechodem; "
Standardy
Modifikace existující látky; Modifikace Pole; Přidání nové látky; Přidání nového pole; Přidání nové látky a pole; Přechod do podsystému; Přechod do nad-systému; fázové přechody; feromagnetika;
Inspirace
Ořezávání okrajů v jiných průmyslech (papírenský, ...);
Seznam nápadů
Vstříkávání (vstříko-lis); Sprayování; práškování+zapékání; přechod na mikro; chytré materiály - jiný materiál folie; rozbití hranic - celá podložka z Ultemu; podložka se spec. PU pro dosažení pož. přilnavosti; Chladit podložku, opálit okraje; protahování řezným přípravkem (automatický posuv); ořezávací škrabka; přípravek na ořez při laminaci (vykrajovátko);

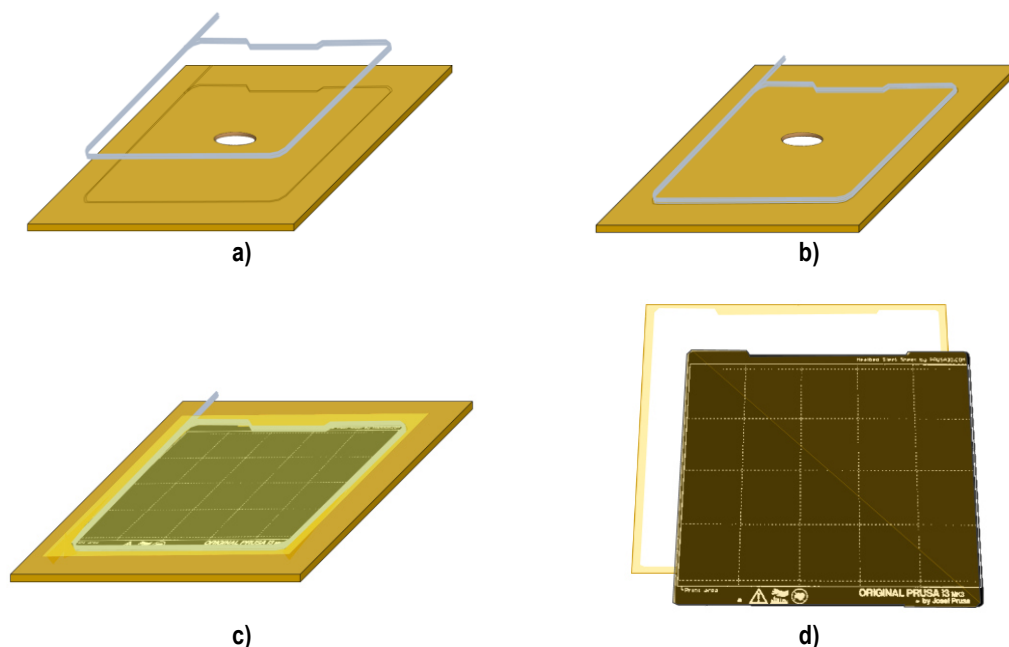
Ze seznamu nápadů byly později vygenerovány náměty na zlepšení, ty byly konzultovány s průmyslovými inženýry ze společnosti Prusa.

Tab. 6-37: Vygenerované náměty pro zlepšení procesu ořezávání ultraměkkých folií.

Ořezávání Ultem folie	
Vstříkolisová technologie	
Máčení v tavenině	Povlakování plátů v tavenině PEI
Sprayovat (taveninu)	Sprayovat kapičky taveniny PEI
Práškovat a zapéct	Popráškovat plech a zapéct
Práškovat na horký povrch	Popráškovat přehřátý plech (prášek se taví při kontaktu)
Práškovat s plamenem	Práškovat s přidaným plamenem, či jiným zdrojem tepla
Ořezávat v ořezávacím přípravku	Ořezávací přípravek (lis) na jednozdvihové ořezání okrajů
Zlepšit řezný nástroj – škrabka	Přípravek na držení dvou čepelí na efektivnější ořezávání
Ořezávat během laminace („vykrajovátko“)	Přípravek ve tvaru plechové podložky vkládaný do laminačního lisu – ořezáno během laminace.

Řešení

Vybrané nejlepší řešení je použití vykrajovacího nástroje vloženého přímo do přípravku v laminovacím lisu. Díky tomu by docházelo k ořezu folie již během laminace. Samotný proces ořezávání by tak byl z hlediska času zcela eliminován.



Obr. 6-75: Schéma navrženého řešení ořezu během laminace: a) sestavení ořezávacího přípravku; b) ořezávací přípravek; c) vložená podložka s folií, před laminací; d) vyjmutá podložka s ořezanými okraji folie.

Tento princip byl ověřen pomocí testu „proof of concept“, kdy byla folie nalepena na plech, a pomocí válečku na grafický tisk (např. ruční linoryt) bylo tlačeno na plech s folií přiloženého k čepeli. Ověřovací test je zaznamenán na obrázku níže. Toto otestování se zdařilo, a očekává se, že během laminace bude přeříznutí folie ještě snazší díky vysokým teplotám.



a)



b)



Obr. 6-76: Prvotní „proof of concept“ ověření námětu: a) umístění čepele; b) přiložení folie s plechem; c) přitlačení válečkem; d) odříznutý okraj.

Z důvodu vysoké vytíženosti, byl návrh finálního technického řešení zadán externí firmě. Počítá se s implementací finálního řešení až během roku 2024.

Protože byla implementace odložena, lze se vydat cestou méně ideálního, ale levného prozatímního řešení problému. A to použití takzvané „škrabky“ na ořez okrajů fólie. Díky použití škrabky lze ořezávat obě strany folie naráz, tím lze ušetřit až polovinu času ořezávání.

Vyhodnocení

Pokud by bylo řešení ořezávání fólie během její laminace úspěšně aplikováno, předpokládá se, že by byl eliminován celý původní proces ořezávání. Ořez jedné strany trvá v průměru 45 sekund. Výsledkem by tedy bylo uspoření přibližně 90 sekund na jedné podložce, kdy celková doba zpracování podložky je asi 290 sekund. Za den je průměrně vyrobeno asi 500 podložek, hodnota se mění v závislosti na počtu objednávek. Celkově tedy může být sloučením operací dosaženo úspory až 12,5 hodin⁵⁷ každý den. Kromě časových úspor lze také předpokládat zlepšení komfortu pracovníků jak z hlediska ergonomie, tak bezpečnosti.

6.2.12 Prusa Research: procesy na tiskové farmě

Další projekt ve společnosti Prusa Research se zaměřoval na procesy na tiskové farmě. Tisková farma v současné době obsahuje přes 600 tiskáren upraveného modelu MK3.



Obr. 6-77: Ukázka tiskové farmy ve společnosti Prusa Research. [295]

Proces

Na tiskové farmě jsou téměř neustále tisknuty plastové komponenty na nové tiskárny. Odhadem se zde vyrábí asi 20% komponent na běžné tiskárny.

Procesně tisk na farmě probíhá tak, že pracovník tiskové farmy – takzvaný „farmář“, z terminálu získá informaci o plánu výroby. Poté hledá volné tiskárny – tj. tiskárny, které netisknou. Na tyto tiskárny zadá výrobu požadovaných dílů. Každá tiskárna má v sobě SD kartu⁵⁸ s daty pro všechny komponenty tisknuté na farmě, pracovník tedy pouze zvolí požadovaný soubor k tisku. Po zahájení tisku musí pracovník kontrolovat kvalitu první vrstvy, poté probíhá kontrola tisku pouze

⁵⁷ man-hours

⁵⁸ SD (*secure digital*) – typ paměťové karty pro přenosná zařízení.

namátkově. Tiskárna sama pozastaví výrobu v případě větších problémů, jako zborcení dílu, nebo došlého materiálu. Po dokončení tisku farmář odebírá hotové díly a očistí uje podložku. V průběhu tisku ještě kontroluje cívky s materiálem a případně je mění za nové.

Problémy

Cílem projektu bylo zlepšit aktivity vykonávané pracovníky farmy, tedy co nejvíce omezit zásahy pracovníků. Zároveň snížit neproduktivní časy tiskárny.

Mezi tyto problémy se může řadit například: hledání volných tiskáren; hledání hotových dílů; přecházení mezi tiskárnami; kontrola tisku; výměna cívek materiálu; manipulace s díly; čištění tiskových podložek; a další.

Aplikace metodiky

Tab. 6-38: Aplikace metodiky na procesy v oddělení tiskové farmy.

Problém
Doba hledání volné tiskárny; přecházení mezi tiskárnami (kontroly, ...); Snaha nahrazení lidských činností tak aby nebylo třeba k tiskárnám chodit.
Proces
Výroba dílů na tiskové farmě. Terminál - (díly+počet) - hledání tiskárny - zapnutí - kontrola 1. vrstvy - sundání - kontrola 1. vrstvy - očištění steelsheet (špachtle + alkohol) - díly do krabice - krabice ke krabicím - (když hodně krabic -> přesun do vedlejší místnosti, roztřídění)
Smysl
Vytisknout požadované díly, v požadovaném množství (a kvalitě);
Princip
3D tisk - farma;
Ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - Farma je bez lidské obsluhy (redukce lidí); - Není potřeba přecházet mezi tiskárnami; - Hotové díly jdou bez meziskladu na dílnu opracování okamžitě;
Otázky na ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - Jak docílit, aby nebylo potřeba lidské obsluhy?; - Jak docílit, aby nebylo nutné přecházet mezi tiskárnami?; - Jak docílit, aby byly hotové díly okamžitě přepraveny na opracování?;
Trendy (TESE)
Nerovnoměrnost rozvoje částí systému; Změny měřítka; Zvyšování stupně kontroly nad systémem; Zvyšování stupně dělení (segmentace); Přejít z makro do mikro (a dále); Přejít do nad-systému; Snižování hustoty; Zvyšování asymetrie (ke shodě s vnějšími asymetriemi); Rozbití hranic; Dynamizace; Sladění akcí; Sladění rytmu; Mono-Bi-Poly (podobné); Zvýšení využití smyslů; Zvýšení využití barev; Zvýšení transparentnosti; Redukce zahrnutí lidí;
Vědecké efekty
působení magnetického pole na objekt nebo na feromagnetikum, které je spojené s objektem; působení elektrického pole na elektricky nabitý předmět; tlakové působení kapaliny nebo plynu; mechanické kmity; odstředivá síla; jev tepelné roztažnosti;
Technické rozpory
TR1: Chceme snížit počet potřebných pracovníků na farmě Zhorší se náklady a složitost systému
TR2: Chceme redukovat dobu hledání tiskáren Zhorší se stále je potřeba po farmě přecházet
TR3: Chceme redukovat pochozí vzdálenosti Zhorší se náklady složitost implementace
Parametry, které chceme zlepšit: 38; 39; 35; 25; 15; 9; 24;
Parametry, které se nepřipustně zhoršují: 37; 36; 34; 4;
Invenční principy (počet výskytů)
10. Předběžná akce (7x); 1. Segmentace (6x); 29. Pneumatika a hydraulika (5x); 35. Změna parametrů (5x); 28. Mechanická substituce (5x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (5x); 34. Odhození a regenerace (4x); 32.

Změna optických vlastností (3x); 15. Dynamičnost (3x); 24. Prostředník (3x); 16. Částečná nebo nadměrná akce (3x); 4. Asymetrie (3x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (2x); 18. Mechanické kmity a vibrace (2x); 7. Vnoření, Spojení (2x); 26. Kopírování (2x); 2. Extrakce, Separace (2x); 14. Sferoidalita, Zakřivení (2x); 25. Samoobsluha (2x); 12. Ekvipotencialnost, Stejná hladina (1x); 23. Feedback, Zpětná vazba (1x); 6. Univerzálnost, Multi-funkčnost (1x); 3. Lokální kvalita (1x); 19. Periodická akce (1x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (1x); 33. Homogenita, Stejnorodost (1x); 37. Teplotní roztažnost (1x); 13. Inverze, Naopak (1x); 39. Inertní prostředí (1x); 5. Sloučení, Kombinování (1x);
Fyzikální rozpory
Chceme automatizaci, aby nebylo potřeba lidské obsluhy Nechceme automatizaci, aby změna nebyla příliš nákladná (složitý systém)
Separáční principy
A1. Separace konfliktních vlastností v prostoru; A2. Separace konfliktních vlastností v čase; A4. Systémový přechod: Přechod systému na anti-systém, nebo kombinace s anti-systémem; A5. Systémový přechod: Celý systém má vlastnost "X", zatímco jeho části mají vlastnosti opačné "X" (anti-X); A6. Systémový přechod: Přechod na systém, který pracuje na mikro úrovni; B5. Separace opačných vlastností přidáním nové funkcionality vlastnosti;
Standardy
Modifikace existující látky; Modifikace Pole; Přidání nové látky; Přidání nového pole; Přidání nové látky a pole; Přechod do podsystému; Přechod do nad-systému; fázové přechody; feromagnetika;
Inspirace
jak systém určuje zaplnění/použitelnost tiskáren?; skladové systémy; low-cost automatizace (karakuri); tisk na zavěšené tiskárně?; spojování filamentových drátů? (kleště <instalateři>);
Seznam nápadů
propojení informace o tisknutém dílu s polohou tiskárny; výměna celých plátů (čištění v dávkách); rozdělení farmářů na sektory; vizuální management - světlo...; SoftWare; pohyblivé "buňky" - (FIFO - seřazeno podle doby startu - ta co běží nejdéle, bude nejbliž na dosah (sloupec padá jako plechovky)); rychlé zchlazení plátu > díl se odlopuje; materiály s tepelnou pamětí (v teple ploché, v chladu se "vypouknou" a odlepi díl); segmentace vyhř. podložky (jeden ze segmentů se hýbe a tím odlepuje díl); přípravek na sundávání dílů/podložek; ovládat obrazovku - při stavu poruchy nebo dokončení (blikat,...); napojovat dvě cívky filamentu (jako kanban systém) - žádné prostoje tiskárny kvůli výměně cívky;

Aktivity na farmě byly dále segmentovány na menší celky: identifikace tiskárny; zapnutí výroby; kontrola tisku; doplňování materiálu; odběr hotových dílů; transport dílů na další oddělení. Na tyto segmenty byla aplikována metodika s cílem nalézt další náměty ke zlepšení těchto aktivit. Jednotlivé aplikace na dílčí segmenty procesu jsou vyobrazeny v příloze (PŘÍLOHA č. 10).

Ze všech segmentů byly kolektovány nápady do souhrnného seznamu nápadů, který je v následující tabulce.

Tab. 6-39: Souhrnný seznam vygenerovaných nápadů.

Souhrnný seznam nápadů
zrcátka; mapování farmy jako skladu - snaha dávat četné a krátké díly na bližší tiskárny, program, který dokáže určit vhodné volné stanoviště (nutná čtečka pro info o započaté či ukončené výrobě); jeden farmář "seje", druhý "sklízí"; blikání samotným displayem (firmware); namísto identifikace - řízení pomocí skladového systému;
použití senzorů; bluetooth; LAN;
kamery + UI - rozpoznání obrazu; kontrola ne celé vrstvy ale ihned za extruderem = menší senzor; Lidar / 3D scanner (reverse engineering); foto s nasvícením povrchu z různých úhlů (jako u 3D tisku kovů);
svařovací přípravek; tisk z granulátu; kontinuální dodávání (výroba materiálu zvlášť pro farmu); cívky uloženy centrálně; spojení cívek;
přeprava dílů na podložce, doplnění čisté podložky; vibrovat plátem; ohnutí podložky; výměna celé podložky; segmentovaná vyhřívána podložka (pohyblivá); tisk na pás - po vytisknutí se pás posune a ohne - díl spadne - pokračuje tisk na další kousek pásu - (na druhé straně probíhá čištění...);
karakuri; válečkové-gravitační dopravníky; přemisťování magnetem (podložky); vibrační dopravníky; přidání pastí pro třídění dílů;

Ze všech sebraných nápadů byly vygenerovány náměty na zlepšení.

Tab. 6-40: Vygenerované náměty pro zlepšení aktivit na tiskové farmě.

identifikace stavu tiskárny	
Blikání displayem	Použití firmware pro opakovanou inverzi pixelů na obrazovce pro snazší identifikaci stavu tiskárny
Světelná signalizace	
zapnutí (výběr programu, zahájení výroby)	
Modul na vzdálené ovládání tiskárny	Přidání „chytrého“ modulu k tiskárnám, rozšíření možností vzdáleného ovládání a komunikace.
kontrola kvality (především 1. vrstva)	
Kamera/fotografie + UI	Umělá inteligence na rozpoznání chyb v tiskových vrstvách
výměna/doplňování materiálu	
Tisk z granulátu	
Svařovací přípravek	Napojování cívek filamentu společně s kanban systémem doplňování nových cívek
odběr vytisknutých dílů	
Manipulace s podložkami	Přeprava dílů na podložkách, doplňování čistých podložek
Tisk na pás	Posunem pásu se díl uvolní, zároveň se vytvoří okamžitě místo pro nový tisk
transport	
Karakuri	Gravitační dopravníky
Magnetické dopravníky	Magnetem ovládat podložku

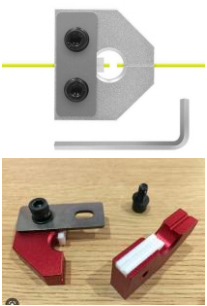
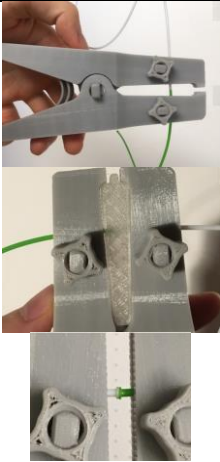


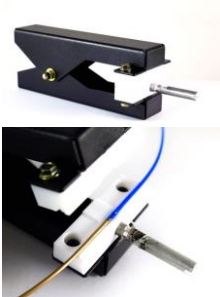
Řešení

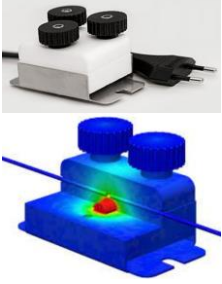
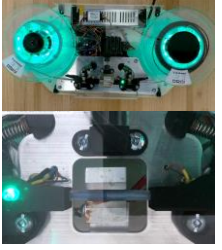


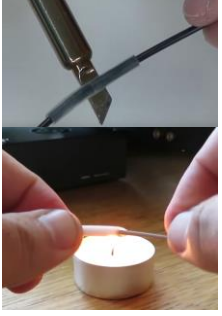

Z důvodů plánovaného stěhování celé firmy do nových prostorů a obměny všech tiskáren v tiskové farmě, bylo rozhodnuto ponechat implementaci radikálnějších změn až součinně s přestavbou farmy.

Jako aktuální řešení pro okamžitou aplikaci bylo vybráno navařování cívek filamentu, k eliminaci časů potřebných na výměnu a zároveň snížení ztrát materiálu během výměn.

Na základě námětu byla provedena analýza existujících řešení svařovacích zařízení a nástrojů pro filament.

Tab. 6-41: Porovnání současných řešení ke spojování filamentu (benchmarking).

Název	Foto	princíp	pozitiva	negativa
Filament Welder (JennyWelder) [296]		<ol style="list-style-type: none"> 1) Filament se z obou stran prostrčí; 2) obě strany se uzavrou, utáhnou se šrouby; 3) ohněm, nebo páječkou se spojí filament (ten se přitlačuje k sobě); 4) dokud je spoj teplý, protáhne se „kalibračním“ otvorem 5) vyjmutí filamentu a dočištění spoje; 	<ul style="list-style-type: none"> + levné + jednoduchá výroba 	<ul style="list-style-type: none"> - nutno protáhnout, nebo rozmontovat - externí zdroj tepla - nedokonalý povrch spoje
Fillament Welding Clamp [297]		<ol style="list-style-type: none"> 1) filament se prostrčí a napolohuje pomocí klínu (utáhne se poloha); 2) kleště se rozevrou a pomocí páječky se filament zahřeje; 3) filameny se spojí; 4) vyjme se filament, a očistí spoj; 	<ul style="list-style-type: none"> + snadnější manipulace + uchycený materiál 	<ul style="list-style-type: none"> - zůstává límec (nutno dočistit) - externí zdroj tepla - nutno protáhnout
Filament Welding tool [298]		<ol style="list-style-type: none"> 1) Filamenty se nasadí do přípravku (do teflonové hadičky); 2) hadička se zahřeje (plamen, páječka); 3) filament se vyjme; 	<ul style="list-style-type: none"> + levné + jednoduchá výroba + poměrně dobrý povrch spoje 	<ul style="list-style-type: none"> - nutno protáhnout, - externí zdroj tepla
Welding pliers (3D filament) [299]		<ol style="list-style-type: none"> 1) filament se uchopí do kleští; 2) kleště se zahřejí; 3) dočistí se spoj?; 	<ul style="list-style-type: none"> + snadnější manipulace + kleště – není nutno protahovat filament 	<ul style="list-style-type: none"> - externí zdroj tepla - povrch spoje?
Nextfila [300]		<ol style="list-style-type: none"> 1) vložení filamentů; 2) nahřátí dířku; 3) vyjmutí; 	<ul style="list-style-type: none"> + kleště – není nutno protahovat filament 	<ul style="list-style-type: none"> - externí zdroj tepla - povrch spoje?

<p>Fuse [301]</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1) nasunutí filamentu; 2) zapnutí; 3) čekání; 4) vyjmutí; 	<p>+ integrovaný zdroj tepla</p>	<ul style="list-style-type: none"> - nutno protáhnout, nebo rozmontovat - napájení kabelem - povrch spoje?
<p>J-J-JAS Filament Joiner [302]</p>		<p>Automatický spojovač cívek:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Nasazení cívky; 2) automatické spojení; 3) automatické odrolování; <p>zahřátí v teflonové hadičce</p>	<p>+ integrovaný zdroj tepla + automatické zpracování</p>	<ul style="list-style-type: none"> - nutno protáhnout, nebo rozmontovat - napájení kabelem - nepřenosné
<p>Loof [303]</p>		<p>Žehlička na prodlužování vlasů (žehličky mají v sobě drážky) (možná by šlo vyvrtat přesnou díru?)</p>	<p>+ integrovaný zdroj tepla + kleště – není nutno protahovat + nastavitelná teplota</p>	<ul style="list-style-type: none"> - rozměrová přesnost - povrch spoje? - napájení kabelem
<p>EasyWelder [304]</p>		<p>Kombinace žehličky na vlasy s nepřilnavou folií + držákem materiálu</p>	<p>+ integrovaný zdroj tepla + povrch + kleště – není nutno protahovat + uchycený materiál + nastavitelná teplota</p>	<ul style="list-style-type: none"> - napájení kabelem - větší množství operací
<p>Tavení v teflonové hadičce</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1) Nasunutí filamentů do teflonové hadičky; 2) zahřátí (plamen, páječka); 3) (pomačkání?) 	<p>+ levné + jednoduché + povrch</p>	<ul style="list-style-type: none"> - nutno protáhnout, nebo rozříznout - externí zdroj tepla
<p>Vit Sport / Wisepro [305, 306]</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1) Nasazení filamentu 2) zapnutí 3) čekání 4) vyjmutí <p>Wisepro: 0) vložení filamentů do folie</p> <p>Vit Sport: 5) dočištění spoje</p>	<p>+ integrovaný zdroj tepla + kleště – není nutno protahovat + povrch (wisepro)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - nutno protáhnout, nebo rozříznout - napájení kabelem - povrch? (VIT SPORT)

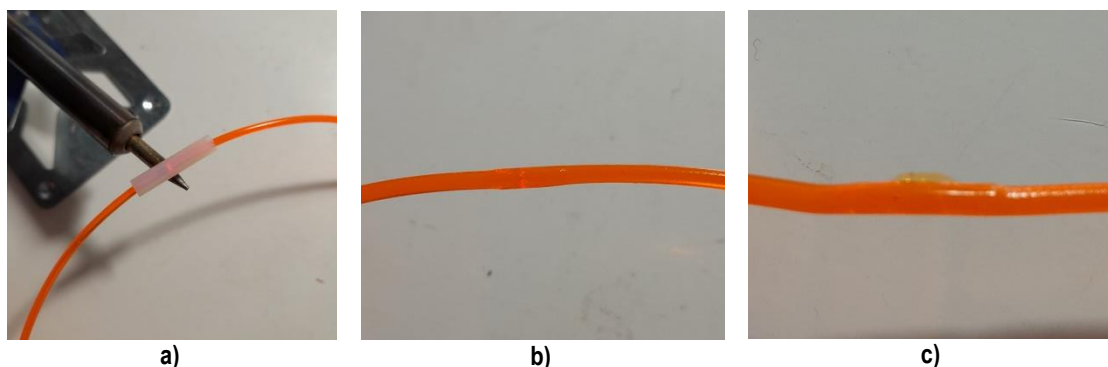
Existující svařovací nástroje jsou buďto průtahové, nebo naopak nesplňují požadovanou přesnost průmětu materiálu. Z toho důvodu bylo nutné navrhnout nový nástroj na svaření filamentu tak, aby byl zachován správný průměr, ale zároveň nebylo nutné celou cívku svářecím přípravkem protáhnout.

Pro vygenerování námětů byla použita morfologická matice.

Tab. 6-42: Morfologická matice pro generování námětů na nový svařovací nástroj.

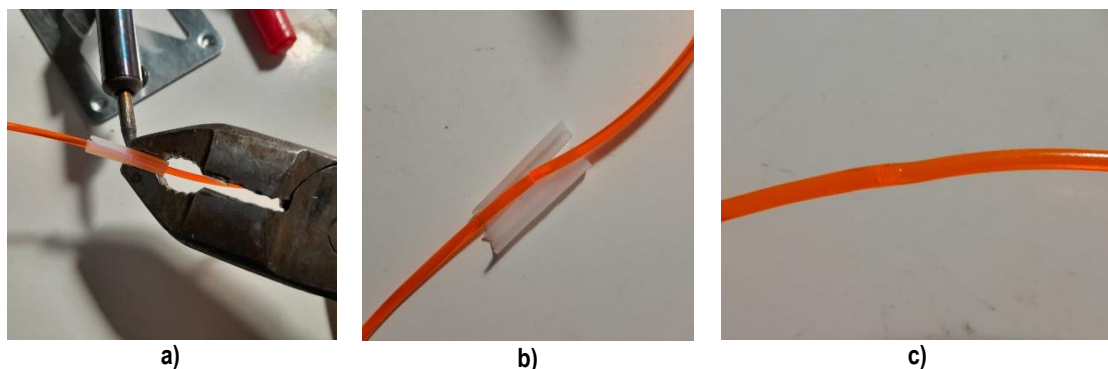
Funkce	Varianta A	Varianta B	Varianta C	Varianta D	Varianta E	Varianta F
Držení materiálu	Šrouby	Svorky	Samotné kleště	Kleště s „patentem“	svěrák	Pružinová svorka
Ohřev	Plamen	„Páječka“	Odporový drát (topná spirála)	Tření		
Zajištění tvaru	Drážka	Drážka + folie	Teflonová hadička	„kolečka“ (rolny)	Ořezání „límce“	
Chlazení	Pohyb (oddálení) ohřivacího média pryč	Čas	Aktivní chlazení			
Přiblížení/ polohování materiálů	ručně	Jako u tavné pistole				

Porovnáním jednotlivých variant pro naplnění požadovaných funkcí výrobku, bylo navrženo několik konceptů. Jako nejslibnější se jeví koncept svařovacích kleští, s přesnou drážkou, a ohřevem pomocí bateriemi napájeným odporovým drátem. Další alternativa je zajistit tvar teflonovou hadičkou, technologická proveditelnost tohoto konceptu byla nejprve ověřena hrubým testem, kdy byly dráty filamentu svařovány v rozříznuté hadičce z teflonu pomocí běžné páječky (viz. Obr. 6-78).



Obr. 6-78: Prvotní ověření námětu spojování filamentu (test s proříznutou hadičkou).

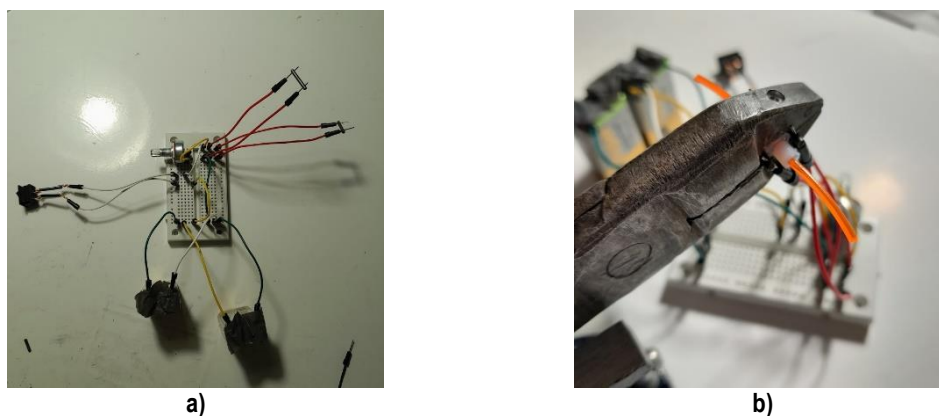
První test byl proveden na proříznuté teflonové hadičce. Zahřátí a spojení proběhlo poměrně bez problémů. Obtížnější bylo spojení dráty vyjmout z hadičky ven. To by se dalo řešit náběžnými hrany v prořezu hadičky. Hlavním problémem je zvětšený průměr v místě svaru na přibližně 2,0 mm, v jednom z více pokusů došlo k protečení nataveného filamentu do prořezové mezery v hadičce. Tyto nedostatky by mohli způsobovat zasekávání filamentu v tiskové hlavě.



Obr. 6-79: Prvotní ověření námětu spojování filamentu (test s rozdělenou a zmenšenou hadičkou).

Druhým testem bylo rozpůlení hadičky na dvě části, s tím, že jedna půlka byla ještě na obvodu zkrácena o přibližně 1 mm. V tomto případě byl největší problém držení obou částí hadiček a vzájemně dvou svařovaných drátů na jednom místě. Po svaření lze drát velice snadno vyjmout a průměr ve svaru dosahuje přibližně 1,7 mm, což je vyhovující.

Z prvotních testů vyplynulo, že použití dělené hadičky vyžaduje zmenšení průměru, ale jinak je možné. Proto bylo zahájeno sestavení „proof of concept“ vzorku, kdy byla hadička přilepena na kleště a jako tavící medium byl použit odporový drát napájený několika běžnými bateriemi. V druhé variantě testu byl odporový drát nahrazen kousky běžného grafitu.



Obr. 6-80: První test svařovacích kleští: a) testovací obvod; b) kleště s filamentem.

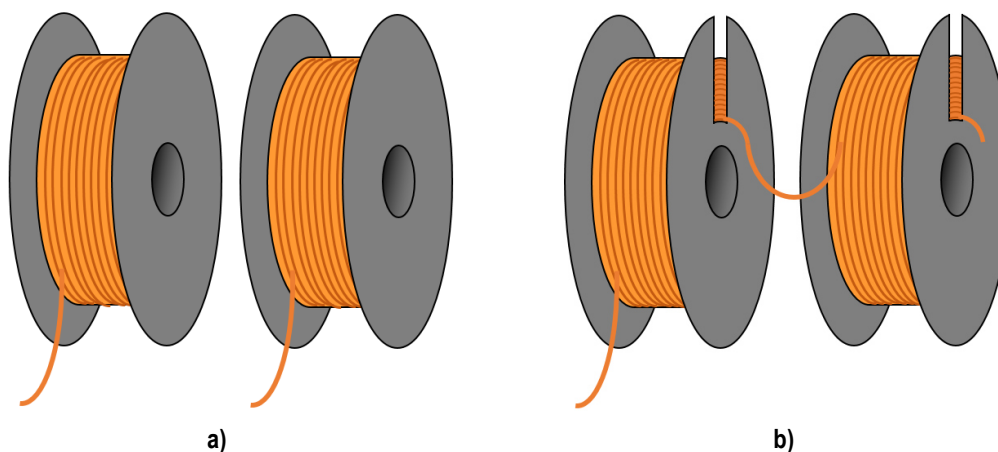
Bohužel, kovové kleště společně s teflonovými hadičkami pravděpodobně odváděly teplo (resp. izolovali) a během testování docházelo k pouze velice slabým spojům. Nedostatečným k reálnému použití. Proto byl zhotoven druhý koncept svařovacích kleští, se zahříváním elementem a přesnou drážkou (viz. Obr. 6-81). Druhý koncept je napájen silnějšími bateriemi, a kleště obsahují pružinu, takže již není třeba během svařování filamenty silou přidržovat.



Obr. 6-81: Druhý zkušební koncept navržených kleští: a) celé kleště; b) detail svařovací části.

Druhý koncept již dosahoval lepších výsledků, ačkoliv pro reálné použití bude vhodné tento koncept zoptimalizovat. Další optimalizace a vývoj svařovacího přípravku však již přesahuje rozsah této práce a byl ponechán na rozhodnutí firmy Prusa – Research.

Společně s aplikací navařování drátů filamentu je nutné upravit cívky tak, aby konec materiálu mohl vyčnívat z cívky, a také aby se mohl odmotat. Proto byl navrhnout koncept cívky pro tuto aplikaci (viz. schéma na následujícím obrázku).



Obr. 6-82: Schéma změny cívek: a) původní cívky bez napojení; b) cívky napojené na sebe.

Vyhodnocení

Na farmě s počtem 600 tiskáren dochází k výměně cívek každou směnu u přibližně 15% tiskáren (okolo 90 tiskáren). Výměna je prováděna hromadně a provádí jí dva pracovníci farmy. Celkově to trvá přibližně 20 minut. Při výměnách je dbán zřetel na to, aby přes noc byly tiskárny osazeny plnými cívkami, a naopak přes den, kdy jsou přítomni pracovníci, se používají zbytkové cívky, na drobnější díly. Během výměny dochází k drobným ztrátám na materiálu, to může být odhadem 30 – 50 centimetrů. Tento materiál je často využíván pro testovací účely jinde ve firmě.

V případě, že by bylo aplikováno řešení s použitím svařovacích kleští na cívky, může být dosaženo úspory jak produktivních časů tiskáren, tak nespotřebovaného materiálu. Z předešlých hodnot lze odhadnout, že by bylo dosaženo redukce neproduktivních časů tiskáren o 30 hodin⁵⁹

⁵⁹ printer-hours

za výměnu (tedy za směnu). Za stejnou dobu by došlo o redukci nevyužitého materiálu o 27 – 45 metrů filamentu⁶⁰.

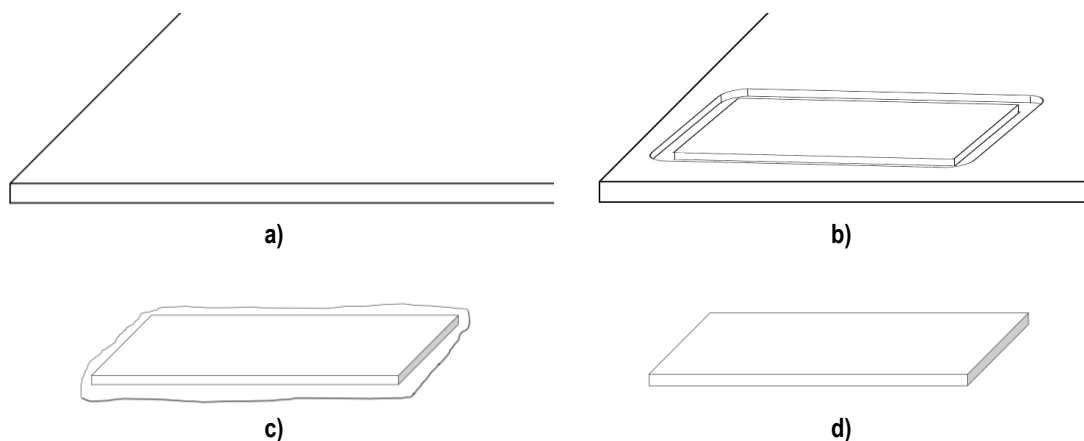
6.2.13 Ultra Clean Technology: dělení deskového materiálu

Společnost Ultra Clean Technology – Fluid Sytem Delivery se zabývá výrobou modulů pro přívod a odvod kapalin – chemikálií používaných ve strojích pro výrobu mikročipů⁶¹. Samotná výroba je rozdělena na dvě části. Zpracování plastových dílů a čistá montáž s testováním.

Projekty se zaměřovali na procesy a problémy v části zpracování plastových dílů.

Proces

První projekt se zaměřoval na proces řezání plastových desek. Plastový materiál je nakupován ve formě desek. Z těchto desek jsou pak následně vyřezávány pomocí frézky požadované díly. Díly jsou poté v několika následujících operacích očištěny, a upraveny. Poté dochází ke kolektování dílů do sestav⁶², které jsou přepravovány na oddělení svařování, kde vznikají svařence a kompletní plastové díly.



Obr. 6-83: Přeměny materiálu v průběhu procesu dělení desek:
a) deska; b) vyfrézovaný tvar (neprofézováno na skrz); c) nožem vyříznutý díl s okraji; d) očištěný díl od okrajů.

Problém

Problémem je, že při frézování – dělení nelze profrezovat materiál naskrz (došlo by k poškození stolu stroje). Z toho důvodu se nechává v řezu velice slabá vrstva materiálu. V dalších operacích jsou z těchto desek běžným řezákem vyřezány díly, které musejí být následně začištěny pomocí truhlářské stolní frézky, případně ještě ručně.

⁶⁰ V průměru dochází k výměně cívek u 90 tiskáren za směnu, kdy výměna trvá přibližně 20 minut. U jednotlivých tiskáren je pak během výměny přibližně 30 – 50 cm nevyužitého materiálu.

⁶¹ Výrobou zařízení pro tvorbu mikro čipů se zabývá pouze jediná společnost na světě a to ASML (*Advanced Semiconductor Matherials Lithography*). To především, kvůli tomu, že tyto stroje vyžadují velmi vysoké požadavky na kvalitu dodávaných komponent. Jedná se tak o dodavatelský řetězec se individuálními specifikacemi.

⁶² Část dílů je také obráběna, z obrábění se také kolektují díly z tyčového polotovaru. Vybrané položky se nakupují.

Aplikace

Tab. 6-43: Aplikace metodiky na dělení plastových desek.

Problém
Desky nelze proříznout naskrz - nutné další operace (vyřezávání, začišťování, ...)
Proces
Řezání plastových desek na požadované tvary;
Smysl
Získat ploché plastové díly dle požadovaných tvarů;
Princip
Frézování z plastové desky, (poté řezání nožem, začištění na truhlářské frézce, a ručními nástroji);
Ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - Materiál lze profrézovat naskrz; - Díly se dělí samy; - Díly jsou vyráběny bez zbytkového materiálu;
Otázky na ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - Jak docílit, aby bylo možné plastovou desku profrézovat naskrz bez poškození stroje?; - Jak docílit, aby se díly (materiál) dělil sám?; - Jak docílit, aby byly díly vyráběny beze zbytkového materiálu?;
Trendy (TESE)
Zvyšování stupně ideality; Změny měřítka; Změny propojení; Zvyšování stupně kontroly nad systémem; Chytré materiály; Zvyšování stupně dělení (segmentace); Segmentace prostoru; Segmentace plochy; Segmentace objektu; Přejchod z makro do mikro (a dále); Přejchod do nad-systému; Síť a vlákna; Snižování hustoty; Zvyšování asymetrie (ke shodě s vnějšími asymetriemi); Rozbití hranic; Geometrická evoluce (lineární); Geometrická evoluce (objemová); Dynamizace; Sladění akcí; Sladění rytmu; Mono-Bi-Poly (podobné); Redukce zahrnutí lidí;;
Vědecké efekty
tryska; výbuch; laser; využití pásků; spirál; jednostranných povrchů; elips; parabol; syké materiály; pásy; spirály;
Technické rozpory
TR1: Chceme zlepšit dělení materiálu Zhorší se poškození zařízení
TR2: Chceme zlepšit dělení materiálu Zhorší se ohyb desky
TR3: Chceme zlepšit dělení materiálu Zhorší se cena, spotřeba podložek
Parametry, které chceme zlepšit: 23; 26; 27; 39; 35;
Parametry, které se nepřipustně zhoršují: 30; 31; 23; 25; 36; 33; 12;
Invenční principy (počet výskytů)
35. Změna parametrů (18x); 10. Předběžná akce (12x); 28. Mechanická substituce (7x); 1. Segmentace (6x); 29. Pneumatika a hydraulika (6x); 40. Kompozity (6x); 15. Dynamičnost (5x); 2. Extrakce, Separace (5x); 24. Prostředník (5x); 3. Lokální kvalita (4x); 13. Inverze, Naopak (4x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (3x); 34. Odhození a regenerace (3x); 18. Mechanické kmity a vibrace (3x); 16. Částečná nebo nadměrná akce (3x); 39. Inertní prostředí (3x); 14. Sferoidalita, Zakřivení (2x); 33. Homogenita, Stejnorodost (2x); 22. Škoda v užitek (2x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (2x); 32. Změna optických vlastností (2x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (2x); 37. Teplotní roztažnost (2x); 11. Předběžná ochrana (2x); 31. Pórovité materiály (2x); 12. Ekvipotencialnost, Stejná hladina (1x); 6. Univerzálnost, Multi-funkčnost (1x); 38. Silné oxidanty (1x); 4. Asymetrie (1x); 7. Vnoření, Spojení (1x); 25. Samoobsluha (1x); 23. Feedback, Zpětná vazba (1x); 8. Anti-tíže (1x); 26. Kopírování (1x); 5. Sloučení, Kombinování (1x);
Fyzikální rozpory
Chceme podložku, aby bylo možné desku prořezat naskrz Nechceme podložku, abychom ji nemuseli často měnit ZLP: materiál, stůl, frézka/plotr, gravitace;
Separační principy
A1. Separace konfliktních vlastností v prostoru; A2. Separace konfliktních vlastností v čase; A3. Systémový přechod: Kombinace homogenních a heterogenních systémů v nad-systému; A4. Systémový přechod: Přejchod systému na anti-systém, nebo kombinace s anti-systémem; A5. Systémový přechod: Celý systém má vlastnost ""X"", zatímco jeho části mají vlastnosti opačné ""X"" (anti-X); A6. Systémový přechod: Přejchod na systém, který

pracuje na mikro úrovni; A7. Fázový přechod: Nahrazení fázového stavu pomocí části systému, nebo externím prostředím;
Standards
Modifikace existující látky; Modifikace Pole; Přidání nové látky; Přidání nového pole; Přidání nové látky a pole; Přechod do podsystému; Přechod do nad-systému; fázové přechody; feromagnetika;
Inspirace
plotry a frézky; podložky pod materiál; ...;
Seznam nápadů
Podložit desku levným, ale rovným materiálem; podlepení folií; Uložení desky na podpěry (podložit prázdňem); vložení do čelistí; Použití laseru; použití vodního paprsku; použití 3D tisku; odlévání; řezání vodou; drátořez; laser; segmentovaná podložka; kuličky; plavení; podložka; deska upnutá na pevně ve vzduchu; deska na pevně nástroj ze spodu; zavěšeno na síti (vlákna uhýbají nástroj?); materiál držen z jedné strany ve vzduchu - díly prořezávány postupně; pře-upnutí (2 programy); vosk; písek; led; látka, která je tuhá, ale pokud ji začnu frézovat tak změkne a uhne;

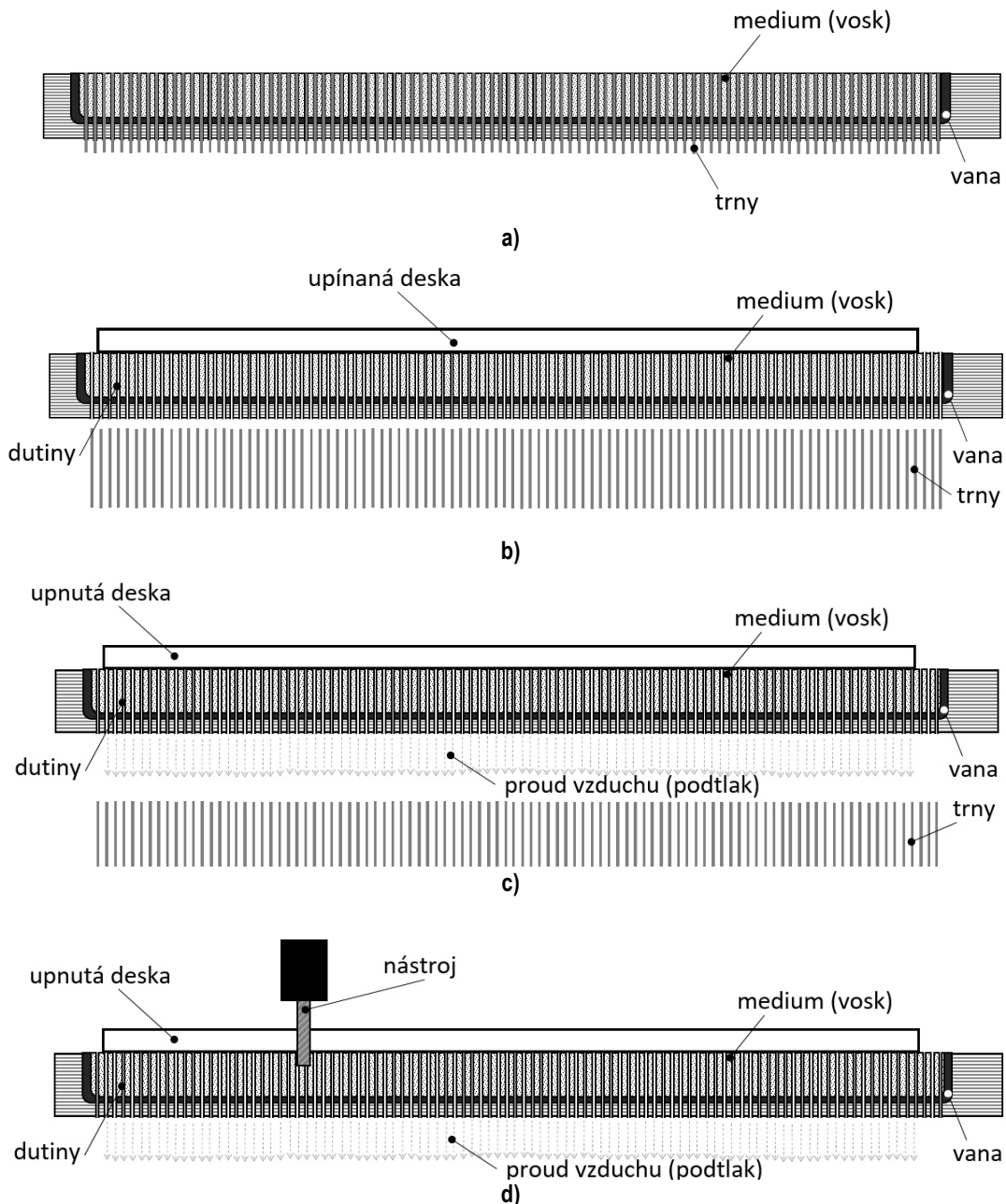
Po aplikaci metodiky byly vygenerovány náměty na zlepšení procesu. Tyto náměty jsou shrnuty v následující tabulce.

Tab. 6-44: Náměty na zlepšení procesu dělení plastových desek.

Námět	popis	
Podložky	levný rovný materiál	dřevěná deska
	folie	tlustší folie, lino, ...
Změna upnutí	Podpěry na stranách	
	Upnutí do čelistí	
	Upnutí z boku	Deska upnutá ve válcích z boku, řezání vždy v blízkosti upnutí
	Řezat ze spodu	Upnuto ve vzduchu a nástroj ze spodu
Změna technologie dělení	Laser	
	Vodní paprsek	
	Drátořez	
Otočení dílu	frézování	Řezat postupně z obou stran (pře-upnout díl z druhé strany)
	nůž	Díl otočit, vyříznout nožem dle NC programu
Jiný způsob podložení	Sypký materiál	Materiál drží rovinu pro podpěru desky, v momentu, kdy je deska profříznutá umožňuje pohyb nástroje pod deskou
	Led	
	Vosk	
	Jiný materiál	
Jiná technologie výroby	Pórovitý materiál + podtlak	Desku přidržovat pod tlakem ale zároveň podložit materiálem, který může být prořezán
	Odlévání do modulárních forem	
	3D tisk	

Řešení

Jako nejzajímavější námět bylo vybráno podložení materiálu jiným materiálem, tak aby deska mohla být profrézována, ale zároveň aby podkladový materiál desku přidržoval. Pro takový koncept by mohlo být možné využít vosk, případně vosku podobný materiál. Po profrézování lze vosk teplem poměrně snadno uvést do roviny, a zároveň je vosk přílnavý a může držet řezané díly na svém místě. Toto řešení je ovšem nutno dále ověřit. Další vylepšení tohoto konceptu může být vytvořením mnoha malých dutin skrz vosk a vanu, a desku držet pomocí podtlaku vznikajícího sáním vzduchu skrz tyto malé dutiny. Schématické vyobrazení tohoto způsobu upnutí je vyobrazeno na obrázku (obr. 6-84). Z časových důvodů nebylo ověření zařazeno do řešení této práce.



Obr. 6-84: Schéma navrhnutého řešení podložení dělených desek: a) vana s trny je naplněna médiem (vosk); b) na vytvrzený vosk je uložena deska k upnutí, trny jsou vysunuty; c) deska je držena pomocí podtlaku způsobeného sáním vzduchu skrz dutiny vzniklé po trnech; d) nástroj může prořezovat desku i medium, vyřezané díly jsou stále drženy pod tlakem.

Ve firmě byl zahájen projekt na ověření využití speciální fólie, která by mohla sloužit jako podkladové médium, do kterého je možné řezat, ale zároveň drží díly na svém místě.

Vyhodnocení

V případě, že by bylo toto řešení ověřeno a realizováno, bylo by možné eliminovat hned několik procesních kroků v celém výrobním procesu, díky tomu by krom ušetřeného času, bylo zapotřebí i méně pracovníků. Odhadem by tak mohlo docházet k časové úspoře 0,64 minuty na kus, a redukci 1 pracovníka. Při hrubém odhadu cca 50 vyrobených kusů denně by vycházelo k průměrné denní úspoře 32 minut. Všechny časy se mění v závislosti na typu a především rozměru dílů, získané časy operací byly stanoveny buď odhadem zkušenými pracovníky, nebo byl stanoven medián pro čas operace z nasbíraných dat za jeden měsíc.

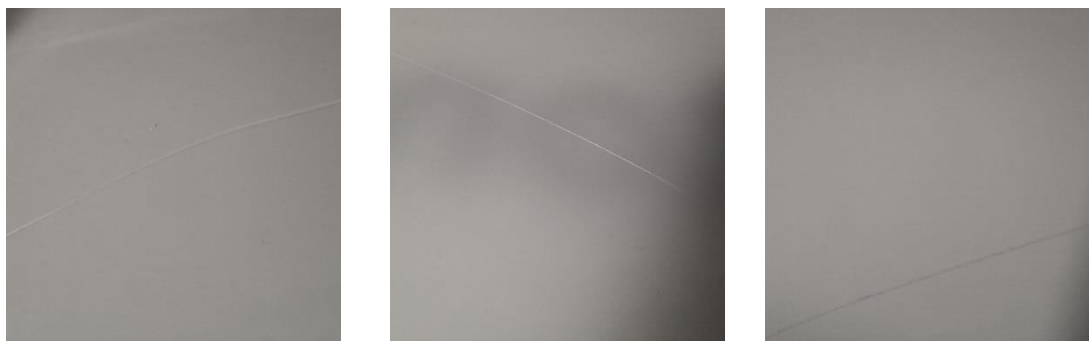
6.2.14 Ultra Clean Technology: oprava poškrábaných dílů

Další projekt ve společnosti UCT se zaměřuje na proces leštění poškrábaných plastových dílů.

Problém

Během zpracování a manipulace s plastovými díly dochází poměrně snadno k poškrábání těchto dílů. Škrábance jsou ale nepřijatelné. Proto je nutné poškrábané díly opravovat – tedy vyleštit.

Proces leštění plastových dílů je poměrně zdoluhavý a skládá se z několika operací, kdy dochází k postupnému aplikování jemnějšího a jemnějšího brusného média, dokud je rýha škrábance rozleštěna do ztracena.



Obr. 6-85: Poškrábané díly.

Proces

Okolí škrábance se nejprve nahrubo obrousí, a poté se aplikují jemnější a jemnější brusné papíry případně leštící pasty. Proces je prováděn ručně a pomocí ručních brusných nástrojů.

Aplikace metody

Tab. 6-45: Aplikace metodiky na proces opravy poškrábaných plastových dílů.

Problém
Proces leštění škrábanců trvá příliš dlouho, je náročný. Příčina - poškrábání během výrobního procesu.
Proces
Leštění poškrábaných dílů (částí);
Smysl
Opravit poškozený povrch;
Princip
Povrch okolo škrábance je postupně obrušován, pomocí různě hrubých brusných papírů a brusných past. Dokud není dosaženo identické kvality jako nepoškrábaný povrch.
Ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - Není potřeba opravovat; - Lze vyleštit během jedné operace; - Díly se leští samy;
Otázky na ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - Jak docílit, aby nebylo třeba opravovat škrábance?; - Jak docílit, aby škrábance zmizely, během jedné operace?; - Jak docílit, aby se díly samy leštily během zpracování/přepřavy?; - Jak docílit, aby se díly leštily samy?;
Trendy (TESE)
Zvyšování stupně ideality; Nerovnoměrnost rozvoje částí systému; Změny měřítka; Změny propojení; Zvyšování stupně kontroly nad systémem; Chytré materiály; Segmentace prostoru; Segmentace plochy; Segmentace objektu; Přejít z makro do mikro (a dále); Přejít do nad-systému; Sítě a vlákna; Zvyšování asymetrie (ke shodě s vnějšími asymetriemi); Rozbití hranic; Dynamizace; Sladění akcí; Sladění rytmu; Mono-Bi-Poly (podobné);
Vědecké efekty
ultrazvuk; vibrace; tření; akustická vlna; tavení; adsorpce;

tření; absorpce (adsorpce?); difuze; elektrický výboj; mechanický a akustický kmitavý pohyb; ultrafialové záření; interference vlnění; stojaté vlnění; magnetické pole; fázové přechody; mechanické vlnění; akustické vlnění; kavitace; transportní reakce; termochemické působení; plynné hydráty; stlačené plyny; hydridy; tavení - tuhnutí; využití pásků; spirál; jednostranných povrchů; elips; parabol;
Technické rozpory
TR1: Chceme zlepšit rychlost leštění; Zhorší se kvalita;
TR2: Chceme zlepšit snadnost leštění; Zhorší se kvalita;
Parametry, které chceme zlepšit: 9; 12; 15; 16; 27; 29; 32; 34; 39; Parametry, které se nepřípustně zhoršují: 9; 23; 25; 27; 29;
Invenční principy (počet výskytů)
10. Předběžná akce (16x); 35. Změna parametrů (12x); 28. Mechanická substituce (11x); 32. Změna optických vlastností (8x); 34. Odhození a regenerace (7x); 1. Segmentace (7x); 11. Předběžná ochrana (6x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (6x); 18. Mechanické kmity a vibrace (6x); 16. Částečná nebo nadměrná akce (5x); 3. Lokální kvalita (4x); 40. Kompozity (4x); 13. Inverze, Naopak (3x); 25. Samoobsluha (3x); 38. Silné oxidanty (3x); 15. Dynamičnost (2x); 2. Extrakce, Separace (2x); 20. Plynulost užitečné akce (2x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (2x); 29. Pneumatika a hydraulika (2x); 5. Sloučení, Kombinování (2x); 4. Asymetrie (2x); 14. Sféroidalita, Zakřivení (1x); 21. Přeskočení (1x); 9. Předběžná protiakce (1x); 26. Kopírování (1x); 31. Pórovité materiály (1x); 6. Univerzálnost, Multi-funkčnost (1x); 8. Anti-tíže (1x); 33. Homogenita, Stejnorodost (1x); 23. Feedback, Zpětná vazba (1x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (1x); 24. Prostředník (1x); 39. Inertní prostředí (1x);
Fyzikální rozpory
Chceme vysokou rychlost oprav, aby oprava netrvala dlouho; Nechceme vysokou rychlost opravy, aby byl výsledek kvalitní;
Separáční principy
<nebyly použity>
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
Lešticí procesy; Materiálové vlastnosti;
Seznam nápadů
tepelné leštění?; strojní leštění?; přepravní jednotky /systém, který díly leští; aditivní přístup - vyplnění škrábanců; tepelné leštění (natavení povrchu); přeprava pomocí stlačeného vzduchu; laser; změna přepravy: vibrace, tlakový vzduch, rollery, standardizace k zamezení vzniku škrábanců;

Po aplikaci metodiky byly generovány náměty pro zlepšení lešticího procesu (viz. Tab. 6-46).

Tab. 6-46: Náměty na zlepšení procesu leštění škrábanců.

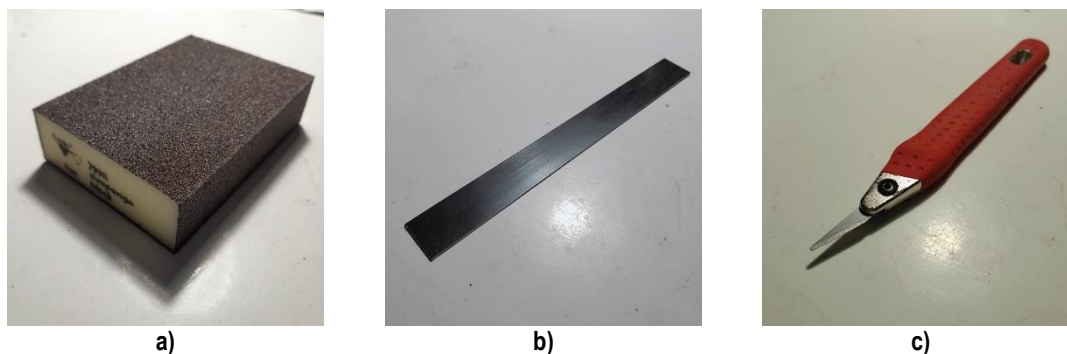
Námět		popis
Leštění teplem	Plamen	Vyhlazení škrábanců díky natavení povrchové vrstvy dílu
	Horkovzdušná pistole	
	Teplé zrcadlo (zrcadlový válec)	
Strojní leštění	Automatizace	
Aditivní přístup	Laserové navařování	Vyplnění škrábance materiálem
Samolešticí prvky ve výrobě	Lešticí průvlaky, ...	Průběžná oprava ve výrobě (všechny díly)
Změna principu manipulace		Snížení počtu zdrojů poškrábání
Eliminace procesních kroků		

Řešení

Jako nejvhodnější řešení bylo vybráno leštění pomocí tepla, konkrétně pomocí horkovzdušné pistole. Leštění by mělo být možné, protože všechny používané materiály jsou termoplasty. Pro testování je vhodné také zvážit kombinaci předbroušení a následného vyleštění teplem.

Ověření

Pro ověření byla provedena analýza typů škrábanců. Nejčastěji dochází k vážnějšímu poškrábání třemi způsoby: brusnou houbičkou, kovovou planžetou, nebo řezákem (Obr. 6-86).



Obr. 6-86: nejčastější zdroje poškrábání: a) brusná houbička; b) planžeta; c) řezák.

Ověření bylo provedeno pomocí horkovzdušné pistole⁶³ používané ve firmě pro svařování. Byly vytipovány jedny z nejpoužívanějších materiálů (PVFD⁶⁴, FMET⁶⁵), a pro otestování, a zároveň nalezení optimálních podmínek byl sestaven plán experimentu podle DOE (Design of Experiment). Sestavovaný plán byl kompletní dvou-úrovňový. Jako faktory ovlivňující procesy byly zvoleny teplota, čas ohřevu, průtok vzduchu, a vzdálenost pistole od povrchu. Z důvodu snížení počtu měření byla vzdálenost stanovena jako konstantní (mezi 3 a 4 cm od povrchu). Na základě parametrů svařovacích procesů, materiálových vlastností a několika testů na vzorcích byly stanoveny dolní a horní úrovně vybraných faktorů (viz. Tab. 6-47).

Tab. 6-47: Faktory a jejich horní a dolní meze pro plánovaný experiment.

Faktor	Teplota trysky (T)	Čas (t)	Proud vzduchu (v)	Vzdálenost od povrchu (d)
Dolní mez (min.)	300 °C	30 sec.	1/10 = 250 l/min	3-4 cm
Horní mez (max.)	400 °C	120 sec.	5/10 = 375 l/min	3-4 cm

Podle určených hodnot byl sestaven plán experimentu, který je vyobrazen v následující tabulce.

Tab. 6-48: Plán experimentu pro leštění škrábanců na materiálu PVDF.

pokus	Pořadí	T [°C]	t [sec]	v [#10]
2	1	400	120	1
7	2	300	30	5
6	3	300	120	1
4	4	400	30	1
1	5	400	120	5
3	6	400	30	5
5	7	300	120	5
8	8	300	30	1

Protože provedení celého ověřovacího experimentu je poměrně časově náročné, a nad rámec této práce, byl proveden pouze jeden pokus z plánu experimentu.

Vzorek byl nejprve poškrábán všemi třemi typy škrábanců⁶⁶. Uprostřed vzorku byla vyznačena zóna o velikosti přibližně 1 cm², a bylo provedeno 6 měření povrchu pomocí optického

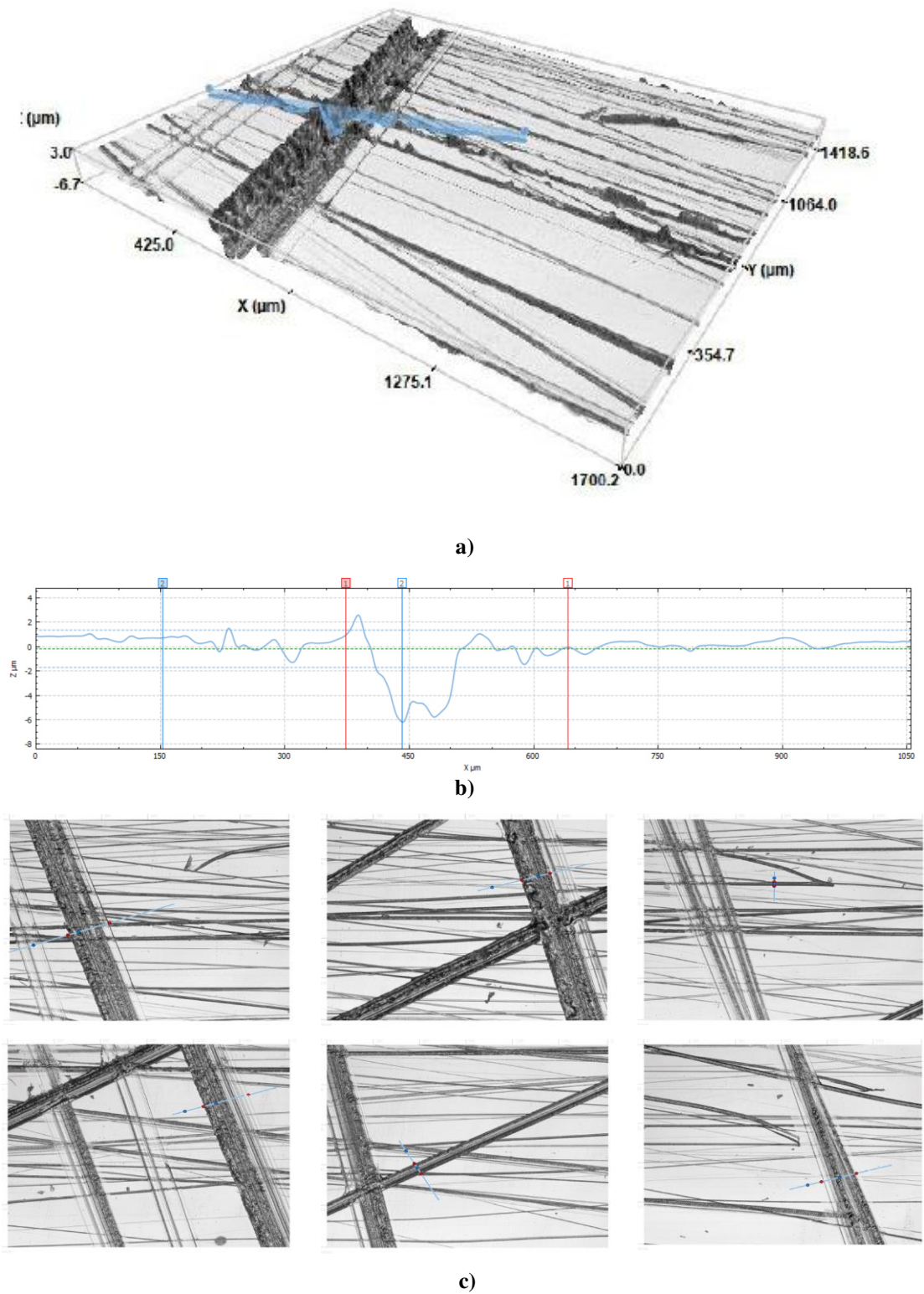
⁶³ Bosch GHG 660 LCD Professional (220-230 V). [307]

⁶⁴ PVFD (*polyvinylidenfluorid* nebo *polyvinylidendifluorid*) fluoropolymer s vysokou chemickou odolností.

