VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY TĚLESA VENTILU
PRODUCTION TECHNOLOGY FOR VALVE HOUSING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE Jakub Zimmer, DiS.
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2018

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	**Jakub Zimmer, DiS.**
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	**Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.**
Akademický rok:	2017/18

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 výroby tělesa ventilu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Autor navrhne výrobní technologii pro těleso ventilu. Součástí práce bude jak samotný postup výroby, tak strojního a materiálového vybavení. Autor zpracuje více variant řešení a provede jejich srovnání z hlediska technického i ekonomického. Součástí práce bude i případné další doporučení do budoucna.

Cíle bakalářské práce:

– rešerše problematiky,
– návrh výrobní technologie,
– návrh variantní výrobní technologie,
– technicko–ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené literatury:

BILÍK, Oldřich a Martin VRABEC. Technologie obrábění s využitím CAD/CAM systémů. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univ., 2002. 128 s. ISBN 80-248-0034-9.

GRZESIK, Wit. Advanced machining processes of metallic materials: modelling and applications. Oxford: Elsevier, 2008. 446 s. ISBN 978-0-08-044534-2.

CHANG, Tien-Chien, Richard WYSK a Hsu-Pin WANG. Computer-Aided Manufacturing. 3. vyd. New Jersey: Prentice Hall, 2005. 684 s. ISBN 0-13-142919-1.

KAFKA, Jindřich a Martin VRABEC. Technologie obrábění. Praha: ČVUT, 2006. 120 s. ISBN 80-0--01355-3.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

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 tělesa ventilu. Práce se zabývá rozborem součásti, návrhem technologie včetně volby strojů, nástrojů a měřidel. K navržené technologii je doložen NC program. Na daný dílec je připravena variantní technologie. Všechny navržené technologie jsou technicko-ekonomicky vyhodnoceny.

Klíčová slova

obrábění, soustružení, broušení, NC program, rotační součást

ABSTRACT

This bachelor thesis is a proposal how to manufacture a valve housing. The work deals with the analysis of component, design technology, including the choice of machines, tools and gauges. The proposed technology is supported by the NC program. Variant technology is also ready for the part. All proposed technologies are evaluated technically and economically.

Key words

machining, turning, grinding, NC program, rotary part

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ZIMMER, J. *Návrh technologie výroby tělesa ventilu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 43 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Oskar Zemčík, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

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

25. května 2018	.....
Datum	Jakub Zimmer, DiS.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Oskaru Zemčíkovi, Ph.D. a kolegům z firmy za cenné připomínky a rady, které mi poskytli při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT 4
PROHLÁŠENÍ 5
PODĚKOVÁNÍ 6
OBSAH 7
ÚVOD 9
1 ROZBOR ROTAČNÍ SOUČÁSTI 10
1.1 Technologičnost dílu 10
1.2 Volba polotovaru 11
2 NÁVRH TECHNOLOGIE 12
2.1 Soustružení 12
2.1.1 Volba stroje 12
2.1.2 Volba nástrojů 14
2.1.3 Řezné podmínky 15
2.1.4 Seřízení stroje 16
2.1.5 Text operace 17
2.1.6 Speciální měřidla 18
2.1.7 Kontrolované rozměry 18
2.1.8 Normy spotřeby času 19
2.2 Broušení 21
2.2.1 Volba stroje 21
2.2.2 Volba brusného kotouče 21
2.2.3 Seřízení stroje 21
2.1.4 Text operace 22
2.1.5 Speciální měřidla 22
2.1.6 Kontrolované rozměry 22
2.2.7 Normy spotřeby času 22
3 TVORBA NC PROGRAMU 23
3.1 Obráběcí procesy v soustružnické operaci 23
3.1.1 Hlavní vřeteno 23
3.1.2 Vedlejší vřeteno 27
4 NÁVRH VARIANTNÍ TECHNOLOGIE 31
4.1 Soustružení 31
4.1.1 Volba stroje 32
4.1.2 Text operace 32
4.2.3 Normy spotřeby času 33

4.2 Broušení ... 33
5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ ... 34
5.1 Ekonomické zhodnocení ... 34
5.1.1 Materiál ... 34
5.1.2 Soustružení ... 34
5.1.3 Broušení ... 35
5.1.4 Celková cena ... 35
5.2 Technické zhodnocení ... 36
5.3 Návrh na úsporu ... 36
ZÁVĚR ... 37
Seznam použitých zdrojů ... 39
Seznam použitých symbolů a zkratek ... 40
Seznam obrázků ... 42
Seznam příloh ... 43

ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá výrobou rotačního dílu těleso ventilu. Dílec bude vyráběn ve firmě, v které autor pracuje, a poté dodáván do hlavního sídla firmy ve švýcarském Uzwillu, kde je díl montován do potravinářských strojů.

První část obsahuje technologický rozbor dílce od technologičnosti po volbu polotovaru, kterým je přířez jakosti S355J2 o Ø210 a délce 226 mm.

Dále se zde nachází kompletní návrh výrobních operací na dvouvřetenový CNC soustruh Mori Seiki MT2000α a hrotovou brusku Junker EJ29. Stroje jsou voleny ze strojního parku firmy. V jednotlivých operacích jdou navrženy vhodné nástroje, měřidla a normy spotřeby času.

V práci je zahnut NC program připravený v CAM softwaru Alphacam 2013, kterým firma disponuje. Program je vygenerován přes postprocesor do ISO kódu, a poté ručně doladěn.

Připravena je variantní technologie na CNC soustruh Mazak Integrex 50YB, pro případ kapacitního zaplnění soustruhu Mori Seiki MT2000α. V tomto případě je soustružení rozděleno na 3 operace z důvodu vybavení stroje pouze jedním sklíčidle a obráběcím vřetenem.

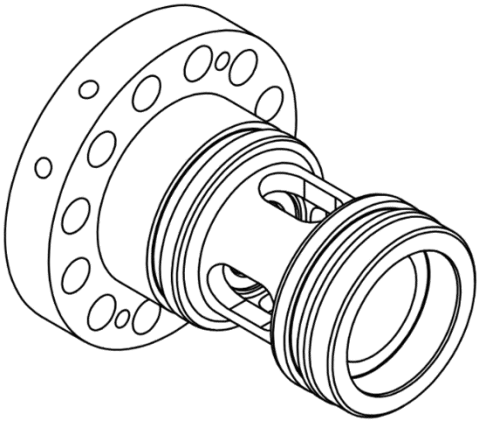
V technicko-ekonomickém vyhodnocení je porovnána hlavní technologie s variantní technologií pro zakázku 10 ks. Vyhodnocení obsahuje i doporučení do budoucna na ušetření nákladů v případě zakázek na desítky až stovky kusů.

1 ROZBOR ROTAČNÍ SOUČÁSTI

Vyráběný díl těleso ventilu se montuje do potravinářského stroje. Dílec je v délce 220 mm s největším průměrem 198 mm. Bude se vyrábět v zakázce 10 ks.

Součást je v ose rotace průchozí, a skládá se celkem z 6 typů průměrů. Vnější plocha obsahuje čtyři průměry, a je přerušena dvěma funkčními zápichy a odlehčením. V odlehčení jsou kolmo na osu rotace frézované drážky. Vzhledem k poloze drážek je z čela největšího průměru 12 děr a dvě díry s osazením. Na válcové části Ø198 jsou dvě díry se závitem NPT ¼.

Součást je z nelegované jakostní konstrukční oceli S355J2, dle normy ČSN se jedná o materiál 11 503. Pevnost v tahu R_m je u daného materiálu v rozmezí 450–600 MPa [1]. Materiál je svařitelný, což v případě této aplikace není podstatné.



Obr. 1.1 Těleso ventilu.

1.1 Technologičnost dílu

Součást je tvarově středně složitá. Není zapotřebí speciální nástroje, či speciální výrobní zařízení. Obrábění dílce bude provedeno v jedné operaci na dvě upnutí.

V ose rotace je průchozí otvor, který se skládá z 6 typů průměrů, kdy tři z nich jsou v toleranci IT7 s jakostí povrchu Ra 1,6. Dva z těchto průměrů, v toleranci IT7, spolu musí dodržet souosost v rozmezí 0,02 mm. Vnější plocha obsahuje čtyři průměry, kde nejdůležitější je v toleranci IT6 s jakostí povrchu Ra 0,8, kterou dosáhneme za pomoci broušení. Plocha je přerušena dvěma funkčními zápichy a odlehčením. Na odlehčení jsou kolmo na osu rotace frézované 4 drážky po 90°, ve všeobecné toleranci s jakostí povrchu Ra 6,3. Vzhledem k poloze drážek je z čela největšího průměru 12 děr. Na této ploše jsou i dvě díry s osazením, kde bude nutno vrtat nejprve osazení z jedné strany, a poté otvor z druhé strany, proto je nutné zajistit správné polohování mezi prvním a druhým upnutí operace soustružení. Na válcové části největšího průměru jsou dvě díry se závitem NPT ¼. Všechny tyto otvory musí také souhlasit s polohou drážek. Pokud není u rozměrů uvedeno jinak, platí všeobecné tolerance dle ISO 2768-mK. Kromě již zmíněných jakostí povrchu je nutno dodržet Ra 3,2.

1.2 Volba polotovaru

Vzhledem k počtu 10 vyráběných kusů, je polotovarem kupovaný přířez. Volen je polotovar o rozměru Ø210 mm. Jedná se o nejbližší vyšší vyráběný průměr. Tyč Ø200 mm není možné použít z důvodu, že se tyč válcovaná za tepla dle EN 10 060 dodává v toleranci pro tento průměr ±2,5 mm. Délka polotovaru je volena s přídavky 3 mm na každé straně, tj. 226 mm. Hmotnost polotovaru je 61,4 kg, proto je zapotřebí použít při upínání dílce jeřáb s magnetem. Obrobený kus lze ze stroje vyndat bez jeřábu, jeho hmotnost je 13,5 kg. Polotovar je poptán ve firmě dodávající hutní materiál. Nabídnutá cena je 1 286 Kč včetně nařezání.

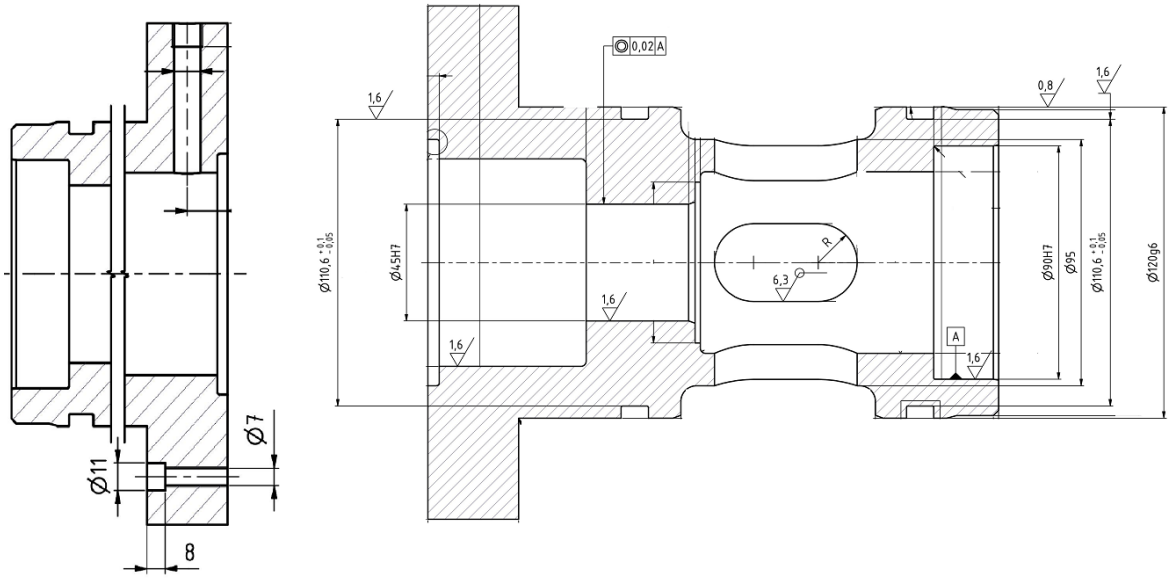
Obr. 1.2 Ilustrační foto použití magnetické upínky pro zvedání těžkých břemen.

