

# Konstrukční návrh vstřikovací formy pro výrobu plastového dílu

Pavel Malík

---

Bakalářská práce  
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Pavel Malík
Osobní číslo:	T21039
Studijní program:	B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Technologická zařízení
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Konstrukční návrh vstřikovací formy pro výrobu plastového dílu

## Zásady pro vypracování

- Vypracujte literární studii na dané téma.
- Provedte konstrukci 3D modelu vyráběné součásti.
- Navrhněte 3D sestavu vstřikovací formy pro výrobu zadané součásti.
- Nakreslete výkres 2D sestavy vstřikovací formy.

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

**Seznam doporučené literatury:**

- OSSWALD, Tim A., Lih-Sheng TURNG a Paul J. GRAMANN. *Injection molding handbook*. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s. ISBN 978-1-56990-420-6
- BEAUMONT, John P. *Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding*. 3rd edition. Munich: Hanser Publishers, 2019, xx, 450 s. ISBN 978-1-56990-590-6
- KAZMER, David. *Injection mold design engineering*. 2nd edition. Munich: Hanser, [2016], xxiv, 529 s. ISBN 9781569905708

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Michal Staněk, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2024**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **17. května 2024**

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.**  
děkan

L.S.

**doc. Ing. Martin Bednařík, Ph.D. v.r.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 4. března 2024

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona 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);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem vstřikovací formy pro plastovou koncovku odsávání pro horní frézku na dřevo FERM PRM-1015. Práce je rozdělena na dvě části: teoretickou a praktickou.

V teoretické části je rozebrána technologie vstřikování, popis a funkce vstřikovacího stroje, polymery a jejich základní dělení, konstrukce vstřikovací formy a zásady při konstrukci plastového dílu.

Praktická část popisuje nejprve funkci výrobku a materiál vybraný pro jeho výrobu vstřikováním. Následně jsou řešeny jednotlivé částmi formy, způsob bočního odformování, výběr vtokové soustavy, temperací formy a vyhazovací systémem. Nakonec byl k této vstřikovací formě vybrán vhodný vstřikovací stroj od firmy ARBURG. 3D sestava formy byla vytvořena v softwaru CATIA V5 a je přiložena k této práci na CD, společně s výkresem sestavy a kusovníkem.

Klíčová slova: vstřikovací forma, polymery, vstřikovací stroj

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with the design of an injection mold for a plastic suction end for the upper wood milling machine FERM PRM-1015. The thesis is divided into two parts: theoretical and practical.

The theoretical part discusses the technology of injection molding, description and function of the injection molding machine, polymers and their basic division, design of the injection mold and principles in the design of the plastic part.

The practical part first describes the function of the product and the material selected for injection molding. It then discusses the different parts of the mold, the method of side molding, the selection of the runner system, mold tempering and the ejection system. Finally, a suitable injection molding machine from ARBURG was selected for the injection mold. The 3D mold assembly was created in CATIA V5 and is included on the CD with this work.

Keywords: injection mold, polymers, injection molding machine

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu, panu prof. Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za jeho čas, rady a odbornou pomoc při tvorbě této bakalářské práce. Zároveň děkuji mé rodině a nejbližším za jejich podporu.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>12</b>
1.1 PRINCIP VSTŘIKOVÁNÍ TERMOPLASTŮ .....	12
1.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	13
1.3 PŘÍPRAVNÉ ZPRACOVÁNÍ MATERIÁLU PŘED VSTŘIKOVÁNÍM .....	13
1.3.1 Míchání.....	13
1.3.2 Sušení .....	13
1.3.3 Barvení .....	14
1.3.4 Granulace .....	14
<b>2 VSTŘIKOVACÍ STROJ</b> .....	<b>15</b>
2.1 PLASTIKAČNÍ JEDNOTKA .....	15
2.1.1 Šnek .....	16
2.1.2 Tavicí komora .....	17
2.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA .....	17
<b>3 POLYMERY</b> .....	<b>18</b>
3.1 ROZDĚLENÍ POLYMERŮ .....	18
3.1.1 Termoplasty .....	18
3.1.2 Reaktoplasty.....	18
3.1.3 Elastomery .....	19
<b>4 VSTŘIKOVACÍ FORMA</b> .....	<b>20</b>
4.1 POSTUP NÁVRHU FORMY .....	20
4.2 RÁM FORMY .....	21
4.2.1 Vodící součásti.....	21
4.2.2 Rozpěrné desky.....	21
4.2.3 Středící kroužky.....	22
4.3 TYPY KONSTRUKCE FORMY .....	22
4.3.1 Dvoudesková forma.....	22
4.3.2 Třidesková forma.....	23
4.3.3 Formy s bočními posuvnými čelistmi .....	24
4.3.4 Formy s vytáčecím závitovým trnem .....	24
4.4 TVAROVÉ ČÁSTI DUTINY FORMY .....	25
4.6 VTOKOVÁ SOUSTAVA .....	25
4.7 STUDENÝ VTOKOVÝ SYSTÉM .....	26
4.7.1 Hlavní vtokový kanál .....	27
4.7.2 Rozváděcí kanál.....	27
4.7.3 Vtokové ústí.....	27
4.7.4 Plný kuželový vtok .....	28

4.7.5	Bodový vtok.....	28
4.7.6	Tunelový vtok.....	29
4.7.7	Boční vtok.....	29
4.8	VYHŘÍVANÝ VTKOVÝ SYSTÉM .....	30
4.8.1	Vyhřívané trysky .....	31
4.8.2	Vyhřívané rozváděcí bloky .....	32
4.9	VYHAZOVAČÍ SYSTÉM .....	33
4.9.1	Vyhazovací kolíky.....	33
4.9.2	Vyhazovací desky.....	34
4.9.3	Stírací deska .....	34
4.10	TEMPERACE FORMY .....	35
4.10.1	Temperační systém formy .....	35
4.10.2	Temperační kanálky .....	36
4.10.3	Temperační prostředky.....	36
4.11	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY .....	37
<b>5</b>	<b>KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÉHO DÍLU .....</b>	<b>38</b>
5.1	TLOUŠŤKA STĚNY .....	38
5.2	ŽEBRA .....	38
5.3	ÚKOSY .....	38
5.4	ZAOBLNĚNÍ HRAN.....	39
5.5	ZÁVITY .....	39
5.6	SMRŠTĚNÍ VÝROBKU .....	40
5.7	JAKOST POVRCHU.....	40
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>POUŽITÉ PROGRAMY .....</b>	<b>43</b>
7.1	CATIA V5 .....	43
7.2	KNIHOVNA MEUSBURGER .....	43
<b>8</b>	<b>CHARAKTERISTIKA VYRÁBĚNÉ SOUČÁSTI.....</b>	<b>44</b>
8.1	POPIS A FUNKCE SOUČÁSTI .....	44
8.2	MATERIÁL PRO VÝROBU SOUČÁSTI .....	44
<b>9</b>	<b>KONSTRUKCE FORMY.....</b>	<b>45</b>
9.1	ZAFORMOVÁNÍ DÍLU .....	47
9.2	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY.....	47
9.3	NÁSOBNOST FORMY .....	48
9.4	POSUVNÁ JEDNOTKA BOČNÍHO ODFORMOVÁNÍ .....	48
9.5	VTKOVÝ SYSTÉM.....	50



9.6	TEMPERACE FORMY .....	50
9.6.1	Temperace tvárnice a tvárníku.....	50
9.6.2	Temperace boční posuvné jednotky .....	51
9.7	VYHAZOVACÍ SYSTÉM .....	52
9.8	MANIPULACE S FORMOU .....	54
<b>10</b>	<b>VÝBĚR VSTŘIKOVACÍHO STROJE .....</b>	<b>55</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>56</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>57</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>64</b>

## ÚVOD

Polymerní materiály v posledních desetiletích v průmyslu začínají nahrazovat ostatní materiály, jako kovy, dřevo, keramiku apod. Je to hlavně díky jejich nízké hmotnosti, odolnosti vůči korozi a snadné zpracovatelnosti a nízké ceně. Nachází uplatnění v automobilovém průmyslu, stavebnictví, obalovém průmyslu, elektrotechnickém průmyslu nebo spotřebním průmyslu.

Vstřikování patří k nejrozšířenějším technologiím v oblasti zpracování polymerů. Umožňuje výrobu tvarově složitých součástí v krátkém časovém intervalu. Výroba vstřikovacích forem i samotný vstřikovací stroj jsou velmi drahé, proto se používají u výrobků velkých sérií a je potřeba zvážit, jestli se investice do této technologie vyplatí.

V současné době se technologie vstřikování neustále vyvíjí. Do výroby se zavádí prvky automatizace s cílem o co největší zkrácení vstřikovacího cyklu a tím zvýšení produkce výrobků za jednotku času.

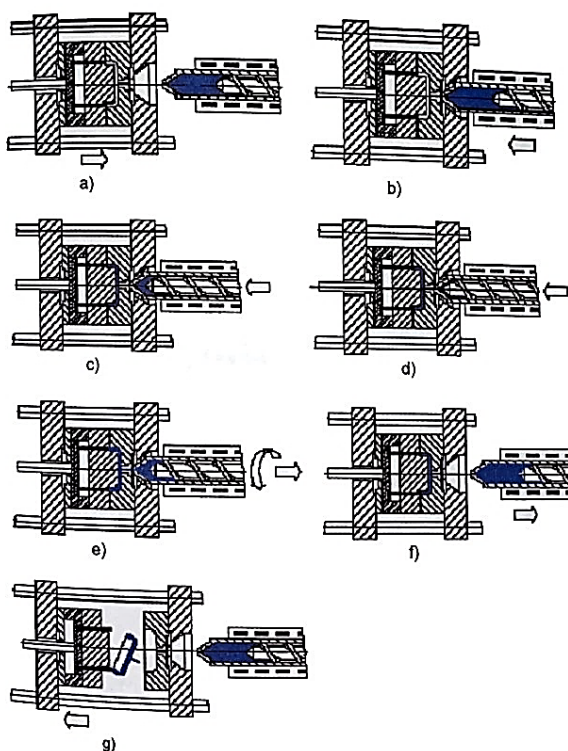
# **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je cyklická výrobní technologie s velkou škálou modifikací a s možností automatizace, využívaná hlavně pro sériovou a velkosériovou výrobu plastových dílů. Díky širokému uplatnění termoplastů v mnoha oborech, zejména v automobilovém průmyslu, elektronickém průmyslu, spotřebním průmyslu a dalších, je tato technologie v současné době velmi perspektivní. [1; 2]

## 1.1 Princip vstřikování termoplastů

Proces začíná podáváním termoplastického granulátu o velikosti asi 2 až 3 mm do násypky vstřikovacího stroje. U šnekových strojů je působením tření od otáčejícího se šneku a tepla přiváděného z odporově vytápěné válcové komory převeden granulát do roztaveného stavu. Tavenina se v důsledku zpětného pohybu šneku hromadí před čelem šneku a následně se vstříkne pohybem šneku směrem vpřed do tvarové dutiny formy, kterou vyplní a převezme její tvar a rozměry. Následuje zchlazení vstřikovaného dílu na teplotu vyhazování, forma je otevřena a výrobek je vyhozen vyhazovacím systémem. [1; 3]



a) zavření formy, b) příjezd plastikační jednotky, c) vstříknutí taveniny, d) dotlak, e) odjezd šneku, f) odjezd plastikační jednotky, g) otevření formy a vyhození dílu

Obr. 1 Princip vstřikování termoplastů [1]

## 1.2 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus popisuje chování plastikační jednotky a vstřikovací formy během procesu vstřikování. Standardní technologie vstřikování má tyto části: zavření formy, vstříknutí termoplastické taveniny do dutiny formy, dotlaková fáze, fáze chlazení a plastikace, otevření formy a vyhození ztuhlého výrobku z dutiny formy pomocí vyhazovacího systému. [4]



Obr. 2 Vstřikovací cyklus [1]

## 1.3 Přípravné zpracování materiálu před vstřikováním

Základní polymer vzniká procesem zvaným polyreakce. Je to děj, při kterém chemickou reakcí přechází monomerní jednotky na makromolekulární látky neboli polymery. Tyto látky obvykle nejsou vhodné pro zpracování technologií vstřikování, proto se pro získání požadovaných vlastností polymer upravuje dalšími procesy. [2]

### 1.3.1 Míchání

Technologie míchání má za úkol smíchat výchozí polymer s přísadami pro zlepšení jeho zpracovatelských vlastností nebo dosažení určitých požadovaných vlastností u výstřiku. Těmito přísadami mohou být plniva, barviva, stabilizátory, retardéry hoření apod. [1]

### 1.3.2 Sušení

Voda absorbovaná v některých druzích termoplastů má u zpracování vstřikováním za následek snížení mechanických vlastností výrobku nebo povrchové vady na výrobku. Proto je před výrobou nutné vysušit granulát na výrobcem předepsaný obsah zbytkové vlhkosti. Mezi nejvíce navlhavé termoplasty se řadí především PA, dále PC, PC/PBT a PC/ABS. [1]

### 1.3.3 Barvení

Barvení termoplastů je realizováno dvěma způsoby. První možnost je dávkovacím zařízením přímo ve vstřikovací jednotce stroje. Druhá možnost je barvit termoplast před vstřikováním. Tento proces probíhá ve vytlačovacím stroji, kde se barvivo míchá s granulátem a přímo se do něj zapracuje. [5]

### 1.3.4 Granulace

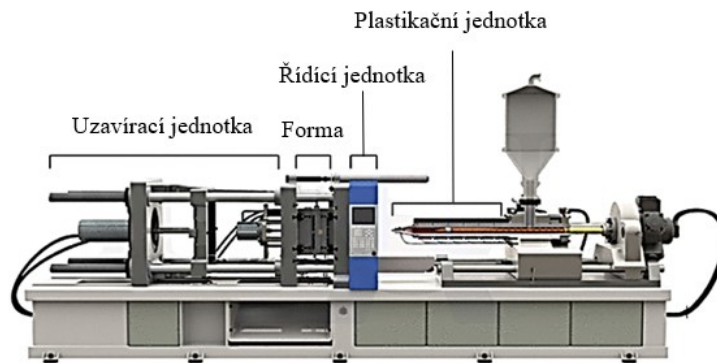
Granulace je konečným stupněm přípravného zpracování většiny vstřikovacích materiálů. Touto technologií získá polymer s aditivou, zpracovaný na hnětacích strojích, konečný tvar granulí vhodných pro další výrobu. [1]



Obr. 3 Granulát ABS určený pro vstřikování [6]

## 2 VSTŘIKOVACÍ STROJ

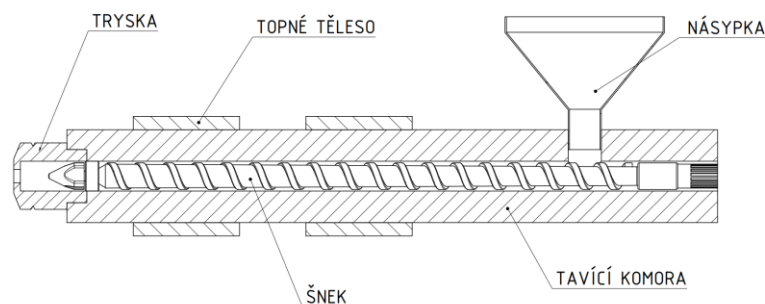
Vstřikovací stroj je zařízení používané pro cyklickou výrobu plastových dílů. Skládá se z dvou základních částí: plastikační jednotky a uzavírací jednotky, mezi které se umísťuje nástroj – vstřikovací forma. Vstřikovací stroj se vyznačuje tuhým a pevným rámem a reprodukovatelností technologických parametrů. [7; 5]



Obr. 4 Vstřikovací stroj [8]

### 2.1 Plastikační jednotka

Plastikační jednotka je složena z tavicí komory, topných těles, násypky, šneku, trysky a špičky šneku. Jejím úkolem je roztavit granulát na homogenní taveninu a dávkovat její požadované množství do tvarové dutiny formy. Pro porovnávání plastikačních jednotek se používá údaj zvaný plastikační kapacita. Je to množství materiálu v kilogramech, které je stroj schopen zpracovat za jednotku času. Udává se v jednotkách kg/h. [7; 2]

