

Konstrukční návrh vstřikovací formy pro plastový díl

Tomáš Šesták

Bakalářská práce
2019

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Šesták**
Osobní číslo: **T17647**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh konstrukce vstřikovací formy pro kryt mlhového světla**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracovat literární studii na dané téma
2. Provedte konstrukci 3D modelu krytu mlhového světla
3. Navrhněte vstřikovací formu pro kryt mlhového světla
4. Nakreslete 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku

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 16.4. 2019

.....

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 této bakalářské práce je vypracovat konstrukční řešení vstřikovací formy pro plastový díl, kterým je část zadního mlhového světlometu na přepravný vozík. V teoretické části jsou uvedeny základní informace z oblasti polymeru a konstrukce vstřikovacích forem. Praktická část se zabývá tvorbou 3D modelu součásti a konstrukčním návrhem vstřikovací formy, včetně výkresové dokumentace. Konstrukce byla provedena v programu CATIA V5R19 s využitím normálí HASCO.

Klíčová slova: polymer, vstřikování, vstřikovací forma, 3D konstrukce formy

ABSTRACT

The aim of my bachelor thesis is to develop a design solution of injection mold for plastic part, which is part of the rear fog headlight on the trailer. The theoretical section provides basic information from the field of polymers and construction of injection molds. The practical part deals with creating 3D model and structural design of the injection mold, including the drawings. The design was projected in CATIA V5R19 with standards of HASCO.

Keywords: polymer, injection molding, injection mold, 3D design of mold

Poděkování:

Velmi rád bych poděkoval vedoucímu mé práce Ing. Martinovi Ovsíkovi, PhD. za odborné rady a čas, který mi věnoval po celou dobu vzniku mé práce.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 POLYMERY	11
1.1 PLASTY	11
1.1.1 Termoplasty.....	11
1.1.2 Reaktoplasty.....	12
1.2 ELASTOMERY	12
1.2.1 Kaučuky	12
1.3 PŘÍSADY FORMUJÍCÍ ZPRACOVATELNOST TAVENIN.....	13
1.3.1 Plniva.....	13
1.3.2 Barviva, pigmenty, optická zjasňovadla, barevné koncentráty.....	15
1.3.3 Stabilizátory	15
1.3.4 Polymerní modifikátory	15
1.3.5 Plastifikátory	15
1.3.6 Koncentráty nukleárních činidel, antistatik a lubrikantů.....	15
1.3.7 Retardéry hoření.....	16
1.4 ROZBOR POLYMERU PP	16
1.4.1 Zpracovatelské vlastnosti PP.....	16
1.5 POROVNÁNÍ PP S 40 % RŮZNÉHO PLNIVA.....	18
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	21
2.1 VSTŘIKOVACÍ STROJE.....	21
2.1.1 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje.....	22
2.1.2 Vstřikovací jednotka	23
2.1.3 Uzavírací jednotka	24
2.1.4 Vstřikovací cyklus.....	25
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	27
3.1 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	28
3.2 ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU	28
3.3 SMRŠTĚNÍ.....	29
3.4 STUDENÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY (SVS).....	29
3.4.1 Plný kuželový vtok.....	33
3.4.2 Bodový vtok	33
3.4.3 Tunelový vtok	34
3.4.4 Boční vtok	35
3.4.5 Filmový vtok	35
3.4.6 Více vtokový systém	36
3.5 VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY (VVS)	37
3.5.1 Isolované vtokové soustavy	37
3.5.2 Vyhřívané trysky	37
3.5.3 Vytápěné rozvodové bloky	38
3.6 VYHAZOVCÍ SYSTÉMY.....	40
3.6.1 Mechanické vyhazování.....	40
3.6.2 Dvoustupňové vyhazování.....	42

3.6.3	Pneumatické vyhazování.....	42
3.6.4	Hydraulické vyhazování.....	42
3.7	TEMPERACE FOREM.....	42
3.8	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	44
3.9	MATERIÁL PRO VÝROBU FOREM.....	45
3.9.1	Vlastnosti ocelí pro výrobu forem.....	45
3.9.2	Strojní vybavení pro výrobu forem.....	46
II	PRAKTICKÁ ČÁST	47
4	STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	48
5	VYUŽITÝ SOFTWARE.....	49
5.1	CATIA V5R19	49
5.2	HASCO DAKO MODUL.....	49
6	SPECIFIKACE DÍLU.....	50
6.1	POPIS DÍLU	50
6.2	MATERIÁL DÍLU	51
6.2.1	Vlastnosti PP T40.....	51
6.2.2	Mechanické vlastnosti.....	52
6.2.3	Vlastnosti zpracování	52
7	VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	53
8	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	54
8.1	ZAFORMOVÁNÍ VÝROBKU.....	55
8.2	HLAVNÍ ČÁSTI VSTŘIKOVACÍ FORMY	55
8.3	TVAROVÉ ČÁSTI	57
8.4	PRUŽNÉ VYHAZOVAČE	58
8.5	VTKOVÝ SYSTÉM	59
8.6	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	60
8.6.1	Příslušenství k temperaci.....	62
8.7	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	62
8.8	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	63
8.9	TRANSPORTNÍ A BEZPEČNOSTNÍ ZAŘÍZENÍ.....	64
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	66
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	68
	SEZNAM OBRÁZU	69
	SEZNAM TABULEK.....	71
	SEZNAM PŘÍLOH.....	72

ÚVOD

Plasty ve všech oblastech průmyslové výroby stále více nahrazují konvenční materiály jako je např. ocel nebo dřevo. Koncem 20. století umožnily polymery rozvoj řady průmyslových odvětví. Jsou základem plastikářského průmyslu, gumárenství, výroby syntetických vláken, průmyslu fólií a obalů a také polymerních kompozitních materiálů. Využití mají v průmyslu strojírenském, elektrotechnickém, ale také i ve zdravotnictví.

Metoda vstřikování polymerů je jednou z nejrozšířenějších technologií zpracování. Vesměs se jedná o dílce s velkou tvarovou složitostí, které by se obtížně vyráběly jinými technologiemi. Vstřikovací formy a stroje jsou velmi nákladnými nástroji a proto mají uplatnění především pro velkosériovou výrobu. Samotné formy se vyznačují velkou odolností proti tlaku a vysokým teplotám, určují konečný tvar výrobku. Forma musí být navržena co nejefektivněji tak, aby byl výrobní cyklus co nejkratší. U vícenásobné formy, musíme dosáhnout stejné kvality výrobku u všech dílců.

Konstrukci vstřikovací formy se musí věnovat nemalá pozornost, jelikož se jedná o složitý nástroj, který se skládá z mnoha dílů a částí. Vyžaduje také širokou skupinu znalostí z oblasti chemie, reologie, materiálového inženýrství, strojírenské výroby, metrologie.

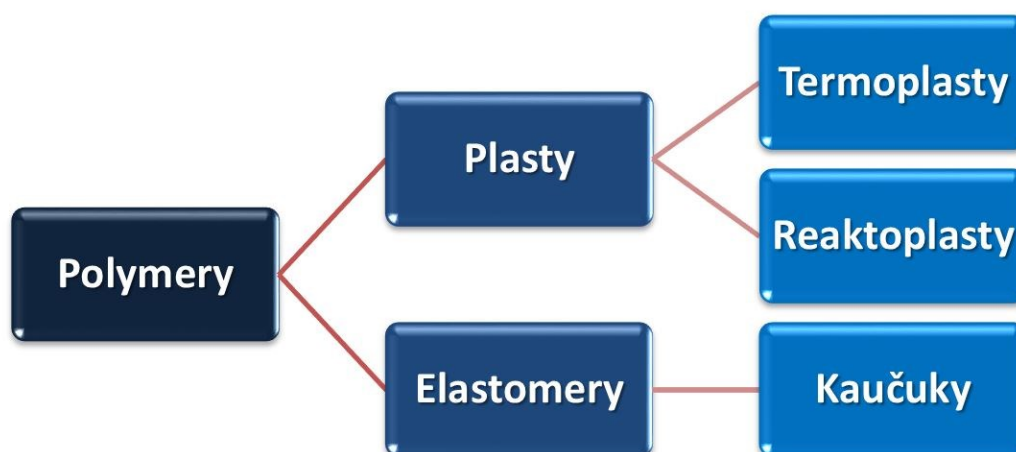
Můžeme využít systému s aplikací normálií. K známějším patří zejména HASCO, D-M-E a STRACK. Přínosem normalizace je zejména zkrácení výrobních časů při výrobě formy. V důsledku sériové výroby jsou mnohé normálie oproti kusové výrobě levnější, což je další výhoda. K návrhu a konstrukci forem se v současnosti spolehlivě využívá výpočetní technika, softwarové vybavení umožňuje 3D konstruování, různé analýzy, návrh designu, tvorbu výkresové dokumentace.

Cílem bakalářské práce je návrh a konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY

Patří mezi chemické látky s velkými molekulami, které obsahují většinou atomy C, H, O, často N, Cl a jiných prvků. V určitém stádiu zpracování se polymer nachází v kapalném stavu, který umožňuje udělit tvar budoucímu výrobku za zvýšené teploty a tlaku. Samotný výrobek pak slouží v tuhém stavu. (Plynný stav polymerů neexistuje! Polymery se nacházejí pouze v kapalném a tuhém stavu.) [5]



Obr. 1. Základní rozdělení polymerů

1.1 Plasty

Materiály, jejichž podstatnou část tvoří organické makromolekulami látky (polymery). Kromě látek polymerní povahy obsahují plasty ještě přísady (aditiva) jejichž účelem je specifická úprava vlastností. Plasty jsou za běžných podmínek tvrdé, často křehké. Za zvýšených teplot se stávají plastickými a tvarovatelnými. [7]

1.1.1 Termoplasty

Termoplasty postupným zahříváním měknou na taveninu, kterou lze např. vstříkovat. Následným ochlazením získáváme pevný výrobek, který je možné opakovaným zahříváním přeměnit na taveninu a tu opět zpracovávat. Tento postup lze vícekrát opakovat. Termoplasty dělíme podle nadmolekulární struktury na amorfnní a semikrystalické. [6]

- Amorfni – (např. PS, ABS, PC, PMMA). Jejich řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány. Využitelnost výrobků z amorfni plastů je v oblasti pod teplotou skelného přechodu (T_g). Polymer je v tomto stavu pevný.
- Semikrystalické – (např. PE, PP, PA 6). Podstatná část řetězce je pravidelně a těsně uspořádaná a tvoří krystalické útvary. Zbytek má amorfni uspořádání. Použitelnost těchto plastů je v oblasti pod teplotou skelného přechodu (T_g). [2]

1.1.2 Reaktoplasty

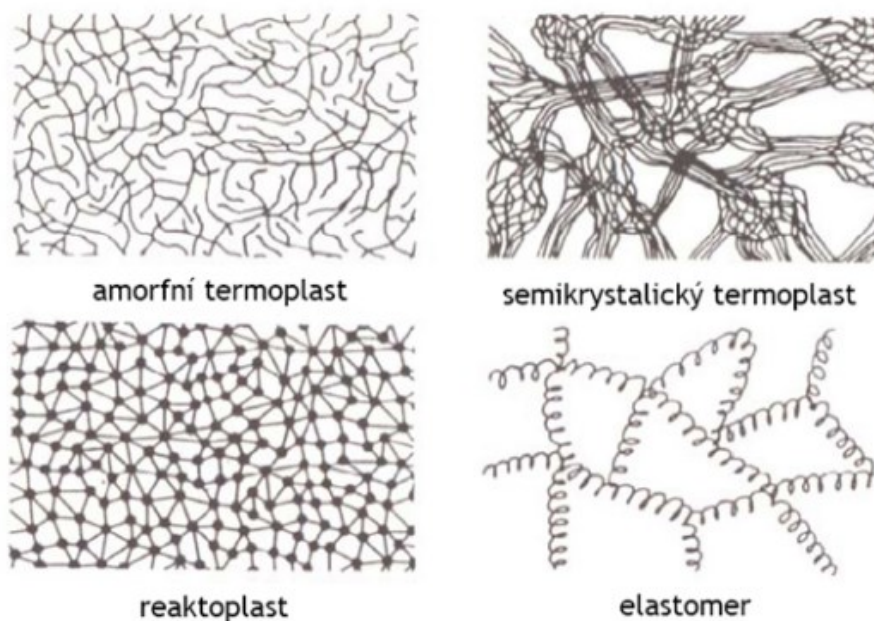
U reaktoplastů na rozdíl od termoplastů není možné opětovným ohřevem roztavit na taveninu. Jsou to velmi tvrdé polymery, jelikož vytvářejí velmi husté prostorové struktury monomerů. Tyto plasty se vytvrzují chemickou reakcí a vzniknutým teplem v nevytvrzeném stavu se běžně nazývá pryskyřice, např. fenol-formaldehydová pryskyřice (PF), epoxidová pryskyřice (EP), polyesterová pryskyřice (UP) Recyklace reaktoplastů je obtížná. [6]

1.2 Elastomery

Elastomer je vysoce elastický. Jedná se o polymery, které lze za normálních podmínek malou silou deformovat bez porušení, jedná se převážně o deformaci vratnou. V první fázi zahřívání měknou a lze je po omezenou dobu tvářet. Při dalším zahřívání dochází k chemické reakci a tím k prostorovému zesílení struktury, která se nazývá vulkanizace. Vulkanizačním procesem jsou převedeny na pryž. Po vulkanizaci už další tváření není možné. Hlavní skupinou elastomerů jsou kaučuky. [8]

1.2.1 Kaučuky

Dělí se na dvě skupiny – kaučuky přírodní a syntetické. Vulkanizace probíhá mezi dvěma válci (dvouválec), které se otáčejí proti sobě. Mezi ně je vložen kaučuk, který je navalován kolem jednoho z válců. Jsou do něj vmíchány přísady např. oleje, saze a síra, díky kterým umožňujeme vulkanizace. [9]



Obr. 2. Nadmolekulární struktura polymerů [8]

1.3 Příspěvky formující zpracovatelnost tavenin

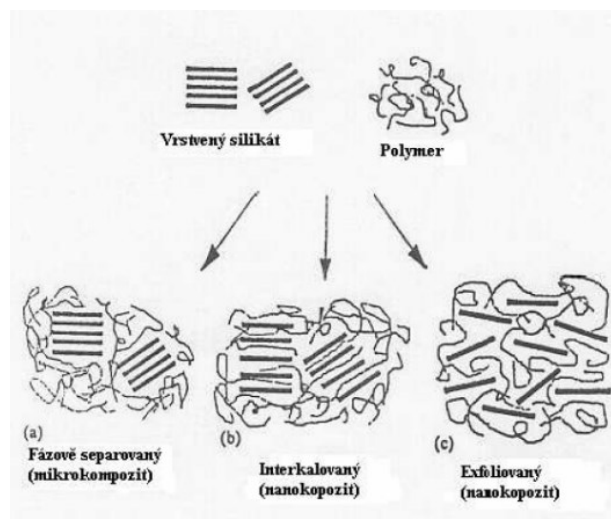
Aditiva se přidávají do polymerních materiálů pro bezproblémové zpracování:[1]

- nukleační činidla - pro dosažení jemné a rovnoměrné krystalické struktury u částečně krystalických materiálů.
- maziva - pro zlepšení tokových vlastností taveniny, zaručující její dobrou zatékavost, bezporuchovou plastikaci ve šnekové plastikační komoře, snadné vyjímání výstřiků z formy a nelepivost taveniny, vnitřní maziva se dovnitř materiálu aplikují při výrobě
- tepelné nebo termooxidační stabilizátory - pro zvýšení stability taveniny po dobu její prodlevy v plastikačním válci, resp. v horkém rozvodu formy.

1.3.1 Plniva

Plniva jsou látky, které zlepšují mechanické vlastnosti materiálu, chemickou odolnost a stálost tvaru při zvýšené teplotě. [1]

- Vyztužující plniva – zvyšují pevnost, tuhost, tvarovou stálost, odolnost k toku za studena. Snižují ohebnost, tažnost, smrštění (podstatně zvyšuje anizotropii smrštění) a kluzné vlastnosti, výjimkou jsou uhlíková vlákna. Koncentrace vyztužujících plniv se obvykle pohybuje od 5 do 60 hmotnostních %. Nejčastěji se používají vlákna skelná, dále vlákna uhlíková, vlákna z nerezových ocelí, minerální vlna. [1]
- Plniva částicová - celá řada minerálních plniv o různé velikosti a tvaru částic. Tato plniva zvyšují viskozitu taveniny, tvrdost, tuhost a tepelnou odolnost výstřiků, zmenšují jejich smrštění. Specifické typy částicových plniv (např. grafit, MOS_2) zlepšují kluzné vlastnosti výstřiků, dále snižují povrchový a vnitřní izolační odpor, zvyšují tepelnou vodivost (grafit, uhlíková vlákna, bronzový, hliníkový prach, kovová vlákna. [1]
- Nanoplňniva – Rozlišujeme tři základní typy dispergace vrstveného silikátu v polymerní matrici: [10]
 1. Fázově separovaný (mikrokompozit) - v polymerní matrici jsou částice nanoplňniva rozptýleny se zachovanou vrstevnatou strukturou o velikosti mikrometrů.
 2. Interkalovaný (nanokompozit) – molekuly polymeru pronikají mezi vrstvy nanoplňniva, který zvětší svůj objem, ale stále zůstává pohromadě.
 3. Exfoliovaný (delaminovaný) nanokompozit – jednotlivé vrstvy nanoplňniva jsou odděleny a rozptýleny v polymerní matrici.



