



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

SESTAVENÍ TECHNOLOGICKÉHO PROCESU PRO SOUČÁST “PŘEVODOVKA“

ASSEMBLING THE TECHNOLOGICAL PROCESS FOR A PART OF THE
GEARBOX

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jiří Hoffmann

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Jiří Hoffmann**
Studijní program: Strojírnoství
Studijní obor: Strojírrenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Milan Kalivoda**
Akademický rok: 2015/16

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:

Sestavení technologického procesu pro součást "převodovka"

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Úvod.
2. Rozbor součástí.
3. Návrh technologického procesu (stroje, nástroje, měřidla).
4. Návrh upínacích přípravků.
5. Sestavení NC programů.
6. Technicko-ekonomické porovnání.
7. Diskuze.
8. Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Konstrukčně-výrobní rozbor součásti "převodovka". Zpracování TPV dokumentace. Znalost 3D softwarových produktů určených pro CNC stroje.

Seznam literatury:

- PÍŠKA, M. et al. (2009): Speciální technologie obrábění. CERM, s. r. o., Brno.
- Štulpa, M. (2007): CNC obráběcí stroje a jejich programování. Technická literatura BEN, Praha.
- Zemčík, O. (2003): Nástroje a přípravky pro obrábění. CERM, s. r. o., Brno.
- Pernikář, J. a Tykal, M. (2006): Strojírrenská metrologie II. CERM, s. r. o., Brno.
- Kolektiv autorů. (1997): Příručka obrábění, kniha pro praktiky. Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., Praha.

Leinveber, J. a Vávra, P. (2006): Strojnické tabulky. ALBRA, Úvaly.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 30. 11. 2015



prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je sestavení technologického procesu na výrobu součásti skříně převodovky. Hlavním bodem je vypracování technologického postupu s volbou vhodných nástrojů na obrobení odlitku. Dále sestavení NC programu, technicko-ekonomické porovnání, návrh upínacích přípravků a řešení jiných zjištěných problematik.

Klíčová slova

převodovka, odlitek, obrábění, litina s kuličkovým grafitem, NC program

ABSTRACT

The aim of my bachelor's thesis is to create a technological process for manufacturing a gear housing component.. The chief output of my work is developing a technological process with the selection of appropriate tools for machining the casting. The thesis also deals with generating NC program, techno - economic comparisons, the design of workholding devices and recommends solutions of other identified issues.

Key words

gear box, casting, machining, ductile cast iron, NC program

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HOFFMANN, J. Sestavení technologického procesu pro součást "převodovka". Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 42 s. 6 příloh. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **SESTAVENÍ TECHNOLOGICKÉHO PROCESU PRO SOUČÁST “PŘEVODOVKA”** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Jiří Hoffmann

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi z VUT v Brně.

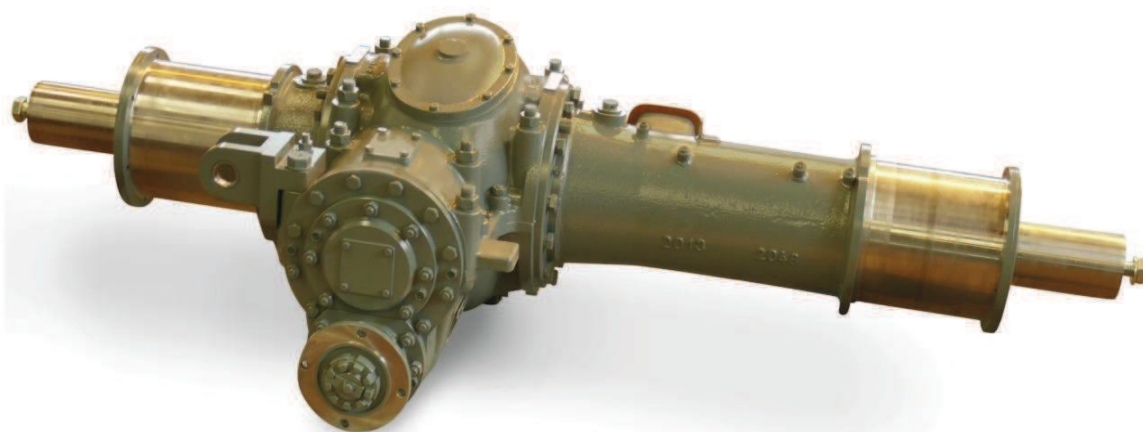
Dále děkuji všem pracovníkům firmy Wikov za cenné připomínky, rady a návrhy při vypracování této bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH	7
ÚVOD.....	8
1 SEZNÁMENÍ S FIRMOU WIKOV MGI	10
1.1 Strojový park firmy	10
2 ROZBOR SOUČÁSTI	11
2.1 Konstrukční rozbor součástí.....	12
2.2 Rozbor z tvarového a kvalitativního hlediska	13
2.3 Materiálový rozbor součástí	13
2.4 Rozbor materiálů řezných nástrojů	16
3 NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO PROCESU	19
3.1 Návrh upínacích přípravků – návrh upínacích ploch	19
3.2 Volba výrobních strojů.....	20
3.3 Technologický postup výroby.....	21
3.4 Volba řezných nástrojů.....	24
3.5 Měření a měřicí přístroje	25
4 NÁVRH UPÍNACÍCH PŘÍPRAVKŮ	27
4.1 Návrh upínacích přípravků pro 3. a 4. operaci	27
5 SESTAVENÍ NC PROGRAMU.....	29
5.1 Řídicí systém	31
5.2 Základní tendence při sestavování NC programu	32
6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ	33
7 DISKUZE	36
ZÁVĚR.....	37
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	38
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	41
SEZNAM PŘÍLOH.....	42

ÚVOD

Převodovky jsou nedílnou součástí většiny výrobních strojů a zařízení prakticky od doby vzniku prvních strojů. Tyto strojní zařízení umožňují převod mezi hnacím a hnaným strojem. Slouží k přenosu a přeměně točivého momentu, obecně úhlové rychlosti, smyslu otáček výstupní hřídele oproti hřídeli vstupní a jejich počtu. Existuje nespočet typů převodovek, některé umožňují nastavit jeden z několika různých převodových stupňů, jiné mají převodový poměr konstantní. Převodovky se změnou převodového poměru můžeme nalézt především v automobilech. Ostatní mechanické převodovky se stálým převodem jsou využívány v mnoha oborech. Například pro pohon kolejových vozidel, pohony a posuvy obráběcích strojů, v lodním průmyslu, těžebním průmyslu ropy a plynu, v energetickém průmyslu, jako jsou tepelné, vodní, přílivové a větrné elektrárny.



Obr. 1 Tramvajová převodovka [1].

Hlavní součástí převodovky jsou bezpochyby ozubená kola, která společně vytváří ozubené soukolí, a jsou základem pro konstrukci převodovky. Další částí je skříň, skládající se většinou z víka a vany. Převodovky s konstantním převodovým poměrem (jednostupňové převodovky), mohou být chápány jako ty, které mají více, nežli jedno soukolí (vnitřních převodů). Což je dáno potřebnou konstrukcí převodů mezi vstupní a výstupní hřídelí. Převody mohou být také řemenové, řetězové, nebo třecí.

Díky spolupráci s firmou Wikov MGI bylo nabídnuto téma k vypracování sestavení technologického procesu pro součást převodovka. Tato bakalářská práce se zabývá především obráběním odlitku skříně, sestavením technologického postupu a NC programu pro číslicově řízené stroje.

Technologie třískového obrábění je v současné době nedílnou součástí strojírenské technologie. Patří mezi nejdůležitější výrobní metody a úpravy materiálu. Při této výrobní technologii je snahou volit vhodné postupy a podmínky

obrábění vzhledem k dosažení požadované přesnosti obrobku, výrobnímu času a konečné ceně. Neustálý vývoj nejen ve strojírenství poskytuje stále se zlepšující podmínky pro obrábění.

Výrazný přelom třískového obrábění přineslo především 20. století a vývoj slinutého karbidu (SK). Tento materiál umožňoval mnohonásobně lepší podmínky obrábění a výrazně snižoval výrobní časy. Ve vývoji jej následovaly materiály, jako jsou dnes v praxi běžné cermety, řezná keramika a super tvrdé materiály. Předchůdce těchto moderních materiálů jsou rychlořezné oceli (HSS). V dnešní době je na trhu mnoho různých materiálů řezných nástrojů a je snahou, aby obrábění bylo ekonomické a efektivní. Výrobci těchto materiálů se především zabírají zdokonalováním současných řezných nástrojů z konstrukčního i technologického hlediska výroby.

1 SEZNÁMENÍ S FIRMOU WIKOV MGI

Wikov MGI se sídlem v Hronově, vznikl z tehdejšího ČKD Hronov a patří spolu s dalšími výrobními závody pod společnost Wikov. V dnešní době ji tvoří Wikov MGI, Wikov Gear, s. r. o. a Wikov Sázavan, s. r. o. Historie značky Wikov sahá až do roku 1878 pod názvem Wichtrele-Procházka, v roce 1918 se poprvé objevuje značka Wichtrele-Kovařík. S příchodem 50. let minulého století značka zanikla. V roce 2004 byla značka Wikov obnovena. Klíčové trhy jsou obsluhovány dceřinými společnostmi se sídlem v zahraničí, které působí jako prodejní a servisní jednotky [1].

Společnost Wikov MGI působí ve strojírenství již více než 130 let. Přes 95 let je tato společnost tradičním výrobcem ozubených kol a mechanických převodovek. Wikov MGI se specializuje na výrobu mechanických převodovek v odvětví kolejová vozidla, gumárenství a plasty, doly, vodní elektrárny, větrné a přílivové elektrárny a metalurgie [1].

1.1 Strojový park firmy

Firma Wikov MGI disponuje širokým strojovým vybavením. Od běžných konvenčních strojů, přes počítačem řízená obráběcí centra, ať už vertikální, nebo s horizontálně orientovaným vřetenem, portálové frézky, odvalovací frézky, až po profilové brusky na ozubená kola s vnějším přímým i šikmým evolventním ozubením. Nechybí zde středisko na tepelné zpracování s možnostmi cementace a kalení v řízené atmosféře, normalizační žíhání, zušlechťování, žíhání na měkko, žíhání ke snížení pnutí a nitridace v plynu. K dispozici je kalicí lis Klingelberg AH1200 pro kalení talířových kol do průměru 1 200 mm, vnějších ozubených věnců a prstencových obrobků. Provádí se záznamy tepelného zpracování.

Kontrolní oddělení kvality je vybaveno pracovištěm na materiálové zkoušky, dále se zde provádí zkoušky ultrazvukovým defektoskopickým přístrojem pro zkoumání vnitřních vad, chemická analýza, mechanické zkoušky tahem a vrubová zkouška. Vnější vady se kontrolují pomocí magnetických a kapilárních zkoušek. Pro měření rozměrů a geometrie ozubení je závod vybaven přístroji Wenzel 3020-40, Merlin 1100 a Klingelberg P100.

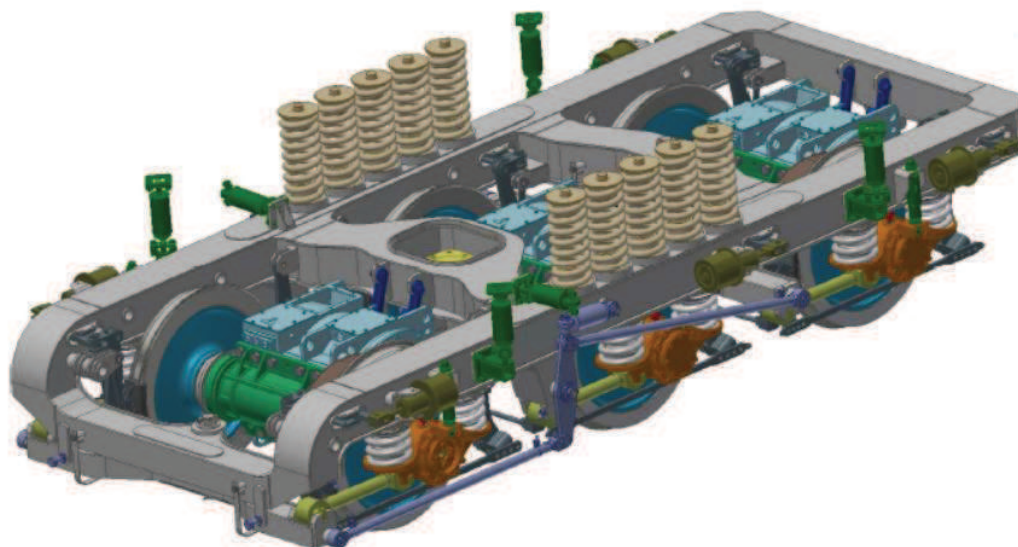
V konečné fázi výroby se provádí záběhový test převodovek, kde se měří teploty, tlak, hluk a vibrace. Testy bez zatížení i se zatížením, testy v mrazící komoře a testy se simulovaným dynamickým zatížením.

2 ROZBOR SOUČÁSTI

Zpracovávaná součást je odlitek z litiny s kuličkovým grafitem, a to konkrétně EN-GJS-350-22U-LT. Zpracovávaná součást je znázorněna na obr. 2.1. Jedná se o část skříně převodovky, pohonu tlakovým motorem, kolejového vozidla, viz obr. 2.2. Pohon tlakovým motorem se skládá z elektromotoru, převodového soukolí a nápravy. Výrobní výkres součásti, viz příloha 1.



Obr 2.1 Zpracovávaná součást [2].

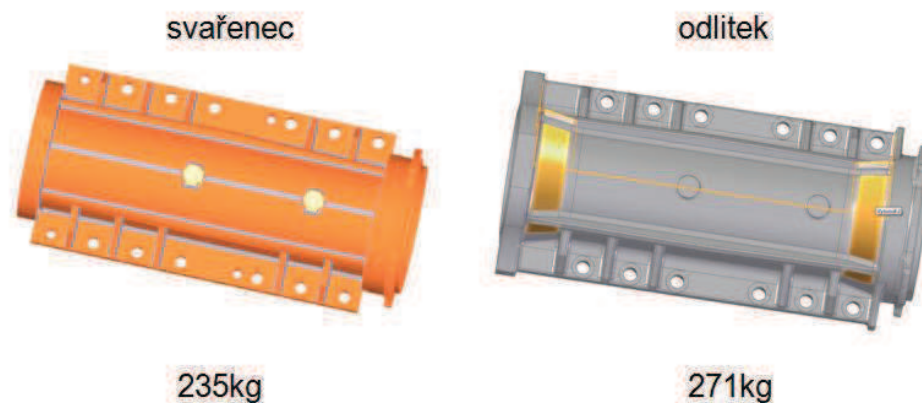


Obr. 2.2 Pohon tlakovým motorem na podvozku kolejového vozidla [2].

2.1 Konstrukční rozbor součásti

V tomto strojírenském odvětví se vedle odlitků na skříně převodovek používají také skříně svařované. Volba použití odlitku či svarku pro výrobu skříně závisí na mnoha faktorech, kterými se konstruktér musí řídit. Jsou to například pevnostní podmínky, které musí součást splňovat, velikost výrobní série, nebo následná úprava polotovaru pomocí technologie obrábění. Odlévané skříně se nejčastěji používají pro sériovou výrobu. Výhodou u odlitků je možnost předlití mnoha tvarově složitých částí a tím snížení objemu odebíraného materiálu při následném obrábění. Právě tato skutečnost byla hlavním důvodem pro volbu polotovaru z odlitku pro tuto součást i za cenu vyšší hmotnosti oproti totožné svařované součásti. Hmotnostní rozdíl je zobrazen na obr. 2.3.

Použitá litina je volena z důvodu používání v nízkých teplotách, kde jiné litiny křehnou. Z tohoto pohledu by použití svařence z oceli bylo lepší, neboť oceli nízké teploty snášejí lépe. Při použití litiny s vyšší pevností, například EN GJS-500-7, by byla pevnost v porovnání se svařencem srovnatelná. Ovšem tyto litiny s vyšší pevností nejsou vhodné do prostředí s nízkými teplotami.



