



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

OVĚŘENÍ TECHNOLOGIE VÝROBY TĚLA
TLAKOVÉHO VENTILU

VERIFICATION TECHNOLOGY OF PRESSURE VALVE BODY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Majer

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2016

Místo tohoto listu bude vloženo zadání (oboustranně). Zadání musí být vevázáno v obou vyhotoveních práce. Do druhého výtisku bude vložena kopie.

Tento list není třeba tisknut!

ABSTRAKT

Cílem této práce je ověření definovaných výrobních časů stanovených oddělením technologie ve firmě IMI CCI Brno. Jedná se o porovnání určených časů s realitou a teoretickým přepočtem. Bude zhotoven technologický postup s teoretickými hodnotami výrobních časů a proveden návrh změn nástrojů.

Klíčová slova

soustružení, frézování, obrábění, programování, CNC, vyměnitelná břitová destička

ABSTRACT

This thesis is about verification defined machining time what were set by department of technology in company IMI CCI Brno. In work will be compared defined time, real time and theoretic time, what will be calculated. Theoretical time will includes new technology process where will be make proposal to change some tools.

Keywords

turning, milling, machining, programming, CNC, cutting inserts

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MAJER, Lukáš. *Ověření technologie výroby těla tlakového ventilu*. Brno 2016. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 41s. 2přílohy. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Ověření technologie výroby těla tlakového ventilu** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

Lukáš Majer

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat za umožnění vypracování práce ve spolupráci se společností IMI CCI Brno, zejména panu Ing. Klimčíkovi, za umožnění přístupu na dílnu a sběru dat určených pro tuto práci.

Děkuji také panu Ing. Kalivodovi, vedoucímu práce z VUT v Brně, FSI, za jeho připomínky a cenné rady při vypracovávání bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH	7
ÚVOD	9
1 ROZBOR SOUČÁSTI.....	10
1.1 Popis součásti.....	12
1.2 Polotovár.....	13
1.2.1 Materiál.....	14
1.3 Výroba ventilů v IMI CCI Brno a sériovost	15
2 NAVRŽENÁ VARIANTA TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU	16
2.1 Popis operací technologického postupu.....	16
2.2 Zvolené stroje pro obrábění ventilu	20
2.2.1 GeminisGHT 7 CNC soustruh.....	20
2.2.2 Juaristi II frézovací centrum	21
3 NALEZENÍ KRITICKÝCH MÍST	23
3.1 Výrobní složitosti součásti.....	23
3.1.1 Materiálové problémy.....	25
3.2 Komplikace během výroby a výroba na GHT 7	25
3.2.1 Manipulace.....	25
3.2.2 Výměny nástrojů.....	25
4 DEFINOVÁNÍ NOVÉHO TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU.....	26
5 SIMULACE PROCESU	29
5.1 Výpočet strojních časů.....	29
5.2 Tabulka použitých nástrojů.....	31
6 PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ VÝROBY.....	33
6.1 Tabulky naměřených strojních a přípravných časů	33
7 DISKUZE	36
7.1 Materiál.....	36
7.2 Antivibrační tyč (vyvrtávací nebo pro zpětné soustružení)	36
7.3 Volba strojů.....	36
7.4 Řezné podmínky při frézování.....	37
7.5 Časové ztráty.....	37
ZÁVĚR	38

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	39
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	40
SEZNAM PŘÍLOH.....	41

ÚVOD

IMI CCI Brno je jednou divizí ze společností IMI CCI, výrobním závodem patřící do divize IMI Critical Engineering, která spolu s divizemi Precision Engineering a Hydronic Engineering tvoří korporaci IMI. Jedná se o korporaci společností, zabývajících se průmyslovými odvětvími výroby ve více než 50 zemích světa. Cílem IMI CCI je dodávat inovativní technická řešení reagující na globální trendy, jakými jsou čistá energie, energetická účinnost, zdravotní péče a zvyšující se automatizace.

IMI CCI je přední společností zabývajících se designem, výrobou a servisem tlakových ventilů, které jsou určeny do vysoce zátěžových provozů v tepelné energetice, v chemickém průmyslu a v průmyslu zpracovávajícím ropu a zemní plyn. Jedná se o špičkové produkty vyráběné na zakázku, na jejichž konstrukci, výrobu a testování jsou kladeny značné technické a jakostní požadavky.

Ve světě je za 50 let chodu firmy v provozu přes 100 000 vysoko zátěžových ventilů. Klíčoví zákazníci pro společnost jsou Siemens, Shell, Adco, Alstom, Statoil, Linde a další. Brněnská divize má v současnosti přes 300 zaměstnanců a od roku 2010 sídlí v průmyslové zóně CTP Brno jih. [1]

Výroba tlakových ventilů, nebo jednotlivých prvků a součástí ventilů patří mezi přesné a precizní strojírenství. Jde o nákladnou, většinou kusovou výrobu. Častokrát je nutné dodržet přesné rozměry na objemných obrobcích, včetně důležitých tolerancí zajišťující potřebnou funkčnost. Mimo obrábění je kladen velký důraz na svary. Svařování musí projít důkladnou kontrolou kvůli bezpečnosti. V IMI CCI Brno jsou potřebné stroje na obrábění a svařování ventilů o hmotnosti několika gramů i pro ty, jejichž hmotnost přesahuje několik tun. Další velkou výhodou společnosti, kromě CNC strojů a robotů na svařování, jsou certifikáty a boxy pro možnost testování, například ochlazením nebo tlakováním vyrobených ventilů s požadavkem na tuto kontrolu.

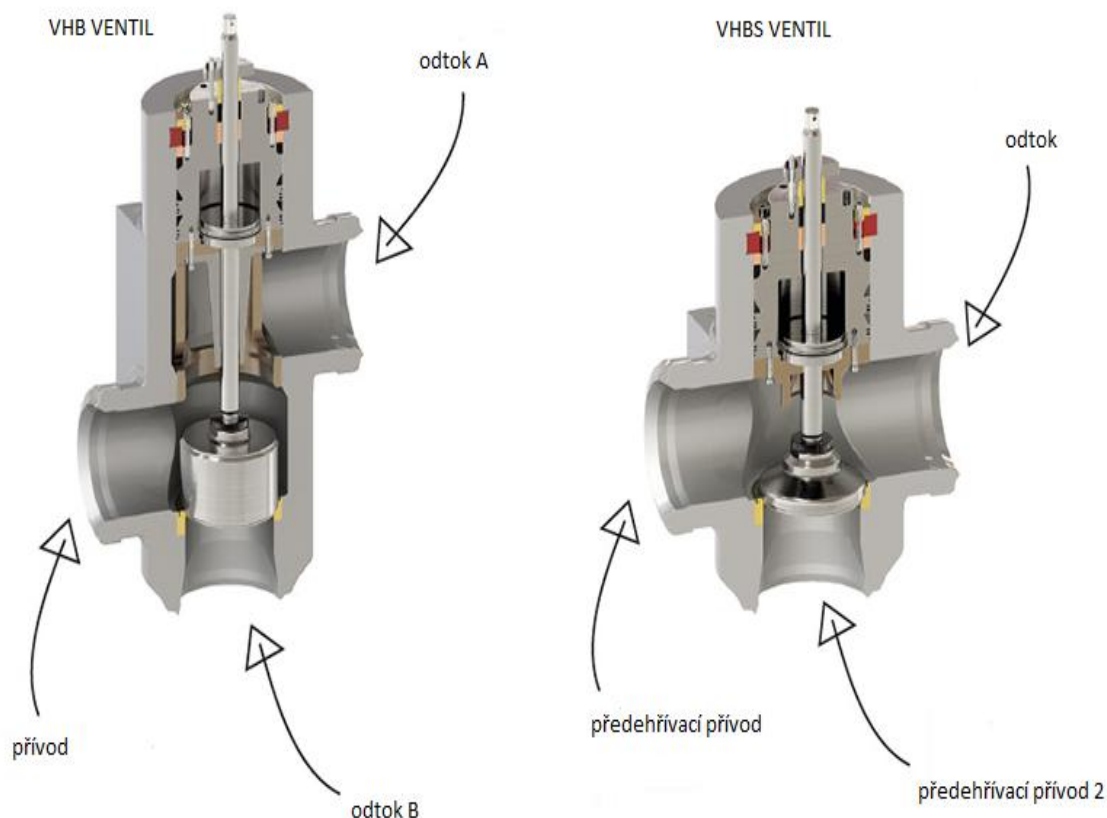
Tělo tlakového ventilu, shoporder6342 (obr. 1), přišlo ze švédské divize, jako předkovaný polotovár. Úkolem bylo jeho vyhrubování a dokončení podle výkresu. V této práci bude porovnána navržená technologie výroby s reálným postupem a teoretickým výpočtem. Proces byl sledován a měřen, pro ověření času, který byl stanoven oddělením technologie na výrobu této součásti. Teoretický přepočít nabídně třetí variantu časového srovnání. Celková velikost série byla 6 kusů. Jedná se o obtokové ventily, ve firmě s označením VHB, používané jako obtokové stanice v napájecí části kotle elektrárny.



Obr. 1 Tělo třícestného ventilu (shoporder 6342)

1 ROZBOR SOUČÁSTI

Tělo třícestného ventilu (obr. 3) je v hotovém tvaru znázorněno v modelu. Ve firmě jsou tyto ventily řazeny do kategorie bypass valves (česky obtokové ventily). Jsou vyráběny dva druhy, nesymetrické VHB a symetrické do tvaru kříže VHBS (obr. 2a). Tyto vodní ventily zaručují správný chod elektrárenského kotle v případě problémů na tepelném výměníku a nutnosti jeho odstavení. Právě při těchto problémech se ventil pře nastaví z normálního provozního stavu do pozice obtoku a umožňuje tak další chod elektrárny, aniž by se musel odstavovat kotel. Názorná ukázka příkladu použití obtokových ventilů v obvodu tepelné elektrárny (obr. 2b). Princip funkce ventilů funguje na bázi vytvoření průtočné cesty, která obejde výměník, je-li to zapotřebí, například při uvádění zařízení do provozu. Stejným procesem vytvoření této cesty, která izoluje tepelný výměník z okruhu, aniž by byla přerušena cirkulace v okruhu zařízení, lze dosáhnout při špičkovém zatížení zvýšení výstupu z turbíny. [1]

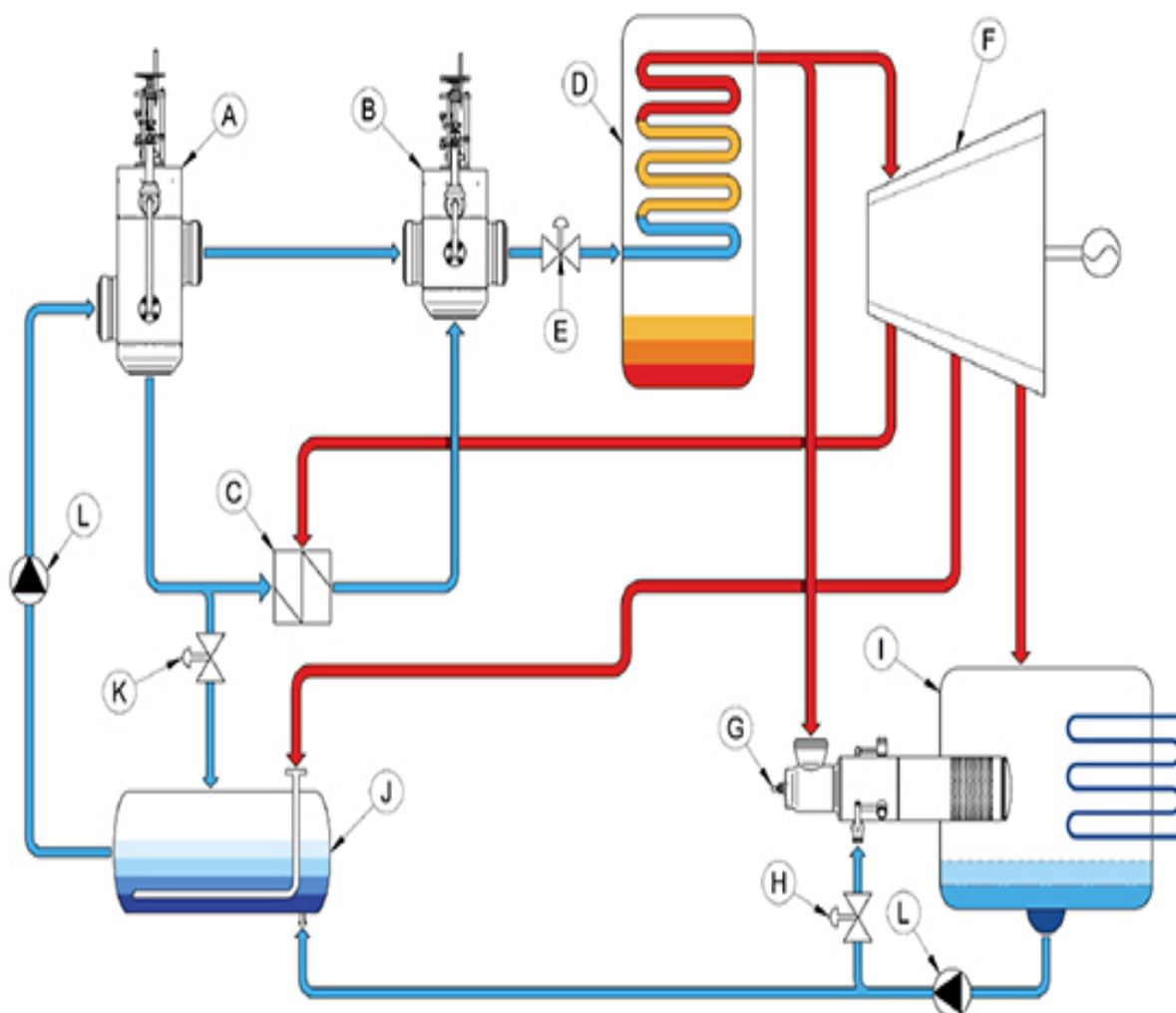


Obr. 2a VHB Ventil a VHBS Ventil, firma IMI CCI Brno [1]

