

# Konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl

David Svozil

---

Bakalářská práce  
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David SVOZIL**

Osobní číslo: **T08915**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Nakreslete model zadaného dílu.
3. Provedte konstrukci vstřikovací formy ve 3D.
4. Nakreslete sestavu a příslušné řezy formy ve 2D.

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:

**14. února 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**3. června 2011**

Ve Zlíně dne 6. ledna 2011



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



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: SVOZIL DAVID

Obor: TECHNOLOGICKÁ ZAR.

## 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 18.5.2011

Svozil

<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 nevdělečně 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 uchozečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

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

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

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

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

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

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

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

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním řešením vstřikovací formy s příslušnou výkresovou dokumentací. Konstrukce formy se odvíjela od zadaného dílce, kterým je přepravka na láhve.

Celá práce se skládá ze dvou částí, teoretické a praktické. V první části jsou popsány informace okolo vstřikování, materiálů, vstřikovacích formách. Druhá část se zaměřuje na konstrukci vstřikovací formy pomocí softwaru CATIA V5 R18.

Klíčová slova: vstřikovací forma, vstřikování, vstřikovací stroj, konstrukce

## **ABSTRACT**

Bachelor thesis deals with the design of injection mold with technical drawings. Mold design was based from the specified components, which is a box of bottles.

The work consists of two parts, theoretical and practical part. The first part describes the information about injection molding process, materials, injection molds. The second part describes on the design, injection molds using the software, CATIA V5 R18.

Keywords: injection mold, injection molding, injection molding machina, desing

## **PODĚKOVÁNÍ:**

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce, Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za odborné vedení, poskytnutý čas a cenné připomínky, které mi věnoval při vypracování bakalářské práce.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 MATERIÁLY PRO VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>12</b>
1.1 ROZDĚLENÍ POLYMERŮ.....	12
1.1.1 Rozdělení termoplastů.....	13
Amorfnní termoplasty .....	13
Semikrystalické termoplasty .....	14
1.2 VOLBA VHODNÉHO MATERIÁLU.....	15
1.3 PŘÍPRAVA PŘED ZPRACOVÁNÍ.....	15
1.3.1 Doprava materiálu .....	15
1.3.2 Sušení materiálu .....	15
1.3.3 Přísady .....	16
<b>2 VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>17</b>
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	17
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ .....	19
2.2.1 Vstřikovací jednotka .....	19
2.2.2 Uzavírací jednotka.....	20
2.2.3 Ovládání a řízení stroje .....	21
2.3 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK.....	21
2.3.1 Jakost výrobku.....	21
<b>3 VSTŘIKOVACÍ FORMY</b> .....	<b>23</b>
3.1 KONSTRUKCE FORMY .....	23
3.2 NÁSOBNOST FORMY .....	24
3.3 ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU VE FORMĚ .....	24
3.4 ČÁSTI VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	24
3.4.1 Vtokový systém .....	25
Studený vtokový systém (SVS) .....	26
Vyhřívané vtokové soustavy (VVS) .....	26
3.4.2 Vyhazování výstřiku z formy .....	29
Vyhazování pomocí kolíků .....	29
Vyhazování stírací deskou .....	29
Trubkový vyhazovač.....	30
3.4.3 Temperování forem .....	30
Temperační prostředky .....	31
3.4.4 Odvzdušnění formy .....	31
<b>4 MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ FOREM</b> .....	<b>33</b>
4.1 POŽADOVANÉ VLASTNOSTI OCELÍ.....	33
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>35</b>
<b>5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE</b> .....	<b>36</b>



<b>6</b>	<b>VSTŘIKOVANÝ DÍLEC .....</b>	<b>37</b>
6.1	MATERIÁL VSTŘIKOVANÉHO DÍLCE .....	38
<b>7</b>	<b>KONSTRUKCE FORMY.....</b>	<b>39</b>
7.1	NÁSOBNOST FORMY .....	39
7.2	ZAFORMOVÁNÍ DÍLCE .....	39
7.3	VTOKOVÝ SYSTÉM.....	41
7.4	TEMPERAČNÍ SYSTÉM .....	42
7.4.1	Temperace tvárníku.....	42
7.4.2	Temperace tvárnice .....	43
7.4.3	Temperace bočních tvarových částí .....	44
7.5	ODFORMOVÁNÍ.....	44
7.6	VYHOZENÍ VÝSTŘIKU .....	45
7.7	TVAROVÉ DÍLY FORMY .....	46
7.8	MANIPULACE S FORMOU.....	48
<b>8</b>	<b>VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE .....</b>	<b>49</b>
<b>9</b>	<b>POUŽITÝ SOFTWARE .....</b>	<b>51</b>
9.1	CATIA V5 R18.....	51
9.2	WORLDCAT- CIF .....	51
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>54</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>55</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>57</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>62</b>

## ÚVOD

Plasty z části nahradily materiály, které jsou ekonomicky náročné, jelikož se vyznačují stejnými nebo podobnými mechanickými vlastnostmi. Jsou pevné, za tepla dobře tvarovatelné, mají malou hustotu, jsou dobrými izolátory elektrického proudu a tepla, jsou na vzduchu stálé a některé jsou odolné proti účinkům žíravín a jiných chemikálií. Do požadovaného tvaru se plasty zpracovávají různými technologiemi. Jako např. lisování, lití, vyfukování, vstřikování. Vstřikování je nejvíce rozšířenou technologií pro zpracování plastů, vyžaduje však velké série výrobků (řádově desítky tisíc). Jen při takových sériích je možné vyšší náklady na výrobu formy rozpočítat do jednotlivých výrobků. Vstřikováním je možné zpracovat většinu běžných plastů.

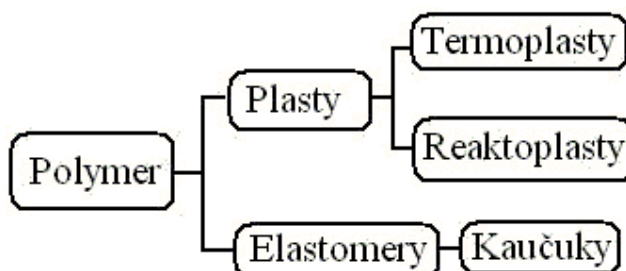
Díky masivnímu používání plastů se musí řešit i problém týkající se odpadu, recyklace. Podíl plastů v komunálním odpadu i celkový objem plastového odpadu se neustále zvyšuje a v posledních letech představuje pro životní prostředí značnou zátěž. Recyklace plastů se stává čím dál více důležitější. V důsledku vzrůstajícího používání nejrůznějších druhů plastů nastává otázka co s nimi poté, jak splní svoji funkci. [10]

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 MATERIÁLY PRO VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je způsob tváření při kterém dochází zhotovení výrobku, který je z polymeru. Polymer je makromolekulární látka vyrobena polymerací (chemickou reakcí). Je to látka, která je složena z mnohokrát se opakující základní jednotky mer. Polymery se rozdělují podle mnoha kritérií.

## 1.1 Rozdělení polymerů



Obr. 1. Rozdělení plastů

Základní druhy plastů:

- reaktoplasty - jedná se o polymerní materiály, dříve nazývané termosety, 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. Tento děj je nevratný a vytvrzené plasty nelze roztavit ani rozpustit, dalším zahříváním dojde k rozkladu hmoty,
- termoplasty - jedná se o polymerní materiály, které při zahřívání přecházejí do plastického stavu, kde je lze snadno tvářet a různě zpracovávat. Mají řetězce přímé nebo s bočními větvemi. Při ohřevu se uvolní soudružnost řetězců a hmota je viskózní.

[1]

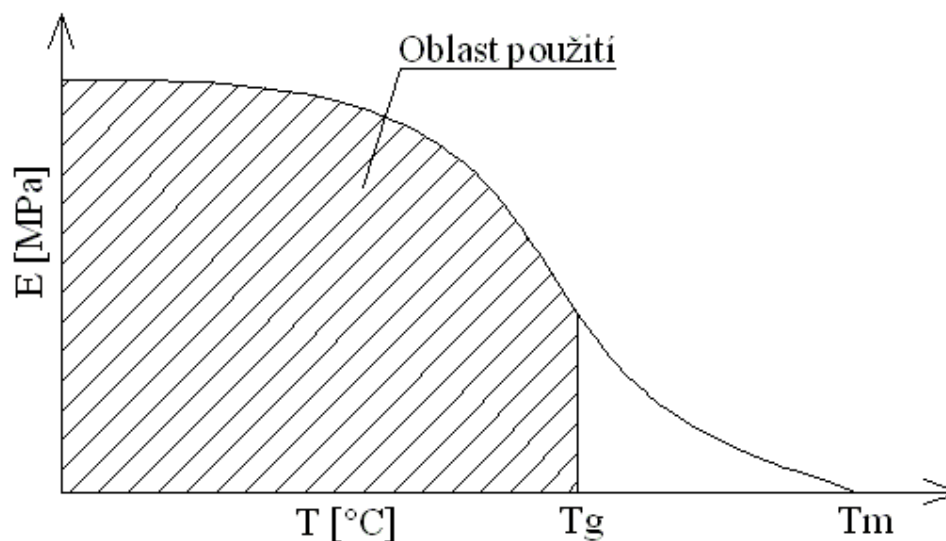
### 1.1.1 Rozdělení termoplastů

Termoplasty se dělí z hlediska struktury na:

- amorfní,
- semikrystalické.

#### *Amorfní termoplasty*

Jejich řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány. Jsou charakteristické svou tvrdostí, křehkostí, mají vysokou pevnost, jsou dobře rozpustné v rozpouštědlech, jsou průhledné (transparentní). Patří sem např. PS, ABS, SAN, PMMA, PC. [1]



Obr. 2. Oblast použití amorfních termoplastů [1]

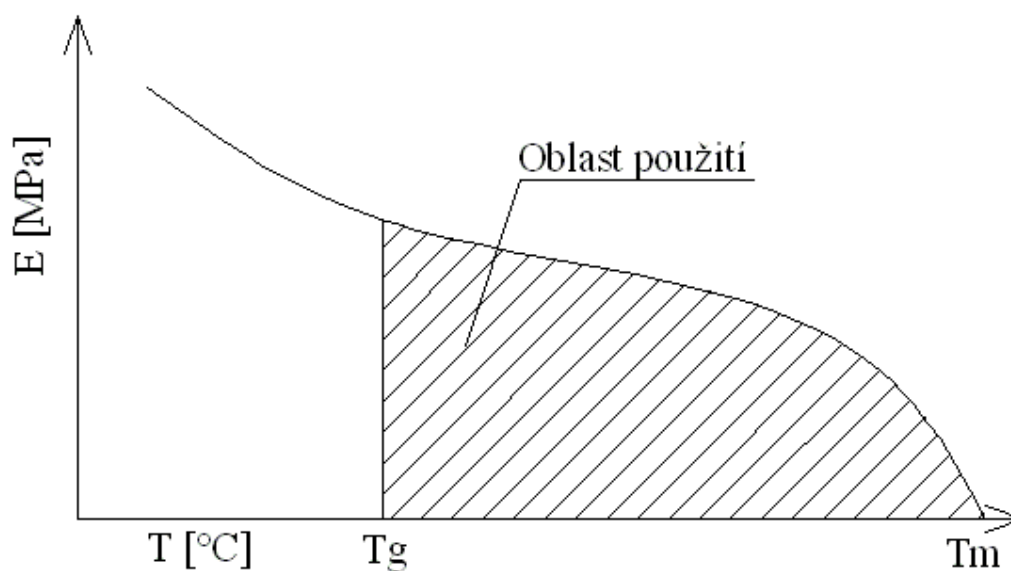
Tab. 1. Teploty Tg [1]

Amorfní plasty	Tg [°C]
PS	90-100
ABS	105-115
SAN	115
PMMA	100
PC	144

U výrobků z amorfních materiálů je použitelnost pod teplotou skelného přechodu ( $T_g$ ). Materiál je v tomto stavu pevný a se zvyšující se teplotou nad  $T_g$  přechází materiál do plastické oblasti až do viskózního stavu. [1]

### Semikrystalické termoplasty

Velká část je pravidelně uspořádána, tvoří krystalické části. Zbytek je amorfní. Vyznačují se svojí houževnatostí, pevnost se zvyšuje s rostoucí krystalitu, v organických rozpouštědlech jsou obtížně nebo vůbec rozpustné, jsou mléčné. Mezi nejčastější semikrystalické termoplasty patří např. PE, PP, PBT, PA6. [2]



Obr. 3. Oblast použití semikrystalických termoplastů [1]

Tab. 2. Teploty  $T_g$  semikr. plastů [1]

Semikrystalické plasty	$T_g$ [°C]
PE	-80
PP	-20
PBT	60
PA6	45

Využitelnost semikrystalických polymerů je nad teplotou skelného přechodu  $T_g$ , jejich výhodou je dobrá pevnost a houževnatost nad teplotou  $T_g$ . [3]

## 1.2 Volba vhodného materiálu

Mezi výhody vstřikování je zahrnuto i to, že je možné vyrobit součást, která už nevyžaduje žádné nebo jenom minimální opracování. Při volbě vhodného termoplastu se musí uvažovat jakou funkci bude daná součást plnit a proto zvolit materiál s požadovanými vlastnostmi, jeho cenu a vzít v úvahu zpracovatelnost, která ovlivňuje mechanické a fyzikální vlastnosti ve finálním stavu. [6]

## 1.3 Příprava před zpracováním

Plasty před zpracováním se musí podrobit různým technologickým operacím, kdy se do materiálu přidávají různé přísady, nebo se odstraní nežádoucí prvky, voda, apod. Díky tomu dochází k ovlivnění chemické a fyzikální struktury plastu. Obvykle to bývá sušení granulátu, mísení s přídavkem rozdrčeného odpadu, barvení granulátu, míchání s nadouvadlem apod. [3]

### 1.3.1 Doprava materiálu

Materiál přichází od výrobce ke zpracovatelským zařízením a to ve formě granulí (PE, PS, PP, atd.) nebo prášku (plniva, PVC, pigment, atd.). Do výrobních zařízení se tyto materiály dopravují v pytlích o hmotnosti 25 kg, 30 kg a nebo 500 kg. Dopravu granulátu ke vstřikovacímu stroji zajistíme např. pomocí pneumatického dopravníku. [3]

### 1.3.2 Sušení materiálu

Některé materiály jsou navlhavé a před zpracováním se musí sušit. Zbavit se vlhkosti v materiálu, neboť přítomnost vody se projevuje poklesem mechanických vlastností, zhoršením kvality povrchu.

