

# Konstrukce vstřikovací formy pro zadaný díl

Lukáš Bartoš

---

Bakalářská práce  
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš BARTOŠ**  
Osobní číslo: **T09395**  
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**

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

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu
3. Navrhněte tvarové a další části vstřikovací formy pro zadaný díl
4. Nakreslete 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku
5. Nakreslete výrobní dokumentaci

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: **13. února 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **25. května 2012**

Ve Zlíně dne 13. února 2012

  
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 20.5.2012

.....

---

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce je konstrukce vstřikovací formy pro zadaný plastový díl, kterým je obal na kompaktní disk, jež se skládá z jedné části.

Teoretická část popisuje rozdělení polymerů a technologii vstřikování vstřikovacích forem.

Praktická část se zabývá konstrukcí plastového obalu na kompaktní disk, dále návrhem a konstrukcí vstřikovací formy, včetně výkresové dokumentace. Konstrukce byla provedena v programu CATIA VR18 s použitím normálií HASCO.

Klíčová slova: vstřikovací forma, vstřikování, díl, konstrukce

## **ABSTRACT**

The aim of my Bachelor thesis is construction of injection mould for assigned plastic piece that is the Compact Disc cover consisting of one part.

Theoretical part describes separation of polymers and the Injection Moulding technology.

Practical part deals with construction of plastic Compact Disc Cover, then deals with proposal and construction of injection mould, including technical drawing. Construction was created in CATIA VR18 programme with application of HASCO standards.

Keywords: the injection mould, injection, part, construction

## **PODĚKOVÁNÍ**

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce, Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za odborné vedení, čas a cenné připomínky, které mi při vypracování bakalářské práce poskytl.

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 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ .....</b>	<b>12</b>
1.1 PLASTY .....	12
1.1.1 Termoplasty.....	12
1.1.2 Reaktoplasty.....	13
1.2 ELASTOMERY .....	13
1.2.1 Kaucuky .....	13
1.3 PŘÍPRAVA MATERIÁLU.....	14
1.4 PŘÍSADY DO POLYMERŮ.....	14
1.4.1 Zpracovatelské složky.....	14
1.4.2 Antidegradanty .....	15
1.4.3 Síťovací prostředky .....	16
1.4.4 Přísady ovlivňující fyzikální vlastnosti.....	16
<b>2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ.....</b>	<b>17</b>
2.1 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	18
2.1.1 Uzavírací jednotka.....	19
2.1.2 Plastikační jednotka.....	20
2.1.3 Vstřikovací jednotka.....	20
2.1.4 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje .....	21
2.1.5 Volba výrobce vstřikovacího stroje.....	21
2.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	22
<b>3 VSTŘIKOVACÍ FORMA.....</b>	<b>23</b>
3.1 VTOKOVÁ SOUSTAVA .....	23
3.2 STUDENÝ VTOKOVÝ SYSTÉM (SVS) .....	24
3.2.1 Vtokový kanál .....	26
3.2.2 Rozváděcí kanál .....	27
3.2.3 Vtoková ústí .....	27
3.3 VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY.....	27
3.3.1 Izolované vtokové soustavy .....	28
3.3.2 Vyhřívání trysky .....	29
3.3.3 Vyhřívání rozvodné bloky.....	29
3.4 VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKŮ.....	30
3.4.1 Mechanické vyhazování.....	31
3.4.2 Vzduchové (pneumatické) vyhazování.....	33
3.4.3 Hydraulické vyhazování .....	33
3.5 TEMPERACE FOREM.....	33
3.5.1 Temperační prostředky .....	34
3.6 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM .....	35
<b>4 LASEROVÉ POPISOVÁNÍ .....</b>	<b>38</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>40</b>
<b>5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>41</b>



<b>6</b>	<b>VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK .....</b>	<b>42</b>
6.1	MATERIÁL VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU .....	42
6.2	VÝPOČET POTŘEBNÝCH PARAMETRŮ STROJE .....	43
<b>7</b>	<b>VSTŘIKOVACÍ STROJ.....</b>	<b>44</b>
<b>8</b>	<b>KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....</b>	<b>45</b>
8.1	RÁM VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	46
8.2	VSTŘIKOVACÍ STRANA.....	46
8.2.1	Horký vtokový blok.....	48
8.3	VYHAZOVACÍ STRANA.....	49
8.4	VYHAZOVACÍ SYSTÉM .....	50
8.5	TVAROVÉ DESKY A DĚLÍCÍ ROVINA.....	52
8.6	ODVZDUŠNĚNÍ .....	53
8.7	TEMPERACE VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	53
8.8	TRANSPORT ZAŘÍZENÍ FORMY .....	54
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>56</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>57</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>62</b>

## ÚVOD

V dnešní době, kdy nás na každém kroku obklopují technické vymoženosti, si lze život bez nich už jen těžce představit. Jejich produkce neustále roste. Stejně tak narůstá i výroba produktů za použití různých druhů polymerů a řadí se tak svou využitelností k dosud běžným materiálům, jakými jsou kupříkladu kovy, sklo, dřevo atp. Bezpochyby se polymery zatím nedají použít na veškeré výrobky, jež se v průmyslu vyskytují, avšak neustále jsou vyvíjeny nové a nové druhy. Největší hrozbou pro výrobu polymerů do budoucna je fakt, že u látky, z níž se běžně polymery vyrábí pomalu, ale jistě dochází zásoby. Z toho důvodu bude třeba najít jinou vhodnou alternativu výroby.

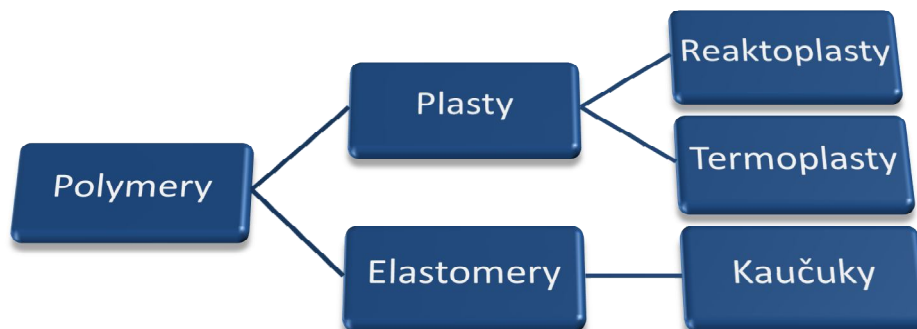
S rozvojem využití polymerů vzrůstají nároky na technologii a na jejich zpracování. Vstříkovací technologie se stala pro svou vysokou efektivitu velice populární. Další velká výhoda v porovnání s tradičními výrobními technologiemi, je skutečnost, že výrobky, které pomocí těchto technologií nebylo možno vyrobit, nebo jen velice obtížně, lze v současné době provést právě pomocí vstříkování polymerů do dutiny formy. Tato technologie umožňuje vyrábět produkty i velmi komplikovaných tvarů, což je výhodné jak pro konstrukci, tak i pro samotný design výrobku. Ten je, jak známo, dnes velice důležitým aspektem úspěšného prodeje. Provádí se na vstříkovacích strojích, jejichž hlavní součástí je forma, která dává samotnému výrobku požadovaný tvar, vzhled a povrchovou kvalitu. Forma musí umožnit nejen snadné vyhození výrobku z dutiny formy, ale i odolávat vysokým tlakům a teplotám.

Pro zefektivnění, zjednodušení a zvýšení ekonomičnosti výroby konstrukce forem se využívá různých softwarových podpor. Práce s nimi je intuitivní a výrazně časově úspornější. Například díky normálím od různých specializovaných firem jako jsou např. HASCO, DME a STRACK, jejichž společným znakem je využití stavebnicového systému, kompatibilního s 3D programy pro konstrukci forem kupříkladu CATIA a SOLID EDGE, dochází ke značnému zjednodušení výroby a pochopitelně také ke snížení nákladů.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ

Polymer – látka s velkými molekulami, které obsahují většinou atomy C, H, O, často N, Cl a jiných prvků. V určitém stádiu zpracování se polymer nachází v kapalném stavu, který umožňuje udělit tvar budoucímu výrobku za zvýšené teploty a tlaku. Samotný výrobek pak slouží v tuhém stavu. [1]



Obr. 1. Rozdělení polymerů

### 1.1 Plasty

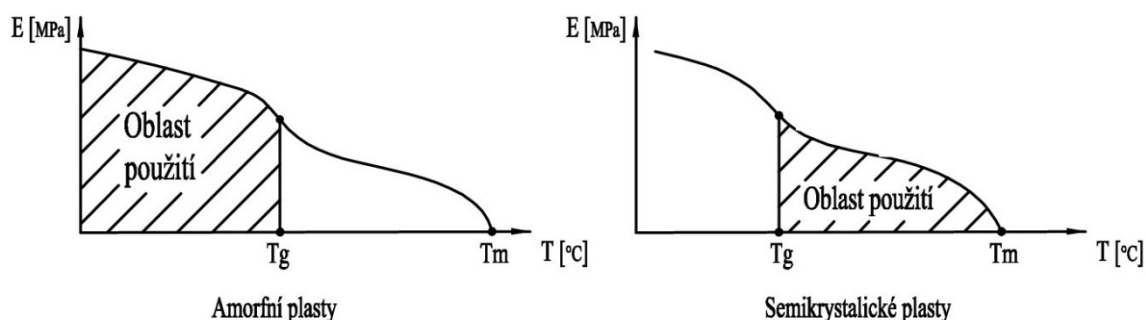
Plasty jsou za běžných podmínek tvrdé, často křehké. Za zvýšených teplot se stávají plastickými a tvarovatelnými. Díky těmto vlastnostem plasty dostaly tohle pojmenování.

#### 1.1.1 Termoplasty

Z jednotlivých skupin plastů jsou termoplasty nejrozšířenější. Z hlediska vnitřní struktury se termoplasty dělí na:

- amorfní – jejichž řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány. Jsou charakteristické tvrdostí, křehkostí, vysokou pevností, modulem pružnosti a jsou vzhledem k nízkému indexu lomu průhledné, transparentní. Použitelnost amorfních polymerů je do teploty zesklnění  $T_g$ .  
Mezi nejvýznamnější patří: PS, ABS, PC, PMMA);
- semikrystalické – kde je podstatná část řetězců pravidelně a těsně uspořádána a tvoří krystalické útvary. Zbytek má amorfni uspořádání. Jsou mléčně zakalené, charakteristické svou houževnatostí. Pevnost a modul pružnosti roste se stupněm

krystalinity. Použitelnost plastů je do teploty tání  $T_m$ . Mezi nejvýznamnější patří: PE, PP, PA 6. [2]



Obr. 2. Oblasti využití u amorfních a semikrystalických plastů

Termoplast je plast teplem vratně převoditelný do stavu plastického, kde je lze snadno tvářet a zpracovávat různými technologiemi a ochlazením jej převedeme opět zpět do tuhého stavu. Jelikož při zahřívání nedochází ke změnám chemické struktury, lze proces, kterým dojdeme k plastickému stavu a následnému ochlazení opakovat teoreticky bez omezení. [2]

### 1.1.2 Reaktoplasty

Jedná se o polymer, který stejně jako termoplast v první fázi zahřívání měkne a lze jej tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování neboli vytvrzování. Jinak řečeno reaktoplast chemickou reakcí je nevratně převoditelný z plastického stavu do tuhého stavu. [2]

## 1.2 Elastomery

Elastomery jsou polymery, které lze za běžných podmínek malou silou značně deformovat bez porušení, přičemž deformace je převážně vratná.

### 1.2.1 Kaučuky

Jedná se o polymerní materiál, který rovněž v první fázi zahřívání měkne a lze jej tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci - prostorovému zesíťování struktury, proběhne tzv. vulkanizace. [2]

Vulkanizace je proces, kterým se zpracovávají kaučuky syntetické i přírodní. Hnětením za tepla vzniká pryž. Vulkanizace probíhá pomocí dvou proti sobě se točících válců, mezi něž

je vsunut kaučuk, jenž je rozdrcen a opásán kolem jednoho z válců a jsou do něj vmíchány olej, saze a síra (umožňuje vulkanizaci). Vulkanizovanou gumu již nelze tvarovat. [14]

### 1.3 Příprava materiálu

Polymery obecně nelze bezprostředně zpracovávat v hotové výrobky, nejdříve musí projít technologiemi přípravného zpracování, kdy se do plastů přidají různé přísady, nebo se odstraňují těkavé podíly, voda, apod. Dochází k ovlivnění fyzikální a chemické struktury plastů. Polymerům musí být také dán tvar pro další zpracování (granulát, prášek atd.). Tyto technologie se potom označují jako technologie přípravného zpracování a představují mezistupeň mezi výrobou polymeru a vlastním zpracováním. Patří sem technologie míchání a hnětení, granulace, tabletování, recyklace a sušení a doprava materiálu. [3]

### 1.4 Přísady do polymerů

Prakticky nepřichází v úvahu používání samotných čistých polymerů. Koncentrace přísad v polymerních směsích se vyjadřuje ve hmotnostních dílech přísady připadajících na 100 hmotnostních dílů polymeru. [5]

#### 1.4.1 Zpracovatelské složky

Jsou to přísady, které usnadňují nebo dokonce umožňují přípravu a zpracování polymerních směsí. U většiny vstřikování by bez těchto složek prakticky nebylo možné vstříknout výrobek bez nežádoucích změn na povrchu i uvnitř výrobku, protože každá přísada více či méně ovlivňuje vlastnosti polymerních směsí i konečného produktu. [5]

Složka (přísada) – látka přidávaná do polymeru za účelem úpravy vlastností samotného polymeru.

Existuje nepřeberné množství druhů zpracovatelských složek, které se v technické praxi využívají. Pro názornost jsem vybral ty nejpoužívanější.

- maziva – přísady usnadňující zpracování polymeru nebo zlepšující vlastnosti samotného výrobku, základní rozdělení maziv je s vnějším a vnitřním účinkem;
  - s vnějším účinkem – látky málo rozpustné v polymeru, proto vystupují na povrch a vytvářejí na něm vrstvu, která usnadní oddělení výrobku od formy;
- s vnitřním účinkem – látky dobře rozpustné v polymeru, snižují viskozitu jeho taveniny a do určité míry zmenšují množství tepla vznikající třením při zpracování polymerních směsí;

- separační činidla – látky, které nám značně usnadňují vyjmutí polymerního výrobku z dutiny formy. Přispívají ke zvýšení produktivity vstřikovacího zařízení. Při potiskování nebo pokovování hrozí problémy;
  - silikonové oleje;
  - PTFE disperze ve formě nátěrů nebo nástřiků tvářecích ploch;
- změkčovadla – nízkomolekulární látky propůjčující polymerům ohebnost, tvárnost, vláčnost, snižují tuhost, snižují viskozitu a  $T_g$  (teplota zeskenění). Aby přísada účinkovala jako změkčovadlo, musí mít schopnost pronikat mezi makromolekulární řetězce a oddalovat je. Musí být tedy pro daný polymer rozpouštědlem. Typický příklad využití je přilnavost běhounu pneumatiky k vozovce;
- tepelné stabilizátory - přísady chránící polymer před tepelnou degradací v průběhu zpracování polymerních směsí. [1], [5]

#### 1.4.2 Antidegradanty

Přísady, které chrání polymerní výrobky před vnějšími vlivy během používání. A tím zvyšují několikanásobně životnost výrobků z polymerů.

