

Konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl

Martin Tomašík

Bakalářská práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin TOMAŠTÍK**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

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

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Navrhněte plastový díl
3. Provedte konstrukci vstřikovací formy ve 3D pro daný díl
4. Nakreslete výrobní výkresovou dokumentaci nenormalizovaných dílů formy

Rozsah 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

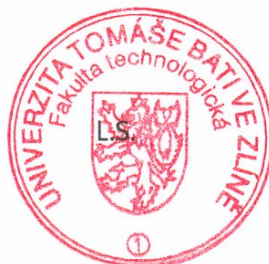
Datum zadání bakalářské práce: **19. února 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2010**

Ve Zlíně dne 21. ledna 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
vedoucí katedry

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 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

.....

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

Cílem bakalářské práce je konstrukce dvou vstřikovacích forem pro zadaný plastový díl, kterým je auto složené ze čtyř částí (základ auta, střecha a dva páry kol).

Teoretická část popisuje technologii vstřikování a základní zásady pro konstrukci vstřikovacích forem.

Praktická část se zabývá konstrukcí plastového auta s logem a názvem školy, dále návrhem a konstrukcí dvou různých vstřikovacích forem pro plastové auto, včetně výkresové dokumentace. Konstrukce byla provedena v programu CATIA V5R18 s použitím normálií HASCO.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, výstřik, konstrukce

ABSTRACT

The aim of this work is the design of two injection molds for plastic part specified by which the car is composed of four parts (the body, the roof and two pairs of wheels).

The theoretical part describes the injection molding technology and design of injection molds.

The practical part deals with the design of a plastic car with logo and name of university, the drawing and design of two different molds for plastic car, including drawings. Construction was carried out CATIA V5R18 program using standard parts from HASCO.

Keywords: injection molding, injection mold, plastic part, design

Poděkování:

Velmi rád bych poděkoval svému vedoucímu Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za odborné vedení, poskytnuté rady, čas a trpělivost, kterou mi věnoval při vypracování této bakalářské práce.

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

Ve Zlíně,

.....

Podpis

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	12
1.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	12
1.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	13
1.2.1 Vstřikovací jednotka	14
1.2.2 Uzavírací jednotka	15
1.2.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje.....	16
2 PLASTY A JEJICH ZPRACOVÁNÍ VSTŘIKOVÁNÍM	17
2.1 PLASTY A JEJICH ROZDĚLENÍ	17
2.2 ROZDĚLENÍ TERMOPLASTŮ A VLIVY NA JEJICH VLASTNOSTI.....	17
3 VÝSTŘÍK A JEHO KONSTRUKCE	19
3.1 POŽADAVKY NA KONSTRUKCI SOUČÁSTI.....	19
3.1.1 Zaoblení hran, rohů a koutů	20
3.1.2 Úkosal a podkosy	20
3.1.3 Žebra	20
3.2 VADY VSTŘIKOVANÝCH DÍLCŮ.....	21
4 VSTŘIKOVACÍ FORMY	22
4.1 VSTŘIKOVACÍ FORMY NA PLASTY.....	23
4.2 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	23
4.2.1 Výkres součásti	24
4.2.2 Násobnost formy	24
4.2.3 Volba optimálního vstřikovacího stroje	25
4.2.4 Zvláštní požadavky na konstrukci formy	25
4.3 POSTUP PŘI KONSTRUKCI FOREM	26
4.4 VTOKOVÉ SYSTÉMY	27
4.4.1 Studené vtokové systémy (SVS).....	27
4.4.2 Vyhříváné vtokové systémy (VVS)	31
4.5 VYHAZOVACÍ SYSTÉMY.....	32
4.5.1 Vyhazovací síla	33
4.5.2 Mechanické vyhazování.....	33
4.5.3 Pneumatické vyhazování.....	36
4.5.4 Hydraulické vyhazování.....	36
4.6 TEMPERACE FOREM.....	36
4.6.1 Obecné zásady volby temperačních kanálů	37
4.6.2 Temperační prostředky.....	38
4.7 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	38
4.8 RÁMY VSTŘIKOVACÍCH FOREM	39
II PRAKTICKÁ ČÁST	40
5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	41
6 CHARAKTERISTIKA VÝROBKU	42

6.1	MATERIÁL VÝROBKU	43
7	VSTŘIKOVACÍ STROJ	44
7.1	VSTŘIKOVACÍ STROJ (PRO VSTŘIKOVACÍ FORMU VARIANTY Č.1).....	44
7.2	VSTŘIKOVACÍ STROJ (PRO VSTŘIKOVACÍ FORMU VARIANTY Č.2).....	45
8	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	46
8.1	NÁSOBNOST FORMY	47
8.2	ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU A DĚLÍCÍ ROVINA	47
8.2.1	Tvarové vložky.....	50
8.3	VTKOVÝ SYSTÉM	50
8.4	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	51
8.5	TEMPERACE FORMY.....	54
8.6	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	56
8.7	KONCEPCE FORMY.....	57
8.8	VÝSLEDNÁ KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	58
8.9	DISKUZE VÝSLEDKŮ	59
	ZÁVĚR	60
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	61
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	62
	SEZNAM OBRÁZKŮ	63
	SEZNAM TABULEK.....	65
	SEZNAM PŘÍLOH.....	66

ÚVOD

V současné době plasty stále více nahrazují obvyklé materiály jako je např. kov, dřevo, sklo, atd. První plasty se začaly objevovat již v první polovině minulého století. Dnes polymerní materiály představují nejvýznamnější segment výroby mezi všemi technickými materiály. Plasty mají uplatnění v širokém spektru průmyslu i v každodenním používání.

S rozvojem využití plastů vzrůstají nároky na technologii umožňující zpracování plastů. Vstřikování do forem se stalo populární technologií, při které se do dutiny formy vstříkuje tavenina. Tato technologie umožňuje vyrábět výrobky velmi složitých tvarů, které jsou jiným způsobem těžce vyrobitelné. Provádí se na vstřikovacích strojích, jejichž součástí je vstřikovací forma. Ta dává výrobku požadovaný tvar, vzhled i povrchovou kvalitu. Forma musí umožnit nejen snadné vyjmutí výrobku, ale i odolávat vysokým tlakům.

Pro urychlení, zkvalitnění a zjednodušení konstrukce forem se používá různých softwarových vybavení. Práce s nimi je výrazně efektivnější. Díky normálím, jejichž společným znakem je využití stavebnicového principu dochází ke značnému zjednodušení výroby a snížení nákladů. Mezi nejznámější specializované firmy patří např. HASCO, DME, STRACK.

I. TEORETICKÁ ČÁST

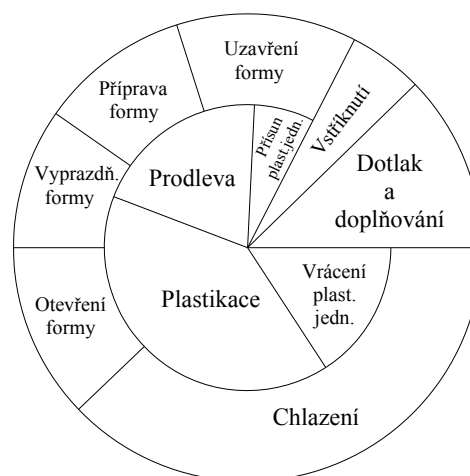
1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je nejrozšířenějším způsobem výroby plastových dílů. Vyznačuje se poměrně složitým fyzikálním procesem, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a vstřikovací forma. V průběhu vstřikování je roztavený plast ve vstřikovacím stroji dopravován do dutiny formy a tam ochlazen ve tvaru vyráběné součásti. [1]

Vstřikováním se vyrábějí takové výrobky, které mají buď charakter konečného výrobku a nebo jsou polotovary nebo díly pro další zkompletování samostatného celku. Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je proces diskontinuální, cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. V omezené míře se vstřikují i některé reaktoplasty a kaučuky. [2]

1.1 Vstřikovací cyklus

Postup vstřikování je následující: 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. [2]



Obr. 1 Vstřikovací cyklus

1.2 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. [2]



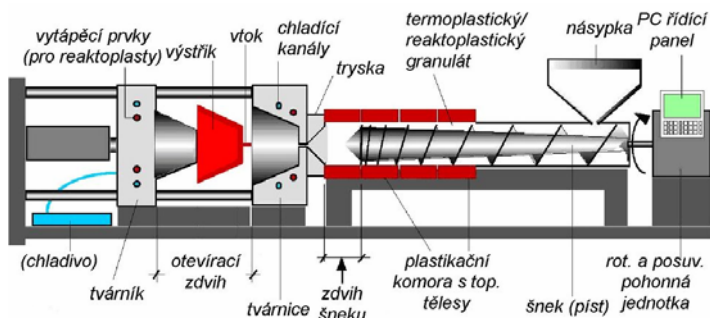
Obr. 2 Vstřikovací stroj [3]

Konstrukce stroje je charakterizována podle:

- vstřikovací jednotky,
- uzavírací jednotky,
- ovládání a řízení stroje. [1]

Vstřikovací stroj pro přesné výstřiky vyžaduje aby:

- byl tuhý a pevný při výstřiku,
- měl konstantní tlak, rychlost, teplotu, ostatní parametry a jejich časování,
- měl přesnou reprodukovatelnost technologických parametrů. [1]



Obr. 3 Schéma vstřikovacího stroje [2]

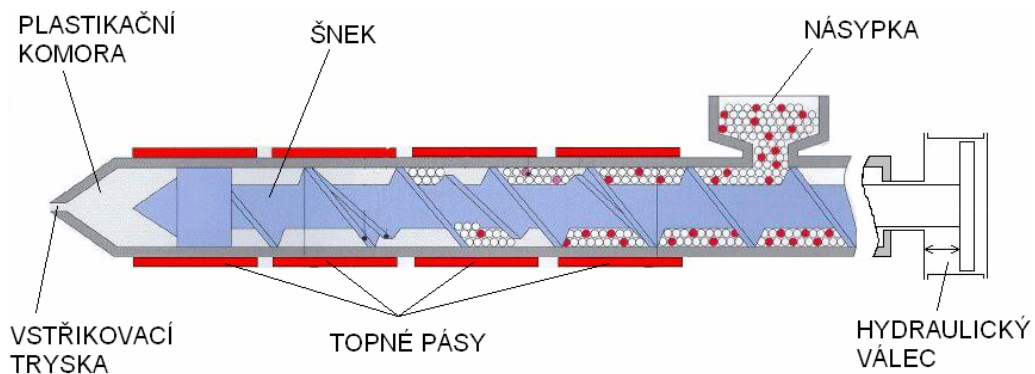
1.2.1 Vstřikovací jednotka

Připraví a dopraví požadované množství roztaveného plastu s předepsanými technologickými parametry do formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Při malém vstřikovacím množství zase setrvává plast ve vstřikovací jednotce delší dobu a tím může nastat jeho degradace. To se dá ovlivnit rychlejšími cykly výroby. Maximální vstřikované množství nemá překročit 90% kapacity jednotky, protože je ještě nutná rezerva pro případné doplnění úbytku hmoty při chlazení (smrštění). Optimální množství je 80 %.

Vstřikovací jednotka pracuje tak, že do tavného válce je dopravován zpracovávaný plast z násypky pohybem šneku. Plast je posouván šnekem s možnou změnou otáček přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo. Postupně se plastikuje, homogenizuje a hromadí před šnekem. Současně ho odtlačuje do zadní polohy.

Topení tavné komory je nejčastěji rozděleno do tří pásem (vstupní, střední a pásmo u trysky). Tryska má zvláštní samostatné topení. Část tepelné energie vznikne disipací v materiálu.

Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. Jejich souosost, menší průměr otvoru a menší poloměr trysky než je u sedla vtokové vložky jsou podmínkou správné funkce. [1]



Obr. 4 Schéma vstřikovací jednotky [2]

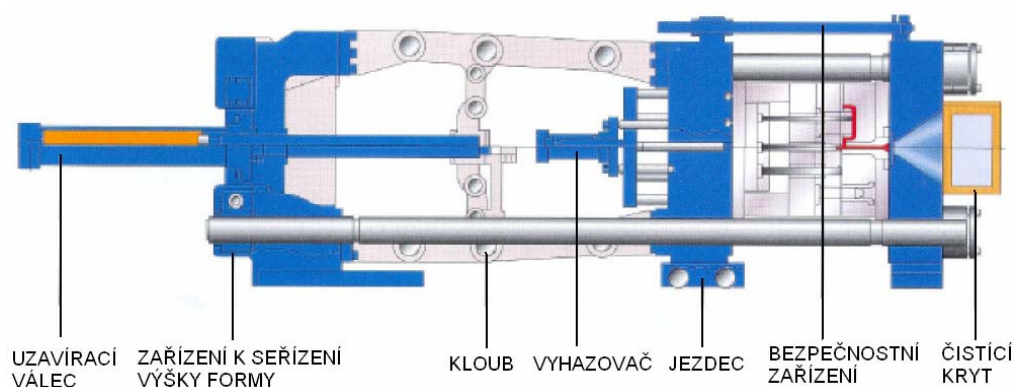
1.2.2 Uzavírací jednotka

Ovládá formu a zajišťuje její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavírací síly je stavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku a ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině. [1]

Hlavní části uzavírací jednotky jsou:

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

Uzavírací mechanismus je ukazatelem kvality uzavírací jednotky. Má nejrůznější provedení. Hydraulické uzavírací jednotky umožňují pootevření nástroje hydraulickým tlakem a vyžadují zajištění závorou. Výhodou těchto jednotek je nastavení libovolné hloubky otevření nástroje. Hydraulicko-mechanická jednotka je nejčastěji používána u strojů malých gramáží. Zaručuje vyšší rychlost uzavírání s potřebným zpomalením před uzavřením formy a dostatečnou tuhost. Je konstruována jako kloubový mechanismus ovládaný hydraulickým válcem. Formu proti pootevření při vstřikování zajistí hydraulický válec velkého průřezu, který je pevně spojen s upínací deskou. Některé konstrukce uzavíracích jednotek jsou bez vodících sloupů. [1]



Obr. 5 Schéma uzavírací jednotky [2]

1.2.3 Ovládání a řízení vstříkovacího stroje

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

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 výstříků má řízení stroje rozhodující vliv. Tím, že určuje a dodržuje přesnost:

- nastavení výše i doby vstříkovacího tlaku, dotlaku, rychlosti vstříku a chlazení. Tyto parametry určují především přesnost a toleranci výstříků,
- nastavením doby a výšky teploty taveniny, její homogenizací jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstříků.

Vedle stroje a plastu ovlivňuje tyto hodnoty i forma, její teplota a doba chlazení. [1]

2 PLASTY A JEJICH ZPRACOVÁNÍ VSTŘIKOVÁNÍM

Vstřikování plastů je poměrně složitý tepelně-mechanický proces tváření, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a vstřikovací forma. [1]

2.1 Plasty a jejich rozdělení

Plasty jako materiál jsou látky, jejichž struktura je tvořena makromolekulárními řetězci (oproti kovům, které mají strukturu tvořenou krystalickými mřížkami).