Obr. 2.3 Porovnání hmotností součásti [2].

2.2 Rozbor z tvarového a kvalitativního hlediska

Vyhodnocení součásti z hlediska tvaru, materiálu, požadované přesnosti rozměrů a geometrických tolerancí. Na základě těchto tohoto vyhodnocení se určí technologický postup výroby a volba vhodných nástrojů pro dosažení efektivní výroby.

Dílec je dlouhý přibližně 1 200 mm o šířce 550 mm. Hmotnost obrobené součásti je necelých 268 kg. Na výkrese je předepsáno několik geometrických tolerancí, vztahujících se ke společné základně, kterou tvoří osa dílce, procházející oběma krajními přírubami. K této ose jsou tolerovány vnitřní plochy přírub, kolmé také na dělicí rovinu převodovky, dále rovnoběžnost a kolmost límce, na kterém se nacházejí otvory o průměru 39 mm a průchozí otvory se závitem M36. U obou krajních přírub se nachází několik tolerovaných rozměrů. Jedná se především o průměry s tolerancemi H9, G7, h10 a h7. Na některé z těchto rozměrů jsou předepsány také geometrické tolerance čelního i obvodového házení vztažených též k základní ose dílce. Pro většinu obráběných ploch je požadovaná tolerance struktury povrchu Ra 6,3, Ra 3,2, a také nestandardní struktura Ra 2,5. Pro takovéto podmínky nebude nutné speciálních dokončovacích operací, jako je například broušení.

Polotovarem součásti je odlitek. Rozměry a rozměrová přesnost odlitků se řídí dle normy ISO 8062-3.

2.3 Materiálový rozbor součásti

Pro výrobu odlitku je na výrobním výkrese předepsán materiál EN-GJS-350-22U-LT. Tento materiál je obecně znám jako litina s kuličkovým grafitem (LKG), neboli tvárná litina. Přehled označení materiálu LKG dle některých zahraničních norem je zobrazen v tabulce 2.1 [3].

Tab. 2.1 Přehled norem pro značení LKG [3].

Norma	EN	ČSN	DIN	EN-Nr	AFNOR	BS
Označení materiálu	EN-GJS-350-22	ČSN 42 2303	GGG-35.3	0.7033	FGS 370-17	Grade 350/22

Evropská norma ČSN EN 1560 přesně předepisuje dvojí možné značení grafitických litin. Jedná se o způsob číselného značení a zkrácené značení dle mechanických vlastností nebo chemického složení. Číselné značení je jen označením a nemá s vlastnostmi žádnou souvislost. Podle vlastností jsou litiny označovány 5 až 6 znaky, toto označení obsahuje typ grafitu, matrice a hodnoty základních mechanických vlastností dané litiny. Dále může uvádět podmínky zkoušek a určovat původ zkušebních těles. První dva znaky jsou vždy stejné. Kompletní rozbor značky podle mechanických vlastností spolu s doplňujícími informacemi je uveden v tabulce 2.2 [4,5].

EN – GJ x x – x –x

EN – GJS – 350 – 22U - LT

1. Pozice obsahuje EN
2. Pozice obsahuje znaky GJ (G označuje odlitek, J značí litinu)
3. Pozice označuje tvar grafitu (velké písmeno)
4. Pozice označuje mikrostrukturu nebo makrostrukturu (matrice)
5. Pozice uvádí mechanické vlastnosti nebo chemické složení litiny
6. Pozice udává dodatečné požadavky na odlitek

Tab. 2.2 Doplnující informace ke značení litin dle ČSN EN 1560 [4].

Tvar grafitu (3. pozice)					
L	lupínkový	S	kuličkový	M	vločkový (temperovaný uhlík)
V	červíkovitý	Y	zvláštní tvar	N	bez grafitu (bílá litina)
Struktura matrice (4. pozice) – není nutné ji udávat					
A	austenit	M	lmrtenzit	Q	struktura po kalení
F	ferit	L	ledeburit	T	struktura po zušlechťování
P	perlit	B	neoduhličená struktura (temperovaná - černý lom)		
		W	oduhličená struktura (temperovaná - bílý lom)		
Mechanické vlastnosti (5, 6. pozice)					
označení pevnosti (číslice udává min. zaručenou pevnost v tahu v MPa)					
označení tažnosti (číslice udává nejmenší hodnotu v %)					
Způsob výroby zkušebních těles:					
S	odděleně litý vzorek	U	přilítý vzorek	C	vzorek vříznutý z odlitku
Označení tvrdosti:					
HB	podle Brinella	HV	podle Vickerse	HR	podle Rockwella
Označení teploty zkoušky rázem v ohybu:					
RT	pokožová teplota	LT	nízká teplota		
Chemické značení (5. pozice)					
X					
Třímístná číslice (značí trojnásobek procenta uhlíku)					
Legující prvky (jejich chemická značka)					
Množství v procentech se odděluje pomlčkami					

Litiny jsou slitiny železa, uhlíku a dalších prvků, v nichž je uhlík vyloučen jako grafit nebo vázán jako karbid Fe_3C , případně karbid jiného prvku. Obsah uhlíku v litinách je vyšší, než 2 % C. Litiny krystalizují podle stabilního nebo metastabilního diagramu Fe-C, resp. Fe- Fe_3C , případně se v průběhu tuhnutí a chladnutí uplatňují oba systémy. LKG obsahuje grafit ve formě kuliček. Tato litina má velmi dobré mechanické vlastnosti, jimiž jsou například vysoká pevnost a především houževnatost. Z hlediska vlastností litiny je ideálním tvarem dokonalá kulička, často se však vyskytuje grafit "nedokonale zrnitý" [5].

Dle normy ČSN EN jsou druhy litiny s kuličkovým grafitem rozděleny do tří základních skupin [6]:

- V první skupině jsou litiny pro běžné použití při nízkých teplotách (až do $-50\text{ }^\circ\text{C}$). Do této skupiny patří mimo jiné i litina s označením EN-GJS-350-22. Materiály z této skupiny je možno použít pro

dynamicky namáhané odlitky s tloušťkou stěny 5 mm až 100 mm, kde je třeba zaručit plastické vlastnosti i za nízkých teplot. Matrice litin je feritická. Mechanické vlastnosti a chemické složení materiálu EN-GJS-350-22 je uvedeno v tabulce 2.3.

- Litiny se střední pevností jsou zařazeny do druhé skupiny např. EN GJS-500-7, EN GJS-600-3, které je taktéž možné použít pro dynamicky namáhané odlitky. Například pro odlitky ozubených kol, klikových a vačkových hřídelí a pístů. Matrice těchto litin je feriticko-perlitická.
- Třetí skupina obsahuje litiny s nejvyšší pevností. EN GJS-700-2, EN GJS-900-1. Pro odlitky na které je požadována vysoká pevnost a otěruvzdornost. Mohou to být ozubená kola, klikové hřídele, či brzdové bubny s tloušťkou stěny od 5 mm do 75 mm.

Tab. 2.3 Mechanické vlastnosti a chemické složení materiálu EN-GJS-350-22U-LT [5].

Mechanické vlastnosti	
Pevnost v tahu Rm [MPa]	350
Mez 0,2 Rp _{0,2} [MPa]	220
Tažnost A5 _{min} [%]	22
Tvrdość HB	140 - 180
Struktura	F - Ferit
Chemické složení	
C [%]	3,50 - 3,70
Si [%]	1,80 - 2,00
Mn [%]	max. 0,2
Mo [%]	-
Ni [%]	-

Litina s kuličkovým grafitem má ve srovnání s litými i tvářenými ocelmi řadu výhod. Často nahrazuje dražší ocelové dolitky a přináší některé výhodnější výrobní i uživatelské parametry.

Výhody a možnosti použití LKG [7]:

- Hustota: LKG má asi o 8 až 10 % menší hustotu nežli ocel, a tak lze náhradou oceli odlitkem snížit hmotnost součásti přibližně o 10 % bez zásahu do konstrukce. Jelikož má ocel horší slévárenské vlastnosti nežli LKG, je možno po úpravě konstrukce snížit hmotnost o dalších 10 až 30 %.
- Schopnost útlumu: Odlitek z LKG je schopen absorbovat až trojnásobně více energie než ocelový odlitek vystavený vibracím. Schopnost dobrého tlumení kmitů omezuje hlučnost strojů a zařízení, což umožňuje jejich chod a přispívá k jejich přesnější funkci. Oproti LKG vykazují lepší schopnost útlumu litiny s lupínkovým nebo červíkovým grafitem.

- Slévárenské vlastnosti: Slévárenské vlastnosti LKG jsou jedním z hlavních předností těchto materiálů oproti ocelím. Je to dáno nižší tavící teplotou (asi o 350 °C), tudíž je tavení méně energeticky náročné. Odlitky z LKG mají lepší povrch, je možné je vyrábět přesněji. Moderní slévárenské technologie dosahují přesnosti srovnatelné s výkovkem. Další výhodou je výrazně lepší zabíhavost a nižší náklady na úpravu povrchu odlitku.
- Obrobitelnost: Ať už se jedná o LKG s feritickou nebo feriticko-perlitickou strukturou, je velmi dobře obrobitelná. Dobrá obrobitelnost je přisuzována přítomnosti grafitu, který maže břit nástroje a intenzivnějšímu deformačnímu zpevňování materiálu při tvorbě třísky. Nahrazováním ocelových součástí se dosahuje zlepšení obrobitelnosti a časové úspory.

2.4 Rozbor materiálů řezných nástrojů

Na materiály řezných nástrojů jsou pro jejich správnou funkci kladeny určité požadavky. Je to například tvrdost, tj. aby byl tento materiál tvrdší, než materiál jím obráběný. Dále pak houževnatost, odolnost vůči deformaci a opotřebení, tepelná tvrdost (zachování tvrdosti za zvýšených teplot), chemická odolnost a náklady. Důležitým faktorem je také vyrobitelnost, týkající se možnosti vyrobit nástroj, mající určité povrchy, vlastnosti, rozměry a tvar.

Druhy řezných materiálů [8,9,10]:

- Slinuté karbidy vyráběné práškovou metalurgií jsou charakteristické vysokou odolností vůči opotřebení a vysokým stupněm tvrdosti a pevnosti. Tyto kompozitní materiály se skládají z tvrdých částic jednoho či více typů spékaných dohromady, v dnešní době je nejčastěji používaným kovovým pojivem kobalt. Funkce kobaltu, ale i jiných pojivových kovů, je poskytnutí kompozitnímu materiálu větší houževnatost a pevnou konzistenci bez pórů. Nejdůležitější tvrdou fází u všech slinutých karbidů je karbid Wolframu (WC). Pro zlepšení výkonu jsou používány různé typy povlaků. Možnost použití slinutých karbidů je dnes velmi široká. Od uhlíkových a legovaných ocelí, přes nerezové oceli, litiny, hliník a jeho slitiny, slitiny mědi, po vysoce legované oceli a slitiny titanu.

SK jsou rozděleny do šesti materiálových skupin:

- **P** (barva značení modrá),
- **M** (žlutá),
- **K** (červená),
- **N** (zelená),
- **S** (hnědá),
- **H** (šedá).

Většina typů slinutých karbidů jsou dnes opatřeny tvrdým, křehkým a odolným povlakem, který zlepšuje vlastnosti pro obrábění určitého materiálu.

- Cermet je typ slinutých karbidů, kde tvrdá složka je zejména na bázi TiC a TiN a pojivem je nikl (Ni). Jsou obecně křehčí nežli SK a jsou primárně

používány při dokončovacích operacích, tedy pro vytvoření lepších povrchů. Vyšší tvrdost karbidů založených na Ti, TiC, oproti WC, má za následek větší křehkost cermetů.

Cermety se využívají především na obrábění uhlíkových, legovaných, nerezových ocelí a litin a lze je také povlakovat.

- Řezná keramika. Pro účely řezání kovů se používají dvě různé skupiny keramik. Keramika oxidová, složená primárně z oxidu hliníku (Al_2O_3) a nitridová keramika s hlavní složkou Si_3N_4 . Výhodou keramiky je dobré snášení vysokých teplot a její tvrdost, která se pohybuje v rozmezí od 1 500 HV do 1 975 HV. Naopak nevýhodou je křehkost. Použití keramického nástroje z oxidové keramiky je vhodné například pro dokončování litiny. Smíšená keramika se využívá pro obrábění šedé litiny, kalené oceli nebo pro různé typy obrábění teplu odolných super slitin.
- Polykrystalický kubický nitrid bóru (PKBN) se skládá z kubického nitridu bóru (CBN). Zrna CBN jsou dohromady vázána keramickým nebo metalickým pojivem. CBN je čistě umělým super tvrdým materiálem. Tvrdší materiál je pouze diamant. Je ideálním materiálem pro obrábění tvrdých abrazivních železných materiálů. A to díky schopnosti udržet si tvrdost i při zvýšených teplotách a jeho inertnosti vůči železu. PKBN poskytuje kombinace důležitých vlastností: dostatečnou tvrdost pro odolnost vůči plastické deformaci a abrazi, vysoký stupeň pevnosti, houževnatosti a vysoký stupeň tepelné vodivosti, umožňující účinně odvádět teplo. Řezné nástroje z PKBN se používají na hrubovací a dokončovací obrábění oceli o tvrdosti vyšší než 45 HRC, šedé litiny, kalené oceli, soustružení super slitiny a pro dokončovací soustružení součástí z práškové metalurgie.
- Polykrystalický diamant (PKD) je nejtvrdší a nejodolnější materiál na světě. Diamantové nástroje jsou dvojího typu. Jsou buď polykrystalické, nebo monokrystalické, vyráběné chemickým napařováním (CVD), nebo syntézou ultra vysoké teploty a tlaku. Neznámější polykrystalický diamant (PKD) obsahuje diamantové částice, v řádu 1 – 30 mikronů, které jsou spékány za přítomnosti kobaltového katalyzátoru. Tepelná vodivost monokrystalických forem diamantu je nejvyšší ze všech známých materiálů. Hlavní aplikace PKD zahrnuje obrábění vyztužených plastů, nebarevných kovů, slitin a kompozitních materiálů. Velkou oblastí použití je obrábění hliníko-křemíkových slitin. Jejich použití je také úspěšné při soustružení a frézování slitin titanu a při přesném dokončování šedých a vysoko pevnostních litin. Extrémní tvrdost a vynikající kvalita břitu z PKD je výhodná pro obrábění keramiky a karbidu wolframu ve stavu před i po spékání.

Povlaky [8,10,11]:

V současné době se většina slinutých karbidů povlakuje, což vede ke zvyšování produktivity i životnosti nástroje. Při použití povlakovaného řezného nástroje je výhodou využití pozitivních vlastností například keramiky, bez

nevýhody, kterou představuje křehkost. U těchto nástrojů je možné použít mnohonásobně vyšší řezné podmínky oproti nepovlakovaným materiálům.

Povlaky se dělí podle způsobu nanášení na fyzikální nanášení povlaku (PVD) a chemické nanášení povlaku (CVD). PVD nanášení probíhá při teplotách (400 – 600) °C. Tyto povlaky jsou velmi tvrdé a poskytují povlakovanému materiálu odolnost proti otěru a zvyšují houževnatost. CVD vynikají taktéž svou tvrdostí, odolností proti otěru, ale také výbornou adhezí k podkladu. Teplota při metodě CVD se pohybuje v rozmezí (700 – 1050) °C, což může mít negativní vliv na podkladový materiál.

Materiály pro povlakování:

- karbid titanu (TiC),
- nitrid titanu (TiN),
- oxid hlinitý / keramika (Al_2O_3).

Ať už samostatné materiály nebo jejich kombinace nanášená na povrch řezného materiálu nástroje, způsobuje zvýšení odolnosti a životnosti nástroje.