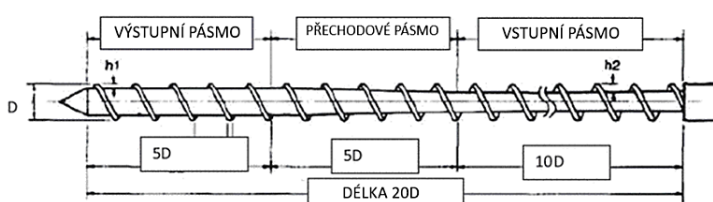


Obr. 5 Plastikační jednotka vstřikovacího stroje [9]

### 2.1.1 Šnek

Šneky jsou rozděleny na 3 části: vstupní pásmo, přechodové pásmo a výstupní pásmo. Ve vstupním pásmu je zpracováván granulát hlavně stlačován, čímž je vytlačován vzduch z prostoru mezi granulemi a teprve až na konci tohoto pásma se materiál může začít tavit. V přechodovém pásmu se průměr jádra šneku směrem k trysce zvětšuje a hloubka šnekového kanálu se zmenšuje. Důsledkem toho dochází ke zvyšování tlaku v materiálu, a proto se této části říká pásmo kompresní nebo přechodové. Dochází zde k nejvýraznějšímu tavení granulátu ze všech tří pásmech. Vzniklá tavenina je však zatím teplotně nehomogenní. Poslednímu pásmu se říká výstupní nebo homogenizační. Hloubka kanálu šneku je v této části šneku nejmenší. V tomto pásmu šneku se materiál dále zahřívá a stává se teplotně homogenní. Po průchodu výstupním pásmem je materiál připraven ke vstříknutí do tvarové dutiny formy. [9]

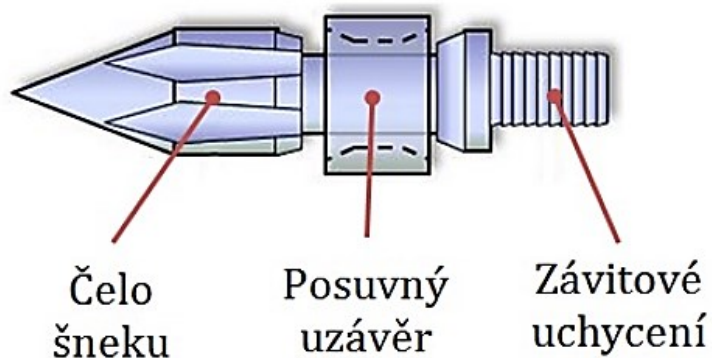
Pro zpracování většiny běžných termoplastů je používají šneky univerzální. Poměr délky ku průměru se u nich pohybuje v rozsahu 1 : 16 až 1 : 25. [5]



Obr. 6 Šnek a jeho pásma [7]

Při plastikaci vstupuje granulát do kanálu šneku, tavit se a postupuje směrem k jeho špičce. Přitom odtlačí posuvný kroužek ze sedla a vybráním na špičce šneku teče roztavený materiál před šnek, kde se hromadí dávka taveniny potřebná pro vstříknutí do formy. Při vstříku šnek koná pohyb vpřed bez rotace. Díky působícím odporům při toku taveniny dojde k posunu uzavíracího kroužku, kroužek dosedne na sedlo a uzavře prostor šneku od prostoru před čelem šneku s daným množstvím taveniny. Špička šneku se značně opotřebovává a měl by být pečlivě sledován z hlediska výměny zejména na kontrolním kroužku a na uložení, které zajišťuje těsnění umožňující vstříkování vysokých tlaků [2; 10]





Obr. 7 Špička šneku [11]

### 2.1.2 Tavní komora

Tavní komora je válec, do kterého je umístěn šnek. Komora je zakončena tryskou, která má vlastní vyhřívací systém, aby byla tavenina udržována v roztaveném stavu. Zakončení trysky bývá nejčastěji kulového tvaru a zajišťuje přesné dosednutí na vtokovou vložku formy. [5]

## 2.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka vstřikovacího stroje má za úkol otevírat a zavírat vstřikovací formu v průběhu vstřikování. Aby bylo zamezeno vzniku přetoků v dělicí rovině výstřiku, je nutné pro daný výrobek určit potřebnou uzavírací sílu. Správně zvolená uzavírací síla zamezuje pootevření formy v dělicí rovině. Je to reakce na vstřikovací tlak a vstřikovací rychlost taveniny dopravované do formy. Podle konstrukce se uzavírací jednotky rozdělují na následující systémy: mechanický systém, hydraulický systém, elektro-mechanický systém a elektrický systém. [2; 7; 5]

## **3 POLYMERY**

Polymer je chemická látka, která se skládá z makromolekul, vznikající při ději zvaném polymerace. Polymerace je řetězová chemická reakce obrovského množství stavebních jednotek – monomerů. Výsledkem polymerace je makromolekulární řetězec. Pro začátek procesu polymerace je nutné aktivovat molekuly monomeru, čehož je možno dosáhnout účinkem tepla, záření nebo aktivující látkou, tzv. iniciátorem. Polymery jsou po svém zpracování ve formě výrobku v pevném stavu, ale při zpracování se vyskytují působením zvýšené teploty a tlaku většinou ve stavu taveniny. Jako plast je potom označován materiál obsahující vysoký podíl vysokomolekulárního polymeru, který lze v určité fázi zpracování na konečný výrobek tvarovat. [12; 11]

### **3.1 Rozdělení polymerů**

#### **3.1.1 Termoplasty**

Termoplasty jsou polymery, které je možné působením zvýšené teploty opětovně roztavit z tuhého stavu na taveninu a znovu zpracovat. Je to způsobeno tím, že při zpracování nevznikají trvalé chemické vazby, a proto jsou termoplasty recyklovatelné materiály. Termoplasty se mohou vyskytovat v amorfni i semikrystalické struktuře. Mezi nejčastěji používané materiály v praxi patří PE, PP, PS, PVC, PMMA a POM. Termoplasty patří mezi nejrozšířenější materiály v odvětví obalového průmyslu, stavebnictví a automobilového průmyslu. [12; 11]

#### **3.1.2 Reaktoplasty**

Reaktoplast je typ polymeru, který na rozdíl od termoplastu není po svém vytvrzení znovu roztavitelný. Zahřátím nebo použitím vytvrzovacího prostředku přechází do tuhého stavu. Vytvrzení neboli zesíťování, je chemický nevratný proces, po kterém je reaktoplast netavitelný zvýšenou teplotou, tím pádem není recyklovatelný. Reaktoplasty jsou amorfni polymery. Výrobky z tohoto typu polymeru se vyznačují vysokou tepelnou odolností a tvrdostí. Reaktoplasty v nevytvrzené formě se označují jako pryskyřice a používají se nejčastěji jako pojivo při výrobě kompozitních materiálů. [12; 11]

### **3.1.3 Elastomery**

Elastomery jsou polymery s vysoce elastickými vlastnostmi. Lze je deformovat působením relativně malých sil bez trvalého poškození a deformace je převážně vratná. Při zpracování prochází nevratným chemickým procesem zvaným vulkanizace, po kterém je nelze dále tavit působením zvýšené teploty. Dominantní skupinou elastomerů jsou syntetické kaučuky, které se používají jako základ pro výrobu pryží. [1]

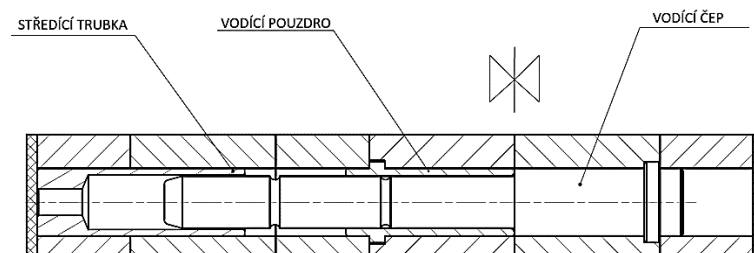


## 4.2 Rám formy

Rám je základní konstrukční část formy, ve které jsou uloženy tvarové a vodící části formy. Jedná se o několik typů desek, spojených šroubovými spoji. Pro jejich výrobu se používají běžné technologie třískového obrábění (frézování, vrtání). Materiál pro výrobu těchto desek se volí nejčastěji uhlíkové oceli třídy 11 (11 523, 11 600 atd.). Při vyšších požadavcích na pevnost desek se používá konstrukční uhlíková zušlechtěná ocel 12 060. Kvůli tepelné izolaci vůči vstřikovacímu stroji se z obou stran formy umísťují izolační desky. [4]

### 4.2.1 Vodící součásti

Desky formy jsou sestaveny z jednotlivých desek a spojených do pevné a pohyblivé části. Tyto dvě poloviny jsou vzájemně vystředěny a vedeny pomocí vodících kolíků, vodících pouzder a středících trubek. Vodící součásti jsou vyrobeny nejčastěji z materiálů s dobrými kluznými vlastnostmi. [16]



Obr. 9 Vodící součásti [8]

### 4.2.2 Rozpěrné desky

Tyto desky vytváří ve formě prostor pro pohyb vyhazovacího systému a jejich délka vytváří potřebný zdvih pro vyhození dílu z dutiny formy. Zároveň zvětšují stavební výšku formy, aby bylo dosaženo vhodného rozměru pro vybraný vstřikovací stoj. Rozměry jsou voleny tak, aby byla zajištěna co největší tuhost formy a minimální průhyb desek. [16]

### 4.2.3 Středící kroužky

Středící kroužky se montují na obě poloviny formy. Jsou spojeny s upínací deskou šrouby. Jejich funkce spočívá ve vystředění a zajištění formy na vstřikovací stroji. [16]

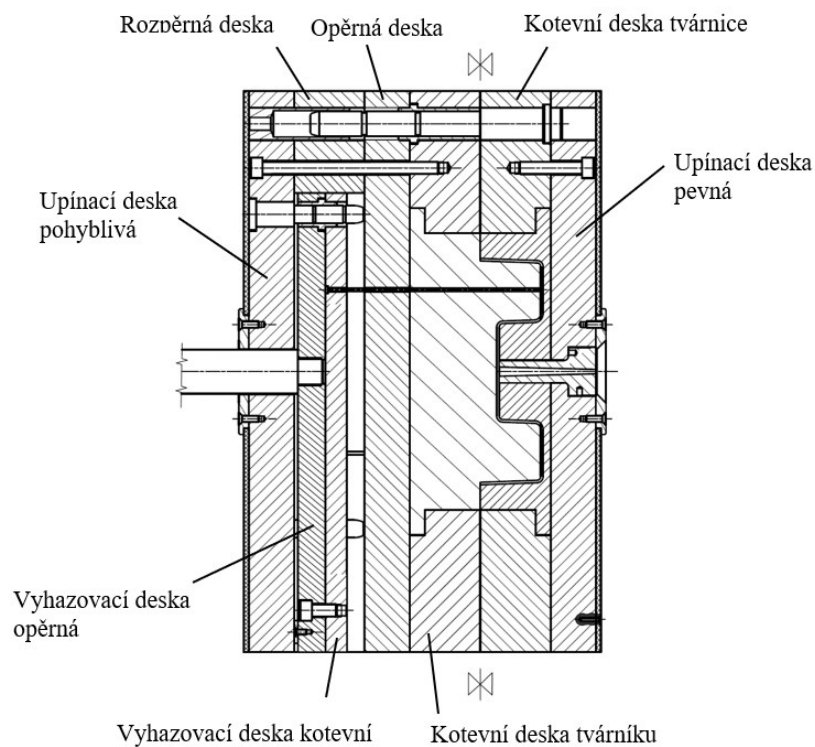


Obr. 10 Středící kroužek HASCO Z7540 [17]

## 4.3 Typy konstrukce formy

### 4.3.1 Dvoudesková forma

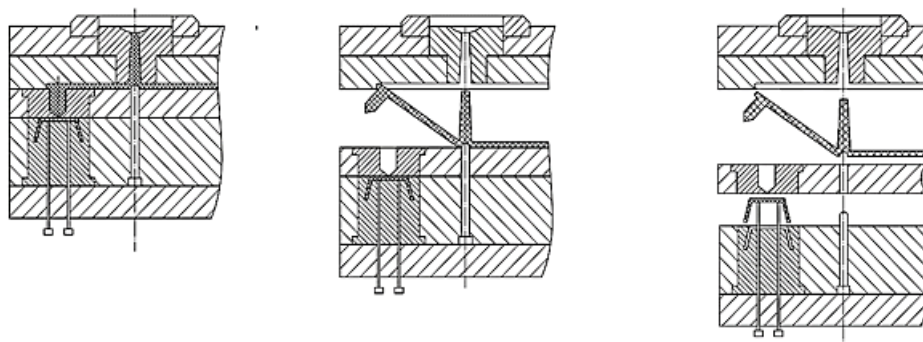
Pevná část tohoto typu formy se skládá z upínací desky a kotevní desky tvárnice. Prostřednictvím zabudovaných vodících čepů v pevné polovině formy a pouzder uložených v pohyblivé polovině formy, se forma přesně uzavírá v dělicí rovině bez možnosti nechtěného pootočení. Pohyblivá polovina je složená z kotevní desky tvárníku, opěrné desky, rozpěrek a upínací desky. Celá pohyblivá polovina se pevně sešroubuje dlouhými šrouby od upínací desky až po kotevní desku tvárníku. Tím je zaručeno, že všechny součásti jsou vystředěné a pevně spojené. Vyhazovací systém s vyhazovači je umístěn mezi rozpěrkami a pohybuje se po vodících čepích uložených v kotevní desce. [11; 18; 19]



Obr. 11 Řez dvoudeskovou formou

### 4.3.2 Třidesková forma

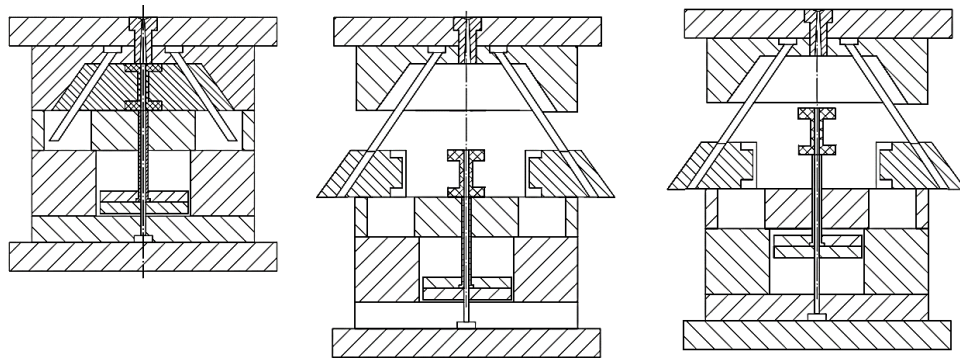
Jednou možností zvýšení automatizace vstřikování je oddělování vtokového zbytku přímo při vyhození dílu z formy. Třidesková konstrukce formy používá bodový vtokový systém. Při otevření formy se nejprve odtrhne zatuhlý vtokový zbytek ve zúženém ústí, následuje otevření formy v hlavní dělicí rovině s tvarovou dutinou a vyhození dílu z dutiny formy. Nakonec se otevírá vedlejší dělicí rovina vypadne vtokový zbytek. [16; 5]



Obr. 12 Princip otevírání třideskové formy [5]

### 4.3.3 Formy s bočními posuvnými čelistmi

Tento systém odformování se používá při vstřikování dílů s bočními otvory, výstupky nebo zahloubeními, které leží kolmo k hlavní dělicí rovině. Tyto části výstřiku by totiž nešly jinak odformovat. Otvírání vedlejší dělicí roviny je realizováno pomocí válcových šikmých kolíků, jejichž sklon se pohybuje v rozmezí  $15^\circ$  až  $25^\circ$ . Válcové šikmé kolíky využívají při otvírání vedlejší dělicí roviny otevíracího a uzavíracího pohybu vstřikovacího stroje. Dalšími příklady otvírání vedlejších dělicích rovin jsou hydraulické nebo pneumatické tahače. Při zavřené poloze musí být čelist pevně uzamknuta. Čelist je uzamknuta opřením vnější zkosené části o opěrnou část pevné desky formy. V plně otevřené poloze jsou čelisti zajištěny pomocí kolíku nebo kuličky na pružině. [16; 18]



