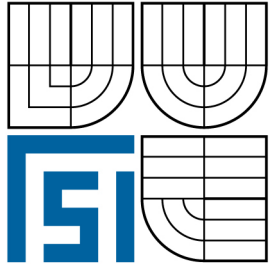




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY VÍCEDRÁŽKOVÉ ŘEMENICE

SOLUTION TECHNOLOGY OF PRODUCTION MULTIPLE GROOVE GUIDE PULLEY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

KAREL ŘETICKÝ

VEDOUČÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN KALIVODA

BRNO 2008

Zadání

Licenční smlouva

ABSTRAKT

Řešení technologie výroby vícedrážkové řemenice v možných výrobních variantách, které přichází v úvahu z důvodu závislosti výroby na tvaru polotovaru, konstrukčních požadavcích, technologičnosti součásti a vlivu upínání/přepínání obrobku na funkčnost součásti. Výběr vhodných nástrojů a obráběcích strojů pro jednotlivé výrobní operace tak, aby byla uvažovaná výroba řemenice pro firmu s malosériovou výrobou co nejefektivnější.

Klíčová slova

Polotovar, konstrukčně-technologická vazba, technologičnost součásti, optimální výrobní proces.

ABSTRACT

Solution of manufacturing technology of a multi-groove pulley in production procedures coming into consideration regarding the shape of the semi-product, design requirements, technological principles of design, and the impact of work holding on functionality of the machine part. Selection of suitable tools and machine-tools for individual manufacturing operations to reach maximum efficiency of manufacture of the pulley in a small-lot production company.

Key words

semi-product, design-technology bond, technological principles of design, optimum manufacturing process

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŘETICKÝ, Karel. *Návrh technologie výroby vícedrážkové řemenice: Bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. s. 34., příloh 2. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Návrh technologie výroby vícedrážkové řemenice** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

13.5.2008

.....
Karel Řetický

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Kalivodovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Abstrakt	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah.....	7
Úvod	8
1 Vyráběná součást.....	9
1.1 Popis vyráběné součásti.....	9
1.2 Konstrukční požadavky z hlediska funkčnosti součásti	9
2 Technologičnost součásti	10
2.1 Posouzení a úprava tvaru součásti z pohledu její technologičnosti	11
3 Polotovary a materiál součásti	12
3.1 Materiál polotovaru	12
3.2 Druh polotovaru dle způsobu jeho výroby.....	12
3.3 Uvažované tvary polotovaru.....	13
4 Výběr optimálního tvaru polotovaru	14
4.1 Výběr optimálního tvaru polotovaru dle funkčnosti součásti.....	14
4.2 Výběr optimálního tvaru polotovaru dle způsobu upnutí polotovaru.....	14
4.2.1 Rozbor polotovaru s dělicí rovinou na straně řemenice bez vystouplého náboje	17
4.2.2 Rozbor polotovaru s dělicí rovinou v ose profilu řemenice.....	18
4.2.3 Rozbor polotovaru s dělicí rovinou na straně řemenice s vystouplým nábojem.....	19
4.3 Vyhodnocení výběru polotovaru	19
5 Popis principu upnutí pomocí zušlechtěných a nezušlechtěných čelistí	21
6 Výběr způsobu výroby součásti.....	23
6.1 Stanovení možných způsobů výroby dle daného strojního vybavení výrobního podniku.....	23
6.2 Vypracování výrobních postupů dle možných variant.....	25
6.2.1 Výrobní postup s využitím hrotového soustruhu SU 50/2000.....	25
6.2.2 Výrobní postup s využitím poloautomatického soustruhu SPT 32 NC	26
6.3 Výběr vhodných nástrojů pro operace soustružení	27
6.3.1 Identifikace obráběného materiálu	27
6.3.2 Výběr průřezu nožového držáku.....	28
6.3.3 Volba typu nožového držáku břitových destiček	28
6.3.4 Stanovení rezných podmínek použitých nástrojů	28
6.4 Výpočet výrobních nákladů výroby řemenice.....	29
7 Vyhodnocení porovnávaných variant výroby	30
Závěr	31
Seznam použitých zdrojů	32
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	33
Seznam příloh	34

ÚVOD

Strojírenská výroba je jednou z významných částí světové ekonomiky. Díky rostoucí konkurenci je na výrobce vyvíjen tlak, aby jejich výrobek byl vyroben s co nejmenšími výrobními náklady při dosažení požadované kvality. Pouze s takto vyrobeným výrobkem je výrobce schopen obstát v konkurenčním boji strojírenských podniků. Aby se výrobci podařilo s výrobkem uspět, tak je z pohledu samotné výroby nutné využití optimálních pracovních podmínek u výrobních prostředků použitých výrobcem při výrobě dané součásti.

Pokud je výrobní proces navržen tak, že nejsou využívány optimální pracovní podmínky, tak dochází postupně k technickým problémům, které vedou postupem času k existenčním potížím výrobního podniku.

V dnešní době využívají týmy lidí zajišťující technickou přípravu výroby různé způsoby k zajištění co nejefektivnější výroby. Výrobní proces mohou ovlivnit vhodnou investiční politikou jako je nákup nových technologií, zařízení a strojů. Tento způsob je ale ve většině případech finančně nákladný a nejen v případě malosériových výrob může dojít k neefektivnímu využití vynaložených prostředků. Dalším ze způsobů, kterým lze snížit výrobní náklady bez dalších finančních investic, je optimalizace výrobního procesu.

Náklady vynaložené na obrábění součásti tvoří asi třetinu všech vynaložených výrobních nákladů. Protože nám technologie obrábění poskytuje možnosti v oblasti optimalizace řezných a pracovních podmínek, tak je na místě pokusit se najít v této etapě výroby způsoby, kterými se dá proces obrábění zefektivnit.

Základním principem při optimalizaci řezných podmínek je stanovit takové řezné podmínky, aby byly náklady na obráběný operační úsek minimální. Mezi řezné podmínky které umožňují proces optimalizace zařazujeme hloubku řezu, posuv a řeznou rychlost. Jako výchozí podklad pro optimalizaci řezných podmínek slouží nástroj. V praxi většinou bývá výběr nástrojů ovlivněn aktuálním stavem trhu s nástroji, případně nástrojovou základnou výrobního podniku. Přitom výběr vhodného nástroje pro danou operaci představuje první optimalizační krok. Mezi základní parametry tohoto kroku patří vhodně zvolený řezný materiál, geometrie břitu, kvalita břitu. Mezi další ukazatele ovlivňující výběr vhodného nástroje zařazujeme vlastnosti obráběného materiálu, charakteristiku obrobku jako je tvar, rozměry, přesnost a kvalita. Dalším parametrem z kterého je nutné vycházet jsou parametry obráběcího stroje a způsob upnutí nástroje a obrobku.

Při návrhu výroby součásti přichází vždy v úvahu více výrobních variant. Všechny uvažované varianty umožňují získání výrobku s požadovanými parametry. Je jen na týmu pracovníků zajišťujících technickou přípravu výroby, aby postupnými kroky z uvažovaných výrobních variant určili variantu nejvýhodnější. Proto je nezbytná spolupráce konstruktérů, technologů, pracovníků řízení jakosti a ekonomiky aby byla získána co nejoptimálnější varianta výrobního procesu zajišťující výrobu dané součásti.(10,11)

1 VYRÁBĚNÁ SOUČÁST

1.1 Popis vyráběné součásti

Jedná se o tří drážkovou řemenici s geometrickými rozměry danými výkresem 3-K-0100. Drážky jsou navrženy pro průřez řemene 17 dle DIN 2211-1. Vnitřní díru náboje řemenice doplňuje drážka pro pero 8e7x7x80. Náboj řemenice je vůči profilu řemenice vystouplý. Odlehčení hmoty řemenice zajišťují drážky v bočních stěnách.

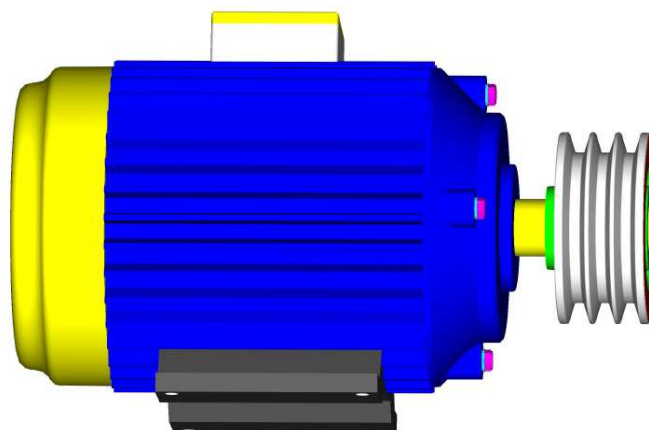
Předpokládané výrobní množství řemenice – 1000 kusů/rok.

