



Optimalizace výroby pístnic

Diplomová práce

Studijní program: N3957 – Průmyslové inženýrství

Studijní obor: 3911T023 – Řízení jakosti

Autor práce: **Bc. Jan Čihák**

Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering ■

Optimalization of piston rod production

Master thesis

Study programme: N3957 – Industrial Engineering

Study branch: 3911T023 – Quality Control

Author: **Bc. Jan Čihák**

Supervisor: doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.





Zadání diplomové práce

Optimalizace výroby pístnic

Jméno a příjmení: **Bc. Jan Čihák**
Osobní číslo: T16000480
Studijní program: N3957 Průmyslové inženýrství
Studijní obor: Řízení jakosti
Zadávací katedra: Katedra hodnocení textilií
Akademický rok: **2017/2018**

Zásady pro vypracování:

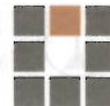
1. Popište postup výroby pístnic ve firmě.
2. Proveďte analýzu stávajícího stavu z hlediska vzniku neshod na pístnici. Pro řešení použijte např. metody SPC.
3. Na základě analýzy pro jednotlivé typy neshod navrhnete nápravná opatření.

Rozsah pracovní zprávy:

50 – 60 stran

Forma zpracování práce:

tištěná/elektronická



Seznam odborné literatury:

[1] NENADÁL, Jaroslav. Moderní management jakosti: principy, postupy, metody. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.

[2] IMLER, Ken. Strategické systémy kvality. Pardubice: Radek Lévy, 2008. ISBN 978-80-904156-0-7.

[3] NENADÁL, Jaroslav. Systémy managementu kvality: co, proč a jak měřit?. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-426-4.

[4] VEBER, Jaromír, Marie HŮLOVÁ a Alena PLÁŠKOVÁ. Management kvality, environmentu a bezpečnosti práce: legislativa, systémy, metody, praxe. 2., aktualiz. vyd. Praha: Management Press, 2010. ISBN 978-80-7261-210-9.

Vedoucí práce:

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání práce:

16. dubna 2018

Předpokládaný termín odevzdání:

18. dubna 2019

Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka

V Liberci 8. února 2019



doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
vedoucí katedry

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 texty tištěné verze práce a elektronické verze práce vložené do IS STAG se shodují.

8. 4. 2019

Bc. Jan Čihák



Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Vladimíru Bajzíkovi, Ph.D. za užitečné rady a připomínky. Dále bych chtěl poděkovat celé své rodině za trpělivost.

Anotace

Jméno autora: Bc. Jan Čihák
Název práce: Optimalizace výroby pístnic
Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
Počet stran: 71
Škola: Technická univerzita v Liberci
Typ práce: Diplomová práce
Rok: 2019
Přílohy: CD (výrobní data, pracovní soubory atd.)

Práce se zabývá problematikou výroby pístnic. Teoretická část seznamuje se základními nástroji kvality. Praktická část analyzuje výrobní data s ohledem na zmetkovitost. Cílem práce je navrhnout možná opatření vedoucí k optimalizaci výroby pístnic.

Klíčová slova: Optimalizace, výroba, zmetkovitost, pístnice

Annotation

Thesis author: Bc. Jan Cihak
Title: Optimization of piston rod production
Head teacher: doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
Number of pages: 71
School: Technical University of Liberec
Type of thesis: Master thesis
Year: 2019
Annex: CD (production data, working files etc.)

The thesis deals with the production of piston rods. The theoretical part introduces the basic tools of quality. The practical part analyzes production data and focus on scrap. The target is suggest possible corrective action for optimization of piston rod production.

Key words: Optimization, production, scrap, piston rod

OBSAH

Úvod	9
1 Optimalizace výroby	10
1.1 Vývoj výroby.....	10
1.2 Moderní výroba	11
2 Řízení jakosti.....	13
2.1 Základní nástroje kvality.....	13
2.1.1 Vývojový diagram	13
2.1.2 Evidence a sběr dat	14
2.1.3 Histogram	15
2.1.4 Ishikawův diagram.....	16
2.1.5 Paretova analýza	16
2.1.6 Korelační diagram.....	17
2.1.7 Statistická regulace	18
2.2 Další nástroje kvality	20
2.2.1 Systém totální produktivní údržby (TPM).....	20
2.2.2 Manipulace s materiálem	22
2.2.3 Řízení neshodných produktů.....	22
2.3 Kvalitářský přístup.....	23
3 Analýza výroby pístnic.....	24
3.1 Co je to pístnice	24
3.2 Popis výroby pístnic.....	26
3.2.1 Krácení.....	27
3.2.2 Obrábění	27
3.2.3 Tváření.....	28
3.2.4 Broušení	28
3.2.5 Chromování	29
3.2.6 Tepelné zpracování	29
3.2.7 Superfiniš	30

3.3	Výrobní cena	31
3.4	Procesní audity	31
3.4.1	Obrobna	32
3.4.2	Hala DT	33
3.4.3	Hala MT	35
3.5	Data ze sledování výroby	38
3.5.1	Obrobna	38
3.5.2	Hala DT	39
3.5.3	Hala MT	40
3.6	Vyhodnocení analýzy výroby pístnic	42
4	Návrhy optimalizace výroby	47
4.1	Hlavní návrhy:	47
4.1.1	Nápravná opatření z procesních auditů	47
4.1.2	Uvolňování výroby	48
4.1.3	Měření polohy zápichu	51
4.1.4	Úprava TPM pro kalení	52
4.1.5	Údržba strojů	53
4.1.6	Odepisování nastavovacího kusu	53
4.1.7	Obaly	54
4.1.8	Plánování výroby	54
4.2	Vedlejší návrhy	55
4.2.1	Zrušení operace superfiniš	55
4.2.2	Predikce poruch	62
4.3	Shrnutí návrhů	62
	Závěr	63
	Seznam použitých zdrojů	65
	Přehled použitých zkratk	67
	Přílohy	71

ÚVOD

Práce seznamuje s výrobou pístnic, které jsou používány v tlumičích pro automobily. Zabývá se vzájemnými vztahy mezi výrobními operacemi, zmetkovitostí a náklady na neshodu při výrobě pístnic.

Na celou problematiku je poohlíženo z pohledu pracovníka kvality v automobilovém průmyslu. Zmetkovitost je negativně ovlivňována i požadavky výroby na neustálé zvyšování produkce.

Pro příklad práce používá data z výroby pístnic ve společnosti, která vyrábí tlumiče do automobilů. Vzhledem k výrobním tajemstvím neuvádí konkrétní vnitropodnikové specifikace, ani přesná nastavení strojů nebo identifikační čísla konkrétních pístnic, ani jejich výkresy, z důvodu ochrany vlastnických práv.

Tento typ materiálu byl vybrán záměrně, protože zde existuje návaznost výrobních operací, různých transportů a především velké zhodnocení materiálu. Tato práce používá komplexně kvalitativní přístup k řešení problémů, kvalita totiž není pouze o sběru dat, ale především o prevenci a možná i o selském rozumu, díky kterému lze nalézt jednoduchá a účinná řešení.

Hlavním cílem práce je najít slabá místa z pohledu zmetků v procesu, tato místa identifikovat, popsat a určit kořenové příčiny nejčtenějších defektů. Vedlejším cílem práce je úprava procesu, kde je největší zmetkovitost. V neposlední řadě navrhuje další možná opatření vedoucí k celkové optimalizaci výroby.

Práce nebere v potaz zákaznické reklamace, kdy se např. nepovedlo pístnici zamontovat do automobilu nebo v průběhu provozu způsobily tečení tlumiče. Dále práce nebere v potaz vnitropodnikové reklamace, neboť nejsou nijak zvláště evidovány.

1 OPTIMALIZACE VÝROBY

Pokud vyrábíme cokoliv, tak je nejdůležitější již samotné zavádění nové výroby, udržení výroby a případné rozšíření výroby. Pro udržení výrobních zakázek je potřeba dodávat kvalitně, tudíž je potřeba začít ve výrobě se zlepšováním tzv. optimalizací. Optimalizace nutně neznamená zlepšení taktu výroby nebo kvality výroby, ale i snížení nákladů na výrobu. Na optimalizaci lze nahlížet z mnoha pohledů, důležitý je samotný cíl optimalizace.

1.1 VÝVOJ VÝROBY

Jak se vyvíjelo lidstvo a schopnosti člověka, rostla schopnost výroby složitějších předmětů. Samotná výroba probíhá již od samého vzniku lidstva a pokaždé je v trochu jiné formě. Vývoj výroby vždy závisel na panujícím ekonomickém systému v dané zemi a na aktuálních potřebách lidstva. V ČR systém dospěl postupně svým vývojem až do současného zpodobnění vlivem kapitalismu, který je zaměřen na automobilový průmysl.

„Kapitalismus znamená možnost soukromých osob vlastnit výrobní prostředky, stanovit libovolně cenu produktu, zaměstnávat občany, přivlastňovat si zisk a také povinnost nést ztrátu. Základním principem kapitalismu je hospodářská soutěž, neboli konkurence jednotlivých podnikatelských subjektů, resp. zákon nabídky a poptávky. Soukromé přivlastnění zisku zabezpečuje obrovskou motivaci podnikat, nést rizika a nést zodpovědnost. Motivace a hlavně princip soutěže je na kapitalismu to nejcennější.“ [5]

Charakteristickou vlastností kapitalismu je rychlost a dravost, kdy neprůbojní jedinci nemají příliš šancí k udržení svého vysokého životního standardu. Je důležité neustále někam růst, mít se kam posouvat, protože základním pilířem kapitalismu je právě růst, nikoliv pouhá stabilizace, stagnace či udržení, to kapitalismus nepřipouští. Z toho vyplývá požadavek na neustálé zdokonalování, ať už jedinců či celých společností. Je důležité plnit požadavky trhu, který se výrobě nepřizpůsobí. Z těchto důvodů se postupně výrobky zdokonalují a jejich výroba se stává složitější, neboť trh se stává rozmanitější.

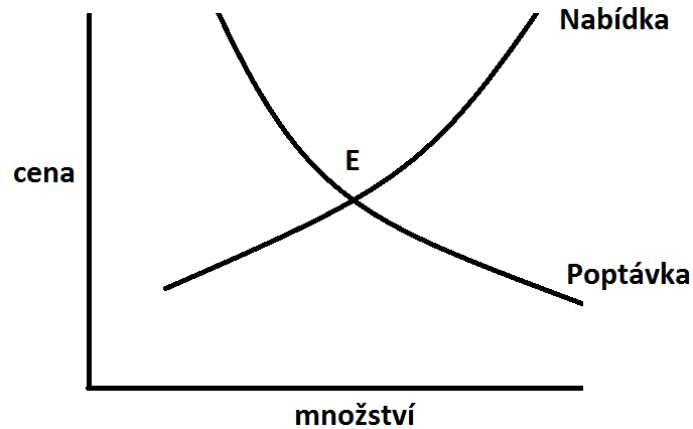
V minulosti se při výrobě mnohdy používala pouze jedna výrobní operace, jeden člověk, jeden nástroj. Kooperace mezi jedinci nebyla mnohdy vůbec potřebná, každý uměl něco jiného a byl ochoten své výrobky vyměnit za jiné výrobky, které souvisely především s potřebou jedince přežít.

1.2 MODERNÍ VÝROBA

Veškerá moderní výroba je odvozena ze silně konzumního života lidí, kdy se i ze samotných automobilů stalo pouhé spotřební zboží. Při porovnání továren ze západní Evropy a východní Evropy je vidět, že továrny působící v ČR jsou přesně uprostřed, nejen co se geografického umístění týká, ale i zahrnutou mírou automatizace ve výrobě. Tento trend se neustále zvyšuje, tudíž jsou vyvíjeny větší nároky na schopnosti strojů a tudíž hrozí větší riziko poškození a tím pádem výskytu zmetků. V současnosti je nutná kooperace mezi jednotlivými výrobními závody nutná, tudíž je důležité dodržovat kvalitu jednotlivých komponent, aby u kompletačního závodu došlo k bezchybnému slícování jednotlivých dílů.

ČR je založena na kapitalismu. Na trhu v roli poptávajícího vystupují firmy a v roli nabízejícího domácnosti. Pro většinu domácností představují odměny za práci jediný významný zdroj příjmu.

- **poptávka po práci** – je určena množstvím práce, které firma najímá při různých úrovních mzdové sazby. Firma, která hledá zaměstnance, poptává takové množství práce, při němž se příjem z mezního produktu vyrovná mezním nákladům na práci respektive mzdě. Poptávku tak značně ovlivňuje produktivita práce (ta je ovlivněna kvalifikací práce, množstvím a kvalitou kooperujících faktorů, technologií a organizací práce).
- **nabídka práce** – rozdíl mezi agregátní nabídkou v krátkém a dlouhém období je v moderní makroekonomii zcela zásadního charakteru. V krátkém období určuje průsečík agregátní nabídky a poptávky inflaci, nezaměstnanost, hloubku hospodářské recese či konjunktury (situace středně nebo dlouhodobé souhry příznivých okolností a podmínek, které podporují výkon nebo růst) a dopad hospodářského cyklu. Ovšem až v dlouhém období lze vysvětlit vývoj produkce a životní úrovně, skrze růst potenciálního produktu daného agregátní nabídkou.
- **tržní rovnováha** – vzniká při vyrovnání nabídky s poptávkou, při tzv. rovnovážné mzdě, která je dána průsečíkem tržní křivky poptávky a tržní křivky nabídky práce – bod E na obr.1. [13]



Obr. 1. Tržní rovnováha

Vzhledem k aktuálnímu stavu trhu práce je nutné zaměstnávat zahraniční pracovníky, což je především pro lokální společnosti obtížné. Cizojazyčná bariéra je pro firmy finančně náročná, neboť musí zaměstnávat tlumočníky, samozřejmostí je nutná existence návodů v rodné řeči daného pracovníka. Stav nezaměstnanosti v listopadu 2018 byl 2,8 %. [12]

Mezi nezaměstnanými lidmi jsou převážně lidé, kteří jsou ve skupině nezaměstnatelných, proto jsou právě zaměstnáváni zahraniční pracovníci. Převážně se jedná o pracovníky ze Slovenska, Polska, Ukrajiny a Rumunska. Řada pracovníků má zde své rodiny a vzhledem k tomu, že se zde usídlí, tak mají firmy větší jistotu, že jim tyto pracovníci neodejdou, což se ovšem nedá říci o tzv. turnusových agenturních pracovnících, kde je riziko, že časté střídání pracovníků způsobí nějaké problémy, ale to už není věc kvality. Zahraniční pracovníci se postupně dostali do všech odvětví od průmyslu, přes školství do zdravotnictví.

2 ŘÍZENÍ JAKOSTI

Nástroje kvality jsou důležité z pohledu řízení výroby. Moderní kvalita už není pouze o sběru dat, ale je o celkovém řízení všech procesů z hlediska personálního, pohybu materiálu, výroby atd.

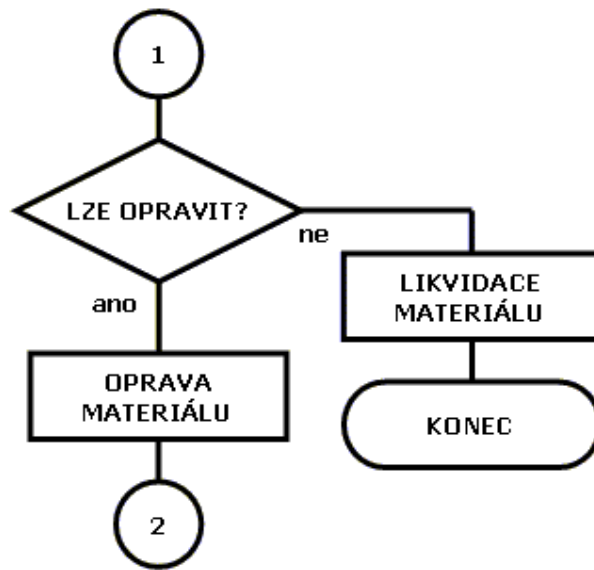
2.1 ZÁKLADNÍ NÁSTROJE KVALITY

Kapitola popisuje základní nástroje vhodné k řízení jakosti. S těmito nástroji jsou seznamováni všichni začínající pracovníci kvality a jejich užití je velmi jednoduché a účinné. K dobrému popisu procesu slouží vývojový diagram. Z procesu vzniká velká spousta dat a údajů, které musíme umět dobře přiřadit a k tomu slouží sběr dat a doplňujících údajů. Máme mnoho údajů přiřazených, ale údaje jsou nepřehledné a málo vypovídající a proto je utřídíme do histogramu. Vzniknou-li nějaké nežádoucí jevy, je třeba najít příčiny nežádoucího jevu a k tomu nám slouží Ishikawův diagram. K vybrání nejdůležitějších nežádoucích jevů, které je třeba přednostně řešit, slouží Paretova analýza. Máme-li v procesu provádět některé zkoušky, které jsou velmi nákladné nebo obtížně proveditelné, můžeme vyzkoušet závislost tohoto parametru na jiném parametru pomocí bodového diagramu, takže můžeme parametr ověřovat jinou snadnější zkouškou a nedopustíme se výrazné chyby. Když je proces statisticky zvládnutý, tak ho můžeme v tomto stavu udržet pomocí statistické regulace. Do procesu bude zasaženo pouze v případě nutnosti, a to s dostatečným předstihem, než začneme vyrábět zmetky.

