

Výroba výukového modelu rozvodných trysek pro vstřikování

Jan Blaťák

Bakalářská práce
2010

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan BLAŽÁK**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Výroba výukového modelu rozvodných trysek pro
vstřikování.**

Zásady pro vypracování:

- 1) Vypracujte literární studii na dané téma.
- 2) Navrhněte výukový model.
- 3) Zvolte technologii výroby.
- 4) Zpracujte podklady pro výrobu.
- 5) Zhotovte model rozvodných trysek.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího BP

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jakub Černý

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

19. února 2010

Termín odevzdání bakalářské práce:

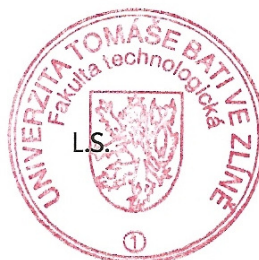
2. června 2010

Ve Zlíně dne 22. ledna 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.

děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.

vedoucí katedry

Příjmení a jméno: BLAŽÁK JAN

Obor: TZ

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské 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 diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou 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⁾;
- beru na vědomí, že 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;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou 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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 16.2.2010


.....

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, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydávalečně 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 nahlížení 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 pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(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 vzdělávacího 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 užít 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 jím 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 přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá výrobou výukového modelu rozvodných trysek pro vstřikování. Práce je rozdělena do dvou částí. První část je teoretická a obsahuje informace z oblasti vstřikování a CNC strojů. Druhá část je praktická a byl v ní zhotoven výukový model rozvodných trysek pro vstřikování. Pro konstrukci a výrobu byl použit CAM system NX CAM Express a CNC stroj HWT CNC 442 .

Klíčová slova: Vstřikování, Vtokový systém, CNC stroj, CAM systém.

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with manufacturing of educational model of runner jets for injection molding. This work is divided into two parts. The first part is theoretical and contains information about injection molding and CNC machines. The second part is practical and in it was made educational model of runner jets for injection molding. For construction was used CAM system NX CAM Express and CNC machine HWT CNC 442.

Keywords: Injection molding, Gate system, CNC machine, CAM system.

POĎEKOVÁNÍ

Tímto chci poděkovat za odborné rady, podklady k práci a za čas, který věnoval k odbornému vedení mému vedoucímu bakalářské práce, kterým byl Ing. Jakub Černý. Zároveň chci poděkovat Ing. Jiřímu Šálkovi za ochotnou spolupráci při realizaci výukového modelu.

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 VSTŘIKOVÁNÍ	12
1.1 ÚVOD DO VSTŘIKOVÁNÍ	12
1.1.1 Stroj	13
1.1.2 Nástroj	14
1.1.3 Výrobní cyklus	15
1.2 MATERIÁLY PRO VSTŘIKOVÁNÍ	16
1.2.1 Termoplasty.....	16
1.2.2 Reaktoplasty	16
1.3 VTKOVÉ SYSTÉMY	18
1.3.1 Studené vtokové systémy	18
1.3.1.1 Konstrukční řešení rozvodných kanálů SVS.....	19
1.3.1.2 Konstrukce vtokových ústí.....	21
1.3.2 Vyhřívané vtokové systémy	23
1.3.2.1 Izolované vtokové soustavy	24
1.3.2.2 Vyhřívané trysky	24
1.3.2.3 Vytápěné rozvodné bloky	27
1.3.3 Kombinované vtokové systémy	29
2 CNC OBRÁBĚNÍ.....	31
2.1 ÚVOD DO CNC OBRÁBĚNÍ.....	31
2.2 CNC STROJE.....	33
2.2.1 Základní pojmy	33
2.2.2 Souřadný systém	34
2.2.3 Pracovní prostor	35
2.3 PROGRAMOVÁNÍ.....	36
2.3.1 Stavba kódu	36
2.3.2 Programování kódu	38
2.4 SOFTWARE	39
2.4.1 Přínos CAM systémů	39
2.4.2 Nejrozšířenější CAM systémy na trhu ČR.....	39
2.4.2.1 NX CAM EXPRESS.....	39
2.4.2.2 EdgeCAM	41
2.4.2.3 SolidCAM	41
2.4.2.4 SurfCAM.....	41
2.4.2.5 Kovoprog.....	41
3 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI.....	42
II PRAKTICKÁ ČÁST	43
4 ÚVOD DO PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	44
5 NÁVRH	45
5.1 3D SESTAVA MODELU.....	45
5.2 JEDNOTLIVÉ SOUČÁSTI	46
6 PŘÍPRAVA VÝROBY	50
6.1 POUŽITÝ SOFTWARE	50
6.1.1 Popis operací v CAM systému	51
6.2 NÁSTROJE	53
6.3 PŘEHLED FUNKCÍ A NÁSTROJŮ.....	53
7 VÝROBA.....	58

7.1	VÝROBA NA CNC STROJI HWT 442.....	58
7.1.1	Parametry stoje CNC HWT 442	58
7.1.2	Upnutí polotovaru	59
7.1.3	Výroba desek a rozvodného bloku	60
7.2	VÝROBA NA KONVENČNÍCH OBRÁBĚCÍCH STROJÍCH.....	61
7.2.1	Výroba maket trysek	61
7.2.2	Výroba dalších součástí.....	62
8	DOKONČOVACÍ OPERACE A MONTÁŽ	65
8.1	LEŠTĚNÍ.....	65
8.2	ZHOTOVENÍ ZÁVITŮ.....	66
8.3	MONTÁŽ A KONEČNÁ PODOBA MODELU	67
	ZÁVĚR	70
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	71
	SEZNAM OBRÁZKŮ	72
	SEZNAM TABULEK.....	74
	SEZNAM PŘÍLOH.....	75

ÚVOD

V práci na téma výroby výukového modelu rozvodných trysek pro vstřikování je teoretická část zaměřena na technologii vstřikování a CNC obrábění. Cíl teoretické části je popsat vtokové systémy forem. Popis vtokových systémů je v práci rozdělen na studené a horké. Vzhledem k tomu, že se práce zabývá horkými vtokovými soustavami, jsou detailně popsány jak horké vtokové systémy, tak i trysky. Dále je v teoretické části uvedena část zabývající se obráběním, protože výukový model se bude zhotovovat touto technologií za pomoci CNC stroje. V části o CNC strojích je také uveden způsob přípravy výroby v CAM Software. V praktické části této práce je hlavní cíl, zhotovit výukový model rozvodných trysek pro vstřikování, který se uplatní ve výuce předmětu Konstrukce forem.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VSTŘIKOVÁNÍ

1.1 Úvod do vstřikování

Vstřikování je diskontinuální proces výroby plastových dílců za pomoci vstřikovacího stroje a nástroje zvaného vstřikovací forma. Výrobek zhotovený touto technologií nazýváme výstřik. Pro výrobu plastových a dnes i elastomerních výrobků je nejpoužívanější právě vstřikování. Tato technologie nám umožňuje vyrábět velké spektrum výrobků, od jednoduchých tvarů až po složitě tvarově členěné výrobky, které aplikujeme například v automobilovém průmyslu, letectví, zdravotnictví, vojenském průmyslu, domácnostech atd.

Samotný proces vstřikování je fyzikálně náročný proces a jeho kvalitu nám ovlivňuje materiál, ze kterého má být výstřik zhotoven. Také použitý stroj a nástroj a vhodně zvolený cyklus výroby ovlivňují kvalitu výstřiku.

Dalším ovlivňujícím faktorem je samotná konstrukce výrobku, která se řídí podle jiných priorit než-li u konstrukce výrobků z kovových materiálů, hlavním důvodem je zcela jiná vnitřní struktura plastu oproti kovu. U plastů je struktura tvořena makromolekulárními řetězci a u kovů krystalickými mřížkami. [1]

Konstruktor musí znát i chování taveniny ve formě a řídit se reologickými zásadami což do jisté míry ovlivňuje návrh tvarů, rozměrů, umístění žeber, velikosti děr, zaoblení, odlehčení, úkosy atd. Další odlišnost oproti kovu je daleko větší smrštění. Rozlišujeme smrštění při výrobě, ke kterému dochází již při ochlazování ve formě. Dále smrštění dodatečné, ke kterému dochází i dlouho po výrobě ale je podstatně menší než-li smrštění při výrobě. Smrštění nám ovlivňuje přesnost výrobku a musí se s ním počítat při návrhu formy a nastavení výrobního cyklu. Také je nutné uvést, že smrštění není ve všech osách stejné a počítat i s tímto.

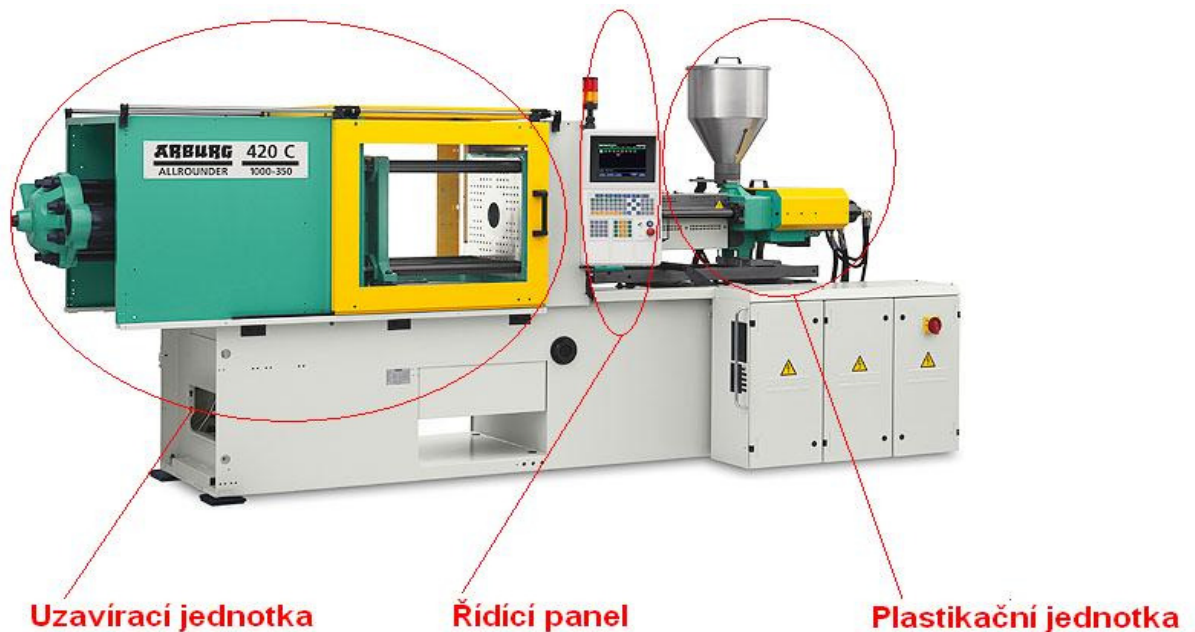
Kvalitní výstřik je docílen za předpokladu splnění všech zásad a pravidel, kterými je třeba se řídit při konstrukci formy, výstřiku, návrhu výrobního cyklu, zvolení stroje a v neposlední řadě také uvážení reologických vlastností daného materiálu. [1]

1.1.1 Stroj

V dnešní době je k dispozici velké množství vstřikovacích strojů různých provedení a výkonů. Nejvíce potřebné vlastnosti stroje jsou jeho uzavírací síla, plastikační výkon, max rozměry formy jaké můžeme upnout na stroj, zdvih, tuhost stroje, vstřikovací tlak, teplota, přesné řízení a cena. I zde platí, že čím větší kvalita tím roste i cena, proto musíme vždy zvážit jaký poměr ceny a kvality nám vyhovuje. Konstrukce je většinou řešena stavebnicově a skládá se z uzavírací jednotky, plastikační jednotky a ovládní, které je většinou na panelu mezi plastikační a uzavírací jednotkou (viz obr. 1). Zákazník si většinou může nakonfigurovat tyto jednotky dle svých požadavků a potřeb.

Vstřikovací jednotka nám zajišťuje plastikaci materiálu jeho homogenizaci a samotné vstříknutí do dutiny formy. U jednotky bychom měli dodržet max. vstřikované množství, tak abychom nepřekročili 90% kapacity stroje kvůli rezervě pro dotlak a doplnění

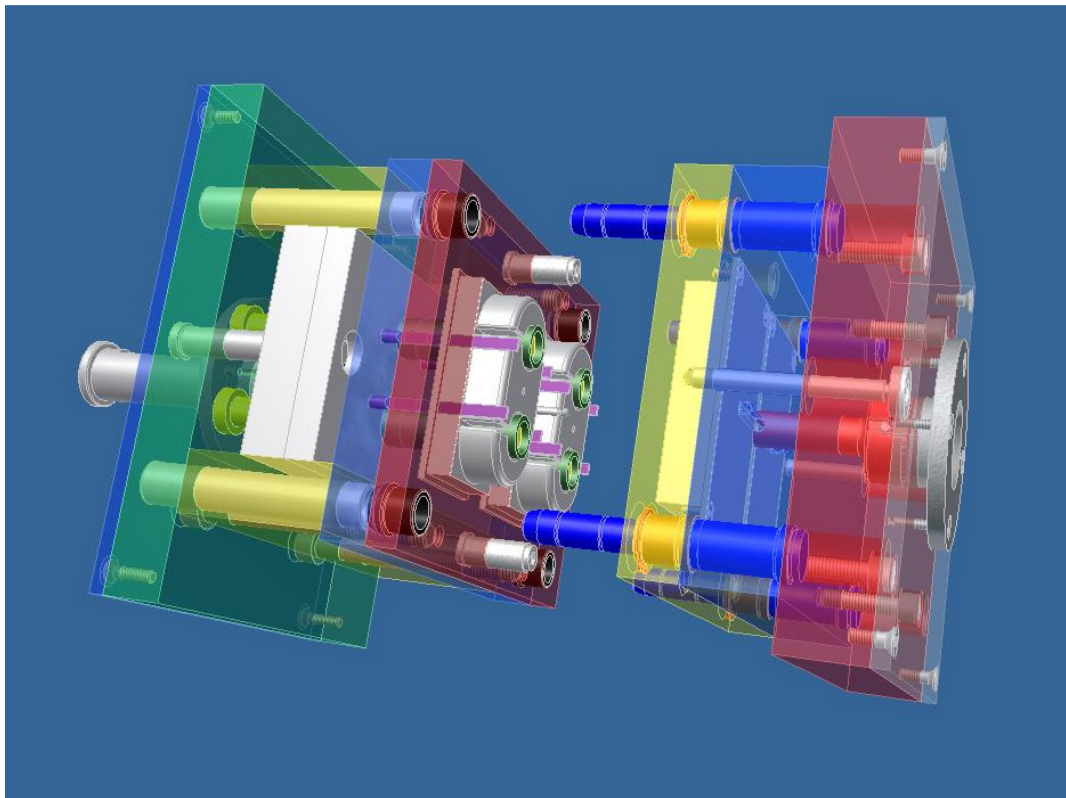
Uzavírací jednotka poskytuje uzavření formy pod určitou uzavírací silou která by měla být vždy větší než-li potřebná uzavírací síla. Uzavírací jednotka nám zajišťuje i vyjmutí výstřiku z dutiny formy pomocí mechanismu pro ovládní vyhazovačů, stírací desky atd.



Obr. 1 Vstřikovací stroj [2]

1.1.2 Nástroj

Nástroj tedy FORMA, která se skládá z mnoha desek a součástí které zajišťují správné vystředění a stavbu formy také obsahuje jednu hlavní i několik vedlejších dělících rovin, díky nimž jsme schopni výstřik odformovat. Forma má v sobě dutinu, která je negativem k výstřiku a tím nám tvaruje taveninu do požadovaného tvaru i rozměru. Musí splňovat kritéria jak konstrukční, aby byla schopna při správné funkci vyrobit určitý počet výstřiků při zachování dané jakosti. Tak kritéria ekonomická, která požadují nízkou cenu, snadnou manipulaci, produktivitu práce a maximálního využití plastu. Další kritérium je společenskoestetické, které požaduje bezpečnost práce při výrobě a provozu formy. Formy mohou být různých násobností. Příklad formy je na Obr. 2.



Obr. 2 Vstřikovací forma

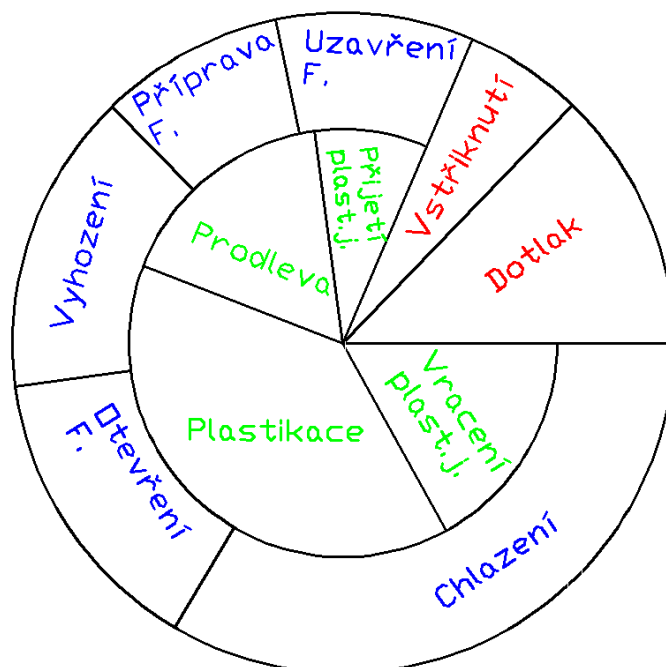
1.1.3 Výrobní cyklus

Vystřikovací cyklus je soubor úkonů, které musí provést v kombinaci plastikační jednotka s uzavírací jednotka a na konci této kombinace úkonů stojí zhotovený výrobek. Snažíme se přitom o efektivní produkci. K zajištění co největší efektivity a produktivity je potřeba zvolit optimální výrobní cyklus, aby se v některém úkonu neztrácel čas a také optimální násobnost formy. Nejvíce času v cyklu zabírá chlazení a dále dotlak nemusíme zařazovat do cyklu, jedná-li se například o polymery obsahující nadouvadla.

Na Obr. 3 je zobrazen výrobní cyklus v čase a modře jsou zobrazeny činnosti uzavírací jednotky, zeleně pak činnosti plastikační jednotky a červeně jsou činnosti obou jednotek zároveň.

Obecně lze cyklus rozdělit na 4 části

- 1) Plastikace materiálu
- 2) Vstříknutí taveniny do formy a dotlak
- 3) Chládnutí materiálu ve formě přičemž začíná plastikace dalšího materiálu
- 4) Otevření formy a vyhození výstřiku



Obr. 3 Výrobní cyklus

1.2 Materiály pro vstřikování

Na typu a druhu zvoleného materiálu pro vstřikování velmi záleží a je to jeden z hlavních činitelů při návrhu výrobku a konstrukci formy. Materiálu musíme přizpůsobit jak vstřikovací tlak, od něhož se odvíjí i výkon stroje, tak teplotu formy, velikosti vtokových kanálků atd. A v neposlední řadě přizpůsobit danému materiálu optimální výrobní cyklus.

V tabulce 1, jsou uvedeny mechanické vlastnosti plastů používaných pro vstřikování.

Polymery, jako materiál pro vstřikování jsou rozděleny na dva základní druhy. [1]

1.2.1 Termoplasty

Termoplasty mají řetězce lineární nebo rozvětvené. Při ohřevu se uvolní soudržnost řetězců a hmota je viskózní. V tomto tvaru se může tvářet. Po ochlazení se dostanou opět do původního pevného stavu. [1]

Termoplasty dále dělíme na amorfní, kde jsou řetězce nepravidelně prostorově uspořádány. A na semikrystalické, kde je podstatná část řetězců pravidelně uspořádána a tvoří krystaly a zbytek materiálů je v amorfní fázi.