Materiál může absorbovat vlhkost buď:

- nasákavost - příjem vlhkosti z kapalné fáze,
- navlhavost - příjem vlhkosti z plynné fáze.

Materiál může mít tyto vlastnosti v závislosti na vodě:

- hydrofilní - schopnost vázat vodu ( PA, PUR ),
- hydrofobní - schopnost odpuzovat vodu ( PS, PP ).

Tab. 3. Teploty a doba sušení [3]

Plast	PE	PS	PP	ABS	PC	PMMA
Teplota sušení [°C]	50 - 70	80	80	80	120 - 130	70 - 80
Doba sušení [hod]	0,5 - 1	3	0,5 - 1	3	4 - 20	2 - 4

Sušení a navlhání jsou vratné děje a vysušený materiál je nutno chránit před vlhkostí, proto do násypky vstřikovacího stroje se může dát takové množství, které se zpracuje do 30 minut. Násypky některých strojů jsou vyhřívány a teplota materiálu se udržuje na potřebné výši proudem teplého vzduchu. [3]

### 1.3.3 Přířady

Různými přísadami se můžou měnit základní vlastnosti polymerů. A to přidáním jednotlivých přísad.

Jako přísady se používají:

- plniva prášková nebo vláknitá. Svým charakterem mění především fyzikální i mechanické vlastnosti plastu. Vlákenná plniva především vyztužují hmotu a zvyšují její pevnost,
- prášková plniva naopak při vyšší koncentraci zmenšují tyto hodnoty. Některé však mechanické hodnoty zvětšují, což jsou plniva aktivní (saze v kaučuku),
- změkčovadla se přidávají k některým tvrdým polymerům pro získání měkkosti a ohebnosti,
- barviva slouží k dosažení žádaného barevného odstínu,
- stabilizátory zlepšují některé vlastnosti, např. odolnost proti vyšším teplotám při jejich zpracování, proti UV záření, stárnutí apod.,
- nadouvadla uvolňují při zpracování plyny a vytváří tak lehčenou strukturu plastu se svými zvláštními vlastnostmi. [5]



## 2 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je jednou z hlavních operací při zpracování plastů. Umožňuje ekonomicky produkovat kvalitní a dostatečně přesné výrobky (výstřiky) ze širokého výběru plastů (PP, PS, ABS, PMMA, PC), ale i kaučukových směsí. Při procesu vstřikování se mění polymer (většinou ve formě granulátu) v hotový výrobek požadovaných tvarů dle výkresové dokumentace a v požadované jakosti. Technologie vstřikování umožňuje vyrábět výrobky velmi složitých tvarů pro aplikace v automobilovém, leteckém, kosmickém průmyslu, dále pak v elektrotechnickém průmyslu a optice, ve zdravotnictví, v přístrojích pro domácnost, sport i volný čas a to jako samotný výrobek a nebo jako součást určitého výrobku. Tedy v širokém rozsahu se plastové výrobky používají v různých odvětvích průmyslu. Tato technologie zpracování plastů má však i další výhody jako jsou například:

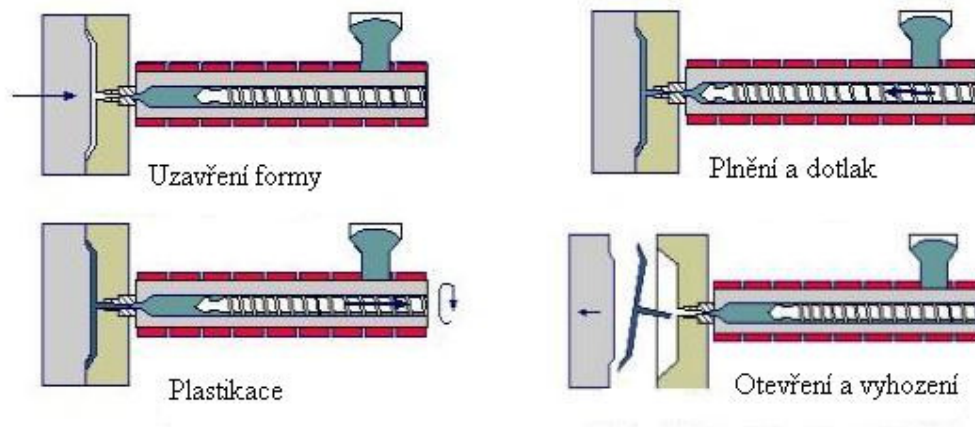
- vtokové zbytky se dají u termoplastů znovu zpracovat, což je velmi výhodné z ekonomického hlediska,
- vstřikování je proces relativně rychlý a dá se velmi dobře a rozsáhle automatizovat.

[3]

### 2.1 Vstřikovací cyklus

Na počátku vstřikovacího cyklu (Obr.4) je dutina formy prázdná a forma je otevřená. Následně se pohyblivá část formy se přisune k pevné, forma se zavře. Následuje pohyb šneku v tavicí komoře a začíná vlastní vstřikování roztavené hmoty do dutiny vstřikovací formy. V této fázi šnek vykonává pouze axiální pohyb, neotáčí se a vlastně plní funkci písťtu. Po naplnění formy je tavenina v dutině ještě stlačena a tlak dosáhne maximální hodnoty. Jakmile tavenina vstoupí do dutiny formy, ihned začne předávat teplo vstřikovací formě a chladne. Během chladnutí se hmota smršťuje a zmenšuje svůj objem, a aby se na výstřiku netvořily propadliny, je nutno zmenšování objemu kompenzovat dodatečným dotlačením taveniny do dutiny formy – dotlak. Po dotlaku začíná plastikace nové dávky plastu. Dojde k otevření formy a vyhození výrobku.

[3]



Obr. 4. Vstřikovací cyklus [3]

V průběhu vstřikování se musí zvolit celá řada parametrů:

- teplota taveniny se neměří při výstupu ze vstřikovací trysky stroje. Její výše i rozsah je dán druhem plastu,
- velikost dávky je zvolena tak, aby došlo k naplnění tvarových dutiny formy i vtokového rozvodu,
- velikost a doba působení vstřikovacího tlaku musí umožnit spolehlivé naplnění dutiny formy taveninou,
- vstřikovací rychlost je ovlivněna vstřikovacím tlakem a časem,
- chladicí čas je doba, po kterou je tavenina v dutině formy ochlazována bez působení vstřikovacího tlaku. Závisí na teplotě zpracovaného plastu.

Jednotlivé zpracovatelské parametry se při zkušebním provozu nastaví podle materiálem požadovaných hodnot s korekcí a ze zkušenosti a s ohledem na tvar výstřiku, formy i celého vstřikovacího cyklu. Dále se pak upřesňují podle dosahovaných výsledků. [1]

## 2.2 Vstřikovací stroj

Vstřikovací proces probíhá na moderních strojích většinou plně automaticky, takže se dosahuje vysoké produktivity práce. [3]



Obr. 5. Vstřikovací stroj [12]

Vyžaduje se od něho, aby kvalitou svých parametrů a dokonalým řízením, byla zajištěna výroba jakostních výstřiků.

[1]

Konstrukce stroje je charakterizován podle:

- vstřikovací jednotky,
- uzavírací jednotky,
- ovládání a řízení stroje.

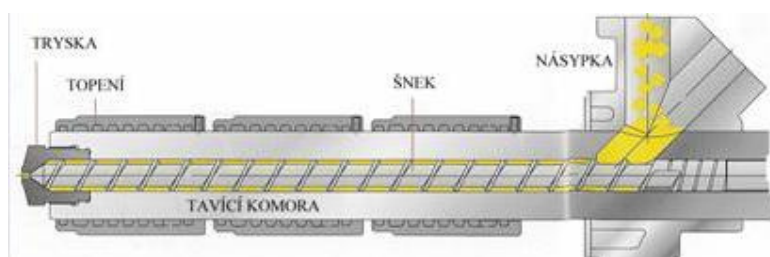
[1]

### 2.2.1 Vstřikovací jednotka

Dopraví požadované množství taveniny do dutiny formy. Velikost tlaku do značné míry závisí na tloušťce stěny výrobku. U tlustostěnných výrobků se vyžaduje relativně malých tlaků, kdežto u tenkostěnných výrobků je tlak vyšší, kvůli tomu, aby tavenina nezatuhla ještě dříve než se vyplní celá dutina formy. [8]

Vstřikovací jednotka pracuje tak, že do tavného válce je dopravován zpracovaný materiál s násypky pohybem šneku. Tavenina je posouván šnekem s možnou změnou otáček přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo. Topení tavné komory je nejčastěji rozděleno do tří pásem (vstupní, střední a pásmo u trysky). Část tepelné energie vznikne disipací v materiálu.

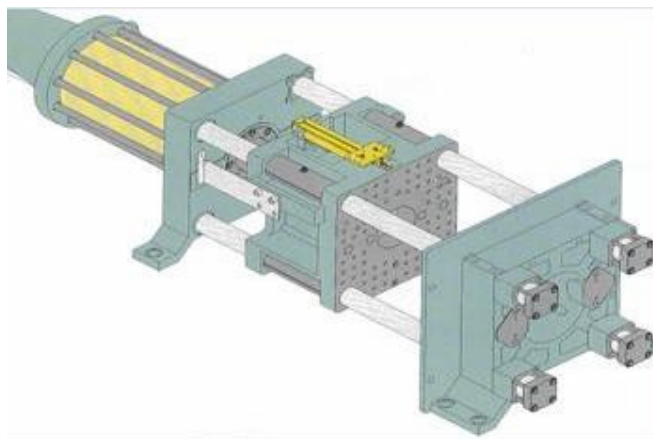
Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. [1]



Obr. 6. Vstřikovací jednotka [3]

### 2.2.2 Uzavírací jednotka

Vstřikovací stroje mají nosnou konstrukci obvykle sloupovou. Menší stroje mívají dvou-sloupovou konstrukci, větší čtyř-sloupovou. Nosné sloupy spojují jednotlivé části a zároveň slouží k vedení pohyblivých částí stroje. Otevření a uzavření formy zajišťuje uzavírací jednotka. [7]



Obr. 7. Uzavírací jednotka [3]

Podle druhu pohonu lze rozdělit uzavírací jednotku na hydraulickou, hydraulicko-mechanickou a elektromechanickou. Hydraulické uzavírací ústrojí mají uzavírací rychlost řízenou uspořádáním a ovládáním hydraulického obvodu. U hydraulicko-mechanické uzavírací jednotky je rychlost uzavírání dána kinematickým uspořádáním mechanismu. Při konstrukci elektromechanických uzavíracích jednotek je výhodou jejich jednoduché ovládání a příznivá spotřeba energie. [7]

### 2.2.3 Ovládání a řízení stroje

Řízení stroje se musí zajistit vhodnými řídicími a regulačními prvky. Novější vstříkovací stroje se v současnosti neobejdou bez výkonné procesové techniky. Místo obvyklé textové formy nastavování technologických parametrů se využívá nejrůznějších grafické formy řízení pracovního cyklu na displeji se selektivním přístupem k jednotlivým parametrům stroje. Pracovní cyklus sestavený do potřebných programových sekvencí je pak snadno kontrolovatelný a upravitelný. [1]

## 2.3 Vstříkovaný výrobek

Vstříkované výrobky z plastu se konstrukčně řeší z hlediska funkčního, technologického, estetického a ekonomického. [4]

Konstrukční návrh součástí z plastu se řídí jinými zásadami, než u součástí kovových. Pro realizaci plastových součástí jsou dány určité meze konstrukčních tvarů a jejich vlastností, které by se neměly překročit, jinak vzniknou při výrobě problémy. Bez potřebných znalostí lze se jim jen obtížně vyhnout a docílit, aby vzniklá součást, vyhovovala podmínkám výroby. Všeobecně platí: Čím jednodušší je součást, tím výhodnější jsou její pevnostní podmínky, snadnější dodržení rozměrů, levnější výroba formy a jednodušší výroba výstřiků. [1]

### 2.3.1 Jakost výrobku

Vedle požadovaných rozměrů je význačným znakem výstřiku jejich jakost povrchu. Vhodnou úpravou např. dezénem, barevností apod. se zvýší jejich estetický vzhled, ale i jejich účelové využití. Vyráběné součásti mají pak vhodný barevný odstín, nebo jsou transparentní, případně se u nich dosahuje různé hladkosti a lesku povrchu. Jakost povrchu je obrazem povrchu dutiny formy.