Obr. 3. Typy dispergace vrstveného silikátu v polymerní matrici [10]

1.3.2 Barviva, pigmenty, optická zjasňovadla, barevné koncentráty

- Barviva a pigmenty můžeme aplikovat buď při výrobě vstřikovacího materiálu, nebo přímo na vstřikovacích strojích u zpracovatelů granulátů.
Dodávají polymerním materiálům kryvost a barevný odstín.
V polymerech jsou nerozpustné, původem jsou anorganické, organické a bronze. Působí jako nukleační činidla a můžou způsobit různá smrštění výstřiků použitím různých barviv.
- Optická zjasňovadla zlepšují vzhled u bílých, přírodních a světle pigmentovaných výstřiků.
- Barevné koncentráty jsou speciálně upravené směsi organických a anorganických pigmentů a barviv ve vhodném nosiči, které jsou určeny pro vybarvování předmětů spotřebního i technického charakteru. Požadavky jsou odolnost vůči UV záření, zdravotní nezávadnost a povětrnostní stálost. [1]

1.3.3 Stabilizátory

- Termooxidační – zvyšují odolnost k termooxidačnímu stárnutí, zvyšují hranici teploty a doby výstřiku na teplotě. [1]
- UV stabilizátory - zvyšují odolnost k atmosférickému stárnutí, prodlužují životnost výstřiků, absorbují tu část spektra slunečního záření, která umožňuje degradační procesy v polymeru. Nesmějí propouštět světlo o vlnové délce 300 až 400 nm. [1]

1.3.4 Polymerní modifikátory

Jsou to sloučeniny polymeru, které se vytvářejí základním polymerem směsí, modifikují vlastnosti základního polymeru. [1]

1.3.5 Plastifikátory

Účelem plastifikace (změkčení) je snížení tuhosti a tvrdosti, zvýšení tažnosti, ohebnosti a houževnatosti zchladnutého polymeru. Nejčastěji používané u PVC. [1]

1.3.6 Koncentráty nukleačních činidel, antistatik a lubrikantů

- Nukleační činidla - modifikují rychlost krystalizace, zkracují výrobní cyklus a zvyšují transparentnost (PP dále jeho kopolymery). [1]

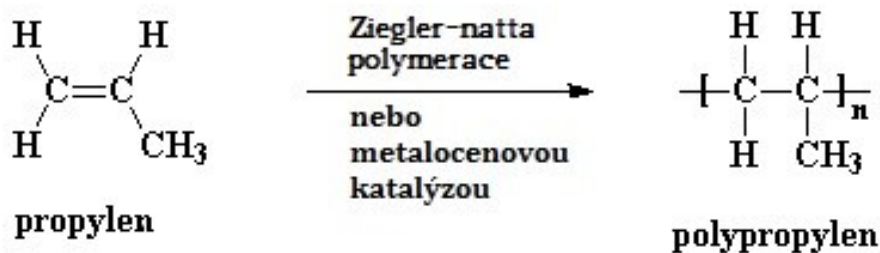
- Antistatika - díky elektricky nevodivému charakteru většiny termoplastů, snižují elektrostatický náboj, který vzniká zejména při tření. [1]
- Lubrikanty (maziva) – zlepšují odformování, snižují viskozitu taveniny a zvyšují lesk výstřiků. [1]

1.3.7 Retardéry hoření

Jejich úkolem je snížit hořlavost termoplastů. Účinné jsou až při koncentracích (5 až 30%), mají vliv na užitné, zpracovatelské (výdrž taveniny na teplotě). K retardaci přispívají i plniva anorganického původu. [1]

1.4 Rozbor polymeru PP

Samotné zpracování PP je obvykle bezproblémové, je však nutno dodržet konkrétní podmínky dané typem PP a doporučením výrobcem granulátu, např. v případě zpracování typů PP aditivovaných retardéry hoření musí být použity nižší otáčky šneku z důvodu nebezpečí rozkladu retardérů. Při zpracování plněných polypropylenů zohlednit skutečnost, že tavenina, má vlivem obsahu plniva horší tekutost, což způsobuje nutnost práce s vysokými vstřikovacími tlaky a vyššími teplotami taveniny. [1]



Obr. 4. Polymerace polypropylenů

1.4.1 Zpracovatelské vlastnosti PP

Je nutno zmínit také další vlastnosti polypropylenů, které pozitivně ovlivňují ekonomiku a proveditelnost výroby a rozšiřují jeho aplikační možnosti. [12]

Velmi nízká navlhavost: PP má nasákavost pod 0,1%, granulát nemusí být ve výrobním závodě balen do speciálních obalů, téměř odpadá nutnost předsušení materiálu před použitím, je minimalizováno nebezpečí vzhledových vad a zhoršení mechanických vlastností dílu zapříčiněných vlhkostí materiálů. [12]

Výjimku tvoří právě použitý materiál plněné talkem (PP T40), kde je předsušení nutné.

Relativně malá energetická náročnost při zpracování: vyžaduje nízké zpracovatelské teploty a nízké teploty zpracovatelských nástrojů.

Teplotní stabilita při zpracování: [12]

- relativně dlouhá výdrž při zpracovatelské teplotě
- odolnost smykovému namáhání

Snadná barvitelnost: [12]

- snadno se probarvuje
- nedochází k degradacím pigmentů
- barevné koncentráty určené pro barvení PP jsou levné a v široké škále odstínů
- nevyžadují vysoké dávkování

Recyklace: PP snáší několik recyklačních cyklů bez výrazného snížení mechanických vlastností, snadné zpracování vlastního výrobního odpadu konkrétní aplikace, přidáván až ve regranulátu. [1]

Polypropylen má také vlastnosti omezující jeho aplikace. Mezi ně patří např.

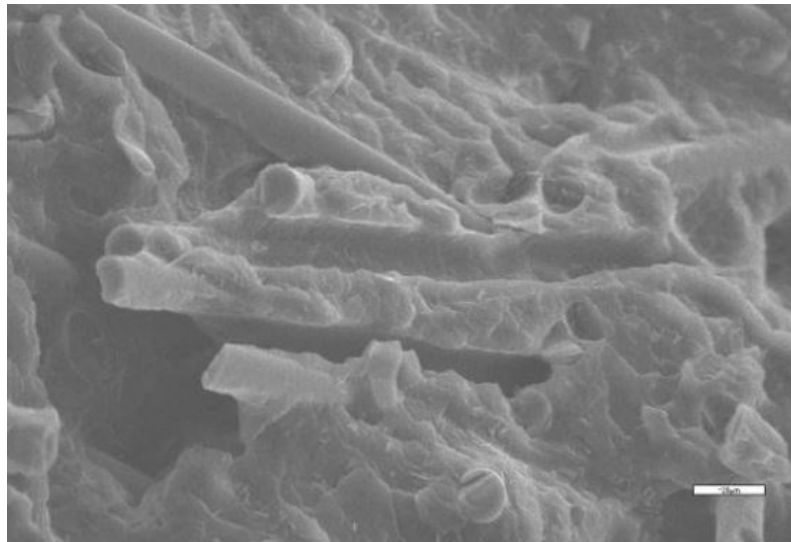
Nízká tuhost, nízkou houževnatost za teplot pod bodem mrazu, anizotropní, relativně velké smrštění výrobku a z toho vyplívá tvorba propadlin, tendence tvorby studených spojů, malá odolnost proti poškrábání, nutná povrchová úprava před potiskem a lakováním. [12]

Na degradaci polypropylenu má vliv: [12]

- teplo při zpracování
- UV záření přítomného ve slunečním světle

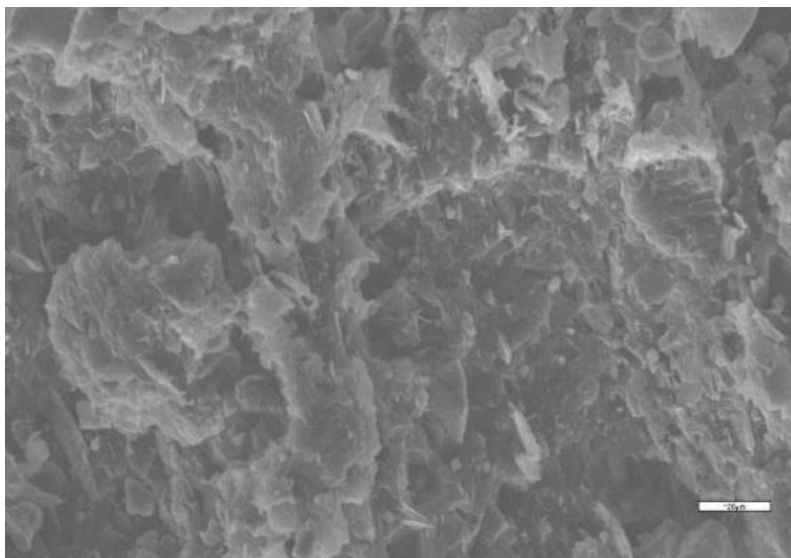
Obvykle na terciálním uhlíku vzniká vlivem prostředí radikál, který dále reaguje s kyslíkem za vzniku aldehydových a karboxylových skupin. V případě extrémních aplikací tato oxidace projevuje prakticky jako síť jemných trhlin, prohlubujících se s časem expozice. [12]

1.5 Porovnání PP s 40 % různého plniva



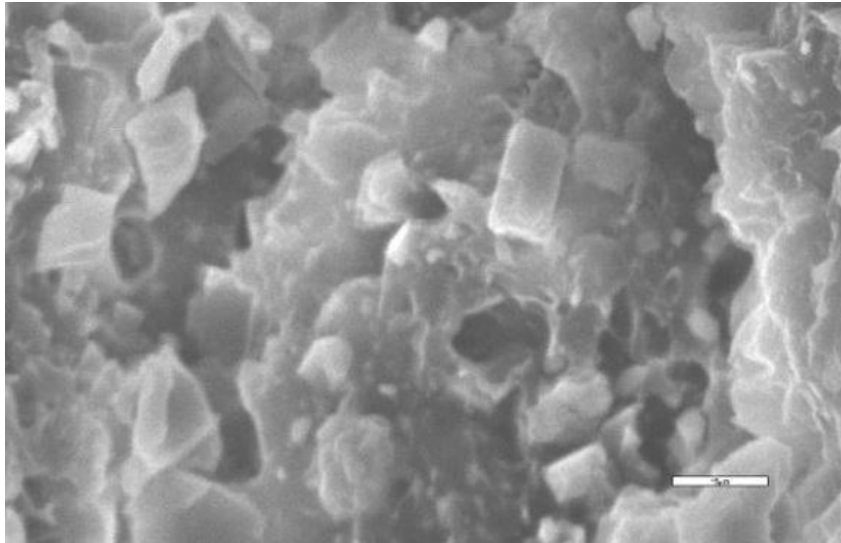
Obr. 5. Materiál PP s plnivem 40% skelným vláknem (GF) [13]

Vlákna mají průměr od 3,5 do 24 μm . Pro plnění plastů se nejčastěji používají vlákna vyráběné z S- skloviny, která zvyšuje pevnost až o 70%. V praxi se nejčastěji používá s obsahem 20-60 % skelných vláken.



Obr. 6. Materiál PP s plnivem 40% talkem (T) [13]

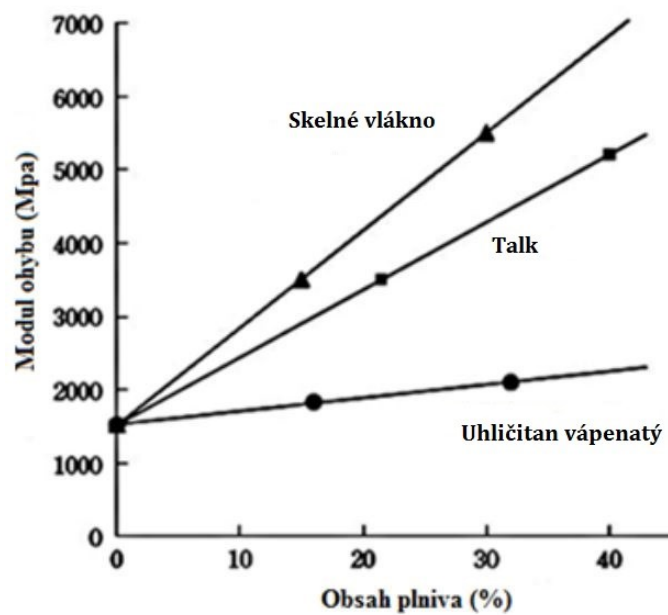
Talk - patří mezi nejběžnější a nejvíce využívané minerální plniva. Je to vodný křemičitan horečnatý, jehož struktura má lamelový charakter.



Obr. 7. Materiál PP s plnivem 40% uhličitan vápenatý (K) [13]

Částice mají velikost od 5 do 100 μm . V praxi se setkáváme buď s přírodním, nebo syntetickým uhličitanem vápenatým.

V grafu porovnáváme vliv plniva PP na modul pružnosti v ohybu.

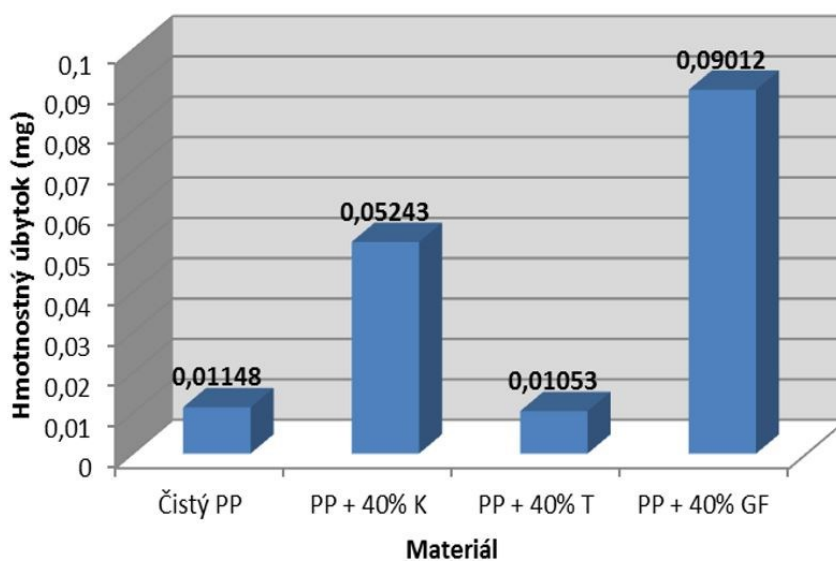


Obr. 8. Vliv plniva na modul pružnosti v ohybu [13]

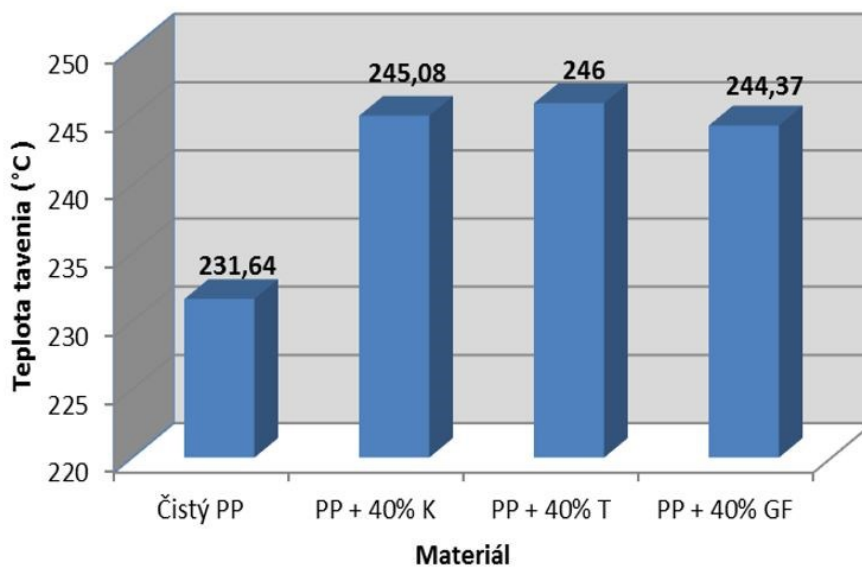
Na obrázku č. 8. a 9. jsou grafy, kde porovnáváme hmotnostní úbytek s teplotou tání u daných materiálů. Může nám pomoci v praxi při správném výběru plniva.

Nejmenší úbytek u PP 40% T o hodnotu 0,01053 mg a největší u PP se 40% GF o hodnotu 0,09012mg.

Teplota tání nejdříve nastává u čistého PP už při teplotě 231,64°C a naopak u PP se 40% T je teplota tání při 246°C. [13]



Obr. 9. Hmotnostní úbytky zkoušených materiálů [13]



Obr. 10. Teploty tání zkoušených materiálů [13]

2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

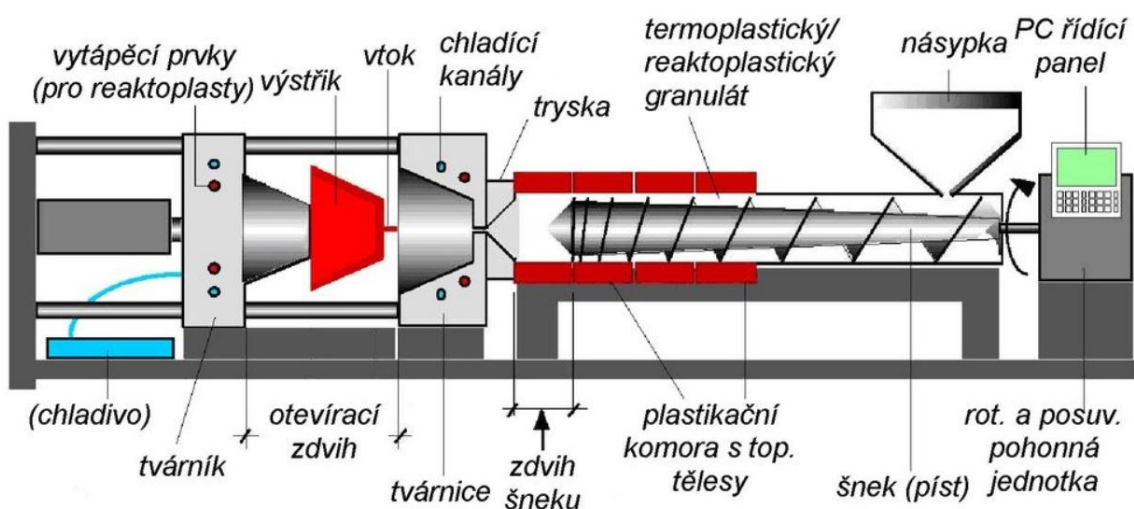
Vstřikování je nejrozšířenějším způsobem výroby dílů z plastů. Vyznačuje se složitým fyzikálním procesem, na kterém se podílí vstřikovaný materiál, vstřikovací stroj a forma. Při vstřikování je roztavený polymer tlakem dopravován do dutiny formy a tam ochlazen ve tvaru dutiny formy. [2]

Jedná se o proces cyklický. Výhodou vstřikování je krátký čas cyklu, možnost vyrábět složité součásti s dobrými tolerancemi rozměrů a velmi dobrou povrchovou úpravou, ale i konstrukční flexibilita, která umožňuje odstranění konečných úprav povrchu. Hlavní nevýhodou jsou vysoké investiční náklady, dlouhé doby nutné pro výrobu forem a potřeba používat strojní zařízení, které je neúměrně velké a drahé v porovnání s vyráběným dílem. Proto je tato technologie ekonomická jen pro velkosériovou výrobu. [15]

2.1 Vstřikovací stroje

V dnešní době je proces vstřikování už plně automatický, díky čemuž se dosahuje vysoké produktivity práce. Technologie je vhodná pro velkosériovou a hromadnou výrobu, neboť pořizovací cena vstřikovací formy a především strojního zařízení je značně vysoká. Na vstřikovacím stroji můžeme vyrábět výrobky velmi složitých tvarů v úzkých výrobních tolerancích. Výrobky mají velmi široké využití v mnoha odvětvích průmyslu.