2 NÁVRH TECHNOLOGIE

Výrobní technologie součásti těleso ventilu je rozdělena na dvě operace. V první operaci je součást kompletně obrobena, kromě Ø120g6, který je vyroben s přídavky na broušení ve velikosti 0,2…0,3 mm na průměru součásti. V druhé operaci následuje broušení součásti.

2.1 Soustružení

Na dílci je požadavek na souosost Ø90H7 a Ø45H7, proto budou soustruženy v jednom upnutí. Dále se zde nachází z čela vrtaný otvor Ø7 se zahloubením Ø11. Pokud by se vrtaly oba otvory v prvním upnutí, došlo by při soustružení čela z druhé strany k přerušovanému řezu, což je nežádoucí, proto bude v prvním upnutí vrtáno zahloubení, a z druhé strany poté Ø7 – správný průnik otvorů zajistí synchronizované předání dílce do vedlejšího vřetene. Po frézování drážek se dle předpokladu dílec zkroutí, proto se zápichy Ø110,6+0,1/-0,05 a souosé otvory soustruží na čisto až po frézování. Před frézováním je na čisto soustružen pouze odlehčení Ø95 a otvor Ø70, aby při dokončování nedocházelo k přerušovanému řezu.



Obr. 2.1 Důležité technologické rozměry.

2.1.1 Volba stroje

Vzhledem k zakázce na 10 ks je nejvhodnější vyrobit součást na jednom stroji. Odpadne přesun materiálu na mnoha pracovištích. Ze strojního parku firmy je vybrán stroj Mori Seiki MT2000α, který pracuje v 9 osách: X_1, X_2, Y, Z_1, Z_2, Z_S, C_1, C_2 a B, má horní obráběcí vřeteno pro rotační i soustružnické nástroje, revolverovou hlavu a zásobník nástrojů [2]. Stroj umožňuje synchronizované předání dílce do vedlejšího vřetene, proto není problém frézovat drážky z jedné strany dílce a k nim polohou vztažené otvory z druhé strany vrtat.

Zásobník nástrojů pojme 40 nástrojů o max. délce 280 mm a Ø125 mm. Nástroje se upínají na kužel Coromat Capto velikost C6 a jsou automaticky vyměňovány do horního obráběcího vřetene. Stroj je řízen systémem FANUC.

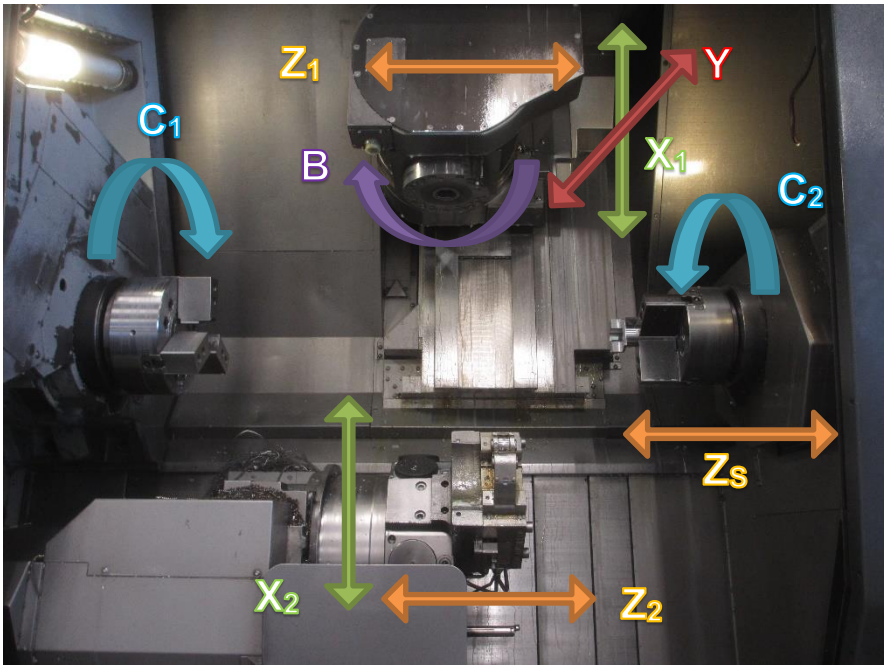
Obr. 2.2 Mori Seiki MT 2000α a kuželový upínač nástrojů kužel Capto C6.

Horní obráběcí vřeteno pracuje v osách X_1, Y, Z_1 a B. Maximální otáčky vřetene 7000 min^{-1} [2].

Spodní revolverová hlava pracuje v osách X_2 a Z_2. Má 12 pozic pro nepoháněné nástroje [2].

Hlavní vřeteno má velikost 10“ značky Kitagawa B210, maximální otáčky 4000 min^{-1} a je polohovatelné v ose C_1 [2].

Vedlejší vřeteno má velikost 8“ značky Kitagawa B208, maximální otáčky 4500 min^{-1} a je polohovatelné v ose C_2 a Z_S [2].

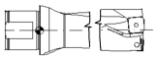
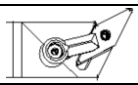
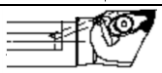
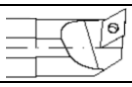
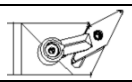
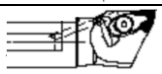
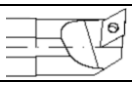
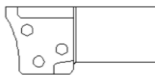
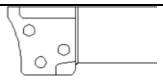


Obr. 2.3 Pracovní prostor stroje s popisem os.

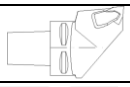
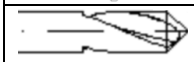
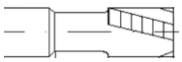
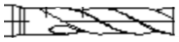
2.1.2 Volba nástrojů

Pro obrobení součásti nejsou potřeba speciální nástroje. Všechny nástroje použity ze standardního vybavení firmy.

Tab. 2.1 Soupis nástrojů - spodní revolverová hlava.

Schéma nástroje	Směr	Název	Označení:
	←	Vrták s VBD	SD525-44-220-40R7 SECO
		VBD středová	SPGX1504-C1 T400D
		VBD obvodová	SCGX120408-P2 DP3000
	←	Nůž vnější - hrubování	DWLNR 2525 M8
		VBD	WNMG 080408EN-NM15 HCX1125
	←	Nůž vnější - dokončování	MVPNR 2525 M16
		VBD	VNMG 160404 UE6020
	←	Nůž vnitřní - hrubování	A32S DWLNR 08
		VBD	WNMG 080408EN-NM15 HCX1125
	←	Nůž vnitřní - dokončování	A32S PDUNR 11
		VBD	DNMG 110404EN-NF15 HCX1125
	→	Nůž vnější - hrubování	DWLNR 2525 M8
		VBD	WNMG 080408EN-NM15 HCX1125
	→	Nůž vnější - dokončování	MVPNR 2525 M16
		VBD	VNMG 160404 UE6020
	→	Nůž vnitřní - hrubování	A32S DWLNR 08
		VBD	WNMG 080408EN-NM15 HCX1125
	→	Nůž vnitřní - dokončování	A32S PDUNR 11
		VBD	DNMG 110404EN-NF15 HCX1125
	↑	Nůž zapichovací	MSS-E25R00-2525L
		Modul	MSS-E25R15-GX24-4 A70-100
		VBD	GX24-4E6.00N0.50 HCR1325
	↑	Nůž zapichovací	MSS-E25R00-2525L
		Modul	MSS-E25R12-GX16-2
		VBD	GX16-2E3.00N0.30 HCR1335

Tab. 2.2 Soupis nástrojů – horní obráběcí vřeteno

Schéma nástroje	Směr	Název	Označení:
	←	Upínač	C6 DWLNR - 45065-08
		VBD	WNMG 080408MA UE6020
	↓	Kleštinový držák	C6-391.14-25 100
		Navrtávák NC	Ø16 × 90° HSS
	↓	Kleštinový držák	C6-391.14-25 100
		Vrták se šroubovicí	Ø11 6×D VHM Guehring
	↓	Kleštinový držák	C6-391.14-25 100
		Závitník	NPT ¼“ Walter
	←	Kleštinový držák	C6-391.14-25 100
		Vrták	Ø11 3×D 180° VHM Guehring
	→	Kleštinový držák	C6-391.14-25 100
		Vrták	Ø7 6×D VHM Guehring
	→	Kleštinový držák	C6-391.14-25 100
		Držák vrtací KSEM	KSEM220R3WN25M
		Korunka KSEM	KSEM2200HPGM KC7315
	→	Kleštinový držák	C6-391.14-25 100
		Fréza	Ø16, 4 břity, VHM Guehring

2.1.3 Řezné podmínky

Řezné podmínky (viz. tab. 2.3) jsou nastaveny v kombinaci doporučených katalogových hodnot [3, 4, 5, 6, 7, 8] a výkonových možností stroje [2]. Soustružení využívá konstantní řeznou rychlost, proto se otáčky se zmenšujícím průměrem zvyšují. V případě obrábění dvěma hlavami zároveň na jednom vřeteno, jsou využívány konstantní otáčky.

Podmínky budou případně upraveny na stroji při obrábění, aby byla dodržena požadovaná rozměrová přesnost a jakost povrchu.