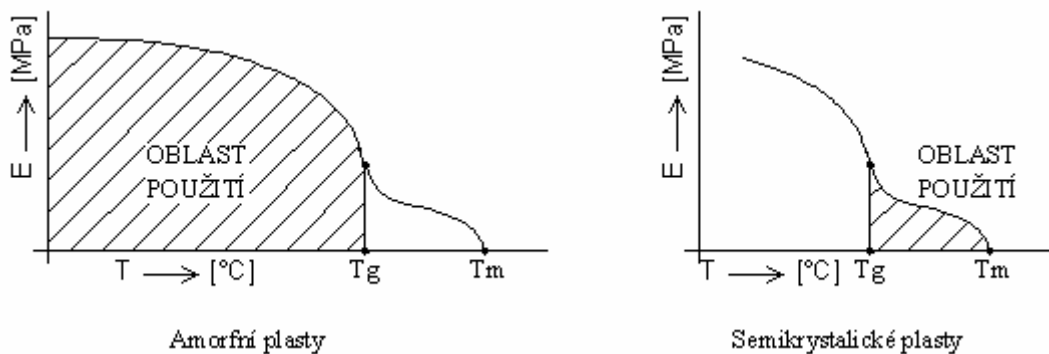
Jsou rozděleny na dva základní druhy:

- *termoplasty* - mají řetězce přímé (lineární polymery) nebo řetězce s bočními větvemi (rozvětvené polymery). Při ohřevu se uvolní soudržnost řetězců a hmota je viskózní. V tomto stavu se může tvářet. Po ochlazení se dostanou opět do původního pevného stavu,
- *reaktoplasty* - mají v konečné fázi zpracování řetězce příčně propojeny chemickými vazbami a vytváří prostorovou trojrozměrnou síť. Při ohřevu tato síť zvětšuje svoji pohyblivost, ale řetězce se zcela neuvolní. Při tváření vlivem teploty a tlaku nastává zesíťování (vytvrzování) plastu. Jakmile je chemický proces ukončen, další tváření již není možné. [1]

2.2 Rozdělení termoplastů a vlivy na jejich vlastnosti

Z jednotlivých skupin plastů jsou nejrozšířenější termoplasty. Tyto lineární či rozvětvené polymery, jejichž řetězec tvoří jen jeden druh základní chemické skupiny, se nazývají homopolymery. Dále kopolymery, které jsou složeny z více druhů základních chemických skupin. Z hlediska vnitřní struktury se termoplasty dělí na:

- *amorfni*, jejichž řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány. Využitelnost výrobků z amorfních plastů je v oblasti pod teplotou skelného přechodu (T_g). Polymer je v tomto stavu pevný. Zvyšováním teploty nad T_g postupně slábnou kohézní síly mezi makromolekulami a plast přechází do plastické oblasti až do viskózního stavu, kdy se zpracovává. Se zvyšováním teploty současně narůstá i objem polymeru. Mezi amorfni plasty patří např. PS, ABS, PMMA, PC a další,
- *semikrystalické*, kde je podstatná část řetězců pravidelně a těsně uspořádána a tvoří krystalické útvary. Zbytek má amorfni uspořádání. Použití plastu tohoto typu je v oblasti nad teplotou T_g , protože mají výhodnou kombinaci pevnosti a houževnatosti nad touto teplotou. Mezi semikrystalické plasty patří např. PE, PP, PA6 a další. [1]



Obr. 6 Oblasti využití u amorfních a semikrystalických plastů

3 VÝSTŘÍK A JEHO KONSTRUKCE

Konstrukční návrh součásti z plastu se řídí úplně jinými zásadami, než u součástí kovových. Při její tvorbě musí konstruktér zvažovat, co všechno se při vstřikování v dílci z plastu bude dít. To vyžaduje znát technologii jejich zpracování. [1]

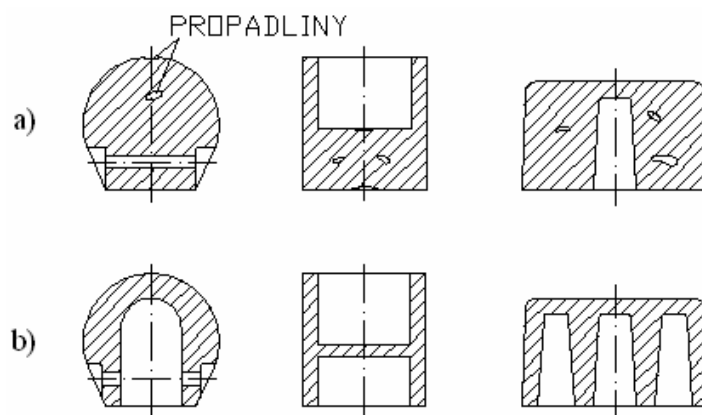
3.1 Požadavky na konstrukci součásti

K základním podkladům pro konstrukci formy slouží výkres vyráběné součásti. Její tvar má být řešen nejen z funkčního a ekonomického hlediska, ale musí se přihlídnout i k způsobu její výroby.

Celková konstrukce součásti musí především splňovat vhodnou polohu dělicí roviny (dělicích rovin) a tím je určen i způsob jejího zaformování. K ní se váže i koncepce vyha-zování, vtokového systému, odvzdušnění, směr úkosů, přesnost i vzhled apod. Tloušťka stěn musí splnit svoji přísnou závislost s dráhou toku plastu.

V úzké dutině se tavenina rychle ochlazuje a tuhne, tlusté stěny zase vyžadují dlouhou dobu chlazení. Různě tlusté stěny s hromaděním materiálu nestejně tuhnou, vzniká vnitřní pnutí a různé povrchové vady, propadliny a lunkry.

Zásady správné konstrukce tloušťky stěn vyžadují jednotnou tloušťku, náhlé přechody mají být bez ostrých hran a v případě, kde se nelze vyhnout tlustším stěnám (místům), se provede vhodné vylehčení. Tloušťka bočních stěn, nebo žeber se zaoblenou přechodovou hranou nemá překročit 0,8 násobek tloušťky hlavní stěny. [1]



Obr. 7 Konstrukce výstřiku

a) špatná konstrukce – tlusté stěny

b) dobrá konstrukce - vylehčení

3.1.1 Zaoblení hran, rohů a koutů

Zaoblením hran, rohů a koutů se usnadní tok taveniny, zabrání se koncentraci napětí v těchto místech a sníží se i opotřebení formy, protože přechody s ostrými hranami vyžadují vyšší vstřikovací tlaky. Rázová houževnatost součásti se tím zvýší až o 50 %. [1]

3.1.2 Úkosy a podkosy

Úkosy a podkosy jsou sklony stěn výstřiku kolmo k dělicí rovině, kterými se umožňuje nebo u podkosů zabraňuje vyjímání výstřiku z dutiny formy. Jejich velikost se řídí požadovanou funkcí. Svým uspořádáním jsou buď vnější, nebo vnitřní. Volbu jejich velikosti ovlivňuje především smrštění, elasticita plastu, povrch stěn formy a automatizace výroby. S ohledem na tyto faktory pak se volí jejich velikost. U vnitřních stěn větší a u vnějších menší úkos. Podkosy s výjimkou technologických, komplikují konstrukci i funkci formy a proto je snaha se jim vyhnout. [1]

3.1.3 Žebra

Žebra se dělí podle účinku, který plní na součásti, případně v dutině formy. Technická žebra zabezpečují pevnost a tuhost součásti. Technologická zase umožňují optimální plnění dutiny formy, nebo brání zborcení stěn, případně odstraňují případný vznik povrchových vad. Někdy se volí žebra i tak, aby zlepšily vzhled výrobku. [1]

3.2 Vady vstřikovaných dílců

Tab. 1 Vady vstřikovaných dílců [1]

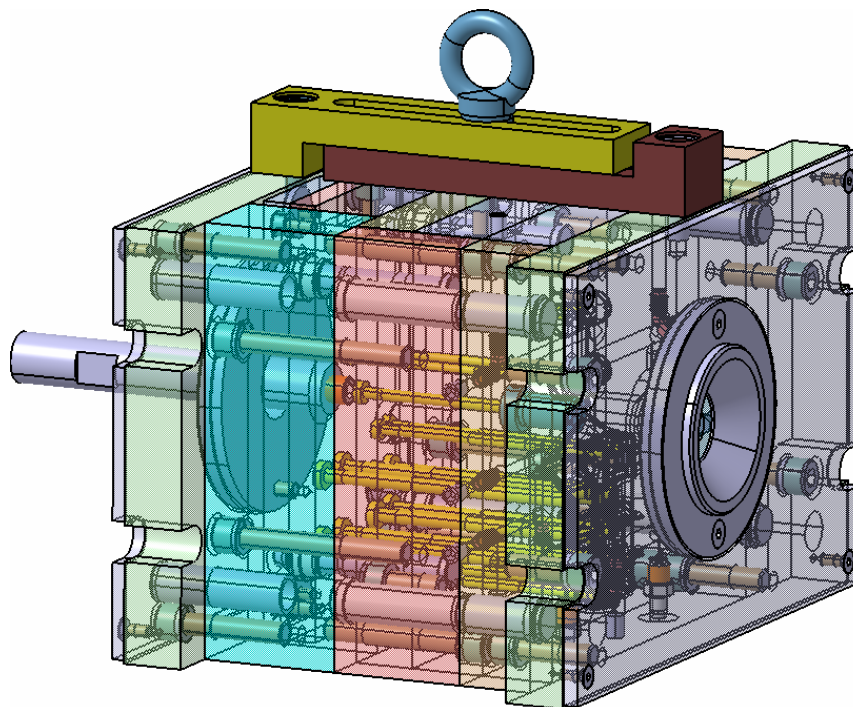
Vada	Příčina
Deformace dílce	Nedostatečná doba chlazení, příliš velký podkos, orientace plniv, špatné vyhazovací kolíky, špatný výběr materiálu, příliš vysoká teplota formy.
Křehkost dílce (lámavost)	Degradace materiálu, špatné vysušení materiálu.
Bubliny (lunkry)	Příliš nízký vstřikovací tlak, těkavé složky a plyn v dílci, špatné odvzdušnění formy, příliš nízká teplota formy, náhlý přechod ze slabé do silné stěny, přehřátá hmota, nesprávná konstrukce výrobku.
Černé skvrny	Příliš dlouhý prostoj stroje, vtlačené nečistoty, degradace cizím materiálem.
Propadliny	Příliš nízký vstřikovací tlak, nedostatečné odvzdušnění, malý vtok, příliš velká délka toku taveniny, příliš vysoká teplota při zpracování.
Spálená místa	Příliš vysoká teplota taveniny, přehřátí vlivem tření – ve válci anebo ve vtokovém systému, nedostatečné odvzdušnění, poškozené vstřikovací zařízení.
Plastické švy (studené spoje)	Příliš nízká teplota materiálu při zpracování, nízká vstřikovací rychlost, nízká teplota formy, poměrně značná délka toku taveniny.
Přetok	Příliš vysoká teplota materiálu při zpracování, uzavírací síla příliš nízká, tlak při vstřikování příliš vysoký, špatné upnutí formy, povrch v dělicí rovině znečištěn.
Viditelný paprsek taveniny	Příliš nízká teplota materiálu při zpracování, nízká teplota formy, ústí vtoku příliš malé, příliš vysoká vstřikovací rychlost, špatné umístění ústí vtoku, příliš dlouhý vtok.

4 VSTŘIKOVACÍ FORMY

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

U formy se vyžaduje:

- vysoká přesnost a požadovaná jakost funkčních ploch zhotovené dutiny formy a ostatních funkčních dílů,
- maximální tuhost a pevnost jednotlivých částí formy i celků, pro zachycení potřebných tlaků,
- správná funkce formy, vhodný vtokový systém, vyhazování, odvzdušnění, temperování apod.,
- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou. [1]



Obr. 8 Vstřikovací forma

4.1 Vstřikovací formy na plasty

Forma dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměry výrobku, při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. Její dobrá kvalita plní požadavky:

- technické, které zaručují správnou funkci formy, která musí vyrobít požadovaný počet součástí v náležité kvalitě a přesnosti. Má také splňovat podmínku snadné manipulace i obsluhy při výrobě součástí,
- ekonomické, které se vyznačují nízkou pořizovací cenou, snadnou a rychlou výrobou dílů při vysoké produktivitě práce. Také vysokým využitím plastu,
- společenskoestetické, které umožňují vytvářet vhodné prostředí při bezpečné práci. Vyžadují dodržení všech bezpečnostních zásad při konstrukci, výrobě i provozu formy.

4.2 Konstrukce vstřikovacích forem

Konstrukce a výroba formy je náročná a speciální činnost, kterou si vstřikovna obvykle sama nezajišťuje. Jsou specializované podniky, které se touto činností zabývají.

Pro vyhotovení výkresové dokumentace formy nutné pro její výrobu, je třeba znát celou řadu technických údajů, aby její realizace byla úspěšná. Nejdůležitější přehled podkladů:

- Forma:
- Konstrukce
 - výkres součástí
 - násobnost formy
 - typ vstřikovacího stroje
 - zvláštní požadavky
 - Výroba
 - příprava výroby
 - vlastní výroba
 - termín zhotovení
 - odzkoušení [1]

4.2.1 Výkres součásti

Charakter součásti z plastu má odpovídat jeho specifickým vlastnostem. Svým tvarem a rozměry má umožnit jeho jednoduchou výrobu i dodržení požadovaných fyzikálních i mechanických vlastností.

Výkres má obsahovat:

- materiál součásti,
- tvar,
- rozměry a tolerance,
- jakost povrchu a vzhledové požadavky (barva, dezén, stopy po vtoku, vyhazovačích, ...),
- hmotnost,
- technické přejímací podmínky,
- zvláštní požadavky (temperace, ...),

Z ekonomického hlediska výroba vyžaduje, aby výstřik byl:

- tvarově snadno zaformovatelný,
- rozměrově dosažitelný,
- s minimálními nároky na dodatečné opracování.

Úspěšné a kvalitní navržení součásti předpokládá úzkou spolupráci konstruktéra součásti s konstruktérem vstřikovací formy. [1]

4.2.2 Násobnost formy

Optimální volba násobnosti formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých činitelů, kteří ji ovlivňují. Posuzují se z hlediska:

- charakteru a přesnosti výstřiku,
- požadovaného množství výrobků,
- velikosti a kapacity vstřikovacího stroje,
- požadovaného termínu dodávky,
- ekonomiky výroby.

Součásti tvarově náročné, které vedou ke složité formě, jako i velkorozměrové výstřiky se většinou vyrábí v jednonásobných formách z důvodu složitosti vstřikovací formy i přesnosti vyráběného výrobku. [1]

4.2.3 Volba optimálního vstřikovacího stroje

Vstřikovací stroj je významnou složkou pro dosažení kvalitních výstřiků. Jeho volbu ovlivňuje:

- hmotnost a rozměry vyráběného dílu,
- požadovaná přesnost a kvalita výstřiku,
- velikost formy (vzdálenost mezi vodícími sloupy a minimální i maximální otevření-zdvih vstřikovacího stroje).

