

# Návrh vstrekovacej formy

Michal Čamaj

---

Bakalářská práce  
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

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: **Michal ČAMAJ**  
Osobní číslo: **T10235**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh vstříkovací formy**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární rešerši na dané téma**
- 2. Vytvořte 3D model zadaného výrobku**
- 3. Navrhněte vstříkovací formu včetně výkresové dokumentace**
- 4. Navržené řešení vyhodnoťte**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**REES, H. Mold engineering**

**BEAUMONT, J. P., NAGEL, R. L., SHERMAN, R. Successful injection molding: process, design, and simulation**

**BOBČÍK, L. Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů. Díl 1 a 2**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jan Navrátil**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

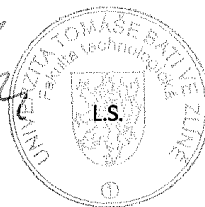
**8. února 2013**

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*

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

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

Prohlašuji, že

- elektronická a tištěná verze bakalářské práce jsou totožné;
- na bakalářské práci jsem pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně .....22.4.2013.....

.....  
Camař  
.....

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

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

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

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

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

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

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

*(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst.*

*3). 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 užit či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

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

## **ABSTRAKT**

Cieľom bakalárskej práce je návrh vstrekovacej formy pre plastový diel, ktorým je DVD obal. Teoretická časť obecné popisuje problematiku vstrekovania a konštrukciu foriem. Praktická časť sa zaoberá konštrukčným návrhom vstrekovacej formy a ekonomickou rozvahou navrhnutej formy. Návrh vstrekovacej formy bol realizovaný pomocou 3D modelovacieho programu CATIA V5R18.

Kľúčové slová: Vstrekovacia forma, Vstrekovanie, Polymér

## **ABSTRACT**

The aim of this bachelor thesis is an injection mold design for a plastic part, which is a DVD box. The theoretical part of this thesis generally describes problematic of injection molding and injection mold design. The practical part deals with a design of the injection mold for the DVD box and economical analysis of the designed injection mold. The injection mold design was realized by 3D modeling software CATIA V5R18.

Keywords: Injection mold, Injection molding, Polymer

Touto cestou by som sa chcel veľmi rád poďakovať vedúcemu mojej bakalárskej práce Ing. Janovi Navrátilovi za odborné vedenie, ochotne poskytnuté rady a čas, ktorý mi venoval pri jej vypracovaní.

Prehlasujem, že som na bakalárskej práci pracoval samostatne a použitú literatúru som citoval. V prípade publikácie výsledkov, ak je to uvoľnené na základe licenčnej zmluvy budem uvedený ako spoluautor.

Prehlasujem, že odovzdaná verzia bakalárskej práce a elektronická verzia nahraná do IS/STAG sú to totožné.

V Zlíne 22.4. 2013

.....

Podpis diplomata

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČASŤ</b> .....	<b>11</b>
<b>1 ROZDELENIE POLYMÉROV</b> .....	<b>12</b>
1.1 TERMOPLASTY .....	12
1.1.1 Amorfné termoplasty .....	12
1.1.2 Semikryštalické termoplasty .....	13
1.2 REAKTOPLASTY.....	14
1.3 ELASTOMÉRY .....	15
<b>2 VSTREKOVANIE PLASTOV</b> .....	<b>16</b>
2.1 VSTREKOVACÍ CYKLUS .....	16
2.2 PRÍPRAVA MATERIÁLU PRED VSTREKOVANÍM .....	18
2.2.1 Sušenie granulátu .....	18
2.2.2 Farbenie granulovaných plastov .....	18
2.2.3 Recyklácia plastov .....	18
<b>3 KONŠTRUKCIA VÝROBKU</b> .....	<b>19</b>
3.1 AKOSŤ VÝROBKU .....	19
3.1.1 Hlavné činitele ovplyvňujúce akosť .....	19
3.1.2 Akosť povrchu výrobkov .....	20
3.2 POŽIADAVKY NA KONŠTRUKCIU VÝROBKU .....	21
3.2.1 Konštrukčné zásady .....	21
<b>4 VSTREKOVACIA FORMA</b> .....	<b>24</b>
4.1 KONŠTRUKCIA VSTREKOVACEJ FORMY .....	24
4.1.1 Postup pri konštrukcii formy .....	24
4.1.2 Zaformovanie výrobku .....	25
4.2 RÁMY FORIEM A ICH JEDNOTLIVÉ DIELY .....	26
4.2.1 Vodiace a spojovacie súčasti .....	26
4.2.2 Rozperky .....	26
4.2.3 Vyhadzovacie dosky .....	27
4.2.4 Strediacie krúžky .....	27
4.3 VTOKOVÉ SYSTÉMY .....	27
4.3.1 Studený vtokový systém (SVS) .....	27
4.3.2 Vyhrievaná vtokové systémy (VVS) .....	30
4.4 VYHADZOVANIE VÝROBKOV .....	31
4.4.1 Mechanické vyhadzovanie .....	32
4.4.2 Pneumatické vyhadzovanie .....	33
4.4.3 Hydraulické vyhadzovanie .....	33
4.4.4 Vyhadzovanie vtokového zbytku .....	33
4.5 TEMPERÁCIA FORIEM .....	34
4.5.1 Temperačné prostriedky .....	35
<b>5 ZÁVER TEORETICKEJ ČASŤI</b> .....	<b>36</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČASŤ</b> .....	<b>37</b>
<b>6 CIELE BAKALÁRSKEJ PRÁCE</b> .....	<b>38</b>



<b>7</b>	<b>VSTREKOVANÝ VÝROBOK .....</b>	<b>39</b>
7.1	CHARAKTERISTIKA VÝROBKU .....	39
7.2	MATERIÁL VÝROBKU .....	39
<b>8</b>	<b>VSTREKOVACÍ STROJ .....</b>	<b>41</b>
8.1	KONTROLNÉ VÝPOČTY .....	42
<b>9</b>	<b>KONŠTRUKCIA VSTREKOVACEJ FORMY.....</b>	<b>43</b>
9.1	RÁM FORMY .....	43
9.2	NÁSOBNOSŤ FORMY .....	44
9.3	ZAFORMOVANIE VÝSTREKU .....	45
9.4	VTKOVÝ SYSTÉM .....	46
9.4.1	Horká tryska .....	46
9.4.2	Rozvodný blok .....	47
9.4.3	Vtokové ústie .....	47
9.5	VYHADZOVAČÍ SYSTÉM.....	48
9.6	TEMPERAČNÝ SYSTÉM.....	49
9.7	ODVZDUŠŇOVACÍ SYSTÉM.....	51
9.8	MANIPULAČNÝ SYSTÉM .....	51
<b>10</b>	<b>EKONOMICKÁ ROZVAHA .....</b>	<b>52</b>
10.1	CENA FORMY.....	52
10.1.1	Rám formy .....	52
10.1.2	Vodiace prvky .....	53
10.1.3	Vyhadzovací systém.....	53
10.1.4	Vtokový systém.....	53
10.1.5	Ostatné diely (temperačný systém, spojovací materiál, transportné zariadenia) .....	54
10.2	CENA VÝROBNÝCH FAKTOROV .....	55
10.2.1	Cena materiálu .....	55
10.2.2	Cena elektrickej energie .....	55
10.3	CENA VÝROBNÉHO CYKLU .....	55
<b>11</b>	<b>DISKUZIA VÝSLEDKOV .....</b>	<b>57</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>62</b>
	<b>ZOZNAM OBRÁZKOV .....</b>	<b>64</b>
	<b>ZOZNAM TABULIEK .....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>66</b>

## ÚVOD

Polymérne materiály sa stali neoddeliteľnou súčasťou dnešnej doby. Vynikajú pevnosťou malou hmotnosťou, chemickou odolnosťou, a sú dobrými izolantmi tepla a elektrického prúdu. Vzhľadom na ich cenu, vlastnosti, technológie výroby a spracovania sa používajú v čoraz väčšom množstve odvetví a postupne nahrádzajú tradičné materiály (kovy, sklo, drevo a iné).

Polyméry sa spracovávajú rôznymi technológiami medzi ktoré patrí napr. vstrekovanie, vytlačovanie, vyfukovanie a lisovanie. Najrozšírenejšou technológiou spracovania polymérov je vstrekovanie. Je to veľmi presná a produktívna výroba, ktorou môžeme vyrábať výrobky zložitých tvarov bez dodatočných úprav. Z dôvodu vysokých počiatočných nákladov sa vstrekovanie používa pri veľkosériovej výrobe.

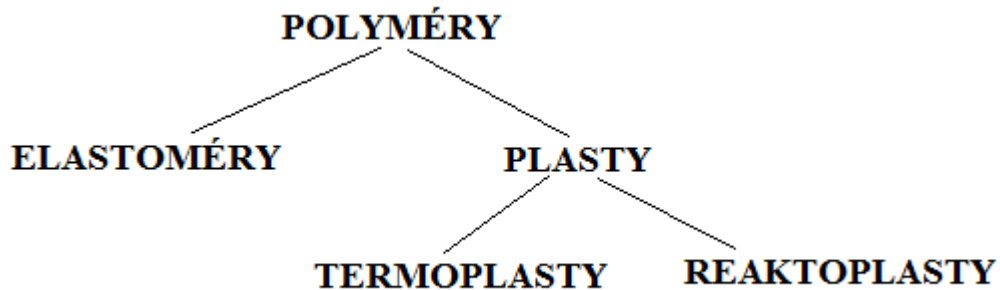
Nástroj zaisťujúci výsledný tvar výrobku sa nazýva vstrekovacia forma. Vstrekovacia forma je veľmi drahá a zložitá súčasť, ktorá zaisťuje výsledný tvar výrobku. Z dôvodu dosahovania požadovanej kvality výrobkov počas dlhodobej životnosti nástroja je na návrh vstrekovacej formy kladený veľký dôraz.

Vďaka rozvoju v oblasti výpočtovej techniky je návrh vstrekovacích foriem realizovaný s podporou rôznych CAD, CAM a CAE systémov, ktoré výrazne urýchľujú konštrukciu formy. Použitím týchto špecializovaných systémov môžeme predísť prípadným vadám na výrobkoch a dodatočným úpravám vstrekovacej formy.

## **I. TEORETICKÁ ČASŤ**

## 1 ROZDELENIE POLYMÉROV

Polyméry sú makromolekulárna látky tvorené makromolekulárnymi reťazcami. Tieto reťazce sú tvorené pravidelne sa opakujúcou základnou jednotkou monomérom. [1,8]



Obrázok 1: Rozdelenie polymérov [1]

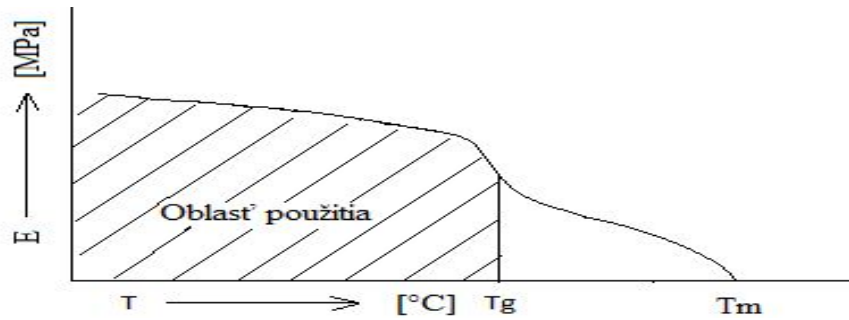
### 1.1 Termoplasty

Termoplasty sú materiály, ktoré majú priame reťazce(lineárne polyméry) alebo reťazce z bočnými vetvami(rozvetvené polyméry). Po ohreve sa hmota stáva viskóznou a môžeme ich tvárniť. Po ochladiení sa dostanú do pevného stavu. Termoplasty sú opätovne tavitel'né. Termoplasty tvoria okolo 94% objemu materiálov používaných v plastikárskom priemysle a najčastejšie sú spracovávané vstrekovaním. Z hľadiska vnútornej štruktúry sa termoplasty delia na amorfné a semikryštalické. [1,3]

#### 1.1.1 Amorfné termoplasty

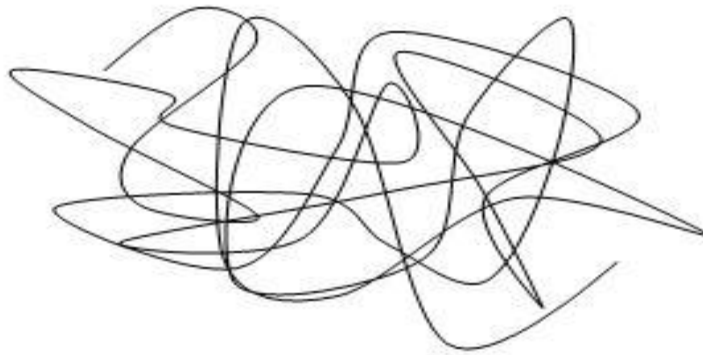
Využitelnosť amorfných termoplastov je pod teplotou skleného prechodu ( $T_g$ ). Polymér je v tomto stave pevný. Zvyšovaním teploty nad  $T_g$  polymér prechádza do plastickej oblasti v ktorej sa spracováva. So zvyšovaním teploty súčasne narastá aj objem polyméru. [1]

Amorfné termoplasty majú priestorovo nepravidelne usporiadané polymérne reťazce a v prirodzenej forme sú obvykle transparentné. Sú tvrdé krehké a majú vysokú pevnosť. Oproti semikryštalickým termoplastom majú menšiu chemickú odolnosť a hustota materiálu nie je ovplyvňovaná rýchlosťou chladenia. [3]



Obrázok 2: Oblasť využitia amorfných polymérov [1]

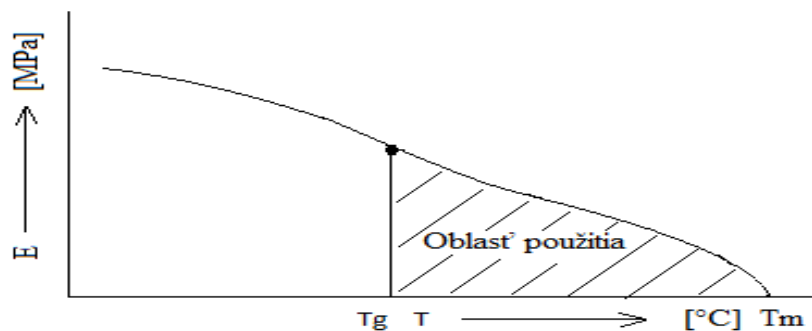
Do skupiny amorfných termoplastov patria napríklad Polystyrén (PS), Kopolymérstyrén–akrylonitril (SAN), Polykarbonát (PC), Polyvinylchlorid (PVC) alebo Polymethylmetakrylát (PMMA). [8]



Obrázok 3: Amorfná štruktúra [3]

### 1.1.2 Semikryštalické termoplasty

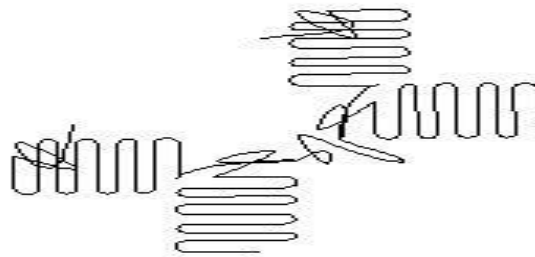
Používajú sa v oblasti nad teplotou  $T_g$  pretože majú výhodnú kombináciu pevnosti a húževnatosti nad touto teplotou. [1]



Obrázok 4: Oblasť využitia semikryštalických plastov [1]

Semikryštalické termoplasty sa skladajú z dvoch častí. Podstatná časť reťazcov má pravidelné a tesné usporiadanie a tvorí kryštalické útvary, zvyšok má amorfné usporiadanie. Obvykle sú nepriehľadné, hustota je ovplyvňovaná rýchlosťou ochladzovania (rýchle ochladzovanie zbrzdzuje nárast kryštálov a tým znižuje hustotu). [1,3]

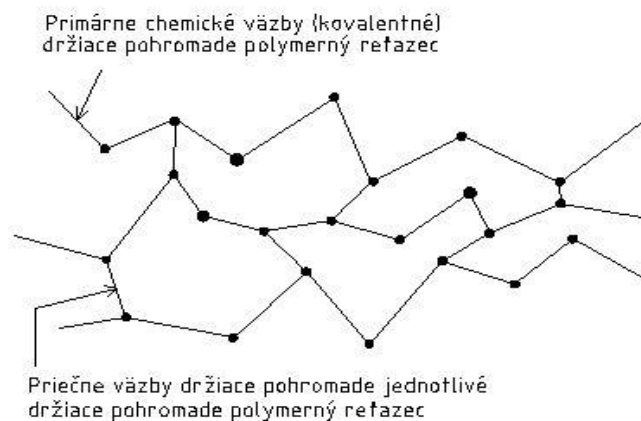
Do skupiny semikryštalických termoplastov patria napríklad Polyetylén (PE), Polypropylén (PP), Polyoxymetylén (POM), alebo Polyamid 6 (PA6). [8]