1.2.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty mají v konečné fázi zpracování příčně propojeny řetězce chemickými vazbami a vytváří prostorovou síť. Při ohřevu tato síť zvětšuje svoji pohyblivost, ale řetězce se zcela neuvolní. Při tváření vlivem teploty a tlaku nastává zesíťování (vytvrzení). Jsou-li původní řetězce velmi ohebné a hustota sítě je přiměřená, tak je tato hmota za normální teploty poddajná a pružná. Takové materiály nazýváme elastomery a zesíťování u nich nastává při vulkanizaci, čímž se z gumy převedou na pryž. A další tváření už není možné. Při nadměrném ohřevu se u reaktoplastů tak u elastomerů dojde k přetrhání chemických vazeb, hmota se naruší a ztrácí pevnost. Tento proces je nevratný a materiál už není použitelný, prakticky dojde k zuhelnatění materiálu. [1]

Tab. 1 Mechanické vlastnosti [1]

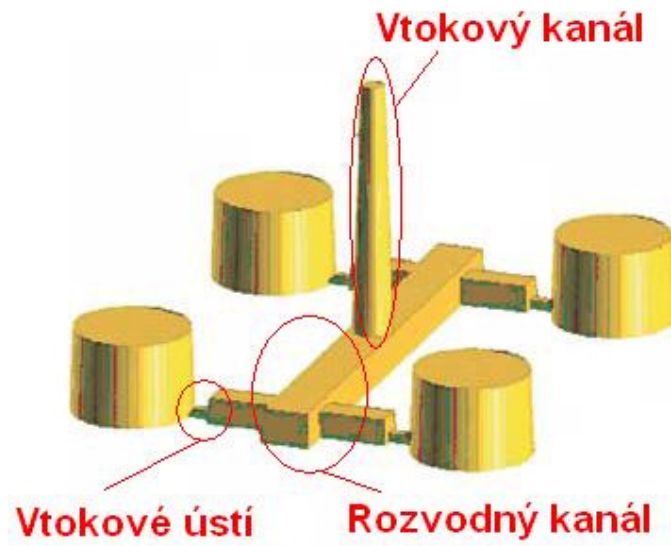
Zkratka plastu	Napětí v tahu		Modul pružnosti v tahu E (MPa) ... x 10 ³	Tažnost δ (%)	Rázová houževnatost a _n (kJ.m ⁻²)	Vrubová houževnatost a _K (kJ.m ⁻²)	Tvrdość Brinell
	na mezi kluzu G _{K1} (MPa)	na mezi pevnosti G _{P1} (MPa)					
PS		33-70	2,8-3,5	3-5	10-25	1,8-2,5	150-160
PS-HI		20-60	2,5-3,5	15-30	40-85	4-10	100-130
SAN		70-80	3,3-3,7	5-6	20-25	2-3	160-170
ABS	30-50	45-80	2,0-3,0	10-40	70-...	10-30	50-90
ASA		50-75	2,3	15-20	b.p. ³⁾	7-14	80-100
PE-LD	8-10		0,14	300-900	b.p.	b.p.	20
PE-HD	15-25		0,95-1,3	100-1000	b.p.	5-20	40-50
E/VAC		10-20	0,05	600-900	b.p.	b.p.	-
PP	26-38		1,1-1,3	650-800	b.p.	3-15	50-70
PP/30 % SV ⁴⁾		70	4-5	10-20	15	6	
PP/40 % CaCO ₃	24-28		3,0-3,5	50-80	6-15	4-5	80-110
PVC tvrdý		45-65	2,5-3,3	20-50	b.p.	2-4	470-120
PVC měkkčený		20-30	0,2-1,7	200-300	b.p.	b.p.	10-70
PVC houž.		35-50	1,4-2,7	20-80	b.p.	5-50	50-90
PMMA kopol.		70-90	3,0-3,3	3-6	10-15	1-3	180-200
PA 6 ¹⁾	30-50		1,0-1,3	180-250	b.p.	15-...	40-100
PA 6/30 % SV ¹⁾		100-130	6,2-7,0	4	50-60	10-16	130-240
PA 610 ¹⁾	45-55		1,3-1,6	80-150	b.p.	13-15	
PA 66 ¹⁾	55-75		1,2-1,3	130-210	b.p.	20-40	80-120
PA 66/30% SV ¹⁾		140-180	6,9-7,0	5	35-45	6-12	140-220
PA66/40% m.p. ¹⁾²⁾		65	2,4	30	150	13	100
PA 11 ¹⁾	42-50		1	230	b.p.	30-40	80-100
PA 11/30% SV ¹⁾	90		2,4-2,5	4-6	-	9	130-140
PA 12 ¹⁾	38-50		1	120-350	b.p.	10-15	80-100
PA12/30 % SV ¹⁾	110		7-8	10	45-65	6-12	130-140
POM	70		2,9-3,3	10-30	90-...	4-10	130-160
POM/30 % SV		95-100	9	5-7	30	2-6	160-180
PC	60-65		2,3-4,5	10-110	b.p.	20-40	90-110
PC/30 % SV		90-100	8-12	3,5-4	40	10-15	130-150
PET	55-80		2-3,5	50-150	b.p.	3-5	100-140
PET/30 % SV		150-160	6-10	2-3	25-30	7-9	140-230
PBT	50-60		2,6-2,9	100-200	b.p.	4-5	100-140
PBT/30 % SV		120-150	5,5-10	2-3	40-45	10	140-230
PPO + PS	60-80		2,3	60	b.p.	15	90-100
PPO+PS/30%SV	120-130		8	4-6	30	8	120-140
PSU	72-93		2,5-9	50-100	b.p.	2-10	
CA	30-60		1,3-1,8	30-40	50	6-28	40-100
CP	20-50		1-1,4	20-50	b.p.	5-30	40-100
CAB	20-50		0,9-1,3	15-75	b.p.	5-40	40-100
IPUR		32-60	0,5-2	350-600	b.p.	2-6	

Mechanické vlastnosti měřeny podle DIN.

Pozn. ¹⁾ kondicionovaný materiál²⁾ m.p. = minerální plnivo (CaCO₃)³⁾ b.p. = bez porušení⁴⁾ SV = skleněné vlákno

1.3 Vtokové systémy

1.3.1 Studené vtokové systémy



Obr. 4 Studený vtokový systém [3]

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného polymeru od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny. Naplnění dutiny homogenní taveninou má proběhnout v nejkratším čase a s minimálními odpory. [1] A pokud se jedná o vícenásobnou formu, tak všechny její dutiny by se měly začít plnit ve stejnou dobu, aby se jednalo o tzv. Vyvážený vtokový systém.

Průtok taveniny studeným vtokovým systémem (dále jen SVS) je provázen složitými tepelně-hydraulickými poměry. Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují: Rozměry, vzhled a vlastnosti výstřiku. Také ovlivňují spotřebu materiálu, náročnost na opracování, na začištění výstřiku a energetickou náročnost výroby. [1]

Při volbě určitého vtokového systému se vychází z toho, že tavenina se vstřikuje velkou rychlostí do relativně studené formy. Během průtoku SVS viskozita taveniny prudce roste, přičemž je nejnižší uprostřed. Vysoká viskozita vyžaduje vysoké tlaky v systému, až 200MPa. [1]

Ztuhlá povrchová vrstva taveniny vytváří tepelnou izolaci vnitřnímu proudu taveniny. Za tohoto stavu se zaplní celá dutina. V okamžiku zaplnění vzroste prudce odpor a poklesne průtok. V dutině formy dochází k postupnému tuhnutí taveniny odvodem tepla do stěn formy a temperančním systémem, je-li u formy použit. Další doplnění taveniny může nastat jen jejím elastickým stlačením. Ve vtokových ústích ještě v tomto okamžiku dochází

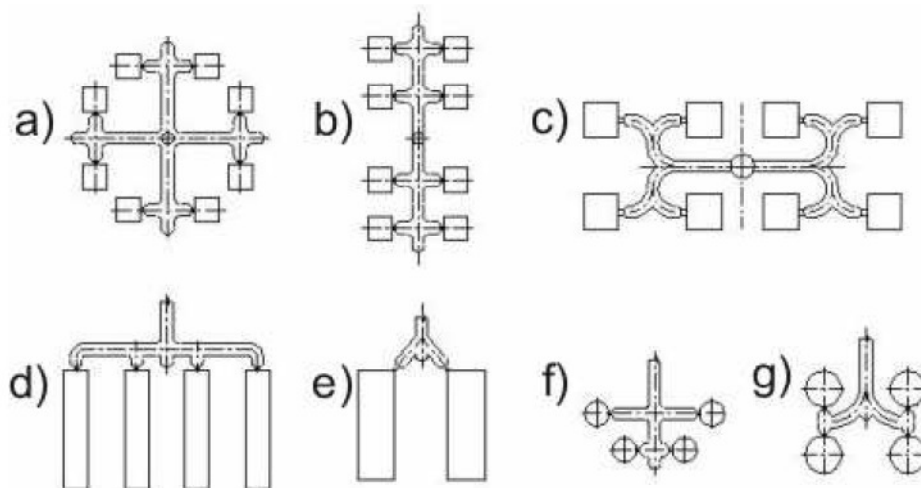
k vývinu tepla vlivem tlaku a tím oddálení ztuhnutí taveniny. V případě, že již stroj není schopen překonat tlakové ztráty, dochází k poklesu rychlosti vstříku a celkovému ochlazení plastu ve vtokovém systému i v dutině formy. [1]

Při proudění taveniny vtokovým systémem dochází také vlivem tření k vývinu tepla. Které se koncentruje do míst nejvyššího smykového napětí. Tam může dojít k výraznému zvýšení teploty až o 200°C. I když toto zvýšení je krátkodobé, u citlivých plastů může dojít k jejich degradaci. Tepelná vodivost plastů je nízká a proto ohřátí formy v těchto místech není velké. [1]

1.3.1.1 Konstrukční řešení rozvodných kanálů SVS

Konstrukce vtokových kanálů musí zabezpečit:

- aby dráha toku taveniny byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových i časových ztrát. [1]
- aby dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá a tím se zajistilo rovnovážného plnění. Vyústění vtokového kanálu do dutiny formy, jeho průřez, poloha a počet ovlivňují velikost prutů a existenci míst se sníženou pevností (studených spojů), kde vlivem částečného ochlazení proudu taveniny a jejím vzájemným setkáním již nedojde ke kvalitnímu spojení. Je proto účelné naplnit dutinu jedním vtokem, aby tím vznikalo co nejméně studených spojů. [1]

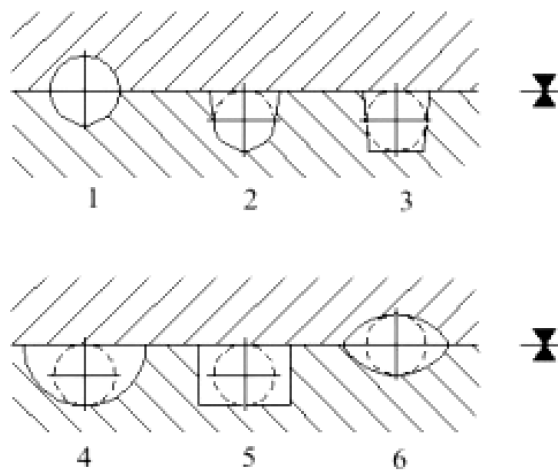


Obr. 5 Konstrukce vtokových kanálů [1]

a, c, e, f, g, – vhodné řešení

b, d, - nevhodné řešení

- aby průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký aby byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny v plastickém stavu a tím se umožní efektivní působení dotlaku. Přitom je třeba přihlížet ke spotřebě materiálu. Vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co největší průřez. Tím budou ztráty ochlazováním minimální. [1] Tomuto kritériu odpovídá z geometrického hlediska kruhový průřez, tento tvar je ovšem z výrobního hlediska nevýhodný a proto volíme konstrukci vycházející z kruhového průřezu, ale upravenou pro výhodnější výrobu.

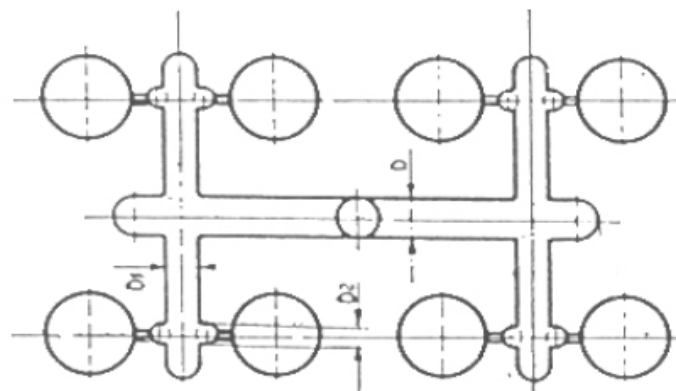


Obr. 6 Průřez vtokových kanálů [1]

1, 6, - výrobně nevýhodné

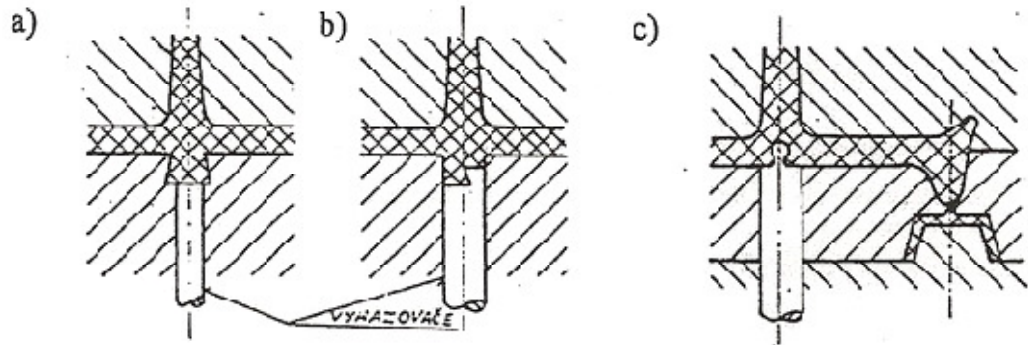
2, 3, 4, 5, - výrobně výhodné

- u vícenásobných forem je vhodné odstupňování průřezu kanálů, aby byla zachována stejná rychlost taveniny. [1] Dále musíme přihlídnout i ke struktuře plastu, což znamená, že pro krystalické polymery musíme navrhnout větší průměr kanálů, než-li u amorfních. Což je logické přihlídneme-li k vnitřnímu uspořádání řetězců viz. Kapitola 1.2 .



Obr. 7 Pdstupňování průřezů [1]

- Pro snadné odformování je nutné volit zaoblení hran vtokových kanálů minimálně $R=1\text{mm}$. Úkos kanálů volit minimálně $1,5^\circ$, Drsnost povrchu u vtokové vložky $Ra\ 0,2$ a u rozvodných kanálů $Ra\ 1,6$. Podkosoý žádané jen u přídržovačů vtoku pro přidržení vtokového zbytku na levé straně formy při odformování.

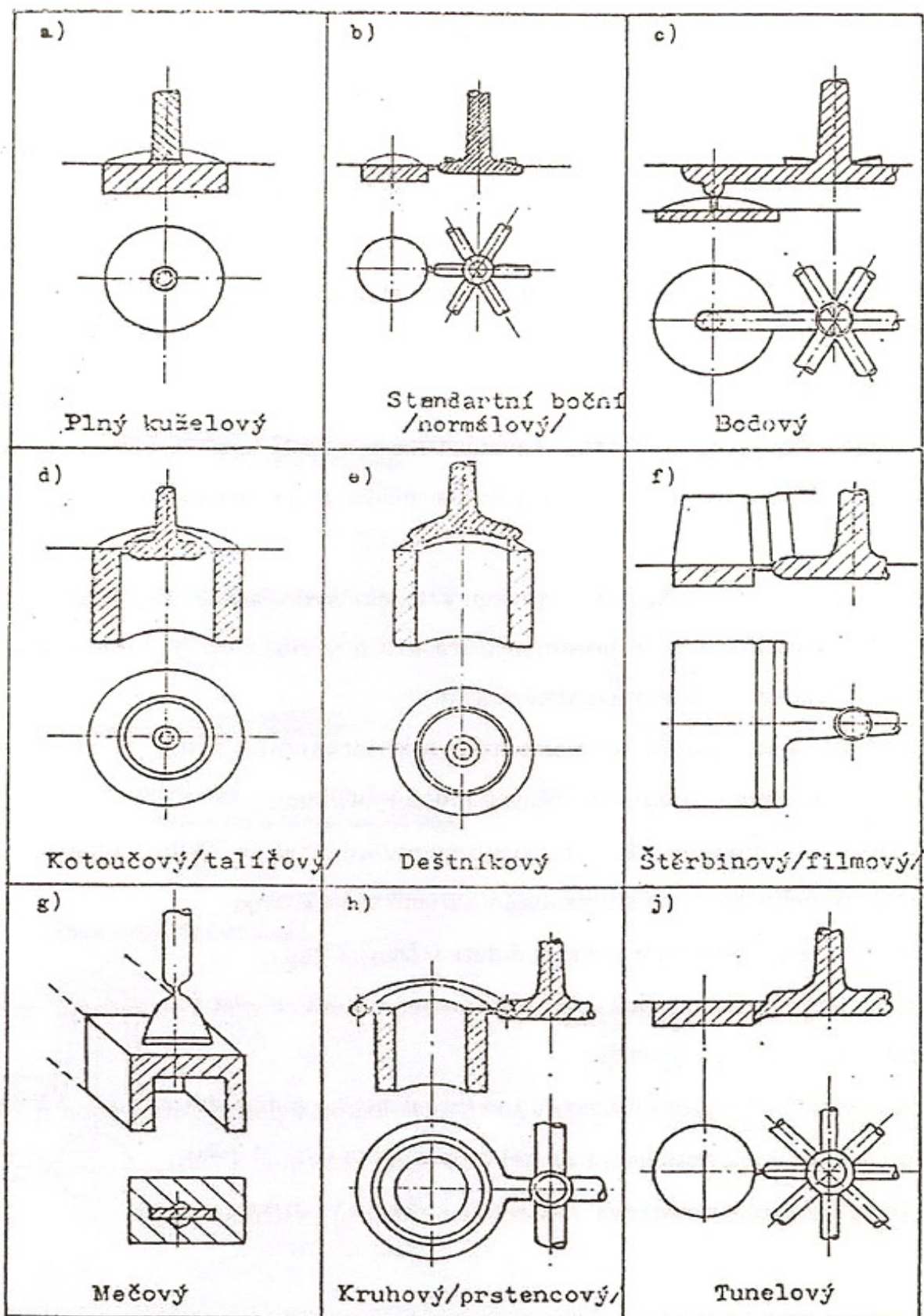


Obr. 8 Přídržovače vtoku [1]

- Dále je nutné umístit, aby tok taveniny v dutině postupoval od největší do nejmenší dutiny. Kromě strukturních pěn, tam je výhodnější opačný postup. Aby proud taveniny narazil co nejdříve po vstupu do dutiny na překážku. Aby proud taveniny byl rovnoběžný s delší stěnou dutiny formy a s orientací žeber. Dále pak větvení vtokového systému nejčastěji pod úhlem 90° , ovšem je možné použít i větvení pod tupým úhlem, nikoliv však pod ostrým úhlem.
- Pokud ústí vtokový kanál do rozváděcího, je jeho větší průměr otvoru stejný, nebo nepatrně větší než rozváděcí kanál. V místech spojení se doporučuje konstruovat jímku chladného čela taveniny. [1]
- Pokud ústí vtokový kanál do dutiny výstřiku je vhodné vytvořit proti ústí vtoku čochkovité zahloubení, zvláště pro menší tloušťky stěn. [1]

1.3.1.2 Konstrukce vtokových ústí

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Jen ve vyjímecných případech může být použit plný nezúžený vtok. Zúžením se zvýší teplota taveniny před vstupem do tvarové dutiny. Omezí se strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím i vytváření povrchových defektů. Vtokové ústí se volí co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výstřiku, materiálu i vstřikovací technologii. Umožní snadné začišťení. Velikosti zúženého průřezu musí spolehlivě naplnit dutinu formy a také ještě umožnit případné působení dotlaku. Délka zúženého ústí se volí co nejkratší ovšem podle hranice pevnosti materiálu. [1] Základní typy vtokových ústí jsou zobrazeny na obr. 9.



Obr. 9 Typy vtokových ústí [1]

1.3.2 Vyhřívání vtokových systémů

Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhřívání vtokových soustav. Dříve než se došlo k současným typům Vyhřívání vtokových systémů (dále jen VVS), předcházela jim řada jednodušších systémů, které se postupně zdokonalovaly. Nejprve se zesílenými vtoky, izolovanými vtokovými soustavami a předkomůrkami apod. Dnešní VVS mají vyhřívání trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. To umožnila především výroba vysokovýkonných a miniaturních topných těles a některých dalších jejich dílů. [1]

Od forem s běžnými studenými soustavami se VVS liší především tím, že dnešní typy VVS se nakupují od specializovaných výrobců. Jednotlivá konstrukční provedení i rozsah jejich použití jsou rozdílné. Proto je nutné při použití určitého systému vyžádat si od daného výrobce potřebné podklady. [1]

Soustava VVS však vyžaduje podstatně složitější a výrobně nákladnější formy, obslužný personál i strojní zařízení musí být na příslušné úrovni. Dále je třeba zajistit VVS včetně regulátoru a snímačů. To všechno zvyšuje energetickou náročnost výroby. [1]

Ekonomickou výhodnost forem pro bezodpadové vstřikování je třeba posuzovat z hlediska celého výrobního procesu. Nepřetržitý provoz, dokonalé zpracovatelské vybavení i vhodné zpracovatelské vlastnosti plastů jsou určujícími faktory. Používání VVS stále narůstá protože umožňuje automatizaci, zkracuje výrobní cyklus, snižuje spotřebu materiálu (bez vtokového zbytku), snižuje náklady na dokončovací práce a odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoků a problémy spojené s regranulátem. [1]

Technologie vstřikování s použitím VVS spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. I přes malý průřez vtoku je možné částečně pracovat s dotlakem. U všech způsobů bezvtokového vstřikování je vhodné v místě jeho vyústění provést na výstřiku zahloubení, aby případný nepatrný vtokový zbytek nevystupoval přes jeho úroveň. Součástí systému je regulace teploty VVS i formy. Celá soustava umožňuje snadnou montáž, demontáž, čištění a znovu nasazení do provozu. [1]

1.3.2.1 Izolované vtokové soustavy

Tento jednoduchý typ VVS se dnes již nepoužívá nebo jen velmi málo. V podstatě jde o variaci k SVS jen se více využívá tepelné izolace zatuhlé vrstvy plastu na stěně vtokového systému. Cílem je zajistit aby jádro toku taveniny ve vtokovém systému po celou dobu výrobních cyklů bylo plastické. Výrobní cykly by přitom měly být co nejkratší, abychom tavenině ve vtokovém systému dali co nejkratší dobu k zatuhnutí. Tento způsob je vhodný pro plasty s nízkou teplotou tání. Tento typ VVS má dvě řešení. A to se zesílenými vtoky nebo s vtokovou předkomůrkou. Nevýhoda spočívá v možnosti odtrhávání izolační vrstvy do jádra toku taveniny a tím do výstřiku. Tímto způsobují materiálovou anizotropii výstřiku, což sebou přináší snížení pevnosti a vzhledu.

