

# Konstrukce formy pro vstřikování plastového dílu

Michal Krmela, DiS.

---

Bakalářská práce  
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal Krmela, DiS.**  
Osobní číslo: **T16664**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce formy pro vstřikování plastového dílu**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Nakreslete model plastového dílu ve 3D
3. Proveďte konstrukci 3D sestavy vstřikovací formy v programu CATIA V5 pro daný plastový díl
4. Nakreslete 2D sestavu vstřikovací formy

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Dle vedoucího BP.**

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

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **18. května 2018**

Ve Zlíně dne 28. února 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*děkan*



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

## 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 užit 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 1.5.2018



<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 uchazečem 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 vyšší výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zaměřuje na návrh šestinásobné vstřikovací formy s horkým vtokem. Součástí návrhu je výkres sestavy a kusovník. Práce se odvíjela od zadaného kusu, čímž je plastový vršek na láhve včetně trhací pojistky.

Bakalářská práce je rozdělena na dvě části, teoretická a praktická část. V teoretické části jsou popsány základní druhy plastů a technologie vstřikování. Druhá část se zaměřuje na návrh konstrukce vstřikovací formy. Software pro návrh konstrukce byl zvolen CATIA V5R19 a Draftsight.

Klíčová slova: vstřikování, forma, plast, polymer, konstrukce, návrh

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis focuses on the design of a six-fold injection mold with a hot runner system. Part of the design is drawing documentation and bill of materials. The work ran off from the specified piece, which is a plastic top of the bottle, including a tear-off fuse.

The bachelor thesis is divided into two parts, theoretical and practical part. The theoretical part describes the basic plastics and injection molding technologies. The second part focuses on the design of the injection mold. The design software was selected by CATIA V5R19 and Draftsight.

Keywords: injection mold, plastic, polymer, construction, design

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu panu doc. Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za jeho pomoc a podnětné rady při psaní této práce. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům za jejich podporu při studiu a svojí přítelkyni za její nezištnou pomoc při korekturách.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 PLASTY</b> .....	<b>12</b>
1.1 TERMOPLASTY .....	12
1.1.1 Amorfnní termoplasty .....	13
1.1.2 Semikrystalické termoplasty .....	13
1.2 REAKTOPLASTY.....	14
1.3 INDEX TOKU TAVENINY (ITT) .....	15
<b>2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>16</b>
2.1 CHARAKTERISTIKA.....	16
2.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS .....	16
2.2.1 Uzavření formy .....	17
2.2.2 Vstřiknutí.....	17
2.2.3 Dotlak.....	18
2.2.4 Chlazení.....	18
2.2.5 Návrat plastikační jednotky.....	18
2.2.6 Otevírání formy .....	18
2.2.7 Vyhazování .....	19
2.2.8 Příprava formy .....	19
<b>3 NÁSTROJE</b> .....	<b>20</b>
3.1 OBRAZ DUTINY.....	20
3.2 VSTŘIKOVACÍ ČÁST FORMY .....	20
3.2.1 Vtoková vložka .....	20
3.2.2 Rozváděcí kanály .....	21
3.3 VSTŘIKOVACÍ ČÁST FORMY .....	22
3.3.1 Vyhazovací kolíky .....	22
3.3.2 Trubkový vyhazovač.....	23
3.3.3 Stírací deska .....	23
3.4 TEMPEROVÁNÍ FOREM .....	24
3.4.1 Chladicí okruh formy .....	24
3.4.2 Návrh temperačního systému .....	25
Kontrola správné teploty formy .....	26
Teploty okolí.....	26
3.4.3 Chladicí fontánky .....	27
3.4.4 Tepelné trubice.....	27
3.4.5 Izolační desky.....	28
3.5 ODVZDUŠNĚNÍ DUTINY VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	28
3.5.1 Odvzdušnění v dělicí rovině.....	28
3.5.2 Umístění odvzdušňovacích kanálů.....	30
<b>4 ZÁSADY KONSTRUKCE VÝLISKŮ Z PLASTU</b> .....	<b>32</b>



4.1	ZAFORMOVATELNOST .....	33
4.2	TLOUŠŤKA STĚNY .....	33
4.3	TVORBA ZÁVITŮ .....	35
4.3.1	Závity z hlediska vrubového pnutí .....	36
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>POUŽITÝ SOFTWARE .....</b>	<b>40</b>
6.1	CATIA V5R19 .....	40
6.2	DRAFTSIGHT .....	40
<b>7</b>	<b>VSTŘIKOVANÝ DÍL .....</b>	<b>41</b>
7.1	POUŽITÝ MATERIÁL .....	42
<b>8</b>	<b>KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY .....</b>	<b>44</b>
8.1	NÁSOBNOST .....	44
8.2	TEMPERAČNÍ SYSTÉM .....	45
8.3	V TOKOVÝ SYSTÉM .....	46
8.4	ODVZDUŠNĚNÍ .....	47
8.5	VODÍCÍ PRVKY .....	47
8.6	TRANSPORT FORMY .....	48
8.7	ODFORMOVÁNÍ VÝROBKŮ .....	49
8.7.1	Otevírání formy .....	49
8.7.2	Vyhazovací desky .....	50
<b>9</b>	<b>VSTŘIKOVACÍ STROJ .....</b>	<b>53</b>
<b>10</b>	<b>DISKUZE VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>54</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>55</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>56</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>58</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>62</b>

## ÚVOD

Plasty jsou syntetické a polosyntetické polymery, z nichž mnohé jsou teplem tvarovatelné (plastické; řec. *plastos* = tvárný). Pro plasty je charakteristická nízká hustota, chemická odolnost, dobré elektroizolační a tepelné vlastnosti, snadná tvarovatelnost a dobrá zpracovatelnost. Základem plastů jsou makromolekulární sloučeniny vzniklé polymerací a polykondenzací. Polymery se zpracovávají vytlačováním, lisováním, vyfukováním nebo vstřikováním. Vyznačují se vysokou pevností a elasticitou. Plasty postupně nahrazují klasické materiály (dřevo, kovy, slitiny, sklo, papír, přírodní vlákna aj.).

Odvětví zabývající se polymery patří v současnosti mezi jedno z nejrychleji se rozvíjejících. Spolu s vývojem nových materiálů jde ruku v ruce i rozvoj technologií, která umožňuje jejich zpracování. Tato práce se zabývá návrhem a konstrukčním řešením vstřikovací formy pro výrobu plastových uzávěrů.

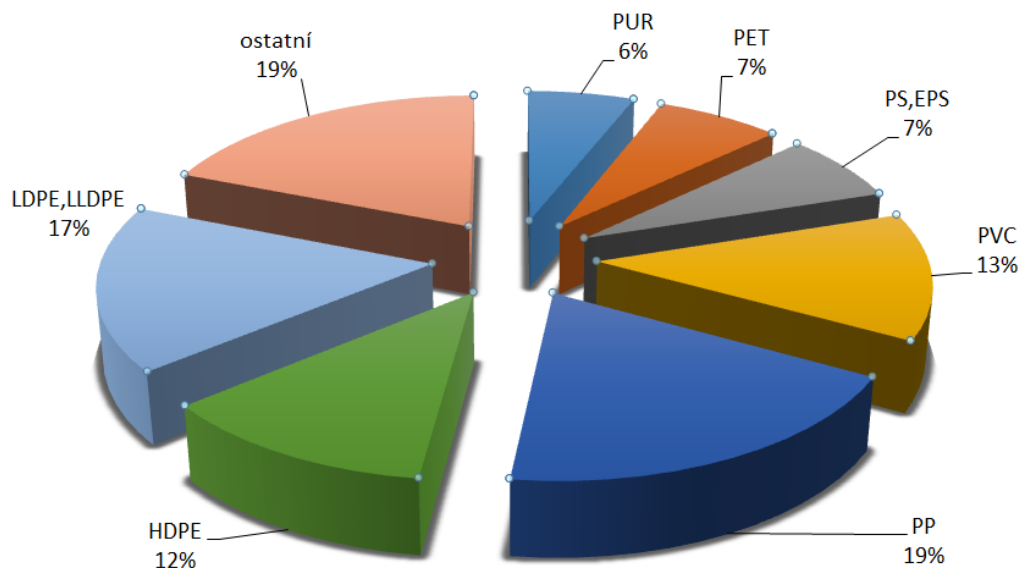
Teoretická část je zaměřena na charakteristiku plastů a jejich rozdělení na termoplasty a reaktoplasty. Dále se zabývá jednou z nejvýznamnějších vlastností plastů pro jejich výrobu technologií vstřikováním a tou je index toku taveniny. V další části je pozornost zaměřena na samotnou technologii vstřikování, její charakteristiku a popis vstřikovacího cyklu. Poslední dvě kapitoly jsou věnovány vstřikovacím formám a výrobkům, a zásadám jejich konstrukce.

V praktické části byl vytvořen model zadaného výrobku pomocí software CATIA V5R19. Na základě softwarového modelu byla navržena šestinásobná vstřikovací forma. Model byl použit jako předloha pro návrh tvarové dutiny a závitového trnu tvarujícího vnitřní závit.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PLASTY

Plasty jsou látky tvořeny makromolekulárními řetězci (kovy mají strukturu tvořenou z krystalických mřížek). Vzhledem ke svým vlastnostem jsou požívány v široké míře. Stále více nahrazují konvenční materiály jako ocel, dřevo, sklo, beton atd. Mezi největší výhody plastů patří nízká hustota, oproti kovům až několikanásobně.[1]



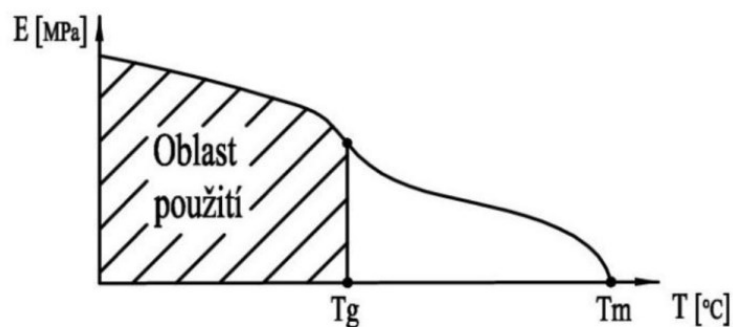
*Obr. 1. Světová spotřeba plastů podle jejich typu v roce 2006 (49,5 milionů tun)  
[10]*

### 1.1 Termoplasty

Termoplasty jsou nejrozšířenější ze skupiny plastů. Jedná se o polymery složené z lineárních makromolekul s dlouhým řetězcem. Řetězce jsou u sebe drženy pouze mezimolekulárními interakcemi (van der Waalsovými silami, vodíkovými můstky, interakcemi dipól-dipól). Při zahřívání termoplastu tyto interakce slábnou a polymer měkne, při dalším zvyšování jeho teploty může znovu zkapalnět. Z hlediska vnitřní struktury jsou termoplasty rozděleny na amorfní a semikrystalické. [1]

### 1.1.1 Amorfní termoplasty

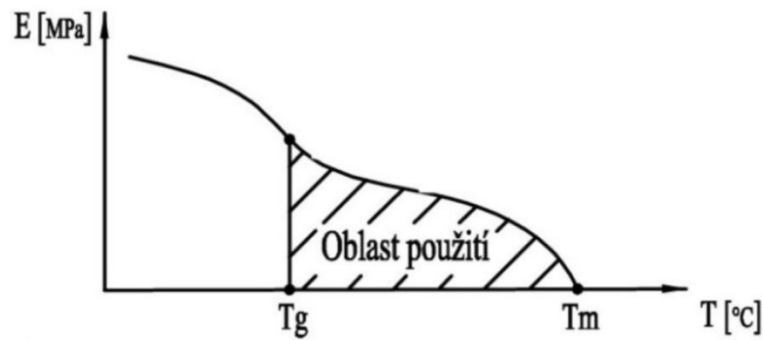
U této skupiny termoplastů je vnitřní struktura řetězců prostorově nepravidelně uspořádána. Využitelnost výrobků z amorfních plastů je v oblasti pod teplotou  $T_g$  (tzv. teplota skleného přechodu), kdy se polymer nachází ve stavu, který se označuje jako sklovitý. Při překročení této teploty postupně slábnou kohezní síly mezi makromolekulami a plast přechází do plastické oblasti až do viskózního stavu (tzv. kaučukovitý stav), kdy se zpracovává. Se zvyšováním teploty současně narůstá i objem polymeru. Hranice tohoto přechodu je pro každý druh polymeru různá (např. polyamid + 40°C, polyetylén – 65°C). [2]



Obr. 2. Oblast použití amorfních termoplastů [2]

### 1.1.2 Semikrystalické termoplasty

U semikrystalických plastů jsou části makromolekul vázány pevněji v lamelách a ve sférolitech krystalické fáze. Zvyšováním teploty se nejprve uvolní část makromolekul z amorfní oblasti. Záhřev je doprovázen značným objemovým nárůstem hmoty. Použití plastu tohoto typu je v oblasti nad teplotou  $T_g$ , díky výhodné kombinaci pevnosti a houževnatosti nad touto teplotou.[2]



Obr. 3. Oblast použití semikrystalických termoplastů [2]

Tabulka 1. Příklady semikrystalických plastů [2]

semikrystalické plasty	$T_g$ [°C]
PE	-80
PP	-20
hom.FE	-50
PT PE	-60
kopol. POM	-113
EVA	-80
PBT	60
PA 6	45

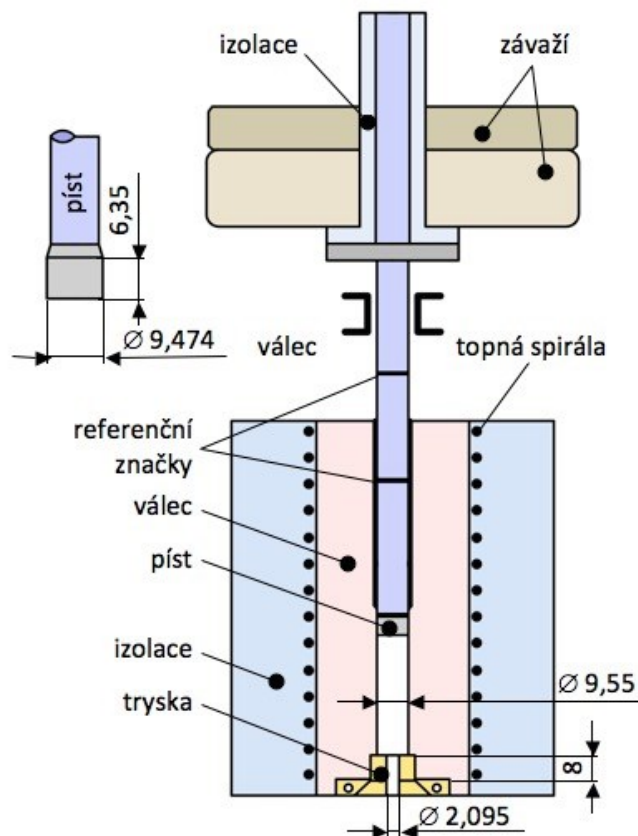
## 1.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty jsou polymery, které nevratnou chemickou reakcí přecházení z lineárního do síťového stavu. Jsou to plasty, které zahřátím nebo přidáním vytvrzovacího prostředku (často se mluví nesprávně o katalyzátoru) přecházejí do nerozpustného a netavitelného stavu (ztrácejí termoplastický charakter). Používá se jich např. k výrobě lisovacích hmot, vrstvených materiálů, lehčených hmot, lepidel, nátěrových hmot, prostředků pro úpravu papíru, textilu, dřeva, kůže.[5]

### 1.3 Index toku taveniny (ITT)

Jednou z nejdůležitějších vlastností plastového materiálu je jeho schopnost téct. Tato schopnost se vyjadřuje indexem toku taveniny na výtlačném plastometru. Aby se tato vlastnost dala snadno měřit, byla navržena jednoduchá metoda zjišťování ITT.