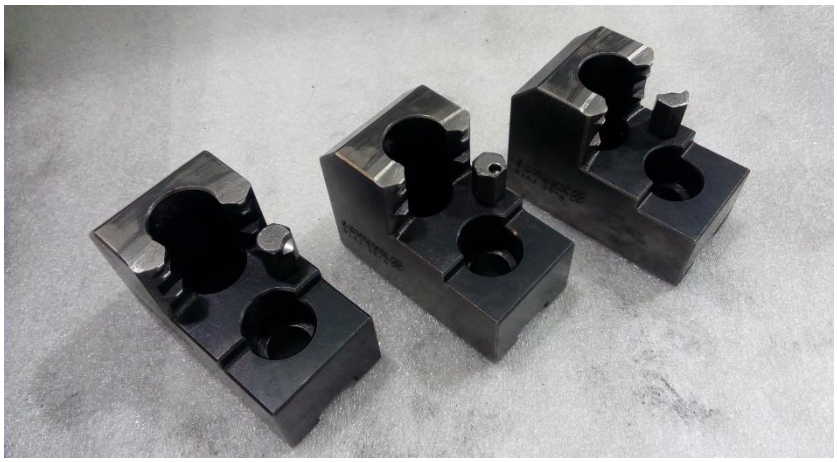
Tab. 2.3 Soupis řezných podmínek

Proces	Nástroj	v_c [m.min^{-1}]	n [min^{-1}]	f [mm]	a_p [mm]
Vrtání Ø44	SD525-44-220-40R7	200	1447	0,1	
Hrubování vnější	DWLNR 2525 M8	240	proměnné	0,35	3,5
Dokončení vnější	MVPNR 2525 M16	250	proměnné	0,1	0,4
Hrubování vnitřní	A32S DWLNR 08	240	proměnné	0,35	3
Dokončování vnitřní	A32S PDUNR 11	250	proměnné	0,1	0,4
Hrubování zápichů	MSS-E25R00-2525L	200	proměnné	0,15	6
Dokončení zápichu Ø95	MSS-E25R00-2525L	150	proměnné	0,1	6
Dokončení zápichu Ø110,6	MSS-E25R00-2525L	150	proměnné	0,1	3
Frézování	Fréza Ø16 VHM	270	5372	0,2	16
Vrtání Ø11 180°	Vrták Ø11 VHM 180°	60	1736	0,12	
Vrtání Ø7	Vrták Ø7 VHM	60	2728	0,1	
Navrtání Ø15	NC navrtávák 90°	45	955	0,1	
Vrtání Ø11	Vrták Ø11 VHM	60	1736	0,12	
Závitování NPT1/4“	Závitník NPT ¼“	15	341	1,411	
Vrtání Ø22	Vrták KSEM Ø22	75	1085	0,3	

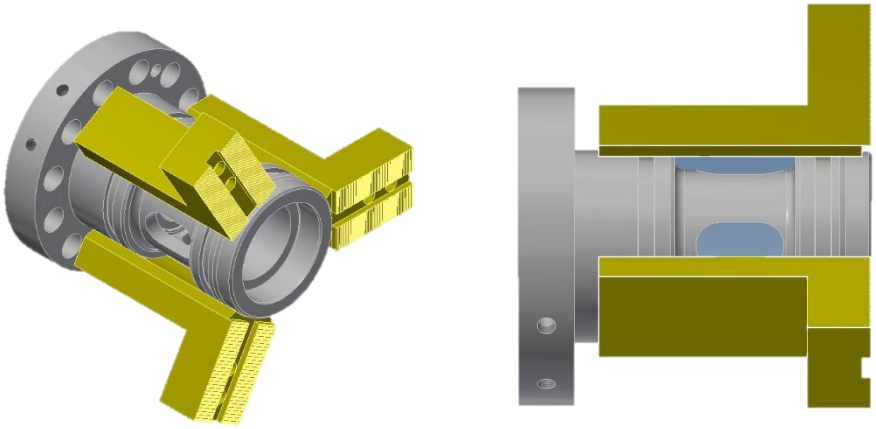
2.1.4 Seřízení stroje

Součást je v prvním upnutí upnuta pomocí tvrdých čelistí od firmy Schunk s označením SZAJ 25-15 za 30mm [9]. Ve vedlejším vřeteni, na druhé upnutí, je dílec upnut do měkkých čelistí protočených na Ø120,2.

Nulový bod součásti v ose C_2, je vhodné umístit mezi čelisti, aby nedošlo ke kolizi při vrtání ze strany pláště s čelistmi.



Obr. 2.4 Tvrdé čelisti SCHUNK SZAJ 25-15.



Obr. 2.5 Upnutí dílce v měkkých protočených čelistech za Ø120,2+0,1.

2.1.5 Text operace

Tab. 2.4 Text operace SOUSTRUŽIT

Operace 10: **SOUSTRUŽIT DLE PROGRAMU**	Pracoviště: **MS MT2000α**
Program: %15001 a %15002 Upnout do tvrdých čelistí v délce 35 mm. Vrtat Ø44 skrz vše. Hrubovat vnější a vnitřní rozměry dle programu. Čelo zarovnat na 223±0,2. Soustružit na čisto vnitřní Ø70 a Ø62 a vnější zápich Ø95 včetně sražení.. Frézovat 4× drážku délky 55 × R15. Soustružit na čisto vnější Ø118 včetně sražení a 2× zápich Ø110,6+0,1/-0,05 šířka 10,5+0,2/-0,1. Vnější Ø120 g6 soustružit technologicky s přídavky na broušení Ø120,2+0,1. Soustružit na čisto vnitřní Ø90H7 (min. hl. H7 = 22) a Ø45H7 – dodržet souosost 0,02. Sražení na Ø70 technologicky 1×60°. Vrtat 2× zahloubení Ø11 Synchronizovaně přepnout do vedlejšího vřetene. Upnout do dlouhých protočených čelistí za Ø120,2+0,1. Zarovnat čelo na 200±0.2. Soustružit na čisto vnější Ø198, vnitřní Ø80H7 a Ø95±0,15. Do válcové části Ø198 navrtat, vrtat a závitovat 2× NPT1/4“, otvor Ø11 skrz. Z čela vrtat 12× Ø22 skrz a Ø7 do průniku se zahloubením Ø11. Kompletně odjehlit.	

2.1.6 Speciální měřidla

Standardním vybavením pracoviště je posuvné měřítko 0 – 200 mm, hloubkoměr do 250 mm, výškoměr 500 mm a mikrometry do 150 mm. Pro operaci jsou potřeba další speciální měřidla, která si obsluha zapůjčí z výdejny viz. tab. 2.5.

Tab. 2.5 Speciální měřidla pro operaci soustružit

Název nářadí	**Rozměr**	**Výrobce**
Mikrometr třmenový na zápichy	100-125	Hoffmann Nurnberg
Dutinoměr analogový	75-100	Hoffmann Nurnberg
Kalibr válečkový	Ø80 H7	Hoffmann Nurnberg
Kalibr válečkový	Ø45 H7	Hoffmann Nurnberg
Kalibr válečkový	Ø90 H7	Hoffmann Nurnberg
Kalibr závitový trn	NPT ¼"	Hoffmann Nurnberg

2.1.7 Kontrolované rozměry

Samozřejmostí je 100% kontrola rozměrů na 1. kusu včetně kontroly na souřadnicovém měřícím stroji (dále jen SMS), kde jsou měřeny polohy vrtaných děr vůči drážce, souosost, kruhovitost apod. Na dalších vyrobených kusech jsou průběžně měřeny všechny rozměry. Pro ty přesné a důležité rozměry je připraven měřící protokol, na který se uvádějí naměřené hodnoty. Originál měřícího protokolu se nachází v příloze 3.

Tab. 2.6 Kontrolované rozměry v operaci soustružit

Hodnota	**Horní úchylka**	**Dolní úchylka**	**Četnost**	**Archivace**	**Metoda**
NPT ¼“	-	-	30%	3 ks	Kalibr
Ø120,2	0	+0,1	50%	3 ks	Mikrometr
Ø110,6	+0,1	-0,05	50%	3 ks	Mikrometr na zápich
Ø110,6	+0,1	-0,05	50%	3 ks	Mikrometr na zápich
Ø95	+0,15	-0,15	50%	3 ks	Dutinoměr
Ø45 H7	0	0,025	100%	3 ks	Dutinoměr, kalibr
Ø80 H7	0	0,03	100%	3 ks	Dutinoměr, kalibr
Ø90 H7	0	0,035	100%	3 ks	Dutinoměr, kalibr
◎ 0,02	-	-	1 kus	1 ks	SMS
10,5	0,2	0	25%	3 ks	Výškoměr
10,5	0,2	0	25%	3 ks	Výškoměr
42	0	-0,1	50%	3 ks	Výškoměr
4,4	0	-0,05	50%	3 ks	Výškoměr
Tvar a poloha			1 kus	1 kus	SMS

Obr. 2.6 Pracoviště kontroly se souřadnicovým měřícím strojem Mitutoyo.

2.1.8 Normy spotřeby času

Stroj má dolní revolverovou hlavu a horní obráběcí vřeteno, proto probíhá obrábění oběma hlavami zároveň, aby došlo k co největšímu snížení strojního času. Strojní čas na obrábění dílce je spočítán pomocí CAM softwaru Alphacam 2013 na 31 min.

Harmonogram obrábění v tab. 2.7.

Tab. 2.7 Časový harmonogram obrábění

Hlavní vřeteno	Hlava	Čas [min]	Vedlejší vřeteno	Hlava	Čas [min]
Vrtání Ø44	DH	1,7			
Hrubování čela	HH	1,5	Hrubování čela	DH	1,5
Hrubování vnější I	HH	5,5			
Hrubování vnější II	DH				
Hrubování vnější III	HH	5,1	Hrubování vnější	DH	0,4
			Hrubování vnitřní	DH	1,8
			Dokončování vnější	DH	2,0
			Dokončování vnitřní	DH	0,9
Hrubování vnitřní	DH	1,8	Vrtání Ø22	HH	1,7
			Vrtání Ø7	HH	0,3
			Navrtání	HH	0,3
Zapichování	DH	4,4	Vrtání Ø11	HH	0,7
			Závitování NPT1/4“	HH	0,2
Dokončení vnitřní I.	DH	1,0			
Frézování	HH	3,8			
Dokončení vnější	DH	4,0			
Dokončení vnitřní II.	DH	1,0			
Dokončení zapichování	DH	1,1			
Vrtání Ø11	HH	0,1			
		31,0			**9,6**

2.1.8.1 Norma jednotkového času t_{AC}

Norma jednotkového času t_{AC}, je součinem jednotkového času t_A a směnové přirážky k_C dle obecného vztahu (2.1) [10].

$$t_{AC} = k_c \cdot t_A \text{ [min]} \qquad (2.1)$$

kde: t_{AC} … norma jednotkového času [min]
t_A … jednotkový čas [min]
k_C … směnová přirážka [-]

Ze strojního času 31 min vychází dle firemního normativu [11] jednotkový čas t_{AS} = 37,7 min. V jednotkovém čase je zahrnuto upnutí dílce za pomoci jeřábu a jeho odepnutí, vyfoukání čelistí před upnutím a transferem, výměna nástrojů, a transfer součásti do vedlejšího vřetene.

Čas směnový t_C je ve formě přirážky k_C, která je dle firemního normativu [11] stanovena na 10%, tj. k_C = 1,1.

Pro operaci soustružení je norma jednotkové času t_{ACS} = 41,5 min dle vztahu (2.2).

$$t_{ACS} = k_c \cdot t_{AS} = 1{,}1 \cdot 37{,}7 = 41{,}5 \text{ min} \qquad (2.2)$$

kde: t_{ACS} … norma jednotkového času soustružení v hlavní variantě TP [min]
t_{AS} … jednotkový čas soustružení v hlavní variantě TP [min]

2.1.8.2 Norma dávkového času t_{BC}

Norma dávkového času t_{BC}, je součinem jednotkového času t_B a směnové přirážky k_C dle obecného vztahu (2.3) [10].

$$t_{BC} = k_c \cdot t_B \text{ [min]} \qquad (2.3)$$

kde: t_{BC} … norma dávkového času [min]
t_B … dávkový čas [min]

Dle firemního normativu [11] je spočítán dávkový čas t_{BS} = 225 min. V čase je zahrnuta příprava nástrojů, které nejsou standardně upnuty v zásobníku nástrojů, výměna čelistí na hlavním a vedlejším sklíčidle, příprava měřidel včetně výdeje nářadí z výdejny, nahrání programu, prostudování a vyplnění dokumentace a obrobení 1. kusu dle programu, včetně měření.

