



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 SOUČÁSTI "VÍKO LOŽISKA"

TECHNOLOGY DESIGN COMPONENTS BEARING COVER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Libor VESELÝ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Milan KALIVODA

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Libor Veselý

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

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

Návrh technologie součásti "víko ložiska"

v anglickém jazyce:

Technology Design Components Bearing Cover

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Úvod.
2. Rozbor součásti "víko ložiska".
3. Výběr strojů ze strojového parku firmy.
4. Návrh technologického procesu.
5. Technicko-ekonomické vyhodnocení.
6. Diskuze.
7. Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Sestavení výrobního procesu pro stávající podmínky ve firmě. Využití zastupitelných nástrojů z katalogových databází výrobců nářadí. Srovnání variant provedení výběru nástrojů.

Seznam odborné literatury:

1. PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.
2. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing, s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
3. ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
4. HLAVENKA, Bohumil. Manipulace s materiálem: Systémy a prostředky manipulace s materiálem. 4. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2008. 163 s. ISBN 978-80-214-3607-7.
5. Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.
6. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 21.11.2014

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

V této bakalářské práci je zpracován návrh technologie výroby součásti "víko ložiska" ve dvou variantách. První varianta je navržena pro výrobu jednoho kusu součásti v podmínkách firmy. Druhá varianta se zabývá návrhem technologie sériové výroby stejné součásti za použití strojů a nástrojů ze současné produkce. Práce obsahuje návrh polotovaru součásti, volbu strojů ze strojového parku firmy, návrh vhodných nástrojů a řezných podmínek. Ekonomické zhodnocení se zabývá stanovením strojních časů pro obě varianty výroby. Navržená technologie bude využita pro skutečnou výrobu součásti.

Klíčová slova

součást, polotovar, návrh technologie, stroj, nástroj, soustružení

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the design technology for product components "bearing cover" in two variants. The first of them is designed for the production of one-piece components in company conditions. The second is concerned with the design technology for serial production of the same components using machines and tools from current production. The thesis contains designs for semi-finished components, the selection of machines from the company fleet, the design of suitable tools and cutting conditions. An economic evaluation deals with the determination of machining times for both variants of production. The proposed technology will be used for the real production of components.

Key words

component, semi-finished component, proposal of technology, machine, turning tool, turning

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VESELÝ, Libor. *Návrh technologie součásti "víko ložiska"*. Brno 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 45 s. 15 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Návrh technologie součásti "víko ložiska"** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

16. 5. 2015

Datum

Libor Veselý

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi z VUT v Brně za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Dále děkuji své rodině, především manželce, za vytrvalou podporu během celého dosavadního studia.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH	7
ÚVOD	8
1 ROZBOR SITUACE	9
1.1 Popis funkce technologického celku s čerpadlem	9
1.2 Konstrukce čerpadla a jeho parametry.....	10
1.3 Funkce součásti “víko ložiska“	12
1.4 Legislativa spojená s dotčeným zařízením	13
2 ROZBOR SOUČÁSTI.....	15
2.1 Tvar a popis součásti.....	15
2.2 Návrh rozměru polotovaru.....	15
2.3 Návrh materiálu polotovaru	17
2.4 Výpočet spotřeby materiálu	18
3 TECHNOLOGIE VÝROBY V PODMÍNKÁCH FIRMY.....	21
3.1 Volba strojů ze strojového parku firmy	21
3.2 Volba nástrojů.....	23
3.3 Stanovení řezných podmínek.....	24
3.4 Technologický postup pro výrobu jednoho kusu součásti.....	25
4 VÝROBNÍ TECHNOLOGIE NA ÚROVNI SOUČASNÉ DOBY	26
4.1 Volba strojů.....	26
4.2 Volba nástrojů.....	28
4.3 Stanovení řezných podmínek.....	31
4.4 Technologický postup pro sériovou výrobu součásti	31
5 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	32
5.1 Výpočet strojních časů.....	32
6 DISKUZE	38
ZÁVĚR	39
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	40
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	42
SEZNAM PŘÍLOH.....	45

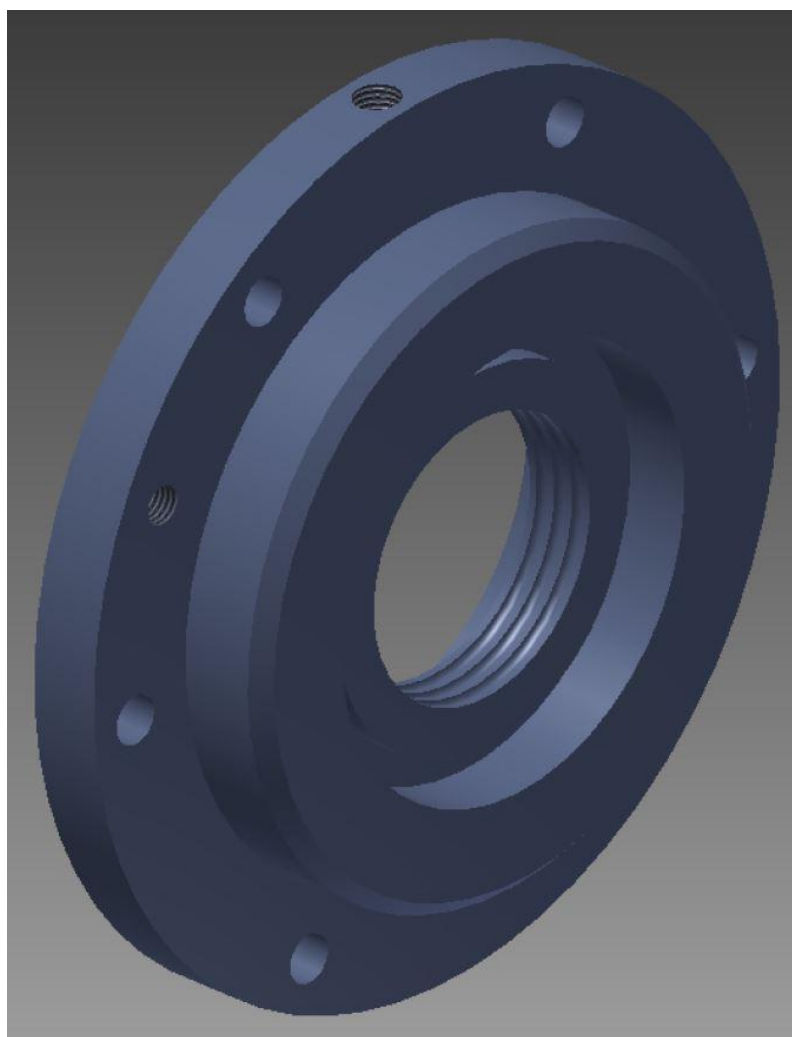
ÚVOD

Obsahem této práce je zpracování technologie výroby pro navržený náhradní díl součásti víko ložiska (obr. 1.1). Jedná se o výrobu náhradního dílu čerpadla technologií třískového obrábění. Původní součást je odlitek (obr. 1.2).

Práce obsahuje rozbor součásti a návrh polotovaru, ve kterém jsou stanoveny rozměry polotovaru a je vypočítáno využití materiálu víka ložiska včetně výpočtu všech ztrát materiálu (dělením materiálu, obráběním přídavek a rozměrově nevyužitelného konce tyče).

V technologickém postupu výroby jsou navrženy všechny operace potřebné k výrobě dané součásti. Operace jsou seřazeny podle funkčních požadavků součásti. Stroje jsou zvoleny dle strojního vybavení firmy a jednotlivých operací tak, jak následují po sobě. Jedná se o rotační součást přírubového charakteru, která je převážně obráběna soustružením.

Ve výrobních návodkách jsou stanoveny základní řezné podmínky pro výrobu. Předpokládané vyráběné množství této součásti je jeden kus. Technicko-ekonomické hodnocení se zabývá stanovením strojních časů pro jednotlivé operace.



Obr. 1.1 Navržený náhradní díl (víko ložiska).

1 ROZBOR SITUACE

Hlavním důvodem návrhu technologie výroby součásti víko ložiska metodou třískového obrábění je nedostupnost náhradních dílů. Dodavatelem příslušné technologie byl tehdejší Sovětský svaz a získání originálních náhradních dílů čerpadla (obr. 1.3) je problematické. V minulosti došlo u tohoto čerpadla k poruše, která způsobila zadření ložiska a následkem toho i poškození příslušného víka ložiska.

V současné době je uskladněn jeden kus součásti jako náhradní díl. Bylo rozhodnuto o zpracování výrobního postupu včetně návrhu polotovaru pro případnou výrobu součásti. Původní víko ložiska (obr. 1.2) je sice odlitek, ale výroba jednoho kusu nové součásti touto technologií by byla značně neekonomická, proto byla zvolena alternativa výroby vlastními prostředky v mechanických dílnách údržby.



Obr. 1.2 Původní víko ložiska.

1.1 Popis funkce technologického celku s čerpadlem

Každý podsystém NT systému havarijního chlazení AZ (TH) tvoří:

- NT havarijní doplňovací čerpadlo,
- nádrž havarijní zásoby roztoku H_3BO_3 NT systému,
- samostatný odtok z podlahy boxu PG,
- chladič SAOZ,
- propojovací potrubí a armatury [1].

NT systém havarijního chlazení AZ je určen ke kompenzaci havarijních úniků chladiva a k dochlazení AZ v takových haváriích, kdy tlak v I.O. klesne pod 0,7 MPa (např. velký únik, který představuje případ prasknutí potrubí od efektivní světlosti Js 32 do oboustranného výtoku z prasklého potrubí Js 500) [1].

Výtlač NT havarijních doplňovacích čerpadel [1] je zaústěn následovně:

- 3TH21D01 - výtlač se dělí do dvou větví a ústí do JR nad a pod AZ,
- 3TH41D01 - výtlač se dělí do dvou větví, které ústí do studené a horké větve 4. smyčky,
- 3TH61D01 - výtlač se dělí do dvou větví a ústí do JR nad a pod AZ [1].

Výtlačky čerpadel jsou od JR odděleny systémem zpětných klapek, které jednak brání výtoku z JR do výtlačné trasy, jednak umožňují správnou funkci HA při velké netěsnosti výtlaču NT čerpadel před společnou trasou [1].

Systém TH je udržován v pohotovosti. V tomto režimu jsou čerpadla v klidu připravena ke spuštění. Nádrž TH včetně hydrouzávěrů je zaplněna na nominální hladinu roztokem H_3BO_3 o koncentraci $12 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Připraven k provozu je také ventilační systém SAOZ. V provozu je systém technické vody důležité, přičemž armatury TVD jsou zavřené a přes chladič proudí pouze technická voda důležitá od spotřebičů reaktorovny [1].

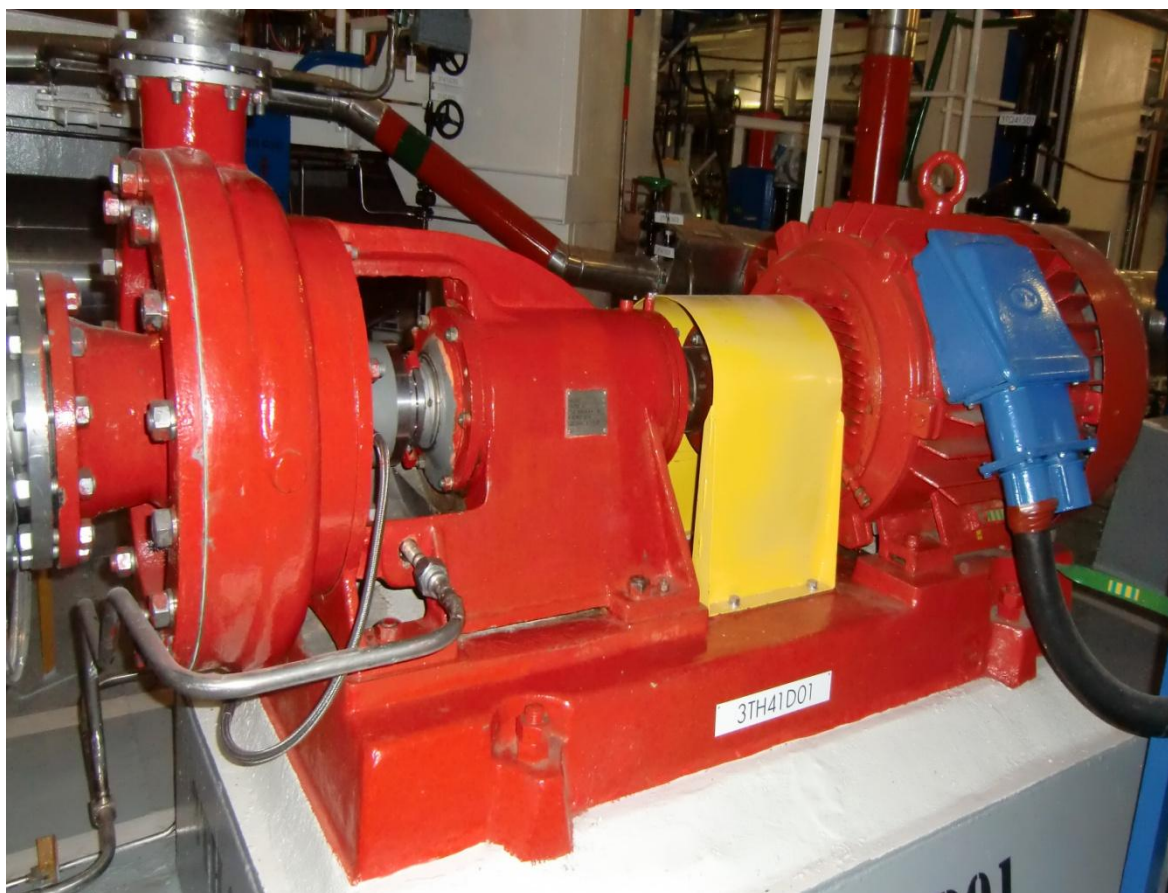
V případě havárie zapínají čerpadla TH a je blokováno jejich vypnutí od signálů "velký únik", "přetlak v boxu PG", nebo "střední únik", zároveň se od těchto signálů otevírají RČA a zavírají armatury organizovaných úniků. Od signálu "velký únik" nebo „přetlak v boxu PG“ otevírají armatury TVD a přes chladič SAOZ proudí plný průtok TVD. Pokud je tlak v I.O. větší než tlak na výtlaču NT čerpadel, brání výtoku roztoku z JR zpětné klapky a čerpadlo pracuje na recirkulaci, při dalším poklesu tlaku v I.O. se čerpadlo začne prosazovat. Od průtoku $105 \text{ m}^3/\text{hod}$ od NT čerpadla do I.O. (se zpožděním 2 s) se zavírá rozběhová armatura a čerpadla tak dodávají množství roztoku odpovídající protitlaku v I.O. dané charakteristikou čerpadla. V případě spotřebování roztoku v příslušné nádrži TH tj. po poklesu hladiny v nádrži na 400 mm dle měření se NT havarijní doplňovací čerpadlo připojí k chladiči SAOZ a odpojí se od své nádrže [1].

Další jeho činnost je odvislá od dodávky roztoku přes vtokový objekt a chladič SAOZ. Dodávka roztoku H_3BO_3 do JR může být přerušena nebo ukončena pouze v souladu s provozním předpisem LMS převedením čerpadel na recirkulaci nebo vypnutím. Při vypnutí čerpadla se otevírá rozběhová armatura [1].

1.2 Konstrukce čerpadla a jeho parametry

Čerpadlo je jednostupňové, odstředivé. Těleso čerpadla (obr. 1.3) je spirálové, postupně přecházející ve výtlačné vertikální hrdlo. Přívod kapaliny je horizontální v ose čerpadla. Oběžné kolo je šestilopátkové, upevněné maticí na hřídeli, otáčení v radiálním směru zabraňuje klín. Ucpávka je mechanická, jednoduchá, čelní a je zahlcovaná pracovním médiem z výtlačné části spirální skříně. Medium, které se ohřívá třením těsnících ploch, je odváděno z ucpávky kolem hřídele do sacího prostoru ulity čerpadla. Ložiska jsou kuličková, uložená v opěrném sloupu (kozlíku) čerpadla (u čerpadla 2 kusy, u spojky 1 kus) [1].

Na společné základové desce je instalován elektromotor spojený s čerpadlem čepovou spojkou s elastickými vložkami. Elektromotor je třífázový asynchronní s kotvou na krátko, chlazený ofukováním z ventilátoru na hřídeli elektromotoru. Ložiska jsou valivá (u spojky válečkové, u ventilátoru kuličkové) [1].



Obr. 1.3 Čerpadlo Ch280/72-K-2GUZ včetně elektromotoru.

Tab. 1.1 Technické parametry čerpadel TH [1].

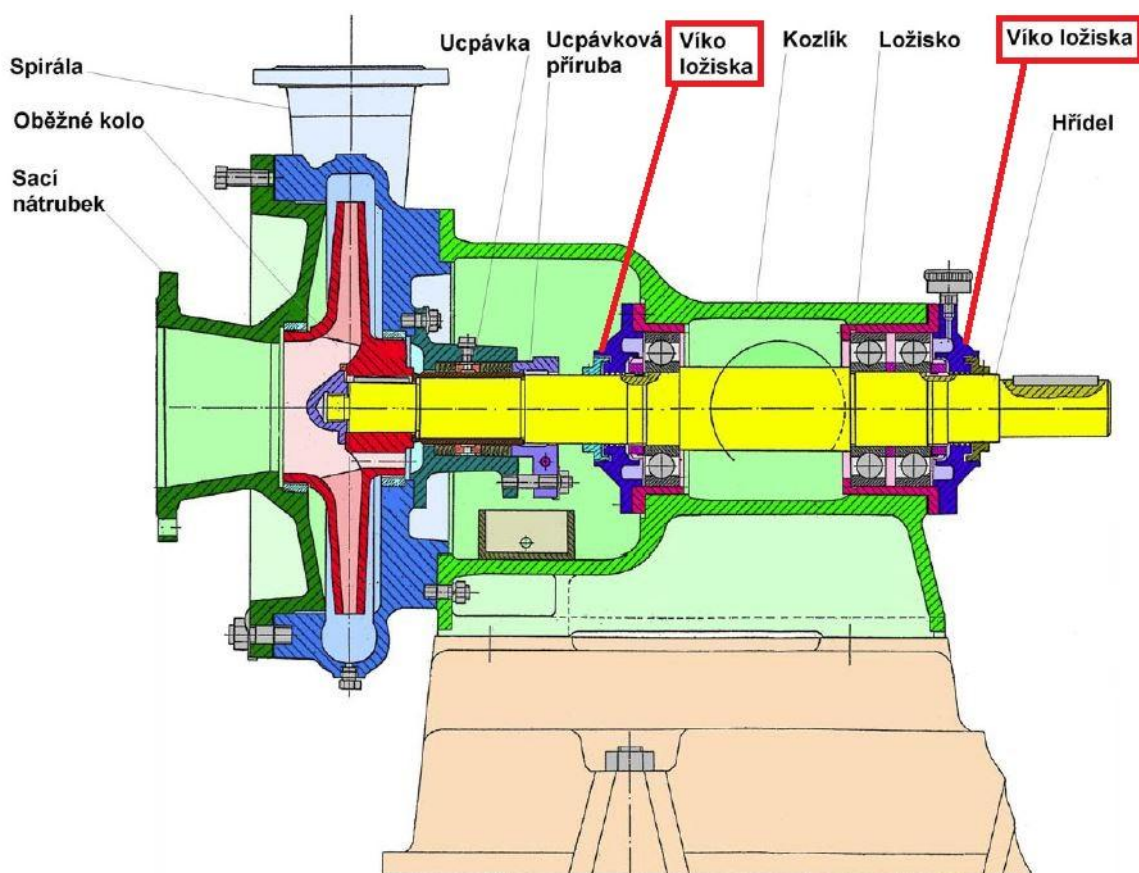
TECHNICKÝ POPIS ZAŘÍZENÍ	
Typ čerpadla	Ch280/72-K-2GUZ
Jmenovitý průtok	280 m ³ /hod při tlaku 0,71 MPa na výtlaku
Max. průtok	360 m ³ /hod při tlaku 0,63 MPa na výtlaku
Typ ucpávky	mechanická jednoduchá čelní - HTS/C 75-643 CH výrobce HTO, s.r.o. (nahrazuje původní ucpávku K-2G sovětské výroby, jejíž typ je obsažen i v typovém čísle čerpadla)
Chlazení ucpávek	čerpaným médiem z výtlacné části spirálové skříně
Druh mazání - čerpadlo: - motor:	LGHP2/1 (SKF) plastickým mazivem LV 2-3
Typ elektromotoru	4A-280S-4UZ
Příkon elektromotoru jmenovitý	110 kW při Q _{nom.} : 90 kW
Otáčky	1465 min ⁻¹
Napětí	380 V
Chlazení elektromotoru	vzduchem
Izolační odpor	min. 32 MW při 20 °C

Tab. 1.2 Technické podmínky provozu čerpadel TH [1].

