

Konstrukční návrh univerzální formy

Bc. Radim Sedlář

Diplomová práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Radim Sedlář**
Osobní číslo: **T13687**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukční návrh univerzální formy**

Zásady-pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovaných dílů
3. Navrhněte univerzální rám formy pro vstřikované díly
4. Nakreslete 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku



Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. Dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Řezníček

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

30. ledna 2015

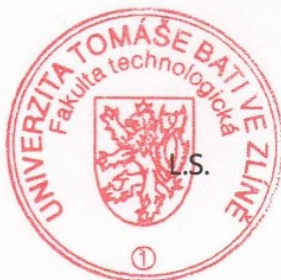
Termín odevzdání diplomové práce:

13. května 2015

Ve Zlíně dne 30. ledna 2015

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 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 12. 5. 2015



.....

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

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

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

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá konstrukcí dvou běžných vstřikovacích forem a hlavně konstrukcí univerzální formy pro vybrané díly. Jedná se o díl Čep SC BMW, který je vyroben z materiálu PA6 + 30% skelných vláken a díl Držák emblému Renault, který je vyroben z materiálu PC/ABS. Diplomová práce je rozdělena do dvou částí, na část teoretickou a část praktickou.

V praktické části jsou řešeny dvě běžné vstřikovací formy pro každý jednotlivý díl a jedna univerzální forma společná pro oba díly tak, že byly navrženy výměnné tvarové a vyhazovací části formy.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, výstřik, SOLIDWORKS, HASCO

ABSTRACT

This diploma thesis deals with two classic constructions of injection moulds and especially with construction of universal mould for selected parts. Thesis is concerned with the part pillar SC BMW, which is produced from PA6 + 30% glass fibre material, as well as with the part Emblem-holder Renault, which is made of PC/ABS material. The thesis is divided into two parts – theoretical and practical one.

The practical part is comprised of two classic injection moulds for each part and of another universal mould that is applicable for both parts in the way of constructing interchangeable (shaping) and ejection parts of the mould.

Keywords: injection, injection mould, plastic part, SOLIDWORKS, HASCO

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinovi Řezníčkovi, Ph.D. za cenné rady, čas, který mi věnoval a trpělivost při vypracovávání této bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat mému otci Jiřímu Sedlářovi, který mi po dobu vypracovávání diplomové práce dával cenné rady vycházející z jeho dlouholeté praxe s výrobou vstříkovacích forem.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 POLYMERNÍ MATERIÁLY	12
1.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ	12
1.2 REAKTOPLASTY.....	13
1.3 TERMOPLASTY	13
1.3.1 Amorfnní termoplasty	14
1.3.2 Semikrystalické termoplasty	14
1.4 VOLBA VHODNÉHO TERMOPLASTICKÉHO MATERIÁLU	15
1.5 PŘÍPRAVA MATERIÁLU PŘED VSTŘIKOVÁNÍM	16
1.5.1 Sušení termoplastů	16
1.5.2 Barvení plastů.....	17
1.5.3 Recyklace plastů.....	17
1.5.4 Doprava materiálu	17
2 VSTŘIKOVÁNÍ	19
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	19
2.2 VADY VSTŘIKOVANÝCH DÍLŮ.....	21
2.2.1 Přetok	21
2.2.2 Plastické švy (studený spoj)	21
2.2.3 Spálená místa (dielefekt)	21
2.2.4 Deformace dílu.....	22
2.2.5 Křehkost dílu	22
2.2.6 Černé skvrny	22
2.2.7 Propadliny	22
2.2.8 Bublíny (lunkry).....	23
2.3 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	23
2.3.1 Uzavírací jednotka	24
2.3.2 Vstřikovací (plastikační) jednotka	25
2.3.3 Řídící jednotka	26
3 KONSTRUKCE VÝSTŘIKU	28
3.1 TLOUŠŤKA STĚN	28
3.2 ZAOBLENÍ HRAN A ROHŮ	29
3.3 ÚKOSY A PODKOSY	29
3.4 ŽEBRA	29
4 VSTŘIKOVACÍ FORMY	30
4.1 NÁSOBNOST FORMY	30
4.2 ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU	31
4.3 VTOKOVÝ SYSTÉM	32
4.3.1 Studený vtokový systém (SVS)	32
4.3.2 Vtoková ústí SVS.....	34
4.4 VYHŘÍVANÝ VTOKOVÝ SYSTÉM (VVS).....	35
4.4.1 Rozvodné bloky	36

4.4.2	Vyhřívané trysky	37
4.5	VYHAZOVÁNÍ	38
4.5.1	Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků	38
4.5.2	Vyhazování stírací deskou	39
4.5.3	Hydraulické vyhazování.....	39
4.5.4	Pneumatické vyhazování.....	39
4.6	TEMPERACE VSTŘIKOVACÍCH FOREM	39
4.7	MATERIÁLY VSTŘIKOVACÍCH FOREM	40
II	PRAKTICKÁ ČÁST	42
5	STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE	43
6	CHARAKTERISTIKA JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ	44
6.1	ČEP SC BMW	44
6.2	DRŽÁK EMBLÉMU RENAULT.....	44
7	VSTŘIKOVACÍ STROJ DEMAG	46
8	KONSTRUKČNÍ NÁVRH BĚŽNÝCH FOREM	47
8.1	FORMA ČEP SC BMW	47
8.1.1	Pohledy do formy	47
8.1.2	Celkový 3D pohled na formu	48
8.2	FORMA DRŽÁK EMBLÉMU RENAULT	48
8.2.1	Pohledy do formy	48
8.2.2	Celkový 3D pohled na formu	49
9	KONSTRUKČNÍ NÁVRH UNIVERZÁLNÍ FORMY.....	50
9.1	ZAFORMOVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ	50
9.1.1	Čep SC BMW	50
9.1.2	Držák emblému Renault.....	51
9.2	TEMPERACE.....	51
9.2.1	Čep SC BMW	52
9.2.2	Držák emblému Renault.....	53
9.3	VYHAZOVACÍ SYSTÉM	54
9.3.1	Čep SC BMW	54
9.3.2	Držák emblému Renault.....	55
9.4	RÁM UNIVERZÁLNÍ FORMY	55
10	ANALÝZA NÁKLADŮ	56
11	NÁHLEDY DO UNIVERZÁLNÍ FORMY	57
	ZÁVĚR	59
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	60
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	62
	SEZNAM OBRÁZKŮ	63
	SEZNAM TABULEK.....	65
	SEZNAM PŘÍLOH.....	66

ÚVOD

Za první setkání člověka s plastem jako takovým, považujeme objev bratrů Hayttů, když v roce 1870 náhodně objevili termoplast později nazvaný celuloid. Postupně se tak začaly nahrazovat předměty denní potřeby těmi syntetickými. Avšak renesance v plastikářské výrobě nastala ruku v ruce s objevováním nových druhů plastů, jakými jsou například PVC, PET, PE a mnohé další. Jako první s masovou výrobou vstřikovaných dílů začala společnost LEGO, která vyrábí stavebnice známé po celém světě.

V dnešní době se s plastovými výrobky setkáváme na každém kroku. Díky moderním technologiím, jako jsou metody rapid prototyping, nebo také dnes již všedním metodám elektroerozivního obrábění, dokážeme vyrábět vstřikovací formy na díly velice složitých tvarů a velkých rozměrů.

Vývoj plastů jde nezadržitelně kupředu, a mnohé kovy jsou již nahrazovány konstrukčními plasty, které mají srovnatelné, ne-li lepší vlastnosti. V mnoha případech jsou kovové díly používány „jen“ jako výztuž a hlavní materiálový podíl na výrobku tvoří plast. Velice moderní je metoda multi-komponentního vstřikování, kdy na jednom vstřikovacím stroji dokážeme vstřikovat více druhů plastů najednou.

V neposlední řadě také nesmíme zapomínat na recyklaci plastů. Jde o materiály, které se přírodě jen velice těžko odbourávají. Některé lze recyklovat přímo ve vstřikovnách, kdy například zbytky vtokových soustav jsou drceny a znova v určitém poměru vráceny do výroby. Dneska hlavní problém tvoří obaly na různé výrobky, kterých je obrovské množství. Tyto se především uskládají na skládkách nebo spalují ve spalovnách. Jako nejlepší způsob recyklace se asi jeví výroba nových výrobků z recyklovaného plastu, jako například zatravňovací tvárnice, ploty, krytina na střechy, palety a mnohé další.

Vzhledem ke stále větší poptávce po plastových dílech, rostou také náklady spojené s výrobou vstřikovacích forem. Ceny některých výrobků jsou zanedbatelné, avšak pořizovací cena jedné formy může být i několik milionů korun. V dnešní době každý výrobce šetří finance, a jednou z možností, jak ušetřit při výrobě vstřikovacích forem, je zařazení do sériové výroby univerzální formy, které poskytují možnost výměny pouze tvarových a vyhazovacích součástí, bez nutnosti výroby rámu forem pro každou součást zvlášť. Toto mě inspirovalo natolik, že jsem jednu takovou univerzální formu pro dva různé díly navrhl.

I. TEORETICKÁ ČÁST

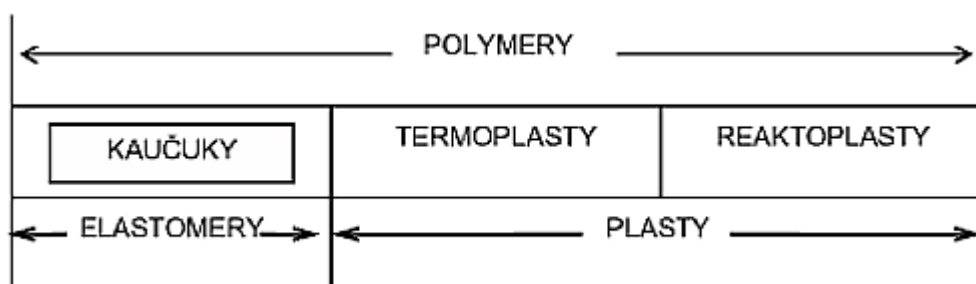
1 POLYMERNÍ MATERIÁLY

Polymerní materiály, které řadíme mezi konstrukční materiály s velmi širokým rozsahem použití díky jejich specifickým mechanickým vlastnostem. Jedná se o syntetické makromolekulární látky, jež vznikají spojováním základní jednotky – mer, odvozené od výchozí molekuly – monomer. Jsou to tedy řetězce opakujících se merů, které se dělí na lineární, rozvětvené a síťované. Jejich chemické složení, druh atomů a způsob jejich spojení chemickými vazbami udává finální chemické a fyzikálně-chemické vlastnosti jednotlivých druhů polymerů. Makromolekuly obsahují několik set až tisíc atomů vodíku, uhlíku, kyslíku, hodně často také dusíku, chlóru i jiných prvků. [1]

1.1 Základní rozdělení polymerů

Polymery můžeme rozdělit na tři základní skupiny:

- reaktoplasty – působením tepla dochází k chemické reakci a plasty se vytvrzují, mění se nevratně do netavitelného a nerozpustného stavu,
- termoplasty – působením tepla měknou a působením chladu opět tuhnou, dochází k vratným změnám,
- kaučuky - jsou vysoce elastické polymery, které lze za běžných podmínek malou silou značně deformovat bez porušení. Působením tepla dochází k vulkanizaci. [2]

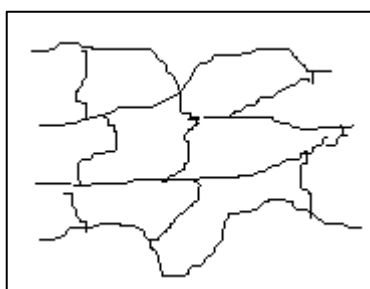


Obr. 1. Rozdělení polymerů [1]

Termoplasty jsou látky opakovaně tavitelné, u nichž při tepelném zpracování nedochází ke změně chemického složení. Reaktoplasty jsou naopak opakovaně netavitelné. Důvodem toho je změna chemického složení a vznik prostorových vazeb při procesu vytvrzování. Elastomery jsou taktéž opakovaně netavitelné, protože uvnitř elastomeru v průběhu vulkanizace vzniká prostorová síť. [1]

1.2 Reaktoplasty

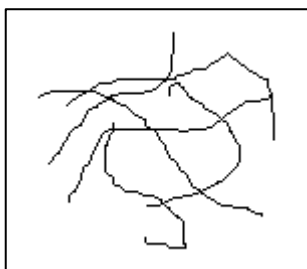
Jsou to makromolekulární látky, které se tepelným účinkem chemicky přeměňují. Při zpracování reaktoplastů dochází k zesíťování makromolekul, tzv. vytvrzení. Vytvrzený reaktoplast již není nadále tavitelný. Vstřikovací reaktoplasty obsahují příslušnou syntetickou pryskyřici a plnivo. Vynikají vysokou tuhostí a tvrdostí, teplotní odolností a tvarovou stálostí za tepla, odolností proti korozi za napětí a proti vlivům povětrnostním, a nerozpustností. Nevýhodou je nepatrná tažnost. Odpad nelze nadále tavit a zpracovávat. [1]



Obr. 2. Reaktoplast [1]

1.3 Termoplasty

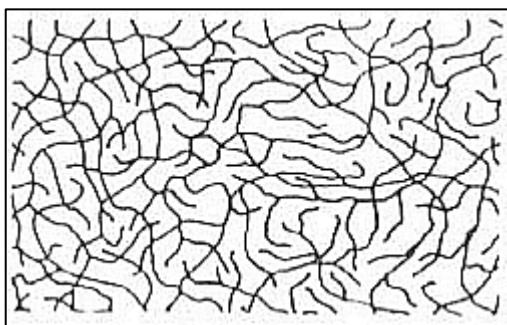
Jsou to makromolekulární látky, které se tepelným účinkem chemicky nemění, jejich řetězce jsou lineární nebo rozvětvené. Působením tepla jsou tavitelné a v roztaveném stavu se pod tlakem vstříkují do forem, v nichž ochlazením ztuhnou do požadovaného tvaru. Jsou buď homogenní (bez přísad a plniv), nebo s přísadami pro zlepšení jejich fyzikálních vlastností jako je odolnost proti vlivům záření, povětrnosti, hoření, zvýšeným teplotám apod. nebo s plnivem pro zlepšení některých mechanických vlastností. Makromolekuly jsou samostatné, nitkovité, propletené v klubíčkách. Odpad lze znovu přetavit a zpracovat. [1]



Obr. 3. Termoplast [1]

1.3.1 Amorfní termoplasty

Mezi typické znaky mnohých druhů amorfních termoplastů (např. PS, PMMA, PC, SAN) patří možnost transparentního (průhledného) provedení. Tyto polymery se vyznačují poměrně nízkým smrštěním (pod 1 %), čímž se hodí pro výrobu přesných výstřiků. Z hlediska technologie vstřikování i z aplikačního hlediska je pro ně dominantní teplota T_g (teplota zesklenní, bod zvratu 2. řádu). Tato teplota limituje teplotu vyjímání výstřiku z formy a hranici teplotního použití výrobků. Z celkového množství vyráběných amorfních termoplastů je určeno pro technologii vstřikování asi 20 %. Vedle spotřebního zboží a elektrotechnických aplikací jsou tyto polymery nepostradatelné pro automobilový průmysl, kde je dominantní aplikací světelná technika využívající jejich vynikajících optických i mechanických vlastností, především PMMA a PC. [3]



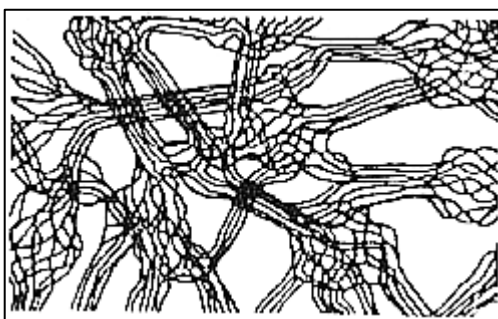
Obr. 4. Amorfní termoplast [4]

1.3.2 Semikrystalické termoplasty

Mezi významné znaky semikrystalických termoplastů (např. PE, PP, PA, POM, PBT a další) patří jejich schopnost vytvářet z taveniny krystalickou strukturu. Obsah krystalického podílu může dosáhnout až 80 % v závislosti na chemické stavbě polymeru a technologických podmínkách vstřikování. Například u PA může být obsah krystalického podílu 15 až 40 %, u lineárního PE 50 až 65 %, u PP 50 až 60 % a u POM 65 až 80 %. Tato skutečnost má za následek větší smrštění výstřiků proti formě, které se pohybuje od 1 do 2,5 %. Výstřiky ze standardních, částečně krystalických polymerů v důsledku tvorby sférolitické struktury nemohou být transparentní jako polymery amorfní. Jejich vlastnosti – zejména tuhost, pevnost a houževnatost. Jsou závislé na obsahu krystalického podílu, a proto je výrazně ovlivňuje fáze ochlazování (z technologických parametrů tedy především teplota formy). Teplota T_g je z hlediska procesu vstřikování u semikrystalických polymerů málo

významná. Dominantní teplotou pro tyto polymery je teplota bodu tání krystalického podílu (T_m). Až do této teploty si výstřiky zachovávají určitou pevnost a tuhost a nebortí se, nad touto teplotou je oblast taveniny (viskózně tekutý stav), v níž probíhá proces vstřikování. V tabulce 3 je naznačen vliv technologických parametrů semikrystalických polymerů na procesní vlastnosti.

