VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ŘEŠENÍ TECHNOLOGIE SOUČÁSTI "TĚLESO VENTILU"

TECHNOLOGY SOLUTION FOR VALVE BODY COMPONENTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR´S THESIS

AUTOR PRÁCE MONIKA VÁVROVÁ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE ING. MILAN KALIVODA
SUPERVISOR

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Monika Vávrová

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

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

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

Řešení technologie součásti "těleso ventilu"

v anglickém jazyce:

Technology Solution for Valve Body Components

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Úvod.
2. Rozbor zadané součásti.
3. Návrh technologie ve firemních podmínkách.
4. Soubor nástrojů pro výrobu.
5. Možné varianty úprav technologie.
6. Technicko-ekonomické vyhodnocení.
7. Diskuze.
8. Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Technologická studie výroby pro podmínky středně velké strojírenské firmy.

Seznam odborné literatury:

1. PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.
2. PERNIKÁŘ, Jiří a Miroslav TYKAL. Strojírenská metrologie II. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 180 s. ISBN 80-214-3338-8.
3. BUMBÁLEK, Leoš. Kontrola a měření pro SPŠ strojní. 1. vyd. Praha: Informatorium, 2009. 206 s. ISBN 978-80-7333-072-9.
4. FREIBAUER, Martin, Hana VLÁČILOVÁ a Milena VILÍMKOVÁ. Základy práce v CAD systému SolidWorks. 2. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2010. 326 s. ISBN 978-80-251-2504-5.
5. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

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

V Brně, dne 21.11.2014

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc. Ředitel ústavu	prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c. Děkan fakulty

ABSTRAKT

Řešením bakalářské práce je zpracování návrhu na výrobu dílu "těleso ventilu" ve dvou variantách v podmínkách středně velké firmy. Práce je zaměřena na rozbor zadané součásti, na volbu stroje z možnosti firmy, na výrobním postupu daným souborem nástrojů a návrhu nové technologie. Závěrem je technicko-ekonomické vyhodnocení technologie v obou variantách výroby.

Klíčová slova

součást, polotovar, návrh technologie, stroj, nástroje

ABSTRACT

The solution bachelor work is the elaboration of a production piece "valve body" in two variants in terms of medium-sized companies. Work is focused on the analysis of the given part, on the choice of machine options the company on the production process a given set of tools and the design of new technologies. Finally, the technical and economic evaluation of the technology in the production of both variants.

component, stockcomponent, proposalof technology, machine,tools

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VÁVROVÁ, Monika. *Řešení technologie součásti "těleso ventilu"*. Brno 2015. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 42 s. 6 příloh. Vedoucí práce doc. Ing. Milan Kalivoda

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Řešení technologie součásti "těleso ventilu"** vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

29. 5. 2015

Datum

Monika Vávrová

PODĚKOVÁNÍ

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

Dále firmě IMI Norgren, s. r. o. za praktické rady k výrobě dílu.

OBSAH

ABSTRAKT 4
PROHLÁŠENÍ 7
PODĚKOVÁNÍ 8
OBSAH 9
ÚVOD 11
1 ZÁZEMÍ FIRMY 12
1.1 Strojový park firmy 12
2 ROZBOR ZADANÉ SOUČÁSTI 13
2.1 Součást 13
2.1.1 Konstrukční rozbor 13
2.1.2 Materiál 14
2.2 Polotovar 16
3 NÁVRH TECHNOLOGIE VE FIREMNÍCH PODMÍNKÁCH 17
3.1 Volba stroje 19
3.1.1 CNC obráběcí centrum Okuma MB – 46 VAE 19
3.2 Postup na jednotlivých strojích 20
3.3 Popis práce v operacích 21
4 SOUBOR NÁSTROJŮ PRO VÝROBU 22
4.1 Frézování 23
4.2 Vrtání 25
4.3 Vystružování 27
4.4 Závitování 28
4.5 Válečkování 28
4.6 Srážení hran 28
4.7 Měřidla 28
5 MOŽNÉ VARIANTY ÚPRAV TECHNOLOGIE 30
5.1 Řezné podmínky a výpočty 28
5.2 Varianta 1 31
5.3 Varianta 2 33
6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ 37
6.1 Čas obrábění 37
6.2 Cena polotovaru 37
7 DISKUZE 38

ZÁVĚR 39
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 40
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 41
SEZNAM PŘÍLOH 42

ÚVOD

V bakalářské práci je seznámení s různými postupy ve výrobě, metodami zpracování materiálu a použitím technologických strojů ve výrobě a jejich součástek.

Kritériem daného tématu je navržení a řešení technologie součásti "těleso ventilu" v podmínkách středně velké firmy. Tato součást je jedna z nejčastějších vyráběných dílů ve firmě, za rok 2014 se vyrobilo okolo 1600 ks.

První část bakalářské práci se zaměřuje na konstrukční rozbor součásti až po volbu materiálu a polotovaru. V další kapitole se nachází kompletní soubor všech strojů, nástrojů, které jsou ve společnosti IMI Norgren, s. r. o. dostupné. Vše je zahrnuto v technologickém postupu společně se všemi potřebnými údaji pro výrobu součásti. V technicko-ekonomickém vyhodnocení jsou navrženy dvě varianty s optimalizací výrobních časů a stanovena předběžná cena nákladů. V poslední části je uvedena diskuze na téma zlepšení efektivnosti výroby dílu a porovnání výhod a nevýhod v obou dvou variantách.

IMI Norgren, s. r. o. je významný světový dodavatel v oblasti řešení a řízení pneumatického pohybu a médií. Má 22 výrobních lokalit na světě. Jedna z nich se nachází v Modřicích u Brna (Obr. 1). Firma byla založena od počátku 20. století Carlem Norgrenem v Denveru, Colorado. Norgren využívá všech poznatků a znalostí do nejrůznějších odvětví např. komerční vozidla, energetika, průmyslová automatizace, medicínská technika, železnice a potraviny a nápoje [1].

Obr. 1 IMI Norgren s. r. o.

1 ZÁZEMÍ FIRMY

Jedná se o středně velkou rozvíjející se firmu, jejíž podstatou je sériová a kusová výroba nejrůznějších součástek. Firma se dělí na dvě oblasti: výrobní a obráběcí zónu. Do oblasti obráběcí zóny patří pouze CNC stroje a povrchové úpravy. Velkou část firmy zaujímá výrobní zóna, což je výrobní hala veškeré výroby, např. výroba cívek a různá kompletace součástek z exportního dovozu.

1.1 Strojový park firmy

Firma dominuje bohatým strojním vybavením. Ve firmě se nacházejí spoustu moderních CNC soustruhů a frézek, ale i konvenční stroje pro soustružení i frézování. Jsou zde také pásové pily určeny pro dělení materiálu s možnosti nastavením úhlu řezání.

Výrobní hala je tvořena montážními linkami a různými stroji, jež jsou podstatou celé výroby firmy na jejich výrobky. Pro navíjení cívek se používají stroje např. Kinomat, Marsilli Mars 8-100 a pro svařování Gemax. Pro automobilovou výrobu se na výrobních linkách nacházejí stroje pro lisování tub, pro automatickou kompletaci a pro automatický test.

V oblasti obrábění se nacházejí:

- 1 automatický soustruh (Deco 20A),
- 3 poloautomatické soustruhy (Traub TNS 60, 2x Traub TND 200),
- 2 pásové pily (Adige CM 601, Kaltenbach RKL 551 AX),
- 2 myčky (Dürr Univerzal 81 W, Matac Elba),
- 4 konzolové frézky (Okuma MB – 46 VAE, MoriSeiki a Chirón FZ 12 W).

Následné rozebrání stroje Okuma MB – 46 VAE bude zaměřeno v kapitole 3.1 zabývající se volbou stroje pro výrobu součásti "těleso ventilu".

2 ROZBOR ZADANÉ SOUČÁSTI

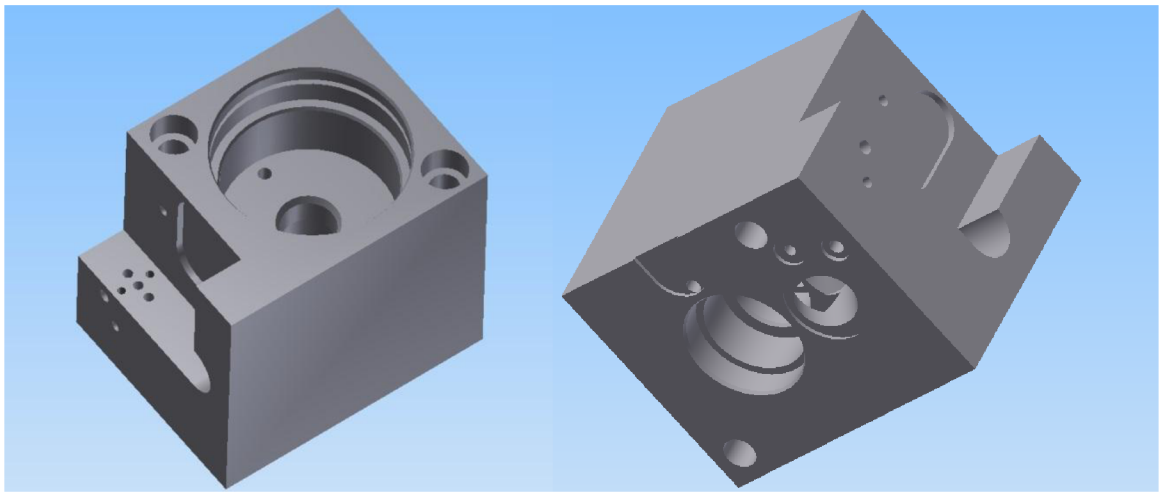
Pro vyráběnou součást z hlediska tvaru, požadované přesnosti a materiálu je zvolen vhodný technologický postup a také zvoleny vhodné nástroje, tak aby bylo dosaženo co nejefektivnějšího využití výroby.

2.1 Součást

Těleso ventil na Obr. 2.1 je vyráběná součást, která slouží jako pouzdro pro chladicí ventil. Výrobní výkres součásti je uveden v příloze 1, vytvořen v 3D programu Autodesk Inventor 11. Složitější tvary na výrobku se budou provádět dokončovací metodou. Zvoleným výrobním procesem bude převážně frézování a vrtání.

Některé plochy na výrobku jsou k sobě vázaný tolerancí polohy a tvaru. Průměrná aritmetická úchylka profilu těchto ploch je Ra 0,2 µm. Další hodnoty jsou Ra 1,6 µm a netolerovaných ploch Ra 3,2 µm. Všechny požadavky budou dodrženy u dokončovacího procesu obrábění na CNC stroji Okuma. Tolerance ostatních rozměrů je předepsána normou ISO 2768-mK.

Z hlediska dodržení tolerancí rozměrů a jakosti povrchu na výrobním výkrese bude dosáhnuto třískovým obráběním. Vnitřní průměr 59 mm s tolerancí H12 bude prováděn nejprve vrtáním díry Ø50 mm, dále stopkovou frézou na Ø56,05 a nakonec drážkovací frézou na Ø59H12. Pro tolerované rozměry Ø32,05±0,03 mm a Ø20,03±0,02 mm se docílí nejprve hrubováním a poté dokončením. Stejným způsobem se dostane tolerance délkových rozměrů 34±0,1 mm 9,6±0,1 mm.