⁶⁵ FMET je obchodní označení používaného PVC (*polyvinylchlorid*) materiálu se specifickými vlastnostmi (zejména chemickou odolností).

⁶⁶ Nejprve byly vzorky poškrábány brusnými houbičkami dvou drsností, poté řezákem a nakonec planžetou. Toto pořadí bylo zvoleno proto, aby nedocházelo ke zmenšení hloubky rýh od řezáku a planžety v případě, že by se houbička používala nakonec.

mikroskopu od společnosti *Sensofar*⁶⁷. Snímky vyhodnocovaných oblastí jsou vyobrazeny na obrázku (Obr. 6-87).

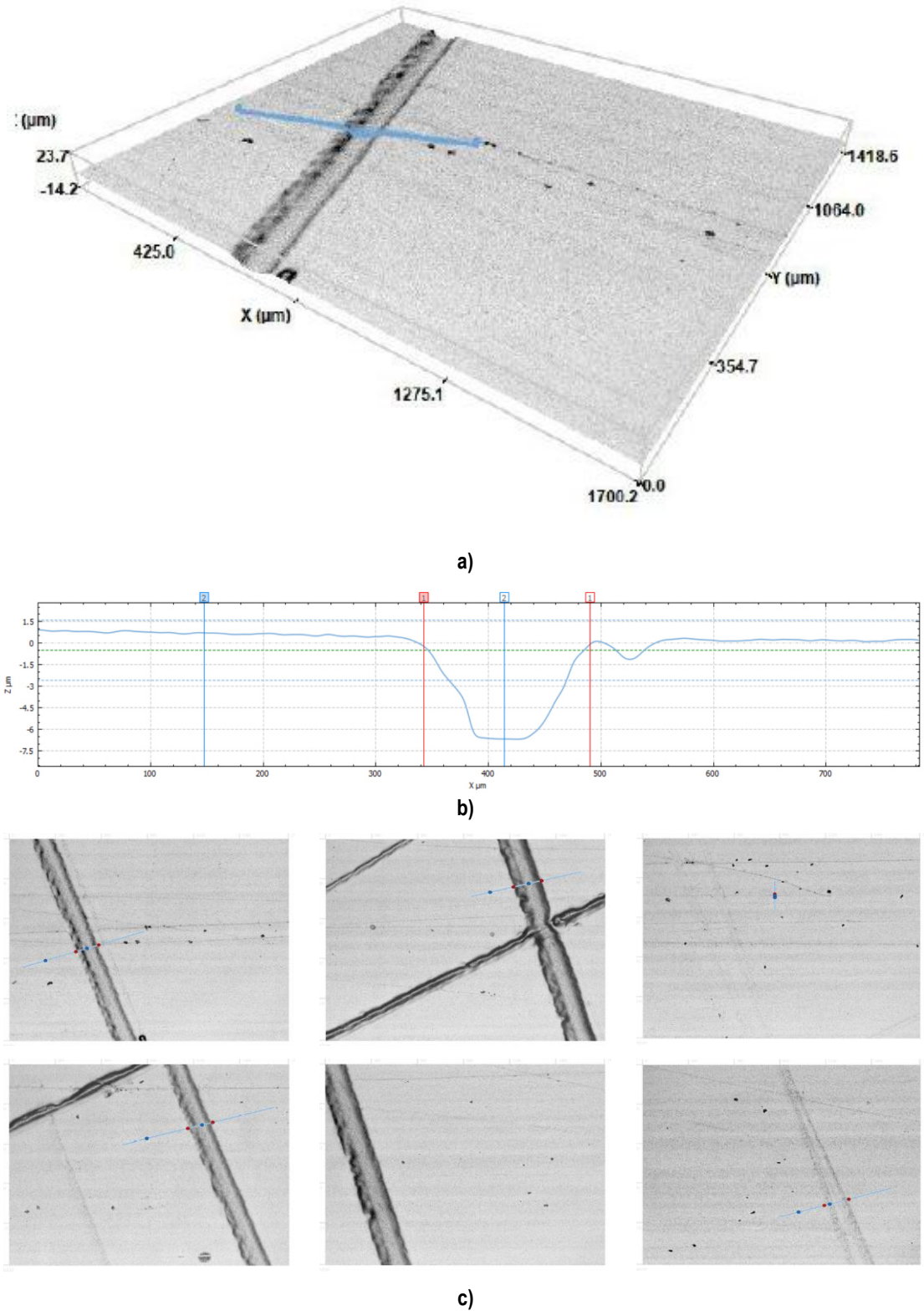


Obr. 6-87: Výstupy z měření povrchu škrábanců: a) 3D model naměřené plochy; b) analýza profilu vybraného škrábane; c) pořízené snímky, s vyznačenými sledovanými škrábanci.

⁶⁷ Jedná se o Sensofar optický 3D profiler: PLu neox [308]

Poté bylo provedeno opracování povrchu pomocí horkovzdušné pistole (*Bosch*) podle parametrů z plánu experimentu: teplota 400 °C; čas 120 sekund; a rychlost vzduchu 1/10, tedy 250 l/min.

Vzorek byl opět přeměřen v mikroskopu a to tak, že byla snaha nalézt identické oblasti k porovnání (viz. Obr. 6-88).



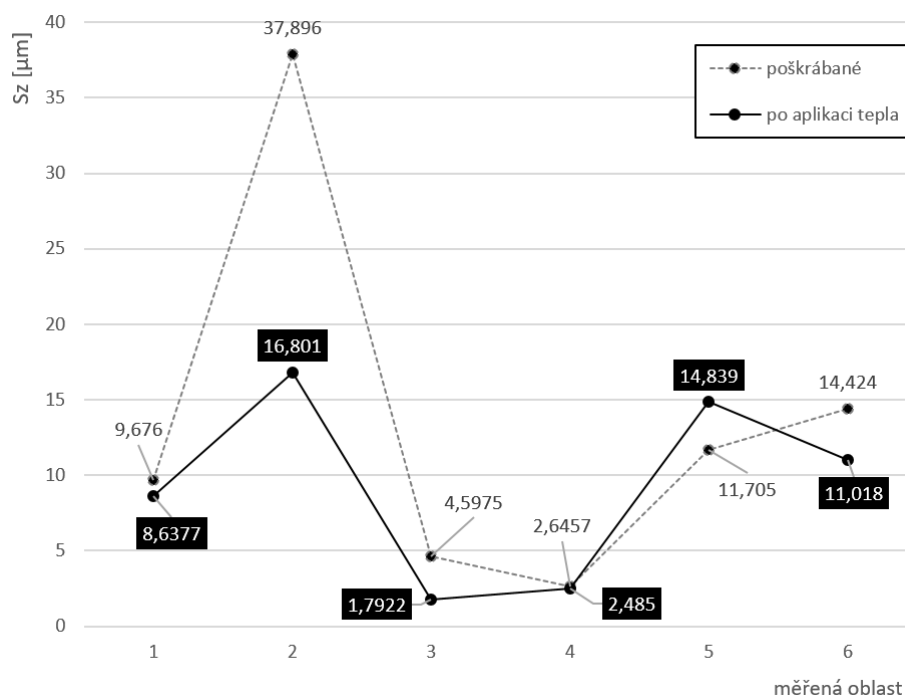
Obr. 6-88: Výstupy z měření povrchu škrábanců po aplikaci tepla: a) 3D model naměřené plochy; b) analýza profilu vybraného škrábance; c) pořízené snímky, s vyznačenými sledovanými škrábanci.

Ze snímků je patrné, že došlo k poměrně dobrému odstranění drobných škrábanců, větší škrábance ale na povrchu zůstali. Povrch byl vyhodnocován dle normy ISO 25178 a to z hlediska parametrů: Sa – aritmetický průměr výšky; Sku – špičatost; Sp – maximální výška vrcholu; Sq – kvadratický průměr výšky; Ssk – šikmost; Sv – hloubka nejnižšího bodu; Sz – rozsah mezi nejvyšším bodem a nejnižším bodem v ploše ($Sz = Sp + Sv$). Dále byla vyhodnocována změna šířky a hloubky na vybraných škrábancích (ΔL – šířka; ΔZ – hloubka).

Snímána byla vždy oblast o velikosti 1700,16 x 1418,64 μm .

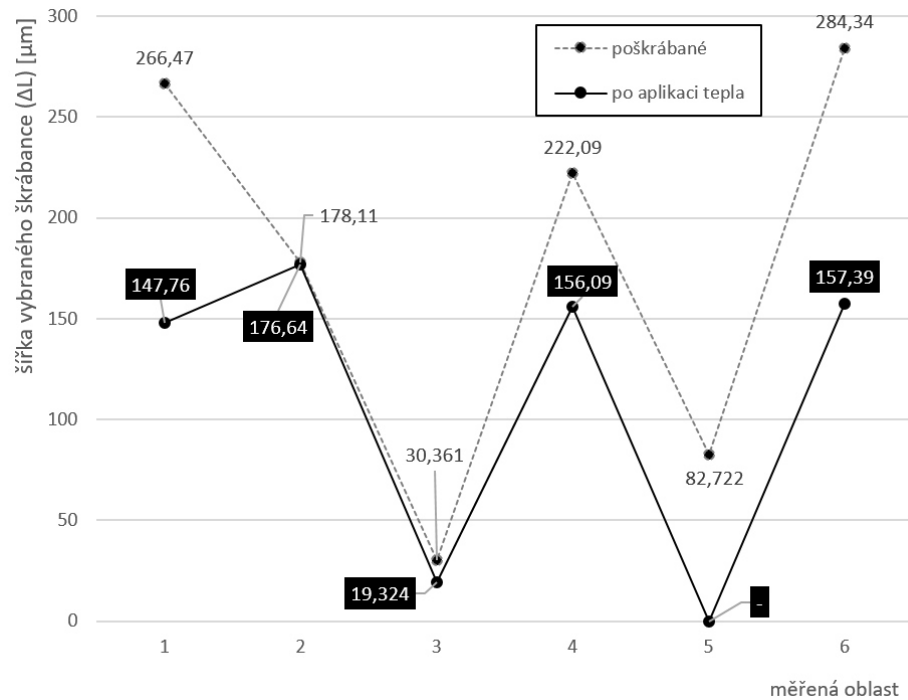
Jednotlivé protokoly z měření jsou v příloze (PŘÍLOHA č. 11).

Jako nejzásadnější parametr pro sledování kvality povrchu byl zvolen Sz tedy rozsah mezi maximem a minimem v měřené ploše, jeho změna je vyobrazena na obrázku (Obr. 6-89). Dále byly pozorovány změny na vybraných škrábancích a to hlediska šířky a hloubky vybraného škrábance (Obr. 6-90 a Obr. 6-91).



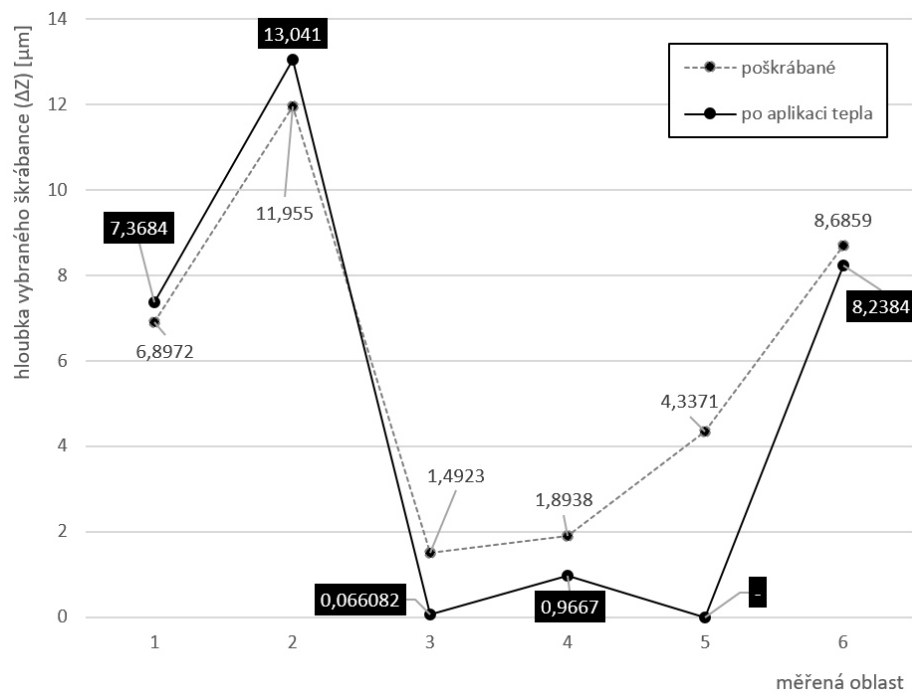
Obr. 6-89: Porovnání změny parametru snímaných ploch Sz (rozsah mezi minimem a maximem plochy) u jednotlivých měření.

Ve všech měřených oblastech došlo po aplikaci horkého vzduchu ke snížení rozsahu mezi nejvyšším vrcholkem a nejhlubším „údolím“. Lze tedy říci, že určitého zlepšení povrchu bylo dosaženo.



Obr. 6-90: Porovnání změny šířky vybraných škrábanců u jednotlivých měření.

Ve všech měřených oblastech, respektive u všech vybraných škrábanců byla naměřena menší šířka škrábance po aplikování horkého vzduchu. Jak je vidět z obrázku (Obr. 6-90), v některých případech došlo k redukci šířky škrábance téměř o polovinu. U páté oblasti došlo k takovému vyhlazení povrchu, že již nebylo možné provést měření profilu škrábance – škrábanec byl odstraněn. Pravděpodobně ale také záleží na typu škrábance, například u druhé oblasti, nedošlo prakticky k žádné redukci šířky škrábance.



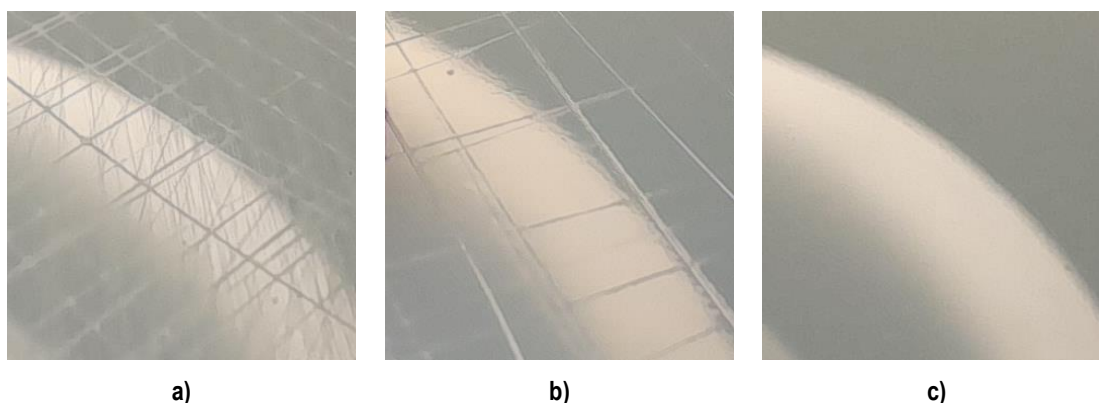
Obr. 6-91: Porovnání změny hloubky vybraných škrábanců u jednotlivých měření.

Hloubka velkých škrábanců zůstala bez výraznějších změn. To je způsobeno právě tím, že je ovlivňován pouze povrch dílu a teplo se obtížněji dostává na dno škrábance. Dalším poznatkem

je, že po aplikaci tepla je vyhlazený povrch o něco méně dokonalý (světlé plochy na snímcích jsou mírně zrnité, což značí drobné nedokonalosti povrchu). Pro reálnou aplikaci se tak doporučuje hrubé škrábance mechanicky předbrousit, a poté doleštit pomocí tepla. V případě, že by byly nároky na povrch takové, že by přešetřený povrch od působení tepla byl nedostačující, je možné ještě finální doleštění leštící pastou. I tak je předpokládáno, že při použití horkovzdušné pistole dojde ke značnému zrychlení celého procesu leštění.

Pro případ zamezení negativního ovlivnění teplem okolí škrábance je doporučeno použití kaptonových fólií.

Na následujícím obrázku jsou porovnány vzorky materiálu PVDF.



Obr. 6-92: Porovnání povrchů měřených vzorků: a) poškrábaný vzorek; b) po leštění teplem; c) vzorek bez škrábanců.

Vyhodnocení

V případě aplikace navrženého postupu částečného nebo úplného leštění škrábanců pomocí horkovzdušné pistole, je předpokládáno snížení celkového času leštění a to především díky nahrazení střední části leštění. Pro reálnou aplikaci a případné nalezení nejvhodnějších parametrů je ještě potřeba provést další testování, případně dokončit plánovaný experiment (DOE).

Reálná doba leštění škrábanců se obtížně stanovuje. Doba leštění závisí na velikosti, hloubce a poloze škrábance. Dalším aspektem je pak materiál. Pokud se vezme v potaz reprezentativní škrábanec, tak celkové vyleštění středně velkého škrábance zabere asi 30 minut, pokud se jedná o mělký škrábanec, a přibližně 60 minut, v případě hlubokého škrábance. Na leštění je používáno až 8 typů hrubosti leštících papírů, kdy u jemných škrábanců je vynechán nejhrubší papír s označením P400 a začíná se rovnou na brusném papíru s označením P1500.

Odhad úspor na leštění jednoho dílu je přibližné zkrácení původní doby (30 minut, respektive 60 minut), na (10,6 minut, respektive 24,5 minut⁶⁸) a to právě díky náhradě části brusných operací.

6.2.15 Ateliér Aleny Sojkové: výroba černých očí

Tento experiment se zaměřuje na zlepšování procesu výroby celo-černých skleněných očí. Ty se používají především na hračkách, ale také pro menší vycpaniny, jako jsou například hlodavci. Pro účely upevnění očí na hračkách, je nutné, aby měli ze zadní strany drátěné očko k přišití⁶⁹. Protože se jedná o závěrečný ověřovací experiment, proces byl opět zlepšen nejprve pomocí běžných přístupů, a teprve potom byla aplikována navržená metodika.

⁶⁸ Mělké škrábance: původní čas 30 min, 7 operací; Hluboké škrábance: původní čas 60 min, 8 operací.

⁶⁹ To ve skutečnosti funguje tak, že se zmáčkne do tvaru jehly, nastrčí na požadované místo (prostrčí se plastovou destičkou) a poté se očko opět rozšíří (rozplácne), tím je oko uchyceno na požadovaném místě.

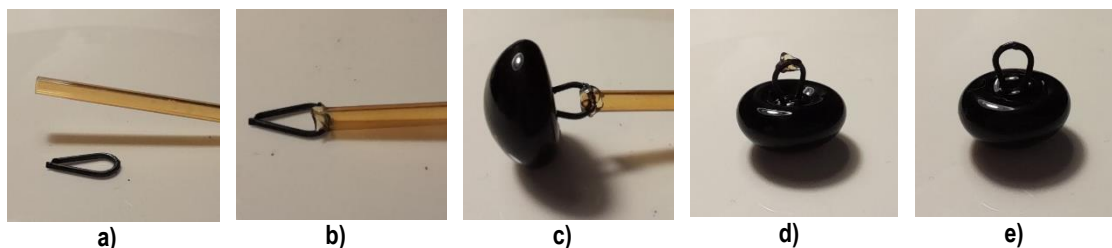


Obr. 6-93: Černé oko s drátěným očkem.

Prvotní zlepšení – MTM a Simulace

Proces výroby černých očí byl nejprve popsán na základě pozorování. Výroba oka se skládá z aktivit:

1. připevnění drátěného očka na skleněnou trubičku;
2. tvorba resp., formování, skleněného oka odtavováním skleněné tyče, vynutím na drátěné očko a tvarováním pomocí kovových forem. Během toho je zároveň je kontrolována rozměrová správnost;
3. pomalé chladnutí, k redukci vnitřního pnutí;
4. odlomení skleněné trubičky;
5. očištění drátěného očka od zbytků skla.

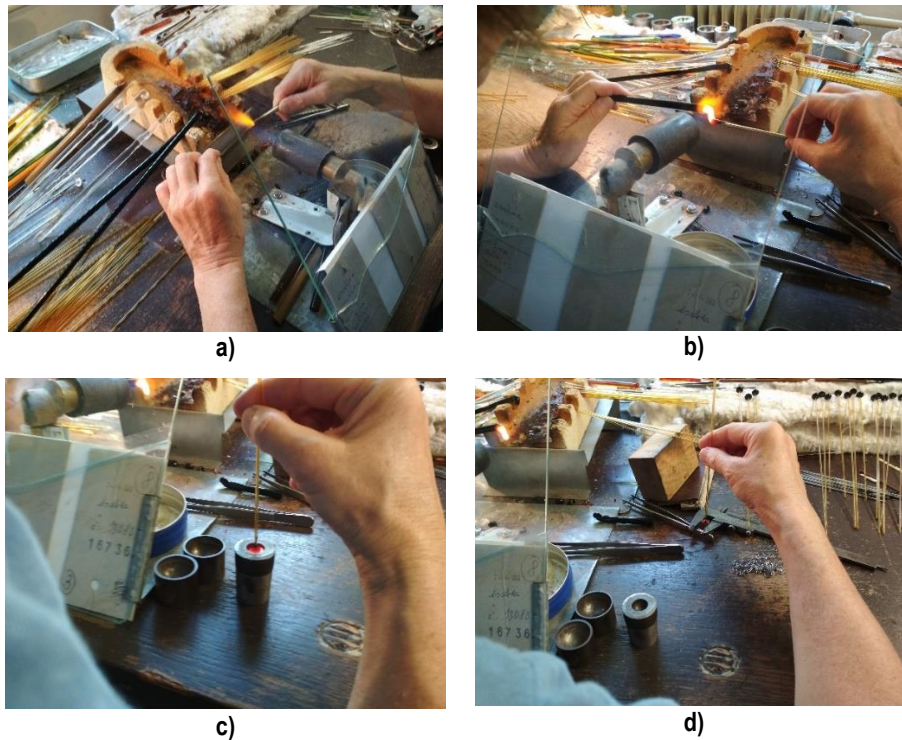


Obr. 6-94: Změna výrobku mezi procesními kroky: a) drátěné očko a skleněná tyčka; b) natavené očko; c) vyformované a vychlazené oko; d) oko odlomené od tyčky; e) očištěné oko – finální výrobek.

Na základě charakteru této výroby bylo zvoleno pro prvotní zlepšení použití počítačové simulace v softwaru *Siemens Tecnomatix Plant Simulation*, společně s analýzou pohybů pomocí metody MTM-1.

Pro účely hlubší analýzy procesu byla pro jednotlivé kroky výroby měřena doba trvání. Bylo provedeno 40 měření každé aktivity. Zároveň byly provedeny video záznamy pro zaznamenání sekvence pohybů při výrobě.

Naměřená data jsou v příloze (PŘÍLOHA č. 12).



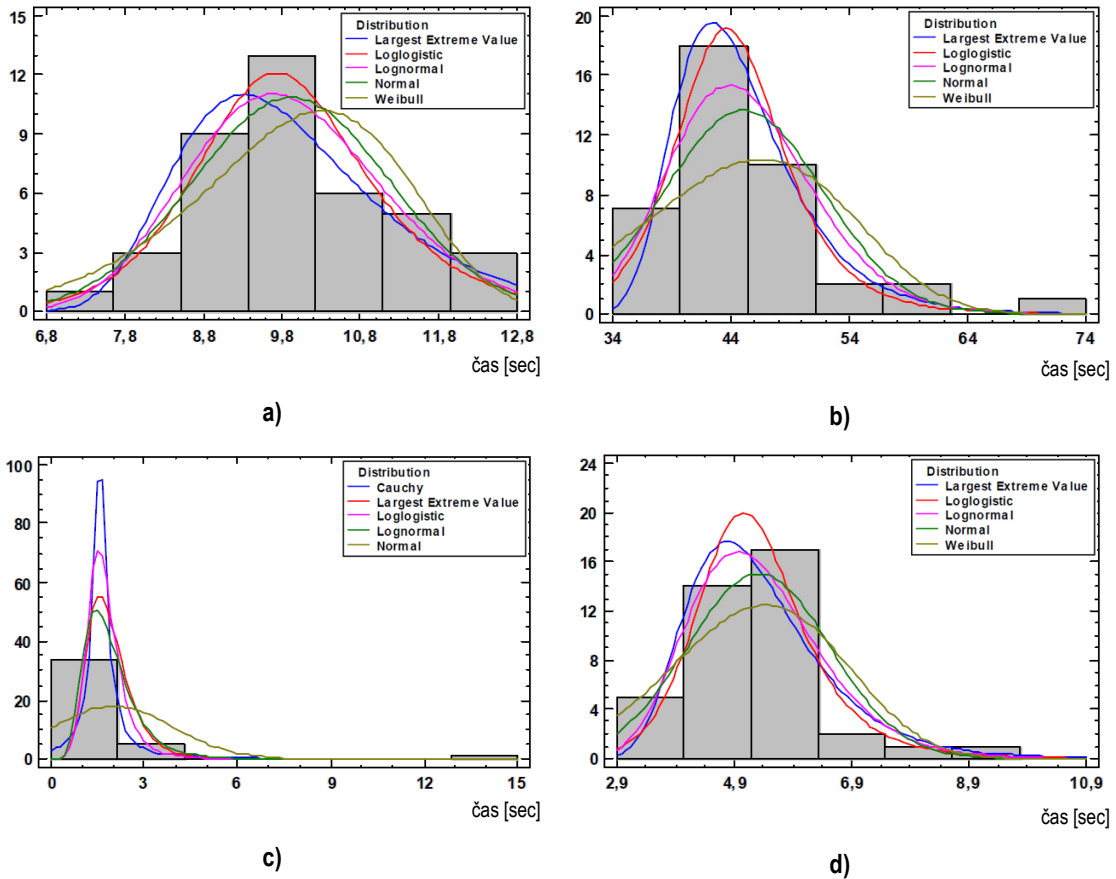
Obr. 6-95: Vybrané operace tvorby černých očí: a) natavení očka; b) natavování a formování skla; c) tvarování ve formičce; d) kontrola rozměru.

Z naměřených dat doby trvání bylo v softwaru *Statgraphic 18* provedeno vyhodnocení a pro jednotlivé operace nalezeno vhodné pravděpodobnostní rozložení. Pro tyto účely bylo využito testů dobré shody, konkrétně *Kolmogorov-Smirnov* test podobnosti pravděpodobnostních rozložení. Tento test může být popsán rovnicí (14)

$$D_n = \sup_{-\infty < x < \infty} |F_n(x) - \Phi(x)| \quad (14)$$

Kde F_n je funkce rozložení datového vzorku a Φ je referenční rozložení.

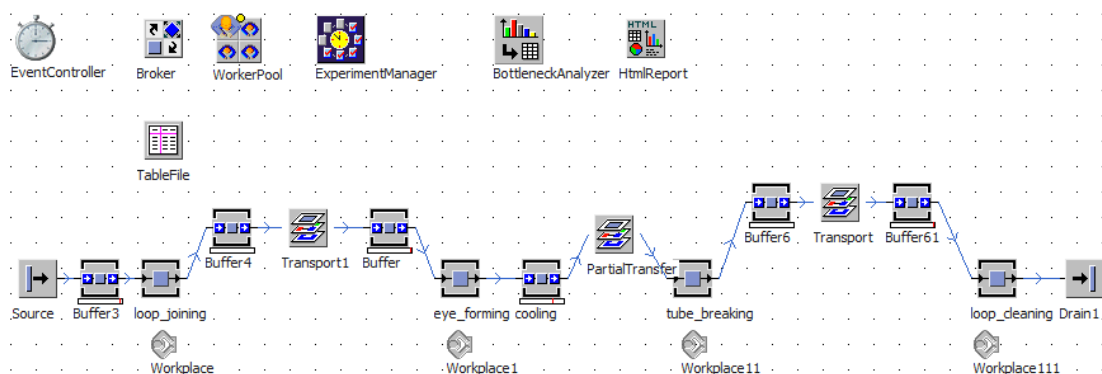
Výsledné porovnání naměřených dat dob trvání jednotlivých operací s porovnáním různých pravděpodobnostních rozložení jsou na obrázku (Obr. 6-96).



Obr. 6-96: Histogramy vyobrazující rozložení doby trvání jednotlivých operací, společně s vybranými pravděpodobnostními rozloženými: a) natavení očka; b) formování oka; c) ulomení tyčky; d) očištění očka.

Z testů dobré shody byly vybrány taková pravděpodobnostní rozložení, která vhodně popisují realitu, a to na základě *P-value*.

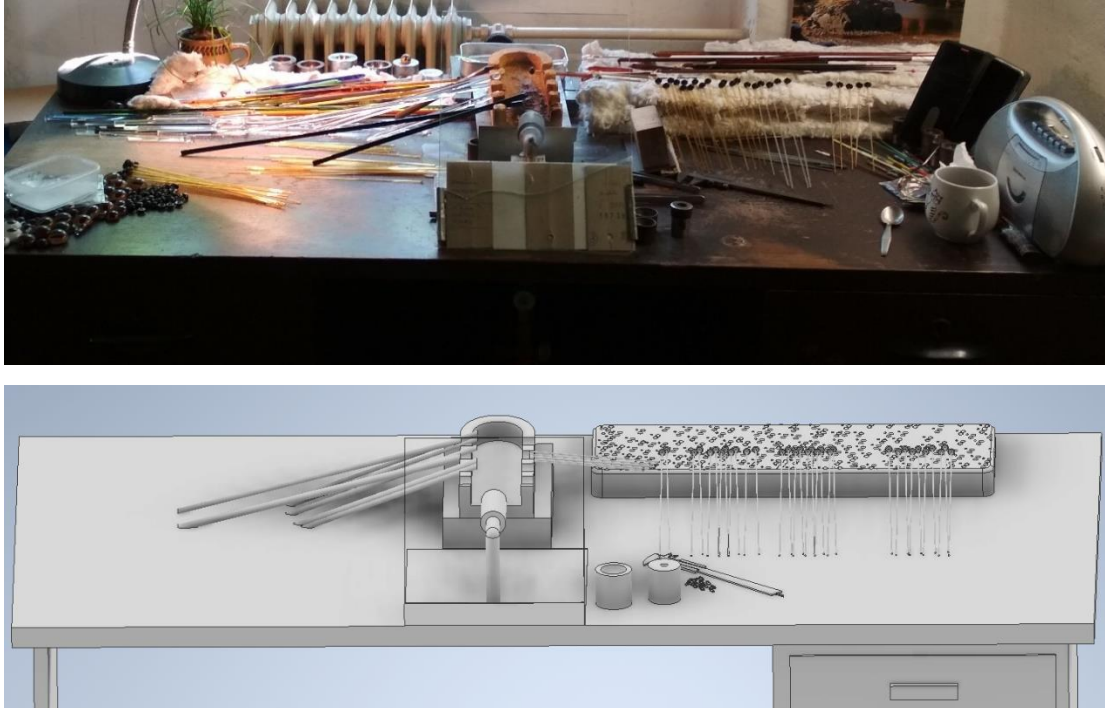
Vybraná pravděpodobnostní rozložení byla pak použita pro nastavení doby trvání u jednotlivých operací v rámci zhotoveného simulačního modelu procesu. Protože software Plant Simulation neobsahuje možnost generování časů operací dle všech testovaných rozložených, bylo vždy zvoleno takové rozložení, které bylo nejbližší realitě a zároveň bylo aplikovatelné v softwaru. Simulační model je vyobrazen na následujícím obrázku.



Obr. 6-97: Simulační model původního procesu výroby černých skleněných očí.

Simulace byla provedena na jednu výrobní dávku, což je 50 kusů. Ze simulačního modelu, bylo v rámci experimentování vytipováno několik příležitostí na drobná zlepšení procesu. Především se jednalo o optimalizaci výrobní dávky s ohledem na dobu trvání chladnutí⁷⁰.

Pro aplikaci MTM-1, byl vytvořen model mikro-layoutu pracoviště. Pomocí videozáznamů pohybů během zpracování a vzdáleností naměřených v modelu mikro-layoutu byla sestavena analýza pohybů pomocí metodiky MTM-1. Reálný pracovní stůl s modelem – mikro-layoutu pracoviště jsou srovnány na obrázku (Obr. 6-98).



Obr. 6-98: Skutečné pracoviště a 3D model pro měření vzdáleností.

Pro každý procesní krok byla provedena analýza na základě videa a mikro-layout pracoviště. Typy pohybů jednotlivých rukou a jejich časová náročnost byly zaznamenány do archů MTM-1 (viz Obr. 6-99). Všechny archy z MTM-1 analýzy jsou v příloze (PŘÍLOHA č. 13).

⁷⁰ Bylo zjištěno, že oproti běžným procesům kdy je výhodnější malá výrobní dávka, zde protože jsou všechny aktivity prováděny jedním pracovníkem, se vyplatí velká výrobní dávka, to je způsobeno chladnutím, které nelze ovlivnit, během chladnutí lze vyrábět další oči, pokud je ale dávka malá, musíme čekat, až oči vychladnou. A vznikají tak prostoje.

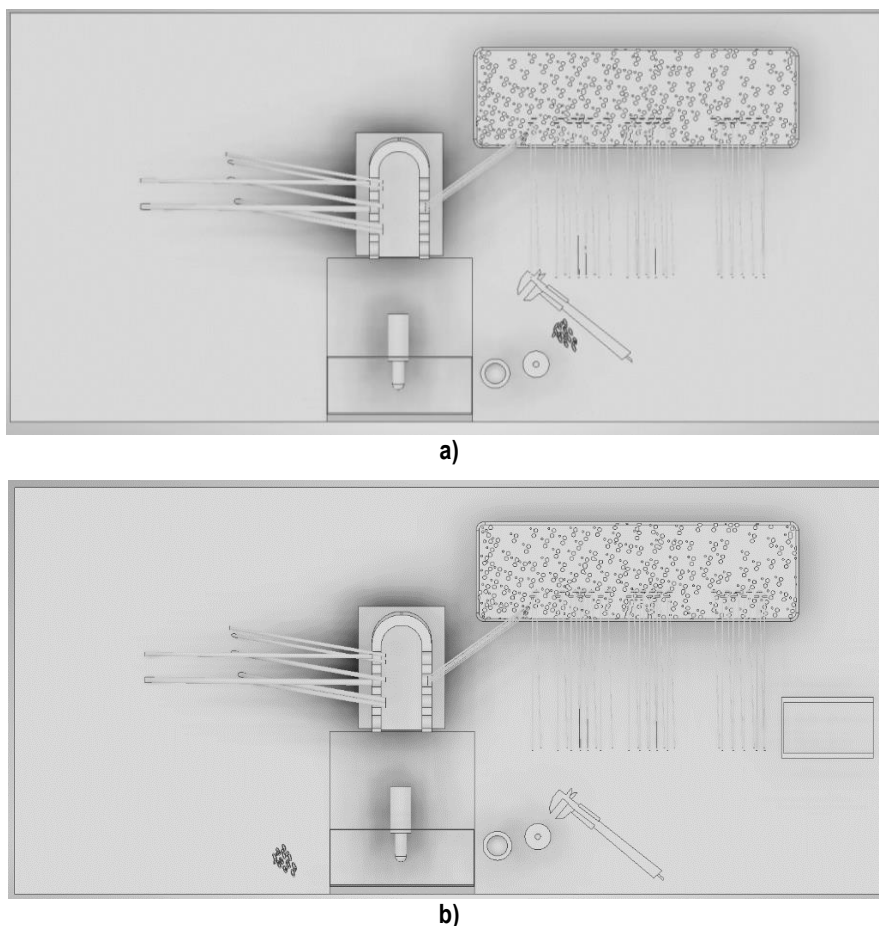
Č.	NÁZEV ÚSEKU	POZNÁMKY								
1.	Natavení očka	* v pravé ruce pinzeta								
	TMU =	198,5								
	sec. =	7,1460								
	min. =	0,1191								
(L)	AKCE	#x	KÓD	TMU		TMU	KÓD	#x	AKCE	(P)
					P	8,7	mR-C 20,6		Sáhnout pro očko	1
					P	3,5	G1B		Uchopit očko	
1	Sáhnout (k ruce)		R-A 16,6	7,2	P	13,9	M-A 33,9		Přemístit očko	2
	Uchopit očko		G3	5,6	L					
					P	2	RL1		Pustit očko	
					P	5,6	G2		Přehmátnout pinzetu	
					P	3,4	AF		Uchopit očko pinzetou	
	Pustit očko		RL1	2	L					
					P	8,7	M-Bm 26		Přemístit očko	3
2	Sáhnout pro tyčku		R-C 55,9	21,2	L					
	Uchopit tyčku		G1C3	10,8	L					
3	Přemístit tyčku (k plameni)		M-B 30,8	13,5	L	7,9	M-Bm 22,9		Přemístit očko	4
	Umístit (k sobě)		P1 SS	9,1	PL	9,1	P1 SS		Umístit (k sobě)	
	Umístit (spojit)		P2 SS	19,7	PL	19,7	P2 SS		Umístit (spojit)	
4	Přemístit		M-Bm 28,7	9,5	L	3	RLF		Pustit (uvolnit pinzetu)	
					P	7,9	M-Bm 22,9		Přemístit	3
1	Přemístit		mM-B 33,5	10,8	L	5,6	G2		Přehmátnout pinzetu	
	Pustit		RL1	2	P	8,7	mM-B 26		Přemístit	2
0	Sáhnout		R-E 16,6	8,4	L	5,6	G3		Uchopit (tyčku s očkem)	
					P	16,8	M-B 45		Přemístit	5
					P	2	RL1		Pustit	
					P	6,7	R-Em 21,2		Sáhnout	0

Obr. 6-99: Záznamový arch z provedené analýzy MTM-1, pro činnost natavení očka.

Společně s vyhodnocováním MTM-1 byla provedena VA analýza, k rozčlenění pohybů na ty které přidávají hodnotu a na ty které jsou plýtváním. Při návrzích na zlepšení byl brán zřetel na redukci, či eliminaci právě těch aktivit, které nepřidávají hodnotu.

Následně byl vypočten VA-index, a to podle rovnice (13), kdy je součet produktivních časů podělen celkovým časem všech činností.

Na základě výstupů ze simulace a analýzy MTM-1 společně s VA analýzou byly navrženy úpravy v mikro-layoutu a obecně procesu tak, aby byl z hlediska pohybové a časové náročnosti pokud možno co nejvýhodnější. Mezi navržená zlepšení patří: Přeuspořádání pracoviště s cílem optimalizace pohybů, nebo přidání přípravku na odlamování skleněných tyček. Vzdálenosti a způsoby uchycení u návrhu nového řešení byly založeny na analýze MTM-1, tak aby činnosti zabírali co nejméně času a zároveň byly bez ergonomické zátěže. Porovnání mikro-layoutů je na následujícím obrázku.



Obr. 6-100: Porovnání layoutů pracovního stolu: a) původní stav; b) zlepšený stav.

Na základě navržených změn by vytvořen nový model mikro-layoutu, a opětovně provedena analýza pohybů MTM-1. Poměrově zkrácené časy operací byly upraveny i v modelu simulace, následně byl upravený model vyhodnocen.

Díky návrhům na zlepšení nalezeným pomocí počítačové simulaci, analýzy pohybů MTM-1 a VA analýzy bylo dosaženo zlepšení procesu z hlediska času simulace o 3,33%, z hlediska analýzy MTM-1 byl čas zredukován o 5,81%, a VA-index byl navýšen o 2,39%.

Zlepšení tohoto procesu bylo publikováno v [309].

Aplikace algoritmu

Na zlepšený proces byla aplikována navržená metodika. Nejprve na celý proces, a poté na jeho segmenty. Vybranými segmenty byly: natavení očka; formování; chlazení; lámání; očištění.

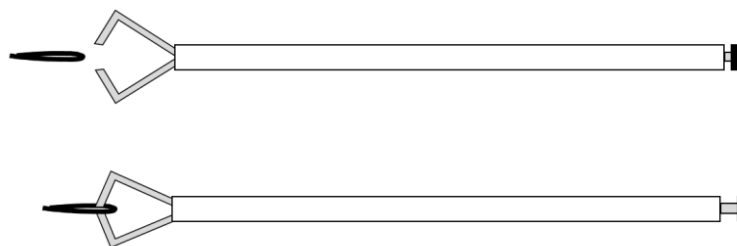
Souhrn nalezených námětů je následující tabulce. Detaily aplikace jsou v příloze (PŘÍLOHA č. 10).

Tab. 6-49: Vygenerované náměty pro zlepšení procesu výroby černých skleněných očí.

Celý proces	
Mačkání	Mačkání tvaru z nataveného skla pomocí forem (jako korálky)
Foukání	Vyfukování očí, a díky tomu úspora materiálu
3D tisk z prášku	3D tisk z prášku pro automatizaci
Natavení očka	
Přípravek na držení drátěného očka	Kleštičky (jako u versatilky)
	Magnet
Lepení oček na hotové oči	
Formování	
Mačkání	Mačkáci přípravek pro rychlé vytvarování očí
Kiln casting	Odlévání do forem v peci
Chladnutí	
Chladicí tunel	
Chladicí pec	
Lámání a čištění	
Odstranit potřebu olamování a čištění	

Řešení

Jako nejvhodnější, levné řešení bylo zvoleno použití speciálních držáků na očka. Díky použití držáků dojde k eliminaci procesu natavování, lámání a čištění očka, zároveň s tím dojde ke snížení spotřeby materiálu skleněných tyček.



Obr. 6-101: Schématické vyobrazení klešťového uchopení drátěného očka.

Na základě tohoto námětu mohl být navržen nový proces:

- 1) Vložení očka do držáku;
- 2) Formování oka;
- 3) Chladnutí;
- 4) Vyjmutí oka z držáku;

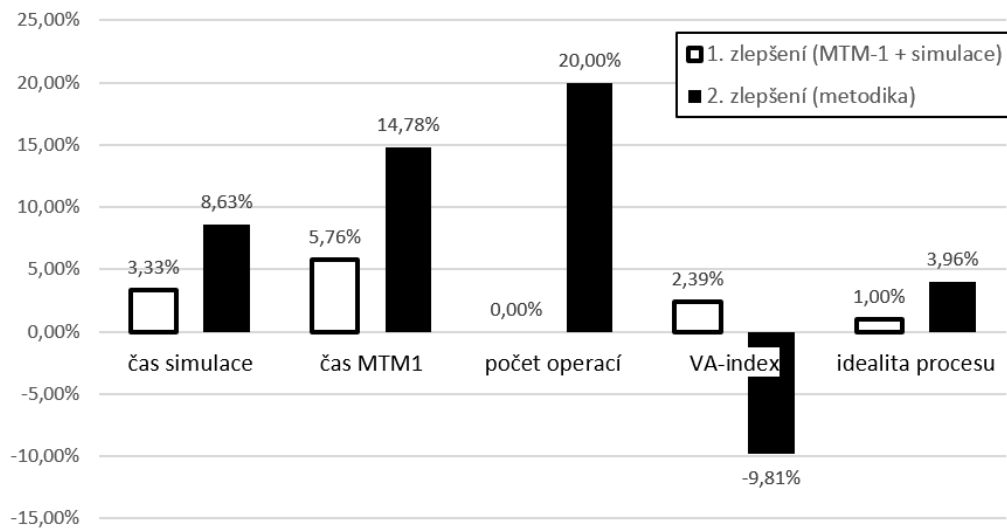
Popsaný proces byl opět zanalyzován pomocí MTM-1 a následně byl sestaven nový simulační model a provedena simulace. K celkovému porovnání procesních stavů byl opět proveden výpočet procesní ideality.

Porovnání všech stavů procesu je shrnuto v tabulce (Tab. 6-50).

Tab. 6-50: Porovnání procesních ukazatelů pro všechny stavy procesu.

Stav procesu	Simulace	MTM-1		VA-index	Počet operací	Procesní ideality
	50 kusů	min./kus	min./50kusů	-	-	-
Původní	1:19:31,2310	1,041	52,065	0,10558	5	0,1
Zlepšený	1:16:52,6474	0,981	49,041	0,10810	5	0,101
Inovovaný	1:10:14,1652	0,836	41,829	0,09750	4	0,105

Změna procesních ukazatelů je vyobrazena na obrázku (Obr. 6-102).

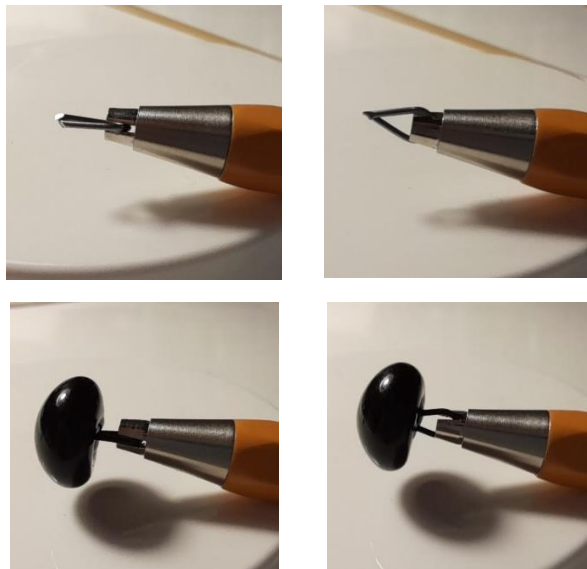


Obr. 6-102: Změna procesních ukazatelů.

Aplikací navržené metodiky, bylo dosaženo zlepšení jak z pohledu času procesu, tak jeho ideality. Ukazatel VA-indexu je zde horší, protože díky eliminaci několika procesních kroků došlo také k eliminaci aktivit přidávajících hodnotu, proto se změnil poměr VA a NVA časů k horšímu.

Verifikace

Pro ověření funkčnosti byl zhotoven „proof of concept“ klešťového mechanismu modifikací držáku na grafitové tuhy (*Versatil*). Bylo testováno, zda je možné uchopit drátěné očko, i zda je možné držet celé oko (viz. Obr. 6-103).




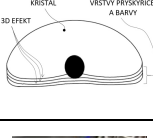
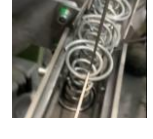
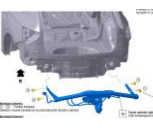
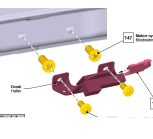
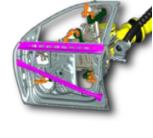


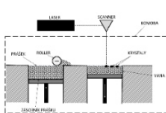



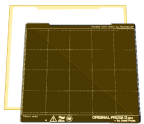
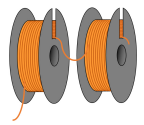
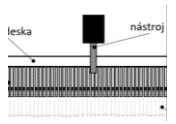
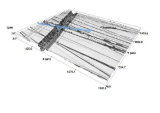

Obr. 6-103: Proof of concept klešťového uchopení drátěného očka, respektive celého oka.

6.3 Vyhodnocení experimentální části

V rámci experimentální části bylo provedeno 17 experimentů. Nejprve byly provedeny dva pilotní experimenty, kdy byl produkční proces zprvu zlepšen pomocí běžných přístupů, jako je štíhlá výroba (Lean) nebo počítačová simulace. Na zlepšené návrhy procesů byla pak aplikována navržená metodika. Protože byly dosažené výsledky pilotních experimentů uspokojivé, pokračovalo se v aplikování metodiky na dalších procesech a problémech ve výrobě. Během experimentů došlo k drobným úpravám v metodice. Úpravy se týkaly především pořadí kroků a rozšiřování metodiky. Všechny provedené experimenty jsou shrnuty následující tabulce.

Tab. 6-51: souhrn provedených experimentů.

Problém/proces	Původní stav		Navrhnuté řešení	Stav
Balení skleněných a kovových komponent (Preciosa – Lustry)	Mnoho probalů, obalů, a chození		Rámy s membránou jako univerzální obal	Přijato: nerealizováno pro nedostatek financí.
Montáž jednotek tepelných výměníků (FläktGroup)	Jedna linka, nýtovací operace		D-shopy (výrobní buňky pro jednoho pracovníka)	Námět předán firmě
Defekty při přepravě tepelných výměníků (FläktGroup)	Přeprava mezi budovami sem a tam (paletový vozík)		Dílenské jeřáby pro převoz požadovaného množství	Námět předán firmě
Defekty při výrobě složitých očí (Ateliér Aleny Sojkové)	Výroba duhovky ze skla		Vrstvení pryskyřice a nátěrů barev na křišťálové oko	Přijato: otestováno-zavedeno.
Zasekávající-se pružiny v dopravníku (Knorr-Bremse)	Pružiny ve vibračním podavači, vyprošťování ručně.		Pulsní změna frekvence (resonance) k vyproštění zaklíněných pružin	Přijato k dalšímu testování.
Nevyváženost práce při montáži tažných zařízení (Škoda AUTO)	Dvě stanoviště (nasazení a dotažení)		Přípravek pro nasazení a utažení v jednom kroku	Přijato: založen řešitelský tým; další návrhy zohledněny u nových procesů
Nevyváženost práce při montáži držáků dělicích sítí (Škoda AUTO)	3 operace vložení nýtů, vložení držáku a nasazení šroubu, dotažení		Předmontovat a vložit během jedné operace	Přijato: založen řešitelský tým; další návrhy zohledněny u nových procesů
Přetékající lepidlo u dílů na svařovně (Škoda AUTO)	Přetékající lepidlo je otíráno extra pracovníky		Nanášet lepidlo v tuhém stavu, zamezit vytékání přidáním zábrany na okraj spoje	Přijato: založen řešitelský tým; další návrhy zohledněny u nových procesů

Nepřesnost při plátkování a kostičkování krystalu kubické zirkonie (Preciosa)	Řezání pomocí diamantových pil		Pomocí 3D tisku principem SLM vyrábět z prášku malé krystaly vhodné pro další operaci	Přijato: nerealizováno pro nedostatek financí.
Čištění distančních kroužků (Preciosa)	Obrušování (moc nebo málo)		Použití čistícího laseru, plastové kroužky	Přijato: nerealizováno pro nedostatek financí. Postupný přechod na plastové kroužky.
Lepení kamenů na sklo hodinek (Preciosa)	Dávkování pomocí robota (moc, nebo málo lepidla)		použití silikonovou „formu“ zabraňující přetékání	Přijato: otestováno-zavedeno.
Dlouhý čas při balení disků (GE Aviation)	Obalení do bublinkové folie, použití expanzních pytlíků		Plastové proklady vyrobené termoformováním	Přijato k ověření finanční návratnosti.
Ořezávání ultem folie (Prusa Research)	Ruční ořezávání		Použití přípravku pro nařiznutí folie během laminace	Přijato: dokončení návrhu externí firmou.
Redukce lidských aktivit na tiskové farmě (Prusa Research)	Mnoho aktivit zahrnující pracovníky		Použití svařovacích kleští pro natavování cívek filamentu	Přijato pro dokončení návrhu a testování.
Vyřezávání dílů z desek (UCT)	Frézování, dořiznutí ručně nožem, očištění		Podložka z media, které může být profrézovno.	Přijato: založen řešitelský tým pro hledání a testování vhodných materiálů
Leštění škrábaců (UCT)	Několik kroků mechanického leštění		Využití leštění teplem (horkovzdušná pistole)	Přijato: k dokončení testů (pro nalezení parametrů procesu)
Výroba celočerných očí s drátovým očkem (Ateliér Aleny Sojkové)	Natavení očka na skl. Tyčku, tvorba a formování oka, chlazení, odlomení, očištění zbytku skla		Návrh 0: použití „spec. pinzet pro držení očka – eliminace velké části procesu se skleněnou tyčkou	Přijato k hlubšímu testování.

Z předešlého srovnání, je patrné, že navržená metodika může být úspěšně aplikovaná na různé procesní problémy ale i ke zlepšení produkčních procesů. To, že některé návrhy na zlepšení nebyly implementovány, bylo způsobeno mnoha faktory. Pokud tomu nebránil samotný proces (například certifikace), tak šlo především o finanční stránku, kdy většina společností v době tvorby této práce neměla volné prostředky na investice. To bylo způsobeno pandemií Covid-19, následovanou čipovou, materiálovou a poté energetickou krizí. Detailnější srovnání výsledků aplikací navržené metodiky je uvedeno v kapitole (7 Výsledky).

6.4 Ověření použitelnosti na celý produkční systém

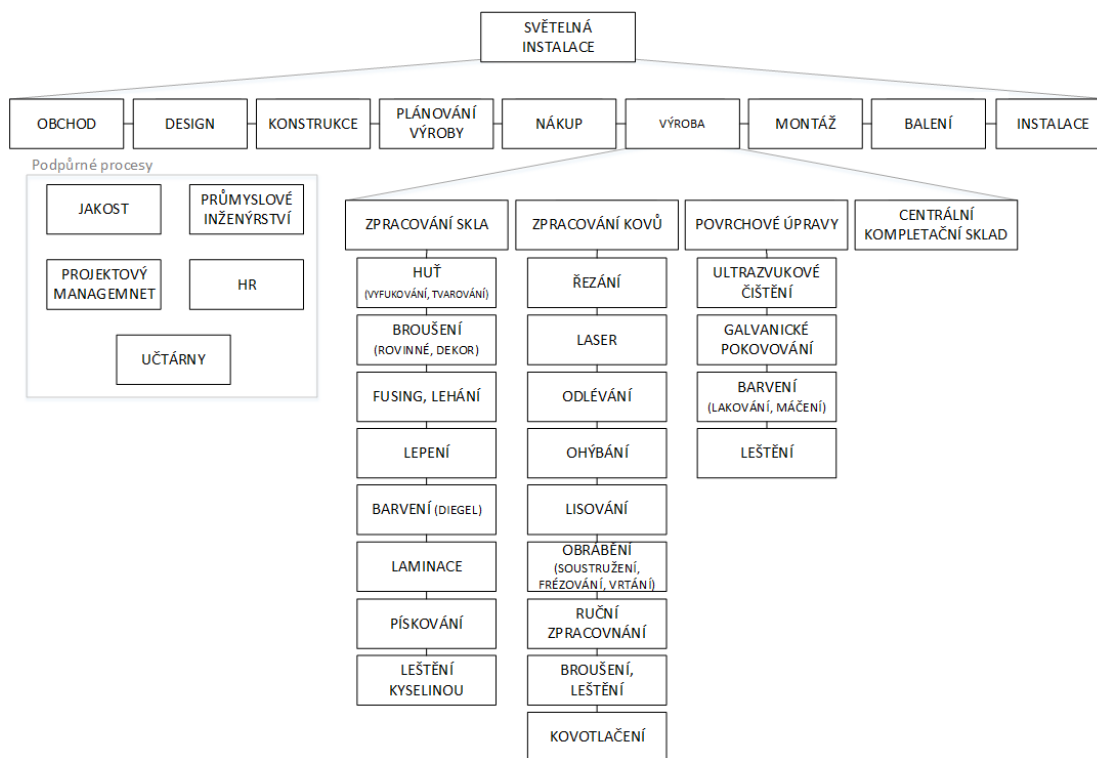
Pro odzkoušení použitelnosti metodiky, nejen na dílčí procesní problémy a procesní části, byl proveden experiment aplikování metodiky na celý produkční systém výrobní společnosti. To znamená zhodnocení veškerých firemních aktivit a cílů a hledání námětů pro radikální zlepšení systému.

6.4.1 Preciosa-Lustry: návrh inovace celého produkčního systému

Protože je autor práce poměrně dobře seznámen s produkčním systémem ve společnosti Preciosa – Lustry byl právě tento podnik zvolen pro aplikaci na této systémové úrovni.

Proces

Celkový produkční systém společnosti začíná sjednáním objednávky a končí instalací a předáním světelné instalace. Objednávka je nejprve zpracována obchodním oddělením, poté se zpracovává návrh na oddělení designu, následuje vytvoření technické dokumentace, na základě které je nakoupen potřebný materiál a naplánována výroba. Výroba je poměrně komplexní, právě kvůli charakteru zakázkové výroby. Lze ji rozdělit na část zpracování skla a na část zpracování kovů. Výroba je ukončena montáží, po které následuje balení a transport na místo dodání, kde probíhá instalace a předání světelné instalace. Většina zakázek se v tomto produkčním systému několikrát vrací, ať už z důvodu úpravy zadání, vzorkování dílů, nebo kontroly funkčnosti. Produkční systém rozdělený do vrstev je vyobrazen na obrázku (Obr. 6-104).



Obr. 6-104: Celkový produkční systém a jeho segmenty pro aplikaci metodiky.

Problém

V tomto případě nebyl stanoven žádný problém. Cílem bylo ověření, zda lze metodiku aplikovat na větší procesní celky, respektive celé produkční systémy.

Aplikace metodiky

Metodika byla postupně aplikována na celý produkční systém, poté na jednotlivá oddělení a dále byla aplikace zaměřena především na výrobu. Protože výroba je nejkompexnější a je možné jí dále segmentovat. Následuje ukázka z aplikace na segment celé výroby (Tab. 6-52).

Tab. 6-52: Aplikace metodiky na celou část výroby ve firmě Preciosa – lustry.

Problém	<nebyl stanoven>
Proces	Výroba lustru (svítidla) nebo jeho částí
Smysl	Vyrobít součásti svítidla (lustru) - z kovu a skla, podle technické dokumentace;
Princip	Klasické technologie zpracování kovů, zpracování skla, povrchové úpravy, prototypování;
Ideální stav	- Lustry jsou vyráběny bez prototypů a kontrol kvality (na první pokus);
Otázky na ideální stav	- Jak docílit, aby byly všechny součásti vyrobeny na první pokus, bez nutnosti jejich kontroly?
Trendy (TESE)	Zvyšování stupně ideality; Zvýšení informační saturace; Zvyšování stupně kontroly nad systémem; Zvyšování stupně dělení (segmentace); Segmentace objektu; Přejchod z makro do mikro (a dále); Rozbití hranic; Dynamizace; Sladění akcí; Sladění rytmu; Zvýšení využití smyslu; Zvýšení využití barev; Zvýšení transparentnosti; Ovladatelnost; Redukce zahrnutí lidí; Redukce počtu energetických konverzí;
Vědecké efekty	< nebyly vybrány >
Technické rozpory	TR1: Chceme výrobu bez potřeby kontrol Zhorší se náklady a čas výroby Parametry, které chceme zlepšit: 39; 38; 37; 32; 29; 27; Parametry, které se nepřípustně zhoršují: 25; 24; 21; 39; 9; 32; 36;
Invenční principy (počet výskytů)	35. Změna parametrů (14x); 28. Mechanická substituce (14x); 10. Předběžná akce (10x); 1. Segmentace (8x); 18. Mechanické kmity a vibrace (7x); 32. Změna optických vlastností (6x); 26. Kopírování (6x); 24. Prostředník (6x); 13. Inverze, Naopak (4x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (4x); 2. Extrakce, Separace (4x); 15. Dynamičnost (3x); 12. Ekvipotenciálnost, Stejná hladina (3x); 11. Předběžná ochrana (3x); 4. Asymetrie (3x); 16. Částečná nebo nadměrná akce (3x); 5. Sloučení, Kombinování (2x); 21. Přeskočení (2x); 33. Homogenita, Stejnorodost (2x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (2x); 29. Pneumatika a hydraulika (2x); 3. Lokální kvalita (1x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (1x); 20. Plynulost užitečné akce (1x); 23. Feedback, Zpětná vazba (1x); 34. Odhození a regenerace (1x); 8. Anti-tíže (1x); 37. Teplotní roztažnost (1x); 38. Silné oxidanty (1x); 9. Předběžná protiakce (1x); 39. Inertní prostředí (1x); 31. Pórovité materiály (1x); 22. Škoda v užitek (1x);
Fyzikální rozpory	Chceme žádné kontroly, ke zvýšení produktivity Chceme kontroly pro ujištění, že je dosahována požadovaná kvalita
Separáční principy	Separace v čase; separace v prostoru; přechod na anti-systém; přechod z makro do mikro;
Standardy	<nebyly použity>
Inspirace	<nebylo použito>
Seznam nápadů	Změna výrobní struktury (namísto oddělení produkční týmy); segmentace výroby na menší části; naopak; využití dynamičnosti; sloučení aktivit; využití jiných rozměrů;

Aplikace z dalších segmentů první úrovně jsou v příloze (PŘÍLOHA č. 10).

Tab. 6-53: Souhrn nápadů z aplikací na první úrovni.

Procesní segment	Nápady
Oddělení obchodu	Změna marketingové strategie; digitalizace informací – zákazník vidí veškeré informace o projektu; konfigurátor; 3D vizualizace; 3D tištěné prototypy (modely); agilní řízení;
Oddělení designu	Konfigurátor; UI ke generování 3D modelů z nakreslených návrhů; Designer vytváří design společně se zákazníkem; agilní řízení; Software, kde je jádro světelné instalace předdefinované – poté je možné měnit segmenty (katalog segmentů, tvorba nových);
Oddělení konstrukce	Software založený na UI; konektivita/komunikace mezi designem a konstrukcí (pomocí softwarového řešení); tvorba designu a technické dokumentace zároveň (projektové týmy namísto oddělení); agilní řízení; tvorba vizuálního návrhu na designu již s předdefinovanými omezeními z technické strany (konstrukce); předdefinovaná morfologická matice geometrických možností uspořádání dílů v prostoru – poté pouze změna vzhledu; standardizace technických dílů;
Oddělení plánování výroby	Informační systém nahrazuje úlohu plánování – dle sbíraných dat z ostatních oddělení; automatický sběr dat v ostatních krocích zakázky;
Oddělení nákupu	3D tisk kovových dílů (málo typů nakupovaných materiálů, neomezená tvarová svoboda); nákup řízen tahem (eliminace skladů); technologie na zpracování surových nebo odpadních materiálů (ze zbytkových materiálů přetvořit nový surový materiál); kompozitní materiály (tvarování);
Výroba	Změna výrobní struktury (namísto oddělení produkční týmy); segmentace výroby na menší části; naopak; využití dynamičnosti; sloučení aktivit; využití jiných rozměrů;
Montáž	Použití modelů součástí k ověření smontovatelnosti; 3D digitalizace reálných dílů – test montáže na digitálním modelu;
Balení	automatizace; aerogely; auxetické materiály; bubliny; pěna; origami; laminace; vzduchové vaky;
Instalace	Pohyblivé části (pružiny); flexibilní spoje, které se vytvrdí po působení substance nebo pole;

Aplikace ze segmentů druhé úrovně (výroby) jsou v (PŘÍLOHA č. 10).

Tab. 6-54: Souhrn nápadů z aplikací na druhé úrovni pro výrobu.

Procesní segment	Nápady
Zpracování skla	3D tisk skla (extruze skla, tavení skleněného prášku)
Zpracování kovů	3D tisk kovů (navařování, SLS/SLM)
Povrchové úpravy	Efekt jako na motýlích křídlech (transparentní materiál, který mění barevnost dle hustoty a uspořádání mikro otvorů)
Centrální kompletační sklad	Softwarové řízení pozice dílů; malé sklady ve výrobě; optimalizace plánování výroby k eliminaci čekacích časů;

Výstupy

Nový produkční systém může být založen na nalezených nápadech z aplikace metodiky na jednotlivé procesní segmenty v několika úrovních. Založeno na námětech ze segmentů 1. úrovně, hranice jednotlivých oddělení, či úseků by měli být redefinovány a některá oddělení by měla být sloučena. Obecně by měla být oddělení nahrazena projektovými týmy. Také je možný přechod na více agilně orientovaný přístup řízení, to dovoluje charakter zakázkové výroby. Předvýrobní aktivity mohou být vylepšeny použitím speciálních softwarů nebo nástrojů umělé inteligence. Ty by mohly pomoci automaticky převádět myšlenky, nebo požadavky zákazníka do technické dokumentace, a z technické dokumentace do plánu výroby. Standardizace materiálů může zlepšit skladovací a nákupní aktivity. Také je doporučeno zpracování odpadového materiálu. Použití 3D modelů z technické dokumentace lze využít pro simulaci složení dílů. To může být provedeno i 3D digitalizací reálně vyrobených dílů. Použití membrán v rámech pro balení dílů namísto papírových nebo dřevěných beden s velkým množstvím probalových materiálů může snížit počet používaných materiálů a potřebný skladovací prostor (řešeno v pilotním experimentu – kapitola 6.1.1). Chytré materiály, nebo mechanismy mohou být použity pro zefektivnění instalace svítidel na místě určení.

Počet segmentů je snížen díky sloučení oddělení designu a konstrukce. Plánování a nakupování lze být díky chytrým softwarům provedeno částečně automaticky.

Výroba byla dále segmentována a pro jednotlivé části byly hledány další náměty na zlepšení. Na základě toho mohl být navrhnout nový koncept výrobních procesů. Pro skleněnou část výroby může být aplikována nová technologie 3D tisku skla. Existuje více variant, které jsou vhodné pro různé typy produkovaných dílů. Natavené sklo může být aplikováno pomocí pohyblivé se hlavice, podobně jako technologie FDM (*Fused Deposit Modeling*). Nebo lze být natavován skleněný prášek, podobně jako technologie SLM (*Selective Laser Melting*). Vytisknuté díly mohou být leštěny v kyselině pro dosažení hladkého povrchu. Kyselina ale může být nahrazena za sice slabší, ale ekologicky a zdravotně bezpečnější variantu.

