

Konstrukce plastového dílu části automobilu a návrh nástroje pro jeho výrobu

Jiří Juračka

Bakalářská práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Jiří Juračka
Osobní číslo:	T19200
Studijní program:	B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Technologická zařízení
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Konstrukce plastového dílu části automobilu a návrh nástroje pro jeho výrobu.

Zásady pro vypracování

1. Vypracovat literární studii pro dané téma.
2. Provést 3D konstrukci modelu vstřikované součásti.
3. Navrhnout 3D konstrukci vstřikovací formy pro zadaný díl.
4. Nakreslit 2D řez vstřikovací formou spolu s výkresy a kusovníkem.

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

Seznam doporučené literatury:

1. ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů: teorie a praxe. Praha: Grada Publishing, 2018, 455 s. ISBN 978-80-271-0614-1
2. OSSWALD, Tim A., Lih-Sheng TURNG a Paul J. GRAMANN. Injection molding handbook. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s. ISBN 978-1-56990-420-6
3. REES, Herbert. Mold engineering. 2nd ed. Cincinnati: Hanser Gardner Publications, c2002. ISBN 3-446-21659-6.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Ovsík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **3. ledna 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 22. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému : dostupná k nahlédnutí;
- na moji 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – 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 jejího skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem 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.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne: 20.5.2022

Jméno a příjmení studenta: Jiří Juračka

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí plastového dílce, kterým jsou rámečky zpětných zrcátek automobilu a návrhem vstřikovací formy sloužící k výrobě těchto dílců. V teoretické části práce se nachází souhrn informací o problematice polymerů, vstřikování, konstrukci vstřikovaných výrobků a vstřikovacích forem. Praktická část práce pojednává o samotné konstrukci dílců a vstřikovací formy. Návrh konstrukce dílců i formy je proveden pomocí softwaru CATIA V5R19. Při konstrukci formy jsou hojně využívány normy společnosti Hasco a Meusburger. K návrhu konstrukce formy je připojena její výkresová dokumentace společně s kusovníkem.

Klíčová slova: polymerní materiál, vstřikování, vstřikovací forma, konstruování

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the construction of a plastic part, which are the frames of the rear-view mirrors of a car and the design of an injection mold used for the production of these parts. The theoretical part of thesis contains of a polymer problematics information, injection molding, construction of injection molded products and injection molds. The practical part of work deals with the construction of parts and injection molds. Design of parts and molds is performed by using CATIA V5R19 software. In mold design there are widely used standards set by companies Hasco and Meusburger. The drawing documentation is attached to the mold design together with a parts list.

Keywords: polymer materials, injection molding, injection mold, engineering design

Rád bych poděkoval vše těm, kteří mne po dobu studia podporovali. Zvláště bych chtěl poděkovat Ing. Martinu Ovsíkovi, Ph.D., vedoucímu mé bakalářské práce, za cenné rady, připomínky a čas strávený při jejím vedení. Poděkování patří též Ing. Petru Fluxovi za ochotnou pomoc a poskytnutí cenných informací.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 POLYMERY	11
1.1 ČLENĚNÍ POLYMERŮ.....	11
1.2 VLASTNOSTI POLYMERNÍCH LÁTEK.....	14
1.2.1 Chemická struktura	14
1.2.2 Homopolymer a kopolymer	14
1.2.3 Velikost makromolekul.....	15
1.2.4 Uspořádání makromolekul.....	16
1.3 TERMOPLASTY PRO VSTŘIKOVÁNÍ.....	17
1.4 SUŠENÍ POLYMERNÍCH MATERIÁLŮ	18
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	19
2.1 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	19
2.1.1 Uzavírací jednotka	20
2.1.2 Vstřikovací jednotka	20
2.1.3 Pomocná zařízení	21
2.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	21
2.3 VADY VÝSTŘIKŮ Z TERMOPLASTŮ A JEJICH ODSTRANĚNÍ.....	22
2.3.1 Neúplný výstřik.....	23
2.3.2 Přetoky	23
2.3.3 Propadliny a staženiny	24
2.3.4 Bublíny, Lunkry	24
2.3.5 Studené spoje	25
2.3.6 Spálené místo (diesel efekt).....	26
2.4 PLNĚNÍ TVAROVÉ DUTINY FORMY POLYMERNÍ TAVENINOU.....	26
2.5 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	27
3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÉHO DÍLCE	28
3.1 ZÁSADY KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÉHO DÍLCE	28
3.1.1 Tloušťka stěn.....	28
3.1.2 Zaoblení hran a rohů	28
3.1.3 Úkosy	29
3.1.4 Návrh žebrování	29
3.1.5 Nálitky.....	30
3.1.6 Záskočkové spoje	30
4 VSTŘIKOVACÍ FORMA A JEJÍ KONSTRUKCE	32
4.1 POSTUP PŘI KONSTRUKCI VSTŘIKOVACÍ FORMY	33
4.1.1 Způsob výroby vstřikovacích forem	34
4.2 TEMPERACE VSTŘIKOVACÍ FORMY	34

4.2.1	Temperační prostředky.....	35
4.2.2	Zásady konstrukce temperančních okruhů.....	36
4.3	VTOKOVÉ SYSTÉMY FOREM.....	36
4.3.1	Studené vtokové systémy (SVS).....	37
4.3.2	Vyhřívané (horké) vtokové systémy (VVS)	40
4.4	VYHAZOVÁNÍ DÍLCŮ Z FORMY.....	41
4.4.1	Vyhazovací síla	41
4.4.2	Mechanické systémy	42
4.4.3	Pneumatické a hydraulické systémy	43
4.5	ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	43
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	45
5	CÍLE PRÁCE	46
6	VSTŘIKOVANÝ DÍL.....	47
6.1	KONSTRUKCE DÍLCE.....	49
6.2	MATERIÁL DÍLCE.....	50
7	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	52
7.1	ZVOLENÍ NÁSOBNOSTI VSTŘIKOVACÍ FORMY	52
7.2	URČENÍ DĚLÍCÍCH ROVIN	53
7.3	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY	53
7.3.1	Tvárník a tvárnice	54
7.3.2	Tvarové čelisti	55
7.4	POSUVNÉ BOČNÍ ODFORMOVÁNÍ.....	56
7.5	VTOKOVÝ SYSTÉM	57
7.5.1	Horký vtokový systém	57
7.5.2	Studený vtokový systém	58
7.6	TEMPERAČNÍ SYSTÉM VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	59
7.7	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	62
7.8	ODVZDUŠNĚNÍ VSTŘIKOVACÍ FORMY	63
7.9	NOSNÝ RÁM VSTŘIKOVACÍ FORMY	63
7.10	TRANSPORT VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	67
8	VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	68
	ZÁVĚR.....	69
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	70
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	73
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	76
	SEZNAM TABULEK.....	78
	SEZNAM PŘÍLOH.....	79

ÚVOD

Plastové výrobky obklopují lidstvo prakticky na každém kroku. Plasty jsou jedním z druhů polymerních materiálů, se kterými se přichází do styku den, co den. Využívají se tak hojně především díky své široké škále vlastností a možnosti použití „prakticky kdekoliv“. Důležitým faktorem je také cena polymerních materiálů, která je mnohdy rozhodující. Polymerní materiály vytlačují klasické materiály jako je sklo, dřevo aj. Počet polymerních druhů, které lze rozeznat sahá až do řádů tisíců. V současné době se hlavně řeší jejich redukce a recyklace. I přesto se polymerů vyrábí čím dál tím více, a to i přes útlum kvůli pandemii Covid-19. Jedním z průmyslů, který využívá polymery ve velké míře je průmysl automobilový, převážně kvůli úspoře hmotnosti, mechanickým vlastnostem a ceně.

Polymerní materiály se zpracovávají celou řadou výrobních technologií. Volba technologie zpracování záleží hlavně na druhu polymerního materiálu, případně hromadnosti výroby a složitosti vyráběného předmětu. Polymery se mohou odlévat, lisovat, obrábět, vytlačovat, válcovat atd. Jedním z nejčastějších způsobů je však vstřikování polymerů, a to zejména plastů. Co se týče zpracovávaného objemu, jedná se o druhou nejpoužívanější technologii hned po vytlačování.

Ruku v ruce se vstřikováním jde i konstrukce vstřikovaného dílce, která mu předchází. Při konstrukci je zapotřebí dodržovat určité zásady a pravidla pro co nejpřesnější a bezproblémovou výrobu.

Bez vstřikovacích forem by se o žádném vstřikování v podstatě nemohlo mluvit. Vstřikovací formy jsou nástrojem procesu vstřikování. Jsou to velmi složité strojní celky, jejichž pořizovací cena bývá velmi vysoká. Při výrobě a konstrukci vstřikovacích forem se mohou využívat nejrůznější stavebnicové prvky, tzv. normálie, pomocí kterých se snižuje výsledná cena formy. Při konstrukci vstřikovacích forem se povětšinou využívá konstrukčních počítačových softwarů CAD. Mezi ně patří CATIA, Siemens NX, SolidWorks a mnoho jiných. Pro optimalizování a zlepšení kvality vstřikovaných výrobků se používají počítačové simulační analýzy, nejčastěji Moldflow a Cadmould. Návrhem a konstrukcí vstřikovacích forem a dílců pro vstřikování se věnuje i Ústav výrobního inženýrství Fakulty technologické.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY

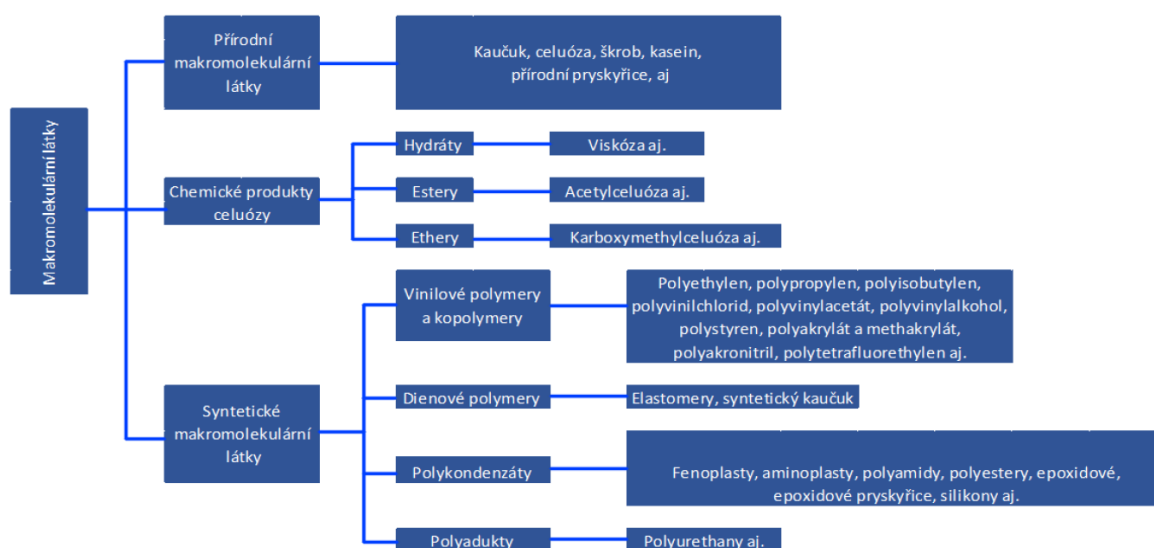
Polymer, též makromolekulární látka, jehož struktura je tvořena z velkého počtu jednoho nebo více druhů atomů či skupin atomů. Jedná se především o atomy H, O, N, Cl, F a Si. Jako makromolekulární látky se polymery označují proto, že se jedná v podstatě o látky s velkou molekulovou hmotností, tedy o látky s velkými molekulami, tzv. makromolekulami.

