

Návrh konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl

Martin Petrůj

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 Petrůj**

Osobní číslo: **T11279**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh konstrukce vstřikovací formy pro krycí část motoru**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu.
3. Navrhněte vstřikovací formu pro zadaný díl.
4. Nakreslete 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Ovsík

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 ¹⁾;
- 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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ 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 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 16.5.2014

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 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.*

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

(3) *Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, 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).*

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

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

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo 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

Tato práce se zabývá konstrukčním řešením vstřikovací formy pro výrobek z polymerního materiálu. Teoretická část popisuje obecné rozdělení polymerů, technologii vstřikování a hlavní části vstřikovacího stroje. Dále také zásady konstrukce samotných vstřikovaných výrobků a jejich forem.

V praktické části byl zhotoven konstrukční návrh vstřikovací formy pro zvolený plastový díl. Model a forma byly vytvořeny pomocí 3D programu CATIA V5R19 a přídatného modulu HASCO DAKO.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma.

ABSTRACT

This thesis is concerned with structural arrangement of injection mould for a product made of polymer material. Theoretical part of the thesis describes general dividing of the polymers, the technology of injection and the main parts of the injection machine. It also describes principles of the construction of the injected products and its moulds. The practical part deals with construction design of the injection mould for selected plastic piece. The model and form were created by using 3D programme CATIA V5R19 and additional module HASCO DAKO.

Keywords: injection, injection mold.

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Martinu Ovsíkovi, PhD., za vynaložený čas, odborné rady a profesionální vedení.

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1. POLYMERNÍ MATERIÁLY	13
1.1 TERMOPLASTY	13
1.1.1 Využitelnost termoplastů	14
1.1.2 Zpracovatelské podmínky plastů.....	14
2 VSTŘIKOVÁNÍ	16
2.1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ.....	16
2.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	16
3 VSTŘIKOVANÉ VÝROBKY	18
3.1 KVALITA VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ.....	18
3.1.1 Vlivy na kvalitu vstříkovaných výrobků.....	18
3.2 TOK POLYMERU PŘI VSTŘIKOVÁNÍ.....	19
3.3 VADY VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ.....	19
3.4 POŽADAVKY NA KONSTRUKCI VÝROBKŮ.....	20
3.4.1 Dělicí rovina.....	20
3.4.2 Zaoblení hran a rohů	21
3.4.3 Úkosity a podkosity	21
3.4.4 Žebra	21
4 VSTŘIKOVACÍ STROJ	23
4.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA	23
4.1.1 Vstříkovací jednotka bez předplastifikace	24
4.1.2 Vstříkovací jednotka s předplastifikací	24
4.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	24
4.3 OVLÁDÁNÍ A ŘÍZENÍ VSTŘIKOVACÍHO STROJE	25
5 VSTŘIKOVACÍ FORMA	26
5.1 NÁSOBNOST FORMY	26
5.2 SMRŠTĚNÍ.....	28
5.3 TEMPERACE FOREM.....	28
5.3.1 Temperační prostředky.....	28
5.4 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM	29
5.5 STUDENÝ VTKOVÝ SYSTÉM.....	30
5.5.1 Vtokový kanál	30
5.5.2 Rozváděcí kanály	31
5.5.3 Přidržovače vtoku.....	31
5.5.4 Vtoková ústí	32
5.5.5 Plné vtokové ústí	32
5.5.6 Bodový vtok	32
5.5.7 Tunelový vtok	33
5.5.8 Boční vtok	34
5.5.9 Filmový vtok	34

5.6	VYHŘÍVANÉ VTKOVÉ SYSTÉMY	35
5.6.1	Isolované vtokové soustavy	35
5.6.2	Vyhřívané trysky	35
5.6.3	Vytápěné rozvodné bloky	36
5.7	VYHAZOVAČÍ SYSTÉMY	37
5.7.1	Vyhazování pomocí kolíků	37
5.7.2	Pneumatické vyhazování	38
5.7.3	Vyhození pomocí stíracích kroužků a desek	38
5.8	RÁM FORMY	39
5.9	MATERIÁLY FOREM	39
6	ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI	40
II	PRAKTICKÁ ČÁST	41
7	CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI	42
8	SPECIFIKACE VÝROBKU	43
8.1	ANALÝZA UMÍSTĚNÍ VTOKU	44
8.2	VSTŘIKOVACÍ STROJ	44
9	NÁVRH A KONSTRUKCE FORMY	46
9.1	TVAROVÉ VLOŽKY	46
9.2	NÁSOBNOST VSTŘIKOVACÍ FORMY	49
9.3	VTOKOVÝ SYSTÉM	49
9.4	KOTEVNÍ DESKA PRAVÉ STRANY VSTŘIKOVACÍ FORMY	50
9.5	TEMPERACE TVAROVÝCH DESEK	51
9.6	VYHAZOVAČÍ SYSTÉM	53
9.7	PRAVÁ STRANA FORMY	54
9.8	LEVÁ STRANA VSTŘIKOVACÍ FORMY	56
9.9	MANIPULACE	57
9.10	SESTAVA FORMY	58
	ZÁVĚR	61
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	63
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	64
	SEZNAM OBRÁZKŮ	66
	SEZNAM TABULEK	68
	SEZNAM PŘÍLOH	69

ÚVOD

V dnešní době se využití plastů pro nejrůznější průmyslová odvětví stále více rozšiřuje. Materiály, jako například (kov, dřevo, keramika, atd.) jsou nahrazovány polymerními materiály. Především z důvodu jejich vlastností, dostupnosti a poměrně snadného zpracování.

Polymery se do požadovaného tvaru uvádějí různými zpracovatelskými technologiemi. Je to například (lisování, vytlačování, válcování, odlévání, tvarování) ale v největší míře se dnes plasty zpracovávají technologií zvanou vstřikování.

Vstřikování taveniny polymeru do dutiny formy je poměrně složitý, tepelně-mechanický proces, který je realizován na vstřikovacím stroji. Tímto způsobem se zhotovují výrobky, které mají charakter již finálního tvaru, nebo polotovary, pro další zkompletování.

Samotná problematika konstrukčního řešení forem má více aspektů. Patří zde technologické zásady návrhu výrobků, konstrukce forem a jejich částí, výroba nezbytných dílců. Ekonomická stránka výroby. Pro každý nový výrobek je nutno individuální řešení formy a tím rostou náklady. Nedílnou součástí při navrhování a konstrukci forem je normalizace. Normalizované díly jsou levnější a zkracují čas při výrobě dílů formy. Mezinárodní firmy jako je (HASCO, STRACK nebo DME), poskytují tyto normy a s kombinací softwarových programů jako je například (CATIA V5 R18) lze sestavit předběžný 3D model formy. Dalšími virtuálními simulacemi lze předcházet konstrukčním chybám a problémům, což je velmi ekonomické.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1. POLYMERNÍ MATERIÁLY

Polymerní strukturu tvoří makromolekulárními řetězce (oproti kovům, které mají svou strukturu uspořádanou do krystalických mřížek). Rozdělují se na dva základní druhy[1]:

- Termoplasty, které mají lineární řetězce, nebo řetězce rozvětvené. Při ohřevu se uvolní soudržnost řetězců a hmota je viskózní. V tomto stavu se může tvářet. Po ochlazení se řetězce dostanou opět do pevného stavu.
- Reaktoplasty mají řetězce příčně propojeny chemickými vazbami a vytváří trojrozměrnou prostorovou síť. Při ohřevu tato síť zvýší svoji pohyblivost, ale řetězce se neuvolní. Při tváření za zvýšené teploty a tlaku probíhá zesíťování. Například elastomery zesíťují při vulkanizaci, čímž se převedou na pryž. Jakmile je chemický proces ukončen, další tváření již není možné.

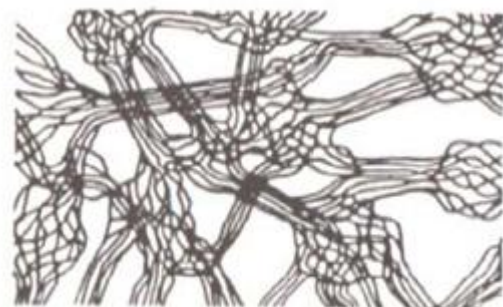
1.1 Termoplasty

Nejrozšířenější polymery pro vstřikování jsou termoplasty. Jejich řetězce tvoří jen jeden druh chemické skupiny zvaný homopolymer. Dále kopolymery, které jsou složeny z více druhů chemických skupin. Termoplasty se podle struktury dělí na:

- Amorfní: prostorové uspořádání řetězců je nepravidelné.
- Semikrystalické: většina řetězců je pravidelně uspořádaná a tvoří krystalické útvary, zbytek je amorfní.



amorfní termoplast

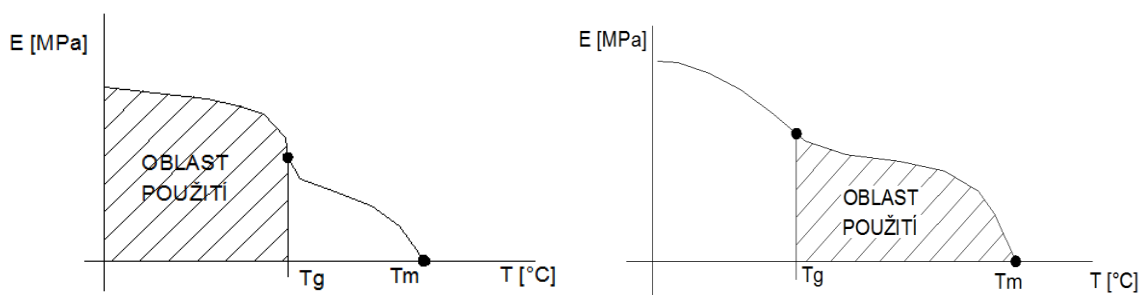


semikrystalický termoplast

Obr. 1 Struktury termoplastů

1.1.1 Využitelnost termoplastů

Využitelnost výrobků z amorfních plastů je pod teplotou skelného přechodu (T_g). Zvyšováním teploty nad (T_g) slábnou kohézní síly mezi makromolekulami a polymer se dostává do plastické oblasti až do viskozního stavu, kdy se zpracovává. Se zvýšením teploty se zvýší i objem polymeru. U semikrystalických polymerů jsou části makromolekul vázány pevněji v lamelách a ve sferolitech krystalické fáze. Zvyšováním teploty nejprve uvolní část makromolekul z amorfni oblasti a poté i ostatní. Současně to doprovází i značný objemový nárůst. Využitelnost plastů tohoto typu je v oblasti nad T_g , mají výhodnou kombinaci pevnosti a houževnatosti nad touto teplotou. [1]



Obr. 2 Oblast využití termoplastu [1]

-vlevo amorfni plast; -vpravo semikrystalický plast

Tab. 1 Teploty skelného přechodu vybraných polymerů

Amorfni plast	T_g [°C]	Semikrystalický plast	T_g [°C]
PS	90-100	PE	-80
hPS	90	PP	-20
ABS	105-115	hom. PE	-50
SAN	115	PT PE	-60
tr. PVC	85	kopol. POM	-113
PMMA	100	EVA	-80
PSU	187	PBT	60
PESU	225	PA 6	45

1.1.2 Zpracovatelské podmínky plastů

Velký vliv na vlastnosti výrobků mají zpracovatelské podmínky. Parametry jako je (teplota, tlak, časové prodlevy) jsou určující pro některé rozměry a také pro mechanicko-fyzikální vlastnosti. Při vstřikování termoplastů dochází ve tvarových dutinách formy

k orientaci makromolekul ve směru proudění hmoty. Následkem je anizotropii hmoty, dále také vnitřní pnutí a nepravidelné smrštění. [1]

Veškeré vlastnosti plastu, uvedené v materiálových listech jsou pouze průměrné hodnoty získané při optimálních zpracovatelských podmínkách a jsou proto jen orientační.

2 VSTŘIKOVÁNÍ

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 do dutiny formy;
- forma, jako nástroj pro vlastní tváření taveniny na součást.

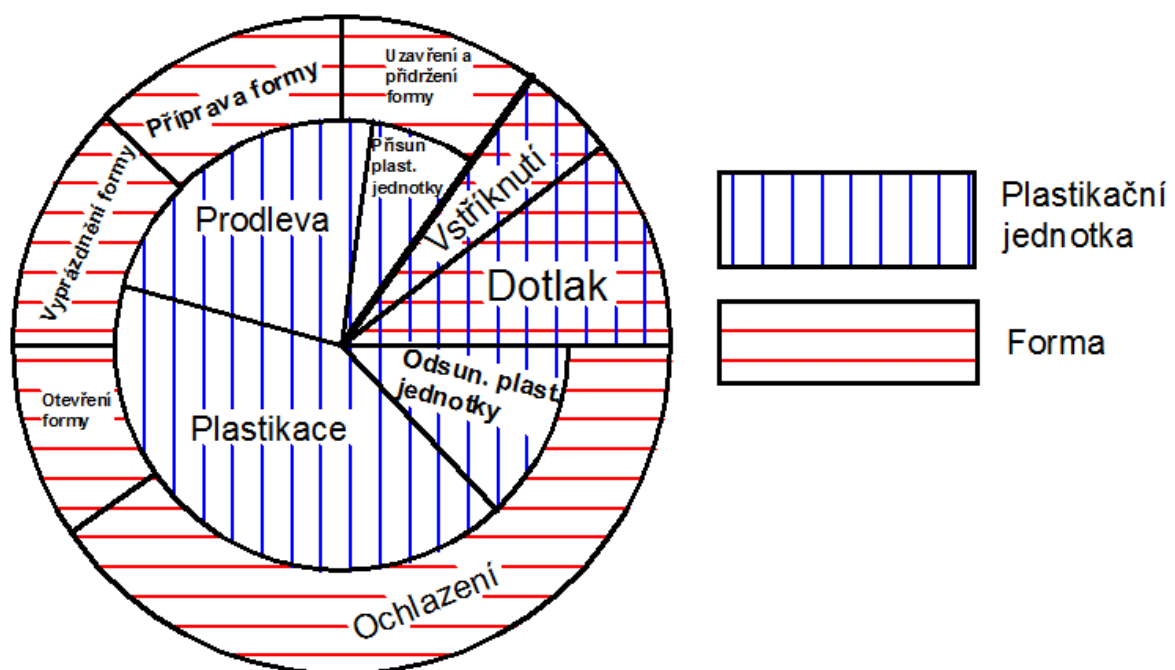
Všechny uvedené faktory ovlivňují vlastnosti a kvalitu výsledného výstřiku (výrobku). Zpravidla se požaduje, aby výstřiky nevyžadovaly náročné dokončovací operace. Vlastní výroba vstřikováním pak probíhá nadávkováním a plastikací polymeru ve vstřikovacím stroji, jeho dopravě za teploty a tlaku do dutiny formy a po ochlazení vyhozením hotového výrobku. [1,4]

2.1 Technologie vstřikování

Vstřikování je nejrozšířenějším způsobem výroby plastových výrobků. Vstřikovacími forem se využívá při zpracování termoplastů, reaktoplastů i kaučukových směsí. Vstřikování se vyznačuje složitým fyzikálním procesem, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a vstřikovací forma. Vstřikováním lze vyrábět výrobky velmi složitých tvarů, které se dále uplatní v automobilovém, leteckém, elektrotechnickém průmyslu, a dalších průmyslových odvětvích. [1,2]

2.2 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus se realizuje na vstřikovacím stroji. Skládá se ze dvou oblastí, z nichž jedna je vzhledem k plastikační jednotce a druhá k formě. Uzavírací jednotka uzavře formu, k ní se následně přisune plastikační jednotka a vstříkne se roztavený materiál do dutiny formy. Před vstupem taveniny do formy se forma musí připravit, příprava spočívá v temperaci, vložení zálistků, závitových jader, apod. Jakmile se forma naplní, začíná tzv. dotlak. Dotlak částečně vyrovnává vliv smrštění, ovlivňuje zbytkové pnutí ve výstřiku a zabraňuje unikání materiálu z dutiny formy. Poté se vstřikovací jednotka oddálí a začne v ní plastikace nové dávky materiálu. Mezitím se výstřik ochlazuje. Po dostatečném ochlazení je vyhozen. Následuje očištění a příprava formy pro další cyklus (prodleva). [1]



Obr. 3 Vstříkovací cyklus [1]

3 VSTŘIKOVANÉ VÝROBKY

Tvar výrobku a jeho vlastnosti musí odpovídat použitému plasty a zvolené technologii. Při konstrukci vstřikovaných součástí je dobré se vyvarovat ostrých hran, náhlých přechodů tloušťky stěn, apod. Zaoblení hran, rohů a koutů usnadňuje tok taveniny a snižuje koncentraci napětí. Při navrhování je nutné dodržet funkční hlediska: [1]

- mechanickou pevnost (dlouhodobou, krátkodobou),
- elektrické vlastnosti (vodivost),
- chemická odolnost,
- optické vlastnosti (průhlednost, barva, lesk).

Dále také zpracovatelská hlediska:

- tekutost (ovlivňuje tloušťku stěny), koncepci zaformování, velikost vtoku, teploty,
- smrštění (určuje výrobní přesnost výrobku),
- citlivost na procesní podmínky.

3.1 Kvalita vstřikovaných výrobků

Vstřikované výrobky nelze vyrobit ve stejné jakosti a přesnosti, jako například kovové výrobky. Jakost povrchu výrobku je obrazem kvality dutiny formy. Běžná přesnost vstřiků je IT12 až IT15. U zpřesněné výroby lze dosáhnout IT9 až IT10, tomu ovšem odpovídají větší náklady. Netolerované rozměry se považují za doporučené. Úkosy se započítávají do rozměrů, nikoli do tolerance. Povrch výrobku může být:

- matný - výrobně nejjednodušší, tím pádem i nejekonomičtější. Zakrývá některé vzhledové nedostatky, jako jsou např. studené spoje, stopy po toku apod.
- lesklý - výrobně nejsložitější a nejnáročnější, nejdražší. Odhalují veškeré nedostatky dutiny formy i technologie výroby.

