



TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Mechanical Engineering ■

VLIV TLOUŠŤKY KRYCÍ VRSTVY NA ODLUPOVÝ TEST

Diplomová práce

Studijní program: N2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T049 – Výrobní systémy a procesy
Autor práce: **Bc. Petr Vašíček**
Vedoucí práce: Ing. František Koblasa, Ph.D.



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Petr Vašíček
Osobní číslo: S13000492
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Výrobní systémy a procesy
Název tématu: Vliv tloušťky krycí vrstvy na odlupový test
Zadávací katedra: Katedra výrobních systémů

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem diplomové práce je ověřit vliv tloušťky krycí vrstvy na odlupový test. Při zpracování diplomové práce je vhodné využít standardní postup řešení projektů DMAIC.

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky - strategie LeanSigma.
2. Ověření systému měření pomocí MSA, příp. návrh nápravných opatření.
3. Určení optimální tloušťky vrstvy - návrh, provedení a vyhodnocení experimentů.
4. Porovnání výsledků se současným stavem.
5. Závěr a zhodnocení práce.

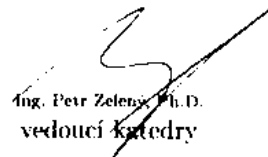
Rozsah grafických prací: **podle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **50-60 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

- [1] LIKER, J. *Tak to dělá Toyota*. Praha: Management press, 2007. ISBN 978-80-7261-173-7.
[2] SIXTA, J. a V. MACÁT. *Logistika*. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0573-3.
[3] IPA slovník [online slovník], 2015. Dostupné z <http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník>.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. František Koblasa, Ph.D.**
Katedra výrobních systémů
Konzultant diplomové práce: **Ing. Ondřej Kutílek**
Datum zadání diplomové práce: **14. listopadu 2014**
Termín odevzdání diplomové práce: **25. května 2015**


prof. Dr. Petr Lenfeld
děkan




Ing. Petr Zelenský, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 14. listopadu 2014

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

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

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

TÉMA : **VLIV TLOUŠŤKY KRYCÍ VRSTVY NA ODLUPOVÝ TEST**

ABSTRAKT : Cílem diplomové práce je ověřit vliv tloušťky krycí vrstvy na odlupový test, respektive kvalitu produktu. Teoretická část práce je zaměřena na popis analytických a statistických metod, které jsou uplatněny v praktické části. Praktická část popisuje současný stav a stabilizaci měřicího systému - odlupového testu. Na ověření vlivu tloušťky lakové vrstvy byl aplikován plánovaný experiment.

KLÍČOVÁ SLOVA: (DOE, MSA, odlupový test, tloušťka krycí vrstvy)

THEME : **INFLUENCE COVER THICKNESS IN THE PEELING TEST**

ABSTRACT: The thesis aim's to verify the influence of the skin thickness on a peeling test, or product quality. The theoretical part is focused on the description of the analytical and statistical methods that are applied in the practical part. The practical part describes the current status and stabilization of the measuring system - peeling test. There was applied the planned experiment to verify the effect of the film thickness.

KEYWORDS: (DOE, MSA, peeling test, covering layer)

Zpracovatel : TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra výrobních systémů

Počet stran : 82

Počet příloh : 8

Počet obrázků : 62

Počet tabulek : 23

Počet modelů

nebo jiných příloh:

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Kutílkovi, ze společnosti Preciosa a.s., za vstřícný přístup, věcné poznámky, věnovaný čas a ochotu.

Dále děkuji vedoucímu práce panu Ing. Františku Koblasovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady.

V neposlední řadě patří obrovské díky mé milované manželce a celé mé rodině za podporu v průběhu celého studia.

OBSAH

1. ÚVOD.....	9
2. METODY APLIKOVANÉ V PRAKTICKÉ ČÁSTI DIPLOMOVÉ PRÁCE	10
2.1. DMAIC.....	10
2.2. BRAINSTORMING.....	13
2.3. PARETOVA ANALÝZA.....	14
2.4. SIPOC	15
2.5. TEST PODÍLU DVOU SKUPIN	16
2.6. MSA - ANALÝZA SYSTÉMU MĚŘENÍ.....	17
2.7. PLÁNOVANÝ EXPERIMENT – DOE.....	23
2.7.1. VYTVOŘENÍ PLÁNU EXPERIMENTU.....	23
2.7.2. EXPERIMENTÁLNÍ PLÁNY	25
3. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	27
3.1. POPIS SOUČASNÉHO STAVU	27
3.2. SHRNUÍ SOUČASNÉHO STAVU	34
4. DEFINICE MĚŘENÍ	35
4.1. VOLBA VZORKU PRO MSA.....	35
4.2. ZKOUŠKA MSA.....	38
4.3. VOLBA VZORKU PRO PLÁNOVANÝ EXPERIMENT.....	39
4.4. ZKOUŠKA DOE.....	46
5. ANALÝZA	47
5.1. ANALÝZA MSA	47
5.2. ANALÝZA DAT PLÁNOVANÉHO EXPERIMENTU.....	50
6. ZLEPŠENÍ.....	65
6.1. STANDARD ÚRŽBY ODLUPOVÉHO ZAŘÍZENÍ	65
6.2. PROVĚŘENÍ STABILIZACE SYSTÉMU PO ZAVEDENÍ NÁPRAVNÉHO OPATŘENÍ.....	67
6.3. ŠABLONY.....	69
7. KONTROLA	70
8. ZÁVĚR.....	71
POUŽITÁ LITERATURA	73
SEZNAM PŘÍLOH.....	75

SEZNAM ZKRATEK A POJMŮ

AQL – Přípustná mez kvality (Acceptable quality limit)

BENCHMARK – Hodnocení konkurence

DMAIC - Analytická metoda postupného zlepšování

DOE – Plánovaný experiment (Design of experiments)

GAGE R&R - Typ MSA (Gage Repeatability & Reproducibility)

KS – Měrná jednotka – kus

Kč - Měrná jednotka – Koruna česká

MINITAB – Program pro analýzu dat

MSA – Analýza systému měření (Measurement System Analysis)

SIPOC – Analytická metoda vymezující hranice daného projektu

SIX SIGMA – Filozofie neustálého zlepšování

SS – Označení pro velikost produktu

SWEAT TEST - Test syntetickým potem

TCT – Měrná jednotka - tucet (12ks)

µm – Měrná jednotka - mikrometr

1. ÚVOD

Kvalita výroby je klíčovým ukazatelem v jakémkoliv odvětví výroby a ani bižuterní průmysl není výjimkou. Ukazatel kvality má přímý dopad na ekonomiku společnosti a nároky na kvalitu určují dva hlavní pohledy:

- a) pohled zákazníka
- b) benchmark

Pro naplnění kvalitativních parametrů, prochází produkce velkým množstvím sériových testů. Nejvýznamnějším ukazatelem kvality je tzv. test odlupem. Tento test se používá u většiny našich zákazníků. Princip spočívá v otestování přídržnosti krycí vrstvy na našich produktech. Výsledné rozhodnutí o kvalitě se řídí dle statistické přejímky a velikost vzorku je dána velikostí celé vyrobené položky.

Diplomová práce je rozdělena na dvě hlavní části. V první jsou popsány jednotlivé metody aplikované v praktické části. Jedná se o nástroje používané metodologií Six Sigma - DMAIC, SIPOC, Paretova analýza, MSA, DOE, apod. Druhá část práce je věnována současnému stavu procesu nanášení krycí vrstvy, vyhodnocením kvality pomocí odlupového testu, ověření systému měření (MSA), plánovanému experimentu a závěrečnému vyhodnocení.

Hlavním cílem diplomové práce bylo analyzovat, jaký vliv má tloušťka krycí vrstvy na kvalitu produkce z pohledu odlupového testu.

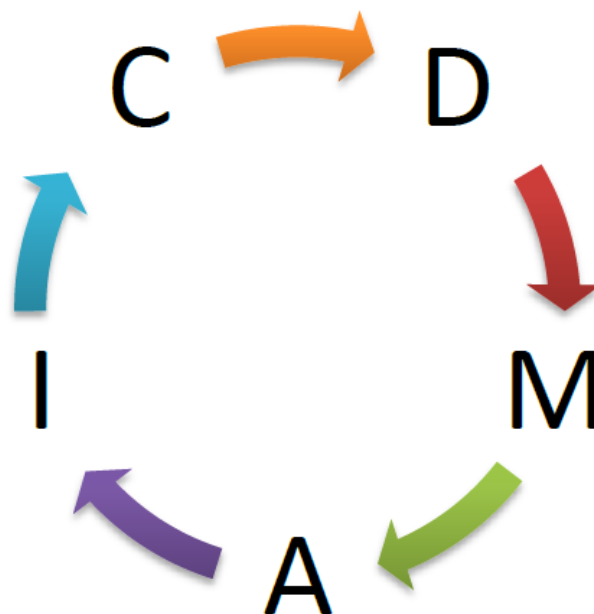
2. METODY APLIKOVANÉ V PRAKTICKÉ ČÁSTI DIPLOMOVÉ PRÁCE

V diplomové práci bylo využito několik známých metodik a nástrojů, které byly následně aplikovány. Celá práce je strukturována metodikou DMAIC.

2.1. DMAIC

Jedná se o metodologii, s níž lze řešit širokou škálu problémů, kde nejsou předem známé příčiny ani jejich řešení. DMAIC řadíme mezi základní nástroje Six Sigma. Počáteční písmena z názvu označují jednotlivých pět fází, které řešitele provází od stanovení problému k jeho vyřešení.

Každá z fází DMAIC, nabízí sadu nástrojů, které jsou používány dle potřeby v závislosti na konkrétním problému. Jednotlivé kroky na sebe navazují a je důležité je provádět v daném pořadí (viz obr. 1). Po skončení každé fáze, by mělo následovat přezkoumání, které poskytne jasnou odpověď, zda je možné pokročit k dalšímu kroku. Zároveň se zajistí, že implementovaná řešení zůstanou zachována. [4]



Obr. 1. Metoda DMAIC [12]

Define - definice

V tomto kroku se identifikují problémy, které jsou předmětem řešení. Je nezbytné přesně definovat zadání a vymežit hranice projektu. Součástí definice je stanovení předpokládaných přínosů. Jedná se o velice zásadní krok metodiky DMAIC. Podcení-li se, může dojít k chybnému závěru a opětovnému nadefinování projektu.

Klíčové kroky:

- definovat problém a stanovit cíle,
- určit finanční přínos,
- vytvořit mapu procesu a rozsah (např. SIPOC),
- harmonogram projektu,
- plán projektu (rozpočet, milníky, ...).

Measure - měření

Část měření se zabývá sběrem spolehlivých údajů daného procesu, kvality a nákladů spojené s problémem, jenž je v rámci projektu řešen.

Klíčové kroky:

- identifikace vstupů a výstupů,
- plán sběru dat,
- plán analýzy dat,
- sběr dat.

Analyse - analýza

Cílem je zjistit, na základě analýzy neměřených dat, kořenovou příčinu problému. Fázi analýzy řadíme ke klíčovým krokům metodiky. Součástí je též stanovení závislosti vstupů na výstupech.

Klíčové kroky:

- analýza nasbíraných (naměřených) dat,
- stanovení závislosti mezi vstupy a výstupy.

Improve - Zlepšení

Slouží k nalezení optimálního řešení s ohledem na kořenové příčiny. Součástí fáze zlepšení je zavedení pilotního projektu. Pro nejefektivnější výsledek je potřeba zapojit kreativní myšlení, oprostit se od současných bariér a zajetých kolejí.

Klíčové kroky:

- najít všechna možná řešení,
- vybrat nejlepší řešení,
- realizace pilotního řešení.

Control - Kontrola (řízení)

Kontrola má zajistit, aby se realizované zlepšení trvale udrželo. Nástroje, které zajišťují tento stav, je standardizace navržených změn a monitorování procesu. Podcenění tohoto kroku může mít za následek, že i po implementaci nápravných opatření, vše probíhá jako dřív.

Klíčové kroky:

- standardy a dokumenty změn,
- monitorování procesu,
- kontrolní činnosti (audity, kontrolní plány, apod.).

[5]

2.2. BRAINSTORMING

Patří mezi jednoduché skupinové techniky sloužící ke generování nových nápadů, podnětů a myšlenek. Principem brainstormingu je úvaha, že skupina dokáže vymyslet více než jednotlivec. I nápady, které se mohou zprvu jevit bezvýznamně, nebo dokonce nesmyslně mohou být klíčem k jednoduchému a přesto efektivnímu řešení. Při produkování myšlenek dochází zároveň k inspiraci ostatních členů týmu.

Základní pravidla při brainstormingu:

- žádná myšlenka se nesmí kritizovat ani soudit,
- podporuje se volnost myšlenek,
- smyslem je získání co nejvíce nápadů a myšlenek,
- veškeré nápady se zapisují a to i opakovaně,
- vygenerované myšlenky se nechají tzv. „uležet“,
- uvolněné prostředí, které působí příjemně na všechny zúčastněné.

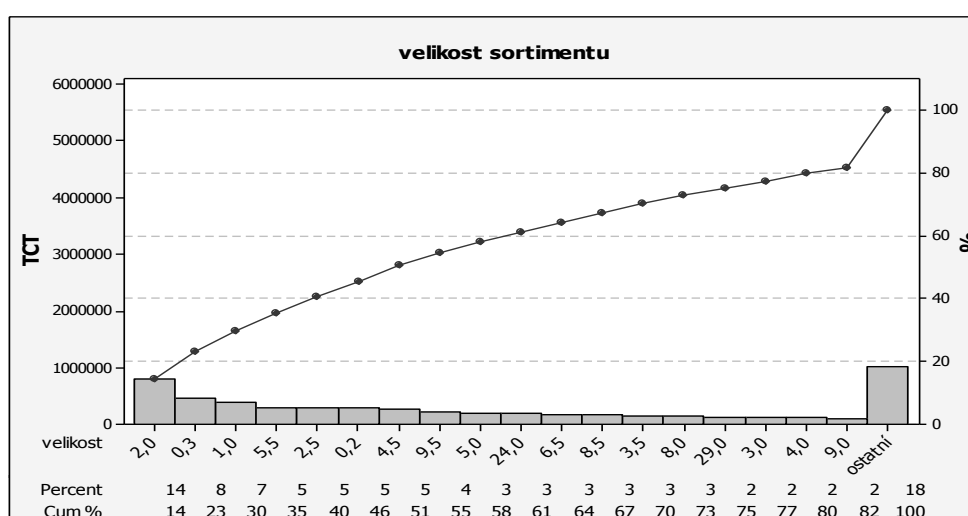
Před zahájením brainstormingu je vhodné, zopakovat řešený problém. Po skončení se vyberou nejlepší nápady a myšlenky ze všech, které se zapsaly.

[13]

2.3. PARETOVA ANALÝZA

Výstupem Paretovy analýzy je grafické znázornění pomocí speciálního sloupcového diagramu. Identifikuje oblast, na kterou je důležité se zaměřit. Jasně a přehledně zobrazí nejdůležitější zdroje příčin. Řídí se dle tzv. Paretova pravidla.

Vodorovná osa reprezentuje skupiny možných zdrojů příčin (chyby, poruchy). Na svislou osu jsou zaznamenávány hodnoty počtu, četnosti nebo podílu chyb/poruch. Příčiny, které přinesou největší zlepšení, tzn., na které zaměřit hlavní pozornost, jsou ihned zřejmé díky uspořádání sloupců od největšího po nejmenší (viz obr. 2).



Obr. 2. Histogram paretovy analýzy

Paretův princip - 80% následků je tvořeno 20% všech možných příčin

Postup při použití Paretova diagramu:

- sběr dat z odlišných kategorií problémů,
- transformace hodnot do tabulky, přiřazení četností,
- třídění dle úrovně dopadu a četnosti,
- hodnoty zaznamenat do grafů,
- interpretace výsledků a určení kategorie, mající největší vliv nebo dopad.

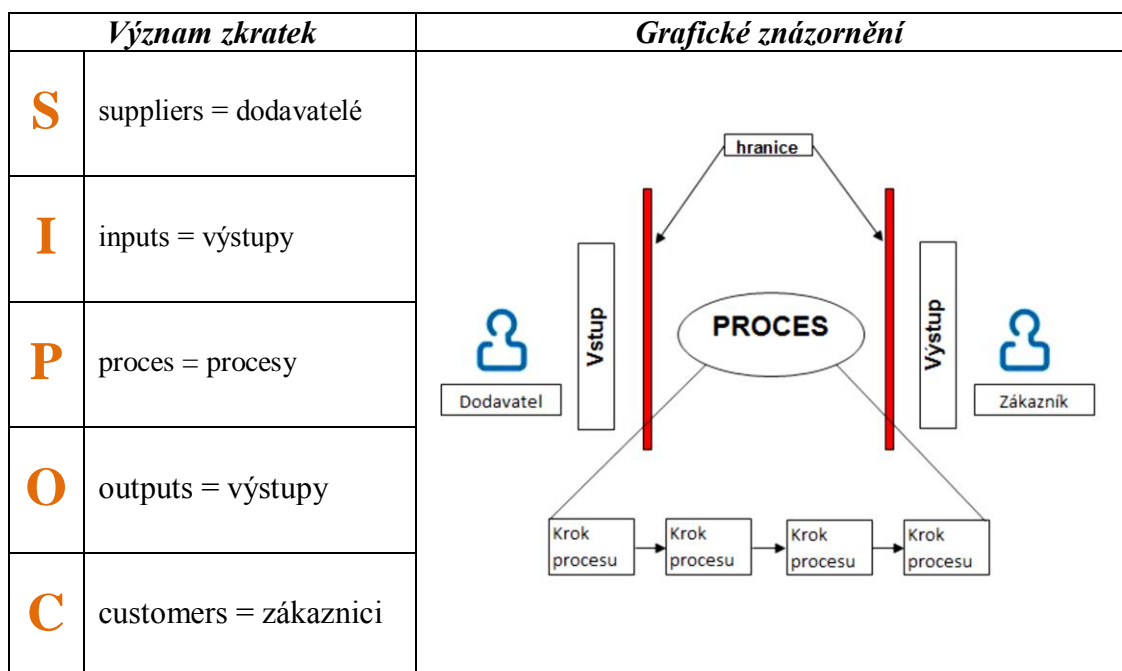
Možné využití:

- množství výskytu poruch, chyb či vadných výrobků,
- analýza nespokojenosti zákazníků, zaměstnanců,
- analýza příčin poruch, nestability procesů,
- hodnocení dodavatelů.

[6], [21]

2.4. SIPOC

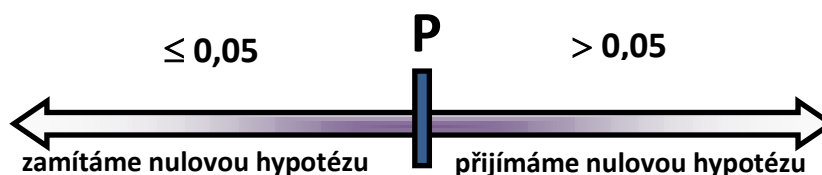
Jednoduchý nástroj sloužící k zachycení základních informací, jež jsou nezbytné k řešení projektu. Definuje pouze tu část procesu, která se v rámci projektu řeší a zabývá se hlavními kroky, vstupy a výstupy. Objasní, kdo je zákazník a kdo dodavatel. Název je odvozen z pěti anglických slov (viz obr. 3). Diagram SIPOC představuje proces z pohledu vyšší úrovně, neslouží k rozkrytí detailů procesu. [11]



Obr. 3. SIPOC [11]

2.5. TEST PODÍLU DVOU SKUPIN

Test podílu dvou skupin je využíván pro zjištění statisticky významné odlišnosti dvou skupin. Využíváme jej u atributivních dat, které nemají normální rozdělení. Princip spočívá ve vyslovení nulové hypotézy, jejíž tvrzení je, že se dvě naměřené hodnoty shodují. O tom, zda se přijme, nebo zamítne nulová hypotéza rozhoduje P hodnota.



Obr. 4. Rozhodovací hypotéza testu

Výstup testu

Ukázka zpracovaného výstupu v programu Minitab je uvedena na obrázku 5.

Sample	X	N	Sample p
1	6	50	0,120000
2	8	50	0,160000

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: -0,04
95% CI for difference: (-0,175790; 0,0957903)
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = -0,58 P-Value = 0,564
Fisher's exact test: P-Value = 0,774

Obr. 5. Výsledky testu v SW Minitab [14]

Z uvedeného výstupu na obrázku 5 je potřeba zohlednit dvě základní podmínky.

Podmínky:

- počet nekvalitních výrobků (X) je v případě obou dodavatelů vyšší než 4,
- rozdíl v četnostech výskytu nekvalitních výrobků a celkového kontrolovaného počtu výrobků je větší jak 4.