Produkce kovových dílů může být také obohacena nebo částečně nahrazena technologií 3D tisku. Opět zde může být použita rychlejší metoda založená na principu navařování, nebo tisknutí z prášku metodou SLM (*Selective Laser Melting*), nebo SLS (*Selective Laser Sintering*). 3D tisk obecně dovoluje výrobu velice komplexních tvarů, tudíž zde takřka nejsou limitace z hlediska návrhů komponent. Technologie 3D tisku má také tu výhodu, že na výrobu složitých dílů nejsou vysoké nároky na počet pracovníků. V rámci procesu povrchových úprav je navrženo použití chytrých a ovladatelných materiálů. Například použití materiálů či materiálových kompozitů, kterými lze změnou podmínek dosáhnout různých vlastností, jako třeba barvy. Řízení produkce může být změněno a tím pádem může být eliminován centrální kompletační sklad. Pokročilejším řízením v produkci lze dosáhnout toho, že je zakázka zkompletována sama u stanoviště montáže.

Další náměty na zlepšení by se mohli nalézt aplikací metodiky na ještě nižší úroveň. Pro prezentaci použitelnosti metodiky i v rámci celkových produkčních systémů bylo vyhodnoceno, že je aplikace na vrchních úrovních dostačující. Porovnání stavů procesu je shrnuto v tabulce (Tab. 6-55).

Tab. 6-55: Hrubé porovnání původního stavu s navrženým stavem dle námětů plynoucích z aplikace metodiky.

Parametr	Původní stav	Navržený stav
Počet procesních segmentů (úroveň 1)	9	6
Typ řízení	Řízení rozděleno na oddělení	Projektové a produkční týmy
Technologie	Převážně klasické a manuální technologie	3D tisk skla i kovu, menší počet jiných technologií
Použití chytrých softwarů	Ano - částečně	Ano – úplně
Materiálový management	Mnoho typů a variant materiálů – velké a komplexní sklady	Standardizované materiály, méně typů
Zpracování odpadních materiálů	Ne, nebo ve velmi malé míře	Ano – většinou
Tvarová svoboda v rámci designu a technologií	Vysoká	Téměř bez limitů
Automatizace	Nízká	Vysoká
Autonomie	Střední	Vysoká
Ekologický dopad	Střední	Méně obalových materiálů, méně odpadových materiálů, více bezpečné leštění skla
Náklady	Vysoké	Vyšší (nákup nových technologií)
Zaměstnanci	Mnoho pracovníků a mnoho zaměstnanců ve středním managementu	Redukce pracovníků a velká redukce středního managementu
Produktivita	Mnoho defektů	Méně defektů

Nalezené náměty jsou spíše obecné – to ale lze očekávat, protože byly řešeny obecné procesy. V případě, že by se postupovalo hlouběji do detailu procesů, je možné očekávat více konkrétní náměty, ale naopak nižší míru radikálních změn.

Tento experiment byl publikován [310].

6.5 Ověření snadnosti použití metodiky

Protože jedním z požadavků na metodiku byla snadnost použití, byla kromě faktického ověření funkčnosti také ověřena snadnost použití této metodiky.

Toto ověření spočívalo v použití metodiky studenty inovačního inženýrství. Nejprve byl studentům představen reálný problém (řešený v rámci této disertační práce). Studentům byly připomenuty nástroje a principy používané při běžném řešení problémů. Mezi tyto nástroje patří Brainstorming, pokročilé metody brainstormingu, a další konvenční nástroje (brain-writing, reverse brainstorming, 6 hats, Ishikawa diagram, Pareto analýza, FMEA/FMECA, a další). Posléze dostala skupina studentů čas (asi 15-20 minut) na generování řešení na představený problém. Náměty byly zaznamenány.

Během semestru, v rámci výuky předmětu Metody technické tvůrčí práce, byli studenti seznámeni se základy teorie TRIZ. V závěru semestru byla studentům představena navržená metodika na řešení procesních problémů. A opětovně představen stejný problém. Studenti dostali opět čas na generování řešení za pomoci navržené metodiky. Náměty byly zaznamenány.

Dosažené výsledky byly porovnány. Průběh a výsledky jednotlivých experimentů je popsán v následujícím textu.

6.5.1 Studenti inovačního inženýrství: zasekávající se pružiny

Problém

Zasekávající se pružiny při transportu ve vibračním dopravníku (viz. kapitola 6.2.3).

Brainstorming

Skupina 14 studentů měla 15 minut na generování námětů na řešení popsaného problému. Autor práce sepisoval náměty a případně upřesňoval podmínky úlohy, pokud se studenti chtěli na něco doptat. Výsledky z brainstormingu námětů na zlepšení jsou shrnuty v následujícím seznamu.

- Rozestupy mezi pružinami (kolíček do středu pružiny, obal okolo pružin, ...);
- Jiný typ dopravníku;
- Elektromagnet (udržení rozestupů);
- Pružiny již srovnané v boxu;
- Optimalizace parametrů vibrací (frekvence a amplituda);
- Průběžné zábrany (pro tvorbu rozestupů);
- Systém pro monitorování a natáčení pružin (lepší orientace pružin vůči sobě);
- Přeprava na ležato;

Navržená metodika

Skupina 14 studentů měla opět 15 minut na aplikaci navržené metodiky. Autor práce studenty prováděl kroky metodiky a zapisoval navrhované údaje. Souhrn aplikace metodiky je v následující tabulce.

Tab. 6-56: aplikace metodiky studenty inovačního inženýrství.

Problém
Zasekávající-se pružiny ve vibračním podavači
Proces
Přeprava pružin
Smysl

Přepravit/přemístit pružinu
Princip
Vibrační dopravník;
Ideální stav
- Pružiny se přepravují na požadované místo samy; - Pružiny se přepravují bez zasekávání;
Otázky na ideální stav
- Jak docílit, aby se pružiny přepravili samy? - Jak přepravovat pružinu bez zasekávání?
Trendy (TESE)
Dynamizace; segmentace; použití polí; sladění akcí; jiná dimenze;
Vědecké efekty
Gravitace; setrvačnost; vibrace; kartáče; elektromagnetické pole; exploze; trychtýř; rezonance; elektrety; spirály; gyroskop;
Technické rozpory
TR: Parametry, které chceme zlepšit: 9; 27; 31; 39; Parametry, které se nepřípustně zhoršují: 13; 25; 33; 36;
Invenční principy (počet výskytů)
28. Mechanická substituce (5x); 1. Segmentace (5x); 35. Změna parametrů (3x); 10. Předběžná akce (3x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (2x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (2x); 13. Inverze, Naopak (2x); 12. Ekvipotenciálnost, Stejná hladina (2x); 22. Škoda v užitek (2x); 40. Kompozity (2x); 4. Asymetrie (2x); 39. Inertní prostředí (2x); 32. Změna optických vlastností (1x); 19. Periodická akce (1x); 33. Homogenita, Stejnorodost (1x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (1x); 3. Lokální kvalita (1x); 31. Pórovité materiály (1x); 7. Vnoření, Spojení (1x); 34. Odhození a regenerace (1x); 18. Mechanické kmity a vibrace (1x); 24. Prostředník (1x);
Fyzikální rozpory
Chceme vibrovat, aby se pružiny posouvaly Nechceme vibrovat, aby se pružiny nezasekávaly
Separační principy
<nebyly použity>
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
<nebylo použito>
Seznam nápadů
Magnetické pole; tlakový vzduch; gravitace; přeprava na čepu; přerušované vibrace; pulsně na rezonanční frekvenci;
Navrhnuté řešení
Vibrovat pulsně, nebo přerušovaně na rezonanční frekvenci

6.5.2 Studenti inovačního inženýrství: přeprava tepelných výměníků

Problém

Defekty během přepravy tepelných výměníků mezi skladem a výrobní linkou (viz. kapitola 6.2.1).

Brainstorming

Skupina 14 studentů měla 15 minut na generování námětů na řešení popsaného problému. Výsledky z brainstormingu námětů na zlepšení jsou shrnuty v následujícím seznamu.

- Zarážky do palet (nastavitelné);
- Odpružení výměníků;
- Optimalizace cesty;
- Automatizace – dopravník;
- Proložit výměníky měkkým objektem;
- Úprava bednění;

- Namíchat typy výměníků do balení podle plánu výroby;
- Posuvná podpěra v paletě;
- Výklopné polohovatelné zarážky;

Navržená metodika

Skupina 14 studentů měla opět 15 minut na aplikaci navržené metodiky. Souhrn aplikace metodiky je v následující tabulce

Tab. 6-57: aplikace metodiky studenty inovačního inženýrství.

Problém	
poškození dílů, přeprava sem a tam	
Proces	
Přeprava výměníků	
Smysl	
Transportovat díly (sklad – linka);	
Princip	
Paletový vozík, paleta;	
Ideální stav	
<ul style="list-style-type: none"> - Výměníky se samy přemístí na požadované místo - Je přepravováno bez poškození a vracení; 	
Otázky na ideální stav	
<ul style="list-style-type: none"> - Jak docílit, aby se výměníky přepravili samy? - Jak přepravovat bez poškození a bez vracení? 	
Trendy (TESE)	
Trimming; dynamizace; segmentace; sladění akcí; jiná dimenze; méně lidí; nová substance;	
Vědecké efekty	
Gravitace; setrvačnost; vibrace; štětce; Coulombův zákon; tření; elektromagnetická indukce; elektro-porezita; elektro statické pole; exploze; trychtýř; mobius; hyperboloid; tvarová paměť; pera; háky; mechanické spoje; lepení; pěna; svařování;	
Technické rozpory	
TR:	
Parametry, které chceme zlepšit:	13; 30; 39; 38;
Parametry, které se nepřipustně zhoršují:	30; 33; 35; 31;
Invenční principy (počet výskytů)	
35. Změna parametrů (9x); 2. Extrakce, Separace (5x); 1. Segmentace (4x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (3x); 28. Mechanická substituce (3x); 39. Inertní prostředí (3x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (2x); 22. Škoda v užitek (2x); 34. Odhození a regenerace (2x); 24. Prostředník (2x); 18. Mechanické kmity a vibrace (2x); 32. Změna optických vlastností (1x); 40. Kompozity (1x); 11. Předběžná ochrana (1x); 33. Homogenita, Stejnorodost (1x); 25. Samoobsluha (1x); 12. Ekvipotencialnost, Stejná hladina (1x); 4. Asymetrie (1x); 7. Vnoření, Spojení (1x); 13. Inverze, Naopak (1x); 31. Pórovité materiály (1x); 3. Lokální kvalita (1x); 10. Předběžná akce (1x); 37. Teplotní roztažnost (1x);	
Fyzikální rozpory	
Chceme jeřáb, abychom mohli zvedat výměník	
Nechceme jeřáb, abychom nemuseli investovat	
Separační principy	
<nebyly použity>	
Standardy	
<nebyly použity>	
Inspirace	
<nebylo použito>	
Seznam nápadů	
Gravitační dopravníky; obalení folií; vibrační stůl; „hákový“ dopravník; kladkostroj;	
Navrhnuté řešení	
Kladkostroj na kolečkách	

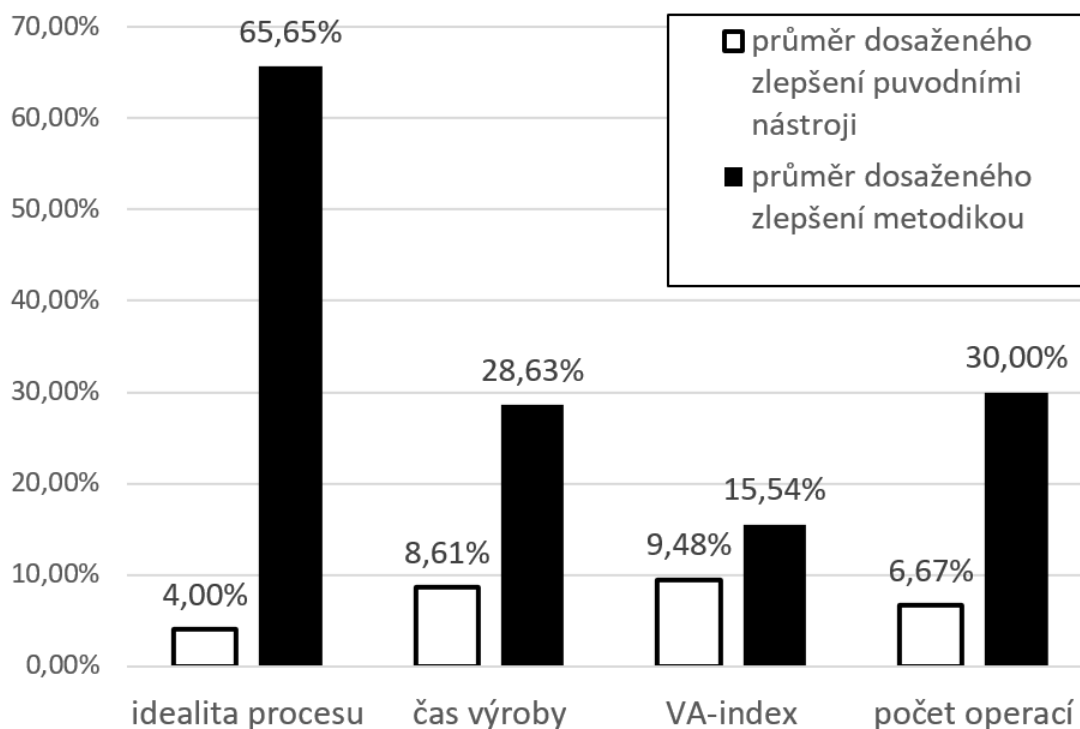
Jak je vidět kladkostroj na kolečkách, je poměrně vhodné řešení tohoto problému. Řešení je velice podobné tomu, které navrhnul autor práce – ten navrhnul použití dílenských jeřábů, kdy nebylo nutné vyvíjet vlastní transportní zařízení.

6.5.3 *Vyhodnocení snadnosti použití*

Z porovnání snah řešení problematik u studentů inovačního inženýrství, je vidět, že po základním seznámení s principy a nástroji TRIZ, byly studenti schopni aplikovat navrženou metodiku a poměrně úspěšně nalézt silnější řešení praktických problémů, než při aplikaci brainstormingu a znalosti klasických metod.

7 VÝSLEDKY

Z experimentů popsaných v předchozí kapitole bylo provedeno souhrnné vyhodnocení dosažených výsledků. Nejprve bylo vyhodnoceno zlepšení z hlediska procesní ideality pro experimenty, kde došlo prvotně ke zlepšení běžnými nástroji, a na zlepšený proces byla aplikována navržená metodika. Kromě ideality procesu byly současně porovnány i běžné procesní ukazatele. Souhrnné srovnání je na následujícím obrázku.



Obr. 7-1: Porovnání průměrného dosaženého zlepšení procesů použitím klasických metod, a následného zlepšení pomocí navržené metodiky.

Na obrázku (Obr. 7-1) je vyobrazeno porovnání zprůměrovaných přírůstků procesních ukazatelů po zlepšení klasickými přístupy a po aplikaci navržené metodiky. Po zprůměrování je přírůstek procesní ideality při použití navržené metodiky o 61,65% vyšší než při použití současných metodik. Ostatní sledované procesní ukazatele také vykazují vyšší nárůst oproti předchozí aplikaci běžných metod (Lean, simulace, MTM-1). A to přesto, že byla metodika aplikována na již zlepšený proces.

Poměrně malé nárůsty z hlediska procesní ideality po aplikaci běžných metod lze vysvětlit právě tím, že běžné metody daný proces optimalizují, nedochází tak k závažným posunům směrem k ideálnímu stavu.

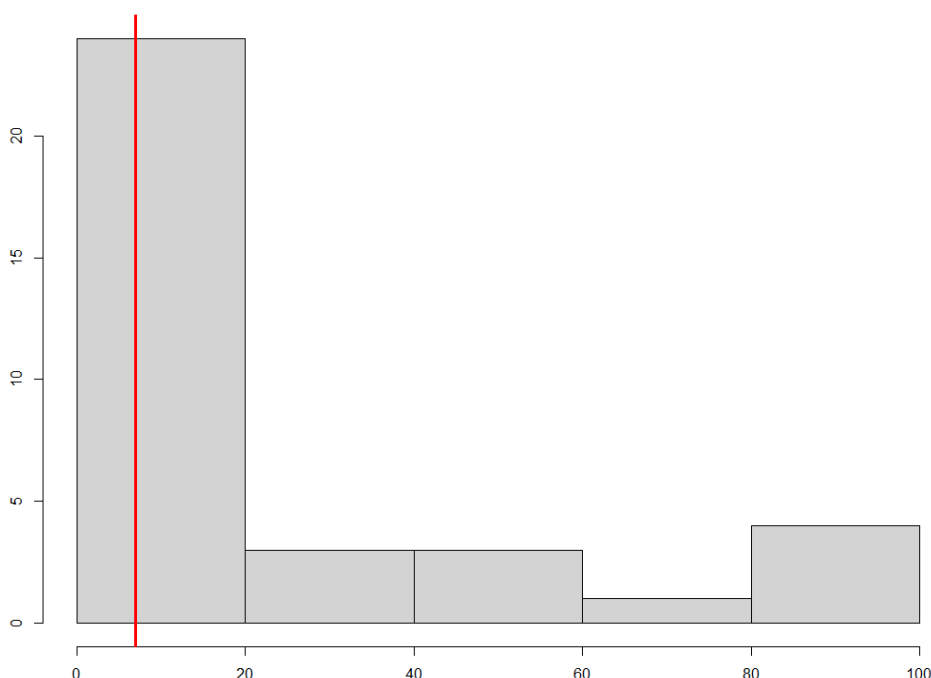
Porovnání dílčích aplikací souhrnně pomocí jedné metriky je velice obtížně dosažitelné, neboť každá aplikace se zabývala jiným typem problému. Jednotlivé problémy a jejich řešení se zaměřovaly na jiné metriky. Někde bylo zapotřebí primárně snížit počet defektů, jinde byl hlavní záměr redukovat počet operací, nebo redukovat čas prostojů. Proto bylo rozhodnuto, že souhrnné srovnání bude brát v potaz procentuální změnu právě sledovaných metrik. Porovnány byly výsledky, které byly dosaženy, nebo by mohly být dosaženy po implementaci námětů z navržené metodiky a výsledky dosažené nebo dosažitelné při případné realizaci původních návrhů na vyřešení problému, nebo zlepšení procesu. Sledované metriky (parametry) jsou v tabulce (Tab. 7-1).

Tab. 7-1: Souhrn sledovaných parametrů a jejich změn během provedených experimentů.

Experiment	Sledovaný parametr	Stav procesu			Míra zlepšení	
		Původní (0)	návrh podle původního řešení (1)	návrh podle metodiky (2)	zlepšení původními námety	zlepšení plynoucí z metodiky
Proces Balení (Preciosa Lustry)	čas výroby [min]	21	17,5	8,5	16,67%	59,52%
	VA index [-]	0,262	0,314	0,412	19,85%	57,25%
	počet operací [-]	20	16	8	20,00%	60,00%
	vzdálenost toku dílů [m]	82,6	47,7	36,3	42,25%	56,05%
	vzdálenost chůze pracovníka [m]	78,3	56,5	12,1	27,84%	84,55%
	idealita procesu [-]	0,1	0,109	0,302	9,00%	202,00%
Montáž jednotek tepelných výměníků (FläktGroup)	čas výroby [m]	40,24	37,89	28,1	5,84%	30,17%
	VA index [-]	0,418	0,444	0,556	6,22%	33,01%
	počet operací [-]	40	40	32	0,00%	20,00%
	počet vyrobených dílů [ks./10 dnů]	237	331	401	39,66%	69,20%
	vzdálenost chůze pracovníka [m]	8,6	8	2,9	6,98%	66,28%
	idealita procesu [-]	0,1	0,102	0,112	2,00%	12,00%
Přeprava výměníků (FläktGroup)	čas [min]	16	8	7	50,00%	56,25%
	bezpečnost [rizikové aktivity]	3	6	2	-100,00%	33,33%
	kvalita [nok/100ks]	5,5	4,3	0,01	21,82%	99,82%
Výroba složitých prototypů (Ateliér Aleny Sojkové)	čas výroby [min]	35	100	30	-185,71%	14,29%
	bezpečnost [rizikové aktivity]	2	1	2	50,00%	0,00%
	kvalita [nok/100ks]	50	1	1	98,00%	98,00%
	vzhled [odhad %]	50	50	98	0,00%	96,00%
Přeprava pružin (Knorr-bremse)	zaseklé pružiny za směnu [ks]	8	-	8	-	0,00%
	čas prostojů za směnu [min]	24	-	1	-	95,83%
Montáž tažného zařízení (Škoda AUTO)	čas [takt]	2	-	1	-	50,00%
	bezpečnost [rizikové aktivity]	2	-	0	-	100,00%
	nevyvážených pracovníků [-]	3	-	0	-	100,00%
Montáž držáků dělicích sítí (Škoda AUTO)	čas [takt]	3	-	0,5	-	83,33%
	nevyvážených pracovníků [-]	3	-	0	-	100,00%
Lepení karosářských dílů (Škoda AUTO)	čas [takt]	8	-	5	-	37,50%
	počet operací [-]	6	-	5	-	16,67%
	pracovníků čištění [-]	3	-	0	-	100,00%
Dělení kubické zirkonie (Preciosa)	čas [hod]	9	45	9	-400,00%	0,00%
	kvalita [nok/100ks]	45	3	3	93,33%	93,33%
	spotřeba materiálu [% probrus]	60	50	5	16,67%	91,67%
	počet operací [-]	6	6	-1	0,00%	116,67%
Čištění distančních kroužků (Preciosa)	čas [min]	120	-	10	-	91,67%
	kvalita [nok/100ks]	45	-	1	-	97,78%
Lepení broušených kamenů (Preciosa)	čas [min]	15	15	15	-	0,00%
	kvalita [nok/100ks]	45	40	1	-	97,78%
Balení dílů (GE Aviation)	čas [min]	30	-	11,6	-	61,33%
	cena probalového materiálu [Kč/balení]	450	-	100	-	77,78%
Ořezávání folie (Prusa Research)	čas ořezávání [sec]	90	30	0	66,6%	100%
	bezpečnost [rizikové aktivity]	1	1	0	0,00%	100,00%

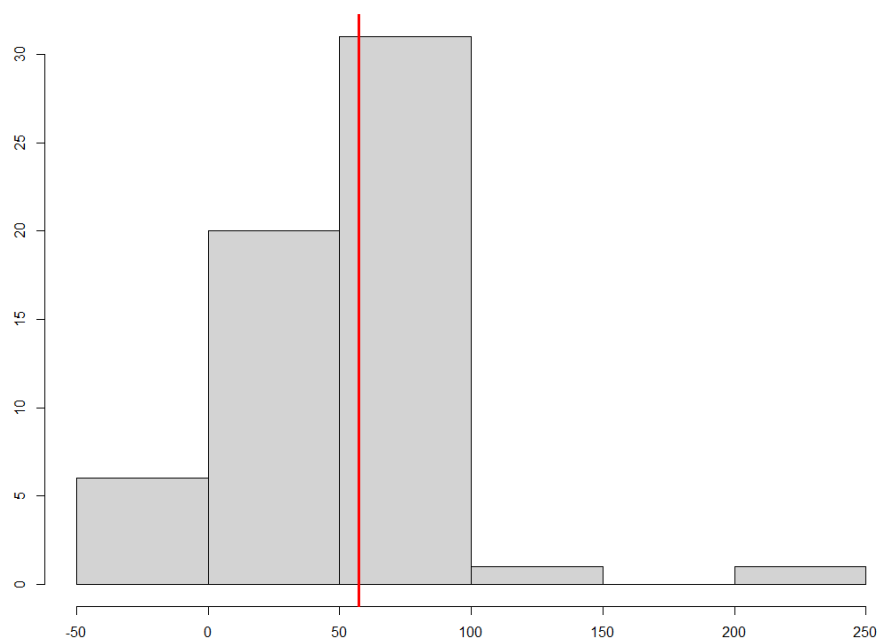
	čas celkem [sec]	290	280	200	3,45%	31,03%
	počet operací [-]	6	6	4	0,00%	33,33%
Doplňování materiálu na farmě (Prusa Research)	prostoje stroje na výměnu cívky (za směnu) [min/směna]	1800	-	0	-	100,00%
	produktivní čas [min]	445	-	465	-	4,49%
	využití materiálu [cm]	155	-	200	-	29,03%
Vyřezávání dílů (UCT)	čas začišťování [min]	0,78	-	0,14	-	82,05%
	počet operací [-]	6	-	4	-	33,33%
	počet pracovníků [-]	5	-	4	-	20,00%
Leštění poškrábaných dílů – hluboké (UCT)	čas [min]	60	-	24,5	-	59,17%
	počet operací [-]	8	-	4	-	50,00%
Leštění poškrábaných dílů – mělké (UCT)	čas [min]	30	-	10,6	-	64,67%
	počet operací [-]	7	-	3	-	57,14%
Výroba černých skleněných očí (Ateliér Aleny Sojkové)	čas simulace (50ks) [h:mm:ss]	1:19:31	1:16:52	1:10:14	3,33%	11,67%
	čas MTM-1 [min/ks]	1,041	0,981	0,836	5,76%	19,69%
	počet operací [-]	5	5	4	0,00%	20,00%
	VA-index [-]	0,10558	0,1081	0,0975	2,39%	-7,65%
	idealita procesu [-]	0,1	0,101	0,105	1,00%	5,00%

Experimenty byly porovnány z hlediska změny sledovaných parametrů procesu. Sledovanými parametry jsou především, čas procesu, kvalita, a dále parametry související s bezpečností, náklady, spotřebou materiálu a další. Do porovnání byly zahrnuty hodnoty procentuálních změn parametrů vůči původnímu stavu procesu. Nejprve byl vytvořen histogram pro míru zlepšení původních námětů. Původní náměty jsou ty, které byly vygenerovány běžnými přístupy, jako je Lean, počítačová simulace, brainstorming a podobně. Často to jsou také náměty, se kterými přišli pracovníci firmy, po prvotní analýze procesního problému. Hodnoty byly stanoveny na základě odhadu změny procesu v případě, že by náměty byly realizovány. Histogram je vyobrazen na následujícím obrázku. Z dat byly vyřazeny výrazné záporné hodnoty.



Obr. 7-2: Rozložení procentuální míry zlepšení procesních parametrů při použití původních metod.

Poté byly vyhodnoceny míry zlepšení dosažitelné při realizaci námětů vygenerovaných z aplikace navržené metodiky.



Obr. 7-3: Rozložení procentuální míry zlepšení procesních parametrů dosažitelné aplikací navržené metodiky.

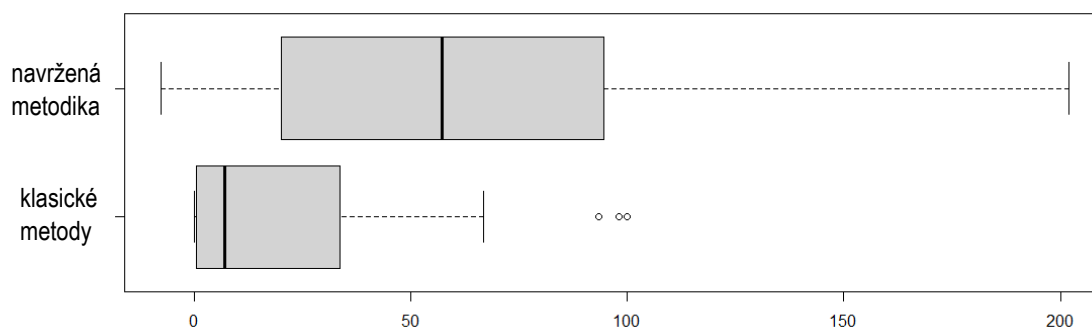
Další popisné informace o histogramech (pravděpodobnostních rozdělení), jsou shrnuty v tabulce níže.

Tab. 7-2: Porovnání parametrů pravděpodobnostních rozložení porovnávaných zlepšení.

Parametr pravděpodobnostního rozdělení	Zlepšení klasickými metody	Zlepšení navrženou metodikou
Medián	6,98	57,25
Průměr (<i>Mean</i>)	23,42	57,15
Směrodatná odchylka (<i>Standard deviation</i>)	32,04	41,06
Šikmost (<i>Skewness</i>)	1,386	0,548
Špičatost (<i>Kurtosis</i>)	0,588	0,636

Pokud porovnáme mediány, původní přístupy dosahovali zlepšení 6,98%, oproti tomu míra zlepšení dosahovaná navrženou metodikou je 57,25%

Pro lepší názornost jsou obě rozložení vyobrazeny pomocí krabicového grafu na následujícím obrázku.



Obr. 7-4: Porovnání rozložení dosahovaných zlepšení.

Dalším způsobem jak kvalitu navrhované metodiky ověřit, bylo porovnání ne pouze z hlediska dosaženého řešení, ale také například času stráveného ke generování námětů, nebo nákladů plynoucích z realizace. Ne u všech provedených aplikací, lze stanovit původní hodnoty, protože u nich analýza pomocí běžných nástrojů nebyla použita.

Tab. 7-3: Porovnání metodik.

Experiment	Sledovaný parametr	Původní zlepšení	metodika	Zlepšení [%]
Proces Balení (Preciosa Lustry)	čas na generování námětu k řešení [měsíce]	6	0,5	91,67%
Montáž jednotek tepelných výměníků (FläktGroup)	čas na generování námětu k řešení [měsíce]	2	0,5	75,00%
Přeprava výměníků (FläktGroup)	čas na generování námětu k řešení [týdny]	208	4,5	97,84%
	náklady na implementaci řešení [Kč]	150 000	10 000	93,33%
Dělení kubické zirkonie (Preciosa)	náklady na implementaci řešení [Kč]	50 000 000	4 000 000	92,00%
Lepení broušených kamenů (Preciosa)	čas na generování námětu k řešení [dny]	90	1,2	98,67%
	náklady na implementaci řešení [Kč]	100 000	1 000	99,00%

Ve všech porovnaných případech byl čas potřebný na generování námětu řešení výrazně nižší, a to v průměru o více než 90%. U porovnávaných aplikací bylo také často nalezeno levnější řešení, než původní velmi drahé, které bylo často založeno na vysoké míře automatizace, nebo speciálních technologiích. Tyto údaje za tabulky (Tab. 7-3) jsou o to zajímavější, když přihlídneme k výsledkům z tabulky (Tab. 7-1). Zohledněním těchto výsledků můžeme konstatovat, že u provedených experimentů byly při použití navržené metodiky nalezeny řešení dosahující vyšší míry zlepšení sledovaných parametrů procesu, a to za kratší čas a zároveň levnější na realizaci.

7.1 Diskuse

Při porovnání současných metod a přístupu založeném na systematické kreativitě, je jasně viditelný rozdíl v cílech jednotlivých metodik. Současné metodiky, ačkoliv uznávají princip neustálého zlepšování, tíhnou spíše k optimalizaci současného stavu, oproti tomu metodika založená na principech TRIZ nutí hledat nové způsoby jak dosáhnout požadovaných procesních výstupů. Díky tomu lze při jejím použití čekat vyšší míru inovativních výstupů. Tato vlastnost také charakterizuje cílové procesy, na které by měla tato metodika být aplikována. Procesy, které mají mnoho certifikací, jsou nové a výrazné změny jsou obtížně proveditelné, nejsou nejvhodnější pro hledání radikálních inovací. Zde bude lepší hledat zlepšení pomocí známých přístupů. Naopak, pokud navrhujeme nový proces, nebo se chystá modernizace procesu a je možné si dovolit větší změny, aplikace navržené metodiky je žádoucí, a může přinést s podobnou mírou investic výrazně pokrokovější výsledky.

Časová náročnost a potřebná analýza procesu

Jedním z velkých přínosů použití navržené metodiky je poměrně malá časová náročnost. Aplikace metodiky totiž nevyžaduje hlubokou analýzu nebo měření zlepšovaného procesu. K aplikaci postačí pochopení základních principů daného procesu, jeho vstupy a především požadované výstupy, případně jednoduchý popis problému. V principu se metodika nesoustřeďuje na zlepšení současného stavu, ani na vyřešení daného problému, spíše hledá nové způsoby jak dosáhnout požadovaných výstupů, více ideálně, respektive bez výskytu daného problému. Právě proto není nutné původní stav hluboce analyzovat a je tak potřeba pouze poměrně krátká doba na aplikaci a nalezení námětů na řešení. O tom se lze ostatně přesvědčit z poměrně velkého množství experimentů provedených v rámci této práce⁷¹.

Ačkoliv je metodika navržena tak, aby ji mohli aplikovat pouze jednotlivci (jak tomu bylo u téměř všech experimentů v této práci), doba nalezení řešení rapidně klesá v případě, že je metodika používána v řešitelském týmu. Tento efekt zrychlení byl například pozorován u experimentů prováděných se studenty inovačního inženýrství. Ale především u experimentu s lepením skleněných kamenů na skličko, kdy byla celá aplikace provedena v součinnosti s technologem výroby a několik námětů na zlepšení bylo vygenerováno za necelých 8 hodin⁷² čistého času (do kterých se počítá i představení problému a procesu).

Porovnání s TRIZ a ARIZ

Nabízí se otázka, proč používat tuto navrženou metodiku, která vychází a využívá v modifikované formě principy a nástroje z teorie TRIZ, když by mohl řešitel použít právě TRIZ samotný. Jak již bylo zmíněno v úvodních kapitolách, metody a nástroje z teorie TRIZ jsou velice silné a v podstatě s nimi lze vyřešit téměř jakýkoliv technický problém. Bohužel osvojení si těchto principů je velmi náročné a může trvat i několik let. Jedním z nejsilnějších nástrojů TRIZ, je ARIZ (*Algorithm of Inventive Problem Solving*). Tento algoritmus řešitele vede inovačním procesem a je speciálně navržen na překonání těch nejnáročnějších zadání.

Autor věří, že ačkoliv je samotný TRIZ koncipován především na inovaci produktů, jeho použití na inovaci procesů bude dosahovat výborných výsledků, pravděpodobně lepších než při použití navržené metodiky. Nicméně, právě kvůli náročnosti je rozšíření samotné teorie TRIZ do průmyslové praxe jen těžko představitelné. Navržená metodika tak slouží jako jakýsi mezistupeň. Díky využití principů a nástrojů z TRIZ lze dosáhnout poměrně radikálních změn pro zlepšení procesů, nebo vyřešení procesních problémů, ale zároveň vyžaduje pouze základní znalost

⁷¹ V rámci prováděných experimentů byla časově nejnáročnější komunikace s firmami, zejména pak doba na vytipování problému, a konzultace nad nalezenými náměty.

⁷² Původně si s problémem lepení nevědělo rady několik technologů a specialistů na lepení. Neúspěšné hledání nějakého řešení zabralo týmu technologů celkem několik týdnů.

z teorie TRIZ. Metodiku samotnou mohou po proškolení používat například průmysloví inženýři. Oproti tomu samotný TRIZ na velmi dobré úrovni ovládají pouze specialisté.

Navržená metodika může také sloužit jako vstupní nástroj do teorie TRIZ. Právě díky poměrné uživatelské přívětivosti si mohou uživatelé osvojit základy z principů a nástrojů TRIZ a poté již snadněji přejít k porozumění náročnějším nástrojům.

Vývoj z pohledu trendů rozvoje

Za zmínku také stojí, že samotná metodika, nejenom že obsahuje nástroje a principy z TRIZ, ale její vývoj těmto tzv. trendům také odpovídá. Zcela očividně je celá metodika založená na jednom z hlavních principů teorie TRIZ a to idealitě, respektive trendu zvyšování ideality technického systému. Kromě toho je zde ale využit neméně významný trend a to trend segmentace (neboli drobení) technického systému. Ten lze spatřit právě v případě aplikace metodiky na komplexnější procesy, kdy je proces postupně rozsegmentován na menší a menší části, na které je metodika aplikována. To umožňuje poměrně snadnou aplikaci právě i na rozsáhlé a složité procesy, či produkční systémy.

Navrženou metodiku lze aplikovat jak na velké komplexní procesy nebo výrobní systémy, tak na malé procesní části, nebo i na řešení problémů spojených s výrobou. Na základě toho lze tvrdit, že metodika je poměrně flexibilně použitelná především ve srovnání s některými konvenčními nástroji, které se zaměřují pouze na jeden typ zadání (SMED, FMEA, DOE, ...). V této flexibilitě lze identifikovat sledování vývoje v trendech dynamičnosti nebo mono-bi-poly.

Jak bylo zmíněno, metodika byla úspěšně aplikována bez řešitelského týmu. To by mohlo poukazovat na rozvoj v trendu snižování zahrnutí lidí. Oproti běžným nástrojům, které vycházejí ze současného stavu, který je následně zlepšován (optimalizován), navržená metodika postupuje opačně od ideálního stavu, tudíž následuje princip "naopak".

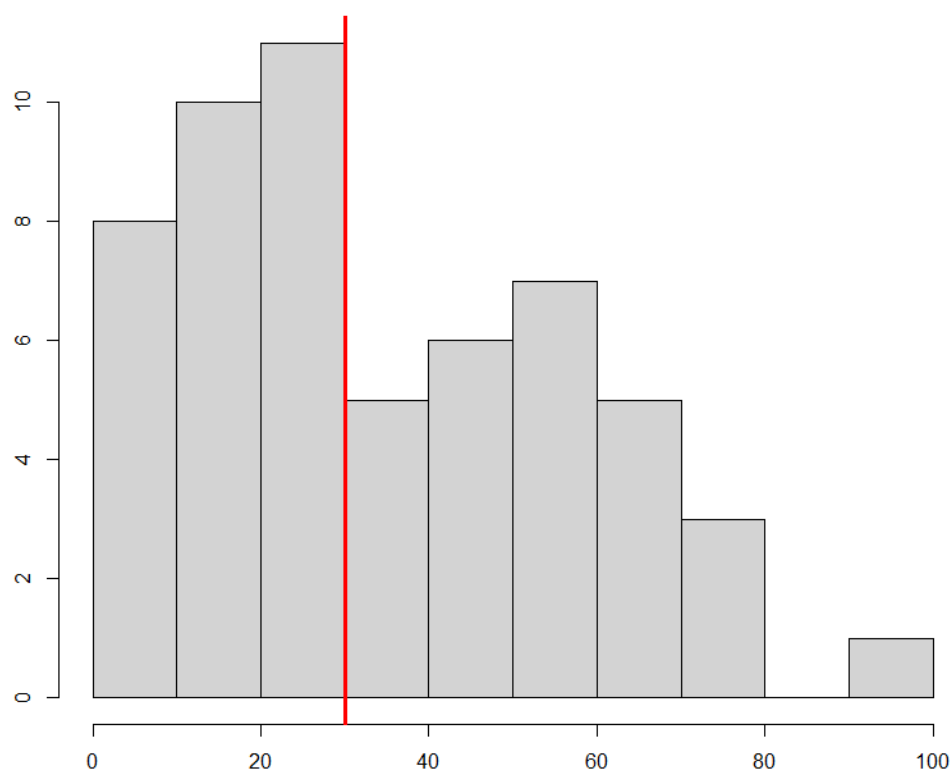
Optimalizace versus inovace

Lean a Six Sigma tíhnou spíše k přístupu analýzy současného stavu a hledání lepšího, jinými slovy více optimálního stavu. Navržená metodika oproti tomu ke zlepšování přistupuje tak, že bez ohledu na současný stav hledá různé způsoby dosažení požadovaných výstupů. To vede k větší pravděpodobnosti nalezení radikálnějšího zlepšení procesu. Bohužel v mnoha případech může být radikální změna spojena s většími náklady na realizaci. Nicméně právě principy TRIZ a především princip ideality často poskytuje náměty, které využívají zdroje technického systému a poskytují i řešení bez vysokých nákladů.

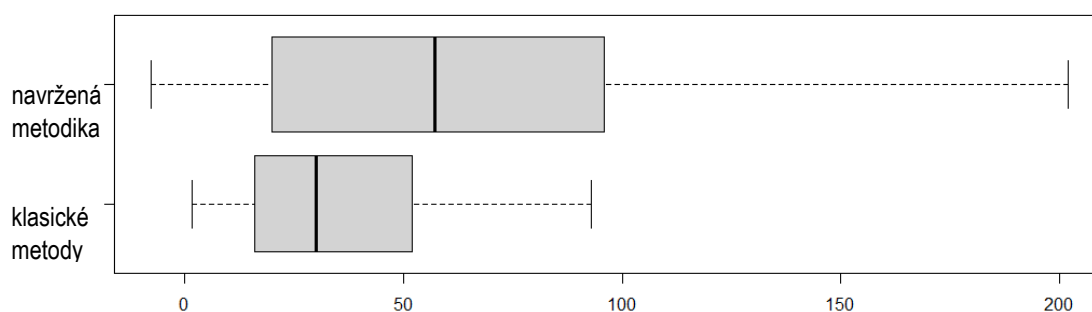
Porovnání výsledků s výsledky z aplikací klasických metod

Pro významnější ověření rozdílů mezi navrhovanou metodikou a běžnými přístupy zlepšování byly dosažené výsledky porovnány s dosahovanými výsledky z literatury, kde jsou používány právě nástroje jako je Lean, Six Sigma a další. Dohromady bylo zahrnuto náhodně vybraných 56 zlepšení, a to převážně z publikací, které shrnovali více případových studií z dalších zdrojů. Případové studie podobně jako experimenty v této práci, byly zaměřeny na různé procesní ukazatele. Míra zlepšení tedy byla vždy přepočtena na procento zlepšení. [311–320]

Z těchto dat bylo, obdobně jako u dat z experimentální části, provedeno vyhodnocení. Byl sestaven histogram, a nalezeny základní ukazatele pro pravděpodobnostní rozložení nalezených dat. Tyto hodnoty pak byly porovnány s hodnotami z experimentální části, získanými po aplikaci navržené metodiky (viz. Obr. 7-5 a Obr. 7-6).



Obr. 7-5: Histogram pravděpodobnostního rozložení míry zlepšení z aplikací běžných nástrojů (z publikací).



Obr. 7-6: Porovnání krabicových grafů pro hodnoty zlepšení dosažených navrženou metodikou a dosahovanými pomocí klasických metod z publikací.

Parametry pravděpodobnostních rozložení jsou porovnány v tabulce (Tab. 7-4) níže.

Tab. 7-4: Porovnání parametrů pravděpodobnostních rozložení porovnávaných zlepšení (metodika a klasické metody).

Parametr pravděpodobnostního rozdělení	Zlepšení klasickými metodami (z publikací)	Zlepšení navrženou metodikou
Medián	30,00	57,25
Průměr (Mean)	34,78	57,15
Směrodatná odchylka (Standard deviation)	22,88	41,06
Šikmost (Skewness)	0,507	0,548
Špičatost (Kurtosis)	-0,716	0,636

Z obrázků (Obr. 7-5) a (obr. 7-6) a z tabulky (Tab. 7-4) lze vydedukovat několik dalších závěrů. Medián reálně dosažených zlepšení pomocí klasických metod se pohybuje okolo 30%. Oproti tomu medián zlepšení běžnými přístupy z experimentů v této práci dosáhl pouze něco přes 6%. To lze pravděpodobně vysvětlit právě proto, že byly v rámci práce řešeny pro firmy náročné problémy. Takové, se kterými si při použití běžných nástrojů a znalostí ve firmách nevěděli rady.

Metodika tedy byla obecně aplikována na náročnější problémy. Pokud porovnáme rozložení, navržená metodika dosahuje oproti klasickým metodám stále lepších výsledků.

Další porovnání plynoucí z porovnání výsledků, je vyobrazeno v tabulce (tab. 7-5).

Tab. 7-5: Porovnání klasických přístupů ke zlepšování s navrženou metodikou.

Porovnávaný aspekt	Klasické přístupy ke zlepšování procesů	Navržená metodika založená na principech TRIZ
Trvání aplikace	Týdny až měsíce	Dny až týdny
Cíl	Redukce plýtvání, redukce defektů, ...	Dosažení ideality (eliminace procesu při zachování výstupu)
Finální výstup	Optimalizovaný proces	Ideálnější, nebo jiný proces
Dosahovaná míra zlepšení	Přibližně 30%	Přibližně 50%
Oblast použití	Procesy a produkční systémy	Procesy, produkční systémy, problem-solving
Náročnost použití	Střední	Střední
Řešitelský tým	Týmové nástroje	Jednotlivci i týmy

Limitace vyhodnocení

Hlavní limitací provedeného porovnání, je to, že u určitých experimentů nedošlo k realizaci navrhovaných změn. Změny sledovaných parametrů jsou proto pouze odhadem dosažitelného zlepšení.

Příčinou toho je již zmíněná problematická doba vzniklá po pandemii COVID-19, čipové, materiálové a energetické krizi, kdy jsou ve většině výrobních podniků pozastaveny investiční aktivity. Čekání na realizaci všech navržených řešení by tak bylo pro dokončení této práce nad rámec časových dispozicí.

Odhady dosažitelných zlepšení bylo však u většiny případů poměrně snadné stanovit. Během navrhovaných změn docházelo velice často k eliminaci procesního kroku, nebo k eliminaci dílčí aktivity. Hodnoty pro nový procesní stav, z hlediska sledovaných parametrů, tak bylo možné odhadnout prostým odečtením parametrů eliminovaných aktivit. Pro příklad, pokud eliminovaná aktivita původně trvala 5 minut, inovovaný proces bude mít dobu výroby odhadem o 5 minut kratší.

Další limitací může být považováno, že z pohledu statistického vyhodnocení výsledků je pracováno s poměrně malými soubory dat. Naopak, právě díky poměrně snadné a rychlé aplikaci navržené metodiky, bylo možné během řešení této disertační práce provést poměrně velký počet reálných experimentů a získat tak alespoň základní soubor dat pro statistické vyhodnocení. V případě potřeby detailnějších a časově náročnějších analýz procesů, by pravděpodobně nebylo možné hodnoty popsat pomocí histogramů a jejich charakteristik. Porovnání by tak muselo být provedeno čistě srovnáváním získaných hodnot.

Praktické využití navržené metodiky

Kvůli vysoké míře inovativních námětů se aplikace nehodí na všechny procesy a ve všech případech. Pokud je cílem existující proces zlepšit bez významných změn, pouze optimalizovat jeho parametry, bude vhodnější použít klasické přístupy jako Lean nebo Six Sigma.

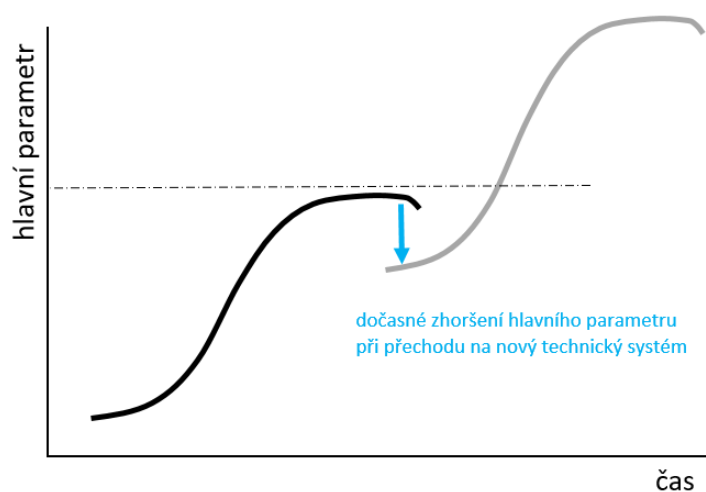
Aplikace je tedy vhodná především v případech, kdy se očekává velká změna procesů, jako je například transformace výroby, nebo zavádění nových procesů. To jsou aplikace, kde se již počítá s vyššími náklady a nalezené náměty mohou být cenově přijatelné.

Další velice vhodné využití je právě na procesní problem-solving. Aplikací metodiky na procesní problém dojde většinou ke změně pouze velmi malého úseku procesu, zároveň je v takových případech mnohem větší šance na nalezení nízkonákladových řešení.

Z experimentů je zřejmé, že pokud je aplikace metodiky zaměřena na větší procesní celky, dochází k nalezení spíše obecných námětů na řešení. Tyto náměty jsou ale zároveň s vyšší pravděpodobností radikální. Se zvyšujícím se detailem procesu (zmenšující se velikostí segmentů) lze očekávat konkrétnější náměty. Avšak protože se jedná o pouze malý segment, řešení nebude mít takový dopad – nebude z hlediska celého procesu tolik radikální. Postupná segmentace velkých procesů tak může přinést jak obecné, ale radikální náměty na změnu celého systému, tak i konkrétnější náměty na inovaci pouze dílčích částí procesů.

Předpokládá se, že po inovaci systému bude opět možné dosáhnout poměrně vysoké výtěžnosti zlepšení, pomocí optimalizace procesu. Pokud bude, krátce po implementaci nalezených řešení z navržené metodiky, nový stav procesu optimalizován běžnými nástroji, celková míra zlepšení bude ještě radikálnější.

Po změně procesu radikálním způsobem, může dle S-křivek dojít kdočasnému zhoršení některých parametrů. Dalším zlepšováním a optimalizací lze ale v konečném výsledku dosáhnout mnohem lepších stavů těchto parametrů než bez této radikální změny (viz Obr. 7-7).



Obr. 7-7: Vyobrazení dočasného zhoršení parametru při přechodu na nový technický systém.

8 PŘÍNOSY DISERTAČNÍ PRÁCE

V průběhu řešení disertační práce byly zjištěny poznatky a vytvořeny vlastní závěry, které jsou přínosem jak pro vědní obor, tak pro praxi.

8.1 Přínosy pro vědní obor

Přínosy disertační práce pro vědní obor lze shrnout do následujících bodů:

- Byla vytvořena nová metodika pro zlepšování procesů a řešení procesních problémů založená na principech z teorie TRIZ.
- Byl vytvořen algoritmus pro aplikaci metodiky na komplexní procesy.
- Byl navrhnout nový procesní ukazatel – procesní idealita.
- Byla provedena literární rešerše zaměřující se na použití TRIZ v oblasti zlepšování procesů.
- Byla provedena rozšiřující literární rešerše zaměřující se na druhy nástrojů TRIZ používané ke zlepšování procesů.
- Byly přeloženy seznamy trendů rozvoje technických systémů, invenčních standardů a separačních principů.

8.2 Přínosy pro praxi

Přínosy disertační práce pro praxi lze shrnout do následujících bodů:

- Byla vytvořena nová metodika pro zlepšování procesů a řešení procesních problémů pomáhající generovat inovativní náměty.
- Byla ověřena snadnost použití navržené metodiky, pro použití v průmyslové praxi.
- Byla vytvořena podpůrná aplikace v MS Excel, pro snadnější aplikaci navržené metodiky.
- Při aplikaci navržené metodiky, bylo dosaženo výrazného zlepšení procesů z hlediska výrobních časů, kvality, nákladů, ale i bezpečnosti pro pracovníky a prostředí.
- Na základě námětů z metodiky byly navrženy a ověřeny technologie (vrstvené podbarvování skleněných očí, a bezpřetokové lepení broušených kamenů), které byly následně úspěšně aplikovány do výroby.
- Na základě námětů z metodiky byla navržena nová technologie výroby krystalů kubické zirkonie.
- Na základě námětů z metodiky byl sestaven „proof of concept“ svařovacích kleští pro navařování plastového filamentu na 3D tiskové farmě.

9 ZÁVĚR

Disertační práce byla vypracována se zaměřením na využití nástrojů systematické kreativity ke zlepšování výrobních procesů. Na základě výsledků z rozsáhlé literární rešerše byl stanoven hlavní cíl práce – vytvoření metodiky pro zlepšování průmyslových procesů, tak aby byla poměrně snadno použitelná v praxi.

9.1 Závěry disertační práce

Závěry z disertační práce lze shrnout:

1. Použití nástrojů TRIZ v rámci zlepšování procesů je považováno za výhodné.
2. Dosavadní pokusy o aplikaci se zaměřují především na kombinaci nástrojů TRIZ s jinými nástroji pro zlepšování procesů.
3. Dosavadní pokusy o aplikaci TRIZ pro zlepšování procesů jsou nejasné, nebo příliš složité na snadné použití v praxi.
4. Pro reálné použití nástrojů TRIZ pro zlepšování procesů v praxi je vhodné se odprostit od kombinace TRIZ s jinými nástroji.
5. Zábranou v rozšíření použití TRIZ do praxe je složitost, respektive náročnost na naučení se/pochopení principů TRIZ. Navrhovaná metodika musí být poměrně snadno aplikovatelná.
6. Byla navržena metodika založená na principech TRIZ určená pro zlepšování procesů, nebo překonávání problémů spojených s výrobou. Metodika zohledňuje náročnost použití nástrojů TRIZ a poskytuje poměrně snadný rámec, který řešitele vede zlepšovatelem projektem. Pro složitější procesy byl navržen algoritmus, který pomáhá vést řešitele při aplikaci metodiky na jednotlivé části procesu.
7. Byl navržen nový ukazatel „kvality“ procesu. Procesní idealita vycházející z ideality definované v teorii TRIZ.
8. Byla provedena řada experimentů aplikujících navrženou metodiku na reálných procesech a reálných problémech.
9. Z provedených pilotních experimentů vyplývá, že míra zlepšení procesu pomocí navržené metodiky je vyšší než při aplikaci běžných nástrojů. A to i za předpokladu, že byla metodika aplikována na předem zlepšený proces.
10. Z dalších experimentů vyplývá, že lze metodiku použít k překonávání problémů ve výrobě.
11. Byla ověřena snadnost použití metodiky na experimentu s řešením problémů pomocí metodiky studenty Technické univerzity v Liberci.
12. Byla porovnána míra dosahovaných zlepšení pomocí navržené metodiky a pomocí běžných přístupů. Z porovnání vyplývá, že při použití metodiky lze dosáhnout vyšší míry zlepšení (57% oproti 7%, respektive 30%).
13. V rámci řešení práce byla pro usnadnění aplikace metodiky vytvořena aplikace v MS Excel, pomáhající provést řešitele zlepšovatelem projektem.
14. Aplikace také obsahuje přeložené seznamy trendů rozvoje technických systémů, standardních řešení, a invenčních principů. Autor si není vědom existence přeložených seznamů trendů nebo standardních řešení do českého jazyka.
15. Aplikace také povoluje automaticky vyhledávat invenční principy z více rozporuplných parametrů, výsledky jsou automaticky řazeny podle počtu výstupů.
16. Popis návrhu metodiky a její aplikace na vybraných procesech byla publikována v několika recenzovaných časopisech, mezi které se řadí i dva s nenulovým impakt faktorem. Lze tedy prohlásit, že výstupy práce již byly alespoň částečně akceptovány vědeckou komunitou.

Z uvedených závěrů vyplývá, že stanovené cíle práce byly naplněny.

9.2 Návrh dalšího postupu

Další kroky by měly směřovat k novým aplikacím metodiky a tím rozšíření vzorku experimentů pro statisticky přesnější ověření funkčnosti metodiky. Dále je možné se pokusit rozšířit použití metodiky na zlepšování netechnických procesů. Metodika jako taková může být dále rozšířena i o nové nástroje z teorie TRIZ, například o použití modifikované funkční analýzy procesních aktivit společně s upraveným nástrojem Trimming. Další kroky také mohou vést ke zdokonalení podpůrné aplikace, případně vytvoření samostatného softwaru, případně webové aplikace.

Na základně poznatků z řešení dílčích experimentů, kdy bylo zjištěno, že není nutná důkladná analýza současného stavu procesu, by mohlo mít zajímavé přínosy použití metodiky distančně, pouze s využitím online nástrojů pro komunikaci s vlastníky procesu. Tím by mohlo být dosaženo snížení nákladů na samotných zlepšovateckých projektech.

Protože téměř všechny aktivity lze popsat jako nějaký proces, teoreticky lze navrženou metodiku aplikovat s dosažením radikálních změn na jakékoliv aktivity. Pokud by toto tvrzení bylo ověřeno, lze metodiku použít i na témata s významným přesahem jako je například řešení problémů ve zdravotnictví, životním prostředí, a podobně (recyklace, redukce CO₂, výroba energie, a další).

REFERENCE

- [1] KRAFCIK, J. F. Triumph of the Lean Production System. *Sloan Management Review*. 1988, **30**(1), 41–52.
- [2] WOMACK, James P., Daniel T. JONES a Daniel ROOS. *The machine that changed the world: how Japan's secret weapon in the global auto wars will revolutionize western industry*. 1st HarperPerennial ed. New York, NY: HarperPerennial, 1991. ISBN 978-0-06-097417-6.
- [3] LIKER, Jeffrey K. *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. New York: McGraw-Hill, 2004. ISBN 978-0-07-139231-0.
- [4] LIKER, Jeffrey K. a James M. MORGAN. The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives* [online]. 2006, **20**(2), 5–20. ISSN 1558-9080, 1943-4529. Dostupné z: doi:10.5465/amp.2006.20591002
- [5] OHNO, Taiichi. *Toyota production system: beyond large-scale production*. Cambridge, Mass: Productivity Press, 1988. ISBN 978-0-915299-14-0.
- [6] ALVES, Anabela Carvalho, Ana Cristina FERREIRA, Laura COSTA MAIA, Celina P. LEÃO a Paula CARNEIRO. A symbiotic relationship between Lean Production and Ergonomics: insights from Industrial Engineering final year projects. *International Journal of Industrial Engineering and Management* [online]. 2019, **10**(4), 243–256. ISSN 22172661, 2683345X. Dostupné z: doi:10.24867/IJIEM-2019-4-244
- [7] ALVES, Anabela Carvalho, Franz-Josef KAHLEN, Shannon FLUMERFELT a Anna Bella SIRIBAN-MANALANG, ed. *Lean Engineering for Global Development* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2019 [vid. 2020-05-08]. ISBN 978-3-030-13514-0. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-13515-7
- [8] WOMACK, James P. a Daniel T. JONES. *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. New York, NY: Simon & Schuster, 1996. ISBN 978-0-684-81035-5.
- [9] LIKER, Jeffrey K. *Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce*. Vyd. 1. Přel. Irena GRUSOVÁ. Praha: Management Press, 2007. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [10] BICHENO, John. *The lean toolbox for service systems*. Buckingham: PICSIE Books, 2008. ISBN 978-0-9541244-4-1.
- [11] SAMANTA, Maharshi. *Lean problem solving and QC tools for industrial engineers*. First edition. New York, NY: Taylor & Francis Group, 2019. ISBN 978-1-138-33849-4.
- [12] IMAI, Masaaki. *Kaizen: metoda, jak zavést úspěšnější a flexibilnější výrobu v podniku*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 978-80-251-0461-3.
- [13] IMAI, Masaaki. *Gemba Kaizen*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2005. ISBN 978-80-251-0850-5.
- [14] SHINGŌ, Shigeo. *A study of the Toyota production system from an industrial engineering viewpoint*. Rev. ed. Přel. Andrew P. DILLON. Cambridge, Mass: Productivity Press, 1989. ISBN 978-0-915299-17-1.
- [15] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006. ISBN 978-80-86851-38-9.
- [16] VYTLAČIL, Milan a Ivan MAŠÍN. *Dynamické zlepšování procesů: programy a metody pro eliminaci plýtvání*. 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1999. ISBN 978-80-902235-3-0.
- [17] PYZDEK, Thomas a Paul A KELLER. *The Six Sigma handbook: a complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels* [online]. New York: McGraw-Hill Companies, 2010 [vid. 2021-03-25]. ISBN 978-0-07-162337-7. Dostupné z: <http://accessengineeringlibrary.com/browse/six-sigma-handbook-a-complete-guide-for-green-belts-black-belts-and-managers-at-all-levels-third-edition>
- [18] MCCARTY, Tom, Michael BREMER, Lorraine DANIELS a Praveen GUPTA. *The Six Sigma black belt handbook*. New York: McGraw-Hill, 2005. Six sigma operational methods series. ISBN 978-0-07-144329-6.
- [19] VOEHL, Frank, H. James HARRINGTON, Chuck MIGNOSA a Rich CHARRON. *The lean six sigma black belt handbook: tools and methods for process acceleration*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2014. ISBN 978-1-4665-5468-9.
- [20] MSA – Analýza systému měření – Lean Six Sigma [online]. [vid. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/msa-analyza-systemu-mereni/>
- [21] MARTIN, James W. *Lean six sigma for the office*. Boca Raton: CRC Press, 2009. Series on resource management. ISBN 978-1-4200-6879-5.

- [22] MUIR, Alastair. *Lean Six SIGMA Statistics*. [online]. Blacklick, USA: McGraw-Hill Professional Publishing, 2005 [vid. 2021-03-25]. ISBN 978-0-07-158893-5. Dostupné z: <https://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=4666749>
- [23] PANDE, Peter S., Robert P. NEUMAN a Roland R. CAVANAGH. *The Six Sigma way: how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance*. New York: McGraw-Hill, 2000. ISBN 978-0-07-135806-4.
- [24] TOŠENOVSKÝ, Josef a Darja NOSKIEVIČOVÁ. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. Ostrava: Montanex, 2000. ISBN 978-80-7225-040-0.
- [25] ROBINSON, Stewart. *Simulation: the practice of model development and use*. Chichester, West Sussex, England ; Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Ltd, 2004. ISBN 978-0-470-84772-5.
- [26] LAW, Averill M. *Simulation modeling and analysis*. Fifth edition. Dubuque: McGraw-Hill Education, 2013. McGraw-Hill series in industrial engineering and management science. ISBN 978-0-07-340132-4.
- [27] BANGSOW, Steffen. *Manufacturing simulation with Plant Simulation and Simtalk: usage and programming with examples and solutions*. Berlin: Springer, 2010. ISBN 978-3-642-05073-2.
- [28] *Manufacturing Simulation | Siemens Software* [online]. [vid. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/glossary/manufacturing-simulation/27068>
- [29] *Plant simulation software | Siemens Software. Siemens Digital Industries Software* [online]. [vid. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/tecnomatix/products/plant-simulation-software/>
- [30] MES, Martijn R K. *Simulation Modelling using Practical Examples: A Plant Simulation Tutorial*. 2019.
- [31] *Factory and line design | Siemens Software. Siemens Digital Industries Software* [online]. [vid. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/tecnomatix/factory-line-design/>
- [32] *WITNESS Simulation Modeling Software | Lanner* [online]. [vid. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.lanner.com/en-gb/technology/witness-simulation-software.html>
- [33] *Arena Simulation Software | Arena Simulation Software. Rockwell Automation* [online]. [vid. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/arena-simulation.html>
- [34] FlexSim. *FlexSim* [online]. [vid. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.flexsim.com/flexsim/>
- [35] *Process Simulator. BigBear.ai* [online]. [vid. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://bigbear.ai/products/process-simulator/>
- [36] *aPriori Products | Design, Analytics, and Sourcing Solutions. aPriori* [online]. [vid. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.apriori.com/solutions/products/>
- [37] *Autodesk Factory Design Utilities Software 2024 | Get Prices and Buy* [online]. [vid. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.autodesk.com/products/factory-design-utilities/overview>
- [38] *Products and Services* [online]. [vid. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.mathworks.com/products.html>
- [39] PAL, Surjya Kanta, Debasish MISHRA, Arpan PAL, Samik DUTTA, Debashish CHAKRAVARTY a Srikanta PAL. *Digital twin - fundamental concepts to applications in advanced manufacturing*. Cham: Springer, 2022. Springer series in advanced manufacturing. ISBN 978-3-030-81815-9.
- [40] CHAUDHARY, Gopal, Manju KHARI a Mohamed ELHOSENY, ed. *Digital twin technology*. First edition. Boca Raton, FL: CRC Press, 2022. ISBN 978-1-00-045591-5.
- [41] NATH, Shyam Varan, Pieter van SCHALKWYK a Dan ISAACS. *Building Industrial Digital Twins Design, Develop, and Deploy Digital Twin Solutions for Real-World Industries Using Azure Digital Twins*. Birmingham: Packt Publishing, Limited, 2021. ISBN 978-1-83921-451-6.
- [42] BOGOVIZ, Aleksei V., Elena G. POPKOVA a Yulia V. RAGULINA, ed. *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century* [online]. 1st ed. 2019. Cham: Springer International Publishing : Imprint: Springer, 2019. Studies in Systems, Decision and Control, 169. ISBN 978-3-319-94310-7. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-94310-7
- [43] UYGUN, Yilmaz, ed. *Industry 4.0: principles, effects and challenges*. New York: Nova Science Publishers, 2020. Manufacturing technology research. ISBN 978-1-5361-8331-3.
- [44] *The Journey. FlashDev* [online]. [vid. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://flashdev.org/the-journey/>
- [45] Kaizen Kaikaku Kakushin. *Benchmark Six Sigma Forum* [online]. 7. září 2017 [vid. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.benchmarksixsigma.com/forum/topic/34872-kaizen-kaikaku-kakushin/>
- [46] ŠANDA, Libor. *Global 8D report – efektivní nástroj pro zvyšování jakosti výroby v integrovaném systému řízení kvality*. In: *III. Mezinárodní konference STROJÍRENSKÁ TECHNOLOGIE – PLZEŇ 2009*. 2009.