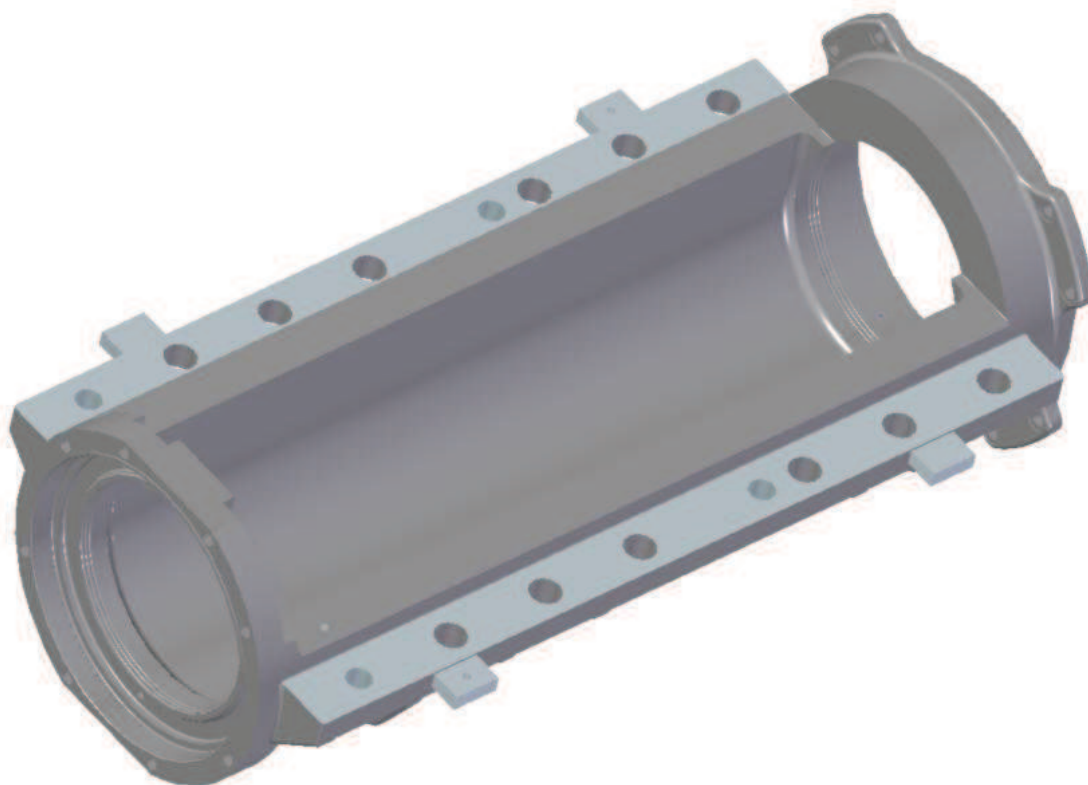
3 NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO PROCESU

Tato kapitola se zabývá návrhem technologického postupu výroby. Konkrétní podoba technologického postupu je uvedena v příloze 2. Nástroje jsou voleny od firmy Seco. Stroje byly zvoleny na základě strojního vybavení firmy.

3.1 Návrh upínacích přípravků – návrh upínacích ploch

Při tvorbě technologického postupu se musí brát zřetel na mnoho faktorů. Jedním z nich je například sériovost výroby dané součásti. Pro sériovou výrobu je vhodné použití jednoúčelových přípravků, popřípadě speciálních nástrojů, které se díky sériovosti výroby z ekonomického hlediska vyplatí. Vzhledem k součásti, kterou se zabývá tato práce, je volba jednoúčelových upínacích přípravků vhodná, jelikož se předpokládá sériová výroba.

Jak již bylo řečeno, je vhodné navrhnout speciální upínací přípravky, které zajistí rychlé a přesné ustavení součásti. Při návrhu je nutné brát ohled na použité výrobní stroje a požadavky na obrobek, viz kapitola 2.2. Na základě charakteru součásti (jedná se o odlitek), byly navrženy pro snadnější ustavování do přípravku nálitky, které se v konečné operaci odfrézují, viz obr. 3.1. Za tyto nálitky se také bude odlitek upínat. V prvotní operaci se nálitky z jedné strany orovnajší. Při dalších operacích se pak bude ustavovat právě na tuto obrobenou plochu.



Obr. 3.1 Návrh umístění pomocných upínacích nálitků.

3.2 Volba výrobních strojů

Pro navržený technologický postup byly zvoleny 2 obráběcí stroje na základě vybavení firmy. Ve 2. operaci bude využit stroj Hedelius BC 100, a pro 3. a 4. operaci obráběcí centrum HEC 800 Athletic.

Hedelius BC 100 [12]:

Jedná se o 3 - osé obráběcí centrum s vertikálně orientovaným vřetenem, viz obr. 3.2. Je vhodné k obrábění těžkých dílců. Výhodou použití tohoto stroje je velká pracovní plocha, vysoké rychlosti přejezdových posuvů, výkon stroje a možnost umístění dvou obrobků. Při použití zástěny je zde možnost ustavování v překrytém čase. Parametry stroje jsou uvedeny v příloze 3.



Obr. 3.2 Obráběcí centrum Hedelius BC 100/3500 [13]

HEC 800 Athletic [14]:

Heckert 800 je 4-osé horizontální obráběcí centrum. Výhodou tohoto stroje není jen otočný, číslicově řízený (NC) stůl, ale také dvě palety. Což je výhodné, neboť je možné přepínat obrobky, zatímco se druhý kus bude současně obrábět. Dojde tak k přepínání obrobku v překrytém čase. Právě díky otočnému NC stolu je tento stroj vhodný pro naši součást. S jeho využitím se dle postupu bude obrábět většina dílce na jedno upnutí. Výhodou bude přesná výroba a zajištění požadovaných geometrických tolerancí.

Při návrhu bylo uvažováno o stroji HEC 800 H/V. Jak již napovídá název označení H/V znamená, že stroj je vybaven otočnou hlavou s možností nastavení hlavního vřetena do horizontální, či vertikální polohy. Výhodou použití by pravděpodobně bylo snazší ustavování dílce na přípravek. Nevýhodou tohoto stroje jsou však oproti stroji HEC 800 omezené pracovní prostory. Vřeteno stolu není výsuvné a nedostane se za osu pracovního stolu. Z těchto důvodů byl zvolen

právě stroj HEC 800 zobrazený na obr. 3.3. Parametry a grafické znázornění orientace os tohoto stroje jsou uvedeny v příloze 4.



Obr. 3.3 Obráběcí centrum HEC 800 Athletic [15].

3.3 Technologický postup výroby

Od technologického postupu (TP) se odvíjí volba upínacích přípravků. Výrobní postup je ovlivněn mnoha činiteli, které mají různý vliv a vedou často k protichůdným požadavkům. Důležitým faktorem je volba obráběcích strojů a také požadavky technické dokumentace, zejména požadovaná přesnost, funkční plochy a rozměry součástí. Faktorem, který velice ovlivňuje výslednou přesnost součástí, je správná volba základen. Mohou jimi být plochy (rovinné, válcové, kuželové, tvarové), čáry (osy souměrnosti), které umožňují stanovit rozměrové a funkční vztahy ostatních rozměrů dílce [16].

Na základě faktů uvedených v předchozích kapitolách a vlastního uvážení, byl sestaven technologický postup výroby. TP je uveden v příloze 2.

Rozbor technologického postupu:

1. operace:

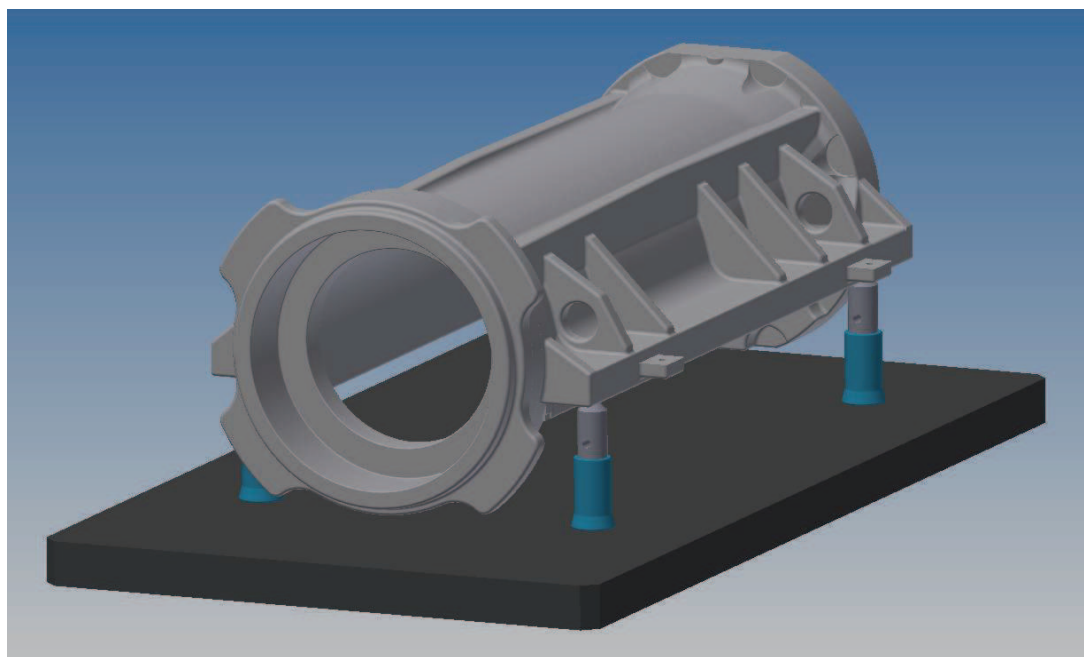
Na rýsovací desku bude odlitek ustaven a vyrovnán na tři body pomocí stavitelných podpěr, viz obr. 3.4, a orýsován ve všech třech osách. Orýsování slouží i jako kontrola bezvadnosti odlitku.



Obr. 3.4 Universální ustavovací podpěra [17].

2. operace:

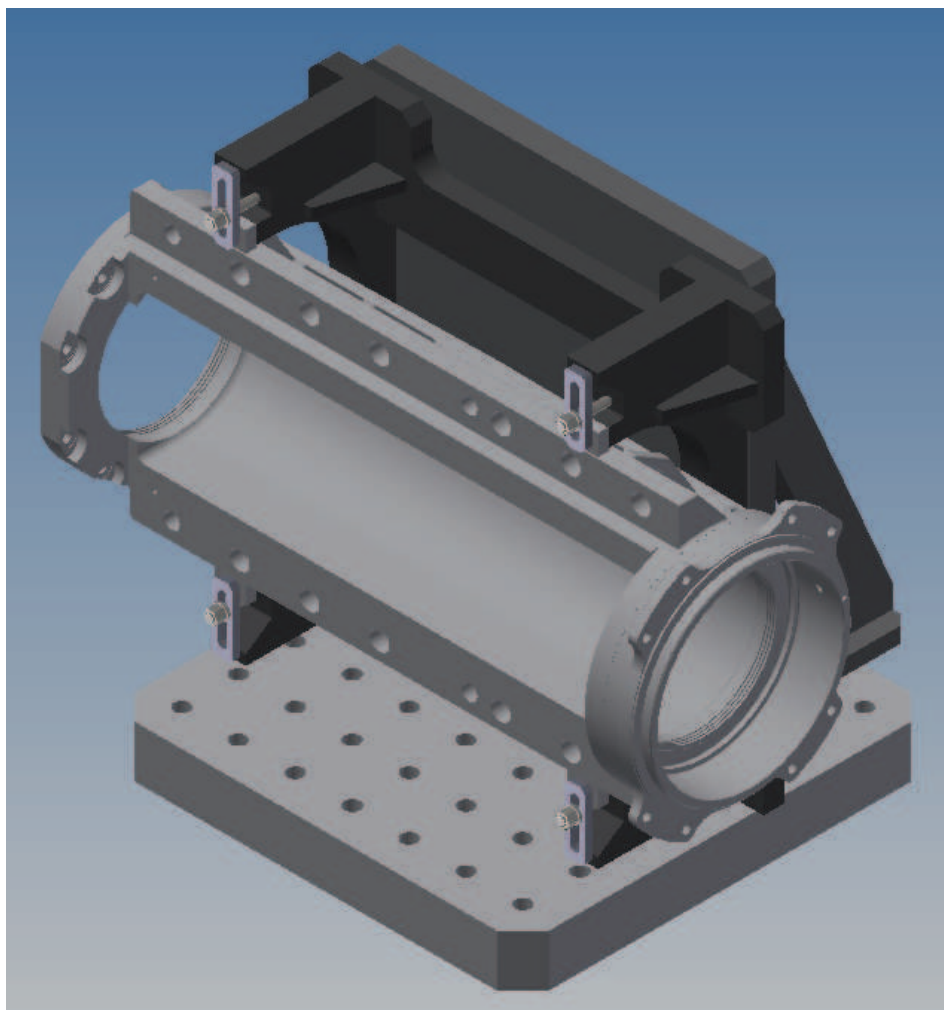
Při této operaci se po ustavení na univerzální stavitelné podpěry, vyrovnání dle orýsování a přitažení upínek proti podpěrám, provede opracování nálitků. Dále vyvrtání tolerovaných ustavovacích otvorů pro kolíky. Tyto otvory budou sloužit při 3. operaci pro zajištění přesné pozice obrobku v přípravku, a kontrole výrobku, což výrazně zjednoduší ustavování a vyrovnání dílce. Použitý stroj Hedelius BC 100, viz kapitola 3.2. Ustavení odlitku je zobrazeno na obrázku 3.5.



Obr. 3.5 Orientace dílce na stroji Hedelius BC 100.

3. operace:

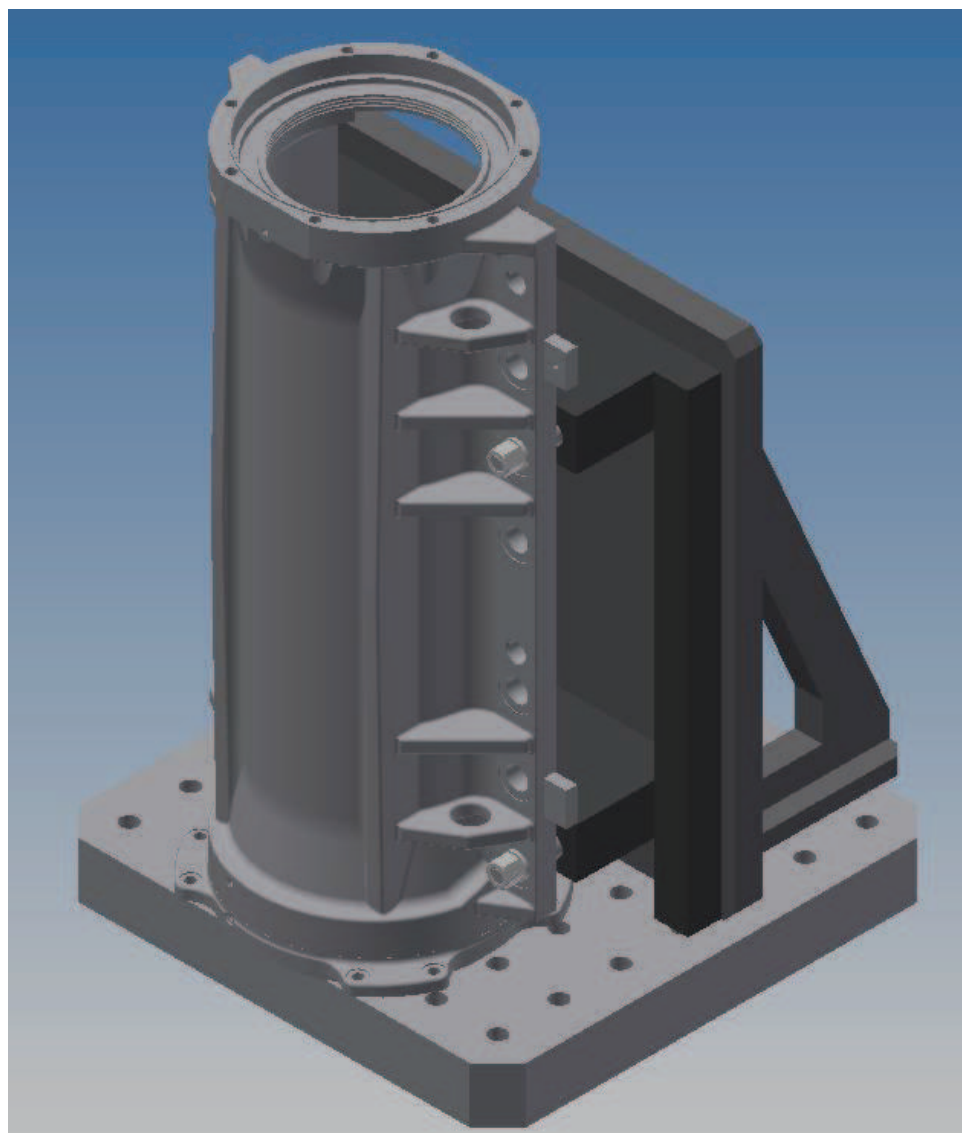
Pro tuto operaci byl zvolen stroj HEC 800 Athletic, viz kapitola 3.2. Upnutí obrobku je zobrazeno na obrázku 3.6. Vzhledem k tomu, že čas pro výměnu nástroje je vyšší, nežli čas otočení stolu (palety), je navrženo obrábět právě upnutým nástrojem všechny možné plochy. Na obrobku se provede nejprve veškeré hrubování. V druhé části se provede vrtání otvorů, řezání závitů a dokončovací operace, jako je frézování, vyvrtávání tolerovaných otvorů a srážení hran. Na konci operace se před odepnutím provede kontrola tolerovaných rozměrů a závitů.



