

# Konstrukce výrobku a nástroje pro jeho produkci

Marek Branda

---

Bakalářská práce  
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**dle zadání vedoucího BP**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Michal Staněk, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**8. února 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**17. května 2013**

Ve Zlíně dne 11. února 2013



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



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

**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2012/2013

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marek BRANDA**  
Osobní číslo: **T090001**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce výrobku a nástroje pro jeho produkci**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu.
3. Navrhněte vstřikovací formu pro zadaný díl.
4. Nakreslete 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <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 – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 17.5.2013

*Branda*

---

<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 vzdělávacímu 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). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

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

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

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem dvojnásobné vstřikovací formy pro výrobu plastového dílu, kterým je držák ručního mixéru. Teoretická část se věnuje problematice vstřikování a zásadám konstrukce vstřikovacích forem.

Úkolem praktické části je vytvoření 3D modelu daného dílu a návržení konstrukce vstřikovací formy včetně zhotovení výkresů sestavy formy. K realizaci návrhu bylo využito školní verze softwaru CATIA V5R18 a normálií.

Klíčová slova: Polymer, vstřikování, konstrukce, vstřikovací forma

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with the design of double injection mold for plastic part, which is the holder of hand mixer. The injection issues and construction principles of injection molds are generally described in the theoretical part.

The task of the practical part is to create 3D model of specified plastic part and design of injection mold including technical drawings of assembled mold. For the realization of the design was used school version of software CATIA V5R18 and standardized parts.

Keywords: Polymer, injection molding, design, injection mold

Poděkování:

Velmi rád bych tímto poděkoval všem, kteří mi byli nápomocni při vzniku této bakalářské práce, zvláště pak vedoucímu mé práce Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za odborné rady a čas, který mi věnoval při jejím vypracování.

Čestně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. Dále prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně dne .....

.....

Podpis

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>12</b>
1.1 MATERIÁLY PRO VSTŘIKOVÁNÍ .....	12
1.1.1 Termoplasty.....	13
1.1.2 Reaktoplasty .....	14
1.1.3 Elastomery.....	14
1.2 PŘÍPRAVA MATERIÁLU PRO VSTŘIKOVÁNÍ.....	14
1.2.1 Sušení granulátu .....	14
1.2.2 Barvení granulátu .....	15
1.2.3 Recyklace plastů.....	16
1.3 KONTROLA KVALITY, VADY A ZPŮSOBY JEJICH ODSTRANĚNÍ .....	16
1.4 PRŮBĚH VSTŘIKOVACÍHO CYKLU .....	18
<b>2 VSTŘIKOVACÍ STROJ</b> .....	<b>19</b>
2.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA.....	19
2.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	20
2.3 ŘÍZENÍ A REGULACE VSTŘIKOVACÍHO STROJE .....	22
<b>3 VSTŘIKOVACÍ FORMA</b> .....	<b>23</b>
3.1 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	23
3.1.1 Postup při konstrukci.....	24
3.1.2 Zaformování výstřiku.....	25
3.1.3 Dimenzování tvarové dutiny .....	25
3.2 STUDENÉ VTKOVÉ SYSTÉMY (SVS).....	27
3.2.1 Typy studených vtoků .....	29
3.3 VYHŘÍVANÉ VTKOVÉ SYSTÉMY (VVS) .....	31
3.3.1 Vyhřívané trysky .....	31
3.3.2 Vyhřívané rozvodné bloky .....	33
3.4 BOČNÍ POSUVNÉ ČELISTI.....	34
3.4.1 Šikmé válcové kolíky .....	35
3.4.2 Lomené kolíky .....	35
3.4.3 Zajištění a vedení posuvných čelistí .....	35
3.5 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY .....	36
3.5.1 Vyhazovací síla .....	37
3.5.2 Vyhazovací kolíky .....	37
3.5.3 Trubkové vyhazovače .....	38
3.5.4 Stírací deska .....	39
3.5.5 Šikmé vyhazování .....	39
3.5.6 Dvoustupňové vyhazování .....	40
3.5.7 Hydraulické vyhazování.....	40
3.5.8 Pneumatické vyhazování.....	40
3.6 TEMPERACE FOREM.....	41
3.6.1 Temperační kanály .....	42
3.6.2 Tepelná bilance formy.....	44



3.6.3	Temperační prostředky.....	44
3.7	ODVZDUŠNĚNÍ.....	45
3.8	MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ FOREM .....	46
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>47</b>
<b>4</b>	<b>STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>48</b>
<b>5</b>	<b>VSTŘIKOVANÝ DÍL .....</b>	<b>49</b>
5.1	MATERIÁL VÝSTŘIKU .....	50
5.2	VÝPOČET PARAMETRŮ PRO URČENÍ VSTŘIKOVACÍHO STROJE .....	51
<b>6</b>	<b>VSTŘIKOVACÍ STROJ .....</b>	<b>52</b>
<b>7</b>	<b>KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....</b>	<b>53</b>
7.1	ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU .....	55
7.2	NÁSOBNOST FORMY .....	56
7.3	PRVKY FORMUJÍCÍ DUTINU .....	57
7.3.1	Tvárnice a tvárník .....	57
7.3.2	Posuvná jádra .....	58
7.3.3	Odformování kuželových jader pomocí šikmých čepů.....	58
7.3.4	Výpočet potřebné délky šikmého válcového čepu.....	60
7.4	VTOKOVÝ SYSTÉM .....	60
7.4.1	Horká tryska .....	62
7.5	VSTŘIKOVACÍ PRAVÁ STRANA FORMY .....	63
7.6	UZAVÍRACÍ LEVÁ STRANA FORMY .....	64
7.7	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	65
7.8	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	66
7.8.1	Temperace tvárnice .....	67
7.8.2	Temperace tvárníku.....	67
7.9	ODVZDUŠNĚNÍ.....	68
7.10	TRANSPORTNÍ NOSIČ .....	69
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>70</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>73</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>75</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>77</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>78</b>

## ÚVOD

Polymerní materiály se staly v dnešní moderní době nedílnou součástí konstrukčních materiálů a díky široké škále specifických vlastností nacházejí uplatnění prakticky ve všech odvětvích průmyslu. Vzhledem k progresivnímu vývoji těchto materiálů a jejich poměrně snadnému zpracování včetně nízké energetické náročnosti výroby, pronikají do mnoha aplikací, kde postupně nahrazují původní tradiční materiály. O tomto faktu vypovídá i exponenciální růst spotřeby polymerních materiálů od poloviny minulého století, který aktuálně svým objemem převyšuje produkci oceli.

Důsledkem rozvoje těchto materiálů je i vývoj odpovídající technologie zpracování. Mezi nejpoužívanější technologie patří metoda vstřikování termoplastů, která umožňuje výrobu součástí téměř neomezených tvarů. Konečný tvar, rozměrová přesnost, estetický vzhled a vlastnosti výrobku jsou dány druhem polymeru a především dutinou vstřikovací formy, do které je polymer za zvýšené teploty a tlaku vstřikován.

Stejně jako jsou kladeny vysoké požadavky na kvalitu plastových výrobků, je vyžadován také vhodný návrh konstrukce pro výrobu vstřikovací formy, neboť je forma vysokou finanční i časovou investicí. S tím také souvisí použití správných materiálů součástí formy.

V praxi se využívá pokročilého softwaru, který umožňuje velmi rychle navrhnout vstřikovací formu ve 3D a pomocí simulací ověřit funkční vlastnosti či nedostatky v maximální možné míře, ještě před její samotnou výrobou. Ve spojení s použitím normalizovaných dílů různých výrobců, je-li toto možné, se takto značně snižují náklady a čas potřebný k výrobě formy.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 VSTŘIKOVÁNÍ

Technologie vstřikování patří mezi nejrozšířenější způsoby tváření polymerních materiálů. Jedná se o poměrně složitý tepelně-mechanický proces tváření, na kterém se podílí výchozí materiál vyráběné součásti, vstřikovací forma jako nástroj udělující tavenině požadovaný tvar a vstřikovací stroj.

Vlastní výroba vstřikováním pak probíhá nadávkováním a plastikací vysušeného polymeru ve vstřikovací jednotce a jeho následné dopravě (vstříknutí) za zvýšené teploty a tlaku pomocí šneku či pístu do uzavřené tvarové dutiny kovové formy. Zde se po jejím zaplnění ochladí a zafixuje její tvar. Vzniká tak finální výrobek anebo polotovár, který je dále zpracován. Výrobky (výstřiky) se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností, povrchovou úpravou a vysokou reprodukovatelností fyzikálně-mechanických vlastností.

Vstřikování je proces přetržitý a cyklický. Tato technologie umožňuje zpracovat téměř všechny druhy termoplastů a v menší omezené míře také některé reaktoplasty a kaučuky. Výhodou této technologie je vysoká efektivita využití zpracovávaného materiálu. Hlavní nevýhodou v porovnání s ostatními metodami zpracování plastů jsou vysoké investiční náklady, dlouhé doby nutné pro výrobu forem a potřeba používat strojní zařízení, které je neúměrně velké v porovnání s vyráběným dílem. Proto se vstřikování primárně užívá při velkosériové a hromadné výrobě. [1,3]

## 1.1 Materiály pro vstřikování

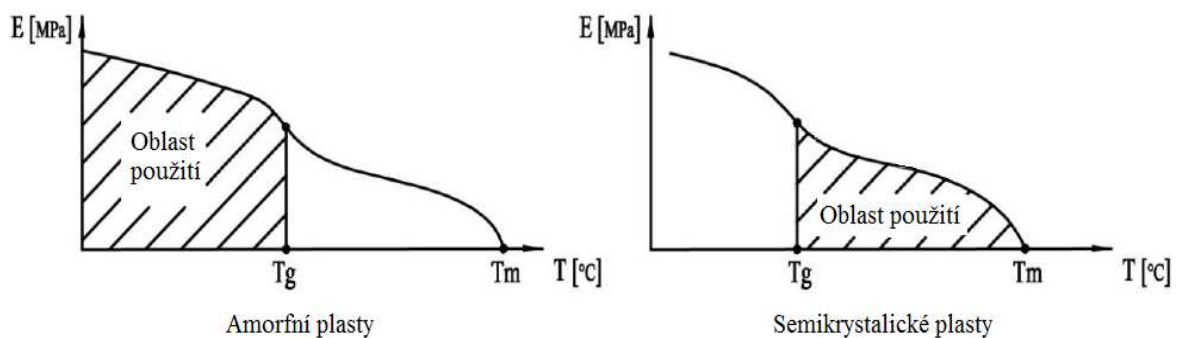
Plasty jsou obecně makromolekulární látky přírodního nebo syntetického původu, jejichž stavebním článkem je opakující se základní monomerní jednotka. Vyrábí se z ropy nebo zemního plynu a dalších výchozích látek jako uhlí, vápno, voda a vzduch. Základními prvky řetězce jsou uhlík (C), vodík (H), kyslík (O), dusík (N), chlór (Cl), síra (S) a křemík (Si). V zásadě se rozlišují tři druhy polymerních makromolekul: lineární, rozvětvené (termoplasty) a zesíťované (reaktoplasty a kaučuky). Tyto vysokomolekulární látky vznikají tzv. polyreakcemi (polymerace, polyadice, polykondenzace), což jsou ve své podstatě jednoduché chemické reakce, díky nimž se z nízkomolekulárního polymeru (monomer) stává polymer. Základní pohled na druh plastu je jeho teplotní chování, díky kterému se dělí na termoplasty, reaktoplasty a elastomery. [1,3]

### 1.1.1 Termoplasty

Jsou nejrozšířenější skupinou plastů. Tyto lineární či rozvětvené polymery, jejichž řetězec tvoří jen jeden druh základní chemické skupiny, nazýváme homopolymery.

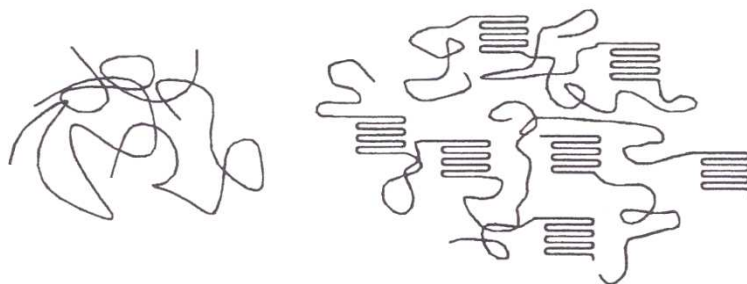
Dále kopolymery, které jsou složeny z více druhů základních chemických skupin. Z hlediska vnitřní struktury se termoplasty dělí na:

- amorfní, jejichž řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány
- semikrystalické, kde je podstatná část řetězců pravidelně a těsně uspořádána a tvoří krystalické útvary. Zbytek má amorfní uspořádání.



Obr. 1. Oblasti využití u amorfních a semikrystalických plastů [1]

Při zahřívání přecházejí do plastického stavu vysoce viskózních newtonovských kapalin, kde je lze snadno tvářet a zpracovávat různými technologiemi. Do tuhého stavu přejdou ochlazením pod teplotu tání  $T_m$  (semikrystalické plasty), resp. teplotu viskózního toku  $T_f$  (amorfní plasty). Protože při zahřívání nedochází ke změnám chemické struktury, lze proces měknutí a následného tuhnutí opakovat teoreticky bez omezení. Jedná se pouze o fyzikální proces. K termoplastům patří většina zpracovávaných hmot, jako je polyethylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polyamid (PA), atd. [3]



Obr. 2. Struktura amorfní vs. semikrystalická [3]

### 1.1.2 Reaktoplasty

Jedná se o polymerní materiály, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, k tzv. vytvrzování. Výrobek je možno považovat za jednu velkou makromolekulu. Ochlazování reaktoplastů probíhá mimo nástroj, neboť zajištění rychlého ohřevu formy pro vytvrzení a následné rychlé ochlazení materiálu by bylo obtížné. Tento děj je nevratný a vytvrzené plasty nelze roztavit ani rozpustit, dalším zahříváním dojde k rozkladu hmoty (degradaci). Patří sem fenolformaldehydové hmoty, epoxidové pryskyřice, polyesterové hmoty, apod. [3]

### 1.1.3 Elastomery

Elastomery jsou polymerní materiály, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, probíhá tzv. vulkanizace. U elastomerů na bázi termoplastů nedochází ke změnám chemické struktury, proces měknutí a následného tuhnutí lze opakovat teoreticky bez omezení, probíhá zde pouze fyzikální děj. [3]

## 1.2 Příprava materiálu pro vstřikování

Před zpracováním plastů vstřikováním se materiál upravuje v souladu s technologickým postupem, určeným na konkrétní výrobek. Obvykle to bývá sušení granulátu, mísení s přísadkou rozdrčeného odpadu, barvení granulátu, míchání s nadouvadlem apod.

Uvedené postupy upravují termoplast do takového stavu, aby jeho zpracování bylo bez potíží a výsledná aplikace vyhověla požadavkům na výrobek. [1]

### 1.2.1 Sušení granulátu

Vlhkost se může shromažďovat na povrchu jakéhokoliv plastu, některé však mají schopnost vodu v podobě páry absorbovat z ovzduší. To při běžných zpracovatelských teplotách může způsobit degradaci polymeru a tím pochopitelně i snížení požadované kvality některých parametrů a zhoršení kvality povrchu. Výstřiky mívají povrchové vady, nesnadno se vyjímají z formy a mohou mít proměnlivý stupeň lesku na povrchu. Obecně platí, že čím vyšší je teplota taveniny při zpracování, tím nižší je přípustný obsah vlhkosti v plastu.

Granulované plasty se dodávají buď vysušené ve vzduchotěsných obalech a zpracovávají se obvykle hned, nebo nevysušené v papírových či plastových pytlích. [1]



Obr. 3. Vstřikovací stroj se sušícím zařízením Thermolift firmy ARBURG [12]

Pro zamezení navlhnutí granulátu se skladuje před vlastním zpracováním v suchých skladech. Především v zimním období se při přesunu ze skladu do dílny nechává aklimatizovat po dobu 24 hodin při teplotě dílny a teprve potom se pytle otevírají, čímž se zamezí orosení granulátu. Sušení granulátu se provádí ve vysokokapacitních kontinuálních sušárnách s nucenou cirkulací ohřátého vzduchu.

Sušení i proces navlhání jsou vratné děje, proto se do násypky stroje vkládá jen takové množství materiálu, které se zpracuje do 30 minut. Vhodnější je násypky strojů vyhřívat a udržovat tak teplotu materiálu proudem teplého vzduchu na potřebné výši. [1,3]

### 1.2.2 Barvení granulátu

Spolu s rozšiřující se nabídkou podobného výrobku od různých výrobců je snaha o diverzifikaci i v oblasti barevného provedení, které mohou zákazníka pozitivně ovlivnit ke koupi. Pro barvení plastů se používají barvy různých výrobců a proces barvení se provádí buď dávkovacím zařízením přímo na vstřikovacím stroji, nebo se granulát probarvuje před vstřikováním. Plast, do kterého jsou zakomponovány barevné pigmenty, se nazývá nosič. Ideální je použití takového nosiče, který odpovídá barvenému plastu. Při barvení se pak mísí odpovídající polymery, barevný koncentrát se dobře promíchá s matricí a nedojde k poklesu mechanických, případně jiných vlastností plastu, jako je ztráta lesku nebo ztráta transparentnosti či nehořlavosti. [1,16]

### 1.2.3 Recyklace plastů

Při vstřikování mohou vznikat vadné výstřiky, zbytky vtokových systémů a odpady, které se mohou dále zpracovávat. Opětovné použití neznečištěného plastového odpadu spočívá v rozdrčení pomocí nožových mlýnů. Takto upravený odpad se smíchá s čistým granulátem a může se znovu zpracovat. Dochází ovšem ke zhoršení fyzikálně-mechanických vlastností a povrchového vzhledu. Obecně lze říci, že použitím množství do 15 % odpadu lze vyrábět výstřiky bez podstatného vlivu na vlastnosti. Avšak tuto hodnotu nelze určit jako etalon. Dle způsobu aplikace výstřiku, druhu použitého plastu apod. mohou být některé výstřiky vyrobeny i z téměř 100 % odpadu. U transparentních a silně namáhaných výstřiků se plasty míchat nemohou, protože by nesplnily požadované vlastnosti. [1]

### 1.3 Kontrola kvality, vady a způsoby jejich odstranění

Pro dosažení požadované kvality výstřiku při výrobě musí být optimalizovány faktory, které se na tomto procesu podílí. Těmito faktory jsou materiál, konstrukce výstřiku, forma, vstřikovací stroj a technologické parametry.

Kontrola kvality u vstřikovacího stroje může být efektivní tehdy, je-li konstrukce dílce, forma, vstřikovací stroj i materiál v pořádku. Ve výrobě kontrolujeme především technologické parametry.

Vady, které vzniknou v průběhu vstřikování, lze rozdělit do dvou skupin:

Vady zjevné – se zjišťují při vizuálním porovnání s referenčním výstřikem. Dělí se na:

- vady tvaru - zvlnění, propadliny, zborcení, deformace, otřepy, nedostříknuté díly,
- vady povrchu - matná místa, stříbření, stopy po vlhkosti, tokové čáry, spálená místa, nedostatečný lesk, změny barevných odstínů, mikrotrhlínky.

Vady skryté - obvykle vizuální kontrolou nezjistíme, mají ale vliv na výsledné vlastnosti výstřiků. Zde patří:

- studené spoje,
- vnitřní pnutí - tepelné, z nerovnoměrné orientace, z přeplnění formy,
- bubliny a lunkry v průřezu výstřiku,
- uzavřený vzduch nebo plyny ve výstřiku,
- anizotropie. [17,18]



Prvotní kontrola kvality vstřikovaných dílců se obvykle provádí přímo obsluhou vstřikovacího stroje. Jedná se především o vzhledovou kontrolu, která bohužel podléhá individuálnímu přístupu jednotlivých pracovníků, a proto nemusí být a v praxi ani není jednotná a objektivní. Horší situace posuzování nastává u vad povrchu souvisejících s optickou čistotou, probarvením a velmi jemným stříbřením, kde bylo prokázáno, že u některých polymerů souvisí jakost povrchu se stavem výstřiku a může se mírně měnit s časem, kdy ještě probíhají relaxační pochody nebo dokrystalizace u semikrystalických materiálů. Také je nutno počítat s určitou změnou povrchu tvarové dutiny formy jako je ztráta lesku či zanášení dezénu v průběhu větších výrobních sérií. Proto se v závislosti na vstřikovaném plastu a kvalitě i členitosti tvarové dutiny doporučuje periodické čištění či přeleštění jejího povrchu. [16]

Téměř stoprocentní shody lze dosáhnout u vad typu nedostřik, přetok, hrubší propadliny, spálený materiál, výraznější stopy po vlhkosti. Další metodou je kontrola hmotnosti, která je rychlým a snadno měřitelným ukazatelem kvality výstřiku bezprostředně po vytažení z formy. [16]

Rozměry, tvar a zejména mechanické vlastnosti dílce je nutno kontrolovat až po určité době, nejdříve 24 hodin po vyjmutí z formy. Měření nejjednoduššími a nejlevnějšími posuvnými měřidly není vhodné, proto se využívá moderních 3D optických skenerů. [16]

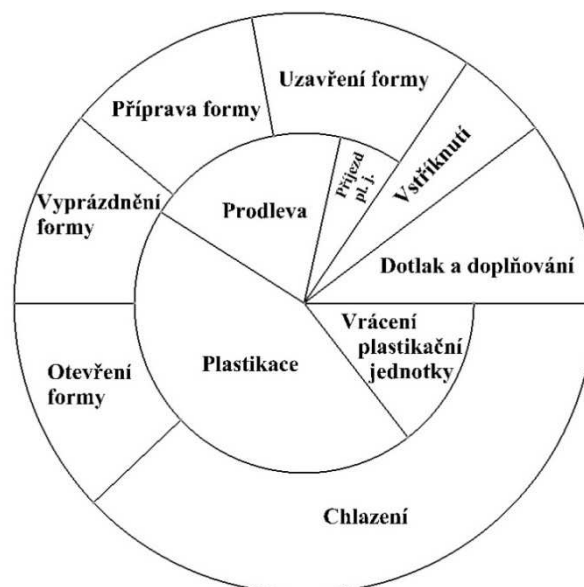
Z hlediska obtížnosti odstranění vad je lepší, když je příčina v technologii a je tak možné vadu odstranit změnou jednoho nebo více parametrů. Jinak je nutné hledat příčinu ve formě, na vstřikovací stroji nebo v použitém materiálu. [16]

## 1.4 Průběh vstřikovacího cyklu

Vstřikovací cyklus je sled přesně specifikovaných úkonů, které se realizují na vstřikovacím stroji mezi plastikační jednotkou a formou respektive uzavírací jednotkou. Vstřikovaný materiál prochází teplotním cyklem, jedná se tedy o proces neizotermický. Pro popis cyklu je potřebné si definovat jeho počátek, za který lze považovat impuls uzavření formy. [3]

Popis cyklu:

- k uzavřené formě se přisune plastikační jednotka, v jejíž tavící komoře je již připraven působením topení a tření otáčejícím se šnekem zplastikovaný polymer. Po dosednutí trysky na vtokovou vložku je homogenizovaná tavenina určité teploty vstříknuta do dutiny formy axiálním pohybem šneku, který má v této fázi funkci pístu,
- po vyplnění všech tvarových dutin formy dochází ke stlačování hmoty. V této fázi je potřeba snížit tlak přepnutím stroje do režimu dotlaku. Snížením tlaku je umožněna kontrakce výstřiku vlivem chladnutí, přičemž dotlak kompenzuje objemovou ztrátu doplněním nové taveniny. Dotlak trvá tak dlouho, než dojde ke ztuhnutí ústí vtoku,
- dochlazení výstřiku ve formě, odjezd plastikační jednotky a plastikace další dávky,
- otevření formy a následné vyprázdnění formy vyhazovacím systémem,
- očištění a příprava formy,
- uzavření formy pro další cyklus.