Realizace dezénu je omezena pouze umístěním ve formě. Jednotlivé druhy se volí podle vzorníku. Zakrývají některé vzhledové nedostatky stejně jako matný povrch. [1]

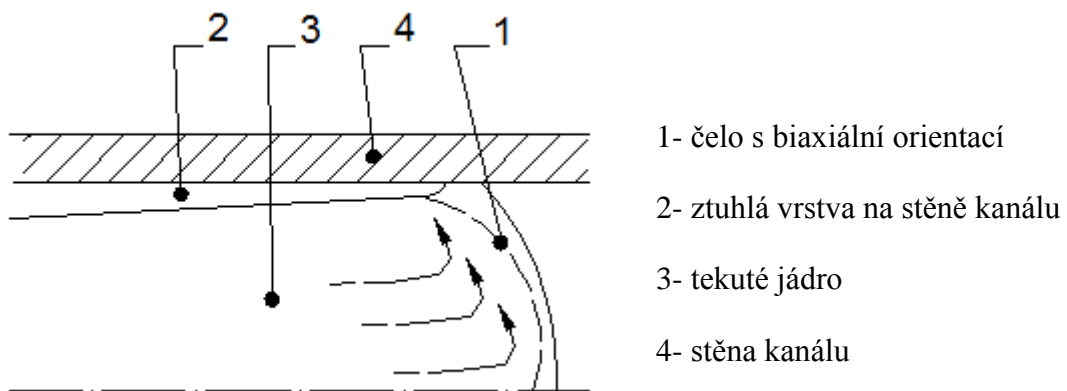
3.1.1 Vlivy na kvalitu vstřikovaných výrobků

- technologie - konstrukce výrobku, nástroj, tvářecí stroj, výrobní cyklus.

- materiál - smrštění, dodatečné smrštění, tečení, teplotní roztažnost, navlhavost.
- metrologie - podmínky při měření a tuhost měřeného výrobku.
- skladování – podmínky skladování a manipulace s výrobkem.
- provozní podmínky – konkrétní užití a umístění výrobků v praxi.

3.2 Tok polymeru při vstřikování

Při zaplňování dutiny formy taveninou nedochází ke skluzu na stěnách, ale vytváří se na nich ztuhlá vrstva taveniny. V ideálním případě se dutina plní tzv. fontánovým tokem.

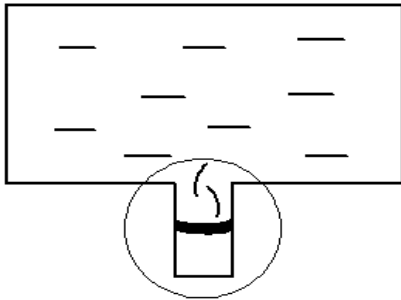


Obr. 4 Schéma fontánového toku

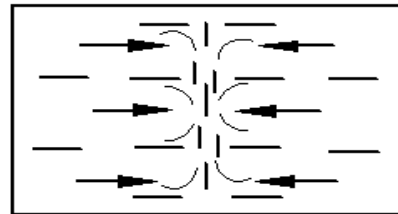
3.3 Vady vstřikovaných výrobků

- deformace - nedostatečné chlazení, velký podkos, špatné vyhazovací kolíky, špatný výběr materiálu,
- křehkost, lámavost - nejčastěji špatné vysušení materiálu,
- delaminace (štípání) - nízkou vstřikovací rychlostí, nebo nízkou teplotou formy,
- bubliny (lunkry) - nízký vstřikovací tlak, špatné odzdušnění, nízká teplota formy, přehřátá hmota, náhlé přechody ze slabé do silné stěny,
- přetoky - nízká uzavírací síla, vysoký vstřikovací tlak, příliš vysoká teplota materiálu při zpracování,
- plastické švy (studené spoje) - nízká teplota zpracovávaného materiálu, nízká vstřikovací rychlost, nízká teplota formy, značná délka toku taveniny,

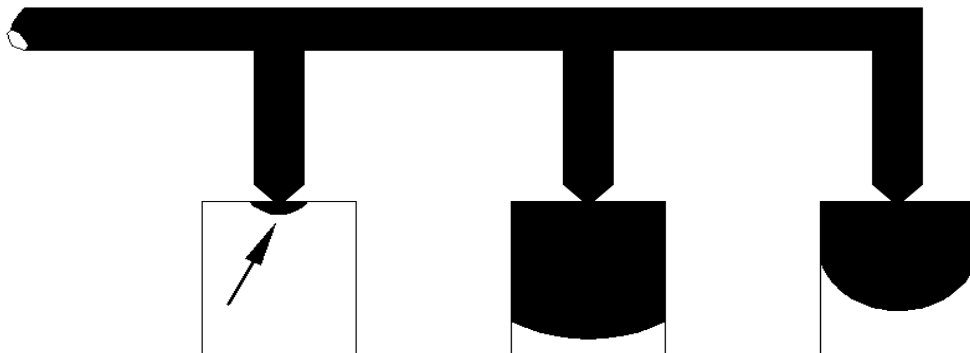
- viditelný paprsek taveniny - nízká teplota zpracovávaného materiálu, nízká teplota formy, malé ústí vtoku, vysoká rychlost vstřikování, chybné umístění vtokového ústí.



Obr. 5 Zamrznutí čela taveniny



Obr. 6 Studený spoj



Obr. 7 Zamrznutí čela taveniny u vícenásobného vstřikování

3.4 Požadavky na konstrukci výrobků

Směrodatný podklad je výrobní výkres, nebo model vyráběné součásti. Konstrukce výrobku se dále odvíjí od samotného zaformování. Správné zaformování musí zohledňovat vhodné umístění dělicí roviny, vtokového a vyhazovacího systému, odvzdušnění, úkosů apod. [1]

3.4.1 Dělicí rovina

Dělicí rovina je plocha, kterou tvoří tvárník a tvárnice dosednuté na sebe při zavření formy. Vzhledem k výrobku se umísťuje tak, aby při odformování bylo výjmutí výstřiku jednoduché a aby stopa po dělicí rovině nepůsobila vzhledové či funkční závady.

Ostatní dělicí roviny jsou pak vedlejší. Nutné u výrobků se zápichy, bočními otvory, nálitky apod. Hlavní dělicí rovina se umísťuje zpravidla do hrany výrobku. Okraj dělicí roviny však nesmí být zesláblý, aby nedošlo k poškození výrobku. [1]

3.4.2 Zaoblení hran a rohů

Díky zaoblení hran, rohů a koutů se usnadní tok taveniny polymeru v dutině formy. Snižuje se v těchto místech i koncentrace napětí a tím se zmenší i opotřebení formy. Rázová houževnatost výrobku se zvýší až o 50%. Naopak ostré přechody (hrany) vyžadují vyšší vstřikovací tlaky.

3.4.3 Úkosy a podkosy

Úkos musí být na všech plochách kolmých k dělicí rovině a to jak na vnějších, tak i vnitřních. Úkos je mírný sklon stěn v dutině formy, který usnadňuje vyjímání výstřiku z formy. Na vnitřních plochách bývají přibližně dvakrát větší než na vnějších, to kvůli smrštění polymerních materiálů. Úkosy úzce souvisí se způsobem vyhazování. Při nulovém vnějším úkosu zůstane výrobek v dutině tvárnice a musí se pak vyhodit vyhazovacími kolíky, nebo stírací deskou. Volbu úkosu ovlivňuje smrštění a elasticita polymeru, povrch stěn formy a automatizace výroby. [1]

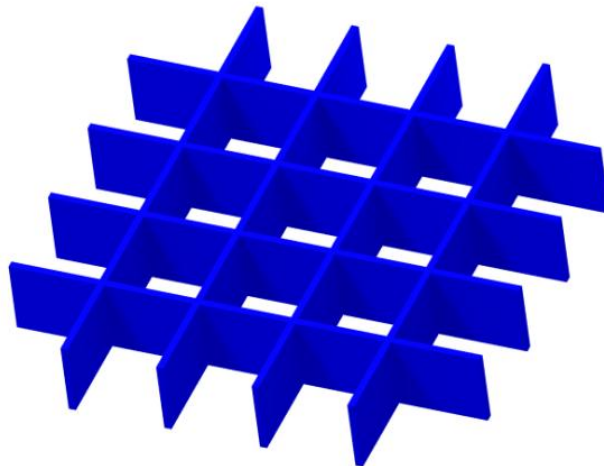
Podkosy sebou nesou obtížné odformování. Zabraňují totiž vyjímání z formy. Někdy se volí záměrně, aby výrobek zůstal na jedné straně formy, kde se následně vyhodí připraveným systémem.

3.4.4 Žebra

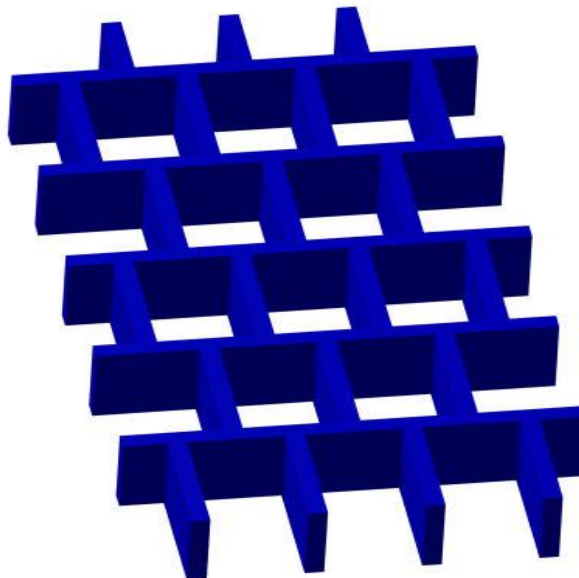
Žebra se konstruují z důvodu eliminace vad, usnadnění výroby a zlepšení vizuálních vlastností. Zvyšují tuhost a pevnost výrobku. Rozdělují se podle účelu na technická, technologická a ozdobná.

Technická žebra zvyšují tuhost a pevnost výrobku. Jejich rozměry souvisí s vlastnostmi vstřikovaného polymeru.

Technologická žebra mají usnadnit výrobu. Jejich účelem je zlepšit tok taveniny, bránit zborcení výrobku a zakrývat jeho povrchové vady.



Obr. 8 Technologická žebra



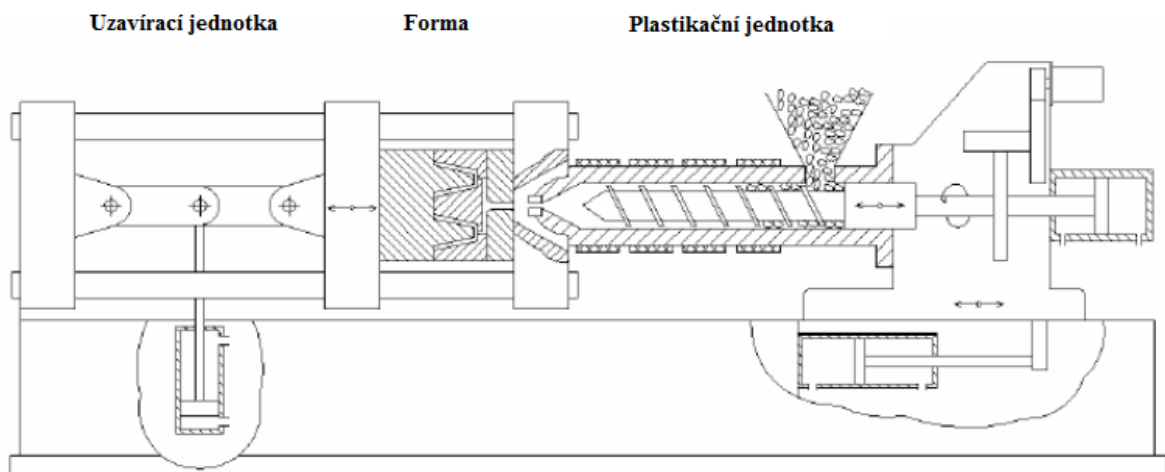
Obr. 9 Technická žebra

4 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací stroj, jako jeden z hlavních činitelů výroby, má nejrůznější uspořádání. Měl by zajistit výrobu výstřiků požadovaných jakostí. Dnes existují vstřikovací stroje různých provedení, stupňů řízení, stálosti a reprodukovatelnosti jednotlivých parametrů, rychlosti výroby, snadné obsluhy i ceny. Konstrukce stroje se určuje podle:

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

Dnes převažují především hydraulické, nebo hydraulicko-mechanické stroje. Především stavebnicového původu. Modulární řešení je uplatňováno jak v oblastech řízení hydrauliky, tak i u vstřikovacích a uzavíracích jednotek. Jejich vzájemnou kombinací se dosáhne optimální konfigurace vstřikovacího stroje. To má přímý vliv na ekonomiku výroby. [1]



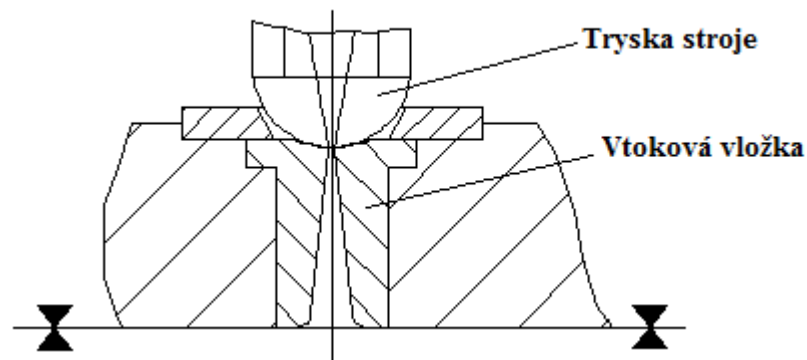
Obr. 10 Vstřikovací stroj[2]

4.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka má za úkol připravit a dopravit roztavený polymer do dutiny formy. Množství materiálu musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Do tavného válce je dopravován zpracovaný plast z násypky pohybem šneku. Plast

je posouván šnekem s možnou změnou otáček přes vstupní, přechodné a výstupní pásmo. Postupně se plastikuje a hromadí před šnekem, současně ho odtlačuje od zadní polohy. [7]

Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku a formu. Přesné dosednutí zajišťuje kulové zakončení trysky a sedlo vtokové vložky formy.



Obr. 11 Dosednutí trysky stroje na vložku formy

4.1.1 Vstřikovací jednotka bez předplastifikace

Ve vstřikovací jednotce bez předplastifikace probíhá plastifikace polymeru v tavní komoře (pístová plastifikace), nebo v pracovním válci (šneková plastifikace). Tavenina je rovnoměrně prohřátá. Doba setrvání materiálu v tavní komoře musí být dostatečně dlouhá, aby došlo k dokonalé plastifikaci zpracovávaného materiálu. Doba setrvání musí být větší než doba ohřevu. [3]

4.1.2 Vstřikovací jednotka s předplastifikací

K zajištění dostatečného plastifikačního výkonu a dokonalé homogenizace směsi se používají vstřikovací jednotky, které mají rozdělené části plastifikační a části vstřikovací. Zpracovávaný materiál se plastikuje v oddělené plastikační jednotce a zpracovaná tavenina se dopravuje do vstřikovacího válce. Odkud se následně vstříkne do formy. Toto uspořádání výrazně zkracuje vstřikovací cyklus. [3]

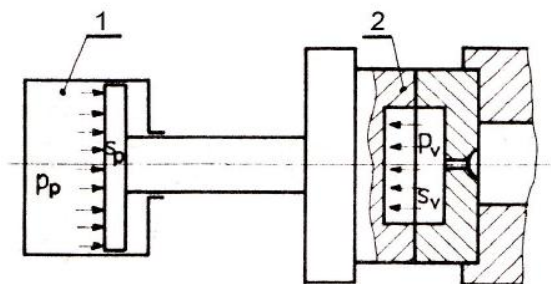
4.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka řídí formu. Zajišťuje její uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Hodnota uzavíracího tlaku je přímo úměrná velikosti vstřikovacího tlaku, ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině. Neměl by být zbytečně předimenzovaný, aby nevznikaly rázy. To by mohlo mít dopad na jakost výrobku. Hlavní části uzavírací jednotky jsou: [1]

- upínací deska,
- opěrná deska pevná,
- uzavírací mechanismus,
- vodící sloupky.

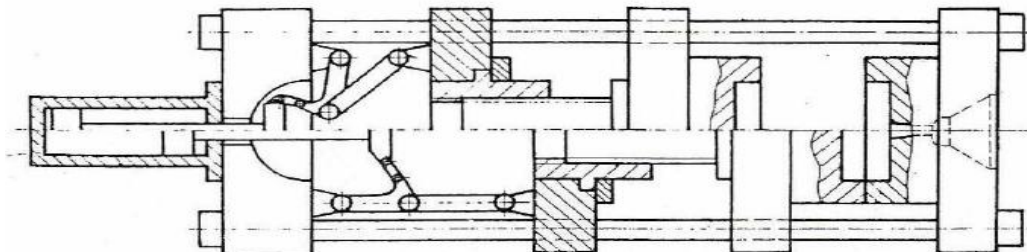
Uzavírací ústrojí se dělí podle pohonu:

- hydraulické,
- hydraulicko-mechanické,
- elektro-mechanické.