TECHNICKÉ PODMÍNKY PROVOZU	
Tlak v sání	min. 0,05 MPa
Teplota čerpaného média	max. 90 °C
Max. teplota ložisek	čerpadlo: 70 °C motor: 70 °C
Počet spuštění elektromotoru	max. 3 starty ze studeného stavu po 1 minutě, další start je povolen po 1 hodině

1.3 Funkce součásti “víko ložiska“

Jak již je patrné ze samotného názvu součásti a řezu čerpadla (obr. 1.4), tak hlavní funkcí je uzavření prostoru čerpadla, kde jsou osazena valivá ložiska hřídele. Na vnitřní straně víka ložiska je v čele drážka, do které je zaústěn otvor od maznice. Pomocí této drážky je zabezpečen přísun maziva k ložiskům. Na vnější straně je také drážka v čele součásti, do které zapadá kroužek, který je pomocí šroubu připevněn na hřídel čerpadla. Tento kroužek se za provozu soustrojí otáčí společně s hřídelem a dohromady s víkem ložiska, které je přišroubováno ke kozlíku čerpadla tvoří labyrintovou spáru, která při provozu čerpadla zabraňuje úniku maziva z ložiskového prostoru.



Obr. 1.4 Řez čerpadlem Ch280/72-K-2GUZ [1].

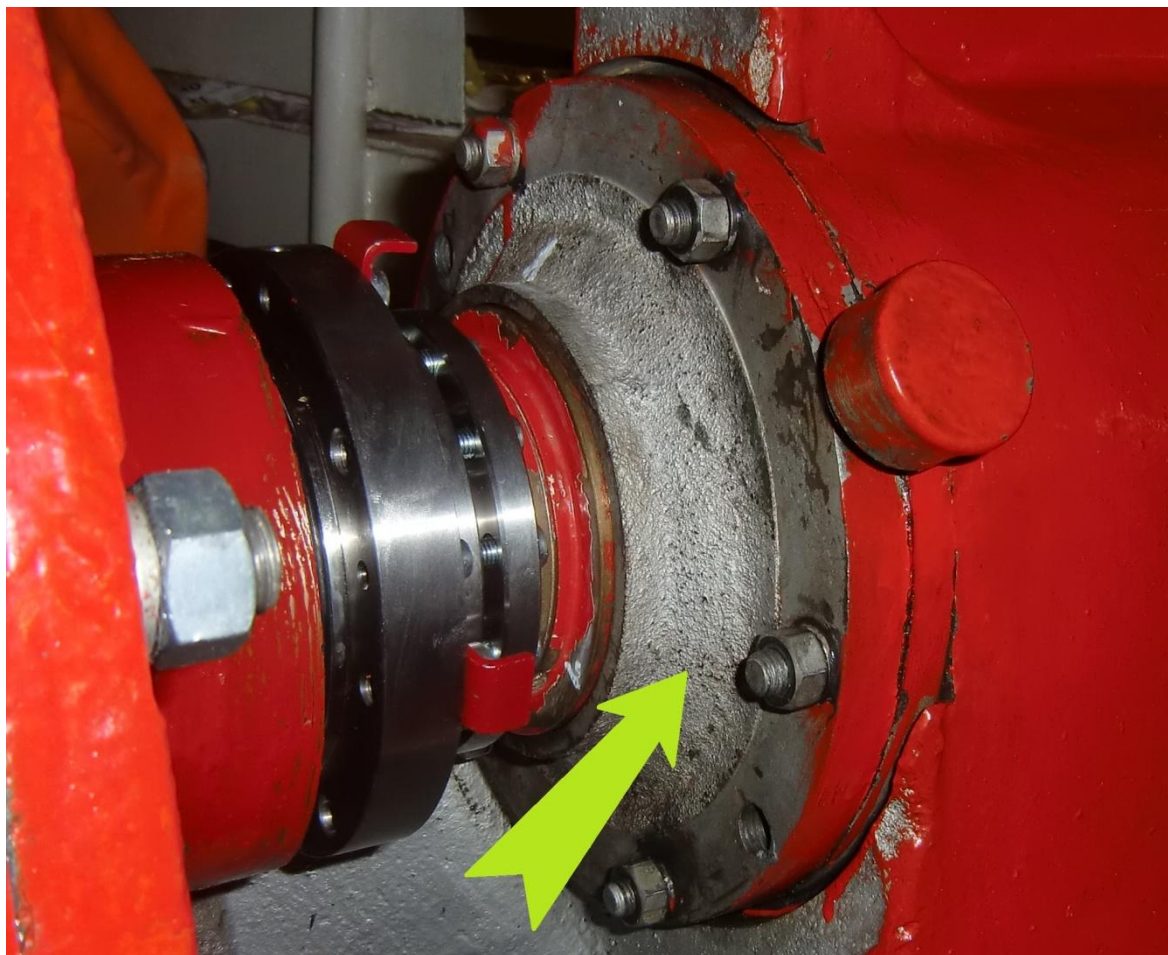
1.4 Legislativa spojená s dotčeným zařízením

V této pasáži je uvedena legislativa, která se přímo dotýká zařízení (obr. 1.3), pro které bude navržena technologie výroby konkrétního náhradního dílu (obr. 1.1). Níže uvedená legislativní dokumentace se přímo dotýká pouze některých vybraných částí zařízení.

Mezi tyto vybrané komponenty čerpadla patří:

- spirální skříň,
- hřídel,
- sací víko,
- těleso ucpávky,
- těsnění víka,
- vybrané šrouby a matice.

Součást víko ložiska (obr. 1.5) nepatří mezi vybrané komponenty tohoto zařízení a proto je možné navrhnout technologii výroby náhradního dílu v podmínkách firmy, která smluvně zajišťuje činnosti spojené s údržbou tohoto soustrojí.



Obr. 1.5. Detailní pohled na víko ložiska.

Vyhláška 309/2005 Sb

Vyhláška vydaná SÚJB, která stanovuje pravidla o zajišťování technické bezpečnosti vybraných zařízení [2].

Tato vyhláška upravuje:

- a) způsob určení vybraných zařízení, která jsou speciálně navrhována pro jaderná zařízení,
- b) technické požadavky k zajištění technické bezpečnosti vybraných zařízení při výrobě a za provozu,
- c) postupy pro posuzování shody vybraných zařízení, která jsou speciálně navrhována pro jaderná zařízení, s technickými požadavky a
- d) způsob zajištění technické bezpečnosti vybraných zařízení v provozu [2].

Vyhláška 132/2008 Sb

Tato vyhláška pojednává o systému jakosti při provádění a zajišťování činností souvisejících s využíváním jaderné energie a radiačních činností a o zabezpečování jakosti vybraných zařízení s ohledem na jejich zařazení do bezpečnostních tříd [3].

Tato vyhláška upravuje:

- a) požadavky na systém jakosti při provádění nebo zajišťování činností souvisejících s využíváním jaderné energie nebo radiačních činností,
- b) požadavky na náplň programu zabezpečování jakosti,
- c) kritéria pro zařazení a rozdělení vybraných zařízení do bezpečnostních tříd,
- d) základní požadavky na zabezpečování jakosti vybraných zařízení s ohledem na jejich zařazení do bezpečnostních tříd a
- e) rozsah a způsob provedení seznamu vybraných zařízení [3].

2 ROZBOR SOUČÁSTI

Posouzení součásti z hlediska tvaru, požadované přesnosti, struktury povrchu a materiálu. Ze získaných dat se určí vhodný polotovár, technologický postup výroby daného dílu a potřebné nástroje pro dosažení efektivní a ekonomické výroby vzhledem k vyráběnému počtu kusů.

2.1 Tvar a popis součásti

Jedná se o typickou rotační součást přírubového charakteru. Víko obsahuje ve své rotační ose středovou funkční díru $\varnothing 85H9$ s labirintem, který brání úniku maziva z ložiska. Na roztečné kružnici $\varnothing 240$ mm se nachází 6 průchozích nezahluubených děr $\varnothing 13,5$ mm rozložených rovnoměrně po 60° . Tyto otvory slouží pro vlastní montáž víka ložiska do sestavy čerpadla. Dále se na stejném průměru nacházejí dvě 2 průchozí díry se závitem M16, které se v případě potřeby osazují šrouby při demontáži víka. Na obvodě součásti se kolmo na osu rotace nachází otvor se závitem M12 $\times$ 1,5 pro instalaci maznice.

Rozměry potřebné pro výrobu součásti byly získány na základě měření demontovaného dílu (obr. 1.2) při plánované údržbě čerpadla. Následně byl vypracován výrobní výkres součásti (příloha 15).

Na vnější straně nově vyráběné součásti, byla na $\varnothing 200$ mm záměrně ponechána válcová plocha místo úkosu, který je na původním dílu. Neodebraný materiál nebude mít vliv na funkci součásti a tato plocha bude využita pro upnutí během výroby.

2.2 Návrh rozměru polotovaru

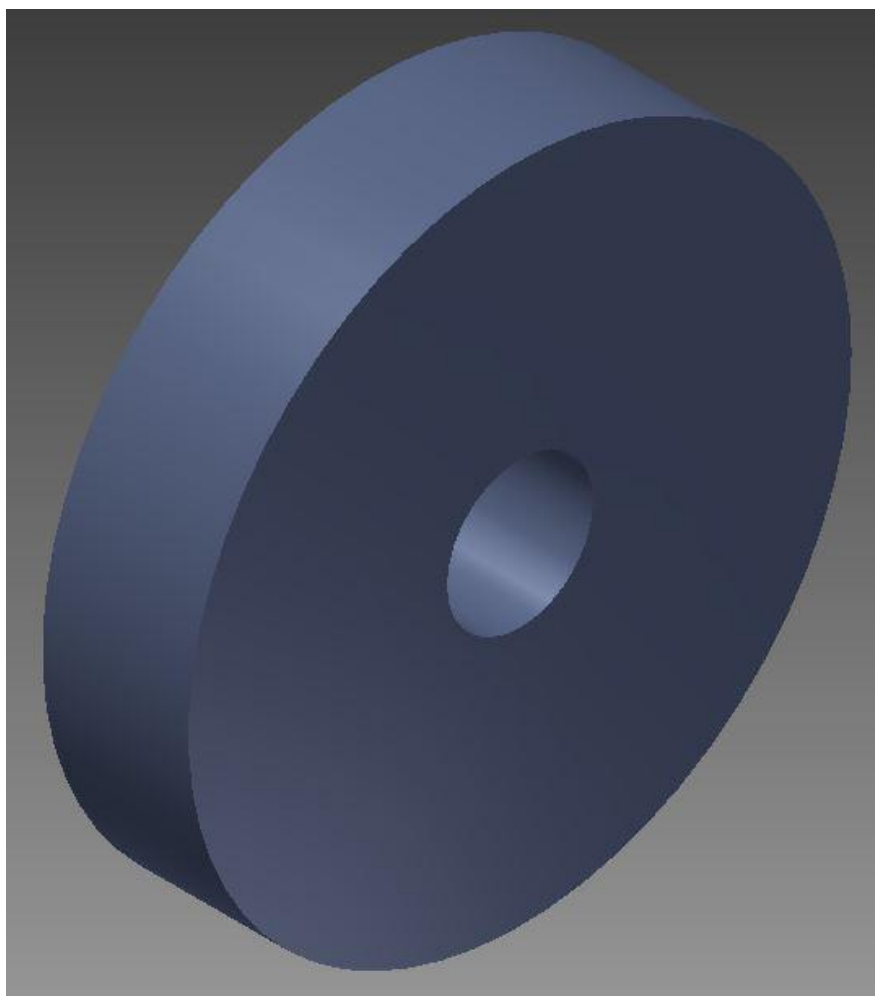
Při výběru polotovaru je možno zvolit několik variant. Pro výrobu jednoho kusu součásti je nejlepší volbou normalizovaný polotovár (ocelové tyče kruhové válcované nebo tažené, plechy, pásové nebo trubkové materiály s rozměry uvedenými v normě).

Další možností jsou nenormalizované polotovary, jako jsou odlitky, výkovky a výlisky. Tento typ polotovarů se vzhledem k výrobním nákladům uplatňuje zejména při sériové výrobě, což není tento případ. Všeobecnou zásadou při volbě je, aby množství nevyužitého materiálu bylo co nejmenší.

Výroba jednoho kusu součásti

Pro první variantu výroby součásti, kterou je výroba pouze jednoho kusu byl zvolen kruhový výpalek z ocelového plechu válcovaného za tepla dle ČSN EN 10029 o tloušťce 65 mm. Vnější průměru polotovaru byl navržen 290 mm. Polotovár bude mít předem vypáleným středový otvor $\varnothing 65$ mm (obr. 2.1). Tento otvor usnadní výrobu součásti, tato díra se nebude muset vrtat a pouze se obrobí vnitřním soustružením na rozměr a tvar podle výkresové dokumentace.

Největší průměr hotové součásti je 270 mm a středový otvor má $\varnothing 85$ mm. Navržené rozměry polotovaru poskytují dostatečné přídavky na obrábění u obou zmíněných průměrů vzhledem ke způsobu dělení materiálu polotovaru.



Obr. 2.1 Polotovar pro kusovou výrobu.

Sériová výroba součástí

Při volbě polotovaru pro sériovou byl zvolen normalizovaný polotovar, jedná se o ocelovou tyč kruhovou válcovanou za tepla dle ČSN EN 10060. Pro výpočet velikosti přídávku [4] na průměr bude využito empirického vztahu (2.1):

$$p = 0,05 \cdot d + 2 \quad (2.1)$$

kde: p [mm] - přídavek na průměr,
 d [mm] - největší průměr obrobku.

$$p = 0,05 \cdot 270 + 2 = 15,5 \text{ mm}$$

Výsledný průměr polotovaru se určí dle vztahu (2.2):

$$D_p = d + p \quad (2.2)$$

kde: D_p [mm] - průměr polotovaru,
 p [mm] - přídavek na průměr,
 d [mm] - největší průměr obrobku.

$$D_p = 270 + 15,5 = 285,5 \text{ mm}$$

Délku polotovaru určíme dle vztahu (2.3). Příklad na délku se stanoví ve velikosti $2 \div 4$ mm. Vzhledem k největšímu průměru součásti, který je 270 mm a přesnosti dělení materiálu, byl zvolen přírůstek na délku polotovaru o velikosti 4 mm.

$$L_p = l + 4 \quad (2.3)$$

kde: L_p [mm] - délka polotovaru,
 l [mm] - největší délka obrobku.

$$L_p = 60 + 4 = 64 \text{ mm}$$

Konečný průměr polotovaru byl zvolen 300 mm, vybráno z katalogu dodavatele (firma Ferona, a.s.). Jedná se o nejbližší vyšší dostupný normalizovaný průměr kruhové tyče válcované za tepla. Délka polotovaru je 64 mm. Podrobná specifikace polotovaru od výrobce je v příloze 1.

Rozměry zvoleného polotovaru jsou $\varnothing 300 \times 64$ ČSN EN 10060

2.3 Návrh materiálu polotovaru

Jelikož tato komponenta čerpadla není zvlášť mechanicky namáhána, a to jak za klidu nebo chodu soustrojí, proto byla pro výrobu náhradního dílu zvolena běžná konstrukční ocel třídy 11. Materiál polotovaru byl vybrán s ohledem na jeho dostupnost pro obě řešené varianty výroby součástí.

Tab. 2.1 Chemické složení oceli ČSN 11 503 (rozbor tavby) [5].

CHEMICKÉ SLOŽENÍ [%]										
C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Nb	Al	Fe
max. 0,180	max. 1,60	max. 0,550	max. 0,035	max. 0,035	max. 0,300	max. 0,300	max. 0,300	0,020– 0,080	min. 0,015	rest

Nelegovaná konstrukční jemnozrnná jakostní ocel vhodná ke svařování. Součásti zařízení pracujících při teplotách $+400$ °C až -50 °C vyrobených z plechů se zaručenou hodnotou zkoušky rázem v ohybu až do -50 °C [5].

Tab. 2.2 Mechanické vlastnosti oceli ČSN 11 503 [6].