Zkušební metoda ASTM D-1238 sestává z umístění plastových granulí do temperovaného válce a zatížením pístu určeným závažím. Index toku taveniny se zjistí pomocí měření množství plastového materiálu, který projde tryskou během 10 minutového intervalu. Toto množství materiálu se poté zváží a jako výsledek se uvede výsledná hmotnost v gramech za deset minut. Průměrná hodnota indexu toku taveniny u polymerů se pohybuje v rozmezí od 4 až 20 g / 10 min.[1]



Obr. 4. Schéma zařízení ke stanovení indexu toku taveniny [11]

## 2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

V roce 1868 vyvinul John Wesley Hyatt plastický materiál, který nazval celuloid, aby mohl vstoupit do soutěže pořádané výrobcem kulečnickových koulí. Společnost hledala nový materiál, který by nahradil slonovinu, která se stávala dražší a obtížněji sehnatelnou. V roce 1872 si Hyatt a jeho bratr Isaiah patentovali první vstřikovací stroj. S tímto strojem mohli bratři vyrábět celuloidové kulečnickové koule.

Během čtyřicátých let minulého století se vstřikování plastů velmi rozvíjelo, protože díky druhé světové válce byla poptávka po cenově výhodných masově vyráběných produktech. Nové materiály byly pro tento proces vymyšleny průběžně a technický pokrok vedl k stále více úspěšnějším aplikacím.[1]

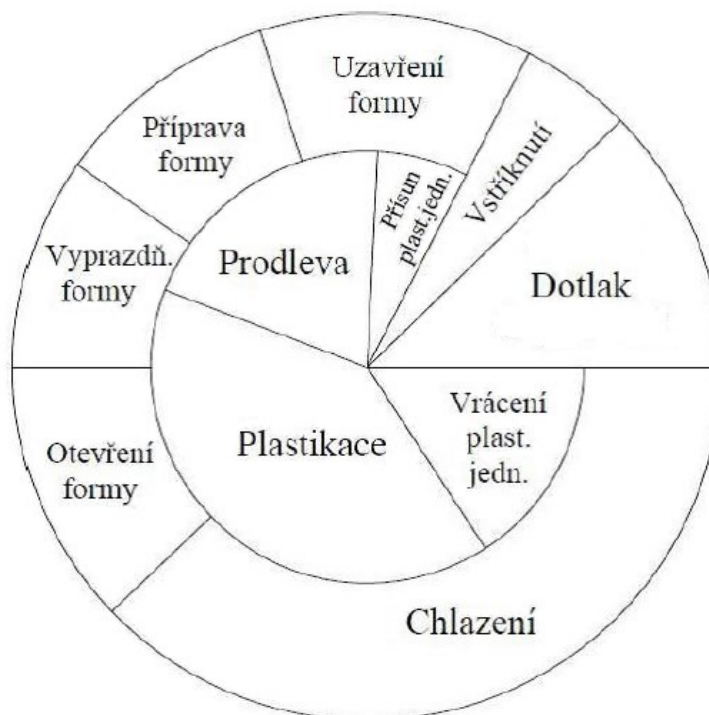
### 2.1 Charakteristika

Vstřikování je jedním z hlavních způsobů zpracování termoplastů. Stále více se uplatňuje i při zpracování kaučukových směsí. V současné době se vstřikováním zpracovává značné množství polymerů a význam této technologie stále vzrůstá. Umožňuje ekonomicky produkovat kvalitní a rozměrově dostatečně přesné výrobky. V jedné operaci se mění polymerní směs (prášek, aglomerát, granulát, pelety) ve zcela hotový výrobek. Ve většině případů je možno odeslat jej přímo spotřebiteli. Pečlivě navržená a vyrobená forma může totiž eliminovat opracování výstřiku. Vtoky a vtokové zbytky se mohou v případě termoplastů rozemlít a znovu vstřikovat, v případě pryže snadno zpracovat na tzv. regenerát nebo drť. Ztráty polymeru jsou tedy minimální. Vstřikovací cyklus je rychlý, lze jej zautomatizovat. Je založen na vstříknutí taveniny polymeru do formy, chlazené při zpracování termoplastů a vyhřívání při zpracování kaučukových směsí. Forma je v prvním případě po ztuhnutí taveniny, ve druhém případě po zvlukanizování kaučukové směsi otevřena, výstřik vyjmut a stroj připraven k dalšímu cyklu.[5]

### 2.2 Vstřikovací cyklus

Pracovní cyklus (viz. Obr. 5) je určen rychlostí funkce vstřikovacího a uzavíracího mechanismu a dobou uzavření a otevření formy. Trvá obvykle několik sekund až několik desítek sekund, v závislosti na tloušťce stěny a celkové velikosti výrobku. U tenkostěnných výrobků se dosahuje velkého výkonu na moderních automatických strojích se samočinně pracujícími formami, respektive řízenými počítači. [5]





Obr. 5. Graf vstříkovacího cyklu

### 2.2.1 Uzavření formy

Jedná se o čas potřebný k tomu, aby pohyblivá polovina formy uzavřela tvarovou dutinu. Existují dvě fáze uzavírání forem. První je počáteční uzavření, které přivádí obě poloviny formy dohromady nízkým tlakem. Tato fáze se zastaví, když se poloviny formy dostanou do vzdálenosti cca 1 cm od sebe. Jedná se o bezpečnostní prvek, který udržuje formu téměř zavřenou, než dojde k vysokému tlaku. Toto konečné uzavření je pomalejší.[1]

### 2.2.2 Vstříknutí

Když se forma zcela uzavře, začne vstříkovací šnek tlačit dopředu a vstříkovat roztavený materiál do uzavřené formy. Tento pohyb zajišťuje buď koncový spínač či nahromadění tlaku v komoře, případně kombinace obou těchto mechanismů. Šnek se v tomto bodě neotáčí, ale funguje pouze jako píst, který přivádí materiál do formy. Toto počáteční plnění se

provádí při nejvyšším praktickém tlaku pro konkrétní aplikaci. Někdy, v závislosti na konstrukci stroje, je tato akce rozdělena na dvě nebo tři menší fáze. [1]

### 2.2.3 Dotlak

Na většině strojů je nastaven čas pro počáteční dobu vstřikování, což je doba, kdy šnek vytváří tlak na plastikovanou hmotu. Počáteční čas vstřikování je první část této doby a dotlak poslední část. Tento tlak se aplikuje na naplněnou formu dostatečně dlouho tak, aby plnicí ústí zatuhlo. Protože je obvykle ústí nejtenčí část obrazu formy zatuhne dřív než zbytek výrobku. Pokud je ústí zpevněné, neexistuje důvod k udržení tlaku, protože plast, který je v dutině, leží za zpevněnou vrstvou.[1]

### 2.2.4 Chlazení

Čas ochlazování je pravděpodobně nejdůležitější čas v průběhu celého vstřikovacího procesu. Je to doba potřebná k tomu, aby plastový materiál vychladl až do bodu, ve kterém je plastová část dostatečně tuhá, aby odolala procesu odebrání výrobku z formy. Některé plastové díly mohou ve formě dostatečně vychladnout, ale nemusí být dostatečně tuhé pro vysunutí z formy. Důvodem je, že proces vytvrzování může trvat až 30 dní, než je dokončen. Počáteční vytvrzení je rychlé - 95% celkového vytvrzování probíhá ve formě. Zbývá však dalších 5%, které probíhá mimo formu. Pokud je vnější povrch výrobku ztuhlý do dostatečné hloubky, zbývající chlazení by nemělo mít výrazný vliv na tvarovou část. Pokud je však vrstva příliš tenká, může zbývající chlazení způsobit napětí a tvarová část se může začít deformovat, otáčet nebo prasknout.[1]

### 2.2.5 Návrat plastikační jednotky

Poté, co šnek zavedl hmotu do formy, drží ji tam, dokud není vtokové ústí zatuhlé. Poté je připraven vrátit se do výchozí polohy. Čas potřebný k tomu, aby se šnek začal otáčet a vrátil se do polohy pro plastikaci, je určen v závislosti na tom, kolik dotlaku je aplikováno (čím víc dotlaku, tím delší je doba návratu) a kolik materiálu je třeba připravit pro další cyklus. [1]

### 2.2.6 Otevírání formy

Obvykle se forma otevírá ve dvou fázích. První fáze je velmi pomalá a vzdálenost otevření je malá. Když je plast vstřikován do formy, vytlačuje veškerý vzduch, který je zachycen

v uzavřené formě. Při otevírání vzniká podtlak, který může poškodit výstřik či formu. Konečná fáze otevírání formy je rychlá a vzdálenost otevření je dostatečná pro bezpečné vyhození výrobku z formy.[1]

### **2.2.7 Vyhazování**

Když je cyklus dokončen a forma se zcela otevřela, může vyhazovací systém vyhodit výrobek z formy. Vyhazovací mechanismus musí být při započetí dalšího cyklu zpět na svém místě. V některých případech není nutné systém vrátit, protože zavírání formy tuto akci provede. Tento postup se však nedoporučuje, protože může dojít k poškození formy. [1]

### **2.2.8 Příprava formy**

Jedná se o postup, který bývá při odhadování celkových časů cyklu často přehlížen. Operátor by měl před spuštěním dalšího cyklu zkontrolovat a případně očistit vnitřní povrch formy od nečistot.[1]

### 3 NÁSTROJE

Forma je hlavním prvkem procesu vstřikování. Zde probíhá celý formovací proces. Roztavený plastový materiál je pod tlakem vstřikován do formy. Forma může mít jakýkoliv vnitřní tvar. Poté se materiál ochladí, dokud se znovu nezpevní. Když je odebrán, má přesný obraz tvaru uvnitř dutiny formy.[1]

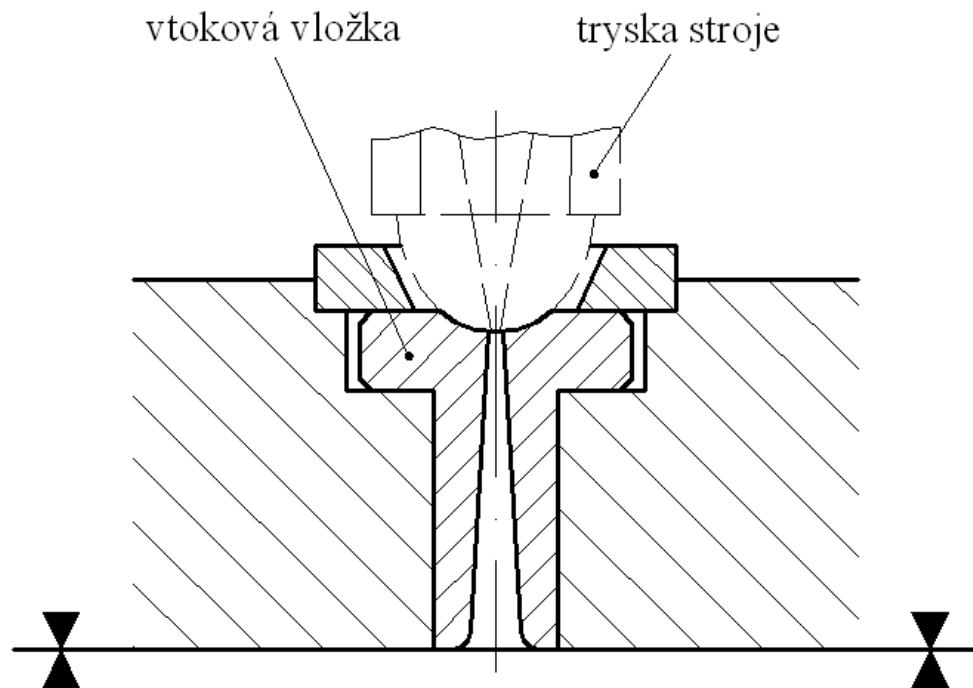
#### 3.1 Obraz dutiny

Forma se skládá z mnoha různých dílů, ale hlavními součástmi jsou tvarové desky. Ty se nazývají tvárník a tvárnice a mají negativní tvar výrobku, který se bude ve formě vyrábět. Obraz dutiny je obroben do desek pomocí strojů, jako jsou frézky, brusky, vrtačky a další zařízení. Často se používá i elektroerozivního obrábění. Všechna tato zařízení dokáží vytvářet obraz dutiny velmi přesných rozměrů.[1]

#### 3.2 Vstřikovací část formy

##### 3.2.1 Vtoková vložka

Úloha vtokové vložky je umožnit propojení se vstřikovací tryskou stroje a distribuci roztaženého plastu z plastikačního válce do formy. Ve středu průchozího pouzdra je zkosená, zde plast protéká vložkou. Otvor je zužován tak, aby umožnil snadné odstranění plastu po jeho zatuhnutí (viz obr. č. 6).