Dominantní aplikační oblastí těchto polymerů jsou technické výrobky více či méně mechanicky namáhané. Největší podíl připadá na různě modifikovaný PP, PA, PET, PBT a POM. Příklady aplikací jsou na Obr. 5. [3]



Obr. 5. Semikrystalický termoplast [4]

1.4 Volba vhodného termoplastického materiálu

Díky vstřikování můžeme vyrobit kompletní součást, na které není nutné provádět žádné další opracování, nebo jen nepatrné. Při volbě vhodného termoplastu pro danou součást, je potřeba vzít do úvahy konkrétní podmínky jejího provozního nasazení i její celkové využití. Kromě požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností, musí taková součást mít vhodný tvar, dosažitelné rozměry a v neposlední řadě také splňovat estetické podmínky. [2]

Volbu plastu posuzujeme dle následujících hledisek:

- funkce součásti musí splňovat definované požadavky,
- zvolená technologie výroby musí být reálná a na určeném stroji snadno realizovatelná, při dodržení daných parametrů,
- ekonomická při výběru plastu, z hlediska technologie výroby součásti i formy pro ni.

Po zhodnocení uvažovaných hledisek je konstruktér schopen stanovit vhodný plast nebo i více podobných materiálů. Mezi jednotlivými typy potom rozhodují jen méně významné vlivy, jako jsou např. dostupnost plastu, estetické vlastnosti apod. V obecné rovině tedy lze říci, že tvar výrobku a jeho vlastnosti musí odpovídat použitému plastu a zvolené technologii. Optimální návrh výrobku a také materiálu vyžaduje značné znalosti. Proto je vhodné využít odborníků v daném oboru. [2]

1.5 Příprava materiálu před vstřikováním

Před vlastním zpracováním plastů je nutné materiál upravit v souladu s technologickým postupem, určeným na konkrétní výrobek. Ve většině případů se jedná o sušení materiálu, barvení granulátu, míchání s nadouvadlem, mísení s přísádkou rozdrčeného odpadu apod. Všechny uvedené kroky upravují materiál do takového stavu, aby jeho následné zpracování bylo bezproblémové a vyhovovalo požadavkům na výrobek. [2]

1.5.1 Sušení termoplastů

Většina termoplastických materiálů absorbuje vlhkost ze vzduchu a to i při běžných zpracovatelských teplotách může vyvolat degradaci plastu a tím pádem také ke zhoršení některých parametrů a zhoršení kvality povrchu. Aby nedošlo k navlhnutí, skladuje se granulát v suchých skladech. V zimních měsících se musí nechat granulát aklimatizovat 24 hodin při teplotě dílny. Teprve poté se pytle s granulátem otevírají a tím se zamezí orosení. V Tab. 1 je uveden příklad teplot a dob vysoušení jednotlivých druhů materiálu. [2]

Tab. 1. Teploty a doby sušení [2]

Plast	PS	PP	ABS	PC	PMMA
Teplota sušení [°C]	80	80	80	120-130	70-80
Doba sušení [hod]	3	0,5-1	3	4.20	2.4

U vstřikovacích strojů, které nemají vytápěnou násypku, je nutné vysušený granulát zpracovat do 30 minut. Jednoduchou zkouškou lze zjistit, jestli sušený granulát je vysušen na požadovanou hodnotu. Mezi skleněné destičky vyhřáté na teplotu zpracování plastu se vloží cca 4 vysušené granule. [2]

1.5.2 Barvení plastů

Některé vyráběné díly vyžadují vysokou jakost povrchu, ale také vhodný barevný odstín. Plasty dodávané výrobcí disponují jen určitou barevnou řadou. Pokud je požadavek na jiný barevný odstín, je potřeba daný granulát dobarvit barvivem. Pro barvení plastů je možné využít barev od nejrozličnějších výrobců. Samotné barvení se provádí buď dávkovacím zařízením, které je umístěno přímo na vstřikovacím stroji, nebo se granulát vybarvuje před vstřikováním. To se děje ve vytlačovacím stroji, kde se barvivo smíchá s granulátem, kde se zpracuje do plastu. Doporučené dávkování je 1 až 5 h.d. (hmotných dílů) s ohledem na druh barviva a plastu. Barviva mohou ovlivňovat kvalitativní vlastnosti plastů i jejich technologické parametry při zpracování. Barviva jsou disperzí organických a anorganických pigmentů v granulích. V závislosti na zpracovávaném plastu se volí vhodný typ barviva. [2]

1.5.3 Recyklace plastů

Při vstřikování mohou vznikat vadné výstřiky, vtoky, odpady, které se mohou několikrát zpracovávat. Této vlastnosti se velmi často využívá, jelikož podíl odpadu, hlavně při výrobě malých dílů je značný. Neznečištěný odpad se nejčastěji drtí v nožových mlýnech. Výsledná drť se míchá s čistým granulátem a znovu zpracovává. Při výrobě transparentních a silně namáhaných dílů, není možné recyklát přimíchávat. Při podílu 15-30% odpadu v čistém granulátu se mohou vyrábět výstřiky bez podstatného vlivu na jeho vlastnosti. U nenáročných dílů je možné použít i 100% recyklát. Před mícháním recyklátu s čistým granulátem je nutné odpad upravit přesíváním. Průniku kovových nečistot do vstřikovací formy lze zabránit pomocí separátoru kovu nebo zabudováním mechanického filtru do trysky stroje, nebo do vtokové vložky formy. [2]

1.5.4 Doprava materiálu

Doprava materiálu slouží k dodání suroviny až ke zpracovatelským zařízením. Materiál je dodáván ve formě granulí (PE, PP, PS, POM, atd.), nebo prášku (plniva, saze, PVC, pigmenty apod.), balíků (kaučuky) nebo pasty, kapaliny (změkčovadla, rozpouštědla, latexy). Přímou do výroby se výchozí surovina dodává obvykle v pytlích (25kg nebo 30kg), ve velkých pytlích (až 500kg) nebo v cisternách. Ve velkých závodech jsou využívána sila o objemu až 20t a plní se přímo z cisteren.

Volba dopravního zařízení závisí na typu materiálu, množství dopravovaného materiálu, jestli jde o horizontální, nebo vertikální směr dopravy a dalších požadavcích na úpravu granulátu. Ve většině případů se však využívá pneumatické dopravy buď vakuové, nebo přetlakové. Vakuový systém lze využít k přepravě do vzdálenosti 100m, přetlakový do vzdálenosti 200m.

2 VSTŘIKOVÁNÍ

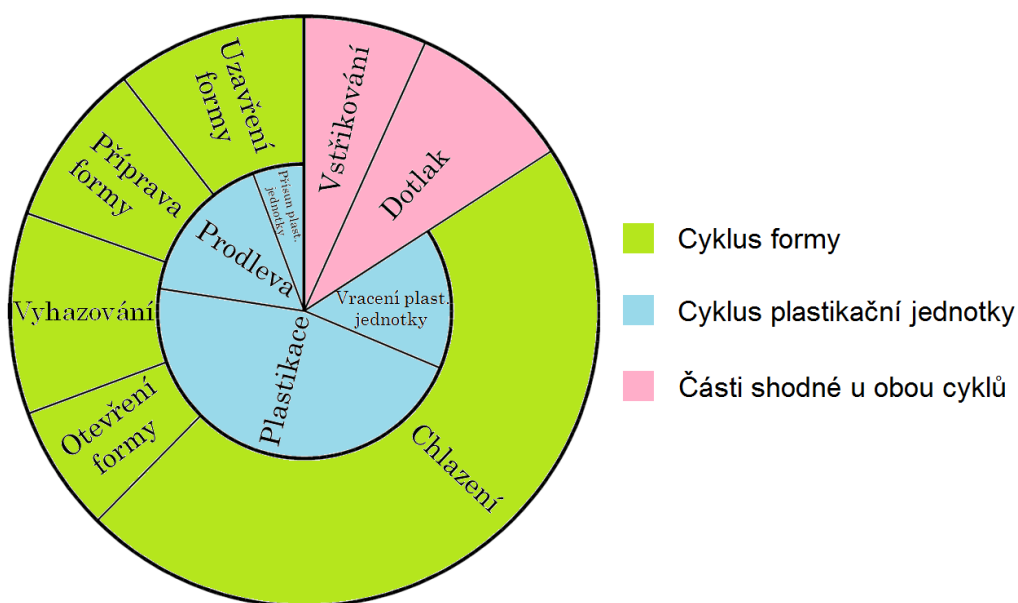
Jedná se o nejrozšířenější způsob výroby plastových dílů. Je charakterizován poměrně složitým fyzikálním procesem, ve kterém figuruje polymer, vstřikovací forma a vstřikovací stroj. V průběhu vstřikování je tavenina plastu ve vstřikovacím stroji pod tlakem dopravována do dutiny formy a následně ochlazená ve tvaru dutiny formy. [2]

Jde o způsob zpracování plastu, při kterém je požadované množství taveniny, připravené v pomocné tlakové komoře, vstříknuto do dutiny formy, kde se následně ochlazuje. Po vychladnutí výrobku na vyhazovací teplotu dojde k vyhození součásti z formy. Tlaková komora se v průběhu vstřikovacího cyklu neustále doplňuje tak, aby bylo vždy připraveno požadované množství taveniny k dalšímu vstříknutí. [4]

Mezi výhody vstřikování můžeme řadit např. krátký čas cyklu, možnost výroby složitých součástí s dobrou tolerancí rozměrů a vysokou kvalitou povrchu. Naopak mezi hlavní nevýhody vstřikování patří vysoké náklady na výrobu vstřikovací formy, vysoká pořizovací cena vstřikovacího stroje, a také poměrně dlouhá doba výroby formy. [4]

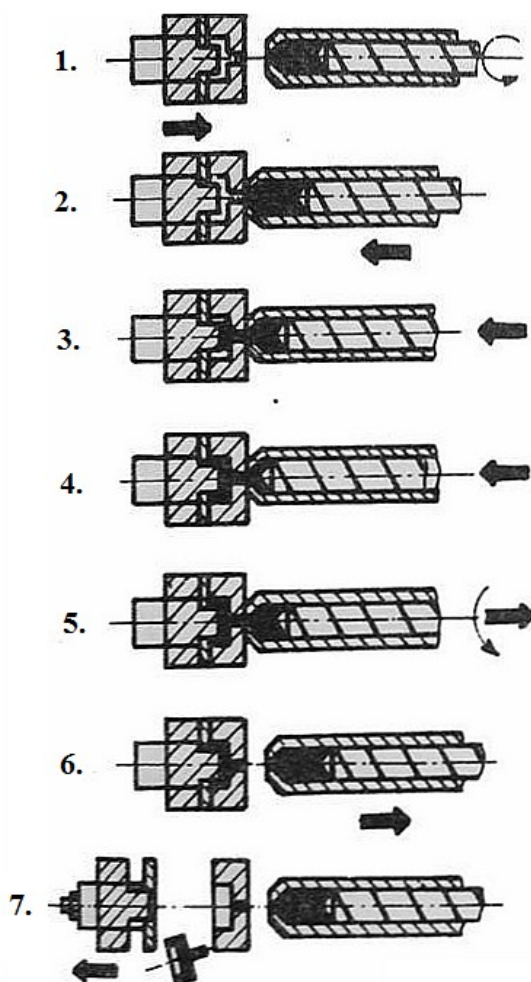
2.1 Vstřikovací cyklus

Technologie vstřikování je jednou z nejrozšířenějších na zpracování plastů, je to proces diskontinuální, cyklický.



Obr. 6. Vstřikovací cyklus 1 [5]

Tavenina se připraví v tavící komoře vstřikovací jednotky a je vstříknuta do formy, kde zatuhne (eventuálně zesítuje). Vstřikovací cyklus je znázorněn na Obr. 7. Nejdříve dojde k uzavření vstřikovací formy **1**, vstřikovací jednotka je zde ve výchozí poloze. Vstřikovací jednotka se poté přisune a dosedne na uzavřenou formu **2**. Po dosednutí nastává vstřikování taveniny **3**. Po naplnění dutiny formy taveninou začíná její tuhnutí, po čase pak postupné doplňování formy **4**. Ve formě pak pokračuje tuhnutí bez tlaku za současné plastikace **5**. Následuje odsun vstřikovací jednotky do výchozí polohy **6**. Po ztuhnutí nastává otevření formy a vyhození výstřiků **7**. Forma i vstřikovací jednotka jsou ve výchozí poloze a celý cyklus se může opakovat. [1]



Obr. 7. Vstřikovací cyklus 2 [4]

2.2 Vady vstřikovaných dílů

Pod pojmem „vada výstřiku“ se rozumí defekt, kterým se liší vzhled, rozměry, tvar a vlastnosti od předem stanoveného normálu (standardu), specifikovaného výkresem, referenčním vzorkem nebo schválenými přejímacími podmínkami. Zdroje vad mohou být ve zpracovávaném plastu, v konstrukci výrobku (plastového dílu), vstřikovacím stroji, formě a též ve zvolených technologických podmínkách. Vady výstřiků dělíme na vady zjevné a vady skryté. [6]

2.2.1 Přetok

- Příliš vysoká teplota materiálu při zpracování,
- nízká uzavírací síla,
- vysoký tlak při vstřikování,
- špatné upnutí formy,
- znečištěný povrch dělicí roviny.