Obr. 12 Hydraulická uzavírací jednotka [3]

1-Hydraulický válec, 2- Uzavřená forma



Obr. 13 Hydraulicko-mechanická uzavírací jednotka

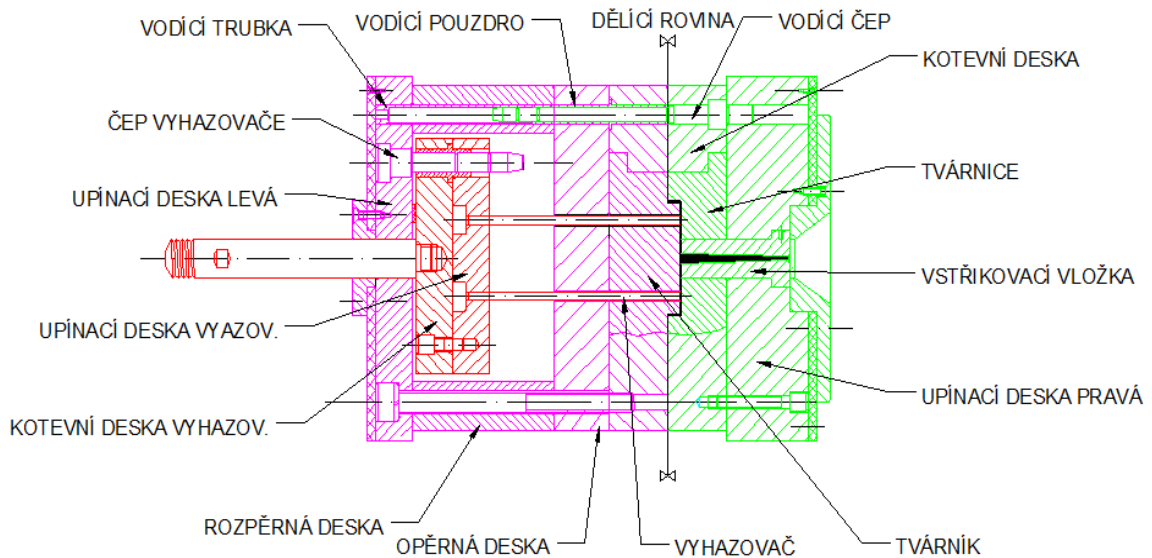
4.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

Snadná obsluha a stupeň řízení je znakem jeho kvality. Stálá reprodukovatelnost technologických parametrů je význačným a nutným faktorem. Pokud nejsou tyto kritéria dodržena, nebo kolísají, projeví se to na přesnosti a jakosti výstřiků. Moderní vstřikovací stroje jsou vybaveny výkonnou procesorovou technikou. Grafické řízení pracovního cyklu umožňuje efektivní přístup k jednotlivým parametrům stroje. Pracovní cyklus je pak lehce kontrolovatelný a případně i upravitelný. [1]

5 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Forma dává vstříknuté tavenině po ochlazení konečný tvar a rozměry výrobku, při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. Její kvalita plní požadavky: [1]

- Technologické – zaručují správnou funkci formy, která musí v požadovaném čase vyrobit stanovený počet součástí v náležité kvalitě.
- Ekonomické – vyznačují se nízkou pořizovací cenou, rychlou a snadnou výrobou dílů při vysoké produktivitě práce a také vysokým využitím plastu.
- Estetické – umožňují vytvářet vhodné prostředí při bezpečné práci. Vyžadují dodržení všech bezpečnostních zásad při konstrukci, výrobě i provozu.



Obr. 14 Základní komponenty vstřikovací formy

Fialová – levá strana formy, Zeleně – pravá strana formy, Červeně – vyhazovací systém

5.1 Násobnost formy

Optimální volba násobnosti formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých činitelů, jako jsou přesnosti výstřiků, množství výstřiků, velikost a kapacita vstřikovacího stroje, ekonomika výroby, požadované termíny dodání. Součásti tvarově náročné vyžadují složité formy, a proto se u nich volí jednonásobná forma. Z hlediska kvality a přesnosti výstřiků je žádoucí, aby byla násobnost co nejmenší. Nerovnoměrná teplota formy i plastu

při plnění jednotlivých dutin, nestejně vstřikovací tlaky, rozdílné dráhy vtoků apod. Způsobují rozměrové nepřesnosti konečných výrobků. Násobnost formy se určuje z několika hledisek:

- Podle vstřikovací kapacity stroje je dána vzorcem :

$$n_1 = \frac{0,8 \cdot M}{A \cdot G} \quad (1)$$

M...vstřikovací objem stroje (gramáž) [g]

G...hmotnost výstřiku [g]

A...koeficient vtokového zbytku (bez vtoků, jinak se pohybuje v rozmezí 1,05 ÷ 2, větší hodnota platí pro malé výstřiky)

- Podle plastikačního výkonu je násobnost dána

$$n_2 = \frac{0,8 \cdot Q_p \cdot t_c \cdot 1000}{A \cdot G \cdot 3600} \quad (2)$$

Q_p...27lastikací výkon stroje [kg/h]

t_c...celková doba cyklu [s]

A,G...dle předchozího vzorce

- Podle velikosti uzavírací síly

$$n_3 = \frac{0,8 \cdot F}{S \cdot p_v} \quad (3)$$

F... velikost uzavírací síly stroje [MN]

S...plocha dutiny a kanálů v dělicí rovině kolmá na směr uzavírací síly [m²]

p_v...vstřikovací tlak [MPa]

Spolehlivost uzavření formy je dána 20% rezervou.

Požadavek ekonomiky jak výroby formy, tak i výroby výstřiků je jednoznačný pro větší počet tvarových dutin. Zajistí se tím snadněji požadovaný počet kusů při nižších výrobních nákladech. Optimální násobnost formy lze vypočítat z rovnice.

$$n_{opt} = \sqrt{\frac{t_c \cdot K_p \cdot N}{3600 \cdot K_f}} \quad (4)$$

K_p ...provozní náklady formy [Kč]

N ...celková produkce životnosti formy [ks]

t_c ...doba cyklu [s]

K_f ... míra amortizace formy

Vhodná násobnost formy je nejnižší hodnota ze vztahů $n_1 \div n_3$. Pokud je stanovená násobnost větší než hodnota z n_{opt} , je nutné zvolit jiný vstřikovací stroj. [1]

5.2 Smrštění

Jeho velikost je rozdíl mezi rozměrem dutiny formy a skutečným rozměrem ochlazeného výstřiku. Jeho velikost závisí především na teplotní roztažnosti vstřikovaného plastu. Je to trvalá změna rozměru výrobku po jeho vyjmutí z dutiny formy. Uvádí se v %. Smrštění se dělí na dvě časové fáze. Provozní smrštění se stanoví 24 hodin po výrobě a představuje až 90% z jeho celkové hodnoty. Zbýlých 10% se nazývá dodatečné smrštění, které probíhá poměrně dlouho a závisí na typu polymeru. Smrštění lze urychlit temperací. [1,2]

5.3 Temperace forem

Temperací vstřikovacích forem se rozumí ochlazování, nebo ohřev tvářecích částí formy (tvárníku, tvárnice) pomocí temperačního média na požadovanou teplotu před začátkem produkce a udržení této teploty během výroby v požadované toleranci. Před zahájením výroby se musí forma vyhřát na pracovní teplotu, přebytečné teplo se z formy odvádí temperační soustavou. Temperace souvisí s procesem tuhnutí a chládnutí polymeru. Začíná již při vstřikování, pokračuje při dotlaku který kompenzuje smrštění plastu a trvá až do okamžiku otevření formy a vyhození výrobku. Proces chlazení je nejdělsí částí vstřikovacího cyklu. Teplota temperačního média je vyšší než teplota okolí a nižší než teplota vstřikovaného polymeru. [5]

Z ekonomického hlediska by mělo být ochlazování a tuhnutí co nejrychlejší, na druhou stranu by však z technologického hlediska mělo probíhat pomaleji tak, aby odvod tepla z taveniny byl rovnoměrný a zabránilo se případným rozměrovým změnám a vadám. [5]

5.3.1 Temperační prostředky

Temperační prostředky představují média, která svým působením umožňují formě pracovat v optimálních tepelných podmínkách. Rozdělují se na:

- Aktivní, působí přímo ve formě. Přivádí nebo odvádí teplo z formy.
- Pasivní, svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy.

Jejich volba je ovlivněna především koncepcí formy a požadavky na technologii výroby. Používají se většinou ve vzájemné vazbě.

U aktivních způsobů temperance se nejvíce využívá kapalin (voda, olej), které proudí nuceným oběhem temperenčních kanálků uvnitř formy. Dochází k přestupu tepla mezi formou a kapalinou za předpokladu jejich rozdílných teplot. Vzduch se používá buď jako volné proudění (při odvodu tepla z formy a při chlazení tvarových částí po čas otevření formy), nebo nuceného proudění působením přetlaku či podtlaku. Topné elektrické články se využívají zejména k temperaci forem s vyšší teplotou v případě, kdy ztráty do okolí jsou větší, než ztráty dodané vstřikovaným polymerem. [5]

5.4 Odvzdušnění forem

Odvzdušnění tvarových dutin forem nepatří k dominantním problémům při jejich navrhování. Důležitost obvykle vyplyne až při zkoušení hotového nástroje, kdy odvzdušnění může být příčinou nekvalitního vzhledu výstřiku, nebo jeho nízkých mechanických vlastností. Problémy s odvodem vzduchu je možno řešit již při konstrukci formy. Vzduch může uniknout kolem vyhazovacích kolíků nebo v dělicích rovinách, případně se konstruuji odvzdušňovací kanály. [2]

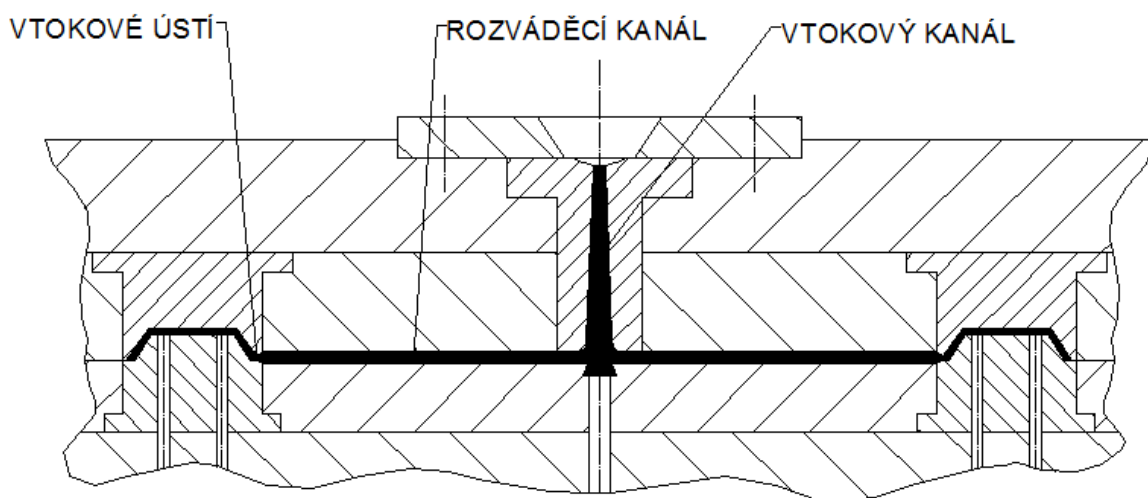
Dutina formy je před vstřikováním naplněna vzduchem. Při jejím plnění taveninou je třeba zajistit únik vzduchu a případných zplodin. [2]

Tab. 2 Doporučené mezery v dělicí rovině [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
Strukturní pěny	do 0,1

5.5 Studený vtokový systém

Při návrhu a volbě vtokového systému je třeba mít na paměti, že se tavenina vstříkuje velkou rychlostí do poměrně studené formy. Naplnění dutiny formy má proběhnout v co možná nejkratším čase a s minimálními odpory. Viskozita roztaveného polymeru se při průtoku studeným vtokovým systémem na vnějších stranách prudce zvyšuje a uvnitř je nejnižší. Funkčnost studeného vtokového systému musí zabezpečit, aby dráha, která vede ke všem dutinám, byla stejně dlouhá a tím se zajistilo rovnovážné plnění. [1]



Obr. 15 Studený vtokový systém formy

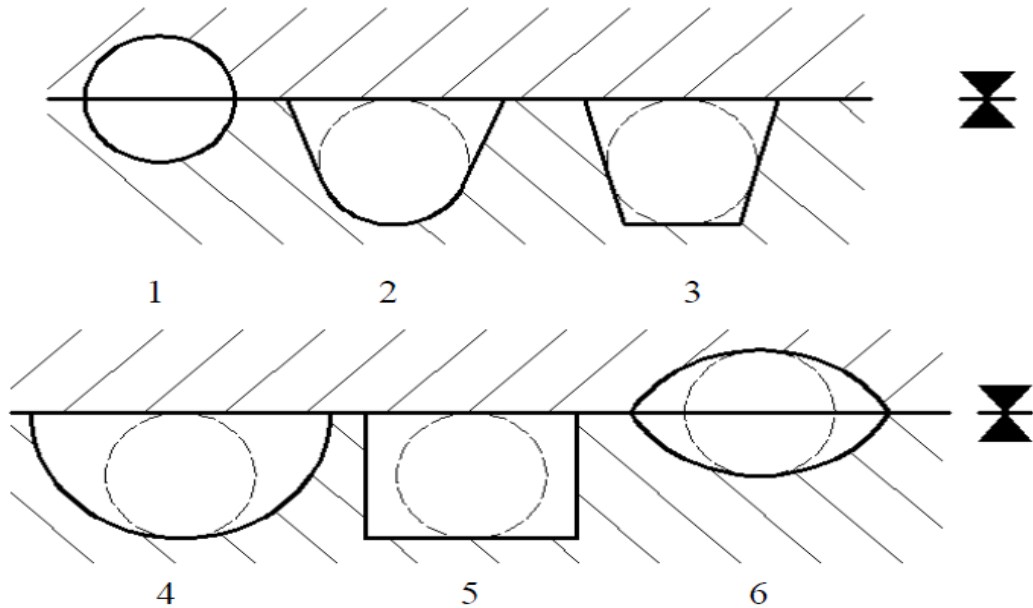
5.5.1 Vtokový kanál

Nejčastěji používaný vtokový kanál má kuželový průřez, který je vytvořený ve vtokové vložce. Tato vtoková vložka je velmi tepelně a mechanicky namáhána. Proto se vyrábí z otěruvzdorné nástrojové oceli a je tepelně opracována na tvrdost (55-60) HRC, leštěna na Ra 0,1 s úkosem 0,5 - 1,5°. Dosedací plocha pro trysku stroje má o téměř 1mm větší poloměr s ostrými hranami. Průměr kanálu je o 1mm větší, než průměr otvoru trysky vstříkacího stroje.

Pokud vtokový kanál ústí do rozvodného systému kanálů, pak by měl mít vtokový kanál průměr o 1,5mm větší, než je největší tloušťka stěny výstříku, nebo stejný, jako je rozvodný kanál. V místě spojení se doporučuje uvažovat jímku čela taveniny, kterou konstruujeme, jako přidržovač vtoku. [1]

5.5.2 Rozváděcí kanály

Vtokový rozváděcí kanál slouží u vícenásobných forem k dopravě roztaveného polymeru do dutin tvořených tvárnicí a tvárníkem. Měl by mít při minimálním povrchu co největší průřez. Takový kanál má minimální ztráty ochlazováním. Této podmínce odpovídá kruhový kanál, ale z výrobních důvodů se volí kanál lichoběžníkový.

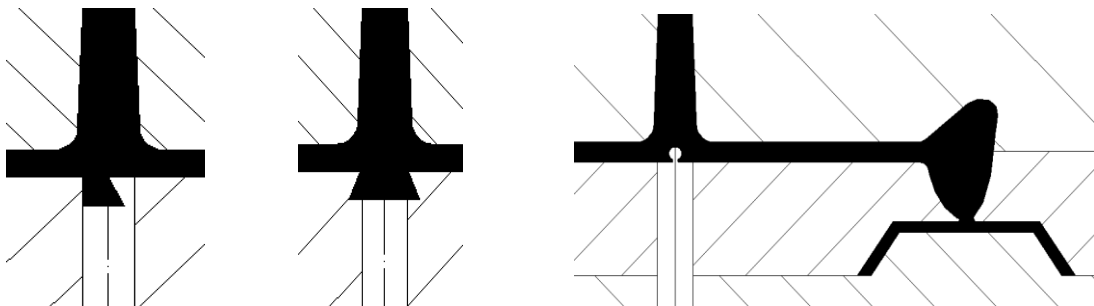


Obr. 16 Průřezy vtokových rozváděcích kanálů [4]

1,2,3 – správně; 4,5,6 – chybně

5.5.3 Přidržovače vtoku

Mají za funkci přidržet vtokový systém na levé straně vstříkovací formy.



