



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY PRŮTOKOVÉ KONCOVKY

TECHNOLOGICAL PROCESS OF THE END FLOW PART

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Benda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: Martin Benda
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Akademický rok: 2016/17

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 bakalářské práce:

Technologický postup výroby průtokové koncovky

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Technologický postup výroby průtokové koncovky, alternativní a efektivní inovace technologie výroby

Cíle bakalářské práce:

Teoretický rozbor problematiky.
Analýza umístění součásti v sestavě.
Možnosti výroby součásti.
Technologické ověření.
Zhodnocení výsledků.

Seznam doporučené literatury:

JECH, J. Tepelné zpracování ocelí: Metalografická příručka, 4. přeprac. dopl. vyd. - Praha: SNTL, 1983. 391 s.

PTÁČEK, L. Nauka o materiálu I. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno, tisk FINAL TISK Olomoučany, 2001, 1. vyd., 516 s. ISBN 80-7204-193-2.

PTÁČEK, L. Nauka o materiálu II. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno, tisk FINAL TISK Olomoučany, 2001, 1. vyd., 360 s. ISBN 80-7204-130-4.

BARÁNEK, I. Rezné materiály pre rýchlostné, tvrdé a suché obrábanie. TU Alexandra Dubčeka v Trenčíne, 1. vyd., Slovensko, Trenčin, s. 112. ISBN 80-8075-013-0.

FOREJT, M., PÍŠKA, M. Teorie obrábění, tváření a nástrojů. VŠ učebnice. Brno: CERM, 2006. s. 230. 1. vyd. ISBN 80-214-2374-9.

HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. Praha. MM publishing s.r.o. 2008. ISBN 978-80-254-2250-2.

FIALA, P. Modelování a analýza produkčních systémů. Praha: Professional Publishing, 2002. ISBN 80-86419-19-3.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá vytvořením technologického postupu výroby průtokové koncovky pro firmu EXCALIBUR ARMY spol. s r.o. První část práce je zaměřena na konstrukční a technologický rozbor součásti. V praktické části jsou navrženy dvě různé technologie výroby, jedna na konvenčních strojích a druhá na CNC soustružnickém centru. V závěru práce jsou pro tyto postupy vypočítány výrobní časy a následuje technicko-ekonomické zhodnocení, ve kterém jsou oba navržené postupy porovnány.

Klíčová slova

Technologický postup, obrábění, strojní čas, CNC, polotovary

ABSTRACT

The aim of this work is to create the technological process for the manufacturing the end flow part in EXCALIBUR ARMY spol. s r.o. The first part of the thesis focuses on structural and technological analysis of the component part. In the second part, two different production technologies are proposed. One on conventional machines and the another on the CNC turning center. At the end of work. The production times for these procedures are calculated, followed by a technical-economical evaluation in which the two proposed processes are compared.

Key words

Technological process, machining, machine time, CNC, semi-product

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BENDA, Martin. *Technologický postup výroby průtokové koncovky*. Brno 2017. 62s, 11 příloh. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie obrábění. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Technologický postup výroby průtokové koncovky** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

.....
Martin Benda

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto svému vedoucímu práce prof. Ing. Miroslavu Píškovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat společnosti EXCALIBUR ARMY spol. s r.o., kde jsem mohl tuto práci vytvořit, zejména oddělení TPV za vstřícný přístup. Dík také patří mé rodině, která mi vytvořila ideální pracovní prostředí nejen při tvorbě této práce, ale i během celého studia.

OBSAH

OBSAH	7
ÚVOD	9
1 ROZBOR SOUČÁSTKY PRŮTOKOVÁ KONCOVKA	10
1.1 Popis a funkčnost součásti průtoková koncovka	10
1.2 Materiál součásti	10
1.3 Hmotnost součásti.....	11
1.4 Konstrukční rozbor	12
1.5 Technologický rozbor	16
1.5.1 Dělení materiálu	16
1.5.2 Frézování	16
1.5.3 Vrtání.....	16
1.5.4 Soustružení	17
2 URČENÍ POLOTOVARU A VÝPOČET SPOTŘEBY MAT	18
2.1 Přídavky na obrábění	18
2.1.1 Přídavek na průměr	18
2.1.2 Průměr výchozího polotovaru	18
2.1.3 Délka polotovaru	19
2.2 Volba polotovaru	19
2.3 Výpočet normy spotřeby materiálu.....	19
2.3.1 Ztráty materiálu vzniklé dělením materiálu	20
2.3.2 Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče	22
2.3.3 Ztráty materiálu vzniklé obráběním přídavku	22
2.3.4 Celkové ztráty materiálu na jednici	23
2.3.5 Výpočet normy spotřeby materiálu.....	23
2.3.6 Stupeň využití materiálu.....	23
3 SESTAVENÍ TECHNOLOGICKÝCH POSTUPŮ.....	25
3.1 Technologie výroby pro konvenční stroje.....	25
3.1.1 Volba strojů	25
3.1.2 Volba nástrojů.....	27
3.1.3 Technologický postup.....	34
3.2 Technologický postup pro CNC soustružnické centrum	37
3.2.1 Volba strojů	37
3.2.2 Volba nástrojů.....	38
3.2.3 Technologický postup.....	38
4 VYPRACOVÁNÍ TPV	42
4.1 Výpočet strojních časů	42
4.2 Vedlejší časy	43
4.3 Celkový čas potřebný pro výrobu součástí	44
4.4 Koeficient přirážky směnového času	44
5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	46
5.1 Náklady na použité nástroje a měřidla.....	46
5.2 Náklady na materiál	48
5.3 Celkové náklady na výrobu celé série 200 ks	49
6 DIZKUZE	51
ZÁVĚR.....	52

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	53
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	56
SEZNAM TABULEK.....	60
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	61
SEZNAM PŘÍLOH.....	62

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem technologického postupu výroby průtokové koncovky olejového potrubí motoru pásového vozidla pro firmu EXCALIBUR ARMY spol. s r.o. Cílem je najít vhodný technologický postup výroby této součásti, proveditelný v této firmě. Celý postup je přitom určen pouze pro malosériovou výrobu (200 kusů).

V první kapitole je popsán tvar součásti v závislosti na funkčnosti. Dále je rozebrán výchozí materiál, konstrukční a technologické řešení. Druhá kapitola se zabývá určením polotovaru pro výrobu součásti a následným výpočtem spotřeby materiálu. V další kapitole už je samotné sestavení technologických postupů obsahující volbu strojů a nástrojů potřebných k výrobě součásti. Celá kapitola je strukturovaná na dvě části a to na postup na konvenčních strojích a postup na CNC soustružnickém centru. Pro oba způsoby výroby jsou následně vypočteny výrobní časy, od kterých se odvíjí mzdy dělníků a další režijní přírážky (energie, provoz pracoviště a další). Neopomenutelnými položkami při celkové kalkulaci jsou náklady za nástroje a na materiál pro jednotlivé postupy. Následně jsou tyto náklady shrnuty a v závěru práce porovnány.

Šternberský podnik má dlouholetou tradici a byl založen již v roce 1951 pod názvem VOP 026 Šternberk (Vojenský opravárenský podnik 026). Postupnými reorganizacemi přešel podnik pod EXCALIBUR ARMY spol. s r.o. Tato firma vznikla v roce 1995 a do roku 2000 se zabývala výhradně prodejem výstrojního, proviantního a zdravotního materiálu a další armádní techniky. Od roku 2000 se zaměřila na prodej náhradních dílů kolové a pásové vojenské techniky. Postupně rozšířila svůj provoz do Přelouče, kde v letech 2005-2007 byla provedena rozsáhlá rekonstrukce této provozovny. Tato rekonstrukce značně zvýšila kapacitu i úroveň oprav nákladních armádních automobilů. Do opravených prostor se v roce 2008 nastěhovalo i celé vedení firmy. Hlavním producentem oprav kolové i pásové obrněné techniky v ČR byl VOP 026 Šternberk, který se v roce 2013 podařilo této firmě koupit. EXCALIBUR ARMY spol. s r.o. je vlastníkem několika dalších skladových a výrobních areálů po celé ČR a spolupracuje s mnoha českými a zahraničními firmami nejen z obranného průmyslu [1].



Obr. 1 Logo EXCALIBUR ARMY spol. s r.o. [1].

1 ROZBOR SOUČÁSTKY PRŮTOKOVÁ KONCOVKA

1.1 *Popis a funkčnost součásti průtoková koncovka*

Jde o plochou součást, ale má několik rotačních a kulových povrchů a to vnitřních i vnějších. Součást má poměrně malé rozměry. Při kulovém vnějším průměru 30 mm je délka 43 mm a šířka 17 mm. Vnitřní tvary součásti jsou přizpůsobeny pro průtok kapaliny. Podrobné rozměry součásti jsou uvedeny ve výkresu, který je v příloze (1).

Součást průtoková koncovka, tzv. průtokové oko je poměrně často používaná v hydraulických potrubních systémech. Při opravách vozidel je mnohdy potřeba některé části hydraulického systému vyměnit. I když jde o součást střední složitosti v rámci součástí vyráběných ve firmě, je její výroba vzhledem k její velikosti a malému počtu kusů (série o 200 kusech) poměrně náročná.



Obr. 2 Pohled na součást.

1.2 *Materiál součásti*

Dle výkresu, viz příloha (1), je předepsána ocel 12 020 dle ČSN 42 0002. Alternativní značení oceli dle DIN 17210 je C15 [16].

Vhodnost

Ocel je vhodná k chemicko-tepelnému zpracování. Jedná se o konstrukční ocel k cementování se střední pevností v jádře po kalení. Ocel má zaručenou svařitelnost. Není vhodná ke galvanickému pokovování [16].

Je vhodná pro méně namáhané strojní součásti. Například: čepy, pouzdra, šrouby, vačkové hřídele, ozubená kola, lisované součásti, kalibry, upínací trny atd. [16].

Chemické složení (rozbor tavby)

Tab. 1 Přehled chemického složení [16].

C [%]	Mn [%]	Si [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	Ni [%]	Cu [%]
0,130- 0,200	0,600- 0,900	0,015- 0,040	max. 0,040	max. 0,040	max. 0,250	max. 0,300	max. 0,300

Mechanické vlastnosti

Tabulka (2) obsahuje přehled mechanických vlastností materiálu bez tepelného zpracování.

Tab. 2 Mechanické vlastnosti [16].

Pevnost v tahu R_m	[MPa]	550-900
Mez kluzu R_e	[MPa]	350
Tvrdoost podle Brinella	[HB]	141-245

Na výkrese viz příloha (1) není předepsána žádná tepelná ani chemická úprava, ale materiál je vhodný k chemicko-tepelnému zpracování. Tudíž je zapotřebí zvážit technologičnost konstrukce. Alternativním řešením by bylo použít ocel 11 523 dle ČSN 42 0002. Tato ocel má zaručenou svařitelnost, je vhodná pro součásti strojů, automobilů, tepelných zařízení, tlakových nádob a podobně [16].

Po konzultaci s firmou byla navrhovaná změna zamítnuta. Tudíž jako výchozí materiál zůstává ocel 12 020 dle ČSN 42 0002.

1.3 Hmotnost součásti

Zjištění hmotnosti součásti jde více způsoby. Například výpočtem po jednotlivých částech a následným sečtením těchto částí. Pomocí výpočtového softwaru nebo samotným zvážením součásti. Výsledné hmotnosti se od sebe mohou lišit. První varianta (výpočet po částech a následné sečtení) by se měla velmi blížit k hmotnosti dané výpočtovým softwarem. Rozdíl ve výsledku může být způsoben zaokrouhlováním při samotném výpočtu. Dále kvůli zanedbání některých částí. Hmotnost naměřená na hotové součásti se může lišit výrazněji. To je dáno nepřesností výroby. Každý rozměr je tolerovaný a výsledná hmotnost se může více nebo méně lišit od hmotnosti teoreticky vypočtené. Další negativní faktor při měření hmotnosti reálné součásti je chyba měřicího přístroje.

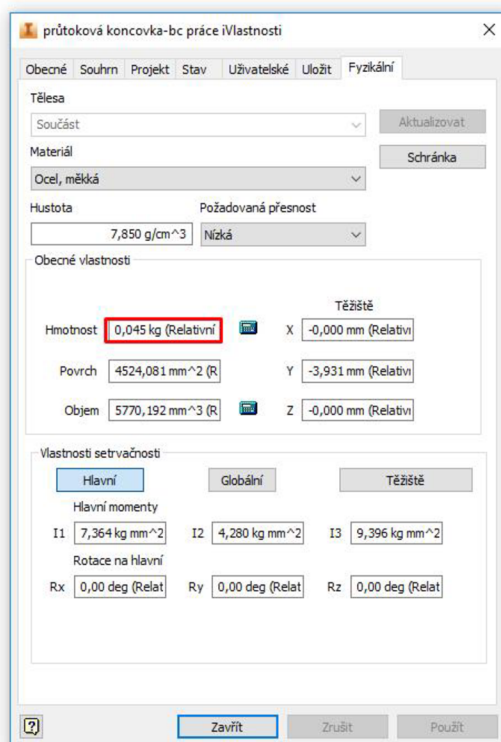
V reálné praxi není praktické počítat hmotnost součásti složitějších tvarů analyticky. Je to z důvodu časové náročnosti a také možnosti vzniku výpočtové chyby. Je však potřeba mít na paměti, že hodnoty dané výpočtovým softwarem by neměly být brány jako fakt, ale pokusit se posoudit jejich reálnost. Kvůli názornosti jsou v této práci uvedeny všechny tři zmiňované způsoby. Pro další výpočty bude použita hodnota daná výpočtovým softwarem, jelikož je nejpřesnější.

Analytický výpočet hmotnosti součásti

Kvůli délce analytického výpočtu hmotnosti dané součásti a tím i přehlednosti celé práce, je celý výpočet uveden v příloze (2).

Pomocí výpočtového softwaru

Součást byla vymodelována v programu Inventor 2016 od firmy Autodesk. Hmotnost byla určena pro hustotu 7850 kg/m^3 .



Obr. 3 Hmotnost součásti získaná výpočtovým softwarem.

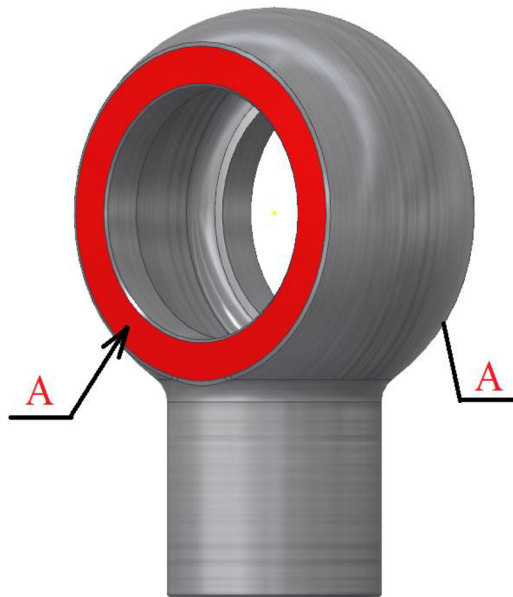
Pomocí zvážení součásti

Zvážení součásti byla naměřena hmotnost 0,050 kg. Odlišnost od hmotnosti dané výpočtovým softwarem je dána nepřesností výroby a nepřesností měřícího zařízení.

1.4 Konstrukční rozbor

Na součásti se vyskytuje více míst, která vyžadují určité požadavky na přesnost rozměrů, drsnost povrchů, rovnoběžnost ploch atd. Průtoková koncovka musí především zajistit správný přívod kapaliny k danému místu. Při tom musí být zaručena těsnost spojení.

Z toho vyplývá nutnost geometrické tolerance rovnoběžnosti rovin "A", viz obr. (4). Zároveň musí být tyto plochy opracovány na požadovanou drsnost a jejich vzdálenost musí být přesně dodržena (kóta $17^{-0,3} \text{ mm}$). Těmito požadavky je zaručena zmíněná těsnost celého spojení.



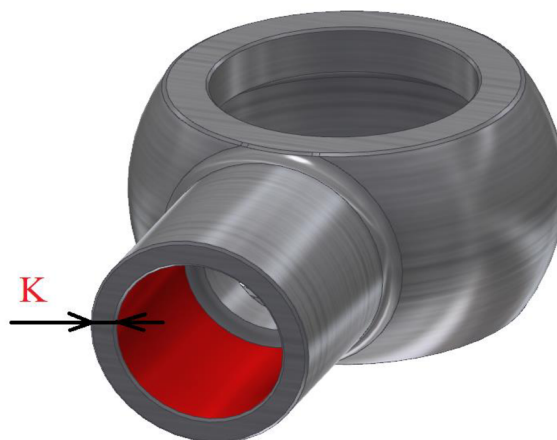
Obr. 4 Rovina "A" (obě strany totožné - roviny označeny "A").

Vnější koule $\varnothing 30$ mm viz obr. (5) má význam hlavně při větší sériovosti výroby z výkovku. Důvodem je menší spotřeba materiálu a logicky i menší hmotnost součásti. Na drsnost povrchu není kladen větší důraz.



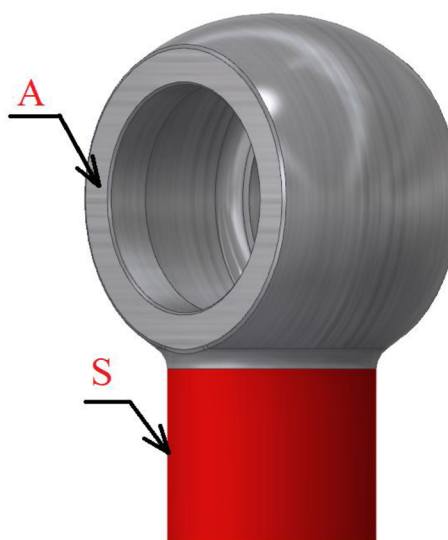
Obr. 5 Vnější koule.