Plochy mohou být:

- matné, ty jsou výrobně nejjednodušší a ekonomicky nejvhodnější. Jsou výhodné v tom, že zakryjí některé vzhledové nedostatky. (studené spoje, stopy po toku apod.),
- lesklé jsou nejnákladnější a nejnáročnější na výrobu dutiny formy. Stupeň lesku se předepisuje vysoký. Na lesklém povrchu jsou viditelné veškeré nedostatky výroby formy i výstřiku,
- dezénové plochy jsou také častou úpravou části, nebo celého povrchu součásti. Dosáhne se tím zvýraznění některé její oblasti, snadnější manipulace, snížení průhlednosti,
- barevnost povrchu je jednou z vlastností, která ovlivňuje dojem o dané součásti. Její volba je dána druhem použitého plastu a možného barevného odstínu materiálu.

Hlavní činitelé ovlivňující jakost:

- smrštění záleží na druhu plastu, konstrukci součásti i na technologii vstřikování. Smrštěním je ovlivněna především přesnost výstřiku. Výrobní, které činí 90% celkového smrštění. Dodatečné, které činí 10% celkového smrštění, bývá několika násobně menší než smrštění výrobní. Probíhá delší dobu. Příčinou je pozvolné uvolňování vnitřního pnutí, vzniklého při vstřikování,
- tečení (kríp), vznikne při větším a dlouhodobějším silovém zatížení součásti. Projeví se plastickou deformací. U semikrystalických je větší než u amorfních,
- teplotní roztažnost, je přibližně o řád větší než u kovů. Je však změnou vratnou,
- navlhavost, nasákavost, rozměry výrobku se mění podle sorbce vody z okolního prostředí. Při vysušení se rozměry opět zmenší.

[1]

### 3 VSTŘIKOVACÍ FORMY

Forma dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměry výrobku, při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. Forma pro zpracování musí odolávat vysokým tlakům, musí poskytovat výrobky o přesných rozměrech, umožnit snadné vyjmutí výrobku a musí pracovat automaticky po celou dobu své životnosti.

Volba materiálu formy závisí na:

- druhu zpracovávaného plastu,
- použité technologii,
- velikosti výrobku a jeho složitosti,
- velikosti série,
- tepelné odolnosti a odolnosti proti opotřebení a korozi,
- ceně.

[1] [3]

#### 3.1 Konstrukce formy

Výroba dílů vstřikováním probíhá na vstřikovacím stroji a ve formě v krátkém čase, za působení dostatečného tlaku a teploty a dalších nutných parametrů. Z toho vyplívají základní požadavky na stroj a formu.

U formy se vyžaduje:

- vysoká přesnost a jakost funkčních ploch i celků,
- správná funkce formy,
- optimální životnost,
- maximální tuhost a pevnost.

Výkres součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji, jsou podkladem pro konstruktéra. Celá koncepce konstrukce vstřikovací formy musí směřovat k možné a snadné výrobní technologii dle stanovených požadavků.

[1]

### 3.2 Násobnost formy

Násobnost vstřikovací formy se volí především podle:

- požadovaného množství,
- složitosti, velikosti výrobku,
- typu stroje, který je k dispozici.

Pro malé nebo ověřovací série se volí jednonásobné jednoduché formy s předpokladem minimálních nákladů na jejich výrobu. Pro hromadnou výrobu je nutno vypracovat technický a ekonomický rozbor o volbě násobnosti formy v několika možnostech.

[6]

### 3.3 Zaformování výstřiku ve formě

Správné zaformování výstřiku a vhodná volba dělicí plochy (roviny) náleží k rozhodujícím zásadám konstrukce formy. Umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby. Vychází z konstrukčního řešení vyráběného dílu.

Dělicí rovina bývá zpravidla jako rovina rovnoběžná s upínáním formy. Může však být i šikmá, tvarovaná, případě vytváří u výstřiku s bočními otvory hlavní a vedlejší dělicí plochy. Nepřesnost v dělicí rovině může způsobit nedovření formy během plnění, proto je třeba, aby dělicí plocha:

- umožnila snadné vyjímání výstřiku,
- byla pravidelná, jednoduchého geometrického tvaru,
- probíhala v hranách výrobku,
- stopa po dělicí rovině nesmí být příčinou funkčních nebo vzhledových závad.

[1]

### 3.4 Části vstřikovací formy

Vstřikovací forma se skládá z dílů, vymezujících tvarovou dutinu formy, vtokového systému, z chladicího systému, z vyhazovacího systému a z upínacích a vodicích elementů. Jednotlivé části vstřikovacích forem lze rozdělit do dvou skupin na části konstrukční a na části funkční.

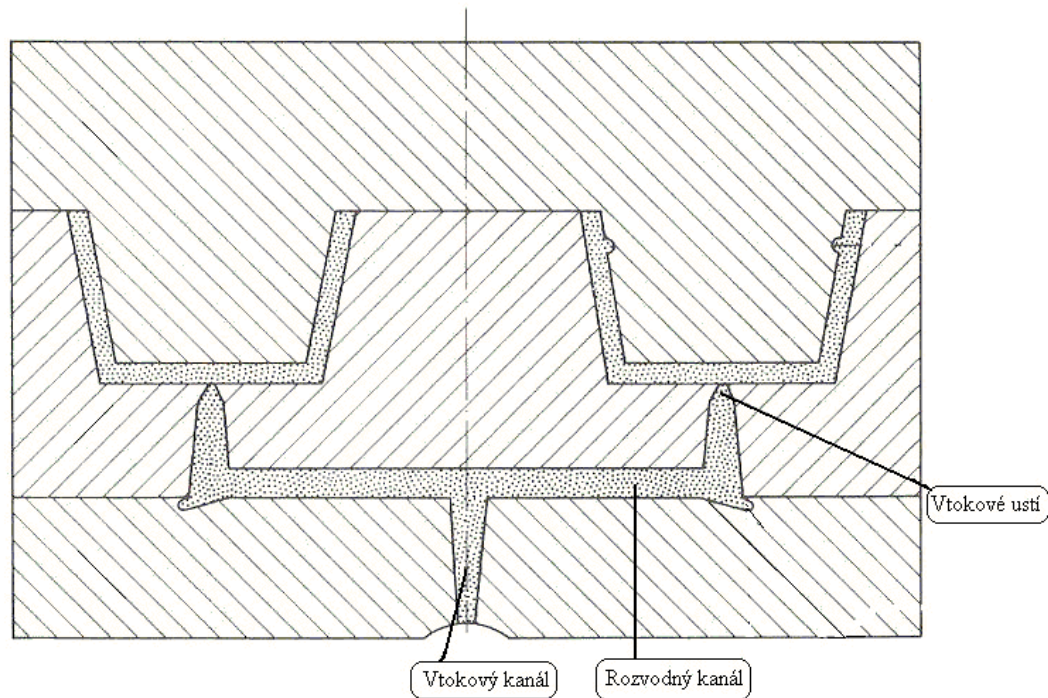
[1]



### 3.4.1 Vtokový systém

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. [1]

Jedním z velmi důležitých problémů v konstrukci vstřikovacích forem je řešení vtokové soustavy (hlavní vtokový kanál, rozváděcí vtokové kanály a ústí vtoku do dutiny formy).



Obr. 8. Studený vtokový systém [8]

Při řešení vtokové soustavy je třeba dodržovat tyto zásady:

- dosáhnout co nejrovnoměrnějšího plnění jednotlivých tvarových dutin formy,
- dráha toku byla ke všem dutinám stejně dlouhá,
- správně volit vtokové ústí,
- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký.

Jsou dva základní druhy vtokových systémů:

- studený vtokový systém (SVS),
- horký vtokový systém (VVS).

Vtokový systém zabezpečuje spojení mezi dutinou formy a vstřikovací tryskou. Nejjednodušším případem vtokového systému je případ přímého vtoku s přímým ústím. Vtoková vložka má rozměry podle velikosti výstřiku a rozměru vstřikovací trysky, která je součástí plastikační jednotky. [5]

#### *Studený vtokový systém (SVS)*

Naplnění dutiny termicky homogenní taveninou má proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory. Při volbě určitého vtokového systému se vychází z toho, že tavenina se vstřikuje velkou rychlostí do relativně studené formy. Během průtoku studeným vtokovým systémem viskozita taveniny na vnějším povrchu prudce roste, nejnižší je uprostřed. Vysoká viskozita vyžaduje velké tlaky v systému. [1]

#### *Vyhřívané vtokové soustavy (VVS)*

Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhřívaných vtokových soustav. Dříve než se došlo k současným typům VVS, předcházela jim řada jednodušších systémů, které se postupně zdokonalovaly. Nejprve se zesílenými vtoky, izolovanými vtokovými soustavami s předkomůrkami apod. Dnešní vyhřívané vtokové soustavy mají vyhřívané trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. To umožnila především výroba vysokovýkonných a minimálních topných těles a některých dalších jejich dílů. Od forem s běžnými studenými soustavami se liší především tím, že dnešní typy VVS se nakupují od specializovaných výrobců.

I přes tuto nevýhodu používání VVS stále narůstá, protože:

- umožňují automatizaci výroby,
- zkracují výrobní cyklus,
- snižují potřebu plastu – vstřikování bez vtokových zbytků,
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraněním vtokových zbytků,

- odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování .

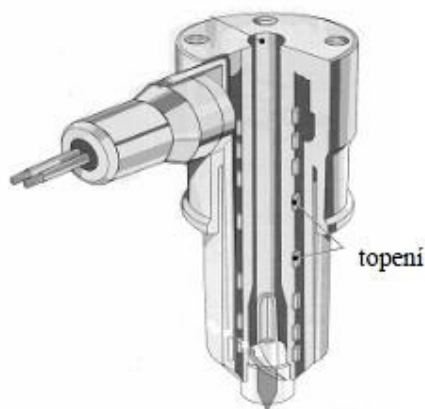
Technologie vstřikování při použití vyhřívané vtokové soustavy spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. I přes malý průřez vtoku je možné částečně pracovat s dotlakem.

Součástí systému je regulace teploty jak vyhřívané vtokové soustavy, tak vstřikovací formy. Celá soustava umožňuje snadnou montáž, demontáž, vyčištění a znovu nasazení do provozu. [1]

#### *Vyhřívané trysky*

Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek i s regulací nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Výrazně umožňuje zlepšit technologické podmínky vstřikování.

- trysky s vnějším topením, kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je vyrobeno z tepelně vodivého materiálu. Z vnějšku je kolem trysky umístěno topení, [1]



Obr. 9. Tryska s vnějším topením [9]

- trysky s vnitřním topením U tohoto systému tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku (torpédo), zhotovenou z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí. [1]



Obr. 10. Tryska s vnitřním topením [9]

#### *Vyhřívané rozvodné bloky*

Rozváděcí vyhřívací blok (Obr.11) je vložen v mezi-desce umístěné mezi tvarovou a upínací deskou formy. Jsou v něm vyvrtány rozváděcí kanály, kterými proudí tavenina. Teplo přiváděné do bloku topnými elementy, vstupuje do taveniny stěnami rozváděcího kanálu. Jedná se o externí ohřev. V interním ohřevu je rozvodný blok vytápěn zevnitř topnými patronami nebo tavenina obtéká ohřívanou trysku a to buď vnějším nebo vnitřním topením.