2.1.1 VÝVOJOVÝ DIAGRAM

Je graf umožňující logický popis činností tak, jak jdou za sebou, větví se do paralelních cest, které se opět se spojují, dokud není ve všech variantách spojen začátek a konec, tedy vstup a výstup.

Vývojový diagram na obr. 2 [14] uvádí jednoduchý příklad užití. Podstatnou částí vývojových diagramů jsou rozhodovací kritéria, která jsou podstatou rozhodovacích diagramů. Bod 1 označuje výstup z jiného procesu, kde se mohlo jednat např. o materiál, který byl vyhodnocen jako zmetkový. Bod 2 může např. navazovat na proces návratu opraveného výrobku zpět do výroby. Jedná se o jasný a názorný popis sledu operací.



Obr. 2. Vývojový diagram

2.1.2 EVIDENCE A SBĚR DAT

V praxi se sbírá mnoho dat, ale abychom mohli data dobře využít a byla vypovídající, musíme je umět přiřadit k jednotlivým činitelům ve výrobě a k jednotlivým výrobním dávkám. Musíme být schopní přiřadit data k výrobku a k šarži kdy se výrobek vyráběl. Je potřeba k datům přiřadit tyto základní činitele:

- kdy se vyrábělo
- na které lince (stroji)
- jaký materiál byl zpracováván
- podle jaké dokumentace bylo vyráběno
- jakými měřidly se ověřovalo správné ověření

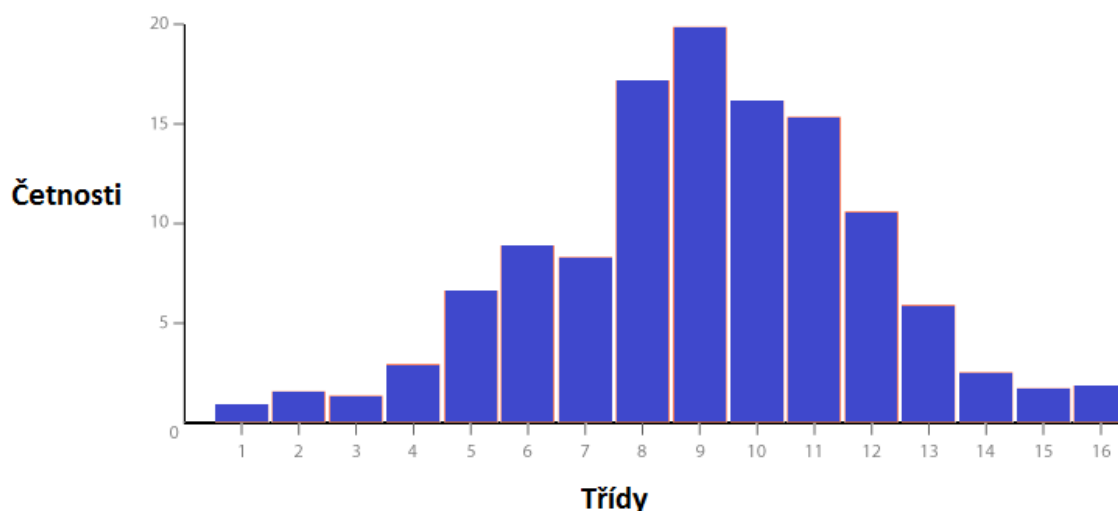
Jednoduše čím více informací zahrneme do sběru dat, tím lépe se nám s daty může pracovat. Zpětný sběr dat je mnohdy nemožný, tak je dobré si na začátku nastavit parametry pro konkrétní data, která budou sbírána. Evidování a sběr dat jsou individuální v každém podniku. Většinu měřících operací lze v současné době zautomatizovat, tudíž není třeba

výrobní data ručně zapisovat a následně přepisovat do případných programů, které slouží k vyhodnocení dat. Pro lepší přehled mohou sloužit kontingenční tabulky nebo rozsáhlé databáze sloužící primárně ke sledování výroby.

2.1.3 HISTOGRAM

Jsou-li data přiřaditelná k výrobkům, je potřeba je nějak přehledně utřídit, aby byla lépe vypovídající. Většinou máme velmi mnoho dat, která jsou velmi nepřehledná, proto je třeba data utřídit a jedním z nástrojů na utřídění dat je právě histogram. Histogram je grafické znázornění intervalového rozdělení četnosti např. četnosti hodnot znaku jakosti – rozměry výrobku, chemické složení, fyzikální vlastnosti atd. nebo hodnot procesních parametrů, které se podílejí na jakosti výrobku – např. řezná rychlost, teplota, přítlak atd. Je to sloupcový graf, kde základna jednotlivých sloupců odpovídá šířce intervalu a výška sloupce vyjadřuje četnost hodnot sledované veličiny v daném intervalu. Histogram je znázorněn na obr. 3. V praxi se histogramy často používají, protože jsou přehledné a jednoduše se sestavují. Při jejich tvorbě je dobré zvolit vhodný počet tříd.

Podávají tyto informace: odhad polohy, rozptýlení a tvaru hodnot sledovaného znaku jakosti či parametrů procesu. Jednoduchým porovnáním histogramů lze určit, jak moc je proces stabilní. Lze takto snadno porovnat i jednotlivé procesy mezi sebou.

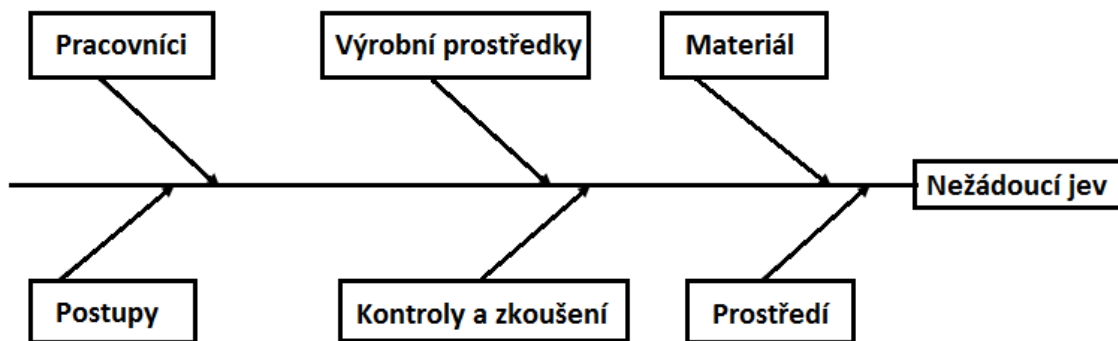


Obr. 3. Histogram

2.1.4 ISHIKAWŮV DIAGRAM

Je grafická pomůcka podporující určování kořenové příčiny nežádoucího jevu. Je vhodné ji použít v týmové spolupráci. Diagram je umístěn na obr. 4.

1. Etapa aplikace: členové týmu uvádějí příčiny nežádoucího jevu a moderátor je připisuje k šipkám, které přikresluje k základním větvím, uvedeným v prázdném Ishikawově diagramu
2. Etapa aplikace: členové týmu dostanou přiděleno každý stejný počet bodů, kterými ohodnotí všechny uvedené příčiny (rozhodující je význam více bodů, nepodstatný méně bod).
3. Etapa aplikace: moderátor sečte body přidělené jednotlivými členy týmu a provádí celkové vyhodnocení (s možným použitím Parety analýzy)



Obr. 4. Diagram příčin a následků

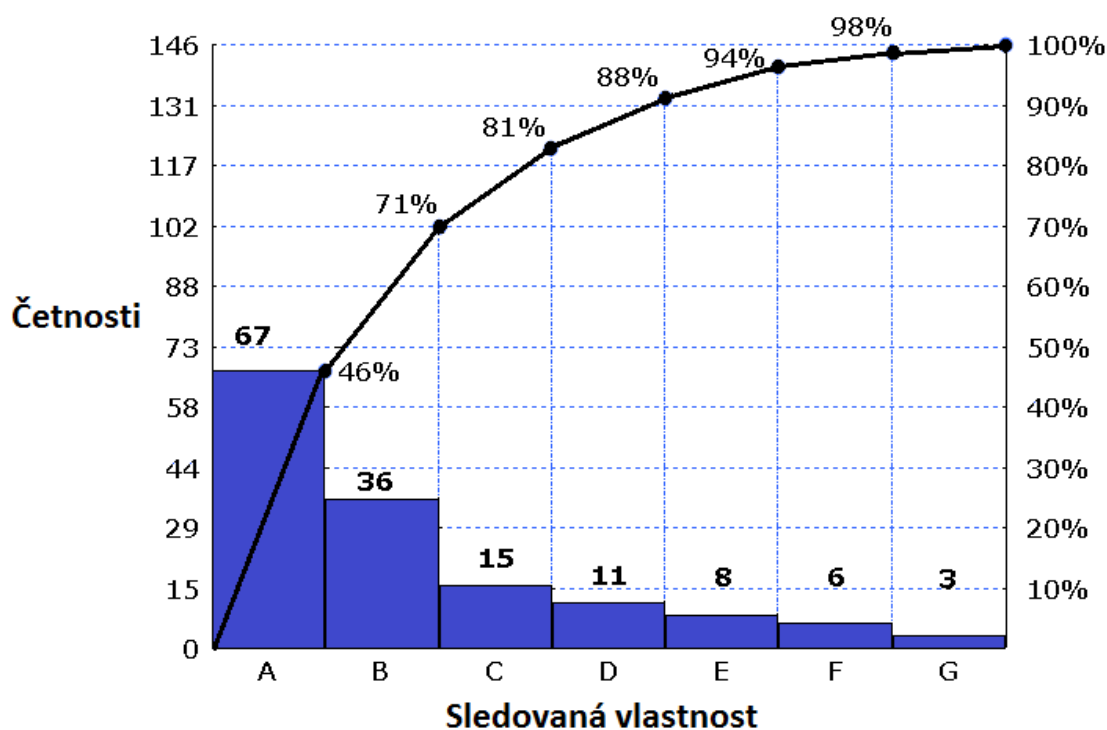
2.1.5 PARETOVA ANALÝZA

Paretovo pravidlo má svůj název po italském ekonomovi Vilfredu Paretovi, který tvrdil, že velká část bohatství (80 %) je v rukou malého množství lidí (20 %). Proto se tato analýza nazývá také pravidlo 80/20. V oblasti řízení jakosti jde o efektivní a snadno aplikovatelný rozhodovací nástroj. Odděluje podstatné faktory, které se nejvíce podílejí na jakosti od méně podstatných. Dává nám tedy informace, kam se máme zaměřit při odstraňování nedostatků v procesu zabezpečování jakosti. Paretova principu použil v oblasti řízení jakosti poprvé americký odborník J. M. Juran, který dospěl k závěru, že 80 – 95 % problémů s jakostí je způsobeno malým počtem příčin (5 – 20 %), na které se je potřeba přednostně zaměřit při analýze. Vlivy této příčiny je nutno odstranit nebo alespoň minimalizovat. Ostatní příčiny

(80 – 95 %) označil jako užitečnou většinu. Při zajišťování jakosti mají Paretovy diagramy využití v oblastech: analýzy počtu vadných výrobků, analýzy ztrát s nimi spojených, analýzy časových a finančních ztrát způsobených vypořádáním se s neshodnými výrobky, analýzy reklamací, analýzy prostojů strojů atd.

Paretova analýza se používá pro vyhledávání a určení nejpodstatnějších problémů (následků), které jsou způsobeny menším počtem příčin. Pro zvýšení účinnosti Paretova diagramu je výhodné kombinovat tuto analýzu s analýzou diagramu příčin a následků.

Na obr. 5 je znázorněno včetně kumulativní křivky, která nám určí významnost jednotlivých specifických vlastností např. sledování defektů. V tomto konkrétním případě defekt A, B a C tvoří více než 80 % defektů. Ostatní defekty jsou zanedbatelné. [15]

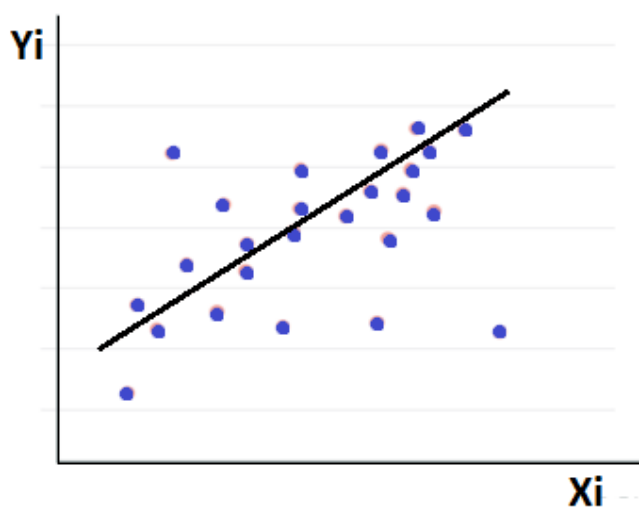


Obr. 5. Paretova analýza

2.1.6 KORELAČNÍ DIAGRAM

V situaci, kdy při řízení procesu zdokonalování jakosti máme regulovat tento proces podle znaků jakosti, který je časově nebo ekonomicky tak náročný, že by regulační zásahy byly neefektivní nebo nerealizovatelné, se doporučuje zjistit jiný znak jakosti, který s původně požadovaným znakem jakosti koreluje – znaky mají stochastickou závislost - existuje vztah

závislé proměnné Y (např. poruchy, výška) a nezávislé proměnné X (např. věk, datum pozorování). Obě proměnné jsou náhodné veličiny. Náhodný výběr rozsahu n tvoří n dvojic naměřených hodnot (X_i, Y_i) pro $i = 1, 2, \dots, n$. Y jsou hodnoty, které predikujeme, X jsou hodnoty, podle nichž predikci uskutečňujeme. Nejde však o funkční závislost, protože hodnotu proměnné Y nelze zcela přesně spočítat, lze ji pouze odhadnout. Pomocí vhodné regrese a hodnot znaků jakosti, které jsme schopni rychle a levně zjistit, stanovíme hodnoty požadovaného znaku jakosti. Podmínkou tedy je existence stochastické závislosti mezi požadovaným a rychle zjistitelným znakem jakosti. Informace o existenci stochastické závislosti poskytuje tzv. bodový diagram. Konstrukce tohoto diagramu je uvedena na obr. 6.



Obr. 6. Korelační diagram

2.1.7 STATISTICKÁ REGULACE

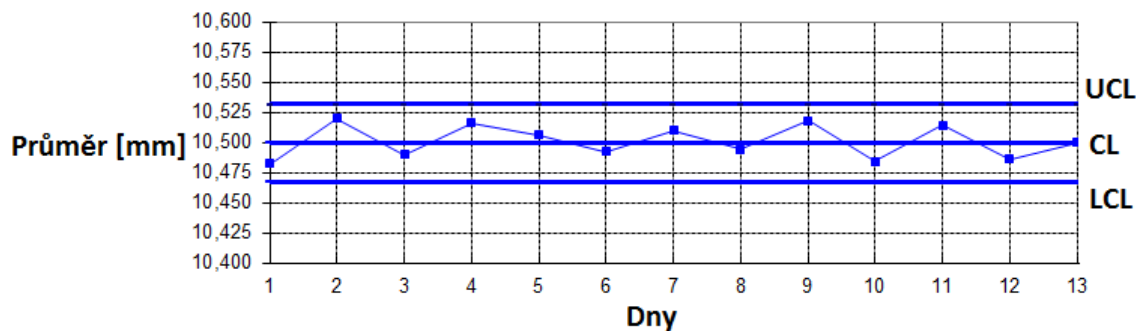
Regulační diagramy se používají pro statistickou regulaci procesu. Zajišťují preventivní přístup k řízení jakosti tím, že včas odhalují odchylky v průběhu procesu od předem stanovených úrovní. Lze tedy provést zásahy do procesu tak, aby byl proces na stabilní úrovni, která je dlouhodobě požadována. Pokud je jakost procesu plně určena jednou nebo více určenými veličinami, pak se zaměříme na sledování těchto veličin. V pravidelných časových intervalech se kontrolují hodnoty veličin a porovnávají se s kritériem, které bylo stanoveno pro jakostní stav. Toto kritérium netvoří jedna hodnota, ale interval hodnot s horní a spodní mezí. Proces je pod kontrolou (stabilní), pokud sledované veličiny splňují požadavky na kritéria. Pokud ne, proces se dostal mimo kontrolu. Pro dosažení stabilního procesu se používají statistické metody. Statistická regulace procesu se definuje jako bezprostřední a průběžná kontrola procesu a je založena na matematicko-statistickém vyhodnocení jakosti

produktu. Poskytuje nám takové informace, na základě kterých můžeme provádět včasné a operativní zásahy do procesu, nebo informace, které signalizují, že stabilní stav bude ohrožen.

Regulační diagram je graf, který znázorňuje variabilitu procesu dynamicky a tím umožňuje oddělit náhodné příčiny variability procesu od příčin vymežitelných.