Obr. 2.1 3D model pouzdra pro chladicí ventil.

2.1.1 Konstrukční rozbor

Vyráběná součást (Obr. 2.2) má kvádrový tvar o rozměrech 70x78x88 mm. Součást se skládá z průchozích otvorů v ose, vnitřních a vnějších osazení, vnitřního zápichu a vnitřních závitů.

Na součásti se nacházejí tvary typu válcových, rovinných ploch, drážek, děr a srážení. Pro tyto tvary jsou na výrobním výkrese zvoleny vhodné rozměry a tolerance k dosažení snadné výroby. Obě dvě drážky s rádiusem 8 mm budou vyráběny pomocí stopkové frézy a zápich bude zhotoven frézou drážkovací.

2.1.2 Materiál

Materiál uvedený ve výkresové dokumentaci je označen EN AW-6082. Jedná se o hliník AlSi1MgMn – ČSN 424400 [2]. Chemické složení materiálu je uvedeno v Tab. 2.1. Dále v Tab. 2.2 jsou uvedeny mechanické vlastnosti materiálu. V Příloze 2 je celkový přehled všech vlastností materiálu.

Značení hliníku a jejich slitin je podle DIN 3.2315 jedná se tedy o materiál dural. Obvykle 90 – 96 % hliníku a 4 – 6 % mědi s menšími přísadami hořčíku, manganu aj. Oproti čistému hliníku je měrná hmotnost nepatrně těžší, ale až pětkrát pevnější v tahu a tvrdší.

Pevnost i tvrdost se zvyšuje tepelným opracováním a zušlechťováním, podobně jako u ocelí. Dural se velmi snadno obrábí, spojuje se svařováním v ochranné atmosféře, pájením s pomocí speciálních tavidel, nýtováním nebo lepením. Dural je chemicky odolný a dá se velmi dobře povrchově upravovat a barvit (eloxování) [3].

Označení daného materiálu začíná písmeny EN (evropská norma) a AW (A=hliník / W=tvářené slitiny) a následující čísla, které určují chemické složení slitiny. Např. EN AW 1050 znamená chemicky AL 99,5%, tedy téměř čistý hliník.

Rozděluje se do těchto základních skupin slitin hliníku:

- skupina 1000 – v podstatě čistý hliník s minimálním obsahem 99% hliníku,
- skupina 2000 – slitina hliníku s mědí,
- skupina 3000 – slitina hliníku s manganem,
- skupina 4000 – slitina hliníku se silikonem,
- skupina 5000 – slitina hliníku s hořčíkem,
- skupina 6000 – slitina hliníku s hořčíkem a silikonem,
- skupina 7000 – slitina hliníku se zinkem,
- skupina 8000 – slitina hliníku s různými prvky, převážně s lithiem.

Tab. 2.1 Chemické složení [% hm] [4].

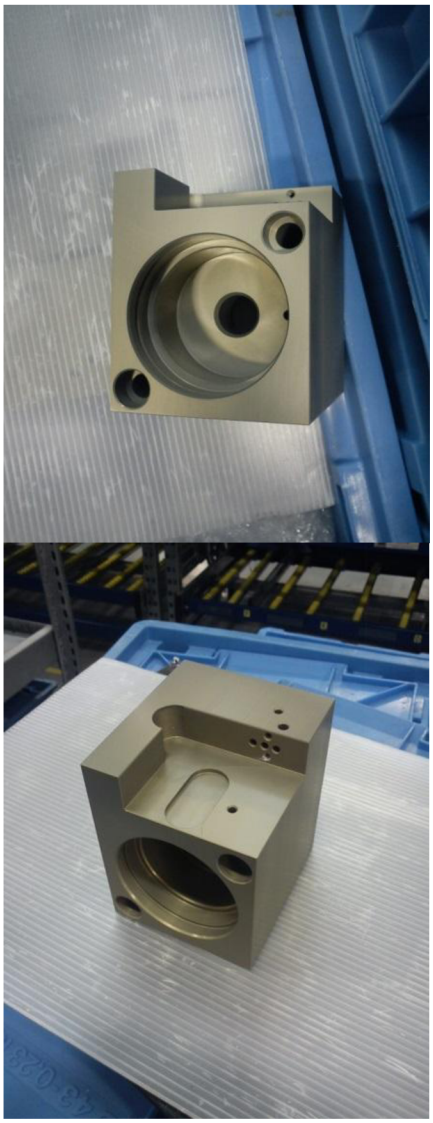
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	ostatní	Al
min	0,7			0,40	0,70					zbyt
max	1,40	0,50	0,10	1,00	1,20		0,20	0,05		

Tab. 2.2 Mechanické vlastnosti materiálu [5].

$R_{p0,2}$ [MPa]	R_m [MPa]	A_{50} [%]	Tvrdost HBW	Hustota [g/cm^3]	Stav
240 – 260	275 – 310	6 – 10	84 – 94	2,8	T6

Vlastnosti hliníku a jeho slitin pro označení EN AW 6082:

- používaný hliníkový plech, profil, kulatina používaný všeobecně pro obrábění. Konstrukce s vyšší pevností zejména v železničních vozech, rámech kamionů, stavba lodí, námořní průmysl, mosty, vojenské mosty, kola, kotle,
- stroje: plošiny, příruby, hydraulické systémy, důlní stroje, stožáry a věže, motorové čluny,
- jaderná technika. Stožáry a nosníky na stavbu lodí (zejména pro sladkovodní). Trubky na lešení, rámy pro stany a haly, dále potrubí, závity, nýty, plechy a dráty,
- velmi dobrá odolnost proti korozi. Velmi dobrá svařitelnost (nižší hodnoty pnutí v oblasti sváru). Dobrá tvářitelnost zejména ve stavu T4. Středně vysoká mez únavy,
- dostupnost ve formátu 1520 x 3020 mm s tloušťkou 3 až 100 mm [6].



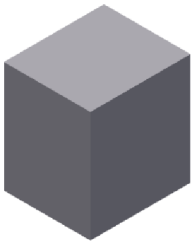
Obr. 2.2 Vyráběný díl "těleso ventilu" po povrchové úpravě.

2.2 Polotovar

Pro výrobu tělesa ventilu je jako polotovar zvolena tyč od firmy Hauselmann Metall GmbH s rozměry 81 x 70 x 3000 mm, (Obr. 2.3) která bude na pásové pile dělena na délku 90 mm. Na Obr. 2.4 je znázorněn kus o rozměrech 81 x 70 x 90 mm po uříznutí na pásové pile. Takto připravený polotovar se vkládá do CNC stroje.

Konečná hmotnost vyrobené součásti je 1,1 kg.

Obr. 2.3 Tyče od firmy Hauselmann Metall GmbH.



Obr. 2.4 Přichystaný polotovar pro výrobu.

3 NÁVRH TECHNOLOGIE VE FIREMNÍCH PODMÍNKÁCH

Pro výrobu součásti tělesa ventilu byla zvolena metoda obrábění na CNC stroji, který má charakter frézky. Nejprve bude sestaven technologický postup výroby po jednotlivých operacích, který je důležitý pro efektivní výrobu. Nezbytnou součásti technologického postupu je zvolení vhodných strojů, které společně s vhodně zvolenými nástroji dokáží výrobu zrychlit a zpřesnit. Dále budou stanoveny vhodné řezné podmínky v závislosti na obráběném materiálu součásti. Vše bude dodrženo podle požadovaných přesností prvků na součásti a na konečné kvalitě povrchu. Bude tedy využito několik technologií:

- frézování,
- vrtání,
- vystružování,
- závitování,
- válečkování.

Vzhledem k obráběnému materiálu budou všechny operace probíhat s chlazením procesní emulzí. Následně budou navrženy dvě varianty s nahrazením a přidáním několika nástrojů.

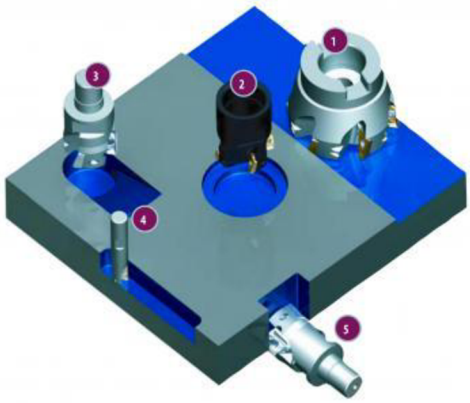
Frézování

Frézování se používá pro obrábění rovinných a tvarových ploch na nerotačních součástech, tehdy kdy obráběcí proces vzniká vícebřitým nástrojem – frézou (Obr. 3.1) [7].

Je to metoda, při které se materiál obrobku odebírá břity otáčejícího se nástroje. Posuv nejčastěji koná součást, převážně ve směru kolmém k ose nástroje. U moderních frézovacích strojů jsou posuvné pohyby plynule měnitelné a mohou se uskutečňovat ve všech směrech (obráběcí centra, víceosé CNC frézky). Řezný proces je přerušovaný, každý zub frézy odřezává krátké třísky proměnné tloušťky. Podle použité frézy se rozlišuje ***frézování válcové*** (frézování obvodem válcové frézy) a ***frézování čelní*** (frézování čelem čelní frézy).

U ***válcového frézování*** jsou zuby frézy vytvořeny pouze na obvodu nástroje a hloubka obráběné vrstvy se nastavuje kolmo na osu frézy a směr posuvového pohybu.

U ***čelního frézování*** jsou břity vytvořeny na obvodu i na čele nástroje a hloubka odebírané vrstvy se nastavuje ve směru osy nástroje. V závislosti na poloze osy frézy vzhledem k frézované ploše se rozlišuje frézování symetrické a nesymetrické [8].



Obr. 3.1 1 - čelní frézování, 2 - cirkulární zapichování, 3 - šikmé zapichování, 4 - obvodové frézování, 5- frézování drážek.

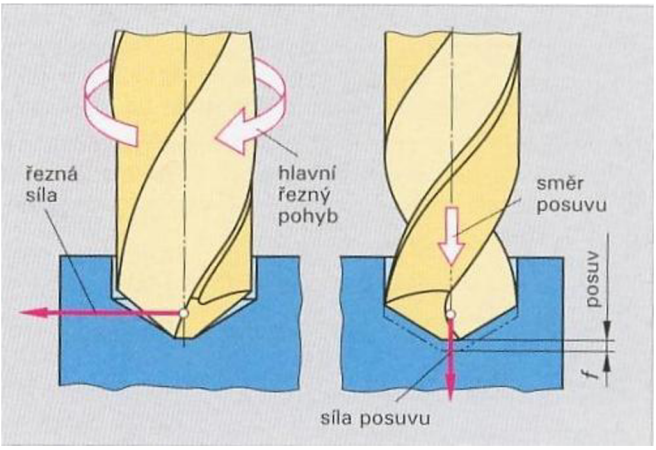
Vrtání

Vrtání je výrobní metoda, kterou se zhotovují nebo zvětšují již předvrtané díry. Hlavní pohyb je rotační a vykonává ho obvykle nástroj, méně často obrobek.