- [47] GOLDRATT, Eliyahu M. *What is this thing called theory of constraints and how should it be implemented?* Great Barrington, Massachusetts: North River Press, 1990. ISBN 978-0-88427-166-6.
- [48] MCMULLEN, Thomas B. *Introduction to the theory of constraints (TOC) management system*. Boca Raton [Florida]: St. Lucie Press, 1998. St. Lucie Press/APICS series on constraints management. ISBN 978-1-57444-066-9.
- [49] COX, James F. a John G. SCHLEIER, ed. *Theory of constraints handbook*. New York: McGraw-Hill, 2010. ISBN 978-0-07-166554-4.
- [50] TOŠENOVSKÝ, Josef. *PLÁNOVÁNÍ EXPERIMENTŮ učební text*. B.m.: Technická univerzita Ostrava, 2012.
- [51] ANDERSON, Mark J. a Patrick J. WHITCOMB. *DOE simplified: practical tools for effective experimentation*. Third edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2015. ISBN 978-1-4822-1894-7.
- [52] CONDRA, Lloyd W. *Reliability improvement with design of experiments*. 2nd ed., rev.expanded. New York: Marcel Dekker, 2001. Quality and reliability, 59. ISBN 978-0-8247-0527-5.
- [53] COHEN, Lou. *Quality function deployment: how to make QFD work for you*. Reading, Mass: Addison-Wesley, 1995. Engineering process improvement series. ISBN 978-0-201-63330-6.
- [54] REVELLE, Jack B., John W. MORAN a Charles A. COX. *The QFD handbook*. New York: Wiley, 1998. ISBN 978-0-471-17381-6.
- [55] STAMATIS, D. H. *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. 2nd ed., rev.expanded. Milwaukee, Wisc: ASQ Quality Press, 2003. ISBN 978-0-87389-598-9.
- [56] MIKULAK, Raymond J., Robin MCDERMOTT a Michael BEAUREGARD. *The Basics of FMEA, 2nd Edition*. 2nd ed. Portland: CRC Press, 2008. ISBN 978-1-4398-0961-7.
- [57] CARLSON, Carl. *Effective FMEAs: achieving safe, reliable, and economical products and processes using failure mode and effects analysis*. Hoboken, N.J.: Wiley, 2012. Quality and reliability engineering series, 1. ISBN 978-1-118-00743-3.
- [58] SHINGŌ, Shigeo. *A revolution in manufacturing: the SMED system*. Stamford, Conn: Productivity Press, 1985. ISBN 978-0-915299-03-4.
- [59] SHINGŌ, Shigeo. *Quick changeover for operators: the SMED system*. Portland, Or: The Press, 1996. Shopfloor series. ISBN 978-1-56327-125-0.
- [60] SALVENDY, Gavriel, ed. *Handbook of industrial engineering: technology and operations management*. 3rd ed. New York: Wiley, 2001. ISBN 978-0-471-33057-8.
- [61] LEHTO, Mark R. a James R. BUCK. *Introduction to human factors and ergonomics for engineers*. New York, N.Y.: Lawrence Erlbaum, 2008. ISBN 978-1-4106-1546-6.
- [62] ŠTŮSEK, Jaromír. *Řízení provozu v logistických řetězcích*. Vyd. 1. V Praze: C.H. Beck, 2007. ISBN 978-80-7179-534-6.
- [63] ZANDIN, Kjell B. *MOST work measurement systems*. 3rd ed., rev.expanded. New York: Marcel Dekker, 2003. Industrial engineering, 22. ISBN 978-0-8247-0953-2.
- [64] RAMBAUD, Laurie. *8D - strukturovaný přístup k řešení problémů: průvodce tvorbou kvalitních 8D reportů : druhé vydání*. 1. české vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2011. ISBN 978-80-02-02347-0.
- [65] ZARGHAMI, Ali a Donald W. BENBOW. *Introduction to 8D problem solving: including practical applications and examples*. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press, 2017. ISBN 978-0-87389-955-0.
- [66] FARBER, Steve. A 70-Year Study of More Than 3 Million Patents Reveals These Simple Steps to Problem Solving. *Inc.com* [online]. 21. září 2017 [vid. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.inc.com/steve-farber/a-70-year-study-of-more-than-3-million-patents-reveals-these-simple-steps-to-problem-solving.html>
- [67] JIRMAN, Pavel a Sergey LOGVINOV. *Aplikace TRIZ na mikroúrovni*. 2015. ISBN 978-80-7494-190-0.
- [68] MAŠÍN, Ivan a Pavel JIRMAN. *Metody systematické kreativity*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. ISBN 978-80-7372-853-3.
- [69] MANN, Darrell. Who Will Use TRIZ. *The Triz Journal* [online]. [vid. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/innovation-methods/innovation-triz-theory-inventive-problem-solving/will-learn-use-triz/>
- [70] LYUBOMIRSKIY, Alex, Simon LITVIN, Sergei IKOVENKO a Christian M. THURNES. *Trends of Engineering System Evolution (TESE): TRIZ paths to innovation*. Sulzbach-Rosenberg: TRIZ Consulting Group GmbH, 2018. ISBN 978-3-00-059846-3.

- [71] SLOCUM, Michael. Technology Maturity Using S-curve Descriptors. *Triz Journal* [online]. 1998 [vid. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.metodolog.ru/triz-journal/archives/1998/12/a/index.htm>
- [72] FILMORE, Paul. The real world: TRIZ in two hours for undergraduate and masters level students! 2006.
- [73] ALTSHULLER, Genrich. *The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity*. 1. ed., 2. print. Worcester, Mass: Technical Innovation Center, 2000. ISBN 978-0-9640740-4-0.
- [74] SAVRANSKY, Semyon D. *Engineering of creativity: introduction to TRIZ methodology of inventive problem solving*. Boca Raton, Fla: CRC Press, 2000. ISBN 978-0-8493-2255-6.
- [75] ORLOFF, M. A. *Inventive Thinking through TRIZ* [online]. B.m.: Springer Berlin Heidelberg, 2006 [vid. 2021-11-15]. ISBN 978-3-540-33222-0. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-540-33223-7
- [76] ORLOFF, Michael A. *ABC-TRIZ: Introduction to Creative Design Thinking with Modern TRIZ Modeling* [online]. 1st ed. 2017. Cham: Springer International Publishing : Imprint: Springer, 2017. ISBN 978-3-319-29436-0. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-29436-0
- [77] ORLOFF, Michael A. *Modern TRIZ modeling in master programs: introduction to TRIZ basics at university and industry*. Cham: Springer, 2020. ISBN 978-3-030-37417-4.
- [78] ORLOFF, Michael A. *Modern TRIZ: a practical course with EASyTRIZ technology*. Heidelberg New York: Springer, 2012. ISBN 978-3-642-25218-1.
- [79] CAMERON, Gordon. *TRIZICS: teach yourself TRIZ, how to invent, innovate and solve „impossible“ technical problems systematically*. United States: CreateSpace, 2010. ISBN 978-1-4563-1989-2.
- [80] GADD, Karen. *TRIZ for engineers: enabling inventive problem solving*. Chichester, West Sussex, U.K. ; Hoboken, N.J: Wiley, 2011. ISBN 978-0-470-74188-7.
- [81] RANTANEN, Kalevi, David W. CONLEY a Ellen DOMB. *Simplified TRIZ: new problem-solving application for technical and business professionals*. Third edition. Boca Raton: Taylor & Francis, CRC Press, 2018. ISBN 978-1-138-70015-4.
- [82] PETROV, Vladimir. *TRIZ. Theory of Inventive Problem Solving: Level 1* [online]. 1st ed. 2019. Cham: Springer International Publishing : Imprint: Springer, 2019. ISBN 978-3-030-04254-7. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-04254-7
- [83] FEY, Victor a Eugene I. RIVIN. *Innovation on demand*. Cambridge, UK ; New York: Cambridge University Press, 2005. ISBN 978-0-521-82620-4.
- [84] POPPE, Gert a Bart GRAS. TRIZ in the process industry. In: *European TRIZ Association Conference: The TRIZ Journal* [online]. 2001. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/triz-process-industry/>
- [85] IKOVENKO, Sergei a Jim BRADLEY. TRIZ as a Lean Thinking Tool. In: *2004 ETRIA TRIZ Future Conference* [online]. 2004. Dostupné z: https://www.academia.edu/53315616/TRIZ_as_a_Lean_Thinking_Tool
- [86] BLIGH, Amanda. The Overlap Between TRIZ and Lean. In: [online]. 2006. Dostupné z: https://www.innovation-triz.com/papers/TRIZ_Lean.pdf
- [87] AGGARWAL, Ankit, Sundeep KUMAR a Tuhina SIKOR. TOYOTrized: How the celebrated TOYOTA Production System is a TRIZ derivative. *The TRIZ Journal* [online]. 2005. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/toyotrized-celebrated-toyota-production-system-triz-derivative/>
- [88] THURNES, Christian, Frank ZEIHSEL a Frank HALLFELL. TRIZ for Waste Elimination on a “Lean Production” Environment. In: *Proceedings of TRIZfest 2014*. 2014, s. 284–292.
- [89] THURNES, Christian. *Lean–Operators for the 40 Inventive Principles*. International. B.m.: Canter of Competence Opinnometh, 2014.
- [90] ANOSIKE, Anthony I. a Ming K. LIM. Integrating Lean, Theory of Constraints and TRIZ for Process Innovation. *Short Research Papers on Knowledge, Innovation and Enterprise*. 2013, 64–74.
- [91] MARTIN, A. TRIZ, Theory of Constraints and Lean. 2010.
- [92] ANOSIKE, A. I. a Ming K. LIM. A Synergistic Approach to Process Innovation. *International Journal of Knowledge, Innovation and Entrepreneurship*. 2014, 2(1), 33–54.
- [93] MOVARREI, Reza a Sara Rezaee VESSAL. Theory of inventive problem solving (TRIZ) applied in supply chain management of petrochemical projects. In: *2007 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management: 2007 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* [online]. Singapore: IEEE, 2007, s. 1624–1628 [vid. 2020-04-29]. ISBN 978-1-4244-1528-1. Dostupné z: doi:10.1109/IEEM.2007.4419467
- [94] NAVAS, Helena V. G. a Virgilio A. Cruz MACHADO. Systematic Innovation for Lean Supply Chain Management. In: *ICPR 22 - 22nd International Conference on Production Research: 22nd*

- International Conference on Production Research* [online]. 2013. Dostupné z: doi:10.13140/RG.2.1.3533.9608
- [95] STRATTON, R a R. D. H WARBURTON. The strategic integration of agile and lean supply. *International Journal of Production Economics* [online]. 2003, **85**(2), Supply Chain Management, 183–198. ISSN 0925-5273. Dostupné z: doi:10.1016/S0925-5273(03)00109-9
- [96] DOMB, Ellen. Strategic TRIZ and Tactical TRIZ: Using the Technology Evolution Tools. in Izobretenia. *The Journal of the Altshuller Institute* [online]. 1999. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/strategic-triz-tactical-triz-using-technology-evolution-tools/>
- [97] NAVAS, Helena V. G. a Virgílio A. Cruz MACHADO. “The Lifeline” of Technical Systems in a TRIZ-LEAN Environment. In: *Proceedings of TRIZ Future 2011*. 2011.
- [98] CABRERA, Brahian Román a Guillermo Juárez LI. A Lean-TRIZ Approach for Improving the Performance of Construction Projects. In: *XXII Conference of Lean Construction: Proceedings IGLC-22 The International Group for Lean Construction*. 2014, s. 883-894,.
- [99] TOIVONEN, Teemu a Juha SIITONEN. Value Stream Analysis for Complex Processes and Systems. *Procedia CIRP* [online]. 2016, **39**, Structured Innovation with TRIZ in Science and Industry: Creating Value for Customers and Society, 9–15. ISSN 2212-8271. Dostupné z: doi:10.1016/j.procir.2016.01.035
- [100] CAMPBELL, Brian. Lean TRIZ. *The TRIZ Journal* [online]. 2004. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/lean-triz/>
- [101] KUMARESAN, Kartik Sreedharaan a Muhamad Zamari Mat SAMAN. Integration of SMED and TRIZ in Improving Productivity at Semiconductor Industry. *Jurnal Mekanikal*. 2011, **33**(2), 40–55. ISSN 2289-3873.
- [102] DEWI, Septika Rosiana, Budi SETIAWAN a W P SUSATYO NUGROHO. 5S program to reduce change-over time on forming department (case study on CV Piranti Works temanggung). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [online]. 2013, **46**, 012040. ISSN 1757-899X. Dostupné z: doi:10.1088/1757-899X/46/1/012040
- [103] SOUSA, Nuno J. Pinto E, Helena V. G. NAVAS a Virgílio A. Cruz MACHADO. Application of Lean and TRIZ Methodologies in the Maintenance Service of a Food Company. In: *ICSI 2014 - The 5th International Conference on Systematic Innovation: International Conferences on Systematic Innovation* [online]. At San Jose, California, USA: Unpublished, 2014 [vid. 2020-04-26]. Dostupné z: doi:10.13140/RG.2.1.1506.1842
- [104] MOUSSA, Ben, Fatima ZAHRA, Rachid BENMOUSSA, Sébastien DUBOIS, Roland DE GUIO, Nathalie GARTISER a Ivana RASOVSKA. How can TRIZ contributes to solve the problems of green logistics? In: *International Conference on Green Supply Chain: GSC²*. 2014.
- [105] BASHIKITE, Viktoria a Tatyana KARAULOVA. Integration of Green Thinking into Lean Fundamentals by Theory of Inventive Problems Solving Tools. *Annals of DAAAM for 2012 & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium*. 2012, **23**(1), 345–350.
- [106] DE J. PACHECO, Diego A., Carla S. CATEN, Helena V. G. NAVAS, Carlos Fernando JUNG, Virgílio A. Cruz MACHADO a Gustavo H. N. LOPES. Systematic Eco-innovation in Lean PSS Environment: An Integrated Model. *Procedia CIRP* [online]. 2016, **47**, Product-Service Systems across Life Cycle, 466–471. ISSN 2212-8271. Dostupné z: doi:10.1016/j.procir.2016.03.211
- [107] HSIA, Tai-Chang a Su-Chen HUANG. Using the Theory of Inventive Problem-Solving (TRIZ) to Implement Safety Improvements in Foundry Engineering Pouring Procedures. In: *2011 International Conference on Management and Service Science (MASS 2011): 2011 International Conference on Management and Service Science* [online]. Wuhan, China: IEEE, 2011, s. 1–4 [vid. 2020-04-29]. ISBN 978-1-4244-6579-8. Dostupné z: doi:10.1109/ICMSS.2011.5999352
- [108] SHEU, D. Daniel a Chun Ting HOU. TRIZ-based problem solving for process-machine improvements: Slit-valve Innovative redesign. In: *Proceedings of the 41st International Conference on Computers & Industrial Engineering*. 2011, s. 1036-1044,.
- [109] SHEU, D. Daniel a Chun Ting HOU. TRIZ-based trimming for process-machine improvements: Slit-valve innovative redesign. *Computers & Industrial Engineering* [online]. 2013, **66**(3), Special Issue: The International Conferences on Computers and Industrial Engineering (ICC&IEs) - series 41, 555–566. ISSN 0360-8352. Dostupné z: doi:10.1016/j.cie.2013.02.006
- [110] MOREIRA, Darin. Component Misplacement Prevention on the ICOS Tape & Reel process using TRIZ & Lean. In: *IPC APEX EXPO Proceedings*. 2012.
- [111] MAIA, Laura Costa, Anabela Carvalho ALVES a Celina Pinto LEÃO. How Could the TRIZ Tool Help Continuous Improvement Efforts of the Companies? *Procedia Engineering* [online]. 2015, **131**, 343–351. ISSN 18777058. Dostupné z: doi:10.1016/j.proeng.2015.12.412

- [112] GHANI, Jaharah A., A.Raof NATASHA, C.H. Che HASSAN a Junaidi SYARIF. TRIZ approach for machining process innovation in cryogenic environment. *International Journal of Materials and Product Technology* [online]. 2016, **53**(3/4), 286. ISSN 0268-1900, 1741-5209. Dostupné z: doi:10.1504/IJMPT.2016.079200
- [113] SU, Chao-Ton a Feng-Min SU. Yield Improvement in Color Filter Manufacturing Using Taguchi Methods and TRIZ's Substance-Field Analysis. *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology* [online]. 2018, **8**(12), 2198–2212. ISSN 2156-3950, 2156-3985. Dostupné z: doi:10.1109/TCPMT.2018.2846692
- [114] WINKLESS, Barry a Darrell MANN. Product and Process Improvement using TRIZ: A Case Study in Increasing Innovative Options. 2002.
- [115] BRAD, Stelian, Bogdan MOCAN, Emilia BRAD a Mircea FULEA. Leading Innovation to Improve Complex Process Performances by Systematic Problem Analysis with TRIZ. *Procedia Engineering* [online]. 2015, **131**, TRIZ and Knowledge-Based Innovation in Science and Industry, 1121–1129. ISSN 1877-7058. Dostupné z: doi:10.1016/j.proeng.2015.12.430
- [116] LI, Miao, Xinguo MING, Maokuan ZHENG, Lina HE a Zhitao XU. An integrated TRIZ approach for technological process and product innovation. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* [online]. 2017, **231**(6), 1062–1077. ISSN 0954-4054, 2041-2975. Dostupné z: doi:10.1177/0954405415583885
- [117] LANKE, A. a B. GHODRATI. Reducing defects and achieving business profitability using innovative and lean thinking. In: *2013 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM): 2013 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* [online]. Bangkok, Thailand: IEEE, 2013, s. 1026–1030 [vid. 2020-04-28]. ISBN 978-1-4799-0986-5. Dostupné z: doi:10.1109/IEEM.2013.6962566
- [118] MURUGANANTHAM, V.R., P. Navaneetha KRISHNAN a K.K. ARUN. Integrated application of TRIZ with lean in the manufacturing process in a machine shop for the productivity improvement. *International Journal of Productivity and Quality Management* [online]. 2014, **13**(4), 414–429. ISSN 1746-6474, 1746-6482. Dostupné z: doi:10.1504/IJPQM.2014.062220
- [119] ARCIDIACONO, Gabriele a L. BUCCIARELLI. TRIZ: Engineering Methodologies to Improve the Process Reliability: TRIZ in Process Reliability. *Quality and Reliability Engineering International* [online]. 2016, **32**(7), 2537–2547. ISSN 07488017. Dostupné z: doi:10.1002/qre.1955
- [120] HETHERINGTON, M. a D.H.S. ISMAIL. Qualitative examination of how agility and agile manufacturing fit with traditional strategy and the TRIZ framework. In: *IET International Conference on Agile Manufacturing (ICAM 2007): IET International Conference on Agile Manufacturing (ICAM 2007)* [online]. Durham, UK: IEE, 2007, s. 212–220 [vid. 2020-04-28]. ISBN 978-0-86341-816-7. Dostupné z: doi:10.1049/cp:20070029
- [121] FRESNER, Johannes a Di Jürgen JANTSCHGI. TRIZ to Improve Material Efficiency and Energy Efficiency of Industrial Production Processes. 2006.
- [122] KARAULOVA, Tatjana a Viktoria BASHKITE. Decision-making Framework for Used Industrial Equipment. *Engineering Economics* [online]. 2016, **27**(1), 23–31. ISSN 2029-5839, 1392-2785. Dostupné z: doi:10.5755/j01.ee.27.1.8618
- [123] HSIEH, Ho-Nien, Jeng-Fung CHEN a Quang Hung DO. Applying TRIZ and Fuzzy AHP Based on Lean Production to Develop an Innovative Design of a New Shape for Machine Tools. *Information* [online]. 2015, **6**(1), 89–110. ISSN 2078-2489. Dostupné z: doi:10.3390/info6010089
- [124] NAVAS, Helena V. G. a Virgilio A. Cruz MACHADO. Systematic Innovation in a Lean Management Environment. In: *2013 Industrial and Systems Engineering Research Conference: Proceedings of the 2013 Industrial and Systems Engineering Research Conference* [online]. San Juan, Puerto Rico: Unpublished, 2013 [vid. 2020-04-28]. Dostupné z: doi:10.13140/RG.2.1.2046.4083
- [125] TOIVONEN, Teemu. Continuous Innovation – Combining Toyota Kata and TRIZ for Sustained Innovation. *Procedia Engineering* [online]. 2015, **131**, TRIZ and Knowledge-Based Innovation in Science and Industry, 963–974. ISSN 1877-7058. Dostupné z: doi:10.1016/j.proeng.2015.12.408
- [126] DUFLOU, Joost R. a Joris D'HONDT. Applying TRIZ for systematic manufacturing process innovation: the single point incremental forming case. *Procedia Engineering* [online]. 2011, **9**, Proceeding of the ETRIA World TRIZ Future Conference, 528–537. ISSN 1877-7058. Dostupné z: doi:10.1016/j.proeng.2011.03.139
- [127] MURUGANANTHAM, V.R., P. Navaneetha KRISHNAN a K. Kaliappan ARUN. Performance improvement and cost minimisation for manufacturing components in a fabrication plant by the application of Lean with TRIZ principles. *International Journal of Productivity and Quality Management* [online]. 2013, **12**(4), 449–465. ISSN 1746-6474, 1746-6482. Dostupné z: doi:10.1504/IJPQM.2013.056737

- [128] HSIA, T. C., S. C. CHEN, R. K. TSAI a S. C. HUANG. Using Systematic Innovation Process (TRIZ Method) to Improve the Manufacturing Technology of Platelet Agitators. In: *FAIM2011: Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*. 2011.
- [129] LI, Li, David LI a Yuanhua YANG. The Design and Application of Synergetic Innovation System for Manufacturing Enterprise Based on TRIZ. In: *2011 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering (ICIII): 2011 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering* [online]. Shenzhen, China: IEEE, 2011, s. 74–77 [vid. 2020-04-29]. ISBN 978-1-61284-450-3. Dostupné z: doi:10.1109/ICIII.2011.166
- [130] DOMB, Ellen a Thomas J KLING. How to Reduce Cost in Product and Process Using TRIZ. 2006, 6.
- [131] JIN, Yeoh Tay, Yeoh Teong SAN a Song Chia LI. TRIZ: Systematic innovation towards factory operational efficiency. In: *2008 33rd IEEE/CPMT International Electronics Manufacturing Technology Conference (IEMT): 2008 33rd IEEE/CPMT International Electronics Manufacturing Technology Conference (IEMT)* [online]. Penang, Malaysia: IEEE, 2008, s. 1–4 [vid. 2020-04-29]. ISBN 978-1-4244-3392-6. Dostupné z: doi:10.1109/IEMT.2008.5507846
- [132] PETRALI, Pierluigi. Integrating TRIZ and other methodologies in product/process re-engineering. *The TRIZ Journal* [online]. 2004. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/integrating-triz-methodologies-productprocess-re-engineering/>
- [133] LEE, Larry Jung-Hsing, Jun-Der LEU a Yi-Wei HUANG. A Value Engineering Based Method of Configuring ICT-Based Customer Service Centers. In: *2015 2nd International Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE): 2015 2nd International Conference on Information Science and Control Engineering* [online]. Shanghai, China: IEEE, 2015, s. 86–91 [vid. 2020-04-29]. ISBN 978-1-4673-6850-6. Dostupné z: doi:10.1109/ICISCE.2015.28
- [134] AVERBOUKH, Elena A. *Six Sigma Trends: TRIZ Six Sigma for Analysis and Elimination of Root Causes* [online]. 2006. Dostupné z: <https://studylib.net/doc/8225932/triz-six-sigma-for-analysis-and-elimination-of-root-causes>
- [135] AVERBOUKH, Elena A. Six Sigma Trends: TRIZ Six Sigma for Cost Reduction: Strategic Breakthrough Training Based Projects. *The TRIZ Journal* [online]. 2006. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/six-sigma-trends-triz-six-sigma-cost-reduction-strategic-breakthrough-training-based-projects/>
- [136] AVERBOUKH, Elena A. I-TRIZ for Six Sigma Business Process Management. *The TRIZ Journal* [online]. 2003. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/triz-six-sigma-business-process-management/>
- [137] ZHAO, Xinjun. Integrated TRIZ and Six Sigma theories for service/process innovation. In: *International Conference on Services Systems and Services Management, 2005.: Proceedings of ICSSSM '05. 2005 International Conference on Services Systems and Services Management, 2005.* [online]. Chongqing, China: IEEE, 2005, s. 529–532 [vid. 2020-04-27]. ISBN 978-0-7803-8971-7. Dostupné z: doi:10.1109/ICSSSM.2005.1499529
- [138] ZHAO, Xin-jun a Ying ZHAO. Optimizing Six Sigma Processes to Satisfy Customers by TRIZ Innovation Methodology. In: Ershi QI, Jiang SHEN a Runliang DOU, ed. *Proceedings of 2013 4th International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation (IEM2013)* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer, 2014, s. 753–759. ISBN 978-3-642-40060-5. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-642-40060-5_72
- [139] SOTI, Ashish, Ravi SHANKAR a O.P. KAUSHAL. Six Sigma with innovation tool kit of TRIZ. *International Journal of Business Innovation and Research* [online]. 2012, 6(2), 220–237. ISSN 1751-0252, 1751-0260. Dostupné z: doi:10.1504/IJBIR.2012.045638
- [140] XIE, Jianmin a Futian LI. Study on Innovative Method Based on Integrated of TRIZ and DMAIC. In: *2009 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering: 2009 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering* [online]. Xian, China: IEEE, 2009, s. 351–354 [vid. 2020-04-28]. ISBN 978-0-7695-3876-1. Dostupné z: doi:10.1109/ICIII.2009.92
- [141] BRAD, Stelian, Mircea FULEA, BRAD EMILIA a Bogdan MOCAN. Systematic Integration of Innovation in Process Improvement Projects Using the Enhanced Sigma-TRIZ Algorithm and Its Effective Use by Means of a Knowledge Management Software Platform. *Informatica Economica Journal*. 2009, 13(4), 75–89.
- [142] KERMANI, Amir H.M. Empowering Six Sigma methodology via the Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ). *The TRIZ Journal* [online]. 2003. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/empowering-six-sigma-methodology-via-theory-inventive-problem-solving-triz/>
- [143] ANNAMALAI, Nagappan, Shahrul KAMARUDDIN, Ishak Abdul AZID a T.S. YEOH. Clustered Model TRIZ and Application in Industries. *International Journal of Innovation, Management and*

- Technology* [online]. 2014, **5**(5), 368–373. ISSN 2010-0248. Dostupné z: doi:10.7763/IJIMT.2014.V5.542
- [144] ŠIBALIJA, Tatjana V. a Vidosav D. MAJSTOROVIC. Six Sigma – TRIZ. *International Journal of Total Quality Management & Excellence*. 2009, **37**(1), 376–380.
- [145] FILMORE, Paul. A Comparison of the Problem Solving and Creativity Potential of Engineers between using TRIZ and Lean/ Six Sigma. In: *The Fourth TRIZ Symposium in Japan 2008*. Laforet Biwako, Moriyama, Shiga, Japan: Japan TRIZ Society, 2008, s. 8.
- [146] JIANG, Jui-Chin a Thi-Anh-Tuyet NGUYEN. Process improvement by application of Lean Six Sigma and TRIZ methodology - Case Study in Coffee Company. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management*. 2015, **Volume 4**(Issue 3), 208–219. ISSN 2319 - 4847.
- [147] WANG, Fu-Kwun a Kao-Shan CHEN. Applying Lean Six Sigma and TRIZ methodology in banking services. *Total Quality Management & Business Excellence* [online]. 2010, **21**(3), 301–315. ISSN 1478-3363, 1478-3371. Dostupné z: doi:10.1080/14783360903553248
- [148] BRAD, Stelian. Sigma-TRIZ: Algorithm for Systematic Integration of Innovation within Six Sigma Process Improvement Methodologies. In: *Quality Management and Six Sigma*. 2010, s. 89–108. ISBN 978-953-307-130-5.
- [149] DOMB, Ellen. Enhance Six Sigma Creativity With TRIZ. *The TRIZ Journal* [online]. 2004. Dostupné z: https://www.qualitydigest.com/feb04/articles/04_article.shtml
- [150] LIN, Chun-Hung, Wen-Tsann LIN, Yung-Tsan JOU, Wan-Tsun WU a Zih-Heng YAN. A study of process optimization for roasting Taiwanese coffees by applying Six Sigma. In: *2016 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications (iFuzzy): 2016 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications (iFuzzy)* [online]. Taichung, Taiwan: IEEE, 2016, s. 1–8 [vid. 2020-04-27]. ISBN 978-1-5090-4111-4. Dostupné z: doi:10.1109/iFUZZY.2016.8004963
- [151] DOMB, Ellen a H. William DETTMER. Breakthrough Innovation in Conflict Resolution. *The TRIZ Journal* [online]. 1999. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/breakthrough-innovation-conflict-resolution-marrying-triz-thinking-process/>
- [152] MOURA, Eduardo C. TOC Trees Help TRIZ. *The TRIZ Journal* [online]. 1999. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/toc-trees-help-triz/>
- [153] RIZZO, Anthony R. Tools from the Theory of Constraints. *The TRIZ Journal* [online]. 1997. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/tools-theory-constraints/>
- [154] MANN, Darrell a Roy STRATTON. Physical Contradictions and Evaporating Clouds (Case Study Applications of TRIZ and the Theory of Constraints). *The TRIZ Journal* [online]. 2000. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/physical-contradictions-evaporating-clouds/>
- [155] SHAHBAZPOUR, Mehdi a Rainer SEIDEL. Strategic manufacturing system and process innovation through elimination of trade-offs. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* [online]. 2007, **20**(5), 413–422. ISSN 0951-192X. Dostupné z: doi:10.1080/09511920601160106
- [156] LI, Guoping, Runhua TAN, Zhansheng LIU a Huangao ZHANG. Idea Generation for Fuzzy Front End Using TRIZ and TOC. In: *2006 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology: 2006 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology* [online]. Singapore, China: IEEE, 2006, s. 590–594 [vid. 2020-04-27]. ISBN 978-1-4244-0147-5. Dostupné z: doi:10.1109/ICMIT.2006.262287
- [157] LEBEPE, Bathabile Alina a Bruno EMWANU. Comparing Theory of Constraints (TOC) with TRIZ in Solving a Production Problem in South Africa – A Case Study. In: *SAIIE25 Proceedings*. 2013.
- [158] NOVICK, D. Variability Reduction: A Common Ground for Integration of Advanced Quality Tools and Processes. In: *Proceedings of the 11th Symposium on Quality Function Deployment*. 1999.
- [159] STRATTON, R. a D. MANN. Systematic innovation and the underlying principles behind TRIZ and TOC. *Journal of Materials Processing Technology* [online]. 2003, **139**(1), IMCC2000 Vol. 2 S.I., 120–126. ISSN 0924-0136. Dostupné z: doi:10.1016/S0924-0136(03)00192-4
- [160] GUO, Yan, Ming-Gui SUN a Ming XU. Using TRIZ to a quality improvement - Case study of Foxbro in Shanghai. *International Journal of Business and Economic Development*. 2014, **2**(2), 61–69.
- [161] RETSEPTOR, Gennady. 40 Inventive Principles in Quality Management. *The TRIZ Journal* [online]. 2003. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/40-inventive-principles-quality-management/>
- [162] VAN SCYOC, Karl. Process safety improvement—Quality and target zero. *Journal of Hazardous Materials* [online]. 2008, **159**(1), Papers Presented at the 2006 Annual Symposium of the Mary Kay O’Connor Process Safety Center, 42–48. ISSN 0304-3894. Dostupné z: doi:10.1016/j.jhazmat.2008.02.036
- [163] WIRAWAN, Christina a A. P. AYU. TRIZ based approach to improve public bus service quality. In: *2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*

- (IEEM): 2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management [online]. Selangor Darul Ehsan, Malaysia: IEEE, 2014, s. 793–797 [vid. 2020-04-26]. ISBN 978-1-4799-6410-9. Dostupné z: doi:10.1109/IEEM.2014.7058747
- [164] CHEN, Long-Sheng, Chun-Chin HSU a Pao-Chung CHANG. Developing a TRIZ-Kano Model for Creating Attractive Quality. In: *2008 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM): 2008 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing* [online]. Dalian, China: IEEE, 2008, s. 1–6 [vid. 2020-04-27]. ISBN 978-1-4244-2107-7. Dostupné z: doi:10.1109/WiCom.2008.1854
- [165] SWEE, Nikalus Shu Luing, Guat Guan TOH, Mum Wai YIP, Chee Sheng KEONG a See Chew TAI. Applying Triz for Production Quality Improvement. *MATEC Web of Conferences* [online]. 2017, **95**(10009) [vid. 2020-04-26]. ISSN 2261-236X. Dostupné z: doi:10.1051/mateconf/20179510009
- [166] YANG, ChL, R.H. HUANG a W.L. WEI. Using modified TRIZ approach for quality improvement. *Science Journal of Business and Management*. 2013, **1**(1), 14–18.
- [167] CHEN, Jahau Lewis a Chen Chen LIU. An Eco-Innovative Design Method by Green QFD and TRIZ Tools. In: *International Conference on Engineering Design ICED 03*. 2003, s. 405–406. ICED.
- [168] CHEN, Jahau Lewis a Chih-Chen LIU. An eco-innovative design approach incorporating the TRIZ method without contradiction analysis. *The Journal of Sustainable Product Design* [online]. 2001, **1**(4), 263–272. ISSN 1573-1588. Dostupné z: doi:10.1023/A:1024621524160
- [169] FERRER, Jesus Barragan, Stéphane NEGNY, Guillermo Cortes ROBLES a Jean Marc LE LANN. Eco-innovative design method for process engineering. *Computers & Chemical Engineering* [online]. 2012, **45**, 137–151. ISSN 0098-1354. Dostupné z: doi:10.1016/j.compchemeng.2012.06.020
- [170] WANG, Chia-Nan a Wei-Ming HSIUNG. Application of TRIZ to improve the layout for a screw packaging factory. In: *2011 IEEE 18th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management: 2011 IEEE 18th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* [online]. Changchun, China: IEEE, 2011, s. 62–66 [vid. 2020-04-26]. ISBN 978-1-61284-446-6. Dostupné z: doi:10.1109/ICIEEM.2011.6035106
- [171] ALVES, João F., Helena V. G. NAVAS a Isabel L. NUNES. Application of TRIZ Methodology for Ergonomic Problem Solving in a Continuous Improvement Environment. In: Pedro AREZES, ed. *Advances in Safety Management and Human Factors* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2016, s. 473–485. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. ISBN 978-3-319-41929-9. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-41929-9_43
- [172] ROBLES, Guillermo Cortes, Stéphane NEGNY a Jean Marc LE LANN. Innovation and knowledge management: using the combined approach TRIZ-CBR in process system engineering. In: W. MARQUARDT a C. PANTELIDES, ed. *Computer Aided Chemical Engineering* [online]. B.m.: Elsevier, 2006 [vid. 2020-04-27], 16th European Symposium on Computer Aided Process Engineering and 9th International Symposium on Process Systems Engineering, s. 2237–2242. Dostupné z: doi:10.1016/S1570-7946(06)80381-0
- [173] POKHREL, Chhabin, Constanza CRUZ, Yendey RAMIREZ a Andrzej KRASLAWSKI. Adaptation of TRIZ contradiction matrix for solving problems in process engineering. *Chemical Engineering Research and Design* [online]. 2015, **103**, Inventive Design and Systematic Engineering Creativity, 3–10. ISSN 0263-8762. Dostupné z: doi:10.1016/j.cherd.2015.10.012
- [174] STANBROOK, T. TRIZ for software process improvement. In: *26th Annual International Computer Software and Applications: Proceedings 26th Annual International Computer Software and Applications* [online]. Oxford, UK: IEEE Comput. Soc, 2002, s. 466–468 [vid. 2020-04-26]. ISBN 978-0-7695-1727-8. Dostupné z: doi:10.1109/CMPSAC.2002.1045046
- [175] REA, Kevin C. TRIZ and Software - 40 Principle Analogies, Part 1 and 2. *The TRIZ Journal* [online]. 2001. Dostupné z: <http://www.metodolog.ru/triz-journal/archives/2001/11/e/index.htm>
- [176] KUMAR, Garikapati Pavan. Software Process Improvement -TRIZ and Six Sigma (40 Principles Usage for level 2 inventions). *The TRIZ Journal* [online]. 2005. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/software-process-improvement-triz-six-sigma-40-principles-usage-level-2-inventions/>
- [177] DE FEO, Joseph a Zion BAR-EL. Creating strategic change more efficiently with a new Design for Six Sigma process. *Journal of Change Management* [online]. 2002, **3**(1), 60–80. ISSN 1469-7017, 1479-1811. Dostupné z: doi:10.1080/714042521
- [178] BARIANI, P. F., G. A. BERTI a G LUCCHETTA. A Combined DFMA and TRIZ approach to the simplification of product structure. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* [online]. 2004, **218**(8), 1023–1027. ISSN 0954-4054, 2041-2975. Dostupné z: doi:10.1243/0954405041486091
- [179] HUR, Won Suk, Jae Hyuk JANG, Dong Chun KIM a Joong Soon JANG. *How to Efficiently Use the TRIZ in Implementing the DFSS Projects*. 2004.

- [180] BOLTON, James D. Utilization of TRIZ with DFMA to Maximize Value. In: *SAVE International - 47th Annual Conference: Achieving Value Through Innovation*. 2007, s. 22-32,.
- [181] DOMB, Ellen. QFD and TIPS/TRIZ. *The TRIZ Journal* [online]. 1998. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/qfd-tipstriz/>
- [182] DOMB, Ellen. Increase Creativity to Improve Quality. *The TRIZ Journal* [online]. 1998. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/increase-creativity-improve-quality/>
- [183] LEÓN-ROVIRA, N. a Humberto AGUAYO. A new Model of the Conceptual Design Process using QFD/FA/TRIZ. In: *Proceedings of the 10th Annual Quality Function Deployment Symposium* [online]. 1998. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/new-model-conceptual-design-process-using-qfdfatriz/>
- [184] TERNINKO, John. The QFD, TRIZ and Taguchi Connection: Customer-Driven Robust Innovation. In: *Proceedings of the Ninth Symposium on Quality Function Deployment* [online]. 1997, s. 441-445, . Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/qfd-triz-taguchi-connection-customer-driven-robust-innovation/>
- [185] ZHENG, Hui, Hong-chao ZHANG a Fu-ying ZHANG. An innovative design of energy-saving products based on QFD/TRIZ/DEA integration. In: *EM2010): 2010 IEEE 17Th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* [online]. Xiamen, China: IEEE, 2010, s. 831–834 [vid. 2020-04-26]. ISBN 978-1-4244-6483-8. Dostupné z: doi:10.1109/ICIEEM.2010.5646494
- [186] HU, Chang-Ming a Chi-Hao YEH. The synergy of QFD and TRIZ design practice - A case study for medical care bed. In: *2011 International Conference on Modelling, Identification and Control: Proceedings of 2011 International Conference on Modelling, Identification and Control* [online]. Shanghai: IEEE, 2011, s. 523–531 [vid. 2020-04-29]. ISBN 978-0-9567157-0-8. Dostupné z: doi:10.1109/ICMIC.2011.5973760
- [187] TSENG, C. C., C. C. TORNG a S. C. LIN. Prioritization of product design tasks using QFD, TRIZ and DSM. In: *EM2010): 2010 IEEE 17Th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* [online]. Xiamen, China: IEEE, 2010, s. 871–875 [vid. 2020-04-28]. ISBN 978-1-4244-6483-8. Dostupné z: doi:10.1109/ICIEEM.2010.5646486
- [188] MINGLANG, Yang, Hu JIANGHUA a Lu HUANG. Research of product innovative models based on QFD, TRIZ and DOE. In: *2010 IEEE 11th International Conference on Computer-Aided Industrial Design Conceptual Design 1: 2010 IEEE 11th International Conference on Computer-Aided Industrial Design Conceptual Design 1* [online]. Yiwu, China: IEEE, 2010, s. 325–328. ISBN 978-1-4244-7973-3. Dostupné z: doi:10.1109/CAIDCD.2010.5681343
- [189] BAESSLER, Elke, Thomas BREUER a Markus GRAWATSCH. Combining The Scenario Technique With QFD And TRIZ To A Product Innovation Methodology. *The TRIZ Journal* [online]. 2002. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/combining-scenario-technique-qfd-triz-product-innovation-methodology/>
- [190] RAU, Hsin a Yi-Tse FANG. Conflict resolution of product package design for logistics using the TRIZ method. In: *2009 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (ICMLC): Proceedings of the Eighth International Conference on Machine Learning and Cybernetics* [online]. Baoding, China: IEEE, 2009, s. 2891–2896 [vid. 2020-04-26]. ISBN 978-1-4244-3702-3. Dostupné z: doi:10.1109/ICMLC.2009.5212618
- [191] SU, Chao-Ton a Chin-Sen LIN. A case study on the application of Fuzzy QFD in TRIZ for service quality improvement. *Quality & Quantity* [online]. 2008, **42**(5), 563–578. ISSN 1573-7845. Dostupné z: doi:10.1007/s11135-006-9058-y
- [192] WANG, Chung-Shing a Teng-Ruey CHANG. Systematic strategies in design process for innovative product development. In: *EM2010): 2010 IEEE 17Th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* [online]. Xiamen, China: IEEE, 2010, s. 898–902 [vid. 2020-04-28]. ISBN 978-1-4244-6483-8. Dostupné z: doi:10.1109/ICIEEM.2010.5646480
- [193] WANG, Chung-Shing, Chen-Ren YU a Teng-Ruey CHANG. Integrated QFD, TRIZ and FMEA for Product Development Process. 2005.
- [194] HASS, J., Ch RENSCH, R. SALVAMOSER, Ch MÜNZBERG, U. LINDEMANN a O. MAYER. Experimental Proof of the Creative Value of TRIZ. In: *Proceedings of TRIZfest 2014*. 2014, s. 144-152,.
- [195] CAMPBELL, Brian. Brainstorming and TRIZ. *The TRIZ Journal* [online]. 2003. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/brainstorming-triz/>
- [196] HIPPLE, Jack. The Integration Of TRIZ Problem Solving Techniques With Other Problem Solving And Assessment Tools. *The TRIZ Journal* [online]. 2003. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/the-integration-of-triz-problem-solving-techniques-with-other-problem-solving-and-assessment-tools/>
- [197] MANN, Darrell. TRIZ Thinking Hats. *The TRIZ Journal* [online]. 2001. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/triz-thinking-hats/>

- [198] CARE, Ian a Darrell MANN. Using MINDMAPS with TRIZ. *The TRIZ Journal* [online]. 2001. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/using-mindmaps-triz/>
- [199] APTE, Prakash R., Harish SHAH a Darrell MANN. "5W's and an H" of TRIZ Innovation. *The TRIZ Journal* [online]. 2001. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/5ws-h-triz-innovation/>
- [200] SHEALY, Tripp, Mo HU a John GERO. Patterns of Cortical Activation When Using Concept Generation Techniques of Brainstorming, Morphological Analysis, and TRIZ. In: *ASME 2018 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference: Volume 7: 30th International Conference on Design Theory and Methodology* [online]. Quebec City, Quebec, Canada: American Society of Mechanical Engineers, 2018, s. V007T06A035 [vid. 2020-04-28]. ISBN 978-0-7918-5184-5. Dostupné z: doi:10.1115/DETC2018-86272
- [201] JIRMAN, P. a I. MASIN. TRIZ Tools Evaluation From the Production Plant Viewpoint. In: *Proceedings of TRIZfest 2014*. 2014, s. 306-311,.
- [202] BELSKI, Iouri. Solving problems with Method of the Ideal Result (MIR). In: *Transactions from the 11th Symposium on Quality Function Deployment: Transactions from the 11th Symposium on Quality Function Deployment*. 1999.
- [203] MANN, Darrell. Application of Triz Tools in a Non-Technical Problem Context. *The TRIZ Journal* [online]. 2000. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/application-triz-tools-non-technical-problem-context/>
- [204] MANN, Darrell a Ellen DOMB. Using TRIZ to Overcome Business Contradictions: Profitable E-Commerce. In: *TRIZCON2001, The Altshuller Institute* [online]. 2001. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/using-triz-overcome-business-contradictions-profitable-e-commerce/>
- [205] RUCHTI, Bruno a Pavel LIVOTOV. TRIZ-based Innovation Principles and a Process for Problem Solving in Business and Management. In: *ETRIA World Conference 2001: Proceedings of the European TRIZ Association*. 2002, s. 177–186. ISBN 90-77071-01-6.
- [206] MANN, Darrell. Systematic Win-Win Problem Solving In A Business Environment. In: *Proceedings of TRIZCON 2002*. 2002.
- [207] SMITH, Howard. *P-TRIZ in the History of Business Process - Part 3 in a series on P-TRIZ*. B.m.: www.bptrends.com, 2006.
- [208] PRIM, Marcelo Fabricio a Luís Gonzaga TRABASSO. Theory of Inventive Problem Solving Applied To Business Process Management Projects (BPM-TRIZ). In: *Proceedings of COBEM 2005: 18th International Congress of Mechanical Engineering* [online]. 2005. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/theory-inventive-problem-solving-applied-business-process-management-projects-bpm-triz/>
- [209] LEE, Larry Jung Hsing a Jun-Der LEU. Using value engineering and TRIZ for better business process management. In: *Industrial Engineering (CIE-40): The 40th International Conference on Computers & Industrial Engineering* [online]. Awaji City, Japan: IEEE, 2010, s. 1–5 [vid. 2020-04-29]. ISBN 978-1-4244-7295-6. Dostupné z: doi:10.1109/ICCIE.2010.5668230
- [210] SOUCHKOV, Valeri. Breakthrough Thinking with TRIZ for Business and Management: An Overview. 2007.
- [211] SUI, Jing, Yang HU a Jiancheng YU. Research on the strategy and implementation in stages of organizational learning based on TRIZ theory. In: *EM): 2009 16th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* [online]. Beijing, China: IEEE, 2009, s. 665–669 [vid. 2020-04-28]. ISBN 978-1-4244-3671-2. Dostupné z: doi:10.1109/ICIEEM.2009.5344506
- [212] ZULHASNI, Abdul Rahim, Abu Bakar NOOH, Misman SARIMAH a T.S. YEOH. TRIZ Business Improvement and Innovation Framework for Malaysian Small and Medium Enterprise. *Applied Mechanics and Materials* [online]. 2015, **735**, 349–353. ISSN 1662-7482. Dostupné z: doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.735.349
- [213] REGAZZONI, Daniele, Giuditta PEZZOTTA, Stefano PERSICO, Sergio CAVALIERI a Caterina RIZZI. Integration of TRIZ Problem Solving Tools in a Product-Service Engineering Process. In: Yoshiki SHIMOMURA a Koji KIMITA, ed. *The Philosopher's Stone for Sustainability* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer, 2013, s. 399–404. ISBN 978-3-642-32847-3. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-642-32847-3_67
- [214] KIM, Sojung a Byungun YOON. Developing a process of concept generation for new product-service systems: a QFD and TRIZ-based approach. *Service Business* [online]. 2012, **6**(3), 323–348. ISSN 1862-8508. Dostupné z: doi:10.1007/s11628-012-0138-x
- [215] IOI, Toshihiro, Seiichiro HATA, Shigeru NAGAMI a Hiroshi OKUHARA. Project Management Incorporating Dynamic Simulation & TRIZ. *Journal on Innovation and Sustainability*. *RISUS ISSN*

- 2179-3565 [online]. 2012, **3**(2), 35. ISSN 2179-3565. Dostupné z: doi:10.24212/2179-3565.2012v3i2p35-44
- [216] NAVAS, Helena V.G., Alexandra M.B.R. TENERA a Virgílio A. Cruz MACHADO. Integrating TRIZ in Project Management Processes: An ARIZ Contribution. *Procedia Engineering* [online]. 2015, **131**, 224–231. ISSN 18777058. Dostupné z: doi:10.1016/j.proeng.2015.12.381
- [217] CASCINI, Gaetano. TRIZ-based Anticipatory Design of Future Products and Processes. *Journal of Integrated Design & Process Science* [online]. 2012, **16**(3), 29–63. ISSN 10920617. Dostupné z: doi:10.3233/jid-2012-0005
- [218] JIANNAN, Zhang a Yang DONGMEI. A TRIZ-based process model for technology evolutionary potential forecast. In: *2010 IEEE 11th International Conference on Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design 1: 2010 IEEE 11th International Conference on Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design 1* [online]. Yiwu, China: IEEE, 2010, s. 458–462 [vid. 2020-04-29]. ISBN 978-1-4244-7973-3. Dostupné z: doi:10.1109/CAIDCD.2010.5681309
- [219] PETROVIĆ, Milica, Zoran MILJKOVIĆ a Bojan BABIĆ. Integration of Process Planning, Scheduling, and Mobile Robot Navigation Based on TRIZ and Multi-Agent Methodology. *FME Transactions*. 2013, **41**(2), 97–106.
- [220] FRENKLACH, Gregory. Multi-level Problem Solving. *The TRIZ Journal* [online]. 2007. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/multi-level-problem-solving/>
- [221] RU, Haiyan a Haibo RU. Applying TRIZ in Process Improvement. *The TRIZ Journal* [online]. 2006. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/applying-triz-process-improvement/>
- [222] KHOMENKO, Nikolai a Mansour ASHTIANI. Classical TRIZ and OTSM as a scientific theoretical background for non- typical problem solving instruments. 2007.
- [223] CAVALLUCCI, Denis a Nikolai KHOMENKO. From TRIZ to OTSM-TRIZ: addressing complexity challenges in inventive design. *International Journal of Product Development* [online]. 2007, **4**(1/2), 4. ISSN 1477-9056, 1741-8178. Dostupné z: doi:10.1504/IJPD.2007.011530
- [224] HIPPLE, Jack. The Integration and Strategic Use of TRIZ with the basic CPS (Creative Problem Solving) Process. *The TRIZ Journal* [online]. 2005. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/integration-strategic-use-triz-basic-cps-creative-problem-solving-process/>
- [225] QUARTLY-WATSON, Timothy. TRIZ And Taguchi Methods At A World-Class Winery & Vineyard. *The TRIZ Journal* [online]. 1999. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/triz-taguchi-methods-world-class-winery-vineyard/>
- [226] HARLIM, Jennifer a Iouri BELSKI. On the Effectiveness of TRIZ Tools for Problem Finding. *Procedia Engineering* [online]. 2015, **131**, TRIZ and Knowledge-Based Innovation in Science and Industry, 892–898. ISSN 1877-7058. Dostupné z: doi:10.1016/j.proeng.2015.12.400
- [227] BECKER, Karen a Ellen DOMB. Nlp + TRIZ = Accelerated Creativity for Product Designers. In: *Proceedings of the 3d International Symposium on QFD* [online]. 1997. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/nlptrizaccelerated-creativity-product-designers/>
- [228] BRIDOUX, Denis a Darrell MANN. Evolving TRIZ Using TRIZ and NLP/Neurosemantics. In: *Proceedings of TRIZCON 2002* [online]. 2002. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/evolving-triz-using-triz-nlpneurosemantics/>
- [229] CHRZAŚCZCZ, Jerzy. From Problem to Objective – Complementing TRIZ with NLP. In: *Proceedings of the MATRIZ TRIZfest 2017 International Conference*. 2017.
- [230] MALMQVIST, Johan, Roger AXELSSON a Mikael JOHANSSON. A comparative analysis of the theory of inventive problem solving and the systematic approach of Pahl and Beitz. In: *Proceedings of the 1996 ASME Design Engineering Technical Conferences*. 1996.
- [231] DIETZ, Timothy P. a Farrokh MISTREE. Integrated Pahl and Beitz and the Theory of Inventive Problem Solving for the Conceptual Design of Multi-Domain Systems. In: *ASME 2009 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference: Volume 5: 35th Design Automation Conference, Parts A and B* [online]. San Diego, California, USA: ASME, 2009, s. 189–202 [vid. 2020-04-27]. ISBN 978-0-7918-4902-6. Dostupné z: doi:10.1115/DETC2009-87311
- [232] NAKAMURA, Yoshiki. Combination of ARIZ92 and NM (Nakayama, Masakazu) Method for the 5-th level problems. In: *Proceedings of TRIZCON 2003* [online]. 2003. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/combination-ariz92-nm-nakayama-masakazu-method-5-th-level-problems/>
- [233] KARNJANASOMWONG, J. a N. THAWESAENGSKULTHAI. TRIZ-PUGH model, new approach for creative problem solving and decision making. In: *2015 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM): 2015 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* [online]. Singapore, Singapore: IEEE,

- 2015, s. 1757–1761 [vid. 2020-04-29]. ISBN 978-1-4673-8066-9. Dostupné z: doi:10.1109/IEEM.2015.7385949
- [234] BRAD, Stelian a Emilia BRAD. Enhancing SWOT Analysis with TRIZ-based Tools to Integrate Systematic Innovation in Early Task Design. *Procedia Engineering* [online]. 2015, **131**, TRIZ and Knowledge-Based Innovation in Science and Industry, 616–625. ISSN 1877-7058. Dostupné z: doi:10.1016/j.proeng.2015.12.455
- [235] LEE, Ching-Hung, Chun-Hsien CHEN a Amy J. C. TRAPPEY. Applying theory of inventive problem solving to develop product-service system. In: *2017 IEEE 21st International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD): 2017 IEEE 21st International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)* [online]. Wellington, New Zealand: IEEE, 2017, s. 198–202 [vid. 2020-04-26]. ISBN 978-1-5090-6199-0. Dostupné z: doi:10.1109/CSCWD.2017.8066694
- [236] APTE, Prakash R. a Douglas L. MANN. Taguchi and TRIZ: Comparisons and Opportunities. *The TRIZ Journal* [online]. 2001. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/taguchi-triz-comparisons-opportunities/>
- [237] JOU, Yung-Tsan, Wen-Tsann LIN, Wei-Cheng LEE a Tsu-Ming YEH. Integrating the TRIZ and Taguchi's Method in the Optimization of Processes Parameters for SMT. *Advances in Materials Science and Engineering* [online]. 2013, **2013**, 1–10. ISSN 1687-8434, 1687-8442. Dostupné z: doi:10.1155/2013/830891
- [238] CAVALLUCCI, Denis a Philippe LUTZ. Beyond TRIZ Limits. *The TRIZ Journal* [online]. 1998. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/beyond-triz-limits/>
- [239] AZLAN, A.D., B. ARIZ a K.M. YUSOF. Perceptions on TRIZ by Current TRIZ Experts in the Industry: A review in Malaysia. In: *International Conference on Teaching and Learning in Computing and Engineering*. 2014, s. 325-331,.
- [240] SOJKA, Vladimír a Petr LEPSIK. Use of TRIZ, and TRIZ with Other Tools for Process Improvement: A Literature Review. *Emerging Science Journal* [online]. 2020, **4**(5), 319–335. ISSN 2610-9182. Dostupné z: doi:10.28991/esj-2020-01234
- [241] LIVOTOV, Pavel, Arun Prasad CHANDRA SEKARAN, Richard LAW, MAS'UDAH a David REAY. Systematic Innovation in Process Engineering: Linking TRIZ and Process Intensification. In: Leonid CHECHURIN a Mikael COLLAN, ed. *Advances in Systematic Creativity: Creating and Managing Innovations* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2019 [vid. 2020-04-28], s. 27–44. ISBN 978-3-319-78075-7. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-78075-7_3
- [242] AGUILAR-LASSERRE, Alberto Alfonso, Víctor Eduardo TORRES-SÁNCHEZ, Gregorio FERNÁNDEZ-LAMBERT, Catherine AZZARO-PANTEL, Guillermo CORTES-ROBLES a Missael Alberto ROMÁN-DEL VALLE. Functional optimization of a Persian lime packing using TRIZ and multi-objective genetic algorithms. *Computers & Industrial Engineering* [online]. 2020, **139**, 105558. ISSN 03608352. Dostupné z: doi:10.1016/j.cie.2018.12.005
- [243] ARAÚJO, Sónia, João LOPES, Anabela C. ALVES a Helena NAVAS. The Synergetic Effect of Lean Six Sigma and TRIZ on the Improvement of an Electronic Component. In: Antônio Márcio TAVARES THOMÉ, Rafael Garcia BARBASTEFANO, Luiz Felipe SCAVARDA, João Carlos GONÇALVES DOS REIS a Marlene Paula Castro AMORIM, ed. *Industrial Engineering and Operations Management* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2021 [vid. 2021-11-24], Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, s. 409–420. ISBN 978-3-030-78569-7. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-78570-3_31
- [244] CHAN, Chiun Kit a Wai Cheong CHIN. Housing Manufacturing Process Optimization via TRIZ Approach. In: *MyTRIZ Conference 2020*. 2020, s. 87–96.
- [245] CHEN, Hung-Jen, Chia-Hui LIU a Lin-Chuan TSAI. Application of TRIZ Theory in Design of Jig of Robot Arm Assembly Platform. In: *2022 IEEE 5th Eurasian Conference on Educational Innovation (ECEI): 2022 IEEE 5th Eurasian Conference on Educational Innovation (ECEI)* [online]. Taipei, Taiwan: IEEE, 2022, s. 388–390 [vid. 2022-08-07]. ISBN 978-1-66543-318-1. Dostupné z: doi:10.1109/ECEI53102.2022.9829501
- [246] DEMIRKESEN, Sevilay a Chengyi ZHANG. Lean TRIZ method to prevent safety related problems in the construction industry. *Journal of Construction Engineering, Management & Innovation* [online]. 2021, **4**(2), 68–79. ISSN 26305771. Dostupné z: doi:10.31462/jcemi.2021.02068079
- [247] GAMBOA, Paulino a Moses Laksono SINGGIH. Waste Minimization in a Concrete Block Company Using Lean Six Sigma, ECRS, and TRIZ Methods. In: *e Second Asia Pacific International Conference on Industrial Engineering and Operations: Proceedings of the Second Asia Pacific International Conference on Industrial Engineering and Operations* [online]. Management, Surakarta, Indonesia: IEOM Society International, 2021, s. 9. Dostupné z: <https://www.moseslsinggih.org/wp-content/uploads/2022-03-Waste-Minimization-in-a-Concrete-Block-Company-Paulino-Moses.pdf>

- [248] GUPTA, Anubhuti, Shalini SRIVASTAV a Amanjot KAUR. Innovation in Product and Service by Applying TRIZ. In: *2021 International Conference on Technological Advancements and Innovations (ICTAI): 2021 International Conference on Technological Advancements and Innovations (ICTAI)* [online]. Tashkent, Uzbekistan: IEEE, 2021, s. 49–56 [vid. 2022-08-08]. ISBN 978-1-66542-087-7. Dostupné z: doi:10.1109/ICTAI53825.2021.9673284
- [249] INDRAWATI, S, A ‘AZZAM, E ADRIANTO, S MIRANDA a A D PRABASWARI. Lean Concept Development in Fast Food Industry Using Integration of Six Sigma and TRIZ Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [online]. 2020, **722**(1), 012044. ISSN 1757-8981, 1757-899X. Dostupné z: doi:10.1088/1757-899X/722/1/012044
- [250] LIN, Yun-Sheng a Mingchih CHEN. Implementing TRIZ with Supply Chain Management in New Product Development for Small and Medium Enterprises. *Processes* [online]. 2021, **9**(4), 614. ISSN 2227-9717. Dostupné z: doi:10.3390/pr9040614
- [251] MADHURI, J. V. a LNS Prakash GOTETI. Technology forecasting using TRIZ on global production trend of non-fossil fuels. *SPECIALUSIS UGDYMAS / SPECIAL EDUCATION*. 2022, **1**(43), 382–390.
- [252] NOOR, Norashady Mohd, Norazam ALIMAN, Wan Mohd Naguib Wan ABD. RAHMAN, Alawiah ABDULLAH a Muhammad Ammar Iqwan RUSLAN. CDIO-TRIZ-Based Approach on Manufacturing Quality Improvement. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences* [online]. 2020, **11**(1), Pages 1005-1014. ISSN 2222-6990. Dostupné z: doi:10.6007/IJARBS/v11-i1/9037
- [253] PURNOMO, Dian Hadi a Muhammad LUKMAN. Reduce Waste Using Integration of Lean Six Sigma and TRIZ Method: A Case Study in Wood Industry. *Jurnal Teknik Industri* [online]. 2020, **21**(2), 139–152. ISSN 2527-4112, 1978-1431. Dostupné z: doi:10.22219/JTIUMM.Vol21.No2.139-152
- [254] PURUSHOTHAMAN, Kumaraendran a Rosmaini AHMAD. Integration of Six Sigma methodology of DMADV steps with QFD, DFMEA and TRIZ applications for image-based automated inspection system development: a case study. *International Journal of Lean Six Sigma* [online]. 2022 [vid. 2022-06-18]. ISSN 2040-4166, 2040-4166. Dostupné z: doi:10.1108/IJLSS-05-2021-0088
- [255] RAWOOT, Tanveer Bashir, Abdul Samad M. Hanif DAWRE, Maaz Nisar DARJI, Nasir Nisar MULLA a I. N. MAGDUM. Process Improvement by Using TRIZ Methodology. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*. 2020, **3**(2), 850–852. ISSN 25815792.
- [256] RUSSO, Davide a Christian SPREAFICO. TRIZ-Based Guidelines for Eco-Improvement. *Sustainability* [online]. 2020, **12**(8), 3412. ISSN 2071-1050. Dostupné z: doi:10.3390/su12083412
- [257] SHIM, Hong Kyun, Yong Won SONG a Kwang Jun LEE. Utilization of TRIZ to Solve the Quality Problems in Semiconductor Etching Process. *Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange* [online]. 2021, **7**(2), 99–109. ISSN 25089080, 26715325. Dostupné z: doi:10.47116/apjcri.2021.02.10
- [258] SUCIPTO, S, D R RIA a U EFFENDI. Controlling of pasteurized milk production using SPC and TRIZ. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [online]. 2021, **733**(1), 012038. ISSN 1755-1307, 1755-1315. Dostupné z: doi:10.1088/1755-1315/733/1/012038
- [259] TRETIAKOVA, S. K. Application of TRIZ in Robot Manufacturing. *Теория и практика современной науки*. 2020, **6**(60), 4. ISSN 2412-9682.
- [260] VYSOTSKAYA, Maria V. Improve the integrity testing process based on QFD, FMEA and TRIZ. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [online]. 2020, **986**(1), 012051. ISSN 1757-8981, 1757-899X. Dostupné z: doi:10.1088/1757-899X/986/1/012051
- [261] WANG, Chia-Nan, Hector TIBO a Chao-Jie YOU. Noise and Work Reduction through Remodeling of Stern Tube Assembly in a Shipbuilding Process by Applying TRIZ Theory. *Journal of Marine Science and Engineering* [online]. 2021, **9**(10), 1059. ISSN 2077-1312. Dostupné z: doi:10.3390/jmse9101059
- [262] LEPŠÍK, Petr. Innovation of Device for Nanofibers Production Using TRIZ. In: Štefan MEDVECKÝ, Slavomír HRČEK, Róbert KOHÁR, František BRUMERČÍK a Viera KONSTANTOVÁ, ed. *Current Methods of Construction Design* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2020 [vid. 2022-08-08], Lecture Notes in Mechanical Engineering, s. 605–610. ISBN 978-3-030-33145-0. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-33146-7_69
- [263] SOJKA, Vladimír a Petr LEPSIK. Innovation by Increasing Ideality – A New Method for Overcoming Process Related Problems. *Quality Innovation Prosperity* [online]. 2021, **25**(2), 78–94. ISSN 1338-984X, 1335-1745. Dostupné z: doi:10.12776/qip.v25i2.1578
- [264] SOJKA, Vladimír a Petr LEPSIK. Algorithm for Process Innovation by Increasing Ideality. *Processes* [online]. 2022, **10**(7), 1283. ISSN 2227-9717. Dostupné z: doi:10.3390/pr10071283
- [265] *Preciosa Lighting* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.preciosalighting.com/>
- [266] SOJKA, Vladimír. *Návrh systému balicích pracovišť* [online]. B.m., 2019 [vid. 2021-03-25]. b.n. Dostupné z: <https://dSPACE.tul.cz/handle/15240/152204>