Oba typy ventilů jsou realizovány jako zcela obrobené výkovky. Díky vestavěnému hydraulickému (pneumatickému nebo elektromechanickému) ovládání plní výborně svoji funkci. V sestavě pak zpravidla VHB předchází VHBS v pořadí (viz obr 2b). Tlaková třída těchto ventilů je ANSI – 4500 (na požádání lze dosáhnout i vyšší). Třída těsnosti ventilů je ANSI třída III (pro obtoková podtrubí) a ANSI třída V (pro ohřivače napájecí vody). Největší výhodou těchto ventilů je v umožnění údržby či opravy tepelného výměníku (přehříváku) bez nutnosti odstavit kotel a tím celou elektrárnu. Jak již bylo uvedeno, ventily jsou schopné vytvořit obchvat pro ohřivač napájecí vody při špičkovém vytížení a tím ještě zvýšit výkon turbíny. Zároveň ventily zajistí bezpečnost turbíny před nadměrným protitlakem, tím zaručují maximální efektivitu zařízení. [1]

Obtokový systém ventilů (bypass) je vždy v pohotovostní poloze. Monitoruje výšku hladiny v ohřivači, která by se zvýšila, pokud by došlo k poruše (automaticky řízeno). Při zvýšení hladiny ventil otevře obtok a voda projde okolo, nejde do ohřivače, který je v ten moment izolován.

Dalším běžným problémem může být náhlé zvýšení tlaku páry. Tento jev je možné monitorovat a použít signálů pro izolaci ohřivače. Přepnutím do režimu bypass je řízeno automaticky. Reakční doba je nastavena do 3 sekund. Obnovení režimu do běžných podmínek lze provést manuálně, ale i automaticky, pokud je požadováno zákazníkem.



A – VHB obtokový ventil, B – VHBS obtokový ventil, C – ohřev napájecí kapaliny, D – boiler, E – ventil regulace napájení, F – parní turbína, G – ventil s chladicí trubicí, H – regulační ventil, I – kondenzátor, J – vodní nádrž, K – vypouštěcí ventil, L – čerpadlo [1]

Obr. 2b Obvod tepelné elektrárny [1]

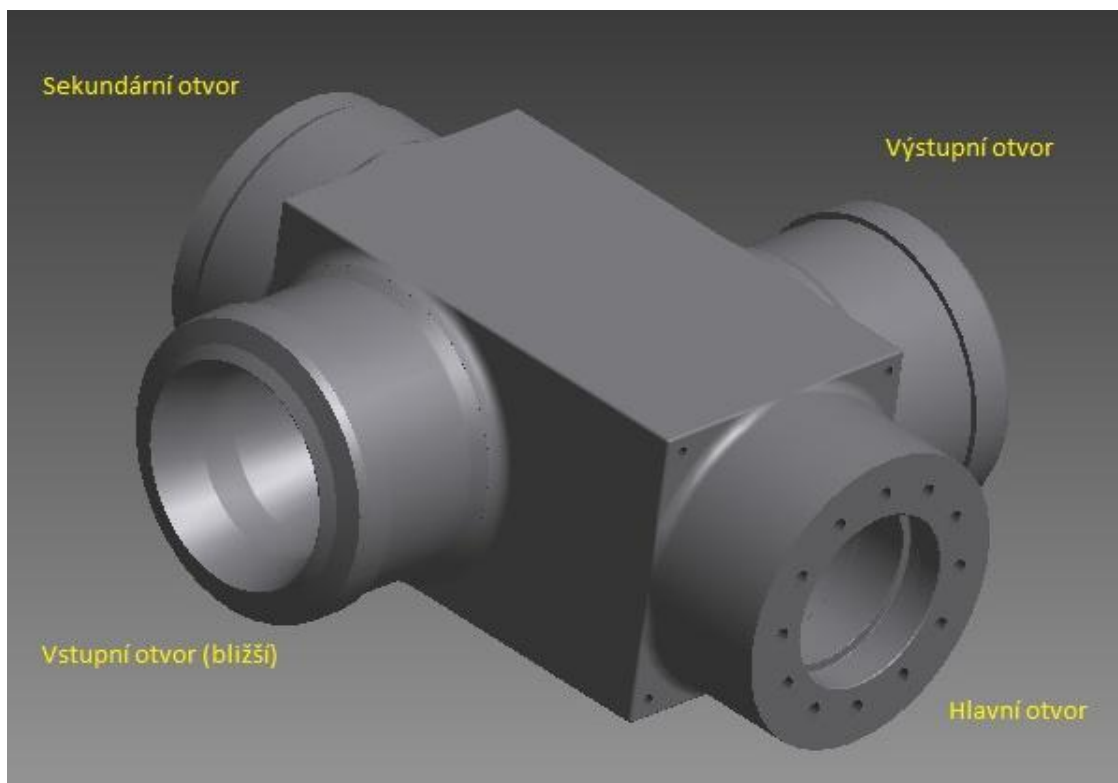
Tepelné elektrárny jsou nejběžnějším druhem elektráren i přes účinnost okolo 40 procent. Chod elektrárny se dá jednoduše popsat pomocí chodu energií. Palivo se promění v tepelnou energii, která se změní v tlakovou energii páry. Energie páry je odevzdána lopatkám na rotoru turíny roztáčejícím hřídel turbíny spojený přes převodovku s generátorem vyrábějícím elektřinu.

1.1 Popis součástí

Ventily jsou navrhovány pro spolehlivou funkčnost s dlouhou životností a minimálními nároky na údržbu, jako pro všechny typy VHB ventilů.

Tlakový ventilu VHB má 4 otvory o různém průměru. Každý výstup může mít odlišný otvor, tvarovou složitost a průměry. Podle požadavků a příchozího polotovaru vypadá tlakový ventil pro tuto práci jako model na obrázku (obr. 3). Dva nesymetricky položené otvory (výstupní a vstupní), ale naprosto identické v rozměrech průměru, délky, složitosti i tvaru. Dva výstupy leží symetricky naproti sobě, ale jsou odlišného tvaru (hlavní a

sekundární). Tělo ventilu má tvar plného kvádru s otvorem souosým s výstupem proti sobě uvnitř. Vstupní otvor je uložen vzhledem k hraně kvádru blíže, než výstupní. Rozdíl bude patrný na výkrese součásti. Dále jsou v rozích menší strany kvádrového těla 4 otvory se zakončením díry bez stop vrtáku. V čele hlavního otvoru bude 12 děr se závitem a v díře bez stop po vrtání. Vnitřní souosý otvor je velice členitý, viz výkres v příloze 2, je nutné dodržet tolerance a povrchové požadavky.

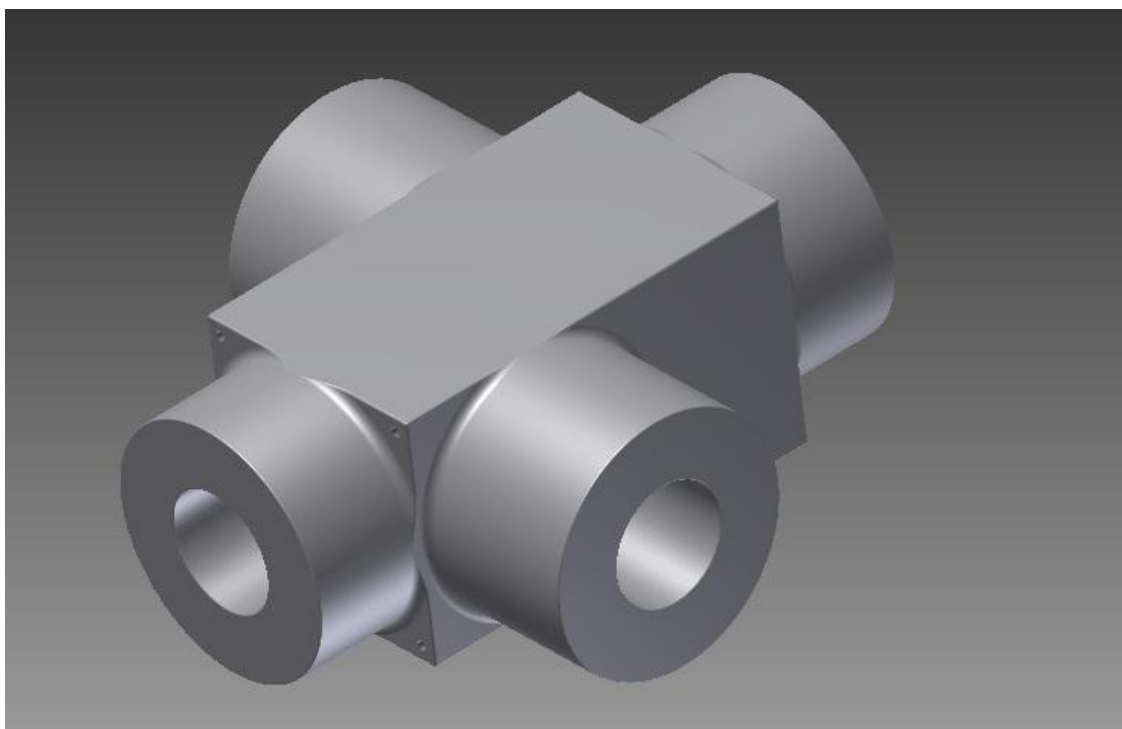


Obr. 3 Model hotového těla tlakového ventilu

1.2 Polotovár

Polotovarem je výkovek. Model polotovaru (obr. 4) byl vymodelován v CAD programu Inventor 2012. Výkovek byl následně obrobena na karuselech. Stopy po stroji jsou patrné na kvádrové ploše kruhovými rýhami. V polotovaru jsou také připraveny otvory v rozích menších stěn kvádru.

Rozměry polotovaru jsou detailněji znázorněny na výkrese polotovaru v příloze 1. Jedná se o rozměrnou součást vážící v hrubém tvaru více než 2500 kg. Maximální rozměry jsou 1255 x 480 x 480. Vnitřní otvory jsou připraveny na Ø255. Otvor mezi symetrickými výstupy (hlavní a sekundární viz obr. 3) je průchozí. Vstupní a výstupní otvory jsou zaslepeny v hloubce 330. Manipulace s polotovarem je komplikovaná z důvodu nesymetrickosti otvorů. Při transportu je třeba dbát zvýšené opatrnosti a vyvažování součástí.



Obr. 4 Model polotovaru ventilu z programu Inventor

1.2.1 Materiál

Materiál polotovaru pro součást ventilu je ve firmě označen v technologickém postupu jako SA 105. Jedná se o ekvivalent k ocelím označených jako A/SA 105 (A podle normy ASTM a SA podle normy ASME), který je možné označit taktéž jako 1.0460 podle ČSN EN 10027-2. Zmíněné materiály se ve firmě používají, mají barevné označení odpovídající tabulce. Pro SA 105, 1.0460 nebo P250 GH je používána tmavě modrá barva k rozlišení ve výrobě. Je to ocel jakostní, nelegovaná. Tento materiál je používán pro tlakové nádoby a zařízení. Jsou to nelegované oceli pro práci při běžných a zvýšených teplotách. Parametry materiálu jsou uvedeny v tabulce (tab. 1.1).

Tab. 1.1 Parametry materiálu

Název	Tvrđost [HB]	Rm [MPa]	Re [MPa]	Obsah uhlíku	Tepelné zpracování	Obsah jiných prvků
P250GH	137-187	485	250	0,35 max.	Normalizačně žíhaný	Mn 0,6-1,05 % Ni 0,4 % (max.) Cr 0,3 % (max.) Si 0,1-0,35 %

Materiál byl zpracován technologií kování, přesto je velice měkký a komplikuje obrábění. Netvoří lámavou třísku a tím zhoršuje podmínky obrábění, zejména při dodržení předepsaných kvalit povrchu. Situace je vidět na (obrázku 5), kde je obrábění prováděno na horizontální frézce Juaristi a i přes lepší řezné podmínky než na soustruhu nelze dosáhnout lepšího odvodu obrobeneho materiálu.



Obr. 5 Tvorba souvislé třísky díky nízké tvrdosti materiálu SA 105 při výrobě zámku, detail C na výkrese, na Ø278 H8

1.3 Výroba ventilů v IMI CCI Brno a sériovost

V IMI CCI Brno se velice zřídka vyrábí série. Charakteristika zakázek je v drtivé většině kusová výroba o 1 – 10 ks. Jedná se o precizní práci, která se neopakuje ani po několika letech, maximálně v podobě opravy, nebo údržby, ale velice zřídka. Každý ventil má jiné nároky v jiných parametrech, proto ani zdánlivě podobné kusy nelze typově rozřadit a tomu přizpůsobit výrobu do podoby výrobní linky.