Vnitřní válcovitá část viz obr. (6) součásti slouží k připojení na trubku. Trubka $\varnothing 12$ mm je nasunuta a zapájena do otvoru $\varnothing 12,2^{+0,2}_{+0,1}$ mm této vnitřní válcovité části. Hloubka otvoru je 13 mm a vytváří dostatečný prostor pro nasunutí trubky a zapájení. Sražení hrany otvoru je dáno vrcholovým úhlem vrtáku. Na drsnost tohoto otvoru nejsou kladeny zvláštní požadavky. Proto je stanovena hodnota drsnosti povrchu $Ra 25 \mu\text{m}$.



Obr. 6 Válcovitá část vnitřní.

Vnější válec $\varnothing 16_{-0,50}^{+0,75}$ mm viz obr. (7) zaručuje dostatečnou pevnost celého spojení součásti a trubky po spájení. Je nutné, aby rozdíl síly stěny "K", viz obr. (6), nebyl větší než 0,3 mm. Zároveň není dovoleno, aby $\varnothing 16$ mm (plocha "S") přesahoval v kterémkoliv místě plochy "A" viz obr. (7). Tato podmínka zaručí, že při dotažení spoje nedojde k doteku plochy "S" s těsněním. V opačném případě by hrozila netěsnost spoje a následné protékání kapaliny. Na drsnost povrchu plochy "S" není kladen větší důraz.



Obr. 7 Válcovitá část vnější (plocha "S").

Dalším významným rozměrem je průměr otvoru pro průtokový šroub. Průtokový šroub (šroub ČSN 13 7993) šroub má $\varnothing 18$ mm. Otvor koncovky $\varnothing 18,5$ mm viz obr. (8) nevyžaduje přesnější tolerování. Vůle mezi šroubem a otvorem, nutná k funkci součásti, je plně zaručena. Pro správnou funkci koncovky je rovněž nutno, aby byla dodržena šířka těsnící dosedací plochy minimálně 2,5 mm.



Obr. 8 Otvor pro průtokový šroub.

Vnitřní válcovitá díra $\varnothing 23$ mm viz obr. (9) včetně rádiusů 1,5 mm slouží pro správný průtok kapaliny. Šířka $10^{+0,3}$ mm slouží rovněž pro správný průtok kapaliny. V tomto případě je ale dále nutno, aby byl zejména z pevnostních důvodů (při dotahování spoje) dodržen rozdíl tloušťky stěn "P" v hodnotě maximálně 0,5 mm. Otvor $\varnothing 10$ mm slouží také pro průtok kapaliny.



Obr. 9 Vnitřní válcovitá díra.

1.5 *Technologický rozbor*

Výchozím polotovarem, který se nabízí pro výrobu této součásti, je výkovek. Ale vzhledem k malému počtu kusů není použití výkovku výhodné z ekonomických důvodů. Další možností je výroba z hutních polotovarů.

Základním polotovarem, který se nabízí, jsou ocelové tyče ploché, tyče kruhové, tyče šestihranné, plechy a podobně.

Jak výše uvedeno, použití výkovku není z ekonomických důvodů výhodné. Z toho vyplývá, že všechny povrchy součásti je nutno opracovat. Technologie použité na výrobu této součásti jsou teoreticky popsány v kapitolách (1.5.1, 1.5.2, 1.5.3, 1.5.4).

1.5.1 Dělení materiálu

Tyčový materiál válcovaný i tažený se ve většině případů musí před vlastním obráběním řezat na požadované rozměry. Dělení materiálu je ale potřeba často i u tvářených nebo litých polotovarů. Samozřejmě se dělení materiálu používá i při výrobě součástí z pásů, desek apod. Mezi základní metody patří především [3]:

- a) dělení rozřezáváním (pilový kotouč, pilový list, pilový pás),
- b) dělení rozbrušovacím kotoučem,
- c) dělení rotačních součástí upichovacím nožem,
- d) tepelné dělení (laser, plamen, elektrický oblouk, plazma, atd.),
- e) dělení stříháním, lámáním,
- f) dělení třecím kotoučem.

1.5.2 Frézování

Je to obráběcí metoda, při které se odebírá materiál z obrobku pomocí břitů rotujícího nástroje. U většiny případů posuv koná obrobek a to nejčastěji ve směru kolmém k ose nástroje. U modernějších frézovacích strojů už jsou posuvné pohyby realizovány ve všech směrech a jsou schopny mezi sebou plynule přecházet. Řezný proces je přerušovaný a každý zub odebírá krátké třísky s proměnlivou tloušťkou.

Nejčastěji se frézování upřednostňuje k obrábění rovinných a tvarových ploch nerotačních součástí. Používá se většinou vícebřitý nástroj - fréza. Podle druhu použité frézy se frézování dále dělí na frézování válcové, při kterém se využívá obvodu nástroje, a frézování čelní, využívá čelo nástroje. Tyto základní způsoby se mohou dále rozlišovat například na frézování okružní a planetové [2, 4].

1.5.3 Vrtání

Vrtání je metoda obrábění, při které se zhotovují vnitřní rotační plochy. Nejčastěji se používá dvoubřitý nástroj. Vrtáním se vytváří díry do plného materiálu nebo se zvětšují už předvrtané díry. Hlavní pohyb je rotační a obvykle ho koná nástroj. Vedlejší pohyb, posuvný, koná vrták a je ve směru osy vrtáku. Nejčastěji je osa vrtáku kolmá k ploše obrobku, na kterou vrták vstupuje.

Pro dosažení vyšších kvalitativních parametrů (kruhovitost, válcovitost, drsnost povrchu, odchylky jmenovitého průměru) při vyhrubování, vystružování, a zahlubování se využívá analogických pohybů. Při zahlubování děr se upravuje tvar konců děr a také ploch k nim přilehlých. Všechny nástroje používané na díry mají charakteristickou vlastnost. Podél hlavního ostří, směrem od obvodu ke středu nástroje se řezná rychlost zmenšuje. V ose nástroje je pak hodnota řezné rychlosti nulová.

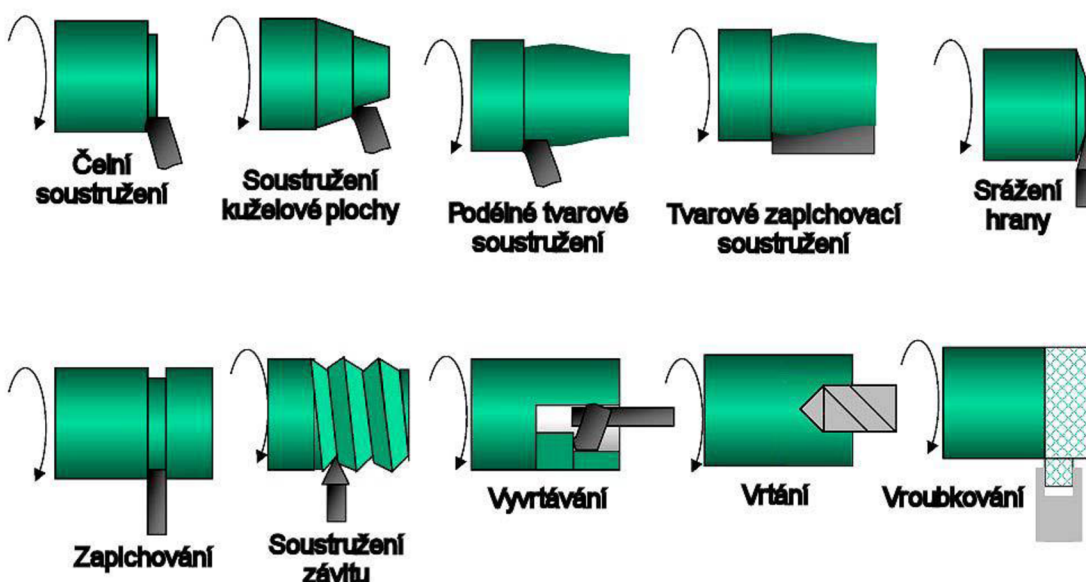
Z tohoto důvodu se za řeznou rychlost obecně považuje obvodová rychlost na největším tzv. jmenovitém průměru nástroje.

Vrtání se dělí podle technologie, konstrukce, druhu a geometrie použitého nástroje [3, 4].

1.5.4 Soustružení

Je to nejvíce používaná metoda obrábění, při které se zhotovují součásti rotačních tvarů. To se dosahuje nejčastěji jednobřítými nástroji mnoha druhů. Pomocí soustružení lze opracovávat vnější a vnitřní válcové, kuželové i jiné tvarové plochy. Dále rovinné čelní plochy a zápichy. Soustruh se dá použít k vrtání, vyvrtávání, vystružování, řezání závitů, hlazení, leštění atd.

Hlavní pohyb koná obrobek a je rotační. Vedlejší pohyb je přímočarý (případně obecný) a koná ho nástroj. Při soustružení válcové plochy má řezný pohyb trajektorii po šroubovici. V případě soustružení čelní plochy se realizuje po Archimedově spirále a při soustružení rotační plochy obecného tvaru po obecné prostorové křivce [3, 4].



Obr. 10 Základní práce na soustruhu [2].

2 URČENÍ POLOTOVARU A VÝPOČET SPOTŘEBY MATERIÁLU

Výchozím materiálem pro výrobu dané součásti je polotovár. Výběr polotovaru závisí především na ekonomickém hledisku. Snaha je taková, že rozměry polotovaru by měly být, co nejbliže rozměrům dokončené součásti. Podmínky, které by se měly dodržovat při určování polotovaru, jsou následující. Práce vynaložená na výrobu by měla být, co nejmenší. Přídavky na obrábění, by neměly být zbytečně velké. Musí být určeny tak, že potřebné rozměry a tolerance budou dodrženy a přitom spotřeba materiálu bude minimální [3].

Ve strojírenské výrobě součástí jsou nejvíce používány tyčové materiály (hutní materiál válcovaný nebo tažený). Další hojně používané typy polotovarů jsou výkovky, výlisky, odlitky, svařence, výpalky, výstřižky. Novější způsob je například zhotovení polotovaru práškovou technologií [3].

Základním rozměrem součásti je koule $\varnothing 30$ mm. Nabízí se tak využití kruhové tyče. Je možné použít i další typy profilů (například: tyče šestihranné, tyče čtvercové a podobně).

2.1 *Přídavky na obrábění*

V jednotlivých fázích technologického postupu u obráběných součástí se postupně ubírají vrstvy materiálu z polotovaru. Z toho vyplývá, že se postupně mění tvar, rozměry a drsnost povrchu polotovaru. Vrstvy, které jsou odebírány při obrábění z povrchu materiálu, pro získání požadovaných rozměrů součástí, se nazývají přídavek [3].

2.1.1 Přídavek na průměr

Přídavek na průměr u polotovarů z tyčí válcovaných za tepla se určí pomocí empirického vzorce [6].

$$d_{\max} = 30 \text{ mm}$$

$$p_p = 0,05 \cdot d_{\max} + 2 \tag{1}$$

$$p_p = 0,05 \cdot 30 + 2 = 3,5 \text{ mm}$$

2.1.2 Průměr výchozího polotovaru

Následným sečtením přídavku na průměr polotovaru a maximálního průměru obrobku se získá průměr polotovaru [6].

$$d_{\max} = 30 \text{ mm}, p_p = 3,5 \text{ mm}$$

$$d_{\text{pol}} = d_{\max} + p_p \tag{2}$$

$$d_{\text{pol}} = 30 + 3,5 = 33,5 \text{ mm}$$

Přídavek na průměr z rovnice (1) je poměrně nepřesný a je využitelný zejména pro kusovou výrobu. Obecně platí, že přídavky pro sériovou výrobu mohou být menší než pro kusovou výrobu [5]. Vzhledem k požadavkům na rozměrovou toleranci a na drsnost povrchu největšího průměru součásti, není nutné dávat žádný přídavek na průměr výchozího polotovaru. Největší průměr dané součásti je koule $\varnothing 30$ mm. Jde o všeobecně tolerovaný rozměr střední třídy přesnosti. Pro rozměr koule $\varnothing 30$ mm jsou mezní úchytky $\pm 0,2$ mm [23]. Tyč kruhová tažená za studena, viz kapitola (2.2), je dodávána dle rozměrové normy ČSN 42 6510 s normálními mezními úchytkami h11. Při $\varnothing 30$ mm jsou tyto mezní úchytky ${}_{-0,130}^{0,000}$ mm [23]. Požadavek na drsnost povrchu Ra koule $\varnothing 30$ mm je 25 μ m. Z toho vyplývá, že dodaný polotovar, viz kapitola (2.2), je možné použít pro výrobu součásti s dodržáním předepsaných tolerancí.

2.1.3 Délka polotovaru

Přídavek na délku se stanoví $2 \div 4$ mm [6]. Maximální délka obrobku je 43 mm. Přídavek na zarovnání čela je zvolen 0,3 mm. Přídavek na upichování se stanoví, dle použitého nože resp. vyměnitelné břitové destičky dle kapitoly (3.2) VBD LFUX 030802TN. Délka polotovaru se získá sečtením maximální délky obrobku a přídavku na délku polotovaru [6].

$$l_{max} = 43 \text{ mm}, p_d = 3,3 \text{ mm}.$$

$$l_{pol} = l_{max} + p_d \tag{3}$$

$$l_{pol} = 43 + 3,3 = 46,3 \text{ mm}$$

2.2 Volba polotovaru

Při výběru polotovaru byl použit katalog firmy CZ FERRO - STEEL, spol. s r.o. Pro výrobu této součásti je použita tyč kruhová tažená za studena dle rozměrové normy ČSN 42 6510 o $\varnothing 30$ mm s normálními mezními úchytkami průměru h11 ($\varnothing 30_{-0,130}^0$ mm). Tyče budou dodávány v délce 6 m [16].

2.3 Výpočet normy spotřeby materiálu

Normu spotřeby materiálu lze získat dvěma způsoby. A to statistickou metodou, při které se použijí statistické záznamy o spotřebě materiálu, vzniklých při výrobě obdobných součástí. Tato metoda není přesná, používá se pouze jako orientační předběžná informace o spotřebě materiálu.

Druhá metoda vycházející z podrobného propočtu faktorů ovlivňujících spotřebu materiálu. Tato rozborově propočtová metoda je přesnější [5].

Jelikož žádné statistické záznamy o spotřebě materiálu, které vznikly při výrobě podobných součástí, k této práci nejsou, je potřeba použít druhou ze zmiňovaných metod. Důležitost normy spotřeby materiálu je především podstatná pro materiálové technické zabezpečení podniku. Dále je využívána pro výpočet výrobních nákladů dané součásti.

Při zpracování tyčového materiálu, vznikají ztráty [5]:

- a) dělením materiálu,
- b) obráběním přídavek,
- c) z rozměrově nevyužitelného (pro danou součást) konce tyče.

V této podkapitole je zpracován výpočet normy spotřeby materiálu pro danou součást. Celý výpočet je proveden pro obě varianty výrobních postupů zvlášť. Polotovary však zůstávají stejné. Norma spotřeby materiálu je však v obou variantách odlišná. Tento rozdíl má vliv na celkovou výhodnost jednotlivých postupů a tudíž bude použit i jako jedno s hledisek srovnání. Pro přehlednost jsou hodnoty, které se pro oba postupy liší, označeny indexem. Pro postup na konvenčních strojích „1“ a pro postup na CNC soustružnickém centru „2“. Dále v této kapitole je postup na konvenčních strojích nazýván varianta 1 a postup na CNC soustružnickém centru varianta 2.

2.3.1 Ztráty materiálu vzniklé dělením materiálu připadající na jednici "q_u"

Při nákupu bývá hutní materiál dodáván v určitých délkách. Před samotným zpracováním je většinou potřeba tento hutní materiál nadělit na požadovanou délku. Při dělení materiálu je potřeba počítat se ztrátou materiálu. Tato ztráta připadající na jednici se spočítá podle rovnice (5) dle literatury [5, 6].

Určení délky jednoho přířezu "L_p"

Nejprve je zapotřebí určit délku jednoho přířezu. Tuto délku získáme dosazením hodnot do rovnice (4) [5, 6]. Délky přířezů jsou pro obě varianty postupů stejné. Délka jednoho přířezu je určena 1200 mm. Tento rozměr je předepsán s ohledem na více faktorů. Zejména na minimální spotřebu materiálu, dále kvůli pohodlnému upnutí přířezu do sklíčidla. Délka jednoho přířezu je pouze orientační. Do této délky nejsou zahrnuty ztráty vzniklé prořezem při dělení materiálu. Tyto ztráty jsou natolik malé, že pro výpočet počtu polotovarů z jednoho přířezu, nemají větší vliv.