[5]



Obr. 11. Rozvodné bloky [9]

### 3.4.2 Vyhazování výstřiku z formy

Podmínky pro spolehlivé vyhození nebo vyjmutí výstřiku z formy je nutno zajistit konstrukčním řešením formy. Vstřikovací hmoty se při ochlazování smršťují, a tím vzniká napětí mezi výstřikem a tvárníkem nebo tvarovými jádry apod. Základní podmínkou dobré funkce vyhazování je úkosovitost stěn ve směru vyhazování. Úkosy nemají být menší než 30°. Vyhazovací systém musí výstřik vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení, a tím ke vzniku tvarových deformací. [6] [2]

#### *Vyhazování pomocí kolíků*

Je nejčastější a nejlevnější způsobem vyhazování výstřiku. Patří do skupiny mechanického vyhazování. Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro a nesmí ho při vyhazování břit. Jinak by mohla nastat jeho trvalá deformace. Není vhodné je umístit na vzhledových plochách. Pokud je vyhazování vybaveno větším počtem vyhazovacích kolíků, obtížněji se formy zhotovují temperanční kanály. [2]



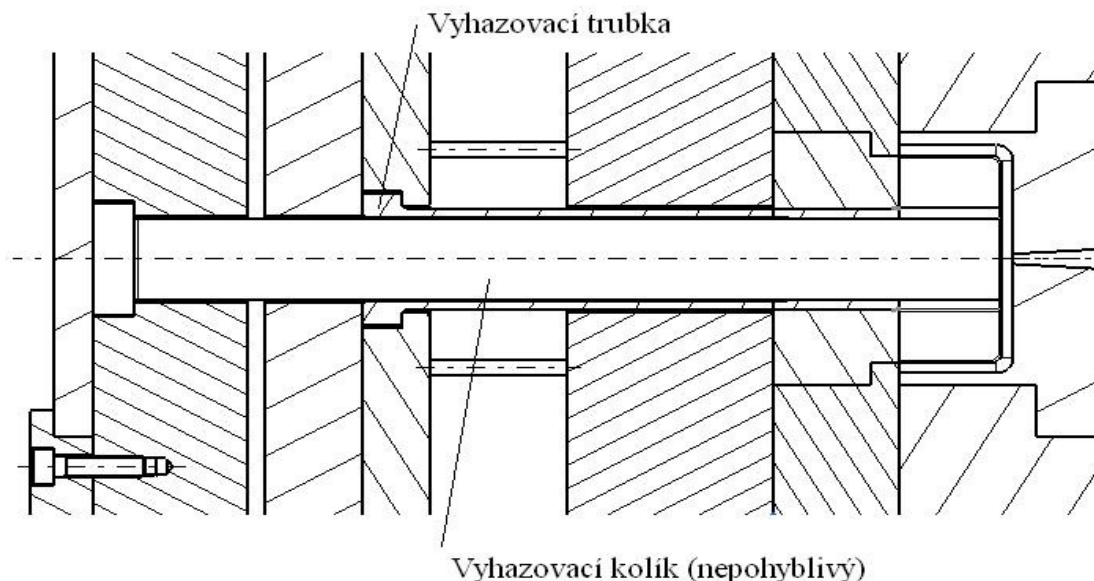
Obr. 12. Válcový a prizmatický vyhazovač [9]

#### *Vyhazování stírací deskou*

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Jeho deformace jsou pak minimální a stírací síla velká. Používá se u tenkostěnných výstřiků, kde je nebezpečí jejich deformace, nebo u rozměrných, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. [2]

*Trubkový vyhazovač*

Funkce trubkového vyhazovače je speciálním případem stírání tlakem. Vyhazovač s otvorem má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík. Zatím co vlastní vyhazovací kolík je upevněn v pevné desce, nepohybuje se a tvoří jádro.



Obr. 13. Trubkový vyhazovač

**3.4.3 Temperování forem**

Slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy. Cílem je dosáhnout optimálního krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Děje se tak ochlazováním, případně vyhříváním celé formy. Teperace ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu.

Úkolem temperace je:

- zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši po celém povrchu její dutiny,
- odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou tak , aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku. [2]

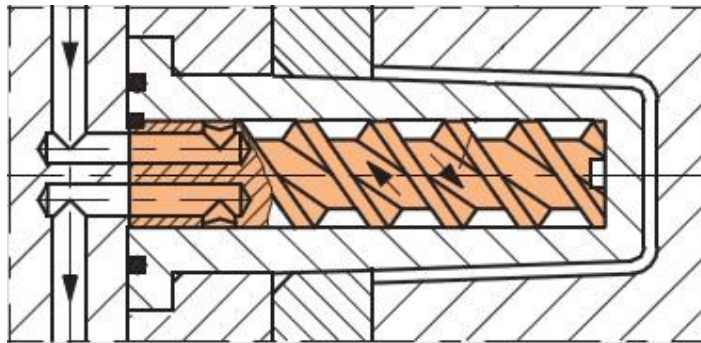
Teplo se z formy odvádí (přivádí) především temperačním systémem. Teplota forem a zvláště jejich dutin není během vstřikování konstantní. Po vstřiku nejprve stoupá, potom klesá v důsledku odvodu tepla temperačním systémem. Kolísání teplot má být co

nejmenší. Proto je nutné optimalizovat temperační proces. Temperační systém je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými proudí vhodná kapalina, která udržuje teplotu temperovaných částí na požadované výši.

Temperační systém bývá umístěn:

- v pevné (vtokové) části formy,
- v pohyblivé části formy.

[2]



Obr. 14. Temperace tvárníku [9]

### *Temperační prostředky*

Představují média, která svým působením umožňují formě pracovat v optimálních teplených podmínkách.

Rozdělují se na:

- aktivní, které působí přímo na formě. Teplo přivádí, nebo naopak odvádí.(voda, olej, elektrický článek),
- pasivní jako takové, které svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy.(tepelná trubice).

[2]

### **3.4.4 Odvzdušnění formy**

Odvzdušnění tvarových dutiny forem zdánlivě nepatří k dominantním problémům při navrhování forem. Jeho důležitost obvykle vyplyne až při zkoušení hotového nástroje, kdy odvzdušnění může být příčinou nekvalitního vzhledu výstřiku, nebo jeho nízkých me-

chanických vlastností. Volba místa pro odvzdušnění ve formě je někdy zřejmá z tvaru výstřiku, jindy však je jen obtížně zjistitelná.

Dutina formy je před vstřikováním naplněna vzduchem. Při jejím plnění taveninou je třeba zajistit únik vzduchu a případných zplodin. Čím větší je rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny. [2]



## 4 MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ FOREM

Formy jsou nákladné nástroje sestavené z funkčních a pomocných dílů. Při výrobě výstřiků se od nich vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Významný činitel pro splnění těchto podmínek je materiál forem, který je ovlivněn provozními podmínkami výroby, určené:

- druhem vstřikovaného plastu,
- přesností výstřiku,
- podmínkami vstřikování,
- vstřikovacím strojem.

Pro výrobu forem se tedy používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Používají se materiály, které mají široký rozsah užitných vlastností a tedy:

- oceli vhodných jakostí (11 600, 11 500, 19 015 atd.),
- neželezné slitiny kovů (Cu, Al, atd.),
- ostatní materiály (izolační, tepelně nevodivé atd.).

Oceli jsou nejvýznačnějším druhem používaných materiálů na výrobu forem. Svou pevností a dalšími mechanickými vlastnostmi se dají jen obtížně nahradit. Účelné konstrukce, vhodné vložkování, celková dimenze jednotlivých dílů, tepelné zpracování i způsob zacházení s formou, to všechno má vliv na kvalitu forem. [2]

### 4.1 Požadované vlastnosti ocelí

Jednotlivé díly forem nemají stejnou funkci. Proto vyžadují i svoje specifické požadavky na volbu materiálu, z kterého budou vyrobeny. Jejich výběr a doporučená řada má odpovídat požadované funkci, s ohledem na opotřebení a životnost.

Od použitých materiálů na formy se vyžaduje především:

- dostatečná mechanická pevnost,
- dobrá obrobitelnost.

Z hlediska technologie výroby výstřiků má ještě materiál funkčních dílů zajišťovat speciální požadavky na kvalitu struktury, která je dána:

- dobrou leštitelností a obrusitelností,
- zvýšenou odolností proti otěru,
- odolností proti korozi a chemickým vlivům plastu,
- vyhovující kalitelností a prokalitelností,
- stálostí rozměrů a minimálními deformacemi při kalení,
- vhodnými fyzikálními vlastnostmi.

[2]

## II. PRAKTICKÁ ČÁST

## 5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Prvním bodem bakalářské práce je vypracovat literární studii na dané téma, kterým je konstrukční řešení vstřikovací formy pro daný díl. Teoretická část popisuje problematiku vstřikování, správné konstrukční řešení vstřikovacích forem apod.

K následujícím úkolům je použito softwaru CATIA V5 R18, pomocí kterého dojde ke zhotovení 3D modelu, v tomto případě se jedná o přepravku na láhve. Samotná konstrukce vstřikovací forma je tématem dalšího bodu bakalářské práce, u které bylo využito i aplikace pro import normalizovaných dílců. Posledním úkolem je nakreslení zadané výkresové dokumentace, příslušné 2D řezy s pozicemi a kusovníkem, pohledy do pravé a levé strany vstřikovací formy.

Zadání bakalářské práce:

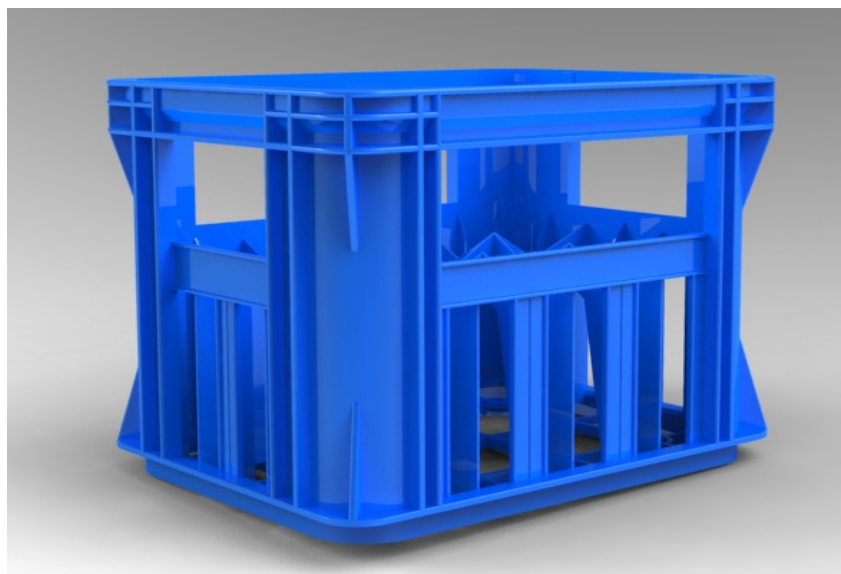
- vypracovat literární studii na dané téma,
- nakreslit 3D model zadaného dílu,
- provést konstrukci vstřikovací formy ve 3D,
- nakreslit sestavu a příslušné řezy formy ve 2D.

## 6 VSTŘIKOVANÝ DÍLEC

Jedná se o přepravku na láhve, která se využívá v potravinářském průmyslu. Dílec je poměrně většího rozměru, po celém svém vnějším obvodu je charakterizován žebrováním a otvory pro lepší manipulaci. Uvnitř dílce jsou přepážky, které slouží na uskladňování lahví v přepravce.



Obr. 15: Vstřikovaný dílec - přepravka



Obr. 16: Vymodelovaný dílec

## 6.1 Materiál vstřikovaného dílce

Materiálem na vstřikovaný díl je zvolen vysokohustotní polyethylen (HD-PE), který je v současnosti nejpoužívanějším polymerem ve spotřebním zboží. Přes 60 mil. tun se vyrobí ročně. Polyethylen lze zpracovávat na všech strojích pro zpracování termoplastu (např. vstřikovací stroje, vytlačovací stroje atd.) Vysokohustotní polyethylen byl zvolen z důvodu, jeho optimálních vlastností (mechanických, optických, chemické odolnosti), které jsou dostačující pro provozní podmínky dílce.

Tab. 4. Vybrané vlastnosti HD-PE [11]

Název	jednotky	hodnota
Napětí na mezi kluzu	MPa	30
Tažnost	%	400
E-Modul pružnosti v tahu	MPa	1350
Tvrdość podle Brinella	MPa	57
Tepelná vodivost	W/Km	0,42
max. teplota krátkodobá	°C	100
max. teplota dlouhodobá	°C	90
min. teplota použití	°C	-80
Hustota	g/cm <sup>3</sup>	0,963

Vybrané vlastnosti HD-PE z materiálového listu, jsou pouze střední hodnoty získané při optimálních zpracovatelských podmínkách. Jsou tedy jen orientační.