1.3.2.2 Vyhřívané trysky

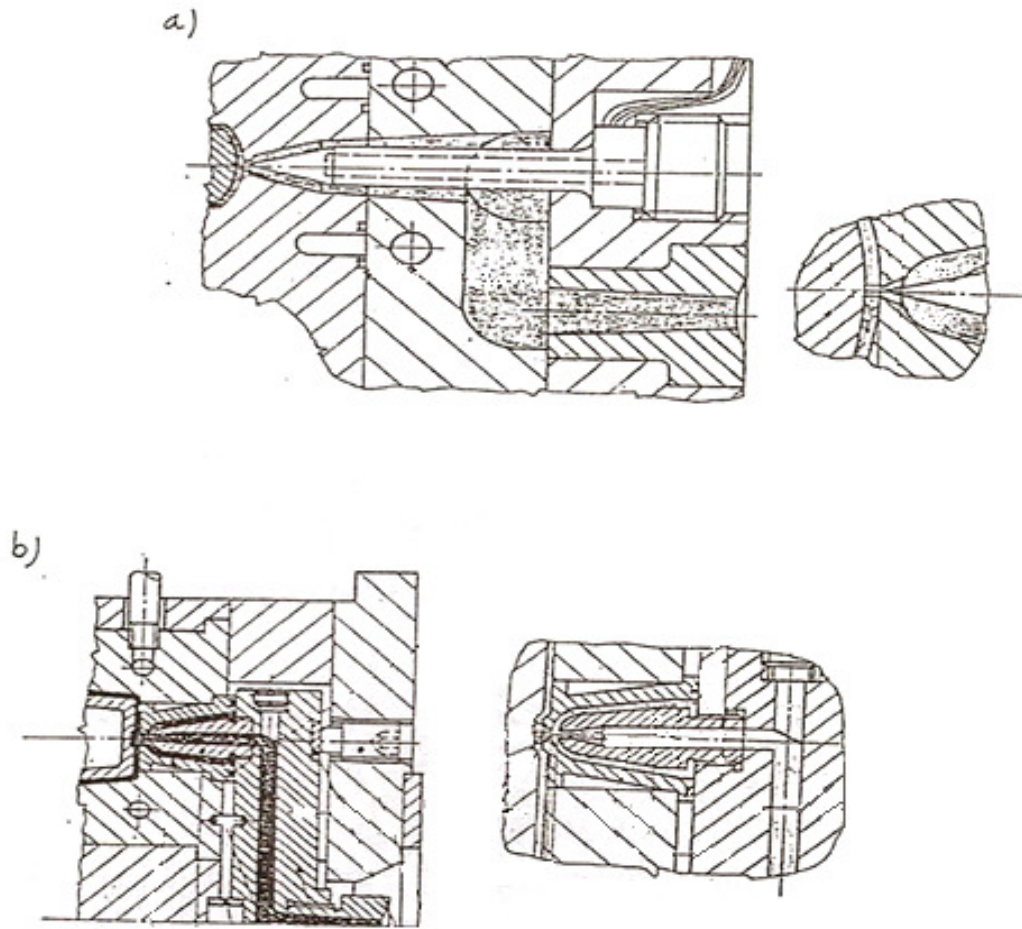
Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Výrazně umožňuje zlepšit technologické podmínky při vstřikování. [1] Trysky rozlišujeme na nepřímo vyhřívané a s vlastním topením.

Nepřímo vyhřívané trysky:

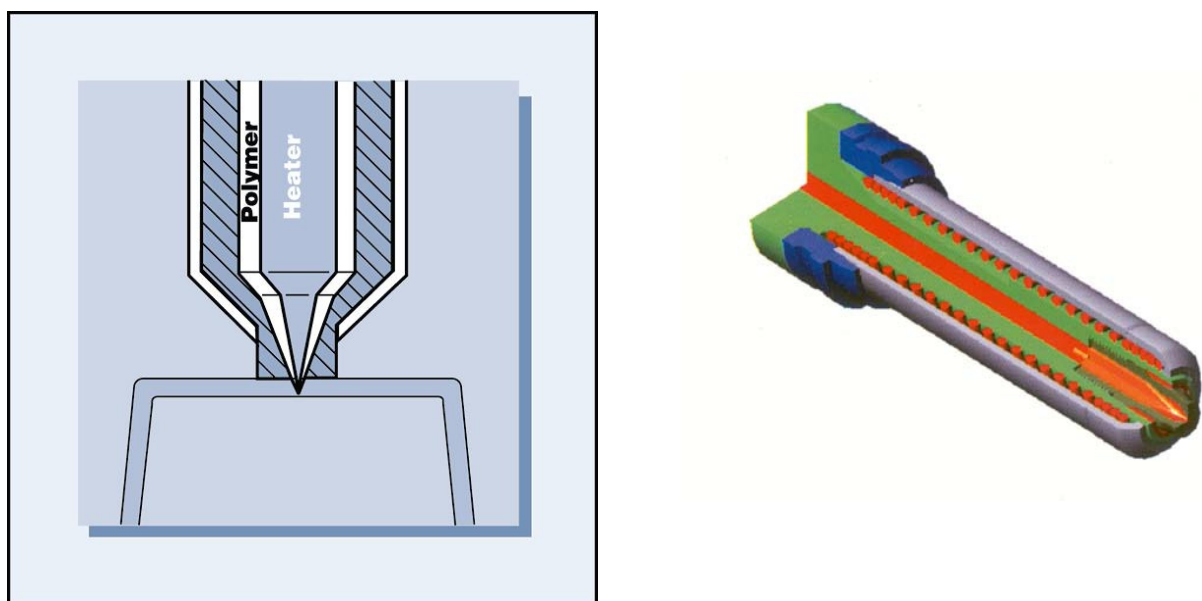
- dotápěné vyústění izolovaného rozvodu vtoku. Je charakterizováno miniaturním topným tělesem, které je zabudováno do ocelového pouzdra, jehož špička zasahuje do vyústění vtoku. U tohoto způsobu je nutné dodržovat poměrně rychlý pracovní cyklus a jsou vhodné pro materiál jehož tavenina táhne vlas. [1] Obr. 10a.
- druhý způsob nepřímo vyhřívané trysky je realizován přenosem tepla z vyhřívaného rozvodu vtoků na trysku. Používá se pro vícenásobné formy a pro materiály, které netáhnou vlas. [1] Obr. 10b.

Přímo vyhřívané trysky:

- trysky s vnějším topením, kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je z tepelně vodivého materiálu. Při vstřikování abrazivních plastů je ocelový materiál legován molybdenem. Z vnějšku je kolem tělesa trysky umístěno topení. Obr. 11 v pravo.
- trysky s vnitřním topením. U tohoto systému tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku (torpédo), zhotovenou také z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí. [1] Obr. 11 v levo.



Obr. 10 Nepřímo vyhřívané trysky [1]

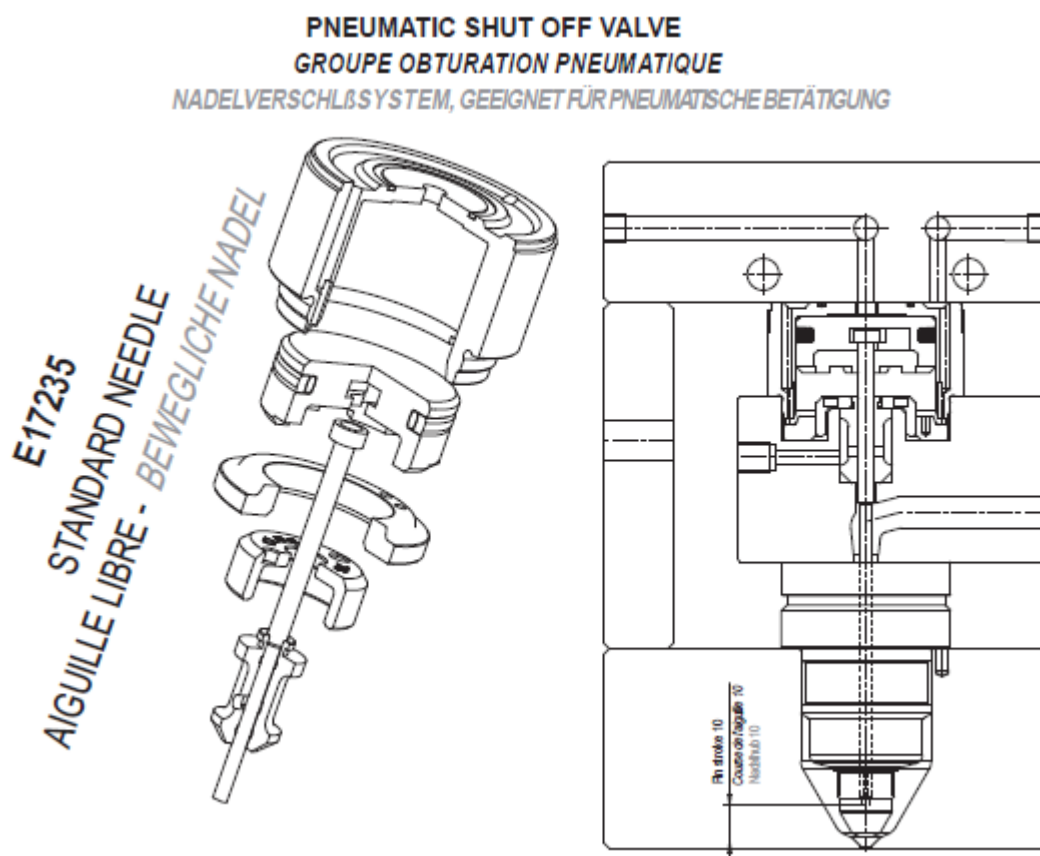


Obr. 11 Vyhřívané trysky, v levo tryska s vnitřím topením [6], v pravo tryska s vnějším topením [7]

Trysky s uzavírací jehlou:

- tavenina se při vstřikování dostává do prostoru před jehlu . Vlivem vstřikovacího tlaku se posune jehla do zadní polohy a tím se otevře ústí vtoku. Potom nastává plnění dutiny formy. Při poklesu vstřikovacího tlaku se jehla posune působením tlaku pružiny do přední polohy a ústí vtoku uzavře. Ovládání jehly musí být seřiditelné v závislosti na použitém tlaku. Jehlu však lze ovládat i pneumaticky, jak bylo již dříve uvedeno. Výhodou tohoto typu vtoku je odstranění stopy po vtoku na výstřiku, zvětšené ústí vtoku a tím rychlejší plnění dutiny formy a menší možnost zatuhnutí hmoty v ústí vtoku. Proto lze tento způsob aplikovat i na složité a náročné výstřiky. Nevýhodou jsou velké nároky na přesnost vtokového systému včetně volby materiálu a větší nároky na údržbu a seřízení. [1]

Na Obr. 12 je zobrazen příklad uzavírací trysky ovládané pneumaticky



Obr. 12 Trysky s uzavírací jehlou [5]

1.3.2.3 Vytápěné rozvodné bloky

Vstříkovací formy s rozvodným blokem se používají v kombinaci s vyhřívanými nebo izolovanými tryskami s předkomůrkou. Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Jeho dobrá funkce je podmíněna rovnoměrně rozloženým teplotním polem. V opačném případě ovlivní tokové vlastnosti taveniny a její tlakové rozložení v jednotlivých tvarových dutinách. [1]

Rozváděcí blok je ocelový, uložen mezi tvarovou a upínací desku v pevné části formy. Jeho tvar je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění i uložení trysek. Vyrábí se ve tvaru I, H, X, Y apod. Musí být tepelně izolován od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou. [1]

Je vytápěn nejčastěji zvenku elektrickým odporovým topením pomocí topných hadů zalitých v mědi nebo topnými patronami s vytápěním zevnitř. [1] Typy a konstrukce vytápění se ovšem může lišit dle výroby.

Otvory kanálů pro proudící taveninu musí být pečlivě provedeny, protože nikde nesmí vzniknout ostré hrany a přechody s mrtvými kouty taveniny. [1]

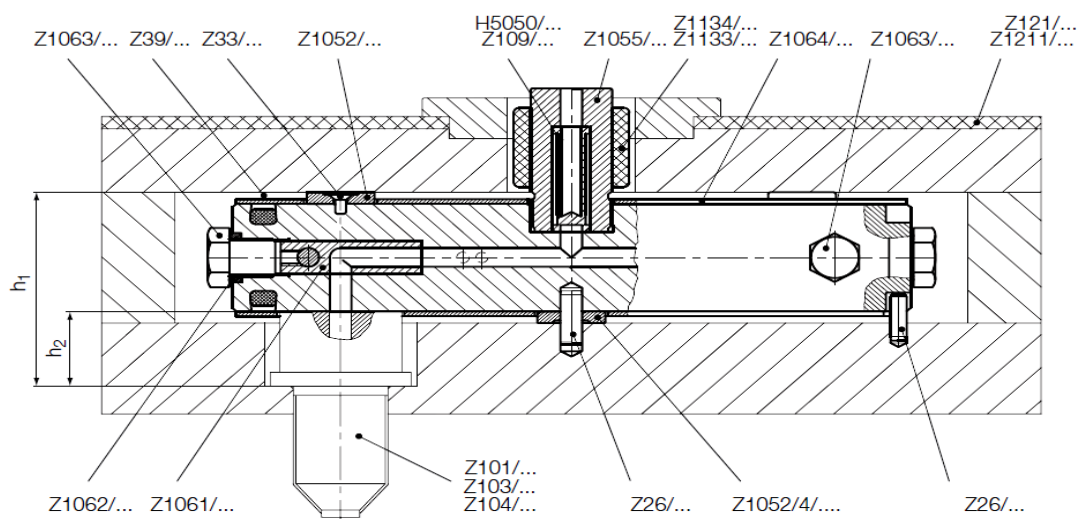
Pro zvýšení tuhosti formy je rozvodný blok ve formě upevněn pomocí přítlačných kroužků. Je vystředěn a zajištěn proti pootočení vzhledem k tvárnici a jeho vyústění přes trysky do dutiny formy. Instalovaný výkon ohřevu rozvodného bloku musí být takový, aby se dosáhlo rychlého ohřevu, dostatečné teploty pro optimální tok taveniny, eliminace tepelných ztrát, tak že se minimalizuje plocha pro přestup. [1]

Ohřev a změna teploty bloku vzhledem k formě, která má jinou teplotu, vyvolá změny v jeho délkových rozměrech. To může způsobit přesazení trysky a vtokového ústí, vysoké tlaky ve formě, deformaci v nástroji. Tyto relativní změny u trysek pevně zakotvených v bloku se musí vhodně kompenzovat. Děje se tak přesazením otvoru pro trysku, zkrácením délky bloku a jinými konstrukčními opatřeními. [1]

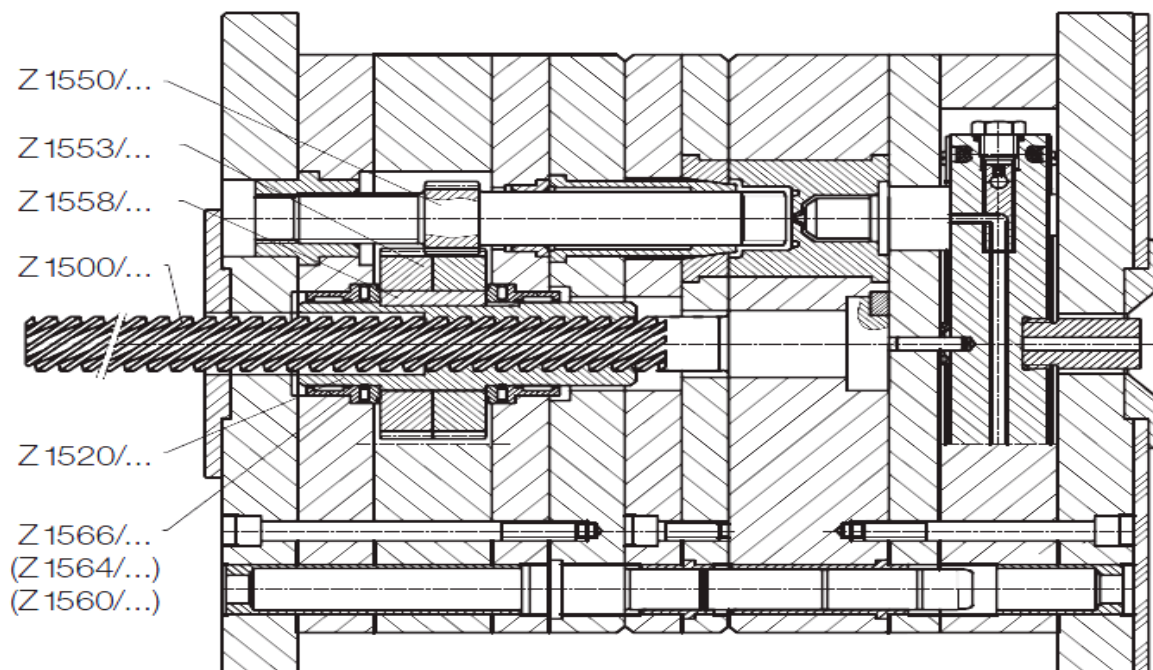
Na Obr. 13 jsou zobrazeny vyhřívané bloky I, H, X. Na Obr. 14 je zobrazeno uložení vyhřívané trysky a bloku „I“. Na Obr. 15 je zobrazen příklad formy s VVS.