Obrázok 5: Semikryštalická štruktúra [3]

## 1.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty alebo termosety sú plasty, ktoré počas ohrevu prechádzajú chemickou reakciou a vytvárajú priestorovú sieť (vytvrdzujú). Počas vytvrdzovania prechádzajú chemickou reakciou a sú tvorené veľmi silnými kovalentnými väzbami. Po vytvrdnutí ich nie je možné opakovane roztaviť a tvárniť ako termoplasty. Majú veľmi vysokú pevnosť v tlaku a ďalšie výhodné vlastnosti, najmä z hľadiska využitia v úlohe konštrukčných materiálov. Reaktoplasty sú ťažko recyklovateľné. Medzi reaktoplasty patria napríklad syntetické polyesterové, formaldehydové a malamínové živice. [7,8]

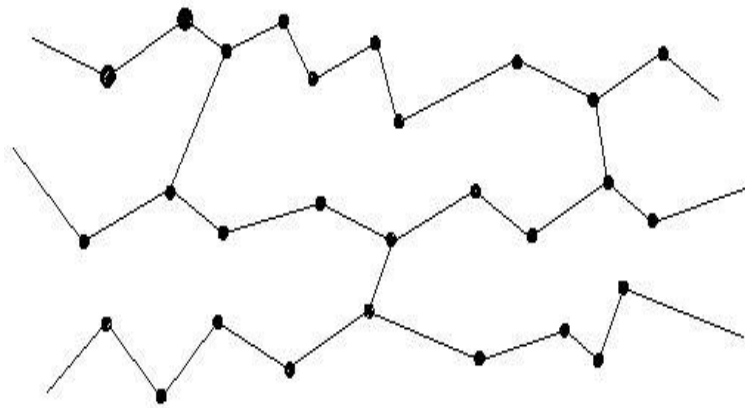


Obrázok 6: Štruktúra reaktoplastov [3]

### 1.3 Elastoméry

Elastoméry alebo kaučuky sú materiály vyznačujúce sa veľkou pružnosťou. Majú riedku štruktúrnú sieť tvorenú lineárnymi makromolekulami prepojenými mostíkmi. Sú schopné výrazne sa deformovať a vrátiť do pôvodného stavu bez porušenia. Elastoméry sú tvorené voľne zosieťovanými makromolekulami. U elastomérov nastáva zosieťovanie pri vulkanizácii. Vulkanizácia prebieha za pomoci vulkanizačných činidiel a po jej ukončení je elastomér prevedený na pryž. Po ukončení tohto procesu ďalšie tvárnenie už nie je možné. [1,8]

Kaučuky podľa pôvodu rozdeľujeme na prírodné a syntetické. Prírodný kaučuk sa vyrába z kaučukového mlieka (latexu), ktoré sa vyskytuje v mliečnych bunkách niektorých tropických stromov (napr. *Hevea Brasiliensis*). Podstatou je polyizoprén, sprevádzaný malým množstvom nekaučukovitých látok. Syntetické kaučuky sa vyrábajú vo väčšom počte druhov, z ktorých každý vyniká špecifickými vlastnosťami. Podobne ako prírodné kaučuky je možné syntetické kaučuky vulkanizovať. [9]



Obrázok 7: Štruktúrna sieť elastomérov [8]

## 2 VSTREKOVANIE PLASTOV

Technológia vstrekovania plastov je najrozšírenejšia technológia výroby plastov. Je to diskontinuálny cyklický proces, ktorým sa vyrábajú tenkostenné výrobky veľkých sérií. Výrobky vyrábané technológiou vstrekovania majú veľmi dobrú rozmerovú a tvarovú presnosť. Vlastná výroba vstrekováním potom prebieha nadávkovaním a plastikáciou polyméru vo vstrekovacom stroji, jeho dopravou za teploty a tlaku do dutiny formy. Po ochladení sa z formy vyhodí hotový výrobok. [1,5,11]

### Výhody [5,11]:

- rýchly proces premeny surového materiálu na hotový výrobok
- schopnosť vyrábať zložité súčiastky
- veľmi malé alebo žiadne dokončovacie úpravy
- proces výroby je plne automatizovaný
- vysoká produktivita
- nízka cena výrobku pri veľkom objeme výroby

### Nevýhody [11]:

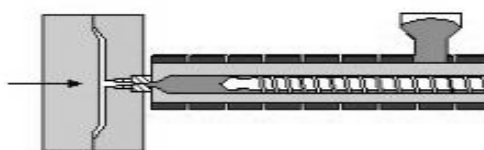
- vysoké zriaďovacie náklady
- dlhé doby potrebné pre výrobu foriem
- vstrekovací stroj je neúmerne veľký oproti vstrekovanejmu výrobku

### 2.1 Vstrekovací cyklus

Vstrekovací cyklus sa realizuje na vstrekovacom stroji. Pripravený granulovaný plast sa vo vstrekovacom stroji roztaví, zhomogenizuje a vstrekne do dutiny formy. Forma sa pred vstupom taveniny musí náležite pripraviť. Príprava formy spočíva v temperovaní, vloženia zálistkov, závitových jadier a pod. [1]

### Vstrekovací cyklus [1,4,11]:

- Uzatvorenie formy – prebieha rýchlo, ale pred stykom dosiek je pohyb spomalený aby nedošlo k poškodeniu dosiek



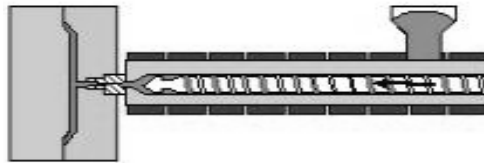
Obrázok 8:Uzatvorenie formy [11]



- Vstříknutí plastu do dutiny formy
- Chlazení + dotlak

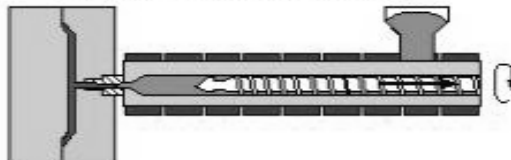
Chlazení začíná momentem vstříknutí taveniny do dutiny formy a trvá až do otevření formy a vyhodnění výrobku.

Dotlak je obvykle snížený tlak, kterým působíme po naplnění formy, jeho doba je omezená zatuhnutím vtokových ústí. Aby sme mohli dotlačovat musí před šnekem zůstat určitý objem plastu (tzv. polštář), na který bude šnek působit svým čelem.



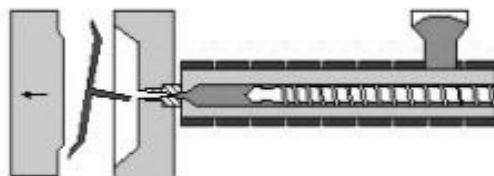
Obrázok 9: Vstříknutí taveniny, chlazení + dotlak [11]

- Plastikácia novej dávky – začíná po dotlaku, šnek sa otáča a posúva sa súčasne dozadu, z násypky naberá granulovanú hmotu, plastikuje ju a tlačí ju pred seba.



Obrázok 10: Plastikácia novej dávky [11]

- Otvorenie formy
- Vyhodnenie výrobku



Obrázok 11: Otvorenie formy a vyhodnenie výrobku [11]

## 2.2 Příprava materiálu před vstrekováním

Před vstrekováním je potřebné materiál upravit v súlade s technologickým postupomurčeným na konkrétny výrobok. Obvykle to býva sušenie granulátu, miesenie s prídavkom rozdrveného odpadu, farbenie granulátu, miešanie s nadúvadlom a pod. Všetky uvedené úkony upravujú granulát do stavu, aby jeho spracovanie bolo bez problémov a výsledná aplikácia vyhovela požiadavkám na výrobok. [1]

### 2.2.1 Sušenie granulátu

Väčšina materiálov absorbuje vlhkosť zo vzduchu. To i pri bežných spracovateľských teplotách môže vyvolať degradáciu polyméru a tím aj zníženie kvality niektorých parametrov a tiež zhoršenie kvality povrchu. Výlisky sú potom bez povrchového lesku, v mieste vtoku majú povrchové vady a zhoršujú vyhadzovanie z formy. [1,8]

Granulové plasty sa dodávajú vysušené vo vzduchotesných obaloch alebo nevysušené v plastových vreciach. Vysušené sa obvykle spracávajú ihneď a nie je ich potrebné sušiť. K sušeniu sa najčastejšie používajú teplovzdušné sušičky, ktoré sa delia podľa úpravy vstupného vzduchu na [1,8]:

- Sušičky zo vsávaním atmosferického nesusušeného vzduchu
- Sušičky so sušením vstupného vzduchu a uzavretým okruhom

### 2.2.2 Farbenie granulovaných plastov

Niektoré vyrábané diely vyžadujú okrem vhodnej akosti aj farebný odtieň. Farba silno ovplyvňuje dojem o výrobku, ktorý vytvoríme. Rozsah možných farebných odtieňov je obmedzený farbou základného alebo farebného granulátu. Farbivá sa dodávajú v papierových alebo plastových vreciach prípadne v plechových sudoch. Skladujú sa v suchých skladoch. [1]

### 2.2.3 Recyklácia plastov

Chybné výlisky, vtoky a odpady vzniknuté pri vstrekovaní sa môžu niekoľkokrát použiť. Toho sa využíva často využíva, pretože podiel odpadu, hlavne pri malých výliskoch je značný. Neznečistený plastový odpad sa rozdrví a takto upravený sa pred vstrekovaním zmiešava s čistým granulátom. Vo výrobkoch, ktoré nekladú požiadavky na vlastnosti sa môže použiť 15-30 % odpadu v granuláte. Pri transparentných a silne namáhaných výrobkoch sa granulát zmiešaný s odpadom používať nesmie. [1]

### 3 KONŠTRUKCIA VÝROBKU

Konštrukčný návrh súčiastky z plastu sa riadi úplne inými zásadami ako pri súčiastkach kovových. Pre realizáciu plastových výrobkov sú dané určité medze konštrukčných tvarov a ich vlastností, ktoré by sa nemali prekročiť inak vzniknú pri výrobe problémy. Všeobecne platí, že čím jednoduchší je výrobok, tým výhodnejšie sú jeho pevnostné podmienky, jednoduchšie dodržanie rozmerov, lacnejšia výroba formy a jednoduchšia výroba výrobku. [1]

Pri navrhovaní súčiastok z plastov musí konštruktér vhodnou voľbou tvaru a materiálu súčiastky splniť požiadavky, ktoré sú na súčiastku kladené. Tieto požiadavky majú hľadiskofunkčné (tuhosť, pevnosť, rozmerovú presnosť) a hľadisko technologické (jednoduchá vyrobiteľnosť a spracovateľnosť). [6,13]

#### 3.1 Akosť výrobku

Výrobky z plastu nie je možné vyrobiť v takej akosti (kvalite) ako kovové výrobky, pretože na ne pôsobí mnoho rôznych činiteľov. Rozmery sú jedným z hlavných ukazovateľov akosti. Stanovia sa podľa určitej funkcie s ohľadom na špecifické vlastnosti plastu. Presnosť rozmerov sa určí s ohľadom na tolerované a netolerované rozmery. Bežná presnosť sa pohybuje v rozmedzí IT12 až IT15, zvýšená je v rozmedzí IT9 – IT10. Ďalším znakom je kvalita povrchu. Tá je obrazom povrchu dutiny formy. [1]

##### 3.1.1 Hlavné činitele ovplyvňujúce akosť

Stanoviť veľkosť jednotlivých činiteľov je veľmi zložitá. Ovplyvňujú ju najmä druh plastu, tvar výrobku, spracovateľské podmienky. [1]

##### Výrobné zmrštenie

Výrobné zmrštenie je rozdiel medzi rozmerom dutiny formy a skutočným rozmerom výrobku. Bežne sa udáva v percentách. Behom chladnutia môže materiál stratiť až 35% svojho objemu. Výrobné zmrštenie závisí na druhu plastu, konštrukcii súčiastky a na technológií vstrekovania. Ovplyvňuje predovšetkým presnosť výrobku. U väčšiny plastov 90% celkového zmrštenia prebehne behom niekoľkých hodín po vyhodení výrobku z formy a zvyšných 10% behom nasledujúcich 10 dní. [1,3,4]

### Dodatočné zmrštenie

Dodatočné zmrštenie býva mnohonásobne menšie ako výrobné zmrštenie, prebieha dlhšiu dobu (týždne až mesiace). Príčinou je pozvoľné uvoľňovanie vnútorných napätí, vzniknutých pri vstrekaní. [1]

### Tečenie (kríp)

Kríp je trvalá plastická deformácia, ktorá vznikne pri dlhodobejšom silovom zaťažení. U semikryštalických plastov je väčší ako u amorfných. Pri pokojovej teplote je kríp tiež označovaný ako studený tok. [1,4]

### Teplotná rozťažnosť

Teplotná rozťažnosť je rozmerová zmena súčastky spôsobená zmenou teploty. Je približne o jeden rád väčšia ako pri kovoch. Jedná sa však o zmenu vratnú. Plasty z vyšším modulom pružnosti majú nižšiu teplotnú rozťažnosť. [1,6]

### Navlhavosť a nasiakavosť

Je schopnosť plastov absorbovať vodu z okolitého prostredia a tak zmeniť aj svoj rozmer. Ak je plast uložený vo vlhkom prostredí hovoríme o navlhavosti a ak sa nachádza vo vode hovoríme o nasiakavosti. Sušením plastu sa rozmery opäť vrátia do pôvodného stavu. Navlhavosť závisí na teplote polyméru a na relatívnej vlhkosti vzduchu. [1,12]

### **3.1.2 Akosť povrchu výrobkov**

Presnosť rozmerov spolu s akosťou povrchu patria medzi najdôležitejšie ukazovatele kvality vstrekaného výrobku. Vhodnou úpravou (dezén, farebnosť) zlepšime estetický vzhľad, ale aj účelové využitie. Výsledkom úprav sú výrobky s vhodným farebným odtieňom alebo výrobky pri ktorých sa dosahuje rôznej hladkosti a lesku povrchu. Plochy môžu byť [1]:

### Matné

Výrobne sú najjednoduchšie a preto aj ekonomicky najvhodnejšie. Taktiež sú vhodné z dôvodu zakrytia niektorých vzhľadových nedostatkov po vstrekaní ako sú napr. studené spoje a stopy po vtoku. [1]

Lesklé

Výrobne najzložitejšie, a preto sú ekonomicky najmenej výhodné. Majú predpísaný vysoký stupeň lesku. Na lesklom povrchu sa zvýraznia nedostatky, ktoré vznikli pri výrobe formy alebo pri vstrekaní výrobku. U väčšiny plastov nie je možné dosiahnuť lesklého povrchu. [1]

Dezén

Dezénové plochy sú častou úpravou časti alebo celého povrchu výrobku. Dosiahneme ním zvýraznenia niektorej oblasti, jednoduchšej manipulácie alebo zníženie priehľadnosti. Tak ako matné plochy aj dezénové zakrývajú niektoré vzhľadové nedostatky. Druh dezénu sa volí zo vzorkovnice, ale jeho umiestnenie je obmedzené dutinou formy. [1]

Farebnosť

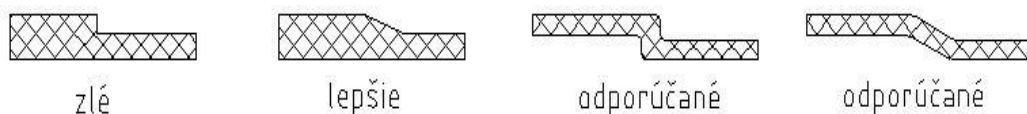
Farebnosť je limitovaná druhom plastu a jeho farebnou škálou odtieňov podľa vzorkovnice. Pokiaľ farebnosť nevyhovuje pristúpi sa k náteru (nástreku) povrchu. [1]

**3.2 Požiadavky na konštrukciu výrobku**

Celková konštrukcia výrobku musí predovšetkým zohľadňovať vhodnú polohu deliacej roviny. Z polohy deliacej roviny vyplýva spôsob zaformovania, odvzdušnenie, úkopy a pod. [1]

**3.2.1 Konštrukčné zásady**Hrúbka steny:

Hlavnou úlohou konštruktéra by malo byť dodržanie konštantnej hrúbky steny výrobku. Vstrekované výrobky majú bežne hrúbku steny do 5mm. Minimalizáciou hrúbky steny pri navrhovaní výrobku dosahujeme zlacnenie výroby z dôvodu použitia menšieho množstva materiálu, okrem toho sa nám skracaie čas chladenia, čo vedie k skráteniu vstrekovacieho cyklu. Náhle prechody by mali byť bez ostrých hrán a v prípadoch, kde sa nedá vyhnúť hrubším stenám je nutné vhodné odľahčenie. [3]