Vstřikovací stroj musí mít:

- dostatečnou vstřikovací kapacitu, tzv. plastikační výkon, který se pohybuje v rozmezí 10 – 90%,
- dostatečnou uzavírací sílu. [1]

4.2.4 Zvláštní požadavky na konstrukci formy

Pokud pro zákazníka běžné požadavky nejsou vhodné, doplní je svými speciálními. Obvykle mají urychlit, zlepšit, případně zlevnit výrobu.

Takovým zvláštním příslušenstvím bývá využití typizovaného rámu (dílu) forem, nasazení vyhřívané trysky, vyšší automatizace při vstřikování, robotizace pracoviště apod. [1]

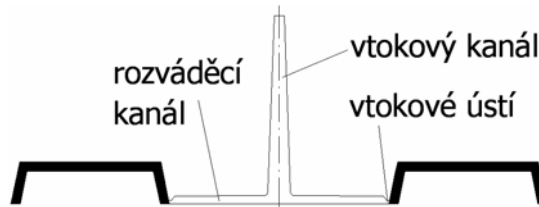
4.3 Postup při konstrukci forem

Výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji, jsou podkladem pro konstruktéra forem. Vlastní konstrukce pak má následující postup:

- posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek. Je třeba znovu zkontrolovat rozměry, jejich tolerance, rozdíly v tloušťce stěn s ohledem na propadliny a lunkry. Nezanedbat ani úpravy ostrých hran a rohů, které vyvolávají velké pnutí a obtížné plnění dutiny,
- určení, případně upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled. Respektovat také směr a velikost potřebných úkosů. Zaformování musí odpovídat vhodnému umístění ústí vtoků a vyhazování z dutiny formy,
- dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě. Volba vhodného typu vtokového systému, velikost průřezů, tvaru a délky hlavního a rozváděcího kanálku i ústí vtoku,
- stanovení koncepce vyhazovacího a temperačního systému i odvzdušnění dutin formy,
- návržení rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperace formy,
- vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj s ohledem na využití dostupných prostředků. To všechno v rámci bezpečnosti práce,
- zkontrolování funkčních parametrů formy, hmotnost výstřiku, jeho průmětnou plochu, vstřikovací a uzavírací tlak a další faktory s ohledem na doporučený stroj. [1]

4.4 Vtokové systémy

4.4.1 Studené vtokové systémy (SVS)



Obr. 9 Vtokový systém formy

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

Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku,
- spotřebu materiálu plastu (studený vtokový systém = odpad),
- náročnost opracování na začištění výstřiku,
- energetickou náročnost výroby.

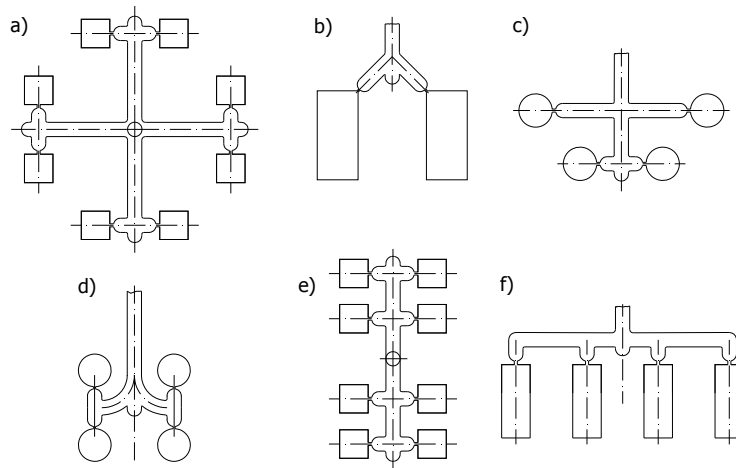
Vyvážený vtokový systém – u vícenásobných forem musí tavenina dorazit ke všem dutinám současně a mít přitom stejný tlak!

Tavenina se vstřikuje velkou rychlostí do relativně studené formy. Během průtoku SVS viskozita taveniny roste, a tím zvyšuje se tlak! [1]

Konstrukční řešení SVS

Funkční řešení vtokového systému musí zabezpečit aby:

- dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových i časových ztrát,
- dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá a tím se zajistilo rovnovážné plnění. Vyústění vtoku do dutiny, jeho průřez, poloha a počet ovlivňují velikost pnutí a vznik studených spojů, [1]

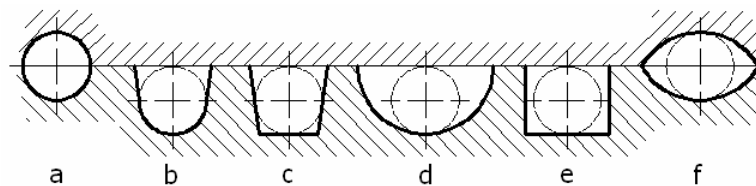


Obr. 10 Obecné zásady volby vtokového systému

a,b,c,d – vhodné řešení

e,f – nevhodné řešení (nutná korekce vtokových ústí)

- vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co největší průřez. Tím budou ztráty ochlazováním minimální. Této podmínce odpovídá kruhový průřez. Z výrobních důvodů se volí i jemu podobný tvar lichoběžníkový, [1]

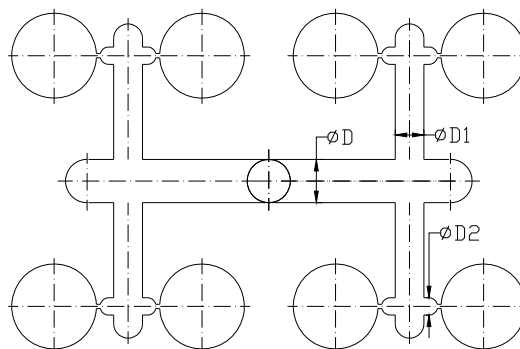


Obr. 11 Průřezy vtokových kanálů

a, f – výrobně nevýhodné

b, c, d, e - výrobně výhodné

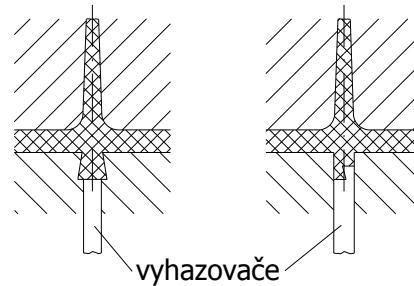
- u vícenásobných forem je vhodné odstupňování průřezů kanálů, aby byla zachována stejná rychlost taveniny, [1]



Obr. 12 Odstupňovaný průřez vtoku – stejná rychlost taveniny

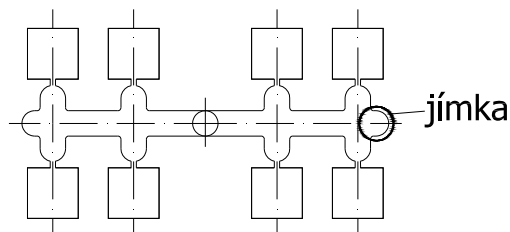
Aby bylo možné uvedené zásady splnit je potřebné:

- zaoblení všech ostrých hran vtokových kanálů min. $R=1\text{mm}$,
- stanovit úkosovitost všech vtoků, pro jejich snadné odformování. Minimální úkosy jsou $1,5^\circ$. Podkoso se volí jen u komůrky přidržovače vtoků, [1]



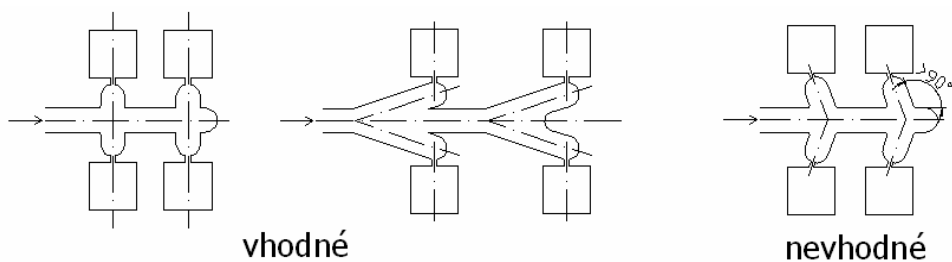
Obr. 13 Přidržovač vtoku

- leštit povrch vtokového systému orientovaného ve směru vyjímání. Tím se usnadní vyhazování,
- řešit zachycení čela proudící taveniny prodloužením rozváděcího kanálu. Zabrání se tím proniknutí chladnějšího čela proudu taveniny do tvarové dutiny a tím snížení povrchových vad výstřiku, [1]



Obr. 14 Zachycení proudu čela taveniny

- neprovádět větvení vtokového systému pod ostrým úhlem, ale někdy právě naopak pod úhlem větším, než 90° . [1]



Obr. 15 Větvení vtoků

Vtokový kanál

Nejobvyklejší je kuželový vtokový kanál, vytvořený uvnitř vtokové vložky. Ústí do rozváděcích kanálů, případně přímo do výstřiku. Vtoková vložka je velmi tepelně i mechanicky namáhána! Vyrábí se z pevné, houževnaté otěruvzdorné oceli (19435, 19581, 19572...) a je tepelně zpracována (tvrdost 58 HRc). Průměr vtokového kanálu na straně trysky stroje je minimálně o 0,5 až 1 mm větší, než je průměr otvoru trysky vstřikovacího stroje. Na opačné straně největší průměr kanálu má být větší min o 1,5 mm, než je největší tloušťka výstřiku, nebo stejný se šířkou rozváděcího kanálu. Je leštěný, s drsností 0,1 Ra a s minimálním úkosem 1,5°. Hrana vložky v oblasti dosedu stroje je ostrá. Dosedací plocha vtokové vložky je kulová s poloměrem křivosti cca o 1 mm větší, než je poloměr křivosti trysky stroje. [1]

Rozváděcí kanály

Rozváděcí kanály spojují vtokový kanál s ústím vtoku a tvářecí dutinou. Jejich délka je dána typem formy.

Velikost průřezů ovlivňuje:

- charakter výstřiku (především tloušťka stěn a doba dotlaku),
- tepelné a reologické vlastnosti taveniny, hlavně její viskozitu, tepelnou vodivost apod.,
- parametry vstřikovacího stroje, vstřikovací tlak, vstřikovací rychlost.

Všeobecně platí, že nejmenší průměr rozváděcího (i vtokového) kanálku D nemá překročit 1,54 největší tloušťky stěny výstřiku H .

Při stanovení průřezů rozváděcího kanálu se dává přednost kruhovému, nebo lichoběžníkovému, který zabezpečí nejmenší teplotní i tlakové ztráty a nižší hodnoty průtokového odporu. [1]

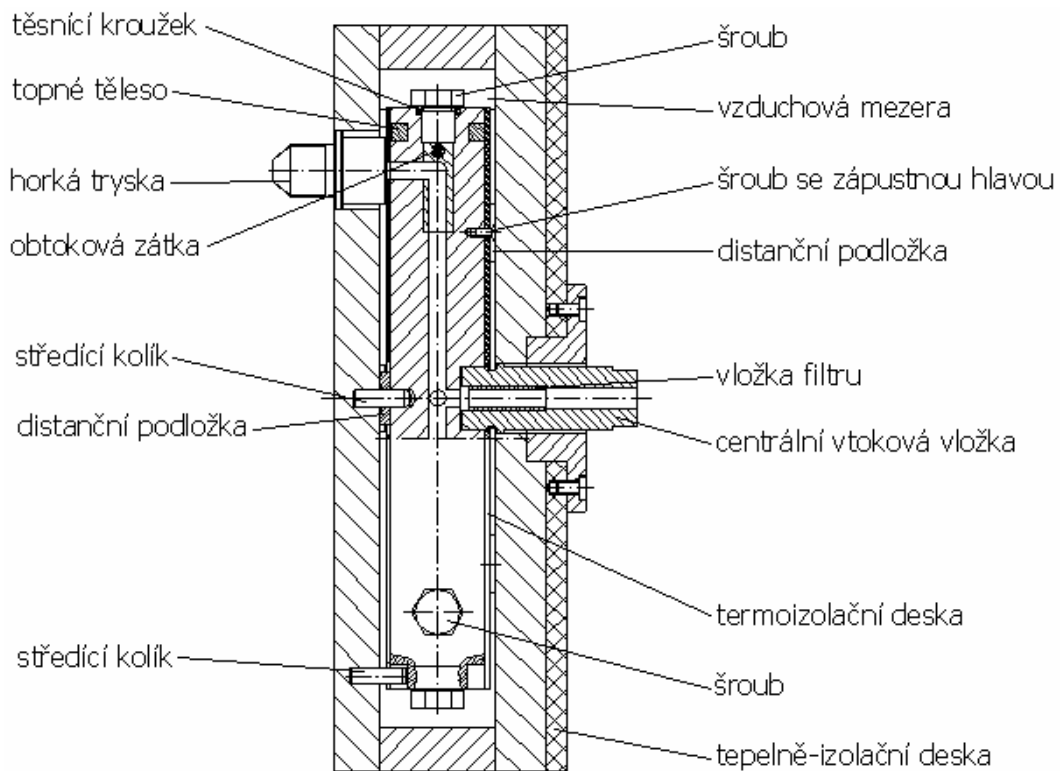
Vtokové ústí

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Jen ve výjimečných případech může být použit plný nezúžený vtok (pro potlačení propadlin, lunkrů u velkoobjemových dílů). Jeho zúžením se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem do tvarové dutiny. Omezí 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 začistiění. Velikost zúženého průřezu však musí spolehlivě naplnit dutinu formy a také ještě umožnit případné působení dotlaku. Délka zúženého ústí se volí co nejkratší. [1]

4.4.2 Vyhřívání vtokových systémů (VVS)

Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhřívání vtokových soustav (VVS). Dříve než se došlo k současným typům VVS, předcházela jim řada jednodušších systémů, které se postupně zdokonalovaly. Nejprve se zesílenými vtoky, izolovanými vtokovými soustavami s předkomůrkami apod. Dnešní vyhřívání vtokových soustav mají vyhřívání trysky, které jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. To umožnila především výroba vysokovýkonných a minimálních topných těles a některých dalších jejích dílů. [1]



Obr. 16 Vyhřívání vtokový systém

Od forem s běžnými studenými soustavami se liší především tím, že dnešní typy VVS se nakupují od specializovaných výrobců. Jednotlivá konstrukční provedení i rozsah jejich použití jsou rozdílné. Proto je nutné při použití určitého systému vyžádat si od daného výrobce potřebné podklady, případně i technickou konzultaci. Doporučuje se zavádět především systémy, které jsou v ČR zastoupeny (HASCO, DME, STRACK, ...). [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. Součástí systému je regulace teploty VVS i formy. Celá soustava umožňuje snadnou montáž, demontáž, vyčištění a znovu nasazení do provozu. [1]

Výhody VVS:

- umožňuje automatizaci výroby,
- zkracuje výrobní cyklus,
- snižuje spotřebu plastu (vstřikuje se bez vtokových zbytků),
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků (odpadá problematika recyklace). [1]

Nevýhody VVS:

- vyžaduje podstatně složitější a výrobně nákladnější formy,
- je potřeba zajistit regulátory a snímače,
- jsou energeticky mnohem náročnější než SVS. [1]

4.5 Vyhazovací systémy

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

Má dvě fáze:

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

Základní podmínkou dobrého vyhazování výstřiků je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Úkoso-
vosti nemají být menší než 30°. Vyhazovací systém musí výstřik vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení, a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. [4]

4.5.1 Vyhazovací síla

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. Může ale zůstat i v tvárnici. Proto je snahou (někdy i vynucenou), aby výstřik zůstal v té části formy, kde jsou vyhazovače. Potřebná velikost vyhazovací síly závisí na:

- velikosti smrštění výstřiku ve formě,
- členitosti výstřiku a jakosti povrchu funkčních ploch tvárníku (dutiny) formy,
- technologických podmínkách vstřikování (tlaku, teplotě plastu a formy, době chlazení),
- pružných deformací formy. [4]

4.5.2 Mechanické vyhazování

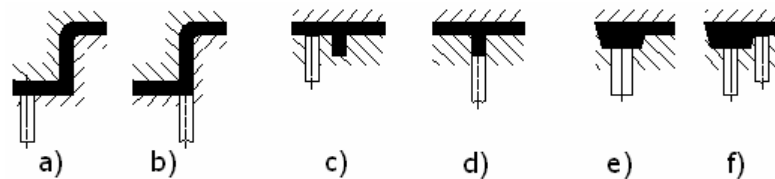
Je nejrozšířenějším vyhazovacím systémem. Používá se všude tam, kde je to jen možné. Jeho konstrukce má různá provedení, která představují:

- vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků,
- vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkových vyhazovačů,
- šikmé vyhazování,
- postupné vyhazování,
- speciální vyhazování. [4]

Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Je nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výstřiků. Uvedený systém lze použít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Je výrobně jednoduchý a funkčně zaručený.