Osa vrtáku je většinou kolmá k ploše, ve které vstupuje vrták do obráběného materiálu. Posuv vrtáku přitom probíhá ve směru jeho osy [8].

Nejčastějším typem vrtáků je šroubovitý vrták. Další typy vrtáků jsou vrtáky kopinaté (ploché), středící a na hluboké díry (dělové vrtací hlavy) [7].

Šroubovité vrtáky jsou zpravidla dvoubřité nástroje. Menší průměry mají válcovou stopku a větší průměry kuželovou stopku. Na Obr. 3.2 je znázorněna síla a pohyb při vrtání.



Obr. 3.2 Síly a pohyby při vrtání.

Vystružování

Při vyšších požadavcích na parametry přesnosti díry se tyto dokončují výhrubníky a výstružníky. Díry do průměru 10 mm se pouze vystružují. Větší díry se vyhrubují a pak vystružují. Přídavky pro vyhrubování a vystružování závisí především na požadované přesnosti a drsnosti povrchu obrobené díry, ale i na druhu obráběného a nástrojového materiálu, konstrukci nástroje a dalších činitelích [8].

Závitování

Výroba závitů se obvykle řadí mezi poslední technologické operace.

Válečkování

Princip technologie válečkování spočívá v přítlaku tvářecích tělísek k obrobku, přičemž dochází k nárůstu tlaku, který překračuje mez kluzu materiálu. Na povrchu obrobku se tímto způsobem srovnávají výstupky a prohlubně – povrch se zhutní a stane se rovnoměrným. Tato metoda obrábění odstraňuje vady a nerovnosti povrchu s přesností na tisíciny milimetrů. Výhodou se zpevnění povrchu, hodnota Ra je 0,1 μm i méně a zvýšení korozní odolnosti. Tato dokončovací metoda přispívá ke snížení výrobních nákladů, jako je snížení strojního času, nízkých nákladů při nákupu a zvýšení produktivity práce [9].

Zvýšením produktivity práce a efektivnosti je třeba vhodných strojů, nástrojů, technologického postupu a vhodných řezných podmínek. Použitím nových nástrojů se dosáhne efektivnosti.

3.1 Volba stroje

Pro výrobu součásti tělesa ventilu, byl za aktuálních podmínek ve firmě zvolen CNC stroj Okuma ACE CENTER MB – 46VAE, který je jedním z typů vertikálních obráběcích strojů.

Základem pro všechny vertikální obráběcí centra Okuma ACE CENTER MB-V Series, jsou vlastnosti pro dosažení vysoké účelnosti, prospěšnosti a vysoké rychlosti, čímž se řadí mezi nejrychlejší stroje v průmyslu. Jeho tepelná stabilita zajišťuje vysokou přesnost obrábění.

Vertikální obráběcí centrum je vybaveno vysokou výrobní rychlostí, jež v porovnání s předchozí generací strojů byly sníženy vedlejší časy o 35 %, vysokým výkonem a obousměrným chlazením vřetena. Kromě toho, MB-V Series je šetrný k životnímu prostředí a je odstraněna hydraulická jednotka – tišší elektrické zakládání nástrojů do zásobníku.

3.1.1 CNC obráběcí centrum Okuma MB – 46 VAE

ACE Center = **A**ccuracy/Speed/Power **C**ommunication **E**cology

Výrobcem je firma Okuma. Stroje Okuma jsou charakterizována jako tříosá obráběcí centra, která vyhovuje požadavkům na produktivitu, kvalitu opracování a snadnou obsluhu (Obr. 3.3) [10].

Přehled technických parametrů stroje je uveden v Tab. 3.1.

Obr. 3.3 Stroj Okuma MB – 46VAE.

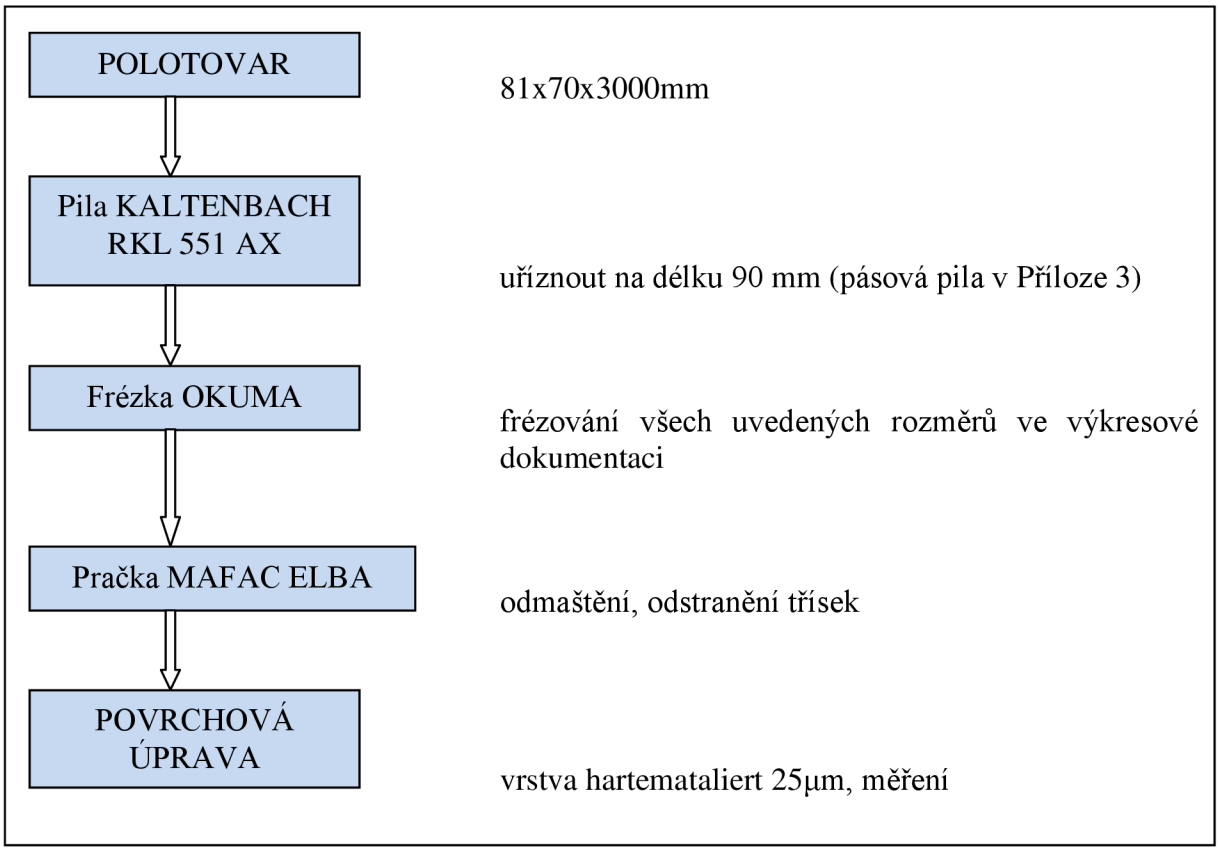
Tab. 3.1 Technická data [11].

Pracovní stůl		
Velikost upínací plochy	mm	1000 x 460
Max. zatížení stolu	kg	700
Rozsah pojezdů os		
Osa X	mm	762
Osa Y	mm	460
Osa Z	mm	460

Posuvy		
Rychloposuv	$m \cdot min^{-1}$	X/Y: 40; Z: 32
Max. pracovní posuv	$m \cdot min^{-1}$	32
Pracovní vřeteno		
Rozsah otáček	min^{-1}	50 – 15000
Upínací kužel		BT - 40
Výkon motoru	kW	22/18,5
Vzdálenost vřeteno-stůl	mm	150 – 610
Nástrojový zásobník		
Počet nástrojových míst		32
Max. průměr nástroje	mm	90
-při volných vedlejších místech	mm	125
Max. délka nástroje (od konce vřetena)	mm	300
Max. hmotnost nástroje	kg	8
Strojní data		
Rozměry stroje (vxšxh)	mm	2746x2160x2805
Hmotnost	kg	6300

3.2 Výrobní postup na jednotlivých strojích

Výrobní postup je na Obr. 3.4. Podle výrobní zakázky se součást vyrábí postupně na jednotlivých strojích vždy po dosažení vyráběném počtu kusů.



Obr. 3.4 Výrobní postup na strojích.

3.3 Popis práce v operacích

Popis práce v operacích na stroji Okuma (Tab. 3.2) je sestaven podle výrobního výkresu (Příloha 1), ze kterého bude následně sestaven výrobní postup (kap. 5).

Tab. 3.2 Popis práce v operacích [1].

Č. op.	Nástroj	Rozměr nástroje	Popis práce
1	T1 - fréza	Ø100	Frézování-hrubování spodní plochy
2	T26 - srážeč hran	Ø8	Sražení hrany po předfrézování
3			Otočení kusů na předfrézovanou plochu
4	T9 - vrták	Ø27,7	Předvrtání Ø50 do hloubky 34 a Ø28 do hloubky 21
5	T1 - fréza	Ø100	Frézování rozměru 78 a 88 na hotovo; vyhrubování 53,5 x 46,7 do hloubky 15,5
6	T10 - navrtávák	Ø16	Navrtání pro otvory 3x Ø3; 2x Ø3,2; 2x Ø4; Ø7,7; Ø8,5 a 2x Ø9
7	T11 - vrták	Ø4	Vyvrtání otvorů 3x Ø4
8	T12 - vrták	Ø15,5	Předvrtání pro Ø16,1
9	T2 - fréza	Ø20	Hrubování a dokončování Ø56,05 a hrubování Ø50,1 na Ø50
10	T3 - fréza	Ø21,7	Frézování zápichu Ø59H12
11	T4 - fréza	Ø16	Hrubování a dokončování Ø32,05 a Ø28; hrubování Ø20,03 na Ø19,9; dokončení rozměrů 53,5 a 46,7 R8, drážka 2x Ø16
12	T5 - fréza	Ø19x30°	Sražení hran 30° u Ø56,05; Ø50,1; Ø16,1; Ø32,05 a Ø20,03
13	T20 - nůž	Ø16,1	Vystružení otvorů Ø16,09
14	T21 - nůž	Ø50,1	Vystružení otvorů Ø50,09
15	T22 - nůž	Ø20,03	Vystružení otvorů Ø20,03
16	T13 - vrták	Ø16	Vyvrtání otvorů Ø16
17	T6 - fréza	Ø25	Propojení otvorů Ø28 a Ø16
18	T7 - fréza	Ø12x70°	Frézování Ø23,6
19	T14 - vrták	Ø 9	Vyvrtání otvorů 2x Ø9
20	T15 - vrták	Ø13,5	Vyvrtání zahloubení 2x Ø13,5
21	T19 - navrtávák	Ø4	Navrtání pro 3x Ø3 a 2x Ø2,5 (M3)
22	T16 - vrták	Ø3	Vyvrtání otvorů 6x Ø3
23	T17 - vrták	Ø3,2	Vyvrtání otvorů 2x Ø3,2
24	T8 - fréza	Ø7	Frézování Ø7,7 a Ø8,5
25	T18 - vrták	Ø2,5	Vyvrtání otvorů 2x Ø2,5 (M3)
26	T23 - závitník	M3	Řezání závitů 2x M3
27	T24 - válcovací hlava	Ø16,1	Válcování Ø16,1
28	T25 - válcovací hlava	Ø50,1	Válcování Ø50,1
29	T26 - srážeč hran	Ø8	Sražení hran

4 SOUBOR NÁSTROJŮ PRO VÝROBU

Pro firmu IMI Norgren s. r. o. jsou nástroje vybírány převážně od firem Sandvik Coromant, Seco Tools, Iscar Ltd, Kaiser Precision Tooling Ltd a atd.