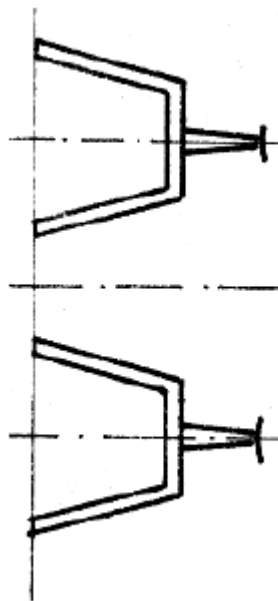
Obr. 17 Ukázky přidržovačů vtoku

5.5.4 Vtoková ústí

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. (pozn.: u velkoobjemových výrobků se používá plného, nezúženého vtoku). Vtokové ústí zvyšuje klesající teplotu taveniny, omezuje strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím vytváření povrchových defektů. Jeho umístění má rozhodující vliv na vzhled a kvalitu vstříkovaného výrobku. Vtokové ústí se volí co nejmenšího průřezu a co možná nejkratší, musí však umožnit spolehlivé naplnění dutiny formy i případné působení dotlaku. Stopa po vtokovém ústí musí být snadno začistitelná. [1]

5.5.5 Plné vtokové ústí

Využívá se u jednonásobných forem. Z důvodu velikosti plného kuželového vtoku se volí tak, aby nebyl na pohledové straně výrobku. I když se dá odstranit, může po něm zůstat stopa.[1]

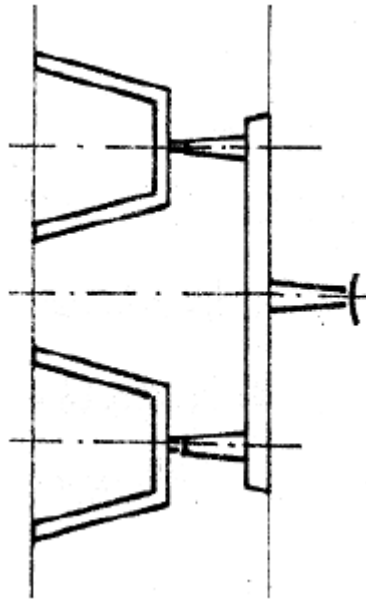


Obr. 18 Plné vtoky

5.5.6 Bodový vtok

Je nejznámější typ zúženého vtokového ústí, které leží mimo, nebo v dělicí rovině. Může vycházet přímo z vtokového kanálu, z předkomůrky, nebo z rozváděcích kanálů. Vyžaduje systém třídeskových forem, kde se nejprve odtrhne vtokové ústí a následně se otevře dělicí rovina s tvarovou dutinou. Po odtržení vtokového ústí může zároveň dojít

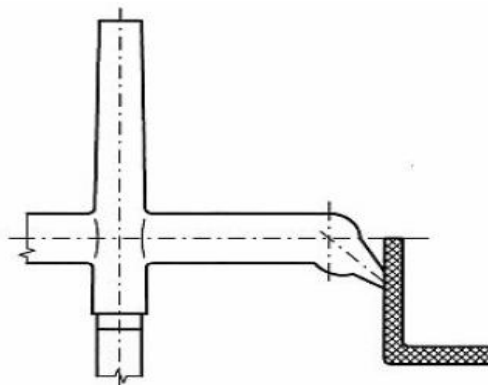
k odtržení materiálu na výrobku, tomu lze zabránit vytvořením čočkovitého nálitku proti ústí vtoku. Bodový vtok se nedoporučuje pro výrobky větších rozměrů z méně viskózních a plněných polymerů.[1]



Obr. 19 Bodový vtok

5.5.7 Tunelový vtok

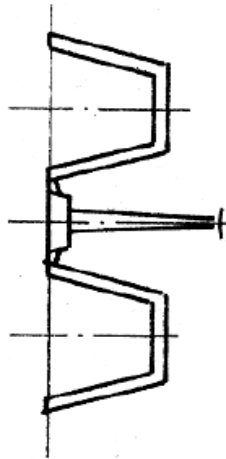
Je zvláštním případem bodového vtoku, který má tu výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělicí rovině jako výrobek a tak není nutné konstruovat třídeskový systém formy, ale je výrobně náročný. Předpokladem je existence ostrých hran pro oddělení vtokového zbytku od výrobku. Oddělení vtokového zbytku se provádí při otevření formy, nebo při vyhazování výrobku.[1]



Obr. 20 Tunelový vtok

5.5.8 Boční vtok

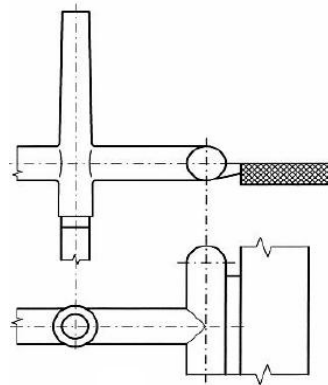
Je také typem zúženým vtokovým ústím, které leží v dělicí rovině. Průřez bývá většinou obdélníkový. Je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším vtokovým ústím. Při odformování zpravidla zůstává výstřik od vtokového zbytku neoddělený. Vtokový zbytek se odděluje zvláštním odřezávacím zařízením, které je při automatickém cyklu součástí formy.



Obr. 21 Boční vtoky

5.5.9 Filmový vtok

Je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí hlavně k plnění kruhových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. Od filmového vtoku se vyžaduje dodržení rovinnosti, přímosti a přesnosti tvaru výstřiku. Rozvedení taveniny do jednotlivých míst vtokového ústí není rovnoměrné. Tlak klesá s rostoucí vzdáleností od rozváděcího kanálu. To se řeší poměrnou tloušťkou ústí, nebo rozváděcího kanálu.



Obr. 22 Filmový vtok

5.6 Vyhřívání vtokových systémů

Jedná se o metodu bez vtokového zbytku. Ušetří se tak materiál i práce. Realizuje se za pomoci vyhřívání vtokových soustav. Takové soustavy dnes mají vyhřívání trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. Mezi výhody patří: [1]

- umožňuje automatizaci výroby,
- zkracuje výrobní cyklus,
- snižuje spotřebu polymeru,
- snižuje náklady na dokončovací operace a odstranění vtokových zbytků,
- odpadá manipulace a regenerace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování.

Tato technologie spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje jen bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. Avšak i tento princip sebou nese své nevýhody, ke kterým patří: [1]

- podstatně složitější a nákladnější formy,
- nutnost využití služeb firem, zabývajících se touto problematikou,
- technicky zdatný personál (konstruktér, technolog, pracovník ve vstřikovně),
- ekonomickou výhodnost je třeba posuzovat z hlediska celého výrobního procesu.

5.6.1 Isolované vtokové soustavy

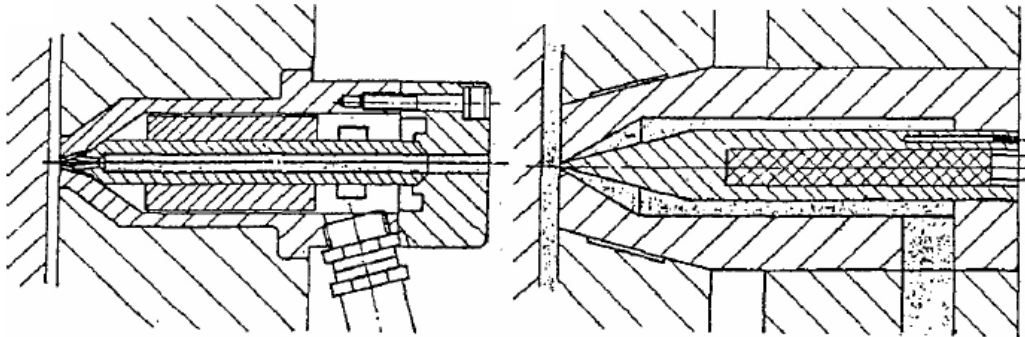
Pracují na principu vlastní termoplastické izolace v okrajových vrstvách vtokových kanálů, nebo předkomůrky. Tryska nemá vlastní vytápění. Její teplotu udržuje větší vrstva taveniny svou tepelně izolační vlastností, nebo je ohřívána nepřímo. [1]

5.6.2 Vyhřívání trysky

Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Výrazně umožňuje zlepšit technologické podmínky vstřikování. Konstrukční provedení přímo ohřívání trysky je charakterizováno dvěma způsoby: [1]

- Trysky s vnějším topením, kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Z vnějšku je kolem tělesa trysky umístěno topení.

- Trysky s vnitřním topením. U tohoto systému tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku (torpedo).

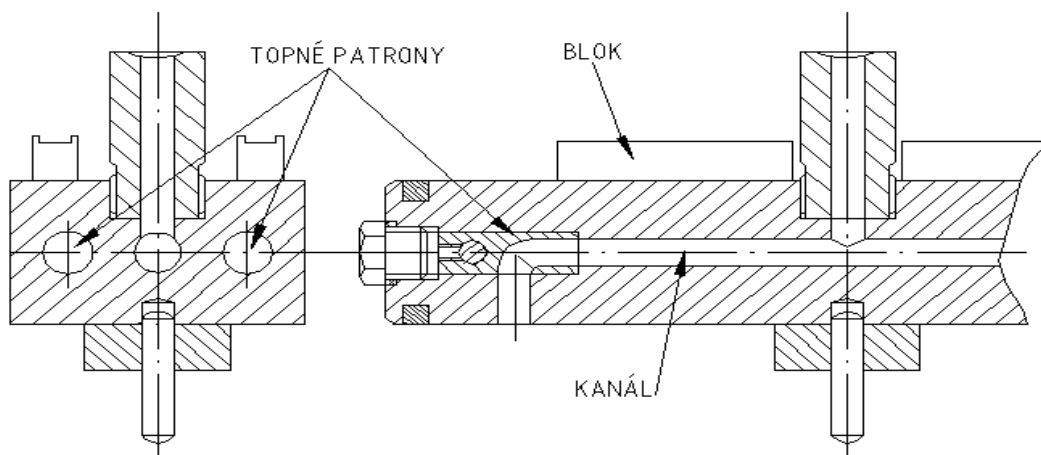


Obr. 23 Přímě ohřívání trysky

-vlevo s vnějším; -vpravo s nitřním vytápěním

5.6.3 Vytápěné rozvodné bloky

Vstřikovací formy s rozvodným blokem se využívají v kombinaci s vyhříváními, nebo i izolovanými tryskami. Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Rozváděcí blok je ocelový, uložen mezi upínací a tvarovou deskou v pevné části formy. Musí být tepelně izolován od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou. Vytápěň je nejčastěji zvenku elektrickým odporovým topením, nebo topnými patronami zevnitř. Výkon ohřevu rozvodného bloku musí být takový, aby se dosáhlo rychlého ohřevu, dostatečné teploty pro ideální tok taveniny v bloku i případně trysce a co nejnižších tepelných ztrát.[1]



Obr. 24 Vnitřní vytápění rozvodného bloku

5.7 Vyhazovací systémy

Po dokončení vstřiku polymeru do dutiny formy a ochlazením výstřiku následuje její otevření a vyhození hotového výrobku z formy. K tomu slouží vyhazovací systém, který se používá hlavně k automatizaci výroby. K vyhazování se používají vyhazovací kolíky, stírací deska, stlačený vzduch, případně jejich kombinace. Rozhodujícím faktorem pro volbu vyhazovacího systému je vyhazovací síla. Tato síla závisí na: [1]

- smrštění výstřiku ve formě,
- na adhezi plastu vzhledem k lici formy,
- na podtlaku vzniknutém při vyhazování,
- na pružných deformacích formy.

Základní podmínkou správného vyhazování je hladký povrch a úkosovitost stěn ve směru vyhazování. Vyhazovací systém musí výrobek vysunout rovnoměrně, aby nedošlo k jeho poškození. Mimo výstřiku se vyhazuje i vtokový zbytek. [1]

5.7.1 Vyhazování pomocí kolíků

Vyhazovací kolíky jsou nejčastěji válcové o průměru 3 – 20 mm. Osazené vyhazovací kolíky musí být zajištěny proti natočení. Jsou zakotveny v horní desce vyhazovače. Vyhazovací kolík je lícován pouze ve formě; všude jinde je uložen s vůlí v desetinách mm. Zdvih rámu musí být větší o 5 – 10 mm než minimální zdvih potřebný pro vyhození výstřiku. Polohu vyhazovače omezují narážky, které se upraví na správný rozměr až při seřizování formy. Do zpětné polohy vrací desku vyhazovače vratný kolík. Vyhazování pomocí kolíků je nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výstřiku z formy. Můžeme je použít vždy, když je lze umístit proti ploše výstřiku. [4]



Obr. 25 Válcový vyhazovací kolík

Nejjednodušší a nejpoužívanější vyhadzovací kolík. Používají se zpravidla ve větším počtu, kvůli rozložení tlaku na plochu výrobku. Zanechává stopy na výstřiku, a proto působí na jeho nepohledovou stranu.



Obr. 26 Trubkový vyhazovač

Je to speciální případ stírací desky, kdy na výrobek působí plocha mezikruží. Tlak je rovnoměrně rozložen na jeho plochu a tím není výrobek namáhán tolik, jako například u válcových kolíků.



Obr. 27 Prizmatický hranatý vyhazovač

Prizmatické vyhazovače se používají při požadavku malé dotykové plochy mezi vyhazovačem a výstřikem. Patří zde i vyhazovače, které na výrobek působí bodově.

5.7.2 Pneumatické vyhazování

Tento způsob vyhazování závisí na zavedení stlačeného vzduchu mezi výstřik a lící formy. Tím se docílí rovnoměrné oddělení výstřiku, vyloučí se místní přetížení, odstraní se stopy po vyhazovačích na výstřiku. Nevýhodou je omezení použití pneumatického vyhazování jen na některé tvary výstřiků. [4]

5.7.3 Vyhození pomocí stíracích kroužků a desek

Vyhazovače vtokového zbytku jsou buď pevné, nebo odpružené. Po otevření formy vtokový zbytek zůstane na pohyblivé části formy a dalším pohybem se vyhodí účinkem

narážky nebo pružiny. Při vyhazování lze také současně oddělovat vtokový zbytek od výstřiku. Výstřik je možno odtrhnout přidržením vtokového zbytku, přidržením výstřiku v pevné části formy, případně odsunutím výstřiku nebo vtokového zbytku šikmými čepy. Jinou možností je zachycení vtokového zbytku v kanále tvaru (U). [4]

5.8 Rám formy

Rám se skládá ze součástí tvořící nosnou konstrukci tvářecích dílů a ovládacích mechanismů formy. Představuje skupinu vzájemně spojených desek, vodícím, středícím a spojovacím příslušenstvím. Při navrhování desek je nutno myslet na dostatečnou tuhost celé soustavy, zvláště pak pravé, pevné části. Spojený celek pak tvoří tvarový nosič tvarových dutin a vtoků přímo v deskách, nebo ve zvláštních vložkách. Velikost a uspořádání se volí individuálně podle potřeby. Pro usnadnění konstrukce i výroby se dnes používají nej-různější typizace a nabídky normálií jednotlivých dílů. [1]

5.9 Materiály forem

Formy a jejich součásti se vyrábějí ponejvíce z kovových materiálů, mezi nimiž nejvíce převládají ocele. Požaduje se, aby ocele byly vysoce homogenní a měly přiměřenou tvrdost. S ohledem na možnost leštění tvářecích částí by jejich tvrdost neměla klesnout pod 30 HRC a v případě požadavku zrcadlového lesku dokonce pod 54 HRC. Formy, ve kterých se mají tvářet lepidivé hmoty, vyžadují právě vysoký lesk. Oděruvzdorné oceli s tvrdostí 62 – 64 HRC se volí pro zpracování materiálů s abrazivními účinky. Pro materiály s agresivními účinky (PVC, UF) se volí korozivzdorné materiály forem. Mezi ocelmi jsou to zpravidla druhy třídy 16 nebo 19. [4]

Tab. 3 Přehled tříd ocelí [4]

10	stavební ocele	
11	strojní ocele	
12	ušlechtilé uhlíkové ocele	
13	slitinové ocele	Mn, Si, Mn-Si
14	slitinové ocele	Cr, Cr-Mn, Cr-Si, Cr-Al
15	slitinové ocele	Cr-Mo, Cr-V, Mn-Cr-Mo, Mn-Cr-V, Cr-Mo-V, Cr-Mo-Al
16	slitinové ocele	Ni, Ni-Cr, Ni-Cr-Mo
19	speciální ocele	

6 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

V teoretické části bylo nejprve popsáno rozdělení nejčastěji vstřikovaných polymerů, následně pak princip a technologie vstřikování a vstřikovací cyklus. Dále jsou uvedeny výrobky vyráběné vstřikováním, jejich kvalita, vady, přesnost a konstrukční požadavky na výrobu. Následuje popis vstřikovacího stroje a uzavíracích jednotek. Poslední část se zabývá vstřikovací formou, kde je popsána volba násobnosti formy, vysvětleno smrštění polymeru v dutině formy, způsoby temperance. Dále byl popsán SVS, rozvod taveniny formou, způsoby a řešení vtokových kanálů. Poté je vysvětlena problematika VVS, její principy a realizace. Následně bylo shrnuto vyhazování výrobků z formy, používané součásti a systémy. Nakonec byly nastíněny rámy a materiály, používané při vstřikování polymerů.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI

V bakalářské práci by mělo být dosaženo těchto cílů:

- Konstrukce 3D modelu zadaného plastového dílce.

Zadaným výrobkem je kryt alternátoru motorového vozidla. Předlohou pro modelování je reálný výrobek od nejmenované firmy. Konstrukce modelu byla provedena v programu CATIA V5R19.

- Návrh a konstrukce vstřikovací formy pro zadaný díl.

Vstřikovací forma obsahuje všechny nezbytné prvky, pro výrobu zadaného plastového výrobku. Forma bude zhotovena dvojnásobná. Požadavkem je použití vyhřívaného rozvodného bloku s horkými tryskami. Ostatní systémy a prvky jsou volitelné. Konstrukce modelu byla opět provedena v programu CATIA V5R19 s použitím normálií z přídatného modulu HASCO DAKO.

- Zhotovení 2D řezu vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku.

2D dokumentace byla zhotovena na optimální formát výkresu. Obsahuje popisové pole, veškeré potřebné pohledy, příslušné řezy, pozice a kusovník. Vše v souladu se zásadami technického kreslení.

