

Optimalizace pracoviště pro výrobu mikrosoučástí

Miroslav Holeček

Bakalářská práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Miroslav Holeček**

Osobní číslo: **T15111**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Optimalizace pracoviště pro výrobu mikrosoučástí**

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická studie na dané téma
2. Popis současného stavu pracoviště
3. Optimalizace daného pracoviště
4. Zhodnocení přínosů po zavedení standardů

Rozsah bakalářské práce:
Rozsah příloh:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:
Dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2018**
Termín odevzdání bakalářské práce: **18. května 2018**

Ve Zlíně dne 19. února 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: HOLEČEK MIROSLAV.....

TECHNOLOGICKÁ
Obor: ZAŘÍZENÍ.....

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 18.5.2018


.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá optimalizací pracoviště Frézování ve firmě, která vyrábí díly a precizní součástky pro textilní průmysl.

Teoretická část bakalářské práce je věnována technologii frézování, a to jak samotnému procesu frézování, tak i frézovacím strojům a nástrojům. Dále pak jsou zde popsány metody procesního inženýrství, jejichž aplikací na daném pracovišti lze dosáhnout optimalizace výrobního procesu.

Praktická část bakalářské práce mapuje aktuální stav pracoviště Frézování, popis zavádění metod potřebných pro optimalizaci a zhodnocení přínosů po zavedení standardů. Výsledkem je optimalizované pracoviště, které může sloužit jako předloha pro optimalizaci ostatních pracovních úseků ve firmě.

Klíčová slova: optimalizace, frézování, standard, výrobní proces, pracoviště, mapování

ABSTRACT

The Bachelor Thesis deals with optimization of milling workplace in a company, which produces parts and precise components for textile industry.

Theoretical part of the Bachelor Thesis describes milling technology - milling process itself and milling machines and tools. Then it focuses on process engineering methods, by whose application at particular workplace can be reached optimization of production process.

Practical part of the Bachelor Thesis maps current situation at the milling workplace, description of implementing methods necessary for optimization and evaluation of benefits, when the standards are introduced. Result is optimized workplace, which can stand as a model for optimization of other workplaces in the company.

Keywords: optimization, milling, standard, production process, workplace, mapping

Rád bych poděkoval panu Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D., za ochotu a cenné rady při vedení této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval mistrům a seřizovačům z pracoviště frézování, za jejich vstřícný přístup při poskytování informací, potřebných ke zpracování této práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 PROCES FRÉZOVÁNÍ	12
1.1 HISTORIE FRÉZOVÁNÍ	12
1.2 PODSTATA FRÉZOVÁNÍ	13
1.3 DRUHY FRÉZOVÁNÍ	14
1.3.1 Válcové frézování	14
1.3.2 Čelní frézování	16
1.3.3 Okružní frézování.....	17
1.3.4 Planetové frézování	18
1.4 STROJE PRO FRÉZOVÁNÍ	19
1.4.1 Konzolové frézky	19
1.4.2 Stolové frézky	20
1.4.3 Rovinné frézky	21
1.4.4 Číslicově řízené frézky.....	21
1.4.5 Speciální frézky.....	21
1.5 NÁSTROJE PRO FRÉZOVÁNÍ.....	22
1.5.1 Rozdělení nástrojů pro frézování	22
1.5.2 Nástrojové materiály	27
1.5.3 Typické příčiny opotřebení nástrojů	29
1.5.4 Druhy opotřebení nástrojů a opatření k jejich odstranění	29
2 OPTIMALIZACE VÝROBNÍCH PROCESŮ	31
2.1 OPTIMALIZACE VS. PLÝTVÁNÍ	31
2.2 METODY A NÁSTROJE PRO OPTIMALIZACI.....	33
2.2.1 PDCA	35
2.2.2 SMED.....	36
2.2.3 Kanban	37
2.2.4 Metoda 5S	38
2.2.5 TPM.....	39
2.2.6 POKA-YOKE	40
3 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI	41
II PRAKTICKÁ ČÁST	42
4 STANOVENÍ CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	43
5 PRACOVNÍ MÍSTĚ FRÉZOVÁNÍ	44
5.1 POPIS SOUČASNÉHO STAVU PRACOVNÍ MÍSTĚ	44
6 OPTIMALIZACE PRACOVNÍ MÍSTĚ FRÉZOVÁNÍ	46
6.1 LOGISTIKA A PŘÍPRAVA VÝROBY	46
6.1.1 Příprava výrobní zakázky – výchozí stav	46
6.1.2 Příprava výrobní zakázky – stav po optimalizaci.....	47

6.2	USPOŘÁDÁNÍ (LAYOUT) PRACOVÍŠTĚ.....	50
6.3	PŘESEŘÍZENÍ - SMED.....	51
6.3.1	Nářadí pro přeseřzení	54
6.4	ZLEPŠENÍ STANDARDU 5S	55
6.4.1	Vozíky s náradím	55
6.4.2	Kontrolní místa.....	56
6.4.3	Brousící místo	56
6.4.4	Kontrola dodržování standardu 5S.....	57
6.5	ZAVEDENÍ TPM	58
6.5.1	Rozsah autonomní údržby na stroji.....	59
6.5.2	Karty závad	60
6.5.3	Pravidelná péče o stroje a zařízení	60
6.5.4	Vizualizace dosaženého stupně TPM na pracovišti	62
7	ZHODNOCENÍ PŘÍNOSŮ OPTIMALIZACE	64
	ZÁVĚR	66
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	67
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
	SEZNAM TABULEK.....	73

ÚVOD

Když se člověk narodí, musí se na začátku svého života naučit spoustu činností pro život potřebných. Učí se chodit, mluvit, skákat, jíst příborem. Pozoruje a poznává svět kolem sebe a zjišťuje, jak věci fungují. Chce všechno vyzkoušet. Když po pár krocích spadne, s námahou vstane a zkusí to znovu. Když se netrefí soustem napíchnutým na vidličce do úst, zkusí to znovu. Vždy, když se mu něco nepovede podle jeho představ, nespokojí se s tím, nevzdá to a zkusí to znovu. Každým dílčím neúspěchem a pokusem o zlepšení, své dovednosti vylepšuje. Dalo by se říct, že prochází procesem neustálého zlepšování.

Jak rosteme, postupem času tuto vlastnost ztrácíme. Spousta věcí se pro nás stává všedními a už nemáme potřebu je zlepšovat. Myslíme si, že jsme dosáhli vrcholu, že už není důvod na nich dále pracovat. Potenciály ke zlepšení přestáváme vidět.

Stejným způsobem to funguje i v pracovním životě. Čím déle pracujeme na stejném místě a vykonáváme stejné činnosti, tím více jsme přesvědčeni, že vše děláme tak jak máme a že líp to dělat nejde. Je k naší velké škodě, že už se nedokážeme kolem sebe dívat pohledem malého dítěte nebo alespoň člověka, který přišel na pracoviště poprvé a dokáže vidět věci cizíma očima.

Má bakalářská práce je zaměřena na optimalizaci pracoviště pro výrobu mikrosoučástí, ve firmě zabývající se výrobou dílů a precizních součástek pro textilní průmysl. Přestože je tato společnost celosvětovým lídrem ve svém segmentu podnikání, náročnost výroby a silná konkurence, zejména na asijských trzích, ji nutí k inovacím, racionalizaci výroby a optimalizaci výrobních procesů. Bez těchto aspektů by nebylo možné uspokojit někdy velmi náročné požadavky svých zákazníků.

Bakalářskou práci jsem rozdělil na část teoretickou a praktickou. Teoretická část je teoretickou studií, popisující používané metody technologie frézování, druhy používaných strojů a nástrojů. Jsou zde popsány i metody a nástroje procesního inženýrství, díky nimž lze výrobní procesy účinně zlepšit a optimalizovat. V praktické části se věnuji zmapování aktuální situace a následnému použití nástrojů procesního inženýrství při optimalizaci pracoviště.

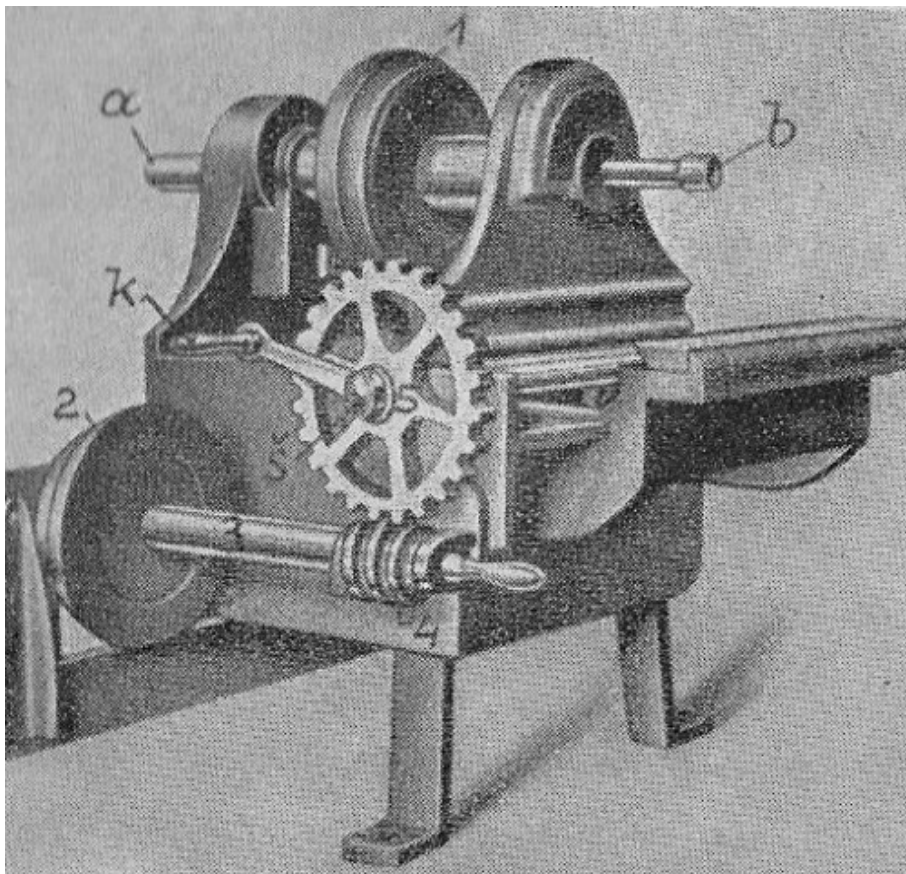
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PROCES FRÉZOVÁNÍ

Kapitola proces frézování je teoretickou studií, popisující používané metody této technologie, druhy používaných strojů a nástrojů.

1.1 Historie frézování

Jedná se o historicky mladší metodu třískového obrábění, než je například soustružení. Zatímco se první primitivní soustruh objevuje již ve 13. století, vznik frézek se váže ke konci 18. století, kdy se používaly hlavně na pilovací práce a v zámečnické výrobě. První frézovací stroj byl zkonstruován na začátku 19. století, kolem roku 1818, kdy vznikla nejstarší frézka, která se ve všech částech podobala těm dnešním. Kolem roku 1862 byla vyvinuta univerzální frézka, s níž se dosáhlo mnohem větší přesnosti a bylo možno výrobní postupy podstatně urychlit. K většímu použití frézek v praxi došlo až po světové výstavě v Paříži v roce 1867. Vývoj frézek byl poté uspíšen především zásluhou rozvoje automobilového a leteckého průmyslu. Dnešní podoby však frézky dosáhly až koncem 19. století. [16]



Obr. 1 Původní frézka z roku 1818 [16]

1.2 Podstata frézování

Frézování je jednou z nejpoužívanějších obráběcích metod, při které je materiál obrobku odebrán břity otáčejícího se nástroje. Nástroj (fréza) koná hlavní – rotační pohyb. Vedlejším pohybem při frézování je zpravidla posuv obrobku, a to převážně ve směru kolmém k ose nástroje. Řezný proces je přerušovaný, každý zub nástroje odřezává krátké třísky proměnné tloušťky.

Nástupem moderních víceosých číslicově řízených CNC frézovacích strojů (obr. 2), lze posuvové pohyby plynule měnit a realizovat je ve všech směrech. [2], [7]

Touto metodou obrábění a za použití rozličných druhů frézovacích nástrojů, lze obrábět plochy rovinné, tvarové, šikmé, nepravidelné, rotační. Dále je možno zhotovit drážky a vybrání různých tvarů, závity na rotačních plochách, ozubení na ozubených kolech a hřebenech, atd. [14]



Obr. 2 5osé obráběcí centrum DMU 50 od firmy DMG MORI [17]

1.3 Druhy frézování

Z technologického hlediska, podle použitého nástroje, je frézování rozlišováno na válcové (frézování obvodem nástroje) a čelní (frézování čelem nástroje). Od těchto dvou základních rozdělení se ještě odvozují i další způsoby, jako jsou frézování okružní a planetové. [2]

1.3.1 Válcové frézování

Válcové frézování je z velké míry uplatňováno při práci s válcovými a tvarovými frézami. Materiál je z obrobku odebrán břity, uspořádanými po obvodě nástroje. Směr posuvu je kolmý k ose nástroje. Obráběná plocha je rovnoběžná s osou otáčení nástroje. [2], [7]



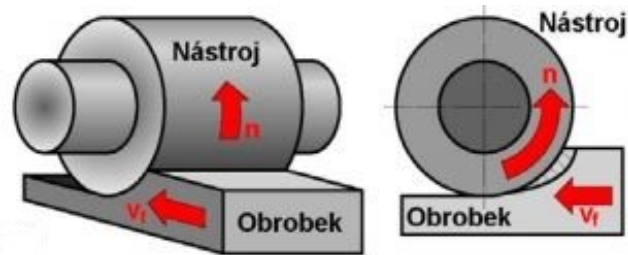
Obr. 3 Válcové frézování [18]

Způsob vytvoření takové plochy a tvorba třísky závisí na směru rotace nástroje vůči směru posuvu obrobku. Na základě toho dělíme válcové frézování na nesousledné a sousledné. Podle toho se také mění i průřez odebírané třísky od maxima do nuly nebo od nuly do maxima. [15]

Nesousledné frézování

Při nesousledném frézování je smysl rotace nástroje proti směru posuvu obrobku. Charakteristickým znakem je proměnlivá tloušťka třísky (mění se od nulové hodnoty na hodnotu maximální). [2]

Břit začne odřezávat třísku, až dostoupí určité tloušťky. Do té doby je materiál pouze stlačován. Tímto stlačováním se jednak zhoršuje jakost obrobené plochy a také je snižována trvanlivost břitu nástroje. [14]



Obr. 4 Nesousledné válcové frézování [14]

Výhody nesousledného frézování:

- práce frézky je klidnější, bez rázů
- není potřeba vymezování axiální vůle mezi posuvovým šroubem a maticí stolu stroje.
- menší opotřebení šroubu a matice

Nevýhody nesousledného frézování:

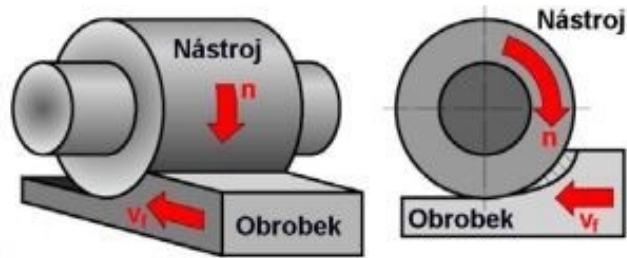
- nižší kvalita obrobenej plochy
- tření hřbetu o obrobek – rychlejší opotřebení břitu frézy
- řezná síla vytahuje obrobek z upínače – nutné pevné upnutí.

Sousledné frézování

Při sousledném frézování je smysl rotace nástroje ve směru posuvu obrobku. Maximální tloušťka třísky vzniká již při vnikání břitu nástroje do obrobku. Tloušťka třísky se při řezání zmenšuje a je oddělována od obrobku v nejtenčím místě, v tom momentě, když břit vychází ze záběru. [2]

Výsledná řezná síla směřuje směrem do materiálu. To umožňuje lepší upnutí obrobku a následně práci při vyšší řezné rychlosti a větší hloubce záběru.

Sousledné frézování je možno použít jenom na těch strojích, kde jsou dobře vymezeny vůle mezi maticí stolu stroje a posuvovým šroubem. V opačném případě by mohla vůle způsobovat nestejný posuv a to by mohlo mít za následek poškození břitu nástroje, popřípadě i stroje.



Obr. 5 Sousedné válcové frézování [14]

Výhody sousledného frézování:

- výsledná řezná síla směřuje do materiálu – jednodušší upnutí obrobku.
- vyšší produktivita obrábění
- vyšší trvanlivost nástroje
- potřeba menšího řezného výkonu
- menší sklon ke chvění

Nevýhody sousledného frézování:

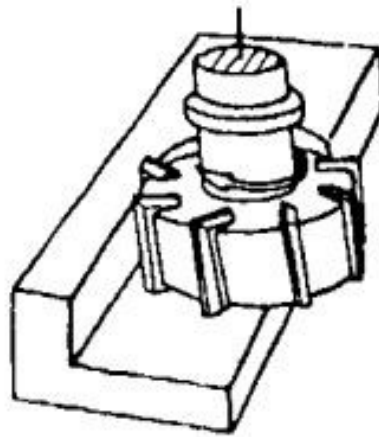
- nutnost vymezení vůle mezi maticí stolu stroje a posuvovým šroubem
- silné nárazy při záběru každého zubu – možno odstranit použitím nástroje se šikmými břity

1.3.2 Čelní frézování

Čelní frézování je zprostředkováváno díky čelním frézám, které mají břity vytvořeny jak na obvodu, tak i na čele nástroje. Obrobená plocha je kolmá k ose otáčení nástroje.

Materiál obrobku je odebírán břity na obvodu nástroje, břity na čele nástroje obrobenou plochu jen vyhlazují. Je dosahováno lepší jakosti obrobené plochy než u frézování válcového.