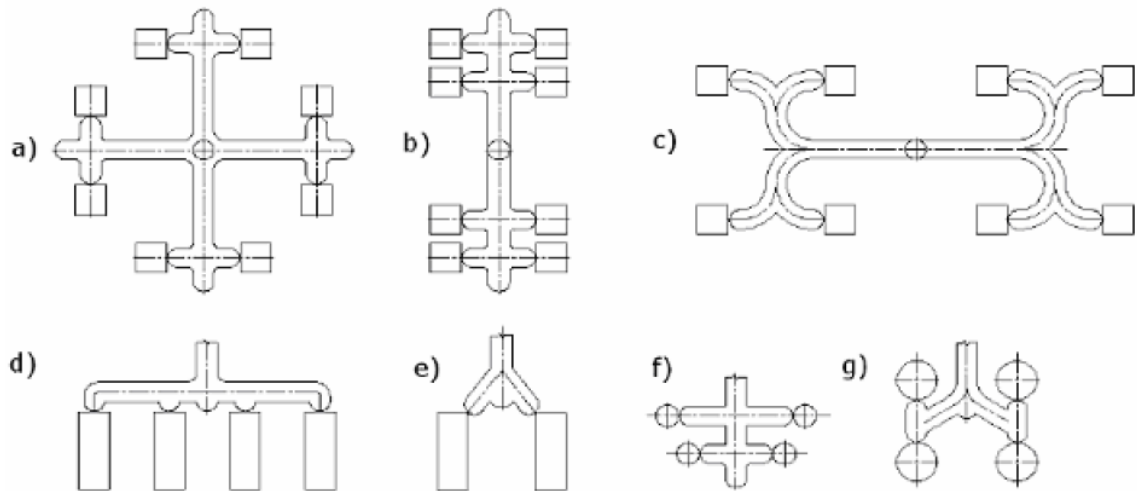
Obr. 6. Spojení vstříkovací trysky a vtokové vložky [2]

### 3.2.2 Rozváděcí kanály

Rozváděcí kanály spojují hlavní kanál s ústím vtoku a tvářecí dutinou. Jejich délka je dána typem formy. Velikost průměru kanálů určuje řada faktorů, které se vzájemně ovlivňují. [2]

Volí se s ohledem na:

- charakter výstřiku, především tloušťku jeho stěn a předpokládanou dobu dotlaku,
- tepelné a reologické vlastnosti taveniny, zejména její viskozitu a tepelnou vodivost,
- parametry vstříkovacího stroje, vstříkovací tlak, vstříkovací rychlost.



Obr. 7. Obecné zásady pro vyvážené vtoky, pozice d a e nejsou vhodné [2]

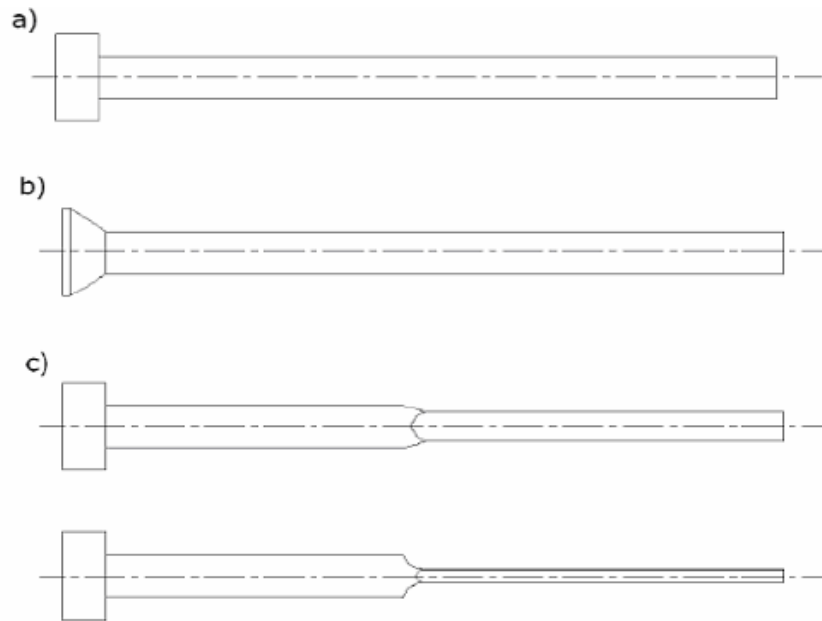
### 3.3 Vstřikovací část formy

Vyhazovací systémy forem slouží k vyhození výroků a svojí funkcí by měly zajišťovat převážně automatický výrobní cyklus. K vyhazování výrobků lze ve vazbě na tvar výstřiku použít kruhové vyhazovače, či plochých, stíracích kroužků, stíracích lišt, stíracích desek, pneumatických ventilů apod. Plochy vyhazovacích prvků a jejich rozmístění na vyhazovaném dílu musí být voleny tak, aby nezpůsobovaly deformace dílů. Samotné deformace dílů vyvozují ve výrobku deformační pnutí, s vazbou na negativní mechanické vlastnosti, zvláště pak v tenzoaktivním prostředí. Rovněž se tak zohledňuje i použitý typ materiálu (zejména jeho tuhost). [6]

#### 3.3.1 Vyhazovací kolíky

Vyhazovací kolíky lze použít tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Tento způsob je nejčastějším a nejlevnějším. Je také výrobně jednoduchý a funkčně zaručený.[3]

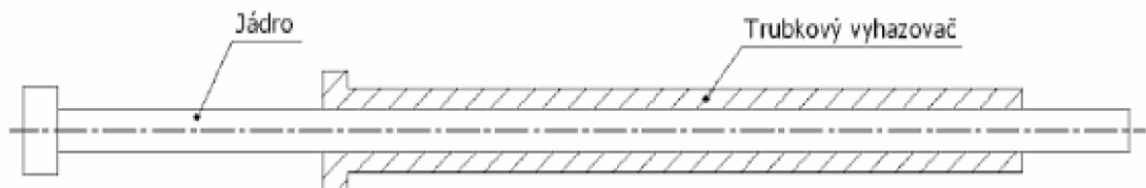
Správná volba tvaru (viz obr. č. 8 – typy vyhazovačů) vyhazovacího kolíku i jeho vhodné umístění umožní snadné vyhození produktu bez poškození. Kolík by se měl opírat o stěnu či žebro výstřiku a nesmí jej při vyhazování bortit – mohla by nastat trvalá deformace produktu. Na styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstřiku stopy. Proto není vhodné je umístit na vzhledových plochách. Pokud je vyhazování vybaveno větším množstvím vyhazovacích kolíků, obtížněji se u formy zhotovují temperační kanály. [3]



Obr. 8. Typy vyhazovačů: a) válcový, b) s kuželovou hlavou c) nožový [3]

### 3.3.2 Trubkový vyhazovač

Funkce trubkového vyhazovače je speciálním případem stírání plochou. Vyhazovač s otvorem má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík. Zatímco vlastní vyhazovací kolík je upevněn v pevné desce, nepohybuje se a tvoří jádro.[3]



Obr. 9. trubkový vyhazovač [3]

### 3.3.3 Stírací deska

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

jen tehdy, dosedá-li výstřik na stírací desku v rovině nebo plocha výstřiku je mírně zakřivena.[3]

Stírací deska je ovládána tlakem vyhazovacího trnu. Působí přes vyhazovací desku spojenou táhly se stírací deskou. Síla může být vyvozena pružinami, hydraulickým nebo pneumatickým zařízením. Stírací deska může být ovládána i tahem pomocných mechanismů. Tyto mechanismy jsou upevněny v různých částech formy a vzájemně na sebe působí. Tento způsob je složitější než ovládání desky tlakem. Používá se hlavně u třídeskových forem, kdy výstřik a vtoky jsou v rozdílných dělicích rovinách a zaformování nedovoluje použít jinou koncepci stírání či vyhazování. [3]

### 3.4 Temperování forem

Po vstříknutí roztaveného plastu při definované teplotě do formy začíná proces chlazení. Plast se musí ochladit na teplotu, při níž se vytvrzuje nebo tuhne. Čím rychleji jej lze ochladit, tím dříve může začít další cyklus. Každý typ materiálu má jinou rychlost ochlazení. Některé materiály (zejména amorfni) se mohou ochlazovat velmi rychle, zatímco jiné (zejména krystalické) vyžadují pomalejší ochlazení. V obou případech musí mít forma temperační okruh.[1]

#### 3.4.1 Chladicí okruh formy

Standartní temperace vstřikovací formy prochází sérii vrtaných děr v deskách formy. Tyto díry tvoří kanálky, které jsou pospojovány hadicemi tak, aby vytvořily kontinuální dráhu. Chladicí kapalina (obvykle voda) absorbuje teplo z formy (která vede teplo z horkého plastu) a udržuje formu na takové teplotě, aby výrobek nejefektivněji zchladl. Chladicí okruh formy je spojen hadicemi s regulační jednotkou, která je umístěna blízko vstřikovacího stroje. Někdy může být systém napojen na centrální rozvod chladicího média.

Chladicí proces je rozhodující pro vstřikování kvalitních výrobků. Čas potřebný k ochlazení výrobku na vyhazovací teplotu by měl být co nejkratší. Celkový cyklus vstřikování sestává z mnoha fází, ale hlavní řídicí fáze je doba ochlazení - ta představuje přibližně 75 – 80% celkového cyklu.[1]

V ideálním, teoretickém světě by mohla být forma nastavena na teplotu jen o několik stupňů pod bodem roztavení nebo změkčování plastů. V případě polykarbonátu by byla teplota formy přibližně 150°C. Při této teplotě by však celková doba chlazení měla být měřena



v hodinách, ne-li v dnech. Takže je vytvořena méně ideální situace. V této situaci se forma udržuje na takové teplotě umožňující materiálu dosáhnout uspokojivých fyzikálních vlastností v přiměřeně krátkém časovém období. V případě polykarbonátu je tato teplota přibližně 82 až 104°C.

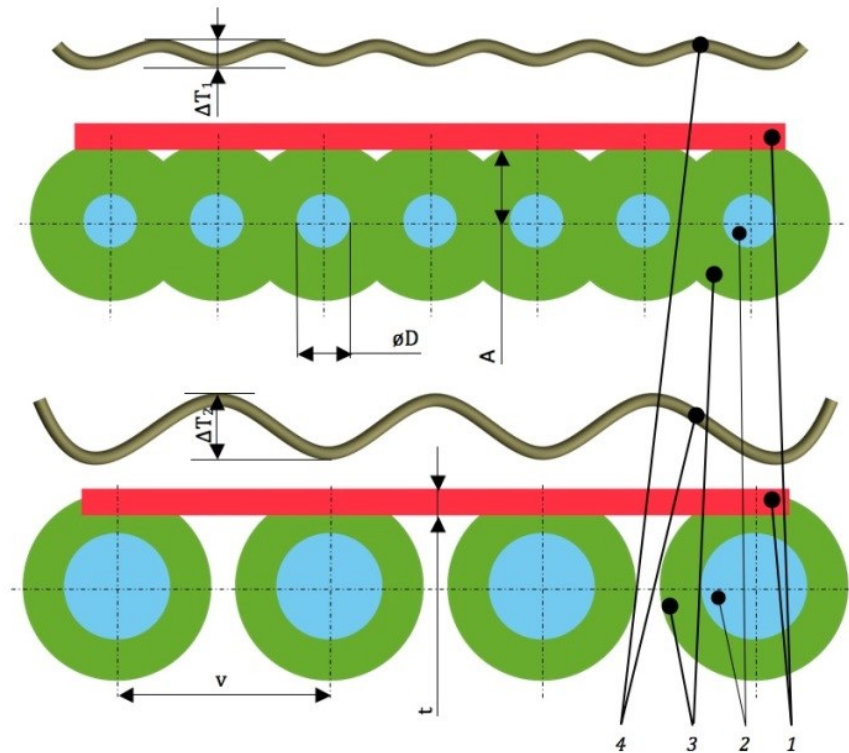
V případě, že je optimální teplota stanovena nad bodem varu vody, nelze použít vodu jako chladicí kapalinu a musí být použito médium s vyšším bodem varu. Často se používá jako chladicí médium olej, zejména když musí být teplota formy udržována v blízkosti bodu varu vody. Pokud je to nutné, musí být použito speciální zařízení a hadice tak, aby odolaly vyšším teplotám. Použitím systémů, které řídí teplotu formy na optimální úrovni, může doba chladnutí klesnout z několika hodin na přijatelnějších 15 až 30 sekund.[1]

### 3.4.2 Návrh temperačního systému

Temperační kanály s proudícím médiem jsou nejrozšířenějším způsobem ustanovení vhodné teploty vstříkovací formy, ať už se jedná o vytápění formy při startu výroby, případně při použití vyšších teplot vstříkovacích forem či chlazení formy při jejím provozu. Obvykle se tento systém skládá z následujících částí: temperační a řídicí jednotka, temperační kanály, spojovací prvky a temperační médium.