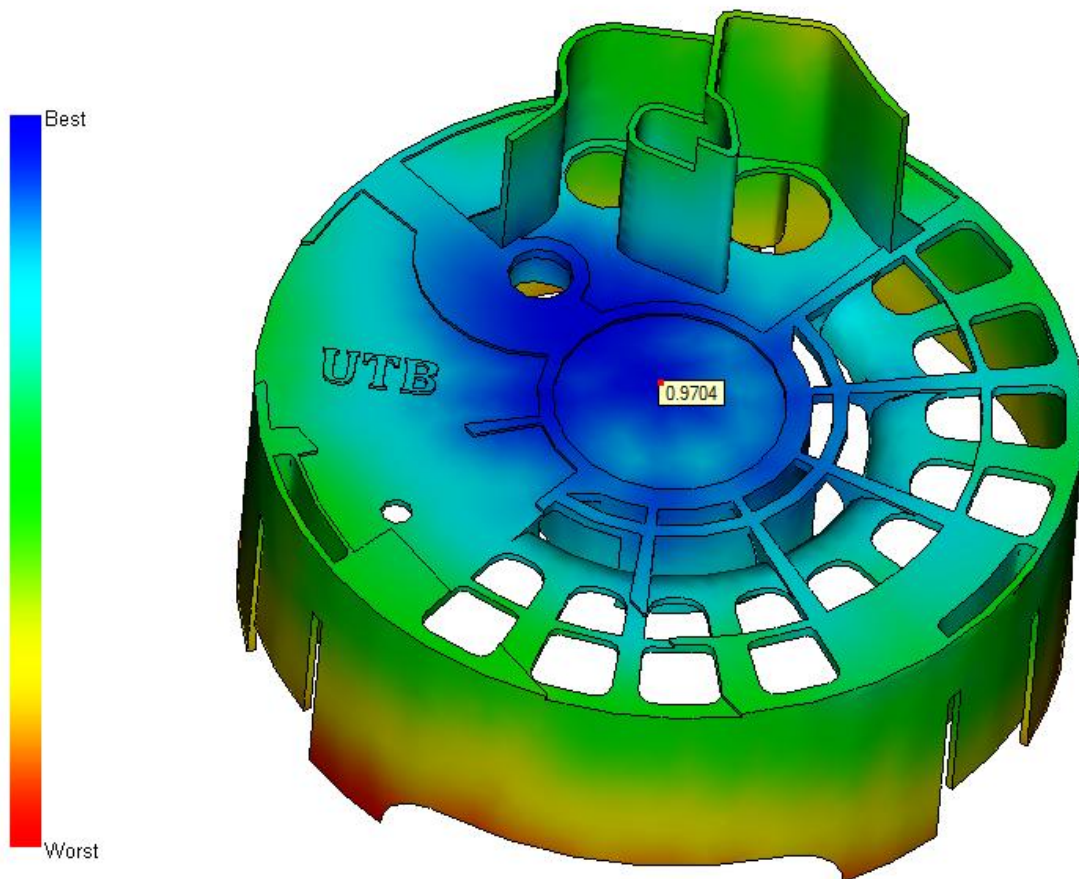
8 SPECIFIKACE VÝROBKU

Vstříkovaným výrobkem je kryt alternátoru motorového vozidla. Kvůli větší členitosti součásti jsou voleny vnější úkosy 3° s ohledem na snadnější odformování. Zvoleným materiálem je PA6 plněný 33% skelných vláken. Obchodní název je ULTRAMID 82336 HS. Tento materiál a jeho vlastnosti jsou voleny z katalogu firmy BASF, která je celosvětově největší chemickou společností. Smrštění PA6 je ve směru toku 0,15% a ve směru kolmo na směr toku 0,93%.



Obr. 28 Model vstříkovaného výrobku.

8.1 Analýza umístění vtoku



Obr. 29 Analýza vtoku

Výsledný výrobek byl podroben analýze nejvhodnějšího umístění vtokového systému. Analýza vhodného umístění vtoku byla provedena v programu AUTODESK SIMULATION MOLDFLOW SYNERGY 2014. Červená barva značí nejnevhodnější pozici umístění, modrá naopak nejvhodnější. Po této analýze bylo rozhodnuto, že se vtok bude nacházet v ose výrobku. Umístění vtoku bylo zvoleno v souladu s výsledky analýzy.

8.2 Vstřikovací stroj

Nejdůležitějšími faktory při volbě vstřikovacího stroje jsou přesnost a kvalita vstřikované součásti, kapacita tavicí komory, vzdálenost mezi sloupky a v neposlední řadě eko-

nomika výroby. V mém případě byla zvolena dvojnásobná forma, tzn. výroba dvou výstřiků na jeden pracovní zdvih. Celkový objem formy činí $29,2 \text{ cm}^3$. Zvoleným vstřikovacím strojem je ARBURG ALLROUNDER 420 C.

Hlavní parametry vstřikovacího stroje:

- Uzavírací síla: 1000 [kN]
- Maximální objem výstřiku: 182 [cm³]
- Minimální zdvih stroje: 250 [mm]
- Vzdálenost mezi vodícími sloupky: 420x420 [mm]
- Maximální otevření: 500 [mm]
- Velikost upínací desky: 570x570 [mm]
- Maximální vyhazovací síla: 40 [kN]
- Maximální zdvih vyhazovače: 175 [mm]
- Celkový příkon stroje: 33,9 [kW].
- Maximální vstřikovací tlak: 2120 [bar]
- Maximální kroutící moment šneku: 550 [Nm]
- Maximální přítlačná síla trysky: 60 [kN]

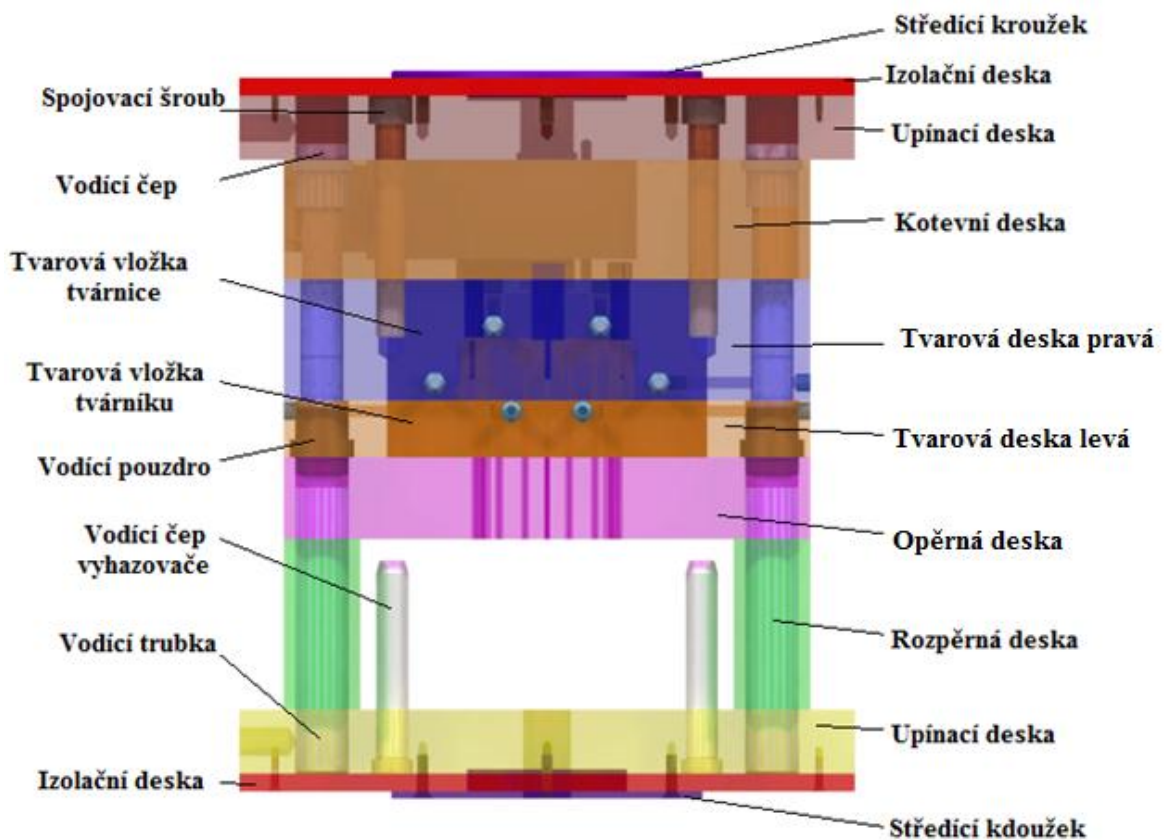


Obr. 30 Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 420 C

9 NÁVRH A KONSTRUKCE FORMY

Zásadním krokem pro návrh vstřikovací formy bylo zhotovení modelu tvářecích desek. Tyto desky byly následně vloženy do univerzálního rámu, který byl volen a následně vygenerován z katalogu firmy HASCO. Veškeré modely, jejich sestavy a výkresová dokumentace, byly provedeny v programu CATIA V5 R19. Normálie a speciální součásti byly vloženy z přídatného modulu HASCO DAKO.

Na Obr. 31. Je vidět sestava formy s popisem jednotlivých částí.

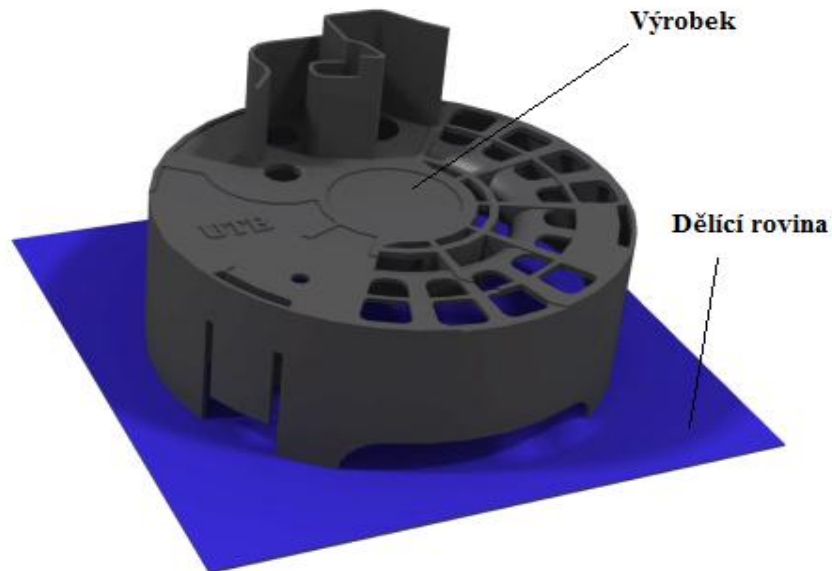


Obr. 31 Schéma zvoleného rámu

9.1 Tvarové vložky

Tvárník a tvárnice udávají výsledný tvar a jakost hotového výrobku, proto je při jejich navrhování nutné zvážit všechny faktory, ovlivňující tento tvářecí proces. Správné umístění dělicí roviny zajistí bezproblémovost při odformování ochlazené taveniny. V našem případě je dělicí rovina navržena s ohledem na požadovaný tvar výrobku. Tvaro-

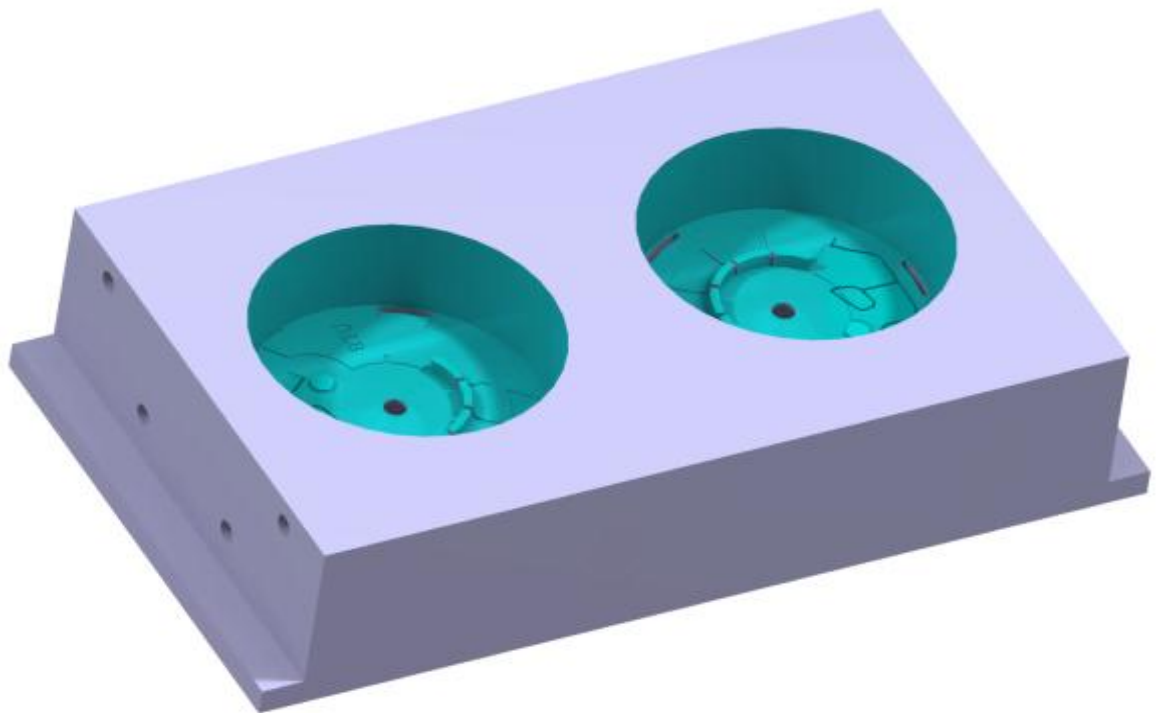
vé části byly zvětšeny o smrštění vůči hotovému výrobku a byli přidány úkopy pro snadnější odformování.



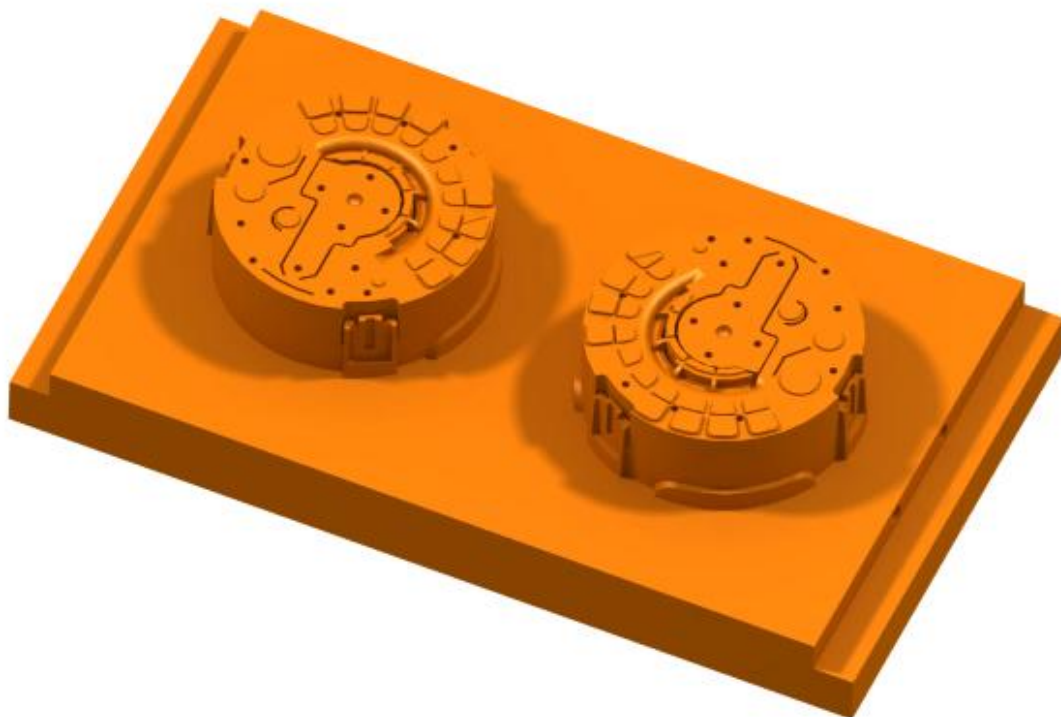
Obr. 32 Určení dělicí roviny

Tvarové vložky jsou opatřeny osazením, které zajišťuje přesné uložení tvarových vložek ve vstřikovací formě. Díky osazení není potřeba používat další upínací prvky např. šrouby. Tvarové vložky mají následující výhody:

- Při porušení tvarové vložky se nemusí měnit celá deska ale pouze jen vložka.
- Tvarová vložka se většinou vyrábí z nástrojové oceli, není tedy zapotřebí vyrábět celou desku z nástrojové oceli, ale pouze jen vložku.
- Je možné použít stejnou vstřikovací formu pro výrobu různých výrobků, pouze se vymění tvarová vložka.