Pokud budou splněny obě výše uvedené podmínky, použije se k rozhodnutí P hodnota u testu rozdílu („Test for difference“). V opačném případě se rozhoduje dle P hodnoty („Fisher's exact test“).

2.6. MSA - ANALÝZA SYSTÉMU MĚŘENÍ

Princip spočívá v posouzení měřicího systému, zda dokáže opakovaně poskytnout stejné a správné výsledky, bez ohledu na pracovníka, postup či měřidlo. Výsledek MSA dokáže potvrdit, zda jsou rozdíly v měření dány skutečnými měřenými rozdíly, nebo jsou důsledkem variability měřicího systému. Využití této metody je velmi žádoucí. Jedině přesná a spolehlivá data umožňují řešit skutečnou podstatu problému a správně se rozhodnout.

System měření je tvořen:

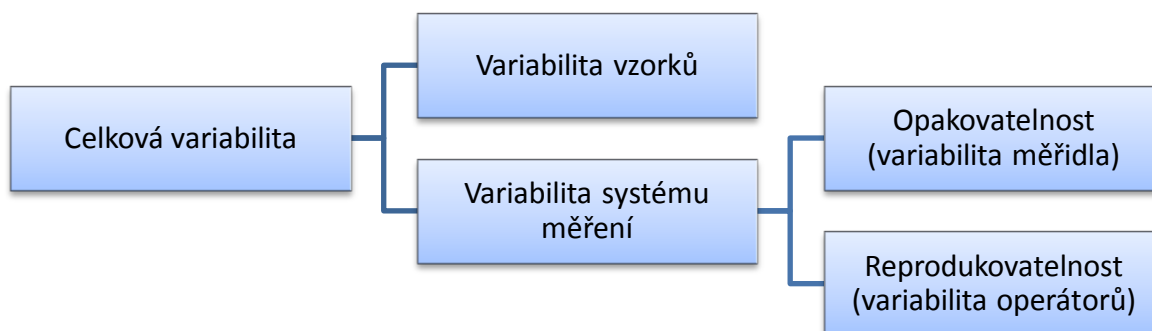
- měřicími přístroji,
- operátory,
- postupy a metodami.

[15]

Typy MSA:

- Gage R&R,
- analýza strannosti,
- analýza stability,
- analýza rozlišitelnosti,
- analýza Kappa [7]

Zdroje variability:



Obr. 6. Zdroje variability[16]

GAGE R&R

Principem testu Gage R&R je vyhodnocení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla.

Opakovatelnost

Běžně se označuje jako variabilita operátora. Opakovatelnost vyjadřuje schopnost operátora naměřit stejný výsledek na totožném vzorku za stejných podmínek opakovaně (stejný operátor, stejný měřený vzorek, stejný nástroj, atd.).

Možné příčiny chybné opakovatelnosti:

- nesprávné měřidlo pro konkrétní operaci,
- deformace či opotřebení měřidla nebo měřeného dílu,
- nedostatečná zkušenost operátora,
- okolní podmínky – výkyvy teploty, vlhkosti, osvětlení, apod.

Reprodukovatelnost

Jinak řečeno - variabilita mezi operátory. Je to schopnost rozdílných operátorů naměřit stejný výsledek na tomtéž vzorku za stejných podmínek (různý operátor, stejný měřený vzorek, stejný nástroj, atd.). Výjimkou je automatizované měření, zde operátor není hlavním zdrojem variability.

Možné příčiny chybné reprodukovatelnosti:

- nevhodně zvolený měřený díl,
- průměrný rozdíl u měření ve třech různých časech,
- průměrný rozdíl mezi operátory,
- způsob uchycení vzorku.

[2]

Postup při MSA, typu Gage R&R

- 1) Vybrat počet hodnotitelů, vzorků a opakování měření.
- 2) Hodnotitelé by měli být operátoři, kteří danou činnost mají jako pracovní náplň.
- 3) Vybrané vzorky musí být přímo z procesu a každý musí být jednoznačně identifikovatelný.
- 4) Tvorba plánu měření s náhodným pořadím. Hodnotitelé by neměli vědět, který vzorek měří. Ideální stav je, pokud operátor vůbec neví, že měřené vzorky jsou součástí testu.
- 5) Podmínky měření by měly odpovídat reálným podmínkám.

Je důležité během testování sledovat nejen operátory, ale také vlivy a faktory, které do měření zasahují.

Volba počtu vzorků a měření

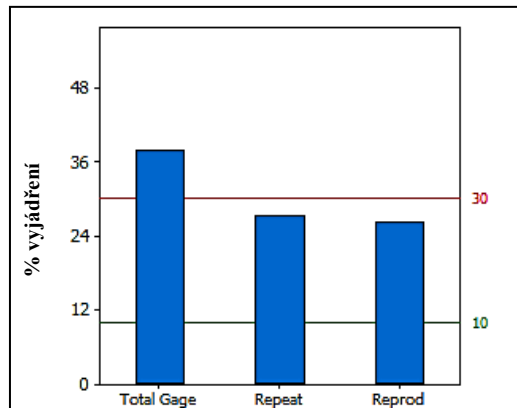
Konkrétní počet vzorků a měření není stanoven. Vždy závisí na konkrétní situaci a také se musí přihlídnout k ekonomickým možnostem opakovaného měření. Obecně platí pravidlo, že je lepší větší počet vzorků.

Dále si realizátor testu musí uvědomit daný typ měření, neboť výstupem mohou být data spojitá či atributivní.

[18]

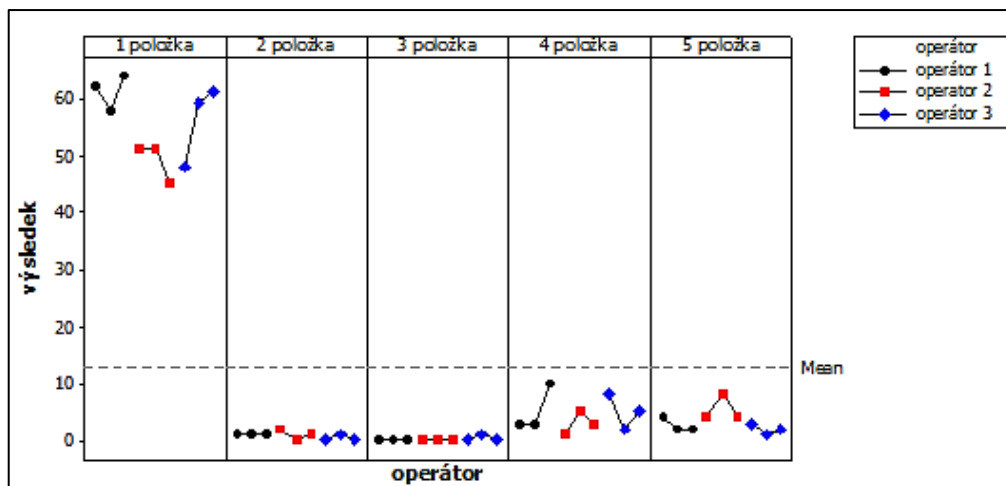
Vyhodnocení Gage R&R

Kromě sloupce opakovatelnosti a reprodukovatelnosti se v grafu objevuje sloupec s názvem Total Gage (viz obr. 7). Jedná se o výsledek studie Gage R&R. Jsou-li sloupce opakovatelnosti (Repeat) a reprodukovatelnosti (Reprod) vysoké, svědčí to o nestabilitě procesu a lze říci, že měřicí systém se jeví nespolehlivý. [8]



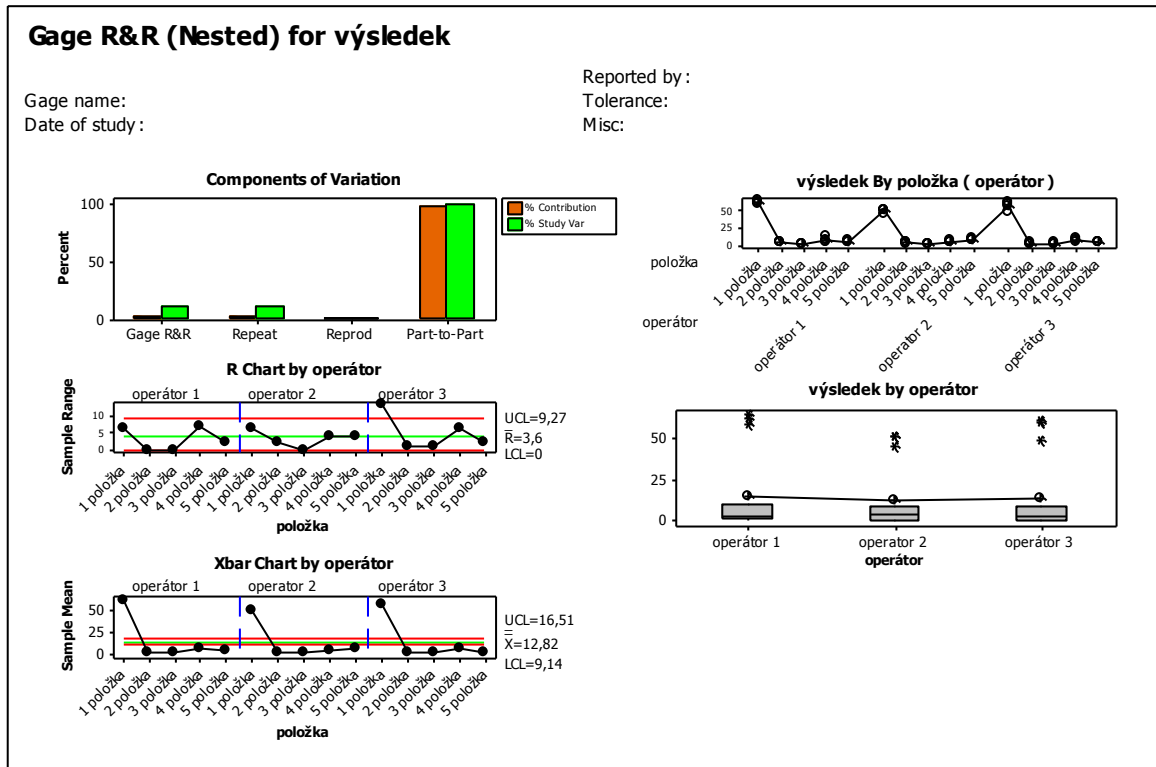
Obr. 7. Histogram výsledku MSA

Dalším výstupem MSA je průběhový diagram (viz obr. 8), kde jsou patrné rozdíly mezi jednotlivými operátory a jejich opakovanými výstupy.



Obr. 8. Průběhový diagram

Nejkompletnější grafický výstup zkoušky MSA bývá shrnut do jednoho obrázku. Takovýto souhrnný výstup je uveden na obrázku 9.



Obr. 9. Celkové grafické shrnutí

Veškeré grafické výstupy bývají podpořené analytickým výsledkem (viz obr. 10). V mnoha případech jsou přehlednější a jednoznačnější než grafická podoba.

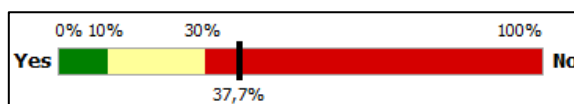
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)	
Total Gage R&R	7,267	1,25	Procentuální vyjádření složek variability
Repeatability	7,267	1,25	
Reproducibility	0,000	0,00	
Part-To-Part	574,444	98,75	
Total Variation	581,711	100,00	

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)	
Total Gage R&R	2,6957	16,174	11,18	Výsledky Gage R&R
Repeatability	2,6957	16,174	11,18	
Reproducibility	0,0000	0,000	0,00	
Part-To-Part	23,9676	143,805	99,37	
Total Variation	24,1187	144,712	100,00	

Number of Distinct Categories = 12 → Ukazatel rozlišitelnosti systému.
Ideálně 10 a více

Obr. 10. Analytické výsledky

Ať už grafická či analytická podoba, závěrečným výsledkem testu Gage R&R, je jedna konkrétní hodnota (obr. 11), jejíž význam je uveden v tabulce 1.



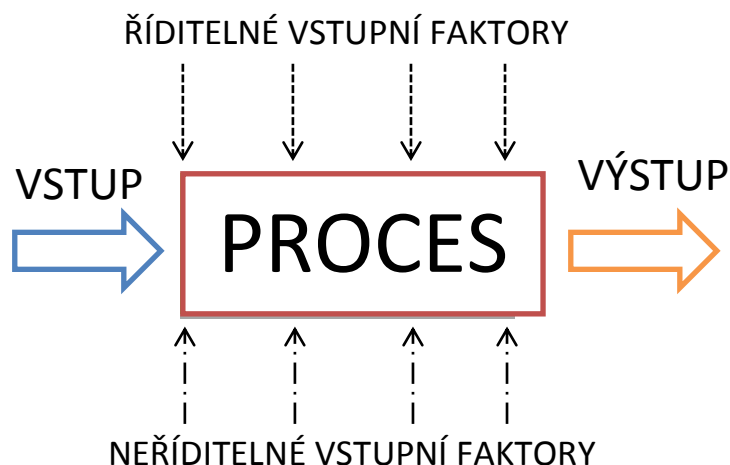
Obr. 11. Výsledná hodnota zkoušky MSA

Tab. 1. Výsledky Gage R&R [3]

Výsledek Gage R&R	Rozhodnutí	Komentář
Pod 10%	<i>Přijatelný měřicí systém</i>	<i>Ideální stav, lze využít tam, kde se požaduje zpřísněná regulace procesu.</i>
10% - 30%	<i>Může být přijatelný pro některý typ měření.</i>	<i>Tento stav si zaslouží zvýšenou pozornost. Rozhodnutí o způsobilém měření se provede na základě důležitosti měření, nákladů na měření, náklady na opravu dílu.</i>
Nad 30%	<i>Nepřijatelný měřicí systém</i>	<i>Svědčí o nepředvídatelném systému měření a je nutné tento stav zlepšit.</i>

2.7. PLÁNOVANÝ EXPERIMENT – DOE

Jedná se o zkoušku s cílenou změnou vstupních faktorů. Jsou analyzovány a pozorovány změny výstupních proměnných. Cílem DOE je nalézt dominantní vstupní faktory a pochopit, jaký vliv mají na výstupní proměnnou (viz obr. 12).



Obr. 12. Schéma DOE [17]

Plánovaný experiment patří mezi tzv. aktivní statistické metody a je vhodné ho využít v situacích, kdy nemáme dostatek znalostí a zkušeností, abychom jediným experimentem okamžitě našli optimální řešení problému.

Důležitým pojmem v plánovaném experimentu je centrální bod (center point). Přidáním centrálních bodů do plánu experimentu se ověřuje, zda lze předpokládat lineární model, nebo jiné zakřivení modelu. [1],[10],[17]

2.7.1. VYTVOŘENÍ PLÁNU EXPERIMENTU

1) Definice a popis problému

Rozvíjí veškeré myšlenky o konkrétním cíli, na jehož základě se problém popisuje. Velmi důležité je pracovat v týmu složeného z technologa, procesního inženýra, zástupce kvality a operátora.

2) Stanovení odezvy

Odezva (sledovaná veličina) je sledována za účelem zlepšení procesu např. aritmetický průměr, směrodatná odchylka,...

3) Volba faktorů a jejich úrovní

Výběr faktorů je zásadní a nemělo by se na nic zapomenout. Doporučuje se proto spolupráce celého týmu a vydefinování faktorů např. pomocí brainstormingu.

Mezi nejběžnější faktory patří:

- procesní parametry – teplota, tlak, vlhkost, apod.,
- různé metody výroby, rozdílné technologie,
- vstupní materiály,
- operátor, směna.

4) Výběr plánu experimentu

Výběr konkrétního plánu (počet opakování, použití centrálních bodů, apod.) je ovlivněn několika zdroji, bez kterých se experiment nepodaří uskutečnit.

Mezi zmíněné zdroje patří:

- kapacita strojů či zařízení,
- finance,
- lidé,
- čas,
- vhodný software.

5) Provedení experimentu

Je nezbytné dodržovat plán experimentu. Jakákoliv chyba může vést ke znehodnocení celého experimentu a devaluje veškeré výstupy.

6) Analýza dat

Analýza dat probíhá v drtivé většině pomocí statistických softwarů. Výstupem z plánovaného experimentu je regresní rovnice, což je model, který popisuje plochu odezvy v závislosti na zvolených faktorech.

7) Závěr a doporučení

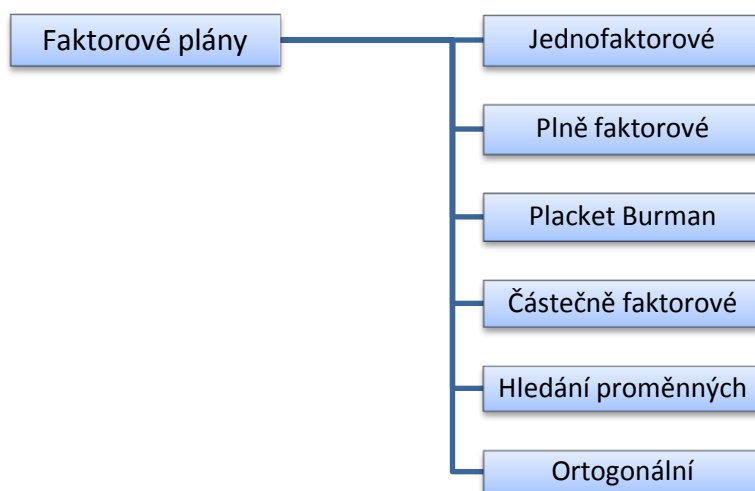
Závěry by měly být konkrétní a pro všechny zúčastněné srozumitelné. Nedílnou součástí by mělo být doporučení, co bude po experimentu následovat.

2.7.2. EXPERIMENTÁLNÍ PLÁNY

V tradičním plánovaném experimentu existuje velký počet klasických experimentálních plánů, které lze v praxi použít. Vše záleží na konkrétním případě.

Typy experimentálních plánů:

- kvadratické plány,
- faktorové plány,
- deterministické plány.



Obr. 13. Typy faktorových plánů

[1]

Výhody a nevýhody jednotlivých typů jsou vyjádřeny v následující tabulce 2:

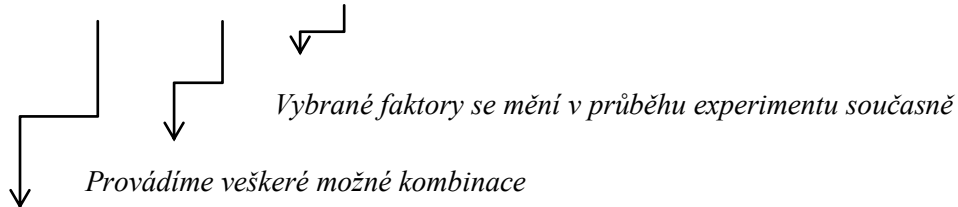
Tab. 2. Porovnání některých typů plánů [1]

Typ	Výhody	Nevýhody
Jednofaktorový	<i>Jednoduchá obsluha programu</i>	<i>Není možné poznat vzájemné působení</i>
Plně faktorový	<i>Vysoká vypovídací schopnost</i>	<i>Velmi nákladné při vyšším počtu faktorů</i>
Částečně faktorový	<i>Nízký počet zkoušek při vysokém počtu faktorů</i>	<i>Špatný výsledek při podcenění vzájemných působení</i>
Kvadratický	<i>Jednoduchá obsluha programu, jsou možná víc jak dvě nastavení</i>	<i>Možný pouze pro dva až tři faktory</i>
Deterministický	<i>Sleduje optimální směr</i>	<i>Možný pouze pro dva až tři faktory, špatný výsledek podmíněný nelineárním průběhem cílové veličiny a výskytu lokálního optima vzájemného působení</i>

Plný faktoriální plán - 2úrovňový

Jedná se o tradiční plán běžně využívaný v praxi a byl aplikován v praktické části diplomové práce.

2úrovňový - plný faktoriální plán



U faktorů se nastavují dvě hodnoty (dvě meze)

Velký vliv na konkrétní výběr plánu experimentu má předpokládaný počet měření. Počet všech možných kombinací je dán vztahem 2^K , kde K vyjadřuje počet faktorů.