Obr. 13 Forma s posuvnými čelistmi ovládanými šikmým kolíkem

### 4.3.4 Formy s vytáčecím závitovým trnem

Tento druh forem se používá při vstřikování dílů s vnitřními i vnějšími závitů. Závit se vytváří pomocí závitového trnu. Aby bylo možno výstřik vyhodit z formy, musí se trn pro tvorbu závitů z výstřiku vyšroubovat. Vyšroubování závitového trnu může probíhat několika způsoby. První možností je použití pomocného zařízení. Vytáčení závitového trnu je poháněno elektromotorem, nebo ozubeným hřebenem spojeným s hydraulickým, nebo pneumatickým válcem. [16]

Dalším způsobem odformování závitů je vytáčením závitového trnu přímo při otvírání dělicí roviny. Pohybový šroub využívá otvírání formy k roztočení ozubeného kola, které přenáší otáčky na další ozubené kolo, upevněné na závitovém trnu. Trn se vytáčí ze závitů ve výstřiku a zašroubovává se do protimatice. Když je trn z výrobku vytočen, pomocí táhla je posunuta stírací deska a díl je z formy vyhozen. Dobrá funkce formy vyžaduje vysokou přesnost závitových trnů a celého vytáčecího systému. [16]



#### **4.4 Tvarové části dutiny formy**

Mezi tvarové prvky formy patří tvárník, tvárnice a případně jádra pro boční odformování. S životností formy a jejich tvarových částí souvisí jakost povrchu tvářecích dílů formy. Je třeba rozlišit, zda se jedná o výrobek vzhledový nebo bez požadavků na vzhled. U vzhledových dílů mohou být tvarové desky leštěné nebo desénované. V případě desénovaných výrobků se tvarové desky vyrábí technologií elektroerozivního obrábění, fotochemického leptání nebo laserového pálení. Jako výchozí materiál se využívá nástrojová ocel třídy 19 (např. 19 642, 19 655, 19 663 atd.). Pro zvýšení tvrdosti a životnosti dutiny tvarových desek se tvárník a tvárnice cementují a kalí na tvrdost 60-62 HRC. [4]

#### **4.5 Násobnost formy**

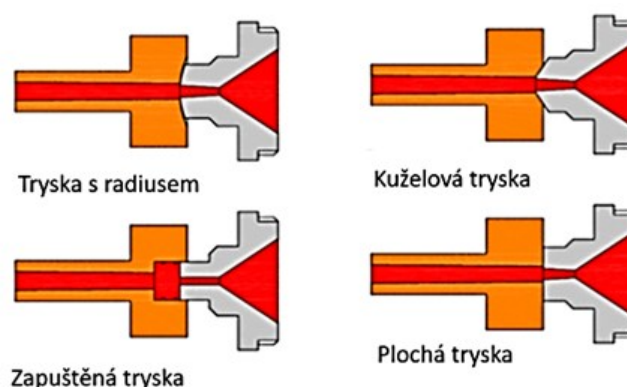
Tvarově náročné a velkorozměrové výstřiky nebo výstřiky s požadavky na vyšší jakost povrchu se většinou vyrábějí v jednonásobných formách. Vyšší násobnost formy totiž může způsobit vyšší nepřesnosti a nižší kvalitu povrchu výrobku. Výroba formy je ale finančně velmi náročná, proto se u některých zpravidla menších výrobků může vyplatit použití tzv. násobné formy. Násobnost formy také kromě tvaru a přesnosti výstřiku zvyšuje tlak uvnitř formy, což ovlivňuje také výběr vstřikovacího stroje. Stroj musí pro danou násobnost formy splňovat požadavky na vstřikovací kapacitu vstřikovací jednotky a uzavírací sílu uzavírací jednotky. [20; 21]

#### **4.6 Vtoková soustava**

Je to soustava jednoho nebo více kanálů (podle násobnosti formy), která zajišťuje vyplnění dutiny formy roztaveným materiálem v nejkratším možném časovém intervalu. Pokud je forma vícenásobná, musí dojít k naplnění všech dutin ve stejnou chvíli a při stejné teplotě taveniny. Druh a umístění vtoku má podstatný vliv na proudění taveniny ve formě, vytváření tzv. studených spojů, rovnoměrnost krystalizace, anizotropii rozměrů, estetiku výrobku apod. Vtoková soustava je navrhována podle násobnosti formy, podle rozmístění tvarových dutin a podle toho, zda bude použit studený vtokový systém nebo horký vtokový systém. [13; 9]

Tryska plastikační jednotky vstříkuje taveninu pod velkým tlakem a na vtokový kanál působí velkým zatížením. Proto se využívá vtoková vložka, která se v případě opotřebení může vyměnit. Vtokové vložky jsou vystaveny velkému tlaku, proto se vyrábí z kalené nástrojové oceli. Vtoková vložka se vybírá podle zakončení trysky vstřikovací jednotky. Pokud napojení mezi tryskou a vtokovou vložkou není přesné, dochází při procesu vstřikovací k výchyilkám v tlaku, v nejhorším případě i úniku taveniny mimo formu. Různé typy řešení napojení vtokové vložky na trysku plastikační jednotky jsou vidět na Obr. 14

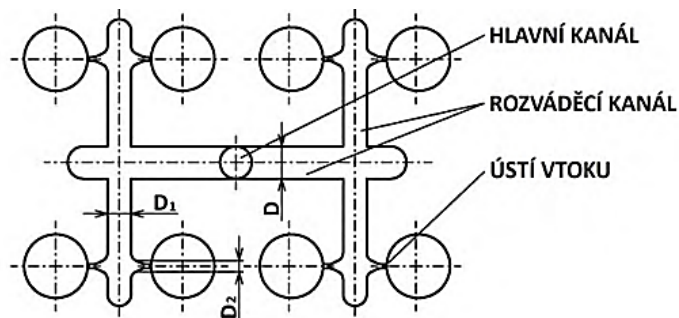
[22; 14]



Obr. 14 Způsoby napojení vtokové vložky na trysku plastikační jednotky [22]

#### 4.7 Studený vtokový systém

Při průtoku roztaveného polymeru kanálem studeného vtokového systému začíná polymer při kontaktu s chladnější formou na vnějším povrchu tuhnut. Ztuhlá vrstva dále slouží jako tepelná izolace pro vnitřní proud taveniny, který vyplní tvarovou dutinu formy. Odvodem tepla do tvarových desek formy polymer tuhne v dutině i ve vtokcích. Po úplném zatuhnutí je pak výrobek společně se ztuhlým vtokem vyhozen z formy vyhazovacím systémem. Dodržuje se zásada, že dráha toku by měla být co nejkratší, z důvodu tepelných a tlakových ztrát. Při použití vícenásobné formy musí být dráha kanálků do všech dutin stejná, jinak dojde k nerovnoměrnému plnění formy. Vtokový systém násobných forem má tři části: hlavní vtokový kanál, rozváděcí kanál a ústí vtoku, jak popisuje Obr. 15. [1; 20; 5]



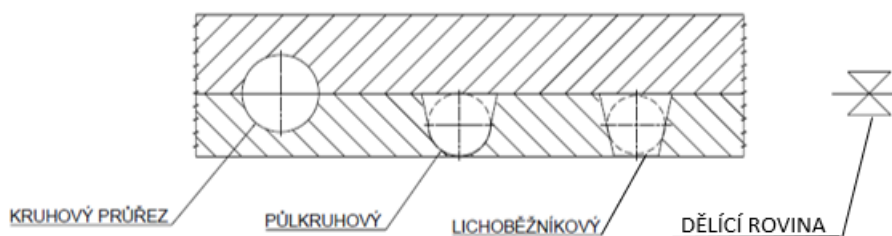
Obr. 15 Části vtokového systému [20]

#### 4.7.1 Hlavní vtokový kanál

Nejčastějším řešením hlavního vtokového kanálu je kuželový vtok s minimálním úkosem  $1,5^\circ$ . Jeho průměr se vypočítá empirickými vztahy podle hmotnosti výstřiku. Průměr kanálku na straně plastikační jednotky je volen minimálně o 0,5 až 1 mm větší než průměr otvoru trysky plastikační jednotky. U jednonásobných forem je průměr opačného konce hlavního kanálu o minimálně 1,5 mm větší, než je největší tloušťka výrobku. U vícenásobných forem je průměr konce kanálu shodný se šířkou rozváděcího kanálu. [5]

#### 4.7.2 Rozváděcí kanál

Průměr rozváděcího kanálu se volí stejný, nebo nepatrně větší než průměr hlavního vtokového kanálu. Vhodné řešení průřezů rozváděcího kanálu popisuje Obr. 16. [20]



Obr. 16 Průřezy rozváděcího kanálu [20]

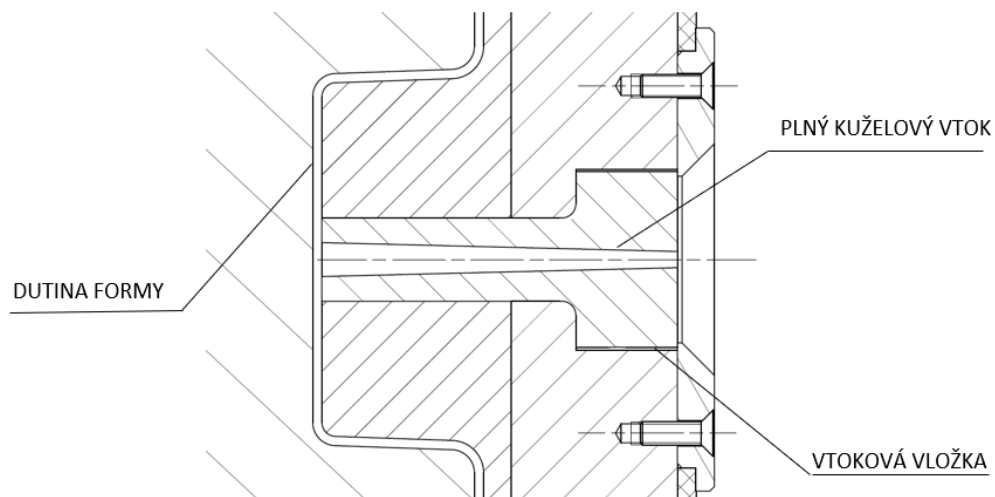
#### 4.7.3 Vtokové ústí

Jako vtokové ústí se rozumí zúžení rozváděcího kanálu. Zúžením se zvýší klesající teplota roztaveného materiálu, před vtečením do tvarové dutiny formy. Při konstrukci se průřez vtokového ústí určuje podle objemu vstřikovaného dílu. Pro ploché výstřiky se používá

šterbinový tvar ústí, pro rotační a jiné díly se používá kruhový. Aby bylo zajištěno, že tavenina v dutině formy teče od největšího průřezu do nejmenšího průřezu výrobku, umisťuje se ústí do nejtlustší části místa výrobku. [20]

#### 4.7.4 Plný kuželový vtok

Je používán převážně u jednonásobných forem a u tlustostěnných výstřiků. Přivádí roztavený materiál do dutiny formy bez zúženého vtokového ústí. Při vstřikování s dotlakem je tento typ vtoku velmi vhodný, protože vtok zatuhne ve formě jako poslední. [5]

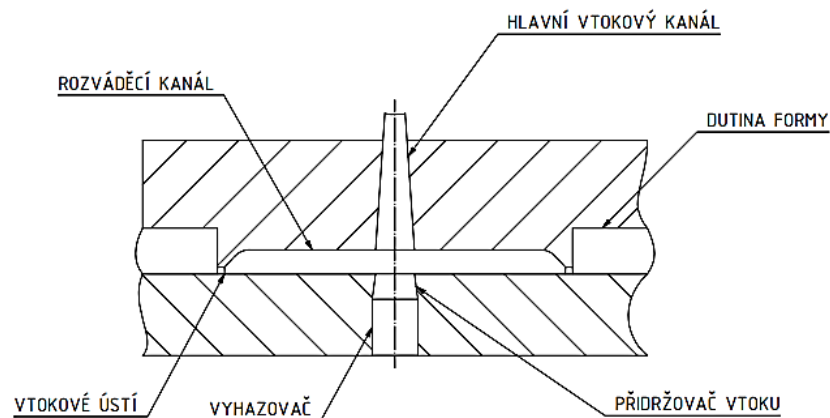


Obr. 17 Plný kuželový vtok jednonásobné formy [9]

#### 4.7.5 Bodový vtok

Je to druh zúženého vtokového ústí, ležící mimo dělicí rovinu nebo přímo v ní. Používá se u třídeskové konstrukce formy. Při otevírání vedlejší dělicí roviny třídeskové formy je ve zúženém vtokovém ústí oddělen zatuhlý vtokový zbytek a teprve potom se otevře hlavní dělicí rovina a výrobek je vyhozen z dutiny formy. Průřez bodového ústí je volen v závislosti na hmotnosti výrobku a na tokových vlastnostech polymeru. [16]

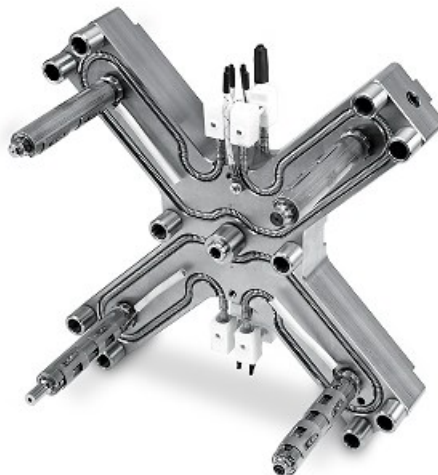




Obr. 20 Bodový vtok [20]

#### 4.8 Vyhříváný vtokový systém

Pomocí vyhříváných vtokových systémů je realizováno vstřikování bez vtokového zbytku. Při metodě vstřikování s použitím vyhříváných vtokových systémů zůstává vstřikovaný materiál v celé oblasti vtoku až po vtokové ústí ve formě taveniny. Používá se bodové vyústění do dutiny formy s velmi malým průřezem. VVS se nakupují od specializovaných výrobců. [20]



Obr. 21 Čtyřnásobný vyhříváný vtokový systém Meusburger [24]

#### 4.8.1 Vyhřívání trysky

Vyhřívání trysky umožňuje tok taveniny z vstřikovací jednotky do dutiny formy při konstantní teplotě. Trysky se vyrábí s vlastním topným článkem, nebo jsou ohřívány nepřímou. [20]

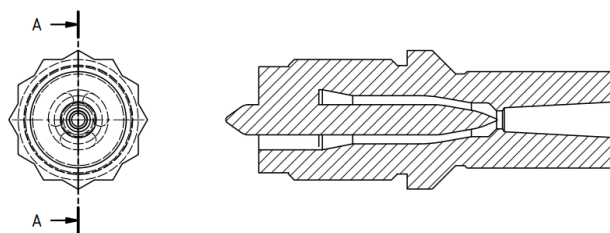
Nepřímou vytápěné trysky se vyrábí ve dvou provedeních:

- Dotápěné vyústění rozvodu vtoku s malým topným tělesem zabudovaným do ocelového pouzdra. Špička pouzdra u tohoto provedení zasahuje do vtokového ústí.
- Přenos tepla z vyhřívacích rozvodů na trysku. Tento způsob je dokonalejší a více používaný.