Hodnota přirážky k_C, zůstává dle firemního normativu [11] stejná, tj. $k_C = 1{,}1$.

Pro operaci soustružení je norma dávkového času $t_{BCS} = 250$ min dle vztahu (2.4) a po zaokrouhlení na desítky minut.

$$t_{BCS} = k_c \cdot t_{BS} = 1{,}1 \cdot 225 = 250 \text{ min} \qquad (2.4)$$

kde: t_{BCS} … norma dávkového času operace soustružení v hlavní variantě TP [min]

t_{BS} … dávkový čas operace soustružení v hlavní variantě TP [min]

2.2 Broušení

Ø120g6 je při soustružení vyroben s přídavky 0,2…0,3 mm, a dokončuje se broušením na hrotové brusce.

2.2.1 Volba stroje

Firma disponuje multifunkční bruskou Junker EJ29 silver pro broušení vnitřních a vnějších rozměrů. Na brusku lze upnout dílce v maximální délce 800 mm, max. Ø290 mm a hmotnosti do 80kg [12].

Obr. 2.7 Pracoviště brusky Junker EJ29 včetně pohledu do pracovního prostoru stroje.

2.2.2 Volba brusného kotouče

Na broušení součásti je použit brusný kotouč vnějšího průměru 400 mm s označením 97A 801 H 8 A V 237 od firmy Tyrolit.

Kotouč má zrna ze speciálního korundu s velkou jemností a keramické pojivo, jedná se o téměř nejměkčí kotouč [13].

2.2.3 Seřízení stroje

Dílec je broušen mezi otočnými hroty značky Bruckner. Na součásti je totiž v první operaci technologicky soustruženo sražení 1×60° na Ø70 a Ø80H7 pro opření hrotu v operaci broušení.

Obr. 2.8 Otočný hrot Bruckner a brusný kotouč Tyrolit.

2.1.4 Text operace

Tab. 2.8 Text operace BROUSIT

Operace 20: **BROUSIT**	Pracoviště: **Junker EJ29**
Brousit mezi hroty Ø120 g6 (-0,012 / -0,034) Broušené průměry chránit Polynet dutinou. Konzervovat olejem Klüeberfood.	

2.1.5 Speciální měřidla

Pro měření součásti se použije standardní měřidlo pracoviště, tj. mikrometr a pasametr 100-125 mm. Jakost povrchu měříme na drsnoměru ve středisku kontroly.

2.1.6 Kontrolované rozměry

Na dílci se provádí 100% kontrola broušeného průměru.

Tab. 2.9 Kontrolované rozměry v operaci soustružit

Hodnota	+tol.	-tol.	Horní rozměr	Dolní rozměr	Četnost	Archi-vace	Metoda
Ra 0.8					3 ks	3 ks	Drsnoměr
Ø120g6	-0,012	-0,034	119.88	119.66	100%	3 ks	Mikrometr, Pasametr

2.2.7 Normy spotřeby času

Dle firemního normativu [11] a obecného vztahu (2.1) je určena norma jednotkového času t_{ACB} = 17,5 min. Norma dávkového času, pro jeden broušený průměr a upínání do hrotů, je určena pouze za pomoci firemního normativu [11], který určuje t_{BCB} = 27 min.

3 TVORBA NC PROGRAMU

Simulace obrábění je připravena v CAM softwaru Alphacam 2013. Software se používá pro programování většiny soustruhů firmy. Program disponuje veškerými soustružnickými procesy, včetně obrábění rotačními nástroji kolmo k ose rotace, obrábění dílce ve vedlejším vřeteni či obrábění za pomoci C osy. Program je vygenerován postprocesorem do ISO kódu. Ručním programováním jsou vyladěny odjezdy, příjezdy apod.

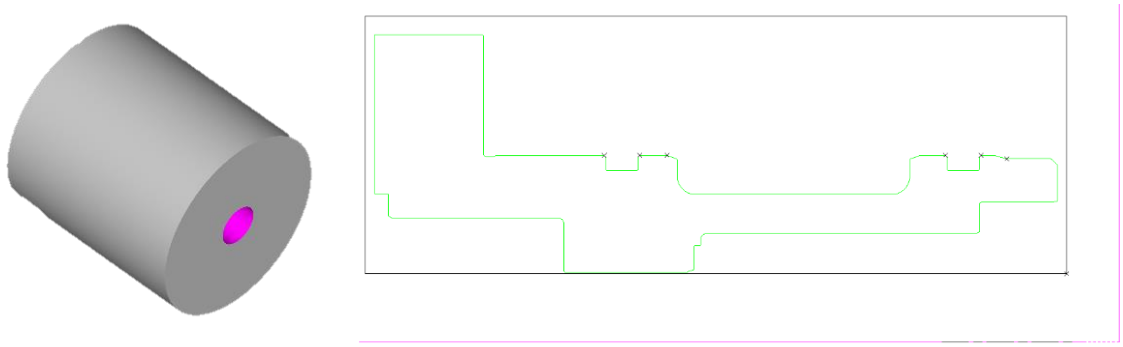
Řezné parametry jsou použity z tab. 2.3.

3.1 Obráběcí procesy v soustružnické operaci

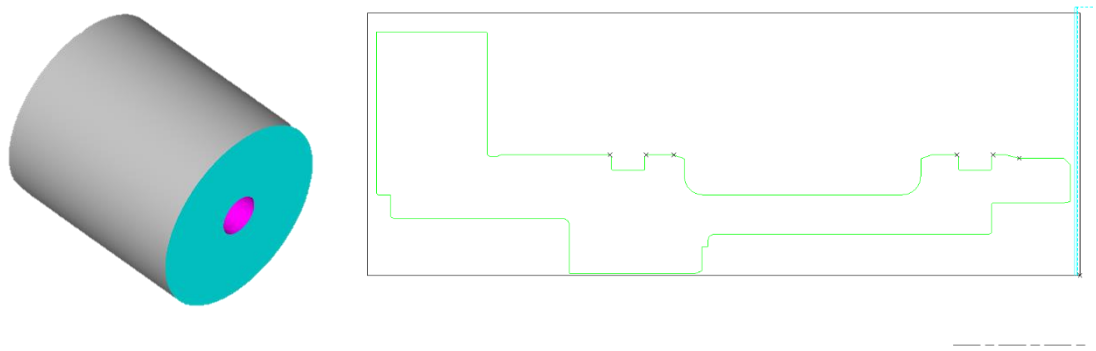
3.1.1 Hlavní vřeteno

Tab. 3.1 Dráhy a vizualizace obrábění 1. strany v CAM softwaru Alphacam 2013.

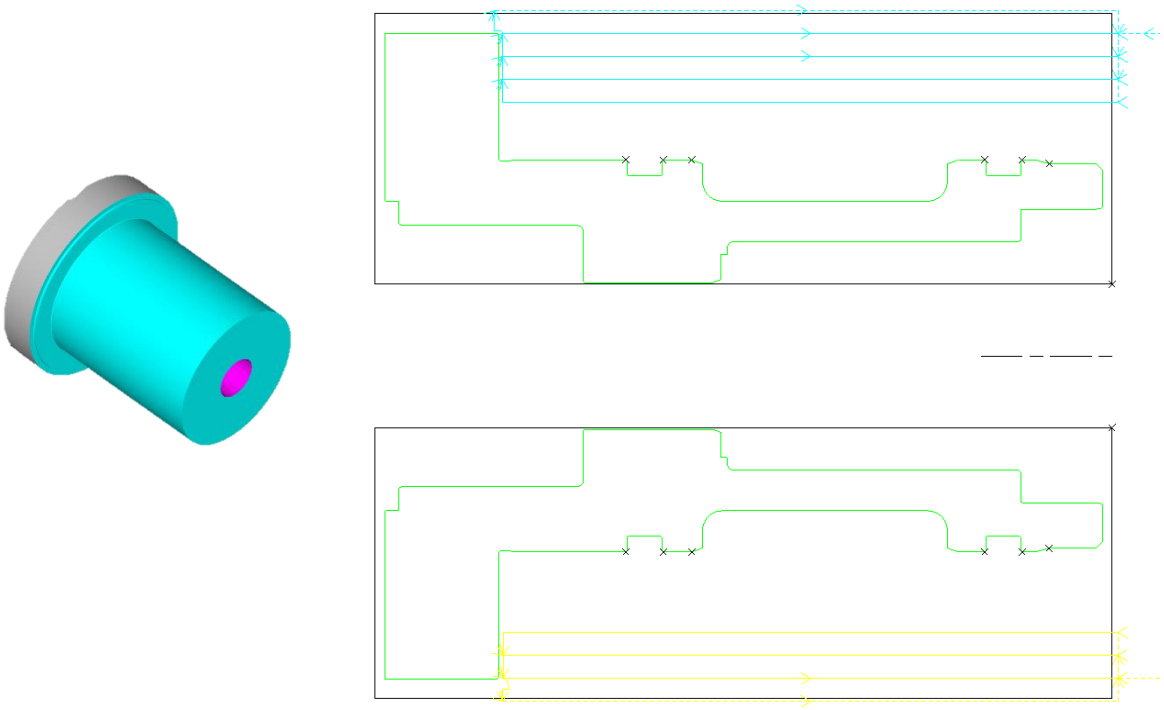
Název procesu:	**Vrtání Ø44**		
Nástroj:	**SD525-44-220-40R7**	Čas procesu:	**1,7 min**



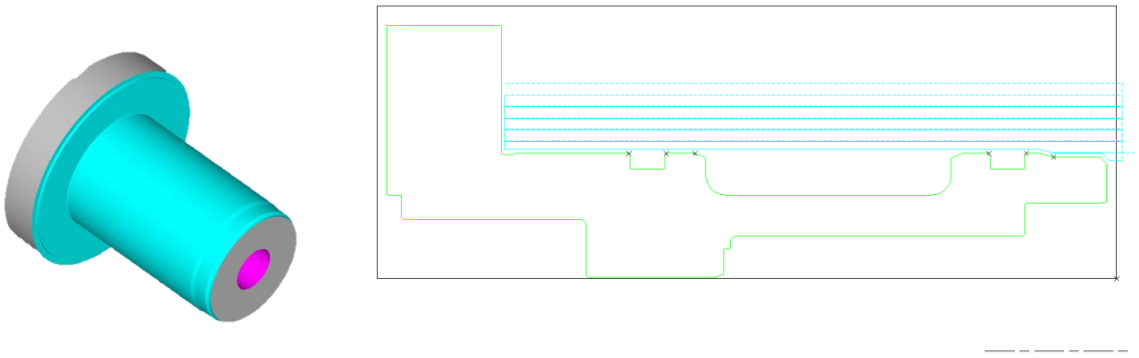
Název procesu:	**Hrubování čela**		
Nástroj:	**DWLNR 2525 M8**	Čas procesu:	**1,5 min**