Obr. 3.6 Upnutí dílce na stroji HEC 800 při 3. operaci.

4. operace:

Pro 4. operaci je navržen přípravek zobrazený na obrázku 4.4. Dílec je upnutý pomocí šroubů za otvory v límci o průměru 39 mm, viz obr. 3.7. Tím bude zajištěna přesná poloha ustavení obrobku. Konečná operace obrábění bude prováděna také na stroji HEC 800. Za využití otáčení stolu se vyvrtají otvory pro mazání, jejich ovrnění, sražení hran a řezání závitů. Jako poslední krok se odfrézují nálitky.



Obr. 3.7 Upnutí dílce na stroji HEC 800 při 4. operaci.

5. operace

Poslední operací bude 100% kontrola měření dílce. Kontrola rozměrů se provede na každém kusu.

3.4 Volba řezných nástrojů

Pro základní návrh technologie obrábění a volbu nástrojů byla zvolena firma Seco. Tento výrobce byl zvolen z důvodu návaznosti na stávající sortiment používaného nářadí.

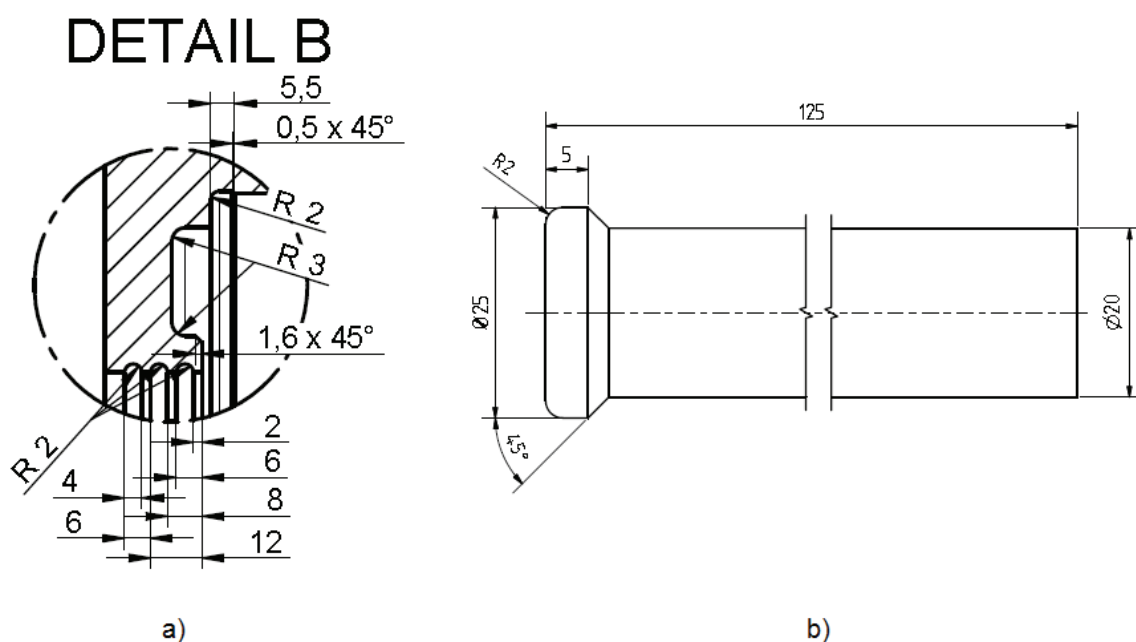
Při volbě materiálu řezných nástrojů je nutné určit materiálovou skupinu dle katalogu, do které spadá materiál obráběného dílce. Odlitek je vyroben z materiálu EN-GJS-350-22, který patří do skupiny 12. Dle tohoto označení byly pro frézovací nástroje zvoleny vhodné břitové destičky a řezné podmínky z katalogu Seco. Jedná se o břitové destičky ze slinutého karbidu, opatřené povlakem

s označením MK 1500 a MK 2000 dle nabídky. Monolitní nástroje, jako například vrtáky, jsou opatřeny povlakem TiAlN + TiN [18,19].

Alternativní volba materiálu řezných nástrojů by pro aplikaci na zpracovávanou součást zřejmě nebyla výhodná. Slinuté karbidy jsou levnější řezné materiály oproti CBN, PKD i řezné keramice, a poskytují kvalitní výsledky při obrábění. Zvolené nástroje jsou uvedeny v příloze 5. Jedná se o běžné nástroje vybrané z katalogu. Pouze nástroj T10 (monolitní fréza) bude upraven dle potřeby.

Konkrétní úprava frézovacího nástroje.

Pro výrobu zápichu dle detailu B, bylo navrženo řešení pomocí nabroušení monolitní stopkové frézy do tvaru zápichu, viz obr. 3.8.



Obr. 3.8 Detail výroby zápichu [2] a) detail zápichu, b) skica pro nabroušení nástroje.

3.5 Měření a měřicí přístroje

V průběhu obrábění dílce se budou používat kalibrovaná kontrolní dílenská měřidla. Posuvná měřítka, hloubkoměry, kalibry, závitové kalibry, mikrometrické odpichy a mikrometry.

Finální kontrola rozměrů obrobeneho dílce bude provedena na souřadnicovém měřicím stroji (SMS) MERLIN 1 000, viz obr. 3.9, s portálem na vzduchových ložiscích s granitovým stolem. Tento stroj je řízený systémem Micro 9000. SMS mají ve strojírenské výrobě široké uplatnění u součástí složitého tvaru, kde by kontrola klasickými metodami byla velmi časově náročná a mnohdy málo přesná. Portálový typ měřicího přístroje patří v praxi k nejrozšířenějším. Vysoká tuhost strojů umožňuje vysokou přesnost měření [20].

Kontrolu dílce provádí obsluha měřicího zařízení, včetně vystavení protokolu o naměřených hodnotách.

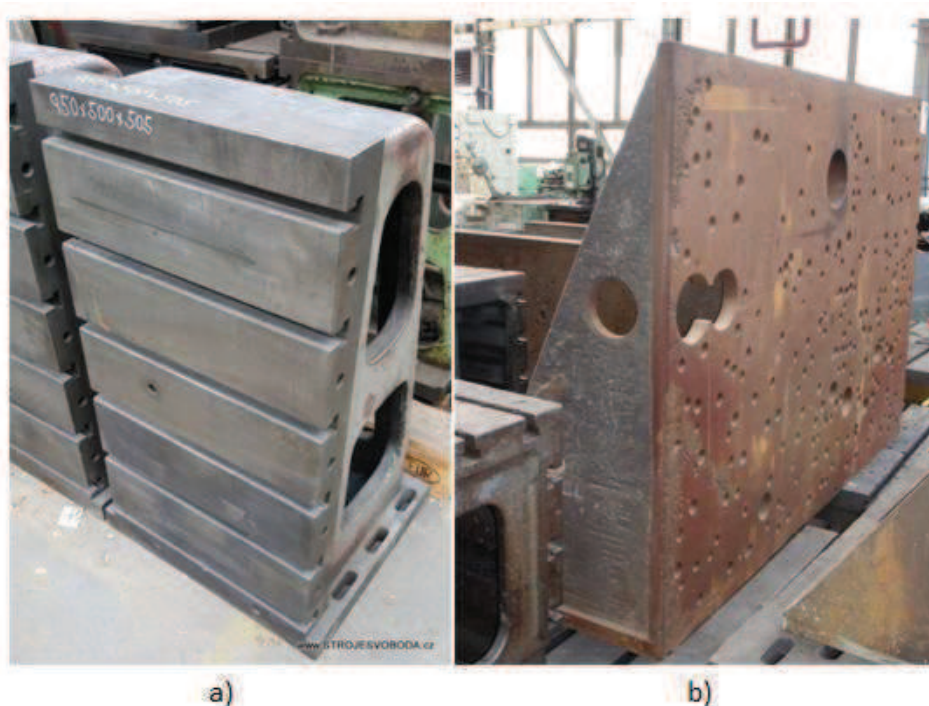


Obr. 3.9 Měřicí stroj MERLIN 1000 [21].

4 NÁVRH UPÍNACÍCH PŘÍPRAVKŮ

Základní teorií pro navrhování přípravků je, aby splňovaly účel, pro který jsou vyrobené. Je to zejména rychlá manipulace při ustavování dílce, upínání a odepínání, dorazové plochy nebo prvky, které zajistí stejnou polohu pro každý kus.

Pro střední až velkosériovou výrobu je vhodné zhotovení jednoúčelových přípravků, například svařenců, následně opracovaných v místech dosednutí dílce, upnutých na univerzální úhelník, viz obr 4.1 a. Vyšší výrobní náklady se rozpustí ve vyšší počtu vyráběných dílů. Výhodou je rychlejší ustavení přípravku na stroj a dílu do přípravku.



Obr. 4.1 Upínací úhelníky [22] a) univerzální pro velkosériovou výrobu b) pro kusovou výrobu.

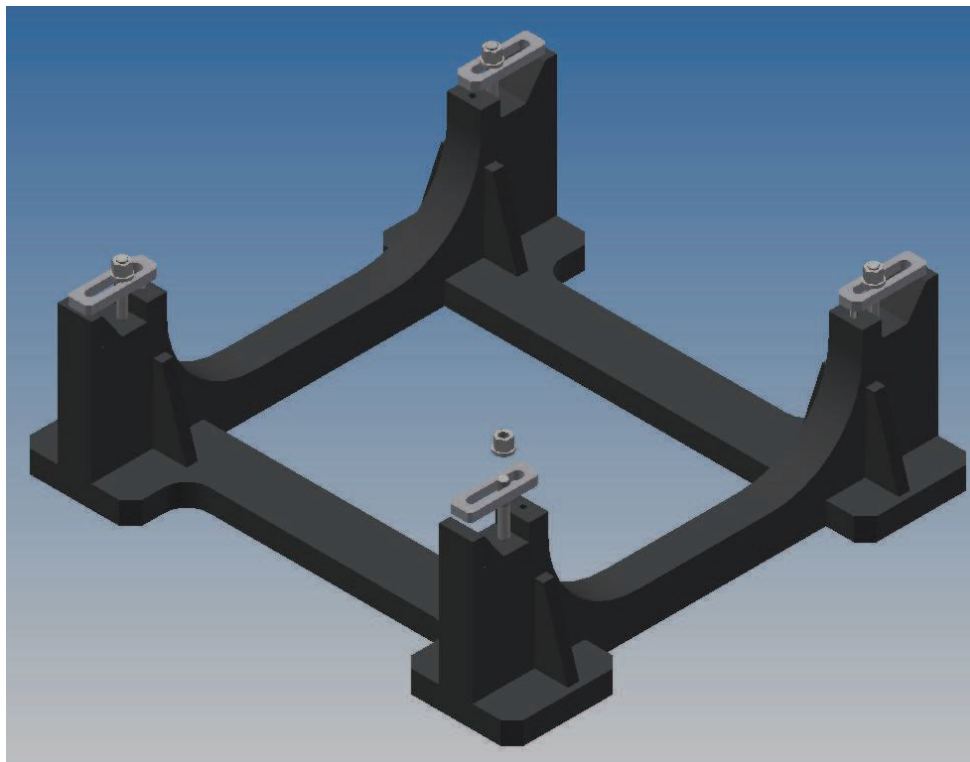
V kusové a malosériové výrobě je z ekonomického hlediska nejpříjemnější výroba dílu stavebnicového přípravku. Tyto díly se namontují na úhelník do požadovaných míst, viz obr. 4.1 b, a přímo na úhelníku se opracují potřebné dosedací plochy, otvory a dorazy.

Alternativním řešením je sestavení přípravku z hotových komponentů stavebnicového systému. Přípravek by byl sestaven v jiném technickém úseku než obrobna. Nevýhodou je delší doba sestavení a tvarová nepřizpůsobitelnost danému dílci.

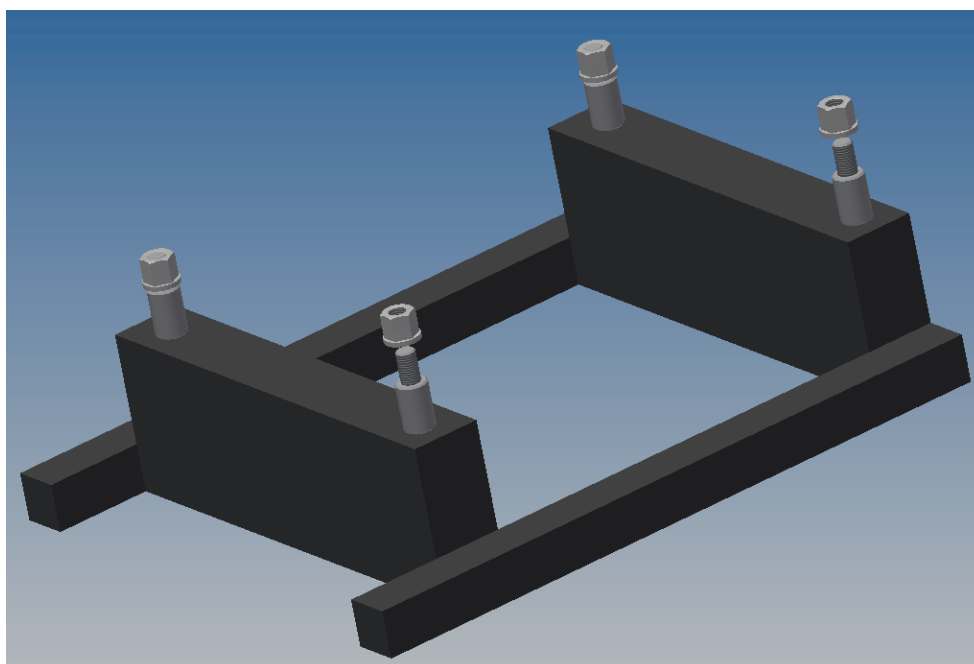
4.1 Návrh upínacích přípravků pro 3. a 4. operaci

Přípravky byly navrženy jako jednoúčelové svařence pro daný typ odlitku vzhledem k sériové výrobě. Na přípravek číslo 1, viz obr. 4.2, se dílec bude ustavovat pomocí zvedacího zařízení a jeho poloha bude zajištěna kolíky a

upínkami. U přípravku číslo 2, viz obr. 4.3, bude poloha odlitku ve 4. operaci zajištěna dotažením na opracované plochy základny k dorazovým hranolům čtyřmi přípravkovými šrouby. Tyto šrouby zajistí přesnou polohu obrobku a také rychlé upnutí. Přesahující spojnice hranolů se šrouby slouží k rychlému ustavení přípravku. Bude tak zajištěna stejná vzdálenost od upínací palety při dalším používání. Oba přípravky budou upínány na univerzální úhelník, viz obr. 4.1 a.



