



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ANALÝZA PROCESU VÝROBY ČERPADEL, NÁVRH A OPTIMALIZACE NOVÉHO POSTUPU VE FIRMĚ ANTREG, A.S.

ANALYSIS OF THE PUMP PRODUCTION, DESIGN AND OPTIMIZATION OF THE
NEW PROCESS AT COMPANY ANTREG, A.S.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Hana Šeniglová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA

BRNO 2016

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Studentka: **Bc. Hana Šeniglová**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Strojírenská technologie a průmyslový management
Vedoucí práce: **Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA**
Akademický rok: 2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Analýza procesu výroby čerpadel, návrh a optimalizace nového postupu ve firmě Antreg, a.s.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diplomová práce je zaměřena na analýzu současného stavu výroby dosedacích ploch čerpadel.

Cíle diplomové práce:

Úvod

1. Analýza současného stavu výroby čerpadel
2. Návrh experimentu
3. Ověření různých technologií výroby
4. Návrh optimálního výrobního postupu a výběr optimální varianty
5. Technicko-ekonomické zhodnocení a přínosy pro výrobu

Závěr

Seznam literatury:

KOCMAN, K., PROKOP, J., Technologie obrábění. 2. vyd. Brno: CERM, 2004. 270 s., ISBN 80-214-3068-0

FOREJT, M., PÍŠKA, M. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 255 s. ISBN 80-214-2374-9.

HUMÁR, A. Technologie obrábění – Interaktivní multimediální text pro bakalářský a magisterský studijní program. VUT-FSI v Brně, ÚST, Odbor technologie obrábění. 2005 [online].

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 23. 11. 2015



12. Píška

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

12. Katolický

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá procesem výroby olejových čerpadel ve firmě Antreg, a.s. Cílem práce bylo navrhnout nového technologického postupu bez operace broušení. Toho bylo dosaženo pomocí experimentu. Potřebná měření drsnosti povrchu a rovinnosti byla provedena na předním díle skříně olejového čerpadla. Jednotlivá měření jsou v práci blíže popsána a vyhodnocena. Optimální technologický postup byl následně aplikován na zbylé díly skříně olejového čerpadla. Pro vybraný technologický postup bylo provedeno ekonomické zhodnocení.

Klíčová slova

Frézování, technologický postup, drsnost povrchu, tolerance

ABSTRACT

This master's thesis deals with the process of production of oil pump at the company Antreg, a.s. The purpose of the thesis was to design a new technological process without grinding. The goal was achieved by an experiment. The necessary measurements were taken on the front part of the oil pump box. Measurements are described and evaluated in this thesis. As a next step, optimal technological process was applied to other parts of the oil pump box. An economic evaluation was carried out for a selected technical process.

Key words

Milling, technological process, surface roughness, tolerance

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠENIGLOVÁ, Hana. *Analýza procesu výroby čerpadel, návrh a optimalizace výrobního postupu ve firmě Antreg, a.s.* Brno 2016. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 69 s. 10 příloh. Vedoucí práce Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Analýza procesu výroby čerpadel, návrh a optimalizace výrobního postupu ve firmě Antreg, a.s.** vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

26. 5. 2016

Datum

Bc. Hana Šeniglová

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Strejčkovi, Ph.D., MBA. za vedení mé diplomové práce a jeho rady.

Dále bych chtěla tímto poděkovat Ing. Petrovi Smržovi, vedoucímu TPV z firmy Antreg, a.s., za poskytnuté materiály, cenné rady a čas strávený konzultacemi. A také bych ráda poděkovala firmě Antreg, a.s. za poskytnutí spolupráce.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH	7
ÚVOD	9
1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA	10
1.1 Obrábění	10
1.1.1 Základní pojmy	10
1.1.2 Soustružení.....	16
1.1.3 Frézování	17
1.1.4 Broušení	20
1.2 Materiály	21
1.2.1 Obráběné materiály	21
1.2.2 Nástrojové materiály	24
1.3 Měření	28
1.3.1 Jakost povrchu	28
1.3.2 Rovinnost.....	30
2 ANALYTICKÁ ČÁST	31
2.1 Představení firmy Antreg, a.s.	31
2.1.1 Historie firmy.....	31
2.1.2 Používané technologie ve firmě.....	32
2.1.3 Výrobky	32
2.2 Představení součásti - olejové čerpadlo	32
3 NÁVRH EXPERIMENTU	35
3.1 Navržené varianty	38
3.2 Ověření výsledků experimentu	44
3.3 Způsob vyhodnocení výsledků měření.....	46
4 DISKUZE	49
4.1 Výsledky měření	49
4.2 Vyhodnocení výsledků a výběr optimální varianty	57
4.3 Ekonomické zhodnocení	58
4.3.1 Náklady na operace dle výchozího technologického postupu	59
4.3.2 Náklady na operace dle vybraného technologického postupu.....	59
4.3.3 Porovnání nákladů na nástroje.....	60

4.3.4 Porovnání z časového hlediska	61
ZÁVĚR	62
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	63
SEZNAM OBRÁZKŮ	65
SEZNAM TABULEK	66
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	67
SEZNAM PŘÍLOH.....	69

ÚVOD

V současné době je ve všech firmách kladen velký důraz, jak na kvalitu výrobků, tak především na nízké náklady na jejich výrobu. Trh je řízen požadavky zákazníka a ten chce kvalitní výrobky za nízkou cenu a v co nejkratším dodací lhůtě. Dodací lhůtu ovlivňují vztahy s dodavateli, řízení zásob ve firmě a také průběžný čas doby výroby konkrétního výrobku. Zkrácení výrobního času má příznivý dopad ve většině případů i na náklady na tento výrobek. Na dobu výroby produktu má vliv výrobní technologický postup, který určuje, kterými operacemi daný produkt prochází. Zjištěním, zda některé operace nelze vynechat bez poznamenání výstupní kvality, je možné výrobní čas optimalizovat.

Z tohoto důvodu se diplomová práce zabývá optimalizací technologického postupu výroby olejového čerpadla. Řeší možnost vynechání operace broušení bez ovlivnění výsledné kvality výrobku. Zároveň se vynecháním broušení zkrátí celkový strojní čas a tím se zkrátí i potřebný čas na dodání zakázky.

Cílem práce je navrhnout technologické postupy na výrobu skříně olejového čerpadla bez operace broušení, ověřit jejich vhodnost použití, vybrat optimální postup a pro něj určit ekonomickou výhodnost, jak z hlediska spotřebovaného času, tak z hlediska přímých nákladů na výrobu.

1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

V této části diplomové práce budou rozebrána teoretická východiska práce. Část je věnována obrábění a základním pojmům používaným v této oblasti, podrobněji bude rozepsáno soustružení a frézování. Dále se kapitola věnuje materiálům používaným na nástroje i obráběným materiálům a způsobům měření dodržení předepsaných parametrů obrobků, jako jsou drsnost povrchu a rovinnost.

1.1 Obrábění

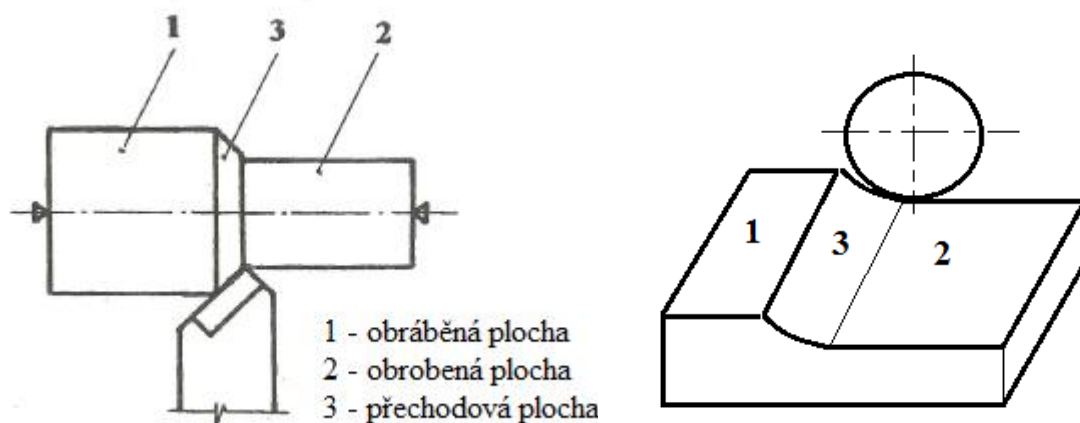
Obráběcí proces probíhá v obráběcím systému, který se člení na subsystémy obráběcích strojů, řezných nástrojů, manipulačních prostředků a obráběcího prostředí. Obrobek je objektem obráběcího procesu a obrobené plochy na něm jsou základním výstupem [1].

1.1.1 Základní pojmy

V kapitole jsou vysvětleny základní pojmy týkající se obrábění.

Obrobek

Obrobek je objektem obráběcího procesu a z geometrického hlediska je charakterizován obráběnou, přechodovou a obrobenou plochou, viz obr. 1. Plocha, která má být obrobena se nazývá obráběná plocha, ta která je již výsledkem řezného procesu, se nazývá obrobená plocha. Přechodová plocha se nachází mezi obráběnou a obrobenou plochou a je vytvořena působením ostří nástroje během zdvihu nebo otáčky nástroje či obrobku [1].



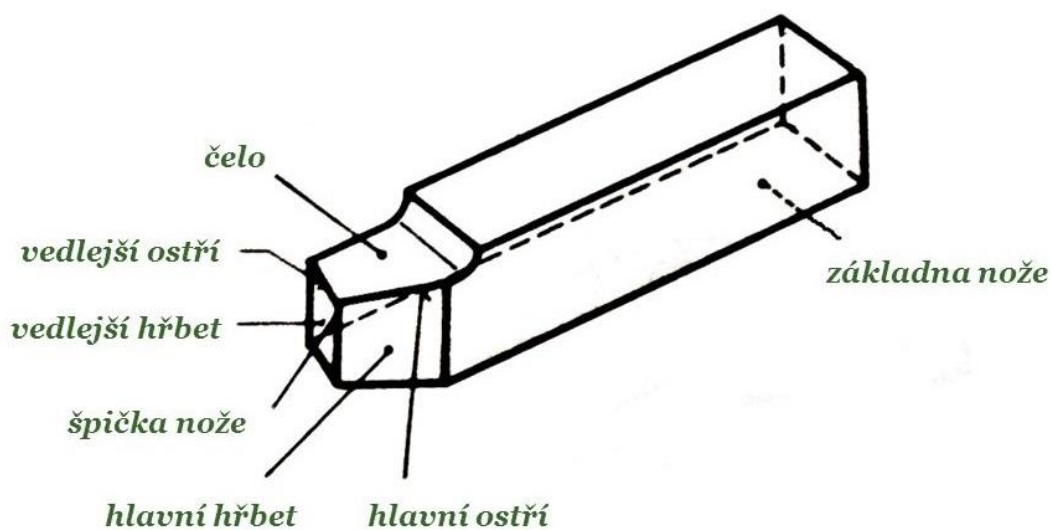
Obr. 1: Plochy obrobku při soustružení a frézování [1].

Hlavním výstupem obráběcího procesu je obrobená plocha, která je určena svými rozměry, tvarem, polohou, strukturou povrchu a vlastnostmi povrchové vrstvy. Identifikuje se pomocí souboru parametrů vztažených k jmenovité ploše, patří k nim zejména úchylka rozměru, úchylka tvaru, úchylka polohy, struktura povrchu, vlastnosti povrchové vrstvy. Tyto parametry lze ovlivnit vlastnostmi obráběcího stroje, nástroje, obrobku, upínače a hodnotami řezných podmínek. Technologické vlivy působící na parametry lze členit dle jejich charakteru na systematicky konstantní, systematicky proměnné a náhodné. Systematicky konstantními technologickými vlivy mohou být chyby v seřízení obráběcího stroje, úchylka rozměru a tvaru nástroje, systematicky proměnnými jsou opotřebení nástroje, tepelné deformace prvků obráběcího systému. Mezi náhodné technologické vlivy patří rozptýlení přídavků na obrábění a rozptýlení vlastností obráběného materiálu. [1]

Nástroj

Nástroj umožňuje v interakci s obrobkem realizaci řezného procesu. Je z geometrického hlediska identifikován svými prvky, plochami, ostřími a rozměry ostří. Skládá se z několika částí, tělesa, stopky, upínací díry, řezné části, základny, břitu a osy nástroje, kterou je teoretická přímka s definovaným geometrickým vztahem ke stanovenému povrchu. Většinou je osa rovnoběžná nebo kolmá k danému povrchu nástroje a bývá jí středová čára stopky nebo upínací díry nástroje [2].

Funkční částí nástroje je řezná část obsahující prvky tvořící třísku. Plochami řezné části jsou čelo, ostří, lamač třísky a hřbet, viz obr 2.



Obr. 2: Ostří a plochy nástroje [1].

Trvanlivost nástroje

Dobu od začátku obrábění až po opotřebení břitu nástroje, tedy součet všech čistých časů řezání, lze označit za trvanlivost nástroje. Trvanlivost závisí především na metodě obrábění, vlastnostech obráběného a nástrojového materiálu a řezných podmínkách. Tato závislost je popsána Taylorovým vztahem [3]:

$$T = C_T * v_c^{-m} \quad (1)$$

Životnost nástroje

Životnost nástroje je definována součtem všech trvanlivostí, jinak řečeno jako celková doba funkce nástroje od prvního uvedení do činnosti až do jeho úplného vyřazení. Lze ji vyjádřit pomocí rovnice 2 [3].

$$Z = \sum_{i=1}^{x+1} T_i = (x + 1) * T \quad (2)$$

Řezná rychlost, posuv a šířka záběru hlavního ostří jsou tři hlavní parametry obrábění, které mají vliv na životnost nástroje, znázornění viz obr. 3. První zmíněný parametr, řezná

rychlost, má na životnost nástroje největší vliv. Naopak nejmenší vliv má šířka záběru hlavního ostří nástroje. Proto při dosahování co nejdelší životnosti nástroje je vhodné maximalizovat a_p , aby se snížil počet řezů, maximalizovat f_n pro zkrácení doby řezů a snížit v_c [4].

➤ Vliv šířky záběru hlavního ostří nástroje

Příliš malá: ztráta kontroly utváření třísek, vibrace, nadměrný vývin tepla, ne hospodárny provoz.

Příliš velká: vysoká spotřeba energie, lom VBD, vyšší řezné síly.

➤ Vliv rychlosti posuvu

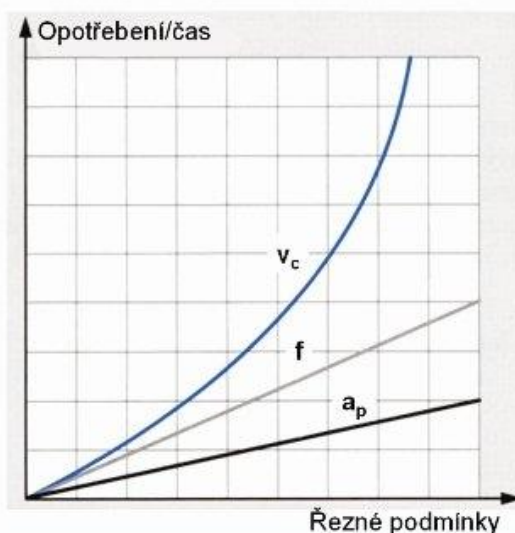
Příliš nízká: vláknitá tříska, rychlé opotřebení hřbetu, nárůstek na břitu, ne hospodárny provoz.

Příliš vysoká: ztráta kontroly utváření třísek, špatná kvalita obrobeného povrchu, opotřebení ve tvaru žlábků/plastická deformace, vysoká spotřeba energie, navařování třísek, zasekávání třísek.

➤ Vliv řezné rychlosti

Příliš nízká: nárůstek na břitu, otupení břitu, ne hospodárny provoz, špatná kvalita obrobeného povrchu.

Příliš vysoká: rychlé opotřebení hřbetu, špatná kvalita obrobeného povrchu, rychlé opotřebení ve tvaru žlábků, plastická deformace [4].



Obr. 3: Vliv řezných podmínek na životnost nástroje [5].

Vyměnitelné břitové destičky

Vyměnitelné břitové destičky (dále jen VBD) se liší svým tvarem, způsobem upínání do nástroje a materiálem, ze kterého jsou vyrobeny. Materiály řezných nástrojů jsou popsány v podkapitole 1.2.2. Tvary VBD, viz obr. 4.

přítok volby přítok volby	tvar VBD tvar VBD	velikost VBD velikost VBD	Maximální přípustná síla bítu v záhlaví F_{max} [N] Maximální přípustná délka ostří v záhlaví L_{max} [mm]	
Zlepšuje se přístupnost k opěrnému hrotu a aplikací rozsah při proměnném úhlu nastavení Zlepšuje se přístupnost k opěrnému hrotu a aplikací rozsah při proměnném úhlu nastavení		V	11 0,25L 2,8 4,2	
		D	07 11 0,25L 2,0 2,8 3,9	
		K	18 19 0,25L 4,7 4,7	
		T	11 16 22 0,33L 3,6 5,5 7,3 9,1	
		W	06 08 0,50L 3,3 4,4	
		C	06 09 12 16 19 0,66L 4,2 6,4 8,5 10,6 12,7 16,5 18,5 20,0	
		S	12 15 19 25 30 0,66L 8,4 10,4 12,6 16,8 25,0	
	Rozte oděhlost proti plastické deformaci a odolnost v přerušovaném řezu Rozte oděhlost proti plastické deformaci a odolnost v přerušovaném řezu		R	06 08 10 12 15 16 19 20 25 32 0,40D 2,4 3,2 4,0 4,8 6,0 6,4 7,6 8,0 10,0 12,8



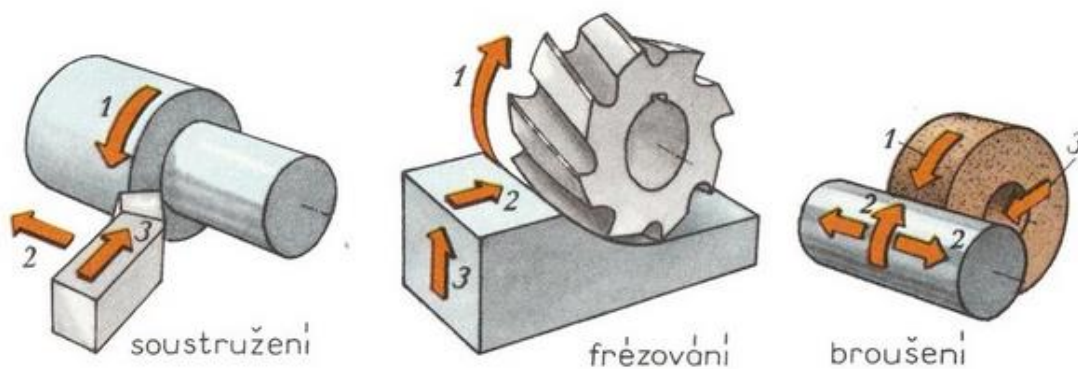
Obr. 4: Tvary VBD [6].

Kinematika řezného procesu

Kinematika řezného procesu je popisována relativními pohyby nástroje a obrobku, které jsou vyjádřeny vhodnými veličinami [1].

- Hlavní pohyb – vzájemný pohyb mezi nástrojem a obrobkem, realizuje ho obráběcí stroj. Při soustružení je hlavním pohybem rotační pohyb obrobku, při vrtání a frézování je hlavním pohybem rotační pohyb nástroje a při hoblování je to přímočarý pohyb obrobku.
- Směr hlavního pohybu – směr okamžitého hlavního pohybu uvažovaného bodu ostří vzhledem k obrobku.
- Řezná rychlost v_c – vyjadřuje se jako okamžitá rychlost hlavního pohybu uvažovaného bodu na ostří vzhledem k obrobku.