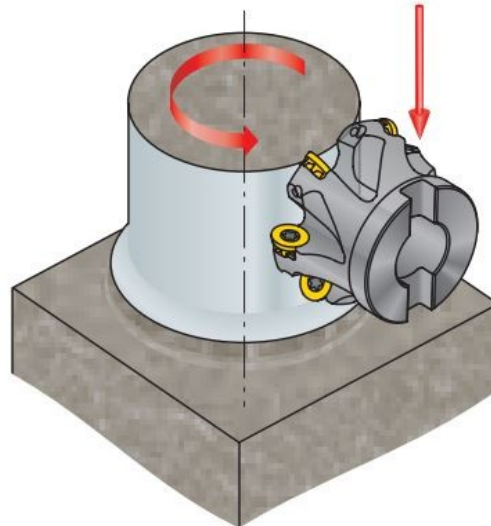
Čelní frézování je výkonnější než frézování válcové, protože je při něm využíváno více břitů současně, což umožňuje použít větší posuv obrobku. [14], [15]



Obr. 6 Čelní frézování [18]

1.3.3 Okružní frézování

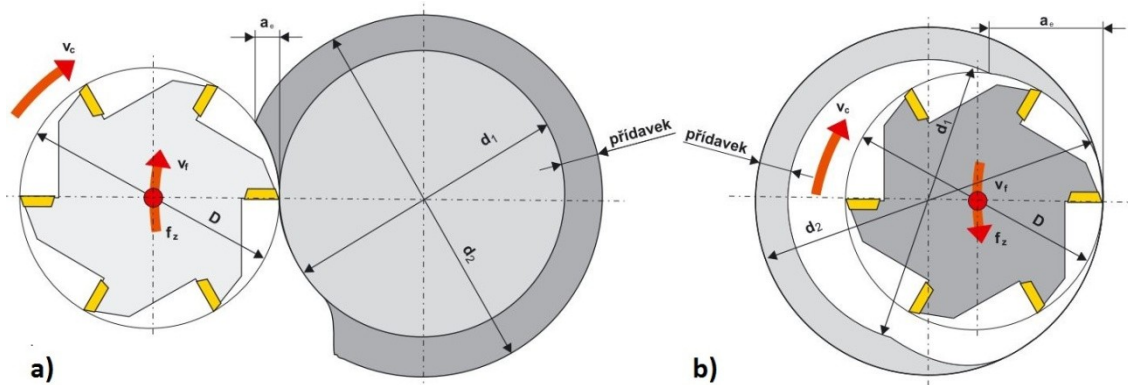
Okružní frézování je využíváno například při obrábění dlouhých tyčí nebo pro výrobu závitů. Nástrojem je frézovací hlava, osazena několika břitovými destičkami. Při frézování tyčí se frézovací hlava otáčí a zároveň i posouvá. Při výrobě závitů se jen otáčí, zbývající pohyby koná obrobek. [7], [14]



Obr. 7 Okružní frézování [18]

1.3.4 Planetové frézování

Tento způsob obrábění je uplatňován u číslicově řízených strojů a obráběcích center, které jsou vybaveny kruhovou interpolací nástroje, což umožňuje jeho pohyb po kružnici. Díky tomu je možno obrábět celé rotační plochy. [14]



Obr. 8 Planetové frézování vnější (a), vnitřní (b) [20]

1.4 Stroje pro frézování

Frézovací stroje - frézky se používají pro obrábění s rotujícími, jedno- nebo vícebřitými nástroji. Poměry při záběru břitů při obrábění mají za následek neustále se měnící řezné síly, ať už co se týká velikosti nebo směru. Frézovací stroje jsou proto vystaveny vysokému statickému a dynamickému zatížení.

Nejslabší prvek toku energie mezi strojem, nástrojem, obrobkem a upínacím zařízením, určuje podmínky obrábění, které jsou použitelné při obrábění obrobku.

Frézování šikmých, rovných a různě tvarovaných profilů obráběných ploch, stejně jako dobrá přesnost opakování, vyžadují vysokou geometrickou přesnost a nulovou vůli vodítek a pohonů. [18]

Velikost frézky určuje šířka upínací plochy stolu a velikost kužele ve vřetenu pro upnutí nástroje. Dalšími důležitými technickými parametry jsou maximální délky pohybu pracovního stolu nebo vřeteníku, rozsah otáček vřeten a posuvů, výkon elektromotoru pro otáčení vřeten a kvalitativní parametry dosahované u obráběných ploch.

Zpravidla se frézky rozdělují do těchto základních skupin – konzolové, stolové, rovinné, číslicové řízené a speciální. [14]

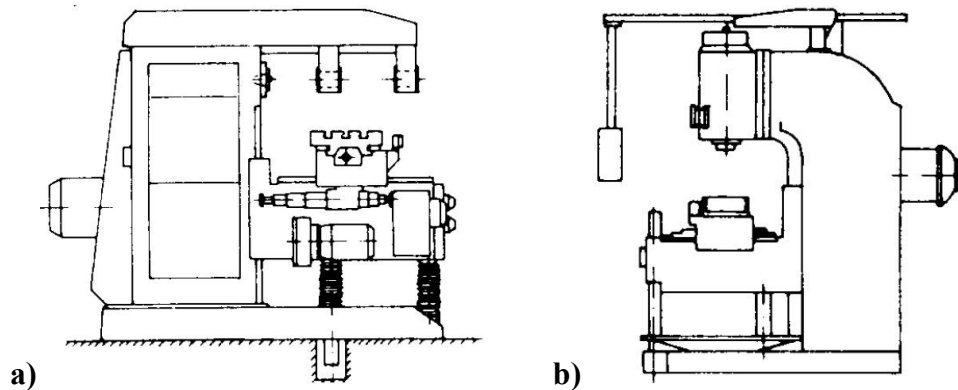
1.4.1 Konzolové frézky

Jsou charakteristické výškově přestavitelnou konzolou, po které se pohybují příčné sáně s podélným pracovním stolem. Tato kombinace pohybů umožňuje přestavování obrobku, upnutého na pracovním stole, ve třech pravoúhlých souřadnicích vzhledem k nástroji.

Používají se hlavně k obrábění malých a středních součástí, zejména rovinných ploch (rovnoběžných s plochou pracovního stolu), výrobě drážek a tvarových ploch nebo šroubovitých drážek. [14]

Podle toho jestli je vřeteno uloženo ve vodorovné (horizontální) nebo svislé (vertikální) poloze, se i konzolové frézky dělí na dva základní druhy – horizontální konzolové frézky a vertikální konzolové frézky (obr. 9).

Při práci s vertikální frézku se používá převážně čelního frézování. Frézovací hlava je podél horizontální osy otočná, takže je možné i s frézovacím vřetenem pracovat v šikmé poloze. [18]



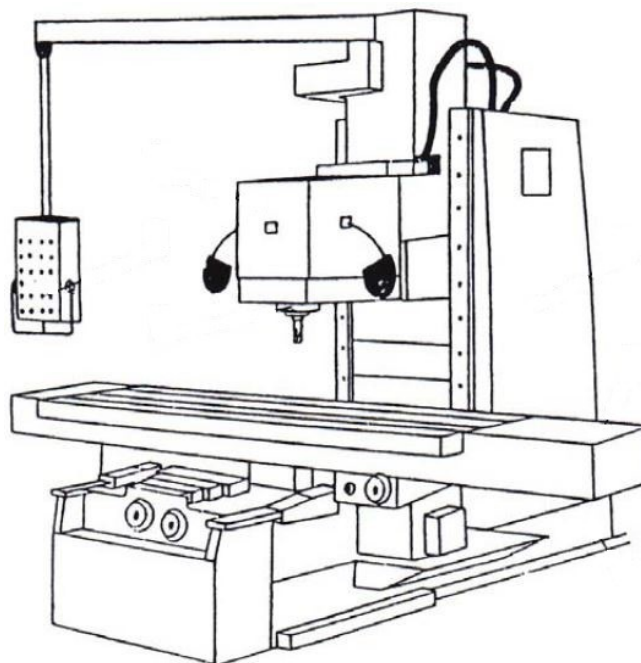
Obr. 9 Konzolová frézka horizontální (a), vertikální (b) [18]

1.4.2 Stolové frézky

K pojmenování frézovacích strojů dochází na základě různých aspektů. Z části podle konstrukčních znaků stroje, z části podle úloh, které jsou na stroji zpracovávány a z části také podle druhu ovládání stroje.

Stolové frézky dostaly svůj název podle pracovního stolu, který tvoří základ stroje a který není na rozdíl od konzolových frézek výškově přestavitelný. Díky tomu není tedy ani obrobek možné výškově přestavit a pohyb nástroje vůči obrobku ve svislém směru je zajišťován přemísťováním vřeteníku po vedení stroje.

Na těchto frézkách lze obrábět i větší a těžší obrobky.



Obr. 10 Svislá stolová frézka [14]

1.4.3 Rovinné frézky

Jsou určeny pro obrábění obrobků největších rozměrů. Například portálové frézky, což jsou rovinné frézky velmi tuhé konstrukce vhodné pro obrábění vodorovných, svislých a šikmých ploch na těžkých obrocích. Stůl má pouze podélný posuv, vřeteník má příčný a svislý posuv.



Obr. 11 Rovinná portálová frézka Portamill Duo 4012 [21]

1.4.4 Číslicově řízené frézky

CNC frézky neboli číslicově řízené frézky se vyznačují tím, že ovládání pracovních pohybů stroje je řízeno počítačem za pomoci programu. Program je posloupností příkazů, které jsou řídicím systémem převáděny do impulsů elektrického proudu nebo jiných výstupních signálů. Těmi jsou ovládány servopohony a ostatní zařízení stroje, který se pak chová podle zadaných požadavků. CNC frézky jsou využívány pro velkosériovou výrobu.

1.4.5 Speciální frézky

Jsou používány pro speciálně zaměřené frézovací procesy.

Např.:

- kopírovací frézky
- frézky na závity
- frézky na ozubení
- frézky na vačky
- frézky pantografické

1.5 Nástroje pro frézování

Díky velké rozsáhlosti a rozmanitosti technologie frézování, bylo vyvinuto obrovské množství různých druhů frézovacích nástrojů (fréz).

Jedná se o vícebřité, někdy i velmi tvarově složité nástroje, které lze na základě jejich uplatnění při obrábění, rozdělit do skupin podle různých hledisek.

1.5.1 Rozdělení nástrojů pro frézování

Podle umístění břitů na těle nástroje:

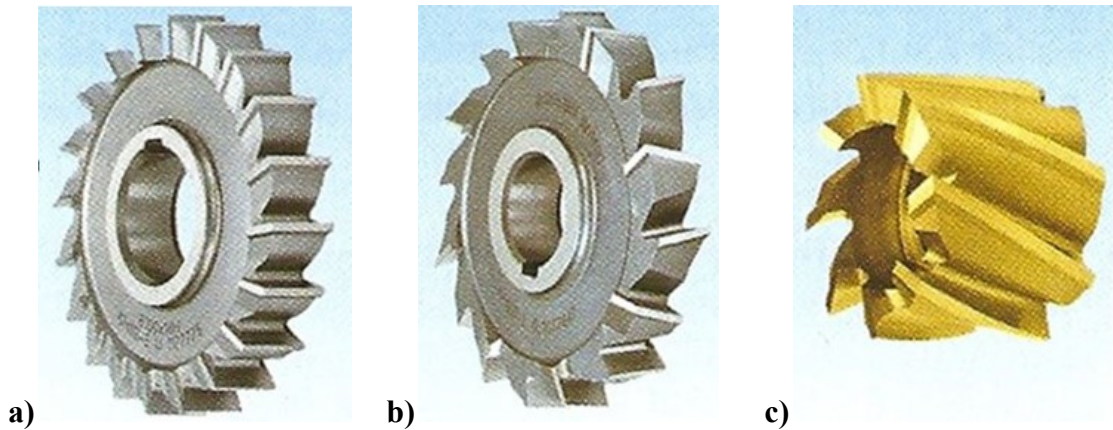
- válcové – břity na válcové ploše
- čelní – břity na čelní ploše
- válcové čelní – břity na válcové i čelní ploše
- kuželové – břity umístěny na jedné nebo dvou kuželových plochách
- tvarové – břity na tvarových plochách



Obr. 12 Fréza válcová (a), čelní (b), válcová čelní (c) [24]

Podle průběhu ostří vzhledem k ose rotace frézy:

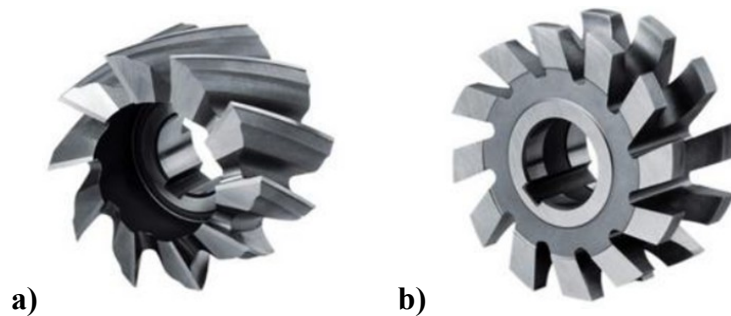
- s přímými břity – břity rovnoběžné s osou rotace
- se střídavými břity – střídavě šikmé břity
- s břity do šroubovice – pravo- a levořezné. Břity ve šroubovici vnikají do záběru postupně, takže řezný proces je plynulejší a klidnější



Obr. 13 Fréza s břity přímými (a), střídavými (b) a ve šroubovici (c)[11]

Podle způsobu výroby břitů:

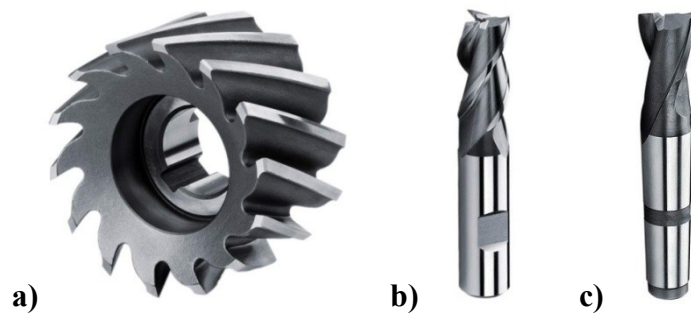
- frézované
- lité
- podsoustružené



Obr. 14 Fréza s břity frézovanými (a) a podsoustruženými (b)[14]

Podle upínání:

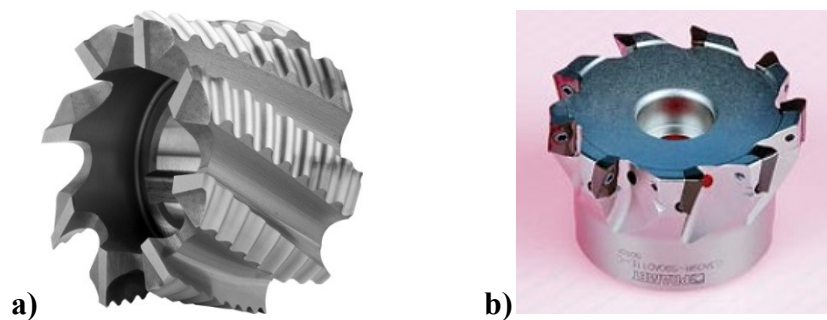
- nástrčné – upnutí prostřednictvím centrálního otvoru
- stopkové – upnutí za válcovou nebo kuželovou stopku



Obr. 15 Fréza nástrčná (a), s válcovou stopkou (b) a kuželovou stopkou (c)[26]

Podle konstrukce:

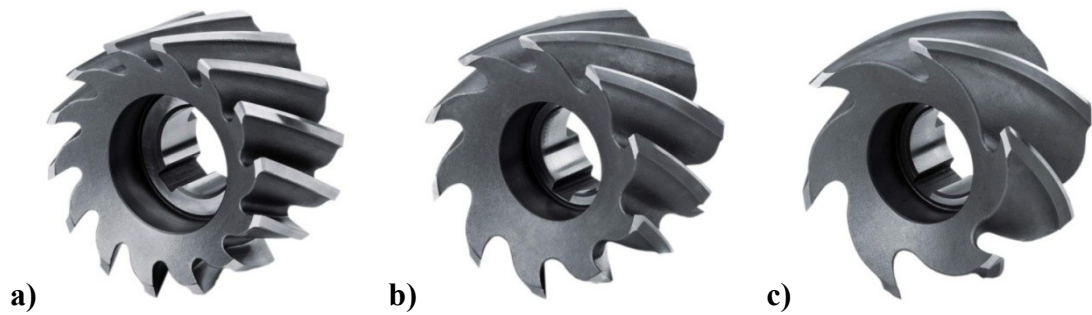
- celistvé – tělo i břity jsou z jednoho materiálu
- s vyměnitelnými destičkami



Obr. 16 Fréza celistvá (a)[13] a s vyměnitelnými destičkami (b)[26]

Podle počtu zubů vzhledem k průměru frézy:

- jemnozubé
- polohrubozubé
- hrubozubé



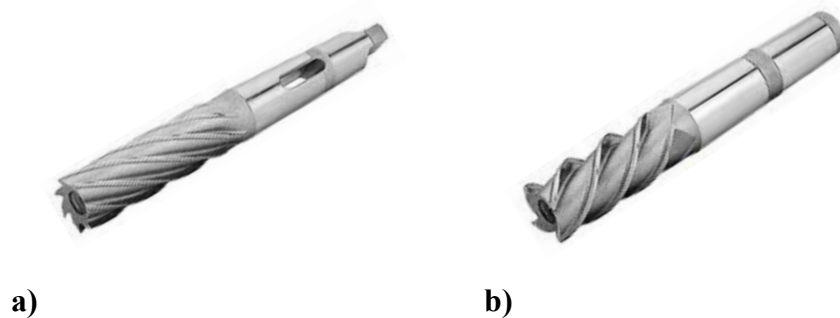
Obr. 17 Fréza jemnozubá (a), polohrubozubá (b), hrubozubá (c)[26]