Obr. 4. Vstřikovací cyklus [7]

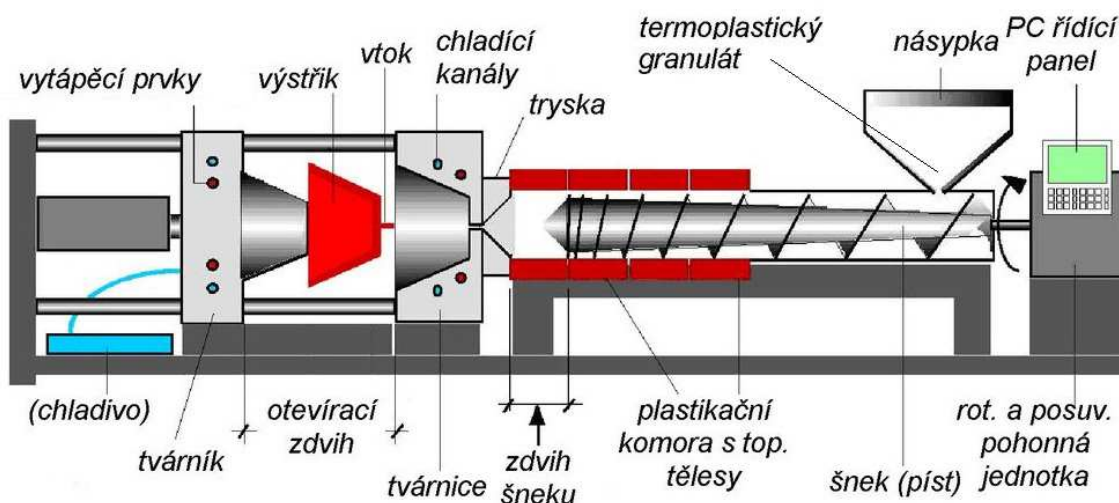
## 2 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Stroje pro vstřikování plastů jsou uzpůsobeny k plastikaci a následnému vstřikování taveniny do formy. Jedná se o sofistikovaná zařízení se značnou pořizovací cenou a jsou proto vhodné pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Je vyžadováno zajištění výroby jakostních výstřiků, které je ovlivněno kvalitou parametrů stroje a jeho řízením. [3]

Jsou kategorizovány především podle základních parametrů, kterými jsou uzavírací síla, vstřikovací kapacita, plastikační kapacita, vstřikovací tlak a upínací prostor pro formu. [3]

Konstrukce vstřikovacího stroje se skládá ze:

- vstřikovací jednotky,
- uzavírací jednotky,
- jednotky pro ovládání a regulaci.



Obr. 5. Schéma vstřikovacího stroje [2]

### 2.1 Vstřikovací jednotka

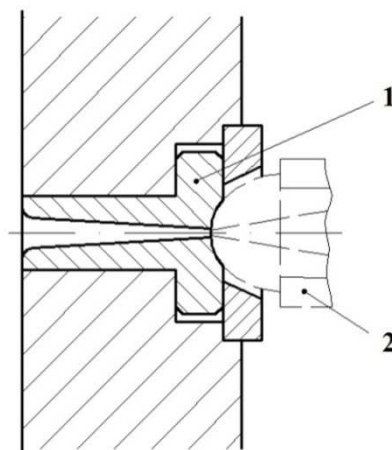
Slouží k přeměně granulátu plastu na homogenní taveninu s předepsanými technologickými parametry, kterou vstřikuje vysokou rychlostí a tlakem do dutiny formy. Objemové množství vstřikovaného plastu musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Naopak při malém vstřikovaném množství by zpracováváný plast zůstával ve vstřikovací jednotce delší dobu a mohlo by dojít k jeho degradaci. Řešením mohou být

rychlejší cykly výroby. Maximální vstřikované množství nemá překročit 90 % kapacity jednotky z důvodu rezervy na doplnění úbytku při dotlaku. Optimem je tedy 80 %. [1,3]

Plast je z hrdla násypky nabírán a dopravován do tavného válce otáčivým pohybem šneku. Postupně prochází vstupním, přechodovým a výstupním pásmem, přičemž se plastikuje, homogenizuje a hromadí před šnekem, který se při tom současně posunuje do zadní úvratě.

Důležitým prvkem zakončení šneku je zpětný uzávěr vzhledem ke snaze taveniny téci šnekem zpět k násypce v průběhu vstřikování. Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky, jež je součástí formy. [1,5]

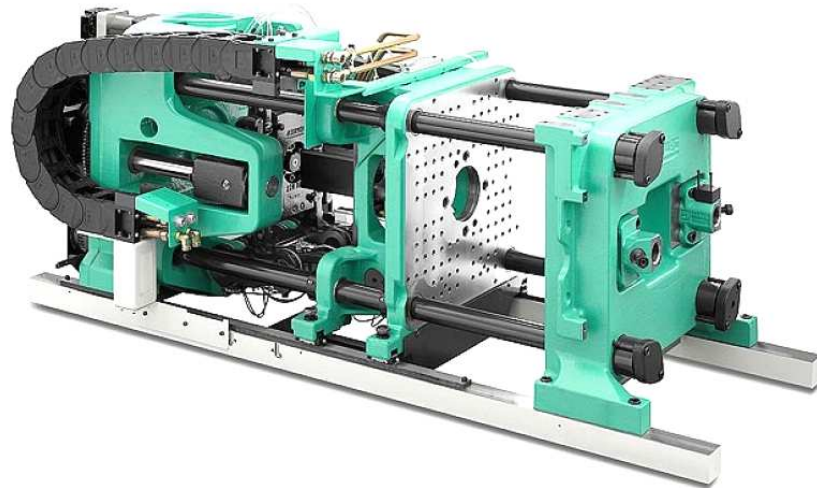
Existuje velké množství typů trysek, které se dělí podle podstaty na otevřené a uzavíratelné. Otevřená tryska se volí pro materiály s větší viskozitou taveniny, kde je nebezpečí samovolného vytékání nepatrné. U uzavíratelných trysek je po dosednutí na vtokovou vložku přes pružinu vyvozen pohyb jehly do “otevřené” pozice pro průtok taveniny. [8]



Obr. 6. Dosednutí trysky (2) vstřikovací jednotky na vtokovou vložku (1) [1]

## 2.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka zajišťuje co nejrychleji otevírání a zavírání formy. Uzavírací síla musí být tak velká, aby se při vstříknutí taveniny forma nepootevřela. Rozlišuje se sílu přisouvací, která slouží k vlastnímu pohybu formy a sílu uzavírací, která působí na formu v uzamknutém stavu. Uzavírací síla musí být větší, než síla vyvolaná tlakem taveniny na tzv. projekční plochu výstřiku a vtokové soustavy do dělicí roviny formy, čímž bude zajištěno uzavření formy a nedojde ke vzniku přetoků. [3]



Obr. 7. Uzavírací jednotka ALLOUNDER A od firmy ARBURG [6]

Základní typy uzavíracích jednotek :

- hydraulická uzavírací jednotka - umožňuje pootevření nástroje hydraulickým tlakem a vyžaduje zajištění závorou. Výhodou těchto jednotek je nastavení libovolné hloubky otevření nástroje,
- hydraulicko - mechanická jednotka - nejčastěji používaná u strojů malých gramáží. Zaručuje vyšší rychlost uzavírání s potřebným uzavřením formy a dostatečnou tuhost. Je konstruována jako kloubový mechanismus ovládaný hydraulickým válcem. Některé konstrukce uzavíracích jednotek jsou bez vodících sloupů,
- elektro - mechanická jednotka - v dnešní praxi se čím dál více začíná objevovat u nejmodernějších strojů. [1]

Výhody hydraulických jednotek:

- jednoduché, masivní a relativně levné provedení stroje,
- rychlé a jednoduché upnutí formy, bez potíží upínání forem různé výšky,
- snadné nastavení hloubky otevření formy, přičemž vzhledem k tuhosti lze vstříkovat hluboké výstřiky,
- možnost automatického zpomalení rychlosti uzavírání formy těsně před jejím uzavřením pro zmenšení opotřebení,
- přidržovací síla známa z manometru hydraulického okruhu,
- jednoduchá kontrola a údržba.

### **2.3 Řízení a regulace vstřikovacího stroje**

Řízením a regulací se rozumí nastavení, snímání a sledování strojních a technologických parametrů s jejich následnou regulací. V dnešní době jsou stroje ovládány elektronicky s využitím mikroprocesoru, které řídí činnost stroje na základě vloženého programu. Pomocí diagramu pvT daného plastu, systém seřizuje vstřikovací proces a optimalizuje jeho průběh. Celý proces probíhá automaticky bez zásahu člověka. [5]

### 3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměry výrobku, při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. Je vyměnitelnou částí uzavírací jednotky.

Vstřikovací forma se skládá z dílů vymezujících tvarovou dutinu formy, temperačního (chladičného) systému, vtokového systému, vyhazovacího systému a z upínacích a vodicích elementů.

Jednotlivé části vstřikovacích forem lze rozdělit do dvou skupin na části konstrukční a na části funkční. Konstrukční části zabezpečují správnou činnost nástroje a funkční části se stýkají s tvářeným materiálem a udávají mu požadovaný tvar.

Požadavky na vstřikovací formu:

- technické – zajišťují správnou funkci formy, rezistence vůči vysokým tlakům, výroba součástí náležité kvality a přesnosti. Mají splňovat podmínku snadné manipulace, obsluhy a pracovat automaticky po dobu své životnosti,
- ekonomické – které zahrnují optimální pořizovací cenu, snadnou a rychlou výrobu dílů při vysoké produktivitě práce a co nejvyšší efektivitu využití plastu,
- společensko-estetické – týkající se bezpečnosti práce a vhodného prostředí. Vyžadují dodržení bezpečnostních zásad při konstrukci, výrobě i provozu formy.

Vstřikovací formy jsou konstrukčně velmi rozmanité a lze je rozdělit do následujících skupin:

- podle násobnosti – jednonásobné a vícenásobné,
- podle způsobu zaformování a konstrukčního řešení – dvoudeskové, třídeskové, etážové, čelist'ové, vytáčecí, apod.,
- podle konstrukce vstřikovacího stroje – se vstřikem kolmo na dělicí rovinu, se vstřikem do dělicí roviny.

#### 3.1 Konstrukce vstřikovací formy

Výroba dílu vstřikováním probíhá na vstřikovacím stroji a ve formě v krátkém čase, za působení dostatečného tlaku, teploty a dalších nutných parametrů. Z toho vyplývají základní požadavky na stroj a formu, které spolu úzce souvisí. [1]

U formy se vyžaduje:

- vysoká přesnost a požadovaná jakost funkčních ploch dutiny formy a funkčních dílů,
- maximální tuhost a pevnost částí formy i celků pro zachycení vyvozených tlaků,
- správná funkce formy, vhodný vtokový systém, vyhazování, od vzdušnění a temperace,
- optimální životnost zaručená konstrukcí materiálem i výrobou.

Vyšší nároky na přesnost a jakost forem se projeví ve zvýšené pracnosti při jejich konstrukci i výrobě. Větší robustnost forem, kterou vyžadují použité tlaky při vstřikování, často svádí k méně citlivému zacházení. To bývá někdy příčinou jejich nedokonalé funkce, snížené přesnosti i životnosti. Proto je nutné respektovat zásady a směrnice při jejich konstrukci, výrobě i obsluze. [1]

### 3.1.1 Postup při konstrukci

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji, jsou podkladem pro konstruktéra forem. Vlastní konstrukce pak má následující postup:

- a) Posouzení součásti z hlediska tvaru, rozměru a tvářecích podmínek. Úpravy ostrých hran, tolerance, rozdíly v tloušťce stěn s ohledem na propadliny a lunkry.
- b) Určení dělicí roviny součásti a způsobu zaformování s ohledem na funkci a vzhled. Respektovat také směr a velikost potřebných úkosů. Zaformování musí odpovídat vhodnému umístění ústí vtoků a vyhazování z dutiny formy.
- c) Dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě. Volba vhodného typu vtokového systému, velikost průřezů, tvaru a délky hlavního a rozváděcího kanálku i ústí vtoků.
- d) Návrh koncepce vyhazovacího a temperačního systému včetně od vzdušnění dutin
- e) Navržení vhodného rámu formy s ohledem na typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperaci formy.
- f) Vhodné uzpůsobení středění a upínací formy na stroj s ohledem na využití dostupných prostředků v rámci bezpečnosti práce.
- g) Kontrola funkčních parametrů formy, hmotnosti výstřiku, jeho průmětné plochy, vstřikovacího a uzavíracího tlaku a dalších parametrů s ohledem na vybraný vstřikovací stroj. [1]



### 3.1.2 Zaformování výstřiku

Dělicí rovina bývá zpravidla rovina rovnoběžná s upínací plochou formy. Může však být i šikmá, nebo různě tvarovaná, případně vytvářet u výstřiků s bočními otvory hlavní a vedlejší dělicí roviny. Taková koncepce způsobuje obtížnější a nákladnější výrobu formy a zvyšuje počet nevázaných rozměrů. Je snaha se takovým tvarům vyhnout. Nepřesnost v dělicí rovine může způsobit nedovření formy během plnění. To má za následek vznik otřepů nebo zvětšení rozměrů výstřiku ve směru uzavírání formy. Proto je třeba, aby dělicí rovina:

- umožnila snadné vyjímání výstřiku z dutiny formy,
- byla pravidelná, jednoduchého geometrického tvaru, snadno vyrobitelná a dobře slícovatelná,
- probíhala v hranách výrobku,
- byla umístěna tak, aby splňovala požadavek výroby přesných rozměrů, směr technologických úkosů a souosost výstřiku, pokud je dutina v obou polovinách formy,
- stopa po dělicí rovině nesmí být příčinou funkčních nebo vzhledových závad,
- u více dělicích rovin je nutno volit koncepci s ohledem na jejich nejmenší počet.

Dělicí rovina má důležitý význam při odvzdušňování dutin formy. [1]

### 3.1.3 Dimenzování tvarové dutiny

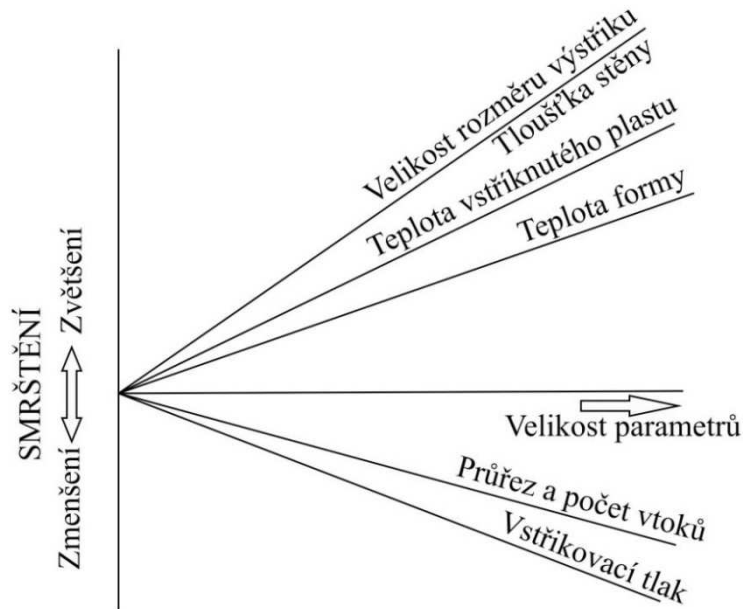
Tvar a rozměry funkčních dílů, které jsou převážně umístěny v různých částech formy, tvoří po jejím uzavření tvarovou dutinu. Jejich dimenzování je důležitou etapou konstrukčního řešení. [1]

Chybně dimenzované rozměry se projeví v nedodržení rozměru výstřiku. V případě, že se nejedná o rozměr s předepsanou tolerancí, lze tuto chybu někdy napravit úpravou technologických parametrů, někdy však jen nákladnou korekcí rozměru formy. [1]

Povrch i rozměry výstřiku jsou tedy dány přesností tvarové dutiny a kvalitou její plochy, která je obvykle složena z tvárnice, tvárníku, jader a tvarových vložek. Přesnost dutin se pohybuje v rozmezí IT 8 až IT 10 a ovlivňují ji tři činitelé: [1]

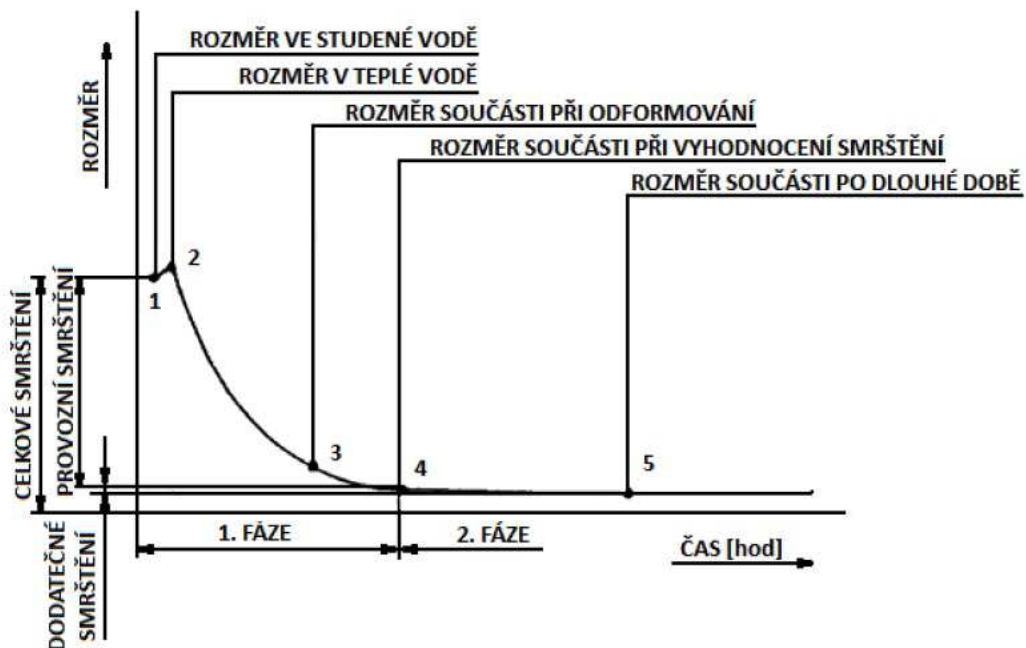
- smrštění polymeru,
- výrobní tolerance,
- opotřebení dutiny formy.

Nejčastější příčinou chybného dimenzování rozměru je především nepřesný odhad smrštění daného rozměru v průběhu tváření polymeru. Správný odhad velikosti provozního smrštění pro konkrétní rozměry dílu, je někdy obtížné určit.



Obr. 8. Vliv faktorů na velikost smrštění [1]

Konstruktor je většinou odkázán na vlastní zkušenosti, nebo CAE analýzy, které pracují na modelu konečně prvkového systému. Na základě této konečně prvkové analýzy a vstupních procesních informacích, dokáží aproximovat možné výsledné smrštění výstříku. [1]



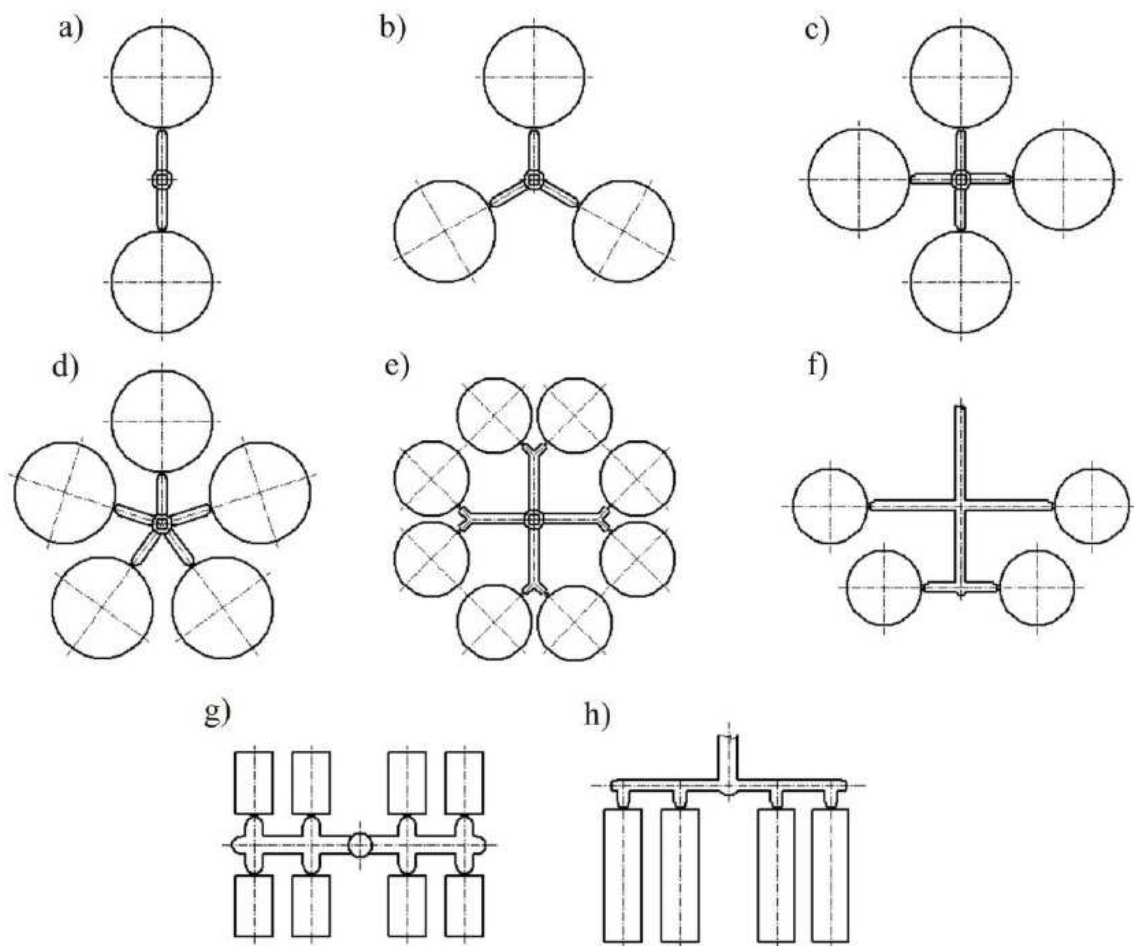
Obr. 9. Průběh smršťování výstříku [1]

### 3.2 Studené vtokové systémy (SVS)

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného polymeru od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny musí proběhnout v co nejkratším čase s minimálním odporem. [1]

Uspořádání vtokového systému je dáno především konstrukcí formy a její násobností. U vícenásobných forem má tavenina dorazit ke všem ústím vtoku za stejného tlaku současně. Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejich ústí ovlivňují:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku,
- spotřebu materiálu,
- náročnost opracování a začištění výstřiku,
- energetickou náročnost výroby.



Obr. 10. Uspořádání vtokové soustavy u vícenásobných forem [2]

a), b), c), d), e), f) – stejná délka toku taveniny

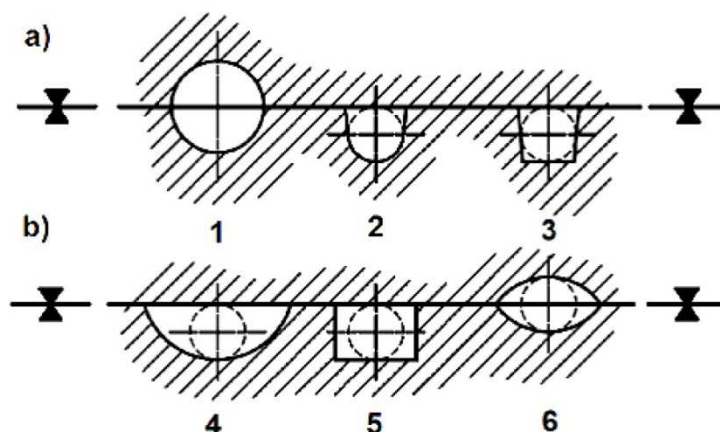
g), h) – odlišná délka toku taveniny (nucená korekce ústí vtoků)

Při volbě vtokového systému se vychází z toho, že se tavenina vstřikuje velkou rychlostí do relativně studené formy. Během průtoku studeným vtokovým systémem viskozita taveniny na vnějším povrchu prudce roste, nejnižší je uprostřed. Velká viskozita vyžaduje vysoké tlaky v systému. [1]

Zásady řešení SVS:

- dráha toku taveniny od vstřikovacího stroje do dutiny formy má být co nejkratší a to bez zbytečných tlakových a časových ztrát,
- v případě více dutinové formy má tavenina dorazit do všech dutin při stejném tlaku současně,
- délka dráhy toku má být ke všem dutinám stejně dlouhá, aby se zajistilo rovnovážné plnění,
- plnění dutiny má probíhat při co nejmenším počtu vtoků, pro snížení výskytu studených spoju,
- průřez vtokových kanálů se musí dimenzovat dostatečně velký, aby byla jistota, že po vyplnění dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu a tím se umožní působení dotlaku k eliminaci smrštění,
- u vícenásobných forem je vhodné odstupňovat průřez kanálů, aby byla zachována stejná rychlost taveniny. [1]

Rozváděcí kanály by měly mít co nejmenší poměr obvodu kanálu vůči ploše kanálu. To zaručuje nejmenší hydraulický odpor v kanálu při průtoku taveniny.