Síť temperačních kanálů by dále měla svým uspořádáním a pojetím splňovat následující kritéria:

- Temperační okruh by neměl obsahovat tzv. mrtvá místa, kde neproudí kapalina z důvodu zvýšeného rizika zanášení nečistotami, vodním kamenem apod.
- Temperační kanály do průměru 6 mm je nutné provozovat s upravenou vodou či adekvátním temperačním médiem z důvodu rychlého zanášení malých průměrů např. vodním kamenem.
- Temperační účinek zesílit v oblasti vtokové vložky a ústí vtoku.
- V případě víceokruhového temperačního systému je pro budoucí optimalizaci či řešení technologických problémů vhodné navrhnout síť temperačních kanálů tak, aby byla možná alespoň částečná změna cesty proudění temperačního média vstříkovací formou.[7]



Obr. 10. Porovnání efektu různého průměru temperačních kanálů.

1- vstříkovaný díl, 2- temperační kanál, 3- pole působení temperačního kanálu,

4- průběh teploty povrchu dutiny vstříkovací formy [11]

### **Kontrola správné teploty formy**

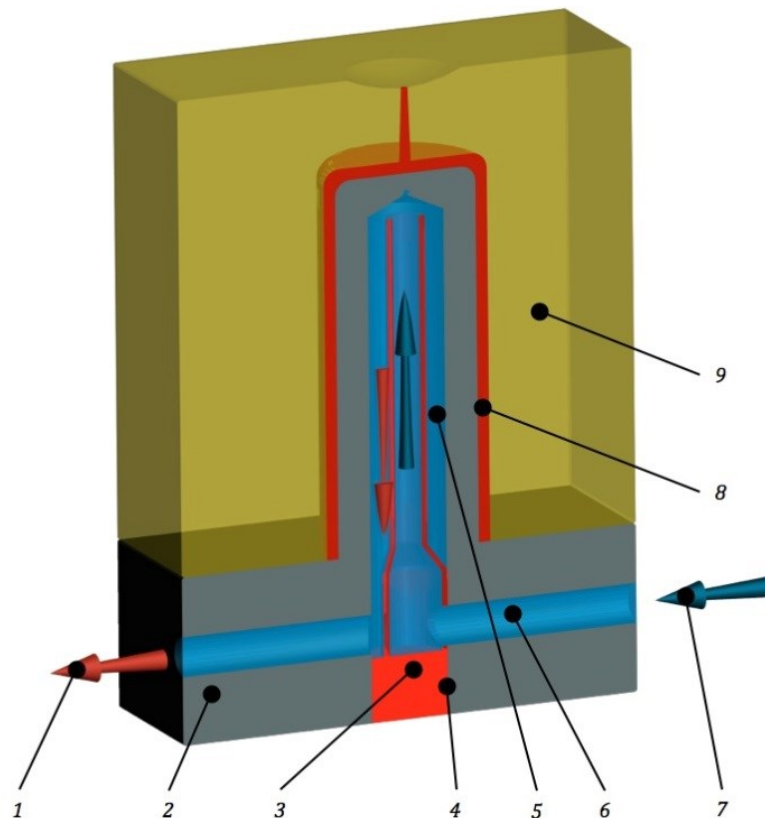
Správná regulace teploty forem se skládá z víc než jen připojení formy na spoustu hadic. Aby bylo dosaženo rovnoměrného chlazení a smršťování plastů, měla by být teplota formy kontrolována tak, aby byly jakékoliv dva body na formě v rozmezí 6°C. Způsob, jak tyto teploty měřit, je použití povrchového pyrometru s přesností na 0,5°C, který musí mít rychlou dobu odezvy. Pokud není teplota formy v rozmezí 6°C, není správně vyvážena pro chlazení. To může vést ke tvorbě nežádoucích spálených míst na výrobku a nebo špatnému vyhazování výrobku z formy.[1]

### **Teploty okolí**

Obvykle se přehlíží nebo snižuje význam kontroly okolních teplot. Ve skutečnosti má okolní teplota tvarovacího zařízení velký vliv na produktivitu a účinnost tohoto zařízení. V praxi existují rozdíly mezi nastavením parametrů vstříkování jedné směny oproti hodnotám na jiných směnách. Pravděpodobně je to způsobeno změnami teploty během dne.

### 3.4.3 Chladící fontánky

Někdy je obtížné dostat vodu pro kontrolu teploty tam, kde je potřeba. Příkladem je střed hlubokého kovového jádra, jako jsou ty, které se používají k výrobě odpadkových košů. V těchto případech lze použít speciálně konstruované součásti. Oblíbeným typem jsou fontánky (tzv. bubblers). Chladící médium (obvykle voda) prochází z hlavního chladicího kanálu do dna dutiny skrze vnitřní trubku. Zpět proudí dolů vnější trubkou zpět do hlavního chladicího kanálu (viz schéma na obrázku č. 11). [11]



Obr. 11. Systém plochých přepážek

1- výstup temperačního média, 2- těleso pohyblivé části vstřikovací formy

3- plochá přepážka, 5- vedlejší temperační kanál, 6- hlavní temperační kanál

7- vstup temperačního média, 8- vstřikovaný díl, 9- těleso pevné části formy [7]

### 3.4.4 Tepelné trubice

Tato jednotka pracuje na principu vodivosti materiálu, jako je beryliová měď. Chladící trubice je připojena k tvářecí ploše a základna trubice je uložena v hlavním chladicím kanálu. Teplo se přenáší z plastu na vysoce vodivou trubici. Chladící médium odvádí teplo

z trubice přes její základnu. V některých provedeních je trubice naplněna kapalinou nebo plynem, který zvyšuje vodivost.[1]

### 3.4.5 Izolační desky

Efektivní řízení teploty formy může být podpořeno montáží izolačních plátů na vnějších stranách formy. Jedná se o desky o tloušťce 0,5 až 1,5 cm ze skelných vláken a polyesteru, které působí jako izolace. Slouží k tomu, aby okolní vzduch neovlivňoval teplotu formy a zároveň pomáhají snížit množství energie potřebné k udržení správné teploty formy. Měly by být namontovány na čela formy, nicméně v případě umístění na všech šesti stranách formy, mohou snížit náklady na energii až o 25%.[1]

## 3.5 Odvzdušnění dutiny vstřikovací formy

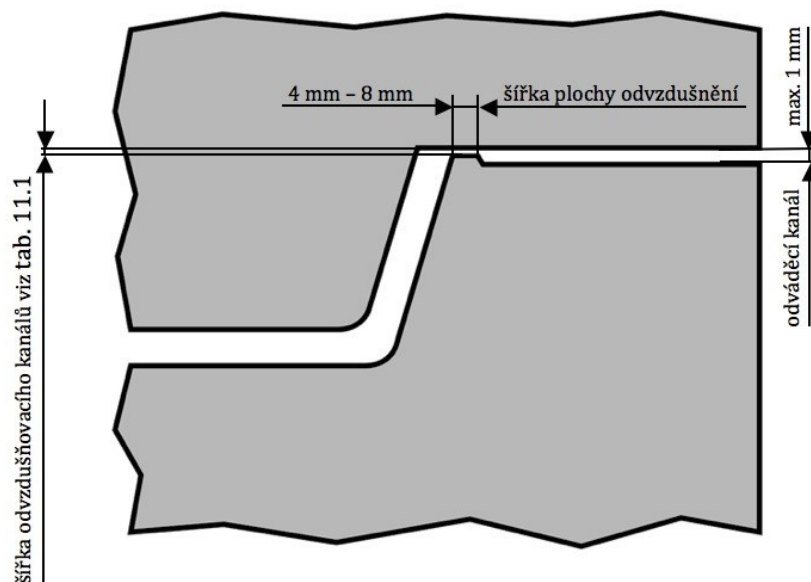
Při plnění formy taveninou je nutno zajistit odstranění vzduchu, který je v ní obsažen. Čím větší je rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušňování dutiny formy. Samotná doba plnění má značný vliv na optimální vlastnosti výstřiku a proto je nelze přizpůsobovat potřebám respektive chybám v odvzdušňování. Při rychlém plnění je zajištěna termická homogenita dávky taveniny. Rychlé plnění vyžadují zvláště výrobky s malou tloušťkou stěny, kde není přístupné zamrznutí čela taveniny a tím způsobené nedostříknutí, nebo nutnost enormního zvýšení vstřikovacího tlaku. Důsledkem je vnesení vnitřního pnutí, velkých tlakových spádů a z toho plynoucích různých anizotropií. Příkladem jsou slabostěnné výrobky typu kelímků, vyráběné v cyklech 2 – 4 s, s rychlostí vstřiku několik desetin sekundy. Tyto výrobky vyžadují kontinuální odvzdušnění celého horního obvodu výrobku při použití vysoké vstřikovací rychlosti, jež zabrání zamrznutí čela taveniny při tloušťkách stěn 0,4 – 0,5 mm. V některých případech, například při vstřikování silikonových elastomerů, je nutné dutinu formy před nástřikem „odvakuovat“.

Nemůže-li vzduch z dutiny formy uniknout, dojde jeho stlačením v příslušném místě tokové dráhy buď k jeho zatlačení do výrobku (vznik bubliny při větších tloušťkách stěny), nebo častěji k jeho spálení – tzv. Dieselův efekt.[6]

### 3.5.1 Odvzdušnění v dělicí rovině

Pravděpodobně nejjednodušší možností zlepšení odvodu vzduchu z dutiny vstřikovací formy je umístění odvzdušňovacích ploch do dělicí roviny. Tyto odvzdušňovací plochy

jsou jednoduše vyrobitelné a představují přímou cestu pro taveninou vytlačovaný vzduch. Na obrázku č. 12 jsou znázorněna obecná doporučení pro návrh odvodušnění umístěného v dělicí rovině. Rozměry jednotlivých prvků jsou individuální dle vstřikovaného typu plastu. Obecně však platí, že plast s vyšší tekutostí vyžaduje menší rozměry odvodušňovacího kanálu a naopak. Požadovaná intenzita odvodušnění roste s objemem vstřikovaného dílu a rychlostí vstřikování taveniny do dutiny formy. Dále by se neměla zvyšovat intenzita odvodušnění zvětšením šířky odvodušňovacího kanálu nad hodnoty uvedené v tabulce (obrázek č. 13), aby nedocházelo ke vzniku zástříků. [11]



Obr. 12. Doporučená konstrukce odvodušňovacího kanálu [7]

Obvykle je možné říci, že čím více a kvalitněji je dutina formy odvodušněna, tím lépe. Výjimkou jsou materiály obsahující např. retardéry hoření, které se mohou natavit na povrch dutiny vstřikovací formy a odvodušňovacích kanálů. Tomu pomáhá předejít tlak vzduchu před čelem taveniny, který částečně udrží nestabilní přísady plastu uvnitř. Ovšem jedná se o skutečně výjimečný případ, na který obvykle upozorňuje výrobce materiálů v jeho materiálovém listu.[7]

Tabulka 2. Doporučené šířky odvzdušňovacích kanálů dle typu plastu [7]

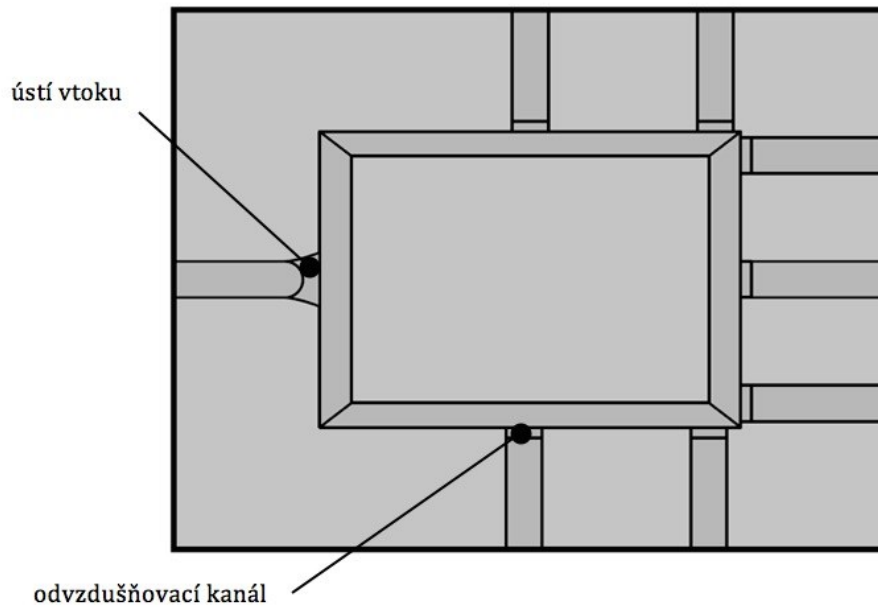
TYP PLASTU	ŠÍŘKA ODVZDUŠŇOVACÍHO KANÁLU [ mm ]
PC, POM	max. 0,05
PS, ABS	max. 0,05
PA	0,02 - 0,03
PBT	max. 0,03
PA (se skelným vláknem)	0,05 - 0,05
strukturní pěny	max. 0,1

### 3.5.2 Umístění odvzdušňovacích kanálů

Odvzdušňovací kanály by měly být umístěny podél rozváděcích kanálů taveniny a v určité vzdálenosti od dutiny vstřikovací formy. Přítomnost odvzdušňovacích kanálů je zejména důležitá v místě dutin vstřikovací formy, které je zaplněno taveninou plastu jako poslední. Jedná se zpravidla o místa s největší vzdáleností od ústí vtoku. Pokud poslední místo plnění není adekvátně odvzdušněno, může dojít k uzavření vzduchu v dutině, což může mít za následek neúplné naplnění dutiny formy popřípadě vznik spálenin plastu v důsledku přehřátí uzavřeného vzduchu vlivem jeho extrémního stlačení.

Pokud je to proveditelné, je vhodné přizpůsobit tloušťku stěn vstřikovaného dílu tak, aby tavenina proudila takovým způsobem, který vede k postupnému vytlačování vzduchu do dělicí roviny. Pokud i přesto problém s uzavřeným vzduchem setrvává, může být další vhodnou alternativou ke standardním odvzdušňovacím kanálům odvzdušnění přes vyhazovače. Tento způsob spočívá v mírné úpravě tvaru vyhazovače a to jeho zploštěním na protilehlých stranách. Z hlediska odvzdušnění jsou v dutině formy problematické slepé otvory, ze kterých tavenina velmi obtížně vytlačuje vzduch. Proto jsou mnohdy příslušné části formy vytvořeny ze dvou dílů: dno slepého otvoru je tvořeno vloženým dílem, což umožňuje únik vzduchu přes dělicí plochu mezi vloženým dílem a zbytkem těla formy. Mezi další zásady správného provedení odvzdušnění dutiny vstřikovací formy patří plnění dílů s

žebrováním podél těchto žeber, aby nedocházelo k uzavírání vzduchu na konci žeber, která by měla být opatřena rádiusem a úkosem, aby bylo lépe předcházeno uzavírání vzduchu.