- vnější vlivy - sluneční záření, atmosférický kyslík, ozón, tepelná energie.

Samotné stabilizátory musí být vůči UV záření odolné to znamená přijatou energii přeměňují bez jakékoliv změny.

- světelné stabilizátory – přísady, které absorbují krátkovlnnou, energeticky bohatou ultrafialovou složku slunečního světla o vlnových délkách 300 nm do 400 nm a přeměňuje ji na energeticky chudší záření o větší vlnové délce a tím chrání polymerní výrobky před světelným stárnutím. Někdy se nazývají absorbéry ultrafialového záření. Mezi nimi, polymerem a dalšími přísadami ve směsi nesmí docházet k žádné chemické reakci. Mohlo by se to například projevit změnou barvy výrobku;
- antioxidanty – přísady, které dlouhodobě chrání polymerní výrobky před vlivem atmosférického kyslíku. Ochrana spočívá v zabránění řetězového průběhu oxidace;
  - nebarvící – rozkladné produkty bezbarvé;
  - barvící – barevné produkty zbarvují polymer;
  - zbarvující – barevné produkty zbarvují nejen chráněný výrobek, ale i jiné předměty, které jsou v bezprostředním styku;

- antiozonanty – přísady, které dlouhodobě chrání polymerní výrobky před vlivem atmosférického ozónu. [1]
  - zbarvující;
  - nezbarvující;
  - vosky nebo parafíny – vykvétají na povrch, kde tvoří souvislou vrstvu, kterou ozón neproniká. Vrstva však není elastická. [5], [15]

### 1.4.3 Síťovací prostředky

Jsou to látky, které se účastní síťovacích reakcí.

- síťovací činidla – přísady reagující s makromolekulárními řetězci lineárního nebo rozvětveného polymeru za vzniku příčných vazeb, kterými řetězce spojuje do prostorové sítě. Nejdůležitější složka, bez nich síťování nelze provést. U termoplastů se provádí pomocí organických peroxidů nebo zářením o vysoké energii;
- aktivátory síťování – přísady zmenšující aktivační energii a zvětšující účinnost síťovací reakce například ZnO;
- urychlovače síťování – přísady urychlující síťovací reakci. [5]

### 1.4.4 Přísady ovlivňující fyzikální vlastnosti

- plniva – přísady vyztužující polymerní výrobky. Vlákenná plniva zvyšují tuhost, pevnost. Vyvolávají tepelnou roztažnost, navlhavost, smrštění. Jsou to většinou tuhé látky využívané ve formě prášků, vláken. U termoplastů se používá kaolín, uhlíčitán vápenatý atd.;
- vyztužovadla – látky, které tvarem a strukturou vyztužují polymerní výrobek. Jsou to například skelná vlákna, uhlíková vlákna, kevlarová vlákna atd.;
- nadouvadla – přísady, které se při teplotě tváření polymerních směsí rozkládají za vzniku plynu, jenž pak ve výrobku vytváří póry. Plynnou složkou jejich rozkladu bývá nejčastěji kyslík nebo dusík;
- pigmenty – barevné prášky nerozpustné v polymerech. A jsou organické a anorganické;
- opticky zjasňující látky – přísady absorbující část ultrafialového světla a pohlcenou energii vyzařují fluorescencí za vzniku optického dojmu, že osvětlený předmět je barevný a jasnější. [5]



## 2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Technologie vstřikování je nejrozšířenějším způsobem výroby plastových v poslední době také elastomerních výrobků. Vyznačuje se složitým fyzikálním procesem, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj společně s plastifikační jednotkou a vstřikovací forma. Technologie vstřikování umožňuje vyrábět výrobky velmi složitých tvarů pro aplikace v automobilovém, leteckém, elektrotechnickém průmyslu, výrobky pro zdravotnictví, domácnost, sport, armádu aj. [1]

Vstřikováním se vyrábějí takové výrobky, které mají buď charakter konečného výrobku a nebo jsou polotovary nebo díly pro další zkompletování samotného celku. Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů, je to proces diskontinuální, cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. V omezené míře se vstřikují i některé reaktoplasty a kaučuky. [3]

Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka zpracovávaného materiálu z pomocné tlakové komory vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny kovové formy, kde ztuhne ve finální výrobek. Tlaková komora je součástí vstřikovacího stroje a zásoba vstřikovaného materiálu se v ní stále doplňuje během jednoho cyklu. Výhody vstřikování jsou krátký čas cyklu, schopnost vyrábět složité součásti s dostatečnou tolerancí rozměrů a velmi dobrou povrchovou úpravou. [3]

Vstřikování plastů je poměrně složitý tepelně-mechanický proces tváření, na kterém se podílí:

- výchozí materiál, ze kterého se vyrábí požadovaná součást;
- výrobní cyklus především se vstřikovacím strojem a ostatním zařízením, umožňující přípravu taveniny a její dopravu za určitých podmínek do formy;
- forma jako nástroj pro vlastní tváření taveniny na součást.

Všechny uvedené faktory ovlivňuje užité vlastnosti a kvalitu výstřiku (vyrobené součásti). [2]

## 2.1 Vstřikovací stroj

Vstřikovací proces probíhá na moderních strojích většinou plně automaticky, takže se dosahuje vysoké produktivity práce. Pořizovací cena strojního zařízení i vstřikovací formy je však značně vysoká. Technologie je proto vhodná pro velkosériovou a hromadnou výrobu. [3]



*Obr. 3. Vstřikovací stroj od firmy ARBURG [4]*

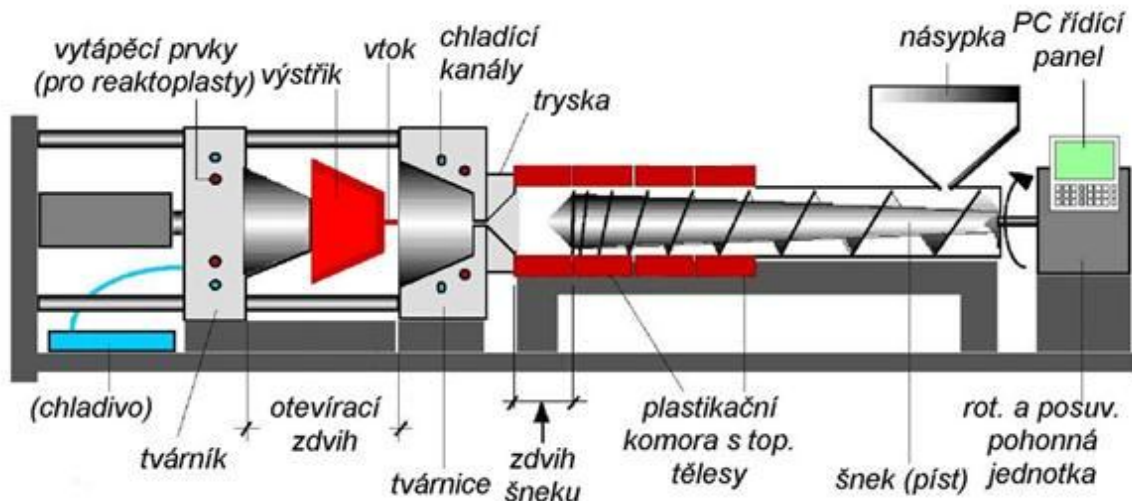
Vstřikovací stroj jako jeden z hlavních činitelů výroby má nejrůznější uspořádání. Vyžaduje se od něho, aby kvalitou svých parametrů a dokonalým řízením, byla zajištěna výroba jakostních výstřiků. V současné době existuje velký počet různých konstrukcí strojů, které se od sebe liší svým provedením, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností jednotlivých parametrů, rychlostí výroby, snadnou obsluhou i cenou. Vstřikovací stroj se skládá z těchto základních částí:

- plastikační jednotka – přeměna materiálu v taveninu;
- vstřikovací jednotka – doprava do tvarové dutiny formy, velká rychlost i tlak;
- forma – udělení tvaru a vzniku výrobku;
- uzavírací jednotka – uzavření formy a odolání vstřikovacího tlaku;
- ovládání a řízení stroje.

Koncepce nových generací vstřikovacích strojů umožňují nabízet a dodat zákazníkům sestavené stroje přesně podle jejich požadavků a potřeb.

Vstřikovací stroj pro přesné výstřiky vyžaduje aby:

- byl tuhý a pevný při vstřiku;
- měl konstantní tlak, rychlost, teplotu, ostatní parametry a jejich časování;
- měl přesnou reprodukovatelnost technologických parametrů. [2]



Obr. 4. Schéma vstřikovacího stroje [3]

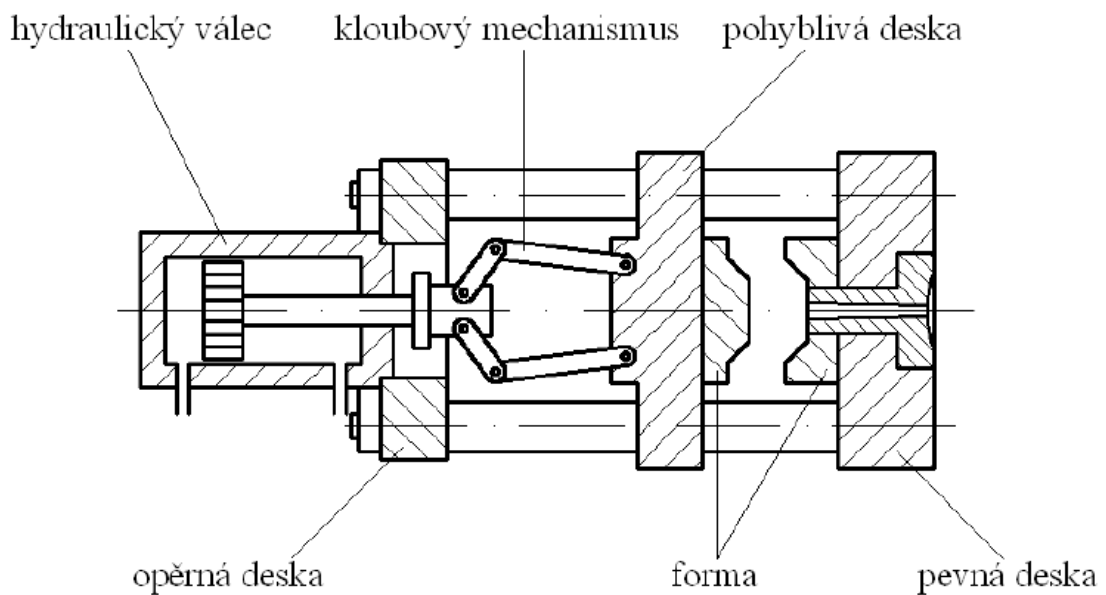
Základní rozdělení vstřikovacích strojů je následující:

- elektrické, hydraulické, kombinované;
- pístové, šnekové;
- pomaluběžné, rychloběžné;
- horizontální, vertikální;
- s předplastací, bez předplastace;
- pro termoplasty, reaktoplasty a kaučukovité směsi. [3]

### 2.1.1 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotkou je otevírána a uzavírána forma a i případně vyprázdněna. Musí také vyvinout nezbytnou uzavírací sílu k udržení uzavřené formy během vstřikování, protože vstřikovací tlak působí na vnitřní plochu dutiny a má sklon k otevření formy v dělicí rovině. Velikost uzavíracího tlaku je stavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku a ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině. [2], [6], [7]

Podle druhu pohonu lze rozdělit uzavírací jednotku na hydraulickou, hydraulickomechanickou a elektromechanickou. [6]



Obr. 5. Schéma hydraulicko-mechanické uzavírací jednotky [2]

Hlavní části uzavírací jednotky jsou:

- opěrná deska pevná;
- upínací deska;
- vodící sloupky;
- uzavírací mechanismus. [2]

### 2.1.2 Plastikační jednotka

Plastikační jednotky, kterými je ohříván chladný polymer na požadovanou teplotu pro vstřikování. Ohřívání je vytvářeno mechanickou energií (disipací), kdy se otáčí šnek, který působí na plast a posouvá polymer ke špičce šneku. Vytápěním kolem válce plastikací jednotky ( obvykle ve třech zónách nebo více ohříváných zónách) je poskytováno dostatečné ohřívání, které je hlavně vyžadováno při zapínání stroje, ale také tam, kde by mechanická energie šneku sama o sobě nestačila na plastikaci celkového množství plastu potřebného na jednu dávku. [7], [8]

### 2.1.3 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotkou je vstřikována tavenina pod tlakem do dutiny formy. Úroveň tlaku potřebného k naplnění formy je závislá hlavně na tloušťce stěny. Vstřikovací tlak je definován jako tlak plastu v bodě, kde vstupuje do trysky stroje. Tlustostěnnými výrobky jsou

vyžadovány relativně malé tlaky (50-100) MPa, někde je dokonce dostačující k naplnění dutiny formy tlak extruderu sám o sobě. Tenkostěnné výrobky mohou vyžadovat mnohem vyšší vstřikovací tlaky. [7], [8]

#### 2.1.4 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

Stupeň řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Stála reprodukovatelnost technologických parametrů je význačným a nutným faktorem. Pokud tyto parametry nepřiměřeně kolísají, projeví se tato nerovnoměrnost na přesnosti a kvalitě výroby výstřiků. Řízení stroje se musí zajistit vhodnými řídicími a regulačními prvky. [2]

Nastavení stroje je řídicím systémem také kontrolováno (zpětná vazba). Alternativní volba a úprava programu se pak může snadno uskutečnit za pomoci barevné obrazovky. Na přesnosti a jakosti výstřiků má řízení stroje rozhodující vliv. Tím, že určuje a dodržuje přesnost. [2]

- nastavení výše i doby vstřikovaného tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení. Tyto parametry určují především přesnost a toleranci výstřiku;
- nastavením doby a výšky teploty taveniny, její homogenizaci jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiků. [2]

#### 2.1.5 Volba výrobce vstřikovacího stroje

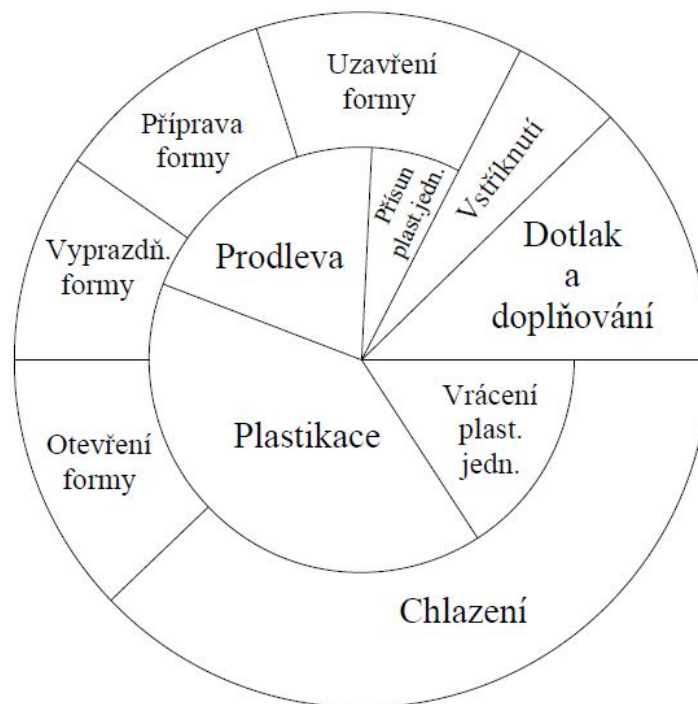
Praxí se zjistilo, že nelze při výběru výrobce vstřikovacího stroje mít prioritu v co nejnižší ceně. Poněvadž stroje, které nás přesvědčily svou nízkou cenou se v konečném důsledku ukázaly jako ekonomicky nevýhodné oproti těm dražším a prověřeným výrobcům. A to především v nedokonalém servisu a hlavně v základních faktorech, které jsou uvedeny výše.