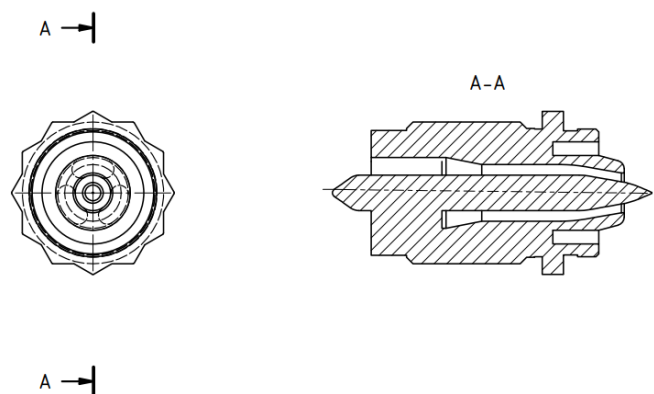
Přímou vyhřívání trysky jsou také provedeny jedním ze dvou způsobů:

- Trysky s vnějším topením, u kterých roztavený polymer proudí vnitřní dírou tělesa trysky. Těleso trysky je vyrobeno z tepelně vodivého materiálu.
- Trysky s vnitřním topením, kde roztavený materiál obtéká vnitřní vyhřívání těleso, zvané torpédo. Torpédo je také vyrobeno z materiálu s vysokou tepelnou vodivostí.

Oba způsoby vyhřívání trysky mohou být různě konstruovány. Vtokové ústí se volí otevřené pro polymery, které netáhnou vlas (viz Obr. 22 Řez otevřenou tryskou, nebo s hrotem (jehlou) pro polymery, které táhnou vlas (viz. Obr. 23 Řez tryskou s jehlou. [16]



Obr. 22 Řez otevřenou tryskou [24]



Obr. 23 Řez tryskou s jehlou [24]

Vyústění trysky do dutiny formy může být provedeno s jedním otvorem, nebo s více otvory. U provedení s jedním otvorem hrozí nebezpečí, že při rychlejší pracovním cyklu někdy tavenina nestihne zatuhnout a na výrobku zůstane stopa ve tvaru výstupku. Aby se tomuto problému předešlo, může se u rychlejšího pracovního cyklu vstřikování použít tryska s více otvory. Tyto díry jsou buď dvě po 180°, nebo tři po 120°. Průřez se volí podle hmotnosti vstřikovaného dílu. Sklon otvorů oproti ose vtokové vložky se volí v rozmezí 15° až 30°. [16; 20]

Jehla se vyrábí s nástrojové oceli třídy 19 a kalí se na tvrdost 54 HRC. Uložení v trysce bývá s maximální vůlí 0,015 mm. Vytápěné trysky s uzavírací jehlou mohou mít jehlu ovládanou různými způsoby. Jehla ovládaná pružinou je při působení vstřikovacího tlaku posunuta do zadní polohy, čímž je otevřeno vtokové ústí. Následuje naplnění dutiny formy. Když je forma naplněna, vstřikovací tlak klesne a tlak na pružinu povolí. Tím se jehla posune do přední polohy a zavře ústí vtoku. Ovládání jehly musí být seřiditelné na základě použitého tlaku. Jehla může být ovládána také hydraulicky nebo pneumaticky. [16]

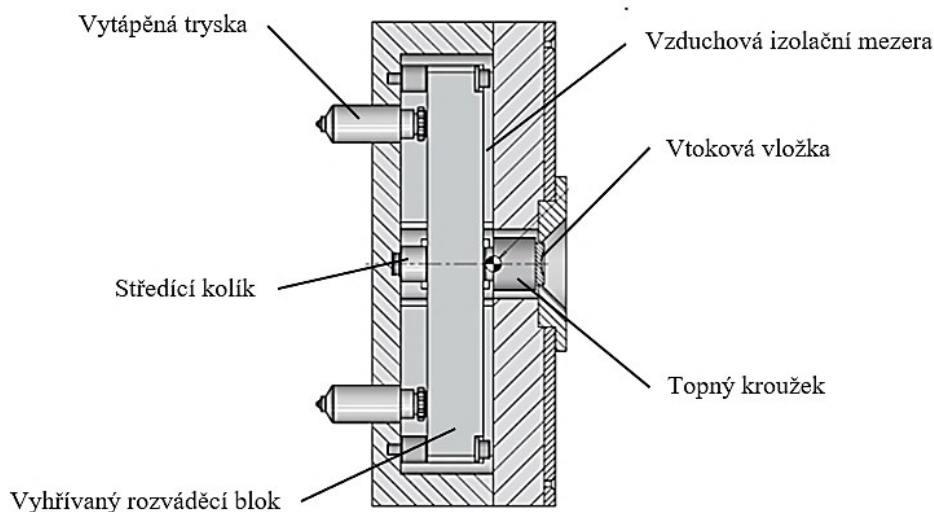
#### 4.8.2 Vyhřívané rozváděcí bloky

Tyto díly mají za úkol rozvádění taveniny do jednotlivých trysek a poté do dutin formy. Používají se u násobných forem ve různých tvarech na základě množství dutin ve formě. Příklady tvaru bloků jsou I, X, Y, H a hvězdice. Pro optimální tok taveniny rozváděcím blokem musí blok dosahovat dostatečného výkonu ohřevu. [16]



Umisťují se mezi upínací desku a kotevní desku tvárnice pevné části formy. Tyto desky musí být uzpůsobeny uložení bloku. Rozvodný blok musí být vystředěn vůči tvárnici a zajištěn proti pootočení. Kvůli tepelné izolaci je blok vzduchovou mezerou oddělen od desek formy. [16]

Vytápění rozváděcího bloku je realizováno zvenčí elektrickým odporovým topením, nebo topnými patronami vytápěnými zevnitř. Roztavený polymer proudí rozvodnými kanály, které musí být povrchově upraveny se zaoblenými hranami. [16]



Obr 24 Vyhřívaný vtokový systém ve formě [24]

## 4.9 Vyhazovací systém

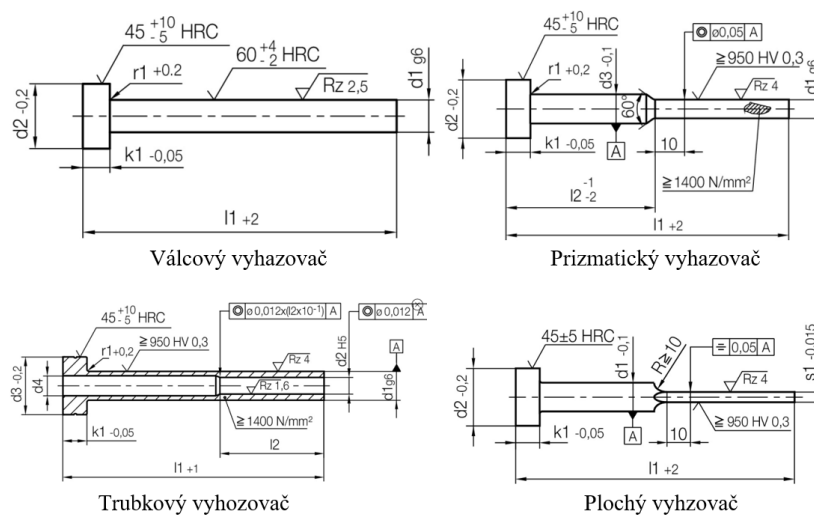
Vyhazovací systém zajišťuje u vyhození nebo vysunutí zatuhlého výrobku při otevření formě. Použitím vyhazovacího systému se zvyšuje automatizace vstřikovacího cyklu. Pohyb vpřed při vyhazování dílu je vyvíjen naražením táhla o traverzu uzavírací jednotky stroje, nebo hydraulickým či pneumatickým zařízením. Pohyb zpět do výchozí polohy zajišťuje vratný kolík, pružinami v kombinaci s jiným systémem, hydraulickým zařízením nebo pneumatickým zařízením. [16]

### 4.9.1 Vyhazovací kolíky

Jedná se o nejpoužívanější způsob vyhazování dílů z dutiny formy. Kolík se opírá o stěnu nebo žebro výrobku, v některých případech může i tvořit funkční dutinu. Při otevření

formy a pohybu vyhazovacího systému vpřed se díl vysune z tvárníku a vypadne z formy. Vyhazovač zanechává na výstřiku stopy, proto je nutné umístit je na nepohledovou stranu výrobku. Vyhazovacích kolíků je několik druhů:

- válcové vyhazovače,
- prizmatické vyhazovače,
- trubkové vyhazovače,
- ploché vyhazovače. [18; 16]



Obr. 25 Výrobní výkresy různých druhů vyhazovačů [17]

#### 4.9.2 Vyhazovací desky

V nejčastějším provedení forem jsou dvě vyhazovací desky: kotevní a opěrná. Jejich funkce je ukotvit a vést vyhazovače při jejich pohybu vpřed při vyhození dílu, a zpět. Vyhazovací systém se posouvá po vodících kolících uložených v upínací desce pohyblivé části formy a ve výchozí poloze je zajištěn pomocí dorazů (dosedek). Vodící kolíky musí být symetricky rozmístěné. U malých forem se používají dva vodící kolíky, u větších forem se používají čtyři. [16]

#### 4.9.3 Stírací deska

Její funkce spočívá ve stažení výrobku z tvárníku po celém jeho obvodu. Velkou výhodou je, že nezanechává na výstřiku otisk po vyhození. Vyhazovací síla je rozložena na větší plochu, tím pádem nehrozí velké deformace. Proto se využívá se u tenkostěnných dílů, kde je hrozba deformace stěny největší. [16]

## 4.10 Temperace formy

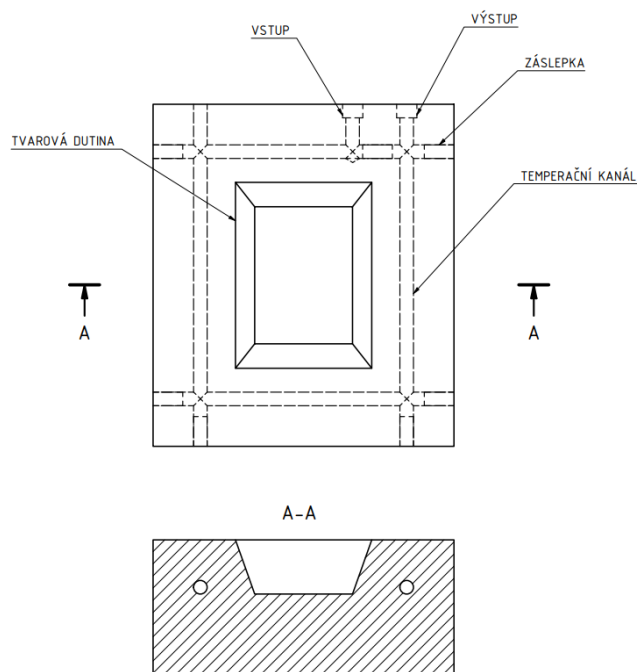
Temperace znamená udržování stálého teplotního pole vstřikovací formy. Princip temperace spočívá v ohřívání, nebo ochlazování formy nebo jenom není části, za účelem dosažení co nejkratšího vstřikovacího cyklu a zároveň zachování všech technologických parametrů. Temperace má vliv na optimální tuhnutí taveniny. Při každém vstřikovacím cyklu se celá formy zahřívá. Další vstřikovací cyklus musí proběhnout za stejné počáteční teploty, proto je nutné, aby temperační systém formy odvedl přebytečné teplo. [20]

Některé druhy polymerů se vstřikují při vyšší teplotě, proto je nutné tvarové desky formy naopak ohřívat. Před zahájením vstřikování se musí forma zahřát na pracovní teplotu, jinak by nebyla zajištěna požadovaná kvalita výrobku. [20]

### 4.10.1 Temperační systém formy

Temperační systém formy se soustava kanálů nejčastěji kruhového průřezu, kterými proučí temperační médium. Musí zajistit co nejmenší kolísání teplot během celého vstřikovacího cyklu. Aby bylo kolísání teplot v různých místech dutiny formy co nejmenší, doporučuje se použít větší počet kanálků menšího průřezu s malými roztečemi než naopak. Temperované bývají obě části formy – pevná i pohyblivá. Každá část může být řešena zvlášť, záleží na zaformování výstřiku. Různé druhy temperačních kanálů jsou vidět na následujícím obrázku. [20; 16]

V praxi se temperační soustavy forem navrhují podle zkušeností konstruktéra, u složitějších součástí je však vhodné použít simulační software, které umožňují sledovat tepelné děje uvnitř forem. [16]



Obr. 26 Příklad temperačního systému tvárnice [25]

#### 4.10.2 Temperační kanálky

Nejčastěji používaný tvar temperačních kanálků je kruhový. Další možností jsou frézované obdélníkové drážky. Kanálky je třeba umístit do vhodné vzdálenosti od dutiny formy tak, aby nedošlo ke snížení tuhosti formy a zároveň docházelo k co nejefektivnější temperaci. Průtok chladicího média se volí tak, aby médium proudilo u ochlazování formy od nejteplejšího místa formy k nejchladnějšímu. Při zahřívání formy platí tato zásada naopak. [16]

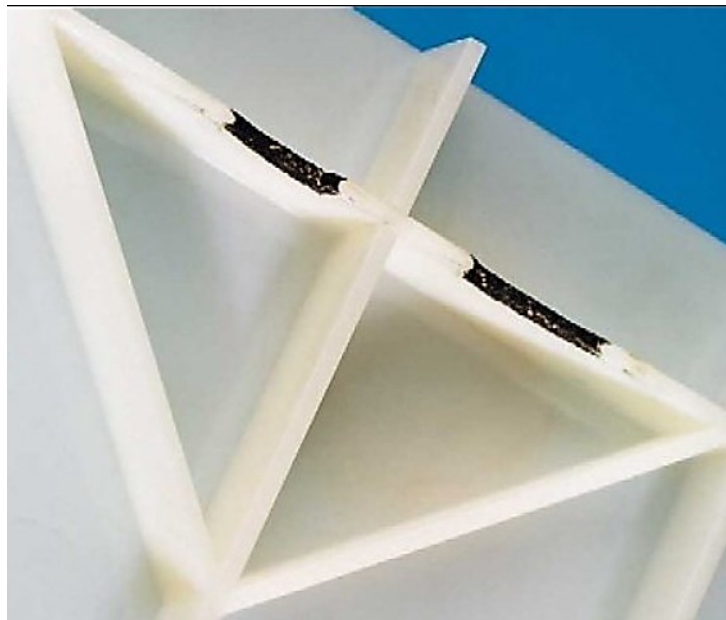
#### 4.10.3 Temperační prostředky

Rozdělují se na pasivní a aktivní. Aktivní temperační prostředky jsou kapaliny, které chladí nebo ohřívají formu oběhem v temperačním systému. Mezi nejčastěji používané kapaliny se řadí voda, olej a glykoly. Voda je z hlediska přestupu tepla nejefektivnější temperační médium, ovšem používá se pouze do teploty 90 °C. [16; 20]

Do pasivních temperačních prostředků se řadí izolační desky. Připevňují se na upínací desky a zabraňují přestupu tepla z vstřikovacího stroje na formu. Jako materiál pro výrobu těchto desek se používají různé druhy vyztužených reaktoplastů. [16]

## 4.11 Odvzdušnění formy

Při naplnění dutiny formy je potřeba aby vzduch, který se nachází ve formě unikl. U některých tvarových dutin stihne vzduch uniknout dělicí rovinou a částečně i dírami pro vyhazovače. U některých tvarově složitějších dutin vzduch nestihne uniknout vlivem protitlaku a vznikne nedotečený výstřik. Při větší tloušťce stěny výstřiku může vzduch, který nemá možnost z formy uniknout, vniknout do taveniny a vytvořit ve výstřiku vzduchovou bublinu. V případě příliš vysoké vstřikovací rychlosti a nedostatečnému odvzdušnění může dojít ke stlačení vzduchu v dutině a jeho rychlému zahřátí. To může mít za následek vznik spáleného místa na výstřiku, tzv Dieselův efekt. Spálené místo na výrobku je nepřijatelné jak z pevnostního, tak i estetického důvodu. [16]



Obr. 27 Spálené místo na výstřiku způsobené Dieselovým efektem [9]