Výroba ventilů, jak již bylo zmíněno, patří mezi nákladnější, hlavně kvůli kusové výrobě. Výrobní časy se protahují důsledkem času, kdy se prakticky zkouší, jak nejlépe odvést kvalitní práci, nastavují nástroje, nebo se jedná o pouhou manipulaci s obrobky mezi stroji.

Obrábění těla tlakového ventilu pro tuto práci není výjimkou. V praxi se jednoduše první kus obrábí logicky nejdéle a je na něm ověřena v průběhu procesu teoretická správnost zvoleného postupu a nástrojů. V případě nevyhovujícího průběhu se přechází na alternativy během procesu.

Velice důležitým faktorem v této práci je určování časů. Setuptime je čas přípravy stroje, nástrojů a všech náležitostí k obrábění v době kdy stroj není v provozu. Run time, strojní čas, je čas obrábění. Při průběhu obrábění probíhají taktéž některé činnosti příprav k obrábění, ale nejsou již uvedeny pod setup time, ale zakomponovány do run time. Platí pro všechny technologické postupy IMI CCI Brno.

2 NAVRŽENÁ VARIANTA TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU

Stávající varianta technologického postupu byla zhotovena oddělením technologie společnosti IMI CCI Brno. Pro tuto práci byla přidělena kopie ze dne 23.10.2015 6:57. Originální technologický postup firemního formátu nebude zveřejněn. Jednotlivé operace budou popsány v podkapitole 2.1 pro ujasnění technologie a postupu výroby. Jedná se o projekt číslo 6342, obrábění těla tlakového ventilu podle výkresu S250569 vytvořeného dne 12.8 2014.

2.1 Popis operací technologického postupu

Pod jednotlivými nadpisy budou podrobněji rozepsány činnosti a práce v jednotlivých operacích. Pro názornost jsou operace sepsány do tabulky (tab. 1.2) Proškrtnuté pole setup (přípravný čas) nebo run time (strojní čas) znázorňuje, že čas nebyl uvažován oddělením technologie ve firmě IMI CCI Brno.

Tab. 1.2 Operace technologického postupu

Operace	Činnost	Přípravný čas (Setuptime)	Strojní čas (Run time)
20	Příjem materiálu	-	-
30	Soustružení	4 hodiny	11 hodin 21 minut
40	Frézování	4 hodiny	13 hodin 38 minut
50	Odjehlení	11 minut	50 minut
60	Dokončení soustružením	2,5 hodiny	4 hodiny 28 minut
70	Ražení	-	-
80	Kontrola a expedice	-	-

Operace 20

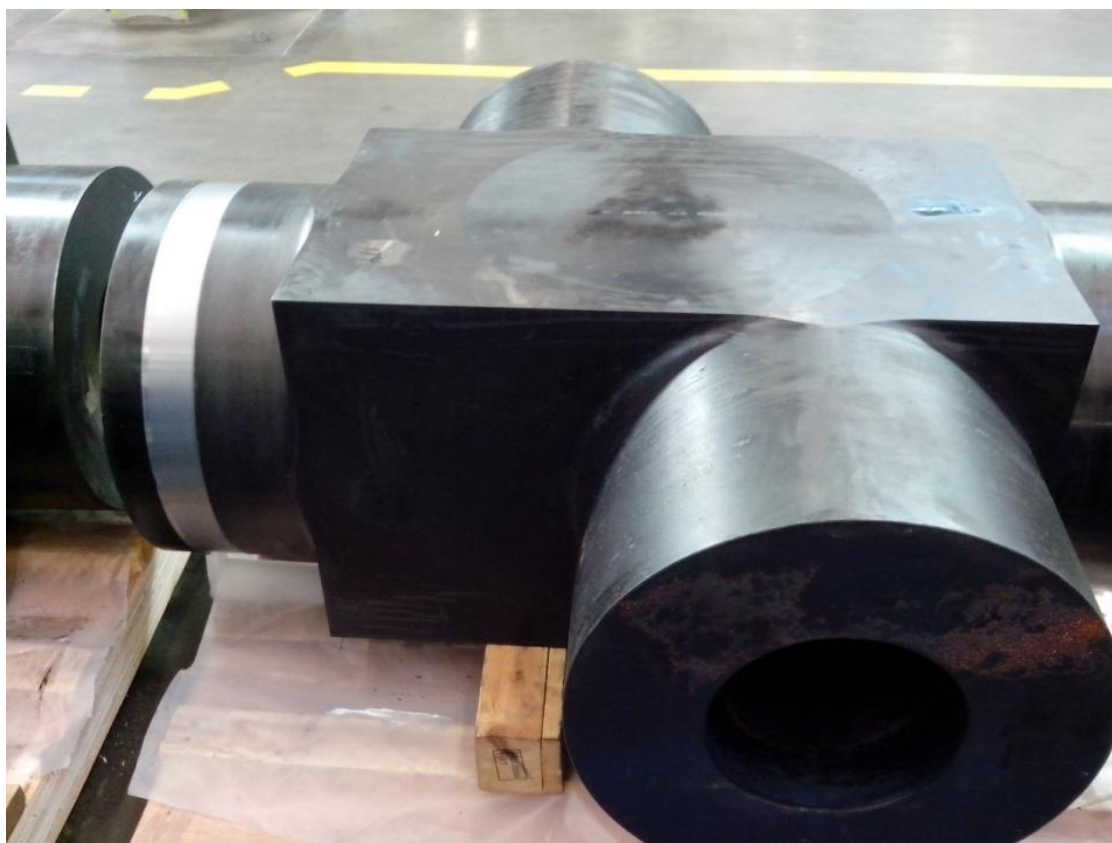
Příjem materiálu. Materiál byl přivezen v kamionech na paletách. Celkem 6 kusů. Kované polotovary dále prošly vstupní kontrolou. Čas operace nebyl zohledněn v technologickém postupu. Operace byla provedena na pracovišti 050

Operace 30

Obrábění na soustruhu (obr. 6), pracoviště GHT 6 I, GHT 7. Úkolem v operaci 30 bylo přerovnat průměry Ø480 pro lunetu (obr. 7) na obou koncích obrobku. Soustružit podle výkresu veškeré tolerované průměry: Ø280-H10, Ø278-H8, Ø276-H8, Ø275-H8, Ø274-H8. Dále zarovnat čelo v délce 971 s přídavkem 1 na ploše. Doporučení použít VBD třídy P. Čas operace byl stanoven na 11 hodin a 21 minut pro strojní čas na jeden kus, 4 hodiny pro přípravný čas na všechny kusy. Celkem pro 6 kusů 72 hodin a 6 minut.



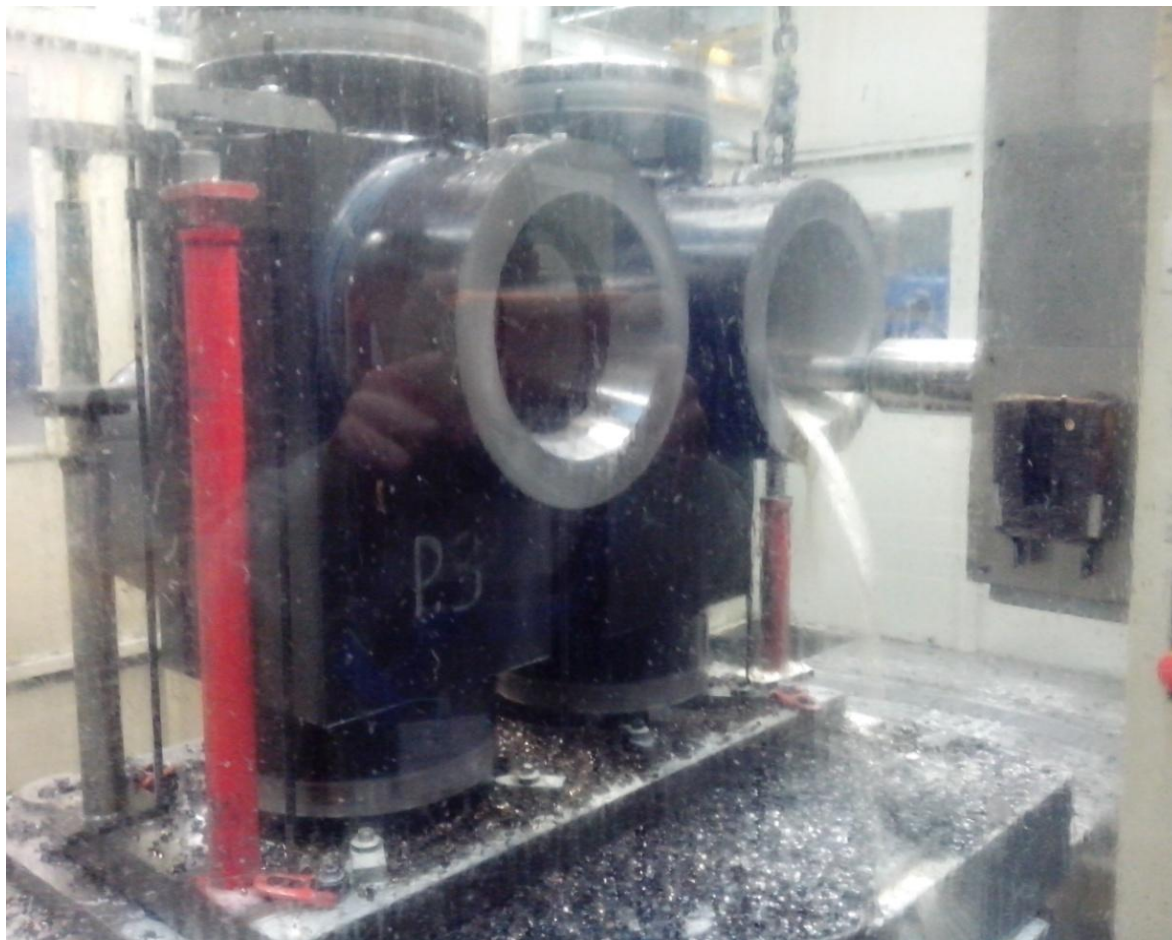
Obr. 6 Soustružení operace 30 na soustruhu GHT 7



Obr. 7 Obrobek po úpravě povrchu pro lunetu

Operace 40

Obrábění ve frézovacím centru (obr. 8), pracoviště Juaristi II. Upnout a obrábět horní i dolní přípojovací konec, hotově dle výkresu. Dále vrtat otvory po obvodu se závity na levém čele, hotově podle výkresu. Doporučení použít VBD třídy P. Čas operace byl stanoven na 13 hodin a 38 minut pro strojní čas na jeden kus, 4 hodiny celkově pro přípravný čas na všechny kusy. Celkem pro 6 kusů 85 hodin a 48 minut.



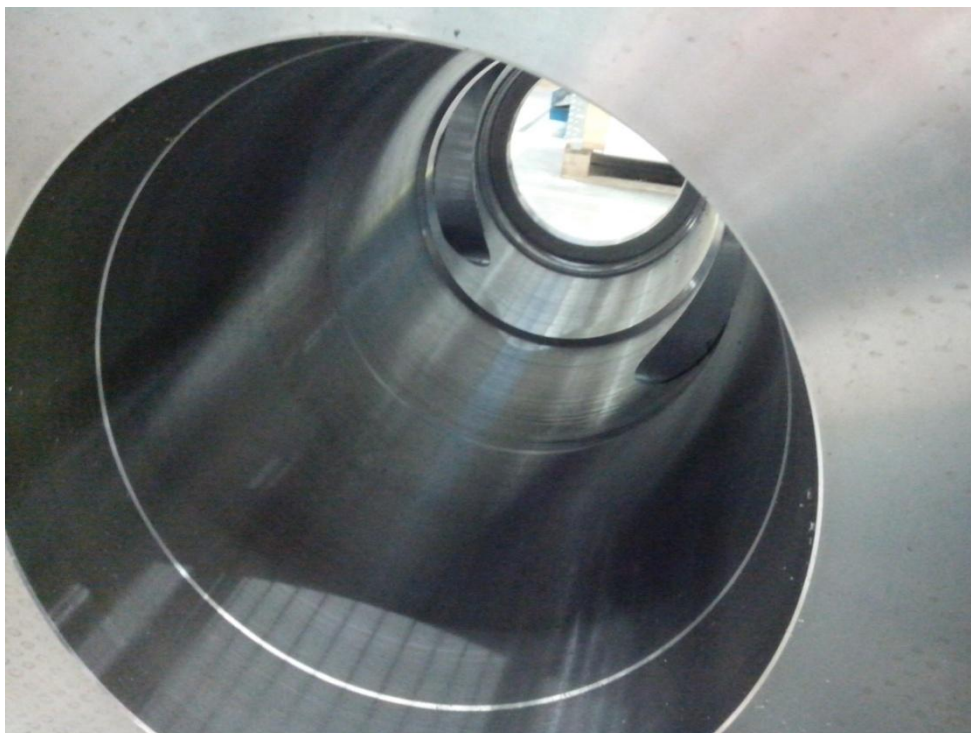
Obr. 8 Frézování ve frézovacím centru Juaristi II

Operace 50

Odjehlení bylo provedeno na pracovišti 039. Za pomoci ručních brusek na hydraulických stolech. K odjehlení jednoho kusu bylo stanoveno 50 minut strojního času na jeden kus a 11 minut na přípravný čas pro všech 6 kusů. Celkem 5 hodin a 11 minut.

