

# **Výroba výukového modelu chladičích systémů vstřikovacích forem**

Lukáš Hasala

---

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: **Lukáš HASALA**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Výroba výukového modelu chladicích systémů  
vstřikovacích forem**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na daná téma
2. Navrhněte výukový model
3. Zvolte technologii výroby součástí modelu a připravte výrobní dokumentaci
4. Realizujte výrobu výukového modelu

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Dle doporučení vedoucího práce**

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 20. ledna 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
*vedoucí katedry*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním 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 <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl jsem seznámen s tím, že na moji 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 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> 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 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – 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 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 bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem 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 03. 06. 2010

.....

---

<sup>1)</sup> 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 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 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.

<sup>2)</sup> 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).

<sup>3)</sup> 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). Odporuje-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 výdělků 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 přihlídně k výši výdělků dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a výrobou výukového modelu chladicího systému vstřikovacích forem. Práce je rozdělena do dvou částí. První část je teoretická a obsahuje základní informace o teorii vstřikování, chlazení forem a obrábění. Ve druhé, praktické části byl zkonstruován a vyroben fyzický model chladicího okruhu, ukázka možnosti chlazení tvárníků.

Klíčová slova: chlazení, vstřikovací forma, obrábění

## **ABSTRACT**

This Bachelor's Degree paper deals with design and production of the education model of cooling system of the injection moulds. The paper is divided into two parts. The first - theoretical part – contains basic information about the theory of injection, mould cooling and machining. In the second – practical part – physical model of the cooling loop was constructed and made, demonstrating the possibilities of cooling the moulds.

Keywords: cooling, injection mould, machining

Poděkování:

Tímto chci poděkovat svému vedoucímu práce, Ing. Jakobovi Černému, za odborné vedení, poskytnuté rady a čas, který mně věnoval při zpracování této práce.

Dále bych rád poděkoval firmě Jan Svoboda, spol. s r.o. za poskytnutí normálí k praktické části práce a také panu Františku Strapinovi za poskytnuté rady a prostor na strojní dílně.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 TEORIE VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>13</b>
1.1 VSTŘIKOVÁNÍ.....	13
1.1.1 Základní pojmy .....	13
1.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS .....	14
1.3 VSTŘIKOVANÉ MATERIÁLY .....	15
1.3.1 Druhy polymerů .....	15
1.3.2 Rychlá identifikace polymerů .....	16
1.4 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	17
1.4.1 Vstřikovací jednotka .....	17
1.4.2 Uzavírací jednotka .....	18
1.4.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje.....	19
1.5 VSTŘIKOVACÍ FORMA.....	20
1.5.1 Základní popis vstřikovací formy .....	20
1.5.2 Zaformování výstřiku.....	21
<b>2 TEMPEROVÁNÍ FOREM</b> .....	<b>22</b>
2.1 TEMPERANCE .....	22
2.1.1 Charakteristika temperančního systému .....	22
2.1.2 Tepelná bilance formy.....	23
2.1.3 Požadované teploty formy a taveniny při zpracování plastů .....	23
2.2 OBECNÉ ZÁSADY VOLBY TEMPERANČNÍCH KANÁLKŮ .....	23
2.2.1 Umístění, rozměry a vzdálenosti temperančních kanálů.....	24
2.3 TEMPERAČNÍ PROSTŘEDKY.....	25
2.3.1 Pasivní temperační prostředky .....	25
2.3.1.1 Tepelně izolační materiály.....	25
2.3.1.2 Tepelně vodivé materiály.....	25
2.3.1.3 Tepelné trubice .....	25
2.3.2 Aktivní temperační prostředky.....	26
2.3.2.1 Kapaliny.....	27
2.3.2.2 Vzduch .....	27
2.3.2.3 Topné elektrické články.....	27
2.4 PŘÍKLADY ŘEŠENÍ TEMPERANČNÍCH KANÁLŮ.....	27
2.4.1 Propojení temperačních kanálů .....	28
2.4.2 Utěšňování kanálů .....	29
2.5 TEMPERACE TVÁRNÍKŮ .....	30
2.5.1 Temperace úzkých tvárnků .....	30
2.5.2 Temperace pomocí přepážek.....	31
2.5.2.1 Spirálové přepážky .....	31
2.5.2.2 Rovné přepážky .....	31



2.5.2.3	Fontánky .....	31
2.5.3	Temperace větších tvárníků .....	32
2.5.4	Propojení temperance tvárníků .....	32
2.6	SIMULACE VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ – CAE SYSTÉMY .....	33
<b>3</b>	<b>OBRÁBĚNÍ.....</b>	<b>35</b>
3.1	CNC STROJ.....	35
3.2	OBROBEK .....	35
3.3	NÁSTROJE PRO CNC OBRÁBĚNÍ .....	36
3.4	NÁSTROJOVÉ MATERIÁLY .....	36
3.4.1	Nástrojové oceli .....	36
3.4.2	Rychlořezné oceli .....	37
3.4.3	Slinuté karbidy .....	37
3.4.4	Cermety .....	37
3.4.5	Řezná keramika .....	37
3.5	ZÁKLADNÍ METODY OBRÁBĚNÍ.....	37
3.5.1	Soustružení .....	37
3.5.2	Frézování .....	37
3.5.3	Vrtání.....	38
3.6	PRACOVNÍ PROSTOR CNC STROJE .....	38
3.6.1	CNC soustruhy .....	39
3.6.2	CNC frézky .....	40
3.7	SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM.....	40
3.7.1	Kartézský souřadnicový systém .....	41
3.7.2	Polární souřadnicový systém.....	41
3.8	PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJE .....	42
3.8.1	Absolutní programování – G90.....	42
3.8.2	Přírůstkové (inkrementální) programování – G91 .....	42
3.8.3	Definice CAD/CAM aplikací.....	43
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>44</b>
<b>4</b>	<b>ÚDAJE O VÝROBKU .....</b>	<b>45</b>
4.1	MATERIÁL VÝROBKU .....	47
<b>5</b>	<b>PŘÍPRAVA VÝROBY .....</b>	<b>49</b>
5.1	POPIS PROGRAMU SOLIDWORKS .....	49
5.1.1	Upínací deska tvárníků.....	49
5.2	POPIS PROGRAMU NX7 .....	50
5.2.1	Upínací deska tvárníků.....	51
<b>6</b>	<b>POUŽITÉ STROJE .....</b>	<b>52</b>
6.1	CNC FRÉZKA AZK HWT C-442 PROFI.....	52
6.2	SOUSTRUH TOS SN 32.....	53
6.3	SLOUPOVÁ VRTAČKA VS 20B .....	54
6.4	POUŽITÉ NÁSTROJE.....	54
6.4.1	Frézování.....	54
6.4.2	Soustružení .....	55
6.4.3	Vrtání.....	55

<b>7</b>	<b>POSTUP VÝROBY .....</b>	<b>57</b>
7.1	STANOVENÍ NULOVÉHO BODU OBROBKU PŘI FRÉZOVÁNÍ .....	57
7.2	OBRÁBĚNÍ ROZVÁDĚCÍ DESKY .....	58
7.3	OBRÁBĚNÍ UPÍNACÍ DESKY .....	61
7.4	OBRÁBĚNÍ TVÁRNÍKŮ .....	62
7.5	DOKONČOVACÍ OPERACE .....	63
<b>8</b>	<b>VÝROBEK.....</b>	<b>65</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>67</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>70</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>72</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>73</b>

## ÚVOD

V současné době jsou klasické materiály jako kov, dřevo, sklo, atd., nahrazovány polymerními materiály. Mezi nejpoužívanější způsoby zpracování polymerů patří vstřikování, které vyžaduje větší série výrobků, kvůli vyšší ceně nástroje - vstřikovací formy.

Pro zkvalitnění a zrychlení návrhů formy se používají různé konstrukční aplikace. Pomocí nich můžeme simulovat chování formy a vstřikovaného polymeru. Tím můžeme konstrukci formy optimalizovat již ve fázi konstrukce formy, zejména simulaci plnění dutiny formy a následné chladnutí výstřiku.

V teoretické části se věnuji základům vstřikování, chlazení forem a obrábění, v praktické části návrhu a výrobě výukového modelu chladicího systému.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 TEORIE VSTŘIKOVÁNÍ

## 1.1 Vstřikování

Technologie vstřikování je nejrozšířenějším způsobem výroby požadovaných dílů z plastů. Vyznačuje se v celku složitým fyzikálním procesem, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a forma jako nástroj. [1]

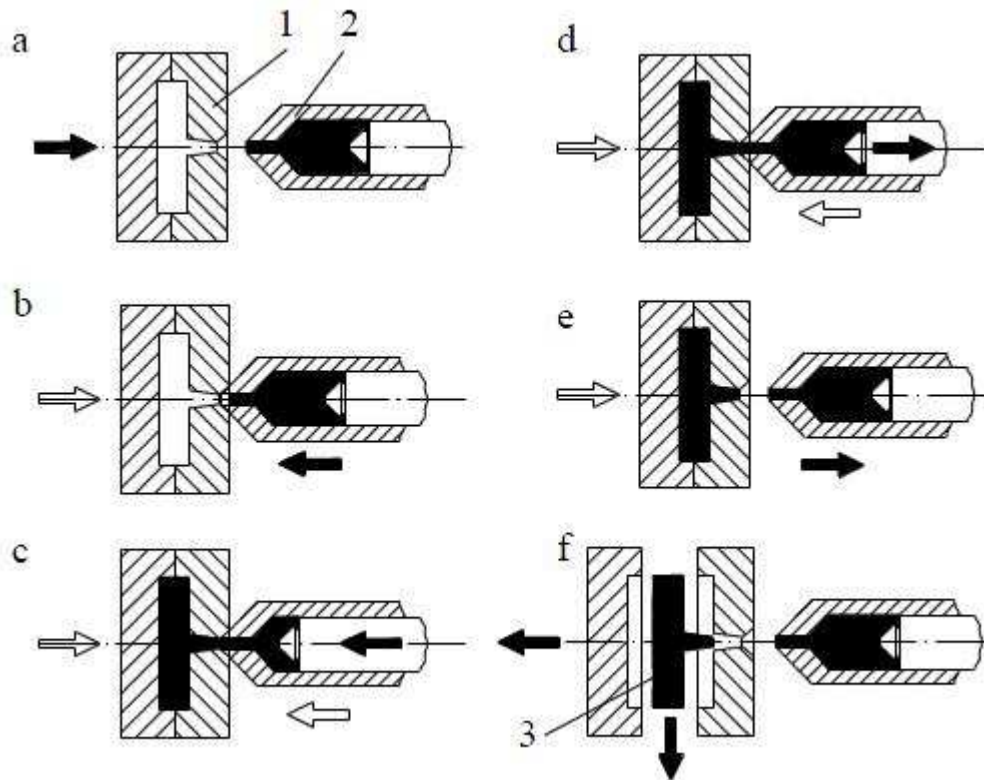
Vstřikováním se označuje takový způsob tváření polymerních materiálů, při kterém se plastikovaný materiál plní vysokou rychlostí (vstřikuje) do uzavřené dutiny formy, která je temperována. [2]

Kvalita výstřiku bude vždy závislá na správné volbě vstřikovacího polymeru, konstrukci vstřikovací formy a použitého vstřikovacího stroje.

### 1.1.1 Základní pojmy

- plastikace – převedení materiálu do plastického stavu, zpravidla účinkem tepla
- vstřikovací síla – síla, která působí na plastikovaný materiál při vstřiku
- vstřikovací tlak – vstřikovací síla vztažená na plochu vstřikovacího pístu (trnu) nebo šneku
- vstřikovací tryska – zabezpečuje dočasné těsné spojení plastikací jednotky s formou
- teplota vstřikování – teplota vstřikovací trysky
- doba plnění – doba, po kterou se plní dutina formy
- dotlak – tlak, kterým se působí na materiál po zaplnění dutiny formy
- doba doplňování – doba, po kterou působí dotlak [2]

## 1.2 Vstřikovací cyklus



Obr. 1 Vstřikovací cyklus [2]

V první fázi a) se vstřikovací forma 1 uzavře. Vstřikovací jednotka 2 je ve výchozí poloze. V druhé fázi b) se přisune vstřikovací jednotka a dosedne na formu. V třetí fázi c) probíhá vstřikování.

Bezprostředně po naplnění formy následuje tuhnutí materiálu ve formě, zpočátku pod tlakem (až do zatuhnutí ústí vtoku). Ve čtvrté fázi d) začíná postupné doplňování vstřikovací komory zplastikovaným materiálem. Ve formě pokračuje tuhnutí, ale již bez tlaku. V páté fázi e) se odsune vstřikovací jednotka do výchozí polohy. V poslední fázi f) se vstřikovací forma otevře a vyprázdní. Vyhození výstřiku 3 uzavírá průběh vstřikovacího cyklu. Forma i vstřikovací jednotka jsou ve výchozí poloze a celý cyklus se může znovu opakovat. [2]

Před vstupem taveniny do formy se tato musí připravit. Příprava spočívá v temperaci, vložení zálisků, závitových jader apod. [1]

### 1.3 Vstříkované materiály

#### 1.3.1 Druhy polymerů

Výhodné vlastnosti a aplikační výhody předurčují plasty, aby se uplatnily v technologických konstrukcích převážně jako náhrada kovových materiálů.

Plasty jsou makromolekulární látky, které se dají formovat do požadovaného tvaru teplem nebo tlakem nebo oběma činiteli zároveň. [3]

Tab. 1 Přehled polymerů vhodných ke vstříkování a jeho vlastnosti [4]

Druh polymeru	Vlastnosti	Využití
PP	$E = 1100 - 1500$ MPa, křehký pod $0^{\circ}\text{C}$ , výborné elektroizolační vlastnosti, dobrou chemickou odolnost	Trubky, folie, desky, předměty domácí potřeby s vyšší tuhostí a tepelnou odolností, nárazníky
PE	Snadná zpracovatelnost, má velmi dobrou chemickou odolnost a elektroizolační vlastnosti	Dle druhu: Folie, trubky, desky
PS	$E = 3200$ MPa, použitelný do $75^{\circ}\text{C}$ , je tvrdý, ale značně křehký	Spotřební předměty, obaly, hračky, součásti osvětlovacích těles
SAN	Tvrký a pevný, je odolný vůči olejům, má sklon ke žloutnutí	Technické prostředky v automobilovém průmyslu (kryty polohových a brzdových světel)
ABS	$E = 2000$ MPa, odolný vůči chemikáliím, tvrdý, lesklý, povrch	Vhodný na venkovní použití, potrubí, nábytek, zavazadla
PMMA	$E = 1400$ MPa, sklovitě černý, velmi odolný proti povětrnosti	Desky, trubky, tyče, profily, části svítidel, kryty
POM	$E = 2700 - 3200$ MPa, mají nejvyšší odolnost proti oděru, je svařitelný	Technické dílce – ozubená kola, ložiska, tlakové nádoby
PBT	$E = 2300$ MPa, odolný vůči oděru, malá	Konstrukční technické díly –

	absorpce vody, rozměrová stabilita	nárazníky, kalkulačky
PC	E = 2200 – 2450 MPa, dobrá rozměrová stabilita, dobré elektroizolační vlastnosti, odolné vůči UV	Konstrukční díly, folie, trubky, tyče, desky

### 1.3.2 Rychlá identifikace polymerů

Tab. 2 Rychlá identifikace plastů [4]

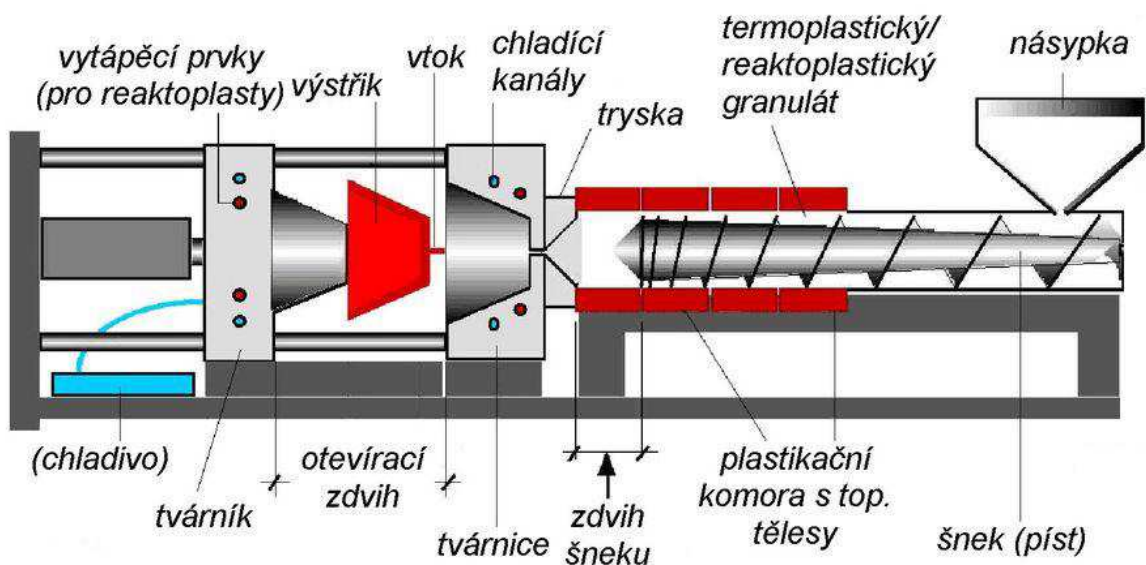
Druh zkoušky	Výsledek zkoušky	PE-LD	PE-HD	PP	PS	ABS	SAN	PMMA	PA	PUR	PET	POM
Flotační	Plave na vodě	*	*	*								
Chování při spalování	Taví se odka-páváním	*	*							*		
	Hoří plamenem	*	*	*	*			*	*	*		
	Mimo plamen								*			
	Tvoří saze				*	*	*				*	
Barva plamene	Modrá							*				*
	Modrá s bílým vrcholem	*							*	*		
	Žlutooranžová				*						*	
Pach při spalování	Vosk	*	*	*								
	Spálená roho-vina								*			
	Pryskyřice										*	
	Česnek							*				
	Čpavý									*		*
	Nasládlý				*	*	*					
Lomová	Neláme se	*	*	*					*			
	Křehký lom				*		*	*				
	Tažný lom					*	*			*	*	*



## 1.4 Vstřikovací stroj

Ve vstřikovacím stroji dochází k plastikaci granulovaného materiálu a k jeho následnému dopravení do dutiny formy. Z funkčního hlediska se dělí na tři části: [3]

- vstřikovací jednotka
- uzavírací jednotka
- ovládání a řízení stroje



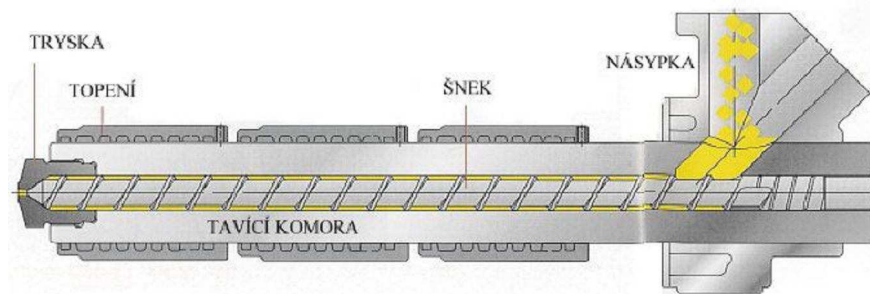
Obr. 2 Schéma vstřikovacího stroje [5]

### 1.4.1 Vstřikovací jednotka

Připraví a dopraví požadované množství roztaveného plastu do formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Při malém vstřikovacím množství zase setrvává plast ve vstřikovací jednotce delší dobu a tím může dojít k degradaci materiálu. Optimální množství předplastikovaného materiálu při maximálním vstřikovaném množství je 80 %.