Nejznámější výrobci vstřikovacích strojů jsou:

- ARBURG;
- DEMAG;
- ENGEL;
- HUSKY;
- KRAUSS MAFFEL.

## 2.2 Vstřikovací cyklus

Plast v podobě granulí je nasypán do násypky, z níž je odebírán pracovní částí vstřikovacího stroje (šnekem, pístem), která hmotu dopravuje do tavicí komory, kde za současného účinku tření a topení plast taje a vzniká tavenina. Tavenina je následně vstřikována do dutiny formy, kterou zcela zaplní a zaujme její tvar. Následuje tlaková fáze pro snížení smrštění a rozměrových změn. Plast předává formě teplo a ochlazením ztuhne ve finální výrobek. Potom se forma otevře a výrobek je vyhozen a celý cyklus se opakuje. [9]



Obr. 6. Vstřikovací cyklus

### 3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměry výrobku, při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. [1]

Kvalitní vstřikovací forma splňuje tyto požadavky:

- technické – správná funkce formy (vhodný vtokový a temperační systém, vyhazování, odvzdušnění ...), maximální tuhost a pevnost, vysoká přesnost funkčních ploch, snadná manipulace;
- ekonomické – nízká pořizovací cena vstřikovací formy i vyráběných dílů, optimální životnost vstřikovací formy;
- společenskoekonomické – bezpečné pracovní prostředí a bezpečnostní zásady při výrobě i konstrukci. [1]

Konstrukci a výrobu vstřikovací formy obvykle zajišťují specializované firmy - nástrojárny, které vlastní přístrojové vybavení potřebné k výrobě i know-how. [1]



*Obr. 7. Sestava formy – levá strana a pravá strana*

#### 3.1 Vtoková soustava

Konstrukce vtokové soustavy určuje společně s technologickými parametry tokové poměry při plnění formy a je tak důležitým článkem z hlediska kvality samotného výstřiku.

Vtokový systém rozváděcích kanálů a ústní vtoku spojující otvor v trysce vstřikovacího stroje s tvarovou dutinou formy. Musí zajišťovat správné rovnoměrné naplnění dutiny formy, snadné odtržení, nebo oddělení od výstřiku, snadné vyhození vtokového zbytku a objem vtokové soustavy omezit na minimum. Zde musíme skloubit ekonomičnost výroby a zároveň dbát na konstrukční požadavky.

Vtoková soustava je navrhována podle počtu tvarových dutin, jejich rozmístění, konstrukčního provedení výstřiku, materiálu plastu a také podle toho, zda bude konstruována jako studený, nebo horký systém. [3]

### 3.2 Studený vtokový systém (SVS)

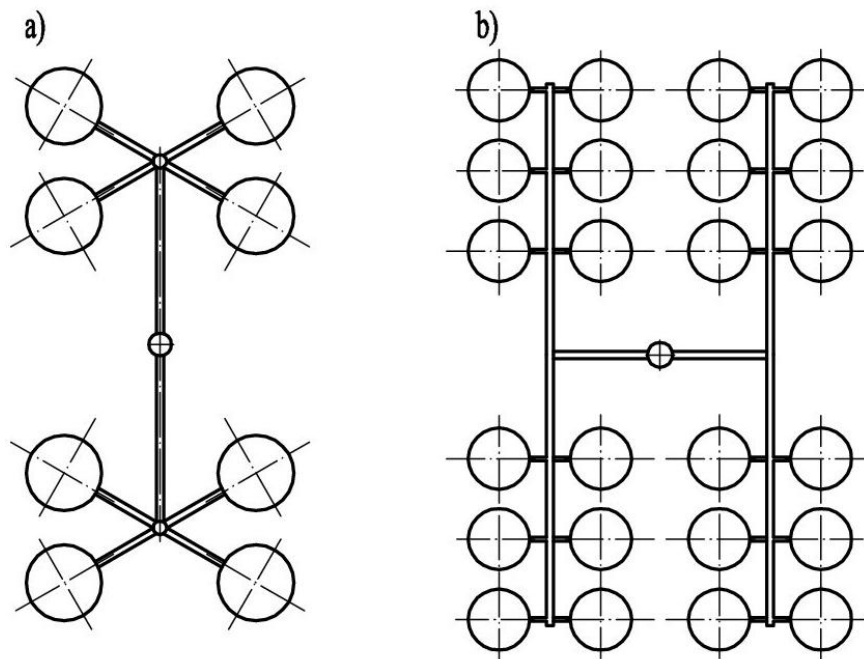
Vtokový systém vstřikovací formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu taveniny z plastikační jednotky do dutiny vstřikovací formy. Naplnění dutiny musí proběhnout v co nejkratším čase s minimálním odporem.

Při volbě tvaru, umístění a rozměru vtokového systému musíme dbát na tyto parametry:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výrobku;
- spotřebu materiálu u studeného vtoku připadá velká část objemu na odpad;
- náročnost opracování a začištění výrobku;
- energetickou náročnost výroby. [1]

Základní rozdíly studeného vtokového systému jsou v celkovém uspořádání, které záleží na konstrukci vstřikovací formy a její násobnosti. Nejdůležitější zásada u vícenásobných forem je, že musí tavenina dorazit ke všem místům uvnitř dutiny formy ve stejnou chvíli a mít při tom stejný tlak. Jinak řečeno musí splňovat podmínku vyváženého vtokového systému. Tavenina se vstřikuje velkou rychlostí do relativně studené vstřikovací formy. Během průtoku studeným vtokovým systémem roste viskozita taveniny a zároveň roste i tlak. Ztuhlá povrchová vrstva taveniny vytváří tepelnou izolaci vnitřnímu proudu taveniny. A to má za následek že v okamžiku zaplnění prudce vzroste odpor a poklesne průtok studeným vtokovým systémem a dochází k jeho postupnému zamrznání (ztuhnutí). [1]

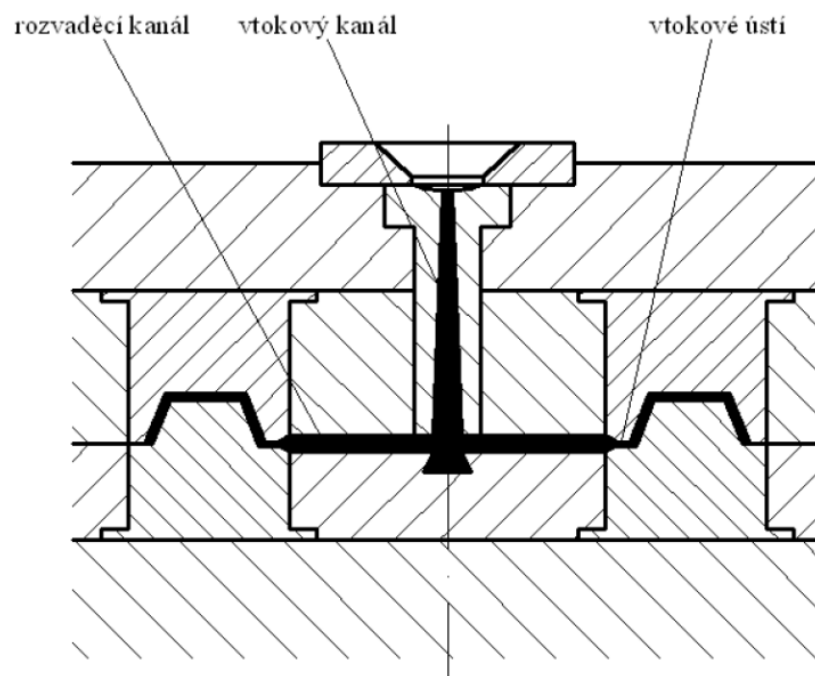




Obr. 8 Řadové uspořádání vtokové soustavy vícenásobných forem [3]

a) se stejnou délkou toku taveniny

b) s nesejnou délkou toku taveniny (nevhodné bez korekce ústí vtoku)

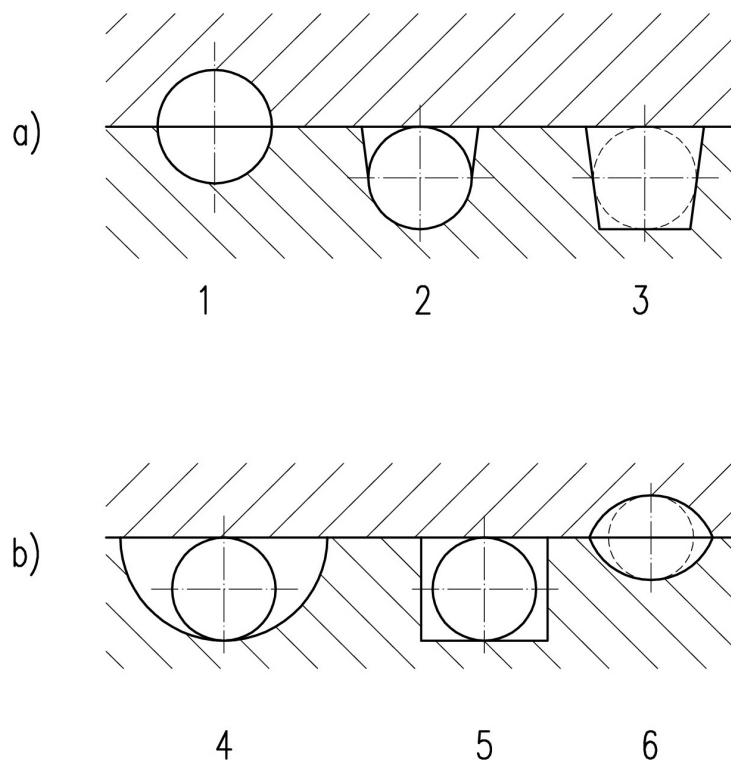


Obr. 9. Vtokový systém formy [2]

### 3.2.1 Vtokový kanál

Nejobvyklejší je kuželový vtokový kanál, vytvořený uvnitř vtokové vložky. Je vyústěn do rozvodných kanálů, případně přímo do dutiny. Vtoková vložka je vyráběna z pevné, houževnaté, otěruvzdorné oceli a je tepelně zpracována. Je velmi tepelně a mechanicky namáhána. [2]

Průměr vtokového kanálu na straně trysky stroje je minimálně o 0,5 až 1 mm větší, než je průměr trysky. Na opačné straně největší průměr kanálu má být větší minimálně o 1,5 mm, než je největší tloušťka výstřiku, nebo stejný s rozvodnými kanály. Je leštěný, s drsností Ra 0,1 a s minimálním úkosem 0,5 až 1,5°. Pokud vtokový kanál ústí do rozvodných kanálů, pak je v místech spojení doporučováno konstruování jímky studeného čela taveniny jako přidržovače vtoku. Pokud je vyústěn přímo do dutiny výstřiku, je vhodné vytvořit proti ústí vtoku čochovitě zahlobení, zvláště pro menší tloušťky stěn. [2]



Obr. 10. Průřezy vtokových kanálů

a) funkčně vhodné; b) funkčně nevhodné, 1,6 – výrobně nevhodné; 2,3,4,5 – výrobně výhodné [2]

### 3.2.2 Rozváděcí kanál

Rozváděcí kanály spojují vtokový kanál s ústním vtoku a tvářecí dutinou. Jejich délka je dána typem formy. Velikost jejich průřezů určuje řada činitelů, kteří se vzájemně ovlivňují. Patří sem charakter výstřiku, tepelné a reologické vlastnosti taveniny a parametry vstřikovacího stroje. Všeobecně platí, že nejmenší průměr rozváděcího kanálu nemá překročit 1,54 největší tloušťky stěny výstřiku. [2]

### 3.2.3 Vtoková ústí

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Jen ve výjimečných případech může být použit plný nezúžený vtok. Jeho zúžením se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem do tvarové dutiny. Omezení se strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím i vytváření povrchových defektů. Vtokové ústí se volí co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výstřiku, plastu i technologii vstřikování. Umožní se snadné začišťení. Velikost zúženého průřezu však musí spolehlivě naplnit dutinu formy a také ještě umožnit případné působení dotlaku. Délka zúženého ústí se volí co nejkratší. Jeho spodní hranice je však omezena pevností materiálu formy. [2]

Vtokové ústí bývá umístěno:

- do geometrického středu dutiny, aby tavenina zatékala do všech míst rovnoměrně;
- do nejtlustšího místa na výstřiku;
- do otvorů nebo poblíž;
- u výstřiku se žebry má tavenina proudit ve směru jejich orientace;
- mimo místa velkého namáhání nebo opticky činných ploch;
- s ohledem na možnost úniku vzduchu z tvarové dutiny;
- u obdélníkového tvaru do kratší strany;
- s ohledem na zamezení volného toku taveniny;
- aby stopa po odstranění vtoku nesnižovala estetickou hodnotu výstřiku. [2]

## 3.3 Vyhřívání vtokové systémy

Vyhřívání (horké) vtokové soustavy (VVS) se začaly používat z technologických i ekonomických důvodů. Dnešním VVS předcházela řada jednodušších systémů (zesílené vtoky, izolované vtokové soustavy apod). Dnešní VVS jsou velmi sofistikovanou kapitolou konstrukce vstřikovacích forem, kterou se zabývají specializovaní výrobci. [1]

Technologie vstřikování s použitím VVS spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. I přes malý průřez vtoku je možné částečně pracovat s dotlakem. U všech způsobů bezvtokového vstřikování je vhodné v místě jeho vyústění provést na výstřiku zahlobení, aby případný nepatrný vtokový zbytek nevystupoval přes jeho úroveň. Součástí systému je regulace teploty VVS i formy. Celá soustava umožňuje snadnou montáž, demontáž, vyčištění a znovu nasazení do provozu. [2]

Soustava VVS však vyžaduje podstatně složitější a výrobně nákladnější formy, obslužný personál i strojní zařízení (konstruktér, technolog, pracovník ve vstřikovně) musí být na příslušné technické úrovni. Dále je třeba zajistit VVS včetně regulátoru a snímačů. To všechno zvyšuje energetickou náročnost výroby.