1.2 Konstrukční požadavky z hlediska funkčnosti součásti

Vyrobená řemenice tvoří součást univerzálního pohonu **Obr. 1.1** pro strojní zařízení a je nainstalována přímo na výstupní hřídel elektromotoru 1LA7 130 – 4AA10. Otáčky motoru a samotné řemenice se pohybují díky plynulé regulaci v rozsahu (200 – 1200) ot.min⁻¹.

Z důvodu vysokých otáček a požadavku co nejklidnějšího chodu pohonu v celém jeho rozsahu otáček je nutné dynamické vyvážení dle údajů uvedených na výkresu součásti.

Pro zajištění co nejefektivnějšího přenosu kroutícího momentu použitými normalizovanými řemeny dle DIN 2215, je důležité dokonalé provedení tvaru drážek a drsnosti povrchu drážek daných normou DIN 2211.



Obr. 1.1 Nákres pohonu

2 TECHNOLOGIČNOST SOUČÁSTI

Obecně je technologičnost součásti pojem zahrnující požadavky, které má konstrukce dané součásti plnit pro zajištění , požadované životnosti, spolehlivosti a funkčnosti při minimálních výrobních nákladech vyráběné součásti.

Zásady technologičnosti konstrukce se vztahují jak na obrábění součástí za pomoci ručně řízených strojů, tak na obrábění na strojích číslicově řízených.

Mezi hlavní požadavky na konstrukci z pohledu technologičnosti patří (11):

- maximální využití materiálu a cena materiálu
- vhodné technologické vlastnosti materiálu
- vliv technologie na vlastnosti materiálu
- volba tvaru a rozměrů s ohledem na technologii výroby součásti
- rozumné požadavky ohledně R_a , přesnosti
- co možná největší jednoduchost výroby

Při konstruování součásti je důležitá odbornost a zkušenost konstruktéra. Konstruktér se dá označit za hlavního technologa, protože jeho návrh vlastně určuje sled budoucích technologických operací. Proto by měla být samozřejmá vzájemná spolupráce konstruktéra a technologa jak v samotné přípravě dokumentace k výrobku, tak i v průběhu výroby. Neštěstím pro podnik a samotný výrobek je snaha konstruktéra dokazovat sobě a svému okolí svoji dokonalost a neomylnost .

Potřebné schopnosti kvalitního konstruktéra velice přesně a reálně vystihuje citace (11) :

„Schopnost navrhovat jednoduché konstrukce stroje nebo zařízení až po jednoduchost konstrukce součástí, je do jisté míry dána osobností a povahou každého konstruktéra , jeho uměním realizovat své představy a nápady technicky co nejjednodušeji. Z části je to dáno talentem konstruktéra , z části to závisí na jeho praktických zkušenostech a stálém růstu kvalifikace , kam patří rovněž sledování dobrých konstrukčních řešení, snaha na ně navazovat a nebýt za každou cenu původní.“

2.1 Posouzení a úprava tvaru součásti z pohledu její technologičnosti

Z důvodu vylepšení technologičnosti konstrukce součásti jsou na výkrese 3-K-0100 ve spolupráci konstrukce a technologie provedeny úpravy tvaru součásti a hodnoty R_a povrchu.

Změny jsou popsány v **Tab.2.1**. Změny jsou zaznamenány na výkrese 3 -K-0100/B, který je platný pro další výrobu řemenice.

Tab.2.1 Úpravy výkresu 3-K-0100 z pohledu technologičnosti součásti

Číslo změny	Popis změny	Důvod změny
1	Zvětšení sražení hran na vnitřním $\varnothing 38H7$ z $1 \times 45^\circ$ na $2 \times 45^\circ$.	Sražení bude provedeno na díře s přídavkem pro dokončovací operaci, Při sražení $1 \times 45^\circ$ by po dokončení díry na $\varnothing 38H7$ zůstalo sražení malé.
2	Zrušení opracování odlehčovacích drážek v bočních stěnách řemenice a zrušení sražení hran $3 \times 45^\circ$.	Drážky nejsou funkční a zbytečně by se prodlužoval čas na výrobu součásti.
3	Změna hodnoty drsnosti vnitřního $\varnothing 38H7$.	Odstraněna operace broušení. Pro funkčnost součásti postačuje $R_a 1,6$, kterou lze obráběním na soustruhu dosáhnout.
4	Změna vzdálenosti os drážek z 15mm na 18mm ze strany řemenice s vystouplým nábojem	Z důvodu získání větší upínací plochy pro upnutí do nezušlechtěných čelistí.

3 POLOTOVAR A MATERIÁL SOUČÁSTI

Při volbě druhu materiálu vychází konstruktér z několika faktorů, které ovlivňují jeho rozhodnutí. Těmito faktory jsou (11):

- cena materiálu
- technická vhodnost použitého materiálu pro danou součást
- technická vhodnost pro předpokládané technologické operace
- výrobní náklady
- pracnost
- ekologické aspekty, aj

Vybraný materiál je výsledkem kompromisu mezi výše uvedenými faktory.

Konečná volba druhu polotovaru a jeho tvaru má významný vliv na výrobní proces dané součásti. Všeobecně platí zásada, že použití optimálního polotovaru vede k minimálním nákladům na výrobu součásti. Konstruktér by měl navrhnout více variant a společně s technologem vybrané varianty zhodnotit a následně vybrat tu nejvýhodnější.

Jako výchozí polotovar může být použit odlitek, výkovek, svařenec, výlisek, nebo polotovar válcovaný, případně tažený.

3.1 Materiál polotovaru

Polotovarem řemenice je dle požadavku konstrukce uvedeném na výkrese výkovek z materiálu 11 600.

3.2 Druh polotovaru dle způsobu jeho výroby

Výkovek je vykován metodou záпустkového kování s přesností provedení výkovku dle ČSN 42 9030.2. Přejímka výkovku je provedena dle ČSN 42 0271.00.

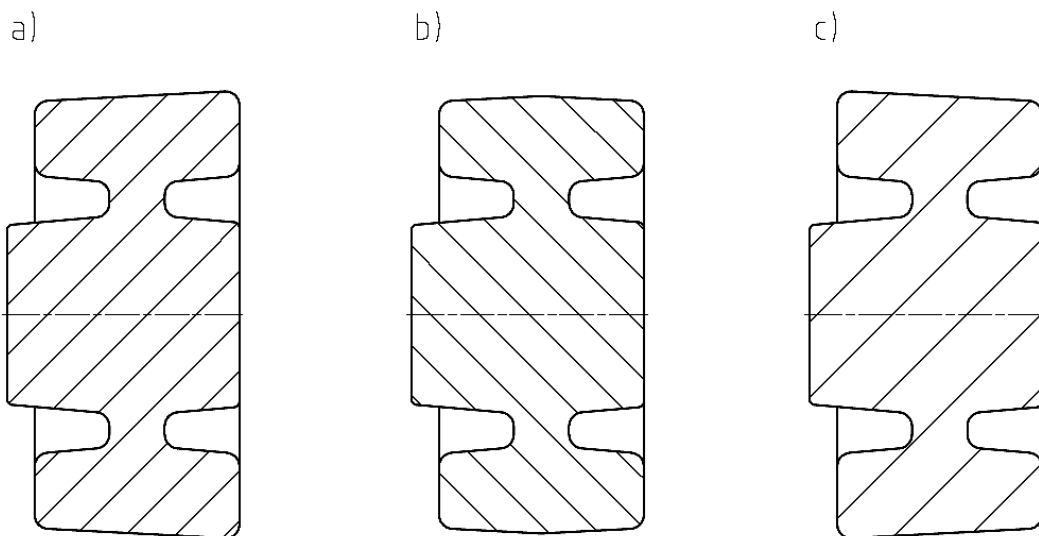
Polotovar jako výkovek je navržen oproti odlitku z důvodu lepších mechanických vlastností jako jsou houževnatost, mez únavy a z důvodu méně častého výskytu povrchových a vnitřních vad.

