

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Strojírenská technologie – technologie
obrábění

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vliv počtu kusů na tvorbu technologického postupu
pro zadanou součást

Autor: **Dana KUBÁTOVÁ**

Vedoucí práce: **Ing. Jan Matějka**

Akademický rok 2011/2012

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni. Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

.....

.....

Podle zákona o právu autorském, č. 35/1995 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků bakalářské práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků nebo jakékoli nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora, Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Poděkování:

Ráda bych zde poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Matějkovi za jeho rady, trpělivost a čas, který mi věnoval při řešení daného problému.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Kubátová	Dana	
STUDIJNÍ OBOR	B 2301		
VEDOUcí PRÁCE	Ing. Matějka	Jan	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Vliv počtu kusů na tvorbu technologického postupu pro zadanou součást		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZDÁNÍ	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	54	TEXTOVÁ ČÁST		GRAFICKÁ ČÁST	
---------------	----	---------------------	--	--------------------------	--

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)	Rozmanitost a složitost strojírenského výrobního procesu klade značné nároky na odbornou úroveň, metodický, systémový a komplexní přístup při řešení úloh z oblasti technologického projektování. V práci je řešen vliv počtu kusů na tvorbu technologických postupů. Výsledkem je ukázka postupu stanovení nejvhodnější kombinace výrobního postupu ve spojení se správně vybraným polotovarem. Pro stanovení výsledků je použita vhodná cenová kalkulace, pomocí které je výsledek vyčíslen.
ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	
KLÍČOVÁ SLOVA	Polotovary, odlitek, výkovek, tyčový materiál, výrobní postup, cenová kalkulace

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Kubátová		Dana	
FIELD OF STUDY	B 2301			
SUPERVISOR	Ing. Matějka		Jan	
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO			
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable	
TITLE OF THE WORK	Effect of Number of Pieces on Creation of Technological Procedures			

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2012
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	54	TEXT PART		GRAPHICAL PART	
----------------	----	------------------	--	-----------------------	--

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The diversity and complexity of the engineering process places considerable demands on the professional level, methodical, systematic and comprehensive approach to solving problems in technological design. The paper dealt with the influence of the number of pieces on the creation of technological processes. The result is an example of a procedure for determining the most appropriate combination of the manufacturing process in conjunction with a properly selected blank. To determine the results for suitable pricing, by which the result is quantified.
KEY WORDS	Blank, casting, forging, solid material, manufacturing process, pricing

OBSAH:

1	ÚVOD	8
1.1	Dělení výroby	8
1.2	Základní etapy průběhu získávání zakázky	9
1.3	Technická příprava výroby	10
2	VZNIK DOKUMENTŮ TECHNICKÉHO PROJEKTOVÁNÍ:	12
2.1	Výrobní postupy	12
2.1.1	Dělení postupů	12
2.1.2	Podklady pro tvorbu výrobního postupu	13
2.1.3	Určení pořadí operace	14
2.2	Normy spotřeby materiálu	14
2.3	Normování operací	17
3	OBEČNÁ CHARAKTERISTIKA SOUČÁSTI	18
3.1	Posouzení technologičnosti konstrukce	18
3.1.1	Z hlediska materiálu	18
3.1.2	Z hlediska polotovaru	19
4	VÝROBNÍ POSTUP	19
4.1	Výrobní postup varianta 1	19
4.2	Výrobní postup varianta 2	20
4.3	Výrobní postup varianta 3	20
4.4	Výrobní postup varianta 4	20
5	KALKULACE	20
5.1	Stanovení ceny odlitku	20

5.2	Stanovení ceny výkovku	22
5.3	Stanovení ceny tyčového materiálu	23
5.4	Stanovení ceny práce	25
5.4.1	Cena práce stroje:	25
5.4.2	Čas výroby	25
5.4.3	Cena přípravy programu	28
5.4.4	Cena opracování polotovaru	28
5.5	Výsledná cena výrobku	29
5.5.1	Odlitek	29
5.5.2	Výkovek	31
5.5.3	Tyčový mat. Ø 150	32
5.5.4	Tyčový mat. Ø 160	33
5.6	Souhr přechodů mezi variantami	34
5.7	Výpočet zlomu polotovarů	35
6	ZÁVĚR	37
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ	39
8	PŘÍLOHY	40

1 ÚVOD

Rozmanitost a složitost strojírenského výrobního procesu klade značné nároky na odbornou úroveň, metodický, systémový a komplexní přístup při řešení úloh z oblasti technologického projektování.

„Technologické projektování je možné chápat jako kontinuální tvůrčí činnost technicko-ekonomického charakteru, jejímž cílem je optimální využití všech hmotných zdrojů a pracovních sil, které ovlivní efektivnost výrobních procesů a vynaložených nákladů.“[2]

Nadále bude v této práci řešen vliv počtu kusů na tvorbu technologických postupů. Výsledkem je ukázka postupu a stanovení nejvhodnější kombinace výrobního postupu ve spojení se správně vybraným polotovarem. Pro stanovení výsledků je použita vhodná cenová kalkulace, pomocí které je výsledek vyčíslen.

1.1 Dělení výroby

Výroba se dělí nejen dle činností, ale také dle množství vyrobených statků, a to na:

- ~ Kusovou - opakovanou
 - neopakovanou
- ~ Sériovou - malo
 - středně
 - velko
- ~ Hromadnou.

„Kusová výroba – vyrábí-li se od každého druhu malé množství. Její výrobní proces se opakuje velmi nepravidelně, nebo se neopakuje vůbec. Vyrábí se výlučně na zakázku.

Sériová výroba – tato výroba se vyznačuje tím, že se vyrábí určitý druh výrobku jistého množství, v tzv. sériích. Tyto série se ve výrobě opakují s větší či menší pravidelností. Při tomto druhu výroby je vyloučeno, aby stroj byl po celý svůj efektivní fond zabrán jedním druhem výrobků.

Hromadná - tato výroba se vyznačuje úzkým sortimentem výrobků, vyráběných ve velkých množstvích, což způsobuje vysokou opakovatelnost a ustálenost výrobního procesu.“[3] „Převážně se jedná o výrobu na sklad pro pravidelné zákazníky, velkoobchod (základní normalizované součásti, matice, šrouby...).“[1]

1.2 Základní etapy průběhu získávání zakázky

obchodní útvar

- ~ Objednávka zákazníka, technické vyjasnění požadavků zákazníka s konstruktérem, termín zakázky, cena zakázky, smlouva o podmínkách obchodu
- ~ Harmonogram průběhu výroby, zásobník práce a zakázkové plánování

konstrukční útvar

- ~ Konstrukční zpracování
 - Pevnostní výpočty
 - Výkresová dokumentace
 - Kusovník
- ~ Podklady pro objednávání materiálu

technologický útvar

- ~ Technologické zpracování
 - Tvorba výrobních postupů
 - Operace
 - Stroje
 - Nástroje
 - Řezné podmínky
- ~ Operativní kalkulace

Útvar operativního řízení výroby

- ~ Plán pro řízení dílen
 - Kooperace
- ~ Zakázky pro výrobu
 - Podkladů
 - Materiálů
 - Přípravků
 - Nástrojů

výroba

- ~ Strojní výroby, montáž
- ~ Kompletace a odvoz výrobků

expedice

- ~ Expedice zboží
- ~ Fakturace

obchodní útvar

- ~ Vyhodnocení kalkulačních nákladů
- ~ Expediční řízení
- ~ Fakturace.

Vzhledem k tématu této práce se nadále zaměřím především na oblast technické přípravy výroby.

1.3 Technická příprava výroby

„Technická příprava výroby využívá takových konstrukčních, technologických a projektových řešení, pomocí nichž zajistíme výrobnímu systému maximálně dosažitelnou produktivitu práce a efektivnost výrobních systémů s přihlédnutím k úsporám materiálu, energií a pracovních sil. Dodržení těchto zásad v praxi znamená respektovat vzájemné vztahy jednotlivých prvků výrobních systémů z hlediska jejich konstrukcí, technologií, výrobních zařízení, organizací výroby atd.

Technická příprava výroby je jedním z prvků složitého systému

- ~ Věda
- ~ Technika
- ~ Výroba.

Celý cyklus v podstatě probíhá ve čtyřech etapách, tj.

- ~ Výzkum
- ~ Vývoj
- ~ Příprava
- ~ Realizace.

Samotnou technickou přípravu lze rozdělit do dvou relativně samostatných etap:

- ~ Konstrukční
- ~ Technologickou.

Respektive do dvou obsahově rozdílných bloků činností, tj.:

- ~ Konstruování
- ~ Technologické projektování,

kteřé však mají zcela jednoznačné návaznosti. Tyto návaznosti jsou řízeny systémem technologické přípravy výroby (TgPV).

- ~ Spolupráce mezi konstruktérem a technologickou přípravou výroby
- ~ Spolupráce mezi technologickou a projektovou přípravou výroby
- ~ Spolupráce mezi útvarem technologické projekce a vlastní výrobou.

Technologickou přípravu výroby je možné charakterizovat jako souhrn technicko-organizačních činností a opatření zaměřených na zpracování výrobní dokumentace a podkladů pro materiální vybavení výrobního procesu nářadím a přípravky. Výrobní dokumentace obsahuje soubor závazných technicko-organizačních a ekonomických informací potřebných pro zajištění racionální výroby z hlediska navrhovaných způsobů technologie výroby, manipulace, kontroly, organizace a ekonomiky práce.

Mezi zaměstnance technologické přípravy strojírenské výroby patří:

- ~ Technolog postupář
- ~ Technolog normovač
- ~ Technolog speciálních prací
 - svařování
 - tepelného zpracování
 - povrchových úprav
- ~ Technolog programátor
- ~ Technolog kalkulace nákladů

Rozsah a obsah výrobní dokumentace, která se zpracovává v rámci TgPV, je závislý především na sériovosti a opakovatelnosti výroby, složitosti a přesnosti výrobků, úrovni technologického vybavení výroby, úrovni mechanizace a automatizace činnosti v TgPV apod.

TgPV zpracovává především podklady pro realizaci vlastního výrobku, materiálně technické zásobování, realizaci pomocného a obslužného výrobního procesu, plánování a řízení výrobního procesu, zhodnocení výrobního procesu.“[1]

2 VZNIK DOKUMENTŮ TECHNICKÉHO PROJEKTOVÁNÍ:

Základním úkolem je

- ~ Stanovení postupu výroby
- ~ Stanovení materiálové normy
- ~ Normy spotřeby času
- ~ Použití speciálních přípravků, nástrojů a měřidel.

2.1 Výrobní postupy

2.1.1 Dělení postupů

Požadavky na výrobní postup jsou takové, aby byl srozumitelný, úplný, stručný, správný a jednoznačný. Toto musí být splněno v každém z níže uvedených výrobních postupů.

Pracovní postup členíme podle použité technologie nebo pracovní činnosti na jednotlivé operace (ruční, strojní, kontrolní, dopravní, montážní,...). Operace je základní jednotkou pro organizaci a řízení práce, normování práce, plánování a evidenci výroby. Operace se dále dělí na úseky, úkony, pohyby. Úsek představuje dílčí ukončený technologický proces. Je to část operace, která se koná za stejných podmínek jedním nebo několika nástroji, na jedné nebo několika částech obrobku současně. Úkon obsahuje jednoduché pracovní činnosti stejného charakteru. Pohyb je nejmenší časově měřitelná část operace.

Rozčlenění výrobního postupu až na pracovní pohyby se používá pro podrobnou analýzu výrobního postupu většinou při hromadné výrobě, při které nepožadujeme tak vysokou kvalifikaci dělníka.