Ekonomickou výhodnost forem pro bezodpadové vstřikování je třeba posuzovat z hlediska celého výrobního procesu. Nepřetržitý provoz, dokonalé zpracovatelské vybavení i vhodné zpracovatelské vlastnosti plastů jsou určujícími faktory. [2]

Výhody VVS:

- umožňují automatizaci výroby (zkrácení výrobního cyklu);
- snižují spotřebu polymeru (tzv. bezvtokové vstřikování);
- snížení nákladů na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků, odpadá problematika recyklace vtokových zbytků;
- celý systém VVS má snadnou montáž, demontáž, údržbu;
- VVS má vlastní regulaci teploty všech svých částí. [1], [2]

Nevýhody VVS:

- konstrukční provedení vstřikovacích forem s VVS je náročnější;
- je potřeba zajistit regulátory a snímače teploty VVS;
- VVS jsou energeticky a ekonomicky nákladnější jak SVS. [1], [2]

### 3.3.1 Izolované vtokové soustavy

Pracují na principu vlastní termoplastické izolace v okrajových vrstvách vtokových kanálů, nebo předkomůrky. U tohoto systému tryska nemá vlastní vytápění. Její teplotu udržuje

bud' větší vrstva taveniny, nebo je ohřívána nepřímou. Jsou nejjednodušší a v dnešní době velmi málo používané. Použití pro krátké vstřikovací cykly cca 10s. [1],[2]

### 3.3.2 Vyhřívání trysky

Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryská, má vlastní článek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Výrazně umožňuje zlepšit technologické podmínky vstřikování. Takové vyhřívání vtokové soustavy (VVS) si obvykle uživatel sám nevyrábí, ale nakupuje u specializovaných firem. Ti je vyrábí s širokým konstrukčním sortimentu. [2]



Obr. 11. Vyhřívání trysky [10]

### 3.3.3 Vyhřívání rozvodných bloků

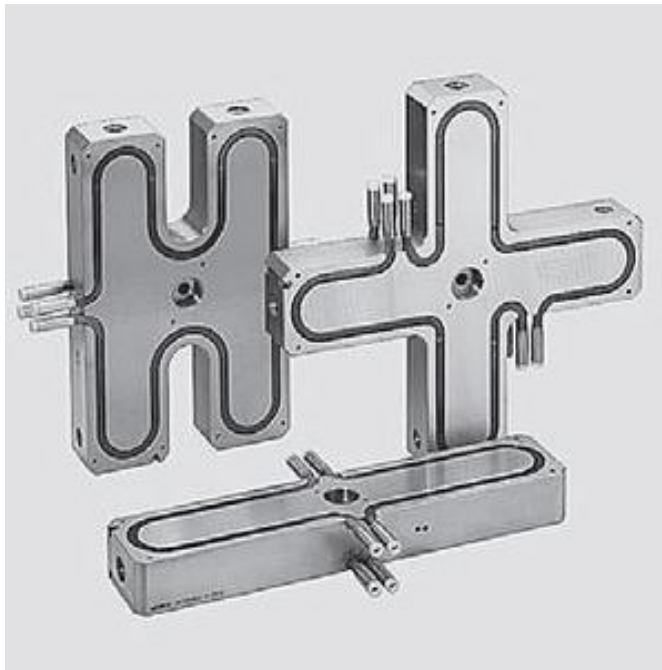
Vstřikovací formy s rozvodným blokem se používají v kombinaci s vyhříváními nebo i izolovanými tryskami s předkomůrkami. Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Jeho dobrá funkce je podmíněna rovnoměrným vytápěním. V opačném případě ovlivní tokové chování taveniny a její tlakové rozložení v jednotlivých tvarových dutinách. . [2]

Rozváděcí blok je ocelový, uložen mezi upínací a tvarovou deskou v pevné části formy. Jeho tvar je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyús-

tění i k uložení trysek. Vyrábí se ve tvaru I,H,X,Y apod. Musí být tepelně izolován od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou. [2]

Vtápěný rozvodný blok musí být koncipován tak, aby se dosáhlo:

- rychlého ohřevu;
- dostatečné teploty a teplotního pole pro optimální tok taveniny v rozvodném bloku i trysce;
- Eliminace tepelných ztrát (vodivosti, prostupem, vyzařováním). [1]



Obr. 12. Rozvodné bloky typu H, X,I [10]

### 3.4 Vyhazování výstříků

Vyhazování výstříků z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřík. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svojí funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. [9]

Má dvě fáze:

- dopředný pohyb, vlastní vyhazování;
- zpětný pohyb, návrat vyhazovacího systému do původní polohy. [9]

Základní podmínkou dobrého vyhazování výstříku je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Úkosy nemají být menší než 30°. Vyhazovací systém musí výstřík vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení a vzniku trvalých deformací. Volba

rozmístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení je velmi rozmanité. Zde s výhodou využijeme zkušeností konstruktéra. [9]

Po vyhazovacích kolících zůstanou obvykle na výstřiku stopy. Jsou-li nepřijatelné vyhazovače se umístí na tu stranu, kde vzhledu nevadí. Mimo výstřiku se vyhazuje i vtokový zbytek a to dohromady anebo zvlášť. [9]

Vhodný vyhazovací systém, který je třeba použít, musí vyvodit potřebnou vyhazovací sílu pro vyhození výstřiku z formy. Po otevření formy zůstává výstřik vlivem smrštění plastu obvykle na tvárníku. Výstřik by měl vždy zůstat v té části formy, kde jsou vyhazovače. Jinak by vyhazovače postrádali smysl. [9]

Potřebná velikost vyhazovací síly závisí na:

- velikosti smrštění výstřiku ve formě;
- členitosti výstřiku a jakosti povrchu funkčních ploch tvárníku;
- technologických podmínkách vstřikování;
- pružných deformacích formy. [9]

### 3.4.1 Mechanické vyhazování

Je nejrozšířenějším vyhazovacím systémem. Jeho konstrukce má různá provedení, která představují:

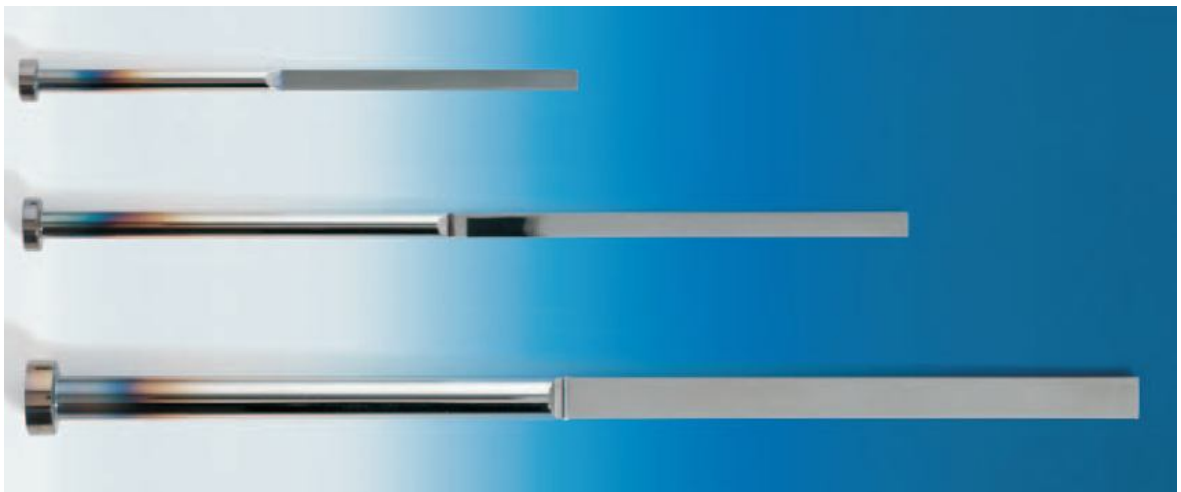
- vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků;
- vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkových vyhazovačů;
- šikmé vyhazování;
- postupné vyhazování;
- speciální vyhazování. [9]

#### *Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků*

Je nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výstřiků. Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí ho při vyhazování bortit. Jinak by mohla nastat jeho trvalá deformace. Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstřiku stopy. Proto je vhodné umístit tam, kde nezáleží na konečném vzhledu plochy. Zvolení velkého množství vyhazovacích kolíků nám komplikuje zhotovení temperančních kanálů. Vyhazovací kolíky musí být dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. Vůle v uložení slouží jako odvzdušnění. [9]



*Obr. 13. Válcové vyhazovače*



*Obr. 14. Prizmatické vyhazovače*

#### *Vyhazování stírací deskou*

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Jeho deformace pak jsou minimální a stírací síla velká. Použití výhodné zejména u tenkostěnných výstřiků, kde je nebezpečí jejich deformace, nebo u rozměrných, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírání je vhodné jen tehdy, dosedá-li výstřík na stírací desku v rovině, nebo plocha výstřiku je mírně zakřivená. [9]

#### *Vyhazování pomocí trubkového vyhazovače*

Funkce trubkového vyhazovače je speciálním případem stírání tlakem. Vyhazovač s otvorem má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík. Zatím co vlastní vyhazovací kolík je upevněn v pevné desce, nepohybuje se a tvoří jádro. [9]



### *Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů*

Je speciálním formou mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou uloženy k ní pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem. Tím se odstraní náročné posuvné čelisti. Uspořádání takového systému má několik podob a je možné jej kombinovat s přímým vyhazováním. Obecně je snahou, aby vyhazovací způsob byl funkčně dokonalý a výrobně co nejjednodušší. [9]

### *Dvoustupňové vyhazování*

Patří do skupiny mechanického vyhazování. Vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se vzájemně ovlivňují. Tento způsob umožňuje vyhazovat výstřiky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti. Proto se s výhodou využívá například u vyhazování slabostěnných výstřiků. Využívá se také při oddělování (ostřihování) vtokových zbytků od výstřiků spolu s jejich vyhazováním. [9]

### **3.4.2 Vzduchové (pneumatické) vyhazování**

Je vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Způsob není tak častý ale pro výstřiky například kbelíku je velmi výhodný. Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku, tím vyloučí na výstřiku tvorbu stop po vyhazovačích. [9]

### **3.4.3 Hydraulické vyhazování**

Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. [9]

## **3.5 Temperace forem**

Temperace slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Děje se tak ochlazováním, případně vyhříváním celé formy, nebo její části. [9]

Během vstřikování se do formy přivádí roztavený polymer, který se v její dutině ochlazuje na teplotu vhodnou pro vyjmutí výstřiku. Temperace tedy ovlivňuje plnění tvarové dutiny

a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při každém vstřiku se forma ohřívá. Každý další výstřik je třeba vyrobít zase při stanovené teplotě. Proto je nutné toto přebytečné teplo během pracovního cyklu odvést pomocí temperační soustavy z dutiny formy ven.

Úkolem temperace je:

- zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši po celém povrchu její dutiny ;
- odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou tak, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku. [9]

Pokud má forma dostatečnou hmotnost a dobře řešený temperační systém, zvýší se její tepelná stabilita a sníží nebezpečí deformace, při vysokých vstřikovacích tlacích. Lokální nerovnoměrné rozložení teplot má za následek zvětšení rozměrových a zejména tvarových úchylek výstřiku. [9]

Před zahájením výroby se musí formy vyhřát na pracovní teplotu. [1]

Temperační systém je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými se předává, nebo odvádí teplo z formy vhodnou kapalinou, nebo jiným zdrojem tepla. Rozměry a rozmístění temperačních kanálů a dutin, se volí s ohledem na celkové řešení formy. Je třeba dbát na dostatečnou pevnost a tuhost stěny funkční dutiny. Povrch temperačních kanálů slouží jako přestupová plocha pro teplo přestupující z formy do temperačního media, nebo opačně. Je vhodnější použít větší počet menších kanálů s malými roztečemi, než naopak. [9]

### 3.5.1 Temperační prostředky

Představují media, která svým působením umožňují formě pracovat v optimálních tepelných podmínkách. Rozdělení je následující:

- aktivní, které působí přímo na formě. Teplo do formy přivádí, nebo naopak odvádí;
- pasivní jako takové, které svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy. [9]

Množství a teplota chladícího media ve formě se řídí pomocí průtokoměrů. [9]

Tab. 1. Aktivní temperační prostředky [9]

Typ	Výhody	Nevýhody	Poznámka
Voda	vysoký přestup tepla, nízká viskozita, nízká cena, ekologická nezávadnost.	použitelné do 90°C <sup>*)</sup> , vznik koroze <sup>**)</sup> , usazování kamene.	<sup>*)</sup> v takových okruzích možno vodu použít i při vyšších teplotách, <sup>**)</sup> lze potlačit uprave- ním vody
Oleje	možnost temperace i nad 100°C, omezení koroze	zhoršený přestup tepla vyšší cena, ekologie	
Glykoly	Omezení koroze a ucpávání systému	stárnutí, znečišťování prostředí	

### 3.6 Odvzdušnění forem

Odvzdušnění tvarových dutin forem zdánlivě nepatří k dominantním problémům při navrhování forem. Jeho důležitost obvykle vyplyne až při zkoušení hotového nástroje, kdy odvzdušnění může být příčinou nekvalitního vzhledu výstřiku, nebo jeho nízkých mechanických vlastností. Odvzdušnění lze někdy zhotovit snadno, jindy je však vyřešení obtížné. Nezbytná znalost některých zákonitostí při plnění formy ušetří pracovníkům mnoho starostí. [9], [1]

Dutina formy je před vstřikováním naplněna vzduchem. Při jejím plnění taveninou je třeba zajistit únik vzduchu a případných zplodin. Čím je větší rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny. [9], [1]

Vstřikovací rychlost: je doba plnění, která má značný vliv na optimální vlastnosti výstřiku. Rychlé plnění zajišťuje termickou homogenitu dávky a tím vede i k částečnému vyrovnání odbourání vnesených orientací (anizotropie) taveniny. Toho se používá zvláště u výstřiku s malou tloušťkou stěn. [9], [1]

Vliv technologických parametrů:

- vstřikovací tlak;
- vliv teploty, tlaku, rychlosti plnění. [9], [1]

Vzduch u dutiny formy často uniká dělicími rovinami, vůlemi mezi pohyblivými částmi apod. V ostatních případech je třeba formu opatřit odvzdušňovacími kanály. Zhotovené odvzdušňovací průřezy musí účinně odvádět vzduch, ale zároveň nesmí docházet k zatékání polymeru. [9]

Tab. 2. Odvzdušňovací mezery [1]