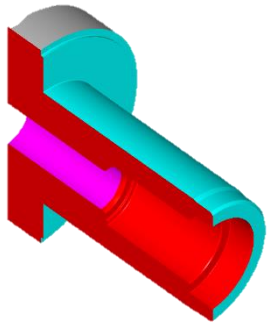
Název procesu:	**Hrubování vnější I + II**		
Nástroj:	**DWLNR 2525 M8**	Čas procesu:	**5,5 min**

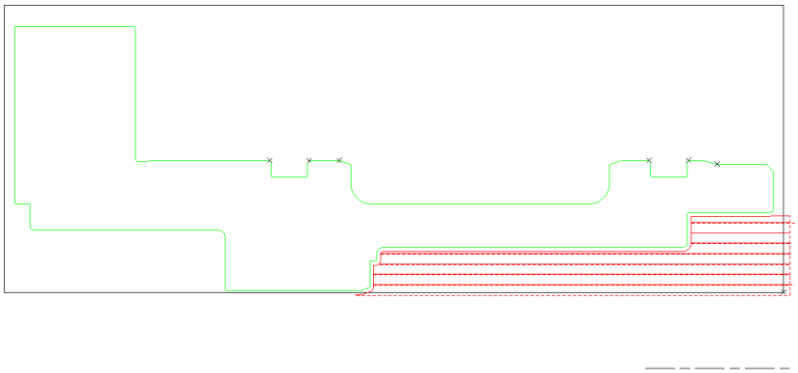


Název procesu:	**Hrubování vnější III**		
Nástroj:	**DWLNR 2525 M8**	Čas procesu:	**5,1 min**

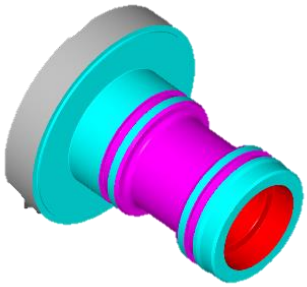


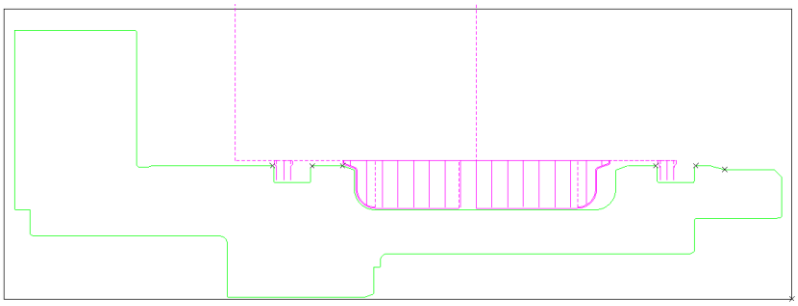
Název procesu:	**Hrubování vnitřní**		
Nástroj:	**A32S DWLNR 08**	Čas procesu:	**1,8 min**



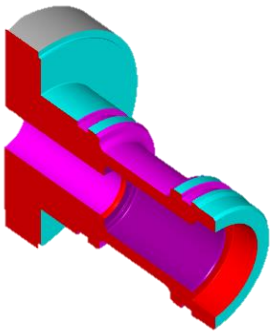


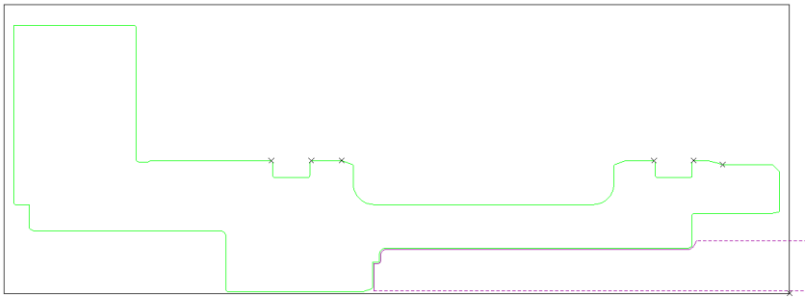
Název procesu:	**Zapichování**		
Nástroj:	**MSS-E25R00-2525L**	Čas procesu:	**4,4 min**



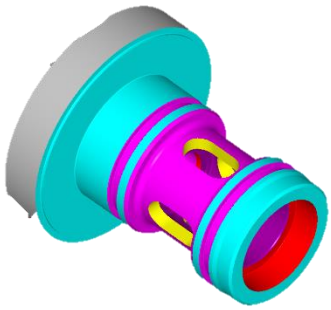


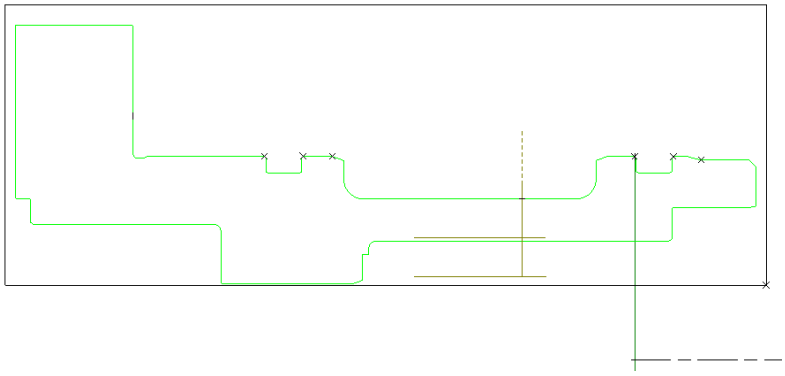
Název procesu:	**Dokončeni vnitřní I**		
Nástroj:	**A32S PDUNR 11**	Čas procesu:	**1,0 min**



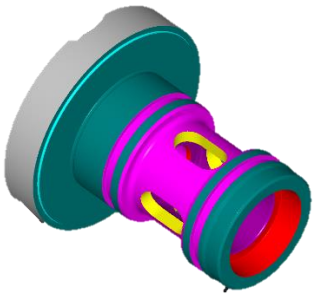


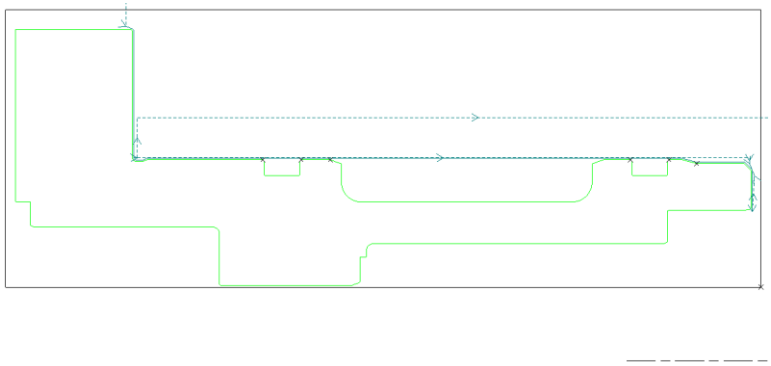
Název procesu:	**Frézování**		
Nástroj:	**Fréza Ø16 VHM**	Čas procesu:	**3,8 min**



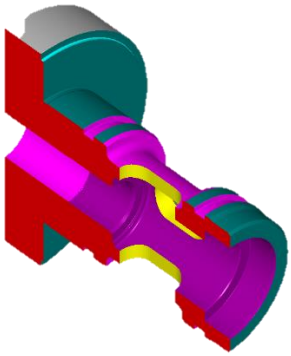


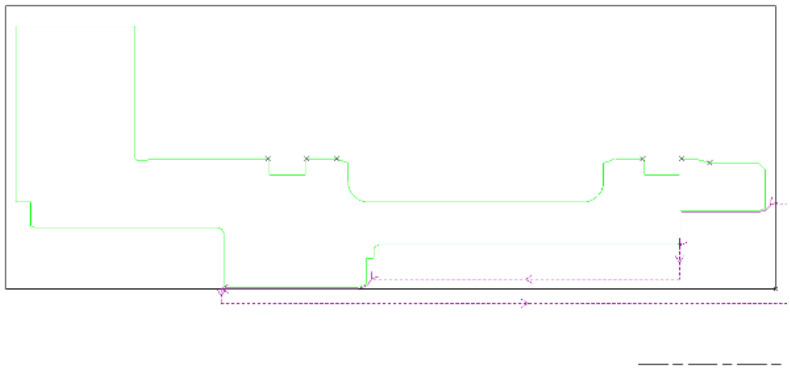
Název procesu:	**Dokončení vnější**		
Nástroj:	**MVPNR 2525 M16**	Čas procesu:	**4,0 min**



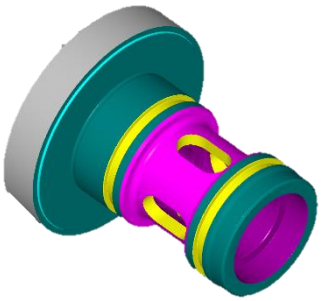


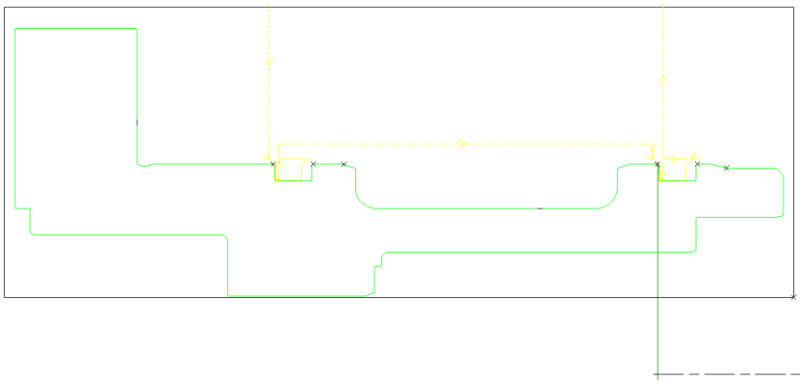
Název procesu:	**Dokončení vnitřní II.**		
Nástroj:	**A32S PDUNR 11**	Čas procesu:	**1,0 min**



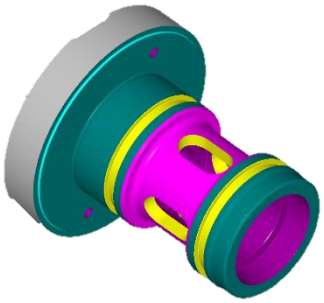


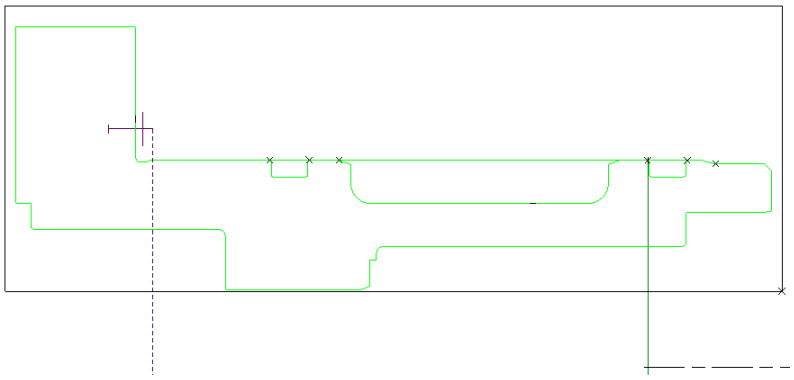
Název procesu:	**Dokončení zapichování**		
Nástroj:	**MSS-E25R00-2525L**	Čas procesu:	**1,1 min**