## 7 KONSTRUKCE FORMY

Konstrukce vstřikovací formy byla provedena v softwaru CATIA V5 R18 s pomocí aplikace WordCat-CIF, který umožňuje importovat potřebné normálie ke zhotovení vstřikovací formy. Při návrhu byla snaha použít co nejvíce normalizovaných dílců od společnosti HASCO, z důvodu zkrácení výrobního času a z ekonomického hlediska. Vzhledem k tomu, že některé normalizované součástky nevyhovovaly, díky svým rozměrům, byly použity i nenormalizované dílce.

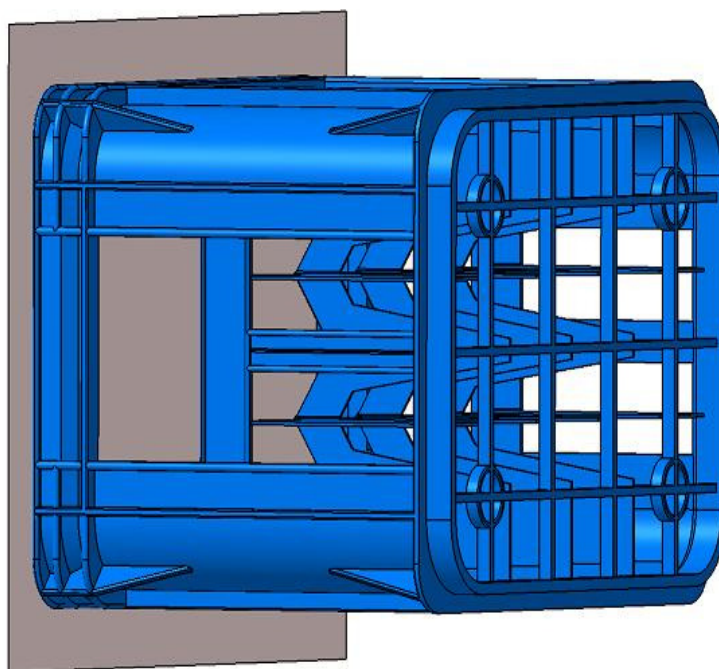
### 7.1 Násobnost formy

Násobnost vstřikovací formy se volí podle několika parametrů, tak aby byla zaručena produktivita výroby. Velikost vstřikovaného výstřiku, požadované množství, velikost a kapacita vstřikovacího stroje a přesnost výstřiku, je několik činitelů podle kterých konstruktér může volit násobnost formy.

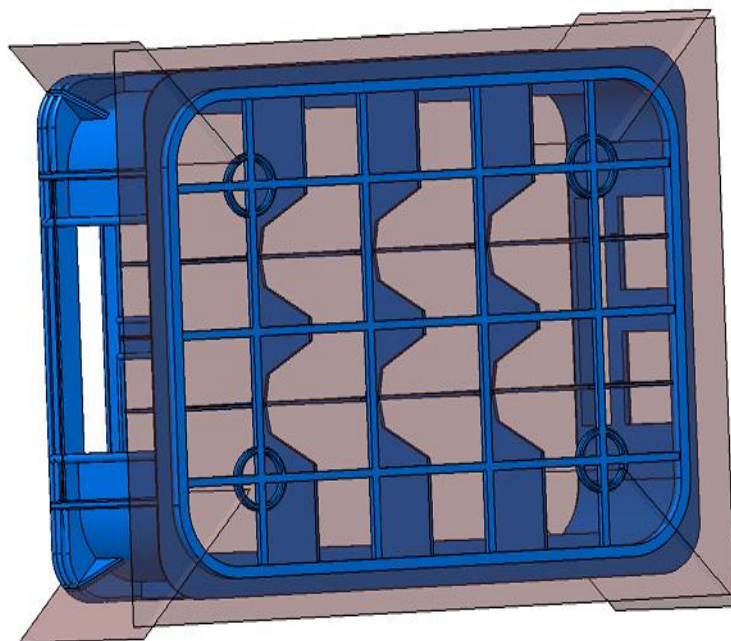
Vzhledem k velikosti a tvaru zadaného výstřiku byla zvolena jednonásobná vstřikovací forma. Nevýhodou u jednonásobných forem může být delší trvání vyrobení požadovaného množství, ale je zde zaručena větší přesnost výstřiku, než u vícenásobných forem.

### 7.2 Zaformování dílce

Pro správnou funkci vstřikovací formy je důležité vhodné zaformování dílce. U zadaného výstřiku jsou dvě dělící roviny (hlavní a vedlejší). Hlavní dělící rovina je rovnoběžná s upínací deskou a prochází na čele přepravky (Obr.17.). Vedlejší dělící roviny (Obr.18.) jsou nutné pro odformování bočních stran dílce, na kterých jsou otvory potřebné pro manipulaci přepravky a žebrování, které je kolmé ke směru vyhození.



Obr. 17. Hlavní dělicí rovina



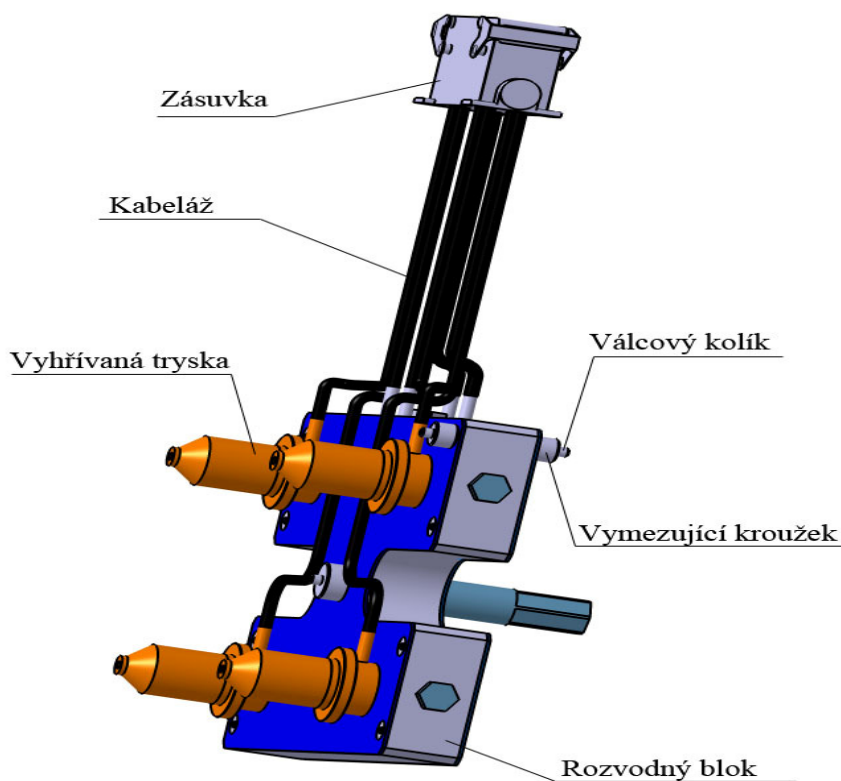
Obr. 18. Vedlejší dělicí roviny

Zaformování je provedeno tak, aby dílec při otevírání zůstal na pohyblivé (levé) části formy do té doby, než bude stírací deskou vyhozen.



### 7.3 Vtokový systém

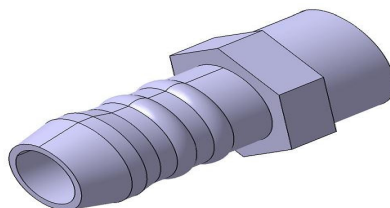
U vstřikovací formy je použito vyhřívaného vtokového systému (VVS). Tento systém byl zvolen díky svým výhodám při vstřikování (automatizace výroby, snížení spotřeby polymeru, snadná montáž). Odpadá vtokový zbytek. Vstřikovaný dílec je relativně velký a dráha toku dlouhá, proto je dobré mít taveninu déle vyhřívanou. Plnění tvarové dutiny probíhá zároveň ve čtyřech místech, pomocí horkých trysek označené normou z HASCO katalogu (Z103/56x112). Z konstrukčního řešení se jedná o otevřenou trysku, která se používá pro materiály, co netáhnou vlas. Zvolený materiál HD-PE do této skupiny patří. Rozvodný blok byl zvolen v závislosti na potřebné rozteči mezi tryskami, má tvar písmene H. Je upevněn na desce\_1 pomocí válcových kolíků a vymezujících kroužků, které zajišťují, aby rozvodný blok nebyl v přímém kontaktu s deskou\_1 a upínací deskou. Jelikož je použit VVS, je na pravé straně formy izolační deska, která zabraňuje přenosu tepla na vstřikovací stroj. Elektrická energie potřebná k vytápění rozvodného bloku a vyhřívání trysek je dodávána přes zásuvku (Z1228/16x24).



Obr. 19. Vyhřívaný vtokový systém

## 7.4 Temperační systém

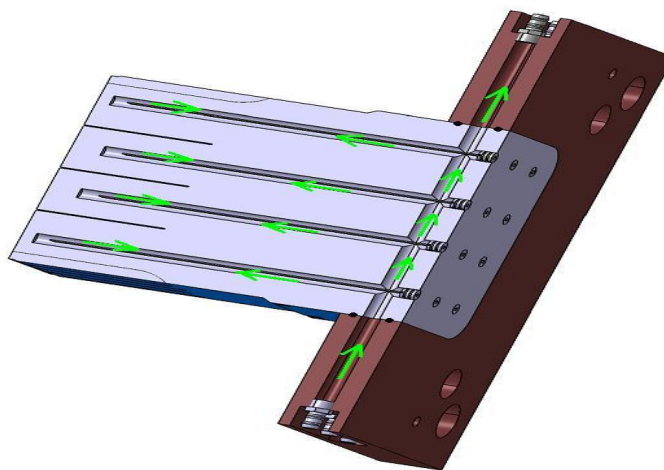
Temperace slouží k udržování konstantního teplotního pole, aby byl zajištěn optimálně krátký vstřikovací cyklus, při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Všechny tvarové části formy jsou opatřeny temperačním systémem. Celá forma má třináct samostatných okruhů. Každý okruh má na svém vstupu a výstupu připojovací koncovku s HASCO označením (Z87). Jedná se o rychlospojku (Obr.20.), která slouží ke snadnějšímu, rychlejšímu připojení hadic, kterými se přivádí temperační médium. Jako temperační médium je zvolena voda, která svými vlastnostmi dostatečně ochladí tvarové části formy.



Obr. 20. Rychlospojka

### 7.4.1 Temperace tvárníku

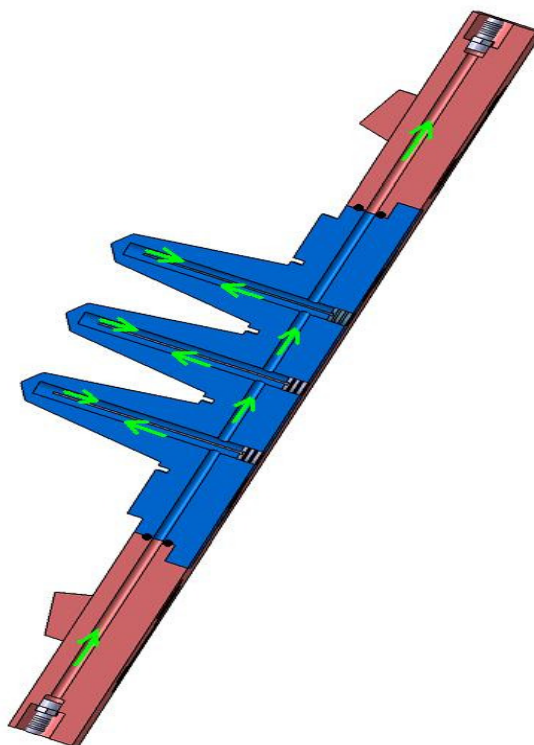
Temperace tvárníku (Obr.21.) je realizováno pomocí dvanácti vyvrtaných otvorů ve kterých jsou umístěny obtokové můstky. Jelikož by muselo temperační médium vykonat dlouhou dráhu mezi obtokovými můstky, má tvárník tři samostatné okruhy, aby docházelo k optimálnějšímu chlazení.



