

# Konstrukce součásti toneru a nástroje pro jeho produkci

Martin Škrábal

---

Bakalářská práce  
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin ŠKRÁBAL**

Osobní číslo: **T08659**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce součásti toneru a nástroje pro jeho produkci**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Provedte konstrukci dílu
3. Provedte konstrukci nástroje pro výrobu zadaného dílu
4. Nakreslete výrobní výkres sestavy nástroje

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:

**10. února 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**23. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014

  
doc. Ing. Roman Čermák, 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 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 23.5.2014

.....

---

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

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

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

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

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

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či 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 výtěžku 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 přihlédne k výši výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Tahle bakalářská práce se zabývá návrhem vstřikovací formy pro výrobu plastového dílu, kterým je součást toneru tiskárny, s příslušnou výkresovou dokumentací součásti a jeho nástroje. V teoretické části je obecný popis ohledně materiálů, vstřikování a vstřikovacích formách. Praktická část je zaměřena na konstrukci zadaného dílu, dle kterého byla vytvořena vstřikovací forma, za využití programu Catia V5R18 a využitím normálíí firmy HASCO.

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

## **ABSTRACT**

This Bachelor thesis deal with design of injection mould for plastic part production. The production part is the component of toner bottle for copy machine. This thesis also involve drawing of plastic part and mould for its production. In theoretical part is basic desription of materials, injection moulding process and injection moulds. Theoretical part is focused to plastic part design according to which was designed the injection mould. For design of plastic part and injection mould were used two softwares Catia V5R18 and HASCO modul.

Keywords: injection machine, injection mould, injection molding, part design

Poděkování:

Zde bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a čas, který mi věnoval při tvorbě této 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 POLYMERY</b> .....	<b>12</b>
1.1 ROZDĚLENÍ POLYMERŮ.....	12
1.1.1 Termoplasty.....	13
1.1.2 Reaktoplasty .....	13
1.1.3 Elastomery.....	13
1.2 ÚPRAVA POLYMERŮ PŘED VSTŘIKOVÁNÍM .....	14
1.2.1 Sušení polymeru .....	14
1.2.2 Recyklace materiálu .....	14
1.2.3 Barvení granulátu plastů.....	15
<b>2 VSTŘIKOVÁNÍ</b> .....	<b>16</b>
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	16
2.1.1 Tok taveniny.....	17
<b>3 VSTŘIKOVACÍ STROJ</b> .....	<b>18</b>
3.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA.....	19
3.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	20
3.2.1 Hydraulická uzavírací jednotka.....	21
3.2.2 Mechanická uzavírací jednotka .....	22
3.2.3 Hydraulicko-mechanická uzavírací jednotka .....	22
3.2.4 Elektro-mechanická uzavírací jednotka .....	22
3.3 ŘÍZENÍ A REGULACE .....	23
3.4 KONSTRUKCE VÝROBKŮ .....	23
3.4.1 Jakost výrobku.....	24
<b>4 VSTŘIKOVACÍ FORMA</b> .....	<b>25</b>
4.1 ZÁKLADNÍ POPIS VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	25
4.2 KONSTRUKCE FORMY .....	25
4.3 NÁSOBNOST VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	26
4.4 ZPŮSOB ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU.....	26
4.5 VTOKOVÝ SYSTÉM.....	27
4.5.1 Studený vtokový systém.....	29
4.5.2 Horké vtokové soustavy .....	29
4.6 VYHAZOVARACÍ SYSTÉM .....	31
4.6.1 Válcové kolíky .....	31
4.6.2 Stírací deska .....	32
4.7 TEMPEROVÁNÍ FOREM .....	33
4.8 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM .....	33
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>34</b>



<b>5</b>	<b>CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>VÝROBEK.....</b>	<b>36</b>
6.1	MATERIÁL VÝROBKU.....	38
<b>7</b>	<b>KONSTRUKCE FORMY.....</b>	<b>39</b>
7.1	NÁSOBNOST FORMY .....	39
7.2	LEVÁ STRANA FORMY (POHYBLIVÁ) .....	40
7.3	PRAVÁ STRANA FORMY (PEVNÁ) .....	43
7.4	VYHAZOVACÍ SYSTÉM FORMY .....	45
<b>8</b>	<b>POUŽITÝ SOFTWARE .....</b>	<b>46</b>
8.1	CATIA V5R18 .....	46
8.2	HASCO R2 – 2013 .....	46
<b>9</b>	<b>DISKUZE VÝSLEDKŮ.....</b>	<b>47</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>48</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>49</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>51</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>52</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>53</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>54</b>

## ÚVOD

V současnosti jsou polymerní materiály řazeny mezi nejvýznamnější a nepostradatelné konstrukční materiály. Díky svým vlastnostem, dostupnosti a poměrně snadnému zpracování, našly uplatnění především v automobilovém a elektrotechnickém průmyslu. Jejich mechanické, fyzikální a chemické vlastnosti jsou schopny doplnit či zcela nahradit běžně používané konstrukční materiály. Metoda vstřikování plastů je jednou z nejpoužívanějších technologií zpracování polymerů. Vyznačuje se velkou efektivností výroby, tvarovou složitostí výstřiku, přesností výstřiku bez dodatečných úprav.

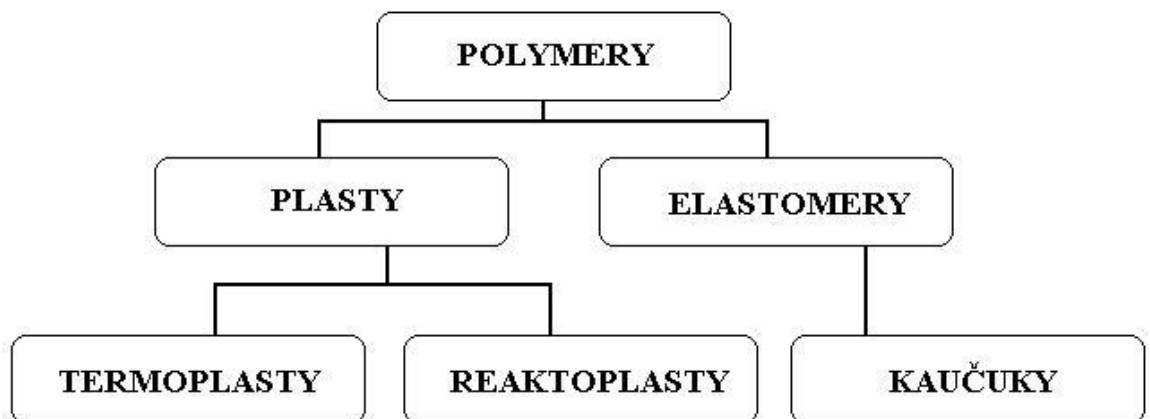
Při navrhování vstřikovací formy se může využít stavebnicového systému s aplikací normálí. Mezi nejznámější patří HASCO, Meusburger. Přínosem normalizace je zkrácení výrobních časů při výrobě vstřikovací formy. [2,13]

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 POLYMERY

Polymer je označení pro materiál, jehož struktura je tvořena makromolekulárními řetězci (oproti kovům, jejichž struktura je tvořena krystalickou mřížkou). Podstatou polymerů je makromolekulární látka přírodního nebo syntetického původu. V makromolekulách polymeru se jako článek řetězu mnohokrát opakuje základní monomerní jednotka, atom uhlíku. Atomy uhlíku mají schopnost vzájemně se vázat a vytvářet dlouhé řetězce. [1,2]

### 1.1 Rozdělení polymerů



Obr. 1. Základní rozdělení polymerních materiálů

Polymery lze rozdělit na materiály do více skupin podle více faktorů a to na materiály podle teplotního chování, podle monomerních jednotek, druhu polymerace, jejich původu, podle chemického složení atd. Nejčastěji využívané dělení polymerních materiálů je podle teplotního chování a to na: [3,4]

- termoplasty
- reaktoplasty
- elastomery

### 1.1.1 Termoplasty

Termoplasty jsou polymery, které ztuhnou za působení chladu a tím brání pohybu dlouhých molekul. Tuhnutí je fyzikální proces, při kterém vznikají fyzikální vazby (vodíkové můstky, mezimolekulární síly). Ohřejeme-li termoplasty, získají znovu schopnost téci a tím umožníme řetězcům dlouhých molekul se po sobě posouvat. Termoplasty jsou tavitelné opakovatelně. Radíme je mezi materiály, které jsou nejpoužívanější u vstřikovací technologie. Mezi nejznámější termoplasty patří polyethylen (PE), polystyren (PS), polyamid (PA), polypropylen (PP), polyvinylchlorid (PVC), atd. [4,5]

### 1.1.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty, dříve označovány jako termosety, jsou makromolekulární látky, které v první fázi zahřívání měknou a můžeme je tvářet. Tváření je však omezeno zesíťováním molekul, to je chemická reakce tzv. vytvrzení. Dojde-li k vytvrzení reaktoplastu, nelze jej znovu rozpustit ani roztavit, což zabraňuje roztečení materiálu i při vysokých teplotách. Dalším zahříváním dojde k degradaci hmoty. Mezi reaktoplasty patří epoxidové pryskyřice, polyesterové hmoty, fenolformaldehydové hmoty, apod. [6]

### 1.1.3 Elastomery

Elastomery (pryže) jsou vysoce elastické polymery, které je možno za běžných podmínek, při zatěžování malou silou, značně deformovat bez porušení. Deformace těchto látek má převážně vratný charakter. Hlavním zástupcem elastomerů je kaučuk. Z kaučuku lze vytvořit gumu pomocí přísad. Během dalšího zahřívání dochází k vulkanizaci, při které dojde k zesíťování struktury a tím je guma převedena na pryž. Po ukončení vulkanizace je další tváření nemožné. U termoplastických elastomerů nedochází ke změnám chemické struktury. Probíhá zde pouze fyzikální děj a teoreticky lze opakovat proces měknutí a následného tuhnutí bez omezení. [6]

## 1.2 Úprava polymerů před vstřikováním

Polymery se před zpracováním musí upravit v souladu s technologickým postupem, určeným pro výrobek. Z materiálu se odstraňují nežádoucí prvky, nebo se přidávají různé přísady. Dochází tak k ovlivnění chemické a fyzikální struktury plastu za pomoci sušení a barvení granulátu, mísení s přísadkou rozdrčeného odpadu, míchání s nadouvadlem apod. [7]

### 1.2.1 Sušení polymeru

Většina materiálů absorbuje vlhkost ze vzduchu. Proto je důležité zbavit se vlhkosti v materiálu, neboť přítomnost vody vyvolává pokles mechanických vlastností, zhoršení kvality povrchu u výstřiku a to i v místě vtoku, což znesnadňuje vyjmutí z formy.