*Obr. 13. Umístění odvzdušňovacích kanálů [7]*

## 4 ZÁSADY KONSTRUKCE VÝLISKŮ Z PLASTU

Nejdůležitější etapou realizace plastového dílu je jeho správná konstrukce, a to jak z hlediska funkčního, tak z pohledu technologičnosti.

Samotná, byť koncepčně dobře řešená forma a optimální technologie výroby, již prvotní nedostatky konstrukce dílu neodstraní. Konstrukce výlisku musí splňovat v zásadě dvě hlavní hlediska:

### 1. Funkčnost

- a) funkci plastového dílu v daném zařízení – u technické kooperace (příklad pouzdro světlometu), odpovědnost za to nese konstruktér dílu,
- b) užité, estetické, ergonomické a bezpečnostní hlediska – u spotřebního zboží (příklad sáňkovací boby). Odpovědnost nese designér či výtvarník.

### 2. Technologičnost

Plastikáři nesou odpovědnost za efektivitu výroby produktu, přebírají a posuzují dokumentaci kooperátora.

Jedná se o následující oblasti:

- a) zaformovatelnost
- b) tloušťky stěn, žeber, nálitky, rádiusy
- c) lisovací úkosy
- d) tvary stěn dílů, z důvodu jejich možné deformace, velké rovné plochy (z pohledu užití amorfních či semikrystalických plastů a jejich plniv)
- e) tolerance výrobků z hlediska technologických možností použitých materiálů a zaformování (dle norem)
- f) volba vhodného druhu plastu. S ohledem na funkci výlisku se volí dle stanovených technických kritérií typ plastu, při zohlednění jeho technologických možností a jeho ceny (ekonomické hledisko).

Posuzuje se: tepelná odolnost, tvarová stálost za tepla, chemická odolnost, vnitřní nebo venkovní nasazení výrobku (UV stabilizace), odolnost proti hoření – samozhášivost, tuhost (E-modul), rázová a vrubová pevnost, odolnost proti opotřebení, kluzné vlastnosti, povrchový odpor ( $v \Omega$ ) ve výbušném prostředí (doly, plynárny) apod.



g) dále nutno zohlednit příslušné požadavky norem, které platí pro finální výrobek, ve kterém je díl z plastu nasazen (např. ochranné prostředky, vnitřní a vnější díly automobilů, či elektrických zařízení apod.)

Z výše uvedených důvodů je žádoucí, aby již konstruktér vlastního dílu z plastu měl základní znalosti o technologických zásadách jeho řešení a technických možnostech použitého materiálu v podmínkách jeho provozu. Konzultací s plastikáři pak lze najít optimální řešení jeho technologičnosti.[6]

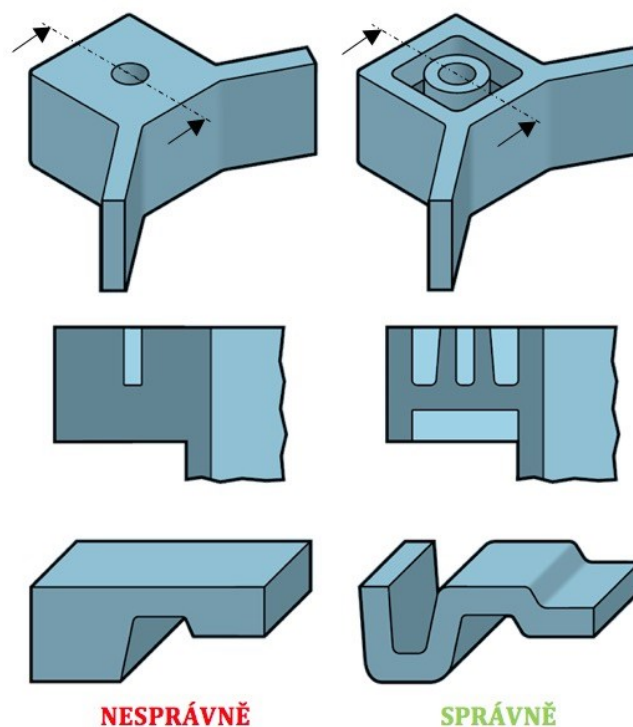
#### **4.1 Zaformovatelnost**

Zaformovatelností se rozumí způsob optimálního zaformování ve formě (volba dělicích rovin), aby výlisek, odformovatelný pomocí různých konstrukčních prvků (čelistí, šubruů apod.), mohl být ekonomicky vyráběn, nejlépe v automatickém chodu.

S technikou zaformování by měli být obeznámeni i konstruktéři dílů z plastů, jejichž řešení pak přejímají jako kooperátoři výrobci forem a výlisků.[6]

#### **4.2 Tloušťka stěny**

Tloušťka stěny významně ovlivňuje mnoho klíčových charakteristik plastového dílu. Jedná se zejména o mechanickou odolnost, pocitové vlastnosti, celkový vzhled, zpracovatelnost a ekonomiku dílu. Optimální tloušťka stěny je poté obvykle kompromisem mezi protikladnými požadavky, jako je pevnost versus hmotnost nebo trvanlivost versus náklady. Volba tloušťky stěny musí být provedena na základě kvalitně provedené rozvahy, aby byly v co možná nejvyšší míře eliminovány budoucí a mnohdy velmi drahé úpravy vstřikovací formy spojené se značnými problémy při výrobě (viz obrázek č. 15).[7]



Obr. 14. Porovnání nesprávného a správného návrhu plastového dílu s ohledem na rovnoměrnosti tloušťky stěny [7]

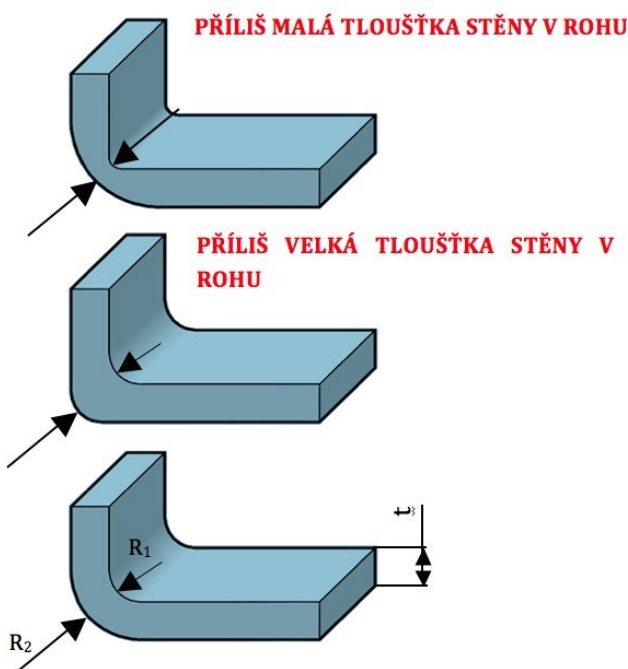
Jednoduše řečeno, v případě plochých dílů každé navýšení tloušťky o 10% způsobuje zvýšení tuhosti přibližně o 33%. Zvyšování tloušťky stěny s sebou nicméně přináší zvýšení hmotnosti, doby cyklu a materiálových nákladů. Ke zvýšení tuhosti dílů je tedy efektivnější využití konstrukčních prvků – např. žebra, zakřivení či zvlnění.

Tyto prvky mohou zvýšit tuhost dílu stejně jako zvýšení tloušťky stěny při pouze velmi mírném zvýšení hmotnosti dílu, doby cyklu a materiálových nákladů. Jak geometrie těchto prvků, tak materiál mají vliv na mechanické vlastnosti dílů. Obecně lze říci, že vyšší tloušťka stěny (až na výjimky) snižuje riziko porušení vlivem rázového namáhání a zvyšuje energii potřebnou na vznik porušení. Výjimku představují např. polykarbonáty, které mají tzv. kritickou tloušťku stěny (cca 5 mm), jejímž překročením dojde k výraznému poklesu mechanických vlastností včetně rázové houževnatosti.

S ohledem na tloušťku stěny plastového dílu musí být zvažena i vyrobiteľnosť vstřikováním v souvislosti s délkou tečení taveniny plastu. Délkou tečení taveniny plastu se v tomto pří-

padě bere vzdálenost mezi místem, kde tavenina vstupuje do dutiny formy a posledním místem, které tavenina plastu vyplní.

Tato vzdálenost je dle tloušťky stěny a typu materiálu limitována. Velmi nízké tloušťky stěny mohou vést ke vzniku velmi vysokých vstřikovacích tlaků, vzhledem vadám popř. problémům s plněním dutiny vstřikovací formy. Naproti tomu větší tloušťky stěn prodlužují dobu cyklu a způsobují rovněž vzhledové vady v podobě propadlin povrchu v důsledku neefektivního dotlaku. Dále by měla být v souvislosti s tloušťkou dodržena následující pravidla: vyhnout se návrhu oblastí s nižší tloušťkou stěny sousedící s oblastmi s vyšší tloušťkou stěny, udržet maximálně rovnoměrnou tloušťku stěny a vyhnout se častým změnám tloušťky z menších na vyšší.[11]



Obr. 15. Porovnání vnitřních a vnějších rádiusů vstřikovaného dílu [7]

### 4.3 Tvorba závitů

Závity na dílech z plastů se tvarují podle toho, zda se jedná o závity vnější nebo vnitřní (šroub respektive matice).

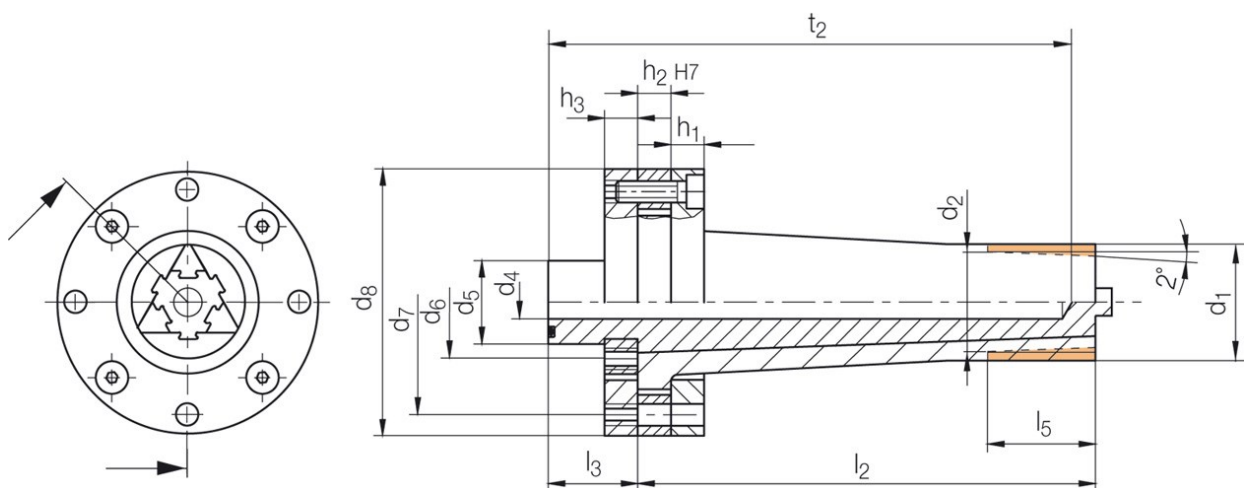
Vnější závity se tvarují pomocí čelistí, závitových kroužků a rozpínacích trnů (DME normalie).

Vnitřní závity se tvarují závitovými kolíky, závitovými trny s elektromotorovým vytáčením, vytáčením typu šroub-matice (HASCO), vytáčením pomocí ozubených hřebenu s hydraulickým pohybem (DME normálie), vytáčením pomocí hydromotoru, jádry s pohyblivými segmenty (HASCO, DME), přetahování stírací deskou z pevného trnu. Dále je možno použít odformování pomocí vložek s šikmým vysouváním, v případě přerušovaného závitu.

Již při konstrukci výrobku je nutno zohlednit, jaký závit je nutný z hlediska funkčního určení dílu, materiálu a prostředí. Zda je nutné použít závitů metrických, pancéřových, obléh apod. Závity metrické a pancéřové nelze přetahovat a je nutno použít jiný z výše uvedených způsobů.

Oblé závity je možné za určitých materiálových a konstrukčních předpokladů přetahovat stírací deskou. Většinou se používají u výlisků typu „uzávěr“, ve formách pro hromadnou výrobu v automatickém cyklu.

Nové aplikační možnosti pro vytváření vnitřních závitů, vnitřních výstupků a drážek u výlisků, nám umožňují nové technické prostředky pro odformování, skládací trny.[6]



Obr. 16. Skládací trn Hasco [12]

#### 4.3.1 Závity z hlediska vrubového pnutí

Metrický závit lze volit jen omezeně, pouze u plastů s vyšší vrubovou pevností, semikrystalické (např. POM, PA). Vhodnější je závit oblý (uzávěry GL), bez nebezpečí vzniku

vrubového pnutí. Dále je nutno posoudit prostředí, především u uzávěrů, zda se nebude vyskytovat vlivem chemického působení na plast, při existenci pnutí. U dílů z polymerních materiálů může dojít za zcela specifických podmínek k tvorbě povrchově iniciovaných trhlin, jedná se o tzv. korozi za napětí, k tomuto jevu dochází při výrobě za současného působení tahového napětí a jistých typů prostředí, které nazýváme tenzoaktivními. Vznikající korozně napěťové trhlinky jsou velmi ostré, s výraznou schopností pronikat do hloubky stěny. Tahové napětí, nutné k vyvolání koroze za napětí, může mít charakter vnějších i vnitřních forem mechanického namáhání, vnitřní pnutí je výrazným zdrojem napětí.