Regulační diagram se sestavuje tak, že na osu x vyznačíme časové okamžiky, v nichž provedeme měření procesu, nebo náhodný výběr vzorků z produkce. Na osu y vyznačíme hodnotu příslušné sledované veličiny. Body v grafu spojíme čarou. Regulační diagram se skládá z centrální přímky (CL), horní a dolní regulační meze (UCL, LCL). Obr. 7 znázorňuje tyto regulační meze, které určují pásmo, v němž leží s předem zvolenou pravděpodobností hodnoty měřených veličin, za předpokladu, že na zkoumaný proces působí v daném zkoumaném okamžiku jen náhodné vlivy.

Při provádění analýzy sestaveného regulačního diagramu zjišťujeme, zda je či není sledovaný proces statisticky stabilně zvládnutý. Stav, kdy není proces stabilní, reprezentují body ležící mimo regulační meze, nebo skupina bodů, tvořící nenáhodná seskupení. V tomto případě je třeba provést analýzu procesu, vyhledat a odstranit vymežitelné příčiny, které způsobují nestabilitu procesu. [7]



Obr. 7. Regulační diagram

Dále se používá číselné vyhodnocení způsobilosti pomocí indexů, používají se indexy C_p a C_{pk} , jejich výpočet je popsán vzorcem 1 a vzorcem 2. Jedná se o výpočet pro případ oboustranných mezních hodnot, kde μ je střední hodnota, σ je směrodatná odchylka, USL horní tolerance a LSL je dolní tolerance.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (1)$$

$$C_{pk} = \text{Min} \left(\frac{USL - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right) \quad (2)$$

Dle těchto indexů způsobilosti lze jednoduše poznat rozptýlení hodnot a umístění hodnot v rámci tolerančního pole. Zjednodušeně řečeno nám index C_p říká, jak jsou hodnoty u sebe a index C_{pk} nám říká, jak jsou tyto hodnoty umístěny v rámci tolerančních mezí. Pokud chceme mít jistotu, že je proces způsobilý, tak by hodnoty indexů měly být větší než 1,33.

2.2 DALŠÍ NÁSTROJE KVALITY

2.2.1 SYSTÉM TOTÁLNÍ PRODUKTIVNÍ ÚDRŽBY (TPM)

Cílem je nemít žádné poruchy (zařízení nesmí mít nikdy poruchu) a žádné neshodné produkty.

Základem je přenesení zodpovědnosti za denní a běžnou údržbu a opravy na obsluhu stroje. Pro realizaci je důležité trénovat a motivovat obsluhu strojů a pracovníků údržby, což bývá doprovázeno tvorbou pracovních týmů, které mají za cíl snižovat prostoje a snižovat podíl neshodných produktů. Důležité je pracovat na zlepšení účinnosti strojů a zařízení eliminací ztrát a dále klást důraz na systém preventivní a prediktivní údržby. Fáze vývoje údržby jsou popsány v tab. 1 a v tab. 2 jsou popsány typy ztrát. [1]

Tab. 1. Vývojové fáze autonomní údržby

Fáze	Popis	Činnost
1	Čištění	Čištění zařízení, mazání, dotažení šroubů a matic. Identifikace poruch zařízení
2	Opatření k odstranění příčin znečištění	Eliminace příčin nečistot (prachu, odpadu, unikajícího oleje), hledání prostředků pro eliminaci nedostatků při čištění a mazání a redukce času potřebného na tyto výkony.
3	Definování postupů pro čištění a mazání	Tvorba praktických pravidel pro provádění čištění, mazání, správné dotažení šroubů. *pokračování tab. na další straně

4	Výcvik v oblasti diagnostiky	Zvládnutí technik diagnostiky, zejména smyslové
5	Autonomní diagnostika	Identifikace a eliminace menších poruch
6	Systematizace	Standardizace řídicích instrukcí, normy pro čištění, mazání, diagnostiku, normy pro sběr dat, normy pro hospodaření s nástroji
7	Zavedení autonomního řízení	Implementace pravidel a norem

Tab. 2. Typy ztrát

Druh ztráty	Cíle
1. Ztráty spojené s poruchami strojů	Redukovat prostoje v důsledku poruch na minimum
2. Ztráty spojené s přípravou a seřízením	Redukovat čas na přípravu a seřízení na méně než 10 minut
3. Ztráty spojené se sníženou rychlostí	Spíše zvýšit projektované rychlosti než je zvyšovat v průběhu procesu
4. Malé prostoje	Redukovat je na nulu
5. Ztráty spojené s výrobou neshodných produktů	Stanovit velmi úzké toleranční meze
6. Ztráty spojené s výrobou prvních kusů	Minimalizovat na méně než 0,1 % dávky

2.2.2 MANIPULACE S MATERIÁLEM

Předpokladem pro správné řízení výroby je bezchybná a organizovaná manipulace s materiálem, při které nebude materiál poškozen. [10]

- **Přemísťování** - nejdůležitější je zajištění zpětného sledování materiálu. Kdykoliv by mělo být možné díl v jakékoliv části výrobního procesu spárovat se vstupním materiálem a to platí i pro finální výrobky.
- **Skladování** - při skladování je důležité dodržet skladovací podmínky pro konkrétní materiál. Je definován rozměr obalu, druh stohování, teplota, vlhkost, případně zvláště označení skladovacích míst např. pro výbušniny (definováno v bezpečnostních listech)
- **Balení** - ať už při mezioperačním nebo finálním, vždy je důležité přendávání z jednoho typu obalu do jiného typu obalu.

2.2.3 ŘÍZENÍ NESHODNÝCH PRODUKTŮ

V jakosti je většina problémů spojena právě se vznikem neshodných produktů. [1] Řízení probíhá v následujících krocích:

1. Zjištění neshodného produktu
2. Označení neshodných produktů stanoveným identifikačním znakem a jejich separace
3. Záznam o neshodě
4. Přezkoumání neshody
5. Vypořádání neshody
6. Kalkulace nákladů a ztrát
7. Řešení škod
8. Rozbor neshod
9. Realizace opatření k nápravě a kontrola jejich účinnosti

Přehled základních pojmů:

- Neshoda - „nesplnění požadavku“ [16]
- Vada – „nesplnění požadavku ve vztahu k zamýšlenému nebo specifikovanému použití“ [16]
- Neshodný produkt – výrobek neodpovídající specifikaci
- Použitelný neshodný produkt – lze použít, i když neodpovídá specifikaci
- Nepoužitelný neshodný produkt – v žádném případě nelze použít k původnímu účelu
- Přepřerování – „opatření provedené na neshodném produktu, aby byl ve shodě s požadavky“ [16]
- Oprava - „opatření provedené na neshodném produktu, aby byl přijatelný pro zamýšlené použití“ [16]
- Odchylka – „povolení použít nebo uvolnit produkt, který nevyhovuje specifickým požadavkům“ [16]

2.3 KVALITÁŘSKÝ PŘÍSTUP

Kvalita není pouze o striktním používání nástrojů, sběru dat a vyhodnocování. Kvalita je komplexní přístup ke zlepšení procesu.

Při analýze procesu nebývá zřejmé, k čemu doopravdy bude sloužit, protože se vždy objeví nečekané skutečnosti. Samotná analýza pak může sloužit např. pro následující:

1. Základ pro zlepšování procesu
2. Poplašné zařízení pro hlídání procesu
3. Podklad pro zdůvodnění nákupu nového zařízení
4. Certifikace pro zákazníka
5. Podklad pro novou konstrukci či návrh výrobku
6. Nástroj pro údržbu strojního zařízení
7. Motivace pro spolupracovníky

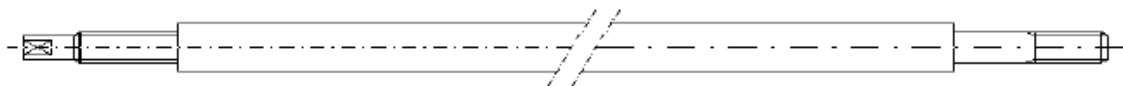
[7]

3 ANALÝZA VÝROBY PÍSTNIC

Kapitola se zabývá jednoduchým popisem výrobních operací, stanovením průměrných cen za mezioperace a vyhodnocením dat z databáze výrobních záznamů výroby za období od 1. 1. 2018 do 30. 9. 2018.

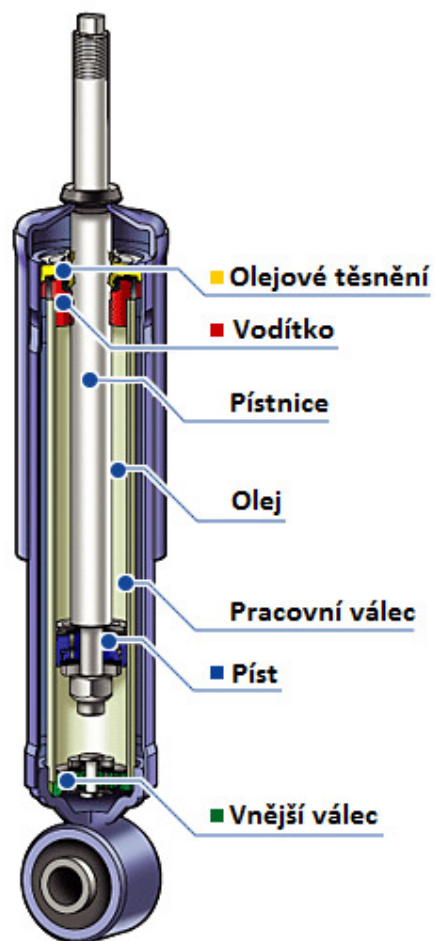
3.1 CO JE TO PÍSTNICE

Pístnice je výraz používaný pro pístní tyč. Z jedné strany je na ní upnut píst tlumiče, na obr. 8 je to pravá strana pístnice a na druhém konci je upevněna karoserie vozu. Tato strana bývá opatřena ploškami pro upínání nebo např. vnitřním šestihranem. Pístnice je nedílnou součástí tlumiče, který je znázorněn na obr. 9. Samotná pístnice vykonává při svém použití kmitavý pohyb, tudíž střídavě vyjíždí nebo zajíždí přes těsnění z prostředí s přetlakem a olejem, do atmosférického prostředí. Proto jsou zde kladeny nároky na kvalitu povrchu pístnice a na pevnost pístnice.



Obr. 8. Pístnice

Pístnice procházejí řadou speciálních výrobních operací, kdy záleží na přesném nastavení stroje. Pístnice jsou pochromovány a mají více než 50 měřitelných rozměrů.



Obr. 9. Tlumič kmitů

V případě zlomení pístnice v tlumiči na nápravě automobilu, dojde k totální nefunkčnosti tlumiče, což způsobí neovladatelnost automobilu, protože kolo začne odskakovat od vozovky nebo může dojít k proniknutí pístnice do pneumatiky a následky mohou být fatální. Samotný princip funkčnosti tlumiče není nic složitého, ovšem zaručit správnou funkčnost při veškerých jízdních režimech je doslova alchymie.

3.2 POPIS VÝROBY PÍSTNIC

Výroba pístnic je započata těžbou železné rudy. Následně jejím zpracováním v ocelárnách, kde výstupem jsou dlouhé cívky s navinutým drátem. Následně je v přidružených podnicích materiál nutno zkalibrovat průtahem na daný průměr a nakrátit na odpovídající délky, v tomto případě je délka přibližně 6 metrů.

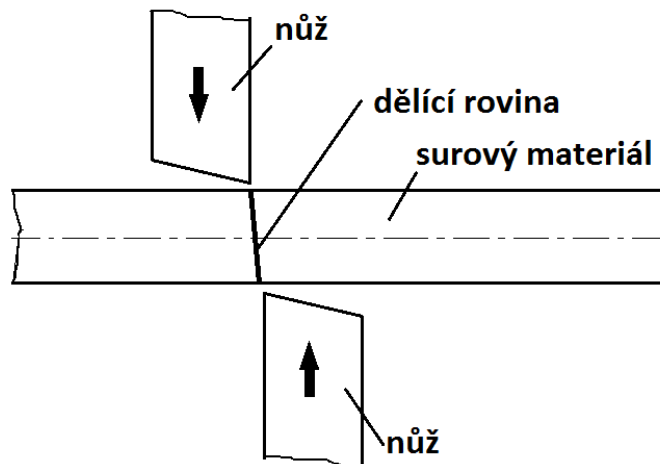
Výroba probíhá v několika na sebe navazujících krocích, hlavní kroky jsou následující:

1. Nakrácení materiálu
2. Obrábění pístového konce
3. Obrábění modulárního konce
4. Válcování zápichu
5. Broušení před kalením
6. Povrchové kalení
7. Broušení
8. Chromování
9. Popouštění
10. Broušení
11. Superfiniš
12. Oplach
13. Balení

Tyto kroky jsou samozřejmě doplněny o různé kontroly. V první řadě se jedná o rozměrové a následně fyzikální vlastnosti, především po kalení a chromování. Vývojový diagram není vzhledem k přímé návaznosti operací třeba. Pokud nevyjde nějaká zkouška, tak je celá inkriminovaná dávka přepracována nebo sešrotována a musí se začít s novou výrobou od začátku.

3.2.1 KRÁCENÍ

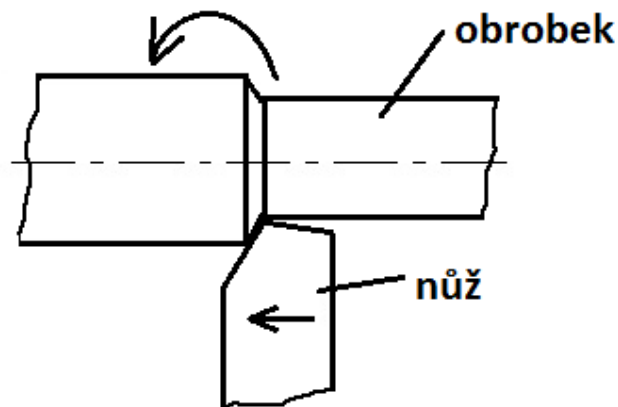
V současnosti je tento proces outscoursován, tudíž v této práci není uvažováno. K dodavateli je odeslána tyčovina různých průměrů v šestimetrových délkách a ta je následně nakrácena na požadované délky. Na obr. 10 je schematicky znázorněno stříhání. Dělicí rovina materiálu není nikdy absolutně kolmá k ose materiálu.



Obr. 10. Stříhání materiálu

3.2.2 OBRÁBĚNÍ

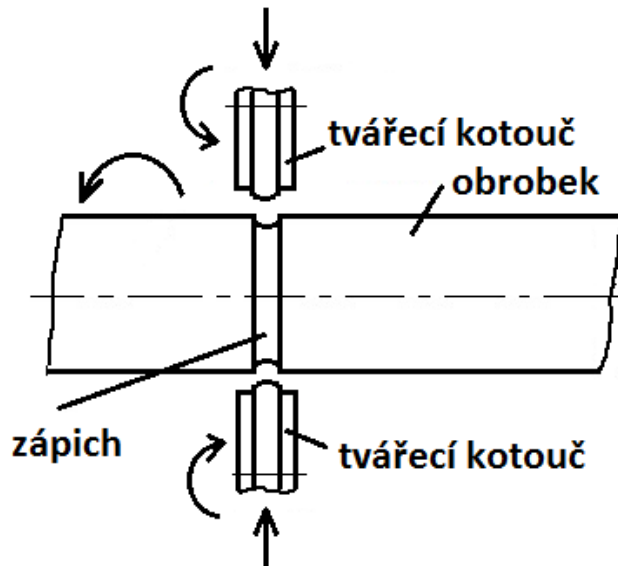
První část výrobního procesu je obrábění samotných konců pístnic na požadované rozměry. Jedná se o klasické obrábění pomocí nožů nebo závitorezných hlav. Obrábění je znázorněno na obr. 11, jedná se o klasické vnější soustružení, kdy obrobek vykonává rotační pohyb a z vnější strany je posouván nůž v ose obrobku.



Obr. 11. Obrábění

3.2.3 TVÁŘENÍ

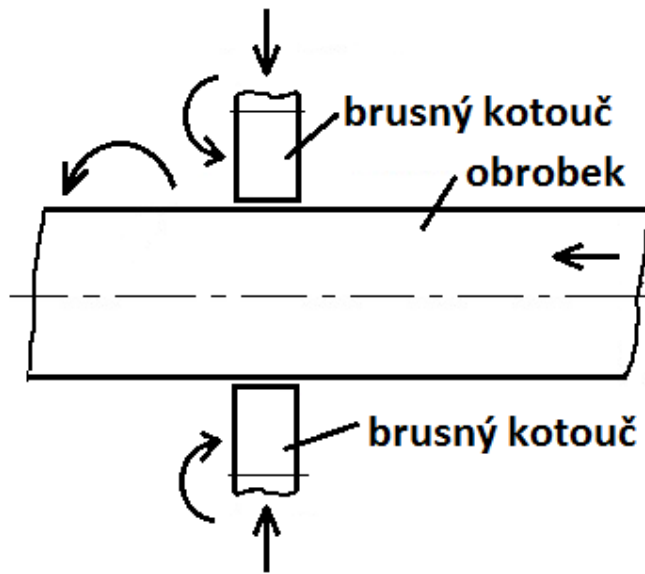
Proces, kdy je tvářen respektive válcován zápich. Válcování zápichu je na obr. 12. Tvářecí kotouče jsou umístěny proti sobě a kolmo k ose otáčející se pístnice. Postupně jsou při neustálém otáčení přitlačovány a vytvoří tak zápich neboli drážku. Tvar drážky je dán tvarem tvářecích kotoučů.