Obr. 11. Možné provedení průřezů rozvodných kanálů [5]

a) funkčně výhodné, b) funkčně nevýhodné

1,6 – výrobně nevýhodné ; 2,3,4,5 – výrobně výhodné

Pro splnění předchozích zásad je nutné splnit:

- zaoblit všechny ostré hrany vtokových kanálů na minimální hodnotu  $R = 1 \text{ mm}$
- stanovit úkosovitost všech vtoků, pro jejich snadné odformování minimálně však  $1,5^\circ$ ,
- podkoso volit jen u přidržovače,
- leštit povrch vtokového systému s orientací ve směru vyjímání, minimální  $R_a = 0,2 \mu\text{m}$ ,
- pokud to topologie vtokového systému dovolí, užít jímek pro zachycení chladnějšího čela taveniny a tím snížit možný vznik povrchových vad výstřiku,
- neprovádět větvení vtokového systému pod ostrým úhlem, ale právě naopak pod úhlem větším než  $90^\circ$ . [1]

### 3.2.1 Typy studených vtoků

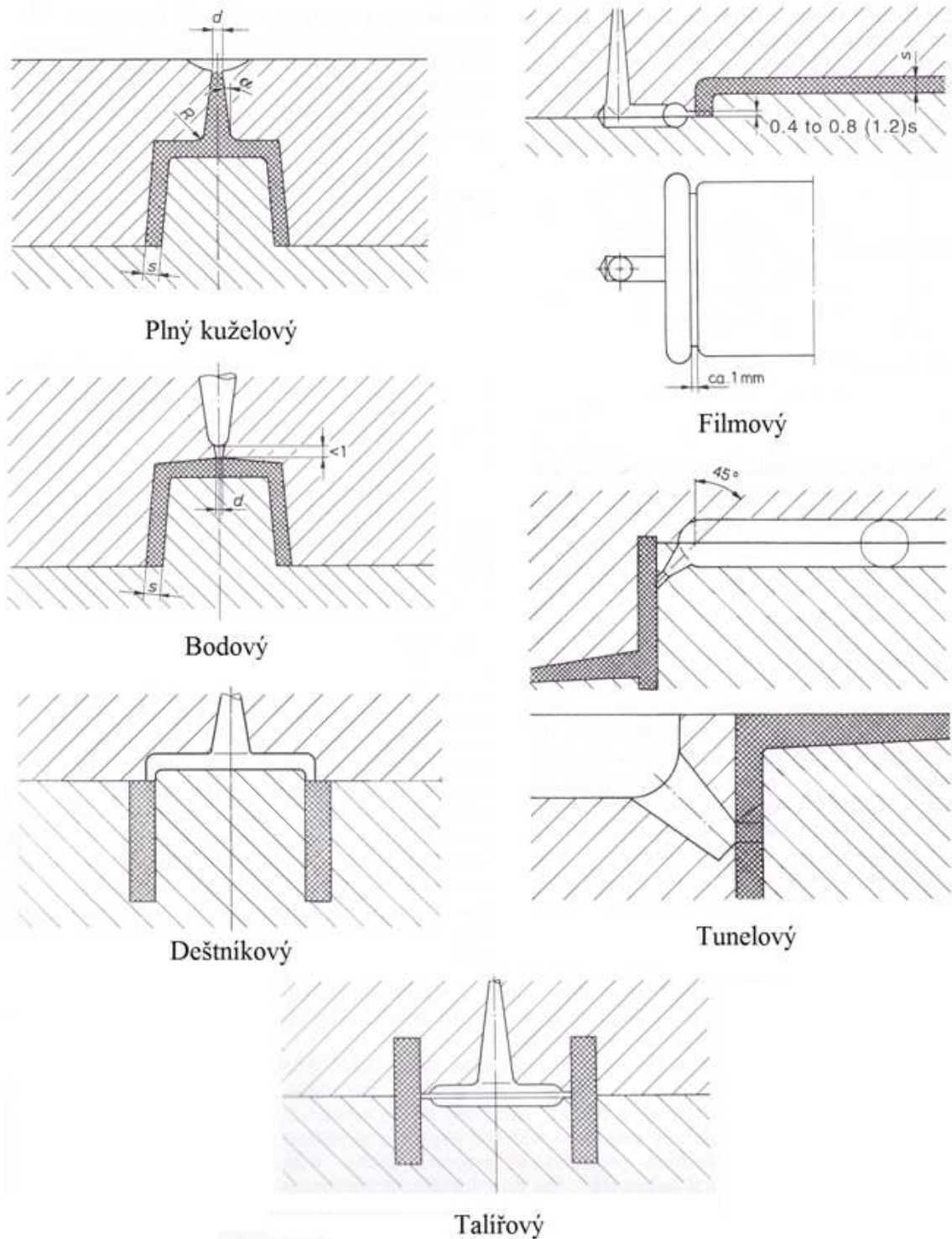
Plný kuželový vtok se používá převážně u jednonásobných forem se symetricky umístěnou dutinou. Je vhodný především pro tlustostěnné výstřiky. Z hlediska působení dotlaku je velmi účinný, protože vtok tuhne ve formě poslední. Jeho odstranění je pracné a zanechává vždy stopu na výstřiku. [1]

Bodový vtok je nejznámější typ zúženého vtokového ústí zpravidla kruhového průřezu, který leží mimo nebo i v dělicí rovině. Může vycházet přímo z vtokového kanálu, z předkomůrky nebo rozváděcích kanálů. Vyžaduje systém třídeskových forem. U tohoto typu musí být zajištěno, aby nejprve došlo k odtržení vtokového ústí a teprve potom k otevření formy v dělicí rovině s tvarovou dutinou. [1]

Tunelový vtok je zvláštní případ bodového vtoku, který má výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělicí rovině jako výstřik. Umístění může být v pevné i v pohyblivé části formy. Není proto nutné konstruovat formu s více dělicími rovinami. Předpokladem dobré funkce tunelových vtoků je existence ostré hrany, která odděluje při odformování vtokový zbytek od výstřiku. [1]

Boční vtok je také typem se zúženým vtokovým ústím, které leží v dělicí rovině. Průřez bývá obvykle obdélníkový, ale může být i jiný (kruhový, lichoběžníkový). Je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším vtokovým ústím. Při odformování zůstává zpravidla výstřik od vtokového zbytku neoddělený. Při automatickém cyklu se řeší jeho oddělování zvláštním odřezávacím zařízením, které je součástí formy. [1]

Filmový vtok je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí hlavně k plnění kruhových a trubicových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. K nim se řadí vtoky diskové, prstencové a deštníkové. Rozvedení taveniny do jednotlivých míst vtokového ústí není rovnoměrné. Tlak klesá s rostoucí vzdáleností od rozváděcího kanálu. To se řeší proměnnou tloušťkou ústí nebo rozváděcího kanálu (i jinými úpravami). [1]



Obr. 12. Základní druhy vtokových ústí [6]

### 3.3 Vyhřívání vtokových systémů (VVS)

Tento systém vznikl ze snahy o úsporu materiálu vstřikováním bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhřívání vtokových soustav, které mají vyhřívání trysky zajišťující minimální úbytek tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. [1]

Technologie VVS je specifická tím, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až po ústí formy v plastickém stavu. Tento způsob umožňuje použít jen bodového vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. I přes malý průřez vtoku je možno pracovat s dotlakem. Celá soustava je uzpůsobena pro snadnou montáž, demontáž, vyčištění a znovu nasazení do provozu. [1]

Mezi nevýhody patří vyšší ekonomické a energetické náklady na formu využívající VVS a vzhledem ke složitosti i požadavek na zkušený personál od obsluhy až po konstruktéra. I přes tyto nevýhody jsou VVS stále rozšířenější, neboť při nepřetržitém provozu a absenci poruchy jsou při hromadné výrobě výhody převyšující a jsou to především:

- automatizace výroby,
- zkrácení výrobního cyklu,
- úspora plastu,
- snížení nákladů na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků,
- odpadají problémy s manipulací a regenerací zbytků při jejich zpracování,
- nejsou nutné tří-deskové formy. [1]

#### 3.3.1 Vyhřívání trysky

Umožňují propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Trysky mívají vlastní topný článek i s regulací, nebo jsou ohřívány jiným zdrojem vtokové soustavy. Zlepšují technologické podmínky vstřikování. [1]

Vyhřívání trysky podle konstrukčního řešení ústí:

- otevřené pro plasty netáhnoucí vlas,
- se špičkou pro plasty táhnoucí vlas,
- s uzavírací jehlou,
- speciálně tvarované.



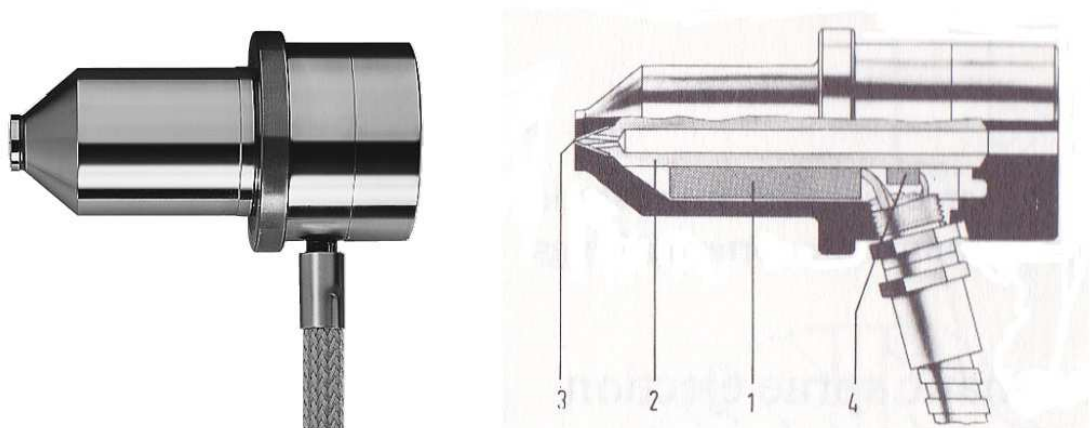
Tyto vyhřívané trysky se rozlišují do dvou skupin na nepřímo vyhřívané a přímo vyhřívané.

Nepřímo ohřívání trysky, jejichž jednodušší provedení si zpracovatel může sám vyrobit, jsou podle provedení:

- s dotápným vyústěním izolovaného rozvodu vtoku. Je charakterizováno miniaturním topným tělesem, které je zabudováno do ocelového pouzdra, jehož špička zasahuje do vyústění vtoku. U tohoto způsobu je nutné dodržovat poměrně rychlý pracovní cyklus,
- využívající přenosu tepla z vyhřívaného rozvodu vtoků na trysku. Jsou dokonalejší oproti dříve popisovaným systémům. Používají se pro vícenásobné formy.

Konstrukční provedení přímo ohřívání trysky je charakterizováno dvěma základními principy:

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



Obr. 13. Vyhřívaná tryska s vnějším topením [9,11]

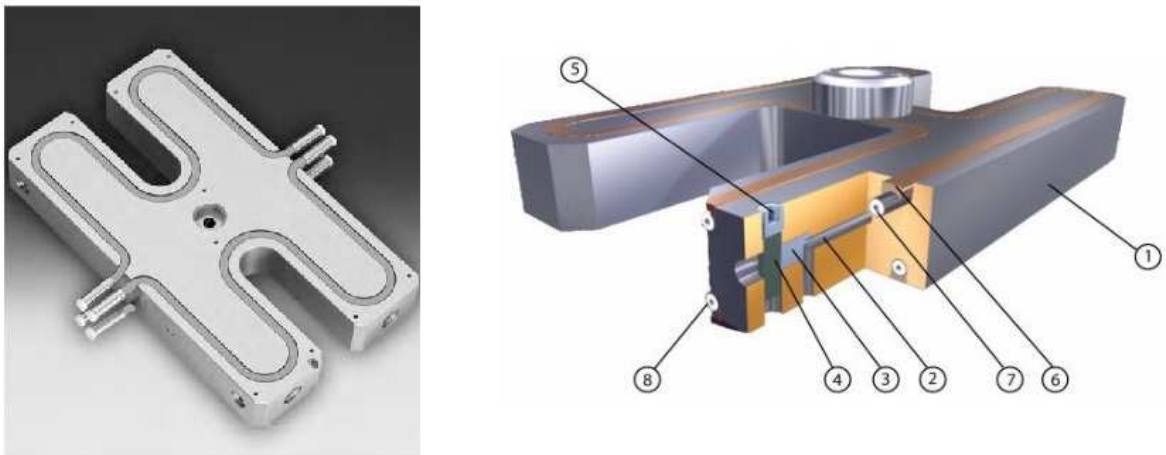
1 – topení, 2 – kanál pro taveninu, 3 – vtokové ústí, 4 – termočidlo



### 3.3.2 Vyhřívání rozvodných bloků

Vstřikovací formy s rozvodným blokem se používají v kombinaci s vyhříváními nebo izolovanými tryskami s předkomůrkami. Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Správná funkčnost je podmíněna rovnoměrným vytápěním. [1]

Rozváděcí blok je ocelový, uložen mezi upínací a tvarovou deskou v pevné části formy. Jeho tvar je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění i uložení trysek. Vyrábí se v nejrůznějších tvarových uzpůsobení, kde mezi základní provedení patří I, H, X, Y či hvězdice. Vyhřívání rozvodný blok je tepelně izolován od ostatních částí forem vzduchovou mezerou. [1]



Obr. 14. Rozvodný blok tvaru H, provedení fy. HASCO (vlevo) a ORYCON (vpravo)  
[11,13]

1 – tělo rozvaděče, 2 – kanál, 3 – koncovka, 4 – šikmý kolík, 5 – seřizovací šroub, 6 – kryt topení, 7 – tubulární topení, 8 – druhá sada topení

Blok je vytápěn nejčastěji elektrickým odporovým topením pomocí topných hadů. Otvory kanálů pro proudící taveninu musí být pečlivě provedeny, protože nikde nesmí vzniknout ostré hrany a přechody s mrtvými kouty taveniny.

Instalovaný výkon ohřevu musí zajišťovat:

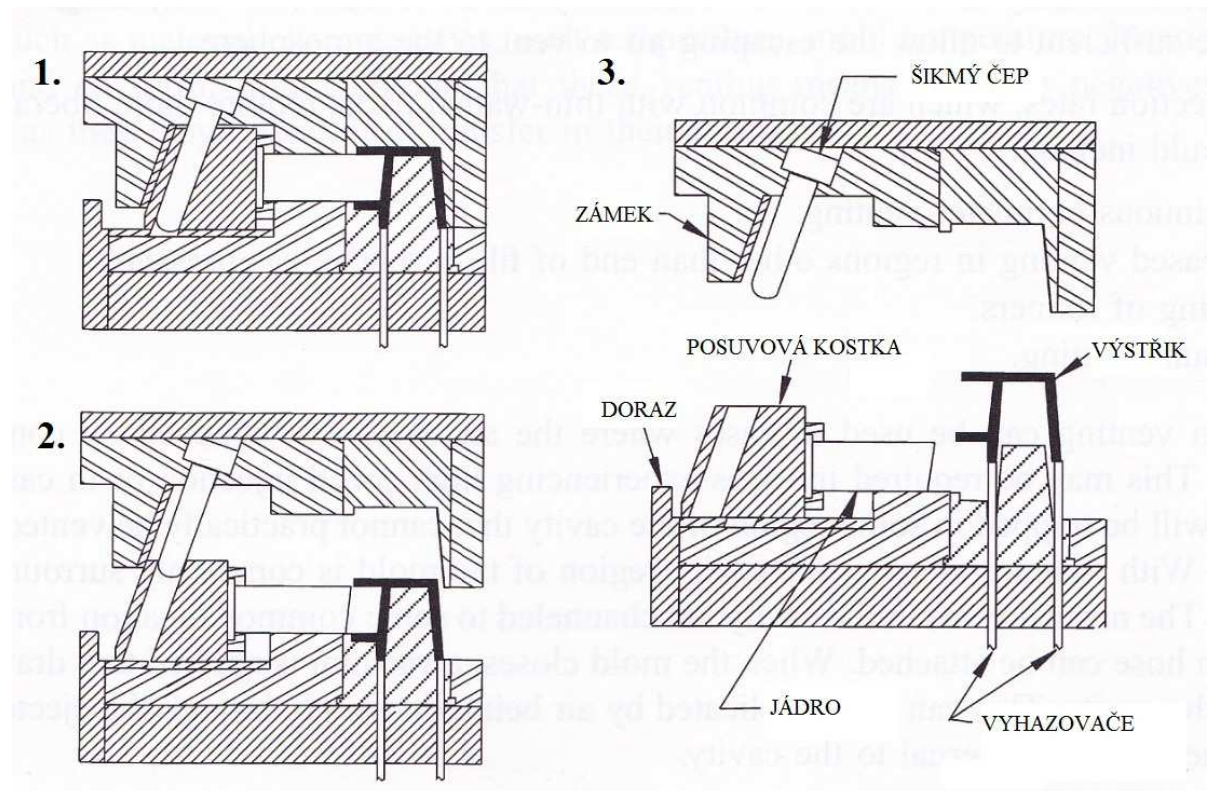
- rychlý ohřev,
- dostatečné teploty pro optimální tok taveniny v bloku a případně v trysce,
- eliminace tepelných ztrát vodivostí, prostupem a vyzářováním.

### 3.4 Boční posuvné čelisti

Výstřiky s bočními otvory, výstupky nebo různými zahloubeními, které leží kolmo k ose formy, se řeší pomocí pohyblivých čelistí. K ovládní těchto částí formy, které tvoří někdy další dělicí roviny, se používá mechanických, pneumatických nebo hydraulických prvků.

Pohyblivé čelisti mohou ukotvit jádra, nebo formují tvarové části výstřiku, které nelze jinak zaformovat. Dělí se na čelisti vnitřní nebo vnější, s pohybem nejčastěji kolmým nebo i pod různými úhly k ose formy. Čelisti jsou zpravidla ukotveny na pohyblivé části formy. Pohyb je ovládán pomocí šikmých nebo lomených kolíků, případně pneumatickými nebo hydraulickými tahači. Mechanické šikmé, válcové nebo lomené kolíky využívají při své funkci otevíracího a uzavíracího pohybu vstřikovacího stroje s formou.

Počtem pohyblivých čelistí se zvětšuje i počet dělicích rovin a tím roste i počet rozměrů nevázaných formou. Tuto skutečnost je třeba brát v úvahu při tolerování a lícování výstřiku i formy. Vzrůstá také složitost a tím i náklady na formu. [2]



Obr. 15. Zaformovaný boční detail výstřiku pomocí šikmých čepů

a jeho postupné odformování [4]

### 3.4.1 Šikmé válcové kolíky

Vysouvají boční čelisti současně s otevíráním formy, jen s nepatrným zpožděním ovlivněným vůlí v otvoru šikmého kolíku. Vůle bývá kolem 0,2 mm a sklon šikmého kolíku se pohybuje od 15° až do 25°.

Uzavírací pohyb čelisti je ukončen současně s uzavřením formy. Šikmý kolík provádí především otevírací pohyb. Otevřená poloha se zajišťuje např. kuličkou nebo jinou západkou. Uzavření je opět provedeno šikmým kolíkem, který je v čelisti veden v otvoru s vůlí. Čelist se zajišťuje v pracovní poloze při vstřikování její uzavírací plochou a opěrnou plochou pevné desky formy, případně zajišťovacími kolíky. Šikmé kolíky se používají tam, kde se nevyžaduje žádné, nebo malé zpoždění vysouvání čelistí při otevírání hlavní dělicí roviny. Vůle mezi kolíkem a otvorem může být až 3 mm. [2]

### 3.4.2 Lomené kolíky

Zajišťují nucený pohyb bočních čelistí při otevírání a uzavírání formy podobně jako šikmé kolíky s tím rozdílem, že umožňují poměrně delší zpoždění odsunu čelistí při otevírání formy. Potom je možné vytáhnout čelist s jádrem při jakémkoliv otevření formy. Vůle mezi kolíkem a otvorem bývá 0,2 až 0,5 mm.

Kromě zpoždění mají lomené kolíky tu výhodu, že úhel sklonu uzavíracích ploch může být menší. Tím se dosáhne větší uzavírací síly. Pro tyto dvě vlastnosti se v mnoha případech dává přednost lomenému kolíku, i když je oproti šikmému válcovému kolíku výroba nákladnější. Úhel sklonu bývá 12° až 25° a úhel uzamykacích ploch 15°. Kolíky se vyrábí s obdélníkovým průřezem s poměrem stran 1:1,5 až 2. [2]

### 3.4.3 Zajištění a vedení posuvných čelistí

Posuvné čelisti s funkčním tvarem formy je nutné zajistit v pracovní poloze. Jejich šikmé opěrné plochy spolu s příložkami zachycují síly, vyvolané vstřikovacím tlakem.

Zhotovené rozměry celého „zamykacího“ systému musí zaručit jeho dostatečnou pevnost a tuhost. Jinak by vznikal přetok ze vstřikovaného plastu, případně zvětšený tvar výstřiku v části, zajišťované čelistí. [2]

### 3.5 Vyhazovací systémy

Vyhazování výstřiku z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřík. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svojí funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. [2]

Probíhá ve dvou fázích:

- dopředný pohyb, vlastní vyhazování,
- zpětný pohyb, návrat vyhazovacího systému do původní polohy.

Po vyhazovacích kolících zůstanou obvykle na výstřiku stopy. Pokud jsou tyto stopy nepřijatelné, výstřík se podle možností opraví, anebo se vyhazovače umístí na tu stranu, kde vzhledu nevádí, což prakticky mění koncepci formy včetně zaformování. Mimo výstříků se vyhazuje i vtokový zbytek, který může být podle použité koncepce vyhazovacího systému vyhozen zvlášť, nebo dohromady s výstříkem. [2]

Pohyb vyhazovacího systému se vyvine:

- narážecím axiálně seřiditelným kolíkem o traverzu vstřikovacího stroje při otevření formy,
- hydraulickým nebo pneumatickým zařízením, které bývá obvykle příslušenstvím vstřikovacího stroje,
- ručním vyhazováním různými mechanismy. Vhodné pro jednoduché a zkušební formy,
- vratnými kolíky,
- pružinami v kombinaci s jinými systémem,
- speciálním mechanickým, vzduchovým nebo hydraulickým zařízením.

Základní podmínkou správného vyhazování výstřiku je jeho hladký povrch a úkosovitost stěn ve směru vyhazování. Úkosy nemají být menší než  $0,5^\circ$ . Vyhazovací systém musí výstřík vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité a musí být vždy voleno s ohledem na fakt zanechání co nejmenší stopy po vyhození. V základní poloze tvoří část funkční dutiny. U hlubokých tvaru je třeba počítat s jejich zavzdušením. [2]

Podle způsobu vyvinutí pohybu vyhazování se rozlišují:

- mechanické (vyhazovacích kolíky, stírací desky, trubkové vyhazovače, šikmé vyhazování, postupné a speciální vyhazování),
- hydraulické,
- pneumatické.

### 3.5.1 Vyhazovací síla

Použitý vyhazovací systém musí být schopný vyvodit dostatečně velkou silou, aby dokázal vyhodit výstřik z nástroje, který po otevření vstřikovací formy zůstává vlivem smrštění většinou na tvárníku, ve výjimečných případech i na tvárnici.

Potřebnou velikost vyhazovací síly ovlivňuje velikost smrštění výstřiku, jeho členitost, jakost povrchu funkčních ploch formy, technologické podmínky vstřikovacího cyklu a pružné deformace formy. Velikost vyhazovací síly se poté stanoví z podmínky, že vyhazovací síla  $F_v$  musí překonat tření, které je vyvolané tlakem  $p$  mezi smrštěným výstřikem a formou.

V běžné praxi se ovšem potřebná velikost vyhazovací síly obtížně určuje a obvykle se ani nezjišťuje. Síla vyhazovacího systému při použití mechanického vyhazování je natolik předimenzovaná, že samotný výpočet není nutný. V případě použití hydraulického nebo pneumatického vyhazování se vyhazovací tlaky odzkouší a nastaví dle potřeby. [2]

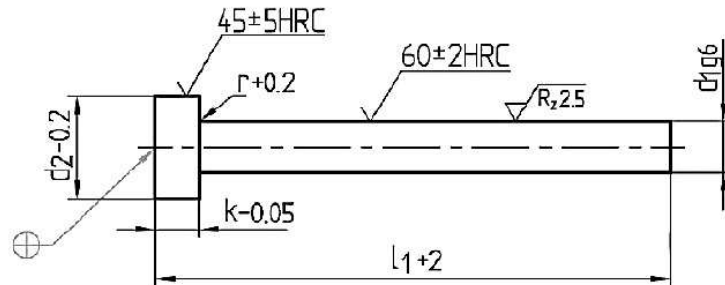
### 3.5.2 Vyhazovací kolíky

Patří k nejrozšířenějším a nejlevnějším způsobům vyhazování. Uvedený systém lze použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Jsou výrobně jednoduché a funkčně zaručené.