Obr. 13 Vyhřívané bloky "I, H, X" [4]



Obr. 14 Uložení vyhřívané trysky a bloku "I" [4]



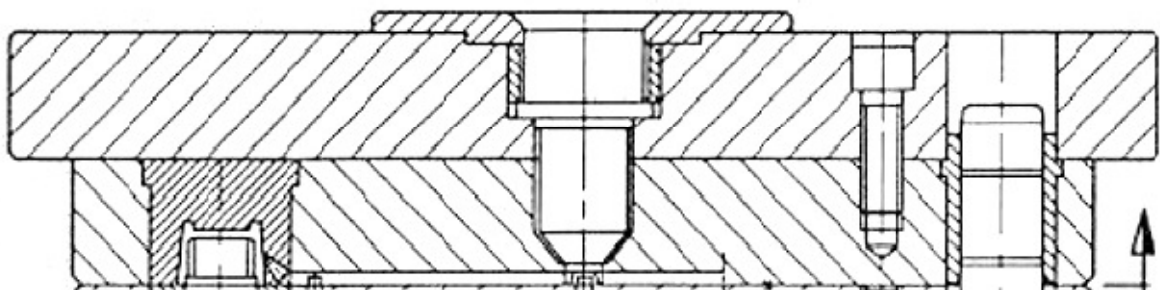
Obr. 15 Příklad formy s VVS [4]

1.3.3 Kombinované vtokové systémy

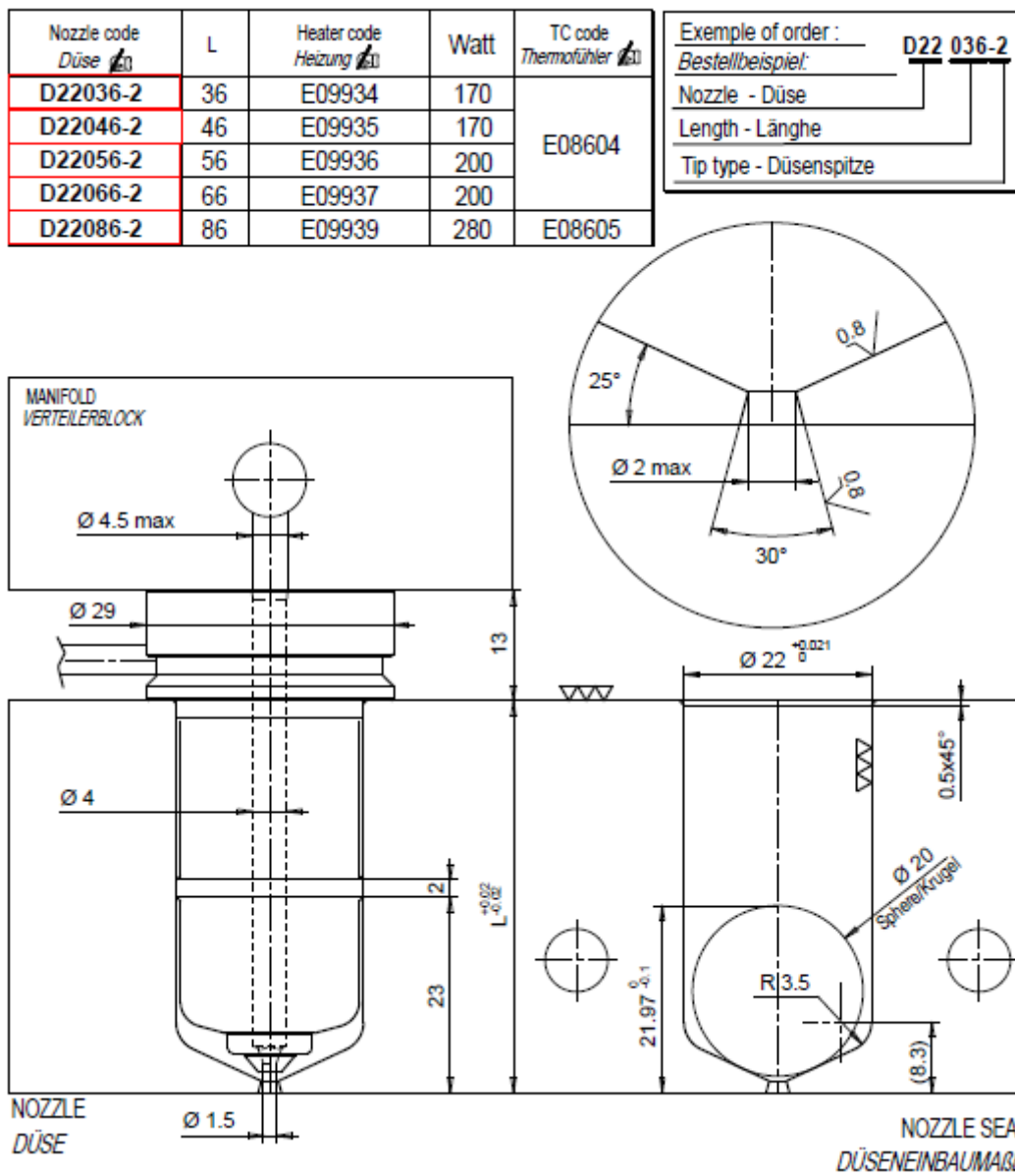
Kombinované vtokové systémy (dále jen KVS) jsou kombinací studených vtokových systémů a vyhřívaných vtokových systému. Tato kombinace se používá zejména u forem velkých násobností kde by bylo velmi nákladné zajistit vyhřívanou trysku pro každou dutinu formy. Proto se zvolí tzv. „Hnízdo“, kde se uloží vyhřívaná tryska a z tohoto místa se symetricky rozvedou kanály k dutinám formy. V podstatě jde o kombinaci horké trysky a studeného rozvodného kanálu a ústí. Kde z horké trysky nejde tavenina přímo do dutiny formy ale do rozvodného kanálu. Výhodou je nižší cena formy s kombinovaným rozvodným systémem a kvalitnější rozvod taveniny než u studeného vtokového systému. Nevýhodou může být částečné navrácení problémů s tokem ve studeném kanálu (1.3.1.), proto by kanály neměly být příliš dlouhé.

Na Obr. 16 je zobrazen příklad uložení KVS.

Horké trysky pro tento typ vstřikování musí být vhodné pro vstřikování do vtokového kanálu, proto mají větší průměr ústí trysky, odlišný tvar ústí a bývají i vhodné pro vstřikování tlustostěnných výrobků. Příklad trysky vhodné pro KVS je na Obr. 17.



Obr. 16 Uložení KVS [4]



Obr. 17 Příklad trysky pro KVS [5]

2 CNC OBRÁBĚNÍ

2.1 Úvod do CNC obrábění

Nástup NC strojů počátkem padesátých let minulého století změnil od základů strojírenskou výrobu. Byla odstartována počítačově řízená výroba. Stroje se přizpůsobují změnám požadavků výroby pouhou změnou vstupních řídicích dat zadávaných ve formě alfanumerických znaků. Pro automatické řízení konvenčních strojů se používá mechanických, hydraulických pneumatických nebo kombinovaných systémů. Program výroby daného dílce je zadán například tvarem vaček a drážek křivkových bubnů, seřízením narážek, tvarem šablon a podobně. Číslicově řízenému stroji je program zadáván elektronicky. Dnes nejlépe po síti. Toto řešení pochopitelně poskytuje zcela nové nejen technologické ale i ekonomické možnosti. [8]

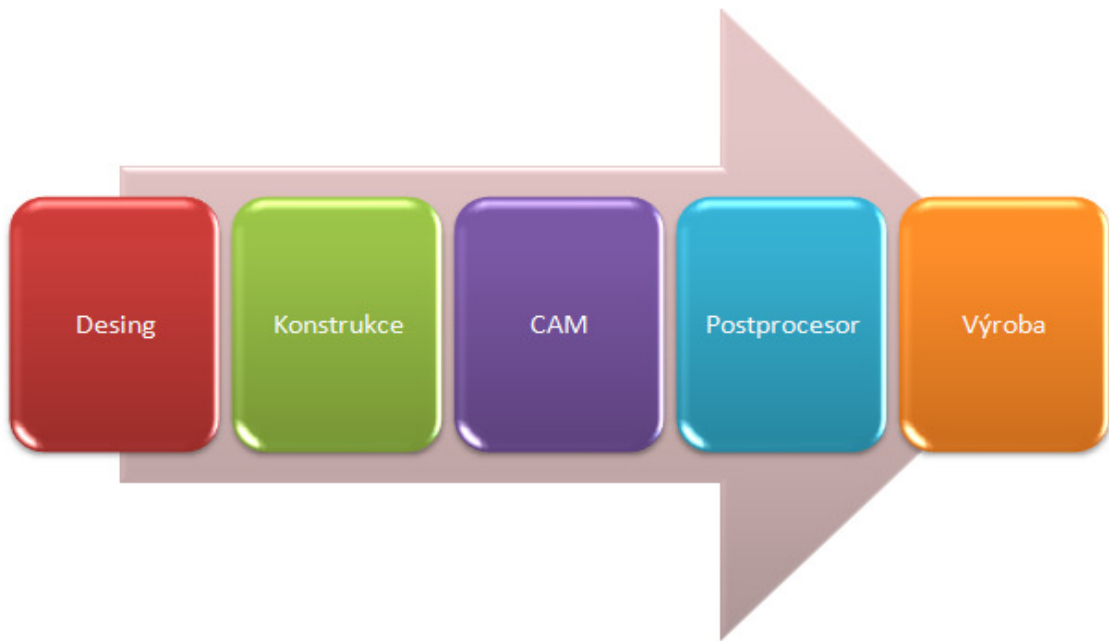
Vývoj NC strojů i řídicích systému a jejich technologické uplatnění ve výrobě úzce souvisí s rozvojem výpočetní techniky a jejího softwaru. Dnes se proto rozlišuje již několik generací číslicově řízených strojů a jejich řídicích systémů. Toto členění vyjadřuje i technologické možnosti těchto strojů a tedy i technologičnost konstrukce dílců na nich vyráběných. [8]

Vývoj NC strojů jde stále kupředu a dnes se používají místo NC strojů CNC stroje, které se stále řídí dle zvyklostí z NC strojů, ale díky vylepšené konstrukci a řídicímu softwaru přibyly další možnosti ve výrobě, jako např: řízení v 5-ti osách možnost používat pevně dané cykly atd. A díky vyspělému CAM softwaru jsme schopni obrobit plochu od jednoduchého rovinného obrábění až po složité tvary, které se dají popsat složitou matematickou funkcí.

Rysem těchto strojů je však jejich větší cena a tedy i vyšší cena strojní hodiny. Ta je ovšem vyvažována i nesrovnatelně většími a neustále se zdokonalujícími technologickými možnostmi[8].

Velmi ekonomicky a produktivně důležitá je volba optimálního sledu operačních úseků, optimálních drah nástrojů, optimálních řezných podmínek, vhodného nástroje atd. [8]

Jednotlivé části výrobního procesu, které vedou od nápadu a návrhu až ke zhotovení výrobku. Jednotlivé části musí být komunikativně provázány se zpětnou vazbou, která vede k efektivnímu řešení a odstranění nedostatků. Jednotlivá posloupnost částí je na Obr. 18.



Obr. 18 Osa posloupnosti

- **Desing:** Obsahuje návrh vzhledu, ergonomie, účelu. Také může obsahovat hrubý náčrt a předběžnou volbu technologie.
- **Konstrukce:** Zváží požadavky designu a zváží vyrobiteľnosť, potrebné mech. vlastnosti materiálu a technologii výroby.
- **CAM:** Zvolí se konkrétní stroj, nástroj, upnutí, obráběcí postupy a dráhy nástrojů
- **Postprocesor:** Přeloží data z CAM systému do kódu srozumitelného pro daný stroj.
- **Výroba:** Finální zhotovení výrobku dle konstrukce. Po zjištění případných nedostatků např. měřením musí fungovat zpětná vazba s konstrukcí a následná identifikace a odstranění chyby.

2.2 CNC stroje

Číslicově řízené stroje jsou charakteristické tím, že ovládání všech funkcí stroje je prováděno výhradně řídicím systémem stroje pomocí programu. Všechny údaje potřebné k obrobení součásti na požadovaný tvar a s požadovanou přesností jsou při číslicovém řízení předem připraveny ve formě kódu. Tento kód je srozumitelný pro řídicí systém stroje, který řídí silové a ovládací prvky stroje. Následně probíhá výroba součásti [9].

Programy byli dříve do strojů zaváděny pomocí děrných štítků, což mělo nevýhodu v tepelné roztažnosti, opotřebení děrného štítku coby fyzické součástky. Nevýhodné bylo také obtížnost kopírování programu nebo jeho případné dodatečné úpravy. Postupem času se proto přecházelo na elektronickou podobu uchovávání a přenášení programů, nejvhodnější k tomu byly paměťová media, jak je dnes všichni známe. A dnes se již od tohoto způsobu ustupuje, jelikož jeho roli zastávají ve vzrůstající míře počítačové sítě. Počítačové sítě nám umožňují ON-line přístup k programům, jejich úpravu zadávání do stroje a celou řadu logistických výhod v manipulaci s programem.

Informace používané v oblasti CNC obráběcích strojů lze rozdělit na:

- **Geometrické** – Popisují dráhu nástroje vzhledem k obrobku
- **Technologické** – Charakterizují řídicí funkce, které musí obráběcí stroj vykonávat v jednotlivých fázích obrábění (posuv, otáčky apod.)
- **Pomocné** – Jsou to informace o určitých pomocných funkcích (spuštění stroje, chlazení apod.)

2.2.1 Základní pojmy

NC – (Numerical Control) Číslicově řízené stroje – Stroje, které ke svému řízení používali ještě děrný štítek viz.2.2.

CNC – (Computerized Numerical Control) - Počítačem řízené stroje – Programy jsou zaváděny elektronicky viz 2.2.

CAD – (Computer Aided Desing) – Počítačová podpora konstrukce

CAM – (Computer Aided Manufacturing) – Počítačová podpora pro návrh drah nástrojů při obrábění a vytváření CNC programů pro automatizované řízení strojů

CAD/CAM - V tomto procesu mohou být zařazeny prvky mezioperační kontroly, prvky pro plánování a řízení dílny atd. V běžném výkladu se často pojem CAD/CAM zužuje na

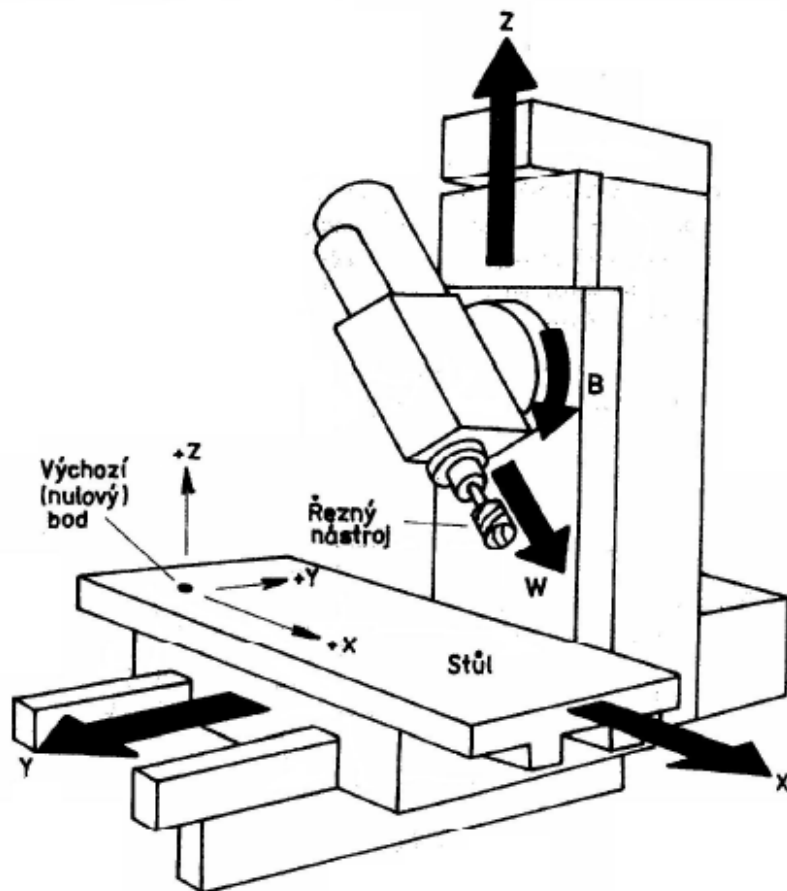
vygenerování výkresu součásti v elektronické podobě, CNC program včetně přiřazených technologií obrábění. Jedná se tedy o propojení práce konstruktéra a technologa. [9]

POSTPROCESSOR – Zařizuje překlad dat z CAM aplikací do kódu potřebného pro daný CNC stroj.

2.2.2 Souřadný systém

Souřadnicová soustava směrů pohybů pracovních orgánů daného NC stroje vychází od osy Z, která je rovnoběžná s osou hlavního vřetene, případně kolmá k pracovní ploše stolu [9].

Osa X je orientovaná vodorovně a rovnoběžně s plochou upnutí obrobku, osa Y doplňuje osy X a Z na pravoúhlou souřadnicovou soustavu. Kladný smysl pohybu musí odpovídat směru vzdalování nástroje od obrobku. Kladný smysl rotačních pohybů A, B, C se musí shodovat se smyslem posuvu pravotočivých šroubů v kladných osách X, Y, Z. Poloha počátku souřadnicové soustavy je libovolná a definuje se v rámci řídicího programu. [9]

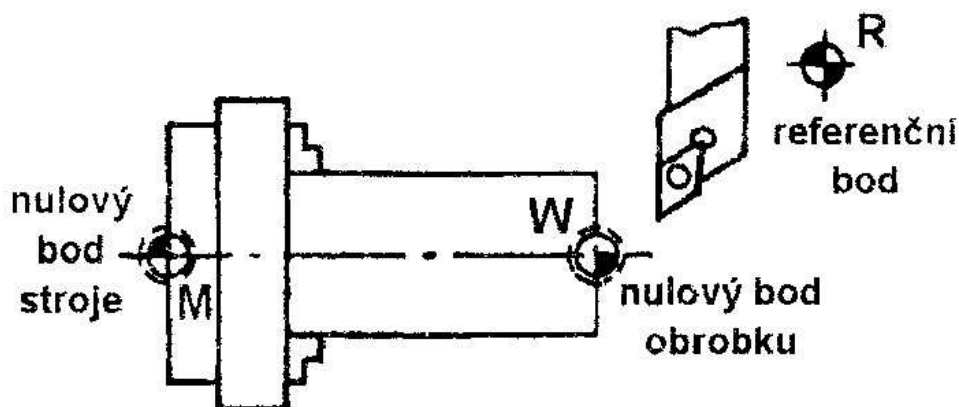


Obr. 19 Příklad souřadného systému stroje. [9]

2.2.3 Pracovní prostor

V pracovním prostoru CNC obráběcího stroje jsou určeny některé základní vztažné body, jejichž znalost je důležitá i pro vlastní programování. [9]

- **Referenční bod stroje „R“** – Je přesně stanoven výrobcem a jeho aktivací dochází k sjednocení mechanické a výpočetní části stroje. Slouží k přesnému nastavení odměřovacího systému po zapnutí stroje a zařazení referenčního bodu do CNC programu také vede k odstranění chyb, které mohou vznikat interpolací (pokud stroj nemá zpětnou vazbu). Je realizován mechanickým způsobem, tj. pomocí koncových spínačů. [9]
- **Nulový bod stroje „M“** – Je druhý pevný bod v systému a je tudíž stanoven výrobcem. Je výchozím bodem pro všechny další souřadnicové systémy a vztažné body na stroji. Ve většině případů výrobci řídicích systémů používají variantu, kdy spojnice nulového bodu a referenčního bodu je úhlopříčkou pracovního prostoru stroje pro frézky a vrtačky. U soustruhů je nulový bod stroje umístěn v ose rotace obrobku v místě zakončení vřeteníku přírubou. Vzdálenosti nulového bodu stroje a referenčního bodu stroje jsou výrobcem přesně odměřeny a vloženy do paměti řídicího systému jako strojní konstanty. [9]
- **Nulový bod obrobku „W“** – Lze nastavit pomocí speciálních funkcí řídicích systémů v libovolném místě pracovního prostoru stroje tj. Programátor si ho určuje sám. Tento nulový bod obrobku se s výhodou umísťuje do takového místa, aby se co nejvíce zjednodušil výpočet přechodových míst jednotlivých konstrukčně technologických prvků a tím je umožněno zjednodušení práce programátora tj. nemusí dopočítávat rozměry výrobku. [9]



Obr. 20 Body pracovního prostoru. [9]

2.3 Programování

Programování CNC strojů je možné provádět zpravidla dvěma způsoby:

- Systém online, přímo na CNC stroji, dílenské programování. [9]
- Offline programování. Tvorba part programu mimo řídicí systém, nejčastěji pomocí CAM systému. [9]

2.3.1 Stavba kódu

Řídicí program CNC obráběcího stroje je soubor číselně vyjádřených informací o činnosti CNC obráběcího stroje uložených na nositeli informací, ze kterého jsou postupně tyto informace předávány stroji v průběhu operace. K zápisu programu se volí znaky srozumitelné člověku a tyto se řadí do jednotlivých slov. Ucelené informace o jedné požadované činnosti tvoří blok a posloupnost bloků tvoří program. Jednotný způsob uspořádání řídicích programů pro CNC stroje se nazývá struktura programu a určuje ji mezinárodní norma ISO 1058. [9]

Norma ISO 1058 není jediný typ struktury programu. Můžeme se setkat i s dalšími jako jsou například Simulink a heidenhain.

Program CNC stroje se skládá z bloků (vět), které jsou sestaveny z jednotlivých slov (příkazů). Přičemž každé slovo se skládá ze dvou částí: [9]

- Adresy – určuje, kam bude instrukce směřována.
- Významové části – udává konkrétní hodnotu.

Povelová část
(adresa)

Významová část

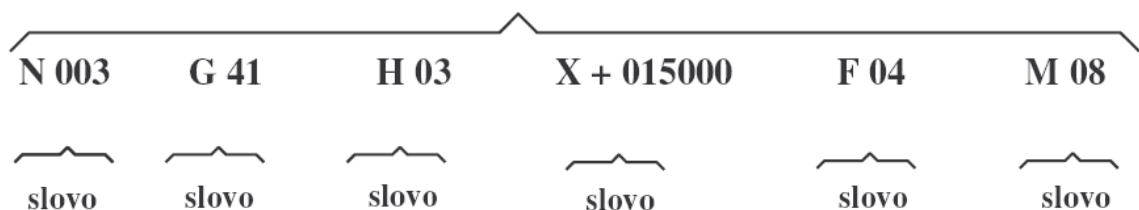


Obr. 21 Složení slova. [9]

Blok se skládá zpravidla z těchto znaků a slov:

- **N – Číslo bloku** – Každý blok musí začínat číslem, aby ho bylo možné vyvolat z paměti řídicího systému. Číslo bloku je umístěno vždy na začátku každého bloku programu a skládá se z adresy N a z čísla, které odpovídá poloze bloku v programu. Je výhodné tyto věty číslovat po desítkách aby bylo možné dodatečné vložení dalších bloků (N10, N20 – N10, N11, N20). [9]
- **G – Přípravná funkce** – Jsou to instrukce ke zpracování geometrických informací pod adresou G a dvoumístným kódovým číslem. [9]
- **X, Y, Z – Rozměrové funkce** – Určují polohu cílového bodu pohybu v souřadném systému. [9]
- **F – Posuvová funkce** – číselný údaj mívá rozsah 4 až 6 desítkových míst. Má význam rychlosti pracovního posuvu. Může udávat posuv v mm/min nebo v mm/otáčku. [9]
- **S – Funkce ovládající rychlost otáčení vřetena** – číselný údaj mívá 4 až 6 desítkových číslic. Obvykle přímo určuje otáčky vřetena v otáčkách za minutu.
- **T – Funkce nástroje** – číselný údaj určuje nástroj, kterým má být obráběno. Obvykle určuje číslo a polohu nástrojové hlavy, pozici zásobníku nebo přímo identifikační kód nástroje. [9]
- **M – Pomocné funkce** – Zadávají se jimi technologické příkazy pod adresou M a dvoumístným kódovým číslem. [9]

BLOK



Obr. 22 Struktura bloku. [9]

I když doporučené pořadí adres jednotlivých slov v bloku je N G X Y Z F S T M, moderní řídicí systémy CNC strojů nemají přesně stanovené pořadí slov v blocích. Příkazy jsou zpracovávány podle logických souvislostí, tj. nezávisle na jejich pořadí v bloku (přesto je lépe pořadí v bloku dodržovat pro přehlednost a jednoduchost programu). [9]

2.3.2 Programování kódu

Podle způsobu zadávání rozměrových slov můžeme programovat v jednotlivých souřadných osách. [9]

- **V ABSOLUTNÍCH HODNOTÁCH**, kde souřadnice jednotlivých bodů dráhy nástroje jsou udávány k počátku souřadného systému, který je definován na CNC stroji. [9]
- **V PŘÍRUSTKOVÝCH HODNOTÁCH** (inkrementálně), kdy výchozí poloha nástroje před obráběním je přesně definována výchozím bodem a ve vlastním programu se stanoví difference pohybu v jednotlivých souřadných osách v kladném nebo záporném smyslu. [9]
- **V KOMBINACI**, kdy v průběhu programu lze absolutní i inkrementální systém kombinovat.