Materiál dělíme dle absorpce vlhkosti na nasákavé – příjem vlhkosti z kapalně fáze a na navlhavé – příjem vlhkosti z plynně fáze. Dále dle vlastností v závislosti na vodě na hydrofilní – schopnost vázat vodu a hydrofóbní – schopnost odpuzovat vodu.

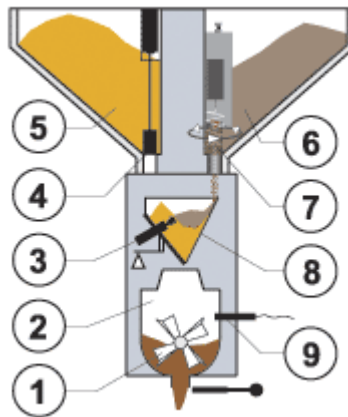
Granulát se dodává ve vysušených vzduchotěsných obalech, nebo nevysušených plastových pytlích. Nevysušené je třeba vysušit a vysušené obvykle zpracováváme ihned. Jelikož je sušení a navlhávání vratný děj, je nutno do násypky vstřikovacího stroje dát takové množství, které se zpracuje do 30 minut. Některé násypky strojů jsou vyhřívány a granulát je udržován na potřebné teplotě. [7]

### 1.2.2 Recyklace materiálu

Nedokonalé výstřiky, vtoky a odpady vzniklé při vstřikování se mohou opakovaně zpracovat. Podíl odpadu při výrobě malých vstřiků, je značný a velmi se téhle vlastnosti recyklace využívá. Plastový odpad se drtí většinou v nožových mlýnech, míchá se s čistým granulátem a znova se zpracuje. Transparentní a silně namáhané plasty se míchat nemohou, došlo by k nesplnění požadovaných vlastností, protože mícháním dochází ke snížení fyzikálně-mechanických vlastností i vzhledu výstřiku. Míra snížení vlastností je závislá na poměru původního granulátu a drčeného odpadu. [1]

### 1.2.3 Barvení granulátu plastů

Požadavky na vyráběné díly nejsou kladeny jen na jakostní povrch ale i na vhodný barevný odstín, který ovlivňuje vnímání vytvořeného výrobku. Granuláty dodávané od výrobců mají omezenou řadu barevných odstínů, proto je nutno granuláty dobarvovat. Pro barvení granulátu se používají barvy od nejrůznějších výrobců, dodávaných v papírových pytlících, plechových sudech apod. Granulát se dobarvuje před vstřikováním nebo přímo na vstřikovacím stroji v dávkovacím zařízení. [1]



Obr. 2. Směšovací jednotka pro barvení [7]

1 - míchání, 2 – mísící prostor, 3 – píst, 4 – uzávěr, 5 – polymer, 6 – barvivo,

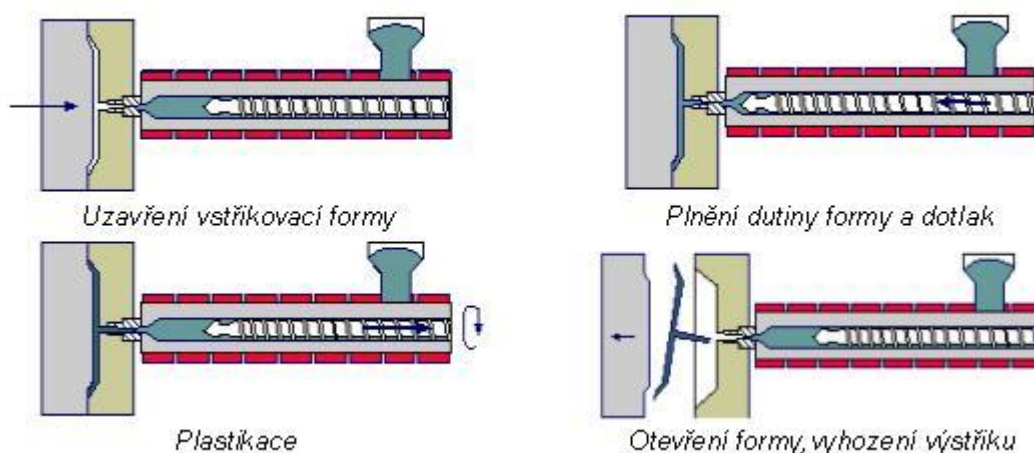
7 – odměřování barviva, 8 – prostor vážení, 9 – čidlo

## 2 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování se řadí mezi jednu z hlavních technologií zabývajících se zpracováním polymerů. Podstatou je plnění dutiny vstřikovací formy polymerem v tekutém stavu, za velkých vstřikovacích rychlostí. Vstřikování vyžaduje vstřikovací stroj, vstřikovací formu (nástroj), vstřikovaný polymer a pomocná zařízení (kontrolní, manipulační atd.). Podstatnou předností je, že lze v jednom automatizačním cyklu vyrábět tvarově složité díly s velmi dobrou rozměrovou přesností, což umožňuje odstoupit od dokončovacích operací na daném výstřiku. [8,9]

### 2.1 Vstřikovací cyklus

Na úplném počátku vstřikovacího cyklu je forma otevřená s prázdnou dutinou formy. Prvním krokem je přisun pohyblivé části formy k pevné a tím dojde k uzavření formy. Šnek v tavní komoře začne vykonávat axiální pohyb, neotáčí se, nýbrž plní funkci pístu a začne vstřikovat roztavenou hmotu do dutiny vstřikovací formy. Po jejím naplnění je tavenina v dutině stlačena a tlak dosáhne maximálních hodnot. Po stlačení do dutiny formy, začne tavenina chladnout, z důvodu přenosu tepla na vstřikovací formu. Tavenina se během chladnutí smršťuje a zmenšuje svůj objem. Aby nedošlo ke vzniku propadlin na výstřiku, je nutno zmenšení objemu vyrovnat dodatečným dotlačením taveniny do dutiny formy. Po dotlaku se plastikuje nová dávka plastu, dochází k otevření formy a následné vyhození výstřiku. [7]

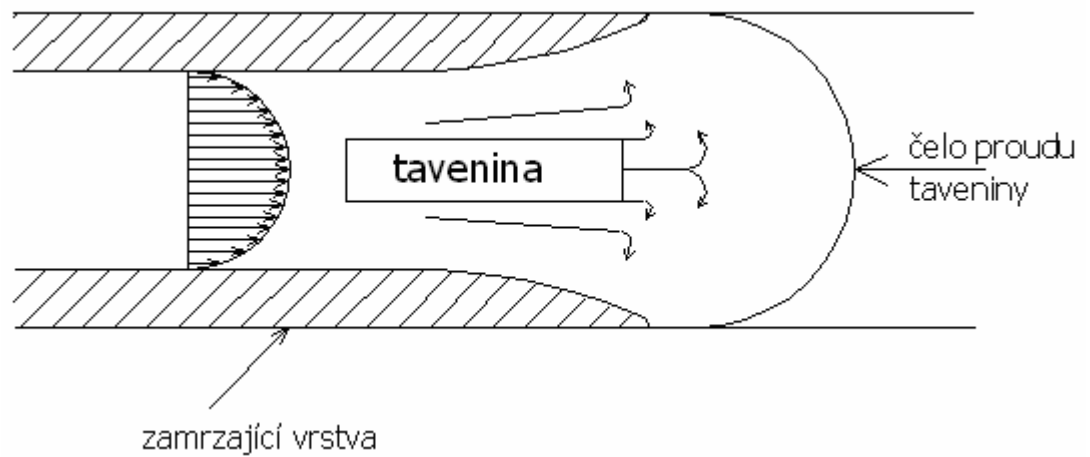


Obr. 3. Vstřikovací cyklus [7]



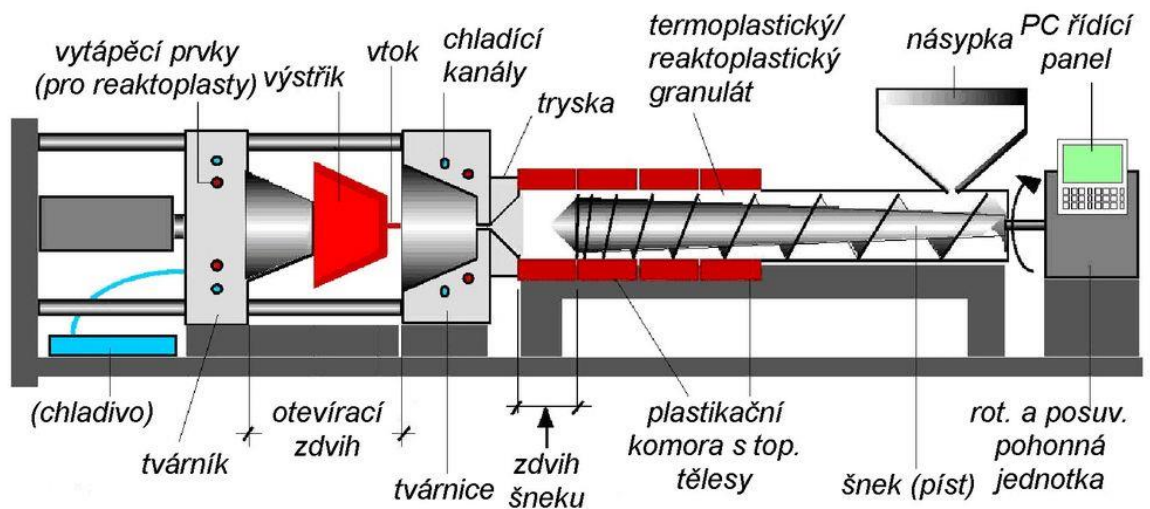
### 2.1.1 Tok taveniny

Při zaplňování dutiny formy dochází k valení taveniny, tento laminární tok je označován také jako tok fontánový. Vtokový systém u vícenásobné formy musí být řešen tak, aby došlo k současnému vyplnění všech dutin, vtokový systém musí být zcela vyvážen. Kvalitu výstřiku může také výrazně ovlivnit styk dvou proudů taveniny, např. v důsledku obtoku překážky v dráze toku., kde dojde ke vzniku studeného spoje, který má za následek zhoršení mechanických vlastností výstřiku. Lze to vyřešit vhodným uspořádáním vtoků, jenž se umístí tak, aby studený spoj vznikl v místě ovlivňující funkci budoucího výrobku co nejméně. [10]



Obr. 4. Plnění dutiny formy taveninou [10]

### 3 VSTŘIKOVACÍ STROJ



Obr. 5. Schéma vstříkovacího stroje [7]