- Posuvový pohyb – realizován obráběcím strojem jako další relativní pohyb mezi nástrojem a obrobkem. Spolu s hlavním pohybem umožňuje plynulé nebo přerušované odřezávání třísky z obráběného povrchu. Může být postupný nebo plynulý. V některých případech není posuvový pohyb potřebný, např. při protahování.
- Směr posuvového pohybu – určený směrem okamžitého posuvového pohybu uvažovaného bodu ostří vzhledem k obrobku.
- Posuvová rychlost v_f – okamžitá rychlost posuvového pohybu v uvažovaném bodě ostří vzhledem k obrobku. Pokud dochází k přerušovanému posuvu, není jeho rychlost definována, např. při hoblování a obrážení [1].

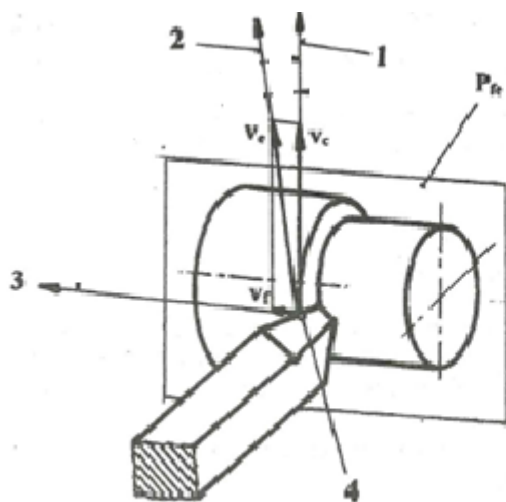


1 - hlavní řezný pohyb; 2 - posuvový pohyb; 3 - přísuv

Obr. 5: Hlavní a posuvový pohyb u vybraných metod obrábění [7].

- Řezný pohyb – pohyb, který vychází ze současného hlavního a posuvového pohybu.
- Směr řezného pohybu v_e – daný směrem okamžitého řezného pohybu uvažovaného bodu ostří vzhledem k obrobku.
- Rychlost řezného pohybu – okamžitá rychlost řezného pohybu uvažovaného bodu ostří vzhledem k obrobku.
- Úhel posuvového pohybu – úhel mezi směry současného posuvového a hlavního pohybu, měřený v pracovní boční rovině P_{fe} . Např. pro hoblování a protahování není tento úhel definován.

- Úhel řezného pohybu – daný úhlem mezi směrem řezného a hlavního pohybu, je měřen v pracovní boční rovině P_{fe} [1].



- 1 - směr hlavního pohybu
 2 - směr řezného pohybu
 3 - směr posuvového pohybu
 4 - uvažovaný bod ostří
 P_{fe} - pracovní boční rovina
 v_c - řezná rychlost
 v_f - posuvová rychlost
 v_e - rychlost řezného pohybu

Obr. 6: Pohyby nástroje a obrobku při podélném soustružení [1].

1.1.2 Soustružení

Soustružení je jednou z obráběcích metod, používá se pro zhotovení součástí rotačních tvarů za použití většinou jednobřítých nástrojů různého provedení. Je to velmi frekventovaná metoda využívaná ve strojírenství především z důvodu, že představuje z mnoha hledisek nejjednodušší způsob obrábění [8].

Rotační pohyb obrobku je hlavním pohybem a jeho rychlost je současně řeznou rychlostí v_c , která se vyjádří závislostí dle vzorce (3). Posuvový pohyb vykonává obvykle nástroj a je buď přímočarý, nebo obecný. Rychlost posuvového pohybu v_f vyjadřuje vzorec (4). Dalším pohybem v kinematice obráběcího procesu je řezný pohyb. Ten se při soustružení válcové plochy realizuje po šroubovici a při soustružení rotační plochy obecného tvaru po obecné křivce a při soustružení čelní plochy opisuje Archimédovu spirálu. Rychlost řezného pohybu v_e vyjadřuje vzorec (5) [1].

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (3)$$

$$v_f = 10^{-3} \cdot f \cdot n \quad (4)$$

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} \quad (5)$$

Pokud při soustružení válcové plochy budou konstantní otáčky obrobku a posuvové rychlosti, pak bude konstantní i řezná rychlost a řezný pohyb. Při soustružení čelní plochy při konstantních otáčkách obrobku a konstantní posuvové rychlosti se bude řezná rychlost a rychlost řezného pohybu odvíjet v závislosti na momentálním průměru obráběné plochy [1].

1.1.3 Frézování

Další obráběcí metodou je frézování, při této metodě je materiál obrobku odebírán břity rotujícího nástroje. Vzhledem k vícebřitému nástroji je řezný proces přerušovaný, každým zubem frézy je odřezávána krátká tříska proměnné tloušťky [3].

Při frézování je hlavní pohyb rotační a koná ho nástroj. Řezná rychlost při frézování je vypočtena dle vztahu (6) a posuvová rychlost je vyjádřena vztahem (7) [8].

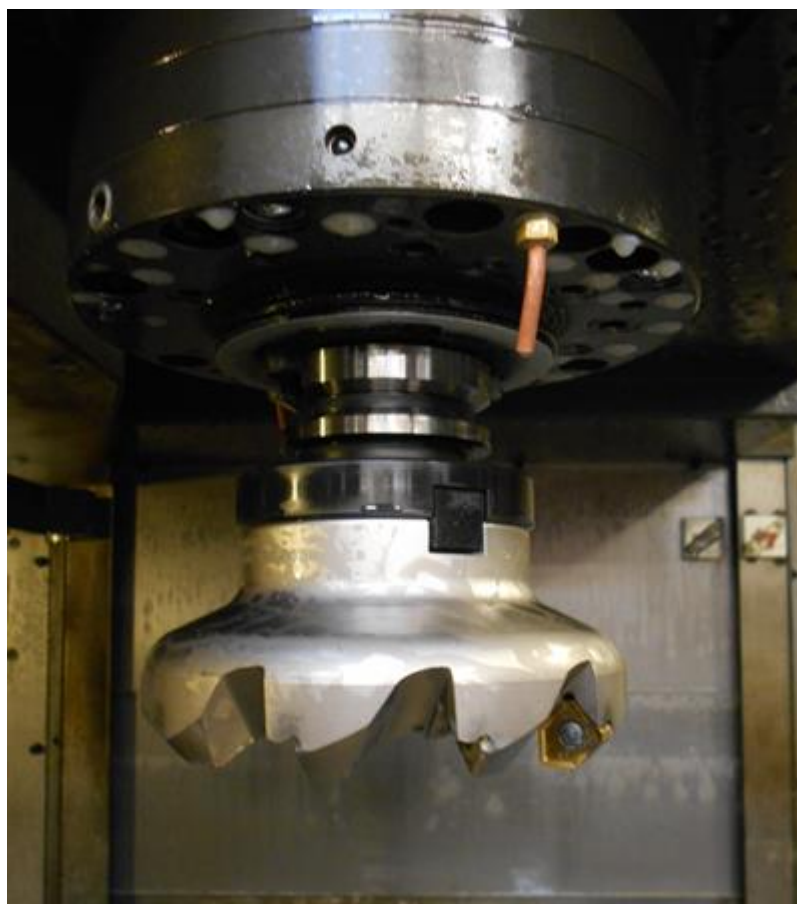
$$v_c = \frac{\pi * D * n}{1000} \quad (6)$$

$$v_f = f_z * z * n \quad (7)$$

Umožňuje obrobení téměř jakéhokoli tvaru a představuje proto nejflexibilnější metodu obrábění, jaká je k dispozici. Problémem může být optimalizace frézování, jelikož vlastní proces ovlivňuje řada proměnných. Je potřeba hledat odpovědi na různé otázky, jako např.: Je třeba použít při frézování titanových slitin řeznou kapalinu? Jaký typ frézy je nejvhodnější pro frézování hliníku a jeho slitin? Je možné pro frézování litiny použít keramické břitové destičky [4]?

Obvyklé rozdělení frézování se provádí na čelní frézování, frézování do rohu, frézování drážek a tvarové frézování. Počet metod se postupně zvyšuje spolu s vývojem strojů a programového vybavení. V současnosti se mezi prováděnými operacemi objevuje rotační frézování, frézování závitů, postupné zahlubování kruhovou interpolací, trochoidální frézování apod. [4].

Upnutí frézy při čelním frézování, viz obr. 7.

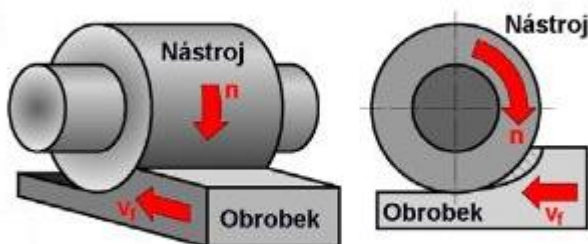


Obr. 7: Upnutí frézy při čelní frézování

Sousledné frézování

Sousledné frézování je takové frézování, kdy je smysl rotace nástroje ve směru posuvu obrobku. Při vnikání zubu frézy do obrobku vzniká maximální tloušťka třísky. Obrobená plocha pak vzniká při vycházení zubu ze záběru. Mezi výhody sousledného frézování patří vyšší trvanlivost břitů, což umožňuje použití vyšších řezných rychlostí a posuvů, menší potřebný řezný výkon, možnost použití jednodušších upínacích přípravků, díky tomu,

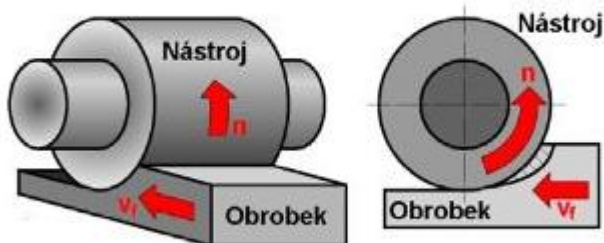
že řezná síla přitlačuje obrobek ke stolu, menší sklon ke chvění, obvykle také menší sklon k tvoření nárůstku a menší drsnost obrobeného povrchu [3].



Obr. 8: Sousledné frézování [9].

Nesousledné frézování

Nesousledné frézování se od sousledného liší ve smyslu rotace nástroje, který jde proti směru posuvu obrobku. Obrobená plocha tedy vzniká při vnikání zubu frézy do obrobku. Tloušťka třísky není konstantní, ale mění se od nulové hodnoty až na hodnotu maximální. Neodděluje se v okamžiku nulové tloušťky, ale po určitém skluzu břitu po ploše vytvořené předcházejícím zubem. Vznikají přitom silové účinky a deformace, které způsobují zvýšené opotřebení břitu. Řezná síla má složku působící směrem nahoru a odtahuje tak obrobek od stolu [3].



Obr. 9: Nesousledné frézování [9].

1.1.4 Broušení

Broušení je další metoda obrábění používaná pro dokončovací operace. Patří mezi abrazivní metody obrábění. Odebírají se při něm drobné částčky třísky pomocí mnohobřitého nástroje, např. brusicího kotouče. Dokončovací operací je zejména proto, že slouží k dosažení přesných rozměrů a požadovaných tvaru jako jsou tolerance válcovitosti a rovinnosti. Také lze díky broušení dosáhnout střední aritmetické úchylky povrchu v rozmezí R_a 1,6 až 0,2 μm . Brousit je možné tvrdé kalené a cementované součásti, slinuté karbidy i jiné tvrdé kovové i nekovové materiály. Dále lze také díky broušení obnovovat řezivost nástrojů, což se nazývá ostření.

Brusicí proces má podobné základní charakteristiky jako ostatní obráběcí procesy zvláště blízký je frézování. Dochází však k několika odlišnostem, které souvisí s vlastnostmi brusicího kotouče a řeznými podmínkami. Brusicí zrna na brusicím nástroji mají totiž nepravidelné rozmístění a jejich geometrie je různorodá. Úhel čela zrn se v průběhu broušení mění. To souvisí se schopností tzv. samoostření. Opatřovaná zrna se vzhledem k málo pevnému zakotvení ve vazbě kotouč odlomí a jejich funkci přeberou neotupená zrna [10].

Broušení má několik možných způsobů. Rozděluje se podle [1]:

- tvaru obrobeného povrchu,
 - rovinné broušení,
 - broušení do kulata,
 - tvarovací broušení,
 - broušení na otáčivém stole,
 - kopírovací broušení,
 - broušení tvarovými brusicími kotouči,
- aktivní části brusicího kotouče,
 - obvodové broušení,
 - čelní broušení,
- vzájemné polohy brusicího kotouče a obrobku,
 - vnější broušení,
 - vnitřní broušení,
- hlavního pohybu posuvu stolu vzhledem k brusicímu kotouči,
 - axiální broušení,

- tangenciální broušení,
- radiální broušení,
- obvodové zápichové broušení.

1.2 Materiály

Tato kapitola se věnuje jak obráběným materiálům, tak materiálům používaným na výrobu nástrojů. Mezi nástrojové materiály patří nástrojové oceli, slinuté karbidy, cermety, řezná keramika, supertvrdé řezné materiály a brousící materiály. Z obráběných materiálů budou zmíněny především litiny, jelikož šedá litina je použita při výrobě olejového čerpadla, kterému se práce věnuje.

1.2.1 Obráběné materiály

V současné době se obrábí mnoho materiálů, ale tato kapitola se bude věnovat především litinám, a to z důvodu, že litina je použita jako materiál skříně olejového čerpadla řešeného v diplomové práci.

Označení ostatních materiálů a jejich stručný popis, viz obr. 10.



Obr. 10: Rozdělení obráběných materiálů [6].

Největší předností litin jsou jejich výhodné technologické vlastnosti zejména dobrá slévateľnost. Mechanické vlastnosti se mění v širokém rozmezí, závisí totiž především na struktuře litiny. Rozdělujeme dva základní druhy litin, grafitické a cementitické litiny. Grafitické litiny se dále dělí podle toho, jak grafit v nich vznikl, buď krystalizací, to jsou

litiny s kuličkovým nebo lupínkovým grafitem anebo při tepelném zpracování a to jsou temperované litiny. Litiny s kuličkovým grafitem se jinak nazývají tvárné litiny, ty s lupínkovým grafitem jsou šedé litiny a v případě, že je veškerý uhlík vázán jako cementit jedná se o bílou litinu [11].

Kuličkový tvar grafitu je výhodný, porušuje totiž základní matici podstatně méně než grafit lupínkový. Převládají vlastnosti matrice a litina je díky tomu poměrně houževnatá a tvárná. Svými mechanickými i technologickými vlastnostmi tvoří přechod mezi litinou s lupínkovým grafitem a ocelí [12].

Díky dobré slévateľnosti patří mezi nejrozšířenější slévářenský materiál litiny s lupínkovým grafitem. Nepříznivé jsou ovšem její mechanické vlastnosti, a to zejména malá tvárnost a nízká houževnatost při rázovém namáhání, za což může právě přítomnost lupínkového grafitu [12].

➤ Tvárná litina

Tvárná litina je jiný název pro litinu s kuličkovým grafitem. Je to slitina železa (Fe) s uhlíkem (C) a dalšími prvky jako jsou křemík (Si), mangan (Mn), chrom (Cr), síra (S), fosfor (P) a hořčík (Mg). Uhlík je zde v podobě kuličkových částic grafitu, který je zde ve větší míře než v litinách s lupínkovým grafitem. Základní kovová hmota je v závislosti na chemickém složení feritická až perlitická. Tuto hmotu je možno stejně jako u ocelí tepelně zpracovávat a tím ovlivnit základní mechanické vlastnosti tvárné litiny.

Mechanické vlastnosti litiny se odvíjejí dle jednotlivých druhů litiny. Pevnost v tahu se pohybuje v rozmezí 330 MPa až 800 MPa. I další mechanické vlastnosti tvárné litiny jsou mimořádně dobré a to je důvodem velkého rozšíření použití této litiny v průmyslu. A to především v automobilovém průmyslu a ve strojírenském, kde se používá na výrobu např. zemědělských strojů [13].

➤ Šedá litina

Šedá litina neboli litina s lupínkovým grafitem (LLG) je technická slitina železa s obsahem uhlíku vyšším než 2,14 %. Uhlík je zde v elementární formě jako lamelární grafit v kovové matici feritu nebo perlitu. Dalšími prvky, které šedá litina obsahuje, jsou křemík (Si), mangan (Mn), fosfor (P) a síra (S). Průběh krystalizace ovlivňují přítomné legující prvky a

rychlost ochlazování. Např. pro tenkostěnné a tvarově náročné převážně umělecké odlitky se používá šedá litina s vyšším obsahem P. Fosfor sice zvyšuje křehkost litiny, ale příznivě ovlivňuje tekutost taveniny, která je důležitá pro její zabíhavost, neboli zatékavost [12].

Obecně se šedá litina vyznačuje vysokou pevností v tlaku. Další mechanické vlastnosti jako např. tažnost jsou nepříznivě ovlivněny tvarem grafitu v podobě lamel. Ty působí jako vruby v kovové matici a způsobují snížení pevnosti v tahu na pouhých 100 až 390 MPa. Lamelární forma grafitu dále ovlivňuje tepelnou vodivost, která je zvýšená. Šedé litiny jsou dobře obrobitelné a pomalu korodují.

Použití šedých litin je nejčastěji na odlitky, na které nejsou kladeny vysoké nároky na pevnost a houževnatost. Odlitky bývají pro výrobu strojů, automobilový průmysl, radiátory ústředního topení, na umělecké odlitky atd. V současné době jsou však šedé litiny v mnoha oblastech nahrazovány lehkými kovy, ocelovými výlisky, svařenci a plasty [13].

Svařovat lze litinové prvky použitím bazické elektrody při vysokých hodnotách přehřevu. Při vysoké teplotě dochází k austenitizaci a při opětovném chladnutí se tvoří sice tvrdý, ale křehký martenzit a cementit. Ty pak mohou být zdrojem trhlin a nelze tyto ztvrdlé oblasti obrábět, ale pouze brousit [13].

➤ Bílá litina

Tato litina dostala svůj název bílá podle charakteristického bílého zbarvení lomové plochy litiny. Bílá litina je litina s obsahem uhlíku v rozmezí 2,4 – 4,5 % a je přítomen ve formě cementitu (Fe_3C). Obsah cementitu podporuje vyšší ochlazovací rychlost při tuhnutí a také způsobuje vysokou tvrdost a křehkost litin. Díky tomu jsou prakticky neobrobitelné. Jejich použití je vhodné pro součástky extrémně namáhané třením, jako jsou čelisti drtiče nebo koule v kulových mlýnech. Hlavně jsou však využívány jako výchozí materiál pro výrobu tzv. temperované litiny [12].

➤ Temperovaná litina

Temperovaná litina, jak je zřejmé z názvu, vzniká tepelným zpracováním tzv. temperací. Složením se podobá šedé litině, je však o něco tvrdší. Tato litina je vhodným konstrukčním materiálem především pro odlitky menší hmotnosti, zhruba do 100 kg. Odlitky z temperované litiny se používají v konstrukcích automobilů a hospodářských strojů.

Dle druhu lomu rozdělujeme litiny následně [12]:

- s bílým lomem – korozivzdorné, používají se na závitové spojky vodovodních a plynovodních trubek,
- s černým lomem – používají se na dynamicky namáhané součásti, které nejsou vystaveny otěru,
- s perlitickým lomem – vhodné používat jako konstrukční materiál zejména pro středně namáhané odlitky, klikové hřídele, bubny atd.

1.2.2 Nástrojové materiály

Nástrojový materiál se volí dle obráběného materiálu. Druh nástrojového materiálu ovlivňuje kvalitu obrobené plochy. Navíc ne všechny nástrojové materiály se hodí pro všechny obráběné materiály.

K základním požadavkům kladeným na nástrojové materiály patří tvrdost, odolnost proti opotřebení, tepelná vodivost, pevnost v ohybu, houževnatost apod. Požadované vlastnosti by si měl materiál udržet po dostatečně dlouhou dobu a hlavně i při vysokých teplotách, které při obrábění vznikají [1].

Nástrojové materiály mohou být dále povrchově upraveny. CVD a PVD povlaky jsou dlouhodobým trendem. Povlakování zvyšuje užité vlastnosti technických součástí, chrání je proti účinkům opotřebení, provoznímu tření, korozi a teplotnímu namáhání.