Tab. 2 Příklad CNC programu. [8]

N	G	H	X	Y	Z	F	S	M
N001	G41	H01			Z-025000	F99		M03
N002		H02		Y-004000		F99		
N003			X-032500			F99		
N004	G44		X-020000			F04		M08
N005	G40			Y-007500				
N006			X-007500					
N007	G44			Y-027500				
N008			X+007500					
N009	G40			Y+007500				
N010	G43		X+020000					
N011	G40			Y-007500				
N012	G44		X+007500					
N013				Y+027500				
N014	G40		X-007500					
N015				Y+007500				M09
N016	G41		X+032500			F99		
N017				Y+004000		F99		
N018		H01			Z+025000	F99		M30

2.4 Software

Prostorové modely vytvářené v CAD aplikacích představují pouhou základnu pro navazující strojírenskou výrobu. Aby si s těmito informacemi konkrétní výrobní zařízení bez problémů porozumělo je třeba CAM systému. CAM systém se postará o výhodný „překlad“ 3D dat do strojům srozumitelné podoby. [9]

V CAM aplikace se ale nestará jen o „překlad“. V CAM aplikaci na rozdíl od CAD volíme další technologické prvky jako jsou typy nástrojů, udává se poloha obrobku v pracovním prostoru atd. CAM provede i verifikaci dat a odešle všechny náležitosti Postprocesoru kde dojde k samotnému „překlada“

Takzvaný „překlad“ se děje pomocí postprocesoru, který data z CAM převede do potřebného formátu pro daný typ stroje a postará se také o kontrolu nestandardních prvků v interface stroje.

2.4.1 Přínos CAM systémů

Návrh požadovaného výrobku může být proveden v sebelepším 3D CAD systému, ovšem pokud je výsledný NC kód pro obrábění stroje generován ručně, tak jde v podstatě o degradaci přínosu výpočetní techniky k celému návrhově-výrobnímu procesu. Při ručním vytváření NC kódu se může projevit zanášení chyb do kódu lidským faktorem, také je podstatně delší doba samotného zhotovení kódu a v neposlední řadě nemožnost pro programátora vytvořit dráhu nástroje pro velmi složité tvary, a když se o to přece jenom pokusí tak to obnáší množství výpočtu a množství času stráveného nad programováním tvaru, jehož kód by měl CAM systém vygenerovaný nepoměrně dříve.

S CAM systémy se uživatelé mohou setkat v několika variantách. Jedná se především o samotné CAM aplikace, které pro svoji funkčnost nepotřebují žádný další software, dále CAM aplikace ve formě zásuvného modulu pro CAD a nakonec jako velké modulární CAx systémy, kde CAM je jedním z mnoha modulů a pořídí se jej jen ti uživatelé, kteří ho potřebují, jelikož je jasné, že jde o velice nákladnou investici do tohoto CAx typu. [9]

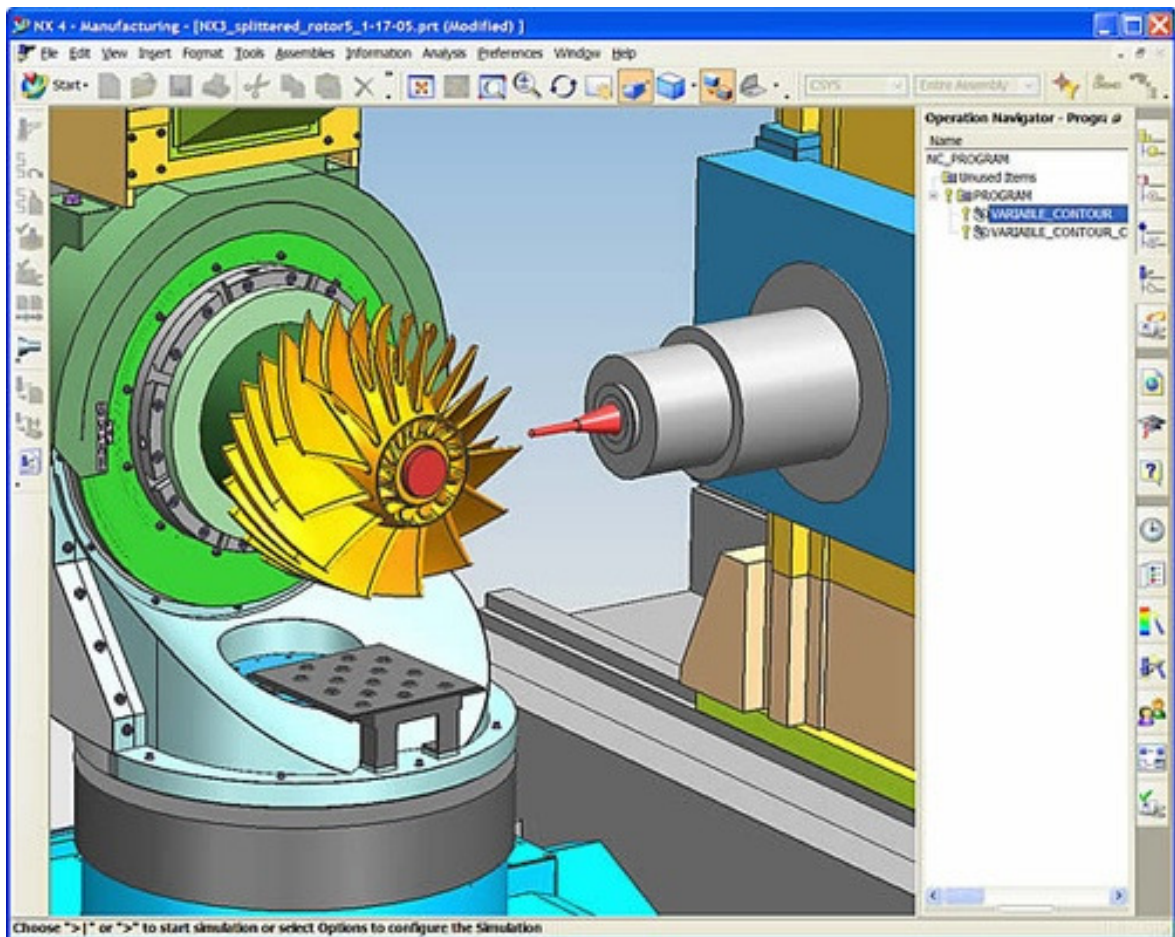
2.4.2 Nejrozšířenější CAM systémy na trhu ČR

2.4.2.1 NX CAM EXPRESS

Program je koncipován jako aplikace střední cenové kategorie, a protože vychází ze špičkového CAD/CAM systému NX, převyšuje z hlediska funkčnosti, spolehlivosti i

komfortu běžný standard ve své třídě. NX CAM Express pracuje na nejrozšířenějším matematickém jádru Parasolid, které vyvíjí rovněž firma Siemens PLM Software. Může pracovat samostatně a využívat 3D data z jiných konstrukčních programů. NX CAM Express má nadstandardní spolupráci s CAD systémem Solid Edge, plně parametrickým 3D konstrukčním modelářem pocházejícím od téže firmy. Spolupráce těchto dvou aplikací zaručuje stálou plnou parametrickost konstrukčních dílů. Jako zdroj dat však lze použít 3D modely nebo 2D kontury z většiny dnes běžně používaných CAD systémů. [11]

Systém zvládá bez problému 5-ti osé obrábění jak je vidět na obr. 23. Tento CAM systém bude aplikován v praktické části práce.



Obr. 23 NX CAM 5-ti osé obrábění [12]

2.4.2.2 EdgeCAM

Kompletní softwarové CAM řešení jak pro produkční obrábění, tak i pro výrobu tvarových forem a zápustek. EdgeCAM integruje čtyř a pětioké plynulé obrábění s tříosým frézovacím prostředím, což umožňuje kombinovat požadované vícere a tříosé obráběcí strategie. Typickým příkladem je tříosé hrubování a „předdokončení“ následované pětiokým obrobením načisto. V nejnovější verzi se objevily funkce automatického rozpoznání otevřených kapes a radiálních otvorů na kuželových nebo válcových stěnách. EdgeCAM rovněž nabízí spolehlivé operace zabráňující kolizím s automatickou kontrolou kolizí. [9]

2.4.2.3 SolidCAM

Obráběcí 2D/3D CAM systém pro programování CNC strojů. SolidCAM pracuje jako přídatný modul pro CAD systémy Autodesk Inventor a SolidWorks. Nabízí úplné řešení pro souvislé řízení dvouosých až pětiokých obráběcích strojů a je určen především pro třískové obrábění a elektroerozivní drátové řezání. [9]

2.4.2.4 SurfCAM

SurfCAM umožňuje obrábění 2D/3D CAD modelů od hrubovacích operací přes dokončovací operace až po zbytkové obrábění, ověření dráhy nástroje v SurfCAM Verify a následné přeložení dráhy nástroje pro daný stroj. Kromě technologických částí CAM nabízí možnosti přímého modelování a následné úpravy modelů. V produktu SurfCAM Velocity a vyšších verzích je k dispozici technologie TrueMill od americké firmy SurfWare, která přináší vylepšení v oblasti třískového obrábění, takže je možné efektivně řídit překrytí nástroje s dodržением konstantního úhlu jeho styku s odebíraným materiálem, takže nedochází k přetěžování nástroje. [9]

2.4.2.5 Kovoprogram

Kovoprogram nejedním programem na trhu od českého výrobce. Jedná se o původní český produkt s dlouhou tradicí. Slouží k přípravě programů pro NC a CNC obráběcí stroje. Vyznačuje dobrým poměrem cena/výkon. Také se vyznačuje levnou kvalitní softwarovou podporou. [10]

3 SHRNU TÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

V teoretické části je úvod do teorie vstřikování a výroby vstřikovaných výrobků z polymerních materiálů. Důraz je kladen na vyhřívané vtokové soustavy včetně vyhřívaných trysek, ale jsou popsány i studené vtokové soustavy a kombinované vtokové soustavy. Dále následuje popsání jednotlivých částí CNC strojů a výroby na těchto strojích se zaměřením na využití CAM systémů.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 ÚVOD DO PRAKTICKÉ ČÁSTI

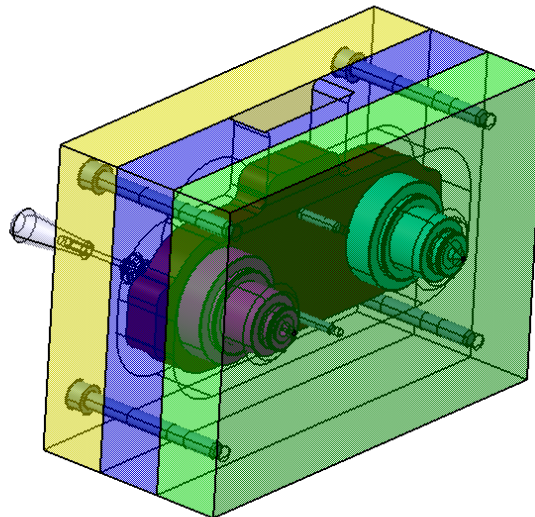
V této části práce je řešena praktická realizace výukového modelu. Jako materiál desek modelu je zvolen PMMA pro jeho transparentnost a tedy i velkou názornost uložení důležitých elementů v modelu. Do modelu byly vyrobeny makety trysek a rozvodného bloku. Rozvodný blok je vyroben z polyuretanové pryskyřice Necuron 605 a makety trysek z duralu, stejně tak i další nenormalizované součásti, kromě uzavírací jehly. Ta byla vyrobena z mosazi. Konstrukce modelu je podřízena co největší názornosti a viditelnosti důležitých dílů. Obrábění desek a bloku bylo prováděno na CNC frézce HWT 442. Trysky a další součásti byly vyráběny na konvenčním soustruhu a frézce.

5 NÁVRH

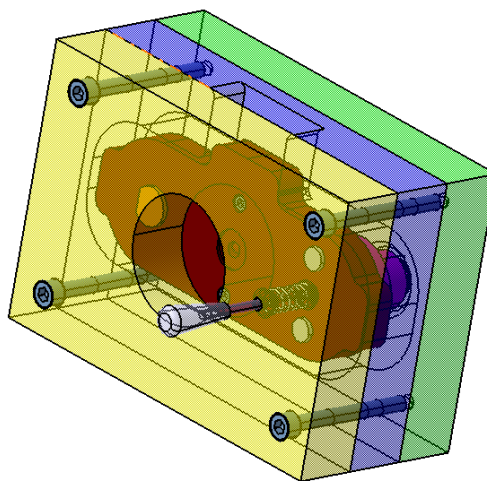
Jedná se o výukový model, který má studentům přiblížit funkci a vnitřní uložení horkého vtokového systému. Proto je nutné, aby součásti nebyly zbytečně složité a sestava modelu ukázala hlavní podstatu tj. horký vtokový systém. Proto v modelu nejsou další elementy, které se přímo netýkají hlavní funkce modelu a které by snižovaly názornost.

5.1 3D sestava modelu

Nejprve byl zhotoven 3D model. Dle tohoto modelu mohlo být ověřeno, jestli model odpovídá prvotnímu návrhu a představě o jeho funkci a účelu.



Obr. 24 3D sestava modelu (front)

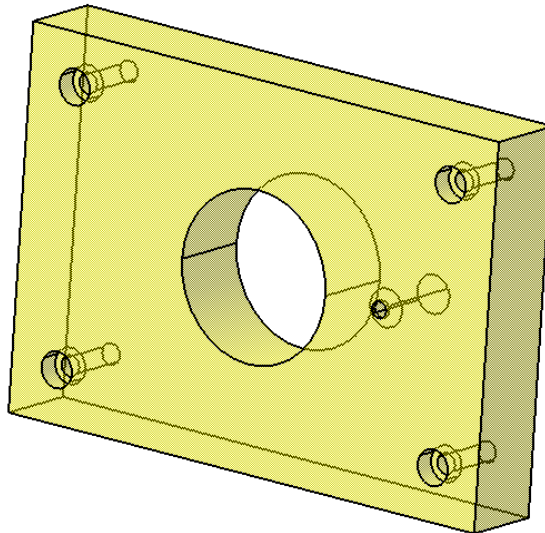


Obr. 25 3D sestava modelu (back)

5.2 Jednotlivé součásti

- 1) Deska levá: V této desce jsou ukotveny šrouby, které stahují desky modelu, také je zde přístup k rozvodnému bloku pro dosednutí plastikační jednotky stroje.

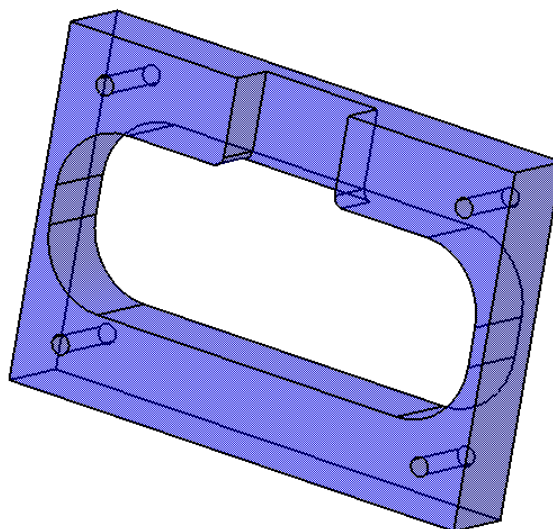
Materiál: PMMA



Obr. 26 Deska levá

- 2) Deska rozpěrná: Tato deska vymezuje prostor pro uložení rozvodného bloku a trysek. Obsahuje otvor pro přístup kabeláže pro topná tělesa trysek, bloku a případně snímačů.

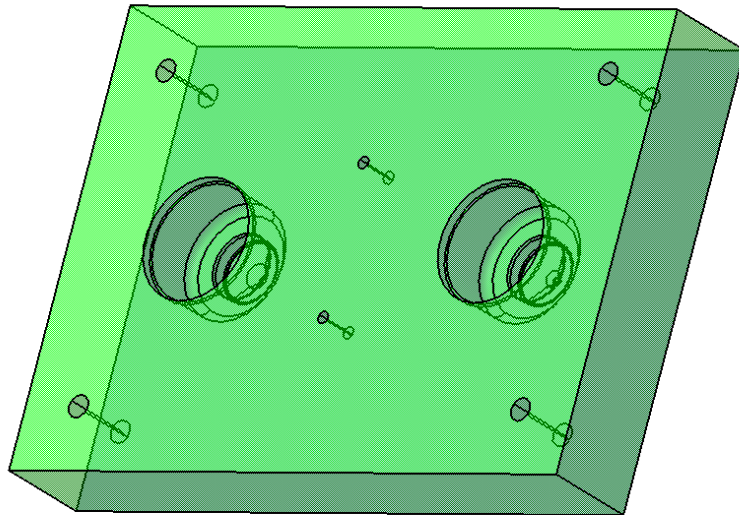
Materiál: PMMA



Obr. 27 Deska rozpěrná

- 3) Deska pravá: Tato deska zajišťuje uložení trysek a je na ní upnut i rozvodný blok. Obsahuje díry pro vstřik taveniny do tvarové dutiny.

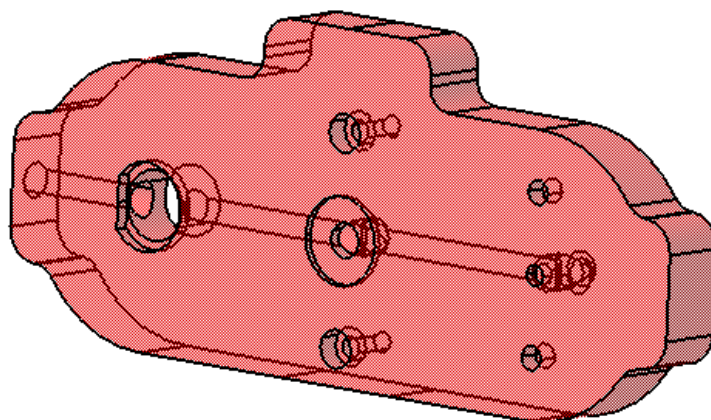
Materiál: PMMA



Obr. 28 Deska pravá

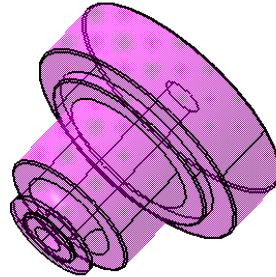
- 4) Rozvodný blok: Slouží k rozvodu taveniny k tryskám, je vyhříván stejně jako trysky.

Materiál: Necuron 605



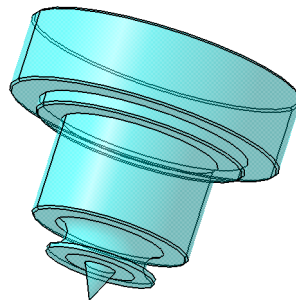
Obr. 29 Rozvodný blok

- 5) Uzavíratelná tryska:
Materiál: Dural



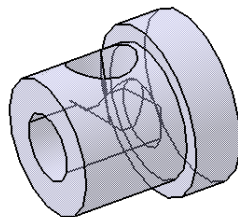
Obr. 30 Neuzavíratelná tryska

- 6) Neuzavíratelná tryska:
Materiál: Dural



Obr. 31 Uzavíratelná tryska

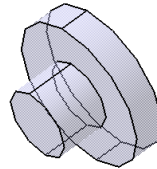
- 7) Vložka: K uzavření rozvodného kanálu v bloku a zároveň přeměrování taveniny do neuzavíratelné trysky.
Materiál: Dural



Obr. 32 Vložka

- 8) Dorazová podložka: Vymezuje prostor mezi blokem a levou deskou, aby blok neležel přímo na ní.