MECHANICKÉ VLASTNOSTI	
Pevnost v tahu R_m [MPa]	470–630
Mez kluzu R_e [MPa]	315
Minimální nárazová práce KV [J]	27
Minimální tažnost A [%]	17–22

2.4 Vypočet spotřeby materiálu

Využití materiálu při výrobě jednoho kusu součásti

Ztráta vzniklá obráběním přídatku [4]:

$$q_{o1} = Q_{p1} - Q_s \quad (2.4)$$

kde: q_{o1} [kg] - ztráta vzniklá obráběním přídatku (kusová výroba),

Q_{p1} [kg] - hmotnost polotovaru (kusová výroba),

Q_s [kg] - hmotnost hotové součásti.

$$q_{o1} = 32 - 11,2 = 20,8 \text{ kg}$$

Celkové ztráty materiálu na jednici [4]:

$$Z_{m1} = q_{k1} + q_{u1} + q_{o1} \quad (2.5)$$

kde: Z_{m1} [kg] - celkové ztráty materiálu na jednici (kusová výroba),

q_{k1} [kg] - ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na jednici (kusová výroba),

q_{u1} [kg] - ztráta materiálu vzniklá dělením, připadající na jednici (kusová výroba),

q_{o1} [kg] - ztráta vzniklá obráběním přídatku (kusová výroba).

$$Z_{m1} = 0 + 0 + 20,8 = 20,8 \text{ kg}$$

Norma spotřeby materiálu [4]:

$$N_{m1} = Q_s + Z_{m1} \quad (2.6)$$

kde: N_{m1} [kg] - norma spotřeby materiálu (kusová výroba),

Q_s [kg] - hmotnost hotové součásti,

Z_{m1} [kg] - celkové ztráty materiálu na jednici (kusová výroba).

$$N_{m1} = 11,2 + 20,8 = 32 \text{ kg}$$

Stupeň využití materiálu [4]:

$$k_{m1} = \frac{Q_s}{N_{m1}} \quad (2.7)$$

kde: k_{m1} [-] - stupeň využití materiálu (kusová výroba),

Q_s [kg] - hmotnost hotové součásti,

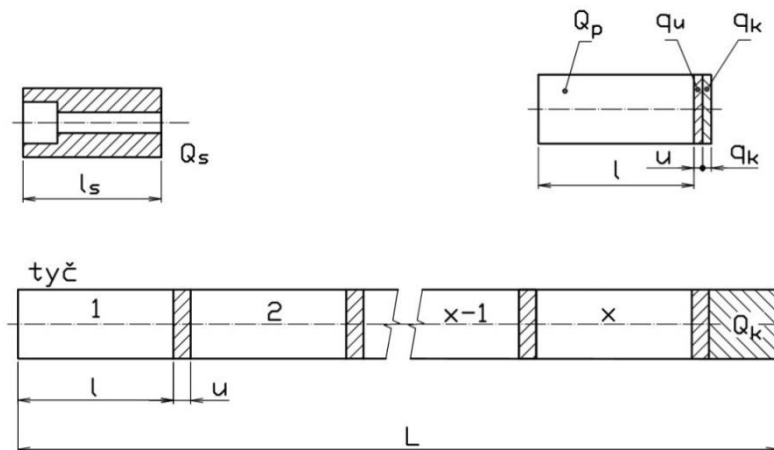
N_{m1} [kg] - norma spotřeby materiálu (kusová výroba).

$$k_{m1} = \frac{11,2}{32} = 0,35$$

Procentuální využití materiálu polotovaru vypáleného z ocelového plechu je 35 %.

Využití materiálu při sériové výrobě součástí

Výpočet normy materiálu je podkladem pro výpočet výrobních nákladů při výrobě.



Obr. 2.2 Ztráty materiálu u polotovarů z tyče – podle [4].

Ztráta vzniklá obráběním přídavku [4]:

$$q_{o2} = Q_{p2} - Q_s \quad (2.8)$$

kde: q_{o2} [kg] - ztráta vzniklá obráběním přídavku (sériová výroba),

Q_{p2} [kg] - hmotnost polotovaru (sériová výroba),

Q_s [kg] - hmotnost hotové součásti.

$$q_{o2} = 35,51 - 11,21 = 24,30 \text{ kg}$$

Ztráta materiálu vzniklá dělením [4]:

$$q_u = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot u \cdot \rho \quad (2.9)$$

kde: q_u [kg] - ztráta materiálu vzniklá dělením, připadající na jednici,

D [m] - průměr polotovaru,

u [m] - šířka prořezu pilového listu,

ρ [kg·m⁻³] - měrná hmotnost oceli.

$$q_u = \frac{\pi \cdot 0,3^2}{4} \cdot 0,002 \cdot 7850 = 1,11 \text{ kg}$$

Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na jednici [4]:

$$q_k = \frac{Q_k}{x} \quad (2.10)$$

kde: q_k [kg] - ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na jednici,
 Q_k [kg] - ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče,
 x [-] - počet přířezu z tyče.

$$q_k = \frac{28,85}{44} = 0,66 \text{ kg}$$

Celkové ztráty materiálu na jednici [4]:

$$Z_{m2} = q_{k2} + q_{u2} + q_{o2} \quad (2.11)$$

kde: Z_{m2} [kg] - celkové ztráty materiálu na jednici (sériová výroba),
 q_{k2} [kg] - ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na jednici (sériová výroba),
 q_{u2} [kg] - ztráta materiálu vzniklá dělením, připadající na jednici (sériová výroba),
 q_{o2} [kg] - ztráta vzniklá obráběním přídatku (sériová výroba).

$$Z_{m2} = 0,66 + 1,11 + 24,30 = 26,07 \text{ kg}$$

Norma spotřeby materiálu [4]:

$$N_{m2} = Q_s + Z_{m2} \quad (2.12)$$

kde: N_{m2} [kg] - norma spotřeby materiálu (sériová výroba),
 Q_s [kg] - hmotnost hotové součásti,
 Z_{m2} [kg] - celkové ztráty materiálu na jednici (sériová výroba).

$$N_{m2} = 11,21 + 26,07 = 37,28 \text{ kg}$$

Stupeň využití materiálu [4]:

$$k_{m2} = \frac{Q_s}{N_{m2}} \quad (2.13)$$

kde: k_{m2} [-] - stupeň využití materiálu (sériová výroba),
 Q_s [kg] - hmotnost hotové součásti,
 N_{m2} [kg] - norma spotřeby materiálu (sériová výroba).

$$k_{m2} = \frac{11,21}{37,28} = 0,30$$

Procentuální využití normalizovaného hutního materiálu při dělení na polotovary z tyčí o délce 3 metry je 30 %.

3 TECHNOLOGIE VÝROBY V PODMÍNKÁCH FIRMY

Takto zvolená technologie výroby je přizpůsobena možnostem konkrétní firmy. Tato firma zabezpečuje údržbu a opravy provozního zařízení jaderné elektrárny. Mezi tato zařízení patří různá čerpadla, dieselové motory a kompresory, generátory, vzduchotechnické jednotky, elektrické pohony, uzavírací a regulační armatury atd.

V neposlední řadě je strojní vybavení mechanických dílen využíváno ke kooperační výrobě. V rámci této výroby jsou na objednávku zhotovovány různé součásti převážně na konvečních obráběcích strojích, jako jsou univerzální hrotové soustruhy, svislý soustruh, univerzální frézky, brusky (hrotové, na plocho i nástrojové), vrtačky (otočné i stolní), vodorovná vyvrtávačka, svařovací stroje atd.

3.1 Volba strojů ze strojového parku firmy

Stroje potřebné pro výrobu součástí víko ložiska jsou vybrány ze strojového parku mechanických dílen firmy. Tyto dílny jsou vybaveny převážně staršími konvenčními obráběcími stroji tradičních českých výrobců.

Univerzální hrotový soustruh SU 63 H

Tyto stroje (obr. 3.1) jsou určeny pro hrubovací a dokončovací soustružnické operace, pro řezání závitů a vyvrtávání na hřídelových a přírubových dílcích. Dovolují obrábění širokého sortimentu součástí do hmotnosti 8 000 kg. Jsou vhodné pro kusovou a malosériovou výrobu. Jejich univerzálnost rozšiřuje velký rozsah zvláštního příslušenství a provedení. Koncepce strojů a konstrukční řešení splňuje požadavky kladené současnou technologií na obrábění s vysokou provozní spolehlivostí a trvalou přesností [7].

Podrobná technická specifikace použitého soustruhu je uvedena v příloze 2.



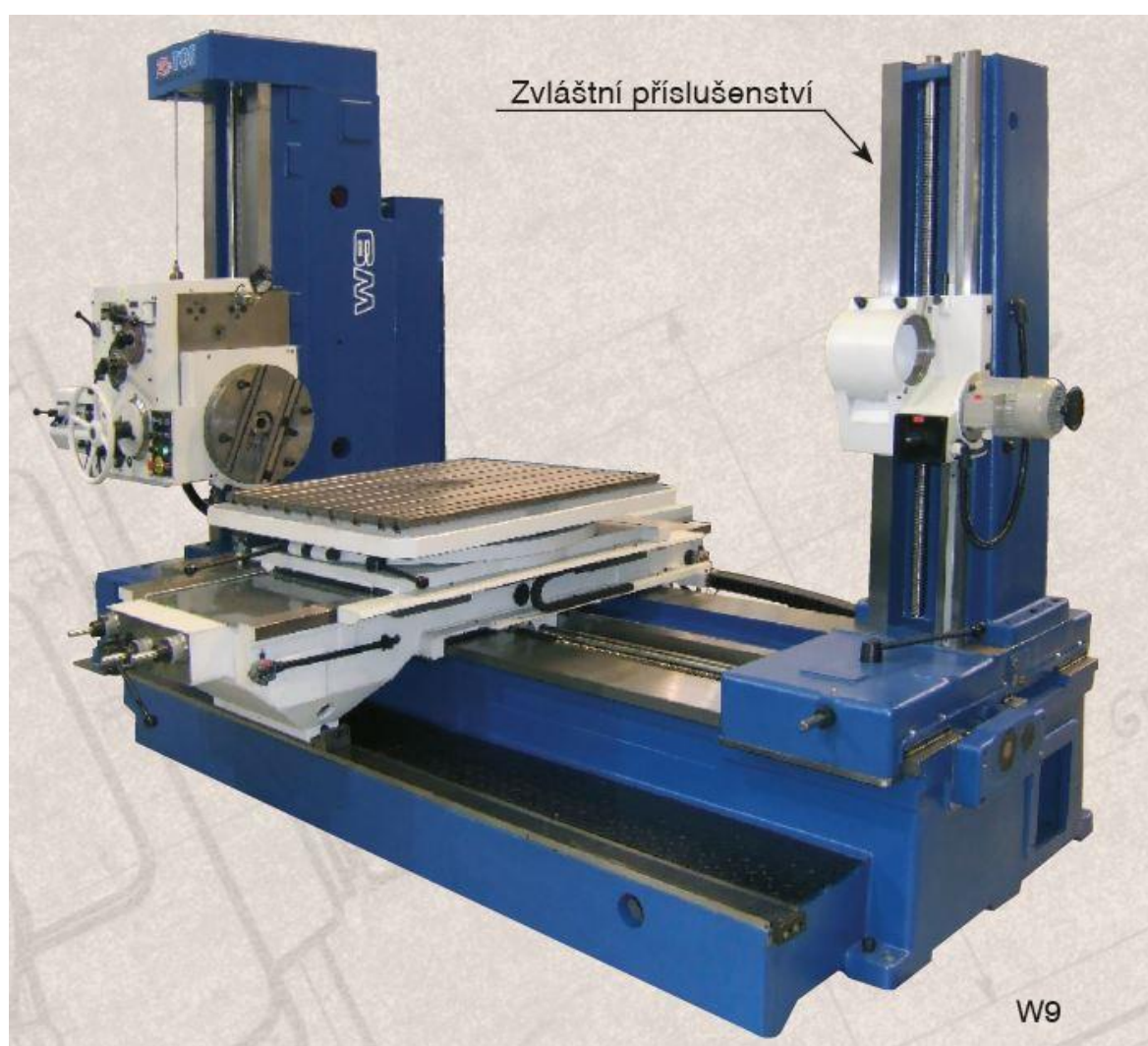
Obr. 3.1 Univerzální hrotový soustruh SU 63 H [7].

Konvenční vodorovná vyvrtávačka stolová W9A

Stručná charakteristika:

- ručně řízená vodorovná vyvrtávačka,
- pevný stojan, křížově přestavitelný stůl,
- 4 lineární osy + otočný stůl,
- výsuvné pracovní vřetenno,
- lící deska s nožovými saněmi,
- stroj určený pro kusovou a malosériovou strojírenskou výrobu,
- vhodný jak pro hrubovací tak i dokončovací operace,
- digitální odměřování lineárních os a otáčení stolu s indikací polohy,
- volitelně lze vybavit např. chlazením nástroje, lunetou, vodící nebo svěrací přírubou, frézovacím přístrojem atd. [8].

Konkrétní technické parametry zvolené vodorovné vyvrtávačky (obr. 3.2) je uvedena v příloze 3.



Obr. 3.2 Vodorovná vyvrtávačka W9A [8].

3.2 Volba nástrojů

Nástroje pro výrobu jednoho kusu součásti byly zvoleny s ohledem na jejich dostupnost ve výdejně náradí. Mechanické dílny používají soustružnické nože od různých výrobců, ale nejpočetněji jsou zastoupeny nástroje od firmy SANDVIK CZ, s.r.o. Pro výrobu součásti bude nutné zakoupit pouze soustružnické nástroje pro čelní zapichování.

Upínací systém vyměnitelné břitové destičky

Nejprve se volí upínací systém vyměnitelné břitové destičky. Držáky jsou konstruovány tak, aby s nimi bylo možné dosáhnout optimálního výkonu za různých okolností, obvykle v celé šíři oblasti jejich použití. Druh operace a v určitém rozsahu také velikost obrobku určují volbu upínacího systému vyměnitelné břitové destičky. Rozumí se samozřejmě, že hrubování velkých obrobků má zcela jiné požadavky na upínací systém, než obrábění drobných součástek na čisto [9].

Velikost a typ držáku

Základním pravidlem je zvolit co největší držák, který je možné na daném stroji upnout. Důvodem je zmenšení poměrného vyložení nože a získání nejvyšší možné tuhosti ve prospěch stability břitu. Velikost držáku by rovněž měla odpovídat velikosti vyměnitelné břitové destičky, podle které by se měla určovat aktivní délka ostří. Zásadně by měl být zvolen nejmenší možný úhel nastavení hlavního ostří, který je možné s ohledem na obrábění použít [9].

Tvar vyměnitelné břitové destičky

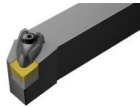
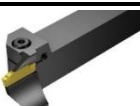
Na volbu vhodného tvaru vyměnitelné břitové destičky má vliv mnoho aspektů. Přehled hlavních faktorů, které mají významný vliv na volbu tvaru, je uveden na obr. 3.3.

Označení základního tvaru, úhel špičky	R	S 90°	C 80°	W 80°	T 60°	D 55°	V 35°
							
Hrubování (pevnost)	●	●	●	○	○		
Lehké hrubování/polodokončování (počet břitů)		○	●	●	●	●	
Dokončování (počet břitů)			○	○	●	●	●
Podélné soustružení (směr posuvu)			●	○	○	●	●
Tvarové obrábění (schopnost přístupu)			○	○	○	●	●
Obrábění čelních ploch (směr posuvu)	○	●	●	●	○	○	
Univerzálnost použití	○		●	○	○	●	○
Omezený výkon stroje			○	○	●	●	●
Sklony k vibracím				○	●	●	●
Tvrdý materiál	●	●					
Obrábění s přerušovaným řezem	●	●	○	○	○		
Velký úhel nastavení			●	●	●	●	
Malý úhel nastavení	●	●		●	●		

Obr. 3.3 Faktory ovlivňující tvar VBD [7].

Tvar vyměnitelné břitové destičky by měl být v souladu s úhlem nastavení hlavního ostří a přístupností, případně mnohostranností použitelnosti soustružnického nože. Z důvodu stability a hospodárnosti je třeba se rozhodnout pro takovou vyměnitelnou břitovou destičku, která má větší úhel špičky [9].

Tab. 3.1 Nástroje pro kusovou výrobu [10, 11].

Poz.	Operace	Držák / VBD	Výrobce	Materiál / Povlak	Znázornění
T1	Soustružení vnější	Držák: DCLNR 2525M12	SANDVIK	HSS	
		VBD: CNMG 12 04 04-PM	SANDVIK	GC 4215	
T2	Soustružení vnitřní	Držák: A20S -SCLCR 09	SANDVIK	HSS	
		VBD: CCMT 09 T3 04-PM	SANDVIK	GC 4225	
T3	Soustružení čelní zapichování	Držák: LF123G22 -2525B-090B	SANDVIK	HSS	
		VBD: N123G2 -0300-0003-TF	SANDVIK	GC 1125	
T4	Soustružení čelní zapichování	Držák: LF123H25 - 2525B - 132BM	SANDVIK	HSS	
		VBD: N123H2 -0400-0004-TM	SANDVIK	GC 4225	
T5	Soustružení tvarové vnitřní	Držák: LAG123H 07-25B	SANDVIK	HSS	
		VBD: N123G2 -0400-RM	SANDVIK	GC 4225	
T6	Vrtání	Vrták s kuželovou stopkou Ø 13,5	GARANT	HSS	
T7	Vrtání	Vrták s kuželovou stopkou Ø 14	GARANT	HSS	
T8	Vrtání	Vrták s kuželovou stopkou Ø 10,5	GARANT	HSS	
T9	Vrtání	Vrták s kuželovou stopkou Ø 6	GARANT	HSS	
T10	Řezání závitů	Závitník M16 6H	GARANT	HSS	
T11	Řezání závitů	Závitník M12×1,5 6H	GARANT	HSS	
Pozn.: SANDVIK = SANDVIK CZ, s.r.o. GARANT = GARANT Production GmbH					

3.3 Stanovení řezných podmínek

Řezné podmínky nástrojů pro výrobu jednoho kusu součásti byly stanoveny na základě doporučených hodnot uvedených v katalozích výrobců. Z těchto parametrů byla vybrána buď přímo doporučená konkrétní hodnota, nebo střední hodnota z uvedeného intervalu. Konkrétní řezné podmínky pro použité nástroje jsou uvedeny v tabulce 3.2.

Tab. 3.2 Řezné podmínky nástrojů pro kusovou výrobu [10, 11].

Nástroj	v_c [m.min ⁻¹]	f_n [mm]	a_p [mm]
T1	475	0,2	3
T2	425	0,15	0,65
T3	140	0,13	3
T4	160	0,2	4
T5	160	0,4	4
T6	30	0,27	-
T7	30	0,30	-
T8	30	0,25	-
T9	30	0,12	-
T10	5	2	-
T11	6,2	1,5	-

3.4 Technologický postup pro výrobu jednoho kusu součásti

Výrobní postup pro zhotovení jednoho kusu součásti byl navržen s ohledem na strojní vybavení mechanických dílen firmy. Pokud to bylo možné, byly použity výrobní nástroje dostupné ve výdejně náradí.

V tabulce 4.2 je zpracován rámcový výrobní postup součásti. Úplný technologický postup je uveden v příloze 6.

Tab. 4.2 Rámcový technologický postup pro kusovou výrobu.

Číslo operace	Název stroje	Popis práce
10	Soustruh SUS 63	Soustružit
20	Soustruh SUS 63	Soustružit
30	Pračka	Odmastit
40	Kontrola	Kontrolovat rozměry
50	Vodorovná vyvrtávačka W9A	Vrtat otvory a řezat závity
60	Vodorovná vyvrtávačka W9A	Vrtat otvory a řezat závity
70	Pračka	Odmastit
80	Kontrola	Kontrolovat rozměry

Pro výrobní operace č. 10, 20, 50 a 60 což je soustružení, vrtání a řezání závitů, byly pro určení jednotkových strojních časů zpracovány výrobní návodky, které jsou v příloze 11–14.