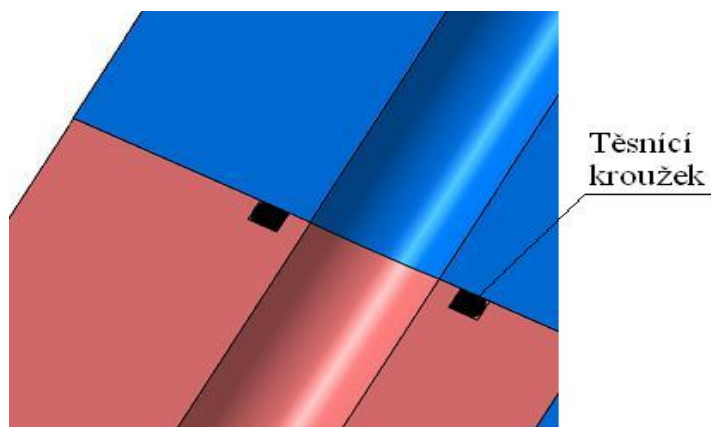
Obr. 21. Temperační okruh tvárníku

### 7.4.2 Temperace tvárnice

Obdobně jako u tvárníku je stejným způsobem řešen temperační systém tvárnice (Obr. 22.). Je provedeno dvěma samostatnými okruhy, složený z šesti obtokovými můstky. Přechody vyvrtaných kanálů mezi kotevní deskou a tvárnicí jsou utěsněny těsnícími kroužky, aby nedocházelo prosakování chladicího média (Obr. 23.).



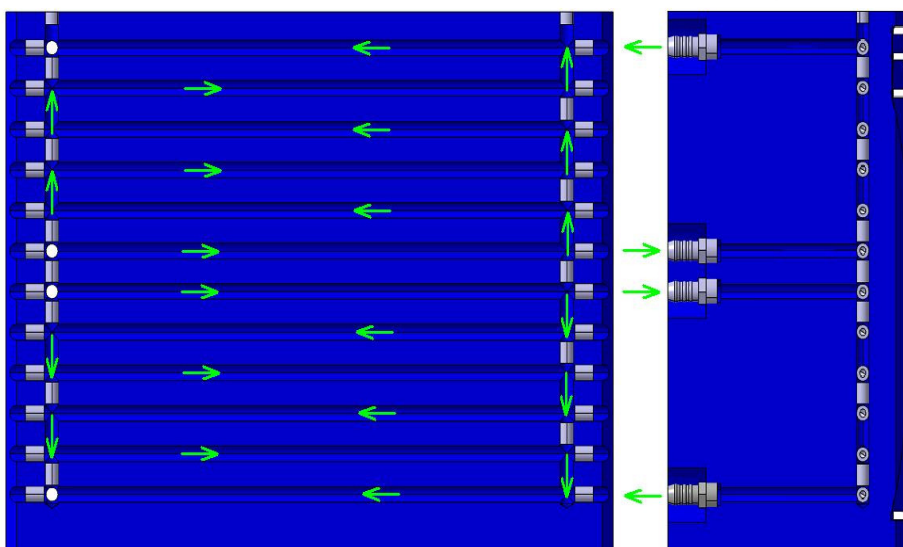
Obr. 22. Temperační okruh tvárnice



Obr. 23. Těsnění

### 7.4.3 Temperace bočních tvarových částí

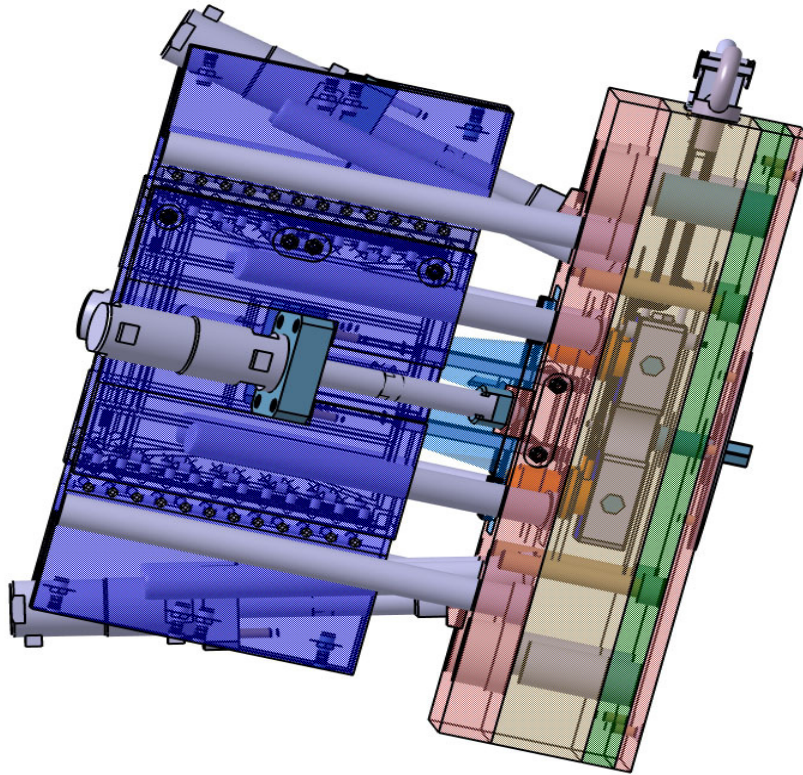
Každý boční díl má dva okruhy, vytvořeny ze soustavy vrtaných otvorů o průměru 12mm. Požadovaná dráha temperačního média se dosáhne použitím vnitřních ucpávek (Z942/10) a jejich vhodným umístěním. Temperační okruh bočních tvarových částí je znázorněn na (Obr. 24.)



Obr. 24. Temperační okruh bočních desek

### 7.5 Odformování

Vzhledem k tvarové složitosti výstřiku probíhá odformování na všech čtyřech stranách dílce. Při otevírání formy se pohybují zároveň i boční desky, které se pohybují po šikmých kolících (Z01/32x300) a jejich pohyb je zajištěn díky hydraulickému válci (Z2301). Šikmé kolíky mají sklon 15°. Boční desky se zvednou do vzdálenosti 100mm, to je dostačující pro bezpečné odformování. Tento způsob odformování nám zajišťuje, že výrobek při otevírání formy zůstane na levé (pohyblivé) části formy. Odformování bočních stran je znázorněn na Obr. 25.

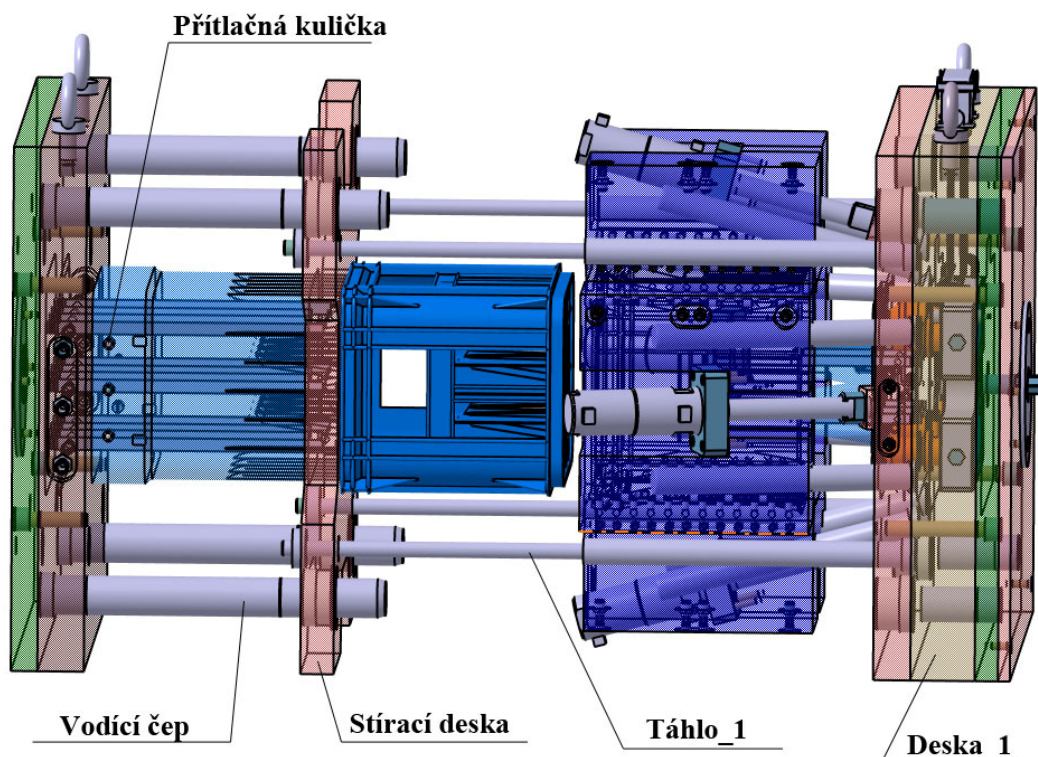


Obr. 25. Odformování bočních stran

## 7.6 Vyhození výstřiku

K vyhození dílce z formy je použito stírací desky. Stírací deska působí na přepravku po celém jejím obvodu. Nezanechává na dílci stopy po vyhození, deformace jsou na výstřiku minimální.

Ve stírací desce jsou umístěny čtyři vodící pouzdra (Z11\_3), které jsou zajištěny pojistnými kroužky (Z67/80x2). Deska se pohybuje po čtyřech vodících čepech (Z011\_3). Aby stírací deska zůstala na pohyblivé části formy je přidržována přitlačnými kuličkami (Z371), které jsou umístěny v tvárníku. Při otevírání formy dojde k zastavení stírací desky pomocí táhla\_1, tím se zamezí pohybu výstřiku, který se setře z tvárníku. (Obr.26.)

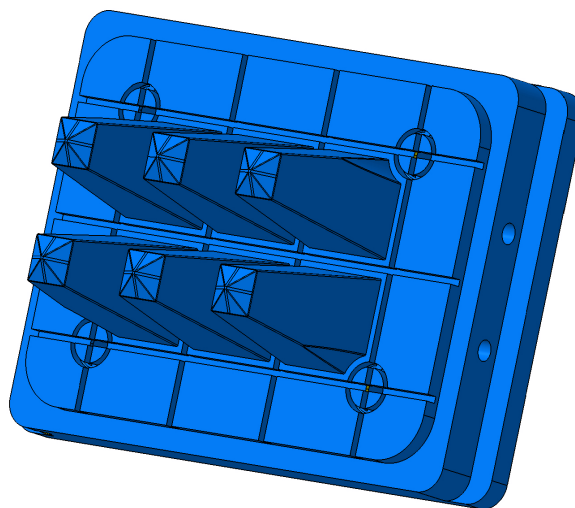


Obr. 26. Vyhození výstřiku

## 7.7 Tvarové díly formy

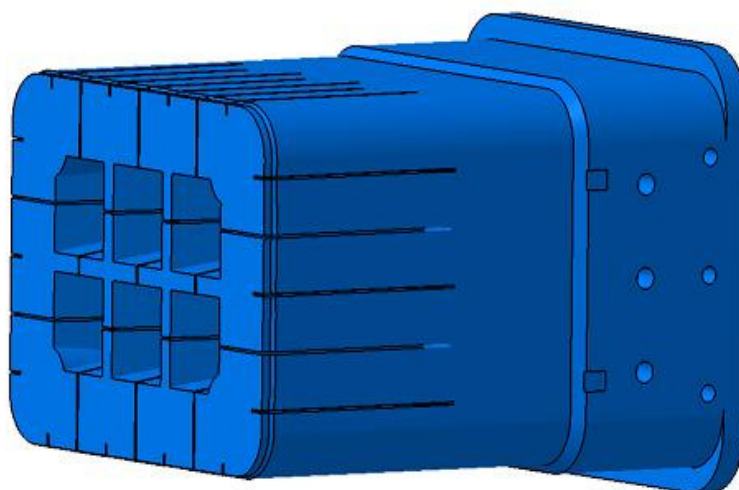
Vstřikovací forma má celkem šest tvarových částí, které udávají výsledný tvar a rozměry vstřikovaného dílce. Musí se brát ohled při konstrukci těchto dílů především na smrštění plastového výstřiku. Materiál ze kterého jsou tvarové díly je vyroben z nástrojové oceli třídy 19 552, jelikož dochází mezi těmito dílci k přímému styku s taveninou. Tato ocel obsahuje malé množství uhlíku, proto se musí před použitím nasytit uhlíkem (cementování) a následně tepelně zpracovat (kalit). Tento způsob povrchové úpravy zaručuje, že dílec je na povrchu tvrdý, kdežto v jádře dílce je houževnatý.

Na pravé straně formy (nepohyblivé části) je vložena tvárnice (Obr. 27.), která je uchycena v kotevní desce díky osazení na krajních stranách. Deskou\_1 je jí zamezen pohyb. Udává tvar vnitřních přepážek.