Obr. 4.2 Přípravek číslo 1.



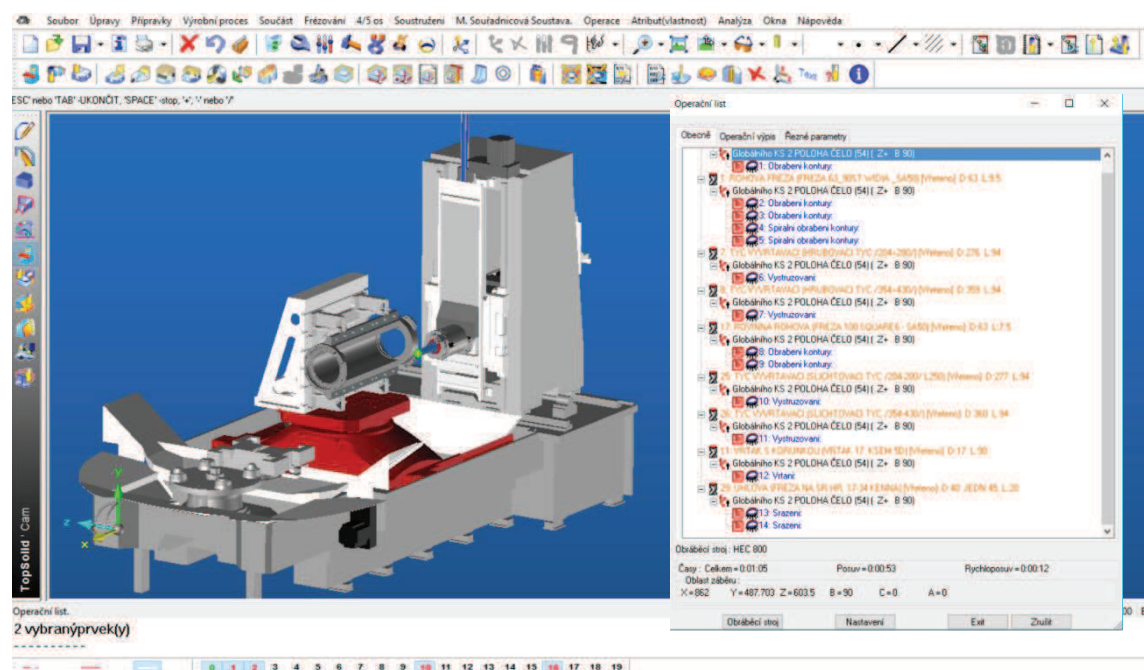
Obr. 4.3 Přípravek číslo 2.

5 SESTAVENÍ NC PROGRAMU

Z důvodu použití CNC strojů pro obrábění dílce, je zde pro stroj HEC 800 vypracován NC program.

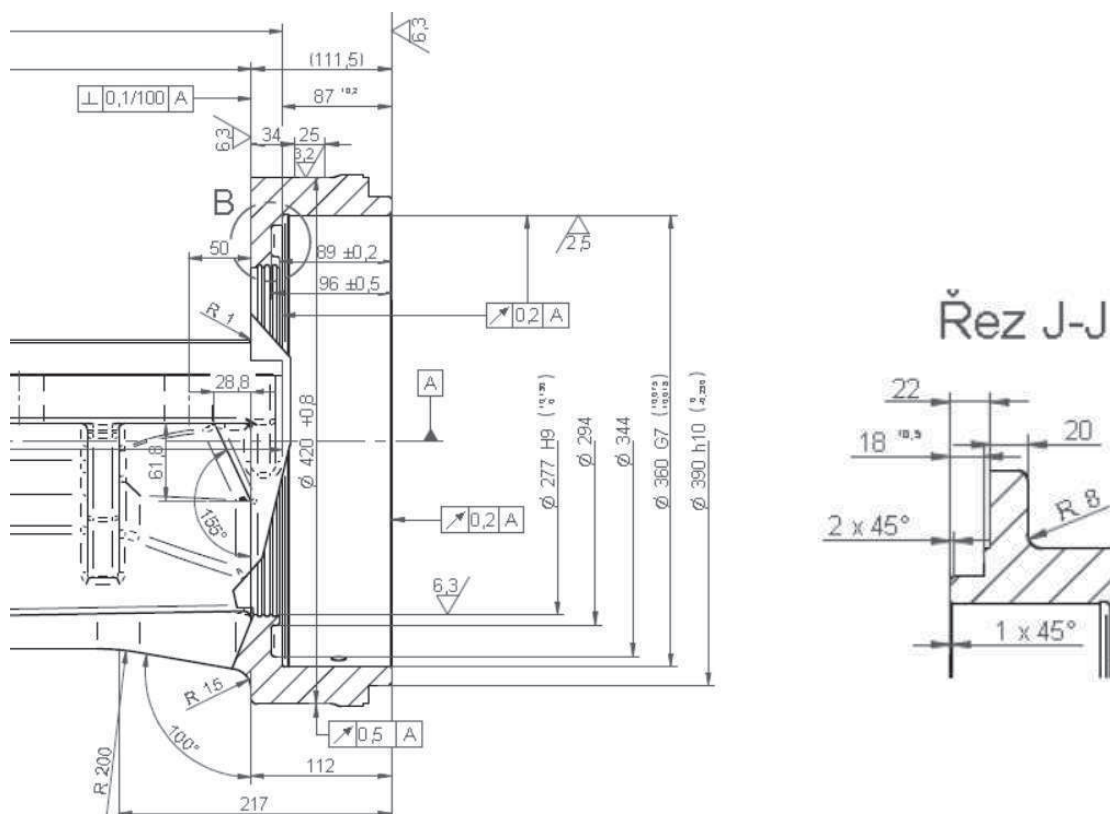
Pro vygenerování NC programu byl použit software TopSolid 2010. Použitý software spadá do standardní kategorie počítačové podpory kreslení a obrábění (CAD/CAM) ve výrobě. Je určený pro náročnou i běžnou inženýrskou práci. CAD jako parametrický modelář umožňuje aplikaci v oblasti konstrukce forem, elektrod, střížných nástrojů atd. Oblast CAM slouží pro generování technologií obrábění různých typů na různé typy obráběcích strojů. Systém CAM podporuje frézování do 5 os, soustružení, kombinaci soustružení a frézování do 5 os pro obráběcí centra, řezání drátem, prostřihování, řezání laserem, vodním paprskem, obrábění vyjiskřováním. Modely nástrojů a strojů při simulaci poskytují informace o kolizích, zbytkovém materiálu, umožňují řídit a sledovat pohyby stroje i mimo přímé obrábění. TopSolid je vyráběn společností Missler Software z Francie [23].

Na obrázku 5.1 je zobrazeno prostředí CAM systému TopSolid spolu s upnutou součástí pro obrábění na stroji HEC 800.



Obr. 5.1 Prostředí systému TopSolid.

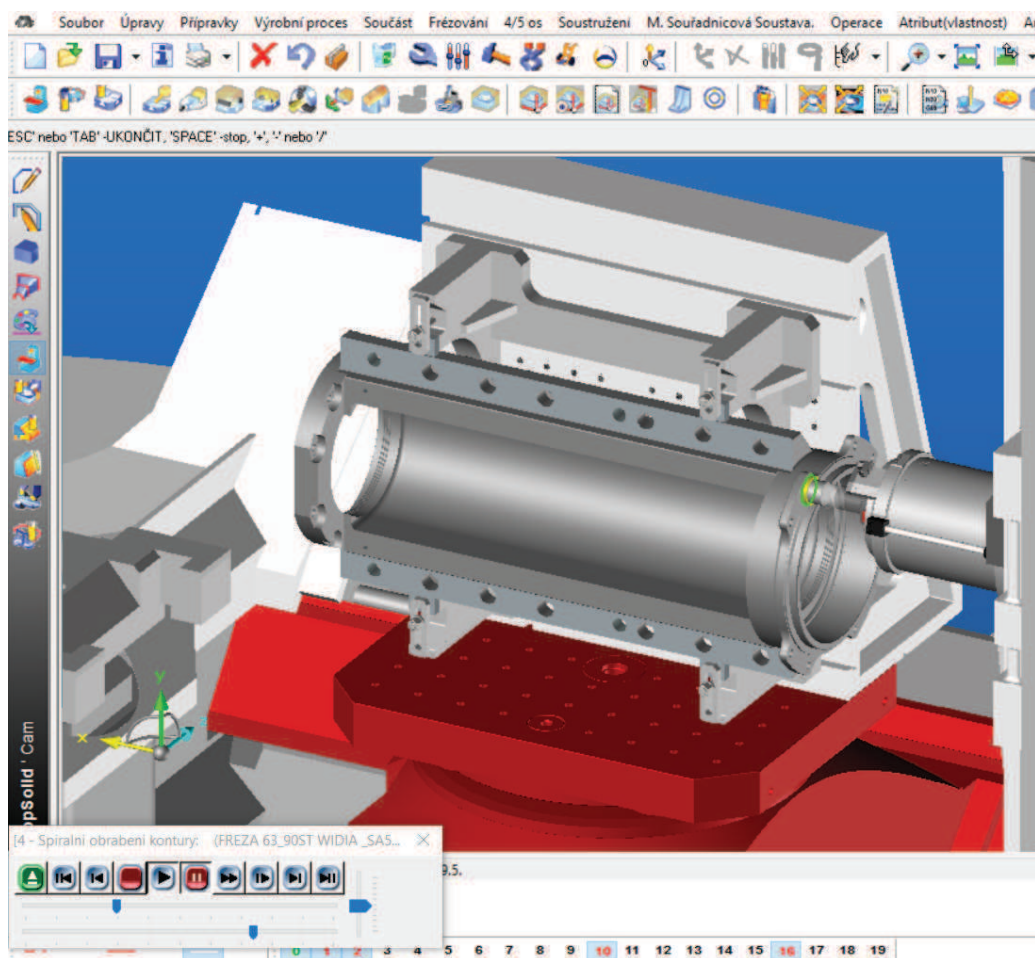
Celkové vypracování programu na kompletní obrobení součásti s sebou nese mnoho složitostí. Z důvodu náročnosti se bude vytvoření NC programu zabývat pouze částí obrábění dílce, viz obr. 5.2. Pro tuto část je v tabulce 5.1 vytvořen zjednodušený postup. NC program je uveden v příloze 6. Ukázka ze simulace frézování osazení $\varnothing 391$ mm, viz obr. 5.3.



Obr. 5.2 Výkresový detail části dílce pro tvorbu NC programu.

Tab. 5.1 Zjednodušený postup pro tvorbu NC programu.

Číslo operace	Pracoviště	Popis	Číslo nástroje
3	HEC 800	Natočit stůl +90°:	
		Frézovat čelo náboje	T5
		Frézovat vnitřní plochu v náboji	T1
		Frézovat osazení \varnothing 391 do hloubky 17,5	
		Frézovat \varnothing 421 do hloubky 21,5	
		Vyvrtat z čela \varnothing 276,2	T7
		Vyvrtat z čela \varnothing 359,2	T8
		Frézovat vnější průměr \varnothing 390 h10 do vzdálenosti 18 od čela	T17
		Frézovat vnější průměr \varnothing 420 do vzdálenosti 22 od čela	
		Vyvrtat na čisto vnitřní průměr \varnothing 277 H9	T25
		Vyvrtat na čisto vnitřní průměr \varnothing 360 G7 s opracováním Ra 2,5	T26
		Vrtat otvory na přírubě 8x \varnothing 17 skrz	T11
		Srazit hrany 2x45° na vnějším \varnothing 390 a 1x45° na vnitřním \varnothing 360	T29



Obr. 5.3 Simulace frézování.

5.1 Řídicí systém

CNC stroj HEC 800 je vybaven řídicím systémem Sinumerik 840D. Stroj Hedelius BC100 je řízen systémem Heidenhain.

Sinumerik 840D je jednou z verzí produktu německé společnosti Siemens AG. Sinumerik patří mezi nepoužívanější řídicí systémy na světě a je využíván ve všech průmyslových odvětvích. V současnosti je dostupná řada verzí, které se liší zejména v počtu řízených os, výkonnosti a možnostech využití.

Řídicí systém Sinumerik 840D umožňuje digitální řízení 31 os. Má integrované bezpečnostní funkce pro člověka a stroj. Je vhodný pro nejširší spektrum aplikací, jako je frézování, soustružení, laser, vrtání, atd. Vyznačuje se vysokým výkonem a flexibilitou [24].

Heidenhain iTNC 530 umožňuje digitální řízení až 13 os. Jedná se o všestranný řídicí systém vhodný pro universální frézovací stroje, obráběcí centra či karusely [24].

5.2 Základní tendence při sestavování NC programu

NC program se skládá z jednotlivých bloků, bloky z jednoho nebo více slov a slova ze symbolů. Příklady symbolů a vybrané příkazy z NC programu jsou uvedeny v tabulce 5.2 [25].

Informace obsažené v programu lze rozdělit na [26]:

- Geometrické – popisují dráhy nástroje, dle kartézských souřadnic v osách stroje, či dané funkce řídicího systému
- Technologické – stanovují řezné podmínky, zejména otáčky, řeznou rychlost, posuv
- Pomocné – informace a povely stroji pro pomocné funkce např. směr otáček vřetene, zapnutí čerpadla chladicí kapaliny...

Ukázka NC programu:

```
N120 G0 G54 G60 B=DC(0)
N130 T5
N140 L300
N150 MSG("ROVINNA CELNI FREZA Ø80x50")
N160 G54 G0 G90 B=DC(90) X219.249 Y0.637 F1515.76 S1213 M3 M8 T1
N170 G0 X219.249 Y0.637
N180 Z200
N190 Z10
N200 G1 Z0 F7500
N210 G41 X211.334 Y14.254 F1515.76
N220 G3 X203.499 Y0.592 I7.915 J-13.617
N230 G2 X-203.5 Y0 I-203.499 J-0.592
```

Tab. 5.2 Příklady symbolů a vybrané příkazy z NC programu [25].

Symbol	Význam	Příkaz	Význam
N	adresa čísla bloku	G0	lineární interpolace rychlým posuvem (pohyb rychlým posuvem)
120	číslo bloku	G1	lineární interpolace pracovním posuvem (přímková interpolace)
G	podmínka dráhy	G2	kruhová interpolace ve směru hodinových ručiček
X,Y,Z	informace o dráze	G3	kruhová interpolace proti směru hodinových ručiček
F	posuv	G41	korekce rádiusu nástroje vlevo od kontury
S	otáčky	G54	1. nastavitelné posunutí počátku
T	nástroj	G60	přesné najetí - snížení rychlosti
D	korekční parametry	B=DC(...)	nastavitelná kruhová osa
M	doplňková funkce	M3	směr otáčení vpravo pro hlavní vřeteno
		I,J	interpolační parametr

6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ

Volba řezného nástroje, vzhledem k jeho tabulkové produktivitě, nemusí být vždy směrodatná, s ohledem na možné chemické odchylky ve složení materiálu obrobku, jeho tuhosti upnutí, tuhosti stroje, popřípadě provozními vůlemi. Z tohoto důvodu jsou zvoleny nástroje, které se ve firmě běžně používají.




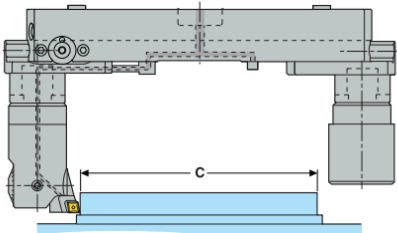




Alternativní volba nástrojů včetně vyhodnocení

V tabulce 6.1 jsou uvedeny vybrané nástroje z výrobního postupu, u kterých je provedeno srovnání s rozdílnými nástroji. Pro tyto nástroje byly zhotoveny NC programy, ze kterých byly vygenerovány hodnoty výrobního času pro porovnání při totožné operaci. Hodnoty řezných podmínek budou voleny dle tabulek a doporučení v příslušném katalogu pro nástroj. Opotřebením nástroje a trvanlivostí se zde neuvažuje. Jednotlivá kritéria jsou představena v následujících bodech:

A) V prvním případě byly porovnány rozdílné vrtáky z katalogu SECO. Výpočet strojního času byl proveden pro otvor o délce 20 mm. Ani pro jeden ze srovnávaných vrtáků není nutné předvrtávání otvoru. Dle výsledků strojního času by bylo, z hlediska produktivity, výhodnější použít monolitní vrták Seco Feedmax – SD203A [18].