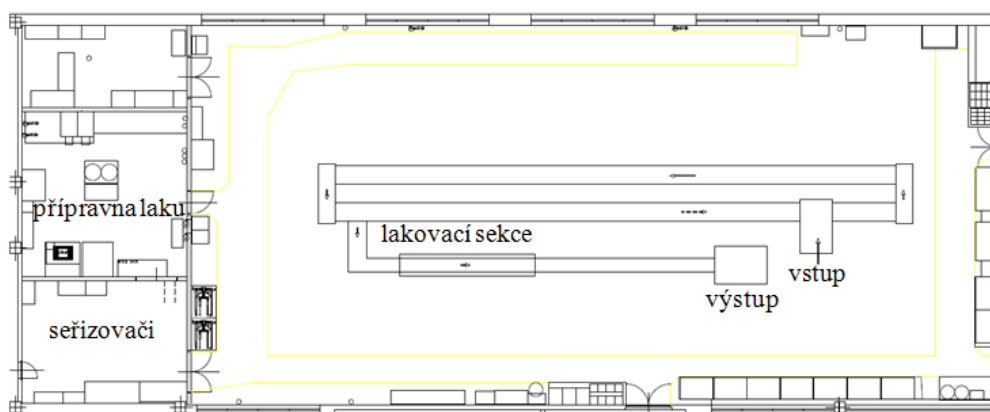
[15]

3. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Začátek kapitoly je věnován popisu a analýze současného stavu procesu nanášení krycí vrstvy. Nanášení krycí vrstvy má přímý vliv na kvalitu našich výrobků.

3.1. POPIS SOUČASNÉHO STAVU

Samotný proces nanášení krycí vrstvy začíná přípravou lakovací směsi. Směs je připravována za přísně definovaných technologických podmínek a podléhá firemnímu „know-how“. Proces míchání probíhá odděleně od výroby. Po namíchání stanovené dávky se lakovací „hmota“ přenesse k výrobní lince a vlije do příslušného zásobníku, který je součástí výrobní linky (viz obr. 14).

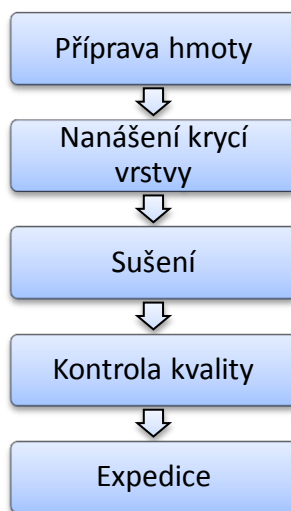


Obr. 14. Layout pracoviště

Nanášení krycí vrstvy na výrobky je plně automatizováno. Krycí vrstvu lze upravit dle typu výroby a může být i vícenásobná. Má dvě základní funkce, které jsou pro produkt velmi důležité. První funkcí je ochrana produktu před okolními vlivy, především vlhkostí. Druhou je opticko-estetický vjem. Kombinací zmíněných funkcí dosáhneme požadovaných vlastností. Z těchto důvodů je pro nás adheze krycí vrstvy velice důležitá.

Hlavním ukazatelem kvality produkce je tzv. test odlupem. Obdobný test je používán u většiny našich předních zákazníků. Princip odlupového testu je jednoduchý a přesto velice účinný. Ve výrobním procesu je zkouška zařazena před finálním střediskem výrobního procesu – expedicí.

PROCES NANÁŠENÍ KRYCÍ VRSTVY



Obr. 15. Schéma procesu

Vstupy a výstupy procesu

Pro vymezení a popsání hranic procesu byla použita metoda SIPOC. Z níže uvedené tabulky 3 je zřejmé, proč byla vymezena právě tato část výrobního procesu. Neboť veškeré vstupy se týkají pouze krycí vrstvy.

Všechny kroky v procesu jsou dány technologickými postupy a přísně kontrolovány. Každá chyba, která nastane, má přímý dopad na kvalitu a posléze na finanční stránku.

Tab. 3. SIPOC

S	I	P	O	C
<i>sklad</i>	<i>krycí směsi</i>	příprava hmoty	<i>hmota</i>	<i>nanášení krycí vrstvy</i>
<i>příprava laku</i>	<i>krycí hmota</i>	nanášení krycí vrstvy	<i>nanesení povrchové vrstvy na produkt</i>	<i>sušení</i>
<i>nanášení krycí vrstvy</i>	<i>produkt s krycí vrstvou</i>	sušení	<i>produkt s vytvrzenou povrchovou vrstvou</i>	<i>kontrola kvality</i>
<i>sušení</i>	<i>produkt s vytvrzenou povrchovou vrstvou</i>	kontrola kvality	<i>produkty 1 kvality</i>	<i>expedice</i>

ODLUPOVÝ TEST

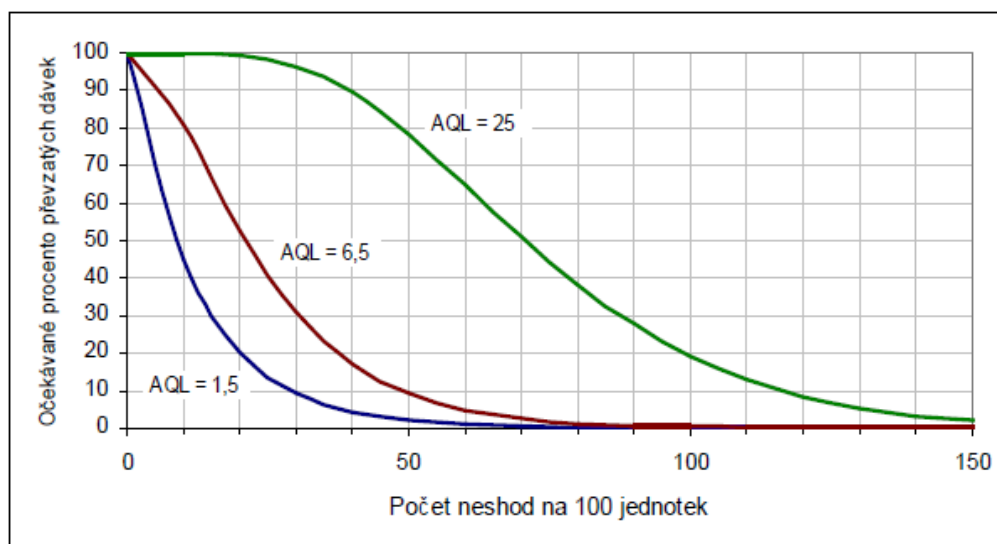
Princip odlupového testu spočívá v nabrání zastupitelného množství kamenů z položky. Konkrétní počet vzorku závisí na velikosti položky a je určen statistickou přejímkou.

Kroky odlupového testu:

- vzorek je umístěn na kovovou destičku,
- nalepí se lepicí páska a pomocí přípravku se vytvoří tlak na destičku s příslušným vzorkem,
- kameny se z pásky strhnou a zkontroluje se, jak velká plocha lakové vrstvy zůstala na lepicí pásce,
- dle těchto údajů se vyhodnocuje kvalita dané produkce.

Rozhodovací kritéria pro odlupový test

Rozhodnutí o kvalitě položky, tzn. kolik dobrých produktů z položky, musí splnit kvalitativní požadavky, se stanovuje pomocí statistické přejímky. Přejímací pravidlo bylo stanoveno dle přípustné meze jakosti AQL 0,25. Jinými slovy hodnota AQL je požadavkem na průměrné procento neshody dávky od jednoho dodavatele. Význam AQL je vyjádřen křivkou (viz obr. 16), čím menší je hodnota AQL, tím se snižuje počet přípustných vad ve výrobní dávce.



Obr. 16. Průběh AQL

Rozsah dávky byl stanoven dle počtu ks vzorků použitých k testování. Pro daný rozsah a normální kontrolní úroveň, náleží písmeno M (viz vyznačení na obr. 17).

Rozsah dávky		Speciální kontrolní úrovně				Obecné kontrolní úrovně		
		S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 až	8	A	A	A	A	A	A	B
9 až	15	A	A	A	A	A	B	C
16 až	25	A	A	B	B	B	C	D
26 až	50	A	B	B	C	C	D	E
51 až	90	B	B	C	C	C	E	F
91 až	150	B	B	C	D	D	F	G
151 až	280	B	C	D	E	E	G	H
281 až	500	B	C	D	E	F	H	J
501 až	1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 až	3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 až	10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 až	35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 až	150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 až	500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 a výše		D	E	H	K	N	Q	R

Obr. 17. Kódová písmena rozsahu výběru

Dle písmena M a úrovně AQL 0,25 bylo stanoveno přijímací a zamítací číslo (viz obr. 18). Pokud je v položce 0-3 NOK kamenů, celá položka se považuje za kvalitní, v opačném případě se položka vyhodnotí jako nevyhovující.

H	První Druhý	32 32	32 64																.			
J	První Druhý	50 50	50 100																.	↑		
K	První Druhý	80 80	80 160																.	↑	↓	
L	První Druhý	125 125	125 250																.	↑	↓	0 2 1 2
M	První Druhý	200 200	200 400																.	↑	↓	0 2 0 3 1 2 3 4
N	První Druhý	315 315	315 630																.	↑	↓	0 2 0 3 1 3 1 2 3 4 4 5
P	První Druhý	500 500	500 1 000																.	↑	↓	0 2 0 3 1 3 2 5 1 2 3 4 4 5 6 7
Q	První Druhý	800 800	800 1 600																.	↑	↓	0 2 0 3 1 3 2 5 3 6 1 2 3 4 4 5 6 7 9 10
R	První Druhý	1 250 1 250	1 250 2 500																.	↑	↓	0 2 0 3 1 3 2 5 3 6 5 9 1 2 3 4 4 5 6 7 9 10 12 13

↑ = Použije se první přijímací plán pod šipkou. Je-li rozsah výběru roven
 ↓ = Použije se první přijímací plán nad šipkou
 Ac = Přijímací číslo
 Re = Zamítací číslo
 * = Použije se odpovídající přijímací plán jedním výběrem (nebo, je-li k

Obr. 18. Výřez tabulky přijímacího plánu (kompletní tabulka viz Příloha I)

Ukázky vyhodnocení odlupového testu



Obr. 19. Ukázka výsledku odlupového testu

Možné vlivy na test odlupem

Správnost provedení a vyhodnocení odlupové zkoušky může být ovlivněna několika faktory.

Faktory:

- lidský faktor,
- pracovní prostředí (osvětlení, teplota, vlhkost),
- typ pásky,
- testovací zařízení,
- technologický postup,
- homogenita položky.

Lidský faktor

Odlupový test se řadí mezi zkoušky, jejichž vyhodnocení má subjektivní charakter. Pracovnice jsou pravidelně proškoleny a mají k dispozici šablony, které pomáhají položky správně vyhodnotit. Přesto má lidský faktor stále klíčovou roli.

Pracovní prostředí

Nedostačující osvětlení, velmi vysoká vlhkost, neergonomičnost pracovního místa, teplota, to vše dokáže negativně ovlivnit průběh měření.

Technologický postup

Technologický postup je jednou z hlavních náplní firemních technologií. Pokud je předpis technologicky chybně, či je v něm pouze překlep, může dojít k chybným výstupům, tedy ke znehodnocení zkoušky.

Typ pásky

Typ pásky (obr. 20) byl vybrán s ohledem na užívání našimi zákazníky, pro dosažení srovnatelných podmínek a následné deklarování kvality zboží.



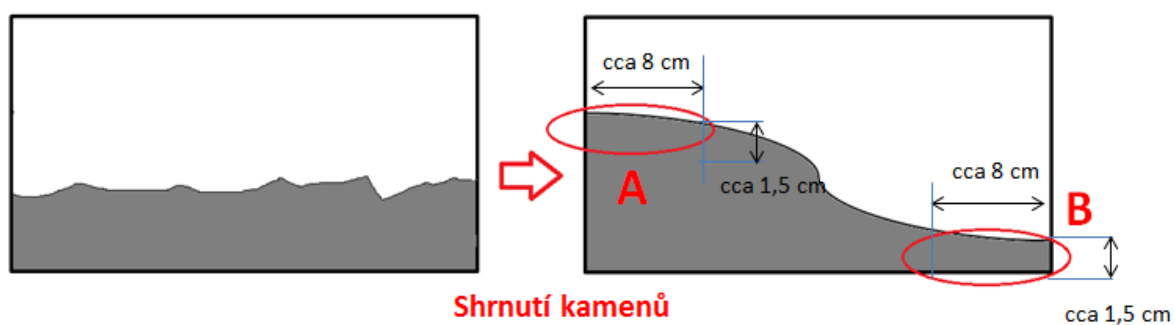
Obr. 20. Typ pásky

Testovací zařízení

Odlupové zařízení je zcela primitivní zařízení, přesto je nutné mít strojek správně nastaven – především z pohledu tlaků tak, aby byly výsledky spolehlivé.

Homogenita položky

K určení homogenity či nehomogenity položky byl proveden test, kde z každé položky byly odebrány 2 vzorky označené písmeny A, B a následně realizován odlupový test. Odebrání vzorků proběhlo dle schématu na obrázku 21. Principem bylo vybrat kameny z horní a ze spodní části vzorku – plastové přepravky.



Obr. 21. Schéma náběru vzorku

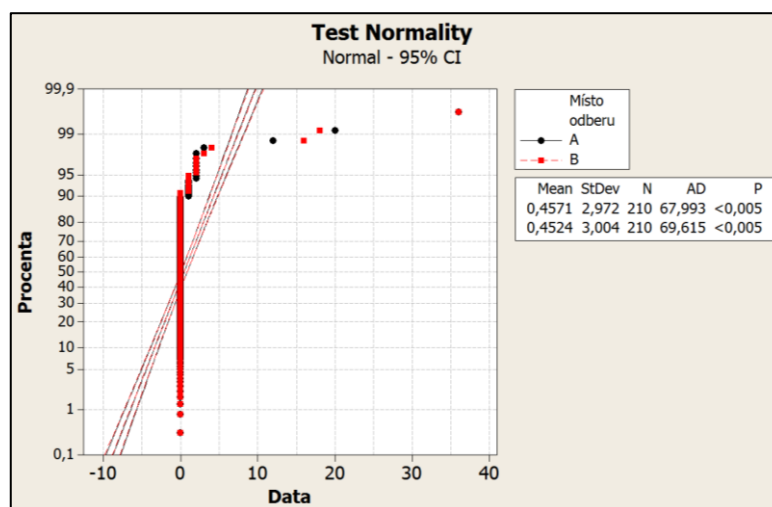
Celkem se odebralo 210 vzorků z obou uvedených míst a z každého vzorku se provedl odlupový test. Výsledky se zapsaly do tabulky, jejíž výřez je v tabulce 4. Kompletní tabulka je uvedena v *Příloze II*.

Tab. 4. Sběr dat k určení homogenity vzorky

Datum	Položka	A		B	
		Velikost vzorku [Ks]	Počet vadných	Velikost vzorku [Ks]	Počet vadných
Suma			96		95
6.10.	852691	400	1	400	0
	898979	400	0	400	0
	890861	400	0	400	0
	22895	400	0	400	2
7.10.	5306	400	0	400	0
	4730	400	0	400	0
	883828	400	2	400	0
	893836	400	0	400	0

Ověření normality dat

Test normality jasně prokazuje, že data z obou míst náběru jsou s více jak 95% spolehlivostí nenormálně rozdělena. Na tuto skutečnost ukazuje P-hodnota, která je v obou případech menší než 0,05 (viz obr. 22).

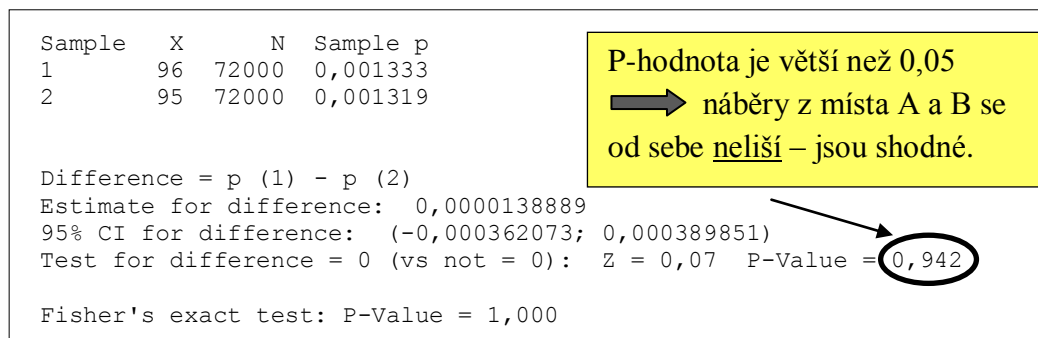


Obr. 22. Test normality

Vzhledem k atributivním datům a nenormálnímu rozdělení dat bylo využito testu podílu dvou skupin. K analýze testu byl využit statistický software Minitab.

Výsledky podílového testu dvou skupin

Analytické vyhodnocení testu je uvedeno na obrázku 23.



Obr. 23. Analytický výsledek testu

Závěr testu podílu dvou skupin

P hodnota je dostatečně velká, nelze zamítnout nulovou hypotézu se spolehlivostí větší než 95% na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Lze vyslovit závěr, že odběry z místa A a B se od sebe neliší. Položku je možné považovat za homogenní. Z pohledu náběru vzorku není podstatné, ve kterém místě se vzorek odebere. Toto zjištění je velmi důležité, protože každou manipulací navíc se produkce může znehodnotit.

3.2. SHRNUTÍ SOUČASNÉHO STAVU

Vzhledem k faktu, že se dlouhodobě nedaří stabilizovat výrobu z pohledu kvality, je potřeba hledat kořenové příčiny problému. Jedním ze zásadních problémů nekvality je nedostatečná adheze krycí vrstvy při odlupovém testu. Odlupový test patří mezi základní zkoušky používané našimi zákazníky. Příčin nevyhovující adheze může být více. Práce se zaměřila na dvě oblasti. První z nich byla stabilita měřicího systému. Druhou oblastí se stala tloušťka lakové vrstvy a její vztah k odlupovému testu.

Výstupem diplomové práce by mělo být stabilní měření a potvrzení či vyvrácení vlivu tloušťky krycí vrstvy na odlupový test. Následující kapitola věnovaná definici měření byla koncipována k posouzení stability současného systému měření odlupu.

4. DEFINICE MĚŘENÍ

Před realizací a následnou analýzou plánovaného experimentu, bylo nezbytné ověřit, zda výstupy získávané z odlupového testu lze považovat za věrohodné. Aby se vyloučil jeden ze zdrojů variability, čímž bývá ve velké míře měřicí systém, provedla se analýza MSA – Gage R&R. Ta nám poskytne potvrzení či vyvrácení spolehlivosti našeho měřicího systému.

Vzhledem k charakteru odlupové zkoušky – destruktivní, byla použita studie typu Gage R&R – Nested. Nested je aplikována pouze v případech, kdy nemůžeme opakovaně měřit tentýž vzorek, tzn. u zkoušek destruktivních.

4.1. VOLBA VZORKU PRO MSA

Pro studii MSA bylo zvoleno pět vzorků. Za vzorek byla považována položka uložená v plastové přepravce (obr. 24). Nabrání potřebného množství kamenů probíhalo dle statistické přejímky (viz 3.1) a následně byl proveden test na odlup.

Vzorky byly vybrány s ohledem na již vyhodnocený odlupový test. Díky tomu, bylo dopředu známé a predikovatelné, jak by měly vzorky při studii dopadnout.



Obr. 24. KLB přepravka

Výběr vzorků je důležitým faktorem, který může velmi negativně ovlivnit výsledek MSA. Položky by měly reprezentovat celé výrobní portfolio.

Pro ověřitelnost systému měření byly vybrány velikosti ss 6, ss 8 a ss 24. Jedná se o nejrozšířenější sortiment z pohledu velikosti, který firma zákazníkům nabízí. Barevné provedení vzorků nebylo nikterak významné.

Zásadní podmínkou bylo nalézt položky:

- OK,
- NOK,
- tzv. „na hraně.“

Tím bylo zajištěno, že měřicí systém má schopnost rozlišit kvalitu produkce v celém rozsahu. Vybrané vzorky jsou uvedeny v tabulce 5.

Tab. 5. Vybrané vzorky

Velikost	Barva	Původní vyhodnocení
6	Siam rubin	OK
8	Topaz kouřová	OK
6	Siam rubin	NOK
6	Emerald	NOK
24	Šedá kouřová	NA HRANĚ

Výběr odlupového zařízení

K dispozici mají operátorky několik identických odlupových strojků, které samy ručně ovládají. Studie MSA byla provedena na jednom náhodně vybraném zařízení. Na zařízeních lze kontrolovat veškerou vyrobenou produkci.

Počet pracovníků

Pracovnice byly náhodně vytipovány z jedné směny. Tím byly zaručeny stejné vstupní podmínky pro všechny vybrané operátorky. Pro studii MSA byly vybrány tři pracovnice.

Rozsah studie MSA

Rozsah celé studie byl rozumným kompromisem s přihlédnutím k provozním omezením a je shrnut v tabulce 6.

Tab. 6. Rozsah studie MSA

Počet operátorů	Počet vzorků	Počet opakování
3	5	3

Omezení byla následující:

- ekonomické možnosti opakovaných měření,
- plnění dodávkového programu,
- časová náročnost – směnnost.