Obrázok 12: Obecné zásady hrúbky steny [3]

Zaoblenie hrán rohov a kútov:

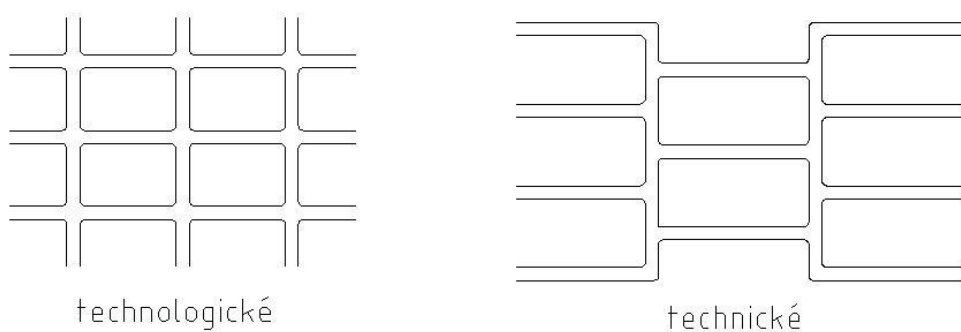
Zaoblenia zjednodušujú tok taveniny, zabraňujú koncentráciám napätí v týchto miestach a znižujú aj opotrebenie formy (prechody s ostrými hranami vyžadujú väčšie tlaky). Po použití zaoblení sa rázová húževnatosť zvýši až o 50%. [1,3]

Úkosity a podkosity:

Úkosity slúžia k jednoduchšiemu vyhodneniu výrobku z formy. Veľkosť úkosu ovplyvňuje predovšetkým zmrštenie materiálu, elasticita plastu, povrch stien a automatizácia výroby. Podkosity s výnimkou technologických, komplikujú konštrukciu a funkciu formy, a preto je snaha sa im vyhnúť. [1,3]

Rebrá:

Rebrá delíme podľa účinku, ktorý na výrobku, prípadne v dutine formy plnia. Delíme ich na technologické a technické. Technické rebra zabezpečujú pevnosť a tuhosť súčiastky výrobku. Technologické zase umožňujú optimálne plnenie dutiny formy alebo bránia zboršteniu stien, prípadne odstraňujú predpokladaný vznik povrchových väd. Hodnota základnej hrúbky rebra by mala byť od 50% do 75% najväčšej hrúbky steny. [1,3]



Obrázok 13: Rôzne usporiadania rebier [1]

Otvory a drážky:

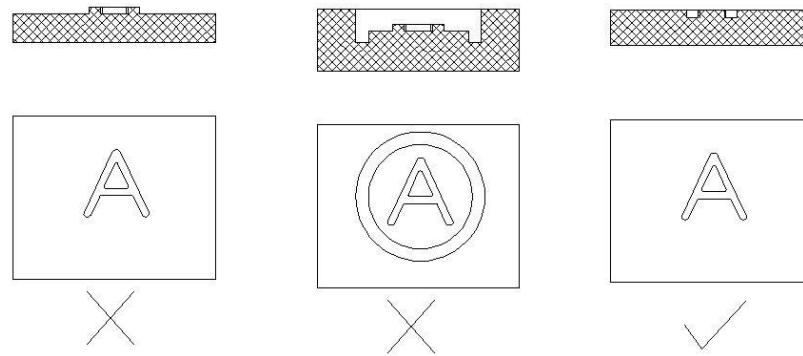
Otvory a drážky sa na výrobku volia s ohľadom na výrobu. Záleží hlavne na ich polohe vzhľadom k odformovaniu. Otvory a drážky, ktoré sú kolmo na smer deliacej roviny sa zhotovujú pomocou čelustí alebo výsuvných jadier. Výroba otvorov a drážok v smeru zaformovania je pomerne jednoduchá a vytvára sa pomocou pevných kolíkov (ich priemer by nemal klesnúť pod 1mm). [1]

Závity na plastových dieloch:

Vyznačujú sa menšou pevnosťou a pri jemných závitoch vznikajú problémy so zaformovaním. Závity by mali byť oblé alebo trapézové s väčším stúpaním. Tieto závity sú pevnejšie a sú pre výrobu vhodnejšie. Obzvlášť nízke náklady môžeme doceliť prerušovanými závitmi. [1]

Nápisy a značky:

Nápisy a značky sa na výstreku pri jeho výrobe vo forme zhotovujú najrôznejšími spôsobmi. Vystúpené nápisy a značky sú výrobne najjednoduchšie, ale účelovo najmenej vhodné. Zapustená značka alebo písmo je výrobne zložité. Najvhodnejším spôsobom je vystúpené písmo v zapustení tak, aby nepresahovalo nad povrch. [1]



Obrázok 14: Spôsoby zhotovenia nadpisov [1]

## 4 VSTREKOVACIA FORMA

Forma dáva tavenine po ochladnutí výsledný tvar a rozmery výrobku pri zachovaní požadovaných fyzikálnych a mechanických vlastností. Kvalita formy plní požiadavky technické (správna funkcia formy), ekonomické (nízka nákupná cena, vysoká produktivita) a spoločensko-estetické (dodržanie bezpečnostných zásad). [1]

Konštrukcia a výroba formy je náročná a špeciálna činnosť, ktorú si obvykle vstrekovňa nezaistuje sama. Každý výrobok sa vstrekuje vo vlastnej vstrekovacej forme. Existujú formy v ktorých môžeme po výmene tvarových častí vstrekať iné diely, avšak bežne platí, že pre vstrekovací diel sa musí zhotoviť vlastná vstrekovacia forma. [1,3]

### 4.1 Konštrukcia vstrekovacej formy

Vstrekovacie formy sú špeciálne konštrukčné zariadenia používané pri vstrekaní plastov. Ich konštrukcia a výroba je náročná na odborné znalosti a finančné prostriedky. Vstrekovacie formy musia odolávať vysokým tlakom a musia poskytovať výlisky presných rozmerov. [1]

Vstrekovacia forma musí spĺňať nasledujúce požiadavky [1]:

- Vysoká presnosť a požadovaná kvalita povrchu funkčných plôch dutiny formy a ostatných funkčných častí
- Tuhosť a pevnosť formy pre zachytenie potrebných tlakov vzniknutých pri vstrekaní
- Správna funkcia formy, vhodný vtokový systém, vyhadzovanie, odvzdušnenie, temperácia a pod.
- Optimálna životnosť zaručená konštrukciou, materiálom a výrobou

#### 4.1.1 Postup pri konštrukcii formy

Postup konštrukcie formy sa skladá z viacerých krokov. Základným podkladom pre konštruktéra je výkres vstrekovacieho dielu spolu s doplňujúcimi údajmi (typ stroja, materiál, produkcia). [1]

Postup konštrukcie potom zahŕňa [1]:

- posúdenie výkresu súčiastky z hľadiska tvaru a rozmeru, opätovné skontrolovanie rozmerov, tolerancií a rozdielov v hrúbkach stien



- určenie deliacej roviny alebo rovín súčiastky a spôsob zaformovania, umiestnenie vtokového ústia
- návrh tvarových dutín a ich usporiadanie, voľba vhodného typu vtokového systému spolu s rozvádzacími kanálmi a ústiami vtoku (voľba vhodného prierezu a dĺžky)
- umiestnenie a spôsob systému vyhadzovania vstrekováných dielov
- návrh temperačného a odvzdušňovacieho systému formy
- navrhnutie rámu formy vzhľadom na počet a rozmiestnenie dutín, vyhadzovací a temperačný systém
- kontrola funkčných rozmerov formy, vstrekovacích a uzavieracích tlakov a ďalších sprievodných faktorov s ohľadom na doporučený stroj

#### 4.1.2 Zaformovanie výrobku

Správne zaformovanie výrobku a vhodná voľba deliacej roviny patria k najdôležitejším zásadám konštrukcie vstrekovacej formy. Zaformovanie vychádza z konštrukčného riešenia vyrábaného dielu. Deliaci rovina býva spravidla rovnobežná s upínaním formy. Môže však mať aj šikmý alebo zaoblený tvar ak je to nutné býva doplnená vedľajšími deliacimi rovinami. Nepresnosti v deliacej rovine spôsobujú nedovretie formy a vznik pretokov (zatečenie materiálu do tejto plochy). [1]

Z týchto dôvodov je potrebné aby deliaci rovina [1]:

- umožnila jednoduché vyhadzovanie výrobku z formy
- mala pravidelný geometrický tvar, bola jednoducho vyrobiteľná a dobre zli-covateľná
- prebiehala v hranách výrobku
- bola umiestnená tak aby spĺňala požiadavky výroby presných rozmerov, do-držovala správny smer technologických úkosov a súososť výrobku ak je v oboch polovinách formy
- stopa po deliacej rovine nesmie byť príčinou funkčných alebo vzhľadových v-ád
- pri použití väčšieho množstva deliacich rovín voliť koncepciu s ohľadom na čo ich najmenší počet

## 4.2 Rámy foriem a ich jednotlivé diely

Rám formy predstavuje skupinu vzájomne spojených dosiek s vodiacím, strediacím a spojovacím príslušenstvom. Spojený celok tvorí funkčný nosič tvarových dutín vyrobených priamo v doskách alebo do tvarových vložiek. [2,12]

Rámom musí byť taktiež umožnené [2]:

- správne ustavenie na vstrekovacom stroji
- dokonalé a bezpečné upnutie na stroji
- presné vedenie pohyblivých dielov formy
- jednoduché upevnenie tvarových vložiek a funkčných dielov
- vhodné umiestnenie temperačného a vyhadzovacieho systému

Veľkosť a usporiadanie formy sa volí individuálne podľa potreby a funkcie formy. Pre zjednodušenie konštrukcie i výroby rámu sa využíva nákup normalizovaných stavebnicových prvkov od špecializovaných výrobcov (HASCO, DME, STRACK a iný). [2]

### 4.2.1 Vodiace a spojovacie súčasti

Rám formy je zostavený s jednotlivých dosiek a ďalších dielov na pevnú a pohyblivú časť. Tieto celky sú často vzájomne vedené, vystredené a niekedy aj spojené pomocou vodiacich puzdier, vodiacich čapov a ďalších súčiastok. [2]

### 4.2.2 Rozperky

Doplňujú rám formy v jeho pohyblivej a niekedy aj v pevnej časti. Rozperky sú výrobné jednoduchého prierezu a ich rozmery a umiestnenie sú volené tak aby tuhosť rámu bola dostatočná a priehyb dosiek minimálny. [2]

Rozperky sú nutné z dôvodov [2]:

- zväčšujú stavebnú výšku formy aby sa dosiahlo jej minimálnej výšky pre daný vstrekovací stroj
- vytvárajú priestor pre umiestnenie vyhadzovacích dosiek a ich potrebný zdvih s vyhadzovačmi
- znižujú stykovú plochu medzi funkčnými a upínacími časťami formy
- vytvárajú priestor pre vyhrievané vtokové bloky

### 4.2.3 Vyhadzovacie dosky

Slúžia k ukotveniu, vedeniu, ovládaníu a zaisteníu vyhadzovačov v ich pracovnom a spätnom pohybe. Používajú sa v usporiadaní ako doska kotevná a doska oporná. [2]

### 4.2.4 Strediacie krúžky

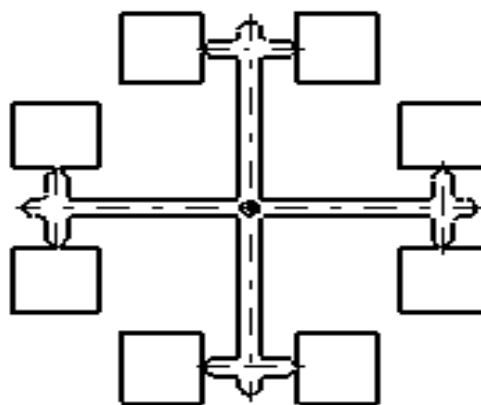
Slúžia k vystredeníu formy na stroj, ale taktiež k jej zaisteníu proti prípadnému sklznutíu z dosky stroja pri manipulácií. [2]

## 4.3 Vtokové systémy

Vstrekovacie formy môžeme rozdeľovať z viacerých hľadísk, jedným z nich je aj podľa druhu použitého vtokového systému. Podľa neho delíme vstrekovacie formy so studeným vtokovým systémom a s vyhrievaným vtokovým systémom. [1,3]

### 4.3.1 Studený vtokový systém (SVS)

Vtokový systém zaisťuje vedenie taveniny zo vstrekovacieho stroja až do tvarovej dutiny formy. Naplnenie tvarovej dutiny formy musí prebehnúť v čo najkratšom čase s minimálnymi odpormi. Zásadné rozdiely v usporiadaní studeného vtokového systému sú dané predovšetkým násobnosťou formy. Pri viacnásobných formách je jednou zo základných požiadaviek na vtokový systém aby tavenina dorazila ku všetkým ústiam vtoku súčasne a pri rovnakom tlaku. [1,3]



Obrázok 15:Príklad vyváženého vtokovho systému [1]

Behom prietoku taveniny studeným vtokovým systémom jej viskozita na vonkajšom povrchu prudko rastie a najnižšia je uprostred. Stuhnutá povrchová vrstva taveniny vytvára tepelnú izoláciu vnútornému prúdu taveniny až do úplného zatuhnutia formy. [1]

#### Základné zásady riešenia studeného vtokového systému [1]:

- dĺžka rozvádzacieho kanálu by mala byť čo najkratšia, tým dosiahneme zníženie tlakových a časových strát pri menšej spotrebe materiálu
- dráha toku by mala byť ku všetkým dutinám rovnako dlhá a tým by malo byť zaistené rovnovážne plnenie dutiny formy
- pri viacnásobných formách je vhodné odstupňovanie prierezov kanálov aby bola zachovaná rovnaká rýchlosť taveniny
- zaoblenie všetkých hrán vtokového kanálu minimálne  $R=1\text{mm}$
- stanoviť úkosovitosť všetkých vtokov pre jednoduché odformovanie, minimálne úkoso sú  $1.5^\circ$ , podkoso sa volia iba pri pridržiavačoch vtoku
- leštený povrch v smere vyberania
- riešenie zachytenia čela prúdiacej taveniny predĺžením rozvádzajúceho kanálu
- pri návrhu vtokového systému nerobiť vetvy pod ostrým uhlom
- prierezy vtokových systémov pre semikryštalické polyméry sú spravidla väčšie ako pre amorfné polyméry

#### Vtokový kanál

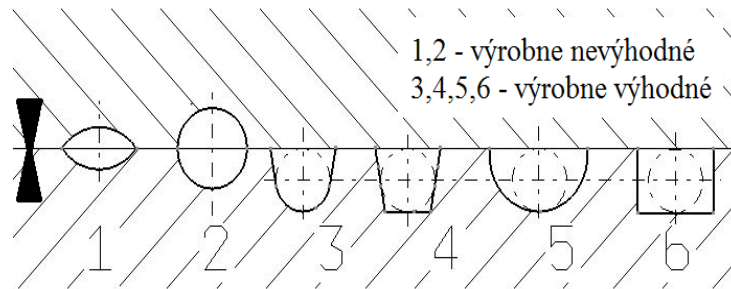
Najbežnejším typom je kužeľový vtokový kanál, ktorý je vytvorený vo vtokovej vložke. Ústí do rozvádzacích kanálov, prípadne priamo do dutiny formy. Vtoková vložka je tepelne a mechanicky namáhaná, a preto sa vyrába z pevnej, húževnatej oteruvzdornej oceli a je tepelne spracovaná (tvrdosť HRC 58). Vhodnými materiálmi pre vtokovú vložku sú nástrojové ocele triedy 19 (19435, 19581, 19572...). [1]

#### Rozvádzacie kanále

Rozvádzacie kanále spojujú vtokový kanál s ústím vtoku a tvarou dutinou formy. Ich dĺžka je daná typom formy, ale obecné sa volia čo najkratšie. Veľkosť ich prierezu určuje rada činiteľov, ktoré sa navzájom ovplyvňujú. [1]

Prierezy sa volia s ohľadom na [1]:

- charakter výlisku, predovšetkým hrúbku jeho stien a predpokladanú dobu dotlaku
- tepelné a reologické vlastnosti taveniny (viskozita, tepelná vodivosť...)
- parametri vstrekovacieho stroja, vstrekovací tlak, vstrekovaciu rýchlosť



Obrázok 16: Prierezy rozvádzacích kanálov [1]

Pri stanovení jednotlivých parametrov sa používajú hlavne empirické vzťahy, pretože stanovenie hodnôt jednotlivých parametrov k určení ich vzájomnej väzby by vyžadovalo zložité výpočty. Všeobecne platí, že najmenší priemer rozvádzacieho (aj vtokového) nemá prekročiť 1.54 násobok najväčšej hrúbky steny výlisku. [1]