Výpočet počtu polotovarů z jednoho přířezu

K tomu, aby bylo možné určit počet přířezů na vyrobení celé série, je nejprve potřeba spočítat, kolik kusů se z jednoho přířezu vyrobí. Tato hodnota se získá podělením délky jednoho přířezu délkou polotovaru [5, 6]. Pro variantu 2 se musí počítat z větší potřebnou délkou na upnutí posledního kusu z přířezu. Z toho vyplývají i větší ztráty z nevyužitého konce tyče a také potřeba většího množství materiálu.

$$L_p = 1200 \text{ mm}, l_{pol} = 46,3 \text{ mm}$$

$$p_{pp} = \frac{L_p}{l_{pol}} \tag{4}$$

$$p_{pp1} = \frac{1200}{46,3} = 25,928 \rightarrow 25 \text{ polotovarů}$$

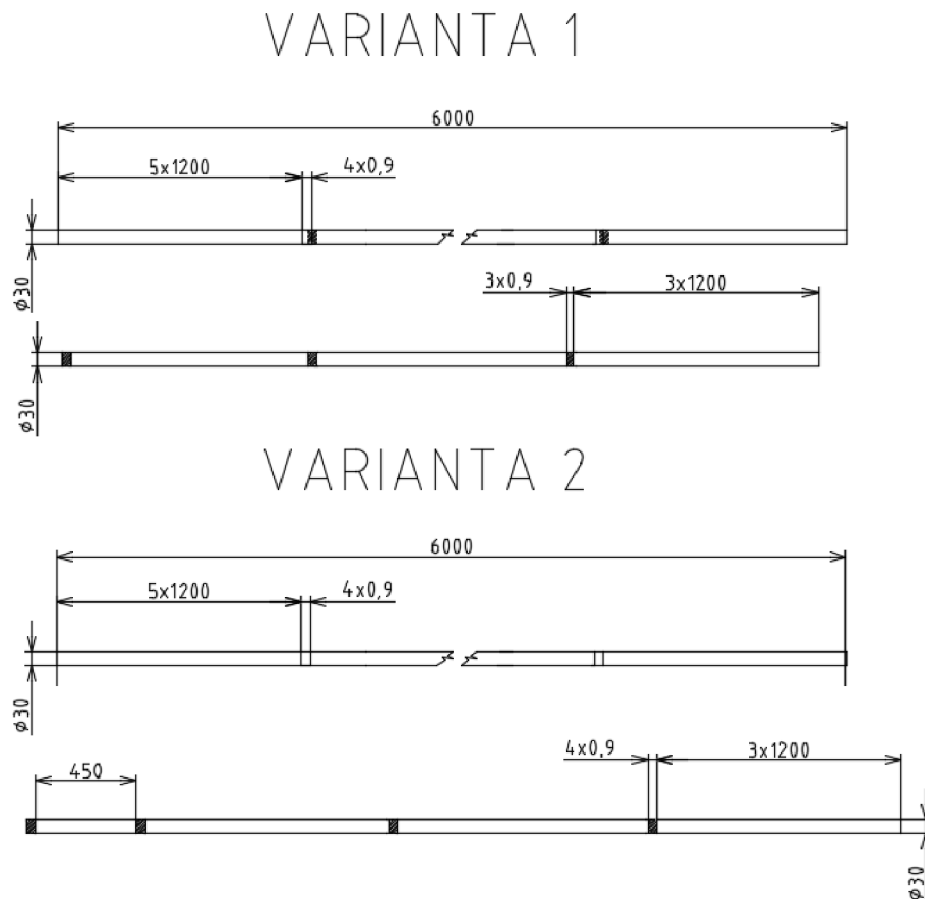
$$p_{pp2} = \frac{1200}{46,3} = 25,902 \rightarrow 24 \text{ polotovarů}$$

Pouze 24 polotovarů z důvodu potřeby větší délky na upnutí posledního kusu.

Počet potřebných přířezů pro splnění celé série 200ks pro variantu 1 je 8. Pro variantu 2 je to 9 přířezů, poslední přířez má délku 450 mm. Tato hodnota je získána podělením počtu kusů celé série počtem kusů z jednoho přířezu.

Výpočet ztráty materiálu vzniklé dělením na jednici

Počet řezů při dělení pro variantu 1 a_1 je 7 a pro variantu 2 a_2 je 8 viz obr. (11).



Obr. 11 Znárodnění počtu řezů při dělení materiálu pro obě varianty výrobních postupů.

$$a_1=7, a_2=8, d_{pol}=30 \text{ mm}, \rho_{ocel}=7850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}, h_s=200, s=0,9 \text{ mm}$$

$$q_u = \frac{a \cdot \frac{\pi \cdot d_{pol}^2}{4} \cdot \rho_{ocel} \cdot s}{h_s} \quad (5)$$

$$q_{u1} = \frac{7 \cdot \frac{\pi \times 0,03^2}{4} \cdot 7850 \cdot 0,0009}{200} = 1,748 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$$

$$q_{u2} = \frac{8 \cdot \frac{\pi \times 0,03^2}{4} \cdot 7850 \cdot 0,0009}{200} = 1,998 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$$

2.3.2 Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na jednici "q_k"

Ve většině případů, při dělení materiálu z tyčí, zbude materiál o takové délce, která je pro danou součást nepoužitelná. Tyto konce tyčí většinou končí jako odpad a jsou tudíž nevyužité. Tím vzniká ztráta z nevyužitého konce tyče a její hodnota připadající na jednici se získá z rovnice (7) dle literatury [5, 6].

Délku všech přířezů potřebných pro výrobu celé série získáme jejich sečtením a následným odečtením součtu všech délek prořezů pro jednotlivé varianty. Pro variantu 1 tato délka l_{m1} činí 9593,7 mm a pro variantu 2 je l_{m2} 10042,8 mm.

Výpočet délky nevyužitého konce tyče

Pro obě varianty se délky nevyužitých konců tyčí spočítá odečtením součtu délek všech polotovarů od délky všech přířezů potřebných pro výrobu celé série, viz rovnice (6).

$$l_{pol}=46,3\text{mm}, h_s=200, l_{m1}= 9593,7 \text{ mm}, l_{m2}= 10042,8 \text{ mm}$$

$$l_k = l_m - h_s \cdot l_{pol} \quad (6)$$

$$l_{k1} = 9593,7 - 200 \cdot 46,3 = 333,7 \text{ mm}$$

$$l_{k2} = 10042,8 - 200 \cdot 46,3 = 782,8 \text{ mm}$$

Výpočet ztráty materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na jednici

$$d_{pol}=30 \text{ mm}, \rho_{ocel}=7850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}, h_s=200, l_{k1}=333,7 \text{ mm}, l_{k2}=782,8 \text{ mm}$$

$$q_k = \frac{\frac{\pi \cdot d_{pol}^2}{4} \cdot l_k \cdot \rho_{ocel}}{h_s} \quad (7)$$

$$q_{k1} = \frac{\frac{\pi \cdot 0,03^2}{4} \cdot 0,3337 \cdot 7850}{200} = 9,258 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$q_{k2} = \frac{\frac{\pi \cdot 0,03^2}{4} \cdot 0,7828 \cdot 7850}{200} = 0,022 \text{ kg}$$

2.3.3 Ztráty materiálu vzniklé obráběním přídávku na jednici "q_o"

Při odebrání přídávků z polotovaru za účelem vytvoření požadovaného tvaru, rozměrů a drsnosti povrchů vznikají ztráty materiálu. Tyto ztráty vzniklé obráběním přídávku na jednici se získají pomocí rovnice (9) dle literatury [5, 6]. Pro obě varianty jsou ztráty vzniklé obráběním přídávku na jednici stejné.

Výpočet hmotnosti polotovaru

Pro výpočet ztrát vzniklé obráběním na jednici je zapotřebí hmotnost polotovaru. Tato hmotnost je získána z rovnice (8).

$$d_{pol}=30\text{mm}, l_{pol}=46,3 \text{ mm}, \rho_{ocel}=7850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}.$$

$$m_{pol} = \frac{\pi \cdot d_{pol}^2}{4} \cdot l_{pol} \cdot \rho_{ocel} \quad (8)$$

$$m_{pol} = \frac{\pi \cdot 0,03^2}{4} \cdot 0,0463 \cdot 7850 = 0,257 \text{ kg}$$

Výpočet ztráty materiálu vzniklé obráběním přídavku na jednici "q_o"

$$m=0,045 \text{ kg}, m_{pol}= 0,257 \text{ kg}$$

$$q_0 = m_{pol} - m \tag{9}$$

$$q_0 = 0,257 - 0,045 = 0,212 \text{ kg}$$

2.3.4 Celkové ztráty materiálu na jednici

Tyto celkové ztráty jsou získány sečtením ztrát z dělení materiálu, obrábění přídavků a ztrát z rozměrově nevyužitelného konce tyče [5, 6].

$$q_{k1}=9,258 \cdot 10^{-3} \text{ kg}, q_{k2}=0,022 \text{ kg}, q_{u1}=1,748 \cdot 10^{-4} \text{ kg}, q_{u2}=1,998 \cdot 10^{-4} \text{ kg}, q_o=0,212 \text{ kg}$$

$$Z_m = q_k + q_u + q_o \tag{10}$$

$$Z_{m1} = 9,258 \cdot 10^{-3} + 1,748 \cdot 10^{-4} + 0,212 = 0,221 \text{ kg}$$

$$Z_{m2} = 0,022 + 1,998 \cdot 10^{-4} + 0,212 = 0,234 \text{ kg}$$

2.3.5 Výpočet normy spotřeby materiálu

Normu spotřeby materiálu získáme sečtením celkové ztráty materiálu na jednici, viz rovnice (10), a hmotností hotové součásti, viz kapitola (1.3). Rovnice (11) je dle literatury [5, 6].

$$m=0,045 \text{ kg}, Z_{m1}=0,221 \text{ kg}, Z_{m2}=0,234 \text{ kg}$$

$$N_m = m + Z_m \tag{11}$$

$$N_{m1} = 0,045 + 0,221 = 0,266 \text{ kg}$$

$$N_{m2} = 0,045 + 0,234 = 0,279 \text{ kg}$$

2.3.6 Stupeň využití materiálu

Stupeň využití materiálu získáme z rovnice (12) dle literatury [5, 6].

$$m=0,045 \text{ kg}, N_{m1}=0,266 \text{ kg}, N_{m2}=0,279 \text{ kg}$$

$$k_m = \frac{m}{N_m} \tag{12}$$

$$k_{m1} = \frac{0,045}{0,266} = 0,169$$

$$k_{m2} = \frac{0,045}{0,279} = 0,161$$

Výpočtem materiálových ztrát vychází stupeň využití materiálu u dané součásti ze stanoveného polotovaru pro variantu 1 pouhých 0,169 a pro variantu 2 je 0,161. V běžné strojírenské výrobě se stupeň využití materiálu pohybuje obvykle v rozmezí 0,4 až 0,8 [5]. Takto nízký stupeň využití materiálu u dané součásti ze stanoveného polotovaru je dán následujícími faktory. Především tím, že jde o součást přizpůsobenou k průtoku kapaliny, tudíž obsahuje velké množství dutin. Dalším důvodem jsou vnější tvary, které jsou různorodé a z toho důvodu je nutno obrobením odstranit velké množství materiálu.

3 SESTAVENÍ TECHNOLOGICKÝCH POSTUPŮ

V této kapitole jsou zpracovány návrhy technologie výroby dané součásti. Tyto návrhy technologie výroby se liší zejména zvolenými stroji a nástroji. Nutno přihlídnout na strojní vybavenost firmy. Nejprve se zvolí stroje, na kterých bude součást zhotovena. Poté nástroje a následně se sestaví technologický postup [2, 4, 5].

3.1 *Technologie výroby pro konvenční stroje*

První variantou technologického postupu pro výrobu průtokové koncovky je postup na konvenčních strojích. Dále je tento postup nazýván **varianta 1**. Součást v tomto postupu je zhotovena na obvyklých strojích, které jsou běžně dostupné v mnohých obrobách. Práce na těchto strojích má většinou menší produktivitu ve srovnání s moderními obráběcími centry. Vhodnost však nalézají především v kusové, či malosériové výrobě. Jejich předností je také jednoduchá údržba a ve srovnání s moderními obráběcími centry i pořizovací cena [4].

3.1.1 Volba strojů

Gravitační pásová pila Pegas 230 x 280 GH-LR

Před začátkem procesu obrábění je potřeba zvolit stroj, na kterém se bude dělit materiál na požadovanou délku. Pro tento úkon byla zvolena gravitační pásová pila Pegas 230 x 280 GH-LR, viz obr. (12). Tento stroj vyžaduje obsluhu. Hmotnost ramene zajišťuje jeho pracovní pohyb. Je možné provádět jak kolmé řezy tak i úhlové. Úhlové řezy se dají plynule nastavit od 0° do 60° vpravo a od 0° do 45° vlevo. Díky robustní konstrukci nalezne využití při dělení velké škály materiálů. Například jakostní materiály a to jak profily, tak plné polotovary. Svě využití má především pro kusovou a malosériovou výrobu. Pro zefektivnění a ulehčení manipulace s materiálem je možné k pásové pile umístit válečkový dopravník. Technická data pásové pily jsou uvedena v příloze (4) [8].



Obr. 12 Gravitační pásová pila Pegas 230 x 280 GH-LR [8].

Universální hrotový soustruh SN 32

Jedním z potřebných strojů pro výrobu průtokové koncovky je univerzální hrotový soustruh. Vhodnost tohoto stroje je dána především tím, že jde o stroj běžně dostupný. Je zároveň vhodný pro kusovou a malosériovou výrobu. Je určený především pro soustružení hřídelových a přírubových součástí. Údržba stroje je poměrně jednoduchá a seřízení také není zvláště náročné. Tento stroj ovšem vyžaduje vyšší kvalifikaci obsluhy stroje [2].

Pro soustružení byl zvolen univerzální hrotový soustruh SN 32 vyráběný firmou TRENS SK, a. s. viz obr. (13). Tento stroj má vhodné řezné podmínky pro obrábění běžně používaných materiálů. Dokáže udržet dlouhodobou přesnost a má velký rozsah otáček vřetena. Podrobné technické údaje jsou v příloze (5) [7].



Obr. 13 Univerzální hrotový soustruh SN 32 [7].

Konzolová frézka F2V-R

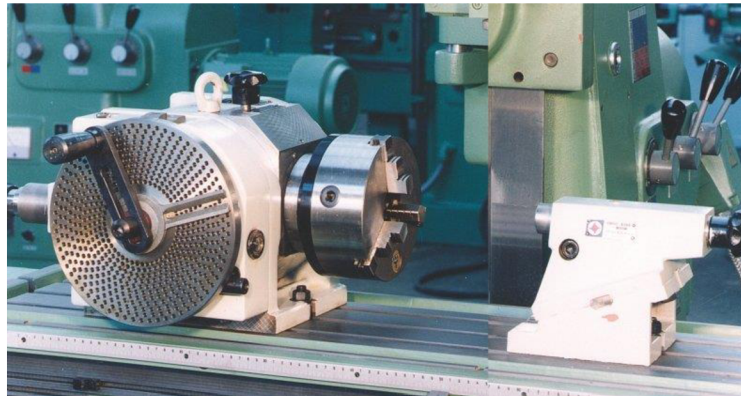
Pro frézování vnější koule $\varnothing 30$ mm na kótu $17^{-0,3}$ mm je použita frézka F2V-R od firmy TOS Olomouc, s.r.o. Tato frézka dokáže provádět frézovací a vrtací operace na obrocích do 200 kg. Vřeteník s vřetenem uloženým ve výsuvné pinole je uzpůsoben k naklápění v podélné rovině stolu. Je možné plynule měnit otáčky vřetene a posuvy ve všech 3 osách. Má tři druhy posuvu. Hrubý, jemný a strojní posuv. Podrobné technické údaje jsou v příloze (6) [17].



Obr. 14 Konzolová frézka F2V-R [17].

Dělicí přístroj DJ250A

Jako zvláštní příslušenství ke konzolové frézce F2V-R je možné dokoupit dělicí přístroj DJ250A, viz obr. (15). Tento přístroj je použit na upnutí obrobku při frézování koule $\varnothing 30$ mm na kótu $17^{-0,3}$ mm. Průměr vřetena je 28 mm. To plně dostačuje pro upnutí vyráběné součásti [17].



Obr. 15 Dělicí přístroj DJ250A včetně koníku [17].

Dvoukotoučová bruska OPTIgrind GU 15

Po dokončení operací na soustruhu, je potřeba začistit vzniklé otřepy, především po upíchnutí. Na tuto operaci je vhodná dvoukotoučová bruska OPTIgrind GU 15, viz obr. (16). Díky svým rozměrům a pořizovacím nákladům bývá tento typ brusek hojně využíván.



Obr. 16 Dvoukotoučová bruska OPTIgrind GU 15 [10].

3.1.2 Volba nástrojů

Pilový pás

Vhodný pilový pás pro gravitační pásovou pilu Pegas 230 x 280 GH-LR je 2720x27x0,9 M42 6/10z - BOMAR Ergonomik 275.230 DG, viz obr. (17). Tímto pásem se dají dělit plné i profilové materiály. Doporučené řezné rozměry pro plný materiál jsou 25-60 mm a pro profilový materiál se silou stěny 6-9 mm [11].



Obr. 17 Pilový pás [11].

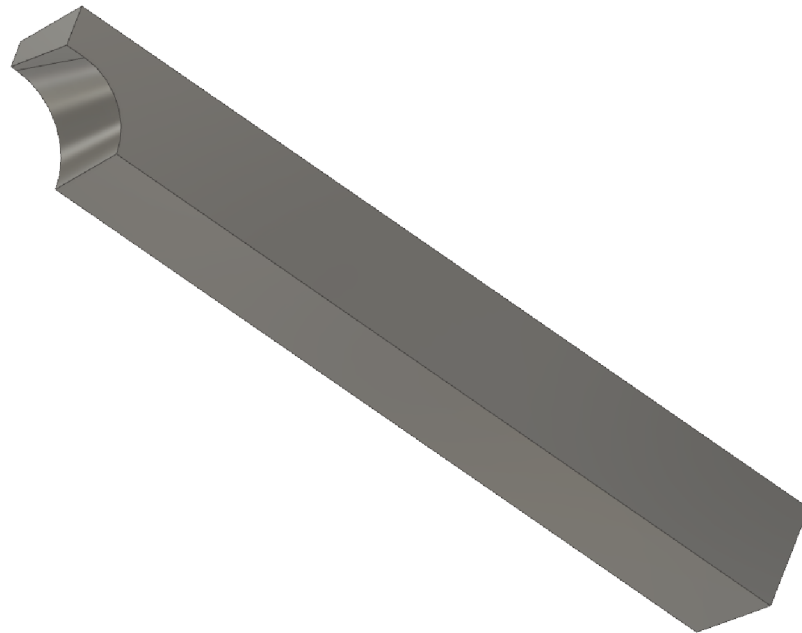
Soustružnické nože a vyměnitelné břitové destičky

Nože speciální

K vytvoření koule $\varnothing 30$ mm na univerzálním hrotovém soustruhu je zapotřebí dvou speciálních soustružnických nožů. Druhá možnost je použití kopírovacího zařízení, ale pro tento postup je zvolen první způsob. Speciální nože se zhotoví v nástrojářské dílně, dle prvotních výkresů (návrhů) viz příloha (8, 9).