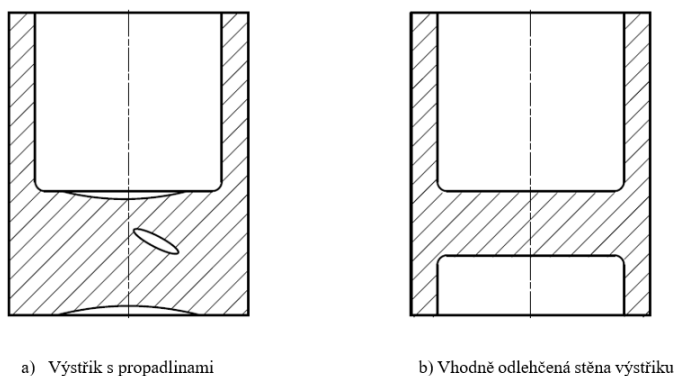
Průřez odvzdušňovacích kanálků má obdélníkový tvar. Kanálky musí účinně odvádět vzduch z dutiny formy, ale zároveň musí být dimenzovány tak, aby do nich nezatékala tavenina. Různé druhy plastů mají různou viskozitu a tokové vlastnosti, proto se v praxi rozměry kanálků volí podle druhu vstřikovaného plastu. [16]

## 5 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÉHO DÍLU

Plastové díly musí být konstruovány tak, aby byly funkční pro dané použití, bezpečné pro spotřebitele a výdělečné pro výrobce. Pro vyrobiteľnost dílu se musí vhodně umístit dělicí rovina nebo roviny tak, aby šel výrobek snadno odformovat. Dále se při návrhu dbá na estetiku a ergonomii výstřiků. [16]

### 5.1 Tloušťka stěny

Tloušťka stěny musí být navrhována tak, aby měl výrobek dostatečné mechanické vlastnosti pro jeho funkci. Pro konstrukci dílu je optimální jednotná tloušťka stěn, pokud je nutný přechod v tloušťce stěny, tak se doporučuje vyhnout ostrým hranám. U vstřikování dílů s tlustou stěnou hrozí nebezpečí vzniku propadlin. Pokud se nedá vyhnout tlustým stěnám, provádí se odlehčení. [16]



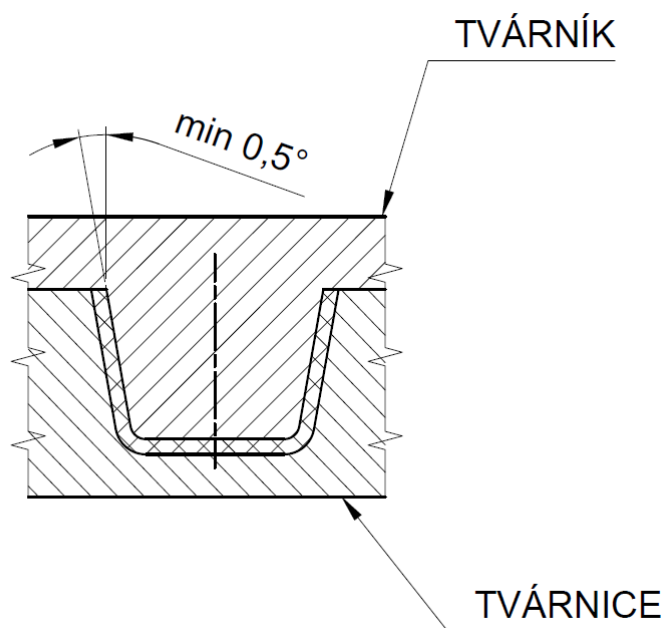
Obr. 28 Nevhodný a vhodný návrh stěny výstřiku [5]

### 5.2 Žebra

Žebra se rozdělují na technologická a technická. Technická žebra zlepšují pevnost a tuhost dílu při jeho používání. Technologická napomáhají optimálnímu plnění formy, nebo zabraňují deformaci stěn. Tloušťka stěn žeber se při konstrukci výrobku počítá podle vztahu v závislosti na tloušťce stěny dílu. [16]

### 5.3 Úkosy

Aby mohl být výstřik bezproblémově vyhozen z formy, musí je jeho příslušné plochy opatřit úkosy. To platí pro plochy kolmé na dělicí rovina. Pro vnitřní stěny se doporučují úkosy v rozmezí  $1^\circ$  až  $2^\circ$ , pro vnější stěny  $0,5^\circ$  až  $1^\circ$ . [4]



Obr. 29 Zobrazení úkosů na výstříku [8]

#### 5.4 Zaoblení hran

Zaoblení hran bývá provedeno na vnější i vnitřní straně stěny. Poloměr zaoblení se volí  $1/4$  až  $1/3$  tloušťky stěny v daném místě. Vnitřní hrany se u vstříkovaných dílů zaoblují vždy. Hodnota poloměru se volí minimálně  $0,2$  mm. Rádus vnitřních hran je nutný hlavně z výrobních důvodů, kdy při použití elektroerozivního obrábění nebo frézování vznikne v rozích vždy rádus. Zároveň se díky zaobleným hranám zlepši tokové vlastnosti taveniny a sníží se opotřebení tvarových desek. [4]

#### 5.5 Závity

Závity na plastových dílech mají obecně malou pevnost. Výrobně vhodnější je vyrábět větší průměry se závity s větší roztečí tvaru oblého nebo trapézového. Tyto tvary závitu jsou pevnější a snadněji odformovatelné. Vnější závity jsou vyráběny ve formách s dělenými čelistmi. Vnitřní závity se vyrábí pomocí trnů, které jsou vyšroubovány z výrobku buď po vyhození z formy, nebo pomocí vytáčecího mechanismu. [16]



Obr. 30 Závít na plastovém dílu [26]

## 5.6 Smrštění výrobku

Smrštění je hodnota udávaná v procentech. Udává rozdíl mezi objemem dutiny formy a skutečným objemem výstřiku po zchlazení a vyhození z formy. Velikost smrštění ovlivňuje několik faktorů, jako například fyzikální vlastnosti zpracovávaného polymeru, tvar dutiny formy nebo teplota formy. Hodnota smrštění nemusí být stejná ve všech směrech výrobku. Směr proudění roztaveného materiálu, orientace makromolekul semikrystalického polymeru nebo přidání vláken jako plniva může způsobit rozdíl smrštění ve směru rovnoběžném na tok taveniny a ve směru kolmém na tok taveniny. [5]

## 5.7 Jakost povrchu

Jakost povrchu souvisí jak s účelovým použitím výrobku, tak s jeho estetickými vlastnostmi. Nejjednodušší a výrobně nejlevnější povrch je matný. Výrobně nákladnější je lesklý povrch. U lesklého povrchu jsou nároky na jakost povrchu dutiny formy velmi vysoké, navíc jsou na výstřiku viditelné nedostatky a vady vstřikování. Dežénové povrchy jsou určeny pro oblasti na výstřiku, u kterých je nutné usnadnit manipulaci. [16; 20]



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## **6 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

V teoretické části této práce byla zpracovaná literární studie o pěti kapitolách. Nejprve byla popsána technologie vstřikování a vstřikovací stroj, dále se práce zabývá polymery a jejich základním rozdělením, konstrukcí vstřikovací formy a zásadami pro návrh samotného plastového dílu, který je vyráběn vstřikováním.

Pro praktickou část byly stanoveny následující cíle:

- Provést konstrukci 3D modelu vyráběného dílu
- Navrhnout 3D sestavu vstřikovací formy pro výrobu zadané součásti
- Nakreslit výkres 2D sestavy vstřikovací formy

Pro tvorbu 3D modelu součásti i sestavy vstřikovací formy, stejně jako pro tvorbu výkresu byl použit program CATIA V5. Sestava formy byla vytvořena v nástroji Mold Tooling Desing a Assembly Design, některé součásti sestavy byly importovány z katalogu normálií firmy Meusburger.

## **7 POUŽITÉ PROGRAMY**

### **7.1 CATIA V5**

Catia V5 je celosvětově rozšířený CAD software, používaný při konstrukci a vývoji výrobků ve velkém množství odvětví průmyslu. Mimo jiné obsahuje Catia V5 i modul CAM pro programování CNC obráběcích strojů a modul simulací pro určení účinku vnějších sil na součásti. [27]

Pro tvorbu 3D modelů součástí slouží prostředí Part Designu. Skládání sestav je realizováno v nástroji Assembly Design. Nástroj specializovaný na generování vstřikovacích forem a jejich normálií se nazývá Mold Tooling Design. Pro tvorbu výkresů součástí i sestav slouží prostředí Drafting. [27]

### **7.2 Knihovna Meusburger**

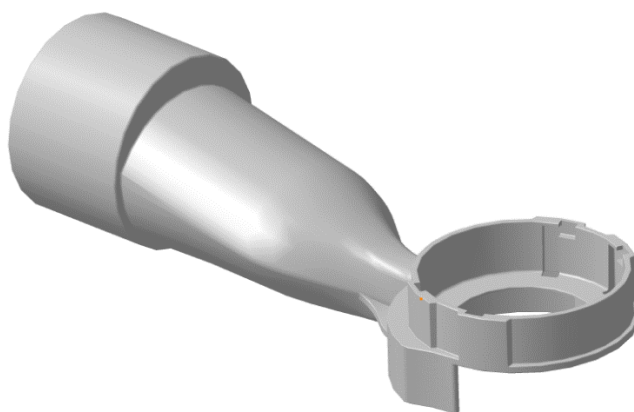
Rakouská firma Meusburger, která se specializuje na výrobu forem a jejich částí poskytuje na jejich webových stránkách nástroj pro generování forem, nebo jejich jednotlivých dílů. Normalizované díly, nebo sestavy je možno bezplatně stáhnout a nainportovat do CAD softwaru.

## 8 CHARAKTERISTIKA VYRÁBĚNÉ SOUČÁSTI

### 8.1 Popis a funkce součásti

Vstříkovanou součástí je plastová koncovka odsávání horní frézky na dřevo FRRM PRM-1015. Její kruhová část s drážkami slouží k uchycení na stroji. Na její válcové zakončení bude nasazena hadice odsávání, která bude od nástroje odvádět dřevěnou třísku.

Objem vyráběné součásti je 15,5 cm<sup>3</sup> a byl změřen pomocí programu CATIA v5. Největší rozměry výrobku jsou 124 x 45 x 38,4 mm.



Obr. 31 3D Model vstříkovaného dílu

### 8.2 Materiál pro výrobu součásti

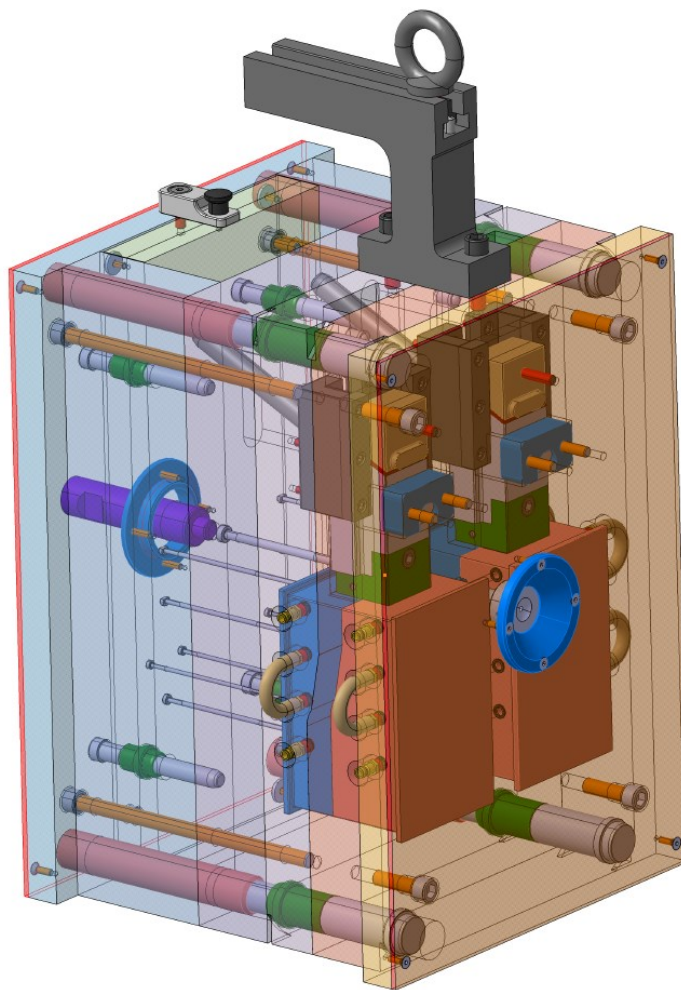
Materiál zvolený pro výstřik se Polyamid 6 plněný 35 % skelných vláken od firmy BASF s obchodním označením Ultramid A3EG6 EQ bk 23189. Polyamid 6 patří k nejrozšířenějším konstrukčním termoplastům, díky vysoké pevnosti v tahu, tvrdosti a odolnosti vůči oděru. Je snadno zpracovatelný vstříkovaním a vyznačuje se dobrou tepelnou stabilitou, tzv že si zachová mechanické vlastnosti i za zvýšených teplot.

Tab. 1 Základní materiálové vlastnosti Ultramid A3EG6 EQ bk 23189

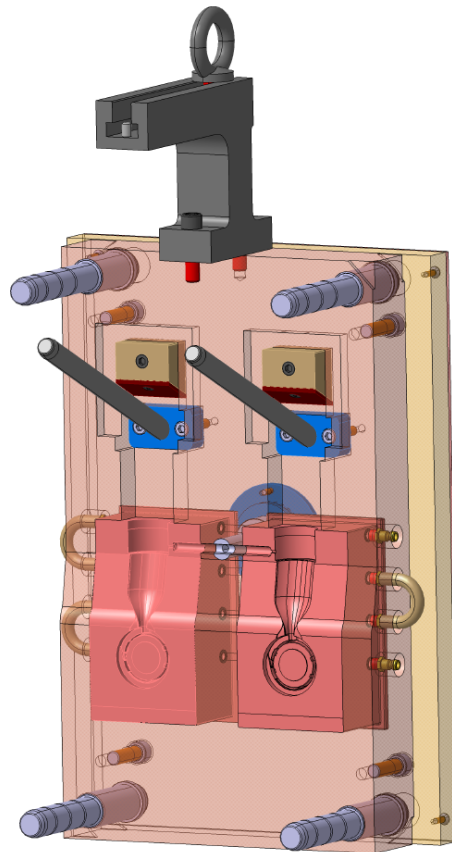
Vlastnost	Hodnota	Jednotka	Norma
Plnivo (skleněná vlákna)	35	%	-
Hustota	1450	kg/m <sup>3</sup>	ISO 1183
Teplota taveniny	285-300	°C	-
Teplota formy při vstříkování	80-90	°C	-
Modul pružnosti v tahu	11 400	MPa	ISO 527-1/-2
Modul pružnosti v ohybu	10 300	MPa	ISO 178
Vrubová houževnatost při 23 °C	10	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179/1eU

## 9 KONSTRUKCE FORMY

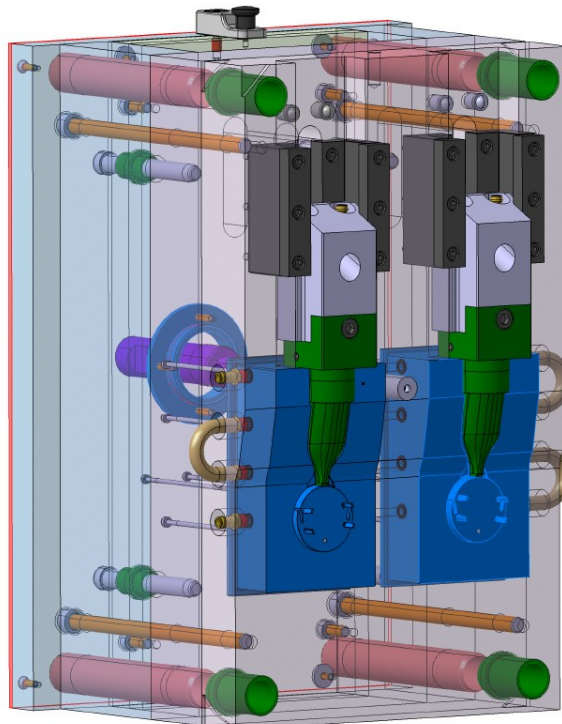
Konstrukce formy se odvíjela hlavně od velikosti dílu, násobnosti formy a způsobu odformování. Celá forma se skládá ze tří základních podsestav: pevné části, pohyblivé části a vyhazovacího systému. Při konstrukci formy byla snaha o to, aby byla forma co nejmenší. Desky formy jsou zvoleny o velikosti 296 x 496, upínací desky jsou s přesahem ve vodorovném směru a mají rozměr 346 x 496 mm. Celková hmotnost formy je přibližně 430 kg a největší rozměry 346 x 496 x 366.