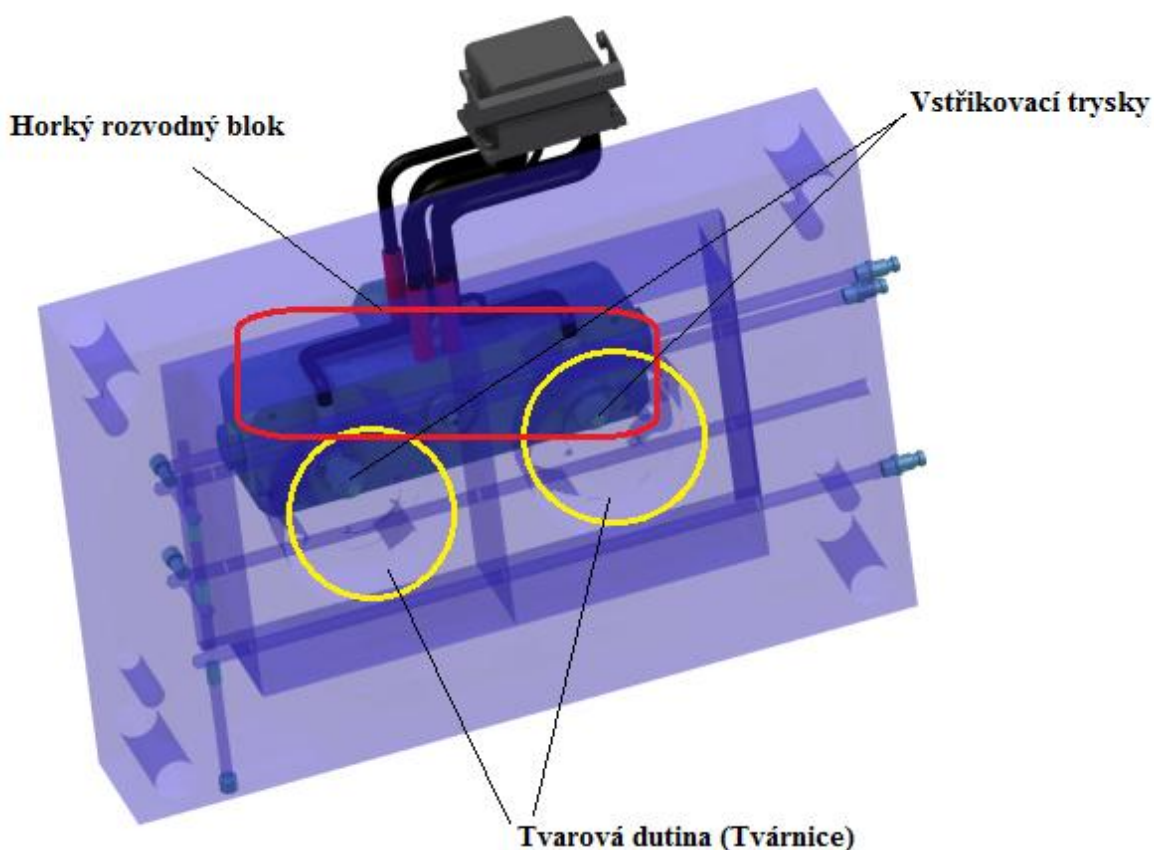
Obr. 33 Tvarová vložka (Tvárnice)



Obr. 34 Tvarová vložka (Tvárník)

9.2 Násobnost vstřikovací formy

Násobností formy se rozumí, kolik bude mít tvarových dutin. Při volbě násobnosti se musí brát zřetel na složitost a velikost tvarové dutiny. Požadované výrobní množství a parametry vstřikovacího lisu. V mém případě je požadavek na dvojnásobnou formu. Rozložení tvarových dutin je zvoleno tak, aby k nim bylo možno přivést taveninu za pomoci horkého rozvodného bloku s tryskami.

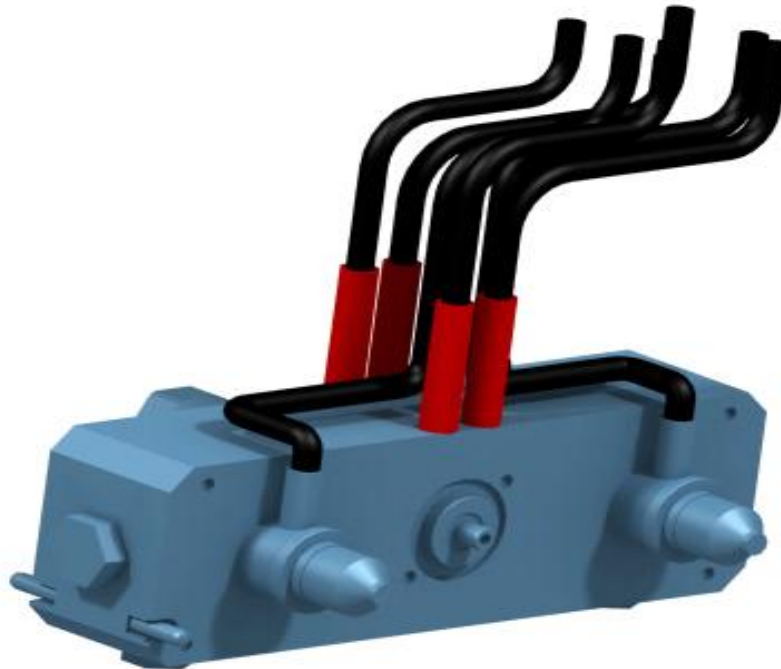


Obr. 35 Řešení násobnosti formy

9.3 Vtokový systém

Vtokový systém byl dle požadavku zadání zvolen ohřívaný rozvodný blok s horkými tryskami. Tato technologie spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použití pouze bodové vyústění malého průřezu. Tento systém umožňuje výrobu automatizovat, zkrátit výrobní cyklus, snížit spotřebu plastu (vstřikuje se bez vtokového zbytku), snižuje náklady na dokončovací práce s odstraněním vtokových zbytků a odpadá manipulace a regenerace těchto zbytků.

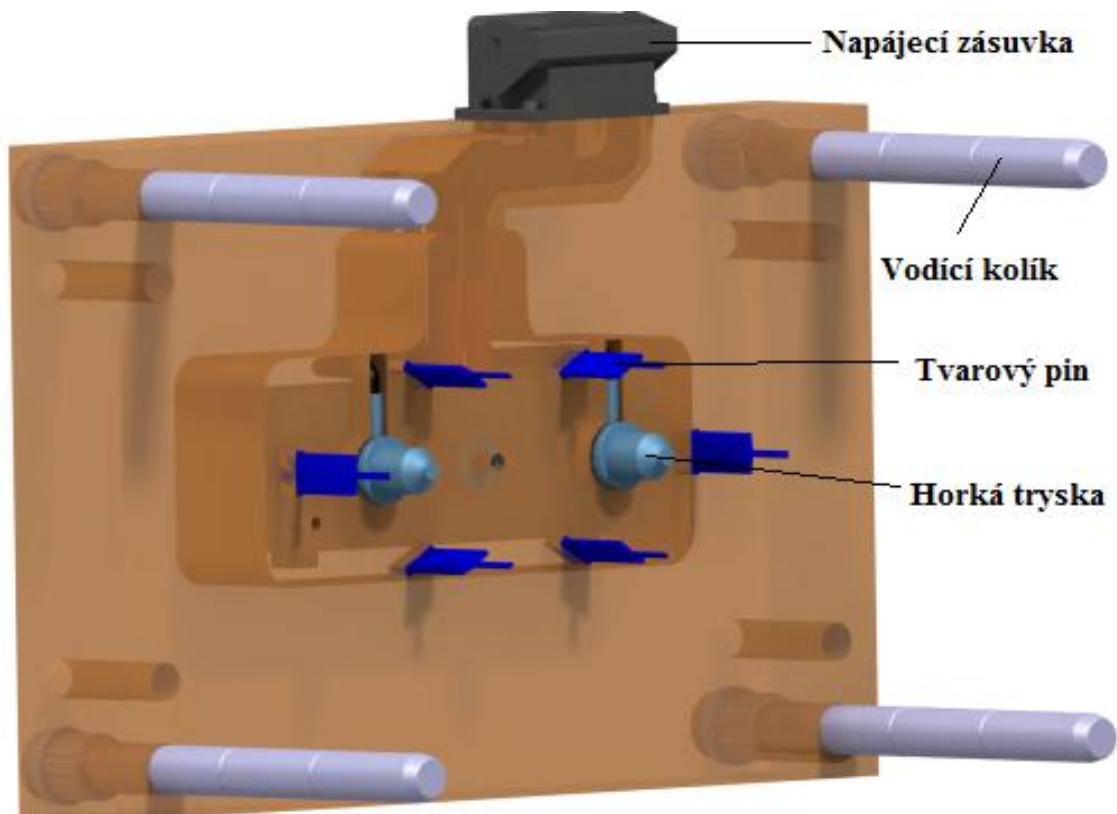
Přívod polymeru do dutiny formy je zprostředkován horkým rozvodným blokem se dvěma vstřikovacími tryskami. Materiál je přiveden ze vstřikovacího stroje za pomoci vtokové vložky, vstoupí do horkého bloku, který je zahříván otopnými tělesy, následně se rozdělí do dvou kanálů a doputuje ke vstřikovací trysce, která ho vstříkne do dutiny formy. Dle vyhovujících parametrů byl tento horký vtokový systém zvolen z přídatného modulu HASCO DAKO pod označením H106_1_71x224_46_1.



Obr. 36 Použitý horký vtokový systém

9.4 Kotevní deska pravé strany vstřikovací formy

Kotevní deska je rovněž z normalizované sady od firmy HASCO. Musely zde však být provedeny úpravy pro horký vstřikovací systém a tvarové piny, díky nimž je možno realizovat potřebné otvory ve výrobku. Taktéž se zde musel zhotovit kanál pro přívodní kabeláž horkých trysek, kabely jsou vedeny k horní straně formy a jsou zapojeny do napájecí zásuvky, která je zde připevněna šrouby. Dále tady jsou ukotveny vodící kolíky, díky nimž je umožněno otevírání a zavírání celé formy.



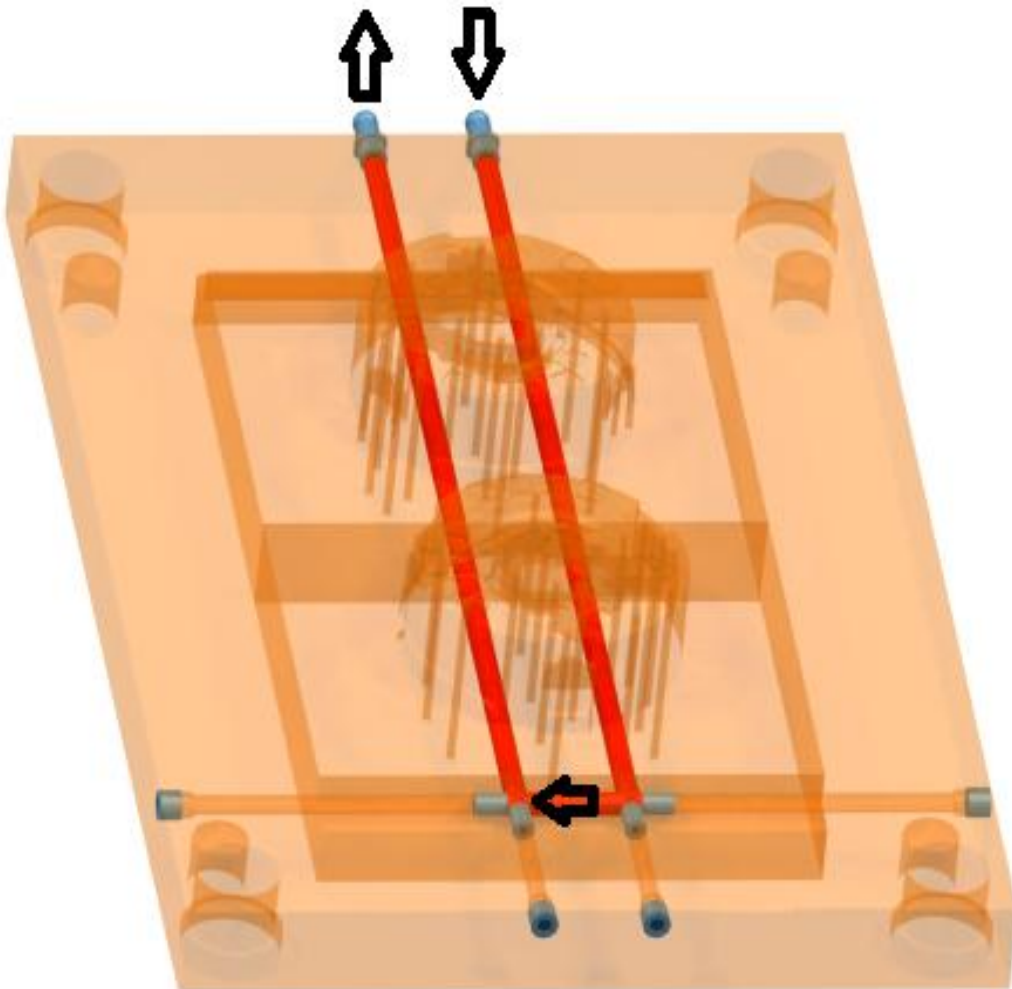
Obr. 37 Kotevní deska vstřikovací části formy

9.5 Temperace tvarových desek

Po přivedení a vyplnění roztaveného polymeru do tvarové dutiny formy je mnohdy nezbytné odvézt přebytečné teplo z tvarových částí a tak ochladit výstřik na teplotu odformování. Toto chlazení se v našem případě realizuje vrtanými kanály ve tvarových vložkách a přídavných deskách tvárníku a tvárnice. Jako chladicí médium byla zvolena voda o vstupní teplotě 40°C. Pro ověření funkčnosti dostatečného odvodu tepla by bylo vhodné podrobit návrh temperance analýze v programu MOLDFLOW. Pro náš účel by tato temperance měla být dostatečná. Na vstupu a výstupu chladicí kapaliny jsou připevněny nátrubky pro spojení s hadicí, dále jsou v kanálech zabudovány těsnící vložky, aby kapalina proudila požadovanými prostory. Na začátcích a koncích kanálů jsou ucpávkové vložky, ty mají za účel chránit vrtané díry proti vnějším nečistotám jako je například prach. Všechny tyto komponenty jsou normalizované a vybrané z katalogu firmy HASCO.

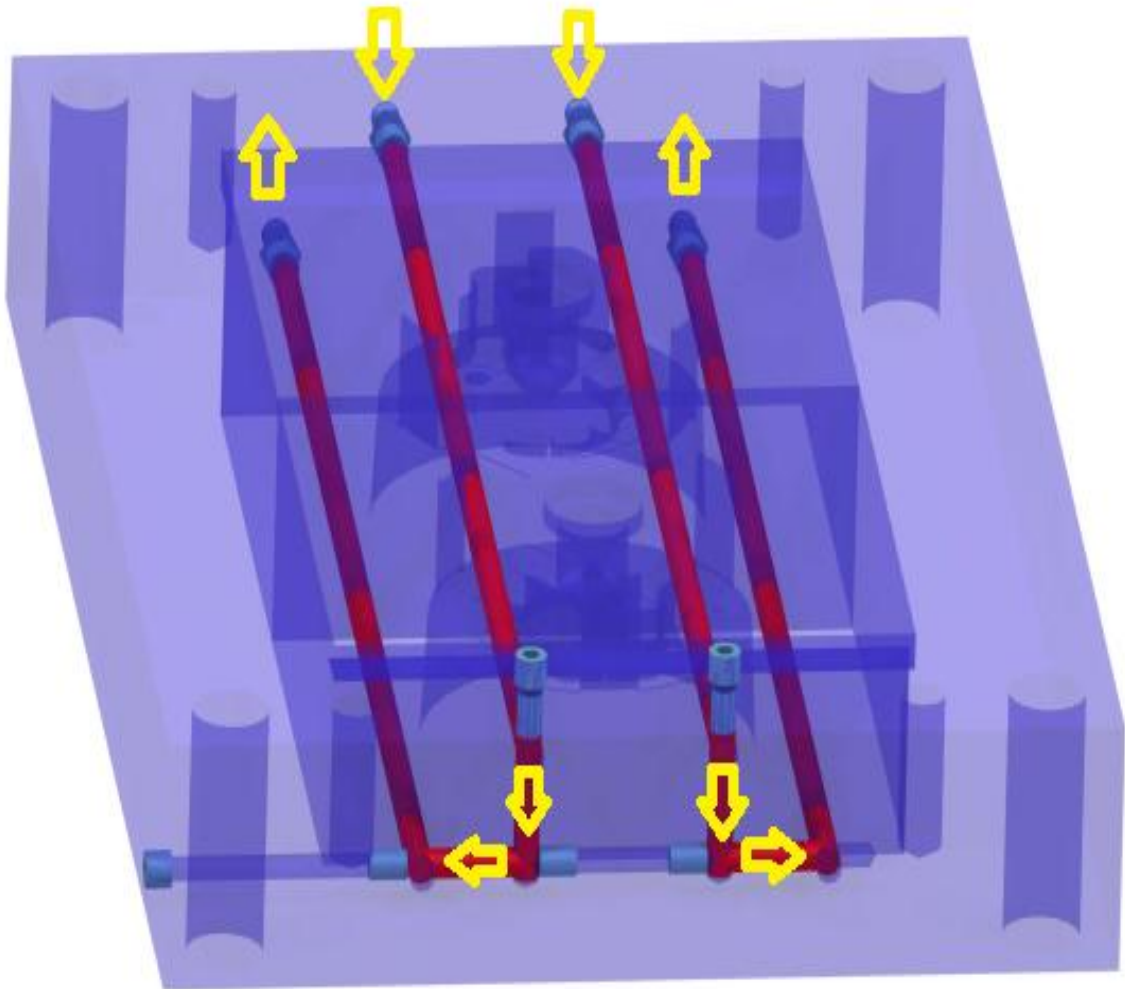
Temperace (chlazení) tvárníku je provedeno jednoduchou soustavou kanálků, kdy voda vstupuje přes nátrubek, projde deskou tvárnice do tvarových vložek, kde odebírá tep-

lo roztaveného polymeru a tím napomáhá tuhnutí. Pomocí příčného kanálu se médium otočí a vrací se tím samým způsobem zpět.