Obr. 12. Válcování zápichu

3.2.4 BROUŠENÍ

Jedná se o princip vnějšího broušení, kdy jsou z vnější strany kolmo přisouvány brousící kotouče, které leží proti sobě a jsou rovnoběžně s broušenou pístnicí, což znázorňuje obr. 13. Toto broušení je prováděno nejdříve jako hrubé a následně jako jemné. Liší se zrnitostí brusných kotoučů, která má největší vliv na drsnost pístnice po broušení.



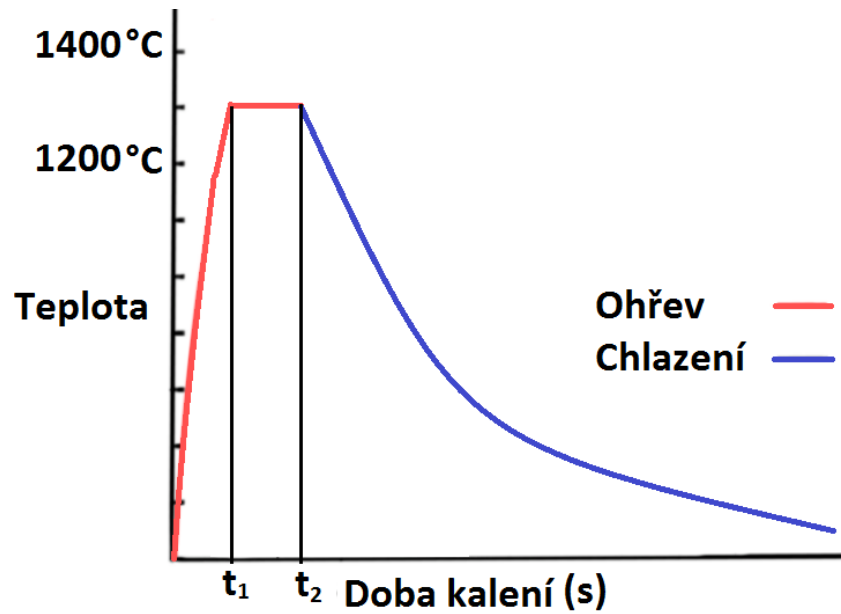
Obr. 13. Broušení

3.2.5 CHROMOVÁNÍ

Chromovací linka se skládá z řady lázní – dochází k odmaštění, aktivaci povrchu a galvanickému pokovení. Kvalitu chromu lze vyhodnotit až na konci celé výroby, ať už měřením tloušťky chromu, drsností nebo jinými testy, např. zkouška mikrotrhlin nebo statického tečení. Jedná se o přísně střežené tajemství jakékoliv firmy, která provádí pokovení.

3.2.6 TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

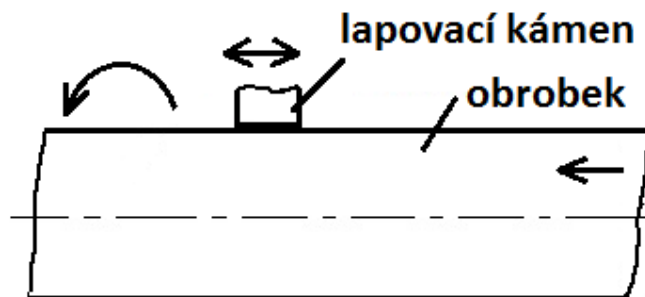
Pístnice pro zvýšení pevnosti je prudce ohřata a následně ochlazena, tento průběh je popsán na obr. 14. Maximální teplota při kalení je 1200 – 1400°C. Celá pístnice průběžně prochází přes induktor tzv. indukční kalení. Pro odstranění vnitřního pnutí je třeba pístnici dát do popouštěcí pece, kde je pístnice zahřata na cca 300°C a při této teplotě setrvá cca 2 hodiny. Během tepelného zpracování dochází ke změně vnitřní struktury materiálu, což ovlivňuje např. tvrdost.



Obr. 14. Teplotní průběh při kalení

3.2.7 SUPERFINIŠ

Jedná se o dokončovací metodu obrábění, kdy se po povrchu pístnice pohybují lapovací kameny. Kameny působí určitým přitlakem a navíc provádějí nepatrné pohyby rovnoběžně s osou procházející pístnice, která se současně pomalu otáčí. Schéma je znázorněno na obr. 15. Lapovací kameny jsou výměnné a je důležité průběžně kontrolovat jejich přitlak a opotřebení.



Obr. 15. Superfiniš

3.3 VÝROBNÍ CENA

Jedná se o průměrné částky k jednotlivým průměrům pístnic, které slouží k rychlému odhadu ceny. Částky se samozřejmě odlišují dle konkrétních typů. Např. pístnice s jedním vs. se dvěma zápichy. S detailním rozpadem nákladů na jednotlivé operaci plán výroby nepočítá, pro účely této práce nebylo třeba dopočítávat. V tab. 3 jsou uvedeny částky za tři klíčové okamžiky v průběhu výroby pístnice. Nakráčená tyčovina udává hodnotu vstupujícího materiálu z kooperující společnosti. Obrobená pístnice udává cenu, kterou má pístnice v okamžiku, kdy opouští obrobnu. Kompletní pístnice je částka za pístnici, která je po kontrole na superfiniši dána do finálního obalu.

Tab. 3. Náklady na výrobu jednoho kusu

Průměr pístnice (mm)	11	12	13	14
Nakráčená tyčovina	9,9 Kč	11,8 Kč	13,7 Kč	16,5 Kč
Obrobená pístnice	17,7 Kč	23,7 Kč	29,6 Kč	39,2 Kč
Kompletní pístnice	34,2 Kč	41,1 Kč	48,2 Kč	55,1 Kč

3.4 PROCESNÍ AUDITY

Jelikož se jedná o výrobu v automobilovém průmyslu, tak byla zvolena jako metodika hledání slabých míst ve výrobě právě procesní audit dle metodiky VDA 6,3. Všechny otázky pochází z kapitoly proces výroby - prvek P6. Uvedeny jsou nalezené neshody. Hodnocení jednotlivých neshod není podstatné, tudíž není uvedeno.

P6.1 - Vstupy procesu - Co vstupuje do procesu?

P6.2 - Průběh procesu - Jsou všechny výrobní procesy řízeny?

P6.3 - Lidské zdroje - Jaké funkce podporují proces?

P6.4 - Hmotné zdroje - S jakými prostředky se proces realizuje?

P6.5 - Efektivnost, účinnost, zamezení plýtvání - Jak efektivně proces probíhá?

[6]

Kompletní přehled obrázků s nálezy z auditů je uveden v příloze práce, kde je v příslušné složce možno dohledat. Zde vzhledem k rozsahu práce nemohlo být uvedeno. V každém

nálezu je uvedeno číslo obr. odkazující na přílohu. Procesní audity byly provedeny dle plánu auditů. Certifikát autora opravňující k provádění procesních auditů je uveden v příloze.

3.4.1 OBROBNA

Audit byl proveden dne 12. 11. 2018

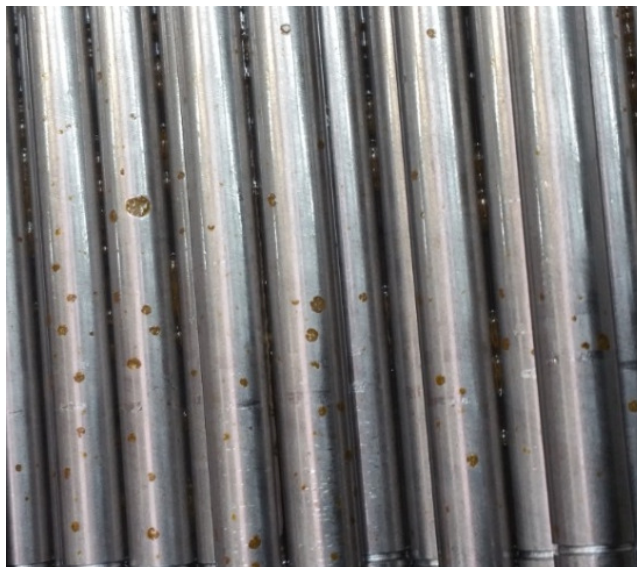
- Na prostranství pro rozpracovanou výrobu jsou uloženy různé prázdné obaly - viz obr. 37 v příloze.
- U materiálu M7H001434 jsou předepsané štítky v SAPu po 500 ks. Do balení se dává 1000 ks. Operátor předepsané množství škrtná fixem a vedle píše skutečné množství. Po té posílá na zahlášení k teamleaderovi - viz obr. 11 v příloze.
- Neřízený dokument se souřadnicemi pro nastavení stroje; ručně přepisováno - viz obr. 29 v příloze.
- Nejsou definovány limity pro kontrolu správné hladiny oleje – viz obr. 23 v příloze.
- Stroj č. 475 není označen SC znakem - viz obr. 12 v příloze.
- Do LT průkaznosti 408475 jsou předepsané tolerance u dvou různých produktů. V obou LP jsou tolerance stejné. Dle BOM tomu tak není. Jedná se o SC znak. Viz obr. 15-22 v příloze.
- Na stroji č. 418 není označen List průkaznosti SC znakem pro velký průměr závitu - viz obr. 30 – 32 v příloze.
- Neoznačený materiál za strojem č. 464 - viz obr. 26 v příloze.
- Teamleader H. není prokazatelně proškolen ze standardizované práce – viz obr. 38-42 a neuměl vysvětlit, co jsou role a standard teamleaderu na nějž je odkaz v jeho popisu pracovního místa. Také zatím neabsolvoval školení vedoucích pracovníků.
- Stroj č. 475 nemá označení schválení EMSEC ani LOTO a nebyl k dispozici HECP instrukce - viz obr. 12 a 13 v příloze (obr. 14 ukazuje správné značení stroje).
- Neuspořádaná měřidla a nástroje na příručním vozíku - viz obr. 27 v příloze.

- U stroje č. 418 jsou na místě pro vstupní materiál umístěny nádoby na odpad - viz obr. 33 v příloze.
- Není uvedena identifikace měřidla na stroji č. 475 - viz obr. 24-25 v příloze.
- Za strojem č. 464 nalezena plastové KLT s neznámou neoznačenou látkou - viz obr. 26 v příloze.
- Není vyplněno osobní číslo u Zahlášení - viz obr. 34 v příloze

3.4.2 HALA DT

Audit byl proveden dne 3. 12. 2018.

- Pístnice před broušením s viditelnou korozí (dle operátora se děje vždy když venku prší).



Obr. 16. Koroze na pístnicích

- Na superfiniši nalezeny přeplněné bedny s pístnicemi o průměru 13 mm předpis max. 1000 ks/balení nezajišťuje u pístnic s větším průměrem prevenci přeplnění.



Obr. 17. Přeplněná bedna

- Není zřejmé, kdy byly pístnice vyndány z chromovací linky, aby bylo možno dodržet maximální prodlevu 48 hodin mezi chromem a popouštěním.
- Ze zakázky není zřejmé, jaká je předepsaná hodnota tolerance - jaký je průměr po broušení před kalením.
- Operátor na chromu neprokázal znalost kalibrace tloušťkoměru.
- Rozpor mezi platnou barvou pro druhou tečku na aktuální týden - dle směrnice má být žlutá, ale dle operátora byla na pracovišti jako platná barva uvedena bílá a na měřidlech modrá.



Obr. 18. Aktuální barva platné kalibrace

- Matice dovednosti byla aktualizována před více než půl rokem.

3.4.3 HALA MT

Audit byl proveden dne 1. 10. 2018

- Na stroji č. 748 (popouštění) nebyla změřena tvrdost na prvních kusech
- Na stroji č. 422 (broušení před kalením) je rozpor v četnosti zápisu průměru - dle TD 422.001 v3 z 12. 3. 2018 se má měřit a zapisovat kus při zahájení a seřízení (orovnáni), ale operátor zapisuje každý 500tý kus.
- Zaškolení na stroji č. 321 - nejasné; některé kolonky nevyplněny - např. jméno školitele
- Díly vyřazené z důvodu měření tvrdosti po popouštění jsou zapisovány pouze do SVM, ale nejsou zapisovány do zakázky, aby mohly být odepsány v SAP
- Většinou nejsou definovány reakční limity - pouze na Eddy Currentu 754 v rámci TD.
- TPM 1 ne vždy vyplněno operátory např. 422 a 321 - viz obr. č. 27 a 28 v příloze.
- TPM 1 nekontrolováno mistry na týdenní bázi s podpisem.
- TPM 2 pro centrální emulzní okruh není vyplňována vůbec pracovníkem EKO - viz obr. č. 29 v příloze.
- Na pracovišti 462 (superfiniš) je záznam o výměně honovacího oleje pouze 1x za letošní rok (27. 5. 2018), ale předpis je 1x za 3 měsíce - viz foto č. 07 a 08 v příloze.
- Nezkalibrovaný/neoznačený kalibrační známkou ani barevnou tečkou pasometr č. 19 - viz obr. 4 a neoznačený drsnoměr (úplně nový - bez evidenčního čísla a také bez kalibrační známky na pracovišti 322 (chrom) – viz obr. 5.



Obr. 19. Pasametr bez kalibrační známky



Obr. 20. Drsnoměr bez evidence

- Spároměrky používané k nastavení Eddy Currentu 754 nejsou zavedeny v PALSTATU ani zkalibrovány.
- Porovnávací vzorek č. 1214 pro popouštění má špatnou platnost do 3. 3. 2017 - viz obr. 12 v příloze.
- Kontrolní stůl na lince MTPB u popouštění je zašpiněný, nepořádek v polici a láhev s pitím na stole - viz obr. 20 a 21 v příloze.
- Pracoviště pod popouštěcí pecí označeno rizikem hluku, ale operátorky zde nenosí ochranu sluchu; ani po nás nebyla vyžadována, když jsme šli do tohoto prostoru s group leaderem - viz obr. 51 v příloze.
- Nepořádek pod popouštěním - viz obr. 15 v příloze.

- Hadry odložené na stroji pod popouštěcí pecí - viz obr. 13 v příloze.
- Nepotřebný ventilátor u separátoru na pr. 322 - viz obr. 42 v příloze.
- Vysavače a příslušenství před vraty a před rozvodnou skříní - viz obr. 43, 45 a 46 v příloze.
- Některé popelnice pro čisté či špinavé hadry nejsou správně označeny - viz obr. 17 v příloze (č. 19 je příklad správného označení místa).
- Skříňka pro zámky LOTO není správně označena; není zřejmé, zda jsou zde všechny zámky k dispozici - viz obr. 48 až 50 v příloze.
- Tabule u výdejny neuspořádané přípravky/nástroje - viz obr. 39 v příloze.
- „Náhradní díl“ umístěný před zdravotní soupravou - viz obr. 40 v příloze.
- Opatřený brusný kotouč na místě pro nový - viz obr. 41 v příloze.
- Přípravek pro kaličku nemá označení - viz obr. 36 v příloze
- Plán výroby pístnic není plněn - viz obr. 30 až 32 v příloze; některá políčka plánu zůstávají nevyplněna (např. sloupec čísla dílu z obrobny).
- Palety pro pístnice po popouštění mají nános prachu uvnitř koše nad rámem (samovolně nedochází k vyčištění) - viz obr. 6 v příloze.

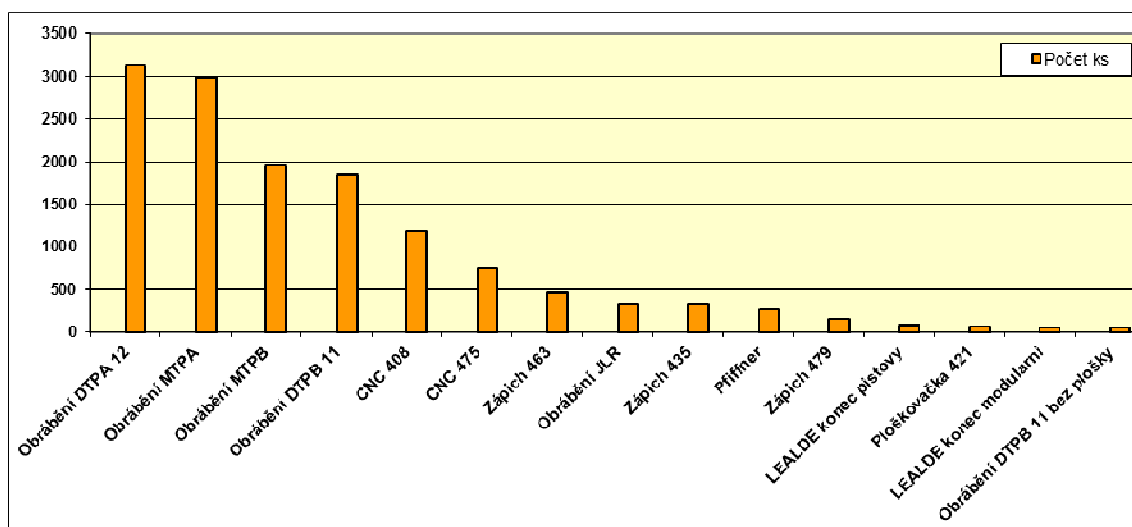
3.5 DATA ZE SLEDOVÁNÍ VÝROBY

Níže jsou uvedena nejdůležitější data, která byla zpracována v programu SVM. Ostatní data, doprovodné grafy, popřípadě celkové tabulky jsou uvedeny v příloze práce. Data jsou za období 1. 1. 2018 do 30. 9. 2018.