Vstřikovací jednotka pracuje tak, že do tavného válce je dopravován zpracovaný plast z násypky pohybem šneku. Plast je posouván šnekem přes vstupní, přechodové a výstupní pásma. Postupně dochází k plastikaci, homogenizaci a hromadění materiálu před šnekem. Ocelový šnek se během plastikace otáčí a zároveň je odtlačován do zadní polohy. Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou.

Tryska je zakončena kulovou plochou, která umožňuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. [1]

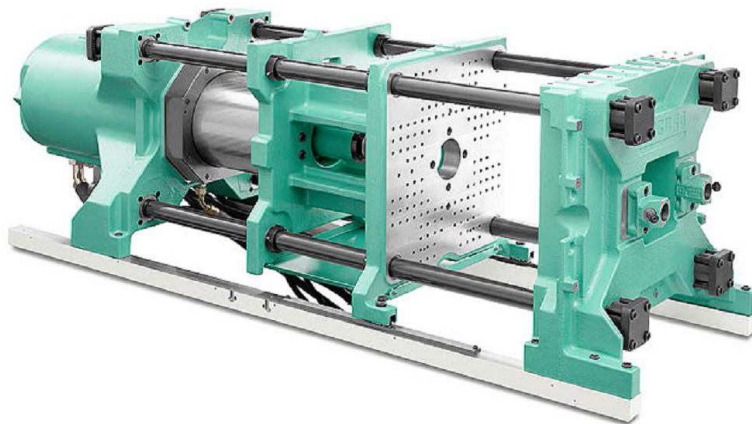


Obr. 3 Řez vstřikovací jednotkou [5]

#### 1.4.2 Uzavírací jednotka

Úkolem uzavírací jednotky je zavírat a otevírat formu dle procesu vstřikování a zajistit uzavření formy takovou silou, aby se při vstříknutí tlakem taveniny forma neotevřela.

Uzávřací jednotka se skládá z těchto hlavních částí: opěrné desky pevně spojené s ložem stroje, pohyblivé desky, na kterou je upnuta pohyblivá část formy, upínací desky s otvorem pro trysku stroje, na kterou se připevní nepohyblivá část vstřikovací formy, vedení pro pohyblivou desku, z uzavíracího a přidržovacího mechanismu. Vstřikovací stroje používají v současné době různé uzavírací systémy, které např. mohou být konstruovány jako hydraulické, mechanické, kombinace hydraulického a mechanického způsobu (závorování) a v poslední době se používají i elektrické systémy. [5]



Obr. 4 Uzavírací jednotka vstřikovacího stroje [5]

### 1.4.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

Stupeň seřízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality.

Stálá reprodukovatelnost technologických parametrů je význačným a nutným faktorem.

Pokud tyto parametry nepřiměřeně kolísají, projeví se to na přesnosti a kvalitě výrobku.

Řízení stroje se proto musí zajistit vhodnými řídicími a regulačními prvky.

Nastavení stroje je řídicím systémem také kontrolováno (zpětná vazba). Alternativní volba a úprava programu se pak může snadno uskutečnit za pomoci barevné obrazovky. Na přesnosti a jakosti výstřiku má řízení stroje rozhodující vliv.

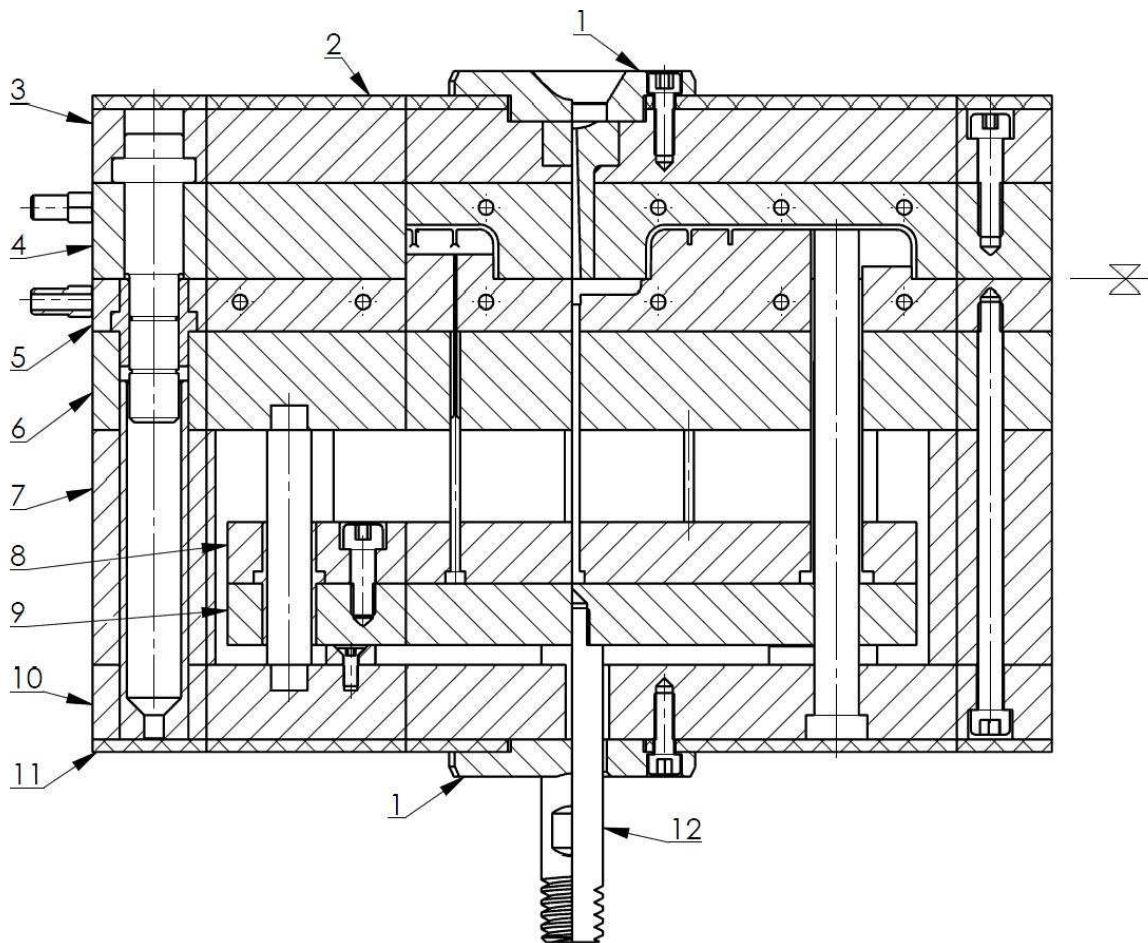
Tím, že určuje a dodržuje přesnost:

- nastavení výše i doby vstřikovaného tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení. Tyto parametry určují především přesnost a toleranci výstřiku
- nastavením doby a výšky teploty taveniny, její homogenizaci jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiku. [1]

## 1.5 Vstřikovací forma

Vstřikovací forma je nástroj, jež je používán na vstřikovacím stroji. V dutině této formy pak vzniká požadovaný výrobek z polymerní hmoty. V dnešní době jsou na tyto nástroje kladeny vysoké nároky z hlediska produktivity, kvality, spolehlivosti a automatizace výroby. Výroba forem je náročná na konstrukci, výrobu, odborné znalosti, ale i na finanční náklady. [1]

### 1.5.1 Základní popis vstřikovací formy

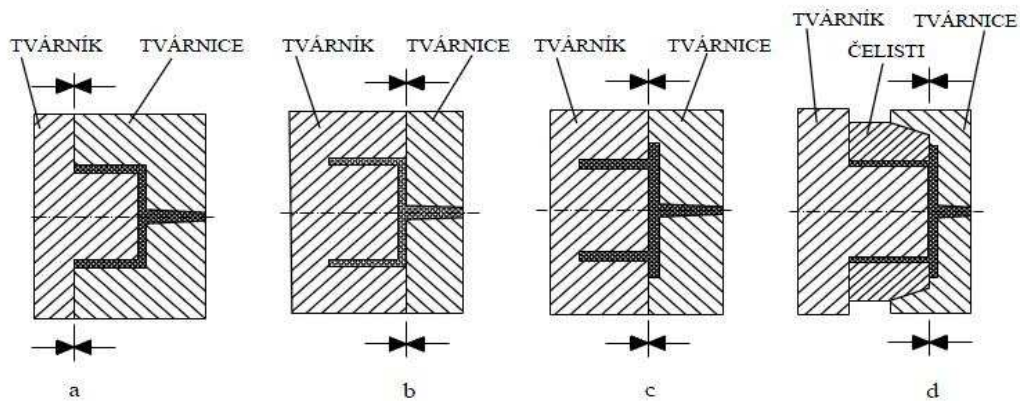


Obr. 5 Schéma dvojnásobné vstřikovací formy [4]

1 – středící kroužek, 2 – izolační deska, 3 – upínací deska, 4 – tvarová deska, 5 – tvarová deska, 6 – opěrná deska, 7 – rozpěrná deska, 8 - vyhazovací deska vodící, 9 – vyhazovací deska opěrná, 10 – upínací deska, 11 – izolační deska, 12 - táhlo

### 1.5.2 Zaformování výstřiku

Budoucí výstřik se musí do dělicí roviny zaformovat tak, aby při rozevírání formy nejprve opustil jednu část formy, zpravidla tvárnici, a spolehlivě zůstal až do vyhození na tvárníku. Díky smrštění vzniká mezi tvárníkem a výstřikem třecí síla, kterou je nutno překonat při vyhazování. Pokud je výstřik členitější, je nutné použít další dělicí rovinu (zpravidla kolmou k základní) vytvořenou čelistmi nebo posuvnými jádry. Čelisti nebo posuvná jádra vytvářejí části výstřiku, které nelze zaformovat do základních dělicích ploch. Umístění výstřiku je velmi náročné a vyžaduje značnou zkušenost. Existují přitom obecně platné zásady, které je třeba respektovat. Obr. 6 znázorňuje nejobvyklejší způsoby zaformování výstřiku. [4]



Obr. 6 Obvyklé způsoby zaformování výstřiku [2]

a – tvárnice vytváří vnější a tvárník vnitřní tvar výstřiku

b,c – tvárník vytváří vnitřní i vnější tvar, tvárnice jen část vnějšího tvaru výstřiku

d – tvárník formuje vnitřní, tvárnice a čelisti vnější tvar výstřiku

Dělicí rovina bývá nejčastěji přímá. Nevyhne se však ani šikmé nebo tvarované dělicí ploše. Takové plochy se řeší tak, aby při uzavírání formy nedocházelo k rozkladu sil, které by měly za následek značné namáhání dosedacích ploch. Pokud by docházelo k rozkladu sil, mohly by tyto síly způsobit i stranový posuv jedné poloviny formy proti druhé. Dělicí plochy mají být provedeny s možností dolícování, aby stopy po dělení na výstřiku byly co nejmenší. Správné zaformování může ovlivnit celkovou konstrukci formy, pracnost její výroby a často i funkční nebo provozní spolehlivost. [4]

## 2 TEMPEROVÁNÍ FOREM

### 2.1 Temperance

Temperance slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Děje se tak ochlazováním, případně vyhříváním celé formy, nebo její části.

Během vstřikování se do formy přivádí roztavený polymer, který se v její dutině ochlazuje na teplotu vhodnou pro vyjmutí výstřiku. Temperance tedy ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při každém vstřiku se forma ohřívá. Každý další výstřik je třeba vyrobít zase při stanovené teplotě. Proto je nutné toto přebytečné teplo během pracovního cyklu odvést temperanční soustavou formy.

Proto je úkolem temperance:

- zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši po celém povrchu její dutiny
- odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou tak, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku

Lokální nerovnoměrné rozložení teplot formy má za následek zvětšení rozměrových a zejména tvarových úchylek výstřiku. [7]

#### 2.1.1 Charakteristika temperančního systému

Temperační systém formy je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými proudí vhodná kapalina, která udržuje teplotu temperovaných částí na požadované výši. Temperační systém bývá umístěn v pevné části formy, tak i v pohyblivé části formy. Povrch temperančních kanálů slouží jako přestupová plocha pro teplo přestupující z formy do temperančního média.

Každý z okruhů se může řešit zvlášť, podle způsobu zaformování výstřiku i ostatních konstrukčních a technologických podmínek. [7]

### 2.1.2 Tepelná bilance formy

Při ustáleném stavu pracovního cyklu vstřikování platí zásada: [4]

$$Q_p = Q_t + Q_z$$

$Q_p$  ..... teplo přivedené polymerem [W]

$Q_t$  ..... teplo odvedené temperací [W]

$Q_z$  ..... ztráty tepla do okolního prostředí [W]

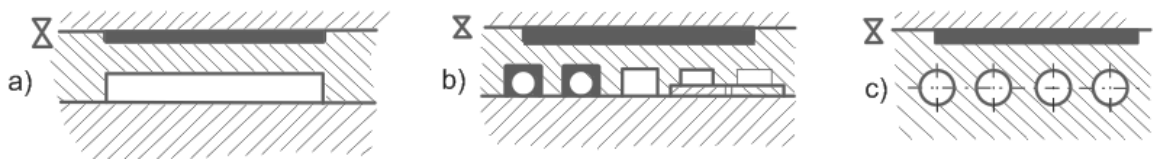
### 2.1.3 Požadované teploty formy a taveniny při zpracování plastů

Tab. 3 Teploty formy pro vstřikování [4]

Termoplast	Teplota taveniny [°C]	Teplota formy [°C]
ABS	190-250	50-85
PA 6	230-290	40-120
PC	280-320	85-120
PE-HD	180-270	20-60
PE-LD	180-270	20-60
PMMA	200-250	50-80
POM	180-220	50-120
PP	170-280	20-100
PS	180-260	55-80
PVC tvrdé	190-220	30-60
SAN	200-260	50-85
PSU	340-400	120-160
PEEK	380-430	160-220
LCP	310-360	65-95

## 2.2 Obecné zásady volby temperančních kanálků

Ve většině případů se volí vrtané kanálky. Výhodnější je použití více kanálků s menším průměrem průřezu, než méně kanálků s větším průměrem. Dají se použít i frézované drážky, kde musíme použít po celé délce těsnění mezi jednotlivé desky, nebo se do nich vloží tenkostěnné měděné trubky. Pro dobrý styk se zalijí nízkotavitelným kovem. [7]



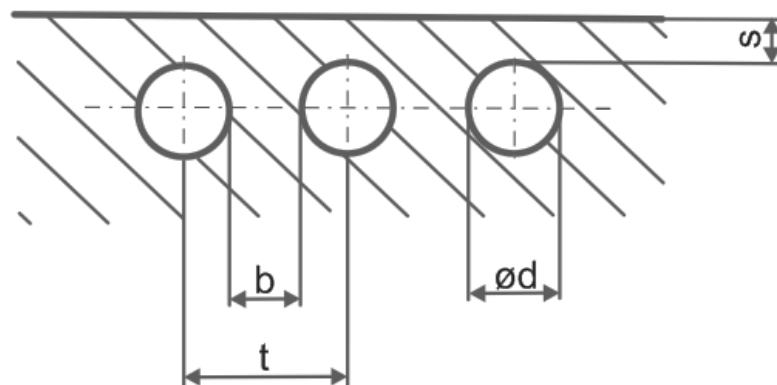
Obr. 7 Používané průřezy temperančních kanálů [4]

a) obdélníkový b) obdélníkový s různými úpravami c) kruhové

### 2.2.1 Umístění, rozměry a vzdálenosti temperančních kanálů

Průměr kanálů nemá být menší než 6 mm, jinak hrozí nebezpečí ucpání nečistotami, vodním kamenem apod. Z tohoto důvodu kanály konstruujeme tak, aby se po cestě temperačního media nevytvářely mrtvé kouty, protože se v nich usazují nečistoty. [7]

Kanály umísťujeme v optimální vzdálenosti od tvarové dutiny pro zachování dostatečné tuhosti. [4]



Obr. 8 Vzdálenosti temperančních kanálků [7]

Tab. 4 Minimální vzdálenosti temperančních kanálů [4]

$\varnothing d$	6	8	10	12	14	16	18	20
s	4	6	8	12	15	20	25	30
t	10	14	17	20	24	27	30	34
b	4	6	7	8	10	11	12	14



## 2.3 Temperační prostředky

Temperační prostředky představují media, která svým působením umožňují formě pracovat v optimálních tepelných podmínkách.

Rozdělují se na pasivní a aktivní temperační prostředky.

Jejich volba je ovlivněna především koncepcí formy a požadavky na technologii výroby výstřiků. Používají se obvykle ve vzájemné vazbě. [7]

### 2.3.1 Pasivní temperační prostředky

Svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy. [7]

#### 2.3.1.1 Tepelně izolační materiály

Využívají se především pro omezení přestupu tepla do upínacích desek lisu a to v případech, kdy požadujeme vysokou teplotu formy. Volí se různě pevnostně a tepelně odolné materiály na bázi vyztužených reaktoplastů, či nekovových anorganických látek. K danému účelu se používají např. Sklotextil ARV, Sklotextil SI. [7]

#### 2.3.1.2 Tepelně vodivé materiály

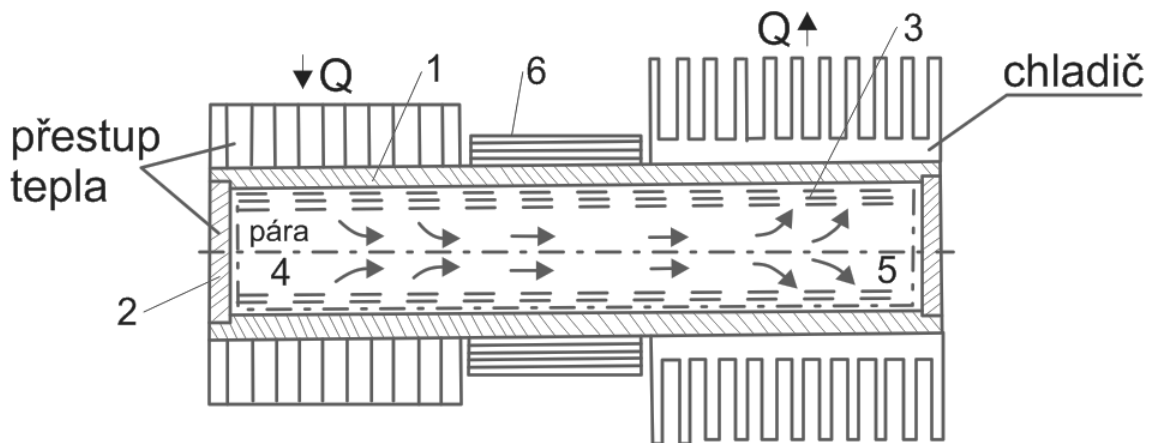
Využívají se k odvodu resp. přívodu tepla z míst jiným způsobem obtížně temperovatelných (např. tenké tvárníky, vtokové trysky apod.). Používá se měď a její slitiny s Co, Zr, Cd, Sn nebo hliník a jeho slitiny. Nejúčinnějším prostředkem jsou tzv. tepelné trubice. [7]

#### 2.3.1.3 Tepelné trubice

Jsou zařízením, umožňující intenzivní přenos tepla z oblasti vyšší teploty do oblasti o nižší teplotě i při malém rozdílu mezi nimi.

Trubice je uzavřena zátkami na obou stranách a je částečně naplněna vhodnou teplotnosnou látkou.