Ve styku výrobku s tenzoaktivním prostředím musíme znát odolnost plastů proti tomuto prostředí. K samovolnému praskání výlisků dochází především při jejich styku s vodnými roztoky povrchově aktivních látek, mastnými kyselinami, rostlinnými oleji, nižšími alifatickými alkoholy a uhlovodíky, chlorovanými a aromatickými uhlovodíky, freony či éterickými oleji. [6]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto základní cíle:

- Vypracovat literární studii na téma zpracování plastů vstříkovaním
- Vymodelovat vstříkovaný výrobek (CATIA V5R19)
- Návrh vstříkovací formy pro zadaný výrobek
- Vytvořit 2D řez vstříkovací formou včetně příslušných pozic jednotlivých dílů

V teoretické části této bakalářské práce jsou popsány materiály vhodné pro zpracování technologií vstříkování. Dále je zde podrobněji rozebrán vstříkovací cyklus a vhodný postup při konstrukci výrobku pro technologii vstříkování.

Konstrukce 3D modelu vychází z reálného výrobku, pomocí softwaru Catia V5R19 byla vytvořena věrná kopie v poměru 1:1.

Po konstrukci 3D modelu následuje konstrukce vstříkovací formy, kde tvar dutiny formy odpovídá vymodelovanému tvaru výchozího výrobku.

Výkresová dokumentace byla vytvořena pomocí softwaru Catia V5R19 a draftsight. Oba tyto systémy jsou od francouzské firmy Dassault Systèmes.

## **6 POUŽITÝ SOFTWARE**

### **6.1 CATIA V5R19**

Pro návrh konstrukce dílce a vstříkovací formy byl použit programový systém CATIA (Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application). Jedná se o integrovaný systém počítačového návrhu, konstruování a výroby, vyvinutý francouzskou firmou Dassault Systèmes. CATIA umožňuje parametrické modelování, kdy geometrie a umístění jednotlivých entit může být ovlivňována geometrií a umístěním druhé entity.

### **6.2 DraftSight**

DraftSight je jednoduchý 2D software umožňující vytvářet výkresovou dokumentaci s příponou .dwg.

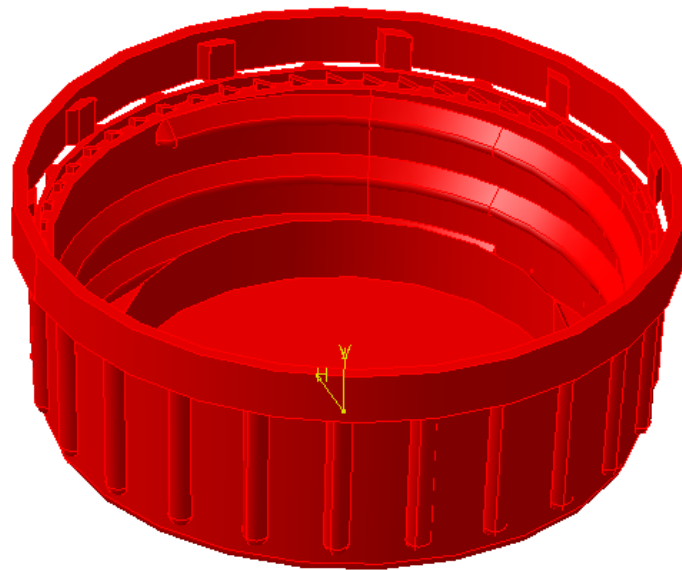


## 7 VSTŘIKOVANÝ DÍL

Vstříkovaným výrobkem je plastový uzávěr používaný jako víčko plastových nádob na kapaliny. Výrobek má průměr 49 mm a výšku 19 mm. Z vnitřní strany dílu je závit, který umožňuje našroubování na hrdlo láhve. Uzávěr dále obsahuje trhací pojistku, která je zárukou neporušenosti balení. Hmotnost výrobku je 4,36 g a objem 5,13 cm<sup>3</sup>.



*Obr. 17. Předloha uzávěru pro tvorbu modelu*



*Obr. 18. Model vršku*

## **7.1 Použitý materiál**

Materiálem pro výrobu uzávěru byl zvolen polypropylen TOTAL 10012, zvláště pro své dobré vlastnosti při zpracování technologií vstřikování. Běžně je používán jako obalový materiál, který je schválen pro styk s potravinami. Materiál lze zvolit v libovolné barevné kombinaci a je standardně dodáván ve formě granulí.



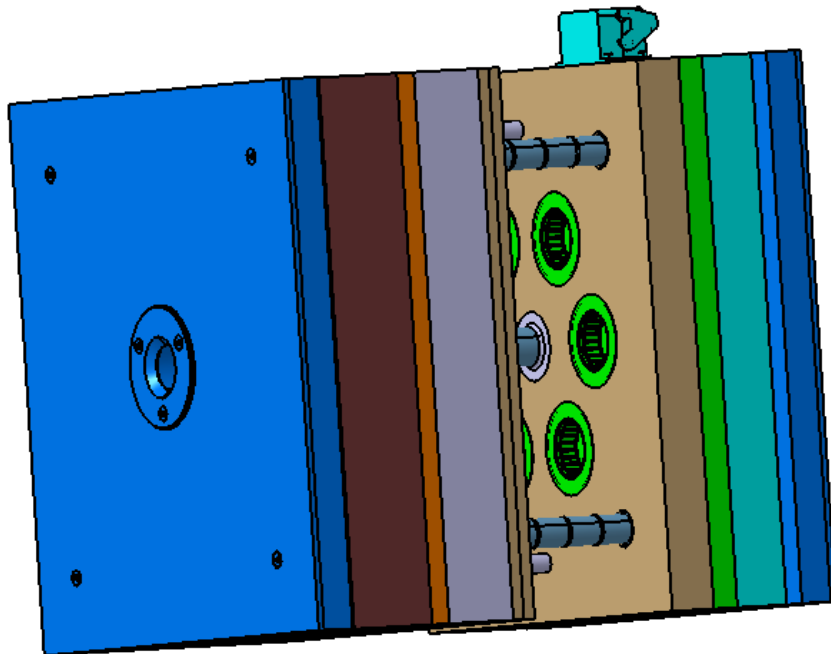
*Obr. 19. Granulovaný plast [15]*

Vlastnosti polypropylenu TOTAL 10012 podle materiálového listu:

- index toku taveniny (230 °C/ 2,16 kg): 42 g/ 10 min
- hustota: 905 kg/ m<sup>3</sup>
- rázová houževnatost (23 °C): 4 KJ/ m<sup>2</sup>
- modul pružnosti v tahu: 1600 MPa.

## 8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

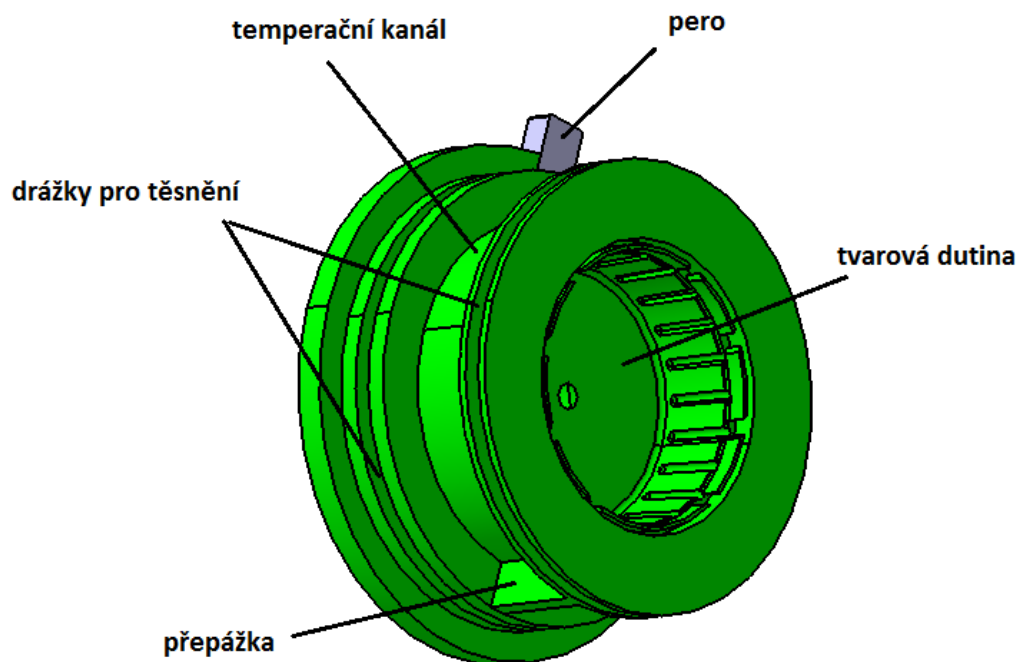
Při konstrukci vstřikovací formy jsou kladeny požadavky na jednoduchost, robustnost a energetickou nenáročnost při provozu. Použitím normálií od firmy HASCO se celá konstrukce zjednodušuje díky normalizovaným zaměnitelným dílům a konstrukčním skupinám. Forma je navržena jako šestinásobná. Po obou stranách jsou izolační desky, zabránující unikům tepla z formy do rámu stroje. Rozměr desek formy je 446x446 mm.



*Obr. 20. Vstřikovací forma*

### 8.1 Násobnost

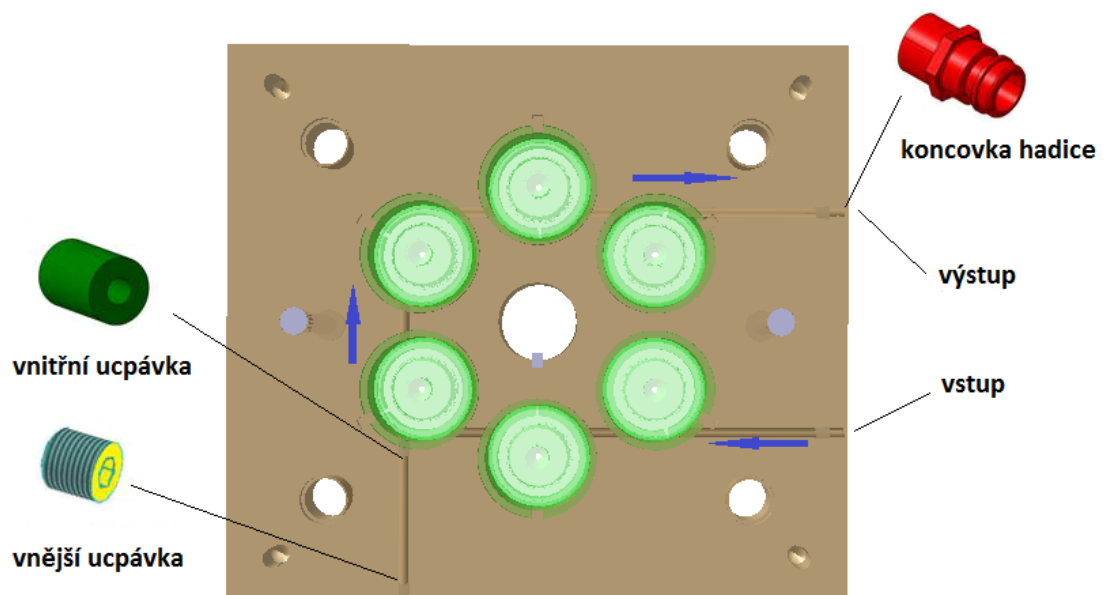
Při určování násobnosti formy je potřeba uvážit kritéria jako jsou rozměry kvalita a přesnost daného výrobku, celková produkce, volba vhodného vstřikovacího stroje. Forma je řešena jako šestinásobná.



Obr. 21. Tvárniceová vložka se zajišťujícím perem a temperační přepážkou

## 8.2 Temperační systém

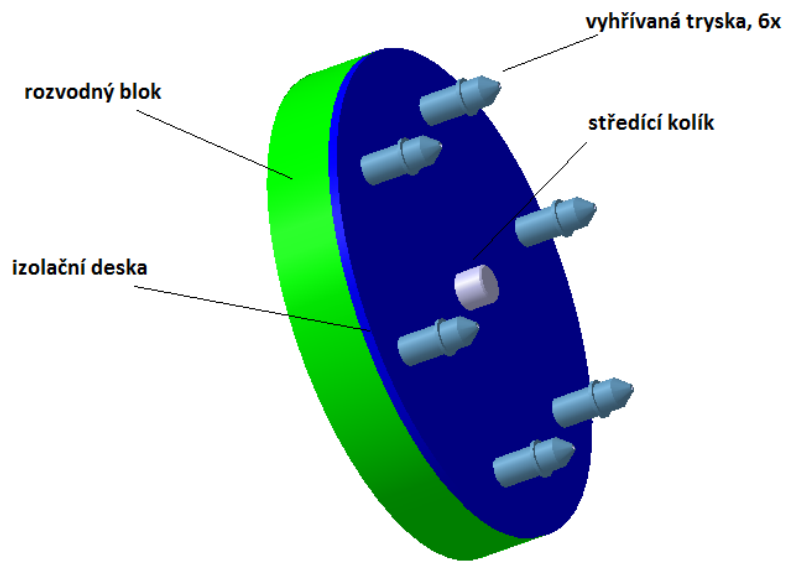
Temperační systém je tvořen vrtanými kanály, tvárniceovými vložkami s přepážkami, a vnitřními ucpávkami od firmy HASCO. Systém temperace je navržen tak, aby umožňoval maximální odvod tepla. Kanály temperačního okruhu jsou o průměru 8 mm a zajišťují spolehlivý průtok chladicího média v tomto případě vody.