Správná volba tvaru vyhazovacího kolíku i jeho vhodného umístění, umožní snadné vyhození výstřiku bez poškození. Kolík se opírá o stěnu nebo žebro výstřiku, které se nesmí při vyhazování bortit. Jinak může nastat trvalá deformace výstřiku. Po styčných plochách vyhazovacích kolíku zůstávají na výstřiku stopy, proto je není vhodné umísťovat proti pohledovým plochám. Pokud je vyhazování realizováno větším množstvím vyhazovacích kolíků, tak se snižuje možný využitelný prostor pro temperační kanály. [2]

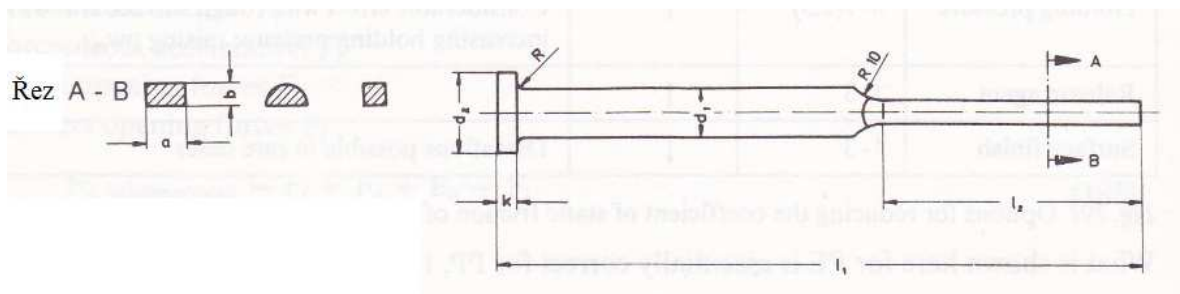
Vyhazovací kolíky jsou základním prvkem mechanického vyhazování. Z konstrukčního hlediska mají být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Jejich tvar je obvykle válcový.

Mohou však mít jakýkoliv jiný tvar. Ve formě jsou uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/k6 podle požadované funkce a viskozity vstřikovaného polymeru. Vůle v uložení působí zároveň i jako odvzdušnění. Tvar i způsob ukotvení má nejrůznější podobu. [2]



Obr. 16. Válcový kolík [2]

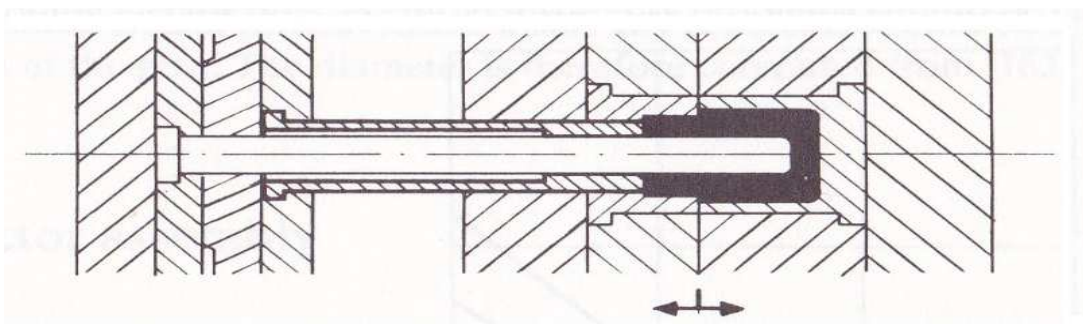
U prizmatických vyhazovačů je důležité polohové zajištění. Totéž platí pro vyhazovače s jakkoli tvarově upravenou plochou čela. Důvodem polohového zajištění je riziko potočení kolem vlastní osy vyhazovače. [2]



Obr. 17. Prismatický vyhazovač [9]

### 3.5.3 Trubkové vyhazovače

Funkce trubkového vyhazovače je speciálním případem stírání tlakem. Vyhazovač s otvorem (trubkový vyhazovač) má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík, zatímco vyhazovací kolík je upevněn v pevné desce, nepohybuje se a tvoří jádro. [2]



Obr. 18. Trubkový vyhazovač [9]



### 3.5.4 Stírací deska

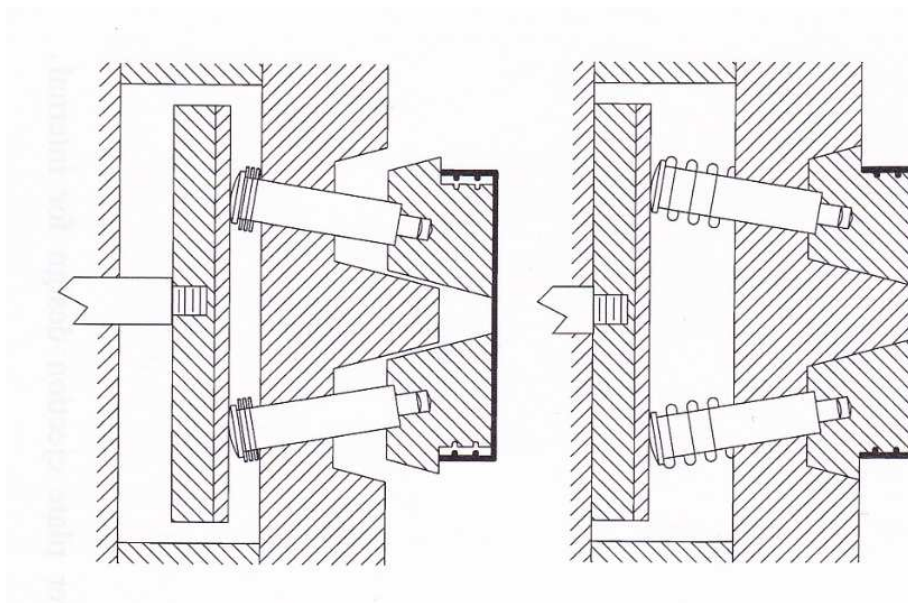
Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Jeho deformace pak jsou minimální a stírací síla velká. Používá se především u tenkostěnných výstřiků, kde je nebezpečí jejich deformace, nebo u rozměrných, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírání je vhodné tehdy, dosedá-li výstřik na stírací desku v rovině, nebo plocha výstřiku je mírně zakřivena. Metoda je vhodná i pro vícenásobné formy. Z důvodu možného „lepení“ výstřiku na povrch stírací desky může být systém doplněn o odpružené vyhazovače, nebo lze použít ofukování stlačeným vzduchem. [2]

### 3.5.5 Šikmé vyhazování

Je speciální formou mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou k ní uloženy pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem.

Při vyhazování výstřiku se zápichem, vyhazovače svým šikmým pohybem uvolňují zvětšenou, případně zmenšenou část výstřiku při jeho současném vyhození. Zápich může být vytvořen přímo na vyhazovači, nebo šikmo uloženými kolíky jsou pevně spojeny čelisti, se kterými plní obdobnou funkci.

Uspořádání takového systému má nejrůznější podobu a je možné ho kombinovat i s přímým vyhazováním. [2]



Obr. 19. Schéma možného provedení šikmého vyhazování [4]

### 3.5.6 Dvoustupňové vyhazování

Patří do skupiny mechanického vyhazování. Vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se vzájemně ovlivňují. Způsob umožňuje vyhazovat výstřiky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti.

Proto se s výhodou používá například k vyhazování tenkostěnných výstřiků v kombinaci stírání s vyhazovacími kolíky, při šikmém vyhazování výstřiků se zápichem. [2]

### 3.5.7 Hydraulické vyhazování

Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. S přímo zabudovanými hydraulickými jednotkami ve formě, které pracují jako vyhazovače, se setkáváme již méně. Více se používají k ovládní bočních posuvných čelistí. [2]

Používané hydraulické vyhazovače se vyrábějí většinou jako uzavřená hydraulická jednotka, která se zabuduje přímo do připraveného místa ve formě. S její pomocí se přímo ovládají vyhazovací kolíky nebo stírací desky. Hydraulické systémy se vyznačují velkou vyhazovací silou, kratším a pomalejším zdvihem. [2]

### 3.5.8 Pneumatické vyhazování

Je vhodným systémem pro vyhození slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhození zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Běžné mechanické vyhazování větších, objemných výstřiků vyžaduje značné zvětšení formy, bez záruky dobré funkce. [2]

Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se místní přetížení a nevzniknou na výstřiku stopy po vyhazovačích. Tento způsob je omezen jen některé tvary výstřiků. [2]

Pro automatické formy je třeba volit vyhazovací systémy taky, aby dva nezávislé systémy zabezpečovaly vyhození výstřiku z dutiny formy. Přitom lze kombinovat různé systémy mechanické, nebo mechanické s pneumatickými. [2]



### 3.6 Temperace forem

K udržení konstantního teplotního režimu formy slouží temperace, jejímž cílem je dosažení optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování za současného zachování technologických požadavků na výrobu. Toto je zaručeno ochlazováním nebo vyhříváním buď celé formy, nebo její části.

Temperaci formy musí do svých úvah zahrnout konstruktér již od základní koncepce, nikoliv ji navrhovat jako poslední. Způsob uspořádání a dimenzování temperačního systému ve formě má značný vliv na vlastnosti výstřiku, jeho deformace a na dosažitelné doby chlazení a tím i doby celých pracovních cyklů. Během procesu vstřikování dochází k přivádění roztaveného polymeru do formy a v její dutině je ochlazován na teplotu vhodnou pro vyjmutí výstřiku. Temperace zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu a zároveň ovlivňuje plnění tvarové dutiny. Při každém vstřikovacím cyklu je forma ohřívána, je tedy nutné přebytečné teplo odvést temperační soustavou, protože každý další výstřik je třeba vyrobit znovu při stanovené teplotě. Naopak v případě vstřikování plastů, které se zpracovávají za vyšších teplot, je nutné formu ohřívát, obvykle pomocí elektrického vytápění, protože tepelné ztráty formy jsou vyšší, než její ohřátí taveninou. [2]

Tab. 1. Zpracovatelské teploty u základních druhů termoplastů [2]

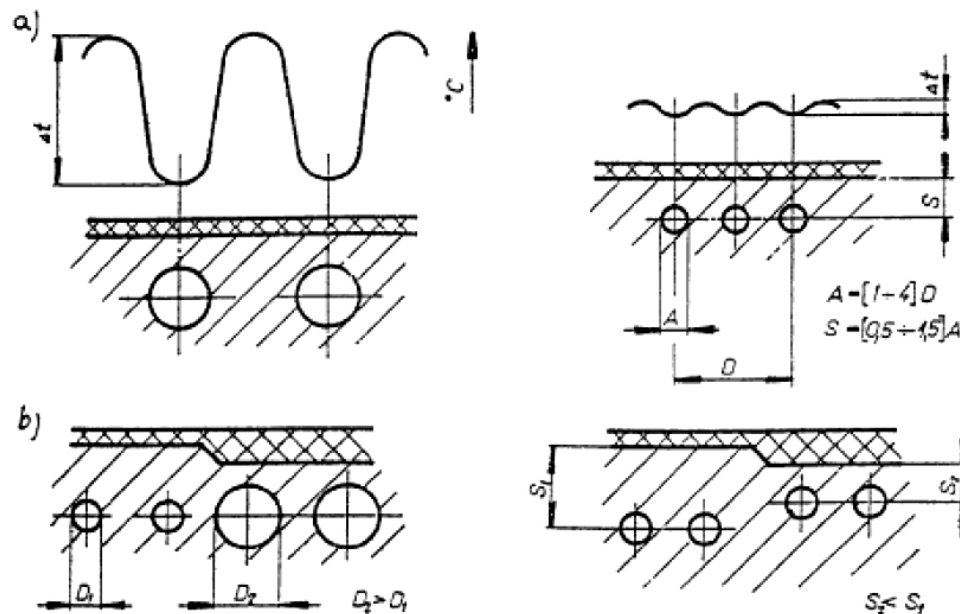
Termoplast	Teplota taveniny [°C]	Teplota formy [°C]
ABS	190-250	50-85
PA 6	230-290	40-120
PC	280-320	85-120
HDPE	180-270	20-60
LDPE	180-270	20-60
PMMA	200-250	50-80
POM	180-220	50-120
PP	170-280	20-100
PS	180-260	55-80
PVC tvrdé	190-220	30-60
SAN	200-260	50-85
PSU	340-400	120-160
PAEK	380-430	160-220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

K ohřevu formy na pracovní teplotu dochází před zahájením výroby, čímž je zajištěna dostatečná kvalita výstřiků. Teplota formy není během vstřikovacího cyklu konstantní. Snahou je, aby kolísání teplot bylo co nejnižší, což se zaručí optimalizací temperačního proce-

su. To znamená volit správně velikost a rozmístění temperačních kanálů, stejně jako rychlost a teplotu temperačního média. V případě, že je teplota formy nerovnoměrně rozložena, může dojít ke zvětšení rozměrových a zejména tvarových úchylek výstřiku. Někdy toho lze naopak využít v případě, kdy je cílem eliminace tvarových deformací způsobených anizotropií smrštění plastu. Doporučuje se rovněž použití izolačních desek pod upínacími deskami alespoň na pevné straně formy jako opatření proti odvádění tepla do upínací desky stroje. Při použití vyhřívaných vtokových soustav je jejich použití nutností, protože je dosaženo vyšších teplot forem. [5,10]

### 3.6.1 Temperační kanály

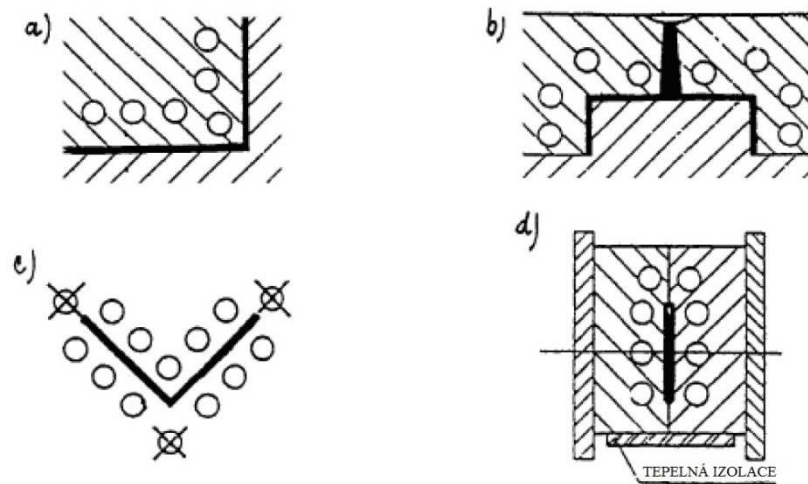
Temperační systém formy je tvořen soustavou kanálů a dutin, v nichž proudí vhodné médium, které udržuje teplotu temperovaných částí na požadované výši. Tento systém může být umístěn jak v pevné části formy, tak v její pohyblivé části. Každý z těchto okruhů je nutné řešit zvlášť v závislosti na způsobu zaformování výstřiku i v závislosti na ostatních konstrukčních a technologických podmínkách. Rozměry a rozmístění temperačních kanálů se volí s ohledem na celkové řešení formy. Vzdálenost kanálů od funkční dutiny musí být optimální, zároveň však musí být zachována její dostatečná pevnost a tuhost. Jelikož povrch temperačních kanálů slouží jako přestupová plocha pro teplo přestupující z formy do temperačního média nebo opačně, je vhodné použít větší množství menších kanálů s malými roztečemi než naopak. [2]



Obr. 20. Vliv rozmístění temperačních kanálů [2]

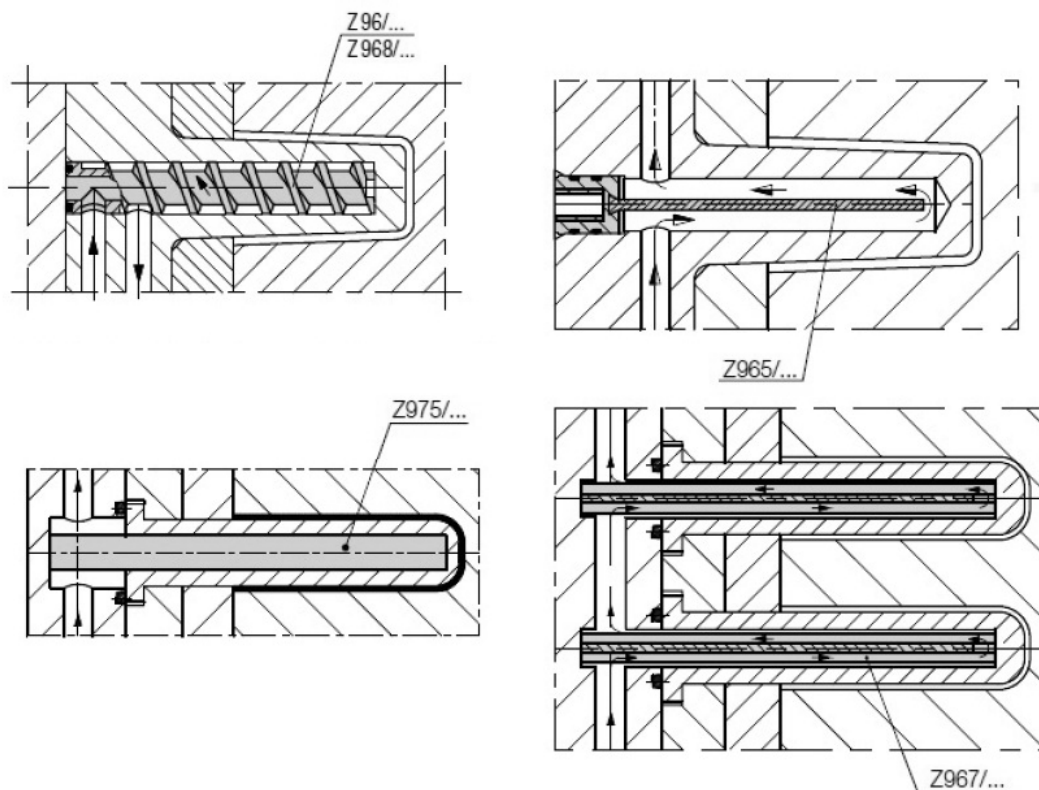
a) u výstřiku o konstantní tloušťce; b) u výstřiku s proměnnou tloušťkou stěny

U tvárnic se temperační kanály neumísťují v blízkosti hran výstřiku. Minimální vzdálenost je dána pevností a tuhostí materiálu na straně jedné a vstřikovacím tlakem na straně druhé.



Obr. 21. Temperace v blízkosti hran výstřiku [2]

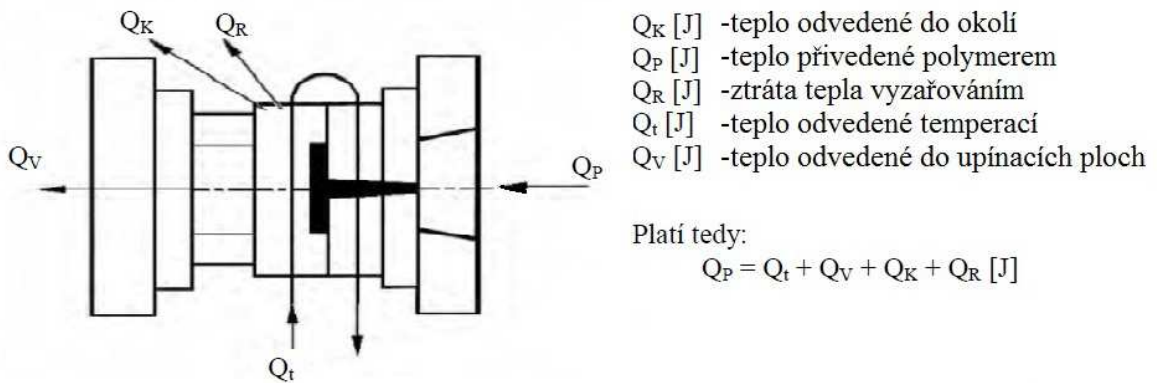
Temperace tvárnků s malým průřezem lze zajistit pomocí temperačních vložek. Ty se obvykle vyrábí z materiálu s velkou tepelnou vodivostí (Cu, Al...), které snadněji odvádí teplo z nepřístupných míst přímo do temperačního média. Tyto vložky jsou již dostupné od různých výrobců jako normálie. [2]



Obr. 22. Způsoby temperace tvárnků vložkami fy HASCO [19]

### 3.6.2 Tepelná bilance formy

Při pracovním cyklu vstřikování platí, že teplo přivedené taveninou plastu do formy je rovno teplu odvedenému z formy temperací a ostatními ztrátami. [2]



Obr. 23. Tepelná bilance formy [2]

### 3.6.3 Temperační prostředky

Média, která umožňují práci formy v optimálních tepelných podmínkách, se nazývají temperační prostředky. Jejich volba je ovlivněna především koncepcí formy, požadavky na temperaci a technologií výroby. Mohou být aktivní a pasivní. [2]

Aktivní temperační prostředky jsou zdrojem temperace přímo ve formě. Teplo buď přivádějí, nebo odvádějí podle požadavku na teplotu formy. Nejčastějšími aktivními prostředky jsou kapaliny, přesněji voda, oleje a glykoly, které proudí nuceným oběhem temperačními kanály uvnitř formy. Jejich množství se řídí průtokoměry. Během proudění dochází k přestupu tepla mezi formou a kapalinou. Účinnost tohoto přestupu je dána velikostí a kvalitou styčné plochy kanálu, způsobem proudění a teplotním rozdílem mezi médiem a vstřikovací formou. Vodu lze jako temperační prostředek použít i za vyšších teplot než je 90°C, je-li použito tlakových okruhů. Rovněž lze potlačit vznik koroze upravením vody. Vzduch se jako temperační médium užívá zejména při volném proudění – odvod tepla z povrchu formy a při chlazení tvarových částí během otevření formy, nebo při nuceném proudění působením přetlaku, případně podtlaku. Nevýhodou tohoto média je nízká účinnost, proto se využívá jen, když nelze využít kapaliny z důvodu nedostatku prostoru. Mezi aktivní temperační prostředky lze také zařadit topné elektrické články, kterých se využívá především k temperaci forem o vyšší teplotě v případě, kdy ztráty v okolí jsou větší než teplo dodané vstřikovaným plastem. [2]

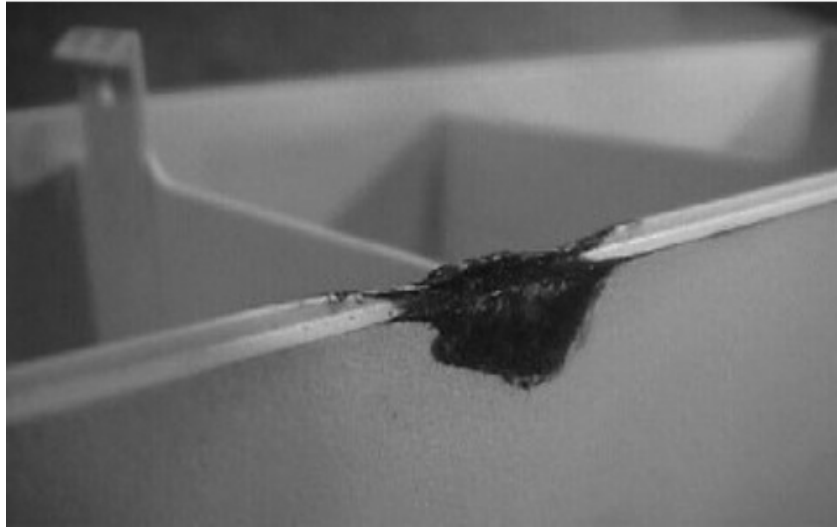
Mezi pasivní temperační prostředky lze zařadit tepelně izolační materiály. Využívají se především ke snížení množství tepla, které přestoupí do upínacích desek vstřikovacího stroje. K tomuto lze využít pevnostně a tepelně odolné materiály na bázi vyztužených reaktoplastů, nekovových organických látek apod. Zároveň však lze prvky forem tepelně izolovat běžnými tepelně izolačními materiály. Aby se zamezilo ztrátám tepla vyzařováním u povrchů, které dosahují vysoké teploty, je vhodné povrch leštit, případně pokrýt hliníkovou fólií. Dále lze k odvodu tepla z míst obtížně temperovatelných využít materiálů s velkou tepelnou vodivostí. Teplo je pak vyvedeno do míst, odkud lze jeho odvod zajistit obvyklým způsobem. Intenzivní přenos tepla z oblasti o vyšší teplotě do míst s teplotou nižší umožňují rovněž tepelné trubice. [2]

### 3.7 Odvzdušnění

Před vstřikováním je v dutině formy vzduch a pro plnění formy taveninou je potřeba zajistit jeho únik, aby nevznikaly na výstřiku vady. Čím je rychlost plnění větší, tím musí být odvzdušnění účinnější. Při rychlém plnění se stlačený vzduch vlivem vysokého tlaku silně ohřívá a způsobuje tzv. Dieselův efekt, což je spálené místo na výstřiku. Vlivem nedokonalého odvzdušnění je nutné zvyšovat vstřikovací tlak a tím se vnáší do výstřiku vnitřní pnutí a zvyšuje se jeho hmotnost. Při větších tloušťkách stěn může vzduch vniknout do taveniny a po zchládnutí v ní zůstane jako bublina. Nemůže-li vzduch uniknout vlivem protitlaku, vznikne nedotečený výstřik. K úniku vzduchu se zhotovují odvzdušňovací kanálky obdélníkového průřezu o hloubce tisícín až setin milimetru. Odvzdušňovací kanálky mají odvádět vzduch, ale zároveň nesmí docházet k zatékání plastu. V praxi často stačí vzduch uniknout dělicí rovinou nebo vůlí mezi pohyblivými částmi formy.