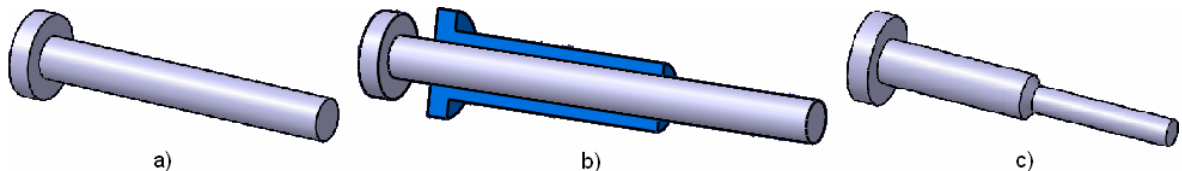
Správná volba tvaru vyhazovacího kolíku i jeho vhodného umístění, umožní snadné vyhození výstřiku bez poškození. [4]



Obr. 17 Umístění vyhazovacích kolíků

a, c, e - chybně
b, d, f - správně

Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí ho při vyhazování bortit. Jinak by mohla nastat jeho trvalá deformace. [4]



Obr. 18 Vyhazovací kolíky

a) válcový, b) trubkový, c) prismatický

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. Používá se především u tenkostěnných výstřiků, kde je nebezpečí jejich deformace, nebo u rozměrných, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírání je vhodné jen tehdy, dosedá-li výstřik na stírací desku v rovině, nebo plocha výstřiku je mírně zakřivena. [4]

Pohyb stírací desky může být podle účelu a koncepce formy vyvozen:

- tlakem vyhazovacího systému,
- tahem ve speciálních případech (obvykle při rozevírání formy jeho pevnou deskou). [4]

Stírací deska – stírací kroužek

Pro zvýšení životnosti je stírací deska obvykle vyložena tepelně zpracovanou tvarovou vložkou, upevněnou v desce. [4]

Stírací deska – trubkový vyhazovač

Funkce trubkového vyhazovače je speciálním případem stírání tlakem. Vyhazovač s otvorem má funkci stírací desky a pracuje jako vyhazovací kolík. Zatím co vlastní vyhazovací kolík je upevněn v pevné desce, nepohybuje se a tvoří jádro. [4]

Vyhazování pomocí šikmých vyhazovačů

Je speciální 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 s klínovým mechanismem. [4]

Dvoustupňové vyhazování

Patří do skupiny mechanického vyhazování. Vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se vzájemně ovlivňují. Způsob umožňuje vyhazovat výstřiky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti. Proto se s výhodou používá například k vyhazování slabostěnných výstřiků v kombinaci - stírání s vyhazovacími kolíky, při šikmém vyhazování výstřiků se zápichem apod.

Využívá se také při oddělování vtokových zbytků od výstřiků spolu s jejich vyhazováním. Pracuje takovým způsobem, že jednou skupinou zdvojených vyhazovačů se odstříhnou vtoky a druhou se zpožděným zdvihem se výstřiky vyhodí. [4]

4.5.3 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 uvedeného tvaru (např. kbelík) velmi výhodný. Běžné mechanické vyhazování větších výstřiků vyžaduje značné zvětšení délky formy (velký zdvih vyhazovače), bez záruky dobré funkce.

Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku, vyloučí se místní přetížení a nevzniknou na výstřiku stopy po vyhazovačích.

Vzduch se do dutiny formy přivádí přes ventil talířový, jehlový nebo zavzdušňovací kolíky. [4]

4.5.4 Hydraulické vyhazování

Využívá se k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. Hydraulická jednotka už v dnešní době nebývá součástí vstřikovacích formy, jak tomu bylo dříve. Vybírá se z katalogů specializovaných výrobců pro každou aplikaci zvlášť. [5]

4.6 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.

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 vyrobit zase při stanovené teplotě. Proto je nutné toto přebytečné teplo během pracovního cyklu odvést temperační soustavou formy.

Některé plasty se zpracovávají při vyšších teplotách formy (PC 100 - 120°C). V takovém případě jsou tepelné ztráty formy větší, než její ohřátí taveninou a musí se naopak

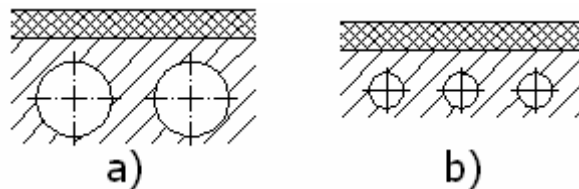
ohřívát. Také při zahájení výroby je třeba nejprve vyhřát formu na pracovní teplotu. Jinak by nebyla zaručena dostatečná kvalita výstřiků. [4]

Úkolem temperace je:

- zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši po celém povrchu její dutiny (podle druhu zpracovávaného plastu),
- odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou tak, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku. [4]

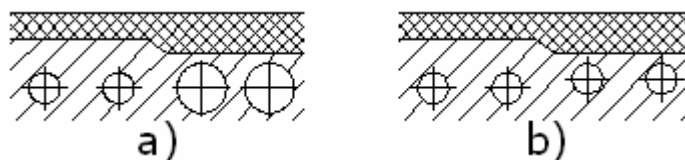
4.6.1 Obecné zásady volby temperačních kanálů

- 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,
- vzdálenost kanálu od funkční dutiny má být optimální. Je třeba dbát na dostatečnou pevnost a tuhost stěny funkční dutiny,
- je vhodnější použít větší počet menších kanálů s malými roztečemi, než naopak,



Obr. 19 Vliv rozmístění temperačních kanálů
a) chybně, b) správně

- kolem dutiny formy se kanály rozmísťují rovnoměrně a všude ve stejné vzdálenosti. V oblasti tlustší stěny výstřiku, případně v jiném místě o vyšší teplotě, se kanály přiblíží k dutině formy,



Obr. 20 Chlazení výstřiku o různé tloušťce stěny
a) chybně, b) správně

- průřez kanálu se volí podle velikosti výstřiku, druhu plastu a rámu formy. Nejběžnější průřez je kruhový,

- zbytečně se nemá průměr zvětšovat, protože intenzita výměny tepla se zvýší jen nepatrně. Zato ale stoupá potřebné množství temperačního média. Také tuhost formy se sníží,
- vedle kruhových kanálů se používají i kanály s obdélníkovými průřezy (vyfrézované drážky). Ty se vodotěsně překryjí, nebo se do nich mohou uložit tenkostěnné měděné trubky. Pro dobrý tepelný styk se zalijí nízkotavitelným kovem (Sn, Zn,...).[4]

4.6.2 Temperační prostředky

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

Rozdělují se na:

- *aktivní*, které působí přímo na formě. Teplo do formy přivádí, nebo naopak odvádí. Patří sem kapaliny, vzduch a topné elektrické články,
- *pasivní*, které svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy. Patří sem tepelně izolační materiály, tepelně vodivé materiály. [4]

4.7 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 jeho vyřešení obtížné. Nezbytná znalost některých zákonitostí při plnění formy ušetří pracovníkům mnoho starostí.

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.

Volba místa pro odvzdušnění ve formě je někdy zřejmá z tvaru výstřiku, jindy však je jen obtížně zjistitelná. Je třeba se řídit úvahou, jakým způsobem a směry naplní proudy taveniny dutinu. To samo o sobě závisí na umístění vtoku, tloušťce stěn a na kvalitativních podmínkách, které se kladou na výstřik a jeho požadovanou funkci. [4]

Vzduch z dutiny formy stačí často uniknout dělicí rovinou (vedlejšími dělicími rovinami), vůlí mezi pohyblivými částmi apod. V ostatních případech je třeba formu opatřit odvodušňovacími kanály.

Zhotovené odvodušňovací průřezy musí účinně odvádět vzduch, ale zároveň nesmí docházet k zatékání plastu. [4]

4.8 Rámy vstřikovacích forem

Rám formy představuje skupinu vzájemně spojených desek s vodicím, středícím a spojovacím příslušenstvím. Spojený celek tvoří funkční nosič tvarových dutin a vtoků, vypracovaných přímo v deskách, nebo ve zvláštních vložkách. Rám doplněný o další funkční celky pak tvoří kompletní formu s požadovanou funkcí.

Mimo uvedené činnosti musí rám umožnit:

- správné ustavení na vstřikovacím stroji,
- dokonalé a bezpečné upnutí na stroji,
- přesné vedení pohyblivých dílů formy,
- snadné upevnění tvarových vložek a ostatních funkčních dílů,
- vhodné umístění temperačního a vyhazovacího systému. [4]

Velikost a uspořádání rámu se volí individuálně podle potřeby a nutné funkce formy, s ohledem na zaformování vyráběného výstřiku. Pro usnadnění konstrukce i výroby rámu se dnes využívá nejrůznější typizace a nabídky normálí jednotlivých dílů. [4]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byli stanoveny následující cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma,
- navrhnout plastový díl,
- provést konstrukci vstřikovací formy ve 3D pro daný díl,
- nakreslit výrobní výkresovou dokumentaci nenormalizovaných dílů formy.

Literární studie má za úkol přiblížit problematiku samotného vstřikování, konstrukci výstřiku a konstrukci vstřikovací formy.

V praktické části byl nejdříve vytvořen 3D model, při kterém se vycházelo ze zadaného plastového dílu. Pro vytvořený 3D model byla provedena konstrukce vstřikovací formy ve 3D, nejdříve pro vstřikovací stroj ARBURG Allrounder 420C 1000-350 a dále pro vstřikovací stroj ARBURG Allrounder 170S 150-30, které jsou oba vlastněny UTB ve Zlíně.

Po zhotovení 3D sestav se vytvoří 2D sestavy s řezem formy a opozicováním jednotlivých dílů s kusovníkem. Pro všechny vyráběné součásti jsou vypracovány výrobní výkresy.

Při konstrukci modelu i obou vstřikovacích forem bylo použito programu CATIA V5R18 a HASCO DAKO Modul a jeho normálí.

6 CHARAKTERISTIKA VÝROBKU

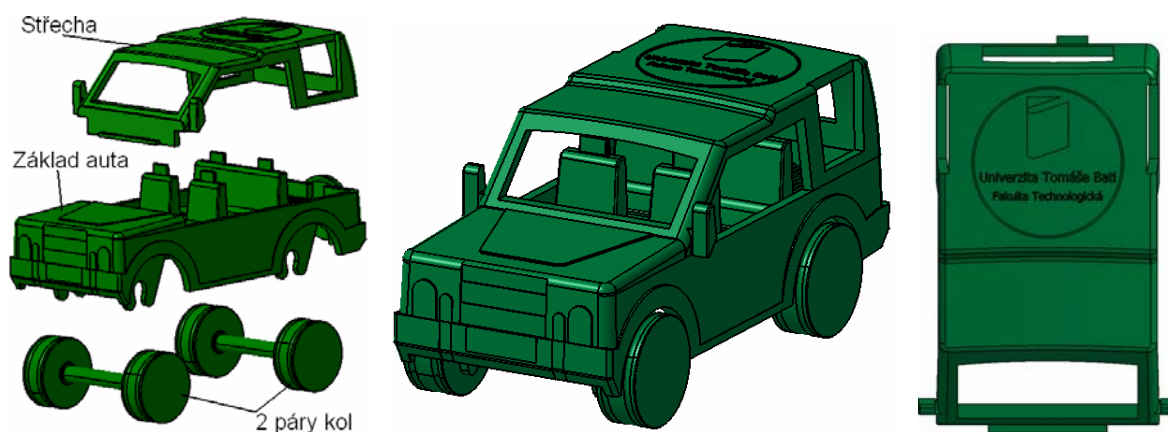
Vstříkovaným výrobkem je plastové auto, které je složeno ze čtyř částí: základ auta, střecha a 2 páry kol. Jednotlivé díly jsou vzájemně jednoduše spojitelné. Střecha je opatřena dvěma zarážkami, které se vsunou do základu auta, ve kterém jsou díry pro tyto zarážky. Jednotlivé páry kol jsou zajištěny pomocí úchytů, které jsou k tomu určeny. Střechu zdobí logo školy s jejím názvem. Auto může sloužit jako reklamní předmět školy nebo jako dekorační předmět.

Tab. 2 Objem a hmotnost výrobku

	Vstříkovací forma 1		Vstříkovací forma 2	
	Výrobek	Výrobek + vtokový systém	Výrobek	Výrobek + vtokový systém
Hmotnost [g]	9,96	11,92	7,27	8,40
Objem [cm ³]	11,02	13,18	8,04	9,29



Obr. 21 Vstříkovaný výrobek



Obr. 22 Model vstříkovaného výrobku

6.1 Materiál výrobku

Zvolený materiál je polypropylen C706-21NA od výrobce Dow Chemical Europe.