Polymery se od běžných nízkomolekulárních látek odlišují právě velkou molekulovou hmotností, která bývá až o několik řádů vyšší. Jako makromolekulární látky, mohou být označovány látky, jejichž relativní molekulová hmotnost je vyšší než 10^3 g/mol. [1] [2] [3]

1.1 Členění polymerů

Jak ostatní materiály, tak i polymery se mohou rozdělovat do skupin, podle určitých hledisek:

Jako první lze polymery rozdělit podle původu a chemického složení:



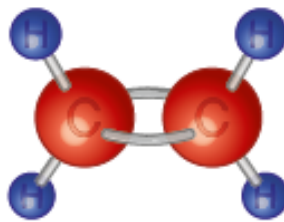
Obrázek 1 Rozdělení polymerů dle původu a chemického složení [1]

Z obrázku 1 je patrné, že polymery lze dělit na dvě základní skupiny:

Přírodní polymery jsou makromolekulární látky, které vznikají složitými procesy v rostlinách (latex) nebo v metabolismech živočichů (chitin, kasein). Do skupiny přírodních polymerů spadají proteiny, celulóza, polysacharidy a bílkoviny. [1]

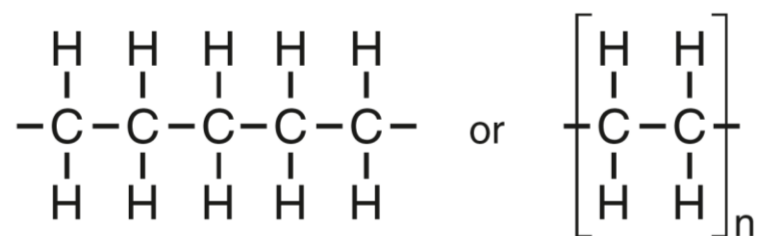
Přírodní kaučuk je největším zástupcem biopolymerů, bývá zpravidla přítomen v některých druzích rostlin v podobě latexu. Nejvíce latexu se získává ze stromů *Hevea brasiliensis*, který je pěstován na plantážích, nejčastěji ve středovýchodní Asii (Malajsie). Latex se odebírá čepováním z kaučuku, buď se zpracovává samotný latex (máčení), nebo se z latexu vysráží a dále upravují jednotlivé druhy přírodního kaučuku (uzený kaučuk, světlá krepa). [2] [1]

Syntetické makromolekulární látky jsou tvořeny z nízkomolekulárních látek, tzv. monomerů. Například u polyethylenu se jedná o monomer ethen (obrázek 2). Suroviny, ze kterých se získávají monomery, jsou ropa, zemní plyn, kamenná sůl atd. Chemická reakce, kterou se provádí spojování jednotlivých monomerů v polymer, se nazývá polyreakce. Rozlišujeme tři základní druhy polyreakce, a to jsou polymerace, polykondenzace a polyadice. [4] [3]



Obrázek 2 Monomer ethen [6]

Mer je základní stavební jednotka polymeru, která se opakuje jako článek v makromolekulárním řetězci. Mer je v podstatě molekula monomeru připojena k makromolekulárnímu řetězci, jednotlivé mery bývají pospojovány silnými primárními vazbami (kovalentní vazby). [2] [4] [5]

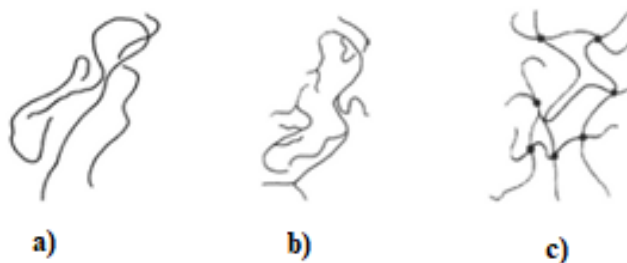


Obrázek 3 Makromolekula polyethylenu [6]

Na obrázku 3 lze vidět makromolekulu polyethylenu (PE), která vzniká polymerací monomeru ethenu (obrázek 2), a to tak, že se u nízkomolekulární látky otevře dvojná uhlíková vazba a monomery se pospojují v dlouhý makromolekulární řetězec. Počet základních stavebních jednotek je vyjadřován pomocí polymeračního stupně n . [1] [6]

Další možností, jak polymery rozdělit, je podle tvaru makromolekul. V makromolekulárních látkách se mohou vyskytovat tři případy řetězců:

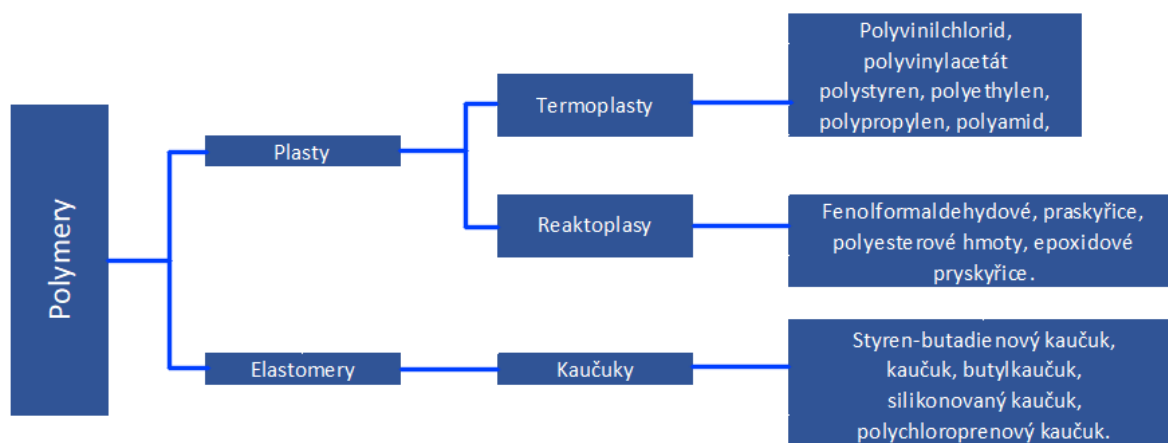
- Lineární řetězec vzniká spojováním monomerů vedle sebe, takže každý monomer sousedí pouze se dvěma dalšími monomery.
- Rozvětvený řetězec má k základní větvi připojené boční řetězce.
- Sesíťovaný řetězec vzniká u lineárních makromolekul, kdy dojde na určitých místech ke vzniku příčné chemické vazby, která vytvoří prostorovou síť. Polymery, které mají zesíťovanou strukturu, jsou netavitelné a nerozpustné (reaktoplasty, elastomery). [1] [3]



Obrázek 4 Typy makromolekulárních řetězců [2]

a) lineární; b) rozvětvený; c) Sesíťovaný

Dalším způsobem rozdělení polymerů je podle chování při zvýšené teplotě:



Obrázek 5 Rozdělení polymerů [1]

Elastomery jsou vysoce elastické polymery, které se mohou za běžných podmínek malou silou značně deformovat, a to bez porušení, přičemž tyto deformace jsou převážně vratné. Největší podskupinou elastomerů jsou kaučuky (které mohou být syntetické nebo přírodní), z nichž se vulkanizací získává pryž. [1]

Plasty jsou polymery, které jsou za běžných podmínek tvrdé a křehké, když jsou vystaveny zvýšené teplotě stávají se plastickými a tvarovatelnými. Plasty se dále dělí dle způsobu přeměny z plastického do tuhého stavu na:

- Reaktoplasty (termosety) do doby než se vytvrdí jsou tvarovatelné a plastické. Jedná se o plasty, u kterých po zahřátí na zvýšenou teplotu dojde k chemické reakci (vytvrzování). Reaktoplasty mají hustě zesíťovanou strukturu, kterou nelze rozpustit ve většině rozpouštědlech.
- Termoplasty jsou polymery, které lze opakovaně uvádět do plastického stavu. Po změknutí se mohou znovu tvarovat a po ochlazení se dostanou opět do tuhého stavu. Skupiny termoplastů budou uvedeny v kapitole 1.3. [1] [2]

1.2 Vlastnosti polymerních látek

Lze konstatovat, že vlastnosti polymerních materiálů převážně závisí na třech faktorech, a to na chemické a molekulové struktuře (velikosti a tvaru makromolekuly) a na usprádaní makromolekul (nadmolekulární struktura). [1] [3]

1.2.1 Chemická struktura

Všechny základní mechanické a fyzikální vlastnosti určuje chemická struktura (monomer), dále určuje i vlastnosti chemické (konstituce, konformace, konfigurace). Konformace popisuje prostorové uspořádání atomů nebo skupin atomů, mění se díky rotaci kolem jednoduchých vazeb. Konfigurace řeší prostorové uspořádání atomů v molekule a konstituce se zabývá uspořádáním strukturálních jednotek v makromolekulárním řetězci. [1] [3] [7]

1.2.2 Homopolymer a kopolymer

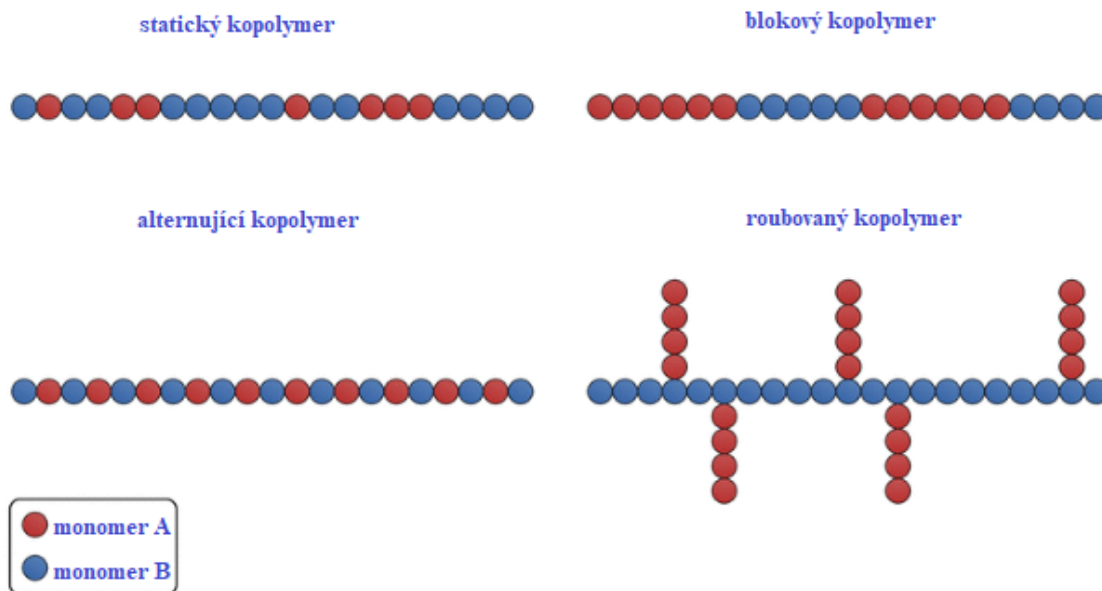
Jestliže se makromolekulární řetězec skládá jen z jednoho druhu monomeru, jedná se o tzv. homopolymer. Struktura homopolymeru je zřejmá, monomery se pouze seřadí vedle sebe, jak lze vidět na obrázku 6. [1] [4]



Obrázek 6 Struktura homopolymeru [4]