Vstřikovací stroj se skládá ze vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky a z řídicí jednotky. Téměř každý výrobce vstřikovacích strojů je schopen dovybavit stroj manipulatory, roboty, dávkovacím a temperačním zařízením, sušárnami, dopravníky. [14], [15]



Obr. 11. Schéma vstřikovacího stroje [15]

2.1.1 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

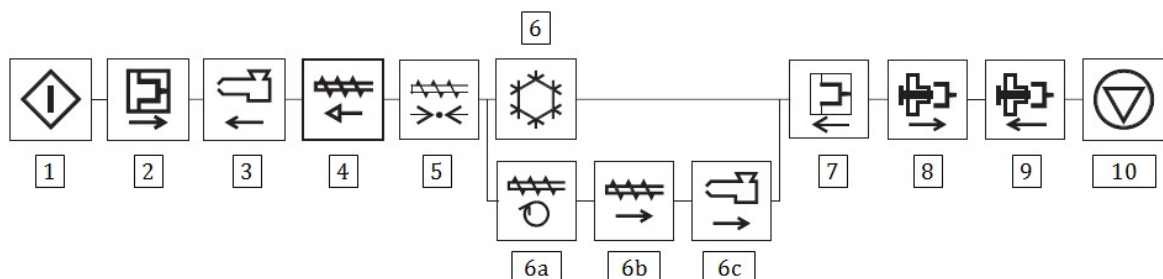
Vysoká schopnost řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Stálá reprodukovatelnost technologických parametrů je nutným faktorem. Pokud tyto parametry nadměrně kolísají, projevuje se tato nerovnoměrnost na kvalitě výroby výstřiků. Řízení stroje se musí zajistit vhodnými regulačními prvky. [2]

Stroje současné doby jsou řízeny elektronickou jednotkou s procesorem. Místo obvyklé stroje textové formy nastavování technologických parametrů se využívají nejrůznější grafické nadstavby, které jsou zobrazovány LCD displejem přímo na informačním panelu vstřikovacího stroje. [2]

Nastavení a seřízení stroje je rozděleno na: [2]

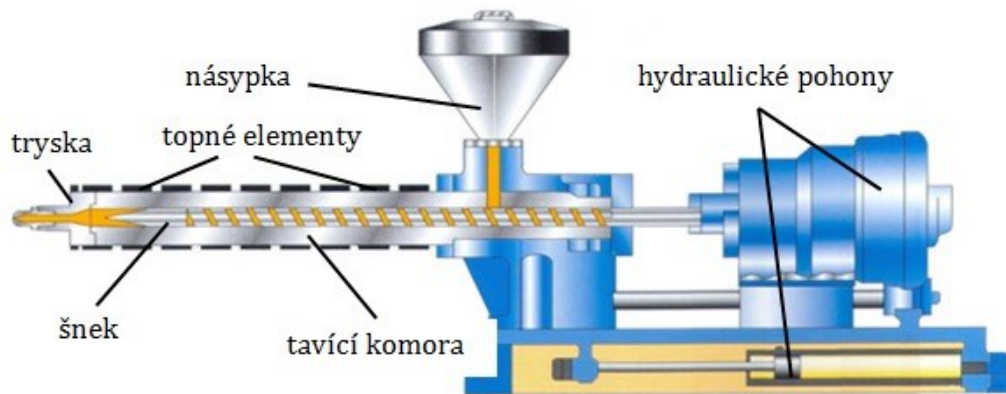
- sestavení grafu vstřikovacího procesu,
- definice a nastavení parametrů,
- kontrola procesu.

Veškerá nastavení vstřikovacího procesu jsou čidly zpětně verifikovány a případně dynamicky upravovány v závislosti na vnějších podmínkách. Na přesnost a jakost výstřiků má řízení stroje rozhodující vliv, tím že určuje a dodržuje přesnost nastavení výše i doby vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení. Tyto parametry určují především přesnost a toleranci výstřiku. Dále nastavením hodnoty teploty taveniny, jejíž homogenizací jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiků. Vedle vstřikovacího stroje a polymeru ovlivňuje tyto parametry i forma, její teplota a doba chlazení. [2]



Obr. 12. Graf vstřikovacího procesu

2.1.2 Vstříkovací jednotka

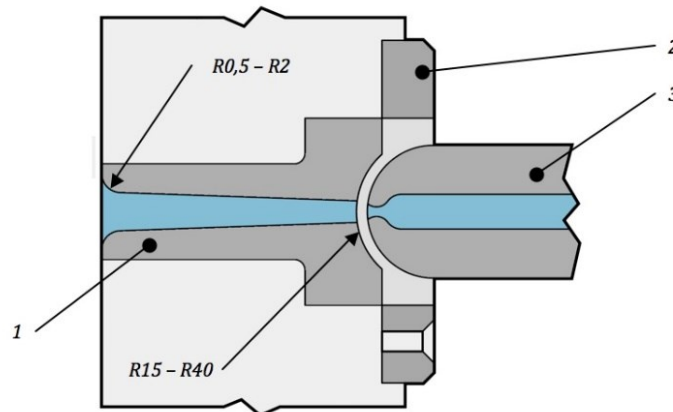


Obr. 13. Vstříkovací jednotka [17]

Má za úkol připravit a dopravit požadované množství roztaveného polymeru s požadovanými technologickými parametry do formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstříkovací jednotky při jednom zdvihu. Vstříkovací jednotka pracuje tak, že do tavného válce je dopravován zpracovávaný polymer z násypky pohybem šneku. Maximální vstříkované množství nemá překročit 90% kapacity jednotky, protože je zde nutná rezerva pro případné doplnění úbytku materiálu vlivem chlazení. Dále je polymer postupně transportován šnekem přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo. Postupně se tedy plastifikuje, homogenizuje a hromadí před čelem šneku, který se současně axiálně posunuje ve válci do zadní polohy. [2,4]

Topení tavného válce je rozděleno do tří zón. Část tepelné energie vzniká disipací polymerního materiálu. Tavná komora zakončuje vyhřívanou tryskou, která spojuje vstříkovací jednotku s formou (Obr. 5). Tryska s kulovým zakončením zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. [2]

Vstříkovací tryska může být otevřená a uzavíratelná. Otevřená se využívá nejčastěji pro vstříkování polymerů s větší viskozitou. Uzavíratelná zabraňuje samovolnému vytékání materiálu při plastifikaci. K otevření trysky dochází odjištěním jehlového uzávěru při dosednutí trysky do sedla vtokové vložky. [2, 4]



Obr. 14. Vstřikovací jednotka [17]

1-vtoková vložka, 2-středící kroužek, 3-čelo trysky vstřikovacího stroje

2.1.3 Uzavírací jednotka

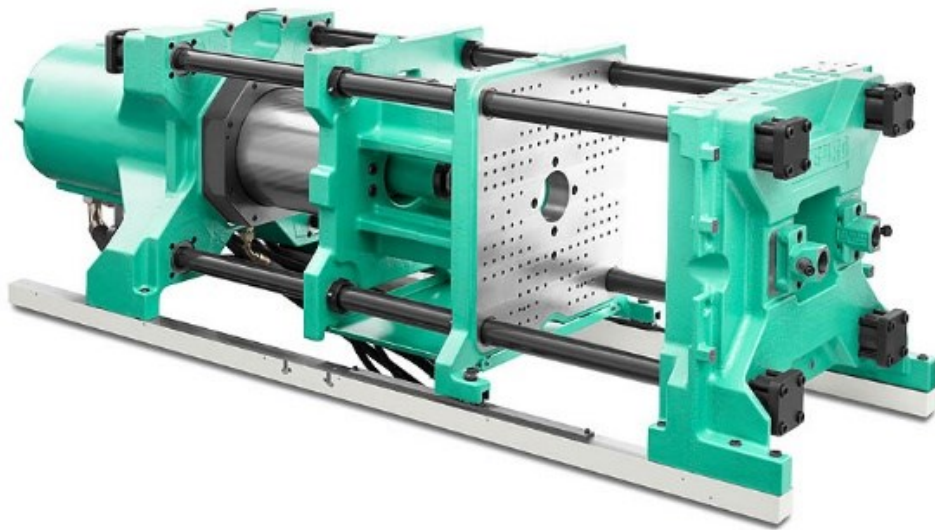
Úlohou uzavírací jednotky je zavírat a otevírat formu. Velikost uzavíracího tlaku je nastavitelná a je přímo závislá na velikosti vstřikovacího tlaku a průmětu plochy dutiny formy (včetně vtokových kanálů) do dělicí roviny. [2]

Hlavní části uzavírací jednotky:

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

Uzavírací mechanismus je hlavním znakem kvality uzavírací jednotky. [15]

Uzavírací systémy mohou být konstruovány jako mechanické, hydraulické nebo kombinace obou systémů. Podle pohonu se uzavírací jednotky dělí na elektrické (zdrojem pohybu je elektromotor) nebo hydraulické (hydraulický píst). Hydraulický píst může být napojen přímo na pohyblivou upínací desku (hydraulický uzavírací systém), nebo stejně jako u elektromotoru je síla přenášena přes další mechanický systém. Tyto systémy jsou potom nazývány hydraulicko-mechanické nebo elektro-mechanické. [17]



Obr. 15. Uzavírací jednotka [16]

2.1.4 Vstříkovací cyklus

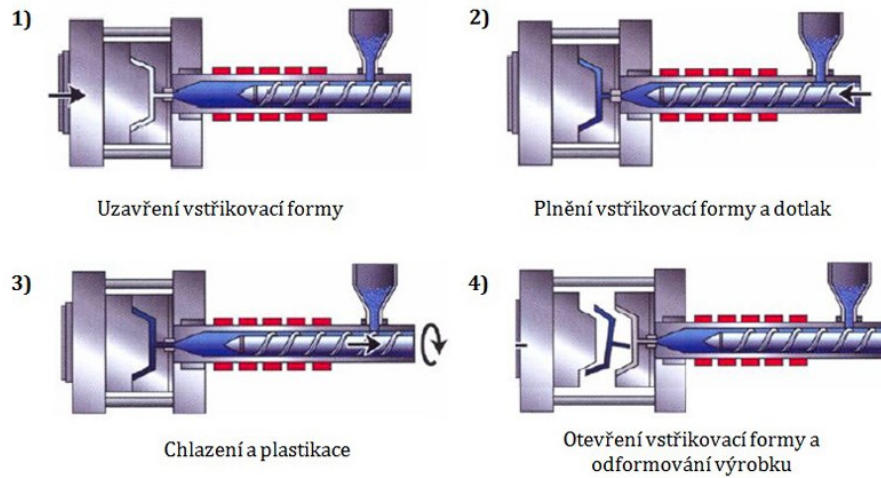
Vstříkovací cyklus spočívá v souhře operací vstříkovací jednotky a vstříkovací formy.

První krok cyklu spočívá v uzavření formy, kdy se pohyblivá (levá) část formy přisune k pevné (pravé) části a uvnitř formy vznikne dutina pro taveninu. Uzavírací síla musí odolat tlaku, který vyvine vstříknutá tavenina. [14]

V okamžiku, kdy je forma v uzavřené poloze a plastikační jednotka přisunutá k formě, začne samotný proces vstříkování. Šnek, který v plastikační jednotce připravil taveninu, přímočarým pohybem vstříkne taveninu do dutiny formy. Ihned po vstříknutí následuje dotlak taveniny, který zmenší procento smrštění výrobku při chlazení.

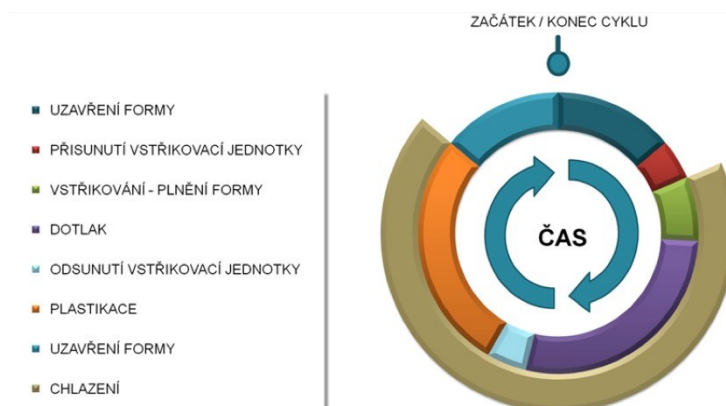
Při chlazení výrobku ve formě, odjede plastikační jednotka od formy. Šnek začne nabírat novou dávku granulátu a vlivem rotačního pohybu a tepla se připravuje tavenina pro další cyklus. [14]

Mezitím se v dutině formy ochladí výrobek na vyhazovací teplotu. Následně dojde k otevření formy a působením vyhazovacího systému k vyhození výrobku z dutiny. Poté se forma opět uzavře, přisune se plastikační jednotka s připravenou taveninou a proces vstříkování se opakuje. [14]



Obr. 16. Vstříkovací cyklus [17]

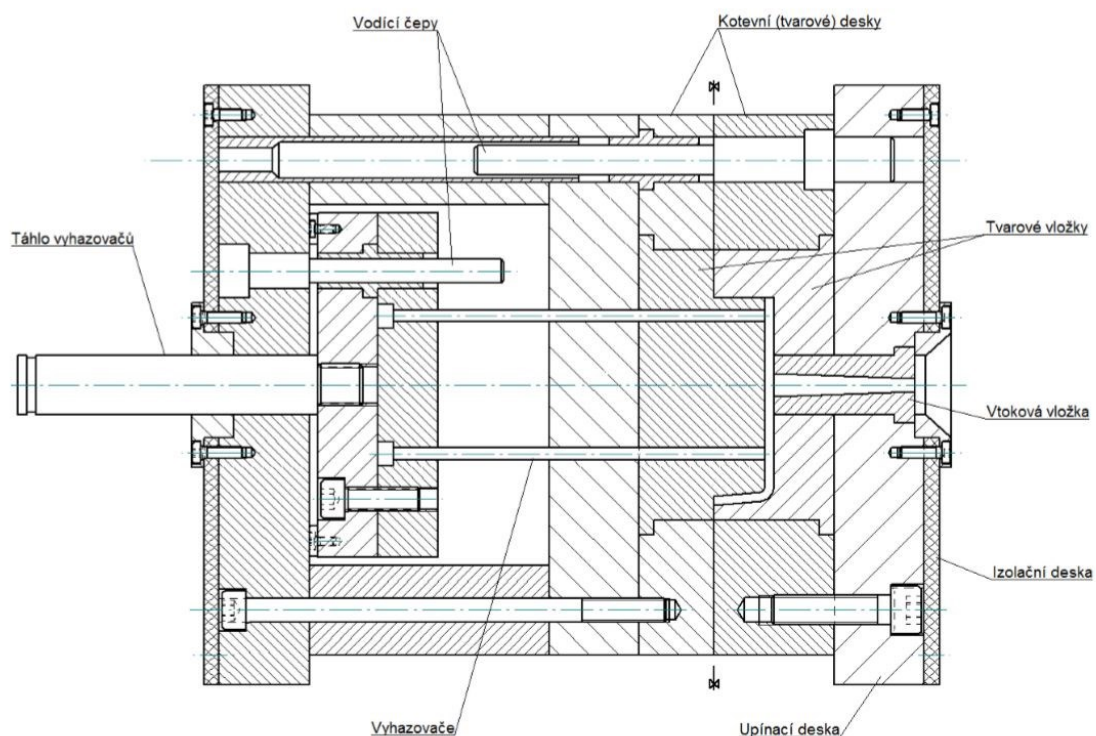
Čas plnění by měl reflektovat rovnováhu mezi vstříkovacím tlakem a vnitřním napětím ve vstříkovaném dílu. Čas dotlaku by měl trvat přiměřeně. Měl by být ukončen ve chvíli zatuhnutí polymeru ve vtokové soustavě. Fáze chlazení je zahájena prvním kontaktem tavniny se stěnou dutiny vstříkovací formy. Jedná se o nejdelší fázi vstříkovacího cyklu a to z důvodu pomalého přechodu tepelné energie z polymeru do stěny dutiny vstříkovací formy. Pohyby formy by měly být optimalizovány tak, aby nedocházelo k neúměrnému prodloužení výrobního cyklu, což by vedlo ke zvýšení výrobních nákladů na vstříkovaný díl. [17]



Obr. 17. Časový sled fází cyklů [17]

3 VSTŘIKOVÁCI FORMA

Vstřikovací forma dává tavenině po ochlazení tvar a rozměry výrobku, při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. Formy musí odolávat vysokým tlakům, které v procesu působí, musí poskytovat výrobky o přesných rozměrech, umožňovat snadné vyjmutí výrobku a musí pracovat automaticky po celou dobu své životnosti. Jejich konstrukce a výroba je náročná na odborné znalosti a zkušenosti dotyčných pracovníků, ale také na finanční náklady. Důležitým faktorem životnosti formy je použití kvalitních nástrojových materiálů a provedené tepelné zpracování na tvarových částech nástroje. [2] [18]



Obr. 18. Řez vstřikovací formou [4]

Vstřikovací formy jsou z konstrukčního hlediska velmi rozmanité, můžeme je rozdělit do následujících skupin: [15]

- podle násobnosti (jednonásobné a vícenásobné)
- podle způsobu zaformování a konstrukčního řešení (dvoudeskové, třídeskové, etážové, čelist'ové, vytáček, apod.)
- podle konstrukce vstřikovacího stroje (formy se vstřikem kolmo na dělicí rovinu nebo do dělicí roviny)

3.1 Konstrukce vstřikovací formy

Výroba dílů vstřikováním probíhá na vstřikovacím stroji, ve formě v krátkém časovém intervalu. Působením dostatečného tlaku, teploty a dalších nutných parametrů z toho vyplývají požadavky na stroj a formu, které spolu souvisí. [2]

U formy se vyžaduje: [2]

- maximální tuhost a pevnost jednotlivých částí formy i celků, pro zachycení vznikajících tlaků,
- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou,
- správná funkce formy, vhodný vtokový, vyhazovací, temperační a odvzdušňovací systém,
- vysoká přesnost a požadovaná jakost funkčních ploch dutiny formy.

Je nutné respektovat zásady a směrnice při jejich konstrukci, výrobě i obsluze.

Větší robustnější formy, které vyžadují větší tlaky při vstřikování, často svádí k méně citlivému zacházení. To bývá někdy příčinou jejich snížené přesnosti i životnosti. [2]

3.2 Zaformování výstříku

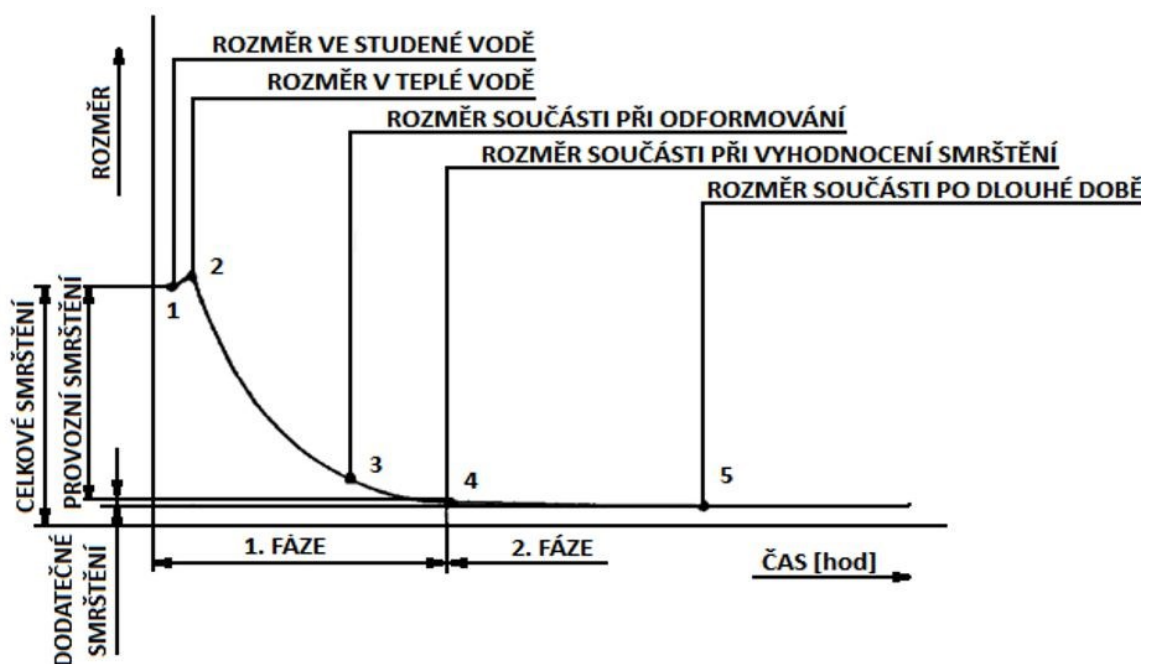
Správné zaformování a vhodná volba dělicí roviny nám umožňuje dodržet tvar a rozměry výstříku i ekonomičnost výroby. Dělicí rovina bývá zpravidla rovnoběžná s upínáním formy. Může být i šikmá nebo různě tvarovaná, případně vytváří u výstříků s bočními otvory hlavní a vedlejší dělicí roviny. Dělicí rovina, je třeba aby: [2]

- umožnila snadné vyhození výrobku z formy,
- byla pravidelná, snadno vyrobitelná a měla jednoduchý geometrický tvar,
- probíhala v hranách výrobku,
- byla vhodně umístěna, aby splňovala výrobu přesných rozměrů, směr technologických úkosů a souosost výstříku, pokud je v obou polovinách formy,
- stopa po dělicí rovině nesmí být příčinou funkčních nebo vzhledových závad,
- u většího počtu dělicích ploch volit koncepci s ohledem na jejich nejmenší počet.