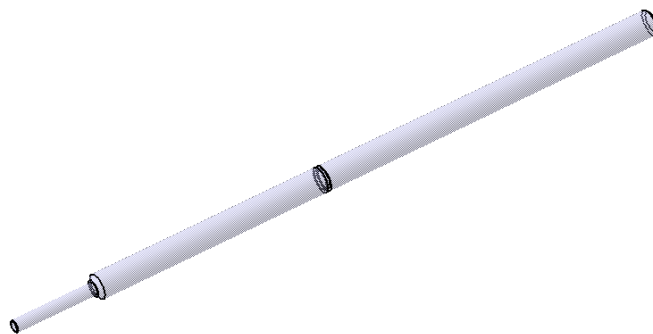
Materiál: Dural



Obr. 33 Dorazová podložka

- 9) Jehla: K uzavírání výtokové díry v uložení s uzavíratelnou tryskou

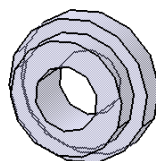
Materiál: Mosaz



Obr. 34 Jehla

- 10) Podložka: K vedení pružiny v díře. V mechanismu uzavírání jehly.

Materiál: Dural



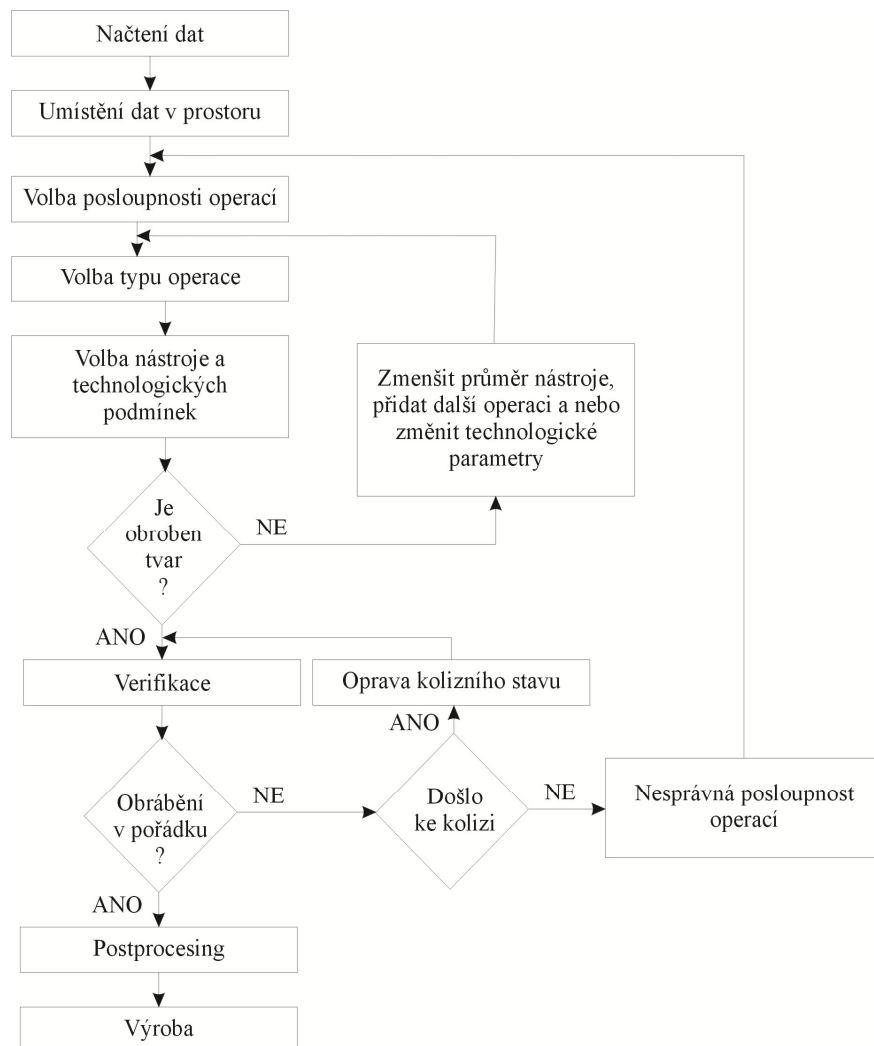
Obr. 35 Podložka

6 PŘÍPRAVA VÝROBY

V tomto úseku bylo vytvořeno vše potřebné k úspěšnému a bezproblémovému vyrobení požadovaných dílů. V přípravě výroby na CNC stroji bylo využíváno převážně 3D modelů jednotlivých dílů. A pro výrobu na konvenčních strojích bylo využito výkresové dokumentace k jednotlivým dílům.

6.1 Použitý software

Konstrukce byla provedena v softwaru CATIA V5. V tomto programu byly zhotoveny 3D modely jednotlivých dílů, ze kterých byla vytvořena 3D sestava. Výhodou je obrovská interaktivnost použití tohoto programu v konstrukci. Další programovou aplikací byl NX CAM, ve kterém se využilo již zhotovených modelů z CATIE a bylo možné volit parametry obrábění. Obecný postup dle kterého se postupuje je znázorněn v blokovém schématu na obr. 36.



Obr. 36 Blokové schéma operací v CAM systému [13]

6.1.1 Popis operací v CAM systému

V následujícím odstavci jsou popsány úkony, které se provádějí v CAM systému. Cílem je zvolit všechny parametry tak, aby výroba proběhla co nejobtímněji a bez problémů a chyb.

Načtení dat

Modely vytvořené v programu CATIA bylo nutné uložit v takovém formátu, který je čitelný pro zvolený CAM systém. V našem případě se ukládalo do formátu *.stp.

Umístění dat v prostoru

Po otevření daného souboru v CAM aplikaci byl zvolen souřadný systém a určilo se kde je nulový bod obrobku. Důležité je, aby osa „Z“ byla souhlasná s osou nástroje.

Volba posloupností operací

V našem případě se jednalo o vyhrubování díry nebo zahloubení s určitým přídávkem na dokončení. Pak následovalo dokončení na jmenovitý rozměr díry nebo zahloubení. Jako poslední operace bylo vždy zarovnání obvodu na daná rozměry.

Volba typu operace

Byla určena metoda obrábění, tj. hrubování nebo dokončování. Parametry byly zvoleny s ohledem na potřebnou přesnost a povrch dané plochy.

Volba nástroje a Technologických podmínek

Nástroje byly voleny z palety nástrojů, které byly k dispozici na dílně. Jednalo se o nástroje od firmy SECO, které jsou popsány níže. Je nutné zadat průměr nástroje, aby software programoval dráhy nástroje s potřebným odstupem osy nástroje od obráběné plochy.

Zavrtávání bylo nastaveno jako spirálové, které je nejšetrnější k nástroji a obrobku.

U rovinného frézování jsou nastaveny tangenciální nájezdy na další dráhu nástroje a s několikamilimetrovým přejezdem. Což je zase šetrnější k nástroji i obrobku a nepůsobí vady vzhledu.

Verifikace

Jedná se o zobrazení naprogramovaných drah nástroje kolem určených ploch. Prakticky se jedná o simulaci obrábění, kde se dozvíme zda nedošlo ke kolizi nebo jestli je posloupnost operací v pořádku. Ukázka je na obr. 42.

Postprocessing

Pokud verifikace proběhne bez problému, tak přistupujeme k přeložení interních dat v CAM systému do dat čitelných pro stroj (pro CNC frézku HWT 442). Pro tento stroj jsou data přeložena do ISO kódu.

Pro příklad přeložené data:

```
N0010 G40 G17 G90
;Nazev operace: FACE_MILLING_AREA
;Nastroj: 8V
;Prumer: 8.00 mm
;Zaobleni rohu : 0.00 mm
N0020 T00 M06
N0030 G00 X-18.877 Y2.252 S0 M03
N0040 G43 Z13. H00
N0050 Z6.
N0060 G01 X-20.498 Y1.608 Z5.533 F2500. M08
N0070 X-22.119 Y1.1 Z5.077
N0080 X-19.799 Z4.456
N0090 X-12.05 Z2.379
N0100 X-11.972 Y1.949 Z2.151
N0110 X-11.663 Y3.333 Z1.771
N0120 X-11.08 Y4.936 Z1.314
N0130 X-10.428 Y6.196 Z.934
N0140 X-9.942 Y6.896 Z.705
N0150 X-11.039 Y6.17 Z.353
N0160 X-12.175 Y5.504 Z0.0
N0170 G02 X-22.119 Y1.1 I-36.5 J47.
N0180 G01 X-19.799
```

Výroba

Po obdržení dat z postprocesoru byly přeneseny do počítače připojeného ke stroji a bylo možné spustit výrobu na stroji viz. kapitola 7.1 .

6.2 Nástroje

Nástroje jsou od firmy SECO. Materiál nástrojů je monolitní tvrdokov řady VHM, který je vhodný pro použití i pro obrábění do tvrdosti 50 HRC.



Obr. 37 Nástroje

V CAM systému byly používány zkratky nástrojů pro ulehčení a lepší orientaci. Zde je vysvětlení zkratk:

8V- Znamená válcová fréza o průměru 8mm.

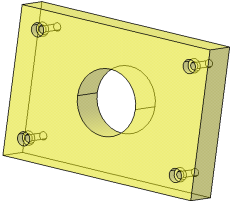
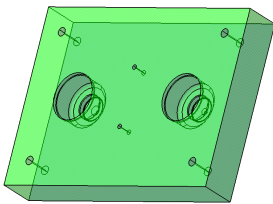
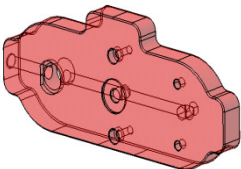
6K- Znamená kulová fréza o průměru 6mm.

6.3 Přehled funkcí a nástrojů

Každá funkce se prováděla z přiděleným nástrojem.

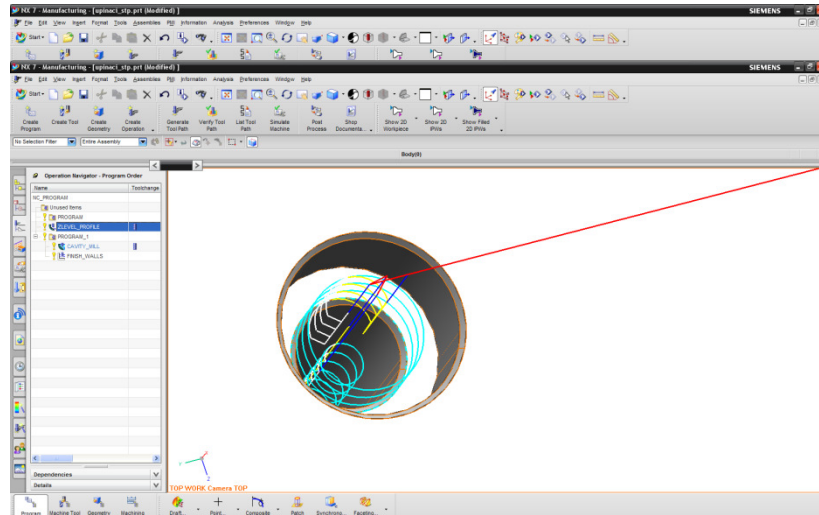
Konkrétní funkce a jim přiřazené nástroje jsou uvedeny v Tab. 4

Tab. 3 Přehled funkcí a nástrojů

Model	Použité nástroje	Funkce
Deska levá		
	6 V	ZLEVEL PROFILE
	10 V	CAVITY MILL
		FINISH WALLS
Deska rozpěrná		
	6 V	ZLEVEL PROFILE
	10 V	CAVITY MILL
		FINISH WALLS
Deska pravá		
	10V	CAVITY MILL
		PLANAR PROFILE
	2K	PLANAR MILL
Rozvodný blok		
	10V	CAVITY MILL
	6V	PLANAR MILL
		FINISH WALLS

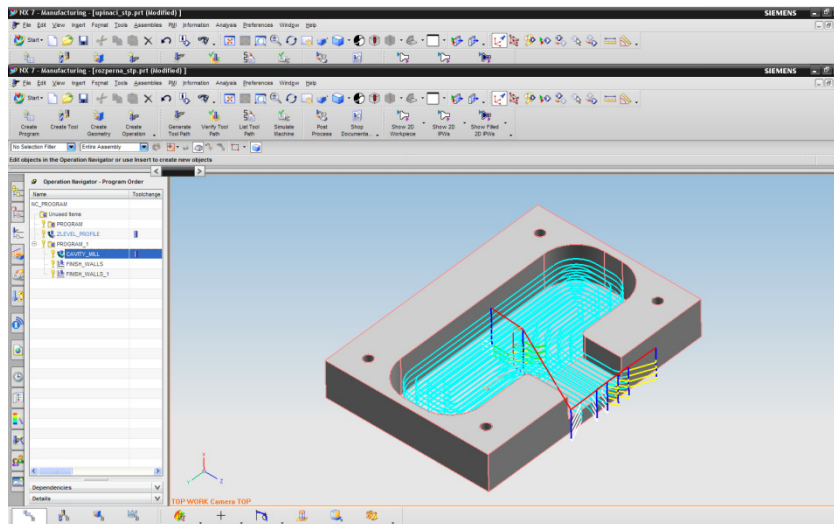
Přehled drah nástrojů v jednotlivých funkcích:

- 1) ZLEVEL PROFILE: Obrobí stěnu daného tvaru na rozměr. U děr pro šrouby kde není třeba velká tolerance je tato funkce rychlá a efektivní. Průměr nástroje musí být větší než poloměr díry, aby nevznikali neobrobené ostrůvky.



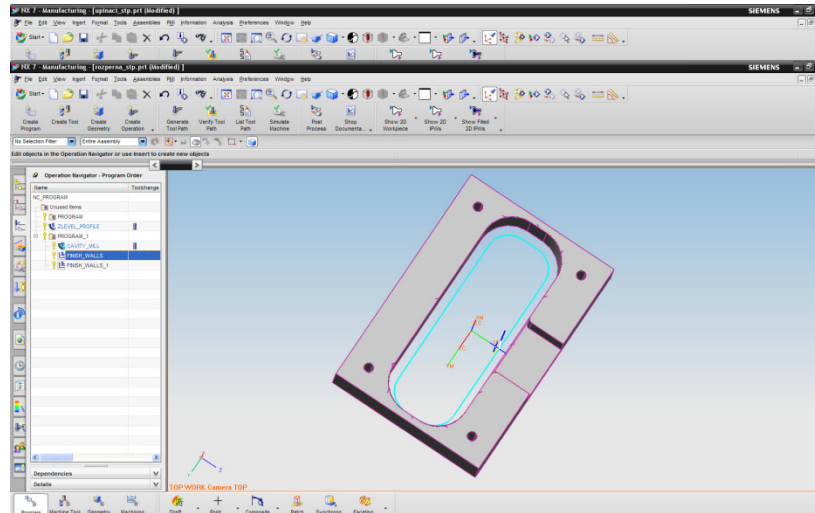
Obr. 38 ZLEVEL PROFILE

- 2) CAVITY MILL: Obrobení kapsy. Metoda nastavená jako hrubovací tj. zbyde přidavek který je třeba obrobit na čisto



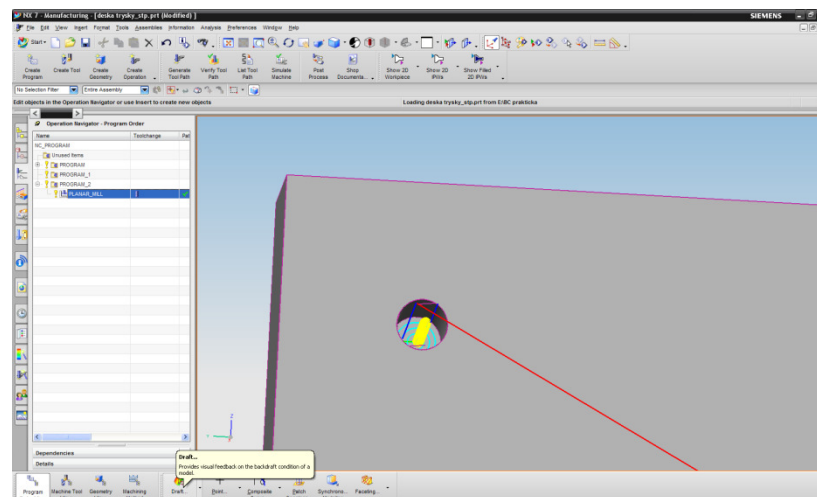
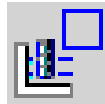
Obr. 39 CAVITY MILL

- 3) FINISH WALLS: Dokončení stěny na čisto. Obrobí po kontuře danou stěnu do dané hloubky.



Obr. 40 FINISH WALLS

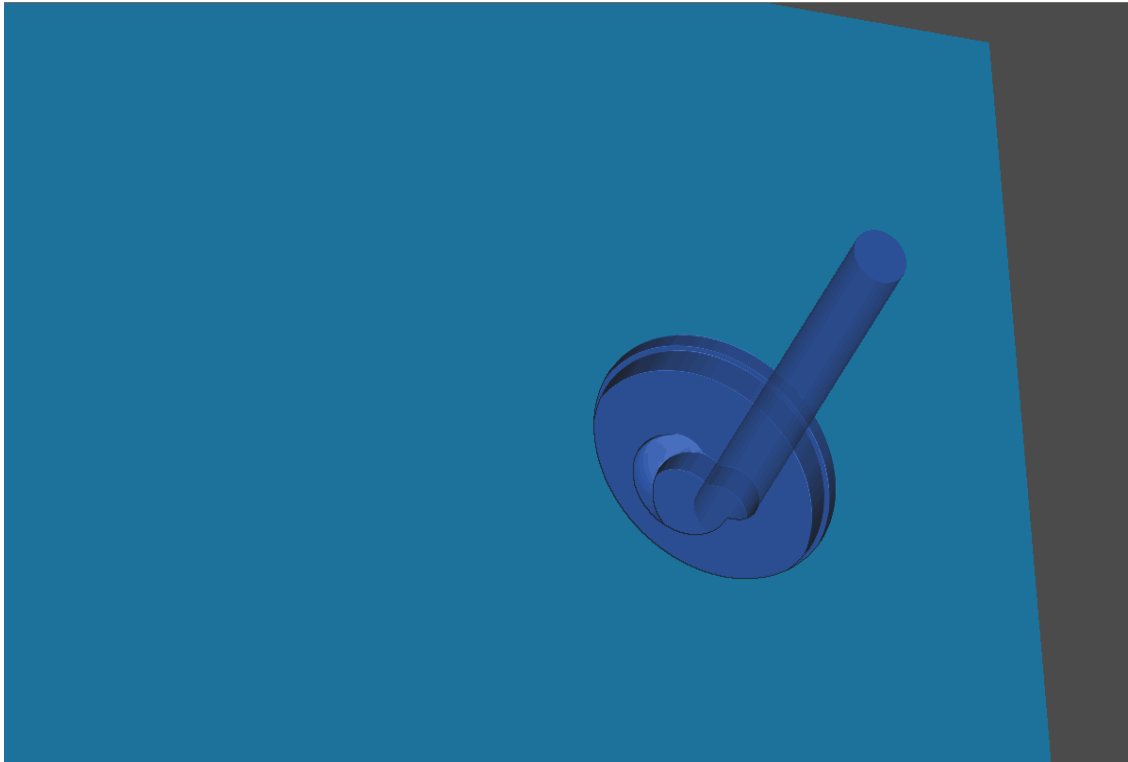
- 4) PLANAR MILL: Podobná funkce jako ZLEVEL_PROFILE. Pomocí které jsme obrobili díru do určité hloubky na daný rozměr



Obr. 41 PLANAR MILL

Ukázka Verifikace:

Na následujícím obrázku je vidět jak spuštěná verifikace zobrazuje nástroj a obrobek. Světle modrá je neobrobená plocha, tmavě modrá je plocha obrobená.



Obr. 42 Ukázka verifikace

7 VÝROBA

Desky a rozvodný blok byl zhotoven na CNC stroji. Ostatní nenormalizované součásti byli zhotoveny na konvenčních strojích.

7.1 Výroba na CNC stroji HWT 442

Jelikož byly obráběny desky z materiálu PMMA, který má malou tepelnou vodivost, tak je důležité přizpůsobit řezné podmínky aby například nedocházelo k natavování materiálu v místě řezu.

HRUBOVÁNÍ: Otáčky: 10000 ot/min, Posuv: 2000 mm/min .

DOKONČOVÁNÍ: Otáčky: 10000 ot/min, Posuv: 1000 mm/min.

Dalším materiálem je Polyuretanová pryskyřice Necuron 605, ze které se zhotovil rozvodný blok. Tento materiál je méně náchylný k natavování a snáze se obrábí než- li PMMA. Proto pro tento materiál mohly být zvoleny daleko vyšší řezné rychlosti.