Na vstříkovacích strojích se zpracovávají plasty i kaučukové směsi. Lze vstříkovat výrobky velmi složitých tvarů v obrovských sériích a velmi úzkou výrobní tolerancí. Je to zařízení, které ovlivňuje kvalitu vstříkovaných výrobků, zajišťuje veškeré posuvné a rotační pohyby. Vyvolává potřebné vstříkovací tlaky, uzavírací síly, které jsou potřebné pro proces vstříkování polymerů. [1]

#### Rozdělení částí vstříkovacího stroje:

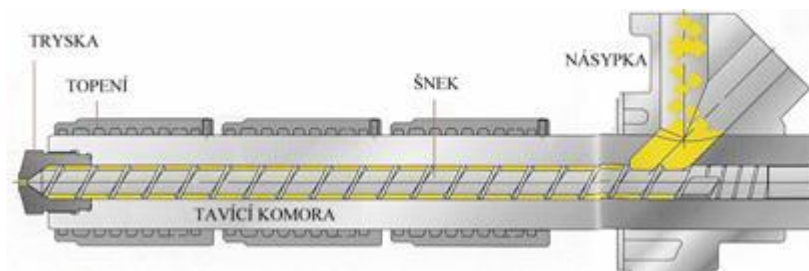
- Vstříkovací jednotka
- Uzavírací jednotka
- Řídicí systém

#### Požadavky vstříkovacího stroje pro přesné vstříky:

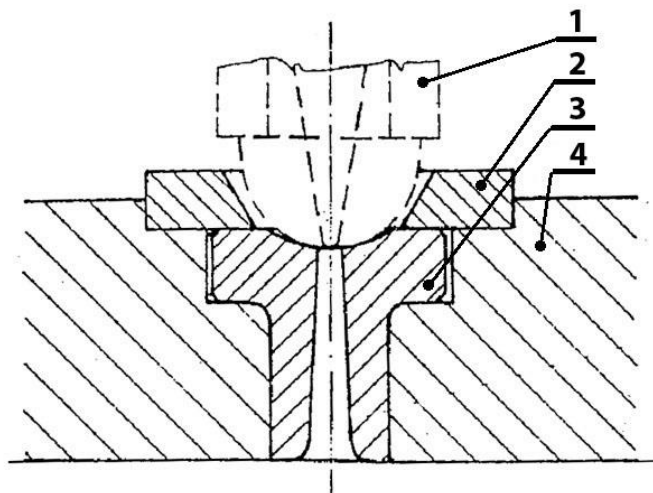
- Tuhost a pevnost stroje při vstříku
- Přesná reprodukovatelnost technologických parametrů
- Konstantní tlak, teplota, rychlost a ostatní parametry

### 3.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka vstřikovacího stroje dopravuje taveninu do dutiny formy a to v množství, které je menší než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Vstřikovací jednotka pracuje tak, že do tavného válce je dopravován zpracovávaný polymer z násypky pohybem šneku. Maximální množství vstřikované taveniny nemá překročit 90% kapacity jednotky. Je zde nutná rezerva pro případné doplnění taveniny kvůli smrštění materiálu, vlivem chlazení. Polymer je dále dopravován přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo. Postupně se plastifikuje, homogenizuje a hromadí před čelem šneku, který se současně posunuje v axiálním směru ve válci do zadní polohy. Část tepelné energie vznikne disipací vstřikovaného materiálu. Tavná komora je ukončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky nám zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy (Obr. 7). [1,11]



Obr. 6. Řez vstřikovací jednotkou [7]



Obr. 7. Vstřikovací tryska usazená na vtokové vložce [1]

1 – vstřikovací tryska, 2 – středící kroužek, 3 – vtoková vložka, 4 – deska formy

### 3.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka ovládá formu a slouží k zavírání a otevírání vstřikovací formy. Během procesu vstřikování vznikají uvnitř formy síly, vlivem vstřikovacího tlaku, které se snaží formu pootevřít. Je nutné, aby uzavírací síla byla větší, než síly vzniklé během vstřikování uvnitř vstřikovací formy a tím se zabezpečila těsnost vstřikovací formy při plnění tvarové dutiny formy. [12,13]

#### Hlavní části uzavírací jednotky:

- Pevná opěrná deska
- Upínací deska
- Vodící sloupky
- Uzavírací mechanismus

#### Uzavírací jednotky se dělí [12,13]:

- Hydraulické uzavírací jednotky
- Mechanické uzavírací jednotky
- Hydraulicko-mechanické uzavírací jednotky
- Elektro-mechanické uzavírací jednotky

### 3.2.1 Hydraulická uzavírací jednotka

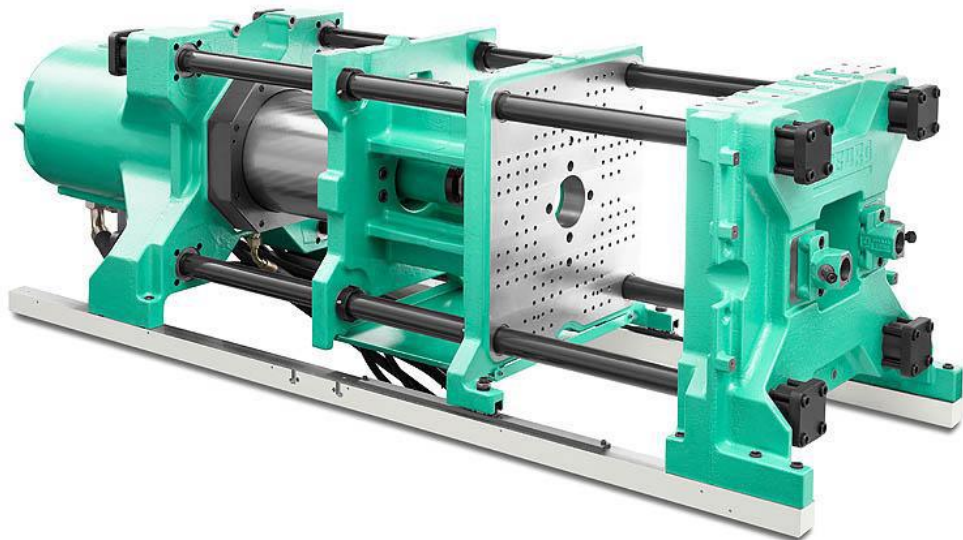
Hydraulická uzavírací jednotka je řízena hydraulickými prvky v hydraulickém obvodu. Charakteristikou je hydraulický válec vyvolávající uzavírací sílu. Většina těchto konstrukčních jednotek má ještě jeden hydraulický válec, který je z pravidla menší a má na starosti zavírací a otevírací pohyby stroje, bez nutnosti přesunu značného množství hydraulické kapaliny pod vysokým tlakem. [12,13]

#### Výhody hydraulické uzavírací jednotky:

- Jednoduchá konstrukce
- Velké uzavírací síly [12,13]

#### Nevýhody hydraulické uzavírací jednotky:

- Pro generaci velkých uzavíracích sil, je zapotřebí mít velké množství velkých hydraulických válců
- Pro dosažení velkých rychlostí je zapotřebí mít velké množství hydraulické kapaliny
- Samotný obsah hydraulického obvodu, negativně ovlivňuje náklady a požadavky na údržbu [12,13]



Obr. 8. Hydraulická uzavírací jednotka [14]

### 3.2.2 Mechanická uzavírací jednotka

Je řešena pomocí mechanického systému, které přenášejí všechny pohyby a síly. [12,13]

#### Jednokloubová páka:

- Pohyb páky zajištěn pomocí dvoučinného hydraulického válce
- Využití u strojů, kde se uzavírací síla pohybuje nejvýše do 50 tun
- Nejlevnější řešení [12]

#### Dvoukloubová páka:

- Využití u větších strojů
- Pomocí dvoučinného hydraulického válce je zajištěn pohyb páky
- Počet bodů znamená počet os, kolem kterých se páky otáčejí [12]

#### Vícebodový systém:

- Výhodou vícebodového systému je kratší délka uzavíracího systému a větší otevírací zdvih [12]

### 3.2.3 Hydraulicko-mechanická uzavírací jednotka

Hydraulicko-mechanická uzavírací jednotka je nejpoužívanější u strojů malých gramáží. Zajišťuje vyšší rychlost uzavírání, její případné zpomalení před uzavřením formy, dostatečnou tuhost. Je celá zkonstruována jako kloubový mechanismus ovládaný hydraulickým válcem. [1]

### 3.2.4 Elektro-mechanická uzavírací jednotka

Jelikož jsou hydraulické jednotky velmi energeticky náročné, nahrazuje se hydraulická jednotka elektrickým pohonem, který pak ovládá klikový mechanismus. Účinnost elektromotoru je dána jeho konstrukcí a způsobem jeho provozu. Pohybuje se v rozmezí 0,85-0,95. Hlavní výhodou těchto uzavíracích jednotek je jejich konstrukční jednoduchost, vysoká uzavírací rychlost, snadná automatizace pracovního cyklu a nižší energetická náročnost. [13]

### 3.3 Řízení a regulace

Snadná obsluha a vysoký stupeň řízení stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Nepřetržitá reprodukovatelnost technologických parametrů je význačným a nutným faktorem. Pokud tyto parametry nepřiměřeně kolísají, projeví se tato nerovnoměrnost na kvalitě a přesnosti výroby výtříků. Řízení stroje se musí zajistit vhodnými řídicími a regulačními prvky. [1]

Stroje současné doby jsou řízeny elektronickou jednotkou s procesorem a místo obvyklé textové formy nastavování technologických parametrů se využívá nejrůznějších grafických nadstavb, které jsou zobrazovány LCD displejem přímo na informačním panelu vstříkovacího stroje. Tyto stroje jsou mnohdy propojeny se stolením počítačem s operačním systémem a připojením k lokální počítačové síti, nebo tento počítač mají přímo ve svém těle. Obsluha tak nemusí přecházet k jinému terminálu, k zjištění podrobných informací o výtříku. [1,15]

### 3.4 Konstrukce výrobků

Pro konstrukci návrhu součásti z plastu se řídí jinými zásadami, než u součástí kovových. [16]

Při jejich realizaci jsou dány meze konstrukčních tvarů a jejich vlastností, které nesmí překročit, jinak mohou při výrobě vzniknout problémy, kterým se bez znalostí dá jen obtížně vyhnout a docílit tak požadavkům výroby, pro vzniklou součást. Všeobecně platí, že čím je jednodušší součást, tím jsou výhodnější její pevnostní podmínky, dodržení rozměrů, jednodušší výroba výtříků a levnější výroba formy. [1]

### 3.4.1 Jakost výrobku

Jakost povrchu je význačným znakem výstřiku. Vhodnou úpravou se zvýší estetický vzhled, ale i účelové využití. Vyrobené součásti pak mají vhodný barevný odstín, nebo jsou číré a dosahuje se u nich různé hladkosti, lesku a matnosti povrchu. Jakost povrchu nám udává povrch dutiny formy. [1]

#### Plochy jakosti výrobku:

- Lesklé – nejnákladnější a nejnáročnější na výrobu dutiny formy. Na lesklém povrchu jsou viditelné veškeré nedostatky výroby formy a výstřiku.
- Matné – výrobně nejjednodušší a ekonomicky nejvýhodnější. Výhodou je zakrytí vzhledových nedostatků (studené spoje, stopa po toku atd.).
- Barevné plochy – barva, vlastnost která ovlivňuje dojem o dané součásti. Je dána odstínem použitého granulátu
- Dezénované plochy – jsou častou úpravou částí, nebo celého povrchu výstřiku. Dosáhne se tím zvýraznění některých oblastí, snížení průhlednosti.