3.3 Smrštění

Smrštění se vyskytuje u všech plastů a je potřeba s ním počítat. Při vstřikování jakéhokoliv termoplastu amorfního nebo částečně krystalického platí, že rozměry výstřiku po jeho vyhození z formy jsou rozdílné od rozměrů měřených po nějaké době od jeho výroby, resp. po jeho skladování. Udává se v %. Jeho velikost závisí na teplotní roztažnosti plastu a dalších činitelích. Platí, že semikrystalické materiály mají větší smrštění než materiály amorfní, díky své krystalizaci. [1] [2]

Smrštění se rozděluje do dvou časových fází. Velikost výrobního smrštění se stanoví 24 hodin po výrobě součásti a představuje až 90 % z jeho hodnoty. Zbytek je označován jako zbytkové smrštění, které probíhá poměrně dlouho v závislosti na typu polymeru. [2]



Obr. 19. Průběh smrštění [19]

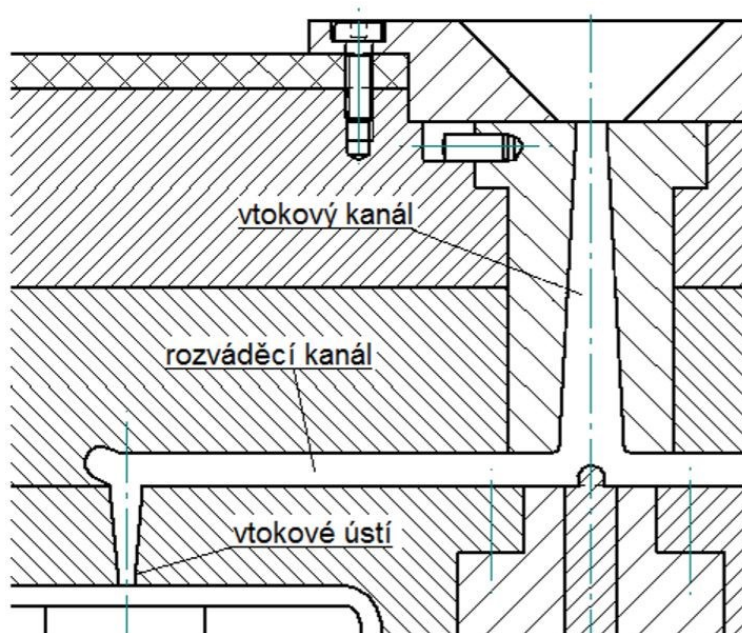
3.4 Studené vtokové systémy (SVS)

Vtokové systémy formy zajišťují při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu ze stroje do tvářecí dutiny formy. Plnění dutiny termicky homogenní taveninou musí proběhnout s minimálními odpory v nejkratším čase. [2]

Při volbě určitého vtokového systému vycházíme, že tavenina se velkou rychlostí vstříkuje do relativně studené formy. Během průtoku vtokovým systémem nám na vnějším povrchu viskozita taveniny prudce roste, nejnižší je uprostřed. Vysoká viskozita vyžaduje v systému vysoké tlaky. [2]

Rozměry a tvar vtoku ovlivňují: [2]

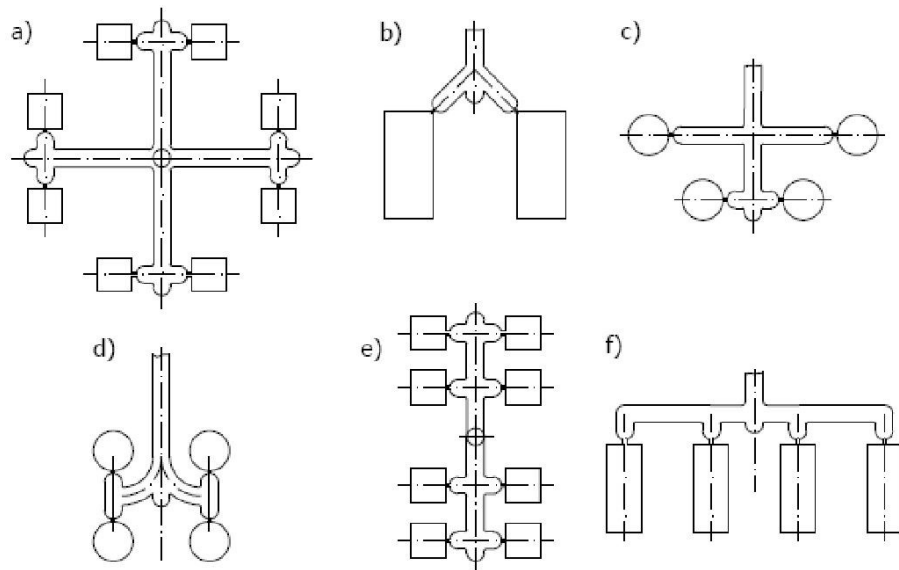
- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku,
- spotřebu materiálu plastu,
- náročnost opracování na začištění výstřiku,
- energetickou náročnost výroby.



Obr. 20. Příklad studeného vtoku [4]

Uspořádání vtokových kanálků

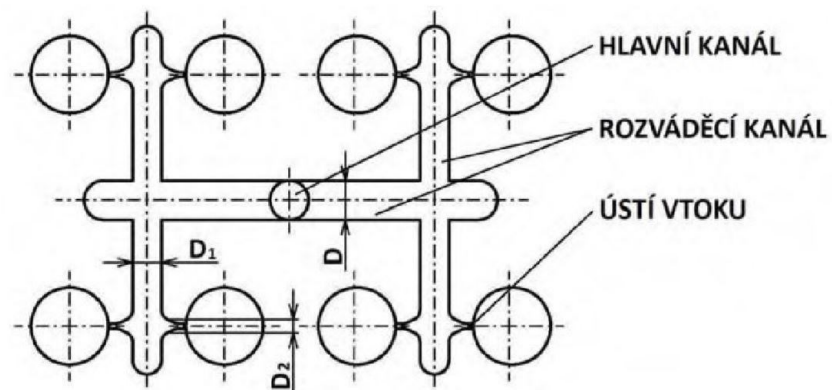
Dráha toku polymeru vtokovým systémem by měla být co nejkratší a měla by působit co nejmenší odpor tavenině. Je důležité, aby byla dráha toku ke všem dutinám stejně dlouhá z hlediska rovnoměrného plnění. [2]



Obr. 21. Uspořádání vtokových kanálků [4]

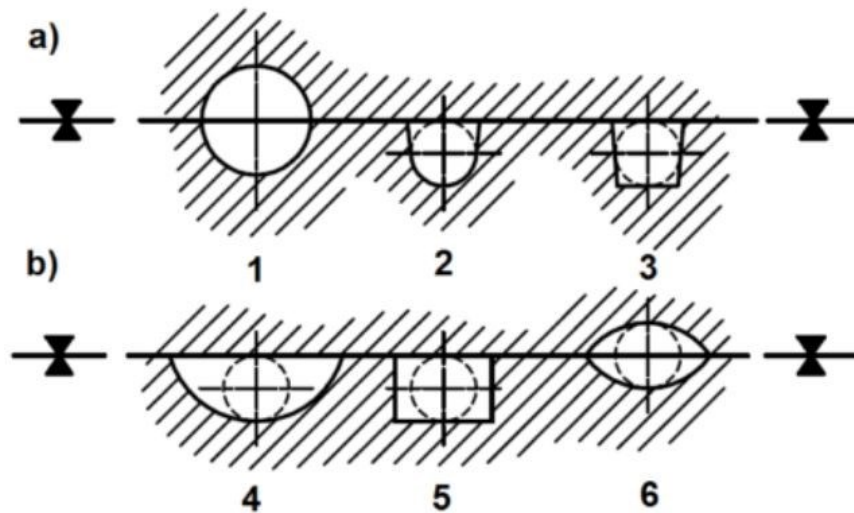
a, b, c, d – vhodné řešení, e, f – nevhodné řešení

U vícenásobných forem zachováme stejnou rychlost taveniny odstupňováním průřezů kanálů.



Obr. 22. Studená vtoková soustava [2]

Průřez vtokových kanálů musí být dostatečně velký, aby bylo jádro dutiny ještě v plastickém stavu při působení dotlaku. Ideální vtokový kanál má při minimálním povrchu co největší průřez. Vhodný podmínce je kruhový průřez, z důvodů výroby se volí i jiné tvary. [2]



Obr. 23. Průřezy vtokových kanálů [2]

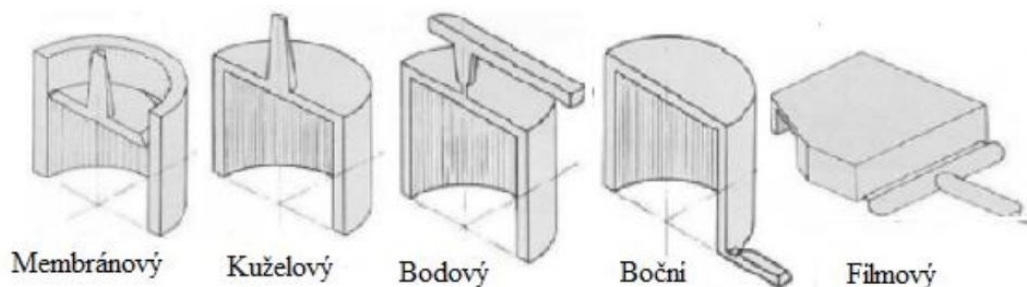
2, 3, 4, 5- výrobně výhodné, 1, 6- výrobně nevýhodné

Studený vtokový systém by měl splňovat následující podmínky:

- Co nejkratší kanály pro taveninu.
- Ke všem tvarovým dutinám stejně dlouhé kanály.
- Dostatečný průřez kanálů
- Stejná rychlost taveniny. (odstupňovaný průřez kanálů, pokud nejsou stejně dlouhé)
- Vhodná poloha vtoku do dutiny, aby se minimalizoval vliv studených spojů. [8]

Druhy studených vtoků

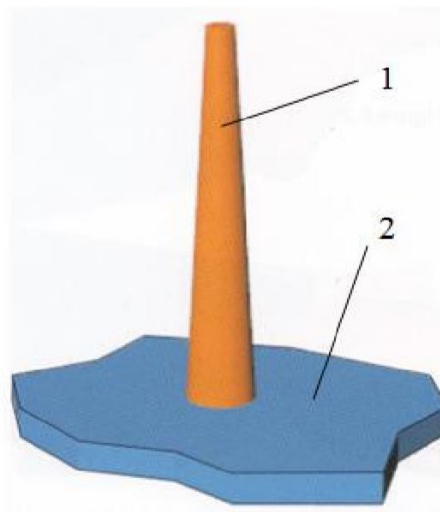
Při volbě vhodného vtoku je nutné především zohlednit požadavek na rovnoměrné plnění dutiny formy.



Obr. 24. Základní typy vtokových ústí. [8]

3.4.1 Plný kuželový vtok

Privádí taveninu do dutiny formy bez zúženého vtokového ústí. Používá se nejčastěji u jednonásobných forem, kde je symetricky uložená dutina. Je ideální pro tlustostěnné výstřiky. Vtok tuhne ve formě jako poslední, je účinný z hlediska působení dotlaku. Odstranění kuželového vtoku je pracné a zanechává vždy stopu na výstřiku. Ústí vtoku má být o 1 až 1,5 mm větší, než je tloušťka stěny výstřiku. Při vstřikování dílců s menší tloušťkou stěn výstřiku je vhodné vytvořit proti ústí čočkovité zahloubení. [2]



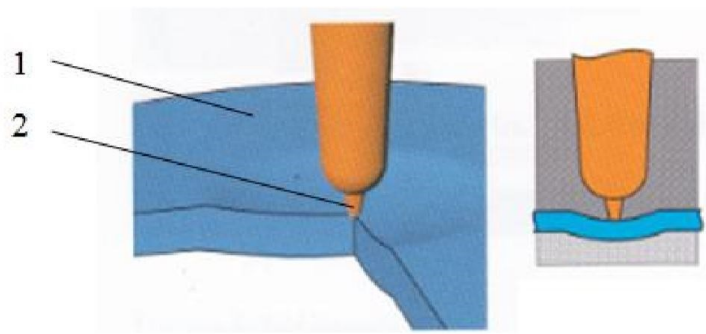
Obr. 25. Plný kuželový vtok [20]

1 - plný kuželový vtok, 2 - výstřik

3.4.2 Bodový vtok

Je nejpoužívanější typ zúženého vtokového ústí převážně kruhového průřezu, který leží mimo nebo i v dělicí rovině. Může být použit přímo z vtokového kanálu, z předkomůrky nebo z rozváděcího kanálu. Bodový vtok vyžaduje systém třídeskových forem. Při odformování musí být zajištěno odtržení vtokového ústí a následně k otevření formy v dělicí rovině s tvarovou dutinou. V zúženém místě bodového vtoku dochází při doformování k odtržení vtokového zbytku od výstřiku. [2]

U méně tekutých plastů a plněných plastů pro větší výstřiky se bodových ústí vtoků nedoporučuje. [2]



Obr. 26. Bodový vtok [20]

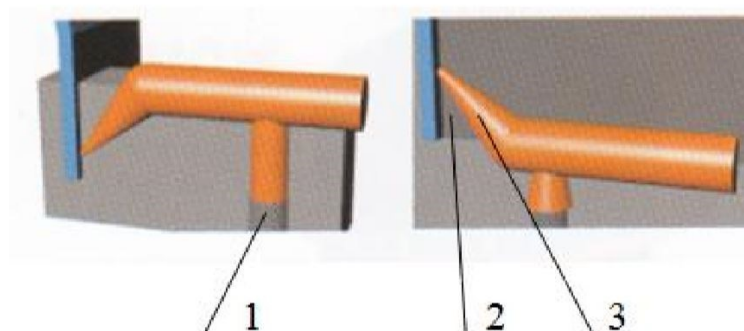
1 - výstřik, 2 - bodový vtok

3.4.3 Tunelový vtok

Je zvláštní případ bodového vtoku, který má výhodu, že vtokový zbytek může ležet ve stejné dělicí rovině jako výstřik. Umístit ho můžeme v pevné i v pohyblivé části formy. Ústí vtoku je vedeno pod řeznou hranou tvárníku. Šikmý zužující se kanál vychází z konce rozváděcího kanálu, navazující těsně pod dělicí rovinou. Vtokový kanál může dále mít jímku na zachycení studeného čela taveniny. [2]

Oddělení vtokového zbytku se provádí buď při otevření formy, nebo při vyhazování výstřiku. Umístění vtoku v pevné části je obtížnější pro doformování. [2]

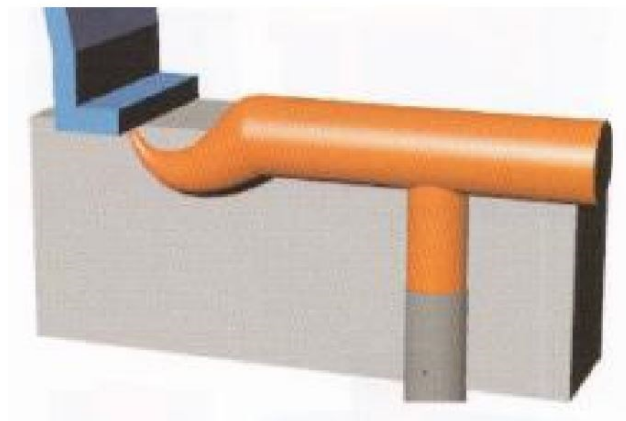
Ústí jsou shodné s rozměry pro bodový vtok. [2]



Obr. 27. Tunelový vtok [20]

1 - vyhazovač, 2 - řezná hrana, 3 - tunelový vtok

Ke zvláštnímu typu tunelového vtoku patří tzv. srpkovitý vtok, který umožňuje umístit vtokové ústí do části výstřiku, ve kterém nepůsobí rušivě. Takový vtok je vhodný jen pro plasty s vysokou elasticitou, nesmí docházet k zalamování. [2]



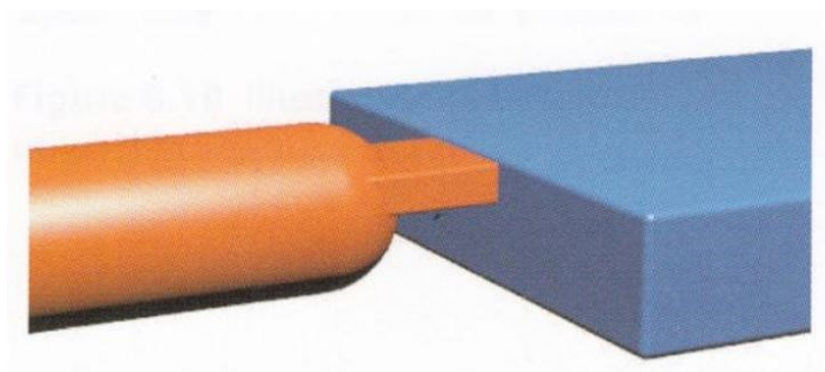
Obr. 28. Srpkový vtok [20]

3.4.4 Boční vtok

Je nejrozšířenějším vtokovým ústím, je umístěn v dělicí rovině. Průřez bývá obvykle obdélníkový, ale může být i jiný (lichoběžníkový, kruhový). [2]

Při odformování zůstává výstřik od vtokového zbytku neoddělený. Při automatickém cyklu se řeší jeho oddělování speciálním odřezávacím zařízením, které je součástí formy.