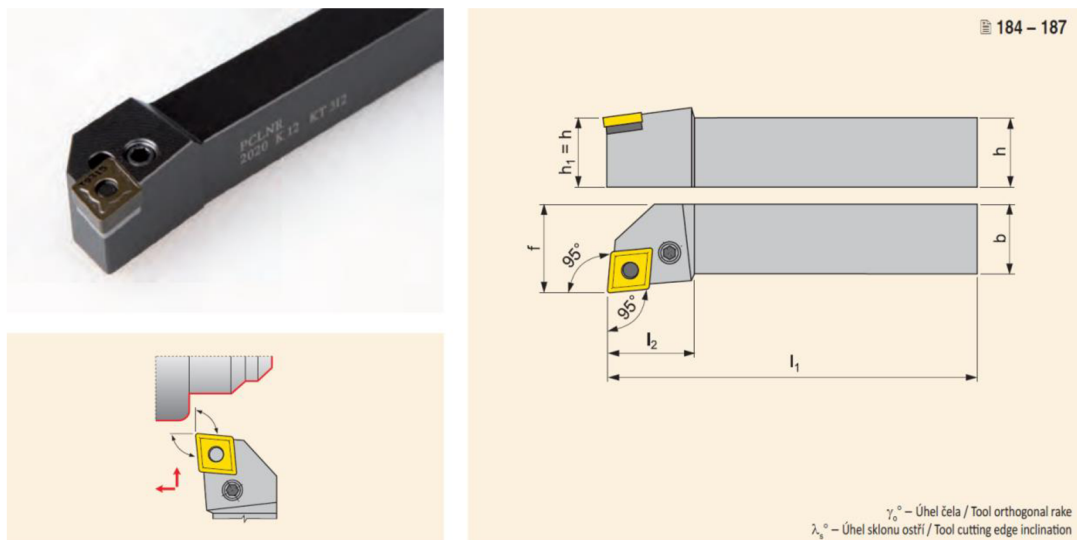
Obr. 18 Nůž speciální číslo T3.



Obr. 19 Nůž speciální číslo T4.

Soustružnický nůž a vyměnitelná břitová destička pro vnější soustružení

Nůž, který je zvolen pro vnější soustružení je nůž PCLNR 2525 M12, viz obr. (20). Tento nůž je schopný soustružit podélně i čelně [12]. V tabulce (3) jsou uvedeny rozměry nože.

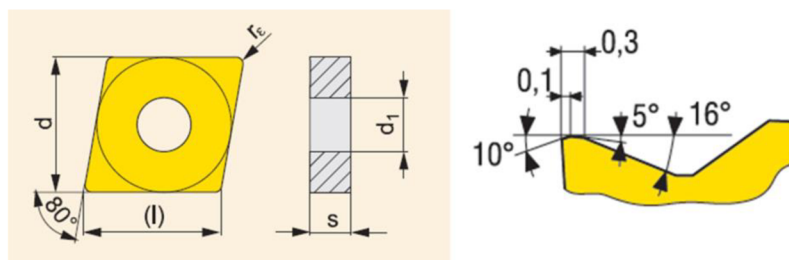


Obr. 20 Soustružnický nůž PCLNR 2525 M12 [12].

Tab. 3 Rozměry nože PCLNR 2525 M12 [12].

h=h1	b	f	l ₁	l ₂	λ_s	γ_0	hmotnost
[mm]					[°]		[kg]
25	25	32	150	36	-6	-6	0,68

Pro vnější soustružení je zvolena vyměnitelná břitová destička CNMG120408E-M, viz obr. (21). Jde o destičku vhodnou zejména pro dokončovací a polohrubovací soustružení. Hlavní oblastí užití je skupina P, která obsahuje materiály, jako jsou oceli a ocelolitiny, nelegované a nízkolegované ocelolitiny, hůře obrobitelné nelegované a nízkolegované ocelolitiny, středně až vysokolegované ocelolitiny, oceli a další. Je vhodná pro kontinuální řez, nikoliv přerušovaný. Povrch destičky je povlakován materiálem s firemním označením 6630 [12]. V tabulce (4) jsou uvedeny rozměry a doporučené řezné podmínky VBD. Informace ohledně povlakování destičky viz příloha (7).



Obr. 21 VBD CNMG120408E-M [12].

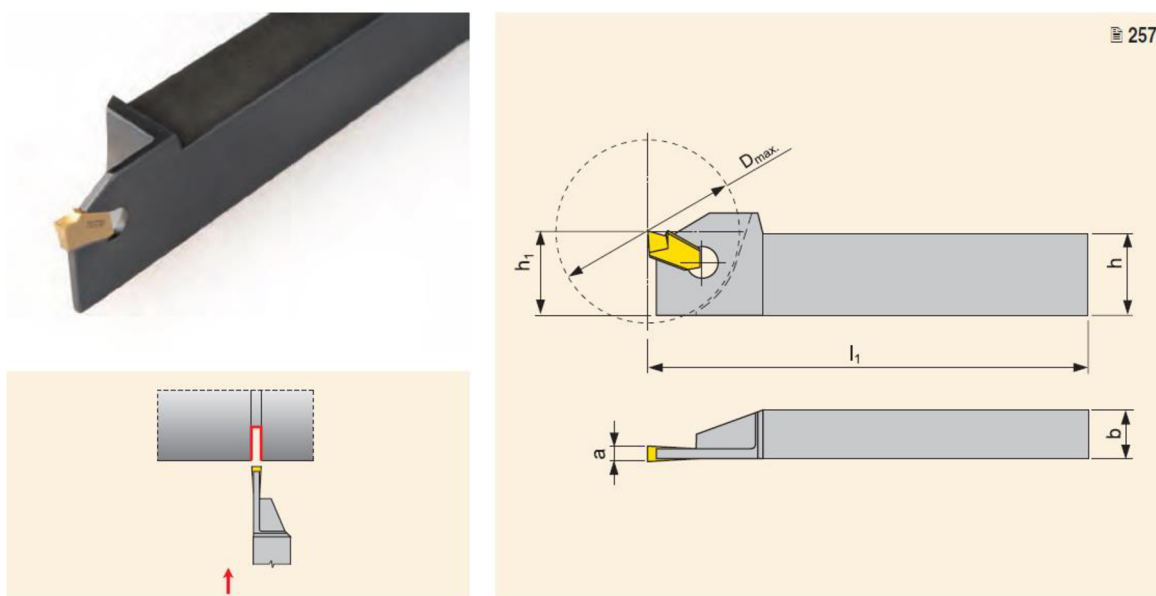
Tab. 4 Parametry VBD CNMG120408E-M [12].

l	d	d ₁	s	r _e	f _{min}	f _{max}	a _{p min}	a _{p max}
[mm]								
12,90	12,70	5,16	4,76	0,8	0,15	0,60	0,8	6,0

Kde: r_e-rádius, f-posuv na otáčku, a_p-hloubka řezu

Upichovací a zapichovací nůž vnější a vyměnitelná břitová destička

Pro upíchnutí obrobku je zvolen nůž XLCFR 2520 K 03, viz obr. (22). V tabulce (5) jsou uvedeny rozměry nože.

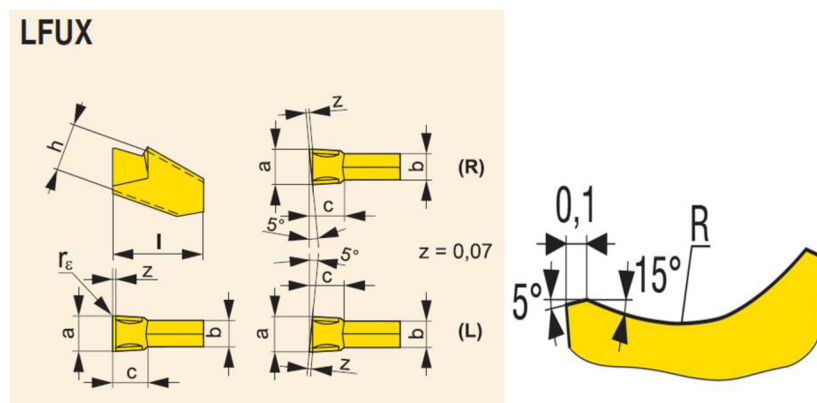


Obr. 22 Nůž XLCFR 2520 K 03 [12].

Tab. 5 Rozměry nože XLCFR 2520 K 03 [12].

$h=h_1$	b	l_1	a	D_{\max}	hmotnost
[mm]					[kg]
16	12	100	3	40	0,15

Pro upíchnutí součásti je zvolena vyměnitelná břitová destička LFUX 030802TN, viz obr. (23). Hlavní oblast užití je obrábění skupiny P a K. Je vhodná pro kontinuální i přerušovaný řez. Povrch destičky je povlakován materiálem s firemním označením T8330 [12]. V tabulce (6) jsou uvedeny VBD. Informace ohledně povlakování destičky viz příloha (7).



Obr. 23 VBD LFUX 030802TN [12].

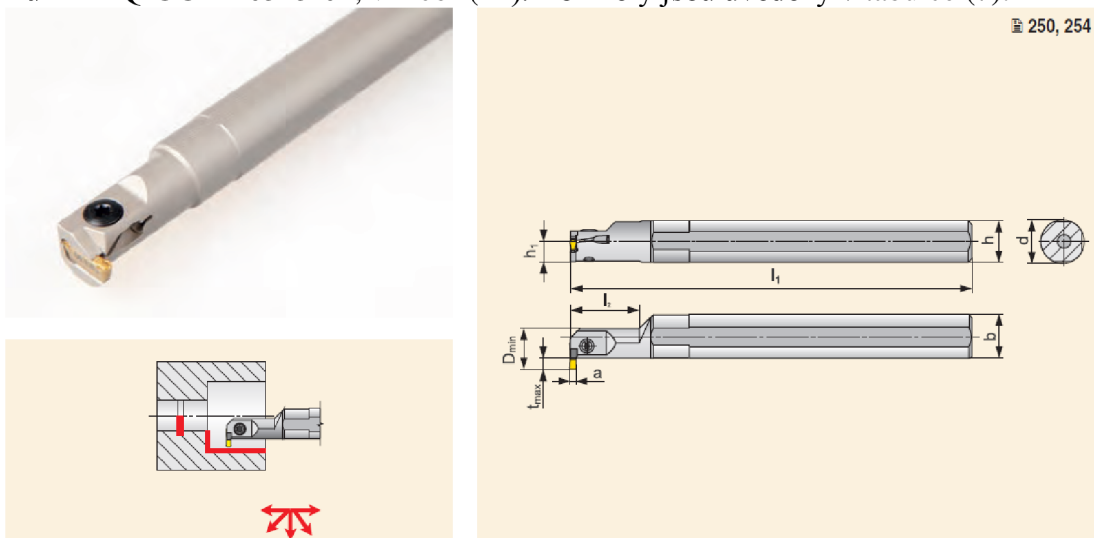
Tab. 6 Parametry VBD LFUX 030802TN [12].

a	b	c	l	h	r_e	f_{\min}	f_{\max}	$a_{p \min}$	$a_{p \max}$
[mm]									
3	2,51	4,90	11,50	8,00	0,2	0,10	0,15	-	-

Kde: r_e -rádius, f -posuv na otáčku, a_p -hloubka řezu

Upichovací a zapichovací nůž a vyměnitelná břitová destička vnitřní

Pro soustružení vnitřního válce $\varnothing 23$ mm je zvolen vnitřní upichovací a zapichovací nůž A16Q-GGER 0313-04, viz obr. (24). Rozměry jsou uvedeny v tabulce (7).

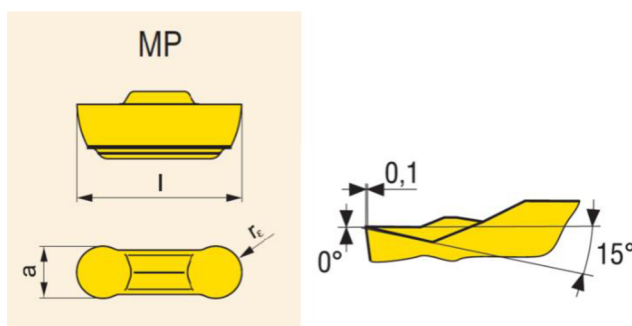


Obr. 24 Nůž A16Q-GGER 0313-04 [12].

Tab. 7 Rozměry nože A16Q-GGER 0313-04 [12].

d	h	h ₁	b	l ₁	l ₂	a	t _{max}	D _{min}	hmotnost
[mm]									[kg]
16	15	7,5	15,5	180	25	4	3	16	0,30

Pro soustružení vnitřního válce je zvolena VBD LCMF 013MO-MP-04, viz obr (25). Rozměry VBD jsou v tabulce (8). Hlavní oblast využití je skupina materiálů P a K. Využití je hlavně pro jemné a dokončovací soustružení. Geometrie je vhodná i pro kopírovací soustružení. Povrch destičky je povlakován materiálem s firemním označením T8330 [12]. Informace ohledně povlakování destičky viz příloha (7).



Obr. 25 VBD LCMF 013MO-MP-04 [12].

Tab. 8 Parametry LCMF 013MO-MP-04 [12].

a	tol. a	l	r _e	f _{min}	f _{max}	a _{p min}	a _{p max}
[mm]							
4	0,05	12,60	1,5	0,05	0,30	0,5	1,5

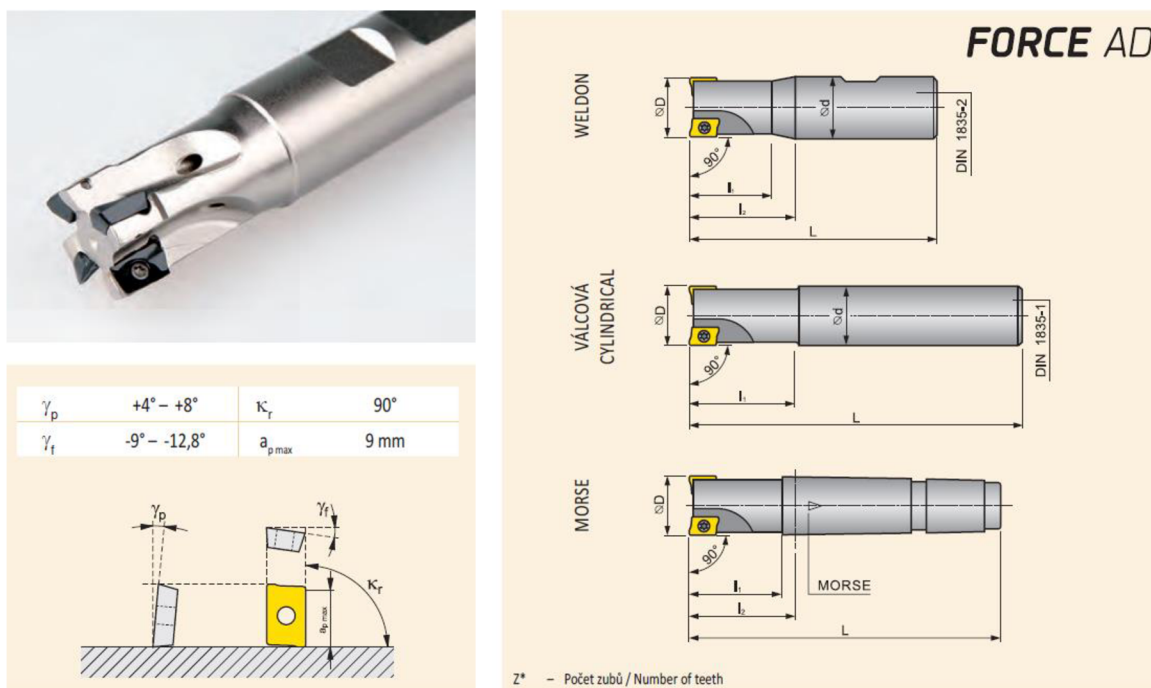
Kde: r_e-rádius, f-posuv na otáčku, a_p-hloubka řezu

Stopková fréza do rohu

Pro obrobení koule ø30 mm na kótu 17 mm je zvolena stopková fréza do rohu 32A5R034A32-SAD011E-C s válcovou stopkou, viz obr. (26). Důvod volby stopkové frézy do rohu je omezený prostor mezi obráběnou plochou a sklíčidlem. V tabulce (9) jsou uvedeny rozměry frézy.

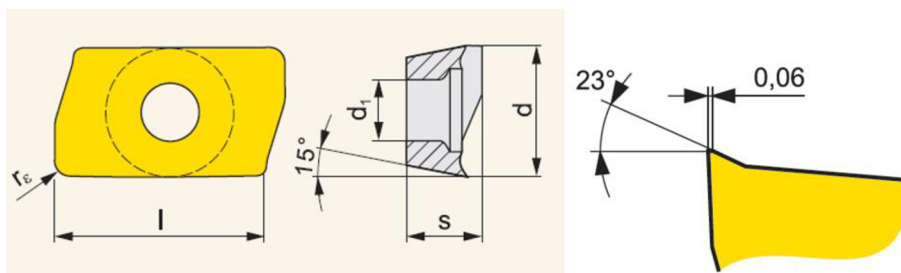
Tab. 9 Rozměry čelní frézy 32A5R034A32-SAD011E-C [12].

D	L	l ₁	d	Z*	hmotnost
[mm]				[-]	[kg]
32	195	34	32	5	0,9



Obr. 26 Stopková fréza do rohu 32A5R034A32-SAD011E-C [12].

Pro obrobení koule $\varnothing 30$ mm na kótu 17 mm je zvolena vyměnitelná břitová destička ADMX 11T304SR-F, viz obr. (27). Je využitelná pro obrábění většiny skupin materiálů a je určena pro lehké až střední obrábění. Povrch destičky je povlakován materiálem s firemním označením 8230 [12]. V tabulce (10) jsou uvedeny rozměry VBD na frézování. Informace ohledně povlakování destičky viz příloha (7).



Obr. 27 VBD ADMX 11T304SR-F [12].

Tab. 10 Parametry VBD ADMX 11T304SR-F [12].