Když je ale makromolekulární řetězec spojen ze dvou a více monomeru, tak se jedná o tzv. kopolymer, který vzniká kopolymerací. Kopolymerní struktura vzniká podle toho, jak

se dané monomery, z nichž jsou kopolymery složeny seřadí. Podle toho se rozlišují jejich základní druhy, jak lze vidět na obrázku 7. [4] [5]

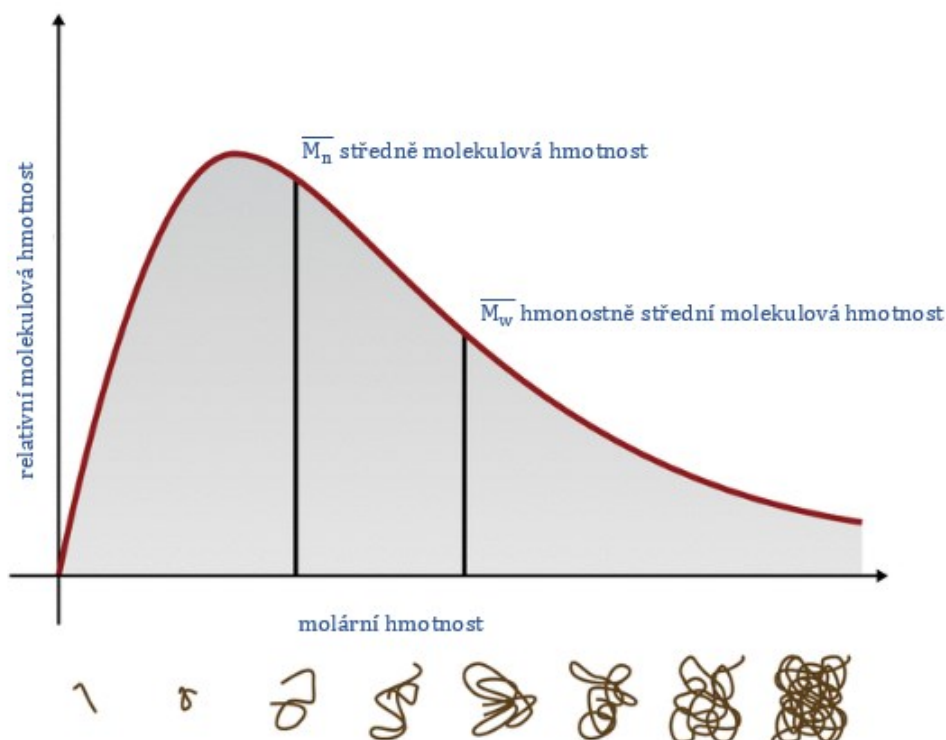


Obrázek 7 Struktura různých druhů kopolymerů [4]

1.2.3 Velikost makromolekul

Velikost makromolekul se může vyjádřit pomocí molekulové hmotnosti nebo polymeračním stupněm n . Velikost makromolekul je jednou z významných veličin, které určují vlastnosti polymerů. Vezme-li se polymerní materiál, např. polystyren (PS), který má stupeň polymerace $n = 1000$, je při pokojové teplotě tuhý a křehký, oproti tomu polystyren s polymeračním stupněm pouze $n = 10$ je měkký a lepkavý. Lze tedy konstatovat, že s rostoucí délkou makromolekuly roste i viskozita. Proto je třeba volit molekulovou hmotnost polymeru tak, aby měl dobré mechanické vlastnosti při zachování jeho dobré tekutosti. [2] [7]

Distribuce molekulových hmotností poskytuje informaci o počtu molů nebo hmotnosti molekul stejné délky v souboru molekul. Určuje se statisticky a je možné ji znázornit pomocí distribuční křivky (obrázek 8). [2] [4]



Obrázek 8 Distribuční křivka [4]

1.2.4 Uspořádání makromolekul

Jak již bylo uvedeno, uspořádání makromolekul ve struktuře má velký vliv na konečné vlastnosti polymerů. U polymerů se rozlišují pouze dvě skupenství, tuhé a kapalné (tavenina). Když se zahřátím přivede polymer do stavu taveniny, makromolekulární struktura má pouze nahodilé uspořádání, tzv. amorfní stav či amorfní uspořádání. [1] [3]

V tuhém stavu se rozeznávají dva druhy uspořádání makromolekul:

- Amorfní uspořádání makromolekul je zcela nahodilé, připomíná misku se špagetami nebo klubičko vlny. Amorfní polymery jsou většinou průhledné, pokud není přidáno nějakých bavených přísad. Pro amorfní polymery je charakteristická teplota skelného přechodu T_g . Tato teplota rozděluje dva stavy u amorfních polymerů, a to na sklovitý a kaučkovitý. Za příklad lze uvést termoplastický polystyren (PS), mající $T_g = 110 \text{ }^\circ\text{C}$, za normální pokojové teploty je PS tuhý a křehký a nachází se ve sklovitém stavu. Při zahřátí nad teplotu T_g se stává poddajným a houževnatým, pro stav taveniny je třeba polystyren zahřát nad teplotu tečení T_f . Amorfní struktura je převážně u elastomerů a reaktoplastů, objevuje se i u některých termoplastů. [6]

- U krystalické struktury jsou makromolekulární řetězce zcela uspořádány a skládají se do smyček, lamel, sférolitů a jiných krystalických útvarů. Pro krystalický polymer je charakteristická teplota tání T_m . Jelikož není možné docílit úplné krystalické struktury, zavádí se pojem semikrystalická struktura. To je struktura, která má amorfni i krystalickou oblast, a tudíž i dvě charakteristické teploty (T_g , T_m). Procesu, kdy se v polymerech vytváří krystalická struktura, se říká krystalizace a dochází k ní při jejich tuhnutí. [3] [4]

1.3 Termoplasty pro vstřikování

Termoplasty jsou stále nejpoužívanějšími polymerními materiály pro technologii vstřikování, základně se dělí do následujících skupin:

- Polyolefiny.
- Fluoroplasty.
- Vinylové polymery.
- Styrenové polymery.
- Akrylátové polymery.
- Polyestery.

Styrenové polymery mají většinou amorfni strukturu, řadí se mezi jedny z nejpoužívanějších termoplastů. Do skupiny styrenových plastů patří homopolymer polystyren (PS), který má amorfni strukturu, proto má velmi dobrou průhlednost. Je možné připravit i polystyren izotaktický za použití Nattových katalyzátorů se semikrystalickou strukturou. U kterého se teplota tání T_m pohybuje kolem 220 °C. Klasický amorfni polystyren je tvrdý, ale výrazně křehký, dále na povětrnosti žloutne a má dobré izolační vlastnosti. Používá se především na výrobu jednorázového nádobí a při výrobě hraček. [1] [3] [7]

Jak již bylo uvedeno polystyren má vysokou křehkost, proto vznikla celá řada kopolymerů styrenu, které vylepšují určité vlastnosti polystyrenu. Mezi hlavní představitele patří:

- Houževnatý polystyren (hPS), vzniká kopolymerací styrenu a butadienu (syntetický kaučuk), modifikuje se především kvůli zlepšení mechanických vlastností. Díky přítomnosti kaučuku je netransparentní a více náchylný na stárnutí. [1] [8]

- SAN je kopolymer styrenu s akrylonitrilem, zlepšuje především chemickou odolnost vůči olejům a chemikáliím. Oproti klasickému polystyrenu má také zlepšenou odolnost vůči povětrnosti.
- ABS je amorfní kopolymer akrylonitrilu, butadienu a styrenu. Vyznačuje se výbornými mechanickými vlastnostmi, s dokonalým leskem povrchu a je dobře barvitelný. ABS se převážně používá při teplotách do 85 °C, není vhodný pro venkovní použití. Uplatňuje se hlavně při výrobě dílu do počítačů a výrobě hraček. ABS je možné připravit i jako směs s jinými termoplasty, např. PC/ABS nebo ABS/PA, tím se výrazně zvýší rázová a vrubová houževnatost. [3] [8]
- ASA vzniká kopolymerací akrylonitrilu a styrenu s akrylátem, vlastnostmi se příliš neliší od předchozího kopolymeru ABS. Hlavní rozdíl je v tom, že akrylát není tak citlivý na UV záření a kyslík jako butadien. Proto lze kopolymer ASA použít pro venkovní aplikace, např. kryty sekaček nebo díly v automobilovém průmyslu. Stejně jako u ABS ho lze použít jako směs s jinými termoplasty, např. s polykarbonátem ASA/PC. [8]

1.4 Sušení polymerních materiálů

Sušení polymerních materiálů před vstřikováním se provádí proto, že se voda ve vstřikovací jednotce mění na vodní páru a způsobuje mechanické vady, zejména povrchové vady vstřikovaných výrobků, např. stříbření či nerovnoměrný lesk. U tlustostěnných výrobků se při vstřikování vlhkého materiálu mohou tvořit bubliny. Polymery mohou přijímat vlhkost z okolního prostředí. Jeli přijímaná z plynné fáze, jedná se o tzv. navlhavost, v případě přijímání vlhkosti z kapalného prostředí (vody) se jedná o tzv. nasákavost. [9]

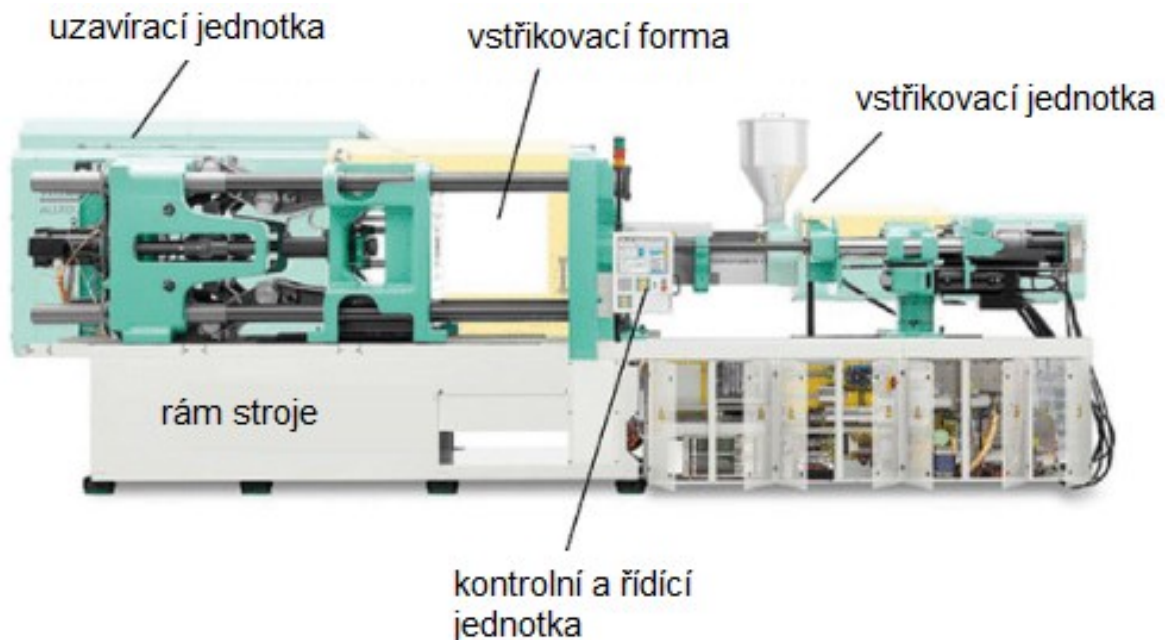
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Technologie vstřikování je jednou z nejpoužívanějších technologií pro výrobu plastových, nejčastěji termoplastických výrobků. Proces vstřikování je vhodný pro hromadnou výrobu tvarově složitých výrobků, vyžadující vysokou přesnost. Vstřikování je v průmyslu oblíbené a hojně využívané zejména pro své vysoké výrobní rychlosti a ekonomickou výhodnost. [10]

2.1 Vstřikovací stroj

Technologie vstřikování se provádí na vstřikovacích strojích, jejichž konstrukcí a výrobou se zabývá spousta firem. Mezi výrobce vstřikovacích strojů patří Arburg, Engel, Wittmann Battenfeld a mnoho dalších. Vstřikovací stroje lze rozdělovat dle pohonu na hydraulické, elektrické a hybridní. Nejvyužívanější jsou stále hydraulické vstřikovací stroje. Dále se mohou vstřikovací stroje rozdělovat dle polohy vstřikovací jednotky na horizontální a vertikální, nebo dle druhu pracovního členu v tavicí komoře na pístové a šnekové vstřikovací stroje. [11]

Vstřikovací stroj, se zpravidla dělí na dvě části, a to na vstřikovací jednotku a uzavírací jednotku. Vstřikovací stroj je zobrazen na obrázku 8. Má horizontální polohu vstřikovací jednotky a hydraulický pohonný systém.