B) V tomto bodě byly porovnány nástroje pro dokončovací operaci obrábění vnějšího \varnothing 390 h10. Pro tuto operaci byla zvolena fréza pro frézování do rohu a drážkování \varnothing 63 mm. Další možností obráběcího nástroje je použití vyvrtávací tyče. Výsledné časy byly získány z NC programu, vytvořeného pro porovnání těchto nástrojů. Použití vyvrtávací tyče je z časového hlediska výhodnější. Rozdíl mezi časy převyšuje 2 minuty. Avšak výhodou frézovacího nástroje je současné obrobení čelní plochy a možnost použití na více operací. Nevýhodou vyvrtávací tyče je její jednoúhelné použití pouze na průměr \varnothing 390 mm, na který je tyč seřízena. Z těchto důvodů by bylo výhodnější použití frézy [3,18].

Tab. 6.1 Porovnání vybraných nástrojů [3,18,27,28].

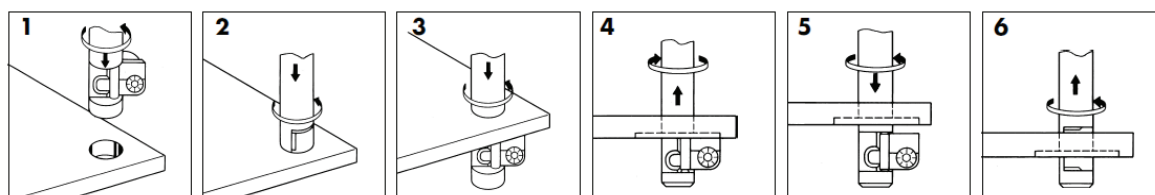
	Nástroj z výrobního postupu	Nástroj k porovnání	
A)	T11 - Vrták s vyměnitelnou korunkou Ø17x60 Crownloc-SD103	Monolitní vrták Ø17x40 Seco Feedmax -SD203A	
			
	V_c [m.min ⁻¹]	120	140
	f [mm]	0,4	0,55
	L [mm]	20	20
	n [min ⁻¹]	2247	2622
T_c [min]	0,022	0,014	
B)	T17 - Fréza pro frézování do rohu a drážkování Ø63x40 $a_p=7,5$	Vyvrtávací tyč Bridge vnější Ø390	
			
	V_c [m.min ⁻¹]	310	140
	f_z [mm]	0,12	0,1
	L [mm]	20	20
	n [min ⁻¹]	1566	143
T_c [min]	3,65	1,4	
C)	T12, T14, T22 - Zpětný záhlubník s ručním nasazováním korunky	Zpětný záhlubník Erix tool	
			
D)	T6 - Fréza Ø100x50 $z=8$ $a_p=20$	Fréza se zuby ve šroubovici Ø80x292 $z=4$ $a_p=120$	
			
	V_c [m.min ⁻¹]	255	120
	f_z [mm]	0,22	0,16
	L [mm]	400	400
	h [mm]	132	132
	n [min ⁻¹]	810	480
	T_c [min]	5,23	2,6

C) Dalšími nástroji pro porovnání jsou zpětné záhlubníky. Do technologického postupu byly zvoleny zpětné záhlubníky s ručním nasazováním korunky, které jsou ve firmě běžně používány [27]. Nevýhodou těchto záhlubníků je dlouhý strojní čas při jejich používání. Výroba zahloubení probíhá způsobem:

- těleso nástroje projede skrze otvor bez otáček,
- nasazení korunky záhlubníku pracovníkem,
- spuštění programu – zhotovení zahloubení,
- zastavení otáček a programu,
- sejmutí korunky záhlubníku,
- vyjetí těla nástroje a pokračování v operaci.

Toto je velmi časově náročné a pro výrobu 16 zahloubení, které se na součásti nacházejí, nepřiliš praktické.

Při použití zpětného záhlubníku Erix tool není potřeba zastavování programu a ruční manipulace s nástrojem. Princip funkce nástroje je zobrazen na obr. 6.1.



Obr. 6.1 Princip funkce zpětného záhlubníku Erix tool [28].

D) Frézy byly porovnány z hlediska hrubování plochy. Dle postupu bude plocha obráběna frézou pro frézování do rohu a drážkování. Jako náhrada nástroje byla zvolena fréza se zuby ve šroubovici. Hlavní rozdíl mezi těmito nástroji je axiální hloubka řezu, viz tab. 6.1. Výhodnější variantou bude zřejmě volba frézy se zuby ve šroubovici, vzhledem k polovičnímu výrobnímu času oproti nástroji T6 [3].

7 DISKUZE

Příprava výroby.

Vzhledem k nerovnoměrnému tvaru převodové skříně je předpoklad vnitřního pnutí v odlitku, které by v průběhu opracování mohlo způsobit jeho deformaci. Tento případ záleží kus od kusu (výrobní sérii) a je nutno upravit přípravu a postup vzhledem k chování dílce v procesu. Možným řešením je sundání dílce z přípravku po vyhrubování ploch a následný čas pro ustálení odlitku. V této situaci by se musely upravit (zvýšit) přídavky na dokončovací operace dle potřeby.

Materiál součásti.

Při volbě materiálu byl brán ohled na oblasti použití dílce. Litina má oproti oceli řadu výhod a navíc je vhodná do nízkých teplot. Dobře tlumí vibrace a oproti ocelím má vyšší životnost.

Přípravky.

Návrh a výroba upínacích přípravků pro obrábění dílu je závislá na ekonomických a výrobních možnostech firmy. Výroba svařovaného přípravku vyžaduje možnost hrubého vypálení dílů přípravku, jejich opracování, svaření do požadovaného tvaru a následné opracování dosedacích ploch a otvorů pro upnutí dílu. Výroba přípravku je závislá na výrobních možnostech a technickém vybavení firmy. S ohledem na finanční prostředky vložené do výroby přípravku je nutné posoudit, jak tyto náklady rozpustit do výroby. Jedna z možností je vyrobit přípravky za režijní náklady. Další z možností je rozpustit tyto náklady do výrobní série kusů. Tato volba závisí na počtu vyráběných kusů a opakování výroby.

Další alternativou zhotovení přípravku je montáž přípravku ze stavebnicových komponentů (pokud jsou k dispozici).

Jako další, zřejmě nejlevnější a jednoduchá možnost, je výroba podpěrek, jejich montáž přímo na upínací plochy stroje (stůl, úhelník pro kusovou výrobu) a opracování dosedacích ploch pro odlitek. Nevýhodou je, že pro každou sérii se musí tyto podpěrky opakovaně montovat a opracovat (delší přípravné časy).

Nástroje.

Nástroje byly voleny dle vybavení a zvyklostí podniku.

Měřicí nástroje.

Měřicí nástroje byly zvoleny jako standardní vybavení firmy.

Výrobní a kontrolní zařízení.

Výrobní a kontrolní zařízení bylo zvoleno s ohledem na vybavení firmy.

ZÁVĚR

Pro zadanou součást byl sestaven technologický proces v závislosti na strojním vybavení a technických možnostech firmy Wikov MGI.

Firma Wikov MGI se sídlem v Hronově je strojírenskou firmou, zabývající se výrobou komponentů pro různé typy převodových skříní pro různá odvětví průmyslu. Díky výrobnímu sortimentu kooperuje firma s dodavateli výpalků a odlitků s různými dodavatelskými firmami.

Návrh technologie výroby skříně převodovky, která je předmětem této bakalářské práce, byl vypracován a konzultován na úseku TPV firmy Wikov.

Na opracování dílce byly zvoleny nástroje od firmy Seco, které se ve výše uvedené firmě používají. Typy nástrojů a řezné podmínky byly čerpány dle údajů uvedených v příslušném katalogu. Pro objektivní volbu nástrojů bylo provedeno vzájemné porovnání nástrojů určených pro opracování dílu. U některých nástrojů byl hlavním, avšak ne zcela zásadním, parametrem pro volbu strojní čas. Rozhodovala zde hlediska univerzálnosti a použití nástroje oproti jednoúčelovému i za cenu vyššího strojního času.

Pro opracování dílu byly zvoleny stroje Hedelius BC100 a Heckert 800. S ohledem na velikost a hmotnost opracovávaného dílu, variabilnost a produktivitu strojů.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Wikov [online]. [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: <http://www.wikov.com>
2. WIKOV. *Materiály firmy Wikov*. 2016.
3. SECO TOOLS AB. Seco katalog 2012: *Frézování*. 2012.
4. HRŮZEK, Lukáš. *Zpracování technologické dokumentace pro výrobu odlitku z litiny s kuličkovým grafitem pro podvozek automobilu* [online]. Ostrava, 2011 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: http://www.fmmi.vsb.cz/export/sites/fmmi/akreditace/cs/prodlouzeni-materialy-a-technologie-pro-automobilovy-prumysl/Zpracovani-technologickx-dokumentace-pro-podvozek-automobilu/Bc_prace.pdf. Bakalářská práce. VŠB-Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Prof. Ing. Tomáš Elbel, CSc.
5. ROUČKA, Jaromír. *Metalurgie litin* [online]. [cit. 2016-03-4]. Dostupné z: <http://www.fsiforum.cz/upload/soubory/databaze-predmetu/CME/Metalurgie%20litin.pdf>
6. SEMRÁD, Lukáš. *Mechanické vlastnosti odlitku z LKG* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2009 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/14503>. Vedoucí práce Stanislav Věchet.
7. [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=17770. Bakalářská práce.
8. *Příručka obrábění*. Praha: Scientia, s.r.o., 1997. ISBN 91-97 22 99-4-6.
9. HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje* [online]. 2006 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/mat_pro_rez_nastroje/materialy_pro_rezne_nastroje_v2.pdf
10. BORO VAN, Petr. *Technology-support s.r.o: Moderní řezné materiály* [online]. 2012 [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <https://www.t-support.cz/kat/moderni-rezne-materialy-1-cast-2>
11. DE VOS, Patrick. SECO TOOLS AB *Obrábění kovů: Teorie v praxi*. 2014.
12. HEDELIUS: *Machining centres* [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://hedelius.de/machine/bc-1003500-2/#&panel1-1>
13. *Hedelius* [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: http://hedelius.de/wp-content/uploads/2014/05/Bearbeitungszentrum_BC100-3500__.png
14. *Starrag Group* [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <https://www.starrag.com/en-us/machine-361?machineId=65>
15. MACHINE TOOL SOLUTIONS: *Starragheckert - 5 axis milling* [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.machinetoolsolutions.com.au/Newsletter.aspx?id=3>

16. ČEP, Robert a Jana PETRŮ. *TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ V PŘÍKLADECH: 2 Výrobní postupy* [online]. Ostrava, 2013 [cit. 2016-04-27]. ISBN 978-80-248-3014-8. Dostupné z: http://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY_01_003/Technologie%20obr%C3%A1b%C4%9Bn%C3%AD%20-%20v%20p%C5%99%C3%ADkladech/03%20Text%20pro%20e-learning/Technologie%20obrabeni%20v%20p%C5%99%C3%ADkladech%2002%20V%C3%9DROBN%C3%8D%20%20POSTUPY.pdf
17. *STROJE SVOBODA: Měřicí přístroje* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.strojesvoboda.cz/katalog.php?page=KATALOG&katalog=P%C5%99%C3%ADslu%C5%A1enstv%C3%AD/M%C4%9B%C5%99%C3%ADc%C3%AD%20p%C5%99%C3%ADstroje&mask=&o=1>
18. SECO TOOLS AB. Seco katalog 2012: *Obrábění otvorů*. 2012
19. SECO TOOLS AB. Seco katalog 2012: *Monolitní stopkové frézy*. 2012
20. PRENIKÁŘ, Jiří a Miroslav Tykal. *Strojírenská Metrologie II*. První. Brno: AKADEMICKÉ VYDAVATELSTVÍ CERM, s.r.o. Brno, 2006. ISBN 80-214-3338-8.
21. HAPON SPOL. S R.O.: *Strojní vybavení* [online]. Praha, 2012 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.hapon.cz/vyrobní-program/zakazkova-vyroba/strojní-vybavení/>
22. *STROJE SVOBODA: Upínací úhelníky* [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.strojesvoboda.cz/katalog.php?page=KATALOG&katalog=P%C5%99%C3%ADslu%C5%A1enstv%C3%AD/Up%C3%ADnac%C3%AD%20%C3%BAheln%C3%ADky&mask=&o=1>
23. *Technický portál: TopSolid komplexní CAD a CAD/CAM software* [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/topsolid-komplexni-cad-a-cad-cam-software_17276.html
24. KUNDELA, Miroslav. *Možnosti systému Sinumerik 840D při programování louskáčku na ořechy* [online]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2014 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/32638>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Aleš Polzer.
25. *SINUMERIK: Příručka programování*. 2004.
26. ŠTULPA, Miroslav. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. Praha: BEN - technická literatura, 2006. ISBN 978-80-7300-207-7.

27. *Nástroje pro zpětné zahlubování* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: http://www.nastroje-o.cz/zp_zahl/zpetne_zahlubovani.pdf
28. *ERIX TOOL AB* [online]. Švédsko [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.erixtool.com/>
29. KOVONÁSTROJE. *Nástroje pro kovoobrábění* [online]. Zlín, 2005 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.kovonastroje.cz/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
Al ₂ O ₃	[-]	oxid hlinitý
CAD	[-]	počítačem podporované kreslení
CAM	[-]	počítačová podpora obrábění
CBN	[-]	kubického nitridu bóru
CNC	[-]	computer numeric control
CVD	[-]	chemické nanášení povlaku
HRC	[-]	tvrdost dle Rockwella
HSS	[-]	rychlořezná ocel
LKG	[-]	litina s kuličkovým grafitem
NC	[-]	numeric control
PKBN	[-]	polykrystalický kubický nitrid bóru
PKD	[-]	polykrystalický diamant
PVD	[-]	fyzikální nanášení povlaku
Si ₃ N ₄	[-]	nitrid křemíku
SK	[-]	slinutý karbid
SMS	[-]	souřadnicový měřicí stroj
Ti	[-]	titan
TiC	[-]	karbid titanu
TiN	[-]	nitrid titanu
TP	[-]	technologický postup
WC	[-]	karbid wolframu

Symbol	Jednotka	Popis
R _a	[μm]	střední aritmetická hodnota drsnosti
V _c	[m.min ⁻¹]	řezná rychlost

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výrobní výkres součásti
Příloha 2	Technologický postup
Příloha 3	Technické parametry stroje HEDELIUS BC100/3500
Příloha 4	Technické parametry stroje HEC 800 Athletic
Příloha 5	Seznam použitých nástrojů
Příloha 6	NC program

PŘÍLOHA 2

Technologický postup.