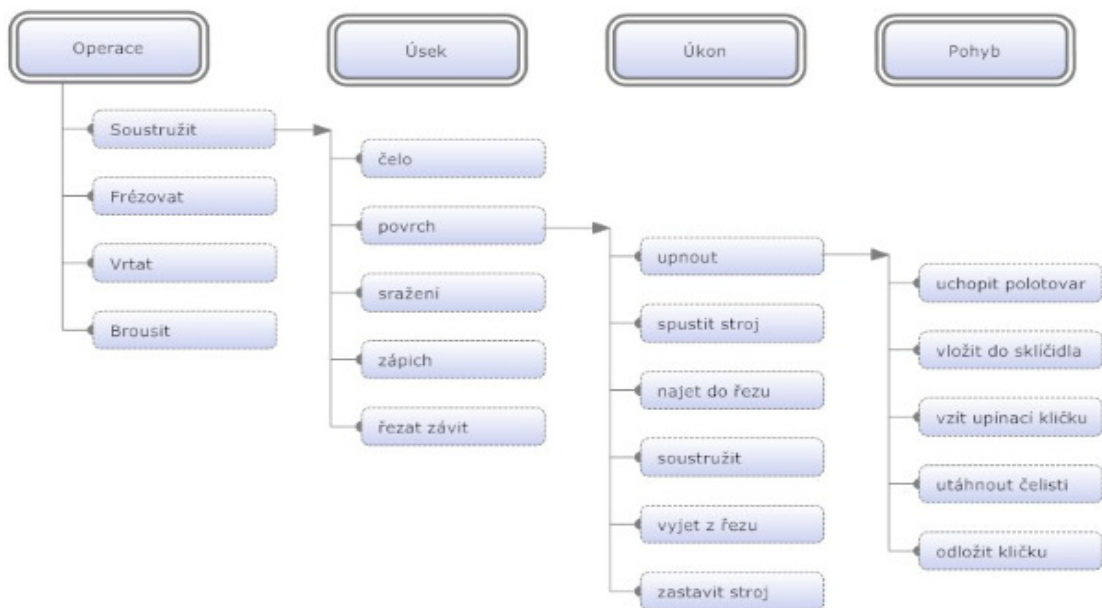
Další parametry, podle kterých se v podniku dělí výrobní postupy, jsou podle druhu:

- ~ Jednoduché výrobní postupy
- ~ Podrobné výrobní postupy
- ~ Obrázkové (nejpodrobnější) výrobní postupy

Jednoduché výrobní postupy, se používají v kusové výrobě pro dělníky, kteří mají vyšší kvalifikaci.

Podrobný výrobní postup, se používá v sériové a někdy i v hromadné výrobě, kdy zaměstnáváme méně kvalifikované dělníky, kteří potřebují podrobnější popis práce, kterou mají vykonat.

Nejpodrobnější výrobní postup, který je používán pro hromadnou výrobu a nejméně kvalifikované dělníky, je výrobní postup obrázkový. Tento postup je velmi podrobný.“[3]



2-1 výrobní postup – rozčlenění

2.1.2 Podklady pro tvorbu výrobního postupu

„Při zpracovávání výrobních postupů nebo montážních postupů jsou čerpány vstupní údaje především z:

konstrukční dokumentace

- ~ Výkresy sestav
- ~ Dílenské výkresy
- ~ Konstrukční kusovníky
- ~ Technické přejímací podmínky z plánovací dokumentace - např. výrobních plánů, tj. z předpokládaného ročního počtu vyráběných jednotek ve vztahu k výrobnímu programu

normativní dokumentace

- ~ Katalog strojů a nářadí, strojní karty, pasporty strojů apod., které zachycují technicko-organizační strukturu výrobního profilu
- ~ Normativy časů, řezných podmínek, mezioperačních přípravků, technicko-hospodářské normy“[1]

2.1.3 Určení pořadí operace

„Pořadí operace je nutno stanovit tak, aby byla plně zajištěna nejen kvalita výrobku, ale zároveň nejmenší spotřeba práce, materiálu, energie, nejkratší průběžná doba...

Pořadí operací výrobních postupů je dáno:

- ~ Tvarovou složitostí – tedy počtem obráběných ploch, zejména však jejich vzájemnou funkční a technologickou vazbou
- ~ Materiálovou náročností - z hlediska tepelného zpracování, povrchových úprav atd.
- ~ Požadavky montáže – na funkční vazby součástí z hlediska polohy a uložení“[1]

2.2 Normy spotřeby materiálu

„Standard (norma) spotřeby materiálu, je celkové množství potřebného materiálu a je součtem, materiál obrobku, přídávku na obrábění včetně přídávků pro polotovary. Norma spotřeby materiálu je výchozím podkladem nejen pro kalkulaci výrobních nákladů ale i pro nákup surovin a materiálu ale slouží rovněž pro kalkulaci výrobních nákladů. Výpočet normy spotřeby materiálu bude uveden dále.

Výpočet normy můžeme provést metodou rozborově propočtovou anebo metodou statistickou, vycházející ze záznamů o spotřebě materiálu při výrobě tvarově podobných součástí, použitelnou pouze pro předběžné určení spotřeby materiálu.“[2]

„Přídavek je vrstva, kterou je nutno z polotovaru odebrat, aby výrobek měl požadované rozměry a jakost povrchu. Správné určení přídávku zajišťuje hospodárné využití materiálu, práce, energie,

Přídavky dělíme na celkové a mezioperační.

Velikost přídatku závisí na nutnosti zachovat rozměry a dodržovat danou drsnost povrchu. Velikost vad tvaru polotovaru závisí na způsobu a přesnosti jeho výroby. Kromě přídatků je nutné z polotovaru odstranit i tzv. defektní vrstvu. Defektní vrstva je taková vrstva, která je poškozena při výrobě polotovaru jako jsou deformace, okuje, povrchové nerovnosti....

Tato vrstva u odlitku závisí na způsobu formování. U výkovku a jiných tepelně zpracovaných polotovarů na teplotě a způsobu ohřevu. Defektní vrstva však může vzniknout i po běžném třískovém obrábění.

Přídavky musí vyhovovat těmto podmínkám:

- ~ Mít dostatečnou, ale hospodárnou velikost
- ~ Přídavky na obrábění na čisto musí být minimální ale dostatečné
- ~ Mezioperační přídavky volit úměrné velikosti součásti a způsobu obrábění
- ~ U málo tuhých součástí brát ohled na deformace, způsob upnutí a deformace při vlastním obrábění.

2.2.1.1 Výpočet spotřeby materiálu pro polotovary z tyče

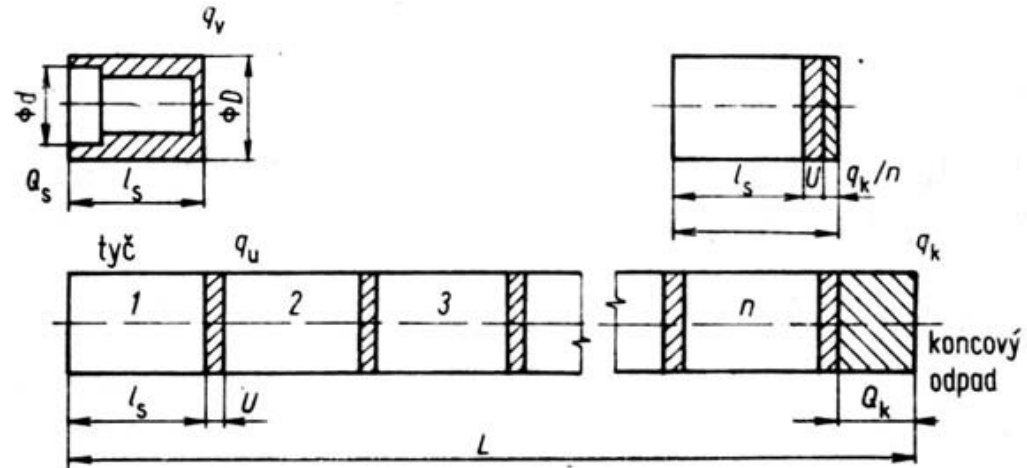
„Polotovary z tyče se získávají dělením na pilách, soustruzích, frézkách, apod. norma spotřeby materiálu při výrobě součásti obráběním se skládá, viz obrázek č. 2

- ~ Ztráty dělením materiálu,
- ~ Koncovým odpadem, rozměrově nevyužitelným,
- ~ Rozměrem délky polotovaru,
- ~ Je-li konec tyče potřebný pro upnutí,
- ~ Jsou-li konce tyče nerovné.“ [2]

Pro stanovení velikosti přídatku u tyčového materiálu se musí stanovit jak přídatky na délku tak i na průměr. Pro stanovení těchto přídatků se používají empirické výpočty, nebo můžeme vycházet z předem stanovených norem pro danou operaci a velikost polotovaru.“[2]

$$P_c = 0,05 \times D_{\max} + 2$$

$$L_c = 0,05 \times l_{\max} + 2$$



Obrázek 2 – spotřeba materiálu u tyč. materiálu

2.2.1.2 Výpočet spotřeby materiálu pro odlitek

„Ztráty materiálu potřebné pro odlitek a ztráta materiálu při výrobě odlitků mohou být způsobené ve slévárnách:

- ~ Propalem a z materiálu znečištěného strukturou (jsou nevratné)
- ~ Vratným odpadem (vtoky, nálitky, výfuky)
- ~ Dočasnými zmetky – procento podle zmetků z objemu polotovaru
- ~ Čištěním a broušením odlitků.

Proto celková spotřeba množství tekutého kovu je potom vyšší o dočasné ztráty. Tato ztráta je k požadovanému výsledku polotovaru připočítávána pomocí procentuelních hodnot“[2]

Pro stanovení přídavek u odlitku se vychází z požadavků jak pro tvar formy, tak z podmínek aby odlitek šel z formy vyjmout.

Výkres odlitku viz příloha č. 2.

2.2.1.3 Výpočet spotřeby materiálu pro výkovek

Norma spotřeby materiálu při zápusťkovém kování zahrnuje:

- ~ Hmotnost výkovku,
- ~ Ztrátu opalem při ohřevu,
- ~ Ztrátu výběhem materiálu - výronek

Pro stanovení přídávků u výkovku se vychází z požadavků jak pro tvar formy, tak z podmínek pro to aby výkovek šel ze zápusky vyjmout. Ztráty jsou započteny pomocí procentuelních hodnot k hmotnosti polotovaru.

Výkres odlitku viz příloha č. 3.

2.3 Normování operací

„K důvodům použití výkonových norem, patří i nezanedbatelné hledisko dělníka – motivace, stimulace k vyšším výkonům, k možnosti si vydělat. Toto ovšem platí za předpokladu správně stanovené normy výkonu a neurčení stropu (maxima) možného přeplňování výkonových norem. Přeplňování nemůže mít za následek jejich zpevnění a naopak neplnění jejich změkčení. Je nutno nesprávné normy zkvalitnit tak, aby vyjadřovaly skutečnost objektivně.

Normování výkonu se provádí tím obtížněji, čím je na daném úkolu větší podíl duševní práce. Proto se doposud nepřistoupilo k normování práce u THP (technicko-hospodářský pracovník) pracovníků, i když určité metody, ukazatele existují a byly ověřeny. Pro normování se nejčastěji používají přímé nebo nepřímé metody určování spotřeby času. Mezi přímé metody patří časové studie, z nich nejčastější je chronometráž:

Chronometráž: studium práce metodou chronometráže má za úkol prozkoumat jednotlivé části operace, prověřit jejich nezbytnost a účelnost včetně organizace pracoviště a navrhnout takový způsob vykonávání práce, aby spotřeba času i námahy byla co nejmenší. Chronometráž se uskutečňuje zpravidla ve třech etapách:

- ~ Studium podmínek práce a měření spotřeby času
- ~ Pozorování průběhu práce a měření spotřeby času
- ~ Rozbor a vyhodnocení záznamu s návrhem zdokonalení práce.“[1]

Z nepřímých metod se nejčastěji používají metody předem stanovených časů.