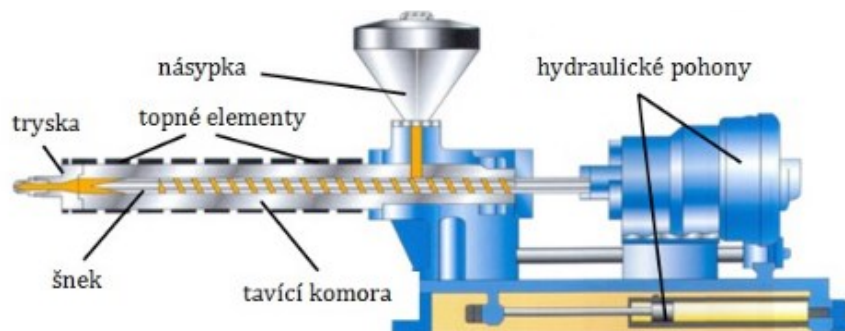
Obrázek 9 Vstřikovací stroj [4]

2.1.1 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka slouží k otevírání a uzavírání formy. Uzavírací jednotky mohou mít elektrický (elektrický motor) nebo hydraulický (píst) pohonný systém. Uzavírací jednotka vyvozuje tzv. uzavírací sílu. Uzavírací síla musí zabránit případnému otevření vstřikovací formy vstřikovacím tlakem, který vzniká při plnění dutiny formy. Uzavírací síla může být vyvozována hydraulickým systémem nebo přes mechanický člen (např. kloub), případně kombinací obou. Poté lze uzavírací jednotky rozdělit na hydraulické, hydraulicko-mechanické a elektro-mechanické. [11] [12]

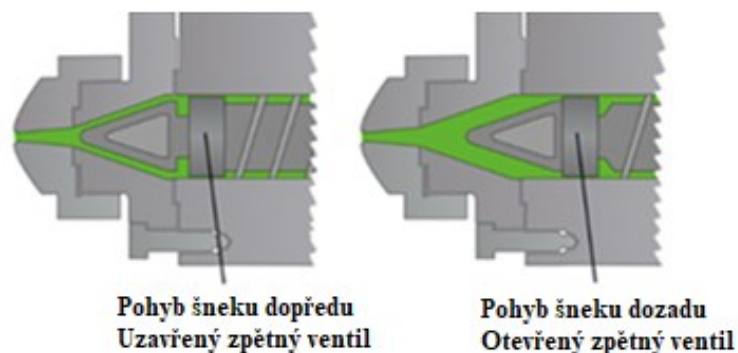
2.1.2 Vstřikovací jednotka

Hlavním úkolem vstřikovací jednotky je převést vstupní polymerní materiál do viskózní taveniny a tuto taveninu dopravit do dutiny vstřikovací formy. Nejčastěji bývá používána vstřikovací jednotka se šnekem. Šnek vykonává rotační pohyb kolem své osy a axiálně se posunuje tam a zpět. K tavení polymerního materiálu dochází vlivem tepla (od topných pásem) a třením (disipací) materiálu mezi tří-zónovým šnekem a tavící komorou. [11]



Obrázek 10 Vstřikovací jednotka [11]

Šnek je na svém konci opatřen zpětným ventilem. Ten slouží k tomu, aby se během plastikace mohl materiál dopravovat před trysku (pohyb šneku dozadu) a zároveň zabraňuje tomu, aby se materiál během vstřikování vracel zpět (pohyb šneku dopředu). [4] [11]



Obrázek 11 Polohy zpětného ventilu [4]

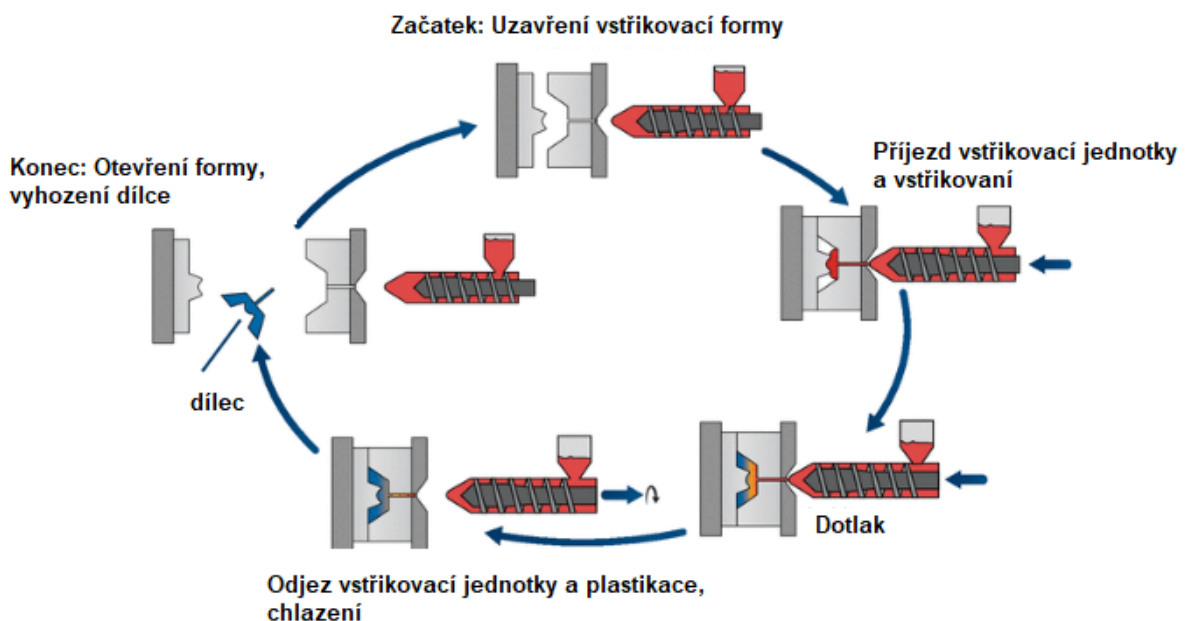
2.1.3 Pomocná zařízení

Pomocná zařízení, též periferní zařízení, se připojují ke vstřikovacím strojům (primární zařízení) jako sekundární pomocná zařízení, především kvůli zautomatizování a zlepšení procesu výroby vstřikovaných dílců. Použití pomocných zařízení je čistě individuální záležitostí, proto aplikování periferních zařízení je dáno konkrétním vstřikovaným výrobkem a jeho výrobními potřebami.

Mezi periferní zařízení patří např. sušárny polymerů, temperační a směšovací zařízení, roboti a manipulátory (pro vyjímání vtoků a výstřiků z formy nebo zakládání insertů či etiket do dutiny formy), kontrolní, etiketovací a popisovací systémy a mnoho dalších. [11] [13]

2.2 Vstřikovací cyklus

Vstřikování se řadí mezi tzv. cyklické tvářecí procesy. Vstřikovací cyklus je jinými slovy sled jednotlivých operací, které musí proběhnout při vstřikování daného výrobku. [10] [13]



Obrázek 12 Vstřikovací cyklus [4]

Na obrázku 12 je znázorněn vstřikovací cyklus. Na začátku cyklu musí dojít k uzavření vstřikovací formy, poté přijede vstřikovací jednotka a její tryska dosedne na vtokovou vložku formy. Tím začíná fáze vstřikování, šnek se axiálně posouvá a tlačí roztavený materiál do dutiny formy. Při prvním doteku taveniny s formou nastává proces chlazení a končí, až výrobek opustí formu. Po zaplnění dutiny formy následuje fáze dotlaku, která vyrovnává rozměrové změny vzniklé smrštěním, a to do doby, než zatuhne vtokové ústí. Po

dotlaku odjíždí vstřikovací jednotka a začíná připravovat novou dávku taveniny (plastikace). Při plastikaci se šnek otáčí a axiálně posouvá zpět, zplastikovaný materiál je přemísťován před čelo šneku ke trysce vstřikovací jednotky. Když se výrobek ochladí na tzv. vyhazovací teplotu, dojde k otevření formy a vyjmutí výrobku z dutiny vstřikovací formy. [11]

2.3 Vady výstřiků z termoplastů a jejich odstranění

I přes veškerou snahu řady pracovníků, kteří se podílejí na vzniku vstřikovaného dílce, se v praxi lze setkat s vadnými díly, resp. s díly s vadou. Vady lze definovat jako jakoukoliv odchylku od požadovaného standardu stanoveného výrobním výkresem, popřípadě nějakým referenčním výrobkem (etalonem) či výrobkem, který byl schválen při přejímání. Mezi odchylky, které se vymykají od požadovaného standardu, se řadí odchylky tvaru, hmotnosti, vzhledu a rozměrů. Dále může docházet ke změně vnitřního stavu (vnitřní pnutí) a změně mechanických nebo fyzikálních vlastností. Tyto odchylky v ojedinělých případech mohou způsobit až nefunkčnost daného výrobku.

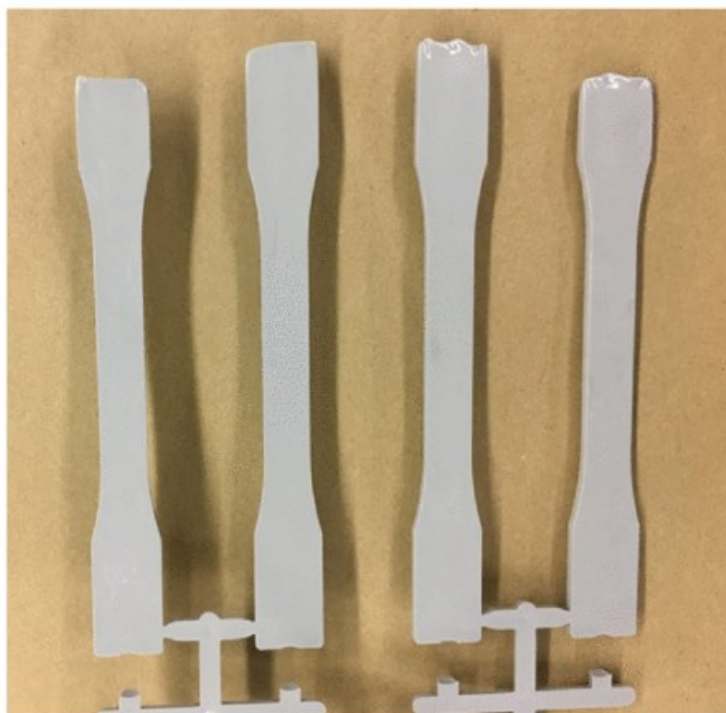
Jedna z hlavních příčin vzniku vad výrobku je, že proces vstřikování je procesem cyklickým (opakujícím se), z objektivních důvodů není možné v každé fázi zajistit naprosto stejný průběh procesních a technologických výrobních parametrů. Vlastní proces výroby není jediným faktorem, který má za následek vznik vad. Vady mohou vznikat nesprávnou konstrukcí vstřikovaného dílce, která nastane nedodržením technologických zásad konstrukce (kapitola 3.1) a nedostatky při návrhu nástroje (formy) pro jeho výrobu. V neposlední řadě může vznik vad způsobit špatná volba vstřikovacího stroje. Vady ale mohou vznikat i po výrobě, např. nesprávným skladováním či manipulací s výrobky.