Dvoudeskové řešení formy. Tvarové části i vtoková soustava jsou v jedné dělicí rovině. [2]



Obr. 29. Boční obdélníkový vtok [20]

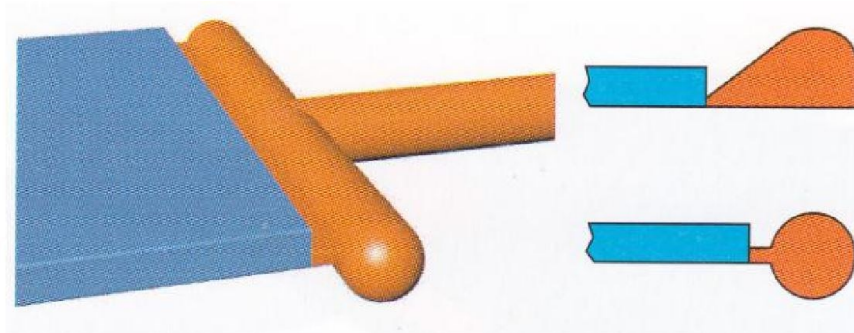
3.4.5 Filmový vtok

Je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí převážně k plnění trubicových a kruhových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. K nim se řadí vtoky prstencové, diskové, deštníkové. [2]

Od filmového vtoku se vyžaduje: [2]

- dodržení rovinnosti, přímosti, přesnosti tvaru výstřiku,
- vyvážení tlaku,
- odstranění studených spojů,
- malé vnitřní pnutí,
- zmenšení rychlosti taveniny vstupující do dutiny formy,
- zmenšení odporu vtokového systému.

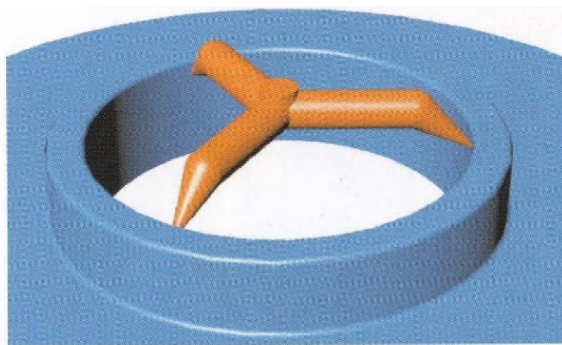
Tok taveniny do jednotlivých míst vtokového ústí není rovnoměrné. Rozměr a tvar vtokového ústí se volí podle stejných zásad jako u bočního ústí. [2]



Obr. 30. Filmový vtok [20]

3.4.6 Více vtokový systém

Pro výstřik je účelné naplnit dutinu formy taveninou jedním vtokem. Neumožňuje-li to tvarová dutina (nebo i jiný důvod - rychlost plnění) použije se více vtoků. Před použitím je třeba zvážit jejich vliv na uzavírání vzduchu a vznik studených spojů při setkání proudů taveniny z jednotlivých vtoků. [2]



Obr. 31. Plnění více vtoky [20]

3.5 Vyhřívání vtokové systémy (VVS)

Vstřikování bez vtokového zbytku pomocí vyhřívání vtokových soustav (VVS). Vtokové soustavy mají vyhřívání trysky, u kterých vzniká minimální úbytek tlaku i teploty v systému s optimálním tokem taveniny. Od forem s běžnými studenými soustavami se liší především tím, že typy VVS se nakupují od specializovaných výrobců. Jsou finančně nákladnější, jsou vhodnější u velkosériové výroby. [2], [4]

Důvody pro používání VVS stále roste: [2]

- umožňuje automatizaci výroby,
- zkracuje výrobní cyklus,
- odpadá manipulace a regenerace zbytků,
- snižuje spotřebu materiálu - vstřikuje se bez vtokových zbytků,
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků.

VVS u technologie vstřikování spočívá v tom, že tavenina po naplnění dutiny formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. Díky tomu je možné použít bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast výstřiků.

Přes malý průřez vtoku je možné pracovat s dotlakem. [2]

3.5.1 Isolované vtokové soustavy

Jsou nejjednodušší a dnes stále málo využívané. Pracují principem vlastní termoplastické izolace. U těchto systému nemá tryska vlastní vytápění. Teplotu udržuje buď větší vrstva taveniny svou tepelně izolační vlastností, nebo se ohřívá nepřímě.

Můžeme je rozdělit na dva systémy: [2]

- IVS se zesílenými vtoky,
- IVS s vtokovou předkomůrkou.

3.5.2 Vyhřívání trysky

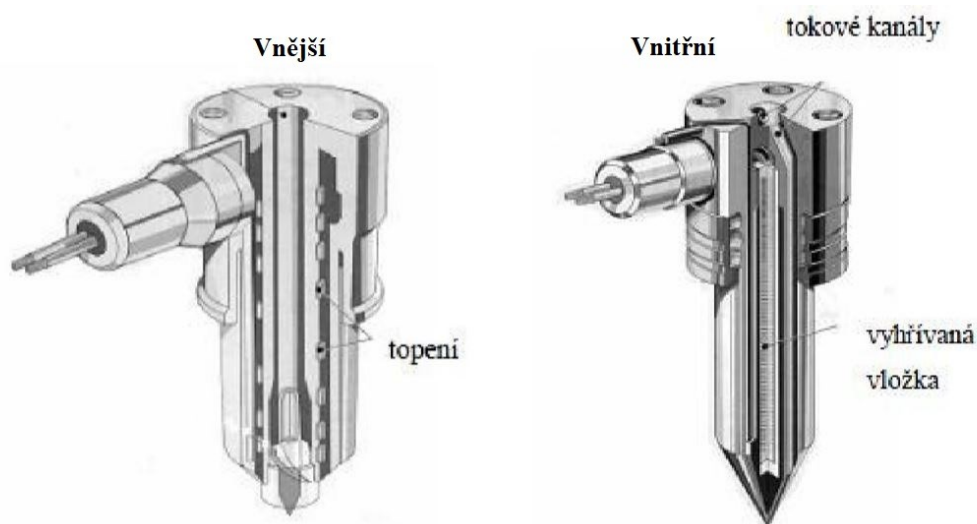
Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Výrazně umožňuje zlepšit technologické podmínky. [2]

Nepřímě ohřívání trysky se vyznačují: [2]

- Dotápěné vyústění izolovaného rozvodu vtoku. Je zabudováno miniaturní topné těleso do ocelového pouzdra, špička zasahuje do vyústění vtoku. Vyžaduje rychlý pracovní cyklus.
- Tryska dotápěná rozvodovým blokem. Je dokonalejší oproti předešlým systémům. Používá se pro vícenásobné formy.

Přímo ohříváné trysky jsou charakterizovány: [2]

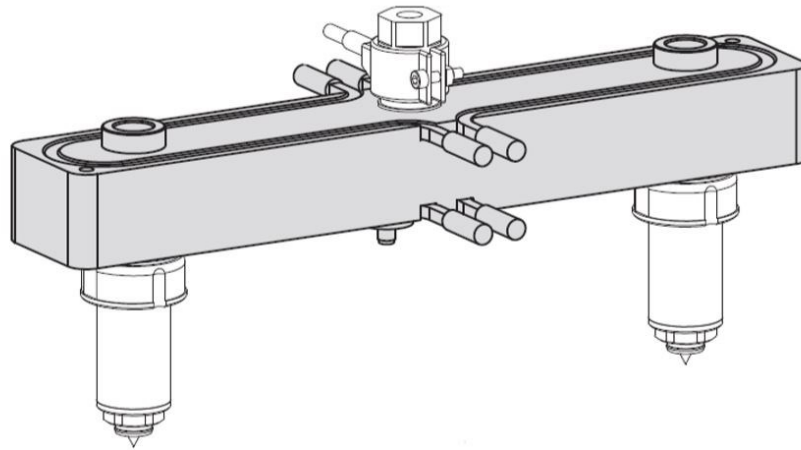
- Tryska s vnějším topením - tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je vyrobeno z tepelně vodivého materiálu. Kolem tělesa je z vnějšku umístěno topení.
- Tryska s vnitřním topením - tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku, která musí být zhotovena z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí.



Obr. 32. Tryska s vnějším a vnitřním topením [21]

3.5.3 Vytápěné rozvodové bloky

Vstřikovací formy s rozvodným blokem se využívají v kombinaci s vyhřívanými a izolovanými tryskami s předkomůrkami. Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Správná funkce je podmínkou rovnoměrně vytápět, v opačném případě ovlivní tokové chování taveniny a její tlakové rozložení v jednotlivých tvarových dutinách. [2]



Obr. 33. Vytápěný rozvodný blok [21]

Tepelně izolovaný rozvodný blok bývá uložen mezi tvarovou a upínací desku v pevné části formy. Topení je řešeno pomocí topných hadů zalitých v mědi nebo topných patron. Tvar rozvodného bloku je konstrukčně přizpůsoben poloze rozváděcích kanálů. Tyto kanály musí být dokonale provedeny bez ostrých hran. [2]



Obr. 34. Vytápěné rozvodní bloky tvaru X, I [21]

Ohřev a změna teploty bloku vzhledem k formě, která má jinou teplotu, vyvolává změny v jeho délkových rozměrech. To může způsobit: [2]

- změnu rozměrů bloku a tím přesazení trysky se zmenšením vtokového ústí,
- vysoké tlaky ve formě,
- deformaci v nástroji.

3.6 Vyhazovací systémy

Vyhazovací systémy slouží k vyjmutí výstřiku z dutiny formy. Aby odformování výstřiku proběhlo hladce a nedošlo k jeho deformaci, je nutné dodržet základní podmínky: [3]

- hladký povrch výstřiku,
- úkosovitost stěn výstřiku ve směru vyhazování min $0,5^\circ$,
- působení síly vyhazovacího systému musí být rovnoměrné vůči výstřiku.

Vyhazovací síla:

Výrobek by měl zůstat na straně vyhazovacího systému. Zvolený vyhazovací systém by měl zajistit vyvození potřebné vyhazovací síly. [15]

Závisí na: [15]

- složitosti výrobku a povrchu formy,
- pružných deformací formy,
- velikosti smrštění výrobku.

3.6.1 Mechanické vyhazování

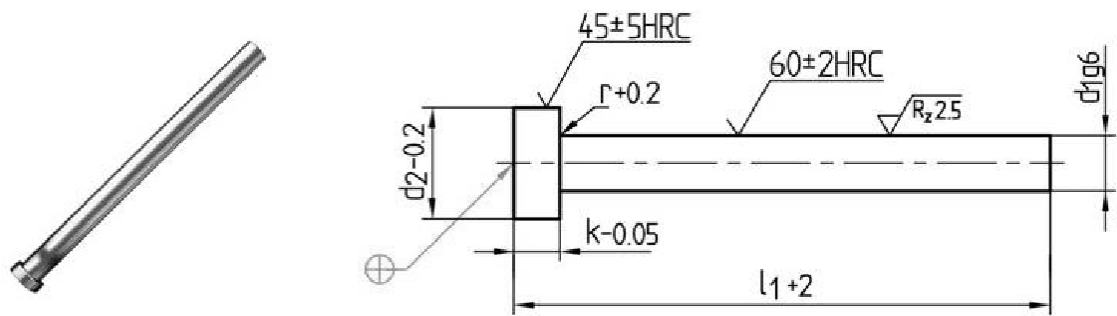
Vyhazovací kolíky – se používají tam, kde je možné, aby kolík působil proti ploše výstřiku ve směru vyhazování. Opírat by se měl o žebro výstřiku nebo o nepohledovou stěnu. Tento způsob vyhazování patří mezi nejrozšířenější a výrobně nejjednodušší. [3]

Mechanické vyhazování může být provedeno pomocí:

- vyhazovacích kolíků,
- stírací desky,
- šikmých vyhazovačů.

Vyhazování pomocí kolíků

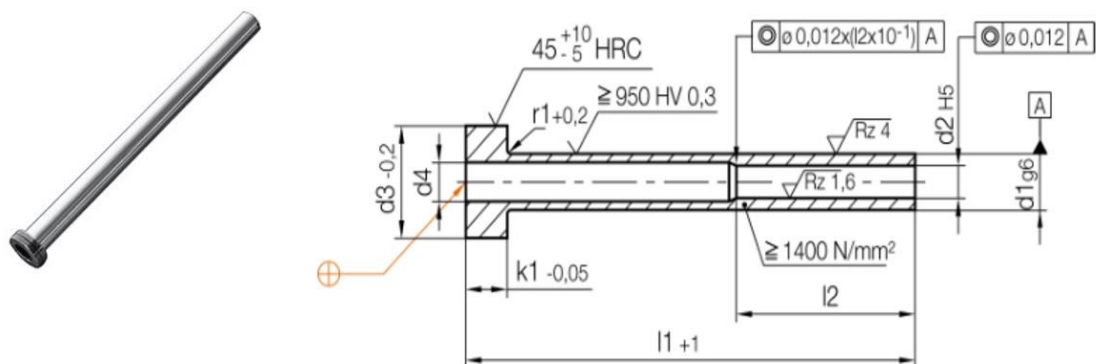
Je nejčastější a nejlevnější způsobem vyhazování výstřiku. Patří do skupiny mechanického vyhazování. Kolík se má opírat o stěnu nebo žebro a nesmí ho při vyhazování bortit. Jinak by mohla nastat jeho trvalá deformace. Není vhodné je umístit na vzhledových plochách. Pokud je vyhazování vybaveno větším počtem vyhazovacích kolíků, obtížněji se formy zhotovují temperanční kanály. [3]



Obr. 35. Válcový vyhazovací kolík [21]

Vyhazování trubkovým vyhazovačem

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 vyhazovače. [3]



Obr. 36. Trubkový vyhazovací kolík [21]

Šikmé kolíky

Jsou speciální formou mechanického vyhazování. Šikmé vyhazovací kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou k ní uloženy pod různými úhly. Využívají se k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním, nebo vnějším zápichem. Tím se odstraní využití konstrukčně náročných posuvných čelistí s klínovým mechanismem. Je snahou, aby způsob byl funkčně dokonalý a výrobně jednoduchý. [3]

Stírací deska

Stírací deska stírá výstřík z tvárníku po celém jeho obvodu, vzhledem k velké styčné ploše, nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Při stírání dochází pouze k nepatrným deformacím. Využití je především u tenkostěnných výstříků, kde je nebezpečí jejich deformace, nebo u rozměrných, kde je zapotřebí velké síly. Stírání je vhodné jen tehdy, dosedá-li výstřík na stírací desku v rovině, nebo plocha výstřiku je mírně zakřivená. [3]

3.6.2 Dvoustupňové vyhazování

Je to kombinace dvou vyhazovacích systémů, které se vzájemně ovlivňují. Tento způsob umožňuje vyhazovat výrobky s rozdílným časovým posunem vyhazovacího zdvihu i jeho délky. Proto se s výhodou používá například k vyhazování tenkostěnných výstříků v kombinaci - stírání s vyhazovacími kolíky, při šikmém vyhazování výstříků se zápichem. [3]

3.6.3 Pneumatické vyhazování

Tento systém je vhodný pro vyhazování slabostěnných výstříků větších rozměrů ve tvaru nádob, které je nutné při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Běžné mechanické vyhazování větších výstříků vyžaduje velký zdvih vyhazovacího systému, bez záruky dobré funkce. Stlačený vzduch se zavádí mezi výstřík a líc formy, a tím umožní rovnoměrné oddělení výstřiku od tvárníku. [3]

3.6.4 Hydraulické vyhazování

Používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a velkou flexibilitou. V dnešní době se s přímo zabudovanými hydraulickými jednotkami ve formě setkáváme méně. Hydraulická jednotka se vybírá z katalogů specializovaných výrobců pro každou aplikaci zvlášť. [3], [4]

3.7 Temperace forem

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

Teperace ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při každém vstřiku se forma ohřívá. Přebytečné teplo se během pracovního cyklu odvede temperační soustavou. [3]

Na řešení temperačního systému mají vliv zejména tyto faktory: [3]

- druh vstřikovaného materiálu,
- velikost a tvar výstřiku,
- požadavky na přesnost výstřiku,
- materiál formy.

Úkolem temperace je: [3]

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

Pokud má forma dostatečnou hmotnost a dobře řešený temperační systém, zvyšuje se její tepelná a tím i rozměrová stabilita a sníží nebezpečí deformace. [3]

Temperační systém je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými se předává nebo odvádí teplo z formy vhodnou kapalinou nebo jiným zdrojem tepla. [3]

Obecné zásady volby temperačních kanálů [3]

- Rozměry a rozmístění temperačních kanálů a dutin, se volí s ohledem na celkové řešení formy.
- Vzdálenost kanálů od tvarové dutiny má být optimální. Je třeba dbát na dostatečnou pevnost a tuhost stěny dutiny.
- Je vhodné použít větší počet menších kanálů s malými roztečemi než naopak.
- Kanály se rozmisťují rovnoměrně kolem dutiny formy a všude ve stejné vzdálenosti.
- V oblasti tlustší stěny výstřiku nebo jiném místě o vyšší teplotě, se kanály přiblíží k dutině formy.

- Průřez kanálu se volí podle velikosti výstřiku, druhu polymeru a jeho způsobu zaformování. Nejběžnější průřez je kruhový.
- Průřez kanálu se nemá zbytečně zvětšovat, protože se intenzita výměny tepla zvýší jen nepatrně.

3.8 Odvzdušnění formy

V dutině formy je před vstříknutím materiálu vzduch. Při jejím plnění je vzduch v dutině formy stlačován a jeho tlak narůstá. Tento nárůst tlaku může vyústit až k zažehnutí vzduchu a ke spálení plastu (Dieselův efekt). Vzduch v dutině také negativně působí na mechanické vlastnosti výstřiku tvořením bublin, které zůstávají uzavřené ve stěnách výstřiku. Proto je potřeba zaručit dobré odvzdušnění [3]

Neodvedený vzduch z dutiny formy, může vyvolat tyto technologické problémy: [3]

- nedostříky - zamrznutí postupu čela taveniny,
- spálená místa na výstřiku vyvolaná tzv. Dieselovým efektem,
- vnesení vnitřního pnutí do výstřiků,
- tvorba bublin ve stěnách výstřiků s větší tloušťkou stěn,
- nutnost zvýšení vstřikovacího tlaku,
- zvýšení nebezpečí výskytu studených spojů,
- zvýšení anizotropie vlastností výstřiků,
- velké tlakové spády v dutině formy.

Problémy s odvodem vzduchu z tvarových dutin vstřikovacích forem je možné řešit již při jejich konstrukci, a to buď využitím znalostí a zkušeností příslušného konstruktéra nebo pomocí počítačových analýz plnění dutin formy. Pokud není ani jedna z možností k dispozici, přenáší se řešení problému do fáze zkoušení nové formy, kdy jeho řešení může být jednoduché nebo také velmi obtížné a nákladné. [1]

3.9 Materiál pro výrobu forem

Životnost formy je dána nejslabším článkem její funkční sestavy, a proto je volba materiálu velmi důležitá. Volba materiálu je podmíněna funkcí a pracovními podmínkami součástky.

Užité vlastnosti formy jsou v provozních podmínkách určeny: [3]

- druhem vstřikovaného plastu;
- přesností a jakostí výstřiku;
- podmínkami vstřikování;
- vstřikovacím strojem;
- požadovanou životností formy.