Obr. 32 Vstřikovací forma v zavřené poloze



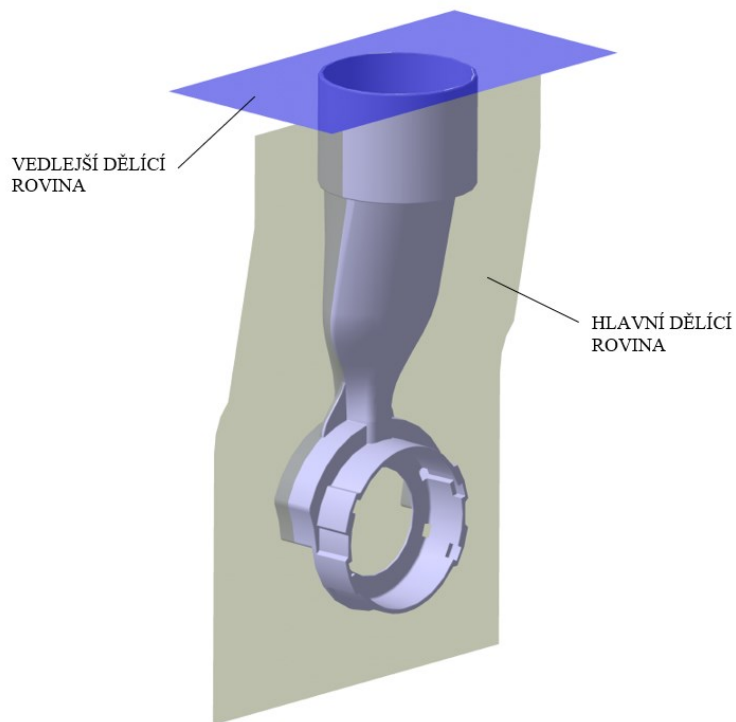
Obr. 33 Pravá (pevná) strana formy



Obr. 34 Levá (pohyblivá) strana formy

## 9.1 Zaformování dílu

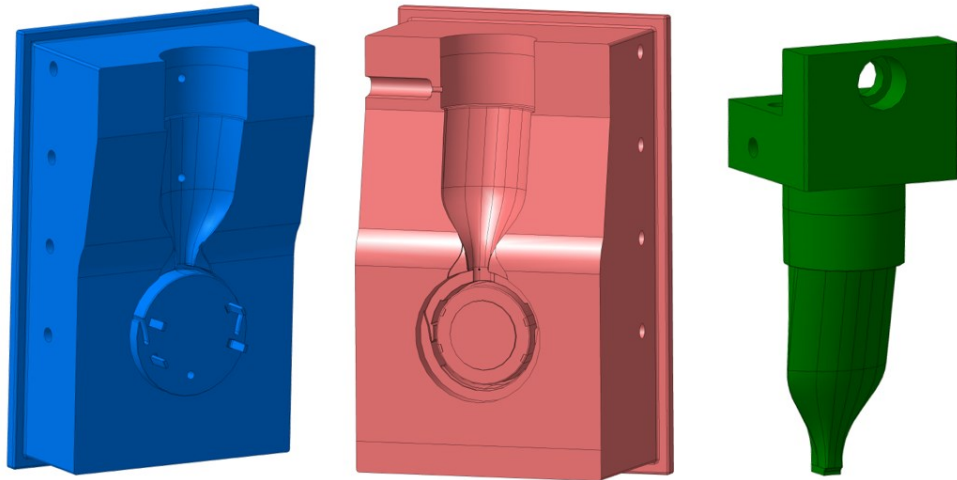
Díl je zaformován pomocí dvou dělicích rovin (viz Obr. 35). Hlavní dělicí rovina je zkosená podle tvaru výrobku, pro snadnější odformování. Vedlejší dělicí rovina je kolmá na hlavní dělicí rovinu a je určena k vytvarování dutiny uvnitř dílu pomocí bočního tvárníku.



Obr. 35 Znárodnění dělicích rovin

## 9.2 Tvarové části formy

U formy byly použity tvarové vložky tvárníku a tvárnice, které budou v jednotlivých polovinách formy uchyceny pomocí odsazení. Dutinu dílu bude tvořit boční tvárník, který bude pomocí šroubu uchycen k posuvné jednotce. Všechny tyto tvarové části jsou z důvodu zvýšení životnosti kaleny.



Obr. 36 Tvárník, tvárnice a boční tvárník

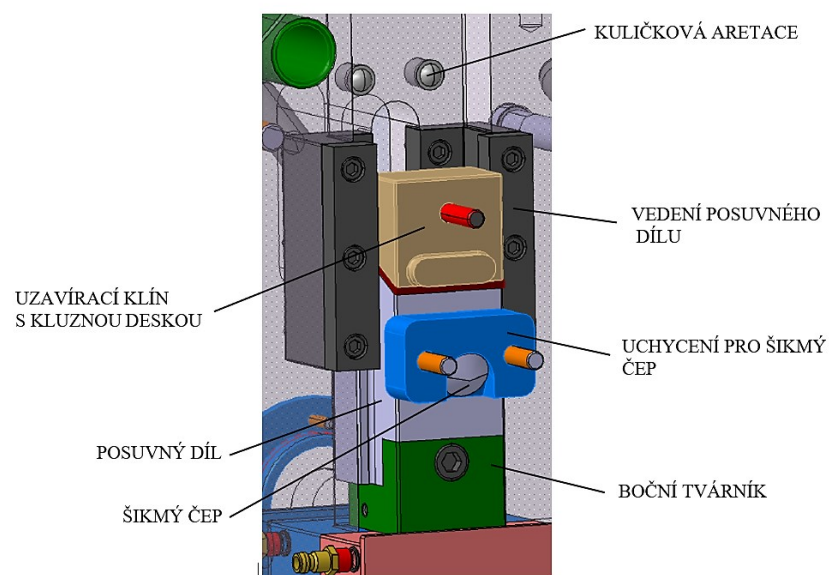
### 9.3 Násobnost formy

Forma byla zadána vedoucím bakalářské práce jako dvojnásobná. Každá dutina formy je tvořena samostatným tvárníkem a tvárnicí a má vlastní posuvnou jednotku s bočním tvárníkem.

### 9.4 Posuvná jednotka bočního odformování

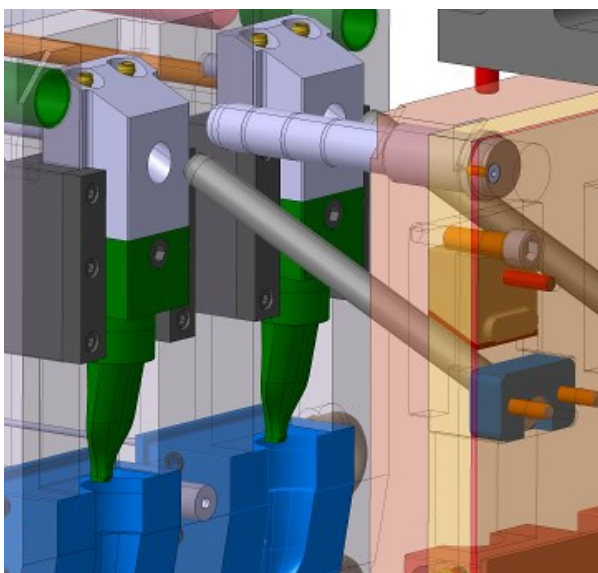
Boční tvárník pro tvorbu dutiny ve výstřiku je přišroubován k posuvnému dílu, který se při otevření hlavní dělicí roviny formy pohybuje po šikmém čepu zabudovanému pod úhlem  $25^\circ$ . Zdvih posuvné jednotky je 102 mm. To zajistí, že celý boční tvárník vyjede z dutiny v současti a díl může být bezproblémově vyhozen z dutiny formy. Posuvný díl se pohybuje v kluzných vodících čelistech, přišroubovaných k pohyblivé části formy. V zavřené poloze je posuvná část zajištěná pomocí uzavíracího klínu s kluznou deskou (viz. Obr. 37).





Obr. 37 Posuvná jednotka v zavřené formě

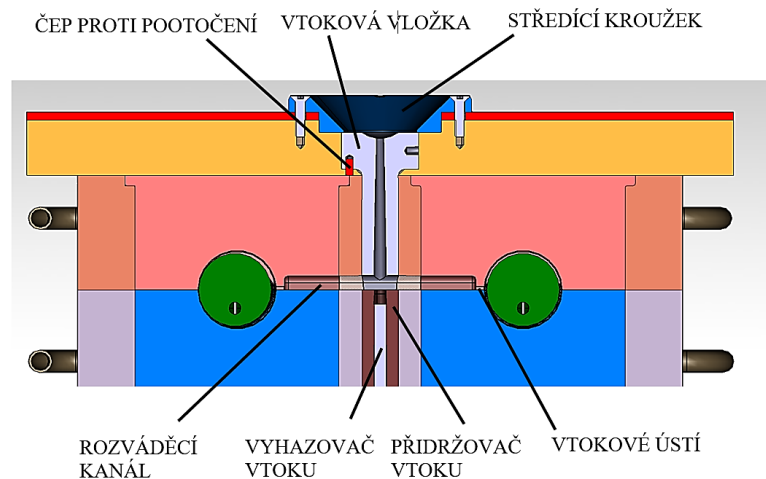
Naopak v otevřené poloze je posuvný díl zajištěn pomocí kuličky na pružině, která zapadne do drážky v posuvném dílu. Forma je dvojnásobná a pro každou dutinu je řešena posuvná jednotka zvlášť.



Obr. 38 Boční posuvná jednotka v otevřené formě

## 9.5 Vtokový systém

Při konstrukci formy byl zadán studený vtokový systém s bočním vtokem do dutiny formy. Důvodem je, že se u tohoto konkrétního dílu nepředpokládá velká výrobní série, proto by se nevyplatilo investovat do vyhřívaného vtokového systému. Vtoková vložka s rádiusem R16 a kuželovým vtokovým kanálem je zajištěna proti pootočení pomocí čepu. Rozváděcí kanál studeného vtoku byl volen lichoběžníkový půlkruhový s poloměrem kanálku 3,5 mm, určeným podle objemu vstříkovaného dílu. Ústí vtoku obdélníkového průřezu o rozměrech 0,9 x 5,5 mm. Na pohyblivé straně formy bude vtok po zatuhnutí držet pomocí přídržovače vtoku a společně s oběma díly bude vyhozen pomocí vyhazovačů. Vtok bude od dílů oddělen mechanicky až mimo formu.



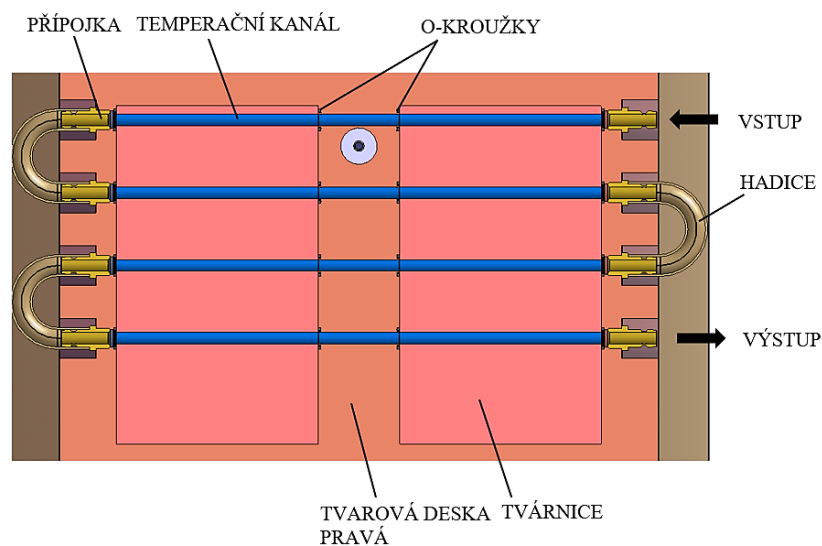
Obr. 39 Řez vtokovým systémem formy

## 9.6 Temperace formy

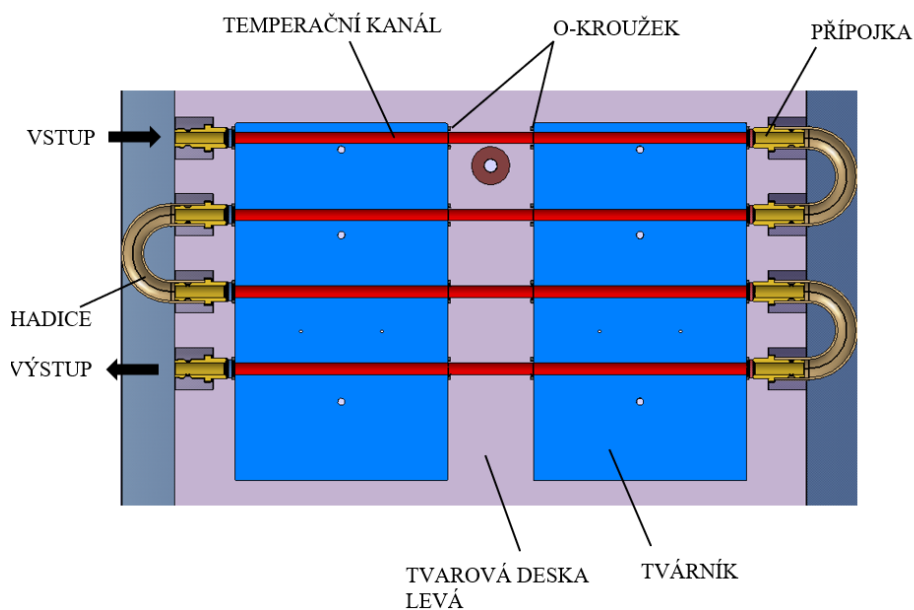
Temperační okruhy jsou u této formy řešeny zvlášť pro tvárnici, tvárník a pro boční posuvnou jednotku. Pro tvárník a tvárnici je temperační systém řešen stejným způsobem.

### 9.6.1 Temperace tvárnice a tvárníku

Podle tloušťky stěny vyráběné součásti byly zvoleny temperační kanály o průměru 6 mm a ve vzdálenosti 15 mm od stěny dutiny formy. Kanály jsou 4 a vzdálenost os jednotlivých kanálů je 36 mm. Při přechodech mezi kotevní deskou a tvarovou vložkou je vždy použit těsnící o-kroužek. Vstup a výstup temperačního média bude řešený přes přípojky. Přípojky jsou zapuštěny v deskách formy, aby při manipulaci s formou nedošlo k jejich poškození. Při přechodu z jednoho kanálku do druhého prochází temperační médium přes hadičku, jak je zobrazeno na Obr. 40 a Obr. 41.