Při ohřevu jedné části trubice teplem ze zdroje se teplotnosné medium vypařuje a přitom odebírá značné množství tepla z tepelného zdroje (u vody až  $2,4 \cdot 10^6$  J/Kg). Vzniklé páry proudí vnitřním evakuovaným prostorem trubice do opačné chlazené části, kde kondenzují. [7]



Obr. 9 Tepelná trubice [7]

1 – plášť trubice, 2 – čelo trubice, 3 – kapilární soustava, 4 – pracovní látky, 5 – kondenzát,  
6 – tepelná izolace

### 2.3.2 Aktivní temperační prostředky

Působí přímo na formě, přivádí nebo odvádí teplo z formy. [7]

- Množství temperačního média ve formě se řídí pomocí průtokoměrů a teplota pomocí teploměrů.
- Odvedené teplo je závislé na množství proteklého média a na teplotním spádu vstupní a výstupní teploty média ( $\Delta t$ ).
- Teplotní spád pro dosažení stejné teploty u tvarových částí formy by měl být v rozmezí (2 – 5) °C.
- Účinnost chlazení je závislá na ploše chladících kanálů na jejich vzdálenosti od stěn tvarové dutiny.
- Závisí na druhu proudění v chladícím kanálu, které má být turbulentní ( $Re \geq 4000$ ), turbulenci napomáhá geometrie kanálů. [7]

### 2.3.2.1 Kapaliny

Proudí nuceným oběhem temp. kanály vytvořenými uvnitř formy. Dochází k přestupu tepla mezi formou a kapalinou. [4]

Tab. 5 Tabulka typů kapalin pro chlazení [7]

Typ	Výhody	Nevýhody	Poznámka
voda	vysoký přestup tepla, nízká viskozita, nízká cena, ekologická nezávadnost	použit. do 90 °C, vznik koroze, usazování vodního kamene	v tlakových okruzích možno vodu použít i při vyšších teplotách
oleje	možnost temperace I nad 100 °C	zhoršený přestup tepla	
glykoly	omezení koroze a ucpávání systému	stárnutí, zněčišťování prostředí	

### 2.3.2.2 Vzduch

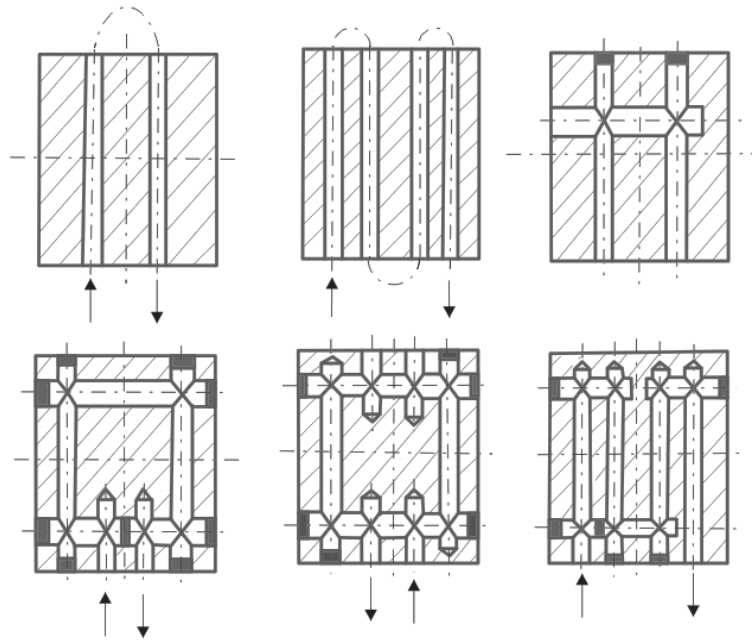
Používá se buď volného proudění (při odvodu tepla z povrchu formy a při chlazení tvarových částí po čas otevření formy), nebo nuceného proudění působením přetlaku či podtlaku. Vzhledem k malé účinnosti je chlazení vzduchem opodstatněné jen v případech, kdy použití kapaliny není pro nedostatek prostoru možné. [7]

### 2.3.2.3 Topné elektrické články

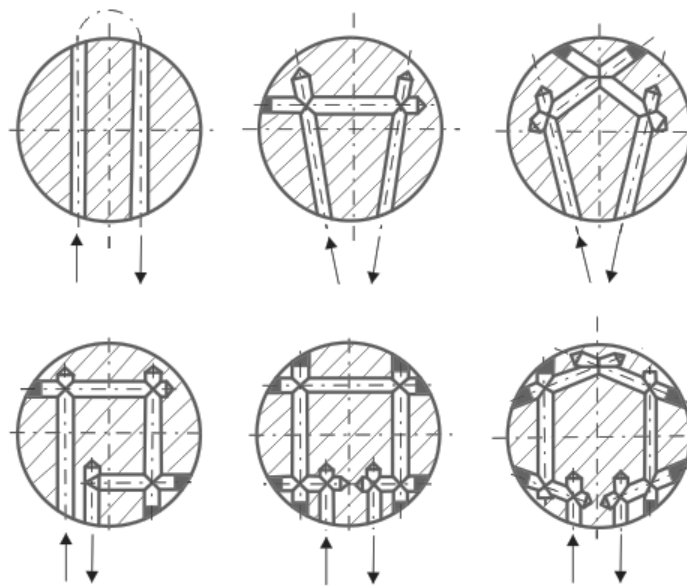
Využívá se jich zejména k temperaci forem s požadovanou vyšší teplotou v případě, kdy ztráty do okolí jsou větší, než teplo dodané vstříkovaným polymerem. [4]

## 2.4 Příklady řešení temperančních kanálů

Obr. 7 a obr. 8 představuje temperaci různých tvarů desek forem, které jsou s funkčními vložkami a jejich tvary vhodně spojeny. Pokud je to možné, umísťují se kanály především v nejteplejších místech ve formě. [7]



Obr. 10 Příklady chlazení hranatých desek [7]

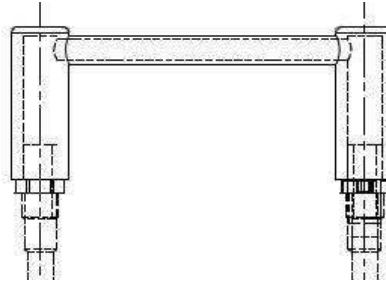


Obr. 11 Příklady chlazení kruhových desek [7]

#### 2.4.1 Propojení temperačních kanálů

Propojení temperační soustavy mimo formu se provádí přívodními hadicemi napojenými a utěsněnými na koncovkách. [7]

Propojující hadice musí odolávat temperačnímu médiu, dosahované teplotě a požadované-  
mu tlaku. Propojení mezi jednotlivými kanály se provádí hadicemi nebo také pomocí ko-  
vové trubice. [4]



Obr. 12 Kovová trubice [4]

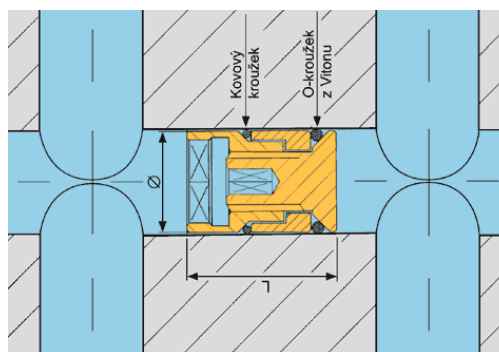
### 2.4.2 Utěsňování kanálů

Kanály mají procházet celistvým materiálem formy. Pokud to není možné, je třeba stykové  
spoje utěsnit těsnícími kroužky. [7]

Pro utěsňování kanálů se používají vnější a vnitřní zátky.



Obr. 13 Vnější zátká [10]

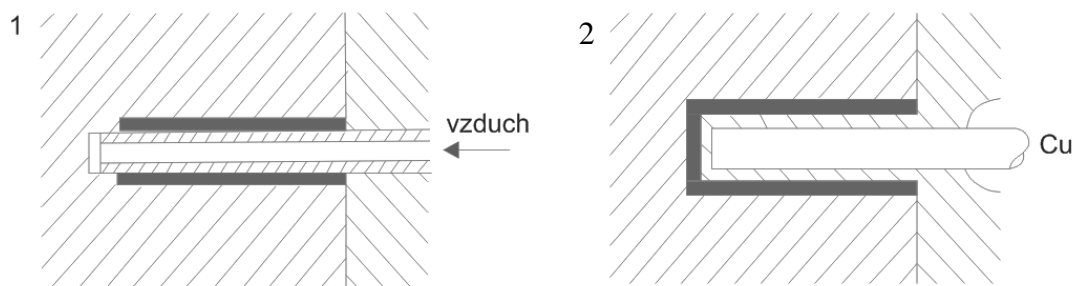


Obr. 14 Příklad použití vnitřní zátky [10]

## 2.5 Temperace tvárníků

### 2.5.1 Temperace úzkých tvárníků

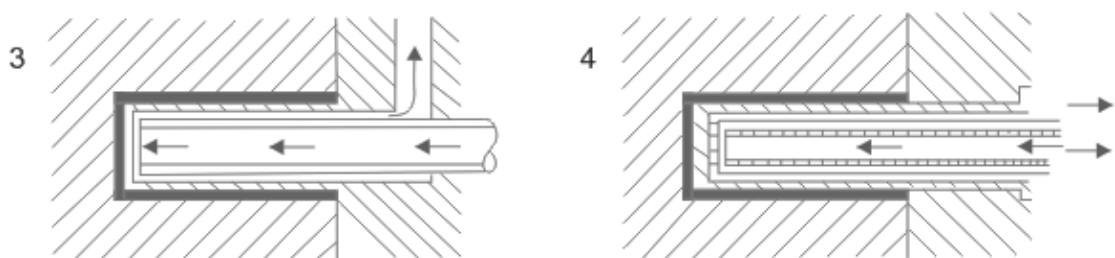
Temperace tvárníků a to především s malým průřezem lze zajistit pomocí temperačních vložek. Ty se obvykle vyrábí z materiálu s velkou tepelnou vodivostí (Cu, Al, ...), které snadněji odvádí teplo z nepřístupných míst přímo do temperačního media. [7]



Obr. 15 Chlazení úzkých tvárníků [7]

1 – chlazení vzduchem, trny 3-5 mm, 2 – chlazení tepelně vodivou tyčí z Cu, trny od 5 mm

Další možností, jak temperovat tvárníky menšího rozměru je použití otevřeného nebo uzavřeného trnu. [7]



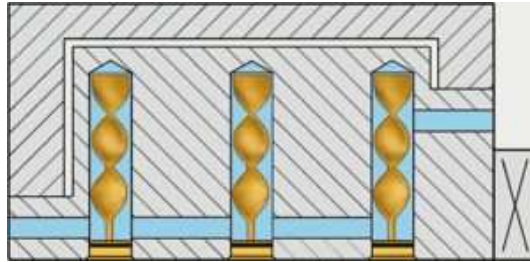
Obr. 16 Chladící trny [7]

3 – otevřený chladící trn, od 3 mm; 4 – uzavřený chladící trn, od 5 mm

## 2.5.2 Temperace pomocí přepážek

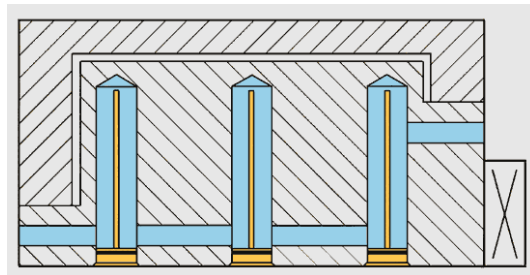
Na obrázcích jsou ukázky aplikací přepážek pro chlazení tvárníků. Tyto konkrétní přepážky jsou bezzávitové s možností opakovaně aplikovatelnosti.

### 2.5.2.1 Spirálové přepážky



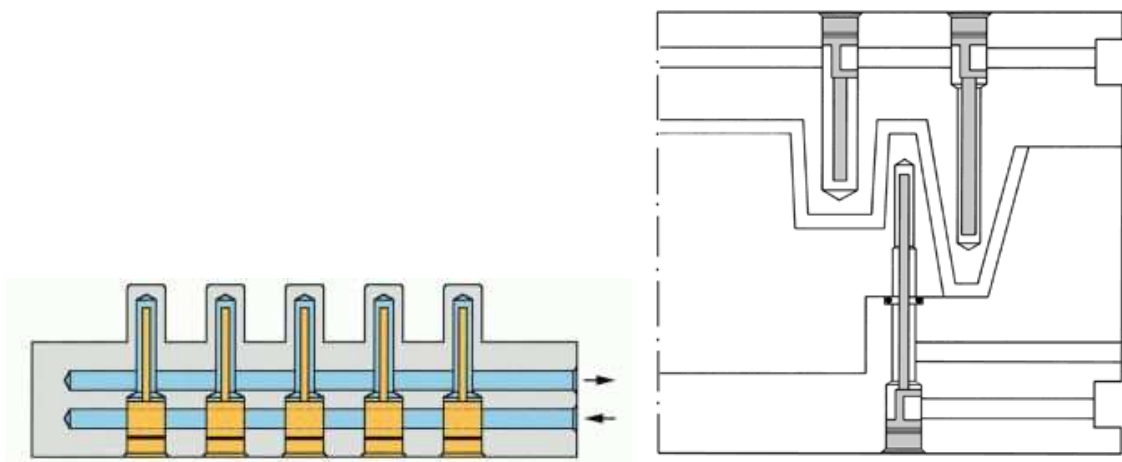
Obr. 17 Ukázka použití spirálové přepážky [10]

### 2.5.2.2 Rovné přepážky



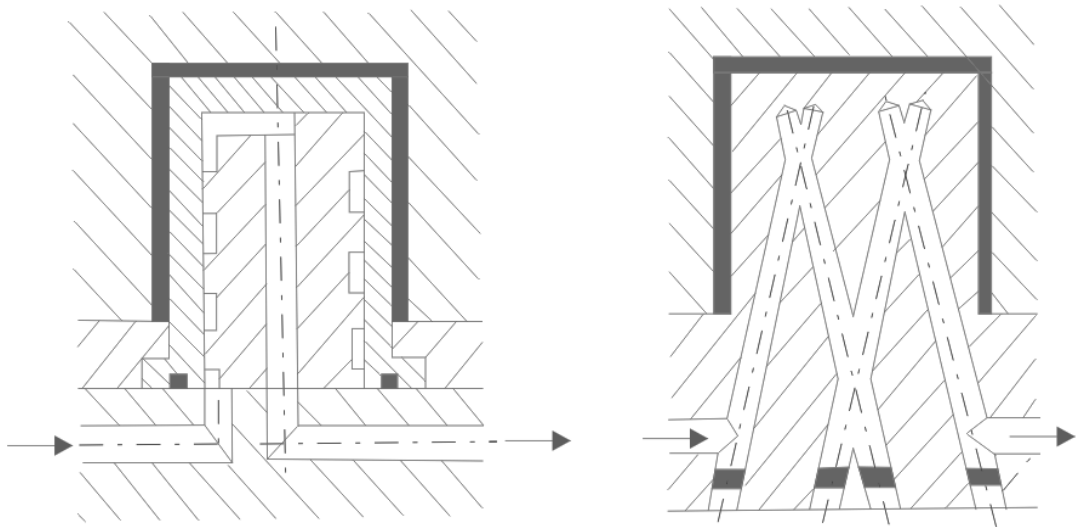
Obr. 18 Ukázka použití rovné přepážky [10]

### 2.5.2.3 Fontánky



Obr. 19 Ukázka použití fontánek [10]

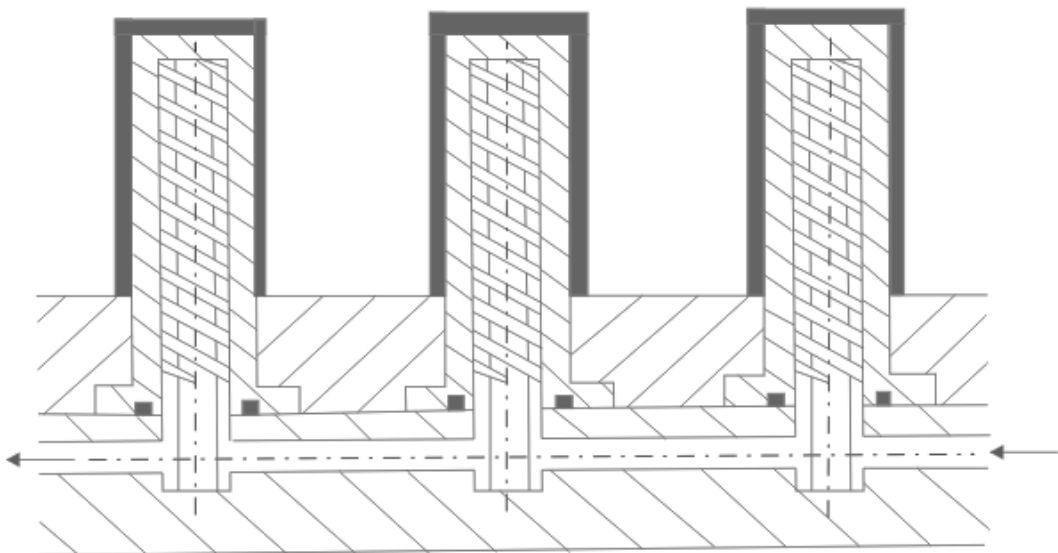
### 2.5.3 Temperace větších tvárníků



Obr. 20 Doporučená temperace u větších tvárníků [7]

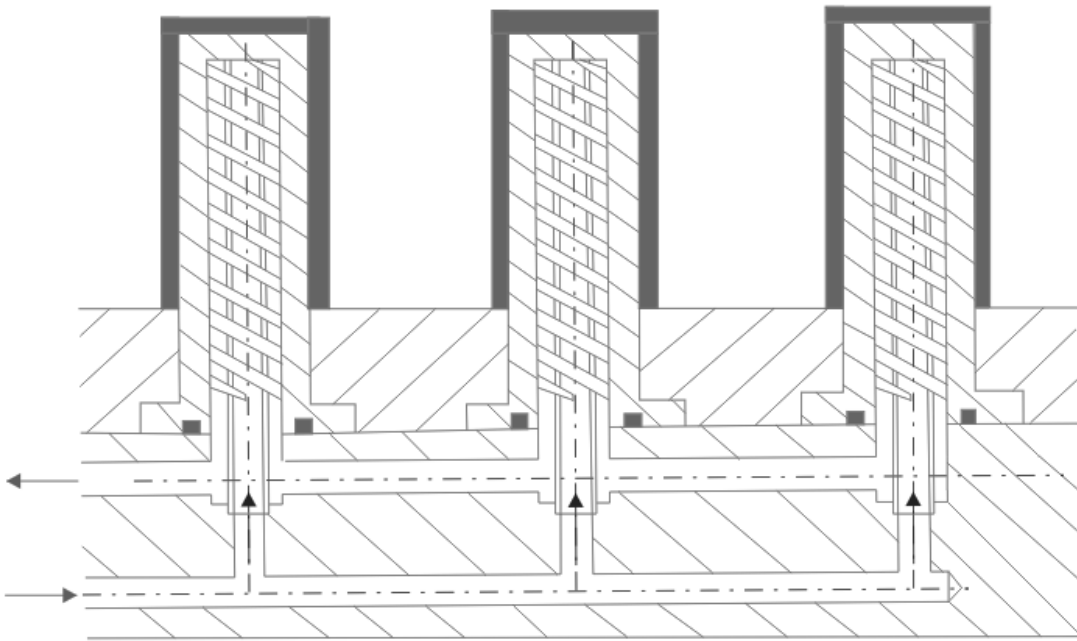
### 2.5.4 Propojení temperance tvárníků

Kanály v těchto funkčních elementech se konstruují tak, aby se jednotlivé větve daly propojit hadicemi v různém pořadí a různým způsobem. [4]



Obr. 21 Temperace zapojena do série třínásobné formy [4]





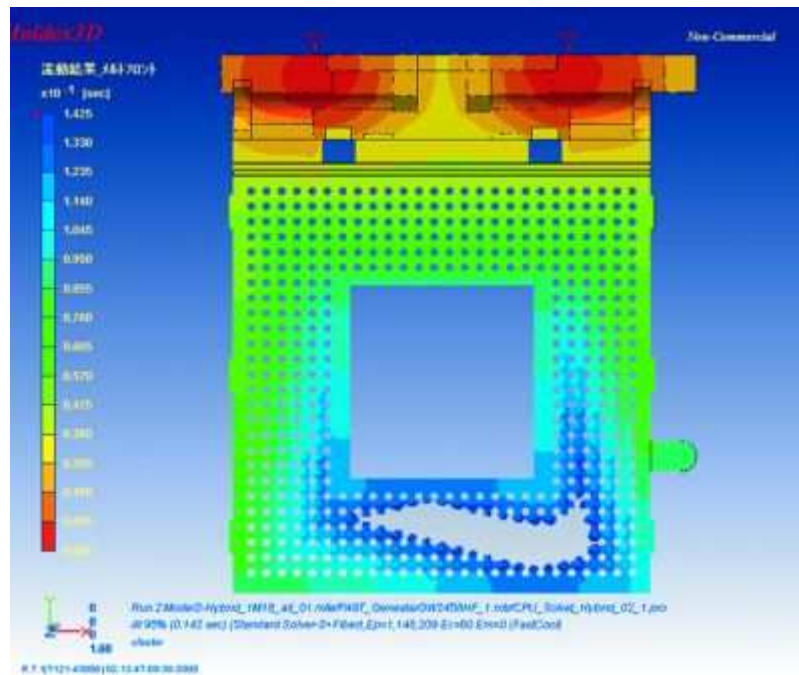
Obr. 22 Temperace zapojena paralelně u třínásobné formy [4]

## 2.6 Simulace vstřikování plastů – CAE systémy

CAE systémy simulují tečení taveniny v dutině formy a předem eliminují vznik vad konečného vylisku.