Vznikají tak, že se tavenina dostane i mimo vlastní tvarovou dutinu do mezery mezi jednotlivými částmi formy, kde ztuhne v podobě tenké blány. Nejčastějším místem tvorby přetoků je dělicí rovina formy nebo pohyblivé kolíky ve formě. [5]

2.2.2 Plastické švy (studený spoj)

- Nízká teplota materiálu při zpracování,
- nízká vstřikovací rychlost,
- nízká teplota formy,
- tok taveniny je dlouhý.

Vzniká v místě styku a následného spojení dvou nebo více proudů taveniny v dutině formy. Vypadá jako sotva postřehnutelný svar, může mít podobu rýhy se zaoblenými okraji, nebo se projeví vznikem praskliny.

2.2.3 Spálená místa (dieselefekt)

- Příliš vysoká teplota taveniny,
- přehřátí vlivem tření,
- nedostatečné odvětrání,
- poškozené vstřikovací zařízení.

Na výstřiku se projeví jako černá skvrna nepravidelného tvaru. Nachází se v místě, kde došlo ke stlačení vzduchu v dutině formy vstřikovanou roztavenou hmotou, přičemž vzduch neměl možnost z dutiny uniknout. [5]

2.2.4 Deformace dílu

- Nedostatečná doba chladnutí,
- velké podkosy,
- špatná orientace plniv,
- nevhodně zvolené vyhazovací kolíky,
- nevhodný výběr materiálu,
- vysoká teplota formy.

Deformací dílu se rozumí změny tvaru a rozměrů výrobku proti výkresu. Také vnitřní pnutí bývá příčinou deformace. [5]

2.2.5 Křehkost dílu

- Degradace materiálu,
- nedostatečně vysušený materiál.

Projevuje se nedostatečnou soudržností jednotlivých vrstev materiálu a jejich oddělováním, zvláště při namáhání výlisku ohybovým napětím. [5]

2.2.6 Černé skvrny

- Degradace materiálu,
- dlouhý prostoj stroje.

Jedná se o vměstky, což jsou částice cizorodého materiálu s vlastnostmi odlišujícími se od základní hmoty. Nacházejí se na povrchu nebo i uvnitř stěny výstřiku. [5]

2.2.7 Propadliny

- Vysoká teplota zpracování,
- velká délka toku taveniny,
- nízký vstřikovací tlak,
- špatné odvzdušnění.

Jsou to otevřené dutiny ve stěně výrobku vzniklé smršťováním hmoty při jejím tuhnutí. Postupují od povrchu směrem dovnitř. Vyskytují se v místech nahromadění hmoty, kde

plast chladne pomaleji než v okolí, např. v místě žeber nebo v ústí kuželového vtoku. [5]

2.2.8 Bublíny (lunkry)

- Příliš nízký vstřikovací tlak,
- těkavé složky a plyny v dílcích,
- špatné odvětrání formy,
- náhlý přechod ze slabé do silné formy,
- nesprávná konstrukce výrobku,
- přehřátá forma,
- nízká teplota formy.

Jsou uzavřené duté prostory uvnitř výstřiku, které jsou původně vzduchoprázdné. Vznikají v místech s větší tloušťkou stěny, a to tak, že chladnoucí tavenina na stykové ploše s lícem formy ztuhne a vytvoří pevný obal, jakýsi krunýř, přičemž vnitřní partie hmoty chladnou pomaleji a zůstávají delší dobu v plastickém stavu. [5]

2.3 Vstřikovací stroj

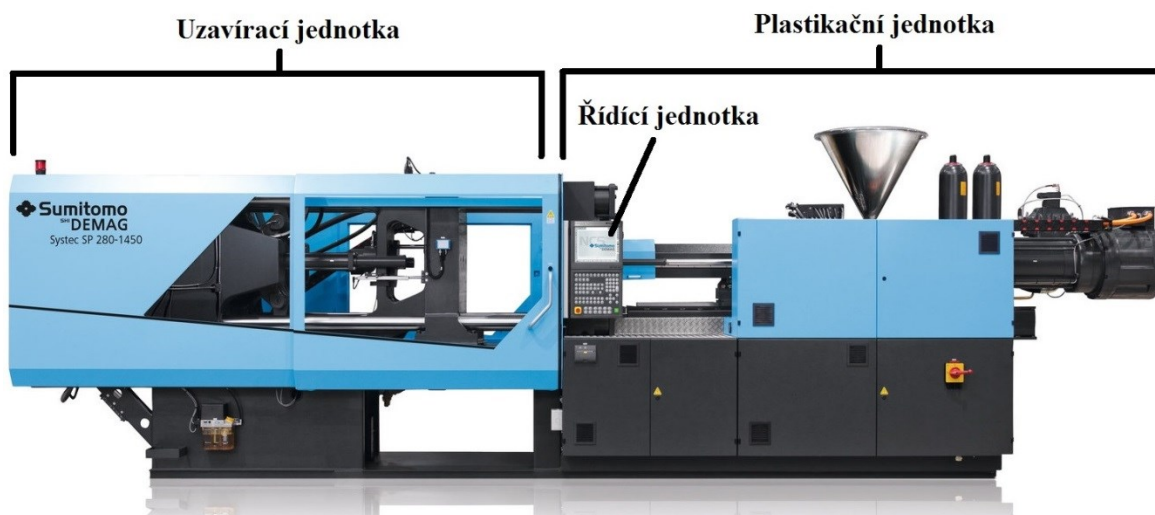
Vstřikovací stroj jako jeden z hlavních činitelů výroby má nejrůznější uspořádání. Vyžaduje se od něj, aby kvalitou svých parametrů a dokonalým řízením, byla zajištěna jakost výstřiků. V současné době existuje velký počet různých konstrukcí strojů, které se od sebe liší svým provedením, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností jednotlivých parametrů, rychlostí výroby, snadnou obsluhou i cenou. Konstrukce stroje je charakterizována podle [2]:

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

Plně funkční vstřikovací stroj s prováděnou pravidelnou údržbou, včetně čištění olejové náplně, je samozřejmým předpokladem pro optimalizaci procesu vstřikování. Z hlediska výsledku, tj. výroby výstřiků s definovanou kvalitou, je konstrukční provedení použitého vstřikovacího stroje nedůležité.

Důležitá je reprodukovatelnost nastavených výrobních parametrů, kontrolována zejména u dílů pro automobilový průmysl při výrobě tzv. prvních vzorků.

Pro další práci se vstřikovací formou je nutné kromě reprodukovatelnosti parametrů zajistit správný výběr stroje s ohledem na uzavírací sílu a kapacitu plastikační jednotky. V neposlední řadě je nutné věnovat nejvyšší pozornost zpětnému uzávěru na plastikačním a vstřikovacím šneku. [8]

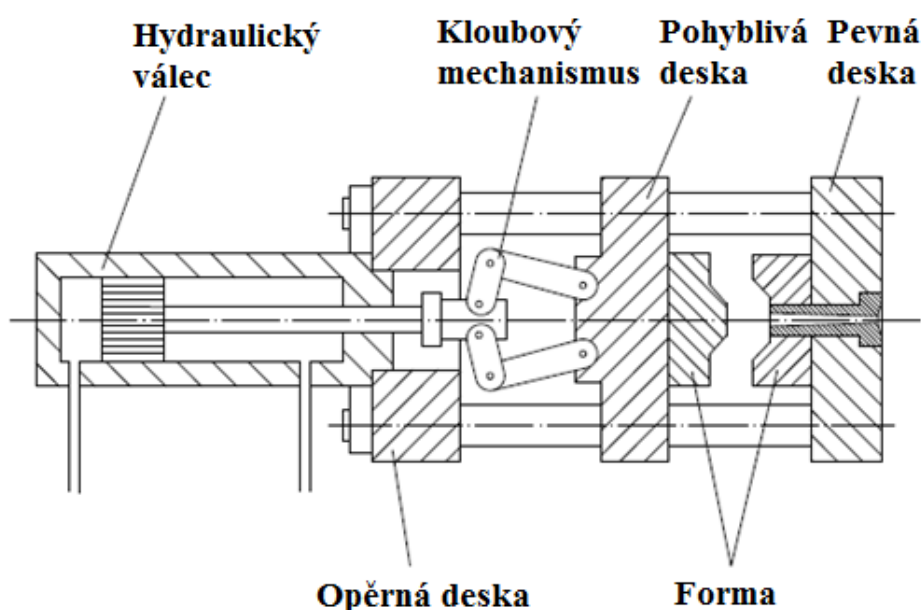
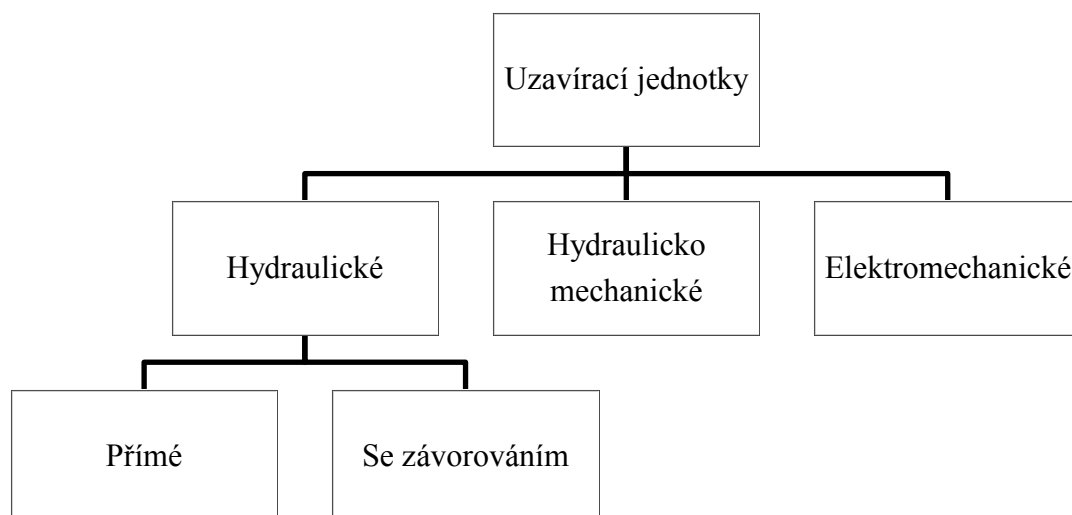


Obr. 8. Vstřikovací stroj [9]

2.3.1 Uzavírací jednotka

Úkolem uzavírací jednotky je zavírat a otevírat formu dle procesu vstřikování a zajistit uzavření formy takovou silou, aby se při vstříknutí tlakem taveniny forma neotevřela.

Uzavírací jednotka se skládá z těchto hlavních částí: opěrné desky pevně spojené s ložem stroje, pohyblivé desky, na kterou je upnuta pohyblivá část formy, upínací desky s otvorem pro trysku stroje, na kterou se připevní nepohyblivá část vstřikovací formy, vedení pro pohyblivou desku, z uzavíracího a přidržovacího mechanismu. [4]



Obr. 9. Schéma hydraulicko-mechanické uzavírací jednotky [2]

2.3.2 Vstřikovací (plastikační) jednotka

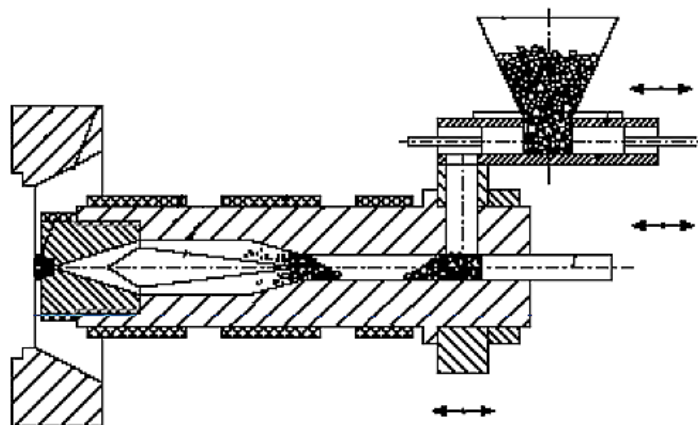
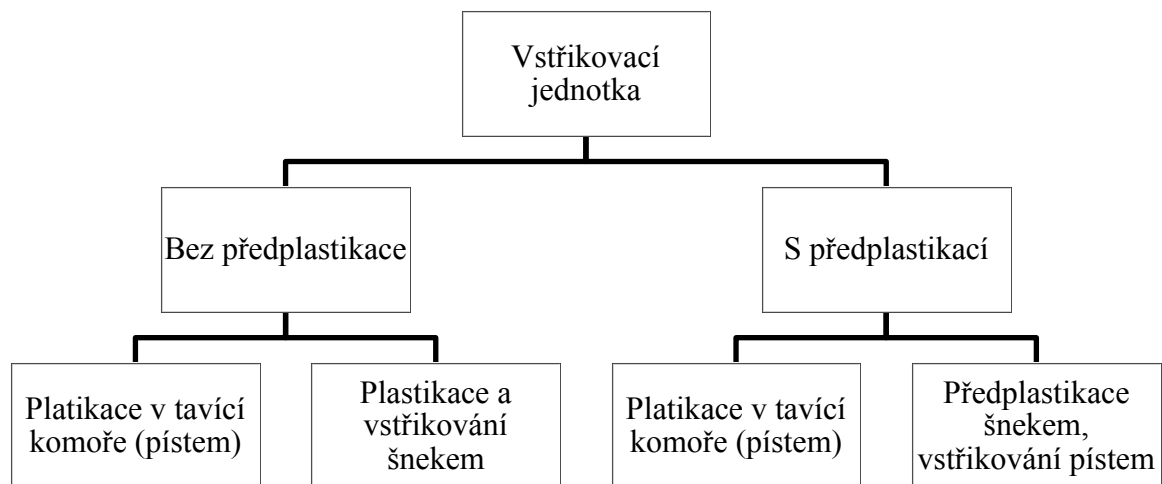
Vstřikovací jednotka plní dva hlavní úkoly: přeměňuje granulát plastu na homogenní taveninu o dané viskozitě, vstřikuje taveninu vysokou rychlostí a velkým tlakem do dutiny formy. [4]

Pohyb plastu v komoře je u pístových strojů zajišťován pístem a u šnekových strojů šnekem. Konstrukcí šnekových vstřikovacích strojů byly s úspěchem vyřešeny všechny hlavní nedostatky pístových strojů. [4]

Mezi největší přednosti šnekových strojů patří:

- spolehlivá plastikace a dobrá homogenizace roztaveného plastu,

- zabránění přehřívání materiálu v tavicí komoře,
- vysoký plastikační výkon i velký zdvihový objem, takže velikost výstřiku lze teoreticky libovolně zvyšovat,
- odstranění potíží při čištění komory při výměně materiálu,
- zaručené přesné dávkování hmoty,
- nízké ztráty tlaku během pohybu hmoty,
- vyšší účinnost zásahu do vstřikovacího procesu, např. řízením dotlaku. [4]



Obr. 10. Vstřikovací jednotka [10]

2.3.3 Řídící jednotka

Řídicí jednotka je velice důležitou součástí vstřikovacího stroje, na které se nastavují veškeré vstupní parametry vstřikovacího procesu. Součástí všech moderních vstřikovacích strojů je ovládací panel, který nám umožňuje zadávat vstupní údaje a navíc je zde možno

řídít činnost celého vstřikovacího stroje včetně externích zařízení. Použití této jednotky nám umožňuje vysoký stupeň automatizace celého procesu.