3.5.1 OBROBNA

V grafu na obr. 21 je patrné, že nejvíce vad vzniká při obrábění na DTPA a MTPA. Výskyt zmetků souvisí s největší výrobní kapacitou na těchto strojích. Celkový počet zmetků byl ve sledovaném období 13640 ks.

Dále bylo v analýze zjištěno, že NOK zápichy se vyskytují na všech pracovištích. S obráběním upínacích plošek nesouvisí žádné zmetky, pouze se jedná o nastavovací kusy.



Obr. 21. Přehled defektů dle pracovišť - Obrobna

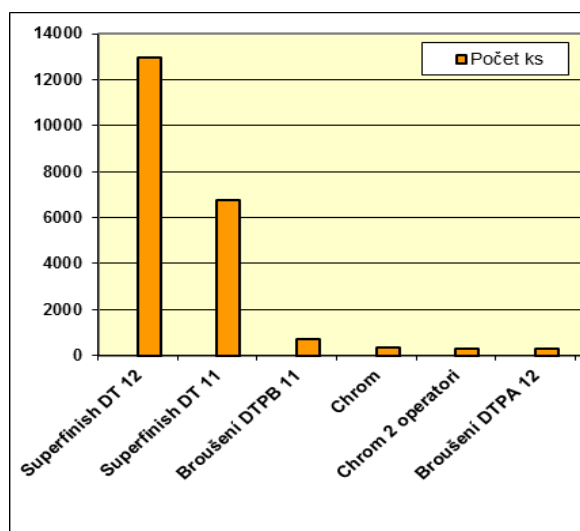
V tab. 4 je uvedeno, že se jedná především o nastavovací kusy, které vznikají s každou změnou typu výrobku. Je možné zjistit, že NOK zápichy jsou způsobeny špatným uvolněním výroby nebo nedostatečnou kontrolou.

Tab. 4. OBROBNA - 10 nejčtenějších vad

Stroj	Vada	Počet ks
Obrábění DTPA 12	Seřizovací kus	966
Obrábění MTPA	Seřizovací kus	721
Obrábění DTPA 12	Seřizovací kus	663
Obrábění MTPA	Zápich-NOK pozice	636
Obrábění MTPB	Seřizovací kus	589
Obrábění MTPA	Seřizovací kus	457
CNC 408	Seřizovací kus	456
Obrábění MTPV	NOK průměr závitů	426
Obrábění DTPB 11	Seřizovací kus	369
Obrábění DTPA 12	Porucha stroje	363
...

3.5.2 HALA DT

Z grafu na obr. 22 je patrné, že největší výskyt zmetků je zachycen na superfiniši. Celkový počet zmetků za sledované období byl 21311 ks. Jedná se o operaci, kdy má pístitnice největší hodnotu, tudíž náklady na neshodný kus jsou největší.



Obr. 22. Přehled defektů dle pracovišť – DT

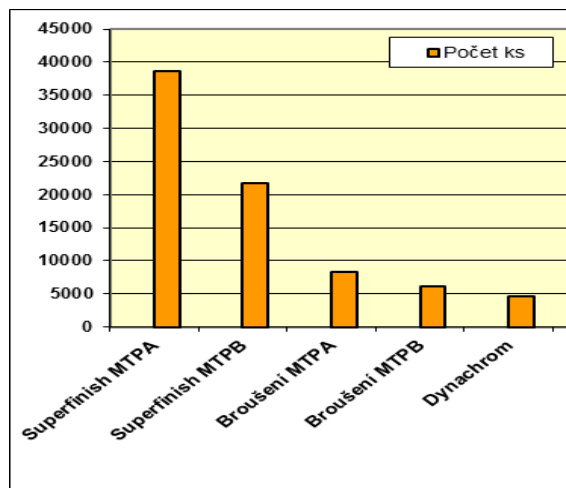
Při detailním přehledu nejčtenějších vad v tab. 5 je patrné, že nejvíce problémů je způsobeno samotnou operací superfiniš. V jednom případě je pravděpodobně rozpadlý kámen, popřípadě velký lokální přítlak kamene. Tento defekt nejspíše souvisí s nastavením stroje, případnou četností kontroly.

Tab. 5. DT - 10 nejčtenějších vad

Stroj	Vada	Počet ks
Superfinaš DT 12	Dotek	4520
Superfinaš DT 12	Podbroušené	3015
Superfinaš DT 11	Podbroušené	1912
Superfinaš DT 11	Dotek	1777
Superfinaš DT 12	Malá vrstva chromu	1551
Superfinaš DT 12	Slabý průměr	1431
Superfinaš DT 11	Ostatní	1322
Superfinaš DT 12	Posekané	916
Superfinaš DT 11	Malá vrstva chromu	659
Superfinaš DT 12	Zkouška PKP	538
...

3.5.3 HALA MT

V grafu na obr. 23 je patrné, že největší výskyt zmetků je zachycen na superfinaši. Celkový počet zmetků za sledované období na hale MT byl 79385 ks.



Obr. 23. Přehled defektů dle pracovišť - MT

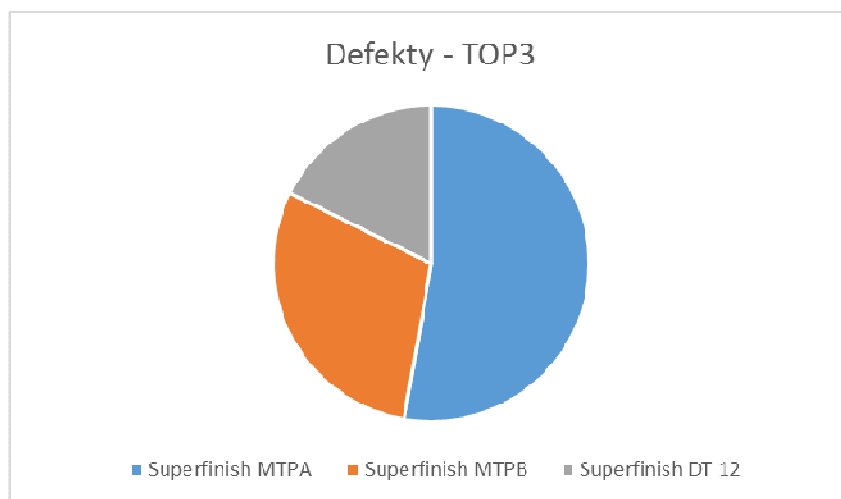
Při detailním přehledu nejčtenějších vad v tab. 6 je patrné, že nejvíce problémů je odhaleno samotnou operací superfinaš. Nejčtenější je vada materiálu 28056 ks, která souvisí s kvalitou nakupovaného materiálu, popřípadě s mechanickým poškozením během výroby. V jednom

případě je rozpadlý kámen, popřípadě velký lokální přítlak kamene. Tento defekt souvisí s nastavením stroje, případnou četností kontroly.

Tab. 6. MT - 10 nejčtetnějších vad

Stroj	Vada	Počet ks
Superfiniš MTPA	Vada materiál operátor	11574
Superfiniš MTPA	Vada materiál stroj	7671
Superfiniš MTPA	Podbroušené	6629
Superfiniš MTPB	Vada materiál stroj	5926
Broušení MTPA	Kusy z měření	5038
Superfiniš MTPA	Vylomený kámen	4775
Broušení MTPB	Kusy z měření	4478
Superfiniš MTPB	Vylomený kámen	3631
Superfiniš MTPB	Podbroušené	2994
Superfiniš MTPB	Vada materiál operátor	2885
...

Na obr. 24 je uveden přehled 3 pracovišť s největším výskytem zmetků. Zmetky jsou nejnákladnější z hlediska jejich ceny, protože jsou zachyceny na výstupu.



Obr. 24. Pracoviště s největším výskytem zmetků

Nejnákladnější z hlediska zmetkovitosti je pracoviště Superfiniš MTPA. Pokud zohledníme celkový počet všech zmetků vzhledem k celkové produkci, tak se jedná o méně než 1 %, což znamená, že cílová hodnota je dodržena.

3.6 VYHODNOCENÍ ANALÝZY VÝROBY PÍSTNIC

Vyhodnocení se skládá z dostupných dat ze sledování výroby od 1. 1. 2019 do 30. 9. 2019, procesních auditů a prověření dat vs. skutečnost. Vzhledem k plánované zmetkovitosti 1 % nebyl ani v jednom případě překročen předepsaný limit. Celkem bylo vyrobeno 18,5 mil. ks pístnic, z toho 114 tis. ks zmetků. Do zmetků jsou započítány i uvolňovací kusy, které již nelze vrátit zpět do výroby.

Kázeň operátorů:

Na základě procesních auditů byly shledány nedostatky v kázni operátorů a zjištění v nedodržování předpisů daných dokumentací, která se takřka ve všech případech nachází na všech pracovištích a je průběžně aktualizovaná.

Provádění údržby:

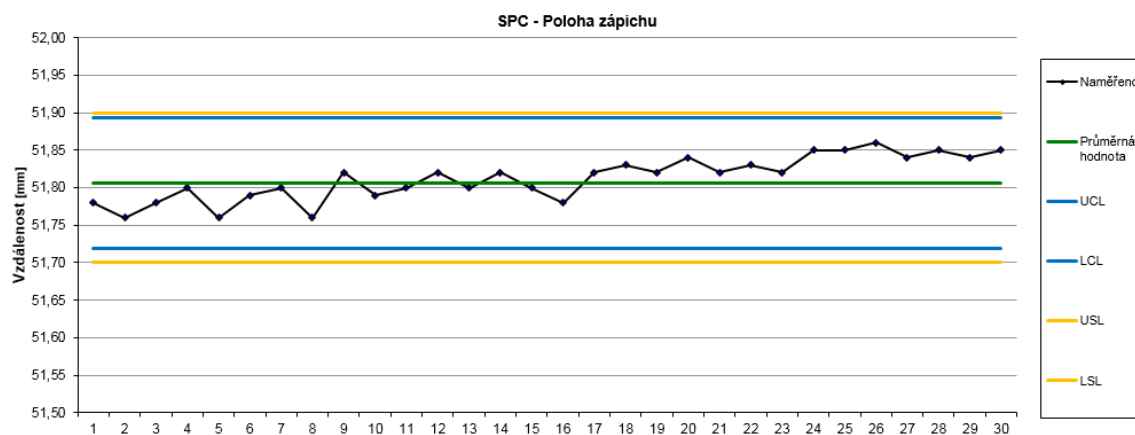
Dále byly zjištěny nedostatky v případě provádění pravidelné údržby. Prakticky neexistuje plán preventivní údržby. Bylo zjištěno, že není investováno do obnovy zařízení, to se prokázalo v případě kontroly zápichů pomocí 100% měření AMEST a dále v případě dlouhodobě vyřazeného profilprojektoru.

Kontrola zápichu:

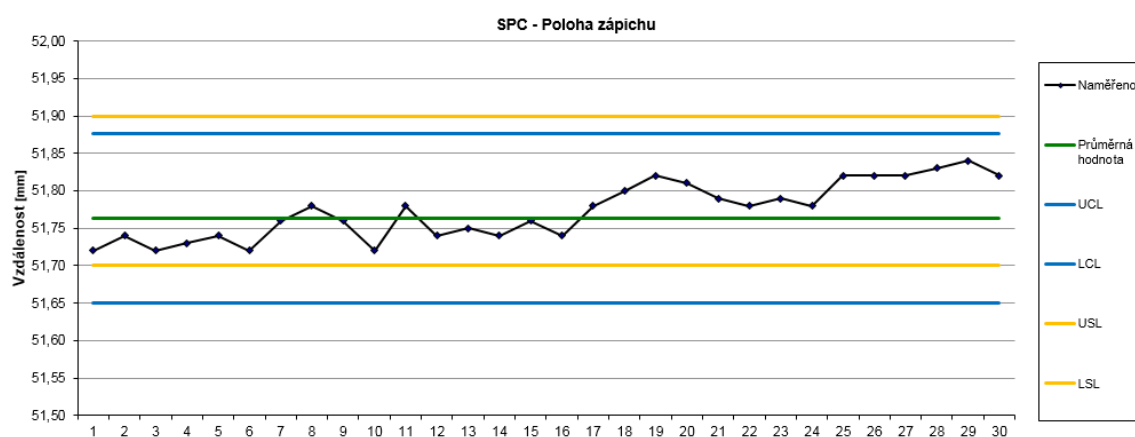
Pro ověření důležitosti bylo vzhledem k již zmiňovanému nefunkčnímu AMESTU kontrolováno Cp / Cpk u polohy zápichu, které jsou definovány jako speciální charakteristika s hodnotou indexů 1,33. Tyto charakteristiky jsou definovány oboustranou mezní hodnotou.

Na obr. 25 je uvedeno grafické znázornění prováděné analýzy. Byl měřen každý desátý kus, celkem tedy 30 ks. Je patrné, že proces je vzhledem k variabilitě nezpůsobilý ($C_p=1,15; C_{pk}=1,09$). Dále je patrný trend, kdy se pohybuje postupně směrem k horní hranici tolerance, od 170 ks se střední hodnota dostala nad střed výrobní tolerance.

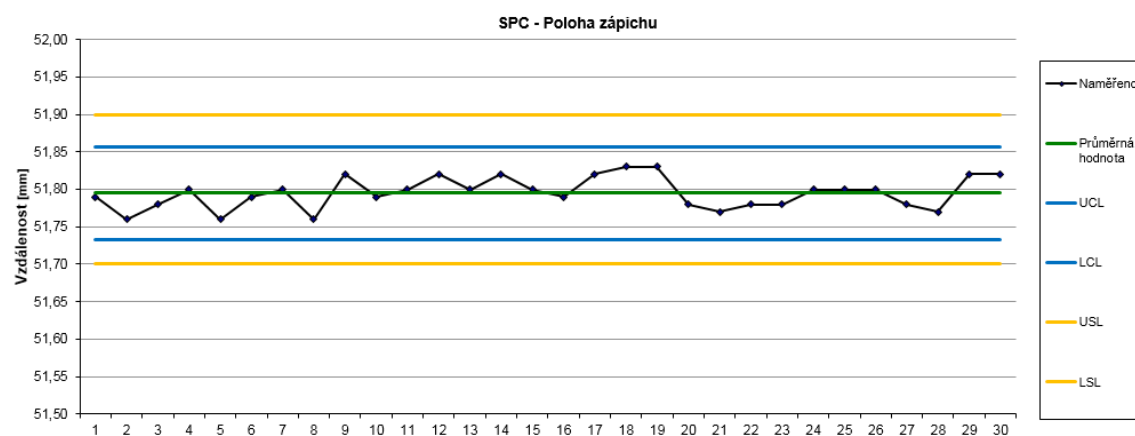
Z tohoto důvodu bylo měření zopakováno, ovšem tentokrát s nastavením výroby na spodní hranici tolerance. V tomto případě výrobní tolerance dostačovala k tomu, aby všechny kusy byly vyrobeny v toleranci, ovšem proces byl opět nezpůsobilý ($C_p=0,88; C_{pk}=0,55$) viz obr. 26. Měření bylo ještě jednou zopakováno a tentokrát s přeseřizováním po 200 ks. Takto nastavený proces byl způsobilý ($C_p=1,60; C_{pk}=1,52$) viz obr. 27.