Potíže s odvzdušněním se vyskytují především u nových forem, které mají dobře těsnící dělicí roviny a vyhazovače, ovšem vlivem opotřebení časem vzniknout větší vůle, které poskytují vzduchu stále více možností úniku.

Při volbě místa pro odvzdušnění je nutné vzít v úvahu, jakým způsobem a kterými směry se dutina naplní taveninou. Odvzdušnění je nutné zajistit v nejpozději naplněném místě. Toto místo je někdy zřejmé z tvaru výstřiku, jindy je jen obtížně zjistitelné. Je ovlivněno umístěním vtoku, tloušťkou stěn, podmínkami kvality kladenými na výstřik a jeho funkcí. V nejasných případech se místo pro odvzdušnění určí až během zkoušek formy. Vodítkem jsou v těchto případech místa, v kterých dochází k vadě na výstřiku. [5,10]



*Obr. 24. Vada výstřiku způsobená dieselefektom [14]*

### **3.8 Materiály používané při výrobě forem**

Cena vstřikovací formy je z části určena i cenou materiálu, ze kterého je vyrobena. Části formy jsou nejvíce namáhány na tlak, opotřebení a podle druhu vstřikovaného plastu také na korozi. Na konstrukční části formy (např. rozpěrky, opěrné a kotevní desky) jsou klade-ny jiné nároky, než na části funkční (tvarové vložky, vodící trny, vyhazovače, atd.). Důle-žitými faktory při volbě materiálu je druh vstřikovaného polymeru, velikost a složitost vý-robku, odolnost proti opotřebení a korozi, počet vyráběných kusů, obrobitelnost, požado-vané fyzikální a mechanické vlastnosti, ale mimo jiné také jeho cena. Nejdůležitějšími a nenahraditelnými materiály pro výrobu vstřikovacích forem jsou oceli. Těch je ovšem vel-ké množství, každá má svoje specifické vlastnosti a to zužuje okruh jejich použití. Pro vý-rodu tvarových dutin a mechanicky namáhaných částí formy se často používá ocel nástro-joyá, cementační nebo legovaná. Velmi důležité je také tepelné zpracování na funkčních a tvarových částech formy. Špatné tepelné zpracování mnohdy vede ke znehodnocení celého nástroje nebo k velkým potížím za provozu. Kromě ocelí se při výrobě forem používají i jiné materiály jako je hliník, dural, měď, mosaz a nejrůznější izolační a ochranné materiá-ly. Z hlediska životnosti formy je velmi důležité již zmiňované tepelné nebo chemickote-plelné zpracování, povrchová úprava (leštěný povrch je odolnější vůči korozi) a v neposlední řadě také vlastní zacházení s formou. [3,6]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V této bakalářské práci na téma „Konstrukce výrobku a nástroje pro jeho produkci“ byly stanoveny následující cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma,
- provést konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu,
- navrhnout konstrukci vstřikovací formy pro zadaný díl,
- nakreslit 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku

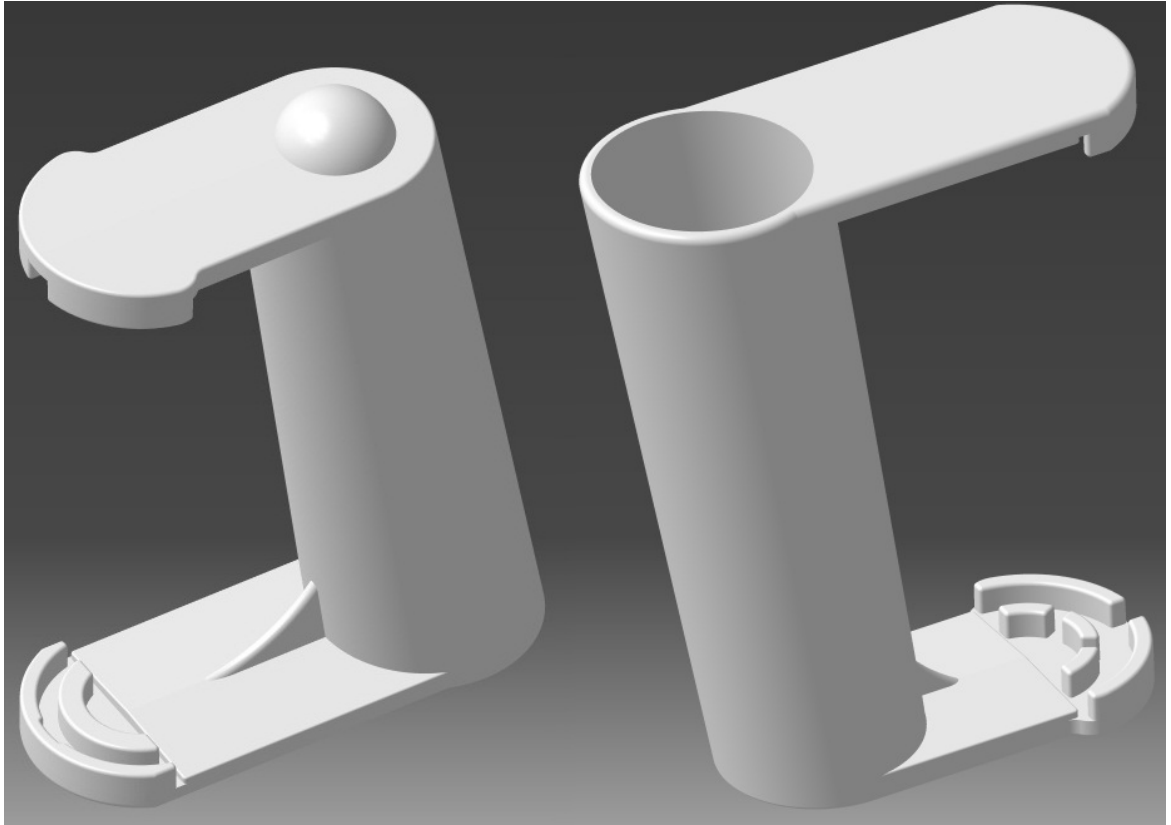
Teoretická část nebo-li literární studie postihuje základní problematiku vstřikování, vstřikovacích strojů, zásady pro konstrukci vstřikovacích forem a stručný popis prvků tvořící vstřikovací formu.

Praktická část měla za úkol realizovat pomocí softwaru 3D model vycházející ze zadaného plastového dílu. Na základě 3D modelu navrhnout konstrukci vstřikovací formy včetně zvolení vhodného vstřikovacího stroje a z této koncepce následně vytvořit 2D sestavu včetně kusovníku. Ke zpracování byl použit program CATIA V5R18 a jako zdroj normalizovaných dílů program HASCO DAKO modul.



## 5 VSTŘIKOVANÝ DÍL

Zadaným vstříkovaným výrobkem je držák ručního mixéru.



*Obr. 25. Render vymodelovaného výrobku*

Tento díl je koncipován jako dvě navzájem rovnoběžné plochy přibližně oválného tvaru, na jejichž jedné straně proti sobě vystupují tvarové elementy sloužící k uchycení těla mixéru a na straně druhé jsou tyto plochy spojeny kuželovou skořepinou.

Pro zvýšení tuhosti držáku jsou obě oválné plochy zesíleny žebrem s kuželovou skořepinou. Tloušťka dílu není konstantní a pohybuje se v rozmezí 1,8 mm u kuželové skořepiny po 5 mm u oválných ploch s upínacími elementy. Díl je omezen obálkou tvaru kvádra o půdorysu 30 x 72 mm a výšce 92 mm. Výrobek zaujímá objem 19,28 cm<sup>3</sup> a jeho hmotnost je 19,86 g.

## 5.1 Materiál výstřiku

Jako materiál byl pro zadaný výrobek zvolen akrylonitrilbutadienstyren (ABS), dodávaný firmou Styrolution pod obchodním názvem Terluran HI-10 .

Jedná se o amorfnní termoplastický kopolymer vhodný pro vstřikování a vytlačování. Vyznačuje se vysokou houževnatostí, pevností, tuhostí, odolností vůči chemikáliím a teplotám pod bodem mrazu. Terluran HI-10 se využívá u výrobků na něž jsou kladeny přísné požadavky na službu, vyžadována vynikající jakost povrchu, barevná stálost a lesk při dobré rentabilitě.

Tab. 2. Vybrané parametry materiálu Terluran HI-10 při 23 °C [21]

Vlastnost	Hodnota	Jednotka	Norma
Hustota	1,03	[g/cm <sup>3</sup> ]	ISO 1183
Smrštění	0,4-0,7	[%]	ISO 294
Index toku taveniny MVR 220°/10kg	5,5	[cm <sup>3</sup> /10 min]	ISO 1133
Teplota tání	230-260	[°C]	ISO 294
Teplota formy	30-60	[°C]	ISO 294
Vstřikovací rychlost	200	[mm/s]	ISO 294
Čas sušení při 80 °C	2-4	[hod]	
Teplota průhybu při zatížení 1,8 Mpa	76	[°C]	ISO 75
Pevnost v tahu	38	[MPa]	ISO 527
Pevnost v ohybu	56	[MPa]	ISO 178
Modul pružnosti v ohybu	1900	[MPa]	ISO 527
Prodloužení při přetržení	9	[%]	

## 5.2 Výpočet parametrů pro určení vstřikovacího stroje

Výpočet množství polymeru pro jeden zdvih [2] :

$$M = 1,2 \cdot (G \cdot n + A) \cdot \frac{a_x}{a_p} [g] \quad (1)$$

$$M \leq M_s \quad (2)$$

M – zdvihová hmotnost polymeru [g]

G – hmotnost výstřiku [g]

n – násobnost formy

A – hmotnost vtokového systému [g]

M<sub>s</sub> – maximální hmotnost polymerní taveniny dodaná strojem [g]

$\frac{a_x}{a_p}$  – korekce objemu vstřikovaného polymeru vůči PS (a<sub>p</sub> = 100)

Pro materiál ABS (a<sub>x</sub> = 103)

$$M = 1,2 \cdot (19,86 \cdot 2 + 1,32) \cdot \frac{103}{100} = 50,73 [g] \quad (3)$$

Hodnoty G = 19,86 g a A = 1,32 g byly zjištěny z modelu výrobku v programu CATIA

Zpětné určení doby plastikace pro jeden zdvih [2]:

$$t_{pl} = \frac{3,6 \cdot M}{Q} [s] \quad (4)$$

Q – plastikační výkon stroje [kg / hod]

$$t_{pl} = \frac{3,6 \cdot 50,73}{17} = 10,74 [s] \quad (5)$$

Při vyhodnocení vypočtených výsledků s hodnotami z dokumentace vybraný vstřikovací stroj vyhovuje podmínkám. Při použití šneku 30 mm je stroj schopen dodat na jeden zdvih 93 g ABS, což s dostatečnou rezervou vyhovuje množství, které je potřeba pro zaplnění dutiny formy. Výpočet uzavírací síly nebyl kvůli jeho nízké relevantnosti proveden. Vzhledem k velikosti výstřiků je však daný hydraulický vstřikovací stroj schopen s jistotou vyvodit větší uzavírací sílu, než která je potřebná.

## 6 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Ke vstřikování zadaného dílu byl vybrán hydraulický horizontální stroj s označením ALLROUNDER 520S (1300 - 290) z výrobního portfolia německé firmy ARBURG, který splňuje technické a procesní parametry pro vstřikovací formu.



Obr. 26. Vstřikovací stroj série S [20]

Tab. 3. Vybrané technické parametry vstřikovacího stroje [20]

Vlastnost	Hodnota	Jednotka
Velikost upínací desky	688 x 688	[mm]
Vzdálenost mezi vodícími sloupy	520 x 520	[mm]
Minimální výška formy	250	[mm]
Maximální světlost mezi upínacími deskami	825	[mm]
Maximální uzavírací síla	1300	[kN]
Maximální délka otevření	575	[mm]
Průměr středícího kroužku	125	[mm]
Maximální zdvih vyhazovacího systému	175	[mm]
Maximální vyhazovací síla	50	[kN]
Průměr šneku	30	[mm]
Maximální přitlačná síla trysky	60	[kN]
Maximální vstřikovací tlak	153	[Mpa]
Maximální objem dávky	106	[cm <sup>3</sup> ]
Maximální hmotnost formy	1050	[kg]
Celkový příkon stroje	31	[kW]

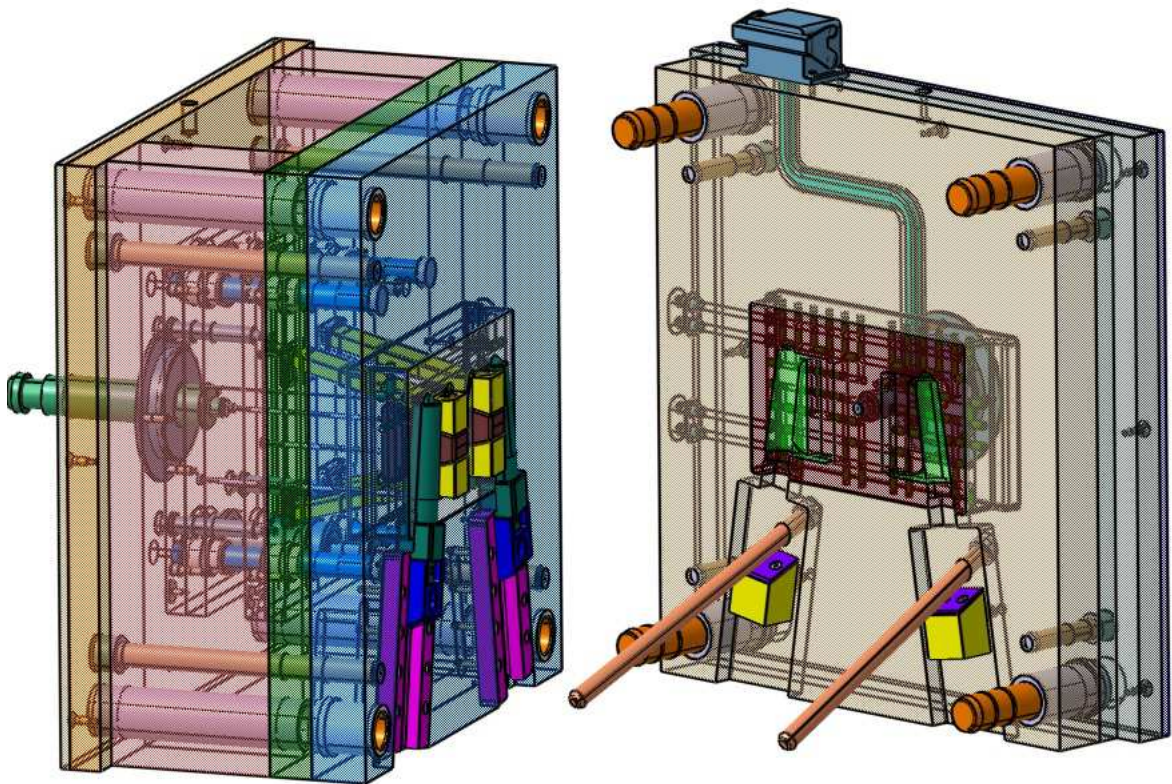
## 7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Návrh vstřikovací formy a její rozměry jsou dány násobností, způsobem zaformování, složitostí a velikostí výrobku. Při konstrukci bylo využito co největší množství standardizovaných součástí, které jsou výhodné pro zefektivnění ekonomické stránky formy a urychlují proces výroby. Pro rám vstřikovací formy byly vybrány desky z kategorie HASCO-MBA o rozměru 496 x 446 mm s výjimkou upínacích a izolačních desek rozměrů 496 x 496 mm. Tloušťka desek se řídí rozměry komponent, které jsou implementovány ve formě.

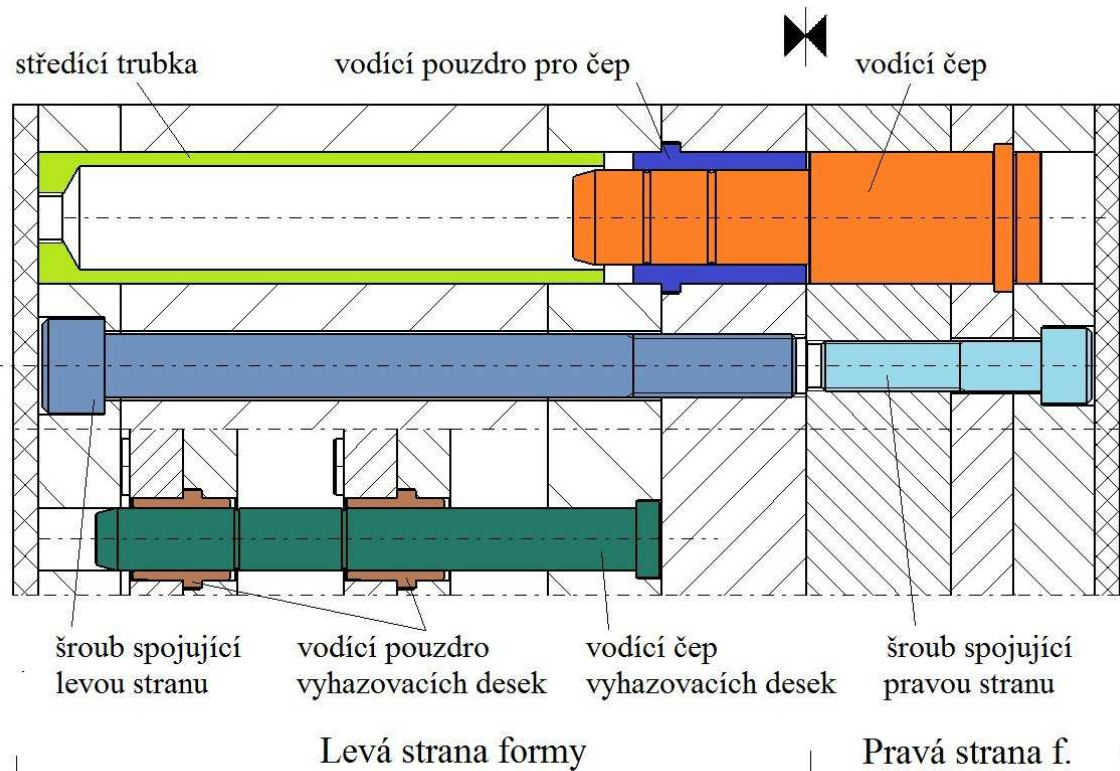
Forma je tvořena ze tří základních částí:

- levá (uzavírací) strana,
- pravá (vstřikovací) strana
- dvoustupňový vyhazovací systém

Hlavní rozměry určující rám formy: 496 x 496 x 352 mm (v x š x d)



Obr. 27. Pohled do levé a pravé dělicí roviny formy



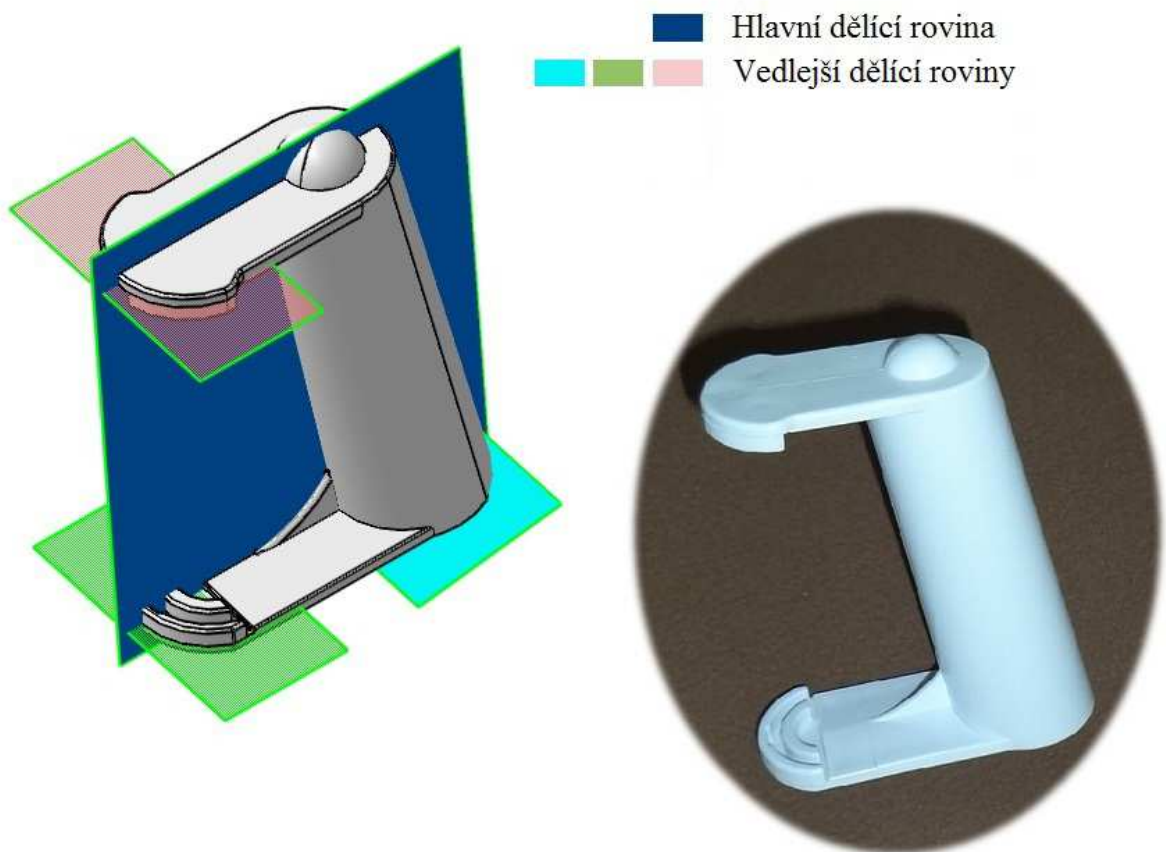
Obr. 28. Vizualizace soustavy středících, vodících a spojovacích prvků formy

Důležitou součástí pro správnou funkci formy jsou středící a spojovací prvky. Pravá strana formy je vystředěna pomocí vodících čepů 4 x Z00/66/30 x 75 a sešrubována šrouby 4 x Z30/16 x 70. Levá strana formy je vystředěna pomocí středících trubek 4 x Z20/42 x 180 a sešrubována šrouby 4 x Z31/20 x 220. Vzájemné vystředění levé a pravé strany je provedeno vodícími pouzdry 4 x Z10/46/30 umístěnými v levé kotevní a opěrné desce, do nichž se při zavírání formy zasouvají vodící čepy. Pro vedení vyhazovacího systému jsou v opěrné desce levé strany umístěny vodící čepy 4 x Z011/20 x 180, po nichž se skrze vodící pouzdra 8 x Z10/22 x 20 vyhazovací systém posouvá.