Tab. 3 Vlastnosti materiálu PP [6]

Vlastnost	Jednotka	Hodnota
Hustota	g/cm ³	0,904
Index toku taveniny	g/10min	21
Modul pružnosti v tahu	MPa	1340
Poissonova konstanta	-	0,392
Teplota formy při zpracování	°C	20-50
Teplota taveniny při zpracování	°C	190-260

7 VSTŘIKOVACÍ STROJ

7.1 Vstřikovací stroj (pro vstřikovací formu varianty č.1)

Vstřikovací forma varianty č.1 je navržena přímo na vstřikovací stroj ARBURG Allrounder 420C 1000-350, který se nachází přímo na UTB ve Zlíně.



Obr. 23 Vstřikovací stroj ARBURG Allrounder 420C

Tab. 4 Základní parametry vstřikovacího stroje
ARBURG Allrounder 420C

Uzavírací síla	1000 kN
Maximální vstřikovací objem stroje	182 cm ³
Minimální zdvih stroje	250 mm
Vzdálenost mezi vodícími sloupy	420x420 mm

7.2 Vstřikovací stroj (pro vstřikovací formu varianty č.2)

Vstřikovací forma varianty č. 2 je navržena přímo na vstřikovací stroj ARBURG Allrounder 170S 150-30, který je vlastněn UTB ve Zlíně.



Obr. 24 Vstřikovací stroj ARBURG Allrounder 170S

Tab. 5 Základní parametry vstřikovacího stroje
ARBURG Allrounder 170S

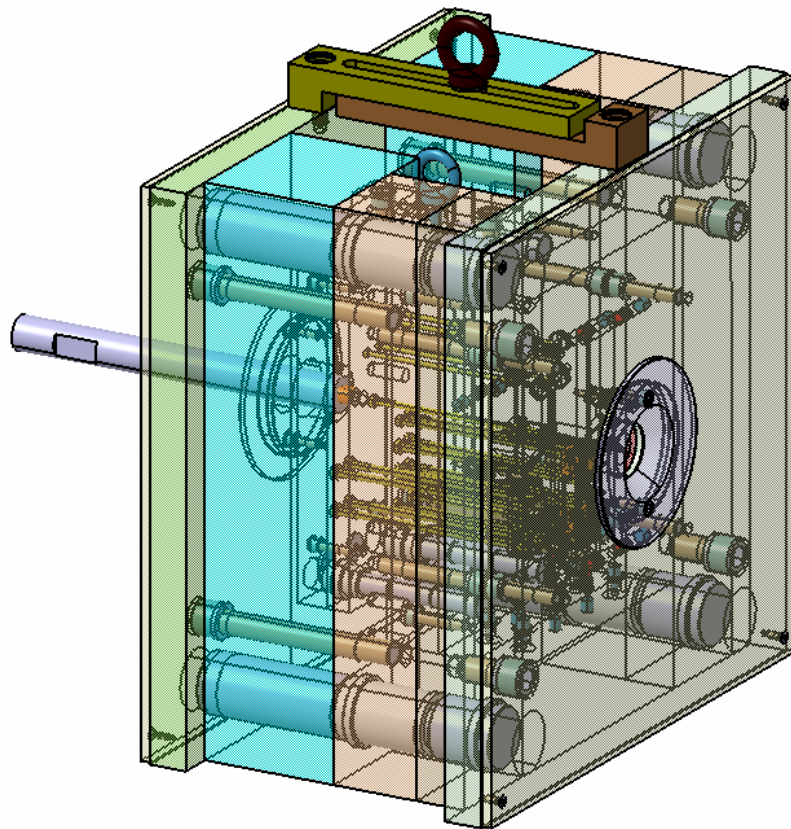
Uzavírací síla	150 kN
Maximální vstřikovací objem stroje	10,6 cm ³
Minimální zdvih stroje	150 mm
Vzdálenost mezi vodícími sloupy	170x170 mm

8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

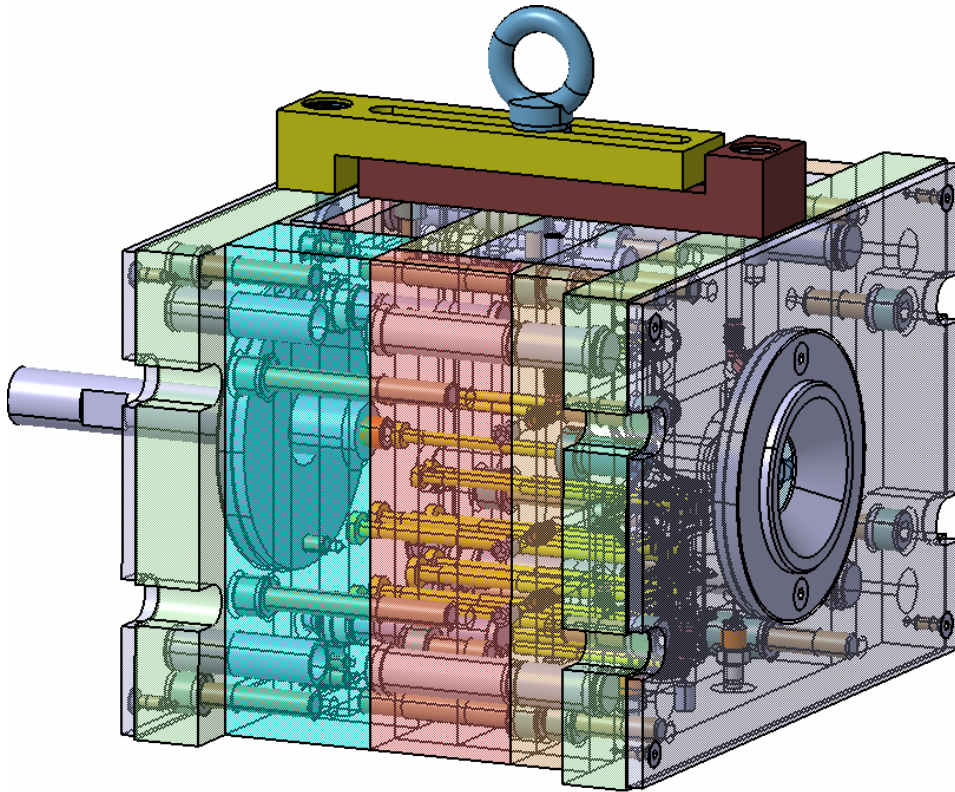
Vstřikovací forma varianty č.1 je navržena a zkonstruována tak, aby se mohla vložit do již vyrobeného rámu pro vstřikovací stroj ARBURG Allrounder 420C.

Vstřikovací forma varianty č. 2 je navržena a zkonstruována tak, aby se mohla vložit do již vyrobeného rámu pro vstřikovací stroj ARBURG Allrounder 170S.

Při návrhu a konstrukci obou forem bylo použito normálií HASCO, čímž se zjednodušila a urychlila výroba formy.



Obr. 25 Vstřikovací forma varianty č.1



Obr. 26 Vstřikovací forma varianty č.2

8.1 Násobnost formy

Při volbě násobnosti formy je třeba brát v úvahu několik činitelů. Jsou to např. charakter a přesnost výrobku, jeho kvalita, velikost a kapacita vstřikovacího stroje a další.

Vstřikovaným výrobkem je auto, které je složeno ze čtyř částí (základ auta, střecha, a 2 páry kol), proto je zvolena čtyřnásobná forma, z důvodu aby bylo auto vystříknuto na jeden pracovní cyklus.

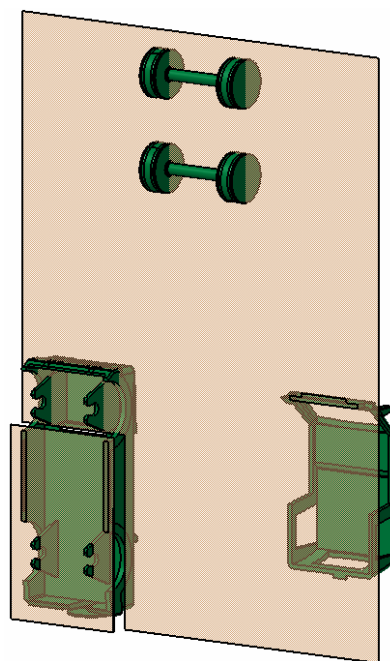
Při konstrukci vstřikovací formy varianty č.2 se zjistilo, že objem výstřiku s vtokovou soustavou má větší objem, než je maximální vstřikovací objem stroje (tj. $10,6 \text{ cm}^3$), proto byla zmenšena velikost vstřikovaného výrobku na 90% původní velikosti.

8.2 Zaformování výstřiku a dělicí rovina

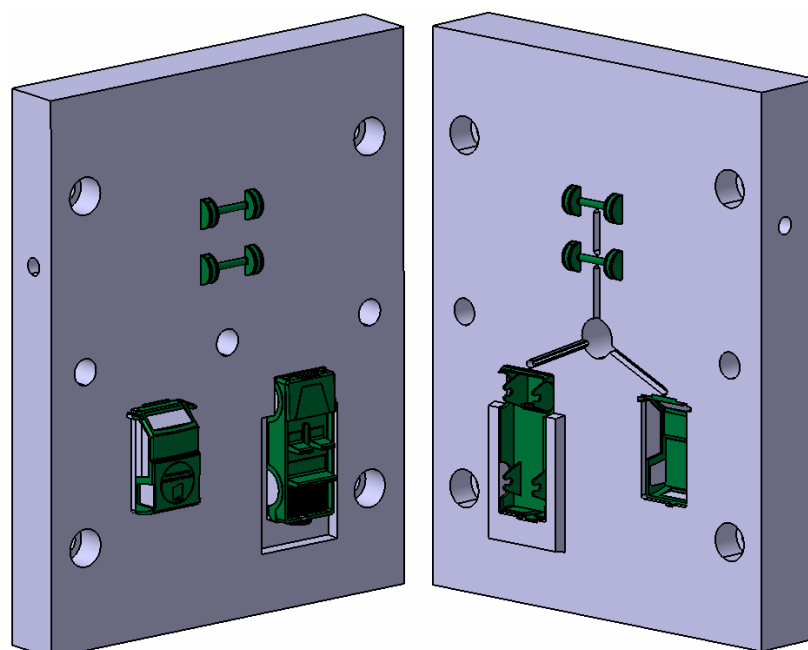
Zaformování výstřiku a volba dělicí roviny patří k hlavním zásadám konstrukce formy. Byla zvolena jedna dělicí rovina, která je rovnoběžná s upínáním formy a leží mezi tvárníkem a tvárnicí.

Zaformování výstřiku je voleno tak, aby při otevření vstřikovací formy výstřik zůstal na její levé straně a poté mohl být vyhozen vyhazovacími kolíky. Stopy po vyhazovacích kolících jsou na nepohledové části výstřiku.

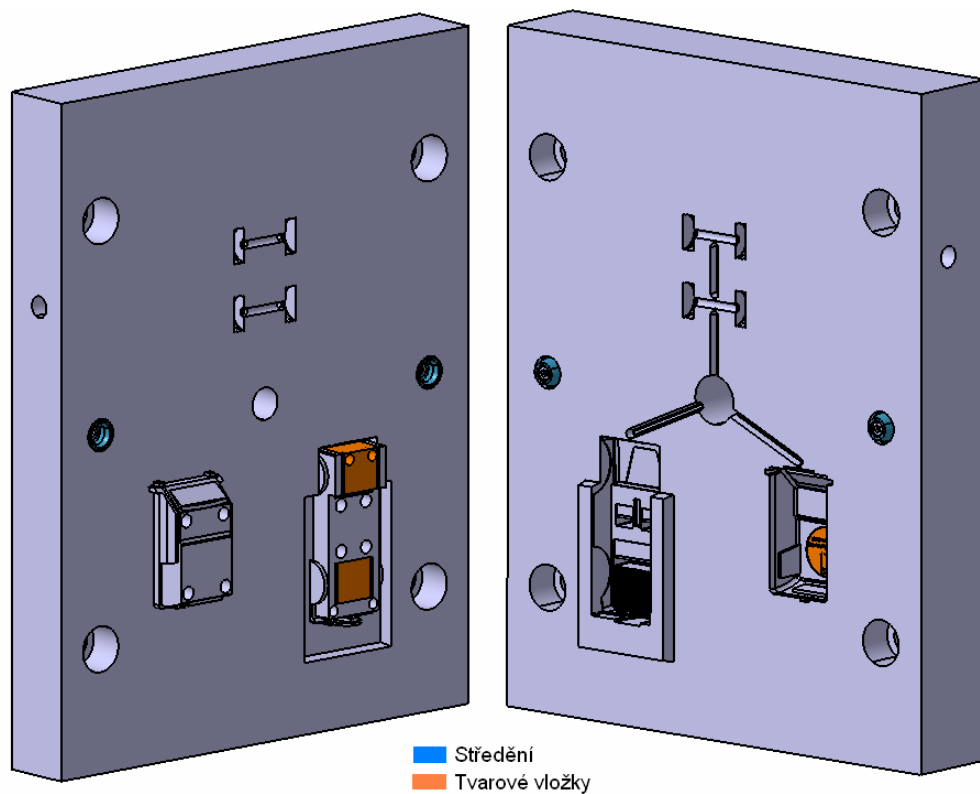
Způsob zaformování výstřiku je pro obě varianty stejný.