V neprospěch použití válcovaného materiálu hovoří horší využitelnost materiálu z důvodu tvaru řemenice a s tím spojená vyšší spotřeba energie, delší strojní čas a větší opotřebenění nástrojů při obrábění požadovaného tvaru. Díky použití výkovku kovaného v záпустce dochází k přiblížení tvaru polotovaru k tvaru obrobku. Čím podobnější si tvary jsou, tím dochází ke zkrácení strojních časů potřebných k opracování obrobku. Je třeba ale uvažovat se sériovostí výroby dané součásti a s použitým strojním zařízením, na kterém se má obrobek opracovávat. V případě použití CNC strojů při obrábění menších sérií může být výhodnější velký úběr materiálu v porovnání s cenou výroby polotovaru. Pokud je možná změna jiného druhu polotovaru je nutné provést porovnání výrobních nákladů součásti z uvažovaných polotovarů. Pro toto porovnání je třeba velké množství dat, které jsou závislé na výrobních podmínkách podniku. V tomto obchodním případě je uvažováno s dodáním vykováných polotovarů přímo objednatelem řemenic. Z tohoto důvodu tento projekt výhodnost jiného materiálu neřeší.

Objednavatel zaručuje požadovanou kvalitu dodaných výkovků a shodu jakosti materiálu s materiálem uvedeným na výkrese.

3.3 Uvažované tvary polotovaru

Dle možností zápusťkového kování jsou navrženy tvary polotovaru vyobrazené na **Obr. 3.1**.



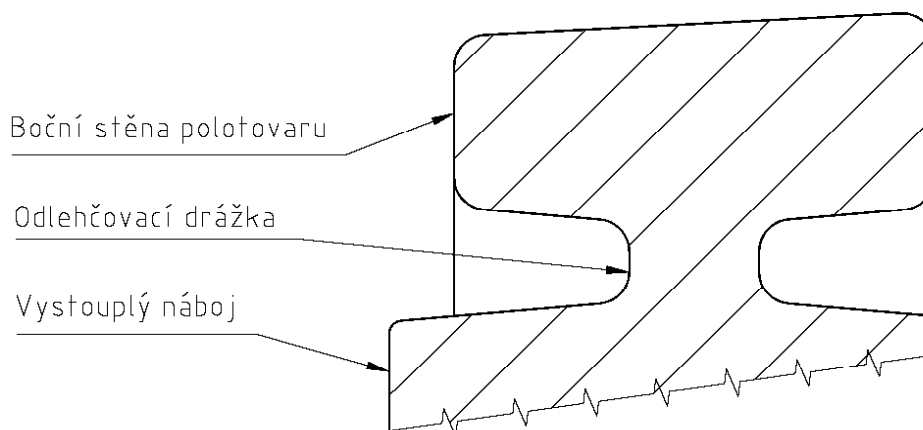
Obr. 3.1 Tvary polotovaru

Všechny uvažované tvary polotovaru mají předkovány odlehčovací drážky. Náboj řemenice je plný, bez předkované díry. Tvary polotovary se liší v umístění dělicí roviny na vnějším průměru vzhledem k vystouplému náboji řemenice.

4 VÝBĚR OPTIMÁLNÍHO TVARU POLOTOVARU

4.1 *Výběr optimálního tvaru polotovaru dle funkčnosti součásti*

Pro funkčnost vyráběné řemenice nemá rozdílnost uvažovaných tvarů polotovaru výrazný vliv. U všech třech variant polotovaru jsou již předkovány odlehčovací drážky v bočních stěnách řemenice **Obr. 4.1**. Tyto drážky nejsou funkční a nebudou se již dále opracovávat. Všechny funkční rozměry řemenice jsou zhotoveny obráběním.



Obr. 4.1 Detail odlehčovacích drážek

Zajištění funkčnosti součásti dle tvaru polotovaru zaručuje použití všech uvažovaných tvarů polotovaru.

4.2 *Výběr optimálního tvaru polotovaru dle způsobu upnutí polotovaru*

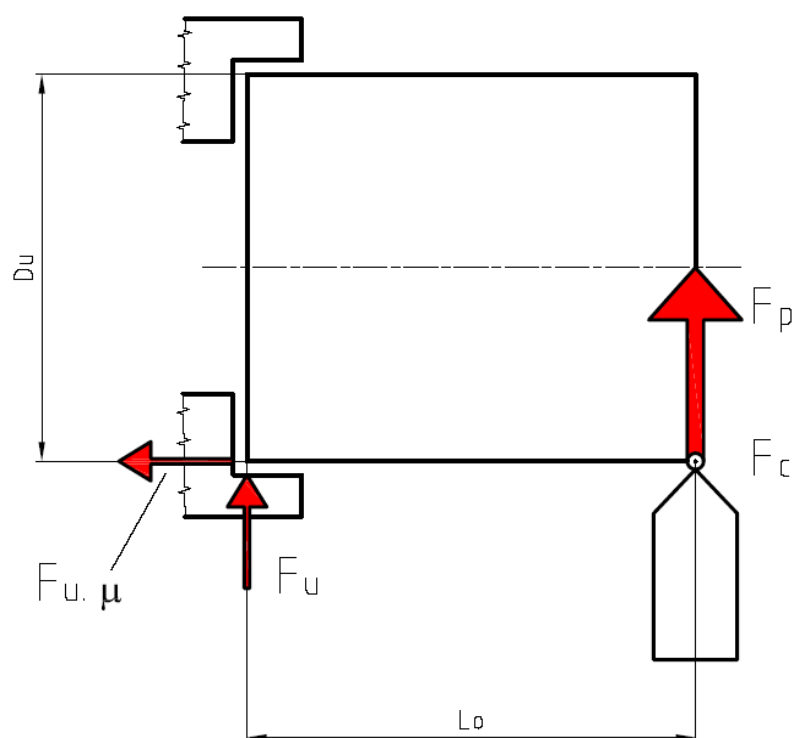
Při změně upnutí v průběhu procesu obrábění dochází u obráběné součásti ke vzniku určité nepřesnosti v upnutí. Následkem této chyby dochází k vzájemné nepřesnosti obráběných ploch. Pro co největší eliminaci vzniku nepřesností vlivem přepínání je snaha obrábět obrobek s co nejmenším počtem upnutí. Způsob upnutí je třeba řešit už při konstrukci součásti a to úvahou o budoucí technologické základně, kterou je nutné pro součást vytvořit.

Pro návrh technologických základen platí následující pravidla (11):

- Za technologické základny je potřebné zvolit takové plochy, které se neobrábí.
- Pokud toto nelze realizovat, za technologickou základnu se volí plocha s pokud možno nejmenším přídavkem na obrábění.
- Opěrnými body nemají být nedostatečně definovaná místa na polotovaru, např. u odlitků místa s výstupky, výronky, nálitky, zapečeným pískem apod.
- Pokud se na konstrukci nevyskytují vhodná opěrná místa, je třeba na polotovaru navrhnout speciální nálitky.

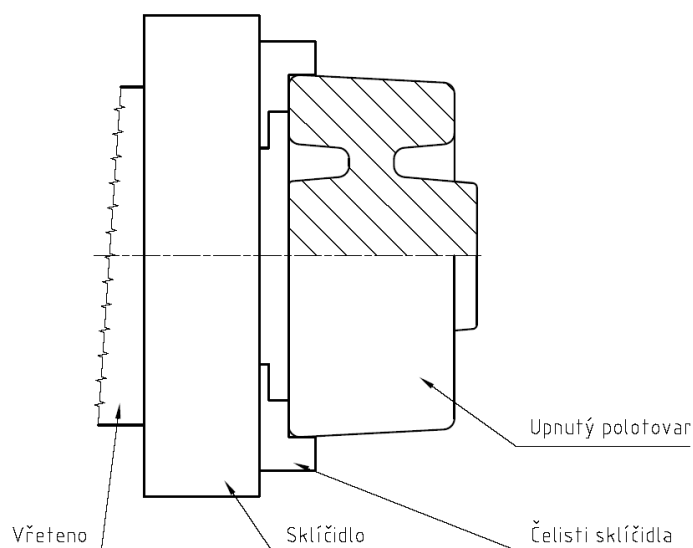
U rotačních součástí je velice výhodné jako technologické základny využít středících důlků.

Upnutí obrobku musí být provedeno tak, aby nedošlo během obráběcího procesu k uvolnění obrobku vlivem sil působících na obrobek. Na **Obr. 4.2** jsou znázorněny silové poměry na tříčelistovém sklíčidle .