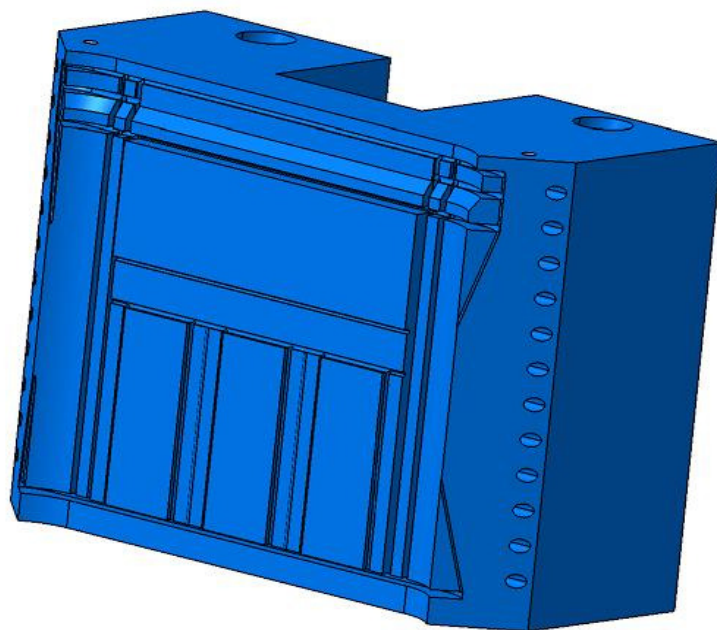
Obr. 27. Tvárnice formy

Vnitřní profil a přepážky pro láhve jsou vytvořeny pomocí tvárníku (Obr. 28.), který je uchycen na levé (pohyblivé) straně vstříkovací formy. Uchycení tvárníku je stejně řešeno jako u tvárnice.



Obr. 28. Tvárník formy

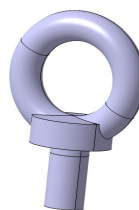
Čtyři boční tvarové desky (Obr. 29.) zhotovují postraní žebrování a otvory pro manipulaci. Jejich pohyb je řízen pomocí hydraulického válce po šikmých kolících.



Obr. 29. Boční tvarová deska formy

## 7.8 Manipulace s formou

Pro transport celé formy byl zvolen způsob pomocí závěsných šroubů s označením (Z71/24). Díky nadměrné hmotnosti formy, je opatřena čtyřmi závěsnými šrouby (Obr. 30).



Obr. 30. Závěsný šroub



## 8 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

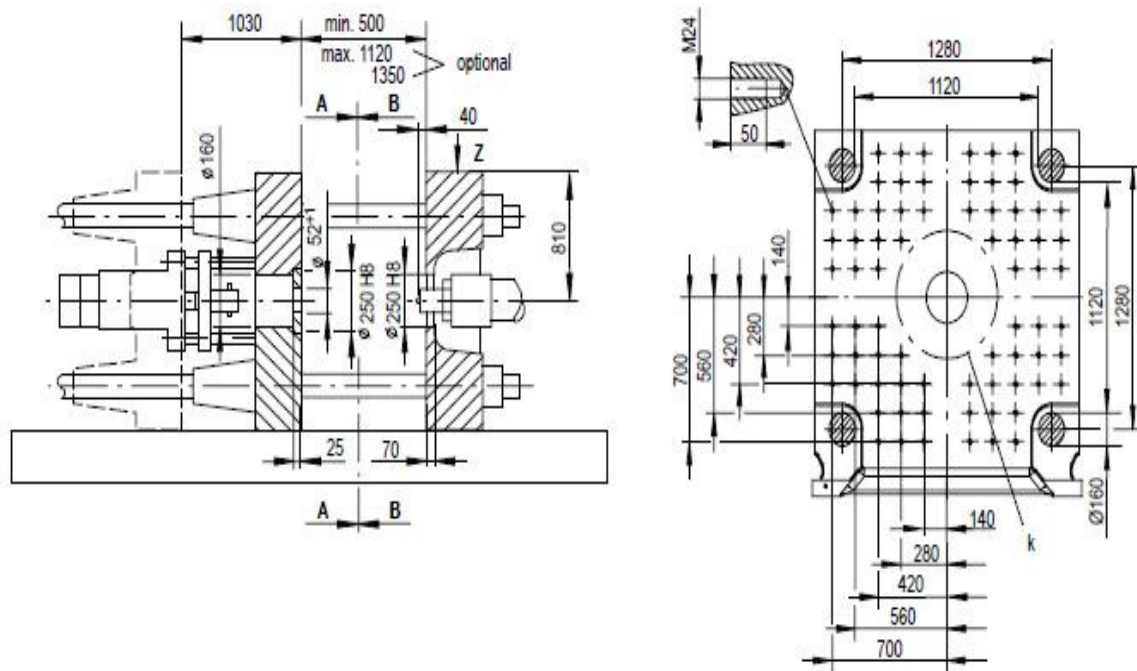
Pro vstřikovaný dílec, byl zvolen vstřikovací stroj od firmy DEMAG s označením Systec800/1120, který je navržen pro výrobu velkých automobilových dílů, zahradního nábytku, přepravních boxů, atd. Zároveň umožňují pro tuto specifickou výrobu dosažení velmi rychlých cyklů. Tento stroj byl zvolen díky jeho technickým parametrům, které jsou vhodné pro použití navržené vstřikovací formy.



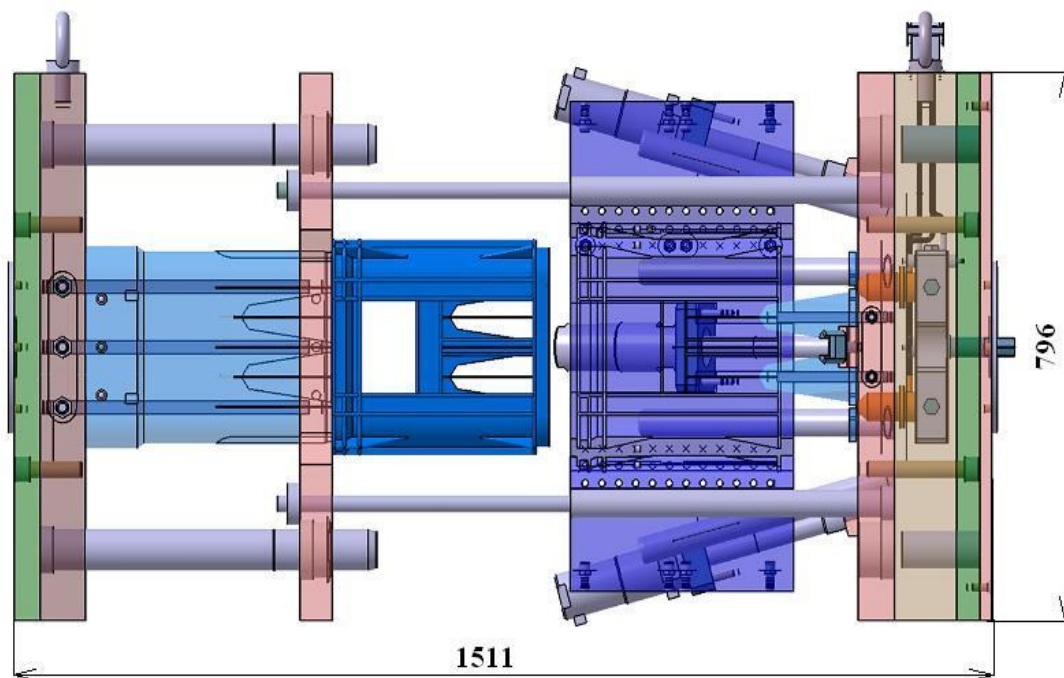
Obr. 31. Vstřikovací stroj [12]

Tab. 5. Parametry vstřikovacího stroje [12]

VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA			FORMA
	jednotky	A	
Průměr šneku	mm	95	-
Teoretický vstřik. objem	cm <sup>3</sup>	3367	2000
Vstřikovací tlak (max)	bar	1895	-
Max. hmotnost granulátu	g	3064	-
UZAVÍRACÍ JEDNOTKA			
Uzavírací síla	kN	8000	-
Zdvih pohyblivé desky (max)	mm	1030	800
Průchod mezi sloupy	mm	1120x1120	896x796
Délka formy (min)	mm	500	711



Obr. 32. Parametry uzavírací jednotky [12]



Obr. 33. Rozměry formy při odformování

## 9 POUŽITÝ SOFTWARE

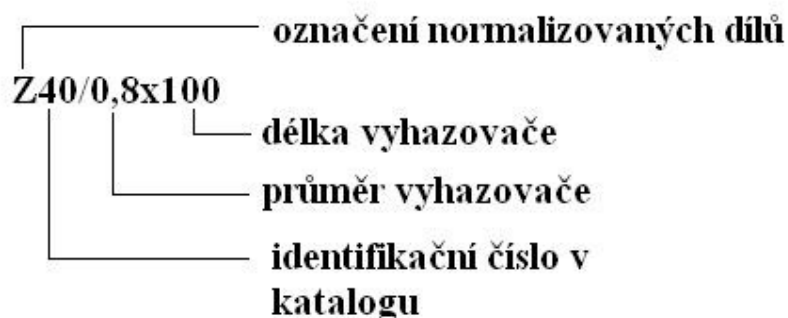
### 9.1 CATIA V5 R18

Pro konstrukční návrh formy bylo využito programu CATIA V5 R18. CATIA (Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application) je integrovaný systém počítačového návrhu, konstruování a výroby (CAD/CAM/CAE), vyvinutý francouzskou firmou Dassault Systèmes a užívaný hlavně v leteckém a automobilovém průmyslu. [13]

Samotný návrh byl realizován v několika modulech, kterými je CATIA vybavena. 3D model byl zhotoven v modulu PART DESIGN. Za pomoci MOLD TOOLING DESIGN a ASSEMBLY DESIGN byla vytvořena vstřikovací forma a výkresová dokumentace byla nakreslena v modulu DRAFTING. Pro animaci byl využit modul DIGITAL MOCKUP.

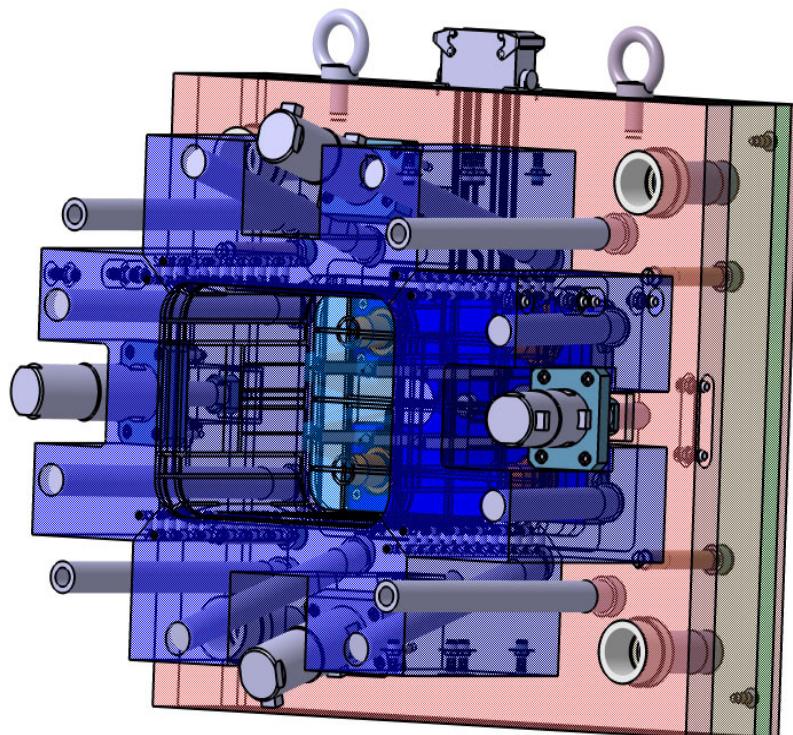
### 9.2 WorldCat- CIF

Jde o aplikaci s knihovnou 3D normálí vyráběné společností HASCO. Tato aplikace importuje požadované normalizované 3D díly. Nabízí celou řadu rozměrů daného produktu, popis dílce, výkresovou dokumentaci, informace o umístění ve formě a cenu výrobku. Pro lepší orientaci má každý normalizovaný dílce své označení např. Z40/0,8x100, které patří válcovému vyhazovači.