4 VÝROBNÍ TECHNOLOGIE NA ÚROVNI SOUČASNÉ DOBY

V této části bude navržena technologie výroby součástí pomocí strojů a nástrojů ze současné produkce předních firem, které se zabývají vývojem a výrobou strojů a nástrojů určených pro třískové obrábění.

4.1 Volba strojů

Pásová CNC pila PILOUS ARG 330 DC CF-NC automat



Obr. 4.1 ARG 330 DC CF-NC automat [12].

Plně automatizovaná pásová pila s CNC řízením (obr. 4.1) nachází všeobecné uplatnění při dělení velkých sérií i v nepřetržitých provozech, a to i těžkých obrobků větších průřezů [12].

Má zcela novou, koncepci odlitku ramene pily a unikátní design. Mohutné litinové rameno je v kategorii dvousloupových pásových pil zcela výjimečné. To v kombinaci s masivním dvousloupovým uložením ramene, pohybujícím se na lineárních vedeních, zaručuje tuhost celého systému a přesný řez při průmyslovém dělení plných materiálů [12].

Stroj je vybaven posuvem materiálu pomocí průmyslového servopohonu s novým řídicím systémem. Servomotor společně s kuličkovým šroubem zaručují vysokou rychlost a přesnost podávání materiálu, a to i u několikanásobného podání při řezání delších kusů. Možnost nastavení tří rychlostí podávání 27, 42 nebo 50 mm·s⁻¹ dle váhy a délky děleného materiálu. Maximální délka jednorázového podání je 500 mm [12].

Centrální ovládací panel s velkým barevným dotykovým displejem (7,5“) zaručuje jednoduché intuitivní ovládání všech funkcí stroje. Řídicí jednotka umožňuje naprogramování až 60 programů pro rychlé nastavení požadované délky podání při opakované výrobě. Každý program je možné opatřit poznámkou, např. číslem výkresu. Možnost naprogramování a řezání různého počtu kusů o různých délkách bez nutnosti další obsluhy stroje [12].

Stroj je možné ovládat v plně automatickém, poloautomatickém nebo ručním režimu. Při nastavení do ručního režimu jsou ovládány všechny funkce stroje odděleně. Upínání materiálu a posuv ramene pilového pásu do řezu a zpět, do požadované polohy dle průřezu materiálu, jsou ovládány hydraulicky. Konstrukce podávacího svěráku zaručuje přesné podávání i nerovných a hrubých materiálů [12].

Multifunkční obráběcí centrum MULTICUT 500I/1500S POWER



Obr. 4.2 Multicut 500/1500S POWER [13].

Výkonné soustružnicko-frézovací centrum umožňující sloučit operace soustružení, frézování a vrtání a tyto provádět na jednom stroji na jedno upnutí tak, aby bylo dosaženo zvýšení produktivity opracování dílců [13].

Stavebnicový systém umožňuje na zakázku dodávat stroj buď s protivřetenem – provedení „S“, nebo s koníkem – provedení „T“. Vhodná kombinace synchronizovaných pohybů pracovního a nástrojového vřetená splní téměř všechny technologické požadavky soustružení, závitování, zapichování, vrtání, vyvrtávání, frézování, frézování vaček, odvalování ozubení, obrážení drážek i ozubení, broušení a měření, včetně možnosti opracování štíhlých hřídelí při podepření lunetou [13].

Standardně jsou všechny stroje MULTICUT 500i/1500 vyráběny v pětiosém provedení, které přináší možnost mimoosého opracování a pětiosého frézování [13].

Varianta MULTICUT 500i/1500 S (obr. 4.2) je vybavena protivřetenem a umožňuje tak u vhodné součásti komplexní obrábění z obou stran na jedno upnutí s automatickým přepnutím obrobku. Pohon obrobkových vřeten je řešen řemenovým náhonem od asynchronního motoru s dvoustupňovou převodovkou. Nástrojové vřeten a osa „B“ jsou poháněny integrovanými průvlakovými motory (tzv. motorvřeteny) chlazenými vodou. Osa „C“ je řešena jako příklápená se samostatným synchronním pohonem přes harmonickou převodovku [13].

Stroje jsou vybaveny velkokapacitním řetězovým zásobníkem nástrojů pro pevné i poháněné nástroje. Všechna lineární vedení jsou valivá a předepjatá. Konstrukce stroje je koncipována s ohledem na dobré ergonomické vlastnosti stroje, ovládací panel je umístěný na otočných ramenech, která umožňují dobrý přístup do pracovního prostoru, před stroj i za stroj, např. pro pohodlné doplňování nových nástrojů do zásobníku. Signalizace stavu stroje (tzv. maják) byla umístěna na nejvyšší místo na stroji, tak, aby obsluha měla vždy přehled o aktuálním stavu stroje. Vyjma nádrže na chladicí kapalinu jsou všechny prvky, které vyžadují pravidelnou kontrolu stavu médií centralizovány do levé části stroje a obsluze tak umožňují jednoduchou údržbu stroje. Veliká okna pracovního prostoru stroje umožňují přehled o řezném i seřizovacím procesu stroje [13].

4.2 Volba nástrojů

Konkrétní nástrojové držáky a příslušné vyměnitelné břitové destičky pro uvažovanou sériovou výrobu součástí byly vybrány z katalogů firem, které se zabývají jejich vývojem a výrobou. Tyto katalogy jsou běžně dostupné na internetových stránkách jednotlivých výrobců.

V tomto případě byly zvoleny konkrétní nástroje od firem SANDVIK CZ, s.r.o., Seco Tools CZ, s.r.o. a ISCAR ČR, s.r.o. Při výběru nástrojů od zvolených výrobců byl kladen důraz na jejich vzájemnou zastupitelnost.

Přehled všech zvolených nástrojů od zmíněných výrobců je uveden v příloze č. 7, 8 a 9. Pro zpracování nástrojových listů byly použity dostupné katalogy nástrojů od jednotlivých výrobců.

V kapitole 3.2, která se zabývá volbou nástrojů pro výrobu jednoho kusu součásti je uvedeno několik základních pravidel pro volbu vyměnitelných břitových destiček a jejich držáků pro soustružnické nože. Tyto pravidla jsou v zásadě stejná jak pro kusovou, tak i pro sériovou výrobu. Níže je uveden příklad volby nástrojů pro vrtání otvorů a zhotovení závitů při sériové výrobě součástí od firmy Seco Tools CZ, s.r.o. Jedná se o vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami, monolitní karbidové vrtáky s vnitřním přívodem procesní kapaliny a povlakované závitníky z rychlořezné oceli.

Vrtáky řady Performax

Tuhost tělesa vrtáku Performax (obr. 4.3), povlak na tělese vrtáku snižující tření, optimalizované řešení drážky pro odvod třísek a silné destičky poskytují vynikající produktivitu. Nástroj umožňuje obrábět s vysokým posuvem a řeznou rychlostí. Navíc trvanlivost destiček i nástrojů je vynikající [14].

Produktivita a náklady:

- velmi vysoké posuvy a rychlosti,
- tuhost tělesa vrtáku,
- vysoká životnost vyměnitelných břitových destiček a vrtáků,
- čtvercové vyměnitelné břitové destičky se čtyřmi ostřími,
- dobrá jakost povrchu i při vysokých posuvech [14].

Snadné použití:

- nízká úroveň hluku díky optimalizované drážce pro odvod třísky,
- laserem zhotovené značení na stopce vrtáku [14].



Obr. 4.3 Vrtáky Seco řady Performax [15].

Bezpečnost procesu:

- řešení drážky pro odvod třísek,
- tuhé těleso vrtáku a pevná vyměnitelná břitová destička,
- povlak s nízkým třením [14].

Flexibilita:

- široká řada průměrů a délek vrtáku [14].

Vrtáky řady Feedrmax

Seco Feedmax™ je nová generace výkonných monolitních karbidových vrtáků (obr. 4.4). Poskytují kombinaci technologie povlakování, geometrie a karbidu [16].

Produktivita a náklady:

- posuv na otáčku - až do 0,70 mm,
- řezná rychlost - až do 220 m·min⁻¹,
- samostředící geometrie - není nutné navrtávání [16].

Životnost:

- TiAlN povlak s tepelnou odolností,
- silná ostří,
- vysoká kvalita ostří [16].

Bezpečnost aplikace:

- vysokopevnostní karbid - minimální možnost zlomení,
- povlak s nízkým třením (TiAlN) pro zlepšení odvodu třísek,
- ochranné sražení rohu [16].



Obr. 4.4 Vrtáky Seco řady Feedmax™ [15].

Široký rozsah vrtáků pro různé aplikace:

- 3 x D, 5 x D a 7 x D,
- průměry 2 - 20 mm,
- geometrie pro těžkoobrobitelné slitiny,
- geometrie pro titanové slitiny a hliník [16].

Závitníky Threadmaster

Nové ocelové závitníky Threadmaster Tap (obr. 4.5) konstruované pro univerzální použití jsou schopny závitovat otvory široké řady typů a materiálů obrobků. V porovnání s nepovlakovanými nástroji, které lze najít v této oblasti produktů, umožňuje tento nástroj s technologií povlakování dosáhnout vyšších řezných podmínek a výkonu u ocelí do 350 HB, korozivzdorných ocelí a litiny. Dodávají se 4 různé typy závitníků, aby bylo možné závitovat slepé a průchozí díry a také pokrýt nejběžnější velikosti a tolerance závitů, které se v dílnách a nástrojárnách používají [17].



Obr. 4.5 Závitníky Seco řady Threadmaster Tap [17].

Přehled vlastností produktu:

- závitník má pro slepé otvory spirální šroubovici a pro průchozí otvory lamač,
- přímé břity pro materiály s krátkou třískou, jako je litina a mosaz,
- tvářecí závitníky tlačí závity do povrchů děr ve tvárných materiálech, aniž by docházelo k tvorbě třísek,
- vyhovuje všem běžným velikostem závitu,
- povlakování rozšiřuje všestrannost použití [17].

4.3 Stanovení řezných podmínek

Stejně jako v případě výroby jednoho kusu součásti, byly řezné podmínky nástrojů pro sériovou výrobu stanoveny na základě doporučených hodnot z katalogů výrobců. Vždy byla vybrána buď přímo doporučená konkrétní hodnota, nebo střední hodnota z uvedeného intervalu. Konkrétní řezné podmínky pro použité nástroje jsou uvedeny v tabulce 4.1.

Tab. 4.1 Řezné podmínky pro jednotlivé nástroje [10, 15, 19, 20, 21, 22, 23].

Nástroj	SANDVIK			SECO			ISCAR		
	v_c [m.min ⁻¹]	f_n [mm]	a_p [mm]	v_c [m.min ⁻¹]	f_n [mm]	a_p [mm]	v_c [m.min ⁻¹]	f_n [mm]	a_p [mm]
T1	235	0,17	-	295	0,2	-	225	0,21	-
T2	305	0,4	4	315	0,33	3	270	0,45	4
T3	305	0,4	4	315	0,33	3	270	0,45	4
T4	475	0,2	0,4	425	0,25	1,7	310	0,17	2,25
T5	140	0,13	2,6	125	0,3	8	75	0,2	3,6
T6	160	0,2	4,6	135	0,3	6	75	0,17	2,4
T7	475	0,2	0,4	425	0,25	1,7	310	0,16	2,25
T8	160	0,4	4	150	0,45	4	230	0,09	4
T9	214	0,187	-	120	0,19	-	110	0,2	-
T10	95	0,27	-	160	0,32	-	95	0,25	-
T11	95	0,27	-	160	0,35	-	95	0,27	-
T12	95	0,3	-	160	0,4	-	95	0,27	-
T13	47	2	-	35	2	-	30	2	-
T14	39	2	-	35	2	-	39	2	-

Pozn.: SANDVIK = SANDVIK CZ, s.r.o.
SECO = Seco Tools CZ, s.r.o.
ISCAR = ISCAR ČR, s.r.o.

4.4 Technologický postup pro sériovou výrobu součásti

Technologický postup pro sériovou výrobu součásti byl navržen s využitím obráběcích strojů a nástrojů ze současné produkce firem, které se zabývají jejich vývojem a výrobou.

V tabulce 4.2 je zpracován rámcový výrobní postup součásti, úplný technologický postup je uveden v příloze 10.

Tab. 4.2 Rámcový technologický postup pro sériovou výrobu.

Číslo operace	Název stroje	Popis práce
10	Pásová pila ARG 300	Řezat materiál
20	Pračka	Odmastit
30	Kontrola	Kontrolovat rozměry
40	CNC soustruh	Soustružit
50	Pračka	Odmastit
60	Kontrola	Kontrolovat rozměry
70	CNC soustruh	Soustružit, vrtat otvory, řezat závity
80	Pračka	Odmastit
90	Kontrola	Kontrolovat rozměry

5 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V technicko-ekonomickém zhodnocení jsou porovnány vypočtené hodnoty strojních časů jednotlivých výrobních nástrojů jak pro výrobu jednoho kusu součásti v reálných podmínkách firmy, tak i v teoretické variantě sériové výroby stejné součásti.

5.1 Výpočet strojních časů

Při stanovení jednotkového strojního času [18] soustružnických obráběcích procesů se vychází z poměrů uvedených na obr. 3.3. Pro podélné soustružení válcové plochy (obr.3.3a) platí:

$$t_{AS} = \frac{L}{n \cdot f_n} \quad (5.1)$$

kde: L [mm] - dráha nástroje,
 n [min^{-1}] - otáčky obrobku,
 f_n [mm] - posuv na otáčku.

Dráha nástroje ve směru posuvu L [mm] je dána součtem jednotlivých složek [18]:

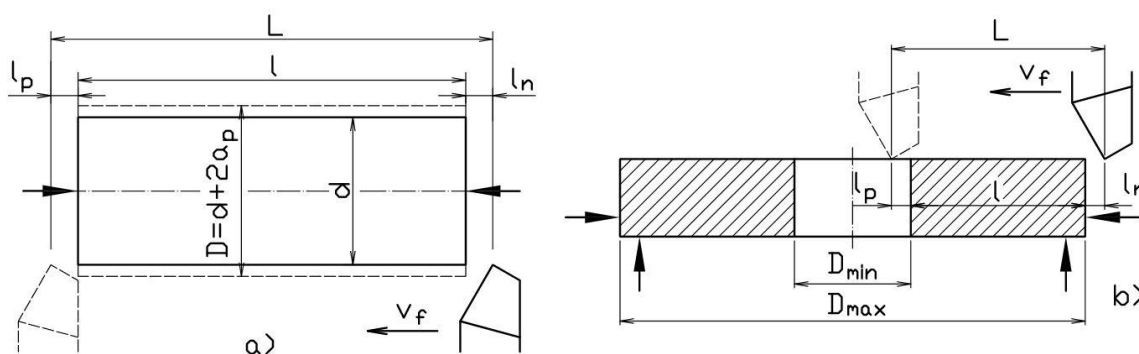
$$L = l + l_n + l_p \quad (5.2)$$

kde: l [mm] - délka soustružené plochy,
 l_n [mm] - délka náběhu,
 l_p [mm] - délka přeběhu.

Pro výpočet otáček byl použit následující vztah [18]:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} \quad (5.3)$$

kde: n [min^{-1}] - otáčky,
 v_c [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$] - řezná rychlost,
 D [mm] - průměr obrobku.



Obr. 5.1 Jednotkový strojní čas
a) podélné soustružení, b) čelní soustružení – podle [18].

Pro soustružení čelní plochy (obr. 5.1b) je rozlišován jednotkový strojní čas obrábění při konstantních otáčkách obrobku t_{ASn} a obrábění konstantní řeznou rychlostí t_{ASv} . Hodnota t_{ASn} se určí podle vztahu (5.1), dráha L se např. pro poměry na obrázku č.5.1b vypočítá podle vztahu [18]:

$$L = \frac{[(D_{\max} + 2l_n) - (D_{\min} - 2l_p)]}{2} \quad (5.4)$$

Velikost t_{ASv} se pro poměry na obrázku č.5.1b stanoví podle vztahu [18]:

$$t_{ASv} = \pi \frac{[(D_{\max} + 2l_n)^2 - (D_{\min} - 2l_p)^2]}{4 \cdot 10^3 \cdot v_c \cdot f} \quad (5.5)$$

kde: v_c [m.min⁻¹] - řezná rychlost,
 f [mm] - posuv na otáčku.

Strojní časy při výrobě jednoho kusu součásti

Řezné podmínky pro jednotlivé nástroje byly stanoveny na základě doporučených hodnot v katalogích výrobců. Vždy byla vybrána buď přímo doporučená konkrétní hodnota nebo střední hodnota z uvedeného intervalu, aby byla dodržena standardní 15 minutová trvanlivost nástroje.

Příklad výpočtu t_{AS} při zarovnání čela nástrojem T1.

Určení dráhy nástroje L [mm] dle obrázku 5.1b a vztahu (5.4).

$$L = \frac{[(295 + 2 \cdot 1) - (65 - 2 \cdot 1)]}{2} = 114,5 \text{ mm}$$

Výpočet příslušných otáček n [min⁻¹] podle vztahu (5.3).

$$n = \frac{475 \cdot 1000}{\pi \cdot 295} = 513 \text{ min}^{-1}$$

Výpočet t_{AS} [min] při konstantních otáčkách dle vztahu (5.1).

$$t_{AS} = \frac{114,5}{513 \cdot 0,2} = 1,116 \text{ min}$$

Stejným způsobem dle příslušných vztahů, byly stanoveny všechny jednotkové strojní časy pro jednotlivé nástroje. Jejich přehled je uveden v tabulce 5.1.

Tab. 5.1 Strojní časy nástrojů pro kusovou výrobu.

Nástroj	Operace	t_{AS} [min]
T1	Soustružení vnější	11,618
T2	Soustružení vnitřní	15,656
T3	Soustružení čelní zapichování	1,669
T4	Soustružení čelní zapichování	3,261
T5	Soustružení drážky	0,051
T6	Vrtání	0,882
T7	Vrtání	0,274
T8	Vrtání	0,172
T9	Vrtání	0,204
T10	Řezání závitů	0,320
T11	Řezání závitů	0,106
Σt_{AS} [min]		34,213

Strojní časy při sériové výrobě součástí

Příklad výpočtu t_{ASv} při zarovnání čela nástrojem T3 dle vztahu (5.5).

