

RACIONALIZACE TECHNICKÉ PŘÍPRAVY VÝROBY DANÉ SOUČÁSTI

Lukáš Zítka

Bakalářská práce
2015

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš Zítka**
Osobní číslo: **T13961**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Racionalizace technické přípravy výroby dané součásti**

Zásady pro vypracování:

1. Popište konvenční a nekonvenční technologie výroby
2. Proveďte literární rešerši na téma technická příprava výroby (TPV)
3. Vypracujte kompletní TPV dané součásti pro zvolené technologie výroby
4. Vyhodnoťte výsledky experimentu
5. Porovnejte ekonomickou výhodnost zvolených technologií

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tisková/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího BP

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Čop

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

30. ledna 2015


Termín odevzdání bakalářské práce:

22. května 2015

Ve Zlíně dne 30. dubna 2015


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské/diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům.

Ve Zlíně22.5.2015.....


.....
Jméno, příjmení, podpis

1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlédnutí veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce požítovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnožení.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užit či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jim dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídnou k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá racionalizací technické přípravy výroby, ručním a strojním programováním zadané součásti.

V teoretické části práce je provedena rešerše na téma Technologie výroby kovových součástí, včetně progresivních technologií. Další rešerše se zabývají technickou přípravou výroby s uvedením ERP systémů a CNC programování, kde jsou zmíněny hlavní pojmy i přehled CAD/CAM systému v ČR.

V praktické části samotné je srovnání ručního programování zadané součásti pro CNC obráběcí stroj a strojního programování zadané součásti v CAM systému. Tato část se zabývá také racionalizací přípravy výroby tunelových vtoků na tvárnici čtyřnásobné vstříkovací formy. Bakalářská práce je uzavřena vyhodnocením porovnání ručního i strojního programování a také vyhodnocením racionalizace přípravy výroby vtokového ústí.

Klíčová slova:

CNC, CAD/CAM software, TPV, NC programování

ABSTRACT

This thesis deals with rationalizing the technical preparation of manufacture as well as manual and machine-operated programming of a given component.

The thesis contains research of metallic components manufacturing technology, including progressive technologies. Other research concerns Technical preparation of manufacturing with introducing ERP systems and CNC programming where the main terms as well as an overview of the CAD/CAM system in the Czech Republic is mentioned.

The practical part itself includes a comparison of manual programming of a given component for CNC machine tool and machine-operated programming of a given component in the CAM system. This part also deals with rationalizing the preparation of tunnel inflows manufacture on a breeze block of a quadruple injection form. The thesis is completed by evaluating the comparison of manual and machine-operated programming, as well as evaluating the rationalization of preparing the tunnel inflow manufacture.

Keywords:

CNC, CAD/CAM software, TPV, NC programming

Poděkování

Chtěl bych poděkovat rodině i přátelům za dlouhodobou podporu při studiu, bez níž by vznik této práce nebyl možný. Velký dík, nejen za dodání potřebných materiálů a poskytnutí možnosti realizace praktické části bakalářské práce, patří firmě Koh-i-noor Formex s.r.o., a jejím zaměstnancům. Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu své bakalářské práce Ing. Jiřímu Čopovi za všechny cenné rady a připomínky.

Motto

„Udělat věc, které se bojíme, je první krok k úspěchu.“

Mahátma Gándhí

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 TECHNOLOGIE VÝROBY KOVOVÝCH SOUČÁSTÍ	13
1.1 TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ	13
1.1.1 Konvenční obrábění	14
1.1.1.1 Soustružení.....	14
1.1.1.2 Frézování	15
1.1.1.3 Broušení	16
1.1.1.4 Vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování	17
1.1.1.5 Dokončovací konvenční technologie obrábění.....	18
1.1.2 Nekonvenční obrábění.....	19
1.1.2.1 Obrábění ultrazvukem.....	19
1.1.2.2 Obrábění plazmou.....	20
1.1.2.3 Obrábění vodním paprskem.....	20
1.1.2.4 Elektroerozivní obrábění.....	21
1.1.2.5 Elektrochemické obrábění	22
1.1.2.6 Obrábění laserem	23
1.1.2.7 Obrábění svazkem elektronů.....	23
1.2 TECHNOLOGIE SLÉVÁRENSTVÍ	24
1.2.1 Postup výroby odlitku	24
1.2.2 Způsoby lití	25
1.3 TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ.....	26
1.3.1 Rozdělení technologií tváření kovů.....	26
1.3.2 Plošné tváření	26
1.3.3 Objemové tváření	27
1.3.4 Tváření za tepla	28
1.3.5 Tváření za studena.....	29
1.4 TECHNOLOGIE RAPID PROTOTYPING	29
1.4.1 Základní technologie rapid prototyping	29
1.4.2 Rapid prototyping na bázi fotopolymerů.....	30
1.4.3 Rapid prototyping na bázi práškových materiálů.....	30
1.4.4 Rapid prototyping tuhých materiálů.....	31
1.5 TECHNOLOGIE PIM	32
2 TECHNICKÁ PŘÍPRAVA VÝROBY	33
2.1 PŘÍPRAVA TPV	33
2.2 ERP SYSTÉMY	34
2.3 RACIONALIZACE.....	35
2.4 VÝPOČTY	35
3 CNC PROGRAMOVÁNÍ	38

3.1	RUČNÍ PROGRAMOVÁNÍ.....	38
3.1.1	Základní pojmy.....	38
3.1.2	Struktura programování.....	39
3.1.3	Cykly	39
3.1.4	Prostředí pro ruční programování	40
3.1.5	Absolutní a přírůstkové NC programování	40
3.1.6	Referenční poloha a souřadný systém	41
3.1.7	Konfigurace programu a zdvihu.....	41
3.2	STROJNÍ PROGRAMOVÁNÍ	43
3.2.1	Programovací režimy číslicově řízených strojů	43
3.2.2	CAM systémy a jejich využití v praxi	44
3.2.3	Moduly CAM systémů	44
3.2.4	Rozdělení CAM systémů podle os	46
3.2.5	Přehled nejrozšířenějších CAM softwarů v ČR	46
3.2.6	CAD/CAM software PowerMill	47
3.2.7	Postprocesory	47
II	PRAKTICKÁ ČÁST	48
4	CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	49
5	POPIS A PŘÍPRAVA OBRÁBĚNÉ SOUČÁSTI.....	50
5.1	REVIZE OD PRVNÍHO VZOROVÁNÍ PO UVEDENÍ DO SÉRIOVÉHO STAVU	51
6	VÝROBA VTOKOVÝCH ÚSTÍ.....	52
6.1	VÝROBA VTOKOVÉHO ÚSTÍ HLOUBENÍM	52
6.1.1	Specifikace programování a stroje Strathclyde STH 50-40	53
6.1.2	Program pro EDM obrábění	54
6.2	VÝROBA VTOKOVÉHO ÚSTÍ NA 5-TI OSÉM CNC CENTRU	55
6.2.1	Specifikace programování a stroje Rödgers RXU 1000 DSH.....	55
6.2.2	Program pro CNC obrábění.....	56
6.3	ZHODNOCENÍ VÝROBY VTOKOVÝCH ÚSTÍ	59
6.3.1	Původní technologie výroby tunelového vtoku.....	59
6.3.2	Nová technologie výroby tunelového vtoku.....	60
6.4	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH TYPŮ VÝROBY	60
7	VÝROBA DOSEDACÍCH A UPÍNACÍCH PLOCH NA TVARNICI	61
7.1	RUČNÍ PROGRAMOVÁNÍ.....	62
7.2	DÍLENSKÉ PROGRAMOVÁNÍ	63
7.2.1	Charakteristika programu Heidenhains iTNC530.....	63
7.2.2	Program pro dílenské programování	63
7.3	STROJNÍ PROGRAMOVÁNÍ	64
7.3.1	Charakteristika programu PowerMill 2015 R2	64
7.3.2	Program pro strojní programování	64
7.4	EKONOMICKO-TECHNICKÉ ZHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH TYPŮ PROGRAMOVÁNÍ	67
	ZÁVĚR	70

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	71
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	74
SEZNAM OBRÁZKŮ	76
SEZNAM TABULEK.....	78
SEZNAM PŘÍLOH.....	79

ÚVOD

Racionalizace technické přípravy výroby je jedním z hlavních kroků k modernizaci výroby. Samotná výroba je velmi často řízená s využitím ERP systémů, které umožňují efektivní plánování a okamžitý přehled o procesích ve firmě. Prototypy výrobků jsou v současné době zhotovovány doslova přes noc s využitím progresivních technologií Rapid Prototypingu. Vývojový pracovníci tak mají možnost vyzkoušet si takto zhotovený díl v zástavbě nebo jej mohou prezentovat kolegům a zákazníkům pro lepší představu o produktu dříve, než je výrobek zhotoven klasickou výrobní technologií. V neposlední řadě se s uvolňujícími patenty prosazuje 3D tisk kovem, který umožňuje zhotovit tvary, které nejsou jinými technologiemi vyrobitelné. V oblasti kusové i sériové výroby jsou dnes v podnicích využívány CNC multifunkční obráběcí centra, které kombinují různé obráběcí technologie. Tyto CNC centra jsou programována v CAD/CAM aplikacích, které velmi významně usnadňují přípravu výroby i výrobu jako takovou. Snižují významně nepřesnosti působením lidského faktoru a umožňují výrobu velmi sofistikovaných obrobků v přesnosti, kvalitě obrobených povrchů a výrobních časech, které byly ještě nedávno nemyslitelné. Strukturu výroby součástí v CAD/CAM aplikacích lze chápat jako souhrn činností probíhajících na jednotlivých rozhraních, které provázejí zhotovení výrobku od počáteční fáze návrhu, až po konečnou fázi výroby, jejímž výsledkem je výrobek. První CAD, v kterém se vytváří výrobní dokumentace, se zrodil v sedmdesátých letech 20. století. V roce 1961 byl pak zaveden do výroby první číslicově řízený NC stroj. V té době se pro archivaci dat používaly děrné pásy nebo štítky. Průběh vývoje je spojen s rozmachem počítačové techniky a projevuje se ve všech odvětvích průmyslu. Proces racionalizace přispívá zásadně k zefektivňování celého výrobního procesu a tím ke snižování nákladů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE VÝROBY KOVOVÝCH SOUČÁSTÍ

Počátky této technologie sahají do období 3000 až 2000 let př. n. l., kdy došlo poprvé k tavení železné rudy. Na naše území se výroba a zpracování železa dostala v době železné (přibližně v období 650 let př. n. l.). K největšímu rozmachu těchto technologií v podobě, v jaké jí známe, pak přispěla průmyslová revoluce a první i druhá světová válka. K základním technologiím patří technologie obrábění, které se dělí na konvenční a nekonvenční, slévárenství a technologie tváření. V současnosti se začíná prosazovat hybridní výroba, tj. například aditivní technologie, mezi které patří rapid prototyping (3D tisk) technologií laserového sintrování a 5ti-osého obrábění současně na jednom stroji. [1, 2, 22]

1.1 Technologie obrábění

Obrábění je technologický proces, při kterém je vytvářen povrch obrobku určitého tvaru, rozměrů a jakosti, a to odebráním částic materiálu pomocí účinků mechanických, elektrických, chemických, případně jejich kombinacemi. Základním prvkem obráběcího systému, který tvoří stroj-obrobek-nástroj je obráběcí stroj. Technologické vlastnosti obráběcího stroje velmi výrazně ovlivňují výsledný efekt celého obráběcího procesu a to jak z hlediska hospodárnosti, tak z hlediska parametrů obrobenej plochy. Technologie obrábění se dělí na konvenční a nekonvenční technologie. Obecně se obrobek napřed hrubuje, následuje obrábění na čisto (šlicht) a jemné obrábění (došlicht). Hrubování je odebrání velkého množství objemu materiálu za jednotku času, při obrábění na čisto a jemném obrábění je třeba dodržet předepsaných parametrů obráběné plochy. [11] U konvenčního obrábění je odebraný materiál znovu recyklovatelný. U nekonvenčního obrábění nikoliv, protože se jedná již o chemicky odlišnou látku. Tato práce se zabývá hlavně obráběním železa. [1, 3, 11]

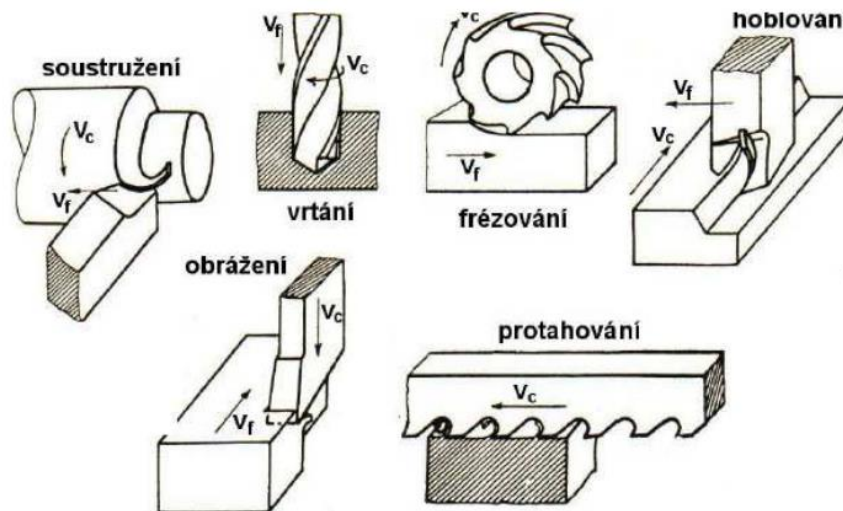
Způsob obrábění	Drsnost povrchu Ra [μm]	Přesnost rozměrů IT
Hrubování	> 6,3	≥ 12
Obrábění na čisto	1,6 - 6,3	9 - 11
Jemné obrábění	0,2 - 1,6	5 - 8
Speciální dokončovací obrábění	< 0,2	< 5

Obr. 1 Hodnoty přesnosti rozměrů a drsnosti materiálu [11]

Drsnost povrchu Ra je aritmetický průměr vytvořený z maximálních odchylek od fiktivní střední čáry směrem nahoru a dolů. Optické pozorování se může lišit od hodnoty Ra. [39]

1.1.1 Konvenční obrábění

U konvenčního obrábění je materiál odebírán mechanicky pomocí řezného nástroje ve formě třísek za pomoci silového působení do požadovaného tvaru, rozměru a jakosti. Odebírání třísky probíhá za určitých technologických podmínek, pomocí nástroje a to s definovanou geometrií břitu a s nedefinovanou geometrií břitu. K základním konvenčním metodám obrábění patří soustružení, frézování, broušení, vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování. Dále zde patří dokončovací konvenční technologie obrábění, mezi které patří honování, lapování, superfinišování, leštění, válečkování, protlačování a brokování. Rozdíl mezi metodami je ve velikosti odebírané třísky. Technologie konvenčního obrábění je jedna z důležitých metod, která se používá pro výrobu hotových součástí nebo výrobu nástrojů pro jiné výrobní technologie. [1, 3, 6, 16]

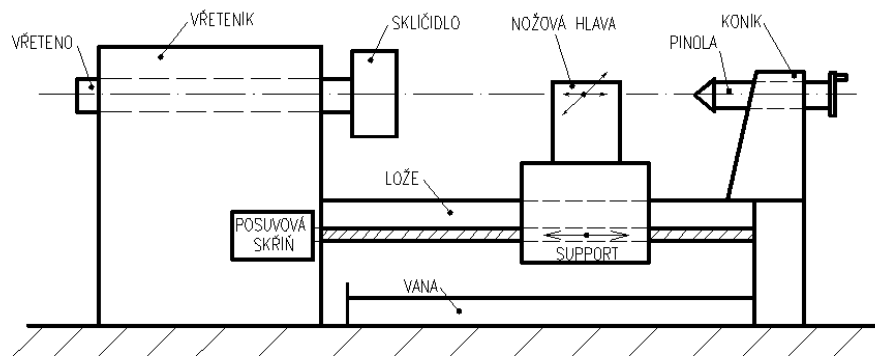


Obr. 2 Konvenční obráběcí metody s definovanou geometrií nástroje [3]

1.1.1.1 Soustružení

Je to obráběcí metoda pro zhotovení rotačních tvarů součástí, při níž se používají jednobřité nástroje různého provedení, které jsou pevně upnuty, a které jsou vedeny podél obráběné plochy. Soustružení je třískové obrábění geometricky určeným břitem, s rotačním řezným pohybem. Patří mezi nejjednodušší a velmi časté způsoby obrábění. Obrábí se tak plochy vnější i vnitřní, válcové, kuželové, tvarové i obecné plochy. Vhodnou volbou podmínek obrábění se ovlivňuje kvalita a rentabilita soustružení. Hlavní pohyb je obvykle rotační, koná ho obrobek a jde o řeznou rychlost. Řezná rychlost je závislá na materiálu obrobku, materiálu nástroje, řezné kapalině, výkonu obráběcího stroje a také na požadované jakosti povrchu. Posuvový pohyb je přímočarý nebo obecný a koná ho nástroj. Počet otáček se určí

z řezné rychlosti a průměru součástí. Počet otáček, posuv a hloubka řezu jsou hlavní hodnoty nastavované při soustružení. Hrubování se provádí s nejvyšším možným posuvem a odpovídající hloubkou řezu. Obrábění načisto (šlicht) se pak provádí s malým průřezem třísky a vysokou řeznou rychlostí. Podle materiálu obrobku, řezného materiálu a druhu práce se volí úhly soustružnického nože. Tato obráběcí technologie se rozděluje podle polohy obráběného místa na obrobku na vnitřní a vnější soustružení. Podle směru posuvu pak rozlišujeme podélné a příčné soustružení. Podle vytvořené obrobené plochy se rozděluje na soustružení válcových ploch a soustružení čelních ploch. Z konstrukčního hlediska se soustruhy rozlišují na hrotové, revolverové, svislé a speciální. Podle stupně automatizace se používají soustruhy ručně ovládané, poloautomatické a automatické. Soustružnické nože představují nejrozšířenější skupinu soustružnických nástrojů. Rozlišují se na nože radiální, prizmatické, kotoučové, tangenciální, nože s vyměnitelnými břitovými destičkami, které jsou dle materiálu ze slinutých karbidů (SK), rychlořezné oceli (RO), keramické destičky a fermaty a polykrystalické nože (diamant a CBN). [1, 3, 10, 11]



Obr. 3 Univerzální hrotový soustruh [3]

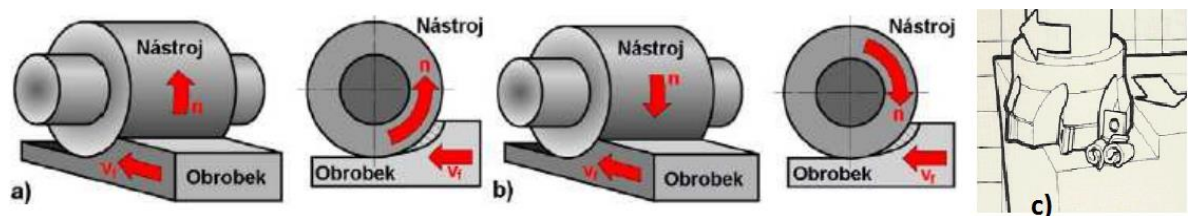
1.1.1.2 Frézování

Je to mladší obráběcí technologie, než soustružení. První frézky pocházejí z 18. století. Podstatou metody je odebrání materiálu obrobku břitý otáčejícího se nástroje - frézou. Hlavní řezný pohyb je otáčivý a koná ho fréza. Vedlejší pohyb, tedy posuv nejčastěji koná součást ve směru kolmém k ose nástroje. Řezný proces je přerušovaný, každý zub frézy odřezává krátké třísky proměnné tloušťky. Z technologického hlediska se rozlišuje frézování válcové (frézování obvodem) a frézování čelní (frézování čelem). Z těchto dvou základních způsobů se odvozují další jako je frézování okružní a planetové. Válcové frézování se používá při práci s válcovými a tvarovými frézami. To se dále dělí na nesousledné

frézování a na sousledné frézování. Frézovací stroje se dělí do skupin na konzolové, stolové, rovinné a speciální frézy. Z hlediska ovládání na ručně ovládané a na programově řízené. Stroj se nazývá frézka a nástroj fréza. Frézky dělíme podle osy vřeteně na svislé a vodorovné. Podle konstrukce je dělíme na konzolové, stolové a rovinné (portálové). [1, 3]

a) Frézování válcovými frézami - osa nástroje je rovnoběžná s obrobem plochou.

Nesousledné frézování – nástroj se otáčí proti kusu. Průřez třísky se zvětšuje postupně od nuly do maxima. Břity jsou zatěžovány postupně. Nevýhodou je, že zub zpočátku klouže po obrobem ploše. Dochází tak k větší opotřebení zubu a horší kvalitě obrobem plochy. Řezná síla působí proti posuvu. To znamená, že směřuje k zubu a klade větší nároky na upínání. Používá se hlavně pro odlitky, výkovky, tam kde je tvrdý a nečistý povrch. [3]



Obr. 4 Frézování a) nesousledné b) sousledné c) čelními frézami [3]

Sousledné frézování – Nástroj se otáčí ve směru posuvu stolu. Průřez třísky se mění od maxima k nule. Vznikají větší rázy, nebezpečí ulomení břitu, chvění. Rázy se omezují šikmými zuby frézy. Oproti nesouslednému frézování je produktivnější a obrobem plocha je hladší. Je vhodné pro měkké, houževnaté materiály. [3]

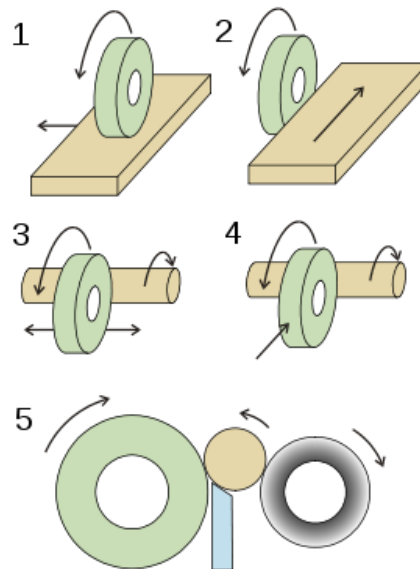
b) Frézování čelními frézami – osa rotace frézy je kolmá k obrobem ploše.

Průřez třísky se mění od nuly do maxima a zpět k nule. V záběru jsou břity na obvodu i čele frézy. Čelní frézování je výhodnější, protože je současně více zubů v záběru. Používá se nejčastěji. [3]

1.1.1.3 Broušení

Broušení je prováděno pomocí malých částic tvrdého materiálu, který má nepravidelné a nahodilé orientované břity. Brusný kotouč se otáčí a obrobek pouze přisunuje. Používá se pro obrábění součástí s vyššími požadavky na přesnost rozměrů, tvarů a jakosti povrchu. Jednotlivá brusná zrna (brusivo) jsou spojena pojivem v tuhá tělesa vhodného tvaru, tvrdosti a slohu. Brusná zrna mohou být také volná (brusné prášky), přilepená k podkladu nebo rozptýlená v mazadlech (brusných pastách). Brusivo je tvrdé, houževnaté, ostrohranné,

z krystalických látek, kterými lze brousit jiné měkčí látky. Mezi přírodní brusiva patří korund, pískovec, diamant a mezi umělá brusiva karbid boru, nitrid boru, umělý korund a diamant. Zrnitost brusiva se označuje číslem, které udává počet zrn na určité ploše. Pojivo zajišťuje potřebný tvar nástroje a drží brusivo do té doby, než se otupí. Brusné kotouče se volí tím měkčí, čím tvrdší je obráběný materiál. Strojní broušení se používá k obrábění kovů, keramiky, skla, umělých hmot a dřeva. [1, 2, 10, 11, 29]



Obr. 5 Typy brousicích operací: 1., 2., 3., 4., 5. [29]

1. rovinné broušení obvodem kotouče; 2. boční broušení čelem kotouče; 3. průběžné broušení na kulato; 4. zápichové broušení na kulato; 5. bezhroté broušení na kulato.