Operace 60

V operaci 60 bude zhotoveno dokončení soustružením (obr. 9). Pracoviště GHT 6 I, GHT 7. Upnout do měkkých čelistí za pravou stranu a dokončit kus hotově. Podle výkresu soustružit Ø280-H10, Ø278-H8, Ø276-H8, Ø275-H8, Ø274-H8. Na hotovo soustružit čelo v délce 971. Doporučení použít VBD třídy P. Strojní čas operace 60 byl stanoven na 4 hodiny a 28 minut. Přípravný čas na 2,5 hodiny. Celkový čas pro 6 kusů byl určen na 29 hodin a 18 minut.



Obr. 9 Obrobení na soustruhu GHT 7 operace 60

Operace 70

Ražení a kontrola. Smysl ražení je ve firmě IMI CCI Brno velmi důležitý. Provádí jej specializovaný pracovník. Ražením (obr. 10) lze bezpečně a jistě identifikovat daný obrobek. V operaci 70 byla provedena kontrola a ražení na boku kusu. Razit – material + heatNr. + Výrobek-c. + Projekt-c.+ Dok. – c. + Pořadové číslo + Valve body pressureclass: 2462.



Obr. 10 Ražení na obrobku těla tlakového ventilu, operace 70

Operace 80

Expedice všech 6 kusů na paletách. Další práce přebírá Švédská divize IMI CCI Brno.

2.2 Zvolené stroje pro obrábění ventilu

Firma IMI CCI Brno používá moderní obráběcí stroje, v drtivé většině vybavené CNC řízením programem Fagor, Sinumerik, Heidenhain, apod. Pro výrobu těla tlakového ventilu v této práci byly použity stroje GHT 7 s CNC programem Fagor pro operace soustružení nahruho a frézovací centru Juaristi II s programem Heidenhain. Další operace byly prováděny na pracovišti brusírny, kde byly odjehleny hrany a některé plošky po obrábění.

2.2.1 Geminis GHT 7 CNC soustruh



Obr. 11 Geminis GHT 7 CNC soustruh [5]

Geminis GHT 7 (obr. 11) je CNC soustruh vybavený programem Fagor, který je velice užitečný pro práci hlavně díky možnosti volby podprogramu a tím rychlejšímu ručnímu programování výroby. V tabulce (tab. 2.1) jsou uvedeny technické parametry stroje.

Při obrábění bylo nutné použití lunety, pro velikost obrobku, jeho nevyváženost i celkovou hmotnost a antivibrační tyče pro zpětné soustružení z důvodu soustružení do hloubky přes 900 mm.

Tab. 2.1 Technické parametry GHT 7 [5]

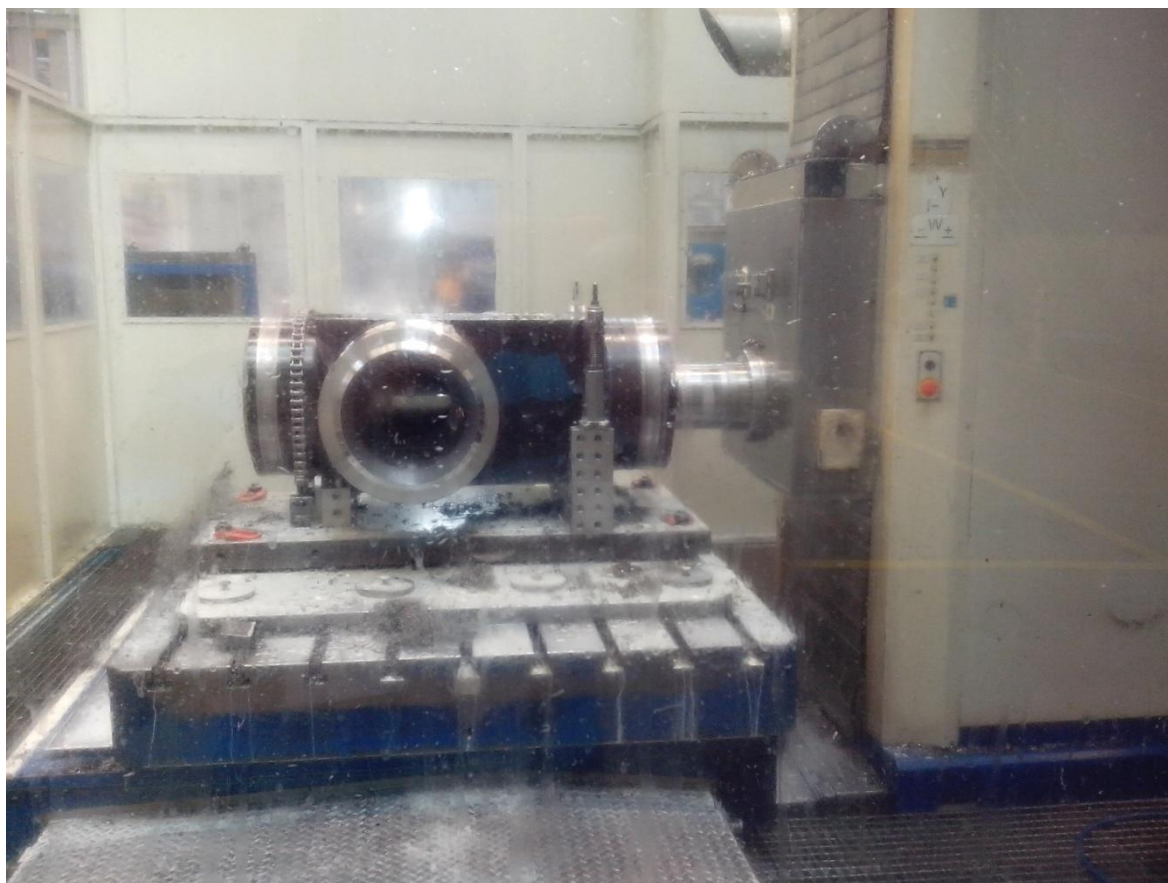
Maximální váha obrobku	10 000 [kg]
Otáčky vřetena (4 rozsahy)	0 – 640 [min ⁻¹]
Výkon vřetena	75 [kW]
Oběžný průměr nad ložem	1500 [mm]
Oběžný průměr nad suportem	1200 [mm]
Maximální otáčky vřetena	3000 [min ⁻¹]
Vřetena	DIN 55026-A15

2.2.2 Juaristi II frézovací centrum

Juaristi patří mezi špičku frézovacích center. Na Juaristi TX (obr. 12) označeného ve firmě jako JUA II je možné realizovat téměř jakékoliv obrábění za použití doplňků. Centrálně vedený vřeteník přináší vysokou dynamiku a stabilitu obrábění. Tři typy vedení a otočný stůl na hydrostatickém vedení poskytují pohodlnou manipulaci zvláště s velkým obrobkem. V tabulce (tab 2.2) jsou technické parametry frézovacího centra. Při obrábění bylo nutné využít přídavné hlavy D'Andei, která umožní frézce pracovat jako soustruh.

Tab. 2.2 Technické parametry Juaristi

Podélný pojezd - os X	6000 [mm]
Vertikální pojezd - os Y	4000[mm]
Pojezd smykadla (RAM) - os Z	3000 [mm]
Pojezd pinoly - os W	1000 [mm]
Průměr vřetena	180 [mm]
Výkon vřetena	70 [kW]
Otáčky vřetena	6000[min-1]
Rychloposuvy	30 [m*min-1]
Otočné stoly na hydrostatickém vedení	do 18 000 [kg]



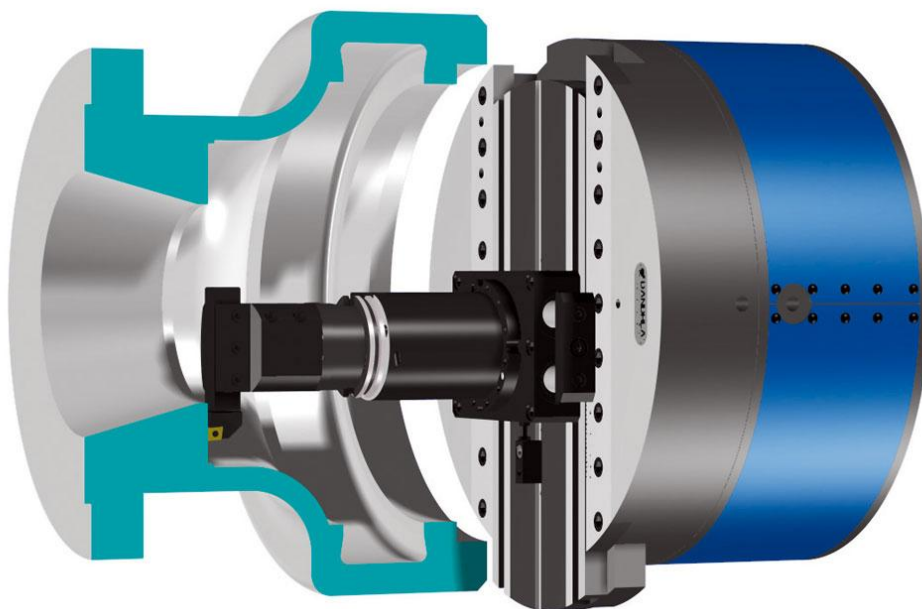
Obr. 12 Juaristi TX (JUA II) horizontální frézovací centrum

D'Andrea, 6 osa (obr. 13) neboli U-TRONIC se nanáší ručně pomocí příruby pro upevnění na obráběcím stroji a desky pro otáčení rotačního tělesa. Aplikuje se ručně pomocí příruby pro upevnění zámkem rychlospojkou vačky a se systémem speciálních konektorů. Při

upnutí nástroje na desku, lze vyosít nástroj o potřebný přírůstek a provádět obrábění plnohodnotným soustružením (obr 14).



Obr. 12 D'Andrea, přidavná hlava na Juaristi a vytáček tyč



Obr. 14 Soustružení na horizontálním frézovacím centru Juaristi [6]

Program Fagor, kterým jsou vybaveny soustruhy GHT6 a GHT7 jsou podobné CNC programům od společnosti Sinumerik. Jejich výhodou je možnost volby podprogramu pro připravované obrábění a tím pohodlnější programování při výrobě. Pro kusovou výrobu je tento program velice výhodným, pokud v systému existuje podprogram pro následující operaci. [8]

3 NALEZENÍ KRITICKÝCH MÍST

V průběhu procesu se objevilo několik problémů, které bylo nutné ihned řešit. Jejich složitost, častost výskytu a míra komplikace výroby není vždy pouze přehlednutelná. V této kapitole budou rozepsány veškeré komplikace a problémová místa při obrábění součásti, které byly zpozorovány. Při plánování technologických postupů jsou brány do úvahy všechny aspekty výroby, nicméně až při reálném obrábění se vyskytují problémy, které se musí řešit společně s operátorem stroje.

3.1 Výrobní složitosti součásti

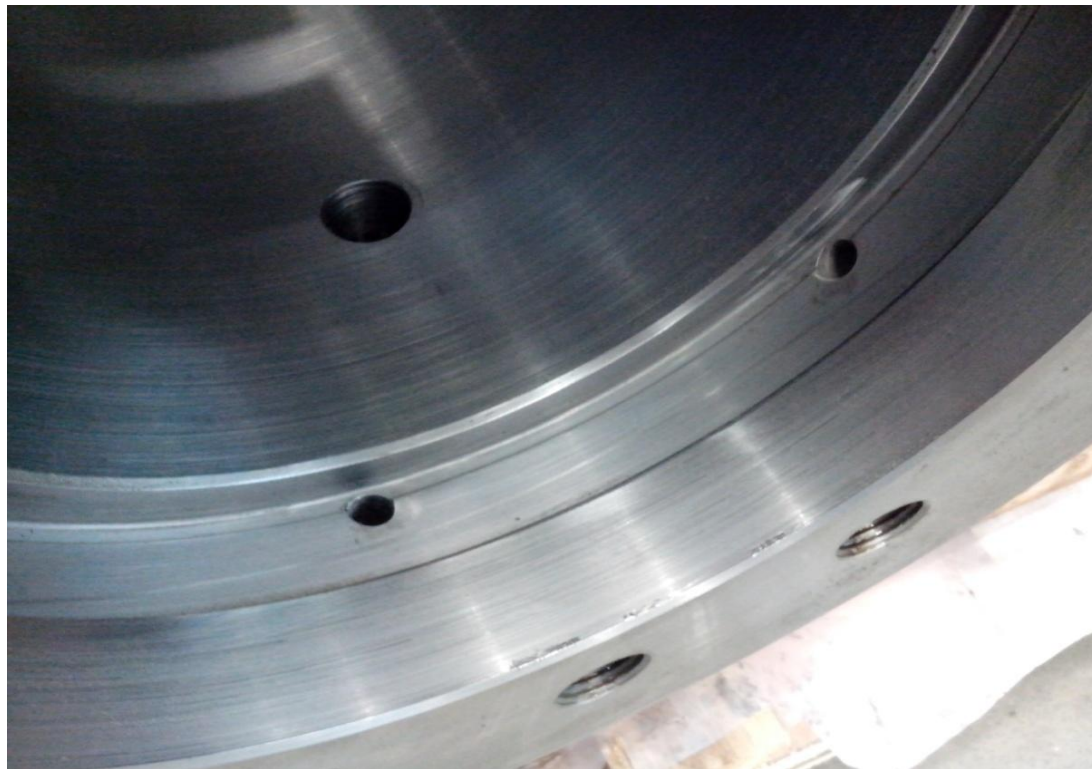
Podle výkresu, je patrné, že jeden z výstupních otvorů ventilu navazuje přesně kolmo na hlavní otvor celého ventilu. Vzniká ostrá hrana, která při stanoveném technologickém postupu není bezpečnou pro technologii obrábění soustružením. Při obrábění vznikají rázy, které mohou snadno zničit nástroj. Situace je vidět na obr. 15. Při stávajícím sledu operací v technologickém postupu je nutné tento jev uvažovat.