Tečení taveniny v dutině formy je komplikovaný jev a u dílu s proměnnými tloušťkami stěn lze jen stěží odhadnout, zda bude dutina formy správně doplněna a kde mohou vzniknout vady ve výstřiku.

Požadavky na tolerance výsledných vylisků jsou velmi striktní a v případě, že nejsou dodavatelem dodrženy, nastává časově i finančně náročná fáze „ladění formy“, aby bylo požadované kvality dosaženo. Někdy je efektivita výroby zbytečně snižována používáním chladicích přípravků pro díly, které se po vyjmutí z formy deformují. Daleko dříve, než nastane tato situace, lze předcházet mnoha problémům vypracováním simulace vstřikování a odpovídající úpravou designu dílu či formy. [8]



Obr. 23 Predikce uzavírání vzduchu – simulace v Moldex3D [8]



Obr. 24 Predikce uzavírání vzduchu – reálný výlisek [8]

### 3 OBRÁBĚNÍ

Obráběcí proces se realizuje v obráběcím systému, který lze obecně členit na subsystémy obráběcích strojů, řezných nástrojů, manipulačních prostředků a obráběcího prostředí. Objektem obráběcího procesu je obrobek a základním výstupem obráběcího procesu jsou příslušné obrobené plochy. [9]

#### 3.1 CNC stroj

Podle způsobu obrábění se rozlišují obráběcí stroje soustružnické, vyvrtávací, frézovací, hoblovací, protahovací apod.

Podle konstrukčně-technologického provedení se uplatní stroje univerzální (univerzální soustruhy, univerzální frézky, brusky); speciální (podtáčecí soustruh, závitové frézky, brusky); jednoúčelové (obráběcí stroje koncipované pro jednu operaci).

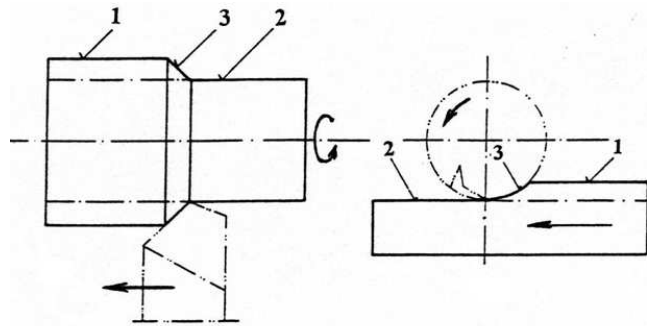
Podle stupně automatizace se používají stroje ručně ovládané, poloautomatické a automatické. [9]



Obr. 25 Obráběcí centrum VMCF-2000 CNC [13]

#### 3.2 Obrobek

Obrobkem se označuje předmět který je v procesu obrábění, nebo předmět který tímto procesem prošel a již obrobený je. Předmět, který se naopak teprve bude obrábět, se nazývá polotovár. Obráběná plocha je ta část povrchu obrobku, ze kterého je odebrán materiál. Plocha která vznikla procesem obrábění se nazývá obrobená plocha. Plocha vznikající bezprostředně přímo za břitem řezného nástroje se nazývá plocha řezu (řezná plocha). [11]



Obr. 26 Obrobek – základní plochy [9]

a – podélné soustružení; b – frézování válcovou frézou

1 – obráběná plocha; 2 – obrobek; 3 – přechodová plocha

### 3.3 Nástroje pro CNC obrábění

Hlavní rozdíly mezi nástroji pro konvenční obráběcí stroje a pro CNC stroje spočívají:

- seřizování nástrojů pro CNC stroje probíhá nejčastěji na specializovaném pracovišti mimo vlastní stroj, což vede k výraznému snížení vedlejších časů a tím i k větší produktivitě práce
- u CNC obráběcích strojů se jako řezné materiály používají vyměnitelné břitové destičky ze slinutých karbidů
- nutností jsou utvářeče třísek a děliče třísek
- upínání nástrojů se realizuje pomocí normalizovaného upínacího nářadí [12]

### 3.4 Nástrojové materiály

Průběh a výstupy řezného procesu významně závisí na vlastnostech řezné části nástroje, která je zhotovena z příslušného nástrojového materiálu.

K základním požadavkům na nástrojový materiál patří jeho tvrdost, odolnost proti opotřebení, tepelná vodivost, pevnost v ohybu, houževnatost apod. [9]

#### 3.4.1 Nástrojové oceli

- Nástrojové oceli nelegované:

Nástroje z nástrojových nelegovaných ocelí snášejí teplotu břitu do 220 °C je možné je využívat do řezné rychlosti 15 m.min<sup>-1</sup>.

- Nástrojové oceli legované:

Nástroje z legovaných nástrojových ocelí snáší teplotu břitu 250 °C až 350 °C

Řeznou rychlost 15 až 25 m.min<sup>-1</sup>. [9]

### 3.4.2 Rychlořezné oceli

Nástroje z rychlořezné oceli snáší teplotu břitu 500 až 700 °C a mohou být využity pro řeznou rychlost 25 až 50 m.min<sup>-1</sup>. [9]

### 3.4.3 Slinuté karbidy

Jsou produktem práškové metalurgie a vyrábí se z různých karbid a pojiva. Mezi nejdůležitější patří karbid wolframu WC, karbid titanu TiC, karbid tantalu TaC a karbid niobu NbC. Jako pojivo se ve většině případů používá kobalt Co. [9]

### 3.4.4 Cermety

Cermet je tvrdý materiál obsahující tvrdé částice (TiC, TiN, TiCN, TaN) v kovovém pojivu (Ni, Mo, Co), který je vyráběn práškovou metalurgií.

Tvrdość cermetů je přibližně srovnatelná se slinutými karbidy, houževnatost. [9]

### 3.4.5 Řezná keramika

Keramické řezné materiály jsou tvrdé, mají vysokou tvrdość za tepla a nereagují chemicky s materiálem obrobku. Zaručují vysokou trvanlivost břitu, snáší vysokou teplotu na břitu (až 1200 °C) a mohou být využity při řezných rychlostech 300 až 1600 m.min<sup>-1</sup>. [9]

## 3.5 Základní metody obrábění

### 3.5.1 Soustružení

Soustružení je obráběcí metoda používaná pro zhotovení součástí rotačních tvarů, při níž se většinou používají jednobřité nástroje různého provedení. Z mnoha hledisek představuje soustružení nejjednodušší způsob obrábění a také velmi frekventovanou metodu využívanou ve strojírenství. [9]

### 3.5.2 Frézování

Frézování je obráběcí metoda, při které se materiál obrobku odebírá břity otáčejícího se nástroje. Posuv nejčastěji koná součást, převážně ve směru kolmém k ose nástroje. [9]

### 3.5.3 Vrtání

Vrtání je výrobní metoda, kterou se zhotovují nebo zvětšují již předvrtané díry. Hlavní pohyb je rotační a vykonává ho obvykle nástroj, méně často obrobek. [9]

Osa vrtáku je obvykle kolmá k ploše, ve které vstupuje vrták do obráběného materiálu. Posuv vrtáku přitom probíhá ve směru jeho osy. [9]

## 3.6 Pracovní prostor CNC stroje

V pracovním prostoru CNC obráběcího stroje jsou určeny některé základní vztažné body:

- Referenční bod stroje R:

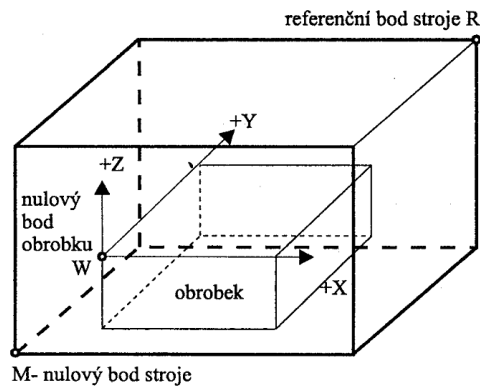
Je přesně stanoven výrobcem a jeho aktivací dochází k sjednocení mechanické a výpočetní části stroje. Slouží k přesnému nastavení odměřovacího systému po zapnutí stroje. Zařazení referenčního bodu do CNC programu také umožní odstranění chyb, které mohou vzniknout interpolací. [12]

- Nulový bod stroje M:

Je pevně stanovený bod, který je výchozím bodem pro všechny další souřadnicové systémy a vztažné body na stroji. U frézek, vrtaček je spojnice nulového bodu stroje M a referenčního bodu R úhlopříčkou pracovního prostoru stroje. U soustruhů je nulový bod stroje M umístěn v ose rotace obrobku v místě zakončení pracovního vřetená přírubou univerzálního sklíčidla. [12]

- Nulový bod obrobku W:

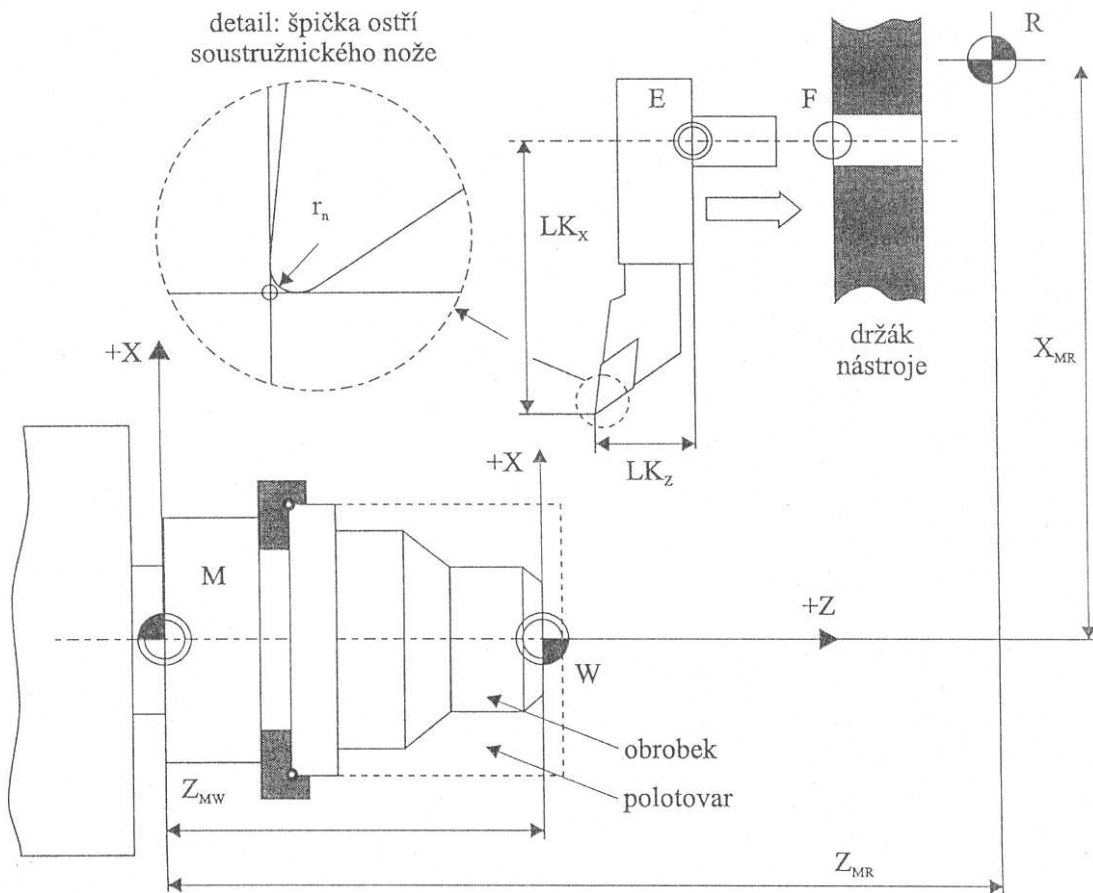
Lze nastavit v libovolném místě pracovního prostoru stroje a jeho polohu určuje technolog-programátor. Umisťuje se do takového místa, aby se co nejvíce zjednodušilo programování v souvislosti s výpočtem jednotlivých přechodových bodů. [12]



Obr. 27 Schéma pracovního prostoru stroje [12]

### 3.6.1 CNC soustruhy

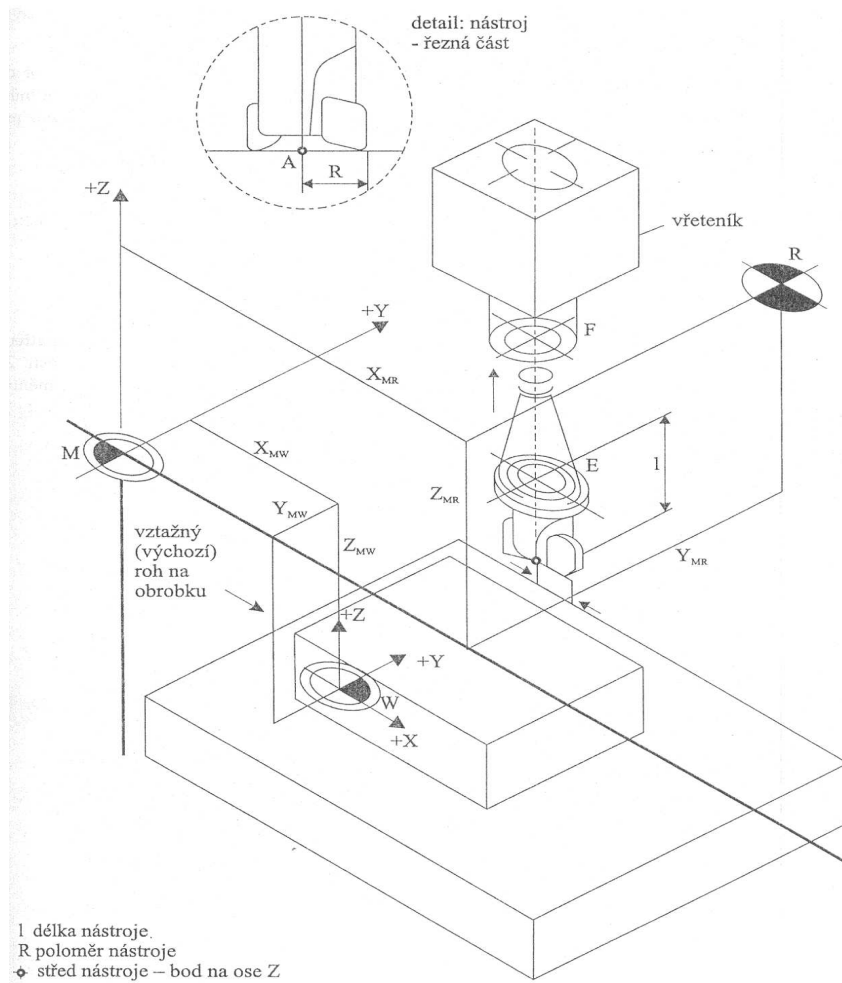
Stroj koná posuvné pohyby ve směru osy X a osy Z. Osa Z je osa rotace vřeten, pohyb v kladném smyslu probíhá směrem od materiálu. Osa X je kolmá na osu Z, její kladný směr je orientován od osy obrobku k držáku nástroje. [12]



Obr. 28 Schéma soustruhu [12]

### 3.6.2 CNC frézky

Osy X a Y leží v rovině frézky; osa X je rovnoběžná s podélným pohybem stolu, osa Y je kolmá na osu X a je rovnoběžná s příčným pohybem stolu. Osa Z je totožná s osou hlavního pracovního vřetená – pohyb v kladném smyslu směřuje od materiálu. [12]



Obr. 29 Schéma frézky [12]

### 3.7 Souřadnicový systém

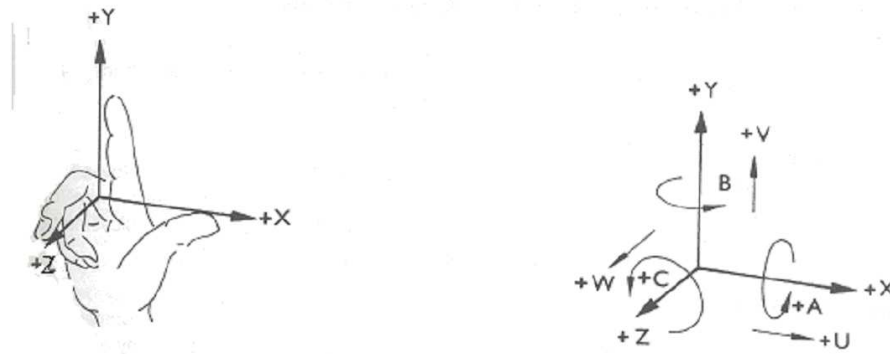
U CNC strojů víceúčelové konstrukce (obráběcí centra) je velmi časté použití více os pro translační pohyby a přídatné osy rotační. Pro tyto účely se používá kartézský souřadnicový systém, kde kromě základního označení kolmých os X,Y,Z se používá pro stejné osy označení U, V, W, případně P, Q, R.