#### Hlavní faktory ovlivňující jakost:

- Navlhavost, nasákavost – rozměry výrobku se mění dle pohlcování vody z okolního prostředí. Při vysušení se rozměry opět zmenší.
- Teplotní roztažnost – je vratnou změnou jenž je přibližně o řád větší než u kovů
- Smrštění – ovlivňuje především přesnost výstřiku. Výrobní, které činí 90% celkového smrštění. Dodatečné, které činí 10% celkového smrštění, bývá několika násobně menší než smrštění výrobní, protože probíhá delší dobu. Příčinou toho je pozvolné uvolňování vnitřního pnutí, vzniklého při vstřikování.
- Tečení – vznikne při větším a dlouhodobějším silovém zatížení součásti a projeví se plastickou deformací. [1]



## 4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma dává tavenině po ochlazení výsledný rozměr a tvar výrobku, při zachování požadovaných mechanických a fyzikálních vlastností. Forma po zpracování musí odolávat vysokým tlakům, musí poskytovat výrobky o přesných rozměrech, umožňovat snadné vyjmutí výrobku a také automaticky pracovat po celou dobu své životnosti. Konstrukce a výroba vstřikovací formy je náročná jak po finanční stránce, tak po stránce odborných znalostí. Důležitým faktorem životnosti formy je provedení tepelného zpracování na tvarových částech nástroje. [1,17]

### 4.1 Základní popis vstřikovací formy

Vstřikovací formu lze rozdělit do tří částí, kde každá z těchto částí přesně plní svou funkci: [12]

1. Vstřikovací část – nepohyblivá strana vstřikovací formy
2. Vyhazovací část – pohyblivá strana vstřikovací formy
3. Vyhazovací systém

### 4.2 Konstrukce formy

Výkres vyráběné součásti s konstrukčním návrhem jsou podkladem pro designéra form. [1]

**Vlastní konstrukce má pak následující sled operací:**

- Posouzení daného výrobku z hlediska tvarů, rozměrů a vyrobitelnosti.
- Určení dělicí roviny součástí a způsobu zaformování s ohledem na funkci a vzhled. Respektovat směr a velikost potřebných úkosů. Zaformování musí odpovídat vhodnému umístění ústí vtoků a vyhazování z dutiny formy.
- Stanovení koncepce temperačního, vyhazovacího systému a odvzdušnění dutin formy.
- Doplnění konstrukčních prvků pro správnou funkčnost navržené vstřikovací formy.

- Kontrola funkčních parametrů formy, hmotnosti výstřiku, průmětné plochy, kontrola uzavíracího a vstřikovacího tlaku a faktory s ohledem na doporučený vstřikovací stroj. [1]

### 4.3 Násobnost vstřikovací formy

**Násobnost vstřikovací formy se volí podle:**

- Složitosti a velikosti výrobku
- Požadovaného množství
- Typu stroje
- Ekonomiky výroby [18]

Pro malé či ověřovací série se volí jednoduché jednonásobné formy, u kterých je předpoklad minimálních nákladů pro jejich výrobu. Pro hromadnou výrobu je třeba vypracovat technický a ekonomický rozbor o volbě násobnosti formy v několika variantách. [18]

### 4.4 Způsob zaformování výstřiku

U způsobu zaformování výstřiku je nutno dbát v úvahu určité aspekty, které vychází z tvarů a rozměrů daného výrobku, z požadavků na funkčnost a ekonomičnost výroby. Dále určení polohy dělicí roviny, zejména s ohledem na promítnutí její trajektorie a polohy na povrch výstřiku, může dojít ke snížení kvality a jakosti povrchu výstřiku. [1]

**Je proto nutné brát v úvahu vhodné zvolení polohy dělicí roviny z důvodu:**

- Bezproblémového doformování výrobku z tvarové dutiny formy.
- Umístění nejjednodušších a pravidelných tvarů do hran výrobku.
- Umístění dělicí roviny s ohledem na přesnost výrobku a technologické úpravy.
- Logiky věci nesmí vytvářet vzhledové defekty výstřiku. Nesmí podporovat vznik dalších defektů výrobku. [1]

## 4.5 Vtokový systém

Vtokový systém zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Jeden z problémů konstrukce vstřikovacích forem je řešení vtokové soustavy.

**Při řešení vtokové soustavy je třeba dbát na tyto zásady:**

- Dosažení co nejrovnoměrnějšího plnění tvarových dutin formy.
- Dráha toku taveniny ke všem dutinám stejně dlouhá.
- Správná volba vtokového ústí.
- Dostatečně velký průřez vtokových kanálů. [18]

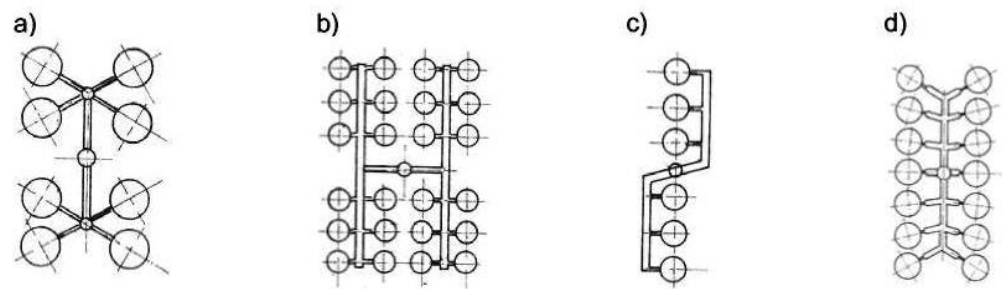
**Vtokové systémy dělíme na:**

- Studené vtokové systémy (SVS)
- Vyhřívané vtokové soustavy (VVS)

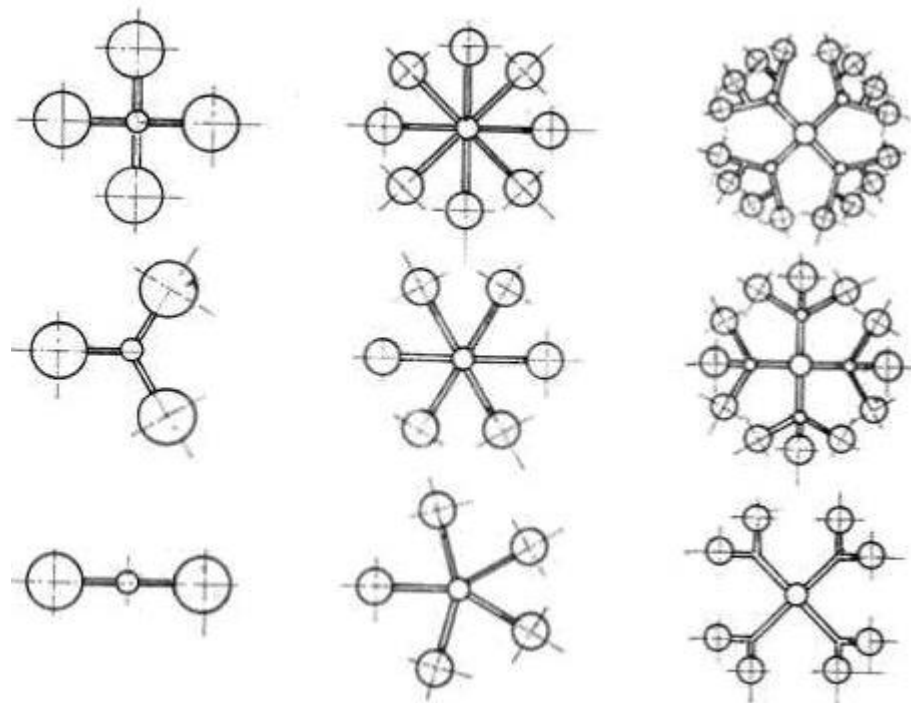
Vtokové systémy zajišťují spojení mezi dutinou formy a vstřikovací tryskou. Nejjednodušší případ vtokového systému je vtok s přímým ústím, kdy vtoková vložka má rozměry dle velikosti výstřiku a rozměru vstřikovací trysky, která je součástí plastikační jednotky. [19]

**Volba vtokového systému ovlivňuje:**

- Délku vtokových kanálů
- Průřez vtokových kanálů
- Ústí vtoku
- Kvalitu výstřiku
- Procentuální využití materiálu
- Odformování [12]



Obr. 9. Řádkové uspořádání vtokové soustavy vícenásobných forem a) se stejnou délkou toku taveniny b), c), d) s rozdílnou délkou toku taveniny [7]



Obr. 10. Symetrické uspořádání vtokové soustavy vícenásobných forem [7]

#### 4.5.1 Studený vtokový systém

Naplnění dutiny taveninou má proběhnout v co nejkratším časovém úseku s minimálním odporem. Při volbě studeného vtokového systému se vychází z vstřikování taveniny velkou rychlostí do relativně studené formy. Dochází tak k prudce rostoucí viskozitě taveniny na vnějším povrchu studeného vtokového systému a uprostřed je viskozita nejnižší. Vysoká viskozita si žádá velké tlaky v systému. [1]

#### 4.5.2 Horké vtokové soustavy

Horké vtokové soustavy jsou metody vstřikování bez vtokového zbytku. Než došlo na současné HVS, předcházela jim řada systémů, které se časem zdokonalovaly. Současné vyhřívané vtokové soustavy mají vyhřívané trysky s minimálním úbytkem tlaku a teploty v systému s optimálním tokem taveniny. To je umožnila především výroba vysokovýkonných a minimálních topných těles. HVS umožňují automatizaci výroby, zkracují výrobní cyklus, snižují spotřebu plastu. Snižují náklady na dokončovací operace s odstraněním vtokových zbytků, odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování. [1]

##### Vyhřívané trysky:

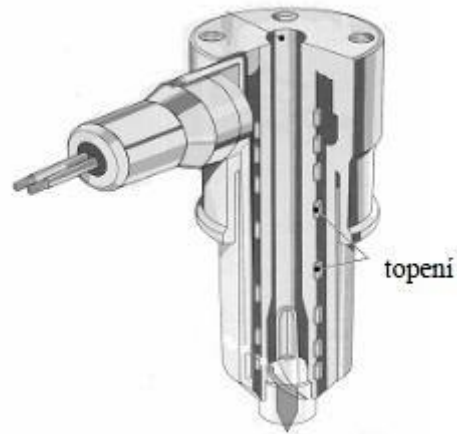
Propojují vstřikovací stroje s dutinou formy při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska obsahuje vlastní topný článek i s regulací a nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Výrazně umožňují zlepšit technologické podmínky vstřikování.