Obr. 22. Kanály temperace

### 8.3 Vtokový systém

Vtokový systém zajišťuje dopravu taveniny do dutiny formy. Plnění by mělo probíhat v co nejkratším možném čase a při minimálním odporu. Byl zvolen horký vtokový systém. Ten umožňuje vstřikování dílů s minimálním odpadem. Rozvodný blok je z obou stran izolován deskami, aby se zabránilo unikům tepla přes kovové desky formy. Blok je kruhový z důvodu menšího povrchu oproti klasickému čtvercovému provedení.



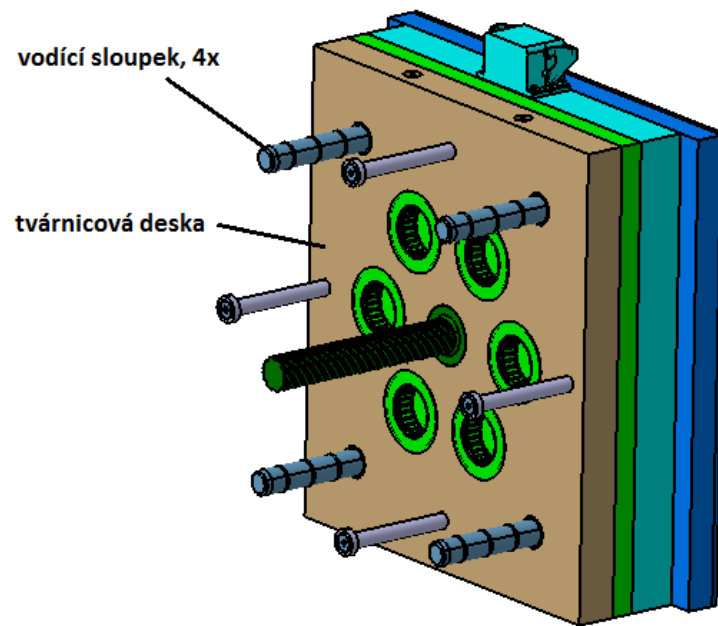
Obr. 23. Rozvodný blok s vyhřívánými tryskami bez kabeláže

## 8.4 Odvzdušnění

Při vstřikování polymeru do zavřené formy se vzduch stlačuje a zahřívá a je potřeba jej odvádět. Nedostatečně vyřešené odvzdušnění formy má za následek zhoršení kvality vstřikovaného výrobku. Na výrobku mohou vznikat spálená místa, nebo se mohou objevit bubliny na povrchu. Nejčastějším řešením odvzdušnění je přes vůli v dělicí rovině a přes vyhazovače. V případě nedostatečného odvzdušnění je možné dodělat odvzdušňovací drážky podél dělicí roviny.

## 8.5 Vodící prvky

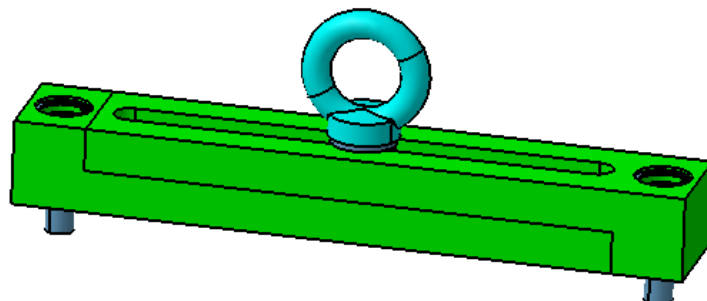
Vedení obou polovin formy zajišťují 4 vodící sloupky od firmy HASCO. Vodící sloupky jsou uloženy v tvárnice desce (vstřikovací část formy) a vodící pouzdra jsou uloženy ve stírací a podpěrné desce (vyhazovací část formy).



Obr. 24. Vstřikovací část formy s vodícími sloupky

## 8.6 Transport formy

Pro manipulaci s formou byl vybrán transportní můstek, který se skládá ze dvou pohyblivých částí a závěsného oka. Transportní můstek je každou svojí částí přišroubován k jedné polovině formy tak, aby při přemisťování formy nedošlo k jejímu otevření v dělicí rovině.



Obr. 25. Transportní můstek

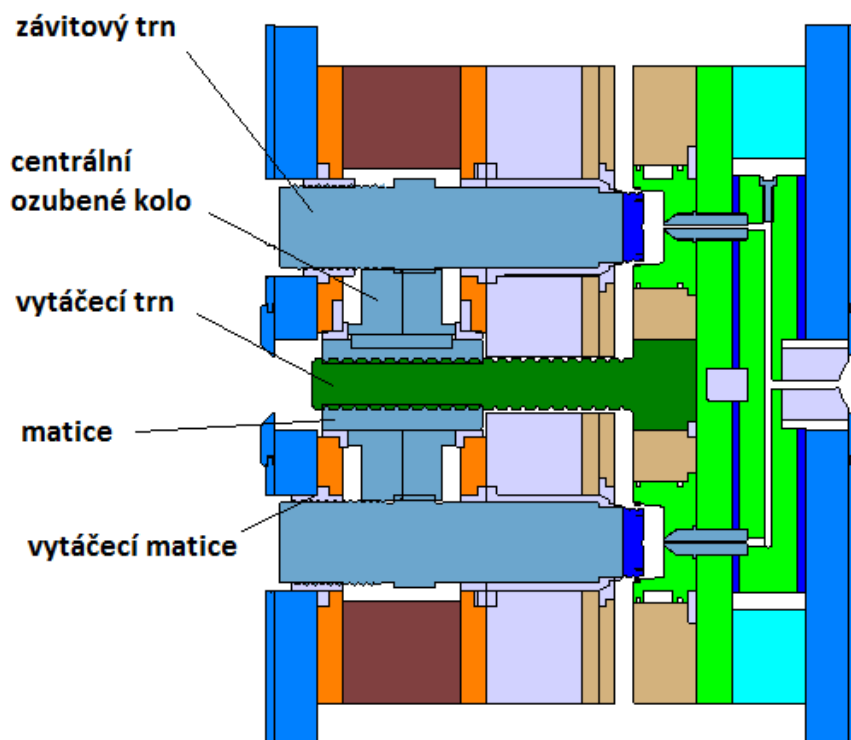


## 8.7 Odformování výrobků

Odformování a vyhození výrobku z formy patří mezi nejkomplicovanější části cyklu. Výrobek je potřeba šetrně vyjmout tak aby se nezdeformoval a forma se spolehlivě vrátila do stavu pro vstřikování další série výrobků. Pro odformování byla použita kombinace vytáčecího trnu a stírací desky.

### 8.7.1 Otevírání formy

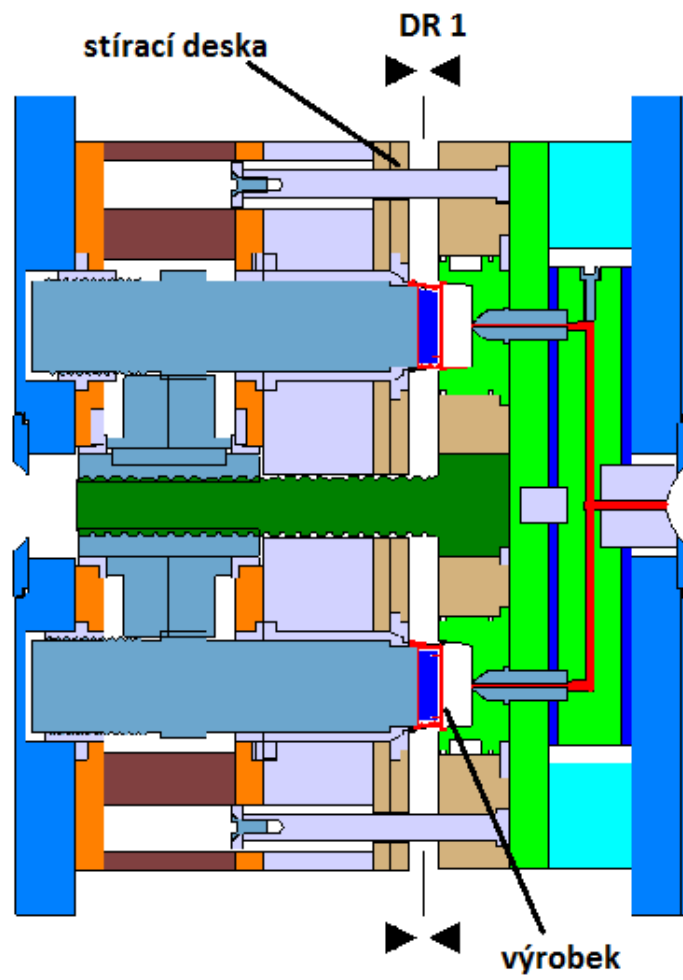
Ve stabilní části formy (vstřikovací část) je umístěn závitový trn, který je pevně uchycen do tvárnice desky. Pohyblivá část formy (vyhazovací část) je opatřena maticí, ve které je kluzně uložené centrální ozubené kolo. Vzájemný pohyb dvou polovin formy, způsobuje otáčení centrálního kola uloženého ve středu vyhazovací části formy. Po obvodu centrálního kola jsou uloženy závitové trny, které tvarují závit na výrobku. Závitový trn je uložen v jednom kluzném ložisku a matici, která má stejné stoupání závitu jako závit na výrobku. Otáčivým pohybem centrálního kola je vyvozen rotační pohyb závitového trnu a ten je zašroubován do matice. Zároveň dochází k axiálnímu pohybu a odformování výrobku ze závitového trnu.



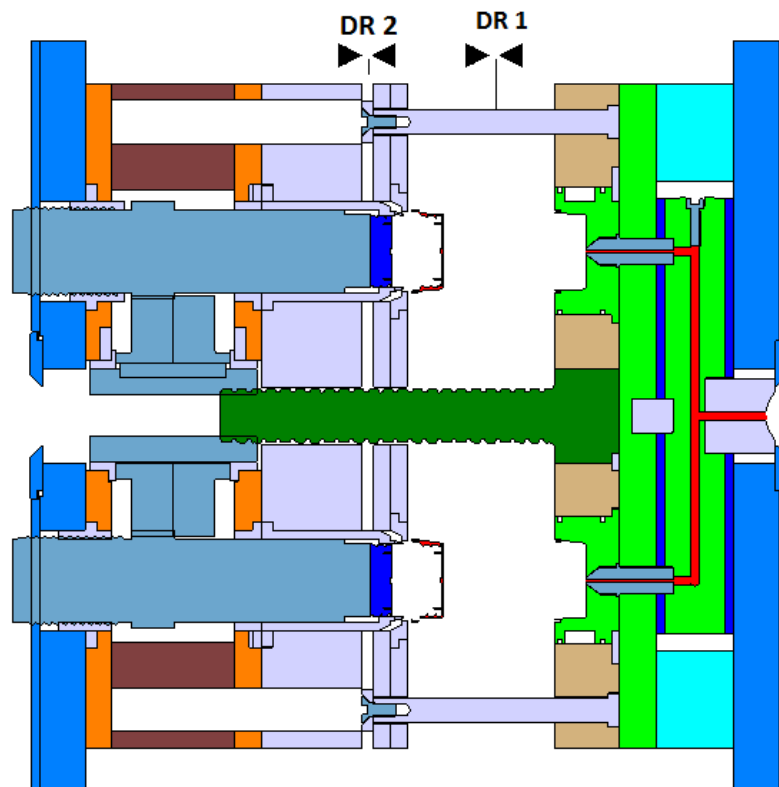
Obr. 26. Schéma vytáčekého mechanismu vstříkovací formy

### 8.7.2 Vyhazovací desky

Po vytočení závitového trnu, který formuje závit na výrobku, začíná další fáze vyhazování výrobků. Forma se stále více otevírá a v určité fázi otevření dojde k zastavení pohybu stírací desky. Stírací desky jsou vybaveny vložkami, které jsou součástí tvarové dutiny. Vložky jsou pevně ukotveny ve stíracích deskách. Pohyb vyhazovacích desek je vyvozen tahači desek. Tahače desek jsou 4 a jejich maximální zdvih je 63 mm. Zajišťují tak rovnoměrnou polohu stíracích desek na vodících čepech.



Obr. 27. 1. Fáze odformování



Obr. 28. 2. Fáze odformování

## 9 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Použitý vstřikovací stroj byl Arburg Allrounder 520 S. Vstřikovací stroje firmy Arburg mohou být libovolně navrženy podle přání zákazníka.



*Obr. 29. Vstřikovací stroj – Arburg Allrounder 520 s*

*Tabulka 3. Parametry formy a stroje*

Parametr	forma	stroj
Maximální uzavírací síla [kN]	-	1500
Maximální objem dávky [cm <sup>3</sup> ]	30.78	172
Průměr šneku [mm]	-	35
Vzdálenost mezi vodícími sloupy [mm]	496 x 496	520 x 520
Velikost upínací desky [mm]	496 x 496	688 x 688
Max. světlost mezi upínacími deskami [mm]	108	825

## 10 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Při návrhu konstrukce vstřikovací formy pro plastový uzávěr byl kladen důraz na ekonomičnost a jednoduchost vyrobené formy. Z toho důvodu je forma navržena jako šestinásobná s horkým vtokem a rozvodný blok je navržen jako kruhový z důvodu menších tepelných ztrát oproti klasickému čtvercovému provedení. Většina použitých dílů pro konstrukci formy je normalizovaná z katalogu firmy HASCO. Katalog byl dostupný v elektronické podobě, díky čemuž je umožněno snadné vyhledávání normalizovaných dílů a příslušenství. Polypropylen TOTAL 10012, použitý jako materiál pro výrobu uzávěru, byl zvolen pro své dobré vlastnosti při vstřikování a je určen pro styk s potravinami. Při tvorbě modelu pomocí software CATIA V5R19 byl k dispozici reálný výrobek, podle kterého byl vytvořen 3D model, ten posloužil jako předloha k vytvoření tvarové dutiny a závitového trnu. Forma je navržena s dvoufázovým vyhazováním pomocí vytáčecích trnů a stírací vyhazovací desky. Postupným rozevíráním dvou polovin formy dochází k vytáčení závitového trnu z hotového dílu. V určitém okamžiku je vytáčecí trn plně zašroubován do vyhazovací části formy a stírací desky jsou zastaveny tak, aby umožnily vyhození plastového uzávěru. Odvzdušnění tvarové dutiny formy je umožněno vůlemi v dělicí rovině.