Zvolení nástrojů je určeno podle technologického postupu a materiálu polotovaru pro dosažení potřebných přesností a kvality povrchu. Všechny potřebné údaje o nástrojích jsou uvedeny na webových stránkách dodavatelů včetně jejich katalogů, jež jsou vybrány na základě obráběného materiálu. Vybrané nástroje ke zhotovení součásti jsou uvedeny v Tab. 4.1 dle nástrojového listu (Příloha 4).

Tab. 4.1 Nástroje.

Operace	Značení	Popis	Firma
Frézování	T1	Fréza s VBD	SANDVIK Coromant
	T2	Fréza stopková VHM	ARNO WERKZEUGE
	T3	Fréza drážkovací	HORN
	T4	Fréza stopková VHM	ARNO WERKZEUGE
	T5	Fréza úhlová	ISCAR
	T6	Fréza tvarová	rotana
	T7	Fréza rybinová	rotana
	T8	Fréza stopková	ARNO WERKZEUGE
Vrtání	T9	Vrták VHM	ARNO WERKZEUGE
	T10	Navrtávák	SECO
	T11	Vrták prodloužený	Hoffmann Group
	T12	Vrták spirálový typ W	Hoffmann Group,
	T13	Vrták	Hoffmann Group
	T14	Vrták spirálový typ W	WALTER
	T15	Vrták plochý 180°	rotana
	T16	Vrták prodloužený	WALTER

	T17	Vrták spirálový typ W	WALTER
	T18	Vrták prodloužený	WALTER
	T19	Navrtávák HSS prodloužený	Garant
Vystružování	T20	Vnitřní vystružovací nůž	KAISER
	T21	Vnitřní vystružovací nůž	KAISER
	T22	Vnitřní vystružovací nůž	KAISER
Závitování	T23	Závitník spirálový prodloužený	EMUGE FRANKEN
	T24	Rolovací hlava	BAUBLIES
	T25	Rolovací hlava	BAUBLIES
Srážení hran	T26	Srážeč hran čtyřbřitý 60°	Hoffmann Group
Pozn. U popisu v jednotlivých operacích v Tab. 3.2 je značení nástrojů podle tab. 4.1.			

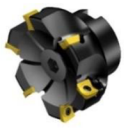
4.1 Frézování

Na proces frézování je použito 8 různých fréz (Tab. 4.2 až Tab. 4.9), které plní svou danou funkci při výrobě součásti. U jednotlivých nástrojů jsou uvedeny dané parametry pro jejich označení:

- n … otáčky vřetena,
- v_c … řezná rychlost,
- v_f … posuvová rychlost,
- z … počet zubů (břitů) nástroje.

Otáčky a posuvová rychlost jsou předem zvoleny dle doporučených hodnot od výrobců nástrojů pro výrobu tělesa ventilu.

Tab. 4.2 Fréza s VBD.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T1		Čelní fréza Ø100	R590-100Q32A-11M	Hliník
		Výměnná břitová destička	R590-110504H-NL H10	SK

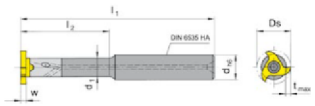
n [min^{-1}]	v_c [m · min^{-1}]	v_f [mm · min^{-1}]	z [-]
7500	2355	1500	6

Tab. 4.3 Fréza stopková VHM.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T2		Stopková fréza Ø20 VHM 3 břity	AFA 51531-200	SK, TiCN povlak

n [min^{-1}]	v_c [m · min^{-1}]	v_f [mm · min^{-1}]	z [-]
6500	408	1500	3

Tab. 4.4 Fréza drážkovací.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T3		Drážkovací fréza Ø21,7 Ø59H12, břit = 2,26/1,47	M313.0012.01A	HSS

n [min^{-1}]	v_c [m · min^{-1}]	v_f [mm · min^{-1}]	z [-]
6000	408	2500	3

Tab. 4.5 Fréza stopková VHM.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T4		Stopková fréza Ø16 VHM 2 břity	AFA 51531-160	SK, TiCN povlak

n [min^{-1}]	v_c [m · min^{-1}]	v_f [mm · min^{-1}]	z [-]
7000	301	500	2

Tab. 4.6 Fréza úhlová.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T5		Úhlová fréza Ø19x30° 2 břity	speciální	HSS

n [min^{-1}]	v_c [m · min^{-1}]	v_f [mm · min^{-1}]	z [-]
8000	326	800	2

Tab. 4.7 Fréza tvarová.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T6		Tvarová fréza Ø25 Průměr stopky Ø12	speciální	HSS

n [min^{-1}]	v_c [m · min^{-1}]	v_f [mm · min^{-1}]	z [-]
1000	78	200	8

Tab. 4.8 Fréza rybinová.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T7		Rybinová fréza Ø12x70°	speciální	HSS

n [min^{-1}]	v_c [m · min^{-1}]	v_f [mm · min^{-1}]	z [-]
5000	188	400	3

Tab. 4.9 Fréza stopková.

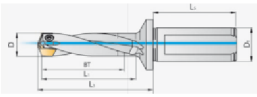
Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T8		N20T20 Stopková fréza Ø7 2 břity	AFA 51522-070	HSS, TiCN povlak

n [min^{-1}]	v_c [m · min^{-1}]	v_f [mm · min^{-1}]	z [-]
5000	109	200	2

4.2 Vrtání

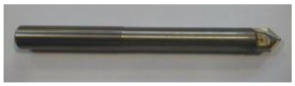
Procesu vrtání je tvořeno 11 nástroji, které jsou uvedeny v Tab. 4.10 až Tab. 4.20.

Tab. 4.10 Vrták VHM.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T9		Vrták VHM Ø27,7 1břit	SD3-2750R32	HSS
		Výměnná břitová destička	SDI2778 AK1025	

n [min^{-1}]	v_c [m · min^{-1}]	v_f [mm · min^{-1}]
3500	304	2100

Tab. 4.11 Navrtávák.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T10		Navrtávák Ø16	MM16-16 150.0-0080DS	HSS
		Výměnná břitová destička	MM16-16008-C90-M06	

n [min^{-1}]	v_c [m · min^{-1}]	v_f [mm · min^{-1}]
4000	200	500

Tab. 4.12 Vrták prodloužený.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T11		Vrták Ø4 prodloužený	speciální	HSS

n [min^{-1}]	v_c [m · min^{-1}]	v_f [mm · min^{-1}]
5500	69	500

Tab. 4.13 Vrták spirálový typ W.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T12		Vrták Ø15,5 typ W	114360-15,5	HSS

n [min^{-1}]	v_c [$m \cdot min^{-1}$]	v_f [$mm \cdot min^{-1}$]
2000	97	300

Tab. 4.14 Vrták typ N.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T13		Vrták Ø16 typ N	114360-16	HSS, TiN povlak

n [min^{-1}]	v_c [$m \cdot min^{-1}$]	v_f [$mm \cdot min^{-1}$]
2000	100	200

Tab. 4.15 Vrták spirálový typ W.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T14		Vrták Ø9 typ W 3 břity	A1249TFL-9	HSS

n [min^{-1}]	v_c [$m \cdot min^{-1}$]	v_f [$mm \cdot min^{-1}$]
3200	90	700

Tab. 4.16 Vrták plochý 180°.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T15		Plochý vrták 180° Ø13,5	113020	HSS

n [min^{-1}]	v_c [$m \cdot min^{-1}$]	v_f [$mm \cdot min^{-1}$]
2500	105	350

Tab. 4.17 Vrták prodloužený.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T16		Vrták Ø3 prodloužený	A1722-3	HSS

n [min^{-1}]	v_c [$m \cdot min^{-1}$]	v_f [$mm \cdot min^{-1}$]
5000	47	300

Tab. 4.18 Vrták spirálový typ W.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T17		Vrták Ø3,2 typ W	A1249TFL-3,2	HSS

n [min^{-1}]	v_c [$m \cdot min^{-1}$]	v_f [$mm \cdot min^{-1}$]
8000	80	1000

Tab. 4.19 Vrták prodloužený.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T18		Vrták Ø2,5 prodloužený	A1622-2,5	HSS

n [min^{-1}]	v_c [m · min^{-1}]	v_f [mm · min^{-1}]
4500	35	220

Tab. 4.20 Vrták HSS prodloužený.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T19		Navrtávák Ø4 HSS prodloužený	112020	HSS

n [min^{-1}]	v_c [m · min^{-1}]	v_f [mm · min^{-1}]
6000	75	300

4.3 Vystružování

Pro vystružování je použito 3 vystružovacích nožů (Tab. 4.21 až Tab. 4.23).

Tab. 4.21 Vnitřní vystružovací nůž.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T20		Vystružovací nůž Ø16,1	EWB	HSS

n [min^{-1}]	v_c [m · min^{-1}]	v_f [mm · min^{-1}]
2500	126	190

Tab. 4.22 Vnitřní vystružovací nůž.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T21		Vystružovací nůž Ø50,1	EWB	HSS

n [min^{-1}]	v_c [m · min^{-1}]	v_f [mm · min^{-1}]
2800	439	220

Tab. 4.23 Vnitřní vystružovací nůž.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T22		Vystružovací nůž Ø20	615285	HSS

n [min^{-1}]	v_c [m · min^{-1}]	v_f [mm · min^{-1}]
2900	182	200

4.4 Závitování

Při procesu závitování je použit 1 nástroj (Tab. 4.24).

Tab. 4.24 Závitník spirálový prodloužený.

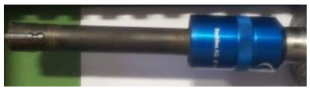
Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T23		Závitník M3 spirálový prodloužený	B25010000030	HSS

n [min^{-1}]	v_c [$m \cdot min^{-1}$]	v_f [$mm \cdot min^{-1}$]
800	7	400

4.5 Válečkování

Pro metodu válečkování jsou použity 2 rolovací hlavy (Tab. 4.25 a Tab. 4.26).

Tab. 4.25 Rolovací hlava.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T24		Rolovací hlava Ø16,1	12-160-00-100 IRG-2-S	SK

n [min^{-1}]	v_c [$m \cdot min^{-1}$]	v_f [$mm \cdot min^{-1}$]
800	40	200

Tab. 4.25 Rolovací hlava.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T25		Rolovací hlava Ø50,1	14-500-00-100 IRG-4-S	SK

n [min^{-1}]	v_c [$m \cdot min^{-1}$]	v_f [$mm \cdot min^{-1}$]
400	62	200

4.6 Srážení hran

Pro srážení hran je použit nástroj, který je uveden v Tab. 4.27.