Výpočet t_{ASv} pro nástroj od firmy SANDVIK CZ, s.r.o.

$$t_{ASv1} = \pi \frac{[(300 + 2 \cdot 1)^2 - (59 - 2 \cdot 1)^2]}{4 \cdot 10^3 \cdot 305 \cdot 0,4} = 0,566 \text{ min}$$

Výpočet t_{ASv} pro nástroj od firmy Seco Tools CZ, s.r.o.

$$t_{ASv2} = \pi \frac{[(300 + 2 \cdot 1)^2 - (59 - 2 \cdot 1)^2]}{4 \cdot 10^3 \cdot 315 \cdot 0,33} = 0,665 \text{ min}$$

Výpočet t_{ASv} pro nástroj od firmy ISCAR ČR, s.r.o.

$$t_{ASv3} = \pi \frac{[(300 + 2 \cdot 1)^2 - (59 - 2 \cdot 1)^2]}{4 \cdot 10^3 \cdot 270 \cdot 0,45} = 0,569 \text{ min}$$

Obdobným postupem za použití výše uvedených vztahů, byly stanoveny všechny jednotkové strojní časy pro jednotlivé operace a všechny nástroje vybraných výrobců. Přehled výsledků je uveden v tabulce 5.2.

Tab. 5.2 Strojní časy nástrojů pro sériovou výrobu.

Nástroj	Operace	t _{AS} [min]		
		SANDVIK	SECO	ISCAR
T1	Vrtání	0,325	0,220	0,275
T2	Soustružení vnitřní hrubování	1,357	1,864	1,352
T3	Soustružení vnější hrubování	5,568	8,345	5,558
T4	Soustružení vnější dokončování	1,267	1,040	2,098
T5	Soustružení čelní zapichování	1,669	0,807	2,398
T6	Soustružení čelní zapichování	3,261	2,331	8,503
T7	Soustružení vnitřní dokončování	0,257	0,230	0,463
T8	Soustružení drážky	0,079	0,075	0,243
T9	Vrtání	0,018	0,032	0,033
T10	Vrtání	0,041	0,021	0,044
T11	Vrtání	0,085	0,039	0,085
T12	Vrtání	0,296	0,132	0,329
T13	Řezání závitů	0,012	0,016	0,019
T14	Řezání závitů	0,041	0,046	0,041
Σ t _{AS} [min]		14,276	15,198	21,441
Pozn.: SANDVIK = SANDVIK CZ, s.r.o. SECO = Seco Tools CZ, s.r.o. ISCAR = ISCAR ČR, s.r.o.				

Pro snadnější porovnání dosažených strojních časů zjištěných při uvažované sériové výrobě se strojním časem dosaženým při výrobě součásti v podmínkách konkrétní firmy, bude dle vztahu (5.6) stanoven aritmetický průměr ze zjištěných hodnot součtu strojních časů nástrojů od zvolených výrobců.

Výpočet průměrného strojního času při sériové výrobě

$$\bar{x} = \frac{1}{n_i} \sum_{n=1}^i x_i \quad (5.6)$$

kde: $\bar{x}$ [-] - aritmetický průměr,
 n_i [-] - počet znaků,
 x_i [-] - znak.

$$\bar{x} = \frac{1}{3} \cdot (14,276 + 15,198 + 21,441) = 16,972 \text{ min}$$

Při navržené technologii výroby za použití moderních obráběcích strojů a nástrojů bylo dosaženo průměrného strojního času 16,972 minuty.

Jestliže bude třeba zrychlit výrobu součásti bez ohledu na cenu nástroje, lze toho dosáhnout vhodným výběrem nástrojů, které dosahují v jednotlivých operacích nejkratších strojních časů. Tímto výběrem bude dosaženo snížení celkového strojního času na výrobu jedné součásti na 11,876 minuty. Přehled zvolených nástrojů včetně dosažených strojních časů je uveden v tabulce 5.3.

Tab. 5.3 Nejkratší strojní časy nástrojů pro sériovou výrobu.

Nástroj	Operace	Výrobce	t _{AS} [min]
T1	Vrtání	SECO	0,220
T2	Soustružení vnitřní hrubování	ISCAR	1,352
T3	Soustružení vnější hrubování	ISCAR	5,558
T4	Soustružení vnější dokončování	SECO	1,040
T5	Soustružení čelní zapichování	SECO	0,807
T6	Soustružení čelní zapichování	SECO	2,331
T7	Soustružení vnitřní dokončování	SECO	0,230
T8	Soustružení drážky	SECO	0,075
T9	Vrtání	SANDVIK	0,018
T10	Vrtání	SECO	0,021
T11	Vrtání	SECO	0,039
T12	Vrtání	SECO	0,132
T13	Řezání závitů	SANDVIK	0,012
T14	Řezání závitů	ISCAR	0,041
Σ t _{AS} [min]			11,876
Pozn.: SANDVIK = SANDVIK CZ, s.r.o. SECO = Seco Tools CZ, s.r.o. ISCAR = ISCAR ČR, s.r.o.			

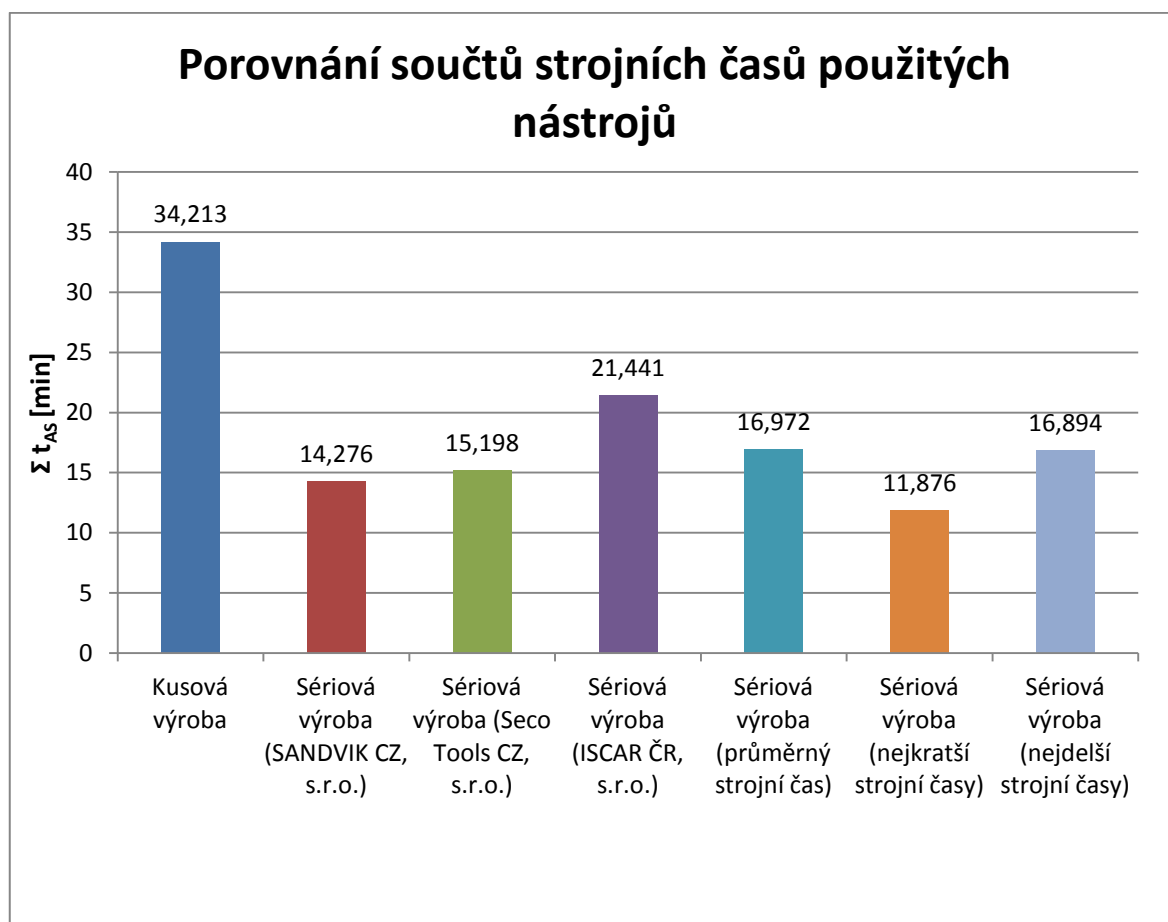
Pro porovnání byla zvolena i opačná varianta volby nástrojů, tj. s nejdelším strojním časem v jednotlivých operacích. Výsledkem tohoto výběru bylo dosaženo celkového součtu strojních časů na výrobu jedné součásti 16,894 minuty. Přehled zvolených nástrojů včetně dosažených strojních časů je uveden v tabulce 5.4.

Tab. 5.4 Nejdelší strojní časy nástrojů pro sériovou výrobu.

Nástroj	Operace	Výrobce	t _{AS} [min]
T1	Vrtání	SANDVIK	0,325
T2	Soustružení vnitřní hrubování	SECO	1,864
T3	Soustružení vnější hrubování	SECO	8,345
T4	Soustružení vnější dokončování	ISCAR	2,098
T5	Soustružení čelní zapichování	ISCAR	2,398
T6	Soustružení čelní zapichování	ISCAR	8,503
T7	Soustružení vnitřní dokončování	ISCAR	0,463
T8	Soustružení drážky	ISCAR	0,243
T9	Vrtání	ISCAR	0,033
T10	Vrtání	ISCAR	0,044
T11	Vrtání	SANDVIK	0,085
T12	Vrtání	ISCAR	0,329
T13	Řezání závitů	ISCAR	0,019
T14	Řezání závitů	SECO	0,046
Σ t _{AS} [min]			24,795
Pozn.: SANDVIK = SANDVIK CZ, s.r.o. SECO = Seco Tools CZ, s.r.o. ISCAR = ISCAR ČR, s.r.o.			

Grafické znázornění dosažených strojních časů

Pro snadnější porovnání součtu jednotlivých strojních časů při výrobě jednoho kusu součásti v podmínkách konkrétní firmy i v navržené teoretické sériové výrobě za pomoci moderních obráběcích strojů a nástrojů, byly výsledky zpracovány do grafu (obr. 5.2).



Obr. 5.2 Graf dosažených strojních časů.

6 DISKUZE

Jako polotovary pro obě posuzované varianty výroby byl zvolen normalizovaný hutní polotovar. Pro výrobu jednoho kusu součásti byl zvolen výpalek z ocelového plechu, a pro uvažovanou teoreticky zpracovanou technologii sériové výroby byl navržen přířez z kruhové tyče. Vzhledem k poměrně nízkému stupni využití materiálu polotovaru u obou variant výroby, které by se u třískového obrábění mělo pohybovat v rozmezí od 40 % do 80 %, by pro skutečnou sériovou výrobu, bylo vhodné uvažovat o polotovaru ve formě odlitku, nebo výkovku.

Jelikož se na vyráběné součásti nevyskytují žádné velmi přesné tolerance rozměrů ani jakosti povrchů, lze součást vyrobit bez použití dokončovacích způsobů obrábění, jako je například broušení. Jedná se o klasickou rotační součást přírubového charakteru, kterou lze vyrobit i za použití konvenčních obráběcích strojů. Za zvážení stojí volba způsobu zhotovení obou drážek na čele součásti. V technologickém postupu byla zvolena operace čelního zapichování, která sice vyžaduje zakoupení speciálních soustružnických nožů, ale jiným způsobem by nebylo možno drážky v podmínkách firmy vyrobit. V úvahu připadá zhotovení drážek stopkovou frézou na NC frézce nebo CNC obráběcím centru. Těmito stroji nejsou mechanické dílny firmy vybaveny, a tato operace by musela být řešena kooperací.

V uvažované sériové výrobě je součást, mimo první operaci, kterou je dělení materiálu normalizované ocelové tyče na jednotlivé přířezy, zhotovena pouze na jednom obráběcím stroji. V případě potřeby uvolnění výrobní kapacity na tomto pracovišti by bylo možné přesunout některé výrobní operace na jiné stroje. S výhodou lze přesunout ty operace, které není nutné provádět na soustruhu, což je vrtání otvorů a řezání závitů.

ZÁVĚR

Pro výrobu jednoho kusu zvolené součásti byla navržena výrobní technologie pro podmínky konkrétní firmy. Pro porovnání byla jako další varianta výroby stejné součásti zpracována technologie sériové výroby za použití obráběcích strojů a řezných nástrojů ze současné produkce.

Shrnutí zjištěných výsledků:

- při výrobě jednoho kusu součásti na konvečních obráběcích strojích v podmínkách konkrétní firmy bylo dosaženo celkového součtu strojních časů 34,213 minuty,
- hodnota procentuálního využití materiálu polotovaru pro výrobu jednoho kusu součásti je 35 %,
- při použití technologie výroby na současných CNC strojích bylo dosaženo průměrného strojního času 16,972 minuty, což je více než 50% zkrácení strojních časů,
- vhodnou volbou použitých nástrojů při výrobě součásti na CNC strojích lze dosáhnout výsledného strojního času 11,876 minuty, což je zkrácení celkového strojního času o cca 65 %,
- procentuálního využití materiálu přířezu normalizovaného hutního polotovaru pro uvažovanou sériovou výrobu součásti je 30 %,
- při sériové výrobě bylo dosaženo menších jednotkových strojních časů i při větších rozměrech výchozího polotovaru v porovnání s polotovarem pro kusovou výrobu, který bude mít navíc vypálený středový otvor.

Výrobu jednoho kusu součásti v podmínkách firmy lze uskutečnit využitím stávajícího strojního vybavení mechanických dílen. Uvažovaná sériová výroba součásti za pomoci moderních strojů a nástrojů umožňuje dosáhnout kratších strojních časů, a tím i vyšší produktivitu práce.

Současné moderní obráběcí stroje také poskytují vyšší úroveň bezpečnosti práce. V neposlední řadě jsou tu i ekologické aspekty, kde například hospodaření s procesními kapalinami je u moderních strojů na vyšším stupni.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. HRUBÝ, Ludvík. *PROVOZNÍ PŘEDPIS P036p: TJ, TH - Havarijní chlazení AZ, aktivní část*. 2006, 36 s.
2. Vyhláška o zajišťování technické bezpečnosti vybraných zařízení. In: 309/2005 Sb. 2005. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/309_05.pdf
3. Vyhláška o systému jakosti při provádění a zajišťování činností souvisejících s využíváním jaderné energie a radiačních činností a o zabezpečování jakosti vybraných zařízení s ohledem na jejich zařazení do bezpečnostních tříd. In: 132/2008 Sb. 2008. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/V_132_08.pdf
4. KOCMAN Karel, PERNIKÁŘ Jiří. *Ročníkový projekt II - obrábění*. Vysoké učení technické v Brně, 2002. 26 s.
5. CZ FERRO - STEEL [online]. 2011 [vid. 2015-03-31]. Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/pdf/trubky4-11503.pdf>
6. Přehled vlastností oceli S355J2. Bohdan Bolzano, s.r.o. [online]. 2015 [vid. 2015-04-18]. Dostupné z: <http://www.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/nelegovane-konstrukcni-oceli-podle-en-10025/prehled-vlastnosti-oceli-s355j2drive-s355j2g3>
7. Univerzální hrotový soustruh. *Katalog obráběcích a tvářecích strojů* [online]. 2004 [vid. 2015-03-31]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/vyuka/katalog/kat/ssu63h_1.html
8. W9, W9A - konvenční vodorovná vyvrtávačka stolová. RETOS VARNSDORF, s.r.o. [online]. 2009 [vid. 2015-03-31]. Dostupné z: http://www.retos.cz/stroj_w9.htm
9. *Průručka obrábění: kniha pro praktiky*. 1. české vyd. Překlad Miroslav Kudela. Praha: Scientia, c1997, 1 sv. (různé stránkování). ISBN 91-972-2994-6.
10. Coro Key 2010. SANDVIK CZ s.r.o. [online]. 2010 [vid. 2015-03-31]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/catalogues/cs-cz/corokey_2010.pdf
11. Katalog nářadí. *Hoffmann Qualitätswerkzeuge CZ s.r.o.* [online]. 2015 [vid. 2015-03-31]. Dostupné z: <http://www.hoffmann-group.com/cz/produkty/katalog-naradi.html>
12. ARG 330 DC CF-NC automat. PILOUS [online]. 2015 [vid. 2015-03-31]. Dostupné z: <http://pilous.cz/metal/pasove-pily-na-kov/dvousloupove-cnc-automaty/arg-330-dc-cf-nc-automat/>
13. MULTIFUNKČNÍ OBRÁBĚCÍ CENTRA MULTICUT 500I POWER. KOVOSVIT MAS, a. s. [online]. 2015 [vid. 2015-03-31]. Dostupné z: <http://www.kovosvit.cz/cz/produkty/technologie-soustruzeni/multifunkcni-obrabeci-centra/multicut-500i-power>
14. Perfomax. Seco Tools CZ s.r.o. [online]. 2015 [vid. 2015-03-31]. Dostupné z: <https://www.secotools.com/cs/Global/Products/Holemaking/Drilling/Perfomax/>

15. OBRÁBĚNÍ OTVORŮ. *Seco Tools CZ s.r.o.* [online]. 2015 [vid. 2015-03-31]. Dostupné z: https://www.secotools.com/CorpWeb/Czech%20Republic/katalogy/2015/CZ_Catalog_Holemaking_2015_Inlay_LR.pdf
16. Seco Feedmax. *Seco Tools CZ s.r.o.* [online]. 2015 [vid. 2015-03-31]. Dostupné z: <http://www.secotools.com/cs/Global/Products/Holemaking/Drilling/Seco-Feedmax/>
17. Strojní závitníky Threadmaster Tap. *Seco Tools CZ s.r.o.* [online]. 2015 [cit. 2015-03-31]. Dostupné z: <http://www.secotools.com/cs/Global/Products/Zavitovani/Thread-Turning/Threadmaster-Tap/>
18. HUMÁR, A. *Technologie Obrábění - 1. část.* [online]. [vid. 2015-03-31]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf
19. Soustružení. *Seco Tools CZ s.r.o.* [online]. 2015 [vid. 2015-04-01]. Dostupné z: https://www.secotools.com/CorpWeb/Czech%20Republic/katalogy/2015/CZ_Catalog_Turning_2015_LR.pdf
20. THREADMASTER TAP & SECO FEEDMAX UNIVERSAL CATALOGUE & TECHNICAL GUIDE 2014. *Seco Tools CZ s.r.o.* [online]. 2014 [vid. 2015-04-01]. Dostupné z: https://www.secotools.com/CorpWeb/Czech%20Republic/katalogy/GB_Catalog_Threadmaster_Taps_LR.pdf
21. Katalog nástrojů pro soustružení a závitování. *ISCAR ČR s.r.o.* [online]. 2015 [vid. 2015-04-01]. Dostupné z: http://www.iscar.cz/Catalogs/zip/CMS%20Catalogs/SOUSTRUZENI_ISCAR.pdf
22. Katalog nástrojů pro vrtání. *ISCAR ČR s.r.o.* [online]. 2015 [vid. 2015-04-01]. Dostupné z: http://www.iscar.cz/Catalogs/zip/CMS%20Catalogs/VRTANI_ISCAR.pdf
23. Nástroje pro zapichování. *ISCAR ČR s.r.o.* [online]. 2015 [vid. 2015-04-01]. Dostupné z: http://www.iscar.cz/Catalogs/zip/CMS%20Catalogs/ZAPICHOVANI_ISCAR.pdf
24. Sortimentní katalog: Specifikace výrobku. 2015. *FERONA, a.s.* [online]. [vid. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=23930>
25. Sortimentní katalog: Specifikace výrobku. 2015. *FERONA, a.s.* [online]. [vid. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=22355>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
AZ	[-]	Aktivní zóna
HA	[-]	Hydro akumulátor
HB	[-]	tvrdost dle Brinella
HSS	[-]	High Speed Steel
I.O	[-]	Primární okruh
JR	[-]	Jaderný reaktor
Js	[-]	Jmenovitá světlost
LMS	[-]	Likvidace mimořádných stavů
NT	[-]	Nízkotlaký
PG	[-]	Parogenerátor
RČA	[-]	Rychločinná armatura
SAOZ	[-]	Systém havarijního chlazení aktivní zóny
SÚJB	[-]	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
TH	[-]	Nízkotlaký systém havarijního doplňování JR
TVD	[-]	Technická voda důležitá
VBD	[-]	Vyměnitelná břitová destička