Název procesu:	**Vrtání Ø11**		
Nástroj:	**Vrták Ø11 VHM 180°**	Čas procesu:	**0,1 min**

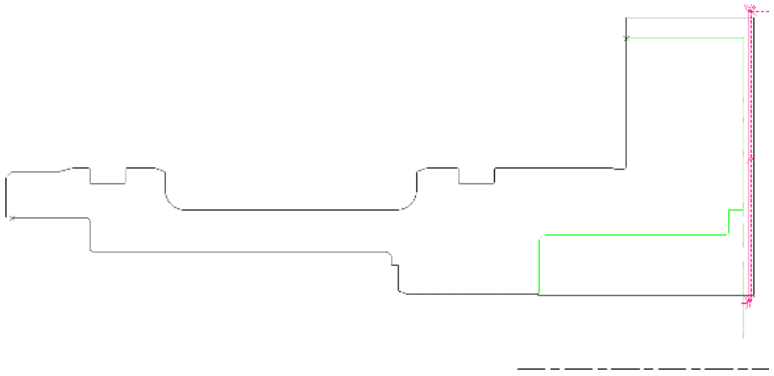




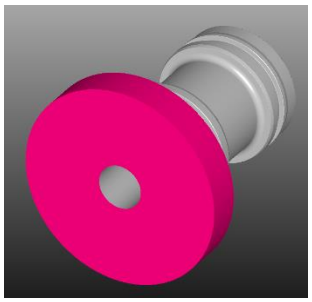
3.1.2 Vedlejší vřeteno

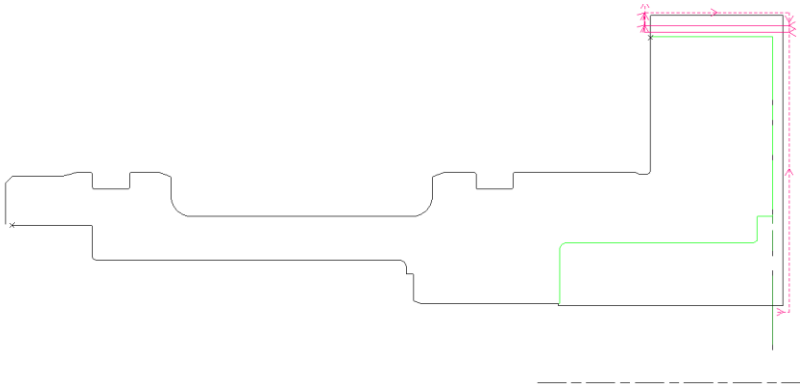
Tab. 3.2 Dráhy a vizualizace obrábění 2. strany v CAM softwaru Alphacam 2013

Název procesu:	**Hrubování čela**		
Nástroj:	**DWLNR 2525 M8**	Čas procesu:	**1,5 min**

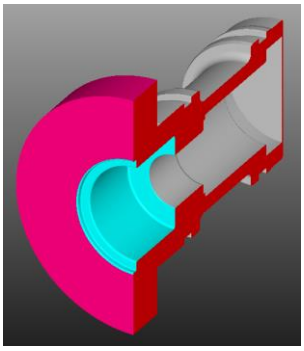


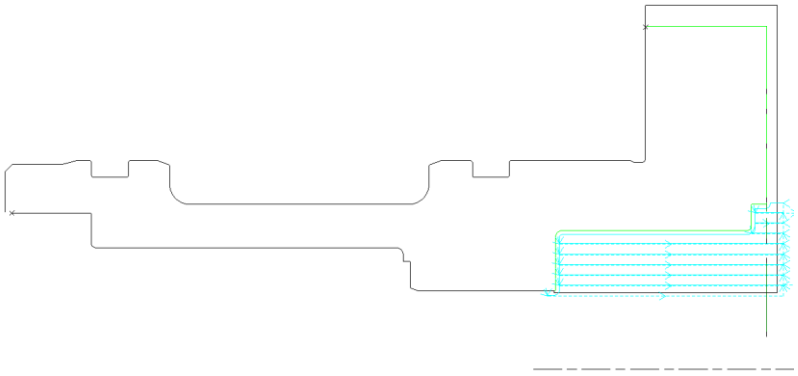
Název procesu:	**Hrubování vnější**		
Nástroj:	**DWLNR 2525 M8**	Čas procesu:	**0,4 min**



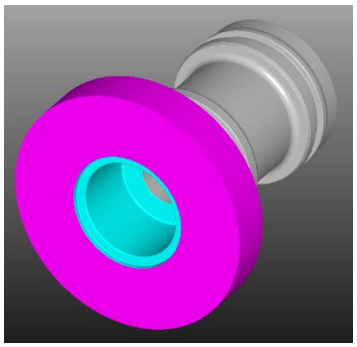


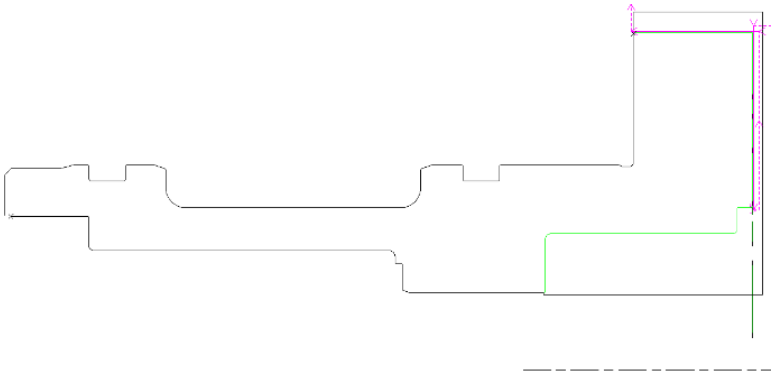
Název procesu:	**Hrubování vnitřní**		
Nástroj:	**A32S DWLNR 08**	Čas procesu:	**1,8 min**



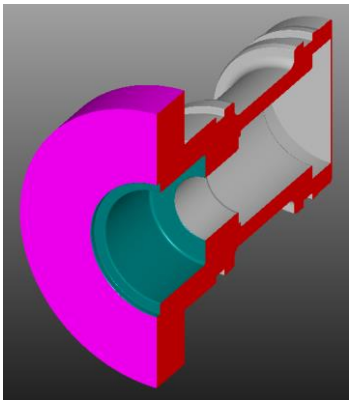


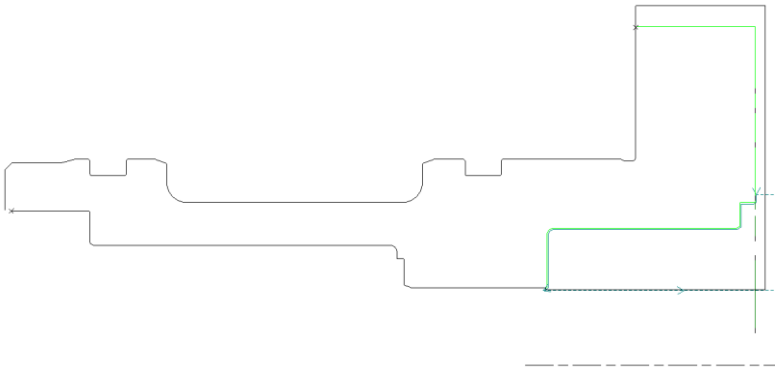
Název procesu:	**Dokončování vnější**		
Nástroj:	**MVPNR 2525 M16**	Čas procesu:	**2,0 min**



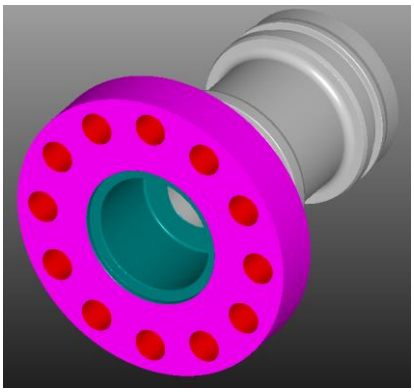


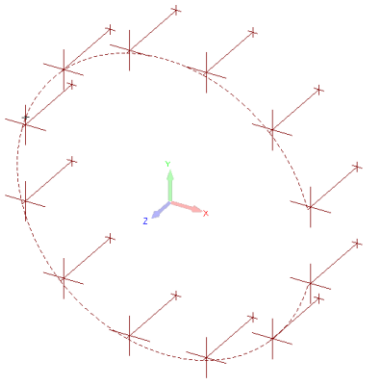
Název procesu:	**Dokončování vnitřní**		
Nástroj:	**A32S PDUNR 11**	Čas procesu:	**0,9 min**



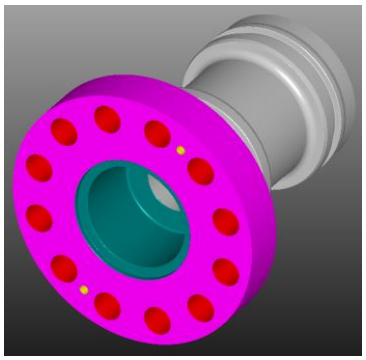


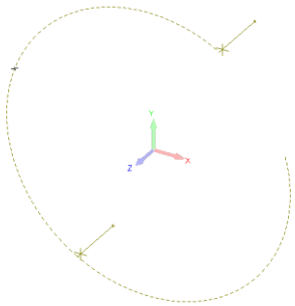
Název procesu:	**Vrtání Ø22**		
Nástroj:	**Vrták KSEM Ø22**	Čas procesu:	**1,7 min**



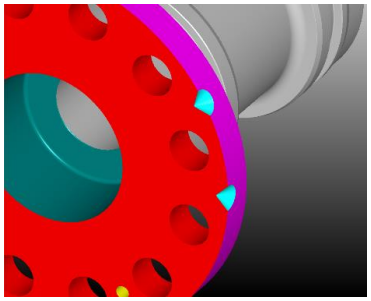


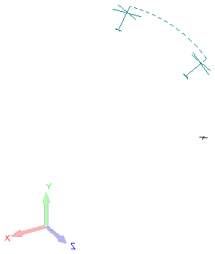
Název procesu:	**Vrtání Ø7**		
Nástroj:	**Vrták Ø7 VHM**	Čas procesu:	**0,3 min**



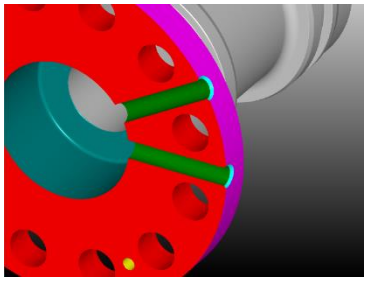


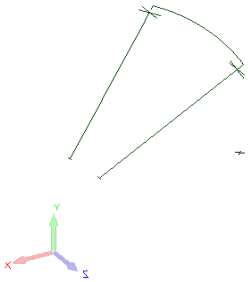
Název procesu:	**Navrtání**		
Nástroj:	**NC navrtávák 90°**	Čas procesu:	**0,3 min**



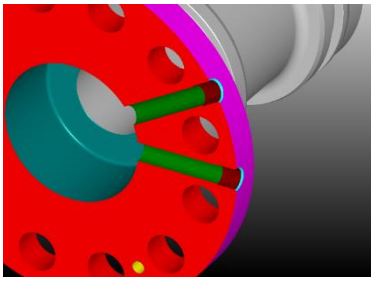


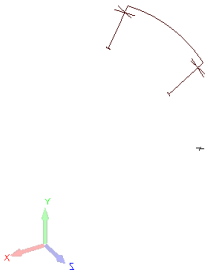
Název procesu:	**Vrtání Ø11**		
Nástroj:	**Vrták Ø11 VHM**	Čas procesu:	**0,7 min**





Název procesu:	**Závitování**		
Nástroj:	**Závitník NPT ¼“**	Čas procesu:	**0,2 min**





4 NÁVRH VARIANTNÍ TECHNOLOGIE

Variantní technologie je připravena pro případ kapacitního zaplnění pracoviště Mori Seiki MT2000α. Technologie zůstane zachována, pouze se změní postup a pracoviště obrábění dílce. Nástroje včetně řezných podmínek budou upraveny dle katalogových parametrů, možností a výkonu zvoleného stroje.