Polymer	Mezera [mm]
PS, ABS	do 0,05
PE, PP	do 0,04
PA	0,02 až 0,03
PC	do 0,05
POM	do 0,05
plněné sklem	0,05 až 0,08
Strukturální pěny	do 0,1

Potíže s odvzdušněním se vyskytují zejména u nových forem s dobře těsnícími dělicími rovinami a vyhazovači. V průběhu provozu vlivem opotřebení vzniknou větší vůle, které poskytují vzduchu stále více možností úniku. Často se stává, že se opomene čištění od konzervačního prostředku, které proudy taveniny unáší do odvzdušňovacích mezer. odvzdušňovací kanály se pak ucpou a následně se zcela zanesou konzervačním prostředkem a odvzdušnění je pak zcela neúčinné, proto je nutné mezery čistit. [1]

Tab. 3. Materiály pro konstrukci forem [2]

Použití	Materiál
Desky (rám formy)	
Dorazy	
Táhla	11 373, 11 375, 11 500, 11 600, 11 700,
Podpůrné elementy	12 012, 12 050, 12 060
Středící elementy	
Tvarové vložky	14 340, 15 230, 15 330, 15 340, 17 029,
Tvarové desky	19 083, 19 191, 19 312, 19 314, 19 421,

Vtokové vložky Vyhazovače	19 436, 19 437, 19 452, 19 486, 19 487, 19 550, 19 572, 19 573, .....
Vodící a kluzné elementy	14 220, 14 221
Spojovací elementy	11 109, 11 600
Izolační desky	PA + 30% skla, syntetická pryskyřice, sklo- textil

## 4 LASEROVÉ POPISOVÁNÍ

Laserový popis je technologie sloužící k vytváření nesmazatelného grafického či jiného motivu na povrchu značeného předmětu. Tento motiv vzniká tepelným působením laserového svazku, který odstraňuje vrstvu materiálu určité tloušťky nebo jej povrchově kalí a tím je vytvořen vizuální efekt. Tento efekt lze navíc změnami parametrů svazku měnit. Tato laserová technologie se vyznačuje vlastnostmi, jež ji kvalitativně odlišují od dosud používaných postupů (mechanické rytí a ražení) a která řeší nevýhody těchto konvenčních technologií. [11]



*Obr. 15. Příklad využití popisu laserem  
počítačové klávesnice [12]*

Přednosti laserové popisu:

- špičková kvalita, přesnost a rychlost;
- stálost popisu (nelze jej setřít);
- bezkontaktní a čisté zpracování;
- použití pro téměř jakýkoliv materiál;
- možnost popisu nerovného povrchu;
- detailní zpracování. [11]

Popisování výstřiků laserem je tepelné zpracování, které lze použít u všech plastů, ale s určitými rozdíly v jejich vzhledu. Vyžaduje však nákladné laserové zařízení. Výhodou je, že se pohybuje jen laserový paprsek. Tím se docílí velké rychlosti popisu. Číslice, písmena, znaky jsou uložena v paměti počítače a jsou naprogramovány. Během popisování řídí mikro počítač usměrněný paprsek na obrobek. Při popisu se používá převážně impulsních laserů typů Nd-YAG s výkonem cca 50 W. [2]

Podle nastavené frekvence impulsů a naprogramování různé grafiky písma (tloušťky, velikosti ...) se docílí na světlých plastech tmavé kontury a na černých a speciálních plastech i bílého potisku. Barevný popis se může vytvořit paprskem přes barevnou folii. Popis vytvořený laserem je většinou mírně vystouplý. [2]

Vhodná laserová technologie polymerů se volí dle samotného složení polymerů nejčastěji se využívá:

- vláknový;
- diodový;
- CO<sub>2</sub>;
- zelený laser. [11]



Obr. 16. Popisovací vláknový laser [13]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma;
- provedení konstrukce 3D modelu samotného vstřikovacího dílu;
- navrhnout tvarové a další části vstřikovací formy pro zadaný díl;
- nakreslit 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku;
- nakreslit výrobní dokumentaci

Literární studie nebo-li teoretická část bakalářské práce má za úkol přiblížit problematiku samotného vstřikování, druhy polymerů, jež se v praxi využívají a konstrukci vstřikovací formy.

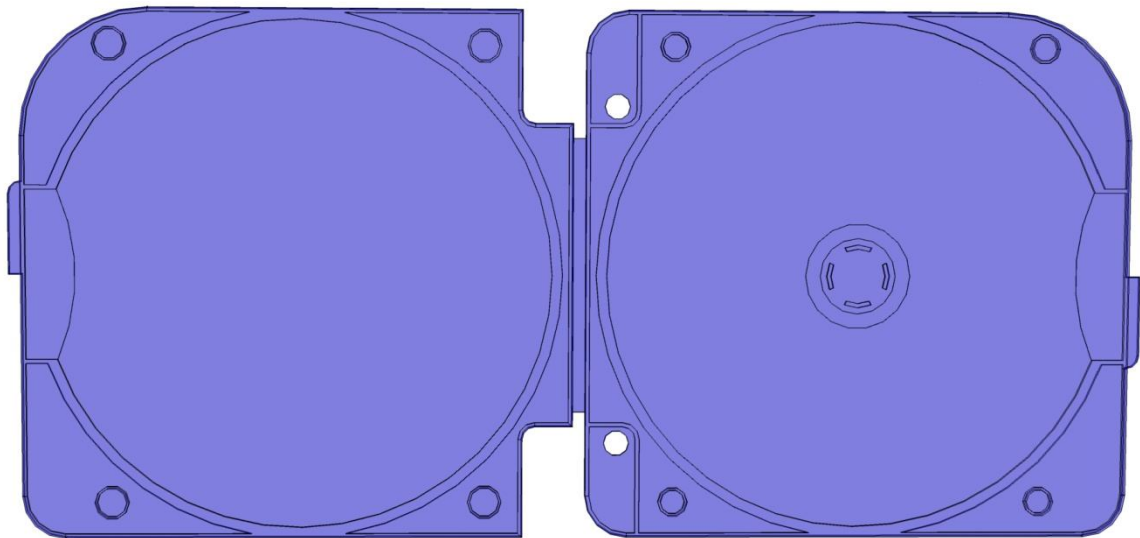
V praktické části bakalářské práce bylo úkolem pomocí programu CATIA V5R18 vytvořit 3D model, který byl inspirován již vyrobeným kusem. Dále bylo úkolem provést konstrukci vstřikovací formy ve 3D pro vytvořený 3D model. Vstřikovací forma byla konstruována pro vstřikovací stroj ARBURG Allrounder 420C, který je k dispozici na Ústavu výrobního inženýrství v laboratořích budovy U5.

Po vytvoření 3D modelu, 3D vstřikovací formy a jejich sestav se další bod zabýval vytvořením 2D výkresu výrobku a 2D sestav s řezem formy a opozicováním jednotlivých dílů a vytvoření kusovníku.

Při konstrukci modelu a vstřikovací formy bylo využito programu CATIA V5R18. Pro generování normálií HASCO DAKO Modul.

## 6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Vstříkovaným výrobkem je obal na kompaktní disk skládající se z jedné části. Výrobek lze využít například při prezentaci studia, kdy je nutné data o škole vypálit na zápisové médium (CD, DVD) a následně jej vložit do tohoto obalu. Výrobek má rozměry 125 x 26 x 2mm. Je opatřen dvěma průchozími děrami, které slouží k sepnutí obalu do kancelářského pořadače. Dále jsou zde ucha umožňující bezproblémové otevření obalu. Pro lepší vyjmutí CD z obalu je na krajích vytvořeno vybrání. Pro vymezení polohy CD slouží na pravé straně výstupky. Hmotnost výrobku je 33g a objem 34,27cm<sup>3</sup>.



Obr. 17. Obal na kompaktní disk

### 6.1 Materiál vstříkovaného výrobku

Materiál výrobku byl zvolen polymer HDPE od firmy Lyondell s katalogovým označením ALATHON H5623X01, který je určen pro zpracování vstříkovaním. Tento polymer vykazuje dobré zpracovatelské vlastnosti a nabízí vynikající houževnatost, barvu a dobrou stabilitu při zpracování. Typické aplikace představují domácí zboží, kontejnery, kryty a uzávěry. Jeho základní vlastnosti jsou:

- Index toku taveniny – 23 g/10min;
- Hustota – 0,956 g/cm<sup>3</sup>;
- Objemová hmotnost – 593 - 625 kg/m<sup>3</sup>;
- Pevnost v tahu – 29,4 MPa;

- Bod měknutí – 127.3°C;
- Teplota tání – 131,5 °C;
- Teplota krystalizace – 117,2 °C;
- Modul v ohybu – 814 MPa.

## 6.2 Výpočet potřebných parametrů stroje

Určení množství polymeru nutného pro jeden zdvih [9]:

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

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

G – hmotnost výstřiku [g]

n – násobnost formy [-]

A – hmotnost vtokového systému [g]

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

$$M = 1,2 \cdot (33 \cdot 1 + 0) = 39,6 \text{ g} \quad (3)$$

$$M = 1,2 \cdot (33 \cdot 1 + 0) = 39,6 \text{ g} \quad (4)$$

Hodnota G = 33g byla určena pomocí analýzy 3D modelu programem CATIA V5R8.

Zpětné určení doby pro jeden zdvih [9]:

$$t_{pl} = \frac{3,6 \cdot M}{Q} \text{ [s]} \quad (5)$$

M – zdvihová hmotnost polymeru [g]

Q – plastikační výkon stroje [kg.hod<sup>-1</sup>]

$$t_{pl} = \frac{3,6 \cdot 39,6}{29} = 4,9 \text{ [s]} \quad (5)$$

Po komparaci hodnost vypočtených s hodnotami udávanými výrobcem stroje, daný stroj je pro tuto aplikaci vyhovující. Výpočet uzavírací síly, zde není uveden kvůli náročnosti výpočtu.

## 7 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací forma byla navrhována na horizontální vstřikovací stroj od německé firmy ARBURG ALLROUNDER 420 C, jež je součástí vybavení Ústavu výrobního inženýrství Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně v budově U5.



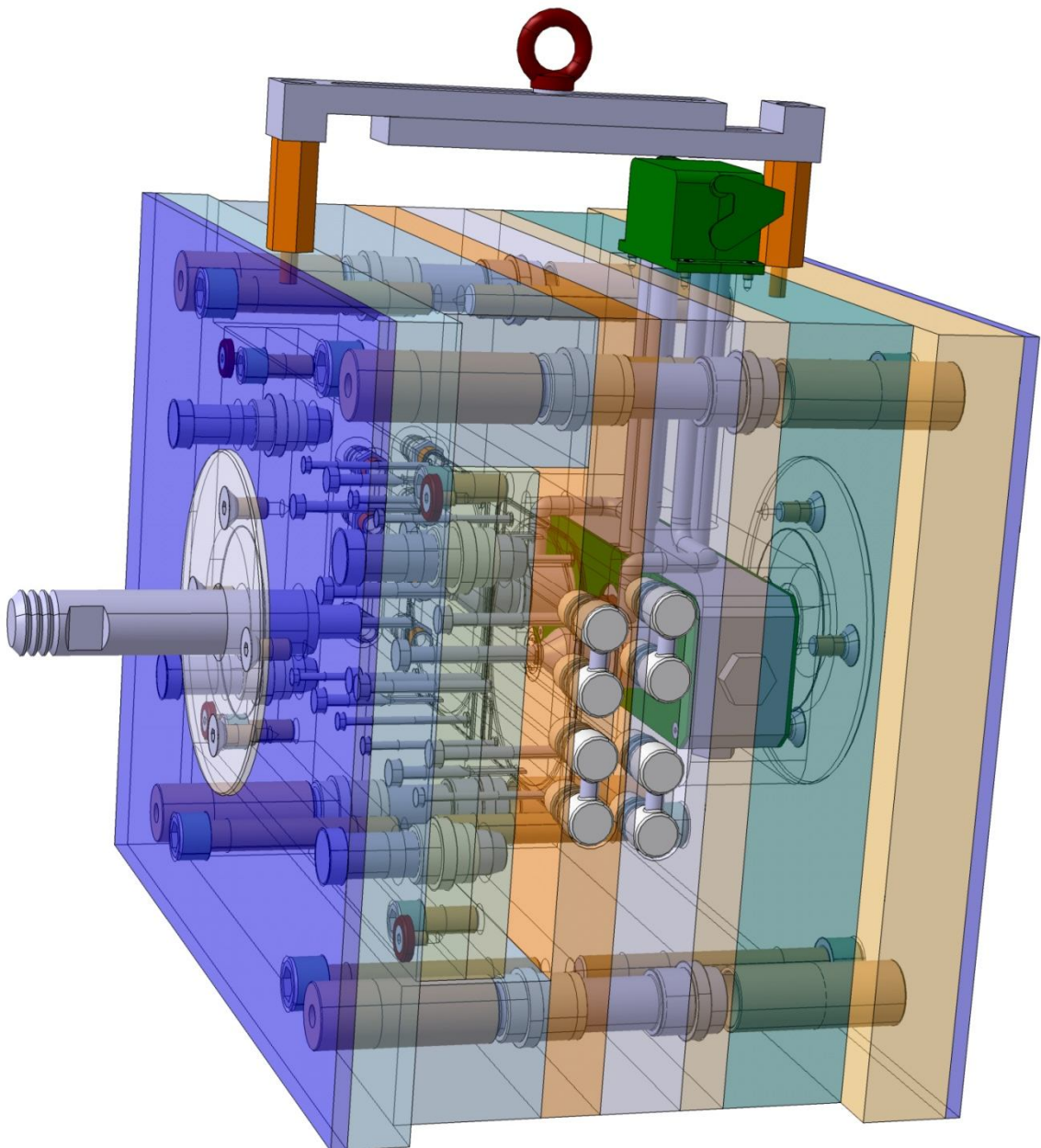
Obr. 18. Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 420 C [17]

Tab. 4. Základní parametry stroje [4]

Maximální uzavírací síla	1000 [kN]
Maximální objem dávky	182 [cm <sup>3</sup> ]
Průměr šneku	40 [mm]
Vzdálenost mezi vodícími sloupky	420 x 420 [mm]
Velikost upínací desky	570 x 570 [mm]
Maximální světlost mezi upínacími deskami	750 [mm]
Celkový příkon stroje	33,9 [kW]
Maximální vyhazovací síla	40 [kN]

## 8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Konstrukce vstřikovací formy spočívá v konstrukci rámu vstřikovací formy, vstřikovací strany, vyhazovací strany a vyhazovacího systému formy a středících a upínacích částí, které jsou vybrány z normálí firmy HASCO.