Obr. 25. Poloha zápichu – uvolnění ve středu tolerance



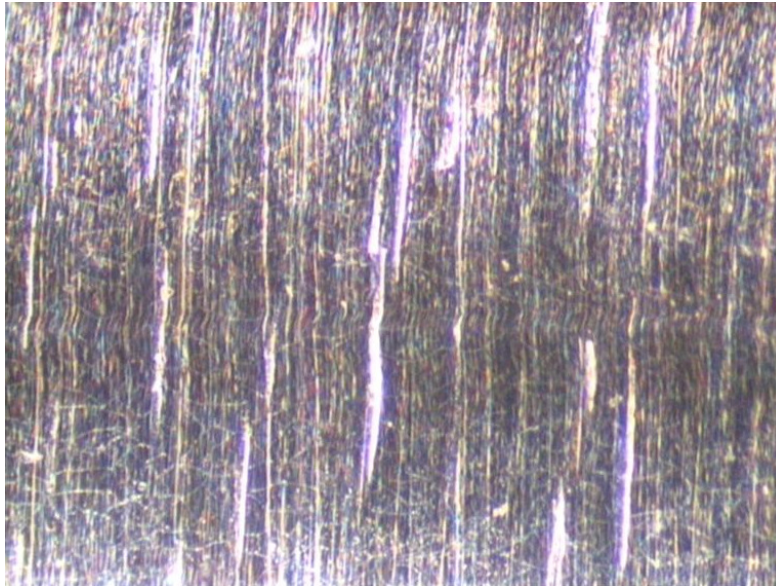
Obr. 26. Poloha zápichu – uvolnění výroby u spodní tolerance



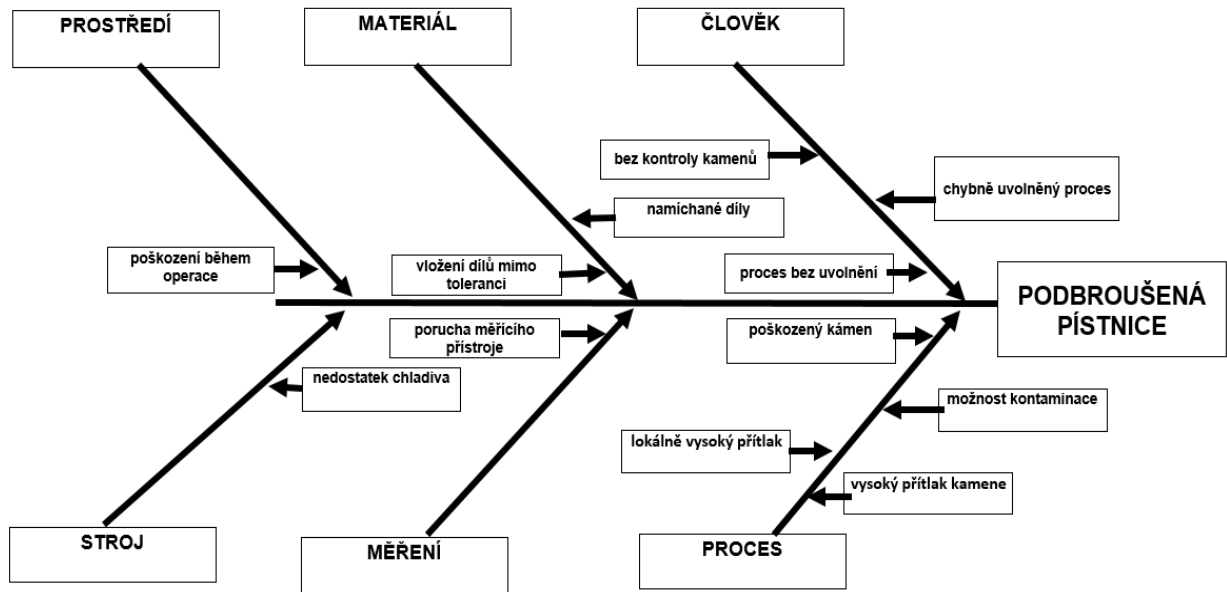
Obr. 27. Poloha zápichu – včetně opakovaného uvolnění

Podbroušené pístnice:

Dalším defetkem jsou podbroušené pístnice, kdy je lokálně podbroušen chrom, tento defekt je na obr. 28. Veškeré možné příčiny jsou znázorněny na obr. 29. Vzhledem k tomuto diagramu lze připojit i defekt vylomený kámen, tudíž bylo vyřazeno celkem 18029 ks na hale MT a na hale DT 11224 ks.



Obr. 28. Podbroušená pístnice



Obr. 29: Diagram příčin a následků – podbroušená pístnice

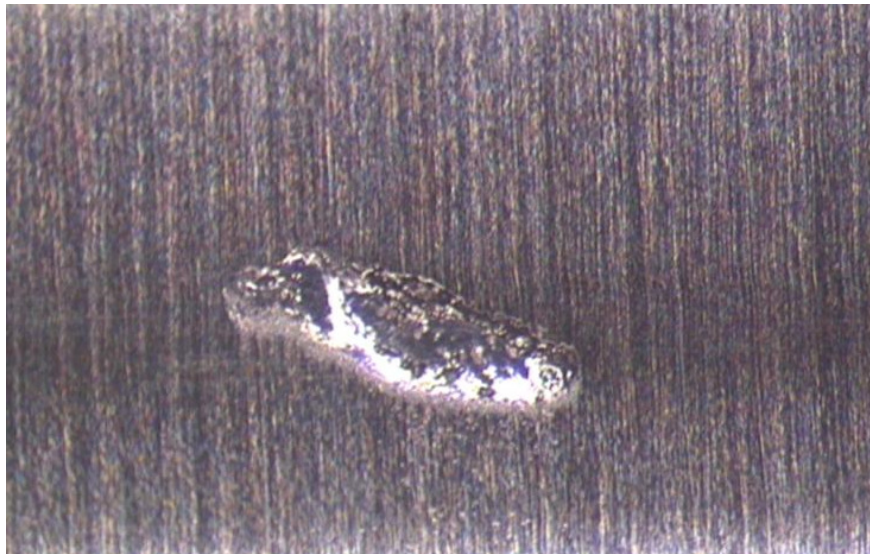
Jedním z následků může být poškozený kámen. Na superfiniš mohl dorazit díl mimo specifikaci, např. díl nerovnoměrně kalený, tudíž vykazující mírné prohnutí a to více než 0,02 mm na celé délce těla pístnice. Pokud najede prohnutý díl pod lapovací kameny na superfiniši, tak se stane, že vlivem prohnutí je způsoben lokálně větší přítlak nebo může být poškozen samotný lapovací kámen při samotném najíždění pístnice, tudíž může k podbroušení dojít i během superfiníše. Vzhledem k těmto faktům byla za kořenovou příčinu označeno indukční kalení. Pokud je kalení nerovnoměrné, tak je kalený materiál prohnutý, tento efekt by se dal nejlépe přirovnat k vlastnostem bimetalového pásku, v tomto případě se jedná ovšem o jeden materiál, který je z jedné strany teplý a ze druhé strany studený. Doba kalení a teplota nemohou ovlivnit výslednou tvarovou anomálii, je potřeba soustředit se na induktor nebo chlazení. Takto poškozená pístnice je nestejně obroušena – podbroušena. Následně je nedokonale nachromována a takto poškozená pístnice je odhalena až na superfiniši již zmiňovaným Eddy Currentem.

Pro tyto účely bylo zkontrolováno TPM a bylo zjištěno, že neprobíhá pravidelná údržba. Bylo zjištěno, že chladicí trysky nejsou pravidelně čištěny. V TPM neexistuje konkrétní postup a nejsou zde přiloženy fotografie z průběhu čištění trysek.

Pokud je podbroušená pístnice zamontována do tlumiče, tak nejspíše nastane problém, protože podbroušení způsobuje tečení tlumiče. Tečení vzniká tak, že při průjezdu pístnicí vodítkem respektive těsněním místem kde není chrom, je přenášen olej v pórech materiálu ven z tlumiče. Důsledné dodržování čištění by tomuto defektu mělo předejít.

Materiálové vady:

Ve většině případů materiálových vad se nedá prokázat, zda vznikly v průběhu výroby nebo zda souvisejí s již nakoupeným surovým materiálem. Celkem bylo vyřazeno přes 28056 ks. Je možné, že surový materiál má vnitřní defekty, které jsou patrné až při samotném zpracování pístonice. Defekty jsou na pracovišti superfiniš odhalovány zařízením Eddy Current, které funguje na principu vířivých proudů. Toto zařízení pak odhalí okem téměř neviditelnou trhlinu. Zařízení je nastaveno tak, aby nebyl zpomalen výrobní takt a zároveň spolehlivě odhaleny defekty. Pístonice jsou navíc operátory kontrolovány vizuálně na pracovišti, které je speciálně nasvíceno. Celkově se jedná o defekty sekanců různé povahy, ukázka defektu je na obr. 30. Množství defektů na vstupním materiálu je dáno smluvním vztahem s výrobcem tyčoviny, tudíž vyřazené množství je v rámci smluvního vztahu.



Obr. 30. Materiálová vada

4 NÁVRHY OPTIMALIZACE VÝROBY

Tyto návrhy vycházejí z procesních auditů, z dat výroby a z dalších získaných poznatků a souvislostí z průběhu analýzy.

4.1 HLAVNÍ NÁVRHY:

Jedná se o návrhy, které mají největší vliv na výrobu pístnic. Některé jsou již částečně realizovány.

4.1.1 NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ Z PROCESNÍCH AUDITŮ

Uvedená opatření vycházejí čistě z výsledků procesních auditů. Jejich realizace není nákladná a záleží především na důkladném školení pracovníků výroby, důkladné revizi používaných postupů a měřidel.

Pro obrobnu:

- Označení seřizovacích kusů
- Proškolení operátorů:
 - o zacházení s pozastaveným materiálem
 - o zacházení s nebezpečným odpadem
- Zapisování do TPM
- Revize značení pro EMSEC
- Revize lékarniček
- Revize 5S
- Revize používaných měřidel
- Upravit formulář pro zahlašování výroby

Pro DT:

- Proškolení operátorů:
 - o balící předpisy
 - o značení kusů v jednotlivých výrobních fázích
 - o zacházení s měřidly

- Aktualizovat matici dovednosti
- Revize používaných měřidel

Pro MT:

- Proškolení operátorů:
 - o balící předpisy
 - o značení palet
 - o zahlašování do SAP
 - o vyplňování TPM
- Přiřadit výrobní postupy linkám, nepoužívat alternativy v návodkách
- Revize používaných měřidel

4.1.2 UVOLŇOVÁNÍ VÝROBY

Stávající stav:

- Na obrobne jsou ke kontrole rozměrů používány dva profilprojektory, třetí je již neopravitelný. Samotné měření zabírá operátorům cca 15 minut při uvolňování výroby. Dále musejí být naměřené hodnoty zapisovány do listů průkaznosti, kde pro případné SPC je potřeba je ručně přepsat a vyhodnocovat.

Návrh:

- Nákup automatického měřicího přístroje Opticline od společnosti Jenoptik, který je znázorněn na obr. 31. [17]. Měření spočívá v důkladném očištění pístnice, navolení programu pro příslušnou pístnici a operaci (ideálně čárový kód), poté vložení pístnice mezi upínací čelisti do měřicího stroje a stisknutí tlačítka start. Přístroj pomalu otáčí měřenou pístnicí a po boku vyjíždějí snímací kamery. Na obrazovce se objeví profil měřené součásti, včetně okótování a vyhodnocení (červené, zelené, žluté zvýraznění). Přístroj vyhodnotí požadované rozměry, včetně geometrických tolerancí jako házivost či souměrnosti plošek, veškerých rozměrů závitů, apod.



Obr. 31. Opticline

Přínos:

- Automatické měření je často vyžadováno zákazníky.
- Vysoká přesnost $(1,5+D[\text{mm}]/200)$ μm a opakovatelnost měření $0,3 \mu\text{m}$ – pro průměry – a přesnost $(4+L[\text{mm}]/200)$ μm a opakovatelnost měření $1,2 \mu\text{m}$ – pro délky.
- Možnost vyvolání příslušného programu pomocí čtečky čárových kódů a tím znemožnit zásah do volby programu či použít nesprávný program.
- Výsledky měření se automaticky exportují do předem určeného adresáře (úložiště), apod.
- Výsledky se mohou statisticky vyhodnocovat.
- Odpadá vyplňování listů průkaznosti a následné přepisování a vyhodnocování zapsaných hodnot.

- Podstatně se zkrátí doba prvního proměřování po „přehození“ na jiný typ. Nyní se proměřuje cca 15 minut, automatické měření by včetně nutného očištění pístnice nepřesáhlo 2 minuty tj. úspora času operátora cca 13 minut při každém přehození.
- Jedno měřicí zařízení bude sloužit pro všechny pracoviště obrábění pístnic
- Obsluha si může jakoukoli část obrazu okótované pístnice zvětšit a prohlédnout, případně posoudit, kde je problém.
- Výsledek měření se sám automaticky odešle ve zvoleném formátu na nadefinované úložiště.
- Poté obsluha pístnici vyjme a může se měřit další, třeba úplně jiný typ pístnice.
- Při každém průběžném měření během výroby se změří vše okótované a ne jenom vybrané rozměry.
- Při každém přehození na každém stroji úspora 13 minut. Za tuto dobu se může vyrobit dalších cca 70 ks pístnic navíc!
- Na 4 linkách, 4 přehození za směnu v průměru = 48 přehození denně → 3360 ks pístnic navíc denně nebo 624 minut času operátora! Při ceně operátora 300 CZK / hod. je to úspora 3tis. CZK denně.
- Každý rok je cca 250 pracovních dní → úspora 780 tis. CZK za rok.
- Není třeba vyplňovat listy průkaznosti každých 500 ks a při přehození → více času možno věnovat péči o proces.
- Z listů průkaznosti není potřeba ručně přepisovat data do PC a nevyhodnocuje SPC parametry. Vše je součástí výsledků měření. Úspora času. Nyní se skenují na síť.

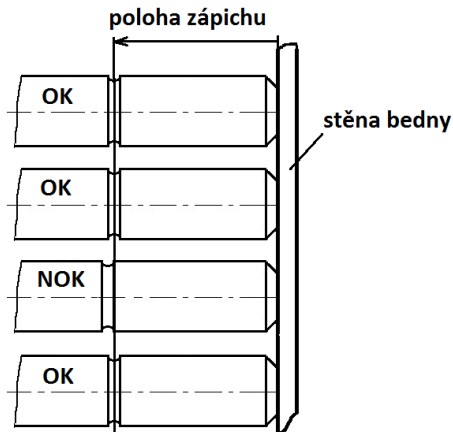
4.1.3 MĚŘENÍ POLOHY ZÁPICHU

Stávající stav:

- Stroj nezachytí zápch se špatnou polohou, bylo zjištěno, že nezachytí ani pístnici bez zápchu. Jako okamžité nápravné opatření bylo předepsáno orientování pístnic vždy na doraz čela ke stěně bedny a vizuální kontrola zápchů navzájem, což v najetí velké dávky nefunguje a např. postupné zhoršování není vizuálně patrné, nahodilé defekty jsou odhalitelné - viz obr. 32.
- Důležitost 100% kontroly potvrzuje i hraniční způsobilost procesu, která byla podrobněji rozebrána v kapitole 3.6, kdy u SC znaku vychází $Cp/Cpk < 1,33$.

Návrh:

- Obnova zařízení AMEST. Stroje jsou tímto zařízením vybaveny, ovšem zařízení je nefunkční. Funguje na mechanickém principu a cena jednoho takového zařízení je cca 900 tis. CZK. Zařízení funguje jako 100% JIDOKA, kdy po válcování zápchu projde pístnice přes AMEST a ten odměří vzdálenost od okraje pístnice. Pokud je kus mimo předepsanou hodnotu, rozsvítí se červené světlo a stroj se zastaví. Obsluha musí provést opětovné seřízení stroje. Jednoduchý test pro funkčnost zařízení je umístění pístnice v obráceném směru. Vzhledem k pořizovací ceně 500 tis. CZK na jedno nové optické zařízení a vyrobené zmetky za cca 50 tis. CZK je návratnost enormní a to cca 10let na jedno zařízení.
- S ohledem na tyto skutečnosti je nastavení kontroly zápchu při měření profilprojektoru z intervalu 500 ks na každý 200 ks. Tato četnost byla určena na základě provedeného SPC, kdy bylo patrné, že u 300tého kusu je v některých případech poloha na hranici tolerance. Četnější měření umožní včasné korekce v procesu.



Obr. 32. Orientace pístnic

Přínos:

- Při dodržení měření a následných korekcí budou odstraněny NOK kusy na polohu zápichu, není potřeba vůbec obnovovat měřící zařízení AMEST.
- V případě implementace nového měřícího zařízení je vyroben maximálně jeden zmetek, dá se tak předejít vyrobení kompletně špatné série. Předpokladem je vždy správné nastavení celého zařízení.

4.1.4 ÚPRAVA TPM PRO KALENÍ

Stávající stav:

- Při kalení nejsou čištěny trysky chlazení v potřebných intervalech a s potřebnou důsledností. Bylo zjištěno, že v jednom případě došlo ke kontrole a čištění až po měsíci, místo po dvou týdnech.

Návrh:

- Zvýšit četnost kontroly chladících trysek na týdenní bázi a doplnit grafický postup, jak provádět čištění všech trysek.
- Vzhledem k důležitosti by bylo dobré tuto kontrolu zcela vyjmout z TPM a předat ji externí společnosti, která o víkendech čistí svářečky a doplňuje řeznou kapalinu do obráběcích strojů.

Přínos:

- Nebude docházet ke vzniku pokroucených pístnic, které mají vliv na broušení respektive samotnou přímot pístnic. Přenesení odpovědnosti mimo operátory umožní více času na výrobu.

4.1.5 ÚDRŽBA STROJŮ**Stávající stav:**

- Strojům se nedostává pravidelná údržba. Prakticky není předepsaná preventivní údržba. Pracovníci údržby zasahují až v případě poruchy. Na pracovištích je dle TPM přednastavena údržba operátory, bohužel vyplňování formulářů pro TPM je formou bezmyšlenkového křížkování příslušných polí.

Návrh:

- Zrevidovat stavy strojů a předepsat plánované odstávky za účelem preventivní údržby.

Přínos:

- Snížení prostojů a snížení zmetků způsobených poruchou stroje.