#### Vtokové ústie

Vtokové ústie sa vytvára zúžením rozvádzacieho kanálu. Plne nezúžený vtok sa používa iba vo výnimočných prípadoch (pre potlačenie prepahlín pri veľkoobjemových výliskoch). Zúžením vtokového ústia sa zvýši klesajúca teplota taveniny pred vstupom do tvarovej dutiny formy. Tým sa obmedzí strhávanie chladných vrstiev z obvodu vtoku, a tým aj vytváranie povrchových defektov. Vtokové ústie sa volí čo najmenšieho prierezu v závislosti na charaktere výlisku, plastu i technológii vstrekovania. Veľkosť zúženého prierezu však musí spoľahlivo naplniť dutinu formy a umožniť aj prípadné pôsobenie dotlakom. Dĺžka vtokového ústia sa volí čo najkratšia, ale jej voľba je obmedzená pevnosťou materiálu formy. [1]

#### Umiestnenie vtokového ústia [1]:

- do najhrubšieho miesta výlisku
- do geometrického stredu dutiny
- pri výlisku s rebrami má tavenina prúdiť v smere ich orientácie

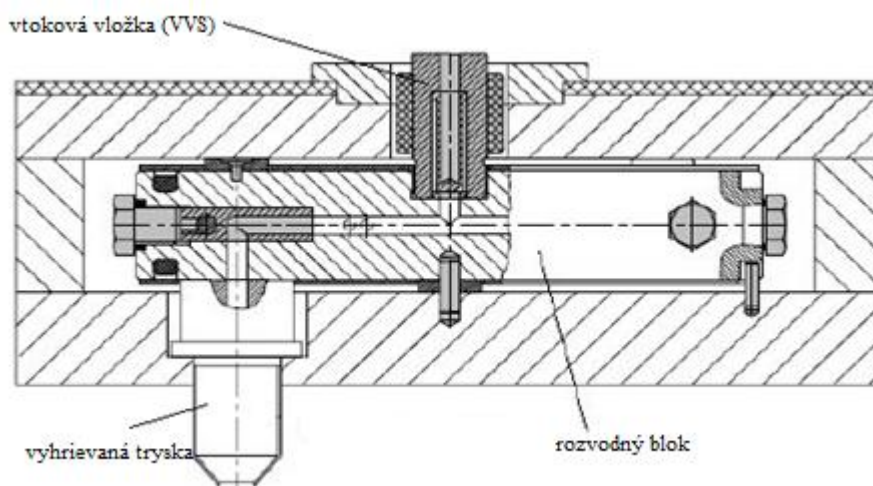
- mimo veľmi namáhaných miest a vzhľadových povrchov
- pri výliskoch s otvormi sa ústie umiestňuje do týchto otvorov alebo do ich blízkosti
- s ohľadom na únik vzduchu z dutiny formy
- s ohľadom na zabránenie voľného toku taveniny a tým turbulentné plnenie dutiny formy
- aby tavenina krátko po vstupe dopadla na nejakú prekážku
- aby stopa po odstránení neznížovala estetickú hodnotu výrobku

#### Typy vtokových ústí [1]:

- plný kužeľový tok
- bodový vtok a jeho špeciálne typy tunelový a banánový
- bočný vtok a jeho špeciálne typy filmový, vejárový a prstencový

#### **4.3.2 Vyhrievaná vtokové systémy (VVS)**

Vyhrievané vtokové systémy zabezpečujú vstrekovanie bez vtokového zbytku a začali sa používať z technologických aj ekonomických dôvodov. VVS majú vyhrievané trysky, ktoré sú charakterizované minimálnym úbytkom tlaku i teploty v systéme s optimálnym tokom taveniny. Dnešné VVS sú veľmi sofistikovanou kapitolou konštrukcie vstrekovacích foriem, ktorou sa zaoberajú špecializovaný výrobcovia (HASCO, Mold MASTERS, STRACK, DME a iný). [1]



Obrázok 17: Vyhrievaný vtokový systém [10]

Technológia vstrekovania s použitím VVS spočíva v tom, že po naplnení dutiny formy zostáva tavenina v celej oblasti vtoku až do ústia formy stále v plastickom stave. Napriek

bodovému vyústeniu malého priemeru môžeme čiastočne pôsobiť dotlakom. Pri všetkých spôsoboch bezvtokového vstrekovania je vhodné v mieste jeho vyústenia vytvoriť na výliisku zahĺbenie aby prípadný nepatrný vtokový zbytok nevystupoval cez jeho úroveň. Súčasťou systému je aj regulácia teploty VVS i formy. Celá sústava umožňuje jednoduchú montáž, demontáž, vyčistenie a znovu nasadenie do prevozu. [1]

#### Výhody VVS [1]:

- umožňujú automatizáciu výroby – skrátenie výrobného cyklu
- znižujú spotrebu polyméru (beztokové vstrekovanie)
- zníženie nákladov na dokončovacie operácie
- jednoduchá montáž, demontáž, údržba celého systému
- VVS má vlastnú reguláciu teploty všetkých svojich častí

#### Nevýhody VVS [1]:

- konštrukčné prevedenie vstrekovacích foriem je náročné
- VVS sú energeticky nákladnejšie ako SVS
- potreba zaistiť regulátory a snímače teploty

#### Vyhrievané rozvodné bloky:

Slúžia k rozvodu taveniny do tvarových dutín viacnásobných foriem. Ich dobrá funkcia je podmienená rovnomerným vyhrievaním. Rozvádzacie bloky sú z ocele a vyrábajú sa v tvaroch I, H, X, Y apod. Rozvádzacie bloky sú uložené medzi upínaciu a tvarovú dosku v pevnej časti formy. Musia byť tepelne izolované od ostatných častí formy, obyčajne vzduchovou medzerou. [2]



Obrázok 18: Príklady rozvodných blokov [10]

## 4.4 Vyhadzovanie výrobkov

Vyhadzovanie výrobkov z formy je činnosť, kedy sa z tvarovej dutiny alebo z tvárniku vysunie alebo vytlačí zhotovený výrobok. Vyhadzovanie nasleduje po ochladení výrob-

kua otvorenia formy, avšak, nie všetky formy majú vyhadzovací mechanizmus. Pri výrobe prototypov sa výrobok často vyberá z formy manuálne z dôvodu šetrenia finančných prostriedkov. [2,4]

Vyhadzovací mechanizmus dopĺňa formu a zaisťuje automatický cyklus. Vyhadzovanie má dve fázy a to dopredný pohyb (vlastné vyhadzovanie) a spätný pohyb (návrat do pôvodnej polohy). [2]

Potrebná veľkosť vyhadzovacej sily závisí na [2]:

- veľkosti zmrštenia výlisku vo forme
- členitosti výlisku a akosti povrchu funkčných plôch dutiny formy
- technologických podmienkach vstrekovania
- pružných deformáciách formy

#### **4.4.1 Mechanické vyhadzovanie**

Je najpoužívanejším vyhadzovacím systémom a používa sa všade tam, kde je to možné. [2]

Vyhadzovanie pomocou vyhadzovacích kolíkov

Je najčastejším a najlacnejším spôsobom vyhadzovania výrobkov. Používajú sa všade tam, kde je možné umiestniť vyhadzovače proti ploche výrobku v smere vyhodenia. Tento spôsob vyhadzovania je jednoduchý a funkčne zaručený. Po styčných plochách vyhadzovacích kolíkov zostávajú na výrobku stopy. Z tohto dôvodu nie je ich umiestnenie vhodné na vzhľadových plochách. [2]

Vyhadzovanie stieracou doskou alebo trubkovými vyhadzovačmi

Tento spôsob vyhadzovania predstavuje stiahnutie výrobku z tvárniku po celom jeho obvode. Výhodou tohto spôsobu je, že na výrobok pôsobíme veľkou styčnou plochou a doska nezanecháva stopy po vyhadzovaní. Stieraciu dosku používame predovšetkým pri tenkostenných výrobkoch, viacej násobných formách alebo aj pri rozmerných vstrekovných súčiastkach, ktoré vyžadujú veľkú vyhadzovaciu silu. Funkcia trubkového vyhadzovača je špeciálnym prípadom stierania tlakom. Trubková časť vyhadzovača má funkciu stieracej dosky a pracuje ako vyhadzovací kolík, zatiaľ čo vyhadzovací kolík je upevnený v pevnej doske, nepohybuje sa a tvorí jadro vyhadzovača. [2]



### Vyhadzovanie pomocou šikmých vyhadzovačov

Je špeciálnou formou mechanického vyhadzovania. Vyhadzovacie kolíky sú voči deliacej rovine uložené pod rôznym uhlom. Používajú sa pri vyhadzovaní výrobkov s menším vnútorným alebo vonkajším zápichom. Usporiadanie tohto systému má rôzne podoby a je možné kombinovať s priamym vyhadzovaním. [2]

### Dvojstupňové vyhadzovanie

Patrí do skupiny mechanického vyhadzovania. Vyžaduje dva vyhadzovacie systémy, týmto spôsobom môžeme vyhadzovať výrobky s rozdielnym časovým rozložením vyhadzovacieho zdvihu a jeho veľkosti. Dvojstupňové vyhadzovanie nachádza použitie pri vyhadzovaní slabostenných výrobkov kombinácii s vyhadzovacími kolíkmi alebo pri šikmom vyhadzovaní výlisku zo zápichom. [2]

#### **4.4.2 Pneumatické vyhadzovanie**

Pneumatické vyhadzovanie privádza stlačený vzduch medzi výrobok a líc formy, čo umožní rovnomerné oddelenie od tvárniku. Tento spôsob nachádza použitie pri vyhadzovaní slabostenných výrobkov väčších rozmerov (vedrá) ktoré pri vyhadzovaní vyžadujú zavzdušnenie aby sa nedeformovali. [2]

#### **4.4.3 Hydraulické vyhadzovanie**

Býva súčasťou vstrekovacieho stroja a používa sa predovšetkým k ovládaniu mechanických vyhadzovačov, ktoré nahrádza pružnejším pohybom s veľkou flexibilitou. Hydraulické vyhadzovanie sa vyznačuje veľkou silou, kratším a pomalším zdvihom. Priamo zabudované hydraulické jednotky vo forme, ktoré pracujú ako vyhadzovače sa už veľmi nepoužívajú. [2]

#### **4.4.4 Vyhadzovanie vtokového zbytku**

Vtokový zbytok je potrebné udržať na požadovanej strane formy. V pohyblivej časti formy s vyhadzovacím zariadením, je rôznymi spôsobmi vytvorený podkos, ktorý pridržuje vtokový zbytok. Vtokový zbytok je vyhodенý súčasne s výliskami vyhadzovacím kolíkom. [2]

## 4.5 Temperácia foriem

Temperácia foriem slúži k udržovaniu konštantného teplotného poľa formy. Cieľom temperačného systému je dosiahnuť optimálne krátkeho pracovného cyklu vstrekovania pri zachovaní všetkých technologických požiadaviek na výrobu. Behom vstrekovania je do formy vstrekaný roztavený polymér, ktorý sa v dutine ochladzuje na vyhadzovaciuteplotu. Temperácia ovplyvňuje plnenie tvarovej dutiny formy a zaisťuje optimálne tuhnutie a chladnutie výrobku. [2]

### Úlohy temperácie [2]:

- zaistiť optimálnu teplotu formy po celom povrchu jej dutiny
- odvieť teplo z dutiny formy naplnenej taveninou tak, aby celý pracovný cyklus mal ekonomickú dĺžku

Temperačný systém je tvorený sústavou kanálov a dutín, ktorými sa predáva alebo odvádza teplo z formy vhodnou kvapalinou alebo iným zdrojom tepla. Rozmery a rozmiestnenie temperačných kanálov sa volí s ohľadom na celkové riešenie formy. Vzdialenosť kanálu od dutiny formy má byť optimálna. Treba dbať na dostatočnú tuhosť a pevnosť steny dutiny formy. Je vhodnejšie použiť väčší počet menších kanálov ako menší počet väčších. Kanály sa rozmiestňujú rovnomerne a všade v rovnakej vzdialenosti od dutiny. Prierez kanálu sa volí podľa veľkosti výrobku, druhu plastu a rámu formy. Najbežnejší je kruhový prierez. [2]

### Pravidlá voľby temperačného systému [2]:

- kanály umiestniť v optimálnej vzdialenosti od dutiny formy
- kanály umiestňovať pri vtoku
- prietok regulovať aby kvapalina prúdila od najteplejšieho k najchladnejšiemu miestu vo forme
- rozmiestniť kanále s ohľadom na tvar výlísku
- kanály majú prechádzať celistvým materiálom formy
- tvar kanálu voliť kruhového prierezu
- minimálny priemer kanálu 6 mm
- kanály konštruovať tak aby sa jednotlivé vetvy dali prepojiť hadicami rôznym spôsobom

- zamedziť vzniku mŕtvych miest v temperačnom systéme

Výkon temperačného okruhu môžeme zvýšiť [2]:

- zvýšením rozdielu teploty formy a temperačného média
- vytvorením podmienok pre zväčšenie súčiniteľa prestupu a prostupu tepla
- zapojením zvláštnej vetvy chladenia

#### 4.5.1 Temperačné prostriedky

Predstavujú média, ktoré svojim pôsobením umožňujú forme pracovať v optimálnych tepelných podmienkach. Ich voľba je ovplyvnená predovšetkým koncepciou formy a požiadavkami na technológiu výroby výrobkov. [2]

Temperačné prostriedky delíme na [2]:

- aktívne - pôsobia priamo na forme teplo do formy privádzajú alebo z nej odvádzajú
- pasívne- svojimi fyzikálnymi vlastnosťami ovplyvňujú tepelný režim formy

Medzi aktívne prostriedky patria kvapaliny (voda, olej), vzduch a vyhrievacie elektrické články. Medzi pasívne prostriedky patria tepelne izolačné a tepelne vodivé materiály. [2]

Tabuľka 1: Aktívne prostriedky – používané kvapaliny [2]

TYP	VÝHODY	NEVÝHODY	POZNÁMKA
voda	vysoký prestup tepla, nízka viskozita, nízka cena, ekologicky vhodná	použitelnosť do 90 °C *, vznik korózie, ** usadzovanie kameňa	*) v tlakových okruhoch je možné vodu použiť aj pri vyšších teplotách **) môžeme potlačiť upravením vody
oleje	možnosť temperovania nad 100°C	zhoršený prestup tepla	
glykoly	obmedzenie korózie a upchávania systému	starnutie, znečisťovanie prostredia	

## 5 ZÁVER TEORETICKEJ ČASTI

Teoretická časť tejto bakalárskej práce je rozdelená na štyri časti.

V prvej časti je popísané rozdelenie polymérov a sú popísané ich základné vlastnosti. Druhá časť sa zaoberá technológiou vstrekovania plastov, v ktorej je popísaný priebeh vstrekovacieho cyklu a príprava plastov pred vstrekovaním. Tretia časť je zameraná na konštrukciu výrobku, nachádzajú sa v nej podkapitoly v ktorých sú popísané konštrukčné zásady výrobku a jeho akosť. Štvrtá časť je najrozsiahlejšia a je zameraná na konštrukciu vstrekovacích foriem. Je v nej rozobraná konštrukcia foriem, rámy a konštrukčné časti formy, studené vtokové systémy, vyhrievané vtokové systémy, vyhadzovanie výrobkov a temperácia formy.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 CIELE BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Cieľom bakalárskej práce je navrhnuť vstrekovaciú formu pre zadaný výrobok, ktorým je DVD obal. K vypracovaniu bude použitý software CATIA V5R18, pomocou ktorého bude zhotovený 3D model výrobku a model vstrekovacej formy. Po zhotovení 3D modelu bude v nasledujúcich bodoch postupne popísaná konštrukcia vstrekovacej formy. Ekonomickosť návrhu formy bude popísaná v ekonomická rozvahe, ktorá sa bude zaoberať cenou jednotlivých dielov formy a cenou výroby. Posledným bodom bude doloženie návrhu formy výkresovou dokumentáciou.

## 7 VSTREKOVANÝ VÝROBOK

Vstrekovaným výrobkom je DVD obal, ktorý slúži na úschovu rôznych CD a DVD diskov.



Obrázok 19: Renderovaný model DVD obalu

### 7.1 Charakteristika výrobku

Výrobok má tvar knihy a jeho rozmery v zatvorenej polohe sú 135 x 191 x 15 mm. Konštantná hrúbka steny je 1,4 mm. Pre správne dosadenie pri zatváraní obalu je obvod výrobku opatrený lemom o polovičnej hrúbky steny. Výrobok je spevnený rebrami, ktoré prispievajú k lepšiemu zatváraníu obalu. Pre odklad papierovej dokumentácie k DVD slúžia sponky v ľavej časti.