„**Předem stanovené časy:** metoda, kde se každá práce rozkládá do základních pohybů, které jsou k jejímu provedení nutné. Ke každému základnímu pohybu se váže předem stanovená časová hodnota. Stanoví se optimální způsob práce a na ten je pracovník vyškolen a je pro něj spočtena norma práce.“[8]

3 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA SOUČÁSTI

Za součást je zvolena taková, aby na ní šlo dobře ukázat veškeré výhody a nevýhody zvolených polotovarů a výrobních postupu. Součástí je víko hydromotoru. Výkres součásti uveden v příloze č. 1.

Víko hydromotoru je rotační součást o maximálním průměru \varnothing 150 mm a maximální délce 70 mm. \varnothing 150mm je v délce 26 mm a je opatřen po obou obvodových hranách je sražení velikosti 3x3 mm. Levá strana má drsnost Ra 3,2, protože slouží jako dosedací plocha pro tělo hydromotoru. Taktéž je tato plocha tolerována na kolmost vůči základně A, která je umístěna na \varnothing 68 h8. Tolerance kolmosti je dána rozmezím $\pm 0,1$ mm.

Zleva na velký průměr přiléhá \varnothing 68 h8 o délce 9 -0,2. Tato tolerance slouží pro zajištění smontovatelnosti, správného dosednutí ploch. Vzhledem k tomu má tento průměr drsnost Ra 3,2 a je tolerován na válcovitost o rozmezí 0,05mm.

Zprava k velkému průměru doléhá kuželová plocha, která má stoupání pod úhlem 45° na \varnothing 60 mm. Kužel je sražen 3x4 mm pod úhlem 55° . Přechodová plocha mezi kuželem a plochou velkého průměru je zakončena přechodovým rádiusem R4. Kužel má drsnost Ra 6,3.

Z čela \varnothing 68 h8 je otvor o \varnothing 35 $+^{0,3}_{0,2}$ mm o délce 22 mm, tolerován na souosost vůči základně A $\pm 0,05$ mm. Tento otvor slouží jako tlumení.

Po obvodu velkého průměru jsou vyvrtány otvory pro šrouby M16 => otvory velikosti \varnothing 17 mm s kuželovým zahloubením 3x 45° . Tyto díry jsou rovnoměrně rozmístěny po obvodu po 90° . Dále je na velkém průměru vyvrtána díra pro stavěcí kolík o \varnothing 6 mm s tolerancí H12. Tato díra je posunuta o úhel 45° .

Všechny tyto díry jsou umístěny na roztečné kružnici o průměru \varnothing 105 mm s tolerancí $\pm 0,1$ mm.

3.1 Posouzení technologičnosti konstrukce

3.1.1 Z hlediska materiálu

Pro součást jsou zvoleny dva druhy materiálů.

První z materiálů je konstrukční ocel 11 523, která je dobře obrobitelná. „Po svaření je nutné normalizačně žíhat při teplotách 850 - 880°C, popřípadě je možno kalit v rozmezí teplot 850 – 870°C, kalit je nutno do vody nebo oleje. Jeho pevnost je

v celku dobrá, kolem 550 MPa. O maximální tvrdosti 275 HB. Je zařazen do třídy odpadu 002. Materiál se používá pro výrobky jak staticky, tak dynamicky namáhané např. hřídele, ozubená kola...“[5]

Jako druhý materiál je zvolena ocel na odlitky ČSN 42 2709. Tento materiál je manganová ocel vhodná pro lití do písku a pro zvýšené opotřebení třením, s podmíněně zaručenou svařitelností. Používá se pro více namáhané strojní součásti. Její pevnost je 520-670 MPa.

3.1.2 Z hlediska polotovaru

$$P_c = 0,05 \times D_{\max} + 2 = 0,05 \times 150 + 2 = 9,5 \text{ mm} = 10 \text{ mm} \Rightarrow \varnothing 160 \text{ mm}$$

$$L_c = 0,05 \times l_{\max} + 2 = 0,05 \times 70 + 2 = 5,5 \text{ mm} = 6 \text{ mm} \Rightarrow 76 \text{ mm}$$

Minimální přídavek u tyčového materiálu, který je dán výpočtem, má hodnotu 9,5 mm. Vzhledem k rozměrům tyčí volíme $\varnothing 160$ mm válcovaný za studena a $\varnothing 150$ mm v provedení hlazené loupané tyče, která má deklarované rozměry v toleranci h10.

Přídavek na délku je 6 mm. Tedy výsledná délka polotovaru z tyče je 76 mm.

Výsledkem volby polotovarů je:

- ~ $\varnothing 160 \times 76$ ČSN 42 5510.12 – 11 523 ČSN 42 0138.50
- ~ $\varnothing 150 \times 76$ ČSN 42 6510.12 – 11 523 ČSN 42 0138.50
- ~ Odlitek z materiálu ČSN 42 2303
- ~ Výkovek z materiálu 11 523

4 VÝROBNÍ POSTUP

4.1 Výrobní postup varianta 1

V prvním kroku je vyráběna strana s dírou (tedy válcové osazení $\varnothing 68$ mm a vnitřní díra $\varnothing 35$ mm) obrábění probíhá na stroji MASTURN 50 CNC. Na stejném stroji je obrobek přeupnut a je obrobena kuželové sražení. Otvory pro smontování $\varnothing 6$ a $\varnothing 17$ jsou vyráběny na stroji VXR 50 NC. Podrobný popis viz příloha č. 4.

4.2 Výrobní postup varianta 2

V prvním kroku je vyráběna strana s dírou (tedy válcové osazení \varnothing 68mm a vnitřní díra \varnothing 35 mm) obrábění probíhá na stroji SPT 16 NC. Poté je obrobek přeupnut do stroje typu MASTURN 50 CNC, na kterém je obrobena kuželové sražení. Otvory pro smontování \varnothing 6 a \varnothing 17 jsou vyráběny na stroji VXR 50 NC stejně jako v předchozím případě. Podrobný popis viz příloha č. 5.

4.3 Výrobní postup varianta 3

V prvním kroku je vyráběna strana s dírou (tedy válcové osazení \varnothing 68mm a vnitřní díra \varnothing 35 mm) obrábění probíhá na stroji SPT 16 NC. Poté je obrobek přeupnut do stroje typu MASTURN 50 CNC, na kterém je obrobena kuželové sražení. Oproti variantě 2 je zde zařazena víceobsluha. Otvory pro smontování \varnothing 6 a \varnothing 17 jsou vyráběny na stroji MCV 750 A. Podrobný popis viz příloha č. 6.

4.4 Výrobní postup varianta 4

Varianta 4 je stejná jako varianta 3, pouze vrtání děr neprobíhá na stroji MCV 750, ale na stroji VXR 50 NC. Podrobný popis viz příloha č. 7.

5 KALKULACE

5.1 Stanovení ceny odlitku

Pro stanovení ceny odlitku je potřeba znát cenu práce stroje, i množství a cenu materiálu. Z výpočtu vyjde cena modelu 28 000 Kč. Cena je stanovena firmou Slévárna Plzeň a.s. Po stanovení ceny modelu je přistoupeno ke stanovení ceny materiálu na odlitek.

Cena a množství materiálu se stanoví z hrubé hmotnosti polotovaru, což je 5,2 kg. Cena mat. pro ocel na odlitky ČSN 42 2709 je 55 Kč/kg. Po odlití a ztuhnutí se tento materiál musí normalizačně žíhat, takže k ceně surového odlitku musí být připočítáno 20 Kč/kg na normalizační žíhání.

K těmto cenám přímo souvisejícím s výrobou se mohou připočítávat, pokud to zákazník požaduje, ceny pro atesty. Ty nejčastější jsou Atest 3.1 (atest chemického složení 5 prvků) + atest mechanických vlastností. Atest stojí 1500 Kč na tavbu (1 tavba = 160 ks). Další se může vyskytnout požadavek na test v akreditované firmě, jehož cena je 2000 Kč/tavba. Dále se můžou vyskytnout požadavky na zkoušky ultrazvukem 300 Kč/ks, zkouška rentgenem 2000 Kč/kus a metalografická zkouška 3000 Kč/tavba. Aby byly jednotlivé zkoušky průkazné, musí být vzorky neustále pohromadě s odlitkami.

Pro stanovení ceny odlitku potřebujeme:

cena formy	28 000 Kč
cena materiálu 55 Kč/kg	55 x 5,2 = 286 Kč
cena tepelného zpracování 20 Kč/kg	20 x 5,2 = 104 Kč
Atest 3.1 + mechanické vlastnosti	1500 Kč/tavba (1 tavba = 160 ks)
akreditovaný rozbor	2000 Kč/tavba
zkouška ultrazvukem	300 Kč/ks
zkouška RTG	2000 Kč/ks
metalografická zkouška	3000 Kč/tavba

Tabulka 1 - kalkulace ceny odlitku

Kalkulace ceny při výrobě 1 ks :

$$(28\ 000/n) + 286 + 104 + (1500 \times A) + (2000 \times A) + (300 \times k) + (2000 \times k) + (3000 \times A) = \text{cena odlitku}$$

$$(28\ 000/1) + 286 + 104 = 28\ 390,-$$

n...počet kusů

k...počet kusů ke kontrole

A... počet taveb

Pokud je: 1 n 160...A=1

161 n 320...A=2

321 n 480...A=3

•

V tomto případě jsou ceny kalkulovány bez uvažování požadavků atestů. A výsledek nám říká, kolik bude stát cena polotovaru při výrobě jednoho kusu.

5.2 Stanovení ceny výkovku

Cena zápustky je 87 000 Kč, tato cena je stanovena firmou Moravské kovářny. Cena je včetně materiálu a práce na vytvoření zápustky. Zákazník platí jen spoluúčast na tvorbě nářadí, což v tomto případě je 35 000 Kč a to z toho důvodu že zápustka zůstává majetkem firmy Moravské kovářny.

Po stanovení ceny zápustky se pokračuje stanovením ceny materiálu na výkovek. Cena a množství materiálu se stanovuje z výpočtu hrubé hmotnosti materiálu, což je 6,15 kg. Pro ocel 11 523 průměru 90 mm je cena 18,7 Kč/kg. Po vykování se materiál musí dále přímo na místě opracovat (normalizačně žíhat, pískování povrchu). Proto se k ceně vlastního materiálu musí připočítat 130 Kč/ks .

Stejně jako u odlitku pokud zákazník požaduje atesty, tak se jejich ceny připočítávají k již spočtené hodnotě. Jejich hodnoty viz tabulka č. 2.

Cena pro stanovení odlitku bez obrábění je:

cena zápustky	35 000 Kč
cena materiálu 18,7 Kč/kg	$18,7 \times 6,15 = 115,01$ Kč
cena opracování	130 Kč/ks
Atest 3.1 + mechanické vlastnosti	1500 Kč/tavba (1 tavba = 160 ks)
akreditovaný rozbor	2000 Kč/tavba
zkouška ultrazvukem	300 Kč/ks
zkouška RTG	2000 Kč/ks
metalografická zkouška	3000 Kč/tavba

Tabulka 2 - kalkulace ceny výkovku

Kalkulace při výrobě 1 ks:

$$(35\ 000 / n) + (115,01 \times n) + (130 \times n) + (1500 \times A) + (2000 \times A) + (300 \times k) + (2000 \times k) + (3000 \times A) = \text{cena výkovku}$$

$$(35\ 000 / 1) + (115,01) + (130) = 35\ 245,01$$

n...počet kusů

k...počet kusů ke kontrole

A... počet taveb

Pokud je: 1 n 160...A=1

161 n 320...A=2

321 n 480...A=3

V tomto případě jsou ceny kalkulovány bez uvažování požadavků atestů

5.3 Stanovení ceny tyčového materiálu

Při kalkulaci této ceny je vycházeno hlavně z údajů, jaký materiál je volen pro výrobu a z velikosti spočtených polotovarů. Také se musí zohlednit, zda se má použít tyč s přesnými (deklarovanými) rozměry - tažená a loupaná tyč, nebo zda stačí tyč s menší přesností výsledných rozměrů – válcovaná tyč.