Celkový počet testů byl 45, což vychází z údajů uvedených na obrázku 25.



Obr. 25. Výpočet počtu měření

Vytvoření plánu

Testované položky byly označeny čísly 1 až 5, operátorky čísly 1 až 3. Plán měření byl vytvořen s podporou softwaru Minitab. Část plánu pro studii MSA je uvedena v následující tabulce 7. Kompletní tabulka obsahující přesný plán měření je uvedena v *Příloze III*.

Tab. 7. Výřez plánu studie MSA

pořadí	operátor	položka	výsledek
1	operátor 1	5 položka	
2	operátor 1	1 položka	
3	operátor 1	4 položka	
4	operátor 1	3 položka	
5	operátor 1	2 položka	

4.2. ZKOUŠKA MSA

Postup měření

Na pracoviště kontroly byly zaneseny vydefinované položky (vzorky) a přiděleny jednotlivým pracovním přesně dle plánu. Operátorky vykonaly za běžných provozních podmínek odlupový test a následně vyhodnotily kvalitu položky.

Hlavní zásadou MSA je, že operátoři nejsou obeznámeni s postupem měření. Neznají, jaké vzorky byly pro MSA vybrány, a který ze vzorků právě kontrolují.

Měření bylo třikrát opakováno. Tím byla maximálně zajištěna opakovatelnost operátorek v průběhu pěti měření. Ukázka zaznamenaných hodnot je v tabulce 8. Kompletní tabulka je uvedena v *Příloze IV*.

Tab. 8. Hodnoty MSA

pořadí	operátor	položka	výsledek
1	operátor 1	5 položka	4
2	operátor 1	1 položka	62
3	operátor 1	4 položka	3
4	operátor 1	3 položka	0
5	operátor 1	2 položka	1
6	operator 2	3 položka	0
7	operator 2	1 položka	51
8	operator 2	2 položka	2
9	operator 2	5 položka	4
10	operator 2	4 položka	1
11	operátor 3	2 položka	0
12	operátor 3	3 položka	0
13	operátor 3	4 položka	8
14	operátor 3	1 položka	48
15	operátor 3	5 položka	3
16	operátor 1	4 položka	3
17	operátor 1	2 položka	1
18	operátor 1	1 položka	58
19	operátor 1	5 položka	2
20	operátor 1	3 položka	0

4.3. VOLBA VZORKU PRO PLÁNOVANÝ EXPERIMENT

Před samotnou realizací zkoušky bylo nezbytné si vydefinovat vhodný sortiment. K určení vzorků se vycházelo z výrobních dat za období srpen 2014 až únor 2015. Zároveň se musely vzít v potaz i ostatní ukazatele, které výrobu ovlivňují.

Možné vlivy:

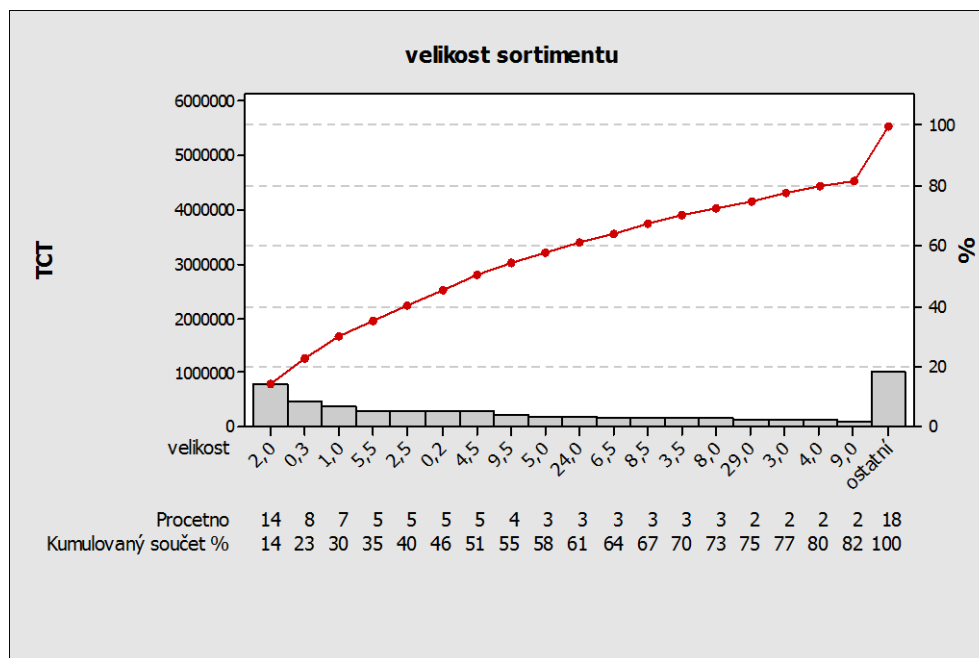
- různorodá velikost kamenů (v nabídce je více jak 80 velikostí),
- velké množství barev (více jak 40 velikostí ve 30 možných odstínech),
- odlišný typ zušlechtění,
- několik typů výrobních zařízení,
- více směnné provozy.

Aby se předešlo zmíněným vlivům, které by mohly vnést do výsledků zkoušek nechtěnou variabilitu, byl zvolen pouze jeden zastupitelný sortiment a jedno výrobní zařízení. Tímto krokem se zaručila vyšší spolehlivost výstupních dat.

Rozhodovacím kritériem se staly Paretovy analýzy.

Výběr velikosti sortimentu

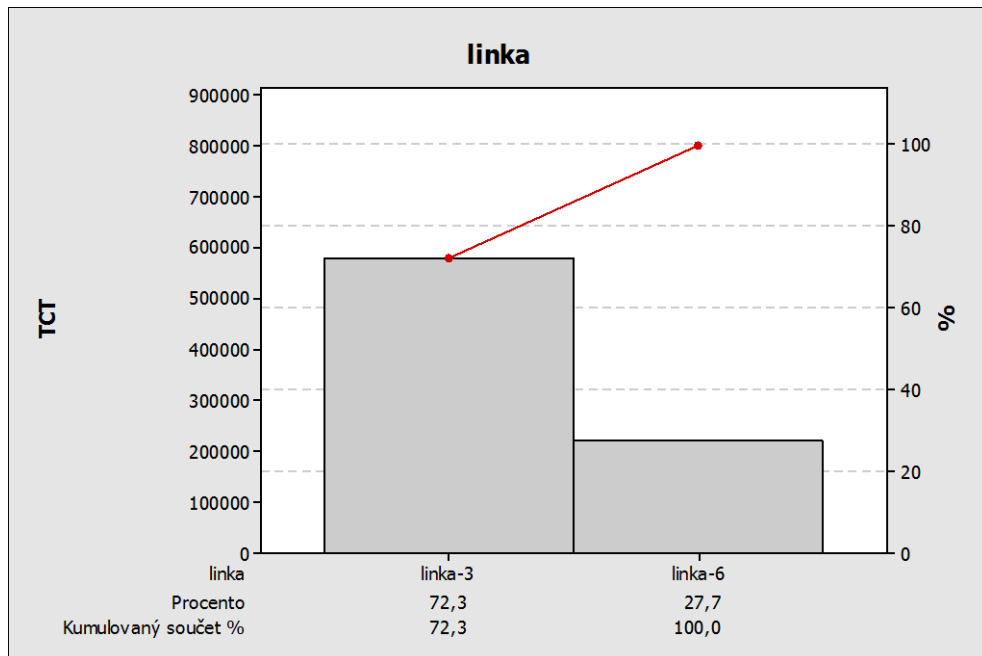
Byla vybrána velikost s nejvyšší četností, tedy velikost 2 (viz obr. 26).



Obr. 26. Výběr vzorku dle velikost

Výběr výrobní linky

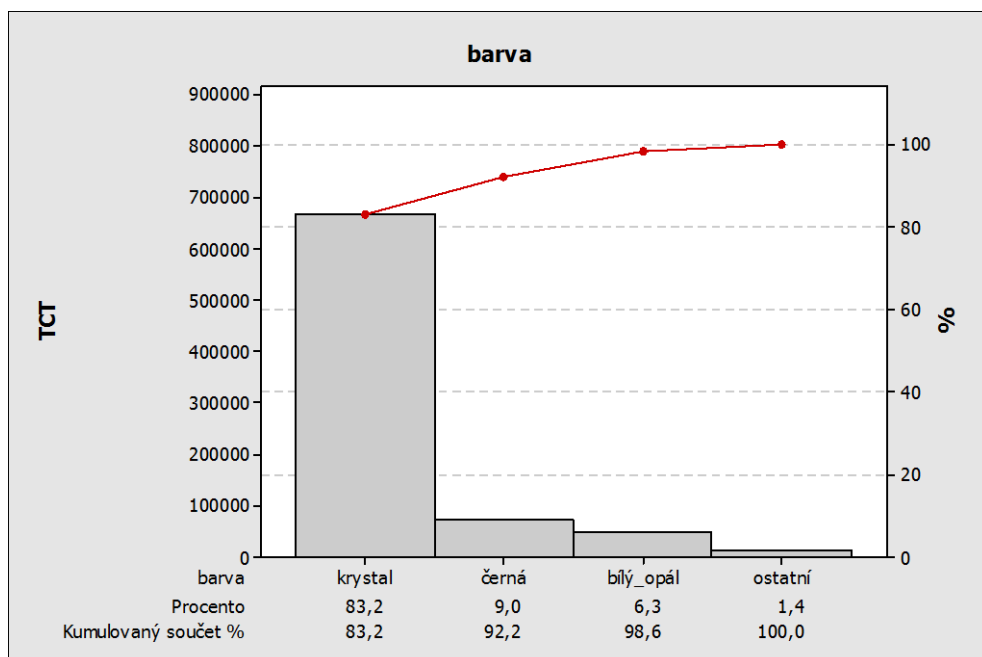
Vydefinovaná velikost sortimentu se vyráběla pouze na dvou linkách. Z jejich četností byla zvolena linka č. 3 (obr. 27).



Obr. 27. Volba vhodné výrobní linky

Výběr barvy sortimentu

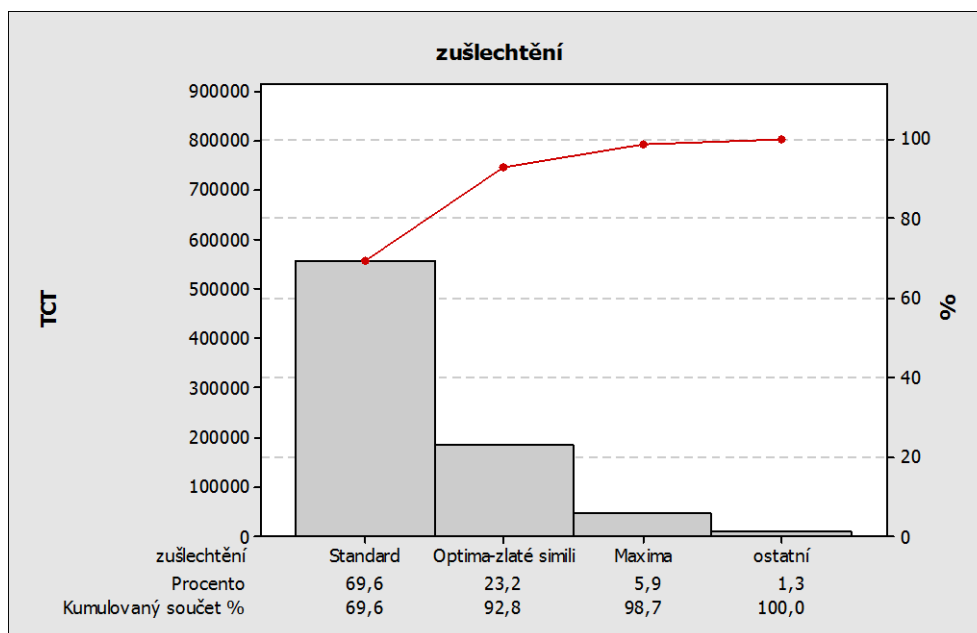
Dle paretovy analýzy byla zvolena barva krystal.



Obr. 28. Volba vhodné barvy

Výběr zušlechtění sortimentu

Posledním výběrem, byl výběr zušlechtění. Z grafu na obrázku 29 je patrné, že se jednalo o typ zušlechtění - standard.



Obr. 29. Výběr vhodného zušlechtění

Shrnutí vhodného sortimentu

Vhodný typ sortimentu z hlediska barvy, velikosti, zušlechtění a výrobní linky je uveden v tabulce 9.

Tab. 9. Vhodný sortiment

Velikost produktu	Výrobní linka	Barva	Zušlechtění
2	linka 3	krystal	Standard

Tímto krokem bylo jasně specifikováno, na kterém produktu a výrobním zařízení bude plánovaný experiment proveden. Pro realizaci DOE jsou tyto informace velice klíčové, neboť tento typ zkoušky vyžaduje konkrétní a podrobné naplánování.

Díky tomu bylo možné si včas zajistit:

- požadované vzorky,
- kapacitu linky,
- zvolit vhodného operátora,
- kapacita kontroly.

Výběr faktorů a jejich úrovní

V prvním kroku bylo nezbytné stanovit faktory, které nejvíce ovlivňují proces nanášení krycí vrstvy. Pro správný výběr faktorů byl vytvořen tým a aplikován brainstorming.

Složení týmu:

- technolog,
- mistr střediska,
- operátor,
- výzkumný pracovník,
- chemik,
- průmyslový inženýr.

Cílem bylo vytipovat veškeré možné faktory, které mají přímý dopad na kvalitu nanesené krycí vrstvy na kámen. Veškeré vydefinované faktory a jejich meze (hodnota 1, hodnota 2) jsou uvedeny v tabulce 10.

Tab. 10. Vydefinované faktory po brainstormingu

faktor/ proměnná	hodnota 1	hodnota 2
počet otočení udávající průtok laku [otáčka]	-2	2
rychlost pistolí [m/min]	35	
počet pistolí = počet vrstev laku [ks]	1	3
tlaky v pistolích [bar]	100	105
čistota linky	ANO	NE
rychlost dopravníku [m/min]	4,83	
stáří laku [hod]	0	5
množství barvy v zásobníku	MIN	MAX

Po vydefinování uvedených faktorů byly některé parametry identifikovány jako konstanty. Jejich hodnoty nelze nastavit, neboť jsou udávány výrobní linkou. Z pohledu technologie výroby nelze za faktor považovat ani stáří laku. Zpracovatelnost laku je totiž velice krátkodobá.

Finální počet byl stanoven na tři faktory. Jejich podoba včetně mezí je uvedena v tabulce 11.

Tab. 11. Vybrané faktory

faktor/ proměnná	hodnota 1	hodnota 2
počet otočení udávající průtok laku [otáčka]	-2	2
čistota linky	ANO	NE
množství barvy v zásobníku	MIN	MAX

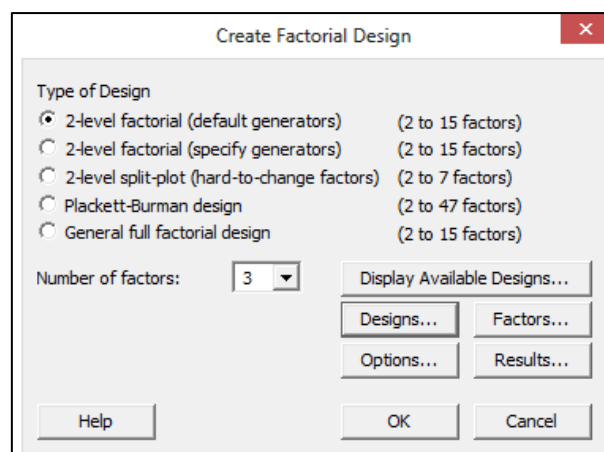
Výběr plánu experimentu

Vzhledem k celkovému počtu faktorů, byl vybrán dvou - úroňový plně faktoriální plán s jedním centrálním bodem, jedním blokem a dvěma replikacemi (viz obr. 30).

Dvě replikace udávají počet opakování, což je velmi zásadní. Opakováním se eliminuje stav náhodnosti některého z výsledků. Jeden blok byl nastaven s ohledem na průběh experimentu v jedné směně. Centrální bod byl zvolen v závislosti na vydefinovaných faktorech. Přidáním více centrálních bodů by se nedostavil efekt zkvalitnění výstupů, ale pouze by vzrostl počet experimentů. Dva ze tří faktorů byly textové a pouze jeden číselný.

VYTVOŘENÍ PLÁNU EXPERIMENTU POMOCÍ SW MINITAB

Volba typu plánu



Obr. 30. Výběr konkrétního plánu

Návrh faktoriálního plánu

Počet bodů ležících uprostřed experimentálního prostoru

Počet opakování

Pokud by nebyly zajištěny shodné podmínky (např. směnnost) pak by se počet bloků zvýšil dle počtu směn

Designs	Runs	Resolution	2^{k-p}
1/2 fraction	4	III	2^{3-1}
Full factorial	8	Full	2^3

Number of center points per block: 1

Number of replicates for corner points: 2

Number of blocks: 1

Obr. 31. Specifikace experimentu

Specifikace faktorů

Factor	Name	Type	Low	High
A	průtok laku	Numeric	-2	2
B	množství bar	Text	min	max
C	stav pistole	Text	nečistěná	po čištění

Obr. 32. Faktory a hodnoty jejich mezi

Po nastavení experimentu v programu Minitab, byl vytvořen přesný plán nezbytný pro samotnou realizaci experimentu (tab. 12).

Tab. 12. Plán experimentu

Pořadí	Centrální bod	Blok	Průtok laku	Množství barvy v zásobníku	Stav pistole
1	1	1	-2	min	nečištěná
2	1	1	2	min	po čištění
3	1	1	2	min	po čištění
4	0	1	0	max	po čištění
5	1	1	-2	min	po čištění
6	1	1	-2	max	nečištěná
7	1	1	-2	max	nečištěná
8	1	1	2	max	po čištění
9	0	1	0	max	nečištěná
10	1	1	-2	max	po čištění
11	0	1	0	min	nečištěná
12	0	1	0	min	po čištění
13	1	1	2	max	nečištěná
14	1	1	2	max	po čištění
15	1	1	-2	min	po čištění
16	1	1	-2	min	nečištěná
17	1	1	2	max	nečištěná
18	1	1	-2	max	po čištění
19	1	1	2	min	nečištěná
20	1	1	2	min	nečištěná

4.4. ZKOUŠKA DOE

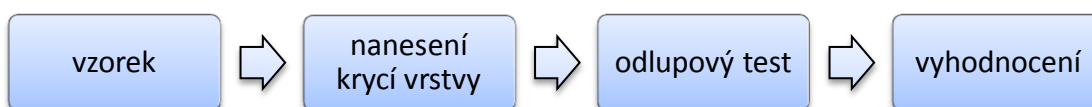
Průběh experimentu

Této části experimentu se musí věnovat maximální pozornost a je potřeba sledovat dodržování navrženého plánu. Chyb, jichž se v průběhu experimentu dopustíme, mohou naprosto devalvovat výsledky celé práce.

Experiment byl proveden na příslušném pracovišti. Vzorky vydefinovaných položek bylo nutné nejprve nasadit na dvojici nosičů, kde byla nanesena základní stabilizační vrstva. Následně byla každá dvojice lihovým fixem označena číslicí od 1 do 20.

Dle vydefinovaného plánu byly nosiče vkládány do linky. Nastavení parametrů odpovídalo konkrétnímu vzorku a běžným provozním podmínkám. Produkty z nosičů byly po projetí linkou nasypány do sáčku a označeny odpovídajícím číslem.

Vzorky z plánovaného experimentu byly odneseny na pracoviště kontroly. Kontrola udělala na každý vzorek odlupový test. Výsledky se doplnily do plánu experimentu (viz tab. 13) a za pomoci softwaru Minitab byly vyhodnoceny.



Obr. 33. Schéma – postup plánovaného experiment

Naměřené hodnoty

Tab. 13. Výřez tabulky výsledných hodnot DOE (Kompletní tabulka viz *Příloha V*)

Pořadí	Centrální bod	Blok	Průtok laku	Množství barvy v zásobníku	Stav pistole	Výsledek odlup. testu	Floušťka vrstvy
1	1	1	-2	min	nečištěná	0	2,55
2	1	1	2	min	po čištění	0	3,65
3	1	1	2	min	po čištění	0	4,75
4	0	1	0	max	po čištění	2	4,96
5	1	1	-2	min	po čištění	0	2,5
6	1	1	-2	max	nečištěná	0	3,19
7	1	1	-2	max	nečištěná	0	1,9

5. ANALÝZA

Metodika DMAIC skrývá pod písmenem A analýzu naměřených hodnot a dat. Pro rozhodnutí o vhodnosti či nevhodnosti současného stavu a následném nastavení správných opatření, bylo nutné provést analýzu dat.