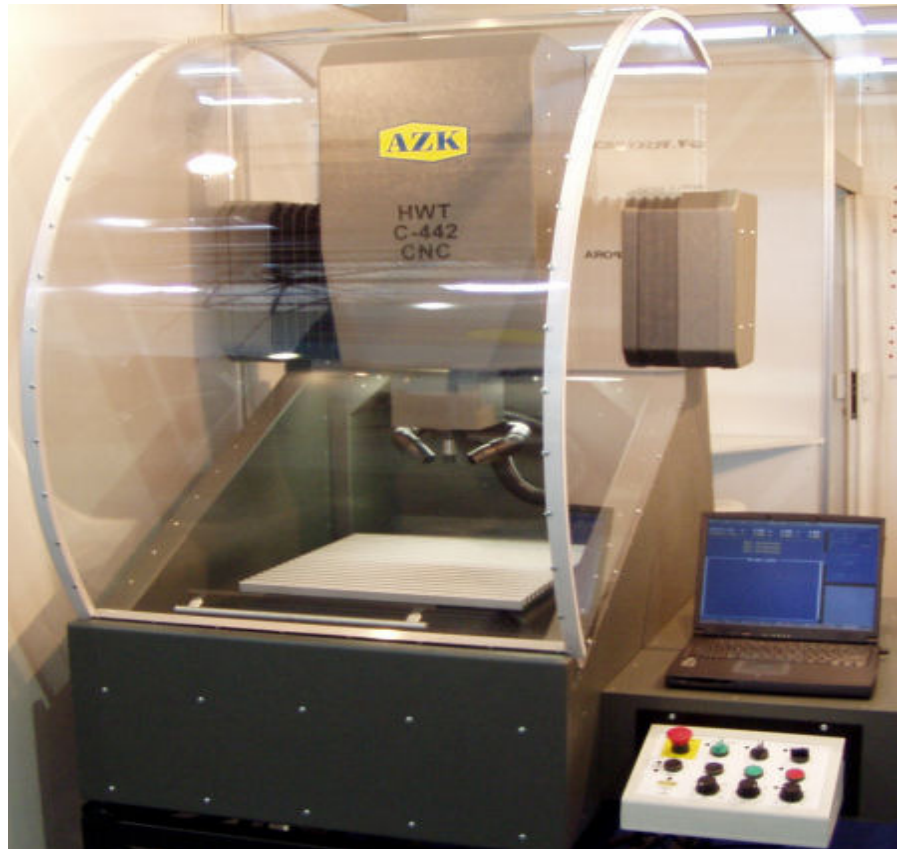
HRUBOVÁNÍ - Otáčky: 10000 ot/min, Posuv: 2500 mm/min. .

DOKONČOVÁNÍ - Otáčky: 10000 ot/min, Posuv: 2500 mm/min.

7.1.1 Parametry stoje CNC HWT 442

Tab. 4 Parametry CNC storje HWT 442

Parametr	Hodnoty
Obráběcí prostor (X×Y×Z)	400 mm × 400 mm × 200 mm
Velikost upínací plochy (X×Y)	500 mm × 500 mm, 8 mm T-drážky
Programovatelná rychlost posuvu	max. 3 m/min
Programovatelný krok	0,00625 mm
Otáčky vřetene	2000-25000 ot./min
Max. upínací průměr nástroje	10 mm
Motor vřetene	1000 W univerzální
Řídící jednotka	PC
Napájení	230 V/50 Hz
Příkon	2300 VA
Vnější rozměry (š×h×v)	1200 mm × 1000 mm × 1400 mm
Hmotnost	410 kg
Materiál obrobku	grafit, plasty, dřevo, barevné kovy
Max. hmotnost obrobku	20 kg



Obr. 43 CNC stroj HWT 442

7.1.2 Upnutí polotovaru

Upínání polotovarů desek v obráběcím prostoru stroje probíhalo pomocí upínek a základové desky z PU pryskyřice viz. Obr. 42.



Obr. 44 Upnutí polotovaru

7.1.3 Výroba desek a rozvodného bloku

Po upnutí polotovaru v prostoru stroje bylo nutné nastavit nulový bod ve stroji. Pak byl spuštěn již načtený program z postprocesoru. V průběhu obrábění bylo nutné chladit a odvádět přebytečné třísky. Chlazení bylo provedeno chladicí emulzí a odvod přebytečných třísek vyfouknutím stlačeným vzduchem.



Obr. 45 Výroba desek z PMMA

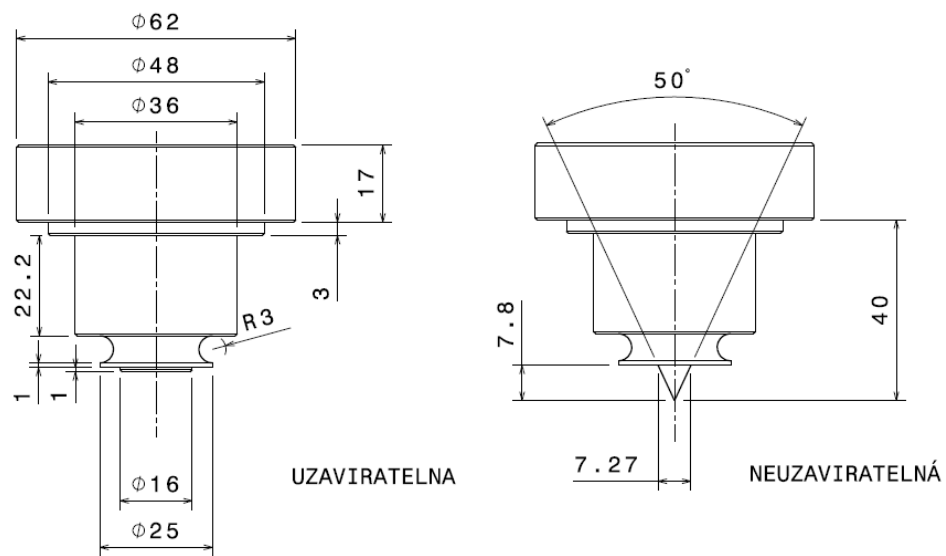


Obr. 46 Výroba rozvodného bloku z Necuronu 605

7.2 Výroba na konvenčních obráběcích strojích

Na konvenčních obráběcích strojích tj. soustruh a frézka se obráběly makety trysek, dorazové podložky a vložka. Materiál těchto součástí je Dural, který je celkem tradiční materiál určený pro obrábění. Požadované kvality povrchu a přesnosti konvenční stroje vyhovovaly.

7.2.1 Výroba maket trysek



Obr. 47 Makety trysek, návrh



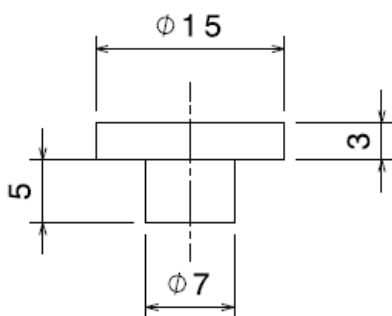
Obr. 48 Výroba maket trysek



Obr. 49 Makety trysek

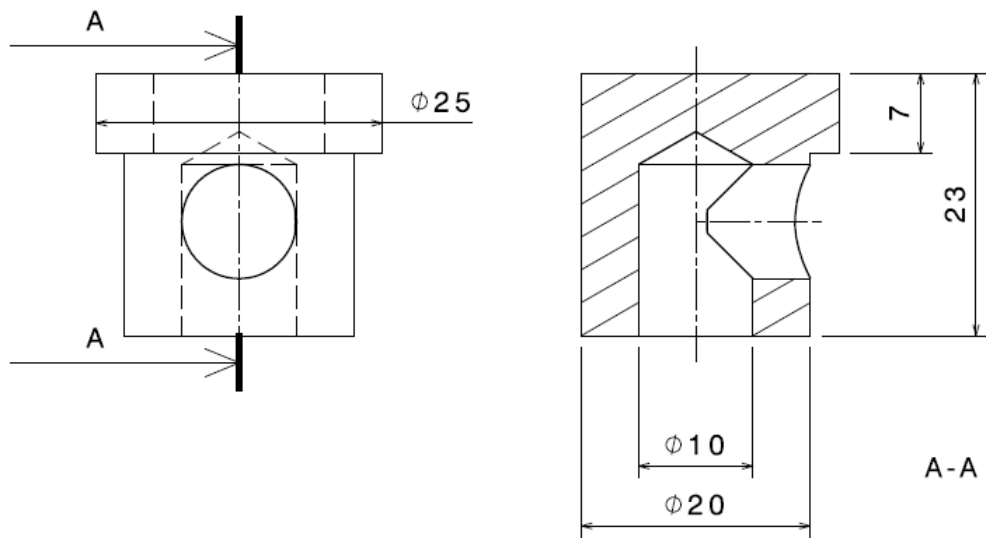
7.2.2 Výroba dalších součástí

DORAZOVÁ PODLOŽKA



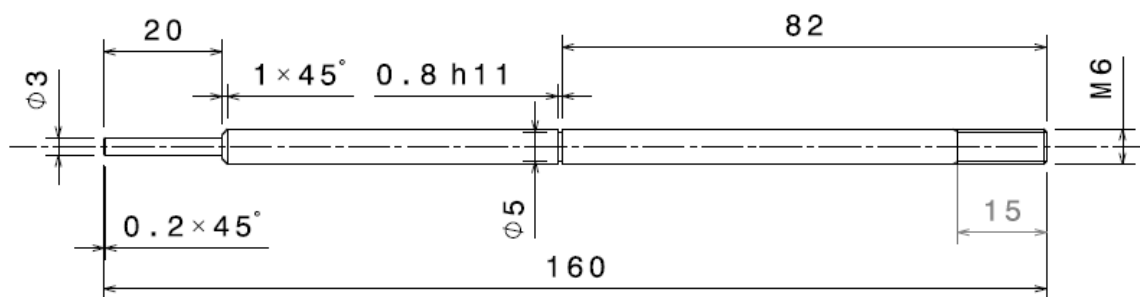
Obr. 50 Dorazová podložka

VLOŽKA



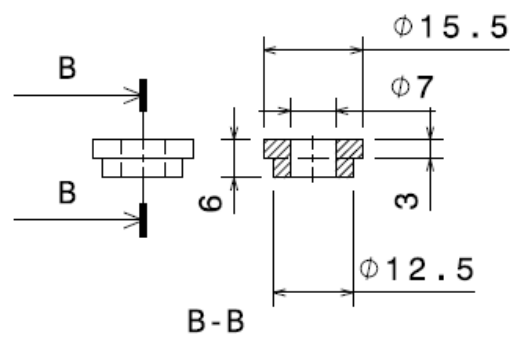
Obr. 51 Vložka

JEHLA

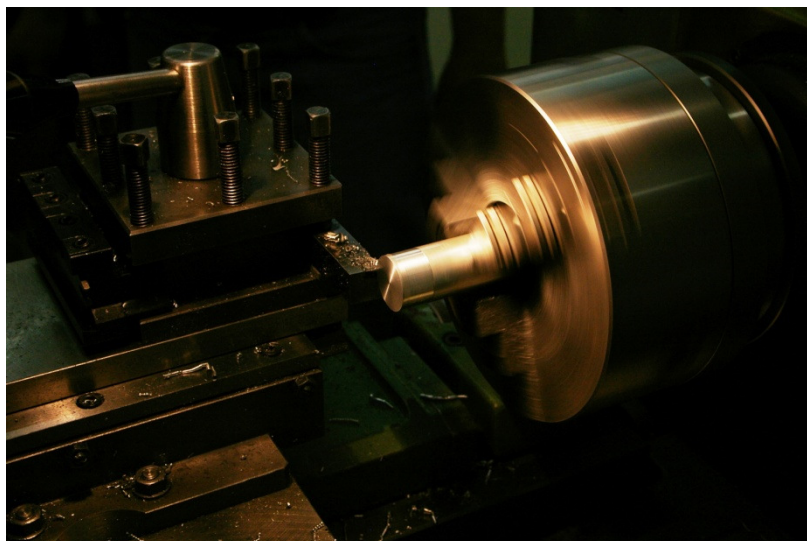


Obr. 52 Jehla

DORAZOVÁ PODLOŽKA



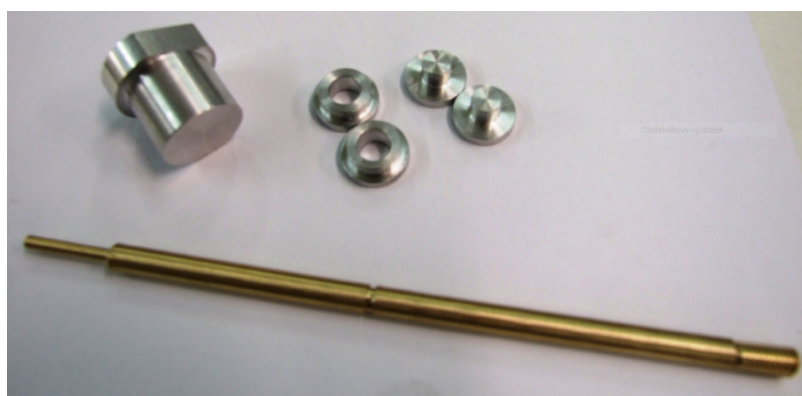
Obr. 53 Podložka



Obr. 54 Výroba dalších součástí, Soustružení



Obr. 55 Výroba dalších součástí, Frézování



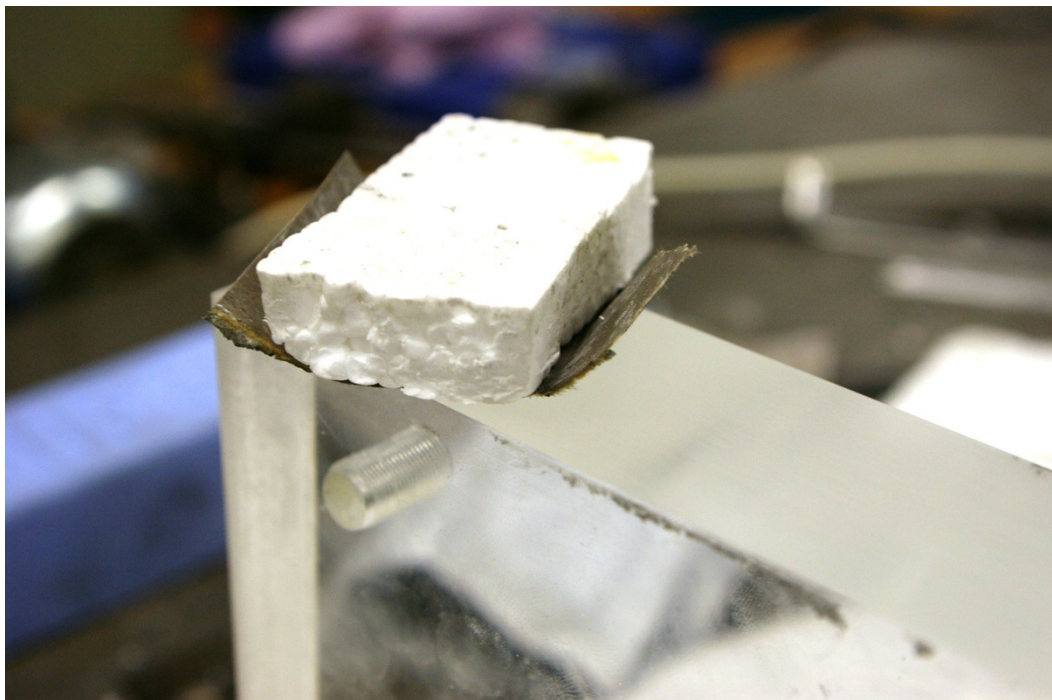
Obr. 56 Další součásti

8 DOKONČOVACÍ OPERACE A MONTÁŽ

Montáž modelu probíhala po částech. Bylo nutné upravit obrobené plochy desek do čiré a transparentní podoby pomocí leštění. Dalším úkolem bylo vyvrtání děr a zhotovení závitů pro šrouby. A případné dolícování pro uložení dílů.

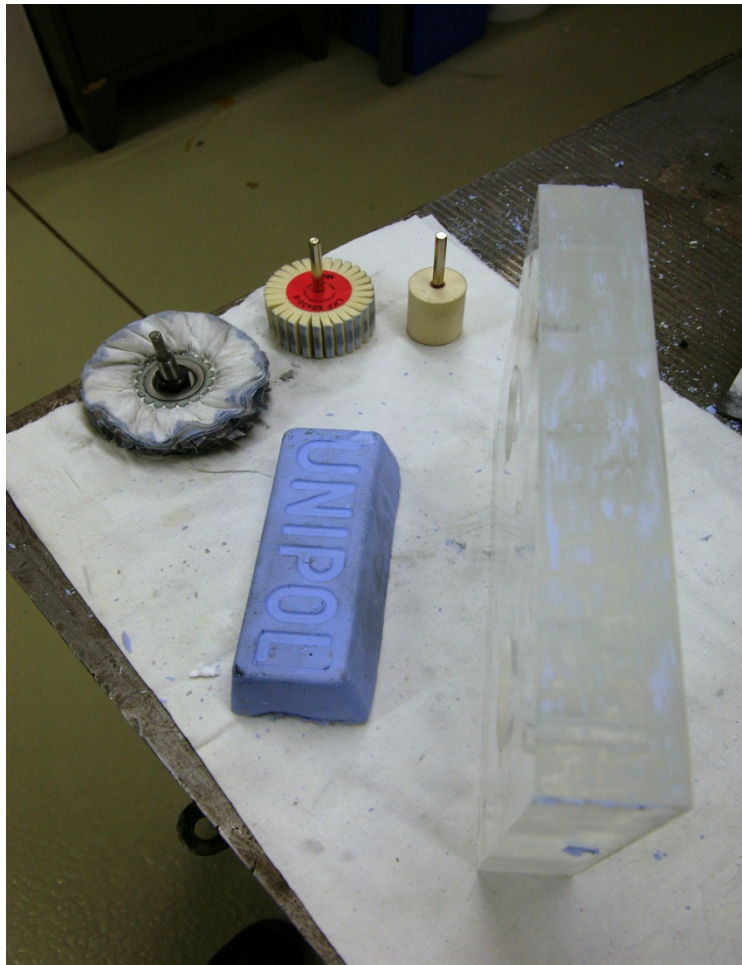
8.1 Leštění

Obráběním ztrácí obrobená plocha svou transparentnost. Jelikož nástroj po sobě zanechává stopu a tím způsobí neprůhlednost obrobené plochy, je tedy nutné tyto stopy odstranit. Jako 1. použitá metoda je broušení brusným papírem jak je vidět na obr. 52. Tím byly odstraněny větší rýhy a nerovnosti.



Obr. 57 Broušení

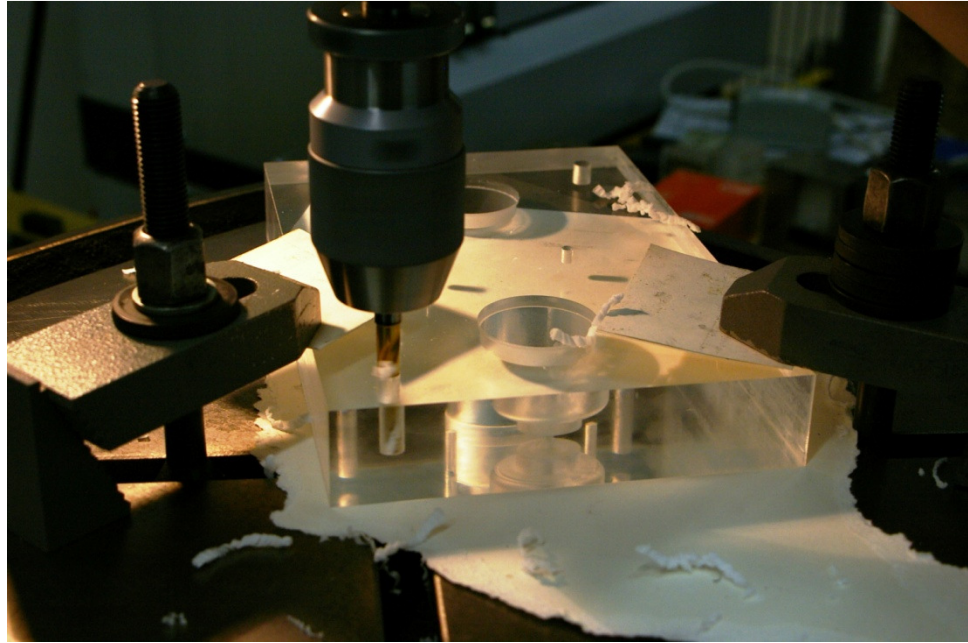
Po broušení následuje samotné leštění, které odstraní stopy po broušení. Samotné leštění probíhalo, tak že na leštěnou plochu byla nanesena vrstva leštící pasty viz. Obr.53. a leštícím kotoučem byla plocha vyleštěna. Tento proces bylo nutné opakovat vícekrát, aby bylo dosaženo co nejlepšího výsledku.