### 7.2 Materiál výrobku

Materiálom výrobku bol zvolený polypropylén (PP). PP je semikryštalický termoplast radia sa do skupiny polyolefínov. Jeho kryštalinita býva 55 až 70%. Z chemického a mechanického hľadiska sa vyznačuje dobrou odolnosťou. Je odolný voči olejom a chemickým rozpúšťadlám. Spracovateľnosť a farbitelnosť PP je veľmi dobrá. Nevýho-

dou PP je, že pri nízkych teplotách krehne. PP sa používa v širokom rozsahu aplikácii, napríklad v potravinárskom, textilnom a automobilovom priemysle.[1,4]

Ako dodávateľom granulovaného materiálu bola vybraná americká firma ExxonMobil-Chemical. Vybraným druhom PP je Exxtral CMW 203, ktorý sa vyznačuje veľmi vysokým indexom toku taveniny a dobrými mechanickými vlastnosťami.

Vybrané vlastnosti PP [15]:

○ Obchodný názov	Exxtral CMW 203
○ Hustota	1,05 [g/cm <sup>3</sup> ]
○ ITT (230 °C/ 2,16 kg)	40 [g/10 min]
○ Modul pružnosti v ťahu E	1564,34 [MPa]
○ Modul pružnosti v smyku G	565,198 [MPa]
○ Zmrštenie v smere toku	0,6421 [%]
○ Zmrštenie kolmo na směr toku	0,8773 [%]
○ Teplota formy	30-40 [°C]
○ Prísady	20% mastku



## 8 VSTREKOVACÍ STROJ

Ku vstrekovaniu bol vybraný vstrekovací stroj ALLROUNDER 520S (1600 – 400) od nemeckej firmy Arburg. Stroj splňuje potrebné rozmerové aj procesné parametre.



Obrázok 20: vstrekovací stroj Arburg ALLROUNDER [17]

Základné parametre stroja [16]:

- |  |                        |
|--|------------------------|
| ○ Maximálna uzavieracia sila                 | 1600 [kN]              |
| ○ Maximálna dĺžka otvorenia                  | 575 [mm]               |
| ○ Minimálna výška formy                      | 250 [mm]               |
| ○ Maximálna svetlosť medzi upínacími doskami | 825[mm]                |
| ○ Veľkosť upínacej dosky                     | 688 x 688[mm]          |
| ○ Vzdialenosť medzi vodiacími stĺpmi         | 520 x 520 [mm]         |
| ○ Maximálna vyhadzovacia sila                | 50[kN]                 |
| ○ Maximálny zdvih vyhadzovacieho systému     | 175[mm]                |
| ○ Celkový príkon stroja                      | 40[kW]                 |
| ○ Priemer šneku                              | 45 [mm]                |
| ○ Pomer šneku L/D                            | 20 [-]                 |
| ○ Maximálny objem dávky                      | 254 [cm <sup>3</sup> ] |
| ○ Maximálny vstrekovací tlak                 | 158[MPa]               |
| ○ Maximálny krútiaci moment šneku            | 610 [N.m]              |
| ○ Maximálna prítlačná sila trysky            | 60 [kN]                |

## 8.1 Kontrolné výpočty

Určenie potrebného množstva polyméru [2]:

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

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

$G$  – hmotnosť výstreku [g],  $n$  - násobnosť formy [-],  $A$  – hmotnosť vtokov a kanálov [g],  $\frac{\alpha_x}{\alpha_p}$  – podiel pomerových hodnôt vybraného polyméru voči PS,  $M_s$ - strojom dodaná maximálna hmotnosť polymérnej taveniny [g].

$$M = 1,2 \cdot (90 \cdot 1 + 0) \cdot \frac{91}{100} = 98,28 [g] \quad (3)$$

Určenie potrebnej uzatváracej sily [2]:

$$F = 1,2 \cdot S \cdot p_v \cdot k [kN] \quad (4)$$

$S$  – priemet plochy výstreku do deliacej roviny vrátane rozvádzacích kanálov [ $cm^2$ ],  $p_v$  - tlak v dutine formy [MPa],  $k$  – koeficient tekutosti [-].

$$F = 1,2 \cdot 540 \cdot 22,5 \cdot 1 = 12,1 [kN] \quad (5)$$

Plastikačná doba pre jeden zdvih [2]:

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

$M$  – množstvo potrebného polyméru[g],  $Q$  – plasikačný výkon stroja [kg/hod]

$$t_{pl} = \frac{3,6 \cdot 98,28}{46} = 7,6 [s] \quad (7)$$

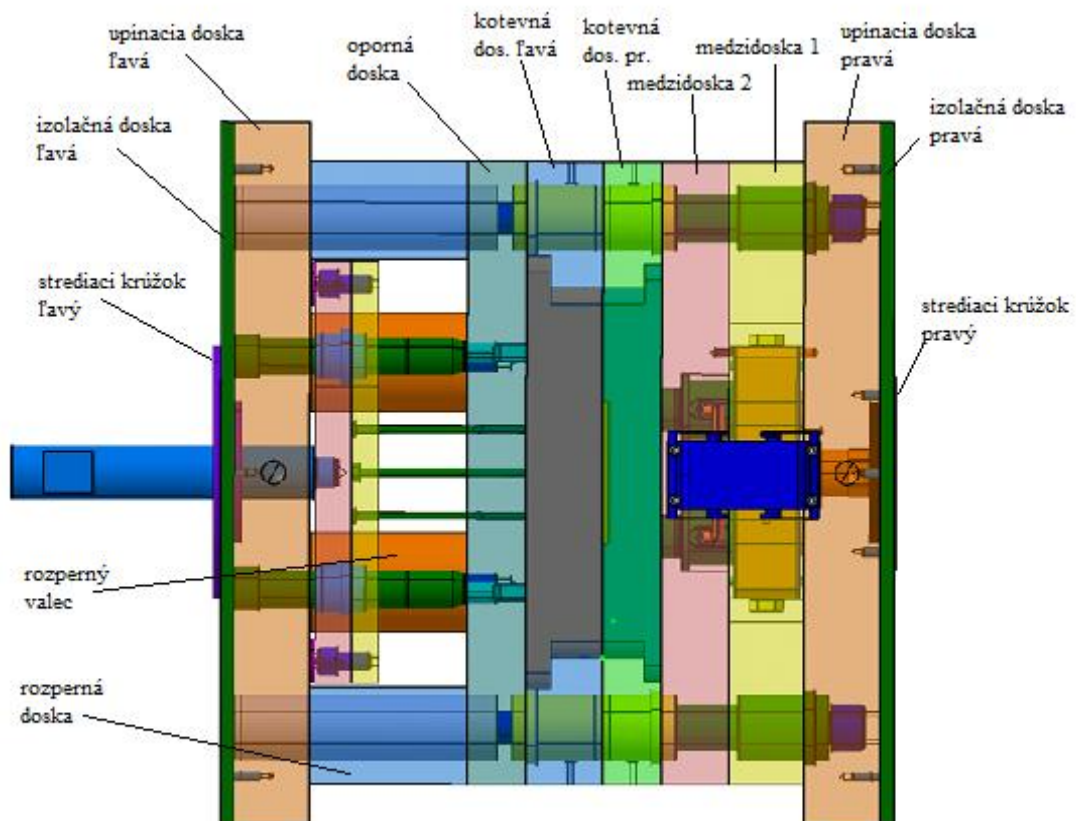
Po porovnaní parametrov vypočítaných hodnôt s hodnotami stroja uvedených výrobcom bolo overené, že stroj pre danú aplikáciu vyhovuje.

## 9 KONŠTRUKCIA VSTREKOVACEJ FORMY

Cieľom návrhu konštrukcie vstrekovacej formy by mala byť jednoduchosť formy pri požadovanej kvalite. Pre zlepšenie hospodárnosti a urýchlenie výroby formy bola snaha využiť produkty nemeckej firmy HASCO, ktorá je dodávateľom normálií.

### 9.1 Rám formy

Forma bola navrhnutá pomocou normálií od firmy HASCO, kde ako rám formy bol zvolený dvojdoskový systém. Pre uloženie horkého vtokového systému bola forma doplnená dvojicou medzidosiek. Rozmery dosiek boli volené s ohľadom na násobnosť formy, spôsob zaformovania a veľkosť výrobku.

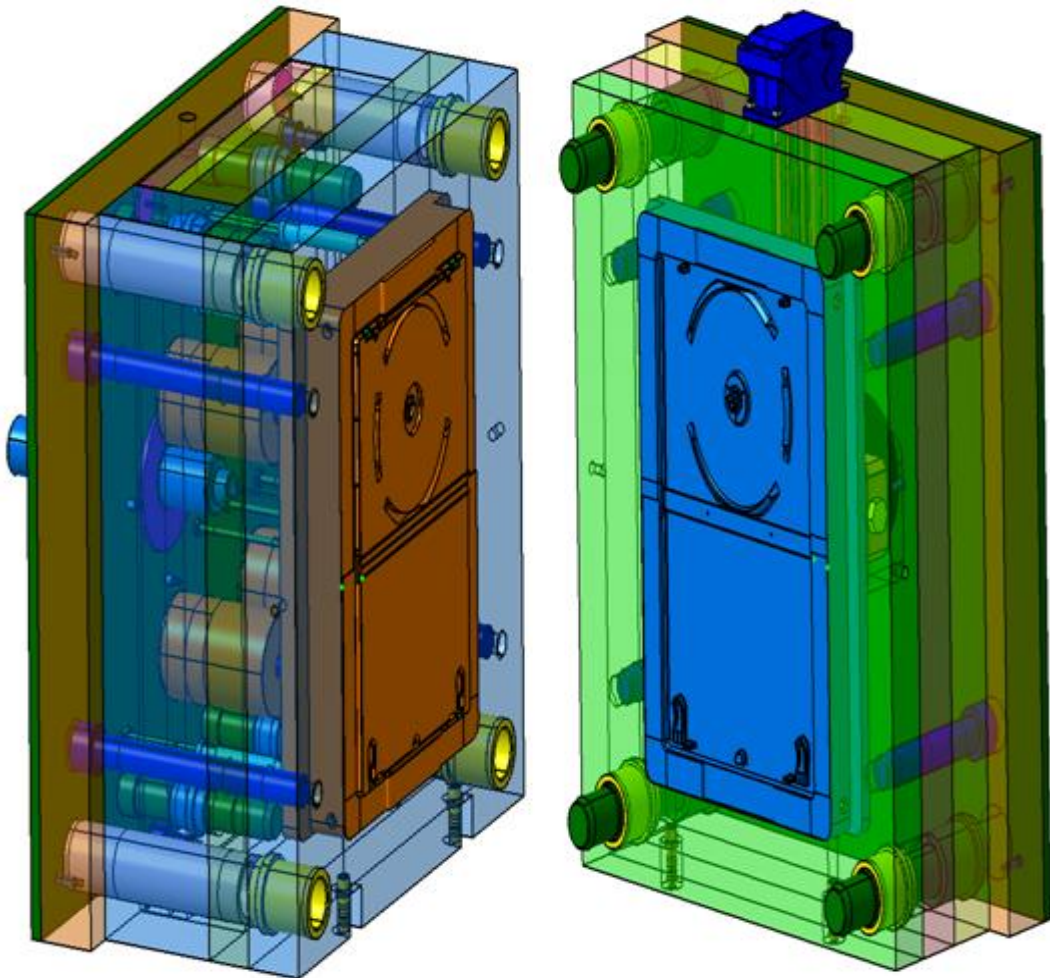


Obrázok 21: Popis rámu formy

Vybrané dosky bolo nutné upraviť do požadovaného tvaru podľa potrieb formy. Jednotlivé dosky sú stredené pomocou strediacich elementov a spojené pomocou skrutiek. Rám bol vystužený pomocou štvorice oporných valcov, ktoré prispievajú k zlepšeniu tuhosti formy.

Pre zamedzenie úniku tepla na rám stroja bola volená dvojica izolačných dosiek, ktoré boli vyrobené z polyméru plneného sklenenými vláknami.

Základné rozmery rámu vstrekovacej formy sú 496 x 496 x 393 mm (d x š x v).



Obrázok 22: Pohľad do deliacej roviny

## 9.2 Násobnosť formy

Násobnosť formy sa volí podľa rôznych parametrov, patrí sem požadovaná kvalita výstrelu, zložitosť a produktivita výroby.

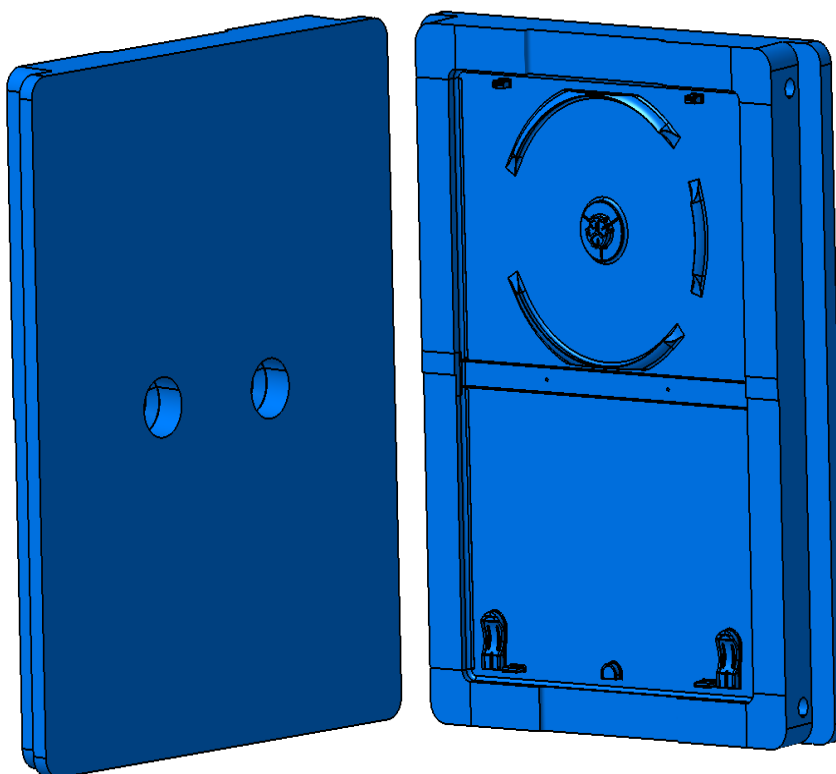
Vzhľadom k veľkosti a tvaru vstrekaného výrobku bola zvolená jednonásobná forma. Ďalším dôvodom voľby jednonásobnej formy bolo použitie normalizovanej vyhrievanej vtokovej sústavy od firmy HASCO. Dvojnásobná forma by si vyžadovala vyhrievanú vtokovú sústavu so štyrmi tryskami v rade, ktorú tento výrobca normálí neposkytuje. Pre zvolenú násobnosť bude na jeden cyklus potrebných 98,28g materiálu, doba trvania jedného cyklu bude 12,6s a potrebná uzavieracia sila bude 12,1kN.

### 9.3 Zaformovanie výstreku

Výstrek bude formovaný pomocou jednej deliacej roviny tvarovými vložkami tvárnikom a tvárnice, ktoré tvoria dutinu formy. Tvarové časti tvárniku a tvárnice tvoriace dutinu formy boli zväčšené o hodnotu zmrštenia materiálu.

#### Tvárnica

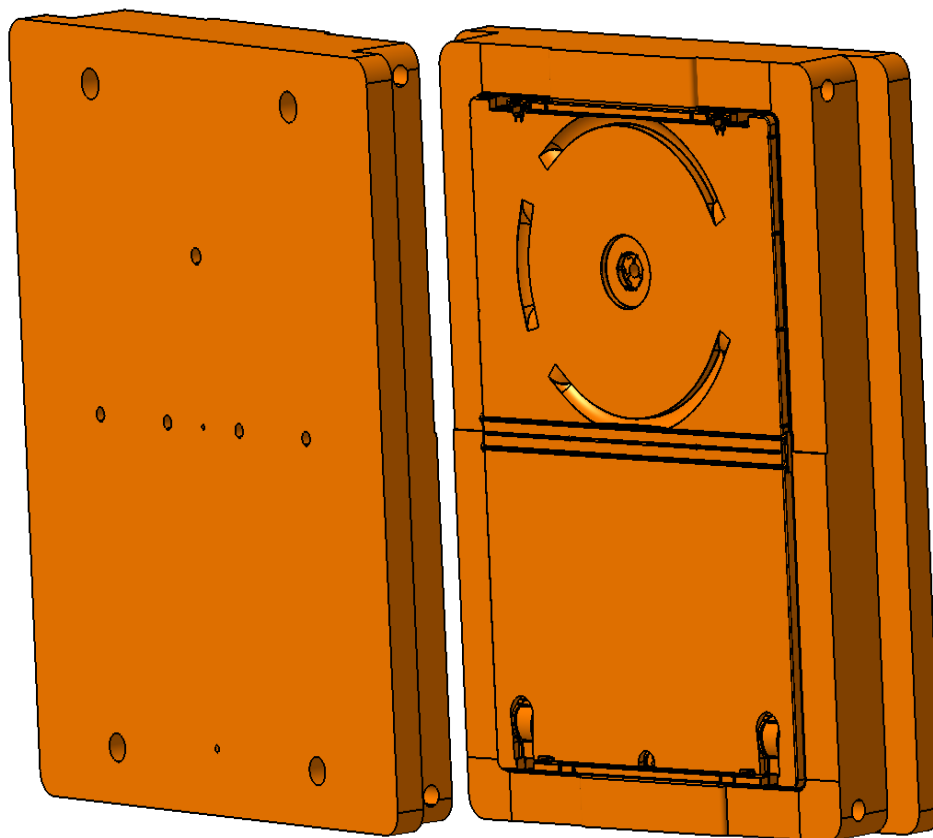
Tvárnica je počas vstrekovania vystavená vysokým teplotám a tlakom. Z tohto dôvodu bola ako materiál tvárnice volená nástrojová oceľ triedy 19, tepelne spracovaná kalením na tvrdosť HRC 55. V tvárnici bolo zhotovené osadenie pre horké trysky a vyvítané kanále pre účely temperovania výstreku.