Pro výrobu forem jsou používány materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Nejčastějším materiálem je ocel, která je svou pevností a dalšími mechanickými vlastnostmi jen těžko nahraditelná. [3]

3.9.1 Vlastnosti ocelí pro výrobu forem

Jednotlivé součástky formy neplní stejnou funkci, a proto mají i své specifické požadavky na volbu vhodného materiálu. Výběr materiálu má odpovídat funkci součástky, s ohledem na životnost a opotřebení. [3]

Na materiál formy jsou kladeny tyto požadavky: [3]

- dobrá obrobitelnost;
- dostatečná mechanická pevnost;
- dobrá leštitelnost;
- malá deformace při tepelném namáhání;
- odolnost proti korozi;
- svařitelnost;
- vhodnost pro povrchové úpravy;
- vhodné fyzikální vlastnosti.

3.9.2 Strojní vybavení pro výrobu forem

Efektivnost výroby je dána co nejvyšším stupněm vyžití strojního vybavení, v rámci vhodné organizace práce. V těchto případech je velkou výhodou koncentrace veškeré výroby do jednoho podniku, což vytváří předpoklady pro využití výhod velkovýroby a možnosti vzájemné provázanosti. [3]

Snahou nástrojářen je nevyrábět jen jeden druh výrobku, ale naopak vyrábět takové druhy, které se vyznačují co největší shodností nebo podobností svých částí. Přibližné časové rozdělení strojních technologických operací při výrobě forem je následující: [3]

- frézování 28%
- soustružení 11%
- broušení 18%
- elektroerozivní obrábění 15%
- ruční práce 20%
- ostatní 8%.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto hlavní cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma,
- provést konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu,
- navrhnout vstřikovací formu pro zadaný díl
- nakreslit 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných výkresů a kusovníku.

V teoretické části bakalářské práce jsem se zabýval popisem zpracovávaných polymerních materiálů pro vstřikování a technologie vstřikování. Dále je uvedena problematika týkající se konstrukce vstřikovacích forem a popis jejich jednotlivých částí a komponentů.

V praktické části bakalářské práce bylo úkolem vytvořit 3D model, dále navrhnout a zkonstruovat vstřikovací formu na výrobu daného dílu. Při tvorbě modelu se vycházelo z reálného výrobku, který jsem si zadal po schválení vedoucím bakalářské práce. Jedná se o kryt zadního mlhového světlometu na přepravný vozík. Při konstrukci formy byl využit program CATIA V5R19 normálně byly použity z modulu od německé firmy HASCO.

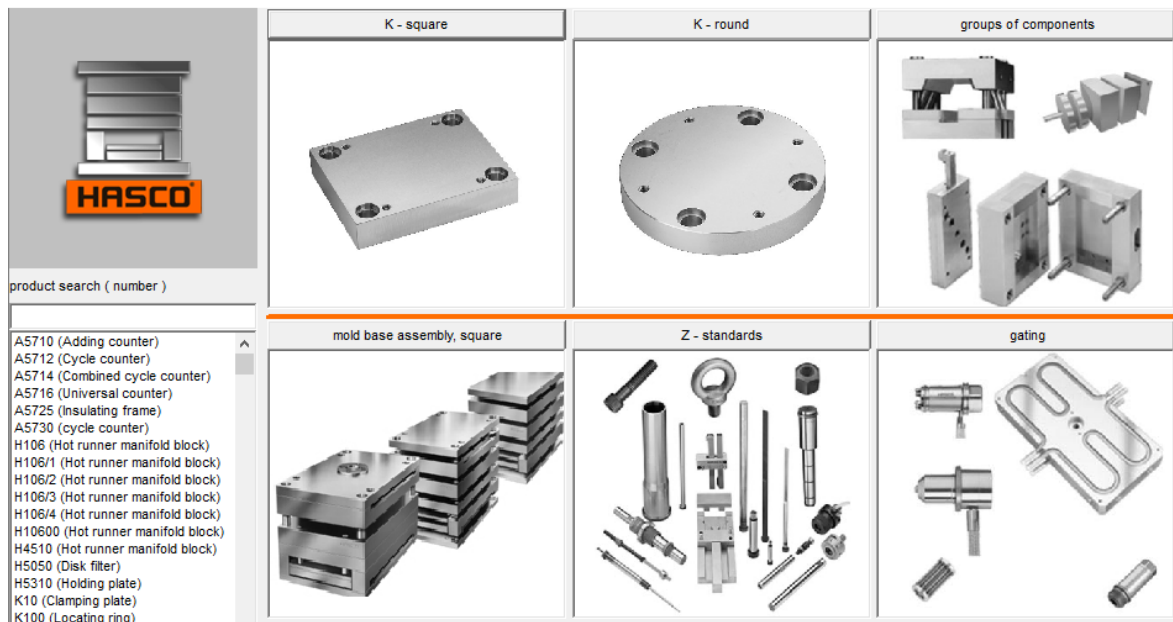
5 VYUŽITÝ SOFTWARE

5.1 Catia V5R19

Modelování vstřikované součásti a sestavy vstřikovací formy včetně výkresové dokumentace bylo vytvořeno pomocí softwaru Catia V5R19. Tento program je produktem společnosti Dassault Systemes a je řešen tak, že je schopen pokrýt širokou škálu jednotlivých kroků nutných pro realizaci dané výroby. Při konstrukci vstřikovaného dílu bylo využito prostředí Part Design, pro tvorbu sestavy pak prostředí Mold Tooling Design a Assembly Design.

5.2 HASCO DAKO modul

Při návrhu vstřikovací formy je možné využít širokou škálu normálií společnosti HASCO, která poskytuje digitální katalog normalizovaných dílů. Tento katalog umožňuje zvolit potřebné rozměry daných součástí a jejich modely pak snadno importovat do sestavy formy.



Obr. 37. Úvodní okno HASCO DAKO modulu [21]

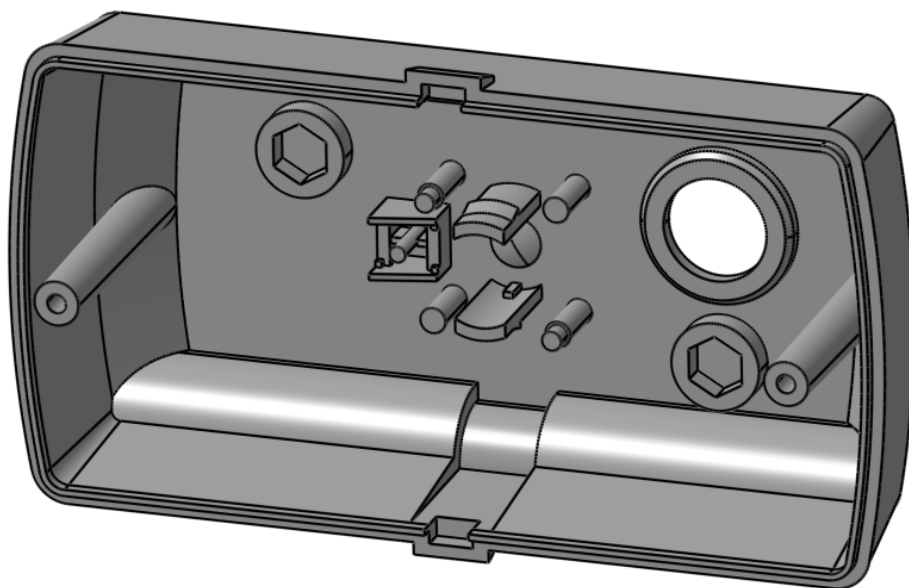
6 SPECIFIKACE DÍLU

6.1 Popis dílu

Vstříkovaným dílem je kryt zadního mlhového světlometu na přepravný vozík. Výrobek je tvořen tenkostěnným profilem s konstantní tloušťkou. Ve vnitřní straně výrobku se nachází dva komínky kuželového tvaru s vnitřním otvorem sloužící jako body pro připojení předního krytu, při použití samořezných šroubů. Dále je výrobek z vnitřní části opatřen háčky, které budou odformovány pružnými vyhazovači.



Obr. 38. Fotografie dílu



Obr. 39. 3D model dílu

6.2 Materiál dílu

Polypropylen T40

Homopolymer: převládají polypropylenové monomerní jednotky, které reagují a spojují se do řetězců, krystalinita cca 50%. Jedná se o vodný křemičitan hořečnatý, nejměkčí minerál, s lamelární strukturou (tenké destičky hydroxidu hořečnatého mezi vrstvami siliky). Patří k nejpoužívanějším minerálním plnivům PP.

Vliv talku: snižuje cenu, má dobrý poměr tuhosti a rázové houževnatosti, chemickou a tepelnou odolnost zlepšuje pevnost v tahu, rozměrovou stabilitu.



Obr. 40. Polotovár granulát PP T40

6.2.1 Vlastnosti PP T40

Aditivace:

- plnivo 40% talek
- barvení
- stabilizace proti UV záření
- retardéry hoření

6.2.2 Mechanické vlastnosti

Tab. 1. Mechanické vlastnosti PP T40 [11]

Síla nárazu, Izod část o průměru 3,2 mm	374 J / m
Pevnost v tahu	31 MPa
Tažné prodloužení	> 10,0 %
Tahový modul	4826 MPa
Pevnost v ohybu	52 MPa
Modul pevnosti v ohybu	3448 MPa

6.2.3 Vlastnosti zpracování

Hustota: 1280 kg/m³

Sušení: 80 až 110°C/2 až 4 hod.

Smrštění: rovnoběžně 0,8 až 1,6 % / kolmo 0,7 až 1,4 %. [1]

Teplotní rozsah taveniny: 230-270°C

Teplota formy: 40-70°C

Rychlost toku taveniny 230°C při zatížení 2,16 kg: 10g/10min

Injekční tlak: 69 až 103 MPa [11]

7 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Na základě technických parametrů a rozměrů vstřikovací formy byl zvolen hydraulický vstřikovací stroj ALLROUNDER 470 A německého výrobce ARBURG.



Obr. 41. Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 A [16]

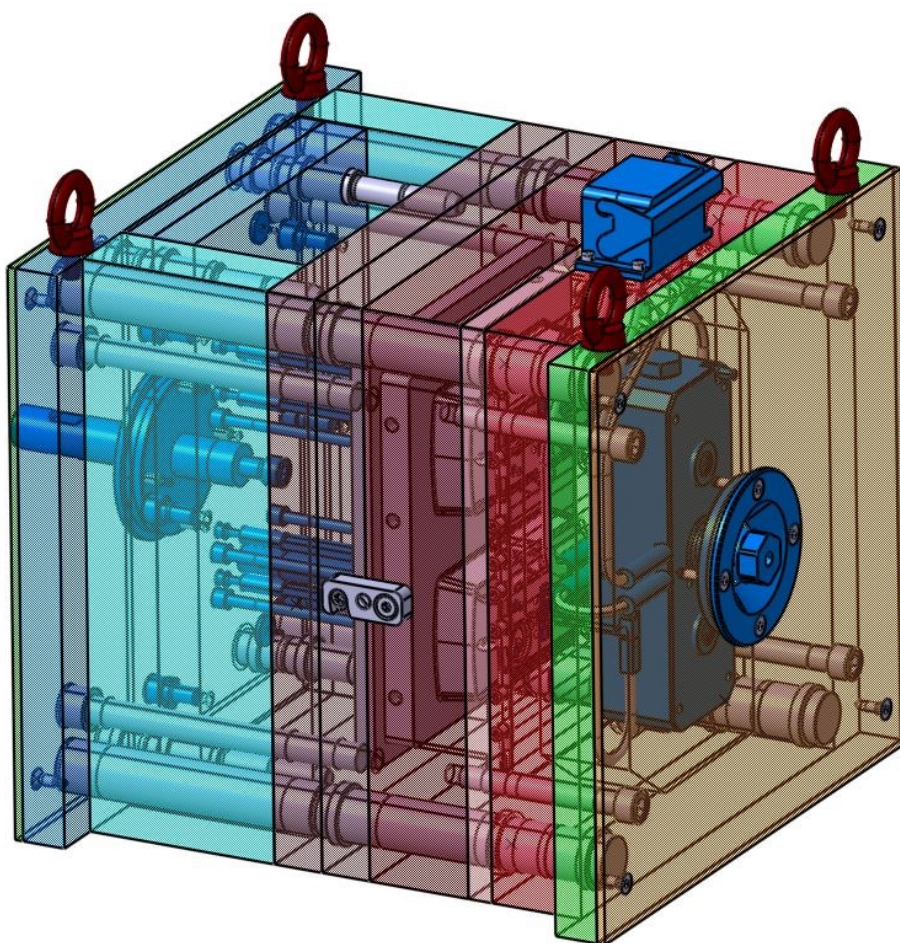
Tab. 2. Vybrané parametry vstřikovacího stroje [16]

Parametr	Hodnota	Jednotka
Maximální uzavírací síla	1000	kN
Maximální otevření	350	mm
Maximální objem vstřiku	144	cm ³
Minimální zdvih stroje	250	mm
Vzdálenost mezi vodicími sloupky	470x470	mm
Velikost upínací desky	637x637	mm
Maximální vyhazovací síla	40	kN
Maximální zdvih vyhazovače	175	mm
Elektrické připojení	26	kW
Maximální vstřikovací tlak	2000	bar

8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Konstrukce vstříkovací formy byla provedena na základě rozměrů a geometrie daného dílu, forma je dvounásobná, což znamená, že během jednoho pracovního cyklu bude tavenina vstříknuta do dvou tvarových dutin zároveň. Při tvorbě konstrukčního návrhu byly využívány normalizované díly společnosti HASCO, což urychlilo a zdokonalilo celkový proces návrhu. S využitím softwaru Catia V5R19 byly v prostředí Part Design vymodelovány součásti formy, které nejsou normalizované. Sestavení jednotlivých komponent probíhalo v prostředí Mold Tooling Design a Assembly Design.

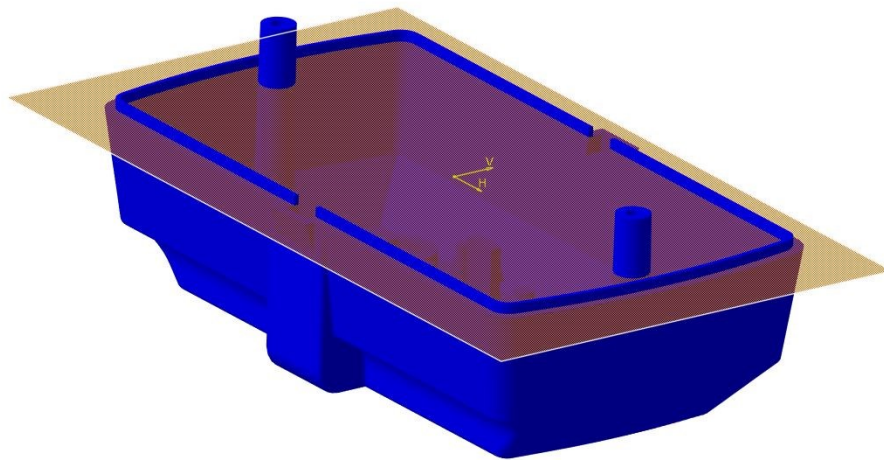
Rozměry a tvar jednotlivých částí formy byly navrženy tak, aby odpovídaly požadavkům vstříkovaného dílu a zajišťovaly dostatečnou tuhost formy. Desky vstříkovací formy jsou vystředěny vodíci čepy a do funkčních podsestav spojeny šrouby. Manipulace s formou je realizována pomocí šroubů s okem, které jsou umístěny na horní straně formy. Dělicí rovina je po stranách opatřena zámky, které zabraňují otevření formy během manipulace.



Obr. 42. Sestava vstříkovací formy

8.1 Zaformování výrobku

Správné zvolení dělicí roviny je rozhodující při konstrukčním návrhu vstřikovací formy. Hlavní dělicí rovina je v tomto případě zvolena rovnoběžně s upínáním formy. Zaformování bylo provedeno tak, že výrobek zůstává po otevření formy v levé pohyblivé části přidržen pružnými vyhazovači. Následně může být výrobek vyhozen pomocí vyhazovacího systému.