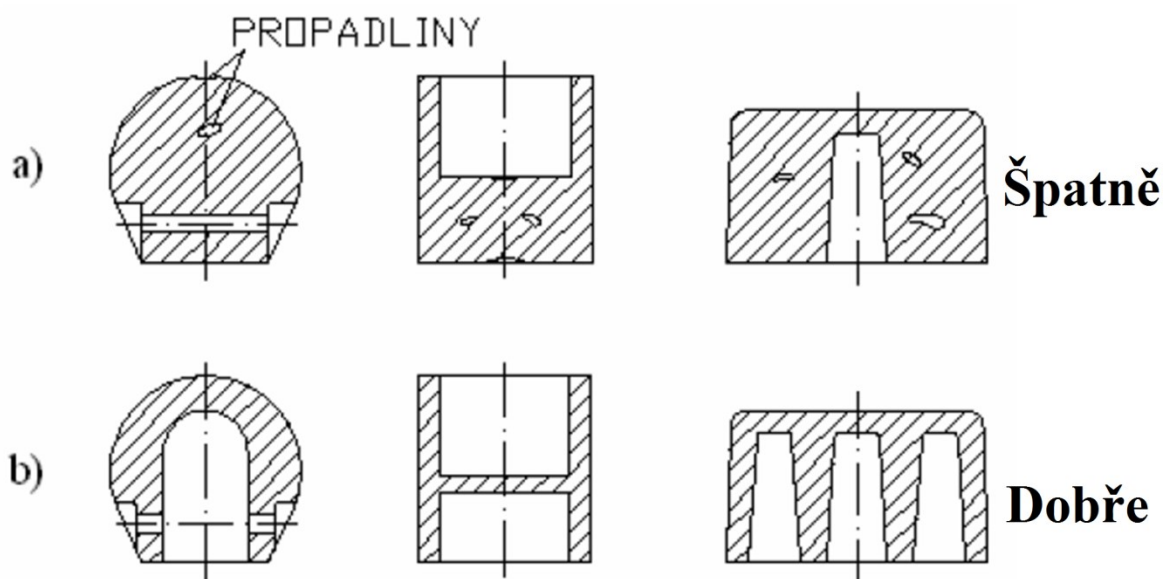
Obr. 11. Řídící jednotka [11]

3 KONSTRUKCE VÝSTŘIKU

Mezi základní požadavky pro konstrukci formy slouží výkres vyráběné součásti. Její tvar se řeší jak z funkčního tak ekonomického hlediska, ale musí se přihlížet i k způsobu její výroby. Součást z plastu má splňovat pravidla a směrnice pro její zaformování, které obsahují normy ČSN 640008 a ČSN 640031. Celková konstrukce součásti musí především splňovat vhodnou polohu dělicí roviny (rovin) a tím je určen i způsob jejího zaformování. K ní se váže i koncepce vyhazování, vtokového systému, odvzdušnění, směr úkosů, přesnost apod. [2]

3.1 Tloušťka stěn

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, nejlépe na opačné straně, jak lze vidět na Obr. 12. Tloušťka bočních stěn nebo žeber se zaoblenou přechodovou hranou by neměla překročit 0,8 tloušťky hlavní stěny. [2]



Obr. 12. Tloušťka stěn [2]

3.2 Zaoblení hran a rohů

Ušlechtlí se 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 se tím zvýší až o 50%. [2]

3.3 Úkosy a podkosy

Tím jsou myšleny stěny výstřiku kolmé k dělicí rovině, kterými se umožňuje nebo u podkosů zabráňuje vyjímání výstřiku z dutiny formy. Jejich velikost volíme v závislosti na jejich funkci. Volbu jejich velikosti ovlivňuje především smrštění, elasticita plastu, povrch stěn formy a automatizace výroby. S ohledem na tyto faktory se pak volí jejich velikost dle Tab. 2. [2]

Tab. 2. Velikost úkosů [2]

Úkos pro	Velikost úkosu
Vnější plochy	$30' \div 2^\circ (1^\circ)$
Vnitřní plochy	$30' \div 3^\circ (2^\circ)$
Otvory do hloubky 2D	$30' \div 1^\circ (45')$
Hluboké otvory	$1^\circ \div 10^\circ$
Žebra, nálitky	$1^\circ \div 10^\circ (3^\circ)$
Výstupky	$2^\circ \div 10^\circ$

3.4 Žebra

Žebra se dělí podle účinku, který plní na součásti, případně v dutině formy. Technická žebra zabezpečují pevnost a tuhost součástí. 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. [2]

4 VSTŘIKOVACÍ FORMY

Konstrukce a výroba formy je náročná a speciální činnost, kterou si vstřikovna obvykle sama nezajišťuje. Jsou specializované podniky, nebo útvary v podnicích, které se touto činností zabývají. [2]

Vstřikovací forma dává tavenině výsledný tvar a rozměry výrobků, při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. Kvalitní vstřikovací forma plní následující požadavky:

- technické, které zaručují správnou funkci formy, která musí vyrobít požadovaný počet součástí v náležité kvalitě a přesnosti. Má také splňovat podmínku snadné manipulace a obsluhy při výrobě součástí
- ekonomické, které se vyznačují nízkou pořizovací cenou, snadnou a rychlou výrobou dílů při vysoké produktivitě práce. V neposlední řadě vysokým využitím plastu
- společensko-estetické, které umožňují vytvářet vhodné prostředí při bezpečné práci. Vyžadují dodržení všech bezpečnostních zásad při konstrukci, výrobě i provozu formy. [2]

Vstřikovací formy se řeší vždy s ohledem na technologický projekt příslušného výstřiku. Při řešení je třeba vzít v úvahu především druh vstřikovaného polymeru a velikost výrobní série. Dále je třeba přihlédnout k možnostem navrhovaného výrobního zařízení a k požadavkům na kvalitu výrobků i produktivity práce. V závislosti na velikosti série se posuzuje stupeň mechanizace forem, aby případné dokončovací operace podstatně neovlivnily ekonomii výroby. [12]

4.1 Násobnost formy

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

- charakteru a přesnosti výstřiku,
- požadovaného množství výrobků,
- velikosti a kapacity vstřikovacího stroje,
- požadovaného termínu dodávky,
- ekonomiky výroby. [2]

Součásti, které jsou tvarově velmi náročné, vedou ke složité formě, taktéž i velkorozměrové výstřiky se většinou vyrábí v jednonásobných formách. Z hlediska kvality a přesnosti výstřiku je žádoucí, aby násobnost byla co nejnižší. Výroba rozměrově přesných výstřiků vedle nepřesností jednotlivých tvarových dutin, zavádí také do produkce další, nikoliv zanedbatelný faktor chyb. [2]

Nerovnoměrná teplota vstřikovací formy i plastu při plnění jednotlivých dutin, nestejně vstřikovací tlaky, rozdílné dráhy vtoků apod. způsobují další rozměrové nepřesnosti. [2]

Velikost vstřikovacího stroje se svým plastikačním výkonem, vstřikovacím tlakem i uzavírací silou musí dostatečně a s rezervou naplnit uzavřenou formu. Minimální rezerva objemu taveniny i uzavírací síly je cca 20%. [2]

Násobnost formy se určuje z následujících hledisek:

- podle vstřikovací kapacity stroje,
- podle plastikačního výkonu,
- podle velikosti uzavírací síly
- termínem dodávky
- ekonomickým hlediskem. [2]

4.2 Zaformování výstřiku

Správné zaformování výstřiku a vhodná volba dělicí roviny patří k rozhodujícím zásadám konstrukce formy. Umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby. Vychází z konstrukčního řešení vyráběného dílu. [2]

Dělicí rovina je plocha, ve které na sebe dosedají části formy při uzavření dutiny formy. Dělicí rovina se umísťuje vzhledem k výrobku tak, aby se usnadnilo jeho vyjímání z dutiny formy a aby stopa po dělicí rovině nezpůsobila funkční nebo vzhledové vady výrobku. S ohledem na umístění dělicí roviny rozlišujeme hlavní a vedlejší dělicí rovinu. [12]

Za hlavní dělicí rovinu se zpravidla považuje dělicí rovina, která je kolmá ke směru uzavírání formy. Ostatní dělicí roviny jsou pak vedlejší, jsou nutné u výrobků s bočními otvory, zápichy, nálitky, apod. [12]

Nepřesnost v dělicí rovině může způsobit nedovření formy během plnění. To má za následek vznik otřepů nebo zvětšení rozměrů výstřiku ve směru uzavírání formy. Proto je třeba,

aby dělicí rovina: umožnila snadné vyjímání výstřiku z formy, byla pravidelná, jednoduchého geometrického tvaru, snadno vyrobitelná a dobře slícovaná,

- probíhala v hranách výrobku,
- byla umístěna tak, aby splňovala požadavek výroby přesných rozměrů, směr technologických úkosů a souosost výstřiku, pokud je v obou polovinách formy,
- stopa po dělicí rovině nesmí být příčinou funkčních nebo vzhledových vad,
- u více dělicích rovin volit koncepci s ohledem na jejich nejmenší počet.

4.3 Vtokový systém

Vtoková soustava je systém rozváděcích kanálů a ústí vtoku spojující otvor v trysce vstřikovacího stroje s tvarovou dutinou formy.

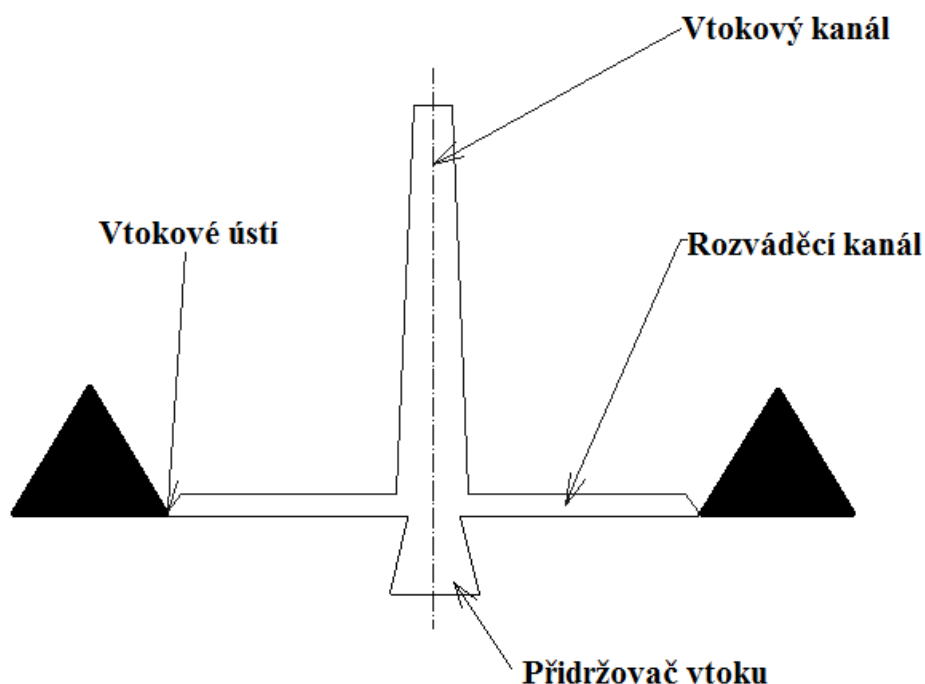
Vtokové systémy se dělí na:

- studené vtokové systémy (SVS),
- vyhřívané vtokové soustavy (VVS). [2]

4.3.1 Studený vtokový systém (SVS)

Studené vtokové systémy mají za úkol naplnění dutiny formy v nejkratším čase a s nejmenšími odpory vůči toku taveniny. Tvar a rozměr vtoku spolu s umístěním vtokového ústí ovlivňují:

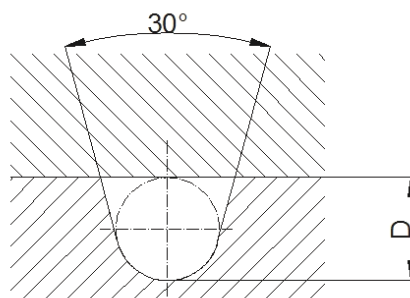
- rozměry, vzhled i vlastnosti výrobku;
- spotřebu materiálu plastu;
- náročnost opracování na začistění výstřiku;
- energetickou náročnost výroby. [2,12]



Obr. 13. Studený vtokový systém (SVS)

Velký vliv na celkové uspořádání vtokového systému je dán zejména konstrukcí formy a její násobností. U vícenásobných forem má tavenina dorazit ke všem ústím vtoku ve stejnou dobu a za totožného tlaku. Studený vtokový systém musí zabezpečit, aby:

- dráha vtoku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových a časových ztrát;
- dráha toku byla ke všem dutinám stejně dlouhá, aby se zajistilo rovnovážné plnění;
- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký z důvodu možnosti působit dotlakem a vtokový kanál nezatuhl před ukončením plnění dutiny formy taveninou;



Obr. 14. Průřez vtokového kanálu

- byl u více násobných forem odstupňován průřez kanálů, jelikož je třeba mít stejnou rychlost taveniny. [2,12]

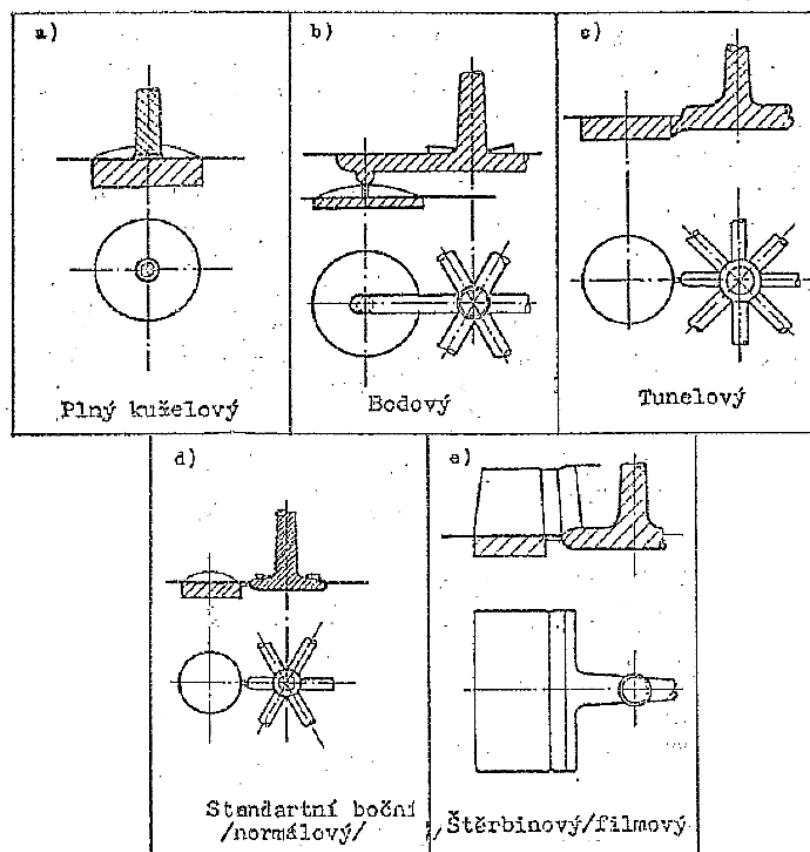
4.3.2 Vtoková ústí SVS

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Nezúžený vtok se používá jen ve výjimečných případech, jakým je například potlačení propadlin při velkoobjemových výstřících. Tímto zúžením se zvýší klesající teplota taveniny těsně před jejím vstupem do tvarové dutiny formy. Omezí se tím strhávání ochlazených vrstev plastu z obvodu vtoku a tím i tvorba defektů. [2]

Vtokové ústí se volí co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výstřiku, materiálu a použité technologii. Velikost zúženého průřezu však musí spolehlivě naplnit dutinu formy a taktéž musí umožnit působení dotlaku. Délka se volí zpravidla co nejmenší, s ohledem na pevnost použitého materiálu. [2]

Typy vtokových ústí:

- plný kuželový: bez zúžení, vhodný pro výstřiky s tlustými stěnami, jednonásobné formy se symetrickou dutinou. Účinný z hlediska dotlaku,
- bodový: zúžené ústí kruhového průřezu. Při odformování dochází k odtrhnutí vtokového zbytku od výstřiku (třideskový systém formy),
- tunelový: zvláštní případ bodového vtoku. Nevyžaduje vícedeskový systém formy,
- boční: obvykle obdélníkový průřez. Nejpoužívanější vtokové ústí. Při automatické výrobě vyžaduje ořezávací zařízení na oddělení vtokového zbytku,
- filmový (štěrbínový): plnění kruhových dutin. Dodržuje rovinnost a přesnost výstřiku, odstraňuje studené spoje, zmenšuje rychlost plnění dutiny. Vzhledem k obtížnému odstraňování zbytku volíme průřez co nejmenší.