- Tryska s vnitřním topením - tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku, zhotovenou z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí (sv1).



Obr.11. Tryska s vnitřním mosazným topením (vlevo) a topením Blueflow (vpravo) [20]

- Tryska s vnějším topením – tavenina proudí vnitřním otvorem těla trysky, které je vyrobeno z tepelně vodivého materiálu. Na vnější straně je umístěno topení.



Obr. 12. Tryska s vnějším topením [21]

#### Horké rozvodné bloky:

Horký rozvodný blok je umístěn v mezi-desce umístěné mezi tvarovou a upínací deskou. V bloku jsou vyvrtány rozváděcí kanály, skrze které proudí tavenina. Teplo je přiváděné do bloku pomocí topných elementů a vstupuje do taveniny skrze stěnami rozváděcího kanálu tzv. externí ohřev. V interním ohřevu je rozvodný blok vytápěn zevnitř topnými patronami nebo polymer obtéká ohřívanou trysku a to buď vnitřním nebo vnějším topením.



Obr. 13. Rozvodný blok tvaru ve tvaru „X“ [21]

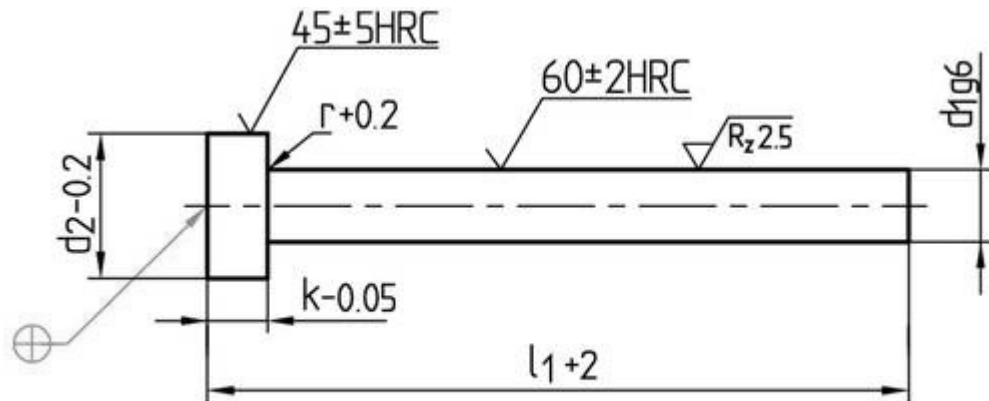
## 4.6 Vyhazovací systém

Vyhození výrobku z formy je činnost, kdy se z tvárníku otevřené formy vysune zhotovený výstřík. K vytlačení výrobku dojde pomocí vyhazovacího zařízení, které doplňuje formu a svojí funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. Vyhazování je rozděleno do dvou fází. První je pohyb dopředu – vyhození výrobku a druhý je pohyb zpětný – návrat vyhazovacího zařízení do původní zpětné polohy. Podmínkou dobrého vyhazování výrobku je hladký povrch a správná úkosovitost jeho stěn ve směru vyhazování. Úkoso- vání by neměly být menší jak  $0,5^\circ$ . K vyhazování výstříku musí docházet rovnoměrně, aby se nepřičil a tím nevznikla trvalá deformace či jiné poškození. Tvar vyhazovačů, jejich umístění a rozložení je různé, dle vyhazovaných výstříků. [2]

### 4.6.1 Válcové kolíky

Nejpoužívanější a nejlevnější způsob vyhazování hotových výstříků z dutiny formy. Válcové kolíky lze použít všude, kde je možné vyhazovače umístit proti ploše výstříku ve směru vyhození. Výrobně jednoduché a plně funkční. [2]

Správná volba tvaru vyhazovacího kolíku, jeho umístění, umožní snadné vyhození výstříku bez jeho poškození. Kolík se musí opírat o stěnu nebo žebro výstříku a nesmí se při vyhazování bortit, mohlo by dojít k trvalé deformaci výstříku. Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstříku stopy, proto je vhodné je umístit na nevhledových plochách. Pokud je vyhazování provedeno větším množstvím vyhazovacích kolíků, snižuje se tím využitelný prostor pro temperační kanály. [2]

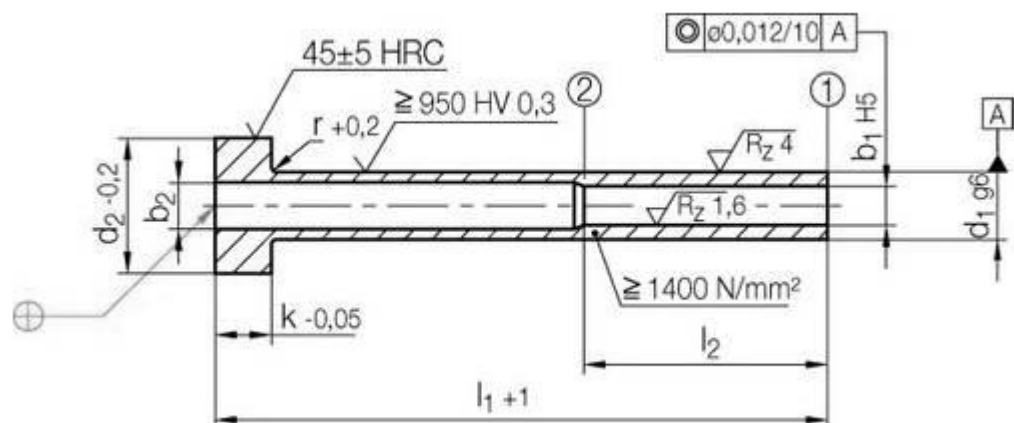


Obr. 14. Válcový vyhazovač [19]

#### 4.6.2 Stírací deska

Jde o typ plošného vyhazování, kdy vyhazovací síla působí po obvodu výstřiku a nedochází tak po vyhození k zanechání stopy, na jeho styčné ploše. Používá se u tenkostěnných výstřiků, které si žádají velkých vyhazovacích sil.

Trubkový vyhazovač je speciální případ stírání tlakem. Vyhazovač s axiálním otvorem má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík. Uvnitř trubky je vedeno jádro, které je upnuto v nehybné desce. [2]



Obr. 15. Trubkový vyhazovač [21]



## 4.7 Temperování forem

Temperování forem slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy. Forma je ochlazována na teplotu vhodnou k vyjmutí výstřiku a to během vstřikování, kdy je dutina formy plněna taveninou. Celý temperační systém ovlivňuje plnění tvarové dutiny formy, optimální tuhnutí a chlazení plastu a celkově kvalitu výstřiku. Teplo je z formy odváděno nebo přiváděno především temperačním systémem. Teplota forem a jejich dutin není během vstřikování konstantní. Po vstříknutí teplota nejprve stoupá, poté klesá v důsledku odvodu tepla temperačním systémem. Kolísání teplot se musí zajistit co nejmenší, proto je nutné optimalizovat temperační proces. Temperační systém je tvořen soustavou dutin a kanálů, skrze které proudí vhodná kapalina udržující teplotu temperovaných částí na požadované hodnotě. [2]

Temperační prostředky dělíme na aktivní a pasivní. Aktivní prostředky přivádí či odvádí teplo přímo (voda, olej). Pasivní prostředky ovlivňují tepelný režim formy fyzikálními vlastnostmi (tepelná trubice). [2]

## 4.8 Odvzdušnění forem

Systém odvzdušnění forem je jeden z důležitých hledisek vhodného způsobu návrhu vstřikovací formy. Ovlivňuje celý vstřikovací proces a celkově kvalitu výstřiku. U složitých tvarových dílů nelze zcela přesně určit místa, pro které je vhodné odvzdušnění. Je proto nutné využívat simulační programy nebo technologické zkoušky. Vždy je třeba určit jakým způsobem se bude plnit tvarová dutina polymerní taveninou. Nastane-li situace, že by nebyla forma sbíhavě odvzdušněna, je možný výskyt defektu na výrobku. Tím dojde k poklesu kvality vzhledu, nebo poklesu mechanických vlastností. Bubliny, spálená místa na výstřiku, náhlý nárůst vstřikovacího tlaku, nedotečení taveniny do prostorů tvarové dutiny formy, to všechno jsou důvody, kvůli kterým je nutno navrhovat odvzdušnění tak, aby byl odvod vzduchu z dutiny formy co nejintenzivnější. Odvzdušnění bývá nejvhodnější umístit na protilehlé straně vůči toku, kdy vzduch je tlačěn taveninou před sebou. [1,2,9,22]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce je návrh konstrukčního řešení vstřikovací formy pro zadaný plastový díl, který bude zhotoven pomocí technologie vstřikování. Vycházelo se ze skutečného výrobku, dle skutečných rozměrů, jedná se o výrobek uzávěru toneru od firmy Konica Minolta. Konstrukční návrh vstřikovaného výrobku a vstřikovací formy je proveden pomocí softwarového programu CATIA V5R18 od společnosti DASSAULT SYSTEMES a k sestavení vstřikovací formy využito dílů z normálií firmy HASCO.

### **Dané cíle bakalářské práce:**

- Vypracování literární studie na dané téma
- Provedení 3D návrhu výrobku
- Provedení 3D návrhu vstřikovací formy
- Zhotovení výkresové dokumentace výrobku a vstřikovací formy

## 6 VÝROBEK

Zadaným výrobkem je část uzávěru toneru od výrobce Konica Minolta, pro který bylo nutné provést 3D návrh výrobku.