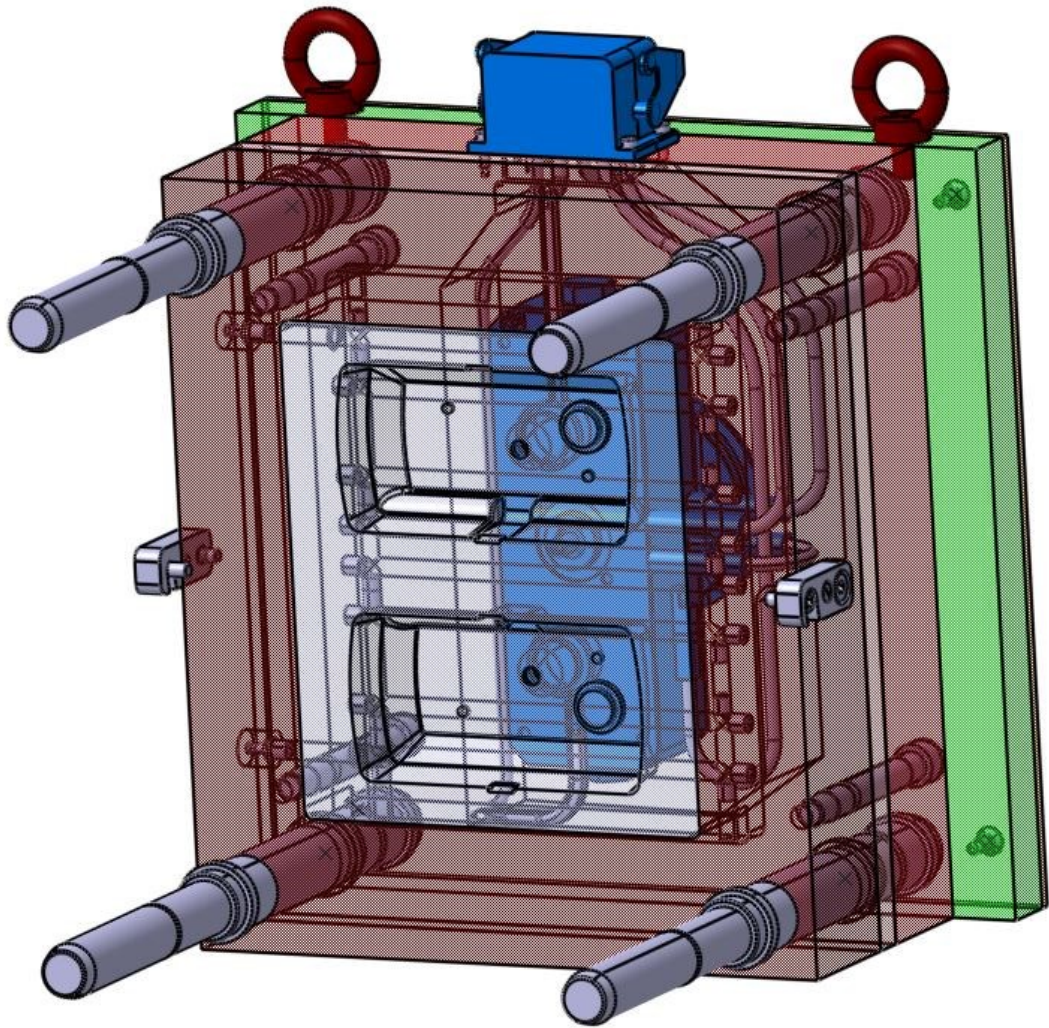


Obr. 43. Hlavní dělicí rovina

8.2 Hlavní části vstřikovací formy

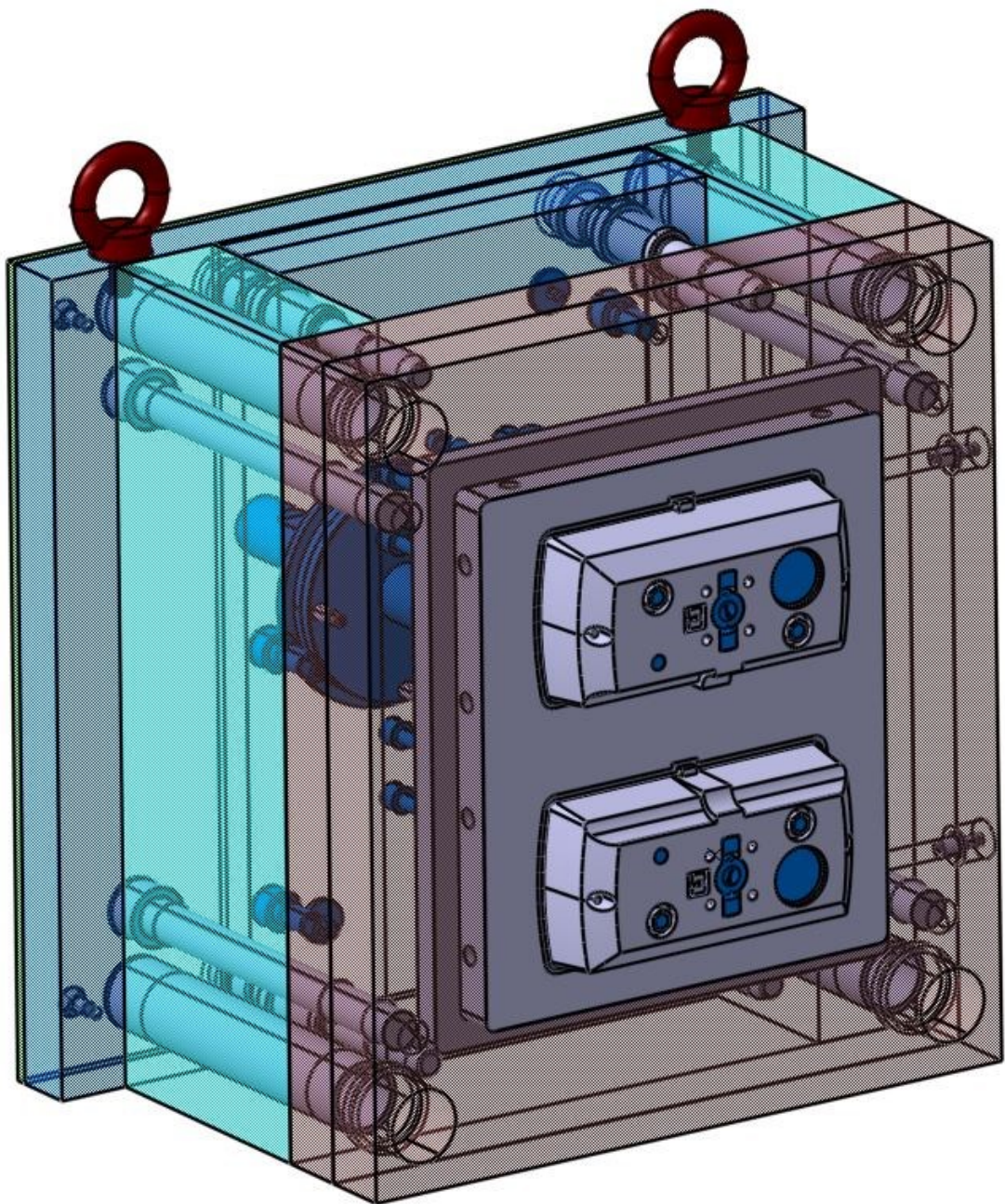
Celková sestava vstřikovací formy je tvořena třemi hlavními podsestavami. Je to pravá strana, levá strana a vyhazovací systém.

Pravá strana se také nazývá jako vstřikovací, je tvořena pěti vzájemně propojenými deskami. Jako první je izolační deska, vyrobená z materiálu o nízké tepelné vodivosti. Slouží k oddělení formy od vstřikovací jednotky, zabránění teplotnímu přestupu a přenosu koroze. Následuje pravá upínací deska, pomocí které se forma upíná k pevné části vstřikovacího stroje. V této desce je uložen pravý středící kroužek a centrální vtoková vložka. Další je deska vymezující prostor pro vyhřívaný rozvodný blok a opěrná deska, ve které jsou uloženy trysky, a opírá se o ni deska kotevní. V kotevní desce je usazena tvárnice obsahující dvě tvarové dutiny, do kterých ústí horké trysky. Tvárnice je opatřena systémem vrтанých kanálků, pomocí kterých je zajištěna cirkulace temperačního média.



Obr. 44. Pravá strana formy

Levou neboli vyhazovací stranu formy tvoří opět pět vzájemně uložených desek. V levé kotevní desce je vložen tvárník, který tvoří protikus ke tvarovým dutinám ve tvárnici. Mezi těmito deskami se nachází dělicí rovina. Tvárník je podobně jako tvárnice opatřen vrtanými kanálky sloužícími k temperaci. Opěrná deska slouží k uložení kotevní desky. Následují rozpěrné desky vymezující prostor pro pohyb vyhazovacích desek, ve kterých se nachází soustava vyhazovačů. Čtyři menší vodící čepy ukotvené ve vodící desce umožňují vedení desek při vyhazování. V této desce je také uložen pravý středící kroužek a táhlo vyhazovačů, které umožňuje pohyb vyhazovacích desek.

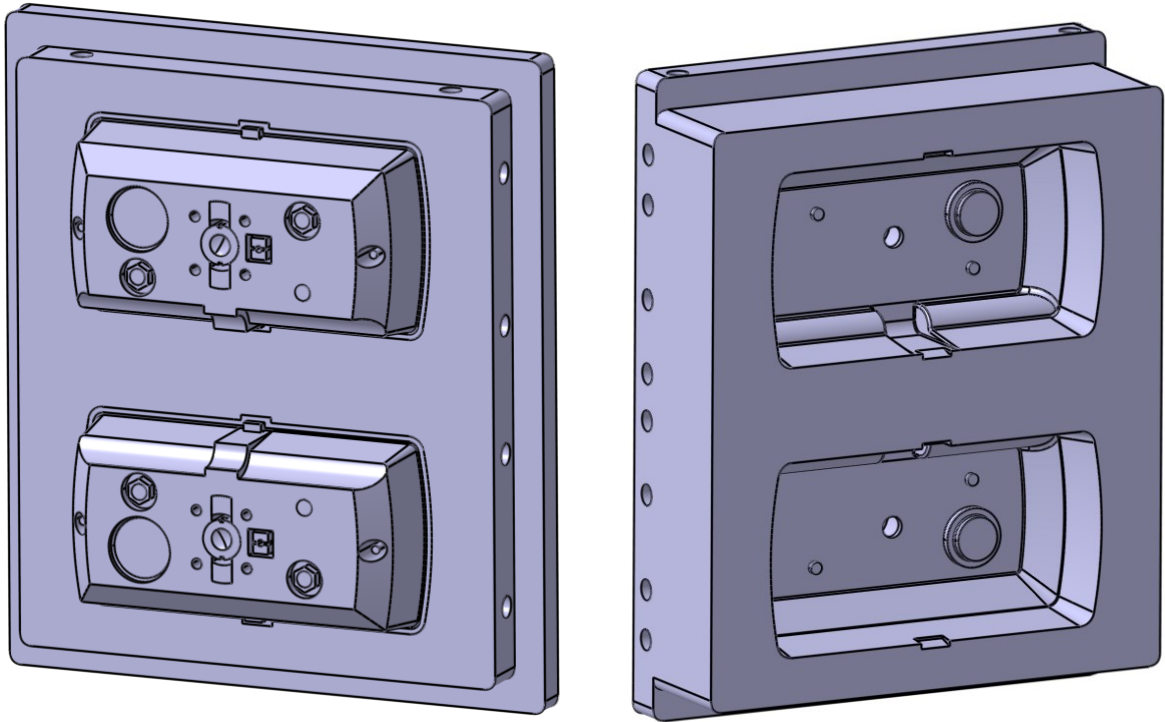


Obr. 45. Levá strana formy

8.3 Tvarové části

Tvarová dutina pro vstřikování požadovaného dílu je tvořena tvárnicí, tvárníkem a vyhazovači. Po sestavení jednotlivých částí vznikne tvarová dutina odpovídající tvaru výrobku zvětšenému o hodnotu smrštění zpracovávaného polymeru. Tvárnice je uložena v pravé části formy, tvárník v levé části. Pro odformování daného dílu postačuje jedna dělicí rovina paralelní s upínací deskou formy, je však nutno použití pružných vyhazovačů

pro odformování háčků. Tvarová dutina je dounásobná, což znamená že lze vyrobit dva výrobky během jednoho vstřikovacího cyklu.

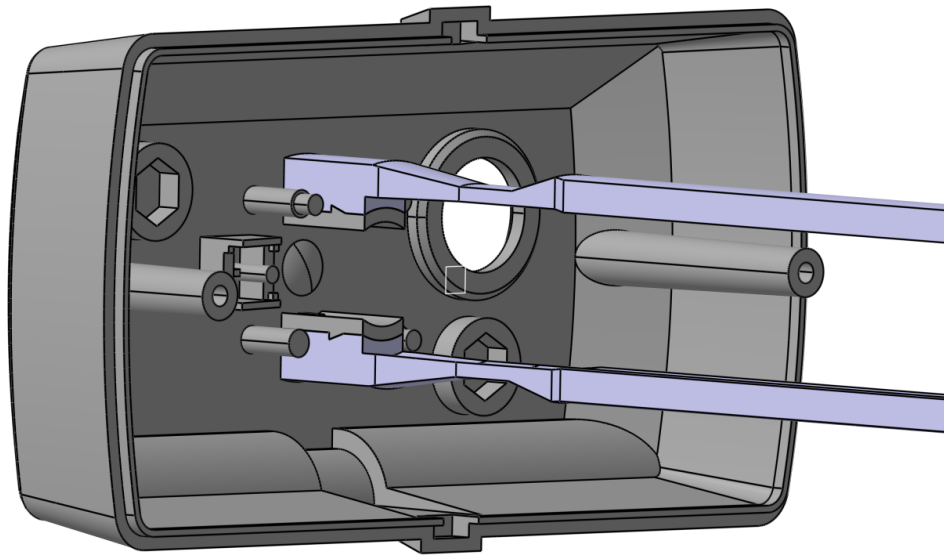


Obr. 46. Tvárník včetně vyhazovačů a tvárnice

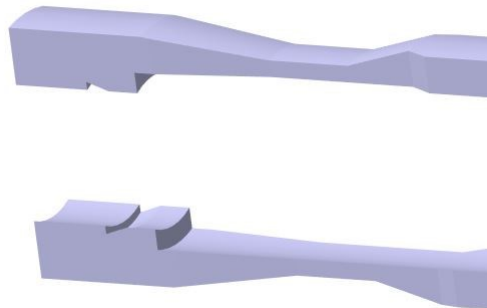
8.4 Pružné vyhazovače

Pružné vyhazovače tvoří součást vyhazovacího systému a při vstřikování plní dvě funkce. Pokud je forma uzavřená tak vyhazovač plní tvarovou funkci, kdy tvoří součást dutiny a slouží k zaformování dvou háčků umístěných ve středu výrobku.

Během otevírání formy přidržují výrobek u tvárníku, tedy na levé straně formy. Po otevření společně s ostatními vyhazovacími kolíky před sebou tlačí výrobek z tvárníku, dokud nedojde k jeho vyhození. Pružné vyhazovače jsou v napruženém stavu uloženy v dutině, pokud tuto dutinu opustí tak se vlivem napružení rozevrou a umožní odformování zmíněných háčků. Po uzavření formy se vrátí do původní polohy a opět tvoří tvarovou funkci.



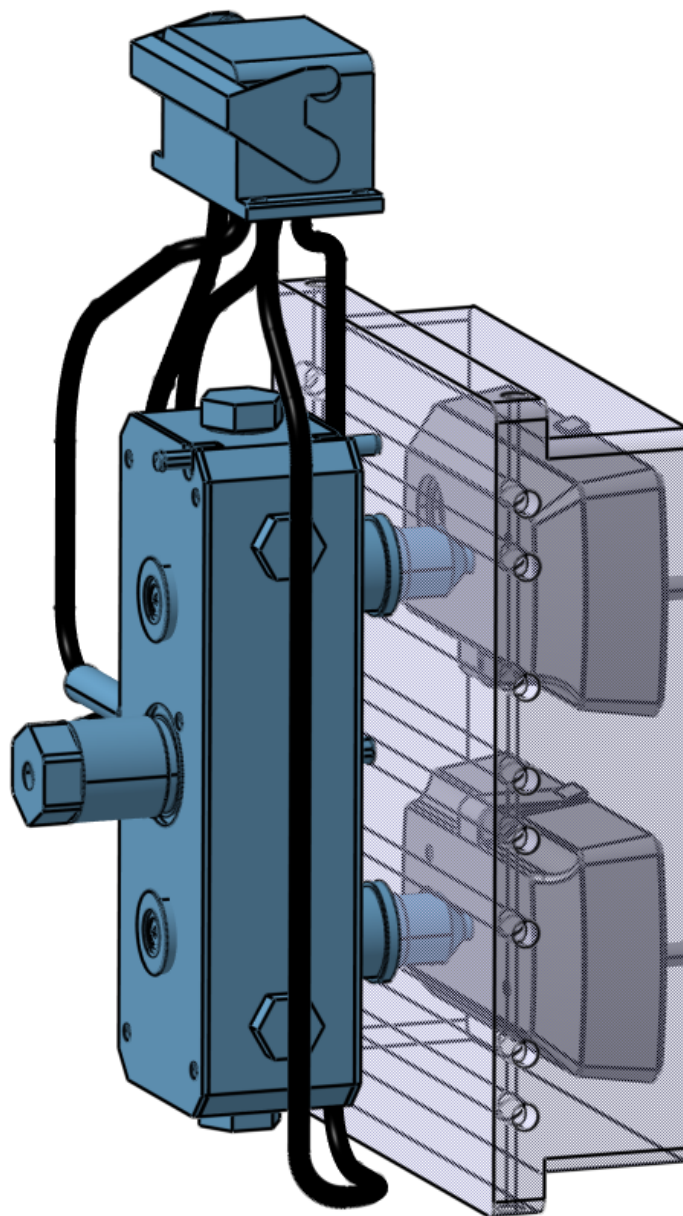
Obr. 47. Pozice pružných vyhazovačů



Obr. 48. Profil pružných vyhazovačů

8.5 Vtokový systém

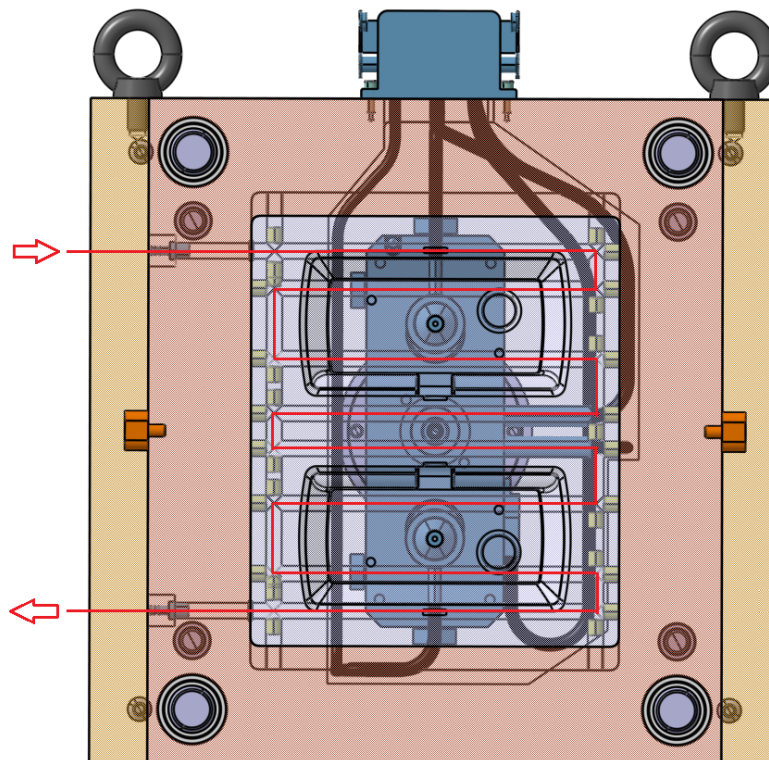
Úkolem vtokového systému je doprava polymerní taveniny ze vstřikovacího stroje do tvarové dutiny formy. Při návrhu vtokového systému je potřeba zajistit, aby tavenina zatekla do všech dutin současně, jinak by došlo k výrobě dílů o různých vlastnostech. U řešené vstřikovací formy byl navržen horký vtokový systém, který je tvořen horkým rozvodným blokem. Tento blok je opatřen centrální vtokovou vložkou, přes kterou tavenina proudí do trysek ústících ve tvarových dutinách. Použitím horkého bloku se udrží konstantní teplota taveniny a odpadne nutnost konstruování studených kanáleků, ve kterých by tavenina ztuhla, a došlo by k větší spotřebě materiálu. Na druhou stranu vzrostou pořizovací náklady.



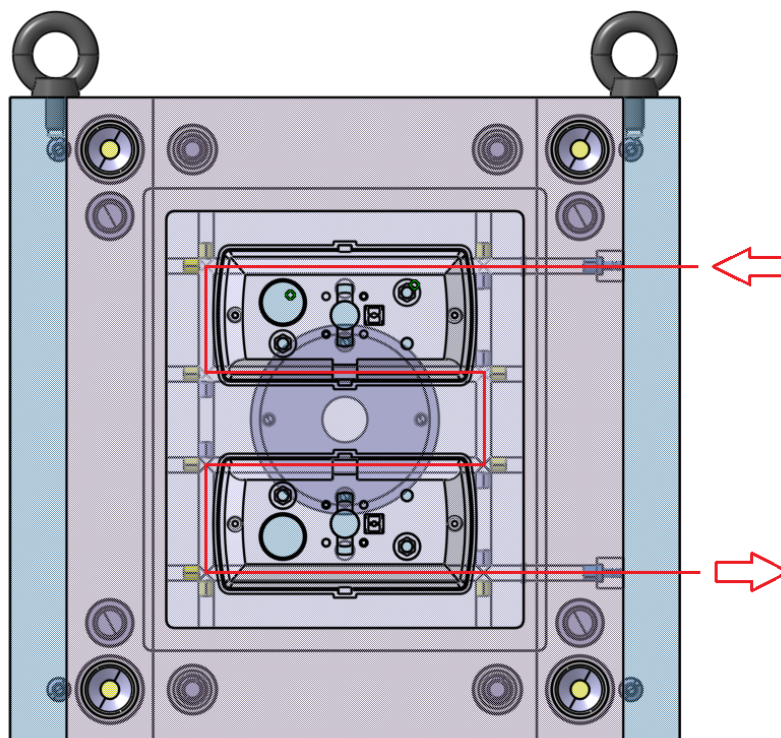
Obr. 49. Horký rozvodný blok včetně kabelů a zásuvky

8.6 Temperační systém

Tavenina po vstříknutí předává teplo deskám formy, toto teplo je třeba odvádět a zajistit tak co nejkratší dobu chlazení výrobku na vyhazovací teplotu. Z tohoto důvodu jsou tvarové desky opatřeny soustavou vrtaných temperačních kanálků. Dráha toku temperačního média v těchto kanálcích je řízena pomocí ucpávek. Přívod a odvod chladícího média je umožněn rychlospojkami, ke kterým se připojí hadičky vedoucí z temperační jednotky.