Obr. 38 Zobrazení toku chladícího média tvárníkem

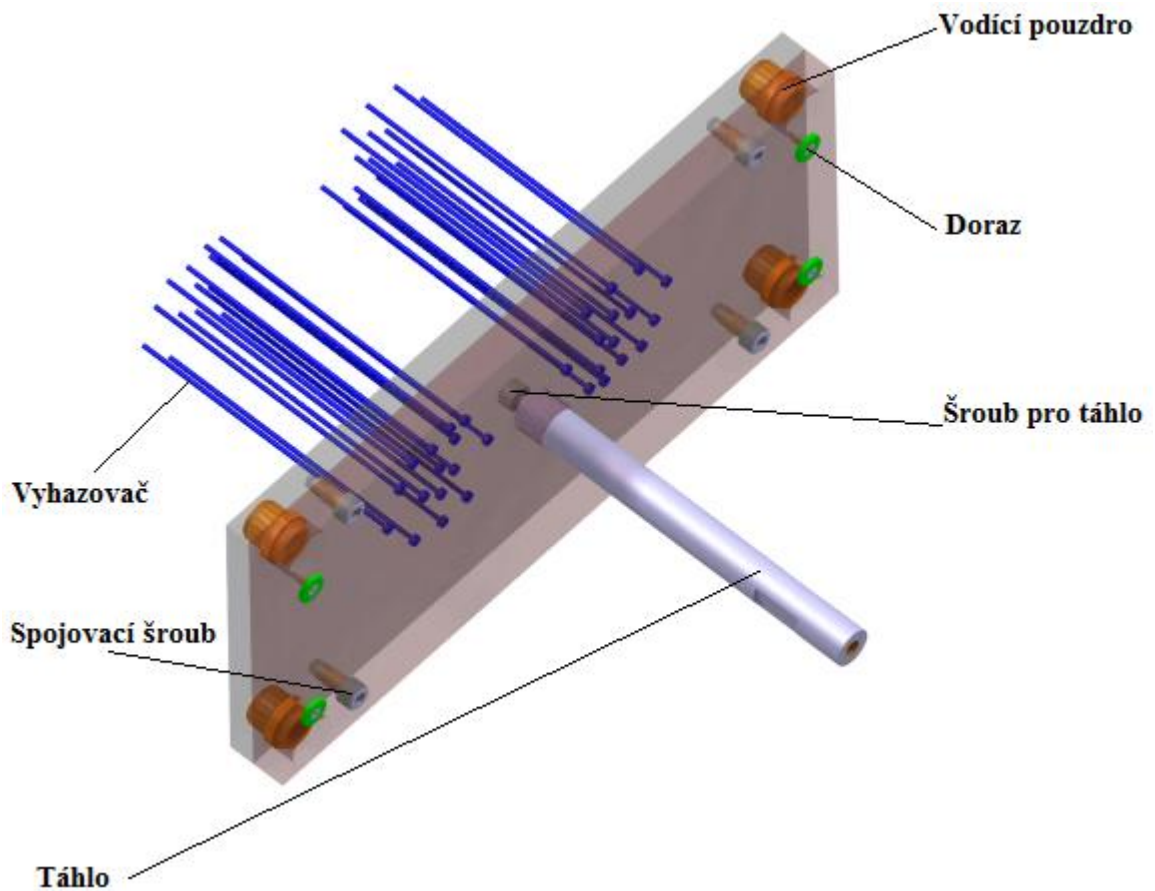
Chlazení tvárnice je komplikovanější v tom, že je potřeba chladit jak čelo, tak i obvod tvarové dutiny. Voda vstupuje opět přes nátrubky v horní části, ve tvarových vložkách chladí nejprve čelo budoucího výrobku, poté je vertikálními kanály svedena do spodní části, následně pomocí horizontálního kanálu přivedena do potřebné vzdálenosti a zpět se vrací spodními kanály, kde částečně ochlazuje obvodovou část dutiny.



Obr. 39 Zobrazení toku chladícího média tvárnici

9.6 Vyhazovací systém

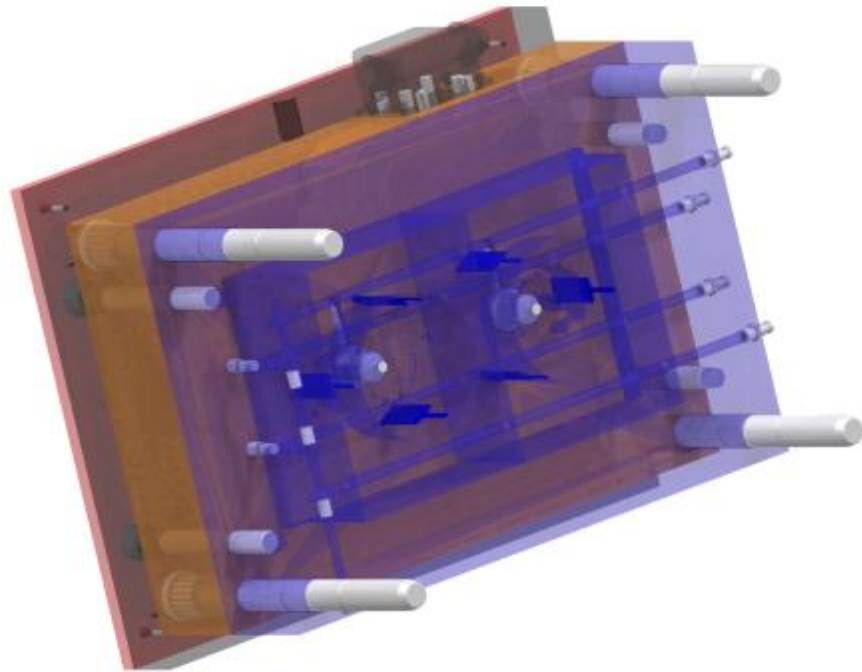
Vyhození výrobku z formy je zprostředkováno pomocí vyhazovacího systému. Po ochlazení výstřiku na vyhazovací teplotu se forma otevře, výrobek zůstane na povrchu tvarové desky tvárníku a k vyhození dojde za pomoci válcových vyhazovacích kolíků. Dále se tento systém skládá z upínací a kotevní desky, ve které jsou kolíky ukotveny, vodičích pouzder, táhla, spojovacích šroubů a dorazu, který zamezuje úplnému dosednutí kotevní desky vyhazovače a upínací desky vyhazovací části formy. Použité vyhazovací kolíky byly voleny z katalogu HASCO a mají označení Z412/3x200.



Obr. 40 Vyhozovací systém

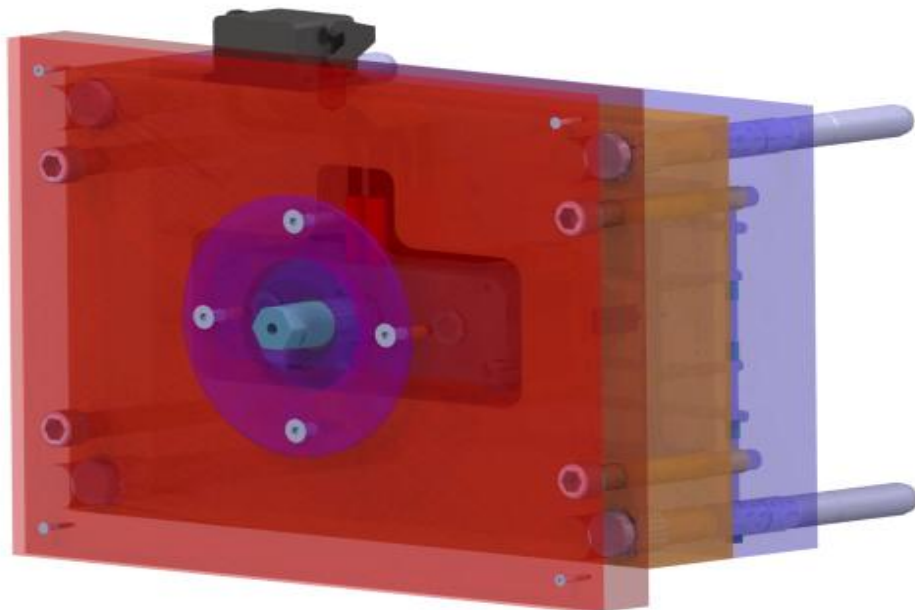
9.7 Pravá strana formy

Tato polovina formy se skládá s tvarové vložky (tvárnice), kotevní tvarové desky, kotevní desky pro horký rozvodný blok, upínací a izolační desky. Dále je zde středící kroužek pro přesné dosednutí trysky vstřikovacího stroje, horký rozvodný blok s tryskami, kabeláží a zásuvkou. Již dříve zmíněné vodící kolíky, tvarové piny pro díry ve výstřiku, příslušenství pro temperanční systém a spojovací šrouby.



Obr. 41 Pohled na vstřikovací část formy otevřené

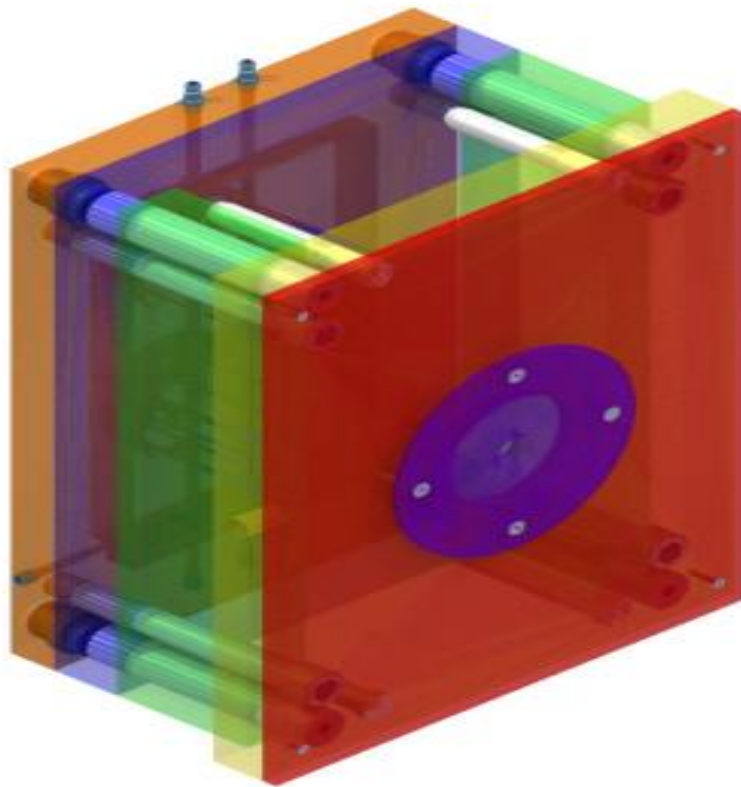
Na tomto pohledu lze vidět vtokovou vložku, která je při vstřikování v kontaktu s hlavou vstřikovacího stroje. Dále je zde červenou barvou znázorněna izolační deska, která je spojena s upínací deskou pomocí šroubů a stejným způsobem je připevněna i kotevní deska z druhé strany. Je zde vidět i horký rozvodný blok s kabeláží, který je zabudován v kotevní desce.



Obr. 42 Vstřikovací část formy z vnějšího pohledu

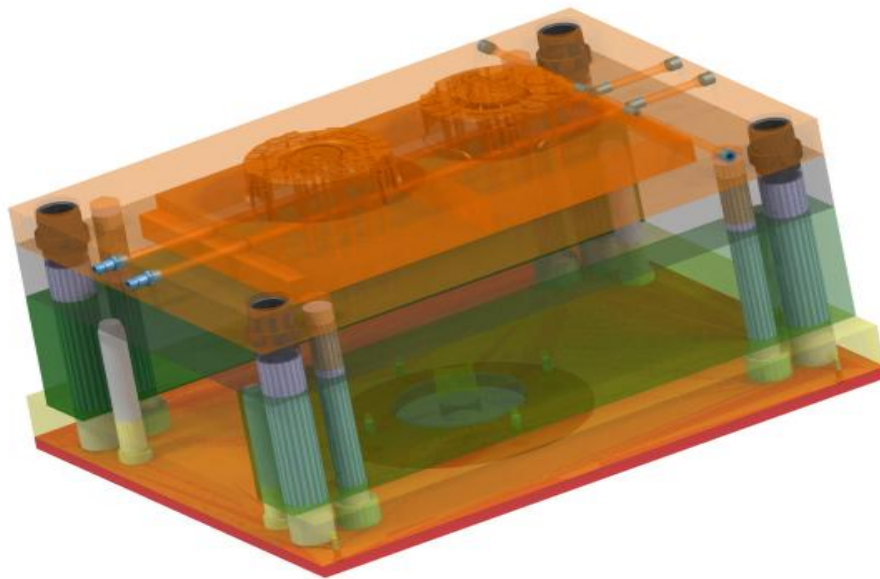
9.8 Levá strana vstřikovací formy

Druhá polovina formy se skládá s tvarové vložky (tvárníku), kotevní tvarové desky, upínací, izolační desky a opěrné desky. Pro vedení vodících kolíků jsou zde vodící pouzdra a vodící trubky. Opět příslušenství pro temperaci (nátrubky, vnitřní a vnější těsnění), spojovací šrouby, středící kroužek pro táhlo vyhazovače a vodící kolíky pro vyhazovací systém. Tato část formy je pohyblivá, tzn., že se posouvá po vodících kolících směrem od vstřikovací části formy, a tím dojde k otevření celé formy. Je to také nosná jednotka pro vyhazovací systém, který je uchycen na vodících kolících mezi rozpěrnými deskami.



Obr. 43 Pohled na vyhazovací část formy z vnější strany

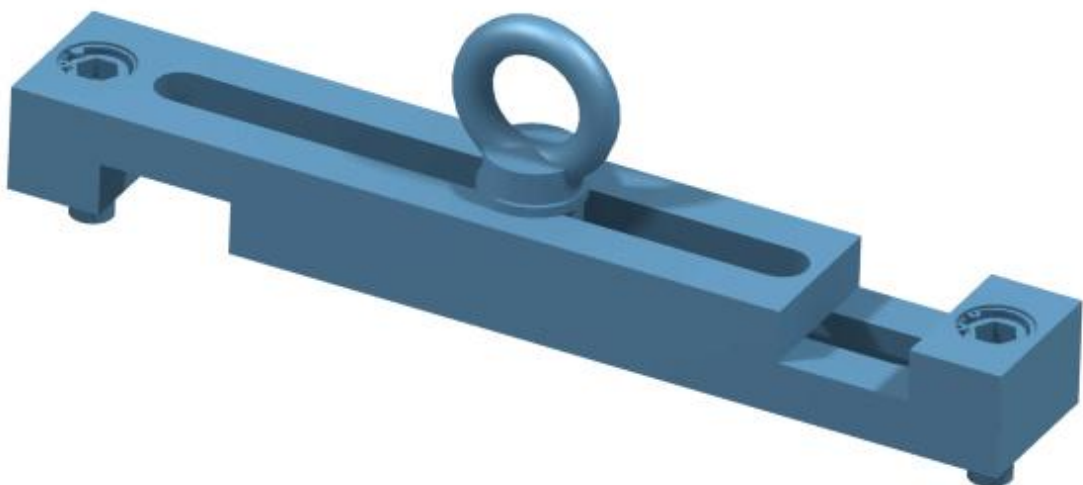
Lze zde vidět druhou izolační desku, která má červenou barvu, ta je opět připevněna pomocí šroubů k upínací desce, která je světle žlutá. Na ní jsou z druhé strany přišroubovány rozpěrné desky, znázorněny světle zelenou barvou. Na těchto rozpěrkách je mezideska a za ní deska tvárníku a tvarové vložky.



Obr. 44 Vyhazovací část formy z pohledu na tvářecí část

9.9 Manipulace

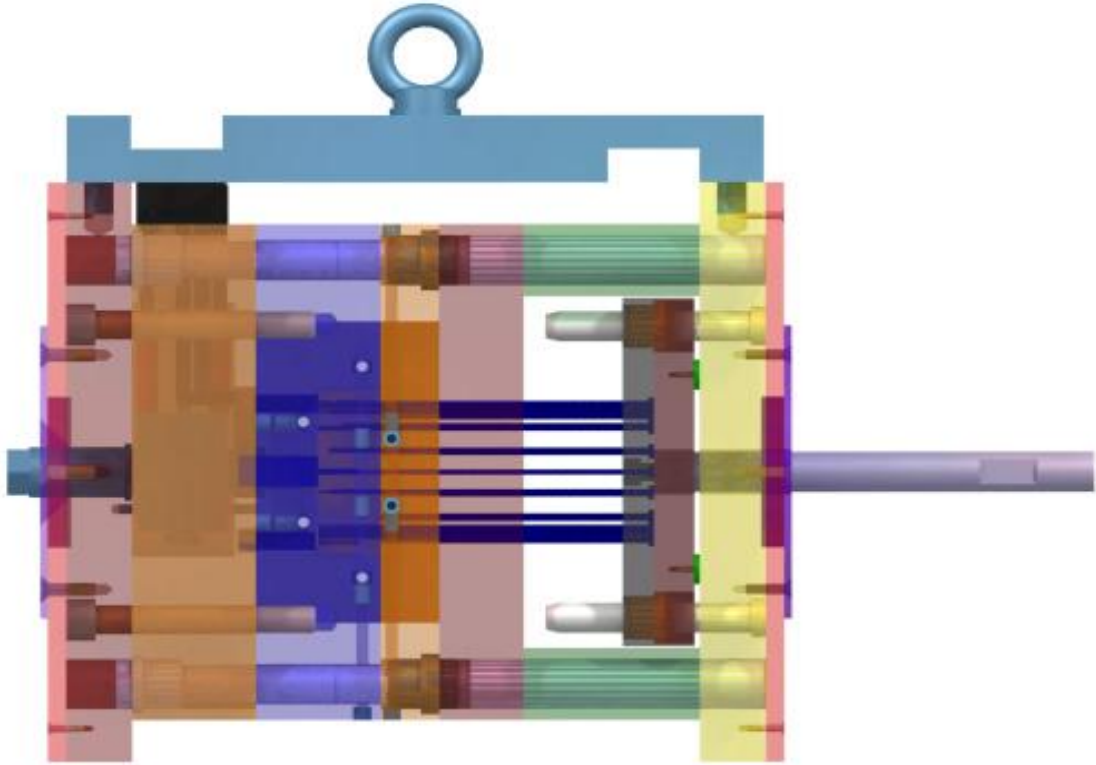
Forma obsahuje transportní můstek s okem, díky němuž je manipulace a přesuny daleko jednodušší. Formu lze přesouvat pomocí zavěšení na zvedací zařízení. Můstek je k formě připevněn pomocí šroubů do upínacích desek na vstřikovací a vyhazovací části formy. Transportní můstek byl vygenerován v přídatném modulu HASCO DAKO a má označení HBG 140425121912_a_0.