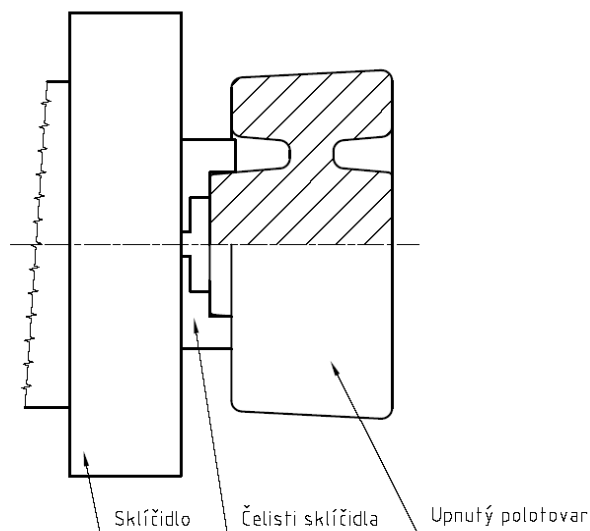


Obr. 4.2 Silové poměry na tříčelistovém sklíčidle (10)

Dle tvaru polotovaru uvedených na **Obr. 3.1** je možné upínat polotovar za největší vnější průměr **Obr. 4.3**, nebo za vnější průměr vystouplého náboje **Obr. 4.4**.



Obr. 4.3 Nákres způsobu upínání za největší vnější průměr

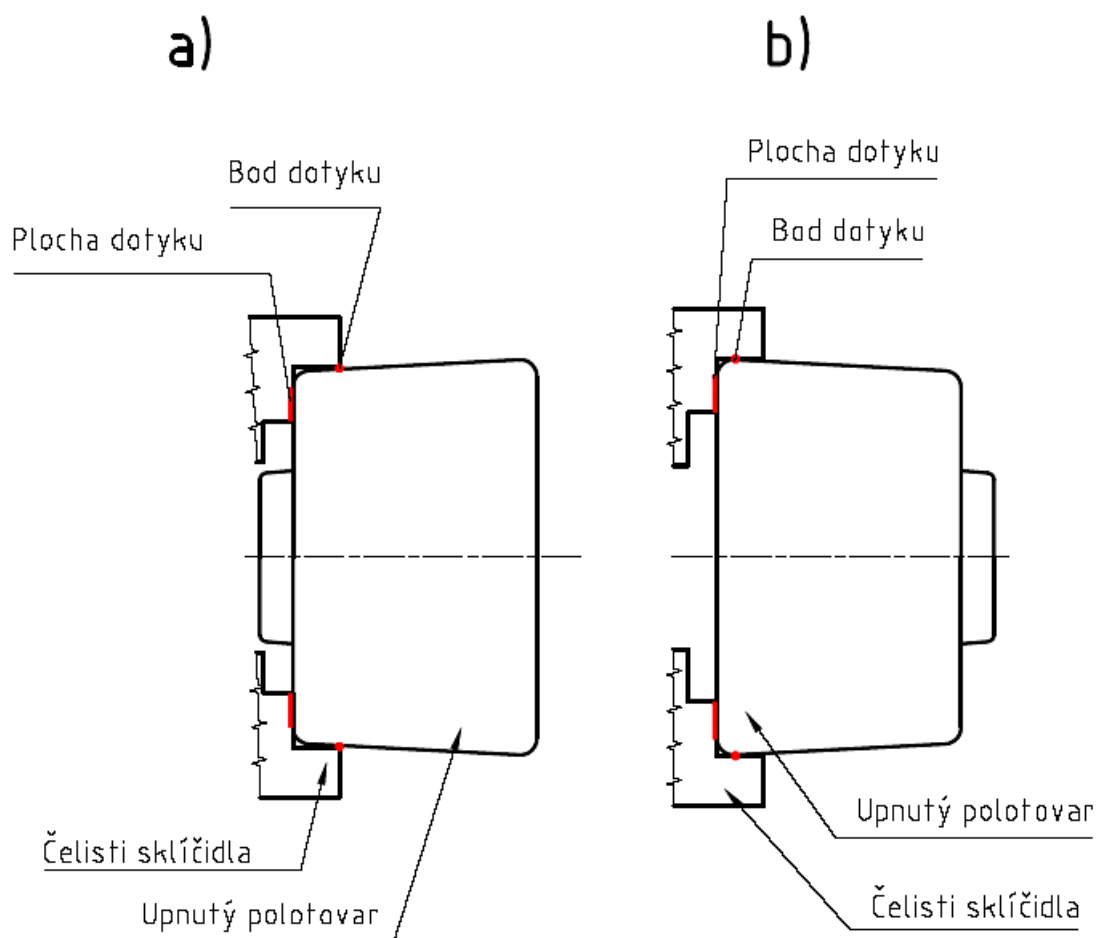


Obr. 4.4 Nákres způsobu upínání za vystouplý náboj

Z uvažovaných způsobů upínání polotovaru uvedených na **Obr. 4.3** a **Obr. 4.4** je výhodnější upnutí za největší vnější průměr, a to u všech tří variant tvaru polotovaru. Použitý způsob upnutí je výhodný z důvodu spolehlivého upnutí, dokonalejšího vyrovnání obrobku a jistoty neměnné základny v celém průběhu výroby součásti.

Z důvodů nepřesností při upnutí způsobenou výronkem v dělicí rovině výkovku je pro upnutí použito odlehčených čelistí ve styčné hraně vnitřních upínacích ploch čelistí.

Vzhledem k úkosům výkovku se nabízejí dva možné způsoby upnutí obrobku za vnější průměr. Způsoby jsou zobrazeny na **Obr. 4.5**.



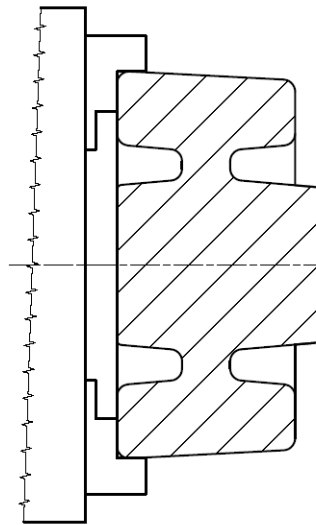
Obr. 4.5 Upínání polotovaru za vnější průměr

Při upínání dle **Obr. 4.5a** je polotovar svírán nejvzdálenějšími konci čelistí. Při špatném opření boku polotovaru o čelo čelisti může dojít během obrábění k uvolnění polotovaru. Z tohoto důvodu je výhodnější upínat obrobek dle způsobu uvedeném na **Obr. 4.5b**.

Dle tvaru polotovarů uvedených na **Obr. 3.1** je proveden následující rozbor jednotlivých tvarů polotovaru pro posouzení jejich vhodnosti k upínání do sklíčidla soustruhu pro zhotovení technologické základny obrobku.

4.2.1 Rozbor polotovaru s dělicí rovinou na straně řemenice bez vystouplého náboje

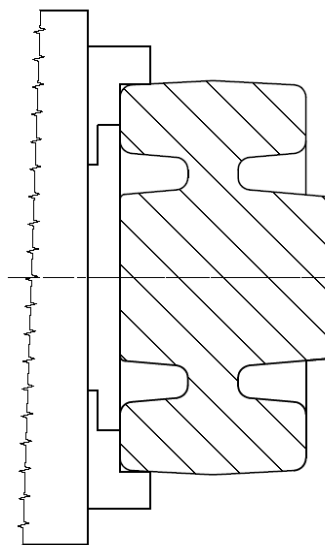
Při upnutí polotovaru do sklíčidla je obrobek upnut za největší průměr polotovaru dle **Obr. 4.6**. Tento způsob nám zajišťuje efektivní využití upínací síly odvozené od upínacích čelistí sklíčidla. Díky rovné boční ploše dochází k dokonalému opření boční plochy polotovaru o čelisti sklíčidla.



Obr. 4.6 Upnutí polotovaru na straně řemenice bez vystouplého náboje

4.2.2 Rozbor polotovaru s dělicí rovinou v ose profilu řemenice

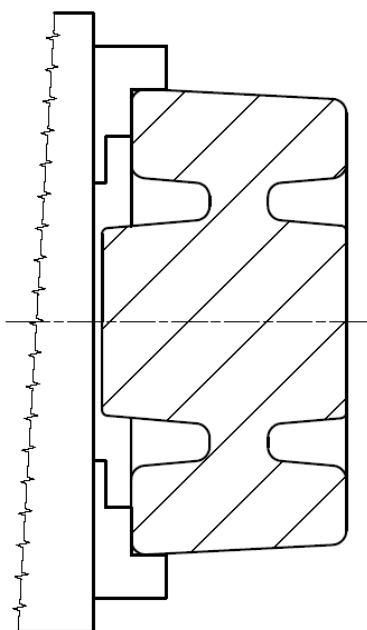
K tomu , aby byl polotovar upnut za největší průměr dle **Obr.4.5b** musí být použity prodloužené upínací čelisti. Použití prodloužených čelistí vede k většímu namáhání upínacího mechanismu sklíčidla a samotných čelistí. Při použití běžných upínacích čelistí dojde k upnutí polotovaru za hranu čelistí dle **Obr.4.7**. Jak je uvedeno v kap. 3, takto upnutý obrobek se může vlivem působení řezných sil působících při soustružení ze sklíčidla vylomit .