Podle řezného materiálu:

- frézy z rychlořezné oceli
- ze slinutých karbidů
- z řezné keramiky
- z cermetů
- PKD – z polykrystalického diamantu
- PNKB – z polykrystalického kubického nitridu bóru

Podle smyslu otáčení:

- pravořezné
- levořezné

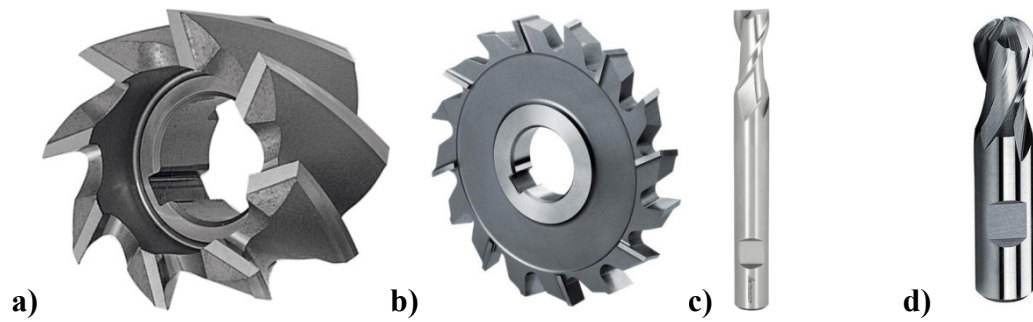


Obr. 18 Fréza pravořezná (a) a levořezná (b)[14]

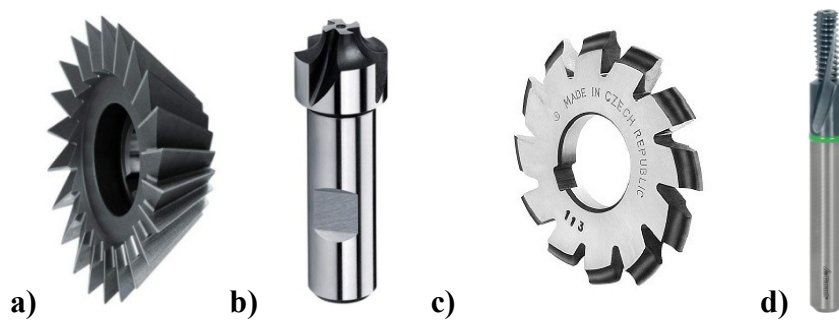
Podle geometrického tvaru funkční části:

- válcové
- kotoučové
- drážkovací

- kopírovací
- úhlové
- rádiusové
- na výrobu ozubení, závitů



Obr. 19 Fréza válcová (a), kotoučová (b), drážkovací (c)[24] a kopírovací (d)[26]

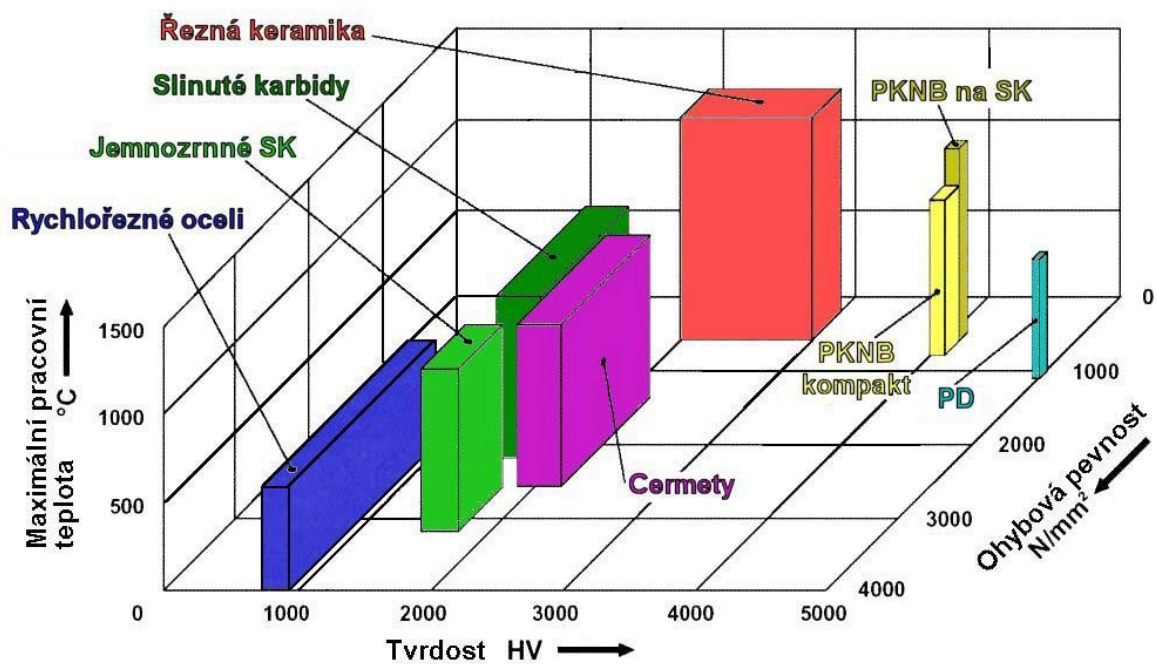


Obr. 20 Fréza úhlová (a), rádiusová (b), na ozubení (c)[26] a na závity (d)[24]

1.5.2 Nástrojové materiály

Současný poměrně široký sortiment materiálů pro řezné nástroje, od nástrojových ocelí až po syntetický diamant, je důsledkem celosvětového dlouholetého a intenzivního výzkumu a vývoje v dané oblasti a má úzkou souvislost s rozvojem konstrukčních materiálů určených pro obrábění, i s vývojem nových obráběcích strojů, zejména s číslicovým řízením.

Obrázek 21 specifikuje konkrétní hodnoty vybraných vlastností řezných materiálů (tvrdost, ohybová pevnost, pracovní teplota).



Obr. 21 Hodnoty vybraných vlastností řezných materiálů [14]

Rychlořezné oceli (RO)

Rychlořezné oceli mají nejvyšší houževnatost, ale ve srovnání s ostatními materiály je jejich tvrdost poměrně nízká. Proto jsou z nich vyráběny nástroje, určené pro obrábění nízkými řeznými rychlostmi a též tvarově složité nástroje, které nemohou být vyrobeny z ostatních řezných materiálů.

Slinuté karbidy (SK)

Slinuté karbidy jsou nejpevnějšími materiály mezi tvrdými nástrojovými materiály a mohou být použity pro obrábění vysokými posuvovými rychlostmi a pro těžké přerušované řezy. Nemohou být ale použity pro vysoké řezné rychlosti, zejména z důvodu své nízké termochemické stability.

Povlakované slinuté karbidy

Povlakované slinuté karbidy jsou složeny z pevného karbidového podkladu a termochemicky stabilního tvrdého povlaku (karbidy, nitridy, oxidy a jejich kombinace). Výsledkem jsou nejlepší materiály pro vysoké řezné i posuvové rychlosti, vysoký úběr materiálu a přerušované řezy.

Řezná keramika

Řezná keramika na bázi Al_2O_3 je užívána pro obrábění vysokou řeznou rychlostí a nízkou posuvovou rychlostí, protože má vysokou tvrdost za tepla a vysokou termochemickou stabilitu, ale nízkou houževnatost. Řezná keramika na bázi Si_3N_4 má vyšší houževnatost a vydrží vyšší posuvovou rychlost než keramika Al_2O_3 , ale její užití je omezeno na obrábění šedé litiny, protože při obrábění ocelí a tvárné litiny vykazuje rychlé opotřebení.

Cermety

Cermety mohou být užity pro vyšší posuvové rychlosti než řezná keramika a pro řezné rychlosti na úrovni povlakovaných slinutých karbidů. Vzhledem k nízké houževnatosti jsou ale jejich aplikace doposud omezeny pouze na lehké a střední řezy. Při vyšších posuvech, se začíná projevovat jejich nižší tepelná vodivost, dochází k vyšší koncentraci tepla v oblasti špičky a tím i k rychlému plastickému porušení břitu nástroje. Dobře se uplatňují při obrábění korozivzdorných ocelí.

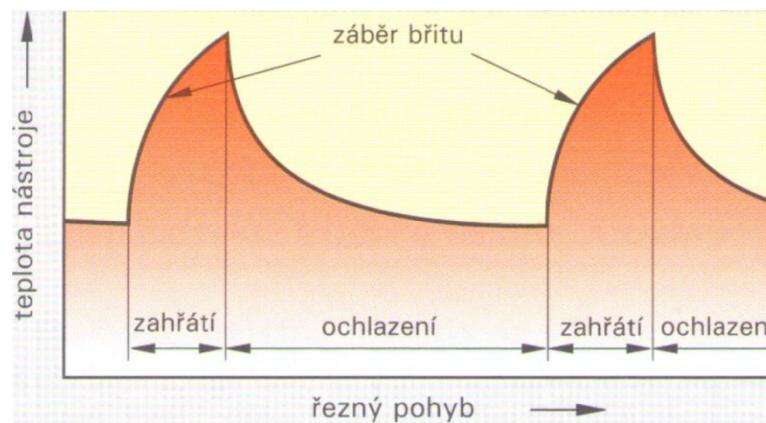
Supertvrde materiály

Supertvrde materiály (polykrystalický diamant - PD a polykrystalický kubický nitrid boru - PKNB) mají vzhledem ke svým vlastnostem a vysoké ceně, zcela specifické použití. Polykrystalický diamant se používá pro obrábění vláknově vyztužených kompozitů a zejména hliníkových slitin (se zvýšeným obsahem Si, v automobilovém průmyslu), kde lze aplikovat řezné rychlosti až do hodnoty 5000 m/min. Protože diamant je uhlík v kubické modifikaci, nesmí se pro svoji vysokou afinitu k železu používat pro obrábění ocelí ani litin. PKNB je obecně doporučován pro obrábění tvrdých, kalených materiálů, s tvrdostí minimálně 45 HRC. [14]

1.5.3 Typické příčiny opotřebení nástrojů

Frézy pracují vždy s přerušovaným řezem. Po záběru břitu, při kterém dojde k zahřátí, se břit opět chladí rotačním pohybem vzduchem nebo řeznou kapalinou (obr. 22). Mnohé řezné materiály a ještě více povlaky břitových destiček reagují na tyto změny teploty únavou materiálu nebo odlupováním povlaku. Přerušovaným řezem vzniká také rázové zatížení destiček při každém novém zařiznutí.

Jestliže leží osa frézy uvnitř obrobku, zachycuje náraz plocha čela. Pokud však leží osa nástroje mimo obrobek, dochází, stejně jako u sousledného frézování, k nárazu břitu na obrobek. Často dochází k vylovení destičky i při výstupu břitu z obrobku. Náhlé odlehčení tlaku může vést u křehkých řezných materiálů k trhlinám nebo vylovení destiček. [11]



Obr. 22 Změny teploty na břitu [11]

1.5.4 Druhy opotřebení nástrojů a opatření k jejich odstranění

S rostoucím opotřebením nástroje se zhoršuje kvalita opracovaného povrchu a při opotřebení hřbetu nástroje se mění rozměr opracovaného dílu, protože se mění rozměr nástroje.

Opotřebení hřbetu

Je běžnou formou opotřebení. Zvýšené opotřebení plochy hřbetu může vzniknout při příliš malém posuvu na zub nebo při nesousledném obvodovém frézování.

Vymílání

Vyskytuje se při vysokých teplotách nástroje, které lze snížit snížením řezné rychlosti.

Příčné trhliny

Mohou vzniknout rázovým namáháním nedostatečně houževnatých břitových destiček. Je třeba se snažit také o výhodné zařiznutí a výstup břitu.

Hřebenové trhliny

Jsou důsledkem časté změny teploty, způsobující roztahování a smršťování, které má za následek únavu řezného materiálu. Vhodným opatřením je snížení řezné rychlosti a obrábění bez použité řezné kapaliny.

Vylamování a odlamování

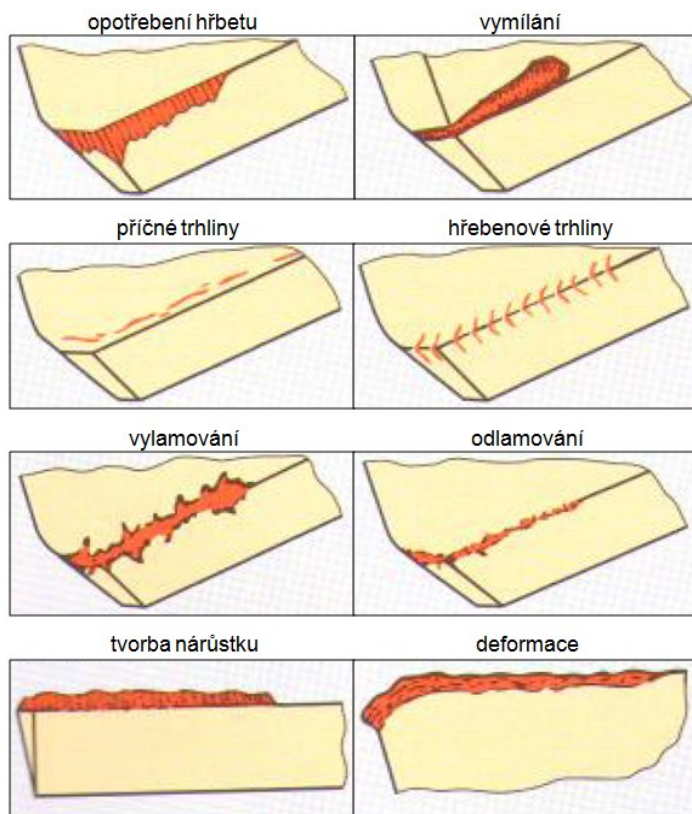
Vzniká na hranách břitu příliš velkými řeznými silami a teplotními výkyvy při nízké houževnatosti řezného materiálu.

Nárůstek

Tvoří se při obrábění oceli nepovlakovanými HSS nástroji nebo břitovými destičkami ze slinutých karbidů při příliš nízké řezné rychlosti. Na ostří se tvoří tzv. nárůstek, navařováním drobných třísek. Doporučit lze použití povlakovaných nástrojů nebo také keramické řezné materiály, které se s ocelí nesvařují.

Deformace

Jsou znakem příliš vysokého tlaku na břity. Pomůže snížení posuvu na zub nebo použití tvrdších slinutých karbidů. [11]



Obr. 23 Druhy opotřebení nástrojů [11]

2 OPTIMALIZACE VÝROBNÍCH PROCESŮ

Hlavním pilířem každého hospodářství jsou výrobní firmy, které jsou charakterizovány řadou procesů a operací zajišťujících hospodárnost a naplnění jejich poslání, resp. cílů. Každá firma si klade za cíl vyrábět výrobky nebo poskytovat služby tak, aby bylo dosaženo zisku a aby dosáhla spokojenosti zákazníků, kteří tyto výrobky nebo služby využívají.

Naprostá většina výrobních firem, napříč všemi odvětvími průmyslu, je v současné době vystavena obrovskému tlaku trhu, na snižování cen svých výrobků. Udržet svůj produkt na trhu a obstát v mnohdy velmi silné konkurenci přináší výrobním společnostem řadu stěžejních problémů a úkolů, které si zasluhují obrovskou pozornost a velké úsilí o vylepšení. Obecné problémy jsou známy: nízká produktivita, vysoké výrobní náklady a nedostatek kvalifikovaných pracovníků. Cestou, jak změnit tento stav, je neustálá (trvalá) optimalizace výrobních procesů.

2.1 Optimalizace vs. Plýtvání

Optimalizace a plýtvání jsou slova, která vyjadřují dvě úplně odlišné věci. Přesto spolu úzce souvisí. Každý kdo chce optimalizovat, musí se ze všeho nejdřív zaměřit na zdroje plýtvání. Odhalením a odstraněním zdrojů plýtvání lze účinně výrobní procesy zjednodušit, zrychlit, zkvalitnit a v neposlední řadě zlevnit.

Optimalizace

„Optimalizace“ je slovo, které původně pochází z latiny a dalo by se přeložit jako výběr nejlepší varianty z několika možných. Podobně slovo „optimální“ je možné interpretovat jako: nejlepší, nejlépe vyhovující. Dalo by se říct, že slova jako „optimalizace“ nebo „optimální“ se stala součástí jak našeho běžného, tak i odborného firemního slovníku.

Optimalizace procesů je výhodná pro všechny výrobní firmy, ať už pro malé nebo pro ty velké. Téměř v každé organizaci se časem vytvoří velké množství procesů, které jsou řešeny automaticky nebo nahodile. Pokud vše funguje tak, jak má – firma vykazuje zisk a zákazníci se vracejí, necítí vedoucí pracovníci potřebu něco měnit. Dojde-li však k případům, že firma najednou neobstává v konkurenčním boji a přichází o zákazníky, nastává nejvyšší čas na to, podívat se podrobně na své procesy a pokud už není úplně pozdě, začít optimalizovat.