Obrázok 23: Tvárnica

#### Tvárnik

Tvárnik je z rovnakého materiálu a je rovnako tepelne spracovaný ako tvárnica. Z hľadiska konštrukčných úprav boli v tvárniku zhotovené diery pre vyhadzovače a vyvítané kanále pre temperačné médium. Z dôvodu použitia bodového vtoku bola v miestach oproti horkým tryskám zhotovená dvojica čočkovitých zahĺbení.



Obrázok 24: Tvárník

## 9.4 Vtokový systém

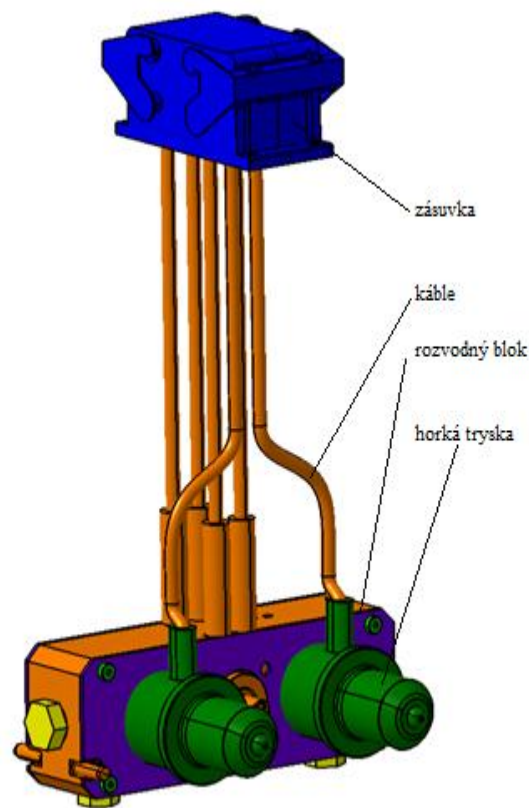
Pre vstrekovaciu formu bol vzhľadom k typu výstreku, úspore materiálu zvolený vyhrievaný vtokový systém. Vyhrievané vtokové systémy zlepšujú automatizáciu výroby, skracujú vstrekovací cyklus a nevzniká vtokový zbytok.

### 9.4.1 Horká tryska

Dutina formy je plnená dvojicou vyhrievaných trysiek od firmy HASCO (Z101G/38x75). Z konštrukčného hľadiska sa jedná o trysku s hrotom, ktorá sa používa pre materiály, ktoré tiahnu vlas. Zvolený materiál PP do tejto skupiny patrí. Dvojica trysiek je spolu schopná dodať až 160g polypropylénu (80g jedna), čo je dostatočné množstvo pre túto aplikáciu. Trysky sú vyhrievané elektrickou energiou, ktorá je dodávaná zo zásuvky Z1310 pomocou rozvodných káblov. Rozvodné káble sú uložené v medzidoske\_2 vo vyfrézovaných drážkach.

### 9.4.2 Rozvodný blok

Rozvodný blok je uložený vo vybraní medzidosky\_1, kde je vystredený a zabezpečený voči pootočeniu a posunutiu pomocou valcových kolíkov. Blok je izolovaný dvojicou izolačných dosiek a uložený so vzduchovou medzerou. V závislosti na požadovanej vzdialenosti trysiek bol zvolený rozvodný blok tvaru písmena I od firmy HASCO. Podobne ako horké trysky aj rozvodný blok je vyhrievaný elektricky pomocou zásuvky Z1310. Z bloku do zásuvky vedie štvorica káblov pre ktoré boli podobne ako pre káble horkých trysiek vyfrézované drážky pre ich uloženie.

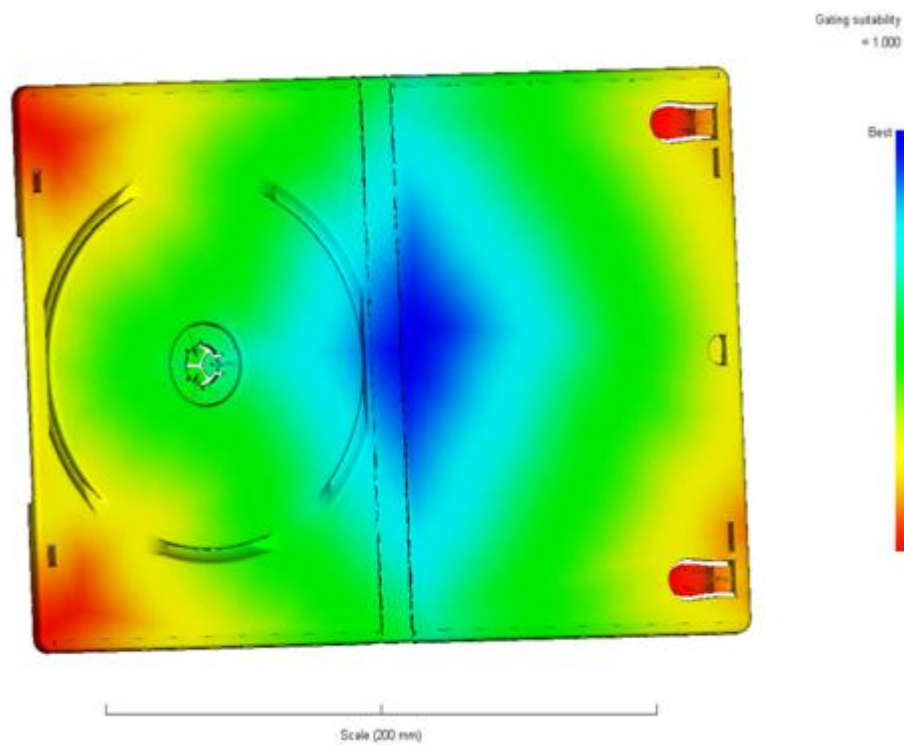


Obrázok 25: Vtokový systém

### 9.4.3 Vtokové ústie

Polymér je do dutiny formy dopravovaný bodovým vtokom dvojicou horkých trysiek. Z konštrukčného hľadiska a zlepšenia kvality výrobku po odtrhnutí boli v tvárniku zhotovené čočkovité zahĺbenia. Vtoky sú umiestnené do rebra, ktoré prechádza stredom výrobku.

Správnosť umiestnenia vtokového systému bola overená analýzou v programe Autodesk Moldflow Insight. Vhodnosť zvolených miest vtokov je vyhovujúca zo 78%.

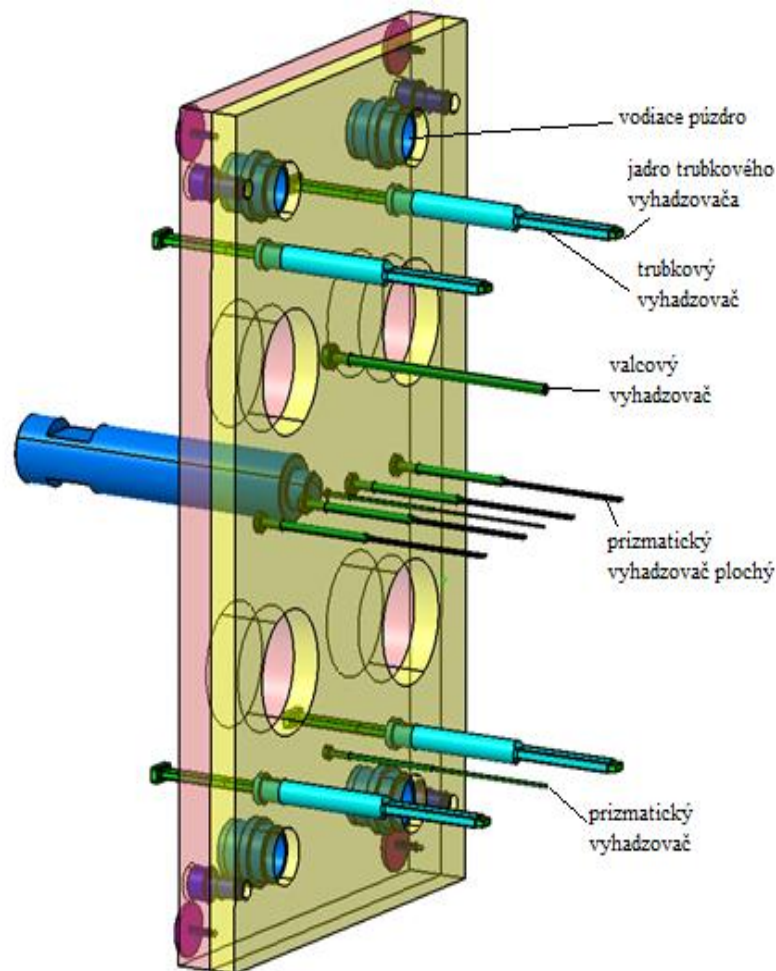


Obrázok 26: Analýza umiestnenia vtoku

## 9.5 Vyhadzovací systém

Pre správne vyhodenie výrobku z formy je nutné aby výrobok ostal na ľavej, pohyblivej strane formy. Toto je docielené vplyvom podkosu umiestneného v strede tvárniku. Vyhadzovanie je realizované pomocou vyhadzovačov vybraných opäť z katalógu firmy HASCO a štvoricou nenormalizovaných trubkových vyhadzovačov navrhnutých pre túto aplikáciu. Všetky vyhadzovače okrem jadier trubkových vyhadzovačov sú ukotvené vo vyhadzovacej doske kotevnej. Štvorica trubkových vyhadzovačov je umiestnená do rebier v okrajových častiach výrobku. Jadro a trubková časť sú vyrobené z nástrojovej ocele triedy 19 a tepelne spracované na tvrdosť HRC55. Vyhadzovače od firmy HASCO slúžia ako polotovary, ktoré boli skrátene a upravené do požadovanej podoby. Štvorica prizmatických vyhadzovačov obdĺžnikového prierezu Z46/4.5x1/160 je umiestnená do rebra v strede výrobku. Ich konce sú upravené tak aby spolu s tvárnikom tvorili dutinu formy. Ďalším vyhadzovačom je prizmatický vyhadzovač kruhového prierezu Z44/1.2x160, ktorý je umiestnený do miesta podkosu. Ďalej boli použité valcový vyhadzovač Z40/6x160 a prizmatický vyhadzovač Z44/2x160, ktoré dopomáhajú k rovnomernému vyhodeniu výrobku z dutiny formy.

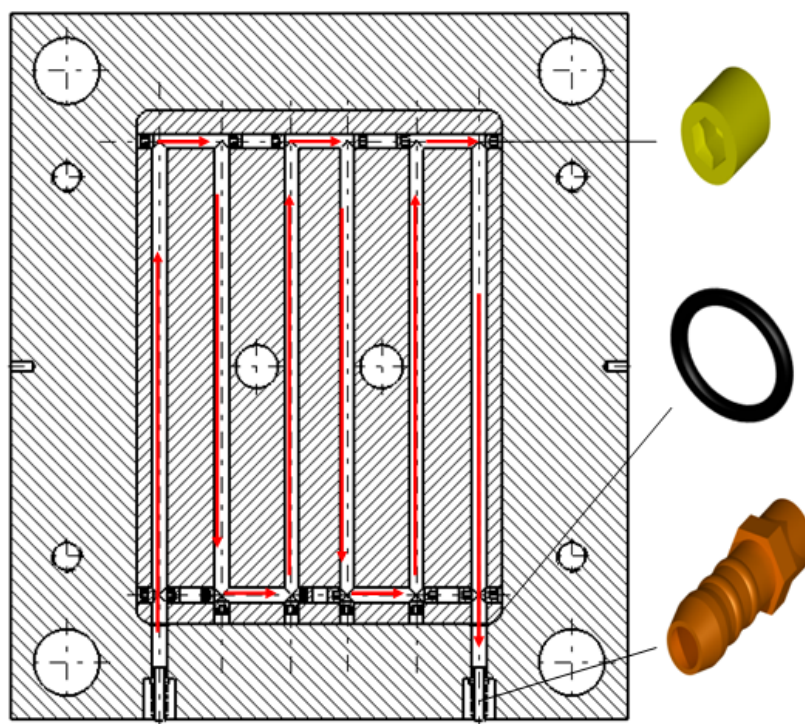




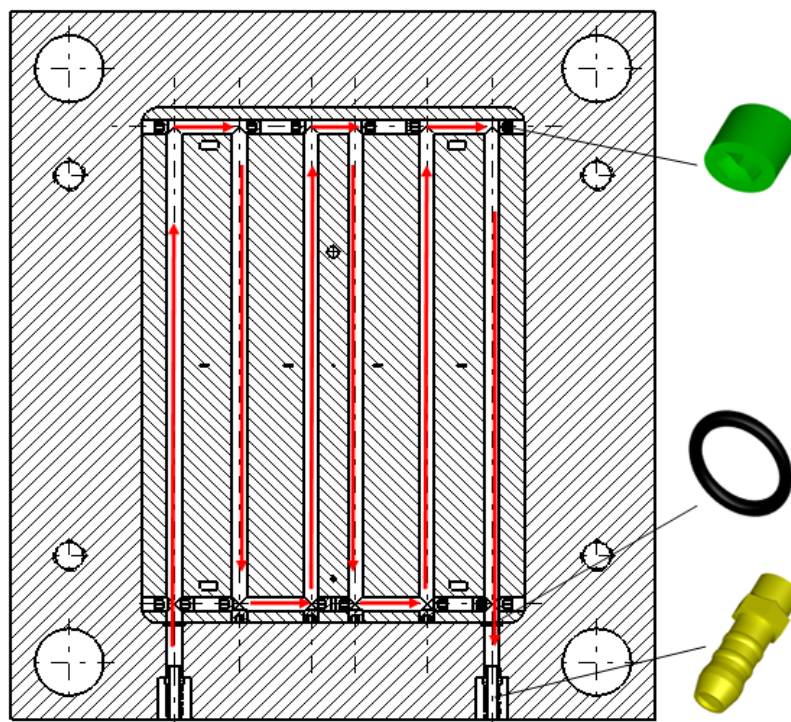
Obrázok 27: Vyhadzovací systém

## 9.6 Temperačný systém

Temperačný systém je v tvárniku aj v tvárnici riešený sústavou vrtaných kanálov priemeru 9 mm. Tok temperačného média je usmerňovaný pomocou upchávok (Z940). Prípojky na hadice (Z87) sú umiestnené v dolnej časti formy. Pre zamedzenie úniku temperačného média do priestoru medzi dosadacími plochami tvarových vložiek a kotevných dosiek bol systém opatrený tesnením – O krúžkami (Z98). Rozloženie vrtaných dier nie je z dôvodu zásahov do tvarových vložiek navrhnuté pre tvárnici a tvárnikrovnako (osadenie pre horké trysky v tvárnici a diery pre vyhadzovače v tvárniku). Ako temperačný prostriedok bola zvolená voda s aditívnymi prísadami.



Obrázok 28: Temperačný systém tvárnice



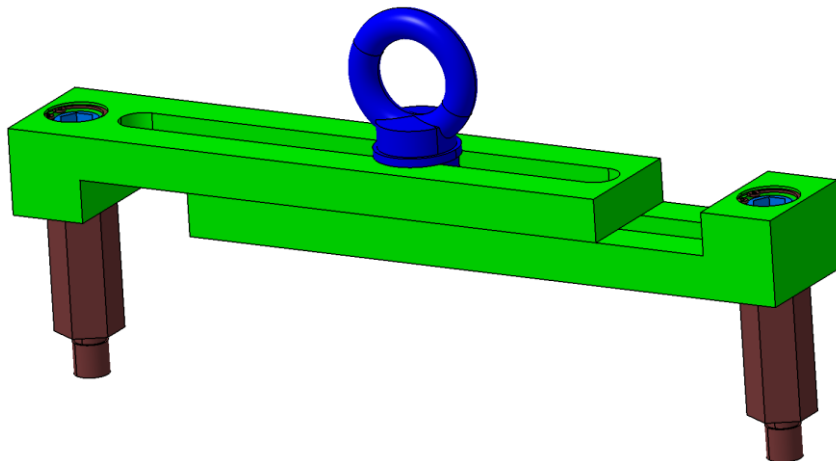
Obrázok 29: Temperačný systém tvárníku

## 9.7 Odvzdušňovací systém

Po zatvorení vstrekovacej formy ostáva v jej dutine vzduch. Pri nedostatočnom odvzdušnení môže spôsobiť vady (spálené miesta, nedotečený polymér) na výstreku. Konštrukčné riešenie formy predpokladá, že medzery medzi tvárnikom a vyhadzovačmi poskytnú dostatočný priestor pre únik vzduchu. V prípade ak by toto riešenie neposkytovalo dostatočné odvzdušnenie je nutné navrtanie odvzdušňovacích kanálov.