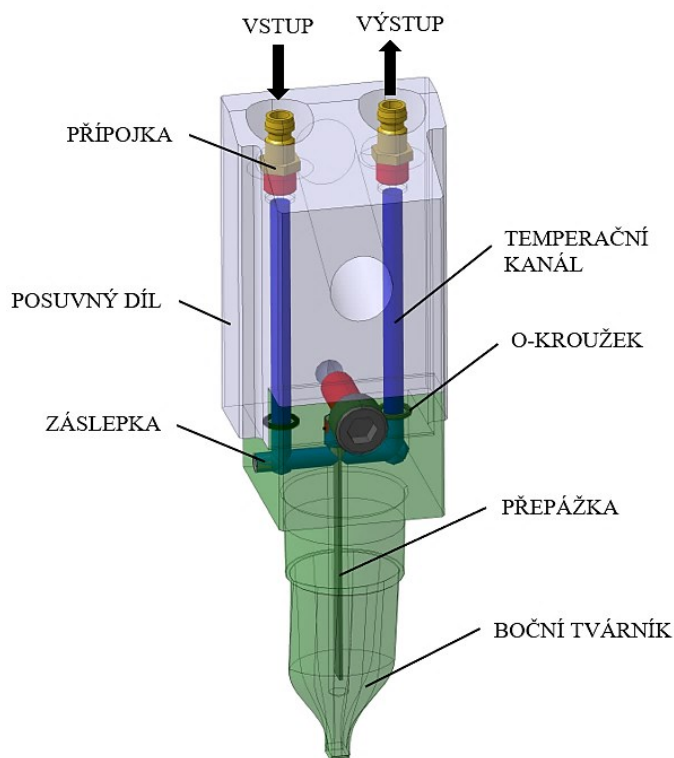
Obr. 40 Řez temperací tvárnice



Obr. 41 Řez temperací tvárníku

### 9.6.2 Temperace boční posuvné jednotky

Posuvná jednotka je temperovaná pomocí kanálů průměru 6 mm. Vstup a výstup je opět řešen pomocí přípojek, na které budou po upnutí formy na stroj nasazeny hadice s přívodem temperačního média. Při přechodu mezi posuvným dílem a bočním tvárníkem je kanálek utěsněn o-kroužkem. V bočním tvárníku je jeden kanál rozdělen plochou přepážkou, kterou bude temperační médium obtékat.

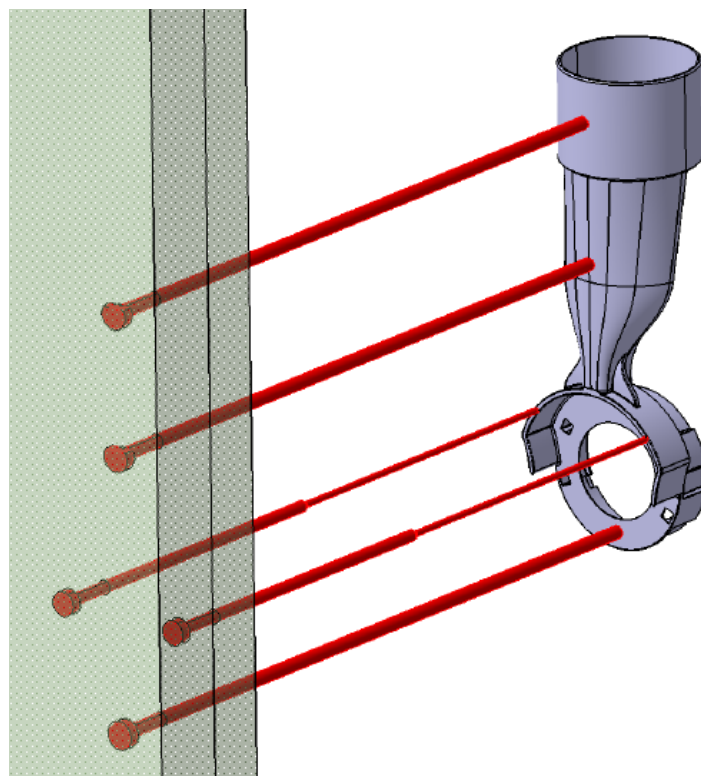


Obr. 42 Temperace posuvné jednotky

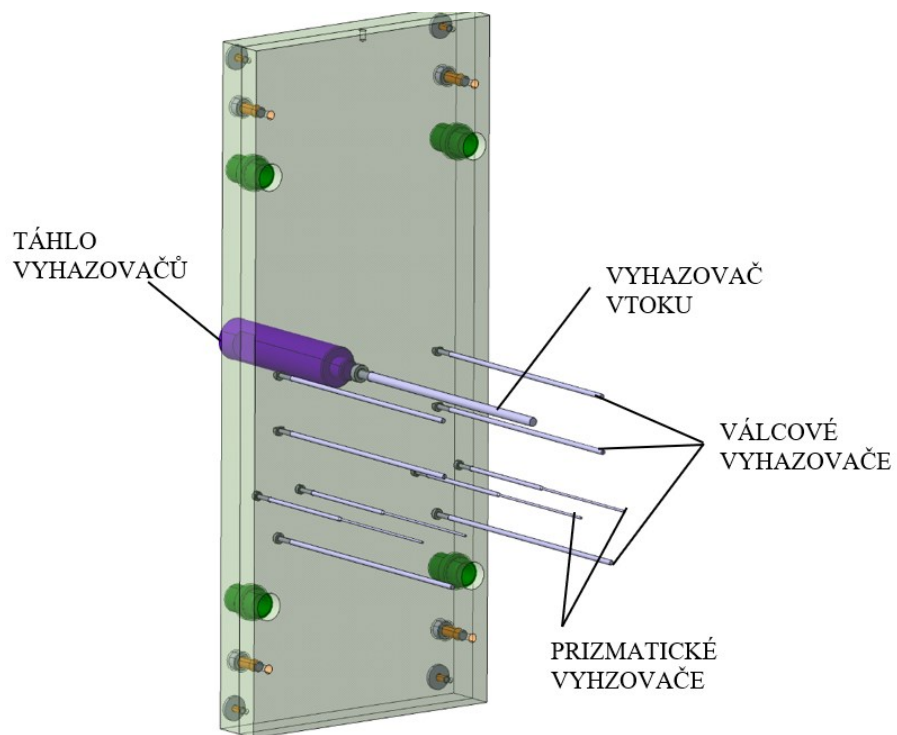
## 9.7 Vyhazovací systém

Vyhození dílu z formy je u této formy řešeno pomocí válcových a prizmatických vyhazovačů. Některé vyhazovače dosedají na válcovou plochu součásti, a proto je jejich konec tvarován podle tvaru součásti. Tyto vyhazovače musí být zajištěny proti pootočení, proto mají zfrézovanou plochu uloženou ve vyhazovacích deskách. Rozmístění vyhazovacích kolíků na vstříkovaném dílu znázorňuje Obr. 43.

Pohyb vyhazovacích desek vpřed pro vyhození dílu a zpět je realizován vstříkovacím strojem, který přes táhlo ovládá celý systém. Vyhazovací systém se pohybuje po vodících čepech, umístěných v upínací desce pohyblivé poloviny.



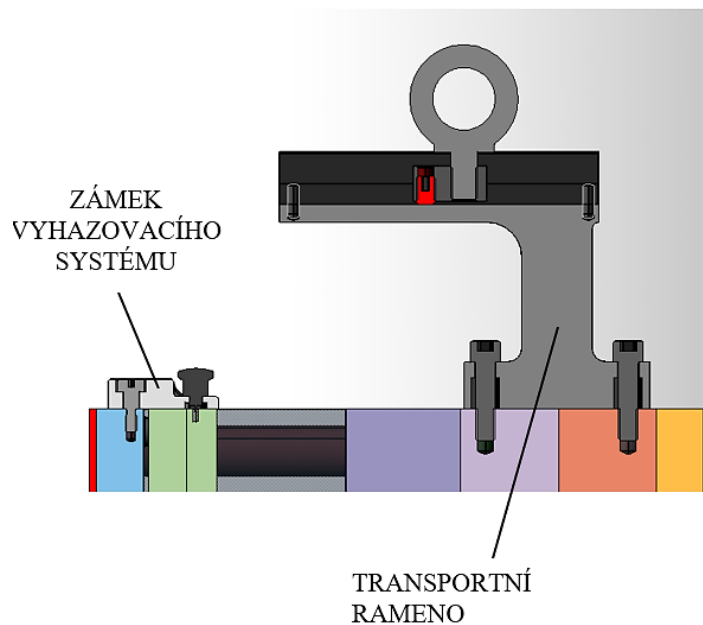
Obr. 43 Místa kontaktu vyhazovačů s výstřikem



Obr. 44 Vyhazovací systém

## 9.8 Manipulace s formou

Při upínání formy do vstřikovacího stroje se předpokládá, že bude forma transportována jeřábem. Proto byla vybavena transportním ramenem od firmy Meusburger. Rameno se přišroubuje k oběma polovinám formy, takže zamezuje otevření formy při manipulaci. Zároveň má rameno drážku pro závěsné oko, které se dá posunovat a umístit do těžiště formy. K zamezení pohybu vyhadzovacích desek při transportu je formě navíc ještě zámek, který drží vyhadzovací desky na místě. Před uvedením formy do provozu se transportní rameno i zámek vyhadzovacího systému musí odšroubovat.



Obr 45 Řez transportními zařízeními

## 10 VÝBĚR VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Vybraným vstřikovacím strojem pro danou formu je ARBURG ALLROUNDER 370 S. Je to vstřikovací stroj s hydraulickou uzavírací jednotkou. Výběr vstřikovacího stroje pro formu byl ovlivněn parametry porovnanými v následující tabulce.

Tab. 2 Porovnání parametrů stroje a formou

Parametr	Hodnota stroje	Hodnota formy	Jednotka
Vzdálenost mezi vodícími sloupy	370x370	346x496	mm
Maximální délka formy	500	366	mm
Hmotnost pohyblivé části	360	290	kg
Průměr středících kroužků	125	125	mm
Uzavírací síla	500	-	kN
Maximální objem vstřikované dávky	59	44	cm <sup>3</sup>
Zdvih vyhazovačů	125	74	mm
Maximální otevírací zdvih	400	212	mm
Rádus trysky – vtokové vložky	R16	R16	mm

Hlavním kritériem výběru vstřikovacího stroje byla vzdálenost mezi vodícími sloupky stroje. Vzdálenost musí být větší než šířka formy, aby se dala forma do stroje spustit jeřábem.

Dalším kritériem výběru stroje byl maximální otevírací zdvih. Aby celá boční posuvná jednotka vyjela z dutiny v součásti a díl mohl být vyhozen z dutiny formy, musí být otevírací zdvih formy minimálně 212 mm, což vstřikovací stroj splňuje.

Objem vstřikované dávky znamená objem taveniny potřebnou pro jeden cyklus vstřikování. To v tomto případě zahrnuje objem obou výstřiků a objem studené vtokové soustavy. Tento objem se z bezpečnostních důvodů zvýšil o 20 %. Objem dílu i vtokové soustavy byl změřen v programu CATIA V5.

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout vstřikovací formu pro zadaný výrobek. Vstřikovaný díl je koncovka odsávání horní frézky na dřevo FERN PRM-1015. Jako materiál pro vstřikování byl zvolen PA 6 Ultramid A3EG6 EQ bk 23189, plněný 30 % skelných vláken od firmy BASF. Výrobek byl nejprve vymodelován v softwaru CATIA V5. Následně byly k dílu vytvořeny tvarové vložky – tvárník, tvárnice a boční tvárník.

Forma byla zadána jako dvojnásobná se studeným vtokovým systémem. Boční odformování je řešeno pomocí posuvné jednotky, která se bude při otevírání formy pohybovat po šikmém čepu. Od těchto parametrů se odvíjela i volba rozměru desek formy. Zde byla snaha navrhnout formu co nejmenší. Desky formy a některé normálie, jako jsou vodící čepy, vodící pouzdra, středící trubky a šrouby byly vygenerovány v prostředí Mold Tooling Design.

Do rámu formy byly následně zakomponovány tvarové vložky, včetně posuvné jednotky pro vytvarování dutiny v součásti. Při návrhu šikmého čepu pak bylo potřeba zvolit dostatečnou délku, aby celý boční tvárník vyjel ze součásti a díl tak mohl být bezpečně vyhozen z formy. Temperace je řešena třemi samostatnými okruhy, zvlášť pro tvárnici, tvárník a boční tvárník. Vyhození dílu a vtokového zbytku z formy je realizováno pomocí válcových a prizmatických vyhazovačů.

Výkresová dokumentace a 3D sestava formy je přiložena k této bakalářské práci na CD.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů 2: teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, 2021. ISBN 978-80-271-1294-4.
- [2] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. Praha: BEN - technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [3] SHIA-CHUNG, Chen a Turng LIH-SHENG. *Advanced Injection Molding Technologies*. Hanser Publishers, 2019. ISBN 978-1-56990-603-3.
- [4] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0614-1.
- [5] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů*. 2. vydání. UNIPLAST BRNO, 1999.
- [6] *Julier* [online]. [cit. 2024-02-21]. Dostupné z: <http://cz.custom-plastic-molds.com/plastic-raw-material/abs/abs-granules-white-injection-molding-grade-20.html>
- [7] VALERO, José R. Lerma. *Plastics Injection Molding - Scientific Molding, Recommendations, and Best Practices*. Hanser Publishers, 2020. ISBN 978-1-56990-689-7.
- [8] CATOEN, Bruce a Herbert REES. *Injection Mold Design Handbook*. Hanser Publishers, 2021. ISBN 978-1-56990-815-0.
- [9] TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC. *Vstřikování plastů* [online]. [cit. 2024-02-04]. Dostupné z: [https://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/04.htm](https://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm)
- [10] HEANEY, Donald F. *Handbook of Metal Injection Molding*. 2nd edition. Elsevier, 2019. ISBN 978-0-0810-2152-1.
- [11] KREBS, Stefan, Ladislav KOLAŘÍK a Barbora BRYKSÍ STUNOVÁ. *Teorie zpracování plastů a kompozitů*. V Praze: České vysoké učení technické, 2020. ISBN 978-80-01-06722-2.
- [12] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-708-0617-6.
- [13] HERALT, Aleš. *Vstřikování plastických hmot* [online]. 2009 [cit. 2024-02-05]. Dostupné z: [https://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cviceni/htn\\_\\_tvareci\\_nastroje\\_vstrikovaci\\_formy\\_\\_zak.pdf](https://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cviceni/htn__tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy__zak.pdf)
- [14] KAZMER, David. *Injection Mold Design Engineering*. 2nd edition. Munich: Hanser Publishers, 2016. ISBN 9781569905708.
- [15] BASILIUS. *Designing for injection molding* [online]. [cit. 2024-02-08]. Dostupné z: <https://www.basilius.com/designing-for-injection-molding/>
- [16] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů II díl - Vstřikování termoplastů*. UNIPLAST Brno, 1999.