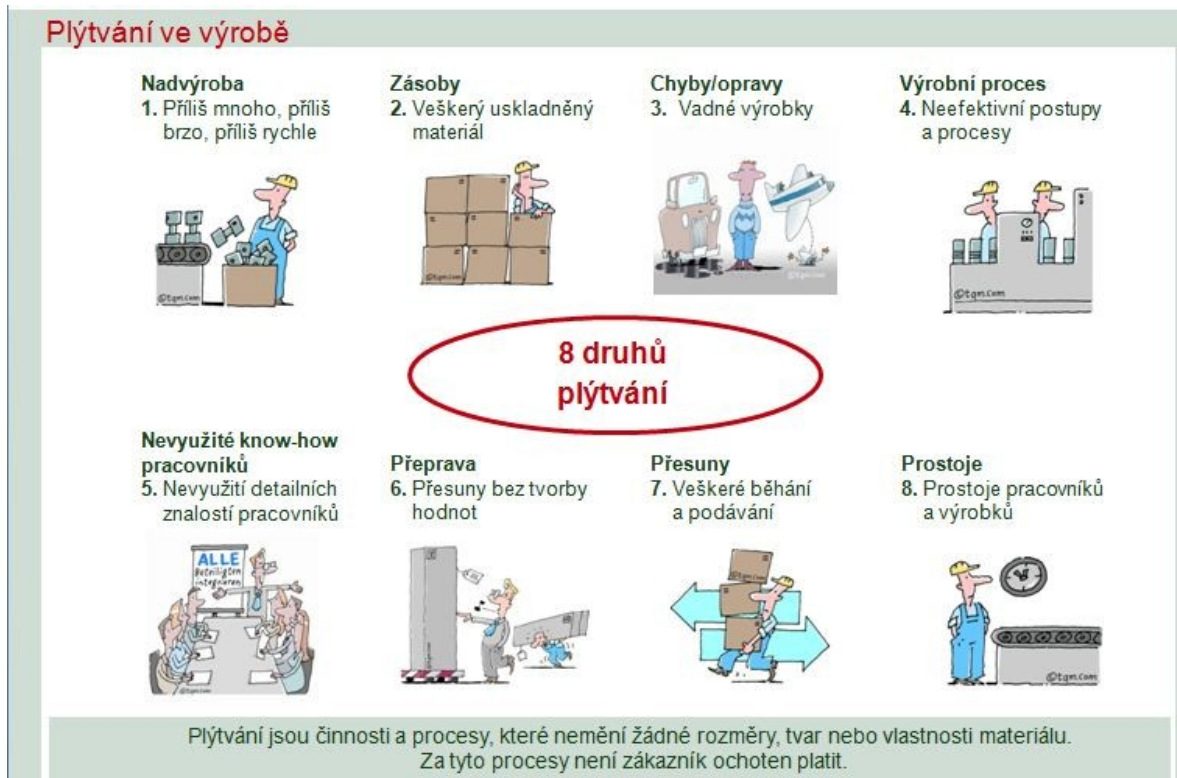
K optimalizování výrobních procesů přitom není nutné investovat velké množství finančních prostředků do nových technologií. Úplně postačí, když se pracovníci napříč celou

firmou, od obsluhy výrobního stroje, po vrcholný management, naučí vidět potenciály ke zlepšení. Nemałym potenciálem ke zlepšení výrobních procesů při jejich realizaci je zamezení plýtvání.

Plýtvání

Všechno, při čemž se nevytváří hodnota, je plýtvání! Plýtvání jsou tedy činnosti a procesy, které nikterak nemění rozměry, tvar nebo vlastnosti a které nepřispívají ke zvyšování nebo zachování hodnoty produktu. Za tyto procesy zákazník *není* ochoten zaplatit.

- **Nadbytečná výroba** – výroba probíhá příliš rychle nebo příliš brzy. Výrazně ovlivňuje výkonnost podniku
- **Nadbytečné zásoby** – zbytečné vázání kapitálu a ploch využitých ke skladování, které by mohly být využity efektivněji.
- **Vadné výrobky** - přináší náklady na opravu, případně neprodejné zboží, které se musí odepsat. V případě, že k odhalení dojde až u zákazníka, může fungovat jako špatná reklama a způsobit odliv zákazníků.
- **Výrobní proces** – neefektivní postupy a procesy
- **Nevyužitý Know-how** – nevyužívání znalostí a zkušeností pracovníků
- **Přeprava a přesuny** – veškeré přesuny a manipulace bez přidané hodnoty
- **Zbytečné pohyby** – ztráty času neproduktivními pohyby, hledání nástroje atd.
- **Prostoje** – čekání na materiál, na informaci, na předchozí pracovní krok



Obr. 24 Motivační karta „8 druhů plýtvání“ [28]

2.2 Metody a nástroje pro optimalizaci

Metod a nástrojů pro optimalizaci procesů existuje velmi mnoho. Z dnešního pohledu se jeví jako jedny z neúspěšnějších a neúčinnějších metody, jejichž vznik je připisován japonským firmám, díky kterým se z Japonska po druhé světové válce stala hospodářská velmoc a významný konkurent v různých oblastech průmyslové výroby. [5]

Nejznámější japonskou firmou, která velmi profitovala ze zavádění metod pro optimalizaci výroby je společnost Toyota se svým systémem řízení výroby TPS (Toyota Production System). Principem systému řízení výroby TPS bylo využívání strategie Lean Manufacturing a filozofie Kaizen.

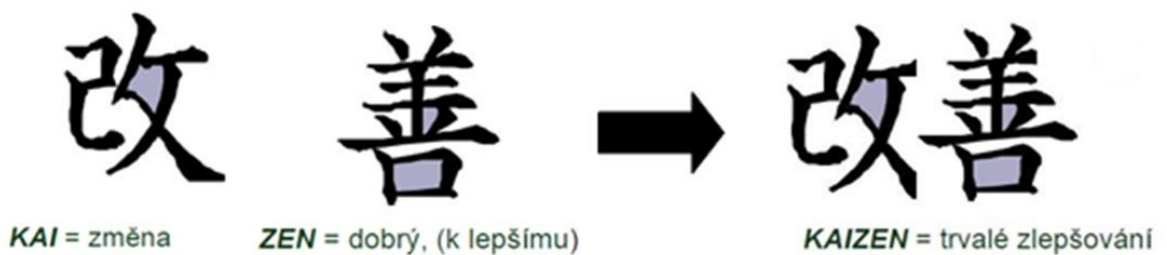
Lean Manufacturing

Překládá se do češtiny jako štíhlá výroba a jedná se o výrobní strategii, pracující s tím, že procesy, které mají jiné cíle, než vytvoření hodnoty pro zákazníka, jsou ztrátové a je potřeba je eliminovat. Hodnotou pro zákazníka je myšleno to, za co je ochotný zaplatit.

Kaizen

Kaizen je filozofie zaměřující se na procesy neustálého zlepšování. Zaměřuje se na zlepšení činností v každé oblasti výroby. Základem je kultura zlepšování, nespokojenost se současným stavem a neustálé hledání a odstraňování plýtvání. Představuje filozofii myšlení zaměstnanců na všech úrovních od generálního ředitele, po pracovníky na výrobních linkách. Kaizen je výraz složený ze dvou japonských slov: KAI – změna a ZEN – dobrý, lepší, což se dá interpretovat jako změna k lepšímu. [9]

Filozofie Kaizen obsahuje několik zásadních metod, kterými jsou například PDCA, SMED, Kanban, 5S, TPM, Poka-Yoke. Tyto metody jsou skvělými nástroji pro optimalizaci výrobních procesů.

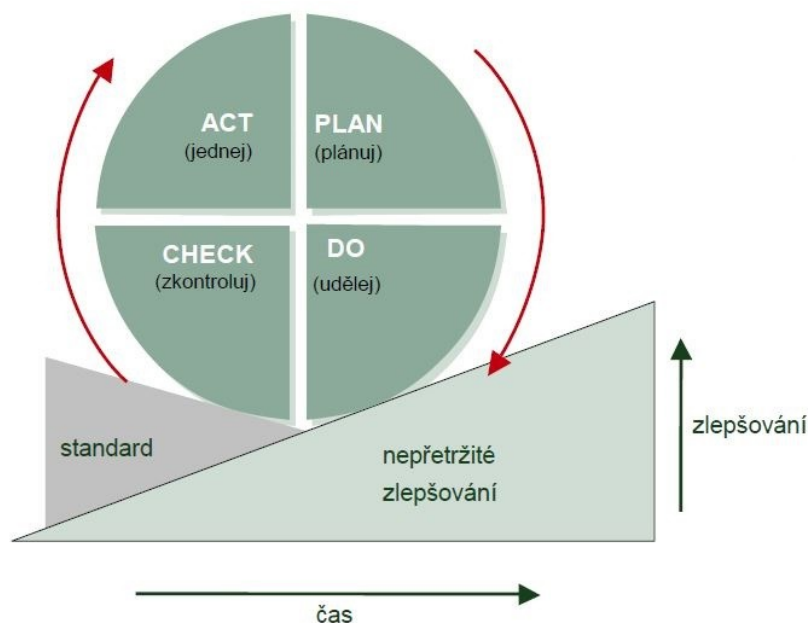


Obr. 25 Kaizen [28]

2.2.1 PDCA

Autorství metody je připisováno Williamu Edwardsi Demingovi, který se inspiroval myšlenkami Waltera A. Shewharta z oblasti statistických metod, aplikovaných při kontrole výroby a v řízení. W. E. Deming rozvinul toto téma do oblasti řízení kvality. Podle autora je někdy cyklus PDCA nazýván Demingovým cyklem. [6]

PDCA cyklus je jeden z klíčových manažerských principů, popisující síly, roztáčející inovační kolečko, které je hnacím motorem neustálého zlepšování. Používá se jako přesně stanovený a cyklicky se opakující sled kroků a činností při zavádění inovací a zvyšování výrobní kvality.



Obr. 26 Cyklus PDCA [28]

Plan-Do-Check-Act se skládá z následujících prvků:

- Plan ► systematické naplánování a zdokumentování výrobních kroků
- Do ► důsledná realizace těchto postupů podle plánování
- Check ► kontrola výsledků pomocí posouzení, jestli bylo dosaženo plánovaného cíle
- Act ► oprava, pokud nebylo dosaženo požadovaného výsledku

Aby se nově dosažený stav nevrátil opět do starého stavu, je důležité zajistit nové poznatky novým standardem.

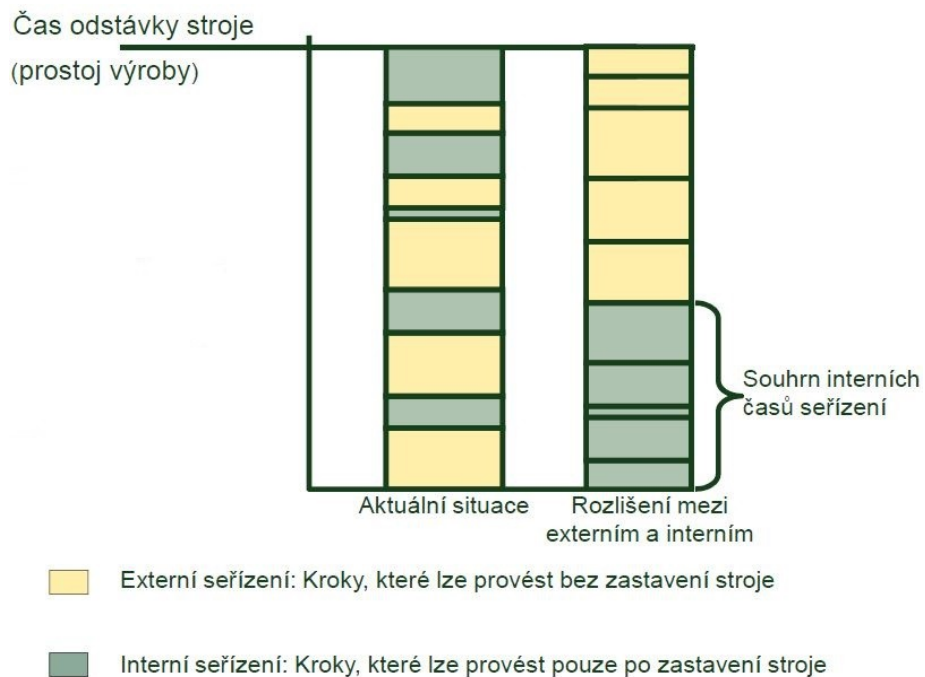
2.2.2 SMED

SMED je zkratkou z anglického „Single Minute Exchange of Dies“ což by se dalo přeložit jako „Výměna nástrojů v jednotkách minut“. Jedná se o proces, který umožňuje snížení časových ztrát při přeseřzení dvou rozdílných výrobků na stejném stroji.

Metoda vychází z pozorování a analýzy původního procesu. Změnou organizace práce a standardizací postupu práce při přeseřzení, lze dosáhnout významného snížení času, potřebného pro změnu nastavení výrobního stroje z jednoho typu výrobku na druhý.

Jedním z hlavních cílů metody je změnit co nejvíce činností, které se prováděly ve chvíli, kdy stroj stál (nevyráběl), na činnosti, které je možno provést za chodu stroje (nevzniká omezení produkce) :

- čas hledání přípravků, náradí, měřidel, ...
- čas čekání na manipulátory, pracovníky, ...
- čas nastavení měřidel, nástrojů,...



Obr. 27 Vizualizace interních a externích činností u metody SMED [28]

Zavedení metody SMED má hned několik přínosů:

- zlevnění výroby (z dlouhodobého hlediska)
- zvýšení flexibility výrobní linky, stroje nebo zařízení
- snížení potřeby dalších výrobních zařízení
- snížení mzdových nákladů
- snížení nákladů na výrobní dávku
- snížení zásob kvůli vyšší flexibilitě
- zvýšení stability procesu

2.2.3 Kanban

Kanban je flexibilní metoda řízení výrobních procesů, vyvinutá Taiichi Ohnem ve společnosti Toyota. Toky materiálu se orientují výhradně na skutečnou spotřebu materiálu na místě dodání a místě spotřeby. Základním nosičem jsou zde kanbany (japonské označení pro štítek nebo kartičku), plnicí funkce objednávek a průvodek. Pracoviště, kterému dochází zásoba součástí určitého druhu, vystaví objednávkový kanban a spolu s prázdným přepravním zásobníkem jej odešle pracovišti, které tyto součásti dodává. Tady je zásobník naplněn předepsaným počtem součástí a vrácen odběrateli s průvodním kanbanem. Objednané množství bývá velmi malé, například asi 1/10 denní potřeby. O dodávku takto žádá vždy následující pracoviště. Předcházející pracoviště objednávku musí splnit přesně co do množství i času. [10]

Přednosti Kanban:

- zvyšování schopnosti dodávat
- trvalé snižování zásob (díky postupnému odběru ze zásobníků Kanban)
- kratší průběžná doba
- redukce skladovacích ploch
- zvyšování produktivity (méně kroků k manipulaci, méně časů hledání a čekání)
- co nejmaximálněji se zamezí přerušení zásobování a nadměrným zásobám

2.2.4 Metoda 5S

Metoda 5S slouží jako nástroj pro bezpečné, čisté a přehledné uspořádání pracovního prostředí a jeho okolí. Je základním předpokladem pro zlepšení pracovních procesů, které tam probíhají. Systematickým přístupem je pracoviště zlepšováno a prostřednictvím angažovanosti zaměstnanců udržováno ve stavu organizovaného, čistého a vysoce výkonného pracovního prostředí.

Název metody byl odvozen z počátečních písmen pěti japonských slov, která charakterizují pět jednotlivých kroků metody:

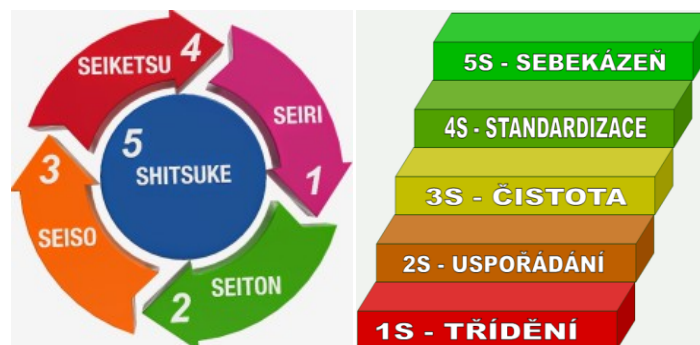
Seiri (vytřídit, separovat) - Cílem tohoto kroku je, aby na pracovišti zůstaly jen potřebné předměty, v potřebném množství. Nahromaděním nepotřebných předmětů (např. nástrojů) na pracovišti vede k plýtvání. Pracovníci hledají správný materiál, provádějí se zbytečné pohyby, dochází k chybám v objednávkách, nevyužívá se produktivně pracovní prostor.

Seiton (uspořádat, systematizovat) - Cílem tohoto kroku je nalézt nejvhodnější umístění a označení potřebných položek a předmětů na pracovišti. Předměty musí být umístěny tak, aby byly snadno k nalezení a připraveny k okamžitému použití.

Seiso (čistota, udržování pořádku) - V tomto kroku je potřeba stanovit co se bude čistit, kdy se to bude čistit a kdo to bude vykonávat. Cílem je snížení pravděpodobnosti zranění, menší zmetkovitost, snížení poruchovosti strojů.

Seikutsu (standardizovat) - Cílem tohoto kroku je zavedení standardu. Každý pracovník musí vědět co, kdy, kdo a proč má dělat, čistit, udržovat, kontrolovat.

Shitsuke (sebekázeň, disciplína) - Cílem je trvalé udržení zavedených standardů a zlepšování současného stavu. Jsou uskutečňovány pravidelné audity a realizována dodatečná školení.