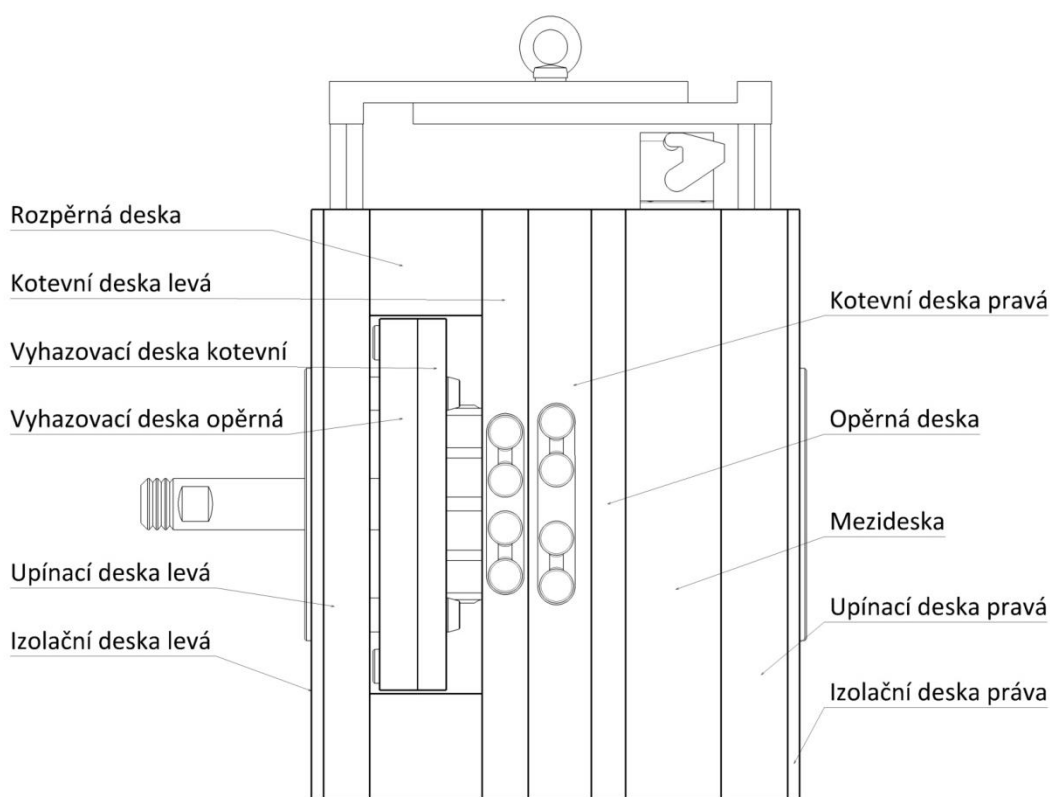


*Obr. 19 Kompletní vstřikovací forma*

## 8.1 Rám vstřikovací formy

Rám vstřikovací formy se skládá z desek, jejichž názvy a umístění lze vidět na obrázku 20. Rozměr desek, kromě upínacích a izolačních desek, je 346 x 396mm. Rozměr upínacích a izolačních desek je 346 x 446mm. Tloušťka desek je přizpůsobena dle součástí, které jsou v nich uloženy.

Celkový rozměr rámu formy je 346 x 446 x 286mm (v x š x d).

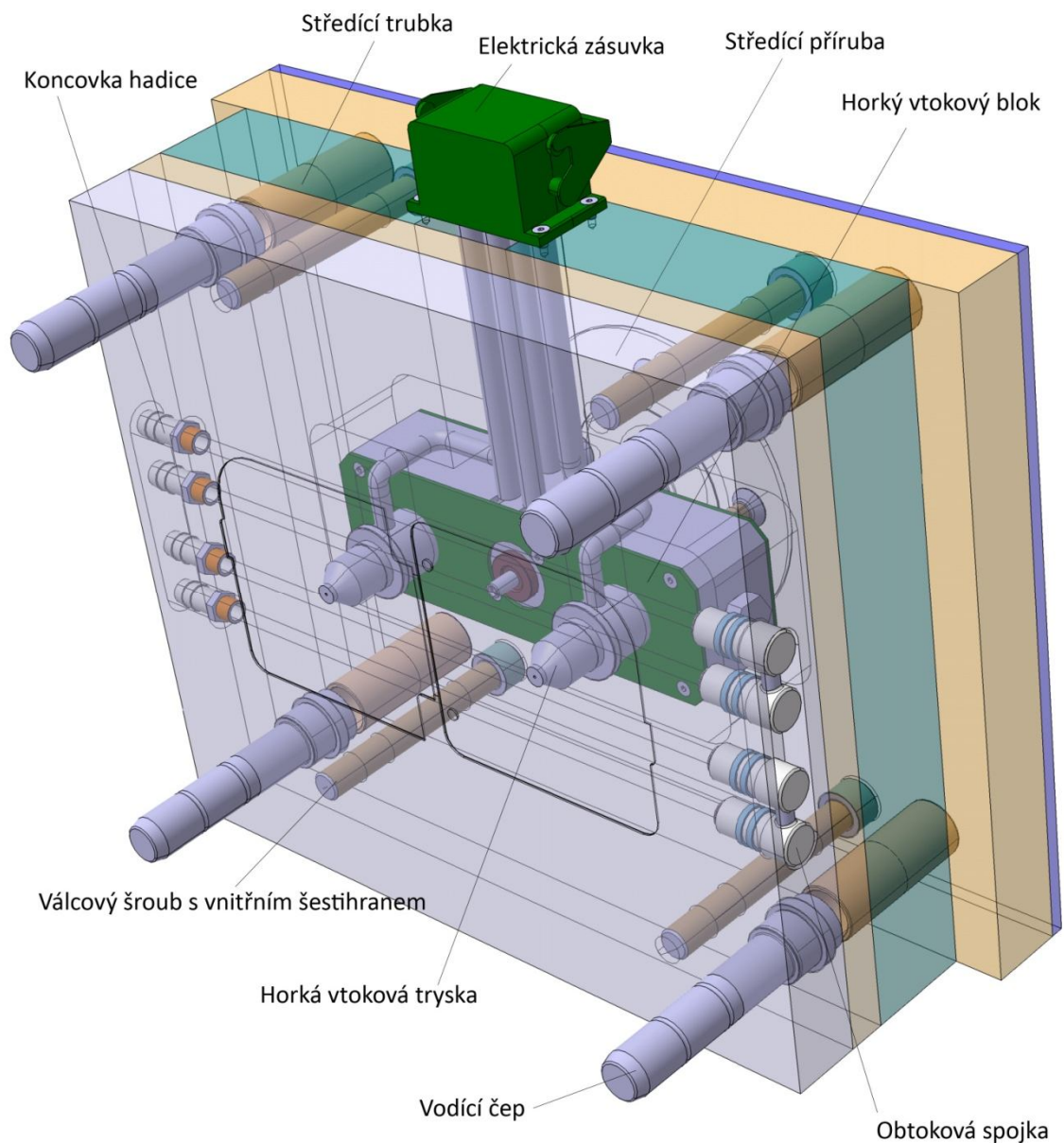


Obr. 20. Popis desek rámu formy

## 8.2 Vstřikovací strana

Vstřikovací strana formy slouží k samotnému vstřikování polymeru. Jedná se o pevnou část, kde je pomocí středící příruby K100/160 x 11 vystředěno spojení mezi formou a plastikací jednotkou, z nichž proudí roztavený polymer přes centrální vtokovou vložku Z1055/1/30x56/8. Dále dutinami horkého vtokového bloku H106/1/71x224/46, kde dochází k rozdělení vtoku do dvou vysokovýkonných horkých vtokových trysek Z103/32 x 61/1,5. Polymer své putování ve formě ukončuje v dutině tvarových desek. Vstřikovací

strana formy je vystředěna středícími trubkami Z20/30 x 80. Vystředění mezi vstřikovací stranou formy a vyhazovací stranou je vyřešeno pomocí vodících čepů Z00/22/24 x 105. Teplota dutiny tvarové desky je řešena dvěma okruhy, propojenými obtokovými spojkami Z805/9/28 a napojením hadic s temperační kapalinou, jež se děje pomocí koncovek hadic Z87/13/12 x 1.5. Vstřikovací strana formy je pevně přišroubována válcovými šrouby s vnitřním šestihranem Z30/16 x 120. Elektrické napojení kabelů do horkých vtokových trysek a vyhřívaného vtokového bloku je zajištěn elektrickou zásuvkou Z1227/16/4.

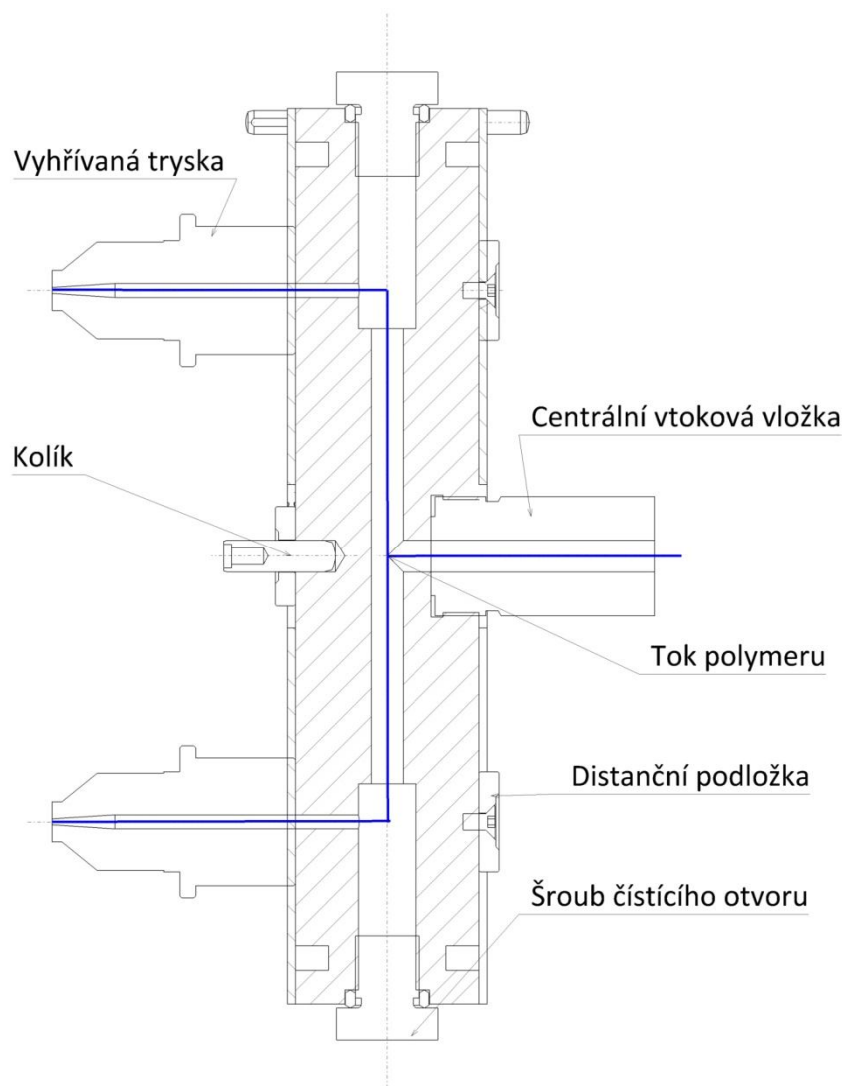


Obr. 21 Vstřikovací strana formy



### 8.2.1 Horký vtokový blok

Kvůli eliminaci co nejmenšího množství odpadu ze vstřikování byla vybrána horká vtoková soustava nebo-li horký vtokový blok H106/1/71x224/46. Horký vtokový blok je umístěn do mezidesky mezi opěrnou deskou a pravou upínací deskou, kde je vystředěn a zároveň ukotven proti pootočení pomocí kolíku. Distanční podložky jsou v ose trysek a na opačné straně od trysek. Slouží k zachycení vstřikovacích tlaků působících na formu a k vytvoření vzduchové mezery mezi deskami a vyhřívaným blokem. Při odstavení formy a ukončení vstřikování se šrouby v ose toku polymeru vyšroubují a zatvrdlý polymer lze jednoduše odstranit vyčištěním usazené části dutiny horkého bloku a lze jej pak připravit na případné další vstřikování.

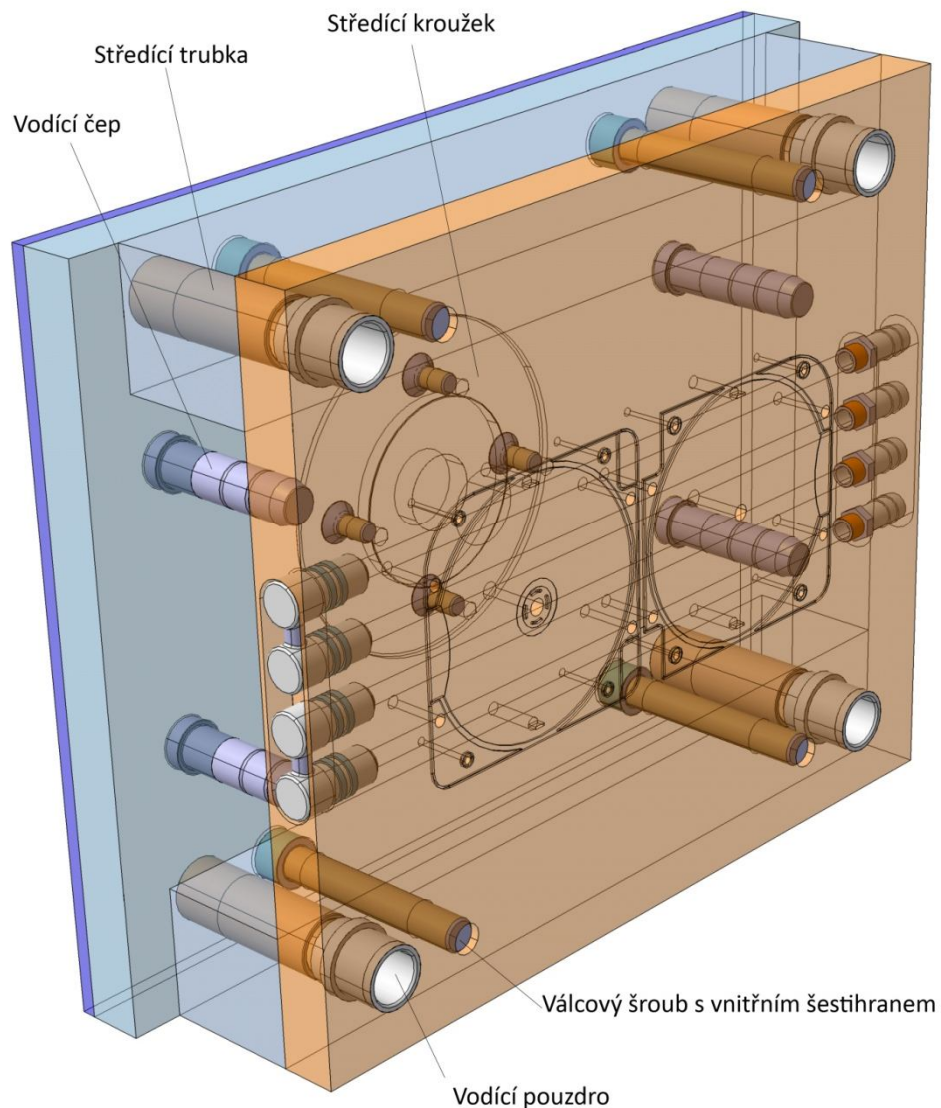


Obr. 22 Horký vtokový blok



### 8.3 Vyhazovací strana

Vyhazovací strana slouží především k otevírání formy a zároveň je její součástí i levá tvarová deska a v neposlední řadě je zde připraveno uložení pro vyhazovací systém pomocí vodících čepů Z011/20 x 80. Vyhazovací strana formy je vystředěna vodícími pouzdry Z10/27/24 a středícími trubkami Z20/30 x 80. Desky této strany jsou k sobě přišroubovány šrouby s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem Z30/16x100. Dále tato strana obsahuje středící kroužek, který je zde připraven pro vystředění celé formy a slouží také jako vstup pro vyhazovací čep, jež je součástí vyhazovacího systému. Tvarová deska obsahuje stejně jako vstřikovací strana temperaci skládající se ze dvou okruhů.