CVD je první z technologií povlakování a je to chemická metoda (Chemical Vapour Deposition). PVD je oproti tomu fyzikální metoda povlakování (Physical Vapour Deposition) [14].

➤ Nástrojové oceli

Nástrojové oceli se dělí do dvou základních skupin, nástrojové oceli nelegované a nástrojové oceli legované. Speciální skupinou legovaných ocelí jsou pak rychlořezné oceli.

Na vlastnosti nelegovaných nástrojových ocelí má největší vliv obsah uhlíku, s jeho rostoucím obsahem stoupá tvrdost oceli. Nástroje z těchto ocelí snesou teplotu bříty do 220 °C, z tohoto důvodu jsou v současné době nahrazovány legovanými nástrojovými oceli.

Mezi hlavní legující prvky nástrojových legovaných ocelí patří karbidotvorné prvky jako chrom (Cr), vanad (V), wolfram (W), molybden (Mo), které vytváří tvrdé a až do vysokých teplot stálé karbidy. Dalšími legujícími prvky jsou nikl (Ni), křemík (Si), kobalt (Co), ty ale nejsou karbidotvorné. Legované nástrojové oceli se používají pro výrobu téměř všech druhů řezacích, stříhacích, tvářecích a jiných nástrojů. Na rozdíl od nelegovaných ocelí jsou legované oceli více prokalitelné, mají zvýšenou odolnost proti popouštění, jsou však náročnější na tepelné zpracování.

Jako samostatná skupina legovaných nástrojových ocelí jsou uváděny rychlořezné oceli, a to z důvodu svých zcela specifických vlastností a využitelnosti pro vysoce výkonné řezné nástroje. Obsah uhlíku (C) je zpravidla nižší než 1 % a z karbidotvorných prvků obsahují wolfram (W), chrom (Cr), vanad (V), molybden (Mo) a nekarbidotvorný kobalt (Co). Díky obsahu legujících prvků a svým vlastnostem jsou vhodné pro řezné nástroje na obrábění ocelí, ocelí na odlitky o vysoké pevnosti a tvrdosti a těžkoobrobitelných materiálů [15].

➤ Slinuté karbidy

Jsou produktem práškové metalurgie. Vyrábí se z různých karbidů a kovového pojiva, jsou směsí dvou a více fází. Slinuté karbidy není možné dále tepelně zpracovávat. Mezi velmi důležité patří karbid wolframu, karbid titanu, karbid tantalu a karbid niobu. Kobalt se používá ve většině případů jako pojivo.

Mechanické vlastnosti slinutých karbidů jako je tvrdost, houževnatost a odolnost proti otěru ovlivňuje obsahové množství jednotlivých fází. Obecně jsou velmi tvrdé, a proto se dají tvarově a rozměrově upravovat pouze broušením, elektroerozivním obráběním a lapováním.

Destičky ze slinutých karbidů se vyrábějí v normalizovaných rozměrech a tvarech. Pájí se, ale nejčastěji se mechanicky upínají na řeznou část nástroje. Takto upínané nástroje mají několik ostří, která se využívají postupně. Destička se vyřazuje až po otupení všech ostří. Např. vrtáky a frézy malých rozměrů se vyrábějí jako monolitické. Karbidové destičky jsou ve standardním provedení, tedy nepovlakované, nebo opatřené různými druhy povlaků [13].

➤ Cermety

Další materiál vyráběný práškovou metalurgií je cermet. Cermet je řezný materiál obsahující tvrdé částice v kovovém pojivu. Název dostal ze spojení dvou slov CERamic a METal, vyjadřuje tak spojení keramických částic v kovovém pojivu.

Vysokou tvrdost a tím i větší odolnost proti deformaci zajišťuje větší obsah TiC. Tyto materiály však nejsou tak houževnaté jako slinuté karbidy a z tohoto důvodu jsou používány především pro dokončovací operace s nižšími řeznými rychlostmi. Mezi cermety jsou v praxi počítány také materiály na bázi karbidu titanu, nitridu titanu a karbonitridu.

Houževnatost cermetů je nižší než u slinutých karbidů, tvrdost je však srovnatelná. Pevnost je rozdílná, udává se, že pevnost cermetů je o 15 – 20 % nižší než u slinutých karbidů. Nižší u cermetů je i odolnost proti teplotním šokům, a proto je omezeno jejich použití při přívodu řezné kapaliny.

Díky svým vlastnostem jsou nástroje osazené cermety vhodné pro obrábění litiny, ocelí, lité oceli, neželezných kovů a snadno obrobitelných slitin. Mohou totiž pracovat při vyšších řezných rychlostech než slinuté karbidy ať už bez povlaku nebo s povlakem. Cermety jsou používány v podobě vyměnitelných destiček pro soustružení, řezání závitů a frézování [15].

➤ Řezná keramika

Vlastnosti keramických řezných materiálů jsou následující, mají vysokou tvrdost i za tepla a chemicky nereagují s materiálem obrobku. Díky tomu zaručují vysokou trvanlivost břitů, snášejí vysokou teplotu na břit, až 1200 °C, a mohou být použity při řezných rychlostech v rozmezí 300 až 1600 m.min⁻¹.

Dalšími vlastnostmi řezné keramiky jsou vysoká křehkost a nízká tepelná vodivost, tyto vlastnosti nejsou příliš příznivé.

Destičky z řezné keramiky se mechanicky upínají na řeznou část nástroje, jsou vyměnitelné a po opotřebení se vyřazují [1].

➤ Supertvrdé řezné materiály

Do této skupiny řezných materiálů v současné době patří kromě řezné keramiky další dva druhy syntetických řezných materiálů, a to polykrystalický kubický nitrid bóru (PKNB) a polykrystalický diamant (PD). Nevýhodou těchto materiálů je jejich vysoká cena.

V praxi jsou uvedené supertvrdé materiály aplikovány v podobě diamantového prášku, prášku kubického nitridu bóru, brousicího kotouče obsahujícího tyto komponenty, diamantových past, řezných nástrojů osazených segmenty PKNB nebo PD, orovnávačů s práškovými komponenty kubického nitridu bóru nebo diamantu a kompozitních materiálů [1].

Vzhledem k vysoké ceně materiálů se na řezné destičky používají pouze segmenty v řezné části destiček s definovanou geometrií břitu.

Polykrystalický kubický nitrid bóru je obzvláště tvrdý řezný materiál, jehož tvrdost se blíží tvrdosti diamantu. Spojení kubických krystalů bóru s keramickým nebo kovovým pojivem se dosahuje při vysokých teplotách a tlacích. Vysoké tvrdosti dosahuje díky neuspořádaným částicím, které tvoří velmi hustou polykrystalickou strukturu. Krystal PKNB je velmi podobný krystalu syntetického diamantu. Destičky z PKNB mají vysokou tvrdost za tepla i při vysokých teplotách, velkou odolnost proti abrazivnímu opotřebení a při obrábění mají dobrou chemickou stabilitu. Jsou proto vhodné pro obrábění tvrdých a žáruvzdorných materiálů, kalené oceli, nežíhané tvrdé litiny, kalené nástrojové oceli, kobaltových a niklových slitin atd.

Polykrystalický diamant téměř dosahuje tvrdosti jako nejtvrdší známý materiál, kterým je monokrystalický diamant. Je vyráběn slisováním jemných krystalů diamantu za vysokých teplot a tlaků. Díky nahodilé poloze krystalů v žádném směru nevytváří místa, která by mohla být zdrojem lomu. Na vyměnitelné destičce ze slinutého karbidu jsou pevně uchyceny malé břity z polykrystalického diamantu. Destička ze slinutých karbidů jim zajišťuje odolnost jak proti rázovým tak tepelným šokům. Trvanlivost břitu je mnohonásobně vyšší, než kdyby byly destičky celé ze slinutých karbidů. PK je vhodný pro obrábění všech neželezných kovů, např. slitin hliníku, mědi a jejích slitin, titanu a jeho slitin, a nekovových materiálů jako např. sklolaminátů, výlisků plněných abrazivními plnidly, tvrdého kaučuku, skla, grafitu atd. [15].

➤ Broušící materiály

Základní částí složení broušících materiálů jsou broušící zrna. Ty se používají v několika formách [13]:

- volná zrna – broušící, lapovací a lešticí prášky;
- zrna nanesená a přilepená k pružnému podkladu – broušící a lešticí plátna a papíry;
- zrna rozptýlená v mazadlech a tekutinách – broušící a lešticí pasty;
- zrna spojená pojivem v tuhá tělesa potřebného tvaru – broušící kotouče a segmenty, ty jsou nejčastěji používány.

Broušících materiálů existuje několik druhů. Nejpoužívanějšími jsou umělé korundy Al_2O_3 . Dále existují brusiva na bázi karbidu křemíku SiC, nebo diamantová brusiva a brusiva z kubického nitridu bóru.

Pojivo broušících materiálů může být keramické, silikátové, pryžové, z umělé pryskyřice, magneziové nebo polyuretanové [13].

1.3 Měření

Měření je definováno jako soubor činností, jejichž cílem je stanovit hodnotu veličiny. Procesem měření se pak rozumí soubor všech úkonů potřebných ke stanovení hodnoty měřené veličiny. Do souboru těchto činností patří příprava a kontrola měřidla, případná montáž snímače, nastavení a kalibrace a také samotné sejmутí a zpracování signálu [17].

V práci je měřena kvalita povrchu a to konkrétně drsnost povrchu a rovinnost povrchu.

1.3.1 Jakost povrchu

U obrobených povrchů je jakost povrchu vytvořena stopami po řezném nástroji, u neobrobených povrchů, např. odlitků je dána hladkostí formy pro odlévání.

Vyhodnocení jakosti povrchu se provádí pomocí dotykové nebo bezdotykové metody. V práci je použita dotyková metoda, a proto nebude bezdotyková dále řešena.

Vyhodnocení jakosti povrchu pomocí dotykové metody je nejčastěji používaná metoda měření v praxi. Funguje na principu přímého kontaktu diamantového hrotu s povrchem součásti. Vertikální pohyb hrotu je převeden na elektrický signál, ten je následně konvertován na digitální signál. Výstup digitálního signálu je možné analyzovat

na připojeném počítači. Lze provádět profilové měření 2D i plošné profilové měření 3D [17].

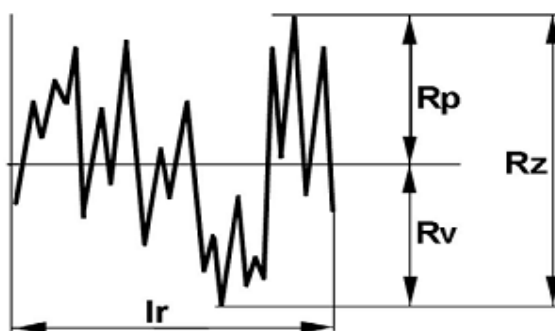
Ra je aritmetický průměr absolutních hodnot vzdáleností bodů profilu od střední části profilu na měřeném úseku. Plochy profilu nad a pod střední čarou jsou shodné. Z toho vyplývá, že je to průměrná drsnost, při které se mohou ztratit jednotlivé velké rýhy na profilu [17].



Obr. 11: Aritmetická úchylka profilu drsnosti Ra [17].

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| = \frac{|y_1| + |y_2| + |y_3| + \dots + |y_n|}{n} \quad (8)$$

Rz je vzdálenost mezi nejvyšším vrcholkem a největší prohlubní profilu na měřeném úseku. Udává tedy největší nerovnost na měřeném úseku. Používá se proto jako doplňkový údaj v případě, že nemůže být na povrchu žádný ojedinělý výstupek. Ten by se totiž při měření Ra nemusel neprojevit. Měří se např. u povrchů, po kterých jezdí pryžové těsnění, to by mohl poškodit i jediný velký výstupek [17].



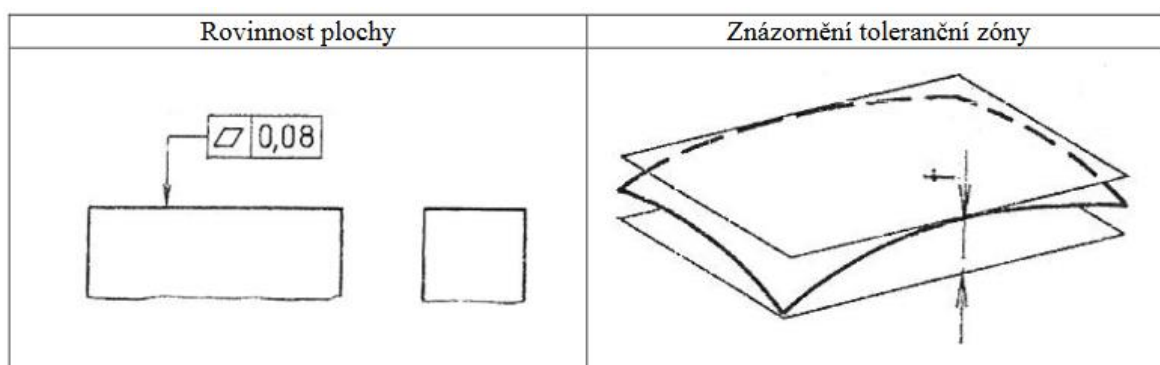
Obr. 12: Největší výška profilu Rz [19].

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{j=1}^5 |y_{pj}|}{5} \quad (9)$$

1.3.2 Rovinnost

Rovinnost je dalším parametrem pro stanovení kvality povrchu. Je stejně jako jakost povrchu určena na výkrese. Tolerance rovinnosti je dána značkou rovinnosti a maximální možnou hodnotou, vztahuje se vždy k nějaké ploše [21].

Rovinnost je určena tzv. toleranční zónou, která je ohraničena dvěma rovnoběžnými rovinami, o vzdálenosti t , viz obr. 13. Tato vzdálenost t je dána hodnotou rovinnosti tolerované plochy. Mezi těmito dvěma rovnoběžnými rovinami se musí nacházet skutečná plocha měřeného dílu. Je měřena pomocí úchylek přímosti jednotlivých profilů plochy v různých směrech a z těchto úchylek je poté vyhodnocena úchylka rovinnosti. Měřena je na 3D měřicím přístroji [17].



Obr. 13: Tolerance rovinnosti [19].

2 ANALYTICKÁ ČÁST

V této části diplomové práce je představena firma Antreg, a.s. (dále jen Antreg) a olejové čerpadlo, jehož technologický postup bude měněn. Skříň olejového čerpadla je níže v kapitole zobrazena, dále bude uveden původní technologický postup, dle kterého bylo čerpadlo vyráběno.

2.1 Představení firmy Antreg, a.s.

V kapitole je představena strojírenská firma Antreg. Firma sídlí ve Vyškově na Tovární ulici. Od 31. 7. 1996 je zapsána v obchodním rejstříku. Předmětem podnikání zapsaném v obchodním rejstříku je zámečnictví, nástrojářství, obráběčství, činnost účetních poradců, výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona, výroba, instalace, opravy elektrických strojů a přístrojů, elektronických a telekomunikačních zařízení, vývoj, výroba, opravy, úpravy, přeprava, nákup, prodej, půjčování, znehodnocování, ničení zbraní a opravy, úpravy, přeprava, nákup, prodej půjčování, uschovávání střeliva a také nákup a prodej, půjčování, vývoj, výroba, opravy, úpravy, uschovávání, skladování, přeprava, znehodnocování a ničení bezpečnostního materiálu [22].

Jako každá akciová společnost má i firma Antreg valnou hromadu, představenstvo a dozorčí radu. Ředitelka společnosti zodpovídá za ekonomický úsek, personální úsek, inspekci kvality, TOV a obchodní úsek. Výrobní ředitel je odpovědný za technický úsek, úsek plánování výroby a tři výrobní střediska. Celá organizační struktura je zobrazena v příloze 1.

2.1.1 Historie firmy

Dříve byla firma součástí Zbrojovky jako její odštěpný závod, v roce 1992 došlo k privatizaci tohoto odštěpného závodu. Privatizovaný subjekt byl v roce 1996 rozdělen na tři firmy. Jednou z nich se stal Antreg, a.s., který pokračoval v tradici zbrojovky. Ve firmě je kladen důraz na kvalitu a již v roce 1998 bylo zavedeno ISO 9001. Roku 2013 začala výstavba vývojového a inovačního centra, tím došlo k rozšíření výrobních ploch na celkových 10 000 m² [23].

2.1.2 Používané technologie ve firmě

Firma má několik svých výrobků, ale zabývá se převážně prodejem technologií, tzn. výrobou polotovarů, součástí a výrobků pro jiné firmy. Mezi technologie, které firma používá, patří [23]:

- soustružení,
- frézování,
- broušení,
- CNC elektroerozivní obrábění,
- přesné vrtání,
- objemové a plošné tváření,
- CNC měření 3D,
- lakování,
- vakuové pokovení.

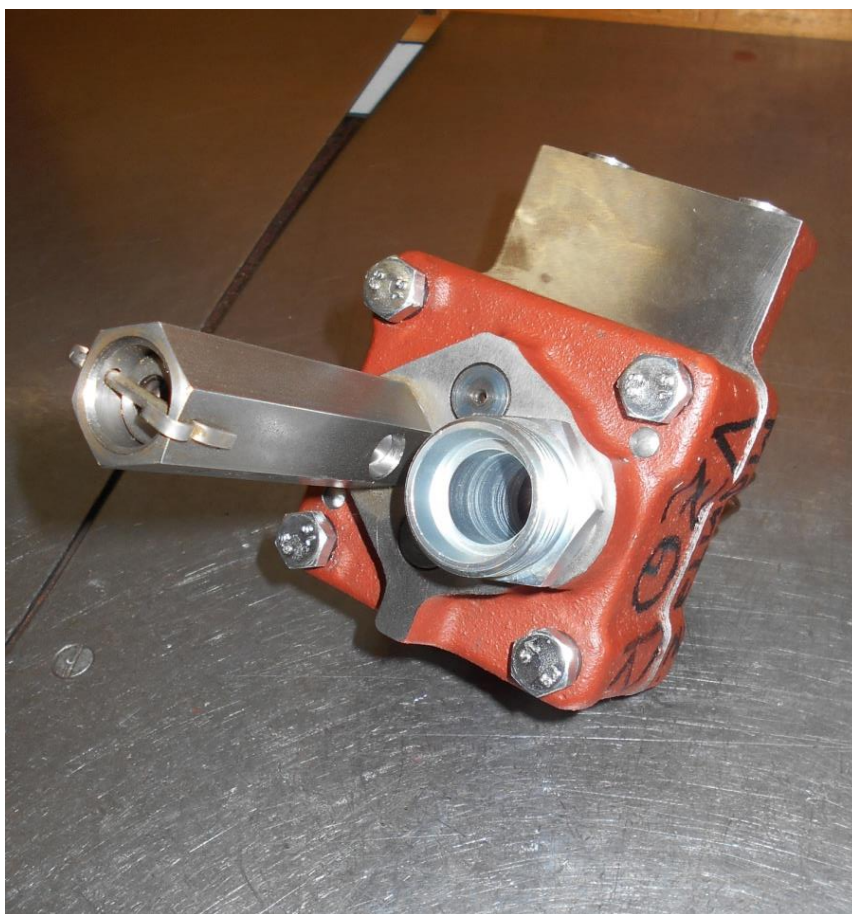
2.1.3 Výrobky

Výrobkové portfolio firmy není příliš široké, ale patří do něj kvalitní výrobky, které vyrábí ryze česká firma. Mezi výrobky firmy Antreg, a.s. patří [23]:

- pistolové adaptéry ZENITH a ORION,
- konstrukce a výroba náradí, nástrojů a forem,
- speciální světelná technika,
- jateční přístroj,
- elektromagnetický ventil,
- termoregulátor,
- obráběné díly.