Obr. 28 Vizualizace 5 kroků metody 5S [28]

2.2.5 TPM

TPM je zkratkou z anglického „Total Productive Maintenance“ což by se doslova dalo přeložit jako „Absolutní údržba výrobních prostředků“ nebo trochu volněji jako "Preventivní údržba". Cílem tohoto nástroje je maximální efektivita výrobních zařízení po celou dobu jejich životnosti. Týká se všech zaměstnanců ve všech odděleních a na všech úrovních. Motivuje zaměstnance k údržbě prostřednictvím vytipovaných aktivit a její součástí jsou takové základní prvky, jako vytvoření systému údržby, školení v oblasti základní údržby a řešení problémů, a činností vedoucích k nulové poruchovosti. [5]

Vysoká spolehlivost strojů a zařízení je hlavním předpokladem pro produktivní a kvalitní výrobu. Proto se nástrojem TPM usiluje o snížení následujících 6 druhů ztrát na strojích a zařízení:

- příprava, výměna nástrojů, seřízení
- výpadky zařízení
- snížená rychlost
- ztráty při náběhu a doběhu
- běh naprázdno, krátké zastávky
- zmetky a opravy



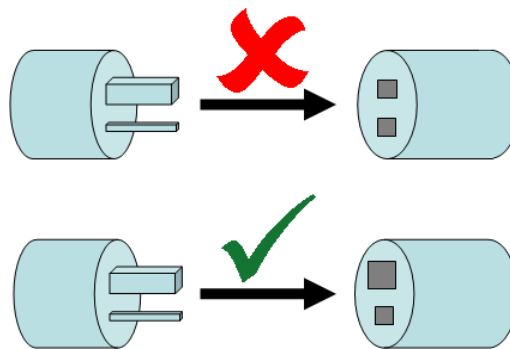
Obr. 29 Motivační karta „6 druhů ztrát na strojích“ [28]

2.2.6 POKA-YOKE

Poka-Yoke vychází z japonštiny a znamená "jistý proces" v tom smyslu, že "proces nepřípouští žádné chyby" (přesně přeloženo: chráněno proti nesprávné manipulaci)

Cílem Poka-Yoke je uspořádat procesy tak, aby se nemohly vyskytovat neúmyslné, popřípadě náhodné chyby. U strojů způsobené příčinami výpadků, u lidí způsobené nepozorností, vynecháním, záměnou, opomenutím, špatným přečtením, špatnou interpretací kvůli hlukovému zatížení, špatnému osvětlení, únavě, nepozornosti atd.

Tato filosofie nepřijímá chyby jako nevyhnutelné, ale bojuje s nimi pomocí kontrolních metod k vyhnutí se příčinám chyb. Pracoviště je organizováno tak, že špatné procesy jsou znemožněny nebo alespoň označeny. K tomu také patří i uspořádání pracoviště, které předem vylučuje možné selhání člověka.



Obr. 30 Metoda Poka-Yoke [27]

Příklady využití metody Poka-Yoke :

Poka-Yoke - Tvar: V nemocnici se nesmí zaměnit tato média: kyslík, stlačený vzduch, rajský plyn a vakuum. Z toho důvodu má každá přípojka jiný tvar. V silnoproudu je důležitá intenzita proudu a točivé magnetické pole. Z toho důvodu jsou zástrčky tvarované tak, že nemohou být zaměněny.

Poka-Yoke - Průběh: U bankomatu je důležité, aby zákazník nenechal svou kartu zastrčenou v automatu. Z toho důvodu nejprve vyjede karta a teprve poté, co ji zákazník vyjme, jsou vydány peníze.

Poka-Yoke - Proces: Při tankování se pořád stává, že víčko palivové nádrže zůstane ležet na čerpacím stojanu. Z toho důvodu je u mnoha aut spojeno s autem pomocí gumového proužku.

3 SHRNUÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

V první kapitole teoretické části bakalářské práce jsem se věnoval technologii frézování. Tato technologie obrábění je používána na pracovišti, které bude předmětem optimalizace. Jsou zde všeobecně popsány základní metody a druhy frézování, používané druhy strojů a nástrojů, včetně materiálů, které se pro výrobu nástrojů používají.

Ve druhé polovině teoretické části jsem se zabýval tématy optimalizace a plýtvání ve výrobních procesech. Popsal jsem metody a nástroje pro optimalizaci, které se postupně stávají každodenní součástí v moderních firmách, snažících se udržet svůj produkt na trhu a obstát v mnohdy velmi silném konkurenčním boji. Některé z těchto nástrojů procesního inženýrství budou použity pro zmapování situace a následnou optimalizaci zmíněného pracoviště Frézování, jejíž průběh a výsledky se stanou předmětem praktické části této bakalářské práce.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce je optimalizace výrobního úseku ve firmě, která se zabývá výrobou dílů a precizních součástek pro textilní průmysl. Předmětem optimalizace bude pracoviště Frézování, které lze kvůli náročnosti výroby a vysokým požadavkům na kvalitu, považovat za jedno ze stěžejních pracovišť v závodě. Bude zmapován pracovní proces na pracovišti, vyhledány potenciály ke zlepšení a následně pomocí nástrojů pro optimalizaci, pracoviště optimalizováno.

Firma dnes po celém světě zaměstnává téměř osm tisíc spolupracovníků a se svými zastoupeními, výrobními a prodejními dceřinými společnostmi působí ve více než 150 zemích světa. Historie firmy sahá zpět až do roku 1852, kdy byla založena. Základním kamenem pro dnešní koncernovou společnost se sídlem v Německu bylo sloučení dvou konkurenčních továren na výrobu dílů a součástí pro textilní průmysl v roce 1937.



Obr. 31 Příklady využití výrobků v textilním průmyslu [28]

Zákazníky jsou přední producenti průmyslových, elektronicky řízených pletacích strojů a pletařské firmy zabývající se například výrobou funkčního prádla, triček, dámských punčochových kalhot, ponožek, svetrů, spodního prádla nebo potahových textilií v automobilovém průmyslu.

Technologie výroby těchto produktů je velmi náročná. Zahrnuje desítky pracovních operací, při nichž se pracuje s přesností až na tisíce milimetru.

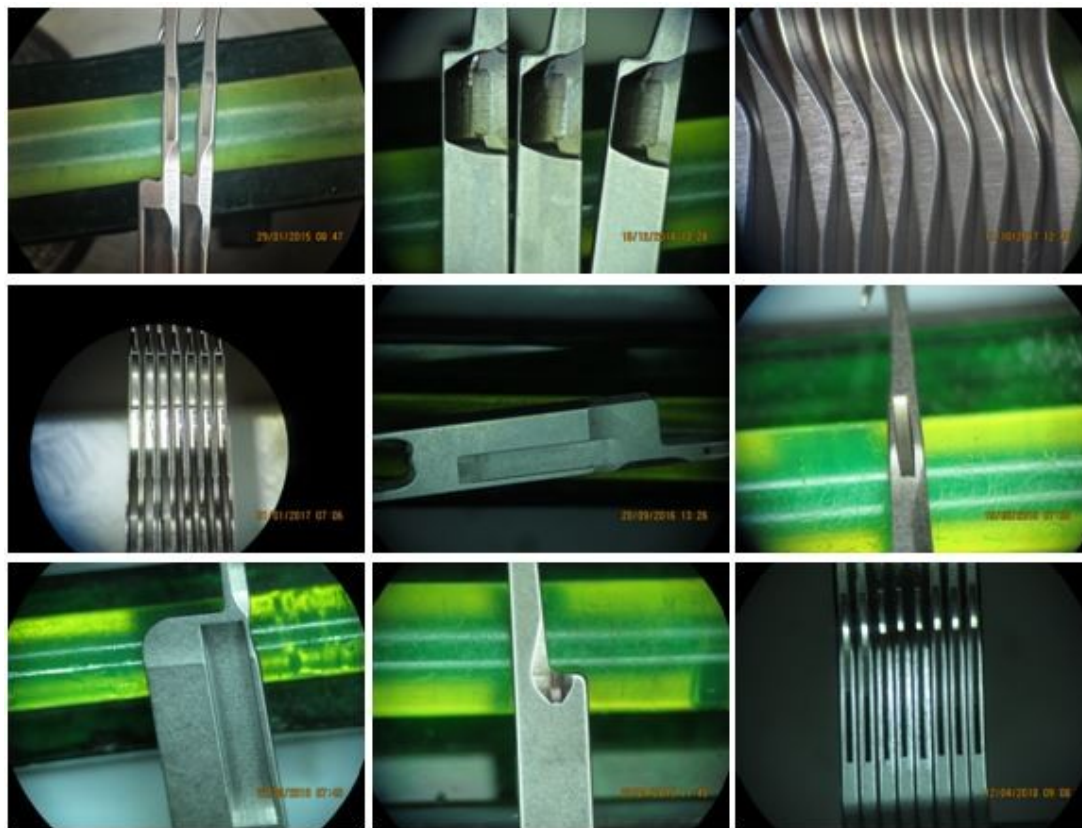
5 PRACOVISTIĚ FRÉZOVÁNÍ

Produkty, které se ve firmě vyrábí, zahájí svou cestu výrobním procesem jako vylisované polotovary, které jsou dodávány z mateřského závodu v Německu. Po vybalení jsou zpracovávány, v závislosti na druhu a obtížnosti výrobku, na 25–30ti různých pracovních úsecích, což se odráží na poměrně dlouhé průběžné době zpracování, pohybující se v průměru okolo 45 pracovních dní.

Vzhledem k náročnosti zpracování, vysokým požadavkům na kvalitu a dlouhým časům, potřebným pro přeseřízení strojů, se řadí pracoviště Frézování k nejdůležitějším ve firmě.

5.1 Popis současného stavu pracoviště

Na tomto výrobním úseku, který bude předmětem optimalizace, jsou výrobky opracovávány technologií frézování. Na produktu jsou frézovány různé drážky, vylehčení, kapsy a úkosy, s požadovanou tolerancí přesnosti $\pm 0,01\text{mm}$. V naprosté většině případů je používáno válcové sousledné frézování.



Obr. 32 Ukázky opracování výrobku na pracovišti Frézování [28]

Pro zpracování výrobních zakázek je zde k dispozici 11 frézovacích CNC strojů. Každý ze strojů je schopen na osmi pozicích provádět na výrobku osm různých typů frézování, ve třech osách.

Nástroje a stroje pro frézování se nenakupují od externích dodavatelů, ale jsou konstruovány, vyráběny a dodávány mateřským závodem v Německu. Jsou považovány za velké Know-how firmy a podle toho jsou i náležitě chráněny.

Pracuje se zde v nepřetržitém provozu, v tzv. modelu 24/7. Pro tento pracovní model jsou zapotřebí čtyři směny, pracující v 12hodinových směnách. Každá směna je obsazena třemi seřizovači a jedním pracovníkem obsluhy (Tab. 1).

Tab. 1 Ukázka rozpisu směn na pracovišti Frézování

Rozpis směn na Frézování - únor 2018																												
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.
Seřizovač 1	N				R	R			N	N	N			R	R				N	N			R	R	R			N
Seřizovač 2	N				R	R			N	N	N			R	R				N	N			R	R	R			N
Seřizovač 3	N				R	R			N	N	N			R	R				N	N			R	R	R			N
Obsluha	N				R	R			N	N	N			R	R				N	N			R	R	R			N
Seřizovač 1	R				N	N			R	R	R			N	N				R	R			N	N	N			R
Seřizovač 2	R				N	N			R	R	R			N	N				R	R			N	N	N			R
Seřizovač 3	R				N	N			R	R	R			N	N				R	R			N	N	N			R
Obsluha	R				N	N			R	R	R			N	N				R	R			N	N	N			R
Seřizovač 1		N	N	N			R	R				N	N			R	R	R			N	N					R	R
Seřizovač 2		N	N	N			R	R				N	N			R	R	R			N	N					R	R
Seřizovač 3		N	N	N			R	R				N	N			R	R	R			N	N					R	R
Obsluha		N	N	N			R	R				N	N			R	R	R			N	N					R	R
Seřizovač 1		R	R	R			N	N			R	R			N	N	N			R	R					N	N	
Seřizovač 2		R	R	R			N	N			R	R			N	N	N			R	R					N	N	
Seřizovač 3		R	R	R			N	N			R	R			N	N	N			R	R					N	N	
Obsluha		R	R	R			N	N			R	R			N	N	N			R	R					N	N	

Pracoviště Frézování v číslech:

- počet frézovacích strojů - 11
- počet seřizovačů - 9
- počet obsluh – 3
- roční plán – 60 milionů kusů
- průměrný denní plán – 165 tisíc kusů
- průměrný počet přeseřizení za měsíc – 40
- průměrný čas potřebný pro přeseřizení stroje – 840 minut
- vytížení/efektivita strojů – 65%

6 OPTIMALIZACE PRACOVIŠTĚ FRÉZOVÁNÍ

Po zmapování výrobního procesu na pracovišti, jsem vytipoval několik oblastí, ve kterých se ukázal možný potenciál ke zlepšení. V rámci optimalizace jsem se zaměřil na úsporu času potřebného pro přeseřizování z jedné výrobní zakázky na druhou, na snížení odstávek strojů v důsledku nepřítomnosti pracovníka servisního oddělení a na celkové zlepšení přehlednosti a uspořádání pracoviště.

6.1 Logistika a příprava výroby

V dceřiné firmě je za správu podkladů a nástrojů potřebných pro výrobu zodpovědné oddělení přípravy výroby, které je součástí oddělení skladu a logistiky. Poté, co je zakázka naplánována oddělením plánování v mateřském závodě v Německu, překontroluje oddělení přípravy výroby podklady pro výrobu, jestli od poslední vyráběné zakázky nebyly provedeny nějaké změny. Stejným způsobem zkontroluje potřebné nástroje pro výrobu a v případě potřeby doobjedná dostatečné množství. Toto se děje vždy 6 týdnů před plánovaným termínem výroby. Když jsou objednané nástroje dodány, jsou naskladněny ve skladě nástrojů.

6.1.1 Příprava výrobní zakázky – výchozí stav

Mistr z pracovní operace Frézování, naplánuje výrobní zakázku na určitý druh stroje, pověří některého ze seřizovačů jeho přeseřizováním a formou výtisku výrobního výkresu mu předá základní informace o produktu, který se bude vyrábět. Seřizovač se začne chystat na přeseřizování tím, že s informací o produktu jde do skladu, kde jsou uskladněny nástroje a další potřebné pomůcky, jakými jsou například profilové výkresy nebo kontrolní přípravky. Vše potřebné je skladníkem vyhledáno a předáno seřizovači. Po návratu ze skladu, pokračuje seřizovač montáží vyfasovaných fréz na frézovací trny a jejich kontrolou na obvodové házení. Následně vyhledá v šuplíkových skříních na pracovišti vhodné upínací přípravky. Tím je fáze „chystání se“ na přeseřizování u konce a může se začít s prací na stroji.

Vzhledem ke vzdálenosti pracoviště Frézování od skladu a poměrně dlouhému času, potřebnému pro vyhledání a nachystání potřebných nástrojů a pomůcek se ukázalo, že příprava před samotným přeseřizováním zabere seřizovači 30 – 40 minut. To lze jednoznačně považovat za plýtvání, které je potřeba řešit optimalizací.

6.1.2 Příprava výrobní zakázky – stav po optimalizaci

Jakmile je zakázka mistrem naplánována na pracovní operaci Frézování na určitý druh stroje, jsou oddělením přípravy výroby potřebné výrobní podklady, výkresy a nástroje připraveny a odepsány ze systému. Informace o tom, která zakázka bude zpracovávána jako další, přijde k pracovníkovi plánování výroby ve formě hlášení ze systému SAP. Množství vychystávaných nástrojů stanovuje podle zkušeností z předchozího zpracování. Tyto nástroje jsou pak vyhledány a připraveny do přehledných a označených zásobníků. Jako podpora pro seřizovače jsou pracovníkem přípravy výroby již frézy namontovány na frézovací trny a přezkoušeny na obvodové házení. Toto se děje maximálně 2 týdny, optimálně 1-2 dny před plánovým termínem zpracování výrobní zakázky.

Vychystání výrobní zakázky

Pracovník přípravy výroby při své pravidelné obchůzce výrobou se svým servisním vozíkem, rozdělí přípravu nových zakázek do nadefinovaných přihrádek přímo na jednotlivých pracovištích. Na oddělení Frézování je vždy určen jeden regál přípravy výroby pro tři až čtyři frézovací stroje. Pozice regálu je na pracovišti přesně definována. Rovněž přihrádky tohoto regálu jsou přesně nadefinovány a přehledně označeny. Přihrádka pro aktuální výrobní zakázku, přihrádka pro následující výrobní zakázku a přihrádka pro nástroje a výrobní podklady z ukončených zakázek. Pokud je známo, která zakázka se bude na stroji zpracovávat jako následující, je příprava pro tuto zakázku dodávána zároveň s aktuálními.



Obr. 33 Servisní vozík pro přípravu výroby

Doplnění náhradních nástrojů

Regály přípravy výroby jsou definovány systémem vstup/výstup. Servisní pracovník kontroluje každé 3 hodiny aktuální stav regálů při pochůzce výrobou a doplňuje zásobníky pro nástroje novými díly. V přihrádce s přípravou pro novou zakázku se nachází dva zásobníky pro nástroje. V jednom, označeném zelenou barvou (vstup) se nacházejí nástroje pro aktuální zakázku. Ve druhém, označeném červenou barvou (výstup), jsou umísťovány opotřeбенé nebo poškozené nástroje. Pokud pracovník, provádějící obchůzku, zaznamená v tomto zásobníku opotřebované nebo poškozené nástroje, překontroluje zbývající vychystané nástroje a v případě potřeby je doplní při další obchůzce.



Obr. 34 Příprava výroby – systém vstup/výstup

Zpětný odběr

Po ukončení výrobní zakázky jsou nástroje z frézovacích strojů demontovány. Seřizovač umístí odmontované nástroje, výkresy a výrobní podklady do přihrádky pro ukončené zakázky. Když pracovník přípravy výroby při své obchůzce a kontrole regálů pro přípravu výroby uvidí ukončenou zakázku, vezme ji s sebou do skladu. Zde jsou použité nástroje zkontrolovány, popřípadě přebroušeny. Ty, které je možné dále použít, jsou znovu naskladněny a připraveny k dalšímu použití. Nástroje, které není možné znovu použít nebo přebrousit, jsou sešrotovány.