- [17] *HASCO* [online]. [cit. 2024-03-16]. Dostupné z: <https://www.hasco.com/cs/Produktov%25C3%25BD-katalog/Z/Vyhazov%25C3%25A1n%25C3%25AD/Vyhazova%25C4%258D/c/PIM030301>
- [18] DANGEL, Rainer. *Injection moulds for beginners*. Hanser Publications, 2016. ISBN 978-1-56990-631-6.
- [19] KAZMER, David O. *Injection Mold Design Engineering*. Hanser Publishers, 2007. ISBN 978-1-56990-417-6.
- [20] SOVA, Miloš a Josef KREBS. *Termoplasty v praxi*. Praha: Verlag Dashöfer, 2001. ISBN 80-86229-15-7.
- [21] KEKSTRA, Randy a Steve BRAMMER. *Injection Molding Advanced Troubleshooting Guide*. 2. Hanser Publishers, 2021. ISBN 978-1-56990-834-1.
- [22] PRUNER, Harry a Wolfgang NESCH. *Understanding injection molds*. 2nd edition. Hanser Publishers, 2020. ISBN 978-1-56990-843-3.
- [23] *TVÁŘENÉ DÍLY Z KOVŮ A PLASTŮ* [online]. [cit. 2024-03-16]. Dostupné z: <https://adoc.pub/tvaene-dily-z-kov-a-plast-tvaeni-kov-a-plast.html>
- [24] MEUSBURGER. *Normálie pro výrobu forem* [online]. [cit. 2024-02-26]. Dostupné z: <https://www.meusburger.com/CS/CZ/zakaznici/mould-making/product-overview>
- [25] *Injection mold cooling systems design* [online]. [cit. 2024-04-28]. Dostupné z: <https://www.injectionmould.org/2019/08/02/injection-mold-cooling-system-design/>
- [26] *EVIKIR* [online]. [cit. 2024-03-14]. Dostupné z: <https://www.evikir.cz/pp-redukce-dlouha-plast/pp-redukce-dlouha-1--vnejsi-x-1-2--vnitrni-zavit-plast/>
- [27] DASSAULT SYSTEMES. *CATIA V5* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.3ds.com/products/catia/catia-v5>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

mm	milimetr
PA	polyamid
PC	polykarbonát
PBT	polybutylentereftalát
ABS	akrylonitrilbutadienstyren
PE	polyetylen
PP	polypropylen
PS	polystyren
PVC	polyvinylchlorid
PMMA	polymethylmetakrylát
POM	polyoxymethylen
kg	kilogram
h	hodina
HRC	zkouška tvrdosti podle Rockwella
VVS	Vyhřívaný vtokový systém
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CNC	Computer Numerical Control
m <sup>3</sup>	metr krychlový
MPa	megapascal
kJ	kilojoule
°C	stupeň Celsia
kN	kilonewton
ISO	mezinárodní norma
m <sup>2</sup>	metr čtvereční

- 3D      trojrozměrný prostor
- 2D      dvourozměrný prostor

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Princip vstřikování termoplastů [1] .....	12
Obr. 2 Vstřikovací cyklus [1] .....	13
Obr. 3 Granulát ABS určený pro vstřikování [6] .....	14
Obr. 4 Vstřikovací stroj [8] .....	15
Obr. 5 Plastikační jednotka vstřikovacího stroje [9] .....	15
Obr. 6 Šnek a jeho pásma [7] .....	16
Obr. 7 Špička šneku [11] .....	17
Obr. 8 Schéma vstřikovací formy [15] .....	20
Obr. 9 Vodící součásti [8] .....	21
Obr. 10 Středící kroužek HASCO Z7540 [17] .....	22
Obr. 11 Řez dvoudeskovou formou .....	23
Obr. 12 Princip otevírání třidedkové formy [5] .....	23
Obr. 13 Forma s posuvnými čelistmi ovládanými šikmým kolíkem .....	24
Obr. 14 Způsoby napojení vtokové vložky na trysku plastikační jednotky [22] .....	26
Obr. 15 Části vtokového systému [20] .....	27
Obr. 16 Průřezy rozváděcího kanálu [20] .....	27
Obr. 17 Plný kuželový vtok jednonásobné formy [9] .....	28
Obr. 18 Bodový vtok [23] .....	29
Obr. 19 Schéma tunelového vtoku [23] .....	29
Obr. 20 Bodový vtok [20] .....	30
Obr. 21 Čtyřnásobný vyhřívaný vtokový systém Meusburger [24] .....	30
Obr. 22 Řez otevřenou tryskou [24] .....	31
Obr. 23 Řez tryskou s jehlou [24] .....	32
Obr. 24 Vyhřívaný vtokový systém ve formě [24] .....	33
Obr. 25 Výrobní výkresy různých druhů vyhazovačů [17] .....	34
Obr. 26 Příklad temperačního systému tvárnice [25] .....	36
Obr. 27 Spálené místo na výstřiku způsobené .....	37
Obr. 28 Nevhodný a vhodný návrh stěny výstřiku [5] .....	38
Obr. 29 Zobrazení úkosů na výstřiku [8] .....	39
Obr. 30 Závit na plastovém dílu [26] .....	40
Obr. 31 3D Model vstřikovaného dílu .....	44
Obr. 32 Vstřikovací forma v zavřené poloze .....	45
Obr. 33 Pravá (pevná) strana formy .....	46
Obr. 34 Levá (pohyblivá) strana formy .....	46

Obr. 35 Znázornění dělicích rovin .....	47
Obr. 36 Tvárník, tvárnice a boční tvárník.....	48
Obr. 37 Posuvná jednotka v zavřené formě.....	49
Obr. 38 Boční posuvná jednotka v otevřené formě.....	49
Obr. 39 Řez vtokovým systémem formy .....	50
Obr. 40 Řez temperací tvárnice .....	51
Obr. 41 Řez temperací tvárníku .....	51
Obr. 42 Temperace posuvné jednotky .....	52
Obr. 43 Místa kontaktu vyhazovačů s výstřikem.....	53
Obr. 44 Vyhazovací systém.....	53
Obr 45 Řez transportními zařízeními.....	54

## **SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 Základní materiálové vlastnosti Ultramid A3EG6 EQ bk 23189.....	44
Tab. 2 Porovnání parametrů stroje a formou.....	55

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha P I: Materiálový list vstříkovaného materiálu

Příloha P II: Technický list vstříkovacího stroje

Příloha P III: CD obsahující 3D modelem sestavy vstříkovací formy

Příloha P IV: Výkres sestavení formy

Příloha P V: Kusovník



# PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST VSTŘIKOVANÉHO MATERIÁLU

Product Information **Ultramid®**

66 H2 G/35-V0KB1 BK3324

10/2023

**PA66-GF35**

 **BASF**  
We create chemistry

## Product description

Ultramid® 66 H2 G/35-V0KB1 BK3324 is a 35% glass reinforced, heat stabilized, pigmented black injection molding PA66. It's a self-extinguishing V-0, based on red phosphorous. It has good flowability and mechanical properties. It offers high rigidity and excellent electrical properties.

## Injection Molding

**PROCESSING**  
injection molding, Melt temperature, range 285 - 300  
injection molding, Mold temperature, range 80 - 90

### Material Handling

Max. Water content: 0.05%

Special handling and safety precautions must be used when processing this grade of material. Please contact your BASF Technical Service Representative for details. Product is supplied in moisture barrier packaging. However, further drying is typically required. A dehumidifying or desiccant dryer operating at 80°C (176°F) is recommended. Drying time is dependent on moisture level, however 2-4 hours is generally sufficient. Further information concerning safe handling procedures can be obtained from the Safety Data Sheet. Alternatively, please contact your BASF Technical Service representative.

## Note

The data contained in this publication are based on our current knowledge and experience. In view of the many factors that may affect processing and application of our product, these data do not relieve processors from carrying out their own investigations and tests; neither do these data imply any guarantee of certain properties, nor the suitability of the product for a specific purpose. Any descriptions, drawings, photographs, data, proportions, weights etc. given herein may change without prior information and do not constitute the agreed contractual quality of the product. It is the responsibility of the recipient of our products to ensure that any proprietary rights and existing laws and legislation are observed. In order to check the availability of products please contact us or our sales agency.

# Ultramid® 66 H2 G/35-V0KB1 BK3324



We create chemistry

## Product Information

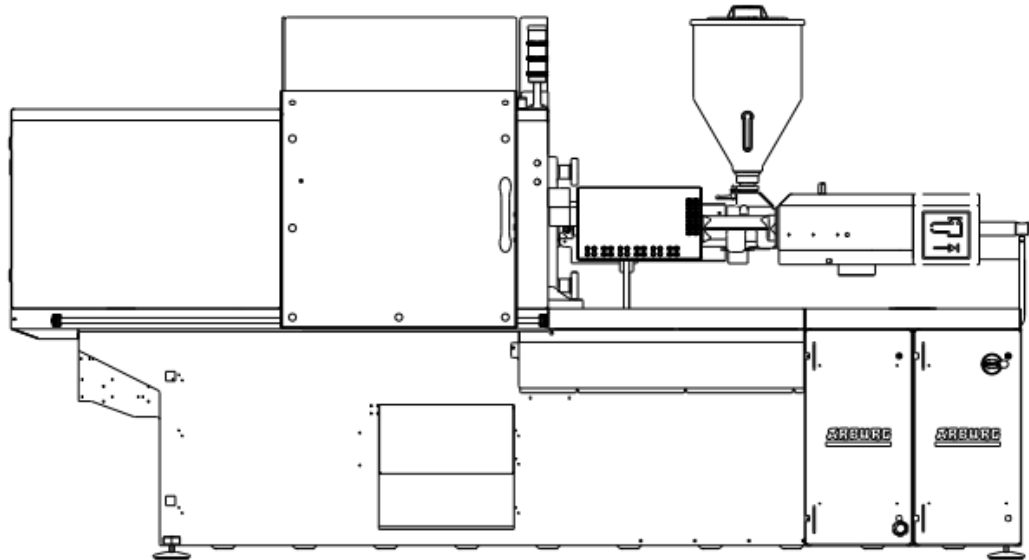
Typical values for uncoloured product at 23 °C <sup>1)</sup>	Test method	Unit	Values <sup>2)</sup>
<b>Properties</b>			<b>dry / cond.</b>
Polymer abbreviation	-	-	<b>PA66-GF35</b>
Filler content: Glass fiber (GF), glass balls (GB), Mineral (M)	-	%	<b>GF35</b>
Density	ISO 1183	kg/m <sup>3</sup>	<b>1450 / -</b>
<b>Processing</b>			<b>dry / cond.</b>
Melt temperature, Injection moulding/Extrusion	-	°C	<b>285 - 300</b>
Mould temperature, Injection moulding	-	°C	<b>80 - 90</b>
<b>Flammability</b>			
Burning Behav. at 1.5 mm nom. thickn.	IEC 60695-11-10	class	<b>V-0</b>
Burning Behav. at thickness d = 0.81 mm	IEC 60695-11-10	class	<b>HB</b>
UL 94 rating at 3 mm thickness	UL-94, IEC 60695	class	<b>V-0</b>
Burning Behav. 5V at thickness d = 3 mm	IEC 60695-11-20	class	<b>5VA</b>
RTI, electrical, d = 0.8 mm	UL-746B	°C	<b>130</b>
RTI, electrical, d = 1.6 mm	UL-746B	°C	<b>130</b>
RTI, electrical, d = 3.2 mm	UL-746B	°C	<b>130</b>
RTI, mechanical, under impact stress, d = 0.8 mm	UL-746B	°C	<b>115</b>
RTI, mechanical, under impact stress, d = 1.6 mm	UL-746B	°C	<b>115</b>
RTI, mechanical, under impact stress, d = 3.2 mm	UL-746B	°C	<b>115</b>
RTI, mechanical, without impact stress, d = 0.8 mm	UL-746B	°C	<b>140</b>
RTI, mechanical, without impact stress, d = 1.6 mm	UL-746B	°C	<b>140</b>
RTI, mechanical, without impact stress, d = 3.2 mm	UL-746B	°C	<b>140</b>
<b>Mechanical properties</b>			<b>dry / cond.</b>
Tensile modulus	ISO 527-1/-2	MPa	<b>11400 / -</b>
Yield stress, 50 mm/min	ISO 527-1/-2	MPa	<b>176 / -</b>
Yield strain, 50 mm/min	ISO 527-1/-2	%	<b>2.5 / -</b>
Flexural modulus	ISO 178	MPa	<b>10300 / -</b>
Charpy notched impact strength (23°C)	ISO 179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	<b>10 / -</b>
Charpy notched impact strength (-40°C)	ISO 179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	<b>9 / -</b>
Izod notched impact strength (23°C)	ISO 180/A	kJ/m <sup>2</sup>	<b>11 / -</b>
Izod notched impact strength (-40°C)	ISO 180/A	kJ/m <sup>2</sup>	<b>9 / -</b>
<b>Thermal properties</b>			<b>dry / cond.</b>
Melting temperature, DSC	ISO 11357-1/-3	°C	<b>258</b>
HDT A (1.80 MPa)	ISO 75-1/-2	°C	<b>236</b>

### Footnotes

- 1) If product name or properties don't state otherwise.  
2) The asterisk symbol "\*" signifies inapplicable properties.

BASF Corporation  
48192 Wyandotte, USA

## PŘÍLOHA P II: TECHNICKÝ LIST VSTŘIKOVACÍHO STROJE



### **ALLROUNDER 370 S**

Distance between tie bars: 370 x 370 mm

Clamping force: 500, 600, 700 kN

Injection unit (acc. to EUROMAP): 100, 170, 290

**ARBURG**

## TECHNICAL DATA | 370 S

Clamping unit			370 S		
with clamping force	max. kN		500	600	700
Opening force   stroke	max. kN   mm		160   400		
Mould height, fixed   variable	min. mm		200   ---		
Platen daylight fixed   variable	max. mm		600   ---		
Distance between tie bars (w x h)	mm		370 x 370		
Mould mounting platens (w x h)	max. mm		510 x 510		
Weight of movable mould half	max. kg		360		
Ejector force   stroke	max. kN   mm		30   125		
Dry cycle time EUROMAP <sup>2</sup>	1 pump	min. s - mm	2,1   1,9 - 259		
	2 pumps	min. s - mm	1,4 - 259		
	Accum.	min. s - mm	1,3 - 259		

Injection unit			100			170			290		
with screw diameter	mm		20	25	30	25	30	35	30	35	40
Effective screw length	L/D		25	20	16,7	24	20	17	23,3	20	17,5
Screw stroke	max. mm		100			120			150		
Calculated stroke volume	max. cm <sup>3</sup>		31	49	71	59	85	115	106	144	188
Shot weight	max. g PS		29	45	65	54	77	105	97	132	172
Material throughput	max. kg/h PS		5,5	8	9,5	10	13,5	16	17	20,5	24,5
	max. kg/h PA6.6		2,8	4	4,9	5	7	8	8,5	10,5	12,5
Injection pressure	max. bar		2500	2000	1390	2500	2000	1470	2500	2000	1530
Holding pressure	max. bar		2500	2000	1390	2500	2000	1470	2500	2000	1530
Injection flow <sup>2</sup>	1 pump	max. cm <sup>3</sup> /s	90	142	204	94	136	186	102	140	182
	2 pumps	max. cm <sup>3</sup> /s	90	142	204	94	136	186	102	140	182
	Accum.	max. cm <sup>3</sup> /s	172	268	388	216	312	424	316	430	562
Screw circumferential speed <sup>2</sup>	1 pump	max. m/min	39	49	59	349	59	69	46	54	62
	2 pumps	max. m/min	39	49	59	349	59	69	46	54	62
	Accum.	max. m/min	11	14	17	14	17	19	20	24	27
Screw torque	max. Nm		120	150	180	210	250	290	320	380	430
Nozzle contact force   retraction stroke	max. kN   mm		50   180			50   210			60   240		
Heating capacity   zones	kW		6,7   5			9   5			7,7   5		
Feed hopper	l		50			50			50		

Drive and connection			1 pump			2 pumps			Accum.		
with injection unit			100	170	290	100	170	290	100	170	290
Net weight of machine	kg		3200	3250	3300	3200	3250	3300	---		
Sound press. level   Insecurity <sup>4</sup>	dB(A)		67   3			67   3			67   3		
Oil filling	l		135			135			150		
Drive power <sup>2</sup>	max. kW		15			15			15		
Electrical connection <sup>3</sup>	kW		22	27	24	22	27	23	22	27	23
	Total	A	63	80	80	63	80	80	63	80	80
	Machine	A	---			---			---		
Cooling water connection	Heating	A	---			---			---		
	max. °C		30			30			30		
	min. Δp bar		1,5   DN 25			1,5   DN 25			1,5   DN 25		

Machine type	
with EUROMAP size designation <sup>1</sup>	Drive
370 S 500-100   170   290	1   2   -
370 S 600-100   170   290	1   2   -
370 S 700-100   170   290	-   2   Accum.

Upon request: other machine types and mould installation heights, screws, drive powers etc.

All specifications relate to the basic machine version. Deviations are possible depending on variants, process settings and material type. Depending on the drive, certain combinations, e.g. max. injection pressure and max. injection flow may be mutually exclusive.

1) Clamping force (kN) - size of injection unit = max. stroke volume (cm<sup>3</sup>) x max. injection pressure (kbar).

2) Specifications depend on the drive config. - 1st value applies to the lowest clamping force.

3) Specifications relate to 400 W/50 Hz.

4) Detailed info in the operating instr.

[ ] Specifications apply to alternative equipment.