4.1.6 ODEPISOVÁNÍ NASTAVOVACÍHO KUSU**Stávající stav:**

- Na některých pracovištích je odepisováno především z programu sledování výroby. Tento program není propojen se SAPem.

Návrh:

- Zavést sledování výroby v SAPU, kde jsou ucelena i skladovací data.

Přínos:

- Bude znán skutečný stav, který v současnosti odpovídá až po každoroční inventurizaci výroby. Navíc bude možné zavést přesné plánování.

4.1.7 OBALY

Stávající stav:

- Při vnitropodnikové dopravě je využíván nákladní automobil, vykládky probíhají venku. V případě nepříznivého počasí (za deště) naprší do beden, i když jsou přiklopeny víkem, protože některé bedny mají boky z děrovaného plechu.

Návrh:

- Optimalizace balení v podobě plechových boxů, které mají plné stěny. Drátěný plech musí být zachován na dně, aby spodní pístnice nebyly namočeny v oleji. Vzdušná vlhkost by vadit neměla.

Přínos:

- Nebudou rezavé pístnice, tudíž nebude kontaminována emulze při broušení.

4.1.8 PLÁNOVÁNÍ VÝROBY

Stávající stav:

- Zbytečná a častá změna výroby, především na obrábění to činí potíže, které souvisejí s dlouhým uvolňováním výroby. Schematicky se např. vyrábí typ A, B, A, B, C, A atd...

Návrh:

- Optimalizace návaznosti výroby a především lepší komunikace se zákazníky a dodavateli. Ideálně vyrábět typy A, A, A, B, B, C atd...

Přínos:

- Při lepší návaznosti plánování výroby budou kladeny menší nároky na skladování polotovarů a nehrozí delší skladování, které bývá doprovázeno korozí a především různými defekty při četnějším uskladňování materiálu nebo např. záměny materiálu. Dále se sníží množství uvolňovacích kusů.

4.2 VEDLEJŠÍ NÁVRHY

Jedná se spíše o utopistické návrhy, které souvisejí s optimalizací výroby pístnic. Jejich realizace je na první pohled jednoduchá, ale v praxi těžko proveditelná.

4.2.1 ZRUŠENÍ OPERACE SUPERFINIŠ

Stávající stav:

- Pístnice jsou po chromování zpracovány na superfiniši, což je finální operace zpracování pístnic.

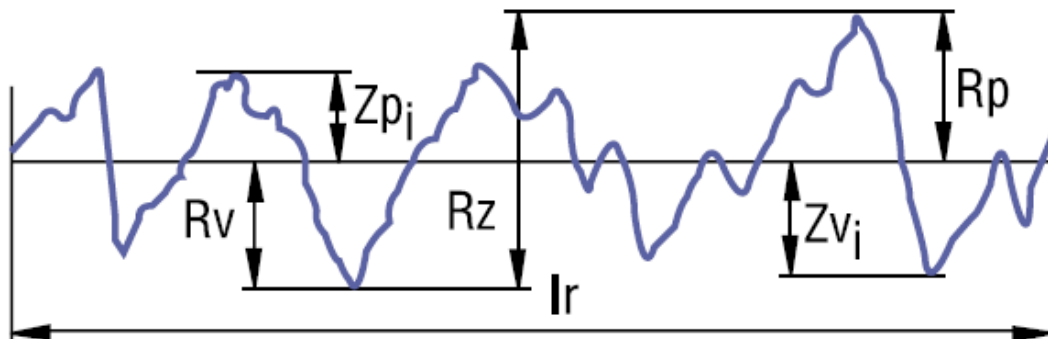
Návrh:

- Vzhledem k tomu, že se tato operace týká všech pístnic, je zde vyřazeno hodně zmetků. Při jednoduchém vizuálním porovnání nejsou vidět nějaké markantní rozdíly mezi pístnicemi před superfinišem a po superfiniši, tak se nabízí otázka, zda jednoduše celou operaci zrušit.

Experiment:

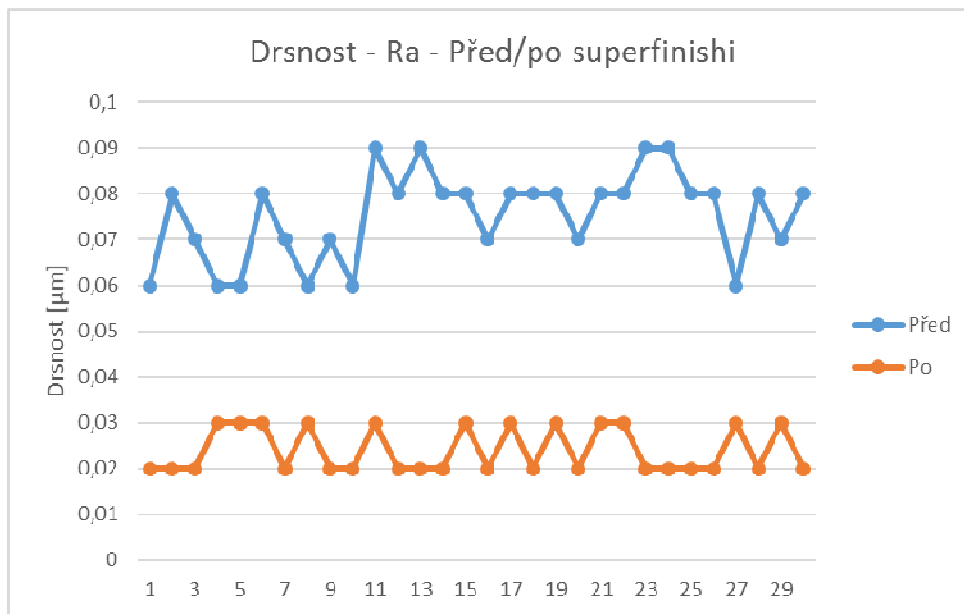
1) Porovnání drsností

- Pro tyto účely byla provedena zkouška, kdy bylo náhodně z jedné výrobní dávky odebráno 30 ks před superfinišem a 30 ks po superfiniši na hale MT, kde je modernější chromovací linka. Sledovaným parametrem byla drsnost. Samotné měření drsnosti probíhalo na měrovém středisku za použití laboratorního přístroje pro měření drsnosti od společnosti Hommel.
- Drsnost pístnic je standartně vyhodnocována jako Ra a Rz. Na obr. 33 je znázornění parametrů drsnosti, kdy Ra je průměrná drsnost a Rz je rozdíl mezi maximální a minimální drsností. Jednotkou drsnosti jsou μm .



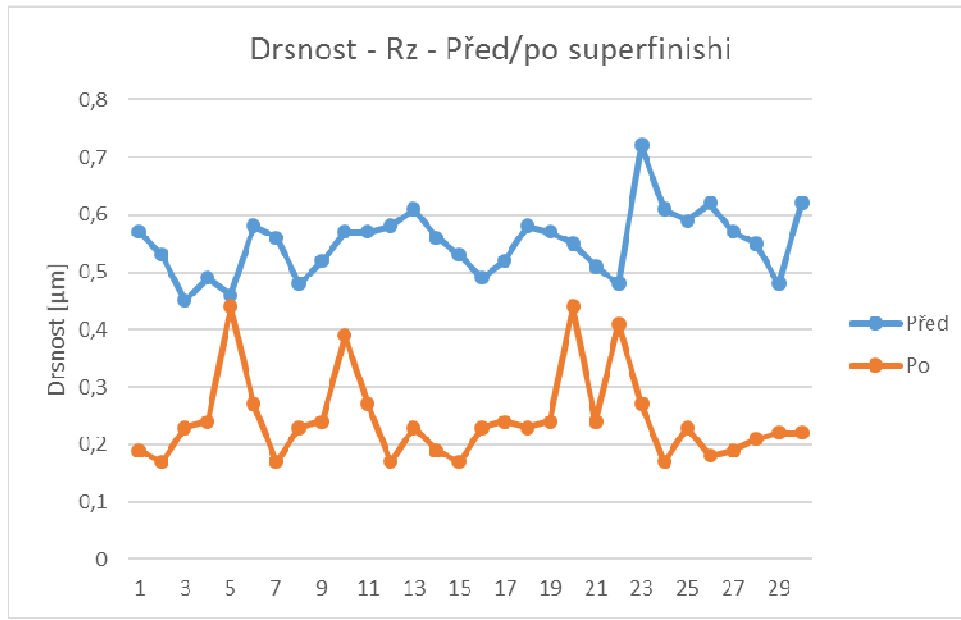
Obr. 33. Parametry drsnosti

- Specifikace pro měření aritmetické drsnosti na finální pístnici je $Ra = 0,1MAX$. Na obr. 34 je patrné, že celková aritmetická drsnost je po superfiniši ustálenější. Tabulka s naměřenými hodnotami je v příloze práce.



Obr. 34. Drsnost Ra

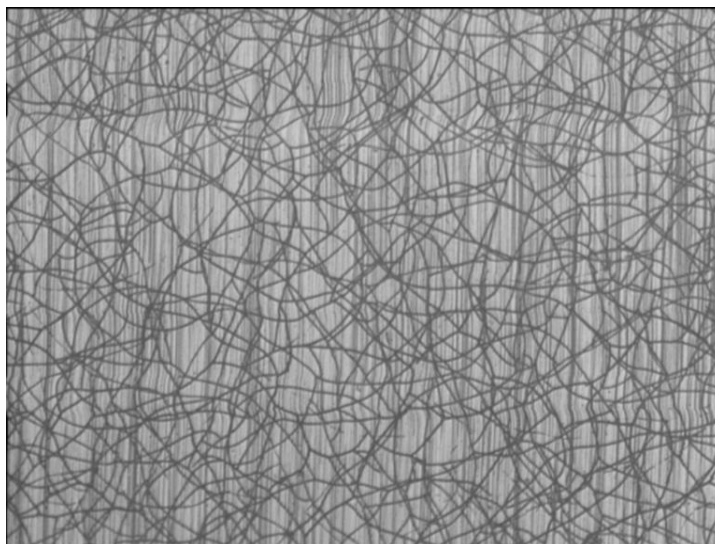
- Specifikace pro maximální drsnost pro finální pístnici je $Rz = 0,8MAX$. Z obr. 35 je patrné, že drsnost má nahodilou velikost, i tak je pístnice v toleranci pro samotnou finální pístnici. Ovšem je patrné, že po superfiniši dosahuje pístnice lepších hodnot.



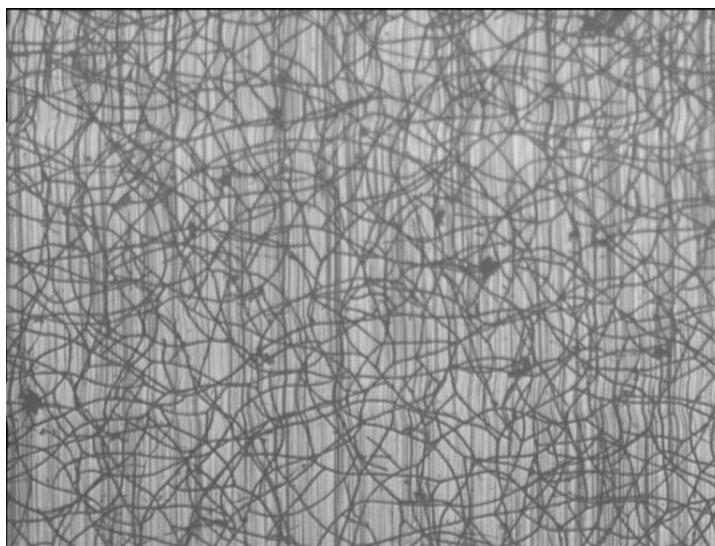
Obr. 35. Drsnost Rz

2) Porovnání mikrotrhlin

- Pro tyto účely byly odebrány 3+3 ks pístnic. Při samotném testu je pístnice naleptána leptadlem, vystavena jeho působení po určitou dobu a následně zkoumána na laboratorním mikroskopu při zvětšení 200x. Naleptání způsobí, že vynikne struktura chromu. Pro tyto účely bylo použito měřící zařízení od společnosti Zeiss. Měření probíhalo v metalografické laboratoři při ustálené laboratorní teplotě.
- Sčítání mikrotrhlin probíhá spočítáním všech průsečíků se třemi rovnoběžnými čarami, které jsou dány šablonou pro tyto účely. Následně je přepočítáno dle vyhodnovacího algoritmu. Specifikace uvádí nejméně 400 mikrotrhlin/cm². Níže jsou uvedeny dva obrázky, kde nelze rozeznat nějaký zásadní rozdíl ve struktuře.

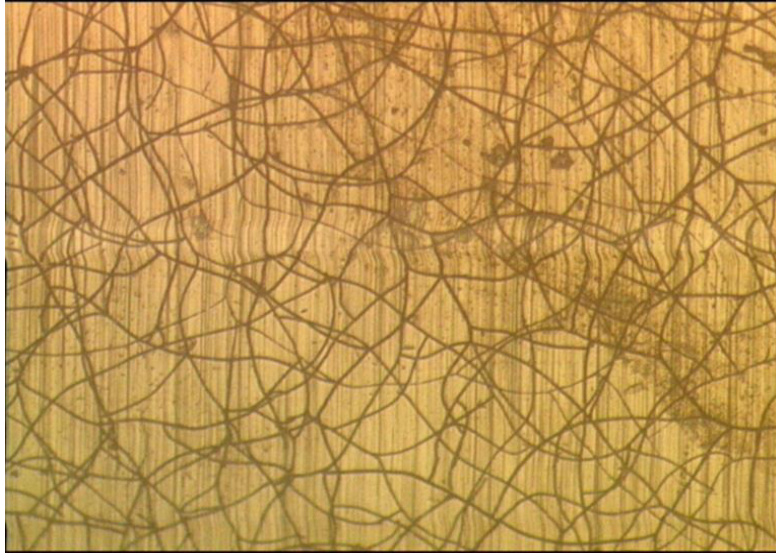


Obr. 36. Mikrotrhliny před superfinišem (950 mikrotrhlin)



Obr. 37. Mikrotrhliny po superfiniši (970 mikrotrhlin)

- Bylo naměřeno mezi 900 až 1000 mikrotrhlinami. Mezi obr. 36 a obr. 37 nelze nalézt rozdíl, výsledky nelze jednoznačně přiřadit. Pro představu je zde uveden obr. 38, kdy mají pístitnice kolem 500 mikrotrhlin. Na první pohled je vidět poloviční množství mikrotrhlin.

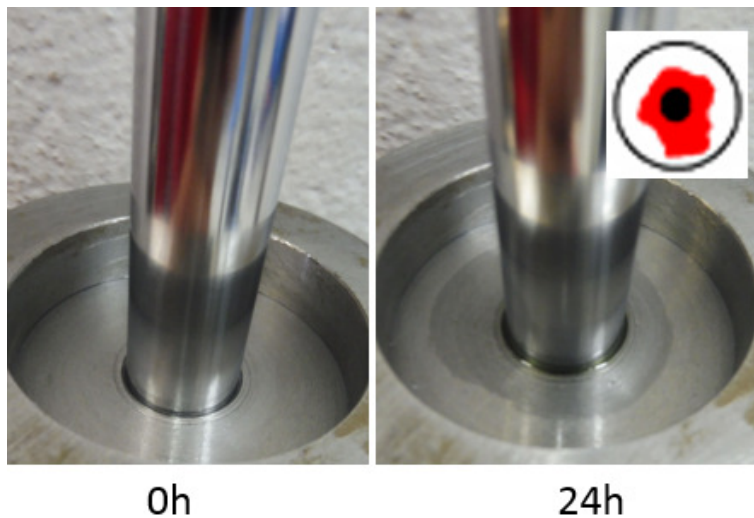


Obr. 38. Příklad mikrotrhlin (500 mikrotrhlin)

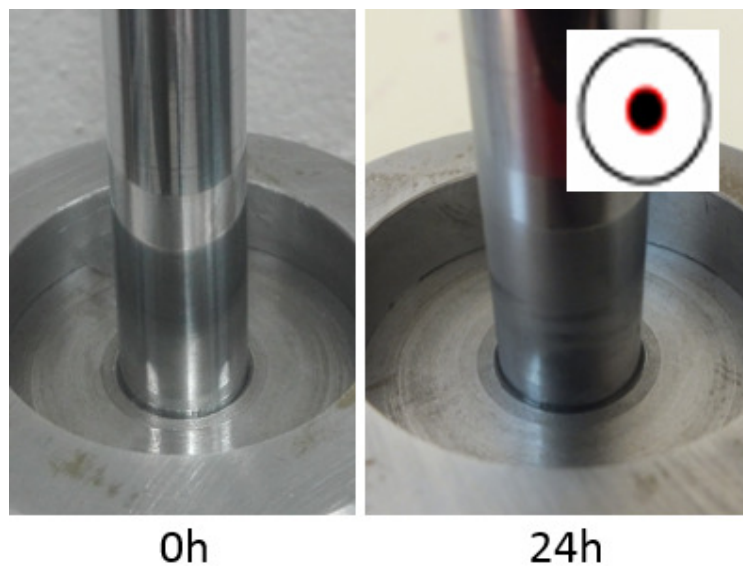
- Bylo zjištěno, že struktura mikrotrhlin před superfinišem a po superfiniši je naprosto identická.