Obr. 45 Transportní můstek

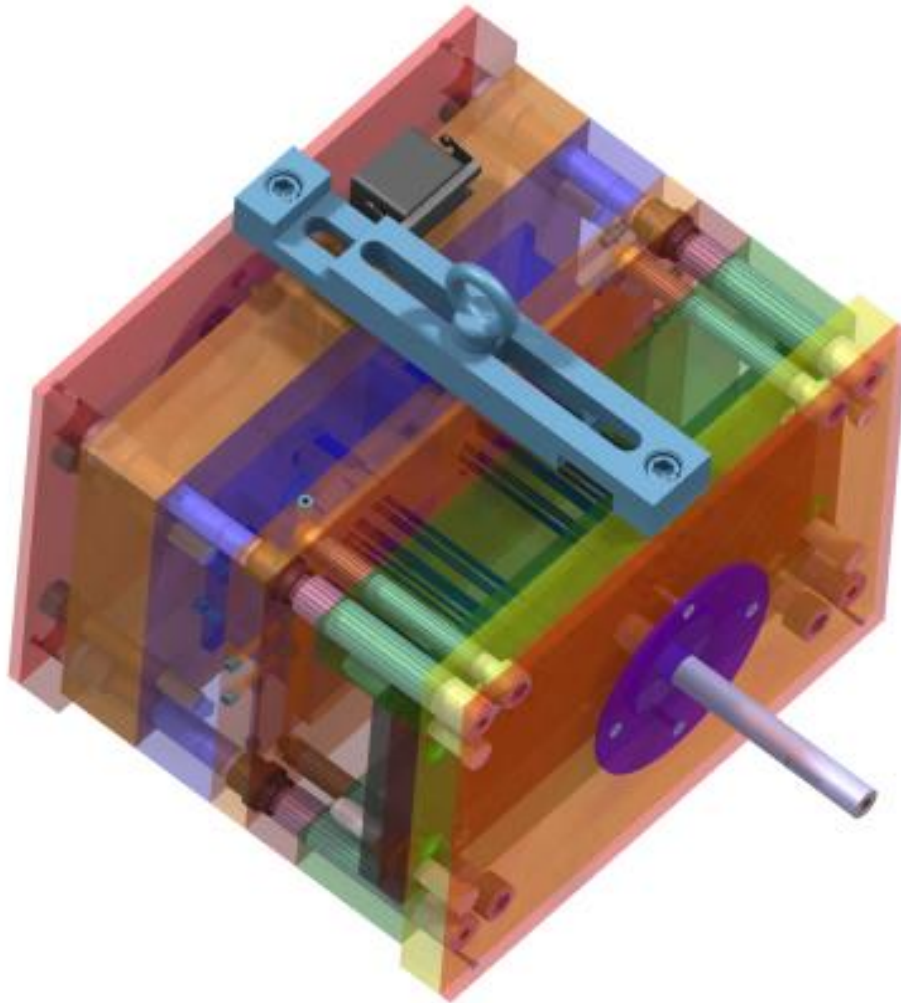
9.10 Sestava formy

Bokorys formy, na kterém lze vidět sestavení jednotlivých desek, vyhazovacího systému, vodících a spojovacích částí a také transportní můstek.



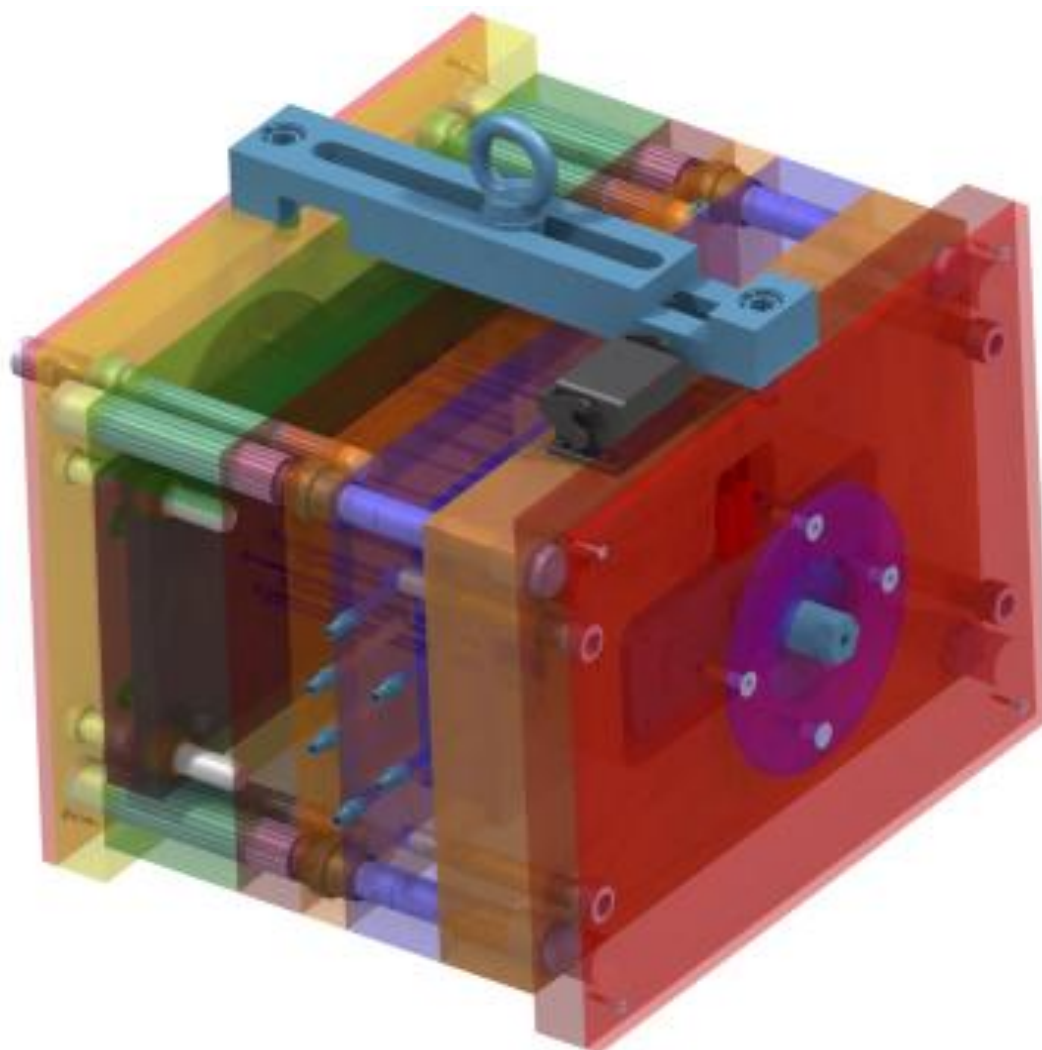
Obr. 46 Bokorys formy

Na tomto izometrickém pohledu ze strany vyhazovací části formy je kromě sestavení jednotlivých desek možno vidět uspořádání vodících a spojovacích částí, středící kroužek a táhlo vyhazovače.



Obr. 47 Izometrický pohled na formu z vyhazovací strany

Následující izometrický pohled je ze strany vstřikovací části formy. Forma začíná vtokovou vložkou, která vede z horkého rozvodného bloku. Je zde především dobře patrné zabudování tohoto systému do kotevní desky. Z levé strany vyčnívají nátrubky pro teplotu a v horní části lze vidět zásuvku, jako zdroj napájení pro horké vstřikovací trysky.



Obr. 48 Izometrický pohled na formu ze vstřikovací strany

ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout a realizovat konstrukční řešení vstřikovací formy pro zadaný plastový dílec včetně 2D řezu sestavy a příslušného kusovníku. Zadaný výrobek byl kryt alternátoru motorového vozidla.

Veškerá práce s modely a výkresy byla prováděna v programu CATIA V5 R19. Nejprve se zhotovil 3D model zadané součásti, kde jako předloha posloužil reálný výrobek od nejmenované firmy. Poté byly v práci popsány vlastnosti zvoleného vstřikovací stroj *ARBURG ALLROUNDER 420 C*, který je součástí strojního vybavení fakulty technologické na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně. Dále s pomocí modelu vznikla dutina, která přesně kopírovala plochy modelu, po jistých konstrukčních a funkčních úpravách byly tedy zhotoveny tvarové vložky (tvárníku a tvárnice), které byly vloženy do kotevních tvarových desek.

Podle rozměrů nosných desek byl zvolen vhodný rám formy z katalogu vyráběných rámu od firmy HASCO. Postupně byly do rámu zabudovány spojovací části, vodící kolíky, vodící pouzdra, izolační desky, středící kroužky a vodící trubky.

V požadavku praktické části byl vtokový systém pomocí horkého vtokového bloku s tryskami. Nejprve byl model výrobku podroben analýze nejvhodnějšího umístění vtoku. Tato analýza ukázala, že nejlepší poloha bude v ose výstřiku. Podle rozměrů byl tedy horký vtokový blok s tryskami z přídatného modulu HASCO DAKO vygenerován a následně zakomponován do vstřikovací části formy. Bylo nutno vyřešit přívod kabelů k horkým vstřikovacím tryskám a k otopným tělesům z napájecího zdroje. Kabeláž byla vedena jedním otvorem k horní straně formy.

Dále bylo nutno vyřešit realizaci třech obdélníkových otvorů po obvodu výrobku. Z hlediska výrobnosti tvárnice a funkčnosti při odformování byly přídatné tvarové piny vloženy do kotevní desky vstřikovací části formy a tyto piny procházely zkrze tvárnici až k tvárníku.

Před vymodelováním vyhadzovacího systému byl navržen a zhotoven temperanční systém v podobě chlazení vodou pomocí vrtaných kanálů v obou tvarových vložkách a jejich nosných deskách. Poté již byly improvizovaným stylem vloženy válcové kolíky a také celý vyhadzovací systém. Nakonec byl opět z modulu HASCO DAKO vygenerován

transportní můstek s okem, který byl připevněn k oběma upínacím deskám pro snadnější manipulaci s celou formou.

Výkresová dokumentace byla zhotovena na normalizovaný výkresový formát A1 a připojena k bakalářské práci. Obsahuje boční pohled na formu směrem od vstřikovací strany, v pohledu je možno vidět i všechny neviditelné hrany a jsou zde naznačeny dva řezy celou formou (A;B). Jednotlivé řezy jsou zobrazeny pod příslušnými názvy (ŘEZ A-A; ŘEZ B-B). Všechny části, které celková sestava obsahuje, jsou opozicovány a zaznamenány v kusovníku včetně označení, norem, materiálu a tepelného zpracování.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: 1. Díl - Vstřikování termoplastů. 2. Upr. Vydání. Brno: Uniplast, 1999. 134s.*
- [2] TOMIS, František; HELŠTÝN, Josef. *Formy a přípravky. 2. vydání. Brno: VUT, 1985. 374s.*
- [3] MAŇAS, Miroslav; HELŠTÝN, Josef. *Výrobní stroje a zařízení. Gumárenské a plastikářské stroje. Díl 2. VUT Brno, 1987. 199s*
- [4] TOMIS, František; HELŠTÝN, Josef; KAŇOVSKÝ, Jiří. *Formy a přípravky. Brno: VUT, 1979. 278s.*
- [5] PŮTA, J. *Hodnocení efektivnosti temperance vstřikovacích forem (diplomová práce). Liberec : TU v Liberci, 2005. 65s.*
- [6] KULHÁNEK, J., *Formy pro tváření plastických hmot, SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 1966. 221s*
- [7] MATOUŠEK, J., *Vstřikovací forma na upomínkové předměty. Zlín (bakalářská práce). Zlín : UTB ve Zlíně 2008, 51s.*
- [8] BEAUMONT, John P.; NAGEL, Robert, SHERMAN, Robert. *Successful injection molding: process, design and simulation. Munich: Hanser, 2002. 306s. ISBN 3-446-19433-9.*
- [9] MENGES, Georg; MOHREN, Paul. *How to make injection molds. New York : Hanser, 1986. 269s. ISBN 3-446-13666-5.*
- [10] REES, H. *Mold engineering. Munich: Hansen Publisher, 1995 ISBN 3-446-17729-9.*
- [11] MANZIONE, L. T. *Application on computer aided engineering in injection molding. Munich: Hansen publisher, 1987 ISBN 3-446-22456-4.*
- [12] LABAJ, Lukáš. *Konstrukce vstřikovací formy. Zlín, 2008. 76s. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická.*
- [13] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky. 4. Doplněné vydání. Úvally: ALBRA. 2008. 914s. ISBN 978-80-7361-051-7.*

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

%	Procenta
°C	Stupeň celsia
3D	Trojrozměrný prostor
2D	Dvojrzměrný prostor
ČSN	Česká státní norma
T _g	Teplota skelného přechodu
E	Modul pružnosti v tahu
T	Teplota [°C]
PS	Polystyren
hPS	Houževnatý polystyren
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
PC	Polykarbonát
PA	Polyakryl
SAN	Styrenakrylnitril
tr. PVC	Tvrzený polyvinylchlorid
PMMA	Polymethylmethakrylát
PSU	Polysulfon
PESU	Polyethersulfon
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
hom. PP	Homogenní polypropylen
kopol. POM	Kopolymerní polyacetát
EVA	Ethylenvinylacetát
PBT	Polybutylenteraftalát

PA6	Polyamid 6
g	Gram
mm	Milimetr
°	Stupeň
HRC	Tvrdost podle Rockwella
MPa	Megapascal
Ks	Kus
kN	Kilonewton
kW	Kilowatt
Nm	Newtonmetr
Bar	Jednotka tlaku
cm ³	Kubický centimetr
Mn	Mangan
Si	Křemík
Cr	Chrom
Mo	Molybden
W	Wolfram
Al	Hliník
Ni	Nikl

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1</i> Struktury termoplastů	13
<i>Obr. 2</i> Oblast využití termoplastu [1]	14
<i>Obr. 3</i> Vstřikovací cyklus [1]	17
<i>Obr. 4</i> Schéma fontánového toku	19
<i>Obr. 5</i> Zamrznutí čela taveniny	20
<i>Obr. 6</i> Studený spoj	20
<i>Obr. 7</i> Zamrznutí čela taveniny u vícenásobného vstřikování	20
<i>Obr. 8</i> Technologická žebra	22
<i>Obr. 9</i> Technická žebra	22
<i>Obr. 10</i> Vstřikovací stroj[2]	23
<i>Obr. 11</i> Dosednutí trysky stroje na vložku formy	24
<i>Obr. 12</i> Hydraulická uzavírací jednotka [3]	25
<i>Obr. 13</i> Hydraulicko-mechanická uzavírací jednotka	25
<i>Obr. 14</i> Základní komponenty vstřikovací formy	26
<i>Obr. 15</i> Studený vtokový systém formy	30
<i>Obr. 16</i> Průřezy vtokových rozváděcích kanálů [4]	31
<i>Obr. 17</i> Ukázky přídržovačů vtoku	31
<i>Obr. 18</i> Plné vtoky	32
<i>Obr. 19</i> Bodový vtok	33
<i>Obr. 20</i> Tunelový vtok	33
<i>Obr. 21</i> Boční vtoky	34
<i>Obr. 22</i> Filmový vtok	34
<i>Obr. 23</i> Přímou ohřívání trysky	36
<i>Obr. 24</i> Vnitřní vytápění rozvodného bloku	36
<i>Obr. 25</i> Válcový vyhazovací kolík	37
<i>Obr. 26</i> Trubkový vyhazovač	38
<i>Obr. 27</i> Prizmatický hranatý vyhazovač	38
<i>Obr. 28</i> Model vstřikovaného výrobku.	43
<i>Obr. 29</i> Analýza vtoku	44
<i>Obr. 30</i> Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 420 C	45
<i>Obr. 31</i> Schéma zvoleného rámu	46
<i>Obr. 32</i> Určení dělicí roviny	47

<i>Obr. 33 Tvarová vložka (Tvárnice)</i>	48
<i>Obr. 34 Tvarová vložka (Tvárník)</i>	48
<i>Obr. 35 Řešení násobnosti formy</i>	49
<i>Obr. 36 Použitý horký vtokový systém</i>	50
<i>Obr. 37 Kotevní deska vstřikovací části formy</i>	51
<i>Obr. 38 Zobrazení toku chladícího média tvárníkem</i>	52
<i>Obr. 39 Zobrazení toku chladícího média tvárnici</i>	53
<i>Obr. 40 Vyhazovací systém</i>	54
<i>Obr. 41 Pohled na vstřikovací část formy otevřené</i>	55
<i>Obr. 42 Vstřikovací část formy z vnějšího pohledu</i>	55
<i>Obr. 43 Pohled na vyhazovací část formy z vnější strany</i>	56
<i>Obr. 44 Vyhazovací část formy z pohledu na tvářecí část</i>	57
<i>Obr. 45 Transportní můstek</i>	57
<i>Obr. 46 Bokorys formy</i>	58
<i>Obr. 47 Izometrický pohled na formu z vyhazovací strany</i>	59
<i>Obr. 48 Izometrický pohled na formu ze vstřikovací strany</i>	60

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Teploty skelného přechodu vybraných polymerů</i>	14
<i>Tab. 2 Doporučené mezery v dělicí rovině [1]</i>	29
<i>Tab. 3 Přehled tříd ocelí [4]</i>	39

SEZNAM PŘÍLOH

PI Výkres sestavy

PII CD