Symbol	Jednotka	Popis
A	[%]	tažnost
D	[m]	průměr polotovaru
D	[mm]	průměr obrobku
D_{max}	[mm]	maximální průměr
D_{min}	[mm]	minimální průměr
D_p	[mm]	průměr polotovaru
KV	[J]	nárazová práce
L	[mm]	dráha nástroje
L_p	[mm]	délka polotovaru
N_{m1}	[kg]	norma spotřeby materiálu (kusová výroba)

Symbol	Jednotka	Popis
N_{m2}	[kg]	norma spotřeby materiálu (sériová výroba)
Q_k	[kg]	ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče
Q_{p1}	[kg]	hmotnost polotovaru (kusová výroba)
Q_{p2}	[kg]	hmotnost polotovaru (sériová výroba)
Q_s	[kg]	hmotnost hotové součásti
R_e	[MPa]	Mez kluzu
R_m	[MPa]	mez pevnosti v tahu
Z_{m1}	[kg]	celkové ztráty materiálu na jednici (kusová výroba)
Z_{m2}	[kg]	celkové ztráty materiálu na jednici (sériová výroba)
d	[mm]	největší průměr obrobku
f_n	[mm]	posuv na otáčku
k_{m1}	[-]	stupeň využití materiálu (kusová výroba)
k_{m2}	[-]	stupeň využití materiálu (sériová výroba)
l	[mm]	délka soustružené plochy
l_n	[mm]	délka náběhu
l_o	[mm]	největší délka obrobku
l_p	[mm]	délka přeběhu
n	$[\text{min}^{-1}]$	otáčky
n_i	[-]	počet znaků
p	[mm]	přídavek na průměr
q_k	[kg]	ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče, připadající na jednici
q_{k1}	[kg]	ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče, připadající na jednici (kusová výroba)
q_{k2}	[kg]	ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče, připadající na jednici (sériová výroba)
q_{o1}	[kg]	ztráta vzniklá obráběním přídavku (kusová výroba)
q_{o2}	[kg]	ztráta vzniklá obráběním přídavku (sériová výroba)
q_u	[kg]	ztráta materiálu vzniklá dělením, připadající na jednici
q_{u1}	[kg]	ztráta materiálu vzniklá dělením, připadající na jednici (kusová výroba)
q_{u2}	[kg]	ztráta materiálu vzniklá dělením, připadající na jednici (sériová výroba)

Symbol	Jednotka	Popis
t_{AS}	[min]	jednotkový strojní čas
t_{ASv}	[min]	jednotkový strojní čas při konstantní řezné rychlosti
t_{ASv1}	[min]	jednotkový strojní čas při konstantní řezné rychlosti pro nástroj SANDVIK
t_{ASv2}	[min]	jednotkový strojní čas při konstantní řezné rychlosti pro nástroj SECO
t_{ASv3}	[min]	jednotkový strojní čas při konstantní řezné rychlosti pro nástroj ISCAR
u	[m]	šířka prořezu pilového listu
v_c	[m.min ⁻¹]	řezná rychlost
x	[-]	počet přířezu z tyče
x_i	[-]	znak
ρ	[kg.m ⁻³]	měrná hmotnost oceli

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Specifikace použitých polotovarů FERONA, a.s.
Příloha 2	Univerzální hrotový soustruh SU 63 H
Příloha 3	Konvenční vodorovná vyvrtávačka stolová W9A
Příloha 4	Pásová pila ARG 330 DC CF-NC automat
Příloha 5	Multifunkční obráběcí centrum MULTICUT 500I/1500S POWER
Příloha 6	Technologický postup pro kusovou výrobu
Příloha 7	Nástrojový list SANDVIK CZ, s.r.o.
Příloha 8	Nástrojový list Seco Tools, s.r.o.
Příloha 9	Nástrojový list ISCAR ČR, s.r.o.
Příloha 10	Technologický postup pro sériovou výrobu
Příloha 11	Operační návodka pro operaci č. 10
Příloha 12	Operační návodka pro operaci č. 20
Příloha 13	Operační návodka pro operaci č. 50
Příloha 14	Operační návodka pro operaci č. 60
Příloha 15	Výrobní výkres součásti

PŘÍLOHA 1

Specifikace použitých polotovarů FERONA, a.s. [24, 25]

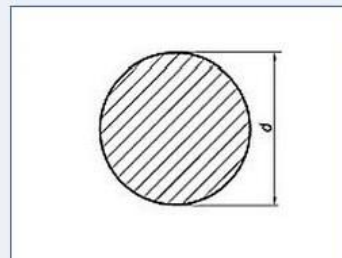
Plech válcovaný za tepla, EN 10029-A-N, rozměr 65x2000x6000

Kategorie: plechy, široká a pásová ocel » ocelové plechy ZTV - tlusté (nad 3 mm včetně)
Norma: ČSN EN 10029

Tloušťka		65 mm
Šířka		2000 mm
Délka		6000 mm
Hmotnost		6123 kg/ks
Mezní úchylka šířky		+25 mm 0 mm
Mezní úchylka tloušťky		+1,7 mm -0,9 mm
Úchylka přímosti hran a pravoúhlosti na každý objednaný plech s normální přímostí hran a pravoúhlostí musí být možno vepsat obdélník s objednanými jmenovitými rozměry		
Mezní úchylka rovinnosti na délku 1000 mm		5 mm
Mezní úchylka rovinnosti na délku 2000 mm		8 mm
Mezní úchylka délky		+40 mm 0 mm
Číslo položky	211673E Přidat do porovnání	
Značka oceli / materiál	S355J2+N (1.0577) dle EN 10025-2 Obdobná: 11 503	
TDP	ČSN EN 10025-2	
Poptat		kg ks PŘIDAT DO POPTÁVKY

Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060, průměr 300

Kategorie: tyče » kruhové
Norma: ČSN EN 10060



Jmenovitý průměr	d	300 mm
Hmotnost		555 kg/m
Plocha průřezu		707 cm ²
Mezní úchylka při normální přesnosti		±6,0 mm
Přímost tyče	q	není stanovena
Ovalita		nesmí překročit 75 % tolerančního pole
Číslo položky	141852G Přidat do porovnání	
Značka oceli / materiál	S355J2 (1.0577) dle EN 10025-2 Obdobná: 11 503	
TDP	ČSN EN 10025-2	
Poptat		kg m PŘIDAT DO POPTÁVKY

PŘÍLOHA 2

Univerzální hrotový soustruh SU 63 H [7]



Pracovní rozsah

Oběžný průměr nad ložem	mm	655
Oběžný průměr nad suportem	mm	390
Vzdálenost mezi hroty	mm	1 250 ÷ 8 000
Max. hmotnost obrobku v hrotech/v opěrci	kg	6 000/8 000

Vřeteno

Vrtání	mm	82
Rozsah otáček	min ⁻¹	91 120
Výkon hlavního motoru	kW	18,5

Suport

Pracovní posuv na otáčku		
podélný	mm	0,04948
příčný	mm	0,02415
Rychloposuv		
podélný	mm.min ⁻¹	4 300
příčný	mm.min ⁻¹	2 150

PŘÍLOHA 3

Konvenční vodorovná vyvrtávačka stolová W9A [8]



Průměr pracovního vřetena	90	mm
Upínací kužel	40	ISO
	5	Morse
Otáčky vřetena - nesmíratelná lícní deska - 21 stupňů	---	min^{-1}
Otáčky vřetena - snímatelná lícní deska - 18 stupňů	28–1400	min^{-1}
Výkon hlavního motoru	7,5	kW
Otáčky hlavního motoru	1455	min^{-1}
X...příčný pojezd stolu	1250	mm
Z...podélný pojezd stolu	1400	mm
Y...svislý pojezd vřeteníku	1120	mm
W...výsuv vřetena	710	mm
Upínací plocha stolu	1000×1120	mm
Nosnost stolu	3000	kg
Šířka upínacích drážek	23 H8	mm
Průměr / hloubka středícího otvoru	180H6 / 10	mm
Pracovní rychlosti posuvů...X, Y, Z, W, U - 18 stupňů	12,5–600	$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$
Pracovní posuvy na otáčku ...X, Y, Z, W, U - 18 stupňů	0,016–0,8	mm
Závitové posuvy na otáčku ...X, Y, Z, W, U - metrické - 18 stupňů	0,25–12	mm
Závitové posuvy...X, Y, Z, W, U - palcové - 24 stupňů	120–2	chodů / 1"
Rychloposuv...X, Y, Z, W, U	2400	$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$
Mikroposuv...X, Y, Z, W, U - jen z panelu	---	$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$
Rychloposuv otáčení stolu...B	2,6	min^{-1}
Instalovaný příkon	11	kVA
Hmotnost stroje	11000	kg
Zástavbový prostor včetně CE – orientační	5500×7500	mm

PŘÍLOHA 4

Pásová pila ARG 330 DC CF-NC automat [12]



	90°	+45° C	-45° C	+60° C		
●	330	-	-	-		400V, 4.7 kW
■	310	-	-	-		15-90 m/min
■	360x310	-	-	-		-
■	-	-	-	-		1320 kg

Hlavní motor	400 V / 50 Hz / 3,8 kW
Motor čerpadla	400 V / 50 Hz / 0,12 kW
Motor hydraulického agregátu	400 V / 50 Hz / 0,35 kW
Servomotor posuvu	1,3 / 2 kW
Rychlost posuvu materiálu	1,6 / 2,5 / 3 m·min ⁻¹
Rychlost pásu	15–90 m·min ⁻¹
Pracovní výška svěráku	850 mm
Olej v hydraulickém systému	cca 25 l (ISO 6743/4-HM, DIN 51 524 část 2-HLP)
Nádrž chladicí kapaliny	cca 30 l
Rozměry stroje (min.)	1850×1500×2400 mm
Rozměry stroje (max.)	1850×1900×2650 mm
Hmotnost Stroje	1320 kg

PŘÍLOHA 5

Multifunkční obráběcí centrum MULTICUT 500I/1500S POWER [13]

Parametr			MULTICUT 500i (POWER)	
			T	S
Pracovní rozsah	Max. točný průměr nad ložem	mm	1 030	
	Max. soustružený průměr	B= 90° / 60° / 45° / 0°	549 / 690 / 880 / 1 030	
	Max. vzdálenost čel	vřeteno - čelo pinole konika / vřeteno - vřeteno	1 972	1 799
	Max. soustružená délka	mm	1 734	1 527
	Max. průměr obrábění z tyče	mm	94 [122]	
Hmotnost obrábku	Letmo / podepřeno hrotem včetně upínače (při max. otáčkách 300min ⁻¹)	kg	800 / 2 100 [1 000 / 2 500]	
	Podepřeno lunetami 1 / 2 / 3 včetně upínače (při max. otáčkách 300min ⁻¹)	kg	2 500 [3 000] / - / -	
Lineární osy nástrojového vřetena	Pojezd osy X / Y < Y / Y > / Z < Nástrojové vřeteno >	mm	640 / 370 < 190 + 180 > / 1 600	
	Posuvová síla X / Y / Z	25% / 40% ED / stálý	21,5 / 17,5 / 12,5 / 19,5 / 16 / 11,5 / 32 / 27,5 / 17	
	Rychlost osy X / Y / Z	m.min ⁻¹	50 / 40 / 50	
	Zrychlení osy X / Y / Z	m.s ⁻²	5 / 4 / 5	
Přesnost CSN ISO 230-2 VDI/DGQ 3441	Přesnost najetí X/Y/Z	mm	0,008 / 0,007 / 0,01	
	Opakované najetí X/Y/Z	mm	0,004 / 0,004 / 0,008	
Hlavní vřeteno	Max. otáčky vřetena	Nízké otáčky	3 500 [966]	
		Vysoké otáčky	3 500 [2 800]	
	Jmenovité otáčky na vřetenu	min ⁻¹	750 [133 / 666]	
	Počet převodových stupňů		1 [2]	
	Typ čela vřetena (DIN 55026)		A8 [A11]	
	Vrtání vřetena	mm	106 [135]	
	Vnitřní průměr předních ložisek	mm	160 [200]	
	Krouticí moment	Nízké otáčky 25% / 40% / 60% ED / stálý	Nm 1 145 / 1 025 / - / 760 [- / 3 000 / 2 400 / 2 000]	
		Vysoké otáčky 25% / 40% / 60% ED / stálý	Nm 1 145 / 1 025 / - / 760 [760 / 600 / 480 / 400]	
	Výkon motoru	25% / 40% / 60% ED / stálý	kW 74 / 72 / - / 59 [53 / 42 / 33,5 / 28]	
Protivřeteno	Výška osy vřetena	mm	1 290	
	Max. otáčky vřetena	Nízké otáčky	-	
		Vysoké otáčky	-	
	Jmenovité otáčky na vřetenu	min ⁻¹	-	
	Počet převodových stupňů	min ⁻¹	-	
	Typ čela vřetena (DIN 55026)		-	
	Vrtání vřetena	mm	-	
	Vnitřní průměr předních ložisek	mm	-	
	Krouticí moment	Nízké otáčky 25% / 40% / 60% ED / stálý	-	
		Vysoké otáčky 25% / 40% / 60% ED / stálý	-	
Osa C obrobkového vřetena 1,2	Výkon	25% / 40% / 60% ED / stálý	-	
	Min. krok programování		0,0001°	
	Max. otáčky	min ⁻¹	43	
	Krouticí moment	25% ED / stálý	Nm 2 100 / 1 400	
	Brzda pracovní / bezpečnostní	Nm	-	
Nástrojové vřeteno	Max. otáčky	min ⁻¹	12 000	
	Jmenovité otáčky	min ⁻¹	2 100	
	Upínací kužel		HSK-A63, Capto C6 [HSK-A63]	
	Krouticí moment	25% / 40% ED / stálý	Nm 123 / 100 / 60	
	Výkon	25% / 40% ED / stálý	kW 27 / 22 / 13	
	Počet poloh pro indexaci nástroje		360 × 1°	
	Délka vřetena	mm	563	
	Rozsah natočení		-120° / +105°	
Osa B nástrojového vřetena	Min. krok programování		0,0001°	
	Max. otáčky	min ⁻¹	50	
	Doba indexace o 90°	s	0,8	
	Krouticí moment	40% ED / stálý	Nm 950 / 550	
	Hydraulická brzda / aretace	Nm	4 000	
Zásobník nástrojů	Počet míst v zásobníku	HSK-T63, Capto C6	81	
		HSK-T100, Capto C8	-	
	Max. délka nástroje	mm	350	
	Max. průměr nástroje	S / bez vynechání HSK-T63, Capto C6	mm 150 / 90	
		S / bez vynechání HSK-T100, Capto C8	mm -	
	Max. hmotnost nástroje	kg	8	
Koník	Čas výměny nástroj - nástroj / tláka - tláka	s	3 / 15	
	Průměr pinoly / Zdvih pinoly	mm	190 / 180	-
	Kužel pro hrot	Morse	Mo6	-
	Rozsah síly	kN	3,2 - 28,6	-
Nádrž chladicí kapaliny	Objem nádrže / Objem chladicí kapaliny	l	500 / 620	
	Výkon motoru čerpadla	stálý	kW 0,27	
Rozměry stroje	Délka stroje bez / včetně dopravníku třísek / transportní	mm	4 800 / 6 500 / 5 372 [6 385 / 7 425 / 6 692]	
	Šířka stroje / transportní	mm	3 950 / 3 670	
	Výška stroje / transportní	mm	3 760 / 3 660	
	Hmotnost stroje	kg	22 800 [23 750]	23 050 [24 000]
Připojení stroje	Příkon stroje	Jmenovitý	kW 110 [90]	110 [90]
	Tlakový vzduch	tlak / průtok	MPa/L.min ⁻¹ 0,6 / 600	
Řídicí systém	Type		Siemens Sinumerik 840D SL	
	Počet souvisejících os při obrábění		5	

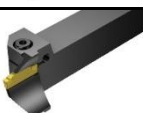
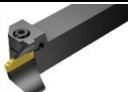
PŘÍLOHA 6