1.1.1.4 Vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování

Používá se při obrábění válcových děr. Charakteristickým znakem těchto operací je rozměrový nástroj, který svým tvarem a dalšími svými technologickými vlastnostmi velkou měrou ovlivňuje parametry obrobené díry. Využívají se vícebřité nástroje. Vrtání je metoda, kterou se zhotovují nebo zvětšují již existující díry. Rozměr díry je dán rozměrem vrtáku. Každý vrták je určen pro konkrétní průměr díry. Hlavní pohyb je rotační a koná jej nástroj. Výhrubníky a výstružníky jsou vícebřité nástroje. Vyhrubování a vystružování je dokončovací způsob obrábění děr a slouží k zpřesňování. Výhrubník předvrtanou díru hrubuje, výstružník ji dokončuje na přesný rozměr, geometrický tvar a požadovanou drsnost. Zahlubování slouží k obrobení sousého, válcového nebo kuželovitého zahloubení nebo zarovnání čelní plochy. [1, 4, 11]

1.1.1.5 Dokončovací konvenční technologie obrábění

Dělíme je na dokončovací technologie třískové a netřískové (mechanické). Mezi třískové technologie patří honování, superfinišování, lapování a leštění. Mezi netřískové dokončovací technologie patří válečkování, protlačování a brokování. [1, 4, 10]

- **Honování**

Používá se k dokončování válcových ploch, díra – vnitřní honování, hřídel – vnější honování. Používáme pro vložky válců spalovacích motorů, kompresorů a hydrauliky. Používá se honovací hlava, která je složena z brusných kamenů a brusného tělesa. Pracovní pohyb musí být sdružený, tj. současně posuvný a přímočarý vratný pohyb. Materiál: korund, diamant. Používáme tuto metodu tehdy, chceme-li zlepšit nebo dodržet toleranci tvaru válcových ploch. Běžně se dosahuje přesnosti IT 5 - 7, Ra 0,4 - 0,8 (jemně Ra 0,1 - 0,2). [10]

- **Lapování**

Používá se pro zajištění vzájemné polohy dvou součástí, pro odstranění povrchových vrstev (kysličníky, nečistoty) a pro snížení tření styčných funkčních ploch. Pro lapování se používá volně rozptýlené brusivo v nosném prostředí (kapalina, pasta). Lapovací hlava je deska s „negativním profilem obrobku“, je z měkčího materiálu (měď, měkká ocel, plasty). Brusivem je syntetický korund, diamant, prášek, oxidy kovů. Používá se pro řezné nástroje, valivá i kluzná ložiska, dosedací plochy měřicích přístrojů, písty. IT 1 - 3, Ra 0,02. [10]

- **Superfinišování**

Dokončování válcových ploch, převážně vnějších. Nástrojem je superfinišovací hlava, složená ze zvláštních kamenů ve speciálním držáku. K obráběné ploše je nástroj přitlačován velmi malým tlakem, nástroj se pohybuje po ploše obrobku, který se otáčí – kmitá. Proces je automaticky ukončen, protože se vytvoří film kapaliny, která zabrání dalšímu obrábění mezi kameny. Na obrobek se přivádí vyplachovací kapalina. Přídavky na superfinišování jsou 0,005 - 0,02 mm. IT 3, Ra 0,025 - 0,1. [10]

- **Leštění**

Zvlášť jemná úprava povrchu, odstraňuje povrchové nečistoty (oxidy kovů), k úběru materiálu nedochází, protože se spíše roztahuje po povrchu. Používá se pro očištění povrchu před dalšími úpravami (chromování, niklování, lakování). Výrobek je odolný vůči korozi, má estetickou úpravu povrchu. K leštění se používají plstěné leštící kotouče. V prostředí nástrojáren se leští často povrchy tvarů forem optických částí reflektorů. [10]

- **Válečkování**

Je založené na využití plastické deformace materiálu v povrchové vrstvě, vnitřní i vnější rozměry; Ra 0,25, IT 4 - 5; nástrojem je válečkovací hlava, která zpevní povrch. [10]

- **Protlačování**

Využívá se plastické deformace materiálu, používá se pro kruhové díry, zvýší se tvarová a rozměrová přesnost, jakost povrchu, dojde ke zpevnění povrchu a lépe odolává korozi. [10]

- **Brokování**

Též nazývané kuličkování, tryskání, či pískování. Jde o zpevnění a zlepšení plochy na vně materiálu, využívá se plastické deformace materiálu, princip je založen na metání kuliček (\varnothing 0,3 až 3 mm) proti obrobku. Používá se tehdy, chceme-li zpevnit a vyhladit povrch součásti pro zvýšení otěruvzdornosti, odolnosti proti korozi, únavovým lomům nebo před lakováním. [10]

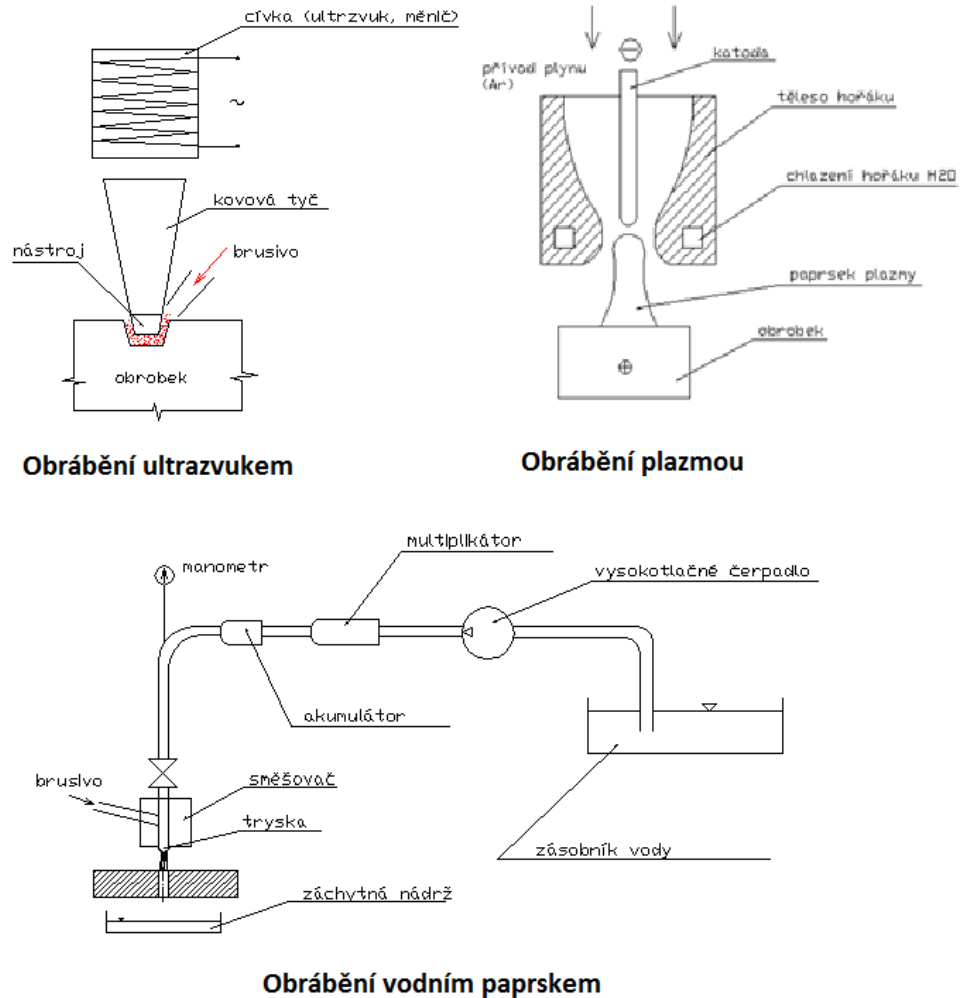
1.1.2 Nekonenční obrábění

Princip nekonvenčního obrábění je založen na využití fyzikálního nebo chemického principu úběru materiálu. Oproti konvenčnímu obrábění se většinou jedná o bezsilové působení nástroje na materiál, bez tvoření klasické třísky. Podle fyzikálního principu odebrání materiálu se nekonvenční technologie dělí na obrábění elektrickým výbojem (elektroerozivní obrábění a el. obloukem), chemické a elektrochemické obrábění, obrábění paprskem koncentrované energie (laser, elektronový paprsek, iontový paprsek, plazma) a mechanické procesy (obrábění ultrazvukem, kapalinovým paprskem, proudem brusiva).

Zavádění nekonvenčních technologií do průmyslu začalo probíhat v druhé polovině 20. století při řešení problémů v leteckém a kosmonautickém průmyslu, kde byly zpracovávány těžkoobrobitelné materiály s vysokou tvrdostí, pevností a houževnatostí, které nelze hospodárně obrábět konvenčními metodami, jako byly titanové a jiné superslitiny, těžké kovy, keramika, kalené oceli atd. [6, 8, 20]

1.1.2.1 Obrábění ultrazvukem

Vlivem ultrazvukového měniče začne jádro vibrovat. Přes kovovou tyč se chvění přenáší dle tvaru obráběné plochy. Nástroj uděluje kinetickou energii brusiva. Používá se karbid, diamant, karborundum. Používá se pro velmi tvrdé a nerovné materiály, slinuté karbidy, sklo, keramika. [8, 10]



Obr. 6 Obrábění ultrazvukem, plazmou a vodním paprskem [10]

1.1.2.2 Obrábění plazmou

Obrábění plazmou je založeno na principu ohřevu materiálu za extrémně vysokých teplot nad 10.000 °C, které vzniká rozkladem molekul plynu při jejich průchodu elektrickým obloukem. Oblouk hoří mezi netavnou elektrodou (wolfram a anoda), která může být tvořena obráběným materiálem. Každé technologické zařízení pracující s plazmou se skládá z plazmového hořáku, zdroje elektrického proudu a řídicí jednotky. Plazmový hořák buď přímo obrábí nebo předehřívá obráběný materiál před břitím nástroje. [8, 10]

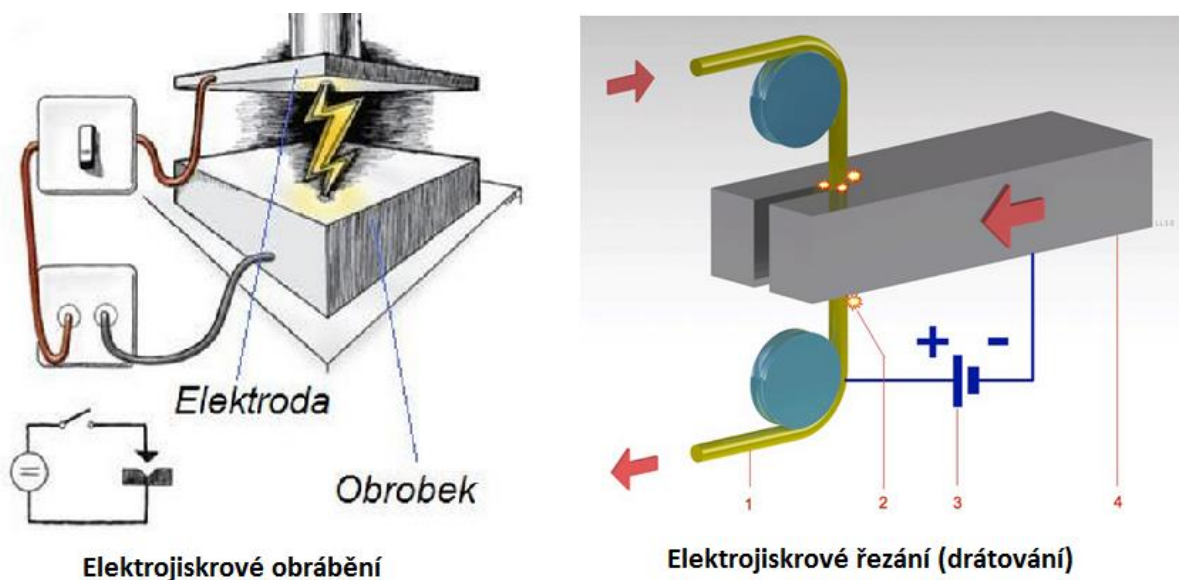
1.1.2.3 Obrábění vodním paprskem

Využívá se vysokého tlaku kapaliny až 400MPa, který se v trysce přemění na vysokou rychlost. Čerpadlem se nasává kapalina, multiplikátor násobí tlak, akumulátor slouží pro akumulaci vody. Korund a diamant slouží jako brusivo. Lze řezat jakýkoliv materiál. [8]

1.1.2.4 Elektroerozivní obrábění

Označované také jako elektrojiskrové obrábění, má zkratku EDM (z angl. Electric Discharge Machining). Metoda je založena na principu rozrušování (vypalování) povrchové vrstvy kovů přímým působením sérií krátkodobého elektrického výboje mezi obrobkem a elektrodou v kapalném dielektriku. Materiál je anoda a elektroda (nástroj) je katoda. Nástroj a obrobek se nedotýkají a tím na sebe nepůsobí mechanickou silou. EDM slouží k objemovému úběru materiálu a používá se hlavně pro výrobu dutin do kalených polotovárů, což je radikální posun technologie ve výrobě nástrojů, které se musely kalit až po obrobení. Používá se pro vodivé, velmi tvrdé materiály, například kalené oceli nebo slitiny titanu. Výhodou je možnost obrábět velmi jemné a složité tvary, které jsou konvenčními metodami neobrobitelné, obrábění zakaleného materiálu (předejde se tak deformacím) a možnost řízení počítačem (CNC). Touto technologií lze dosáhnout vysoké přesnosti i kvality povrchu, které se vyrovnávají broušení. Nevýhodou oproti konvenčním technologiím je pomalý odběr materiálu a velká energetická náročnost. Povrch po elektroerozivním obrábění bývá pórovitý, proto po něm často následuje ještě leštění. Používá se hlavně pro výrobu nástrojů střížných a tažných (tažník a tažnice, vstřikovací formy, zápustky).

[8, 10, 20, 42]



Obr. 7 Elektrojiskrové obrábění [42]

Elektrojiskrové hloubení

Stroj je hloubička, která má držák elektrody, který se posouvá nahoru a dolů. V jednodušším případě je elektroda přesným negativním modelem budoucího tvaru, který se do obráběného kusu zahloubí. Metoda se proto dobře hodí pro výrobu lisovacích forem, kde je elektroda přesným modelem výsledné lisované součásti. Elektrody se vyrábějí nejčastěji z mědi, menší opotřebení vykazují elektrody z grafitu. Elektroda se k obrobku střídavě na několik sekund přisouvá a zase odsouvá, aby se umožnilo vyplachování. Hloubení může trvat i mnoho hodin, stroje však pracují zcela automaticky. Tímto způsobem lze hloubit i velmi složité tvary, ale také například vrtat otvory, kdy je elektrodou měděný drát nebo trubička, a to i velmi malého průměru a libovolného průřezu. Držák elektrody může být kromě toho vybaven ještě číslicově řízeným zařízením, které elektrodou pohybuje ve vodorovné rovině, například po přímce, po kružnici a podobně. Pro některé jednodušší tvary se tak nemusí vyrábět zvláštní elektrody, ale tvar se postupně „vydlabe“ jednoduchou elektrodou například v případě vtokových ústí u vstříkovacích forem pomocí měděné elektrody. [8, 10, 20, 42]

Elektrojiskrové řezání (drátování)

Elektrodou je tenký, nejčastěji mosazný drát, který je napjatý mezi dvěma rameny stroje s přesným vedením. Drát se pomalu odvíjí a řez se promývá deionizovanou vodou. Stroj zvaný drátovačka má stůl s křížovým posuvem, kam se upíná obrobek. Ve stole je otvor, kterým drát prochází. Pro vyřezávání vnitřních otvorů je třeba materiál předvrtat klasicky před zakalením nebo na hloubičce po zakalení, a drát do otvoru zavléknout. Moderní stroje to dnes dovedou automaticky a řezání pak nevyžaduje přítomnost obsluhy. [8, 10, 42]

1.1.2.5 Elektrochemické obrábění

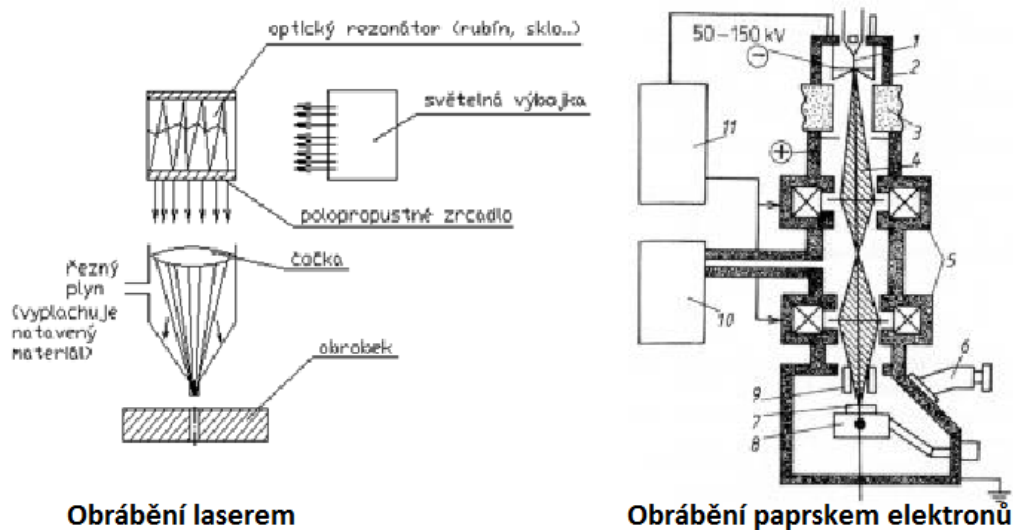
Je to netřísková technologie, kdy se materiál elektrochemicky rozpouští. Materiál obrobku přechází do podoby chemických sloučenin. U těchto metod musíme pasivaci zabránit dalšímu rozpouštění kovů. Je-li hustota proudu vysoká, je úběr velký a činnost považujeme za obrábění. Při malé hustotě proudu je úběr malý - leštění. Používáme elektrodu pevnou nebo pohyblivou. [8, 10]

1.1.2.6 Obrábění laserem

Princip laseru je založen na uvolňování potenciální energie prvků, který je obsažen v základní hmotě rezonátoru. Nad rezonátorem je nepropustné zrcadlo odrážející světelné paprsky. V dolní části je polopropustné zrcadlo, kterým projde zesílený světelný paprsek na čočku, která jej usměrní na malou plochu. Zdrojem je výboj přecházející přes rubínovou čočku. Teplota dosahuje teplot, při nichž se materiál odpaří nebo shoří. Žhavicí hlava je chlazená vodou. Paprsek může být buď pulzující, nebo kontinuální. Paprsek je soustředěn na plochu $0,001 \text{ mm}^2$. Použití pro řezání a obrábění. Řezání pro libovolné materiály až $100\,000 \text{ C}^\circ$, materiál se taví, případně odpařuje. Obrábění – vrtání velmi malých otvorů, popisování, svařování, měřidla, CD přehrávání. [8, 10]

1.1.2.7 Obrábění svazkem elektronů

Elektronový paprsek se soustředí na velmi malou plochu materiálu, v místě dopadu se kinetická energie přemění na tepelnou. Materiál se roztaví a odpaří. Použití: pro obrábění tenkých materiálů, otvory menší než $0,05 \text{ mm}$ [8, 10, 30]



Obr. 8 Elektrojiskrové obrábění [30]

1.2 Technologie slévárenství

Slévárenství je průmyslový obor, který nejkratší cestou, to je odléváním, umožňuje přechod od surovin k výrobku. Odléváním lze zhotovit výrobky takového tvaru, které by nebylo možné vyrobit jiným způsobem, s výjimkou technologií 3D tisku kovem. Podstatou slévárenské technologie je odlévání, při kterém roztavený kov naléváme do předem připravené formy. Forma má dutinu, která má tvar budoucího odlitku. Rozměry dutiny jsou větší o smrštění. Technologie zahrnuje výrobu modelů, přípravu formovacích směsí, výrobu forem, tavení kovu, odlévání, čištění odlitků, tepelné zpracování a zkoušky. Na slévateľnost materiálu má vliv způsob tuhnutí, tekutost, zabíhavost, objemové změny. Touto technologií vyrábíme zejména tvarově složité odlitky skříňového tvaru, jako jsou bloky motorů, žebrované části strojů (motory, čerpadla), či armatury. Odlitky se vyrábí z bílé, šedé a tvárné litiny, z oceli na odlitky (ocelolitina), z neželezných kovů a jejich slitin. Na rozdíl od 3D tisku kovem je slévárenství vhodné pro sériovou výrobu. [1, 10]

1.2.1 Postup výroby odlitku

Prvně se vytvoří modelové zařízení, které slouží k výrobě forem. Model slouží pro výrobu forem. Model má tvar odlitku zvětšený o smrštění materiálu. Zároveň má být co nejjednodušší a má být upraven tak, aby se dal z formy dobře vyjmout. Proto musí mít úkosity a zaoblené hrany. Modely se vyrábějí z dřeva, ale i z neželezných kovů, v poslední době hlavně z plastů s využitím 3D tisku. Do formy se vpěchuje materiál. Proběhne tavení kovů v různých typech pecí podle paliva a konstrukce. V poslední fázi probíhá samotné lití kovů do odlitků. [1, 10] VICE VIZ PRILOHA



Obr. 9 Využití plastového master modelu k výrobě kovového odlitku

1.2.2 Způsoby lití

K základním dělením způsobu lití je gravitační lití do kokil, odstředivé lití, tlakové lití, lití do skořepinových forem, přesné lití metodou vytavitelného modelu, lití do úplně formy - metoda spalitelného modelu a metoda kontinuálního lití. [1, 10]

a) Gravitační lití do kokil – Kokila je kovová forma, do kterých se též odlévají ingoty (polotovary pro tváření). Odlitky jsou většinou jednodušších tvarů a přesnějších rozměrů. Používá se pro výrobu šedé litiny, oceli pro sériovou a hromadnou výrobu odlitků.

b) Odstředivé lití – Roztavený kov se nalije do rychle se otáčející formy. Kov se vlivem odstředivé síly vtlačí na vnější obvod formy, kde ztuhne (kvalitní povrch, přesné rozměry).

c) Tlakové lití – Roztavený kov se nalije do tlakové komory. Pohybem písku je roztavený kov vtlačen do formy. Po zchladnutí se pohyblivá část formy uvolní a vyjme se odlitek. Odlitky jsou velmi kvalitní. Používá se při hromadné výrobě složitých výrobků z neželezných kovů.

d) Lití do skořepinových forem – Otočením nádoby se na teplý model a desku nasype formovací směs. Teplo se zaktivuje v blízkosti modelu. Po zatvrdnutí se nádoba otočí zpět. Skořepina se sejme z modelu a vytvrdí se v peci. Forma vznikne sestavením dvou skořepin, které se vloží do rámu a zasypou se pískem. Používá se v hromadné výrobě malých a středních odlitků (žebrované válce motoru automobilů).

e) Přesné lití metodou vytavitelného modelu – Používá se v hromadné výrobě nebo pro složité tvary (lopatky turbín, protézy). Pro menší a střední velikosti odlitků. Nejdříve se zhotoví kovová forma pro výrobu plastových nebo voskových modelů. Modely se střídavě namáčí do keramické kaše a do písku. Na modelu se vytvoří nános, potom se vytaví a vyteče. Následuje vypálení formy v peci, forma se vloží do rámu a zasype se pískem. Odlitky jsou velmi přesné, mají hladký povrch, který se většinou již neobrábí.

f) Lití do úplně formy - metoda spalitelného modelu – Ke zhotovení modelu se používají plasty. Model se zaformuje do rámu a nalitím roztaveného kovu se model odpaří nebo spálí. Odlitky nemusí mít dělicí rovinu. Přesnost a drsnost je srovnatelná s litím do písku.

g) Metoda kontinuálního lití – Provádí se v ocelárnách. Odlitek (ingot) má nekonečnou délku. Slouží jako polotovar pro válcovny. Lze takto vyrobit různé průřezy ingotů. Tekutá ocel se nalévá z pánve do nádoby s regulovatelným vypouštěcím otvorem - rozdělovač. Kov vtéká do krystalizátoru, kde je ochlazován protékající vodou.