Obr. 15 Ostrá hrana navazující přímo na hranu vnitřního průměru celého ventilu

V zámku z kraje jedné strany ventilu jsou zhotoveny lineárně 6x otvor $\varnothing 12,5$. Tento otvor navazuje do zámku tak, že prochází přes hranu. Dokončení ručním broušením musí být precizní z důvodu předepsané přesnosti povrchu na průměru 309 H11. Průměrná aritmetická úchylka profilu zde musí být Ra 1,6 (obr. 15). Při zhotovování zámku, detail C na výkrese, bylo nutné cca každých 5 minut zastavit stroj a vyjmout třísku obrábění aby nebyl poškozen $\varnothing 278$ H8 (obr. 5).

V obou bočních výstupech ventilu není dodržen R10. Při výrobě nebylo možné definovat podprogramem geometrii povrchu pro stroj JUA II. Tato chyba nemá žádný důsledek na funkčnost součásti.



Obr. 15 Zámek jedné strany ventilu, detail C na výkrese, otvor $\varnothing 12,5$

V detailu B na výkrese je možné vidět rádius R8, místo kterého bylo chybně zhotoveno sražení $1 \times 45^\circ$ (obr. 16), které bývá obvyklé u těchto typu výrobků. Při kontrole byla chyba detekována a opravena (obr. 17).



Obr. 16 Sražení $1 \times 45^\circ$ Obr. 17 Opravení na požadované R8

3.1.1 Materiálové problémy

Složitost obrábění materiálu P 250 GH byla již zmíněna v podkapitole 1.2.1. Pro výrobu ventilů jsou často používány korozivzdorné oceli, nebo vysoce legované oceli s lepší obrobitelností, které mají vyšší tvrdost, lépe tvoří elementární třísku.

Řezný proces je realizován v obráběcím systému stroj – nástroj – obrobek, přičemž výstupem jsou parametry obrobené plochy. Z tohoto důvodu má velký význam problematika identifikace mechanismu tvoření třísky s orientací na obráběný materiál. Bezesporu je interací nástroje po právě obráběné ploše povrch velice chemicky aktivní, vzniká vysoké lokální smykové napětí až 10000 MPa a také vysoká rychlost smykových deformací rozhodují o tvorbě třísky.[2]

3.2 Komplikace během výroby a výroba na GHT 7

Během výroby se snaží ve spolupráci s technologickým postupem předáci obrobny a operátoři optimalizovat výrobu na co nejefektivnější. Problém kusové výroby byl již zmíněn.

Na soustruhu GHT 7 bylo zpočátku problémem nastavení přívodu procesní kapaliny na antivibračnítyči pro zpětné soustružení. Další problémem byla experimentace s volbou vhodných břitových destiček pro obrábění měkkého materiálu. Nastavení rezné rychlosti, posuvu i otáček bylo v průběhu celého hrubování téměř konstantní. Až při dosažení větších průměrů způsobily tyto podmínky lepší lámání třísky.

Dokončení součásti na stroji GHT 7 nebylo možné. Přestože stroj nepracoval v limitních podmínkách, dle uvedených parametrů podle výrobce. Při vysokém vyložení a hmotnosti obrobku, který není dokonale symetrický a vyvážený, nebylo možné dosáhnout potřebné kvality povrchu. Ve firmě je větší soustruh GHT 6.2, ale ten je schopný upnout do lunety obrobky nad průměr Ø 500, proto přesun výroby na frézovací centrum JUA II, kde bylo možné dosáhnout vyšších otáček. Logický předpoklad zlepšení a zrychlení výroby díky tuhosti stroje frézovacího obráběcího centra. Na JUA II probíhala výroba bez větších komplikací za použití moderního upínání nástrojů a přídavné hlavy D'andrei, která umožní horizontální frézce pracovat jako plnohodnotný soustruh, její nevýhodou je ovšem složitější zařízení před zahájením práce, včetně nastavení nástrojů přímo na přídavné hlavě.

3.2.1 Manipulace

Manipulace s obrobkem se provádí výhradně za použití portálových jeřábů, kterými je vybavena celá dílna IMI CCI Brno. Každé otočení nebo přehození kusu zabere desítky minut. Je nutné důkladně řadit operace po sobě a minimalizovat manipulaci s obrobkem. Pro soustružení byl hlavní problém v přípravě povrchu pro lunetu, protože vyložení a hmotnost obrobku tuto úpravu vyžadovalo.

3.2.2 Výměny nástrojů

Změna nástroje na stroji JUA II naprosto vyruší předchozí nastavení nulových bodů, proto je nutné s každým nástrojem nastavovat je znovu. Technologický sled operací byl několikrát změněn operátorem z důvodu úspory času. Pro první dva kusy bylo nutno z oddělení technologie dodat konturu součásti pro krajní profil výstupů. Kontura je detailnější rozkreslení a zakotování tvarových ploch na výkrese, podle kterých se následně vytvoří program v systému stroje. Bez této pomůcky je programování zdlouhavé a někdy i nemožné.

4 DEFINOVÁNÍ NOVÉHO TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU

Nový technologický postup bude navržen pro práci na stejných strojích, na frézovacím centru Juaristi a na CNC soustruhu Geminis GHT7 z důvodu možnosti porovnání a ověření časové dilatace mezi teoretickým přepočtem a reálným navrženým strojním časem. Zvolené nástroje pro výrobu budou zvoleny z tabulky nástrojů v podkapitole 5.2 na základě charakteristiky obrábění. Technologický postup bude mít formát tabulky. Jeden pro práci na soustruhu a druhý pro frézování. Pro výpočet hodnot tabulky bylo použito vztahů z 5 kapitoly: Simulace procesu.

Při soustružení byly operace logicky řazeny přímo pro postup obrábění součásti. Výrobní postup soustružení zahrnuje operaci 30 a operaci 60 ze zvoleného technologického postupu firmy IMI CCI Brno.

VUT FSI	VÝROBNÍ POSTUP	Název součásti: Tělo tlakového ventilu			Číslo výkresu: S250569		
Datum: 16.3.2016	Vypracoval: Lukáš Majer	Polotovary: obrob. Výkovek SA105					
Operace / Pracoviště (trídící číslo)	Popis práce v operaci	Nástroj	i	ap [mm]	Otáčky [min-1]	Posuv [mm*min-1]	Strojní čas [min]
Soustružení / GHT7 (04519)	Upnout a zarovnat čelo	T3	1	1	70	0,3	6,07
Soustružení / GHT7 (04519)	Povrch pro lunetu	T3	1	2	90	0,3	2,22
Soustružení / GHT7 (04519)	Soustružení vnitřek zleva (225 na Ø274 po délku 971)	T1	6	4	100	0,4	145,65
Soustružení / GHT7 (04519)	Soustružení vnitřních Ø285 (z 274 na 285)	T1	3	3,5	100	0,4	41,25
Soustružení / GHT7 (04519)	Soustružení vnitřek zleva (274 na Ø280 s přídavkem na dok.)	T1	1	3	100	0,4	1,75
Soustružení / GHT7 (04519)	Soustružení vnitřek zleva (274 na Ø278 s přídavkem na dok.)	T1	1	2	100	0,4	6
Soustružení / GHT7 (04519)	Soustružení vnitřek zleva (274 na Ø276 s přídavkem na dok.)	T1	1	2	100	0,4	4,63
Soustružení / GHT7 (04519)	Soustružení vnitřek zleva (274 na Ø275 s přídavkem na dok.)	T1	1	1	100	0,3	1,33
Soustružení / GHT7 (04519)	Dokončení vnitřek zleva Ø278H10	T4	1	0,5	110	0,08	14,11
Soustružení / GHT7 (04519)	Dokončení vnitřek zleva Ø276H10	T4	1	0,5	110	0,08	21,02
Soustružení / GHT7 (04519)	Dokončení vnitřek zleva Ø275H10	T4	1	0,5	110	0,08	4,55

VUT FSI	VÝROBNÍ POSTUP	Název součásti: Tělo tlakového ventilu			Číslo výkresu: S250569		
Datum: 16.3.2016	Vypracoval: Lukáš Majer	Polotovary: obrob. Výkovek SA105					
Operace / Pracoviště (trídící číslo)	Popis práce v operaci	Nástroj	i	ap [mm]	Otáčky [min-1]	Posuv [mm*min-1]	Strojní čas [min]
Soustružení / GHT7 (04519)	Dokončení 2°, 18°, 30°, R5 a Ø274H8 (Zkontrolovat Ra 1,6)	T4	1	0,5	110	0,08	5,91
Soustružení / GHT7 (04519)	Soustružení vnitřek zleva, detail C	T11	7	2	80	0,3	11,08
Soustružení / GHT7 (04519)	Dokončení vnitřek zleva Ø280H10 a detail C	T11	1	0,5	90	0,2	11,53
Soustružení / GHT7 (04519)	Soustružení vnitřek zprava (225 na Ø230)	T3	1	2,5	100	0,3	7,33
Soustružení / GHT7 (04519)	Soustružení vnitřek zprava (v délce 95)	T1	14	4	70	0,7	27,14
Soustružení / GHT7 (04519)	Soustružení vnitřek zprava (zkosení 22° s přídávkem)	T1	14	4	70	0,7	17,14
Soustružení / GHT7 (04519)	Dokončení vnitřek zprava Ø344H8	T11	2	0,5	80	0,09	26,38
Soustružení / GHT7 (04519)	Dokončení zkosení 22°	T3	2	0,5	90	0,2	13,89
Soustružení / GHT7 (04519)	Soustružení zvenku zprava Ø465+-0,3 a detail E	T3	3	X	90	0,3	14,22
Soustružení / GHT7 (04519)	Dokončení detail E	T4	2	X	90	0,2	13,33

Strojní čas vychází na 6 hodin a 37 minut. Manipulační čas nebyl určen. Navržená varianta technologického postupu vychází pro operace 30 a 60 počítá se strojním časem pro soustružení 15,82 hodiny. Ovšem v operaci 60 byly ve skutečnosti provedeny další operace nespádající pod soustružení pro optimalizaci výroby. K porovnání bude vhodnější uvažovat pouze operaci 30, která byla stanovena na 11,35 hodiny.

Pro frézování je výrobní postup zpracován taktéž formou tabulky. Řezné podmínky byly pro obrábění zvoleny pomocí katalogu Pramet, jak pro soustružení, tak i pro frézování. Sled operací na frézce bude řazen v přímo v pořadí, jak probíhal proces obrábění.

Operace obrábění prováděné vytáčecí tyčí a přídavnou hlavou D'Andrea nebyly vypočteny, pouze byly zapsány naměřené reálné hodnoty naměřené ve výrobě.

VUT FSI	VÝROBNÍ POSTUP	Název součásti: Tělo tlakového ventilu		Číslo výkresu: S250569			
Datum: 16.3.2016	Vypracoval: Lukáš Majer		Polotovary: obrob. Výkovek SA105				
Operace / Pracoviště	Popis práce v operaci	Nástroj	i	ap [mm]	Otáčky [min-1]	Posuv [mm*z-1]	Strojní čas [min]
Frézování / Juaristi II (45135)	Zarovnání čela	T6	2	1	560	0,4	1,11
Frézování / Juaristi II (45135)	Frézování 18° (detail B)	T6	80	1	530	0,4	33,18
Frézování / Juaristi II (45135)	Frézování Ø 300 s přídavkem (z225)	T5	65	1	1010	0,3	33,68
Frézování / Juaristi II (45135)	Frézování 15°	T5	139	1	1010	0,3	53,98
Frézování / Juaristi II (45135)	Vrtat k propojení otvorů (Ø63 plátkový vrták)	T9	1		760	0,1	1,31
Frézování / Juaristi II (45135)	Frézování Ø 225 do propojení s přídavkem	T7	126	0,5	750	0,4	42,36
Frézování / Juaristi II (45135)	Obrábění vnějších ploch výstupu ventilu	T5	29	1	970	0,4	13,89
Frézování / Juaristi II (45135)	Vytáčecí tyč (Ø 225 vnitřek)	T8	50	2,5	220	0,1	11
Frézování / Juaristi II (45135)	D'Andrea Ø 300H8	T11		0,5		0,2	35
Frézování / Juaristi II (45135)	D'Andrea detail B	T11		0,5		0,22	21
Frézování / Juaristi II (45135)	D'Andrea dokončení (vnitřek i vnějšek)	T11		0,5		0,2	117

Strojní čas vychází na 12 hodin a 8 minuty (6 hodin a 4 minuty pro jeden výstup ventilu). Manipulační čas nebyl určen. Navržená varianta technologického postupu pro operaci 40 uvažuje se strojním časem pro frézování 13,63 hodiny. Vypočtený strojní čas se téměř shoduje s časem navrženým.