Cena polotovaru se stanovuje tak, že hmotnost polotovaru vynásobíme cenou materiálu 1kg. V případě polotovaru \varnothing 150 mm je hmotnost 10,54 kg v případě polotovaru \varnothing 160 mm je hmotnost 11,99 kg. Tyto hmotnosti vynásobíme s cenou pro příslušný rozměr polotovaru. Pro \varnothing 150 mm je cena 42 Kč/kg, pro \varnothing 160 mm je cena 30,9 Kč/kg. Ceny jsou získané z internetového katalogu firmy Ferrum Plzeň.

Dále také jako u předchozích polotovarů ovlivňují cenu požadavky na atesty, kontroly a zkoušky daného materiálu.

cena materiálu 150	42 x 10,54 = 442,68 Kč
cena materiálu 160	30,9 x 11,99 = 370,49 Kč
typické vlastnosti materiálu Atest 2.2	zdarma
chemické složení materiálu Atest 3.1	1500 Kč/tavba
mez kluzu, mez pevnosti, tažnost	3400 Kč/tyčka z tavby
zkouška rázem v ohybu	3200 Kč/3 tyčky z tavby
RTG zkouška	3200 Kč/snímek (kus)

Tabulka 3 - kalkulace ceny tyč. mat.

Kalkulace \varnothing 150 mm pro 1 ks:

$$(442,68 \times n) + (1500 \times A) + (3400 \times A) + (3200 \times A) + (3200 \times k) = \text{cena 150}$$
$$(442,68) = \underline{442,68} \text{ Kč}$$

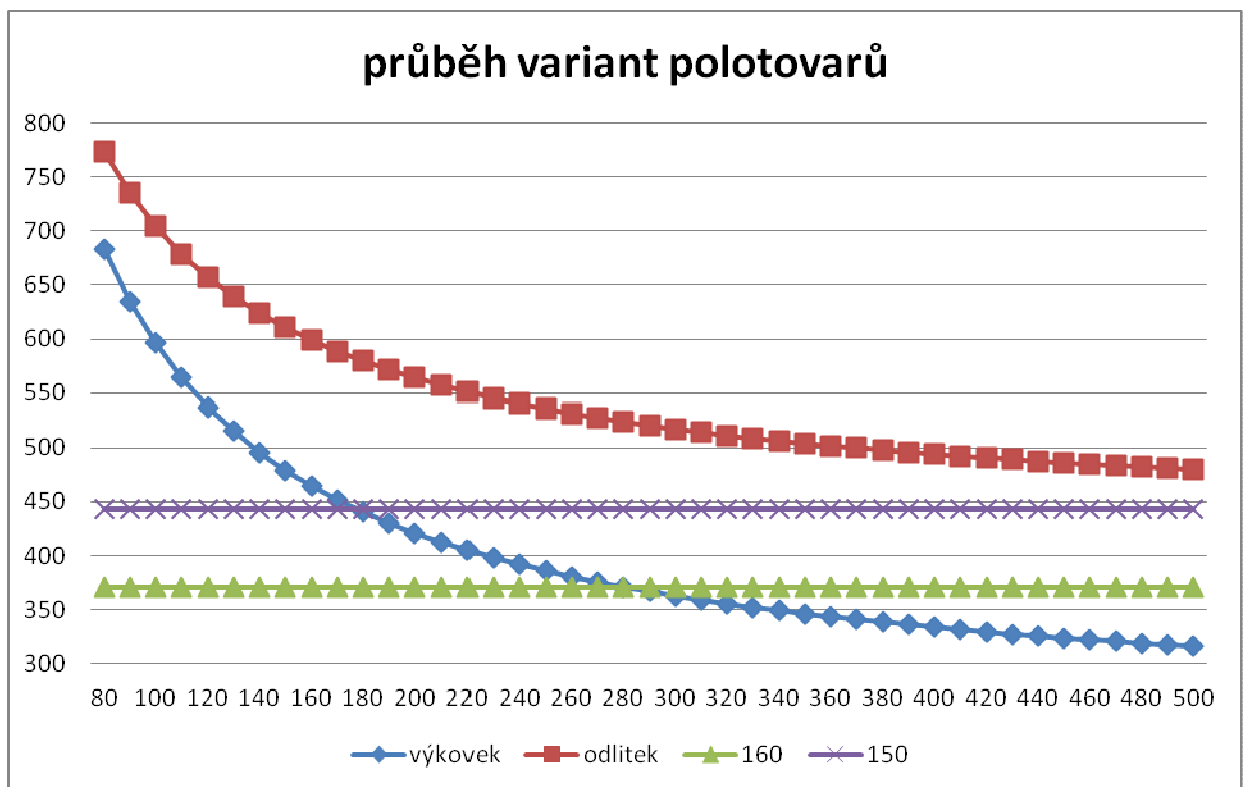
Kalkulace \varnothing 160 mm pro 1ks:

$$(370,491 \times n) + (1500 \times A) + (3400 \times A) + (3200 \times A) + (3200 \times k) = \text{cena 160}$$
$$(370,491) = \underline{370,491} \text{ Kč}$$

V tomto případě jsou ceny kalkulovány bez uvažování požadavků atestů

	Odlitek	Výkovek	Ø 150 mm	Ø 160 mm
1 ks	33 710 Kč	35 245,01 Kč	442,68 Kč	370,491 Kč

Tabulka 4 – výsledná cena při výrobě 1 ks polotovaru



Graf 1- průběh variant polotovarů

V tabulce č. 4 je vidět cena při výrobě jednoho kusu polotovaru. Dále byla cena přepočtena i pro případ, když se bude vyrábět více kusů (N kusů). A to tak, že se spočetly náklady na daný počet kusů a z nich byly spočteny náklady na 1 ks při výrobě N kusů. Což je vidět v grafu č. 1, který nám tuto záležitost popisuje graficky.

Stanovení přesné hodnoty přechodu polotovaru:

$$370,49 = 35000/N + 246$$

$$\underline{N = 281,14 \text{ ks}}$$

5.4 Stanovení ceny práce

Pro docílení požadovaného tvaru z již zmíněných polotovarů (odlitek, výkovek, tyčový materiál) se použije určitá technologie obrábění, ve sledu již výše zmíněném viz kapitola 4. Na každou operaci je nutno stanovit výrobní časy, dle kterých je spočítána doba výroby na jednotlivých pracovištích.

Pro výpočet nákladů na jednotlivých pracovištích byly použity hodinové sazby strojů, viz tabulka č. 5. Hodinová sazba obsahuje režijní náklady, mzdové náklady a náklady na spotřebu běžného nářadí. Jelikož při výrobě není použito žádné speciální nářadí, je tato sazba konečná.

5.4.1 Cena práce stroje:

Stroj	název stroje	hodinová sazba
Pila		350
Soustruh	MASTRURN 50	450
	SPT 16 NC	450
Vrtačka	VXR 50 NCA	450
	VS32B-CE1	350
Frézka	MCV 750	700

Tabulka 5 - hodinové sazby stroje

5.4.2 Čas výroby

Časy byly nejprve spočteny podle vzorců pro stanovení strojních časů a následně byly ověřeny přímo při výrobě víka hydromotoru. Ověření a výroba víka hydromotoru proběhla na stroji MASTURN 50, při stejných řezných podmínkách jaké byly použity pro spočtení strojních časů. Časy pro díry $\varnothing 6$ a $\varnothing 17$ byly ověřeny na stroji MCV 750.

Řezné podmínky jsou stejné pro obrábění čela a hrubovací operace. Podmínky jsou:

- ~ řezná rychlost 250 m/min
- ~ posuv 0,25 mm/ot.
- ~ hloubka řezu 2 mm

Pro dokončování jsou použity tyto řezné podmínky přídavek na čisto 2 mm na průměr:

- ~ řezná rychlost 250 m/min
- ~ posuv 0,15 mm/ot.
- ~ Hloubka řezu 1 mm

Při vrtání \varnothing 33 mm je:

- ~ řezná rychlost 230 m/min
- ~ posuvu 0,15 mm/ot.

Následně je díra na \varnothing 35 dokončena vnitřním soustružením při řezných podmínkách:

- ~ řezné rychlosti 200 m/min
- ~ posuvu 0,15 mm/ot.

Díry \varnothing 6 a \varnothing 17 mm sloužící pro sestavení hydromotoru. Díry \varnothing 6 mm jsou vyráběny při:

- ~ Řezné rychlosti 1800 ot/min
- ~ posuvem 110 mm/min.

Díry \varnothing 17 mm jsou vyráběny:

- ~ při 600 ot/min
- ~ posuvu 60 mm/min.

Příklad výpočtu strojních časů pro \varnothing 160 mm strana s dírou:

Hrubování \varnothing 68

$$t_s = \frac{\pi \times D \times L}{1000 \times v_c \times f} \times i = \frac{\pi \times 150 \times 40}{1000 \times 250 \times 0,25} \times 5 = 1,5 \text{ min}$$

Více výpočtů viz příloha č. 8.

	odlitek		výkovek		tyč. mat. Ø160		tyč. mat. Ø150	
	naměřené hodnoty	spočtené hodnoty	naměřené hodnoty	spočtené hodnoty	naměřené hodnoty	spočtené hodnoty	naměřené hodnoty	spočtené hodnoty
přířez					11:48	11:48	9:13	9:13
strana s dírou	2:02	2:52	1:52	2:42	5:51	4:5	4:35	2:81
strana s kuželem	0:33	1:46	0:33	1:46	6:48	6:27	6:08	5:47
vrtání děr	10:24	8:05	10:24	8:05	10:24	8:05	10:24	8:05
celková doba výroby	12:59	12:03	12:49	12:03	23:03	23:30	21:47	18:46

Tabulka 6 - časy výroby

Rozdíl hodnot u vrtání je dán tím, že u vypočtených hodnot nejsou uvažovány přerušování a vyplachování při vrtání.

K těmto časům vlastní výroby se musí připočítat i časy spojené s přípravou výroby. Cena přípravy výroby zahrnuje prostudování dokumentace, seřízení strojů, vyzvednutí a nastavení nástrojů, vrácení nářadí...

Podle toho, který stroj je ve variantě používán a mezi kolik výrobků je tato hodnota rozpočtena se cena připočte k ceně opracování. Přibližná doba přípravy stroje, nástroje...viz tabulka 7.

	sazba stroje (Kč/hod)	doba přípravy (min)	cena přípravy (Kč)
MASTURN	450,00	45:00	337,50
SPT	450,00	50:00	375,00
VXR	400,00	40:00	266,67
MCV	700,00	35:00	408,33

Tabulka 7 - doba a cena přípravy stroje

5.4.3 Cena přípravy programu

	sazba stroje (Kč/hod)	doba přípravy (min)	cena přípravy (Kč)
MASTURN celý	450,00	50:00	375,00
MASTURN půl	450,00	25:00	187,50
SPT	450,00	45:00	337,50
VXR	400,00	45:00	300,00
MCV	700,00	35:00	408,33

Tabulka 8 - cena přípravy programu

Pro tuto cenu platí stejný postup zakomponování do výsledné kalkulace jako pro cenu přípravy. Tedy podle toho na jakém stojí je vyráběno, tak se připočte rozpočtená na jeden kus výroby při výrobě N kusů.

5.4.4 Cena opracování polotovaru

Cena opracování je závislá na druhu polotovaru a na zvoleném technologickém postupu. Stanoví se tak, že se čas výroby na stroji vynásobí s hodinovou sazbou stroje. Příklad výpočtu ceny opracování jednoho kusu ve variantě 4 – odlitek viz tabulka č. 9.