1.3 Technologie tváření

Principem tváření je pomocí působení vnějších sil, dosažení plastické deformace materiálu. Tváření je nedestruktivní technologický proces zpracování materiálu, při kterém dochází ke změně jeho tvaru bez porušení, což ovlivňuje mechanické vlastnosti materiálu. Při tváření kovů je nutno překročit mez pružnosti, ale nesmí být překročena mez pevnosti. Ke tváření jsou vhodné tvárné materiály, tj. takové materiály, které mají tyto meze od sebe dostatečně vzdálené. Technologie tváření se dělí na tváření kovů a zpracování plastů. Výhodami tváření jsou vysoká produktivita práce, vysoké využití materiálu a velmi dobrá rozměrová přesnost tvářených výrobků. Nevýhodou je vysoká cena strojů a nástrojů a omezení rozměry konečného výrobku. [32, 40]

1.3.1 Rozdělení technologií tváření kovů

Tvářecí technologie se dělí podle charakteru tvářecích sil, podle teploty a podle geometrických charakteristik. [32]

1.3.2 Plošné tváření

Je to tváření bez podstatné změny tloušťky nebo průřezu materiálu. Do této technologie patří stříhání, ohýbání a také zakružování, ohraňování, rovnání, hluboké tažení, kroužení, tváření nepevnými nástroji. [1, 10]

Stříhání: Tímto způsobem se vytvářejí rozmanité polotovary či výrobky z plechu nebo pásů. Provádí se nůzkami nebo stříhadly. Nastává pružná deformace stříhaného materiálu střížníkem a střížnicí. Napětí je vyšší než mez kluzu, nastává trvalá deformace. Stříhaný materiál je namáhán nad mez pevnosti ve smyku, u hran střížníku a střížnice se materiál nastříhne. Vzniklé trhlinky se rychle rozšiřují, až se výstřížek úplně oddělí od základního materiálu dříve, než projde střížník celou tloušťkou stříhaného materiálu. Nástroje pro stříhání: tabulové nůžky, nůžky na pásy, křivkové nůžky, okružní a kmitací nůžky. [1, 10]

Ohýbání: Je pochod tváření, při kterém je materiál trvale deformován do různého úhlu ohybu s menším nebo větším zaoblením hran. Nástrojem je ohýbadlo, výrobkem výlisek. Charakterem patří do plošného tváření. Je to pružně plastická deformace. Zpětné odpružení ohýbaných součástí (výlisků) je způsobeno vlivem pružné deformace materiálu kolem neutrální osy. Velikost úhlů odpružení závisí na tvárnosti materiálu, poloměru ohybu R a způsobu ohýbání. [1, 10]

Tažení: Je takový technologický postup tváření, při kterém je rovný plech tvářen v polo uzavřené nádobu, která má obvykle rotační tvar. Výtažky se již většinou nezpracovávají, pouze ostříhnou. Používá se v sériové a hromadné výrobě. Tvářený plech musí mít dostatečnou tažnost. Nástrojem je tažidlo, výrobkem výtažek. Přístřih se protahuje mezi tažnicí a tažníkem. K zabránění zvlnění se používají přidržovače. Mezi přidržovačem a horní plochou tažnice se vytvoří mezera, v níž může přístřih klouzat, ale nemůže se zvlnit. Při zpětném pohybu tažníku má přidržovač funkci stírače. Tažení mělkých nádob z tlustších plechů se může provádět bez přidržovače. Nástroje pro tažení se nazývají tažidla. Hlavní části tažidla jsou tažník, tažnice. Výtažky se často upravují rozšiřováním nebo zužováním. [1, 10]

1.3.3 Objemové tváření

Dochází při něm k přeskupení objemu materiálu, to znamená ke změně tvaru. Patří sem kování, válcování, lisování, protlačování a vstřikování. [1, 10]

Kování: Principem je objemové tváření, kdy je součást plasticky deformována působením tlakových sil. Dělí se na kování volné, zápustkové, vtláčování a protlačování. Při kování se součásti tvarují úderem nebo tlakem většinou v rozžhaveném stavu. Zahřátím materiálu vzrůstá jeho tažnost a tvárnost a snižuje se energetická náročnost tváření. Kováním se materiál napěchuje a natáhne a tím se změní jeho struktura. Je důležité respektovat údaje výrobce materiálu o kovací teplotě a době ohřevu. Výhody objemového tváření ve srovnání s třískovým obráběním jsou nižší ztráta materiálu, krátká doba výroby, zvýšení zatížitelnosti součástí, lze vyrábět složitější tvary a je třeba méně obrábění řeznými nástroji. [1, 10]

Ruční kování – Materiál získává tvar opakovanými údery kladiva. Jeho využití je dnes v uměleckém kování, výrobě podkov, případně v opravárenství. Základním nástrojem je kovačina, různá kladiva, kleště a sekáče. [1, 10]

Volné strojní kování – Při volném kování může materiál pod tlakem lisu (úderu bucharu) „volně téci“ do stran. Používá se hodně v opravárenství a při kusové výrobě větších výkovků (hřídelí, ozubených kol). Polotovary bývají ingot nebo předvalky. Dále se využívá při výrobě předkovků pro zápustkové kování. Polotovary jsou odřezky tyčí. Oproti zápustkovým výkovkům mají volné výkovky méně přesné výkovky, hrubší a nerovný povrch. Základní nástroje jsou kovačidla (horní a spodní), osazovací příložky, sekáče a kleště. Volným strojním kováním provádíme pěchování, prodlužování, osazování, přesazování, děrování. Používá se v kusové a malosériové výrobě s většími přípravky na obrábění. Výkovky

se normalizačně žíhají. Pro stanovení správného technologického postupu výkovku je třeba znát výkres obrobené součásti, hmotnost výchozího materiálu, rozměry ingotů, druh a velikost tvářecího stroje, chemické složení materiálu pro stanovení kovacích teplot. [1, 10]

Zápustkové strojní kování – Používá se v sériové a hromadné výrobě kvůli vysoké ceně zápustky. Dutina zápustky má tvar budoucího výkovku, ale rozměry jsou zvětšeny o smrštění daného kovu. Zápustkové výkovky mají větší přesnost i jakost povrchu oproti volným výkovkům, přesnost se dá ještě zlepšit kalibrováním - dokončovací tváření za studena po odstřižení výrobku. Pro stanovení technologického postupu je třeba výkres výkovku, určit hmotnost výchozího materiálu, jeho rozměry a ideální volba předkovku. Materiál vložený do zápustky musí mít tvar ideálního předkovku. Pro výkovky kol se volí předkovek co nejvíce pýchovaný. Při kování výkovku na ležato (ojnice) bude mít příčný průřez výkovku stejnou kótu jako příčný průřez předkovku, bere-li se v úvahu i nezbytný výronek. [1, 10]

Válcování: Tvářený materiál se přiválcuje mezi otáčejícími se válci. Válcovaný materiál se mezi válci deformuje, výška se snižuje, materiál se prodlužuje a současně rozšiřuje a mění se i rychlost, kterou válcovaný materiál z válcovací stolice vystupuje. Mezera mezi pracovními válci je menší než vstupní rozměr materiálu. Válcování se provádí za tepla i za studena. Výsledkem procesu je vývalek. Podle směru, kterým válcovaný materiál prochází pracovními válci, válcování dělíme na podélné, příčné a kosé. [1, 10]

1.3.4 Tváření za tepla

Ohřevem materiálu na tvářicí teplotu se zlepšuje tvářitelnost. Tváření za tepla probíhá nad rekrystalizační teplotou, kdy rychlost rekrystalizace je tak vysoká, že zpevnění způsobené tvářením mizí již v průběhu tváření nebo bezprostředně po něm. Teplota tváření je nad hodnotou 70% teploty tání daného materiálu. Materiál se nezpevňuje a k tváření stačí síly až desetkrát menší, než u tváření za studena. Může a nemusí vznikat textura, ale povrch je nekvalitní vlivem okujení, navíc hrubné zrno, což je problematické u dalších technologických operací z hlediska kvality. Proces je poměrně zdlouhavý a nákladný, na druhé straně však dochází k odstranění trhlin, bublin, atd. Dalším vlivem tváření za tepla je vznik vláknité struktury z hrubé dendritické struktury ingotu, která „kopíruje“ tvar výkovku. Vlákňitou strukturu je nemožné změnit tepelným zpracováním, ani tvářením. Vlákňitá struktura ovlivňuje mechanické vlastnosti a anizotropii. Vzniká v důsledku nečistot, obsažených v povrchových vrstvách krystalů. [32]

1.3.5 Tváření za studena

Materiál se tváří při běžné teplotě. Tváření za studena (tváření pod rekrystalizační teplotou, kdy teplota tváření je pod hodnotou 30% teploty tání tvářeného materiálu), kdy dochází ke zpevnování materiálu, které se zachová a k nárůstu odporu proti dalšímu tváření (nakonec dojde k vyčerpání plastičnosti materiálu), zrna se deformují ve směru tváření, vytváří se textura, dochází k anizotropii mechanických vlastností. Zpevněním se zvyšují mechanické hodnoty (mez pevnosti a mez kluzu) a klesá tažnost. Zahřátím kovu je možné obnovit deformační schopnost, kov získává opět schopnost být plasticky tvářen. Výhodou je vysoká přesnost rozměrů, kvalitní povrch (nenastává okujení) a zlepšování vlastností zpevněním. Nevýhodou je nutnost používat velké tvářecí síly, nerovnoměrné zpevnování a omezená tvárnost materiálu. [32]

1.4 Technologie Rapid Prototyping

Touto technologií se vyrábí reálné součásti z počítačových dat v co nejkratším čase. Principem technologie tvorby objektu je postupné nanášení tenkých horizontálních vrstev. Prototypy jsou funkční, ale většinou jsou nevhodné k většímu zatížení. Některé metody se mohou blížit vlastnostem finálních výrobků a některé technologie je i plně nahrazují. Největším přínosem technologie je zkvalitnění navrhovaných výrobků, v časových i finančních úsporách. 3D tisk je pro rychlou přípravu výroby vhodný zejména pro kusovou a malosériovou výrobu. Podle báze materiálu se technologie rapid prototyping člení podle fotopolymerů, práškových materiálů a tuhých materiálů. Technologie rapid prototyping se podle báze použitého stavebního materiálu člení dle fotopolymerů, práškových materiálů a tuhých materiálů. [19, 23, 27]. Nejvýznamnější výrobce 3D tiskáren je firma Stratasys. Dále Objet, 3D Systems, MakerBot, Formlabs, ale i HP a Autodesk. K nejvýznamnějším výrobcům 3D tiskáren na kov patří firmy EOS, Concept Laser a Renishaw. [22, 23]

1.4.1 Základní technologie rapid prototyping

Stereolitografie –SLA

Solid Ground Cutting – SGC

Selective Laser Sintering –SLS

Direct Metal Laser Sintering – DMLS

Laminated Object Manufacturing – LOM

Fused Deposition Modeling –FDM

Multi Jet Modeling – MJM

1.4.2 Rapid prototyping na bázi fotopolymerů

Modely na bázi fotopolymerů jsou většinou stavěny v nádobě s kapalnou pryskyřicí, kdy pod hladinou dochází k postupnému vytvrzení jednotlivých vrstev. [19, 23]

- Stereolitografie –SLA:

Principem je vytvrzování polymerní pryskyřice pomocí laserového paprsku o vlnové délce v rozsahu UV záření. Výhodou je možnost zhotovení objemnějších modelů, dostatečná přesnost i jakost povrchu, široký výběr materiálů, rychlost tisku a není třeba obsluhy během procesu. Nevýhodou je, že tato metoda potřebuje úpravu povrchu modelu a následné sušení. Nejvyšší přesnost je ve středu tiskové plochy, směrem k okrajům se snižuje.[19,23]

- Solid Ground Cutting – SGC:

Po zpracování dat projde šablonová deska ionografickým procesem nanášení speciálního toneru. Na nosnou desku je nanášena tenká vrstva fotopolymerní pryskyřice, nad kterou je umístěna šablonová deska. Krátkodobým působením UV lampy je vytvrzena. Výhodou je minimální smrštění modelu, dobrá struktura a stabilita modelu, proces neprodukuje žádný zápach. Nevýhodou je velké rozměry zařízení, problém s usazeninami vosku, tvorbu odpadu, hlučnost. [19]

1.4.3 Rapid prototyping na bázi práškových materiálů

Tato skupina používá jako výchozí materiál k výrobě modelu jemný prášek. Některé z metod, patřící do této skupiny, jsou podobné metodám řadícím se do skupin kapalných.

- Selective Laser Sintering –SLS:

Na podkladovou desku je nanášena první vrstva práškového materiálu. Prášek je působením CO₂ laseru nataven – dochází k jeho spékání pouze v požadovaném místě. Okolní materiál zůstává nespečen a slouží jako podpora. K výhodám patří pevnost výrobků a velké množství použitelných materiálů. K nevýhodám patří prostorově a energeticky náročné zatížení. Kvalita povrchu je v porovnání s ostatními metodami nízká. [19, 23]

- Direct Metal Laser Sintering – DMLS:

Je to technologie rychlé výroby kovových dílů přímo z CAD dat, založený na postupném tavení velmi jemných vrstev kovového prášku pomocí laserového paprsku. Dávkovací zařízení nastaví množství prášku pro jednu vrstvu a rameno s keramickým břitem rozprostře

na povrch ocelové platformy rovnoměrnou vrstvu prášku dle zvolené tloušťky vrstvy. V místě dopadu laserového paprsku je kovový prášek lokálně roztaven, přičemž dochází k „protavení“ podkladové vrstvy a následně tuhne do pevného stavu. Ocelová platforma odvádí zároveň teplo, takže roztavený kov tuhne velmi rychle. Pro většinu materiálů je pracovní komora vyplněna dusíkem a díl je tak chráněn před oxidací. [19]

1.4.4 Rapid prototyping tuhých materiálů

Výhoda prototypových součástí je velmi odlišná od výroby prototypů na principu kapalné báze. Společným znakem této skupiny je počáteční volba materiálu v tuhé fázi (pro danou metodu výroby) k vytvoření prototypové součásti. [19, 23]

- Laminated Object Manufacturing – LOM:

Principem technologie je lepení jednotlivých vrstev plošného materiálu, jako je papír nebo plast k sobě lepidlem. Laserem je následně vyřezána kontura modelu. Výhodou je nízká cena. Metoda není vhodná pro modely s tenkou stěnou. Pevnost modelu je omezena, proto se využívá převážně pro design. [19, 23]

- Fused Deposition Modeling –FDM:

Princip metody spočívá v natavování termoplastického materiálu navinutého ve formě drátu na cívce, ze které je vtlačován do vyhřívané trysky pomocí kladek a následně nanášen po jednotlivých vrstvách na podložku. Výroba funkčních prototypů, které se svými vlastnostmi blíží konečným produktům. Při výrobě vzniká minimální odpad, pouze materiál podpor. Nevýhodou je omezená přesnost daná tvarem materiálu a průměrem výstupní trysky. Proces výroby nelze urychlit z důvodu principu metody a vlastností materiálu. [19, 23]

- Multi Jet Modeling – MJM:

Postupné nanášení jednotlivých vrstev termopolymeru pomocí speciální tiskové hlavy. Jednoduché řešení, ekonomická výroba modelů, výhodná metoda z časového hlediska. Nevýhodou je výroba menších součástí, omezená volba materiálu a malá přesnost. [19,23]

- Arburg plastic freeforming – APF:

Jede o malosériovou výrobu 3D tiskem z plastového granulátu. První takové zařízení je Freeformer od firmy Arburg. Tento stroj umožňuje tisknout dvoubarevné, či dvoukomponentní (2K) dílce, kombinací například tvrdého a měkkého plastu. Díky této možnosti kombinovat různé materiály s různými vlastnostmi dokáže zařízení produkovat funkční díly.

Protože se vyrábí z konečného materiálu, tak je celý výrobní proces bezodpadový. Výrobek má až 95 % mechanických vlastností ve srovnání s vstříkolisovaným dílcem. Výhodou této technologie je mimo nižší ceny stavebního materiálu také skutečnost, že tisk probíhá bez nutnosti použití podpory. Dochází tak k velkému snížení času postprocesingových operací. [37]

1.5 Technologie PIM

Jde o technologii vstříkování plastů s prášky. PIM (powder injection moulding) na bázi kovů, skla nebo keramiky, apod. se používá k výrobě vysoce přesných dílů s výbornou kvalitou povrchu, kdy polymer se používá pouze jako nosné pojivo - „lepidlo“ v prvních fázích vstříkovacího procesu. Touto technologií se vyrábějí díly pro automobilový a textilní průmysl, elektrotechniku, zdravotnictví, apod. Základním materiálem (plnivem) pro technologii vstříkování plastů s prášky jsou tvrdé kovy, oceli, karbidy křemíku, oxidy hliníku, porcelán, ale i měď. Tyto prášky se musí smíchat s plastem – pojivem. Jednotlivé fáze procesu jsou následující: míchání prášku a pojiva, granulace, vstříkování, odstranění plastu, spékání a korekce povrchu. V první fázi procesu se tedy musí smíchat a zhomogenizovat potřebný prášek s plastem a následně se této směsi musí předat tvar v míchací a granulární jednotce. Objem plastu je 35 až 50 %. Tato směs je následně zplastikována v tavící komoře vstříkovacího stroje a vstříknuta pod vysokým tlakem a při vysoké teplotě do tvarové dutiny vstříkovací formy. Po ochlazení je výrobek vyjmut a přenesen do pece k vypálení polymeru. Výrobek má po vypálení minimálním objemem plastu. Následuje spékání kovového nebo keramického prášku v pecích. Výsledné díly jsou homogenní a vykazují izotropní smrštění, které je výrazně vyšší, než u klasické technologie vstříkování. [35]

2 TECHNICKÁ PŘÍPRAVA VÝROBY

Je souhrn technicko–organizačních činností a opatření zaměřených na zpracování výrobní dokumentace a podkladů pro materiální vybavení výrobního procesu. Výrobní dokumentace obsahuje soubor závazných technicko–organizačních a ekonomických údajů potřebných pro zajištění racionální výroby z hlediska navrhované technologie výroby, manipulace, kontroly, organizace a ekonomiky práce. Technická příprava výroby (dále jen TPV) lze chápat jako souhrn činností a opatření technicko–organizačního charakteru, zaměřených na zpracování konstrukční technologické, projektové dokumentace a materiálně technického vybavení výrobního procesu. Ze zkušenosti vyplývá, že konstrukční a technologická příprava výroby tvoří hlavní články TPV a svou úrovní podstatně ovlivňují úroveň výrobku a výrobních systémů a tím i výrobní proces. Z hlediska strojírenské technologie rozeznáváme výrobní postupy pro přípravu polotovarů, pro zpracování součástí, pro montáž strojů a zařízení. TPV je mezičlánek mezi nápadem a realizací. Mezi důležité prvky TPV patří v dnešní době podnikové ERP systémy. [5]

2.1 Příprava TPV

Vypracování TPV spočívá ve stanovení optimálních rozměrů, tvaru a hmotnosti materiálu pro výrobu polotovarů. Dále v určení sledu, druhu a počtu operací nezbytných pro výrobu. Navržení technicky vhodného a ekonomicky účelného výrobního zařízení. Určení vhodné technologické základny, vhodného ustavení a účelného upnutí obroku v dané operaci. Přepočet rozměrů, pokud se neshoduje technologická s konstrukční základnou. Rozvržení celkového přídavku na jednotlivé operace a stanovení mezioperačních rozměrů a tolerancí. Návrh nejvhodnějšího nářadí (nástrojů, měřidel, přípravků, pomůcek). Stanovení optimálních řezných podmínek včetně prostředí. Předepsání normy času a výše mzdy. Vypracování technologické dokumentace (forma je odvislá od vybavení pracoviště). Provádět prověrky efektivnosti výroby a uplatňovat nové pokrokové technologie. [5]

Podklady pro navrhování výrobního postupu jsou konstrukční dokumentace, plánovací dokumentace, normativní dokumentace, organizační údaje, vzorové postupy výroby, třídníky součástí, programy [5]

Výrobní postupy se člení na operace, operační úsek, úkon, pohyb, použité technologie nebo pracovní činnosti na jednotlivé operace (ruční, strojní, kontrolní, dopravní, manipulační, montážní, apod.). [5]

Počet operací ve výrobním postupu při obrábění je stanoven počtem druhů obráběných ploch, požadavky tvarové, rozměrové přesnosti a drsnosti, sériovostí a opakovatelností, jakostí obráběného materiálu a druhem polotovaru. [5]

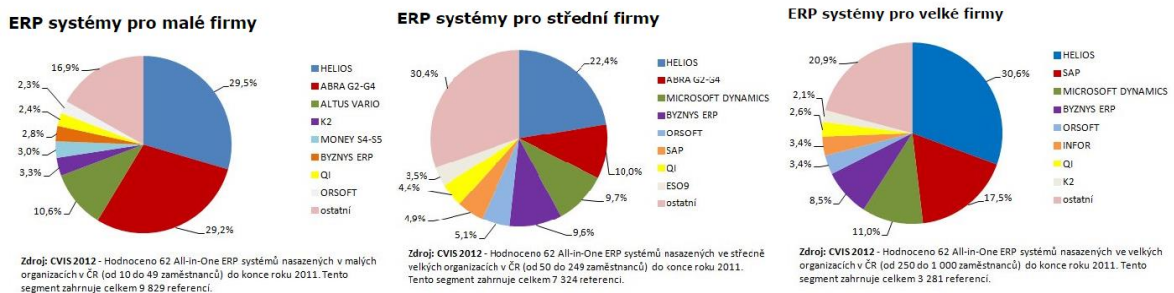
Pořadí operací ve výrobním postupu se stanoví tak, aby byla plně zajištěna nejen kvalita výrobku, ale i nejmenší spotřeba práce, materiálu, energie, nejkratší průběžná doba, atd. Pořadí operací dále určuje tvarová složitost – vzájemný vztah jednotlivých ploch. Materiálová náročnost – z hlediska tepelného zpracování, povrchových úprav, apod. Požadavky montáže – na funkční vazby několika součástí z hlediska polohy, uložení, apod. [5]