5 SIMULACE PROCESU

Výrobní proces bude propočten pro části postupu, kde byl změřen reálný výrobní čas a kde by mohl být markantní rozdíl při změně řezných podmínek nebo nástrojů. Z podkapitoly 5.1 budou použity výpočtové vztahy k určení optimálních otáček a následně bude určen strojní čas pro soustružnické operace i frézovací operace. Vypočtený čas figuruje v nově navrženém výrobním postupu.

5.1 Výpočet strojních časů

Vzorový výpočet a použití vztahů je znázorněno v příloze 3. Pro výpočty u soustružení a frézování budou použity následující vztahy [2, 4] :

Řezné podmínky pro obrábění byly spočteny podle vztahu (1.1).

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (1.1)$$

kde: v_c [m.min⁻¹] - řezná rychlost,
 D [mm] - průměr obrobku,
 n [min⁻¹] - otáčky obrobku.

Strojní čas soustružení byl spočten podle vztahu (1.2).

$$tAS_s = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} \quad (1.2)$$

kde: tAS_s [min] - strojní čas soustružení,
 i [-] - počet záběrů nutných k vykonání operace,
 L [mm] - délka (náběh + přeběh + obráběná délka),
 n [min⁻¹] - otáčky obrobku,
 f [mm.ot⁻¹] - posuv nástroje.

Strojní čas frézování byl spočten podle vztahu (1.3).

$$tAS_f = \frac{L \cdot i}{f_m} \quad (1.3)$$

kde: tAS_f [min] - strojní čas frézování,
 i [-] - počet záběrů nutných k vykonání operace,
 L [mm] - délka (náběh + přeběh + obráběná délka),
 f_m [mm.min⁻¹] - posuv za minutu.

Posuv nástroje frézky (f) byl určen ze vztahu (1.4).

$$f_m = f_z \cdot z \cdot n \quad (1.4)$$

kde: f_m [mm.min-1] - posuv za minutu,
 f_z [-] - posuv na zub frézky,
 z [-] - počet zubů frézy,
 n [min-1] - otáčky frézy.

Pro výpočet otáček soustružení platí vztah (1.5).

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \quad (1.5)$$

kde: v_c [m.min-1] - řezná rychlost,
 D [mm] - průměr obrobku,
 n [min-1] - otáčky obrobku.

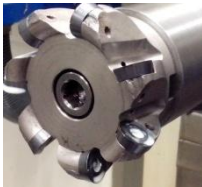
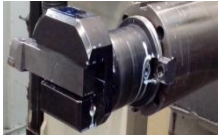
Pro výpočet strojního času čelního soustružení platí vztah (1.6).

$$t_{sč} = \frac{(D_2 - D_1)/2}{f \cdot n} \quad (1.5)$$

kde: n [min-1] - otáčky obrobku,
 D [mm] - průměr obrobku (D_2 větší průměr),
 n [min-1] - otáčky obrobku.
 f [mm.ot-1] - posuv nástroje

5.2 Tabulka použitých nástrojů

VUT FSI	VÝROBNÍ POSTUP	Název součásti: Tělo tlakového ventilu	Číslo výkresu: S250569
Datum: 16.3.2016	Vypracoval: Lukáš Majer		Polotovary: obrob. Výkovek SA105
Kód nástroje	Náhled		
T1		Název nástroje (a držáku)	Označení výrobce
		VBD hrubovací	CNMM 160612E-DR
		Držák nožový (vnější a vnitřní)	PCBNR/L 3232P12 a A40T-PCLNR/L 16
Kód nástroje	Náhled		
T2		Název nástroje (a držáku)	Označení výrobce
		VBD hrubovací i dokončovací	CNMM 120408E-NR
		Držák nožový (vnější a vnitřní)	PCBNR/L 2020K 12 a A25R-PCLNR/L12
Kód nástroje	Náhled		
T3		Název nástroje (a držáku)	Označení výrobce
		VBD hrubovací i dokončovací	TCMT 16T308E-UR
		Držák nožový (vnější a vnitřní)	MTJNR/L 2020K16 a A32 U-DTFNR/L 16
Kód nástroje	Náhled		
T4		Název nástroje (a držáku)	Označení výrobce
		VBD dokončovací	DNMG 150408E-M
		Držák nožový (vnější a vnitřní)	DDNJNR/L 2525M15 a A40T-PDUNR/L15
Kód nástroje	Náhled		
T5		Název nástroje	Označení výrobce
		Stopková freza s VBD Ø66	-nezměněno-
		VBD hrubovací	CNMM 160612E-DR
Kód nástroje	Náhled		
T6		Název nástroje	Označení výrobce
		Čelní fréza s VBD Ø125	125A12R-S90AD11E-C
		VBD hrubovací	ADMX 11T308PR-R

VUT FSI	VÝROBNÍ POSTUP	Název součásti: Tělo tlakového ventilu	Číslo výkresu: S250569
Datum: 16.3.2016	Vypracoval: Lukáš Majer	Polotovary: obrob. Výkovek SA105	
Kód nástroje	Náhled		
T7		Název nástroje	Označení výrobce
		Čelní fréza s VBD Ø100	100A07R-S45OD06D
		VBD hrubovací	RPEW 1505MOS
Kód nástroje	Náhled		
T8		Název nástroje	Označení výrobce
		Vytáček tyč	-nezměněno-
		VBD hrubovací i dokončovací	CNMM 120408E-NR
Kód nástroje	Náhled		
T9		Název nástroje	Označení výrobce
		Plátkový vrták Ø63	-nezměněno-
		VBD hrubovací	CNMM 160612E-DR
Kód nástroje	Náhled		
T10		Název nástroje	Označení výrobce
		Planžeta VBD	LCMF 0616MO-MP
		Držák	GFIR/L 2525 M 06
Kód nástroje	Náhled		
T11		Název nástroje	Označení výrobce
		Kopírovací nůž	-nezměněno-
		VBD dokončovací	DNMG 150408E-M

Chybějící nástroje v tabulce nebyly během výroby upozorovány, tím pádem nebudou uvažovány do jakýchkoliv přepočtů strojních časů a ani nebude za tyto nástroje provedena volba alternativy, podobně jako u břitových destiček, kde byly provedeny jisté změny. Z katalogu Pramet tools, firmy Dormer Pramet, byly zvoleny vyměnitelné břitové destičky a nástroje pro použití výroby na teoretický přepočet i pro nový technologický postup. Některé nástroje byly ponechány z výchozího postupu. Ve firmě IMI CCI Brno je používáno VBD a nástrojů od společností Sandvik Coromant, Walter AG, Paul Horn GmbH a mnoho dalších výrobců. [3]

6 PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ VÝROBY

Během výroby těla tlakového ventilu mi byla umožněna přítomnost u strojů během výroby. Pozorování manipulace s objemným ventilem, složitosti týkajících se výroby nebo správného nastavení stroje pro práci a obrábění součástí. V době práce na sérii 6 kusů byly naměřeny strojní, ale i přípravné časy výroby. Jejich soupisy jsou v tabulkách 3 – 5.

6.1 Tabulky naměřených strojních a přípravných časů

V tabulkách jsou zaznamenány přípravné (setup time) a strojní časy (run time). Jejich hodnoty jsou vždy aritmetickým průměrem. Pokud nebyl čas změřen vícekrát, ale pouze jednou, je zapsána daná hodnota. Pokud nebyl čas změřen, není uveden a neuvažuje se. Pod každou tabulkou je výpis časového srovnání podle navrženého technologického postupu výroby a reálně naměřených časů.

Tabulka č. 3: Měření časů v operaci 30

Číslo měření R – runtime S – setuptime	Čas (hodiny:minuty:sekundy)	Proces	Pracoviště
1S	0:30:00	Upnutí nože do stroje	GHT7
2S	0:17:00	Upnutí obrobku do stroje	GHT7
3R	0:04:00	Zarovnání čela	GHT7
4R	0:05:00	Povrch pro lunetu	GHT7
5S	0:45:00	Příprava lunety	GHT7
6R	2:52:42	Hrubování zleva (uvnitř)	GHT7
7R	0:33:00	Dokončení zleva	GHT7
7S	0:35:00	Výměny nástrojů, ladění	GHT7
8S	0:15:00	Otočení obrobku	GHT7
9R	0:04:00	Zarovnání čela	GHT7
10R	1:22:11	Hrubování zprava (uvnitř)	GHT7
11R	0:41:00	Dokončení zprava	GHT7
12R	0:19:00	Detail E dokončení	GHT7
13S	0:10:00	Odklizení obrobku	GHT7
SETUP TIME PRVNÍHO KUSU		2:32:00	
SETUP TIME MEZI KUSY SERIE (6ks)		1:15:00	
CELKOVÝ SETUP TIME		3:48:00	
CELKOVÝ RUNTIME		5:00:53	
ČAS NA OPERACI 30 PRO PRVNÍ KUS		7:33:00	
CELKOVÝ ČAS PRO 6 KUSŮ SERIE		33:54:00	

V operaci 30 byly naměřeny veškeré časy manipulace, příprav i výroby (tab. 3).

Podle stávajícího navrženého technologického postupu je setup time 4 hodiny a runtime 11,35 hodiny. Celkový čas pro operaci 30 na stroji GHT7 byl stanoven na 72,1 hodiny.

Časový fond pro tuto operaci byl zvolen správně. Operaci 30 je možné splnit v předepsaném časovém požadavku s přehledem.

Tabulka č. 4: Měření časů v operaci 40

Číslo měření R – runtime S – setup time	Čas (hodiny:minuty:sekundy)	Proces	Pracoviště
14S	1:05:00	Příprava obrobku	JUA II
15S	0:10:00	Příprava nástrojů	JUA II
16R	0:09:00	Zarovnání čela	JUA II
17R	0:22:00	Frézování 18°	JUA II
18R	0:22:00	Frézování 18°	JUA II
19R	0:41:00	Frézování 15° a plochy	JUA II
20R	0:41:00	Frézování 15° a plochy	JUA II
21S	0:05:00	Změna nástroje	JUA II
22R	0:06:00	Vyvrtávání	JUA II
23S	0:05:00	Změna nástroje	JUA II
24R	0:42:00	Frézování děr do propojení	JUA II
25S	0:05:00	Změna nástroje	JUA II
26R	0:28:00	Frézování vnějšek	JUA II
27R	1:02:00	Detail B	JUA II
28S	0:05:00	Změna nástroje	JUA II
29R	0:22:00	Vytáčení tyč Φ 225	JUA II
30S	0:30:00	Příprava D'Andrei	JUA II
31R	0:20:00	Obrábění Φ 300H8	JUA II
32R	0:30:00	Dokončení Φ 300H8	JUA II
33R	0:22:00	Detail B dokončení	JUA II
34R	1:57:00	Φ480 na 450	JUA II
35R	2:30:00	Dokončení všech povrchů	JUA II
36S	0:20:00	Vyjmutí D'andrei	JUA II
37S	0:15:00	Vyjmutí odbrobku	JUA II
SETUP TIME PRVNÍHO KUSU		2:40:00	
SETUP TIME MEZI KUSY SERIE (6ks)		2:10:00	
CELKOVÝ SETUP TIME		4:50:00	
CELKOVÝ RUNTIME		8:38:00	
ČAS NA OPERACI 40 PRO PRVNÍ KUS		11:18:00	
CELKOVÝ ČAS PRO 6 KUSŮ SERIE		56:36:30	

V operaci 40 byly naměřeny všechny časy operací setup i runtime (tab. 4). Stroj Juaristi bez problémů provedl operaci 40.

Podle stávajícího navrženého technologického postupu je setup time 4 hodiny a runtime 13,63 hodiny. Celkový čas pro operaci 40 na stroji Juaristi II byl stanoven na 85,8 hodiny.

Časový fond pro tuto operaci byl zvolen správně. Operaci 40 je možné splnit v předepsaném časovém požadavku s přehledem.

Tabulka č. 5: Měření časů v operaci 60

Číslo měření R – runtime S – setup time	Čas (hodiny:minuty:sekundy)	Proces	Pracoviště
38S	1:00:00	Upnutí obrobku	JUA II
39R	0:04:00	Obrábění čel	JUA II
40R	0:22:00	Vyvrtávání	JUA II
41R	0:42:00	Závity	JUA II
42S	0:05:00	Změna nástroje	JUA II
43R	0:46:00	Čelo na roměr	JUA II
44S	0:05:00	Změna nástroje	JUA II
45R	0:06:00	Hrubování v délce 971	JUA II
46S	0:08:00	Nastavování	JUA II
47R	0:17:00	Zhotovení H8 na čelo	JUA II
48R	1:08:00	Všechny H8	JUA II
49R	0:21:00	Detail D	JUA II
50S	0:22:00	D' Andrei příprava	JUA II
51S	0:38:00	Seřízení nástroje	JUA II
52R	0:45:00	Φ278H8	JUA II
53S	0:09:00	Změna nástroje	JUA II
54R	1:17:00	Detail C	JUA II
55S	0:05:00	Změna nástroje	JUA II
56R	---	Obrábění vnějších ploch	---
57R	---	Vrtání velkých otvorů	---
58R	---	Vrtání malých otvorů	---
59S	(1:40:00)*	Změny poloh, nastavení	---
SETUP TIME PRVNÍHO KUSU		2:32:00	
SETUP TIME MEZI KUSY SERIE (6ks)		2:10:00	
CELKOVÝ SETUP TIME		4:42:00	
CELKOVÝ RUNTIME		5:48:00	
ČAS NA OPERACI 60 PRO PRVNÍ KUS		8:20:00 **	
CELKOVÝ ČAS PRO 6 KUSŮ SERIE		39:30:00 **	

(*) Změny polohy nastavení v 59 setup time jsou pouze odhadovány.