- [267] SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Re-layout of Workshop Based on Material and People Flows. In: *15th International Bata Conference for Ph.D. Students and Young Researchers: DOKBAT 2019 - 15th International Bata Conference for Ph.D. Students and Young Researchers* [online]. B.m.: Tomas Bata University in Zlín, 2019, s. 955–961 [vid. 2020-04-29]. ISBN 978-80-7454-893-2. Dostupné z: doi:10.7441/dokbat.2019.093
- [268] MITCHELL, Holly. Fragile: Reusable Packaging by Mireia Gordi Vila. *Gessato* [online]. 20. červen 2014 [vid. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://www.gessato.com/fragile-reusable-packaging-by-mireia-gordi-vila/>
- [269] TREGGIDEN, Katie. Reusable packaging forms a protective skin around delicate objects. *Dezeen* [online]. 16. červen 2014 [vid. 2021-11-17]. Dostupné z: <https://www.dezeen.com/2014/06/16/fragile-packaging-protective-skin-show-rca-2014/>
- [270] STINSON, Liz. The Stretchy Membrane That Could Replace Bubble Wrap. *Wired* [online]. 2014 [vid. 2021-11-17]. ISSN 1059-1028. Dostupné z: <https://www.wired.com/2014/06/the-stretchy-membrane-that-could-replace-bubble-wrap/>
- [271] TREBUNA, P., M. PEKARCIKOVA a M. EDL. Digital Value Stream Mapping Using the Tecnomatix Plant Simulation Software. *International Journal of Simulation Modelling* [online]. 2019, **18**(1), 19–32. ISSN 17264529. Dostupné z: doi:10.2507/IJSIMM18(1)455
- [272] *iQ STAR WEGA II CHILLED BEAM | FläktGroup* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.flaktgroup.com/en/products/air-diffusion/chilled-beams/ceiling-flush-active-chilled-beams/wega-ii-chilled-beam-iqii/>
- [273] *Roland DG's assembly line "D-Shop" to improve space utilization, shorten times, and improve overall efficiency* [online]. [vid. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://japan-product.com/ads/roland-dgs-d-shop/>
- [274] *Oči ze skla - Ukázky* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <http://www.ocizeskla.wz.cz/ukazky/>
- [275] SOJKA, Vladimír a Petr LEPSIK. Radical Process Improvement by Systematic Approach to Overcome Problems on Custom Glass Eyes Manufacturing. *Tehnicki vjesnik - Technical Gazette* [online]. 2023, **30**(1) [vid. 2022-12-27]. ISSN 13303651, 18486339. Dostupné z: doi:10.17559/TV-20220328225822
- [276] *FILTRAČNÍ PATRONY | Knorr-Bremse* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://mytruckservices.knorr-bremse.com/CZ/cs/EUR/cartridges>
- [277] PENAX je autorizovaným prodejcem sítě KNORR-BREMSE. *TruckFocus.cz* [online]. 11. červenec 2018 [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://truckfocus.cz/novinky/13596,penax-je-autorizovany-prodejcem-site-knorr-bremse>
- [278] *Troubleshooting Vibratory Feeder Systems* [online]. B.m.: Stromag. Dostupné z: <https://www.stromag.ca/files/troubleshootingpdfmay1116.pdf>
- [279] *Nabídka modelů Škoda | Škoda Auto a.s.* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/modely/prehled>
- [280] *CAR FACTORY: 2017 ŠKODA OCTAVIA PRODUCTION I Mladá Boleslav Plant I Full Assembly Line (NO MUSIC)* [online]. 2017 [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=7mk3backkao>
- [281] Svařovací nářadí. *Nářadovna ŠKODA AUTO* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://skoda-naradovna.cz/cs/svarovaci-naradi/>
- [282] *Product Data Sheet: SikaPower®-492 Semi crash resistant structural metal adhesive* [online]. 2010. Dostupné z: https://www.austinhardware.com/media/catalog/product/msds_sheets/PDS%20SikaPower-492%20english%20.pdf
- [283] *Product Data Sheet: SikaPower®-492 G* [online]. 2021. Dostupné z: <https://industry.sika.com/content/dam/dms/in01/a/sikapower-492-g.pdf>
- [284] *Preciosa Group* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.preciosa.com/cs/home>
- [285] *Preciosa Components* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.preciosacomponents.com/>
- [286] RAZA, Mohsin. Oxygen vacancy stabilized zirconia (OVSZ); synthesis and properties [online]. 2017 [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: doi:10.13140/RG.2.2.30274.58566
- [287] KUZ'MINOV, Yuri Sergeevich, Elena E. LOMONOVA a Vyacheslav V. OSIKO. *Cubic zirconia and skull melting*. 1. publ. Cambridge: Cambridge International Science Publishing, 2008. ISBN 978-1-904602-01-9.
- [288] LOMONOVA, E. E. a V. V. OSIKO. Growth of Zirconia Crystals by Skull-Melting Technique. In: *Crystal growth technology*. Chichester, West Sussex ; New York: J. Wiley, 2003, s. 461–485. ISBN 978-0-471-49059-3.
- [289] SWATCH. BRIGHT BLAZE SYXS143 - Swatch. *mujswatch.cz* [online]. [vid. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.mujswatch.cz/bright-blaze-syxs143/>

- [290] SWATCH. GLEAM TEAM SYXS144 - Swatch. *mujswatch.cz* [online]. [vid. 2023-05-24]. Dostupné z: https://www.mujswatch.cz/gleam-team-syxs144/?fbclid=IwAR1PayRDIEJ4teEv1aakqFK5qh9FAQ90DAr7sUV6rCrdBPDvoDX3A2_ddbc
- [291] *Turbovirtulové letadlové motory | GE Aviation* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.geaviationturboprop.com/cz/motory>
- [292] *Instapak Quick RT - Sealed Air* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://sealedair.com/products/protective-packaging/instapak-quick/>
- [293] *Technology Fast 500 EMEA Winners 2018* [online]. B.m.: Deloitte. 2018. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Technology/gx-emea-fast-500-programme-document-2018-v-5.pdf>
- [294] 3D tiskárny Original Prusa přímo od Josefa Průši. *Prusa3D by Josef Prusa* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.prusa3d.com/cs/>
- [295] Prusa Research 3D printing farm in Prague, Czech Republic Stock-Foto. *Adobe Stock* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://stock.adobe.com/de/images/prusa-research-3d-printing-farm-in-prague-czech-republic/301117847>
- [296] *Amazon.com: IdeaFormer-3D 3D Printer Filament Welder Connector, Filament Splicer Tool 1.75mm, Connect Broken Filament 1.75mm Filament Connector Filament Tool for 3D Printer DIY Multicoloured Filament (Silver) : Industrial & Scientific* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.amazon.com/IdeaFormer-3D-Printer-Filament-Connector-Multicoloured/dp/B09T39BQ28>
- [297] THINGIVERSE.COM. *Filament Welding Clamp by easyrider1984* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:2981547>
- [298] THINGIVERSE.COM. *Filament Welding tool by vortex_pr* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.thingiverse.com/thing:3667043>
- [299] Kleště 3D vláknitý materiál svářečka ABS PLA HIPS PETG 1,75 2,8 3 mm 1,75 mm. *eBay* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.ebay.com/itm/165599412434>
- [300] *Buy NEXTFILA 3D Printer Filament Welder - 1.75mm Online at desertcart Congo* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://congo.desertcart.com/products/32615844-nextfila-3d-printer-filament-welder-1-75mm>
- [301] GRUNEWALD, Scott J. Fuse Filament Welding Clamp Launches. *3D Printing Industry* [online]. 22. červenec 2014 [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://3dprintingindustry.com/news/fuse-filament-welding-clamp-launches-indiegogo-30225/>
- [302] *Filament Joining Machine - Joel Butler* [online]. 2017 [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=P5iFIPb3378>
- [303] *Žehlička, tavicí kleště na prodlužování vlasů LOOF : Půhy.cz* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.puhy.cz/zehlicka-tavici-kleste-na-prodluzovani-vlasu-loof-163932.html?gclid=>
- [304] EasyWelder : filament welding tool for 3D printing. *Kickstarter* [online]. 16. listopad 2015 [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.kickstarter.com/projects/i3d-inno/easywelder-filament-welding-tool-for-3d-printing>
- [305] *VIT SPORT 3D Printer Filament Connector first look* [online]. 2022 [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=oGPP8MnMztE>
- [306] 3D Printer Filament Connector, Broken Filament Joiner For 1.75mm PLA/ABS/PETG/TPU/PC/PA/PA-CF Filaments. *wisepro3d* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://wisepro3d.com/products/3d-printer-filament-connector>
- [307] *Manuál Bosch GHG 660 LCD Professional návod (160 stránek)* [online]. [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.manualypdf.cz/bosch/ghg-660-lcd-professional/manu%C3%A1l?p=76>
- [308] ESTANY, Txell. Sensofar introduces their most advanced optical 3D profiler: PLu neox. *Sensofar* [online]. 24. květen 2009 [vid. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.sensofar.com/sensofar-introduces-their-most-advanced-optical-3d-profiler-plu-neox/>
- [309] SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Combining Simulation and MTM to Improve Glass Eyes Production. In: *8th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2022 (TAE 2022): Proceedings of 8th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2022* [online]. 2022, s. 366–371. ISBN 978-80-213-3207-2. Dostupné z: <https://2022.tae-conference.cz/proceeding/TAE2022-60-Vladimir-SOJKA.pdf>
- [310] SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Use of AP3I Algorithm for Radical Improvement of Entire Production System. In: *18th International Bata Conference for Ph.D. Students and Young Researchers: DOKBAT 2022 - 18th International Bata Conference for Ph.D. Students and Young Researchers*

- [online]. B.m.: Tomas Bata University in Zlín, 2022, s. 410–419 [vid. 2023-05-01]. ISBN 978-80-7678-101-6. Dostupné z: doi:10.7441/dokbat.2022.40
- [311] TAMPUBOLON, Salmon a H. H. PURBA. Lean six sigma implementation, a systematic literature review. *International Journal of Production Management and Engineering* [online]. 2021, **9**(2), 125. ISSN 2340-4876. Dostupné z: doi:10.4995/ijpme.2021.14561
- [312] DOMINGO, Rosario, Roberto ALVAREZ, Marta MELODÍA PEÑA a Roque CALVO. Materials flow improvement in a lean assembly line: a case study. *Assembly Automation* [online]. 2007, **27**(2), 141–147. ISSN 0144-5154. Dostupné z: doi:10.1108/01445150710733379
- [313] NAGI, Mahmoud, F. Frank CHEN a Hung-Da WAN. Throughput Rate Improvement in a Multiproduct Assembly Line Using Lean and Simulation Modeling and Analysis. *Procedia Manufacturing* [online]. 2017, **11**, 593–601. ISSN 23519789. Dostupné z: doi:10.1016/j.promfg.2017.07.153
- [314] GULERIA, Prateek, Abhilash PATHANIA, Himani BHATTI, Kuldeep ROJHE a Dalgobind MAHTO. Leveraging Lean Six Sigma: Reducing defects and rejections in filter manufacturing industry. *Materials Today: Proceedings* [online]. 2021, **46**, 8532–8539. ISSN 22147853. Dostupné z: doi:10.1016/j.matpr.2021.03.535
- [315] PENG, Leong Shian, Mohd Faizal RASID a Wan Immi SALIM. Using modified triage system to improve emergency department efficacy: A successful Lean implementation. *International Journal of Healthcare Management* [online]. 2021, **14**(2), 419–423. ISSN 2047-9700, 2047-9719. Dostupné z: doi:10.1080/20479700.2019.1655216
- [316] BUKHSH, Muhammad, Muhammad Ali KHAN, Iqbal Hussain ZAIDI, Anas KHALID, Abdul RAZZAQUE a Mazhar ALI. Productivity Improvement in Textile Industry using Lean Manufacturing Practices of 5S & Single Minute Die Exchange (SMED). In: *11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. 2021, s. 12.
- [317] ZHANG, Min, Wei WANG, Thong Ngee GOH a Zhen HE. Comprehensive Six Sigma application: a case study. *Production Planning & Control* [online]. 2014, 1–16. ISSN 0953-7287, 1366-5871. Dostupné z: doi:10.1080/09537287.2014.891058
- [318] GHOLAMI, Hamed, Norhazrina JAMIL, Muhamad Zameri MAT SAMAN, Dalia STREIMIKIENE, Safian SHARIF a Norhayati ZAKUAN. The application of Green Lean Six Sigma. *Business Strategy and the Environment* [online]. 2021, **30**(4), 1913–1931. ISSN 0964-4733, 1099-0836. Dostupné z: doi:10.1002/bse.2724
- [319] MAGED, Ahmed, Salah HARIDY, Saleh KAYTBAY a Nadia BHUIYAN. Continuous improvement of injection moulding using Six Sigma: case study. *International Journal of Industrial and Systems Engineering* [online]. 2019, **32**(2), 243. ISSN 1748-5037, 1748-5045. Dostupné z: doi:10.1504/IJISE.2019.100165
- [320] SHARMA, Astha, Neeraj BHANOT, Ajay GUPTA a Rajeev TREHAN. Application of Lean Six Sigma framework for improving manufacturing efficiency: a case study in Indian context. *International Journal of Productivity and Performance Management* [online]. 2022, **71**(5), 1561–1589. ISSN 1741-0401. Dostupné z: doi:10.1108/IJPPM-05-2020-0223
- [321] MANN, Darrell. *Trends of System Evolution (TRIZ) (Mann)* [online]. 2003 [vid. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.osaka-gu.ac.jp/php/nakagawa/TRIZ/eTRIZ/electures/eTRIZSol0209/eTrendsMann0303.html>
- [322] MANN, Darrell. Laws of System Completeness. *The Triz Journal* [online]. 15. květen 2001 [vid. 2021-06-19]. Dostupné z: <https://triz-journal.com/laws-system-completeness/>
- [323] PETROV, Vladimir. The Laws of System Evolution. *The Triz Journal* [online]. 21. březen 2002 [vid. 2021-06-19]. Dostupné z: <https://triz-journal.com/laws-system-evolution/>
- [324] *OTS-M-TRIZ - laws-of-evolution* [online]. [vid. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/otsmtriz/laws-of-evolution>
- [325] *Find new production ways - ProductionInspiration* [online]. [vid. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.productioninspiration.com/>
- [326] CREATIVITY, Oxford. *TRIZ Effects Database* [online]. [vid. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.triz.co.uk/triz-effects-database>
- [327] *Innovation Inspired by Nature — AskNature* [online]. [vid. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://asknature.org/>
- [328] MANN, Darrell. 40 Inventive Principles. *The Triz Journal* [online]. [vid. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://the-trizjournal.com/40-inventive-principles-examples/>
- [329] *OTS-M-TRIZ - 11-Separation-principles* [online]. [vid. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/otsmtriz/separation>

- [330] *OTSM-TRIZ - 8-principles-to-combine-opposite-demands* [online]. [vid. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/otsmtriz/8-principles-to-combine-opposite-demands>
- [331] *OTSM-TRIZ - Inventive-standards* [online]. [vid. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/otsmtriz/inventive-standards>
- [332] SALAMATOV, Yuri. *TRIZ Inventive Standards (Salamatov's Textbook) (Index) (Cross-reference to USIT)* [online]. 2003 [vid. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.osaka-gu.ac.jp/php/nakagawa/TRIZ/eTRIZ/electures/eTRIZSol0209/eInvStandardsSal0303.html>
- [333] MANN, Darrell. *TRIZ Inventive Standards (Mann's Textbook) (Index) (Cross-references to USIT)* [online]. 2003 [vid. 2023-05-01]. Dostupné z: <https://www.osaka-gu.ac.jp/php/nakagawa/TRIZ/eTRIZ/electures/eTRIZSol0209/eInvStandardsMann0303.html>

SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA

Publikace v časopisech s nenulovým impakt faktorem

1. SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Radical Process Improvement by Systematic Approach to Overcome Problems on Custom Glass Eyes Manufacturing. *Tehnicki vjesnik - Technical Gazette*. 2023, **30**(1). ISSN 13303651, 18486339. Dostupné z: doi:10.17559/TV-20220328225822
2. SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Algorithm for Process Innovation by Increasing Ideality. *Processes*. 2022, **10**(7), 1283. ISSN 2227-9717. Dostupné z: doi:10.3390/pr10071283

Publikace v časopisech indexovaných v databázích Web of Science nebo Scopus

3. SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Innovation by Increasing Ideality – A New Method for Overcoming Process Related Problems. *Quality Innovation Prosperity*. 2021, **25**(2), 78–94. ISSN 1338-984X, 1335-1745. Dostupné z: doi:10.12776/qip.v25i2.1578
4. SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Probability Distribution of Time Duration of Manual Operation in the Production of Glass Eyes. *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research*. 2021, **11**(2), 340–342. ISSN 2464-6733, 1804-7890. Dostupné z: doi:10.33543/1102340342
5. SOJKA, Vladimír, Anabela C. ALVES a Petr LEPŠÍK. Calculation of Process' Ideality Degree Through Ideality Equation of TRIZ. *Ad Alta-Journal of Interdisciplinary Research*. 2020, **10**(2), 367–372. ISSN 1804-7890.
6. SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Use of TRIZ, and TRIZ with Other Tools for Process Improvement: A Literature Review. *Emerging Science Journal*. 2020, **4**(5), 319–335. ISSN 2610-9182. Dostupné z: doi:10.28991/esj-2020-01234

Publikace v recenzovaných časopisech

7. SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Defining Production Process as a Technical System – SIPOC/9W. *GRANT journal*. 2021, **10**(2), 4.
8. SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Accuracy Verification of Glass Kilnforming Process after Improvement by DOE. *GRANT journal*. 2020, **9**(1), 114–117. ISSN 1805-062X.
9. SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Low-Cost System for Managing of Tool's Storage. *Acta Mechanica Slovaca*. 2019, **23**(2), 30–35. ISSN 13352393, 13393073. Dostupné z: doi:10.21496/ams.2019.018
10. SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Low-cost Reduction of Inventory in Storages. *GRANT journal*. 2019, **8**(1), 82–85. ISSN 1805-062X.

Publikace ve sbornících z konferencí indexovaných v databázi Web of Science

11. SOJKA Vladimír a Petr LEPŠÍK. Resolving a Problem with Cleaning of Tools by the 3I Method - A Case Study. *ICMD 2022 - International Conference of Machine Design Departments*. 2022. [Přijato k publikaci]
12. SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Use of AP3I Algorithm for Radical Improvement of Entire Production System. In: *18th International Bata Conference for Ph.D. Students and Young Researchers: DOKBAT 2022 - 18th International Bata Conference for Ph.D. Students and Young Researchers*. B.m.: Tomas Bata University in Zlín, 2022, s. 410–419. ISBN 978-80-7678-101-6. Dostupné z: doi:10.7441/dokbat.2022.40
13. SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Combining Simulation and MTM to Improve Glass Eyes Production. In: *8th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2022 (TAE 2022): Proceedings of 8th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2022*. 2022, s. 366–371. ISBN 978-80-213-3207-2. Dostupné z: <https://2022.tae-conference.cz/proceeding/TAE2022-60-Vladimír-SOJKA.pdf>
14. SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Ideal Process as a Goal for Process Improvement. In: *17th International Bata Conference for Ph.D. Students and Young Researchers: DOKBAT 2021 - 17th International Bata Conference for Ph.D. Students and Young Researchers*. B.m.: Tomas Bata

- University in Zlín, 2021, s. 551–561. ISBN 978-80-7678-025-5. Dostupné z: doi:10.7441/dokbat.2021.47
15. SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. TRIZ Tools for Manufacturing Processes Improvement. In: *16th International Bata Conference for Ph.D. Students and Young Researchers: DOKBAT 2020 - 16th International Bata Conference for Ph.D. Students and Young Researchers*. B.m.: Tomas Bata University in Zlín, 2020, s. 484–491. ISBN 978-80-7454-935-9. Dostupné z: doi:10.7441/dokbat.2020.41
 16. SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Re-layout of Workshop Based on Material and People Flows. In: *15th International Bata Conference for Ph.D. Students and Young Researchers: DOKBAT 2019 - 15th International Bata Conference for Ph.D. Students and Young Researchers*. B.m.: Tomas Bata University in Zlín, 2019, s. 955–961. ISBN 978-80-7454-893-2. Dostupné z: doi:10.7441/dokbat.2019.093
 17. SOJKA, Vladimír, Petr LEPŠÍK a Petra HENDRYCHOVA. Minimizing of Setup Attempts on Kilnforming Process with DOE. In: D. HERAK, ed. *7th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2019 (TAE 2019): Proceeding of 7th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2019*. Prague 6: Czech University Life Sciences Prague, 2019, s. 518–523. ISBN 978-80-213-2953-9.

Publikace ve sbornících z ostatních konferencí

18. SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Production Process as a Technical System. In: *Reviewed Proceedings of the Interdisciplinary Scientific International Conference for PhD students and assistants QUAERE 2021 roč. XI*. Hradec králové: Mananamitas, 2021, s. 806–814. ISBN 978-80-87952-34-4.
19. SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Verification And Accuracy of DOE Results for Setting of Glass Kilnforming Process. In: *QUAERE X: Proceedings of the Interdisciplinary Scientific International Conference for PhD students and assistants QUAERE 2020 vol. X*. B.m.: MAGNANIMITAS Assn., 2020, s. 1226–1231. ISBN 978-80-87952-32-0. Dostupné z: https://www.vedeckekonference.cz/library/proceedings/quaere_2020.pdf
20. SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Low-cost Reduction of Inventory in Storages. In: *QUAERE 2019: Proceedings of the Interdisciplinary Scientific International Conference for PhD students and assistants QUAERE 2019 vol. IX*. B.m.: MAGNANIMITAS Assn., 2019, s. 1048–1054. ISBN 978-80-87952-30-6. Dostupné z: https://www.vedeckekonference.cz/library/proceedings/quaere_2019.pdf
21. SOJKA, Vladimír a Petr LEPŠÍK. Použití nástrojů TRIZ pro zlepšování výrobních procesů. In: *11th Annual International Scientific Conference Manufacturing Systems Today and Tomorrow 2019: Proceedings of 11th Annual International Scientific Conference Manufacturing Systems Today and Tomorrow 2019*. Liberec: Technická univerzita Liberec, 2019, s. 72–75.

PŘÍLOHY

Seznam příloh:

PŘÍLOHA č. 1: Trendy rozvoje technických systémů (TESE).....	187
PŘÍLOHA č. 2: Vybrané vědecké efekty.....	190
PŘÍLOHA č. 3: Seznam technických parametrů.....	196
PŘÍLOHA č. 4: Tabulka pro překonávání technických rozporů.....	198
PŘÍLOHA č. 5: Seznam invenčních principů.....	200
PŘÍLOHA č. 6: Seznam separačních principů.....	203
PŘÍLOHA č. 7: Seznam invenčních standardů (standardních řešení).....	205
PŘÍLOHA č. 8: Formulář pro aplikaci metodiky.....	209
PŘÍLOHA č. 9: Podrobný návod k použití podpůrné aplikace.....	210
PŘÍLOHA č. 10: Souhrn aplikací metodiky z experimentální části.....	221
PŘÍLOHA č. 11: Protokoly z měření kvality povrchu leštěných dílů.....	235
PŘÍLOHA č. 12: Naměřené časy operací výroby celočerných očí.....	247
PŘÍLOHA č. 13: Archy z analýzy MTM-1 výroby černých očí.....	248

PŘÍLOHA č. 1: Trendy rozvoje technických systémů (TESE)

Kromě trendů rozvoje technických systémů jsou v následujícím seznamu také zahrnuty vybrané původní zákonitosti rozvoje technických systémů (*Laws of technical systems evolution*).

Úplnost technického systému (*Completeness of a technical system*)

Plně funkční technický systém by měl obsahovat prvky: pohon, převod, nástroj, objekt, a řízení. Pokud nějaký prvek chybí, rozvoj technického systému směřuje k doplnění chybějících prvků.

Průchodnost energie systémem (*Energy conductivity in a system*)

Mezi prvky a částmi technického systému je umožněn průchod energií. Energie může být Mechanická, akustická, teplotní, chemická, elektrická, magnetická, nebo jiná. Pokud v systému chybí možnost průchodu energie rozvoj systému, bude směřovat k doplnění této funkce.

Existence spojení mezi částmi technického systému (*Existence of links between parts of a technical system*)

Mezi prvky a částmi technického systému musí existovat vazby. Pokud mezi prvky vazby chybí, technický systém se bude rozvíjet tak aby vazby vznikly.

Zvyšování stupně ideality (*Increasing of the degree of the ideality*)

Rozvoj technických systémů se přibližuje k ideálnímu stavu. Funkce technického systému je vykonávána bez existence technického systému.

Úroveň ideality systému lze teoreticky určit pomocí rovnice $I = B/H$, kde I je idealita systému, B jsou pozitivní funkce systému, a H jsou negativní funkce systému.

Nerovnoměrnost rozvoje částí systému (*Irregularity of system's part evolution*)

Technické systémy se rozvíjejí nerovnoměrně. Nedochází ke změnám celého systému ale pouze jeho částí. Postupný rozvoj částí může vést k nutnosti rozvoje zbylých, dosud nerozvinutých prvků systému. Změnou nadsystému může být také později snaze dosaženo změn nižších systémů.

Změny měřítka (*Changes of a scale*)

Technický systém může být rozvíjen díky změnám v měřítku jeho prvků, nebo celého systému.

Změny propojení (*Changes of linking*)

Technický systém může být rozvíjen díky změnám v propojení mezi prvky systému, nebo mezi celými systémy.

Přechod ke složitějším a energeticky nasyceným formám (*Transition to more complex and energy-saturated forms*)

Zvyšování komplexnosti a energetické nasycenosti látek a polí v systému.

Nárůst interakcí látka-pole (*Increase of substance-field interactions*)

Zvyšování počtu a druhů interakcí mezi různými látky a polí v systému. Přidání látek, přidání polí.

Zvýšení informační saturace (*Increase of information saturation*)

Zvyšování získávaných informací ze systému. Vytváření zpětných vazeb, přidávání senzorů.

Zvyšování stupně kontroly nad systémem (*Increasing the degree of control over a system*)

Přidávání ovladatelných prvků do systému. To se může týkat jak komponent, tak látek nebo polí.

Chytré materiály (*Smart Materials*)

pasivní materiál → jednosměrně adaptivní materiál → dvousměrně adaptivní materiál → plně adaptivní materiál

Zvyšování stupně dělení/segmentace (*Increasing of the degree of segmentation*)

Postupné dělení velkých celků na části. Rozdělení prvků na více malých částí.

Segmentace prostoru (*Space Segmentation*)

monolitické struktury → duté struktury → struktury s více dutinami → pórovité struktury → pórovité struktury s aktivním i elementy

Segmentace plochy (*Surface Segmentation*)

hladký povrch → povrch s laminárním zvrásněním/žebrování → 3D zdrsňený (tvarový) povrch → zdrsňený (tvarový) povrch s aktivními póry

Segmentace objektu (*Object Segmentation*)

monolit pevné látky → segmentovaná pevná látka → částičky pevné látky → kapalina → segmentovaná kapalina (pěny, aerosoly) → plyn → plasma → pole → vakuum

Přechod z makro do mikro - a dále (*Evolution Macro to Nano Scale - and beyond*)

$10^2 \rightarrow 10^1 \rightarrow 10^0 \rightarrow 10^{-1} \rightarrow 10^{-2} \rightarrow 10^{-3} \rightarrow 10^{-4} \rightarrow 10^{-5} \rightarrow 10^{-6} \rightarrow 10^{-7} \rightarrow 10^{-8} \rightarrow \dots$

Přechod do nadsystému (*Transition to super-system*)

Na místo rozvoje technického systému rozvíjení nadsystému.

Sítě a vlákna (*Webs and Fibres*)

homogenní tabulová struktura \rightarrow 2D běžná síťová struktura \rightarrow 3D vlákna, uspořádání podle podmínek zátěže \rightarrow zahrnutí aktivních elementů

Snižování hustoty (*Decreasing Density*)

$10^2 \rightarrow 10^1 \rightarrow 10^0 \rightarrow 10^{-1} \rightarrow 10^{-2} \rightarrow 10^{-3} \rightarrow 10^{-4} \rightarrow 10^{-5} \rightarrow 10^{-6} \rightarrow 10^{-7} \rightarrow 10^{-8} \rightarrow \dots$

Zvyšování asymetrie - ke shodě s vnějšími asymetriemi (*Increasing Asymmetry - to match external asymmetries*)

symetrický systém \rightarrow částečná asymetrie \rightarrow odpovídající asymetrie

Rozbití hranic (*Boundary breakdown*)

mnoho hranic \rightarrow několik hranic \rightarrow žádné hranice

Geometrická evoluce - lineární (*Geometrical Evolution - linear*)

bod \rightarrow 1D přímka \rightarrow 2D rovina \rightarrow 3D plocha

Geometrická evoluce - objemová (*Geometric Evolution - volumetric*)

rovinná struktura \rightarrow 2D struktura \rightarrow osově symetrická struktura \rightarrow plně 3D struktura

Dynamizace (*Dynamization*)

nepohyblivý systém \rightarrow systém se spojnicemi \rightarrow plně flexibilní systém \rightarrow kapalný nebo plynný systém \rightarrow systém založený na polích

Sladění akcí (*Action Co-ordination*)

nesladěná akce \rightarrow částečně sladěná akce \rightarrow plně sladěná akce \rightarrow různé akce během intervalu

Sladění rytmu (*Rhythm Co-ordination*)

kontinuální akce \rightarrow periodická akce \rightarrow využití resonance \rightarrow postupná vlna

Nelinearita - přizpůsobení s vnějšími nelinearitami (*Matching to External Non-Linearities*)

lineární pojetí systému \rightarrow částečné zohlednění nelinearit \rightarrow plně zohlednění nelinearit

Mono-Bi-Poly - podobné (*Mono-Bi-Poly - Similar*)

Mono-systém \rightarrow Bi-systém \rightarrow Tri-systém \rightarrow Poly-systém

Mono-Bi-Poly - různé (*Mono-Bi-Poly - Various*)

Mono-systém \rightarrow Bi-systém \rightarrow Tri-systém \rightarrow Poly-systém

Mono-Bi-Poly - zvyšování rozdílnosti (*Mono-Bi-Poly - Increasing differences*)

podobné komponenty \rightarrow komponenty se zkreslenými charakteristikami \rightarrow komponenta a negativním komponenta \rightarrow různé komponenty

Redukce tlumení (*Reduced Damping*)

silné tlumení \rightarrow kritické tlumení \rightarrow slabé tlumení \rightarrow bez tlumení

Zvýšení využití smyslů (*Increased use of Senses*)

1 smysl \rightarrow 2 smysly \rightarrow 3 smysly \rightarrow 4 smysly \rightarrow 5 smyslů

Zvýšení využití barev (*Increasing Use of Color*)

bez použití barev (monochromní) \rightarrow binární použití barev \rightarrow použití viditelného spektra \rightarrow plné spektrum barev

Zvýšení transparentnosti (*Increasing Transparency*)

neprůhledná konstrukce \rightarrow částečně průhledné \rightarrow průhledné \rightarrow aktivní průhledné elementy

Zaměření na nákup zákazníka (*Customer Purchase Focus*)

výkon \rightarrow spolehlivost \rightarrow pohodlnost \rightarrow cena

Vývoj Trhu (*Market Evolution*)

komodita \rightarrow produkt \rightarrow služba \rightarrow zážitek \rightarrow transformace

Design Point (*Design Point*)

návrh optimalizovaný pro jeden pracovní bod \rightarrow návrh optimalizovaný pro dva pracovní body bod \rightarrow návrh optimalizovaný pro několik pracovních bodů \rightarrow neustálá re-optimalizace návrhu

Stupně volnosti (*Degrees of Freedom*)

1 stupeň volnosti \rightarrow 2 stupně volnosti \rightarrow 3 stupně volnosti \rightarrow 4 stupně volnosti \rightarrow 5 stupňů volnosti \rightarrow 6 stupňů volnosti

Trimming - osekání (*Trimming*)

komplexní systém → eliminace neklíčových komponent → eliminace neklíčových pod-systémů → osekáný systém (*trimmed system*)

Ovladatelnost (*Controllability*)

akce s přímým ovládáním → akce přes prostředníka → zahrnutí zpětné vazby → inteligentní zpětná vazba

Redukce zahrnutí lidí (*Reducing Human Involvement*)

člověk → člověk a nástroj → člověk a poháněný nástroj → člověk a částečně automatizovaný nástroj → člověk a automatizovaný nástroj → automatizovaný nástroj

Metoda návrhu (*Design Methodology*)

zkušební/experimentální návrh → ustálený návrh → zahrnutí přechodných efektů → zahrnutí pomalu degradujících efektů → zahrnutí efektů s křížovou vazbou → „blbu-vzdorný“ návrh

Redukce počtu energetických konverzí (*Reducing Number of Energy Conversions - Tending to Zero*)

mnoho energetických konverzí → ... → tři energetické konverze → dvě energetické konverze → jedna energetická konverze → žádná energetická konverze

[321–324]

PŘÍLOHA č. 2: Vybrané vědecké efekty

Mezi vědecké efekty mohou být zahrnuty efekty fyzikální, chemické, geometrické ale i biologické.

Fyzikální efekty

Měření teploty:

Jev tepelné roztažnosti, tepelná roztažnost a s tím spojená změna vlastní frekvence, termoelektrické jevy, změna optických, elektrických a magnetických vlastností látek s teplotou, měření spektra záření, přechod přes Curieovu teplotu, Hopkinsonův jev, Barkhausenův jev.

Snížení teploty:

Fázové přechody, Joule-Thomsonův jev, magneto-kalorický jev, termoelektrické jevy.

Zvýšení teploty:

Absorpce záření látkou, elektrický ohřev, jev elektromagnetické indukce, dielektrický ohřev, vířivé proudy, termoelektrické jevy, povrchový jev (skinefekt), elektrické výboje.

Stabilizace teploty:

Bimetal, fázové přechody, přechod přes Curieovu teplotu.

Indikace polohy a pohybu objektu:

Značkování látek použitím luminoforu, (transformace vnějšího pole) nebo feromagnetika (vytvoření vlastního pole), odraz a emise světla, fotoelektrický jev, Rentgenové a radioaktivní záření, luminiscence, změna elektrického a magnetického pole, elektrické výboje, Dopplerův jev, deformace.

Přemísťování objektů:

Působení magnetického pole na objekt nebo na feromagnetikum, které je spojené s objektem, působení elektrického pole na elektricky nabitý předmět, tlakové působení kapaliny nebo plynu, mechanické kmity, odstředivá síla, jev tepelné roztažnosti.

Řízení pohybu kapalin a plynů:

Kapilární jev, osmóza, Thomsonův jev, kmitavý pohyb, odstředivá síla.

Řízení proudění aerosolů (prachu, dýmu, mlhy):

Elektrizace, elektrické a magnetické pole.

Promíchávání směsí, tvorba roztoků a emulzí:

Ultrazvuk, kavitace, difuze, elektrická pole, magnetické pole ve vazby s feromagnetickou látkou, elektroforéza.

Separace směsí:

Elektro-separace, magneto-separace, odstředivá síla, sorpce, difuze, osmóza.

Stabilizace polohy objektu:

Elektrické pole, magnetické pole, fixace v kapalinách tuhneoucích v magnetickém nebo elektrickém poli, gyroskopický jev, reaktivní pohyb.

Silové působení, regulace sil, vytváření velkých tlaků:

Působení magnetického pole prostřednictvím feromagnetických látek, fázové přechody, jev tepelné roztažnosti, odstředivá síla, použití výbušných látek, elektrohydraulický jev, opticko-hydraulický jev, osmóza, změna hydrostatického tlaku způsobená změnou hustoty magnetické nebo elektricky vodivé kapaliny v magnetickém poli.

Změna tření:

Působení záření, kmitavý pohyb.

Destrukce objektu:

Elektrický výboj, elektrohydraulický jev, rezonance, ultrazvuk, kavitace, indukované záření.

Akumulace mechanické a tepelné energie:

Pružné deformace, gyroskopický jev, fázové přechody.

Přenos energie mechanické, tepelné, zářivé, elektrické:

deformace, kmitavý pohyb, záření, tepelná vodivost, konvekce, jev odrazu světla (světlovody), indukované záření, elektromagnetická indukce, supravodivost.

Vzájemné působení mezi pohyblivým (měnícím se) a nepohyblivým (neměnným) objektem:

Využití elektromagnetických polí, přechod od "látkových" vazeb k polím.

Měření rozměrů objektu:

Měření vlastností frekvence kmitání, nanášení a sčítání magnetických a elektrických značek.

Změna rozměrů objektu:

Jev tepelné roztažnosti, deformace, magnetostrikční jev, elektrostrikční jev, piezoelektrický jev.

Kontrola stavu a vlastností povrchu:

Elektrický výboj, odraz světla, elektronová emise, záření.

Změna povrchových vlastností:

Tření, adsorpce, difuze, elektrický výboj, mechanický a akustický kmitavý pohyb, ultrafialové záření.

Kontrola stavu a vlastností objektu:

Zavedení "značek" - látek, které transformují vnější pole (luminofory) nebo které vytvářejí vlastní pole (feromagnetika) a závisí na stavu a vlastnostech zkoumané látky, změna měrného elektrického odporu v závislosti na změně struktury a vlastností objektu, interakce se světlem, elektrooptické jevy, magnetooptické jevy, polarizované světlo, rentgenové a radioaktivní záření, elektronový

paramagnetismus, jaderná magnetická rezonance, magneto-mechanické jevy, přechod přes Curieovu teplotu, Hopkinsonův jev, Barkhausenův jev, měření vlastní frekvence, kmitání objektu, ultrazvuk, Mössbauerův jev, Hallův jev.

Změna vlastností objektu:

Změna vlastností kapaliny (hustoty, viskozity) působením elektrického a magnetického pole, zavedení feromagnetické látky a působení magnetického pole, tepelné působení, fázové přechody, ionizace vlivem elektrického pole, ultrafialové záření, Roentgenovo záření, radioaktivní záření, deformace, difuze, elektrické pole, magnetické pole, termoelektrické jevy, termomagnetické jevy, magnetooptické jevy, kavitace, vnitřní fotoelektrický jev.

Vytvoření zadané struktury, stabilizace struktury objektu:

Interference vlnění, stojaté vlnění, magnetické pole, fázové přechody, mechanické vlnění, akustické vlnění, kavitace.

Indikace elektrických a magnetických polí:

Osmóza, zelektrizování, elektrický výboj, piezoelektrický jev, elektronová emise, elektrooptické jevy, Hopkinsonův jev, Barkhausenův jev, Hallův jev, jaderná magnetická rezonance, gyromagnetický jev, magnetooptické jevy.

Chemické efekty

A) PŘEMĚNA LÁTKY

Přenos v prostoru:

Transportní reakce, termochemická metoda, v hydrátech, ve stlačených plynech, v hydridech, jako část budoucí sloučeniny, v absorbentech, jako výbušná směs, molekulární vazby (samo spoj), komplexy, tekuté membrány.

Změna hmoty:

Transportní reakce, termochemická metoda, přechod do chemické sloučeniny, přechod do hydrátového stavu, přechod do hydridního spojení (hydridní vazba) v exotermických reakcích.

Změna koncentrace:

Transportní reakce, přechod do chemického spojení a vyloučení, přechod do hydrátového stavu, ve stlačených plynech, v hydridech, změna chemické rovnováhy, absorpce-desorpce, polopropustné membrány, komplexy, tekuté membrány.

Změna specifické hmotnosti:

Přechod do chemické sloučeniny, přechod do hydrátového stavu, hydridy.

Změna objemu:

Přechod do chemické sloučeniny, transportní reakce, přechod do hydrátového stavu, rozpuštění ve stlačených plynech, přechod na hydridy, v exotermních reakcích, v termochemických reakcích, rozpuštění, při výbuchu.

Indikace záření:

Opticko-akustický jev, jev tepelné roztažnosti, fotoelektrický jev, luminiscence, ionizace, fotopružnostní jev.

Generování elektromagnetického záření:

Jev indukovaného záření, tunelový efekt, luminiscence, Gannův jev, Čerenkovův jev.

Řízení elektromagnetického pole:

Stínění, fokusace, změna stavu prostředí (např. zvětšení nebo zmenšení jeho elektrické vodivosti), změna tvaru povrchu těles interagujících s polem.

Řízení světelného toku, modulace světla:

Lom a odraz světla, elektrooptické jevy, magnetooptické jevy, fotopružnostní jev, Kerrův jev, Faradayův jev, Gannův jev.

Iniciace a intenzifikace chemických pochodů:

Teplo, tlak, ultrazvuk, kavitace, ultrafialové záření, rentgenové záření, radioaktivní záření, elektrický výboj.

Změna tvaru:

Transportní reakce, termochemické působení, plynné hydráty, stlačené plyny, hydridy, tavení - tuhnutí.

Změna elektrických vlastností:

Hydridování, vytvoření oxidů, rozpuštění solí, při samovolné vysokoteplotní syntéze, neutralizace elektrických výbojů (nábojů), změna chemické rovnováhy, elektrizace oxidací, plynů při radioaktivním záření, elektro-chromů, hydrofilní vrstva, komplexy.

Změna optických vlastností:

Vytvoření oxidů, barvy, generování světla, změna propouštění světla v monomolekulárních vrstvách.

Změna magnetických vlastností:

Hydridováním, při samovolné vysokoteplotní syntéze, okysličovadly, v klastrech.

Změna biologických vlastností:

Přechod do chemické sloučeniny, ozonizace, hydrofilie - hydrofobie, komplexy.

Změna chemických vlastností:

Transportní reakce, termochemické působení, chemické slučování plynů, plynné hydráty, stlačené plyny, hydridování, vytvoření oxidů, exotermické reakce, termochemické reakce, tavení-tuhnutí, rozpouštění vrstev, při samovolné vysokoteplotní syntéze, změna chemické rovnováhy, ozonizace ve

foto-chromech, hydrofilie - hydrofobie, přechod na mikroúroveň, komplexy, tekuté membrány.

Změna fázového stavu:

Transportní reakce, termochemické působení, chemické slučování plynů, plynné hydráty, stlačené plyny, hydridy, tavení - tuhnutí, rozpouštění vrstev, extrakce z rozpouštědel, absorpce - desorpce foto-chromů.

Zneškodňování (destrukce):

Přechod do chemické sloučeniny, přechod do hydrátové vazby, ve stlačených plynech, hydridování, exotermické reakce, termochemické reakce, rozpouštění, ozonizace, komplexy, tekuté membrány.

Stabilizace (časové omezení aktivity):

Chemické slučování plynů, přechod do hydrátového stavu, ve stlačených plynech, v hydridech, tavení-tuhnutí, v absorbentech, komplexy.

Přeměna dvou a více látek v jednu:

Transportní reakce, termochemická metoda, chemické slučování plynů, plynné hydráty, stlačené plyny, hydridy, oksysočlenění - vytváření oxidů, exotermické reakce, termochemické reakce, rozpouštění, slučování vzájemně aktivních látek, ozonizace, foto-chromismus, komplexy.

Ochrana jedné látky proti proniknutí druhé:

Cestou chemického slučování jedné z nich, ochrana hydráty, rozpouštění ve stlačených plynech, ochrana pomocí hydridů, spalování, oksysočlenění, pomocí oksysočlenitelů, hydrofilie - hydrofobie, polopropustné membrány, tekuté membrány.

Nanesení jedné látky na povrch druhé:

Transportní reakce, v hydrátovém stavu, pomocí hydridů, oksysočlenění-vytváření oxidů, slučování vzájemně aktivních látek, foto-chromů, elektrochromů, molekulární vazby, hydrofilie - hydrofobie, tekuté membrány.

Spojení různorodých látek (upevnění, ucpání):

Pomocí hydrátů, pomocí hydridů, sváření, tavení-tuhnutí, molekulární spojení.

Rozdělení látek (vydělání jedné z druhých):

Transportní reakce, extrakce chemicky spojených plynů, ze stlačených plynů, z hydridů, obnovení z oxidů, změna chemické rovnováhy, z absorbentů, z ozonidů, hydrofilnost - hydrofobnost, polopropustné membrány, komplexy, tekuté membrány.

Zničení (odstranění, degradace) látky:

Transportní reakce, termochemická metoda, odstranění chemicky sloučených látek, extrakce ze stlačených plynů, nasycení vodíkem, degradace oxidem, spalování, rozpouštění, změna chemické rovnováhy ve směsích, slučování vzájemně aktivních látek, oksysočlenění, výbuch, komplexy.

Rozmíchání jedné látky v druhé:

Transportní reakce, chemické slučování plynů, plynné hydráty, ve stlačených plynech, v hydridech,

v absorbentech, rozpouštění, komplexy, molekulární vazby, tekuté membrány.

Získání nových látek (syntéza):

Transportní reakce, termochemická metoda, chemické slučování plynů, plynné hydráty, hydridy, vytvoření z oxidů, elektrotermické reakce, termochemické reakce, slučování vzájemně aktivních látek, při změně chemické rovnováhy, ozonizace oksysočlenitelů, ultra-oksysočlenitelů, ozonidů, molekulární vazby, komplexy.

Organizace uzavřené látkové výměny (pohlcení - vydělání):

Transportní reakce, chemické slučování - vydělání plynů, rozpouštění ve stlačených plynech, hydridy, absorpce - desorpce, pomocí ozonidů, v elektrochromech, komplexy, tekuté membrány.

Slučování látek z atomů:

Transportní reakce, extrakce z chemické sloučeniny, extrakce ze stlačených plynů, z hydridů, obnovení z oxidů, samovolnou vysokoteplotní syntézou, slučování vzájemně aktivních látek, molekulární vazby, polopropustné membrány, přechod molekula - agregát, komplexy, tekuté membrány.

Získání látek s dobře organizovanou strukturou (získání čistých látek):

Transportní reakce, v chemických vazbách, extrakce ze stlačených plynů, z hydridů, samovolnou vysokoteplotní syntézou, molekulární vazby, komplexy, tekuté membrány.

Průchod jedné látky druhou:

Transportní reakce, termochemická metoda, v chemické vazbě, ve stlačených plynech, v hydridech, průnik vodíku kovy, v termochemických reakcích, použitím fázového přechodu, při změně chemické rovnováhy, v absorbovaném stavu, polopropustné membrány, komplexy, tekuté membrány.

B) PŘEMĚNA ENERGIE

Získání tepla (zavedení tepelné energie do systému):

Spalování plynných hydrátů, spalování vodíku, pomocí hydridů, látky uvolňující energii, exotermické reakce, samovolná vysokoteplotní syntéza, použitím silných oksysočlenitelů, při rozkladu ozónu.

Získání chladu (odvedení tepelné energie ze systému):

Rozložení plyn hydrátů, pomocí hydridů, endotermické reakce, při rozpouštění.

Získání mechanických tlaků:

Rozklad plyn hydrátů, rozklad hydridů, zpevnění kovů při naplávání, roztažení kovů, při rozkladu tekutého ozónu.

Generování světelného záření:

Chemiluminescence.

Akumulace tepla:

V chemických reakcích, při fázových přechodech.

Akumulace chladu:

V hydridech.

Akumulace světelné energie:

Foto-chromismus.

Transport tepelné energie:

Transportní reakce, v hydridových akumulátorech.

Transport (svod) statické elektřiny:

Metalizace tkanin, působení ozonem, hydrofilní úprava povrchu.

Regulace světelné energie:

Foto-chromismus.

Energetické působení na látku:

Korónový výboj, radioaktivní záření, kavitace, UV záření, elektrické pole, elektrický tok, elektromagnetické pole, infračervené záření, vysokofrekvenční výboj, viditelné světlo, tepelná energie.

Geometrické efekty**Regulace geometrických a jim odpovídajících fyzikálních parametrů:**

délky: využití spirál, jednostranných povrchů, hyperbol.

plochy včetně překrytí: využití pásků, spirál, jednostranných povrchů, elips, parabol.

objemu: využití spirál, kuliček, hyperbol.

poloměru křivky: využití spirál, kuliček, elips, parabol.

změny kroku šneku: využití spirál.

orientace návinu, přemístění tělesa, získání otisku: použití klínů, spirál, jednostranných povrchů, kuliček, elips.

rozměrů otvorů, buněk: použití spirál, kuliček, hyperbol.

Spojení dílů, dočasná fixace:

Použití sypkých materiálů, pásků, kuliček, hyperbol, trojúhelníků Relo.

Získání otisků povrchů a regulace profilu:

Použití sypkých materiálů, pásků, spirál, hyperbol.

Získání opěr, základěn:

použití sypkých materiálů, kuliček, elips.

Přenos a regulace síly, momentu:

Použití sypkých materiálů, jednostranných povrchů, kuliček, elips.

[68]

Biologické efekty

Bionika; Biomimetika
(Biomimetrics/Biomimicry); Biotechnologie;
Biochemie; Biomechanika;

Efekty dle funkce a skupenství**C) PŘEMĚNA INFORMACE****Indikace informace o látce:**

Vodík, organicko - kovových příměsí v plynu, ozonu, chemiluminiscence v reakcích oxidace, fluorescence, hydro fotografie, hydrodynamika toků.

Indikace informace o energii:

Tepelné při fázovém přechodu, tepelné v termo-chromech, korónového výboje při tvorbě ozonu, radioaktivního záření při tvorbě ozonu, radioaktivního záření v radio-chromech, viditelného záření ve foto-chromech, UV záření ve foto-chromech.

Koncentrace, lokalizace a intenzifikace působení:

Použití sypkých materiálů, pásků, spirál, kuliček, elips, parabol.

Zrušení škodlivých vepolů (S-Field):

Použití klínů, sypkých materiálů, pásků, parabol.

Opotřebení:

Použití sypkých materiálů, pásků, kuliček.

Orientace předmětů:

Využití pásků.

Zrychlení, přemístění:

Použití pásků, jednostranných povrchů.

Řízení pohybu kapalin a sypkých látek:

Použití sypkých látek, elips.

Vytvoření vibrací:

Použití kuliček, elips, trojúhelníku Relo.

Získání citlivých spojení a vzpěr:

Použití kuliček.

Zhotovení různých forem:

Použití sypkých materiálů, pásků, spirál.

Absorbce kapaliny:

Kapilární efekt; chemisorpce; hydrogenace; exotermická reakce; endotermická reakce;

Absorbce plynu:

Ultrazvuk; rozpuštění v roztocích;

Absorbce pole:

Baterie; kapacitor; koronový výboj; palivový článek; aerosol; setrvačnick;

Ohnout pevnou látku:

Tvarová paměť; superelastická; piezoelektrický efekt;

Ohnout kapalinu nebo plyn:

Coanda efekt; Bernoulliho princip;

Ohnout pole:

Lom světla; magnetické pole; elektrické pole;

Čistit pevnou látku:

Desropce; spalování; trysková eroze; ionický efekt; desropce dopadem elektronů; radioaktivita; redoxní reakce; ultrazvuková oscilace; tření; foto-oxydace; exploze; rozpuštění; elektrolyza; kavitace; elektrochemická eroze; laserové odpařování; akustická kavitace; akustické vibrace; jiskrová eroze; hydrodynamická kavitace; laser gettering; kryolýza; opto-hydraulický efekt; termo-destrukce; mechanická akce – kartáče; adsorpce;

Čistit kapalinu:

Bio-destrukce; ozón; ultrazvuk; akustická kavitace; akustické vibrace; kryolýza; hydrolytická reakce; foto-oxydace; vakuová rafinace; adsorpce;

Čistit plyn:

Adsorpce; ultrazvuk; vibrace;

Chladit pevnou látku:

Endotermická reakce; kapilární-pórovitý materiál; koronový výboj; Stirlingův efekt; Nernst-Ettinghausenův efekt; piezoelektrický větrák; Peltierův efekt; Fázový přechod; proud vzduchu, sprayování tekutiny; termoakustický efekt; transpirační chlazení (odpařování); kondukce; konvekce; radiace; fluidní lůžko;

Chladit kapalinu:

Tepelný výměník; peltierův efekt; fázový přechod; Ranqueho efekt; termomagnetický efekt; kondukce; konvekce; proud vzduchu;

Chladit plyn:

Tepelný výměník; Dufourův efekt; Joule-Thomsonův efekt; Ranqueho efekt; kondukce; refrakce; termoakustika;

Ohřát pevnou látku:

Spalování; vířivý proud; exotermická reakce; kondenzační ohřev; kondukce; konvekce; radiace; laser; mikrovlnná radiace; Peltierův efekt; fázový přechod; Shuntův efekt; Sluneční energie; zahřívání namáháním; radiofrekvenční ohřev; infračervený ohřev; ohřev světelnými vlnami; indukční ohřev; ultrazvukový ohřev;

Ohřát kapalinu:

Akustická kavitace; spalování; kondukce; konvekce; elektromagnetická indukce; Joule-Lenzův efekt; magnetostrikce; mikrovlnná radiace; fázový přechod; natlakování; radiace; Ranqueho efekt; rázová vlna; sluneční energie; termosyfon;

Ohřát plyn:

Spalování; kondukce; konvekce; Dufourův efekt; exploze; optická radiace; natlakování; radiace; Ranqueho efekt; rázová vlna; sluneční energie; termosyfon;

Detekce pevné látky:

Rentgen; vířivý proud; Dopplerův efekt; akustická kavitace; akustické vibrace; koronový výboj; feromagnetismus; neutronový paprsek; scattering; fotoluminiscence; piezoelektrický efekt; radioaktivita; ultrazvuk;

Detekce kapaliny:

Bernoulliho efekt; koronový výboj; fotoluminiscence; piezoelektrický efekt; radioaktivita;

Detekce plynu:

Chromatografie; adsorpčně-odporový efekt; Augerův efekt; koronový výboj; ionizace; adsorpce nebo odraz světla; penningův efekt; fotoluminiscence; radioaktivita;

Detekce pole:

Akustická emise; Barkhausenův efekt; difrakce světla; polarizace světla; fotochromismus; fotoelektika; rentgenová luminiscence; resonance; tenzo-odporový efekt; Faradayův efekt; magnetostrikce; Wiegandův efekt; elektrety; zeemanův efekt;

Držet nebo spojit pevné látky:

Tvarová paměť; kuželový trn; háky; mechanické spojovací prvky (závit, ...); adhesiva; pěny; difuzní lepení; feromagnetismus; lisování za tepla (sintrování); tavení; osmotický tlak; pájení nebo svařování; frikční svařování; svařování výbuchem; svařování laserem; ultrazvukové vibrace; teplotní roztažnost; adsorpce; nano-suchý zip; svařování magnetickými pulzy;

Držet nebo spojit kapalinu:

Chemické vazby; nádoba; pěna; magnetotermální efekt; osmóza;

Držet nebo spojit plyny:

Chemické vazby; nádoba; pěna;

Držet nebo spojit pole:

Kapacitor; paralelní propojení;

Ochránit pevnou látku:

Adsorpce; chemisorpce; povlaky; kryogenika (zmrazení); elektro-chemické povlakování; difuzní bariéra; filtr; pěna; gel; vícevrstvé povlaky (měkké a tvrdé); hydratace; peroxid vodíku; hydrofobní povrchy; izolace; Karagelskyho efekt; magnetismus; povrchově aktivní látky; vakuové balení;

Ochránit kapalinu:

Akumulátor; adsorpce; chemisorbce; ferokapaliny; filtr; pěna; izolace; ozón; konzervační látky;

Ochránit plyn:

Akumulátor; filtr; pěna; izolace;

Ochránit pole:

Kapacitor; filtr; izolace;

Pohnout pevnou látkou:

Gravitace; setrvačnost; vibrace; efekt ptačího zobáku; kartáče a štětce; koronový výboj; Coulombův zákon; tření; difuze; segregace dopantů; elektromagnetická indukce; elektroporeze; elektrostatická pole; exploze; trychtýře; hyperboloidy; iontová vodivost; magnetická exploze; fotoporeze; mobiův pásek; desropce; rezonance; elektrety; termoporeze; Coanda efekt; triboelektrina; Pascalův zákon; feromagnetismus; diamagnetismus; plavení; trojúhelník Reuleaux; zachycení hraniční vrstvy; tvarová paměť; spirály; kyvadla;

Pohnout s kapalinou:

Absorpce; akustická kavitace; akustické vibrace; Archimedův zákon; Bernoulliho teorém; vaření, vypařování; kapilární kondenzace; kapilární vypařování; kapilární tlak; Coanda efekt; kondenzace; Coulombův zákon; deformace; vysušení; elektrokapilární efekt; elektrolýza; elektroosmóza; elektroporeze; elektrostatická indukce; exploze; feromagnetismus; trychtýře; gravitace; hydraulický ráz; setrvačnost; ionická výměna; tryskový proud; Lorentzova síla; magnetostricke; mechano-kalorický efekt; osmóza; Pascalův zákon; pumpy/čerpadla; Ranqueho efekt; rezonance; rázová vlna; spirál; super-tepelná vodivost; super-tekutost; povrchové napětí; termální expanze; termo-kapilární efekt; termomechanický efekt; ultrazvukový kapilární efekt; ultrazvukové vibrace; pěna; Weissenbergův efekt; máčení;

Pohnout s plynem:

Akustické vibrace; Archimedův zákon; Bernoulliho teorém; Choloskyho efekt; Coanda efekt; difuze; vyhazovač (ejector); elektrokapilární efekt; elektroosmóza; elektroporeze; elektrostatická indukce; větrák nebo kompresor; feromagnetismus; gravitace; setrvačnost; tryskový proud; pascalův zákon; Ranque-Hilchův efekt; rázová vlna; spirály; teplotní roztažnost; peristaltické čerpadlo; vakuový Venturiho efekt;

Pohnout s polem:

[325]

Další efekty lze nalézt například na *Production inspiration*, *Oxford creativity*, *Ask Nature*, a dalších. [326, 327]

Konduktory; Faradayův efekt; Gunnův efekt; Kerrův efekt; světelné vodiče; fotoelasticita; refrakce (lom); reflexe (odraz); elektrooptika; magnetooptika; supravodivost;

Promíchat pevné látky:

Akustické vibrace; pojiva; katalýza; Coulombův zákon; elektrety; míchání nebo třesání; ultrazvukové vibrace;

Promíchat kapaliny:

Ultrazvuk; barbotage; pojiva; katalýza; Coulombův zákon; elektrety; feromagnetismus; sono-chemie; míchání nebo třesání; vibrace;

Promíchat plyny:

Chemické vazby; difuze;

Oddělit pevné látky:

Akustické vlny; adsorpce; moment přechodové vrstvy; odstředivá síla; Coanda efekt; koronový výboj; elektrety; filtr (sít'); tření; setrvačnost; magnetické pole; Magnusův efekt; tavení; Reuleaux trojúhelník; ultrazvuk; vibrace;

Oddělit kapaliny:

Kapilární póry; přidání jiných materiálů; kavitační fragmentace; odstředivá síla; koagulace; gradient hustoty, gravitace, nebo teploty; elektroosmóza; elektroporezita; elektrostatika; hydrofilní povrchy; hydrofobní povrchy; kapalně membrány; osmóza; destilace; rezonance; transportní reakce;

Oddělit plyny:

Absorbce; koronový výboj; krystalizace; desropce; difuze; elektrety; hydráty; Ranque-Hilchův efekt; efekt proudu; ultrazvuk;

Oddělit pole:

Dvojlom (Birefringence); prizma (hranol);

Stabilizace pevné látky:

Zvrásnění; elipsy; tření; hysterezie; tlumení setrvačnosti; kyvadlo; gyroskop;

Stabilizace kapaliny:

Kapilární tlak; Coanda efekt; krystalizace; elektro-rheologie; ferrofluidika; magneto-rheologie; suspenze;

Stabilizace plynu:

Coanda efekt; elektronový paprsek;

Stabilizace pole:

Uzemnění; termorezistivní efekt; absorpce; magnetické hysteréze;

PŘÍLOHA č. 3: Seznam technických parametrů

Technické parametry používané v tabulce pro překonávání technických rozporů vycházejí z analýzy mnoha patentů a byly identifikovány jako parametry, které je nejčastěji potřeba změnit. V rámci zlepšování procesů, nebo řešení procesních problémů je potřeba brát přesné definice jednotlivých parametrů trochu s odstupem. Význam vybraných parametrů může být rozšířen tak aby lépe odpovídal procesnímu prostředí.

1. Hmotnost pohyblivého objektu (*Weight of moving object*)

Měřitelná síla vycházející ze zemské přitažlivosti, kterou vynakládá pohybující se objekt vzhledem k povrchu, který zabraňuje jeho pádu.

2. Hmotnost nepohyblivého objektu (*Weight of stationary object*)

Měřitelná síla vycházející ze zemské přitažlivosti, kterou vynakládá nepohybující se objekt vzhledem k povrchu, na němž spočívá.

3. Délka pohyblivého objektu (*Length of moving object*)

Lineární měření délky, výšky nebo šířky objektu ve směru pozorovaného pohybu daného objektu. Pohyb mohou působit vnější nebo vnitřní síly.

4. Délka nepohyblivého objektu (*Length of stationary object*)

Lineární měření délky, výšky nebo šířky objektu ve směru, v němž není pozorován žádný pohyb.

5. Plocha pohyblivého objektu (*Area of moving object*)

Plocha jakékoli roviny nebo části roviny pohybujícího se objektu, který nemůže při působení vnějších nebo vnitřních sil změnit svou polohu v prostoru.

6. Plocha nepohyblivého objektu (*Area of stationary object*)

Plocha jakékoli roviny nebo části roviny nepohybujícího se objektu, který nemůže při působení vnějších nebo vnitřních sil změnit svou polohu v prostoru.

7. Objem pohyblivého objektu (*Volume of moving object*)

Objem pohybujícího se objektu, který může změnit svou polohu v prostoru působením interních nebo externích sil.

8. Objem nepohyblivého objektu (*Volume of stationary object*)

Objem nepohybujícího se objektu, který nemůže změnit svou polohu v prostoru působením interních nebo externích sil.

9. Rychlost (*Speed*)

Tempo, ve kterém se činnost nebo proces odehrávají v čase.

10. Síla (*Force*)

Vlastnost, která působí fyzikální změnu objektu nebo systému. Změna může být úplná nebo částečná, trvalá či dočasná.

11. Napětí, tlak (*Stress or pressure*)

Intenzita sil působících na objekt nebo systém, měřena jako síla komprese nebo napětí na jednotku plochy.

12. Tvar (*Shape*)

Vnější vzhled nebo obrys objektu či systému. Tvar může být úplný nebo částečný a trvalý nebo dočasný, mění se vlivem sil působících na objekt nebo systém.

13. Stabilita složení objektu (*Stability of the object's composition*)

Odolnost celého objektu nebo systému vůči změně, kterou působí interakce souvisejících objektů nebo systémů.

14. Pevnost (*Strength*)

Schopnost objektu nebo systému přijímat za definovatelných podmínek a omezení vlivy síly, rychlosti, tlaku atd. bez porušení.

15. Doba působení pohyblivého objektu (*Duration of action by a moving object*)

Délka časového úseku, během kterého je pohybující se objekt, jenž mění svou pozici v prostoru, schopen úspěšně plnit svou funkci.

16. Doba působení nepohyblivého objektu (*Duration of action by a stationary object*)

Délka časového úseku, během kterého je nepohybující se objekt, jenž nemění svou pozici v prostoru, schopen úspěšně plnit svou funkci.

17. Teplota (*Temperature*)

Tepelný zisk či ztráta u objektu či systému během požadovaných funkcí, jež mohou způsobit potenciálně nežádoucí změny objektu, systému nebo výroby.

18. Intenzita osvětlení (*Illumination intensity*)

Množství světelné energie, které dopadá na oblast, která je osvětlená systémem nebo v systému. Jasnost zahrnuje tvrdost paprsků světla, míru osvětlení a jiné vlastnosti světla.

19. Spotřeba energie pohyblivým objektem (*Use of energy by moving object*)

Energetické požadavky objektu nebo systému, který mění svou pozici v prostoru působením interních nebo externích sil.

20. Spotřeba energie nepohyblivým objektem (*Use of energy by stationary object*)

Energetické požadavky předmětu nebo systému, který nemění svou pozici v prostoru působením externích sil.

21. Výkon (Power)

Poměr práce a času potřebný pro provedení dané práce. Používá se pro měření požadovaného času ale potenciálně nežádoucích změn ve výkonu, které jsou zjevné v odporujícím systému za daných podmínek.

22. Ztráty energie (Loss of Energy)

Zvýšená schopnost objektu nebo systému vynakládat sílu, především pokud nedochází k práci či výrobě produktu.

23. Ztráty látky/hmoty (Loss of substance)

Snížení nebo odstranění materiálu z objektu či systému, především pokud nedochází k práci či výrobě produktu.

24. Ztráta informací (Loss of Information)

Snížení nebo odstranění údajů nebo vstupů ze systému.

25. Ztráty času (Loss of Time)

Nárůst množství času potřebného pro dokončení dané činnosti.

26. Množství látky/hmoty (Quantity of substance/the matter)

Počet prvků nebo množství prvků použité pro vytvoření objektu nebo systému.

27. Spolehlivost (Reliability)

Schopnost objektu či systému správně plnit požadovanou funkci po určité časové období či cykly.

28. Přesnost měření (Measurement accuracy)

Stupeň, v jakém odpovídá měření skutečné hodnotě měřeného množství.

29. Přesnost výroby (Manufacturing precision)

Míra toho, jak prvky objektu či systému souhlasí se svými konstrukčními specifikacemi.

30. Škodlivé faktory působící na objekt (External harm affects the object)

Vnější vlivy působící na objekt či systém, které snižují výkonnost nebo kvalitu.

31. Škodlivé faktory vyvolané objektem (Object-generated harmful factors)

Vnitřní vlivy působící na objekt či systém, které snižují výkonnost nebo kvalitu.