### Postup pro zhotovení návrhu:

- Změření rozměrů pomocí posuvného měřidla
- Provedení 3D návrhu výrobku dle zásad pro technologii vstřikování

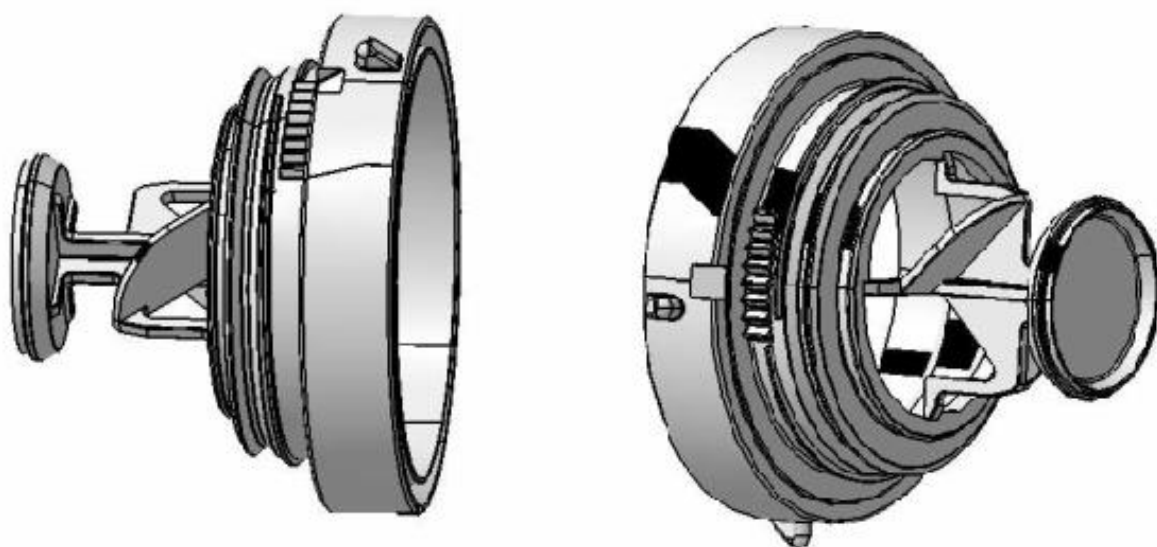


*Obr. 16. Reálná fotografie zadaného výrobku*

Část uzávěru toneru má základnu, aretaci pro uzávěr, závit pro uzávěr, propouštěcí ventil. Při vkládání toneru do tiskárny dojde ke stlačení vyfukovaného dílu (Obr. 17.) a tím dojde k proudění toneru. Vytáhneme-li toner z tiskárny, vyfukování díl se přehrne zpět do původní polohy a dojde k utěsnění toneru. Dílec zadané součásti (Obr. 18.) je o maximálních rozměrech průměru 78 mm a délce 57 mm, o hmotnosti 20g.



*Obr. 17. Část uzávěru toneru s vyfukovanou částí*



*Obr. 18. 3D návrh výrobku z programu Catia*

## 6.1 Materiál výrobku

Materiál výrobku na vstřikovaný díl byl zvolen vysokohustotní polyethylen (HD-PE), který je v dnešní době nejpoužívanějším polymerem ve spotřebním zboží. Polyethylen je zpracovatelný na všech strojích pro zpracování termoplastu. HD-PE byl zvolen pro jeho optimální optické, mechanické a chemické vlastnosti.

Tab. 1. Vlastnosti HP-PE [23]

Název	Jednotky	Hodnota
Napětí na mezi kluzu	MPa	30
Tažnost	%	400
E-Modul pružnosti v tahu	MPa	1350
Tvrdost 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

## 7 KONSTRUKCE FORMY

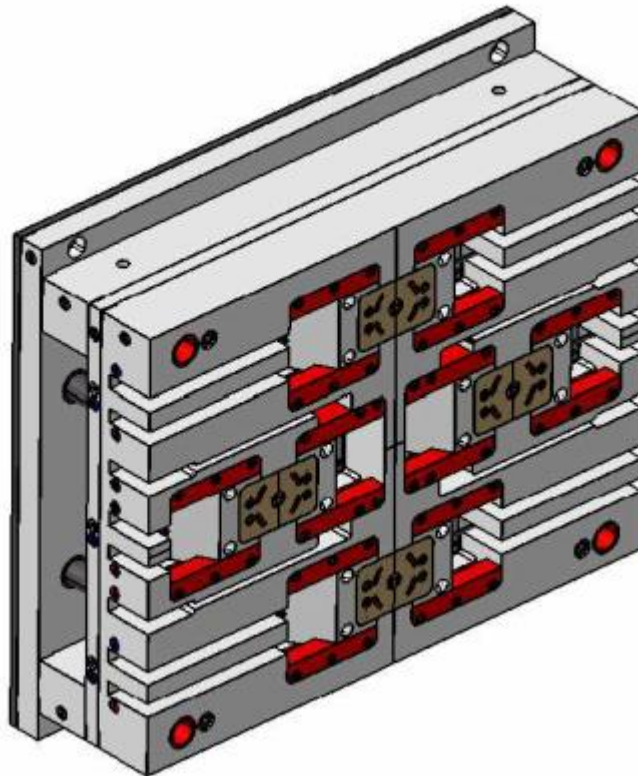
Při návrhu vstřikovací formy byla snaha použít co nejvíce normalizovaných dílů od firmy HASCO, z důvodu zkrácení výrobního času, případně kvůli nenáročné výměně poškozeného komponentu. Vzhledem k tomu že některé normalizované komponenty nevyhovovaly, byly použity i nenormalizované dílce. Forma se skládá z levé strany (pohyblivé), pravé strany (pevné) a vyhazovacího systému, který je tvořen čtyřma stíracími kroužky.

### 7.1 Násobnost formy

Při volbě násobnosti vstřikovací formy je nutné brát v úvahu důležité fakta, jako je přesnost výstřiku, požadované množství a ekonomika výroby. Čím přesnější je požadavek na přesnost výstřiku, tím je násobnost formy menší, avšak při malé násobnosti se prodlužuje doba k vyrobení celkového počtu kusů. Vzhledem k velikosti formy a zvážení těchto kritérií, byla zvolena čtyřnásobná vstřikovací forma.

## 7.2 Levá strana formy (pohyblivá)

Levá strana vstřikovací formy (Obr. 19.) se skládá ze středícího kroužku, izolační a upínací desky, rozpěrných desek, opěrné desky a tvarové desky. Dalšími díly levé strany jsou opěrné sloupky, vodící pouzdra, čepy, posuvové kostky, kluzné vložky, tvárníky atd. Temperační systém je vyroben z vrtaných kanálů v opěrné desce, které přivádí vodu do chladících věží, pomocí kterých se temperuje tvárník. Temperovány jsou i posuvové kostky, které jsou usazeny v tvarové desce.

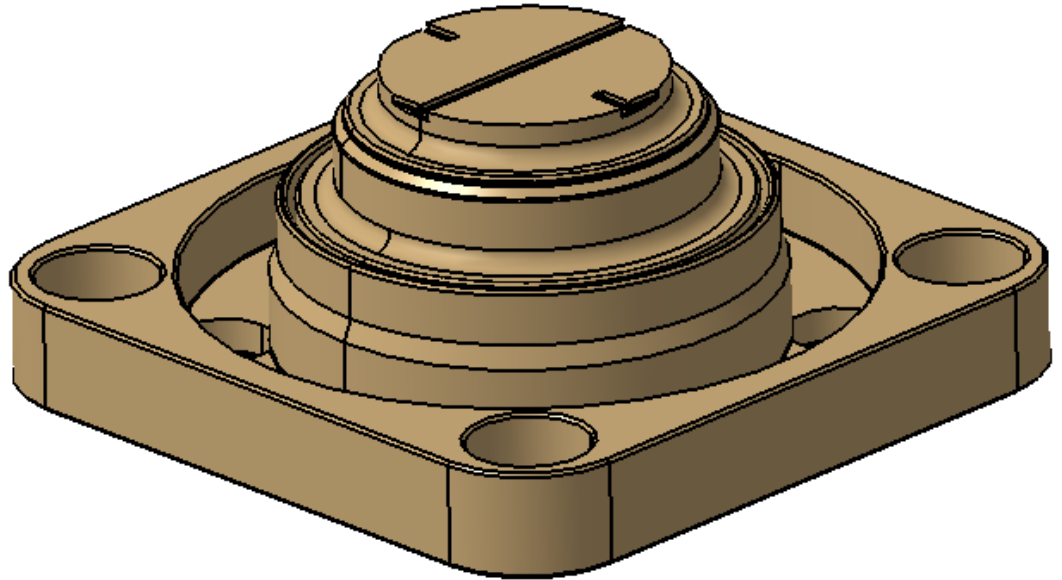


Obr. 19. Levá strana vstřikovací formy

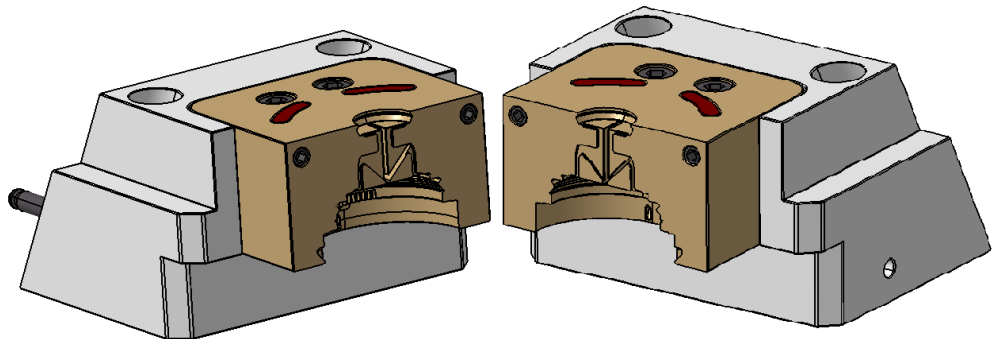
Levá část vstřikované dutiny je složena z jedné pevné části a dvou pohyblivých částí. Pevnou část představuje tvárník (Obr. 20.) a pohyblivé části jsou posuvové kostky (Obr. 21.). Posuvové kostky slouží k odformování aretace, závitu a žeber. Velikost pohybu posuvových kostek je 49,454 mm. Hodnota zdvihu posuvových kostek je záměrně větší, než je nezbytně nutné, z důvodu bezproblémového zajištění odformování výstřiku. Tím je dostatečně zajištěna vůle umožňující vyhazovací pohyb výstřiku z tvarové dutiny formy. Posuvové kostky jsou vytvořeny ze dvou částí, sedla a jádra. Umožňuje to snadnější opravu či



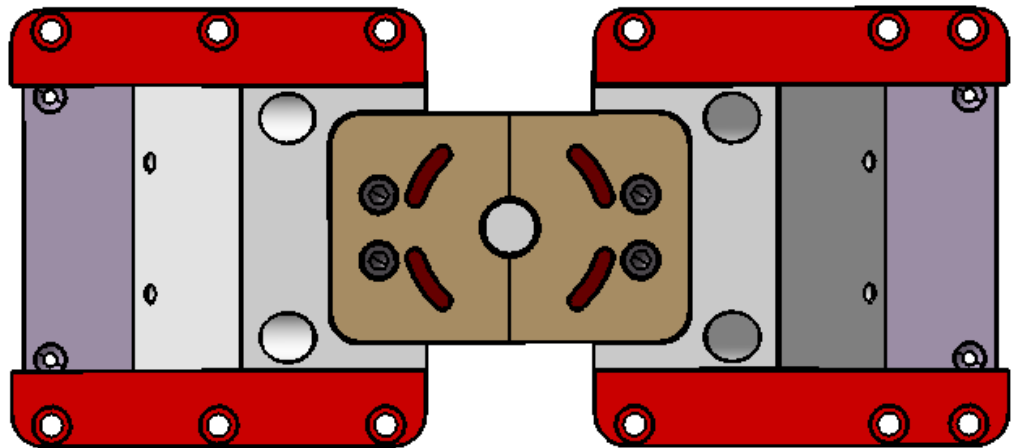
výměnu poškozené součásti. Dojde-li k poškození součásti a byla by posuvová kostka vyrobena z jednoho dílu, byly by náklady na výměnu daleko vyšší.