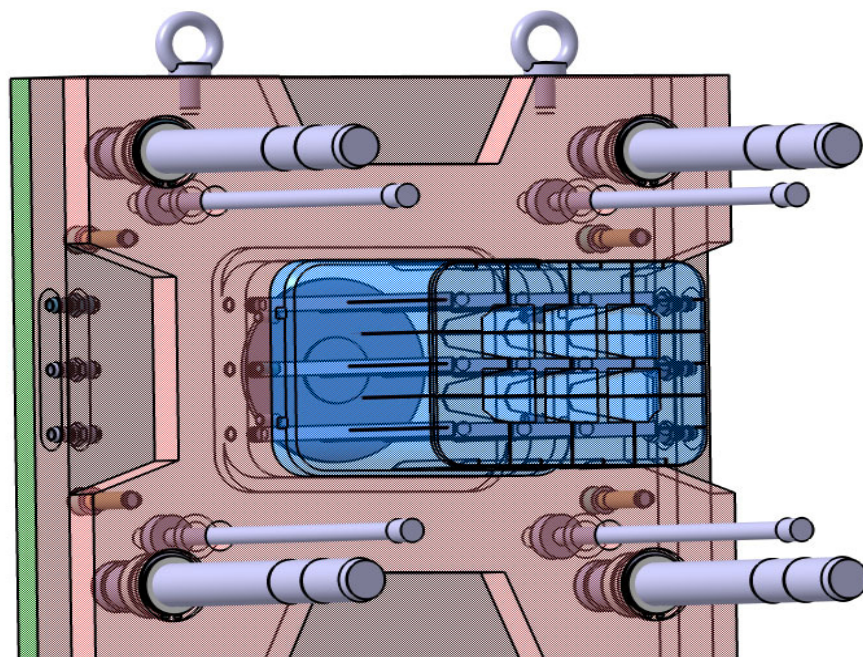


Obr. 34. Značení v katalogu HASCO

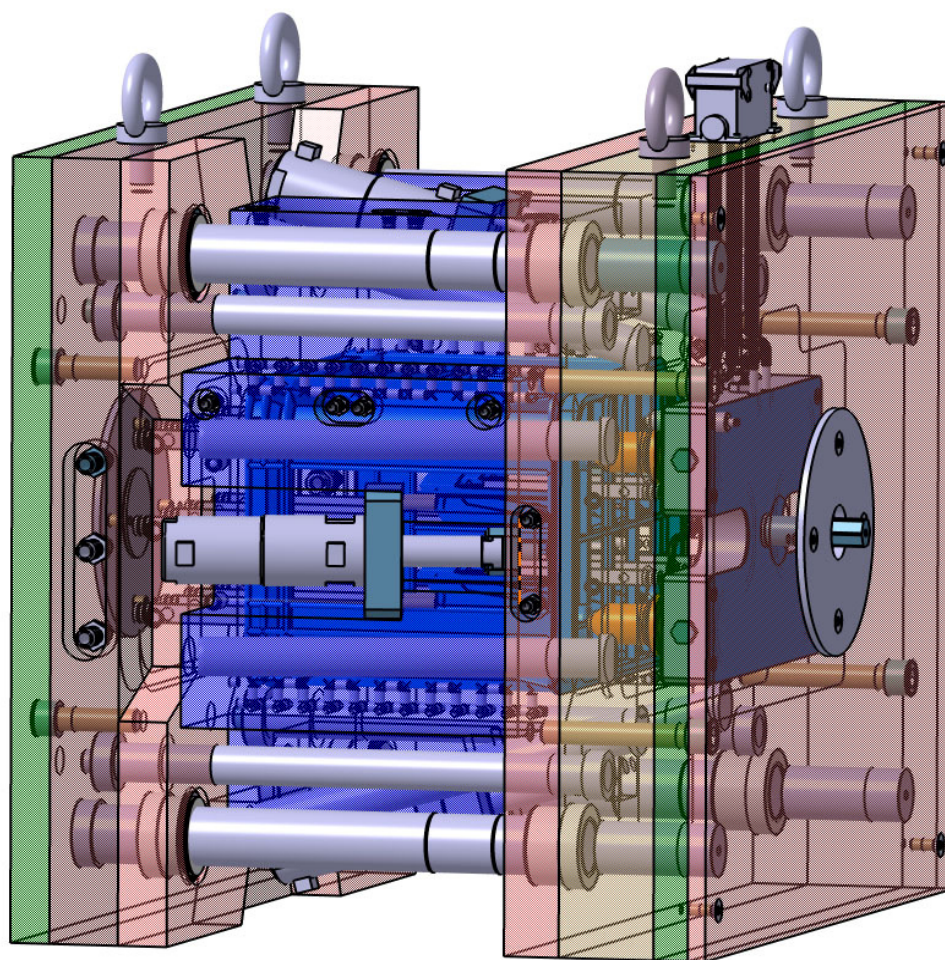
Tuto knihovnu je možné zdarma stáhnout na webových stránkách společnosti HASCO.



Obr. 35. Pravá strana formy



Obr. 36. Levá strana formy



Obr. 37. Vstřikovací forma

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byl návrh vstřikovací formy pro výrobu přepravky na láhve, která se využívá především v potravinářském průmyslu. Materiál přepravky byl zvolen vysokohustotní polyethylen (HD-PE), který svými mechanickými, optickými vlastnostmi, byl nejvíce vhodný pro provozní podmínky dílce.

Na základě rozměrů a tvaru přepravky byla zkonstruována vstřikovací forma pomocí softwaru CATIA V5 R18. Byla zvolena jednonásobná forma, která zaručuje větší přesnost vstřikovaného dílce. Vzhledem k tomu, že přepravka je charakterizována na vnějším obvodu žebrováním a otvory pro lepší manipulaci, muselo být zaformování provedeno pomocí bočních desek, které zvyšují konstrukční složitost vstřikovací formy. Pohyb bočních dílů je realizován pomocí hydraulických válců a šikmých kolíků. Jejich ovládání může být napojeno na hydraulický okruh vstřikovacího stroje nebo pomocí samostatné řídicí jednotky. Pro své kladné vlastnosti byl navržen vyhřívaný vtokový systém. Díky tomu je pravá strana formy více tepelně zatěžována, proto musela být opatřena izolační deskou, která zabraňuje většímu přenosu tepla na upínací plochu stroje. Při konstrukci temperačního systému, byl kladen důraz dodržení konstantního teplotního pole, aby byl zajištěn krátký vstřikovací cyklus. Proto všechny tvarové díly jsou opatřeny několika temperačními okruhy. Vyhození výstřiku zajišťuje stírací deska s pomocí zarážecího táhla. Bylo zvoleno vhodné manipulační zařízení, sloužící k bezpečnějšímu přenosu celé vstřikovací formy. V tomto případě se jedná o tzv. závěsné šrouby.

Vstřikovací forma je poměrně velkého rozměru (796x896x711), z toho důvodu byl navržen vstřikovací stroj od firmy DEMAG s označením Systec800/1120, který splňuje požadavky zkonstruované vstřikovací formy. Součástí práce je i výkresová dokumentace potřebné řezy, pohledy na levou a pravou stranu formy, kusovník.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů : vstřikování termoplastů*. Díl 1 . 2. upr. vyd. Brno : Uniplast, 1999. 133 s
- [2] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů : vstřikování termoplastů*. Díl 2 . 1. vyd. Brno : Uniplast, 1999. 214 s.
- [3] [www.ksp.tul.cz](http://www.ksp.tul.cz) [online]. [cit. 2010-20-12]. Dostupný z WWW: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/03.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/03.htm)
- [4] KOLOUCH, Jan. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*. 1. vyd. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1986. 229 s
- [5] TOMIS, František, HELŠTÝN, Josef, KAŇOVSKÝ, Jiří. *Formy a přípravky*. Brno : VUT, 1979. 278 s.
- [6] KULHÁNEK, Jan. *FORMY pro tváření plastických hmot*. 1. vyd. Praha : Státní na zakladatelství technické literatury, 1966. 220 s..
- [7] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení, Gumárenské a plastikářské stroje II*. Brno: VUT, 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X.
- [8] MENGES, Georg., MICHAELLI, Walter., MOHREN, Paul. *How to Make Injection Molds*. 3rd ed. Munich: Hanser Publisher, 2001. 612 s. ISBN 3- 446-21256-6.
- [9] [www.hasco.com](http://www.hasco.com) [online]. [cit. 2010-28-12]. Dostupný z WWW: <http://www.hasco.com/gb/content/view/full/303>.
- [10] [www.recyklaceplastu.wz.cz](http://www.recyklaceplastu.wz.cz) [online]. [cit. 2011-21-01]. Dostupný z WWW: <http://www.recyklaceplastu.wz.cz/index.html>.
- [11] [www.lpm.cz](http://www.lpm.cz) [online]. [cit. 2011-20-04]. Dostupný z WWW: <http://www.lpm.cz/cgi-bin/riweta.cgi?nr=1411&lng=1>.
- [12] [www.sumitomo-shi-demag.eu](http://www.sumitomo-shi-demag.eu) [online]. [cit. 2011-20-04]. Dostupný z WWW: [http://www.sumitomo-shi-demag.eu/products/hydraulic\\_machines/](http://www.sumitomo-shi-demag.eu/products/hydraulic_machines/).
- [13] [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) [online]. [cit. 2011-20-04]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/CATIA>.

- 
- [14] DYM, B. Joseph. *Injection molds and molding*. I. Title. New York: Van Nostrand Reinhold copany Inc. , 1979, 400s, ISBN 0-442-22223-8.
- [15] BEAUMONT, J. P., NAGEL, R., SHERMAN, R. *Successful injection molding*. Munich: Hanser Publishers, 2002. 362 s. ISBN 3-446-19433-9.
- [16] PÖTSCH, Gerd., MICHAELLI, Walter. *Injection Molding – An Introduction*. Munich: Hanser Publisher, 1995. 195 s. ISBN 1-56990193.



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

PS.....	polystyren	
ABS.....	akrylonitril-butadien-styren	
SAN.....	styren-acrylonitril	
PMMA..	polymethylmetakrylát	
PC.....	polycarbonát	
PE.....	polyethylen	
PP.....	polypropylen	
PBT.....	polybutylentereftalát	
PA6.....	polyamid 6	
PUR.....	polyuretan	
PVC.....	polyvinylchlorid	
POM.....	polyacetal	
PETP.....	polyethylen terephtalate	
PPO.....	poly-phenylen-oxid	
CAB.....	cellulose acetate butyrate	
E .....	modul pružnosti	[MPa]
T.....	teplota	[°C]
Tg.....	teplota skelného přechodu	[°C]
Tm.....	teplota tání	[°C]
Cu.....	měď	
Al.....	hliník	
HD-PE .....	vysokohustotní polyethylen	

---

CAD .....Computer Aided Design – projektování s pomocí počítače  
CAE .....Computer Aided Engeneering – výpočty s pomocí počítače  
CAM.. .....Computer Aided Manufacturing – výroba s pomocí počítače

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Rozdělení plastů .....	12
Obr. 2. Oblast použití amorfních termoplastů [1].....	13
Obr. 3. Oblast použití semikrystalických termoplastů [1] .....	14
Obr. 4. Vstřikovací cyklus [3].....	18
Obr. 5. Vstřikovací stroj [12].....	19
Obr. 6. Vstřikovací jednotka [3] .....	20
Obr. 7. Uzavírací jednotka [3] .....	20
Obr. 8. Studený vtokový systém [8].....	25
Obr. 9. Tryska s vnějším topením [9] .....	27
Obr. 10. Tryska s vnitřním topením [9] .....	28
Obr. 11. Rozvodné bloky [9] .....	28
Obr. 12. Válcový a prizmatický vyhazovač [9] .....	29
Obr. 13. Trubkový vyhazovač.....	30
Obr. 14. Temperace tvárníku [9].....	31
Obr. 15: Vstřikovaný dílec - přepravka .....	37
Obr. 16: Vymodelovaný dílec .....	37
Obr. 17. Hlavní dělicí rovina .....	40
Obr. 18. Vedlejší dělicí roviny.....	40
Obr. 19. Vyhřívavý vtokový systém .....	41
Obr. 20. Rychlospojka .....	42
Obr. 21. Temperační okruh tvárníku.....	42
Obr. 22. Temperační okruh tvárnice .....	43
Obr. 23. Těsnění.....	43
Obr. 24. Temperační okruh bočních desek .....	44
Obr. 25. Odformování bočních stran .....	45
Obr. 26. Vyhození výstřiku.....	46
Obr. 27. Tvárnice formy .....	47
Obr. 28. Tvárník formy.....	47
Obr. 29. Boční tvarová deska formy .....	48
Obr. 30. Závěsný šroub .....	48
Obr. 31. Vstřikovací stroj [12].....	49

---

Obr. 32. Parametry uzavírací jednotky [12].....	50
Obr. 33. Rozměry formy při odformování .....	50
Obr. 34. Značení v katalogu HASCO .....	51
Obr. 35. Pravá strana formy .....	52
Obr. 36. Levá strana formy .....	52
Obr. 37. Vstřikovací forma .....	53

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Teploty Tg [1].....	13
Tab. 2. Teploty Tg semikr. plastů [1] .....	14
Tab. 3. Teploty a doba sušení [3].....	16
Tab. 4. Vybrané vlastnosti HD-PE [11].....	38
Tab. 5. Parametry vstřikovacího stroje [12].....	49

## SEZNAM PŘÍLOH

P1: Výkresová dokumentace:

- kusovník,
- sestava formy s 2D řezy,
- pohledy na levou a pravou stranu formy.

P2: Přiložené CD:

- textová část bakalářské práce,
- vymodelovaný 3D dílec,
- 3D sestava vstřikovací formy zkonstruována v CATIA V5 R18,
- animace vyhození výstřiku.