V tabulce č. 10 je vidět cena opracování pro všechny kombinace variant polotovarů a výrobních postupů.

varianta 4 - odlitek			
obrábění	Sazba stroje (Kč)	čas výroby (min)	cena výroby (Kč)
SPT 16 NC	450,00	3,47	14,40
MASTURN 50 CNC	450,00	1,10	8,25
VXR 50 NCA	450,00	7,84	58,80
MCV 750A	700,00		
PILA	350,00		
celková cena výroby			81,45

Tabulka 9 - cena opracování

	odlitek	výkovek	tyč mat Ø 160	tyč mat Ø 150
varianta 1	93,08	87,60	219,36	194,86
varianta 2	93,08	87,60	219,36	194,86
varianta 3	92,65	89,62	211,03	190,75
varianta 4	81,45	78,42	199,83	179,55

Tabulka 10 - cena opracování jednotlivých polotovarů

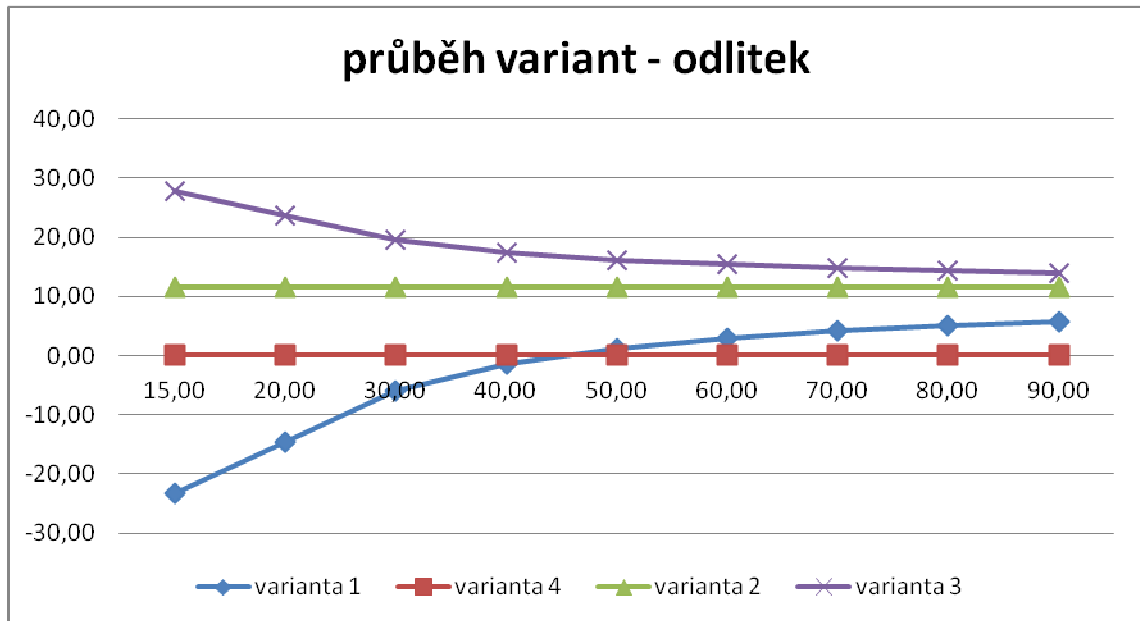
5.5 Výsledná cena výrobku

5.5.1 Odlitek

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
Cena modelu, zápusťky	28 000			
Cena materiálu	390			
Cena přípravy	603,67	978,67	1120,33	978,67
Cena tvorby programu	675	825	932,83	825
Cena opracování	93,08	93,08	92,65	81,45
Výsledná cena 1 ks	29 761,75	30 287,24	30 536,82	30 275,62

Tabulka 11 - kalkulace odlitek

Cena je dána součtem veškerých v předchozích částech popsaných částečných kalkulací. Zde je sumarizovaná výsledná cena pro výrobu 1 kusu polotovaru. Následně v grafu č. 2 je vidět průběh ceny při výrobě N kusů přepočtený na 1 kus.



Graf 2- průběh variant odlitek

Hodnoty v grafu pro lepší čitelnost musely být upraveny a to tím způsobem že byla zvolena libovolná varianta, v mém případě je to varianta 4, s kterou jsem zbylé varianty porovnávala.

Při odečtu z grafu č. 2 je uvažováno, že to co je v grafu nejnižší (tedy první čáry od zdola) jsou ty nejlepší možnosti výběru. Z grafu je patrné, že sice při výrobě jednoho kusu výrobku je výhodnější varianta 1. Ovšem jak je vidět dále v grafu že při zvyšování výrobního množství (počtu kusů) se stále výhodněji jeví varianta č. 4. Tato varianta se od 46 vyráběných kusů stává tou výhodnější variantou. Toto je dokázáno pomocí výpočtu dále.

Přechod mezi variantami tedy nastane při počtu kusů:

$$28000/N + 390 + (337,5 + 266,67)/N + (375+300)/N + 93,08 = 28000/N + 390 + (375 + 266,67 + 337,5)/N + (187,5 + 337,5 + 300)/N + 81,45$$

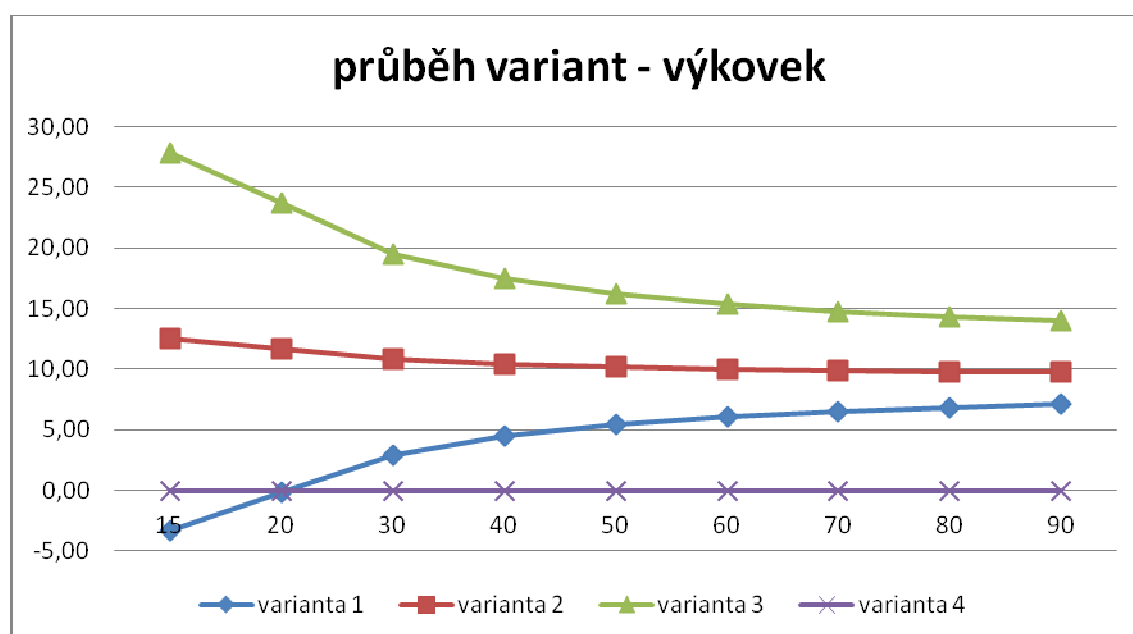
$$93,08*N - 81,45*N = 979,17 + 825 - 604,17 - 675$$

$$N = 45,22 \text{ ks}$$

5.5.2 Výkovek

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
Cena modelu, zápusky	35 000			
Cena materiálu	245,01			
Cena přípravy	603,67	978,67	1120,33	978,67
Cena tvorby programu	675	825	932,83	825
Cena opracování	87,60	87,60	89,62	78,42
Výsledná cena 1 ks	36 949,27	37 186,77	37 388,79	37 127,59

Tabulka 12 - kalkulace výkovek



Graf 3 - průběh variant - výkovek

Stejně jako u odlitku musel být graf č. 3 upraven pro lepší čitelnost. Opět jsou hodnoty variant č. 1 – 3 porovnávány k variantě č. 4.

A také stejně jako při kalkulaci ceny odlitku je v tabulce č. 12 pro výkovek vidět co vše se do kalkulace počítá. Stejně jako v grafu č. 2 pro odlitek, tak pro graf č. 3 vývoje ceny odlitku to co je nejnižší, je považováno za nejvýhodnější. V grafu č. 3 je vidět přechod varianty č. 1 na variantu č. 4.

Přesný výpočet přechodu variant č. 1 na variantu č. 4 je dán:

$$35000/N + 245,01 + (337,5+337,5+266,67)/N + (375+300)/N + 87,60 = 35000/N + 245,01 + (375+266,67+337,5)/N + (187,5+337,5+300)/N + 78,42$$

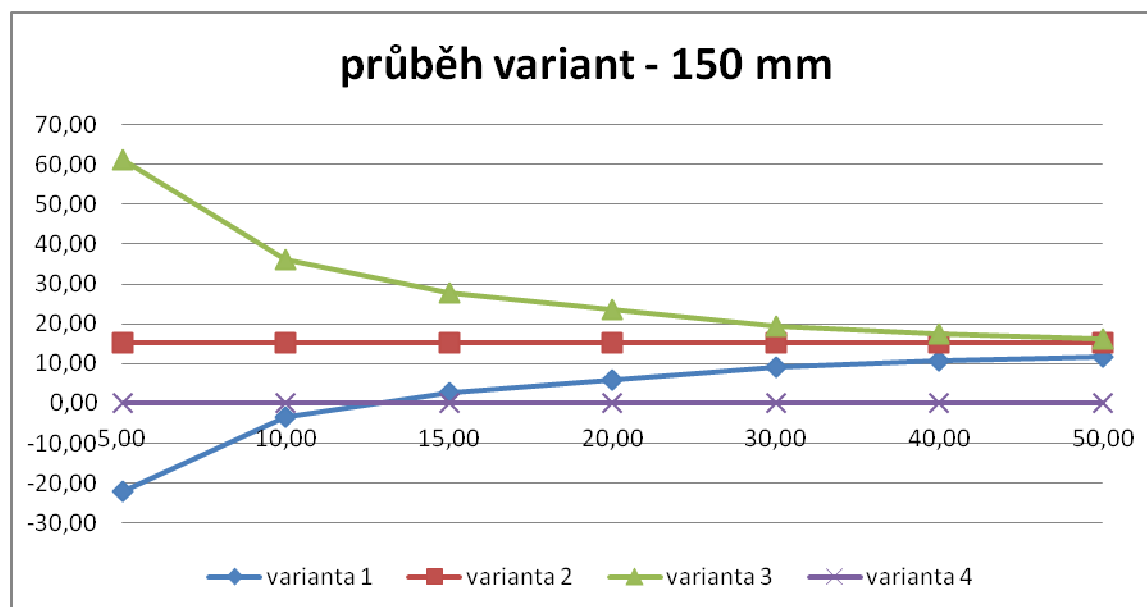
$$332,61 \cdot N - 323,43 \cdot N = 825 + 979,17 - 941,67 - 675$$

$$N = 20,42 \text{ ks}$$

5.5.3 Tyčový mat. Ø 150

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
Cena modelu, zápusky	0			
Cena materiálu	442,68			
Cena přípravy	603,67	978,67	1120,33	978,67
Cena tvorby programu	675	825	932,83	825
Cena opracování	194,86	194,86	190,75	179,55
Výsledná cena 1 ks	2 254,21	2 441,71	2 687,60	2 426,40