3) Test statického tečení

- Pro tyto účely byly odebrány 3+3 ks pístnic. Při tomto testu je zkoumáno vzlínání oleje pod chromem. Při porovnání bylo 3+3 ks pístnic použito na test statického tečení, kdy je zkoumáno vzlínání oleje pod chromem. Pro testovací účely slouží hydraulické zařízení, kde médiem je identický olej, jako je používán v tlumičích. Samotné měření probíhalo v laboratoři neshodných dílů po důkladné temperaci, aby nedošlo ke změně viskozity u používaného oleje, která by mohla narušit průběh testu.
- Specifikace připouští pouze nepatrné množství oleje kolem vyústění pístnice z testovacího válce. Jakékoliv větší množství oleje mimo tento nákrůžek je nepřípustné. Test probíhá tak, že na hydraulické zařízení jsou napojeny válce, které simulují tělo tlumiče. Následně je do těchto válců připevněna pístnice, která z válce trčí ven, stejně jako v případě tlumiče. Pro správnou zkoušku je potřeba natlakovat válce ruční pumpou na 200 Mpa a po dosažení tlaku uzavřít příslušný ventil.
- V případě špatně upevněné pístnice hrozí smrtelný úraz, protože je vystřelena nekontrolovatelně ven z válce, principiálně se pak jedná o střelnou zbraň. Jedná se o nejnebezpečnější test při výrobě tlumiče. V případě špatně sestaveného těsnění ihned po zahájení testu stříká olej ven. Samotný test probíhá 24 h. Většinou je výsledek patrný již po 2 h od natlakování válce. Test je kontrolován po 1 h, po 2 h a po 24 h.



Obr. 39. Test statického tečení před superfinišem (Nevyhovující)



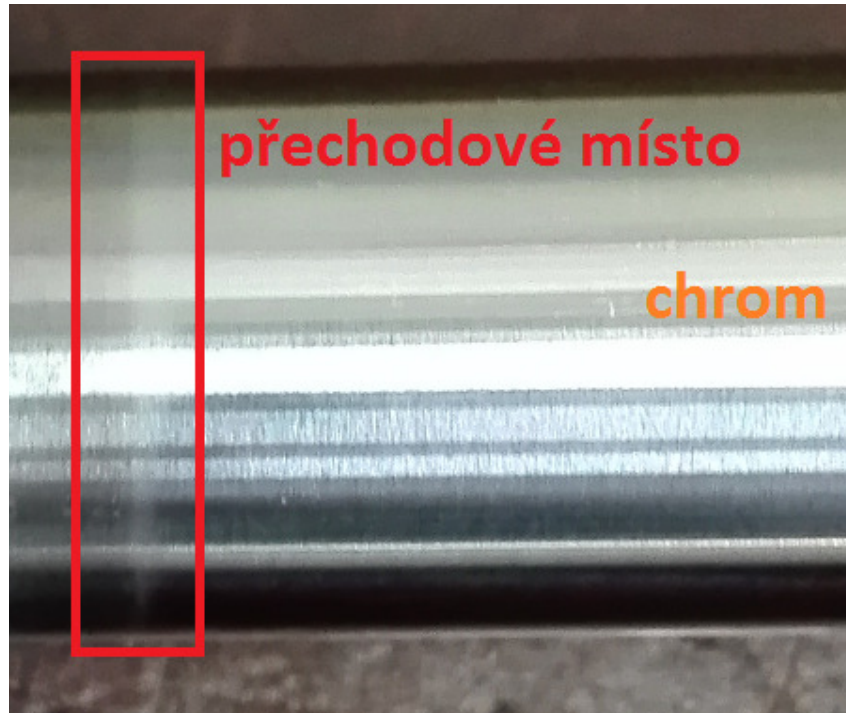
Obr. 40. Test statického tečení po superfiniši (Vyhovující)

- Výsledek testu je, že pístnice před superfinišem vykazují známky tečení. Při bližším zkoumání bylo zjištěno, že po superfiniši je zahlazeno přechodové místo mezi chromem a materiálem pístnice. To ulehčí prostupu oleje pod povrch chromu.

4) Závěr

- Předpoklad při měření drsnosti byl takový, že drsnost před superfinišem nebude vyhovovat drsnosti po superfiniši. Tento předpoklad byl vyvrácen, pístnice již před superfinišem vykazuje vyhovující parametry drsnosti.

- U testu mikrotrhlin byl předpoklad, že budou nevyhovující, ovšem tento předpoklad nebyl správný. Mikrotrhliny superfiniš neovlivňuje. Mikrotrhliny jsou dány kvalitou chromování.
- Při porovnání statického tečení byl předpoklad, že superfiniš nemá vliv na tečení pístnice. Bylo ovšem zjištěno, že má nejzásadnější vliv na statické tečení. Neboť po superfiniši je zahlazen přechod mezi materiálem pístnice a chromem, který je na obr. 41. Tento přechod je po chromování výrazný. Po superfiniši je pozvolný.



Obr. 41. Přechod chromu

Přínos:

- Bylo zjištěno, že pouhé broušení není schopné zahladit přechod mezi materiálem pístnice a samotným chromem, což je kořenovou příčinou statického tečení. Nelze přenést specifický pohyb na brusné kotouče, které ani nejsou na takové pohyby stavěny. Za současných podmínek nelze operaci superfiniš zrušit a pravděpodobně neexistuje jednodušší technologie pro tento proces. Jediným řešením by bylo chromování celých pístnic, což by mělo negativní vliv na přesně obrobene závitě.

4.2.2 PREDIKCE PORUCH

Stávající stav:

- U strojů není počítáno s pravidelnou odstávkou. Odstávka stroje je dle vytížení možná pouze o víkendu a vzhledem k množství strojů se stroje pouze opravují. S preventivní údržbou se nepočítá.

Návrh:

- Databáze, která by vycházela z životností jednotlivých komponentů důležitých pro bezchybný chod stroje.

Přínos:

- Eliminace nečekaných odstávek.

4.3 SHRNU TÍ NÁVRHŮ

Pokud shrneme návrhy, tak se rozdělují na snadno aplikovatelné a obtížně aplikovatelné. Dále se rozdělují na nákladné a levné. Výše úspor je pouze odhad, není známa přesná nabídka na případná zařízení.

Vyčíslení úspor:

- 1) **Instalace Opticline pro uvolňování výroby** - investice cca 2 mil. CZK ; Úspora je cca 800 tis. CZK / rok + není potřeba obnovovat jeden profilprojektor tj. další jednorázová úspora 300 tis. CZK.
- 2) **Vyšší četností měření a orientaci pístnic při zápichu** – bez nutné investice – úspora 75 tis. CZK (Instalace optického měření zápichu – cca 500 tis. CZK / jedno zařízení; Úspora proti obnově původního dotykového zařízení je cca 400 tis. CZK / jedno zařízení; nefunkční jsou 2 zařízení; nutné zakoupit pouze v případě nařízení zákazníkem)
- 3) **Čištění chladicí lázně a chladících trysek při kalení** – 1 tis. CZK/ jedno pracoviště / jedno čištění ; pracoviště jsou dvě; ročně cca 100 tis. CZK. Při předpokladu, že operace kalení způsobila polovinu zmetků na SF, je úspora 600 tis. CZK / rok.

➔ Po úspěšné aplikaci návrhů se dá ročně uspořit finanční částka cca 1,5 mil. CZK.

ZÁVĚR

Dodržet kvalitu výroby ve velké výrobní organizaci, při vysoké produkci je složité. Opravdu platí pravidlo, že si musíme vybrat, zda chceme vyrábět kvantitu nebo kvalitu. I když vyrábíme kvantitu, tak lze vhodným přístupem předejít zbytečným zmetkům. Pro optimalizaci výroby je důležité dodržovat předepsané výrobní postupy a kontrolní plány, bez tohoto dodržování nemá jakákoliv optimalizace smysl. Nejdůležitějším krokem pro snížení zmetkovitosti je účinná investice do problematických zařízení. Je třeba průběžně udržovat, obnovovat a modernizovat strojový park. Důležité je obsazení klíčových výrobních operací řádně proškolenými pracovníky, kteří si jsou vědomi důležitosti jejich práce a znají návaznost jednotlivých operací, tudíž jim dochází dopad jejich případného selhání. Pracovníci by měli mít dostatečnou motivaci.

V případě této práce bylo konkrétně zjištěno, že hlavním problémem je dodržování předepsaných výrobních návodů a kontrolních plánů atd. Návody jsou srozumitelně psány a popisují detailně jednotlivé operace. Bohužel, např. v případě obrobny je návodů někdy až přespříliš, což souvisí i s velkým množstvím typů. Hlavní nedostatky jsou především v plánech TPM, které jsou psány příliš obecně a prakticky neberou v úvahu stárnutí stroje. Není zcela jasné, co má operátor skutečně na daném výrobním zařízení kontrolovat. Úpravou TPM do konkrétnější fáze se předejde poruchám strojů, které jsou dávno za hranici svojí životnosti. Při vyjmutí údržby chladicí lázně z kaliček z TPM a předání kompetencí externí firmě se dá ročně ušetřit cca 600 tis. CZK. Další nedostatky byly zjištěny v nefunkčnosti zařízení měřící polohu zápichu, což je speciální charakteristika. Pokud by bylo zákazníkem nařízeno investovat do obnovy tohoto zařízení, tak se nabízí investice do optického zařízení, které by ušetřilo cca 500 tis. CZK oproti obnově jednoho původního mechanického zařízení. Vezmeme-li v úvahu, že tato zařízení jsou ve výrobě 3, tak se jedná o zajímavou investici. Vzhledem k enormní návratnosti této investice byla nastavena dvojnásobná četnost kontroly a orientace pístnic, která zajistí způsobilost procesu a tím roční úsporu cca 70 tis. CZK.

Dále bylo zakoupeno měřící zařízení Opticline, které má sloužit k podstatně rychlejšímu uvolnění výroby, kdy úspora jednoho uvolnění je více než 10 minut, tím je uspořeno cca 800 tis. CZK každý rok v pracovním času operátorů. Ušetřený čas může operátor věnovat jiné činnosti např. výrobě více pístnic. Úsporou je i nepotřebná obnova jednoho profilprojektoru za cca 300 tis. CZK.

Současný proces výroby pístnic je nastaven až na výjimky celkem kvalitně. Nejdůležitější je výběr již několikrát zmiňovaných operátorů, neboť všechny výrobní procesy při výrobě pístnic jsou označovány jako kritické, kdy preciznost výroby záleží vždy především na správném nastavení stroje a průběžné kontrole výroby. Všechny zmiňované návrhy slouží k optimalizaci procesu. Proces bude i na dále bez jejich případné aplikace dostatečně robustní.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] NENADÁL, Jaroslav. Moderní management jakosti: principy, postupy, metody. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [2] IMLER, Ken. Strategické systémy kvality. Pardubice: Radek Lévy, 2008. ISBN 978-80-904156-0-7.
- [3] NENADÁL, Jaroslav. Systémy managementu kvality: co, proč a jak měřit?. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-426-4.
- [4] VEBER, Jaromír, Marie HŮLOVÁ a Alena PLÁŠKOVÁ. Management kvality, environmentu a bezpečnosti práce: legislativa, systémy, metody, praxe. 2., aktualiz. vyd. Praha: Management Press, 2010. ISBN 978-80-7261-210-9.
- [5] MARUŠKA, Zdeněk. Nenechte si líbit nezaměstnanost!: hospodářská krize a nezaměstnanost jsou odstranitelné. 1. vyd. [Olomouc: Z. Maruška], 2012. ISBN 978-80-260-2443-9.
- [6] DRUCK, Henrich. Audit procesu. Praha: Česká společnost pro jakost, 2017. ISBN 978-80-02-02727-0
- [7] MICHÁLEK, Jiří. Vyhodnocování způsobilosti a výkonnosti výrobního procesu. Praha: CQR, 2009. ISBN 978-80-903834-2-5.
- [8] TOMAN, Miloš. Zamrzlá produktivita: proč produktivita práce stagnuje a co se s tím dá dělat?. Praha: Management Press, 2016. ISBN 9788072614271.
- [9] KOČOVSKÝ, Alois. Moderní skladové hospodářství. Praha: SNTL, 1980.
- [10] TER MANUELIANC, Antonín. Modelování problémů řízení. Praha: Institut řízení, 1977.
- [11] MELOUN, Milan. Statistické zpracování experimentálních dat v chemometrii, biometrii, ekonometrii a v dalších oborech přírodních, technických a společenských věd. Praha: Plus, 1994. ISBN 80-85297-56-6.
- [12] Nezaměstnanost v ČR [online]. [cit. 2018-12-24]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/makroekonomika/nezamestnanost/>
- [13] MACÁKOVÁ, Libuše. Mikroekonomie: základní kurs. 11. vyd. Slaný: Melandrium, 2010, 275 s. ISBN 978-80-86175-70-6.
- [14] IKVALITA: vývojový diagram[online]. Pardubice: Ikvalita.cz, 2013 [cit. 2019-01-18]. Ořízek ve formátu JPG. Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=25>
- [15] LORENC, Miroslav. Paretova analýza [online]. [cit. 2018-12-26] Dostupné z: <http://www.lorenc.info/3MA112/paretova-analyza.htm>
- [16] ČSN EN ISO 9000:2006 Systémy managementu kvality – Základy, zásady a slovník (010 300)

- [17] JENOPTIK: Opticline [online]. Jena: Jenoptik.com, 2018 [cit. 2019-01-19]. Dostupné z: <https://www.jenoptik.com/-/media/websitedocuments/metrology/neu/opticline/opticline-10064364-v1-de.pdf>

PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK

BOM – kusovník

CL – centrální přímka

Cp(k) – index způsobilosti procesu

EMSEC – elektrická způsobilost stroje

HEPC – bezpečnostní list

KLT – malý skladací plastový obal

LCL – dolní regulační mez

LOTO – bezpečené odpojení energií během údržby stroje

LP – list průkaznosti

PKP – pracovní a kontrolní plán výroby

SC – speciální charakteristika

SF – superfiniš

SPC – statistická regulace procesu

SVM – program pro sledování výroby

TDM – technická dokumentace

TPM – totální produktivní údržba

UCL – horní regulační mez

Seznam obrázků

Obr. 1. Tržní rovnováha.....	12
Obr. 2. Vývojový diagram	14
Obr. 3. Histogram.....	15
Obr. 4. Diagram příčin a následků	16
Obr. 5. Paretova analýza.....	17
Obr. 6. Korelační diagram	18
Obr. 7. Regulační diagram.....	19
Obr. 8. Pístnice	24
Obr. 9. Tlumič kmitů	25
Obr. 10. Stříhání materiálu	27
Obr. 11. Obrábění.....	27
Obr. 12. Válcování zápichu	28
Obr. 13. Broušení	29
Obr. 14. Teplotní průběh při kalení.....	30
Obr. 15. Superfiniš	30
Obr. 16. Koroze na pístnicích	33
Obr. 17. Přeplněná bedna.....	34
Obr. 18. Aktuální barva platné kalibrace.....	34
Obr. 19. Pasometr bez kalibrační známky	36
Obr. 20. Drsnoměr bez evidence.....	36
Obr. 21. Přehled defektů dle pracovišť - Obrobna.....	38
Obr. 22. Přehled defektů dle pracovišť – DT.....	39
Obr. 23. Přehled defektů dle pracovišť - MT.....	40
Obr. 24. Pracoviště s největším výskytem zmetků.....	41
Obr. 25. Poloha zápichu – uvolnění ve středu tolerance	43
Obr. 26. Poloha zápichu – uvolnění výroby u spodní tolerance	43
Obr. 27. Poloha zápichu – včetně opakovaného uvolnění.....	43
Obr. 28. Podbroušená pístnice	44
Obr. 29: Diagram příčin a následků – podbroušená pístnice.....	45
Obr. 30. Materiálová vada	46
Obr. 31. Opticline.....	49

Obr. 32. Orientace píštěnic	52
Obr. 33. Parametry drsnosti	56
Obr. 34. Drsnost Ra	56
Obr. 35. Drsnost Rz	57
Obr. 36. Mikrotrhliny před superfinišem (950 mikrotrhlin)	58
Obr. 37. Mikrotrhliny po superfiniši (970 mikrotrhlin)	58
Obr. 38. Příklad mikrotrhlin (500 mikrotrhlin)	59
Obr. 39. Test statického tečení před superfinišem (Nevyhovující)	60
Obr. 40. Test statického tečení po superfiniši (Vyhovující)	60
Obr. 41. Přechod chromu	61

Seznam tabulek

Tab. 1. Vývojové fáze autonomní údržby	20
Tab. 2. Typy ztrát	21
Tab. 3. Náklady na výrobu jednoho kusu	31
Tab. 4. OBROBNA - 10 nejčtenějších vad.....	39
Tab. 5. DT - 10 nejčtenějších vad	40
Tab. 6. MT - 10 nejčtenějších vad.....	41

PŘÍLOHY

Veškeré přílohy jsou uvedeny na přiloženém CD.

Procesní audity

Výrobní data

Zpracovaná data

a další