Obr. 4.7 Upnutí polotovaru s dělicí rovinou v ose profilu řemenice

4.2.3 Rozbor polotovaru s dělicí rovinou na straně řemenice s vystouplým nábojem

Při upnutí polotovaru do sklíčidla je obrobek upnut za největší průměr polotovaru dle **Obr. 4.8**. Tento způsob nám zajišťuje efektivní využití upínací síly odvozené od upínacích čelistí sklíčidla. Je-li velikost vnějšího průměru náboje taková, že nebrání opření se čela čelistí o bok řemenice dle **Obr. 4.8**, tak je zajištěno dokonalé upnutí obrobku. V případě, kdy vystouplý náboj neumožňuje upnutí dle **Obr. 4.8**, může dojít k nedokonalému opření boční plochy obrobku o čelisti sklíčidla a následnému špatnému ustavení obrobku.

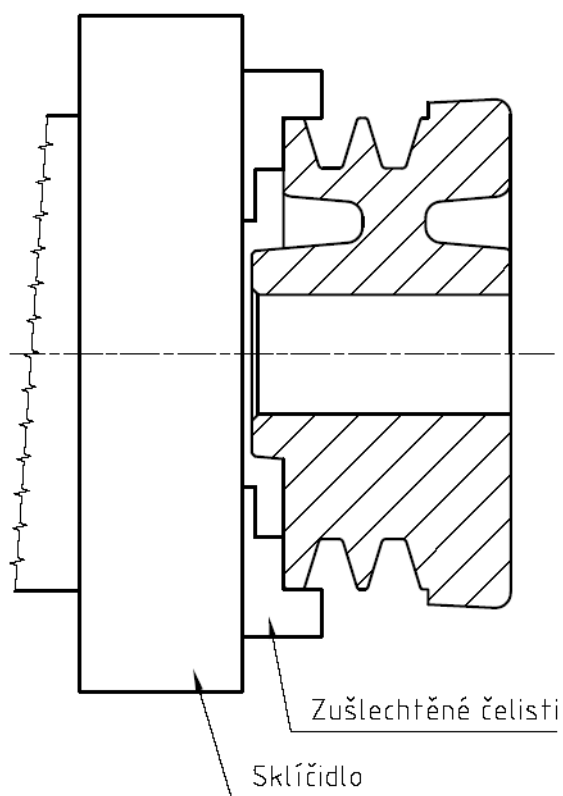


Obr. 4.8 Upnutí polotovaru s dělicí rovinou na straně řemenice s vystouplým nábojem

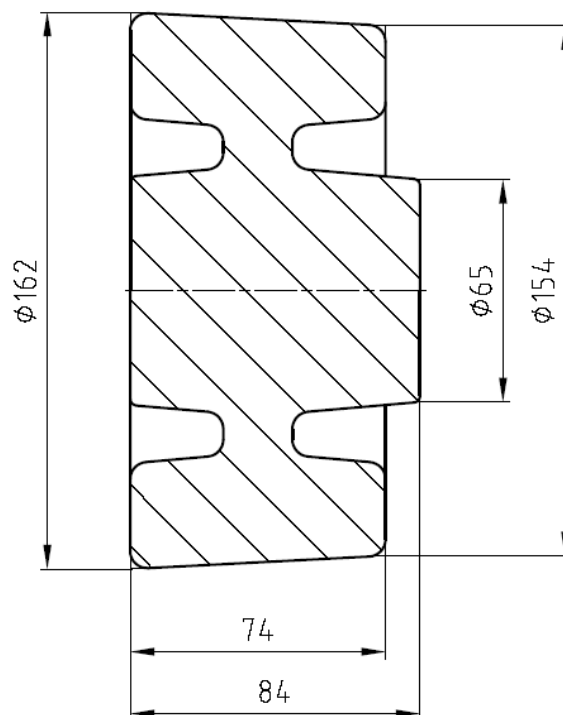
4.3 Vyhodnocení výběru polotovaru

Pro zhotovení technologické základny je nejvýhodnější upnutí polotovaru s dělicí rovinou na straně řemenice bez vystouplého náboje popsané v kap. 4.2.1. Při následném přepnutí do nezušlechtěných čelistí **Obr. 4.9** je zaručeno díky tvaru vyrobených čelistí opření o boční stěnu již obrobené řemenice.

Dle rozboru provedeného v předchozích kapitolách je pro výrobu řemenice dané č.v. 3-K-0100/B vybrán polotovar s dělicí rovinou na straně řemenice bez vystouplého náboje, se základními rozměry dle **Obr. 4.10**.



Obr. 4.9 Přepnutí obrobku do nezušlechtěných čelistí



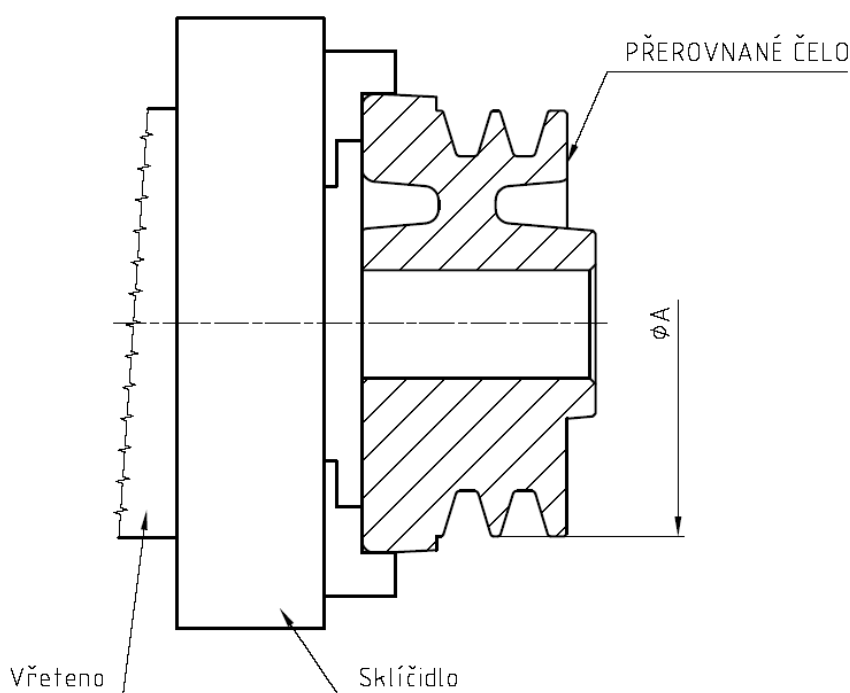
Obr. 4.10 Základní rozměry polotovaru

5 POPIS PRINCIPU UPNUTÍ POMOCÍ ZUŠLECHTĚNÝCH A NEZUŠLECHTĚNÝCH ČELISTÍ

Pro operace soustružení je vyžit způsob kombinace upnutí obrobku pomocí zušlechtěných čelistí a nezušlechtěných čelistí. Tento způsob zaručuje i u přepínané součásti jednoduchým způsobem dosažení požadovaných geometrických tolerancí.

V následné části této kapitoly je popsán princip tohoto upínání.

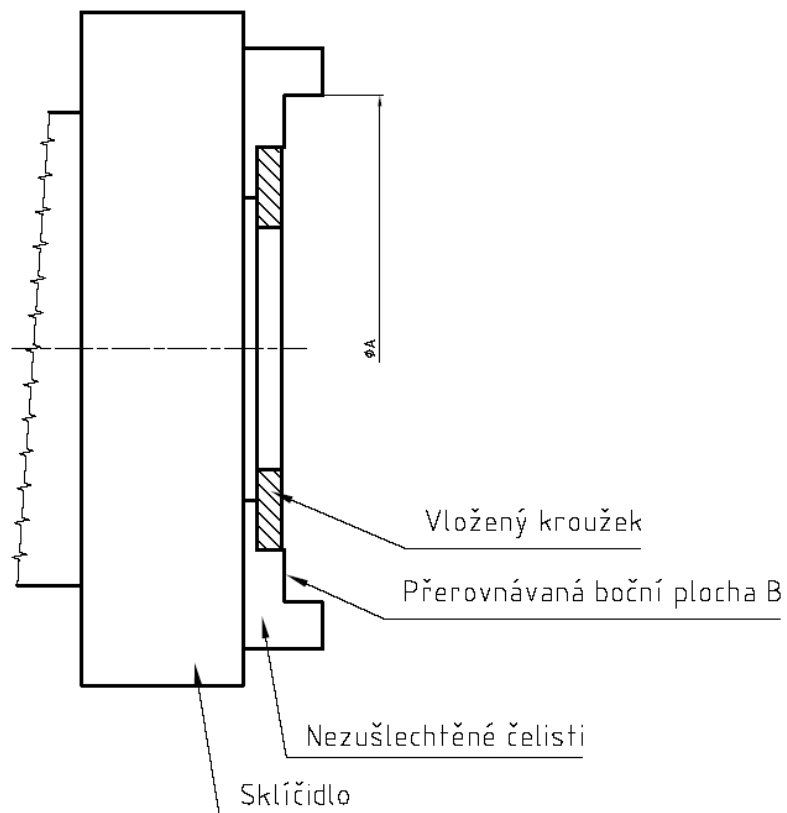
První upnutí je obrobku je zajištěno pomocí univerzálních zušlechtěných čelistí. Opracováním na $\varnothing A$ a přerováním čela je zhotovená technologická základna **Obr. 5.1**.