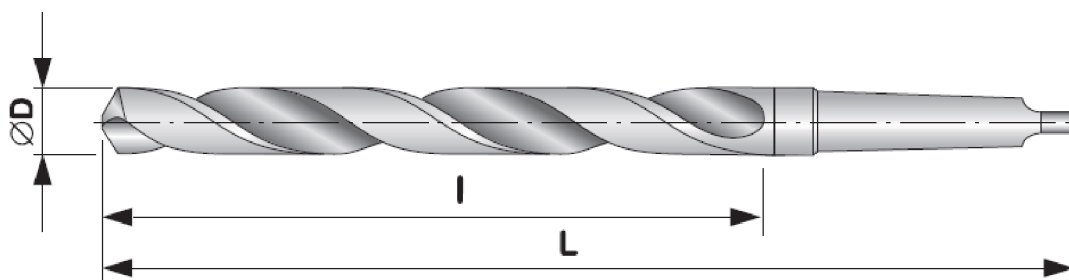
l	d	s	d ₁	r _e	f _{min}	f _{max}	a _{p min}	a _{p max}
[mm]								
11,000	6,530	3,970	2,900	0,4	0,07	0,12	0,5	9

Kde: r_e-rádius, f-posuv na otáčku, a_p-hloubka řezu

Vrtáky

Jsou zvoleny šroubovité vrtáky s kuželovou stopkou tvářené, které se upnou do pinoly koníku. Vrtáky byly vybrány v sortimentu firmy Stimzet. Zvládají vrtat do součástí z nelegované i legované oceli, ocelolitiny do pevnosti 900 MPa, šedé, temperované i tvárné litiny, hliníkových slitin, bronzu, apod [13]. Na obrázku (28) je

vyobrazen základní náčrt těchto šroubových vrtáků. V tabulce (11) jsou jejich základní rozměry.



Obr. 28 Šroubovitý vrták s kuželovou stopkou [13].

Tab. 11 Šroubovitě vrtáky s kuželovou stopkou – parametry [13].

Vrták	$\varnothing D$ [mm]	L [mm]	l [mm]	hmotnost [kg]	Norma
Vrták s kuželovou stopkou $\varnothing 10$	10	168	87	0,086	ČSN 22 1140 DIN 345 RN
Vrták s kuželovou stopkou $\varnothing 12,3$	12,3	182	101	0,116	ČSN 22 1140 DIN 345 RN
Vrták s kuželovou stopkou $\varnothing 18,5$	18,5	233	135	0,312	ČSN 22 1140 DIN 345 RN

Ruční nástroj

Na výrobním výkrese, viz příloha (1), je předepsán požadavek na sražení všech ostrých hran. Pro tuto operaci je zvolen ruční škrabák SG1000 od firmy NOGA, viz obr. (29). Je dodáván s kobaltovým břitem S100 Cobalt Blade - BS1018. Škrabák je jednoduchý ruční nástroj, který slouží zejména na odjehlení a sražení hran součástí. Patří mezi základní vybavení každé zámečnické dílny [19].



Obr. 29 Škrabák SG1000 od firmy NOGA [19].

3.1.3 Technologický postup

Tabulka (12) obsahuje přehled použitých strojů pro technologický postup popsany v kapitole 3.1. Podrobný popis strojů je v kapitole (3.1.1) a v přílohách (4, 5, 6), kde jsou technická data použitých strojů.

Tab. 12 Souhrn použitých strojů pro postup v kapitole 3.1 [7, 8, 10, 17].

Označení	Stroj
S1	Gravitační pásová pila Pegas 230 x 280 GH-LR
S2	Univerzální hrotový soustruh SN 32
S3	Konzolová frézka F2V-R
S4	Dvoukotoučová bruska OPTIgrind GU 15

V tabulce (13) je seznam použitých měřidel, které jsou použity pro kontrolu dané součásti. Nejpoužívanějším měřidlem v tomto postupu je posuvné měřítko, kterým lze kontrolovat většinu předepsaných rozměrů na součásti. Vnitřní válcovitá díra $\varnothing 23$ mm je měřena pomocí dutinoměru. Svinovací metr je použit při dělení materiálu.

Tab. 13 Seznam použitých měřidel [14, 15, 25].

FSI VUT v Brně, ÚST		LIST MĚŘIDEL	
Pozice měřidla	Název měřidla	Výrobce	Označení výrobce
M1	Posuvné měřítko 150 mm	Mahr	Marcal 16 EWRI digitální posuvné měřítko
M2	Dutinoměr 18-35 mm	SUBITO	907.230
M3	Svinovací metr 3 m	STANLEY	Powerlockclassic

Tabulka (14) obsahuje seznam použitých nástrojů, které jsou blíže popsány v kapitole (3.1.2).

Tab. 14 Nástrojový list pro variantu 1 [11, 12, 13, 19].

FSI VUT v Brně, ÚST		NÁSTROJOVÝ LIST	
Pozice nástroje	Název nástroje	Výrobce	Označení Výrobce
T1	pilový pás	Bomar	2720x27x0,9 M42 6/10z
T2	Nůž pro vnější soustružení VBD dokončovací a polohrubovací	Pramet	PCLNR 2525 M12 CNMG120408E-M
T3	Nůž speciální		
T4	Nůž speciální		
T5	Upichovací a zapichovací nůž VBD upichovací a zapichovací	Pramet	XLCFR 2520 K 03 LFUX 030802TN
T6	Vrták s kuželovou stopkou $\varnothing 10$	Stimzet	A401000V000S
T7	Vrták s kuželovou stopkou $\varnothing 12,3$	Stimzet	A401220V000S
T8	Vrták s kuželovou stopkou $\varnothing 18,5$	Stimzet	A401850F000S
T9	Vnitřní upichovací a zapichovací nůž VBD na vnitřní zapichování	Pramet	A16Q-GGER 0313-04 LCMF 013MO-MP-04

T10	Stopková fréza do rohu VBD pro stopkovou frézu do rohu	Pramet	32A5R034A32-SAD011E-C ADMX 11T304SR-F
T11	Ruční nástroj: škrabák	NOGA	NOGA SG-1000

V tabulce (15) je zpracovaný technologický postup výroby průtokové koncovky pro výrobu na konvenčních strojích.

Tab. 15 Technologický postup varianta 1 [6, 9, 12, 11,13].

FSI VUT v Brně, ÚST			TECHNOLOGICKÝ POSTUP	
Materiál: 12 020		Polotovár: $\varnothing 30-46,3$ ČSN 42 6510	Hrubá hmotnost: 0,257 kg	Čistá hmotnost: 0,045 kg
Číslo operace:	Název, označení stroje	Dílna	Popis práce v operaci	Nástroje měřidla
1/1	S1	Dělrna	Řezat materiál $\varnothing 30$ na délku 1200 ± 2 . Kontrolovat délku.	T1 M3
2/2	S2	Obrobna	Vysunout na délku 55, upnout do sklíčidla. Zarovnat čelo. Soustružit z $\varnothing 30$ na $\varnothing 16 - 13^{+0,5}$. Soustružit kouli $\varnothing 30$ včetně R2. Vrtat $\varnothing 10/19^{+0,5}$. Vrtat $\varnothing 12,3/13 \pm 0,2$. Upíchnout na délku 43 ± 1 .	T2 T2 T3 T6 T7 T5
3/3	S2	Obrobna	Upnout za $\varnothing 16$. Soustružit (dokončit) kouli $\varnothing 30$.	T4
4/4	S3	Obrobna	Upnout do dělicího přístroje za $\varnothing 16$. Frézovat jednu stranu koule $\varnothing 30 / 6,5$ (kóta $17^{-0,3}$).	T10
5/5	S2	Obrobna	Upnout do měkkých upravených čelistí za kouli $\varnothing 30$ na doraz na vyfrézovanou plochu. Soustružit druhou stranu koule $\varnothing 30 / 6,5$ (kóta $17^{-0,3}$). Vrtat otvor $\varnothing 10$ celou součástí. Vrtat otvor $\varnothing 10$ na $\varnothing 18,5$ celou součástí. Soustružit vnitřní válec $\varnothing 23$ včetně R1,5.	T2 T6 T8 T9
6/6	S4		Začistit. Srazit ostré hrany.	T11 T11
7/7		Kontrolní pracoviště	Kontrola namátkově všech rozměrů četnost 20%. Kontrolovat otvor $\varnothing 12,2$ četnost 50%. Kotu 16 četnost 50%. Kótu 17 včetně rovnoběžnosti četnost 100%.	M1, M2 M1 M1 M1

3.2 *Technologický postup pro CNC soustružnické centrum*

Za účelem snížení vedlejších časů při výrobě je v druhé variantě výroby použito CNC soustružnické centrum, které tyto časy snižuje. Dále je tento postup nazýván **varianta 2**. Dalším důvodem byla tvarová náročnost součástí a tím i nutnost použití speciálních nástrojů. Výhodnost použití CNC strojů je zejména u větších sérií. Pořizovací cena je většinou vyšší, než u konvenčních strojů, provoz je nákladnější. Přípravné časy bývají delší (vytvoření programu, upnutí a seřízení nástrojů atd.) [2, 4, 5]. Tyto všechny aspekty jsou porovnány a zhodnoceny v následujících kapitolách.

3.2.1 Volba strojů

Jak u postupu pro konvenční stroje, tak u postupu pro CNC soustružnické centrum je první operace dělení tyčového materiálu na požadovanou délku. Použitým strojem pro tuto operaci je gravitační pásová pila Pegas 230 x 280 GH-LR, jejíž parametry jsou uvedeny v kapitole (3.1.1). Dále je použita i kotoučová bruska OPTIgrind GU 15, která slouží pro začištění stejně jako v postupu na konvenčních strojích. Parametry brusky jsou taktéž uvedeny v kapitole (3.1.1). Ostatní stroje z postupu na konvenčních strojích jsou nahrazeny CNC soustružnickým centrem.

Kompaktní soustružnické centrum DOOSAN Lynx 220LYC

Pro variantu 2 bylo zvoleno kompaktní soustružnické centrum DOOSAN Lynx 220LYC. Tento stroj se vyznačuje svými malými zástavbovými rozměry a tím i kompaktností. Dále svou rychlostí, přesností a velkým výkonem. Nástrojová hlava BMT45P disponuje 24 místy a tím umožňuje obrábění obrobků, vyžadující mnoho nástrojů [22]. Řídicí systém stroje je FanucOi-TC.

Aby bylo možné vyrobit součást na tomto CNC soustružnickém centru na jedno upnutí, je zapotřebí poháněných nástrojů. Tento počet poháněných nástrojů je omezený (pro případ této firmy tři). Je tedy nutné podřídit výrobní postup těmto požadavkům. Technické parametry stroje jsou podrobně rozepsány v příloze (3).



Obr. 30 DOOSAN Lynx 220 LYC [22].

3.2.2 Volba nástrojů

Jelikož se jedná o stejnou součást a hlavní rozdíl je použitý stroj, na kterém se součást bude vyrábět, zůstane mnoho nástrojů stejných jako v kap. 3.1.2. Z toho vyplývá, že v této kapitole nejsou uvedeny všechny nástroje použité ve variantě 2, viz kapitola (3.3.3). Ale jsou zde pouze nástroje, které se liší od postupu z kapitoly (3.1.3). Celkový přehled použitých nástrojů pro postup na CNC stroji je obsažen v tabulce (21).

Vrtáky

Pro předvrtání otvoru $\varnothing 18,5$ mm byl zvolen šroubovité vrták z katalogu firmy Stimzet, viz obr. (28). Další informace jsou v kapitole (3.1.2) a parametry vrtáku v tabulce (16).

Tab. 16 Šroubovitý vrták s kuželovou stopkou – parametry [13].

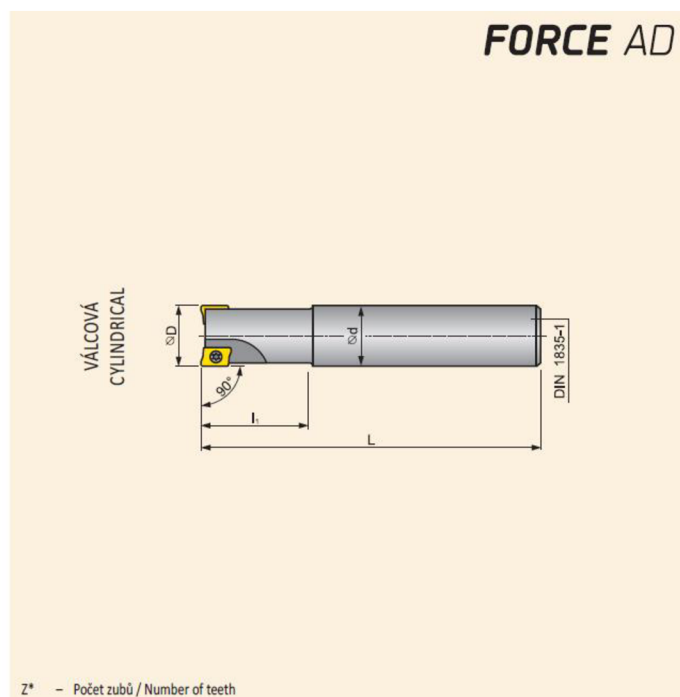
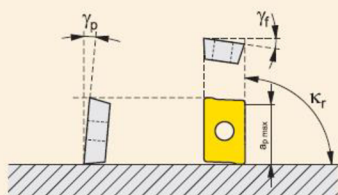
$\varnothing D$ [mm]	L [mm]	l [mm]	hmotnost [kg]	Norma
12	182	101	0,112	ČSN 22 1140 DIN 345 RN

Stopková fréza do rohu

Pro obrobení obou ploch na kouli $\varnothing 30$ mm na kótu $17^{0,3}$ mm je zvolena stopková fréza do rohu 12A3E018A12-SAD07D-C, viz obr. (31). Dále tato fréza obrobí otvor $\varnothing 18,5$ mm pomocí šroubové interpolace. Tento nástroj je na tuto operaci vhodný, ale je zapotřebí zvolit vhodný průměr frézy dle katalogu firmy Pramet. Rozměry frézy jsou uvedeny v tabulce (17) [12].



γ_p	+8°	κ_r	90°
γ_f	-6° - -12°	$a_{p \max}$	6 mm



Z* - Počet zubů / Number of teeth

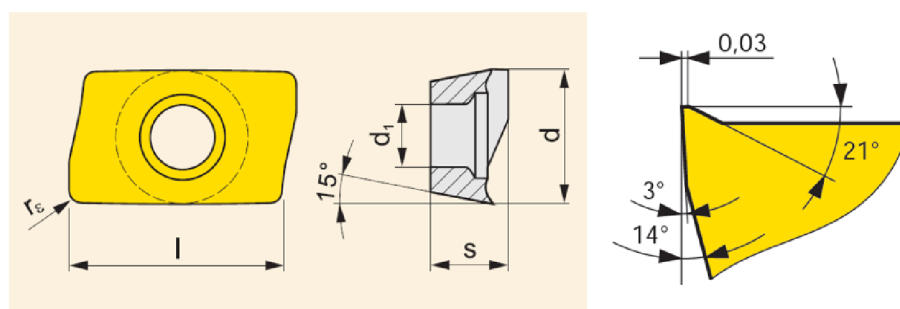
Obr. 31 Stopková fréza do rohu 12A3R018A12-SAD07D-C [12].

Tab. 17 Rozměry čelní frézy 12A3R018A12-SAD07D-C [12].

D	L	l_1	d	Z*	hmotnost
[mm]				[-]	[kg]
12	90	18	12	3	0,15

Vyměnitelná břitová destička pro stopkovou frézu do rohu

Pro obrobení koule $\varnothing 30$ mm na kótu $17^{-0,3}$ mm je zvolena vyměnitelná břitová destička ADMX 070208SR-M, viz obr. (32). Je využitelná pro obrábění materiálu skupiny P. Určená pro lehké až střední obrábění. Povrch destičky je povlakován materiálem s firemním označením M8310 [12]. Informace ohledně povlakování destičky viz příloha (7). V tabulce (18) jsou uvedeny parametry VBD.



Obr. 32 VBD ADMX 070208SR-M [12].

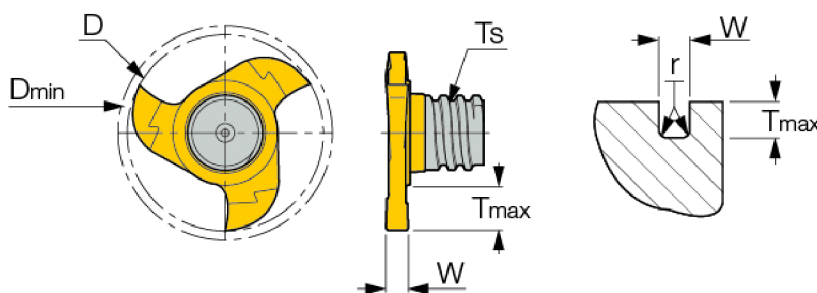
Tab. 18 Parametry VBD ADMX 070208SR-M [12].

l	d	s	d_1	r_e	f_{min}	f_{max}	$a_{p min}$	$a_{p max}$
[mm]								
7,00	4,482	2,48	2,20	0,8	0,03	0,12	0,1	5,0

Kde: r_e -rádius, f -posuv na otáčku, a_p -hloubka řezu

Fréza pro T drážku

K obrobení vnitřního válce $\varnothing 23$ mm je zapotřebí vnitřní frézy, která bude schopna obrábět v otvoru $\varnothing 18,5$ mm a přitom vytvoří předepsaný rádius R1,5 na stranách válce. Pro tyto účely byla zvolena frézová hlava pro tvoření drážek MM GRIT 18P-3.00-1.50, viz obr. (33) vyráběný firmou ISCAR ČR s.r.o. Řežná rychlost (pro daný materiál) a rozměry frézy uvedené v tabulce (19) je dle katalogu Iscar.

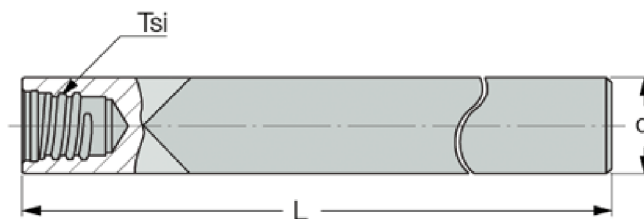


Obr. 33 Fréza MM GRIT 18P-3.00-1.50 [18].