32. Snadnost výroby (Ease of manufacture)

Pohodlná a snadná výroba objektu či systému.

33. Snadnost užití (Ease of operation)

Pohodlné a snadné používání objektu u či systému.

34. Snadnost oprav (Ease of repair)

Pohodlná a snadná oprava objektu či systému zpět do funkční podoby po poškození či intenzivním používání.

35. Přizpůsobitelnost, univerzálnost

(Adaptability or versatility)

Schopnost objektu či systému přeměnit či přeorganizovat sám sebe při změně vnějších podmínek (prostředí, funkce atd.).

36. Složitost zařízení (Device complexity)

Množství a různorodost prvků, které tvoří objekt či systém, včetně vztahu mezi prvky. Složitost může také popisovat obtížnost používání objektu nebo systému.

37. Složitost kontroly a měření (Difficulty of detecting and measuring)

Množství a různorodost prvků, které se používají při měření a monitorování objektu či systému, dále náklady na měření s přípustnou chybou.

38. Stupeň automatizace (Extent of automation)

Schopnost objektu či systému vykonávat činnost bez lidského zásahu.

39. Produktivita, výrobnost, výkonnost

(Productivity)

Vztah mezi počtem opakování provedení operace a množstvím času, které je zapotřebí pro její provedení. [68, 80]

Pohyblivé objekty (Moving objects)

Pohyblivý objekt je takový objekt, který mění svou vlastní polohu sám či následkem nějaké vnější síly. Přepravní prostředky nebo objekty navržené tak aby byly přenosné.

Nepohyblivé objekty (Stationary objects)

Nepohyblivý objekt je takový objekt, který nemění svou vlastní polohu sám či následkem nějaké vnější síly. Uvažujeme podmínky, ve kterých je objekt používán. [80]

PŘÍLOHA č. 4: Tabulka pro překonávání technických rozporů

Co je nutno zlepšit ↓		Co se nepřipustně zhoršuje																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Hmotnost pohyblivého objektu	*	-	15 8	-	29 17	-	29 2	-	2 8	8 10	10 36	10 14	1 35	28 27	5 34	-	6 29	19 1
2	Hmotnost nepohyblivého objektu	-	*	-	10 1	-	35 30	-	5 35	-	8 10	13 29	13 10	26 39	28 2	-	2 27	28 19	19 32
3	Délka pohyblivého objektu	8 15	-	*	-	15 17	-	7 17	-	13 4	17 10	1 8	1 8	8 35	19	-	10 15	32	
4	Délka nepohyblivého objektu	-	35 28	-	*	-	17 7	-	35 8	-	28 10	1 14	13 14	39 37	15 14	-	1 10	3 35	3 25
5	Plocha pohyblivého objektu	2 17	-	14 15	-	*	-	7 14	-	29 30	19 30	10 15	5 34	11 2	3 15	6 3	-	2 15	15 32
6	Plocha nepohyblivého objektu	-	30 2	-	26 7	-	*	-	-	-	1 18	10 15	-	2 38	40	-	2 10	35 39	-
7	Objem pohyblivého objektu	2 26	-	1 7	-	1 7	-	*	-	29 4	15 35	6 35	1 15	28 10	9 14	6 35	-	34 39	2 13
8	Objem nepohyblivého objektu	-	35 10	19 14	35 8	-	-	-	*	-	2 18	24 35	7 2	34 28	9 14	-	35 34	35 6	-
9	Rychlost	2 28	-	13 14	-	29 30	-	7 29	-	*	13 28	6 18	35 15	28 33	8 3	3 19	-	28 30	10 13
10	Síla	8 1	18 13	17 19	28 10	19 10	1 18	15 9	2 36	13 28	*	18 21	10 35	35 10	35 10	19 2	-	35 10	-
11	Napětí, tlak	10 36	13 29	35 10	35 1	10 15	10 15	6 35	35 24	6 35	36 35	*	35 4	35 33	9 18	19 3	-	35 39	-
12	Tvar	8 10	15 10	29 34	13 14	5 34	-	14 4	7 2	35 15	35 10	34 15	*	33 1	30 14	14 26	-	22 14	13 15
13	Stabilita složení objektu	21 35	26 39	13 15	37	2 11	39	28 10	34 28	33 15	10 35	2 35	22 1	*	17 9	13 27	39 3	35 1	32 3
14	Pevnost	1 8	40 26	1 15	15 14	3 34	9 40	10 15	9 14	8 13	10 18	10 3	10 30	13 17	*	27 3	-	30 10	35 19
15	Doba působení pohyblivého objektu	19 5	-	2 19	-	3 17	-	10 2	-	3 35	19 2	19 3	14 26	13 3	27 3	*	-	19 35	2 19
16	Doba působení nepohyblivého objektu	-	6 27	-	1 40	-	-	-	-	35 34	-	-	-	39 3	-	-	*	19 18	-
17	Teplota	36 22	22 35	15 19	15 19	3 35	35 38	34 39	35 6	2 28	35 10	35 39	14 22	1 35	10 30	19 13	19 18	*	32 30
18	Intenzita osvětlení	19 1	2 35	19 32	-	19 32	-	2 13	-	10 13	26 19	-	32 30	32 3	35 19	2 19	-	32 35	*
19	Spotřeba energie pohyblivým objektem	12 18	-	12 28	-	15 19	-	35 13	-	8 35	16 26	23 14	12 2	19 13	5 19	28 35	-	19 24	2 15
20	Spotřeba energie nepohyblivým objektem	-	19 9	-	-	-	-	-	-	-	36 37	-	-	27 4	35	-	-	-	19 2
21	Výkon	8 36	19 26	1 10	-	19 38	17 32	35 6	30 6	15 35	26 2	22 10	29 14	35 32	26 10	19 35	16	2 14	16 6
22	Ztráty energie	15 6	19 6	7 2	6 38	15 26	17 7	7 18	7	16 35	36 38	-	-	14 2	26	-	-	19 38	1 13
23	Ztráty látky/hmoty	35 6	35 6	14 29	10 28	35 2	10 18	1 29	3 39	10 13	14 15	3 36	29 35	2 14	35 28	28 27	27 16	21 36	1 6
24	Ztráta informací	10 24	10 35	1 26	26	30 26	30 16	-	2 22	26 32	-	-	-	-	-	10	10	-	19
25	Ztráty času	10 20	10 20	15 2	30 24	26 4	10 35	2 5	35 16	-	10 37	37 36	4 10	35 3	29 3	20 10	28 20	35 29	1 19
26	Množství látky/hmoty	35 6	27 26	29 14	-	15 14	2 18	15 20	-	35 29	35 14	10 36	35 14	15 2	14 35	3 35	3 35	3 17	-
27	Spolehlivost	3 8	3 10	15 9	15 29	17 10	32 35	3 10	2 35	21 35	8 28	10 24	35 1	-	11 28	2 35	34 27	3 35	11 32
28	Přesnost měření	32 35	28 35	28 26	32 28	26 28	32 13	-	28 13	32 2	6 28	6 28	32 35	28 6	28 6	32	24	10 26	6 19
29	Přesnost výroby	28 32	28 35	10 28	2 32	28 33	2 29	32 23	25 10	10 28	28 19	3 35	32 30	30 18	3 27	3 27	-	19 26	3 32
30	Škodlivé faktory působící na objekt	22 21	2 22	17 1	1 18	22 1	27 2	22 23	34 39	21 22	13 35	22 2	22 1	35 24	18 35	22 15	17 1	22 33	1 19
31	Škodlivé faktory vyvolané objektem	19 22	35 22	17 15	-	17 2	22 1	17 2	30 18	35 28	35 28	2 33	35 40	15 35	15 22	21 39	22 35	19 24	-
32	Snadnost výroby	28 29	1 27	1 29	15 17	13 1	16 40	13 29	35	35 13	35 12	35 19	1 28	11 13	1 3	27 1	35 16	27 26	28 24
33	Snadnost užití	25 2	6 13	1 17	-	1 17	18 16	1 16	4 18	18 13	28 13	2 32	15 34	32 35	32 40	29 3	1 16	26 27	13 17
34	Snadnost oprav	2 27	2 27	1 28	3 18	15 13	25 2	35 11	1	34 9	1 11	13	1 13	2 35	11 1	11 29	1	4 10	15 1
35	Přizpůsobitelnost, univerzálnost	1 6	19 15	35 1	1 35	35 30	15 16	15 35	-	35 10	15 17	35 16	15 37	35 30	35 3	13 1	2 16	27 2	6 22
36	Složitost zařízení	26 30	2 26	1 19	26	14 1	6 36	34 26	1 16	34 10	26 16	19 1	29 13	2 22	2 13	10 4	-	2 17	24 17
37	Složitost kontroly a měření	27 26	6 13	16 17	26	2 13	2 39	29 1	2 18	3 4	30 28	35 36	27 13	11 22	27 3	19 29	25 34	3 27	2 24
38	Stupeň automatizace	28 26	28 26	14 13	23	17 14	-	35 13	-	28 10	2 35	13 35	15 32	1 13	18 1	25 13	6 9	26 2	8 32
39	Produktivita, výrobnost, výkonnost	35 26	28 27	18 4	30 7	10 26	10 35	2 6	35 37	-	28 15	10 37	14 10	35 3	29 28	35 10	20 10	35 21	26 17

Tabulka pro překonávání technických rozporů – část 1.

Co je nutno zlepšit ↓	Co se nepřipustně zhoršuje																				
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
1	35 12 34 31	-	12 36 18 31	6 2 34 19	5 35 3 31	10 24 35	10 35 20 28	3 26 18 31	1 3 11 27	28 27 35 26	28 35 26 18	22 21 18 27	22 35 31 39	27 28 1 36	35 3 2 24	2 27 28 11	29 5 15 8	26 30 36 34	28 29 26 32	26 35 18 19	35 3 24 37
2	-	18 19 28 1	15 19 18 22	18 19 28 15	5 8 13 30	10 15 35	10 20 35 26	19 6 18 26	10 28 8 3	18 26 28	10 1 35 17	2 19 22 37	35 22 1 39	28 1 9	6 13 1 32	2 27 28 11	19 15 29	1 10 26 39	25 28 17 15	2 26 35	1 28 15 35
3	8 35 24	-	1 35 35 39	7 2 23 10	4 29 23 10	1 24	15 2 29	29 35	10 14 29 40	28 32 4	10 28 29 37	1 15 17 24	17 15	1 29 17	15 29 35 4	1 28 10	14 15 1 16	1 19 26 24	35 1 26 24	17 24 26 16	14 4 28 29
4	-	-	12 8 6 28	6 28 24 35	10 28 24 35	24 26	30 29 14	-	15 29 28	32 28 3	2 32 10	1 18	-	15 17 27	2 25	3	1 35	1 26	26	-	30 14 7 26
5	19 32	-	19 10 32 18	15 17 30 26	10 35 2 39	30 26	26 4	29 30 6 13	29 9	26 28 32 3	2 32	22 33 17 2	17 2 18 39	13 1 26 24	15 17 13 16	15 13 10 1	15 30	14 1 13	2 36 26 18	14 30 28 23	10 26 34 2
6	-	-	17 32	17 7 30	10 14 18 39	30 16	10 35 4 18	2 18 40 4	32 35 40 4	26 28 32 3	2 29 18 36	27 2 39 35	22 1 40	40 16	16 4	16	15 16	1 18 36	2 35 30 18	23	10 15 17 7
7	35	-	35 6 13 18	7 15 13 16	36 39 34 10	2 22	2 6 34 10	29 30 7	14 1 40 11	25 26 28	15 29 2 16	32 28 27 35	2 21 40 1	17 2 40	29 1 30 12	15 13 10	15 29	26 1	29 26 4	35 34 16 24	10 6 2 34
8	-	-	30 6	-	10 39 35 34	-	35 16 32 18	35 3	2 35 16	-	35 10 25	34 39 19 27	30 18 35 4	35	-	1	-	1 31	2 17 26	-	35 37 10 2
9	8 15 35 38	-	19 35 38 2	14 20 19 35	10 13 28 38	13 26	-	10 19 29 38	11 35 27 28	28 32 1 24	10 28 32 25	1 28 35 23	2 24 35 21	35 13 8 1	32 28 13 12	34 2 28 27	15 10 26	10 28 4 34	3 34 27 16	10 18	-
10	19 17 10	1 16 36 37	19 35 18 37	14 15 40 5	8 35 40 5	-	10 37 36	14 29 18 36	3 35 13 21	35 10 23 24	28 29 37 36	1 35 40 18	13 3 36 24	15 37 18 1	1 28 3 25	15 1 11	15 17 18 20	26 35 10 18	36 37 10 19	2 35	3 28 35 37
11	14 24 10 37	-	10 35 14	2 36 25	10 36 3 37	-	37 36 4	10 14 36	10 13 19 35	6 28 25	3 35	22 2 37	2 33 27 18	1 35 16	11	2	35	19 1 35	2 36 37	35 24	10 14 35 37
12	2 6 34 14	-	4 6 2	14	35 29 3 5	-	14 10 34 17	36 22	10 40 16	28 32 1	32 30 40	22 1 2 35	35 1	1 32 17 28	32 15 26	2 13 1	1 15 29	16 29 1 28	15 13 39	35 1 32	17 26 34 10
13	13 19	27 4 29 18	32 35 27 31	14 2 39 6	2 14 30 40	-	35 27	15 32 35	-	13	18	35 24 30 18	35 40 27 39	35 19	32 35 30	2 35 10 16	35 30 34 2	2 35 22 26	35 22 39 23	1 8 35	23 35 40 3
14	19 35 10	35	10 26 35 28	35	35 28 31 40	-	29 3 28 10	29 10 27	11 3 16	3 27	3 27	18 35 37 1	15 35 22 2	11 3 10 32	32 40 25 2	27 11 3	15 3 32	2 13 25 28	2 13 15 40	15	29 35 10 14
15	28 6 35 18	-	19 10 35 38	-	28 27 3 18	10	20 10 28 18	3 35 10 40	11 2 13	3	3 27 16 40	22 15 33 28	21 39 16 22	27 1	12 27	29 10 27	1 35 13	10 4 29 15	19 29 39 35	6 10	35 17 14 19
16	-	-	16	-	27 16 18 38	10	28 20 10 16	3 35 31	34 27 6 40	10 26 24	-	17 1 40 33	22	35 10	1	1	2	-	25 34 6 35	1	20 10 16 38
17	19 15 3 17	-	2 14 17 25	21 17 35 38	21 36 29 31	-	35 28 21 18	3 17 30 39	19 35 3 10	32 19 24	24	22 33 35 2	22 35 2 24	26 27	26 27	4 10 16	2 18 27	2 17 16	3 27 35 31	26 2 19 16	15 28 35
18	32 1 19	32 35 1 15	32	13 16 1 6	13 1	1 6	19 1 26 17	1 19	-	11 15 32	3 32	15 19 32 39	35 19 28 26	19 35 13 16	15 17 19	15 1 13	6 32 13	32 15 32 15	2 26 10	2 25 16	
19	*	-	6 19 37 18	12 22 15 24	35 24 18 5	-	35 38 19 18	34 23 16 18	19 21 11 27	3 1 32	-	1 35 6 27	2 35 6	28 26 30	19 35	1 15 17 28	15 17 13 16	2 29 27 28	35 38	32 2	12 28 3 6
20	-	*	-	-	28 27 18 31	-	-	3 35 31	10 36 23	-	-	10 2 22 37	19 22 18	1 4	-	-	-	-	19 35 16 25	-	1 6
21	16 6 19 37	-	*	10 35 38	28 27 18 38	10 19	35 20 10 6	4 34 19	19 24 26 31	32 15 2	32 2	19 22 31 2	2 35 18	26 10 34	26 35 10	35 2 10 34	19 17 34	20 19 30 34	19 35 16	28 2 17	28 35 34
22	-	-	3 38	*	35 27 2 37	19 10	10 18 32 7	7 18 25	11 10 35	32	-	21 22 35 2	21 35 2 22	-	35 32 1	2 19	-	7 23	35 3 15 23	2	28 10 29 35
23	35 18 24 5	28 27 12 31	28 27 18 38	35 27 2 31	*	-	15 18 35 10	6 3 10 24	10 29 39 35	16 34 31 28	35 10 24 31	33 22 30 40	10 1 34 29	15 34 33	32 28 2 24	2 35 34 27	15 10 2	35 10 28 24	35 18 10 13	35 10 18	28 35 10 23
24	-	-	10 19	19 10	-	*	24 26 28 32	24 28 35	10 28 23	-	-	22 10 1	10 21 22	32	27 22	-	-	-	35 33	35	13 23 15
25	35 38 19 18	1	35 20 10 6	10 5 18 32	35 18 10 39	24 26 28 32	*	35 38 18 16	10 30 4	24 34 28 32	24 26 28 18	35 18 34	35 22 18 39	35 28 34	4 28 10 34	32 1 10	35 28	6 29	18 28 32 10	24 28 35 30	-
26	34 29 16 18	3 35 31	35	7 18 25	6 3 10 24	24 28 35	35 38 18 16	*	18 3 28 40	13 2 28	33 30	35 33 29 31	3 35 40 39	29 1 35 27	35 29 25 10	2 32 10 25	15 3 29	3 13 27 10	3 27 29 18	8 35 3 27	13 29 3 27
27	21 11 27 19	36 23	21 11 26 31	10 11 35	10 35 29 39	10 28	10 30 4	21 28 40 3	*	32 3 11 23	11 32 1	27 35 2 40	35 2 40 26	-	27 17 40	1 11	13 35 8 24	13 35 1	27 40 28	11 13 27	1 35 29 38
28	3 6 32	-	3 6 32	26 32 27	10 16 31 28	-	24 34 28 32	2 6 32	5 11 1 23	*	-	28 24 22 26	3 33 39 10	6 35 25 18	1 13 17 34	1 32 13 11	13 35 2	27 35 10 34	26 24 32 28	28 2 10 34	10 34 28 32
29	32 2	-	32 2	13 32 2	35 31 10 24	-	32 26 28 18	32 30	11 32 1	-	*	26 28 10 36	4 17 34 26	-	1 32 35 23	25 10	-	26 2 18	-	26 28 18 23	10 18 32 39
30	1 24 6 27	10 2 22 37	19 22 31 2	21 22 35 2	33 22 19 40	22 10 2	35 18 34	35 33 29 31	27 24 2 40	28 33 23 26	26 28 10 18	*	-	24 35 2	2 25 28 39	35 10 2	35 11 22 31	22 19 29 40	22 19 29 40	33 3 34	22 35 13 24
31	2 35 6	19 22 18	2 35 2 22	21 35 2 22	10 1 34	10 21 29	1 22	3 24 39 1	24 2 40 39	3 33 26	4 17 34 26	-	*	-	-	-	-	19 1 31	2 21 27 1	2	22 35 18 39
32	28 26 27 1	1 4	27 1 12 24	19 35	15 34 33	32 24 18 16	35 28 34 4	35 23 1 24	-	1 35 12 18	-	24 2	-	*	2 5 13 16	35 1 11 9	2 13 15	27 26 1	6 28 1 11	8 28 1	35 1 10 28
33	1 13 24	-	35 34 2 10	2 19 13	28 32 2 24	4 10 27 22	4 28 10 34	12 35	17 27 8 40	25 13 2 34	1 32 35 23	2 25 28 39	-	2 5 12	*	12 26 1 32	15 34 1 16	32 26 12 17	-	1 34 12 3	15 1 28
34	15 1 28 16	-	15 10 32 2	15 1 32 19	2 35 34 27	-	32 1 10 25	2 28 10 25	11 10 1 16	10 2 13	25 10	35 10 2 16	-	1 35 11 10	1 12 26 15	*	7 1 4 16	35 1 13 11	-	34 35 7 13	1 32 10
35	19 35 29 13	-	19 1 29	18 15 1	15 10 2 13	-	35 28	3 35 15	35 13 8 24	35 5 1 10	-	35 11 32 31	-	1 13 31	15 34 1 16	1 16 7 4	*	15 29 37 28	1	27 34 35	35 28 6 37
36	27 2 29 28	-	20 19 30 34	10 35 13 2	35 10 28 29	-	6 29	13 3 27 10	13 35 1	2 26 10 34	26 24 32	22 19 29 40	19 1	27 26 1 13	27 9 26 24	1 13	29 15 28 37	*	15 10 37 28	15 1 24	12 17 28
37	35 38	19 35 16	18 1 16 10	35 3 15 19	1 18 10 24	35 33 27 22	18 28 32 9	3 27 29 18	27 40 28 8	26 24 32 28	-	22 19 29 28	2 21	27 26 11 29	2 5	12 26	1 15	15 10 37 28	*	34 21	35 18
38	2 32 13	-	28 2 27	23 28	35 10 18 5	35 33	24 28 35 30	35 13	11 27 32	28 26 10 34	28 26 18 23	2 33	2	1 26 13	1 12 34 3	1 35 13	27 4 1 35	15 24 10	34 27 25	*	5 12 35 26
39	35 10 38 19	1	35 20 10	28 10 29 35	28 10 35 23	13 15 23	-	35 38	1 35 10 38	1 10 34 28	18 10 32 1	22 35 13 24	35 22 18 39	35 28 2 24	1 28 7 10	1 32 10 25	1 35 28 37	12 17 28 24	35 18 27 2	5 12 35 26	*

Tabulka pro překonávání technických rozporů – část 2.

PŘÍLOHA č. 5: Seznam invenčních principů

1. Segmentace (*Segmentation*)

- Rozdělit objekt na nezávislé části (rozdělit proces do stupňů, kropička místo hadice)
- Rozdělit objekt jako demontovatelný nebo odnímatelný (modulární nábytek, skládací rybářský prut)
- Zvýšit stupeň drobení, fragmentace objektu, např. přechodem na mikroúroveň, užití částic, kapek, zrn, molekul, atomů (nabitě částice pohybují vzduchem místo lopatek ventilátoru)

2. Extrakce, Separace (*Extraction, Separation*)

- Oddělit, separovat rušivé části nebo vlastnosti od objektu (užití olověné ochrany k absorpci škodlivého rentgenového záření)
- Vyjmutí nezbytných nebo požadovaných částí nebo vlastností (záznam zvuku nezávisle na filmu)

3. Lokální kvalita (*Local Quality*)

- Přejít od stejnorodé k nestejnorodé struktuře objektu, vnějšího prostředí (rozdělení pruhů dálnice na rychlé a pomalé)
- Přiřadit různým částem objektu různé funkce (tužka s gumou)
- Zajistit každé části objektu nejvýhodnější podmínky pro její činnost (rozžhavený hrot s chladným držadlem pro ruku)

4. Asymetrie (*Assymetry*)

- Změnit symetrické na asymetrické (vyosené míchadlo pro zvýšení účinnosti míchání)
- Zvýšit stupeň asymetrie (zvýšit poměr orientace výšky a šířky)

5. Sloučení, Kombinování (*Merging, Combining*)

- Sloučit podobné nebo související objekty v prostoru (dva trupy katamaránu pro stabilitu)
- Sloučit podobné nebo související operace v čase, udělat paralelní činnost (sekání a sběr trávy v sekačce)"

6. Univerzálnost, Multi-funkčnost (*Universality, Multi-functionality*)

- Plnit více funkcí objektem, eliminovat potřebu dalších částí objektu (tužka jako pravítko s vyznačenými číslicemi)

7. Vnoření, Spojení (*Nestted Doll, Integration*)

- Umístit jeden objekt uvnitř druhého, druhého do třetího atd. (skládání židlí na sebe)
- Projít jedním objektem skrz druhý (zatahovací anténa)"

8. Anti-tíže (*Anti-weight, Counterweight*)

- Kompenzovat hmotnost objektu spojením s jiným objektem zajišťujícím zvedání (balon zvedne reklamní nápis)
- Kompenzovat hmotnost objektu použitím aerodynamických, hydraulických, vztlakových a dalších sil (křídla zvedají loď při jízdě z vody)

9. Předběžná protiakce (*Preliminary Anti-Action*)

- Jestliže činnost vyvolává užitečné a škodlivé působení, vykonat opačnou činnost předem, aby se snížilo škodlivé působení (předběžné chladit objekt, aby se při práci nepřehřál)
- Předem provést takové změny objektu, které zabezpečí, že nedojde k nepřipustným změnám, namáhání při provozu (ocelové dráty použité v předepjatém betonu)

10. Předběžná akce (*Preliminary Action*)

- Provést potřebné působení objektu úplně nebo částečně předem k vykonání užitečné činnosti (perforovaný toaletní papír)
- Umístit objekty předem tak, aby mohly být uvedeny v činnost z nejvýhodnějšího místa bez ztráty času (chirurgické nástroje uspořádány tak, aby byly nejjednodušeji použity)

11. Předběžná ochrana (*Beforehand Cushioning*)

- Kompenzovat nízkou spolehlivost (životnost) objektu pomocí předem zabudovaných havarijních prostředků (bezpečnostní pásy a airbag v autě)

12. Ekvipotencialnost, Stejná hladina (*Equipotentiality*)

- Změnit podmínky práce tak, aby nebylo nutno objekt zvedat nebo spouštět (objekty přemístit válením lépe než nesením, srovnat výšku překládacích plošin)

13. Inverze, Naopak (*Inversion*)

- Místo činnosti požadované podmínkami úlohy vykonat činnost opačnou (místo ohřevu ochlazení)
- Znehybnit pohybující se části objektu a rozpohybovat nepohyblivé části objektu (pohybovat oděvem místo jehlou v šicím stroji)
- Obrátit objekt vzhůru nohama, naruby (obrácení užití plechovky s barvou, barva utěsní vzduch z okolí)

14. Sféroidita, Zakřivení (*Spheroidality, Curvature*)

- Přejít od přímek ke křivkám, od rovin ke sférickým plochám, od krychlí a kvádrů ke koulím (vlnité desky pro zvýšení pevnosti)
- Použít válečky, kuličky, spirály, kupole (kuličkové pero)
- Přejít od přímočarého pohybu k rotačnímu, využít odstředivé síly (balónová kola místo válcových pro lepší manévrovatelnost)

15. Dynamičnost (*Dynamics, Dynamization*)

- Dovolit změnu charakteristik, vlastností objektu nebo vnějšího prostředí tak, aby v každé fázi procesu měly optimální hodnoty (nastavitelné sedadlo v autě)

- Rozdělit objekt na části, schopné pohybovat se jedna vůči druhé (skládací metr, teleskopické ukazovátko)
 - Je-li objekt nepohyblivý, nepružný, udělat jej pohyblivý, pružný, přizpůsobivý (pružný šroubovák pro použití za rohem)
- 16. Částečná nebo nadměrná akce** (*Partial or Excessive Action*)
- Jestliže je obtížné dosáhnout 100% požadovaného efektu, snažit se dosáhnout trochu méně nebo trochu více (pozlacení místo čistého zlata, testovat na vzorku)
- 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze** (*Another Dimension*)
- Přejít od pohybu objektu po přímce k pohybu po ploše a prostoru (2D pohyb na 3D pohyb)
 - Použít mnohopatrové kompozice objektu místo jednopatrové (vícepatrové budovy, vícejádrové kabely)
 - Naklonit objekt nebo jej položit na bok
 - Využít obrácenou stranu plochy (pracovní deska z obou stran, brousící pásek z obou stran)
 - Využít světlo dopadající na sousední plochu nebo odvrácenou stranu (nepřímé osvětlení místností)
- 18. Mechanické kmity a vibrace** (*Mechanical Vibration*)
- Uvést objekt do kmitavého pohybu (vibrační kartáček)
 - Jestliže se uskutečňuje kmitavý pohyb, zvýšit jeho frekvenci (ultrasonické čištění)
 - Využít rezonanční frekvenci (vysušování vody v mikrovlnce)
 - Použít piezo-vibrátory místo mechanických vibrátorů (hodinky Quartz)
 - Použít ultrazvukové kmitání kombinované s elektromagnetickým polem
- 19. Periodická akce** (*Periodic Action*)
- Přejít od kontinuálního působení k periodickému (pulsnímu) působení (blikající světlo na sanitce)
 - Je-li působení již periodické, změnit jeho amplitudu nebo frekvenci (typický zvuk sirény měnící vyšší a nižší frekvence)
 - Využití pauzy mezi impulsy k vykonání jiného užitečného působení (provádění opravy, když se baterie nabíjejí)
- 20. Plynulost užitečné akce** (*Continuity os Useful Action*)
- Působit nepřetržitě bez přerušení, všechny části objektu musí pracovat s plným zatížením (kuličkové pero má kuličku pro plynulé dodávání inkoustu)
 - Odstranit chody naprázdno a neproduktivní (přípravné) režimy (loď dopraví banány jedním směrem a nazpátek naloží uhlí)
- 21. Přeskočení** (*Skipping*)
- Provést proces nebo jeho jednotlivé části (škodlivé nebo nebezpečné) s velkou rychlostí (polykání léčiva v sérii krátkých usrknutí minimalizuje špatnou chuť)
- 22. Škoda v užitek** (*Blessing in Disguise*)
- Využít škodlivé faktory (okolí nebo prostředí) k získání užitečného efektu (recyklovaný odpad, elektrojiskrové obrábění)
 - Odstranit škodlivý faktor jeho kombinací s jinými škodlivými faktory (odstranění uniklé ropy jejím spálením)
 - Zesílit škodlivý faktor do takové intenzity, aby přestal být škodlivý (založit opačný požár ke kontrole oblasti lesního požáru)
- 23. Feedback, Zpětná vazba** (*Feedback*)
- Zavést zpětnou vazbu (plovoucí kulička ventilu řídí výšku vody v nádrži)
 - Jestliže zpětná vazba již existuje - změnit ji, udělat ji přizpůsobivou okolí a podmínkám
- 24. Prostředník** (*Intermediary, Mediator*)
- Zavést objekt zprostředkující působení (olej snižuje tření)
 - Dočasně připojit objekt, který zmizí nebo je snadno odstranitelný (rukavice k přenosu horkých výrobků, použití vosku při malování vajíček)
- 25. Samoobsluha** (*Self-Service*)
- Objekt vykonává obslužné, pomocné i opravné operace sám (samo-ostřící nůžky, samoobslužné restaurace)
 - Využít odpadní zdroje (látky, energie, odpadní teplo pro předehřátí)
- 26. Kopírování** (*Copying*)
- Místo nedostupného, křehkého, složitého, drahého objektu využít jeho lacinou, jednoduchou kopii (letecké simulátory místo letadla)
 - Nahradit objekt jeho optickou kopií (fotografie objektu pro analýzu informací)
 - Jestliže jsou používány optické kopie, přejít k infračerveným nebo ultrafialovým kopiím (infračervená kamera pro noční vidění)
- 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého** (*Cheap Short-living Objects*)
- Nahradit drahý objekt souborem laciných objektů a vzdát se při tom zajištění některých kvalit - trvanlivosti, opakovatelnosti (plastové šálky, pojistky, jednorázové jehly)
- 28. Mechanická substituce** (*Mechanics Substitution*)
- Nahradit mechanické prostředky senzory optickými, akustickými, tepelnými, čichovými (užití zvuku při zjišťování konce vrtání, užití zápachu při zlomení nástroje)
 - Užití elektrických, magnetických a elektromagnetických polí k působení na objekt (elektromagnet zvedá kov)

- Nahradit pole statická dynamickými, nepohyblivá pohyblivými, nestrukturovaná strukturovanými (mísení kapalin magnetem s rotací externího magnetického pole)
 - Použití polí ve spojení s feromagnetickými částicemi nebo objekty (magnetická levitující doprava)
- 29. Pneumatika a hydraulika** (*Pneumatics and Hydraulics*)
- Místo pevných částí objektu použít kapaliny a plyny, nafukovací nebo kapalinou plněné polštáře (pneumatiky, hydraulické zvedáky)
- 30. Pružné pláště a tenké vrstvy** (*Flexible Shells and Thin Films*)
- Místo tuhých konstrukcí použít pružné skořepiny a tenké vrstvy (kontaktní čočky místo brýlí)
 - Izolovat objekt od prostředí pružnými a tenkými vrstvami (igelitové sáčky, natření objektů)
- 31. Pórovité materiály** (*Porous Materials*)
- Udělat objekt pórovitý nebo doplnit pórovitě částí (filtry pro oddělení materiálů, díry a bubliny pro snížení hmotnosti)
 - Je-li objekt pórovitý, zaplnit póry látkou (póry naplněné mazivem, které se uvolňuje opracováním materiálu)
- 32. Změna optických vlastností** (*Change Optical Properties*)
- Změnit zabarvení objektu, jeho částí nebo vnějšího prostředí (žlutá reflexní vesta do aut)
 - Změnit stupeň průhlednosti objektu nebo vnějšího prostředí (skleněné dveře ledničky)
 - Použít barevných přísad ke sledování špatně viditelných objektů nebo procesů (obarvení látek ke sledování jejich úniků)
 - Jsou-li již barevné přísady použity, použít luminofovy, značené atomy, ionty, izotopy (ručičky hodinek s luminiscenční barvou svítí v noci)
- 33. Homogenita, Stejnorodost** (*Homogeneity*)
- Vytvořit další objekt vzájemně působící s objektem, ze stejného materiálu nebo materiálu s podobnými vlastnostmi (míchač vody vytvořený z ledu)
- 34. Odhození a regenerace** (*Discarding and Recovering*)
- Odhodit, vypařit, rozpustit objekt, který splnil funkci v pracovním procesu a stal se zbytečným (kapsle léků se po použití rozpustí)
- Obnovit spotřebované části objektu během pracovního procesu (samo-ostření nože)
- 35. Změna parametrů** (*Parameter Changes*)
- Změnit fázový stav - pevný, kapalný, plynný (transport propan-butanu v kapalné formě)
 - Změnit koncentraci nebo hustotu (užít gel, který lze lépe roztírat)
 - Změnit stupeň pružnosti, elasticity (použít pružnější materiál pro tlumení vibrací)
 - Změnit teplotu, tlak a další parametry (teplotně závislé vlastnosti měnící viskozitu, chuť)
- 36. Fázové přechody** (*Phase Transition*)
- Využít efekty vznikající při přechodech mezi fázemi - změna objemu, uvolnění tepla atd. (uvolňování stlačeného kapalného plynu se užívá při chlazení)
- 37. Teplotní roztažnost** (*Thermal Expansion*)
- Využít teplotní roztažnost nebo smrštlivost materiálů (zahřátí šroubu k dosažení mikro-posuvu)
 - Použít několik materiálů s různým koeficientem teplotní roztažnosti (bimetalický termostat)
- 38. Silné oxidanty** (*Strong Oxidants*)
- Nahradit vzduch vzduchem obohaceným o kyslík (kyslík v dýchacích přístrojích)
 - Použít čistý kyslík (kyslík s acetylenem k řezání a tavení kovů s vysokým bodem tání)
 - Působit na vzduch nebo kyslík ionizujícím zářením (použití ionizovaného kyslíku v léčebných terapiích)
 - Použít kyslík obohacený ozónem
 - Nahradit obohacený nebo ionizovaný kyslík ozónem (sterilizace nástrojů ozónem, dezinfekce pitné vody ozónem)
- 39. Inertní prostředí** (*Inert Atmosfere*)
- Nahradit normální prostředí inertním (uložení součástí v prostředí dusíku zastavuje korozi)
 - Přidat neutrální látky nebo části do objektu (přidání neutrálního plnidla do mýdla)
 - Uskutečnit proces ve vakuu (odstranění bublinek a homogenizace materiálů)
- 40. Kompozity** (*Composite Materials*)
- Přejít od homogenní, stejnorodé struktury materiálů ke složené struktuře, vytvořené z více částí nebo vrstev, kde části plní různé funkce (sklolaminát k výrobě kánoí)

[68, 328]

PŘÍLOHA č. 6: Seznam separačních principů

A1. Separace konfliktních vlastností v prostoru

K potlačení prašnosti (například v dolech) se používá spray rozptýlených kapek vody. Malé kapičky fungují dobře, ale brzy se mění v mlhu, velké kapky naopak neodstraňují prachové částice. Jako řešení je proud malých kapiček obklopit velkými kapkami.

(Náplast musí lepit, aby držela na kůži, ale nesmí lepit, aby se nepřilepila na ránu. Řešením je separace lepivých prvků na okraje a měkkých prvků do středu náplasti).

A2. Separace konfliktních vlastností v čase

Příkladem může být letadlo s proměnou geometrií křídel, kdy je využit vhodný trvat pro vzlet, samotný let, či přistání. (Semafor, ...)

A3. Systémový přechod: Kombinace homogenních a heterogenních systémů v nad-systému

K opracování stran tenkého skleněného plátu, je slepeno několik plátů dohromady k zamezení popraskání.

Počítače jsou propojeny do sítě, to dává možnost používat sdílenou tiskárnu, nebo společné připojení k internetu.

A4. Systémový přechod: Přechod systému na anti-systém, nebo kombinace s anti-systémem

K zastavení krvácení, lze použít ubrousek s jinou krvěnou skupinou.

A5. Systémový přechod: Celý systém má vlastnost "X", zatímco jeho části mají vlastnosti opačné "X" - anti-X

Čelisti svěráku na uchopení komplexních tvarů jsou vyrobeny ze segmentů, které se mohou samostatně pohybovat. Elementy různých tvarů mohou být snadno uchopeny. Díly jsou tuhé, ale upevňovací zařízení je měkké.

Člávková anténa (Kulikov), je tvořena kovovými korálky navlečenými na struně. Každý korálek je tuhý, ale celá anténa je flexibilní.

A6. Systémový přechod: Přechod na systém, který pracuje na mikro úrovni

Ke zvýšení přesnosti, namísto mechanického kohoutku je používán „termální kohoutek“. Komponenty „termálního kohoutku“ mají rozdílné koeficienty teplotní roztažnosti. Mezera je tvořena pomocí zahřívání.

A7. Fázový přechod: Nahrazení fázového stavu pomocí části systému, nebo externím prostředím

Použití zkapalněného plynu namísto stlačeného plynu v pneumatických systémech (například v dolech).

A8. Fázový přechod: Duální fáze částí systému - použití substancí schopných konverze mezi fázemi v závislosti na řídicích podmínkách

Ke zlepšení výkonu tepelného výměníku, může být navrženo vytvořit „Okvětní lístky“ (malé placaté díly na povrchu) ze slitiny niklu a titanu. Když se zvýší teplota, „okvětní lístky“ se narovnájí a zvětší tak pracovní povrch tepelného výměníku (využití efektu tvarové paměti).

A9. Fázový přechod: Využití fenoménu spojeného s fázovým přechodem

K přepravě zmrazených objektů je navrženo využít jako podpěry ledové tyče. Ty díky tání výrazně snižují tření.

A10. Fázový přechod: Nahrazení mono-fázového stavu, vícefázovým stavem

K vyleštění některých dílů, je používáno leštícího média z roztaveného olova s částičky feromagnetického abraziva.

A11. Fyzikálně-chemický přechod: Vznik-zánik substance jako výsledek rozkladu-kombinace, nebo ionizace-rekombinace

Třecí plocha dřevěného ložiska je plastifikována čpavkem. K navýšení produktivity a redukcí nákladů procesu, je doporučeno použít amoniakovou sůl (například $(\text{H}_4)\text{2CO}_3$) ta se rozkládá zahříváním během procesu.

B1. Separace opačných vlastností na makro-úrovni - v čase, prostoru, nebo jiném vhodném parametru

Separace na úrovni systému

B2. Separace opačných vlastností na mikro-úrovni - v čase, prostoru, nebo jiném vhodném parametru

Separace na úrovni podsystemu

B3. Separace opačných vlastností mezi systémem a podsystemem

Podsystem má opačnou vlastnost oproti systému.

Separace na úrovni systému

(Kovový řemínek na hodinky (tvrdý a měkký) – podsystem (komponenty) jsou tvrdé – neohebné; celý system (řemínek) je ale ohebný).

B4. Přidání opačných vlastností systému a anti-systemu, potom konvergovat

Separace na úrovni nad-systemu

„Zapůjčení“ potřebného elementu s potřebnými vlastnostmi z nad-systemu, poté konvergování do našeho systému.

(Máme krásné boty, a chceme, aby měli schopnost létat. Pokud na boty přilepíme helikoptéru, získáme krásné létající boty.)

B5. Separace opačných vlastností přidáním nové funkcionality vlastnosti

Separace na úrovni vlastnosti

(Požadavek „musí být velké a zároveň malé“, se změnil na „musí mít velkou plochu, a malý objem“.)

B6. Potlačení opačných vlastností eliminací vlastností

Dedukce, přirovnání, imitace, jako něco, představení si něčeho.

Separace na úrovni vlastnosti

Pokud budeme chtít změřit délku nebezpečného hada, kterého se nelze dotknout. Můžeme hada zabít a přeměřit metrem – my ale nechceme hada zabít. Proto bychom se měli zaměřit na změření, něčeho, co je stejně dlouhé jako had. To může být například fotografie hada, nebo jeho svléknutá kůže.

B7. Potlačení opačných vlastností nahrazením nebo přidáním jiného parametru

Separace na úrovni vlastnosti

Velikost balónu (velký a malý). Změna velikosti balónu může být dosažena zvětšováním tlaku vzduchu. Bohužel na další zvětšování už není dostatečně silný kompresor. Na místo zvětšování síly kompresoru můžeme zvětšit teplotu uvnitř balónu.

B8. Potlačení opačných vlastností modifikací referenční hodnoty

Separace na úrovni hodnoty

Rozměr velký a malý. Had měřený pomocí papoušků (více než 38 papoušků), může být viděn jako větší v porovnání s měřením pomocí opic (méně než 12 opic).

[330]

PŘÍLOHA č. 7: Seznam invenčních standardů (standardních řešení)

Existuje více seznamů invenčních standardů. Původní Standardy byly sepsány samotným Altshulerem [331], nicméně lze dohledat například seznam 76 standardů od Salamatova [332]. Z hlediska jednoduchosti použití, kdy není potřeba znalosti analýzy substance-field (látka-pole), byl zvolen jako nejvhodnější seznam invenčních standardů podle Manna [333].

A. Nekompletní Substance-Field

- A1. Přidat látky nebo pole, k zajištění minimálního požadavku dvě látky jedno pole. Nejprve se pokusit využít již přítomné látky a pole.

B. Problémy s měřením nebo detekcí

- B1. Modifikace systému tak, aby již nebylo potřeba provádět měření nebo detekci.
- B2. Provedení měření nebo detekce na kopii, obrázku, nebo replice objektu.
- B3. Změna problému tak aby bylo možné provádět postupné měření změn.
- B4. Upravení existujícího, nebo přidání nového, pole k získání snadno detekovatelného parametru vztaheného k parametru, který je potřeba měřit, nebo detekovat.
- B5. Zahrnutí snadno detekovatelného vnitřního nebo vnějšího aditiva (případně přidání nového pole, které pomůže s detekcí nebo měřením).
- B6. Pokud není možné modifikovat systém, tak zavedení snadno detekovatelného aditiva nebo objektu do vnějšího prostředí (případně přidání nového pole, které pomůže s detekcí nebo měřením).
- B7. Pokud není možné zavést snadno detekovatelné aditivum do prostředí, tak jej získat změnou něčeho již v prostředí přítomného (případně přidání nového pole, které pomůže s detekcí nebo měřením).
- B8. Využití fyzikálních, chemických nebo biologických efektů přítomných v systému, pro usnadnění měření.
- B9. Použití resonance na celý nebo části systému, takovým způsobem, že změna v rezonanční frekvenci pomůže s měřením.
- B10. Připojení „něčeho“ (pokud možno již přítomného v prostředí) k systému a využít změn v rezonanční frekvenci k provedení měření.
- B11. Zavedení feromagnetické látky (v pevném stavu, případně částice) do systému, nebo jeho okolí, a použití magnetického pole pro usnadnění měření nebo detekce.
- B12. Využití fyzikálních efektů souvisejících s feromagnetismem (Curie Point, Hopkins, Barkhausen, ...).

C. Škodlivé efekty

a. Modifikace existující látky

- Ca1. Odstranění škodlivého efektu zavedením látky, která je modifikací již přítomné látky.
- Ca2. Rozložení jedné látky nebo externího prostředí.
- Ca3. Kombinace elementů z nižší strukturální úrovně.
- Ca4. Zahrnutí fázového přechodu v jedné nebo v obou látkách.

b. Modifikace existujícího pole

- Cb1. Nahrazení nekontrolovaného, nebo špatně kontrolovaného pole, polem s lepší kontrolovatelností.
- Cb2. Přechod ze stejnoměrných nebo neuspořádaných polí na nestejněměrná a/nebo uspořádaná pole (která mohou být proměnná v čase, trvalá, nebo dočasná).
- Cb3. Měnit pole tak aby bylo sladěno s v čase proměnným elementem systému.

- Cb4. Sladění (nebo naopak odladění) frekvence pole s přirozenou frekvencí objektu látky.
- Cb5. Pokud existuje více polí, sladit (nebo odladit) jejich frekvence.
- Cb6. Pokud je pole využíváno, fyzikální efekty mohou být použity k vypnutí nebo zapnutí pole podle podmínek škodlivého efektu.

c. Přidání nové látky

- Cc1. Odstranění škodlivého efektu přidáním třetí látky (možno dočasně) mezi existující látky.
- Cc2. Pokud má pole negativní efekt na jednu z látek, pak zavést novou látku, která stáhne efekt pole pryč od postižené látky.
- Cc3. Zavedení aditiva z okolního prostředí (může být dočasně) do jedné z přítomných látek.
- Cc4. Zavedení nové látky se speciálními vlastnostmi.
- Cc5. Zavedení „prázdná“.
- Cc6. Pokud jsou omezení na povolené množství přidané nové látky, pak použít pouze malé množství velmi aktivní látky.
- Cc7. Pokud jsou omezení na povolené množství přidaného aditiva, pak selektivně koncentrovat novou látku pouze v místech, kde je potřeba.
- Cc8. Pokud jsou omezení na povolené množství přidané nové látky, pak použít pěny, nebo nafukovací struktury.
- Cc9. Pokud jsou omezení na použití nových látek, pak použít takovou látku, která se později rozloží.
- Cc10. Vytvoření nové látky rozložením vnějšího prostředí.
- Cc11. Přidání látky, která poté co splní svou funkci, zmizí (nebo se stane nerozeznatelnou).

d. Přidání nového pole

- Cd1. Využití pole již přítomného v okolním prostředí.
- Cd2. Zavedení nového pole.
- Cd3. Zavedení nového pole, k neutralizaci škodlivého efektu vyvolaného již přítomným polem.

Cd4. Zavedení polí pro které přítomné látky (nebo látky z okolí) mohou sloužit jako médium, nebo zdroj.

Cd5. Nahrazení nekontrolovaných, nebo špatně kontrolovaných polí, polem lépe kontrolovatelným.

e. Přidání nové látky a pole

- Ce1. Pokud se vyskytují škodlivé faktory související s problematickým řízením, pak přidat druhý, lépe kontrolovatelný S-Field.
- Ce2. Zavedení nového pole, k neutralizaci škodlivých efektů existujícího pole, díky působení na novou látku přidanou k látce, na níž působí škodlivé efekty.
- Ce3. Využití látek se speciálními vlastnostmi, které jsou využity díky působení nově přidaného pole.

f. Přejed do pod-systému

- Cf1. Přejed z makro do mikro úrovně – pozorovat S-Fields na mikroúrovni.
- Cf2. Získat částice na mikro-úrovni díky rozložení elementů na makro-úrovni (počínaje těmi nejbližšími).
- Cf3. Získat částice na mikro-úrovni díky sloučení ještě menších částic (počínaje těmi nejbližšími).

g. Přejed do nad-systému

- Cg1. Sloučení systému s jiným(y), k vytvoření bi- nebo poly- systému.
- Cg2. Odstranění škodlivých efektů v bi- nebo poly- systémech pomocí navýšení počtu a/nebo kvality spojení mezi částmi systému.
- Cg3. Odstranění škodlivých efektů pomocí navýšení rozdílů mezi částmi systému.
- Cg4. Integrace systémů a redukování podpůrných komponent, připojení systému do systémů na vyšší hierarchické úrovni.
- Cg5. Rozložit nekompatibilní a/nebo opačné vlastnosti mezi systém a jeho částí.
- Cg6. Pokud jsou potřebné dvě akce, ale jsou nekompatibilní. Jedna akce by měla být prováděna během pauz druhé.

D. Nedostatečná, nebo nadbytečná vazba

a. Modifikace existující látky

- Da1. Přidání aditiva (možno pouze dočasně) k jedné z přítomných látek, tak aby bylo docíleno ovladatelnosti látky, nebo dosažení požadovaných.
- Da2. Pokud je snaha dosáhnout minimální akce, ale není to možné, pak aplikovat maximální akci a odebrat přebytky.
- Da3. Zvýšení stupně segmentace jedné, nebo více látek.
- Da4. Přejít od jedné nebo obou přítomných látek z plného materiálu na duté, případně materiály s více dutinami, nebo pórovité materiály.
- Da5. Udělat systém více flexibilní nebo přizpůsobitelný (přejít od žádných k jednomu nebo více kloubům, případně ke kompletně flexibilním strukturám).
- Da6. Využití „transformovatelných“ elementů látek.
- Da7. Přejít od rovnoměrných (uniformních) nebo neuspořádaných látek k látkám, které jsou nerovnoměrné (neuniformní), a/nebo uspořádané (může být proměnné v čase).
- Da8. Aplikace akce, ke zkopírování jedné nebo více látek.
- Da9. Modifikace jedné látky zavedením „prázdná“.
- Da10. Rozložení jedné látky, nebo okolního prostředí.
- Da11. Sloučení elementů z nižších strukturálních úrovní.
- Da12. Využití fázového přechodu v jedné, nebo obou látkách.

b. Fázové přechody

- Db1. Zahrnutí látek ve kterých se během poskytování pozitivní funkce vyskytují fázové přechody podle provozních podmínek.
- Db2. Využití fyzikálních fenoménů vyskytujících se během fázových přechodů.
- Db3. Nahrazení jednotného fázového stavu na stav s více fázemi.
- Db4. Zahrnutí fyzikálních nebo chemických interakcí mezi různými fázemi systému.
- Db5. Použití vratných fázových přechodů (nebo vratné hysteréze) ke zlepšení funkcionality systému.
- Db6. Pokud je zapotřebí změnit slabý vstup na velký výstup, umístěním proměnné látky na

(nebo blízko) kritického stavu. Slabý vstup pak může sloužit jako spínač.

c. Modifikace pole

- Dc1. Pokud je snaha dosáhnout minimální akce, ale není to možné, pak aplikovat možnou akci a odebrat přebytky.
- Dc2. Pokud je snaha dosáhnout maximální akce, ale není to možné, pak upravit směr působení pole tak, aby působilo na látku připojenou k relevantní látce.
- Dc3. Nekontrolovatelné, nebo slabě kontrolovatelné pole změnit na lépe kontrolovatelné.
- Dc4. Přejít od rovnoměrných (uniformních) nebo neuspořádaných polí k polím, které jsou nerovnoměrné (neuniformní), a/nebo uspořádané (může být proměnné v čase, dočasné, nebo trvalé).
- Dc5. Měnit pole tak, aby bylo v rytmu s časově proměnnými elementy systému.
- Dc6. Sladění (nebo naopak odladění) frekvence pole s přirozenou frekvencí objektu látky.
- Dc7. Pokud existuje více polí, sladit (nebo odladit) jejich frekvence.

d. Přidání nové látky

- Dd1. Zavedení vnitřního aditiva z okolního prostředí (může být dočasně) do jedné z přítomných látek.
- Dd2. Zavedení vnějšího aditiva (může být dočasně) do jedné z přítomných látek.
- Dd3. Zavedení vnějšího aditiva z okolního prostředí (může být dočasně) do jedné z přítomných látek.
- Dd4. Zavedení vnějšího aditiva které je náhradou, modifikací, nebo rozkladem okolního prostředí (může být dočasně do jedné z přítomných látek).
- Dd5. Zavedení nových látek se speciálními vlastnostmi.
- Dd6. Pokud je snaha dosáhnout maximální akce, ale není to možné, pak přidat novou látku k relevantní látce a přesměrovat pole tak, aby působilo na nově přidanou látku.
- Dd7. Pokud je potřeba dosažení vybrané akce (př. maximum v jednom místě a minimum v jiném) a pole je občas příliš intenzivní, pak přidat aditivum k ochraně systému před extrémů.

- Dd8. Pokud je potřeba dosažení vybrané akce a pole je občas nedostatečné, pak přidat takové aditivum, které interaguje s polem a vytváří lokální efekt k naplnění vybraných požadavků.
- Dd9. Přidání „prázdná“ do jedné nebo více látek.
- Dd10. Pokud jsou omezení na povolené množství přidané nové látky, pak použít pouze malé množství velmi aktivní látky
- Dd11. Pokud jsou omezení na povolené množství přidaného aditiva, pak selektivně koncentrovat novou látku pouze v místech, kde je potřeba.
- Dd12. Pokud jsou omezení na povolené množství přidané nové látky, pak použít pěny, nebo nafukovací struktury.
- Dd13. Pokud jsou omezení na použití nových látek, pak použít takovou látku, která se později rozloží.
- Dd14. Vytvoření nové látky rozložením vnějšího prostředí.
- Dd15. Přidání látky, která poté co splní svou funkci, zmizí (nebo se stane nerozeznatelnou).

e. Přidání nového pole

- De1. Využití pole, které se již vyskytuje v okolí systému.
- De2. Zavedení nového pole.
- De3. Zavedení polí pro které mohou látky přítomné v systému nebo jeho okolí působit jako médium, nebo zdroj.
- De4. Nahrazení nekontrolovatelného, nebo špatně kontrolovatelného pole, polem lépe kontrolovatelným.

f. Přidání nové látky a pole

- Df1. Zlepšení efektivity systému pomocí transformace jedné látky přítomné v systému na nezávislý ale kontrolovatelný S-field.
- Df2. Pokud je problém s kontrolou systému, pak přidat druhý více kontrolovatelný S-Field.
- Df3. Použití látek se speciálními vlastnostmi, a přidat pole přidružené k těmto vlastnostem.
- Df4. Zlepšení efektivity systému přidáním feromagnetických látek spolu s magnetickým polem.

g. Feromagnetika

- Dg1. Použití feromagnetických částic.
- Dg2. Použití magnetických aditiv.
- Dg3. Použití magnetických tekutin.
- Dg4. Použití magnetických látek společně se segmentovanými, nebo pórovitými strukturami.
- Dg5. Přidání magnetických elementů do okolního prostředí.
- Dg6. Zlepšení ovladatelnosti díky využití fyzikálních efektů spojených s magnetickými látkami.
- Dg7. Přejít z uniformních nebo neuspořádaných magnetických polí k neuniformní, či uspořádaným polím.
- Dg8. Využití v čase proměnného magnetického pole, ve shodě s přirozeným rytmem systému.

h. Přejít do pod-systému

- Dh1. Přejít z makro do mikro úrovně (pozorovat S-field na mikro úrovni).
- Dh2. Získání mikročástic díky rozložení elementů v makro úrovni (počínaje nejbližšími).
- Dh3. Získání mikročástic sloučením částic z ještě menší úrovně (počínaje nejbližšími).

i. Přejít do nad-systému

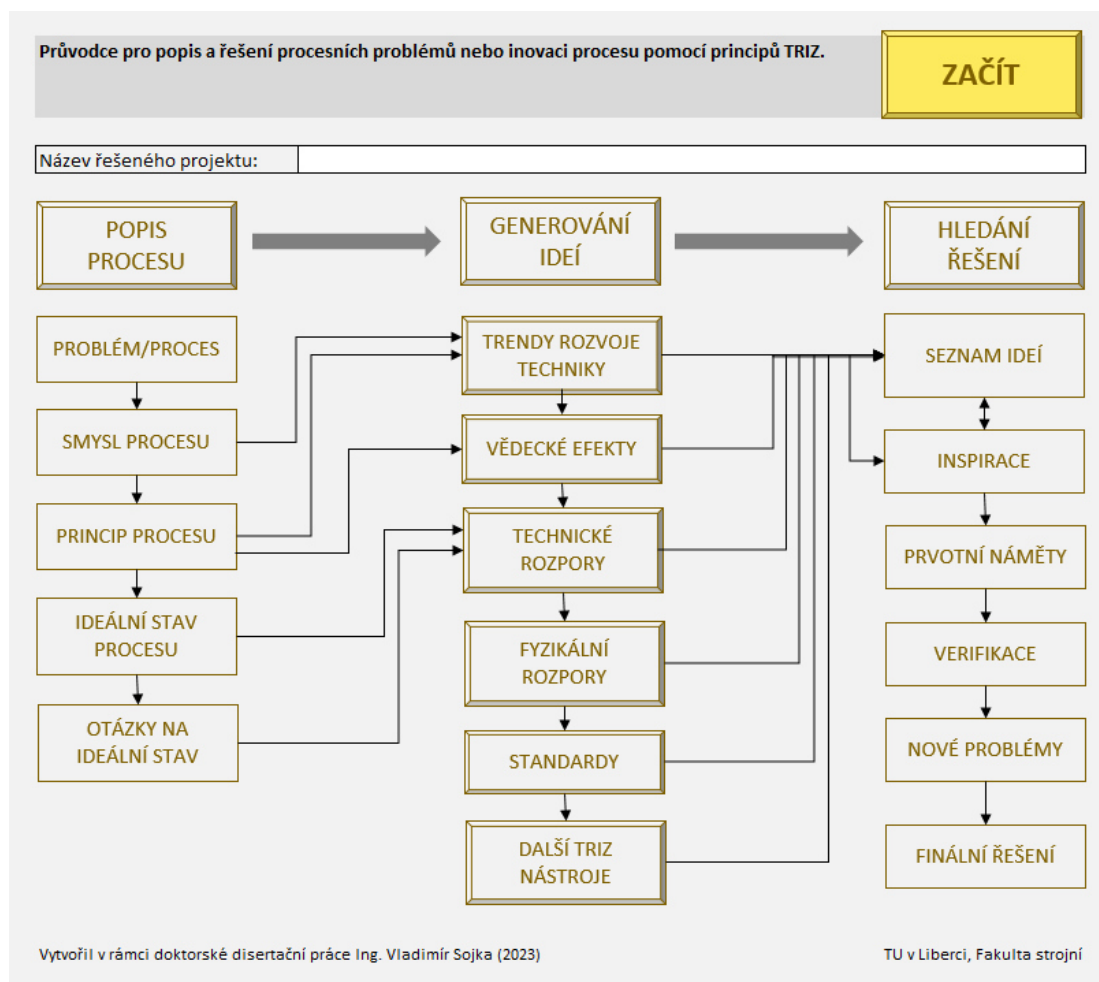
- Di1. Kombinace systému s jiným k vytvoření bi- nebo poly- systému.
- Di2. Zlepšení efektivity bi- nebo poly- systému zvýšením počtu, nebo kvality propojení mezi elementy systému.
- Di3. Zlepšení efektivity díky zvýšení rozdílnosti mezi komponenty systému.
- Di4. Propojení systémů a redukce podpůrných (pomocných) komponent, dále hledat možné propojení se systémy na vyšších hierarchických úrovních.
- Di5. Rozložení nekompatibilních (nebo opačných) vlastností v systému, nebo jeho částech.
- Di6. Pokud jsou vyžadovány dvě akce, ale jsou nekompatibilní, pak by jedna akce měla být vykonávána během pauz druhé akce.

PŘÍLOHA č. 8: Formulář pro aplikaci metodiky

Problém
<i>Popište problém, který chcete eliminovat</i>
Proces
<i>Popište proces, kde se problém vyskytuje</i>
Smysl
<i>Popište smysl procesu</i>
Princip
<i>Popište princip, kterým je dosahováno smyslu procesu</i>
Ideální stav
<i>Definujte ideální stav(y) procesu</i>
Otázky na ideální stav
<i>Sestavte otázky, které navádí na to, jakým způsobem lze dosáhnout ideálního stavu</i>
Trendy (TESE)
<i>Vybrané trendy rozvoje technických systémů</i>
Vědecké efekty
<i>Vybrané vědecké efekty</i>
Technické rozpory
<i>Sestavte technický/é rozpory</i>
Invenční principy (počet výskytů)
<i>Nalezené invenční principy</i>
Fyzikální rozpory
<i>Sestavte fyzikální rozpor, případně popište zdroje systému</i>
Separáční principy
<i>Vybrané separáční principy</i>
Standardy
<i>Vybrané invenční standardy</i>
Inspirace
<i>Vypište technologie, obory, a další oblasti, kde by se dala nalézt inspirace</i>
Seznam nápadů
<i>Vypište nalezené nápady</i>

PŘÍLOHA č. 9: Podrobný návod k použití podpůrné aplikace

Úvodní list



Obr. P9-1: Úvodní list podpůrné aplikace

Na úvodním listu (START) je vidět schéma průběhu metodiky k řešení problému. Uživatel zde vyplňuje **Název řešeného projektu**. Po vyplnění názvu, se pokračuje kliknutím na dlaždici

ZAČÍT. **ZAČÍT**

Kliknutím na vybrané dlaždice ve schématu metodiky, se lze přesunout na konkrétní krok v metodice. To může být užitečné pro snazší přepínání mezi jednotlivými listy.

Popis procesu

PŘEDCHOZÍ		DALŠÍ		REPORT	
POPIS PROCESU:					
KROK	OBSAH	INSTRUKCE	NÁPADY	NÁPADY NA INSPIRACI	
Vlastní popis problému:		Zadání. Popište co je problém, proč se řeší, co je již známo. Jaké je zadání (důvod) pro řešení problému, zlepšování procesu.			
Proces:		Popište řešený proces, jaký je výstup z procesu případně jeho vstup. Uveďte speciální požadavky, a jiné důležité informace.			
Problém:		Popište co je problém, kdy, kde a jak se vyskytuje.			
Smysl procesu:		Popište smysl existence procesu. Co je cílem procesu. Jaký je procesní výstup.			
Princip procesu:		Popište jakým způsobem je v současné době docilováno smyslu procesu. Jaké funkce jsou prováděny.			
Ideální stav:		Pomocí slov jako "samo" popište ideální stav, kdy je požadovaná funkce (výstup) provedena, bez existence procesu. Případně lze popsat i méně ideální stav.			
Otázky na ideální stav:		Přeformulujte ideální stav na otázky. Co je potřeba udělat, aby bylo dosaženo ideálního stavu? "Jak docílit, aby X se samo."			
Poznámky		Poznámky...			

Obr. P9-2: List pro popis procesu a problému.

Tento list (1_POPIS PROCESU) slouží k popsání řešeného problému, nebo procesu.

Uživatel postupně vyplňuje buňky: **Vlastní popis problému**; **Proces**; **Problém**; **Smysl procesu**; **Princip procesu**; **Ideální stav**; **Otázky na ideální stav**; a případně si může zaznamenat **Poznámky** k řešenému systému. Poměrně jasný návod jak tyto buňky vyplnit je k nalezení ve sloupci **INSTRUKCE**.

POPIS PROCESU:		
KROK	OBSAH	INSTRUKCE
Vlastní popis problému:		Zadání. Popište co je problém, proč se řeší, co je již známo. Jaké je zadání (důvod) pro řešení problému, zlepšování procesu.
Proces:		Popište řešený proces, jaký je výstup z procesu případně jeho vstup. Uveďte speciální požadavky, a jiné důležité informace.
Problém:		Popište co je problém, kdy, kde a jak se vyskytuje.
Smysl procesu:		Popište smysl existence procesu. Co je cílem procesu. Jaký je procesní výstup.
Princip procesu:		Popište jakým způsobem je v současné době docilováno smyslu procesu. Jaké funkce jsou prováděny.
Ideální stav:		Pomocí slov jako "samo" popište ideální stav, kdy je požadovaná funkce (výstup) provedena, bez existence procesu. Případně lze popsat i méně ideální stav.
Otázky na ideální stav:		Přeformulujte ideální stav na otázky. Co je potřeba udělat, aby bylo dosaženo ideálního stavu? "Jak docílit, aby X se samo."
Poznámky		Poznámky...

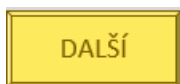
Obr. P9-3: Detail buněk pro popis procesu.

Pokud již během popisování problému nebo procesu, uživatele napadne nějaké řešení, nebo téma k inspiraci, zapíše tyto nápady do sloupců vlevo.

NÁPADY	NÁPADY NA INSPIRACI

Obr. P9-4: detail buněk pro zaznamenávání nápadů a inspirací.

Po popsání procesu, a případném zaznamenání nápadů, lze pokračovat na další list kliknutím na dlaždici **DALŠÍ**.



List obsahuje i další dlaždice umožňující práci s aplikací:



Návrat na předchozí list (z hlediska běžné návaznosti listů)



Přechod na další list (z hlediska běžné návaznosti listů)



Přechod na list REPORT. Slouží pro případ, že je potřeba vytisknout, nebo uložit pouze částečně zpracovaný dokument (například pouze popsany proces. Takový report může sloužit k vyjasnění si popisovaných aspektů procesu, nebo problému.



Přechod na úvodní list START.