Sled operací ve výrobním postupu se určuje:

- Dle objemu odebíraného materiálu $V_{max} \rightarrow V_{min}$
- Dle přesnosti obráběných ploch $IT_{max} \rightarrow IT_{min}$ [5]

2.2 ERP systémy

Jde o informačně-ekonomické systém, který spravuje a řídí procesy a zdroje v podniku. Různé ERP systémy jsou vhodné pro rozdílné odvětví i velikosti firem. Člení se podle modulu řízení výroby, řízení vztahů se zákazníky (CRM) a personální informační systém (HRM). Obecně jejich strukturu tvoří příprava a řízení výroby, ekonomika, CRM, logistiku a řízení lidských zdrojů. ERP systémy mají pro firmy velkou důležitost, protože slouží k efektivnímu řízení podniku a zefektivnění výroby. K nejdůležitějším vlastnostem kvalitního ERP systému patří funkcionalita, implementace platformy, která se používá. Dalšími vlastnostmi jsou podpora a stabilita, cena a poplatky, efektivní využití dat, rychlost a adaptace na systém. Z celosvětového pohledu je ERP z hlediska rozpočtů největší oblastí aplikačního softwaru v podnicích. Mezi nejznámější na našem trhu patří Helios, SAP, Abra, Altus, Oracle, Microsoft Dynamics, Qi, Infor a K2. [17, 18]



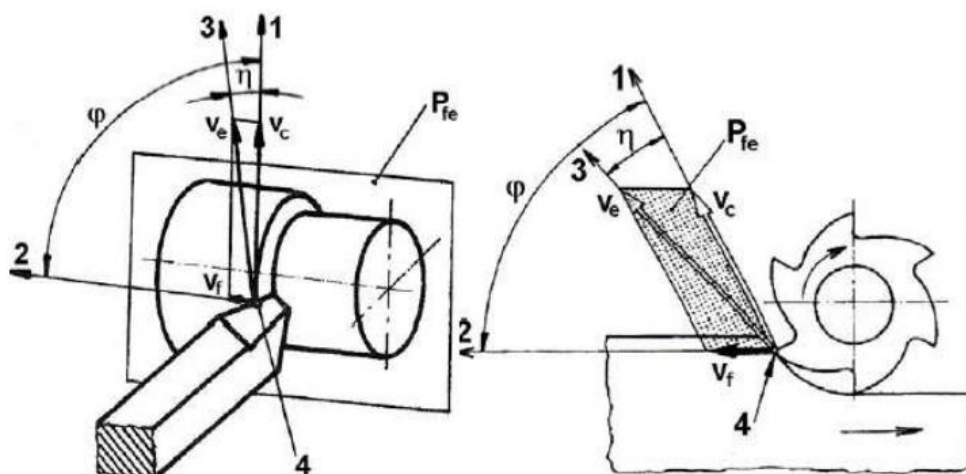
Obr. 10 Zastoupení ERP systémů na našem trhu [18]

2.3 Racionalizace

Podstatou racionalizace je nepřetržité zdokonalování výrobního systému. Jde o to, aby se výrobní proces uskutečňoval na stále vyšší úrovni techniky, technologie organizace práce, výroby i řízení. Základem je vyloučení zbytečných ztrát a využití existujících rezerv. Racionalizace se ve všech případech podkládá ekonomickou kalkulací, směřuje k rentabilitě a hospodárnosti. Významnou oblastí je racionalizace produktivního fungování základních výrobních fondů. Další oblastí je materiálové hospodaření a pohyb materiálu. Značné možnosti jsou v administrativní oblasti a ve vlastní sféře řízení. Cílem racionalizace je maximální zvýšení produktivity za minimálních investic. [14]

Racionalizaci lze ji charakterizovat jako systém zdokonalování založený na optimálním spojení a maximálním využívání výrobních faktorů s cílem dosahovat nejhospodárnějšího výrobního efektu při minimalizaci požadavků na zdroje, který z ekonomického hlediska znamená: zvýšení jakosti a technické úrovně výrobků, dosažení vyšší hospodárnosti a vyšší rentability výroby, snížení namáhavosti pracovního prostředí z hlediska fyziologického a psychologického. Racionalizací mají být vytvořeny předpoklady pro optimální rozhodování a chování podniků. [14]

2.4 Výpočty



φ – úhel posuvového pohybu, P_{fe} – pracovní boční rovina, v_f – posuvová rychlost, η – úhel řezného pohybu, v_c – řezná rychlost, v_e – rychlost řezného pohybu.

Obr. 11 Řezné podmínky při soustružení a frézování [3]

Základní řezné podmínky pro soustružení

- řezná rychlost (1)

$$v \text{ [m/min]}; v = \pi \cdot D \cdot n \quad (1)$$

Počet otáček n se určí z řezné rychlosti v a průměru součásti D .

- posuv f (dříve s) [min/ot]

Volí se podle požadované drsnosti povrchu a výkonu stroje: hrubování až 5 mm/ot, na čisto až 0,3 mm/ot, jemné soustružení 0,05 mm/ot.

- hloubka řezu: a_p (dříve t) [mm]

Závisí na přídavku na obrábění. Volí se co největší. U hrubování až 30 mm, na čisto až 2 mm, jemné soustružení 0,3 mm.

- průřez třísky: A [mm²];

$$A = a_p \cdot f \quad (2)$$

Síla, výkon, strojní čas (3)

- síla : $F_z = S \cdot p$ [N] $p \approx 4 \div 5 \cdot R_m$ (3)

S - průřez třísky: $S = f \cdot a_p$ [mm²] (4)

p - řezný odpor

- výkon (5)

$$P = \frac{F_z \cdot v}{\eta} [W] \quad \eta \cong 0,7 \quad (3)$$

strojní čas:

$$t_s = (L \cdot i) / (n \cdot s) = (L \cdot i) / s_{\min} \quad (6)$$

$$L = l_n + l_p$$

L - dráha nástroje

Základní řezné podmínky pro frézování

Řezná rychlost [v] - měří se na největším průměru frézy a volí se podle obrobitelnosti materiálu, materiálu nástroje, způsobu práce (hrubování, načisto), chlazení, způsobu upnutí obrobku [3]

$$v = \pi \cdot D \cdot n \quad (1)$$

Posuv: s – posuv na otáčku [mm/ot]

s_{\min} – posuv za minutu [mm/min]

s_z – posuv na zub [mm/z]

$$s_{\min} = s \cdot n = s_z \cdot n \cdot Z$$

Hloubka – max. hloubka je omezena tuhostí soustavy stroj-obrobek-nástroj (3 až 10 mm)

Průřez třísky – je proměnný od $x = 0$ do x_{\max}

$$S = b s_z \cos \alpha \quad (7)$$

Kde:

b – šířka obrobku

s_z – posuv na zub

Kroutící moment na vřetenu: $M_k = F_z D/2$ [Nm]

Strojní čas (7):

a) frézování válcovou frézou

$$t_s = (L i) / (n s) = (L i) / s_{\min} \quad (8)$$

$$l_n \dots \text{délka náběhu} \quad (9)$$

$$L = l + l_n + l_p \quad (10)$$

$$x = \sqrt{\{(D/2)^2 - (D/2 - h)^2\}} \quad (11)$$

Kde:

l_p délka přeběhu

l délka součásti

i počet záběrů

h hloubka

D průměr frézy

b) frézování čelní frézou

- hrubování: $l_n = 5$ mm

$$l_p = D/2$$

- načisto: $l_n = 5$ mm

$$l_p = D/2 + (2 \text{ až } 5) \text{ mm}$$

3 CNC PROGRAMOVÁNÍ

Metody CNC programování se dělí na dílenské, ruční a strojní. Dílenské programování se provádí přímo na stroji pomocí údajů o polotovaru a tvaru součástí. Ruční programování je určena především pro jednodušší, tvarově nenáročné součásti a malé série. Provádí se na stroji nebo na PC. Podkladem k tvorbě programu je 2D výkres. Strojní programování nachází uplatnění tam, kde není možné použití ručního programování z důvodu složitosti dílce, anebo tam, kde by ruční programování bylo moc zdlouhavé. Podkladem pro tvorbu programu jsou CAD data. Strojní programování závisí předem na technických, ekonomických, ale i personálních možnostech firmy a provádí se v CAM systémech, v kterých se pomocí postprocesoru přeloží vytvořený program pro řídicí jednotku daného stroje. [2]

3.1 Ruční programování

Program je možné tvořit v řídicích systémech přímo na CNC stroji nebo mimo něj na počítači ve vhodném editoru, kdy se pak NC program (ISO kód) přenesou do CNC stroje. Tato metoda programování se používá tam, kde není dodávána výrobní dokumentace ve formě 3D CAD dat. Ručně programovat lze v ISO/DIN kódu (2D a 2,5D) nebo v interaktivním prostředí za pomoci interaktivního rozhraní mezi programátorem a řídicím systémem. Nachází využití tam, kde stroj není tolik vytížen. [2]

3.1.1 Základní pojmy

CNC stroj: CNC je zkratkou anglického „Computer Numerical Control“, která je zavedena ve spojení s obráběcími stroji lze používat ekvivalent „počítačem řízené obráběcí stroje“, tedy obráběcí stroje využívající počítač, CNC řídicí systém, k tomu, aby dokázali obrábět dle předem připravených technologických NC programů. Základní rozdělení obráběcích strojů je na soustružnické, frézovací a kombinované a dále na EDM, drátořezky. Od klasických strojů se liší také svojí konstrukcí, použitými ovládacími a pohybovými prvky, použitými řeznými podmínkami a s tím spojenou produktivitou práce. V neposlední řadě také přesností. Moderní CNC obráběcí stroje používají velké posuvy při obrábění. Aby bylo možné tyto rychlosti koordinovat, jsou stroje vybaveny odměřovacím zařízením. [12]

G-kódy: Technologický NC program je obvykle tvořen řetězcem znaků, příkazů, které začínají písmenem a obvykle následuje číselná hodnota. [2, 12]

M-kódy: Jsou **pomocné funkce**, které se starají o ovládání mechanismů obráběcího stroje. Každý výrobce CNC řídicích systémů má řadu doplňkových kódů a funkcí. Některé řídicí systémy využívají pro programování dialogové rozhraní a technologické NC programy se tak podobají standardnímu ISO kódu jen vzdáleně. Jsou to často funkce, která jsou specifická pro zapnutí - vypnutí součásti stroje, se nazývá pomocná funkce. [2, 12]

Nulové body obrobku: Posunutí počátku souřadnic obrobku vůči nulovému bodu stroje je základní úkon, který musí seřizovač udělat, než začne odladovat NC program. Jedná se o najetí počátku souřadnic obrobku po jeho ustavení na stůl a zapsání posunutí do tabulky nulových bodů. Toto se dělá ručně pomocí měřicích sond, nebo automaticky pomocí vřetenových měřicích sond a najížděcího NC programu. Nulový bod obrobku je počátek od kterého vychází všechny souřadnice NC programu. Nastavení délek a průměrů nástrojů do tabulky nástrojů, je druhý základní úkon před vlastním obráběním a je ho možno opět udělat ručně na referenční měrku, nebo pomocí dotykových nebo laserových nástrojových sond. Správné nastavení průměru nástroje je předpokladem pro správnou funkci kompenzace průměru/ rádiusu nástroje. [2, 9, 12]

3.1.2 Struktura programování

Každý NC program začíná hlavičkou. Jedná se o příkazový řádek (řádky), který jasně charakterizuje typ CNC řídicího systému a způsob, jakým je program vykonáván. Dále jsou v hlavičce NC programu předvoleny modální G-kódy, které jsou výchozí pro celý NC program. Modální znamená, že neplatí jen na jedné příkazové řádce, ale že jsou aktivní až do řádku, kdy je změněn jiný kód. Konec programu M2, nebo M30 zastaví vykonávání příkazových řádků a řádky za těmito příkazy tak budou ignorovány. [2, 12]

3.1.3 Cykly

Používají se pro usnadnění programování a výrazné zkrácení programů. Všechny pevné cykly mají určené úseky pohybů, které by jinak bylo potřeba programovat pomocí základních funkcí. Výrobci řídicích systémů nabízejí uživatelům pro usnadnění programování CNC strojů vrtací cykly, soustružnické cykly a frézovací cykly. Pokud má CNC obráběcí stroj měřicí sondy, pak je možné využívat i měřicích cyklů. Pevné cykly jsou předdefinované dráhy obráběcích nástrojů, nebo měřicích sond, které umožňují vykonat určitý způsob obrábění (měření) na základě vyplněných parametrů cyklu. Využití předdefinovaných cyklů šetří čas na přípravu NC programu a snižuje možnost vzniku chyby vlivem lidského faktoru. Předdefinované cykly jsou v manuálech konkrétních CNC řídicích systémů. [2,12]

3.1.4 Prostředí pro ruční programování

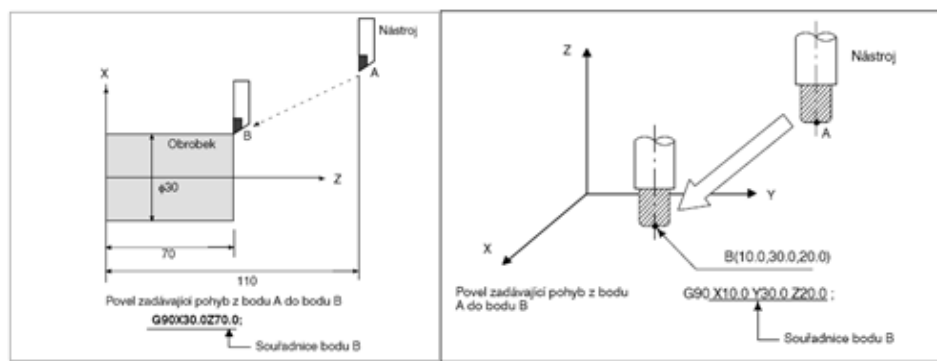
Pro vlastní psaní NC programu stačí jakýkoli textový editor. NC program je následně přenesen do CNC řídicího systému bez nutnosti programování NC kódy u stroje. Nejrozšířenější je přenos RS 232 využívající sériový port PC. Řídicí systémy neznají háčky a čárky a jejich použití v textu může být příčinou, proč nepůjde program spustit. [2, 12]

3.1.5 Absolutní a přírůstkové NC programování

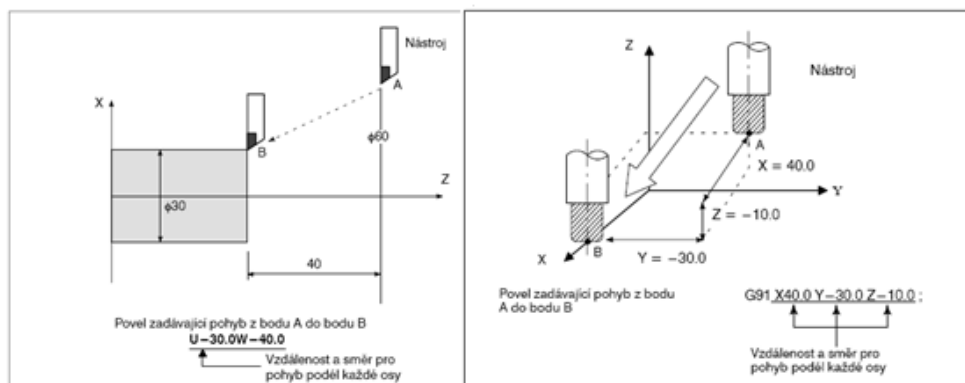
Existuje absolutní a přírůstkové (inkrementální) zadávání souřadnic pohybu. Většina moderních CNC systémů podporuje obě metody zadávání souřadnic pohybu, starší systémy pracují jen s přírůstkovým (inkrementálním) zadáváním souřadnic pohybu. Pro orientaci v programu a přehlednost je lepší pracovat s absolutními souřadnicemi, pakliže to umožňuje CNC řídicí systém, tedy souřadnicemi vztaženými k nulovému bodu obrobku. [2, 12]

Absolutní povel

Pro souřadnice bodů platí totéž jako u funkce G90. Funkce G92 nám umožňuje posunout nulový bod kamkoliv do pracovního prostoru stroje. Výhodná poloha nulového bodu je na ose rotace a na čele obrobku. [2, 12]



Obr. 12 Absolutní povel [12]



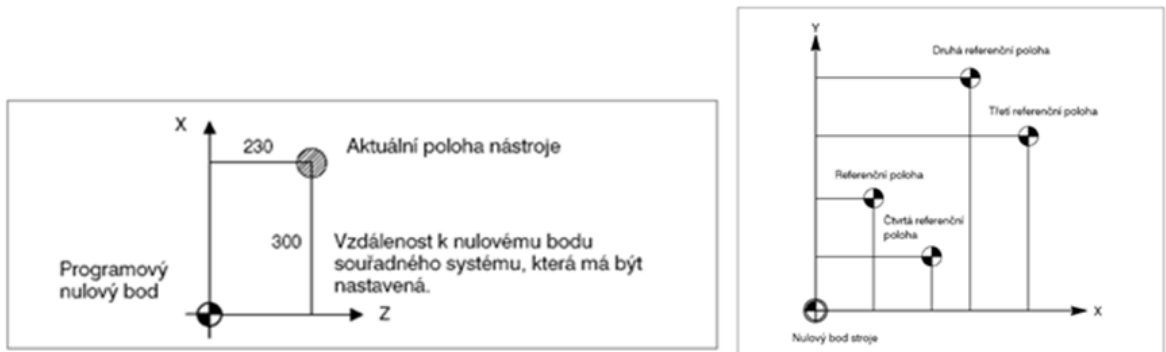
Obr. 13 Přírůstkový povel [12]

Inkrementální povel (přírůstkový)

Souřadnice každého cílového bodu se zadávají jako velikosti přírůstků v ose (X) a (Z) od předchozího cílového bodu, jehož souřadnice považujeme za nulové. [2, 12]

3.1.6 Referenční poloha a souřadný systém

Referenční poloha (vztahuje se ke stroji) u CNC obráběcí stroj má pevnou polohu. Obvykle se v této poloze provádí výměna nástroje a programování absolutního nulového bodu. Tento bod se nazývá referenční poloha. Nástroj se může přemístit do referenční ručním nájездem do referenční polohy. Ten se provádí manuálně a provádí se zpravidla jako první po zapnutí napájení. Další způsob je automatický nájезд do referenční polohy. Ten se používá u výměny nástroje a k automatickému nájězdu do referenční polohy. Na různých místech jsou definované následující dva souřadné systémy. První souřadný systém je zakreslený na výkresu součásti. Jako programová data se používají souřadné hodnoty z tohoto souřadného systému. Druhý souřadný systém je zadáný CNC systémem. Souřadný systém je připravený na daném obráběcím stroji. To je možno provést naprogramováním vzdálenosti od aktuální polohy nástroje k nulovému bodu souřadného systému, která má být nastavená. [1, 2, 3, 12]



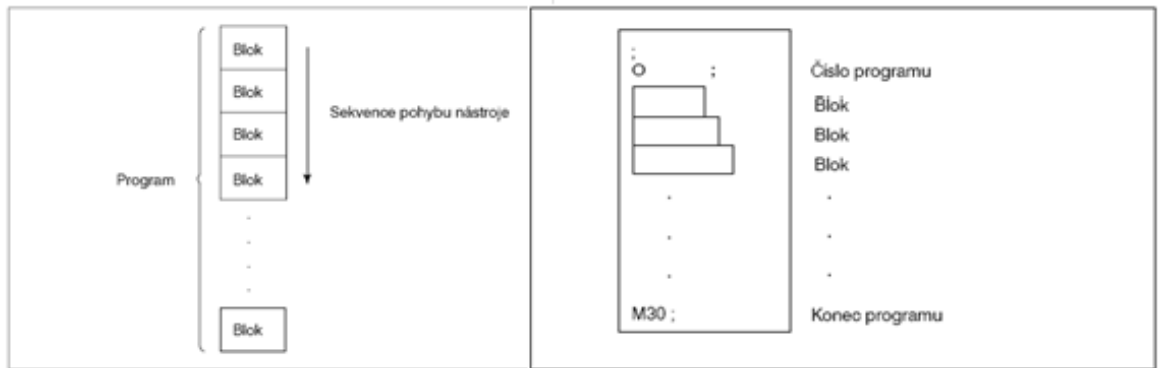
Obr. 14 Souřadný systém určený CNC systémem a Nulový bod stroje a referenční polohy

Nástroj se pohybuje v souřadném systému určeném CNC systémem v souladu s programovým povelům vygenerovaným podle souřadného systému na výkresu součásti a provede obrábění obrobku do tvaru podle výkresu. Pro správné obrobení musí být tyto dva souřadné systémy nastavené do stejné polohy. [12]

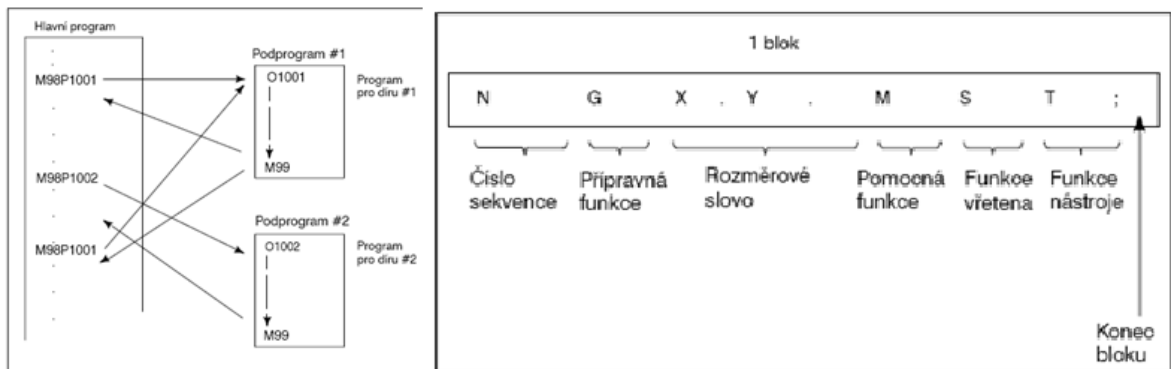
3.1.7 Konfigurace programu a zdvíhu

Skupina povelů zadávaných CNC systémem pro strojní operace se nazývá program. Zadáním povelů se nástroj bude pohybovat po přímce nebo po oblouku nebo se vypne a zapne

motor vřetena. Skupina povelů v jednotlivém kroku se nazývá blok. Program se skládá ze skupiny bloků pro obrábění. Číslo pro rozlišení jednotlivých bloků se nazývá číslo sekvence a číslo pro rozlišení jednotlivých programů se nazývá číslo programu. [2, 12]



Obr. 15 Konfigurace programu a Schéma bloku programu [12]

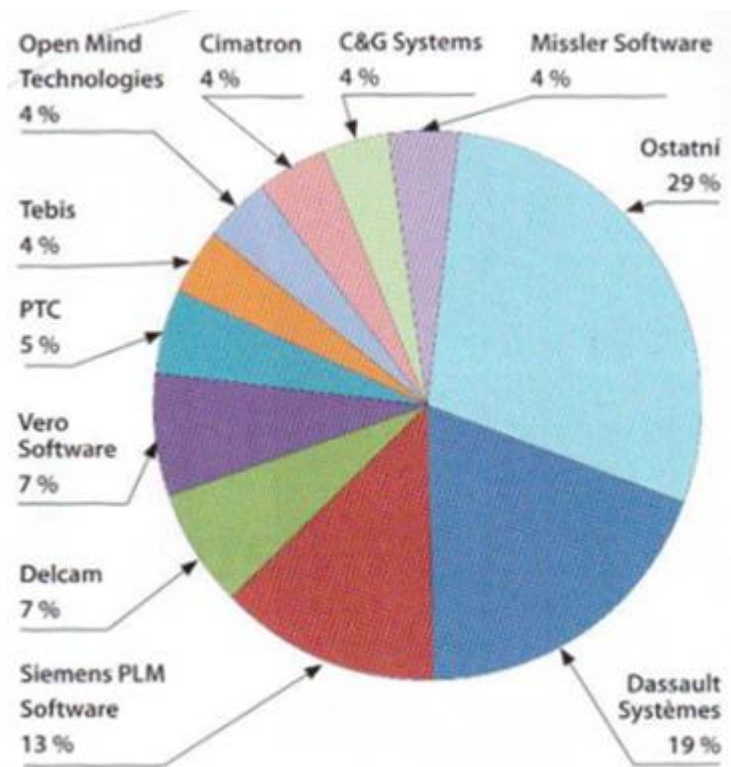


Obr. 16 Schéma hlavního programu a podprogramu a Konfigurace bloku [12]

Blok začíná sekvenčním číslem, který identifikuje tento blok, a končí kódem konce bloku. Číslo programu je obvykle zadáno za kódem konce bloku (;) na začátku programu a kód konce programu (M02 nebo M30) je zadávaný na konci programu. [12]

3.2 Strojní programování

Strojní programování reprezentují CAM systémy. V anglickém jazyce zkratka CAM znamená Computer Aided Manufacturing a označuje systém, který připravuje data a programy pro řízení numericky řízených strojů pro automatickou výrobu součástí.