Odstranit vadu je možné pouze tehdy, pokud je zjištěno, jak daná vada vzniká. Proto je důležitá orientace v základních vadách vstřikovaných výrobků právě z důvodu jejich určení a nápravy. Vady se mohou eliminovat dvěma způsoby. Za první změnou technologických parametrů výroby, což je vždy ta lepší cesta, ale ne všechny vady jdou takhle snadno potlačit. Za druhé je pak zapotřebí hledat vznik vady ve vstřikovací formě nebo vstřikovacím stroji či materiálu, ze kterého je dílec vyráběn. [9] [13]

Vad, které mohou vznikat během procesu vstřikování, je nepřeberné množství. V následujících podkapitolách budou uvedeny alespoň některé z nich.

2.3.1 Neúplný výstřik

Neúplný výstřik vzniká, když polymer nevyplní celý objem dutiny vstřikovací formy, a tedy část dutiny je nezaplněná (prázdná) polymerní taveninou. Nezaplněná část bývá zpravidla v největší vzdálenosti od vtokového ústí nebo tam, kde se setkává více proudů taveniny. Mezi možné příčiny vzniku lze řadit např. malou tekutost polymeru, malou vstřikovanou dávku, nevhodné umístění vtoku, nízký vstřikovací tlak a rychlost a případně i nízkou teplotu formy.



Obrázek 13 Nedostříknuté výrobky [14]

2.3.2 Přetoky

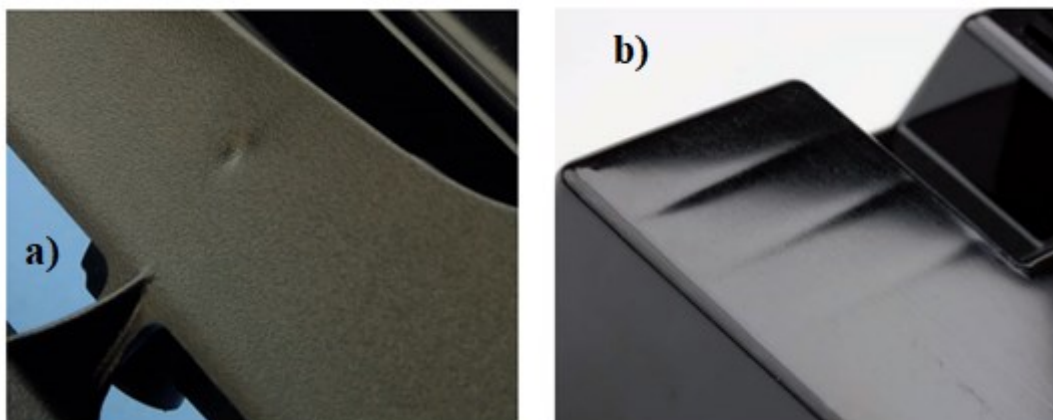
Přetoky na vstřikovaném dílu vznikají tak, že polymer zateče do mezer (spár), které vznikají špatným slícováním jednotlivých částí formy nebo opotřebením dělicích rovin formy. Mohou vznikat i v místech, kde je špatně vytvořené odvzdušnění formy. Polymerní taveniny obvykle zatečou do míst o tloušťce 0,02 mm a větší, záleží na druhu polymeru (tabulka 4). Další příčinou vzniku může být malá uzavírací síla vstřikovacího stroje, příliš vysoký vstřikovací tlak, vysoká teplota taveniny nebo formy a přílišná tekutost taveniny (obrázek 14). Eliminace se provádí úpravou výše zmíněných parametrů a výměnou opotřebovaných dílů. [9] [13]



Obrázek 14 Ukázky přetoků na výrobcích [15]

2.3.3 Propadliny a staženiny

Propadliny a staženiny bývají otevřené dutiny na povrchu výrobků. Vznikají smršťováním hmoty při procesu tuhnutí. Převážně se vyskytují u tlustostěnných částí výrobku a u dílců s nekonstantní tloušťkou stěny, jako je např. místo, kde se napojuje žebro na základní stěnu (obrázek 15.b). Mezi možné příčiny vzniku této vady se řadí omezená účinnost dotlaku. [13] [16]

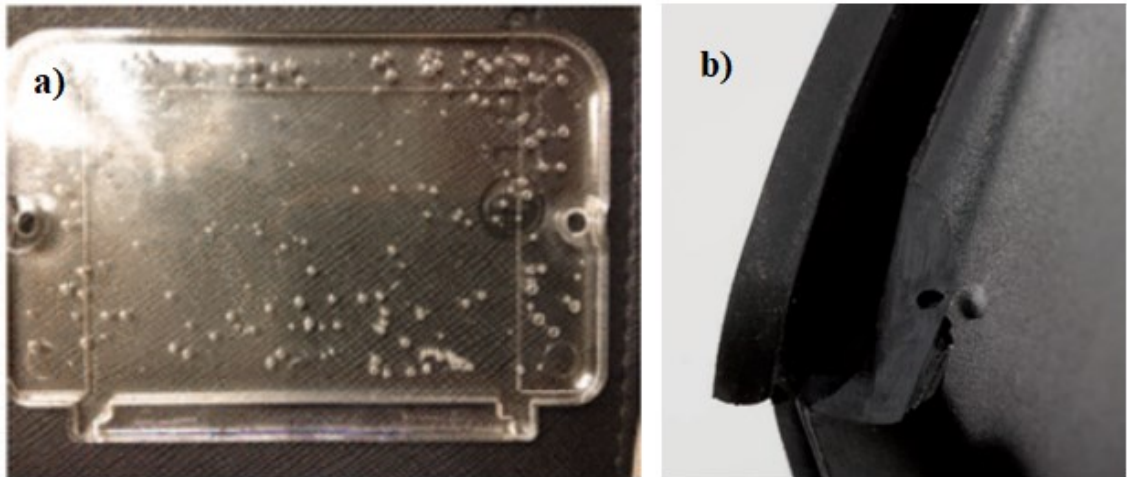


Obrázek 15 Propadliny [15]

a) Propadlina v místě nárůstu tloušťky stěny; b) Propadliny od žeber

2.3.4 Bubliny, Lunkry

Bubliny a lunkry jsou uzavřené duté prostory uvnitř výrobku, které snižují pevnost daného dílce a u průhledných výrobků zhoršují vzhledové a optické vlastnosti. Příčinou vzniku zpravidla bývá vlhký materiál (obrázek 16.a), špatná konstrukce dílce (obrázek 16.b) a nesprávně provedené odvzdušnění formy. [13] [16]

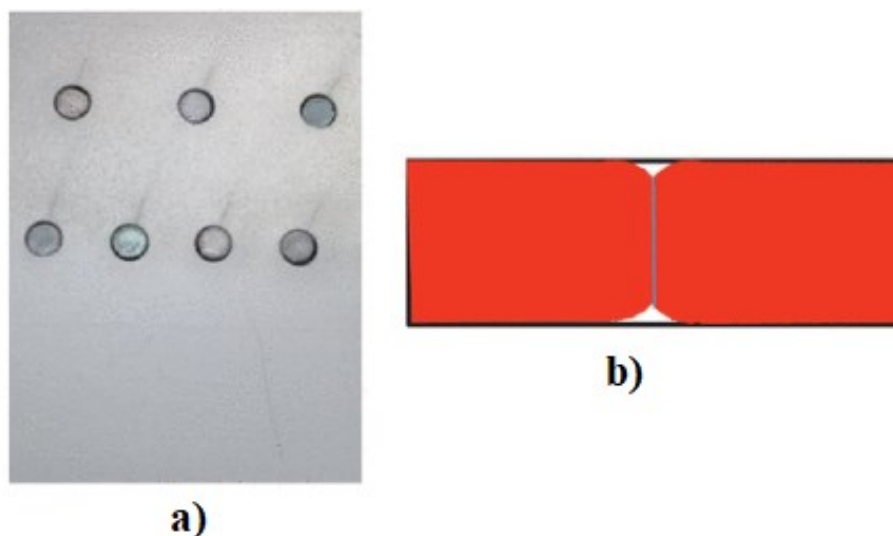


Obrázek 16 Vzduchové bubliny ve výrobcích [12][15]

a) Bubliny vzniklé vlhkým materiálem [12]; b) Bubliny vzniklé špatnou konstrukcí dílce [15]

2.3.5 Studené spoje

Studený spoj vzniká na místech vstřikovaného výrobku tam, kde dochází ke spojování několika čel proudů polymerní taveniny. Může vznikat u dílců s více vtokovými ústími nebo u výrobků, kde tavenina musí obtékat nějaký tvarový prvek, např. jádro pro díru, zvláště když se díra nachází ve větší vzdálenosti od ústí vtoku. Jedná se o vzhledovou vadu u transparentních dílu i o vadu optickou. Tyto vady se dají potlačit použitím kaskádového vstřikování (postupné a rovnoměrné plnění formy zajišťují ovládané horké trysky), dále zvýšením teploty taveniny nebo úpravou umístění vtokového ústí blíže ke tvarovému prvku.



Obrázek 17 Studené spoje [12]

a) Ukázka studených spojů na výrobku; b) Vznik studeného spoje

2.3.6 Spálené místo (diesel efekt)

Spálené místo se projevuje jako spálená skvrna, která má nepravidelný tvar. Vzniká v místech, kde polymerní tavenina stlačí vzduch až do takové míry, že se komprese vzduchu blíží k adiabatickému ději, teplota může dosahovat až několika set stupňů Celsia. Vše je zapříčiněno špatným odvzdušněním dutiny formy. K Diesel efektu dochází většinou v nejdálčeném místě od vtokového ústí nebo tam, kde se sekávají dva proudy polymerní taveniny. [13]

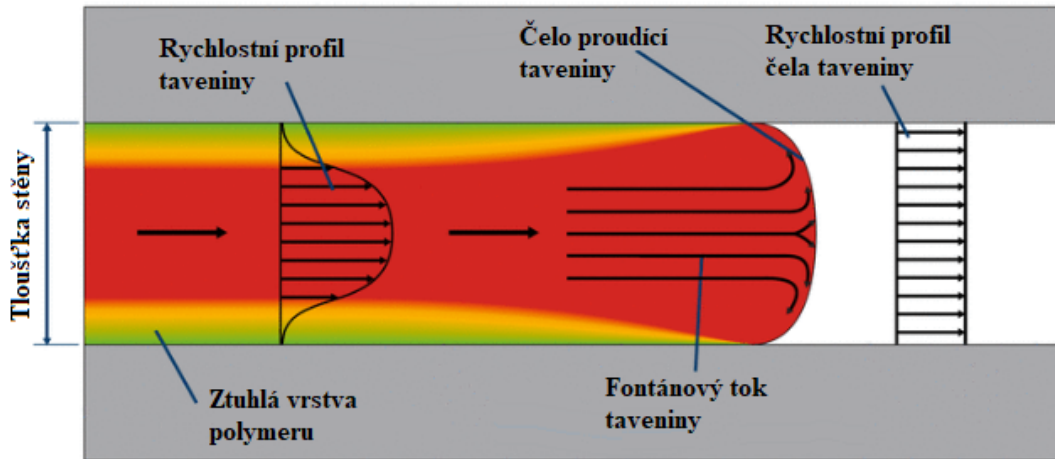


Obrázek 18 Spálená místa [15]

2.4 Plnění tvarové dutiny formy polymerní taveninou

Polymerní materiály se při plnění dutiny formy chovají jako newtonské kapaliny, tento děj je velmi složitý. Taveniny mají dle materiálu teplotu v rozmezí 170 až 380 °C, teplota formy zase vztažená k zpracovávanému polymeru má teplotu od 5 do 200 °C. Orientační teploty pro různé polymery jsou uvedeny v tabulce 2.