(**)Nejedná se o konečnou hodnotu času.

V operaci 60 nebyly naměřeny všechny časy operací setup a runtime (tab. 5).

Podle stávajícího navrženého technologického postupu je setup time stanoven pro stroj GHT7 na 2,5 hodiny a runtime 4,47 hodiny. Celkový čas pro operaci 60 na stroji GHT7 byl stanoven na 29,30 hodiny. Časový fond pro tuto operaci byl zvolen špatně. Operaci 60 není možné splnit v předepsaném časovém požadavku podle technologického postupu výroby.

7 DISKUZE

Diskuze je rozdělena do několika částí, vzájemně na sobě nezávislých. V jednotlivých bodech bude uvedeno, jak by bylo možné zlepšit výrobu samotného ventilu, nebo jaké jiné nástroje by mohly být zvoleny pro kvalitnější výrobu.

7.1 Materiál

Materiál pro výrobu ventilu si zvolil zákazník dle specifikace a požadavku koncového zákazníka. Tento materiál je ale z pohledu obrábění velmi problematický. Obrábění vyšších tříd ocelí by bylo výhodnější z důvodu nastavení řezných podmínek i dosažení kvality povrchu, nicméně pořizovací náklady na polotovary z legovaných ocelí by byly neúměrně vyšší a negativně by se promítly do celkové ceny ventilu. Pro tělesa ventilu vyžaduje konstrukční norma použití ocelí pro tlakové výrobky, proto byla zvolena uhlíková ocel P250GH i přes to, že netvoří při obrábění ideální třísku.

7.2 Antivibrační tyč (vyvrtávací nebo pro zpětné soustružení)

Stroj GHT 7 pracoval v limitních podmínkách, pro rozměry obrobku nebylo možné využít větší soustruh na dílně IMI CCI Brno, který by obrábění součásti vykonal s vyšší kvalitou a rychlostí. Při soustružení značných hloubek by bylo vhodné použít co nejlepší antivibrační tyč pro zpětné soustružení z důvodů značného vyložení nástroje. Seco stearine a nový patentovaný typ připojení, kterými je tato soustružnická sestava vybavena. Umožňuje provádět rotační a statické operace jedním nástrojem. Tyto velmi pevné a stabilní soustružnické držáky efektivně tlumí nežádoucí vibrace při extrémních řezných podmínkách prostřednictvím dynamického pasivního systému uvnitř tělesa držáku, kde tlumicí těleso vibruje proti primárním vibracím. Díky tomu mohou tyto produkty u typických operací s dlouhým vyložением snížit čas obrábění až o 50 %, zmírnit namáhání vřetene a zároveň umožňují vyšší úběr materiálu, lepší jakost povrchu a poskytují dlouhou životnost nástrojů.

Extrémně přesné spojení GL u těchto soustružnických tyčí disponuje kuželovým rozhraním unikátního tvaru se dvěma protilehlými polohami, kterými lze řezné hrany nástroje nasměrovat řeznou částí nahoru nebo dolů a zajistit tak účinné utváření a odvod třísek.

Toto rozhraní se vyznačuje silným a rychlým zajištěním pomocí jednoho vestavěného upínacího kroužku, který přitahuje dovnitř hlavu nástroje a zajišťuje tak pevný a stabilní kontakt dosedacích ploch. Po počátečním nastavení tyče je možné instalovat a demontovat hlavice nástrojů bez potřeby opětovného nastavení. Pro povolení a utažení hlav GL soustružnických tyčí Steadyline je potřeba pouze maticový klíč.[7]

7.3 Volba strojů

Stroj Juaristi II umožnil nahrazení soustruhu v obrábění těla tlakového ventilu, ovšem při využití přídatné hlavy D'Andrea. Z praktického hlediska by bylo logičtější využít větší soustruh než GHT7, pro dodržení požadavků v technologickém postupu z oddělení technologie.

Obrábění vnitřku těla tlakového ventilu by na větším soustruhu mělo probíhat bez problémů a značně by mohlo uspořit čas nastavování nástrojů oproti práci na Juaristi. Z důvodu nesymetrickosti a nevyváženosti obrobku nebylo možné dosáhnout potřebné kvality povrchu. Stroj soustruh GHT 6.2 nelze využít pro obrábění z důvodu upnutí v lunetě. Luneta pro tento stroj je příliš velká na upnutí obrobku.

7.4 Řezné podmínky při frézování

Při obrábění na stroji Juaristi, byly některé řezné procesy prováděny za posuvu na zub i přes hodnoty 0,6. Tato hodnota není dle katalogu Pramet bezpečně dosažitelná pomocí nástrojů společnosti Dormer Pramet tools.

7.5 Časové ztráty

I přes absenci některých časů při měření časů v operaci 60 je nekompletní změřený čas téměř dvakrát vyšší, než čas stanovený oddělením technologie pro tuto operaci (viz tab. 5 v kapitole 6). **Významný faktor je změna stroje z GHT7 na Juaristi II.** Soustruh nedokázal při nízkých otáčkách dosáhnout požadovaného Ra dle výkresu, kvůli nevyváženosti a váhové nesymetričnosti obrobku / docházelo k házení obrobku při rotaci dílu na soustruhu / Seřizování nulových bodů nebo dokončování nástavnou hlavou D'Andrea zvyšují setuptime. Je nutné minimalizovat tyto změny a optimalizovat proces tak aby k těmto změnám docházelo jen minimálně. Změna strojů si vyžádala cca 22 hodin práce navíc, čímž byly ovlivněny výsledné časy.

Při převzetí polotovarů, výkovků, bylo zjištěno, že rozměry neodpovídají výkresovým požadavkům. Před započítáním mého měření operace 30 došlo k před obrobení dílu tak, aby se byl díl připraven v požadované přesnosti pro operaci 30. Tyto nejsou v tabulce 30 zohledněny a přidávají k operaci 30 dalších cca 30 hodin práce navíc na všech 6 kusů

Tyto fakta vysvětlují markantní rozdíly při měření časů, přepočty a navrženým postupem výroby.

ZÁVĚR

V práci byly naměřeny strojní a přípravné časy pro operace 30, 40 a 60. Tyto časy byly zpracovány do tabulek a ihned porovnány s časem, který byl stanoven oddělením technologie v technologickém postupu, který je rozepsán v kapitole 2. Nebyly naměřeny všechny časy z důvodu třisměnného provozu a značné časové náročnosti některých operací. Časy, které byly naměřeny víckrát, jsou prezentovány aritmetickým průměrem ze všech naměřených časů dané operace.

V tabulce 6 jsou časy souhrnně vypsány pro názornost. Strojní čas značí čas na obrábění jednoho kusu v operaci, stejně jako přípravný čas je pro 1 kus série. V tabulce 7 jsou vypsány časy strojní a přípravné pro všech 6 kusů.

Tab. 6 Soupiska časů ověřovaných operací výroby pro 1 kus

Operace	Strojní čas podle oddělení technologie	Přípravný čas podle oddělení technologie	Strojní čas naměřený	Přípravný čas naměřený	Strojní čas vypočtený
30	11,35 hodiny	---*	5,01 hodiny	2,53 hodiny	6,62 hodiny
40	13,63 hodiny	---*	8,63 hodiny	2,66 hodiny	12,13 hodiny
60	4,47 hodiny	---*	5,8 hodiny	2,53 hodiny	---

- Výrobní postup z oddělení technologie nezahrnuje přípravný čas na 1 kus, ale pouze přípravný čas pro celou sérii výroby 6 kusů. Ten se sestava s hlavní přípravy pro 1. díl, které zahrnují i přípravu stroje, a přípravné časy na ostatní díly, které jsou dány už pouze manipulací dílů před a po obrábění.

Alternativní návrh technologického postupu byl zpracován v kapitole 4. Pro volbu břitových destiček a některých nástrojů byla zvolena společnost Dormer Pramet tools.

Podle teoretického výpočtu byl výrobní čas v operacích soustružení porovnaných s výchozím technologickým postupem výrazně rychlejší. Teoretický přepočet strojního času pro soustružení je o více než hodinu delší, než reálný naměřený čas (viz tab. 4). Teoretickým výpočtem času pro frézování bylo dosaženo hodnoty o téměř hodinu kratšího času než, určilo oddělení technologie. Reálně naměřený strojní čas je o více než 3 hodiny nižší.

Důvody pro časové rozdíly mezi časy pro výrobu danou technologií a skutečně naměřenými časy z výroby jsou popsány v diskuzi 7.5. Časové ztráty.

Tab. 7 Soupiska časů ověřovaných operací výroby pro celou sérii 6 kusů

Operace	Strojní čas podle oddělení technologie	Přípravný čas podle oddělení technologie	Strojní čas naměřený	Přípravný čas naměřený	Strojní čas vypočtený
30	68,1 hodiny	4 hodiny	33,9 hodiny	3,8 hodiny	39,72 hodiny
40	81,8 hodiny	4 hodiny	56,6 hodiny	4,83 hodiny	72,78 hodiny
60	26,8 hodiny	2,5 hodiny	39,5 hodiny	4,7 hodiny	---

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. [online]. [cit. 2016-01-30]. Dostupné z: <http://www.imi-critical.com/Pages/default.aspx>
2. KOCMAN, Karel. Technologické procesy obrábění. Brno: CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-722-2.
3. PRAMET TOOLS s.r.o. Soustružení[online]. 2011 [vid.2011-11-08]. Dostupné z:<http://www.pramet.com/cz/ke-stazeni.html>.
4. ČERNOCH Svatopluk Strojně technická příručka II, 13. upravené vydání SNTL Praha 1977, ISBN 04-224-77
5. Prestigeequipment. CNC/Geminis-GHT-7-G4/25337/m. [online]. 20.3.2016 [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.prestigeequipment.com/Lathes-CNC/Geminis-GHT-7-G4/25337/m>
6. D'Andrea. <http://www.dandrea.com/>. [online]. 20.3.2016 [vid. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.dandrea.com/en/contents.asp?c=10&s=29>
7. Technický portál. <http://www.technickytydenik.cz/>. [online]. 20.3.2016 [vid. 2016-03-20]. Dostupné z: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/denni-zpravodajstvi/seco-rozsiruje-antivibracni-system-steadyline-o-soustruznicke-tyce_27261.html
8. Fagorautomation. www.fagorautomation.us. [online]. 18.4.2016 [vid. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://fagorautomation.us/product/cnc-systems/applications-usa/turnkey-package-2/turnkey-simple-functional-turning/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Seznam symbolů

Symbol	Jednotka	Popis
f	[mm.ot-1]	posuv nástroje
i	[-]	počet třísek / počet obrábění v operaci
L	[mm]	délka (obrábění)
n	[min-1]	otáčky
R	[mm]	rádius
Ra	[μ m]	průměrná aritmetická úchylka profilu
tsč	[min]	strojní čas čelního soustružení
tAS(f)	[min]	strojní čas pro frézování
tAS(s)	[min]	strojní čas pro soustružení
ϕ	[mm]	průměr
π	[-]	Ludolfovo číslo 3,14..