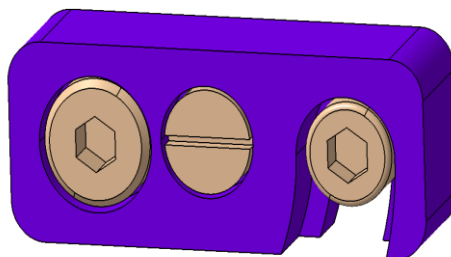
## 9.8 Manipulačný systém

Pre jednoduchšiu manipuláciu s formou bola forma vybavená transportným mostíkom od firmy HASCO. Z dôvodu vymedzenia priestoru pre zásuvku nad formou je transformačný mostík vybavený dvojicou distančných matic.



Obrázok 30: Transportný mostík s distančnými maticami

Pre lepšiu manipuláciu a zamedzeniu otvoreniu formy v deliacej rovine bude forma vybavená uzavieracím zariadením od firmy HASCO.



Obrázok 31: Zaisťovacie zariadenie

## 10 EKONOMICKÁ ROZVAHA

Ekonomická rozvaha dáva základný prehľad o cenách jednotlivých dielov vstrekovacej formy. Ceny súčiastok od firmy HASCO sú uvádzané v eurách a boli prevedené konverzným kurzom. Konverzný kurz udávaný Českou Národní bankou k 15. 4. 2013 je 25,865CZK za 1 EUR. [18]

### 10.1 Cena formy

Z ekonomického hľadiska boli volené diely od firmy HASCO, ktoré znižujú celkovú cenu formy. Celá forma sa skladá z normalizovaných dielov, výnimku tvoria iba tvarové vložky, trubkové vyhadzovače s jadrami a tiahlo.

#### 10.1.1 Rám formy

<u>Názov</u>	<u>Počet</u>	<u>Cena za ks</u>	<u>Cena za ks</u>	<u>Spolu</u>
	ks	(EUR)	(CZK)	(CZK)
Izolačná doska Z121/446 446/8,5/90	2	241,62	6249,5	12499
Upínacia doska K10/396446/46/1730	2	339,51	8781,4	17562,9
Medzidoska 1 K20/396446/46/1730	1	312,44	8081,3	8081,3
Medzidoska 2 K20/396446/46/1730	1	312,44	8081,3	8081,3
Kotevná doska K20/396446/36/1730	1	267,31	6914	6914
Kotevná doska K20/396446/46/1730	1	312,44	8081,3	8081,3
Oporná doska K30/396446/36/1730	1	262,81	6797,6	6797,6
Rozperná doska K40/396446/96/1730	2	146,63	3792,6	7585,2
Vyh. doska oporná K70/396446/22/1730	1	154,52	3996,7	3996,7
Vyh. doska kotevná K60/396446/17/1730	1	130,27	3369,4	3369,4
Rozperné valce Z571/63x96	4	22,56	583,5	2334,1
Strediacia vložka pravá K100/125x16.5	1	30,58	791	791
Strediacia vložka ľavá K500/160x16.5	1	42,45	1098	1098
Cena spolu				<u>87191,4</u>

**10.1.2 Vodiace prvky**

<u>Název</u>	<u>Počet</u>	<u>Cena za ks</u>	<u>Cena za ks</u>	<u>Spolu</u>
	ks	(EUR)	(CZK)	(CZK)
Vodiaci čap Z00/46/30x125	4	27,79	718,8	2875,2
Vodiace púzdro 1 Z10/36/32	4	13,25	342,7	1371
Vodiace púzdro 2 Z10/46/30	4	15,71	406,3	1625,4
Strediaci trubka Z20/42x160	4	16,57	428,6	1714,3
Vodiaci čap vyh. Z011/24x140	4	13,47	348,4	1393,6
Vodiace púzdrovyh. Z10/22/24	4	10,91	282,2	1128,8
Cena spolu				<u>10108</u>

**10.1.3 Vyhadzovací systém**

<u>Název</u>	<u>Počet</u>	<u>Cena za ks</u>	<u>Cena za ks</u>	<u>Spolu</u>
	ks	(EUR)	(CZK)	(CZK)
Prizmatickývyh. – plochý Z46/4.5x1/160	4	37,21	962,4	3 849,8
Prizmatický vyhadzovač Z44/2x160	1	8,98	232,3	232,3
Prizmatický vyhadzovač Z44/1.2x160	1	11,33	293,1	293,1
Valcový vyhadzovač Z40/6x160	1	4,28	110,7	110,7
Trubkový vyhadzovač	2	80	2 069,2	4 138,4
Jadro trubkového vyhadzovača	2	80	2 069,2	4 138,4
Tiahlo	1	50	1293,3	1293,3
Cena spolu				<u>14 055,9</u>

**10.1.4 Vtokový systém**

<u>Název</u>	<u>Počet</u>	<u>Cena za ks</u>	<u>Cena za ks</u>	<u>Spolu</u>
	ks	(EUR)	(CZK)	(CZK)
Horký vtoková vložka H106/1/56x160/36	1	734,85	19 007	19 007
Izolačná doska Z1064/1/56X160	2	13,99	361,9	723,7
Vtoková vložka Z1055/1/24x56/8	1	50,68	1 310,8	1 310,8

Príslušenstvo Z1067/1/6/1	1	157,44	4 072,2	4 072,2
Thermocouple Z1295/1/4x20	1	37,15	960,9	960,9
Horká tryska Z101G/38x75	2	781,01	20 201	40 402
Zásuvka Z1227/16/8	1	62,87	1 626,1	1626,1
Cena spolu				<u>68 102</u>

### 10.1.5 Ostatné diely (temperačný systém, spojovací materiál, transportné zariadenia)

<u>Názov</u>	<u>Počet</u>	<u>Cena za ks</u>	<u>Cena za ks</u>	<u>Spolu</u>
	ks	(EUR)	(CZK)	(CZK)
Upchávkky Z940/9x1	36	0,46	11,9	428,3
Koncovky pre hadice Z87/9/10x1	4	0,47	12,2	48,8
O – krúžky Z98/9,5x1,5	4	0,76	19,7	78,6
Skrutka Z31/16x120	4	2,47	63,9	255,5
Skrutka Z31/16x190	4	8,33	215,5	861,8
Skrutka Z30/12x100	4	1,18	30,5	122
Skrutka Z30/12x20	4	0,47	12,2	48,8
Skrutka Z30/4x16	4	0,12	3,1	12,4
Skrutka Z33/6x25	8	0,13	3,4	26,9
Skrutka Z33/6x20	8	0,13	3,4	26,9
Skrutka Z33/6x16	4	0,12	3,1	12,4
Dosedka Z55/28x3	4	2,41	62,3	249,2
Transportný mostík Z70/3	1	318,99	8 250,7	8 250,7
Distančná matica Z701/16/27x50	2	13,07	338,1	676,2
Zaisťovacie zariadenie Z73/16x25x63	2	32,93	851,7	1 703,4
Cena spolu				<u>12 802,9</u>

Celková cena po spočítaní všetkých podskupín je 192 259,2 Kč. Vypočítaná cena je iba za materiál, avšak celková cena by bola vyššia z dôvodu nevyhnutných úprav jednotlivých dielov (obrábanie). Táto hodnota udáva cenu formy bez tvarových vložiek. Určenie ceny

tvarových vložiek by bolo iba hrubým odhadom, keďže sa jedná o zákazkovú výrobu tvarovo veľmi zložitých dielov a cena výroby je závislá od výrobcu.

## 10.2 Cena výrobných faktorov

Pri výpočtoch cien bol pri prevode mien z EUR do CZK použitý aktuálny konverzný kurz Českej národnej banky zo dňa 14.4. 2013. [18]

$$1 \text{ EUR} = 25,865 \text{ CZK} \quad (8)$$

### 10.2.1 Cena materiálu

Cena zvoleného materiálu PP - Exxtral CMW 203 od firmy ExxonMobile sa približne pohybuje okolo hodnoty 1700 EUR za tonu.[19]

$$1700 \text{ EUR} = 43\,970,5 \text{ Kč} \quad (9)$$

Cena jedného kilogramu materiálu je potom 44 Kč za kilogram.

### 10.2.2 Cena elektrickej energie

Cena elektrickej energie zo dňa 14.4. 2013 za 1MW/hje 40,25 EUR. [20]

$$40,25 \text{ EUR} = 1\,041,07 \text{ Kč} \quad (10)$$

Cena elektrickej energie za 1 MW/h je 1 041,07 Kč. Cena 1 kW/h je 1,04 Kč.

## 10.3 Cena výrobného cyklu

### Cena spotrebovaného materiálu

Vstrekovaný výrobok má hmotnosť 90,1g.

$$m_v = 90,1 \text{ g} = 0,0901 \text{ kg} \quad (11)$$

$$C_m = 0,0901 * 44 = 3,96 \text{ Kč} \quad (12)$$

Cena použitého materiálu je 3,96 Kč.

### Cena elektrickej energie spotrebovanej vyhrievaným vtokovým systémom

Príkon rozvodného bloku je 600W a príkon jednej horkej trysky je 400W.

$$P_{Hs} = P_B + P_T \quad (13)$$

$$P_{Hs} = 600 + (2 * 400) \quad (14)$$

$$P_{HS} = 1\,400\text{ W} = 1,4\text{ kW} \quad (15)$$

$$C_{EHS} = 1,4 * 1,04 = 1,456\text{ Kč/hod} \quad (16)$$

Cena elektrické energie spotrebovaná vyhrievaným vtokovým systémom je 1,47kč/hod.

Počet kusov vyrobených za hodinu:

$$s = \frac{3600}{12,6} = 285\text{ kusov} \quad (17)$$

Počet kusov vyrobených za hodinu pri výrobnom cykle 12,6 s je 285 kusov.

Cena elektrickej energie na jeden výrobný cyklus:

$$C_E = \frac{C_{EHS}}{s} = \frac{1,456}{285} = 0,0051\text{ Kč} \quad (18)$$

Cena materiálu a elektrickej energie na jeden výrobný cyklus:

$$C_c = C_E + C_M \quad (19)$$

$$C_c = 3,96 + 0,0051 \quad (20)$$

$$C_c = 3,969\text{ Kč} \quad (21)$$

V cene nie je započítaná cena potrebnej energie na chod stroja, cena (mzda) obsluhy a ďalšie náklady spojené s výrobou.



## 11 DISKUZIA VÝSLEDKOV

Cieľom bakalárskej práce bolo navrhnúť vhodné konštrukčné riešenie pre vstrekovaný diel, ktorým bol obal na DVD. Forma bola navrhovaná stavebnicovým spôsobom s ohľadom na maximalizáciu využitia normálií od firmy HASCO, ktoré prispievajú k urýchleniu návrhu formy a znižujú jej cenu.

Tvarová dutina je tvorená tvarovými vložkami, tvárnikom a tvárnitou, ktorých tvarové dutiny boli zväčšené o hodnotu zmrštenia za účelom jeho kompenzácie. Ako materiál tvarových vložiek bola volená nástrojová oceľ triedy 19, ktorá bola ďalej tepelne spracovaná pre zvýšenie jej odolnosti.

Úspora materiálu, skrátenie výrobného cyklu a tvar zadaného výrobku viedli k voľbe vyhrievaného rozvodného bloku s dvojicou horkých trysiek. Celý vtokový systém bol opäť prevzatý z katalógu normálií od firmy HASCO. Z dôvodu vstrekovania materiálu tiahnuceho vlas boli volené trysky s hrotom. Dvojica trysiek dopravuje taveninu do dutiny formy bodovým vtokom, pre ktorý bolo v tvárniku zhotovené čočkovité zahĺbenie.

Temperačný systém tvarových vložiek bol navrhnutý takmer identicky. Jedná sa o sieť vŕtaných kanálov, ktoré odvádzajú teplo z dutiny formy. Rozmiestnenie kanálov bolo limitované horkými tryskami a rozložením vyhadzovacieho systému. Temperačným médiom bola zvolená voda, ktorá je v rozvodných kanáloch usmerňovaná pomocou upchávok.

Vyhadzovanie výrobku z dutiny formy je realizované pomocou skupiny vyhadzovačov rozmiestnených tak aby prispievali k rovnomernému vyhodeniu výrobku z dutiny formy. Materiálom pre štvoricu nenormalizovaných trubkových vyhadzovačov a ich jadriera bola opäť zvolená nástrojová oceľ triedy 19.

Pre lepšiu manipuláciu s formou pri jej transporte bola forma vybavená transportným mostíkom a dvojicou uzavieracích zariadení.

Konštrukčný návrh vstrekovacej formy bol spracovaný s použitím konštrukčného programu CATIA V5R18.

Pre lepšiu prehľad o cenách jednotlivých dielov a z dôvodu určenia ceny formy bola vypracovaná ekonomická rozvaha. V ekonomickej rozvahe bolo vypočítané, že cena vstrekovacej formy bez zahrnutia tvarových vložiek a bez nákladov na ďalšie úpravy je zhruba 192 000kč. Pri výpočte ceny vstrekovacieho cyklu bola zahrnutá spotreba materiálu a cena

elektrickej energie spotrebovaná vtokovým systémom. Cena jedného výrobného cyklu je 3,969 Kč.

## ZÁVĚR

Praktická část bakalářské práce se skládá s konstrukčního návrhu vstrekovací formy a vypracování ekonomické rozvahy.

Konstrukční návrh byl realizovaný s použitím konstrukčního programu CATIA V5R18 s podporou elektronického katalogu normálí HASCO DAKO Modul. Konstrukční návrh byl popsán v příslušných kapitolách.

Pomocou spomenutých programů byly vytvořeny 3D modely výrobku a vstrekovací formy. 3D modely tvořili základ při tvorbě 2D výkresové dokumentace, která je doložená v přílohách bakalářské práce.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

Monografia:

- [1] BOBČÍK, L. *Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů. Díl 1.* 2. upr. vyd. Brno: Uniplast, 1999. 133 s.
- [2] BOBČÍK, L. *Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů. Díl 2.* 1. vyd. Brno: Uniplast, 1999. 214 s.
- [3] BEAUMONT, John P., R. NAGEL a R. SHERMAN. *Successful injection molding: process, design, and simulation ; with CD-ROM.* Munich [u.a.]: Hanser, 2002. ISBN 34-461-9433-9.
- [4] REES, Herbert. *Mold engineering.* 2nd ed. Munich: Hanser Publishers, 2002, 688 s. ISBN 34-462-1659-6.
- [5] MENGES, Georg. *How to make injection molds.* 3rd ed. Munich: Hanser Publishers, 2001, 612 s. ISBN 34-462-1256-6.
- [6] KOLOUCH, J. *Strojní součásti z plastů.* 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981. 258 s.
- [7] KAMAL, Musa R, Avraam I ISAYEV a Shih-Jung LIU. *Injection molding: technology and fundamentals.* Cincinnati: Hanser, c2009, xxviii, 926 p. Progress in polymer processing. ISBN 15-699-0434-0.
- [8] MÉZL, M., *Základy technologie vstrekování plastov.* Olomouc: Mapro, 2012. 301 s. ISBN 978-80-970749-7-5.
- [9] SKOČOVSKÝ, P., BOKŮVKA, O., KONEČNÁ, R., TILLOVÁ, E., *Náuka o materiálu pro odbory strojnícke.*, 2. vyd. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2006. 349 s. ISBN 80-8070-593-3
- [10] BRUMEL, M. a kol. *Rozmerove presné výroby z plastu.* 1. vyd. Praha: VÚNM, 1977. 272 s.
- [11] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení: určené pro posl. fak. technologické.* 1. vyd. Brno: VUT, 1990, 199 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0213-X.
- [12] KAZMER, David. *Injection mold design engineering.* Cincinnati: Hanser Gardner, c2007, xx, 423 p. ISBN 978-344-6412-668.

- [13] CAMPO, E. *The complete part design handbook: for injection molding of thermoplastics*. Cincinnati: HanserGardner Publications, c2006, xxi, 870 p. ISBN 978-156-9903-759.