Obr. 15. Typy vtokových ústí [2]

4.4 Vyhříváný vtokový systém (VVS)

Snaha po úsporách plastu i práce vedla k metodě vstřikování bez vtokového zbytku. Realizuje se za pomoci vyhříváných 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 předkomůrkou apod. [2]

Dnešní vyhříváné vtokové soustavy mají vyhříváné trysky, které pracují s minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. Od forem se studenými soustavami se liší především tím, že dnešní typy VVS se nakupují od specializovaných výrobců např. Hasco, DME, Synventive. Používání VVS stále narůstá, protože:

- umožňují automatizaci výroby,
- zkracují výrobní cyklus,
- snižují spotřebu plastu – vstřikuje se bez vtokového zbytku,
- snižují náklady na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků;

- odpadá manipulace a regenerace vtokových zbytků. [2]

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 je možné pracovat s dotlakem. Součástí systému je regulace teploty VVS i formy. [2]

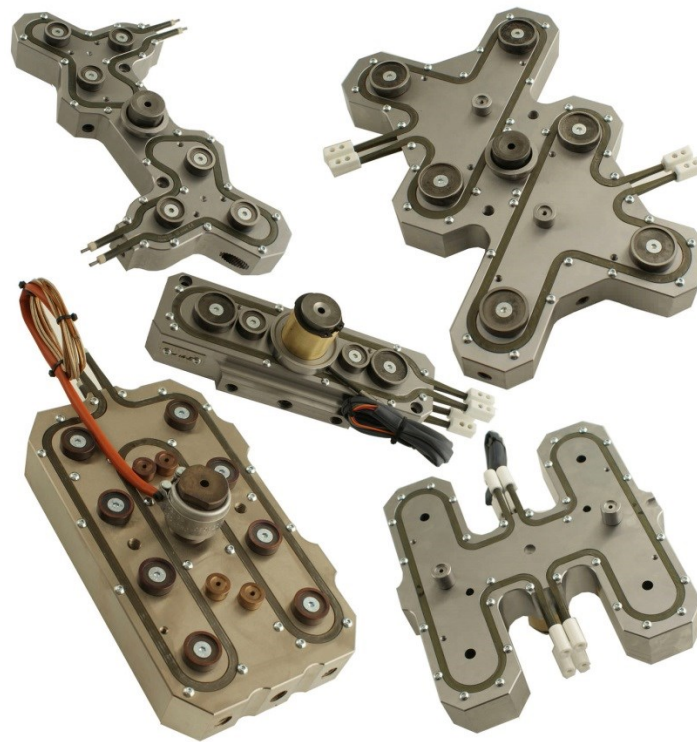
Celá soustava umožňuje snadnou montáž, demontáž, vyčistění a znovu nasazení do provozu. Soustava VVS však vyžaduje podstatně složitější a výrobně nákladnější formy i strojní zařízení. Potřeba je taky zajistit VVS regulátory a snímači, a proto se zvyšují energetické náklady na výrobu. Pro vstřikování pomocí vyhřívaných vtokových systému se využívá tři způsobů:

- izolované vtokové systémy,
- vyhřívané trysky,
- vytápěné rozvodové bloky. [2]

4.4.1 Rozvodné bloky

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

Rozváděcí blok je ocelový, uložen mezi upínací a tvarovou desku v pevné části formy. Jeho tvar je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění i k uložení trysek. Vyrábí se ve tvaru I, H, X, Y apod. Musí být tepelně izolován od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou. [2]



Obr. 16. Rozvodné bloky [13]

4.4.2 Vyhřívání trysky

Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. [2]

Konstrukční provedení přímo ohříváných trysek je charakterizováno dvěma principy:

- trysky s vnějším topením, kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je z tepelně vodivého materiálu a kolem vnějšku tělesa trysky je umístěno topení;
- trysky s vnitřním topením, u kterého tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku (torpédo), zhotovenou z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí.

Oba typy trysek jsou konstrukčně upraveny tak, že ústí je:

- otevřené pro plast, který netáhne vlas (PE),
- se špičkou pro plast náchylný k tažení vlasu (PS, ABS, PP),
- s uzavírací jehlou,
- speciálně tvarované. [2]



Obr. 17. Vyhřívaná tryska [HASCO]

4.5 Vyhazování

Vyhazování výstřiků z formy je činnost, kdy se z dutiny nebo tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřik. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svojí funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. [2]

Dělí se na dvě fáze:

- dopředný pohyb (vlastní vyhazování),
- zpětný pohyb (návrat vyhazovacího zařízení do zpětné polohy).

Základní podmínkou dobrého vyhazování výstřiku je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Úkosalosty nemají být menší jako $0,5^\circ$. Vyhazovací systém musí výstřik vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení, a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být rozmanité. Může se jich využít k vytváření funkční dutiny nebo jako část tvárníku. U hlubokých tvarů je třeba počítat s jejich od vzdušněním. [2]

4.5.1 Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků

Je to výrobně nejjednodušší a nejlevnější způsob vyhazování. Používá se všude tam, kde je možné umístit vyhazovače kolmo proti ploše výstřiku ve směru vyhození. Kolík by se měl opírat o stěnu nebo žebro výrobku a při vyhazování by nemělo dojít k jejich zborcení. Po vyhazování zůstávají na výrobku stopy, proto není vhodné je umísťovat na pohledové plochy. Vyhazovače mohou mít jakýkoliv tvar, obvykle však bývá válcový. [14]

4.5.2 Vyhazování stírací deskou

Vyhazování stírací deskou jde o princip stáhnutí výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Jeho deformace pak jsou minimální a stírací síla velká. Použití stírací desky je 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. [2] 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).

4.5.3 Hydraulické vyhazování

Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládání mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. S přímo zabudovanými hydraulickými jednotkami ve formě, které pracují jako vyhazovače, se setkáváme již méně. Více se používají k ovládání bočních posuvných čelistí. Hydraulické systémy se vyznačují velkou vyhazovací silou, kratším a pomalejším zdvihem. [14]

4.5.4 Pneumatické vyhazování

Je vhodným systémem pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Způsob není tak častý ale pro výstřiky například kbelíku je velmi výhodný. Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výstřik a líc formy. Tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku, tím vyloučí na výstřiku tvorbu stop po vyhazovačích. [14]

4.6 Temperace vstřikovacích 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. [12]

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 se forma ohřívá. Každý další

výstřik je třeba vyrobit zase při stanovené teplotě. Proto je nutné toto přebytké teplo během pracovního cyklu odvést temperační soustavou formy. Některé plasty se zpracovávají při vyšších teplotách formy. V takovém případě jsou tepelné ztráty formy větší, než její ohřátí taveninou a musí se naopak ohřívat. Také při zahájení výroby je třeba nejprve vyehřát formu na pracovní teplotu, jinak by nebyla zaručena dostatečná kvalita výstřiku. [12,14]

Úkolem temperace je:

- zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši po celém povrchu její dutiny,
- odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou. [14]

Lokální nerovnoměrné rozložení teplot formy má za následek zvětšení v rozměrových a tvarových úchylek výstřiku. Někdy se však záměrně temperují různé části formy odlišně, aby se eliminovaly tvarové deformace způsobené anizotropií smrštění plastu. Temperační systém formy je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými proudí kapalina, která udržuje teplotu temperovaných částí na požadované výši. U forem při zpracování plastů o vyšší teplotě, se používá pro ohřev většinou elektrického vytápění. [12,14]

4.7 Materiály vstřikovacích forem

Formy jsou nákladné nástroje sestavené z funkčních a pomocných dílů. Při výrobě výstřiku se od nich vyžaduje dosažení požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Významný činitel pro splnění těchto podmínek je materiál forem, který je ovlivněn provozními podmínkami výroby, určené:

- druhem vstřikovaného plastu,
- přesností a jakostí výstřiku,
- podmínkami vstřikování,
- vstřikovacím nástrojem. [14]

Pro výrobu forem se tedy používají takové materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Jejich široký výběr byl zredukován na úzký sortiment jakostí i rozměrů. Z toho se dále dává přednost materiálům univerzálních typů s širokým rozsahem užitných vlastností. Takové druhy představují:

- oceli vhodných jakostí,
- neželezné slitiny kovů (Cu, Al ...),
- ostatní materiály (izolační, tepelně nevodivé ...).

Oceli jsou nejvýznamnějším druhem používaných materiálů na výrobu forem. Svou pevností a dalšími mechanickými vlastnostmi se dají jen obtížně nahradit. Účelné konstrukce, vhodné vložkování, celková dimenze jednotlivých dílů, tepelné zpracování i způsob zacházení s formou, to všechno má vliv na kvalitu forem. [14]

Optimální určení druhu oceli na konkrétní součást záleží na její funkci. Úspěšným předpokladem dostatečné životnosti a funkční vhodnosti je také účelná konstrukce, dostatečné rozměry, správné zacházení a údržba. I způsob výroby a tepelného zpracování materiálu může celý výsledek ovlivnit. Nedostatečná kvalita povrchu zhoršuje vyjímání, vyleštěný povrch je rovněž prostředkem k ochraně proti korozi atd. Z těchto požadavků vyplývají i nároky na čistotu oceli. [14]

Jednotlivé díly forem nemají stejnou funkci. Proto vyžadují i svoje specifické požadavky na volbu materiálu, ze kterého jsou vyrobeny. Jejich výběr a doporučená řada má odpovídat požadované funkci součásti, s ohledem na opotřebení a životnost. [14]

Od použitých materiálů na formy se vyžaduje především:

- dostatečná mechanická pevnost
- dobrá obrobitelnost [14]

Z hlediska technologie výroby výstřiků má ještě materiál funkčních dílů zajišťovat speciální požadavky na kvalitu struktury, která je dána:

- dobrou leštitelností a obrobitelností,
- zvýšenou odolností proti otěru,
- odolností proti korozi a chemickým vlivům plasty,
- vyhovující kalitelností a prokalitelností,
- stálostí rozměrů a minimálními deformacemi při kalení,
- dobrou tepelnou vodivostí,
- houževnatostí,
- pevností v tlaku.

Z výše uvedených podmínek je zřejmé, že některé požadavky se vzájemně vylučují. Je tedy nutné vybrat oceli, které se těmito podmínkám co nejvíce přibližují. [14]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

V této diplomové práci byly stanoveny následující cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma,
- provést konstrukci formy pro každý jednotlivý díl,
- navrhnout univerzální formu pro vybrané díly,
- vypracovat finanční analýzu nákladů na výrobu jednotlivých forem
- nakreslit sestavy jednotlivých forem včetně kusovníků.

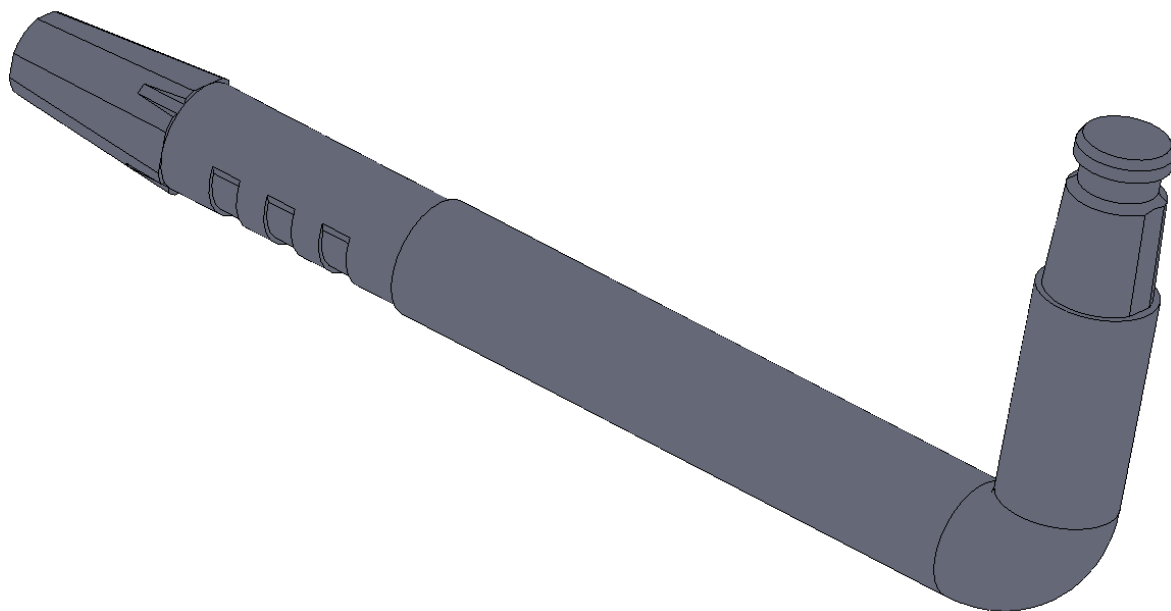
Do této práce byly vybrány 2 reálné díly, které se v současné době vyrábí pro automobilový průmysl. Úkolem bylo vymodelovat jednotlivé díly podle fyzického modelu, na tyto díly zkonstruovat běžné sériové formy a následně navrhnout jeden univerzální rám. Jelikož se tyto díly nevyrábí současně, bylo přistoupeno k této variantě. Poté bylo za úkol zjistit ekonomickou výhodnost tohoto kroku a nakreslit sestavy forem včetně kusovníků.

6 CHARAKTERISTIKA JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ

Jde o zcela odlišné díly, které se zásadně liší tvarem, použitým materiálem a také účelem kterému slouží. V prvním případě se jedná o díl Čep SC BMW, ve druhém o Držák emblému Renault.