Řídicí systém pro CNC obráběcí stroje používají dva typy souřadnicových systémů. [12]



### 3.7.1 Kartézský souřadnicový systém

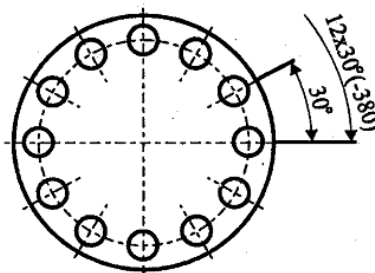
Osy jsou na sebe navzájem kolmé a rovnoběžné se základními vodičnými plochami. Osa Z je vždy rovnoběžná s osou hlavního pracovního vřetene. Kladný smysl pohybů v ose X a Z při soustružení probíhá směrem od obrobku. Poloha každého bodu je jednoznačně určena pomocí souřadnic v jednotlivých osách. [12]



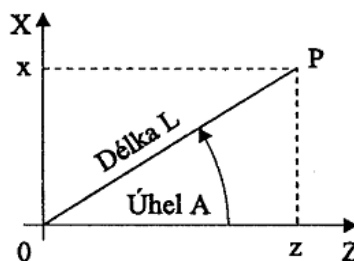
Obr. 30 Kartézský souřadnicový systém [12]

### 3.7.2 Polární souřadnicový systém

Používá se např. u obrobků s více úhlovými rozměry (otvory umístěné na kružnici apod.) [12]



Obr. 31 Zadání úhlu pro vrtání na kružnici [12]



Obr. 32 Definice bodu P pomocí úhlu A a délky L [12]

### 3.8 Programování CNC stroje

Tvorba programů může probíhat v prostředí CAD/CAM, která se vyznačuje plnou možností návaznosti tvorby CNC programu ze zadaného výkresu součásti. Tvorba programu pak zpravidla obsahuje dva kroky:

- část CAD, kde je definována uzavřená kontura obráběného dílce na základě převzatých informací z výkresu kresleného v systému CAD
- část CAM, kde je zpravidla dialogovým způsobem vytvářen vlastní CNC program s možností jeho doplnění a upravení. [9]

#### 3.8.1 Absolutní programování – G90

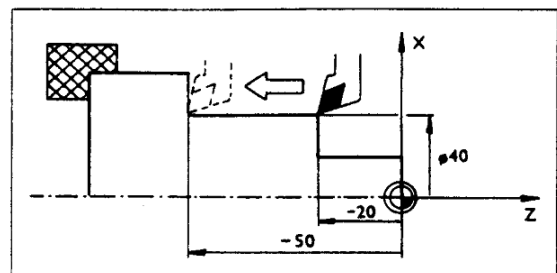
Popisuje cílový bod dráhy nástroje vztažený k předem zvolenému počátku souřadnic – k nulovému bodu obrobku W. Jedná se tedy o určení souřadnic cílového bodu vůči nějaké základně. Kótování součástky je vhodné provádět od konstrukční (technologické) základny. [12]

Absolutní míry:

Počáteční bod: X 40, Z-20

Koncový bod: X 40, Z-50

Pohyb „NA“ souřadnice koncového bodu.



Obr. 33 Absolutní programování [12]

#### 3.8.2 Přírůstkové (inkrementální) programování – G91

Souřadnice všech bodů se udávají v hodnotách měřených vzhledem k předchozímu bodu (zapisují se souřadnice, o kolik se nástroj posune od startovacího do cílového bodu). Součet všech hodnot souřadnic je nula, pokud se nástroj vrací do výchozí polohy.

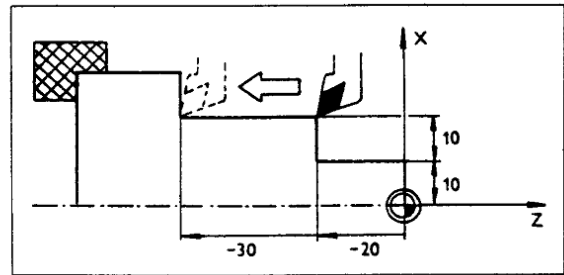
Součástku je vhodné kótovat v tomto případě řetězcem kót. [12]

Inkrementální míry:

Počáteční bod: X 20, Z-20 vztažené k nulovému bodu

Koncový bod: X 0, Z-30

Pohyb „0“ zadané hodnoty souřadnic do koncového bodu.



Obr. 34 Přírůstkové programování [12]

### 3.8.3 Definice CAD/CAM aplikací

Počítačové systémy CAM – Computer Aided Manufacturing (Počítačová podpora výroby) jsou systémy, které slouží ke zpracování dat z konstrukční databáze v prostředí s odpovídající technologií, které umožní v konečné fázi generování programu pro CNC obráběcí stroj.

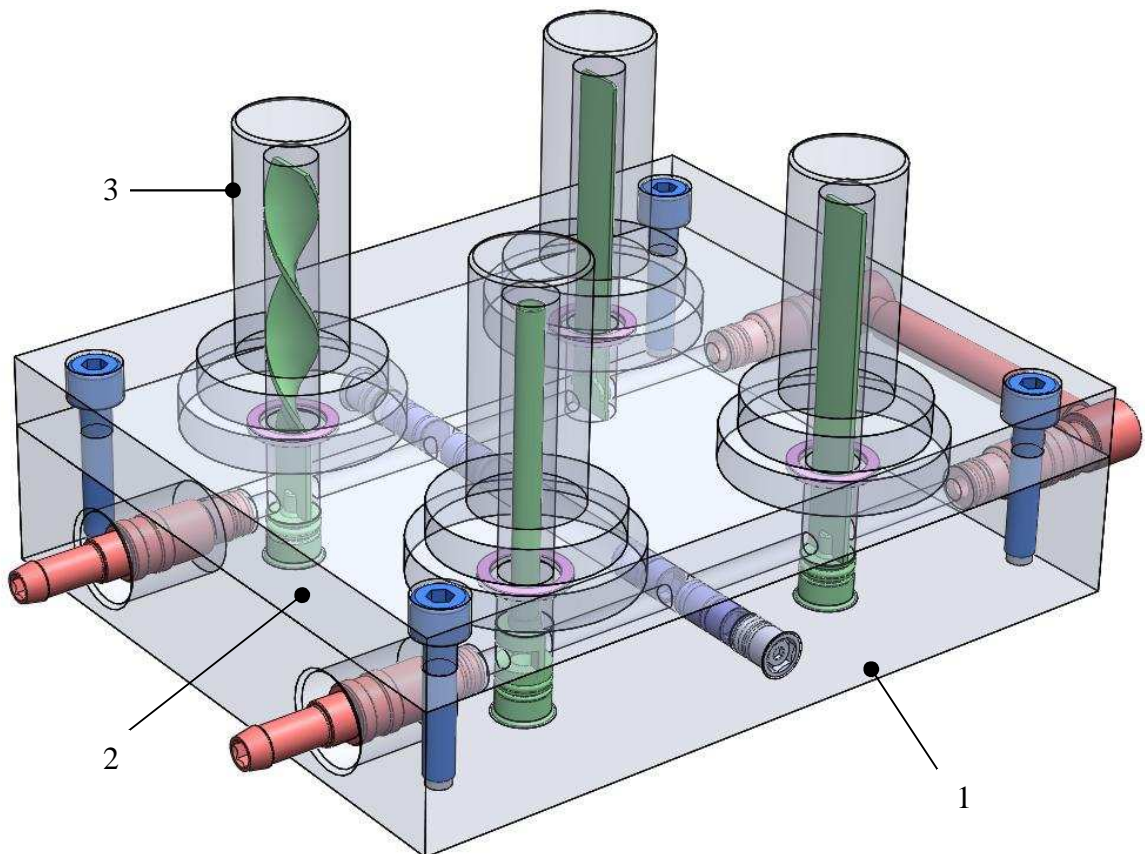
CAM systémy dokážou podstatně rychleji a jednodušeji přípravu NC programů. Dnešní moderní CAM systémy umožňují grafickou kontrolu vygenerovaného NC programu, systém dokáže provádět simulace obrábění, kdy je možno odhalit a případně odstranit technologické chyby. Simulace programu slouží k vyšetření a zabránění kolizí v celém pracovním prostoru stroje mezi funkčními a pohyblivými částmi stroje.

Post procesor definuje možnosti a limity řídicího systému a tím stroje samotného. Na základě definice post procesor je poté generován NC program se všemi náležitostmi, tak aby mohl být spuštěn stroj bez dalšího odlaďování. Součástí výstupu programu pro CNC stroj je také uživatelská dokumentace a tabulky nástrojů, což je důležité pro seřízení stroje a sestavení použitých nástrojů. [12]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 ÚDAJE O VÝROBKU

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a vyrobít jednoduchý výukový model chladičského systému, pro názornou ukázkou možnosti chlazení tvárníků vstříkovacích forem pomocí normálií. Model ukazuje přehled normálií, které se dají použít při chlazení hlubších tvárníků u vstříkovacích forem.

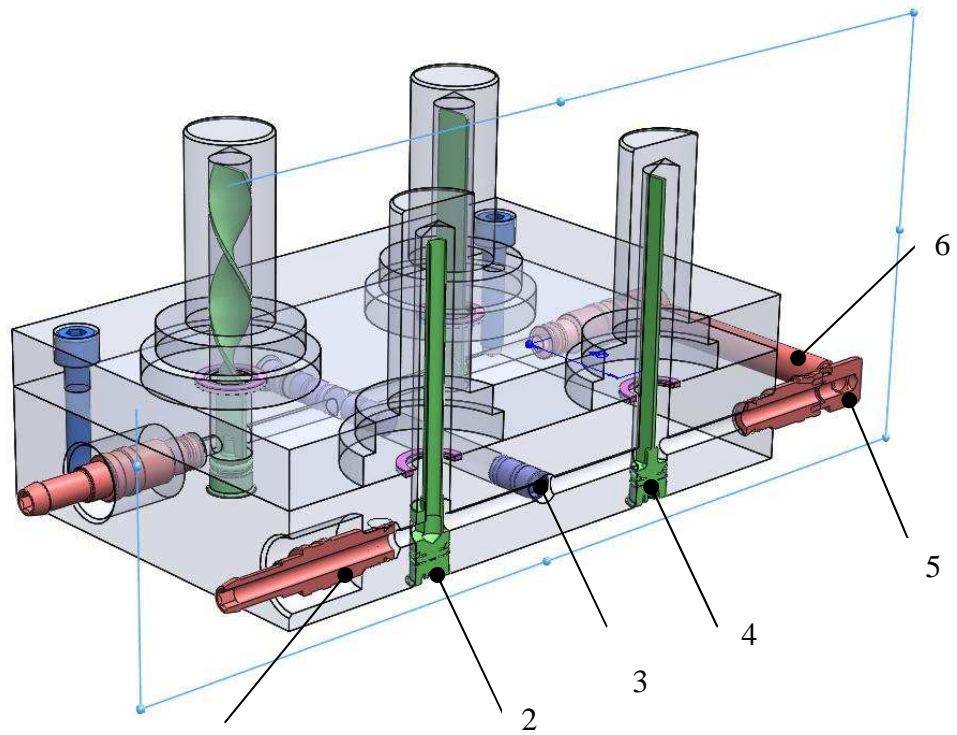


Obr. 35 Model chladičského okruhu

1 – rozváděcí deska, 2 – upínací deska tvárníků, 3 - tvárníky

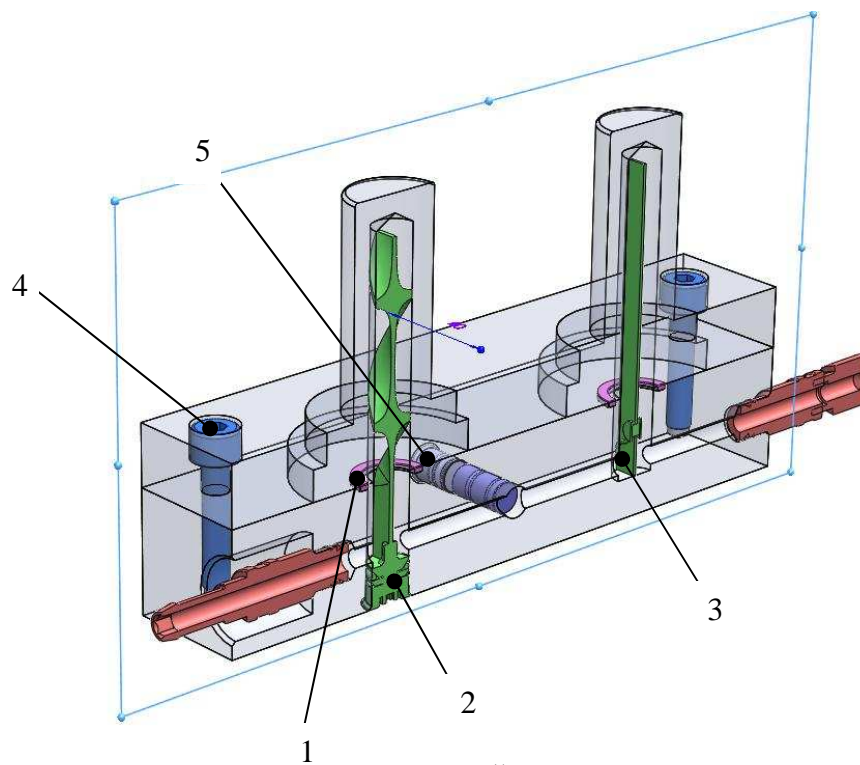
Model se skládá z rozváděcí desky s kanálky pro rozvod chladičské kapaliny, upínací desky tvárníků a samotných tvárníků. Celkové rozměry modelu jsou 220x180x126 mm.

V modelu jsou umístěny bezzávitové prvky pro chlazení vstříkovacích forem italské firmy ERMANNIO BALZI. Velkou výhodou těchto prvků je snadná polohovatelnost, rychlost a opakovatelnost aplikace.



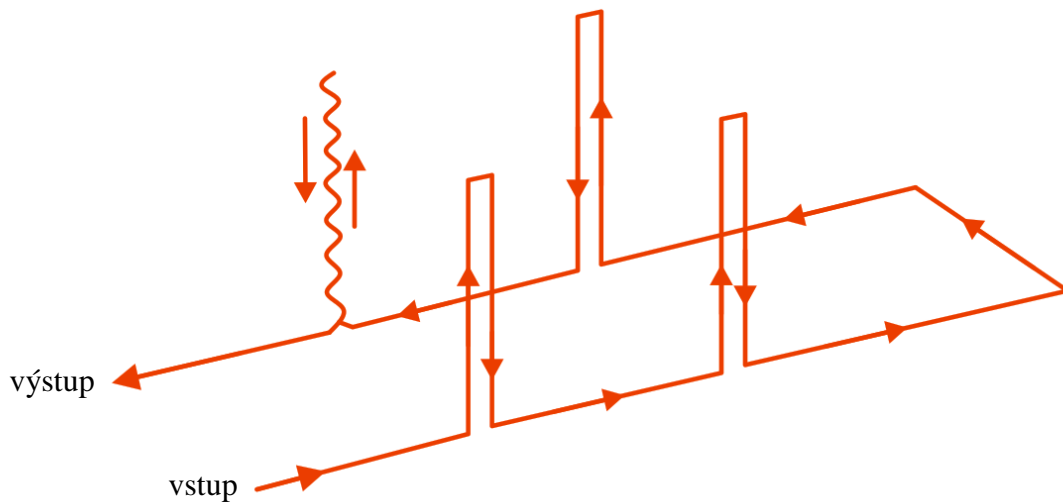
1 Obr. 36 Řez A modelem

1 – rychlospojka, 2 – fontánka, 3 – vnitřní zátka, 4 - rovná přepážka vnější, 5 - rychlospojka 90°, 6 – spojovací hadice



Obr. 37 Řez B modelem

1 – těsnění, 2 – spirála, 3 – přepážka s pružinou, 4 – šroub M8x35, 5 – vnější zátka



Obr. 38 Schéma chladicího okruhu

Na Obr. 38 je schéma chladicího systému s naznačeným průběhem chladicí kapaliny. Kapalina vstoupí hadicí přes rychlospojku do rozváděcí desky, fontánkou vystoupí do tvárníku. Dále postupuje přes kanálek o  $\varnothing 10$  mm a ukázkou použití vnitřních zátek do tvárníku pomocí rovné vnější přepážky a vnějškem desky projde na druhou stranu rozváděcí desky přes  $90^\circ$  rychlospojky spojených hadic.

Rychlospojky (1, 5 Obr. 36) jsou na jedné straně zapuštěné, na druhé straně nezapuštěné. V praxi se používá zpravidla jejich zapuštění do formy, aby se při manipulaci s formou nepoškodily.

Další tok chladicí kapaliny je přes vnitřní přepážku s pružinou a kanálek o  $\varnothing 10$  mm do spirály, odkud vychází z chladicího okruhu.

#### 4.1 Materiál výrobku

Pro výrobu modelu se použilo transparentní PMMA (GS).

Jeho vlastnostmi jsou vysoká transparentnost, dlouhá životnost, nežloutne, nekřehne, nešpiní se, a velkou výhodou je jeho dobrá obrobiteľnosť.

##### - Extrudované desky (XT)

mají příznivější cenu a lepší tloušťkovou toleranci než litý akrylát. Technologie extruze však vyžaduje výrobu velkých množství

- **Lité desky (GS)**

mají podstatně nižší povrchové napětí a proto je lze doporučit v případě složitého mechanického nebo tepelného zpracování popřípadě při kontaktu s agresivními chemikáliemi. Hrany lze leštit plamenem. Barvy a speciality jsou vyráběny v litém provedení. Barevná provedení lze rozdělit na transparentní a transluscentní. Transluscentní barvy jsou vhodné pro výrobu světelných reklam. [16]

Tab. 6 Základní technické údaje PMMA [16]

<b>Základní technické údaje</b>			
	<b>GS</b>	<b>XT</b>	<b>Jednotka</b>
<b>Propustnost světla</b>	92	92	%
<b>Modul pružnosti</b>	3200	3200	MPa
<b>Mez pevnosti v tahu</b>	80	72	MPa
<b>Rázová houževnatost</b>	15	15	KF/m <sup>2</sup>
<b>Poměr. prodloužení při přetrhu</b>	5,5	4,5	%
<b>Koef. tepelné roztažnosti</b>	0,07	0,07	mm/m °C
<b>Měrná hmotnost</b>	1,19	1,19	g/cm <sup>3</sup>
<b>Tepelná odolnost</b>	80	70	°C
<b>Elektrická odolnost</b>	30	30	KV/mm



## 5 PŘÍPRAVA VÝROBY

Příprava výroby spočívala z namodelování jednotlivých částí sestavy a přípravy výkresů pro výrobu. Modely rozváděcí desky a upínací desky byly následně použity pro přípravu NC programu pro výrobu na frézce AZK HWT C-442 Profi.

### 5.1 Popis programu SolidWorks



SolidWorks je 3D strojírenský software pro parametrické modelování.

Základní filozofií SolidWorks je kombinace práce ve skicáři a tvorba objemu protažením, rotací, tažením po křivce, sečítání a odečítání tvarů, tvarové otvory, žebra, zkosení, zrcadlení, pravouhlá a kruhová pole, skořepiny s různou tloušťkou stěn, tvorba forem, rozviny plechů, zpracování prostorových křivek a ploch, promítání křivek na plochu, detekce kolizí v sestavě, "rozhození" složené sestavy, tažení profilu po křivce (Sweep) s možností pomocných omezujících křivek (speciálním případem Sweepu je spirála), Loft (propojení řezů) s pomocnými vodícími křivkami, zaoblení s proměnným poloměrem. Model nemusí být při vzniku plně zakótován, tj. pokud nejsou míry zadány, program přidělí implicitní hodnoty. Pouze informuje o pod- (pře-) definovanosti geometrie barvou entity.