Řešení problému

PŘEDCHOZÍ Před pokračováním na GENEROVÁNÍ NÁMĚTŮ, vyplňte NÁPADY, a NÁPADY NA INSPIRACI, výběrem z výstupů z jednotlivých kroků. **DALŠÍ** REPORT

POPIS PROCESU:
 Vlastní popis problému: o
 Proces: o
 Problém: o
 Smysl procesu: o
 Princip procesu: o
 Ideální stav: o
 Otázky na ideální stav: o

KROK	Obsah	INSTRUKCE	NÁPADY	NÁPADY NA INSPIRACI
Vybrané trendy: VYBER TRENDY		Za seznamu vyberte vhodné trendy a zakomponujte rozvoj TS. Především takové, které mohou vést k nalezení optimálního řešení.		
Vybrané efekty: VYBER EFEKTY		Prohlédněte seznamu efektů a efektivních databází nalezněte a vyberte vhodné vědecké efekty.		
Technické rozpory: SESTAV TECHNICKÝ ROZPOR		Do pracovního procesu sestavte technický rozpor (nebo rozpory). Co chci zlepšit, (jak to zlepším), Co se nepřipustně zhoršuje.		
Invenční principy: VYHLEDEJ INVENČNÍ PRINCIPY		Na základě sestavených technických rozporů, vydefinujte odpovídající technické parametry. Pomocí tabulky invenčních principů nalezněte vhodné principy.		

Obr. P9-5: List pro hledání směrů k řešení (TRIZ nástroje).

Tento list slouží jako křížovka pro kolektování směrů pro řešení daného problému.

Uživatel nejprve vybírá z nabídky žlutých dlaždic po levé straně. Podle správné posloupnosti by měl začít kliknutím na dlaždici: **VYBER TRENDY**.

VYBER TRENDY

Ve sloupci **INSTRUKCE**, je krátký popis jak by mělo u jednotlivých kroků probíhat kolektování směrů pro řešení.

Po tom, co jsou aplikovány všechny kroky, je vhodné, aby řešitel prošel nalezené směry a pokusil se na základě těchto směrů vygenerovat nápady, případně nápady na inspiraci, k řešení daného problému. Tyto nápady zapisuje do sloupců vpravo.

Tento list obsahuje:

VYBER TRENDY

Přechod na list s nabídkou výběru Trendů rozvoje technických systémů.

VYBER EFEKTY

Přechod na list s nabídkou vědeckých efektů, případně s odkazy na jejich databáze.

SESTAV TECHNICKÝ ROZPOR

Přechod na list s prostředím pro sestavení technických rozporů.

VYHLEDEJ INVENČNÍ PRINCIPY

Přechod na list s prostředím k automatizovanému vyhledávání invenčních principů na základě sestavených technických rozporů.

SESTAV FYZIKÁLNÍ ROZPOR

Přechod na list s prostředím pro sestavení fyzikálního rozporu

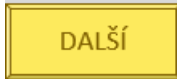
VYBER STANDARDY

Přechod na list s nabídkou invenčních standardů.



Přechod na list, kde lze doplnit výstupy z dalších nástrojů TRIZ, a rozšířit tak tuto metodiku o další směry k hledání řešení daného problému.

Po tom, co jsou všechny kroky z řešení problémů aplikovány, a jsou sepsány všechny nápady na řešení, přechází se na další list kliknutím na dlaždici **DALŠÍ**.



Trendy

PŘEDCHOZÍ
VYČISTI
NÁVRAT K ŘEŠENÍ
DALŠÍ
REPORT
🏠

VÝBĚR ZE SEZNAMU TRENDŮ A ZÁKONITOSTÍ ROZVOJE TECHNICKÝCH SYSTÉMŮ: Zaškrtnutím je proveden výběr pro vymazání vybraných použitě tlačítko "VYČISTI"

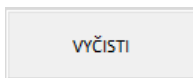
TREND/ZÁKONITOST	POPS / VÝVOJ
<input type="checkbox"/> Úplnost technického systému	Plně funkční technický systém by měl obsahovat prvky: pohon, převod, námet, objekt, a tření. Pokud nějaký prvek chybí, stav technického systému směřuje k doplnění chybějících prvků.
<input type="checkbox"/> Přůchodnost energie v systémech	Mezi prvky a částmi technického systému je umožněn průchod energií. Pokud v systému chybí možnost průchodu energií, rozvoj systému bude směřovat k doplnění této funkce.
<input type="checkbox"/> Existence spojení mezi částmi technického systému	Mezi prvky a částmi technického systému musí existovat vazby. Pokud mezi prvky vazby chybí, technický systém se bude rozvíjet tak aby vazby vznikly.
<input type="checkbox"/> Zvyšování stupně ideality	Rozvoj technických systémů se přibližuje k ideálnímu stavu. Funkce technického systému je vykonávána bez existence technického systému.
<input type="checkbox"/> Nerovnoměrnost rozvoje části systému	Technické systémy se rozvíjejí nerovnoměrně. Nedochozí ke změnám celého systému ale pouze jeho částí. Postupný rozvoj částí může vést k nutnosti rozvoje zbytků, dosud nerozvinutých prvků systému.
<input type="checkbox"/> Změny měřítka	Technický systém může být rozvíjen díky změnám v měřítku jeho prvků, nebo celého systému.
<input type="checkbox"/> Změny propojení	Technický systém může být rozvíjen díky změnám v propojení mezi prvky systému, nebo mezi celými systémy.
<input type="checkbox"/> Přechod ke složitějším a energeticky nasycenějším formám	Zvyšování komplexnosti a energetické nasycenosti látek a polí v systému.
<input type="checkbox"/> Nárůst interakcí látko-pole (substance-field)	Zvyšování počtu a druhů interakcí mezi různými látkami a poli v systému. Přidání látek, přidání polí.
<input type="checkbox"/> Zvýšení informační saturace	Zvyšování získávaných informací ze systému. Vytváření zpětných vazeb, přidávání senzorů.
<input type="checkbox"/> Zvyšování stupně kontroly nad systémem	Přidávání ovládacích prvků do systému. To se může týkat jak komponent tak látek nebo polí.
<input type="checkbox"/> Chytré materiály	pasivní materiál => pasivně adaptivní materiál => divoké adaptivní materiály => jiná adaptivní materiály
<input type="checkbox"/> Zvyšování stupně dělení (segmentace)	Postupné dělení velkých celků na části. Rozdělení prvků na více menších částí.
<input type="checkbox"/> Segmentace prostoru	monolitická struktura => duté struktury => struktury s více dutinami => párovité struktury => párovité struktury s aktivními prvky
<input type="checkbox"/> Segmentace plochy	hladký povrch => povrch s laminárním zvrásněním/labrování => 3D zdrsňování (tvárový) povrch => zdrsňování (tvárový) povrch s aktivními prvky
<input type="checkbox"/> Segmentace objektu	monolit pevné látky => segmentovaná pevná látka => částčky pevné látky => kapalina => segmentovaná kapalina (pěny, aerosoly) => plyn => plazma => pole => vakuum
<input type="checkbox"/> Přechod z makro do mikro (a dále)	10 ⁰ => 10 ¹ => 10 ² => 10 ³ => 10 ⁴ => 10 ⁵ => 10 ⁶ => 10 ⁷ => 10 ⁸ => 10 ⁹ => 10 ¹⁰ => 10 ¹¹ => 10 ¹² => 10 ¹³ => 10 ¹⁴ => 10 ¹⁵ => 10 ¹⁶ => 10 ¹⁷ => 10 ¹⁸ => 10 ¹⁹ => 10 ²⁰ => 10 ²¹ => 10 ²² => 10 ²³ => 10 ²⁴ => 10 ²⁵ => 10 ²⁶ => 10 ²⁷ => 10 ²⁸ => 10 ²⁹ => 10 ³⁰ => 10 ³¹ => 10 ³² => 10 ³³ => 10 ³⁴ => 10 ³⁵ => 10 ³⁶ => 10 ³⁷ => 10 ³⁸ => 10 ³⁹ => 10 ⁴⁰ => 10 ⁴¹ => 10 ⁴² => 10 ⁴³ => 10 ⁴⁴ => 10 ⁴⁵ => 10 ⁴⁶ => 10 ⁴⁷ => 10 ⁴⁸ => 10 ⁴⁹ => 10 ⁵⁰ => 10 ⁵¹ => 10 ⁵² => 10 ⁵³ => 10 ⁵⁴ => 10 ⁵⁵ => 10 ⁵⁶ => 10 ⁵⁷ => 10 ⁵⁸ => 10 ⁵⁹ => 10 ⁶⁰ => 10 ⁶¹ => 10 ⁶² => 10 ⁶³ => 10 ⁶⁴ => 10 ⁶⁵ => 10 ⁶⁶ => 10 ⁶⁷ => 10 ⁶⁸ => 10 ⁶⁹ => 10 ⁷⁰ => 10 ⁷¹ => 10 ⁷² => 10 ⁷³ => 10 ⁷⁴ => 10 ⁷⁵ => 10 ⁷⁶ => 10 ⁷⁷ => 10 ⁷⁸ => 10 ⁷⁹ => 10 ⁸⁰ => 10 ⁸¹ => 10 ⁸² => 10 ⁸³ => 10 ⁸⁴ => 10 ⁸⁵ => 10 ⁸⁶ => 10 ⁸⁷ => 10 ⁸⁸ => 10 ⁸⁹ => 10 ⁹⁰ => 10 ⁹¹ => 10 ⁹² => 10 ⁹³ => 10 ⁹⁴ => 10 ⁹⁵ => 10 ⁹⁶ => 10 ⁹⁷ => 10 ⁹⁸ => 10 ⁹⁹ => 10 ¹⁰⁰
<input type="checkbox"/> Přechod do nadsystému	Na místo rozvoje technického systému rozvíjení nadsystému.
<input type="checkbox"/> Síť a vládní	monogenerační síťová struktura => 2D vládní síťová struktura => 3D vládní, uspořádaná podle podmínek záblže => zahrnují aktivních elementů
<input type="checkbox"/> Snižování hustoty	10 ⁰ => 10 ¹ => 10 ² => 10 ³ => 10 ⁴ => 10 ⁵ => 10 ⁶ => 10 ⁷ => 10 ⁸ => 10 ⁹ => 10 ¹⁰ => 10 ¹¹ => 10 ¹² => 10 ¹³ => 10 ¹⁴ => 10 ¹⁵ => 10 ¹⁶ => 10 ¹⁷ => 10 ¹⁸ => 10 ¹⁹ => 10 ²⁰ => 10 ²¹ => 10 ²² => 10 ²³ => 10 ²⁴ => 10 ²⁵ => 10 ²⁶ => 10 ²⁷ => 10 ²⁸ => 10 ²⁹ => 10 ³⁰ => 10 ³¹ => 10 ³² => 10 ³³ => 10 ³⁴ => 10 ³⁵ => 10 ³⁶ => 10 ³⁷ => 10 ³⁸ => 10 ³⁹ => 10 ⁴⁰ => 10 ⁴¹ => 10 ⁴² => 10 ⁴³ => 10 ⁴⁴ => 10 ⁴⁵ => 10 ⁴⁶ => 10 ⁴⁷ => 10 ⁴⁸ => 10 ⁴⁹ => 10 ⁵⁰ => 10 ⁵¹ => 10 ⁵² => 10 ⁵³ => 10 ⁵⁴ => 10 ⁵⁵ => 10 ⁵⁶ => 10 ⁵⁷ => 10 ⁵⁸ => 10 ⁵⁹ => 10 ⁶⁰ => 10 ⁶¹ => 10 ⁶² => 10 ⁶³ => 10 ⁶⁴ => 10 ⁶⁵ => 10 ⁶⁶ => 10 ⁶⁷ => 10 ⁶⁸ => 10 ⁶⁹ => 10 ⁷⁰ => 10 ⁷¹ => 10 ⁷² => 10 ⁷³ => 10 ⁷⁴ => 10 ⁷⁵ => 10 ⁷⁶ => 10 ⁷⁷ => 10 ⁷⁸ => 10 ⁷⁹ => 10 ⁸⁰ => 10 ⁸¹ => 10 ⁸² => 10 ⁸³ => 10 ⁸⁴ => 10 ⁸⁵ => 10 ⁸⁶ => 10 ⁸⁷ => 10 ⁸⁸ => 10 ⁸⁹ => 10 ⁹⁰ => 10 ⁹¹ => 10 ⁹² => 10 ⁹³ => 10 ⁹⁴ => 10 ⁹⁵ => 10 ⁹⁶ => 10 ⁹⁷ => 10 ⁹⁸ => 10 ⁹⁹ => 10 ¹⁰⁰
<input type="checkbox"/> Zvyšování asymetrie (ke shodě s vnějšími asymetriemi)	symetrický systém => částečně asymetrický => odpovídající asymetrie
<input type="checkbox"/> Rozbití hranic	mnoho hranic => několik hranic => žádné hranice
<input type="checkbox"/> Geometrická evoluce (lineární)	bod => 1D přímka => 2D rovina => 3D plocha
<input type="checkbox"/> Geometrická evoluce (objemová)	rovinová struktura => 2D struktura => osově symetrická struktura => jiná 3D struktura
<input type="checkbox"/> Dynamizace	nehopuhavý systém => systém se spojičkami => jiná flexibilní systém => kapalná nebo plynný systém => systém zatížený na polích
<input type="checkbox"/> Sladění akcí	neharmonické akce => částečně sladění akce => plně sladění akce => řízení akce během intervalu
<input type="checkbox"/> Sladění rytmy	kontinuální akce => periodická akce => vyřazení rezonance => postupná akce
<input type="checkbox"/> Nelinearita (příspěvek s vnějším)	lineární popis systému => částečně zohlednění nelinearity => plně zohlednění nelinearity
<input type="checkbox"/> Mono-Bi-Poly (podobné)	Mono-systém => Bi-systém => Tri-systém => Poly-systém
<input type="checkbox"/> Mono-Bi-Poly (zvýšení rozdílnosti)	Mono-systém => Bi-systém => Tri-systém => Poly-systém
<input type="checkbox"/> Redukce tlumení	podobné komponenty => komponenty se křesnými charakteristikami => komponent s negativními komponentami => různé komponenty
<input type="checkbox"/> Zvýšení využití smyslů	žádné tlumení => kritická tlumení => slabé tlumení => bez tlumení
<input type="checkbox"/> Zvýšení využití barev	1 smysl => 2 smysly => 3 smysly => 4 smysly => 5 smyslů
<input type="checkbox"/> Zvýšení transparentnosti	bez použítí barev (monochrom) => hranami použití barev => použití viditelného spektra => plné spektrum barev
<input type="checkbox"/> Zaměření na nákup zákazníka	nepřehledná konstrukce => částečně přehledná => přehledná => aktivní přehledné elementy
	výkon => spolehlivost => pohodlnost => cena

Obr. P9-6: List se seznamem trendů rozvoje technických systémů.

Na tomto listu uživatel vybírá vhodné trendy pro možné řešení daného problému.

Trendy jsou ze seznamu vybírány klikáním na čtverečky nalevo v seznamu trendů, Vybraný trend poznáme podle označeného čtverečku .

Pokud nastane situace, že chceme již zvolený trend ze seznamu vybraných odstranit, lze tak učinit pouze vymazáním celého seznamu. A to kliknutím na dlaždici **VYČISTI**.



Pro usnadnění výběru, jsou trendy popsány v pravém sloupci **POPIS/VÝVOJ**.

Potom, co jsou vybrány trendy rozvoje, se pokračuje v řešení kliknutím na dlaždici **DALŠÍ**.



Na listu je ještě nová dlaždice



Návrat na list **ŘEŠENÍ PROBLÉMU**.

Poznámka: pokud po kliknutí na dlaždici **DALŠÍ** nedochází k přesunu na další list, je pravděpodobně aktivní jeden ze čtverečků. Čtvereček lze opustit kliknutím do prostoru listu.

Efekty

Obr. P9-7: List pro zaznamenání nalezených vědeckých efektů.

Tento list slouží k dohledávání vhodných vědeckých efektů pro řešení daného problému. Efekty se shromažďují dvěma způsoby:

Kliknutím na některý z odkazů na databáze vědeckých efektů, a prohledávání těchto databází ve webovém rozhraní. Nalezené efekty pak musejí být ručně přepsány do levého sloupce.

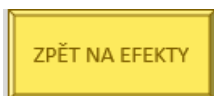
Druhou možností je kliknutím na dlaždici **DEFINUJ**

Obr. P9-8: List pro definování a nalezení vědeckých efektů.

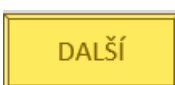
Zde z rozbalovacích nabídek ve sloupcích **TYP**, a **POUŽITÍ** vybereme nejbližší aplikaci a tím nalezneme vědecké efekty.

TYP	PO	POUŽITÍ	EFFE
VŠE		Měření teploty	
Fyzikální efekty		Snižování teploty	
Chemické jevy přeměna látky		Zvýšení teploty	
Chemické jevy přeměna energie		Stabilizace teploty	
Chemické jevy přeměna informace		Indikace polohy a pohybu objektu	
Geometrické efekty		Přemísťování objektů	
		Řízení pohybu kapalin a plynů	
		Řízení proudění aerosolů (prach, dým, mlha)	

Potom co je výběr dokončen, pokračujeme kliknutím na dlaždici **ZPĚT NA EFEKTY**



Po nalezení vědeckých efektů pokračujeme na další list kliknutím na dlaždici **DALŠÍ**



Technické rozporů

PŘEDCHOZÍ	NÁVRAT K ŘEŠENÍ PROBLÉMU	DALŠÍ	REPORT	
SESTAVENÍ TECHNICKÉHO ROZPORU:		Technický rozpor nastavá, pokud zlepšením jednoho parametru, dojde ke zhoršení jiného. POPIS/INSTRUKCE		
TR1:		Co chci zlepšit?		
		Jak to zlepším klasickým způsobem?		
		Co se mi nepřípuště zhorší?		
TR2:		Co chci zlepšit?		
		Jak to zlepším klasickým způsobem?		
		Co se mi nepřípuště zhorší?		
TR3:		Co chci zlepšit?		
		Jak to zlepším klasickým způsobem?		
		Co se mi nepřípuště zhorší?		
TR4:		Co chci zlepšit?		
		Jak to zlepším klasickým způsobem?		
		Co se mi nepřípuště zhorší?		
TR5:		Co chci zlepšit?		
		Jak to zlepším klasickým způsobem?		
		Co se mi nepřípuště zhorší?		

Obr. P9-9: List pro defiování technických rozporů.

Tento list slouží k sestavení technického rozporu (případně více technických rozporů).

Uživatel vyplňuje bílé buňky dle popisu ve sloupci **INSTRUKCE**.

Technické rozporů se sestavují na základě toho, co chceme zlepšit, jaký je známý způsob řešení, a co se nám důsledkem použití známého řešení zhorší.

Po tom, co je technický rozpor sestaven, pokračuje se na další list kliknutím na dlaždici **DALŠÍ**



Hledání invenčních principů

ÚLOHA ŘEŠENÍ TECHNICKÉHO ROZPORU KOMBINACÍ VÍCE PARAMETRŮ

Popis technického rozporu:

Parametry, které chceme zlepšit:

Parametry, které se zhoršují:

Popis parametru:

Název CZ 1. Hmotnost pohyblivého objektu
Název EN Weight of moving object
Popis CZ ZDE

VYHLEDEJ PRINCÍPY

Výsledné invenční principy:

POPS PRINCÍPŮ

PŘEDCHOZÍ

NÁVRAT K ŘEŠENÍ PROBLÉMU

DALŠÍ

1. Hmotnost pohyblivého objektu
2. Hmotnost nepohyblivého objektu
3. Délka pohyblivého objektu
4. Délka nepohyblivého objektu
5. Plocha pohyblivého objektu
6. Plocha nepohyblivého objektu
7. Objem pohyblivého objektu
8. Objem nepohyblivého objektu
9. Rychlost
10. Síla
11. Napětí, tlak
12. Tvar
13. Stabilita složení objektu
14. Penost
15. Doba působení pohyblivého objektu
16. Doba působení nepohyblivého objektu
17. Teplota
18. Intenzita osvětlení
19. Spotřeba energie pohyblivým objektem
20. Spotřeba energie nepohyblivým objektem
21. Výkon
22. Ztráty energie
23. Ztráty látky/hmoty
24. Ztráta informací
25. Ztráty času
26. Množství látky/hmoty
27. Spolehlivost
28. Přesnost měření
29. Přesnost výroby
30. Škodlivé faktory působící na objekt
31. Škodlivé faktory vyvolané objektem
32. Snadnost výroby
33. Snadnost užití
34. Snadnost oprav
35. Přizpůsobivost, univerzálnost
36. Složitost zařízení
37. Složitost kontroly a měření
38. Stupeň automatizace
39. Produktivita, výrobnost, výkonnost

Obr. P9-10: List pro nalezená invenčních principů kombinací více parametrů.

Uživatel zde vyplňuje technické parametry, které chceme zlepšit, a technické parametry které se zhoršují.

Parametry, které chceme zlepšit:

Parametry, které se zhoršují:

Parametry lze vybírat ze žlutého pole nalevo od tabulky. Do buněk určených pro výběr se parametry zapisují ručně.

Poznámka: Je nutné kontrolovat, aby nebyl jeden parametr zadán vícekrát – tím by se ovlivnil počet výskytů nalezených invenčních principů.

Poznámka: Stejný parametr však může být jak v poli pro zlepšující se, tak pro zhoršující parametr.

Potom, co jsou všechny požadované parametry vepsány se pomocí kliknutí na dlaždici:

VYHLEDEJ PRINCÍPY

VYHLEDEJ PRINCÍPY

vygeneruje seznam odpovídajících invenčních principů.

Aplikace funguje tak, že vytvoří dvojice kombinací všech parametrů ke zlepšení se všemi zhoršujícími se parametry. Nalezené invenční principy pak seřadí podle počtu výskytů.

Pokud je nutné zadání změnit, lze zadané parametry jednotně smazat kliknutím na dlaždici **VYČISTI**

VYČISTI

Ve spodní části listu pak lze nalézt seznamy vybraných parametrů.

Potom, co byly nalezeny invenční principy, pokračuje se na další list kliknutím na dlaždici **DALŠÍ**

DALŠÍ

Fyzikální rozpor

PŘEDCHOZÍ	NÁVRAT K ŘEŠENÍ PROBLÉMU	VYBER SEPARAČNÍ PRINCIPY	DALŠÍ	REPORT	
------------------	---------------------------------	---------------------------------	--------------	--------	--

0
SESTAVENÍ FYZIKÁLNÍHO ROZPORU: *Fyzikální rozpor nastav, pokud jsou na jeden parametr kladeny protichůdné požadavky.*

FR: *Chceme vysokou rychlost výroby, aby byla dobrá produktivita* *A zároveň* *Chceme nízkou rychlost výroby, aby byla dobrá kvalita.*

Chceme...
A zároveň...
Chceme...
aby...

Čas výskytu efektu místo výskytu efektu

Positivní efekt (PE):
Negativní efekt (NE):

Zdroje látek a polí (ZLP):

PŘEKONÁNÍ FYZIKÁLNÍHO ROZPORU:

SEPARAČNÍ PRINCIPY: *Invenční principy*

Separace v čase:	Jestliže se od objektu (látky, pole) požaduje projev protikladných vlastností v jednom a tomtéž místě, tak se takový rozpor řeší rozdělením těchto vlastností v čase.	15. dynamičnost, 10. předběžné působení, 19. periodické působení, 11. "předem položená poduška", 16. částečné nebo nadbytečné působení, 21. pleskok, 26. kopírování, 18. mechanické kmitání, 37. teplotní roztažnost, 34. odhození a regenerace části, 9. předběžné anti působení, 20. plynu užitečné působení
Separace v prostoru:	Jestliže se od objektu (látky, pole) požaduje projev protikladných vlastností v jeden a tenže čas, tak se takový rozpor řeší rozdělením těchto vlastností v prostoru objektu.	1. drobnost, 2. oddělení, 3. místní kvalita, 17. jiný rozměr, 13. "naopak", 14. steroidnost, 7. "jeden v druhém", 30. pružná, tenké vrstvy, 4. asymetrie, 24. prostředník, 26. kopírování
Separace na systémové úrovni:	Jestliže se od objektu (látky, pole) požaduje projev protikladných vlastností v jednom místě prostoru a v jednom čase, tak se rozdělení vlastností v prostoru uskutečňuje v podsystemu, a rozdělení vlastností v čase – v nadsystemu nebo naopak.	Přechod do podsystemu (mikro-úroveň): 13. "naopak", 35. změna parametrů, 32. změna barvy, transparentnosti, 36. fázové přechody, 31. pórovitě materiály, 38. sílná oxidizace, 39. inerní prostředí, 28. náhrada mechanické soustavy, 29. pneumatika a hydraulika Přechod do nadsystemu: 5. sloučení, 6. univerzálnost, 23. zpětná vazba, 22. "změna škody v užitek"

všechny separace lze uskutečnit: [na makroúrovni látky](#); systémové přechody – spojení stejnorodých a nestejnodorodých objektů a systémů, spojení systému s anti systémem, rozdělení systému nebo objektu na části a přidělení [na mikroúrovni látky](#); fázové přechody – změna agregátního stavu látky, změna jednofázové látky dvoufázovou resp. fyzikálně-chemickými efekty a jevy.

Obr. P9-11: List pro definování fyzikálního rozporu.

Tento list slouží pro sestavení fyzikálního rozporu. Instrukce pro vyplnění, jsou napsány nad buňkami.

Ve spodní části jsou pomocné tabulky k nasměrování k překonání fyzikálního rozporu.

Pro výběr ze separačních principů se pokračuje kliknutím na: **VYBER SEPARAČNÍ PRINCIPY**



Výběr separačních principů

PŘEDCHOZÍ	VYČISTI	NÁVRAT K ŘEŠENÍ PROBLÉMU	NÁVRAT K FR	REPORT	
------------------	----------------	---------------------------------	--------------------	--------	--

0
VÝBĚR ZE SEZNAMU TRENDŮ A ZÁKONITOSTI ROZVOJE TECHNICKÝCH SYSTÉMŮ: *Zaškrtnutím je proveden výběr pro vymačkaní vybraných použítve tlačítka "VYČISTI".*

TREND/ZÁKONITOST **POPS (příklad)**

<input type="checkbox"/> Separace konfliktních vlastností v prostoru;	Nápat musí lepit, aby držela na kůži, ale nesmí lepit aby se nepřilepila na ránu. Řešením je separace lepicích prvků na okraje a měkkých prvků do středu náplasti.
<input type="checkbox"/> Separace konfliktních vlastností v čase;	Příkladem může být letadlo s proměnnou geometrií křídla, kdy je využit vhodný tvar pro vzlet, samotný let, či přistání.
<input type="checkbox"/> Systémový přechod: Kombinace homogenních a heterogenních systémů v nadsystemu;	K opracování stran tekutého skleněného pláště, je slépeno několik pláštů dohromady k zamezení popraskání.
<input type="checkbox"/> Systémový přechod: Přechod systému na anti-systém; nebo kombinace s anti-systémem;	K zastavení kvarkem, lze použít ubrousek s jinou krevní skupinou.
<input type="checkbox"/> Systémový přechod: Celý systém má vlastnost "X", zatímco jeho části mají vlastnosti opačné "X" (anti-X);	Čelisti nářadí na uchopení komplexních tvarů jsou vyrobeny ze segmentů, které se mohou samostatně pohybovat.
<input type="checkbox"/> Systémový přechod: Přechod na systém, který pracuje na mikro úrovni;	Ke zvýšení přilnavosti, namísto mechanického krouhodu je používán "Jeramíní krouhoket".
<input type="checkbox"/> Fázový přechod: Nahrazení fázového stavu pomocí části systému, nebo externím prostředím;	Použití zkapalněného plynu namísto stlačeného plynu v pneumatických systémech.
<input type="checkbox"/> Fázový přechod: Dva fáze části systému (použití substancí s chropnými konverze mezi fázemi v závislosti na řídicích podmínkách);	Ke zlepšení výkonu tepelného výměníku, může být navrženo vysohoti segmenty z brázovou paměí, pro změnu pracovní plochy dle teploty.
<input type="checkbox"/> Fázový přechod: Využití tenomému spojením s fázovým přechodem;	Ke přípravě smazávacích objektů je navrženo využit jako podběhy lebové hře. Ty díky teni výrazně snižují tření.
<input type="checkbox"/> Fázový přechod: Nahrazení mono-fázového stavu, více-fázovým stavem;	K vylepšení náterových dílů, je používáno ledičko média z roztaženého pliva a částechy feromagnetického abrasiva.
<input type="checkbox"/> Fyzikálně-chemický přechod: Vnikání zánik substance jako výsledek rozkladu-kombinace, nebo jonizace-rekombinace;	Třecí plocha dřevěného lešáka je plastifikována amoniakovou solí, která se při zahřívání rozkládá.
<input type="checkbox"/> Separace opačných vlastností na makro-úrovni (v čase, prostoru, nebo jiném vhodném parametru);	Separace na úrovni systému
<input type="checkbox"/> Separace opačných vlastností na mikro-úrovni (v čase, prostoru, nebo jiném vhodném parametru);	Separace na úrovni podsystemu
<input type="checkbox"/> Separace opačných vlastností mezi systémem a podsystemem;	Podsystem má opačnou vlastnost oproti systém - Separace na úrovni systému
<input type="checkbox"/> Přidání opačných vlastností systému a anti-systému, potom konvergovat (separace na úrovni nadsystemu);	"Zapužení" potřebného elementu s potřebnými vlastnostmi z nadsystemu, poté konvergování do našeho systému - Separace na úrovni nadsystemu
<input type="checkbox"/> Separace opačných vlastností přidáním nové funkcionality vlastnosti;	Podávkae "musí být velká a zároveň malá", se změní na "musí mít velkou plochu, a malý objem" - Separace na úrovni vlastnosti
<input type="checkbox"/> Použití opačných vlastností eliminací vlastnosti;	Dedukce, přirovnání, imitace, jako něco, představení si něčeho - Separace na úrovni vlastnosti
<input type="checkbox"/> Použití opačných vlastností nahrazením nebo přidáním jiného parametru;	Separace na úrovni vlastnosti
<input type="checkbox"/> Použití opačných vlastností modifikací referenční hodnoty;	Separace na úrovni hodnoty

Obr. P9-12: List se seznamem separačních principů.

Tento list funguje obdobně jako list pro výběr Trendů. Zaškrtnutím čtverečků jsou vybrány vhodné separační principy, v případě nutnosti lze výběr vyčistit dlaždicí **VYČISTI**

Poté co jsou principy vybrány, pokračuje se kliknutím na dlaždici **NÁVRAT K FR**



Dále se pokračuje kliknutím na dlaždici **DALŠÍ**

Standardní řešení

PŘEDCHOZÍ	NÁVRÁT K ŘEŠENÍ PROBLÉMU	DALŠÍ	REPORT											
<small>o</small> VÝBĚR ZE STANDARDNÍCH ŘEŠENÍ: <i>Vberte vhodný problém / čeho řešení hledáte.</i> CO ŘEŠÍME: STANDARDNÍ ŘEŠENÍ:														
<table border="1" style="width:100%"> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </table>														

Obr. P9-13: List pro výběr skupiny standardních řešení.

Tento list poskytuje prostor pro výběr vhodných invenčních standardů pro daný problém.

Aplikace je obdobná listu pro výběr vědeckých efektů.

Z nabídky **CO ŘEŠÍME**, se vyberou související oblasti, a tím se vygenerují vhodné skupiny standardních řešení.

VÝBĚR ZE STANDARDNÍCH ŘEŠENÍ:	<i>Vberte vhodný problém / čeho řešení hledáte.</i>														
CO ŘEŠÍME:	STANDARDNÍ ŘEŠENÍ:														
<table border="1" style="width:100%"> <tr><td> </td><td>▼</td></tr> <tr><td>A. Nekompletní Su-Field (vopol)</td><td> </td></tr> <tr><td>B. Měření/detekce problémů</td><td> </td></tr> <tr><td>C. Škodlivé efekty</td><td> </td></tr> <tr><td>D. Nedostatečné nebo nadměrné vazba (vztahy)</td><td> </td></tr> </table>		▼	A. Nekompletní Su-Field (vopol)		B. Měření/detekce problémů		C. Škodlivé efekty		D. Nedostatečné nebo nadměrné vazba (vztahy)		<table border="1" style="width:100%"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>				
	▼														
A. Nekompletní Su-Field (vopol)															
B. Měření/detekce problémů															
C. Škodlivé efekty															
D. Nedostatečné nebo nadměrné vazba (vztahy)															

Na další list pokračujeme kliknutím na dlaždici **DALŠÍ**

Ostatní nástroje

PŘEDCHOZÍ	NÁVRÁT K ŘEŠENÍ PROBLÉMU	DALŠÍ	REPORT																	
<small>o</small> OSTATNÍ NÁSTROJE TRIZ <i>pokud je to nutné, lze použít další nástroje z teorie TRIZ. Do následujících řádků vpište výstupy jednotlivých nástrojů. Pokud jsou výstupem obrázky, vložte ať do reportu.</i> NÁSTROJ: VÝSTUP:																				
<table border="1" style="width:100%"> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </table>																				

Obr. P9-14: List pro možné rozšíření o doplňující nástroje.

Tento list slouží k rozšíření metodiky o další nástroje TRIZ (případně jiné).

Do prázdných buněk, lze ručně dopsat použité nástroje a metody a jejich výstupy.

Kliknutím na dlaždici **DALŠÍ** se dostaneme zpět na list **ŘEŠENÍ PROBLÉMU**.

Zde, jak již bylo popsáno, se na základě nalezených směrů vyplní nápady na řešení daného problému a pokračuje se kliknutím na dlaždici **DALŠÍ**

Generování námětů

Report až po vyplnění všech kroků.
Uložte jako PDF.

PŘEDCHOZÍ **REPORT**

POPIS PROCESU:
 Váš popis problému: 0
 Proces: 0
 Problém: 0
 Smysl procesu: 0
 Metoda procesu: 0
 Ideální stav: 0
 Odkazy na ideální stav: 0

ŘEŠENÍ PROBLÉMU: Projděte inspiraci, a pokud se nalézt další nápady, poté projděte seznam nápadů a vygenerujte možné náměty na řešení problému.

Inspirace: Seznam nápadů:

--	--

Hledej nápady z inspirace online: <https://www.moreinspiration.com/Search>
<https://asknature.org/>
<https://www.youtube.com/>
<https://www.google.com/>

Hledej nápady z inspirace v patentech a publikacích: <https://www.patentinspiration.com/>
<https://patents.google.com/>
<https://worldwide.espacenet.com/>
<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf>

<https://scholar.google.com/>
<https://www.proquest.com/>
<https://doi.org/>

Další nápady:

Uložte jako PDF 1. report s popsáním problémem a vygenerovanými nápady **REPORT 1**

GENEROVÁNÍ NÁMĚTŮ:

Prvotní náměty:	N1	Další náměty:	N2.1
	N2		N2.2
	N3		N2.3
	N4		N2.4

Obr. P9-15: List pro generování námětů.

Tento list je závěrečnou fází aplikace metodiky.

V horní části jsou vypsány nalezené nápady (ideje) na řešení problému. Jako první krok je možné, ještě nalézt inspiraci v již skutečných systémech. Pomocí odkazů lze například prohledat databáze patentů, nebo volně dostupných vědeckých článků. Také je na čase prověřit položky ze seznamu **inspirace**. Po prověření zdrojů inspirace lze zaznamenat **nově nalezené nápady na řešení**.

Další nápady:

V tento moment je možné kliknutím na dlaždici **REPORT** nebo **REPORT 1** přejít na list REPORT, a ten uložit, nebo vytisknout aby byl pro generování prvotních námětů všechny informace na jednom místě.

Poté následuje **generování námětů na řešení**. Náměty jsou zapisovány ručně.

GENEROVÁNÍ NÁMĚTŮ:

Prvotní náměty:	N1
	N2
	N3
	N4
	N5
	N6
	N7
	N8
	N9
	N10
	N11

Navržené náměty lze opět konzultovat s odborníky, případně ověřit jejich funkčnost. V případě nějaké změny a doplnění lze vyplnit **další náměty**.

V případě nalezení a ověření je možné zaznamenat **finální vybrané řešení**, případně lze **popsat nový proces**.

Aplikace se ukončí kliknutím na dlaždici **REPORT** a jeho uložením, či vytisknutím.

PŘÍLOHA č. 10: Souhrn aplikací metodiky z experimentální části

PRECIOSA - LUSTRY – aplikace metodiky na segmenty procesu balení

Tab. P10-1: aplikace metodiky na segment přípravy balení

Problém	<Nebyl stanoven>
Proces	Příprava balení
Smysl	Příprava dílů, materiálů a obalu na balení;
Princip	Přenášení, skládání, lepení páskou;
Ideální stav	<ul style="list-style-type: none"> - box je připraven sám; - není potřeba pro box;
Otázky na ideální stav	<ul style="list-style-type: none"> - jakým způsobem se může box připravit sám (také materiály, a díly)?; - jakým způsobem balit bez potřeby boxu?;
Trendy (TESE)	<nebyly použity>
Vědecké efekty	Háky, adhesiva; pěna; povlaky; laminace; vakuum; magnetismus;
Technické rozpory	<p>TR1: Chceme automaticky připravit box; Zhorší se cena, složitost;</p> <p>Parametry, které chceme zlepšit: 32; Parametry, které se nepřipustně zhoršují: 35;</p>
Invenční principy (počet výskytů)	Separace; Inverze; Dynamizace
Fyzikální rozpory	<nebyl definován>
Separáčnické principy	<nebyly použity>
Standards	<nebyly použity>
Inspirace	Skladování materiálu v místě balení, gravitační dopravníky
Seznam nápadů	Probalový materiál je formován do tvaru boxu – není potřeba pro box; lepidlo; materiály, magnety

Tab. P10-2: aplikace metodiky na segment balení

Problém
<Nebyl stanoven>
Proces
Balení
Smysl
Vložení dílů do obalu
Princip
Vkládání dílů s probalovým materiálem do boxů, uzavření boxu
Ideální stav
- díly jsou baleny samy;
Otázky na ideální stav
- Jak docílit, aby se díly balily samy?
Trendy (TESE)
<nebyly použity>
Vědecké efekty
Gravitace;
Technické rozpory
<nebyly použity>
Invenční principy (počet výskytů)
<nebyly použity>
Fyzikální rozpory
<nebyly použity>
Separáční principy
<nebyly použity>
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
Použití netypických probalových materiálů (ekologičnost);
Seznam nápadů
Gravitace, naopak (hýbat s obalem a ne s dílem); statická elektřina (probalový materiál se sám uchycuje k dílům);

Tab. P10-3: aplikace metodiky na segment dokumentace

Problém
<Nebyl stanoven>
Proces
Vkládání dokumentace do balení
Smysl
Připojení informací o dílech
Princip
Vložení papírových dokumentů do boxu
Ideální stav
- Není potřeba dokumentace;
- Není potřeba fyzické dokumentace;
Otázky na ideální stav
- Jak připojit informace o produktu bez fyzické dokumentace?;
Trendy (TESE), Vědecké efekty
<nebyly použity>
Technické rozpory, Invenční principy (počet výskytů)
<nebyly použity>
Fyzikální rozpory, Separáční principy
<nebyly použity>
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
< - >
Seznam nápadů
Elektronická dokumentace

Tab. P10-4: aplikace metodiky na segment kompletace balení

Problém
<Nebyl stanoven>
Proces
Kompletace balení;
Smysl
Přiložení informací na balík (příprava pro transport)
Princip
Vážení, polep štítkem;
Ideální stav
- Potřebné informace se objeví samy;
- Není potřeba informace na obalech;
Otázky na ideální stav
- Jak se mohou informace objevit samy?;
- Jak přepravovat balíky bez nutnosti označení (informací)?;
Trendy (TESE)
<nebyly použity>
Vědecké efekty
<nebyly použity>
Technické rozpory
<nebyly použity>
Invenční principy (počet výskytů)
<nebyly použity>
Fyzikální rozpory
<nebyly použity>
Separční principy
<nebyly použity>
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
< - >
Seznam nápadů
Průhledné materiály (je vidět dovnitř); balení na váze (sloučení operací); transport na váze; světelně senzitivní oblast (namísto tisku stačí ozářit); připojovací kolečka na boxy;

FLÄKTGROUP – aplikace metodiky na segmenty procesu montáže HVAC jednotek

Tab. P10-5: aplikace metodiky na segment předmontáže (přípravy montáže)

Problém
<Nebyl stanoven>
Proces
Předmontáž / příprava montáže
Smysl
Příprava/předmontování – dílů určených pro jednotlivá stanoviště na montáži. Příprava drobných součástí a podsestav pro další pracoviště. (zvýšení efektivity samotné montáže)
Princip
Nýtování, lepení, předeřev, ruční spojování, stříhání nůžky, kontrola, nýtování plast. dílů (s jiným nástavcem)
Ideální stav
- Není třeba nýtovat/lepit; - Není potřeba drobných součástí;
Otázky na ideální stav
- jak docílit, aby byly díly spojeny bez nýtování/lepení?; - jak montovat bez drobných dílů?;
Trendy (TESE)
<nebyly použity>
Vědecké efekty
adhesiva; pěna; povlaky; laminace; magnetismus; Technické rozpory, Invenční principy (počet výskytů), Fyzikální rozpory, Separační principy
<nebyly použity>
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
Pre-assembly techniques; assembly preparation; ...
Seznam nápadů
Využití přípravků;

Tab. P10-6: aplikace metodiky na segment montáže

Problém
<Nebyl stanoven>
Proces
Montáž dílů a podsestav
Smysl
Spojení připravených dílů a výměníku do finálního výrobku (CB jednotka); Vytvoření jednotek
Princip
Převážně pomocí nýtování; lisovací kleště; falcování; ruční operace
Ideální stav
- díly se spojí samy; - není nutno nýtovat/falcovat/lisovat;
Otázky na ideální stav
- jak docílit, aby se díly spojovali samy?; - jak spojovat díly bez nýtování?;
Trendy (TESE)
<nebyly použity>
Vědecké efekty
Háky, adhesiva; laminace; magnetismus; svařování; Technické rozpory, Invenční principy (počet výskytů), Fyzikální rozpory, Separační principy
<nebyly použity>
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
< - >
Seznam nápadů
Automatizace; přípravky na snazší polohování; změna pořadí operací; sloučení operací; asistovaná montáž;

Tab. P10-7: aplikace metodiky na segment testování

Problém
<Nebyl stanoven>
Proces
Testování výměníků
Smysl
Ověření funkčnosti/těsnosti výměníků (voda, vzduch)
Princip
Test na těsnost jednotky (připojit, uzavřít, PC); Test na těsnost výměníku (Připojit, PC)
Ideální stav
- není nutné testovat; - ověření těsnosti je provedeno samo;
Otázky na ideální stav
- jak zajistit aby nebylo třeba testovat?; - jak docílit, aby bylo ověření provedeno samo?;
Trendy (TESE)
<nebyly použity>
Vědecké efekty
<nebyly použity>
Technické rozpory, Invenční principy (počet výskytů), Fyzikální rozpory, Separační principy
<nebyly použity>
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
< - >
Seznam nápadů
Kvalita předešlých operací tak aby nebylo nutné testovat; testování simultánně s jinou operací; testovat oba testy naráz; výměník testovat před montáží; využití zobrazovacích/signalizujících aditiv;

Tabulka P10-8: aplikace metodiky na segment balení

Problém
<Nebyl stanoven>
Proces
Očištění a zabalení hotové jednotky
Smysl
ochrana finálních jednotek před poškozením během skladování a expedice
Princip
Křicí fólie (při průchodu „bránou“); kartony; páskování; paleta;
Ideální stav
- jednotky nepotřebují ochranu; - jednotky se chrání samy; - jednotky se zabalí samy;
Otázky na ideální stav
- jak zajistit, aby jednotky nepotřebovali ochranu?; - jak zajistit, aby se jednotky chránili samy?; - jak zajistit, aby se jednotky zabalili samy?;
Trendy (TESE)
<nebyly použity>
Vědecké efekty
<nebyly použity>
Technické rozpory, Invenční principy (počet výskytů), Fyzikální rozpory, Separační principy
<nebyly použity>
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
Packing techniques; packing line; packing innovation;
Seznam nápadů
Využití gravitace;

PRUSA RESEARCH – aplikace metodiky na aktivitách v odd. tiskové farmy

Tab. P10-9: aplikace metodiky na aktivitu identifikace tiskárny

Problém	
dlouhý čas trávený identifikací tiskáren; Je potřeba zajistit identifikaci tiskáren, především dostupných ale i zastavených s chybou, nebo hotových.	
Proces	
hledání tiskáren;	
Smysl	
rychle nalézt požadovanou tiskárnu;	
Princip	
oči a nohy (procházení farmou, hledání);	
Ideální stav	
- tiskárna se sama identifikuje; - není třeba tiskárnu identifikovat;	
Otázky na ideální stav	
- jak docílit, aby se tiskárna identifikovala sama? - jak docílit, aby nebylo třeba tiskárnu identifikovat?	
Trendy (TESE)	
Existence spojení mezi částmi technického systému; Zvyšování stupně ideality; Nerovnoměrnost rozvoje částí systému; Změny měřítka; Změny propojení; Zvyšování stupně kontroly nad systémem; Chytré materiály; Zvyšování stupně dělení (segmentace); Přechod z makro do mikro (a dále); Přechod do nad-systému; Sítě a vlákna; Rozbití hranic; Dynamizace; Sladění akcí; Sladění rytmu; Mono-Bi-Poly (podobné); Zvýšení využití smyslů; Zvýšení využití barev; Zvýšení transparentnosti; Redukce zahrnutí lidí; Redukce počtu energetických konverzí;	
Vědecké efekty	
značkování látek použitím luminoforu; (transformace vnějšího pole) nebo feromagnetika (vytvoření vlastního pole); odraz a emise světla; fotoelektrický jev; rentgenové a radioaktivní záření; luminiscence; záměna elektrického a magnetického pole; elektrické výboje; Dopplerův jev; deformace; osmóza; zelektrizování; elektrický výboj; piezo-elektrický jev; elektronová emise; elektrooptické jevy; Hopkinsonův jev; Barkhausenův jev; Hallův jev; jaderná magnetická rezonance; gyromagnetický jev; magnetooptické jevy; vodík; organicko - kovových příměsí v plynu; ozonu; chemiluminescence v reakcích oxidace; fluorescence; hydro fotografie; hydrodynamika toků; tepelné při fázovém přechodu; tepelné v termo-chromech; korónového výboje při tvorbě ozonu; radioaktivního záření při tvorbě ozonu; radioaktivního záření v rádio-chromech; viditelného záření ve foto-chromech; UV záření ve foto-chromech;	
Technické rozpory	
TR1: Chceme identifikovat stav tiskárny Zhorší se Náročná instalace (600+ tiskáren)	TR2: Chceme usnadnit určení polohy a stavu tiskárny bez fyzické signalizace Zhorší se: je to drahé
Parametry, které chceme zlepšit:	24; 18;
Parametry, které se nepřipustně zhoršují:	20; 25; 27; 35; 36;
Invenční principy (počet výskytů)	
32. Změna optických vlastností (3x); 1. Segmentace (3x); 19. Periodická akce (2x); 28. Mechanická substituce (2x); 26. Kopírování (2x); 15. Dynamičnost (2x); 10. Předběžná akce (1x); 24. Prostředník (1x); 6. Univerzálnost, Multi-funkčnost (1x); 35. Změna parametrů (1x); 23. Feedback, Zpětná vazba (1x); 13. Inverze, Naopak (1x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (1x);	
Fyzikální rozpory	
Chceme přidat LED diody, aby byla lepší signalizace Nechceme přidat diody, aby to nebylo náročné na provedení	
Separáční principy	
A1. Separace konfliktních vlastností v prostoru; A2. Separace konfliktních vlastností v čase; A3. Systémový přechod: Kombinace homogenních a heterogenních systémů v nad-systému; A4. Systémový přechod: Přechod systému na anti-systém, nebo kombinace s anti-systémem; A5. Systémový přechod: Celý systém má vlastnost "X", zatímco jeho části mají vlastnosti opačné "X" (anti-X); A6. Systémový přechod: Přechod na systém, který pracuje na mikro úrovni;	
Standardy	
modifikace existující látky; fázové přechody; modifikace pole; přidání nové látky; přidání nového pole; přidání pole a látky; feromagnetika; přechod do pod-systému; přechod do nad-systému;	
Inspirace	
;	
Seznam nápadů	
zrcátka; Mapování farmy jako skladu - snaha dávat četné a krátké díly na bližší tiskárny, program, který dokáže určit vhodné volné stanoviště (nutná čtečka pro info o započaté či ukončené výrobě); jeden farmář "seje" - druhý "sklízí?"; blikání samotným displayem (firmware); namísto identifikace - řízení pomocí skladového systému;	

Tab. P10-10: aplikace metodiky na aktivitu zapnutí (zahájení) tisku

Problém
automatické zahájení výroby nutno volit manuálně z SD karet
Proces
zadání požadovaných dílů pro tisk
Smysl
začít vyrábět požadované díly
Princip
Ručně - z SD karty
Ideální stav
- Tiskárny si samy navolí požadovaný soubor k tisku, dle přijaté objednávky; - operátor přiřazuje práci tiskárnám od PC;
Otázky na ideální stav
- jak docílit, aby si tiskárny samy navolí soubor k tisku dle objednávky?; - jak docílit, aby bylo možné přiřazovat práci / zapínat/ tiskárny od počítače?;
Trendy (TESE)
Zvýšení informační saturace; Zvyšování stupně kontroly nad systémem; Zvyšování stupně dělení (segmentace); Přechod z makro do mikro (a dále); Sítě a vlákna; Rozbití hranic; Dynamizace; Sladění akcí; Sladění rytmu; Ovladatelnost; Redukce počtu energetických konverzí;
Vědecké efekty
<nebyly použity>
Technické rozpory
TR1: Chceme automatické zadávání práce Zhorší se složitost provedení Parametry, které chceme zlepšit: 24; 39; Parametry, které se nepřipustně zhoršují: 25; 36; 32;
Invenční principy (počet výskytů)
28. Mechanická substitute (3x); 24. Prostředník (3x); 32. Změna optických vlastností (2x); 12. Ekvipotenciálnost, Stejná hladina (1x); 35. Změna parametrů (1x); 26. Kopírování (1x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (1x); 2. Extrakce, Separace (1x);
Fyzikální rozpory
Chceme automatické zadávání, aby nebyli třeba farmáři Nechceme automatické, aby nebyly náklady na zavedení
Separční principy
A1. Separace konfliktních vlastností v prostoru; A2. Separace konfliktních vlastností v čase; A3. Systémový přechod: Kombinace homogenních a heterogenních systémů v nad-systému; A4. Systémový přechod: Přechod systému na anti-systém, nebo kombinace s anti-systémem; A5. Systémový přechod: Celý systém má vlastnost "X", zatímco jeho části mají vlastnosti opačné "X" (anti-X);
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
Industry 4.0; IT komunikační technologie;
Seznam nápadů
uetooth; LAN; Industry 4.0 - komunikace; senzorika;

Tab. P10-11: aplikace metodiky aktivitu kontrola tisku

Problém
je potřeba kontrolovat 1. vrstvu tisku (pohledová - a je vidět pokud je tiskárna špatně nastavená)
Proces
kontrola tisku - 1. vrstvy
Smysl
Ověření správnosti tisku, hned na začátku (zamezení plýtvání času a materiálu na neshodnou výrobu)
Princip
operátor prezenčně, během tisku umí tiskárna velké vady vyhodnotit sama, operátor může také namátkově kontrolovat kvalitu během procházení farmou.
Ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - tiskárny se kontrolují samy; - farmář může kontrolovat na dálku;
Otázky na ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - jak docílit, aby se tiskárny kontrolovaly samy? (už první vrstvu); - jak docílit, aby bylo možné kontrolovat kvalitu 1. vrstvy na dálku?"
Trendy (TESE)
Změny měřítka; Dynamizace; Sladění akcí; Sladění rytmu; Mono-Bi-Poly (podobné); Zvýšení využití smyslů; Zvýšení využití barev; Zvýšení transparentnosti; Ovladatelnost; Redukce zahrnutí lidí;
Vědecké efekty
Lidar; Scan (reverse engineering); elektrický výboj; odraz světla; elektronová emise; záření; zavedení ""značek"" - látek, které transformují vnější pole (luminofoxy) nebo které vytvářejí vlastní pole (feromagnetika) a závisí na stavu a vlastnostech zkoumané látky; změna měrného eklektického odporu v závislosti na změně struktury a vlastností objektu; interakce se světlem; elektrooptické jevy; magnetooptické jevy; polarizované světlo; rentgenové a radioaktivní záření; elektronový paramagnetismus; jaderná magnetická rezonance; magneto-mechanické jevy; přechod přes Curieovu teplotu; Hopkinsonův jev; Barkhausenův jev; měření vlastní frekvence; kmitání objektu; ultrazvuk; Mössbauerův jev; Hallův jev; vodík; organicko - kovových příměsí v plynu; ozonu; chemiluminescence v reakcích oxidace; fluorescence; hydro fotografie; hydrodynamika toků; využití pásků; spirál; jednostranných povrchů; elips; parabol;
Technické rozpory
TR1: Chceme zlepšit detekci špatné vrstvy Zhorší se, je to drahé a složité Parametry, které chceme zlepšit: 24; 27; 28; Parametry, které se nepřípustně zhoršují: 9; 18; 25; 33; 36;
Invenční principy (počet výskytů)
32. Změna optických vlastností (6x); 13. Inverze, Naopak (4x); 28. Mechanická substituce (4x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (3x); 1. Segmentace (3x); 35. Změna parametrů (3x); 24. Prostředník (3x); 34. Odhození a regenerace (3x); 26. Kopírování (2x); 10. Předběžná akce (2x); 11. Předběžná ochrana (2x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (2x); 6. Univerzálnost, Multi-funkčnost (1x); 19. Periodická akce (1x); 21. Přeskočení (1x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (1x); 22. Škoda v užitek (1x); 40. Kompozity (1x); 4. Asymetrie (1x);
Fyzikální rozpory
<nebyl použit>
Separační principy
;
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
;
Seznam nápadů
kamery, UI - rozpoznání obrazu; kontrola ne celé vrstvy ale ihned za extruderem = menší senzor; Lidar / 3D scanner (reverse engineering); kontrola u 3D tisku kovů (foto s nasvícením povrchu z různých úhlů);

Tab. P10-12: aplikace metodiky na aktivitu doplnění materiálu

Problém
dlouhý čas trávený prostojů při výměně cívek materiálu; Během výměny je nutné aby tiskárna nepracovala; ztráty materiálu;
Proces
výměna cívek materiálu;
Smysl
Dodat k tiskárně dostatek materiálu;
Princip
Zastavení, vysunutí zbytku materiálu (struny), nasazení a zavedení nové cívky, spuštění;
Ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - Není potřeba doplňovat materiál; - materiál se doplňuje sám; - doplnění materiálu bez prostoje;
Otázky na ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - jak docílit, aby nebylo třeba materiál doplňovat?; - jak docílit, aby se materiál doplňoval sám?; - jak docílit aby bylo možné materiál doplnit bez prostoje?;
Trendy (TESE)
Změny měřítka; Změny propojení; Zvyšování stupně dělení (segmentace); Přechod z makro do mikro (a dále); Přechod do nad-systému; Zvyšování asymetrie (ke shodě s vnějšími asymetriemi); Dynamizace; Sladění akcí; Sladění rytmu; Nelinearita (přízpusobení s vnějškem); Mono-Bi-Poly (podobné);
Vědecké efekty
Diffusion Bonding; Melting; Welding; sypké materiály; pásky; kuličky; hyperboly; trojúhelníky Relo;
Technické rozpory
TR1: Chceme zlepšit dodávání materiálu do tiskárny Zhorší se potřeba zásahu člověka Parametry, které chceme zlepšit: 3; 13; 26; 39; 38; Parametry, které se nepřípustně zhoršují: 23; 25; 27; 33; 32; 36;
Invenční principy (počet výskytů)
35. Změna parametrů (13x); 10. Předběžná akce (10x); 1. Segmentace (7x); 29. Pneumatika a hydraulika (7x); 28. Mechanická substituce (6x); 24. Prostředník (6x); 2. Extrakce, Separace (4x); 3. Lokální kvalita (4x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (4x); 15. Dynamičnost (3x); 18. Mechanické kmity a vibrace (3x); 26. Kopírování (3x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (3x); 40. Kompozity (3x); 12. Ekvipotenciálnost, Stejná hladina (2x); 32. Změna optických vlastností (2x); 14. Sferoidalita, Zakřivení (2x); 19. Periodická akce (2x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (2x); 13. Inverze, Naopak (2x); 4. Asymetrie (2x); 38. Silné oxidanty (2x); 23. Feedback, Zpětná vazba (2x); 11. Předběžná ochrana (1x); 6. Univerzálnost, Multi-funkčnost (1x); 25. Samoobsluha (1x); 34. Odhození a regenerace (1x); 22. Škoda v užitek (1x); 7. Vnoření, Spojení (1x); 16. Částečná nebo nadměrná akce (1x); 5. Sloučení, Kombinování (1x);
Fyzikální rozpory
Chceme nekonečnou cívku, aby nebylo třeba doplňovat/měnit; Chceme konečnou cívku, aby nebyla složitá výroba;
Separační principy
Separace v čase; separace v prostoru;
Standards
modifikace existující látky; fázové přechody; modifikace pole; přidání nové látky; přidání nového pole; přidání pole a látky; feromagnetika; přechod do pod-systému; přechod do nad-systému;
Inspirace
instalátorské pistole na svařování trubek; textilní průmysl – navazování cívek;
Seznam nápadů
svařovací přípravek; tisk z granulátu; kontinuální dodávání (výroba materiálu zvláště pro farmu); cívky uloženy centrálně; spojení cívek;

Tab. P10-13: aplikace metodiky na aktivitu odebírání hotových dílů z tiskárny

Problém
Během odebírání dílů je potřeba člověka – cílem je snížení potřeby lidských zdrojů (automatizace)
Proces
odebírání hotových dílů
Smysl
odebrat díl a očistit plát pro další tisk;
Princip
škrabkou se odloupne díl, vloží se do bedny, alkoholem se očistí tisková podložka;
Ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - díly jsou odloupnuty samy; - tiskárna sama díly odloupne; - pláty se čistí samy; - není třeba pláty čistit;
Otázky na ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - jak docílit, aby se díly odlouply samy?; - jak docílit, aby díly odloupla samotná tiskárna?; - jak docílit aby se podložky čistili samy? (tiskárna?); - jak docílit, aby nebylo třeba pláty čistit?;
Trendy (TESE)
Změny měřítka; Chytré materiály; Zvyšování stupně dělení (segmentace); Sítě a vlákna; Zvyšování asymetrie (ke shodě s vnějšími asymetriemi); Rozbití hranic; Geometrická evoluce (lineární); Geometrická evoluce (objemová); Dynamizace; Sladění akcí; Sladění rytmu; Mono-Bi-Poly (podobné); Redukce zahrnutí lidí;
Vědecké efekty
působení magnetického pole na objekt nebo na feromagnetikum, které je spojené s objektem; působení elektrického pole na elektricky nabitý předmět; tlakové působení kapaliny nebo plynu; mechanické kmity; odstředivá síla; jev tepelné roztažnosti; elektrické pole; magnetické pole ve vazbě s feromagnetickou látkou; fixace v kapalinách tuhnucích v magnetickém nebo elektrickém poli; gyroskopický jev; reaktivní pohyb; spirál; kuliček; elips; parabol; pásky; jednostranných povrchů;
Technické rozpory
TR1: Chceme automaticky odebírat díly Zhorší se – je to drahé a komplikované Parametry, které chceme zlepšit: 9; 13; 23; 27; 35; Parametry, které se nepřipustně zhoršují: 21; 23; 25; 26; 32; 33; 35; 36; 38;
Invenční principy (počet výskytů)
35. Změna parametrů (19x); 10. Předběžná akce (13x); 15. Dynamičnost (9x); 28. Mechanická substituce (9x); 13. Inverze, Naopak (8x); 2. Extrakce, Separace (7x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (6x); 1. Segmentace (6x); 32. Změna optických vlastností (5x); 34. Odhození a regenerace (5x); 19. Periodická akce (4x); 18. Mechanické kmity a vibrace (4x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (4x); 29. Pneumatika a hydraulika (4x); 38. Silné oxidanty (4x); 24. Prostředník (4x); 3. Lokální kvalita (3x); 8. Anti-tíže (3x); 26. Kopírování (3x); 40. Kompozity (3x); 31. Pórovité materiály (3x); 21. Přeskočení (2x); 11. Předběžná ochrana (2x); 4. Asymetrie (2x); 6. Univerzálnost, Multi-funkčnost (1x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (1x); 14. Sferoidality, Zakřivení (1x); 22. Škoda v užitek (1x); 37. Teplotní roztažnost (1x); 33. Homogenita, Stejnorodost (1x); 12. Ekvipotencialnost, Stejná hladina (1x); 16. Částečná nebo nadměrná akce (1x); 39. Inertní prostředí (1x);
Fyzikální rozpory
Chceme automatizaci, aby nebylo třeba lidí; Nechceme automatizaci, protože je drahá;
Separační principy
Separace v čase; separace v prostoru;
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
;
Seznam nápadů
převaha dílů na podložce, doplnění čisté podložky; vibrovat plátem; ohnutí podložky; Výměna celé podložky; segmentovaná vyhřívaná podložka (pohyblivá); tisk na pás - po vytisknutí pás posune a ohne - díl spadne - pokračuje tisk na další kousek pásu - (na druhé straně probíhá čištění pásu);

Tab. P10-14: aplikace metodiky na aktivitu transport hotových dílů z farmy k dalšímu zpracování

Problém
zlepšit přepravu dílů z farmy na zpracování; díly jsou v bednách, přepravuje se, až když jsou plné, je za potřeby člověka;
Proces
přeprava dílů
Smysl
přemístit díly od tiskárny do druhé místnosti na zpracování
Princip
Díl do bedny, když je bedna plná - ke straně, když je plných beden hodně - přeprava.
Ideální stav
- díly jsou přepravovány okamžitě; - díly jsou přepravovány samy;
Otázky na ideální stav
- jak docílit, aby byly díly přepravovány okamžitě?; - jak docílit, aby byly díly přepravovány samy?
Trendy (TESE)
Nerovnoměrnost rozvoje částí systému; Změny měřítka; Chytré materiály; Zvyšování stupně dělení (segmentace); Segmentace prostoru; Segmentace plochy; Přejít z makro do mikro (a dále); Přejít do nad-systému; Síť a vlákna; Zvyšování asymetrie (ke shodě s vnějšími asymetriemi); Rozbití hranic; Geometrická evoluce (lineární); Geometrická evoluce (objemová); Dynamizace; Sladění akcí; Sladění rytmu; Nelinearita (přízpusobením s vnějškem); Mono-Bi-Poly (podobné);
Vědecké efekty
gravitace; setrvačnost; vibrace; kartáče / štětce; exploze; trychtýře; plavení (kapalina); tlak.vzduch; feromagnetismus; spirály; působení magnetického pole na objekt nebo na feromagnetikum, které je spojené s objektem; působení elektrického pole na elektricky nabitý předmět; tlakové působení kapaliny nebo plynu; mechanické kmity; odstředivá síla; jev tepelné roztažnosti;
Technické rozpory
TR1: Chceme zlepšit přepravu dílů Zhorší se – případná řešení zabírají moc místa Parametry, které chceme zlepšit: 9; 15; 26; 39; 38; Parametry, které se nepřípustně zhorší: 8; 6; 4;
Invenční principy (počet výskytů)
35. Změna parametrů (2x); 10. Předběžná akce (2x); 2. Extrakce, Separace (2x); 7. Vnoření, Spojení (2x); 23. Feedback, Zpětná vazba (1x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (1x); 37. Teplotní roztažnost (1x); 18. Mechanické kmity a vibrace (1x); 14. Sferoidalita, Zakřivení (1x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (1x); 40. Kompozity (1x); 4. Asymetrie (1x); 26. Kopírování (1x);
Fyzikální rozpory
<nebyl použit>
Separáčnické principy
;
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
přeprava balíků na poště (+ třídící linky);
Seznam nápadů
karakuri; válečkové-gravitační dopravníky; přemísťování magnetem (podložky); vibrační dopravníky; přidání pastí pro třídění dílů;

ATELIÉR ALENY SOJKOVÉ – aplikace metodiky na segmenty procesu výroby černých očí

Tab. P10-15: aplikace metodiky na celý proces výroby černých očí s drátěným očkem