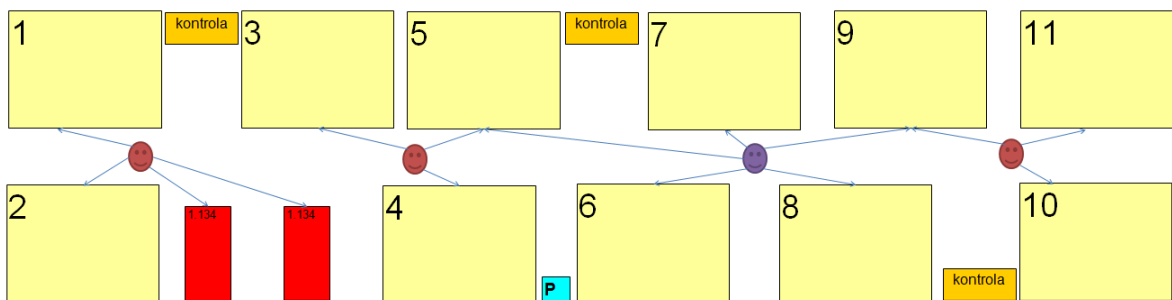
Obr. 35 Regály pro přípravu výroby

6.2 Uspořádání (Layout) pracoviště

Na pracovišti Frézování se nachází 11 frézovacích strojů a 2 stroje, používané u některých výrobních typů pro odstranění ostřiny. Obslužnost pracoviště je zabezpečena třemi seřizovači a jedním pracovníkem, jehož úkolem je obsluhovat produkující stroje, odstraňovat menší závady a provádět kontrolu produkovaných dílů.

Každý seřizovač obsluhuje „svou“ skupinu strojů, provádí výměnu nástrojů, kontroluje produkci a v případě nutnosti provádí korekci a optimalizaci chodu stroje. V případě, že je potřeba některý ze strojů přeseřít na nový typ produkce, věnuje se této činnosti a obsluha zbývajících strojů je rozdělena mezi ostatní pracovníky.

Na pracovišti se nacházejí i tři kontrolní místa, která jsou mezi stroji rozmístěna tak, aby byla odkudkoli dosažitelná bez dlouhých cest. Vybavení kontrolních stolů mikroskopy, měřicími přístroji a prostředky pro kontrolu, je naprosto identické. Díky tomu může být kontrola provedena na kterémkoli z nich.



Obr. 36 Layout pracoviště Frézování

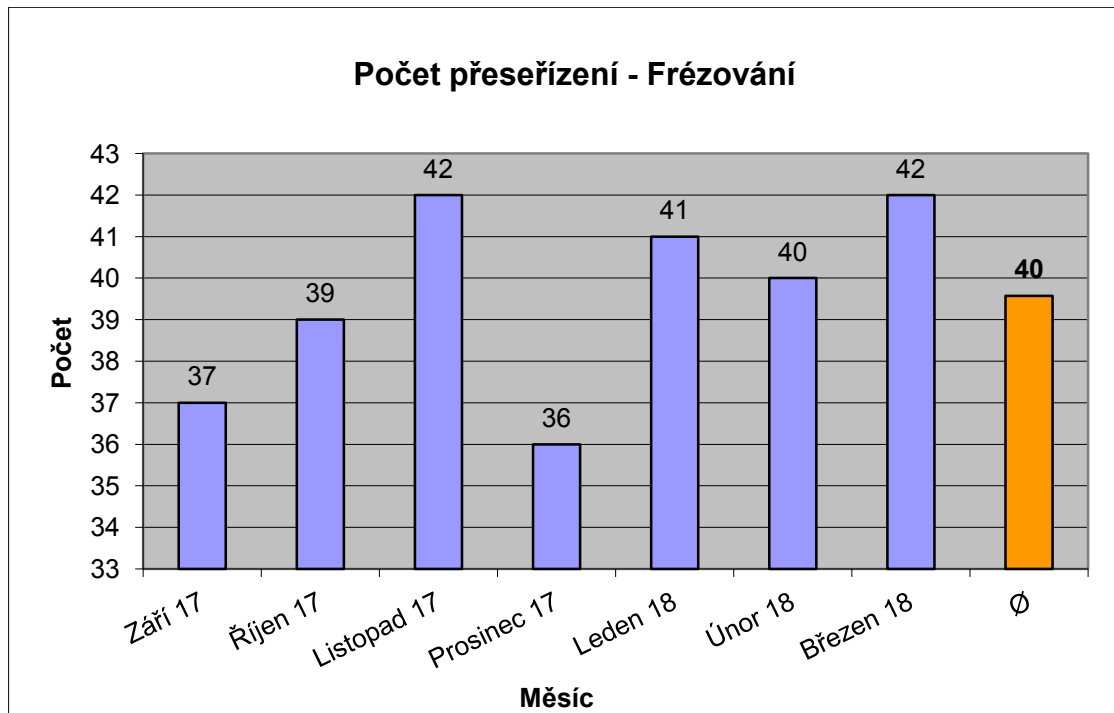
Pro provoz frézovacích strojů je nutná portálová jeřábová dráha, kterou se manipulují těžká břemena, v podobě frézovacích jednotek. Svým dosahem pokrývá jenom část haly, nad pracovištěm Frézování.

Vedením firmy byl již schválen koncept, zabývající se zpracováním jednotlivých druhů vyráběných dílů do tzv. výrobních linií. Předpokládá se propojení vždy několika pracovišť dohromady a vyžádá si rozsáhlé proškolení pracovníků, kteří budou zodpovědní za produkci i na jiných strojích než dosud. Bude nutná i kompletní změna uspořádání všech výrobních strojů na hale. Naplánovaná reorganizace je naplánována na polovinu roku 2019 a bude znamenat poměrně velké investice do přípravných prací a školení pracovníků.

S ohledem na tuto skutečnost, se jeví změna aktuálního layoutu pracoviště jako bezpředmětná a nebudu se jí v rámci této bakalářské práce zabývat.

6.3 Přeseřzení - SMED

Čas potřebný k přeseřzení stroje z jedné výrobní zakázky na druhou je faktor, který významně ovlivňuje strojní vytížení, a s tím spojenou průběžnou dobu zpracování dílů na pracovišti. Na pracovišti Frézování se počet přeseřzení pohybuje v průměru okolo čtyřiceti za měsíc (obr. 37). Vzhledem k průměrné době trvání jednoho přeseřzení 840 minut, se stává tato činnost zajímavou z pohledu optimalizace.



Obr. 37 Počet přeseřzení na pracovišti Frézování

Přeseřzení stroje je složeno z několika činností. Začíná demontáží nástrojů a přípravků z předchozí výrobní zakázky a přípravou stroje, nástrojů, přípravků, kontrolních a měřicích prostředků pro zakázku následující. Následuje seřizení jednotlivých částí stroje, tvorba NC programů a jejich přenos do stroje. Takto připravený stroj se osadí několika polotovary a seřizovač začne s optimalizací jednotlivých frézování dle výkresové dokumentace. V případě odchylek od předepsaných parametrů, provádí jemné doladění až do chvíle, než všechna frézování odpovídají rozměrovým a kvalitativním požadavkům a stroj je schopen produkovat v optimálním taktu.

Po analýze činností prováděných při přeseřzení stroje, jsem rozdělil jednotlivé činnosti do tabulky a každé z nich byl měřením určen průměrný čas, potřebný k jejímu splnění. Tato data posloužila jako výchozí stav před optimalizací (Tab. 2).

Tab. 2 Prováděné činnosti při přeseřizení – výchozí stav

	Prováděná činnost při přeseřizení	čas [min]
1	demontáž nástrojů a přípravků z předchozí zakázky	20
2	úklid stroje po předchozí zakázce	30
3	příprava nástrojů a přípravků pro aktuální zakázku	30
4	příprava měřících přístrojů a kontrolních prostředků	10
5	seřízení transportu opracovávaných dílů	40
6	seřízení upínacích svěráků	80
7	seřízení pozičních jednotek	160
8	příprava NC-programů	80
9	přenos NC-programů do stroje	30
10	seřízení frézovacích jednotek	240
11	optimalizace frézování dle výkresové dokumentace	120
	celkem:	840

Cílem metody SMED, je rozdělit činnosti na interní a externí. Interní činnosti je možné provádět pouze po zastavení stroje. Naopak externí, lze provádět bez nutnosti zastavení stroje - nevzniká omezení produkce. Po rozdělení bylo zřejmé, že podaří-li se provést externí kroky předem, tedy v momentě, kdy stroj produkuje předcházející zakázku, můžeme tím ušetřit až 23% času z prostoje stroje (obr. 38).



Obr. 38 Podíl interních a externích činností při přeseřizení

Byla zavedena následující zlepšení při provádění činností, které lze provádět externě:

- Přípravu nástrojů a přípravků převzalo oddělení přípravy výroby (viz Kap. 6.1.2)
- Na pracoviště bylo instalováno místo pro předseřízení upínacích svěráků, které simuluje podmínky na stroji. Svěráky tak mohou být seřizeny externě předem (obr. 39).
- Díky včasné informaci o následující zakázce, mohou být NC-programy nachystány dřív, ještě v průběhu produkce předcházející zakázky.

Tab. 3 Prováděné činnosti při přeseřizení – po optimalizaci

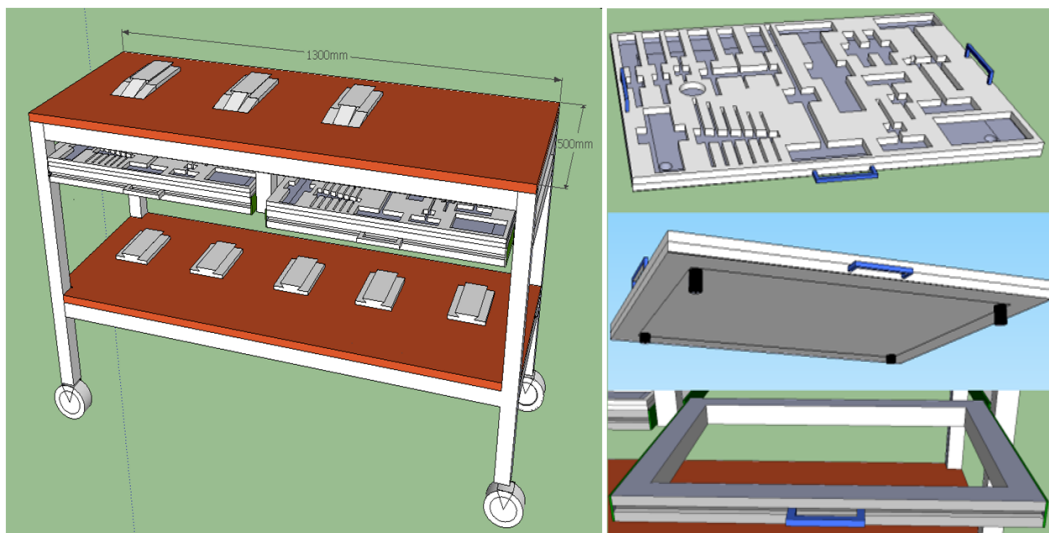
	Prováděná činnost při přeseřizení	interní	externí	čas [min]
1	demontáž nástrojů a přípravků z předchozí zakázky	x		20
2	úklid stroje po předchozí zakázce	x		30
3	příprava nástrojů a přípravků pro aktuální zakázku		x	0
4	příprava měřicích přístrojů a kontrolních prostředků	x		10
5	seřizení transportu opracovávaných dílů	x		40
6	seřizení upínacích svěráků		x	0
7	seřizení pozičních jednotek	x		160
8	příprava NC-programů		x	0
9	přenos NC-programů do stroje	x		30
10	seřizení frézovacích jednotek	x		240
11	optimalizace frézování dle výkresové dokumentace	x		120
celkem:				650



Obr. 39 Místo pro předseřízení upínacích jednotek

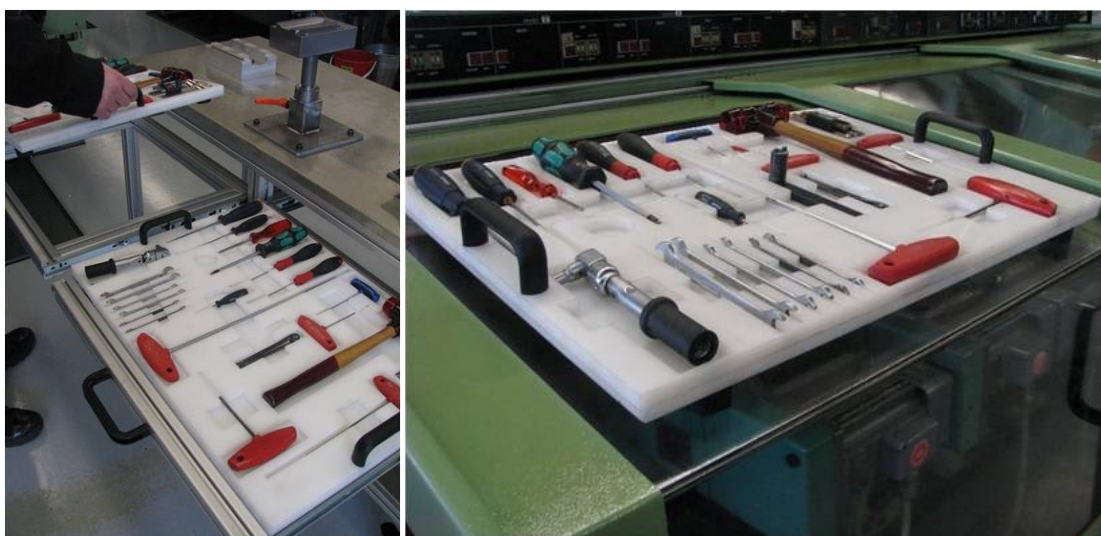
6.3.1 Nářadí pro přeseřzení

Při přeseřzení stroje z jedné výrobní zakázky na druhou je zapotřebí velké množství různého nářadí. Aby se zamezilo plýtvání ve formě hledání vhodného nářadí a s tím spojeným časovým ztrátám při seřizování, byla navržnuta a zrealizována myšlenka standardizovaného nářadí pro kompletní přeseřzení stroje (obr. 40 a 41).



Obr. 40 Nářadí pro přeseřzení – návrh

Byl nadefinován druh a množství potřebného nářadí, které bylo následně uloženo do přenosných zásobníků. Zásobník s nářadím si seřizovač může vzít s sebou a položit si jej přímo na stroj. Po celou dobu přeseřzení má vše potřebné k dispozici a nemusí ztrácet čas hledáním. Vyfrézované tvary nářadí v zásobníku, ve kterém je uloženo, navíc napomáhají i standardu 5S – každý kus nářadí má své přesně definované místo.



Obr. 41 Nářadí pro přeseřzení – realizace

6.4 Zlepšení standardu 5S

Firma zavedla metodu 5S na svých výrobních úsecích už před několika lety. V rámci celé firmy probíhají pravidelné audity 5S, při kterých jsou jednotlivá pracoviště kontrolována a bodově hodnocena. Pracoviště Frézování se při auditech 5S umísťuje mezi ostatními výrobními oblastmi na předních místech. Na první pohled působí čistým a uklizeným dojmem, přesto mapování procesů poukázalo na některé nedostatky. V rámci optimalizace byly navrženy a zrealizovány kroky, které přispěly k celkovému zlepšení přehlednosti a uspořádání.

6.4.1 Vozíky s nářadím

Kromě nářadí pro přeseřzení (viz Kapitola 6.3.1) se na pracovišti Frézování nacházejí ještě další 2 pojízdné vozíky s nářadím. Nářadí je využíváno seřizovači k odstraňování vzniklých závad při produkci, pro výměnu opotřebovaných nástrojů, případně pro drobné opravy v rámci autonomní údržby.

Ve vozících se před optimalizací nacházelo neuspořádané nadměrné množství nářadí, přičemž značná část vykazovala již výrazné známky opotřebování. Jelikož ani šuplíky pro uložení nářadí nebyly v dobrém technickém stavu a několik jich bylo nefunkčních, naskytla se příležitost pro zlepšení v rámci standardu 5S.

Oprava vozíků nebyla již rentabilní, a proto bylo rozhodnuto o nákupu nových. Ty byly vybaveny novým a přesně definovaným nářadím. Každý druh nářadí má teď své místo, což je dáno vyfrézovanými tvary v deskách, uložených na dně šuplíků. Pro lepší orientaci seřizovačů jsou šuplíky označeny popiskem (obr. 42).



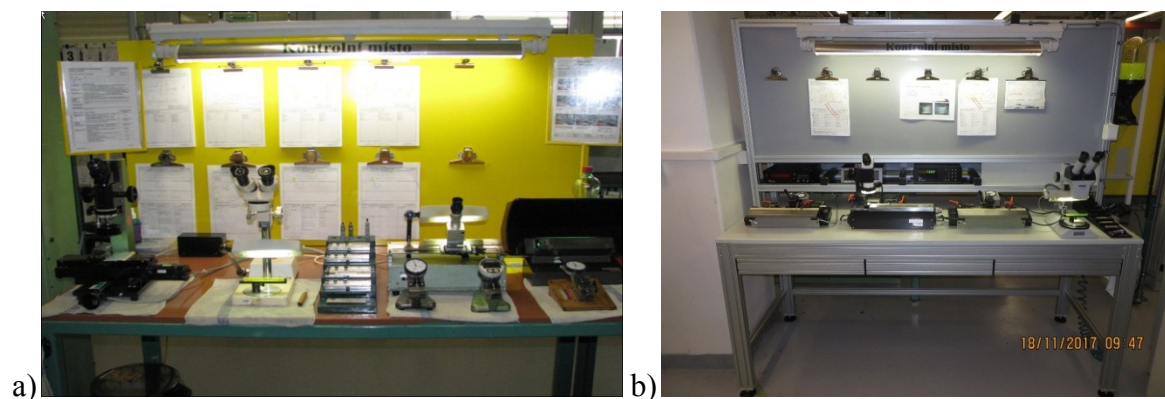
Obr. 42 Standard 5S ve vozíku s nářadím

6.4.2 Kontrolní místa

Na Frézování se nacházejí tři kontrolní místa, která jsou vybavena měřicími přístroji a prostředky pro kontrolu rozměrových a kvalitativních parametrů vyráběných dílů. Všechna kontrolní místa na pracovišti jsou vybavena identicky.