5.1. ANALÝZA MSA

Výsledky měření byly analyzovány s podporou SW Minitab. Výstupem studie Nested je analytické vyjádření na obrázku 34. Výsledek Gage R&R byl stanoven na 11,18% . V ideálním případě by měla být hodnota do 10%. Jedná se o podmíněčně přijatelný měřicí systém.

Gage R&R (Nested) for výsledek					
Source	DF	SS	MS	F	P
operátor	2	43,4	21,69	0,013	0,988
položka (operátor)	12	20767,2	1730,60	238,156	0,000
Repeatability	30	218,0	7,27		
Total	44	21028,6			

Gage R&R		
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	7,267	1,25
Repeatability	7,267	1,25
Reproducibility	0,000	0,00
Part-To-Part	574,444	98,75
Total Variation	581,711	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	2,6957	16,174	11,18
Repeatability	2,6957	16,174	11,18
Reproducibility	0,0000	0,000	0,00
Part-To-Part	23,9676	143,805	99,37
Total Variation	24,1187	144,712	100,00

Number of Distinct Categories = 12

Gage R&R = 11,18%
→ podmíněčně přijatelný měřicí systém (systém se nachází v mezi 10 až 30% Gage R&R)

Rozlišitelnost systému měření

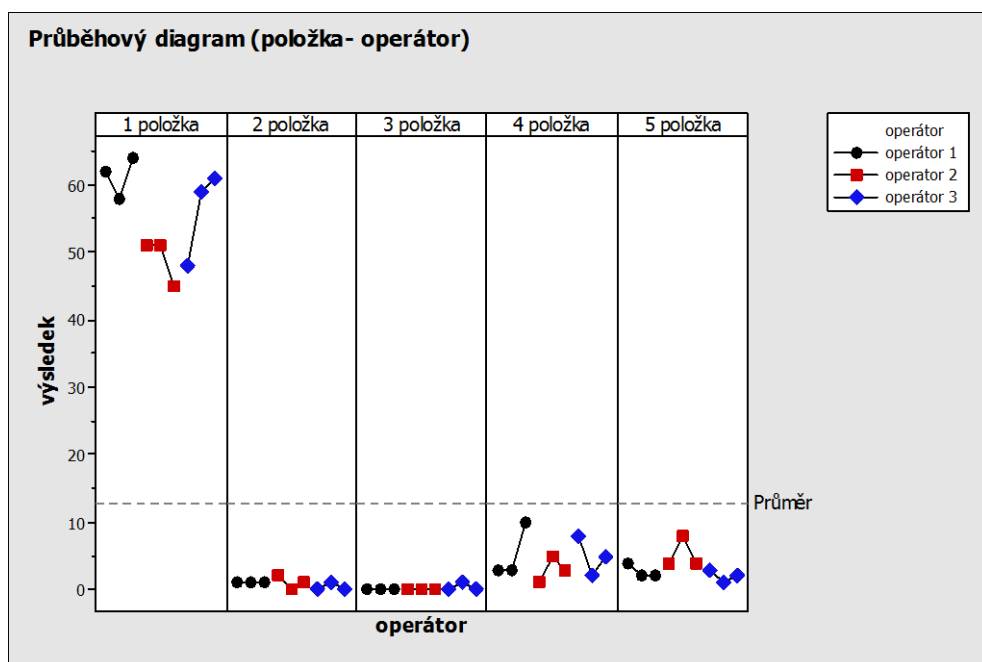
Obr. 34. Analytický výstup MSA

Průběhový diagram

Z průběhového diagramu uvedeného na obrázku 35 je možné vyčíst jednotlivé dílčí závěry.

Závěry:

- u vzorku č. 1 jsou patrné významné rozdíly mezi jednotlivými operátory,
- u položky č. 2 a č. 3 se operátoři takřka 100% shodli,
- položky č. 4 a č. 5 jsou z pohledu vyhodnocení velmi podobné a opět jsou zřejmé rozdíly při vyhodnocování mezi operátory.



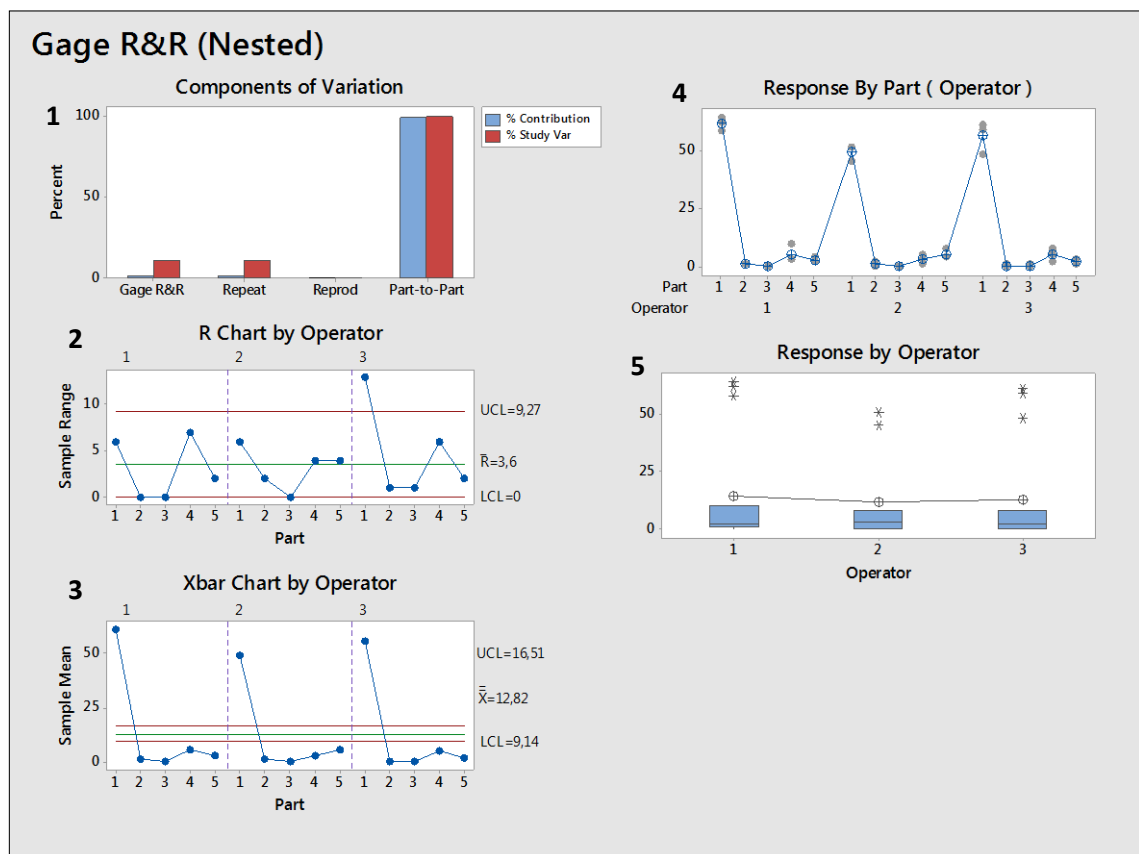
Obr. 35. Průběhový diagram

Souhrnné grafické zpracování

Jednotlivé dílčí grafické výstupy jsou shrnuty na obrázku 36.

Závěry:

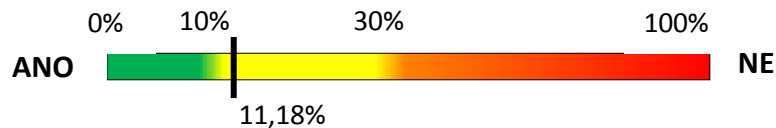
- problémem se jeví opakovatelnost, tedy variabilita operátorů (operátor má problém zopakovat výsledek na stejném vzorku),
- nejmenší variabilitu vykazuje operátor č. 2 – „je nejpřesnější“,
- graf č. 2 : hodnoty na hranici a mimo meze naznačují problém v opakovatelnosti,
- graf č. 3 : průměry mimo meze (červené čáry) poukazují na vhodný výběr vzorku.



Obr. 36. Souhrnné výsledky

Shrnutí MSA

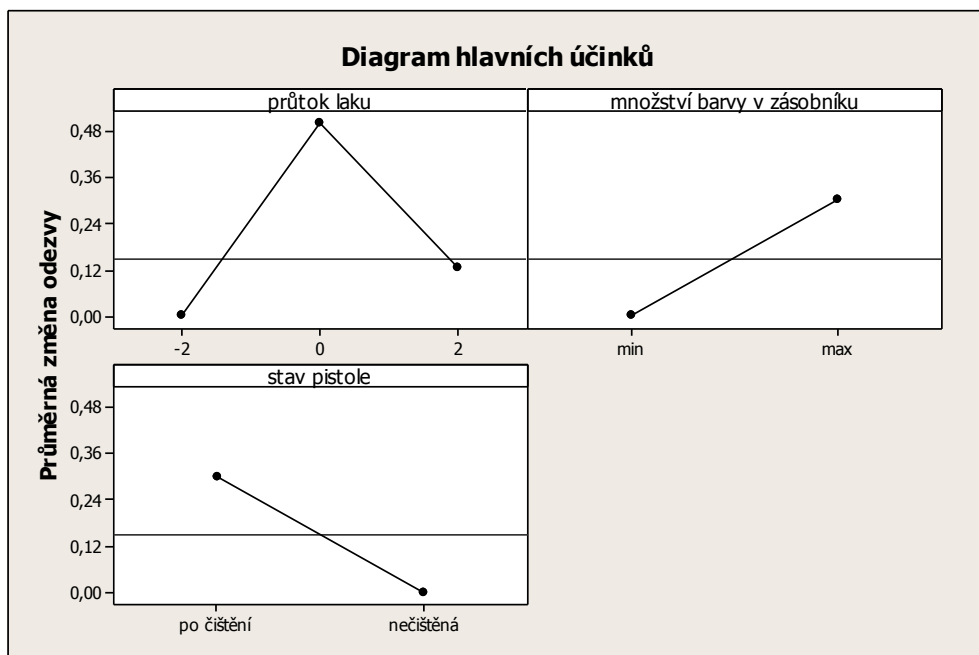
Analýza MSA prokázala, že současný stav systému měření je na hranici ideálního stavu (viz obr. 37). Vzorčky pro celou studii byly vybrány správně a jako „nejpřesnější“ se projevila operátor č. 2. Hlavním problémem měřicího systému je opakovatelnost. Neboli tentýž operátor neumí zopakovat měření jednoho vzorku několikrát po sobě.



Obr. 37. Výsledná hodnota R&R

5.2. ANALÝZA DAT PLÁNOVANÉHO EXPERIMENTU

Nejprve byly vytvořeny diagramy hlavních účinků (viz obr. 38). Ty naznačují jednotlivé nastavení parametrů, aby nedošlo k odlupům. To je stav, kdy produkce nesplňuje kvalitativní požadavky. Uvedený model nám poskytne první informace o působení zvolených faktorů bez jejich vzájemné interakce.



Obr. 38. Diagram hlavních účinků

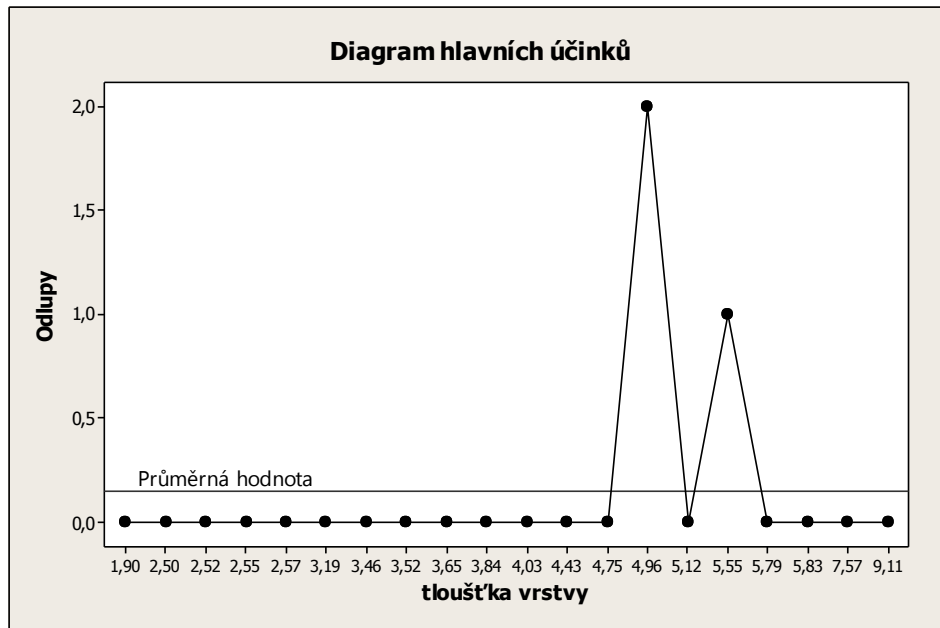
Tloušťka krycí vrstvy

Krycí vrstva je nanášena v řádech mikrometrů (viz tab. 14). Rozdíl mezi nejmenší a největší hodnotou je 7,2 μm .

Tab. 14. Tloušťky lakové vrstvy

Tloušťka krycí vrstvy	
Vzorek	μm
1	2,55
2	3,65
3	4,75
4	4,96
5	2,50
6	3,19
7	1,90
8	5,12
9	5,83
10	3,84
11	4,43
12	3,46
13	7,57
14	5,55
15	5,79
16	2,57
17	9,11
18	3,52
19	4,03
20	2,52

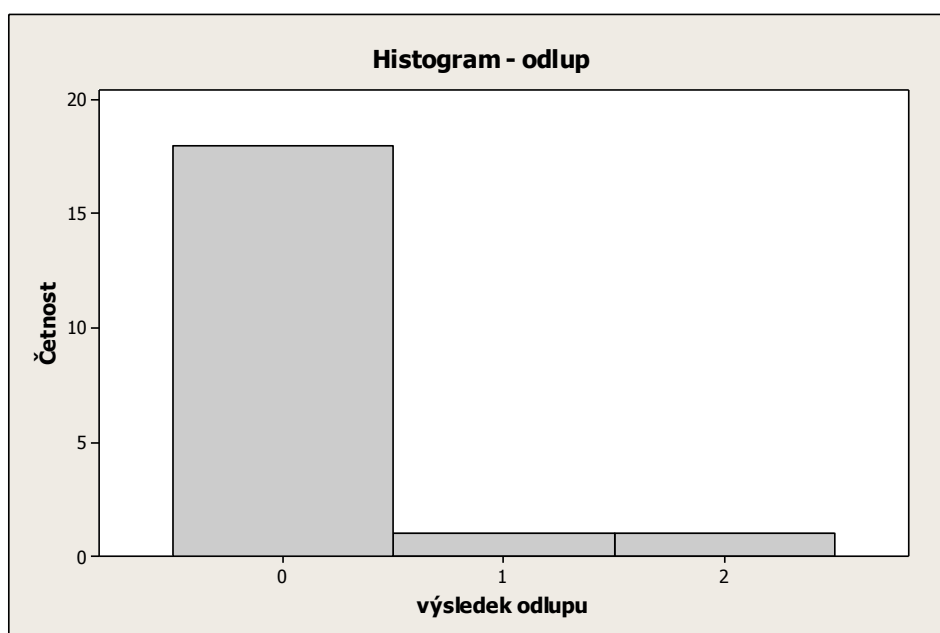
Následující obrázek 39 vyjadřuje, jakým tloušťkám krycí vrstvy se vyvarovat, aby byla zajištěna požadovaná kvalita.



Obr. 39. Závislost tloušťky lakové vrstvy na výsledky odlupového testu

Histogram odlupové zkoušky

Přehled špatných a dobrých položek je uveden na obrázku 40. Z grafického výstupu je zřejmé, že většina položek byla bez vady. Ve dvou případech se vyskytly vzorky, kde byly nalezeny vadné kameny. Dle statistické přejímky byly oba vzorky vyhodnoceny jako OK.

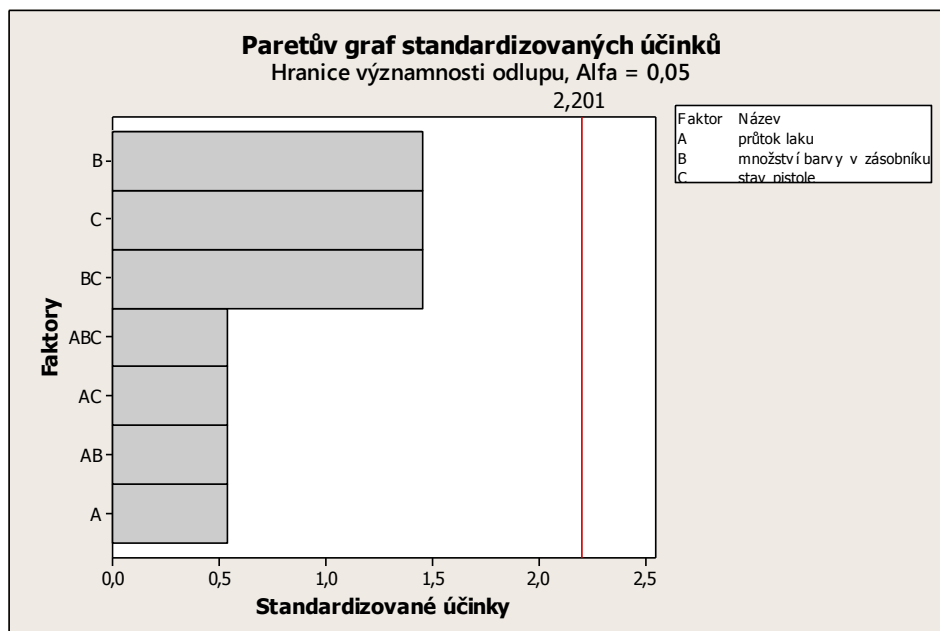


Obr. 40. Histogram výsledku na odlup

Význam faktorů a jejich interakce

Jedním ze základních výstupů DOE byla analýza faktorů a jejich interakce. Pokud jeden z faktorů nebo jejich kombinace překročí červenou hranici (znázorňující hranici významnosti pro $\alpha = 0,05$), označuje se tento faktor jako významný.

Grafický výstup na obrázku 41 ukazuje interakci tří zvolených faktorů a jejich kombinace. Jedná se o základní model se všemi možnými variantami. Nebyl prokázán statisticky významný vliv některého z faktorů na výsledek odlupového testu. Pokud nastane taková situace, nezbývá nic jiného než postupně odebírat faktory od statisticky nejméně významných. Tento postup se opakuje do té doby, než se některý z faktorů projeví jako statisticky významný.



Obr. 41. Paretův diagram s faktory

Analytický výstup

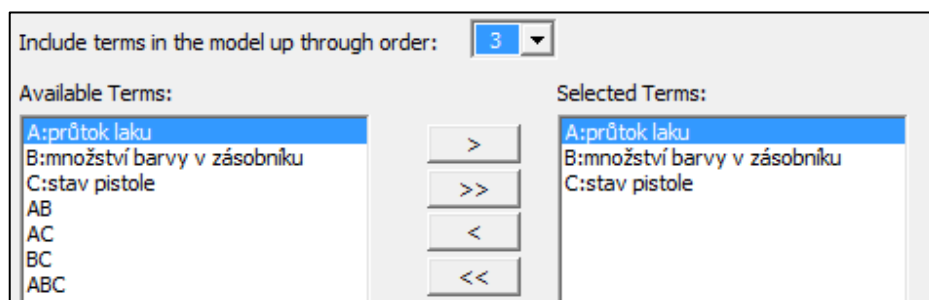
Největší pozornost byla věnována dvěma ukazatelům. Významnost jednotlivých faktorů byla vyjádřena pomocí P hodnoty. Ukazatel R-Sq vyjadřuje, z kolika procent byl model popsán vydefinovanými faktory. V tomto případě se model podařilo popsat na necelých 49% (viz obr. 42). Faktory, které ovlivňují odlupovou zkoušku se podařilo popsat v rozsahu 49%. Zbýlých 51% je šedou zónou a nejsou známé faktory, jež mají na výsledek odlupu vliv.