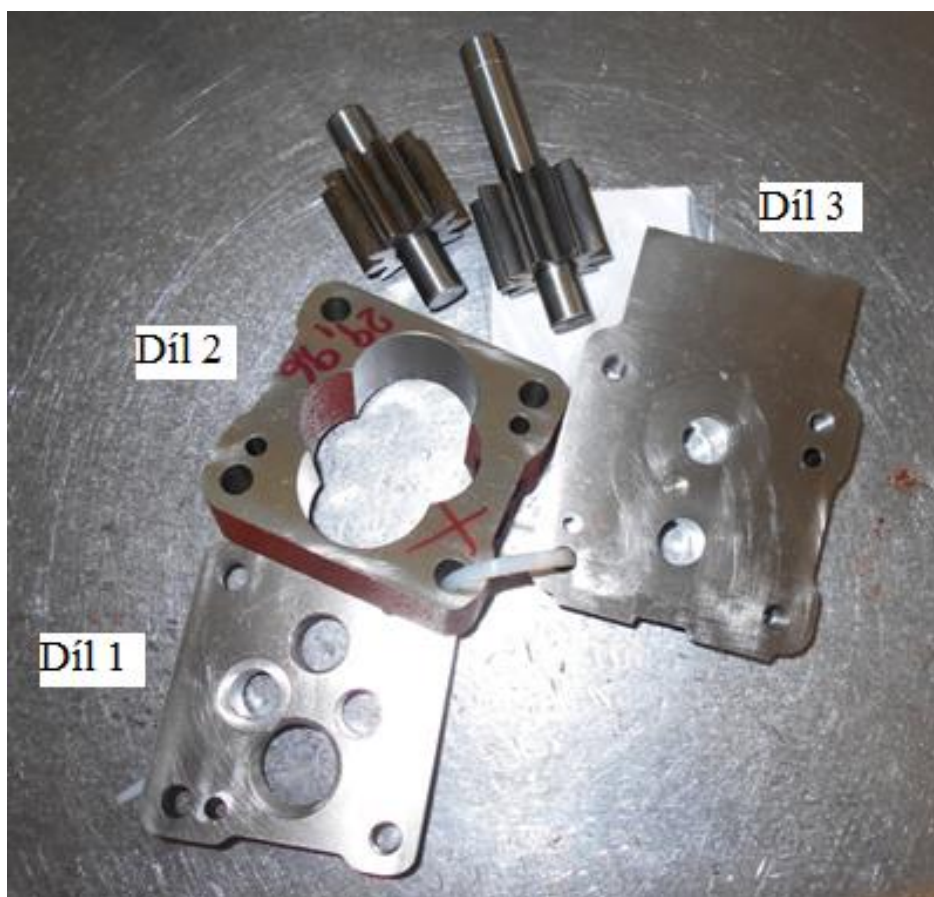
2.2 Představení součásti - olejové čerpadlo

Olejové čerpadlo, jehož výrobou se práce zabývá, je zubové čerpadlo používané k čerpání oleje v zemědělské technice. Je to nejběžnější typ čerpadla používaného v hydraulických systémech. K čerpání kapaliny v tomto případě oleje je využíváno dvou ozubených kol. Rozlišují se dva základní typy zubových čerpadel, klasické zubové čerpadlo a excentrické zubové čerpadlo. Řešené čerpadlo je klasické zubové čerpadlo.



Obr. 14: Smontované olejové čerpadlo.

Na obrázku 14 je celé smontované olejové čerpadlo, na obrázku 15 jsou díly skříně olejového čerpadla s ozubenými koly, kterými je olej přečerpáván. V práci je řešen postup výroby dílů 1 až 3. Díl 1 je zadní část olejového čerpadla, díl 2 je prostřední díl a díl 3 je přední část skříně čerpadla. Experiment je prováděn na díle 3, z důvodu, který je uveden v návrhu experimentu. Výkres součástí je v přílohách 2 - 4.



Obr. 15: Díly skříně a ozubená kola.

Výchozí technologický postup

V současné době se skříň olejového čerpadla vyrábí způsobem popsáním v tabulkách technologických postupů jednotlivých dílů v přílohách 5 - 7. Materiál vstupuje do výroby ve formě odlitků, které firma Antreg nakupuje. Ve výchozích technologických postupech nejsou uvedeny konkrétní rozměry z důvodu utajení interních informací. A také nejsou uvedeny nástroje v operacích, které v navrhovaných změnách nebudou ovlivněny. Časy jednotlivých operací jsou uvedeny, aby bylo možné porovnat současnou dobu výroby s vybraným navrhnutým postupem.

Odlitky jsou z litiny ČSN 42 2420 a jsou povrchově upraveny mokrým lakováním. Povrchová úprava odlitků na neobrobených částech zůstává. Odlitky v této podobě dodává dodavatelská firma.

3 NÁVRH EXPERIMENTU

Hlavním cílem firmy Antreg bylo odstranit z technologie výroby operaci broušení, a to z důvodu velké vytiženosti kapacit na bruskách. Broušení nahrazuje frézování na hotovo. Frézováním se musí splnit předepsané požadavky na střední aritmetickou úchylku povrchu $Ra\ 0,8\ \mu\text{m}$ a rovinnost v toleranci $0,005\ \text{mm}$. Při splnění těchto podmínek bude možné vynechat operaci broušení z technologie výroby daných součástí, a tím zkrátit dobu výroby zakázky. Díky zkrácení této doby bude možné rychleji dodávat objednané množství, čímž získá Antreg konkurenční výhodu. V současnosti je totiž kromě kvality dodaných výrobků velký důraz kladen i na rychlost dodání a dodání přesného objednaného množství a také na cenu. Cena je samozřejmě ovlivněna technologií výroby, čím více operacemi výrobek prochází, tím vyšší musí být, aby pokryla vzniklé náklady. V případě snahy o udržení konkurenceschopnosti nízkou cenou i přes vysoké náklady, je výrobek ztrátový, a to si mohou dovolit pouze některé velké firmy, které mají jiné stěžejní výrobky.

Navrženy jsou čtyři technologické postupy A - D, lišící se v použitém nástroji při dokončovací operaci frézování, jsou použity tři různé frézy s různými vyměnitelnými břitovými destičkami. Podrobnosti o těchto nástrojích jsou uvedeny v popisech variant. Frézování je prováděno na vertikálním obráběcím centru Mori Seiki NV 5000, viz obr. 17. Parametry stroje, viz obr. 16.

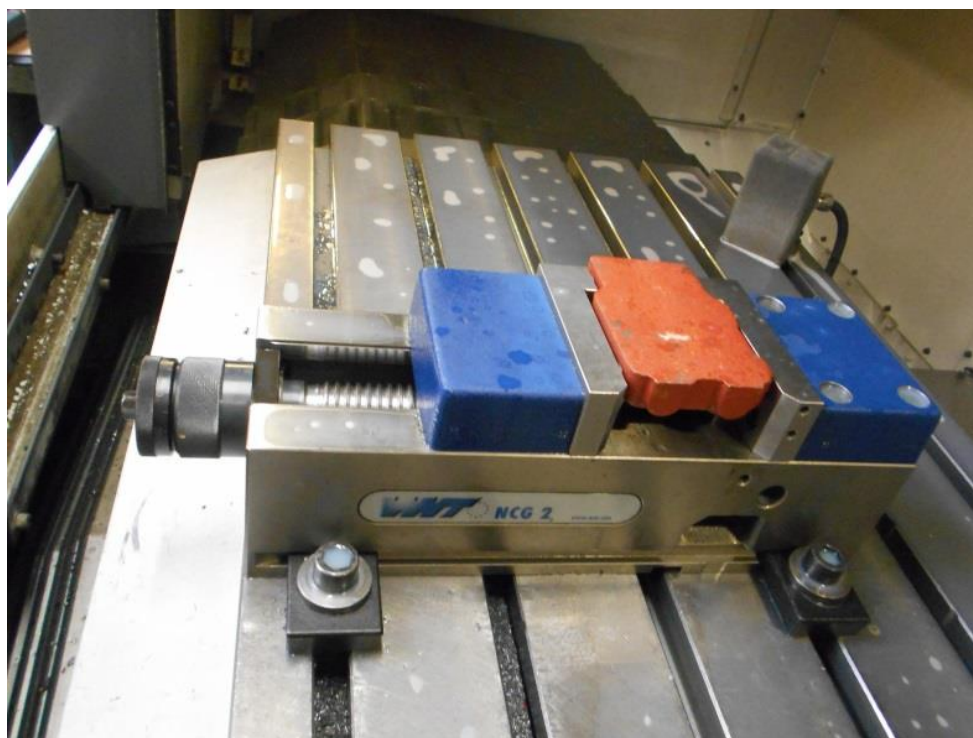
Řídicí systém	MSX 5001III
Rozměr stolu d x š	1 320 x 600 mm
Maximální hmotnost obrobku v kg	1 200 kg
Pojezdy:	
X	1 020 mm
Y	510 mm
Z	510 mm
Max. otáčky vřetena	$14\ 000\ \text{min}^{-1}$
Počet nástrojů	30 nástrojů
Upínání	BT40
Vybavení stroje 4. osou	ANO
Vysokotlaké chlazení	ANO

Obr. 16: Parametry vertikálního obráběcího centra [24].



Obr. 17: Vertikální obráběcí centrum NV 5000.

Díly jsou obráběny čelním frézováním. Kvůli svému tvaru potřebují speciální přípravky na upnutí. Upnutý přední díl ve speciálních čelistech z tvrdokovu, viz obr. 18.



Obr. 18: Upnutí předního dílu.

Hrubování se při všech variantách provádělo frézou TaeguTec o průměru 50 mm s 6 zuby.

Nastavení řezných podmínek pro dokončovací operaci frézování jsou pro všechny varianty shodné a jsou následující:

- otáčky - 900 ot.min^{-1} ,
- posuv – 300 mm,
- a_p – 0,05 mm,
- přídavek na frézování: 0,05 mm,
- řezná kapalina – Lubricant MWE 2016.

Řezné podmínky vycházejí z doporučení dodavatelů nástrojů a především ze zkušeností technologů firmy Antreg. Obzvláště přídavek na dokončování je mnohem menší než uvádí literatura, nebo než by vyšel výpočtem. Je však stanoven na 0,05 mm z toho důvodu, aby bylo možné dodržet předepsanou toleranci rovinnosti.

Další možností provedení experimentu by bylo u jednotlivých nástrojů měnit i nastavení řezných podmínek, čímž může dojít k rozdílnému silovému zatížení. To pak může způsobit odlišné výsledky výstupních parametrů, tedy jakosti výrobků, ale také ovlivňuje například dobu operace a spotřebu energie strojů. To však nebylo primárním cílem firmy Antreg a tak se těmito možnostmi práce nezabývá.

3.1 Navržené varianty

Pro experiment jsou navrženy nástroje od firem TaeguTec a ISCAR. Nástroje od těchto firem byly vybrány z důvodu dostupnosti – firma frézy již vlastnila, a především z důvodu ověřené funkčnosti pro tento typ operací. Navržené nástroje jsou použity při technologii výroby skříně olejového čerpadla jako dokončovací nástroje.

Tab. 1: Navržené varianty experimentu.

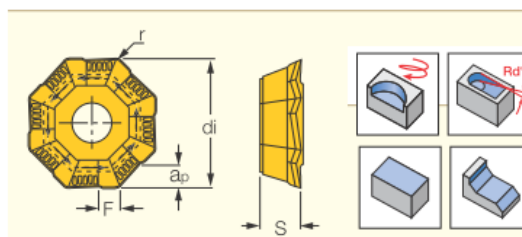
		Dodavatel	Označení	Průměr	Zuby	Materiál	Povlak
Varianta A	Fréza	ISCAR	HOF D125-08-40-R07	125	8	-	-
	VBD		OFMT 07T3-AETN	-	-	SK	PVD
			OFCT 07T3-RW-16	-	-	SK	PVD
Varianta B	Fréza	ISCAR	SOF45 8/16-D100-08-32R	100	8	-	-
	VBD		S 845 SNMU 1305 ANTR	-	-	SK	PVD
			S 845 SNHU 1305 AN-N-W	-	-	SK	PVD
Varianta C	Fréza	TaeguTec	3P TF90-10125-40R-15	125	10	-	-
	VBD		3PKT 150508R-M TT9080	-	-	SK	PVD
Varianta D	Fréza	TaeguTec	TFM45SN 10125-40R-13	125	10	-	-
	VBD		SNGX 1306ANTN-W TT9080	-	-	SK	PVD

Navržené varianty experimentu, tedy nástroje a VBD pro každou z nich jsou shrnuty v tabulce 1. V obrázcích pod tabulkou jsou vyobrazeny jednotlivé frézy osazené VBD.

První fréza použitá pro variantu A (viz obr. 19) je od firmy ISCAR. Fréza má průměr 125 mm a 8 zubů osazených 7 osmihrannými, jednostrannými pozitivními VBD (viz obr. 20) a jednou pozitivní destičkou Wiper se čtyřmi řeznými hranami. Fréza má úhel nastavení 42° .



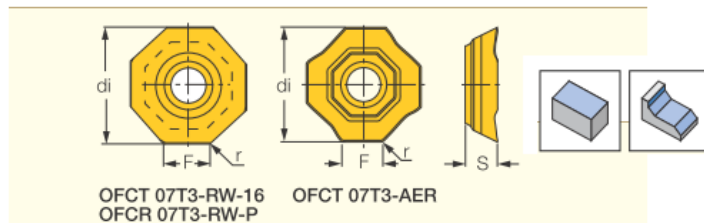
Obr. 19: Nástroj varianty A.



Označení	Rozměry						Doporučené řezné podmínky	
	di	ap	F	r	S		ap (mm)	fz (mm/zub)
OFMT 07T3-AETN	18.07	3.90	1.75	1.00	4.54		1.00-3.00	0.20-0.35

Obr. 20: VBD varianty A [27].

Pro lepší jakost povrchu byla ve variantě A frézovací hlava osazena jednou osmibokou destičkou Wiper se čtyřmi hladícími břity, viz obr 21.



	Rozměry				Doporučené řezné podmínky	
Označení	di	F	S	r	ap (mm)	fz (mm/zub)
OFCT 07T3-RW-16	18.35	7.00	4.50	0.80	0.50-1.00	0.10-0.15

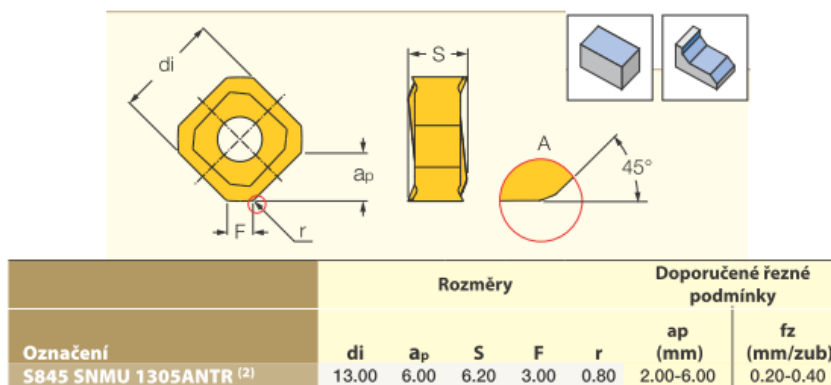
Obr. 21: VBD Wiper varianty A [27].

Druhou frézou od firmy ISCAR vybranou pro variantu B, je fréza o průměru 100 mm s 8 zuby, viz obr. 22. Fréza má úhel nastavení 45°.



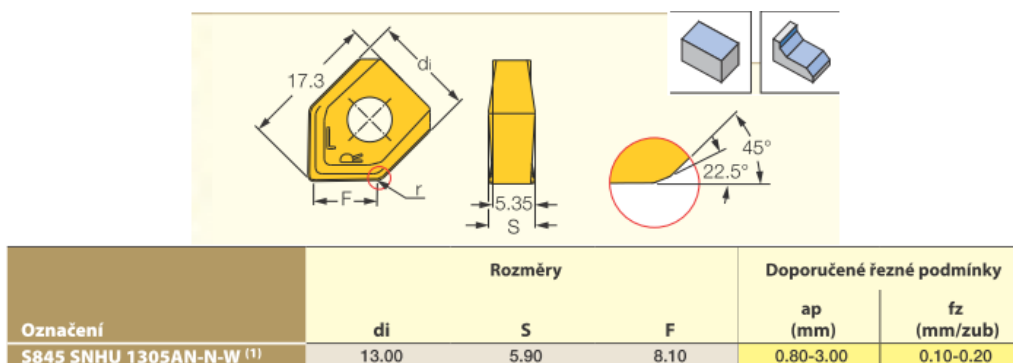
Obr. 22: Nástroj varianty B.

Frézovací hlava je osazena 7 čtvercovými oboustrannými VBD s osmi řeznými hranami a jednou oboustrannou hladicí destičkou Wiper se čtyřmi řeznými hranami, dvě z nich jsou pro levé frézy a dvě pro pravé.



Obr. 23: VBD varianty B [27].

Tyto čtvercové destičky je nutné dle doporučení výrobce používat společně s hladicí destičkou Wiper, viz obr. 24.



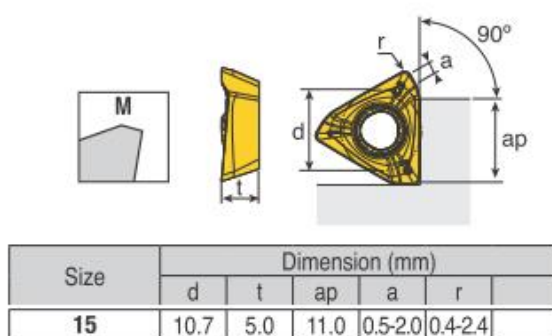
Obr. 24: VBD Wiper varianty B [27].

Třetí fréza (viz obr. 25) je od firmy TaeguTec a byla vybrána pro variantu C. Průměr frézy je 125 mm, fréza má 10 zubů. Úhel nastavení frézy je 90°.



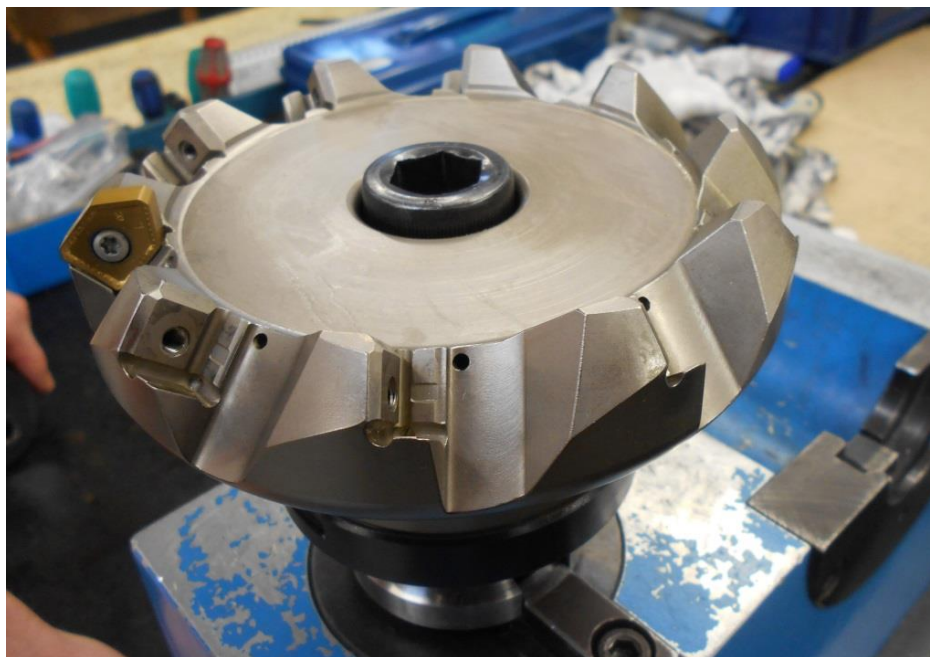
Obr. 25: Nástroj varianty C.

Deset zubů frézy bylo osazeno trojhrannými jednostrannými vysoce pozitivními VBD se třemi řeznými hranami, viz obr. 26. Řezné hrany mají optimalizovaný tvar pro dokonalý odvod třísky.