Tab. 19 Rozměry frézy MM GRIT 18P-3.00-1.50[18].

D	W \pm 0,02	T _{max}	D _{min}	r	Z	Ts	v _c
[mm]					[-]		[m/min]
17,70	3,00	3,80	18	1,50	3	T06	140-180

Frézová hlava MM GRIT 18P-3.00-1.50 lze připojit na mnoho druhů stopek. Pro tento postup je zvolena karbidová válcová stopka MM GRT-095-T06, viz obr (34). Rozměry upínací válcové stopky jsou uvedeny v tabulce (20) [18].



Obr. 34 Upínací válcová stopka MM GRT-095-T06 [18].

Tab. 20 Rozměry válcové stopky MM GRT-095-T06 [18].

Tsi	d	L	m
[-]	[mm]		
T06	9,52	80	0,07

3.2.3 Technologický postup

Tabulka (21) obsahuje seznam nástrojů použitých pro výrobu součástí pro variantu 2. Tento postup je zpracován v tabulce (22).

Tab. 21 Nástrojový list pro variantu 2 [11, 12, 18].

FSI VUT v Brně, ÚST		NÁSTROJOVÝ LIST	
Pozice nástroje	Název nástroje	Výrobce	Označení Výrobce
T1	pilový pás	Bomar	2720x27x0,9 M42 6/10z
T2	Nůž pro vnější soustružení VBD dokončovací a polohrubovací	Pramet	PCLNR 2525 M12 CNMG120408E-M
T3	Vrták s kuželovou stopkou ø10	Stimzet	A401000V000S
T4	Vrták s kuželovou stopkou ø12,3	Stimzet	A401220V000S
T5	Stopková fréza do rohu VBD pro stopkovou frézu do rohu	Pramet	20A3R018A12-SAD07- CADMX 070208SR-M
T6	Vrták s kuželovou stopkou ø12	Stimzet	A401200V000S
T7	Upichovací a	Pramet	XLCFR 2520 K 03

	zapichovací nůž VBD upichovací a zapichovací		LFUX 030802TN
T8	Frézová hlava pro tvoření drážek Karbidovalcová stopka		MM GRIT 18P-3.00-1.50. MM GRT-095-T06
T9	Ruční nástroj: škrabák	NOGA	NOGA SG-1000

Tab. 22 Technologický postup varianta 2 [6, 9, 11, 12, 13, 18, 19]

FSI VUT v Brně, ÚST			TECHNOLOGICKÝ POSTUP		
Materiál: 12 020		Polotovary: $\varnothing 30-46,3$ ČSN 42 6510		Hrubá hmotnost: 0,257 kg	Čistá hmotnost: 0,045 kg
Číslo operace:	Název, označení stroje:	Dílna:	Popis práce v operaci:	Nástroje měřidla:	
1/1	S1	Dělna	Řezat materiál $\varnothing 30$ na délku 1200 ± 2 Kontrolovat délku	T1 M3	
2/2	S2	Obrobná	Vysunout na délku 80, upnout do sklíčidla. Zarovnat čelo. Soustružit z $\varnothing 30$ na $\varnothing 16-13^{+0,5}$ včetně R2. Soustružit polovinu koule $\varnothing 30$. Vrtat $\varnothing 10/19^{+0,5}$. Vrtat $\varnothing 12,3/13 \pm 0,2$. Frézovat plochu (pro zajištění vrtáku) v ose koule $\varnothing 30$ kolmé na osu Z. Vrtat otvor $\varnothing 12$ celou součástí v ose koule $\varnothing 30$ kolmé na osu Z. Frézovat kouli $\varnothing 30/6,5$ (kóta $17^{-0,3}$). Otvor $\varnothing 12$ rozšířit na $\varnothing 18,5$. Polohovat osu C o 180° . Frézovat druhou stranu koule $\varnothing 30/6,5$ (kóta $17^{-0,3}$). Frézovat vnitřní válec $\varnothing 23$. Dokončit kouli $\varnothing 30$. Upíchnout v délce 43 ± 1 .	T2 T2 T2 T3 T4 T5 T6 T5 T5 T5 T8 T7 T7	
3/3	S4		Začistit. Srazit ostré hrany.	T9 T9	
4/4		Kontrolní pracoviště	Kontrola namátkově všech rozměrů četnost 20%. Kontrolovat otvor $\varnothing 12,2$ četnost 50%. Kotu 16 četnost 50%. Kótu 17 včetně rovnoběžnosti četnost 100%.	M1, M2 M1 M1 M1	

4 VYPRACOVÁNÍ TPV

V této kapitole je zpracovaný ukázkový výpočet strojních časů pro zvolené operace. Dále časové zhodnocení obou variant postupů. Řezné podmínky jsou podrobně rozepsány pro jednotlivé úkony v návodkách, viz příloha (10). Tyto řezné podmínky byly určovány pomocí firemních katalogů, jako výchozí. Samozřejmě by bylo možné volit i vyšší řezné rychlosti případně posuvy, nebo odebírat větší třísku. Ale zvolené řezné podmínky by dle katalogů měly zachovat předepsanou trvanlivost nástrojů. Výrobní návodky dále obsahují dráhy strojních posuvů pro jednotlivé úkony a strojní časy získané pomocí rovnic (13, 14, 15, 16, 17). Dále výrobní návodky obsahují grafické znázornění jednotlivých úkonů pro lepší představu technologického postupu. Výrobní návodky jsou rozděleny pro postup na konvenčních strojích a pro postup na CNC soustružnickém centru.

4.1 Výpočet strojních časů

Jednotkové strojní časy pro jednotlivé úkony výrobních postupů jsou uvedeny v návodkách, viz příloha (10). K výpočtu strojního času je potřebná řezná rychlost. Tu získáme z rovnice (13) dle literatury [4, 5].

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (13)$$

Otáčky obrobku dostaneme matematickým vyjádřením z rovnice (13) [4, 5].

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \quad (14)$$

Pro podélné soustružení válcové plochy a pro vrtání se strojní čas spočítá z rovnice (15) dle literatury [4, 5].

$$t_{AS} = \frac{L_n \cdot i}{n \cdot f} = \frac{l_n + l_i + l_p}{n \cdot f} \quad (15)$$

Pro čelní soustružení při konstantních otáčkách se strojní čas spočítá z rovnice (16) dle literatury [4, 5].

$$t_{AS} = \frac{(D_{max} + 2 \cdot l_n) - (D_{min} - 2 \cdot l_p)}{2 \cdot n \cdot f} \quad (16)$$

Pro čelní frézování se jednotkový strojní čas spočítá z rovnice (17) dle literatury [4, 5].

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} = \frac{(l_n + l + l_p + D)}{n_f \cdot f} \quad (17)$$

Vzorový výpočet

Vzorový výpočet strojního času pro úkon z operace 2/2 pro konvenční stroje (polohrubování z $\varnothing 30$ mm na $\varnothing 16$ mm).

$$v_c = 207,3 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}, D = 30 \text{ mm}, l = 15 \text{ mm}, f = 0,3$$

Nejprve se určí otáčky obrobku z řezné rychlosti. Tyto otáčky se určí z řezné rychlosti pomocí rovnice (14). Otáčky se během jednotlivých třísek nemění, tím se samozřejmě mění řezná rychlost, ale měnit otáčky v tomto případě po každé třísce na univerzálním hrotovém soustruhu by nebylo výhodné z časových důvodů.

$$n = \frac{1000 \cdot 207,3}{\pi \cdot 30} = 2200 \text{ min}^{-1}$$

Jednotkový výrobní čas pro podélné soustružení válcové plochy se získá pomocí rovnice (15).

$$t_{AS} = \frac{15 \cdot 3}{2200 \cdot 0,3} = 0,068 \text{ min}$$

4.2 Vedlejší časy

Časové normativy většinou obsahují přímou spotřebu času důsledně a přesně přidělenou k daným částem operací v závislosti na mnoha činitelích. Normativy se dělí dle vzniku a to na základní (prvotní) a odvozené (sdružené). Základní normativy byly vytvořeny spoustou měření a normativy odvozené, jak už z názvu vyplývá, vznikly odvozením ze základních. Jednotlivé normativy jsou stanoveny pro určitou pracovní náplň. Ta je dána technickými, technologickými a organizačními podmínkami vykonané práce. Konkrétní časová norma je přidělena ke konkrétním podmínkám výrobního procesu. Časová norma je závislá na druhu výroby (kusová, sériová, hromadná) [5].

Pro řešené postupy výroby dané součásti byly vedlejší časy určeny dle jednotného normativu vrtačky [20], v kterém je uvedeno mnoho časů pro úkony, které jdou použít i pro jiné stroje (například upínání součásti, upínání nástrojů, nastavení posuvu a podobně). Dále byl použit jednotný normativ pro soustruhy s oběžným průměrem do 500 mm a 800 mm [21]. Z těchto normativů byla vyčtena většina vedlejších časů. Byly zahrnuty veškeré časy úkonů, jako jsou například časy na zapnutí a vypnutí stroje, zapnutí chlazení, nastavení otáček atd. Všechny časy byly následně zkontrolovány s obsluhou strojů a některé časy upraveny, dle možností reálného stavu výroby.

Vedlejší časy pro variantu 1 jsou větší než pro variantu 2. To je dáno tím, že při výrobě součásti se provádí mnoho úkonů. U každého z nich je potřeba například přijetí k součásti, nastavení posuvu, nastavení otáček, odjetí od součásti, výměna nástroje, manipulace s chladicí kapalinou apod. U CNC soustružnického centra je chod plně automatizovaný a vedlejší časy vznikají při chodu rychloposuvu, upínání polotovaru, dělením materiálu apod. Před samotným započítáním výroby součástí na CNC soustružnickém centru je zapotřebí stroj připravit. Zejména vytvořit program, upnout nástroje a seřadit stroj. Tento přípravný čas je závislý na mnoha faktorech, jako jsou zkušenosti obsluhy stroje, složitost vyráběné součásti, dostupnost nástrojů apod. Pro tento postup byl přípravný čas odhadnut na 120 min.

4.3 Celkový čas potřebný pro výrobu součástí

Tabulka (23) obsahuje jednotkové strojní časy pro jednotlivé operace a celkové vedlejší časy na kus. Celkový čas na výrobu součástí je získán sečtením těchto časů.

Tab. 23 Celkové časy potřebné na výroby součástí.

Operace	Časy pro postup na konvenčních strojích	Časy pro postup na CNC soustružnickém centru
[-]	[min]	[min]
1/1	0,018	0,020
2/2	0,496	4,039
3/3	0,044	0,000
4/4	0,523	0,000
5/5	0,927	-
6/6	0,420	-
7/7	0,814	-
Vedlejší časy	10,694	1,160
Celkový čas	13,936	5,219

4.4 Koeficient přírážky směnového času

Náklady na mzdu dělníků se liší, dle potřebné kvalifikace, druhu vykonávané práce atd. Tato mzda za provedení práce se sestaví z normovaného času. Tento čas se skládá ze tří složek a to času jednotkového, dávkového a směnového času. Tyto časy se označují jako nutné časy. Spotřeba těchto časů je úměrná počtu jednotek zpracovaného množství (kg, ks, atd.), dávek (počet kusů v sérii), nebo počtu směn, kdy nezáleží na počtu vyrobených kusů [5].

Ve výrobní dokumentaci se ve většině případů značí norma času za jednotku produkce. Proto je zapotřebí k času jednotkovému připočítat i čas směnový. Tento čas se připočítá pomocí koeficientu přírážky směnového času. Ten se vypočítá ze složek času směny, viz rovnice (18) dle literatury [20].

$$k_c = \frac{T}{T-t_c} \quad (18)$$

Dle literatury [20] je čas směnové práce, který zahrnuje například čas na převzetí směny na počátku směny, úklid pracoviště, služební rozhovory atd. Dále zahrnuje takzvaný čas směnových obecně nutných přestávek, ve kterém je obsažen čas přirozené potřeby, čas na svačinu, atd. Velikost všech těchto časů je 45 min. Čas směny je 8 hodin (480 min).

Výpočet koeficientu přírážky jednotkového času.

$$k_c = \frac{480}{480-45} = 1,10345$$

Norma jednotkového času s přírůžkou směnového času se vypočítá pomocí rovnice (19) dle literatury [5, 20].

$$t_{AC} = t_A \cdot k_C \quad (19)$$

Norma času dávkového s podílem času směnového se spočítá dle rovnice (21) a velikost dávkového času se spočítá z rovnice (20) dle literatury [5, 20].

$$t_B = d_d \cdot t_A \quad (20)$$

$$t_{BC} = t_B \cdot k_C \quad (21)$$

Výpočet normy dávkového času s přírůžkou směnového času pro celou dávku 200 ks pro variantu 1.

$$t_{A1} = 13,936 \text{ min}, d_d = 200 \text{ ks}, k_c = 1,10345$$

$$t_{B1} = 200 \cdot 13,936 = 2787,200 \text{ min}$$

$$t_{BC1} = 2787,200 \cdot 1,10345 = 3075,536 \text{ min}$$

Výpočet normy dávkového času s přírůžkou směnového času pro celou dávku 200 ks pro variantu 2.

$$t_{A2} = 5,219 \text{ min}, d_d = 200 \text{ ks}, k_c = 1,10345$$

$$t_{B2} = 200 \cdot 5,219 = 1043,800 \text{ min}$$

$$t_{BC2} = 1043,800 \cdot 1,10345 = 1151,781 \text{ min}$$

5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Tak jako u předchozích kapitol byly zpracovány dva technologické postupy, stejně i kapitola ekonomické zhodnocení je členěna do dvou částí. Hlediska, která jsou v této kapitole popsána a následně porovnána jsou zejména náklady na nástroje potřebné k výrobě součástí, dále náklady na materiál.

Tyto náklady ale nejsou úplné. Proto je zavedena tzv. hodinová sazba stroje. Sazba obsahuje veškeré náklady na chod stroje, mzdu dělníka, provoz dílny, údržbové práce, atd. Pro jednotlivé stroje je v této firmě rozdílná sazba, závisí zde na pořizovacích nákladech, velikosti odběru energie, kvalifikaci obsluhy atd. Pro zjednodušení bude počítáno se sazbou pro veškeré konvenční stroje 400 Kč a pro CNC soustružnické centrum 800 Kč za 1 hodinu práce. Stejná sazba 400 Kč bude za 1 hodinu i pro ruční operace, jako je kontrola, či začištění součástí.

To jsou velmi důležitá hlediska, která slouží pro porovnání výhodnosti jednotlivých postupů a finančních nákladů na jejich uskutečnění.

5.1 *Náklady na použité nástroje a měřidla*

V tabulkách (24, 25) jsou zpracovány náklady na nástroje. Každá z variant postupů se liší a to je jeden z hlavních ukazatelů pro celkové porovnání výhodnosti jednotlivých postupů. Ceny nástrojů jsou zjištěny z běžně dostupných internetových obchodů. Cena nástrojů od dodavatele pro firmu se může lišit. Z toho vyplývá, že jsou spíše orientační, ale pro výsledné srovnání plně dostačující. Strojní čas v tabulkách (24, 25) je pro celou sérii 200 kusů.

Pořizovací cena držáku VBD je poměrně vysoká, ale využití nekončí touto sérií. Z toho plyne, že není nutné započítat celou cenu těchto držáků do celkových nákladů na výrobu součástí. Tyto náklady by velmi výrazně zkreslily cenu hotové součásti. Dále je uvažováno, že životnost držáku VBD je 500 krát opotřebení řezné hrany upnuté VBD. Není to přesná hodnota, ale pro orientační kalkulaci je dostačující. Cena za nástroj je kalkulována pomocí poměru počtu upnutých VBD při výrobě celé série a celkové životnosti držáku VBD [26].

Počet potřebných VBD byl stanoven z rovnice (22). Trvanlivosti VBD byly stanoveny dle katalogu firmy Pramet. Ceny jsou kalkulovány pouze za část ze životnosti VBD, která je plně využita, nikoliv za celou VBD například při využití jen poloviny celkové životnosti. Pro VBD pro soustružení je stanovena trvanlivost bříty VBD 15 min. Při volbě řezných podmínek je uvažováno i s vyšší trvanlivostí, ale kvůli rezervě je brána tato hodnota.

U VBD pro frézování je potřeba počítat s větším počtem upnutých VBD a tím i s jejich větší spotřebou. Trvanlivost těchto VBD byla počítána dle katalogu na 45 min. Čas uvedený v tabulkách (24, 25) je strojní čas. To ale neznamená, že je břit nástroje po celou dobu v záběru. V příloze (11) jsou uvedeny zjednodušené náčrty jednotlivých frézovacích procesů pro obě varianty postupů. Podle těchto náčrtů je přibližně vypočítáno, že doba bříty v záběru pro variantu 1 je 20% strojního času a pro variantu 2 je 35% strojního času. Podle těchto hodnot je dále vypočtena potřeba VBD pro frézování.

U vrtáků je trvanlivost uvažována jako otupení, ale je možné vrták znovu nabrousit. Aby nevznikaly ztrátové časy (broušení vrtáku) jsou zakoupeny od každého průměru vrtáku 2 kusy. Trvanlivost vrtáku je stanovena na 15 min a maximální možný počet nabroušení je určen na 15 nabroušení (při broušení se uvažovalo s přebroušením celé

špičky vrtáku a potřebou zachování funkční délky vrtáku pro úkony obsažené v těchto technologických postupech). Tyto hodnoty byly konzultovány ve firmě. Náklady spojené s broušením vrtáku jsou započítány do celkových nákladů za nástroje, nikoliv do nákladů za práci. Čas na nabroušení jednoho vrtáku se získal měřením a činí 1,5 min. Hodinová sazba za tuto činnost je uvažována 400 Kč. Vynásobením času na nabroušení vrtáku minutovou sazbou stroje se získá cena za jedno nabroušení a ta je 10 Kč. Cena za vrtáky je kalkulována pomocí poměru počtu broušení při výrobě celé série a celkové životnosti vrtáku.

Cena za speciální nástroje byla stanovena po konzultaci s nástrojovým specialistou.