Tab. 4.27 Srážeč hran čtyřbřitý 60°.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Označení	Materiál
T26		Srážeč hran 60° Ø8 čtyřbřitý	208161-8	HSS, TiAlN

n [min^{-1}]	v_c [$m \cdot min^{-1}$]	v_f [$mm \cdot min^{-1}$]
12500	314	2000

4.7 Měřidla

Pro kontrolu vyráběné součásti se použije digitální posuvné měřidlo (Obr. 4.1), jímž lze měřit vnitřní, vnější rozměry a hloubku. Jsou schopné měřit s přesností na 0,01 mm. Rozsah je od 0 do 150 – 300 mm [12].

Pro další kontrolu rozměrů vyráběné součásti je využito digitálního výškoměru. Slouží pro měření výšky, hloubky, průměru, osové vzdálenosti, kolmosti a zápichů.

Obr. 4.1 Analogové posuvné měřidlo.

Dalším měřidlem je kalibr pro závity M3 (Obr. 4.2). Kontrola rozměrů pomocí kalibrů je rychlá a spolehlivá, může ji provádět i nekvalifikovaný pracovník. Kalibry se dělí na ***netoleranční*** a ***toleranční.***

Netoleranční kalibry mají pouze jeden tvar, který se porovnává s kontrolovaným kusem.

Toleranční kalibry mají jednu stranu "dobrou" pro kontrolu horního (dolního) mezního rozměru hřídele (díry) a stranu "nevhodnou" pro kontrolu dolního (horního) mezního rozměru hřídele (díry). Kontrolovaný rozměr tedy leží v tomto tolerančním poli, jestliže dobrá strana projde a nevhodná strana neprojde [12].

Obr. 4.2 Závitový kalibr.

Dále je pro kontrolu součásti použito 3 tří bodových dutinoměrů s rozměry Ø50, Ø20 a Ø16 mm (Obr. 4.3).

Obr. 4.3 Tři bodové dutinoměry.

5 MOŽNÉ VARIANTY ÚPRAV TECHNOLOGIE

5.1 Řezné podmínky a výpočty

Dle parametrů nástrojů jednotlivých výrobců jsou vypočítány řezné podmínky pro dané operace. Řezná rychlost pro všechny nástroje je vypočítaná ze vztahu (1.1) a je uvedená v kap. 4 u jednotlivých nástrojů. Ve strojním času se uvádí celková dráha nástroje vypočítaná z NC programu stroje s doporučenou posuvovou rychlostí. Výpočet strojního času se provádí pouze pro zvolené nástroje [13].

Výpočet řezné rychlosti:

$$v_c = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \; [m \cdot min^{-1}] \tag{5.1}$$

kde v_c … řezná rychlost [m · min^{-1}],

D … průměr nástroje [mm],

n … otáčky nástroje [min^{-1}].

Strojní čas pro frézování:

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{f_z \cdot z \cdot n} = \frac{(l_n + l + l_p) \cdot i}{f_z \cdot z \cdot n} \; [min] \tag{5.2}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n \; [mm \cdot min^{-1}]$$

kde t_{AS} … strojní čas [min],

L … pracovní dráha [mm],

l_n … délka náběhu [mm],

l … obráběná délka [mm],

l_p … délka přeběhu [mm],

i … počet třísek [-],

n … otáčky [min^{-1}],

f_z … posuv na zub [mm],

z … počet zubů (břitů) nástroje [-],

v_f … posuvová rychlost [mm · min^{-1}].

Strojní čas pro vrtání, vystružování a vyhrubování:

$$t_{AS} = \frac{L}{n \cdot f_n} = \frac{l_n + l + l_p}{n \cdot f_n}\ [min] \tag{5.3}$$

$$v_f = n \cdot f_n [mm \cdot min^{-1}]$$

kde t_{AS} … strojní čas [min],

L … pracovní dráha [mm],

l_n … délka náběhu [mm],

l … obráběná délka [mm],

l_p … délka přeběhu [mm],

n … otáčky vrtáku [min^{-1}],

f_n … posuv na otáčku [mm].

5.2 Varianta 1

V první variantě technologického postupu jsou použity nástroje pro současnou výrobu tělesa ventilu. Celá výroba součásti ve stroji je nasimulována v NC programu pomocí ISO kódu, ze kterého se vypočítaly pouze potřebné údaje pro nástroje, které se v druhé variantě nahradí.

Tedy celkový strojní čas pro výrobu 4 zároveň vyráběných kusů je 44 minut a 21 sekund. V tomto času není zahrnuta prodleva pro ruční otočení kusů, které činí zhruba 2 minuty.

V níže uvedených výpočtech je uveden strojní čas pro 3 vrtáky, které se později nahradí a přidáním jedné frézy z důvodu větší posuvové rychlosti, pro snížení výrobního času a zvýšení efektivnosti práce.

Předvrtat pro Ø16,1 vrtákem Ø15,5 mm

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{f_z \cdot z \cdot n} = \frac{(l_n + l + l_p) \cdot i}{v_f} = \frac{50{,}4 \cdot 1}{300} = 0{,}1680\ min$$

Vrtat otvory 3x Ø4 vrtákem Ø4 mm

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{(l_n + l + l_p) \cdot i}{v_f} = \frac{65{,}4 \cdot 1}{500} = 0{,}1308\ min$$

Vrtat otvory 2x Ø9 vrtákem Ø9 mm

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{(l_n + l + l_p) \cdot i}{v_f} = \frac{88 \cdot 1}{700} = 0{,}1257\ min$$

Hrubovat Ø50,1 mm a rozměr 53,4x46,7 mm frézou Ø20 mm

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{(l_n + l + l_p) \cdot i}{v_f} = \frac{2636{,}5 \cdot 1}{1500} = 1{,}7577\ min$$

Všechny nezbytné operace pro výrobu tělesa ventilu jsou uvedeny v Tab. 5.1. Žlutě je označena budoucí úprava na variantu 2.

Tab. 5.1 Technologický postup se žlutě označenou budoucí úpravou pro variantu 2.

VUT FSI ÚST BRNO			TECHNOLOGICKÝ POSTUP 1	POUZDRO
Č. op.	Název, označení stroje:	Dílna:	Popis práce v operaci:	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky:
00/00	Pásová pila Kaltenbach RKL 551 AX	Řezárna	Upnout polotovar na pracovní sůl pásové pily do čelistí. Řezat na délku 90±0,15	Digitální měřítko 150 ČSN 251231
01/01	Okuma MB-46 VAE	Obrobna Obrobna	Upnout kus do děličky za rozměr 70; frézování-hrubování spodní plochy	T1
			Sražení hrany po předfrézování	T26
			Otočení kusů na předfrézovanou plochu	
			Předvrtání Ø50 do hloubky 34,1±0,1 a Ø28 do hloubky 20,5±0,1	T9
			Frézování rozměru 78 a 88 na hotovo; vyhrubování 53,5±0,1x46,7 do hloubky 15,5	T1
			Navrtání pro otvory 3x Ø3; 2x Ø3,2; 2x Ø4; Ø7,7; Ø8,5 a 2x Ø9	T10
			Vyvrtání otvorů 3x Ø4 do hloubky 5;8 a 78	T11
			Předvrtání Ø16,1±0,02 do hloubky 42±0,1	T12
			Hrubování a dokončování Ø56,05±0,03 do hloubky 14,6 a hrubování Ø50,1±0,02 na Ø50,09±0,02 do hloubky 34,1±0,1	T2
			Frézování zápichu Ø59H12+0,3 do hloubky 2,15H13+0,14	T3
			Hrubování a dokončování Ø32,05±0,03 do hloubky 1,5 a Ø28 do hloubky 20,5; hrubování Ø20,03±0,02 na Ø19,9 do hloubky 34±0,1; dokončení rozměrů 53,5±0,1 a 46,7 R8, drážka 2x Ø16 do hloubky 2 a do hloubky 1	T4
			Sražení hran 1x30° u Ø56,05±0,03; Ø50,1±0,02; Ø16,1±0,02; Ø32,05±0,03 a Ø20,03±0,02	T5
			Vystružení otvorů Ø16,09±0,02 do hloubky 44	T20
			Vystružení otvorů Ø50,09±0,02 do hloubky 34,1±0,1	T21
			Vystružení otvorů Ø20,03±0,02 do hloubky 34±0,1	T22
			Vyvrtání otvorů Ø16 do hloubky 26,1	T13
			Propojení otvorů Ø28 a Ø16	T6
			Frézování Ø23,6±0,1 do hloubky 1,6	T7
			Vyvrtání otvorů 2x Ø9 skrz	T14
			Vyvrtání zahloubení 2xØ 13,5 do hloubky 8,6	T15

			Navrtání pro3x Ø3 a 2x Ø2,5 (M3)	T19
			Vyvrtání otvorů 6x Ø3 skrz; do hloubky 60; 22; 20; 16; 6,5	T16
			Vyvrtání otvorů 3x Ø3,2 do hloubky 4,5; 2x 3,5;	T17
			Frézování Ø7,7 do hloubky 1,2 a Ø8,5 do hloubky 1	T8
			Vyvrtání otvorů 2x Ø2,5 (M3) do hloubky 8	T18
			Řezání závitů 2x M3 do hloubky 6	T23
			Válcování Ø16,1±0,02 do hloubky 44±0,15	T24
			Válcování Ø50,1±0,02 do hloubky34,1±0,1	T25
			Sražení hran	T26
03/03	OTK 09863	Kontrola	Měřit vnitřní a vnější otvory, Ø50,09±0,02, Ø20,03±0,02, Ø16,09±0,02 četnost 10 %	Digitální měřítko 150 ČSN 251231 Tří bodový dutinoměry Kalibr M3 Výškoměr
04/04	Pračka Mafac Elba	Čistírna	Odmaštění, odstranění třísek	
05/05	Galvanovna	Povrch. úprava	Vrstva hartemataliert 25µm, měření	
06/06	OTK 09863	Kontrola	Vizuální kontrola, četnost 10 %	
07/07		Sklad	Uskladnění do regálu	Klt kanban

5.2 Varianta 2

Ve druhé variantě se provedla náhrada 3 vrtáků a přidání 1 frézy pro rychlejší hrubování. V Tab. 5.2 až Tab. 5.5 jsou uvedeny nástroje pro variantu 2.

Tab. 5.2 Fréza stopková.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Výrobce/Označení	Materiál
T27		Stopková fréza Ø25 Tizit	WNT/GHSC.25R.02-19	SK
		Výměnná břitová destička	XDHT 190402FR-ALP CWK26	SK

n [min^{-1}]	v_c [$m \cdot min^{-1}$]	v_f [$mm \cdot min^{-1}$]	z [-]
9500	745	3000	2

Tab. 5.3 Vrták prodloužený.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Výrobce/Označení	Materiál
T11		Vrták Ø4	Walter/ A6589DPP-4	SK

n [min^{-1}]	v_c [$m \cdot min^{-1}$]	v_f [$mm \cdot min^{-1}$]
7961	100	863

Tab. 5.4 Vrták s VBD.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Výrobce/Označení	Materiál
T12		Vrták Ø15,5	Arno/ SD5-1550R20	SK
		Výměnná břitová destička	SDI1550 AK1025	SK

n [min^{-1}]	v_c [m · min^{-1}]	v_f [mm · min^{-1}]
6266	305	626

Tab. 5.5 Vrták spirálový.