Internetové zdroje:

- [14] *Vstřikování Plastů* [online]. 2005 [cit. 2008-11-10]. Dostupný z WWW: <[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)>.
- [15] *Plasty* [online]. [2002] [cit. 2012-22-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.ateam.zcu.cz/plasty.pdf>>.
- [16] *Arburg* [online]. c2001-2007 [cit. 2013-15-3]. Dostupný z WWW: <<http://www.arburg.com>>.
- [17] *Formplast* [online]. 2013 [cit. 2013-15-3]. Dostupný z WWW: <[http://www.formplastgmbh.de/en/injection\\_moulding\\_machine.php?maschinen\\_id=4872](http://www.formplastgmbh.de/en/injection_moulding_machine.php?maschinen_id=4872)>.
- [18] *Česká národní banka* [online]. 2003-2013 [cit. 2013-14-4]. Dostupné z WWW: <<http://www.cnb.cz>>.
- [19] *Inetrplastics* [online]. 2012 [cit. 2013-04-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.interplastics.sk>>.
- [20] *Kurzy energií* [online]. 2000-2013 [cit. 2013-04-30]. Dostupné z WWW: <<http://www.kurzy.cz/komodity>>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

2D	Dvojmerný priestor
3D	Trojmerný priestor
C <sub>C</sub>	Cena celková
C <sub>E</sub>	Cena elektrickej energie
C <sub>EHS</sub>	Cena energií horkého vtokového systému
C <sub>M</sub>	Cena materiálu
d	Dĺžka[mm]
E	Modul pružnosti v ťahu [MPa]
G	Modul pružnosti v smyku [MPa]
HRC	Tvrdość podľa Rockwella
IT	Trieda presnosti
ITT	Index toku taveniny [g/10 min]
kW	Kilowatt
M	Množstvo potrebného plastu
MW	Megawatt
m <sub>V</sub>	Hmotnosť výrobku
n	Násobnosť vstrekovacej formy
PA6	Polyamid 6
PC	Polykarbonát
PE	Polyetylén
P <sub>B</sub>	Príkon rozvodného bloku
P <sub>HS</sub>	Príkon horkého vtokového systému
P <sub>T</sub>	Príkon trysky
PMMA	Polymethylmetakrylát
POM	Polyoximethylén

---

PP	Polypropylén
PS	Polystyrén
PVC	Polyvinylchlorid
Ra	Stredná aritmetická drsnosť povrchu [ $\mu\text{m}$ ]
s	Počet kusov
SAN	Styrénakrylonitril
SVS	Studený vtokový systém
š	Šírka[mm]
Tg	Teplota skleného prechodu[ $^{\circ}\text{C}$ ]
$t_{\text{pl}}$	Plastikačná doba jedného cyklu vstříkovacieho stroja [s]
v	Výška[mm]
VVS	Vyhrievaný vtokový systém

**ZOZNAM OBRÁZKOV**

Obrázok 1: Rozdelenie polymérov [1].....	12
Obrázok 2: Oblasť využitia amorfných polymérov [1] .....	13
Obrázok 3: Amorfná štruktúra [3] .....	13
Obrázok 4: Oblasť využitia semikryštalických plastov [1] .....	13
Obrázok 5: Semikryštalická štruktúra [3].....	14
Obrázok 6: Štruktúra reaktoplastov [3] .....	14
Obrázok 7: Štruktúrna sieť elastomérov [8] .....	15
Obrázok 8: Uzatvorenie formy [11].....	16
Obrázok 9: Vstriknutie taveniny, chladenie + dotlak [11].....	17
Obrázok 10: Plastikácia novejdávky [11].....	17
Obrázok 11: Otvorenie formy avyhodenie výrobku [11] .....	17
Obrázok 12: Obecné zásady hrúbky steny [3] .....	21
Obrázok 13: Rôzne usporiadania rebier [1] .....	22
Obrázok 14: Zpôsobý zhotovenia nadpisov [1] .....	23
Obrázok 15: Príklad vyváženého tokového systému [1] .....	27
Obrázok 16: Prierezy rozvádzacích kanálov [1].....	29
Obrázok 17: Vyhrievaný vtokový systém [10].....	30
Obrázok 18: Príklady rozvodných blokov [10] .....	31
Obrázok 19: Renderovaný model DVD obalu.....	39
Obrázok 20: vstrekovací stroj Arburg ALLROUNDER [17].....	41
Obrázok 21: Popis rámu formy.....	43
Obrázok 22: Pohľad do deliacej roviny .....	44
Obrázok 23: Tvárnica .....	45
Obrázok 24: Tvárnik.....	46
Obrázok 25: Vtokový systém .....	47
Obrázok 26: Analýza umiestnenia vtoku.....	48
Obrázok 27: Vyhadzovací systém .....	49
Obrázok 28: Temperačný systém tvárnice.....	50
Obrázok 29: Temperačný systém tvárníku .....	50
Obrázok 30: Transportný mostík s distančnými maticami .....	51
Obrázok 31: Zaisťovacie zariadenie .....	51



## ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1: Aktívne prostrieky – používané kvapaliny [2].....	35
--	----

**SEZNAM PŘÍLOH**

- PI Materiálový list vstrekovaného PP
- PII Technické dáta horkej trysky
- PIII Pravá strana vstrekovacej formy
- PIV Ľavá strana vstrekovacej formy
- PV Výkresová dokumentácia
- PVI CD disk

# PRÍLOHA P I: MATERIÁL VSTREKOVANÉHO PP



## Exxtral™ Performance Polyolefin CMW203 Polypropylene, Compounded (TPO)

### Product Description

A specially thermoplastic polyolefin resin characterized by very high flow and designed for automotive interior applications such as door panel linings and other low pressure back molding applications.

### General

Availability <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Africa &amp; Middle East</li> <li>Asia Pacific</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Europe</li> <li>North America</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>South America</li> </ul>
Features	<ul style="list-style-type: none"> <li>Good Dimensional Stability</li> <li>Good Impact Resistance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Good Mold Release</li> <li>High Flow</li> </ul>	
Uses	<ul style="list-style-type: none"> <li>Automotive Applications</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Automotive Interior Parts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Automotive Interior Trim</li> </ul>
Appearance	<ul style="list-style-type: none"> <li>Black</li> </ul>		
Form(s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pellets</li> </ul>		
Processing Method	<ul style="list-style-type: none"> <li>Injection Molding</li> </ul>		
Revision Date	<ul style="list-style-type: none"> <li>March 2010</li> </ul>		

Physical	Typical Value (English)	Typical Value (SI)	Test Based On
Melt Mass-Flow Rate (MFR) (230°C/2.16 kg)	40 g/10 min	40 g/10 min	ISO 1133
Melt Volume-Flow Rate (MVR) (230°C/2.16 kg)	3.17 in <sup>3</sup> /10min	52.0 cm <sup>3</sup> /10min	ISO 1133
Density	1.05 g/cm <sup>3</sup>	1.05 g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183

Mechanical	Typical Value (English)	Typical Value (SI)	Test Based On
Tensile Stress at Yield	3480 psi	24.0 MPa	ISO 527-2/50
Tensile Stress at Break	3050 psi	21.0 MPa	ISO 527-2/50
Tensile Strain at Yield	2.6 %	2.6 %	ISO 527-2/50
Tensile Strain at Break	7.0 %	7.0 %	ISO 527-2/50
Tensile Modulus - Secant	363000 psi	2500 MPa	ISO 527-2

Impact	Typical Value (English)	Typical Value (SI)	Test Based On
Charpy Notched Impact Strength			ISO 179
-4°F (-20°C), Complete Break	1.0 ft-lb/in <sup>2</sup>	2.2 kJ/m <sup>2</sup>	
32°F (0°C), Complete Break	1.4 ft-lb/in <sup>2</sup>	3.0 kJ/m <sup>2</sup>	
73°F (23°C), Complete Break	2.4 ft-lb/in <sup>2</sup>	5.0 kJ/m <sup>2</sup>	

Thermal	Typical Value (English)	Typical Value (SI)	Test Based On
Heat Deflection Temperature (1.80 MPa)	145 °F	63.0 °C	ISO 75-2/A
Heat Deflection Temperature (0.45 MPa)	241 °F	116 °C	ISO 75-2/B

### Legal Statement

This product is not intended for use in food contact application.

This product is not intended for use in medical applications and should not be used in any such applications.

Typical properties: these are not to be construed as specifications.

©2013 ExxonMobil. ExxonMobil, the ExxonMobil logo, the interlocking "X" device and other product or service names used herein are trademarks of ExxonMobil, unless indicated otherwise. This document may not be distributed, displayed, copied or altered without ExxonMobil's prior written authorization. To the extent ExxonMobil authorizes distributing, displaying and/or copying of this document, the user may do so only if the document is unaltered and complete, including all of its headers, footers, disclaimers and other information. You may not copy this document to or reproduce it in whole or in part on a website. ExxonMobil does not guarantee the typical (or other) values. Any data included herein is based upon analysis of representative samples and not the actual product shipped. The information in this document relates only to the named product or materials when not in combination with any other product or materials. We based the information on data believed to be reliable on the date compiled, but we do not represent, warrant, or otherwise guarantee, expressly or impliedly, the merchantability, fitness for a particular purpose, freedom from patent infringement, suitability, accuracy, reliability, or completeness of this information or the products, materials or processes described. The user is solely responsible for all determinations regarding any use of material or product and any process in its territories of interest. We expressly disclaim liability for any loss, damage or injury directly or indirectly suffered or incurred as a result of or related to anyone using or relying on any of the information in this document. This document is not an endorsement of any non-ExxonMobil product or process, and we expressly disclaim any contrary implication. The terms "we," "our," "ExxonMobil Chemical" and "ExxonMobil" are each used for convenience, and may include any one or more of ExxonMobil Chemical Company, Exxon Mobil Corporation, or any affiliate either directly or indirectly stewarded.

# PRÍLOHA P II: TECHNICKÉ DÁTA HORKEJ TRYSKY

**HASCO**

Schussgewichte- und Formmassen-Empfehlung

Recommendation of shot weights and moulding compounds

Charges d'injection et matières à mouler recommandées

Bestell-Nr.  
Order No.  
Référence

			Z107G	Z107G	Z107GE	Z107GV	Z108G	Z108GE
Schussgewichte [g] Shot weights [g] Charges d'injection [g]								
2								
5			●					
10								
30			●	●	●	●		
50							●	
80			●	●	●	●	●	●
100							●	●
150							●	●
200							●	●
400			●	●	●	●	●	●
600								
800								
1200			●	●	●	●	●	●
1500								
2000								
3000								
4000								
5000								
Formmassen Moulding compounds Matières à mouler	leicht fließend easy-flowing à écoulement facile	PE PP PS	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●	●●●●●●●●●●
	mittel fließend medium-flowing à écoulement moyen	ABS ABS/PC PMMA PA SAN CA ASA EVAC TPE	○●○●○●○●○●	○●○●○●○●○●	○●○●○●○●○●	○●○●○●○●○●	○●○●○●○●○●	○●○●○●○●○●
	schwer fließend hard-flowing à écoulement difficile	PC PC* POM POM* PPE PPE* PPS PPS* PSJ PSJ* PET PET* PBT PBT* PA* PA* SAN*	○●○●○●○●○●	○●○●○●○●○●	○●○●○●○●○●	○●○●○●○●○●	○●○●○●○●○●	○●○●○●○●○●
Verarbeitungstemperatur Processing temperature Température de transformation			max. 280 °C	max. 300 °C	max. 280 °C	max. 280 °C	max. 300 °C	max. 300 °C

- = mit Z107... leicht verarbeitbar  
with Z107... easy processable  
avec Z107... transformation aisée
- = mit Z107... mit Einschränkung verarbeitbar\*\*  
with Z107... processable within limits\*\*  
avec Z107... transformation limitée\*\*
- \* = verstärkte Formmassen  
reinforced moulding compounds  
matières à mouler renforcées
- = leicht verarbeitbar  
easy processable  
transformation aisée
- = mit Einschränkung verarbeitbar  
(Rücksprache mit der Anwendungstechnik wird empfohlen)  
processable within limits  
(Please contact our application engineers)  
transformation limité  
(Contact: avec le service technique conseillé)

Die Schussgewichts-Angaben sind Richtwerte, sie sind abhängig von den zu verarbeitenden Massen, dem Fließweg/Wanddickenverhältnis sowie weiteren Verarbeitungsparametern.

The shot weights given are approximate values only. They are depending on kind of resin to be processed, the flow path/wall thickness ratio as well as other processing parameter.

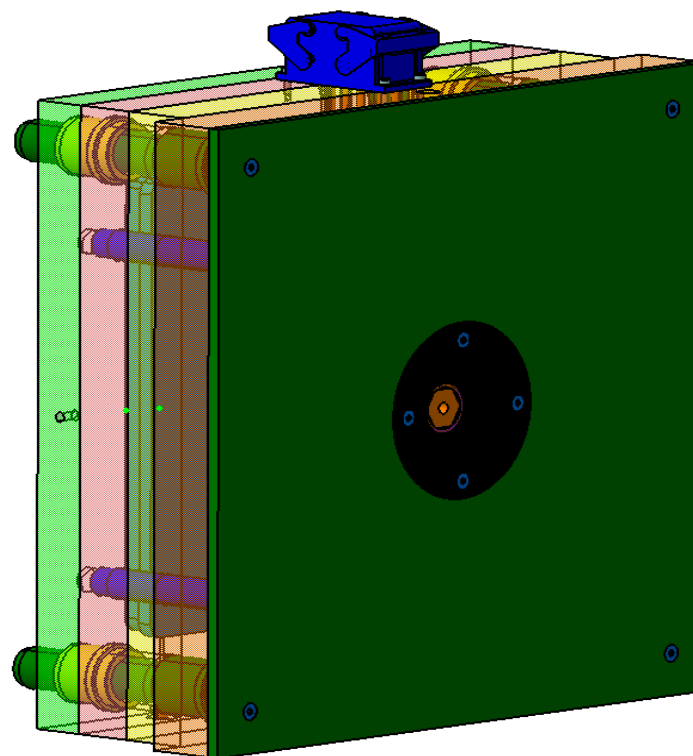
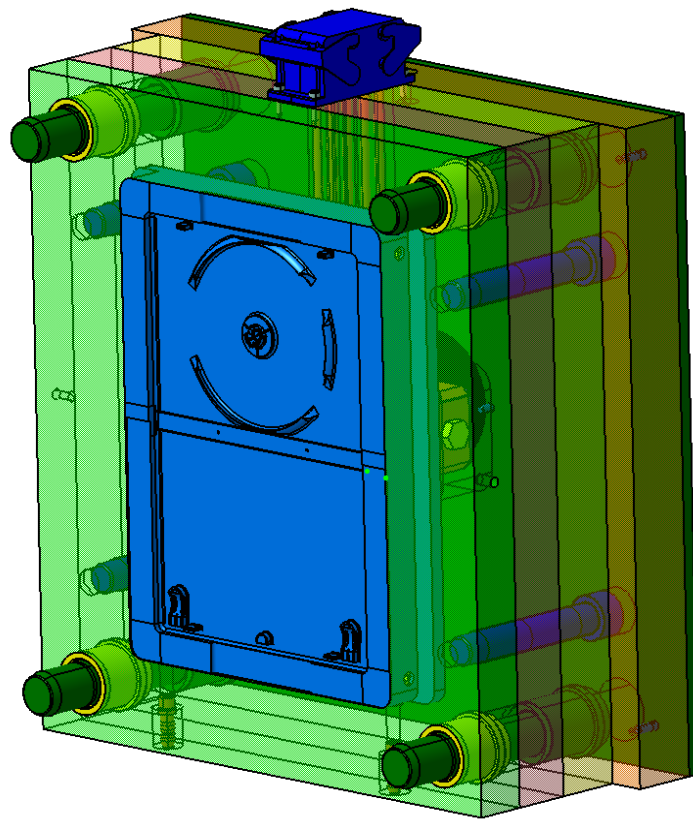
Les données concernant les charges d'injection ne sont que des valeurs indicatives et dépendant des masses à traiter, du rapport: écoulement/épaisseur des parois, de même que d'autres paramètres de traitement.

In Verbindung mit Heißkanal-Verteilerblöcken verringern sich die Gewichtsangaben. Bei relativ hohen Spritzdrücken und ungünstigen Verarbeitungsbedingungen ist der nächst größere Düsentyp zu verwenden.

When used with hot runner manifolds the shot weights have to be reduced. With relatively high injection pressure and difficult processing conditions the next larger nozzle size has to be used.

Les indications concernant les charges doivent être diminuées en cas d'utilisation avec bloc à canal chaud. Pour des pressions relativement élevées, veuillez choisir le type de buse immédiatement supérieur.

## PRÍLOHA P III: PRAVÁ STRANA VSTREKOVACEJ FORMY



## PRÍLOHA IV: ĽAVÁ STRANA VSTREKOVACEJ FORMY