Použitá měřidla pro oba výrobní postupy jsou stejná. Předpokládá se určitá dílenská vybavenost. Není nutné započítávat náklady na měřidla do celkových nákladů na výrobu série dílů. Náklady na pořízení pilového pásu a ručního nástroje škrabáku nejsou započítány do nákladů za nástroje, ale do sazby za stroj, viz kapitola (5).

Tab. 24 Parametry nástrojů použitých pro variantu 1.

Druh nástroje	Označení nástroje	Počet břitů	Trvanlivost [min]	Strojní čas [min]	Cena [Kč]	Potřeba [Ks]
držák VBD soustružení	PCLNR 2525 M12	-	-	105,8	2287	1
	XLCFR 2520 K 03	-	-	23,2	1966	1
	A16Q-GGER 0313-04	-	-	28,2	4398	1
VBD soustružení	CNMG120408E-M	4	15	105,8	145	2
	LFUX 030802TN	1	15	23,2	290	2
	LCMF 013MO-MP-04	2	15	28,2	649	1
držák VBD frézování	32A5R034A32-SAD011E-C	-	-	104,6	6425	1
VBD frézování	ADMX 11T304SR-F	2	45	104,6	367	5
Vrtáky	A401000T000S	-	15	51,6	169	2
	A401230T000S	-	15	19,8	205	2
	A401850T000S	-	15	47,2	404	2
Nůž speciální	-	-	15	8,8	550	1
Nůž speciální	-	-	15	8,8	550	1

Tab. 25 Parametry nástrojů použitých pro variantu 2.

Druh nástroje	Označení nástroje	Počet břitů	Trvanlivost [min]	Strojní čas [min]	Cena [Kč]	Potřeba
držák VBD soustružení	PCLNR 2525 M12	-	-	22,4	2287	1
	XLCFR 2520 K 03	-	-	101,4	1966	1
VBD soustružení	CNMG120408E-M	4	15	22,4	145	1
	LFUX 030802TN	1	15	101,4	290	7
držák VBD frézování	12A3E018A12-SAD07D-C	-	-	466,4	4230	1
VBD frézování	ADMX 070208SR-M	2	45	466,4	258	6
Frézovací hlava	MM GRIT 18P-3.00-1.50.	-	-	122,4	1418	1

Válcová stopka	MM GRT-095-T06	-	-	122,4	2834	1
Vrtáky	A401000T000S	-	15	22,6	169	2
	A401230T000S	-	15	19,8	205	2
	A401200T000S	-	15	50,8	193	2

Rovnice (22) slouží pro výpočet počtu potřebných VBD pro výrobu série o počtu kusů h_s v závislosti na čase destičky v záběru a životnosti destičky.

$$P_{VBD} = \frac{t_z \cdot h_s}{T_b \cdot n_b} \quad (22)$$

Ukázkový výpočet počtu potřebných VBD pro operaci 2/2 úkon polohrubování z $\varnothing 30$ mm na průměr $\varnothing 16$ mm pro postup na konvenčních strojích.

$$P_{VBD} = \frac{0,069 \cdot 200}{15 \cdot 4} = 0,23 \quad \Rightarrow \quad 1 \text{ VBD}$$

5.2 Náklady na materiál

Při výběru polotovaru byl použit katalog firmy CZ FERRO - STEEL, spol. s r.o. Jako výchozí materiál byla zvolena tyč kruhová tažená za studena z oceli 12 020 dle ČSN 42 0002 o $\varnothing 30$ mm. Tyče jsou dodávány v délce 6 m [16]. Hmotnost 1 metru této tyče je 5,54 kg [16]. Dle kapitoly 2.3.1 pro variantu 1 je pro splnění celé série potřeba 8 přířezů po 1200 mm. Pro variantu 2 je potřeba 8 přířezů po 1200 mm a 1 přířez dlouhý 450 mm. Potřebná délka tyčového materiálu pro splnění celé série se získá sečtením všech potřebných přířezů pro daný postup. Hmotnost tyčového materiálu pro splnění celé série se získá z rovnice (23).

$$l_{ts1}=9,60 \text{ m}, l_{ts2}=10,05 \text{ m}, m_m=5,54 \text{ kg}$$

$$m_{ts} = l_{ts} \cdot m_m \quad (23)$$

$$m_{ts1} = 9,60 \cdot 5,54 = 53,18 \text{ kg}$$

$$m_{ts2} = 10,05 \cdot 5,54 = 55,68 \text{ kg}$$

Cena použitého materiálu byla stanovena dle obchodního referenta firmy CZ FERRO - STEEL, spol. s r.o. Ta je 23,48 Kč/kg. Z rovnice (24) je vypočítána cena materiálu potřebného pro zhotovení celé série [16].

$$m_{ts1}=53,18 \text{ kg}, m_{ts2}=55,68 \text{ kg}, C_{m/kg}=23,48 \text{ Kč}$$

$$C_m = m_{ts} \cdot C_{m/kg} \quad (24)$$

$$C_{m1} = 53,18 \cdot 23,48 = 1249 \text{ Kč}$$

$$C_{m2} = 55,68 \cdot 23,48 = 1307 \text{ Kč}$$

5.3 Celkové náklady na výrobu celé série 200 ks

V tabulce (29) jsou uvedeny celkové náklady na výrobu 200 ks součástí. Ceny za nástroje jsou uvedeny v kapitole (5.1) Náklady na materiál jsou vypočítány v kapitole (5.2) a náklady na strojní práci se spočítají vynásobením celkového výrobního času na 200 kusů minutovou sazbou stroje.

Tab. 26 Celkové náklady na výrobu celé série 200 ks.

Postup	Nástroje [Kč]	Materiál [Kč]	Sazba [Kč]	Celkové nákl. [Kč]
varianta 1	3120	1249	20502	24871
varianta 2	5080	1307	15298	21685

CNC soustružnické centrum většinou vyžaduje před samotným obráběním delší čas na přípravy a tím i spojené náklady na tyto přípravné úkony než na konvenčních strojích (tvorba programu, seřízení stroje apod.). Zjištění tzv. kritické dávky, od které se vyplatí použít varianta 2 je možné pomocí optimalizace výrobních nákladů a času. Optimalizace se z užšího pohledu provádí s ohledem na optimální řeznou rychlost nebo optimální trvanlivost nástroje. Celkové výrobní náklady na 1 kus se spočítá součtem jednotlivých dílčích položek. To jsou náklady na práci, náklady na nástroj a jeho výměnu vztažené na jeden kus a náklady na vedlejší práci. Tento výpočet je v rovnici (25) dle literatury [2, 24].

$$N_C = N_S + N_N + N_{VP} \quad (25)$$

Náklady na nástroje a jejich výměnu vztažené na jeden kus byly spočteny v kapitole (5.1) dle rovnic (26, 27, 28) dle literatury [2, 24].

$$N_N = \frac{N_T}{Q_T} \quad (26)$$

$$N_T = \frac{N_1}{n_B} + \frac{N_2}{z} + N_3 \quad (27)$$

$$Q_T = \frac{T_b}{\lambda \cdot t_{as}} \quad (28)$$

Rovnice (25) po dosazení jednotlivých dílčích položek lze dále rozepsat dle literatury [2, 24].

$$N_C = \frac{L_n}{n \cdot f} \cdot N_{sm} + \frac{L_n}{T_b \cdot n \cdot f} \cdot N_T \cdot \lambda + t_{AV} \cdot N_{Vm} \quad (29)$$

Po dosazení veličin pro jednotlivé postupy do rovnice (30), která je odvozena a upravena pro danou sérii z rovnice (29) a položením rovnic do rovnosti se získá tzv. kritická dávka (počet vyráběných kusů, při kterém se už vyplatí použít variantu 2). Tento počet kusů je charakterizován průnikem křivek na obr. (35), kde jsou jednotlivé rovnice zobrazeny graficky. Ve variantě 1 jsou vedlejší časy společně se strojními násobeny stejnou sazbou, tudíž není potřeba rozdělovat na více částí. Ve variantě 2

vedlejší časy představují dělení materiálu, které má odlišnou sazbu než CNC soustružnické centrum, tudíž nelze násobit sazbou stejnou. Časy jsou brány včetně přírážky směnového času. Neznámá x je hledaný počet kusů, od kterého se vyplatí použít variantu 2. U varianty 2 je přihlédnuto na vstupní náklady N_v , které reprezentují přípravné práce, jako je například tvorba programu, upnutí nástrojů atd. Vypočítaná hodnota je pouze přibližná a teoretická.

$t_{AC1}=15,378$ min, $t_{AC2}=5,053$ min, $N_{sm1}=6,666$ Kč, $N_{sm2}=13,333$ Kč, $N_{N1}=15,600$ Kč, $N_{N2}=25,400$ Kč, $N_{M1}=6,245$ Kč, $N_{M2}=6,353$ Kč, $N_{V1}=0$ Kč, $N_{V2}=1765$ Kč, $N_{VP1}=0$ Kč, $N_{VP2}=0,294$ Kč

$$N_{CS} = t_{AC} \cdot N_{sm} \cdot x + N_N \cdot x + N_M \cdot x + N_{VP} \cdot x + N_V \quad (30)$$

$$N_{CS1} = 15,378 \cdot 6,666 \cdot x + 15,600 \cdot x + 6,245 \cdot x + 0 + 0$$

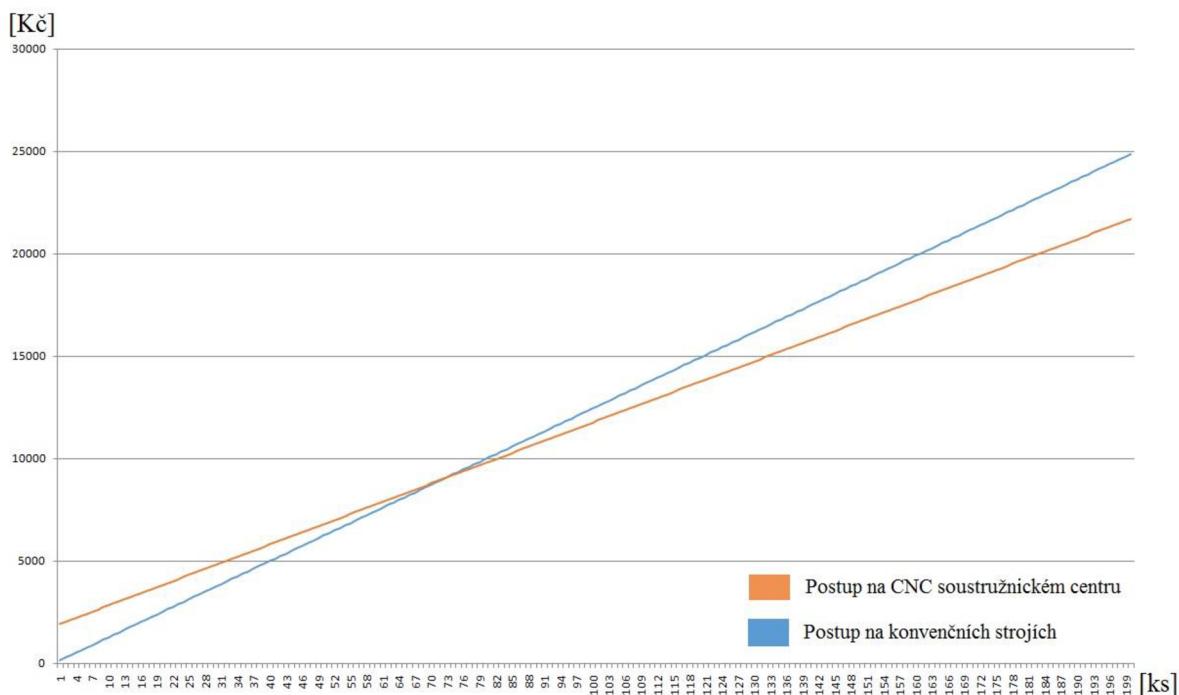
$$N_{CS2} = 5,053 \cdot 13,333 \cdot x + 25,400 \cdot x + 6,535 \cdot x + 0,294 \cdot x + 1765$$

Nyní se položí rovnice do rovnosti a vyjádří se neznámá x (počet kusů, od kterého se vyplatí použít variantu 2).

$$N_{C1} = N_{C2}$$

$$124,355x = 99,601x + 1765$$

$$x = 71 \text{ ks}$$



Obr. 35 Počet kusů, při kterém se vyplatí použít variantu 2 - graficky.

6 DISKUZE

První kapitola se zabývala rozbořem součásti z hlediska konstrukčního i technologického. Byl zhodnocen výchozí materiál pro výrobu součásti a následně navrhnutá alternativa, která byla ale firmou zamítnuta. Tudíž výchozí materiál zůstal stejný, jako na výkrese a to ocel 12 020 dle ČSN 42 002. Dále byla určena hmotnost součásti třemi způsoby. Velmi důležitou částí byl detailní rozbor konstrukce celé součásti. Toto posouzení funkčních částí dále sloužilo pro technologický rozbor, ve kterém byly zhodnoceny možnosti výroby a dále teoreticky popsány jednotlivé technologické procesy použité na výrobu součásti.

V druhé kapitole, jak už z názvu vyplývá, byl určen polotovar součásti a následně spočítána norma spotřeby materiálu. Při výpočtu přídávku na průměr polotovaru byla použita empiricky stanovená rovnice, která není příliš přesná. Proto byl přírůstek na průměr volen minimální, ale pro zachování předepsaných rozměrů součásti plně dostačující. Pro oba technologické postupy je výchozí polotovar stejný a to tyč kruhová tažená za studena dle rozměrové normy ČSN 42 6510 o $\varnothing 30$ mm. Materiál byl dodáván firmou CZ FERRO - STEEL, spol. s r.o. Při výpočtu stupně využití materiálu bylo nutné rozdělit výpočet do dvou částí. Důvodem bylo, že pro variantu 2 je potřeba přířez vysunout ze sklíčidla na větší délku, aby nedošlo ke kolizi poháněného nástroje se sklíčidlem. Z toho vyplývá, že je nutná větší potřebná délka na upnutí posledního kusu z přířezu a tím i větší spotřeba materiálu.

Celá kapitola sestavení technologických postupů je rozdělena na výrobu součásti na konvenčních strojích a na výrobu součásti na CNC soustružnickém centru. Nejprve byly navoleny stroje pro jednotlivé postupy s nutností přihlídnutí na strojní vybavenost firmy. Dále byly zvoleny potřebné nástroje. Soustružnické a frézovací nástroje byly většinou voleny, dle katalogu firmy Pramet a vrtáky dle katalogu firmy Stimzet. Ve variantě 1 bylo zapotřebí použít dvou speciálních nástrojů, které byly navrhnuty, viz přílohy (8, 9). Na konci kapitoly byly sestaveny technologické postupy pro jednotlivé varianty.

V návodkách, viz příloha (10), jsou strojní časy pro jednotlivé úkony. Jelikož nebyly k dispozici časové normativy pro jednotlivé úkony v dané firmě, byly použity dva normativy (jednotný normativ vrtačky, jednotný normativ pro soustruhy s oběžným průměrem do 500 mm a 800mm). Z těchto normativů byly stanoveny vedlejší časy pro úkony, jako je upínání obrobku, nastavení otáček apod. Všechny stanovené časy byly zkontrolovány a některé upraveny. Potom byly výsledné časy (vedlejší a strojní) vynásobeny koeficientem přírůžky směnového času.

V kapitole technicko-ekonomické zhodnocení byly porovnány náklady na nástroje, výrobní náklady a náklady na materiál. Pomocí rovnic pro optimalizaci výrobních nákladů a časů byla zjištěna tzv. kritická dávka (počet kusů, při kterém se vyplatí použít variantu 2).

ZÁVĚR

V této bakalářské práci byl řešen technologický postup výroby průtokové koncovky pro relativně malosériovou výrobu (200 kusů). Byly navrženy dva technologické postupy. První postup byl určen pro výrobu na konvenčních strojích a druhý na CNC soustružnickém centru.

Polotovar zvolený pro výrobu součásti je pro oba postupy stejný (průměr 30 mm a délka 46,3 mm). Normalizované tyče o délce 6 m se dělí v obou postupech na délku 1200 mm pomocí gravitační pásové pily. Výpočtem stupně využití materiálu bylo zjištěno 0,169 pro variantu 1 a 0,161 pro variantu 2. To jsou hodnoty velmi nízké, obvykle by se měly pohybovat mezi 0,4 a 0,8 [5]. Takto nízký stupeň využití materiálu je dán zejména tím, že je součást uzpůsobena pro průtok kapaliny a obsahuje mnoho dutin. Dalším důvodem jsou různé vnější tvary. Zvýšení by bylo možné volbou jiného polotovaru, například výkovku, ale to by bylo pro daný případ (200 kusů) nevýhodné z ekonomického hlediska.

Dále byly zvoleny stroje a nástroje a následně sestaveny výrobní postupy pro obě varianty. Celkový čas před zahrnutím času směnového pro variantu 1 je 13,936 min. Pro variantu 2 je tento čas více než o polovinu menší 5,219 min.

Celkové náklady na výrobu součásti se skládají z nákladů na nástroje, materiál a výrobní náklady dané sazbou stroje a výrobním časem. Pro variantu 1 jsou tyto náklady 24871 Kč a pro variantu 2 jsou 21685 Kč. V kapitole (5.3) je uveden přibližný výpočet počtu kusů, od kterého se vyplatí použít variantu 2. Tento počet vyšel 71 kusů, tudíž pro sérii 200 kusů je výhodnější použít postup na CNC soustružnickém centru.