Obr. 50. Pravý temperační okruh

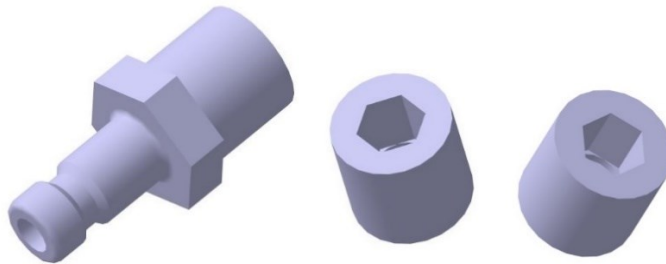


Obr. 51. Levý temperační okruh

8.6.1 Příslušenství k temperaci

Příslušenství k temperaci bylo použito od firmy HASCO.

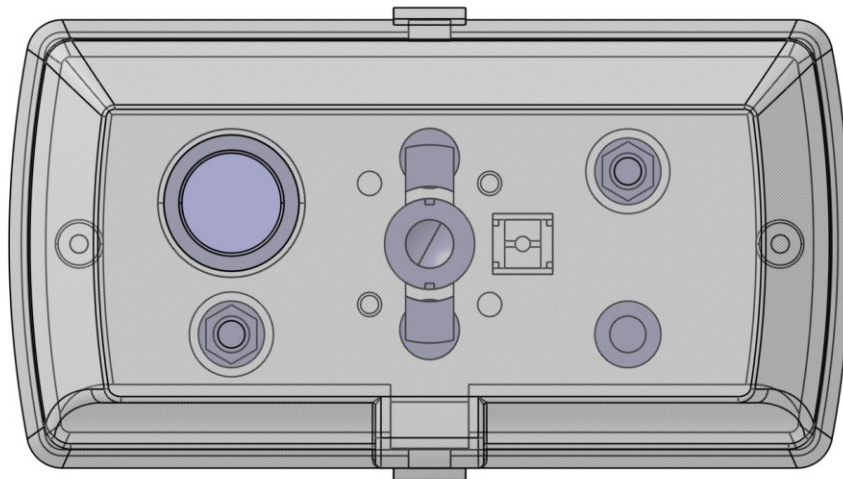
- vnitřní ucpávky, typ Z940
- rychlospojka, typ Z803



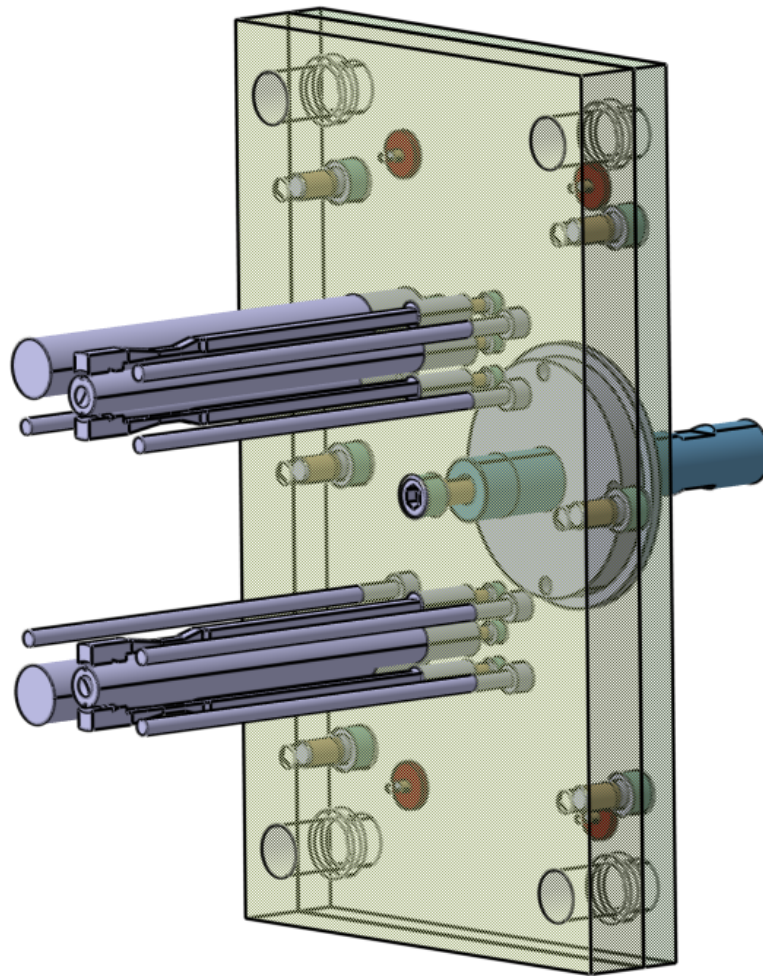
Obr. 52. Temperační komponenty

8.7 Vyhazovací systém

Úkolem vyhazovacího systému je po otevření dutiny formy vyhodit výrobek z tvárníku. Tato operace je realizována pomocí válcových vyhazovacích kolíků a pružných vyhazovačů ukotvených mezi vyhazovacími deskami. Tyto desky jsou ovládány táhlem vyhazovačů, které je k nim přišroubováno. Na jeden výrobek připadá 5 válcových vyhazovacích kolíků a dva pružné vyhazovače. Prostřední válcový vyhazovač plní také tvarovou funkci, kdy formuje drobné žebro háčků. Největší válcový vyhazovací kolík doléhá na vnitřní okolní obrubu otvoru.



Obr. 53. Rozmístění vyhazovačů na výrobku



Obr. 54. Vyhozovací systém

8.8 Odvzdušnění formy

Dutina formy před vstříkáním je vyplněná vzduchem. Odvzdušnění dutiny má za úkol bezproblémové odvedení vzduchu z dutiny formy, aby nedošlo ke stlačení vzduchu a tím k zvýšení teploty na úroveň, kdy může poškodit výsledný výstřik formou. Může dojít ke spálení, nebo nedotečení zpravidla periferních částí výstřiku.

V konstrukčním řešení se předpokládá s vůlí mezi vyhozovači, které jsou rovnoměrně rozmístěny, dále v dělicí rovině, pro bezproblémový odvod vzduchu z dutiny formy.

V případě nedostatečného odvzdušnění, je nutné vyrobení vhodných odvzdušňovacích náleků.

8.9 Transportní a bezpečnostní zařízení

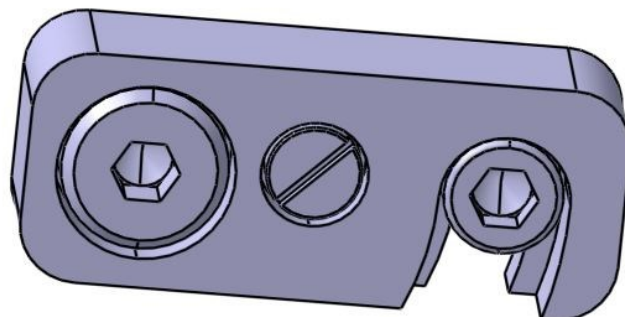
Vstřikovací forma je na horní straně opatřena závěsnými oky typu Z710, které slouží k jednoduché manipulaci formy pomocí zvedacího zařízení. Transportní oko je upevněno pomocí závitu.

Aby nedošlo při manipulaci k otevření formy v dělicí rovině, je forma zajištěná po stranách dvěma bezpečnostními zámky typu Z73/16x25x63

Komponenty jsou použity z modulu HASCO.



Obr. 55. Závěsné oko, typ Z710



Obr. 56. Bezpečnostní zámek, typ Z73

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byl návrh a konstrukce vstřikovací formy včetně výkresové dokumentace pro plastový díl. Vstřikovaným výrobkem byl plastový kryt, které v praxi funguje jako část zadního mlhového světlometu na přepravný vozík. Materiál výrobku je PP T40, který je plněný 40% talkem.

V teoretické části je popsáno základní rozdělení polymerů, jejich přísady a úprava před zpracováním. Dále teoretická část obsahuje popis samotného procesu vstřikování a ukázky různých konstrukčních řešení jednotlivých částí a systémů formy.

Praktická část bakalářské práce je zaměřena na vytvoření 3D modelu vstřikovaného dílu a vlastním návrhu a vytvoření konstrukce sestavy formy. Plastový díl je vymodelován podle předlohy a podle tohoto modelu je vytvořen tvárník a tvárnice.

Kompletní konstrukční návrh formy byl proveden v softwaru CATIA V5 R19, normalizované díly byly do návrhu formy importovány z programu HASCO DAKO 3D – modul normálí k usnadnění práce. Samotná konstrukce se odvíjela od násobnosti formy a velikosti výrobku, dvounásobná vstřikovací forma se skládá ze tří hlavních částí: pravá strana, levá strana a vyhazovací systém. Byl použit horký vtokový systém, tvořen horkým rozvodným blokem. Temperační systém formy tvoří 2 okruhy. Vyhazovací systém obsahuje celkem 10 válcových kolíků a 4 pružné vyhazovače, které zprostředkovávají bezproblémové odformování výrobku. Forma je vybavena transportním zařízením na horní části formy a po stranách dvěma zámky proti otevření formy v dělicí rovině při manipulaci. Odvzdušnění vstřikovací formy bylo řešeno únikem vzduchu v dělicí rovině a přes vůli uložení vyhazovačů.

Pomocí programu Catia byla také vytvořena výkresová dokumentace a potřebné řezy.

Vzhledem k rozměrům formy byl zvolen vstřikovací stroj ALLROUNDER 470 A od německého výrobce ARBURG.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů. 1. české vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2009. 248 s. ISBN 978-80-7300-250-3
- [2] BOBČÍK, Ladislav a kol. Formy pro zpracování plastů I. díl - Vstřikování termoplastů. 2. vyd. Brno: Uniplast Brno, 1999. 134 s.
- [3] BOBČÍK, Ladislav a kol. Formy pro zpracování plastů II. díl - Vstřikování termoplastů. 1. vyd. Brno: Uniplast Brno, 1999. 214 s.
- [4] STANĚK, M. přednášky T5KF
- [5] Ing. Štěpán Šanda, Ústav výrobního inženýrství FT UTB Zlín Presentace: Výrobky vyráběné vstřikováním - Technologie a konstrukce výrobku
- [6] MÉZL, Milan. Základy technológie vstrikovania plastov Mapro spol.s.r.o. , Olomouc: 2012. 301 s. ISBN 978-80-970749-7-5
- [7] Kratochvíl B., Švorčík V., Vojtěch D. Úvod do studia materiálů. 1. vydání. ISBN 80-7080-568-4. 2005.
- [8] Technická univerzita Liberec: Studijní materiál skripta Část II – Zpracování plastů: [online]. [cit. 2017-01-01]. Dostupný z WWW: < http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm>.
- [9] GUMEX [online]. [cit. 2015-01-10]. Dostupný z WWW: < <http://www.gumex.cz> >.
- [10] MILÍČKOVÁ, Romana. Nanoplňiva v PVC plastisolech pro automobilový průmysl (Diplomová práce), FT UTB ve Zlíně, 2007.
- [11] RTP Company Imagineering Plastics. Dostupný z WWW: < <http://web.rtpcompany.com/info/data/value/RTPPP40TALC.htm> >.
- [12] NAVRÁTILOVÁ, Jana. Příspěvy do plastů. UTB ve Zlíně. [přednášky]
- [13] Transfer inovácií 26/2013 Termická analýza polymérnych kompozitov Ing. Ľudmila Dulebová, PhD. Technická univerzita v Košiciach str. fakulta

- [14] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. Výrobní stroje a zařízení: Gumárenské a plsti-kářské stroje II. 1. vyd. Brno: VUT, 1990. 199s
- [15] LENFELD, Petr. Technologie II. - Vstřikování plastů [online]. Technická uni-verzita Liberec. [cit. 2013-12-28]. Dostupný z WWW:
<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/obsah.htm>.
- [16] ARBURG [online]. Dostupné z WWW: <<https://www.arburg.com>>.
- [17] SEDIL, M. Stroje pro zpracování polymerních materiálů. 1. vyd. Střední od-borné učiliště Svitavy, 2015, ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z WWW:
<<https://publi.cz/books/181/Cover.html>>.
- [18] Vstřikování plastů [online]. Dostupné z WWW:
<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm>.
- [19] ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE [online]. Dostupné z WWW:
<[http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni_soubory/htn__tvareci_nastroje_vs tri-kovaci_formy__zak.pd](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni_soubory/htn__tvareci_nastroje_vs_tri-kovaci_formy__zak.pd)>.
- [20] BEAUMONT, John P. Runner and gating design handbook: tools for success-ful injection molding. 1st ed. Munich: Hanser, c2004, xvi, 286 s. ISBN 1569903476.
- [21] HASCO [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.hasco.com/hasco/en>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2D	Dvojměrný		
3D	Trojměrný		
CAD	Computer aided design (počítačová podpora konstrukce)		
CAE	Computer aided engineering (počítačová podpora ve strojírenství)		
CAM	Computer aided manufacturing (počítačová podpora obrábění)		
PA	Polyamid		
PBT	Polybutyltereftalát		
PC	Polykarbonát		
PE	Polyethylen		
PET	Polyethyltereftalát		
PMMA	Polymethylmetakrylát		
POM	Polyoxymethylen		
PP	Polypropylen		
PS	Polystyren		
SAN	Styren-akrylonitril		
cm ³	Kubický centimetr		
mm	Milimetr		
g	Gram		
kg	Kilogram		
hod	Hodina		
min	Minuta		
s	Sekunda	°C	Stupeň celsia
MPa	Megapascal	T _g	Teplota zesklenění
kN	Kilonewton	T _m	Teplota bodu tání
°	Stupeň	%	Procento

SEZNAM OBRÁZU

<i>Obr. 1. Základní rozdělení polymerů.....</i>	11
<i>Obr. 2. Nadmolekulární struktura polymerů [8]</i>	13
<i>Obr. 3. Typy dispergace vrstveného silikátu v.....</i>	14
<i>Obr. 4. Polymerace polypropylenu.....</i>	16
<i>Obr. 5. Materiál PP s plnivem 40% skelným vláknem (GF) [13]</i>	18
<i>Obr. 6. Materiál PP s plnivem 40% talkem (T) [13]</i>	18
<i>Obr. 7. Materiál PP s plnivem 40% uhličitán vápenatý (K) [13]</i>	19
<i>Obr. 8. Vliv plniva na modul pružnosti v ohybu [13]</i>	19
<i>Obr. 9. Hmotnostní úbytky zkoušených materiálů [13]</i>	20
<i>Obr. 10. Teploty tání zkoušených materiálů [13]</i>	20
<i>Obr. 11. Schéma vstřikovacího stroje [15].....</i>	21
<i>Obr. 12. Graf vstřikovacího procesu</i>	22
<i>Obr. 13. Vstřikovací jednotka [17]</i>	23
<i>Obr. 14. Vstřikovací jednotka [17]</i>	24
<i>Obr. 15. Uzavírací jednotka [16]</i>	25
<i>Obr. 16. Vstřikovací cyklus [17].....</i>	26
<i>Obr. 17. Časový sled fází cyklů [17]</i>	26
<i>Obr. 18. Řez vstřikovací formou [4]</i>	27
<i>Obr. 19. Průběh smrštění [19].....</i>	29
<i>Obr. 20. Příklad studeného vtoku [4]</i>	30
<i>Obr. 21. Uspořádání vtokových kanálků [4]</i>	31
<i>Obr. 22. Studená vtoková soustava [2].....</i>	31
<i>Obr. 23. Průřezy vtokových kanálů [2]</i>	32
<i>Obr. 24. Základní typy vtokových ústí. [8]</i>	32
<i>Obr. 25. Plný kuželový vtok [20]</i>	33
<i>Obr. 26. Bodový vtok [20]</i>	34
<i>Obr. 27. Tunelový vtok [20].....</i>	34
<i>Obr. 28. Srpkovitý vtok [20]</i>	35
<i>Obr. 29. Boční obdélníkový vtok [20].....</i>	35
<i>Obr. 30. Filmový vtok [20]</i>	36
<i>Obr. 31. Plnění více vtoky [20].....</i>	36
<i>Obr. 32. Tryska s vnějším a vnitřním topením [21].....</i>	38

<i>Obr. 33. Vytápěný rozvodný blok [21]</i>	39
<i>Obr. 34. Vytápěné rozvodní bloky tvaru X, I [21]</i>	39
<i>Obr. 35. Válcový vyhazovací kolík [21]</i>	41
<i>Obr. 36. Trubkový vyhazovací kolík [21]</i>	41
<i>Obr. 37. Úvodní okno HASCO DAKO modulu [21]</i>	49
<i>Obr. 38. Fotografie dílu</i>	50
<i>Obr. 39. 3D model dílu</i>	50
<i>Obr. 40. Polotovar granulát PP T40</i>	51
<i>Obr. 41. Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 A [16]</i>	53
<i>Obr. 42. Sestava vstřikovací formy</i>	54
<i>Obr. 43. Hlavní dělicí rovina</i>	55
<i>Obr. 44. Pravá strana formy</i>	56
<i>Obr. 45. Levá strana formy</i>	57
<i>Obr. 46. Tvárník včetně vyhazovačů a tvárnice</i>	58
<i>Obr. 47. Pozice pružných vyhazovačů</i>	59
<i>Obr. 48. Profil pružných vyhazovačů</i>	59
<i>Obr. 49. Horký rozvodný blok včetně kabelů a zásuvky</i>	60
<i>Obr. 50. Pravý temperační okruh</i>	61
<i>Obr. 51. Levý temperační okruh</i>	61
<i>Obr. 52. Temperační komponenty</i>	62
<i>Obr. 53. Rozmístění vyhazovačů na výrobku</i>	62
<i>Obr. 54. Vyhazovací systém</i>	63
<i>Obr. 55. Závěsné oko, typ Z710</i>	64
<i>Obr. 56. Bezpečnostní zámek, typ Z73</i>	64

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Mechanické vlastnosti PP T40 [11]</i>	<i>53</i>
<i>Tab. 2. Vybrané parametry vstřikovacího stroje [16]</i>	<i>54</i>

SEZNAM PŘÍLOH

PI CD-ROM, který obsahuje:

- textový soubor s bakalářskou prací
- model výrobku
- model vstřikovací formy
- výkresy sestavy vstřikovací formy včetně kusovníku

PII Výkres sestavy

PIII Výkres řezu pravé strany formy

PIV Výkres řezu levé strany formy

PV Výkres výrobku

PVI Kusovník