Součástí každého místa je mikroskop, měřicí přístroje pro kontrolu rozměrů, kontrolní šablony a výrobní podklady pro aktuálně vyráběné typy.

V duchu standardu 5S byla ve spolupráci s mistry a seřizovači posouzena potřebnost stávajícího vybavení kontrolních míst. Byly navrženy stoly nové, vybavené šuplíky, do kterých byly uloženy předměty, vyžadující jen občasné použití.



Obr. 43 Kontrolní místo – výchozí stav (a), stav po optimalizaci (b)

6.4.3 Brousíci místo

Pro různé typy výrobků je zapotřebí některé z nástrojů a přípravků přebrousit, vyleštit, popřípadě jinak upravit. Za tímto účelem využívají seřizovači tzv. „Brousíci místo“, na kterém je jim k dispozici svěrák a několik jednoúčelových stolních brusek.

Původní „Brousíci místo“, bylo využíváno i seřizovači z ostatních pracovišť, což si vyžádalo umístění uprostřed haly a s tím spojené cesty seřizovačů mimo své pracoviště. Dalším problémem, vznikajícím kvůli této skutečnosti, byla horší udržitelnost pořádku v rámci standardu 5S.

Tento stav se podařilo optimalizovat díky novému brousíci místu, které se stalo přímo součástí pracoviště Frézování.

Nové místo je vybaveno:

- nastavitelným osvětlením
- odsáváním, které se spouští zároveň se spuštěním některé z brusek
- průmyslovým vysavačem pro úklid pracoviště po použití
- lépe udržovatelnou pracovní deskou z kameniny

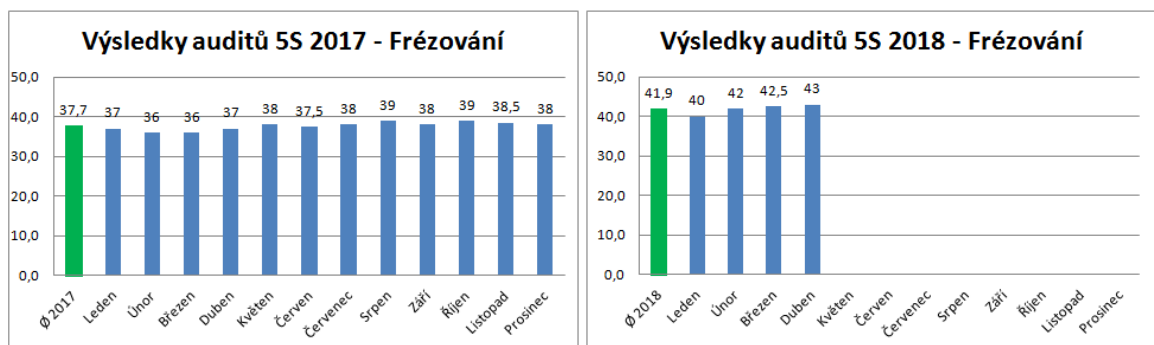


Obr. 44 Brousící místo – po realizaci

6.4.4 Kontrola dodržování standardu 5S

Jednou měsíčně probíhá na všech pracovištích ve firmě audit dodržování standardu 5S. Zavedené kroky, které byly součástí optimalizace počátkem roku 2018, přispěly k celkovému zlepšení přehlednosti a uspořádání pracoviště. Výsledky kontrol dodržování standardu 5S vykazují oproti výsledkům z předchozího roku průměrné zlepšení o 4 body, což je v procentuálním vyjádření více než 10%.

Důležité teď bude trvalé udržení zavedených standardů a zlepšování současného stavu, tak jak velí poslední ze zaváděných kroků standardu 5S - Shitsuke (sebekázeň, disciplína).



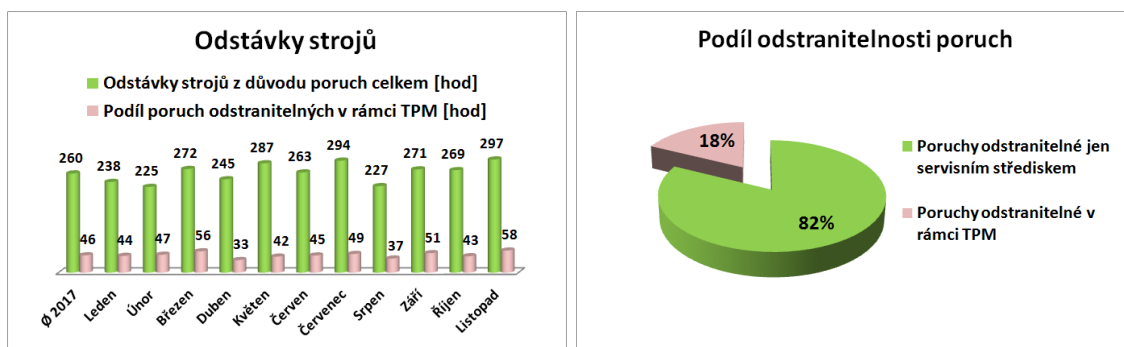
Obr. 45 Výsledky kontroly dodržování standardu 5S [28]

6.5 Zavedení TPM

Jak už dříve zmíněno, na pracovišti Frézování se pracuje ve formátu 24/7 – to znamená v nepřetržitém provozu. Zastaví-li se stroj v důsledku poruchy, může tato odstávka znamenat zbytečnou ztrátu výkonu a efektivity celého pracoviště. Stane-li se to na noční směně nebo o víkendu, tedy v momentě, kdy není k dispozici pracovník servisu, jsou tyto ztráty samozřejmě ještě daleko výraznější.

Jednou ze skutečností, kterou lze při TPM s úspěchem využít, je neustálá přítomnost seřizovačů a obsluhy. Jsou to právě tito lidé, kteří u stroje pracují a kteří jsou se strojem v neustálém kontaktu. Využitím jejich přítomnosti, jejich znalostí a dovedností je možné jednoduchým a levným způsobem technický stav strojů zlepšit a odstranit některé z příčin časových ztrát na strojích. Zavedením TPM na pracovišti přebírají operátoři částečnou roli při údržbě strojů, zlepšují se jejich znalosti a dovednosti a zavádí se prvky týmové práce. Pracovníci servisního střediska se osvobozují od rutinní neproduktivní činnosti a můžou ušetřený čas využít k činnostem, při kterých bude jejich kvalifikace lépe využita (obr. 46).

Analýza odstávek strojů z roku 2017, způsobených vlivem poruch a definováním závad, odstranitelných v rámci autonomní údržby přímo seřizovači, ukázala potenciál na snížení odstávek strojů až o 18% (obr. 46).



Obr. 46 Odstranitelnost poruch v rámci TPM

6.5.1 Rozsah autonomní údržby na stroji

Smyslem zavedení autonomní údržby na pracovišti je maximálně rozšířit nezávislost výroby na oddělení servisu strojů. Důležitým předpokladem jsou jasně rozdělené kompetence mezi výrobou a servisním oddělením.

Analýzou nejčastějších závad a poruch, ke kterým bylo v minulosti nutné volat pracovníky servisního oddělení, byly společně se servisním oddělením vytipovány drobné a snadno proveditelné činnosti, které mohou být v budoucnu prováděny přímo pracovníky výroby. Byl vytvořen soupis činností spadajících do autonomní údržby a seřizovači začali být na tyto činnosti proškoleni (Tab. 4).

Tento program soustavně rozvíjí znalosti a dovednosti operátorů v péči o stroje, metodikou přesně dávkovaných a praxí velmi dobře ověřených změn v roli operátorů.

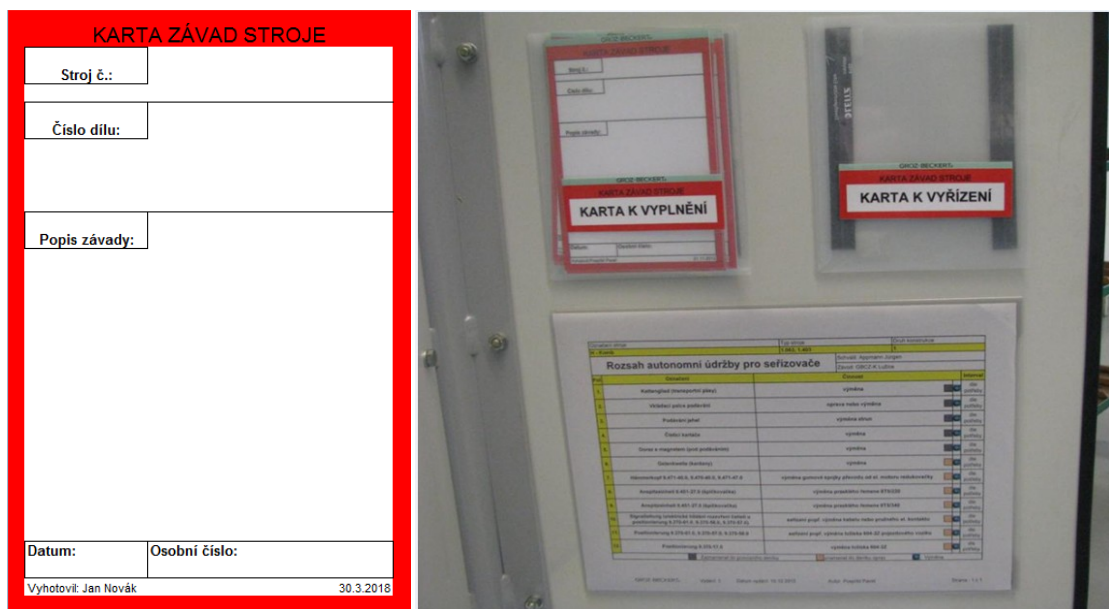
Tab. 4 Rozsah autonomní údržby pro seřizovače

Označení stroje	Typ stroje	Druh konstrukce	
Frézovací automat	1.063, 1.403	1	
Rozsah autonomní údržby pro seřizovače		Schválil: Horst Braun Závod: GBCZ-K Lužice	
Pol.	Označení	Činnost	Interval
1.	Transportní pásy	výměna	dle potřeby
2.	Vkládací palce podávání	oprava nebo výměna	dle potřeby
3.	Podávání polotovaru	výměna strun	dle potřeby
4.	Čistící kartáče	výměna	dle potřeby
5.	Doraz s magnetem (pod podáváním)	výměna	dle potřeby
6.	Kardany	výměna	dle potřeby
7.	Jednotka 9.471-40.0, 9.470-40.0, 9.471-47.0	výměna gumové spojky převodu od el. Motoru	dle potřeby
8.	Jednotka A 9.451-27.0	výměna prasklého řemene 8T5/220	dle potřeby
9.	Jednotka B 9.451-27.0	výměna prasklého řemene 8T5/340	dle potřeby
10.	Elektrické hlídání rozevření čelistí 9.370-01.0, 9.370-56.0, 9.370-57.0	seřízení popř. výměna kabelu nebo pružného el. kontaktu	dle potřeby
11.	Poziční jednotka 9.370-01.0, 9.370-57.0, 9.370-56.0	seřízení popř. výměna ložiska 604-2Z pojezdového vozíku	dle potřeby
12.	Poziční jednotka 9.370-17.0	výměna ložiska 604-2Z	dle potřeby
		Zaznamenat do provozního deníku	Zaznamenat do deníku oprav
			Výměna

6.5.2 Karty závad

Na pracovištích, na kterých se ve firmě začalo zavádět TPM, byly zavedeny takzvané Karty závad stroje. Jedná se o systém, který slouží k zaznamenání závady nebo poruchy stroje, které nemají vliv na chod stroje a kvalitu výrobku. Jedná se o závady zjištěné při čistění stroje, seřizování stroje nebo během produkce. Patří sem např. netěsnost, nefunkčnost kontrolky, poškození závitu apod.

Seřizovač při zjištění závady vypíše kartu a uloží ji na určené místo, kde ji vyzvedne mistr. Společně se servisním oddělením naplánuje opravu. Cílem je přechod od neplánované údržby, k údržbě plánované. Ani seřizovač, ani mistr na konkrétní závadu nezapomenou.



Obr. 47 Karta závad stroje [28]

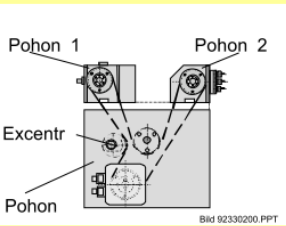
6.5.3 Pravidelná péče o stroje a zařízení

Součástí TPM, je i pravidelná péče o stroje a zařízení. Aktuálně je firma ve fázi rozsáhlé standardizace dokumentů, jejichž účelem je mapování technického stavu výrobních strojů a specifikování pravidel pro jejich pravidelnou péči a údržbu. Postupně jsou zaváděny pro stroje a zařízení inspekční, mazací a úklidové plány.

Na pracovišti Frézování jsou již tyto dokumenty k dispozici a péče o stroje je zajišťována jak seřizovači, tak i servisním oddělením. Na strojích probíhá v pravidelném dvouletém intervalu tzv. „inspekce stroje“, při které je pracovníkem servisního oddělení kontrolován aktuální technický stav stroje. V inspekčním plánu (tab. 5) jsou definovány jednotlivé části

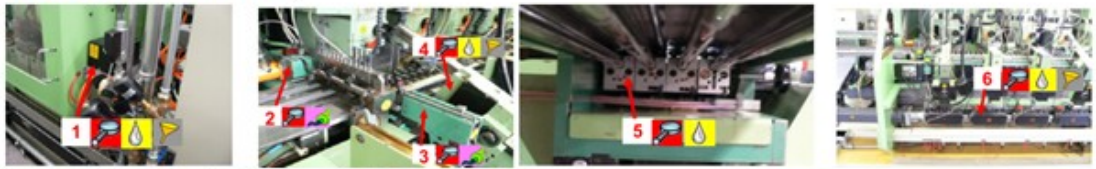
stroje i s požadovanými parametry a vlastnostmi, jichž by měly dosahovat. Lze-li zjištěné závady a nedostatky odstranit, aniž by to dlouhou odstávkou stroje způsobilo komplikace v plánované produkci, učiní tak mechanik ihned při inspekci. Není-li to z nějakého důvodu možné, domluví si servisní oddělení s výrobním oddělením vhodný termín pro opravu.

Tab. 5 Ukázka části inspekčního plánu

Kontroly, které je nutné provést	Měřicí prostředek	Požadovaný stav		Skutečný stav	Poznámky	WS	splněno
		nové	použité				
<div style="text-align: center;">  </div>							
4	Stav opotřebení a napnutí ozubeného řemene	Vizuální kontrola	Bez trhlin, poškození			7	
5	Chod a uložení napínací a vodící kladky	Vizuální kontrola	Lehký chod, bez vůle, napnutí ozubeného řetězu nastavit excentrem			7	
6	U demontované krokové převodovky a jednotky podávání! Uložení a chod hřídel v pohonu 1 a 2, stav hřídelí (drážkovaná hřídel)	Vizuální kontrola	Lehký chod, bez vůle			7	

Dokument „Úklidový a mazací plán“ definuje seřizovačům činnosti, které je nutno provádět v rámci pravidelné péče o „jejich“ stroje. Současně je zde i definován interval provádění těchto činností (tab. 6).

Tab. 6 Ukázka úklidového a mazacího plánu

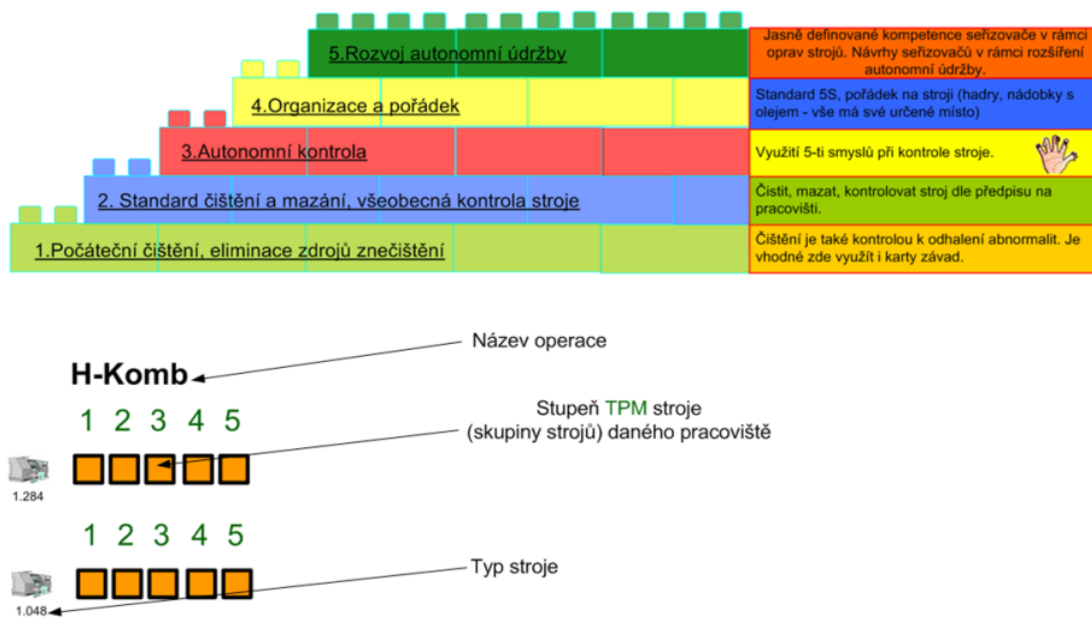
Poz	Označení	Činnost	Mazivo podle seznamu	Interval
Úklidový a mazací plán				
				
Upozornění: dbát na související dokument „A-K-00389 Centrální mazání na krokových transportních strojích“ (K-Orga)				
1	Centrální mazání	zkontrolovat popř. doplnit	OB 1	týdně
2	Podávání	zkontrolovat popř. namazat vedení	FS 1, FS 5	měsíčně
3	Šíbr	zkontrolovat popř. namazat kloubové ložisko a šíbr	FS 1, FS 5	měsíčně
4	Poziční aparáty	zkontrolovat činnost čerpadla popř. doplnit	OG 2	měsíčně
5	Vkládání, posuv, vodící kladky	zkontrolovat popř. namazat	OG 2	měsíčně
6	Rozvodovka	zkontrolovat popř. doplnit	OG 2	měsíčně
Alternativní maziva nejsou povolena! Doplnění Výměna Kontrola Čistění Mazací tuk Mazací olej				

6.5.4 Vizualizace dosaženého stupně TPM na pracovišti

Protože každý člověk nejlépe vnímá a přijímá podávané informace pomocí zraku, je velmi výhodné mu je předávat pomocí názorných obrázků.