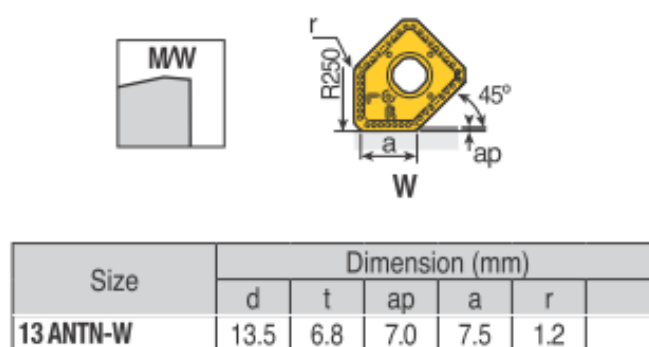
Obr. 26: VBD varianty C [28].

Pro variantu D byla zvolena fréza od firmy TaeguTec o průměru 125 mm s 10 zuby, viz obr. 27. Tato fréza však byla osazena pouze jednou VBD, a to hladicí oboustrannou destičkou Wiper.



Obr. 27: Nástroj varianty D.

Fréza ve variantě byla osazena pouze jednou VBD Wiper (viz obr. 28) na základě doporučení od dodavatele.

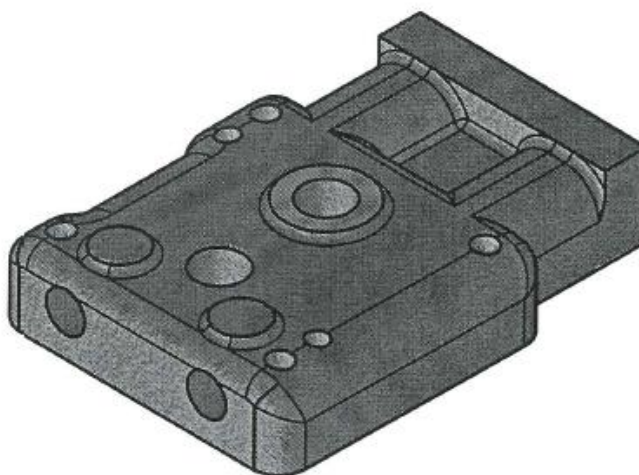


Obr. 28: Destička varianty D [28].

3.2 Ověření výsledků experimentu

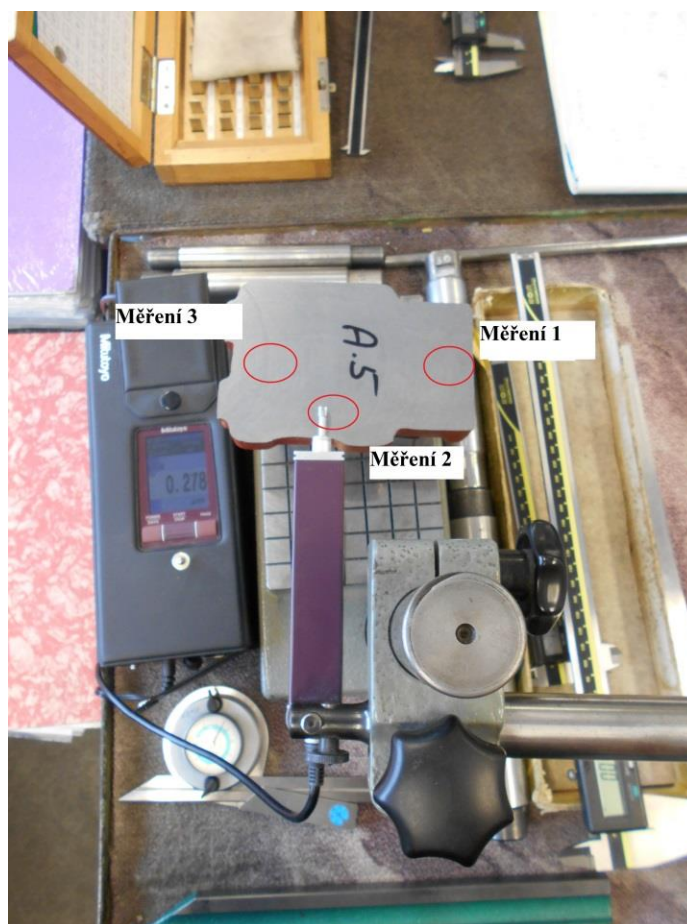
Pro ověření, zda navržené nástroje dosahují předepsaných tolerancí rovinnosti a předepsané střední aritmetické úchylce povrchu $Ra\ 0,8\ \mu m$, se od každé varianty vyfrézuje 30 kusů vzorků a dané veličiny se u nich změří. Frézováno je 30 kusů, protože je to dostatečný statistický vzorek a více kusů, nebylo z důvodu vytíženosti kapacit a omezeného rozpočtu nákladů na experiment možné.

Ověření postupů bylo aplikováno na díl tři skříně olejového čerpadla, viz obr. 29, tento díl má největší plochu, na které lze veličiny ověřit. Při ověření experimentu se daná plocha pouze frézuje, nevyvrtávají se díry. Celkový čas operace se tedy měří až pro vybraný technologický postup.



Obr. 29: Díl 3 - přední část čerpadla.

Měření jakosti povrchu se provádí drsnoměrem a na třech místech vzorku, viz obr. 30. Drsnoměr Mitutoyo je přenosný drsnoměr, umožňující snadné a přesné měření drsnosti povrchu. Pomocí dotykové hlavy je snímán povrch ve 2D a z nasnímaného povrchu je vyhodnocena jeho jakost.



Obr. 30: Místa měření drsnosti povrchu.

Rovinnost je měřena na 3D měřicím přístroji Mitutoyo Crysta APEX C 776, viz obr. 32. Pro ověření rovinnosti je skenováno 8 bodů, ze kterých je vyhodnocena rovinnost, kterou přístroj zaznamená do protokolu. Parametry stroje, viz obr. 31.

Rozměr stolu	880 x 1 420 mm
Maximální hmotnost obrobku v kg	800 kg
Pojezdy:	
X	705 mm
Y	705 mm
Z	605 mm
Přesnost v rozsahu teplot	16 až 26 °C
Rozlišení	0,0001
Délková odchylka měření	1,7[um]+0,3/L[mm]
Měřicí CNC stroj je vybaven skenovací dotekovou hlavou.	

Obr. 31: Parametry 3D měřicího stroje [24].



Obr. 32: 3D měřicí stroj Mitutoyo.

Výsledky jednotlivých měření pro každou variantu jsou uvedeny v tabulkách. Kvůli lepšímu přehledu je pro každou variantu vytvořen i regulační diagram, ve kterém červená přímka znázorňuje průměrnou naměřenou hodnotu. Lze tak lépe vidět, jak se jednotlivé hodnoty odchylují od průměru. Zelená přímka pak znázorňuje maximální hodnotu parametru předepsanou tolerancí na výkresu.

3.3 Způsob vyhodnocení výsledků měření

Při měření jakéhokoliv procesu je nutné počítat s tzv. kolísáním procesu. Kolísání je způsobeno různými příčinami. Ty příčiny, které jsou ovlivnitelné, bývají u zvládnutých procesů odstraněny. Další kolísání však mohou způsobit náhodné příčiny. Ty nelze ovlivnit. Můžeme je však sledovat a vyhodnotit, zda i přes tyto náhodné příčiny kolísání je proces dostatečně způsobilý. Celkové kolísání procesu lze i u statisticky nezvládnutých

procesů odhadnout výběrovou směrodatnou odchylkou s , která je vyjádřena vzorcem (6) [23].

$$s = \sqrt{\sum_i^n \frac{(x_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (6)$$

Pro hodnocení způsobilosti procesu se předpokládá, že je proces ve statisticky zvládnutém stavu. V případě že ve statisticky zvládnutém stavu není, nemá velký význam určovat, zda je způsobilý, protože naměřené hodnoty z procesu se nacházejí mimo požadované meze a ukazatele způsobilosti pak vycházejí záporně.

Před použitím konkrétních ukazatelů musíme rozhodnout, zda se jedná o případ oboustranných mezních hodnot, či jednostranných mezních hodnot s omezením zdola nebo shora.

Pro účely diplomové práce použijeme ukazatele s jednostranným omezením. Mezi tyto ukazatele se řadí ukazatele způsobilosti C_p a C_{pk} a ukazatele výkonnosti P_p a P_{pk} .

Ukazatel C_p porovnává způsobilost procesu s maximálním možným kolísáním procesu v daném tolerančním poli. V případě jednostranného omezení však nemá smysl. Mohli bychom např. v případě rovinnosti za druhou toleranční mez stanovit hodnotu nula jako náhradní dolní mez hodnoty. Vypočtená hodnota ukazatele však poté nebude mít stejný vztah k ukazateli C_{pk} jako v případě oboustranných mezních hodnot [24].

Ukazatel C_{pk} je také ukazatel způsobilosti, který navíc přihlíží i k poloze procesu. V případě jednostranného fyzikálního omezení, nemá tento ukazatel žádný vztah k ukazateli C_p , může totiž vyjít menší, roven, ale i větší. Ovlivňuje ho podíl neshodných jednotek vyrobených procesem a v závislosti, zda se jedná o předepsanou horní (USL) nebo dolní (LSL) mez se rovná CPU či CPL vyjádřených ve vzorcích (7) a (8) [24].

$$CPU = \frac{USL - \bar{X}}{3(\bar{R}/d_2)} \quad (7)$$

$$CPL = \frac{\bar{X} - LSL}{3(\bar{R}/d_2)} \quad (8)$$

Ukazatel P_p je ukazatelem výkonnosti, který porovnává výkon procesu s maximálním možným kolísáním daným tolerančním polem. Při jednostranném omezení nemá stejně jako ukazatel C_p smysl. Může se zde jako u něj použít náhradní mez, ale nebude zde zase platit vztah s ukazatelem P_{pk} [23].

Ukazatel P_{pk} je vztažen k podílu neshodných kusů vyrobených procesem. Rovná se hodnotám PPU nebo PPL dle toho zda je předepsána horní nebo dolní mez [23].

$$PPU = \frac{USL - \bar{X}}{3 * s} \quad (9)$$

$$PPL = \frac{\bar{X} - LSL}{3 * s} \quad (10)$$

V práci jsou zadány maximální předepsané hodnoty drsnosti povrchu R_a 0,8 a tolerance rovinnosti 0,005 mm, tzn. jednostranné omezení shora, a proto se k ověření způsobilosti procesu může využít vzorec (9). Vhodnějším v tomto případě bude vzorec 10, který se váže ke kratšímu časovému období, což v případě měření 30 vzorků odpovídá. Pro vyhodnocení výsledků měření tedy bude v podkapitole 4.2 spočítán ukazatel P_{pk} pro všechny varianty experimentu. V případě, že ukazatel P_{pk} vychází větší než 1,33, dá se proces považovat za způsobilý [26].

4 DISKUZE

V této kapitole budou uvedeny výsledky experimentu. Konkrétně tedy vyhodnocené hodnoty jakosti povrchu a naměřené hodnoty rovinnosti u jednotlivých variant technologických postupů. Po jejich vyhodnocení bude vybrána optimální varianta. U jednotlivých variant také bude provedeno technickoeconomické zhodnocení.

4.1 Výsledky měření

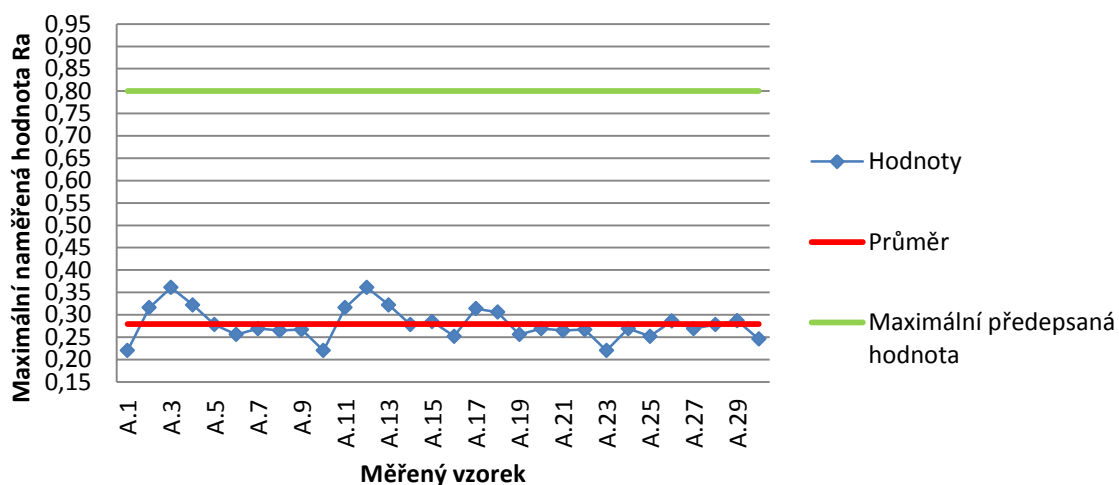
Výsledky vyhodnocení jakosti povrchu a jednotlivých měření rovinnosti jsou pro jednotlivé varianty uvedeny v tabulkách. Pod každou tabulkou je vložen regulační diagram, pro názorné zobrazení, jak se vyhodnocení a jednotlivá měření odchylují od průměru. V diagramu je znázorněna i maximální předepsaná hodnota dána tolerancí na výkrese.

Nejprve jsou uvedeny hodnoty střední aritmetické úchylky povrchu. Do regulačního diagramu vždy byla zanesena maximální hodnota ze tří provedených vyhodnocení jakosti povrchu na jednom kusu vzorku.

Tab. 2: Hodnoty střední aritmetické úchylky povrchu R_a (μm), varianta A.

Vzorek	Měření 1	Měření 2	Měření 3	Vzorek	Měření 1	Měření 2	Měření 3
A.1	0,21	0,22	0,21	A.16	0,24	0,24	0,25
A.2	0,23	0,25	0,31	A.17	0,31	0,30	0,29
A.3	0,36	0,31	0,26	A.18	0,30	0,29	0,30
A.4	0,25	0,31	0,32	A.19	0,25	0,24	0,21
A.5	0,25	0,27	0,27	A.20	0,26	0,23	0,25
A.6	0,25	0,24	0,21	A.21	0,21	0,26	0,24
A.7	0,26	0,23	0,25	A.22	0,24	0,26	0,23
A.8	0,21	0,26	0,24	A.23	0,21	0,22	0,21
A.9	0,24	0,26	0,23	A.24	0,25	0,26	0,26
A.10	0,21	0,22	0,21	A.25	0,24	0,23	0,25
A.11	0,23	0,24	0,31	A.26	0,28	0,24	0,24
A.12	0,36	0,31	0,26	A.27	0,26	0,23	0,25
A.13	0,25	0,31	0,32	A.28	0,22	0,24	0,27
A.14	0,24	0,27	0,27	A.29	0,25	0,28	0,28
A.15	0,24	0,28	0,23	A.30	0,22	0,22	0,24

Regulační diagram hodnot Ra varianty A



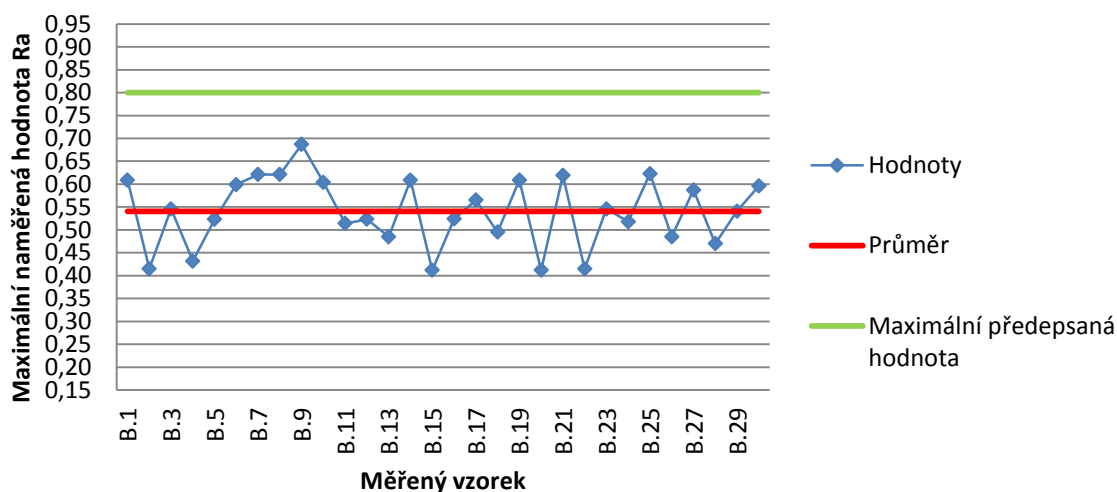
Obr. 33: Regulační diagram hodnot Ra varianty A.

Varianta A předepsanou maximální střední aritmetickou úchylku povrchu splňuje. Lze ji uvažovat pro výběr optimálního postupu. Při vyhodnocování se vyskytlo několik odchýlených hodnot. Proto bude ještě pomocí ukazatele způsobilosti procesu ověřeno, zda je daný proces dostatečně stabilní.

Tab. 3: Hodnoty střední aritmetické úchylky povrchu Ra (μm), varianta B.

Vzorek	Měření 1	Měření 2	Měření 3	Vzorek	Měření 1	Měření 2	Měření 3
B.1	0,60	0,58	0,55	B.16	0,52	0,49	0,47
B.2	0,41	0,30	0,29	B.17	0,56	0,44	0,46
B.3	0,54	0,47	0,35	B.18	0,49	0,39	0,39
B.4	0,31	0,25	0,43	B.19	0,55	0,60	0,58
B.5	0,52	0,45	0,23	B.20	0,39	0,35	0,41
B.6	0,58	0,56	0,59	B.21	0,61	0,58	0,55
B.7	0,62	0,59	0,60	B.22	0,41	0,30	0,29
B.8	0,59	0,61	0,62	B.23	0,54	0,48	0,45
B.9	0,68	0,65	0,63	B.24	0,51	0,25	0,43
B.10	0,52	0,56	0,60	B.25	0,62	0,45	0,53
B.11	0,51	0,49	0,47	B.26	0,47	0,45	0,48
B.12	0,52	0,47	0,45	B.27	0,58	0,56	0,47
B.13	0,48	0,39	0,47	B.28	0,39	0,41	0,47
B.14	0,57	0,60	0,58	B.29	0,54	0,46	0,52
B.15	0,39	0,35	0,41	B.30	0,56	0,57	0,59

Regulační diagram hodnot Ra varianty B



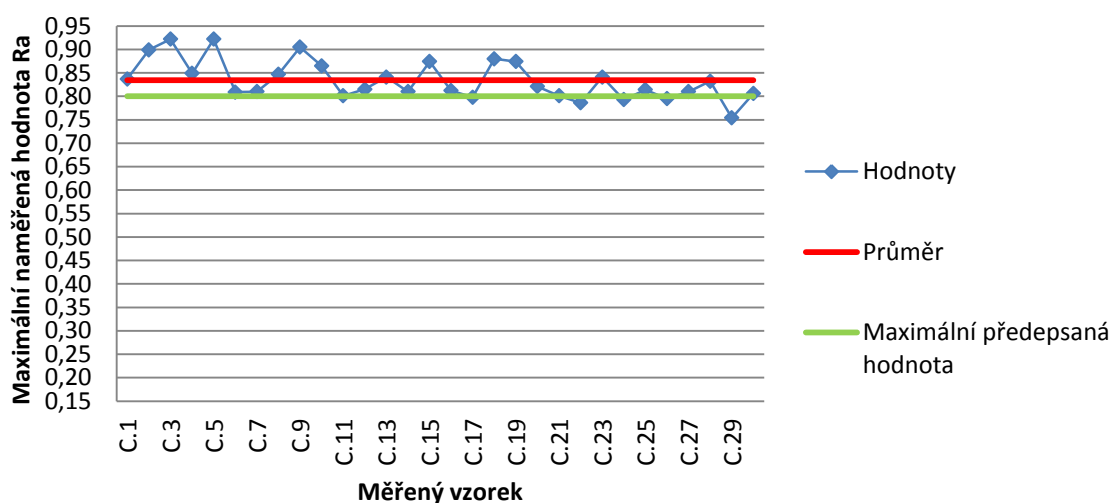
Obr. 34: Regulační diagram hodnot Ra varianty B.