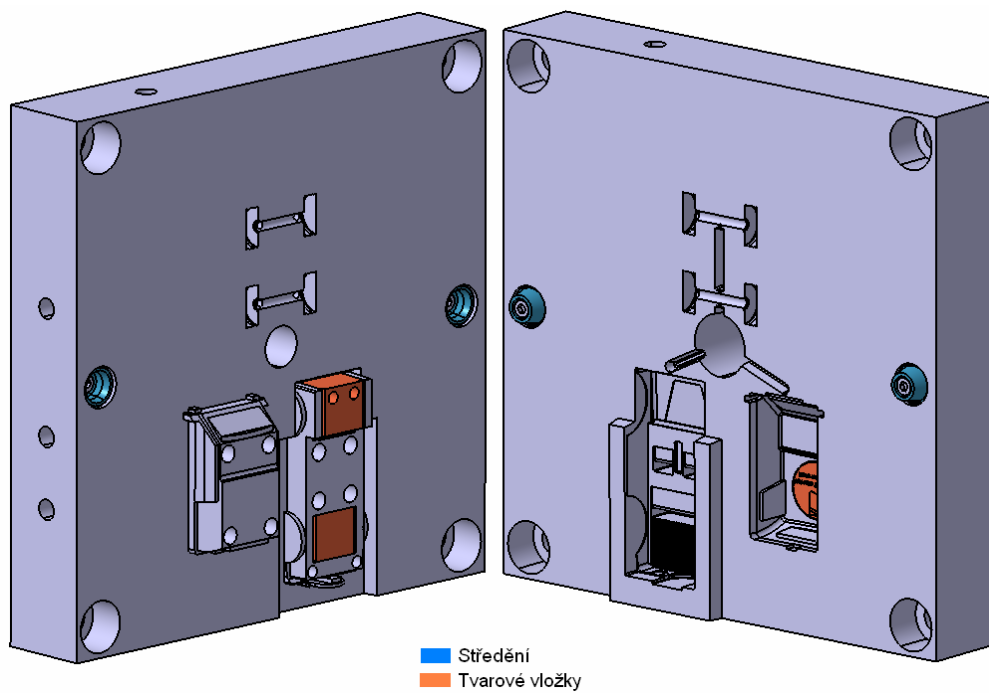
Obr. 27 Dělicí rovina



Obr. 28 Zaformování výstřiku



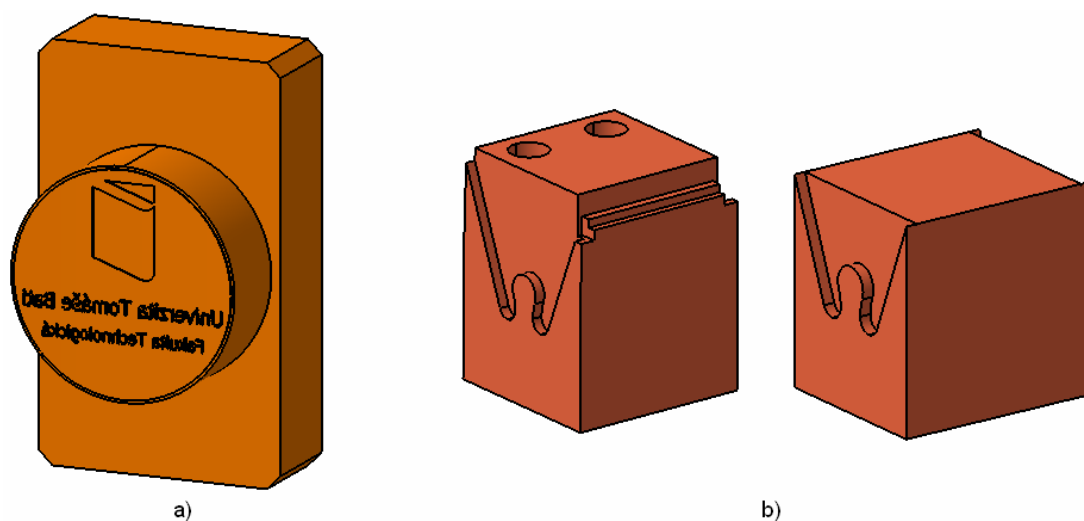
Obr. 29 Tvárník a tvárnice vstříkovací formy varianty č. 1



Obr. 30 Tvárník a tvárnice vstříkovací formy varianty č. 2

8.2.1 Tvarové vložky

Ve tvarových deskách obou forem jsou umístěny tři tvarové vložky z nástrojové oceli. Ve tvárníku jsou uloženy dvě tvarové vložky, které jsou určeny pro úchyty kol základu auta. Tvarové vložky pro úchyty kol jsou zvoleny z důvodu jednodušší výroby. Tyto vložky jsou ke tvárníku uchyceny pomocí šroubů. Ve tvárnici je uložena třetí tvarová vložka, na které je umístěno logo školy s jejím názvem. Vložka je opřena o vedlejší upínací desku. Tato vložka je vyměnitelná za jinou vložku s jiným názvem nebo logem.

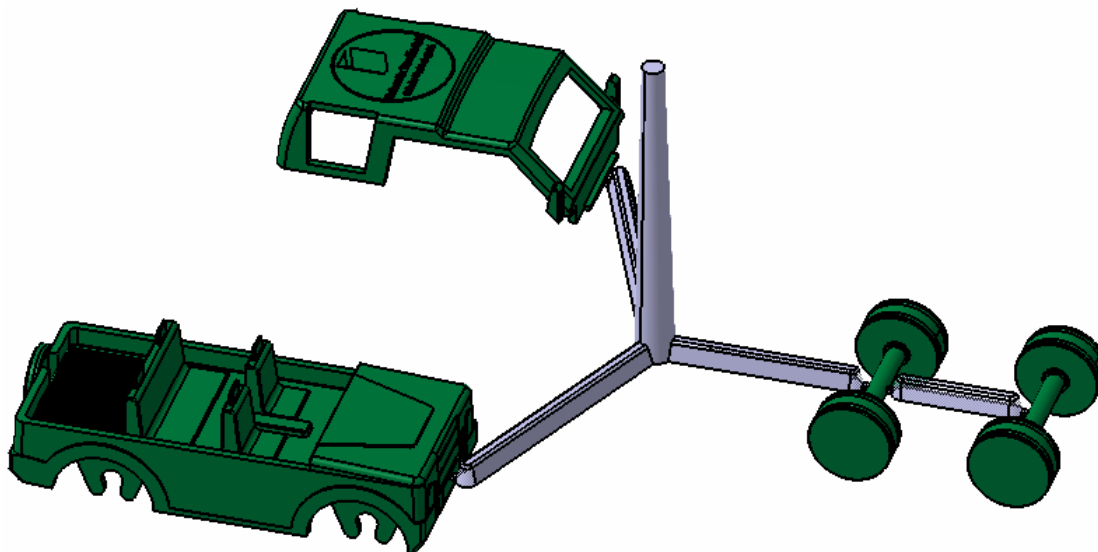


Obr. 31 Tvarové vložky

a) Tvarová vložka do tvárnice, b) Tvarové vložky do tvárníku

8.3 Vtokový systém

Vtokový systém vstřikovací formy zajišťuje při vstřikování vedení proudu taveniny z plastikační jednotky do dutiny vstřikovací formy. Byl zvolen studený vtokový systém. U obou vstřikovacích forem byl zvolen boční vtok. Průřezy rozváděcích kanálů jsou lichoběžníkové. Naproti vtokové vložce je umístěn přídržovač vtoků, který zajistí přidržení celého výstřiku na levé straně formy. Vtokový zbytek se odstraňuje až po vyhození.



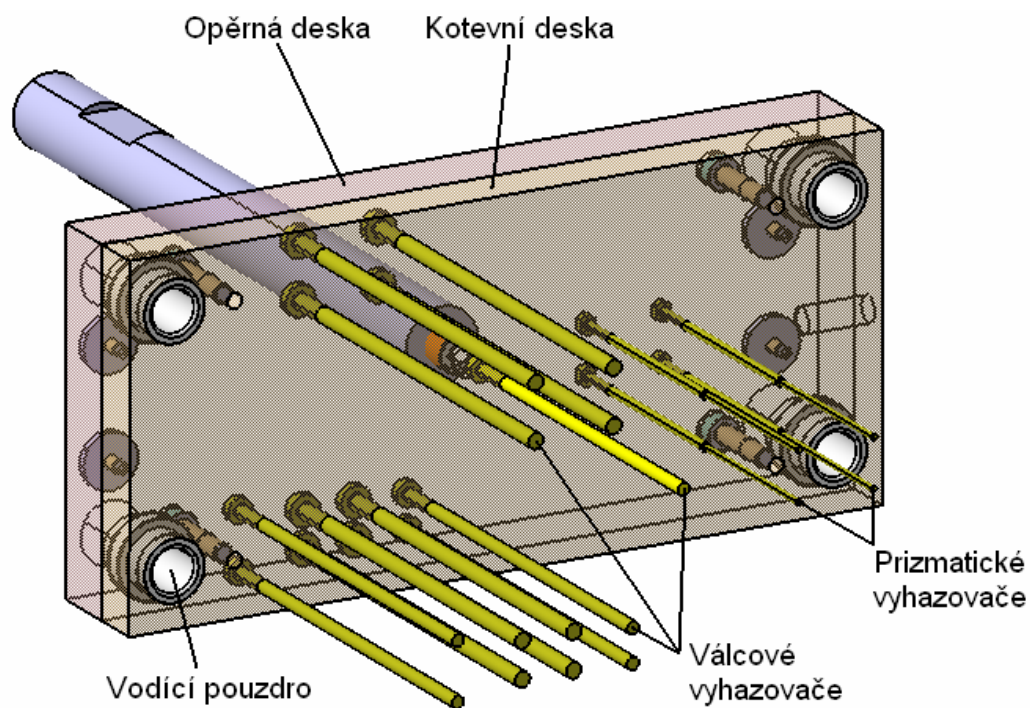
Obr. 32 Vtokový systém

8.4 Vyhazovací systém

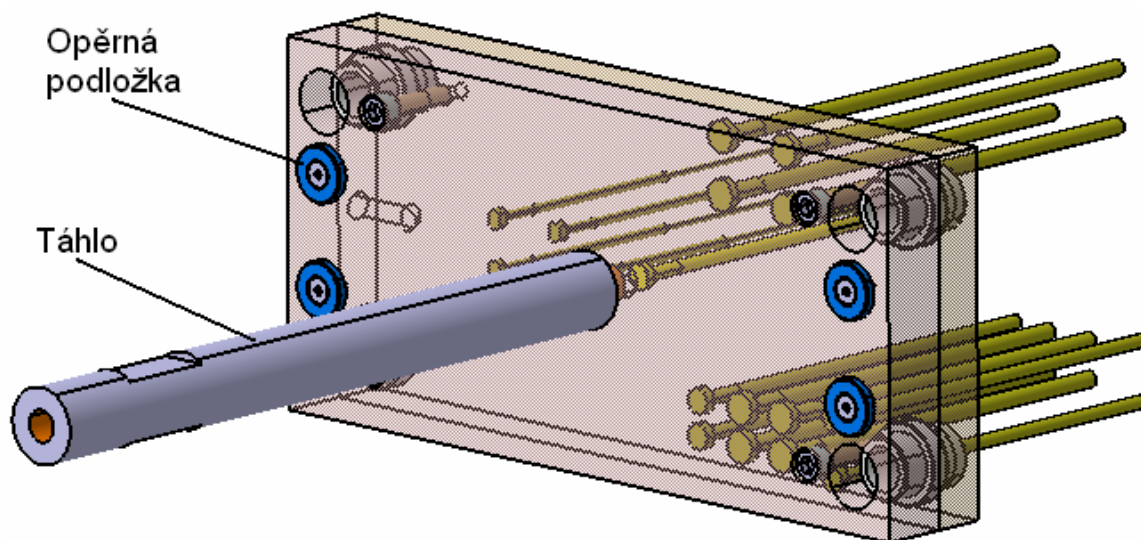
Vyhození výstřiku z dutiny formy je realizováno pomocí válcových a prizmatických vyhazovačů. Ty jsou uchyceny v kotevní desce vyhazovacího systému a zajištěny opěrnou deskou vyhazovacího systému. Prizmatické vyhazovače mají tvarově upravené čelo, proto je nutné je zajistit proti pootočení a to tvarovým upravením hlavy vyhazovače.

Pohyb celého vyhazovacího systému je uskutečněn hydraulickým systémem vstřikovacího stroje pomocí táhla, které je upevněno v opěrné desce. Vedení vyhazovacího systému je zajištěno pomocí vodících čepů, které jsou upevněny v rámu vstřikovací formy a vodících pouzder, které jsou uloženy v kotevní a opěrné desce vyhazovacího systému.

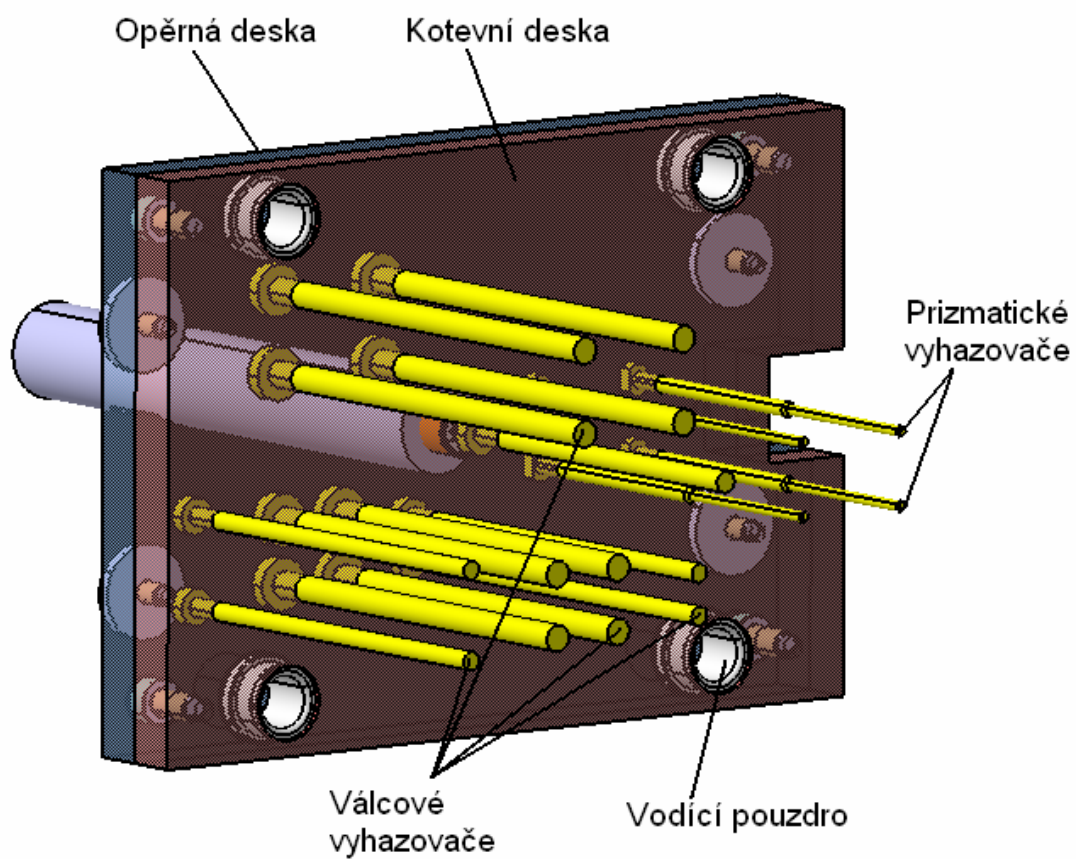
Vyhazovací systém musí mít dostatečný zdvih, aby bylo zajištěné vyhození výstřiku i s vtokovým systémem.