6.1 Čep SC BMW

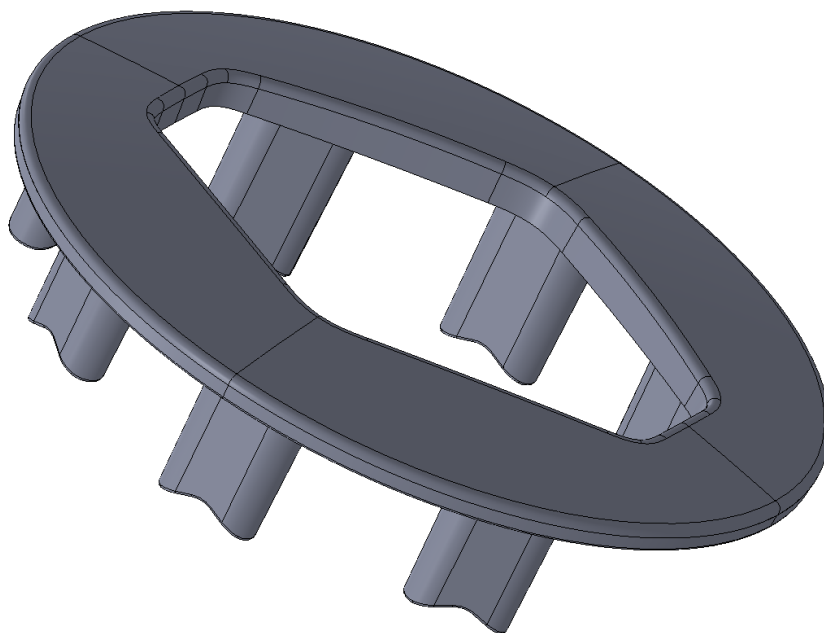
Tento díl se vyrábí pro firmu GUMOTEX, a.s. Břeclav, která jej osazuje do stropní příchytky a výztuhy stínítka. Musí být zhotoven s maximální přesností rozměrů, aby nedocházelo k samovolnému sklápění stínítka za jízdy. Čep je vyroben z materiálu PA6 + 30% skelných vláken, aby byla zaručena jeho funkčnost po celou dobu životnosti auta.



Obr. 18. Čep SC BMW

6.2 Držák emblému Renault

Tento držák slouží k uchycení loga Renault a sám je osazen přímo do volantu automobilu. Díl vyráběný pro firmu Teknia Uherský Brod, a.s. se osadí logem Renault a odesílá se k finální kompletaci volantu. Držák je vyroben z materiálu PC/ABS z důvodu snadné zpracovatelnosti, vysoké tuhosti a také odolnosti nárazům.



Obr. 19. Držák emblému Renault

7 VSTŘIKOVACÍ STROJ DEMAG

V současné době jsou díly vyráběny na vstřikovacím stroji DEMAG Sumitomo Systec 1300-310. Jednotlivé vstřikovací formy, včetně univerzální formy, byly navrženy tak, aby i nadále vyhovovaly parametrům tohoto stroje. Jedná se zejména o minimální výšku formy a maximální objem jednoho výstřiku.



Obr. 20. Vstřikovací stroj DEMAG Systec [9]

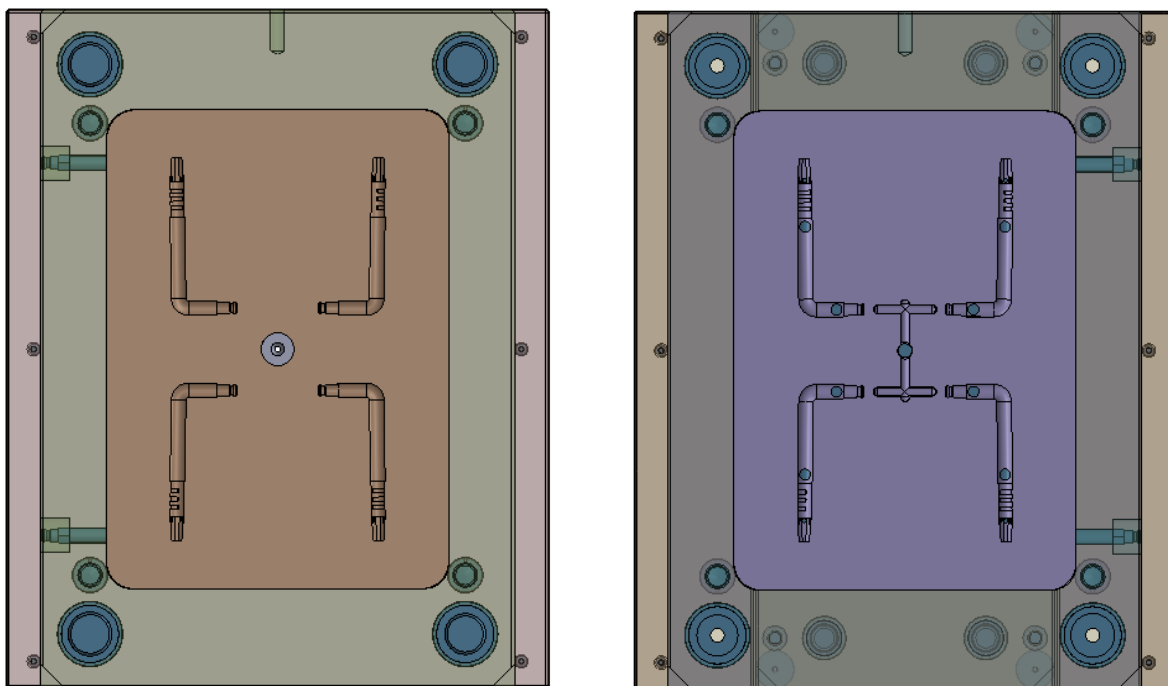
8 KONSTRUKČNÍ NÁVRH BĚŽNÝCH FOREM

Při konstrukci těchto dvou forem bylo maximálně využito normálií HASCO tak, aby se co nejvíce usnadnila výroba a minimalizoval se čas na výrobu jednotlivých komponentů. Formy jsou tvořeny pouze jednou dělicí rovinou vzhledem ke složitosti výrobku. Dutina je plněna pomocí studeného vtokového systému. Tvarové části formy jsou řešeny pomocí tvarových vložek, které jsou uloženy do rámu.

8.1 Forma Čep SC BMW

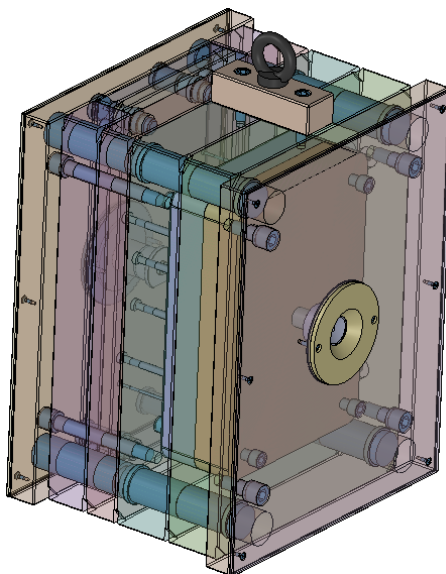
Tento díl se vyrábí ve variantě LEVÝ a PRAVÝ. Obě dvě varianty se vyrábí současně, aby bylo zaručeno okamžité spárování. Forma byla zvolena jako 2 násobná (2x Levý, 2x Pravý). Byly zde použity klasické válcové vyhazovače.

8.1.1 Pohledy do formy



Obr. 21. Pohled do pevné a pohyblivé poloviny formy Čep SC BMW

8.1.2 Celkový 3D pohled na formu

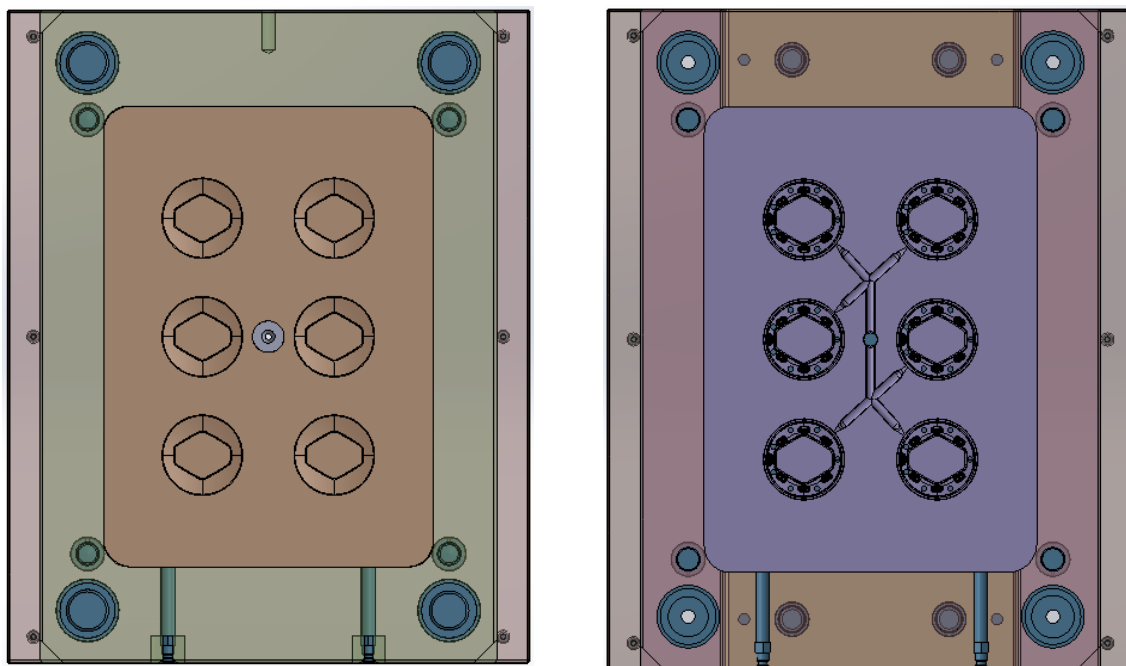


Obr. 22. Celkový 3D pohled na formu Čep SC BMW

8.2 Forma Držák emblému Renault

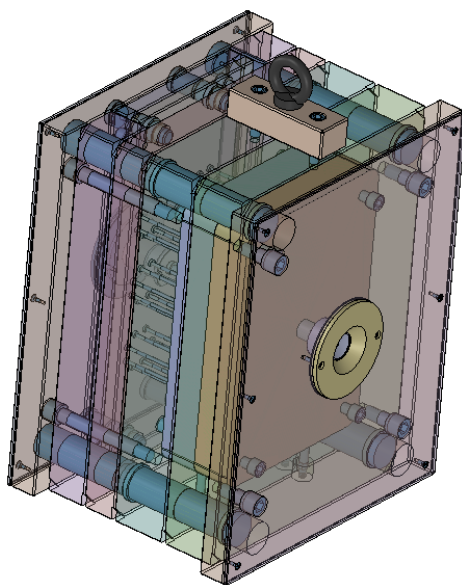
Tato forma byla zvolena jako 6 násobná vzhledem k objemu výroby a montáži do více typů vozidel. U tohoto dílu bylo nutné použít větší počet vyhazovačů, aby došlo k hladkému vyhození dílu z formy, z důvodu hlubokých tvarů.

8.2.1 Pohledy do formy



Obr. 23. Pohled do pevné a pohyblivé poloviny formy Držák emblému Renault

8.2.2 Celkový 3D pohled na formu



Obr. 24. Celkový 3D pohled na formu
Držák emblému Renault

9 KONSTRUKČNÍ NÁVRH UNIVERZÁLNÍ FORMY

Tato univerzální forma byla navržena tak, aby byla její výroba co nejjednodušší a co nejméně finančně nákladná.

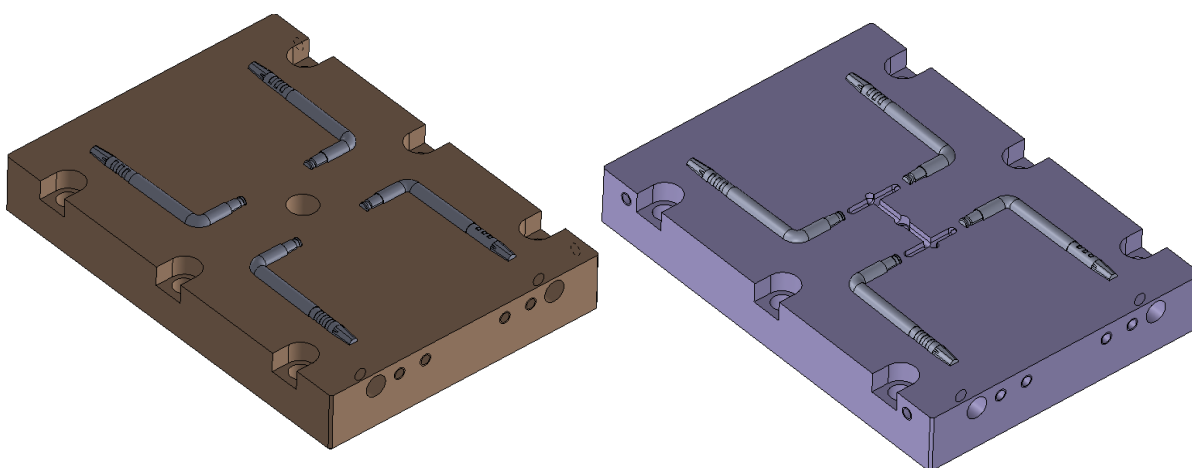
Umožňuje snadnou výměnu tvarových součástí přímo ve vstřikovacím stroji, tudíž není nutná demontáž celého bloku formy. Byla navržena primárně pro díly Čep SC BMW a Držák emblému Renault, ale je možné ji použít pro široké spektrum výrobků, u kterých není nutné použití vyhřívaného vtokového systému.

Při konstrukci bylo využito normálií HASCO, avšak ne v takovém množství jako při návrhu předchozích dvou forem. Jedná se zejména o středící a spojovací prvky, části vyhazovacího a vtokového systému.

9.1 Zaformování jednotlivých dílů

Výměnné tvarové desky jsou řešeny bez nutnosti použití tvárníků nebo posuvných tvárníků. Výrobně se nejedná o nijak složité tvarové desky, tudíž jejich výroba je proveditelná za pomoci CNC obráběcího centra, elektroerozivní hloubičky a elektroerozivní drátové řezačky.

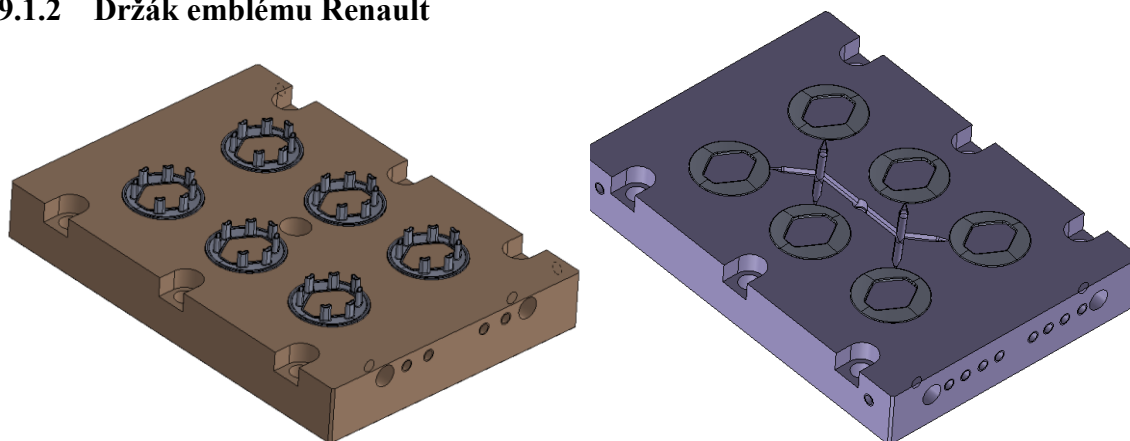
9.1.1 Čep SC BMW



Obr. 25. Zaformování dílu Čep SC BMW

Zaformování dílu Čep SC BMW bylo provedeno přesně v polovině průměru tak, aby nevznikaly žádné negativy dutiny. Tunelový vtok je umístěn do čela čepu tak, aby při instalaci do vozu nebylo vidět umístění vtoku.