Varianta B předepsanou maximální střední aritmetickou úchylku povrchu splňuje. Lze ji uvažovat pro výběr optimálního postupu. Je však patrné, že jednotlivé hodnoty jsou poměrně rozptýlené od průměru. Zda je proces způsobilý a je dostatečně stabilní, bude ověřeno pomocí ukazatele způsobilosti procesu níže v podkapitole 4.2 Vyhodnocení výsledků a výběr optimální varianty.

Tab. 4: Hodnoty střední aritmetické úchylky povrchu Ra (μm), varianta C.

Vzorek	měření 1	měření 2	měření 3	Vzorek	měření 1	měření 2	měření 3
C.1	0,80	0,81	0,83	C.16	0,78	0,80	0,81
C.2	0,81	0,71	0,89	C.17	0,79	0,78	0,79
C.3	0,92	0,91	0,86	C.18	0,88	0,85	0,86
C.4	0,84	0,84	0,81	C.19	0,84	0,80	0,87
C.5	0,92	0,74	0,73	C.20	0,79	0,75	0,82
C.6	0,80	0,80	0,79	C.21	0,80	0,76	0,79
C.7	0,75	0,80	0,81	C.22	0,75	0,74	0,78
C.8	0,84	0,81	0,84	C.23	0,82	0,83	0,84
C.9	0,90	0,88	0,89	C.24	0,79	0,78	0,75
C.10	0,86	0,82	0,84	C.25	0,81	0,80	0,80
C.11	0,75	0,78	0,80	C.26	0,79	0,75	0,78
C.12	0,81	0,80	0,81	C.27	0,80	0,80	0,81
C.13	0,83	0,83	0,84	C.28	0,81	0,80	0,83
C.14	0,81	0,80	0,80	C.29	0,75	0,74	0,74
C.15	0,79	0,78	0,87	C.30	0,80	0,80	0,80

Regulační diagram hodnot Ra varianty C



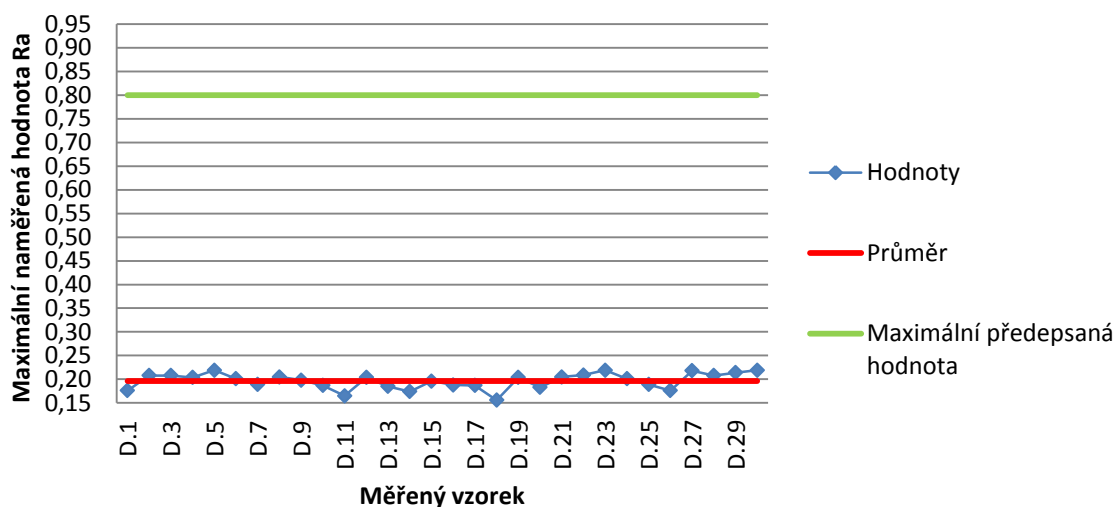
Obr. 35: Regulační diagram hodnot Ra varianty C.

Varianta C nesplňuje maximální předepsanou hodnotu drsnosti povrchu Ra 0,8. Nelze ji tedy vybrat jako optimální technologický postup pro výrobu skříně olejového čerpadla.

Tab. 5: Hodnoty střední aritmetické úchyly povrchu Ra (μm), varianta D.

Vzorek	měření 1	měření 2	měření 3	Vzorek	měření 1	měření 2	měření 3
D.1	0,14	0,16	0,17	D.16	0,18	0,15	0,16
D.2	0,20	0,15	0,18	D.17	0,18	0,15	0,16
D.3	0,20	0,19	0,20	D.18	0,15	0,15	0,14
D.4	0,20	0,18	0,17	D.19	0,20	0,19	0,20
D.5	0,19	0,16	0,21	D.20	0,16	0,15	0,18
D.6	0,20	0,18	0,19	D.21	0,20	0,18	0,20
D.7	0,18	0,18	0,17	D.22	0,20	0,18	0,17
D.8	0,20	0,17	0,20	D.23	0,19	0,17	0,21
D.9	0,19	0,14	0,16	D.24	0,20	0,18	0,19
D.10	0,18	0,15	0,16	D.25	0,18	0,18	0,18
D.11	0,16	0,15	0,14	D.26	0,15	0,16	0,17
D.12	0,20	0,19	0,20	D.27	0,21	0,15	0,18
D.13	0,16	0,15	0,18	D.28	0,20	0,19	0,20
D.14	0,17	0,15	0,14	D.29	0,21	0,18	0,16
D.15	0,19	0,18	0,17	D.30	0,18	0,16	0,21

Regulační diagram hodnot Ra varianty D



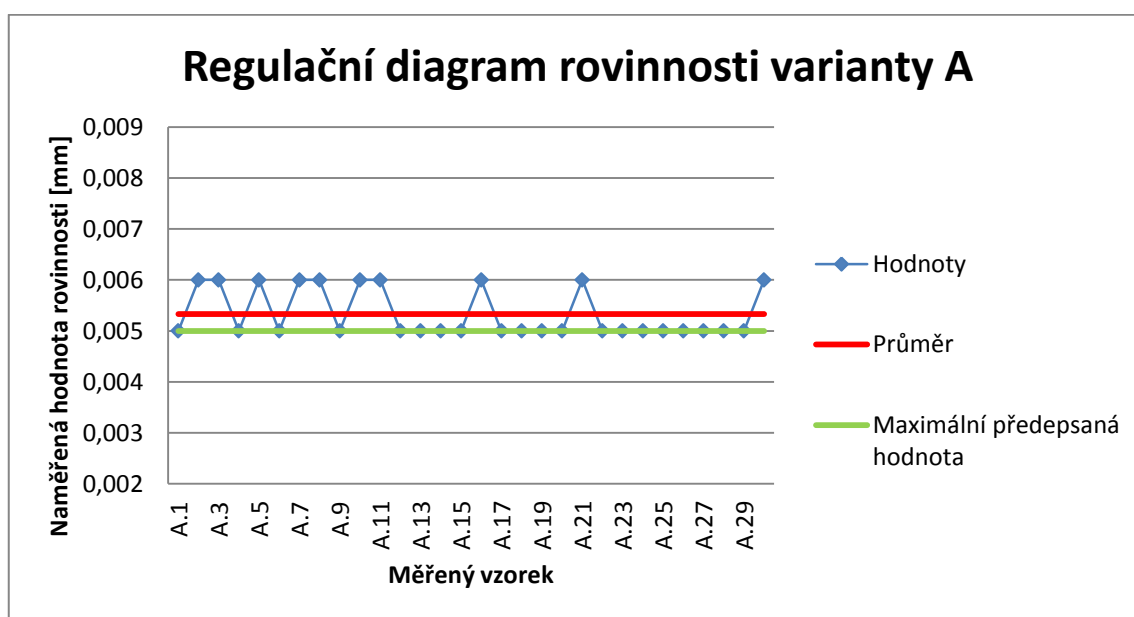
Obr. 36: Regulační diagram hodnot Ra varianty D.

Varianta D předepsanou maximální střední aritmetickou úchytku povrchu splňuje. Lze ji uvažovat pro výběr optimálního postupu. Hodnoty se blízce pohybují kolem průměru, lze tedy předpokládat způsobilost procesu, která bude ověřena pomocí ukazatele v podkapitole 4.2.

V následujících tabulkách 6 až 9 jsou uvedeny naměřené hodnoty rovinnosti a obrázky 37 až 40 s regulačními diagramy, se znázorněným průměrem a maximální předepsanou hodnotou tolerance rovinnosti 0,005 mm.

Tab. 6: Naměřené hodnoty rovinnosti, varianta A.

Vzorek	Rovinnost	Vzorek	Rovinnost	Vzorek	Rovinnost
A.1	0,005	A.11	0,006	A.21	0,006
A.2	0,006	A.12	0,005	A.22	0,005
A.3	0,006	A.13	0,005	A.23	0,005
A.4	0,005	A.14	0,005	A.24	0,005
A.5	0,006	A.15	0,005	A.25	0,005
A.6	0,005	A.16	0,006	A.26	0,005
A.7	0,006	A.17	0,005	A.27	0,005
A.8	0,006	A.18	0,005	A.28	0,005
A.9	0,005	A.19	0,005	A.29	0,005
A.10	0,006	A.20	0,005	A.30	0,006

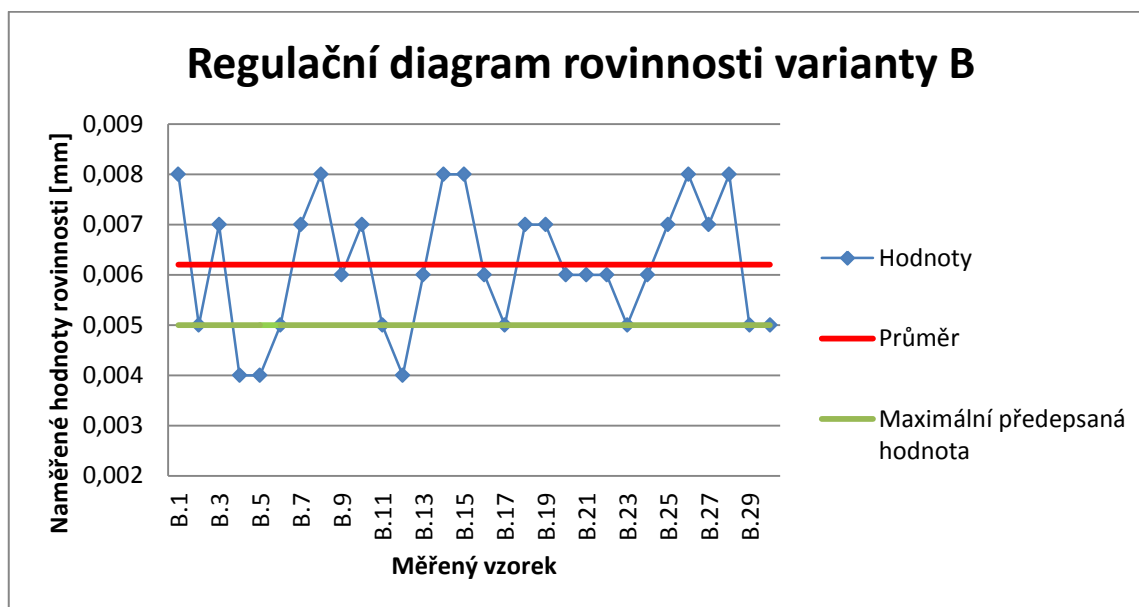


Obr. 37: Regulační diagram rovinnosti varianty A.

Varianta A předepsanou rovinnost nespĺňuje. Nejnížší naměřené hodnoty se pohybují na horní hranici tolerance.

Tab. 7: Naměřené hodnoty rovinnosti, varianta B.

Vzorek	Rovinnost	Vzorek	Rovinnost	Vzorek	Rovinnost
B.1	0,008	B.11	0,005	B.21	0,006
B.2	0,005	B.12	0,004	B.22	0,006
B.3	0,007	B.13	0,006	B.23	0,005
B.4	0,004	B.14	0,008	B.24	0,006
B.5	0,004	B.15	0,008	B.25	0,007
B.6	0,005	B.16	0,006	B.26	0,008
B.7	0,007	B.17	0,005	B.27	0,007
B.8	0,008	B.18	0,007	B.28	0,008
B.9	0,006	B.19	0,007	B.29	0,005
B.10	0,007	B.20	0,006	B.30	0,005



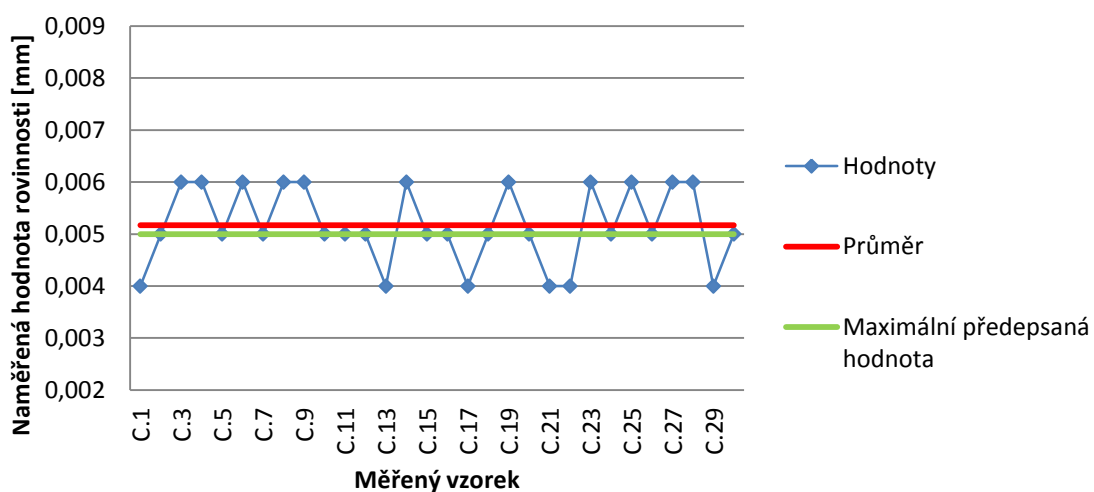
Obr. 38: Regulační diagram rovinnosti varianty B.

Varianta B rovinnost nesplňuje, i když několik hodnot leží na horní hranici předepsané tolerance a některé i pod ní. Celkový průměr však leží nad předepsanou tolerancí a hodnoty mají velký rozptyl od průměru.

Tab. 8: Naměřené hodnoty rovinnosti, varianta C.

Vzorek	Rovinnost	Vzorek	Rovinnost	Vzorek	Rovinnost
C.1	0,004	C.11	0,005	C.21	0,004
C.2	0,005	C.12	0,005	C.22	0,004
C.3	0,006	C.13	0,004	C.23	0,006
C.4	0,006	C.14	0,006	C.24	0,005
C.5	0,005	C.15	0,005	C.25	0,006
C.6	0,006	C.16	0,005	C.26	0,005
C.7	0,005	C.17	0,004	C.27	0,006
C.8	0,006	C.18	0,005	C.28	0,006
C.9	0,006	C.19	0,006	C.29	0,004
C.10	0,005	C.20	0,005	C.30	0,005

Regulační diagram rovinnosti varianty C

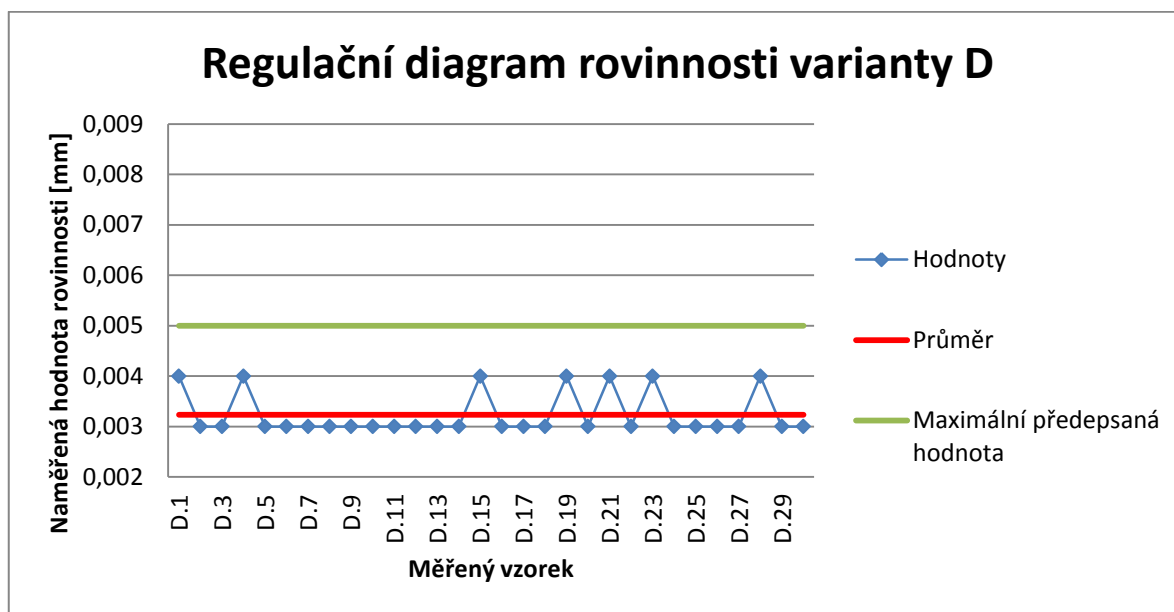


Obr. 39: Regulační diagram rovinnosti varianty C.

Varianta C se na rozdíl od varianty B tolik neodchyluje od průměru, ten se však nachází těsně nad požadovanou tolerancí a tak ani varianta C nesplňuje požadavky.

Tab. 9: Naměřené hodnoty rovinnosti, varianta D.

Vzorek	Rovinnost	Vzorek	Rovinnost	Vzorek	Rovinnost
D.1	0,004	D.11	0,003	D.21	0,004
D.2	0,003	D.12	0,003	D.22	0,003
D.3	0,003	D.13	0,003	D.23	0,004
D.4	0,004	D.14	0,003	D.24	0,003
D.5	0,003	D.15	0,004	D.25	0,003
D.6	0,003	D.16	0,003	D.26	0,003
D.7	0,003	D.17	0,003	D.27	0,003
D.8	0,003	D.18	0,003	D.28	0,004
D.9	0,003	D.19	0,004	D.29	0,003
D.10	0,003	D.20	0,003	D.30	0,003



Obr. 40: Regulační diagram rovinnosti varianty D.

Průměrná hodnota rovinnosti u varianty D leží hluboko pod maximální předepsanou hodnotou rovinnosti, takže požadavky s přehledem splňuje.

4.2 Vyhodnocení výsledků a výběr optimální varianty

Na základě výsledků a vyhodnocení měření drsnosti povrchu a rovinnosti je jako optimální varianta zvolena varianta D. Předepsanou drsnost povrchu splnily varianty A, B a D, toleranci rovinnosti však varianty A až C nesplňují. Varianta D splňuje, jak maximální předepsanou jakost povrchu $R_a 0,8 \mu\text{m}$, tak toleranci rovinnosti $0,005 \text{ mm}$.

Tab. 10: Vypočítané výběrové odchylky a ukazatel způsobilosti P_{pk} .

		Výběrová odchylka	P_{pk}
Varianta A	Drsnost	0,03349	5,37663
	Rovinnost	0,00048	-0,23147
Varianta B	Drsnost	0,10134	1,00440
	Rovinnost	0,00128	-0,31363
Varianta C	Drsnost	0,04292	-0,09991
	Rovinnost	0,00073	-0,07568
Varianta D	Drsnost	0,01991	10,33943
	Rovinnost	0,00042	1,39232

Vybraná varianta je aplikována pro výrobu všech tří dílů skříně olejového čerpadla, viz technologické postupy v přílohách 8 až 10.

4.3 Ekonomické zhodnocení

Ekonomické zhodnocení bude provedeno porovnáním nákladů na výchozí a navrhovaný technologický postup. Dále budou porovnány náklady na nástroje a také bude porovnán čas výroby, dle jednotlivých postupů.