Tabulka 13 - kalkulace tyč. materiál 150



Graf 4 – průběh variant průměr 150

$$442,68 + (337,5+337,5+266,67)/N + (375+300)/N + 194,86 = 442,68 + (375+266,67+337,5)/N + (187,5+337,5+300)/N + 179,55$$

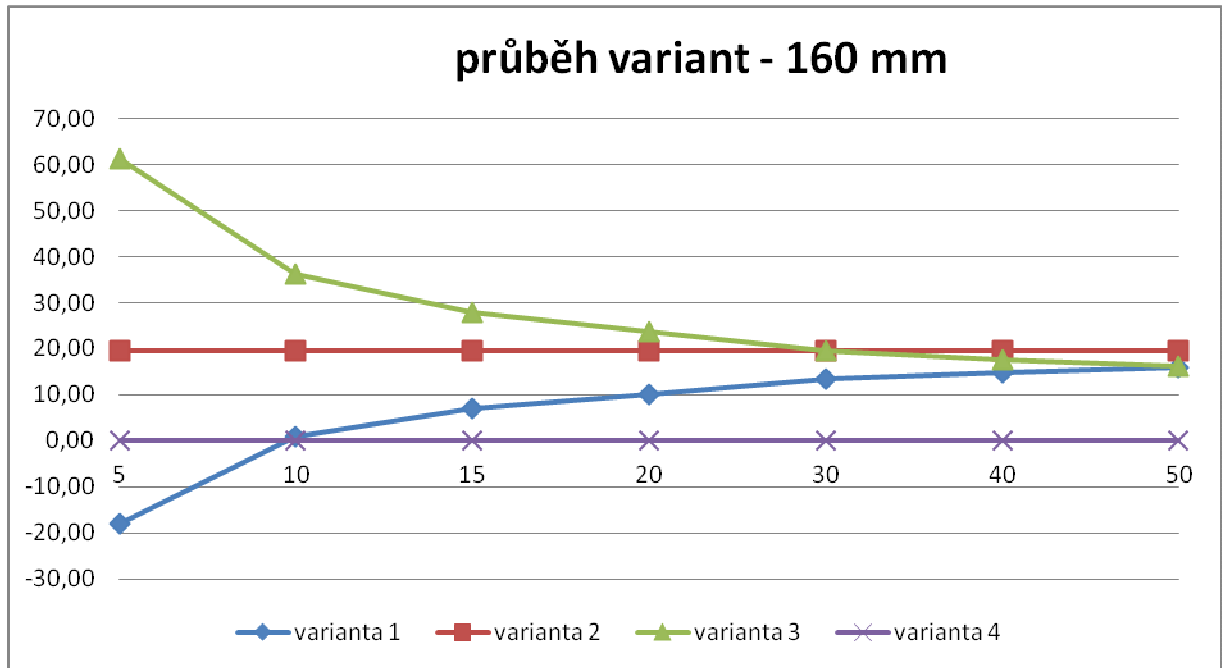
$$637,54*N - 622,23*N = 825 + 979,17 - 941,67 - 675$$

$$N = 12,24 \text{ ks}$$

5.5.4 Tyčový mat. Ø 160

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
Cena modelu, zápustky	0			
Cena materiálu	370,49			
Cena přípravy	603,67	978,67	1120,33	978,67
Cena tvorby programu	675	825	932,83	825
Cena opracování	219,396	219,36	211,03	199,83
Výsledná cena 1 ks	2 206,52	2 394,02	2 635,69	2 374,49

Tabulka 14 - kalkulace tyč. materiál 160



Graf 5 - průměr 160

$$370,49 + (337,5+337,5+266,67)/N + (375+300)/N + 219,36 = 370,49 + (375+266,67+337,5)/N + (187,5+337,5+300)/N + 199,83$$

$$19,53*N = 825 + 979,17 - 941,67 - 675$$

$$N = 9,6 \text{ ks}$$

V obou případech, jak u tyčového polotovaru o \varnothing 150 mm, tak u tyčového polotovaru \varnothing 160 mm dochází k přechodu z varianty výrobního postupu č. 1 na variantu výrobního postupu č.4 při vyrábění hodnoty kolem 10 kusů. Přesná čísla přechodů mezi variantama viz výpočty výše.

Veškeré náklady v grafech č. 4 a č.5 jsou přepočteny na náklady na 1 ks při výrobě N množství kusů.

5.6 Souhr přechodů mezi variantami

Z předchozích výpočtů a grafů vyplývá, že nejvhodnějšími variantami výrobního postupu jsou pro všechny zvolené polotovary varianta 1 a varianta 4. Jednotlivé přechodové body těchto variant jsou znázorněny v následující tabulce č. 15.

	Odlitek	Výkovek	\varnothing 150	\varnothing 160
Přechodová hodnota – pouze v daném polotovaru	45,22 ks	20,42 ks	12,24 ks	9,6 ks
Přechodová hodnota mezi polotovary	---	141,76 ks	---	---

Tabulka 15 - přechodové hodnoty

Varianta 1 je výhodnější pro menší počet kusů, varianta 4 je výhodnější pro větší počty kusů. Vzhledem k tomu, že je předpokládána výroba více kusů, je pro výpočet nejvhodnějšího polotovaru uvažována pouze varianta 4. Pro tuto variantu byly zhodnoceny náklady na obrábění a náklady na polotovar vztažené na 1 ks viz. graf č. 6. Jak je vidět z tohoto grafu, tak nejvhodnějšími polotovary jsou výkovek a kruhová tyč

Ø 160 mm. Zlomový bod těchto dvou polotovarů je při 142 kusech. Výpočet zlomového bodu ukazuje následující kapitola.

5.7 Výpočet zlomu polotovarů

Přesná hodnota přechodu polotovarů je počítána na základě výsledku v grafu č. 6 a to mezi polotovary výkovkem a tyčovým materiálem Ø 160 mm:

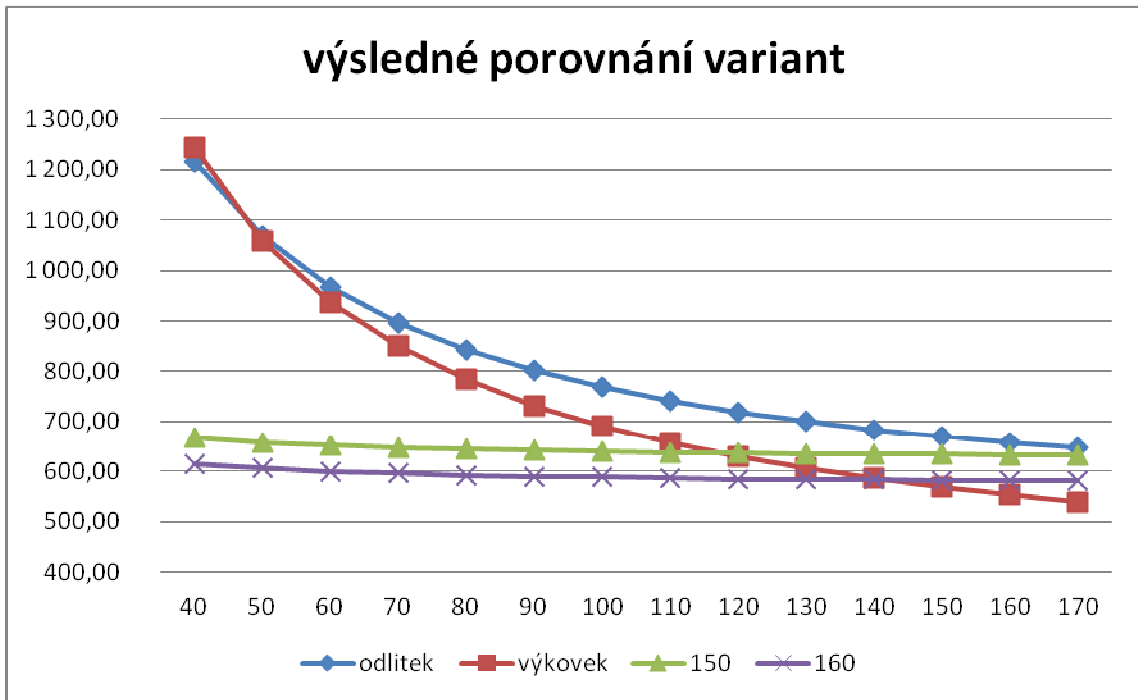
$$370,49 + (375+266,67+337,5)/N + (187,5+337,5+300)/N + 199,83 = 35000/N + 245,01 + (375+266,67+337,5)/N + (187,5+337,5+300)/N + 78,42$$

$$370,49*N + 199,83*N - 245,01*N - 78,42*N = - 979,17 - 825 + 35000 + 979,17 + 825$$
$$N = 141,76 \text{ ks}$$

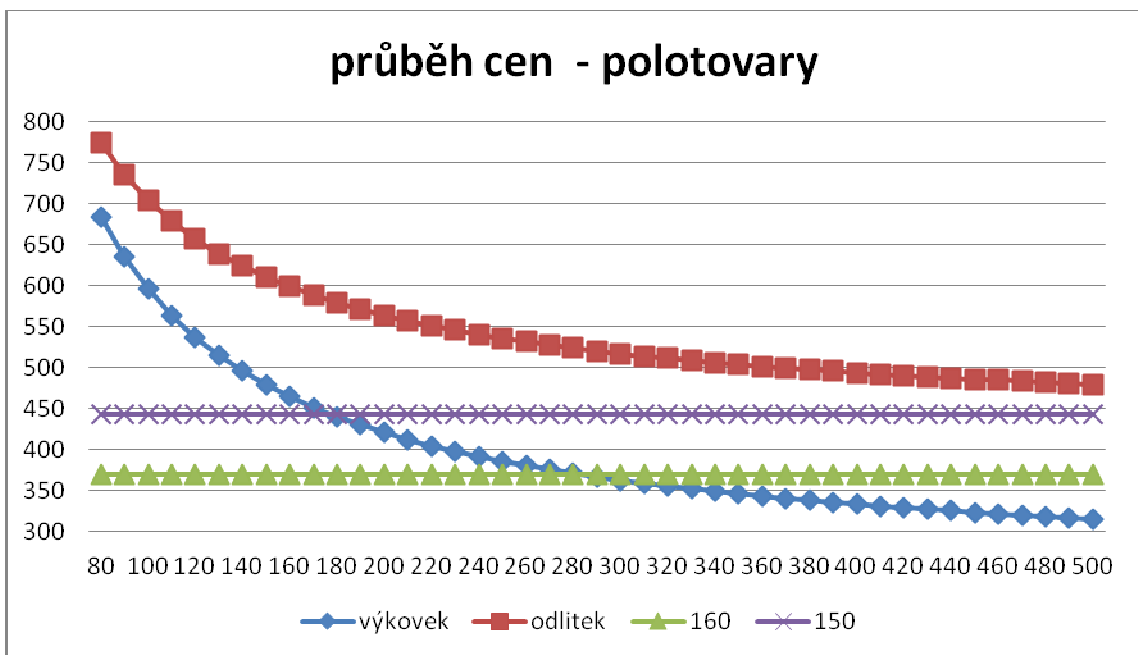
Počet kusů se výrazně snížil k porovnání počtu kusů pro samotnou výrobu polotovaru, ale nejvhodnější varianty polotovarů zůstaly stejné, viz tabulka č. 16. Pro porovnání je zde ještě jednou graf č. 1. Aby byla vidět změna v počtu kusů při uvažování ceny pouze polotovaru, ale i ceny polotovaru s cenou opracování.

Přechodová hodnota – polotovarů	281,14 ks
Přechodová hodnota – polotovarů + opracování	141,76 ks

Tabulka 16 - porovnání přechodové hodnoty



Graf 6 - výsledný porovnání variant



Graf 17 - průběh variant polotovary

6 ZÁVĚR

Projektování výrobních procesů je zaměřeno na vytváření co nejvhodnějších výrobních postupů a variací výroby, s důrazem na to aby byla výroba dané součásti co nejekonomičtější.