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0,0625	0,1152	0,54	0,598
průtok laku	0,1250	0,0625	0,1152	0,54	0,598
množství barvy v zásobníku	0,3000	0,1500	0,1031	1,46	0,174
stav pistole	-0,3000	-0,1500	0,1031	-1,46	0,174
průtok laku*	0,1250	0,0625	0,1152	0,54	0,598
množství barvy v zásobníku					
průtok laku*stav pistole	-0,1250	-0,0625	0,1152	-0,54	0,598
množství barvy v zásobníku*	-0,3000	-0,1500	0,1031	-1,46	0,174
stav pistole					
průtok laku*	-0,1250	-0,0625	0,1152	-0,54	0,598
množství barvy v zásobníku*					
stav pistole					
Ct Pt		0,4375	0,2577	1,70	0,118

S = 0,460977 PRESS = 7,08604
R-Sq = 48,63% R-Sq(pred) = 0,00% R-Sq(adj) = 11,26%

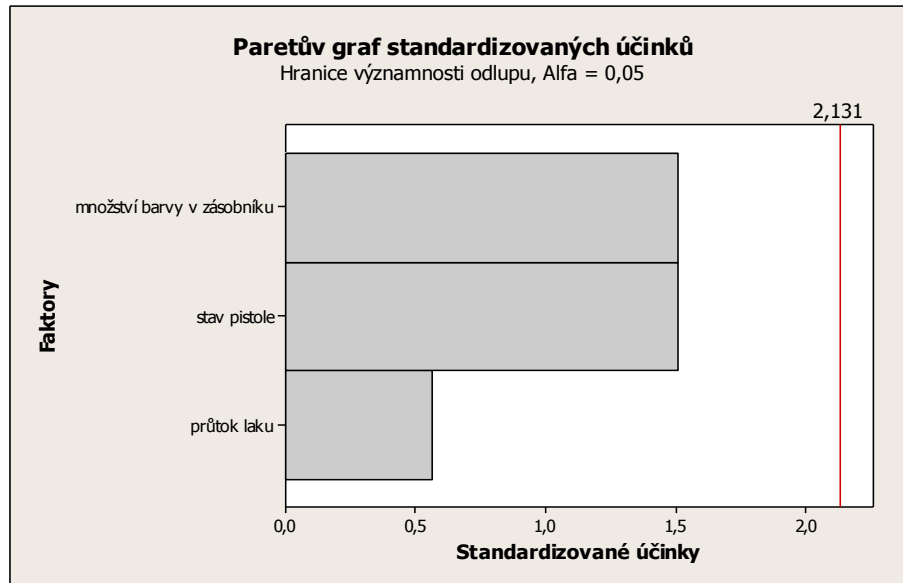
Obr. 42. Analytické výsledky DOE

Software Minitab umožňuje odebrání faktorů a jejich kombinací. Tím lze jednoduše a elegantně stanovit, který z faktorů je významný a bude ponechán v modelu. Vybrané faktory jsou uvedeny na obrázku 43.



Obr. 43. Výběr faktorů v Minitabu

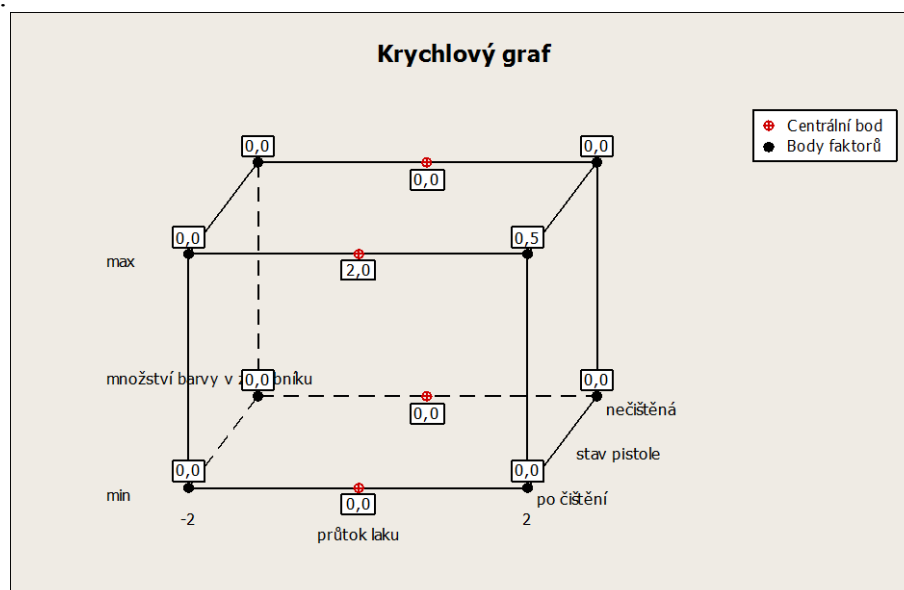
Postupným vylučováním faktorů nebyl nalezen konkrétní faktor, který by se označil jako statisticky významný. Na obrázku 44 je uveden cílový stav. Po postupném odebrání faktorů zůstaly původně vybrané, které přesto neprokazují zásadní vliv na výsledky odlupového testu.



Obr. 44. Paretův diagram s faktory

Volba nastavení

Pro ucelenější vyjádření výsledků plánovaného experimentu byl použit speciální graf tzv. Krychlový graf (viz obr. 45). Pomocí něj lze snadno určit, jak nastavit proces nanášení krycí vrstvy. Z grafu vyplývá, že kombinací pro nastavení procesu může být více. Čísla v hranatých závorkách vyjadřují počet nekvalitních produktů.



Obr. 45. Krychlový graf

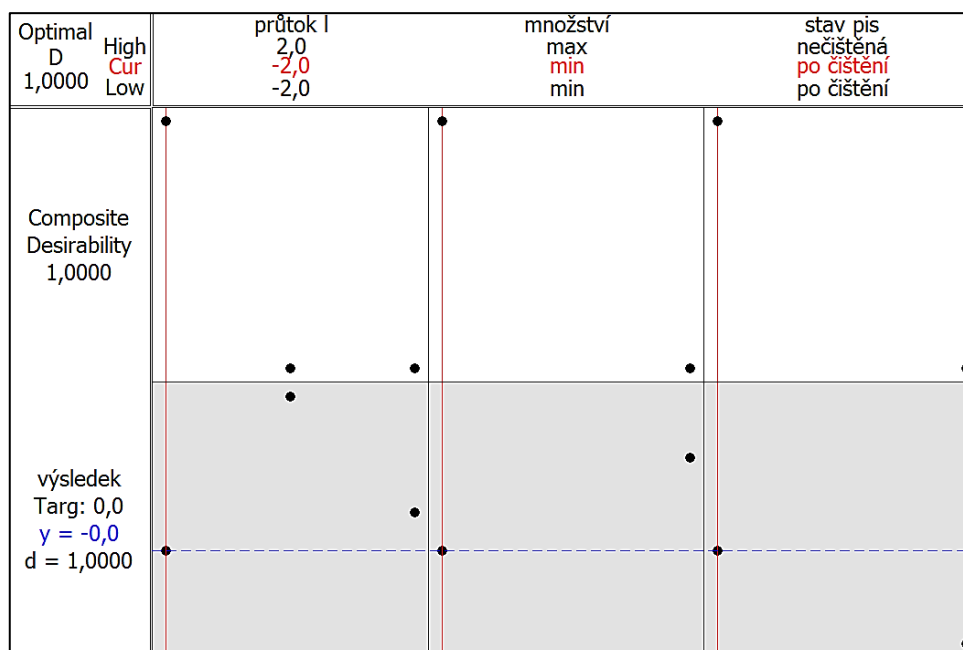
Pro kvalitní produkci bychom se měli vyhnout dvěma nastavením uvedeným v tabulce 15.

Tab. 15. Nevyhovující parametry nastavení

Číslo	Průtok laku	Stav pistole	Množství barvy v zásobníku
1.	0	po čištění	max
2.	2	po čištění	max

Optimizer

Pomocí nástroje Optimizer bylo nalezeno optimální nastavení faktorů. Doporučené nastavení faktorů je na obrázku 46 vyznačeno červeně. Hodnota Y predikuje výskyt odlupů po doporučeném nastavení.



Obr. 46. Optimizer

Tab. 16. Optimální varianta

Průtok laku	Stav pistole	Množství barvy v zásobníku
-2	po čištění	min

Po zjištění výsledků vyvstala otázka, zdali je odlupový test dostatečně vypovídající. Z toho důvodu byly vzorky otestovány tzv. Sweat testem.

Výsledky ze Sweat testu byly analyzovány stejným způsobem jako v předešlém případě. Z důvodu použití stejných vzorků, bylo možné uvedené testy mezi sebou velmi dobře porovnat.

SWEAT TEST

Dle podnikové normy bylo připraveno potřebné množství testovacího roztoku. Roztok byl upraven hydroxidem sodným na pH 4,7. Vzorky byly ponořené do roztoku na tři hodiny. Uzavřený exsikátor byl umístěn do sušárny (konst. teplota 60°C). Po uplynutí doby působení byly vzorky vyjmuty a opláchnuty vodou. Opláchnuté vzorky se sušily v sušárně při teplotě 90°C po dobu 10 - 15 minut. Následně byl k vyhodnocení použit odlupový test.

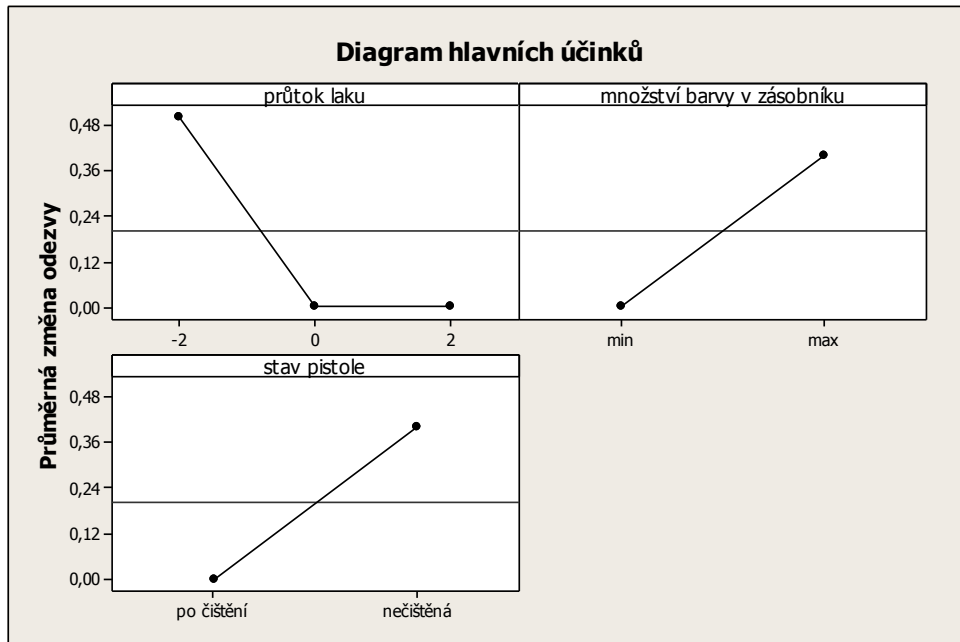
Výstupy Sweat testu

Tab. 17. Výřez tabulky výsledných hodnot Sweat testu (Kompletní tabulka je uvedena v *Příloze VI*)

Pořadí	Centrální bod	Blok	Průtok laku	Množství barvy v zásobníku	Stav pistole	Výsledek Sweat testu	Tloušťka vrstvy
1	1	1	-2	min	nečištěná	0	2,55
2	1	1	2	min	po čištění	0	3,65
3	1	1	2	min	po čištění	0	4,75
4	0	1	0	max	po čištění	0	4,96
5	1	1	-2	min	po čištění	0	2,5
6	1	1	-2	max	nečištěná	0	3,19
7	1	1	-2	max	nečištěná	4	1,9

Diagram hlavních účinků

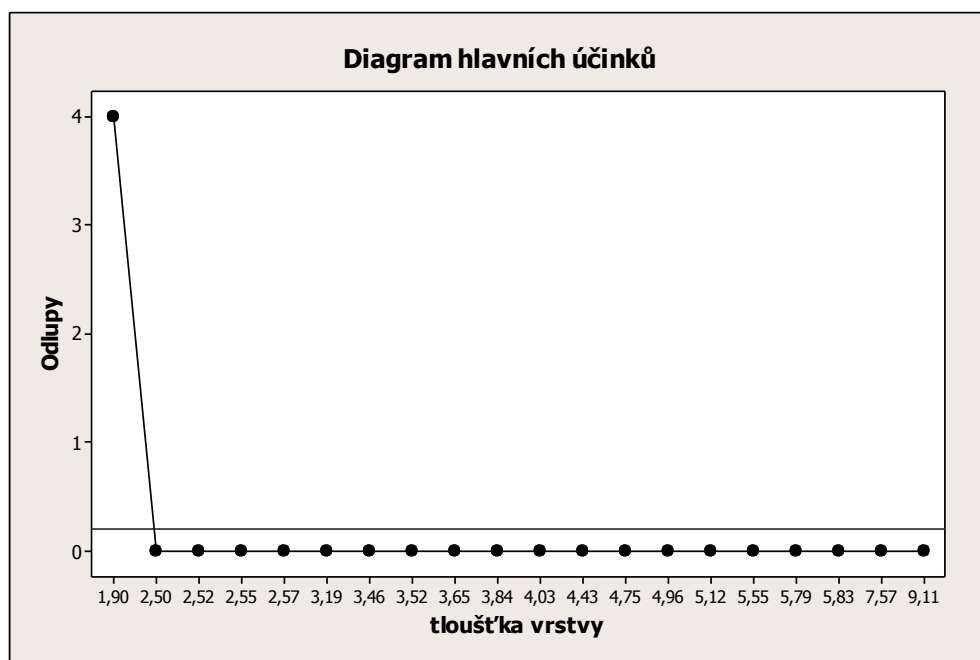
Oproti odlupovému testu byly zaznamenány rozdílné výsledky u průtoku laku a stavu pistole (viz obr. 47).



Obr. 47. Diagram hlavních účinků

Závislost krycí vrstvy na výsledcích Sweat testu

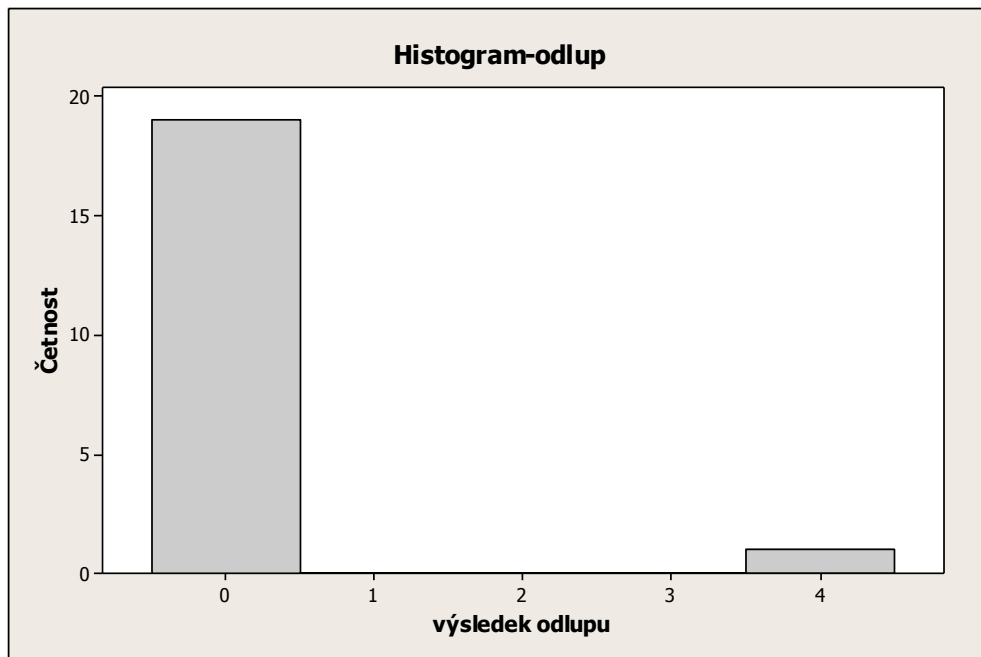
Nejmenší možná tloušťka, která splní náročnost Sweat testu byla stanovena na hodnotu 2,5 μm (obr. 48).



Obr. 48. Závislost tloušťky lakové vrstvy na výsledky Sweat testu

Histogram výsledků Sweat testu

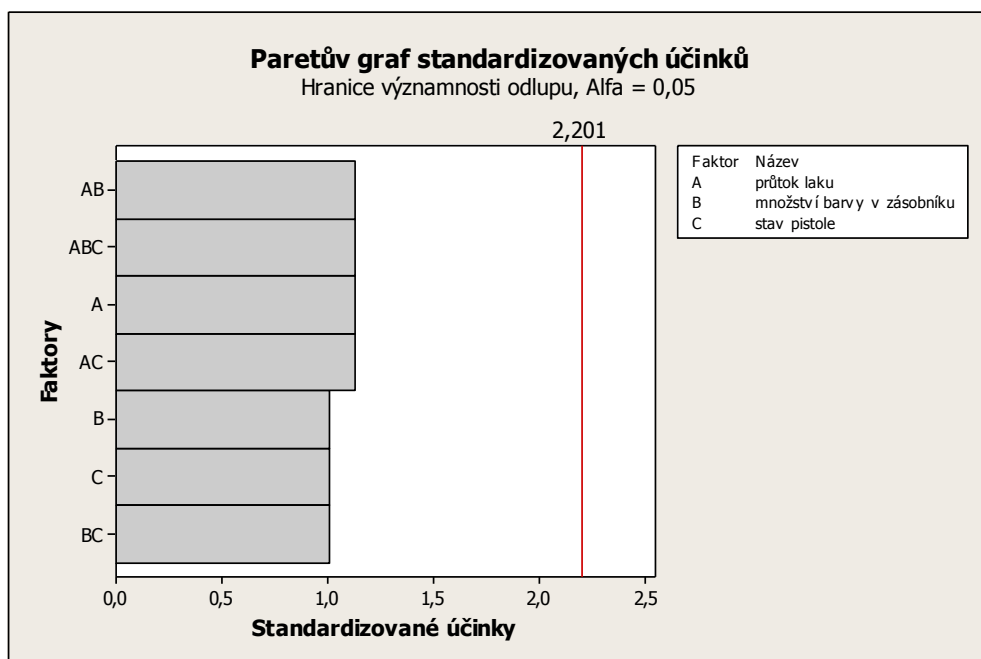
Na obrázku 49 je zobrazen histogram výsledků. Většina vzorků dopadla pozitivně. Pouze v jednom případě byl vzorek označen jako nevyhovující.



Obr. 49. Histogram Sweat testu

Paretův diagram účinků

Paretův diagram (viz obr. 50) neprokázal ani v jednom případě statisticky významný faktor.



Obr. 50. Paretův diagram s faktory

Analytický výstup

Z analytických výsledků vyšel popis modelu na 43,42%. Zbylých 57% faktorů se nalézá v tzv. šedé zóně. P hodnota popisuje významnosti jednotlivých faktorů.

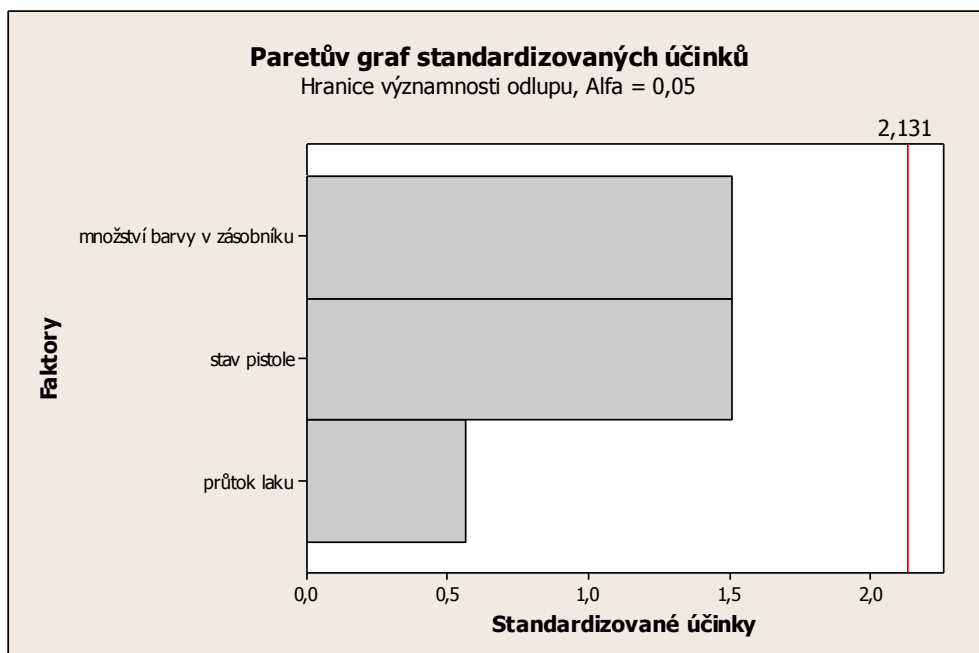
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0,2500	0,2211	1,13	0,282
průtok laku	-0,5000	-0,2500	0,2211	-1,13	0,282
množství barvy v zásobníku	0,4000	0,2000	0,1977	1,01	0,333
stav pistole	0,4000	0,2000	0,1977	1,01	0,333
průtok laku*	-0,5000	-0,2500	0,2211	-1,13	0,282
množství barvy v zásobníku					
průtok laku*stav pistole	-0,5000	-0,2500	0,2211	-1,13	0,282
množství barvy v zásobníku*	0,4000	0,2000	0,1977	1,01	0,333
stav pistole					
průtok laku*	-0,5000	-0,2500	0,2211	-1,13	0,282
množství barvy v zásobníku*					
stav pistole					
Ct Pt		-0,2500	0,4943	-0,51	0,623

S = 0,884205 PRESS = 29,4393
R-Sq = 43,42% R-Sq(pred) = 0,00% R-Sq(adj) = 2,27%

Obr. 51. Analytické výsledky DOE

Paretův diagram s vydefinovanými faktory

I zde byly postupně vylučovány jednotlivé faktory. Bylo docíleno obdobného stavu jako u výstupů po odlupovém testu. Zůstaly pouze původně vydefinované faktory a ani jeden neprokázal statisticky významný vliv na odezvu.