Číslo operace	Pracoviště - stroj	Popis práce	Číslo nástroje
1	Ruční pracoviště - nádrh	Orýsovat odlitek ve třech osách	nádrh
2	Hedelius BC 100	Upnout odlitek na stavitelné podpěry, vyrovnat - viz obr. 3.5, upínky umístit proti podpěrám	
		Orovnat pomocné nálitky	T1
		Vrtat do nálitků 4x otvor skrz pro kolíky $\varnothing 9,8$	T2
		Vyvrtnat otvory na $\varnothing 10 H7$	T3
		Srazit hranu v otvorech a po obvodě nálitku $0,5 \times 45^\circ$	T4
3	HEC 800	Upnou na přípravek číslo 1, pomocí ustavovacích kolíků $\varnothing 10_{-0,05}^{-0,02}$ - viz obr. 3.6	
		Pro omezení vibrací použít stavitelné podpěrky alternativně rozpěrné šrouby	
		Hrubovat plochu dělicí roviny s přídavkem 0,5 kontrola vyrovnání	T5
		Frézovat plochu na průměru příruby 420 s přídavkem 0,5	
		Hrubovat kolmé plochy přírub s přídavkem 0,5	T6
		Hrubovat plochu límce s přídavkem 0,5	T1
		Natočit stůl o $\pm 90^\circ$:	
		Frézovat čela nábojů na celkovou délku 1182	T5
		Natočit stůl $+90^\circ$:	
		Frézovat vnitřní plochu v náboji	T1
		Dle řezu J-J frézovat osazení $\varnothing 391$ do hloubky 17,5 $\varnothing 421$ do hloubky 21,5	
		Natočit stůl -90° :	
		Frézovat vnitřní plochu v náboji	
		Dle řezu E-E frézovat osazení $\varnothing 371$ do vzdálenosti 2,5 od čela	
		Natočit stůl $+90^\circ$:	
		Vyvrtnat z čela $\varnothing 276,2$	T7
		Natočit stůl -90° :	
Vyvrtnat z čela $\varnothing 276,2$			
Natočit stůl $+90^\circ$:			
Vyvrtnat z čela $\varnothing 359,2$	T8		
Natočit stůl -90° :			
Vyvrtnat z čela $\varnothing 359,2$			

PŘÍLOHA 2

Technologický postup.

Číslo operace	Pracoviště - stroj	Popis práce	Číslo nástroje
		Natočit stůl +90°:	
		Frézovat vnitřní drážku dle detailu B	T9
		Natočit stůl -90°:	
		Frézovat vnitřní drážku dle detailu G	
		Natočit stůl +90°:	
		Zhotovit zápich dle výkresu - detail B	T10
		Natočit stůl -90°:	
		Zhotovit zápich dle výkresu- detail G	
		Otočit stůl do výchozí pozice 0°	
		Frézovat plochu dělicí roviny a plochu na přírubě na hotovo s opracováním Ra=6,3	T17
		Frézovat plochu límce a kolmé plochy přírub na hotovo s opracováním Ra=6,3	
		Natočit stůl +90°:	
		Frézovat vnější průměr \varnothing 390 h10 do vzdálenosti 18 od čela	
		Frézovat vnější průměr \varnothing 420 do vzdálenosti 22 od čela	
		Natočit stůl -90°:	
		Frézovat vnější \varnothing 370 h7 do vzdálenosti 3 od čela	
		Natočit stůl +90°:	
		Vrtat otvory na přírubě 8x \varnothing 17 skrz	T11
		Natočit stůl -90°:	
		Vrtat otvory na přírubě 8x \varnothing 17 skrz	
		Natočit stůl +90°:	
		Otvory \varnothing 17 z druhé strany orovnat \varnothing 30 do hloubky 1	T12
		Z čela vrtat otvor \varnothing 10,7 v drážce dle řezu I-I	T13
		Natočit stůl -90°:	
		Z čela vrtat otvor \varnothing 10,7 do hloubky 52	
		Otvory \varnothing 17 z druhé strany orovnat 8x \varnothing 36,6	T14
		Natočit stůl +90°:	
		Z čela vrtat otvor \varnothing 10 do hloubky 25	T15
		Najet nástrojem bez otáček do předvrtané díry do hloubky 23, spustit vřeteno stroje a chlazení, bez přerušení řezu vrtat otvor \varnothing 10 do hloubky 108	T16
		Po dokončení snížit otáčky na 400 min ⁻¹ a vyjet s nástrojem při posuvu 4x větší nežli je pracovní	

PŘÍLOHA 2

Technologický postup.

Číslo operace	Pracoviště - stroj	Popis práce	Číslo nástroje
		Otočit stůl do výchozí pozice 0°	
		Vrtat pro závit M12 2x otvor \varnothing 10,2 do hloubky 30	T18
		Srazit hrany v otvorech 0,5x45°	T4
		Natočit stůl +90°:	
		Na \varnothing 294 srazit hranu 1,6x45°	
		Srazit hrany 0,5x45° v otvorech \varnothing 17	
		Natočit stůl -90°:	
		Na \varnothing 294 srazit hranu 1,6x45°	
		Srazit hrany 0,5x45° v otvorech \varnothing 17	
		Otočit stůl do výchozí pozice 0°	
		Řezat závity 2x M12 do hloubky 20	T19
		Vrtat 8x otvor na límci \varnothing 39 skrz	T20
		Vrtat 4x otvor \varnothing 38,8 skrz	T33
		Otvory \varnothing 38,8 vyvrtat na \varnothing 39 h7	T21
		Orovnat otvory 4x \varnothing 39h7 zpětným záhlubníkem \varnothing 65	T22
		Vrtat na límci pro závit M36 4x otvor \varnothing 32 skrz	T23
		Řezat závity 4x M36 skrz	T24
		Natočit stůl +90°:	
		Vyvrtat na čisto vnitřní průměr \varnothing 277 H9	T25
		Natočit stůl -90°:	
		Vyvrtat na čisto vnitřní průměr \varnothing 277 H9	
		Natočit stůl +90°:	
		Vyvrtat na čisto vnitřní průměr \varnothing 360 G7 s opracováním Ra 2,5	T26
		Natočit stůl -90°:	
		Vyvrtat na čisto vnitřní průměr \varnothing 360 G7 s opracováním Ra 2,5	
		Natočit stůl +90°:	
		Frézovat náboj z vnějšku na \varnothing 420 šířka 25 na hotovo s opracováním Ra=3,2	T27
		Frézovat 3x zápich v \varnothing 277 H9 - detail B	T28
		Natočit stůl -90°:	
		Frézovat 3x zápich v \varnothing 277 H9 - detail G	T29
		Srazit hranu 1x45° u \varnothing 360 G7	
		Natočit stůl +90°:	
		Srazit hrany 2x45° na vnějším \varnothing 390, 1x45° na vnitřním \varnothing 360	
		Otočit stůl do výchozí pozice 0°	
		Srazit hrany 2x45°	

PŘÍLOHA 2

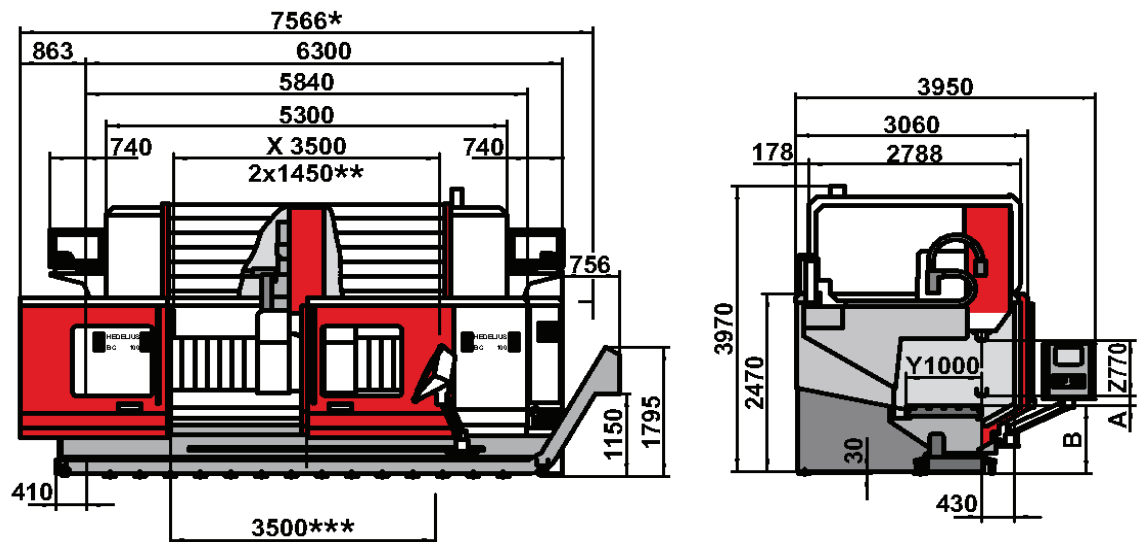
Technologický postup.

Číslo operace	Pracoviště - stroj	Popis práce	Číslo nástroje
4	HEC 800	Upnout na přípravek číslo 2, viz obr. 3.7	
		Pro omezení vibrací použít stavitelné podpěrky alternativně rozpěrné šrouby	
		Otočit stůl do výchozí pozice 0°	
		Frézovat plochu na průměru příruby 420 s přídavkem 0,5	T5
		Frézovat plochu na hotovo s opracováním Ra=6,3	T9
		Orovnat 8x otvory Ø 39 do hloubky 2 Ø 65	T30
		Natočit stůl -15°:	
		Orovnat 2x plochu o Ø 20 - dle řezu K-K	
		Natočit stůl -55°:	
		Orovnat plochu Ø 20 - dle řezu I-I	
		Otočit stůl do výchozí pozice 0°	
		Vrtat na ofrézované ploše otvor pro závit NPT 1/4" Ø 10,7 do hloubky 43	T31
		Natočit stůl -15°:	
		Vrtat 2x otvor pro závit NPT 1/4" Ø 10,7 do hloubky 30, skrz - dle řezu K-K	
		Natočit stůl -55°:	
		Vrtat otvor pro závit NPT 1/4" Ø 10,7 do hloubky 56 - dle řezu I-I	
		Otočit stůl do výchozí pozice 0°	
		Srazit hrany 2x45° v otvorech se závitem M36	T4
		Srazit hranu 0,5x45° v otvoru Ø 10,7	
		Natočit stůl -15°:	
		Srazit 2x hranu 0,5x45°	
		Natočit stůl -55°:	
		Srazit hranu 0,5x45°	
Řezat závit NPT 1/4" do hloubky 10	T32		
Natočit stůl -15°:			
Řezat 2x závit NPT 1/4" do hloubky 10			
Otočit stůl do výchozí pozice 0°			
Řezat závit NPT 1/4" do hloubky 10			
Ofrézovat pomocné nálitky	T1		
5	Kontrola Merlin 1 000	Celková kontrola rozměrů a opracovaných povrchů	

PŘÍLOHA 3

Technické parametry stroje HEDELIUS BC100/3500 [2, 12].

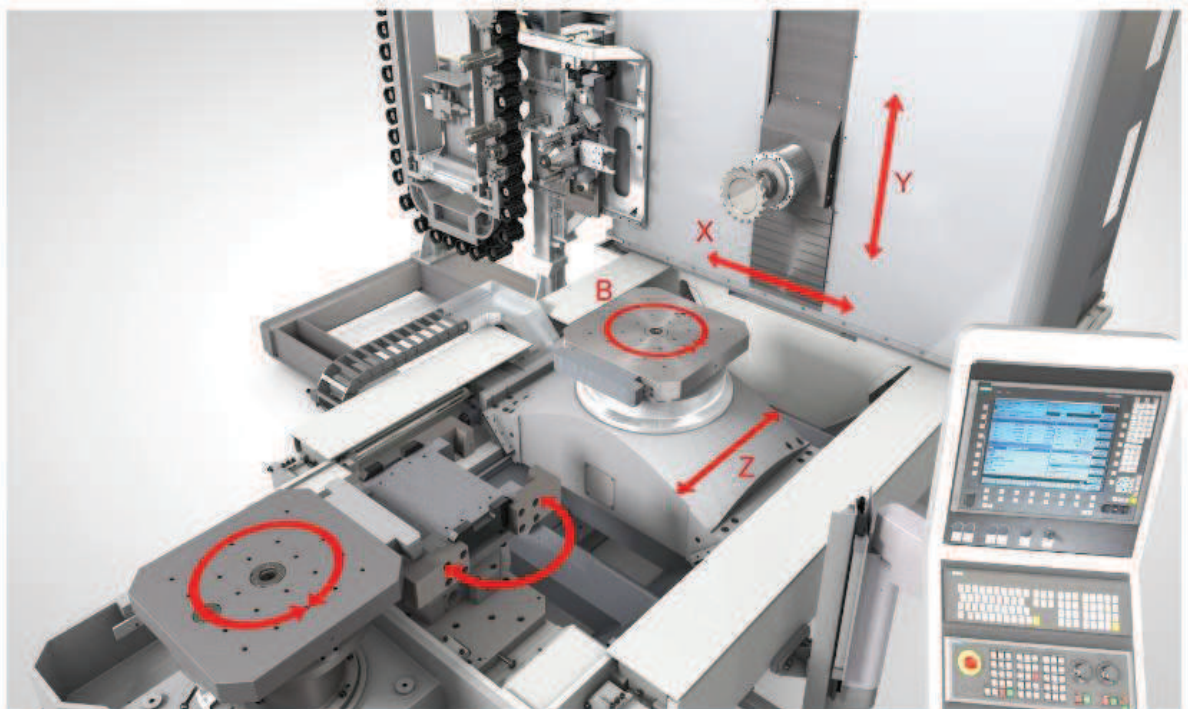
Řídicí systém	Heidenhain iTNC 530
Orientace hlavního vřetena	Vertikální
Rozměry upínací plochy	4150x1000 mm
Nosnost stolu	4000 kg
Maximální otáčky	6000 min
Rozsahy os stroje	
Osa X	3500mm
Osa Y	1000 mm
Osa Z	770 mm
Osa B	0 - 360°
Upínací kužel	SK 50
Počet nástrojů v zásobníku	30



PŘÍLOHA 4

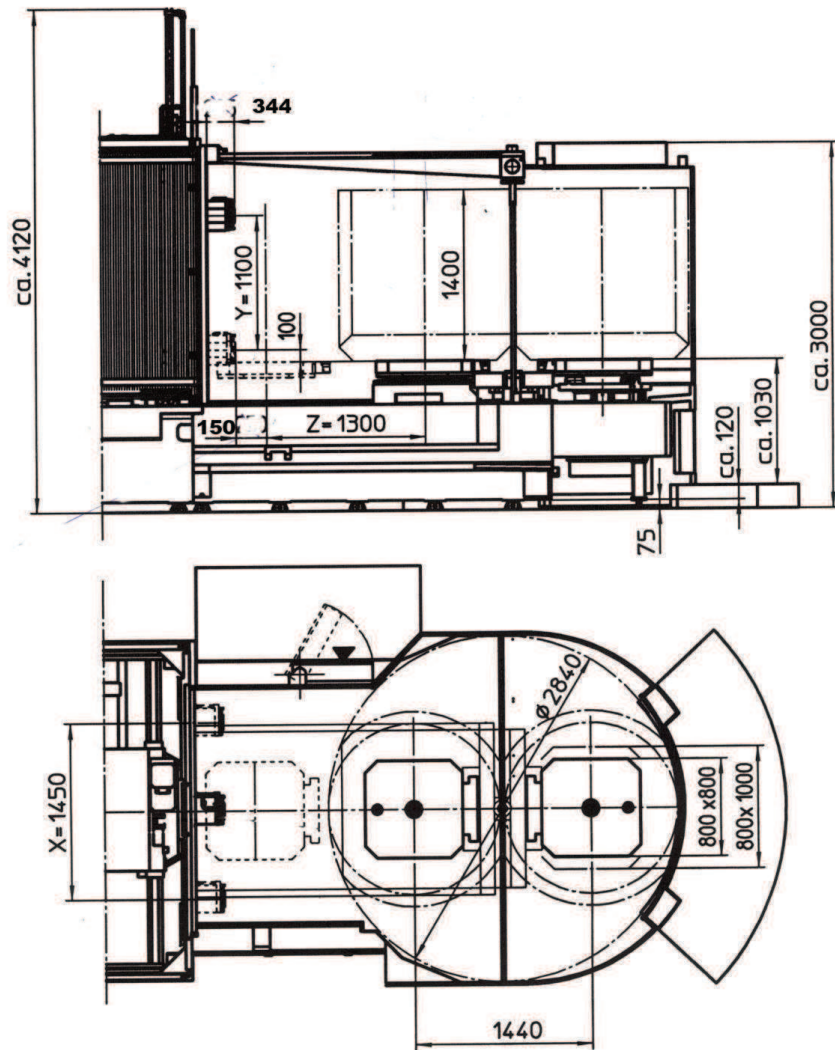
Technické parametry stroje HEC 800 Athletic [2,14].