Hlavním úkolem této práce bylo zjištění vlivu počtu kusů na tvorbu technologického postupu pro vybranou součást.

Stroje, které byly uvažovány ve výrobních postupech této práce, jsou výrobním zařízením katedry technologie obrábění.

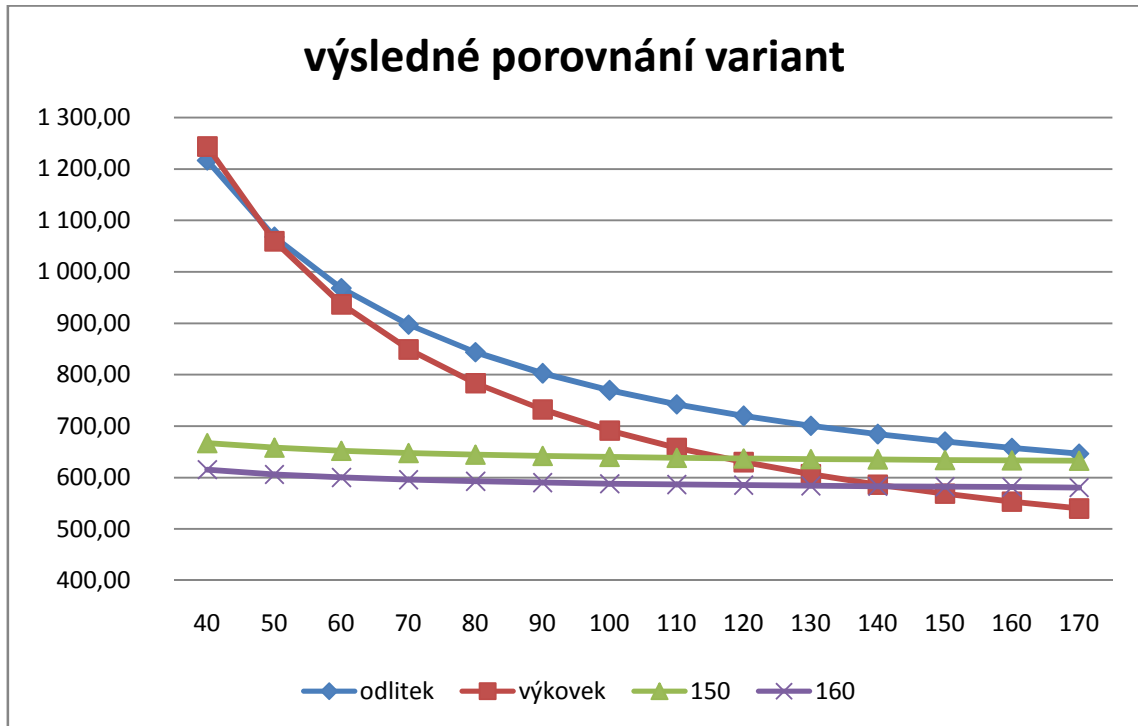
V prvním kroku této práce bylo zvolení a vytvoření výkresové dokumentace součásti, na které lze ukázat rozdíly ve zvolených polotovarech a výrobních postupech. Z těchto důvodů pro tuto práci bylo zvoleno za součást víko hydromotoru. Výkresová dokumentace viz příloha č. 1.

V návaznosti na zvolenou součást byly zvoleny 4 základní druhy polotovarů, ze kterých lze součást vyrobit:

- ~ Odlitek z materiálu ČSN 42 2907,
- ~ Výkovek z oceli 11 523,
- ~ Tyčový materiál Ø 150 mm z oceli 11 523,
- ~ Tyčový materiál Ø 160 mm z oceli 11 523.

Dalším krokem bylo stanovení výrobních postupů pro výrobu víka hydromotoru. Byly stanoveny 4 varianty technologických postupů. Přičemž rozdíly mezi variantami výrobních postupů byly v tom, na jakém stroji je daná operace prováděna. Nejvhodnější kombinaci strojů má varianta č. 4, která je popsána v kapitole č. 4.

Základní předpoklad byla výroba většího množství kusů. V práci bylo zjištěno, že pro výrobu jsou vhodné dvě varianty výrobního postupu. Tyto varianty jsou výrobní postup č. 1 a výrobní postup č. 4. Varianta č. 1 je vhodnější pro malé počty kusů a varianta 4 je vhodnější pro větší počty kusů. Přehled bodů přechodu viz tabulka č. 15. Jelikož je předpoklad vyššího počtu kusů ve výrobě, pro závěrečné hodnocení byla uvažována pouze varianta č. 4. Zhodnocení nákladů na 1 ks při výrobě N kusů s uvažováním jednotlivých polotovarů ukazuje následující graf č. 7.



Graf 8 – výsledné porovnání variant

Na tomto grafu lze odečíst přechod mezi variantami polotovarů. Z tohoto grafu vyplývá, že nejvhodnějšími polotovary jsou výkovek a kruhová tyč \varnothing 160 mm válcovaná za tepla. Zlomový bod těchto dvou polotovarů je při 142 ks.

Náklady na 1 ks a tedy i jiné průběhy křivek grafů by mohl výrazně ovlivnit použitý stroj, např. dvouvřetenové soustružnické obráběcí centrum s nezávislými vřeteny, kde by se zvolená součást mohla obrobit celá a výsledný čas obrábění by byl poté roven delšímu času na jednom z vřeten.

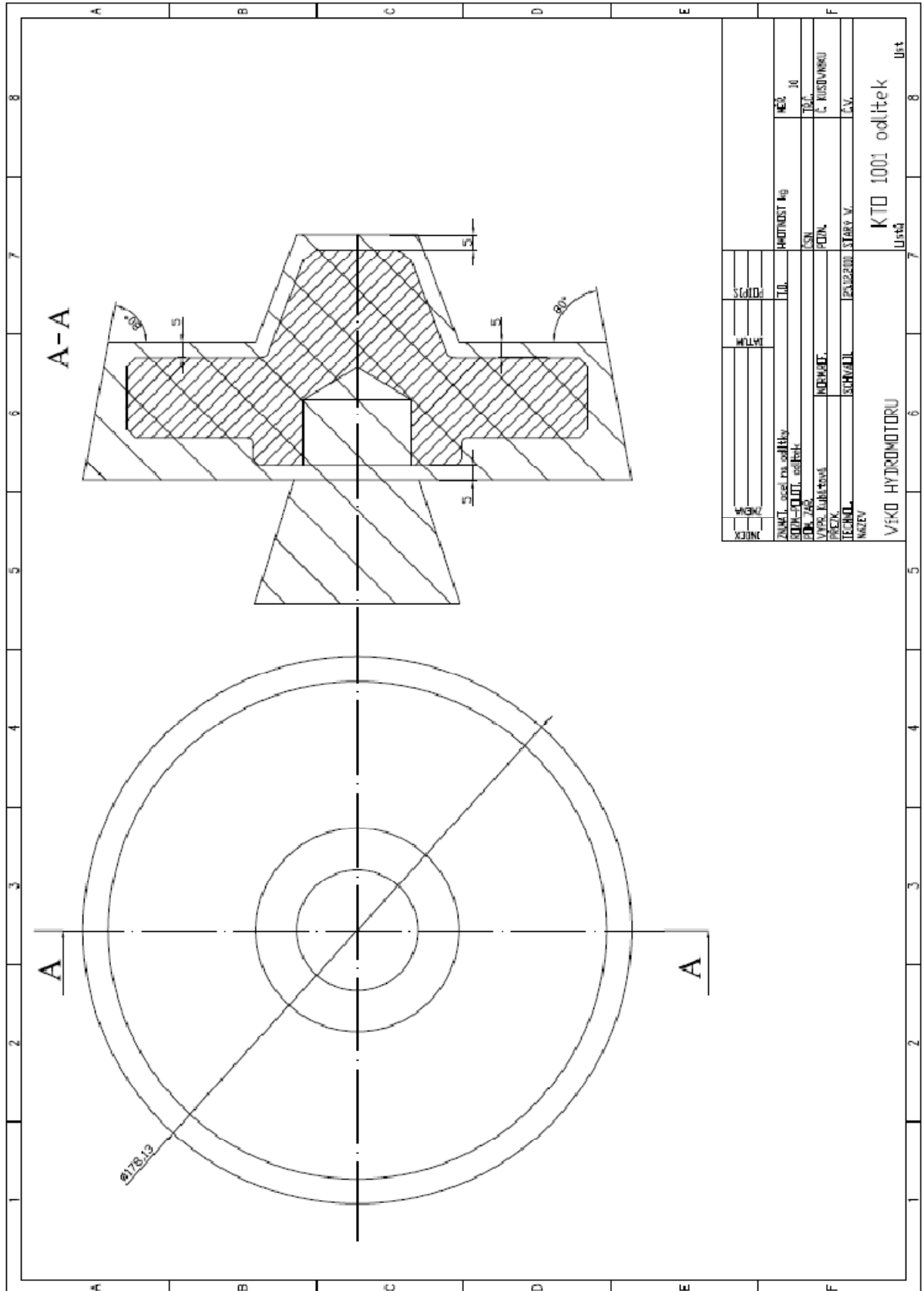
7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ

- [1] ... VIGNER, Miloslav, KRÁL, Mirko a ZELENKA, Antonín. *Metodika projektování výrobních procesů*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1984. 588 s.
- [2] ... ZELENKA, Antonín, Milan HANINGER a Vratislav PRECLÍK. *Projektování procesů obrábění a montáží*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999, 190 s. ISBN 80-010-2013-4.
- [3] ... NĚMEJC, Jiří a CIBULKA, Václav. *Projektování a výstavba strojírenských podniků: Učební text pro obor ekonomika a řízení strojírenské výroby*. 1. vyd. Plzeň: Vys. škola strojní a elektrotechn., 1986. 181 s.
- [4] ... <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TechnProcesy.pdf> (25.09.2011)
- [5] ... LEINVEBER, Jan. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 1. vyd. Úvaly: ALBRA, 2003, 865 s. ISBN 80-864-9074-2.
- [6] ... ZEMČÍK, Oskar. *Projektování výrobních procesů: Určeno pro posl. fak. strojní. Část 1., Obrábění*. 1. vyd. Brno: VUT, 1987. 162 s. Učební texty vys. škol.
- [7]... ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: CERM, 2002, 158 s. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 80-214-2219-X.
- [8] ... http://www.kvs.tul.cz/download/pi_pvs/8_prednaska.pdf (25.1.2012)
- [9] ... SYNEK, Miloslav. *Manažerská ekonomika*. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2007, 452 s. ISBN 978-80-247-1992-4.
- [10] ... SYNEK, Miloslav, Heřman KOPKÁNĚ a Markéta KUBÁLKOVÁ. *Manažerské výpočty a ekonomická analýza*. Vyd. 1. V Praze: C.H. Beck, 2009, xviii, 301 s. Beckova edice ekonomie. ISBN 978-80-7400-154-3.
- [11] ... GREWAL, Simmy, Heřman KOPKÁNĚ a Markéta KUBÁLKOVÁ. *Manufacturing process design and costing an integrated approach*. Vyd. 1. London: Springer, 2009, xviii, 301 s. Beckova edice ekonomie. ISBN 978-085-7290-915.