4.1 Soustružení

Původní operace soustružení bude rozdělena na 3 nové operace z důvodu, že zvolený stroj disponuje pouze jedním vřetenem. Při frézování z první strany by nebyla zajištěna poloha v druhém upnutí, popřípadě by se musely dělat speciální polohovací přípravky, což u 10 ks je neekonomické.

V prvním upnutí je dílec upnut v tvrdých čelistech v délce 35 mm, zarovnán na rozměr 223±0,5 a kompletně hrubován s přídavky na čele 1 mm a na průměru 2 mm (1 mm na stěnu).

V druhém upnutí je artikl upnut do protočených čelistí za hrubovaný Ø122 mm. Dílec je technologicky zarovnán na délku 220,5+0,5. Na čisto je soustružen Ø198, Ø80H7 a Ø95±0,15.

V třetím upnutí je těleso ventilu upnuto za Ø198 v délce 32 mm do protočených čelistí. Dokončení dílce probíhá stejně jako v hlavní výrobní technologii. Proběhne zarovnání na délku 220 mm, dokončen je odlehčení Ø95 a vnitřní Ø70. Frézovány jsou drážky R15×55. Na čisto je dokončen vnitřní Ø90H7 a Ø45H7, který mezi s sebou musí dodržet souosost 0,02. Vnější Ø120g6 je soustružen s přídavky pro broušení na rozměr Ø120,2+0,1 z důvodu následného broušení. Proběhne vrtání otvorů Ø22, Ø11 a Ø7. Do pláště Ø198 je zhotoveno navrtání, otvor Ø11 a závit NPT1/4“.

Obr. 4.1 CNC soustruh Mazak Integrex 50YB.

4.1.1 Volba stroje

Pro obrábění dílce v náhradní výrobní technologii je zvolen stroj MAZAK Integrex 50YB. Stroj disponuje jedním hlavním sklíčidlem Kitagawa o velikosti 20“ s polohováním osy C_1, zásobníkem na 90 nástrojů a horním obráběcím vřetenem, které se pohybuje v ose X_1, Y, Z_1 a B.

4.1.2 Text operace

Tab. 4.1 Text operace SOUSTRUŽIT v náhradní variantě TP.

Operace 10: **SOUSTRUŽIT DLE PROGRAMU**	Pracoviště: **MAZAK INTEGREX 50YB**
Upnout do tvrdých čelistí v délce max. 35 mm. Vrtat Ø44 skrz vše. Čelo zarovnat na 223±0,2. Hrubovat vnější a vnitřní rozměry dle programu s přídavky 1 mm na čele a 2 mm na průměru (1 mm na poloměru).	
Operace 11: **SOUSTRUŽIT DLE PROGRAMU**	Pracoviště: **MAZAK INTEGREX 50YB**
Upnout do protočených čelistí za Ø122 Zarovnat čelo na 220,5+0,5. Soustružit na čisto vnější Ø198, vnitřní Ø80H7 a Ø95±0,15.	
Operace 13: **SOUSTRUŽIT DLE PROGRAMU**	Pracoviště: **MAZAK INTEGREX 50YB**
Upnout do protočených čelistí za Ø198 v délce 32 mm Čelo zarovnat na 220±0,2. Soustružit na čisto vnitřní Ø70 a Ø62 a vnější zápich Ø95 včetně sražení. Frézovat 4× drážku délky 55 × R15. Soustružit na čisto vnější Ø118 včetně sražení a 2× zápich Ø110.6+0,1/-0,05 šířka 10,5+0,2/-0,1. Vnější Ø120 g6 soustružit technologicky s přídavky na broušení Ø120,2+0,1. Soustružit na čisto vnitřní Ø90H7 (min. hl. H7 = 22) a Ø45H7 – dodržet souosost 0,02. Sražení na Ø70 technologicky 1×60°. Vrtat 2× zahloubení Ø11 a otvor Ø7 Z boku Ø198 navrtat, vrtat a závitovat 2× NPT1/4“, otvor Ø11 skrz. Z čela vrtat 12× Ø22 skrz. Kompletně odjehlit.	

4.2.3 Normy spotřeby času

Normy jednotkové a dávkového času byly spočítány stejně jako v hlavní variantě technologického postupu (viz. kapitola 2.1.8).

Tab. 4.2 Normy jednotkového a dávkového času soustružení náhradní variantou TP.

	Norma jednotkového času [min]	**Norma dávkového času [min]**
Operace 10	t_{ACS10} = 26	t_{BCS10} = 100
Operace 11	t_{ACS11} = 8,5	t_{BCS11} = 60
Operace 12	t_{ACS12} = 22	t_{BCS12} = 150

4.2 Broušení

Operace broušení zůstává identická s hlavní výrobní technologií.

5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Posouzení efektivnosti navržené výrobní technologie se provede pomocí technických a ekonomických ukazatelů.

5.1 Ekonomické zhodnocení

Výrobní cena artiklu je počítána na dávku 10 ks.

5.1.1 Materiál

Polotovar je poptán ve firmě dodávající hutní materiál. Nabídnutá cena C_M je 1 286 Kč za kus včetně nařezání.

5.1.2 Soustružení

Cena za obrábění jednoho dílce na stroji je spočítána dle obecného vztahu (5.1).

$$C = S \,.\, (t_{AC} + t_{BC} \,.\, D^{-1}) \text{ [Kč]} \qquad (5.1)$$

kde:
- C … cena dílce [Kč]
- S … sazba stroje [Kč.min-1]
- t_{AC} … norma jednotkového času [min]
- t_{BC} … norma dávkového času [min]
- D … počet kusů v dávce [-]

5.1.2.1 Cena soustružení na stroji Mori Seiky MT2000α

V případě výroby dílce hlavní technologií na stroji Mori Seiki MT2000α, kde je jeho minutová sazba $S_{MT} = 32$ Kč.min^{-1}, je cena dílce spočítána na 2 128 Kč dle vztahu (5.2).

$$C_{MT} = S_{MT} \,.\, (t_{ACS} + t_{BCS} \,.\, D^{-1}) = 32 \,.\, (41{,}5 + 250 \,.\, 10^{-1}) = 2\,128 \text{ Kč} \qquad (5.2)$$

kde:
- C_{MT} … cena dílce na stroji Mori Seiki MT 2000α [Kč]
- S_{MT} … sazba stroje Mori Seiki MT 2000α [Kč.min-1]
- t_{ACS} … norma jednotkového času soustružení v hlavní variantě TP [min]
- t_{BCS} … norma dávkového času operace soustružení v hlavní variantě TP [min]

5.1.2.2 Cena soustružení na stroji Mazak Integrex 50YB

Výroba dílce dle náhradní technologie se uskuteční na stroji Mazak Integrex 50YB, kde je jeho minutová sazba S_{IN} = 27 Kč.min^{-1}. Nejprve bude spočítána cena dílce v každé operaci, dle obecného vztahu (5.1). Všechny tři ceny jednotlivých operací budou sečteny do jedné konečné částky dle vzorce (5.3).

C_{IN1} = 972 Kč … cena dílce v operaci 10
C_{IN2} = 392 Kč …cena dílce v operaci 11
C_{IN3} = 999 Kč …cena dílce v operaci 12

$$C_{IN} = C_{IN1} + C_{IN2} + C_{IN3} = 972 + 392 + 999 = 2\,363 \text{ Kč} \qquad (5.3)$$

kde: C_{IN} … cena dílce na stroji Mazak Integrex 50YB [Kč]

Cena soustružení dílce C_{IN} na stroji Mazak Integrex 50YB je 2 363 Kč.

5.1.3 Broušení

Minutová sazba S_B pro stroj bruska Junker EJ29 je 18 Kč.min^{-1}. Výpočet ceny broušení jednoho dílce C_{BR} vychází z obecného vzorce (5.1) na 364 Kč.

5.1.4 Celková cena

Celková cena dílce je součtem ceny materiálu a jednotlivých obráběcích operací dle vzorce (5.4).

$$C_c = C_M + C_{sou} + C_{BR} \text{ [Kč]} \qquad (5.4)$$

kde: C_c … celková cena dílce [Kč]
C_{sou} … cena variantního soustružení (C_{MT} nebo C_{IN}) [Kč]

Tab. 5.1 Výpočet výsledné ceny

	Materiál C_M [Kč]	**Soustružení C_{sou} [Kč]**	**Broušení C_{BR} [Kč]**	**Celková cena C_C [Kč]**
Hlavní technologie	1 286	2 128	364	**3 778**
Variantní technologie	1 286	2 363	364	**4 012**

Cena dílce těleso ventilu je v případě výroby dle hlavní technologie 3 778 Kč. V případě kapacitního zaplnění pracoviště Mori Seiki MT2000α bude použita náhradní výrobní technologie na stroji Mazak Integrex 50YB, kde je cena celého dílce navýšena o necelých 7% na 4 012 Kč.

Z hlediska seřizování a přípravy výroby je nejvhodnější artikl obrábět na stroji Mori Seiki MT2000α. Výroba zabere nejmenší čas a vše je hotovo při jednom seřízení stroje.

Oproti tomu, při obrábění na Mazak Integrex 50YB je vyšší pracnost, jelikož je obrábění rozděleno do 3 operací, které navíc zaberou více kapacit stroje a přibude manipulace mezi operacemi – dílec je do stroje upnut třikrát.

Z ekonomického hlediska je nejvhodnější hlavní výrobní varianta na stroji Mori Seiki MT2000α.

V případě zaplnění kapacit tohoto stroje, je možnost výroby náhradní variantou na Mazak Integrex 50 YB, kde cena vzroste o necelých 7%.

5.2 Technické zhodnocení

Na výrobu artiklu byly zvoleny stroje ze strojního parku firmy. Zvolené stroje nejsou naddimenzované ani poddimenzované na navrhnuté výrobní technologie. Pracovní prostor stroje je dostatečný pro obrábění daného dílce.