Řídicí systém	Sinumerik 840 D
Orientace hlavního vřetena	Horizontální
Druh upínací palety	NC rotační stůl
Počet palet	2
Čas výměny palet	18 sec
Rozměry upínací plochy	800x800 (1000x800) mm
Nosnost stolu	2000 kg
Rozsahy os stroje	
Osa X	1450 mm
Osa Y	1100 mm
Osa Z	1300mm
Osa B	0 - 360°
Maximální průměr obrobku	1400/1750 mm
Max. výška obrobku	1400 mm
Upínací kužel	SK 50
Počet nástrojů v zásobníku	60
Max. průměr nástroje	325 mm
Max. délka nástroje	800 mm
Max. hmotnost nástroje	35 kg
Čas výměny nástroje	5.0 sec



PŘÍLOHA 4

Technické parametry stroje HEC 800 Athletic [2,14].



PŘÍLOHA 5

Seznam použitých nástrojů [2,3,18,19,27,29].

Číslo nástroje	Označení (objednací kód)	Označení břitové destičky	Řezné podmínky			
			řezná rychlost V_c [m.min ⁻¹]	posuv na zub f_z [mm]	posuv na otáčku f [mm]	max. šířka záběru ostří a_p [mm]
T1	Fréza Ø63x40 z=6 (R220.69-0063-12-6AN)	XOMX120408TR-M12 MK1500	345	0,1		11
T2	Vrták Ø9,8x31		110		0,41	
T3	Vyvrtačací hlava dokončovací Ø10 mm	CCMT 060202-F1	170		0,08	0,3
T4	Fréza na srážení hran Ø9x80 z=1 (R215.49-1609.3-06)	SPMX 0602AP-75 HX	220	0,3		
T5	Fréza Ø80x50 z=6 (R220.48-0080-09-06SA)	ONMU095020ANT N-M14 MK1500	240	0,25		6
T6	Fréza Ø100x50 z=8 (R220.90-0100-26-8AM)	ABEX2606ZFFR-M15 MK 1500	255	0,2		20
T7	Vyvrtačací hlava hrubovací Ø 276,2 mm	CCMT 160512-F2	100	0,4		7
T8	Vyvrtačací hlava hrubovací Ø 359,2 mm	CCMT 160512-F2	100	0,4		7
T9	Minimaster Ø16x19 z=3 (MM16-16019-R30A30-M06)		205	0,05		8
T10	Monolitní fréza Ø25x125 z=3 (553250R100Z3.0-SIRON-A)		160	0,125		
T11	Vrták s vyměnitelnou korunkou Crownloc Ø17x60 (SD103-17.00-60-20R7)		120		0,4	
T12	Zpětný záhlubník Ø17/30					
T13	Vrták Feedmax SD205A Ø10,7x118 (SD205A-10,7-56-12R1)		140		0,41	
T14	Zpětný záhlubník Ø 17/36					
T15	Vrták Feedmax SD203A Ø10x102 (SD203A-10-31-12R1)		140		0,41	
T16	Vrták Feedmax SD212A Ø10x201 (SD212A-10-132-12R1)		130		0,41	
T17	Fréza Ø63x40 - z=9 (R220.96-0063-04-9A)	XNEX040304TR-M08 MK1500	335	0,12		4
T18	Vrták Feedmax SD203A Ø10,2x102 (SD203A-10,2-31-12R5)		140		0,41	

PŘÍLOHA 5

Seznam použitých nástrojů [2,3,18,19,27,29].

Číslo nástroje	Označení (objednávací kód)	Označení břitové destičky	Řezné podmínky			
			řezná rychlost Vc [m/min]	posuv na zub f_z [mm]	posuv na otáčku f [mm]	max. šířka záběru ostří ap [mm]
T19	Strojní závitník Narex M 12 DIN376 ISO2 (6H)					
T20	Vrták Perfomax SD502 Ø39x176 (SD502-39-78-40R7)	SPGX 12T3-C1; SCGX 120408W-P2	250		0,27	
T21	Vyvrtávací hlava dokončovací Ø 39 mm	CCMT 09T302-F1	170		0,8	0,3
T22	Zpětný záhlubník Ø 39/65					
T23	Vrták Perfomax SD502 Ø32x162 (SD502-32-64-40R7-SP11)	SPGX 11T3-C1; SCGX 09T308W-P2	250		0,24	
T24	Strojní závitník Narex M 36 DIN376 ISO2 (6H)					
T25	Vyvrtávací hlava dokončovací Ø 277 mm	CCMT 060202-F1	170		0,08	0,3
T26	Vyvrtávací hlava dokončovací Ø 360 mm	CCMT 060202-F1	170		0,08	0,3
T27	Kotoučová fréza Ø250x51 (R335.18-250.2530.60-8N-16C)	335.18-1005T-M10 MK2000	175	0,25		
T28	Kotoučová monolitní fréza R2 Ø50x4 HSS ČSN 22 2210		20	0,06		
T29	Fréza na srážení hran Ø40x40 -z=3 (R220.49-0040-12)	SPMX 12T3AP-75 HX	220	0,3		
T30	Fréza zahlubovací Ø20x120 (R417.19-2020.3-07A)	0703AP; 070304	95	0,12		7
T31	Vrták Feedmax SD205A Ø10,7x118 (SD205A-10,7-56-12R1)		140		0,41	
T32	Závitník NTP 1/4"					
T33	Vrták Perfomax SD502 Ø38,8x176 (SD502-39-78-40R7)	SPGX 12T3-C1; SCGX 120408W-P2	250		0,27	

PŘÍLOHA 6

NC program.

;NAZEV SOUCASTI TLAPA - 18-052367 ;HOFFMANN /25.4.2016/ N10 DEF INT DATEI N20 STOPRE N30 R...=...;OSA X N40 R...=...;OSA Y N50 R...=...;OSA Z N60 \$P_UIFR[1]=CTTRANS(X,0 ,Y,0 ,Z,0 ,B,0);G54 N70 \$P_UIFR[2]=CTTRANS(X,0 ,Y,0 ,Z,0 ,B,0);G55 N80 \$P_UIFR[3]=CTTRANS(X,0 ,Y,0 ,Z,0 ,B,0);G56 N90 \$P_UIFR[4]=CTTRANS(X,0 ,Y,0 ,Z,0 ,B,0);G57 N100 \$P_UIFR[5]=CTTRANS(X,0 ,Y,0 ,Z,0 ,B,0);G505 N110 \$P_UIFR[6]=CTTRANS(X,0 ,Y,0 ,Z,0 ,B,0);G506	
N120 G0 G54 G60 B=DC(0) N130 T5 N140 L300 N150 MSG("ROVINNA CELNI FREZA ø80x50") N160 G54 G0 G90 B=DC(90) X219.249 Y0.637 F1515.76 S1213 M3 M8 T1 N170 G0 X219.249 Y0.637 N180 Z200 N190 Z10 N200 G1 Z0 F7500 N210 G41 X211.334 Y14.254 F1515.76 N220 G3 X203.499 Y0.592 I7.915 J-13.617 N230 G2 X-203.5 Y0 I-203.499 J-0.592 N240 G2 X203.499 Y-0.592 I203.5 J0 N250 G3 X211.334 Y-14.254 I15.75 J-0.046 N260 G40 G1 X219.249 Y-0.637 N270 G0 Z10 N280 Z200 M9 N290 G0 Z1000 ZP=0 N300 ;T1 N310 L300 N320 MSG("ROHOVA Fréza ø63x40") N330 G54 G0 G90 B=DC(90) X78.831 Y-39.622 F1220.191 S1743 M3 M8 T7 N340 G0 X78.831 Y-39.622 N350 Z200 N360 Z-80 N370 Z-83.5 N380 G1 Z-85.5 F430 N390 L11 N400 G0 X78.831 Y-39.622 N410 Z-87 N420 G1 Z-89 F430 N430 L11 N440 G0 Z20 N450 X124.65 Y-17.677 N460 Z-79.054 N470 Z-83.5 N480 G1 Z-85.5 F430 N490 L12 N500 G0 X124.65 Y-17.677 N510 Z-84.5 N520 G1 Z-86.5 F430 N530 L12	N540 G0 Z200 N550 X250.3 Y8.66 N560 Z2 N570 G1 Z0 F430 N580 G41 X241.05 Y24.682 F1220.19 N590 G3 X226.8 Y0 I14.25 J-24.682 N600 G2 X226.8 Y0 Z-17.5 I-226.8 J0 TURN=3 N610 G2 X226.8 Y0 I-226.8 J0 N620 G2 X226.798 Y-1 I-226.8 J0 N630 G3 X240.939 Y-25.744 I28.5 J-0.126 N640 G40 G1 X250.259 Y-9.764 N650 G0 Z2 N660 X265.3 Y8.66 N670 Z-15.5 N680 G1 Z-17.5 F430 N690 G41 X256.05 Y24.682 F1220.19 N700 G3 X241.8 Y0 I14.25 J-24.682 N710 G2 X241.8 Y0 Z-21.5 I-241.8 J0 TURN=0 N720 G2 X241.8 Y0 I-241.8 J0 N730 G2 X241.798 Y-1 I-241.8 J0 N740 G3 X255.946 Y-25.74 I28.5 J-0.118 N750 G40 G1 X265.262 Y-9.757 N760 G0 Z2 N770 Z200 M9 N780 G0 Z1000 ZP=0 N790 ;T7 N800 L300 N810 MSG("TYC VYVRTAVACI HRUBOVACI TYC ø 276,6") N820 G54 G0 G90 B=DC(90) X0 Y0 F92.264 S115 M3 M8 T8 N830 G0 X0 Y0 N840 Z200 N850 Z2 N860 MCALL CYCLE89 (2,-89,2,,64,0) N870 L13 N880 G0 Z2 M9 N890 G0 Z1000 ZP=0 N900 ;T8 N910 L300 N920 MSG("TYC VYVRTAVACI HRUBOVACI TYC ø359,6") N930 G54 G0 G90 B=DC(90) X0 Y0 F70.933 S89 M3 M8 T17

PŘÍLOHA 6

NC program.

N940 G0 X0 Y0 N950 Z200 N960 Z2 N970 MCALL CYCLE89 (2,0,2,,90,0) N980 L13 N990 G0 Z2 M9 N1000 G0 Z1000 ZP=0 N1010 ;T17 N1020 L300 N1030 MSG("ROVINNA ROHOVA Fréza Ø63x40") N1040 G54 G0 G90 B=DC(90) X250.021 Y-8.019 F1503.64 S1566 M3 M8 T25 N1050 G0 X250.021 Y-8.019 N1060 Z200 N1070 Z2 N1080 Z-4 N1090 G1 Z-6 F785 N1100 L14 N1110 G0 X250.021 Y-8.019 N1120 Z-10 N1130 G1 Z-12 F785 N1140 L14 N1150 G0 X250.021 Y-8.019 N1160 Z-16 N1170 G1 Z-18 F785 N1180 L14 N1190 G0 Z30 N1200 X257.249 Y0.613 N1210 Z-16 N1220 Z-20 N1230 G1 Z-22 F785 N1240 G41 X249.342 Y14.234 F1503.64 N1250 G3 X241.499 Y0.575 I7.907 J-13.621 N1260 G2 X-241.5 Y0 I-241.499 J-0.575 N1270 G2 X241.499 Y-0.575 I241.5 J0 N1280 G3 X249.342 Y-14.234 I15.75 J-0.038 N1290 G40 G1 X257.249 Y-0.613 N1300 G0 Z2 N1310 Z2 M9 N1320 G0 Z1000 ZP=0 N1330 ;T25 N1340 L300 N1350 MSG("TYC VYVRTAVACI DOKONCOVACI Ø 277") N1360 G54 G0 G90 B=DC(90) X0 Y0 F15.628 S195 M3 M8 T26 N1370 G0 X0 Y0 N1380 Z200 N1390 Z2 N1400 MCALL CYCLE89 (2,-90,2,,123.5,0) N1410 L13 N1420 G0 Z2 M9 N1430 G0 Z1000 ZP=0 N1440 ;T26 N1450 L300 N1460 MSG("TYC VYVRTAVACI DOKONCOVACI Ø 360") N1470 G54 G0 G90 B=DC(90) X0 Y0 F12.025 S150 M3 M8 T11	N1480 G0 X0 Y0 N1490 Z200 N1500 Z2 N1510 MCALL CYCLE89 (2,0,2,,90,0) N1520 L13 N1530 G0 Z2 M9 N1540 G0 Z1000 ZP=0 N1550 ;T11 N1560 L300 N1570 MSG("VRTAK S KORUNKOU Ø17x60") N1580 G54 G0 G90 B=DC(90) X-178.488 Y-149.77 F763.944 S1910 M3 M72 T29 N1590 MCALL CYCLE81 (2,-22,2,,25) N1600 L15 N1610 G0 Z2 M9 N1620 G0 Z1000 ZP=0 N1630 ;T29 N1640 L300 N1650 MSG("UHLOVA FREZA NA SR.HR. Ø40x40") N1660 G54 G0 G90 B=DC(90) X228.999 Y0.587 F2471.58 S4119 M3 M8 T5 N1670 G0 X228.999 Y0.587 N1680 Z200 N1690 Z2 N1700 Z-4 N1710 G1 Z-6 F71 N1720 G41 X218.202 Y19.179 F2471.58 N1730 G3 X207.499 Y0.532 I10.798 J-18.592 N1740 G2 X-207.5 Y0 I-207.499 J-0.532 N1750 G2 X207.499 Y-0.532 I207.5 J0 N1760 G3 X218.202 Y-19.179 I21.5 J-0.055 N1770 G40 G1 X228.999 Y-0.587 N1780 G0 Z200 N1790 X145.999 Y-0.406 N1800 Z2 N1810 Z-3 N1820 G1 Z-5 F71 N1830 G41 X156.698 Y-19.055 F2471.58 N1840 G3 X167.499 Y-0.465 I-10.698 J18.649 N1850 G3 X-167.5 Y0 I-167.499 J0.465 N1860 G3 X167.499 Y0.465 I167.5 J0 N1870 G3 X156.698 Y19.055 I-21.5 J-0.06 N1880 G40 G1 X145.999 Y0.406 N1890 G0 Z200 N1900 Z2 M9 N1910 G0 Z1000 ZP=0 N1920 ;T5 N1930 Z1200 ZP=0 N1940 G90 G53 M95 D0 N1950 L300 N1960 G4 F2 N1970 M30 N1980 #END_PGM
--	--

PŘÍLOHA 6

NC program.

PODPROGRAM:	
L11	N10 G41 X83.698 Y-67.703 F1220.191 N20 G3 X140.499 Y-0.408 I-11.699 J67.494 N30 G3 X-140.5 Y0 I-140.499 J0.408 N40 G3 X140.499 Y0.408 I140.5 J0 N50 G3 X83.698 Y67.703 I-68.5 J-0.199 N60 G40 G1 X78.831 Y39.622 N70 M17
L12	N10 G41 X128.879 Y-25.05 F1220.19 N20 G3 X143.199 Y-0.409 I-14.179 J24.722 N30 G3 X-143.2 Y0 I-143.199 J0.409 N40 G3 X143.199 Y0.409 I143.2 J0 N50 G3 X128.879 Y25.05 I-28.5 J-0.081 N60 G40 G1 X124.65 Y17.677 N70 M17
L13	N10 X0 Y0 N20 MCALL N30 M17
L14	N10 G41 X235.708 Y16.626 F1503.64 N20 G3 X226.499 Y0.581 I9.291 J-15.998 N30 G2 X-226.5 Y0 I-226.499 J-0.581 N40 G2 X226.499 Y-0.581 I226.5 J0 N50 G3 X235.708 Y-16.626 I18.5 J-0.047 N60 G40 G1 X250.021 Y8.019 N70 M17
L15	N10 X-178.488 Y-149.77 N20 X-102.14 Y-209.419 N30 X102.14 N40 X178.488 Y-149.77 N50 Y149.77 N60 X102.14 Y209.419 N70 X-102.14