Pozice	Zobrazení	Název nástroje	Výrobce/Označení	Materiál
T14		Vrták Ø9 1 břit	WNT/10728090	SK

n [min^{-1}]	v_c [m · min^{-1}]	v_f [mm · min^{-1}]
10615	300	900

Výpočet strojního času pro zvolené nástroje.

Předvrtat pro Ø16,1 vrtákem Ø15,5 mm

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{f_z \cdot z \cdot n} = \frac{(l_n + l + l_p) \cdot i}{v_f} = \frac{50{,}4 \cdot 1}{626} = 0{,}0804\, min$$

Vrtat otvory 3x Ø4 vrtákem Ø4 mm

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{(l_n + l + l_p) \cdot i}{v_f} = \frac{65{,}4 \cdot 1}{863} = 0{,}0758\, min$$

Vrtat otvory 2x Ø9 vrtákem Ø9 mm

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{(l_n + l + l_p) \cdot i}{v_f} = \frac{88 \cdot 1}{900} = 0{,}0978\, min$$

Hrubovat Ø50,1 mm a rozměr 53,4x46,7 mm frézou Ø25 mm

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{(l_n + l + l_p) \cdot i}{v_f} = \frac{2636{,}5 \cdot 1}{3000} = 0{,}8788\, min$$

Změna technologického postupu je uvedena v Tab. 5.6.

Tab. 5.6 Technologický postup po změně nástrojů.

VUT FSI ÚST BRNO		TECHNOLOGICKÝ POSTUP 2		POUZDRO
Č. op.	Název, označení stroje:	Dílna:	Popis práce v operaci:	Výr. nástroje, měřidla, pomůcky:
00/00	Pásová pila Kaltenbach RKL 551 AX	Řezárna	Upnout polotovar na pracovní sůl pásové pily do čelistí. Řezat na délku 90±0,15	Digitální měřítko 150 ČSN 261231
01/01	Okuma MB - 46 VAE	Obrobna Obrobna	Upnout kus do děličky za rozměr 70; frézování-hrubování spodní plochy	T1
			Sražení hrany po předfrézování	T26
			Otočení kusů na předfrézovanou plochu	
			Předvrtání Ø50 do hloubky 34,1±0,1 a Ø28 do hloubky 20,5±0,1	T9
			Frézování rozměru 78 a 88 na hotovo	T1
			vyhrubování 53,5±0,1x46,7 do hloubky 15,5	T27
			Navrtání pro otvory 3x Ø3; 2x Ø3,2; 2x Ø4; Ø7,7; Ø8,5 a 2x Ø9	T10
			Vyvrtání otvorů 3x Ø4 do hloubky 5;8 a 78	T11
			Předvrtání Ø16,1±0,02 do hloubky 42±0,1	T12
			Hrubování a dokončování Ø56,05±0,03 do hloubky 14,6	T2
			hrubování Ø50,1±0,02 na Ø50,09±0,02 do hloubky 34,1±0,1	T27
			Frézování zápichu Ø59H12+0,3 do hloubky 2,15H13+0,14	T3
			Hrubování a dokončování Ø32,05±0,03 do hloubky 1,5 a Ø28 do hloubky 20,5; hrubování Ø20,03±0,02 na Ø19,9 do hloubky 34±0,1; dokončení rozměrů 53,5±0,1 a 46,7 R8, drážka 2x Ø16 do hloubky 2 a do hloubky 1	T4
			Sražení hran 1x30° u Ø56,05±0,03; Ø50,1±0,02; Ø16,1±0,02; Ø32,05±0,03 a Ø20,03±0,02	T5
			Vystružení otvorů Ø16,09±0,02 do hloubky 44	T20
			Vystružení otvorů Ø50,09±0,02 do hloubky 34,1±0,1	T21
			Vystružení otvorů Ø20,03±0,02 do hloubky 34±0,1	T22
			Vyvrtání otvorů Ø16 do hloubky 26,1	T13
			Propojení otvorů Ø28 a Ø16	T6
			Frézování Ø23,6±0,1 do hloubky 1,6	T7
			Vyvrtání otvorů 2x Ø9 skrz	T14
			Vyvrtání zahloubení 2xØ 13,5 do hloubky 8,6	T15

			Navrtání pro3x Ø3 a 2x Ø2,5 (M3)	T19
			Vyvrtání otvorů 6x Ø3 skrz; do hloubky 60; 22; 20; 16; 6,5	T16
			Vyvrtání otvorů 3x Ø3,2 do hloubky 4,5; 2x 3,5;	T17
			Frézování Ø7,7 do hloubky 1,2 a Ø8,5 do hloubky 1	T8
			Vyvrtání otvorů 2x Ø2,5 (M3) do hloubky 8	T18
			Řezání závitů 2x M3 do hloubky 6	T23
			Válcování Ø16,1±0,02 do hloubky 44±0,15	T24
			Válcování Ø50,1±0,02 do hloubky34,1±0,1	T25
			Sražení hran	T26
03/03	OTK 09863	Kontrola	Měřit vnitřní a vnější otvory, Ø50,09±0,02, Ø20,03±0,02, Ø16,09±0,02 četnost 10 %	Digitální měřítko 150 ČSN 251231 Tří bodový dutinoměry Kalibr M3 Výškoměr
04/04	Pračka Mafac Elba	Čistírna	Odmaštění, odstranění třísek	
05/05	Galvanovna	Povrch. úprava	Vrstva hartemataliert 25µm, měření	
06/06	OTK 09863	Kontrola	Vizuální kontrola, četnost 10 %	
07/07		Sklad	Uskladnění do regálu	Klt kanban

6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

Nezbytnou složkou v řešení technologie součásti "těleso ventilu" je technicko-ekonomické vyhodnocení. Zde jsou posuzovány výrobní časy pro zajištění možného financování výroby.

6.1 Čas obrábění

Pro určení strojního času u vybraných operací byly z NC programu vypočítaný dráhy nástrojů. Nástroje a jejich řezné podmínky jsou rozebrány v kap. 4.1, ze kterých se určil čas obrábění. V Tab. 6.1 je porovnání strojních časů variant 1 a 2.

Při malosériové výrobě pouzdra pro chladicí ventil je vhodnější použití druhé varianty.

Tab. 6.1 Porovnání strojních časů při výměně nástrojů.

	Operace	t_{AS} [min]	Celkem [min]
Varianta 1	Předvrtat pro Ø16,1 vrtákem Ø15,5 mm	0,1680	2,1822
	Vrtat otvory 3x Ø4 vrtákem Ø4 mm	0,1308	
	Vrtat otvory 2x Ø9 vrtákem Ø9 mm	0,1257	
	Hrubovat Ø50,1 mm a rozměr 53,4x46,7 mm frézou Ø20 mm	1,7577	
Varianta 2	Předvrtat pro Ø16,1 vrtákem Ø15,5 mm	0,0804	1,1328
	Vrtat otvory 3x Ø4 vrtákem Ø4 mm	0,0758	
	Vrtat otvory 2x Ø9 vrtákem Ø9 mm	0,0978	
	Hrubovat Ø50,1 mm a rozměr 53,4x46,7 mm frézou Ø25 mm	0,8788	

Použitím varianty 2 se strojní čas snížil až o 1 minutu. (1,05 min)

Ve variantě 1 se 1600 ks vyrobí za 295,6 h. (44 min a 21 s)

Ve variantě 2 se 1600 ks vyrobí za 288,8 h. (43 min a 19 s)

Celkový strojní čas je uveden bez upínání součásti, proto se musí brát pouze jako orientační hodnoty pro výrobu. Pro zpřesnění časových údajů by bylo nutné obě varianty provést přímo ve výrobě a čas upínání změřit a připočíst ke strojním časům.

6.2 Cena polotovaru

Nákupní cena polotovaru je účtovaná za 1 mm tloušťky daného rozměru, tedy 2,2653 Kč.

(Cena nakoupeného materiálu je 70 mm x 1600 ks = 112 000 mm ⇒ 253 713,6 Kč.)

Výrobní cena 1 ks je 477 Kč s ohledem na náklady na elektrickou energii, pracovníka a materiál. (Výrobní cena pro 1600 ks je 763 200 Kč.)

7 DISKUZE

Při řešení návrhu nové technologie se součást musela rozebrat z hlediska materiálu a konstrukčních prvků. Jelikož je polotovar na pásové pile řezán na rozměr 70 x 81 x 90 mm je nutné obrábět tento díl na dvě upnutí a to že v CNC stroji se kus upne do děličky za rozměr 70 mm a předfrézuje se spodní strana. Pak se kus musí otočit pomocí operátora stroje na předfrézovanou stranu o rozměru 90 mm. Tento krok zvyšuje výrobní čas a snižuje efektivitu výroby.

Alternativním řešením pro zvýšení efektivity a snížením strojního času by tedy bylo vhodnější zvolit stroj s jiným upínáním, aby umožnil výrobu na jedno upnutí bez nutnosti otevření dveří stroje a otočení kusu.

Dle možnosti firmy byl pro výrobu pouzdra pro chladicí ventil vybrán stroj od firmy Okuma. Jedná se o vertikální obráběcí centrum, které je pro výrobu ve firmě z pohledu nižší produktivnosti dostačující. Na CNC stroji bylo možné i dokončovacích operací např. použitím nástrojů na válečkování, které až dokáží nahradit operaci broušení. Pro obě dvě varianty byly sestaveny technologické postupy.

Ke každému kroku v technologickém postupu byl vybrán nástroj, kterým se bude operace provádět. Nástroje byly vybrány z hlediska dodavatelských firem, pro které byly po dohodě s výrobcem upřesněné vhodné řezné podmínky pro použití na výrobu. Některé nástroje musely být vyráběny na zakázku pro výrobu součásti z důvodu absence nástrojů u dodavatelské firmy. Otáčky vřetene a posuvová rychlost nástrojů byly převzaty z NC programu (Příloha 6).

V obou variantách byly srovnány výrobní časy, které se získaly z ISO programu, v němž jsou vytvořeny dráhy nástrojů. Pro výpočet strojního času je nutné ještě připočítat čas pro ruční otočení kusu a upnutí součásti. Pro obě dvě varianty bylo potřeba stejný počet nástrojů, akorát u druhé varianty jsou některé nástroje změněny za jiné z hlediska vyšší řezné rychlosti a vyšších otáček.

Cena výrobku se stanovila na základě vyrobitelnosti. Bylo provedeno srovnání ceny polotovaru a zhotoveného výrobku.

ZÁVĚR

Pro jakoukoliv výrobu ať už velkých rozměrových součástí nebo malých se čím dál víc využívají moderní CNC stroje. Výhodou těchto strojů je jejich rozšířená soustava os, univerzálnost a umožnění jinak oddělených technologických operací.