## 7.1 Zaformování výstřiku

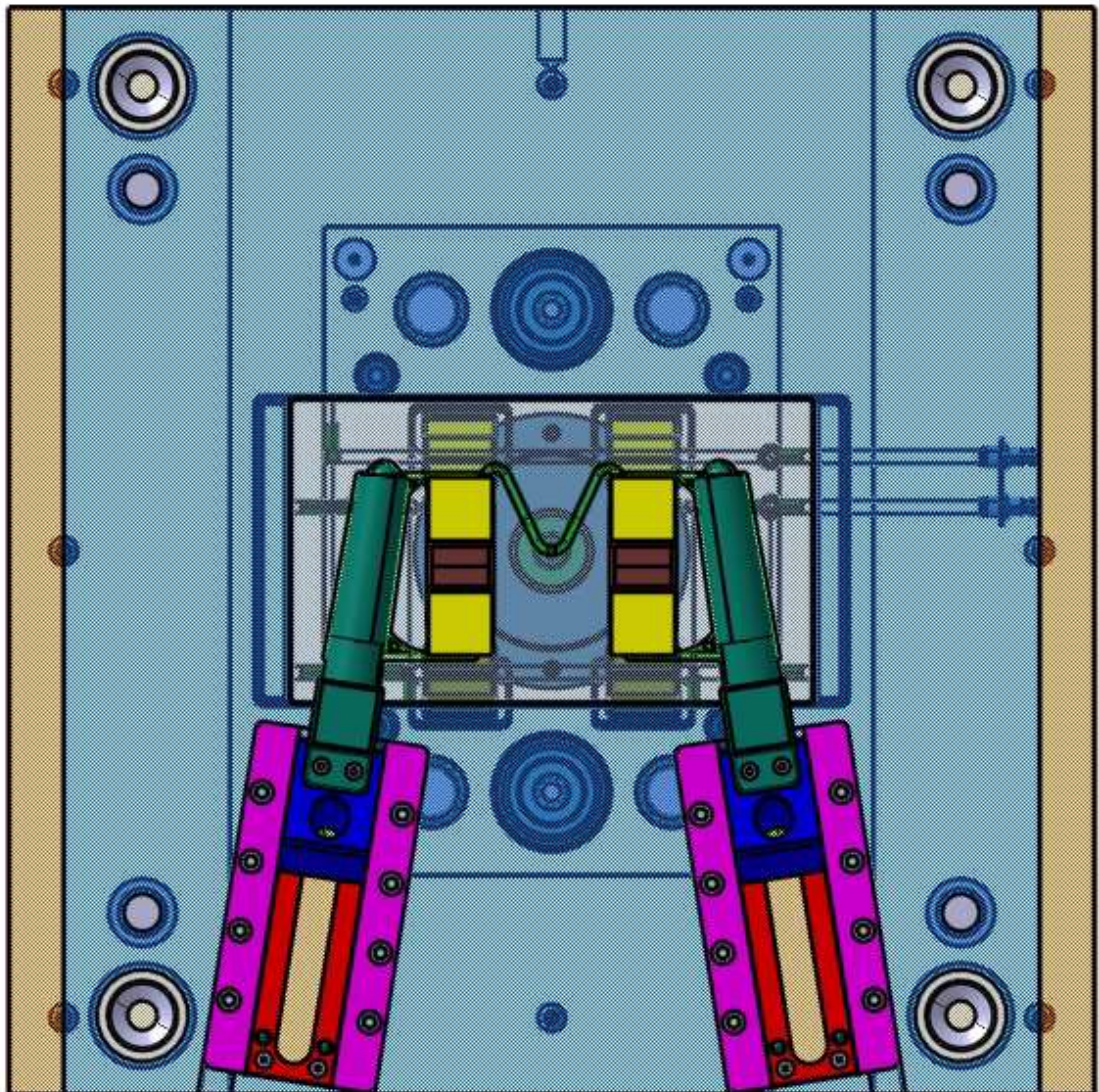
Způsob zaformování výstřiku je důležitým aspektem, který ovlivňuje konstrukci celé formy, přesnost výstřiku a je proto důležité vhodně volit dělicí roviny. Vzhledem ke geometrii zadaného výrobku byla volena jedna hlavní a tři vedlejší dělicí roviny. Hlavní dělicí rovina je orientována v rovině symetrie výrobku rovnoběžně s upínací plochou. Dvě vedlejší dělicí roviny určující elementy pro připevnění těla mixéru jsou kolmé na hlavní dělicí rovinu a rovnoběžné ve směru otevírání formy. Třetí dělicí rovina je kolmá k ose kuželové skořepiny a hlavní dělicí rovině. Vlivem velkého počtu dělicích rovin roste počet nevázaných rozměrů, což má za následek snížení přesnosti výstřiku, které je viditelné například u mírně přesazených vedlejších dělicích rovin na originálním výrobku.



Obr. 29. Rozložení dělicích rovin na výrobku a originální výrobek

## 7.2 Násobnost formy

Vstřikovací forma je na základě zadání kvůli složitosti výrobku navrhována jako dvojnásobná. Násobnost formy bývá v praxi určena součinností mnoha faktorů, mezi něž patří zejména množství vyrobených výstřiků, přesnost, geometrická složitost, kvalita, kapacita vstřikovacího stroje, ekonomie výroby formy a další. Z hlediska přesnosti výrobků by měla násobnost být co nejmenší a z hlediska krátké doby výroby co největší.

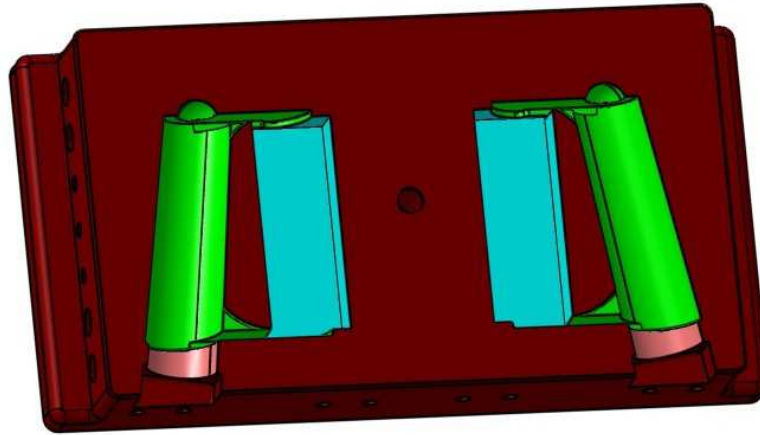


Obr. 30. Násobnost vstřikovací formy



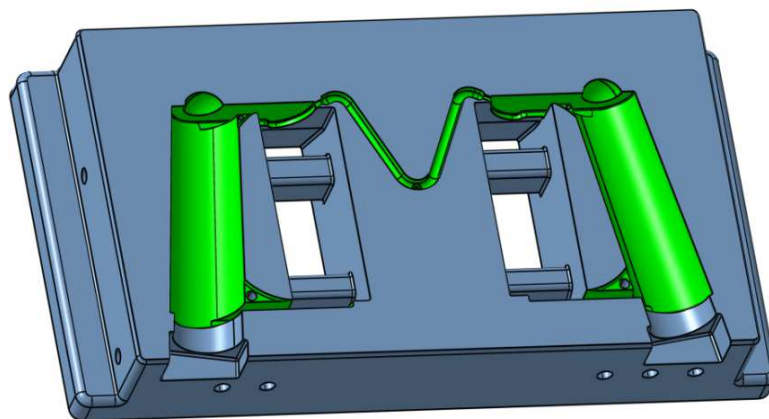
## 7.3 Prvky formující dutinu

### 7.3.1 Tvárnice a tvárník



Obr. 31. Tvárnice

Tvárnice je uložena tvarovým stykem v kotevní desce pravé strany formy. Je v ní proveden systém vrtaných temperačních kanálů, vybrání pro uložení horké trysky a posuvných jader. Společně s tvárníkem a posuvnými jádry tvoří negativ vstřikovaného výrobku zvětšený o hodnoty smrštění vstřikovaného polymeru. Tvárnice stejně jako tvárník jsou vyrobeny z odolné oceli třídy 19 a tepelně zpracovány cementací a kalením pro odolnost vůči opotřebení a procesním podmínkám v průběhu vstřikování. Důležitá je úkosovitost všech ploch vůči dělicí rovině pro snadné odformování. Tyto části musí být kvalitně a precizně vyrobeny, aby se předcházelo přetokům a přesazením formy. Tvárník má oproti tvárnici odlišně vyvrtaný temperační systém, což je dáno menším prostorem pro jeho realizaci, z důvodu vybrání pro klíny a posuvná jádra, která se po klínech posouvají pod úhlem 15°.

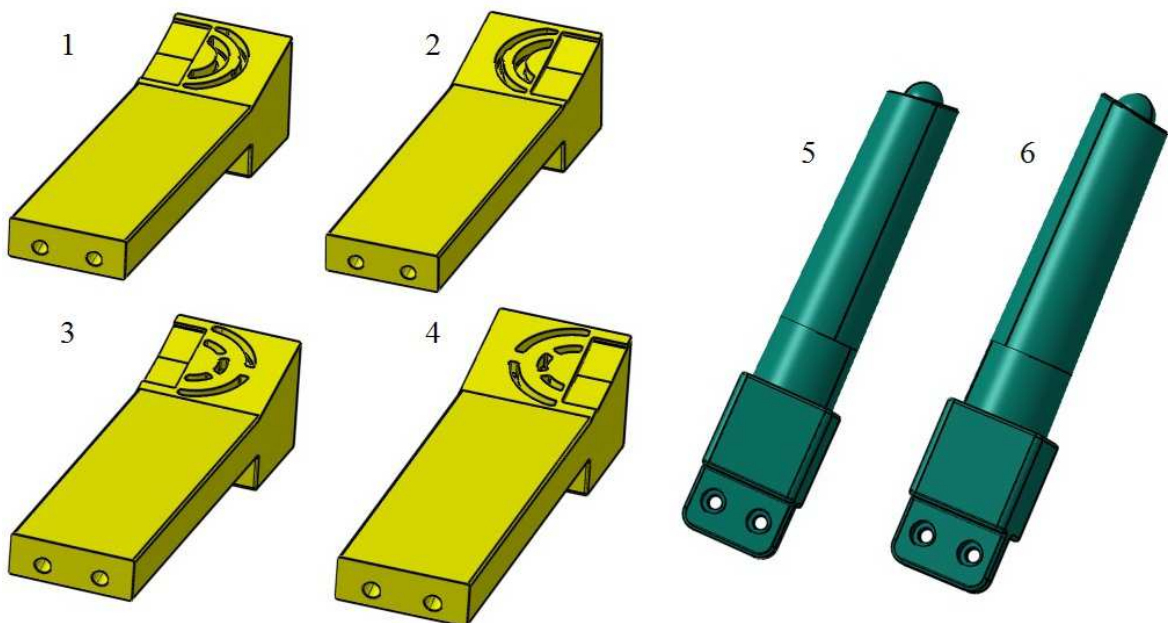


Obr. 32. Tvárník

Dále jsou zde provedeny přesné otvory s odlehčením pro vyhazovače, přidržovač vtoku a je zde umístěn vtokový systém. Tvárník je uložen v levé kotevní desce posuvné části formy.

### 7.3.2 Posuvná jádra

Posuvná jádra formují úchytné elementy držáku a kuželovou dutinu. Jsou zkonstruovány ve dvou provedeních a symetrických modifikacích. Posuvná jádra úchytných elementů se pohybují po klínech a jsou uchyceny šrouby ke kluzným deskám situovaných ve vyhazovacím systému. Tyto kluzné desky jsou uloženy ve vyhazovacím systému části A, kde v koordinaci s prvním stupněm vyhazování se vertikálně posouvají a úchytné elementy výstřiku jsou takto odformovány. Kuželová jádra jsou sešroubována s posuvnými čelistmi vedenými šikmými čepy. Vystředění těchto jader v dutině formy je zajištěno prodloužením kuželové plochy mimo dutinu formy. Jádra jsou z oceli třídy 19 a tepelně upraveny jako tvárnice s tvárníkem.



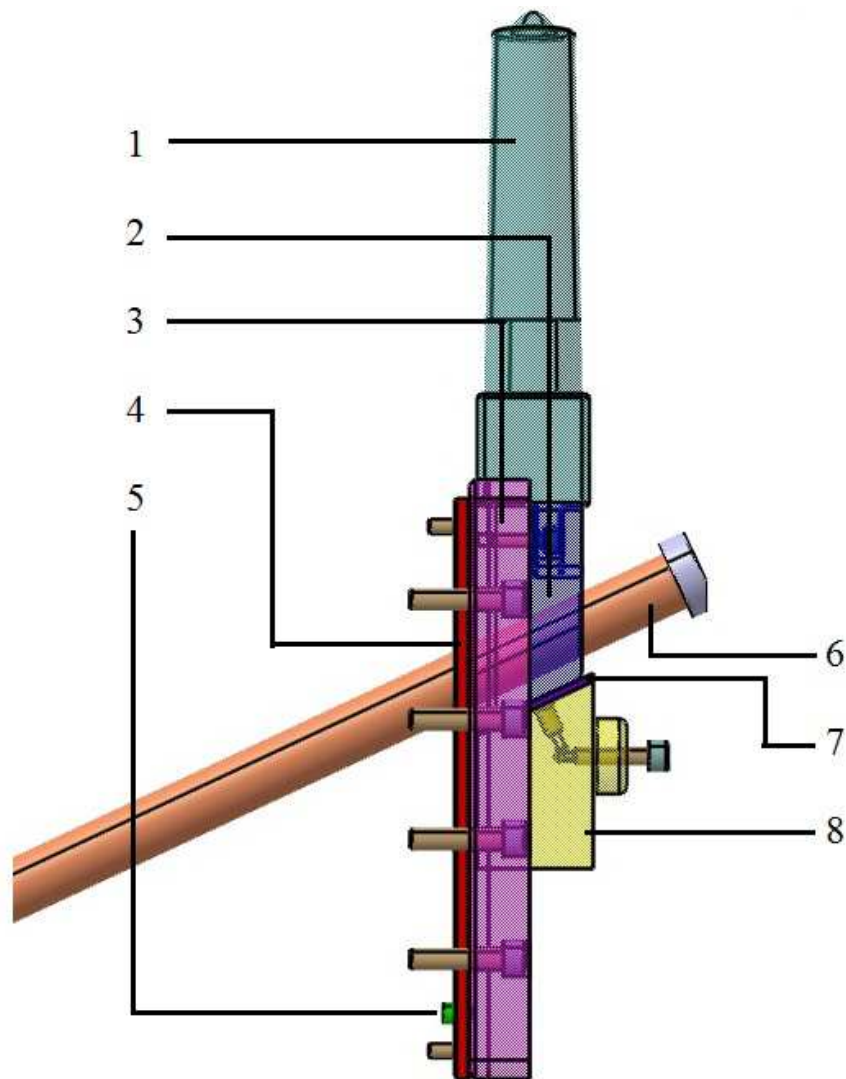
Obr. 33. Posuvná jádra

1,2,3,4 – posuvná jádra vedená při prvním stupni vyhazování; 5,6 – kuželová jádra vedená posuvnými čelistmi skrze šikmé čepy

### 7.3.3 Odformování kuželových jader pomocí šikmých čepů

Pohyb posuvných čelistí v levé části formy při otevírání formy a naopak je vykonáván vedením po šikmých válcových čepích, které byly zvoleny jako jedno z možných kon-

strukčních řešení. Šikmé válcové čepy jsou uchyceny v kotevní desce pravé části formy pod úhlem 25° vzhledem k nutnosti odformování kuželových jader na vzdálenost 90 mm. Při otevřené poloze formy je koncová poloha posuvných čelistí jištěna pojistnými kuličkami. Při uzavřené poloze formy jsou tyto čelisti jištěny proti posunutí zámkem, který je přišroubován k pravé kotevní desce. Posuvné čelisti jsou v levé straně vedeny vodíci lištami po kluzné desce. Vodící lišty a kluzné desky jsou spojeny šrouby s levou kotevní deskou.



Obr. 34. Vizualizace posuvové čelisti v uzamknutém stavu

1 – kuželové jádro, 2 – posuvová čelist, 3 – vodící lišta, 4 – kluzná deska, 5 – pojistná kulička (prvky levé strany formy); 6 – šikmý válcový čep, 7 – kluzná / opěrná lišta zámku, 8 – zámek (prvky pravé strany formy)

### 7.3.4 Výpočet potřebné délky šikmého válcového čepu

Délka pro odformování kuželového jadra  $a = 90 \text{ mm}$

Šířka pravé kotevní desky  $s = 46 \text{ mm}$

Úhel šikmého válcového kolíku  $\alpha = 25^\circ$

Potřebná délka čepu  $l = ?$

$$l = \frac{s}{\cos \alpha} + \frac{a}{\sin \alpha}$$

$$l = \frac{46}{\cos 25} + \frac{90}{\sin 25} = 51 + 213 = 264 \text{ mm}$$

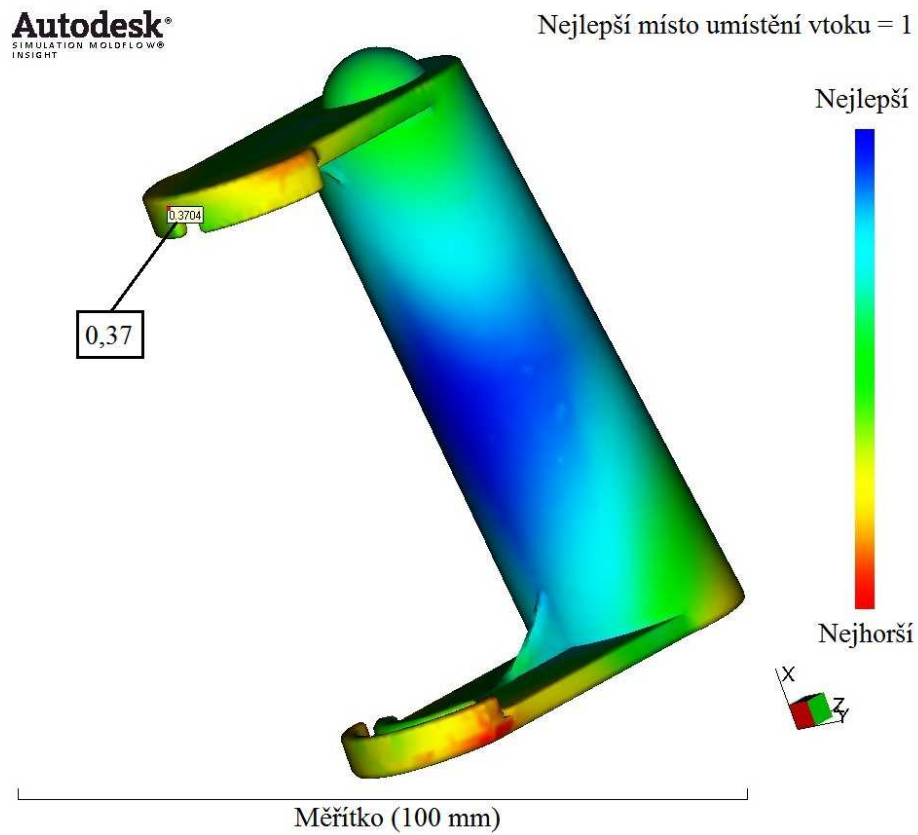
Pro odformování byl vybrán šikmý čep Z40/16 x 280 firmy HASCO, který svou délkou s rezervou vyhovuje požadavkům a není potřeba upravovat.

## 7.4 Vtokový systém

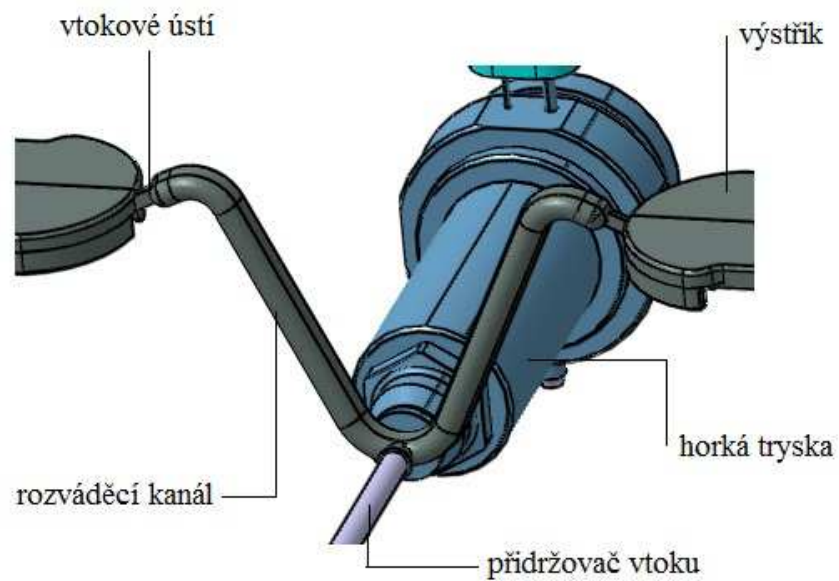
Z hlediska funkce výrobku bylo potřeba umístit vtok do vhodného nepohledového místa ve spojení se zvoleným zaformováním. K ověření vhodnosti místa vtoku byla realizována analýza nejlepšího místa vtoku (BGL - best gate location) pomocí programu Autodesk Moldflow Insight. Výstup analýzy označil jako nejlepší místo vtoku pro rovnoměrné zaplnění dutiny kuželovou skořepinu. Toto řešení ovšem vzhledem k výše zmíněné pohledové a úchopové funkci není možné. Proto bylo zvoleno jako místo vtoku čelo oválné plochy s vhodností umístění 37 %.

Způsob přivedení taveniny do dutiny formy byl zvolen jako kombinace studeného a horkého vtokového systému. Tavenina by měla dutinu formy vyplnit v co nejkratším čase a putovat vtokovým systémem k dutinám stejně dlouhou a co nejkratší dráhu. Rozváděcí kanál je umístěn do tvárníku na levé straně formy a po dokončení vstřikovacího cyklu zůstávají výstřiky od vtokového systému neodděleny. Rozváděcí kanál je zvolen lichoběžníkového profilu pro pozitivní vlastnost smáčivého objemu a snadnou vyrobitelnost. Velikost průřezu je odvozena dle tabulkových hodnot a odpovídá hmotnosti výstřiku. Vtokový kanál je veden co nejkratší možnou trajektorií s vhodnou plynulostí pro minimalizaci odporu. Velikost, tvar a úhel vstupu taveniny bočním vtokem obdélníkového průřezu byl zvolen pro splnění základních podmínek, aby polymer blízko ústí narazil na překážku a byl umístěn

do místa s největší tloušťkou stěny. Na ose trysky v levé straně formy se nachází přidržovač vtoku.



Obr. 35. Výstup BGL analýzy



Obr. 36. Vizualizace vtokového systému

### 7.4.1 Horká tryska

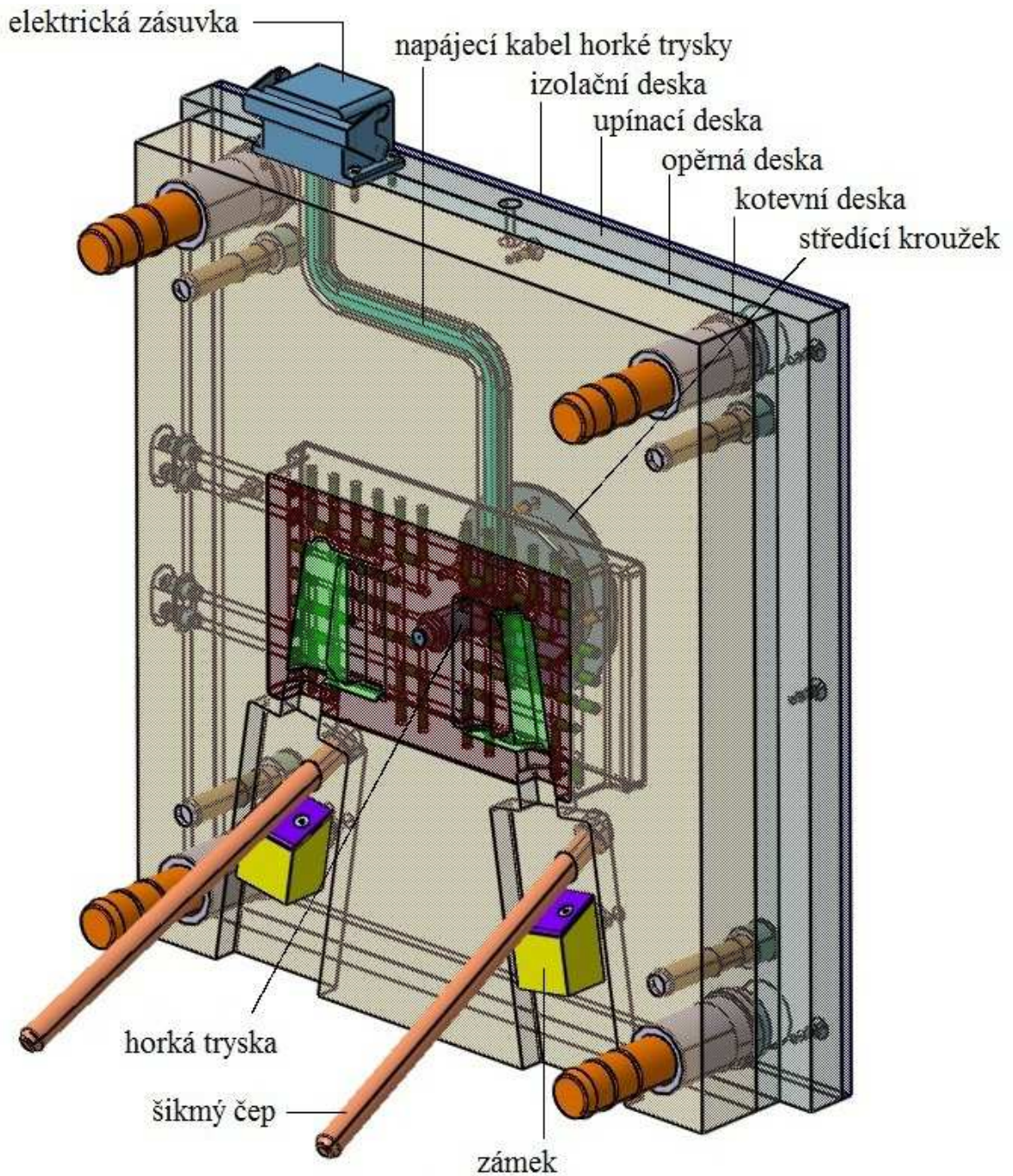
Pro dodávku polymerní taveniny byla vybrána horká tryska fy HASCO typu Techni shot Z342011/ 32 x 80 , která zajišťuje dodávku 80 g ABS při jednom zdvihu. Přestože je vstříkovaný materiál náchylný na táhnutí vlasu, byl použit bezhrotý typ trysky, protože neústí přímo do dutiny samotného výrobku.