Technologický postup pro kusovou výrobu

VUT FSI ÚST BRNO		VÝROBNÍ POSTUP		Název součástí: VÍKO LOŽISKA	Název skupiny:		
Dne: 7. 2. 2015		Vyhotovil: Libor VESELÝ		Polotovar: Ø 290×65			
Číslo op. pořadové:	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Dílna:	Popis práce v operaci:		Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky:		
Orientační:	Třídící číslo:						
10	SOUSTRUH SUS 63 04137	OBROBNA	- UPNOUT ZA VNĚJŠÍ PRŮMĚR, DORAZIT NA ČELO - ZAROVNAT ČELO 2 MM	T1			
			- HRUBOVAT OTVOR Ø 85 - SOUSTRUŽIT ČELO NA Ø114h9 DO HLOUBKY 11,5	T2			
			- HRUBOVAT Ø 200 V DÉLCE 28 - SOUSTRUŽIT SRAŽENÍ 5×45° NA Ø200 - DOKONČIT VNĚJŠÍ TVAR	T1			
			- SOUSTRUŽIT DRÁŽKU NA ČELE Ø 135H9/Ø 114h9 DO HLOUBKY 20	T3			
20	SOUSTRUH SUS 63 04137	OBROBNA	- UPNOUT ZA Ø 200, DORAZIT NA ČELO - ZAROVNAT ČELO NA DÉLKU 60+0,5 - HRUBOVAT Ø 270 - HRUBOVAT Ø 200H8 V DÉLCE 10 - DOKONČIT VNĚJŠÍ TVAR	T1			
			- SOUSTRUŽIT ČELO NA Ø 144 DO HLOUBKY 3,5 - SOUSTRUŽIT Ø 97 V DÉLCE 26,5 - SOUSTRUŽIT Ø 132 DO HLOUBKY 22,5 VČETNĚ SRAŽENÍ 4×45°	T2			
			- SOUSTRUŽIT DRÁŽKU NA ČELE Ø 182H9/Ø 144 DO HLOUBKY 25	T4			
			- DOKONČIT Ø 85H9	T2			
			- SOUSTRUŽIT R2 DO HLOUBKY 3 – 3×	T5			
			30	PRAČKA		- ODMASTIT	
			40	OTK 09863	KONTROLA	- KONTROLOVAT ROZMĚRY Ø 135H9; Ø 114h9; Ø 200; 20; 11,5	
50	VODOROVNÁ VYVRTÁVAČKA W9A 04821	OBROBNA	- UPNOUT NA DESKU - VRTAT PRŮCHZÍ OTVOR Ø 13,5 – 6×	T6			
			- VRTAT PRŮCHZÍ OTVOR Ø 14 PRO M16 – 2×	T7			
			- ŘEZAT ZÁVIT M16 – 2×	T10			
60	VODOROVNÁ VYVRTÁVAČKA W9A 04821	OBROBNA	- OTOČIT STŮL, UPNOUT NA DESKU				
			- VRTAT PRŮCHZÍ OTVOR Ø 6	T9			
			- VRTAT OTVOR Ø10,5 PRO M12 DO HLOUBKY 27	T8			
			- ŘEZAT ZÁVIT M12×1,5 V DÉLCE 16	T11			
70	PRAČKA		- ODMASTIT				
80	OTK 09863	KONTROLA	- KONTROLOVAT ROZMĚRY Ø 270; Ø 200H8; Ø 182/25; Ø 144/3,5; Ø 132/22,5; Ø 97/4; Ø 85H9 - KONTROLOVAT OTVORY Ø 13,5; ZÁVITY M16; M12 - KONTROLOVAT GEOMETRICKÉ TOLERANCE				

PŘÍLOHA 7

Nástrojový list SANDVIK CZ, s.r.o. [10]

Poz.	Operace	Držák / VBD	Materiál / Povlak	Znázornění
T1	Vrtání	880-D5900L40-02	HSS	
		880-090608H-C-LM	P1044	
		880-0906W10H-P-LM	P4024	
T2	Soustružení vnitřní hrubování	A32T-PCLNL 12	HSS	
		CNMG 120412-PR	GC4225	
T3	Soustružení vnější hrubování	DCLNL 2525M12	HSS	
		CNMG 120412-PR	GC4225	
T4	Soustružení vnější dokončování	DDJNL 2525M15	HSS	
		DNMG 150608-PF	GC 4215	
T5	Soustružení čelní zapichování	LF123G22-2525B-090B	HSS	
		N123G2-0300-0003-TF	GC1125	
T6	Soustružení čelní zapichování	LF123H25-2525B-132BM	HSS	
		N123H2-0400-0004-TM	GC4225	
T7	Soustružení vnitřní dokončování	S40V-PDUNL 15	HSS	
		DNMG 150608-PF	GC 4215	
T8	Soustružení drážky	LAG123H 07-25B	HSS	
		N123G2-0400-RM	GC4225	
T9	Vrtání	Monolitní vrták Ø6 mm	SK	
		860.1-0600-047A1-PM	GC4234	
T10	Vrtání	Monolitní vrták Ø10,5 mm	SK	
		R840 1050-30-A1A	GC1220	
T11	Vrtání	Monolitní vrták Ø14 mm	SK	
		R840 1400-30-A1A	GC1220	
T12	Vrtání	Monolitní vrták Ø 13,5 mm	SK	
		R840 1350-30-A1A	GC1220	
T13	Řezání závitů	Závitník M12×1,5 6H	HSS	
		T300-XM100DB-M12X150 C110	C110	
T14	Řezání závitů	Závitník M16 6H	HSS	
		T200-XM101DA-M16 C110	C110	

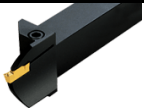
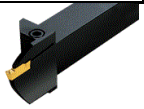
PŘÍLOHA 8

Nástrojový list Seco Tools CZ, s.r.o. [15, 19, 20]

Poz.	Operace	Držák / VBD	Materiál / Povlak	Znázornění
T1	Vrtání	SD502-59-118-40R7	HSS	
		SPGX 1904-C1	T400D	
		SCGX 150512-P2	DP2000	
T2	Soustružení vnitřní hrubování	A32T - PCLNL 12	HSS	
		CNMG 120412 - M3	TP2500	
T3	Soustružení vnější hrubování	DCLNL 2525 M12-M	HSS	
		CNMG 120412-M3	TP2500	
T4	Soustružení vnější dokončování	DDJNL 2525M15-M	HSS	
		DNMG 150608-MF2	TP1500	
T5	Soustružení čelní zapichování	CFIL 3225P08L170110-JET	HSS	
		LCMF 300804-0800-FT	CP500	
T6	Soustružení čelní zapichování	CFOL 2525M06R230140 - JET	HSS	
		LCMF 160604-0600-FT	CP500	
T7	Soustružení vnitřní dokončování	S32U-PDUNL15	HSS	
		DNMG 150608-MF2	TP1500	
T8	Soustružení drážky	A32T-CGHL1304	HSS	
		LCMF 1304M0-0400-MP	GC4225	
T9	Vrtání	Monolitní vrták Ø6 mm	SK	
		SD207A-6.0-45-6R1	TiAlN + TiN	
T10	Vrtání	Monolitní vrták Ø10,5 mm	SK	
		SD203A-10.5-31-12R5	TiAlN + TiN	
T11	Vrtání	Monolitní vrták Ø14 mm	SK	
		SD203A-14.0-37-14R5	TiAlN + TiN	
T12	Vrtání	Monolitní vrták Ø13,5 mm	SK	
		SD203A-13.5-37-14R5	TiAlN + TiN	
T13	Řezání závitů	Závitník M12×1,5 6H	HSS	
		MTH-M12X1.50ISO6H-BC-V038	TiN	
T14	Řezání závitů	Závitník M16 6H	HSS	
		MTH-M16×2.00ISO6H-TB-V008	TiN	

PŘÍLOHA 9

Nástrojový list ISCAR ČR, s.r.o. [21, 22, 23]

Poz.	Operace	Držák / VBD	Materiál / Povlak	Znázornění
T1	Vrtání	DR059-118-40-16-2D-N	HSS	
		SOMT 160512-DT	IC808	
		SOMT 160512-DT	IC808	
T2	Soustružení vnitřní hrubování	A32T-PCLNL-12	HSS	
		CNMG 120412-NM	IC8250	
T3	Soustružení vnější hrubování	DCLNL 2525M-12	HSS	
		CNMG 120412 - NM	IC8250	
T4	Soustružení vnější dokončování	DDJNL 2525M-15	HSS	
		DNMG 150608-NF	IC8150	
T5	Soustružení čelní zapichování	HFHL 25-100-6T20	HSS	
		HGPL 6005Y	IC354	
T6	Soustružení čelní zapichování	HFHL 25-140-4T25	HSS	
		HGPL 4004Y	IC354	
T7	Soustružení vnitřní dokončování	S32T PDUNL-15	HSS	
		DNMG 150608-NF	IC8150	
T8	Soustružení drážky	GHIL 25C-510	HSS	
		GIFI 4.00E-2.00	IC8250	
T9	Vrtání	Monolitní vrták Ø6 mm	SK	
		SCD 060-048-060 ACG8	IC908	
T10	Vrtání	Monolitní vrták Ø12 mm	SK	
		SCD 120-056-120 ACP5	IC908	
T11	Vrtání	Monolitní vrták Ø10,5 mm	SK	
		SCD 105-060-140 ACP5	IC908	
T12	Vrtání	Monolitní vrták Ø13,5 mm	SK	
		SCD 135-060-140 ACP5	IC908	
T13	Řezání závitů	Závitník M12×1,5 6H	HSS	
		TPS M-12×1,5-M	TiN	
T14	Řezání závitů	Závitník M16 6H	HSS	
		TPG M-16×2,0-M	TiN	

PŘÍLOHA 10 (1/2)

Technologický postup pro sériovou výrobu

VUT FSI ÚST BRNO		VÝROBNÍ POSTUP		Název součásti: VÍKO LOŽISKA	Název skupiny:
Dne:	7. 2. 2015	Vyhotovil:	Libor VESELÝ	Polotovar: ČSN EN 10060 Ø 300×64	
Číslo op. pořadové:	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Dílna:	Popis práce v operaci:		Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky:
Orientační:	Třídící číslo:				
10	PILOUS ARG 330 DC CF - NC 05967	SKLAD	- UPNOUT MATERIÁL		
			- ŘEZAT TYČ Ø 300×64±0,5		- PILOVÝ PÁS 3870×34×1,1
20	PRAČKA		- ODMASTIT		
30	OTK 09863	KONTROLA	- KONTROLOVAT DÉLKU PŘÍŘEZU 64±0,5 – 100 %		
40	CNC SOUSTRUH 44456	OBROBNA	- UPNOUT ZA VNĚJŠÍ PRŮMĚR, DORAZIT NA ČELO		T3
			- ZAROVNAT ČELO 2MM		
			- VRTAT PRŮCHOZÍ OTVOR Ø 59		T1
			- HRUBOVAT STŘEDOVÝ OTVOR NA Ø84		T2
			- SOUSTRUŽIT ČELO NA Ø 114h9 DO HLOUBKY 11,5		T2
			- HRUBOVAT Ø200 V DÉLCE 28		T3
			- SOUSTRUŽIT SRAŽENÍ 5×45° NA Ø 200		
			- DOKONČIT VNĚJŠÍ TVAR		T4
			- SOUSTRUŽIT DRÁŽKU NA ČELE Ø 135H9/Ø 114h9 DO HLOUBKY 20		T5
50	PRAČKA		- ODMASTIT		
60	OTK 09863	KONTROLA	- KONTROLOVAT ROZMĚRY Ø 135H9; Ø 114h9; Ø 200; 20; 11,5		
70	CNC SOUSTRUH 44456	OBROBNA	- UPNOUT ZA Ø 200, DORAZIT NA ČELO		T3
			- ZAROVNAT ČELO NA DÉLKU 60 + 0,5		
			- HRUBOVAT Ø 270		
			- HRUBOVAT Ø 200H8 V DÉLCE 10		
			- DOKONČIT VNĚJŠÍ TVAR		T4
			- SOUSTRUŽIT ČELO NA Ø 144 DO HLOUBKY 3,5		T2
			- SOUSTRUŽIT Ø 97 V DÉLCE 26,5		
			- SOUSTRUŽIT Ø 132 DO HLOUBKY 22,5 VČETNĚ SRAŽENÍ 4×45°		
			- SOUSTRUŽIT DRÁŽKU NA ČELE Ø 182 / Ø144 DO HLOUBKY 25		T6
			- DOKONČIT VNITŘNÍ TVAR VČETNĚ		T7
			- SOUSTRUŽIT R2 DO HLOUBKY 3 – 3×		T8
			- VRTAT PRŮCHZÍ OTVOR Ø 13,5 – 6×		T4
			- VRTAT PRŮCHZÍ OTVOR Ø14 PRO M16 – 2×		T3
			- ŘEZAT ZÁVIT M16 – 2×		T5
			- VRTAT PRŮCHZÍ OTVOR Ø 6		T9
			- VRTAT OTVOR Ø 10,5 PRO M12×1,5 DO HLOUBKY 27		T10
			- ŘEZAT ZÁVIT M12 V DÉLCE 16		T11

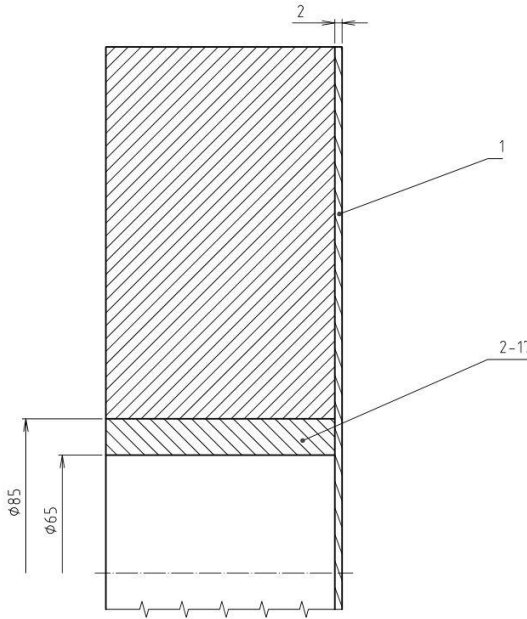
PŘÍLOHA 10 (2/2)

Technologický postup pro sériovou výrobu

VUT FSI ÚST BRNO		VÝROBNÍ POSTUP		Název součásti: VÍKO LOŽISKA	Název skupiny:
Dne:	7. 2. 2015	Vyhotovil:	Libor VESELÝ	Polotovary: ČSN EN 10060 Ø 300×64	
Číslo op. pořadové:	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Dílna:	Popis práce v operaci:		Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky:
Orientační:	Třídící číslo:				
80	PRAČKA		- ODMASTIT		
90	OTK 09863	KONTROLA	- KONTROLOVAT ROZMĚRY Ø 270; Ø 200H8; Ø 182/25; Ø 144/3,5; Ø 132/22,5; Ø 97/4; Ø 85H9 - KONTROLOVAT OTVORY Ø 13,5; ZÁVITY M16; M12 - KONTROLOVAT GEOMETRICKÉ TOLERANCE		

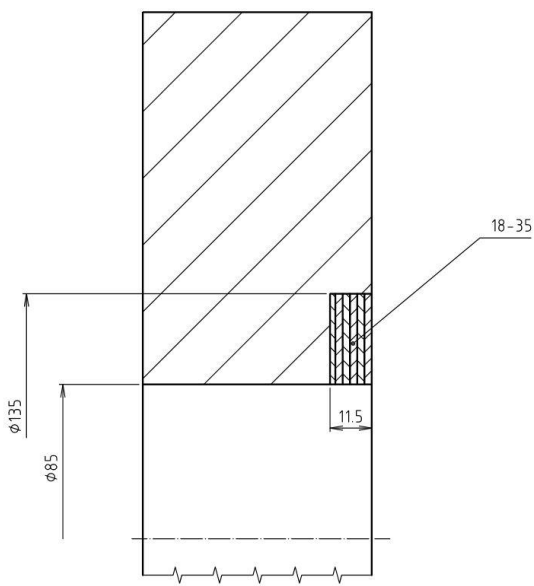
PŘÍLOHA 11 (1/3)

Operační návodka pro operaci č. 10

VÝROBNÍ NÁVODKA							
VUT-FSI ÚST	Součást: VÍKO LOŽISKA			Stroj: SUS 63		Číslo operace: 20	
				Pracoviště: 04137			
							
Úsek	i	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f_n [mm]	a_p [mm]	l [mm]	t_{AS} [min]
Zarovnat čelo, T1	1	475	523	0,2	3	114	1,090
Hrubovat otvor Ø 85, T2	2	425	2072	0,15	0,65	65	0,216
Hrubovat otvor Ø 85, T2	3	425	2025	0,15	0,65	65	0,221
Hrubovat otvor Ø 85, T2	4	425	1987	0,15	0,65	65	0,225
Hrubovat otvor Ø 85, T2	5	425	1949	0,15	0,65	65	0,230
Hrubovat otvor Ø 85, T2	6	425	1913	0,15	0,65	65	0,233
Hrubovat otvor Ø 85, T2	7	425	1879	0,15	0,65	65	0,238
Hrubovat otvor Ø 85, T2	8	425	1846	0,15	0,65	65	0,242
Hrubovat otvor Ø 85, T2	9	425	1813	0,15	0,65	65	0,246
Hrubovat otvor Ø 85, T2	10	425	1782	0,15	0,65	65	0,251
Hrubovat otvor Ø 85, T2	11	425	1752	0,15	0,65	65	0,255
Hrubovat otvor Ø 85, T2	12	425	1723	0,15	0,65	65	0,259
Hrubovat otvor Ø 85, T2	13	425	1695	0,15	0,65	65	0,264
Hrubovat otvor Ø 85, T2	14	425	1668	0,15	0,65	65	0,268
Hrubovat otvor Ø 85, T2	15	425	1642	0,15	0,65	65	0,272
Hrubovat otvor Ø 85, T2	16	425	1616	0,15	0,65	65	0,276
Hrubovat otvor Ø 85, T2	17	425	1592	0,15	0,65	65	0,281
Σ t_{AS} [min]							5,067
Datum: 17. 4. 2015		Navrhl: Libor Veselý		Schválil:			

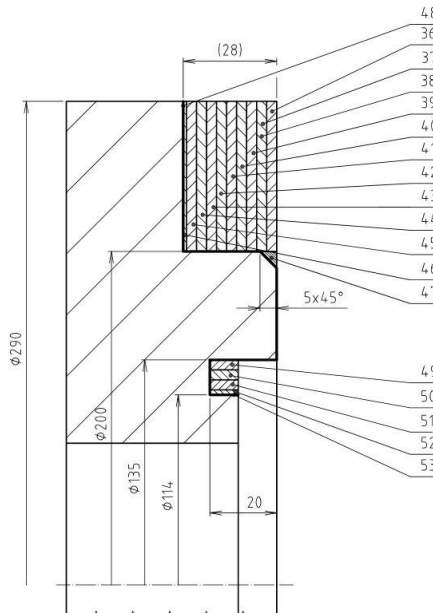
PŘÍLOHA 11 (2/3)

Operační návodka pro operaci č. 10

VÝROBNÍ NÁVODKA							
VUT-FSI ÚST	Součást: VÍKO LOŽISKA	Stroj: SUS 63		Číslo operace: 10			
		Pracoviště: 04137					
							
Úsek	i	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f_n [mm]	a_p [mm]	l [mm]	t_{AS} [min]
Soustružit čelo, T2	18	425	1002	0,15	0,65	25	0,166
Soustružit čelo, T2	19	425	1002	0,15	0,65	25	0,166
Soustružit čelo, T2	20	425	1002	0,15	0,65	25	0,166
Soustružit čelo, T2	21	425	1002	0,15	0,65	25	0,166
Soustružit čelo, T2	22	425	1002	0,15	0,65	25	0,166
Soustružit čelo, T2	23	425	1002	0,15	0,65	25	0,166
Soustružit čelo, T2	24	425	1002	0,15	0,65	25	0,166
Soustružit čelo, T2	25	425	1002	0,15	0,65	25	0,166
Soustružit čelo, T2	26	425	1002	0,15	0,65	25	0,166
Soustružit čelo, T2	27	425	1002	0,15	0,65	25	0,166
Soustružit čelo, T2	28	425	1002	0,15	0,65	25	0,166
Soustružit čelo, T2	29	425	1002	0,15	0,65	25	0,166
Soustružit čelo, T2	30	425	1002	0,15	0,65	25	0,166
Soustružit čelo, T2	31	425	1002	0,15	0,65	25	0,166
Soustružit čelo, T2	32	425	1002	0,15	0,65	25	0,166
Soustružit čelo, T2	33	425	1002	0,15	0,65	25	0,166
Soustružit čelo, T2	34	425	1002	0,15	0,65	25	0,166
Soustružit čelo, T2	35	425	1002	0,15	0,65	25	0,166
Σ t_{AS} [min]							2,988
Datum: 17. 4. 2015		Navrhl: Libor Veselý		Schválil:			