Téma bakalářské práci bylo řešení technologie součásti "těleso ventilu" na CNC stroji Okuma. Shrnutí dosažených výsledků v bakalářské práci je v následujících bodech:

- součást je vyráběna z materiálu podle normy ČSN 42 4400. Jedná se o dural, který je velmi dobře obrobitelný,
- pro volbu stroje byla vybrána CNC obráběcí centrum Okuma, jejichž parametry vyhověly požadavkům na kvalitu, rychlost a přesnost,
- volbou nástrojů byly určeny i řezné podmínky vyhovující pro výrobu,
- byly splněny požadavky na výrobu součásti za předpokladu volby následujících vstupních parametrů,
- varianta 2 přinesla optimalizaci strojního času až o několik desítek sekund.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *Norgren.com: historie* [online]. [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: http://www.norgren.com/cz/info/7/historie.

2. *Gleich.de: produkty* [online]. [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: http://gleich.de/cz/produkty/vlcovan-desky/vlcovan-desky-en-aw-/en-aw-6082#data.

3. *Cs.wikipedia.org: dural* [online]. [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Dural.

4. *Proal.cz: info* [online]. [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: http://www.proal.cz/info/424400.htm.

5. *Gleich.de: produkty* [online]. [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: http://gleich.de/cz/produkty/vlcovan-desky/vlcovan-desky-en-aw-/en-aw-6082#data.

6. *Begroup.com: produkty* [online]. [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: http://www.begroup.com/cz/BE-Group-Czech-Republic/Produkty/Hlinik-1/znaeni-hliniku-a-jeho-slitin-v-stav.

7. *Katedra vozidel a motorů: Technická univerzita v Liberci* [online]. [vid. 2015-05-18]. Dostupné z: http://www.kvm.tul.cz/studenti/skripta-a-texty-on-line/uvod-do-strojirenstvi/kap4.pdf.

8. KOCMAN, Karel. Technologické procesy obrábění. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2011. 330s. ISBN 978-80-7204-722-2.

9. PÍŠKA, Miroslav a kolektiv. *Speciální technologie obrábění.* Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2009. 274 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

10. *Misan.cz: okuma* [online]. [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: http://www.misan.cz/okuma/katalog-detail/mb-46vae-okuma-ace-center-mb-46vae/?viewpart=1.

11. *Misan.cz: okuma* [online]. [vid. 2015-05-16]. Dostupné z: http://www.misan.cz/okuma/katalog-detail/mb-46vae-okuma-ace-center-mb-46vae/?viewpart=2.

12. ČECH, Jaroslav; PERNIKÁŘ, Jiří; PODANÝ, Kamil. *Strojírenská metrologie I.* Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2009. 183s. ISBN 978-80-214-4010-4.

13. KOCMAN, Karel; PROKOP, Jaroslav. *Technologie obrábění.* Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2001. 270s. ISBN 80-214-1996-2.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CNC	[-]	computer numerical control (Počítačem číslicově řízený stroj)
ČSN	[-]	česká technická norma
EN	[-]	evropská norma
HRW	[-]	tvrdost dle Brinalla
HSS	[-]	high speed steel (rychlořezná ocel)
OTK	[-]	odbor technické kontroly
SK	[-]	slinutý karbid
VBD	[-]	vyměnitelná břitová destička

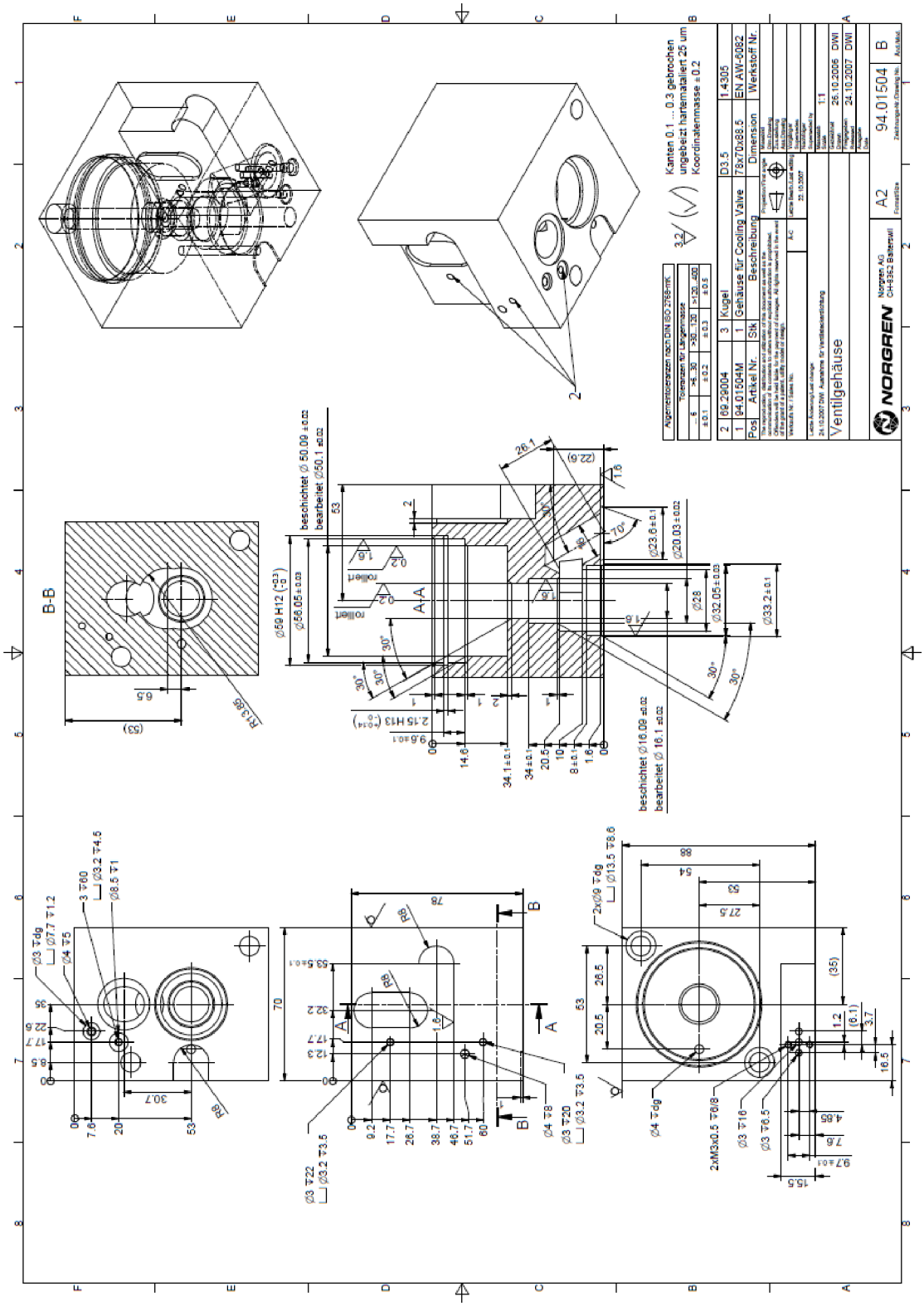
Symbol	Jednotka	Popis
A50	[%]	tažnost
D	[mm]	průměr nástroje
L	[mm]	pracovní dráha
Ra	[μm]	střední aritmetická hodnota drsnosti
$Rp_{0,2}$	[μm]	mez kluzu
R_m	[μm]	pevnost v tahu
f_n	[mm]	posuv na otáčku
f_z	[mm]	posuv na zub
i	[-]	počet třísek
l	[mm]	obráběná délka
l_n	[mm]	délka náběhu
l_p	[mm]	délka přeběhu
n	[mm^{-1}]	otáčky
t_{as}	[min]	strojní čas
v_c	[$m \cdot min^{-1}$]	řezná rychlost
v_f	[$m \cdot min^{-1}$]	posuvová rychlost
z	[-]	celkový počet zubů řezného nástroje

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Výkres součásti [1]
Příloha 2 Materiál [2]
Příloha 3 Pásová pila Kaltenbach RKL 551 AX
Příloha 4 Nástrojový list [1]
Příloha 5 Dělička ve stroji [1]
Příloha 6 Část NC programu [1]

PŘÍLOHA 1

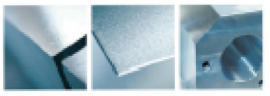
Výkres součásti



PŘÍLOHA 2

Materiál

GLEICH ALUMINIUM



Válcované desky EN AW

EN AW 6082

TECHNICKÝ LIST

EN AW 6082

Znaky slitiny	
Slitina	EN AW 6082 [AlSi1MgMn]
Typ slitiny	vytvrditelná
Povrch	T6 /T651
Stav materiálu	válcovaný povrh

Mechanické vlastnosti [1]		typické hodnoty
Mez kluzu $R_{p0,2}$	[MPa]	240 – 260
Pevnost v tahu R_m	[MPa]	275 – 310
Tažnost A_{50}	[%]	6 – 10
Tvrdost HBW	[2,5/62,5]	84 – 94

Fytikální vlastnosti [1]		typické hodnoty
Objemová hmotnost	[g/cm³]	2,70
Modul pružnosti	[GPa]	70
Elektrická vodivost	[m/Ω · mm²]	24 – 32
Koeficient tepelné roztažnosti	[$K^{-1} \cdot 10^{-6}$]	23,4
Tepelná vodivost	[W/m · K]	170 – 220
Specifická tepelná kapacita	[J/kg · K]	896

Technologické vlastnosti [2]	
Tvarová stálost/Vnitřní pnutí	4 – 5
Obrobitelnost	1 – 2
Vhodnost k erozivnímu obrábění	1
Svařitelnost (plyn / WIG / MIG / Odporově / EB)	3 / 2 / 1 / 3 / 1
Odolnost proti korozi (mořská voda / povětří / SpRK)	2 / 1 / 1
Použití při vysokých teplotách (max. °C při dlohodobém/krátkodobém zatížení) [3]	120 / 160
Eloxování (technické / dekorativní / tvrdé-) [4]	1 / 3 / 1
Leštitelnost	2
Vhodnost k leptání struktur	2 – 3
Kontakt s potravinami (podle EN 602)	ano

Tolerance			
Při tloušťce [mm]	Rovinnost [mm] [5]	Tloušťka [mm]	Délka & Šířka [mm]
3 – 100	EN 485-3	EN 485-3	EN 485-3
Zuschnitte			DIN ISO 2768-1m

Dodávané formáty		
Formáty [mm]	1.520 x 3.020	u tloušťěk od 3 – 100 mm
Tloušťky na skladě	3; 4; 5; 6; 8; 10; 12	
	15; 20; 25; 30; 35; 40	
	50; 60; 70; 80; 90; 100	
Další tloušťky podle poptávky!		

Datum: 11.07.2013

1) Typické hodnoty při pokojové teplotě.
2) Relativní hodnoty hliníkových materiálů od 1 (velmi dobrý) do 6 (nevhodný).
3) Bez ztráty pevnosti po ochlazení.
4) Výlučně technická anodizace. Neposkytujeme žádnou záruku na barevný vzhled/řešení.
5) Tolerance rovinnosti se měří výlučně na měřicích stolech a s použitím ocelového pravítka.