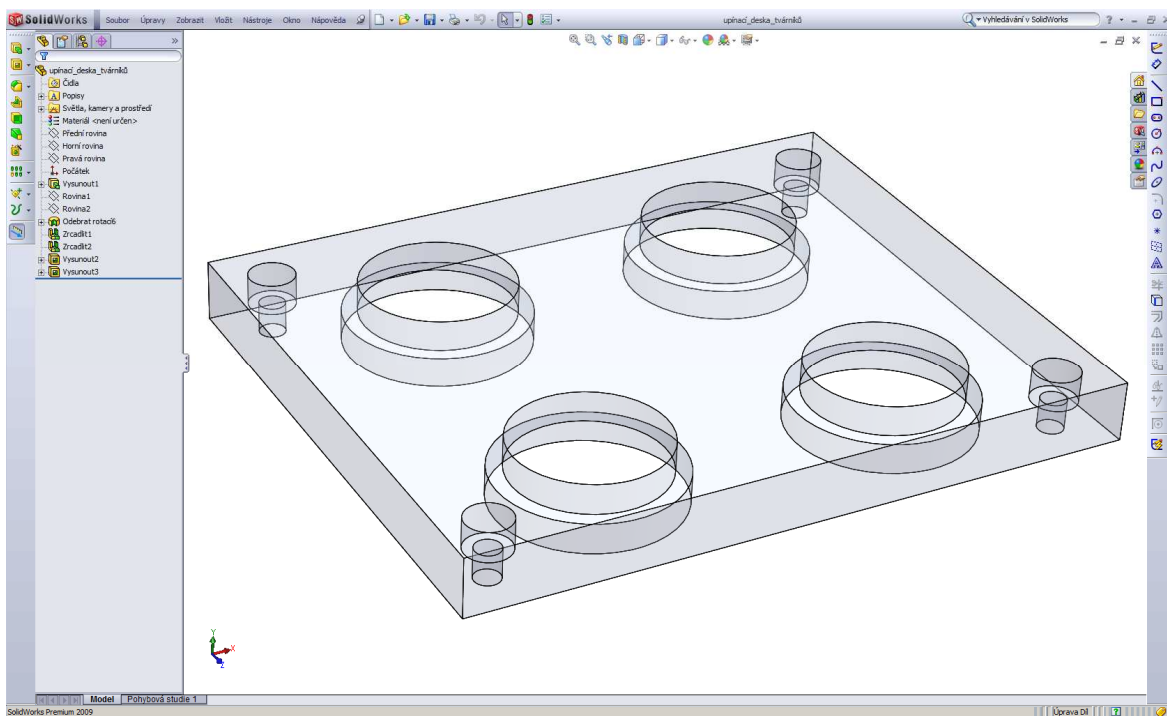
Program se snaží "předvídat", co bychom právě potřebovali - při kreslení skic nabízí postupně směr rovnoběžný s poslední úsečkou a kolmý směr; pokud jsou v činnosti automatické vazby, spojuje uzlové body jednotlivých elementů. Při vytváření objemů ze skici natočí součást do izometrického pohledu a zjednodušeným náhledem naznačuje, jak s daným nastavením prováděná činnost dopadne.

SolidWorks využívá funkce Windows pro přesun, kopírování, mazání součástí i jejich dílčích tvarů - pokud máme otevřený soubor s prvkem, který jsme dlouho vymýšleli a ještě déle vytvářeli, a rádi bychom jej zkopírovali do podobné součásti, stačí prvek vybrat a přetáhnout na druhou plochu. [15]

#### 5.1.1 Upínací deska tvárníků

Modelování v SolidWorks probíhalo otevřením dílu, ve kterém byla vybrána rovina, ve které byl naskicován základní profil upínací desky. Příkazem přidání vysunutím  byl ze skici vytvořen 3D model, ve kterém byly dále naskicovány kružnice jako díry a příkazem odebrání vysunutím  byly otvory pro tvárníky a díry pro šrouby vytvořeny.

V tomto případě se jedná o jednoduché modely s využitím podobných funkcí při modelování a jejich tvorba je velmi podobná.



Obr. 39 Model upínací desky tvárníků

## 5.2 Popis programu NX7

NX je komplexní CAD/CAM produkt jak z hlediska pokrytí procesů ve strojírenství, tak z hlediska plnosti a kvality funkcí. Díky své modulární stavbě nabízí řešení jak pro špičkové průmyslové aplikace, jako je letecký a automobilový průmysl, tak i řešení pro běžnou strojírenskou výrobu pro střední i menší podniky a konstrukční kanceláře.

CAX systém NX (Unigraphics) komplexně zahrnuje podporu širokého spektra činností v konstrukci a výrobě od prvního ideového návrhu výrobku přes výpočty, simulace a analýzy, modelování jednotlivých dílů i celých sestav, tvorbu výkresové dokumentace, programování NC obráběcích a měřících strojů a simulaci obrábění až po kontrolu kvality, správu dat a projektů a integraci do podnikového informačního systému.

### - NX CAM – frézování

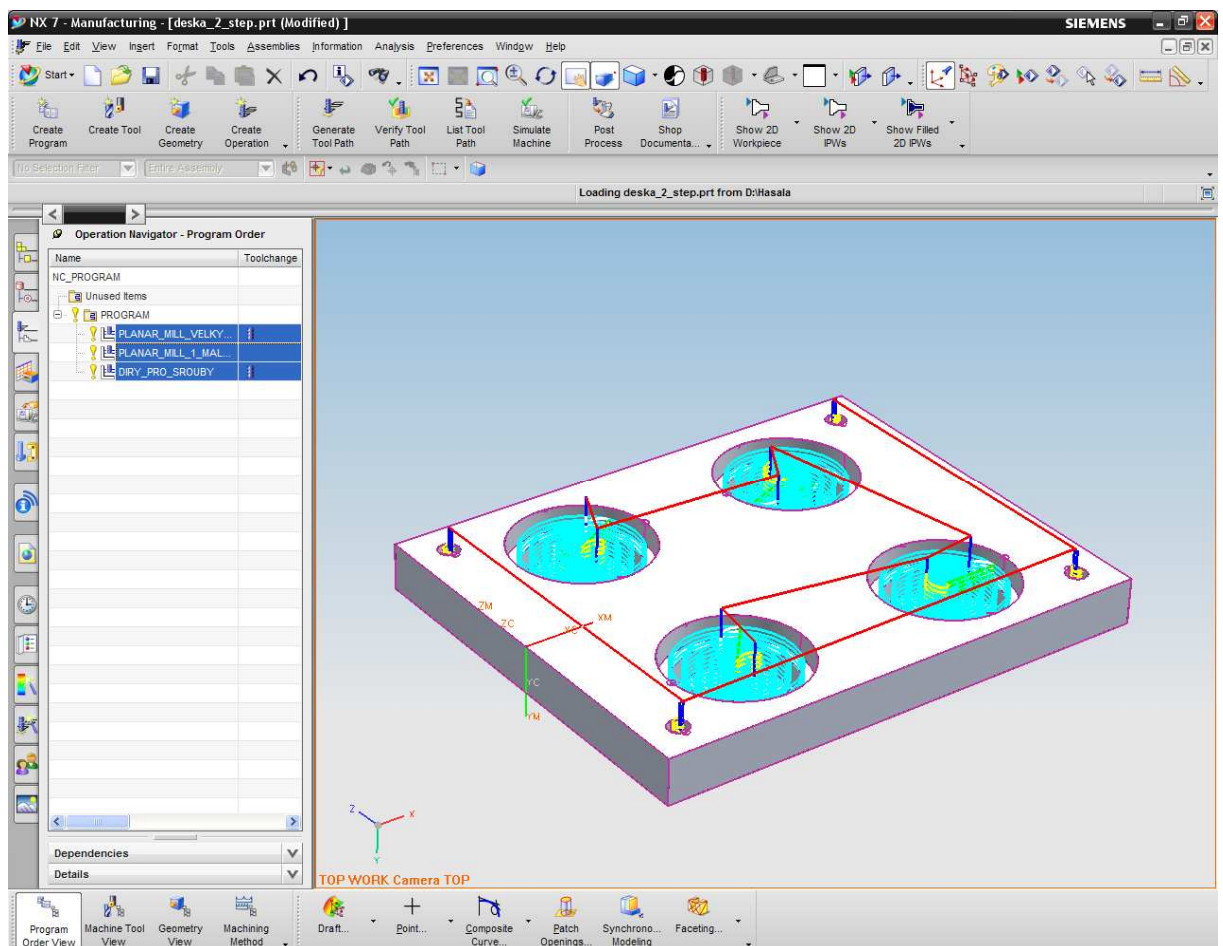
je určeno pro všechny typy obrábění: 2,5 a 3osé plynulé frézování, 4 až 5osé indexové frézování, soustružení, drátové řezání vrtání až po 4 a 5osé plynulé obrábění. Zvládá také programování multifunkčních soustružnických center, kde kombinací soustružnických,

frézovacích a vrtacích nástrojů je možné obrobít součást ze všech stran s automatickým přepnutím obrobku do vedlejšího vřetena. [17]

Ve škole na učebnách je k dispozici systém NX7 s modulem CAM, bez modeláře.

### 5.2.1 Upínací deska tvárníků

Příprava programu pro obrábění na CNC frézce v systému NX7 byla započata načtením modelu vytvořeným v SolidWorks. Na modelu byl stanoven nulový bod obrobku a byly vytvořeny se nástroje, kterými se obrábělo. Dále byla vybrána funkce pro obrábění, např. planar mill, byl zvolen nástroj a kontury např. děr s určením hloubky frézování. Jednotlivé operace byly vygenerovány a odsimulovány. Následně byly jednotlivé programy přeloženy pomocí postprocesoru pro CNC frézku. Modré čáry na Obr. 40 znázorňují frézování, červené znázorňují přejezdy rychloposuvem mezi jednotlivými operacemi.



Obr. 40 Dráhy nástroje při frézování upínací desky

## 6 POUŽITÉ STROJE

### 6.1 CNC frézka AZK HWT C-442 Profi

Frézka je vhodná především pro výrobu grafitových elektrod, frézování plastů, dřeva, hliníku apod. Je vybavena kompenzací tepelné dilatace vřeteníku, osvětlením nástroje a pracovního prostoru, odsávacími hubicemi a úplným zakrytváním. [14]

Tab. 7 Základní parametry frézky [14]

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 vřetena	2000-25000 ot./min
Max. upínací průměr nástroje	10 mm
Motor vřetena	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. 41 CNC frézka AZK HWT C-442 Profi

## 6.2 Soustruh TOS SN 32

Soustruh je umístěn na strojní dílně ve firmě RIM – CZ spol. s r.o., kde slouží pro drobné operace.



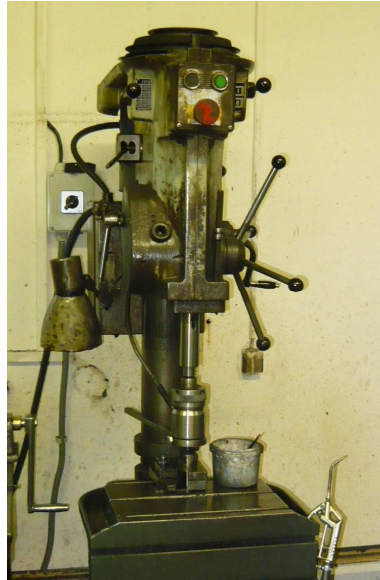
Obr. 42 Soustruh TOS SN 32

Tab. 8 Základní parametry soustruhu

Otáčky vřetena	20 – 2500 ot./min.
Max. průměr upnutého obrobku ve sklíčidle	215 mm

### 6.3 Sloupová vrtačka VS 20B

Vrtačka je také součástí strojní dílny firmy RIM – CZ spol. s r.o.



Obr. 43 Sloupová vrtačka VS 20B

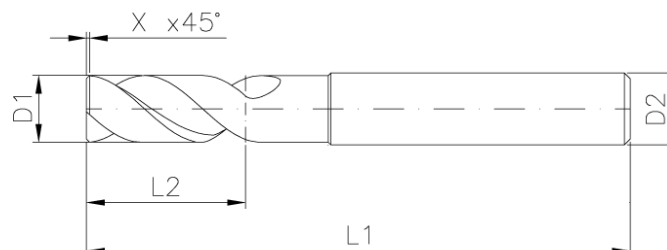
Tab. 9 Základní parametry sloupové vrtačky

Otáčky vřetena	71 – 2800 ot./min.
Velikost upínací plochy (X×Y)	500 mm × 300 mm, 8 mm T-drážky

### 6.4 Použité nástroje

#### 6.4.1 Frézování

Při frézování byly použity nástroje firmy SECO, výrobní řady VHM. Nástroje byly do vřetena upínány pomocí kleštin ER16 – SECO, kde pro každý průměr nástroje odpovídá daný průměr kleštiny.



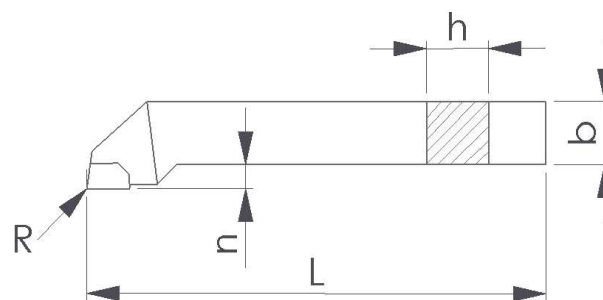
Obr. 44 Schéma válcové frézy

Tab. 10 Seznam použitých fréz

nástroj	$D_1$ (mm)	$L_2$ (mm)	$L_1$ (mm)	$D_2$ (mm)	$z$	ozn. nástroje
T1	10	40	100	10	2	93L100
T2	8	20	70	8	2	93080
T3	3	12	40	3	2	93030

Doporučená řezná rychlost pro PMMA je  $250 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ . Při frézování se chladilo mýdlovou vodou.

### 6.4.2 Soustružení

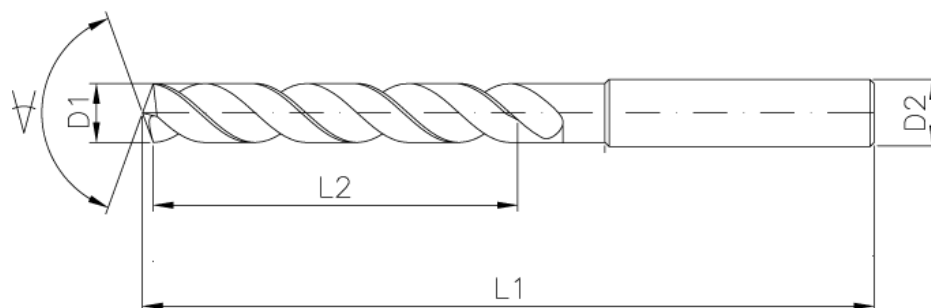


Obr. 45 Schéma pravého stranového soustružnického nože

Tab. 11 Seznam použitých nožů

nástroj	$L$ (mm)	$b$ (mm)	$h$ (mm)	$n$ (mm)	$R$ (mm)	mat.
T4	130	20	20	3	1	HSS

### 6.4.3 Vrtání



Obr. 46 Schéma vrtáku



Otáčky při vrtání byly voleny optimálně s ručním posuvem s přerušováním, aby nedocházelo k přehřívání materiálu a netavil se. Správné nastavení rychlosti řezu a správný posuv se pozná podle hladkého a souvislého odchodu třísek. Pro chlazení byla použita vodou ředitelná chladicí emulze.

Tab. 12 Seznam použitých vrtáků a zvolené otáčky při vrtání

nástroj	D1 (mm)	D2 (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	Úhel °	mat.	otáčky (ot.min <sup>-1</sup> )	posuv (mm.min <sup>-1</sup> )
T5	6	6	130	95	118	RO	510	*
T6	6,8	6,8	109	69	118	RO		250
T7	8	8	165	109	118	RO	480	*
T8	10	10	184	121	118	RO	420	*
T9	12	12	205	134	118	RO	380	*
T10	14	14	160	108	118	RO	380	*
T11	25	25	250	130	90	RO	225	*
T12	25	25	250	118	180	RO	225	*

pozn. \* - ruční posuv



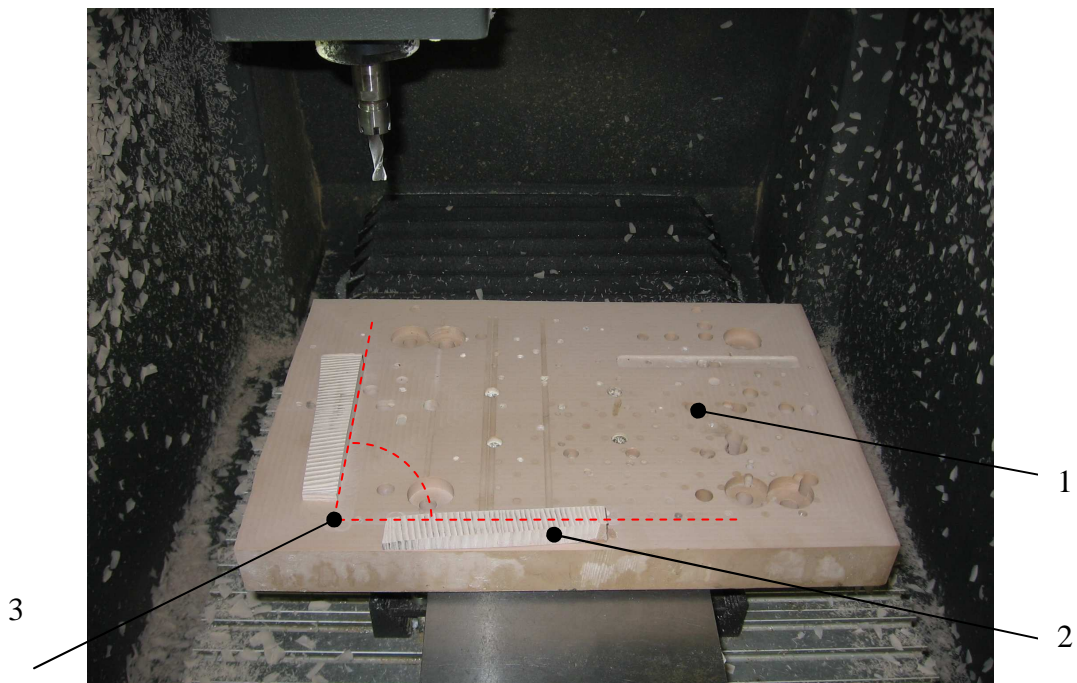
## 7 POSTUP VÝROBY

Výroba modelu probíhala ve čtyřech hlavních krocích. Frézováním, soustružením, vrtáním a dokončovacími pracemi.

Frézováním na CNC frézce byly obráběny rozváděcí a upínací deska. Vzhledem k max. obráběcímu prostoru CNC frézky, jsme byli nuceni chladicí kanálky vrtat na stojanové vrtačce. Pro výrobu tvárníků bylo zvoleno soustružení a to především z časových důvodů a problematickému upínání v případě původně uvažovaného frézování. Dokončovací práce zahrnovaly přešetření ploch a samotnou montáž modelu.

### 7.1 Stanovení nulového bodu obrobku při frézování

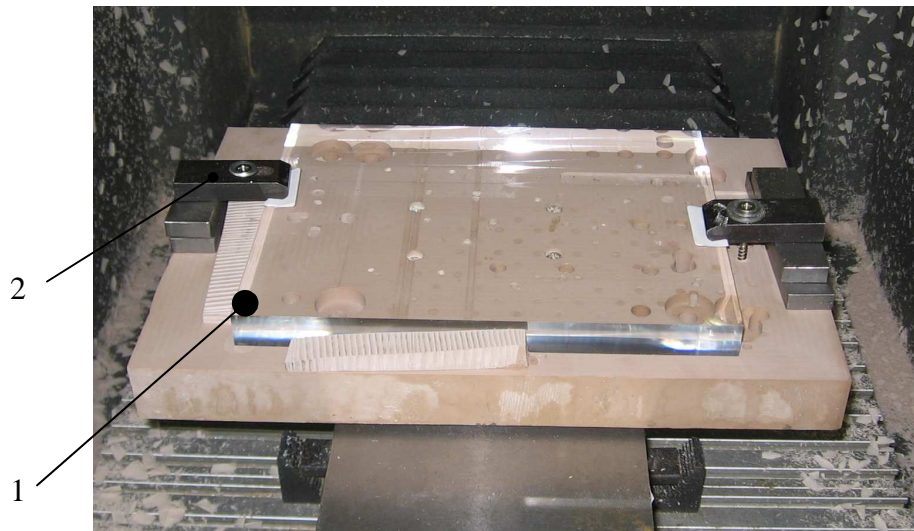
Při frézování desek na stroji AZK HWT C 442 Profi byla nejprve do svěráku upnuta základová deska z technického dřeva, která byla nástrojem T1 zarovnána pro upínání. Na zarovnanou desku byly přilepeny dřevěné hranolky, které byly z vnitřních stran ofrézovány nástrojem T1 a tím byly zajištěny dorazy při upínání obráběných desek. Do vzniklého rohu byl umístěn nulový bod obrobku os X, Y a v ose Z byla přičtena výška aktuálně obráběné desky.