Zdrojem pro napájení trysky je zásuvka umístěná na vrchní straně pravé části formy s níž je spojena napájecím kabelem. Pro tento kabel byla upravena pravá opěrná a upínací deska vyfrézováním drážky. Tryska je v co největší míře izolována od pravé strany formy v níž je uložena aretační čela v tvárnici a plochou mezikružím v opěrné a upínací desce. Proti pootočení je zajištěna válcovým kolíkem.



## 7.5 Vstřikovací pravá strana formy

Pravá strana formy je vystředěna k upínací desce vstřikovacího stroje pomocí pravého středího kroužku K100/125 x 16,5 o  $\varnothing$  125 mm.

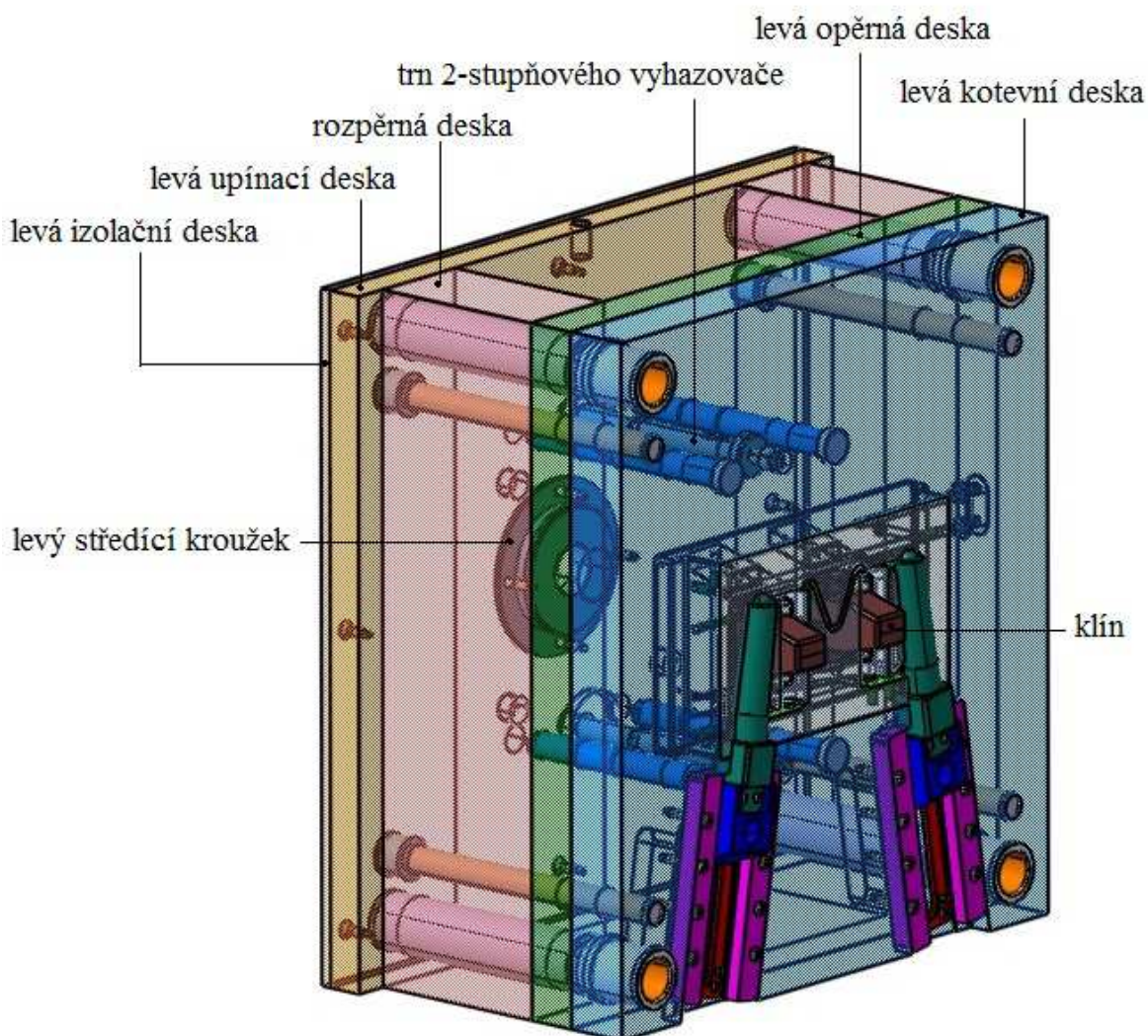


Obr. 37. Náhled pravé strany formy



## 7.6 Uzavírací levá strana formy

Levá strana formy je vystředěna k upínací desce vstřikovacího stroje pomocí levého středícího kroužku K500/125 x 16,5 o  $\varnothing$  125 mm. V levé opěrné desce se nacházejí vodící čepy pro pohyb vyhazovacích desek a trny dvouступňového vyhazovače. Prostor mezi levou upínací a levou opěrnou deskou je vymezen pro pohyb vyhazovacího systému. Na obr. č.38 je viditelný klín, který je tvarově vsazen do tvárníku a slouží pro vedení posuvných jader, které jsou sešroubovány ke kluzným deskám ve vyhazovacím systému. V opěrné a kotevní desce jsou rovněž vyfrézovány průchozí oválné drážky pro průchod šikmých válcových čepů z pravé strany formy.



Obr. 38. Náhled levé strany formy



## 7.7 Vyhazovací systém

V obvyklém případě slouží vyhazovací systém pouze k vyhození výstřiků z dutiny formy. Při konstrukci této formy je ovšem vyhazovací systém řešen jako dvoustupňový. Poté, co je levá strana formy v otevřené pozici a jsou tak odformovány kuželová jádra, na kterých byl výstřik původně nasmrštěn, dochází k prvnímu stupni posuvu vyhazovacího systému. V tento moment posuvná jádra, která jsou vedená klíny, odformují vedlejší dělicí roviny. Při dokončení vyhazovacího posunu prvního stupně zapadnou tvarové segmenty dvojestupňového vyhazovače do drážek trnu a uvolní tak dráhu posunu druhého stupně vyhození soustavy vyhazovacích desek B. V tomto druhém stupni postupují jen vyhazovače s přídržovačem vtoku a uvolněný výstřik s neodděleným vtokem padá pryč z prostoru formy do připravené krabice. Při zpětném pohybu do původního stavu se zpočátku pohybuje pouze systém B a po dosednutí na podložky sešroubované skrze distanční trubky do systému A se tento započne také vracet. V čase počátku zpětného pohybu systému desek A se vytlačí tvarové segmenty z drážky trnu do původního stavu a po dokončení zpětného posunu systému A je vyhazovací systém připraven do dalšího cyklu. Veškeré pohyby vyhazovacího systému jsou vyvozeny vstřikovacím strojem skrze táhlo, které je zašroubované do opěrné vyhazovací desky systému B.

Oba stupně posuvu jsou dimenzovány s dotatečnou rezervou a to tak, aby nedošlo ke kolizi mezi vrchními a spodními posuvnými jádry. Velikost jednotlivých posuvů:

- první stupeň – 28,6 mm
- druhý stupeň – 31 mm

Ve vyhazovacím systému jsou použity pouze válcové vyhazovače, které nemají tvarovou úpravu a jsou v kontaktu s výstřiky v místě žeber. Není potřeba je proto zajišťovat proti pootočení.

Jsou použity vyhazovače :

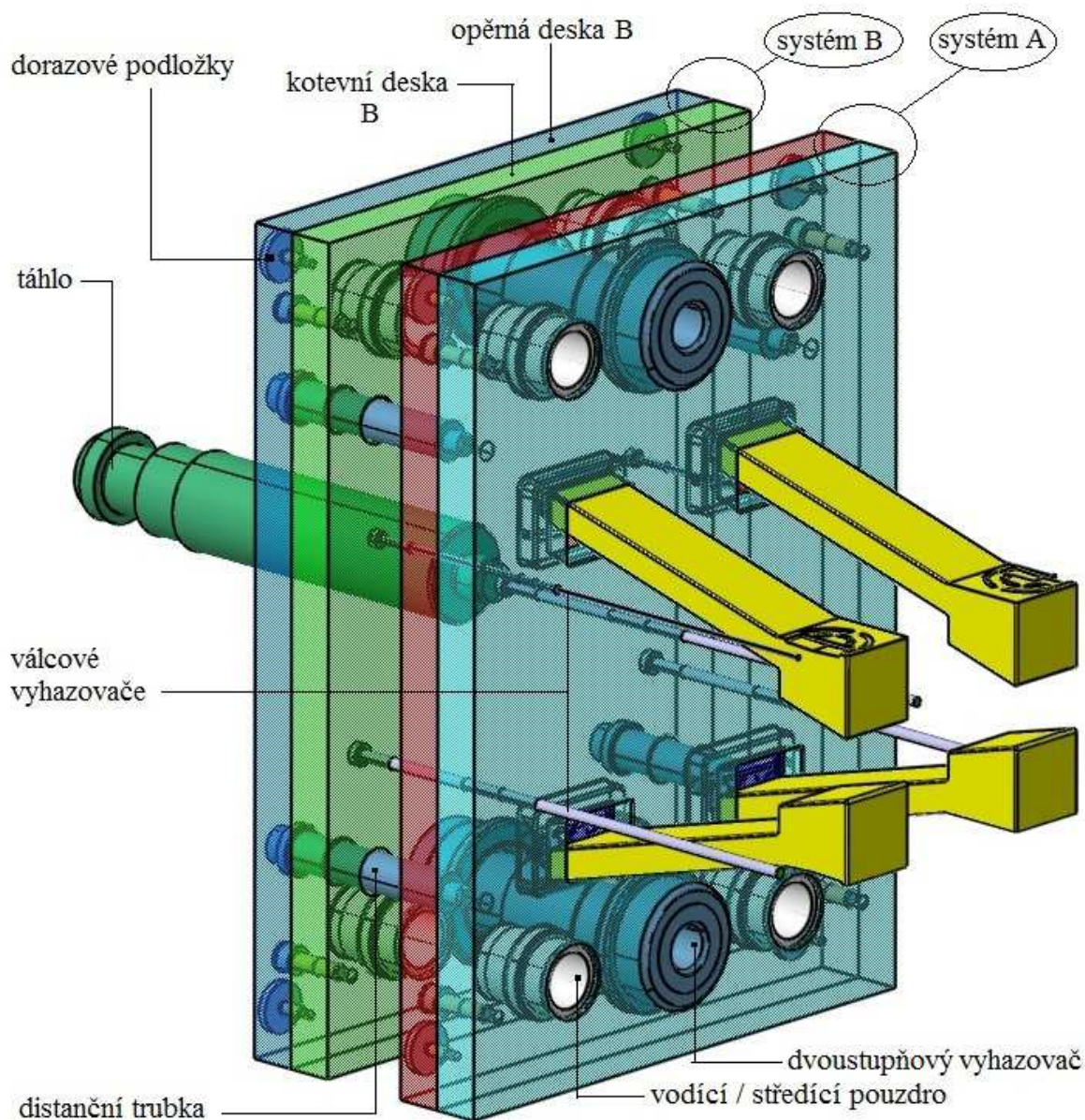
- 2 x Z40/4 x 200
- 2 x Z40/2 x 200
- 1 x Z40/3,5 x 200 (přídržovač vtoku)

Vyhazovače jsou upraveny na délku 197,1 mm.

Opěrné a kotevní vyhazovací desky systému A a B jsou vystředěny a vedeny po čepch vodícími pouzdry Z10/22/20. Sešroubovány jsou pomocí Z30/6 x 30. Opěrné desky jsou

opatřeny dorazovými podložkami Z55/18 x 3 , které jsou k nim uchyceny šrouby Z33/4 x 12. Výše uvedené součásti jsou v množství 4ks na systém A a B.

Vyhazování ve dvou krocích zajišťují dva centrálně umístěné dvoustupňové vyhazovače typu Z1698.



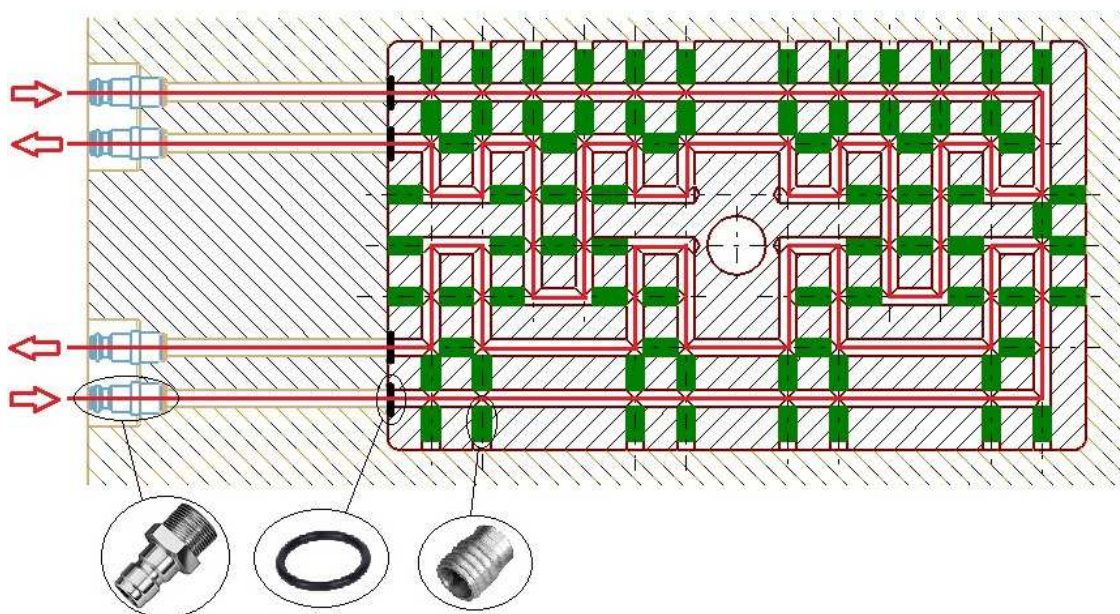
Obr. 39. Náhled na vyhazovací systém

## 7.8 Temperační systém

Temperace tvárníku a tvárnice byla řešena vrtanými kanály o  $\varnothing$  6mm. Způsob temperace tvárníku je oproti tvárnici odlišný, což je dáno především geometrickým omezením způsobené koexistencí dalších částí formy.

### 7.8.1 Temperace tvárnice

Temperace tvárnice je provedena sítí vrtaných kanálů v jedné rovině rozvržené do dvou temperačních okruhů pro vytvoření rovnoměrného teplotního pole. Při návrhu sítě byla dodržena pravidla pro rozestupy mezi temperačními kanály a stěnou tvarové plochy formující výstřik, aby nebyla narušena pevnost. K vytvoření dvou temperačních okruhů bylo použito vnitřních kónických ucpávek Z942/6. Pro utěsnění spoje mezi tvárnici a pravou kotevní deskou jsou užity těsnící O-kroužky Z98, které mají zahlbouení na boční straně tvárnice. Temperační kanály pokračují dále pravou kotevní deskou na boční stranu formy, kde jsou zakončeny zašroubovanými přípojovacími nátrubky pro hadice s přívodem temperačního média.



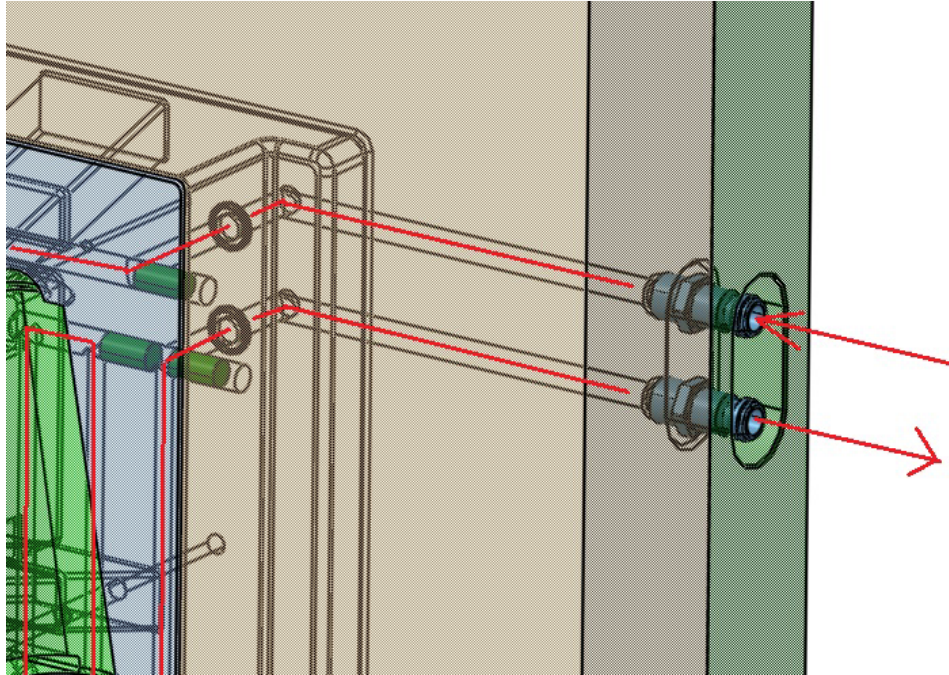
Obr. 40. Vizualizace temperačních okruhů tvárnice

Zleva: přípojovací nátrubek Z81, O-kroužek Z98/7,5/1,5, vnitřní kónická zátka Z942

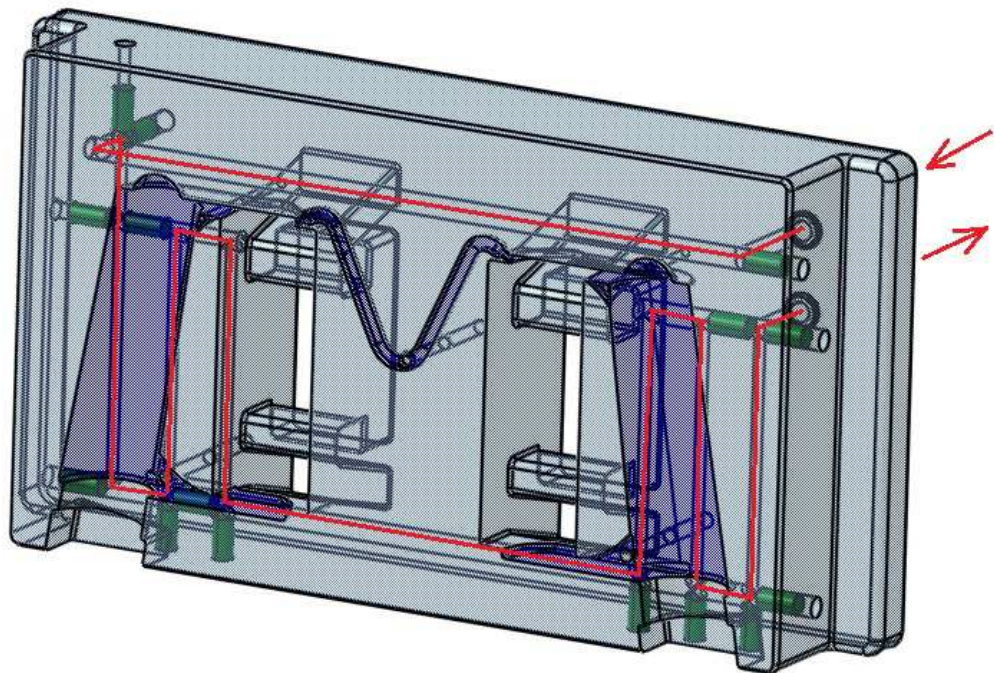
### 7.8.2 Temperace tvárníku

U temperace tvárníku bylo použito stejných komponent jako u tvárnice. Je zde řešen kvůli rozměrovým proporcím pouze jeden zjednodušený temperační okruh. Podmínka vzdálenosti od stěny tvarové plochy a rozestupy mezi kanály byly dodrženy. Vstup a výstup okruhu do tvárnice je řešen na zadní stěně tvárníku ve styku s levou opěrnou deskou, odkud vede kanál dále na stejnou boční stěnu formy jako v případě levé strany, kde jsou našroubovány přípojovací nátrubky.





Obr. 41. Vstup a výstup temperačního okruhu na levé straně formy opěrnou deskou



Obr. 42. Vizualizace toku temperačního média tvárníkem

## 7.9 Odvzdušnění

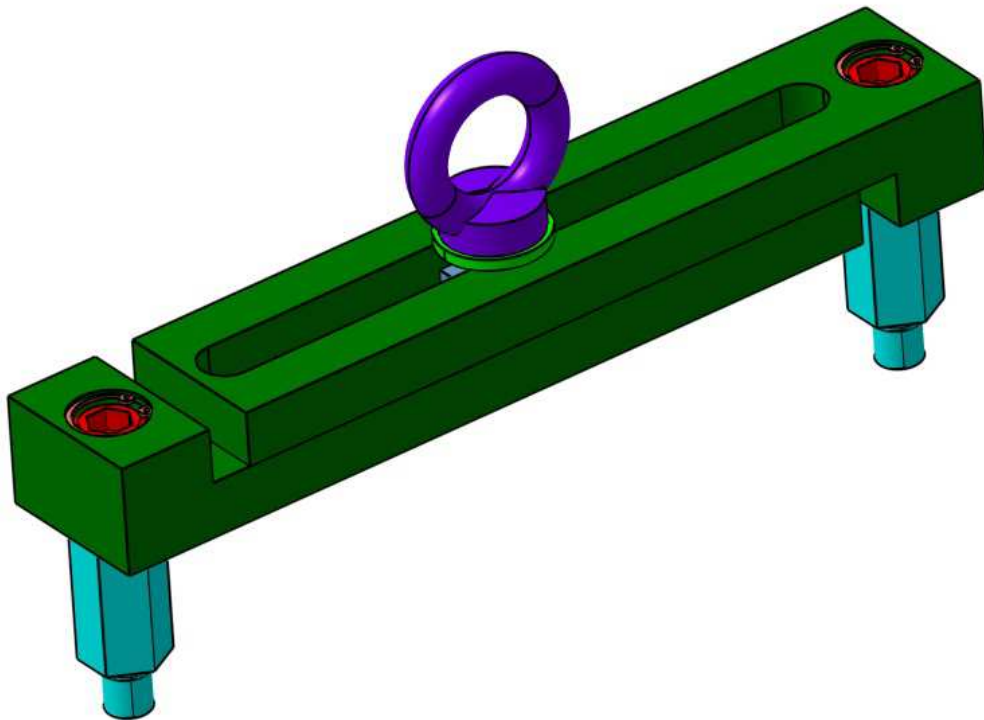
Při uzavření formy pro započetí vstřikovacího cyklu je v dutině vzduch. Tento vzduch při plnění dutiny polymerem musí uniknout dělími rovinami, vyhazovači či odvzdušňovacími kanálky za tímto účelem vyrobených, jinak to znamená problém z hlediska ovlivnění kvali-

ty výstřiku. Mohou vznikat spálená místa vlivem dieselektu, nedostříknutý výrobek, bubliny uzavřené v materiálu a jiné. Je proto také nutné volit správný způsob zaformování a místo vtoku volit i z hlediska možnosti opuštění vzduchu z problematických míst. Špatné odvzdušnění mohou mít nové dobře slícované formy, kde plochy pro opuštění vzduchu nejsou vypočtené provozem.

U odvzdušnění této formy není předpokládán žádný problém, neboť počtem dělicích rovin a místem vtoku má polymer až do zaplnění posledního volného objemu v dutině prostor kdy uniknout.

### 7.10 Transportní nosič

Pro účely přenášení formy a instalace do vstřikovacího stroje je forma opatřena transportním nosičem. Pro tento nosič jsou v upínacích deskách zhotoveny závity. Výška nosiče může být nastavena distančními šestihrany pro případy, kdy v ose horní strany formy může vadit nějaký jiný člen, jako například zásuvka.



Obr. 43. Nosič formy s distančními šestihrany

## ZÁVĚR

Výsledkem této bakalářské práce měl být návrh konstrukce pro dvojnásobnou formu zadaného dílu. Tento výstřik, kterým je držák ručního mixéru je vyroben z materiálu ABS, vyhovující mechanickým a vizuálním podmínkám, pro které je výrobek určen.

Při návrhu formy bylo postupováno tak, aby byly splněny základní pravidla konstrukce. Poznatky uvedené v teoretické části byly aplikovány následně v části praktické. Dle zadání byl vymodelován 3D model výrobku a návrh formy za podpory softwaru Catia V5R18.