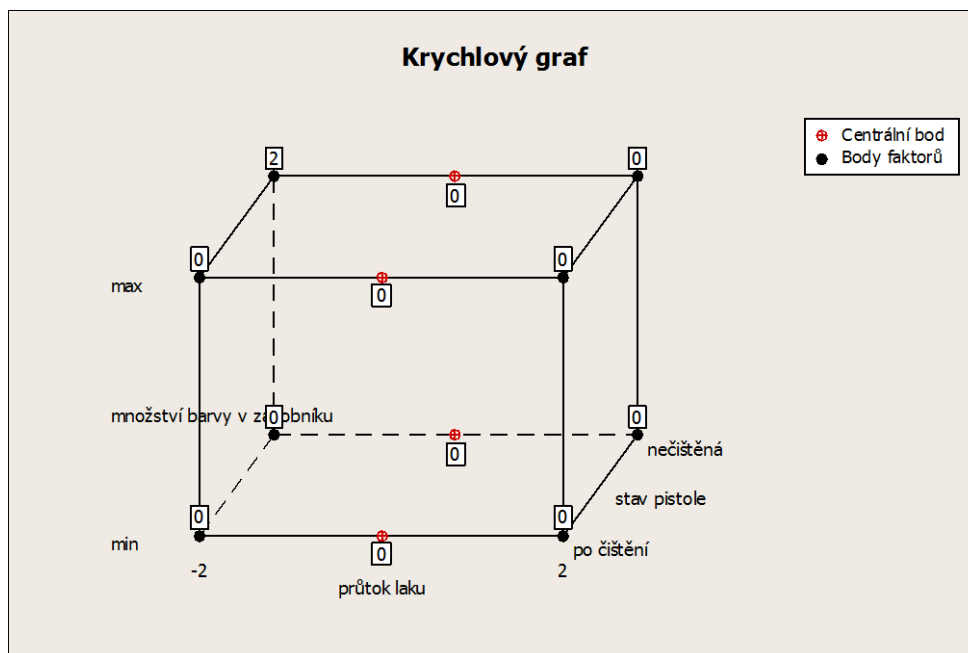
Obr. 52. Paretův diagram s faktory

Krychlový graf

Na diagramu bylo nalezeno několik variant pro optimální nastavení (viz obr. 53). Pouze jedna kombinace byla s rizikem, že nebudou splněny požadavky testu. Nevhodná varianta je uvedena v tabulce 18.

Tab. 18. Nevhodná kombinace z pohledu kvality

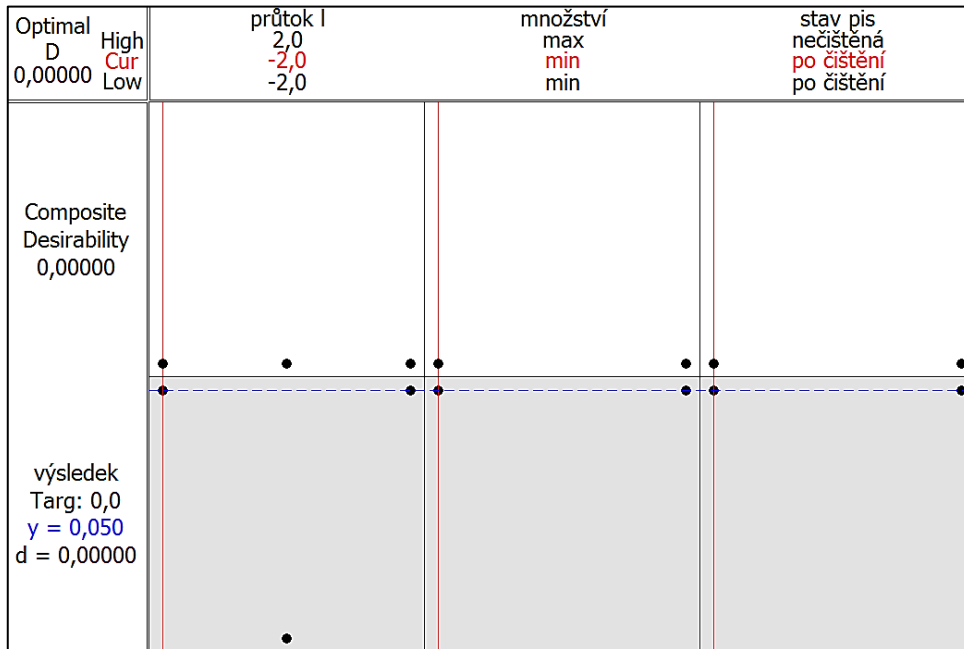
Průtok laku	Stav pistole	Množství barvy v zásobníku
-2	nečištěná	max



Obr. 53. Cube plot

Optimizer

I přes zjištění existence většího počtu variant, jak zvolit optimální nastavení procesu, byl využit nástroj Optimizer (obr. 54).



Obr. 54. Optimizer

Vygenerované optimální nastavení se shrnulo do tabulky 19.

Tab. 19. Optimální varianta nastavení

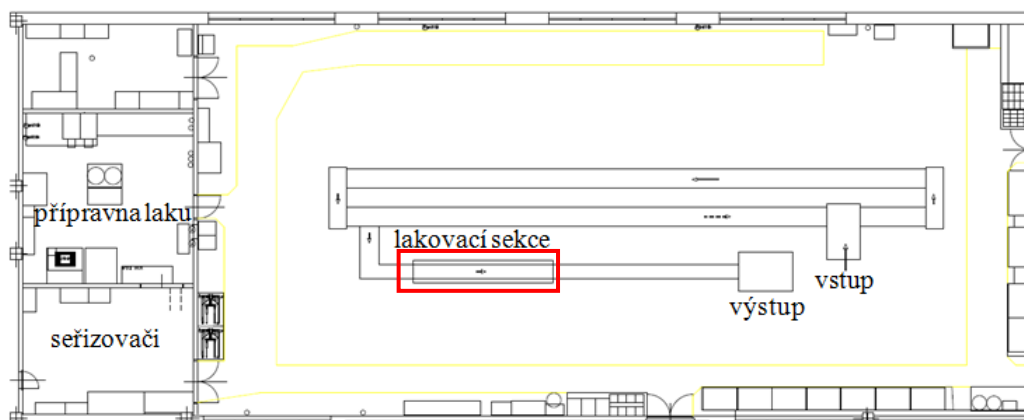
Průtok laku	Stav pistole	Množství barvy v zásobníku
-2	po čištění	min

SHRNUTÍ ANALÝZY DOE

Popis modelu byl v plánovaném experimentu stanoven na 48,63%. Zbýlá část je nazývána tzv. šedou zónou.

To lze vysvětlit následně:

- 1) Opomenutí některého z faktorů při plánovaném experimentu.
- 2) Zvolení rozsahu procesu. Byla analyzována pouze vybraná část procesu (viz obr. 55), která může mít vliv na výsledky odlupového testu.



Obr. 55. Layout procesu nanášení krycí vrstvy

Plánovaným experimentem nebyl prokázán statisticky významný vliv tloušťky krycí vrstvy na odlupový test. Pro ověření výsledků, byl aplikován obdobný test – Sweat test. Závěry prokázaly, že pouze vzorek s nejslabší vrstvou vyšel nedostatečně, ostatní testem odlupu prošly.

Lze konstatovat, že na produkty je nanášeno nadbytečné množství krycí vrstvy a tloušťka vrstvy nemá vliv na výsledky odlupového testu. Ke stabilizaci výroby se musí prověřit veškeré přímé i nepřímé procesy, které se podílí na vzniku a vyhodnocování adheze krycí vrstvy na našich produktech.

Neprokázáním vlivu tloušťky krycí vrstvy na odlupový test, je finální nastavení jedno z více možných.

Nejpodstatnější výstupy z plánovaného experimentu

- 1) Tloušťka krycí vrstvy nemá statisticky významný vliv na odlupový test.
- 2) Na produkty lze nanášet minimální tloušťku krycí vrstvy, i přes to se zajistí kvalitní produkce.
- 3) Závěrečným výstupem z optimizeru je doporučení ideálního nastavení výroby s jistotou splnění dvou zákaznických testů – odlupový test, Sweat test.

Tab. 20. Doporučený výstup z Optimizeru

Průtok laku	Stav pistole	Množství barvy v zásobníku
-2	po čištění	min

6. ZLEPŠENÍ

Z důvodu důležitosti odlupového testu, bylo žádoucí zoptimalizovat měřicí systém do ideálního stavu, ještě před realizací plánovaného experimentu DOE.

Během náměrů se zaznamenalo několik poznatků, které by mohly přispět ke stabilizaci měřicího systému.

Poznátky:

- nedostatečně seřízené zařízení,
- nedostatečná kontrola tlaku na zařízení,
- doba kontroly přetlaku v zařízení.

6.1. STANDARD ÚRŽBY ODLUPOVÉHO ZAŘÍZENÍ

Za účasti operátorů a seřizovačů byl realizován meeting ohledně údržby odlupových zařízení, jehož výstupem byl vznik nového standardu údržby. Standard sjednotil náhled na ideální stav zařízení i metodiku oprav a je rozdělen na dvě sekce. Sekci čištění a kontroly. Dále odkazuje na konkrétní místo na strojku, kterého se jednotlivé činnosti týkají. V neposlední řadě uvádí četnost prováděných úkonů, a kdo je zodpovědný za jejich splnění. Vše bylo pro lepší orientaci podpořeno fotodokumentací. Vytvořený standard údržby je uveden na obrázku 56.

Standard údržby

Standard údržby zařízení										List č. 1	Kontrolu provádí	
Závod: Z03			Středisko: 3150		Název stroje: Testsim - STROJEK					Hodková		
oblast	č.	lokalizace, místo	popis činnosti	pomůcky / mazivo / rasika	provádí	čas	frekvence				Datum provedení	Datum kontroly
							příběh	den	tyden	jiná četnost		
čištění	1	Odvíječka pásky	Odstranění lepidla z řezacího nože	Odmašťovač	TÚ				Pondělí			
	2	Sintrovaná destička	Umytí destičky	Aceton nebo Technický benzín	Obsluha		Na začátku každé ranní směny					
	3	Sintrovaná destička	Umytí destičky		Obsluha				14 dní			
	4	Vodící lišty pro destičku	Odstranění nečistot	Odmašťovač	TÚ				Pondělí			
	5	Nabíracích lopatek	Odstranění nečistot	Odmašťovač	Obsluha				Pondělí			
kontrola	6	Kontrola tlaku	Přítlak válce - 0,6 MPa Tlak komory - 0,4 MPa		Obsluha		Na začátku směny					
	7	Těsnící O kroužky	Kontrola stavu , případná výměna		TÚ				Pondělí			
	8	Kontrola ořezávků	Kontrola planžet; případná výměna		TÚ				Pondělí			
	9	Sintrovaná destička	Kontrola opotřebení		Obsluha		Během směny					
	10	Doba přetlaku v komoře	Kontrola času přetlaku = 3 sekundy		Obsluha		Na začátku směny					
	11	Kontrola elektro soustavy	Vypínání a ovládacích částí stroje		TÚ					1 měsíc		
Standard údržby zařízení						Detaily stroje:						
Vypracoval:				Schválil:				Datum:				

Obr. 56. Standard údržby

6.2. PROVĚŘENÍ STABILIZACE SYSTÉMU PO ZAVEDENÍ NÁPRAVNÉHO OPATŘENÍ

Po zavedení standardu do provozu, bylo nezbytné zkoušku MSA zopakovat, se stejnými vstupními proměnnými jako v prvním případě.

VÝSTUPY MSA

Analytické výsledky ukazují, že systém měření je ideální. Hodnota Gage R&R je rovna 9,74%. Zlepšení oproti původnímu stavu se projevuje též v rozlišitelnosti systému měření. Původní stav 12 a nyní se hodnota rovná 14 (viz obr. 57).

Gage R&R (Nested) for výsledek					
Source	DF	SS	MS	F	P
operátor	2	3,2	1,62	0,001	0,999
položka (operátor)	12	23109,7	1925,81	313,991	0,000
Repeatability	30	184,0	6,13		
Total	44	23297,0			

Gage R&R		
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	6,133	0,95
Repeatability	6,133	0,95
Reproducibility	0,000	0,00
Part-To-Part	639,893	99,05
Total Variation	646,026	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	2,4766	14,859	9,74
Repeatability	2,4766	14,859	9,74
Reproducibility	0,0000	0,000	0,00
Part-To-Part	25,2961	151,777	99,52
Total Variation	25,4170	152,502	100,00

Number of Distinct Categories = 14

Gage R&R =9,74%

→ přijatelný měřicí systém (systém se nachází v mezi 0 až 10% Gage R&R)

Rozlišitelnost systému měření

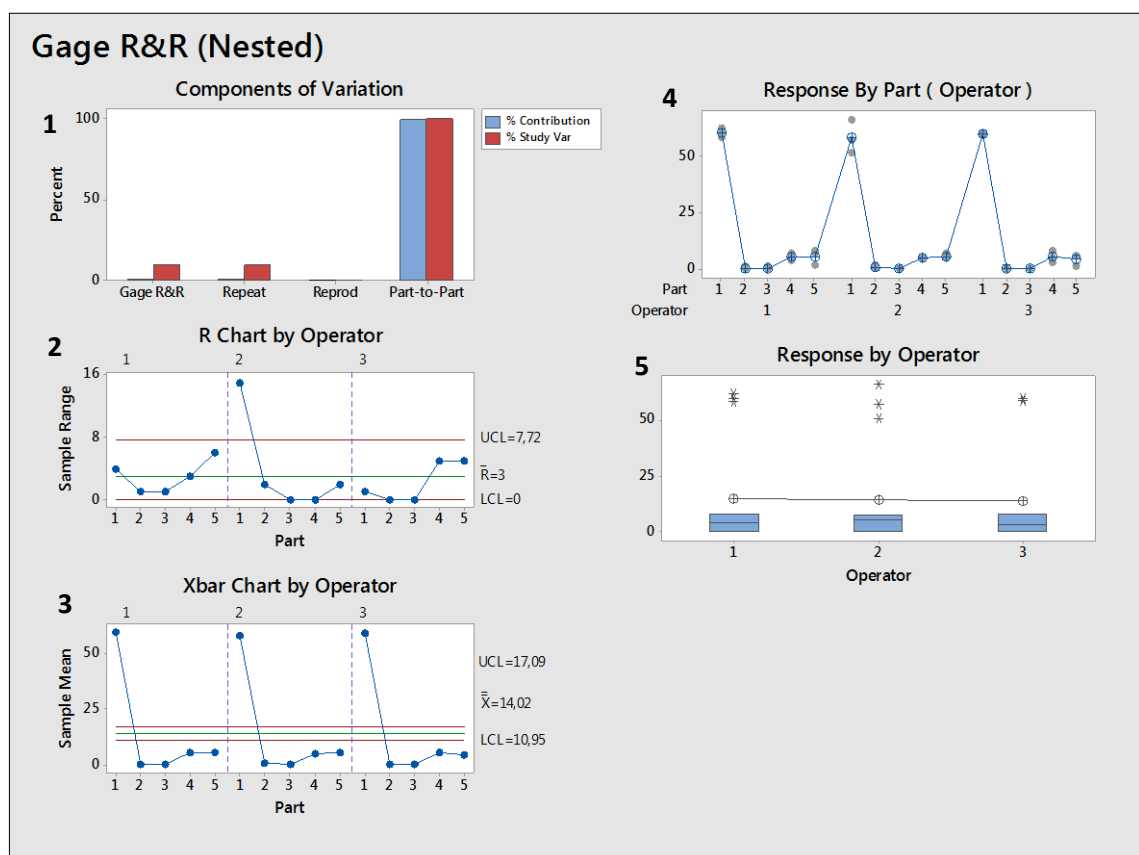
Obr. 57. Analytický výstup MSA

Souhrnné grafické zpracování

Souhrnné grafické závěry jsou uvedeny na obrázku 58.

Závěry:

- graf č. 2 : hodnoty na hranici a mimo meze naznačují problém v opakovatelnosti,
- graf č. 3 : průměry mimo meze (červené čáry) poukazují na vhodný výběr vzorku,
- graf č. 5 : variabilita u všech operátorů je shodná.



Obr. 58. Souhrnné výsledky

Tabulka s výslednými číselnými hodnotami je uvedena v Příloze VII.

Porovnání výstupů MSA

Z uvedených výsledků je patrné, že se díky jednoduchému opatření (standardu údržby) podařilo dostat měřicí systém do vyhovující meze (0 – 10 %). Systém lze považovat za přijatelný, spolehlivý a výsledky za věrohodné.

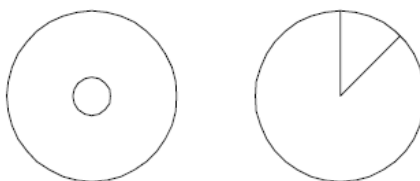
Je důležité zkoušku MSA opakovat v pravidelném intervalu. V následující tabulce 21 jsou shrnuty výstupy z obou provedených analýz a jejich porovnání.

Tab. 21. Porovnání výsledků MSA

MSA	R&R	Tvrzení
1.	11,18 %	Podmínečně přijatelné
2.	9,74 %	Přijatelné

6.3. ŠABLONY

Při vyhodnocování odlupové zkoušky jsou mezi „vadné“ kameny započítávány všechny případy, kdy dojde k odtržení krycí vrstvy ve více než 5% z celkové plochy kamene. Velikost 5% z plochy se stanovuje subjektivně kvalifikovaným odhadem, neměří se. V závislosti na tomto subjektivním hodnocení odlupové zkoušky byly vytvořeny tzv. šablony. Šablona schematicky zobrazuje velikost plochy kamenů a 5% plochu (viz obr. 59).



Obr. 59. Ukázka 5% plochy kamene

Cílem šablony je snížit chybovost při rozhodování z kolika procent je krycí vrstva odtržena. Originální šablona je přiložena v *Příloze VIII*.

7. KONTROLA

Hned po nadefinování projektu je nejdůležitější fází – fáze kontroly. Pokud nedochází k pravidelným kontrolním činnostem, dojde zákonitě ke zdeformování nastaveného stavu. Člověk je tvor vynalézavý a dokáže si časem najít svůj postup, který mu vyhovuje a usnadňuje práci.

A potřebujeme – li se spolehnout na naše výsledky, musíme nastavit pravidelný kontrolní plán.

KONTROLNÍ PLÁN MSA

Kontrolní plán byl vytvořen pro pravidelné opakování zkoušky způsobilosti měřicího systému. Z počátku bude vyšší četnost kontrolních testů – harmonogram č. 1. Bude-li systém stabilní, počet kontrol bude úměrně snižován – harmonogram č. 2.

Plány kontrol MSA

Zkouška MSA		FR16											
		kvartál											
		I.			II.			III.			IV.		
pracoviště	měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1 směna	■					■		■		■		
	2 směna	■				■		■				■	■
2	1 směna			■			■			■		■	
	2 směna		■		■				■				■

Obr. 60. Harmonogram 1

Zkouška MSA		FR17											
		kvartály											
		I.			II.			III.			IV.		
pracoviště	měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1 směna			■									■
	2 směna		■						■				
2	1 směna				■							■	
	2 směna					■				■			

Obr. 61. Harmonogram 2

■ Kontrola způsobilosti měřicího systému

8. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zjistit, má-li tloušťka krycí vrstvy vliv na výsledky odlupového testu, který je základním zákaznickým testem, určujícím kvalitu naší produkce.

V prvním kroku bylo nezbytné analyzovat samotný měřicí systém odlupového testu. Zda-li výstupy zkoušky jsou spolehlivé a správné a lze je považovat za věrohodné. K ověření měřicího systému bylo využito metody MSA, typu Gage R&R - Nested. Hodnota R&R vyšla 11,18%, což lze považovat za přijatelný výsledek. Nicméně s přihlédnutím k důležitosti odlupového testu bylo žádoucí docílit hodnoty R&R pod hranici stability, tj. pod 10%.