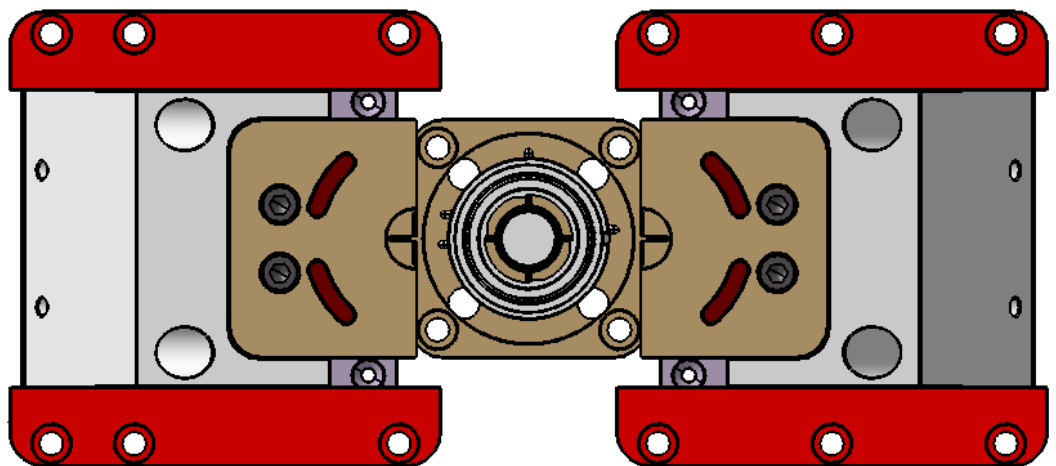
*Obr. 20. Tvárník*



*Obr. 21 Levá a pravá posuvová kostka*



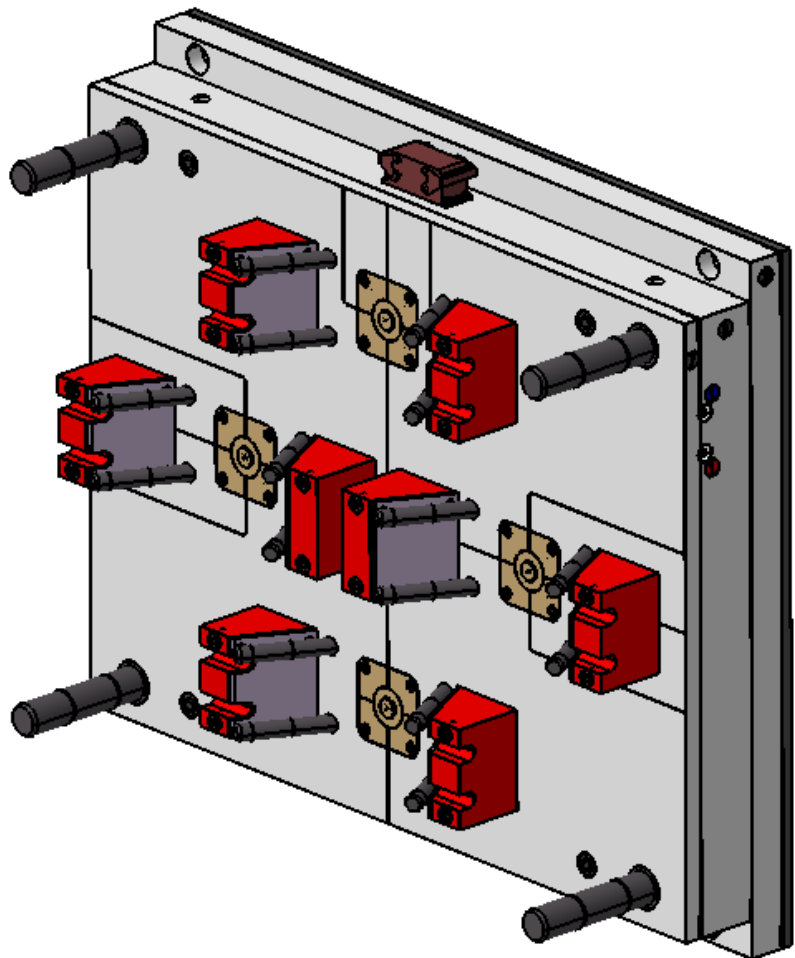
*Obr. 22. Tvárník – uzavřený*



*Obr. 23. Tvárník – otevřený*

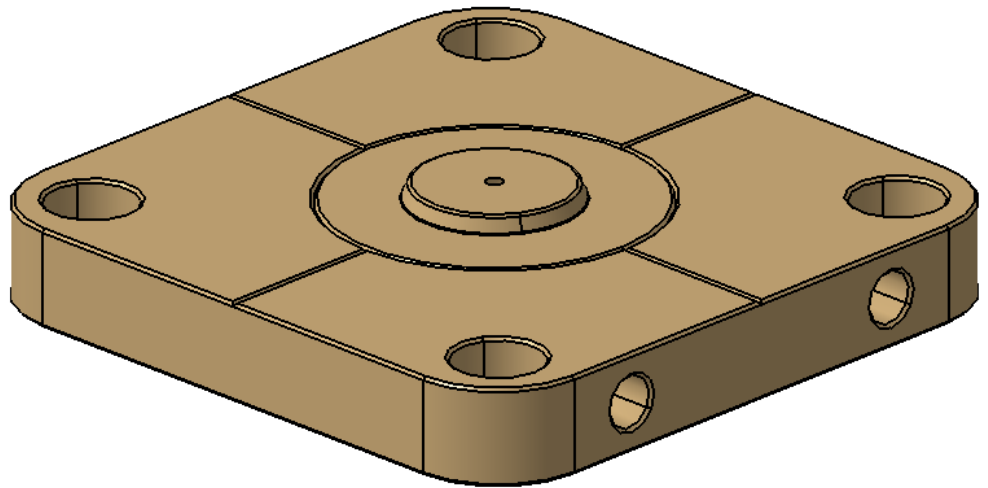
### 7.3 Pravá strana formy (pevná)

Pravá část vstřikované formy (Obr. 24.) se skládá ze středícího kroužku, izolační a upínací desky, mezidesky, tvarové desky, středících trubek, čepů. Obsahuje horký vtokový systém složený z horkého rozvodného bloku tvaru „X“, vyhřívané trysky a zásuvky. Temperační systém je zhotoven běžnou metodou vrtaných kanálů o průměru 8 mm, které jsou vyvrtány do mezidesky a navazující do temperačních kanálů vedoucích do každé tvarové dutiny ve tvárnici. Ty dokáží temperovat po celém obvodu, díky temperačním přepážkám, které jsou umístěny ve vrtaných otvorech. Na pravé straně formy jsou ještě zabudovány šikmé čepy, které slouží jako vodící prvky pro posuvové kostky. Jsou zde umístěny zámky, sloužící jako opěrná část posuvových kostek.



Obr. 24. Pravá strana vstřikovací formy

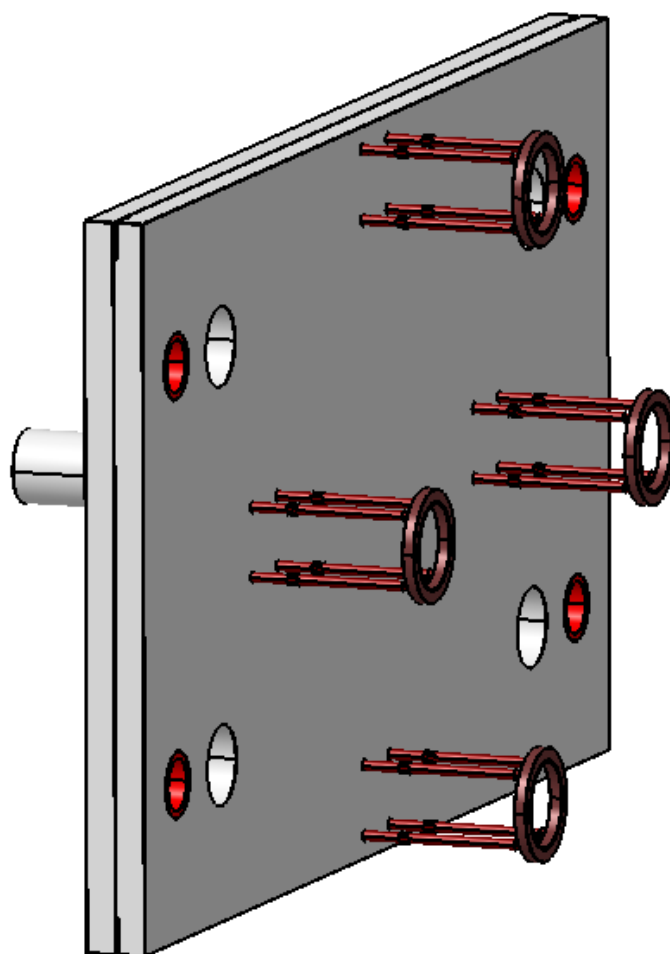
Tvárnice (Obr. 25.) je navržena tak, že fixuje vnitřní kužel na horní části výstřiku. Je v ní vyvrtáno paralelní chlazení, přičemž jeden otvor je přívodní a druhý odtokový. Tvárnice má také prostor pro vtokovou trysku.



Obr. 25. Tvárnice

## 7.4 Vyhazovací systém formy

Vyhazovací systém (Obr. 26.) vstřikovacích forem je tvořen táhlem, opěrnou a kotevní deskou, vodícími pouzdry, válcovými tyčinkami, ke kterým jsou přišroubovány stírací kroužky. Stírací kroužky jsou zvláštním typem vyhazování pomocí stírací desky. Stírací kroužek fixuje výšku výrobku a zároveň při vyhazování působí po celé ploše výstřiku. Tím nevzniknou stopy po vyhazovacím systému. Vybrání ve vyhazovacích deskách slouží jako prostor pro opěrné sloupky, které vyztužují formu.