Obr. 5.1 Upnutí do zušlechtěných čelistí

Obrobek je uvolněn a přepnut za připravené nezušlechtěné čelisti **Obr. 4.9** s poloměrem upínacích ploch shodným s $\varnothing A$ zhotoveným na obrobku v předchozí operaci. Díky tomuto způsobu je jednoduchým způsobem zajištěno dodržení souosostí obráběné součásti.

Postup výroby nezušlechtěných čelistí není složitý. Do sklíčidla se vloží čelisti potřebného tvaru a rozměru ze snadno a dobře obrobitelného materiálu (např. ocel tř. 11 600). Čelistmi je upnut kroužek s průměrem menším než je $\varnothing A$ na obrobku **Obr. 4.10**. Kroužek slouží pro zpevnění čelistí. Poté jsou čelisti obrobena na vlastním stroji **Obr. 5.2** na požadovaný $\varnothing A$ a zároveň je přerovnáno čelo B.



Obr. 5.2 Postup výroby nezušlechtěných čelistí

Výhodné je, pokud to vybavení podniku dovoluje, použití k výrobě součásti dvou pracovišť soustruhů. Na jednom pracovišti je soustruh se sklíčidlem s zušlechtěnými čelistmi a zjišťuje operaci zhotovení technologické základny. Pracoviště druhého soustruhu vybavené upravenými čelistmi na potřebný upínací $\varnothing A$ zajišťuje zbylé operace soustružení potřebné pro výrobu součásti. Pokud není možné využití dvou soustruhů, je výhodné rozdělit výrobu následným způsobem. Zhotovit si určité množství obrobku s technologickou základnou, vyměnit sklíčidlo s upravenými čelistmi a nachystané výrobky dokončit.

6 VÝBĚR ZPŮSOBU VÝROBY SOUČÁSTI

Různorodost strojového parku vede k sestavení více variant výroby dané součásti, k jejich vzájemnému porovnání a k určení co nejvýhodnějšího způsobu výroby.

I u tak jednoduché výroby součásti, kterou je řemenice, se naskýtají možnosti, díky kterým je při výrobě řemenice dosaženo co největší efektivity z pohledu výrobních nákladů, kvality a vyrobeného množství. Mezi uvažované možnosti patří výběr vhodných nástrojů s ohledem jak na technické parametry požitých strojů, tak s ohledem na technologické vlastnosti obráběného materiálu. Další možností je při obrábění důsledné dodržování parametrů jako jsou řezná rychlost, posuv na otáčku a hloubka řezu u použitých řezných materiálů.

Požadované množství 1000 vyrobených kusů za rok nezaručí plné vytížení strojního zařízení. Z tohoto důvodu není výhodné použití speciálních strojů a nástrojů navržených jen pro výrobu dané součásti. Výroba proto musí být zajištěna využitím universálních strojů a běžně používaných nástrojů které jsou v podniku k dispozici.

6.1 Stanovení možných způsobů výroby dle daného strojního vybavení výrobního podniku

Podle předběžného technologického vyhodnocení výkresu součásti budou při obrábění použity operace soustružení, vrtání a obrázení. Na základě tohoto rozboru je možné využití následujících strojů.

- pro operace soustružení a vrtání: 1) soustruh *SPT 32 CNC* ,
2) hrotový soustruh *SU 50*
- pro operaci výroby drážky pro pero: obrážečka *HOV 63*

Tab. 6.1 Technické parametry poloautomatického soustruhu SPT32NC (12)

Oběžný \varnothing nad ložem	490	mm
Oběžný \varnothing nad suportem	320	mm
Oběžný \varnothing nad podélnými saněmi	320	mm
Max. hmotnost obrobku	300	kg
Max.soustružený \varnothing hřídele	320	mm
Max.soustružený \varnothing příruby	320	mm
Otáčky vřetene (rozsah)	31-2240	ot.min ⁻¹
Příkon stroje	30	kW
Kužel vřetene	METR 80	
\varnothing universálního sklíčidla	315	mm
Kužel dutiny pinoly	MORSE 6	
Rozsah posuvu	1-2000	mm.min ⁻¹
Rychloposuv podélný	8000	mm.min ⁻¹
Rychloposuv příčný	6000	mm.min ⁻¹

Tab. 6.2 Technické parametry hrotového soustruhu SU 50/2000 (12)

Oběžný \varnothing nad ložem	500	mm
Oběžný \varnothing nad suportem	250	mm
Vzdálenost hrotu – točná délka	2000	mm
Max. hmotnost obrobku	850	kg
Max.soustružený \varnothing v opěrce pevné	250	mm
Max.soustružený \varnothing v opěrce pohyblivé	140	mm
Otáčky vřetene (rozsah)	11-1400	ot.min ⁻¹
Příkon stroje	11	kW
Kužel vřetene	MORSE 6	
\varnothing universálního sklíčidla	250	mm
Kužel dutiny pinoly	MORSE 5	
Posuvu suportu podélný	0,027- 3,8	mm.ot ⁻¹
Posuvu suportu příčný	0,013- 1,9	mm.ot ⁻¹
Příslušenství: Upínací deska D265mm		

Tab.6.3 Technické parametry obrážky HOV 63 (12)

Provedení	svislé	
\varnothing stolu	1100	mm
Příčný pohyb stolu	800	mm
Podélný pohyb stolu	1000	mm
Posuv stolu	0-2,5	mm.zdvih ⁻¹
Přestavitelnost smykadla	470	mm
Počet dvojdvihu smykadla	7,9-45	mm
Příčné vychýlení smykadla	10	°
Maximální průtažná síla smykadla	30	kN
Maximální řezná rychlost smykadla	40	m.min ⁻¹
Obrážecí výška	630	mm
Max. hmotnost obrobku	2000	kg
Příkon stroje	14,7	kW
Jednotlivé stupně posuvu/zdvih v mm	0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 1,1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2	
Jednotlivé stupně dvojdvihu/min v mm	7,9; 11,2; 14; 18; 22,4; 28; 35,5; 45	

6.2 Vypracování výrobních postupů dle možných variant

Dle možností firmy je možné použití různých strojů pro operace soustružení. Pro další porovnání jsou vypracovány dle normativ (12) používaných v Žďas, a.s. předběžné pracovní postupy, s využitím uvažovaných soustruhů SPT 32NC a SU 50/2000.