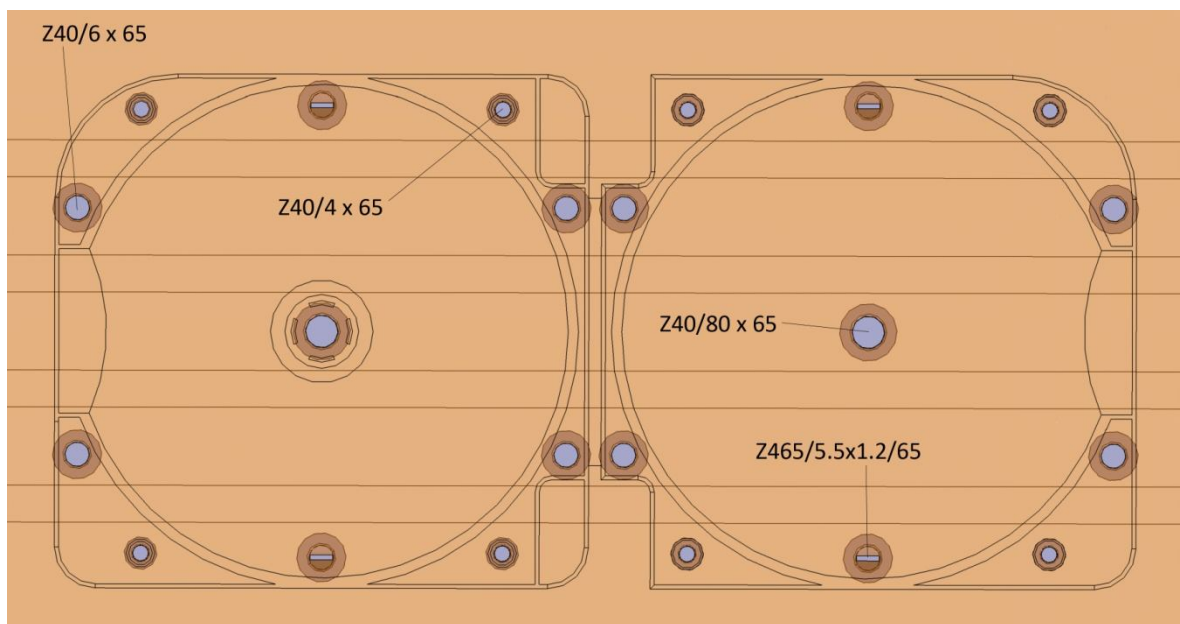


Obr. 23. Vyhazovací strana

## 8.4 Vyhazovací systém

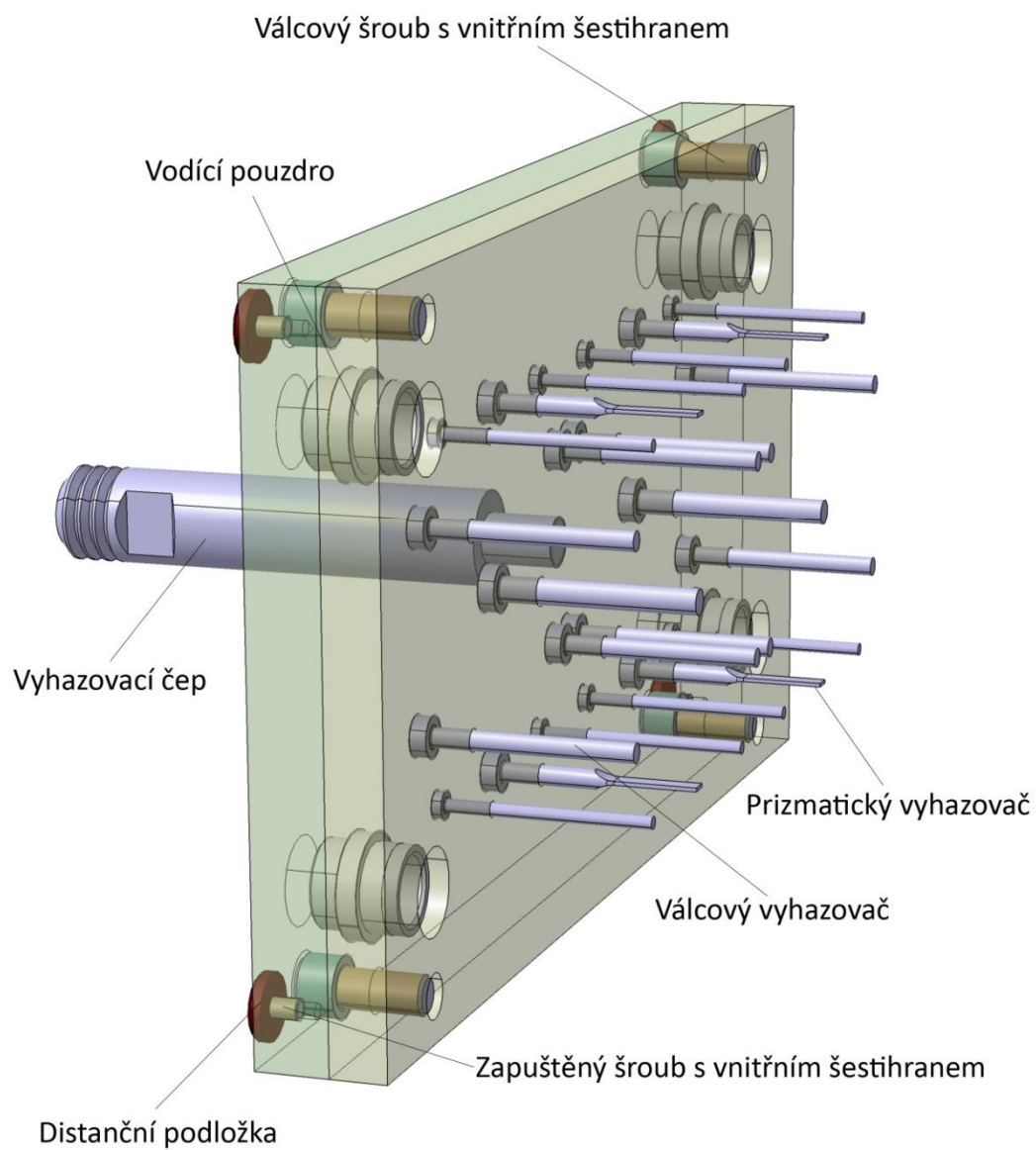
Vyhazovací systém slouží k vyhození výstřiku z dutiny levé tvarové desky. Rozmístění vyhazovačů bylo zvoleno a upraveno podle obdobného obalu na kompaktní disk. Jelikož tloušťka výrobku je jen 2mm byl pro úspěšné vyhození bez poškození zvolen větší počet vyhazovačů. Vyhazovače byly vybrány z katalogu HASCO a následně z 80mm délky upraveny na potřebných 65mm. Vyhazovače byly zvoleny takto:

- Válcový vyhazovač Z40/6 x 65 8 ks;
- Válcový vyhazovač Z40/4 x 65 8 ks;
- Válcový vyhazovač Z40/8 x 65 2 ks;
- Prizmatický vyhazovač Z465/5.5x1.2/65 4 ks.



Obr. 24. Rozmístění vyhazovačů

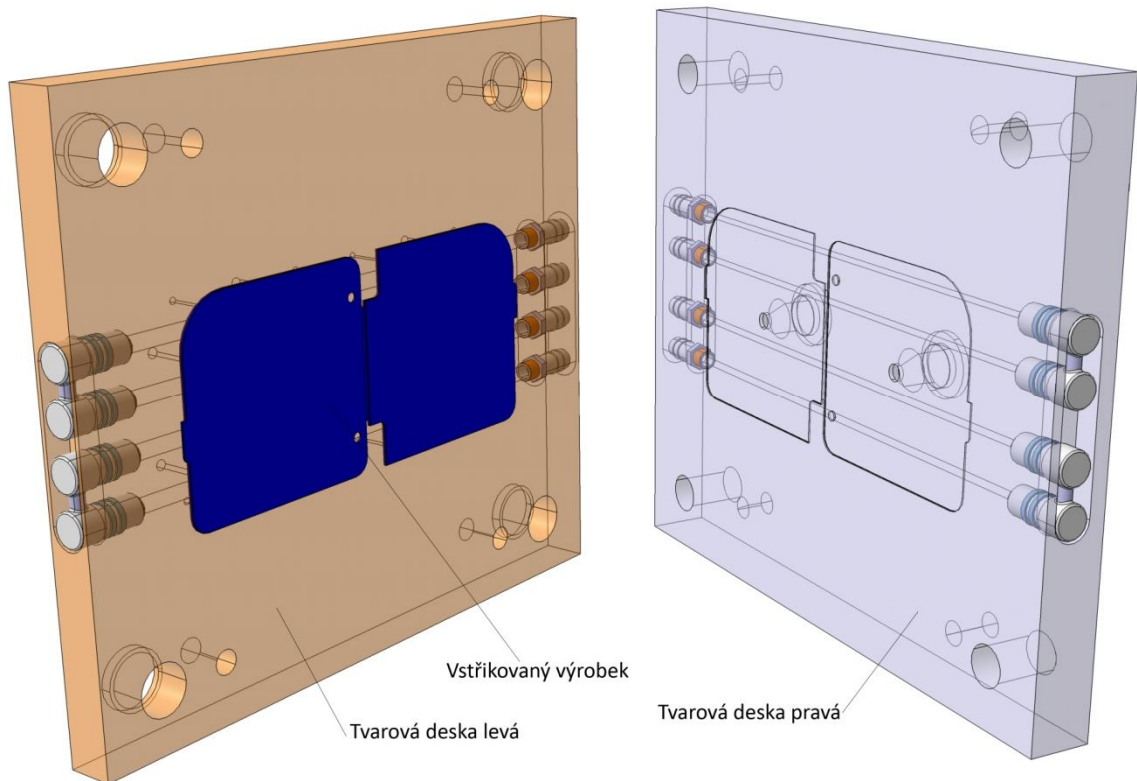
Vyhazovací systém je vystředěn vodícími pouzdry Z10/17/20 a následně sešroubován válcovými šrouby s vnitřním šestihranem Z30/12 x 25. Vyhazovací pohyb zabezpečuje vyhazovací čep Z1681/30 x 140, který je zašroubován do vyhazovací desky opěrné. Celý tento systém je uložen na vyhazovací straně pomocí vodících čepů Z011/20 x 80. Proti případnému dotyku s vyhazovací stranou je vyhazovací systém opatřen distančními podložkami a ty jsou přišroubovány zapuštěnými šrouby s vnitřním šestihranem Z33/6 x 12.



Obr. 25. Vyhozovací systém

## 8.5 Tvarové desky a dělicí rovina

Tvarové desky se skládají z dutiny, kde je vyfrézován negativ výrobku. Na tvarových deskách dále lze vidět temperační systém, který je popsán výše. Pro šrouby a vodící pouzdra jsou zde připraveny jednotlivá uložení.



Obr. 26. Tvarové desky

Dělicí rovina je u tohoto výrobku jen jedna a je zvolena přesně v polovině. Na obrázku č.27 je detailně zakreslena.