Obr. 17 Graf znázorňuje tržní podíl dodavatelů na trhu NC softwaru v roce 2011 [26]

3.2.1 Programovací režimy číslicově řízených strojů

Při zpracování NC technologie se vychází z obecných principů postupné volby operací (hrubovací, dokončovací operace) nebo úkonů v logickém sledu jako u konvenční technologie. V principu se tyto technologie od sebe neliší. Vytvoření programů pro číslicově řízené stroje je možné několika způsoby. První je režim on-line – tzv. dílenské programování přímo na CNC stroji. Druhý je režim off-line – tvorba programu mimo řídicí systém CNC stroje, buď ručně (psaní pomocí ISO kódu) nebo s pomocí CAM systému. Číslicové řízení spočívá v ovládání pracovních funkcí stroje. To je prováděno řídicím systémem pomocí vytvořeného programu. Mezi nejrozšířenější řídicí systémy patří Fanuc, Heidenhain, Sinumerik, Mazak Mazatrol, Mitsubishi, Haas a Maino. Program součástí je zadán stroji ve formě alfanumerických znaků. Aby stroj porozuměl tomuto druhu zadání, jsou tyto informace ve zvoleném kódu přeneseny na nosiči informací. Alternativou je přenos

řídícího programu z počítače přímo k řídicímu systému NC stroje. Tento způsob, tzv. DNC řízení (Direct Numerical Control) značí skupinové řízení číslicově řízených strojů řídicím počítačem. DNC systém, nadřízených systémům obráběcích strojů, často slouží jako File-Server, ve kterém jsou uloženy všechny potřebné NC programy pro jednotlivé obráběcí stroje. Server posílá aktuální programy řídicím systémům strojů a následně sleduje pohyb toku výrobků. Program se skládá z jednotlivých geometrických, technologických a případně pomocných informací v takové formě a posloupnosti, jak je vyžaduje software stroje. Program je zapsán pomocí jednotlivých bloků (vět). Každý blok (věta) se skládá ze slov. Slovo popisuje jeden příkaz a je složeno z adresy a číselného kódu. Adresa určuje, kam bude informace směřována. Číselný kód určuje konkrétní hodnotu. [2, 25]

3.2.2 CAM systémy a jejich využití v praxi

CAM systémy lze uplatnit v celém rozsahu strojního obrábění. Podle rozsahu a účelu je můžeme rozdělit na malé, střední a velké. Malé CAM systémy obsahují jednoduché aplikace pro tvorbu NC programů, obvykle pro jeden způsob technologie obrábění, s omezeným rozsahem technologických možností. Jsou schopny řešit spolehlivě 2,5D obrábění, tzn., že dráhu nástroje umožňují programovat na základě kontur definovaných pomocí základních geometrických entit (přímka, bod, kruh). Mají menší hardwarové požadavky a jsou cenově dostupné. Střední CAM systémy vyžadují výkonnější hardware a jsou cenově náročnější. Řeší složitější výpočty a způsoby technologie obrábění. Programování dráhy nástroje je možné provádět ve 2D, 2,5D, 3D i ve více osách. Modely vytvořené v jiných CAD systémech formou plošných nebo objemových těles je možné do těchto systémů importovat přes různá rozhraní a v různých formátech. Vygenerovaný NC program (ISO kód) na základě formy postprocesoru slouží jako řídicí instrukce pro CNC stroj. Charakteristikou velkých CAM systémů je, že jsou schopny spolehlivě řešit 3D až 5D obrábění komplexních, geometricky náročných, matematicky těžko definovatelných ploch, ze kterých se součást skládá. Na rozdíl od středních CAM systémů mohou zpracovávat složitější plochy. Nevýhodou velkých CAM systémů jsou velké pořizovací náklady. [22, 25]

3.2.3 Moduly CAM systémů

S rostoucí konkurenceschopností mezi podniky a firmami na světovém trhu nachází při podpoře výroby CAM systémy své zásadní místo. V poslední době dochází k rozvoji výroby modelů, forem, zápustek a jiných, tvarově složitých součástí s obtížně matematicky

definovatelnou geometrií. K tomuto účelu jsou používány nejmodernější numericky řízené CNC stroje a CNC obráběcí centra. Zavádění a nasazování moderních technologií do podniků, jako je elektroerozivní hloubení, elektroerozivní vyjiskřování, obrábění vodním paprskem, obrábění laserem, suché obrábění, vysokorychlostní a velkoobjemové obrábění, vyžadují nasazení počítačem řízených číslicových strojů na základě dostupných CAM systémů. [2, 9, 25]

Rozšiřující moduly a speciální metody obrábění – CAM systémy se budují modulárně, což znamená, že se software skládá z několika samostatných modulů. Jejich počet a rozsah závisí na konkrétní úloze, kterou chceme řešit. V podstatě každý CAM software má několik základních modulů, které tvoří tzv. funkční minimum. K tomuto minimu je možné přidávat další moduly s různým zaměřením a účelem. Vývojoví pracovníci programující moduly CAM systémů, se snaží zjednodušit a ulehčit práci programátorů CNC strojů vytvářením softwarů s uživatelsky jednoduchou a intuitivní obsluhou. Do pokročilých a speciálních metod programování jsou většinou ve formě rozšiřujících modulů a nástaveb do CAM systémů dodávány následující technologie obrábění. [25]

Soustružení s poháněnými nástroji – modul nabízí možnost využít standartních frézovacích NC operací v libovolné kombinaci se soustružením. Umožňuje lépe využít výkonné soustružnické pracoviště a zkrátit čas výroby obrobem na jedno upnutí. [25]

Vysoce výkonné hrubování – modulový generátor dráhy nástroje pro vysoce výkonné dvou- a tříosé hrubování (např. VoluMill nebo TrueMill). Program využívá nový přístup k sestavování dráhy nástroje a unikátní technická řešení. Výkonný algoritmus umožňuje NC programátorovi dosáhnout a zachovat ideální podmínky obrábění a použít velké otáčky a posuvy. [25]

Nástroje pro výrobu forem a tvarových nástrojů – specializovaná část vybraných CAM systémů, která disponuje silnými hrubovacími cykly a celou paletou navazujících speciálních dokončovacích strategií. [25]

EDM drátové řezání – je určeno pro programování dvou- až čtyřokých drátových řezaček. Generování dráhy se provádí z 3D modelu nebo 2D profilu. Programování měřících sond – modul nabízí možnost naprogramovat sondu současně s tvorbou programu pro obrábění součástí a zahrnout program do postprocesoru. [25]

3.2.4 Rozdělení CAM systémů podle os

Jednoosé obrábění (1D) – Nástroj koná pohyb v jedné lineární ose. Příkladem jsou jednoúčelové stroje, například pro vrtání díry. [25]

Dvouosé obrábění (2D) – Nástroj je řízen dvěma lineárními osami současně. Příklad je běžná frézka (osy X a Y) nebo soustruh (osy X a Z). O dvouosém obrábění hovoříme při klasickém soustružení s jednou nástrojovou hlavou. [25]

Dvou a půl osé obrábění (2,5D) – Jedná se o obrábění, kdy nástroj najede na hloubku řezu v ose Z následně je řízen v osách X a Y. [25]

Třiosé obrábění (3D) – Nástroj je řízen v osách X, Y a Z současně. Nástroj je kolmý na osy X a Y. Umožňuje frézování rozmanitých prostorových tvarů. [25]

Pětiosé obrábění (5D) – Umožňuje současný pohyb lineárních i rotačních os obráběcího stroje. Řízení pěti os najednou může být řešeno posuvem lineárních os X, Y a Z a otočným stolem (osa C) a jeho naklopením (osy A a B), přídavným zařízením na stole, tzv. kolébku, ve které lze obrobek otáčet (osa C), umístěním ve směru os X nebo Y a jejím natáčením (osa A nebo B) nebo výkyvem frézovací hlavy ve dvou osách X, Y (A, B). Při této metodě obrábění se používá nástroj s kulovou hlavou, který se naklání v ose Z tak, aby byl vytvořen efektivní průměr nástroje (zabránění obrábění středem nástroje). [25]

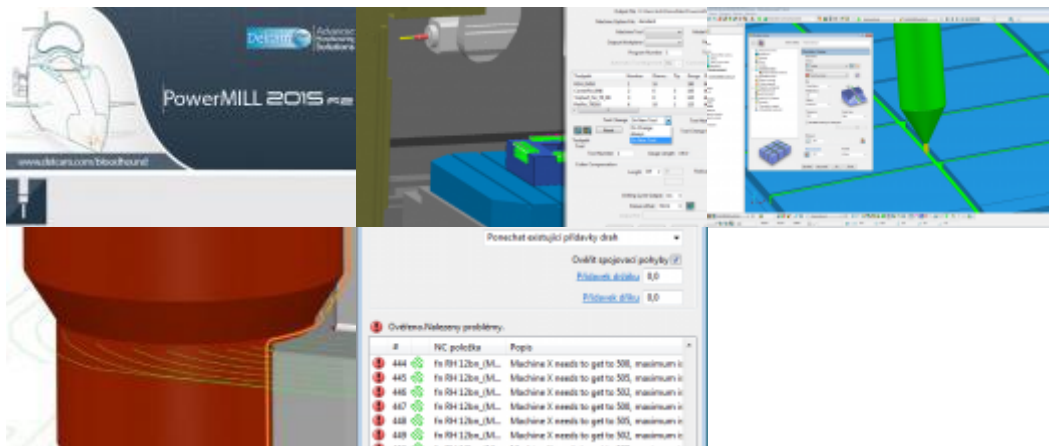
Pětiosé polohovací (indexované) obrábění (3+2D) – Indexování umožňuje změnit vzájemnou polohu nástroje a obrobku v jedné technologii. Při pětiosém polohovacím obrábění jsou přidány další dvě rotační, umožňují přesunutí hlavy na novou pozici. Poté, co se hlava přesune na novou pozici, provádí se klasické třiosé obrábění. Tento typ obrábění může pohybovat pouze lineární osou nebo osou rotační (nelze tedy provádět oba pohyby za ráz). Umožňuje vyhnout osu (A, C) k dostupnosti frézování jinak nepřístupných míst. Vyklonění stolu, a pak 3osé obrábění (vtoky). [25]

3.2.5 Přehled nejrozšířenějších CAM softwarů v ČR

Mezi nejvíce používané CAM systémy u nás patří Catia, CimatronE, Creo Elements/Pro, DelCAM for Solid Works, EdgeCam, Esprit, FeatureCAM, GibbsCAM, InventorCAM, Kovoprog, NX CAM, Peps, PowerMILL, SolidCAM, SprutCAM, SprutCAM, SurfCAM, Tebis a Visi.

3.2.6 CAD/CAM software PowerMill

Delcam PowerMILL je software vysoké kvality pro CNC programování frézovacích center. Primárně je určen pro frézování tvarových ploch tříosými, čtyřosými i pětiosými strategiemi. Během postupného vývoje došlo k rozšíření doplňkových modulů, mezi které patří 2,5D frézování. Uživatel tak není při nutnosti frézování jednoduchých dílců odkázán na jiné řešení a šetří tak své výdaje. Dále obsahuje modul pro automatizovanou výrobu elektrod a také modul pro obrábění lopatek a kanálek. Hlavní využití má pro obrábění částí forem a komponentů v automobilovém i leteckém průmyslu. Charakterizuje ho přes 30 obráběcích strategií, silnou možnost editací dráhy nástroje, raceline obrábění (efektivní hrubování), trochoidní obrábění a díky 5osému souvislému frézování může měnit úhel naklonění osy nástroje během pracovního posuvu. [21]



Obr. 18 Prostředí v softwaru PowerMill 2015 R2 SP4 [21]

3.2.7 Postprocesory

Kvalitní CAM, tedy nástroj pro programování obráběcích strojů se neobejde bez kvalitního postprocesoru. Postprocesor je nástroj, který převádí programované pohyby stroje do jazyka, kterému stroj rozumí a vykonává tak požadované pohyby. Každý stroj může řídit jiný řídicí systém, proto je potřeba při každé implementaci CAM softwaru k úpravě postprocesoru přistupovat velmi zodpovědně. [21]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem praktické části je racionalizace technické přípravy výroby čtyř vtokových ústí na tvárnici vstřikovací formy v podmínkách kusové výroby nástrojárny ve firmě Koh-i-noor Formex s.r.o. s ohledem na využití strojů, řezné podmínky, sériovost, přesnost a hospodárnost.

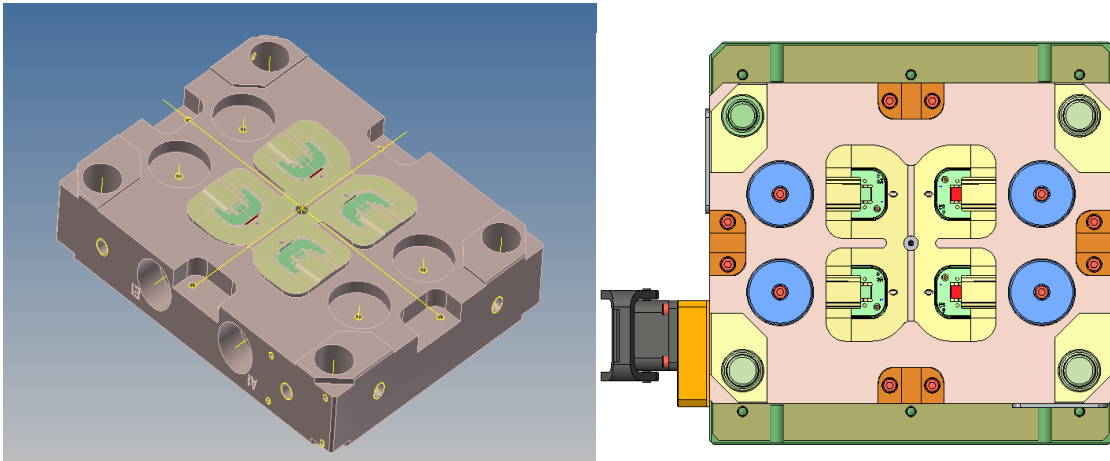
Původní elektroerozivní technologií EDM byla nahrazena výrobou na 5ti-osém frézovacím centru s lineárními pohony s využitím strojního programování v CAD/CAM softwaru PowerMill. Následuje zhodnocení výroby vtokových ústí s návrhy dalších možných řešení, které by vedly k dalšímu zefektivnění výroby.

V následující části je porovnávána výroba středících a dosedacích ploch pomocí ručního, dílenského a strojního programování. Cílem této části je zjistit výhody a nevýhody jednotlivých typů programování.

V závěru je zhodnocení celé práce.

5 POPIS A PŘÍPRAVA OBRÁBĚNÉ SOUČÁSTI

Zadaný díl je tvárnice čtyřnásobné vstřikovací formy, která má horký vtok (1 horkou trysku) se studeným rozvodem na všechny kavity. Je vyrobená z nástrojové oceli EN 1.2343 (DIN: X38CrMoV5-1; ČSN: 19 552), z polotovaru 196x246x45 mm a celková hmotnost je 13,77 kg. Dodavatelem polotovaru je Meusburger, norma F50/196 249/2343. Tvárnice byla tepelně zpracována kalením na tvrdost 52 + 2 HRC.



Obr. 19 3D model tvárnice a pevné části formy

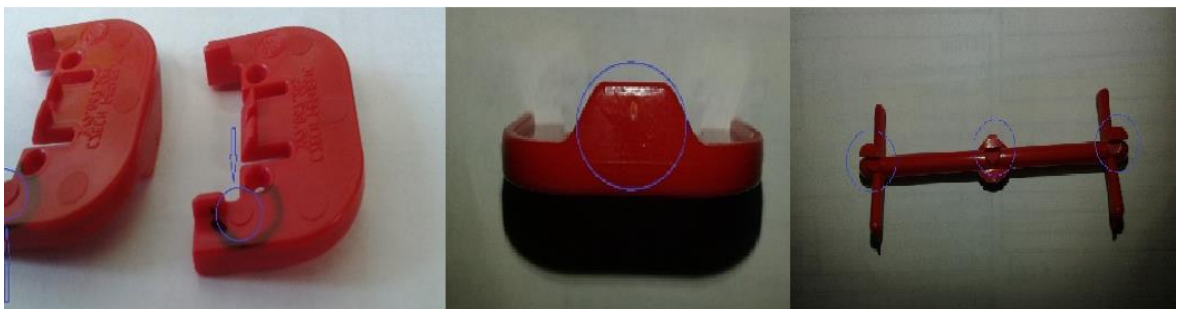


Obr. 20 Čtyřnásobné vstřikovací forma na které byla provedena racionalizace

Do tohoto polotovaru byly zhotoveny vodící otvory, dosedací a středící plochy, vrtání vody, manipulační otvory, popisy, kapsa pro horký systém i kabeláž, tvary s dělicí rovinou a vtokové ústí s tunelovými vtoky. Životnost formy je 500 000 ks výlisků z materiálu PA66 a je určená pro sériový provoz. Forma produkuje technický výlisek.

5.1 Revize od prvního vzorování po uvedení do sériového stavu

Technologické podmínky prvního vzorování: Materiál PA66 se v sušičce sušil 4 hodiny při teplotě 80°C. Vstřikování proběhlo na stroji Arburg 50A s otevřenou tryskou, který má uzavírací sílu 500kN a maximálním vstřikovacím tlakem 2100 barů. Forma byla vytemperována na 70°C. HV formy bylo na teplotě 290°C. Teplota plastifikačních válců se pohybovala od 260 do 295 °C. Tryska měla teplotu 280°C. Při maximálním tlaku vstřiku 1200 barů trval čas vstřiku 0,4 s. Doba dotlaku byla 3 s, při tlaku 500 barů. Plastifikace trvala přibližně 2 s, při protitlaku 5 barů. Čas chlazení byl 6 s, celkový čas cyklu trval 17 s a výlisky se odebíraly ručně.



Obr. 21 A, B, C díl po vzorování

A – Na díle byly výstupky po vyhazovačích, proto se vyhazovače musely dolícovat.

B – Kusy držely v pevné polovině nástroje. Pomohlo doděláním přidržovače.

C – Na vyhazovačích zůstal vtok, proto se upravily vyhazovače.

Závěry/návrhy/opatření po prvním vzorování

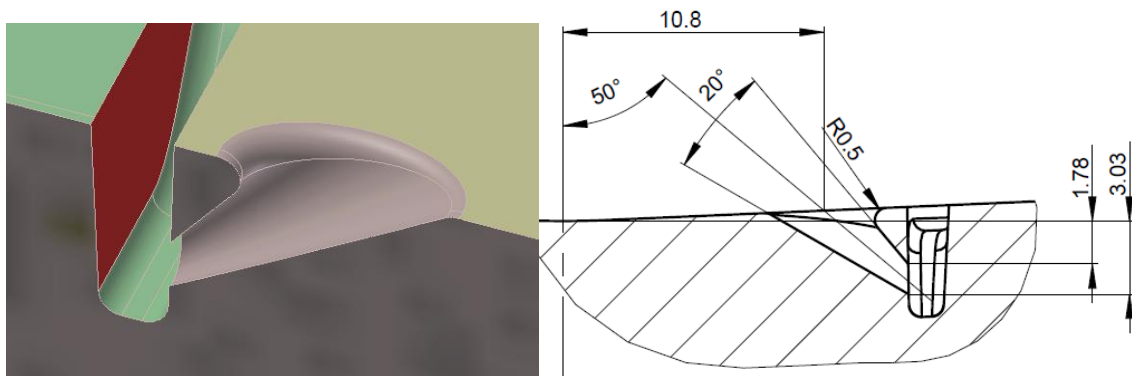
Po provedení prvního vzorování se díly neplní stejnoměrně – **úprava vtoků ústí do dílu**. U dvou dílů jsou nepatrně zapuštěné vyhazovače. Vznikly výstupky, viz foto – dolícovat vyhazovače. Díly zůstávají na pevné polovině nástroje a to v místě, kde se se plní. Dodělat přidržovače na pohyblivou polovinu nástroje. Vtok drží na vyhazovačích, odpadne až na druhé vyhození-upravit vyhazovače. Forma tak po první zkoušce nebyla z technologického pohledu schopna sériového provozu a bylo třeba provést optimalizaci formy.

Závěry/návrhy/opatření po druhém vzorování

Na formě byly dodělané přidržovače na pohyblivou polovinu formy, přesto to nepomohlo. Byla provedena změna v TP, aby mohl být díl vyráběn v automatu. Ani po druhém vzorování nebyla forma z technologického pohledu schopna sériového provozu. Proto následovala další optimalizace, při které byly odstraněny všechny nedostatky. Díl byl již po další zkoušce schopen sériového provozu a byl zákazníkem uvolněn do výroby.

6 VÝROBA VTOKOVÝCH ÚSTÍ

Vtokové ústí je součástí vtokové soustavy formy a je to zúžení rozvodného kanálu. Musí umožnit spolehlivé naplnění dutiny taveninou. Stopa po vtokovém ústí musí být snadno začistitelná. Umisťuje se mimo pohledové části výrobku. Vtokové ústí se vyrábí na frézovacích centrech nebo technologií EDM. Technologie frézování je limitována poměrem průměru a hloubky vtoku. Pokud je délka nástroje větší jak pětinašobek průměru nástroje, tak se vtoky zpravidla hloubí.