PŘÍLOHA 3

Kaltenbach RKL 551 AX

PŘÍLOHA 4 (1/3)

Nástrojový list

NASTAVOVACÍ LIST **FRÉZOVÁNÍ / VRTÁNÍ** NORGREN

Part Number:	**94.01504**	Vytvořeno:	18.8.2010
Materiál:	94x78x70	Program:	**O7060**
Operace:	2		
Stroj:	Okuma 331	Čas cyklu:	

Přípravek **A1463**

PŘEDFRÉZOVÁNÍ JE V PROGRAMU, 120 BAR

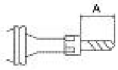
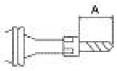
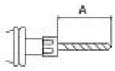
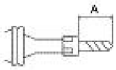
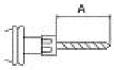
Nástroje .....

1	Označení:	**Fréza destičková SANDVIK**	**D100**		**Držák**
			Kompenzace D=	0,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	0,000	
			Délka A=	0,000	
2	Označení:	**Středící Vrták SECO**	**D16**		**WELLD-L**
			Kompenzace D=	0,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	0,000	
			Délka A=	0,000	
3	Označení:	**Vrták spirálový SPEC.**	**D4.0**		**ER16L**
			Kompenzace D=	0,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	48,000	
			Délka A=	50,000	
4	Označení:	**Vrták spirálový VHM**	**D27.7 ARNO**		**ER40M**
			Kompenzace D=	0,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	0,000	
			Délka A=	0,000	
5	Označení:	**Vrták spirálový W**	**D15.5**		**ER25M**
			Kompenzace D=	0,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	90,000	
			Délka A=	100,000	
6	Označení:	**Fréza stopková**	**D20 HM**		**WELLD-K**
			Kompenzace D=	6,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	23,000	
			Délka A=	40,000	
7	Označení:	**Fréza drážkovací HORN**	**D21.7 HM**		**WELLD-K**
	Břit=2.26/1.47		Kompenzace D=	7,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	0,000	
			Délka A=	20,000	
8	Označení:	**Fréza stopková**	**D16 PŘESNĚ HM**		**WELLD-K**
			Kompenzace D=	8,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	20,000	
			Délka A=	38,000	
9	Označení:	**Fréza fazetková**	**D13x30° 2 Břity**		**ER25M**
			Kompenzace D=	0,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	0,000	
			Délka A=	45,000	

PŘÍLOHA 4 (2/3)

Nástrojový list

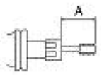
Part Number: **94.01504** Program: **O7060**

10	Označení:	**Vnitřní vystružovací nůž KAISER D16.1 ER16**			**Držák**
		Kompenzace D=	0,000		
		2.Kompenzace D=	0,000		
		Spirála	0,000		
		Délka A=	65,000		
11	Označení:	**Vnitřní vystružovací nůž KAISER D50.1**			**Držák**
		Kompenzace D=	0,000		
		2.Kompenzace D=	0,000		
		Spirála	0,000		
		Délka A=	40,000		
12	Označení:	**Vnitřní vystružovací nůž KAISER D20.03 ER20**			**Držák**
		Kompenzace D=	0,000		
		2.Kompenzace D=	0,000		
		Spirála	0,000		
		Délka A=	40,000		
13	Označení:	**Vrták spirálový NK**	**D16.0**		**ER25M**
		Kompenzace D=	0,000		
		2.Kompenzace D=	0,000		
		Spirála	0,000		
		Délka A=	0,000		
14	Označení: **32344**	**Fréza tvarová SPECIÁL**	**D25**		**WELLD-K**
	Průměr stopky D12		Kompenzace D=	14,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	0,000	
			Délka A=	45,000	
15	Označení:	**Vrták spirálový VHM**	**D9.0**		**ER25M**
		3 BŘITY	Kompenzace D=	0,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	55,000	
			Délka A=	60,000	
16	Označení:	**Vrták plochý 180°**	**D13.5**		**ER25L**
			Kompenzace D=	0,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	0,000	
			Délka A=	0,000	
17	Označení:	**Navrtávák SPEC.**	**D4 Hss**		**ER16L**
			Kompenzace D=	0,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	0,000	
			Délka A=	55,000	
18	Označení:	**Vrták spirálový SPEC.**	**D3.0**		**ER16L**
			Kompenzace D=	0,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	65,000	
			Délka A=	70,000	
19	Označení:	**Vrták spirálový W**	**D3.2**		**ER16L**
			Kompenzace D=	0,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	0,000	
			Délka A=	0,000	
20	Označení:	**Fréza stopková PŘESNĚ**	**D7.0 HM**		**ER16M**
			Kompenzace D=	20,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	0,000	
			Délka A=	30,000	
21	Označení:	**Vrták spirálový SPEC.**	**D2.5**		**ER16L**
			Kompenzace D=	0,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	0,000	
			Délka A=	60,000	

PŘÍLOHA 4 (3/3)

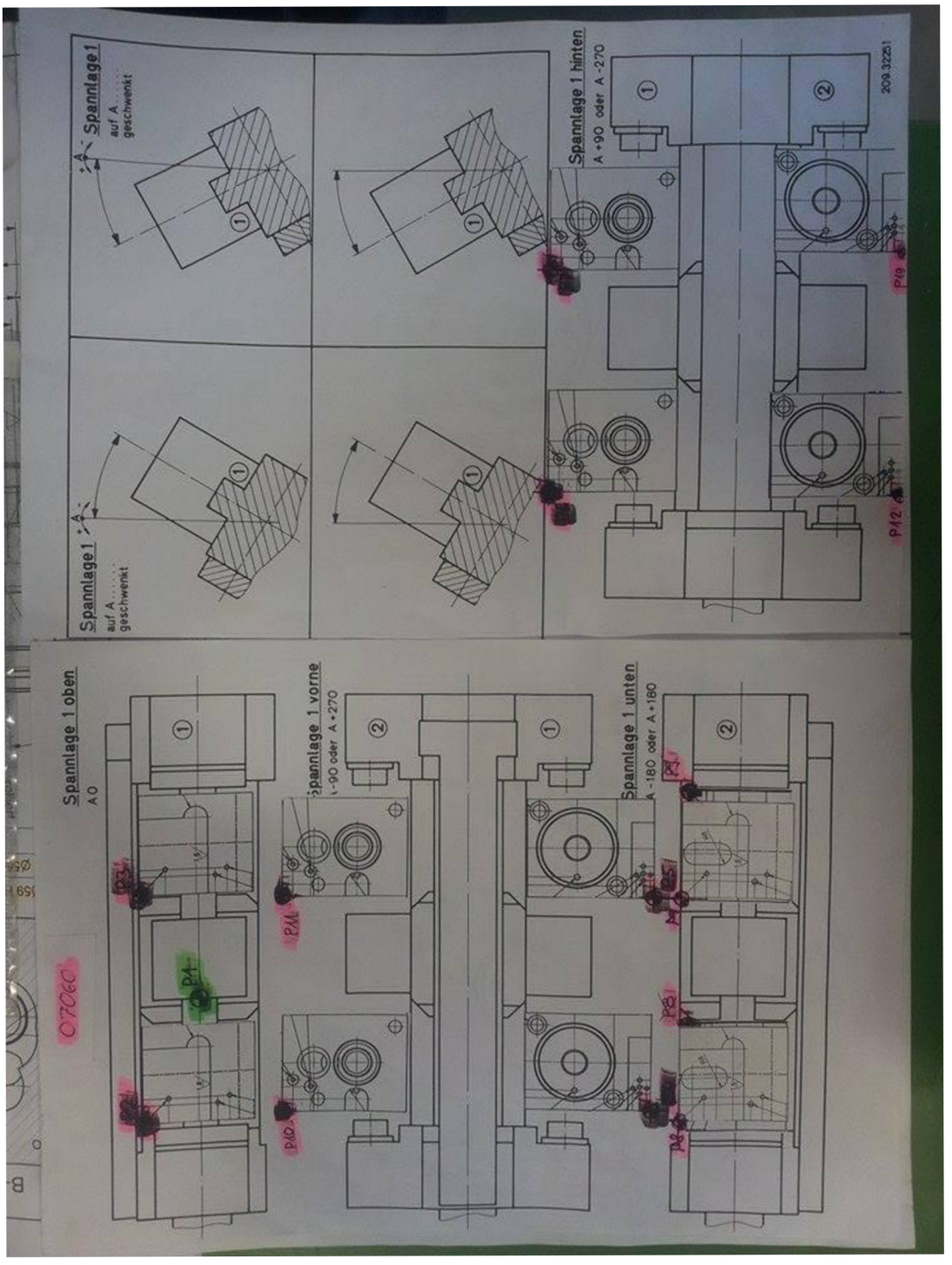
Nástrojový list

Part Number: **94.01504** Program: **O7060**

22	Označení:	**Závitník řezací spirála SPEC. M3**			**ER16L**
	Průměr stopky D3.5		Kompenzace D=	0,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	0,000	
			Délka A=	60,000	
23	Označení:	**Válcovací hlava**	**D16.1**		**ER40K**
			Kompenzace D=	0,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	0,000	
			Délka A=	65,000	
24	Označení:	**Válcovací hlava**	**D50.1**		**ER40K**
			Kompenzace D=	0,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	0,000	
			Délka A=	0,000	
25	Označení:	**Fréza tvarová SPECIÁL**	**D12x20°**		**ER25M**
	061220-1		Kompenzace D=	25,000	
	Korekce D25=5.5!!!!!!		2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	0,000	
			Délka A=	0,000	
26	Označení:	**Srážeč hran čtyř břitý**	**D8**		**ER16L**
			Kompenzace D=	0,000	
			2.Kompenzace D=	0,000	
			Spirála	0,000	
			Délka A=	0,000	

PŘÍLOHA 5

Dělička ve stroji



PŘÍLOHA 6

Část NC programu

```
(PREDFREZOVANI)
D100
NT1 G111 T1 H22 X0
Y-100 Z200 S7500 F1500
A-90 K8 V26

Z0
G1Y7
G0Z100

G15H23
G0X0Y-100
Z0
G1Y7

G0Z150
G0A90
G15H25
X0Y-100
Z0
G1Y7
G0Z100

G15H24
G0X0Y-100
Z0
G1Y7

G0Z150

G0Z800M9

M01

(SRAZEC HRAN
60STUPNU)
NT26 G111 T26 H22 X-
37 Y-47 Z200 S12500
F2000 A-90 K8 V4

G0Z2
G1 Z-4
Y42.5
X37
Y-42.5
X-40
G0 Z50
.
.
.
.
N26T26(SRAZENI
HRAN)
M6
M01
G15H2
M8
G0G56G90 X52.5 Y2
Z180 A0 H26 S10000 M3
F2000 T1
Z20
Z-2
G1 Y-45.7
G1X-0.8
G1Y-79
G1X71
G1Y1
G0Z50
.
.
.
G15H8
X52.5Y2A180
Z-2
G1 Y-45.7
G1X-0.8
G1Y-79
G1X71
G1Y1
G0Z180
M01
G0Y800Z800
A0
M5
M11
M354
M02
(ENDE)

.
.
.
.
O8003(FASEN 30
D59H12-D16.1)
G0Z-35
G1Z-38.9P0.1F100
G0Z-18.6
G1G91X-16F2000
G3X16Y-16.9F1500R17
G3J16.9
G3X16Y16.9R17
G1G90X35Y53F2500
G0Z-3
G1G91X-19F2000
G1X19Y-20.5
F1600R20.7
G3J20.5
G3X20Y20.5R20.7
G0G90Z80
RTS
%
```