8 PŘÍLOHY

Příloha č. 1 - nevázaná.....	technický výkres KTO 1000 – víko hydromotoru
Příloha č. 2 - nevázaná.....	technický výkres KTO 1002 – výkovek
Příloha č. 3 - nevázaná.....	technický výkres KTO 1001 - odlitek
Příloha č. 4	výrobní postup 1
Příloha č. 5	výrobní postup 2
Příloha č. 6	výrobní postup 3
Příloha č. 7	výrobní postup 4
Příloha č. 8	strojní časy


Příloha č. 2 - pouze ukázka více viz nevázaná příloha




Příloha č. 4 – výrobní postup č. 1

		FAKULTA STROJNÍ Katedra technologie obrábění		VÝROBNÍ POSTUP				Číslo výkresu: KTO 001	
								Ks/rok:	TKK
Čís. oper.	Číslo pracoviště	Typ stroje	Popis operace	Název součásti: výko hydromotoru	Materiál: Pocovar:	Spec.nástroje, měřidla, přípravky	Hmotnost:		
							čísťá : hrubá :	čísťá : hrubá :	
								Dávka/rok :	
								IAS th	IAS tk
5		pila	dělit materiál v délce 76 mm						
10			zarovnat čelo hrubovat na ϕ 152 mm v délce 37 mm hrubovat na ϕ 70 mm v délce 8,5 mm na čisto ϕ 150 mm v délce 27 mm na čisto ϕ 68 mm v délce 9 - 0,4 mm srazit hranu na ϕ 150 mm - 3 x 3 mm vrtat ϕ 33 mm v délce 22 mm vnitřně soustružit ϕ 35 mm v délce 22 mm srazit hranu na ϕ 35 mm - 3 x 3 mm kontrola vřícovitosti a souososti - přepnutí						
15									
20			zarovnat čelo na délku 70 mm hrubovat ϕ 62 mm v délce 35 mm hrubovat kužel z ϕ 62 mm na ϕ 32 mm pod úhlem 42° srazit hranu na ϕ 150 mm - 3 x 3 mm srazit hranu na ϕ 32 mm - 4 x 4 mm na čisto kužel z ϕ 30 mm na ϕ 60 mm pod úhlem 42° vrtat ϕ 17 mm na roztečné kružnici ϕ 105 \pm 0,3 mm - 4x vrtat ϕ 6 mm na roztečné kružnici 105 \pm 0,3 mm odkloněný o 45° - 1x kuželové zahlubení 3 x 3 mm na ϕ 17 mm kontrola vřítupri						
25									
30									
								Pokračování na listě:	
								List:	


Příloha č. 5 – výrobní postup č. 2

		FAKULTA STROJNÍ Katedra technologie obrábění		VÝROBNÍ POSTUP				Číslo výkresu:		KTO 1000	
								Hmctnost:		Ks/rok:	Hmctnost:
Čís. oper.	Číslo pracoviště	Typ stroje	Název součásti: výko hydromotoru	Materiál: Poloovar.	Popis operace	Spec.nástroje, měřidla, přípravky	čísťa :	hrubá :	t _h	t _{ac}	TKK
5					dělení materiálu v délce 75 mm						
10					zarovnat čelo hrubovat na ϕ 162 mm v délce 37 mm hrubovat na ϕ 70 mm v délce 0,5 mm na čisto ϕ 150 mm v délce 27 mm na čisto ϕ 68 mm v délce 9 - 0,4 mm srazit hranu na ϕ 150 mm - 3 x 3 mm vřítat ϕ 33 mm v délce 22 mm vnitřně soustruží: ϕ 35 mm v délce 22 mm srazit hranu na ϕ 35 mm - 3 x 3 mm						
15					kontrola vřalovitosti a souososti - přeupnutí						
20					zarovnat čelo na délku 70 mm hrubovat: ϕ 62 mm v délce 35 mm hrubovat kužel z ϕ 62 mm na ϕ 32 mm pod úhlem 42° srazit hranu na ϕ 150 mm - 3 x 3 mm srazit hranu na ϕ 32 mm - 4 x 4 mm na čisto kužel z ϕ 30 mm na ϕ 60 mm pod úhlem 42°						
25					vřítat ϕ 17 mm na roztečné kružnici ϕ 105 ± 0,3 mm 4x vřítat ϕ 6 mm na roztečné kružnici 105 ± 0,3 mm odkloněný o 45° 1x kuželové zahloubení 3 x 3 mm na ϕ 17 mm						
35					kontrola výstupní						
Pokračování na listě:											
											List:

Příloha č. 6 – výrobní postup č. 3

		FAKULTA STROJNÍ Katedra technologie obrábění		VÝROBNÍ POSTUP				Číslo výkresu: KTO 1000					
		Název součásti: výško hydromotoru		Materiál: Polotov. ar.		Hmotnost: číslo : hrubá		Ks/rok: Ks/dávka:		Dávka/rok:		TKK	
Čís. oper.	Číslo pracoviště	Typ stroje	Popis operace				Spec.nástroje, měřidla, přípravky	tas	řac	řec	řaz	řaz	
5	10	SPI 16 NC	dělení materiálu v délce 75 mm zarovnat čelo hrubovat na ϕ 152 mm v délce 37 mm hrubovat na ϕ 10 mm v délce 8,5 mm na číslo ϕ 150 mm v délce 27 mm na číslo ϕ 68 mm v délce 9 - 0,4 mm srazit hranu na ϕ 150 mm - 3 x 3 mm vřít ϕ 33 mm v délce 22 mm vnitřně soustružit ϕ 35 mm v délce 22 mm srazit hranu na ϕ 35 mm - 3 x 3 mm kontrola válcovitosti a souososti - přeupnutí										
15	20	Masturn 50 CNC	zarovnat čelo na délku 70 mm hrubovat ϕ 52 mm v délce 35 mm hrubovat kužel z ϕ 62 mm na ϕ 32 mm pod úhlem 42° srazit hranu na ϕ 150 mm - 3 x 3 mm srazit hranu na ϕ 32 mm - 4 x 4 mm na číslo kužel z ϕ 30 mm na ϕ 60 mm pod úhlem 42° vřít ϕ 17 mm na roztečně kružnici ϕ 105 \pm 0,3 mm - 4x vřít ϕ 6 mm na roztečně kružnici 105 \pm 0,3 mm odkloněný o 45° - 1x kuželově zhloubení 3 x 3 mm nč. ϕ 17 mm kontrola výstupní										
25	35	MCV 750											
Pokračování na listě:													
												List:	

Příloha č. 7 – výrobní postup č. 4

		FAKULTA STROJNÍ Katedra technologie obrábění		VÝROBNÍ POSTUP				Číslo výkresu:			
								Hmotnost:		Ks/rok:	
Číslo oper.		Číslo pracoviště		Typ stroje		Popis operace		Spec. nástroje, měřidla, přípravky		Ks/dávka:	
										Dávka/rok:	
										t _{As} t _h	
										t _{Ac} t _h	
										t _{Ac} t _h	
5			3PT 16 NC	Zarovnat čelo hrubovat na ϕ 152 mm v délce 37 mm hrubovat na ϕ 70 mm v délce 8,5 mm na číslo ϕ 150 mm v délce 27 mm na číslo ϕ 60 mm v délce 9 - 0,4 mm srazit hranu na ϕ 150 mm - 3 x 3 mm vrtat ϕ 33 mm v délce 22 mm vnitřně soustružit ϕ 35 mm v délce 22 mm srazit hranu na ϕ 35 mm - 3 x 3 mm kontrola válcovitosti a souososti - přeupnutí							
10											
15			MAS IURN 50	Zarovnat čelo na délku 70 mm hrubovat ϕ 62 mm v délce 35 mm hrubovat kužel z ϕ 62 mm na ϕ 32 mm pod úhlem 42° srazit hranu na ϕ 150 mm - 3 x 3 mm srazit hranu na ϕ 32 mm - 4 x 4 mm na číslo kužel z ϕ 30 mm na ϕ 60 mm pod úhlem 42°							
20			VXR 50 NC	vrtat ϕ 17 mm na roztečné kružnici ϕ 105 ± 0,3 mm - 4x vrtat ϕ 6 mm na roztečné kružnici 105 ± 0,3 mm odkloněný o 45° - 1x kuželové zahlobení 3 x 3 mm na ϕ 17 mm kontrola výstupní							
25											
Pokračování na listě:											
											List:

Příloha č. 8 - Strojní časy

a) Strana s dírou

Čelo

$$t_s = \frac{\pi \times D \times L}{1000 \times v_c \times f} \times i = \frac{\pi \times 160 \times 82}{1000 \times 250 \times 0,25} \times 1 = 0,66 \text{ min}$$

Horní hrana z $\varnothing 160$ mm na $\varnothing 150$ mm

$$t_s = \frac{\pi \times D \times L}{1000 \times v_c \times f} \times i = \frac{\pi \times 160 \times 40}{1000 \times 250 \times 0,25} \times 5 = 1,6 \text{ min}$$

Hrubování $\varnothing 68$ mm

$$t_s = \frac{\pi \times D \times L}{1000 \times v_c \times f} \times i = \frac{\pi \times 150 \times 40}{1000 \times 250 \times 0,25} \times 5 = 1,5 \text{ min}$$

Načisto $\varnothing 68$ mm

$$t_s = \frac{\pi \times D \times L}{1000 \times v_c \times f} \times i = \frac{\pi \times 70 \times 9}{1000 \times 250 \times 0,15} \times 1 = 0,05 \text{ min}$$

Načisto hranu z $\varnothing 68$ mm na $\varnothing 150$ mm

$$t_s = \frac{\pi \times D \times L}{1000 \times v_c \times f} \times i = \frac{\pi \times 150 \times 40}{1000 \times 250 \times 0,15} \times 1 = 0,5 \text{ min}$$

Vrtání $\varnothing 33$ mm

$$t_s = \frac{\pi \times D \times L}{1000 \times v_c \times f_z \times Z} \times i = \frac{\pi \times 33 \times 27,5}{1000 \times 23 \times 0,12 \times 2} = 1,01 \text{ min}$$

Dokončování $\varnothing 35$ mm

$$t_s = \frac{\pi \times D \times L}{1000 \times v_c \times f} \times i = \frac{\pi \times 35 \times 25}{1000 \times 200 \times 0,15} \times 1 = 0,09 \text{ min}$$

b) Strana s kuželem

Čelo

$$t_s = \frac{\pi \times D \times L}{1000 \times v_c \times f} \times i = \frac{\pi \times 160 \times 82}{1000 \times 250 \times 0,25} \times 1 = 0,66 \text{ min}$$

Hrubovat z $\varnothing 160$ mm na $\varnothing 62$ mm

$$t_s = \frac{\pi \times D \times L}{1000 \times v_c \times f} \times i = \frac{\pi \times 160 \times 49}{1000 \times 250 \times 0,25} \times 12 = 4,68 \text{ min}$$

Hrubování kužele

$$t_s = \frac{\pi \times D \times L}{1000 \times v_c \times f} \times i = \frac{\pi \times 60 \times 15}{1000 \times 250 \times 0,25} \times 6 = 0,27 \text{ min}$$

Kužel na čisto

$$t_s = \frac{\pi \times D \times L}{1000 \times v_c \times f} \times i = \frac{\pi \times 30 \times 40}{1000 \times 250 \times 0,15} \times 1 = 0,1 \text{ min}$$

Na čisto hranu z $\varnothing 60 \text{ mm}$ na $\varnothing 150 \text{ mm}$

$$t_s = \frac{\pi \times D \times L}{1000 \times v_c \times f} \times i = \frac{\pi \times 150 \times 45}{1000 \times 250 \times 0,15} \times 1 = 0,56 \text{ min}$$

c) Vrtání děr

Vrtání $\varnothing 6 \text{ mm}$

$$t_s = \frac{\pi \times D \times L}{1000 \times v_c \times f_z \times Z} \times i = \frac{\pi \times 6 \times 32,5}{1000 \times 25 \times 0,05 \times 2} = 0,3 \text{ min}$$

Vrtání $\varnothing 17 \text{ mm}$

$$t_s = \frac{\pi \times D \times L}{1000 \times v_c \times f_z \times Z} \times i = \frac{\pi \times 17 \times 32,5}{1000 \times 25 \times 0,08 \times 2} = 0,78 \text{ min}$$