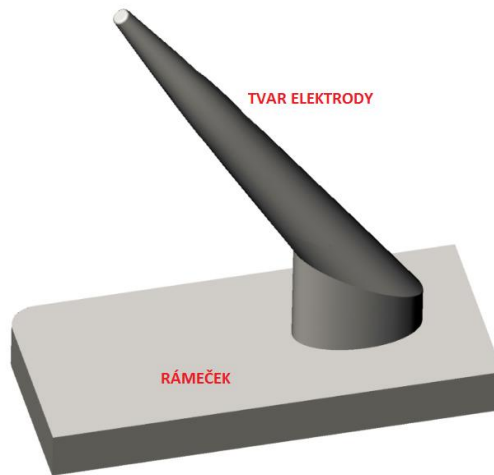


Obr. 22 Detail vtokového ústí – tunelového vtoku v modelu a v řezu ve výkrese

Sebelepší obráběcí technologie nezachrání nevhodnou konstrukci a umístění vtokového ústí. Proto se před každým zahájením konstrukce formy a volbou vtokového ústí provádí MF analýza, která napoví, kam je nejlepší umístit vtok, aby tavenina dutinou tekla co nejoptimálněji. Dále kde bude tavenina nejrychleji tuhnout, jaké bude kde smrštění, jak se budou táhnout vlákna, kde bude docházet k zamrznání a jaký typ vtokového ústí správně zvolit. Z MoldFlow analýzy vyplynul tunelový vtok jako nejoptimálnější vtokové ústí.

6.1 Výroba vtokového ústí hloubením

Před samotnou výrobou vtokových ústí bylo třeba polotovary naúhlovat, pak se vyvrtaly díry na vodu, manipulační otvory, zahloubení (na hotovo). Sloupkové díry byly hotové s přídavkem na kalení z polotovaru Meusburger. Dále se nahruboval tvar, vyhrubovaly se kapsy, následovalo kalení na 52+2 HRC. Následovalo frézování na desetinu (semifinišdokončení), pak dokončení frézování na nulu a až na konec se vyhloubil tvar grafitovou elektrodou na hloubičce. Příprava modelu elektrody probíhala v CAD software Rhinerosu půl hodiny. Obsahovala vykopírování ploch modelu, následné vytažení ploch, pak se vytvořil rámeček. Rámeček je podstava a přesný odměřovací rozměr.



Obr. 23 3D model elektrody

Dále byly zhotoveny elektrody na 3osém centru z grafitu s přesností $\pm 0,01$, tvorba návodky (nájezdový list pro elektrodu), tvorba NC program v PowerMillu, tvorba návodky pro frézaře elektrody z grafitu, výroba elektrody. Elektroda se změřením na 3D kontrole. Následuje samotné hloubení a konečné měření po obrábění (občas se elektrody ještě leští - reflektory).

6.1.1 Specifikace programování a stroje Strathclyde STH 50-40

Hloubicí stroj Strathclyde CNC pracuje na řídicím systému Heidenhain TNC 416 a je jej možné programovat pouze přímo na stroji, tj. pomocí dílenského programování.

Tab. 1. Specifikace Strathclyde STH 50-40

Typ stroje STH 50-40	
Celkový příkon	10 kVa
Napěťová soustava 3 fáze	240/400 V
Min. průřez přívodního kabelu	6 mm ² (Al)
Doporučené předřadné jištění	25 A



Obr. 24 Hloubička Strathclyde STH 50-40 a její pracovní prostor

6.1.2 Program pro EDM obrábění

Program byl vytvořen pomocí dílenského programování přímo na stroji v řídicím systému Heidenhain TNC 416. Obsluha stroje použila stejný program na všechny čtyři vtoky a měnila pouze souřadnice středu vtoku a úhel dle nájezdového protokolu od technologa. Po vytvoření samotného programu byla na pracovní magnetický stůl upnuta a vyrovnána zakalená tvárnice a pomocí sondy najety nulové body. V dalším kroku byla do upínací hlavy upnuta grafitová elektroda ve tvaru vtokového ústí, která byla vyrovnána podle rámečku. Následovalo zaplnění pracovní komory dielektrikem. Po zaplnění komory byl již spuštěn samotný program, kdy elektroda přijela dle programu na předdefinovanou bezpečnou výšku. Dále již začal samotný pracovní proces, kdy elektroda došla až na konečnou výšku definovanou v programu. Poté se vrátila opět na bezpečnou počáteční výšku a tím byl program ukončen. Proces se opakoval čtyřikrát. Po dokončení výroby byla pracovní komora vypuštěna a tvárnice byla předána kontrole na 3D měřicí stroj. Pracovní cyklus všech vtokových ústí trval 3 hodiny. Hlavním parametrem hloubení je elektrický proud. Ampéry se pohybovaly v rozmezí 1 až 15 A. Čím méně ampér, tím je jemnější struktura povrchu (zrnitost). Jiskřící mezera je v řádech tisícín maximálně stovek mm.

Samotný program je na Obr. 25, parametry hloubení pak na Obr. 26.

```

PROGRAM ZADAT/EDIT JINDRA
0 BEGIN PGM JINDRA MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-100 Y-55 Z+0
2 BLK FORM 0.2 X+100 Y+55 Z+10
3 TOOL DEF 1 L+0 R+10
4 TOOL CALL 1 Z U+0
5 CYCL DEF 1.0 GENERATOR
6 CYCL DEF 1.1 P-TAB 99999911
7 CYCL DEF 1.2 MAX=23 MIN=23
8 L Z+100 R F MAX M
9 L X+0 Y+8.04 R F MAX M08
10 L Z+63.04 R F MAX M
11 L X+0 Y+3 Z+58 R F MAX M36
12 L X+0 Y+8.04 Z+63.04 R F MAX M37
13 L Z+100 R F MAX M37
14 M09
15 END PGM JINDRA MM
  
```

Obr. 25 Program vtokového ústí na hloubičce v řídicím systému Heidenhain TNC 416

NR	IP	HV	GV	TON	TOF	SV	AJD	ET	AR
25	4	0	45	24	18	20	2.4	1.8	40
24	4	0	45	10	8	20	2	1.4	35
23	3	0	48	8	6	20	1.8	1	30
22	2	0	50	4	6	20	1.6	0.8	30
21	1	0	55	1	4	20	1.2	0.6	30

Obr. 26 Tabulka parametru určuje parametry hloubení

6.2 Výroba vtokového ústí na 5-ti osém CNC centru

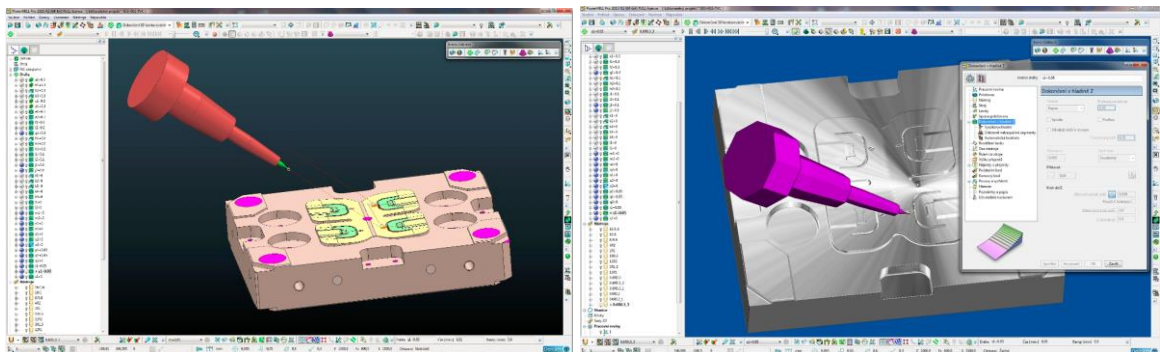
Racionalizace spočívá ve využití 5ti-osého frézovacího centra ve spojení se strojním programováním v CAD/CAM systémem PowerMill 2015 R2. K obrábění pomocí technologie frézování je třeba připravit již samotný koncept konstrukce formy, či její části tak, aby jí bylo možné použít. Jde třeba o zachování pravidla 5D, kdy by délka nástroje neměla přesahovat pěti násobek průměru nástroje. Tato technologie je tedy limitovaná poměrem průměru a hloubky vtoku. Pokud je tento poměr větší, tak se vtoky hloubí.

Výroba vtokového ústí frézováním – polotovar se naúhloval, pak se vyvrtaly díry na chlazení, manipulační otvory, zahloubení (na hotovo), sloupkové díry byly hotové s přídavkem na kalení z polotovaru Meusburger, nahruboval se tvar a hrubovaly kapesy, následovalo kalení, pak frézování na desetinu (semifiniš-dokončení), pak se obrábělo vtokové ústí s 3D tvary na hotovo (do plného materiálu). Hrubovalo se kulovou frézou o \varnothing 1 mm. Tvar se dohrubovalo kulovou frézou o \varnothing 0,6 mm a frézovalo na čisto \varnothing 0,6 mm na nulu. Nakonec proběhla kontrola na 3D měření.

Pro usnadnění programování vtokových ústí lze obecně vygenerovat program pouze na jednu polovinu TVC s dráhami i nesousledně. Na druhou polovinu TVC se program ozrcadlí přímo na stroji, tudíž pojedou sousledně. Pokud to okolnosti dovolí, tak se v prostředí nástrojárny společnosti KIN Formex frézují vtokové ústí na 5-ti osém CNC obráběcím centru Röders.

6.2.1 Specifikace programování a stoje Röders RXU 1000 DSH

Příprava programu probíhá v CAD/CAM systému PowerMill, ve kterém se pomocí simulací program optimálně odladí tak, aby bylo obrábění maximálně efektivní a nemohlo dojít ke kolizi.



Obr. 27 Simulace obrábění v softwaru PowerMill

Obráběcí centrum Rödgers RXU 1000 DSH pracuje na řídicím systému RMS 6. Stroj je vybaven lineárními pohony a technologiemi, díky nimž dosahuje stroj při obrábění v 5-ti osé geometrii povrchu Ra 0,1. Pracovní prostor stroje je 700x855x500 mm, pracovní stůl má \varnothing 600 mm, posuv je až 60 000 mm/min a počet otáček je 30 000 ot./min. Příkon je 85 kVA. Rotační stůl umožňuje pohyb v osách A a C. Chladicí médium je mlha.




Obr. 28 Obráběcí CNC centrum Rödgers RXU 1000 DSH [31]

6.2.2 Program pro CNC obrábění

Ve všech programech bylo využito v PoweMillu funkce Hladina Z. V prvním programu byla použita kulová fréza \varnothing 1 mm k hrubování, která jela do plného materiálu. V druhém programu se dohrubovávalo s kulovou frézou o \varnothing 0,6 mm a ve třetím se frézovalo na čisto opět kulovou frézou o \varnothing 0,6 mm na hotovo. Celkový vypočítaný čas obrábění byl 32 minut 16 vteřin. Ve skutečnosti byl však obsluhou optimalizován posuv na 500 mm/min z důvodu velké obvodové rychlosti nástroje. Reálný strojní čas byl tedy přibližně jednu hodinu.

Tab. 2 Programy strojního programování k výrobě vtokových ústí

	Polotovary-NBO		003-001-TVC						L. Zítka	
	Xmin -123	Xmax 123	Datum	2015-05-11		Čas celkový 0:32:16				
	Ymin -98	Ymax 98	Projekt	003-001-TVC						
	Zmin -0	Zmax 47,561	Part							
NC Program	Název dráhy - operace		Min Z	DFr	TipR	L / Vylož	Držák	Přídavek XY / Z	Posuv	Čas
1_hrub_D1+0,05	p1+0.05	Hladina Z (3+2)-osy	42,954	1	0,5	5 / 16	5-BZ-04x94	XY 0,05 Z 0,05	1000	0:03:50
1_hrub_D0,6+0,05	q1+0.05	Hladina Z (3+2)-osy	41,66	0,6	0,3	3 / 14	5-BZ-16-4	XY 0,05 Z 0,05	1000	0:06:00
1_dok_D0,6+0	q2+0	Hladina Z (3+2)-osy	41,622	0,6	0,3	3 / 14	5-BZ-16-4	XY 0 Z 0	1000	0:06:14
2_hrub_D1+0,05	r1+0.05	Hladina Z (3+2)-osy	42,661	1	0,5	5 / 16	5-BZ-04x94	XY 0,05 Z 0,05	1000	0:03:55
2_hrub_D0,6+0,05	s1+0.05	Hladina Z (3+2)-osy	41,66	0,6	0,3	3 / 14	5-BZ-16-4	XY 0,05 Z 0,05	1000	0:06:00
2_dok_D0,6+0	s2+0	Hladina Z (3+2)-osy	41,622	0,6	0,3	3 / 14	5-BZ-16-4	XY 0 Z 0	1000	0:06:13

NC Program 1: 1_hrub_D1+0,05

Stůl stroje se natočí v ose C a ose A do požadované pozice a nástroj v hladinách osy Z vyhrubuje vtok s přídavkem 0,05 mm. Nástroj je kul. fréza o \varnothing 1 mm, R 0,5 a délce vyložení 5 mm upevněném v držáku 5-BZ-16-4 o celkové délce nástroje 168 mm.

DRHA			
Jméno	r1+0.05		
Popis			
Operace	Hladina Z		
Tolerance	0,005	Posuv F	1000
Celkový přířez	0,05	Zanovácí posuv Fz	600
Radiální přířez	0,05	Rychloposuv	30000
Axiální přířez		Otoky vřetene S	1500
Krok v XY		Doba řezu	0:01:50
Krok v Z	0,02	Celkový čas	0:03:55
Polotovár	192,078 × 196 × 107,749		

NC Program 2: 1_hrub_D0,6+0,05

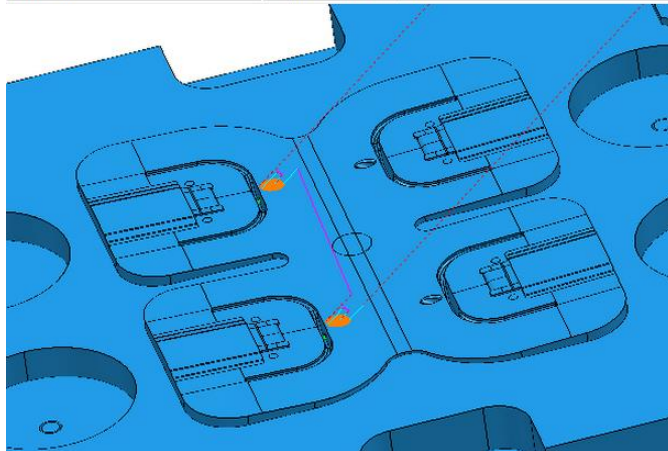
Stůl stroje se natočí v ose C a ose A do požadované pozice a nástroj v hladinách osy Z dohrubuje vtok s přídavkem 0,05 mm. Nástroj je kul. fréza o \varnothing 0,6 mm, R 0,3 a délce vyložení 3 mm upevněném v držáku 5-BZ-16-4 o celkové délce nástroje 168 mm.

DRHA			
Jméno	s2+0		
Popis			
Operace	Hladina Z		
Tolerance	0,005	Posuv F	1000
Celkový přířez	0	Zanovácí posuv Fz	600
Radiální přířez	0	Rychloposuv	30000
Axiální přířez		Otoky vřetene S	1500
Krok v XY		Doba řezu	0:03:10
Krok v Z	0,015	Celkový čas	0:06:13
Polotovár	192,078 × 196 × 107,749		

NC Program 3: 1_dok_D0,6+0

Stůl stroje se natočí v ose C a ose A do požadované pozice a nástroj v hladinách osy Z vyšlichtuje vtok na nulu. Nástroj je kul. fréza o \varnothing 0,6 mm, R 0,3 a délce vyložení 3 mm upevněném v držáku 5-BZ-16-4 o celkové délce nástroje 168 mm.

DRHA			
Jméno	q2+0		
Popis			
Operace	Hladina Z		
Tolerance	0,005	Posuv F	1000
Celková předávek	0	Zanovovací posuv Fz	600
Radiální předávek	0	Rychloposuv	30000
Axiální předávek		Otoky vřetene S	1500
Krok v XY		Doba řezu	0:03.10
Krok v Z	0,015	Celková čas	0:06.14
Polotovár	192,078 × 196 × 107,749		

**NC Program 4: 2_hrub_D1+0,05**

Zrcadlový program k NC Programu 1: 1_hrub_D1+0,05

NC Program 5: 2_hrub_D0,6+0,05

Zrcadlový program k NC Program 2: 1_hrub_D0,6+0,05

NC Program 6: 2_dok_D0,6+0

Zrcadlový program k NC Program 2: 1_dok_D0,6+0

Pro názornost jsou zde uvedené části programových listů. Celé programy jsou k nalezení v příloze na CD pod názvy:

NC Program 1: 1_hrub_D1+0,05

NC Program 2: 1_hrub_D0,6+0,05

NC Program 3: 1_dok_D0,6+0

NC Program 4: 2_hrub_D1+0,05

NC Program 5: 2_hrub_D0,6+0,05

NC Program 6: 2_dok_D0,6+0

6.3 Zhodnocení výroby vtokových ústí

Novou technologií bylo dosaženo zkrácení výroby o 78 % a snížení nákladů na výrobu o 56 %. Rovněž bylo dosaženo lepších přesností výrobku i jakosti povrchu. Z hlediska zástavbových rozměrů i spotřeby energie je hloubící stroj o polovinu úspornější, oproti frézovacímu centru. Novou technologií byl snížen stav potřebných pracovníků o obsluhu hloubičky. Největší nevýhodou nové technologie je nevytříděný posprocesor. Jeho optimalizace by přinesla další urychlení a tím i zlevnění výroby.

Dalšímu zefektivnění výroby by pomohlo pořízení moderní hloubičky s 3D orbitem ve spojení s modulem Delcam Elektrode, který velmi urychluje práci přípravy potřebné elektrody pro hloubení. Moderní EDM zařízení dnes dosahují povrchu po obrobení zrcadlového lesku Ra 0,02.



Obr. 29 TVC s tunelovými vtoky zhotovené novou technologií

6.3.1 Původní technologie výroby tunelového vtoku

Původní technologie spočívala ve využití elektroerozivního obrábění na hloubičce pomocí elektrody ve tvaru vtokového ústí.

Tab. 3 Náklady na výrobu 4 tunelových technologií EDM

Náklady na výrobu 4 tunelových vtoků			
Položka:	Čas [hod]	Hodinová sazba[Kč/hod]	Náklady [Kč]
Programování	1,5	600	900
3-osé frézovací centrum	1,5+	700	1050
Hloubička - Strathclyde H-T 60-50 CNC	3	700	2010
CELKEM			4050

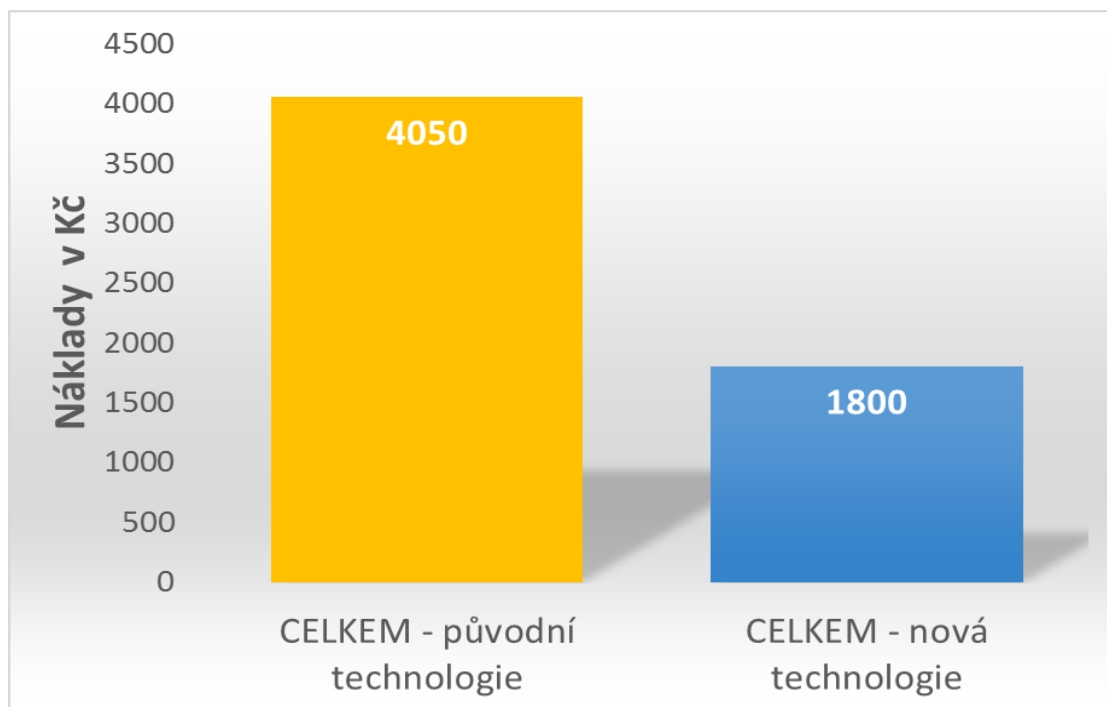
6.3.2 Nová technologie výroby tunelového vtoku

V nové technologii bylo využito výroby pomocí 5-osého frézovacího centra Rödgers.

Tab. 4 Náklady na výrobu 4 tunelových na frézovacím centru

Náklady na výrobu 4 tunelových vtoků			
Položka:	Čas [hod]	Hodinová sazba[Kč/hod]	Náklady [Kč]
Programování	0,5	600	300
5-osé frézovací centrum	1	1500	1500
CELKEM			1800

6.4 Ekonomické zhodnocení jednotlivých typů výroby



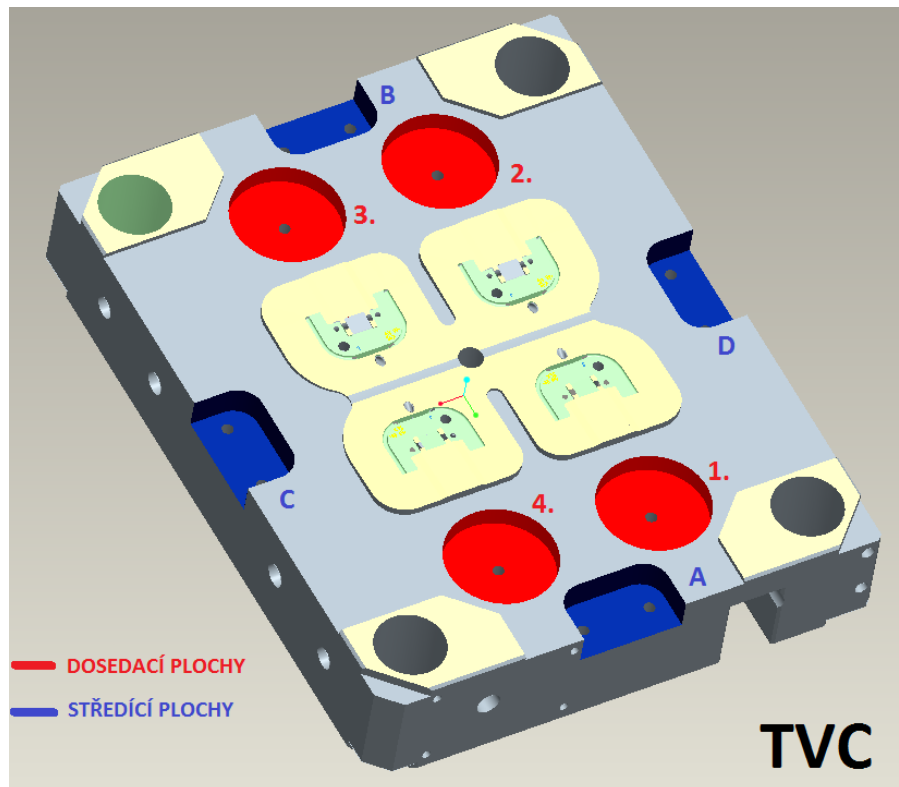
Obr. 30 Porovnání nákladů na původní a novou technologii

Ve firmě KIN Formex byla tato změna technologie za poslední rok provedena na 16 formách. Racionalizací bylo tedy řádově uspořeno minimálně 36.000 Kč.