## ZÁVĚR

V teoretické části jsou shrnuty poznatky o technologii vstřikování z dostupné literatury. V první části jsou popsány jednotlivé druhy plastů podle jejich použití a celosvětové spotřeby. Dále je popsána základní vlastnost předurčující použití plastů ke vstřikovací technologii - Index toku taveniny a vysvětlen vstřikovací cyklus včetně jeho jednotlivých fází. Vstřikovací cyklus je u vstřikování polymerů velmi důležitý, lze jej rozdělit na několik fází a ty posléze optimalizovat pro lepší využití strojního času. V práci byly detailně popsány jednotlivé fáze i jejich vliv na kvalitu vstřikovaného dílu. Závěr teoretické části práce se zabývá vhodnou konstrukcí plastových dílů, jako jsou tloušťky stěn, technologické úkosy, žebra a závit.

Praktická část se zabývá tvorbou modelu výrobku, ze kterého je posléze obtištěna tvarová dutina. K vytvoření 3D modelu posloužil výkonný software Catia V5R19. Ten lze použít v široké škále lidských činností pomocí zásuvných modulů. Pro 3D model a návrh formy byly použity moduly Part Design, Assembly Design, Drafting a Mold Tooling Design. Tvarová dutina je zvětšena o objemovou změnu plastu při chladnutí. Nejkomplikovanější část výrobku je bezesporu část se závitem. Závit je nepřerušovaný a není možné jej odformovat přetažením ani pomocí skládacího trnu. Vhodná varianta odformování se jeví pomocí vytáčecího trnu. Vytáčecí trn je uložen ve vyhazovací (nepohyblivé) části formy, jeho ozubení je ve stálém záběru s velkým centrálním kolem. Celá forma je navržena tak, aby usnadnila údržbu a zajistila dlouhou životnost.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] DOUGLAS M. BRYCE. *Plastic injection molding: manufacturing process fundamentals*. Dearborn, Mich: Society of Manufacturing Engineers, 1996. ISBN 0872634728.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastu I. díl - Vstrikování termoplastu*. 2. upr. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 133 s.
- [3] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastu II. Díl - Vstrikování termoplastu*. 1. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999. 214 s.
- [4] BEAUMONT, John P.; NAGEL, Robert; SHERMAN, Robert. *Successful injection molding: process, design, and simulation*. Munich : Hanser, 2002. 362 s. ISBN 3-446-19433-9.
- [5] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-7080-617-6.
- [6] ŘEHULKA, Z. *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů*. SEKURKON 225 s. ISBN: 80-86604-18-7
- [7] BOBEK, J. *Vstrikovací formy pro zpracování termoplastů*. PUBLI.CZ, 2016. ISBN: 978-80-88058-65-6
- [8] DYM, B. Joseph. *Injection molds and molding*. I. Title. New York: Van Nostrand Reinhold company Inc. , 1979, 400s, ISBN 0-442-22223-8.
- [9] PÖTSCH, Gerd., MICHAELLI, Walter. *Injection Molding – An Introduction*. Munich: Hanser Publisher, 1995. 195 s. ISBN 1-56990193.

## Internetové zdroje:

- [10] Polypropylene as a Promising Plastic: A Review. [online]. Copyright © 2016 Scientific [cit. 10.03.2018]. Dostupné z: <http://article.sapub.org/10.5923.j.ajps.20160601.01.html>
- [11] Impresum. *Publi.cz – platforma pro multimediální eBooky neboli mKnihy* [online]. Copyright© Code Creator, s.r.o. [cit. 10.03.2018]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Impresum.html>
- [12] Hasco [online]. Copyright © 2018 [cit.: 3.4.2018]. Dostupné z: <http://hasco.com>



- [13] MAŇÁK, T.: *Chemie makromolekulárních látek*, [online][cit.: 31.7.2017]. Dostupné z: [https://www.spszengrova.cz/texty/texty/CHE/CHE\\_1\\_Plasty\\_UT-PL.pdf](https://www.spszengrova.cz/texty/texty/CHE/CHE_1_Plasty_UT-PL.pdf)
- [14] Arburg [online]. Copyright © 2018 [cit.: 14.2.2018] Dostupné z: <http://arburg.com>
- [15] Kushii Enterprises. *Propylene granules*. [online]. [cit. 11.1.2018]. Dostupné z: <http://www.plasticgranules.net/polypropylene-granules-1370016.html>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

T <sub>g</sub>	teplota skelného přechodu [°C]
E	modul pružnosti v tahu [MPa].
PP	polypropylen
PE	polyethylen
G	modul pružnosti ve smyku [MPa]
Δt	rozdíl tepla [°]
POM	polyosimethylen
PA	polyamid
Ω	povrchový odpor
PS	polystyren
PBT	polybutylentereftalát
UV	ultrafialové záření
ITT	index toku taveniny
PUR	polyuretan
PET	polyethylentereftalát
PVC	polyvinylchlorid
HDPE	vysokohustotní polyethylen
LDPE	nízkohustotní polyethylen
T <sub>m</sub>	teplota tání polymeru [°C]
CAD	computer Aided Design – počítačem podporované projektování
CAM	computer Aided Manufacturing – počítačová podpora obrábění
Cu	měď
T	teplota [°C]
2D	dvourozměrný prostor

3D	trojrozměrný prostor
R	poloměr zaoblení
n	násobnost formy

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Světová spotřeba plastů podle jejich typu v roce 2006 (49,5 milionů tun) [10]</i> .....	12
<i>Obr. 2. Oblast použití amorfních termoplastů [2]</i> .....	13
<i>Obr. 3. Oblast použití semikrystalických termoplastů [2]</i> .....	14
<i>Obr. 4. Schéma zařízení ke stanovení indexu toku taveniny [11]</i> .....	15
<i>Obr. 5. Graf vstřikovacího cyklu</i> .....	17
<i>Obr. 6. Spojení vstřikovací trysky a vtokové vložky [2]</i> .....	21
<i>Obr. 7. Obecné zásady pro vyvážené vtoky, pozice d a e nejsou vhodné [2]</i> .....	22
<i>Obr. 8. Typy vyhazovačů: a) válcový, b) s kuželovou hlavou c) nožový [3]</i> .....	23
<i>Obr. 9. trubkový vyhazovač [3]</i> .....	23
<i>Obr. 10. Porovnání efektu různého průměru temperačních kanálů.</i> .....	26
<i>Obr. 11. Systém plochých přepážek</i> .....	27
<i>Obr. 12. Doporučená konstrukce odvzdušňovacího kanálu [7]</i> .....	29
<i>Obr. 13. Umístění odvzdušňovacích kanálů [7]</i> .....	31
<i>Obr. 14. Porovnání nesprávného a správného návrhu plastového dílu s ohledem na rovnoměrnosti tloušťky stěny [7]</i> .....	34
<i>Obr. 15. Porovnání vnitřních a vnějších rádiusů vstřikovaného dílu [7]</i> .....	35
<i>Obr. 16. Skládací trn Hasco [12]</i> .....	36
<i>Obr. 17. Předloha uzávěru pro tvorbu modelu</i> .....	41
<i>Obr. 18. Model vršku</i> .....	42
<i>Obr. 19. Granulovaný plast [15]</i> .....	43
<i>Obr. 20. Vstřikovací forma</i> .....	44
<i>Obr. 21. Tvárnicová vložka se zajišťujícím perem a temperační přepážkou</i> .....	45
<i>Obr. 22. Kanály temperace</i> .....	46
<i>Obr. 23. Rozvodný blok s vyhřívanými tryskami bez kabeláže</i> .....	47
<i>Obr. 24. Vstřikovací část formy s vodícími sloupky</i> .....	48
<i>Obr. 25. Transportní můstek</i> .....	48
<i>Obr. 26. Schéma vytáčecího mechanismu vstřikovací formy</i> .....	50
<i>Obr. 27. 1. Fáze odformování</i> .....	51
<i>Obr. 28. 2. Fáze odformování</i> .....	52
<i>Obr. 29. Vstřikovací stroj – Arburg Allrounder 520 s</i> .....	53

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1. Příklady semikrystalických plastů [2] .....</i>	14
<i>Tabulka 2. Doporučené šířky odvzdušňovacích kanálů dle typu plastu [7] .....</i>	30
<i>Tabulka 3. Parametry formy a stroje .....</i>	53

**SEZNAM PŘÍLOH**

- P1 Materiálový list polypropylenu TOTAL 10012
- P2 Technická data stroje Arburg Allrounder 520 S
- P3 Výkresová dokumentace plastového uzávěru
- P4 Výkresová dokumentace formy s kusovníkem
- P5 CD – s modelem a kompletní výkresovou dokumentací

# PŘÍLOHA P I: MATERIALOVÝ LIST



## Polypropylene PPH 10012

Technical data sheet  
Polypropylene – Homopolymer  
Produced in Europe

### Description

Polypropylene PPH 10012 is a nucleated and antistatic homopolymer polypropylene obtained by controlled rheology.

Polypropylene PPH 10012 is intended for high speed injection moulding of household articles, lightweight dairy tubs and goblets and ice cream boxes.

### Characteristics

	Method	Unit	Typical Value
<b>Rheological properties</b>			
Melt Flow Index 230°C/2.16 kg	ISO 1133	g/10 min	42
<b>Mechanical properties</b>			
Tensile Strength at Yield	ISO 527-2	MPa	34
Elongation at Yield	ISO 527-2	%	9
Tensile modulus	ISO 527-2	MPa	1600
Flexural modulus	ISO 178	MPa	1500
Izod Impact Strength (notched) at 23°C	ISO 180	kJ/m <sup>2</sup>	3
Charpy Impact Strength (notched) at 23°C	ISO 179	kJ/m <sup>2</sup>	4
Hardness Rockwell - R-scale	ISO 2039-2		98
<b>Thermal properties</b>			
Melting Point	ISO 3146	°C	165
Vicat Softening Point	ISO 306	°C	
50N-50°C per hour			87
10N-50°C per hour			152
Heat Deflection Temperature	ISO 752	°C	
1.80 MPa - 120°C per hour			56
0.45 MPa - 120°C per hour			105
<b>Other physical properties</b>			
Density	ISO 1183	g/cm <sup>3</sup>	0.905
Bulk Density	ISO 1183	g/cm <sup>3</sup>	0.525

### Handling and storage

Please refer to the safety data sheet (SDS) for handling and storage information. It is advisable to convert the product within one year after delivery provided storage conditions are used as given in the SDS of our product. SDS may be obtained from the website: <http://www.totalrefiningchemicals.com>

An Injection Moulding troubleshooting guide is available upon request.

Information contained in this publication is true and accurate at the time of publication and to the best of our knowledge. The nominal values stated herein are obtained using laboratory test specimens. Before using one of the products mentioned herein, customers and other users should take all care in determining the suitability of such product for the intended use. Unless specifically indicated, the products mentioned herein are not suitable for applications in the pharmaceutical or medical sector. The Companies within Total Petrochemicals do not accept any liability whatsoever arising from the use of this information or the use, application or processing of any product described herein. No information contained in this publication can be considered as a suggestion to infringe patents. The Companies disclaim any liability that may be claimed for infringement or alleged infringement of patents.

# PŘÍLOHA P II: NÁZEV TECHNICKÉ DATA STROJE ARBURG

## Technical data

520 S

Machine model		520 S	520 S	520 S
EUROMAP size indication <sup>1)</sup>		1300-290   1500-290   1600-290	1300-400   1500-400   1600-400	1500-800   1600-800
<b>Clamping unit</b>				
Clamping force	max. kN	1300   1500   1600	1300   1500   1600	1500   1600
Closing force	max. kN	60	60	60
Opening force / increased	max. kN	40 / 365	40 / 365	40 / 365
Opening stroke	max. mm	575	575	575
Mould height	min. mm	250	250	250
Daylight	max. mm	825	825	825
Distance between tie bars	mm	520 x 520	520 x 520	520 x 520
Platen size (hor. x vert.)	mm	688 x 688	688 x 688	688 x 688
Weight of mov. mould half	max. kg	1050	1050	1050
Ejector force	max. kN	50	50	50
Ejector stroke	max. mm	175	175	175
<b>Hydraulics, drive, general</b>				
Drive power of the hydraulic pump	kW	22   22   30	22   22   30	30   30
Dry cycle time for opening stroke <sup>2)</sup>	s-mm	2,5 (1,7)-364   2,5 (1,7)-364   1,9 (1,7)-364	2,5 (1,7)-364   2,5 (1,7)-364   1,9 (1,7)-364	2,4 (1,7)-364   1,9 (1,7)-364
Total connected load <sup>3)</sup>	kW	30,9   30,9   38,9	33,9   33,9   41,9	52,4   52,4
Colour: plastic coated, structure light grey / mint green / canary yellow				
<b>Control cabinet</b>				
Safety standard according to		DIN EN 60204	DIN EN 60204	DIN EN 60204
Socket combination (1 single phase, 1 three-phase)		1 x 16 A	1 x 16 A	1 x 16 A
<b>Injection unit</b>				
Screw diameter	mm	30 / 35 / 40	35 / 40 / 45	45 / 50 / 55
Effective screw length	L/D	23,3 / 20 / 17,5	23 / 20 / 18	22 / 20 / 18
Screw stroke	max. mm	150	160	200
Calculated injection volume	max. cm <sup>3</sup>	106 / 144 / 188	154 / 201 / 254	318 / 392 / 474
Shot weight	max. g PS	97 / 132 / 172	141 / 184 / 232	291 / 359 / 434
Material throughput <sup>4)</sup>	max. kg/h PS	17 / 20,5 / 24,5	25 / 29 / 35	46 / 53 / 59
	max. kg/h PA 6.6	8,5 / 10,5 / 12,5	12,5 / 15 / 17,5	23 / 27 / 30



# PŘÍLOHA P III: VÝKRES VÍČKA