Obr. 47 Upínací deska polotovarů - desek

1 – upínací deska, 2 – dorazy, 3 – nulový bod obrobku v ose x, y (osa z + výška obráběných desek)

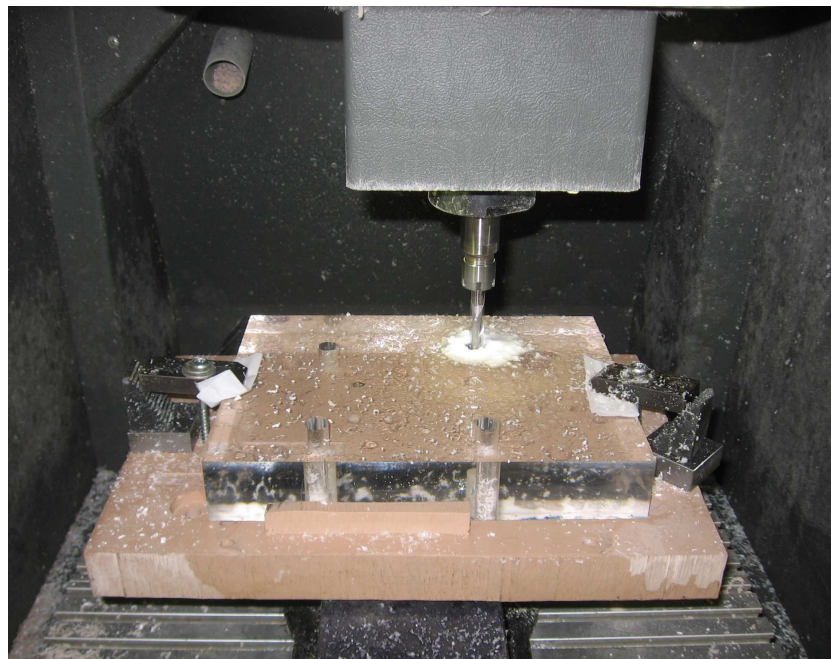
Desky byly upnuty pomocí upínek a vrutů. Upínky byly podkládány podložkou, aby se minimalizovalo poškrábání povrchu.



Obr. 48 Upnutí desky

1 – nulový bod obrobku, 2 - upínka

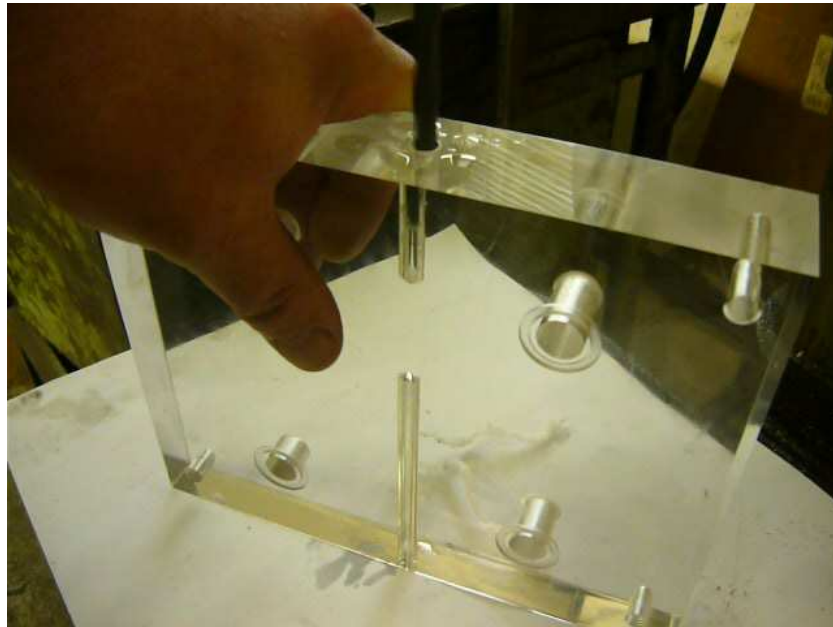
## 7.2 Obrábění rozváděcí desky



Obr. 49 Frézování děr  $\varnothing 14$  mm

Frézováním byly na desce obrobny tři průchozí díry o  $\varnothing 14$  mm a jedna díra o  $\varnothing 14$  mm a hloubce 27 mm nástrojem T2. Dalším krokem bylo vyfrézování kruhových drážek nástrojem T3 pro těsnění mezi rozváděcí deskou a tvárník do hloubky 1,6 mm. Ná-

strojem T6 byly vyvrtány díry o hloubce 32 mm pro závity M8. Před poslední operací frézování na této desce byla přemístěna upínka, aby bylo možné desku ofrézovat na konečný rozměr 220x180 mm, nástrojem T1. Další operace probíhaly na vrtačce, vč. sražení hran 1,5x45°.



Obr. 50 Oboustranné vrtání kanálku  $\varnothing$  10 mm

Při vrtání kanálků byl nejprve vrtán střední kanálek o  $\varnothing$ 10 mm. Z důvodu, že kanálek je dlouhý 180 mm, byl předvrtán z jedné i druhé strany nástrojem T7 na  $\varnothing$ 8 mm.

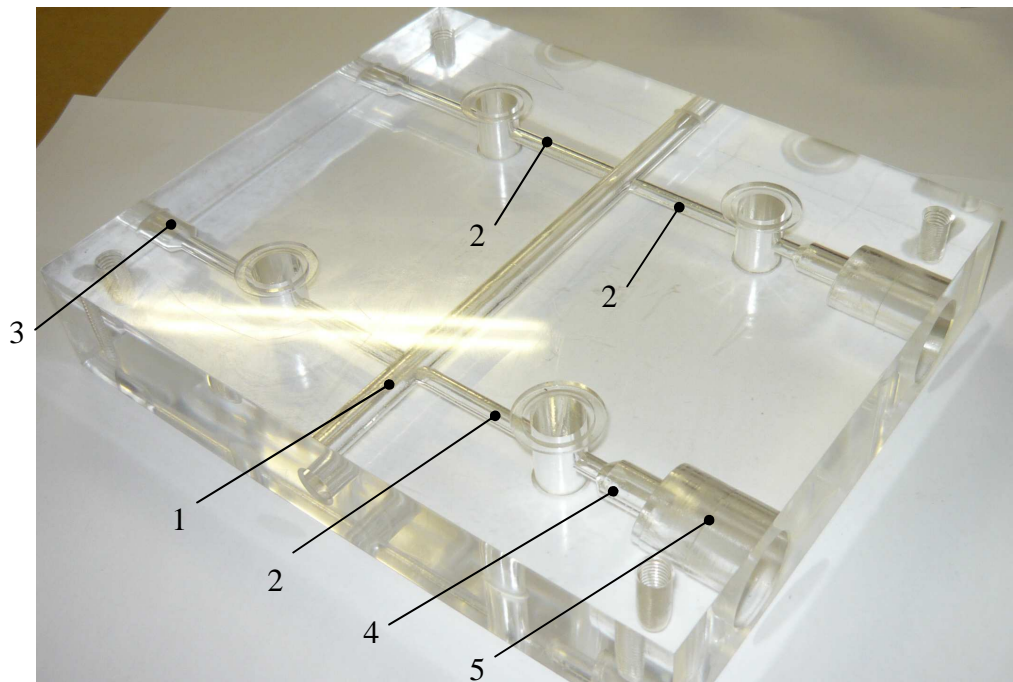


Obr. 51 Převrtání kanálku o  $\varnothing$ 8 mm na  $\varnothing$ 10 mm

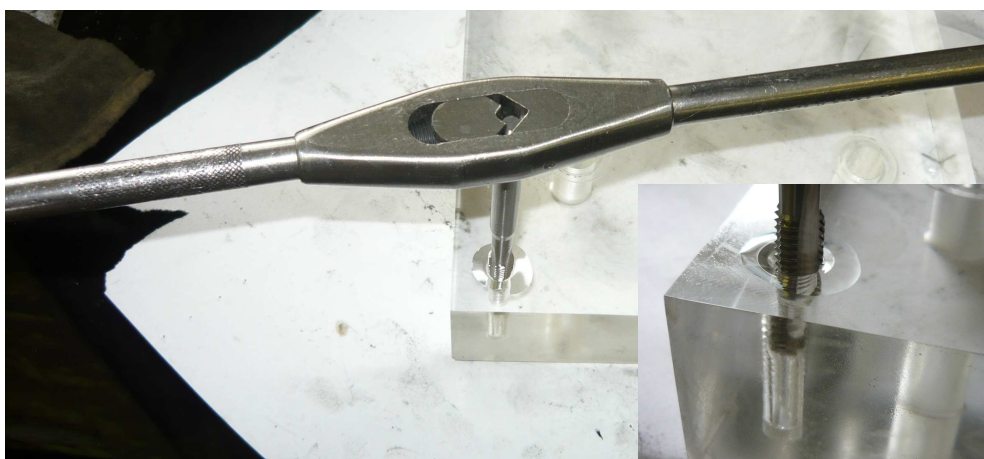
Následně byl kanálek převrtán prodlouženým vrtákem T8 na  $\varnothing$ 10 mm na jedno upnutí. Předvrtání se volilo z toho důvodu, aby vzhledem k větší délce vrtaného kanálku nedošlo



k většímu vybočení vrtáku do strany. Další vrtání spočívalo ve vrtání kanálků o  $\varnothing 6$  mm nástrojem T5, viz. Obr. 52 (2), z jedné i druhé strany, kde kanálky ústí do kanálku o  $\varnothing 10$  mm (1). Následně byly kanálky o  $\varnothing 6$  mm převrtány na  $\varnothing 12$  mm do hloubky 14,5 mm (3) na straně jedné a 44,5 mm na straně druhé (4) nástrojem T9. Nástrojem T11 byla převrtána díra  $\varnothing 12$  mm na  $\varnothing 26$  mm a dovrtána nástrojem T12 na hloubku 30 mm (5).



Obr. 52 Označení vrtaných kanálků a zahloubení



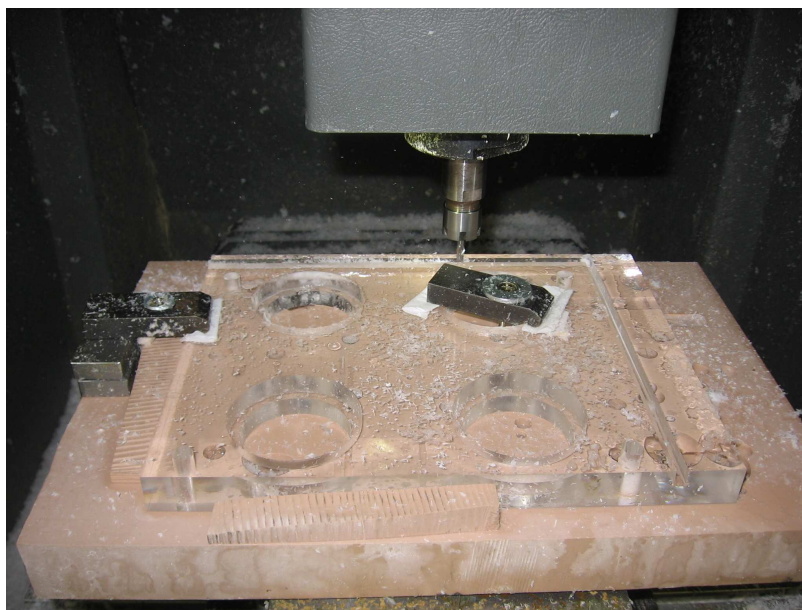
Obr. 53 Řezání závitu M8

### 7.3 Obrábění upínací desky



Obr. 54 Frézování kruhových otvorů v upínací desce

Sled operací bylo vyfrézování zahloubení pro jednotlivé stupně tvárníků a díry pro šrouby. Nástrojem T1 byly vyfrézovány zahloubení o  $\varnothing 60$  mm a hloubce 10 mm. Poté byly v zahloubeních vyfrézovány díry o  $\varnothing 50$  mm. Následně byla přemístěna upínka a upínací deska byla ofrézována na konečný rozměr 220x180 mm. Díry  $\varnothing 9$  mm pro šrouby byly obráběny nástrojem T2. Poté byla deska obrácena a mohlo být vyfrézováno zahloubení pro hlavy šroubů o  $\varnothing 15$  mm a hloubce 10 mm nástrojem T2.



Obr. 55 Ofrézování desky na požadovaný rozměr



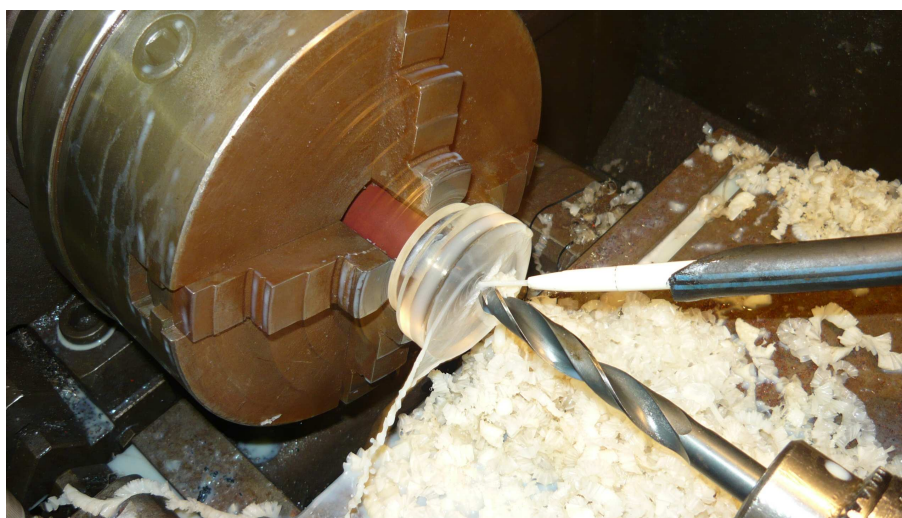
#### 7.4 Obrábění tvárníků

Tvárníky byly soustruženy na klasickém soustruhu TOS SN32. Při soustružení se osvědčilo nabrousit na hrotu nástroje rádius. Otáčky vřetena byly nastaveny na  $630 \text{ ot.min}^{-1}$ , posuv  $24 \text{ mm.min}^{-1}$ . Na obrázku je znázorněna obrobená část tvárníku o  $\varnothing 30 \times 66 \text{ mm}$  a  $\varnothing 50 \times 10 \text{ mm}$  nástrojem T4.



Obr. 56 Soustružení tvárníku

V dalším kroku byl upnut tvárník do brusného papíru, abychom nepoškodili části plochy již obrobeného tvárníku a byl obroben  $\varnothing 60 \text{ mm}$  nástrojem T4. Díry  $\varnothing 14 \text{ mm}$  byly do tvárníku vrtány nástrojem T10 do hloubky  $72 \text{ mm}$ .



Obr. 57 Vrtání díry  $\varnothing 14 \text{ mm}$  do tvárníku

Po vyvrtání díry byl tvárník zkrácen na požadovanou délku  $86 \text{ mm}$ . Tato operace byla zvolena až po vyvrtání pro případ, že by při vrtání docházelo ke štípání hrany.

### 7.5 Dokončovací operace

Závěrečnou operací před samotnou montáží modelu bylo přešetění ploch, protože při obrábění a manipulaci s dílci vznikly viditelné škrábance. Při broušení bylo nutné se vyhnout vysoké teplotě vzniklé třením. Hrubší vrypy byly přebroušeny pod vodou smirkovým papírem o zrnitosti 400.

Pro konečné leštění hran byl použit filcový kotouč upnutý ve vrtačce. Pro leštění byla použita leštící pasta.

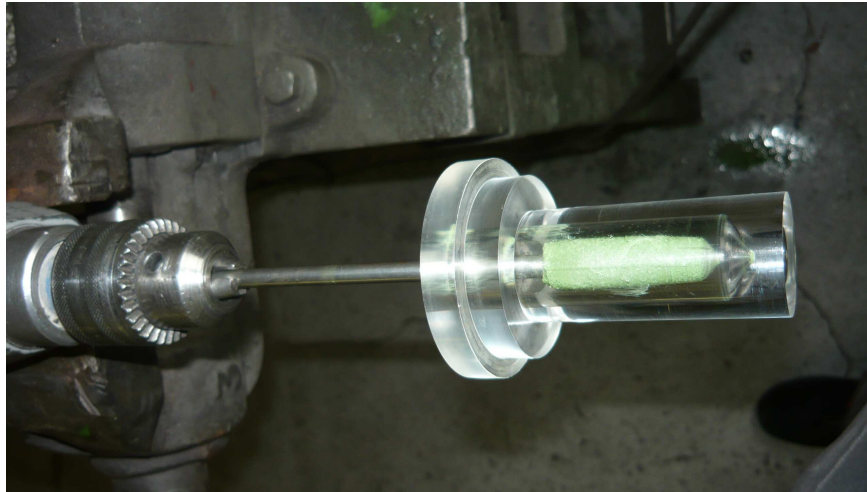


Obr. 58 Leštění hrany desky filcovým kotoučem



Obr. 59 Přešetění plochy

Pro leštění větších ploch byla použita autoleštička, aby se leštícím kotoučem nepoškodily hrany, ústí otvorů apod. Pro svůj malý počet otáček však byla nevhodná, ale v rámci možností použitelná.

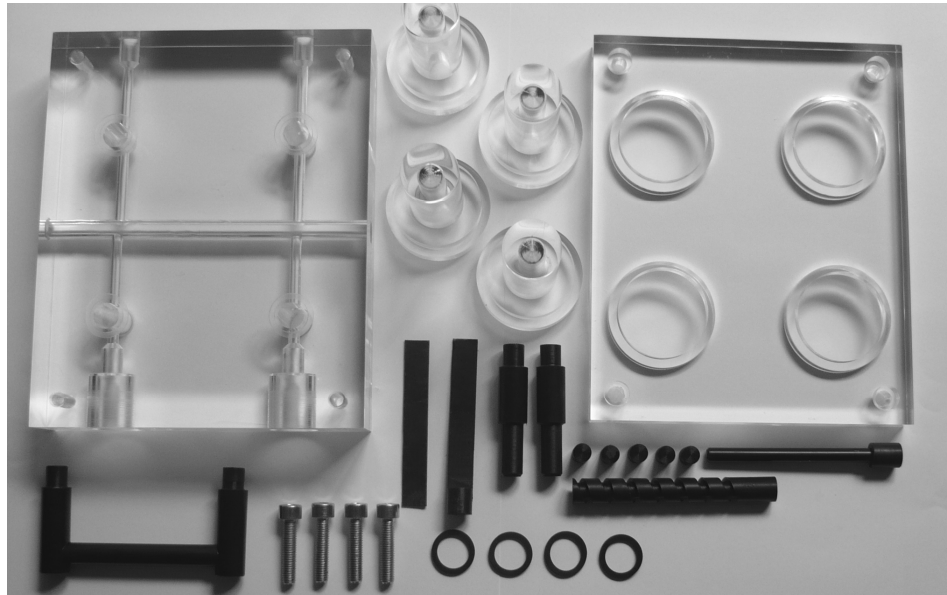


Obr. 60 Leštění vnitřní díry tvárníku

Vnitřní díry tvárníku byly leštěny přípravkem pro leštění vnitřních děr upnutých ve vrtačce. Leštění jednotlivých dílů jsme zvládli ve vlastní režii.



## 8 VÝROBEK



Obr. 61 Nesestavený model



Obr. 62 Sestavený model

Na Obr. 62 je znázorněn sestavený model chladicího okruhu. Je sešroubován šrouby M8x35, ČSN 02 1143.

## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo provedení konstrukčního návrhu a samotné výroby jednoduchého výukového modelu chladicího systému vstřikovacích forem s ukázkou možnosti použití normálií pro chlazení tvárníků vstřikovacích forem. Model byl vyroben z materiálu PMMA. Celkové rozměry jsou voleny s ohledem na poskytnuté normálie z firmy Jan Svoboda s.r.o. od firmy Ermanno Balzi. Konstrukční část byla provedena v systému SolidWorks. Pro díly obráběné na CNC frézce AZK HWT C 442 Profi se připravily NC programy v systému NX7. Samotná výroba modelu se rozdělila na výrobu frézováním na CNC frézce AZK HWT C 442 Profi, soustružením na klasickém soustruhu TOS SN32 a vrtáním na sloupové vrtačce VS 20B. Závěrečná fáze zahrnovala dokončovací operace, které spočívaly v leštění dílců a samotné montáži modelu.

V konečné fázi jsme upustili od použití normálií v modelu. Rozhodli jsme se vyrobit jejich makety a ty osadit do modelu. Originální normálie se budou používat při výuce samostatně.

Model byl vyroben pro potřeby výuky jako názorná ukáзка konvenčního způsobu chlazení desek a tvárníků. Zadání bakalářské práce bylo splněno dle zadání. Zároveň se díky zadání výroby v rámci bakalářské práce ušetřily náklady spojené s výrobou modelu v externí firmě.

V příloze na CD jsou výkresy dílů, 3D modely dílů a vygenerované programy pro CNC stroj.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BOBČÍK, L., et al. *Formy pro zpracování plastů*. 2. Brno : Uniplast, 1999. 136 s.
- [2] TOMIS, F., *Gumárenská a plastikářská technologie, zpracovatelské procesy*.  
Brno : VUT 1987. ISBN 55-552-87
- [3] LUKOVICS, I., *Konstrukční materiály a technologie*, Brno: VUT 1992.  
ISBN 80-214-0399-3
- [4] FT UTB, katedra ÚVI, Konstrukce forem
- [5] Katedra strojírenské technologie, FS, TU v Liberci [online]. 2008 [cit. 2010-03-18].  
[Http://www.ksp.tul.cz/](http://www.ksp.tul.cz/). Dostupné z WWW: <<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/informace.htm>>.
- [6] RŮŽIČKA, K., *Směrnice pro konstrukci vstřikovacích forem I*, 1. vyd. Zlín, 1979
- [7] Bobčík, L., et al. *Formy pro zpracování plastů, II. Díl - Vstřikování termoplastů*.  
1. Brno : Uniplast, 1999.
- [8] Inovace.cz [online]. 2007 [cit. 2010-04-15]. 3D software pro simulaci vstřikování  
plastů. Dostupné z WWW: <<http://www.inovace.cz/for-high-tech/chemie-materialy/clanek/3d-software-pro-simulaci-vstrikovani-plastu/>>.
- [9] Kocman, K; Prokop, J. *Technologie obrábění II*. – řešené příklady. 2. Brno :  
VUT, 2002. 63 s.
- [10] Jan Svoboda.cz [online]. 2010 [cit. 2010-05-19]. Firma ERMANNO BALZI. Dos-  
tupné z WWW: <<http://www.jansvoboda.cz/chladici-systemy/firma-ermanno-balzi/>>.
- [11] HLUCHÝ, M. a kol. *Strojírenská technologie*. Praha : SNTL, 2000.
- [12] Střední technická škola [online]. 2010 [cit. 2010-03-12]. Materiály k výuce. Dos-  
tupné z WWW: <<http://sstzr.cz/download/index.php?cat=1>>.
- [13] Surfcam [online]. 2008 [cit. 2010-03-20]. Production Machining. Dostupné  
z WWW: <[www.surfcam.com](http://www.surfcam.com)>.
- [14] AZK - Frézky HWT \_ADA C Profi [online]. 2009 [cit. 2010-05-07]. Dostupný z  
WWW: <http://www.azk.cz/line-c-profi.php?lang=cz>
- [15] Ancor [online]. 2005 [cit. 2010-04-17]. SolidWorks. Dostupné z WWW:  
<[http://www.ancor.cz/st/popis\\_sw.htm](http://www.ancor.cz/st/popis_sw.htm)>.

- [16] Řempe Net [online]. 2007 [cit. 2010-05-01]. PMMA. Dostupné z WWW: <<http://plexisklo.rempo.net/>>.
- [17] Axiom Tech [online]. 2007 [cit. 2010-05-12]. NX7. Dostupné z WWW: <<http://www.axiomtech.cz/kategorie/1484-nx.aspx>>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

CNC	Computer Numerical Control
NC	Numerical Control
CAD	Computer-aided design (počítačem podporované projektování)
CAM	Computer-aided manufacturing (počítačem podporovaná výroba)
CAE	Computer-aided engineering (simulace tečení taveniny)
T	Číslo nástroje
Ø	Průměr
R	Rádus
PMMA	Organické sklo (plexisklo)
R	Referenční bod stroje
M	Nulový bod stroje
W	Nulový bod obrobku
Re	Reynoldsovo číslo
Cu	Měď
Al	Hliník

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Vstřikovací cyklus [2] .....	14
Obr. 2 Schéma vstřikovacího stroje [5] .....	17
Obr. 3 Řez vstřikovací jednotkou [5].....	18
Obr. 4 Uzavírací jednotka vstřikovacího stroje [5].....	18
Obr. 5 Schéma dvojnásobné vstřikovací formy [4] .....	20
Obr. 6 Obvyklé způsoby zaformování výstřiku [2] .....	21
Obr. 7 Používané průřezy temperančních kanálů [4] .....	24
Obr. 8 Vzdálenosti temperančních kanálků [7] .....	24
Obr. 9 Tepelná trubice [7].....	26
Obr. 10 Příklady chlazení hranatých desek [7].....	28
Obr. 11 Příklady chlazení kruhových desek [7] .....	28
Obr. 12 Kovová trubice [4].....	29
Obr. 13 Vnější zátka [10].....	29
Obr. 14 Příklad použití vnitřní zátky [10].....	29
Obr. 15 Chlazení úzkých tvárnků [7] .....	30
Obr. 16 Chladicí trny [7].....	30
Obr. 17 Ukázka použití spirálové přepážky [10].....	31
Obr. 18 Ukázka použití rovné přepážky [10] .....	31
Obr. 19 Ukázka použití fontánek [10] .....	31
Obr. 20 Doporučená temperance u větších tvárnků [7].....	32
Obr. 21 Temperance zapojena do série třínásobné formy [4].....	32
Obr. 22 Temperance zapojena paralelně u třínásobné formy [4].....	33
Obr. 23 Predikce uzavírání vzduchu – simulace v Moldex3D [8].....	34
Obr. 24 Predikce uzavírání vzduchu – reálný výlisek [8].....	34
Obr. 25 Obráběcí centrum VMCF-2000 CNC [13].....	35
Obr. 26 Obrobek – základní plochy [9] .....	36
Obr. 27 Schéma pracovního prostoru stroje [12].....	39
Obr. 28 Schéma soustruhu [12] .....	39
Obr. 29 Schéma frézky [12].....	40
Obr. 30 Kartézský souřadnicový systém [12].....	41
Obr. 31 Zadání úhlu pro vrtání na kružnici [12].....	41
Obr. 32 Definice bodu P pomocí úhlu A a délky L [12] .....	41

Obr. 33 Absolutní programování [12] .....	42
Obr. 34 Přírůstkové programování [12].....	43
Obr. 35 Model chladicího okruhu.....	45
Obr. 36 Řez A modelem .....	46
Obr. 37 Řez B modelem .....	46
Obr. 38 Schéma chladicího okruhu.....	47
Obr. 39 Model upínací desky tvárníků .....	50
Obr. 40 Dráhy nástroje při frézování upínací desky .....	51
Obr. 41 CNC frézka AZK HWT C-442 Profi.....	53
Obr. 42 Soustruh TOS SN 32 .....	53
Obr. 43 Sloupová vrtačka VS 20B.....	54
Obr. 44 Schéma válcové frézy .....	54
Obr. 45 Schéma pravého stranového soustružnického nože.....	55
Obr. 46 Schéma vrtáku .....	55
Obr. 47 Upínací deska polotovarů - desek.....	57
Obr. 48 Upnutí desky.....	58
Obr. 49 Frézování děr $\varnothing 14$ mm.....	58
Obr. 50 Oboustranné vrtání kanálku $\varnothing 10$ mm.....	59
Obr. 51 Převrtání kanálku o $\varnothing 8$ mm na $\varnothing 10$ mm.....	59
Obr. 52 Označení vrtaných kanálků a zahloubení .....	60
Obr. 53 Řezání závitu M8.....	60
Obr. 54 Frézování kruhových otvorů v upínací desce .....	61
Obr. 55 Ofrézování desky na požadovaný rozměr .....	61
Obr. 56 Soustružení tvárníku .....	62
Obr. 57 Vrtání díry $\varnothing 14$ mm do tvárníku .....	62
Obr. 58 Leštění hrany desky filcovým kotoučem.....	63
Obr. 59 Přeleštění plochy.....	63
Obr. 60 Leštění vnitřní díry tvárníku .....	64
Obr. 61 Nesestavený model .....	65
Obr. 62 Sestavený model .....	65

**SEZNAM TABULEK**

Tab. Přehled polymerů vhodných ke vstřikování a jeho vlastnosti [4] .....	15
Tab. Rychlá identifikace plastů [4].....	16
Tab. Teploty formy pro vstřikování [4] .....	23
Tab. Minimální vzdálenosti temperančních kanálů [4] .....	24
Tab. Tabulka typů kapalin pro chlazení [7].....	27
Tab. Základní technické údaje PMMA [16] .....	48
Tab. Základní parametry frézky [14].....	52
Tab. Základní parametry soustruhu .....	53
Tab. Základní parametry sloupové vrtačky .....	54
Tab. Seznam použitých fréz.....	55
Tab. Seznam použitých nožů .....	55
Tab. Seznam použitých vrtáků a zvolené otáčky při vrtání.....	56



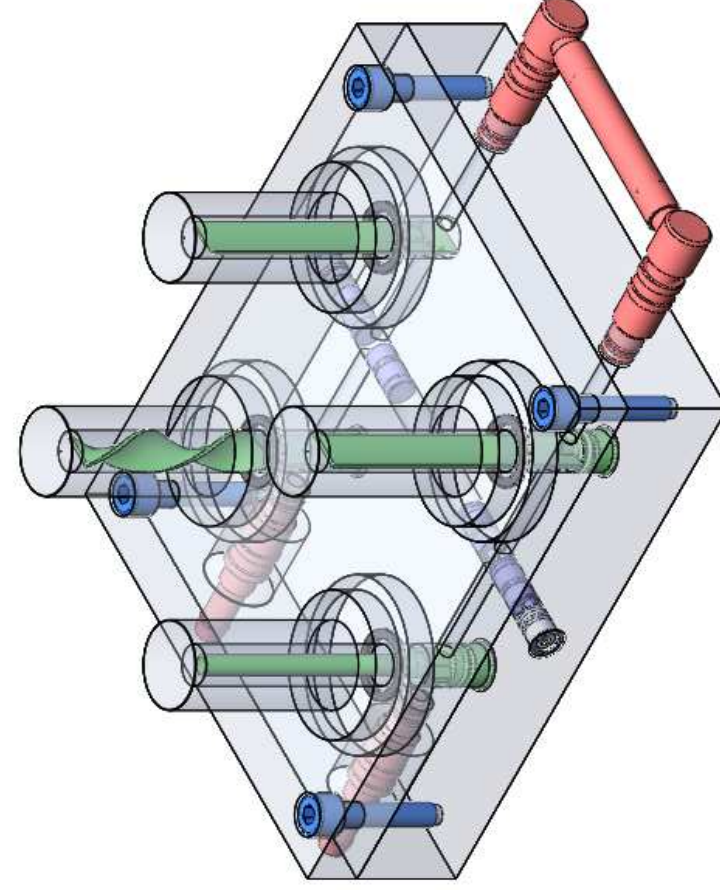
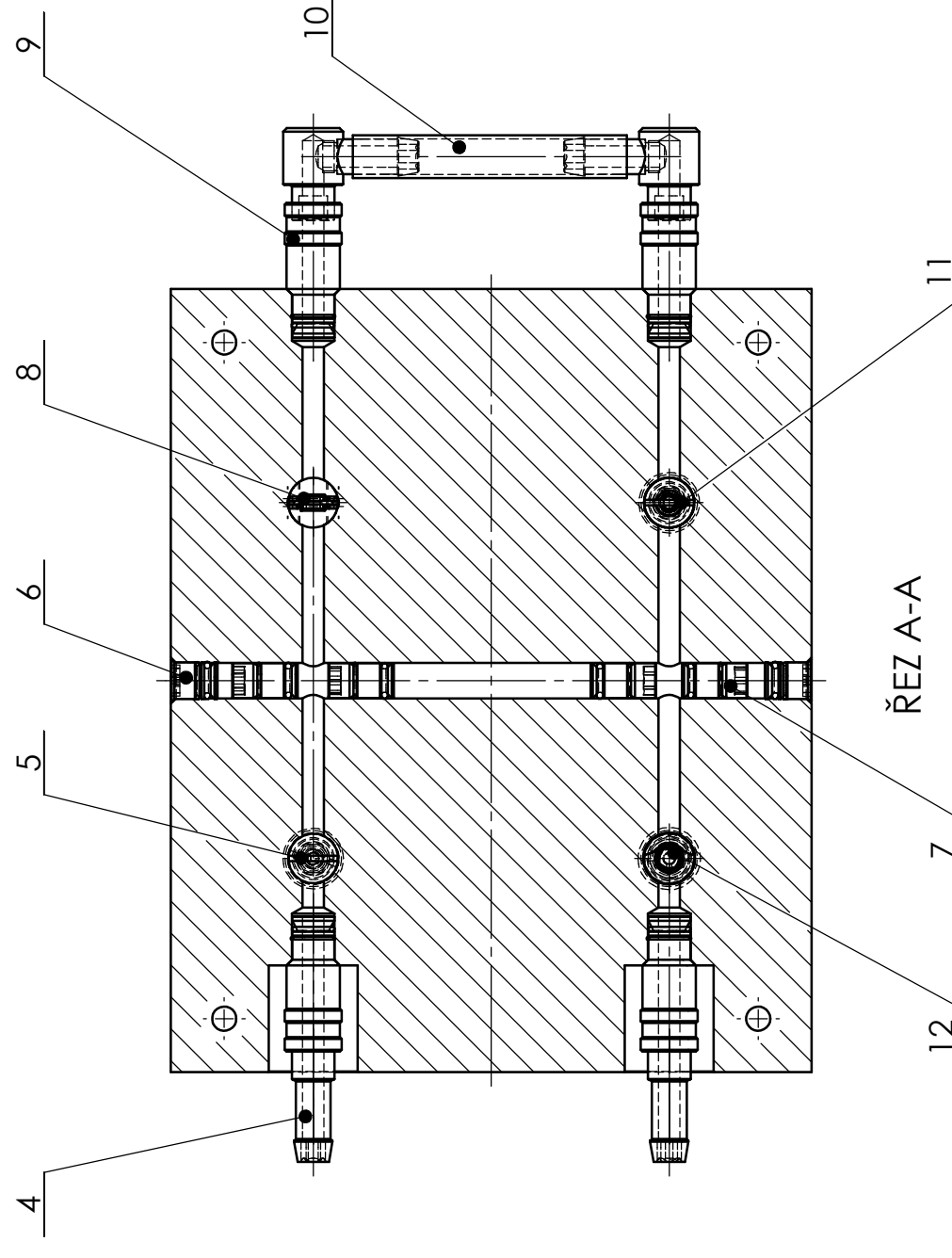
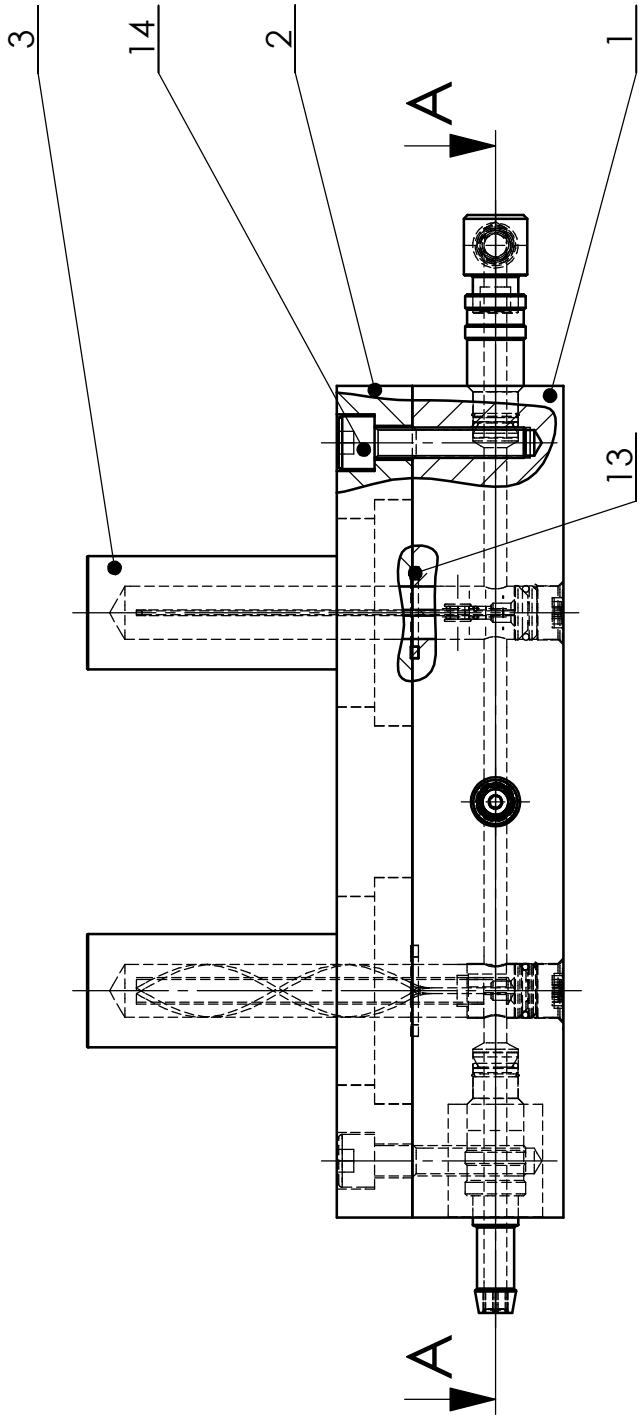
## SEZNAM PŘÍLOH

- P1 Seznam normálí
- P2 Sestava chladicího okruhu
- P3 CD disk:
- výkresová dokumentace v PDF
  - 3D modely
  - vygenerované programy pro CNC stroj

## PŘÍLOHA P I: SEZNAM NORMÁLÍ

<b>Objednací číslo</b>	<b>ks</b>	<b>Popis</b>
RLA-14x100	1	Přepážka s pružinou
RLS-14x100	1	Spirála
RL-14x100	1	Rovná přepážka – vnější
RF-14x150	1	Fontánka
AR-12	2	Rychlospojka
AR-12-90	2	Rychlospojka 90°
TRI-10 (L 16)	4	Zátka vnitřní
TR-10	2	Zátka vnější

**PŘÍLOHA P II: Sestava chladicího okruhu**



Tabulka kusovníku

pol.	název	výkres	mat.	mn.
1	Rozváděcí_deska	FT - UTB 00 - 001	PMMA	1
2	Upínací_deska_tvárníků	FT - UTB 00 - 002	PMMA	1
3	Tvárník	FT - UTB 00 - 003	PMMA	4
4	Rychlospojka			2
5	Spirála			1
6	Vnější_zátka			2
7	Vnitřní_zátka			4
8	Přepážka_s_pružinou			1
9	Rychlospojka_90°			2
10	Hadice			1
11	Rovná_přepážka_vnější			1
12	Fontánka			1
13	Těsnění			4
14	M8x30, ČSN 02 1143			4

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:  
 DEBUR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

REVISION

TITLE:  
**Model chladicího okruhu sestava**

DWG NO.  
**FT - UTB 00 - 000**

MATERIAL:

SCALE:1:2

WEIGHT:

A3