6.2.1 Výrobní postup s využitím hrotového soustruhu SU 50/2000

VÝROBNÍ POSTUP							
Název součásti:			Řemenice	Číslo součásti:	3-K-0100/B	Ks/rok	1000
Materiál:		Polotovary:		Hmotnost v kg:			
11600		výkovek		Hrubá:		9	
				Čistá:		7	
Poř. č. operace	Třídící číslo stroje	Pracoviště Typ stroje	Popis práce	Měřidla			
10	98620	mezisklad	Přejímka dle ČSN 42 0271.00 Výkovek nehrubován, tepelně zpracován. Přídavky dle ČSN 42 9030.2				
20	62177	mořirna	mořit				
30	41290	Soustruh SU 50/2000	Upnout za \varnothing 162. Soustružit na \varnothing 152 v délce 42. Přerovnat čelo náboje s min. úběrem. Přerovnat bok řemenice na vzdál.10 od čela náboje. Soustružit \varnothing 150 a tvar drážek v délce 42.Vrtat otvor \varnothing 35 do délky 80. Přerovnat čela srazit hranu 2x45° na \varnothing 36. Přepnout za \varnothing 150.Dohotovit tvar. Hotově \varnothing 38 H7. Přerovnat čelo, srazit hranu 2x45°.	Posuvné měřítko – rozsah 150mm Vál. kalibr			
40	49380	Obrázečka	Zhotovit drážku 10 P9	Posuvné měřítko – rozsah 150mm			
50	94750	Ruční pracoviště	Srazit ostré hrany Očistit obrobek				
60	98630	Kontrolní pracoviště	Kontrola všech rozměrů dle kontrolní návodky	Dle návodky			
70	89222	Vyvažovačka	Dynamicky vyvážit dle TP na výkrese				
80	98630		Konzervovat, Předat na mezisklad				
Datum: 02. 2008		Vypracoval: Řetický Karel		Schválil: Bc.Kubálek David			

6.2.2 Výrobní postup s využitím poloautomatického soustruhu SPT 32 NC

VÝROBNÍ POSTUP				
Název součásti:			Číslo součásti:	Ks/rok
Řemenice			3-K-0100	1000
Materiál:		Polotovary:		Hmotnost v kg:
11600		výkovek		Hrubá:
				Čistá:
				9
				7
Poř. č. operace Úsek	Třídící číslo stroje	Pracoviště Typ stroje	Popis práce	Měřidla
10	98620	mezisklad	Přejímka dle ČSN 42 0271.00 Výkovek nehrubován, tepelně zpracován. Přídavky dle ČSN 42 9030.2	
20	62177	mořirna	mořit	
30	45133	Soustruh SPT 32NC	Návodka programu soustružení – RE2000.NCP Upnout za Ø162 .Přerovnat čela s přídavkem 0,5mm/pl, hrubovat Ø150 s přídavkem 0,5mm/pl do délky 42.Vrtat Ø35.Čela hotově. Hotově Ø150 do délky 42. Na Ø150 srazit hranu 1x45°.Hrubovat drážky. Drážky hotově.Hrubovat otvor s před. 0,5mm/pl. Srazit hranu 2x45° na Ø37 . Návodka programu soustružení – RE2001.NCP Přepnout za Ø 150.Přerovnat čela s přídavkem 0,5mm/pl.Hrubovat Ø150 s přídavkem 0,5mm/pl. Čela hotově. Hotově Ø150. Na Ø150 srazit hranu 1x45°. Hrubovat tvar drážky.Drážky hotově. Srazit hranu 2x45° na Ø37 .Hotově Ø38 H7.	Posuvné měřítko – rozsah 150mm, kalibr
40	49380	Obrážečka	Zhotovit drážku 10 P9	Posuvné měřítko – rozsah 150mm
50	94750	Ruční pracoviště	Srazit ostré hrany Očistit obrobek	
60	98630	Kontrolní pracoviště	Kontrola všech rozměrů dle kontrolní návodky	Dle návodky
70	89222	Vyvažovačka	Dynamicky vyvážit dle TP na výkrese	
80	98630		Konzervovat, Předat na mezisklad	
Datum:		Vypracoval:		Schválil:
02. 2008		Řetický Karel		Bc.Kubálek David

6.3 Výběr vhodných nástrojů pro operace soustružení

Pro operace soustružení ve vypracovaných výrobních postupech je v následující části sestaven seznam nástrojů s destičkami ze slinutých karbidů vhodných pro obrábění dané součásti. Seznam je sestaven z nástrojů běžně používaných v podniku pro stávající výrobu, což má za účel využít stávající skladové zásoby nástrojů v podniku.

6.3.1 Identifikace obráběného materiálu

Prvním krokem při volbě nástroje je provedena identifikace obráběného materiálu součásti a přiřazení materiálu do jedné ze šesti základních skupin **Obr. 6.1**. Rozdělení do skupin je provedeno v souladu s normou ISO 513.

NOVE	STARE	
P	P_I	uhlíkové (nelegované) oceli třídy 10, 11, 12 nízko a středně legované oceli sk. 13 (13 0., 13 1., legované oceli tříd 14, 15, 16 feritické a martenzitické korozivzdorné oceli (tř. 17 a lité 4229..)
	P_{II}	nástrojové oceli uhlíkové (19 1., 19 2., 19 3.) legované nástrojové oceli (19 3., až 19 8.) uhlíková ocelolitina sk. 26 (4226..) nízko a středně legované ocelolitiny sk. 27 (42 27..)
M	M_I	austenitické a feriticko-austenitické oceli korozivzdorné, žáruvzdorné a žárupevné oceli nemagnetické a ořezavzdorné
K	K_I	šedé litiny nelegované / legované (42 24 ..) tvárné litiny (42 23..) temperované litiny (42 25 ..)
N	K_{II}	neželezné kovy, slitiny Al a Cu
S	M_{II}	speciální žárupevné slitiny na bázi Ni, Co, Fe a Ti
H	M_{III}	zúšlechťené oceli s pevností nad 1500 MPa kalené oceli HRC 48 - 60 tvrdé kokilové litiny HSh 55 - 85

Obr. 6.1 Základní skupiny obráběných materiálů (8)

Materiál řemenice 11600 je zařazen do skupin materiálu **P** dle **Obr. 6.1**.

6.3.2 Výběr průřezu nožového držáku

Dle možností použitých obráběcích strojů je použit průřez nožového držáku 25x25mm.

6.3.3 Volba typu nožového držáku břitových destiček

Dle standardů používaných ve Žďas, a.s. jsou v **Tab. 6.1** uvedeny jednotlivé typy nožových držáků s břitovými destičkami, které budou použity při operacích soustružení. Rozsah parametrů uvažovaných soustruhů SPT32NC a SU50/2000 umožňuje shodné použití nástrojů. Z tohoto důvodu jsou nástroje uvedené v **Tab. 6.1** společné pro oba stroje. Pouze pro výrobu dokončení profilu drážky na soustruhu SU50/2000 je použit tvarový nůž z RO, ten v tomto seznamu uveden není.

Tab.6.1 Výběr nástrojů pro operaci soustružení

Nást.	Označení nástroje	Označení destičky	Materiál destičky	v_c [m.min ⁻¹]
1	DSKNR 2525M-12	SNMG 120412-NR	IC9025	150 - 250
2	DR035-070-32-12	SOMT 120408-GF	IC908	200 - 300
3	PCBNR 2525M-12	CNMG 120408-NF	IC9015	250 - 400
4	S25R PQFNR - 12	QNMG 120408-NF	IC9015	250 - 400
5	HELIR 2525-5T25	GRIP-5005Y	IC9025	110 - 210

6.3.4 Stanovení řezných podmínek použitých nástrojů

Řezné podmínky pro jednotlivé nástroje jsou stanoveny dle normativů používaných ve Žďas, a.s. Normativy jsou sestaveny tak aby byl nástroj využit co nejefektivněji.

Pro jednotlivé nástroje uvedené v **Tab. 6.2** jsou uvedeny řezné podmínky, při kterých bude nástroj provozován.

Tab.6.2 Řezné podmínky nástrojů pro operace soustružení

Nástroj	v_c (m.min ⁻¹)	a_p [mm]	f [mm.ot ⁻¹]
1	170	2	0,5
2	200	-	0,2
3	300	0,8	0,15
4	300	0,8	0,15
5	300	0,8	0,15

6.4 Výpočet výrobních nákladů výroby řemenice

K výpočtu výrobních nákladů výroby řemenice je využito systému ve Žďas, a.s. (7). K výpočtu je použito strojních časů potřebných k výrobě na jednotlivých pracovištích. Hodnoty strojních časů potřebných pro výrobu 1kusů řemenice jsou uvedeny v **Tab. 6.3**, tabulka je vypracovaná pro obě varianty použitých soustruhů současně. U obou variant je výroba řemenice rozdělena do dávek po 20 kusech. Z tohoto důvodu je čas na přípravu rozpočítán na 20 kusů a je zahrnut v hodnotách t_{As} pro jednotlivá pracoviště v **Tab. 6.3**. Výsledné hodnoty výrobních nákladů na 1kus řemenice při výrobní dávce 20 kusů jsou uvedeny v **Tab. 6.4**.

Tab. 6.3 Strojní časy výroby řemenice v uvažovaných variantách

Pracoviště	Varianta s SPT32NC	Varianta s SU50/2000
	t_{As} [min]	t_{As} [min]
41290	-	106,25
45133	36	-
49380	5,25	5.25
94750	2,1	2,1
89222	113	113

Tab. 6.4 Tabulka výsledných nákladů výroby řemenice v uvažovaných variantách

	Výrobní náklady [Kč]
Varianta s SPT32NC	2 100
Varianta SU50/2000	2 400

7 VYHODNOCENÍ POROVNÁVANÝCH VARIANT VÝROBY

Dle způsobů nejvýhodnějšího upnutí polotovaru je pro výrobu vybrán tvar polotovaru s dělicí rovinou na straně řemenice bez vystouplého náboje **Obr. 3.1a**. Při operaci soustružení je využito jednoho přepnutí. Obrobek je přepínán do nezušlechtěných čelistí, díky kterým je dosaženo sousosti a geometrické přesnosti.