Problém
výroba celočerných skleněných očí (nárazově velké objednávky, proto by bylo vhodné produkci zlepšit tak aby mohli být objednávky naplňovány bez ovlivnění termínů ostatních (náročnějších očí). výroba je pomalá
Proces
Výroba celočerných očí s drátěným očkem.
Smysl
Vyrobit celočerné skleněné oko (ve tvaru kulového vrchlíku) s drátěným očkem vespodu.
Princip
1) natavení drátěného očka na skleněnou tyčku; 2) natavení skla na drátěné očko, formování v kovové formě, kontrola rozměrů; 3) chlazení ve skelné vatě; 4) odlomení skleněné tyčky; 5) očištění zbytku skla z očka; sklo je tavěno plamenem (propan-butan + vzduch); všechny operace jsou prováděny ručně;
Ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - Oči jsou vyráběny samy; - Oči lze vyrobit pouze jednou operací; - Výroba je radikálně usnadněna;
Otázky na ideální stav
<ul style="list-style-type: none"> - Jak docílit, aby se oči zhotovovaly samy?; - Jak docílit, aby bylo možné vyrobit oči v rámci jedné operace?; - Jak docílit, aby byla výroba radikálně zjednodušena/zrychlena?;
Trendy (TESE)
Existence spojení mezi částmi technického systému; Zvyšování stupně ideality; Nerovnoměrnost rozvoje částí systému; Změny měřítka; Změny propojení; Zvyšování stupně kontroly nad systémem; Chytré materiály; Zvyšování stupně dělení (segmentace); Segmentace prostoru; Segmentace plochy; Segmentace objektu; Přechod z makro do mikro (a dále); Přechod do nadsystému; Síťe a vlákna; Snížování hustoty; Zvyšování asymetrie (ke shodě s vnějšími asimetriemi); Rozbití hranic; Dynamizace; Sladění akcí; Sladění rytmu; Mono-Bi-Poly (podobné); Trimming; Redukce zahrnutí lidí; Redukce počtu energetických konverzí;
Vědecké efekty
<nebyly použity>
Technické rozpory
TR1: ZLEPŠIT: Produkci černých skleněných očí; ZHORŠUJE: nízká míra zlepšení;
TR2: ZLEPŠIT: vyrobit oko na jednu operaci; ZHORŠUJE: vysoké náklady a složitost zařízení;
Parametry, které chceme zlepšit: 39; 38; 35; 33; 32; 25; 21; 9;
Parametry, které se nepřipustně zhoršují: 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37;
Invenční principy (počet výskytů)
1. Segmentace (18x); 35. Změna parametrů (16x); 28. Mechanická substituce (13x); 34. Odhození a regenerace (13x); 2. Extrakce, Separace (11x); 10. Předběžná akce (11x); 26. Kopírování (7x); 13. Inverze, Naopak (7x); 15. Dynamičnost (6x); 32. Změna optických vlastností (6x); 12. Ekvipotencialnost, Stejná hladina (6x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (6x); 16. Časnečná nebo nadměrná akce (6x); 18. Mechanické kmity a vibrace (5x); 4. Asymetrie (5x); 24. Prostředník (4x); 19. Periodická akce (3x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (3x); 6. Univerzálnos, Multi-funkčnost (2x); 5. Sloučení, Kombinování (2x); 29. Pneumatika a hydraulika (2x); 3. Lokální kvalita (2x); 7. Vnoření, Spojení (2x); 11. Předběžná ochrana (2x); 37. Teplotní roztažnost (2x); 25. Samoobsluha (2x); 39. Inertní prostředí (2x); 20. Plynulost užitečné akce (1x); 22. Škoda v užitek (1x); 8. Anti-tíže (1x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (1x); 31. Pórovité materiály (1x); 21. Přeskočení (1x); 9. Předběžná protiakce (1x);
Fyzikální rozpory
<nebyl definován>
Separační principy
<nebyly použity>
Standardy
<nebyly použity>
Inspirace
skleněná automatizace (kuličky, lahve, skleničky, korálky, ...); potravinářství (tvarování hmoty - těsta, mochi, ...);
Seznam nápadů
3D tisk - skleněný prášek?; mačkání (forma); foukání (úspora materiálu);

Tab. P10-16: aplikace metodiky na segment natavení drátěného oka

Problém
pro zhotovení oka s drátěným očkem, je nutné oko nejprve natavit na skleněnou tyčku, na které se poté vyrábí celé oko. dlouhé, nepřidává hodnotu, na konci se odlamuje a zanechává nečistoty.
Proces
Natavení drátěného oka na skleněnou tyčku
Smysl
přípevnit oko na skleněnou tyčku, nahrazení drátu
Princip
pinzetou uchopení oka, natavení na skleněnou tyčku
Ideální stav
- Není třeba natavovat; - Natavuje / připěvňuje se samo;
Otázky na ideální stav
- Jak docílit, aby nebylo potřeba oko natavovat?; - Jak docílit, aby se oka připěvňovala sama?;
Trendy (TESE)
Zvyšování stupně ideality; Nerovnoměrnost rozvoje částí systému; Změny měřítko; Změny propojení; Nárůst interakcí látka-pole (substance-field); Chytré materiály; Zvyšování stupně dělení (segmentace); Segmentace prostoru; Segmentace plochy; Segmentace objektu; Přejchod z makro do mikro (a dále); Přejchod do nadsystému; Síť a vlákna; Zvyšování asymetrie (ke shodě s vnějšími asymetriemi); Rozbití hranic; Geometrická evoluce (lineární); Geometrická evoluce (objemová); Dynamizace; Sladění akcí; Sladění rytmu; Mono-Bi-Poly (podobné); Ovladatelnost;
Vědecké efekty
hačky; adhesiva; feromagnetosmus; pájení; elektrické pole; magnetické pole ve vazbě s feromagnetickou látkou; fixace v kapalinách tuhoucích v magnetickém nebo elektrickém poli; gyroskopický jev; reaktivní pohyb; pomocí hydridů; sváření; tavení-tuhnutí; molekulární spojení; sypké materiály; pásky; kuličky; hyperboly; trojúhelníky Relo; kuličky;
Technické rozpory
TR1: ZLEPŠIT: připěvnit drátěné oko na oko; ZHORŠUJE: nutno odlamovat a očistit; TR2: ZLEPŠIT: držet oko bez čistění; ZHORŠUJE: nemožnost rotovat (tedy vyrábět); Parametry, které chceme zlepšit: 13; 27; Parametry, které se nepřipustně zhoršují: 33; 35; 36;
Invenční principy (počet výskytů)
35. Změna parametrů (5x); 13. Inverze, Naopak (2x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (2x); 2. Extrakce, Separace (2x); 32. Změna optických vlastností (1x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (1x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (1x); 34. Odhození a regenerace (1x); 22. Škoda v užitek (1x); 8. Anti-tíže (1x); 40. Kompozity (1x); 1. Segmentace (1x); 24. Prostředník (1x); 26. Kopírování (1x);
Fyzikální rozpory
<nebyl definován>
Separační principy
<nebyly použity>
Standardy
C: a. Modifikace existující látky ; b. Modifikace existujícího pole ; c. Přidání nové látky ; d. Přidání nového pole ; e. Přidání nové látky a pole ; f. Přejchod do pod-systému ; g. Přejchod do nad-systému ;
Inspirace
výroba uměleckých předmětů, figurek a td, ...;
Seznam nápadů
"versatilka"; magnet; skřipec; lepit; lepení oček na hotové oči; uchopení na magnetický držák; fixace v pružné nebo mechanické tyčky; pájení oček na drát; vyrobit oko bez oka, oko připojit nakonec;

Tab. P10-17: aplikace metodiky na segment formování oka

Problém	dlohá doba formování - možná nepřesnost výroby, nutná kontrola.
Proces	Navynování a formování skla do tvaru černého oka (kulový vrchlík)
Smysl	vytvořit skleněné oko (černé - s drátěným očkem)
Princip	v plamenu je natavena skleněná tyč - namotána na drátěné očko - po namotání vhodného množství je tavenina tvarována v kovové formě a kontrolována přiložením k posuvnému měřidlu.
Ideální stav	<ul style="list-style-type: none"> - Oči jsou tvarovány samy; - Dávka skla je odebrána přesně a sama; - Není potřeba kontrolovat správnost rozměru;
Otázky na ideální stav	<ul style="list-style-type: none"> - Jak docílit, aby se oči tvarovaly samy?; - Jak docílit aby docházelo k přesnému dávkování skla?; - Jak docílit, aby nebyla potřeba kontrola rozměrů?;
Trendy (TESE)	Průchodnost energie systémem; Zvyšování stupně ideality; Nerovnoměrnost rozvoje částí systému; Změny měřítka; Změny propojení; Chytré materiály; Zvyšování stupně dělení (segmentace); Segmentace prostoru; Segmentace plochy; Segmentace objektu; Přechod z makro do mikro (a dále); Přechod do nadsystému; Snižování hustoty; Zvyšování asymetrie (ke shodě s vnějšími asymetriemi); Rozbití hranic; Dynamizace; Sladění akcí; Sladění rytmu; Mono-Bi-Poly (podobné); Trimming; Redukce zatížení lidí;
Vědecké efekty	Coanda efekt; Jev tepelné roztažnosti; deformace; magnetostrikční jev; elektro-strikční jev; piezo-elektrický jev; transportní reakce; termochemické působení; plynné hydráty; stlačené plyny; hydridy; tavení - tuhnutí; spirál; kuliček; elips; parabol;
Technické rozpory	<p>TR1: ZLEPŠIT: tvarovat oči automaticky; ZHORŠUJE: drahé a složité;</p> <p>TR2: ZLEPŠIT: přesné dávkování skla; ZHORŠUJE: drahé a složité;</p> <p>Parametry, které chceme zlepšit: 12; 9; 13; 15; 16; 26; 39; 37; Parametry, které se nepřipustně zhoršují: 23; 25; 36; 38;</p>
Invenční principy (počet výskytů)	10. Předběžná akce (13x); 28. Mechanická substituce (10x); 35. Změna parametrů (8x); 18. Mechanické kmity a vibrace (7x); 1. Segmentace (5x); 27. Levné krátkodobé namísto trvanlivého (4x); 3. Lokální kvalita (4x); 16. Časnečná nebo nadměrná akce (4x); 15. Dynamičnost (3x); 29. Pneumatika a hydraulika (3x); 34. Odhození a regenerace (3x); 38. Silné oxidanty (3x); 24. Prostředník (3x); 2. Extrakce, Separace (2x); 6. Univerzálnos, Multi-funkčnost (2x); 8. Anti-tíže (2x); 14. Sferodalita, Zakřivení (2x); 12. Ekvipotencialnost, Stejná hladina (2x); 20. Plynulost užitečné akce (2x); 13. Inverze, Naopak (2x); 4. Asymetrie (2x); 5. Sloučení, Kombinování (2x); 32. Změna optických vlastností (2x); 17. Jiný rozměr, Jiná dimenze (2x); 26. Kopírování (2x); 21. Přeskočení (1x); 22. Škoda v užitek (1x); 37. Teplotní roztažnost (1x); 30. Pružné pláště a tenké vrstvy (1x); 40. Kompozity (1x); 23. Feedback, Zpětná vazba (1x); 9. Předběžná protiakce (1x);
Fyzikální rozpory	<nebyl definován>
Separační principy	<nebyly použity>
Standardy	<nebyly použity>
Inspirace	výroba lahví - dávkování skla; výroba korálků mačkáním; strojní výroba skleniček; ...;
Seznam nápadů	kiln casting; mačkání;

Protože bylo nalezeno řešení, které eliminuje potřebu odlomit a očistit očko ze skleněné tyčky, nebylo již třeba aplikovat metodiku na tyto segmenty procesu.

PŘÍLOHA č. 11: Protokoly z měření kvality povrchu leštěných dílů

Referenční měření vzorku (poškrábaný povrch):

Company: LIBEREC UNIV
 User: Administrator
 Version: 6.5
 Date: 2023-03-07 13:12:38



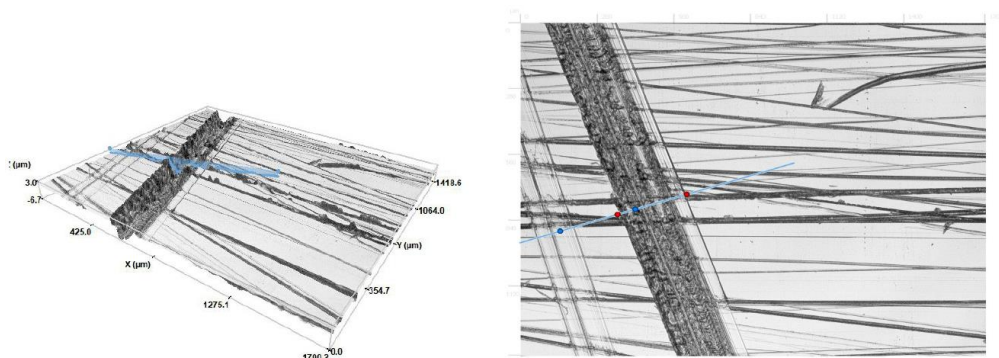
Acquisition

Topography	1232 x 1028 px	Date:	2023-03-07
Area:	1700.16 x 1418.64 μm	Time:	13:12:38
Objective:	EPI 10X v35	Threshold:	1 %
Measured:	100 %	Algorithm:	CSSS
Z SCAN:	91.3148 μm	Acq. time:	00:24
Operator:	Administrator	Light:	4.751 %
Pixel Size:	1.4 μm /pixel	Light ring:	0 %

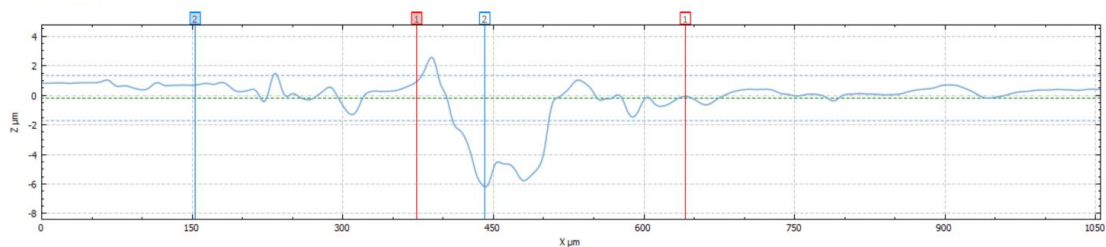
ISO 25178 / Height

Sa	0.6973 μm	Sq	1.2974 μm
Sku	13.8268	Ssk	3.1249
Smean	0.0000 μm	Sv	6.6856 μm
Sp	2.9904 μm	Sz	9.6760 μm

Visualization



Profile



Notes

- | | | | |
|-------------------------------------|---|----------|--|
| ■ | 1 | Distance | $\Delta L = -266.47 \mu\text{m}$ $\Delta Z = 1.0386 \mu\text{m}$ $\angle = 0.22^\circ$ |
| ■ | 2 | Distance | $\Delta L = -288.56 \mu\text{m}$ $\Delta Z = 6.8972 \mu\text{m}$ $\angle = 1.37^\circ$ |

Obr. P11-1: Vzorek 1 – před aplikací tepla

Company: LIBEREC UNIV
 User: Administrator
 Version: 6.5
 Date: 2023-03-07 13:16:00



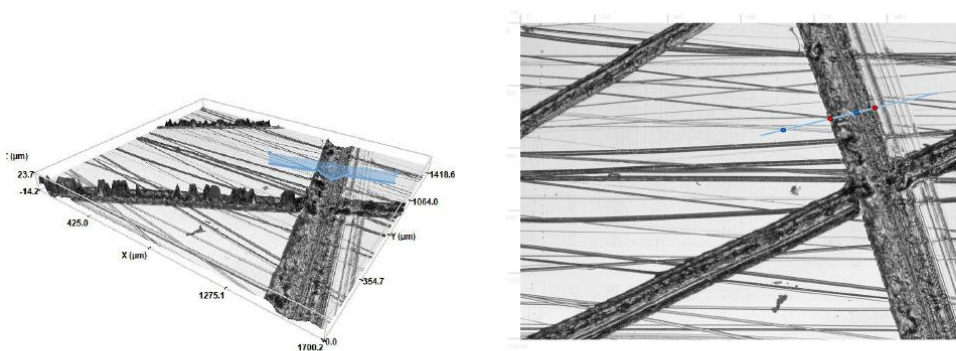
Acquisition

Topography	1232 x 1028 px	Date:	2023-03-07
Area:	1700.16 x 1418.64 μm	Time:	13:16:00
Objective:	EPI 10X v35	Threshold:	1 %
Measured:	100 %	Algorithm:	CSSS
Z SCAN:	100.361 μm	Acq. time:	00:25
Operator:	Administrator	Light:	4.723 %
Pixel Size:	1.4 μm/pixel	Light ring:	0 %

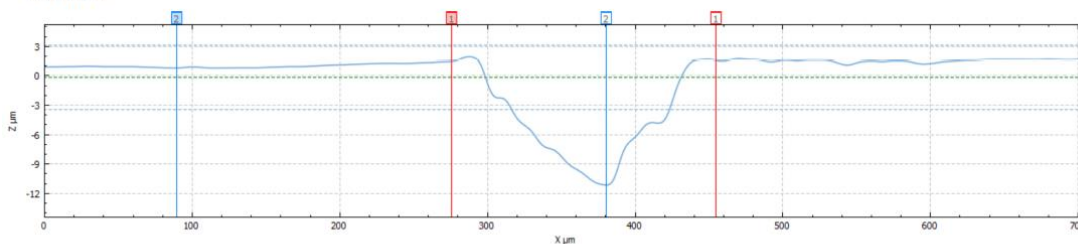
ISO 25178 / Height

Sa	1.8988 μm	Sq	3.3816 μm
Sku	10.4785	Ssk	0.8172
Smean	0.0000 μm	Sv	14.152 μm
Sp	23.744 μm	Sz	37.896 μm

Visualization



Profile



Notes

- 1 Distance $\Delta L = -178.11 \mu\text{m}$ $\Delta Z = 126.14 \text{ nm}$ $\angle = 0.04^\circ$
- 2 Distance $\Delta L = -289.95 \mu\text{m}$ $\Delta Z = 11.955 \mu\text{m}$ $\angle = 2.36^\circ$

Obr. P11-2: Vzorek 2 – před aplikací tepla

Company: LIBEREC UNIV
 User: Administrator
 Version: 6.5
 Date: 2023-03-07 13:22:06



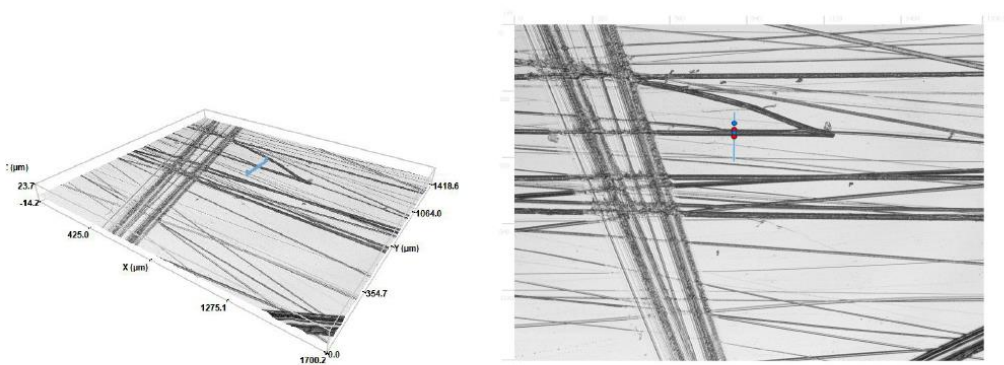
Acquisition

Topography	1232 x 1028 px	Date:	2023-03-07
Area:	1700.16 x 1418.64 μm	Time:	13:22:06
Objective:	EPI 10X v35	Threshold:	1 %
Measured:	100 %	Algorithm:	CSSS
Z SCAN:	88.2464 μm	Acq. time:	00:23
Operator:	Administrator	Light:	4.553 %
Pixel Size:	1.4 μm/pixel	Light ring:	0 %

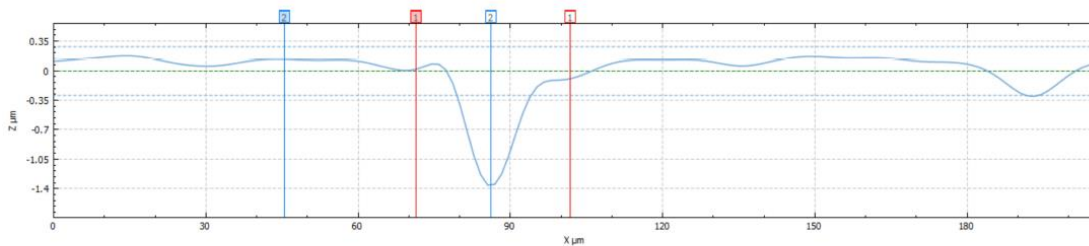
ISO 25178 / Height

Sa	0.2589 μm	Sq	0.3913 μm
Sku	10.3002	Ssk	1.6175
Smean	0.0000 μm	Sv	2.8558 μm
Sp	1.7417 μm	Sz	4.5975 μm

Visualization



Profile



Notes

- 1 Distance $\Delta L = -30.361 \mu\text{m}$ $\Delta Z = 114.64 \text{ nm}$ $\angle = 0.22^\circ$
- 2 Distance $\Delta L = -40.021 \mu\text{m}$ $\Delta Z = 1.4923 \mu\text{m}$ $\angle = 2.14^\circ$

Obr. P11-3: Vzorek 3 – před aplikací tepla

Company: LIBEREC UNIV
 User: Administrator
 Version: 6.5
 Date: 2023-03-07 13:24:22



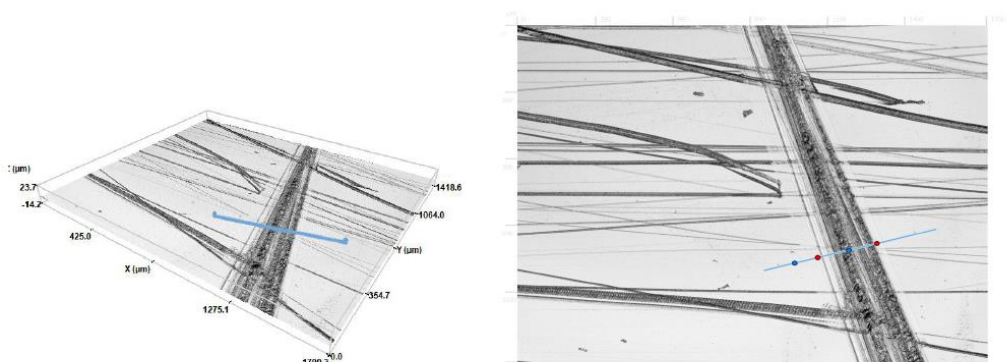
Acquisition

Topography	1232 x 1028 px	Date:	2023-03-07
Area:	1700.16 x 1418.64 μm	Time:	13:24:22
Objective:	EPI 10X v35	Threshold:	1 %
Measured:	100 %	Algorithm:	CSSS
Z SCAN:	89.2511 μm	Acq. time:	00:24
Operator:	Administrator	Light:	4.478 %
Pixel Size:	1.4 μm/pixel	Light ring:	0 %

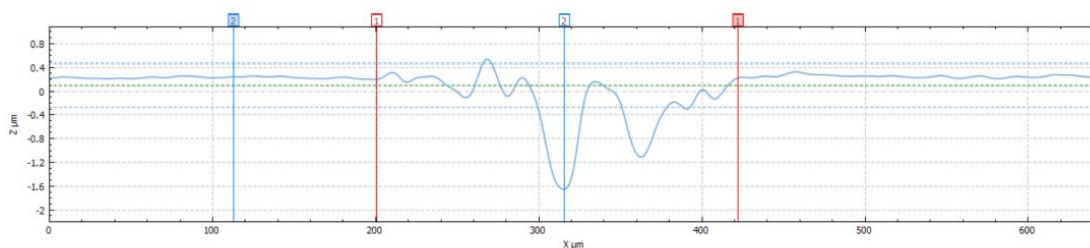
ISO 25178 / Height

Sa	0.2413 μm	Sq	0.3505 μm
Sku	7.9839	Ssk	1.9377
Smean	0.0000 μm	Sv	1.8091 μm
Sp	0.8366 μm	Sz	2.6457 μm

Visualization



Profile



Notes

- 1 Distance $\Delta L = 222.09 \mu\text{m}$ $\Delta Z = 25.07 \text{ nm}$ $\angle = 0.01^\circ$
- 2 Distance $\Delta L = -202.78 \mu\text{m}$ $\Delta Z = 1.8938 \mu\text{m}$ $\angle = 0.54^\circ$

Obr. P11-4: Vzorek 4 – před aplikací tepla



Company: LIBEREC UNIV
 User: Administrator
 Version: 6.5
 Date: 2023-03-07 13:26:22

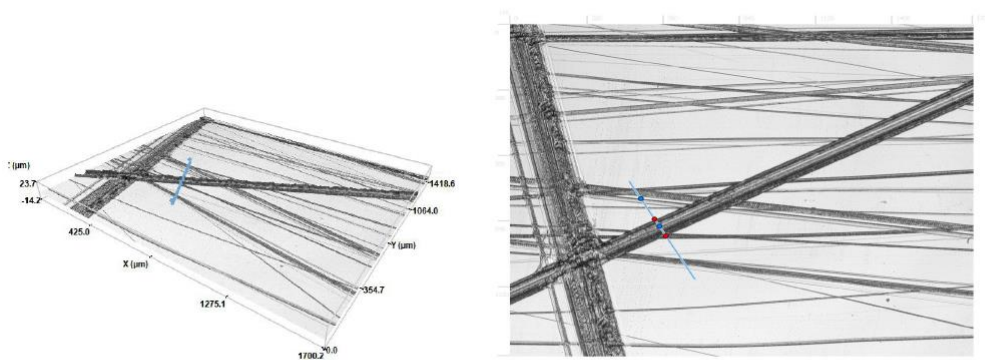
Acquisition

Topography	1232 x 1028 px	Date:	2023-03-07
Area:	1700.16 x 1418.64 μm	Time:	13:26:22
Objective:	EPI 10X v35	Threshold:	1 %
Measured:	100 %	Algorithm:	CSSS
Z SCAN:	91.3963 μm	Acq. time:	00:23
Operator:	Administrator	Light:	4.5 %
Pixel Size:	1.4 μm/pixel	Light ring:	0 %

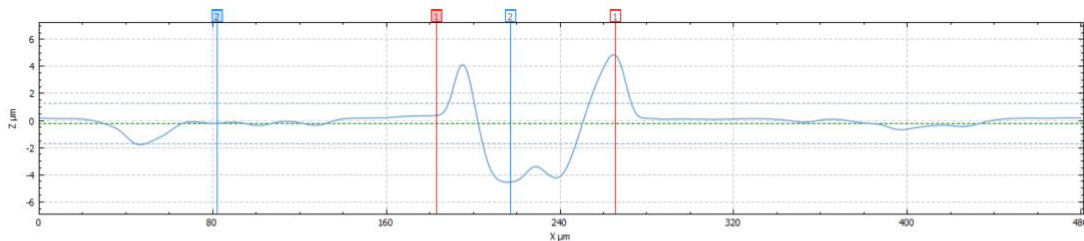
ISO 25178 / Height

Sa	0.4653 μm	Sq	0.9239 μm
Sku	16.0611	Ssk	0.6639
Smean	0.0000 μm	Sv	4.6060 μm
Sp	7.0986 μm	Sz	11.705 μm

Visualization



Profile



Notes

- 1 Distance $\Delta L = -82.722 \mu\text{m}$ $\Delta Z = 4.3875 \mu\text{m}$ $\angle = 3.04^\circ$
- 2 Distance $\Delta L = -135.11 \mu\text{m}$ $\Delta Z = 4.3371 \mu\text{m}$ $\angle = 1.84^\circ$

Obr. P11-5: Vzorek 5 – před aplikací tepla

Company: LIBREC UNIV
 User: Administrator
 Version: 6.5
 Date: 2023-03-07 13:28:53



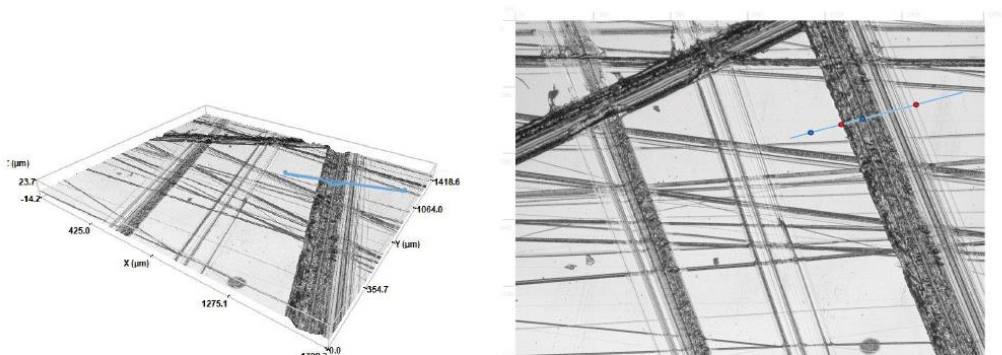
Acquisition

Topography	1232 x 1028 px	Date:	2023-03-07
Area:	1700.16 x 1418.64 μm	Time:	13:28:53
Objective:	EPI 10X v35	Threshold:	1 %
Measured:	100 %	Algorithm:	CSSS
Z SCAN:	95.3477 μm	Acq. time:	00:23
Operator:	Administrator	Light:	4.355 %
Pixel Size:	1.4 μm /pixel	Light ring:	0 %

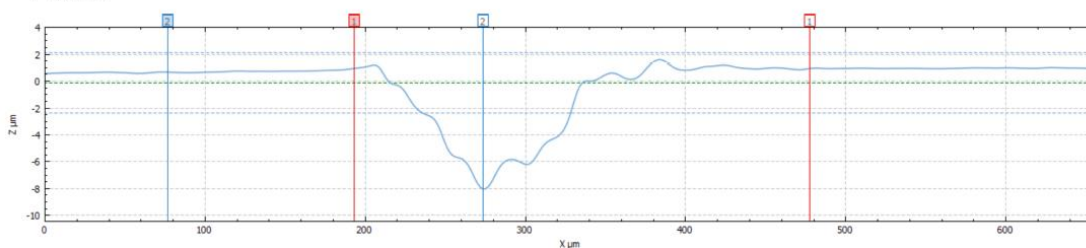
ISO 25178 / Height

Sa	0.8869 μm	Sq	1.5782 μm
Sku	11.8417	Ssk	2.6528
Smean	0.0000 μm	Sv	9.2451 μm
Sp	5.1790 μm	Sz	14.424 μm

Visualization



Profile



Notes

- 1 Distance $\Delta L = -284.34 \mu m$ $\Delta Z = 9.7716 \text{ nm}$ $\angle = 0.00^\circ$
- 2 Distance $\Delta L = -196 \mu m$ $\Delta Z = 8.6859 \mu m$ $\angle = 2.54^\circ$

Obr. P11-6: Vzorek 6 – před aplikací tepla

Měření vzorku po aplikaci tepla dle plánu experimentu:

Company: LIBEREC UNIV
 User: Administrator
 Version: 6.5
 Date: 2023-03-07 13:35:24



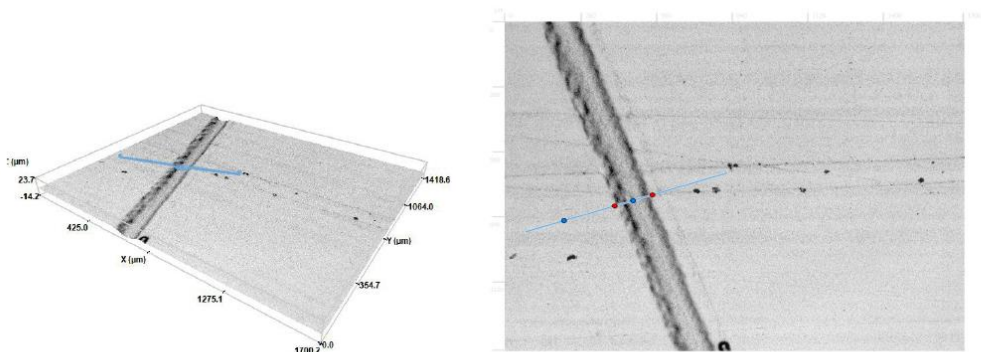
Acquisition

Topography	1232 x 1028 px	Date:	2023-03-07
Area:	1700.16 x 1418.64 μm	Time:	13:35:24
Objective:	EPI 10X v35	Threshold:	1 %
Measured:	100 %	Algorithm:	CSSS
Z SCAN:	102.977 μm	Acq. time:	00:24
Operator:	Administrator	Light:	5.224 %
Pixel Size:	1.4 μm/pixel	Light ring:	0 %

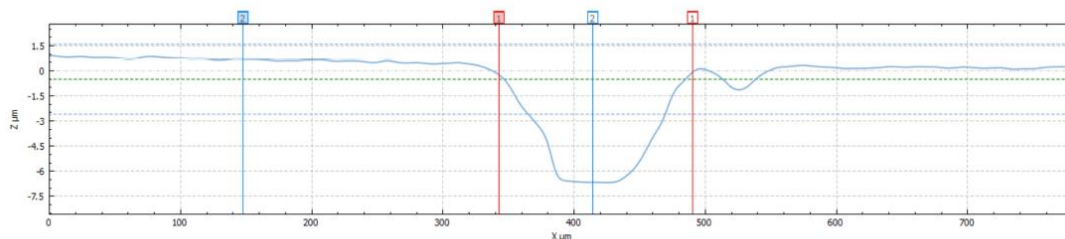
ISO 25178 / Height

Sa	0.7598 μm	Sq	1.4820 μm
Sku	13.0497	Ssk	3.1508
Smean	0.0000 μm	Sv	6.7014 μm
Sp	1.9363 μm	Sz	8.6377 μm

Visualization



Profile



Notes

- 1 Distance $\Delta L = -147.76 \mu\text{m}$ $\Delta Z = 134.43 \text{ nm}$ $\angle = 0.05^\circ$
- 2 Distance $\Delta L = -266.52 \mu\text{m}$ $\Delta Z = 7.3684 \mu\text{m}$ $\angle = 1.58^\circ$

Obr. P11-7: Vzorek 1 – po aplikaci tepla

Company: LIBEREC UNIV
 User: Administrator
 Version: 6.5
 Date: 2023-03-07 13:40:38



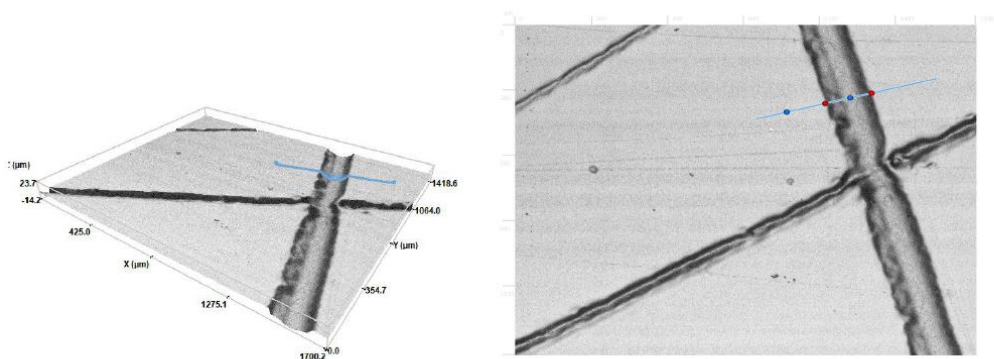
Acquisition

Topography	1232 x 1028 px	Date:	2023-03-07
Area:	1700.16 x 1418.64 μm	Time:	13:40:38
Objective:	EPI 10X v35	Threshold:	1 %
Measured:	100 %	Algorithm:	CSSS
Z SCAN:	106.08 μm	Acq. time:	00:26
Operator:	Administrator	Light:	4.805 %
Pixel Size:	1.4 μm/pixel	Light ring:	0 %

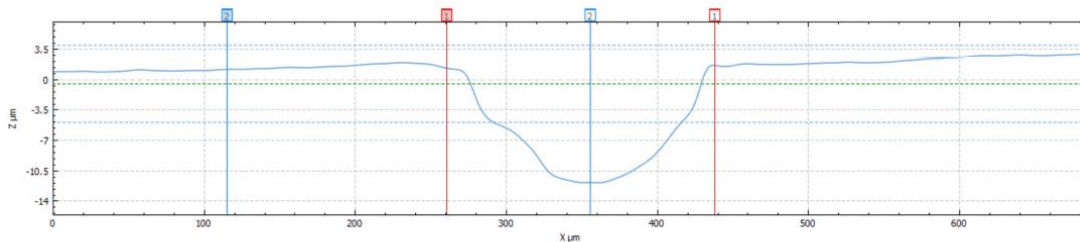
ISO 25178 / Height

Sa	1.9920 μm	Sq	3.2925 μm
Sku	7.7051	Ssk	2.2678
Smean	0.0000 μm	Sv	12.400 μm
Sp	4.4007 μm	Sz	16.801 μm

Visualization



Profile



Notes

- 1 Distance $\Delta L = -176.64 \mu m$ $\Delta Z = 361.21 \text{ nm}$ $\angle = 0.12^\circ$
- 2 Distance $\Delta L = -241.5 \mu m$ $\Delta Z = 13.041 \mu m$ $\angle = 3.09^\circ$

Obr. P11-8: Vzorek 2 – po aplikaci tepla



Company: LIBEREC UNIV
 User: Administrator
 Version: 6.5
 Date: 2023-03-07 13:44:44

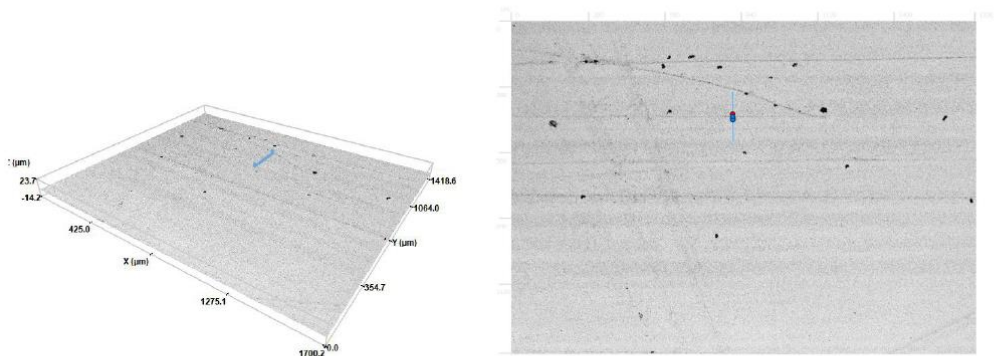
Acquisition

Topography	1232 x 1028 px	Date:	2023-03-07
Area:	1700.16 x 1418.64 μm	Time:	13:44:44
Objective:	EPI 10X v35	Threshold:	1 %
Measured:	100 %	Algorithm:	CSSS
Z SCAN:	92.2149 μm	Acq. time:	00:23
Operator:	Administrator	Light:	4.92 %
Pixel Size:	1.4 μm/pixel	Light ring:	0 %

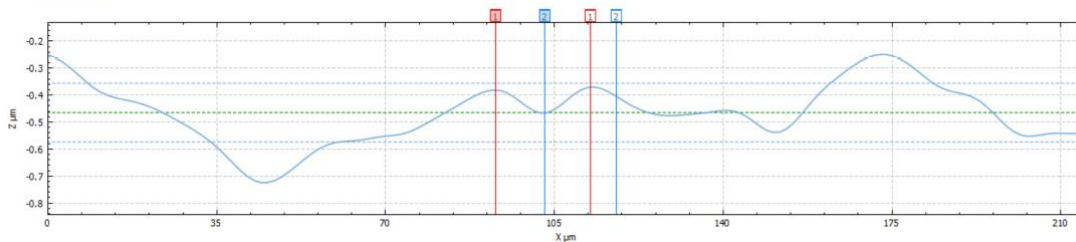
ISO 25178 / Height

Sa	0.3055 μm	Sq	0.3669 μm
Sku	2.4134	Ssk	0.1455
Smean	0.0000 μm	Sv	0.8339 μm
Sp	0.9584 μm	Sz	1.7922 μm

Visualization



Profile



Notes

- 1 Distance $\Delta L = -19.324 \mu\text{m}$ $\Delta Z = 8.6722 \text{ nm}$ $\angle = 0.03^\circ$
- 2 Distance $\Delta L = -13.803 \mu\text{m}$ $\Delta Z = 66.082 \text{ nm}$ $\angle = 0.27^\circ$

Obr. P11-9: Vzorek 3 – po aplikaci tepla

Company: LIBEREC UNIV
 User: Administrator
 Version: 6.5
 Date: 2023-03-07 13:48:31



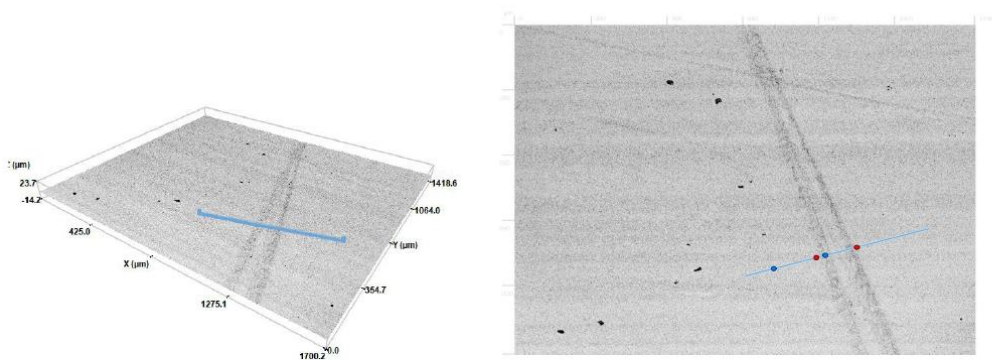
Acquisition

Topography	1232 x 1028 px	Date:	2023-03-07
Area:	1700.16 x 1418.64 μm	Time:	13:48:31
Objective:	EPI 10X v35	Threshold:	1 %
Measured:	100 %	Algorithm:	CSSS
Z SCAN:	85.7004 μm	Acq. time:	00:21
Operator:	Administrator	Light:	4.912 %
Pixel Size:	1.4 μm/pixel	Light ring:	0 %

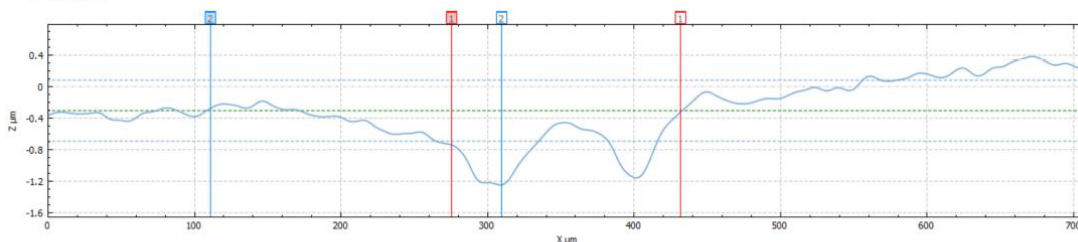
ISO 25178 / Height

Sa	0.3786 μm	Sq	0.4769 μm
Sku	2.9309	Ssk	0.1129
Smean	0.0000 μm	Sv	1.3084 μm
Sp	1.1766 μm	Sz	2.4850 μm

Visualization



Profile



Notes

- 1 Distance $\Delta L = -156.09 \mu\text{m}$ $\Delta Z = 401.81 \text{ nm}$ $\angle = 0.15^\circ$
- 2 Distance $\Delta L = -198.91 \mu\text{m}$ $\Delta Z = 966.7 \text{ nm}$ $\angle = 0.28^\circ$

Obr. P11-9: Vzorek 4 – po aplikaci tepla

Company: LIBEREC UNIV
 User: Administrator
 Version: 6.5
 Date: 2023-03-07 13:52:20



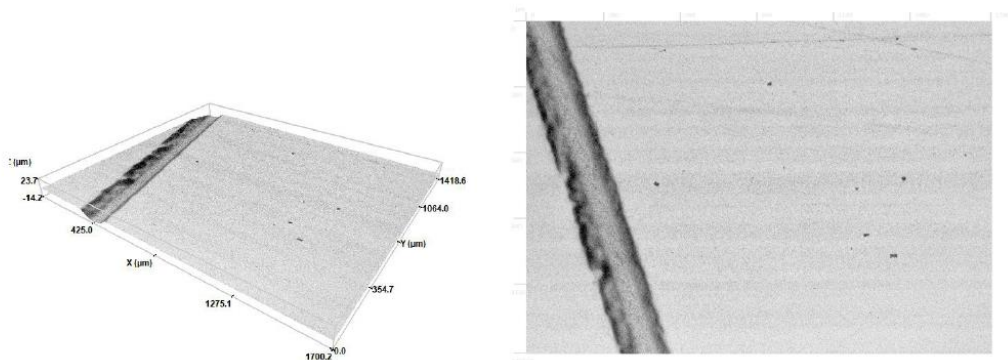
Acquisition

Topography	1232 x 1028 px	Date:	2023-03-07
Area:	1700.16 x 1418.64 μm	Time:	13:52:20
Objective:	EPI 10X v35	Threshold:	1 %
Measured:	100 %	Algorithm:	CSSS
Z SCAN:	97.5731 μm	Acq. time:	00:25
Operator:	Administrator	Light:	4.843 %
Pixel Size:	1.4 μm /pixel	Light ring:	0 %

ISO 25178 / Height

Sa	1.6066 μm	Sq	2.7407 μm
Sku	9.4123	Ssk	2.4484
Smean	0.0000 μm	Sv	11.282 μm
Sp	3.5565 μm	Sz	14.839 μm

Visualization



Obr. P11-10: Vzorek 5 – po aplikaci tepla



Company: LIBEREC UNIV
 User: Administrator
 Version: 6.5
 Date: 2023-03-07 13:55:10

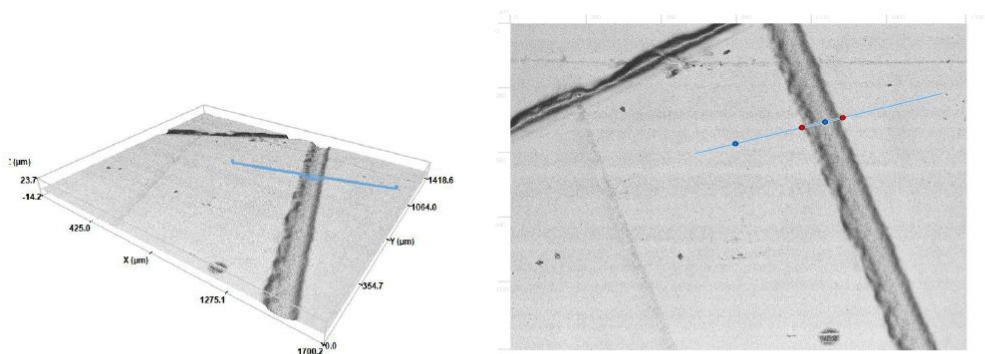
Acquisition

Topography	1232 x 1028 px	Date:	2023-03-07
Area:	1700.16 x 1418.64 μm	Time:	13:55:10
Objective:	EPI 10X v35	Threshold:	1 %
Measured:	100 %	Algorithm:	CSSS
Z SCAN:	103.559 μm	Acq. time:	00:25
Operator:	Administrator	Light:	4.784 %
Pixel Size:	1.4 μm/pixel	Light ring:	0 %

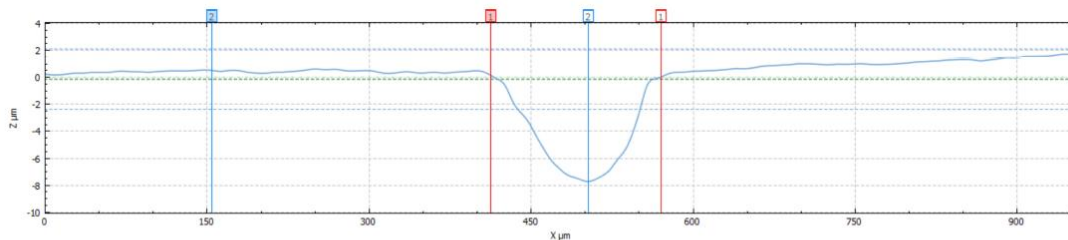
ISO 25178 / Height

Sa	1.1190 μm	Sq	2.0055 μm
Sku	10.4547	Ssk	2.8367
Smean	0.0000 μm	Sv	8.8695 μm
Sp	2.1483 μm	Sz	11.018 μm

Visualization



Profile



Notes

- 1 Distance $\Delta L = -157.39 \mu\text{m}$ $\Delta Z = 115.98 \text{ nm}$ $\angle = 0.04^\circ$
- 2 Distance $\Delta L = -347.91 \mu\text{m}$ $\Delta Z = 8.2384 \mu\text{m}$ $\angle = 1.36^\circ$

Obr. P11-12: Vzorek 6 – po aplikaci tepla

PŘÍLOHA č. 12: Naměřené časy operací výroby celočerných očí

Tab. P12-1: naměřené časy ze snímkování jednotlivých operací při výrobě celočerných očí

pořadí	natavení očka [sec]	formování [sec]	ulomení tyčky [sec]	očištění očka [sec]
1	7,08	51,74	2,11	5,18
2	9,32	42,81	2,14	5,05
3	9,41	43,94	3,29	5,68
4	8,76	40,78	2,66	5,72
5	8,70	45,84	1,16	4,71
6	11,83	44,46	1,22	8,45
7	9,86	69,88	1,46	4,88
8	8,60	47,18	1,95	5,05
9	11,88	40,49	1,52	5,41
10	12,45	41,58	1,12	4,91
11	10,16	39,07	1,09	6,50
12	11,14	61,72	1,23	5,22
13	10,01	48,29	2,11	4,12
14	11,46	42,54	1,25	4,81
15	8,27	60,37	1,03	5,90
16	10,21	46,56	1,19	4,88
17	10,07	44,58	1,86	3,78
18	9,50	38,30	1,92	5,63
19	10,27	43,62	1,36	5,45
20	9,50	36,63	1,55	5,49
21	8,39	42,77	1,57	7,22
22	10,56	39,68	1,50	3,57
23	9,70	40,29	1,82	3,23
24	8,65	51,71	1,73	4,60
25	10,60	37,63	1,67	5,03
26	9,03	48,07	1,47	6,19
27	10,23	38,71	1,67	5,37
28	12,43	47,39	1,65	4,34
29	12,22	43,37	1,86	4,72
30	9,94	43,48	1,55	5,81
31	10,37	49,30	1,52	4,53
32	10,90	44,38	2,64	3,92
33	10,17	43,54	2,51	6,17
34	9,74	42,14	2,05	5,23
35	8,66	48,07	1,36	5,50
36	9,62	42,93	1,75	5,48
37	11,33	38,71	13,25	5,61
38	8,75	45,85	2,41	3,58
39	8,45	45,48	1,47	9,70
40	8,62	40,00	1,30	5,96
41	-	42,23	1,32	8,50
42	-	-	2,00	3,69

PŘÍLOHA č. 13: Archy z analýzy MTM-1 výroby černých očí

Původní proces:

Č.	NÁZEV ÚSEKU				POZNÁMKY					
1.	Natavení očka				* v pravé ruce pinzeta					
	TMU =	198,5	sec. =	7,1460	min. =	0,1191				
(L)	AKCE	#x	KÓD	TMU		TMU	KÓD	#x	AKCE	(P)
					P	8,7	mR-C 20,6		Sáhnout pro očko	1
					P	3,5	G1B		Uchopit očko	
1	Sáhnout (k ruce)		R-A 16,6	7,2	P	13,9	M-A 33,9		Přemístit očko	2
	Uchopit očko		G3	5,6	L					
					P	2	RL1		Pustit očko	
					P	5,6	G2		Přehmátnout pinzetu	
					P	3,4	AF		Uchopit očko pinzetou	
	Pustit očko		RL1	2	L					
					P	8,7	M-Bm 26		Přemístit očko	3
2	Sáhnout pro tyčku		R-C 55,9	21,2	L					
	Uchopit tyčku		G1C3	10,8	L					
3	Přemístit tyčku (k plamenu)		M-B 30,8	13,5	L	7,9	M-Bm 22,9		Přemístit očko	4
	Umístit (k sobě)		P1 SS	9,1	PL	9,1	P1 SS		Umístit (k sobě)	
	Umístit (spojit)		P2 SS	19,7	PL	19,7	P2 SS		Umístit (spojit)	
4	Přemístit		M-Bm 28,7	9,5	L	3	RLF		Pustit (uvolnit pinzetu)	
					P	7,9	M-Bm 22,9		Přemístit	3
1	Přemístit		mM-B 33,5	10,8	L	5,6	G2		Přehmátnout pinzetu	
	Pustit		RL1	2	P	8,7	mM-B 26		Přemístit	2
0	Sáhnout		R-E 16,6	8,4	L	5,6	G3		Uchopit (tyčku s očkem)	
					P	16,8	M-B 45		Přemístit	5
					P	2	RL1		Pustit	
					P	6,7	R-Em 21,2		Sáhnout	0

Obr. P13-1: MTM1 natavení očka

Č.	NÁZEV ÚSEKU	POZNÁMKY							
2.	Formování oka	*v levé ruce tyč skla							
	TMU =	1274,9							
	sec. =	45,8964							
	min. =	0,7649							
(L)	AKCE	#x	KÓD	TMU	TMU	KÓD	#x	AKCE	(P)
					P	7,8	mR-C 15,4	Sáhnout (tyčka)	1
					P	10,8	G1C1	Uchopit	
					P	13,3	M-B 30,2	Přemístit (k plamenu)	2
	Umístit		P1 SS	9,1	L	6,8	TS 120°	Otočit (nabrat)	
					P	4	D1E	Oddělit	
					P	139,2	TS 165°	Otočit (zarovnat v palmenu)	
	Umístit		P1 SS	9,1	L	6,8	TS 120°	Otočit (nabrat)	+(4x)
					P	4	D1E	Oddělit	+(4x)
					P	139,2	TS 165°	Otočit (zarovnat v palmenu)	+(4x)
					P	609,2		4	Opakované nabírání a tvarování
					P	5,6	G2	Přehmátnout	
					P	9,6	M-Bm 29,2	Přemístit (k formičce)	3
					P	2,5	mM-C 3	Přemístit (do formičky)	4
					P	27,3	P1 SS	3	Umístit
					P	8,4	TS 30°	3	Otočit
					P	7,2	M-Bm 20,4	Přemístit (k posuvce)	5
					P	2,5	mM-C 3	Přemístit (do posuvky)	6
					P	9,1	P1 SS	Umístit	
					P	5,6	G2	Přehmátnout	
					P	10,6	M-B 20,3	Přemístit (k plamenu)	2
					P	87	TS 165°	10	Otočit (zarovnat v palmenu)
					P	5,6	G2	Přehmátnout	
					P	14,7	M-Bm 47,4	Přemístit	7
					P	13,7	mM-B 43,9	Přemístit (k hlavě)	8
					P	56,4	TS 180°	6	Foukat (točit)
					P	5,6	G2	Přehmátnout	
					P	13,3	M-Bm 42,5	Přemístit (k posuvce)	5
					P	2,5	mM-C 3	Přemístit (do posuvky)	6
					P	9,1	P1 SS	Umístit	
					P	5,6	G2	Přehmátnout	
					P	15,5	M-B 39,4	Přemístit (k vatě)	9
					P	2	RL1	Pustit	
					P	9,8	R-Em 32	Sáhnout	0

Obr. P13-2: MTM1 formování oka

Č.	NÁZEV ÚSEKU	POZNÁMKY								
4.	Očištění očka	*ve stoje, v prave ruce kleště								
	TMU =	165,1	sec. =	5,9436	min. =	0,0991				
(L)	AKCE	#x	KÓD	TMU		TMU	KÓD	#x	AKCE	(P)
1	Sáhnout		mR-C 41,1	14,3	L					
	Uchopit		G1B	3,5	L					
2	Přemístit		M-Bm 53,2	16,3	L					
	Přemístit		mM-C 2	1,7	L					
	Umístit		P1 SS	9,1	L					
					P	8,4	TS 30°	3	Otožit	
					P	31,8	APA	3	Tlačit	
3	Přemístit		M-B 49	17,8	L					
	Fouknout?			5	L					
4	Přemístit		M-B 53,2	18,8	L					
	Přemístit (čistit)	2	M-B 4	8	L					
5	Přemístit		M-B 43,6	16,5	L					
	Pustit		RL1	2	L					
0	Sáhnout		R-Em 42,4	11,9	L					

Obr. P13-4: MTM1 očištění očka

Zlepšený proces:

Č.	NÁZEV ÚSEKU				POZNÁMKY					
1.	Natavení očka				* v pravé ruce pinzeta					
	TMU =	180,4	sec. =	6,4944	min. =	0,1082				
(L)	AKCE	#x	KÓD	TMU		TMU	KÓD	#x	AKCE	(P)
1	Sáhnout pro očko		mR-C 11,2	6,5	L					
	Uchopit očko		G1B	3,5	L					
2	Přemístit očko		M-A 25	11,2	L	9,5	R-A 30,1		Sáhnout (k ruce)	1
	Pustit očko		RL1	2	P	3,4	AF		Uchopit očko pinzetou	
					P	8,7	M-Bm 26		Přemístit očko	2
3	Sáhnout pro tyčku		R-C 55,9	21,2	L					
	Uchopit tyčku		G1C3	10,8	L					
4	Přemístit tyčku (k plamenu)		M-B 30,8	13,5	L	7,9	M-Bm 22,9		Přemístit očko	3
	Umístit (k sobě)		P1 SS	9,1	PL	9,1	P1 SS		Umístit (k sobě)	
	Umístit (spojit)		P2 SS	19,7	PL	19,7	P2 SS		Umístit (spojit)	
5	Přemístit		M-Bm 28,7	9,5	L	3	RLF		Pustit (uvolnit pinzetu)	
					P	7,9	M-Bm 22,9		Přemístit	2
2	Přemístit		mM-B 33,5	10,8	L	5,6	G2		Přehmátnout pinzetu	
	Pustit		RL1	2	P	8,7	mM-B 26		Přemístit	1
0	Sáhnout		R-E 16,6	8,4	L	5,6	G3		Uchopit (tyčku s očkem)	
					P	16,8	M-B 45		Přemístit	5
					P	2	RL1		Pustit	
					P	6,7	R-Em 21,2		Sáhnout	0

Obr. P13-5: MTM1 natavení očka

Č.	NÁZEV ÚSEKU	POZNÁMKY							
2.	Formování oka	*v levé ruce tyč skla							
	TMU =	1265,8							
	sec. =	45,5688							
	min. =	0,7595							
(L)	AKCE	#x	KÓD	TMU	TMU	KÓD	#x	AKCE	(P)
					P	7,8	mR-C 15,4	Sáhnout (tyčka)	1
					P	10,8	G1C1	Uchopit	
					P	13,3	M-B 30,2	Přemístit (k plamenu)	2
	Umístit		P1 SS	9,1	L	6,8	TS 120°	Otočit (nabrat)	
					P	4	D1E	Oddělit	
					P	139,2	TS 165°	16 Otočit (zarovnat v palmenu)	
	Umístit		P1 SS	9,1	L	6,8	TS 120°	Otočit (nabrat)	+(4x)
					P	4	D1E	Oddělit	+(4x)
					P	139,2	TS 165°	16 Otočit (zarovnat v palmenu)	+(4x)
					P	609,2		4 Opakované nabírání a tvarování	
					P	5,6	G2	Přehmátnout	
					P	9,6	M-Bm 29,2	Přemístit (k formičce)	3
					P	2,5	mM-C 3	Přemístit (do formičky)	4
					P	27,3	P1 SS	3 Umístit	
					P	8,4	TS 30°	3 Otočit	
					P	3,2	M-Bm 6,2	Přemístit (k posuvce)	5
					P	2,5	mM-C 3	Přemístit (do posuvky)	6
					P	9,1	P1 SS	Umístit	
					P	5,6	G2	Přehmátnout	
					P	10,7	M-B 20,6	Přemístit (k plamenu)	2
					P	87	TS 165°	10 Otočit (zarovnat v palmenu)	
					P	5,6	G2	Přehmátnout	
					P	14,7	M-Bm 47,4	Přemístit	7
					P	13,7	mM-B 43,9	Přemístit (k hlavě)	8
					P	56,4	TS 180°	6 Foukat (točit)	
					P	5,6	G2	Přehmátnout	
					P	9	M-Bm 26,9	Přemístit (k posuvce)	5
					P	2,5	mM-C 3	Přemístit (do posuvky)	6
					P	9,1	P1 SS	Umístit	
					P	5,6	G2	Přehmátnout	
					P	14,6	M-B 35,5	Přemístit (k vatě)	9
					P	2	RL1	Pustit	
					P	9,8	R-Em 32	Sáhnout	0

Obr. P13-6: MTM1 formování oka

Č.	NÁZEV ÚSEKU				POZNÁMKY					
3.	Ulomení tyčky a očištění očka									
	TMU =	188,5	sec. =	6,7860	min. = 0,1131					
(L)	AKCE	#x	KÓD	TMU		TMU	KÓD	#x	AKCE	(P)
1	Sáhnout (pro oko na tyčce)		mR-B 45,3	14,3	L					
	Uchopit		G1A	2	L					
2	Přemístit		M-B 32	14,2	L					
	Umístit		P1 NS	10,4	L					
	Přemístit (dovnitř)		M-A 20	9,6	L					
	Oddělit		D1 E	4	L					
3	Přemístit		M-Bm 34	12,3	L					
	Přemístit		mM-C 2	1,7	L					
	Umístit		P1 SS	9,1	L					
					P	8,4	TS 30°	3	Otočit	
					P	31,8	APA	3	Tlačit	
4	Přemístit		M-B 49	17,8	L					
	Fouknout?			5	L					
5	Přemístit		M-B 53,2	18,8	L					
	Přemístit (čistit)	2	M-B 4	8	L					
6	Přemístit		M-B 33,5	14,1	L					
	Pustit		RL1	2	L					
0	Sáhnout		R-Em 14,1	5	L					

Obr. P13-7: MTM1 ulomení tyčky a očištění očka

Inovovaný stav:

Č.	NÁZEV ÚSEKU				POZNÁMKY					
1.	Nasazení očka				* v pravé ruce pinzeta					
	TMU =	62,5	sec. =	2,2500	min. =	0,0375				
(L)	AKCE	#x	KÓD	TMU		TMU	KÓD	#x	AKCE	(P)
1	Sáhnout pro očko		mR-C 11,2	6,5	L					
	Uchopit očko		G1B	3,5	L					
2	Přemístit očko		M-A 25	11,2	L	9,5	R-A 30,1		Sáhnout (k ruce)	1
	Pustit očko		RL1	2	P	3,4	AF		Uchopit očko pinzetou	
					L					
					P	8,7	M-Bm 26		Přemístit očko	2
					P	16,8	M-B 45		Přemístit	5
					P	2	RL1		Pustit	
0	Sáhnout		R-E 16,6	8,4	L	6,7	R-Em 21,2		Sáhnout	0

Obr. P13-8: MTM1 nasazení očka

Č.	NÁZEV ÚSEKU	POZNÁMKY								
2.	Formování oka	*v levé ruce tyč skla								
	TMU =	1265,8	sec. =	45,5688	min. =	0,7595				
(L)	AKCE	#x	KÓD	TMU	TMU	KÓD	#x	AKCE	(P)	
					P	7,8	mR-C 15,4	Sáhnout (tyčka)	1	
					P	10,8	G1C1	Uchopit		
					P	13,3	M-B 30,2	Přemístit (k plamenu)	2	
	Umístit		P1 SS	9,1	L	6,8	TS 120°	Otočit (nabrat)		
					P	4	D1E	Oddělit		
					P	139,2	TS 165°	16	Otočit (zarovnat v palmenu)	
	Umístit		P1 SS	9,1	L	6,8	TS 120°	Otočit (nabrat)	+(4x)	
					P	4	D1E	Oddělit	+(4x)	
					P	139,2	TS 165°	16	Otočit (zarovnat v palmenu)	+(4x)
					P	609,2		4	Opakované nabírání a tvarování	
					P	5,6	G2	Přehmátnout		
					P	9,6	M-Bm 29,2	Přemístit (k formičce)	3	
					P	2,5	mM-C 3	Přemístit (do formičky)	4	
					P	27,3	P1 SS	3	Umístit	
					P	8,4	TS 30°	3	Otočit	
					P	3,2	M-Bm 6,2	Přemístit (k posuvce)	5	
					P	2,5	mM-C 3	Přemístit (do posuvky)	6	
					P	9,1	P1 SS	Umístit		
					P	5,6	G2	Přehmátnout		
					P	10,7	M-B 20,6	Přemístit (k plamenu)	2	
					P	87	TS 165°	10	Otočit (zarovnat v palmenu)	
					P	5,6	G2	Přehmátnout		
					P	14,7	M-Bm 47,4	Přemístit	7	
					P	13,7	mM-B 43,9	Přemístit (k hlavě)	8	
					P	56,4	TS 180°	6	Foukat (točit)	
					P	5,6	G2	Přehmátnout		
					P	9	M-Bm 26,9	Přemístit (k posuvce)	5	
					P	2,5	mM-C 3	Přemístit (do posuvky)	6	
					P	9,1	P1 SS	Umístit		
					P	5,6	G2	Přehmátnout		
					P	14,6	M-B 35,5	Přemístit (k vatě)	9	
					P	2	RL1	Pustit		
					P	9,8	R-Em 32	Sáhnout	0	

Obr. P13-9: MTM1 formování oka