Obr. 26. Vyhazovací systém

## **8 POUŽITÝ SOFTWARE**

### **8.1 CATIA V5R18**

CATIA V5R18 je program, který nachází využití především v automobilovém a leteckém průmyslu. Software stvořený pro návrh, konstrukci a výrobu, v které lze navrhovat vstřikovací formy, za pomoci modulů, které obsahuje.

### **8.2 HASCO R2 – 2013**

Softwarová 3D knihovna normálií potřebných k návrhu vstřikovacích forem. Obsahuje návody a dokumentaci potřebné k nejefektivnějšímu použití obsahujících normálií. Velkou výhodou programu je importování generovaných součástí, přímo do konstrukčních programů (CATIA, SolidWorks, Inventor, atd.).

## 9 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout vstříkovací formu na zadaný výrobek. Tento díl je součástí uzávěru toneru od výrobce Konica Minolta o maximálním průměru 78 mm a délce 57 mm. Tloušťka stěn je proměnná.

Vstříkovací forma je navržena se všemi potřebnými komponenty, které forma musí obsahovat. Většina komponentů byla navrhována z normálíí německé firmy HASCO. Při návrhu bylo zvoleno, že vstříkovací forma bude čtyřnásobná s horkým vtokovým systémem. Tvarová dutina je tvořena z tvárníku, tvárnice a dvou posuvových kostek. Vyhazování výrobku z formy je navrženo pomocí stíracích desek, které jsou složeny z válcových tyčinek, které jsou přišroubovány k stíracím kroužkům. Zdvih vyhazovacího systému je 51 mm. Stírací kroužky působí po celé ploše výstřiku a tím nedojde k vzniku poškození na povrchu výstřiku. Temperační systém levé strany vstříkovací formy je vyroben z vrtaných kanálů o průměru 8 mm v opěrné desce, které přivádí vodu do chladících věží, pomocí kterých se temperuje tvárník. Temperovány jsou i posuvové kostky, které jsou usazeny v tvarové desce. Temperační systém pravé strany vstříkovací formy je zhotoven běžnou metodou vrtaných kanálů o průměru 8 mm, které jsou vyvrtány do mezidesky a navazující do temperačních kanálů vedoucích do každé tvarové dutiny ve tvárnici. Vstříkovací forma je opatřena transportní částí, která má také za úkol držet vstříkovací formu uzavřenou a při namontování vstříkovací formy na stroj musí být tato transportní část demontována, aby mohlo dojít k otevření vstříkovací formy.

## ZÁVĚR

V první části bakalářské práce je popsán princip technologie vstřikování, materiály které se touto technologií zpracovávají a popis konstrukce vstřikovací formy.

Praktická část je zaměřena na návrh vstřikovací formy na zadanou součást. Zadanou součástí byla část uzávěru toneru od firmy Konica Minolta. Byl vygenerován 3D model a na něj byla navrhována vstřikovací forma, seskládána v programu CATIA V5R18 a tento úkol byl plněn. Návrh vstřikovací formy je včetně výkresové dokumentace, která obsahuje 2D řez vstřikovací formou, pohled do levé a pravé strany vstřikovací formy, isometrické pohledy vstřikovací formy, kusovník. Veškerá výkresová dokumentace, CD – disk s 3D modelem vstřikovaného výrobku a 3D modelem vstřikovací formy, je součástí přílohy.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, L.: *Formy pro zpracování plastů I.díl – Vstřikování termoplastů*. 2. Vyd. Brno: Unuplast, 1999, 134 s.
- [2] BOBČÍK, L.: *Formy pro zpracování plastů II.díl – Vstřikování termoplastů*. 1. Vyd. Brno: Unuplast, 1999, 214 s.
- [3] PROKOPOVÁ, I.: *Makromolekulární chemie*, 2.vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2007, 13 s. ISBN 978-80-7080-662-3
- [4] DVOŘÁK, Z. – R. LAMBOROVÁ.: *Základy výrobních procesů I. – Konstrukční materiály a kompozity*, Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně – Fakulta technologická, 2008
- [5] DUCHÁČEK, V.: *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2. Vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2006. Str. 166, 278s. ISBN 80-708-0617-6
- [6] [www.ksp.tul.cz](http://www.ksp.tul.cz) [online]. [cit. 2013-11-12]. Dostupný z WWW: <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/01.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm)>
- [7] [www.ksp.tul.cz](http://www.ksp.tul.cz) [online]. [cit. 2013-11-12]. 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)>
- [8] STOKLASA, K.: *Zpracovatelské inženýrství I. – Základy gumárenské a plastikářské technologie*, Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně – Fakulta technologická, 2009, 20-29 s.
- [9] ZEMAN, L.: *Vstřikování plastů*, vyd. Praha: BEN, 2009. ISBN 978-80-7300-250-3
- [10] MAŇAS, M., VLCEK, J. *Aplikovaná reologie*. Zlín: UTB, 2001. 144 s. ISBN 807318-039-1.
- [11] NEUHAUSL, E. *Vstřikování plastických hmot*. Praha: SNTL, 1973. 206 s.
- [12] POTSCH, Gerd and Walter MICHAILI. *Injection molding: An Introduction*. 2nd ed. Munchen: Hanser, 2008. ISBN 15-699-0419-7.
- [13] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J.: *Výrobní stroje a zařízení, Gumárenské a plastikářské stroje II.*, Brno: VUT, 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X

- [14] Arburg [online]. [cit. 2013-11-12]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.arburg.com/cs/cz/reseni/injection-moulding-machines/hydraulic-machines/#!/prettyPhoto>>.
- [15] GOODSHIP, V. *Practical Guide to Injection Moulding*. Shropshire, UK: Rapra-Tech. Ltd. and ARBURG Ltd, 2004. 202s. ISBN 1-85957-444-0
- [16] KOLOUCH, Jan. *Strojírenské výrobky z plastu vyráběné vsřikováním*. 1. vyd. Praha Státní nakladatelství technické literatury, 1986. 229 s
- [17] [www.ksp.tul.cz](http://www.ksp.tul.cz) [online]. [cit. 2013-11-12]. Dostupný z WWW:  
<[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/04.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm)>
- [18] KULHÁNEK, Jan. *FORMY pro tváření plastických hmot*. 1. vyd. Praha : Státní na zakladatelství technické literatury, 1966. 220 s..
- [19] TOMIS, František, HELŠTÝN, Josef, KANOVSKÝ, Jiří. *Formy a přípravky*. Brno: VUT, 1979. 278 s.
- [20] [www.plasticportal.sk](http://www.plasticportal.sk) [online]. [cit. 2013-11-12]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.plasticportal.sk/sk/topeni-s-novou-vysokovykonnou-topnou-vrstvou-trysky-jsou-nyni-stihle-maji-vyssi-vykon-a-jsou-hospodarnejši/c/632>>
- [21] [www.hasco.com](http://www.hasco.com) [online]. [cit. 2013-11-12]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.hasco.com>>.
- [22] RAGAN E. et al: *Vstrekovanie a spracovanie plastických hmôt*. Prešov: Fakulta výrobních technológií so sídlou v Prešove, 2008, 548 s. ISBN 978-80-553-0102-0.
- [23] [www.lmp.cz](http://www.lmp.cz)[online]. [cit. 2013-11-12]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.lpm.cz/cgi-bin/riweta.cgi?nr=1411&lng=1>>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

PE	Polyethylen
PS	Polystyren
PA	Polyamid
PVC	Polyvinylchlorid
PP	Polypropylen
mm	Milimetr
MPa	Megapascal
SVS	Studený vtokový systém
HVS	Horký vtokový systém
HD-PE	Vysokohustotní polyethylen

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Základní rozdělení polymerních materiálů</i> .....	12
<i>Obr. 2. Směšovací jednotka pro barvení [7]</i> .....	15
<i>Obr. 3. Vstřikovací cyklus [7]</i> .....	16
<i>Obr. 4. Plnění dutiny formy taveninou [10]</i> .....	17
<i>Obr. 5. Schéma vstřikovacího stroje [7]</i> .....	18
<i>Obr. 6. Řez vstřikovací jednotkou [7]</i> .....	19
<i>Obr. 7. Vstřikovací tryska usazená na vtokové vložce [1]</i> .....	19
<i>Obr. 8. Hydraulická uzavírací jednotka [14]</i> .....	21
<i>Obr. 9. Řádkové uspořádání vtokové soustavy vícenásobných forem a) se stejnou délkou toku taveniny b), c), d) s rozdílnou délkou toku taveniny [7]</i> .....	28
<i>Obr. 10. Symetrické uspořádání vtokové soustavy vícenásobných forem [7]</i> .....	28
<i>Obr. 11. Tryska s vnitřním mosazným topením (vlevo) a topením Blueflow (vpravo) [20]</i> .....	29
<i>Obr. 12. Tryska s vnějším topením [21]</i> .....	30
<i>Obr. 13. Rozvodný blok tvaru ve tvaru „X“ [21]</i> .....	30
<i>Obr. 14. Válcový vyhazovač [19]</i> .....	32
<i>Obr. 15. Trubkový vyhazovač [21]</i> .....	32
<i>Obr. 16. Reálná fotografie zadaného výrobku</i> .....	36
<i>Obr. 17. Část uzávěru toneru s vyfukovanou částí</i> .....	37
<i>Obr. 18. 3D návrh výrobku z programu Catia</i> .....	37
<i>Obr. 19. Levá strana vstřikovací formy</i> .....	40
<i>Obr. 20. Tvárník</i> .....	41
<i>Obr. 21 Levá a pravá posuvová kostka</i> .....	41
<i>Obr. 22. Tvárník – uzavřený</i> .....	42
<i>Obr. 23. Tvárník – otevřený</i> .....	42
<i>Obr. 24. Pravá strana vstřikovací formy</i> .....	43
<i>Obr. 25. Tvárnice</i> .....	44
<i>Obr. 26. Vyhazovací systém</i> .....	45

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Vlastnosti HP-PE [23] .....	38
-------------------------------------	----

## SEZNAM PŘÍLOH

P I – Výkresová dokumentace – UZÁVĚR TONERU

P II – Výkresová dokumentace – POHLED DO LEVÉ DĚLÍCI ROVINY

P III – Výkresová dokumentace – POHLED DO PRAVÉ DĚLÍCI ROVINY

P IV – Výkresová dokumentace – ISOMETRICKÉ POHLEDY

P V – Výkresová dokumentace – VSTŘIKOVACÍ FORMA

P VI – Kusovník

P VII – CD DISK (3D MODEL VÝROBKU, 3D MODEL VSTŘIKOVACÍ FORMY, 2D VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE FORMY A VÝROBKU, BAKALÁŘSKÁ PRÁCE)