Běžně se po hloubení vtoky ještě leští. Čtyři vtoky by se leštily 3 hodiny. Při hodinové sazbě 600 Kč/hod by tak cena původní technologie vzrostla o dalších 1800 Kč. Proto se jednoznačně u výroby tohoto typu vtoku vždy frézují, pokud to podmínky dovolí, protože povrch po frézování na centru Rödgers je 0,1 Ra.

7 VÝROBA DOSEDACÍCH A UPÍNACÍCH PLOCH NA TVARNICI

Polotovár byl v předchozí operaci předhrubován s přídávkem 0,3 mm na stěnu a zakalen na 52+2 HRC. K výrobě bylo využito CNC obráběcího centra Rödgers RXU 1000 DSH.



Obr. 31 TVC s vyznačením poloh dosedacích a středících ploch

Pro všechny typy programování a pro výrobu všech středících i dosedacích ploch byla použita válcová tvrdokovová, monolitní, vícezubá fréza o $\varnothing 12$, rádiusu R0 s vyložení; od firmy Ham, upevněném v držáku 5-BZ-12-69 o celkové délce nástroje 69 mm. viz Obr. 32



Obr. 32 Použitý nástroj s držákem

7.1 Ruční programování

Je možné přímo na stroji. Stroj pak ale musí stát a vznikaly by nežádoucí prostoje stroje. Proto byl program vytvořen mimo stroj v poznámkovém bloku. K tvorbě programu byl třeba úplně zakótovaný výkres. Jedná se o absolutní programování s využitím ISO kódů. Kvůli dosažení rychlejšího obrobění se použil větší přísuv, který se ale koriguje posuvem na základě chování nástroje. Hotový program byl z PC importován přes firemní síť do CNC stroje. Na Obr. 31 jsou naznačené pozice jednotlivých dosedacích a středících ploch.

Strojní čas programu byl 17 min 49 sekund s tím, že se tvary předhrubovaly a s korekcí obrobily na čisto. Pak byl výsledný strojní čas přibližně 36 minut.

Pro názornost je v tabulce níže uvedeno několik prvních a posledních řádků programu. Celý program je přiložen jako příloha s názvem NC program – Ruční programování.

Tab. 5 Tabulka s výňatkem z Ručního programování

Číslo operace	Operace	X	Y	Z	Nástroj	Poznámka
N001						Definice obrobku
N002						Definice obrobku
N003						Definice nástroje
N004						Vyvolání nástroje
N005	G00 +M3			Z 200,0	T1	Nájezd rychloposuvem a start otáček
N007	G00	X 93,0	Y 30,0			Nájezd rychloposuvem nad materiál
N009	G00	S 153,0		Z 44,6		Nájezd rychloposuvem nad materiál
N010	LBL1					Začátek podprogramu
N011	G01	X 93,0	Y 30,0	Z -5,0		Inkrementální přírůstek v ose Z
N012	G21	X 100,5	Y 30,0			Najetí na korekci nástroje
N013	G03	X 59,5	Y 30,0			Prac. posuv proti směru 1/2 kruhu
N014	G03	X 100,5	Y 30,0			Prac. posuv proti směru 2/2 kruhu
N015	G40	X 93,0	Y 30,0			Nájezd zpět na střed, vypnutí korekce
N016	LBL0					Konec podprogramu, opakování 1x
N017	G00			Z 100,0		Nájezd rychloposuv. na bezpečnou vzdál.
N018						
N019						
N230	G00			Z 200,0		Nájezd rychloposuv. do výchozího bodu
N231	M30					Konec programu

7.2 Dílenské programování

Bylo provedeno přímo na stroji z úplně zakótovaného výkresu. Výhodou oproti ručnímu programování je, že bylo možné stroj programovat, zatímco na stroji výroba jiné součásti. Stroj byl tedy v provozu a nevznikly prostoje ve výrobě. Samotný program byl vytvořen pomocí řídicího systému Heidenhain iTNC530. Bylo využito absolutní i přírůstkového programování s využitím přednastavených cyklů Heidenhainu, které práci urychlovaly a značně zjednodušovaly. Tímto způsobem je možné programovat tvary, které lze popsat přímkami a oblouky. Kvůli dosažení rychlejšího obrobení se použil větší přísuv, který se koriguje posuvem na základě chování nástroje. Na Obr. 31 jsou naznačené pozice jednotlivých dosedacích a středících ploch.

Strojní čas programu byl 14 min 52 sekund s tím, že se tvary předhrubovaly a s korekcí obrobily na čisto. Pak byl výsledný strojní čas přibližně půl hodiny.

7.2.1 Charakteristika programu Heidenhains iTNC530

Může řídit celkem až 9 os. Kromě hlavních os X, Y a Z existují souběžně probíhající pří-
davné osy U, V a W. Rotační osy se označují jako A, B a C. Obrázek vpravo dole ukazuje
přiřazení přídavných, příp. rotačních os k hlavním osám. [38]

7.2.2 Program pro dílenské programování

Pro názornost je zde uvedeno několik prvních a posledních řádků programu. Celý program je přiložen jako příloha s názvem NC program – Dílenské programování.

Tab. 6 Tabulka s výňatkem z Dílenského programování

Číslo operace	Operace	X	Y	Z	Nástroj	Poznámka
N001						Definice obrobku
N002						Definice obrobku
N003						Definice nástroje
N004						Vyvolání nástroje
N005	G00 +M3			Z 200,0	T1	Nájezd rychloposuvem a start otáček
N007	CYCL DEF					Definice cyklu kruhové kapsy
N008	L M99	X 80,0	Y 30,0			Nájezd 1. kapsy + vyvolání cyklu
N009						
N055	L			Z 150,0		Nájezd na bezpečnou vzdálenost
N059	M30					Konec programu

7.3 Strojní programování

Probíhá mimo stroj. Pro samotnou tvorbu byl nutný 3D model ve formátu IGS. s přesností $\pm 0,005$ mm. Bylo využito programu PowerMill 2015 R2 a v něm funkcí Hrubování konturováním, Konstanta Z a Plošný offset. Časová ztráta při programování vznikla při přípravě modelu v Rhinoserosu a vytváření hranic nutných pro definici programu.


Při zachování třísky 0,05 mm pro obrábění mělkých tvarových částí (která se používá pro frézování 3D tvarů) se jedná o nevhodný parametr pro zhotovení středících a dosedacích ploch.

7.3.1 Charakteristika programu PowerMill 2015 R2

Největší přednosti PowerMillu jsou ve frézování tvarových dílců a víceosých operacích, kdy využívá výhody triangulace každého 3D modelu. Má vysokou rychlost výpočtů dráhy nástroje bez kolizí s využitím. Software je 64bitový a výpočty rozkládá na 8 jader. Díky tomu umožňuje počítat souběžně 2 dráhy. V oblasti frézování je vhodný do nejnáročnějších podmínek, kde mají ostatní konkurenční řešení potíže. V základní verzi obsahuje přes třicet různých strategií obrábění. Viz. Kapitola 3.2.6.

7.3.2 Program pro strojní programování

Pro zhotovení středících a dosedacích ploch byly vytvořeny tři programy. První je hrubovací, kdy po obrobení zůstane přídavek na stěnu 0,1 mm. Druhý program je již dokončovací a třetí všechny plochy pouze předšlichtuje na nulu. Nástrojem je vždy válcová fréza o $\varnothing 12$ mm, rádiusu R0 a délce vyložení nástroje 60 mm.

	Polotovár	
	Xmin -123	Xmax 123
	Ymin -98	Ymax 98
	Zmin -0	Zmax 47,561
NC Program	Název dráhy nástroje	
1_Hrub_D12+0.1	1_Hrub_D12+0.1 Hrubování konturováním 3-osy	
1_Dok_D12+0	1_Dok_D12+0 Hladina Z 3-osy	
2_Dok_D12+0	2_Dok_D12+0 Plošný offset 3-osy	

Struktura jednotlivých programů je velmi podobná. Na začátku je definován polotovar a parametry obrábění. Stroj si vyzvedne zvolený nástroj, následuje spuštění otáček, změření nástroje, najetí rychloposuvem na bezpečnou vzdálenost k obrobku, sjezd pracovním posuvem v ose Z na startovací pozici, spuštění chlazení, následuje samotné frézování. Po dokončení frézování nástroj vyjede zpět do bezpečné vzdálenosti, vypne se chlazení, dojde k přeměření nástroje a jeho odložení do zásobníku. Poté je program ukončen.

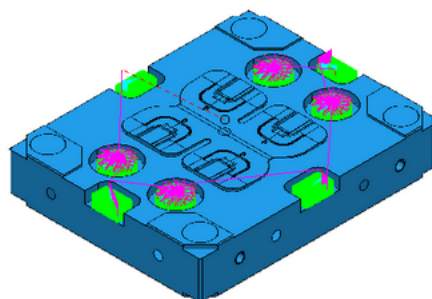
Tab. 7 Programy strojního programování k výrobě středících a dosedacích ploch

003-001-TVC								
<i>Datum</i>		2015-05-13		<i>Čas celkový 1:27:41</i>				
<i>Project</i>		003-001-TVC						
<i>Part</i>								
<i>Min Z</i>	<i>DFr</i>	<i>TipR</i>	<i>L / Vylož</i>	<i>Držák</i>	<i>Přídavek XY;Z</i>		<i>Posuv</i>	<i>Čas</i>
32,3	12	0	60 / 0	1	X:Y 0,1	Z 0,1	1000	1:09:07
32,2	12	0	60 / 0	1	X:Y 0	Z 0	1000	0:13:26
32,2	12	0	60 / 0	1	X:Y 0	Z 0	1000	0:05:06

NC program 7 – hrubování s přídavkem

V prvním programu se vyhruboval tvar s přídavkem 0,1 mm s využitím funkce Hrubování konturováním v PowerMillu. Výrobní čas byl 1 hodina 9 minut a 7 vteřin.

Toolpath			
Name	1_Hrub_D12+0.1		
Description			
Strategy	Hrubování konturováním		
Tolerance	0,02	Cutting Feed Rate	1000
Global Thickness	0,1	Plunge Feed Rate	600
Radial Thickness	0,1	Rapid Feed Rate	30000
Axial Thickness		Spindle	1500
Stepover	6	Cutting Time	0:59:38
Stepdown	0,2	Total Time	1:09:07
Block	246 × 196 × 44		

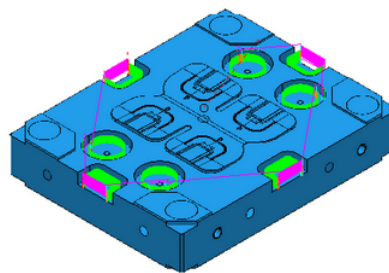


Obr. 33 Hrubování s přídavkem

NC program 8 – dokončování na čisto

V druhém programu se dokončuje tvar v hladinách osy Z na nulu s využitím funkce Hladina Z v PowerMillu. Výrobní čas byl 13 minut a 26 vteřin.

Toolpath			
Name	1_Dok_D12+0		
Description			
Strategy	Hladina Z		
Tolerance	0,005	Cutting Feed Rate	1000
Global Thickness	0	Plunge Feed Rate	600
Radial Thickness	0	Rapid Feed Rate	30000
Axial Thickness		Spindle	1500
Stepover		Cutting Time	0:11:45
Stepdown	0,5	Total Time	0:13:26
Block	246 × 196 × 44		

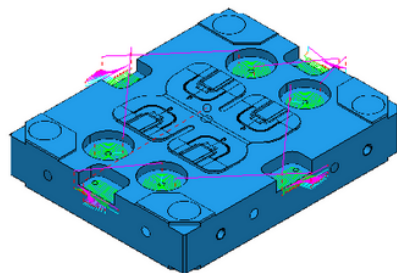


Obr. 34 Dokončování na čisto 1

NC program 9 – dokončování na čisto 2

V posledním programu se dokončují dna s přidavkem na nulu s využitím funkce Plošný offset v PowerMillu. Výrobní čas byl 5 minut a 6 vteřin.

Toolpath			
Name	2_Dok_D12+0		
Description			
Strategy	Plošný offset		
Tolerance	0,005	Cutting Feed Rate	1000
Global Thickness	0	Plunge Feed Rate	600
Radial Thickness	0	Rapid Feed Rate	30000
Axial Thickness		Spindle	1500
Stepover	1,5	Cutting Time	0:03:54
Stepdown		Total Time	0:05:06
Block	246 × 196 × 40		



Obr. 35 Dokončování na čisto 2

Celkový výrobní čas na obrobení všech středících a docedacích ploch s využitím strojního programování v SW PowerMill byl 1 hodina 27 minut a 41 vteřin.

7.4 Ekonomicko-technické zhodnocení jednotlivých typů programování

Zhodnocení strojního a ručního programování při šlichtování středících a dosedacích ploch na TVC. Z porovnání způsobů programování vyplývá, že pokud jde o 2D obrábění jednoduchých tvarů, tak je výhodnější dílenské i ruční programování, před strojním. K ručnímu i dílenskému programování bylo potřeba mít úplně zakótovaný výkres, na rozdíl od strojního programování, kde byl potřeba 3D model vyexportovaný ve formátu IGS, v požadované přesnosti. Ruční programování bylo vytvořeno mimo stroj v příkazovém řádku, bez možnosti kontroly kolize. Dílenské programování proběhlo přímo na stroji a bylo využito pro zjednodušení programování cyklů, dopočtů průsečíků a kontroly kolize v řídicím systému Heidenhain T530. Strojní programování bylo provedeno v CAD/CAM softwaru PowerMill mimo stroj se simulací kontroly kolize s ohledem na maximální využití kapacit stroje.

Tab. 8 Náklady na výrobu dosedacích a středících ploch na TVC

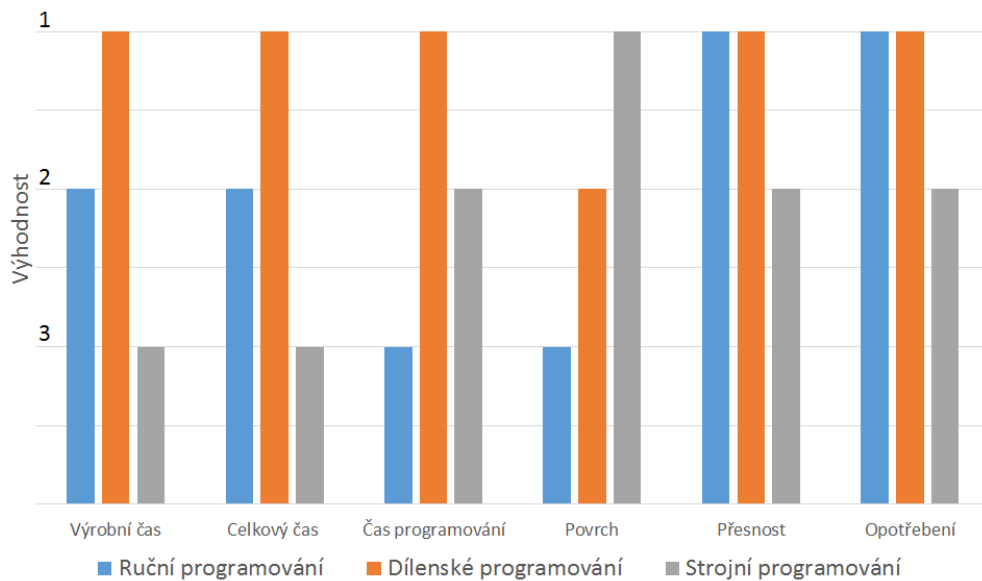
Náklady na výrobu dosedacích a středících ploch TVC				
Položka:	Výrobní čas [hod]	Sazba programování [Kč/hod]	Sazba stroj [Kč/hod]	Celkové náklady [Kč]
Ruční programování	0,6	300	1500	1080
Dílenské programování	0,5	300	1500	900
Strojní programování	1,5	600	1500	3150

Tab. 9 Hodnocení vybraných parametrů jednotlivých způsobů programování

	Ruční programování	Dílenské programování	Strojní programování
Výrobní čas	2	1	3
Celkový čas	2	1	3
Čas programování	3	1	2
Povrch	3	2	1
Přesnost	1	1	2
Opotřebení	1	1	2

1 – nejvýhodnější nebo nejrychlejší

3 – nejméně výhodné nebo nejpomalejší



Obr. 36 Grafické vyhodnocení vybraných parametrů jednotlivých způsobů programování

Ruční programování

Výhody: Flexibilita při úpravě programu. Není potřeba žádný speciální program, není třeba programátora, je možné využít již dříve používaný nástroj. Díky programování s korekcí nástroje je výroba přesnější, než u strojního programování. Program lze vytvořit v provozním čase stroje.

Nevýhody: Ze všech způsobů je nejnáročnější na samotné programování a je zde nejvyšší pravděpodobnost kolize stroje z důvodu chybějící kontroly verifikace. Je zde největší pravděpodobnost selhání lidského faktoru při programování. Nejnáročnější na čas programování. Obsluha stroje je dražší kvůli nutnosti vyšší kvalifikace a větších zkušeností. Kvalita povrchu je horší, protože se používají větší přísuvy pro rychlejší obrobení.

Dílenské programování

Výhody: Ze všech způsobů programování je nejjednodušší a nejvíce intuitivní. Flexibilita při úpravě programu. Program lze vytvořit v provozním čase stroje a je jej možné simulovat grafikou stroje pro odstranění případné chyby. Je nejrozšířenější, nejméně náročný na kvalifikaci obsluhy a není třeba programátora. Díky programování s korekcí nástroje je výroba přesnější oproti strojnímu programování.

Nevýhody: Kvalita povrchu je horší, protože se používají větší přísuvy pro rychlejší obrobení. Zatížení obsluhy stroje časem programování. K tvorbě programu je třeba úplně zakódovaný výkres, nestačí 3D model.

Strojní programování

Výhody: Tvorba programu probíhá mimo stroj a stačí k němu 3D model v požadované přesnosti. Možnost kontroly kolize, nejlepší povrch, levnější obsluha stroje. Kvalita programu je nejvyšší a nejkompexnější, protože umožňuje programovat i detaily jako jsou sražení. Nejbezpečnější technologie s nejvyšší přesností programu.

Nevýhody: Programuje se na nulu bez korekce nástroje z důvodu zamezení chyby při obrábění. Program je bez možnosti optimalizace dráhy přímo na stroji. Nejvyšší cena programování s nárokem na kvalifikaci programátora.



Obr. 37 Obrobená TVC s již namontovanými střediči a dosedkami

ZÁVĚR

Předmětem této bakalářské práce bylo blíže se seznámit se základy technologie výroby kovových součástí a technické přípravy výroby. Dále následovalo podrobnější seznámení se se strojním obráběním, včetně ručního i strojního programování a následná racionalizace technické přípravy výroby dané součásti ve firmě Koh-i-noor Formex s.r.o. s ohledem na využití strojů, řezné podmínky, sériovost, přesnost a samozřejmě na hospodárnost.

V praktické části byla popsána výroba tunelových vtoků na tvárnici u vstřikovací formy původní elektroerozivní technologií na hloubičce a její racionalizace pomocí strojního programování v CAD/CAM softwaru PowerMill, vyrobená na 5ti-osém frézovacím centru s lineárními pohony. Dále výroba středících a dosedacích ploch pomocí ručního, dílenského a strojního programování. Vše bylo vyrobeno v podmínkách kusové výroby nástrojárny.

Z porovnání technologií vyplynulo, že při dvouosém obrábění jednoduchých tvarů je nejvýhodnější dílenské programování před ručním programování a strojním programování v CAD/CAM softwaru z důvodu ekonomického i časového. Dílenské a ruční programování zvládne dostatečně zkušená obsluha stroje, bez přítomnosti technologa. S rostoucí složitostí obráběného tvaru se zvětšuje pravděpodobnost chyby u ručního programování, které je navíc limitováno možností programovat pouze jednoduché 2D tvary. Proto bylo mnohem rychlejší a bezpečnější vytvořit program na dosedací a středící plochy tvárnice pomocí dílenského programování v Heidenhainu přímo na stroji. U programování vtokového ústí, kdy bylo využito pětiosého polohovacího obrábění, již nebyla z důvodu složitosti obráběného tvaru jiná možnost, než využít strojního programování pomocí CAD/CAM softwaru PowerMill. Celý program byl simulován mimo stroj kvůli bezpečnosti, a také kvůli maximálnímu využití kapacit stroje. Tento způsob programování je nejnákladnější, ale zároveň nejbezpečnější a u obrábění složitějších ploch také nejefektivnější.

Z technicko-ekonomického hodnocení vyplývá, že racionalizací stávající technologie výroby čtyř tunelových vtoků na tvárnici vstřikovací formy, realizované ve firmě Koh-i-noor Formex s.r.o., došlo ke zlepšení přesnosti, jakosti povrchu, úspoře výrobního času o 75 % a snížením nákladů o 56 %. Došlo také ke snížení počtu pracovníků.