U polymerní taveniny zpravidla dochází k časově neustálenému toku. Jakmile se dotkne tavenina stěny ocelové formy, okamžitě ztuhne (zamrzne) a vytvoří tenkou, nepohyblivou vrstvu zamrzlého materiálu. Tato vrstva je v podstatě izolant, který brání ostatnímu materiálu pod ní k chladnutí. Takže se dá říct, že materiál tuhne v rostoucí vrstvě. Pod tuhnoucí vrstvou směrem do středu kanálu polymerní tavenina stále teče, ale tak, že tok taveniny nemá nulovou rychlost na povrchu chladnoucí vrstvy. Čelo taveniny se nabaluje na chladnou stěnu formy a okamžitě zamrzá. Tok, který má takové vlastnosti se nazývá fontánový a jde o nejvhodnější tok polymerní taveniny při plnění dutiny formy. [13]



Obrázek 19 Fontánový tok [4]

2.5 Volba vstřikovacího stroje

Vhodná volba vstřikovacího stroje je jeden s klíčových kroků k docílení kvalitního výrobku. Při volbě stroje se vychází z hmotnosti a rozměrů dílce a velikosti formy. Mezi požadavky, které musí stroj pro navrhovanou formu (kapitola 4) splňovat, patří:

- Dostatečná uzavírací síla, aby se forma během vstřikování neotevřela.
- Dostatečná velikost mezi vodicími sloupky.
- Dostatečné minimální a maximální otevření formy s ohledem na její výšku. [13]
- Dostatečná vstřikovací kapacita (jaké maximální množství taveniny je stroj schopen dodat, využívá se obvykle 90 % této kapacity). [17]

3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÉHO DÍLCE

Při konstrukci dílce z termoplastického materiálu se nemohu uplatňovat stejné konstrukční postupy jako u výrobku z kovu. Je to z důvodu rozdílného chování obou materiálů. Důležitá je při konstrukci vstřikovaného dílce znalost technologie vstřikování a technické možnosti použitého materiálu v podmínkách jeho provozu. Konstrukce musí zajistit splnění všech hlavních funkcí dílce, mezi ně se řadí užité, estetické, bezpečnostní a ergonomické.

3.1 Zásady konstrukce vstřikovaného dílce

Při konstrukci vstřikovaného dílce je nutné se řídit zásadními pravidly, které v podstatě určují dosaženou kvalitu výrobku, tyto pravidla budou uvedeny pro:

- Tloušťky stěn.
- Zaoblení hran a rohů.
- Úkosy.

Dále budou uvedeny i příklady konstrukce prvků, které často bývají součástí vstřikovaných výrobků (žebra, nálitky, záskočkové spoje).

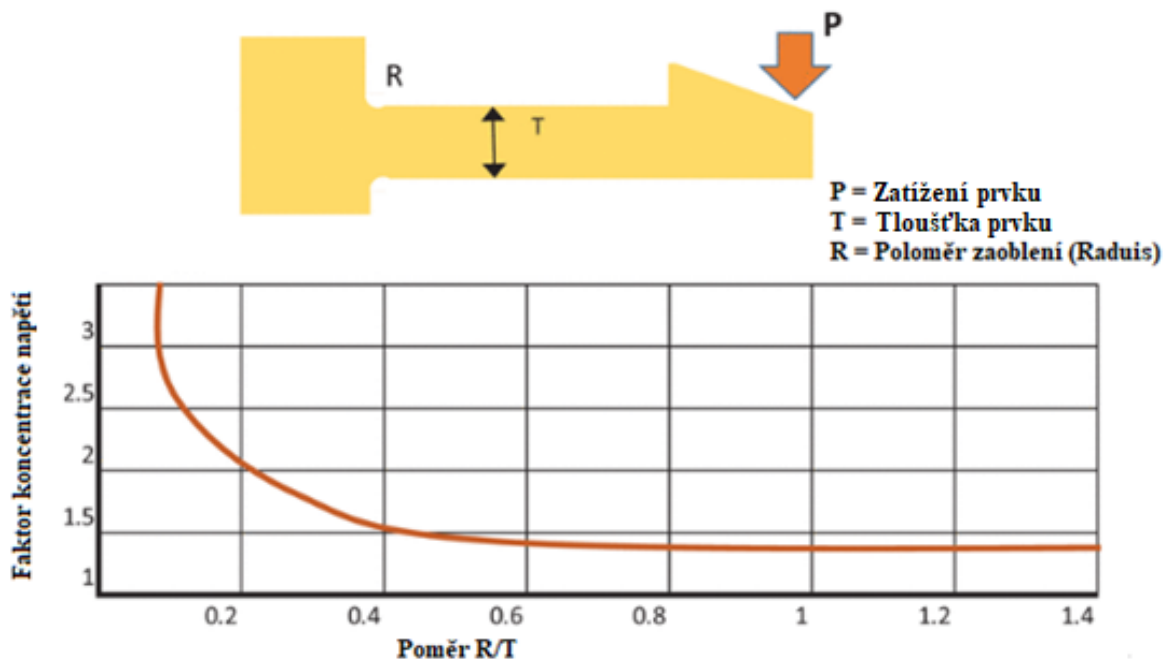
3.1.1 Tloušťka stěn

Tloušťka stěny musí splňovat požadavek dostatečné tuhosti a pevnosti, tyto parametry záleží na volbě materiálu a výsledném tvaru dílce. Je snahou, za předpokladu dodržení předchozího požadavku, vytvářet tloušťku stěny výrobku co nejmenší, a to kvůli minimalizaci hmotnosti, délky výrobního cyklu a vzniku vad (propadlin, lunkrů). Další zásadou při navrhování tlouštěk stěn je dodržení její maximální rovnoměrnosti, a to z důvodu rozdílných smrštění (od různých tlouštěk stěn), které vyvolávají deformace a pnutí vstřikovaného dílce. [8][12][13]

3.1.2 Zaoblení hran a rohů

Klade se důraz na to, aby vstřikované výrobky neobsahovali ostré hrany, jelikož v nich dochází ke koncentraci napětí při zatížení, a tím ke snížení mechanické odolnosti dílu, především v ohybu. Velikost koncentrace napětí definuje tzv. faktor koncentrace napětí. Na obrázku 20 lze vidět zatížený prvek a graf závislosti faktoru koncentrace napětí na poměru tloušťky prvku T a poloměru zaoblení R . Z grafu je patrné, že při nízkém poměru R/T koncentrace strmě roste. Při velkých poměrech je zase problém s možným vznikem

staženin či propadlin. Zaoblení hran má také pozitivní vliv na snadnější plnění dutiny formy polymerní taveninou. [12] [18]



Obrázek 20 Závislost koncentrace napětí na poměru R/T [12]

3.1.3 Úkosy

Hlavním důvodem tvorby úkosů je, aby proběhlo bezproblémové vyhození výrobků z dutiny formy. Obvyklé hodnoty úkosů u vstřikovaných dílů jsou $0,3 - 2^\circ$ (hodnoty uvádí literatura [8]), zaleží na tloušťce dílce a hloubce tvaru. Literatura [13] doporučuje použít pro vnitřní stěny úkosy o velikosti 1° až 2° a pro vnější stěny přibližně $0,5^\circ$ až 1° .

U tenkostěnných dílců se doporučuje větší vyhazovací úkos, stejně tomu je i u výrobků s hustě uspořádanými otvory jako jsou koše, filtry či větrací mřížky. [8]

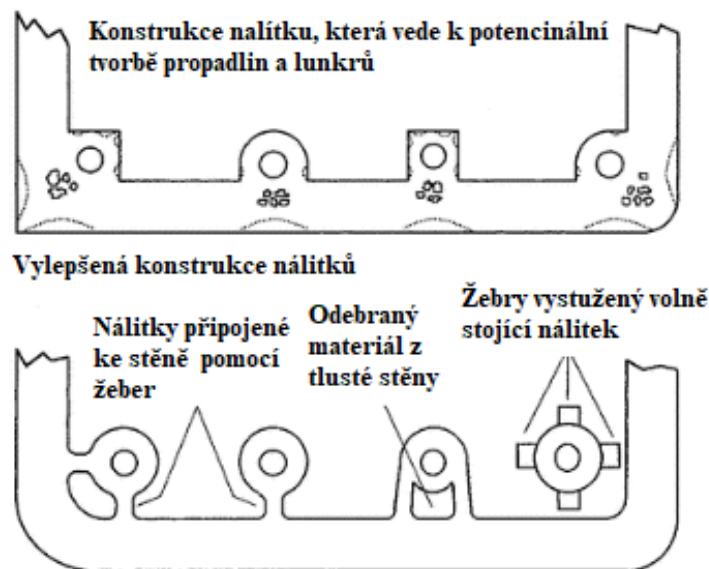
3.1.4 Návrh žebrování

Hlavním cílem žebrování je zvýšit tuhost a pevnost při malé hmotnosti dílce a malých tloušťkách stěn. Tloušťka žebër by neměla být větší jak 50 % až 70 % tloušťky stěny, na kterou žebro navazuje, dále se nedoporučuje používat rozdílné tloušťky žebër. Vzdálenost mezi jednotlivými žebry by neměla překročit dvojnásobek tloušťky stěny. Zaoblení hran, které vznikne mezi žebrem a stěnou by nemělo přesáhnout 50 % tloušťky stěny. V případném křížení mezi žebry by nemělo docházet v místě styku k nahromadění materiálu. [12] [13]

3.1.5 Nálitky

Nálitky se používají u mnoha konstrukcí jako potřebné prvky při montáži sestav. Tvar nálitků bývá většinou válec opatřen dírou, která slouží k našroubování určitého spojovacího prvku, jako je šroub či závitová vložka a mnoho dalších. Velikost díry, a tím pádem i celého nálitku se odvíjí od průměru spojovacího prvku. [18]

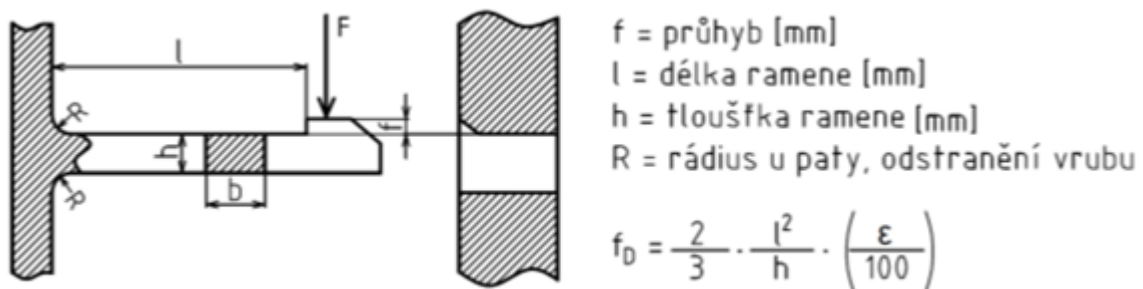
Při nevhodném napojení nálitku na stěnu dílce může dojít ke vzniku propadlin a lunekrů. Na obrázku 21 je znázorněno i konstrukční řešení pro zamezení jejich vzniku. [19]