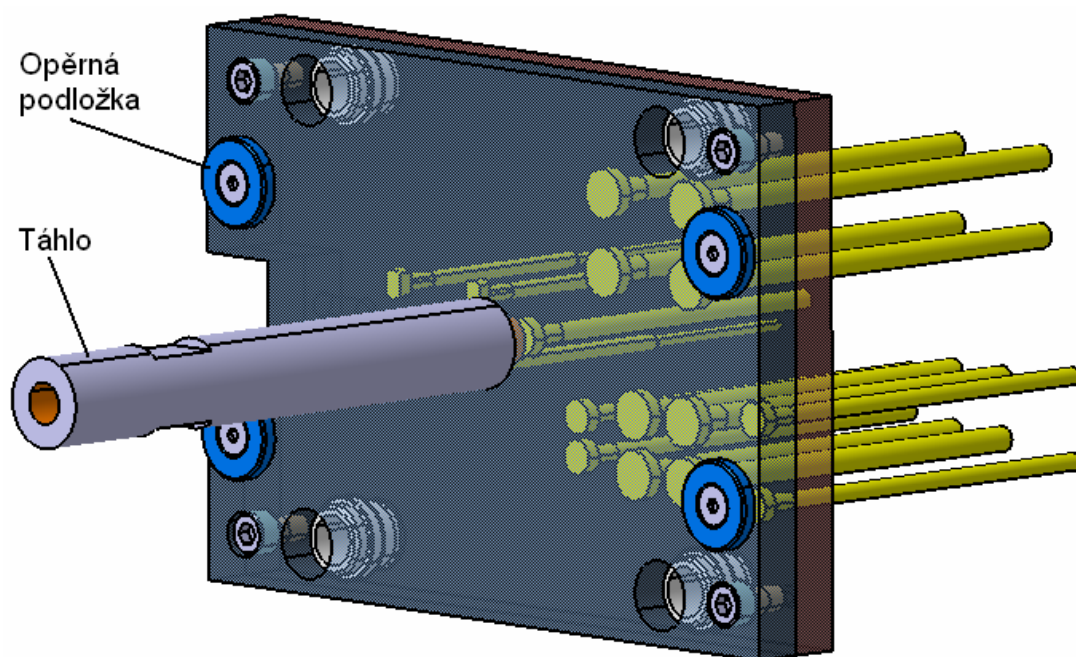
Obr. 33 Vyhazovací systém vstříkovací formy varianty č.1



Obr. 34 Vyhazovací systém vstříkovací formy varianty č.1



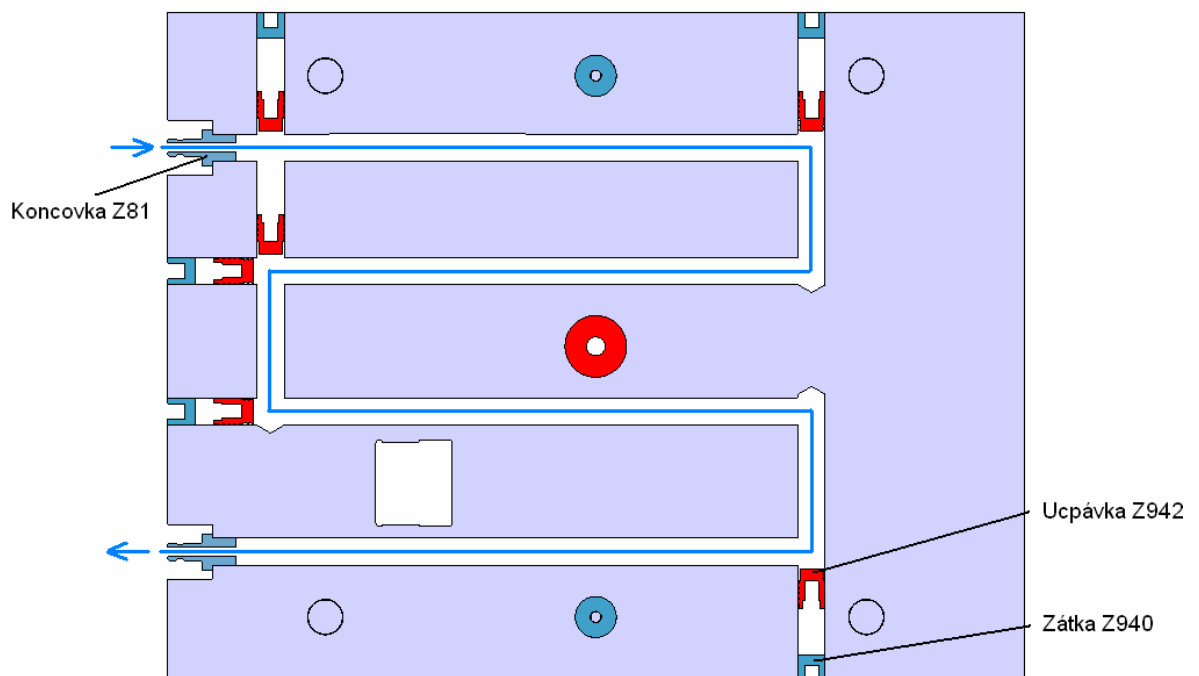
Obr. 35 Vyhazovací systém vstřikovací formy varianty č.2



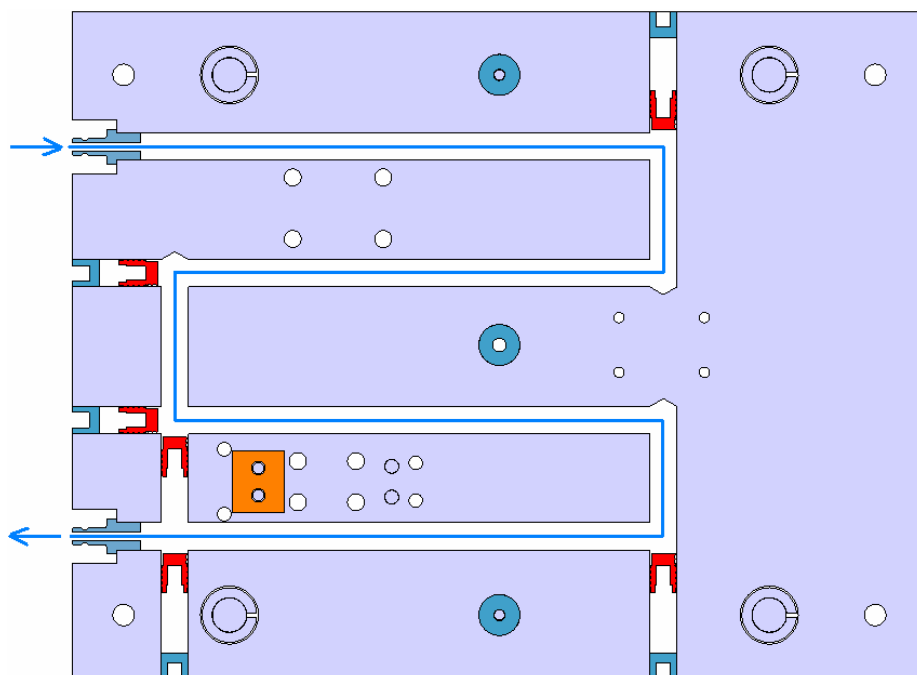
Obr. 36 Vyhazovací systém vstřikovací formy varianty č.2

8.5 Temperace formy

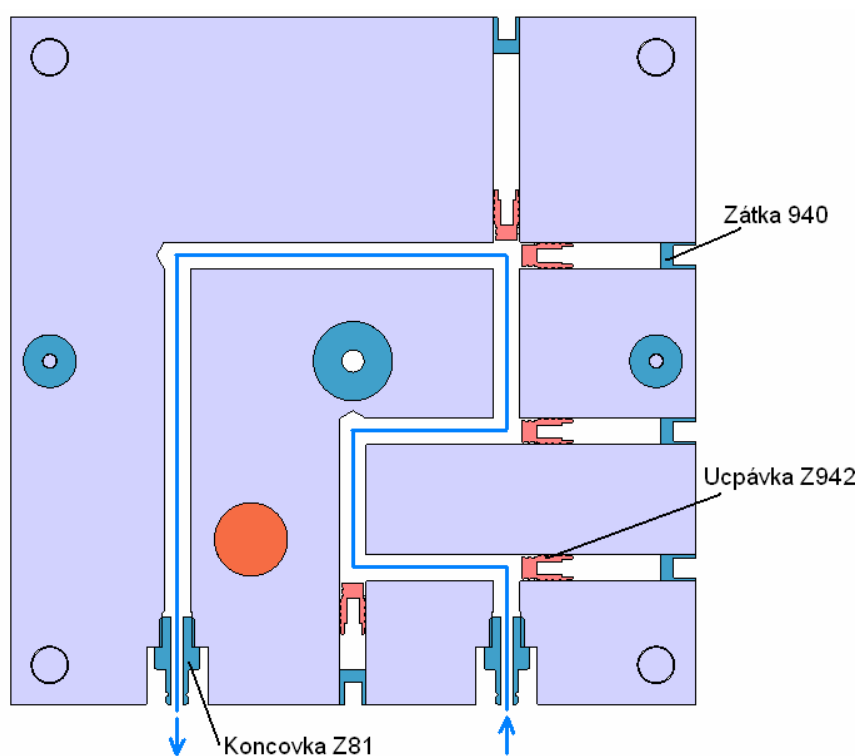
Úkolem temperace formy je zajistit rovnoměrné teplotní pole po celém povrchu tvarové dutiny vstříkovací formy. Temperace formy ve tvárníku i tvárnici je tvořena vrtanými kanály kruhového průřezu, kterými proudí chladicí kapalina. Přebytečné kanály jsou utěsněny ucpávkami, aby nedošlo k unikání média. Pro vstup a výstup kapaliny jsou kanály opatřeny dvěma koncovkami, kde jednou kapalina vstupuje a druhou vystupuje. Ostatní díry jsou na svých koncích zaslepeny zátkami.



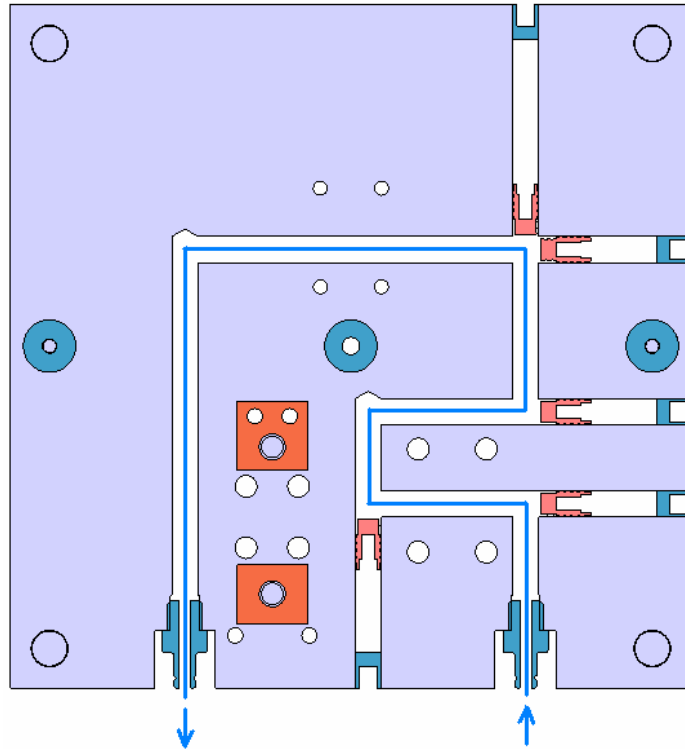
Obr. 37 Temperace tvárnice vstříkovací formy varianty č.1



Obr. 38 Temperace tvárniku vstříkovací formy varianty č.1



Obr. 39 Temperace tvárnice vstříkovací formy varianty č.2



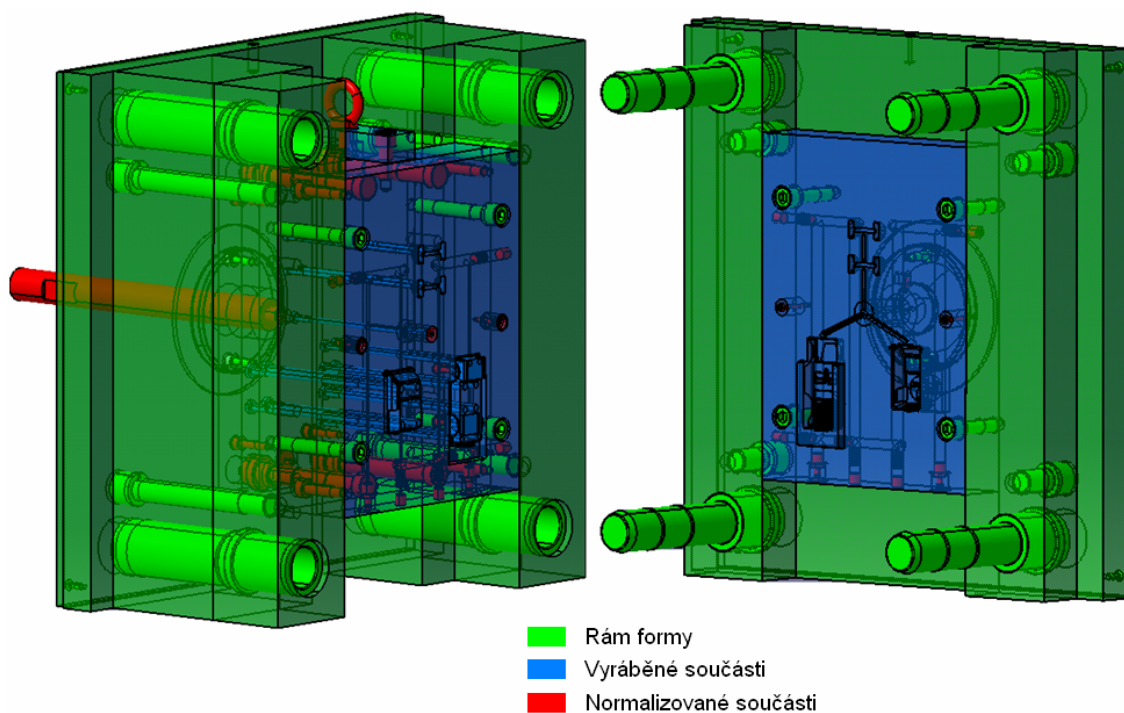
Obr. 40 *Temperace tvárníku vstřikovací formy varianty č.2*

8.6 Odvzdušnění formy

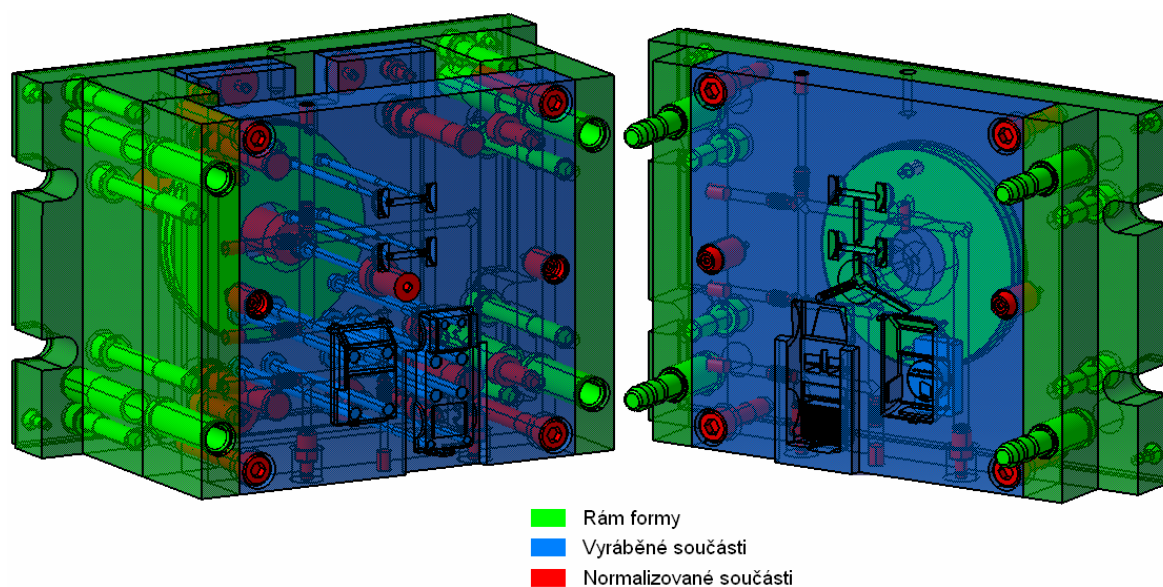
Dutina formy je před vstřikováním naplněna vzduchem, který se při plnění dutiny formy taveninou stlačuje a zahřívá. To může mít za následek vznik optických vad, např. spálená místa. Proto je třeba zajistit únik vzduchu a případných zplodin.