Seznam použitých zkratk

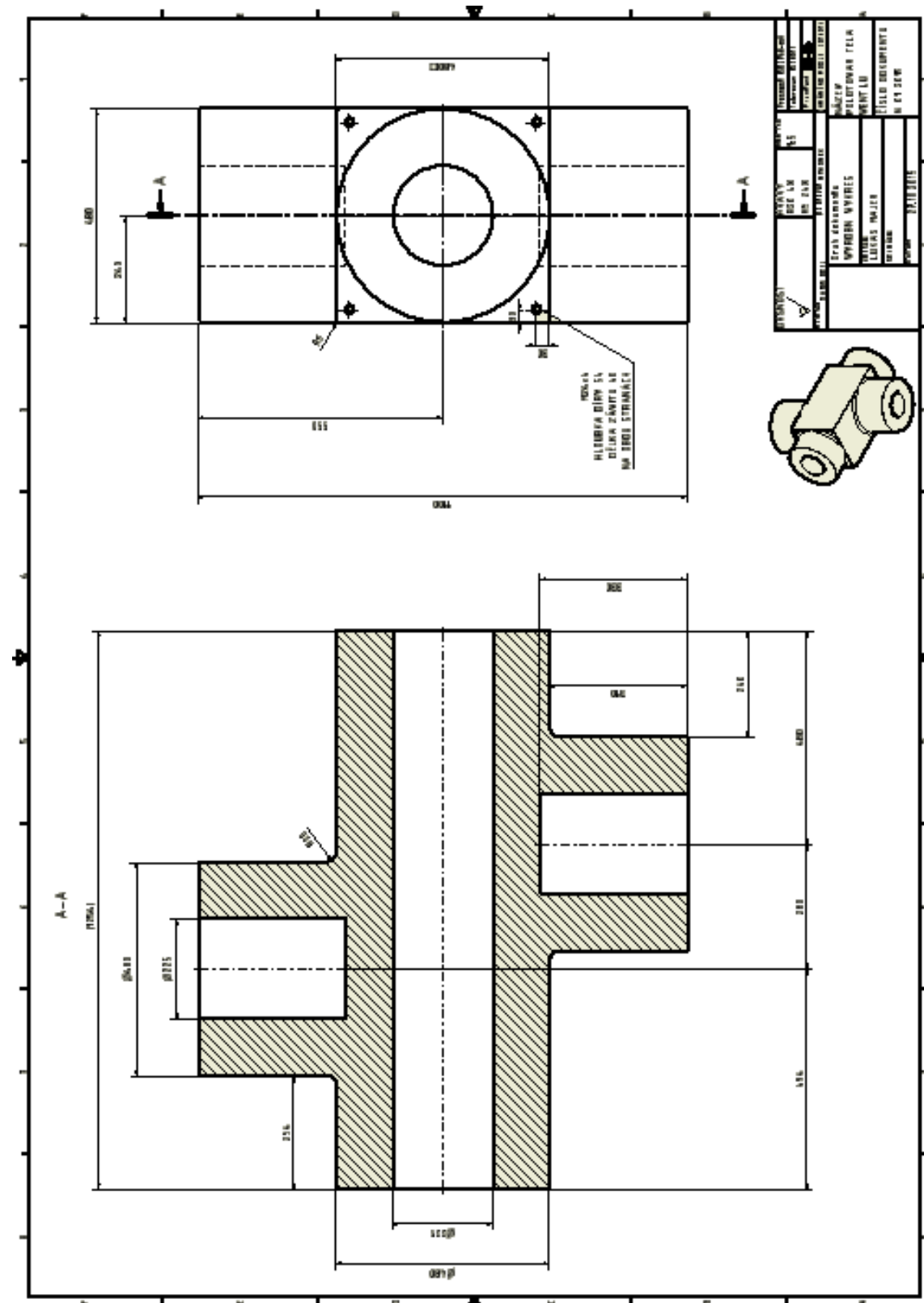
Symbol	Jednotka	Popis
CNC	[-]	ComputerNumericalControl – počítačem číslicově řízený
PN	[MPa]	Jmenovitý tlak
VBD	[-]	Vyměnitelná břitová destička

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Výrobní výkres polotovaru

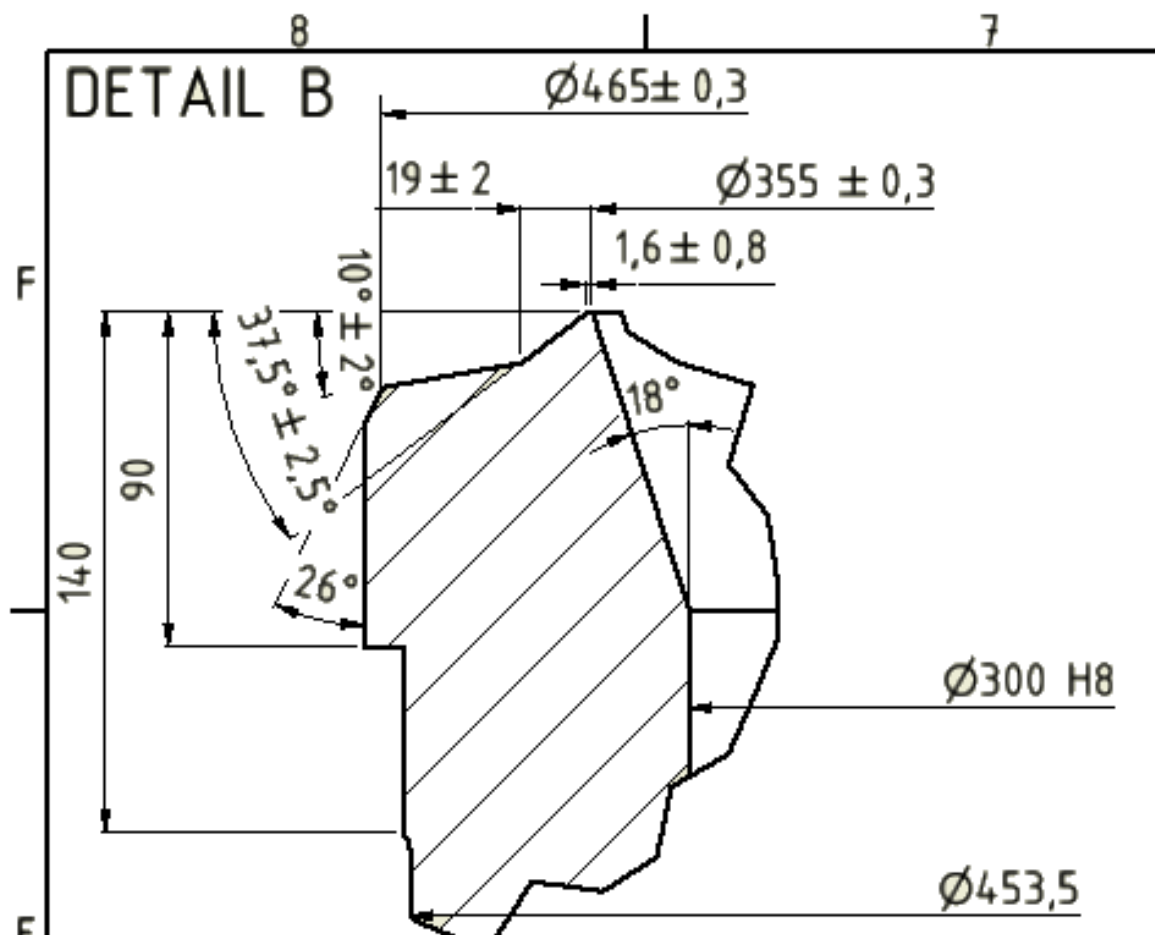
Příloha 2 Výrobní výkres součásti

Výrobní výkres polotovaru



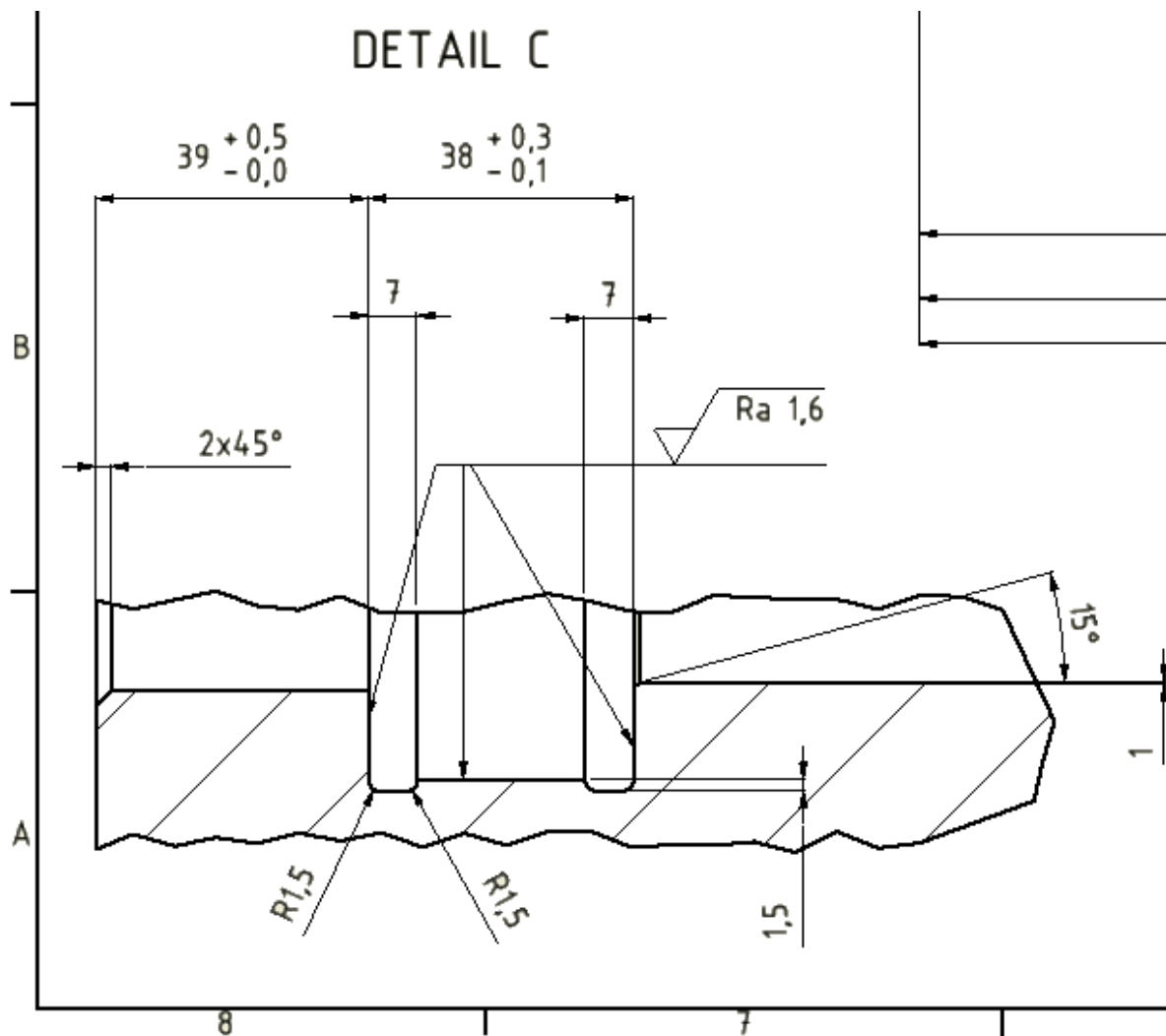
PŘÍLOHA 2(1/5)

Výrobní výkres součásti (detail B)



PŘÍLOHA 2(2/5)

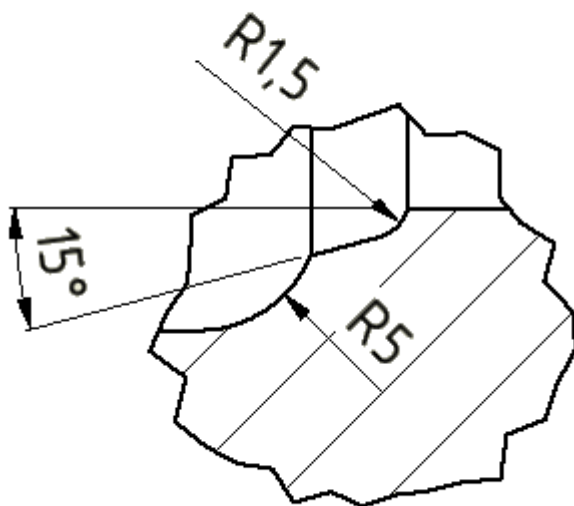
Výrobní výkres součásti (detail C)



PŘÍLOHA 2 (3/5)

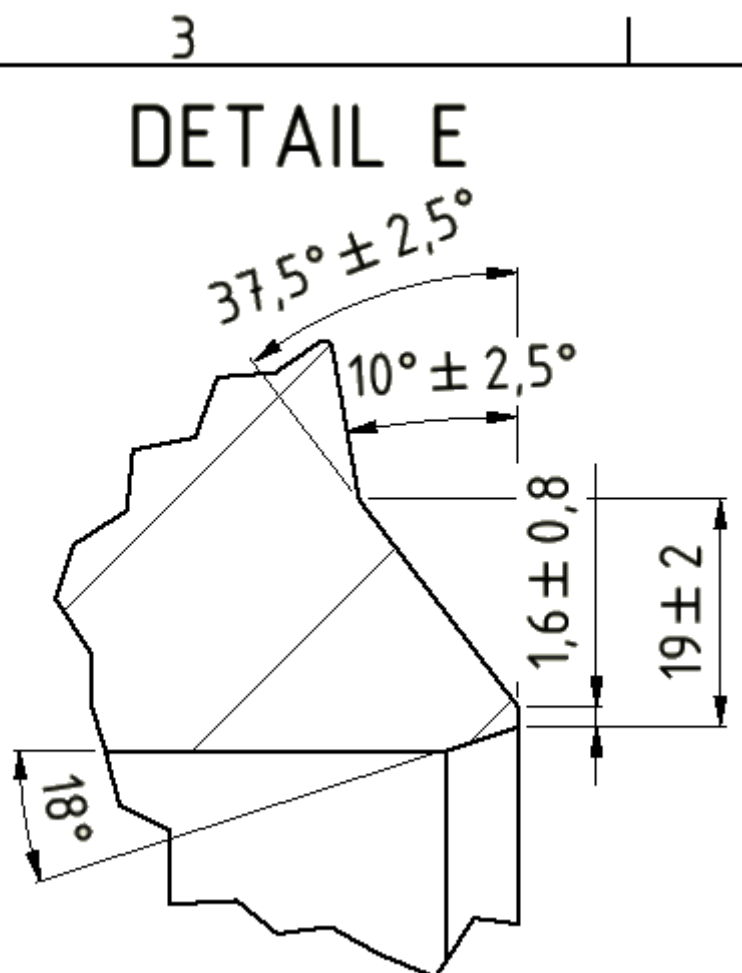
Výrobní výkres součásti (Detail D)

Detail D



PŘÍLOHA 2 (4/5)

Výrobní výkres součásti (Detail E)



Výrobní výkres součásti