Do nákladů na technologický postup jsou zahrnuty náklady na jednotlivé operace. Pro spočítání nákladů na operace byla použita kalkulační šablona firmy Antreg. V nákladové sazbě na operaci jsou přímé náklady v podobě mzdy pracovníka obsluhující stroj a hodinové taxy na provoz stroje, do které jsou započítány náklady na stroje a řeznou kapalinu. Dále jsou zde rozpočítány výrobní režie, správní režie a specifická režie.

Operace kontroly má nulové náklady z toho důvodu, že je brána jako režijní operace a náklady na ní jsou tudíž rozpočítány do jednotlivých sazeb na operaci na konkrétních strojích.

Výpočet nákladů N bude proveden pomocí vzorce (11), který zahrnuje náklady na operaci N_{op} . Náklady na operaci se skládají ze sazby na minutu práce stroje n_{op} vynásobené dobou operace t_i . Náklady na operace jsou vyjádřeny v technologickém postupu.

$$N = \sum_{i=1}^n N_{opi} = \sum_{i=1}^n n_{op} * t_i \quad (11)$$

4.3.1 Náklady na operace dle výchozího technologického postupu

Náklady na operace dle výchozího technologického postupu jsou spočítány pro každou část skříně olejového čerpadla. Je to suma částek nákladů na jednotlivé operace.

Náklady na přední díl

$$N=136+8+99+25=268 \text{ Kč/ks}$$

Náklady na střední díl

$$N=91+35+35+73=234 \text{ Kč/ks}$$

Náklady na zadní díl

$$N=80+6+25=111 \text{ Kč/ks}$$

Celkové náklady na skříň čerpadla

$$N_c=268+234+111= 613 \text{ Kč/ks}$$

4.3.2 Náklady na operace dle vybraného technologického postupu

Náklady na operace dle zvoleného optimálního postupu, který je od března roku 2016 zaveden do výroby.

Náklady na přední díl

$$N=151+8+99=258 \text{ Kč/ks}$$

Náklady na střední díl

$$N=106+42+35=183 \text{ Kč/ks}$$

Náklady na zadní díl

$$N=99+6=105 \text{ Kč/ks}$$

Celkové náklady na skříň čerpadla

$$N_c = 258 + 183 + 105 = 546 \text{ Kč/ks}$$

Rozdíl nákladů na technologické postupy tedy je 67 Kč/kus. Jedna skříň olejového čerpadla vyrobená zvoleným technologickým postupem má o 67 Kč nižší náklady než skříň vyrobená výchozím technologickým postupem.

Tab. 11: Porovnání nákladů.

	1 kus [Kč]	2000 kusů [Kč]	Rozdíl [%]
Náklady na výchozí TP	613	1 226 000	-11%
Náklady na vybraný TP	546	1 092 000	

Zvolená varianta D je optimální, jak z hlediska kvality vyrobených dílů, tak z ekonomického hlediska.

4.3.3 Porovnání nákladů na nástroje

Pro lepší přehled, jak změna technologie ovlivnila náklady na nástroje, jsou tyto náklady propočítány zvlášť.

Vzhledem k cíli porovnat rozdíl nákladů na nástroje mezi výchozím a zvoleným postupem, nejsou ve výpočtu zahrnuty nástroje, které neprocházely žádnou změnou. Tyto náklady jsou pro naše účely irelevantní.

Náklady na nástroj N_n musí být vyjádřeny pouze poměrnou částí nákladů na jednici N_{nj} , a to pořizovací cenou nástroje podělenou kusy, který nástroj opracuje za dobu své životnosti. Výpočet poměrné části je proveden dle vzorce (12). Za pořizovací cenu nástroje se dosadí pouze cena brusného kotouče nebo VBD, jelikož samotné frézy již firma Antreg vlastnila a nekupovala nové, nevznikl tedy náklad spojený s tímto technologickým postupem. Pro výpočet poměrné části nákladů je nutné znát cenu nástrojů a jejich životnost. Z životnosti nástroje, kterou má firma vysledovanou na základě zkušeností, je dopočítáno množství Q_T , které se nástrojem obrobí. Životnost brusných kotoučů, byla pozorována po dobu pěti let a životnost destiček Wiper je sledována od března, kdy byl vybraný technologický postup zaveden do výroby.

$$N_{nj} = \frac{N_n}{Q_T} \quad (12)$$

Životnost brusného kotouče 98A70K9V je šest měsíců při jedné směně s využitelným časovým fondem 6,5 hodiny. Časový efektivní fond již počítá s časovými ztrátami. Životnost v minutách tedy je 46 800 minut.

Cena jednoho brusného kotouče dle nejnovější ceny dodavatele je 1879 Kč.

Doba broušení všech částí skříně olejového čerpadla je 15 minut.

$$Q_T = 46800 / 15 = 3120 \text{ ks}$$

$$N_{nj} = 1879 / 3120 = 0,61 \text{ Kč/ks}$$

Životnost destičky Wiper je jeden den. Časový efektivní fond dvousměnného provozu bez časových ztrát je 14 hodin. Životnost destičky v minutách pak je 840 minut.

Cena jedné destičky Wiper je dle současných cen dodavatele TaeguTec 254,80 Kč.

Doba frézování všech částí skříně olejového čerpadla je 39,5 minuty.

$$Q_T = 840 / 39,5 = 21 \text{ ks}$$

$$N_{nj} = 254,8 / 21 = 12,13 \text{ Kč/ks}$$

Poměrná část nákladů na jeden kus skříně olejového čerpadla destiček Wiper je sice o 11,52 Kč vyšší, ale je to zanedbatelná část oproti ostatním nákladům, což je dokázáno předchozími výpočty v podkapitolách 4.3.1 a 4.3.2.

4.3.4 Porovnání z časového hlediska

Zavedením nového technologického procesu výroby nedošlo jen k úsporám nákladů, ale také ke zkrácení doby výroby. Porovnání časů v minutách dle výchozího a vybraného postupu, viz tab. 12.

Tab. 12: Porovnání časů jednotlivých TP

	Přední díl	Střední díl	Zadní díl	Celkem	Rozdíl [%]
Výchozí TP	28,3	26	12,84	67,14	-14,15
Vybraný TP	26,8	19,2	11,64	57,64	

ZÁVĚR

Cílem práce bylo zkrátit technologický postup výroby olejového čerpadla vynecháním operace broušení. Byl navrhnut experiment, při kterém se ze čtyř postupů s frézováním na hotovo vyhodnocoval optimální. Postupy A – D se lišily v použitém nástroji. Nástroje byly od firem TaeguTec a ISCAR.

Experiment byl prováděn na díle 3, přední části skříně olejového čerpadla. Od každé navržené varianty bylo vyfrézováno 30 vzorků, na kterých probíhala dílčí vyhodnocení jakosti povrchu a měření rovinnosti. Tato dílčí měření byla vyhodnocena a na základě vyhodnocení byla vybrána varianta D, která splňovala požadovaná kritéria. Těmi byla předepsaná střední aritmetická úchylka povrchu R_a 0,8 μm a tolerance rovinnosti 0,005 mm.

V technologickém postupu ve variantě D byl použit nástroj firmy TaeguTec. Fréza 3P TF90-10125-40R-15 o průměru 125 mm s deseti zuby, osazená jednou vyměnitelnou břitovou destičkou Wiper SNGX 1306ANTN-W TT9080 ze slinutého karbidu s PVD povlakem.

Z ekonomického zhodnocení vyplynulo, že zvolená varianta D je optimální jak z hlediska kvality vyrobených dílů, tak z ekonomického hlediska.

Při porovnání nákladů na operace a celkově na technologické postupy všech tří dílů bylo zjištěno, že vybraným technologickým postupem dojde k 11% úspoře nákladů. Náklady na nástroje u vybrané varianty jsou sice o 11,52 Kč na jeden kus skříně olejového čerpadla vyšší, tato částka je však zanedbatelná vzhledem k celkové úspoře.

Vynecháním operace broušení také došlo ke snížení časové náročnosti na výrobu. Konkrétně o 14,15 % celkového času na výrobu všech 3 dílů skříně olejového čerpadla.

Výroba dílů skříně olejového čerpadla dle vybraného technologického postupu byla zahájena v březnu 2016, takže v březnu roku 2017 po výrobě ročního plánu 2000 kusů dojde k úspoře 134 000 Kč.

Cíl práce, navrhnout technologický postup bez operace broušení a ověřit jeho funkčnost a způsobilost byl splněn. Splněním tohoto cíle se navíc uvolnila kapacita na bruskách a tím pádem možnost přijetí dalších zakázek.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- 1) KOCMAN, K. a J. PROKOP. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. ISBN 80-214-1996-2.
- 2) FOREJT, M., M. PÍŠKA, *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
- 3) HUMÁR, A. *TECHNOLOGIE I: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 1. část* [online]. 2003 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf
- 4) AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ, s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, 1997. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.
- 5) DE VOS, P. *Příručka pro technology: Proces obrábění kovů – životnost nástrojů*. MM Průmyslové spektrum [online]. 2012, č. 7, s. 58 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/prirucka-pro-technology-proces-obrabeni-kovu-zivotnost-nastroju.html>
- 6) PRAMET TOOLS. *Katalog nástrojů*. Šumperk: Pramet tools, 2015.
- 7) MADĚRKOVÁ, M. *Technologie II* [online]. [cit. 2016-03-25]. Dostupný z: http://www.ssprool.cz/omto/texty_zamecnik/za_technologie_2.pdf
- 8) BÉKÉS, J. *Inžinierska technológia obrábania kovov*. Bratislava: Alfa, 1981. ISBN 63-050-81
- 9) DILLINGER, J. *Moderní strojírenství pro školu i praxi*. 5. vydání. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86706-19-1
- 10) ČERNÝ, V., L. POSPÍŠIL, *Brusivo a brusné nástroje*. Praha: SNTL Nakladatelství technické literatury, 1967. ISBN 04-212-67.
- 11) PODRÁBSKÝ, T.; POSPÍŠILOVÁ, S. *Struktura a vlastnosti grafitických litin* [online]. 2006, [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://ime.fme.vutbr.cz/files/Studijni%20opory/savgl/index.php?chapter=0>.
- 12) FÜHRBACHER I. a kol. *Lexikon technických materiálů se zahraničními ekvivalenty: svazek 2*, 2000.

- 13) PTÁČEK, L. *Nauka o materiálu II*. 2. vyd. Brno: CERM, 2002. ISBN 80-7204-248-3.
- 14) PÍŠKA, M. *Trendy v PVD a CVD povlakování*. MM Průmyslové spektrum [online]. 2014, č. 11, s. 70 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/trendy-v-pvd-a-cvd-povlakovani.html>
- 15) HUMÁR, A. *Materiály na nástroje* [online]. 2003 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Materialy_na_nastroje.pdf
- 16) DOBROVOLNÝ, B. *Broušení*. Praha: SNTL, 1960.
- 17) ČECH, J.; J. PERNIKÁŘ; K. PODANÝ, *Strojírenská metrologie I*. Strojírenská metrologie I. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. ISBN: 978-80-214-4010- 4.
- 18) BUMBÁLEK, L. a kol. *Kontrola a měření*. Praha: Informatorium, 2009. ISBN 978-80-7333-072-9.
- 19) SVOBODA, P., J. BRANDEJS a J. DVOŘÁČEK. *Základy konstruování*. Vyd. 6. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015, ISBN 978-80-7204-921-9.
- 20) HUMÁR, A. *Výrobní technologie II* [online]. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Vyrobní_techologie_II.pdf
- 21) ŠULC, J. *Technologická a strojnická měření*. Praha: SNTL, 1982. ISBN 04-214-82.
- 22) OBCHODNÍ REJSTRÍK. ANTREG, a.s. *Peníze.cz*. ©2000-2016 [online]. [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://rejstrik.penize.cz/25306821-antrega-s>
- 23) ANTREG, a.s. O společnosti. *Antreg, a.s.* [online] [cit. 2016-03-18] Dostupné z: <http://www.antreg.cz/index.php?id=cz/ofirme/historie>.
- 24) ANTREG, a.s. *Katalog strojů*. Vyškov: Antreg, a.s. 2010.
- 25) NĚMEČEK, P. *Nejistoty měření*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2008, ISBN 978-80-02-02089-9
- 26) *Statistická regulace procesů (SPC)*. 2. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2006, ISBN 80-02-01810-9.
- 27) ISCAR. *Nástroje pro frézování: Czech version*. Plzeň: Iscar, Member IMC Group. 2013
- 28) TAEGUTEC. *Milling*. TaeguTec, Member IMC Group. 2016.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Plochy obrobku při soustružení a frézování [1].	10
Obr. 2: Ostří a plochy nástroje [1].	12
Obr. 3: Vliv řezných podmínek na životnost nástroje [5].	13
Obr. 4: Tvary VBD [6].	14
Obr. 5: Hlavní a posuvový pohyb u vybraných metod obrábění [7].	15
Obr. 6: Pohyby nástroje a obrobku při podélném soustružení [1].	16
Obr. 7: Upnutí frézy při čelní frézování	18
Obr. 8: Sousedné frézování [9].	19
Obr. 9: Nesousedné frézování [9].	19
Obr. 10: Rozdělení obráběných materiálů [6].	21
Obr. 11: Aritmetická úchylka profilu drsnosti Ra [17].	29
Obr. 12: Největší výška profilu Rz [19].	29
Obr. 13: Tolerance rovinnosti [19].	30
Obr. 14: Smontované olejové čerpadlo.	33
Obr. 15: Díly skříně a ozubená kola.	34
Obr. 16: Parametry vertikálního obráběcího centra [24].	35
Obr. 17: Vertikální obráběcí centrum NV 5000.	36
Obr. 18: Upnutí předního dílu.	36
Obr. 19: Nástroj varianty A.	39
Obr. 20: VBD varianty A [27].	39
Obr. 21: VBD Wiper varianty A [27].	40
Obr. 22: Nástroj varianty B.	40
Obr. 23: VBD varianty B [27].	41
Obr. 24: VBD Wiper varianty B [27].	41
Obr. 25: Nástroj varianty C.	42
Obr. 26: VBD varianty C [28].	42
Obr. 27: Nástroj varianty D.	43
Obr. 28: Destička varianty D [28].	43
Obr. 29: Díl 3 - přední část čerpadla.	44
Obr. 30: Místa měření drsnosti povrchu.	45
Obr. 31: Parametry 3D měřicího stroje [24].	45
Obr. 32: 3D měřicí stroj Mitutoyo.	46
Obr. 33: Regulační diagram hodnot Ra varianty A.	50
Obr. 34: Regulační diagram hodnot Ra varianty B.	51
Obr. 35: Regulační diagram hodnot Ra varianty C.	52
Obr. 36: Regulační diagram hodnot Ra varianty D.	53
Obr. 37: Regulační diagram rovinnosti varianty A.	54
Obr. 38: Regulační diagram rovinnosti varianty B.	55
Obr. 39: Regulační diagram rovinnosti varianty C.	56
Obr. 40: Regulační diagram rovinnosti varianty D.	57

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Navržené varianty experimentu.....	38
Tab. 2: Hodnoty střední aritmetické úchyly povrchu Ra (μm), varianta A.....	49
Tab. 3: Hodnoty střední aritmetické úchyly povrchu Ra (μm), varianta B.....	50
Tab. 4: Hodnoty střední aritmetické úchyly povrchu Ra (μm), varianta C.....	51
Tab. 5: Hodnoty střední aritmetické úchyly povrchu Ra (μm), varianta D.....	52
Tab. 6: Naměřené hodnoty rovinnosti, varianta A.....	53
Tab. 7: Naměřené hodnoty rovinnosti, varianta B.....	54
Tab. 8: Naměřené hodnoty rovinnosti, varianta C.....	55
Tab. 9: Naměřené hodnoty rovinnosti, varianta D.....	56
Tab. 10: Vypočítané výběrové odchylky a ukazatel způsobilosti P_{pk}	58
Tab. 11: Porovnání nákladů.....	60
Tab. 12: Porovnání časů jednotlivých TP.....	61

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CNC	[-]	Computer numerical control
LLG	[-]	Litina s lupínkovým grafitem
PD	[-]	Polykrystalický diamant
PKNB	[-]	Polykrystalický nitrid boru
PVD	[-]	Physical Vapour Deposition
SK	[-]	Slinutý karbid
TOV	[-]	Technická obsluha výroby
TP	[-]	Technologický postup
VBD	[-]	Vyměnitelná břitová destička

Symbol	Jednotka	Popis
$\bar{x}$	[-]	Aritmetický průměr
C_{pk}	[-]	Ukazatel způsobilosti procesu
C_T	[-]	Konstanta Taylorova vztahu
LSL	[-]	Dolní specifikace procesu
N	[Kč]	Náklady na technologický postup
N_n	[Kč]	Náklady na nástroj
N_{op}	[Kč]	Náklady na operaci
P_{pk}	[-]	Ukazatel výkonnosti procesu
Q_T	[ks]	Množství výrobků obrobených nástrojem za jeho životnost
Ra	[μm]	Střední aritmetická hodnota drsnosti

Rz	[μm]	Největší výška profilu
T	[min]	Trvanlivost
USL	[-]	Horní specifikace procesu
a_p	[mm]	Šířka záběru hlavního ostří
f_n	[mm]	Posuv na otáčku
f_z	[mm]	Posuv na zub
m	[-]	Exponent Taylorova vztahu
n	[-]	Otáčky
n_{op}	[Kč/min]	Nákladová sazba na minutu práce stroje
s	[-]	Výběrová směrodatná odchylka
t	[min]	Čas operace
v_c	[m.min ⁻¹]	Řezná rychlost
v_e	[m.min ⁻¹]	Rychlost řezného pohybu
v_f	[mm.min ⁻¹]	Posuvová rychlost
z	[-]	Počet zubů nástroje

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Organizační struktura firmy Antreg, a.s.
Příloha 2	Výkres zadního dílu olejového čerpadla
Příloha 3	Výkres prostředního dílu olejového čerpadla
Příloha 4	Výkres zadního dílu olejového čerpadla
Příloha 5	Výchozí technologický postup předního dílu
Příloha 6	Výchozí technologický postup středního dílu
Příloha 7	Výchozí technologický postup zadního dílu
Příloha 8	Finální technologický postup předního dílu
Příloha 9	Finální technologický postup středního dílu
Příloha 10	Finální technologický postup zadního dílu