Obrázek 21 Ukázka konstrukčních řešení při tvorbě nálitků [19]

3.1.6 Záskočkové spoje

Jedny z nejpoužívanějších typů pro spojení dvou plastových dílců jsou záskočkové spoje. Musí se navrhovat tak, aby nedošlo k jejich poškození (lámání) při používání. Při použití záskočkového spoje se průhyb f musí vždy pohybovat v oblasti elastických deformací daného polymerního materiálu. Parametry h , l , f musí být menší než jejich kritické hodnoty, v závislosti na vlastnostech materiálu (E , ε). [8]



Obrázek 22 Záskočkové spojení s výpočtem dovoleného průhybu [8]

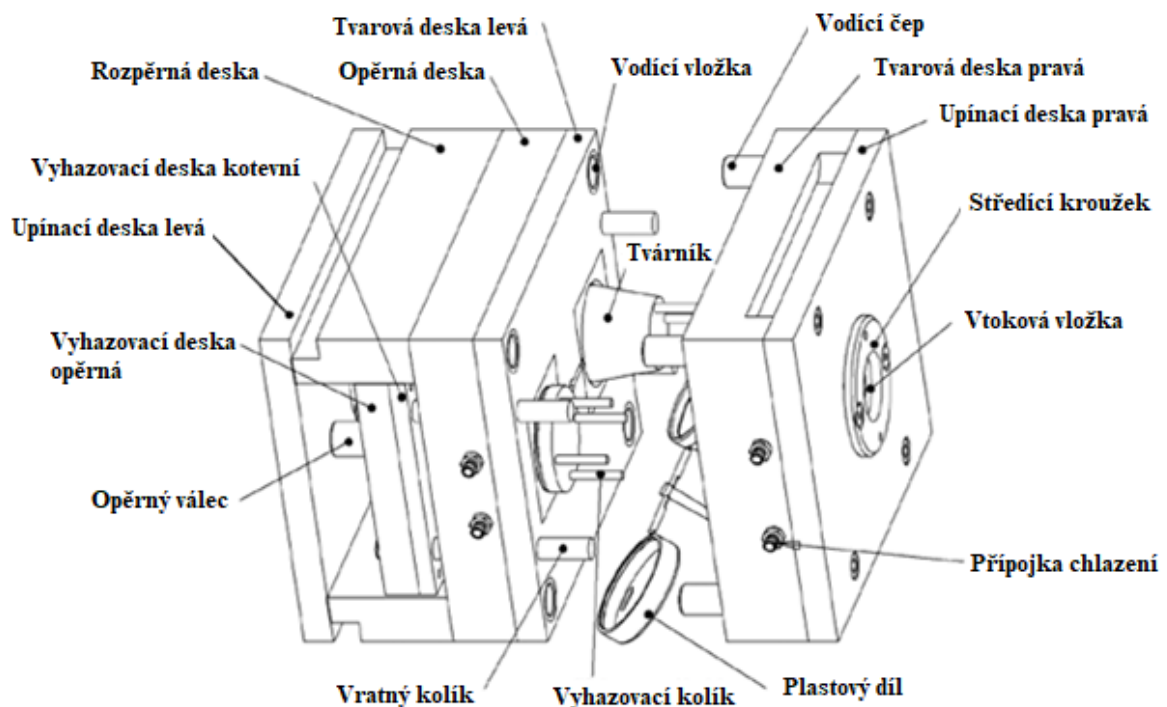
Maximální dovolené poměrné prodloužení ε se u každého polymeru liší, příklady jeho hodnot u některých polymerních materiálů jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1 Hodnoty dovoleného prodloužení ε [12]

Materiál	Dovolené prodloužení ε [-]
PS	2
ABS	2
SAN	2
PMMA	2
LDPE	5
HDPE	4
PP	4
PA	3
POM	4
PC	2

4 VSTŘIKOVACÍ FORMA A JEJÍ KONSTRUKCE

Vstřikovací forma je nástroj určený pro výrobu polymerních dílců a upíná se na vstřikovací stroj. Její základní funkce jsou následující: doprava a zaplnění dutiny formy taveninou, odvod přebytečného tepla a odformování výrobku. Jedná se o komplexní systém, který během svého provozu musí zajistit požadovaný rozměr a kvalitu vyráběného dílce, jeho snadné vyjmutí a rychlou výrobu. Forma je tvořena nosným rámem, který je složen z jednotlivých desek a vodicích, středících, spojovacích a tvarových prvků. Rám musí zajistit tuhost, přesné slícování všech vložek a zabezpečit vedení pohyblivých částí formy. [16] [18]



Obrázek 23 Příklad dvoudeskové dvounásobné formy [20]

Vstřikovací formy jsou nejčastěji dvoudeskové, méně často třideskové. Dvoudesková je i forma na obrázku 23, forma má pouze jednu dělicí rovinu (na rozdíl od třideskových). Dělicí rovina je místo, kde se forma dělí na pevnou (pravou) a pohyblivou (levou) část. Dělicí rovina se navrhuje, pokud je to možné, na nepohledových a nefunkčních plochách vstřikovaného výrobku, s ohledem na odformování dílce. Důvodem je vznik možné stopy po dělicí rovině, která se eliminuje přesnou výrobou styčných ploch tvořící dělicí rovinu.

Forma na obrázku 23 je vyobrazena v poloze, kdy je již výrobek hotov a opouští dutinu formy. Forma je dvojnásobná, násobnost formy určuje, kolik dílů se současně vyrobí při jednom vstřikovacím cyklu. Násobnost formy závisí na množství dílců a termínu jejich

dodání, ekonomiky výroby, velikosti a kapacity vstřikovacího stroje, charakteru a přesnosti daného výrobku, která s rostoucí násobností klesá. Velké a tvarově složité dílce se doporučuje vyrábět v jednonásobných formách. Jednotlivé desky formy jsou spojeny šrouby s válcovou hlavou v nosný rám. Na pevné (pravé) straně je upínací deska pravá, která přímo doléhá na pevnou (upínací) desku stroje. Forma je vystředěna z důvodu bezpečného dosednutí trysky vstřikovacího stroje na vtokovou vložku, a to pomocí středícího kroužku, který je upevněn v upínací desce (středící kroužek se zpravidla nachází i na levé straně formy). Deska je dále opatřena drážkou, do které se vkládá upínka. Před upínací deskou je deska tvarová (kotevní) pravá, ve které jsou umístěny tvarové vložky tvárnice a vtoková soustava formy, společně s temperančním okruhem. Na levé straně formy je též upínací deska, která je spojena se dvěma rozpěrnými deskami, spojenými z druhé strany opěrnou deskou. V prostoru, který vznikne mezi deskami, se nachází mechanický vyhazovací systém, ten je tvořen dvěma deskami vedenými pomocí vodících prvků. V kotevní vyhazovací desce jsou uloženy válcové vyhazovače. Funkcí opěrných válců, je snížení průhybu tvarové desky levé, z důvodu působení vstřikovacího tlaku. Vrácení vyhazovacího systému je u této formy řešeno pomocí vratných kolíků, které mají i bezpečnostní charakter, při transportu brání v pohybu vyhazovačům, a tím i poškození dutiny formy. Vodící elementy (vodící pouzdro a čep) zajišťují správnou, přesnou a vzájemnou polohu pohyblivé a pevné části vstřikovací formy. Před opěrnou deskou se nachází tvarová deska levá, v níž jsou umístěny též tvarové vložky, tentokrát tvárníku. Při uzavření formy vznikne mezi tvárníkem a tvárnicí mezera, která se nazývá tvarová dutina. Její tvar odpovídá tvaru výsledného výrobku a její rozměry jsou zvětšeny o smrštění materiálu. Smrštění lze tedy definovat jako rozdíl rozměrů mezi dutinou formy a výsledným výrobkem. Jeho velikost je ovlivněna především druhem plastu, vstřikovací formou (temperace), technologií vstřikování a tvarem a velikostí výrobku. Smrštění se udává v procentech a dělí se na výrobní (90 %) a dodatečné (10 %).

Formu na obrázku 23 je zapotřebí brát pouze jako příklad, ne jako standard. Existuje nepřeberné množství variací, upřádání, vedení a uchycení desek nosného rámu, temperančních, vtokových a vyhazovacích systémů a mnoho dalších přídatných prvků a funkcí. Některé z nich budou záhy uvedeny a rozebrány. [17] [18] [20]

4.1 Postup při konstrukci vstřikovací formy

Konstruktor formy z podkladů, jako je výkres (model) součásti, násobnost formy, zvolený typ stroje a dalších informací, začne navrhovat vstřikovací formu v následujícím postupu:

- Prostuduje výkres dílce z hlediska tvaru a rozměrů, na základě toho určí vhodnou polohu dělicích rovin.
- Stanoví polohu a rozměry jednotlivých tvarových dutin.
- Určí vhodnou konstrukci vyhazovacího, vtokového a temperančního systému.
- Zvolí vhodnou velikost nosného rámu.
- Určí vhodný materiál rámu a ostatních dílů formy, a to s ohledem na jejich zatížení.
- Zvolí vhodné upínací a středící prvky.
- Provede kontrolu všech funkčních parametrů v závislosti na zvoleném stroji, popřípadě zvolí jiný stroj, splňující všechny parametry (kapitola 2.5). [17]

4.1.1 Způsob výroby vstřikovacích forem

Všechny díly (prvky), které slouží k návrhu a sestavení forem, lze podle jejich získávání rozčlenit na tři skupiny:

- Díly nakoupené jako normálie, to jsou hromadně vyráběné typizované součástky od různých společností, např. Hasco, Meusburger, Strack, DME, JAN SVOBODA a mnoho dalších. Tyto společnosti nabízí ve svých katalozích nepřeberné množství dílů, jako jsou nosné rámy forem (desky, vodící a spojovací díly), součásti vtokových, temperančních a vyhazovacích systémů a ovládací mechanismy forem. Při používání normálií se zefektivní konstrukce a výroba vstřikovací formy, tím se sníží potřeba práce při její výrobě, což zkrátí realizační čas (o 40 % až 60 %) a výslednou cenu formy.
- Díly vytvořené (v nástrojárně) z příslušných ocelových či neželezných polotovarů. Jedná se nejčastěji o tvarové a specifické díly vstřikovacích forem. Do této skupiny patří i upravované normálie, např. zkrácené vyhazovače.
- Díly běžného charakteru, do této skupiny se řadí běžně používané díly (mnohdy bývají součástí normálií), jako jsou čidla, upínky, hadice či spojovací elementy. [13]

4.2 Temperace vstřikovací formy

Temperace vstřikovacích forem významně ovlivňuje kvalitu vstřikovaného výrobku, zejména jeho rozměrovou a tvarovou stálost, jakost povrchu a některé mechanické vlastnosti. Dále i dobu výrobního cyklu. Temperační systém zajišťuje ustálení teploty dutiny

formy na požadovanou hodnotu dle polymeru (tabulka 2) a výdrž na této teplotě, v co nejmenším rozsahu. [13] [18]

Tabulka 2 Orientační teploty během vstřikování [18]

Materiál	Teplota taveniny [°C]	Doporučená teplota formy [°C]
PA	260-300	80-120
PC	280-320	80-100
ABS	220-260	60-80
SAN	230-260	50-80
PBT	250-270	80-100
PP	200-250	30-60
PE	180-230	30-60

Temperace odvádí přebytečné teplo, které se zvyšuje opakovaným vstřikováním taveniny do dutiny formy. U polymerů, které pro dosažení potřebných vlastností (PC až 120 °C teplota formy) vyžadují vyšší teploty forem, je nutné formu zahřívat a izolovat tak, aby nedocházelo k výrazným teplotním ztrátám. Důležité je také nechat před zahájením procesu vstřikování formu vyhřát na požadovanou provozní teplotu. Při odlišné teplotě jednotlivých částí formy dochází ke zvětšování tvarových a rozměrových úchylek. Naopak při eliminaci anizotropie či smrštění výrobku se využívá nerovnoměrné temperace formy.