Tato práce potvrdila fakt, že klasické konvenční stroje jsou výhodné použít spíše pro malosériovou, či kusovou výrobu a tvarově jednodušší součásti. V opačném případě jsou dnešní moderní CNC obráběcí centra schopny dosahovat mnohokrát lepších pracovních výkonů.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *EXCALIBUR ARMY* [online]. 2017 [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://www.excaliburarmy.com/kariera>
- [2] HUMÁR, A. *Technologie I – Technologie obrábění – 1. část*. Studijní opory. VUT-FSI v Brně, ÚST, Odbor technologie obrábění. 2003 [online]. [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/oporysave/TI_TO-1cast.pdf.
- [3] HUMÁR, A. *Technologie I – Technologie obrábění – 2. část*. Studijní opory. VUT-FSI v Brně, ÚST, Odbor technologie obrábění. 2003. [online]. [cit. 2017-01-24]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/oporysave/TI_TO-2cast.pdf.
- [4] KOČMAN, Karel. *Technologie obrábění*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-3068-0.
- [5] ZEMČÍK, Oskar. *TECHNOLOGICKÉ PROCESY: část obrábění. Vysoké učení technické v Brně* [online]. Brno, 2007 [vid. 2017-01-24]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TechnProcesy.pdf>
- [6] KOČMAN, Karel a Jiří PERNIKÁŘ. *Ročníkový projekt II – obrábění*. [online]. [vid. 2017-01-24]. Zpracováno v rámci projektu studijních opor v kombinované formě bakalářského studia "Strojírenská technologie". VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2002, 26 s. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/RocnikovyProjekt_IIObrabeni.pdf
- [7] *TRENS SK, a. s.: Univerzální hrotový soustruh SN 32* [online]. [cit. 2017-01-27]. Dostupné z: <http://www.trens.sk/sk/produkty/univerzalne-hrotove-sustruhy/sn-32>
- [8] *PEGAS GONDA s.r.o.: Gravitační pásová pila 230 x 280 GH-LR* [online]. 2017 [cit. 2017-01-27]. Dostupné z: http://www.pegas-gonda.cz/cz/pily/pasova-pila-na-kov-pegas_212.htm
- [9] PÍŠKA, M. a kolektiv. *Speciální technologie obrábění*. 1. Vydání. Brno : CERM, 2009. 246 s. ISBN 978-80-214-4025-8.
- [10] *Heavytech s.r.o.: Dvoukotoučová bruska OPTIgrind GU 15* [online]. [cit. 2017-01-28]. Dostupné z: <http://www.naradi-pro.cz/dvoukotoucova-bruska-optigrind-gu-15>
- [11] *FIPAS - pily na kov s.r.o.: Pilový pás 2720x27x0,9 M42 6/10z - BOMAR Ergonomic 275.230 DG* [online]. [cit. 2017-01-28]. Dostupné z: <http://www.pasove-pily.cz/eshop/bomar-ergonomic-275230-dg-pilovy-pas-2720x27x09-m42-610z>

- [12] *Pramet Tools, s.r.o.: Katalog Pramet 2017* [online]. 2017 [cit. 2017-01-28]. Dostupné z: http://www.dormerpramet.com/downloads/pramet%20catalogue%202017_cz,ru,pl,sk.pdf
- [13] *M&V, spol. s r.o. Divize STIMZET: Katalog STIMZET* [online]. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: http://stimzet.cz/down/Katalog_STIMZET_v3.pdf
- [14] *Mahr, spol. s r. o: Měřicí technika* [online]. [cit. 2017-01-29]. Dostupné z: <https://www.mahr.com/cs/Produkty-a-sluzby/Vyrobnimericitechnika/Produkty/Rucni-mericitechnika>
- [15] *SOMET CZ s.r.o.: Dutinoměr SUBITO 18-35mm* [online]. [cit. 2017-01-28]. Dostupné z: <http://www.sometcz.com/obchod/meridla-na-dutiny-a-otvory/dutinomery-subita/dutinomer-18-35-mm>
- [16] *CZ FERRO - STEEL, spol. s r.o.: Tyče kruhové tažené za studena Ocel 12 020* [online]. [cit. 2017-02-5]. Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/cz/nasortiment/tycova-ocel-tazena-za-studena---kruhova/>
- [17] *TOS Olomouc, s.r.o.: Konzolová frézka F2V-R* [online]. [cit. 2017-02-9]. Dostupné z: <http://www.tos-olomouc.cz/cz/vyrobniprogram/univerzalniprodukcni-frezky/konzolova-frezka-f2v-r/>
- [18] *ISCAR Metalworking: Fréza MM GRIT 18P-3.00-1.50* [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <https://www.iscar.com/eCatalog/item.aspx?cat=6402865&fnm=1079&mapp=ML&app=0&GFSTYP=M>
- [19] *NOGA ENGINEERING LTD: Soft grip - SG1000* [online]. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <http://www.noga.com/nogaProducts.php?prdID=SG1000>
- [20] ZEMČÍK, Oskar. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. *Jednotné normativy: Vrtačky*. 2006. vyd. Brno, 2006, 91 s. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/technologicke_procesy_etr/ETR_cviceni_03/normativ_vrtacky.pdf
- [21] *Technická univerzita v Liberci Fakulta strojní: Soustruhy s oběžným průměrem do 500 a 800 mm I.* [online]. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <http://www.kom.tul.cz/download.php>
- [22] *Doosan Machine Tools: DOOSAN Lynx 220 LYC* [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: http://www.doosanmachinetools.com/en/product/list.do?CATEGORY_ID=mten010100
- [23] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření*. Šesté vydání. Úvaly: Albra, 2017. ISBN 978-80-7361-111-8.

- [24] FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
- [25] *STANLEY: Powerlockclassic svinovací metr* [online]. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <http://www.stanleyworks.cz/products/detail/Měření+a+značení/Svinovací>
- [26] ULBRICH, Roman. *Životnost držáků VBD pro soustružení, frézování* [e-mail]. 11. 5. 2017 12:44 [cit. 2017-05-11].

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Jednotka	Popis
a	[-]	počet řezů při dělení materiálu
a ₁	[-]	počet řezů při dělení materiálu pro variantu 1
a ₂	[-]	počet řezů při dělení materiálu pro variantu 2
C _m	[Kč]	cena tyčového materiálu pro splnění celé série
C _{m/kg}	[Kč]	cena jednoho kilogramu použitého materiálu
C _{m1}	[Kč]	cena tyčového materiálu pro splnění celé série pro variantu 1
C _{m2}	[Kč]	cena tyčového materiálu pro splnění celé série pro variantu 2
D	[mm]	obráběný průměr
d _d	[-]	velikost dávky
d _{max}	[mm]	maximální průměr obrobku
D _{max}	[mm]	maximální průměr obecného obrobku
D _{min}	[mm]	minimální průměr obecného obrobku
d _{pol}	[mm]	průměr polotovaru.
f	[mm]	posuv nástroje na otáčku
h _s	[-]	počet kusů v celé sérii.
i	[-]	počet záběrů
k _c	[-]	koeficient přírážky směnového času
k _m	[-]	stupeň využití materiálu
k _{m1}	[-]	stupeň využití materiálu pro variantu 1
k _{m2}	[-]	stupeň využití materiálu pro variantu 2
l	[mm]	délka frézování
L	[mm]	délka strojního posuvu nástroje
L _n	[mm]	dráha nástroje ve směru posuvu
l _i	[mm]	délka soustružené plochy
l _k	[mm]	délka nevyužitého konce tyče
l _{k1}	[mm]	délka nevyužitého konce tyče pro variantu 1
l _{k2}	[mm]	délka nevyužitého konce tyče pro variantu 2
l _{m1}	[mm]	délka všech přířezů pro variantu 1
l _{m2}	[mm]	délka všech přířezů pro variantu 1
l _{max}	[mm]	maximální délka obrobku
l _n	[mm]	délka náběhu
L _p	[mm]	délka jednoho přířezu
l _p	[mm]	délka přeběhu

l_{pol}	[mm]	délka polotovaru
l_{ts}	[mm]	délka tyčového materiálu pro splnění celé série
l_{ts1}	[mm]	délka tyčového materiálu pro splnění celé série pro variantu 1
l_{ts2}	[mm]	délka tyčového materiálu pro splnění celé série pro variantu 2
m	[kg]	hmotnost hotové součásti
m_m	[kg]	hmotnost 1 m použitého materiálu
m_{pol}	[kg]	hmotnost polotovaru,
m_{ts}	[kg]	hmotnost tyčového materiálu pro splnění celé série
m_{ts1}	[kg]	hmotnost tyčového mat. pro splnění celé série pro variantu 1
m_{ts2}	[kg]	hmotnost tyčového mat. pro splnění celé série pro variantu 2
n	[min^{-1}]	otáčky obrobku
n_B	[-]	počet břitů VBD
n_f	[min^{-1}]	otáčky frézy
N_C	[min^{-1}]	výrobní náklady na jeden kus
N_{CS}	[min^{-1}]	výrobní náklady na celou sérii
N_{CS1}	[min^{-1}]	výrobní náklady na celou sérii pro variantu 1
N_{CS2}	[min^{-1}]	výrobní náklady na celou sérii pro variantu 2
N_m	[kg]	norma spotřeby materiálu,
N_{m1}	[kg]	norma spotřeby materiálu pro variantu 1
N_{m2}	[kg]	norma spotřeby materiálu pro variantu 2
N_M	[Kč]	náklady na materiál vztažené na jeden kus
N_{M1}	[Kč]	náklady na materiál vztažené na jeden kus pro variantu 1
N_{M2}	[Kč]	náklady na materiál vztažené na jeden kus pro variantu 2
N_N	[Kč]	náklady na nástroj a jeho výměnu vztažené na 1 obráběný kus
N_{N1}	[Kč]	náklady na nástroj a jeho vým. na 1 obráběný kus pro var. 1
N_{N2}	[Kč]	náklady na nástroj a jeho vým. na 1 obráběný kus pro var. 2
N_S	[Kč]	náklady na strojní práci
N_{sm}	[Kč]	minutová sazba stroje
N_{sm1}	[Kč]	minutová sazba konvenčních strojů
N_{sm2}	[Kč]	minutová sazba CNC soustružnického centra
N_T	[Kč]	náklady na nástroj a jeho výměnu
N_{VP}	[Kč]	výrobní náklady na vedlejší práci
N_{VP1}	[Kč]	výrobní náklady na vedlejší práci pro variantu 1
N_{VP2}	[Kč]	výrobní náklady na vedlejší práci pro variantu 2

N_V	[Kč]	vstupní náklady
N_{V1}	[Kč]	vstupní náklady pro variantu 1
N_{V2}	[Kč]	vstupní náklady pro variantu 2
N_{Vm}	[Kč]	minutová sazba za vedlejší práci
N_1	[Kč]	cena VBD
N_2	[Kč]	cena držáku VBD
N_3	[Kč]	náklady na upnutí případně seřízení VBD
p_d	[mm]	přídavek na délku polotovaru
p_p	[mm]	přídavek na průměr polotovaru
p_{pp}	[-]	počet polotovarů z jednoho přířezu
p_{pp1}	[-]	počet polotovarů z jednoho přířezu pro variantu 1
p_{pp2}	[-]	počet polotovarů z jednoho přířezu pro variantu 2
P_{VBD}	[-]	potřebný počet VBD na sérii h_s
Q_T	[-]	počet obrobených kusů 1 břitem
q_0	[kg]	ztráty materiálu vzniklé obráběním přídavku na jednici
q_k	[kg]	ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na jednici
q_{k1}	[kg]	ztráty materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na jednici pro variantu 1
q_{k2}	[kg]	ztráty materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na jednici pro variantu 2
q_u	[kg]	ztráta materiálu vzniklá dělením připadající na jednici
q_{u1}	[kg]	ztráty materiálu vzniklé dělením na jednici pro variantu 1
q_{u2}	[kg]	ztráty materiálu vzniklé dělením na jednici pro variantu 2
s	[mm]	šířka prořezu
T	[min]	čas směny
T_b	[min]	trvanlivost bříty
t_A	[min]	jednotkový čas
t_{A1}	[min]	jednotkový čas pro variantu 1
t_{A2}	[min]	jednotkový čas pro variantu 2
t_{AC}	[min]	norma času jednotkového s podílem času směnového
t_{AC1}	[min]	norma času jedn. s podílem času směnového pro variantu 1
t_{AC2}	[min]	norma času jedn. s podílem času směnového pro variantu 2
t_{as}	[min]	jednotkový strojní čas
t_{AV}	[min]	čas vedlejší práce
t_B	[min]	dávkový čas

t_{B1}	[min]	dávkový čas pro variantu 1
t_{B2}	[min]	dávkový čas pro variantu 2
t_{BC}	[min]	norma času dávkového s podílem času směnového
t_{BC1}	[min]	norma času dávkového s podílem času směnového pro variantu 1
t_{BC2}	[min]	norma času dávkového s podílem času směnového pro variantu 2
t_C	[min]	norma směnového času
t_Z	[min]	čas destičky v záběru
x	[ks]	hledaný počet kusů-výhodnost
v_c	$[m \cdot \text{min}^{-1}]$	řezná rychlost
v_f	$[\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}]$	posuvová rychlost
z	[min]	životnost držáku VBD
Z_m	[kg]	celkové ztráty materiálu na jednici
Z_{m1}	[kg]	celkové ztráty materiálu na jednici pro variantu 1
Z_{m2}	[kg]	celkové ztráty materiálu na jednici pro variantu 2
λ	[-]	vyjadřuje čistý čas bříty v záběru v součinu se strojním časem
ρ_{ocel}	$[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$	hustota oceli

Zkratka	Jednotka	Popis
CNC	[-]	Computer numeric control
ČSN	[-]	Česká státní norma
DIN	[-]	Deutsche Industrie-Norm
EN	[-]	Evropská norma
HSS	[-]	High speed steel
VBD	[-]	Vyměnitelná břitová destička
TPV	[-]	technologická příprava výroby
SK	[-]	slinutý karbid

SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Přehled chemického složení	11
Tab. 2	Mechanické vlastnosti	11
Tab. 3	Rozměry nože PCLNR 2525 M12	29
Tab. 4	Parametry VBD CNMG120408E-M	30
Tab. 5	Rozměry nože XLCFR 2520 K 03	31
Tab. 6	Parametry VBD LFUX 030802TN	31
Tab. 7	Rozměry nože A16Q-GGER 0313-04	32
Tab. 8	Parametry LCMF 013MO-MP-04	32
Tab. 9	Rozměry čelní frézy 32A5R034A32-SAD011E-C	32
Tab. 10	Parametry VBD ADMX 11T304SR-F	33
Tab. 11	Šroubovité vrtáky s kuželovou stopkou – parametry	34
Tab. 12	Souhrn použitých strojů pro postup v kapitole 3.1	35
Tab. 13	Seznam použitých měřidel	35
Tab. 14	Nástrojový list pro variantu 1	35
Tab. 15	Technologický postup varianta 1	36
Tab. 16	Šroubovitý vrták s kuželovou stopkou – parametry	38
Tab. 17	Rozměry čelní frézy 12A3R018A12-SAD07D-C	39
Tab. 18	Parametry VBD ADMX 070208SR-M	39
Tab. 19	Rozměry frézy MM GRIT 18P-3.00-1.50	40
Tab. 20	Rozměry válcové stopky MM GRT-095-T06	40
Tab. 21	Nástrojový list pro variantu 2	40
Tab. 22	Technologický postup pro variantu 2	41
Tab. 23	Celkové časy potřebné na výroby součástí	44
Tab. 24	Parametry nástrojů použitých pro variantu 1	47
Tab. 25	Parametry nástrojů použitých pro variantu 2	47
Tab. 26	Celkové náklady na výrobu celé série 200 ks	49

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Logo EXCALIBUR ARMY spol. s r.o.	9
Obr. 2	Pohled na součást	10
Obr. 3	Hmotnost součásti získaná výpočtovým softwarem	12
Obr. 4	Rovina "A" (obě strany totožné- roviny označeny "A")	13
Obr. 5	Vnější koule	13
Obr. 6	Válcovitá část vnitřní	14
Obr. 7	Válcovitá část vnější (plocha "S")	14
Obr. 8	Otvor pro průtokový šroub	15
Obr. 9	Vnitřní válcovitá díra	15
Obr. 10	Základní práce na soustruhu	17
Obr. 11	Znázornění počtu řezů při dělení mat. pro obě varianty výr. postupů	21
Obr. 12.	Gravitační pásová pila Pegas 230 x 280 GH-LR	25
Obr. 13	Univerzální hrotový soustruh SN 32	26
Obr. 14	Konzolová frézka F2V-R	26
Obr. 15	Dělicí přístroj DJ250A včetně koníku	27
Obr. 16	Dvoukotoučová bruska OPTIgrind GU 15	27
Obr. 17	Pilový pás	28
Obr. 18	Nůž speciální číslo T3	28
Obr. 19	Nůž speciální číslo T4	29
Obr. 20	Soustružnický nůž PCLNR 2525 M12	29
Obr. 21	VBD CNMG120408E-M	30
Obr. 22	Nůž XLCFR 2520 K 03	30
Obr. 23	VBD LFUX 030802TN	31
Obr. 24	Nůž A16Q-GGER 0313-04	31
Obr. 25	VBD LCMF 013MO-MP-04	32
Obr. 26	Stopková fréza do rohu 25A5R024A25-SAD07D-C	33
Obr. 27	VBD ADMX 11T304SR-F	33
Obr. 28	Šroubovitý vrták s kuželovou stopkou	34
Obr. 29	Škrabák SG1000 od firmy NOGA	34
Obr. 30	DOOSAN Lynx 220LYC	37
Obr. 31	Stopková fréza do rohu 12A3R018A12-SAD07D-C	38
Obr. 32	VBD ADMX 070208SR-M	39
Obr. 33	Frézy MM GRIT 18P-3.00-1.50	39
Obr. 34	Upínací válcová stopka MM GRT-095-T06	40
Obr. 35	Počet kusů, při kterém se vyplatí použít variantu 2 - graficky	50

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výkres součásti
Příloha 2	Analytický výpočet součásti
Příloha 3	CNC soustružnické centrum DOOSAN Lynx 220LYC
Příloha 4	Gravitační pásová pila 230x280 GH-LR
Příloha 5	Univerzální hrotový soustruh SN 32
Příloha 6	Konzolová frézka F2V-R
Příloha 7	Povlakované materiály pro soustružení a frézování
Příloha 8	Výkres speciálního nože číslo T3
Příloha 9	Výkres speciálního nože číslo T4
Příloha 10	Výrobní návodka
Příloha 11	Náčrt frézovacího procesu pro jednotlivé operace