Při zpracování bakalářské práce bylo použito dostupných normativ a odborné literatury.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] FISCHER Ulrich a kol., Základy strojnictví, Europa-Sobotáles cz, s.r.o., Praha, 2004
- [2] ŠTULPA, M., CNC obráběcí stroje a jejich programování: 1.vyd.. Praha: BEN – technická literatura, 2006. 126 p.
- [3] HUMÁR, A.: Technologie I – Technologie obrábění – 1. část. [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004. 138s.
- [4] HUMÁR, A.: Technologie I – Technologie obrábění – 2. část. [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004. 95 s.
- [5] ZEMČÍK, O.: Technologické procesy – část obrábění – 1. část. [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003. 54 s.
- [6] MIROSLAV, PÍŠKA A KOLEKTIV. SPECIÁLNÍ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ. BRNO: VUT BRNO, Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2009. 247 s.
- [7] ZEMČÍK, O. Nástroje a přípravky pro obrábění – učební texty vysokých škol. BRNO: Akademické nakladatelství CERM s.r.o. 2002. 193 s.
- [8] SADÍLEK, M. NEKONVENČNÍ METODY OBRÁBĚNÍ I. OSTRAVA: VŠBTU Ostrava, 2009. 152 s.
- [9] JANDEČKA, K. Postprocesory a programování NC strojů: 1. vyd.. Skalica: Fakulta výrobních technologií a managementu, UJEP, 2007. 244 p.
- [10] ZAHRADKA, P. Vypracované maturitní témata k STT VOŠ a SPŠ ZR, 2007
- [11] HUMÁR, A.: Podklady k Ročníkovému projektu II.Obrábění, VUT, 2011
- [12] Školící podklady ze společnosti Technology Support
- [13] *Řezné podmínky při obrábění: Přesnost rozměrů a jakost obrobené plochy* [online]. .. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: http://www.kom.tul.cz/soubory/tob_rp.pdf
- [14] *Racionalizace výroby: učební text* [online]. NOVÁK, Josef a Pavlína ŠLAMPOVÁ. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://projekty.fs.vsb.cz/414/racionalizace-vyroby.pdf>
- [15] *Vlastnosti a použití oceli 1.2343* [online]. .. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.preciz.cz/sluzby-hlavni/material-normal/1.2343>

- [16] *TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI: Diplomová práce* [online]. STRAKA, JIŘÍ. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=52096
- [17] Časopis: ERP 2013 ODYSEA – ERP efektivní řízení podniku
- [18] *ERP systémy: Diplomová práce* [online]. STRAKA, JIŘÍ. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: http://www.ekonomickysoftware.com/erp_systemy.html
- [19] *Aditivní technologie technologie – metody Rapid metody Rapid Prototyping* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/sto_bak/cv_STV_04_Aditivni_techologie_metydy_Rapid_Prototyping.pdf
- [20] *BP - Nekonenční metody obrábění* [online]. KOVÁRNÍK, Pavel. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/403639/pedf_b/Bakalarska_prace.txt
- [21] *Delcam* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.delcam.cz/uvod/>
- [22] *Konstrukter.cz* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.caxmix.cz/>
- [23] *Aditivní výroba a rapid prototyping* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: www.3d-tisk.cz
- [24] Časopis: CAXMIX 3/2012, ISSN 1804-5154
- [25] Časopis: CAXMIX 4/2011, CAM v roce 2012, ISSN 1804-5154
- [26] Časopis: Konstruktor 4/2013 IAA 1805-8590, strana 12
- [27] Časopis: Konstruktor 1/2014, str.45 a 15, ISSN 1805-8590
- [28] *PTC Creo 3.0 usnadní zpracování dílů a sestav v různých CAD formátech* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.caxmix.cz/2014/06/18/ptc-creo-3-0-usnadni-zpracovani-dilu-a-sestav-v-ruznych-cad-formatech/>
- [29] *Typy brousicích operací:* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Brou%C5%A1en%C3%AD#/media/File:Grinding_operations.svg
- [30] *Obrábění paprskem elektronů* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/nekonecni-metody-obrabeni-2.html>
- [31] *RÖDERS GMBH* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.roeders.de/106-1-Roeders.html>

- [32] *Technologie tváření kovů* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/01.htm#011
- [33] *Vývoj a výroba plastových a kovových prototypů technologií Rapid Prototyping* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.innomia.cz/>
- [34] *Funkční plastové díly bez použití forem* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.arburg.com/cs/cz/spektrum-sluzeb/aditivni-vyroba/system-freeformer/>
- [35] *Příručka uživatele - Popisný dialog HEIDENHAIN iTNC 530* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://content.heidenhain.de/doku/tnc_guide/pdf_files/iTNC530/34049x-06/bhb/670_387-C1.pdf
- [36] *Direct Metal Laser Sintering (DMLS)* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <https://kylestetzerp.wordpress.com/category/printing-technologies/laser/>
- [37] *Tváření kovů* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/obsah_kovy.htm
- [38] *EDM – Elektrojiskrové obrábění* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.toolscomp.cz/technologie/edm-elektrojiskrove-obrabeni>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

NC	Numeric Control
CNC	Computer Numeric Control
EDM	Electric Discharge Machining
TPV	Technická příprava výroby
ERP	Informačně-ekonomický systém
CRM	Řízení vztahů se zákazníky
HRM	Personální informační systém
PIM	Powder Injection Moulding
DNV	Direct Numerical Control
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
2D	Dvoudimenzionální rozměr
3D	Třídimenzionální rozměr
TP	Technický plán
HV	Horký vtok
R	Poloměr [mm]
TP	Technický plán
PC	Personal Computer
ISO	International Organization for Standardization
EN	Evropská norma
ČSN	Česká státní norma
DIN	Německá národní norma
IGS	Initial Graphics Specification – CAD formát
KIN	Koh-i-noor
PA66	Polyamid 66
TNC 416	Typ řídicího systému Heidenhain
iTNC 530	Typ řídicího systému Heidenhain
RMS 6	Typ řídicího systému firmy Rödgers
RR	Rapid Prototyping
SLA	Stereolitografie
SGC	Solid Ground Cutting
SLS	Selective Laser Sintering

DMLS	Direct Metal Laser Sintering
LOM	Laminated Object Manufacturing
FDM	Fused Deposition Modeling
MJM	Multi Jet Modeling
HRC	Tvrdość podle Rockwella
Ra	Drsnost povrchu [μm]
IT	Přesnost rozměrů
SK	Slinutý karbid
RO	Rychlořezná ocel
$^{\circ}\text{C}$	Celsiův stupeň
př. n. l.	Před naším letopočtem
D	Průměr
f	Posuv na otáčku obrobku [mm]
i	Počet průchodů
ks	Kusy
L,l	Délka [mm]
Mpa	Tlak
n	Otáčky obrobku [min^{-1}]
p	Přídavek na obrábění
v_c	Řezná rychlost [m/min]
a_p	Hloubka třísky [mm]
V	Objem v [m^3]
v_c	Řezná rychlost [m/min]
s	Posuv na otáčku [mm/ot]
s_{min}	Posuv za minutu [mm/min]
s_z	Posuv na zub [mm/z]
Fz	Síla [N]
P	Výkon [W]
A	Průřez třísky [mm^2]
M_k	Kroutící moment [Nm]
Kč	Korun českých

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Hodnoty přesnosti rozměrů a drsnosti materiálu [11]	13
Obr. 2	Konvenční obráběcí metody s definovanou geometrií nástroje [3].....	14
Obr. 3	Univerzální hrotový soustruh [3].....	15
Obr. 4	Frézování a) nesousledné b) sousledné c) čelními frézami [3].....	16
Obr. 5	Typy brousicích operací: 1., 2., 3., 4., 5. [29].....	17
Obr. 6	Obrábění ultrazvukem, plazmou a vodním paprskem [10]	20
Obr. 7	Elektrojiskrové obrábění [42].....	21
Obr. 8	Elektrojiskrové obrábění [30].....	23
Obr. 9	Využití plastového master modelu k výrobě kovového odlitku	24
Obr. 10	Zastoupení ERP systémů na našem trhu [18].....	34
Obr. 11	Řezné podmínky při soustružení a frézování [3].....	35
Obr. 12	Absolutní povel [12].....	40
Obr. 13	Přírůstkový povel [12]	40
Obr. 14	Souřadný systém určený CNC systémem a Nulový bod stroje a referenční polohy	41
Obr. 15	Konfigurace programu a Schéma bloku programu [12]	42
Obr. 16	Schéma hlavního programu a podprogramu a Konfigurace bloku [12]	42
Obr. 17	Graf znázorňuje tržní podíl dodavatelů na trhu NC softwaru v roce 2011 [26]	43
Obr. 18	Prostředí v softwaru PowerMill 2015 R2 SP4 [21].....	47
Obr. 19	3D model tvárnice a pevné části formy	50
Obr. 20	Čtyřnásobné vstřikovací forma na které byla provedena racionalizace.....	50
Obr. 21	A, B, C díl po vzorování.....	51
Obr. 22	Detail vtokového ústí – tunelového vtoku v modelu a v řezu ve výkrese	52
Obr. 23	3D model elektrody	53
Obr. 24	Hloubička Strathclyde STH 50-40 a její pracovní prostor	53
Obr. 25	Program vtokového ústí na hloubičce v řídicím systému Heidenhain TNC 416.....	54
Obr. 26	Tabulka parametru určuje parametry hloubení.....	54
Obr. 27	Simulace obrábění v softwaru PowerMill	55
Obr. 28	Obráběcí CNC centrum Rödgers RXU 1000 DSH [31].....	56
Obr. 29	TVC s tunelovými vtoky zhotovené novou technologií	59

Obr. 30 Porovnání nákladů na původní a novou technologii.....	60
Obr. 31 TVC s vyznačením poloh dosedacích a středících ploch	61
Obr. 32 Použitý nástroj s držákem.....	61
Obr. 33 Hrubování s přídavkem.....	65
Obr. 34 Dokončování na čisto 1	66
Obr. 35 Dokončování na čisto 2	66
Obr. 36 Grafické vyhodnocení vybraných parametrů jednotlivých způsobů programování.....	68
Obr. 37 Obrobená TVC s již namontovanými středíči a dosedkami	69

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Specifikace Strathclyde STH 50-40.....	53
Tab. 2 Programy strojního programování k výrobě vtokových ústí.....	56
Tab. 3 Náklady na výrobu 4 tunelových technologií EDM	59
Tab. 4 Náklady na výrobu 4 tunelových na frézovacím centru.....	60
Tab. 5 Tabulka s výňatkem z Ručního programování	62
Tab. 6 Tabulka s výňatkem z Dílenského programování.....	63
Tab. 7 Programy strojního programování k výrobě středících a dosedacích ploch	65
Tab. 8 Náklady na výrobu dosedacích a středících ploch na TVC	67
Tab. 9 Hodnocení vybraných parametrů jednotlivých způsobů programování	67

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I NC PROGRAM – DÍLENSKÉ PROGRAMOVÁNÍ

Příloha P II NC PROGRAM – RUČNÍ PROGRAMOVÁNÍ

Příloha P III Vlastnosti a použití oceli 1.2343

Příloha P IV Technické parametry CNC stroje Röders

PŘÍLOHA P I: NC PROGRAM – DÍLENSKÉ PROGRAMOVÁNÍ

```
0 BEGIN PGM Haidenhain-steny-dna MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-123 Y-98 Z-46
2 BLK FORM 0.2 X+123 Y+98 Z+0
3 TOOL DEF 5 L+0 R+6
4 TOOL CALL 5 Z S7500
5 L Z+200 R0 FMAX M3 M8
6 ;
7 CYCL DEF 252 KRUHOVA KAPSA ~
  Q215=+2 ;ZPUSOB FREZOVANI ~
  Q223=+41.5 ;PRUMER KRUHU ~
  Q368=+0.2 ;PRIDAVEK PRO STRANU ~
  Q207=+1000 ;FREZOVACI POSUV ~
  Q351=+1 ;ZPUSOB FREZOVANI ~
  Q201=-10 ;HLOUBKA ~
  Q202=+0.5 ;HLOUBKA PRISUVU ~
  Q369=+0.2 ;PRIDAVEK PRO DNO ~
  Q206=+750 ;POSUV NA HLOUBKU ~
  Q338=+1 ;PLGNG. DEPTH FINISH. ~
  Q200=+2 ;BEZPEC. VZDALENOST ~
  Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU ~
  Q204=+100 ;2. BEZPEC.VZDALENOST ~
  Q370=+1 ;PREKRYTI DRAHY NAST. ~
  Q366=+1 ;PONOROVAT ~
  Q385=+1000 ;POSUV NA CISTO
8 L X+80 Y+30 R0 FMAX M99
9 L X-80 Y+30 R0 FMAX M99
10 L X-80 Y-30 R0 FMAX M99
11 L X+80 Y-30 R0 FMAX M99
12 ;
13 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
14 CYCL DEF 7.1 X+123
15 CYCL DEF 7.2 Y+0
16 CALL LBL 1
17 ;
19 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
20 CYCL DEF 7.1 X-123
21 CYCL DEF 7.2 Y+0
22 CYCL DEF 10.0 OTACENI
23 CYCL DEF 10.1 ROT+180
24 CALL LBL 1
25 ;
26 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
27 CYCL DEF 7.1 X+0
28 CYCL DEF 7.2 Y-98
29 CYCL DEF 10.0 OTACENI
30 CYCL DEF 10.1 ROT-90
31 CALL LBL 1
32 ;
33 CYCL DEF 7.0 NULOVY BOD
34 CYCL DEF 7.1 X+0
35 CYCL DEF 7.2 Y+98
36 CYCL DEF 10.0 OTACENI
37 CYCL DEF 10.1 ROT+90
38 CALL LBL 1
39 ;
40 L Z+200 R0 FMAX M30
42 LBL 1
43 FN 0: Q1 =-0.3
44 LBL 10
45 L X+5 Y+0 R0 FMAX
46 L Z+Q1 R0 F10000
47 L Y+20 RL F1000
48 L X-22
49 RND R9
50 L Y-22
51 RND R9
52 L X+5
53 FN 1: Q1 =+Q1 + -1
54 FN 11: IF +Q1 GT -13.79 GOTO LBL 10
55 L Z+150 R0 FMAX
56 CYCL DEF 10.0 OTACENI
57 CYCL DEF 10.1 ROT+0
58 LBL 0
59 END PGM Haidenhain-steny-dna MM
```


PŘÍLOHA P II: NC PROGRAM – RUČNÍ PROGRAMOVÁNÍ

```
0 BEGIN PGM test3 MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-123 Y-98 Z-46
2 BLK FORM 0.2 X+123 Y+98 Z+0
3 TOOL DEF 1 L+0 R+6
4 TOOL CALL 1 Z S7500
5 L Z+200 R0 FMAX M3 M8

G41 G1 X100.5 Y30 F1000
G3 X59.5 Y30 I80 J30
G3 X100.5 Y30 I80 J30
G40 G1 X93 Y30
G1 X93 Y30 Z48
G0 X93 Y31 Z100
LBL0 REP19

LBL1
G0 X-66 Y30
G0 Z100
G0 X-66 Y30 Z46
G1 X-66 Y30 IZ-0.5 F750
G41 G1 X-59.5 Y30 F1000
G3 X-100.5 Y30 I-80 J30
G3 X-59.500000 Y30 I-80 J30
G40 G1 X-66.0 Y30
G1 X-66 Y30 Z48
G0 X-66 Y30 Z100
LBL 0 REP19

LBL2
G0 X-66.0 Y-30 Z100
G0 X-66.0 Y-30 Z46
G1 X-66.0 Y-30 IZ-0.5 F750
G41 G1 X-59.5 Y-30 F1000
G3 X-100.5 Y-30 I-80 J-30
G3 X-59.5 Y-30 I-80 J-30
G40 G1 X-66.0 Y-30
G1 X-66 Y-30 Z48
G0 X-66 Y-30 Z100
LBL0 REP19

LBL3
G0 X93.0 Y30 Z100
G0 X93.0 Y30 Z46
G1 X93.0 Y30 IZ-0.5 F750

LBL4
G0 X93.0 Y-30 Z100
G0 X93 Y-30 Z46
G1 X93 Y-30 IZ-0.5 F750
G41 G1 X100.5 Y-30 F1000
G3 X59.5 Y-30 I80 J-30
G3 X100.5 Y-30 I80 J-30
G40 G1 X93 Y-30
G1 X93 Y-30 Z48
G0 X93 Y-30 Z100
LBL0 REP19

LBL11
G0 X130 Y130 Z100
G0 X130 Y130 Z48
G1 X130 Y13 IZ-0.5 F750
G41 G1 X130 Y20 F1000
G1 X110 Y20
G3 X101 Y11 I110 J11
G1 X101 Y-11
G3 X110 Y-20 I110 J-11
G1 X130 Y-20
G40 G1 X130 Y-13
G1 X130 Y-13 Z48
G0 X130 Y-13 Z100
LBL0 REP27

LBL12
G0 X13 Y-110 Z100
```

G0 X13 Y-110 Z48
G1 X13 Y-110 IZ-0.5 F750
G41 G1 X20 Y-110 F1000
G1 X20 Y-85
G3 X11 Y-76 I11 J-85
G1 X-11 Y-76
G3 X-20 Y-85 I-11 J-85
G1 X-20 Y-110
G40 G1 X-13 Y-110
G0 X-13 Y-110 Z100
LBL0 REP27

LBL13
G0 X-130 Y-13 Z100
G0 X-130 Y-13 Z48
G1 X-130 Y-13 IZ-0.5 F750
G41 G1 X-130 Y-20 F1000
G1 X-101 Y-20
G3 X-110 Y-11 I-110 J-11
G1 X-110 Y11
G3 X-101 Y20 I-110 J11
G1 X-130 Y20

G40 G1 X-130 Y13
G0 X-130 Y13 Z100
LBL0 REP27

LBL14
G0 X-13 Y106 Z100
G0 X-13 Y106 Z48
G1 X-13 Y106 IZ-0.5 F750
G41 G1 X-20 Y110 F1000
G1 X-20 Y85
G3 X-11 Y76 I-11 J85
G1 X11 Y76
G3 X20 Y85 I11 J85
G1 X20 Y105
G40 G1 X13 Y106
G0 X13 Y106 Z100
LBL0 REP27

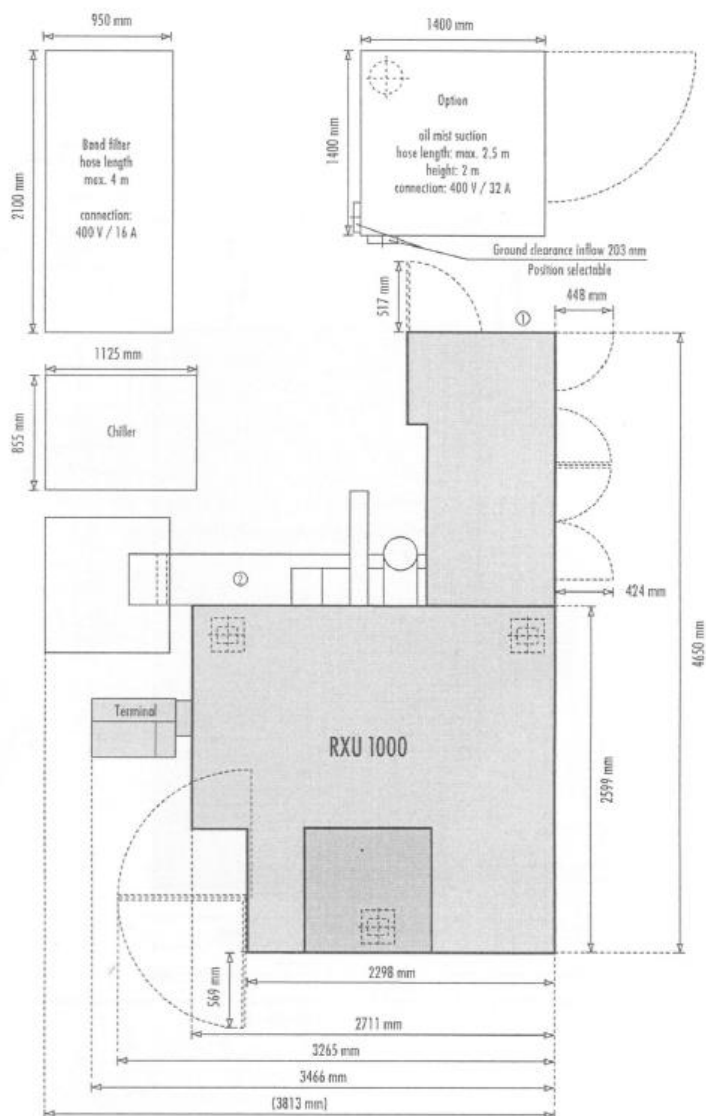
G40 G1 Z200

M30

PŘÍLOHA P I I I: VLASTNOSTI A POUŽITÍ OCELI 1.2343

Legovaná ocel s vysokou prokalitelností a houževnatostí. Vyznačuje se velmi dobrými pevnostními vlastnostmi za tepla. Má dobrou tepelnou vodivost, odolnost k tvorbě trhlin za tepla a malou citlivost na prudké změny teploty (umožňuje chlazení vodou). Je dobře leštitelná. Je vhodná k nitridaci. Má obzvláště dobrou kalitelnost na vzduchu a ve vakuu. Za určitých podmínek lze kalit do vody. Po kalení vykazuje malé rozměrové deformace. Má rovnoměrnou a dobrou obrobiteľnosť. Pevnosť 750 MPa Tvrdosť ve stavu žíhaném na měkko max. 230 HB Dosažitelná tvrdosť po kalení 54 HRC Na nástroje pro lisování za tepla a formy pro tlakové lití. Zejména se využívá na nástroje pro zpracování lehkých kovů, např. lisovací třmeny, lisovací matrice pro tlakové lití hliníku, zinku a hořčíku, průtlačné lisování, kovací a lisovací zápustky, tvarové části forem, šneky pro zpracování umělých hmot, nitridované vyhazovače, nože nůžek pro stříhání za tepla, razníky, průtlačníky na neželezné kovy a formy na plasty. [15]

PŘÍLOHA P I V: TECHNICKÉ PARAMETRY CNC STROJE RÖDERS



Height of machine: approx. 3260 mm

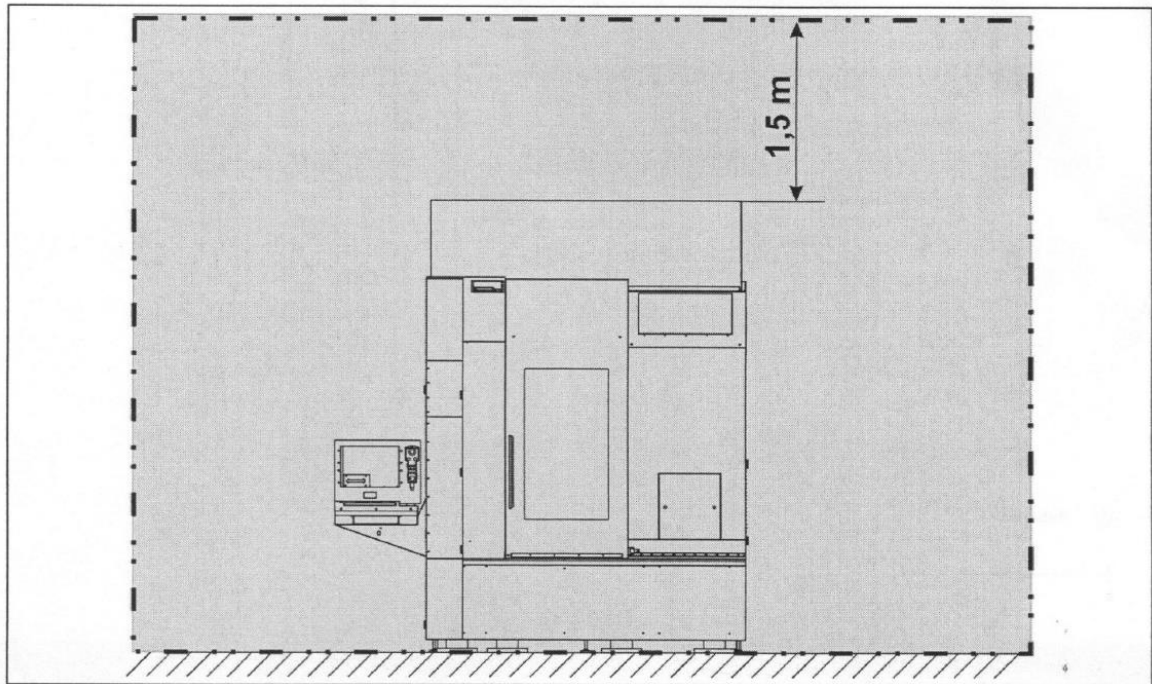
- ① = Connections (Electric, Network)
- ② = Connections (Air)
- Weight: approx. 17.5 t
- 400 V / 125 A
- Pneumatic: 6.5 bar
- Consumption: approx. 1200 l/min
- Maximum ambient temperature: 35 °C

Dimensions
RXU 1000

Subject to change
Revision 02/14/2012

Minimální výška stropu

Aby byla zaručena přístupnost ke krytům na horní části stroje při servisních a údržbových pracích, je třeba dodržet odpovídající minimální výšku stropu od horní hrany stroje (1,5 m).



Minimální výška stropu