Při zavádění projektu je velmi důležité informovat pracovníky o tom, jaký je cíl projektu, čeho bylo dosaženo a jaké kroky budou v rámci projektu následovat.

Na pracovištích, na kterých se ve firmě TPM zavedlo, byly instalovány informační tabule s jednoduchou vizualizací, jejíž funkcí je o projektu informovat a ukázat, v jaké fázi se aktuálně pracoviště nachází (obr. 48).



Obr. 48 Vizualizace TPM pro pracovníky [28]

Cílem projektu je dosažení 5. stupně TPM na všech pracovištích, na kterých se TPM ve firmě zavedlo. Z důvodu postupného zavádění projektu, můžou v daný moment různé typy strojů dosahovat různých stupňů TPM. Informace o tom, je pracovníkům předávána formou vizualizace přímo na stroji (obr. 49).

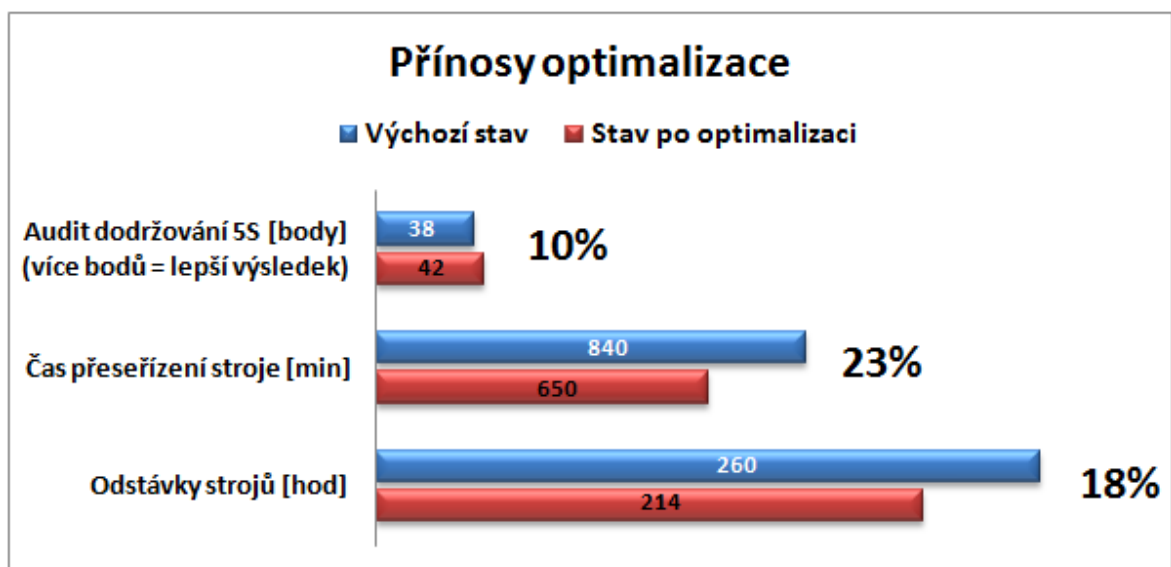
Zároveň je s pracovníky neustále komunikováno, že dosažením 5. stupně není proces zlepšování u konce a že by se mělo jednat o nikdy nekončící proces zlepšování.



Obr. 49 Vizualizace dosaženého stupně TPM na pracovišti [28]

7 ZHODNOCENÍ PŘÍNOSŮ OPTIMALIZACE

Cílem bakalářské práce byla analýza a následná optimalizace procesů na výrobním úseku ve firmě, vyrábějící díly a precizní součástky pro textilní průmysl. Zmapováním činností a pracovních postupů, byly vytipovány oblasti, na kterých se ukázaly možné potenciály ke zlepšení. Byly navrženy a zrealizovány kroky, díky nimž se podařilo pracoviště úspěšně optimalizovat. Některé z přínosů optimalizace lze podložit čísly (obr. 50), jiné představují neměřitelná a zdánlivě drobná vylepšení. Ovšem ani ty nejsou k zahoezení, neboť přinesly lepší komfort pro pracovníky, lepší organizaci práce nebo přehlednější a příjemnější pracovní prostředí.



Obr. 50 Přínosy optimalizace

Logistika a příprava výroby

- změna organizace vychystávání výrobních zakázek
- doplňování náhradních nástrojů – odstranění neproduktivních cest seřizovače do skladu
- definování regálů pro přípravu výroby systémem vstup/výstup
- montáž fréz na frézovací trny a přezkoušení na obvodové házení (SMED)
- zpětný odběr nástrojů a výrobních podkladů do skladu

Uspořádání (Layout) pracoviště

- Z důvodu strategických plánů vedení firmy nebylo žádné vylepšení realizováno

Přeseřzení - SMED

- zmapování činností při přeseřzení
- rozdělení činností na interní a externí
- snížení prostojů stroje v důsledku přeseřzení až o 23%
- nové místo pro předseřzení upínacích svěráků
- návrh a realizace přenosného zásobníku se standardizovaným nářadím pro přeseřzení

Zlepšení standardu 5S

- nové, standardizované vozíky s nářadím
- nová, standardizovaná kontrolní místa
- nové, standardizované brousící místo
- zlepšení výsledku kontrol dodržování standardu 5S o více než 10%

Zavedení TPM

- definování a zavedení autonomní údržby strojů, prováděné seřizovači
- zavedení systému, sloužícího k zaznamenání závady nebo poruchy stroje – karty závad
- standardizace dokumentů, potřebných pro pravidelnou péči o stroje a zařízení
- vizualizace dosaženého stupně TPM
- potenciál snížení odstávek strojů díky odstranění drobných poruch v rámci autonomní údržby až o 18% - není ještě zcela zavedeno, potřeba proškolení všech seřizovačů

Z uvedených dat je zřejmé, že projekt optimalizace byl úspěšný. Navrhnutými a zrealizovanými vylepšeními se podařilo některé z procesů na pracovišti optimalizovat a standardizovat.

ZÁVĚR

Věřím, že se mi podařilo naplnit všechny cíle této bakalářské práce. V rámci optimalizace bylo navrženo několik změn a vylepšení, které se následně podařilo úspěšně zrealizovat. Podařilo se zredukovat čas potřebný pro přešeřzení stroje. Zavedla se opatření, vedoucí v budoucnu ke snížení odstávek strojů a zrealizovány kroky, které přispěly k celkovému zlepšení přehlednosti a uspořádání pracoviště.

Potvrdilo se mi, že potenciály ke zlepšení jsou všude kolem nás. Jen je potřeba se neuspokojit s aktuální situací, oprostít se od zažitých stereotypů a zkusit se na věci kolem sebe podívat jiným pohledem.

Prací na projektu jsem zjistil, že ne vždy je zavádění nových věcí vnímáno pozitivně. Díky tomu jsem nabyl přesvědčení, že není úplně šťastným řešením provádět příliš mnoho změn najednou, ale že by bylo lepší a možná i účinnější, zavádět je postupně, krok po kroku. K dalšímu kroku optimalizace přistoupit až po dokonalém prosazení kroku předcházejícího.

Budu rád, když se zrealizovaná zlepšení na pracovišti stanou standardem, který se následně stane odrazovým můstkem pro další zlepšování. Přesně v duchu metody PDCA – nikdy nekončící proces zlepšování.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KOCMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. Brno: CERM, 2001. ISBN 80-214-1996-2.
- [2] KOCMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-722-2.
- [3] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [4] DILLINGER, Josef. *Moderní strojírenství pro školu i praxi*. Praha: Europa-Sobotáles cz, 2007. ISBN 978-80-86706-19-1.
- [5] IMAI, Masaaki. *Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Brno: Computer Press, c2007. Business books (Computer Press). ISBN 978-80-251-1621-0.
- [6] BAUER, Miroslav. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0029-2.
- [7] BÍLEK, Ondřej a Imrich LUKOVICS. *Výrobní inženýrství a technologie*. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2014. ISBN 978-80-7454-471-2.
- [8] JIRÁSEK, Jaroslav. *Štíhlá výroba*. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-7169-394-4.
- [9] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. [1. vyd.]. Praha: Alfa Publishing, 2006. Management studium. ISBN 80-86851-38-9.
- [10] KERŤKOVSKÝ, Miloslav. *Moderní přístupy k řízení výroby*. Praha: C.H. Beck, 2001. C.H. Beck pro praxi. ISBN 80-7179-471-6.
- [11] FISCHER, Ulrich. *Základy strojírenství*. Praha: Europa-Sobotáles cz, 2004. ISBN 80-86706-09-5.
- [12] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005. ISBN 80-7183-337-1.
- [13] ZPS-FN a.s. *ZPS – Frézovací nástroje a.s.* [online], 2018, [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <https://www.zps-fn.cz/>
- [14] HUMÁR, Anton. *Technologie I, Technologie obrábění – 1. část*. [online]. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie obrábění [online], 2003, [cit. 2017-12-02]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf

- [15] DVOŘÁK, Zdeněk a Romana LAMBOROVÁ. *Základy výrobních procesů, Výrobní technologie zpracování kovů*, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně [online], 2007, [cit. 2017-12-17]. Dostupné z: <http://www.utb.cz/ft/intranet-ft/studijni-podpora>
- [16] TumliKOVO:Technologie strojního obrábění kovů. *Z historie vývoje fréz, frézovacích strojů a frézování* [online], 2010, [cit. 2017-12-17]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/z-historie-vyvoje-frez-frezovacich-strojů-a-frezovani/>
- [17] DMU - A Milling by DMG MORI. *DMG MORI Czech – CNC-controlled Lathes and Milling machines* [online], 2018, [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <https://cz.dmgmori.com/products/milling-machines/universal-milling-machines-for-5-sided-5-axis-machining/dmu>
- [18] KANHÄUSER, WIDDER. *Fräsen und Fräsmaschinen* [online], 2017, [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <http://www.studentshelp.de/p/referate/02/6060.htm#>
- [19] POWER TOOLS. *Maximill A 251 / C 251*. [online], 2012, [cit. 2017-12-29]. Dostupné z: http://www.power-tools.hu/dok/doc_yqjspcv7.pdf.
- [20] PRAMET TOOLS, s.r.o., ČR. *Příručka obrábění 2004*. [online], 2004 [vid. 2017-12-29]. Dostupné z: <https://forum.strojirenstvi.cz/download/file.php?id=75405>.
- [21] KNUTH WERKZEUGMASCHINEN GMBH. *Konvenční portálová frézka Portamill Duo 4012* [online], 2015, [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <http://www.knuth.cz/portamill-duo-4012.html>
- [22] BTC-Nářadí-nástroje-e-shop. *BTC-Nářadí-nástroje-e-shop* [online], 2018, [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: <http://www.btc-naradi.cz/>
- [23] TGS-Nástroje-Stroje-Technologické služby. *Čelní fréza od MMC HITACHI* [online], 2018, [cit. 2018-01-015]. Dostupné z: <http://www.tgs.cz/novinky/41/>
- [24] HOFFMANN Group. *Mono-obrábění* [online], 2017, [cit. 2017-12-29]. Dostupné z: <https://www.hoffmann-group.com/CZ/cs/hot/Mono-obr%C3%A1b%C4%9Bn%C3%AD/c/991#>
- [25] Nářadí NAKOL s.r.o. *Frézy na kov* [online], 2018, [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <https://www.nakol.cz/frezy-na-kov>
- [26] MT nástroje - frézovací nástroje. *MT nástroje - frézovací nástroje* [online], 2018, [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: <https://www.i-frezy.cz/>

-
- [27] PDCA HOME. *POKA YOKE – A method to create a Safe Design* [online], 2018, [cit. 2018-01-08]. Dostupné z: <https://pdcahome.com/english/124/poka-yoke-a-method-to-create-a-safe-design/>
- [28] Podklady firmy, ve které probíhala optimalizace pracoviště.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

- SMED Single Minute Exchange of Dies / Výměna nástrojů v jednotkách minut.
- TPM Total Productive Maintenance / Celková produktivní údržba (Komplexní péče o zařízení).
- OEE Overall Equipment Effectiveness / Celková efektivita zařízení.
- CNC Computer Numeric Control / Počítačově číslicově řízené
- HSS High Speed Steel / Rychlořezná ocel
- TPS Toyota Production System / Systém řízení výroby ve firmě Toyota

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Původní frézka z roku 1818 [16]</i>	12
<i>Obr. 2 5osé obráběcí centrum DMU 50 od firmy DMG MORI [17]</i>	13
<i>Obr. 3 Válcové frézování [18]</i>	14
<i>Obr. 4 Nesousledné válcové frézování [14]</i>	15
<i>Obr. 5 Sousledné válcové frézování [14]</i>	16
<i>Obr. 6 Čelní frézování [18]</i>	17
<i>Obr. 7 Okružní frézování [18]</i>	17
<i>Obr. 8 Planetové frézování vnější (a), vnitřní (b) [20]</i>	18
<i>Obr. 9 Konzolová frézka horizontální (a), vertikální (b) [18]</i>	20
<i>Obr. 10 Svislá stolová frézka [14]</i>	20
<i>Obr. 11 Rovinná portálová frézka Portamill Duo 4012 [21]</i>	21
<i>Obr. 12 Fréza válcová (a), čelní (b), válcová čelní (c) [24]</i>	22
<i>Obr. 13 Fréza s břity přímými (a), střídavými (b) a ve šroubovici (c)[11]</i>	23
<i>Obr. 14 Fréza s břity frézovanými (a) a podsoustruženými (b)[14]</i>	23
<i>Obr. 15 Fréza nástrčná (a), s válcovou stopkou (b) a kuželovou stopkou (c)[26]</i>	24
<i>Obr. 16 Fréza celistvá (a)[13] a s vyměnitelnými destičkami (b)[26]</i>	24
<i>Obr. 17 Fréza jemnozubá (a), polohrubozubá (b), hrubozubá (c)[26]</i>	25
<i>Obr. 18 Fréza pravořezná (a) a levořezná (b)[14]</i>	25
<i>Obr. 19 Fréza válcová (a), kotoučová (b), drážkovací (c)[24]) a kopírovací (d)[26]</i>	26
<i>Obr. 20 Fréza úhlová (a), rádiusová (b), na ozubení (c)[26] a na závity (d)[24]</i>	26
<i>Obr. 21 Hodnoty vybraných vlastností řezných materiálů [14]</i>	27
<i>Obr. 22 Změny teploty na břitu [11]</i>	29
<i>Obr. 23 Druhy opotřebení nástrojů [11]</i>	30
<i>Obr. 24 Motivační karta „8 druhů plýtvání“ [28]</i>	33
<i>Obr. 25 Kaizen [28]</i>	34
<i>Obr. 26 Cyklus PDCA [28]</i>	35
<i>Obr. 27 Vizualizace interních a externích činností u metody SMED [28]</i>	36
<i>Obr. 28 Vizualizace 5 kroků metody 5S [28]</i>	38

<i>Obr. 29 Motivační karta „6 druhů ztrát na strojích“ [28]</i>	39
<i>Obr. 30 Metoda Poka-Yoke [27]</i>	40
<i>Obr. 31 Příklady využití výrobků v textilním průmyslu [28]</i>	43
<i>Obr. 32 Ukázky opracování výrobku na pracovišti Frézování [28]</i>	44
<i>Obr. 33 Servisní vozík pro přípravu výroby</i>	48
<i>Obr. 34 Příprava výroby – systém vstup/výstup</i>	48
<i>Obr. 35 Regály pro přípravu výroby</i>	49
<i>Obr. 36 Layout pracoviště Frézování</i>	50
<i>Obr. 37 Počet přeseřízení na pracovišti Frézování</i>	51
<i>Obr. 38 Podíl interních a externích činností při přeseřízení</i>	52
<i>Obr. 39 Místo pro předseřízení upínacích jednotek</i>	53
<i>Obr. 40 Náradí pro přeseřízení – návrh</i>	54
<i>Obr. 41 Náradí pro přeseřízení – realizace</i>	54
<i>Obr. 42 Standard 5S ve vozíku s náradím</i>	55
<i>Obr. 43 Kontrolní místo – výchozí stav (a), stav po optimalizaci (b)</i>	56
<i>Obr. 44 Brousící místo – po realizaci</i>	57
<i>Obr. 45 Výsledky kontroly dodržování standardu 5S [28]</i>	57
<i>Obr. 46 Odstranitelnost poruch v rámci TPM</i>	58
<i>Obr. 47 Karta závad stroje [28]</i>	60
<i>Obr. 48 Vizualizace TPM pro pracovníky [28]</i>	62
<i>Obr. 49 Vizualizace dosaženého stupně TPM na pracovišti [28]</i>	63
<i>Obr. 50 Přínosy optimalizace</i>	64

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Ukázka rozpisu směn na pracovišti Frézování</i>	45
<i>Tab. 2 Prováděné činnosti při přeseřizení – výchozí stav</i>	52
<i>Tab. 3 Prováděné činnosti při přeseřizení – po optimalizaci</i>	53
<i>Tab. 4 Rozsah autonomní údržby pro seřizovače</i>	59
<i>Tab. 5 Ukázka části inspekčního plánu</i>	61
<i>Tab. 6 Ukázka úklidového a mazacího plánu</i>	61