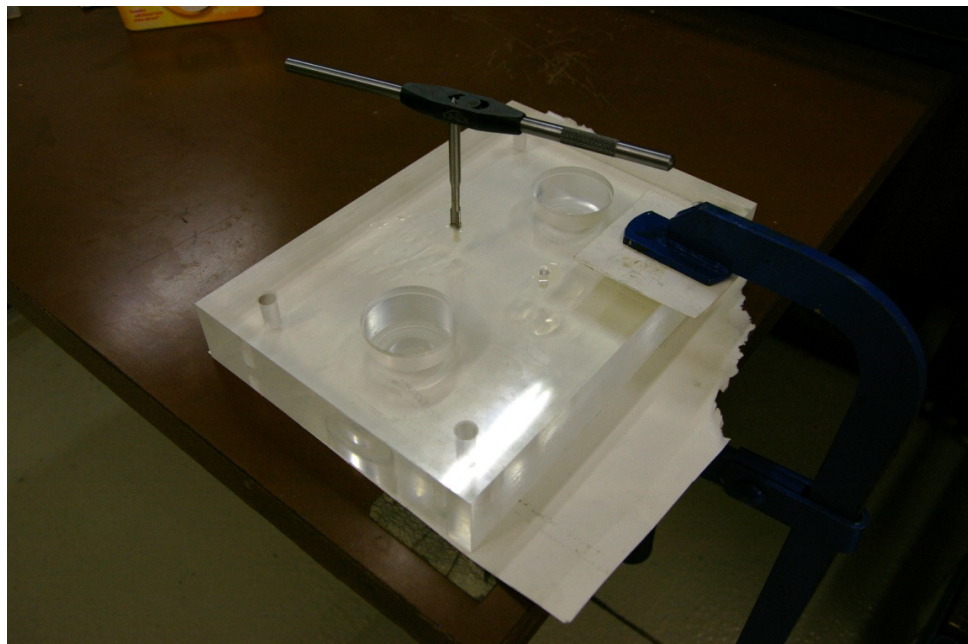
Obr. 58 Leštění

8.2 Zhotovení závitů

K sešroubování desek modelu a připevnění rozvodného bloku byly použity metrické šrouby. Proto musely být do desek v potřebných místech zhotoveny závity. Závity byly zhotoveny ručně pomocí závitníků, jak je zřejmé z Obr.55. Ještě před vyřezáním závitů se musely vyvrtat díry daných rozměrů dle velikosti závitu. Tento úkol se provedl na strojní vrtačce, jak je vidět na Obr.54.



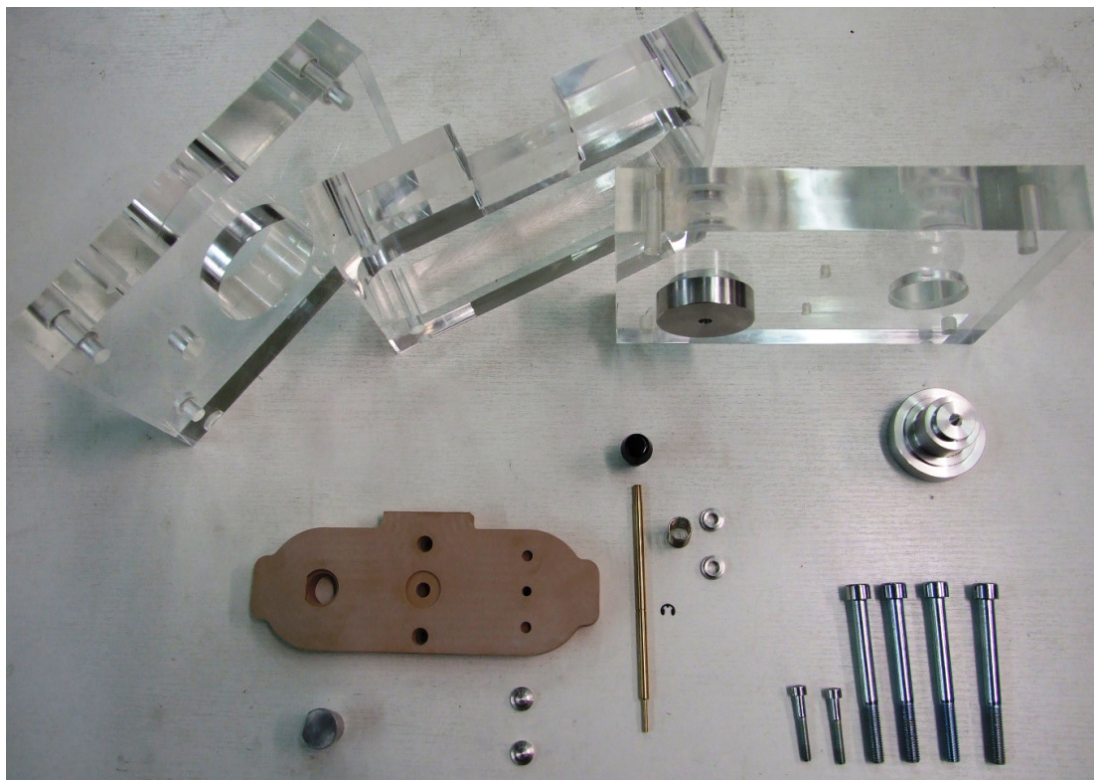
Obr. 59 Vrtání děr



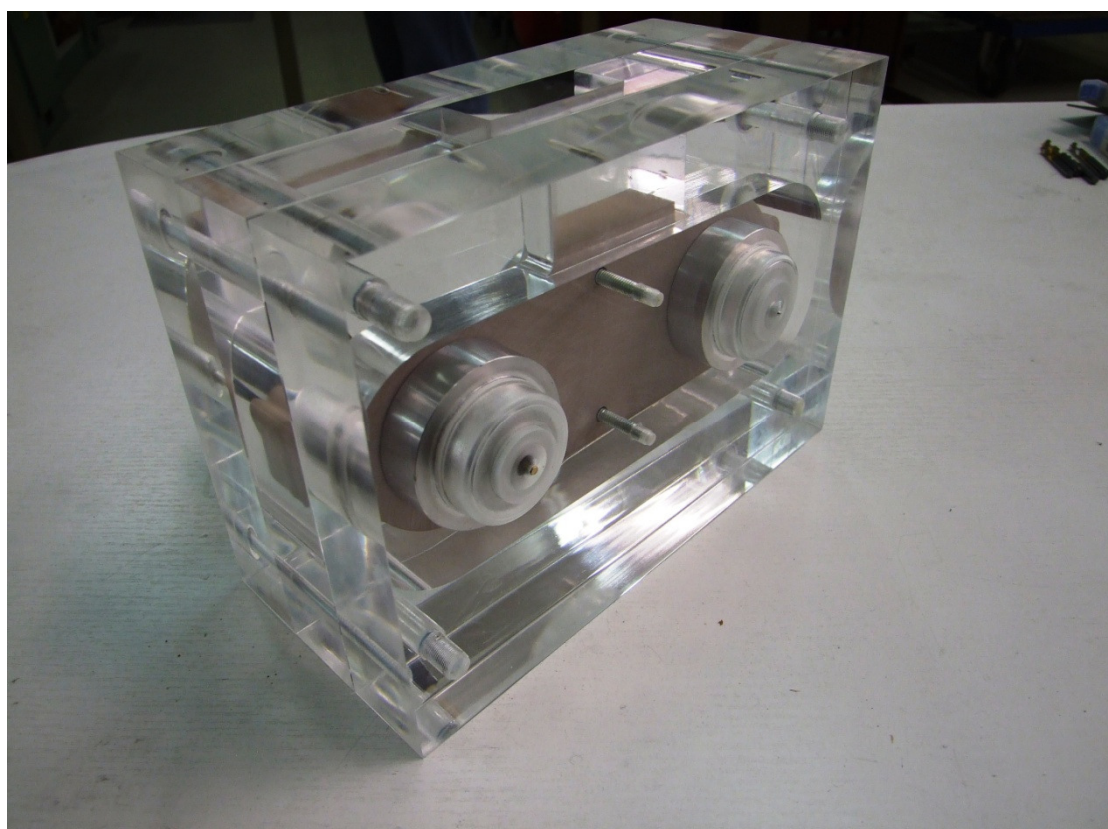
Obr. 60 Řezání závitů

8.3 Montáž a konečná podoba modelu

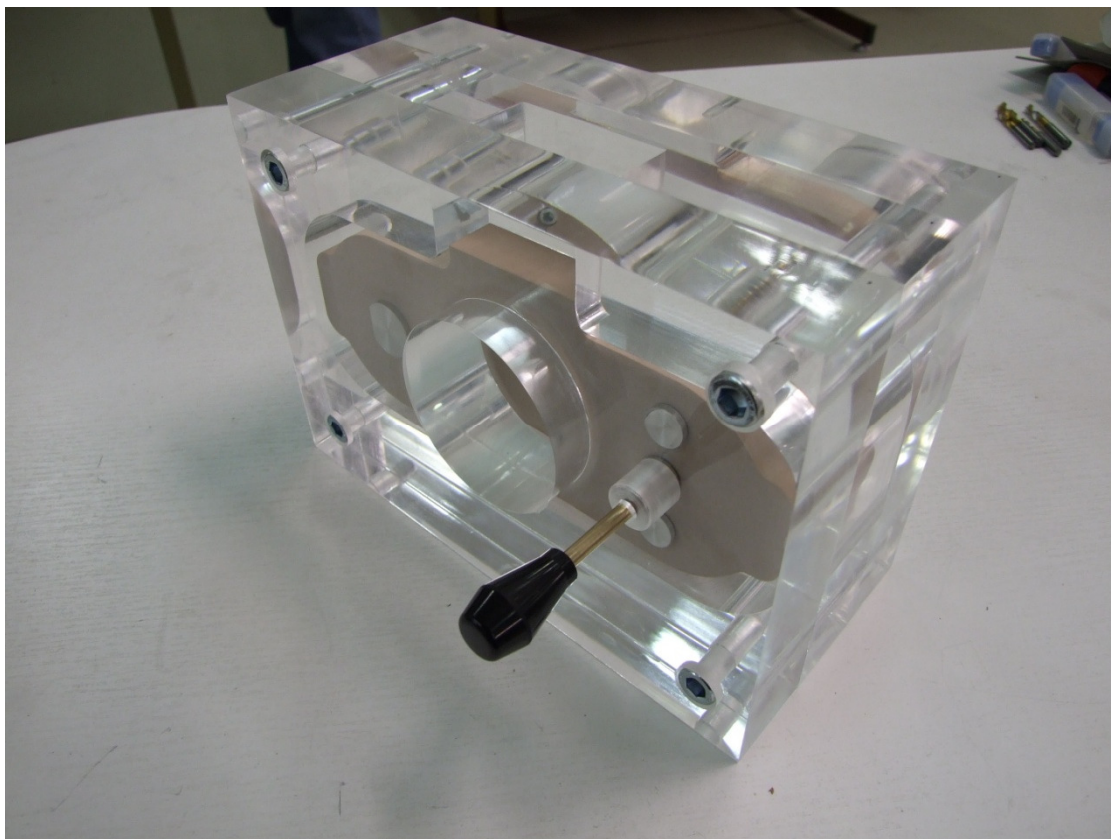
Po vyleštění, vyhotovení závitů a úpravou rozměrů některých dílů se model sestavil. Konečná podoba modelu rozvodných trysek pro vstřikování je zobrazena na Obr. 60.



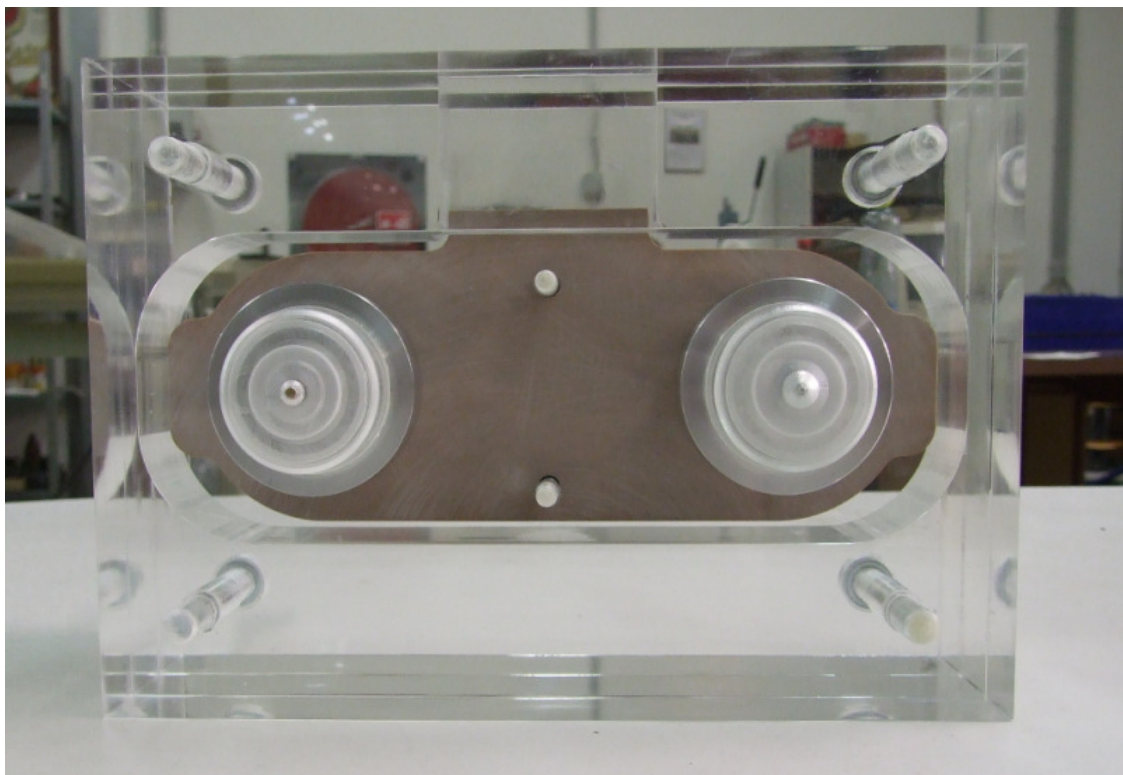
Obr. 61 Model, nesestavený



Obr. 62 Model, sestavený



Obr. 63 Model, sestavený



Obr. 64 Model, sestavený

ZÁVĚR

V práci byla popsána problematika horkých vtokových systémů a CNC obrábění.

Výstup práce je zhotovený výukový model rozvodných trysek pro vstřikování, který má studentům předmětu konstrukce forem přiblížit vnitřní uspořádání u vyhřívaných vtokových soustav.

Uložení kombinuje neuzavíratelnou trysku a uzavíratelnou. K uzavíratelné trysce byl přiřazen pružinový mechanismus uzavírání pro lepší názornost uložení.

Desky modelu byly vyrobeny z transparentního PMMA. U tohoto materiálu bylo podmínkou dodržet vhodné řezné rychlosti, jelikož polymerní materiály mají nízkou tepelnou vodivost a nízkou teplotu tání. Zvolením nízkých řezných rychlostí, chlazením a odvodem třísky z místa řezu se zabránilo natavení materiálu. Pokud by se materiál natavil v místě řezu znamenalo by to nedodržení tvaru, rozměru a došlo by také k degradaci vzhledu. V realizaci modelu se povedlo optimalizovat řezné podmínky a k natavení nedošlo.

Model se vyráběl kompletně ve školních dílnách, což ušetřilo náklady na výrobu pokud by výrobu prováděla externí firma. Vyrobeny byly i makety trysek a rozvodného bloku. Makety dostatečně splňují funkci modelu. V případě potřeby jsou nahraditelné normalizovanými typy od firmy Thermoplay.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, L. A KOLEKTIV: Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů, Uniplast, 1999, Brno
- [2] *Vizuální podklady* [online]. [cit. 2009-11-15].
Dostupný z WWW: < <http://www.argburg.com>>
- [3] *Vizuální podklady* [online]. [cit. 2009-11-15].
Dostupný z WWW: < <http://www.automatizace.cz>>
- [4] *Vizuální podklady* [online]. [cit. 2009-12-5].
Dostupný z WWW: < <http://www.hasco.cz>>
- [5] *Vizuální podklady* [online]. [cit. 2009-12-5].
Dostupný z WWW: < <http://www.hasco.cz>>
- [6] *Vizuální podklady* [online]. [cit. 2009-12-5].
Dostupný z WWW: < <http://www.injectionplasticmold.com>>
- [7] *Vizuální podklady* [online]. [cit. 2009-12-5].
Dostupný z WWW: < <http://www.tradekorea.com>>
- [8] VRABEC, M., MÁDL, J.: NC programování v obrábění. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 92 s. ISBN 80-01-03045-8
- [9] ČÍHAL, M.: Výroba součástí složitých výrobků pomocí NC stroje, Bakalářská práce, FT UTB Zlín, 2007
- [10] *Informace o programu kovoprog* [online]. [cit. 2010-1-8].
Dostupný z WWW: < <http://www.kovoprog.cz>>
- [11] *Informace o programu NX CAM Express* [online]. [cit. 2010-1-29].
Dostupný z WWW: < <http://www.mmspektrum.com>>
- [12] *Vizuální podklady* [online]. [cit. 2009-1-29].
Dostupný z WWW: < <http://www.designtech.cz>>
- [13] ČERNÝ, J.: Realizace vstřikovací formy pro studijní účely, Diplomová práce, FT UTB Zlín, 2009

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Vstřikovací stroj [2].....	13
Obr. 2 Vstřikovací forma.....	14
Obr. 3 Výrobní cyklus	15
Obr. 4 Studený vtokový systém [3]	18
Obr. 5 Konstrukce vtokových kanálu [1].....	19
Obr. 6 Průřez vtokových kanálu [1].....	20
Obr. 7 Pdstupňování průřezů [1].....	20
Obr. 8 Přidržovače vtoku [1]	21
Obr. 9 Typy vtokových ústí [1]	22
Obr. 10 Nepřímo vyhřívané trysky [1]	25
Obr. 11 Vyhřívané trysky, v levo tryska s vnitřím topením [6], v pravo tryska s vnějším topením [7].....	25
Obr. 12 Trysky s uzavírací jehlou [5]	26
Obr. 13 Vyhřívané bloky "I, H, X" [4]	28
Obr. 14 Uložení vyhřívané trysky a bloku "I" [4]	28
Obr. 15 Příklad formy s VVS [4].....	28
Obr. 16 Uložení KVS [4].....	29
Obr. 17 Příklad trysky pro KVS [5].....	30
Obr. 18 Osa posloupnosti.....	32
Obr. 19 Příklad souřadného systém stroje. [9].....	34
Obr. 20 Body pracovního prostoru. [9].....	35
Obr. 21 Složení slova. [9]	36
Obr. 22 Struktura bloku. [9].....	37
Obr. 23 NX CAM 5-ti osé obrábění [12].....	40
Obr. 24 3D sestava modelu (front)	45
Obr. 25 3D sestava modelu (back).....	45
Obr. 26 Deska levá.....	46
Obr. 27 Deska rozpěrná	46
Obr. 28 Deska pravá	47
Obr. 29 Rozvodný blok.....	47
Obr. 30 Neuzavíratelná tryska	48
Obr. 31 Uzavíratelná tryska	48

Obr. 32 Vložka.....	48
Obr. 33 Dorazová podložka	49
Obr. 34 Jehla	49
Obr. 35 Podložka	49
Obr. 36 Blokové schéma operací v CAM systému [13]	50
Obr. 37 Nástroje.....	53
Obr. 38 ZLEVEL PROFILE	55
Obr. 39 CAVITY MILL	55
Obr. 40 FINISH WALLS.....	56
Obr. 41 PLANAR MILL	56
Obr. 42 Ukázka verifikace	57
Obr. 43 CNC stroj HWT 442.....	59
Obr. 44 Upnutí polotovaru.....	59
Obr. 45 Výroba desek z PMMA	60
Obr. 46 Výroba rozvodného bloku z Necuronu 605.....	60
Obr. 47 Makety trysek, návrh	61
Obr. 48 Výroba maket trysek.....	61
Obr. 49 Makety trysek	62
Obr. 50 Dorazová podložka	62
Obr. 51 Vložka.....	63
Obr. 52 Jehla	63
Obr. 53 Podložka	63
Obr. 54 Výroba dalších součástí, Soustružení	64
Obr. 55 Výroba dalších součástí, Frézování	64
Obr. 56 Další součásti	64
Obr. 57 Broušení.....	65
Obr. 58 Leštění	66
Obr. 59 Vrtání děr	67
Obr. 60 Řezání závitů	67
Obr. 61 Model, sestavený	68
Obr. 62 Model, sestavený	68
Obr. 63 Model, sestavený	69
Obr. 64 Model, sestavený	69

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Mechanické vlastnosti [1].....	17
Tab. 2 Příklad CNC programu. [8]	38
Tab. 3 Přehled funkcí a nástrojů	54
Tab. 4 Parametry CNC storje HWT 442.....	58

SEZNAM PŘÍLOH

P I – Sestava výukového modelu rozvodných trysek pro vstřikování

P II – Kusovník sestavy

P III – DVD s datovými podklady pro výrobu výukového modelu rozvodných trysek pro vstřikování