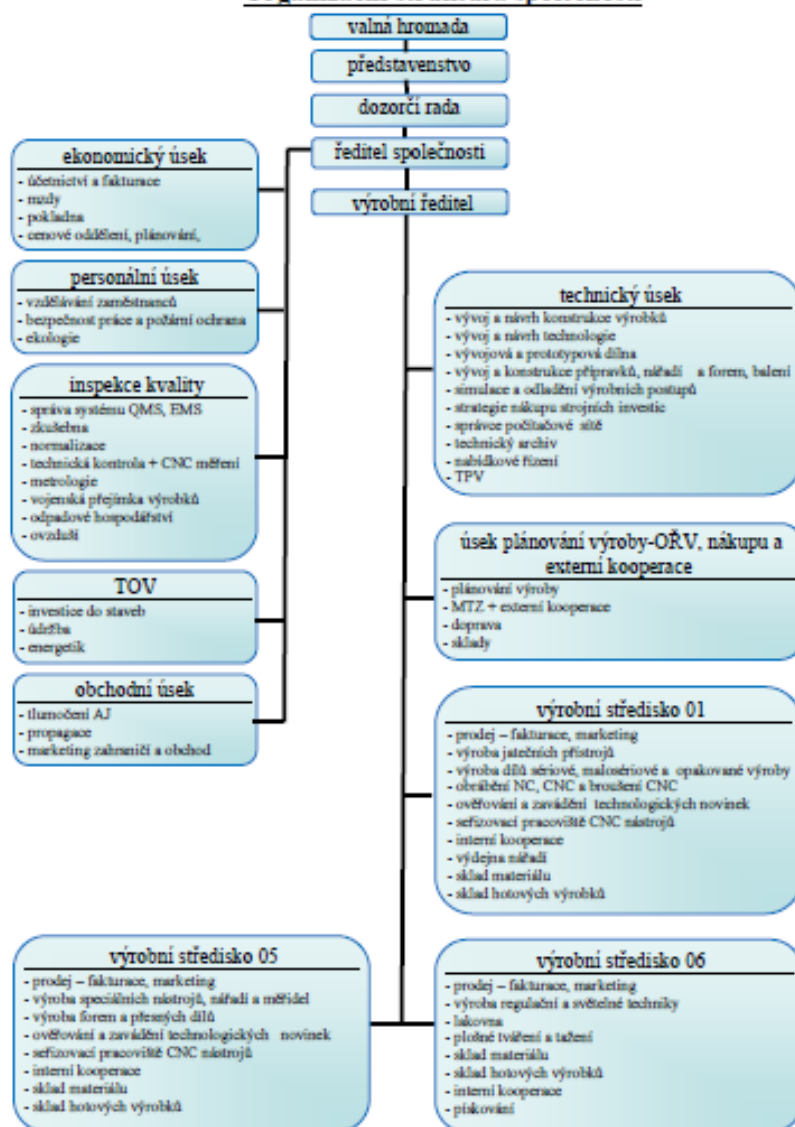
PŘÍLOHA 1



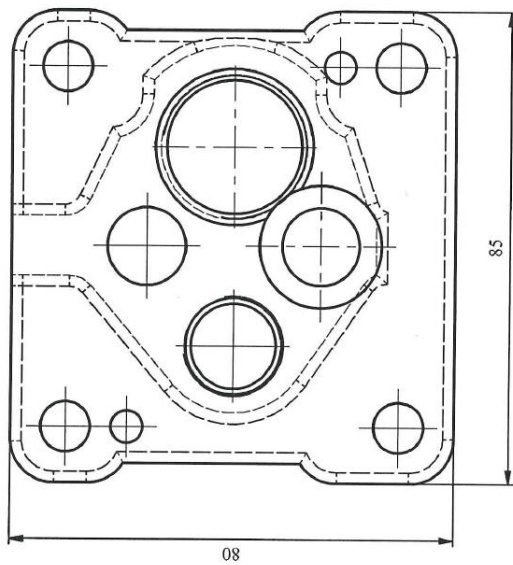
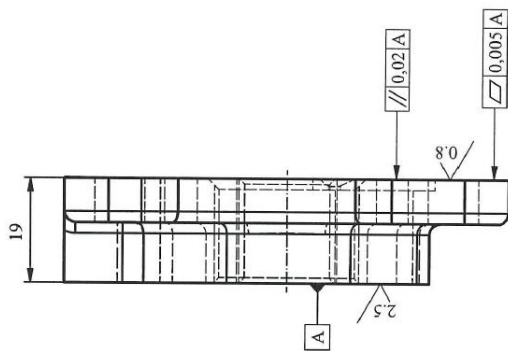
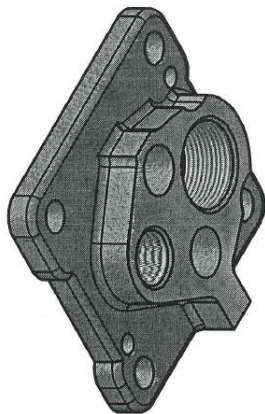
ANTREG, a. s., Tovární 699/8, 682 14 VYŠKOV



Organizační struktura společnosti



PŘÍLOHA 2

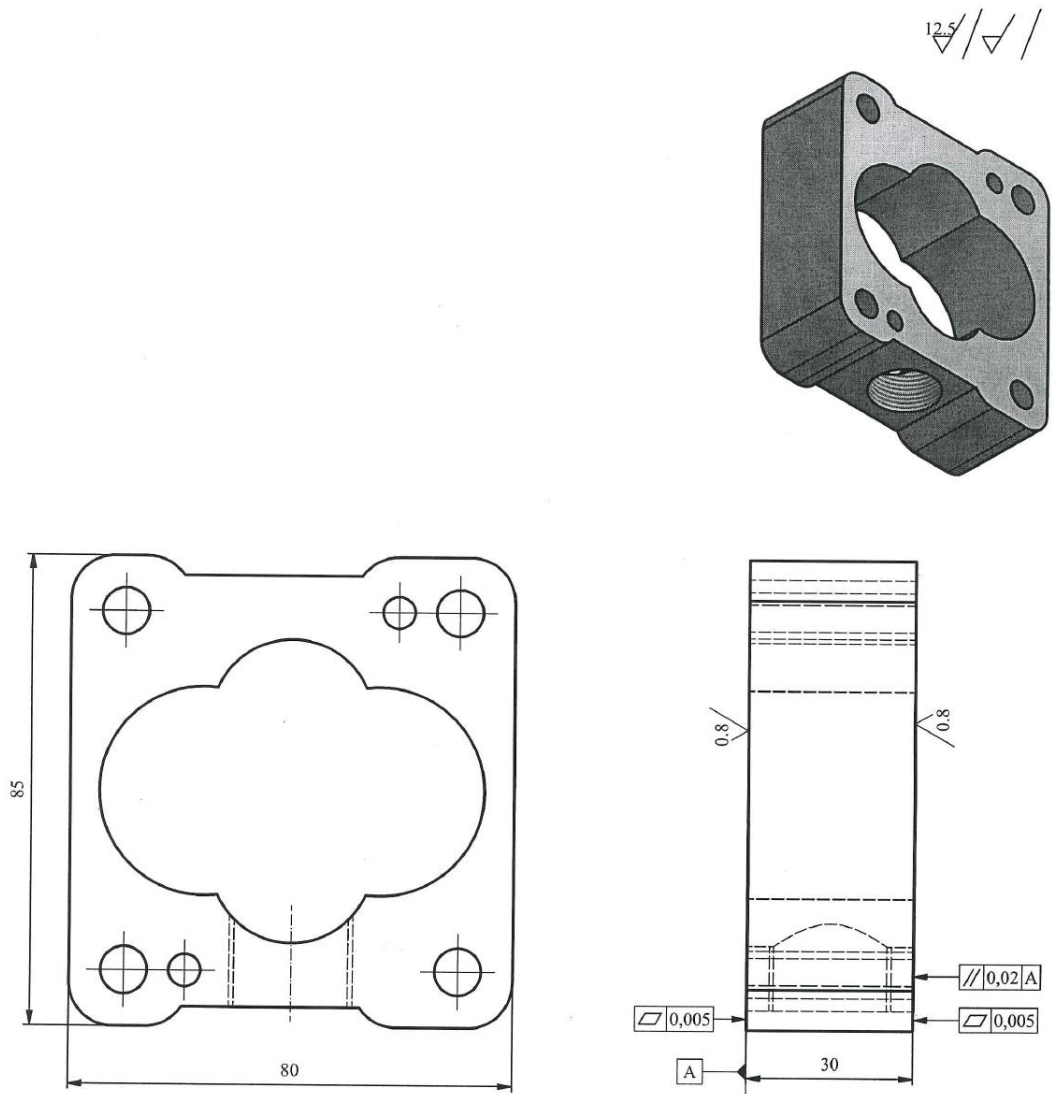


Přesnost : ISO 2768 mK

	ZADNÍ DĚL	Název	Položovar	Materiál	Norma	Poznámka
Poz	KS					
Poznámka:						
Měřtko:	Vypracoval:	Šeniglová				
	Prozkoušel:					
	Schválil:					
1 : 1	Datum:	13.5.2016				
		Typ: Název:	Skupina:	St. výkr.: 	Nový výkr.: 	
ANTREG a.s. VÝŠKOV		ZADNÍ DĚL OLEJOVÉHO ČERPADLA		003-OC		
				Počet listů: 1	List: 1	

List: 1

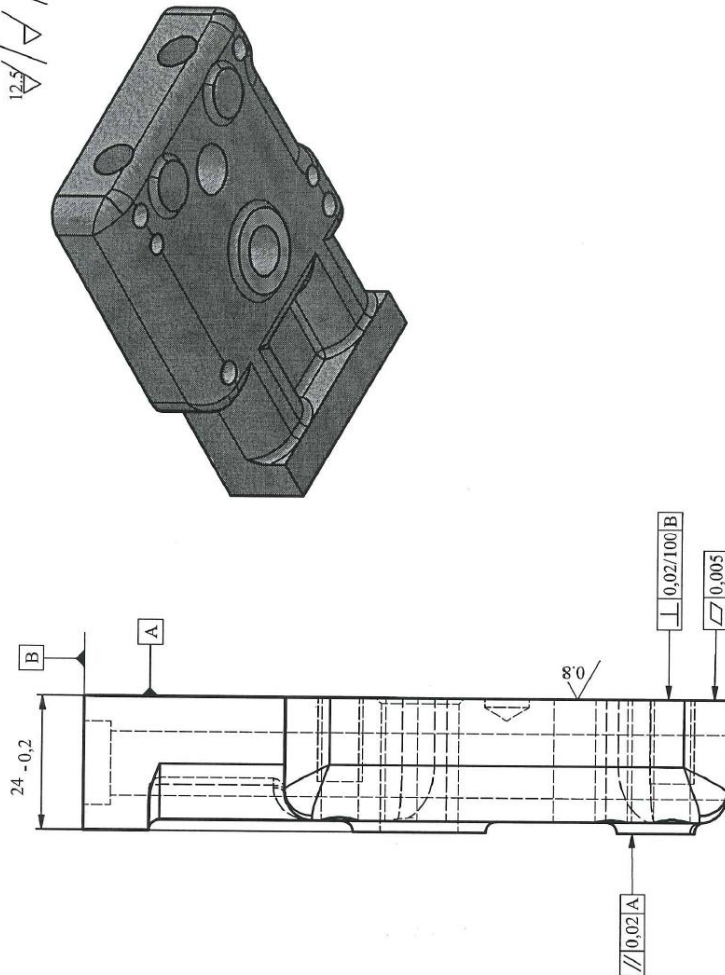
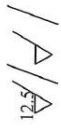
PŘÍLOHA 3



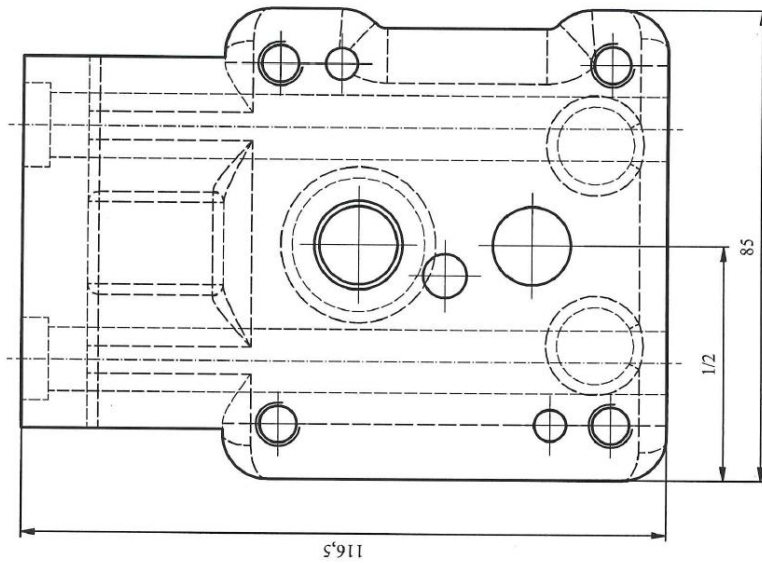
Přesnost : ISO 2768 mK

		PROSTŘEDNÍ DÍL		42 2420												
Poz	KS	Název		Polotovár		Materiál		Norma		Poznámka						
Poznámka:																
Měřítok:	Vypracoval:		Šeniglová		Změna			Datum			Podpis			Index změny		
1 : 1	Přezkoušel:															
	Schválil:															
	Datum:		13.5.2016													
ANTREG a.s. VYŠKOV		Typ:		Skupina:		St. výkr.:		Nový výkr.:								
		Název:		PROSTŘEDNÍ DÍL OLEJOVÉ ČRPADLO		002-OC										
						Počet listů: 1		List: 1								

PŘÍLOHA 4



Přesnost : ISO 2768 mK



	PŘEDNÍ DÍL	Název	Polotovar	Materiál	Norma	Poznámka
Poz	KS					
Poznámka:						
Měřítko:	Vypracoval:	Šeniglová	Změna	Datum	Podpis	Index změny
1 : 1	Prozkoušel:	Schwäbi:				
	Datum:	13.5.2016				
ANTREG a.s. VYŠKOV		Typ: Skupina:		St. výkr.: Nový výkr.:		
		Název:		001-OC		
		PŘEDNÍ DÍL OLEJOVÉHO ČERPADLA				
		Počet listů: 1		List: 1		

PŘÍLOHA 5

		Technologický postup				Vypracoval	
						Datum	
Zákazník		Číslo součásti		Polotovar		Cena celkem	Počet listů
		1		odlitek			1
Zákazník		Název součásti		Počet ks		Cena nářadí	List číslo
		Přední část olejového čerpadla					1
Materiál 42 2420				Norma			
Poznámka							
číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí	
01	HS 01	NV 5000 A	6	13,5	136,00 Kč		
Popis práce Frézovat Ra 1,6; vrtat, závitovat - upnout; zarovnat čelní plochu - navrtat, vyvrtat otvory a závitovat							
číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí	
02	HS 01	FGV 32	45	1	8,00 Kč		
Popis práce Frézovat Ra 12,5 - upnout na magnet - frézovat čelní plochu; srazit hrany							
číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí	
03	HS 01	NV 5000 A	6	9,8	99,00 Kč		
Popis práce Frézovat Ra 1,6 - upnout do svěráku nastojato - navrtat, vrtat a frézovat závit							
číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí	
04	HS 01	FSG-1224ADII	45	3	25,00 Kč		
Popis práce Brousit Ra 0,8 - upnout na magnet - brousit Ra 0,8							
číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí	
05	HS 01			1	0,00 Kč		
Popis práce Kontrola							

PŘÍLOHA 6

		Technologický postup				Vypracoval	
						Datum	
Zákazník		Číslo součásti		Polotovar		Cena celkem	Počet listů
		1		odlitek			1
Zákazník		Název součásti		Počet ks		Cena nářadí	List číslo
		Střední část olejového čerpadla					1
Materiál				Norma			
42 2420							
Poznámka							
číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí	
01	HS 01	NV 5000 A	6	9	91,00 Kč		
Popis práce Frézovat Ra 1,6; vrtat, závitovat - upnout; zarovnat čelní plochu - navrtat, vyvrtat otvory a závitovat							
číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí	
02	HS 01	FGV 32	45	3,5	35,00 Kč		
Popis práce Frézovat Ra 1,6 - upnout na magnet - frézovat čelní plochu; srazit hrany							
číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí	
03	HS 01	NV 5000 A	6	3,5	35,00 Kč		
Popis práce Frézovat Ra 1,6 - upnout do svěráku, frézovat plošku - navrtat, vrtat a frézovat závit							
číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí	
04	HS 01	FSG-1224ADII	45	9	73,00 Kč		
Popis práce Brousit Ra 0,8 - upnout na magnet - brousit z obou stran							
číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí	
05	HS 01			1	0,00 Kč		
Popis práce Kontrola							

PŘÍLOHA 7

		Technologický postup				Vypracoval	
						Datum	
Zákazník		Číslo součásti		Polotovar		Cena celkem	Počet listů
		1		odlitek			1
Zákazník		Název součásti		Počet ks		Cena nářadí	List číslo
		Zadní část olejového čerpadla					1
Materiál				Norma			
42 2420							
Poznámka							
Číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí	
01	HS 01	NV 5000 A	6	8	80,00 Kč		
Popis práce Frézovat Ra 1,6; vrtat, závitovat - upnout; zarovnat čelní plochu - navrtat, vyvrtat otvory a závitovat							
Číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí	
02	HS 01	FGV 32	45	0,84	6,00 Kč		
Popis práce Frézovat Ra 12,5 - upnout na magnet - frézovat čelní plochu; srazit hrany							
Číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí	
03	HS 01	FSG-1224ADII	45	3	25,00 Kč		
Popis práce Brousit Ra 0,8 - upnout - brousit Ra 0,8							
Číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí	
04	HS 01			1	0,00 Kč		
Popis práce Kontrola							

PŘÍLOHA 8

		Technologický postup			Vypracoval Hana Šeniglová	
					Datum 31.03.2016	
Zákazník		Číslo součásti	Polotovár	Cena celkem	Počet listů	
		3	odlitek		1	
		Název součásti	Počet ks	Cena nářadí	List číslo	
		Přední část olejového čerpadla			1	
Materiál			Norma			
42 2420						
Poznámka						
Číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí
01	HS 01	NV 5000 A	6	15	151,00 Kč	Taegutec 3P TF90-10125-40R-15
Popis práce Frézovat Ra 0,8; vrtat, závitovat - upnout; zarovnat čelní plochu - navrtat, vyvrtat otvory a závitovat - frézovat čelní plochu na hotovo						
Číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí
02	HS 01	FGV 32	45	1	8,00 Kč	
Popis práce Frézovat Ra 12,5 - upnout na magnet po 12 kusech - frézovat čelní plochu; srazit hrany						
Číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí
03	HS 01	NV 5000 A	6	9,8	99,00 Kč	
Popis práce Frézovat, vrtat, závitovat - upnout nastojato za otvory - navrtat, vrtat, frézovat zahloubení, srazit hranu						
Číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí
04	HS 01			1	0,00 Kč	
Popis práce Kontrola						

PŘÍLOHA 9

		Technologický postup			Vypracoval Hana Šeniglová		
					Datum 31.03.2016		
Zákazník Zákazník		Číslo součásti 2		Polotovár odlitek		Cena celkem 	Počet listů 1
		Název součásti Střední část olejového čerpadla		Počet ks 		Cena nářadí 	List číslo 1
Materiál 42 2420				Norma 			
Poznámka 							
číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí	
01	HS 01	NV 5000 A	6	10,5	106,00 Kč	Taegutec 3P TF90-10125-40R-15	
Popis práce Frézovat Ra 0,8; vrtat, závitovat - upnout; zarovnat čelní plochu - navrtat, vyvrtat otvory a závitovat - frézovat čelní plochu na hotovo							
číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí	
02	HS 01	NV 5000 A	6	4,2	42,00 Kč	Taegutec 3P TF90-10125-40R-15	
Popis práce Frézovat Ra 0,8 - upnout na magnet - frézovat čelní plochu; srazit hrany - frézovat čelní plochu na hotovo							
číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí	
03	HS 01	NV 5000 A	6	3,5	35,00 Kč		
Popis práce Frézovat, vrtat, závitovat - upnout do svěráku - navrtat, vrtat, frézovat závit							
číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí	
04	HS 01			1	0,00 Kč		
Popis práce Kontrola							

PŘÍLOHA 10

		Technologický postup				Vypracoval Hana Šeniglová			
						Datum 31.03.2016			
Zákazník Zákazník		Číslo součásti 1		Polotovár odlitek		Cena celkem 		Počet listů 1	
		Název součásti Zadní část olejového čerpadla		Počet ks 		Cena nářadí 		List číslo 1	
Materiál 42 2420				Norma					
Poznámka									
Číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí			
01	HS 01	NV 5000 A	6	9,8	99,00 Kč	Taegutec 3P TF90-10125-40R-15			
Popis práce Frézovat Ra 0,8; vrtat, závitovat - upnout; zarovnat čelní plochu - navrtat, vyvrtat otvory a závitovat - frézovat čelní plochu na hotovo									
Číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí			
02	HS 01	FGV 32	45	0,84	6,00 Kč				
Popis práce Frézovat Ra 12,5 - upnout na magnet - frézovat čelní plochu; srazit hrany - frézovat čelní plochu na hotovo									
Číslo Op.	Středisko	Stroj	tarif. Třída	Čas operace	Cena operace	Nářadí			
03	HS 01		6	1	0,00 Kč				
Popis práce Kontrola									