K samotné výrobě jsou navrženy stroje a nástroje dostupné ve výrobním podniku, tak aby nebylo nutné zajišťování výroby pomocí kooperace. Navržené nástroje jsou shodně použitelné pro uvažované varianty strojů.

Dle stanovených nákladů na výrobu řemenice je výhodnější použití varianty se soustruhem SPT 32NC. V úvahu přichází ale i použití varianty se soustruhem SU 50/2000 v případě využití volných výrobních kapacit na tomto stroji, protože cenový rozdíl není zas tak výrazný. Takto uvolněné výrobní kapacity na poloautomatickém soustruhu je výhodné použít pro výrobu složitějších součástí. Nabízí se i možnost využití pracoviště s vícestrojovou obsluhou, případně kombinace uvažovaných soustruhů pro operace soustružení dané součásti.

ZÁVĚR

Výběr strojů , nástrojů a způsob výroby řemenice provedený v tomto projektu může být okamžitě použit při realizaci výroby dané součásti. Využití poznatků z tohoto projektu poslouží k optimálnímu využití výrobních prostředků podniku nejen při výrobě uvažované součásti, ale i při přípravě výroby součástí s podobným rozsahem výrobních operací. Výběr strojů, nástrojů a způsob výroby řemenice provedený v tomto projektu může dále posloužit jako zdroj základních informací pro další rozsáhlejší vypracování optimalizace výrobního procesu s využitím výpočetní techniky, která je ve velké míře v dnešní době k optimalizaci využívána.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění – Kniha pro praktiky*. Přel. M. Kundela, 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857s. Přel. z: *Modern Metal Cutting – A practical Handbook*. ISBN 91- 972299-4-6.
2. ČSN 42 0271 *Výkovky ocelové zápusťkové. Všeobecné technické požadavky*
3. ČSN 42 9030 *Výkovky ocelové zápusťkové. Přídavky na obrábění, mezní úchytky rozměrů a tvarů*
4. ČSN ISO 513 *Klasifikace a použití tvrdých rezných materiálů k obrábění kovů určeným ostřím - Označování skupin a podskupin použití*
5. DIN2211-1 *Prvky pohonů. Řemenice na úzké klínové řemeny; Rozměry, materiál*
6. DIN2215 *Nekonečné klínové řemeny; Rozměry, materiál*
7. HUMÁR, Antonín. *Slinuté karbidy a rezná keramika pro obrábění*. CCB, spol. s.r.o., Brno, 1995. ISBN 80-85825-10-4
8. ISCAR.[online] . [cit.2008-01-11].
Dostupné na www :< <http://www.iscar.cz> >.
9. KOČMAN, Karel, Prokop, Jaroslav. *Technologie obrábění*. Brno : Akademické vydavatelství Cerm, s.r.o.,a.s.2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2
10. MÁDL, Jan, KVASNIČKA, Ivo. *Optimalizace obráběcího procesu*. Praha : Vydavatelství ČVUT FSI. 1998. 168s.
11. MÁDL, Jan, ZELENKA, Antonín, Vrabec Martin. *Technologičnost konstrukce*. Praha : Vydavatelství ČVUT FSI. 2005. 135s.
12. Normativy používané v Žďas, a.s
13. PRAMET.[online] . [cit.2008-01-11].
Dostupné na www :< <http://www.pramet.com> >.
14. SOMMER, Boris. *Technologie kování*. Ostrava: Ediční středisko VŠB Ostrava . 1978. 200s

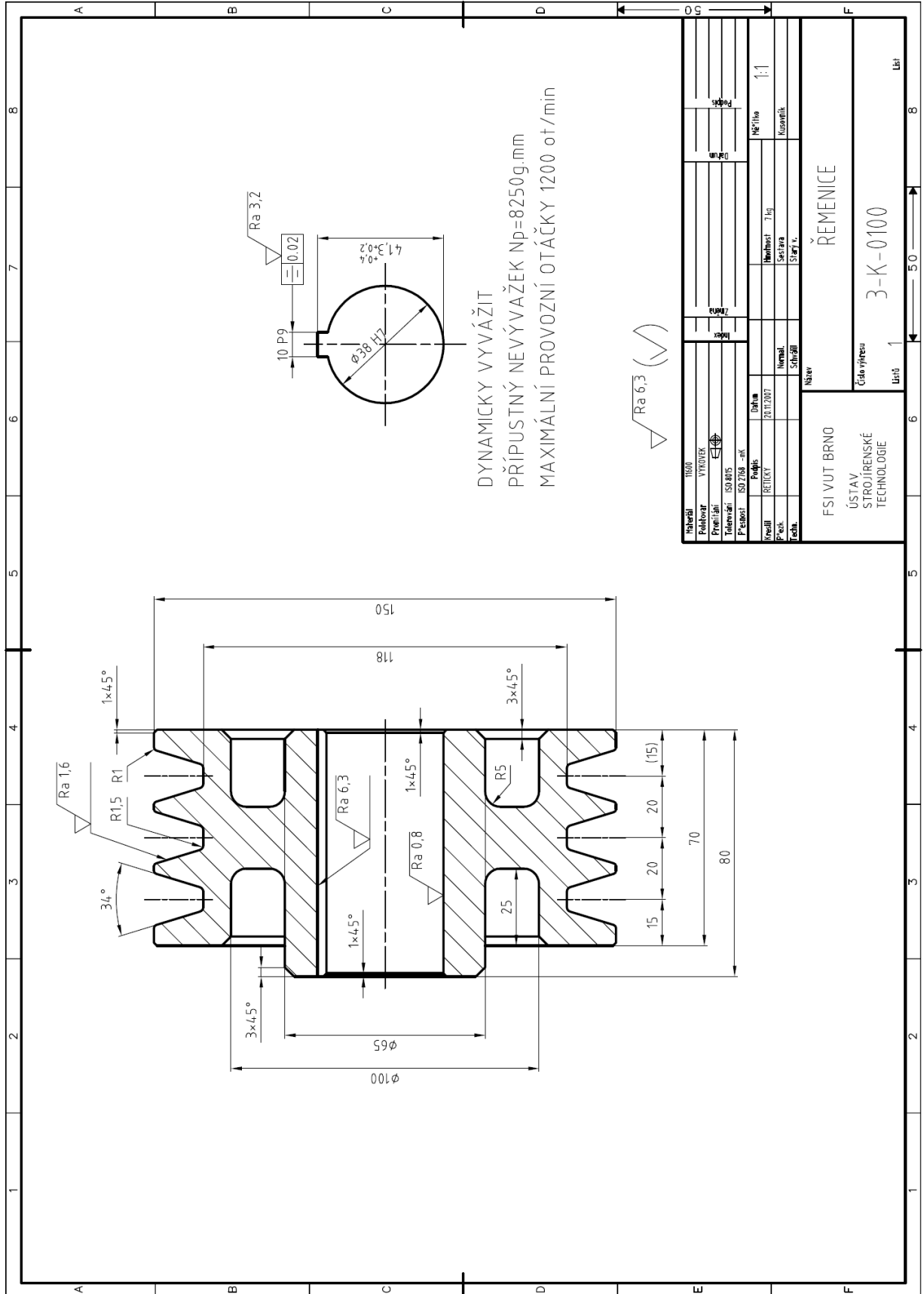
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a_p	[mm]	hloubka řezu
D_u	[mm]	průměr obrobku
f	[mm.ot ⁻¹]	posuv na otáčku
F_c	[N]	řezná síla
F_p	[N]	pasivní síla
F_u	[N]	upínací síla působící na čelist
L_o	[mm]	vzdálenost působíště sil od sklíčidla
n	[min ⁻¹]	otáčky obrobku
μ		koeficient tření na čelisti
P	[kW]	příkon motoru obráběcího stroje
t_{AS}	[min.ks ⁻¹]	čas jednotkový strojní
v_c	[m. min]	řezná rychlost
R_a		průměrná aritmetická úchylka profilu

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Výkres č. 3–K-0100
Příloha 2 Výkres č. 3–K-0100/B

Příloha 1: Výkres č. 3-K-0100



Příloha 2: Výkres č. 3-K-0100/B