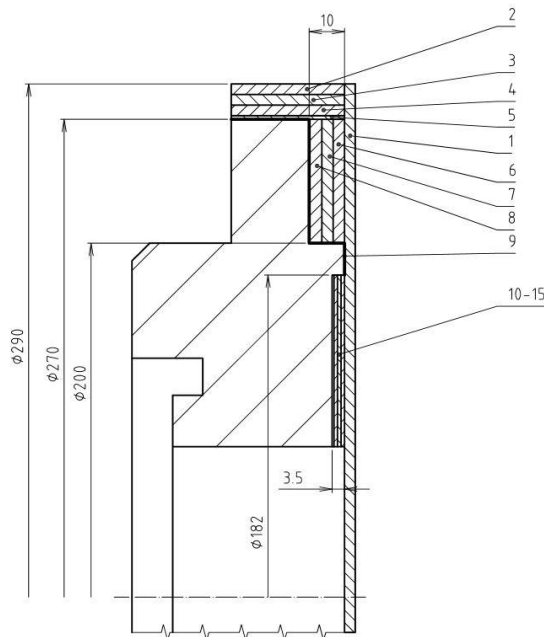
PŘÍLOHA 11 (3/3)

Operační návodka pro operaci č. 10

VÝROBNÍ NÁVODKA							
VUT-FSI ÚST	Součást: VÍKO LOŽISKA	Stroj: SUS 63		Číslo operace: 10			
		Pracoviště: 04137					
							
Úsek, nástroj	i	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f_n [mm]	a_p [mm]	l [mm]	t_{AS} [min]
Hrubovat Ø 200, T1	36	475	523	0,2	3	48	0,467
Hrubovat Ø 200, T1	37	475	523	0,2	3	48	0,467
Hrubovat Ø 200, T1	38	475	523	0,2	3	48	0,467
Hrubovat Ø 200, T1	39	475	523	0,2	3	48	0,467
Hrubovat Ø 200, T1	40	475	523	0,2	3	48	0,467
Hrubovat Ø 200, T1	41	475	523	0,2	3	48	0,467
Hrubovat Ø 200, T1	42	475	523	0,2	3	48	0,467
Hrubovat Ø 200, T1	43	475	523	0,2	3	48	0,467
Hrubovat Ø 200, T1	44	475	523	0,2	3	48	0,467
Hrubovat Ø 200, T1	45	475	523	0,2	3	48	0,467
Hrubovat Ø 200, T1	46	475	523	0,2	3	48	0,467
Soustružit sražení, T1	47	475	756	0,2	3	5	0,066
Dokončit vnější tvar, T1	48	475	756	0,2	0,5	125	0,827
Hrubovat drážku, T3	49	140	330	0,13	3	10	0,210
Hrubovat drážku, T3	50	140	345	0,13	3	10	0,200
Hrubovat drážku, T3	51	140	362	0,13	3	10	0,191
Hrubovat drážku, T3	52	140	381	0,13	3	10	0,182
Dokončit drážku, T3	53	140	330	0,13	0,5	38	0,886
Σ t_{AS} [min]							7,699
Datum: 17. 4. 2015		Navrhl: Libor Veselý		Schválil:			

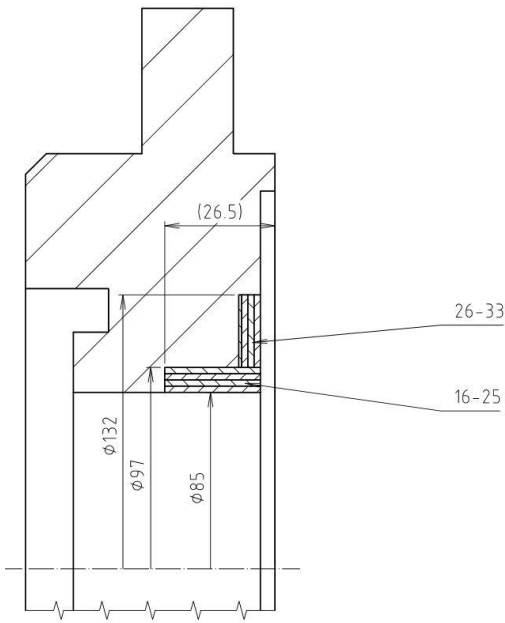
PŘÍLOHA 12 (1/4)

Operační návodka pro operaci č. 20

VÝROBNÍ NÁVODKA							
VUT-FSI ÚST	Součást: VÍKO LOŽISKA	Stroj: SUS 63		Číslo operace: 20			
		Pracoviště: 04137					
							
Úsek	i	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f_n [mm]	a_p [mm]	l [mm]	t_{AS} [min]
Zarovnat čelo, T1	1	475	523	0,2	3	104	0,994
Hrubovat Ø 270, T1	2	475	523	0,2	3	33	0,315
Hrubovat Ø 270, T1	3	475	534	0,2	3	33	0,309
Hrubovat Ø 270, T1	4	475	546	0,2	3	33	0,302
Hrubovat Ø 270, T1	5	475	558	0,2	3	33	0,296
Hrubovat Ø 200, T1	6	475	560	0,2	3	36	0,321
Hrubovat Ø 200, T1	7	475	560	0,2	3	36	0,321
Hrubovat Ø 200, T1	8	475	560	0,2	3	36	0,321
Dokončit vnější tvar, T1	9	475	523	0,2	0,5	138	1,319
Soustružit čelo, T2	10	425	743	0,15	0,65	50	0,449
Soustružit čelo, T2	11	425	743	0,15	0,65	50	0,449
Soustružit čelo, T2	12	425	743	0,15	0,65	50	0,449
Soustružit čelo, T2	13	425	743	0,15	0,65	50	0,449
Soustružit čelo, T2	14	425	743	0,15	0,65	50	0,449
Soustružit čelo, T2	15	425	743	0,15	0,65	50	0,449
Σ t_{AS} [min]							7,192
Datum: 17. 4. 2015		Navrhl: Libor Veselý		Schválil:			

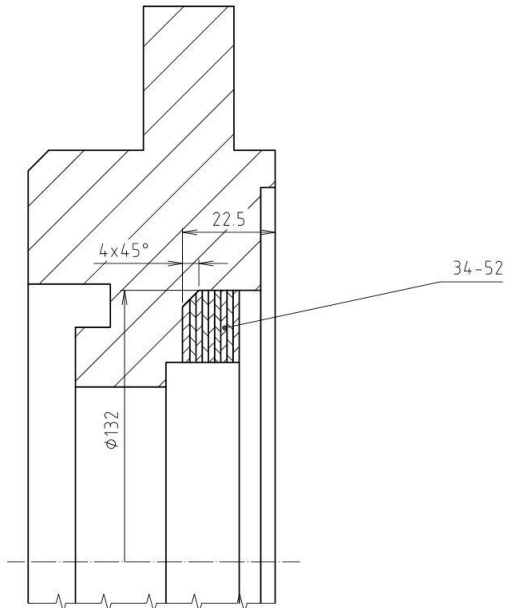
PŘÍLOHA 12 (2/4)

Operační návodka pro operaci č. 20

VÝROBNÍ NÁVODKA							
VUT-FSI ÚST	Součást: VÍKO LOŽISKA	Stroj: SUS 63		Číslo operace: 20			
		Pracoviště: 04137					
							
Úsek	i	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f_n [mm]	a_p [mm]	l [mm]	t_{AS} [min]
Hrubovat Ø 97, T2	16	425	1591	0,15	0,65	28	0,117
Hrubovat Ø 97, T2	17	425	1568	0,15	0,65	28	0,119
Hrubovat Ø 97, T2	18	425	1544	0,15	0,65	28	0,121
Hrubovat Ø 97, T2	19	425	1522	0,15	0,65	28	0,123
Hrubovat Ø 97, T2	20	425	1500	0,15	0,65	28	0,124
Hrubovat Ø 97, T2	21	425	1478	0,15	0,65	28	0,126
Hrubovat Ø 97, T2	22	425	1458	0,15	0,65	28	0,128
Hrubovat Ø 97, T2	23	425	1438	0,15	0,65	28	0,130
Hrubovat Ø 97, T2	24	425	1418	0,15	0,65	28	0,132
Hrubovat Ø 97, T2	25	425	1399	0,15	0,65	28	0,133
Hrubovat Ø 132, T2	26	425	1395	0,15	0,65	24	0,134
Hrubovat Ø 132, T2	27	425	1376	0,15	0,65	24	0,136
Hrubovat Ø 132, T2	28	425	1358	0,15	0,65	24	0,137
Hrubovat Ø 132, T2	29	425	1341	0,15	0,65	24	0,139
Hrubovat Ø 132, T2	30	425	1324	0,15	0,65	24	0,141
Hrubovat Ø 132, T2	31	425	1307	0,15	0,65	24	0,143
Hrubovat Ø 132, T2	32	425	1291	0,15	0,65	24	0,145
Hrubovat Ø 132, T2	33	425	1275	0,15	0,65	24	0,146
Σ t_{AS} [min]							2,374
Datum: 17. 4. 2015		Navrhl: Libor Veselý		Schválil:			

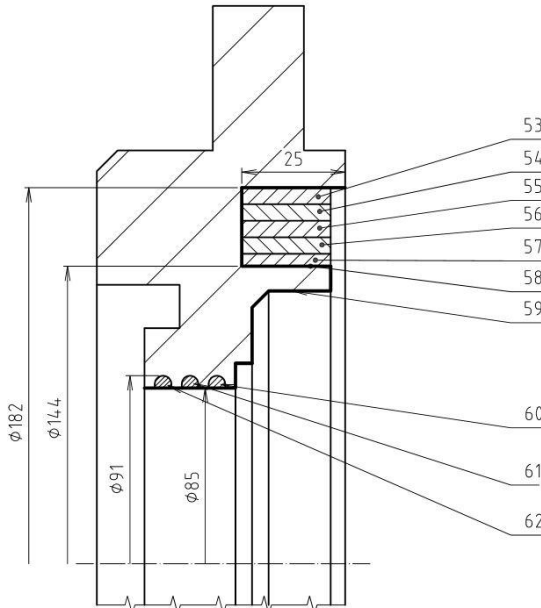
PŘÍLOHA 12 (3/4)

Operační návodka pro operaci č. 20

VÝROBNÍ NÁVODKA							
VUT-FSI ÚST	Součást: VÍKO LOŽISKA	Stroj: SUS 63		Číslo operace: 20			
		Pracoviště: 04137					
							
Úsek	i	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f_n [mm]	a_p [mm]	l [mm]	t_{AS} [min]
Hrubovat Ø 132, T2	34	425	1260	0,15	0,65	28	0,148
Hrubovat Ø 132, T2	35	425	1245	0,15	0,65	28	0,150
Hrubovat Ø 132, T2	36	425	1230	0,15	0,65	28	0,152
Hrubovat Ø 132, T2	37	425	1215	0,15	0,65	28	0,154
Hrubovat Ø 132, T2	38	425	1201	0,15	0,65	28	0,155
Hrubovat Ø 132, T2	39	425	1188	0,15	0,65	28	0,157
Hrubovat Ø 132, T2	40	425	1174	0,15	0,65	28	0,159
Hrubovat Ø 132, T2	41	425	1161	0,15	0,65	28	0,161
Hrubovat Ø 132, T2	42	425	1148	0,15	0,65	28	0,163
Hrubovat Ø 132, T2	43	425	1136	0,15	0,65	28	0,164
Hrubovat Ø 132, T2	44	425	1124	0,15	0,65	28	0,166
Hrubovat Ø 132, T2	45	425	1112	0,15	0,65	28	0,169
Hrubovat Ø 132, T2	46	425	1100	0,15	0,65	28	0,170
Hrubovat Ø 132, T2	47	425	1088	0,15	0,65	28	0,172
Hrubovat Ø 132, T2	48	425	1077	0,15	0,65	28	0,173
Hrubovat Ø 132, T2	49	425	1066	0,15	0,65	28	0,175
Hrubovat Ø 132, T2	50	425	1055	0,15	0,65	28	0,177
Hrubovat Ø 132, T2	51	425	1045	0,15	0,65	28	0,177
Hrubovat Ø 132, T2	52	425	1034	0,15	0,65	28	0,181
Σt_{AS} [min]							3,123
Datum: 17. 4. 2015		Navrhl: Libor Veselý		Schválil:			

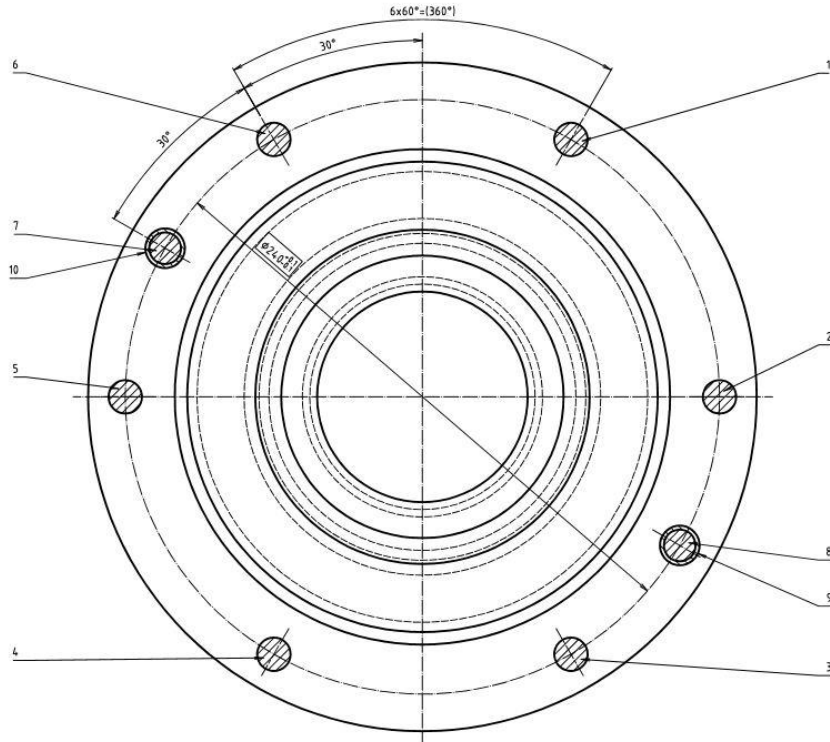
PŘÍLOHA 12 (4/4)

Operační návodka pro operaci č. 20

VÝROBNÍ NÁVODKA							
VUT-FSI ÚST	Součást: VÍKO LOŽISKA	Stroj: SUS 63		Číslo operace: 20			
		Pracoviště: 04137					
							
Úsek	i	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f_n [mm]	a_p [mm]	l [mm]	t_{AS} [min]
Hrubovat drážku, T4	53	160	280	0,2	4	23	0,464
Hrubovat drážku, T4	54	160	293	0,2	4	23	0,445
Hrubovat drážku, T4	55	160	307	0,2	4	23	0,423
Hrubovat drážku, T4	56	160	322	0,2	4	23	0,404
Hrubovat drážku, T4	57	160	340	0,2	4	23	0,382
Dokončit drážku, T4	58	160	280	0,2	0,5	64	1,143
Dokončit vnitřní tvar, T2	59	425	1025	0,15	0,5	77	0,500
Soustružit drážku, T5	60	160	599	0,4	4	4	0,017
Soustružit drážku, T5	61	160	599	0,4	4	4	0,017
Soustružit drážku, T5	62	160	599	0,4	4	4	0,017
Σ t _{AS} [min]							3,812
Datum: 17. 4. 2015		Navrhl: Libor Veselý		Schválil:			

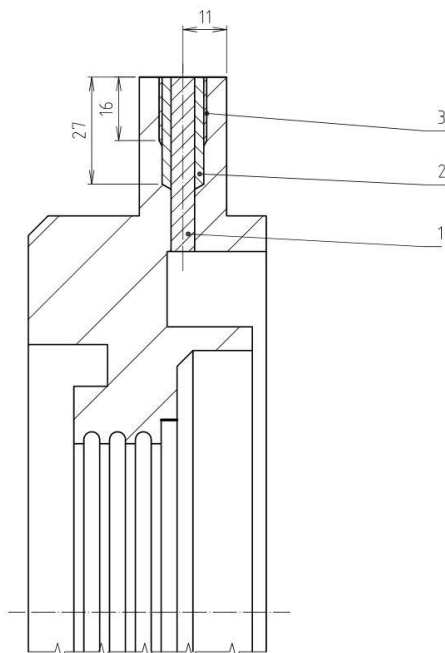
PŘÍLOHA 13

Operační návodka pro operaci č. 50

VÝROBNÍ NÁVODKA							
VUT-FSI ÚST	Součást: VÍKO LOŽISKA	Stroj: W9A		Číslo operace: 50			
		Pracoviště: 04821					
							
Úsek	i	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f_n [mm]	a_p [mm]	l [mm]	t_{AS} [min]
Vrtat otvor Ø 13,5, T6	1	30	707	0,27	-	28	0,147
Vrtat otvor Ø 13,5, T6	2	30	707	0,27	-	28	0,147
Vrtat otvor Ø 13,5, T6	3	30	707	0,27	-	28	0,147
Vrtat otvor Ø 13,5, T6	4	30	707	0,27	-	28	0,147
Vrtat otvor Ø 13,5, T6	5	30	707	0,27	-	28	0,147
Vrtat otvor Ø 13,5, T6	6	30	707	0,27	-	28	0,147
Vrtat otvor Ø 14, T7	7	30	682	0,3	-	28	0,137
Vrtat otvor Ø 14, T7	8	30	682	0,3	-	28	0,137
Řezat závit M16, T10	9	5	100	2	-	32	0,16
Řezat závit M16, T10	10	5	100	2	-	32	0,16
Σ t _{AS} [min]							1,476
Datum: 17. 4. 2015		Navrhl: Libor Veselý		Schválil:			

PŘÍLOHA 14

Operační návodka pro operaci č. 60

VÝROBNÍ NÁVODKA							
VUT-FSI ÚST	Součást: VÍKO LOŽISKA		Stroj: W9A		Číslo operace: 60		
			Pracoviště: 04821				
							
Úsek	i	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f_n [mm]	a_p [mm]	l [mm]	t_{AS} [min]
Vrtat otvor Ø 6, T9	1	30	1592	0,12	-	39	0,204
Vrtat otvor Ø 10,5, T8	2	30	909	0,25	-	30	0,172
Řezat závit M12, T11	3	6,2	164	1,5	-	26	0,106
Σ t _{AS} [min]							0,482
Datum: 17. 4. 2015		Navrhl: Libor Veselý		Schválil:			

Výrobní výkres součásti