Při první analýze měření bylo identifikováno několik faktorů, které mohou mít vliv na systém měření. Na základě těchto zjištění, byl vytvořen standard údržby na odlupové zařízení a pro ověření způsobilosti byla zkouška MSA zopakována. Tentokrát byla hodnota R&R 9,74%, což již bylo možné vyhodnotit jako stabilní měřicí systém, na který se lze spolehnout.

Za dílčí výstup diplomové práce lze považovat stabilitu měřicího systému, která byla docílena standardem údržby odlupových zařízení.

Výsledky obou analýz MSA byly shrnuty do následující tabulky 22:

Tab. 22. Porovnání výstupů MSA

MSA	R&R	Tvrzení
1.	11,18 %	Podmínečně přijatelné
2.	9,74 %	Přijatelné

Po zajištění stability měřicího systému, bylo prověřeno jaký vliv má tloušťka krycí vrstvy na odlupový test. Aplikován byl plánovaný experiment známý pod zkratkou DOE. Pro účely tohoto experimentu byl sestaven pracovní tým a metodou brainstormingu byly specifikovány faktory, které mají přímý dopad na kvalitu nanesené krycí vrstvy.

Některé z faktorů byly určeny za konstanty a jejich finální podoba včetně mezí je uvedena v tabulce 23.

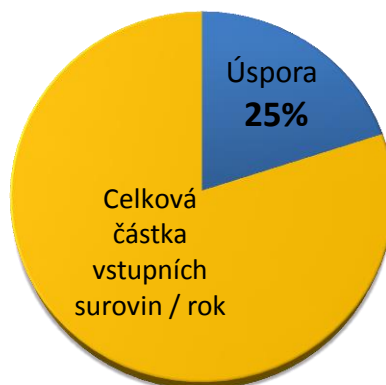
Tab. 23. Vydefinované faktory

faktor/ proměnná	hodnota 1	hodnota 2
počet otočení udávající průtok laku [otáčka]	-2	2
čistota linky	ANO	NE
množství barvy v zásobníku	MIN	MAX

S ohledem na počet faktorů byl zvolen dvouúrovňový plně faktoriální plán. Po vyhodnocení plánovaného experimentu lze konstatovat, že tloušťka krycí vrstvy nemá vliv na výsledky odlupového testu. Pro validaci byl na specifických vzorcích aplikován Sweat test. Výsledky ze Sweat testu potvrdily, že tloušťka krycí vrstvy nemá vliv na zkoušku odlupem.

Na základě těchto informací bylo možno rozhodnout, že činnosti spojené s nanášením krycí vrstvy nejsou kritické a není potřeba jim věnovat mimořádnou pozornost. Plánovaný experiment jasně prokázal, že kvalitě vyhoví vzorky s tenčí krycí vrstvou. Kompletní krycí vrstvu lze dělat znatelně slabší, což má pozitivní přímý dopad na finanční úsporu. Finanční úspora byla vypočtena s ohledem na portfolio výroby a výrobní plán. Experiment byl proveden na malých velikostech. V případě větších velikostí by byla úspora vyšší, vzhledem k pokrytí větší plochy krycí vrstvou. Úspory byly vyčísleny na 1 250 000 Kč, což je úspora 25% v surovinách, které se k přípravě krycí vrstvy používají.

Finanční úspora v surovinách v % za rok



Obr. 62. Finanční úspora v surovinách v %

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BLECHA, P.; VAVŘÍK, I. *Jakost II – Řízení a zabezpečování jakosti – interní podklady Preciosa* [B.r.], 29s
- [2] DOWN, Michael a kol. *Analýza systému měření (MSA)*. 2011. Česká společnost pro jakost. Kapitola I: Oddíl E Problematika měření, s. 54-56. ISBN978-80-02-02323-5
- [3] DOWN, Michael a kol. *Analýza systému měření (MSA)*. 2011. Česká společnost pro jakost. Kapitola II: Oddíl D Analýza výsledků, s. 78. ISBN978-80-02-02323-5
- [4] GEORGE, Michael aj. *Kapesní příručka Lean Six Sigma*. 2010. SC&C Partner, spol. s.r.o.. Kapitola: DMAIC vede ke zlepšení rychlosti, kvality a snížení nákladů, s. 1-3. ISBN978-80-904099-2-7.
- [5] GEORGE, Michael aj. *Kapesní příručka Lean Six Sigma*. 2010. SC&C Partner, spol. s.r.o.. Kapitola: DMAIC vede ke zlepšení rychlosti, kvality a snížení nákladů, s. 4-19. ISBN978-80-904099-2-7.
- [6] GEORGE, Michael aj. *Kapesní příručka Lean Six Sigma*. 2010. SC&C Partner, spol. s.r.o.. Kapitola: Identifikace a ověření příčin, s. 142-144. ISBN978-80-904099-2-7.
- [7] GEORGE, Michael aj. *Kapesní příručka Lean Six Sigma*. 2010. SC&C Partner, spol. s.r.o.. Kapitola: Identifikace a ověření příčin, s. 87. ISBN978-80-904099-2-7.
- [8] GEORGE, Michael aj. *Kapesní příručka Lean Six Sigma*. 2010. SC&C Partner, spol. s.r.o.. Kapitola: Sběr dat, s. 90-91. ISBN978-80-904099-2-7.
- [9] HORÁLEK, Vratislav; KŘEPELA, Josef. *Statistické přejímky*. 2010. Česká společnost pro jakost, o.s.. Kapitola: Soubor vybraných tabulek a grafů z následujících ČSN ISO, ČSN EN, a ČSN, s. 88 - 92.
- [10] MILLER, Ivan. *DOE Návrh a analýza experimentu s pomocí MINITAB. Interquality, spol.s.r.o.*. Kapitola: Plánování experimentu, s. 26-38. ISBN978-80-902770-5-2
- [11] PRECIOSA A.S., Jablonec nad Nisou: *Podklady odboru průmyslového inženýrství*. [B. r.].
- [12] SC&C Partner, spol. s.r.o.. *Lean Six Sigma Workbook*. 2012. SC&C Partner, spol. s.r.o.. Kapitola: Lean Six Sigma, s. 9.
- [13] SC&C Partner, spol. s.r.o.. *Lean Six Sigma Workbook*. 2012. SC&C Partner, spol. s.r.o.. Kapitola: Analýza příčin, s. 159.

- [14] SC&C Partner, spol. s.r.o.. *Minitab 17, Příručka uživatele*. 2015. SC&C Partner, spol. s.r.o.. Kapitola: Analýza dat, s. 105.
- [15] SC&C Partner, spol. s.r.o.. *Lean Six Sigma Workbook*. 2012. SC&C Partner, spol. s.r.o.. Kapitola: Analýza systému měření, s. 85.
- [16] SC&C Partner, spol. s.r.o.. *Lean Six Sigma Workbook*. 2012. SC&C Partner, spol. s.r.o.. Kapitola: Analýza systému měření, s. 87.
- [17] SC&C Partner, spol. s.r.o.. *Lean Six Sigma Workbook*. 2012. SC&C Partner, spol. s.r.o.. Kapitola: Plánovaný experiment (DOE), s. 233.
- [18] SC&C Partner, spol. s.r.o.. *Lean Six Sigma Workbook*. 2012. SC&C Partner, spol. s.r.o.. Kapitola: Analýza systému měření, s. 89.
- [19] SC&C Partner, spol. s.r.o.. *Lean Six Sigma Workbook*. 2012. SC&C Partner, spol. s.r.o.. Kapitola: Plánovaný experiment (DOE), s. 235 - 251.
- [20] SC&C Partner, spol. s.r.o.. *Lean Six Sigma Workbook*. 2012. SC&C Partner, spol. s.r.o.. Kapitola: Plánovaný experiment (DOE), s. 237.
- [21] ŠTEFLOVÁ, I. Zefektivnění procesu tuctování. [*Diplomová práce*]. Liberec, TUL Liberec, 2013. 14 s.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I – Statistická přejímka Tabulka s daty pro stanovení homogenity

Příloha II – Tabulka s daty pro stanovení homogenity

Příloha III – Plán MSA

Příloha IV – Tabulka s výsledky testu MSA

Příloha V – Tabulka s výslednými hodnotami zkoušky DOE

Příloha VI – Tabulka s výslednými hodnotami Sweat testu

Příloha VII – Tabulka s výsledky MSA - zlepšení

Příloha VIII – Šablona

PŘÍLOHA I

Kódové písmeno rozsahu výběru	Výběr	Rozsah výběru	Kumulovaný rozsah výběru	Připustná mez jakosti AQL v procentu neshodných jednotek a j neshodách na 100 jednotek (normální kontrola)																											
				0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000		
				Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A																															
B	První	2	2																												
	Druhý	2	4																												
C	První	3	3																												
	Druhý	3	6																												
D	První	5	5																												
	Druhý	5	10																												
E	První	8	8																												
	Druhý	8	16																												
F	První	13	13																												
	Druhý	13	26																												
G	První	20	20																												
	Druhý	20	40																												
H	První	32	32																												
	Druhý	32	64																												
J	První	50	50																												
	Druhý	50	100																												
K	První	80	80																												
	Druhý	80	160																												
L	První	125	125																												
	Druhý	125	250																												
M	První	200	200																												
	Druhý	200	400																												
N	První	315	315																												
	Druhý	315	630																												
P	První	500	500																												
	Druhý	500	1 000																												
Q	První	800	800																												
	Druhý	800	1 600																												
R	První	1 250	1 250																												
	Druhý	1 250	2 500																												

↓ = Použije se první přejímací plán pod šipkou. Je-li rozsah výběru roven rozsahu dávky nebo ho převyšuje, provede se 100 % kontrola
 ↑ = Použije se první přejímací plán nad šipkou
 Ac = Přejímací číslo
 Re = Zamítací číslo
 * = Použije se odpovídající přejímací plán jedním výběrem (nebo, je-li k dispozici, použije se níže uvedený přejímací plán dvojím výběrem)

Obr. 1. Přejímací plán dvojím výběrem pro normální kontrolu

PŘÍLOHA II

Tab. 1. Data pro stanovení homogenity

Datum	Položka	A		B	
		Velikost vzorku [Ks]	Počet vadných	Velikost vzorku [Ks]	Počet vadných
	Suma		96		95
6.10.	852691	400	1	400	0
	898979	400	0	400	0
	890861	400	0	400	0
	22895	400	0	400	2
7.10	5306	400	0	400	0
	4730	400	0	400	0
	883828	400	2	400	0
	893836	400	0	400	0
8.10.	872160	400	0	400	0
	868804	400	0	400	0
	868801	400	0	400	0
	840900	400	0	400	0
9.10.	859931	400	2	400	3
	774020	400	0	400	0
	884279	400	0	400	0
	841918	400	1	400	2
10.10.	869202	100	0	100	0
	802911	100	0	100	0
	581018	100	0	100	0
	6950	100	0	100	0
13.10.	894786	400	0	400	1
	19553	400	0	400	0
	831843	400	0	400	0
	896602	400	0	400	0

[Homogenita položky-data.xls](#)

PŘÍLOHA III

Tab. 2. Plán MSA

RunOrder	operátor	položka
1	operátor 1	5 položka
2	operátor 1	1 položka
3	operátor 1	4 položka
4	operátor 1	3 položka
5	operátor 1	2 položka
6	operátor 2	3 položka
7	operátor 2	1 položka
8	operátor 2	2 položka
9	operátor 2	5 položka
10	operátor 2	4 položka
11	operátor 3	2 položka
12	operátor 3	3 položka
13	operátor 3	4 položka
14	operátor 3	1 položka
15	operátor 3	5 položka
16	operátor 1	4 položka
17	operátor 1	2 položka
18	operátor 1	1 položka
19	operátor 1	5 položka
20	operátor 1	3 položka
21	operátor 2	4 položka
22	operátor 2	3 položka
23	operátor 2	5 položka
24	operátor 2	1 položka
25	operátor 2	2 položka
26	operátor 3	5 položka
27	operátor 3	2 položka
28	operátor 3	4 položka
29	operátor 3	1 položka
30	operátor 3	3 položka
31	operátor 1	5 položka
32	operátor 1	2 položka
33	operátor 1	1 položka
34	operátor 1	3 položka
35	operátor 1	4 položka
36	operátor 2	2 položka
37	operátor 2	5 položka
38	operátor 2	4 položka
39	operátor 2	3 položka
40	operátor 2	1 položka
41	operátor 3	4 položka
42	operátor 3	5 položka
43	operátor 3	3 položka
44	operátor 3	1 položka
45	operátor 3	2 položka

PŘÍLOHA IV

Tab. 3. Výsledky testu MSA

RunOrder	operátor	položka	výsledek	OK/NOK
1	operátor 1	5 položka	4	NOK
2	operátor 1	1 položka	62	NOK
3	operátor 1	4 položka	3	OK
4	operátor 1	3 položka	0	OK
5	operátor 1	2 položka	1	OK
6	operator 2	3 položka	0	OK
7	operator 2	1 položka	51	NOK
8	operator 2	2 položka	2	OK
9	operator 2	5 položka	4	NOK
10	operator 2	4 položka	1	OK
11	operátor 3	2 položka	0	OK
12	operátor 3	3 položka	0	OK
13	operátor 3	4 položka	8	NOK
14	operátor 3	1 položka	48	NOK
15	operátor 3	5 položka	3	OK
16	operátor 1	4 položka	3	OK
17	operátor 1	2 položka	1	OK
18	operátor 1	1 položka	58	NOK
19	operátor 1	5 položka	2	OK
20	operátor 1	3 položka	0	OK
21	operator 2	4 položka	5	NOK
22	operator 2	3 položka	0	OK
23	operator 2	5 položka	8	NOK
24	operator 2	1 položka	51	NOK
25	operator 2	2 položka	0	OK
26	operátor 3	5 položka	1	OK
27	operátor 3	2 položka	1	OK
28	operátor 3	4 položka	2	OK
29	operátor 3	1 položka	59	NOK
30	operátor 3	3 položka	1	OK
31	operátor 1	5 položka	2	OK
32	operátor 1	2 položka	1	OK
33	operátor 1	1 položka	64	NOK
34	operátor 1	3 položka	0	OK
35	operátor 1	4 položka	10	NOK
36	operator 2	2 položka	1	OK
37	operator 2	5 položka	4	NOK
38	operator 2	4 položka	3	OK
39	operator 2	3 položka	0	OK
40	operator 2	1 položka	45	NOK
41	operátor 3	4 položka	5	NOK
42	operátor 3	5 položka	2	OK
43	operátor 3	3 položka	0	OK
44	operátor 3	1 položka	61	NOK
45	operátor 3	2 položka	0	OK

PŘÍLOHA V

Tab. 4. Výsledné hodnoty zkoušky DOE

RunOrder	CenterPt	Blocks	Průtok laku	Množství barvy v zásobníku	Stav pistole	Výsledek odlupu	Tloušťka vrstvy
1	1	1	-2	min	nečištěná	0	2,55
2	1	1	2	min	po čištění	0	3,65
3	1	1	2	min	po čištění	0	4,75
4	0	1	0	max	po čištění	2	4,96
5	1	1	-2	min	po čištění	0	2,50
6	1	1	-2	max	nečištěná	0	3,19
7	1	1	-2	max	nečištěná	0	1,90
8	1	1	2	max	po čištění	0	5,12
9	0	1	0	max	nečištěná	0	5,83
10	1	1	-2	max	po čištění	0	3,84
11	0	1	0	min	nečištěná	0	4,43
12	0	1	0	min	po čištění	0	3,46
13	1	1	2	max	nečištěná	0	7,57
14	1	1	2	max	po čištění	1	5,55
15	1	1	-2	min	po čištění	0	5,79
16	1	1	-2	min	nečištěná	0	2,57
17	1	1	2	max	nečištěná	0	9,11
18	1	1	-2	max	po čištění	0	3,52
19	1	1	2	min	nečištěná	0	4,03
20	1	1	2	min	nečištěná	0	2,52

PŘÍLOHA VI

Tab. 5. Výsledné hodnoty Sweat testu

RunOrder	CenterPt	Blocks	Průtok laku	Množství barvy v zásobníku	Stav pistole	Výsledek Sweat	Tloušťka vrstvy
1	1	1	-2	min	nečištěná	0	2,55
2	1	1	2	min	po čištění	0	3,65
3	1	1	2	min	po čištění	0	4,75
4	0	1	0	max	po čištění	0	4,96
5	1	1	-2	min	po čištění	0	2,50
6	1	1	-2	max	nečištěná	0	3,19
7	1	1	-2	max	nečištěná	4	1,90
8	1	1	2	max	po čištění	0	5,12
9	0	1	0	max	nečištěná	0	5,83
10	1	1	-2	max	po čištění	0	3,84
11	0	1	0	min	nečištěná	0	4,43
12	0	1	0	min	po čištění	0	3,46
13	1	1	2	max	nečištěná	0	7,57
14	1	1	2	max	po čištění	0	5,55
15	1	1	-2	min	po čištění	0	5,79
16	1	1	-2	min	nečištěná	0	2,57
17	1	1	2	max	nečištěná	0	9,11
18	1	1	-2	max	po čištění	0	3,52
19	1	1	2	min	nečištěná	0	4,03
20	1	1	2	min	nečištěná	0	2,52

PŘÍLOHA VII

Tab. 6. Výsledky MSA (zlepšení)

RunOrder	operátor	položka	výsledek	OK/NOK
1	operátor 1	5 položka	8	NOK
2	operátor 1	1 položka	62	NOK
3	operátor 1	4 položka	7	NOK
4	operátor 1	3 položka	1	OK
5	operátor 1	2 položka	0	OK
6	operator 2	3 položka	0	OK
7	operator 2	1 položka	57	NOK
8	operator 2	2 položka	2	OK
9	operator 2	5 položka	5	NOK
10	operator 2	4 položka	5	NOK
11	operátor 3	2 položka	0	OK
12	operátor 3	3 položka	0	OK
13	operátor 3	4 položka	8	NOK
14	operátor 3	1 položka	60	NOK
15	operátor 3	5 položka	6	NOK
16	operátor 1	4 položka	4	NOK
17	operátor 1	2 položka	1	OK
18	operátor 1	1 položka	58	NOK
19	operátor 1	5 položka	7	NOK
20	operátor 1	3 položka	0	OK
21	operator 2	4 položka	5	NOK
22	operator 2	3 položka	0	OK
23	operator 2	5 položka	7	NOK
24	operator 2	1 položka	51	NOK
25	operator 2	2 položka	0	OK
26	operátor 3	5 položka	1	OK
27	operátor 3	2 položka	0	OK
28	operátor 3	4 položka	3	OK
29	operátor 3	1 položka	59	NOK
30	operátor 3	3 položka	0	OK
31	operátor 1	5 položka	2	OK
32	operátor 1	2 položka	0	OK
33	operátor 1	1 položka	60	NOK
34	operátor 1	3 položka	0	OK
35	operátor 1	4 položka	6	NOK
36	operator 2	2 položka	0	OK
37	operator 2	5 položka	5	NOK
38	operator 2	4 položka	5	NOK
39	operator 2	3 položka	0	OK
40	operator 2	1 položka	66	NOK
41	operátor 3	4 položka	5	NOK
42	operátor 3	5 položka	6	NOK
43	operátor 3	3 položka	0	OK
44	operátor 3	1 položka	59	NOK
45	operátor 3	2 položka	0	OK

PŘÍLOHA VIII

Plochy spodní části kamenů OPTIMA dle PN 19 00						
SS 000 0,1	SS 5,0	SS 10,0	SS 15,0	SS 20,0	SS 30,0	SS 40,0
SS 00 0,2	SS 5,5	SS 11,0	SS 16,0	SS 20,0	SS 30,0	SS 40,0
SS 0 0,3	SS 6,0	SS 11,5	SS 17,0	SS 27,0	SS 37,0	SS 47,0
SS 1,0	SS 6,5	SS 12,0	SS 18,0	SS 28,0	SS 38,0	SS 48,0
SS 2,0	SS 7,0	SS 12,5	SS 19,0	SS 29,0	SS 39,0	SS 49,0
SS 2,5	SS 7,5	SS 13,0	SS 20,0	SS 30,0	SS 40,0	SS 50,0
SS 3,0	SS 8,0	SS 13,5	SS 21,0	SS 31,0	SS 41,0	
SS 3,5	SS 8,5	SS 14,0	SS 22,0	SS 32,0	SS 42,0	
SS 4,0	SS 9,0	SS 14,5	SS 23,0	SS 33,0	SS 43,0	
SS 4,5	SS 9,5	SS 15,0	SS 24,0	SS 34,0	SS 44,0	

Obr. 2. Šablona pro odlupy