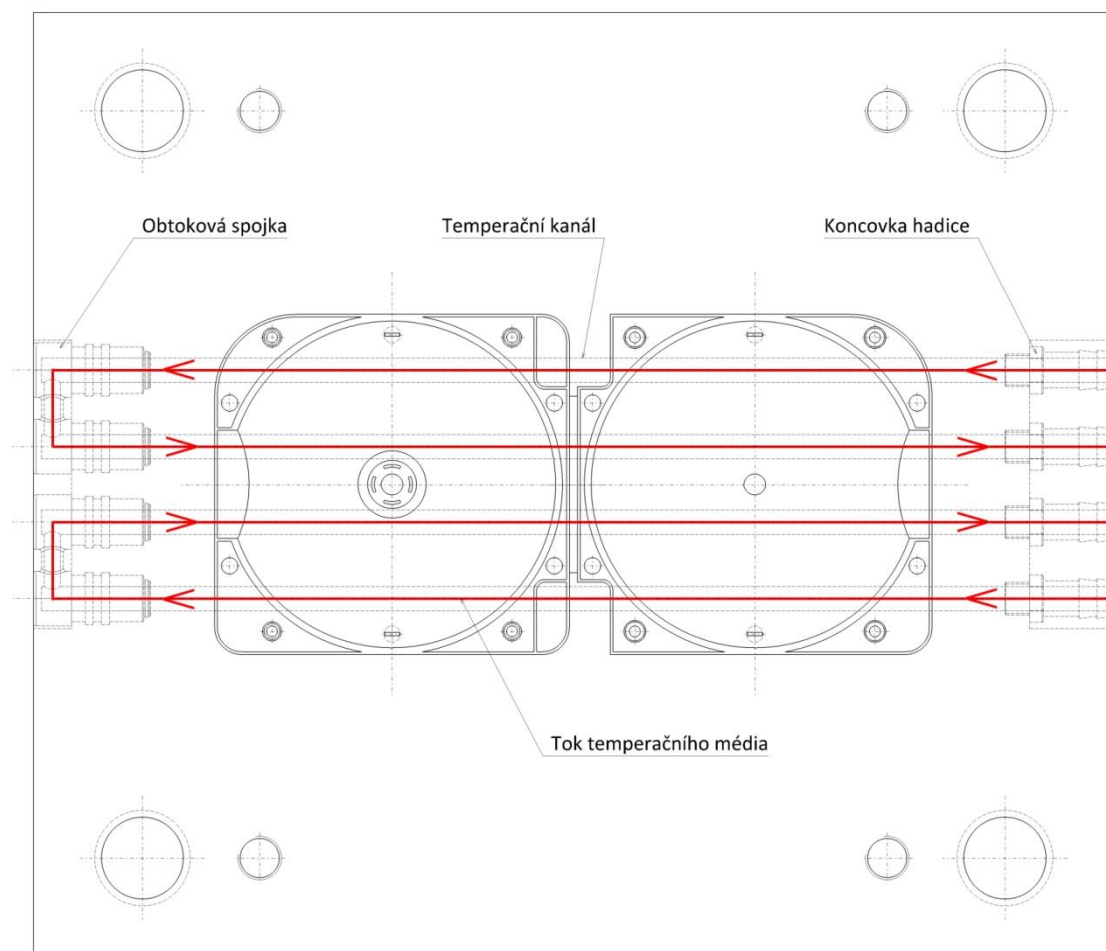
Obr. 27. Dělicí rovina

## 8.6 Odvzdušnění

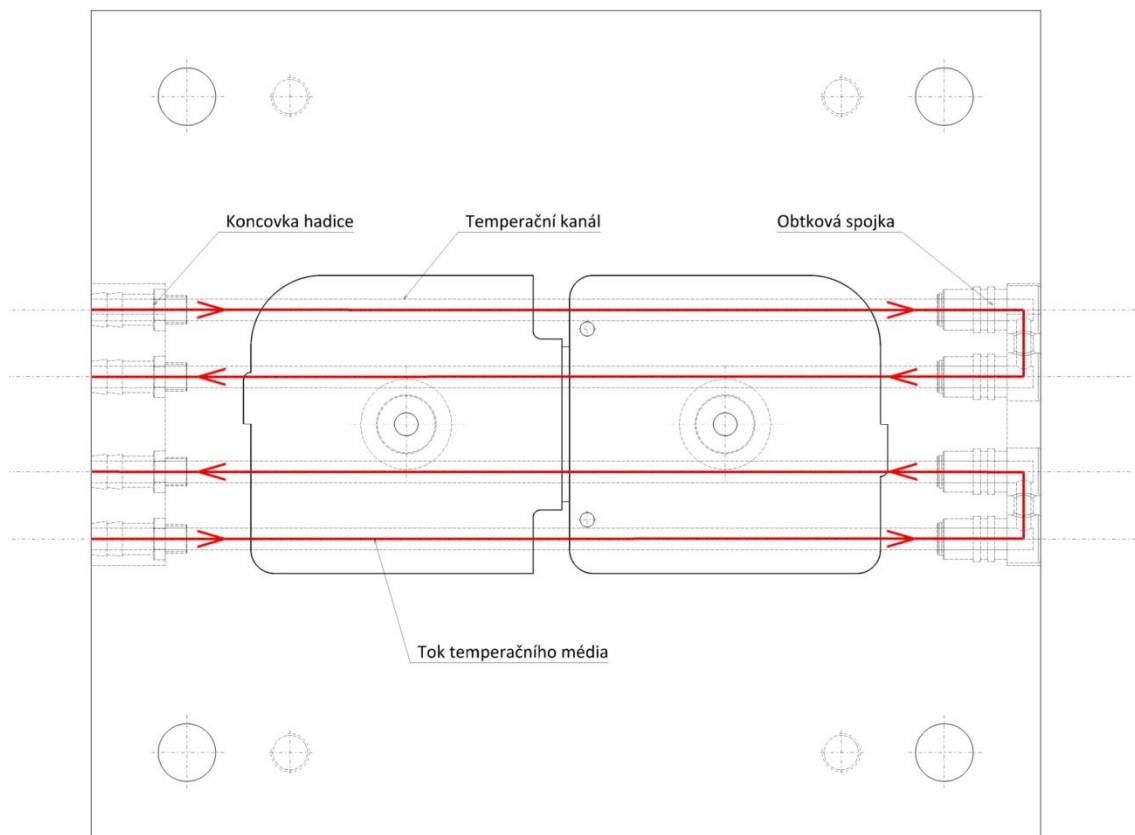
Vzduch, který je uzavřen v dutinách tvarových desek je při vstřikování stlačován, čímž se jeho teplota zvyšuje. Ta může dosáhnout kritických hodnot a v takových případech dochází k poškození výstřiku. K odvodu vzduchu se v dělicí rovině zhotovují odvzdušňovací kanálky. V tomto případě bude stačit únik vzduchu přes dělicí rovinu a vůlemi v uložení vyhazovačů.

## 8.7 Temperace vstřikovací formy

Temperace je provedena na obou tvarových deskách pomocí kanálů o průměru 9mm a dvou okruhů, které nejsou vzájemně propojeny. V levé tvarové desce jsou temperační kanály v hloubce 13,5mm a v pravé tvarové desce v hloubce 16,5mm. Součástí temperace jsou koncovky hadic Z87/13/12 x 1.5 a obtokové spojky Z805/9/28. Temperačním médiem je voda.



Obr. 28. Temperační systém na levé tvarové desce

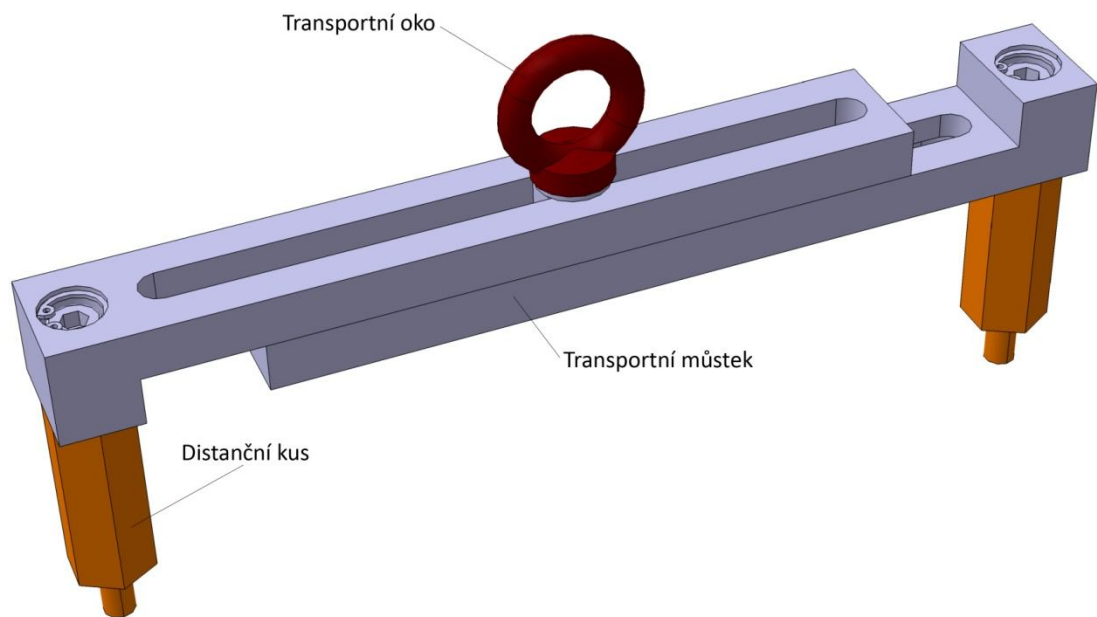


Obr. 29. Temperační systém na pravé tvarové desce

## 8.8 Transport zařízení formy

Transport formy do vstřikovacího stroje je řešen pomocí transportního můstku od firmy HASCO TYP 210 – 300, jehož součástí je i oko, které je přizpůsobeno pro ukotvení přepravního háku. Jelikož je potřeba, aby transportní můstek byl ve středu formy, bylo nutné vyřešit kolizi se zásuvkou, jež je rovněž ukotvena ve středu. Tento problém je vyřešen jednoduchým způsobem a to distančními kusy Z701/8/19 x 50.





*Obr. 30. Transportní sestava*

## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo provést návrh konstrukce vstřikovací formy a to: vstřikovací strany, vyhazovací strany a vyhazovacího systému a zvolit normalizované součásti. Pro vstřikovaný výrobek obalu kompaktního disku byl zvolen materiál HDPE, který svými vlastnostmi nejvíce vyhovoval vstřikovanému dílu. Horký vtokový systém se dvěma vysokovýkonnými tryskami byl využit pro odstranění vtokových zbytků a pro zvýšení automatizace výroby. Odvzdušnění formy je zde řešeno pomocí dělicí roviny a vůlemi vyhazovačů. Teplotu zajišťuje soustava kanálů. Jejich průřez, rozměr a rozmístění je voleno tak, aby zajišťovaly dostatečné chlazení.

Všechny části byly vymodelovány v programu CATIA V5R18, od 3D návrhu formy až po výkresovou dokumentaci ve 2D. Snahou bylo využít co nejvíce normalizovaných součástí od firmy HASCO, jež se snadno vygenerovaly do programu CATIA VR8. Všechny řezy a výrobní výkres jsou přiloženy ve fyzické podobě a rovněž uloženy na CD, které je vloženo v kapse vazby. Konečné rozměry formy jsou 346 x 446 x 286mm (v x š x d). Forma je konstruována pro stroj od firmy ARBURG ALLROUNDER 420 C.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] STANĚK, M. přednášky T5KF
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: I.díl - Vstřikování termoplastů*. 2.vydání – Brno: Uniplast, 1999. 134s.
- [3] LENFELD, P. *Technologie II. -Vstřikování plastů*, Technická univerzita Liberec, Katedra strojírenské technologie. Dostupná 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)
- [4] ARBURG [online]. Dostupný z WWW:  
<http://www.arburg.com>
- [5] Technická univerzita v Liberci – Katedra materiálu. Dostupná z www:  
[http://www.kmt.tul.cz/edu/podklady\\_kmt\\_magistri/NEkM/NeM%20Kro/](http://www.kmt.tul.cz/edu/podklady_kmt_magistri/NEkM/NeM%20Kro/)
- [6] MANAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení: Gumárenské a plastikářské stroje II*. 1. vyd. Brno: VUT , 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X
- [7] RESS, Herbert. *Mold engineering. 2nd edition*. Munich : Hanser, 2002. 688 s. ISBN 3-446-21659-6.
- [8] MAŇAS, M. přednášky T5SZ
- [9] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: II.díl - Vstřikování termoplastů*. 1.vydání – Brno: Uniplast, 1999. 214s.
- [10] DIRECT INDUSTRY [online]. Dostupný z WWW:  
[http://img.directindustry.com/images\\_di/photo-m2/hot-runner-nozzle-428030.jpg](http://img.directindustry.com/images_di/photo-m2/hot-runner-nozzle-428030.jpg)
- [11] LINTECH [online]. Dostupný z WWW:  
<http://www.lintech.cz/laserove-popisovani>
- [12] PLASTIKA [online]. Dostupný z WWW:  
<http://www.plastika.cz/technologie/potisk-laserem.htm>
- [13] MEDICOM [online]. Dostupný z WWW:  
<http://www.medicom.cz/p.php?p=prumyslove,produkty,popisoem,LF20S>
- [14] GUMEX [online]. Dostupný z WWW:  
<http://www.gumex.cz>

- 
- [15] DUCHÁČEK, V. Polymery, výroba, vlastnosti, zpracování, použití. VŠCHT Praha, 1995 ISBN 80-7080-241-3.
- [16] MOULD AND MATIC [online]. Dostupný z WWW:  
<http://www.mouldandmatic.cz>
- [17] VELTKAMP [online]. Dostupný z WWW:  
<http://www.veltkamp-plastics.com/en/en-ku-spuitgietproces/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

C	uhlík
H	vodík
O	kyslík
N	dusík
Cl	chlór
PS	polystyren
ABS	akrylonitril-butadien-styrén
PC	polykarbonát
PMMA	polymethylmetakrylát
PE	polyethylen
PP	polypropylen
PA6	polyamid 6
ZnO	oxid zinečnatý
VVS	vyhřívání vtokové systémy
CD	kompaktní disk
DVD	digitální video disk
HDPE	vysokohustotní polyethylen
E	modul pružnosti [°C]
T	teplota [°C]
Tg	teplota skelného přechodu [°C]
Tm	Teplota tání [°C]
(v x š x d)	výška x šířka x délka

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1. Rozdělení polymerů</i> .....	12
<i>Obr. 2. Oblasti využití u amorfních a semikrystalických plastů</i> .....	13
<i>Obr. 3. Vstřikovací stroj od firmy ARBURG [4]</i> .....	18
<i>Obr. 4. Schéma vstřikovacího stroje [3]</i> .....	19
<i>Obr. 5. Schéma hydraulicko-mechanické uzavírací jednotky [2]</i> .....	20
<i>Obr. 6. Vstřikovací cyklus</i> .....	22
<i>Obr. 7. Sestava formy – levá strana a pravá strana</i> .....	23
<i>Obr. 8. Řadové uspořádání vtokové soustavy vícenásobných forem [3]</i> .....	25
<i>Obr. 9. Vtokový systém formy [2]</i> .....	25
<i>Obr. 10. Průřezy vtokových kanálů</i> .....	26
<i>Obr. 11. Vyhřívané trysky [10]</i> .....	29
<i>Obr. 12. Rozvodné bloky typu H, X,I [10]</i> .....	30
<i>Obr. 13. Válcové vyhazovače</i> .....	32
<i>Obr. 14. Prizmatické vyhazovače</i> .....	32
<i>Obr. 15. Příklad využití popisu laserem</i> .....	38
<i>Obr. 16. Popisovací vláknový laser [13]</i> .....	39
<i>Obr. 17. Obal na kompaktní disk</i> .....	42
<i>Obr. 18. Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 420 C [17]</i> .....	44
<i>Obr. 19. Kompletní vstřikovací forma</i> .....	45
<i>Obr. 20. Popis desek rámu formy</i> .....	46
<i>Obr. 21. Vstřikovací strana formy</i> .....	47
<i>Obr. 22. Horký vtokový blok</i> .....	48
<i>Obr. 23. Vyhazovací strana</i> .....	49
<i>Obr. 24. Rozmístění vyhazovačů</i> .....	50
<i>Obr. 25. Vyhazovací systém</i> .....	51
<i>Obr. 26. Tvarové desky</i> .....	52
<i>Obr. 27. Dělicí rovina</i> .....	52
<i>Obr. 28. Temperační systém na levé tvarové desce</i> .....	53
<i>Obr. 29. Temperační systém na pravé tvarové desce</i> .....	54
<i>Obr. 30. Transportní sestava</i> .....	55

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Aktivní temperační prostředky [9]</i> .....	35
<i>Tab. 2. Odvzdušňovací mezery [1]</i> .....	36
<i>Tab. 3. Materiály pro konstrukci forem [2]</i> .....	36
<i>Tab. 4. Základní parametry stroje [4]</i> .....	44

**SEZNAM PŘÍLOH**

- PI Materiálový list HDPE
- PII Technické data vstřikovacího stroje ARBURG ALLROUNDER 420 C
- PIII Pohled do levé strany formy
- PIV Pohled do pravé strany formy
- PV Řez formy A-A
- PVI Řez formy B-B
- PVII Výkres obalu na kompaktní disk
- PVIII Kusovník
- PIX CD obsahující:
- model formy v programu CATIA V5R8;
  - výkresy ve formátu pdf;
  - textovou část bakalářské práce ve formátu pdf.