Celý návrh formy vychází ze složité geometrie výrobku, kde bylo nutno volit hlavní a tři vedlejší dělicí roviny. Tento fakt ve spojení s použitím konstrukčního řešení posuvu kuželových jader skrze šikmé čepy a nikoliv hydraulické tahače, zvýšil razantně celkové rozměry formy. Forma působí „předimenzovaným“ dojmem z hlediska kritéria zadání dvojnásobné formy. Pro návrh čtyřnásobné formy ve spojení s hydraulickými tahači by stačilo jen mírně zvětšit rozměry rámu a míra efektivnosti využití by značně narostla. Na druhou stranu lze u reálného výrobku pozorovat nepřesné slícování, otřepy a stopy po vyhazovačích, což je v rozporu se snahou zvětšit násobnost formy u takto složité zaformovaného výrobku.

Při konstrukci bylo využito normalizovaných dílů generovaných programem HASCO DAKO modul, což usnadnilo v určité míře práci. Výkresová dokumentace byla transformována ze 3D modelu sestavy formy do 2D podoby a součástí přílohy.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastu I. díl – Vstřikování termoplastů*. 2. vyd.- Brno: UNIPLAST, 1999. 134 s.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastu II. díl – Vstřikování termoplastů*. 1. vyd.- Brno: UNIPLAST, 1999. 214 s.
- [3] LENFELD, P. *Technologie II.-Vstřikování plastů*, Technická univerzita Liberec, Katedra strojírenské technologie. Dostupná z:  
<[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/04.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm)>
- [4] BEAUMONT J. P., NAGEL R., SHERMAN R.: *Successful injection molding*. Munich: Hanser Publishers, 2002. ISBN 3-446-19433-9
- [5] SOVA, Miloš, KREBS, Josef. *Termoplasty v praxi* ; Praktická příručka pro konstruktéry, výrobce, zpracovatele a uživatele termoplastů. 5. aktualiz. vyd. Praha : Verlag Dashöfer, 1999-2000. růz s., CD-ROM. ISBN 80-86229-15-7.
- [6] GASTROW, Hans . *Injection molds : 130 proven designs*. Edmund Linder and Peter Unger . 3rd edition. Munich : Hanser, 2002. 313 s. ISBN 3446214488
- [7] STANĚK, M. *přednášky T5KF*
- [8] NEUHÄUSL, E. *Vstřikování plastických hmot*. Praha: SNTL, 1973. 206 s.
- [9] MENGES, Georg a Paul MOHREN. *How to make injection molds*. Munich: Hanser Publishers, c1986, 385 s. ISBN 3-446-13666-5.
- [10] ŽÁK, Ladislav. *Podklady do cvičení HTN - Tvářecí nástroje: Vstřikovací formy*. 39 s. Dostupné z: <<http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni.htm>>
- [11] HASCO [online]. [cit. 2013-01-15]. Hasco.com. Dostupné z WWW:  
<<http://www.hasco.com/>>
- [12] Arburg [online]. [cit. 2013-01-10]. Arburg.com. Dostupné z WWW:  
<[http://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Prospekte/ARBURG\\_THERMOLIFT\\_522800\\_en\\_GB.pdf](http://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Prospekte/ARBURG_THERMOLIFT_522800_en_GB.pdf)>
- [13] Orycon eu [online]. [cit. 2013-01-20] Dostupné z WWW:  
<<http://www.oryconeurope.com/rozvadece-orycon.html>>
- [14] PARALLEL DESIGN [online]. [cit. 2013-01-21] Dostupné z WWW:  
<[http://www.paralldesign.com/moldability\\_101/flaws\\_and\\_defects.htm](http://www.paralldesign.com/moldability_101/flaws_and_defects.htm)>

- [15] Direct industry catalog search [online]. [cit. 2013-01-24] Dostupné z WWW: <[http://pdf.directindustry.com/pdf/hasco/heisskanal-technik-katalog/15600-56599-\\_232.html](http://pdf.directindustry.com/pdf/hasco/heisskanal-technik-katalog/15600-56599-_232.html)>
- [16] MM PRŮMYSLOVÉ SPEKTRUM [online]. [cit. 2013-01-26] Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com>>
- [17] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů*. Praha: BEN – Technická literatura, 2009. 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3
- [18] GABRIEL, J. *Školící materiály “Kurz vstřikování plastů” firmy Kompozity Brno*. Brno.
- [19] Katalog normálií fy HASCO
- [20] Arburg [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.arburg.de>>
- [21] *Styrolution* [online]. Dostupné z WWW: <[http://www.styrolution.com/Product/Terluran\\_Terluran-HI-10\\_SKU300600120831.html;pgid=7All6XWkyKRSRpEUQGM8Us400000sSU6kXJK;sid=um2\\_GIenXmu4GNY-CPUiNjCtVgYBf2vMBApTcznA](http://www.styrolution.com/Product/Terluran_Terluran-HI-10_SKU300600120831.html;pgid=7All6XWkyKRSRpEUQGM8Us400000sSU6kXJK;sid=um2_GIenXmu4GNY-CPUiNjCtVgYBf2vMBApTcznA)>



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

C	uhlík
H	vodík
O	kyslík
N	dusík
Cl	chlor
S	síra
Si	křemík
pVT	diagram závislosti tlaku, objemu a teploty
E	modul pružnosti v tahu
T <sub>m</sub>	teplota roztavení polymerního materiálu
T <sub>f</sub>	teplota viskozního toku polymerního materiálu
PA	polyamid
PVC	polyvinylchlorid
PS	polystyren
PP	polypropylen
PE	polyetylen
ABS	akrinitrilbutadienstyren
HDPE	vysokohustotní polyetylen
LDPE	nízkohustotní polyetylen
PMMA	polymethylmetakrylát
POM	polyoxymetylen
SAN	styrenacrilonitril
T	teplota [°C]
HRC	tvrdost podle Rockwella

---

R	polomer zaoblení
R <sub>a</sub>	drsnost povrchu [μm]
2D	dvourozměrný prostor
3D	třírozměrný prostor
F <sub>v</sub>	vyhazovací síla
IT 10	třída přesnosti 10
SVS	studený vtokový systém
VVS	vyhříváný vtokový systém
BGL	Best Gate Location – Analýza nejlepšího místa vtoku
Cu	měď
Al	hliník
MVR	Mass Flow Rate – index toku taveniny
M	množství polymeru potřebného pro jeden zdvih šneku vstřikovacího stroje
G	hmotnost výstřiku [g]
n	násobnost formy
A	hmotnost vtokového systému
M <sub>s</sub>	maximální hmotnost polymerní taveniny dodané strojem
Q	plastikační výkon vstřikovacího stroje [kg/hod]
$\frac{a_x}{a_p}$	korekce množství vstřikovaného polymeru vůči polystyrenu

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Oblasti využití u amorfních a semikrystalických plastů [1] .....</i>	13
<i>Obr. 2. Struktura amorfní vs. semikrystalická [3] .....</i>	13
<i>Obr. 3. Vstřikovací stroj se sušícím zařízením Thermolift firmy ARBURG [12].....</i>	15
<i>Obr. 4. Vstřikovací cyklus [7].....</i>	18
<i>Obr. 5. Schéma vstřikovacího stroje [2].....</i>	19
<i>Obr. 6. Dosednutí trysky (2) vstřikovací jednotky na vtokovou vložku (1) [1].....</i>	20
<i>Obr. 7. Uzavírací jednotka ALLOUNDER A od firmy ARBURG [6].....</i>	21
<i>Obr. 8. Vliv faktorů na velikost smršťení [1] .....</i>	26
<i>Obr. 9. Průběh smršťování výstřiku [1].....</i>	26
<i>Obr. 10. Uspořádání vtokové soustavy u vícenásobných forem [2].....</i>	27
<i>Obr. 11. Možné provedení průřezů rozvodných kanálů [5] .....</i>	28
<i>Obr. 12. Základní druhy vtokových ústí [6].....</i>	30
<i>Obr. 13. Vyhřívaná tryska s vnějším topením [9,11].....</i>	32
<i>Obr. 14. Rozvodný blok tvaru H, provedení fy. HASCO (vlevo) a ORYCON (vpravo) [11,13].....</i>	33
<i>Obr. 15. Zaformovaný boční detail výstřiku pomocí šikmých čepů.....</i>	34
<i>Obr. 16. Válcový kolík [2] .....</i>	38
<i>Obr. 17. Prismatický vyhazovač [9] .....</i>	38
<i>Obr. 18. Trubkový vyhazovač [9] .....</i>	38
<i>Obr. 19. Schéma možného provedení šikmého vyhazování [4] .....</i>	39
<i>Obr. 20. Vliv rozmístění temperačních kanálů [2] .....</i>	42
<i>Obr. 21. Temperace v blízkosti hran výstřiku [2].....</i>	43
<i>Obr. 22. Způsoby temperace tvárnků vložkami fy HASCO [19] .....</i>	43
<i>Obr. 23. Tepelná bilance formy [2] .....</i>	44
<i>Obr. 24. Vada výstřiku způsobená dieselefektem [14] .....</i>	46
<i>Obr. 25. Render vymodelovaného výrobku.....</i>	49
<i>Obr. 26. Vstřikovací stroj série S [20].....</i>	52
<i>Obr. 27. Pohled do levé a pravé dělicí roviny formy.....</i>	53
<i>Obr. 28. Vizualizace soustavy středících, vodících a spojovacích prvků formy.....</i>	54
<i>Obr. 29. Rozložení dělicích rovin na výrobku a originální výrobek.....</i>	55
<i>Obr. 30. Násobnost vstřikovací formy .....</i>	56
<i>Obr. 31. Tvárnice .....</i>	57

---

<i>Obr. 32. Tvárník.....</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 33. Posuvná jádra.....</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 34. Vizualizace posuvové čelisti v uzamknutém stavu.....</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 35. Výstup BGL analýzy .....</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 36. Vizualizace vtokového systému.....</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 37. Náhled pravé strany formy .....</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 38. Náhled levé strany formy.....</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 39. Náhled na vyhazovací systém .....</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 40. Vizualizace temperačních okruhů tvárnice .....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 41. Vstup a výstup temperačního okruhu na levé straně formy opěrnou deskou .....</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 42. Vizualizace toku temperačního média tvárníkem.....</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 43. Nosič formy s distančními šestihrany.....</i>	<i>69</i>

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Zpracovatelské teploty u základních druhů termoplastů [2].....</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 2. Vybrané parametry materiálu Terluran HI-10 při 23 °C [21].....</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 3. Vybrané technické parametry vstřikovacího stroje [20] .....</i>	<i>52</i>

**SEZNAM PŘÍLOH**

- P I Materiálový list vstřikovaného ABS
- P II Technická data vstřikovacího stroje
- P III Technická data horké trysky
- P IV Technická data dvoustupňového vyhazovače
- P V Řezy vstřikovací formy
- P VI Pohled do levé dělicí roviny
- P VII Pohled do pravé dělicí roviny
- P VIII Kusovník
- P IX CD obsahující - Bakalářskou práci v (pdf/doc)

Model formy, výrobku a výkresovou dokumentaci

# PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST VSTŘIKOVANÉHO ABS

## Terluran HI-10

Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)



Driving Success. Together.

### Technical Datasheet

#### DESCRIPTION

Terluran HI-10 is a medium flow, injection molding grade with very high resistance to impact with excellent heat distortion and suitable for injection molding and extrusion.

#### FEATURES

- High toughness
- Very high impact
- Medium flow
- Great mechanical strength and rigidity
- High impact at sub-zero temperatures

#### APPLICATIONS

- Injection molding
- Compounding
- Appliance housings
- Lawn & garden components requiring superior toughness

Property, Test Condition	Standard	Unit	Values
<b>Rheological Properties</b>			
Melt Volume Rate 220 °C/10 kg	ISO 1133	cm <sup>3</sup> /10 min	5.6
<b>Mechanical Properties</b>			
Izod Notched Impact Strength, 4mm bar, 0.25mm Notch Radius, 23 °C	ISO 180/A	kJ/m <sup>2</sup>	36
Izod Notched Impact Strength, 4mm bar, 0.25mm Notch Radius, -30 °C	ISO 180/A	kJ/m <sup>2</sup>	14
Charpy Notched Impact Strength, 23° C	ISO 179	kJ/m <sup>2</sup>	35
Charpy Notched Impact Strength, -30° C.	ISO 179	kJ/m <sup>2</sup>	13
Charpy Unnotched, 23° C	ISO 179	kJ/m <sup>2</sup>	N
Charpy Unnotched, -30° C	ISO 179	kJ/m <sup>2</sup>	140
Tensile stress at yield, 23° C	ISO 527	MPa	38
Tensile strain at yield, 23° C	ISO 527	%	2.8
Tensile Modulus	ISO 527	MPa	1900
Elongation at Break (MD)		%	9
Flexural Strength	ISO 178	MPa	56
Ball Indentation Hardness	ISO 2039-1	MPa	74
<b>Thermal Properties</b>			
Vicat Softening Temperature VST/B/50 (50°C/h, 50N)	ISO 306	°C	90
Vicat Softening Temperature, VST/A/50 (50°C/h, 10N)	ISO 306	°C	103

# Terluran HI-10

Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)



Driving Success. Together.

Property, Test Condition	Standard	Unit	Values
Vicat Softening Temperature, B/2 (120°C/h, 50N)	ISO 308	°C	-
Heat Deflection Temperature A; (annealed, 1.8 MPa)	ISO 75	°C	78
Heat Deflection Temperature B; (annealed, 0.45 MPa)	ISO 75	°C	89
Linear Mold Shrinkage	ISO 294-4	%	0.4 - 0.7
Coefficient of Linear Thermal Expansion	ISO 11359	10 <sup>-6</sup> /°C	80 - 110
Thermal conductivity	DIN 52612-1	W/(m K)	0.17
<b>Electrical Properties</b>			
Dissipation Factor (100 Hz)	IEC 60250	-	54
Dissipation Factor (1 MHz)	IEC 60250	-	82
Dielectric Strength, Short Time, 1.5 mm	IEC 60243-1	kV/mm	40
Relative permittivity (100 Hz)	IEC 60250	-	2.9
Relative permittivity (1 MHz)	IEC 60250	-	2.8
Volume Resistivity	IEC 60083	Ohm*m	1E13
<b>Other Properties</b>			
Density	ISO 1183	kg/m <sup>3</sup>	1030
Water absorption, saturated at 23°C	ISO 62	%	1.03
Moisture absorption, equilibrium 23°C/50% RH	ISO 62	%	0.21
Yellowness Index	DIN 6167		15
<b>Processing</b>			
Processing (Melt) Temperature	ISO 294	°C	230 - 260
Mold Temperature	ISO 294	°C	30 - 60
Injection velocity	ISO 294	mm/s	200
Drying Temperature		°C	80
Drying Time		hr	2 - 4

Typical values for uncolored products



## PŘÍLOHA P II : TECHNICKÁ DATA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

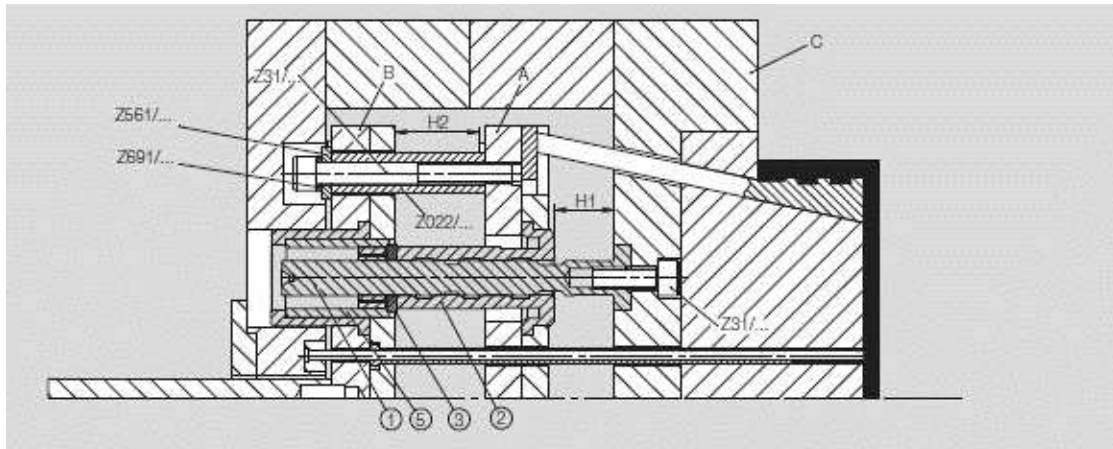
Maschinentyp		520 S	520 S	520 S
EUROMAP-Größenangabe <sup>1)</sup>		1300-290   1500-290   1600-290	1300-400   1500-400   1600-400	1500-800   1600-800
<b>Schließeinheit</b>				
Schließkraft	max. kN	1300   1500   1600	1300   1500   1600	1500   1600
Zufuhrkraft	max. kN	60	60	60
Öffnungskraft / erhöht	max. kN	40 / 365	40 / 365	40 / 365
Öffnungsweg	max. mm	575	575	575
Werkzeugeinbauhöhe	min. mm	250	250	250
Abstand zwischen den Aufspannplatten	max. mm	825	825	825
Lichter Säulenabstand	mm	520 x 520	520 x 520	520 x 520
Werkzeugaufspannplatten (b x h)	mm	688 x 688	688 x 688	688 x 688
Gewicht bew. Wkz.-Hälfte	max. kg	1050	1050	1050
Auswerferkraft	max. kN	50	50	50
Auswerferweg	max. mm	175	175	175
<b>Hydraulik, Antrieb, Sonstiges</b>				
Antriebsleistung der Hydraulikpumpe	kW	22   22   30	22   22   30	30   30
Trockenlaufzeit bei Öffnungshub <sup>3)</sup>	s-mm	2,5 (1,7)-364   2,5 (1,7)-364   1,9 (1,7)-364	2,5 (1,7)-364   2,5 (1,7)-364   1,9 (1,7)-364	2,4 (1,7)-364   1,9 (1,7)-364
Installierte Gesamtleistung <sup>5)</sup>	kW	30,9   30,9   38,9	33,9   33,9   41,9	52,4   52,4
Farbe: Kunststoffbeschichtung Struktur lichtgrau / mintgrün / rapsgelb				
<b>Schaltschrank</b>				
Sicherheitsvorschrift		DIN EN 60204	DIN EN 60204	DIN EN 60204
Steckdosenkombination (1 Schuko, 1 Cekon)		1 x 16 A	1 x 16 A	1 x 16 A
<b>Spritzeinheit</b>				
Schneckendurchmesser	mm	30 / 35 / 40	35 / 40 / 45	45 / 50 / 55
Wirksame Schneckenlänge	L/D	23,3 / 20 / 17,5	23 / 20 / 18	22 / 20 / 18
Schneckenweg	max. mm	150	160	200
Rechnerisches Hubvolumen	max. cm <sup>3</sup>	106 / 144 / 188	154 / 201 / 254	318 / 392 / 474
Schussgewicht	max. g PS	97 / 132 / 172	141 / 184 / 232	291 / 359 / 434
Materialdurchsatz <sup>6)</sup>	max. kg/h PS	17 / 20,5 / 24,5	25 / 29 / 35	46 / 53 / 59
	max. kg/h PA 6.6	8,5 / 10,5 / 12,5	12,5 / 15 / 17,5	23 / 27 / 30
Spritzdruck <sup>8)</sup>	max. bar	2500 / 2000 / 1530	2500 / 2000 / 1580	2470 / 2000 / 1650
Einspritzstrom <sup>9)</sup>	max. cm <sup>3</sup> /s	130 / 178 / 232   130 / 178 / 232	128 / 168 / 212   128 / 168 / 212	174 / 214 / 260
		130 / 178 / 232	160 / 210 / 266	174 / 214 / 260
Einspritzstrom mit Speicher	max. cm <sup>3</sup> /s	316 / 430 / 562	492 / 642 / 814	530 / 656 / 792
Staudruck positiv / negativ	max. bar	350 / 200	350 / 160	350 / 190
Schneckenumfangsgeschwindigkeit	max. m/min	51 / 60 / 69   51 / 60 / 69	47 / 53 / 60   47 / 53 / 60	54 / 60 / 66
		51 / 60 / 69	53 / 60 / 68	54 / 60 / 66
Schneckenrehmoment	max. Nm	320 / 380 / 430	480 / 550 / 610	880 / 880 / 880
Düsenanlagekraft	max. kN	60	60	70
Düsenabhebeweg	max. mm	240	300	400
Installierte Zylinderheizleistung / Heizzonen	kW	5,8 / 4	8,8 / 4	19,3 / 7
Installierte Düsenheizleistung	kW	0,6	0,6	0,6
Inhalt Granulatbehälter	l	50	50	50
Horizontale Einspritzposition	max. mm	170	170	140
<b>Maße und Gewichte der Basismaschine</b>				
Ölfüllung	l	175	240	240
Nettogewicht	kg	5600	5900	6350
Elektrischer Anschluss (Vorsicherung) <sup>2)</sup>	A	80   80   100	80   80   100	125   125

Maximale theoretische Schussgewichte für die wichtigsten Spritzgießmassen (in Gramm)										
Spritzeinheit nach EUROMAP		290			400			800		
Schneckendurchmesser	mm	30	35	40	35	40	45	45	50	55
Polystyrol	PS	97	132	172	141	184	232	291	359	434
Styrol-Mischpolymerisate	SB	95	129	168	137	179	227	284	350	424
	SAN, ABS <sup>1)</sup>	93	126	165	135	176	223	278	344	416
Celluloseacetat	CA <sup>2)</sup>	109	148	194	158	207	262	327	404	488
Celluloseacetobutyrat	CAB <sup>3)</sup>	101	138	180	147	192	243	304	375	454
Polymethylmethacrylat	PMMA	100	136	178	145	190	240	300	371	449
Polyphenylenether, mod.	PPE	90	122	160	131	171	216	270	333	403
Polycarbonat	PC	102	139	181	148	193	244	305	377	456
Polysulfon	PSU	105	143	187	153	199	252	316	390	471
Polyamide	PA 6.6, PA 6 <sup>4)</sup>	96	131	171	140	183	231	289	357	431
	PA 6.10, PA 11 <sup>5)</sup>	90	122	160	131	171	216	270	333	403
Polyoxymethylen (Polyacetal)	POM	120	163	213	174	227	287	359	443	536
Polyethylenterephthalat	PET	115	157	205	167	219	277	346	427	517
Polyethylen	PE-LD	73	100	130	106	139	176	219	271	328
	PE-HD	76	103	134	110	143	181	227	280	339
Polypropylen	PP	77	105	137	112	146	185	232	286	346
Fluorpolymere	FEP, PFA, PCTFE <sup>6)</sup>	155	211	276	225	294	372	465	574	695
	ETFE	136	185	242	196	256	324	408	504	609
Polyvinylchlorid	PVC-U	117	159	208	170	222	281	351	434	525
	PVC-P <sup>7)</sup>	108	147	192	157	205	260	324	401	485

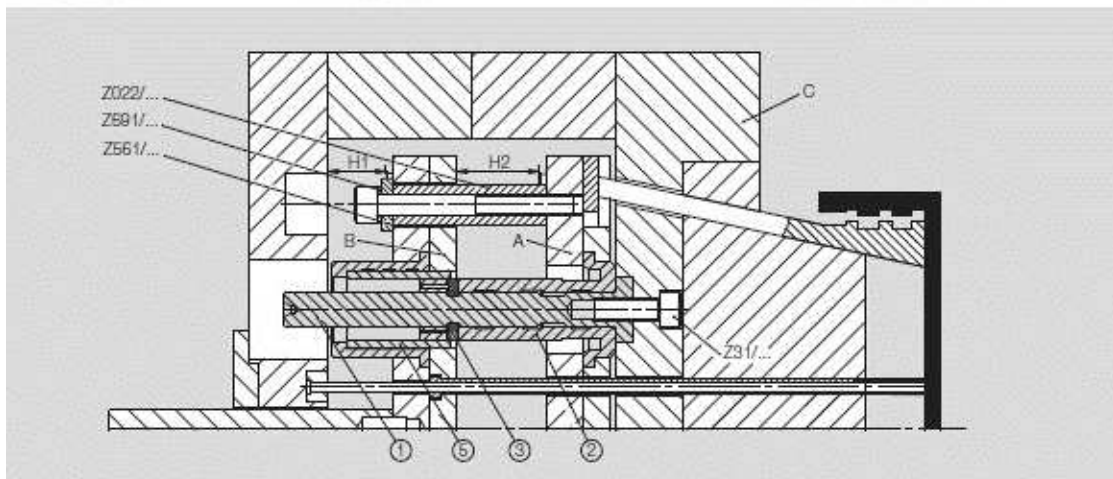
BAM\_213481\_000\_DE\_110



## PŘÍLOHA P IV : ZOBRAZENÍ FUNKCE DVOUSTUPŇOVÉHO VYHAZOVAČE



The mould is open and ejector assemblies "A" and "B" are in their home position.



Ejector assemblies travel stroke " $H_1$ ". Ejector assembly "A" is in its end position. The undercut on the injection-moulded part has been demoulded.