9.1.2 Držák emblému Renault



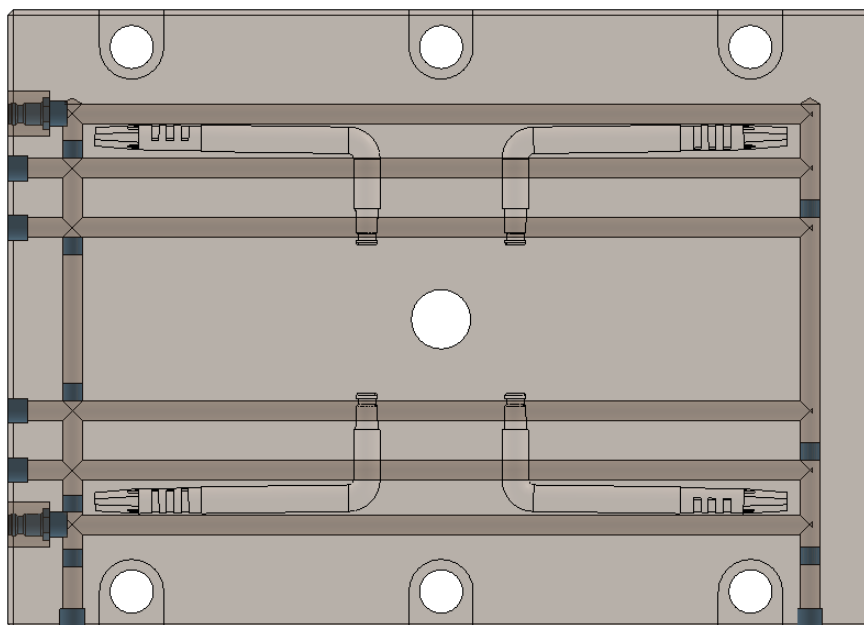
Obr. 26. Zaformování dílu Držák emblému Renault

Jelikož se jedná o 6 násobnou formu, rozvodné kanály vtokového systému musí být k tomu přizpůsobené. Do dutiny formy je tavenina přivedena bočním vtokovým ústím ve spodní části, která není pohledová.

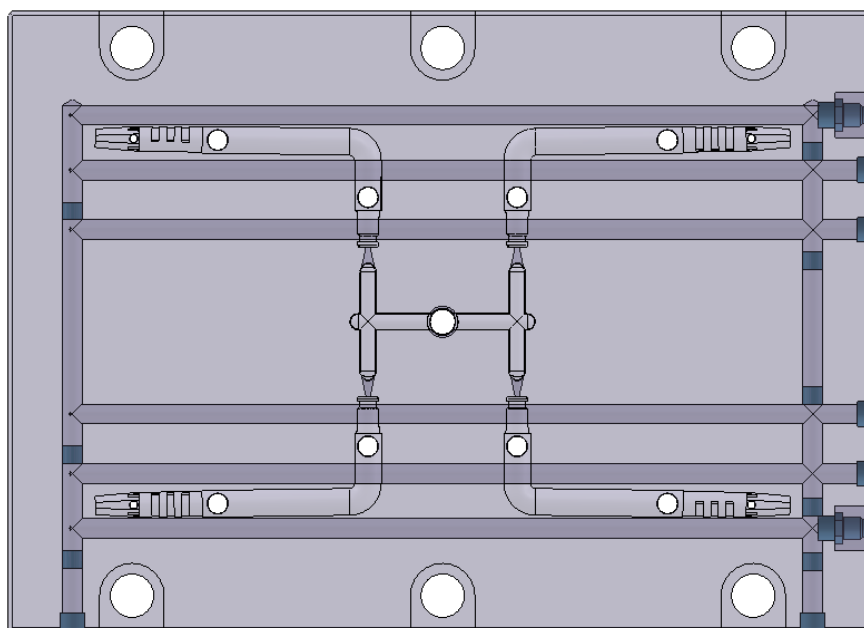
9.2 Temperace

Je řešena tak, aby docházelo k rovnoměrnému ochlazování dílu v dutině formy, výstřik se nedeformoval a došlo k snadnému vyhození z formy. Pro každou jednu tvarovou desku byl zvolen jeden temperační okruh. Průměr kanálů je 8mm a bylo použito normálií HASCO, náústky, ucpávky a přepážky. Při návrhu je nutné brát v potaz umístění vyhazovačů a vzdálenost kanálů od povrchu formy.

9.2.1 Čep SC BMW

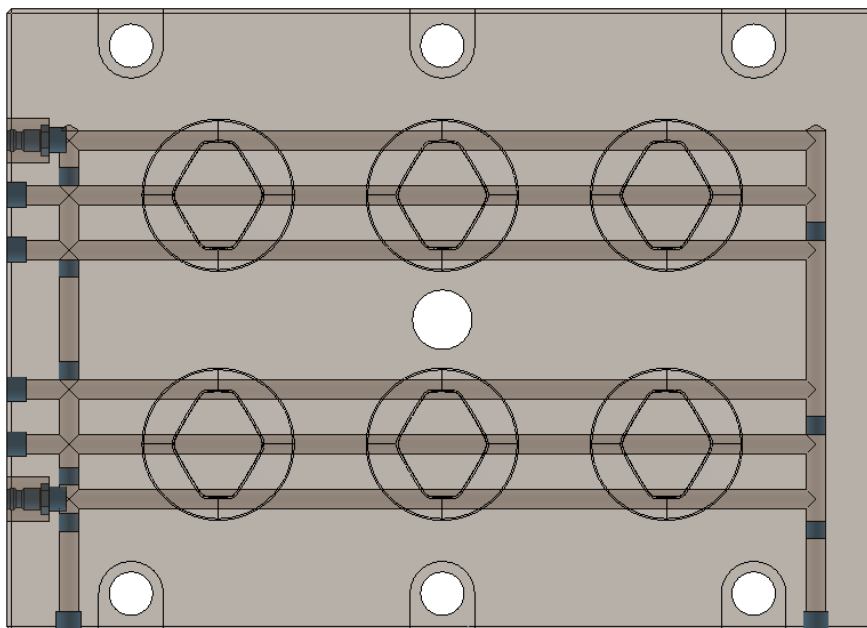


Obr. 27. Temperační okruh tvarové desky pevné



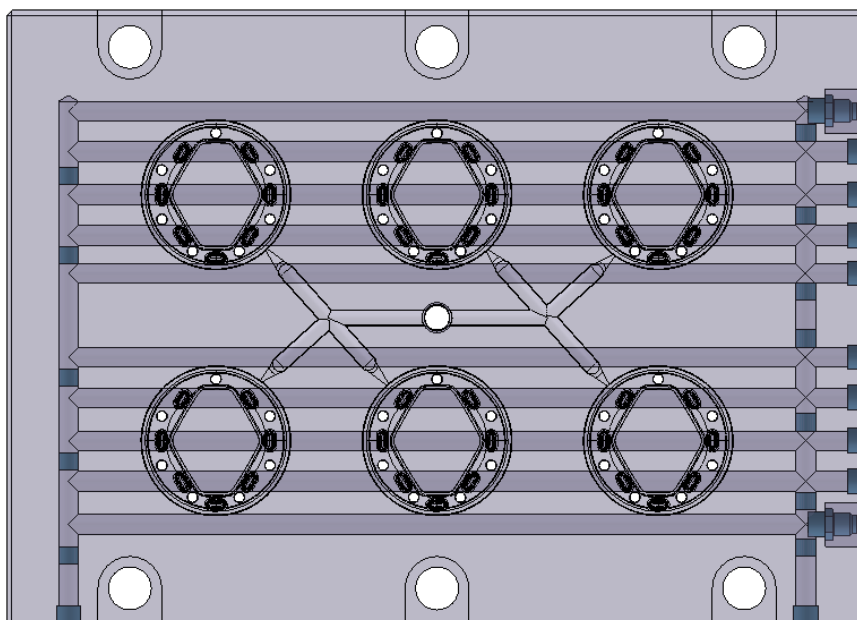
Obr. 28. Temperační okruh tvarové desky pohyblivé

9.2.2 Držák emblému Renault



Obr. 29. Temperační okruh tvarové desky pevné

Při navrhování temperace této tvarové desky bylo obzvláště důležité vhodně se vyhnout dírákům na vyhazovače, a tak byl zvolen větší počet kanálů, aby bylo zajištěno správné chlazení dílu.

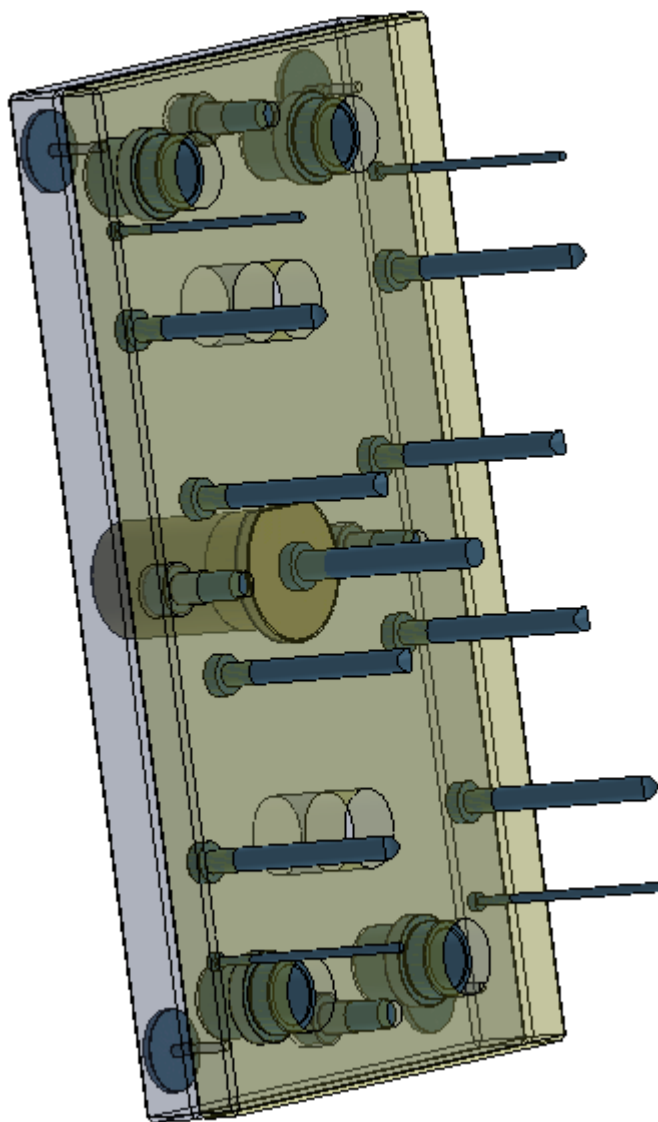


Obr. 30. Temperační okruh tvarové desky pohyblivé

9.3 Vyhazovací systém

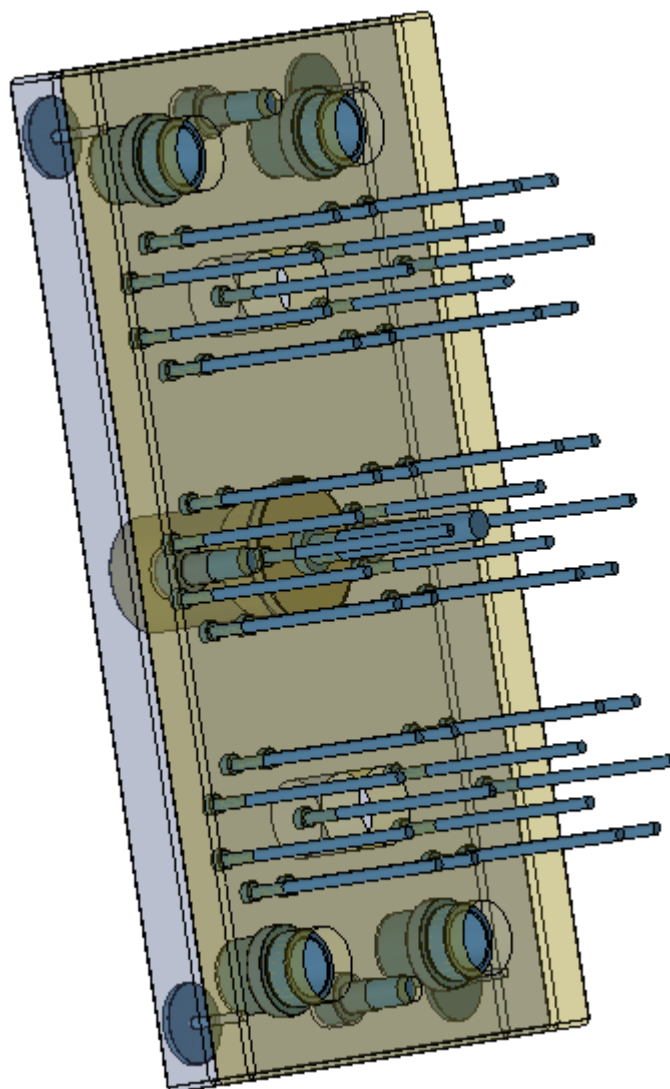
Kromě tvarových částí je nutné v univerzální formě měnit také vyhazovací systém. Byly použity vyhazovače typu HASCO Z40, které byly upraveny dle tvaru dutiny. Rozmístění vyhazovačů bylo zvoleno tak, aby došlo k rovnoměrnému vyhození výstřiku z formy a nedocházelo zatrhávání plastu v dutině formy. Vyhazovače jsou opatřeny aretační ploškou, která je zajišťuje proti pootočení.

9.3.1 Čep SC BMW



Obr. 31. Vyhazovací systém Čep SC BMW

9.3.2 Držák emblému Renault



Obr. 32. Vyhazovací systém Držák emblému Renault

9.4 Rám univerzální formy

Jedná se o díly, které jsou společné jak pro variantu Čep SC BMW tak pro Držák emblému Renault. V univerzální formě se mění pouze tvarové desky a vyhazovací systém.

Každá tvarová deska je v rámu uchycena pomocí 6 šroubů M16 x 50. Pokud se mění výroba, je možné výměnu tvarů provést během pár minut. Povoláním šroubů, které drží tvarové desky, dojde k uvolnění také vyhazovacího systému, tím pádem je tento úkon velice jednoduchý.

10 ANALÝZA NÁKLADŮ

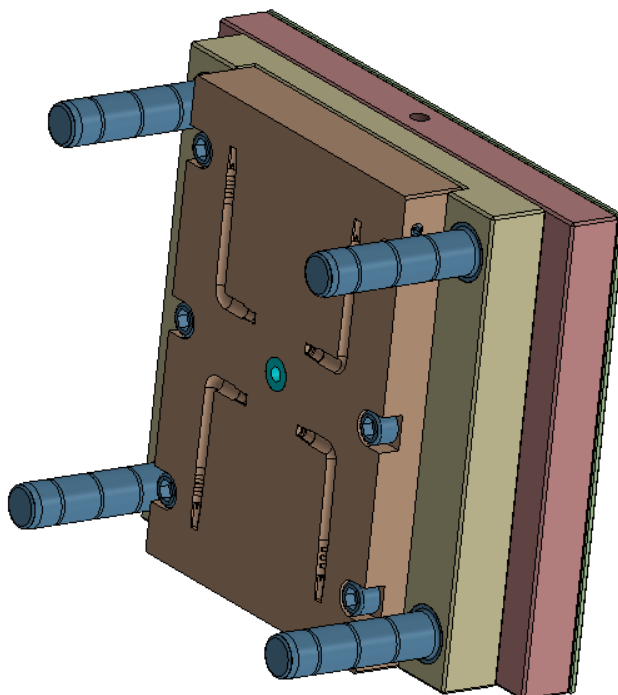
Hlavním důvodem pro volbu univerzální formy byla úspora financí. V Tab. 4. Bylo provedeno nacenění jednotlivých forem podle reálných cen materiálu, tarifů jednotlivých strojů a lidí, kteří se podílí na výrobě.