V našem případě se předpokládá, že vzduch stihne uniknout dělicí rovinou a vřely kolem vyhazovačů. V případě, že by odvzdušnění nebylo dostačující, muselo by se řešit vytvořením odvzdušňovacích kanálů.

8.7 Koncepce formy

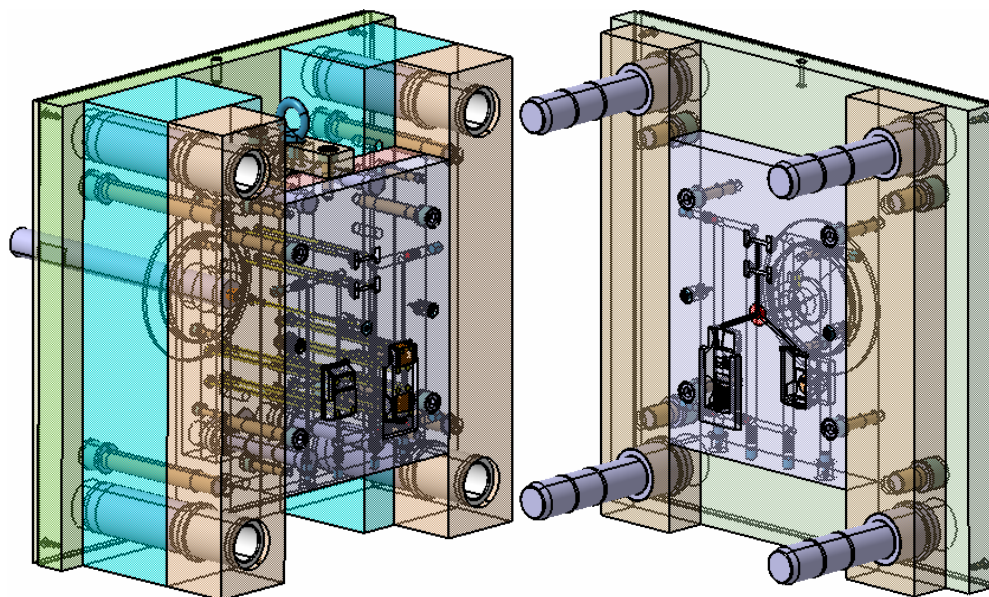


Obr. 41 Koncepce vstřikovací formy varianty č. 1

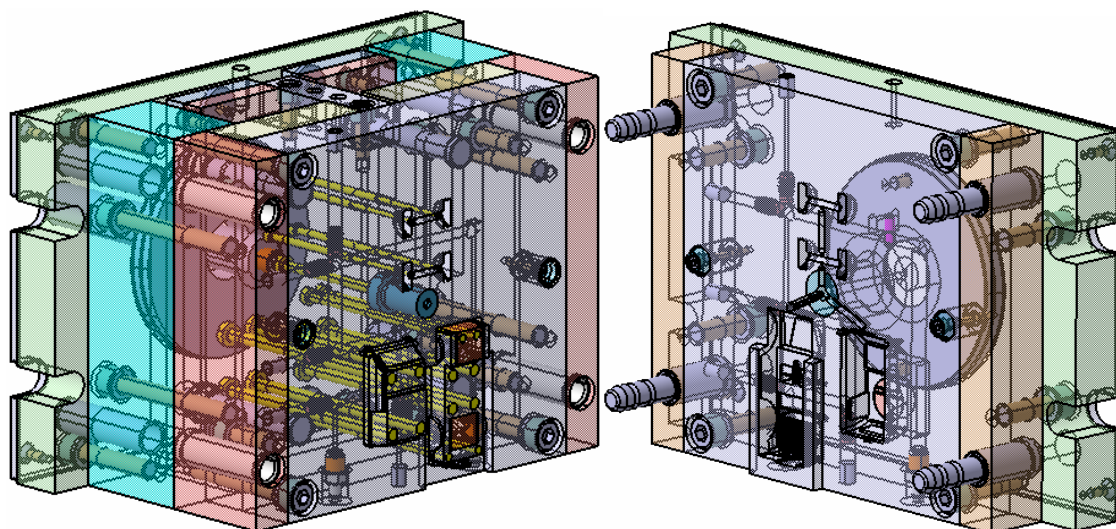


Obr. 42 Koncepce vstřikovací formy varianty č. 2

8.8 Výsledná konstrukce vstřikovací formy



Obr. 43 Vtřikovací forma varianty č.1



Obr. 44 Vtřikovací forma varianty č.2

8.9 Diskuze výsledků

Cílem praktické části bylo zkonstruovat dvě vstříkovací formy pro výrobu zadaného plastového dílu, kterým je auto složené ze čtyř částí (základ auta, střecha a dva páry kol).

Vstříkovací forma varianty č.1 byla zkonstruována do již vyrobeného rámu pro vstříkovací stroj ARBURG Allrounder 420C, který je umístěn v laboratořích UTB ve Zlíně. Při návrhu této vstříkovací formy se nevyskytovaly žádné omezení, co se týká velikosti rámu a také vstříkovacího objemu stroje vzhledem k rozměrům vyráběného dílu.

Vstříkovací forma varianty č.2 byla zkonstruována do již vyrobeného rámu pro menší vstříkovací stroj ARBURG Allrounder 170S, který se také nachází v laboratořích UTB ve Zlíně. Při návrhu této vstříkovací formy byl řešen především problém s maximálním vstříkovacím objemem vstříkovacího stroje (kapacita plastikační jednotky), která činí pouze $10,6 \text{ cm}^3$ a objem samotného výstřiku je $11,02 \text{ cm}^3$. Celkový objem všech částí výrobku včetně vtokového systému je potom $13,18 \text{ cm}^3$. Proto byly zmenšeny rozměry všech částí vstříkovaného výrobku na 90% původní velikosti.

Obě vstříkovací formy byly zvoleny čtyřnásobné z důvodu, aby bylo auto vystříknu-to na jeden pracovní cyklus. V opačném případě by musely být vyrobeny tři formy. Z finančních důvodů byl zvolen studený vtokový systém s bočním vtokem. Ve tvarových deskách obou forem jsou umístěny tři tvarové vložky. Ve tvárníku jsou uloženy dvě tvarové vložky, které jsou určeny pro úchyty kol základu auta. Tvarové vložky pro úchyty jsou zvoleny z důvodu jednodušší výroby. Ve tvárnici je uložena třetí tvarová vložka, na které je umístěno logo školy s jejím názvem. Tato vložka se může zaměnit za jinou vložku s jiným názvem nebo logem. Pro vyhození výstřiku byl navrhnout jednoduchý vyhazovací systém s třinácti válcovými vyhazovači a čtyřmi prizmatickými vyhazovači s tvarově upraveným ukončením pro vyhození obou párů kol.

Po zhotovení 3D sestav se vytvořili 2D sestavy s řezem formy a opozicováním jednotlivých dílů s kusovníkem. Pro všechny vyráběné součásti je vypracována kompletní výrobní dokumentace. Při konstrukci modelu i obou vstříkovacích forem bylo použito programu CATIA V5R18 a HASCO DAKO Modul pro vkládání normalizovaných dílů.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout dvě varianty vstřikovacích forem pro zadaný plastový díl, kterým je auto složené ze čtyř částí (základ auta, střecha a 2 páry kol).

V teoretické části byla popsána technologie vstřikování a základní zásady pro konstrukci vstřikovacích forem.

V praktické části byl nejdříve vytvořen model vstřikovaného výrobku, dále byly pro tento výrobek zkonstruovány dvě vstřikovací formy. Obě vstřikovací formy byly navrženy pro již vyrobené rámy, nejdříve pro vstřikovací stroj ARBURG Allrounder 420C a poté pro vstřikovací stroj ARBURG Allrounder 170S. Oba tyto vstřikovací stroje jsou umístěny v laboratořích UTB ve Zlíně. Po zhotovení obou 3D sestav vstřikovacích forem byla vypracována výkresová dokumentace. Při konstrukci i tvorbě výkresové dokumentace bylo použito programu CATIA V5R18 s použitím normálií HASCO.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: I.díl - Vstřikování termoplastů*. 2.vydání – Brno: Uniplast, 1999. 134s.
- [2] 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
- [3] ARBURG [online]. Dostupný z WWW:
http://www.arburg.com/com/COM/de/products/machines/standard/allrounder_a/index.jsp
- [4] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů: II.díl - Vstřikování termoplastů*. 1.vydání – Brno: Uniplast, 1999. 214s.
- [5] STANĚK, M. *přednášky T5KF*
- [6] DOW CHEMICAL EUROPE [online]. [cit. 2010-5-10]. Dostupný z WWW:
<http://rejstrik-firem.kurzy.cz/rejstrik-firem/DO-41692322-dow-europe-gmbh-organizacni-slozka/>
- [7] Kulhánek Jan a kol. *Formy pro tváření plastických hmot*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1966. 220s.
- [8] TOMIS, F., HELŠTÝN, J. *Formy a přípravky*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1985. 374 s. ISBN 414-33580
- [9] BEAUMONT, J.P., NAGEL, R.L., SHERMAN, R. *Successful injection holding: process, design, and simulation*. Munich: Hanser Publishers, 2002.362 s. ISBN 3-446-19433-9.
- [10] GASTROW, Hans . *Injection molds : 130 proven designs*. Edmund Linder and Peter Unger . 3rd edition. Munich : Hanser, 2002. 313 s. ISBN 3446214488
- [11] REES, Herbert. *Mold engineering*. 2nd edition. Munich : Hanser, 2002. 688 s. ISBN 3-446-21659-6

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

T _g	Teplota skelného přechodu [°C]
PS	Polystyren
ABS	Akrylonitril-butadien styren
PMMA	Polymethylmetakrylát
PC	Polykarbonát
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
PA6	Polyamid 6
E	Modul pružnosti v tahu [MPa]
T	Teplota [°C]
T _m	Teplota tání [°C]
SVS	Studený vtokový systém
VVS	Vyhřívaný vtokový systém
Sn	Cín
Zn	Zinek

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Vstřikovací cyklus</i>	12
<i>Obr. 2 Vstřikovací stroj [3]</i>	13
<i>Obr. 3 Schéma vstřikovacího stroje [2]</i>	13
<i>Obr. 4 Schéma vstřikovací jednotky [2]</i>	14
<i>Obr. 5 Schéma uzavírací jednotky [2]</i>	15
<i>Obr. 6 Oblasti využití u amorfních a semikrystalických plastů</i>	18
<i>Obr. 7 Konstrukce výstřiku</i>	19
<i>Obr. 8 Vstřikovací forma</i>	22
<i>Obr. 9 Vtokový systém formy</i>	27
<i>Obr. 10 Obecné zásady volby vtokového systému</i>	28
<i>Obr. 11 Průřezy vtokových kanálů</i>	28
<i>Obr. 12 Odstupňovaný průřez vtoku – stejná rychlost taveniny</i>	28
<i>Obr. 13 Přidržovač vtoku</i>	29
<i>Obr. 14 Zachycení proudu čela taveniny</i>	29
<i>Obr. 15 Větvení vtoků</i>	29
<i>Obr. 16 Vyhřívání vtokový systém</i>	31
<i>Obr. 17 Umístění vyhazovacích kolíků</i>	34
<i>Obr. 18 Vyhazovací kolíky</i>	34
<i>Obr. 19 Vliv rozmístění temperačních kanálů</i>	37
<i>Obr. 20 Chlazení výstřiku o různé tloušťce stěny</i>	37
<i>Obr. 21 Vstřikovaný výrobek</i>	42
<i>Obr. 22 Model vstřikovaného výrobku</i>	42
<i>Obr. 23 Vstřikovací stroj ARBURG Allrounder 420C</i>	44
<i>Obr. 24 Vstřikovací stroj ARBURG Allrounder 170S</i>	45
<i>Obr. 25 Vstřikovací forma varianty č.1</i>	46
<i>Obr. 26 Vstřikovací forma varianty č.2</i>	47
<i>Obr. 27 Dělicí rovina</i>	48
<i>Obr. 28 Zaformování výstřiku</i>	48
<i>Obr. 29 Tvárník a tvárnice vstřikovací formy varianty č. 1</i>	49
<i>Obr. 30 Tvárník a tvárnice vstřikovací formy varianty č. 2</i>	49
<i>Obr. 31 Tvarové vložky</i>	50
<i>Obr. 32 Vtokový systém</i>	51

<i>Obr. 33</i>	<i>Vyhazovací systém vstřikovací formy varianty č.1</i>	52
<i>Obr. 34</i>	<i>Vyhazovací systém vstřikovací formy varianty č.1</i>	52
<i>Obr. 35</i>	<i>Vyhazovací systém vstřikovací formy varianty č.2</i>	53
<i>Obr. 36</i>	<i>Vyhazovací systém vstřikovací formy varianty č.2</i>	53
<i>Obr. 37</i>	<i>Temperace tvárnice vstřikovací formy varianty č.1</i>	54
<i>Obr. 38</i>	<i>Temperace tvárníku vstřikovací formy varianty č.1</i>	55
<i>Obr. 39</i>	<i>Temperace tvárnice vstřikovací formy varianty č.2</i>	55
<i>Obr. 40</i>	<i>Temperace tvárníku vstřikovací formy varianty č.2</i>	56
<i>Obr. 41</i>	<i>Koncepce vstřikovací formy varianty č. 1</i>	57
<i>Obr. 42</i>	<i>Koncepce vstřikovací formy varianty č. 2</i>	57
<i>Obr. 43</i>	<i>Vtřikovací forma varianty č.1</i>	58
<i>Obr. 44</i>	<i>Vtřikovací forma varianty č.2</i>	58

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Vady vstřikovaných dílců [1]</i>	21
<i>Tab. 2 Objem a hmotnost výrobku</i>	42
<i>Tab. 3 Vlastnosti materiálu PP [6]</i>	43
<i>Tab. 4 Základní parametry vstřikovacího stroje ARBURG Allrounder 420C</i>	44
<i>Tab. 5 Základní parametry vstřikovacího stroje ARBURG Allrounder 170S</i>	45

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: Výkresová dokumentace

PŘÍLOHA P II: CD disk obsahující:

- bakalářskou práci
- modely forem a výrobku
- výkresovou dokumentaci