Z technického hlediska je výroba na obou strojích rovnocenná. Oba stroje svou konstrukcí, tuhostí a vybavením vyprodukují dílce v potřebné rozměrové přesnosti i jakosti povrchu.

5.3 Návrh na úsporu

V případě výroby daného artiklu ve stovkových dávkách se ušetří náklady nakupováním již hrubovaného polotovaru, který bude následně dokončen v jedné operaci na čisto na stroji Mori Seiki MT2000α. Výběr jiného pracoviště firmy nemá vliv na nižší náklady ani na ušetření kapacit.

Operace broušení zůstane zachována.

ZÁVĚR

Pro výrobu součásti je zvolen polotovar kupovaný přířez Ø210 a délky 226 mm v rozměrové toleranci EN 10 060. Materiálem je ocel S355J2. Cena přířezu včetně řezu je 1 286 Kč.

Návrh hlavní technologie je rozdělen na dvě operace. V první se dílec kompletně soustruží na čisto, kromě Ø120g6, který je technologicky vyráběn v rozměru Ø120,2+0,1. Artikl je soustružen na dvouvřetenovém stroji Mori Seiki MT2000α. Stroj disponuje dvěma obráběcími hlavami (obráběcí vřeteno a revolverová hlava). Po odfrézování drážek se dílec zkroutí, proto se zápichy Ø110,6+0,1/-0,05 a souosé otvory soustruží na čisto, až po frézování, a vjednom upnutí. Před frézováním je na čisto soustružen zápich Ø95 a otvor Ø70, aby při dokončování nedocházelo k přerušovanému řezu. Z první strany je připraveno ještě zahloubení Ø11. Správný průnik otvorů z druhé strany zajistí synchronizované předání dílce do vedlejšího vřetene. V něm je dílec soustružen na čisto, a vrtány otvory Ø22, Ø7 a závity NPT1/4“. Z důvodu obrábění oběma hlavami zároveň, jsou časy obrábění sníženy na minimum. Nástroje a stroje jsou voleny dle firemního vybavení.

Druhou operací je broušení na hrotové brusce Junker EJ29, kde bude dokončen Ø120g6.

Strojní čas obrábění je spočítám za pomoci CAM softwaru Alphacam 2013 a dle firemního normativu jsou spočítány jednotkové a dávkové časy. Pro soustružení je dle obecného vzorce norma dávkového času 250 minut, a norma jednotkového času 41,5 min. V operaci broušení je norma dávkového času 27 minut, a norma jednotkového času 17,5 minuty.

NC program pro stroj Mori Seiky MT2000α je připraven v CAM softwaru Alphacam 2013, a vygenerován přes postprocessor do ISO kódu, který je následně ručně doladěn. Program se nachází v příloze. Jednotlivé procesy obrábění se nachází v třetí kapitole, kde jsou printscreeny drah jednotlivých procesů z programu Alphacam 2013.

Navržena je i variantní technologie pro případ, že by stroj Mori Seiki MT2000α byl z kapacitních důvodu zaplněn. Jako náhradní stroj pro soustružení je zvolen Mazak Integrex 50YB, který disponuje jedním sklíčidlem a obráběcím vřetenem. V tomto případě je proces soustružení rozdělen na 3 operace. Operace broušení zůstává identická.

Dle ekonomického hodnocení je vidět minimální rozdíl v nákladech na výrobu dílce v obou variantách. U hlavní výrobní technologie dílce je výrobní cena 3 778 Kč. V případě náhradní technologie, je cena vyšší, a to 4 012 Kč.

Dle technického zhodnocení je výroba na obou strojích rovnocenná. Oba stroje svou konstrukcí, výkonem, tuhostí a vybavením vyprodukují dílce v potřebné rozměrové přesnosti i jakosti povrchu.

Jako nejvhodnější je volit hlavní výrobní technologii. Cena dílce je nižší, výroba zabere menší kapacitu stroje a transport mezi více pracovišti je téměř minimální.

Náhradní variantu výroby volit pouze v případě kapacitního vytížení stroje Mori Seiki MT2000α.

Návrh na ušetření nákladů při vyšších dávkách je kupováním již hrubovaného polotovaru, který bude následně dokončen v jedné operaci na čisto na stroji Mori Seiki MT2000α. Výběr jiného pracoviště firmy by neměl vliv na nižší náklady ani na ušetření kapacit.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Přehled vlastností oceli S355J2. In: *Bohdan Bolzano* [online]. [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: https://www.bolzano.cz/assets/files/TP/MOP_%20Tycova_ocel/EN_10025/MOP-%20Prehled%20vlastnosti_S355J2.pdf
2. *MT2000α1*. Japan, MORI SEIKI CO., 2002.
3. *RF100 DIVER.* Germany, GUHRING, 2017.
4. *Master katalog* 2018. USA, KENNAMETAL, 2017.
5. *Mastertool katalog.* Německo, WNT, 2016.
6. *Obráběcí a upínací technika.* Německo, HOFFMAN GROUP, 2017.
7. *Pramet catalogue 2016.* Česká republika, Pramet Tools, s. r. o., 2015.
8. Katalog a technický průvodce 2018: Obrábění otvorů. In: *SECO* [online]. 2018 [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: https://www.secotools.com/#article/84588
9. Spannbacken Chuck Jaws. Německo, SCHUNK HmbH, 2016.
10. ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. ISBN 80-214-2219.
11. LIPOVSKÝ, Miroslav. *Normování činností a pracovišť firmy E****. Česká republika, 2002.
12. *EJ29 Silver: Multifunkční bruska pro broušení vnitřních a vnějších průměrů*. Česká republika: JUNKER, 2007.
13. Značení tvaru, rozměrů a specifikace: Standardní značení brousicích nástrojů. In: *TECHCENTRUM: Prodej brusiva* [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: https://www.prodejbrusiva.cz/editor/image/stranky3_soubory/147/filename_147.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Jednotka	Popis
a_e	[mm]	radiální šířka záběru ostří
a_p	[mm]	axiální šířka záběru ostří
C	[Kč]	cena dílce
C_{BR}	[Kč]	cena broušení dílce
C_C	[Kč]	celková cena dílce
C_{IN}	[Kč]	Cena soustružení dílce na stroji Mazak Integrex 50YB
C_{IN1}	[Kč]	cena operace 10 na stroji Mazak Integrex 50YB
C_{IN2}	[Kč]	cena operace 11 na stroji Mazak Integrex 50YB
C_{IN3}	[Kč]	cena operace 12 na stroji Mazak Integrex 50YB
C_M	[Kč]	cena materiálu
C_{MT}	[Kč]	cena soustružení dílce na stroji Mori Seiki MT 2000α
C_{SOU}	[Kč]	cena variantního soustružení (C_{MT} nebo C_{IN})
D	[-]	počet kusů v dávce
f	[mm]	posuv
IT	[-]	toleranční stupeň
k_C	[-]	směnová přirážka
n	[min^{-1}]	otáčky
Ø	[mm]	průměr
R_a	[-]	drsnost povrchu - střední aritmetická úchylka profilu
R_m	[MPa]	Pevnost v tahu
S	[Kč.min-1]	sazba stroje
S_B	[Kč.min-1]	sazba stroje bruska Junker RJ29
S_{IN}	[Kč.min-1]	sazba stroje Mazak Integrex 50YB
S_{MT}	[Kč.min-1]	sazba stroje Mori Seiki MT 2000α
t_A	[min]	jednotkový čas
t_{AC}	[min]	norma jednotkového času
t_{ACB}	[min]	norma jednotkového času broušení
t_{ACS}	[min]	norma jednotkového času soustružení v hlavní variantě TP
t_{ACS10}	[min]	norma jednotkového času soustružení v náhradní variantě TP – operace 10
t_{ACS11}	[min]	norma jednotkového času soustružení v náhradní variantě TP – operace 11
t_{ACS12}	[min]	norma jednotkového času soustružení v náhradní variantě TP – operace 12
t_{AS}	[min]	jednotkový čas soustružení v hlavní variantě TP
t_B	[min]	dávkový čas
t_{BC}	[min]	norma dávkového času
t_{BCB}	[min]	norma dávkového času broušení
t_{BCS}	[min]	norma dávkového času operace soustružení v hlavní variantě TP
t_{BCS10}	[min]	norma dávkového času operace 10 soustružení v náhradní variantě TP
t_{BCS11}	[min]	norma dávkového času operace 11 soustružení v náhradní variantě TP

Symbol	Jednotka	Popis
t_{BCS12}	[min]	norma dávkového času operace 12 soustružení v náhradní variantě TP
t_{BS}	[min]	dávkový čas operace soustružení v hlavní variantě TP
v_c	[m.min^{-1}]	řezná rychlost

Zkratka	Jednotka	Popis
B	[-]	směr otáčení horního obráběcího vřetene
C_1	[-]	polohování hlavního vřetene
C_2	[-]	polohování vedlejšího vřetene
CAM	[-]	computer aided manufacture
CNC	[-]	computer numerical control
ČSN	[-]	česká technická norma
DH	[-]	dolní hlava
EN	[-]	evropská technická norma
HH	[-]	horní hlava
HSS	[-]	high speed steel – rychlořezná ocel
HV	[-]	hlavní vřeteno
ISO	[-]	mezinárodní organizace pro normalizaci
SMS	[-]	souřadnicový měřící stroj
TP	[-]	technologický postup
VBD	[-]	vyměnitelná břitová destička
VHM	[-]	carbide cutting tools – nástroj ze slinutého carbidu
VV	[-]	vedlejší vřeteno
X_1	[-]	směr pohybu horního obráběcího vřetene
X_2	[-]	směr pohybu spodní revolverové hlavy
Y	[-]	směr pohybu horního obráběcího vřetene
Z_1	[-]	směr pohybu horního obráběcího vřetene
Z_2	[-]	směr pohybu spodní revolverové hlavy
Z_S	[-]	směr pohybu vedlejšího vřetene

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Těleso ventilu.
Obr. 1.2 Ilustrační foto použití magnetické upínky pro zvedání těžkých břemen.
Obr. 2.1 Důležité technologické rozměry.
Obr. 2.2 Mori Seiki MT 2000α a kuželový upínač nástrojů kužel Capto C6.
Obr. 2.3 Pracovní prostor stroje s popisem os
Obr. 2.4 Tvrdé čelisti SCHUNK SZAJ 25-15
Obr. 2.5 Upnutí dílce v měkkých protočených čelistech za Ø120,2+0,1.
Obr. 2.6 Pracoviště kontroly se souřadnicovým měřícím strojem Mitutoyo.
Obr. 2.7 Pracoviště brusky Junker EJ29 včetně pohledu do pracovního prostoru stroje
Obr. 2.8 Otočný hrot Bruckner a brusný kotouč Tyrolit
Obr. 4.1 CNC soustruh Mazak Integrex 50YB.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Výkres součásti Těleso ventilu
Příloha 2 Technologický postup vygenerovaný z firemní databáze
Příloha 3 Měřící protokol vygenerovaný z firemní databáze
Příloha 4 NC program pro stroj Mori Seiki MT 2000