Forma Čep SC BMW byla naceněna na částku 310 700 Kč, forma Držák emblému Renault na částku 339 200 Kč a univerzální forma na částku 349 000 Kč. Na první pohled je zřejmé, že výrobou jedné univerzální formy na oba dva díly bylo uspořeno nemalé množství financí, konkrétně 300 900 Kč.

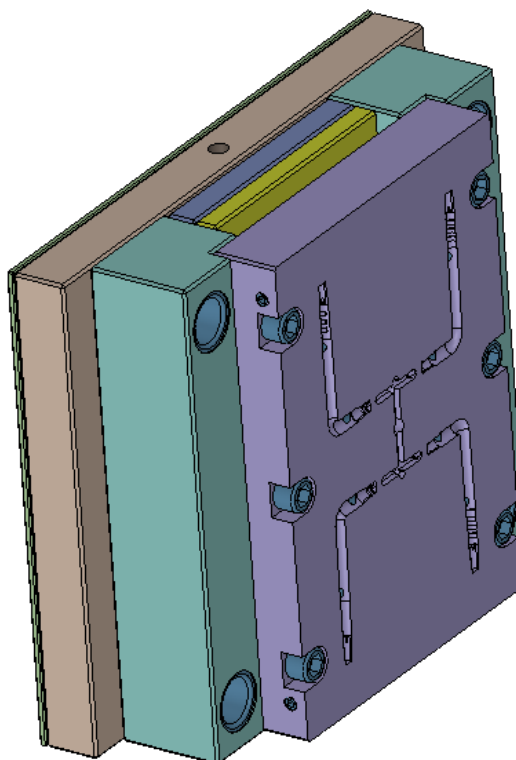
Tab. 3. Analýza nákladů

Operace	Čep SC BMW	Držák emblému Renault	Univerzální forma Čep + Držák
1. Konstrukce + výkresy	35 400 Kč	35 400 Kč	45 800 Kč
2. Technická příprava výroby	32 000 Kč	38 300 Kč	36 200 Kč
3. Nákup normálií HASCO	98 500 Kč	10 2300 Kč	25 000 Kč
4. Nákup polotovarů	15 000 Kč	15 000 Kč	54 000 Kč
5. Frézování	73 000 Kč	73 000 Kč	47 000 Kč
6. Soustružení	0 Kč	0 Kč	5 000 Kč
7. Vrtání	12 800 Kč	14 200 Kč	28 000 Kč
8. Broušení	3 000 Kč	3 000 Kč	8 000 Kč
9. Elektroerozivní hloubení	18 000 Kč	35 000 Kč	59 000 Kč
10. Elektroerozivní řezání	13 000 Kč	13 000 Kč	31 000 Kč
11. Kompletace	10 000 Kč	10 000 Kč	10 000 Kč
Celkem	310 700 Kč	339 200 Kč	349 000 Kč

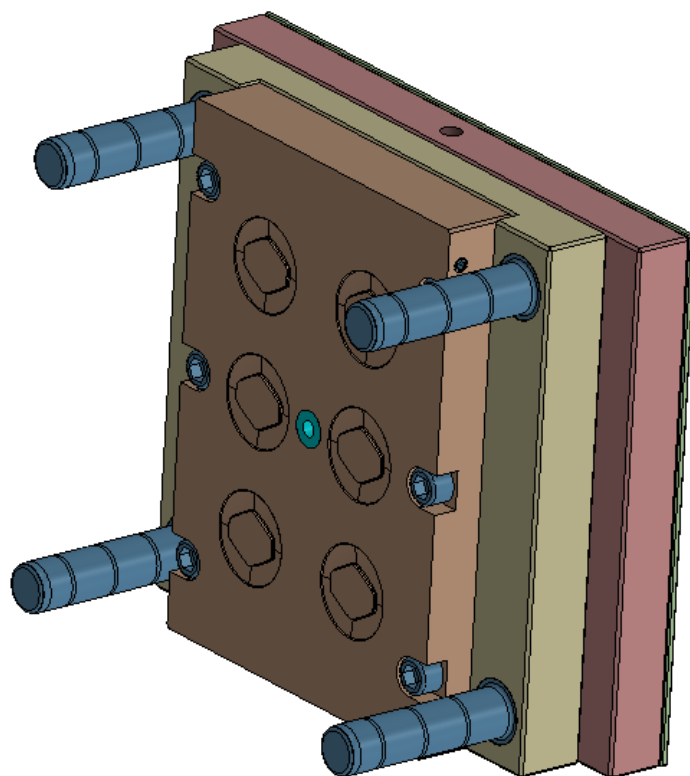
11 NÁHLEDY DO UNIVERZÁLNÍ FORMY



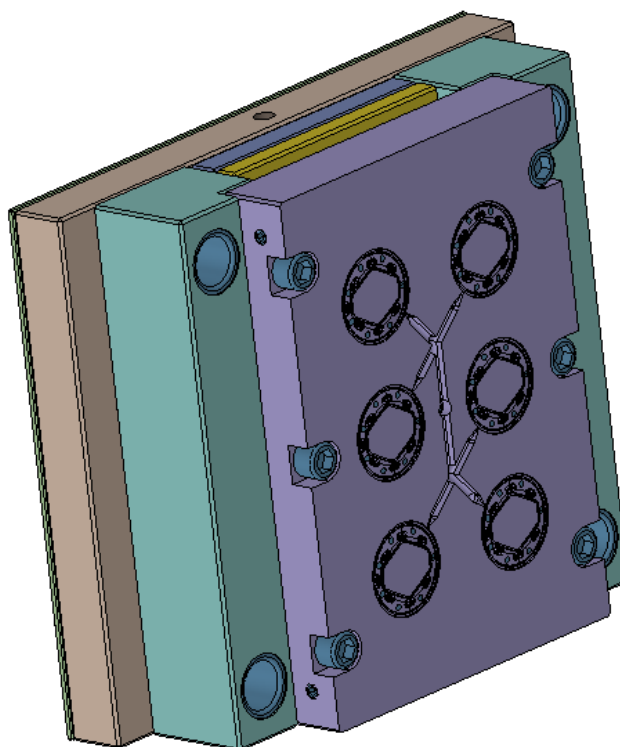
Obr. 33. Pohled do pevné poloviny univerzální formy
Čep SC BMW



Obr. 34. Pohled do pohyblivé poloviny
univerzální formy Čep SC BMW



Obr. 35. Pohled do pevné poloviny univerzální formy
Držák emblému Renault



Obr. 36. Pohled do pevné poloviny univerzální formy
Držák emblému Renault

ZÁVĚR

Hlavním cílem diplomové práce bylo navržení univerzální formy pro dva vybrané díly, Čep SC BMW a Držák emblému Renault. V první řadě byly zkonstruovány dvě formy pro každý jednotlivý díl zvlášť, aby bylo následně možné porovnání a výhodnost volby univerzální formy pro oba dva díly.

Ke konstrukci všech forem byl využit software firmy Dassault Systemes – Solidworks Premium 2015 a HASCO Dako digital, který slouží pro import normálií do prostředí Solidworks.

Při konstrukci obou běžných forem bylo maximálně využito normálií HASCO. Forma Čep SC BMW byla zvolena jako 2 násobná a forma Držák emblému Renault jako 6 násobná. V obou případech bylo zvoleno plnění dutin studeným vtokovým systémem. Díky konstrukci zvolených dílů nebylo nutné použití posuvných tvárníků, vložených tvárníků ani šikmých kolíků.

Následovalo navržení univerzální formy pro Čep SC BMW a Držák emblému Renault. Mezi hlavní přednosti univerzální formy patří zejména její jednoduchost, snadný přechod jedné výroby na druhou, pomocí výměnných tvarových desek a vyhazovacího systému přímo na vstřikovacím stroji. Byl zvolen studený vtokový systém, který plně vyhovuje pro oba dva díly. Temperace je realizována pomocí jednoho temperačního okruhu v každé tvarové desce, která zajišťuje rovnoměrné chladnutí výrobku v dutině formy.

Dále byla provedena analýza nákladů na výrobu jednotlivých forem, která nám ukázala, že varianta univerzální formy se jeví jako velice výhodná. Náklady na výrobu forem Čep SC BMW činí 310 700 Kč, Držák emblému Renault 339 200 Kč a univerzální forma 349 000 Kč. Celková úspora financí tak činí 300 900 Kč.

Po zkonstruování všech tří forem následovalo vytvoření 2D sestav tak, aby bylo možné jednoznačně opozicovat všechny díly. Nedílnou součástí sestav jsou také kusovníky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DVOŘÁK, Zdeněk, Lamborová R. *Základy výrobních procesů I. – Konstrukční materiály polymerní a kompozity*, Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně – Fakulta techno-logická, 2008
- [2] BOBČÍK, Ladislav, a kol. *Formy pro zpracování plastů*, Díl I, Brno: UNIPLAST, 1999.
- [3] *MM Spektrum*[online]. [cit. 2014-12-01] Dostupný z WWW: <http://www.mmspektrum.com/clanek/polymery-amorfni-a-semikrystalicke-z-hlediska-vstrikovani.html>
- [4] LENFELD, P. *Technologie II.-Zpracování plastů*, Technická univerzita Liberec, Katedra strojírenské technologie. [online]. [cit. 2014-12-01]. Dostupná z WWW: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty
- [5] STANĚK, M. Přednášky T5KF
- [6] *MM Spektrum*[online]. [cit. 2014-12-01] Dostupný z WWW: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vady-vystriku-1-dil-priciny-vzniku-vad-a-studene-spoje.html>
- [7] *MM Spektrum*[online]. [cit. 2014-12-01] Dostupný z WWW: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vady-vystriku-2-dil-vady-tvaru-a-rozmerove-vady.html>
- [8] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2009, 246 s. ISBN 978-80-7300-250-3
- [9] K ZEITUNG[online]. [cit. 2014-12-01] Dostupný z WWW: <http://www.k-zeitung.de/fuer-das-wirtschaftliche-verpackungsspritzgiessen/150/3415/71966/>
- [10] Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, FT, Ústav inženýrství polymerů [online]. [cit. 2014-12-08]. utb.cz. Dostupné z WWW: http://www.utb.cz/file/36175_1_1/
- [11] Sumitomo Demag [online]. [cit. 2014-12-08]. Dostupné z WWW: <http://uk.sumitomo-shi-demag.eu/products/nc5-plus-control-injection-moulding-machines.html>
- [12] TOMIS, František, HELŠTÝN, J. *Formy a přípravky*. 2.vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1985. 374 s. ISBN 414-33580

- [13] Direct industry [online]. [cit 2014-12-08]. Dostupné z WWW:
<http://www.directindustry.com/prod/emp-srl/hot-runner-manifolds-29080-1442375.html>
- [14] BOBČÍK, L. *Formy pro zpracování plastů: Vstřikování termoplastů*. Díl 2. 1. vyd. Brno: Uniplast, 1999.
- [15] Sumitomo DEMAG [online]. [cit 2015-4-20]. Dostupné z WWW:
<http://www.sumitomo-shi-demag.us/pdfs/SystecUSSpecs.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABS Akrylonitril Butadien Styren

ČSN Česká technická norma

PA Polyamid

PBT Polybutylen Tereftalát

PC Polykarbonát

PE Polyetylen

PET Polyetylen Tereftalát

PMMA Polymethyl Methakrylát

POM Poly Oxo Methylen

PP Polypropylen

PS Polystyren

PVC Polyvinyl chlorid

SAN Styren Akrylonitril

SVS Studený vtokový systém

Tg Teplota zesklňování

VVS Vyhřívaný vtokový systém

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Rozdělení polymerů [1]	12
Obr. 2. Reaktoplast [1].....	13
Obr. 3. Termoplast [1]	13
Obr. 4. Amorfni termoplast [4].....	14
Obr. 5. Semikrystalický termoplast [4].....	15
Obr. 6. Vstřikovací cyklus 1 [5]	19
Obr. 7. Vstřikovací cyklus 2 [4]	20
Obr. 8. Vstřikovací stroj [9].....	24
Obr. 9. Schéma hydraulicko-mechanické uzavírací jednotky [2].....	25
Obr. 10. Vstřikovací jednotka [10]	26
Obr. 11. Řídící jednotka [11]	27
Obr. 12. Tloušťka stěn [2].....	28
Obr. 13. Studený vtokový systém (SVS).....	33
Obr. 14. Průřez vtokového kanálu	33
Obr. 15. Typy vtokových ústí [2]	35
Obr. 16. Rozvodné bloky [13]	37
Obr. 17. Vyhřívání trysky [HASCO]	38
Obr. 18. Čep SC BMW	44
Obr. 19. Držák emblému Renault	45
Obr. 20. Vstřikovací stroj DEMAG Systec [9].....	46
Obr. 21. Pohled do pevné a pohyblivé poloviny formy Čep SC BMW	47
Obr. 22. Celkový 3D pohled na formu Čep SC BMW	48
Obr. 23. Pohled do pevné a pohyblivé poloviny formy Držák emblému Renault.....	48
Obr. 24. Celkový 3D pohled na formu Držák emblému Renault	49
Obr. 25. Zaformování dílu Čep SC BMW	50
Obr. 26. Zaformování dílu Držák emblému Renault	51
Obr. 27. Temperační okruh tvarové desky pevné	52
Obr. 28. Temperační okruh tvarové desky pohyblivé	52
Obr. 29. Temperační okruh tvarové desky pevné	53
Obr. 30. Temperační okruh tvarové desky pohyblivé	53
Obr. 31. Vyhazovací systém Čep SC BMW	54
Obr. 32. Vyhazovací systém Držák emblému Renault.....	55

Obr. 33. Pohled do pevné poloviny univerzální formy Čep SC BMW	57
Obr. 34. Pohled do pohyblivé poloviny univerzální formy Čep SC BMW	57
Obr. 35. Pohled do pevné poloviny univerzální formy Držák emblému Renault	58
Obr. 36. Pohled do pevné poloviny univerzální formy Držák emblému Renault	58

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Teploty a doby sušení [2]	16
Tab. 2. Velikost úkosů [2]	29
Tab. 3. Analýza nákladů	56

SEZNAM PŘÍLOH

PI Výkresová dokumentace obsahující:

- výkres sestavení Čep SC BMW + kusovník
- výkres sestavení Držák emblému Renault + kusovník
- výkres sestavení univerzální formy pro Čep SC BMW + kusovník
- výkres sestavení univerzální formy pro Držák emblému Renault + kusovník
- pohledy do formy Čep SC BMW
- pohledy do formy Držák emblému Renault
- pohledy do univerzální formy Čep SC BMW
- pohledy do univerzální formy Držák emblému Renault

PII CD obsahující:

- textovou část diplomové práce
- výkresovou dokumentaci a modely forem v programu Solidworks Premium 2015