4.2.1 Temperační prostředky

Temperační prostředky (médiá) se mohou dělit na aktivní a pasivní.

Nejčastějším zástupcem aktivního temperačního prostředku je voda, jejíž účinnost odvodu tepla závisí na velikosti teplosměnné plochy, druhu proudění v temperačních kanálech a teplotním spádu. Pro co největší účinnost by mělo být proudění turbulentní (vířivé) a teplotní spád (rozdíl na vstupu a výstupu média) by měl být 3–5 °C. Chlazení vzduchem má malou účinnost, proto se používá pouze ke chlazení povrchu formy (volným prouděním vzduchu) nebo pro chlazení tenkých tvárnků při použití nuceného proudění vzduchu uvnitř kanálů. Voda má vysokou účinnost, ale i řadu nevýhod, jako je usazování vodního kamene, nízká teplota použití (do 90 °C) a koroze temperačních kanálů. Tyto nevýhody lze odstranit nahrazením vody olejem (při vysokých teplotách) či etylenglykolem (zamezení tvorby vodního kamene a ucpávání systému), ale ty mají rovněž své nevýhody. Za aktivní temperační prostředek lze považovat i tzv. topné patrony.

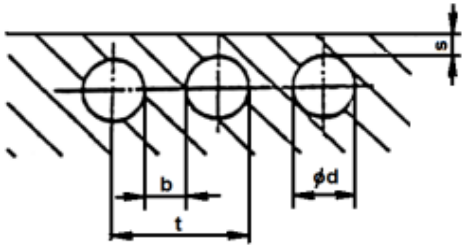
Mezi pasivní temperační prostředky se řadí tepelně izolační materiály, tepelně vodivé materiály a tepelné trubice. Tepelně izolační materiály nejčastěji vyztužené reaktoplasty se používají jako izolační vrstvy mezi formou a upínací deskou stroje, hlavně u forem s vyhříváním vtokovým systémem (kapitola 4.3.2). Tepelně vodivých materiálů, je využíváno hlavně u obtížně temperovatelných dílů. Tyto materiály musí kromě dobré tepelné vodivosti mít i dostatečnou pevnost a rozměrovou stabilitu. Nejčastěji se používají slitiny Cu, Be. Teplené trubice pracují na principu výparného tepla.

4.2.2 Zásady konstrukce temperačních okruhů

Temperační systém je soustava kanálu a dutin, jedná se o nejpoužívanější způsob temperace. Temperačními kanály proudí vhodné temperační médium. Temperační systém se umísťuje na pevnou (pravou) i pohyblivou (levou) stranu formy, jednotlivé okruhy lze řešit a zapojovat samostatně. Temperační kanály konstruktér navrhuje podle zkušenosti, většinou jako kompromis s ostatními prvky (vyhazovacím systémem, vedením formy atd.). V dnešní době se pro kontrolu a optimalizaci temperace hojně využívá simulačních softwarů.

Rozmístění, rozměry a vzdálenost temperačních kanálů od dutiny formy závisí, na tvaru, rozměrech a tloušťce stěny dílce, dále druhu vstřikovaného polymeru a velikosti rámu formy, a to s ohledem na tuhost a pevnost stěn tvarové dutiny (tabulka 3). Kanály bývají většinou kruhového průřezu (méně často obdélníkového). Doporučuje se volit větší počet menších kanálů než menší počet větších kanálů. Temperační kanály by neměly vytvářet tzv. mrtvá místa, v těchto místech dochází k usazování nečistot a tvorbě vodního kamene. U kanálů s průměrem do 6 mm je nutné použít upravenou vodu nebo etylenglykol, kvůli velké pravděpodobnosti zanešení kanálu vodním kamenem. [8] [17] [18]

Tabulka 3 Doporučené minimální vzdálenosti kanálů od dutiny formy [17]

	Ød [mm]	6	8	10	12	14	16	18	20
	s [mm]	4	6	8	12	15	20	25	30
	t [mm]	10	14	17	20	24	27	30	34
	b [mm]	4	5	7	8	10	11	12	14

4.3 Vtokové systémy forem

Vtokový systém má u každé formy za úkol zajistit dopravu taveniny daného polymerního materiálu, ze vstřikovací jednotky do dutiny vstřikovací formy. Vlastní vtokové ústí se musí

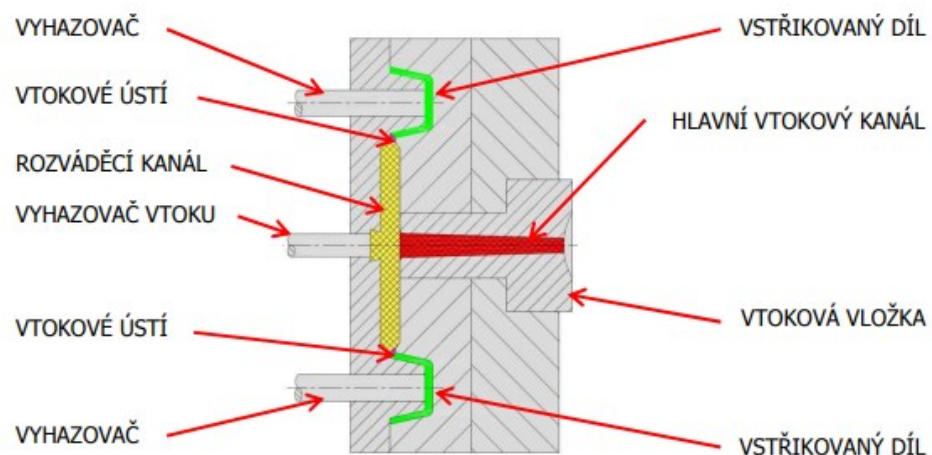
navrhovat tak, aby dotlak mohl působit po dobu, která je nutná k vyrovnání rozměrových změn vzniklých při chladnutí materiálu (smrštění), tím se eliminuje vznik staženin a lunek. Vtokové systémy se dělí na studené (SVS) a vyhřívané (VVS) vtokové systémy. [8]

4.3.1 Studené vtokové systémy (SVS)

Hlavním rysem studených vtokových systémů je, že při jejich použití ve vstřikovacích formách zůstává vtokový zbytek (odpad), ten může nabývat u malých výrobků až 80 % hmotnosti celé vstřikované dávky. Vtokový zbytek je možné převést zpět do podoby „vstupního materiálu“ a znovu vstřikovat jako recyklát, ale pouze jako procentuální část k původnímu materiálu. Recyklát má určité fyzikální vlastnosti oproti vstupnímu materiálu zhoršené, u některých výrobků se nemůže používat vůbec. Náklady při používání studených systémů jsou nižší než u horkých (vyhřívaných) systémů, při stejném uspořádání dutin. Pro jejich provoz není zapotřebí žádných ohřivačů, ovládacích prvků či senzorů. [21]

Mezi hlavní části studeného vtokového systému se řadí:

- Vtokový kanál.
- Rozváděcí kanál.
- Vtokové ústí.



Obrázek 24 Schéma SVS ve vstřikovací formě [22]

Vtokový kanál

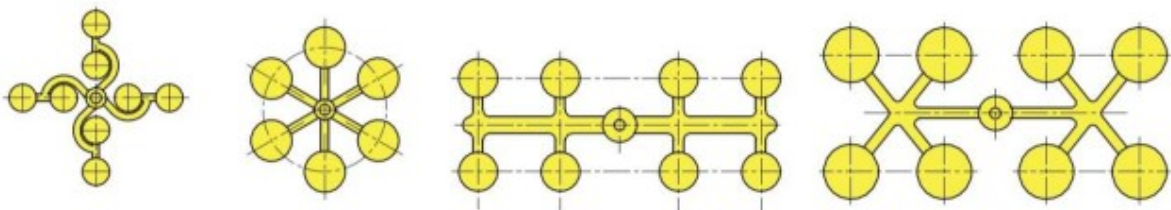
Tryska vstřikovacího stroje vstřikuje polymerní taveninu přímo do vtokového kanálu. Pomocí středícího kroužku dochází k centrování trysky a vtokové vložky, ve které je vytvořen vtokový kanál. V nejužším místě vtokového kanálu bývá jeho průměr o 0,5 – 1 mm

větší než průměr otvoru trysky vstřikovacího stroje. Pro snadnější vyhození vtokového zbytku má vtokový kanál úkos $0,5^\circ$ až 1° , rozšiřující se směrem k dělicí rovně. Vtokový kanál může ústít přímo do dutiny formy u jednonásobných forem, nebo u vícenásobných forem do rozváděcího kanálu. [22]

Vtoková vložka je znázorněna na obrázku 24, jedná se o tepelně a mechanicky namáhanou součást vyráběnou z houževnatých materiálů s tepelným zpracováním (kalená, popouštěná), hlava vtokové vložky bývá opatřena rádiusem o velikosti R15,5 a R40, který slouží k dosednutí čela vstřikovací trysky. [18] [22]

Rozváděcí kanál

Úkolem rozváděcích kanálů je doprava polymerní taveniny ze vtokového kanálu do dutiny formy. Tvar průřezu kanálu musí zajistit co nejmenší tepelné a tlakové ztráty, proto je nejvýhodnější kruhový kanál, který je ovšem výrobně náročný a zpravidla nepřesný, proto se volí alternativa v podobě lichoběžníkového průřezu. Správnou volbu průřezu a velikosti rozváděcího kanálu je nejvýhodnější zjišťovat pomocí empirických vztahu nebo simulačních analýz. Je snaha konstruovat rozváděcí kanály co nejkratší. U vícenásobných forem je zapotřebí, aby k plnění dutin docházelo ve stejný čas, při stejné teplotě, rychlosti a tlaku polymerní taveniny (hlavně u rozměrově přesných výrobků). Lze tedy konstatovat, že je nutno zajistit stejně dlouhou dráhu jednotlivých rozváděcích kanálů od vtokového kanálu k jednotlivým dutinám. [8] [18]



Obrázek 25 Příklady rozmístění rozváděcích kanálů [22]

Vtokové ústí

Tavenina je ze vtokového kanálu dopravována rozváděcím přes zúžené místo do dutiny formy, přičemž toto zúžené místo se nazývá právě vtokové ústí. Vtokové ústí se volí s co nejmenšími rozměry tak, aby šlo na výrobku lehce začistit. Vtokové ústí slouží ke snadnému oddělení vtokového zbytku od vstřikovaného dílce. Jeho další funkcí je zamrznutí po působení dotlaku, a to proto, aby se neztuhlá tavenina nevracela zpět do rozváděcího kanálu.

Zásady umístění vtokových ústí (pokud je to možné):

- Do nejtlustějšího místa na výrobku, aby bylo možné působit dotlakem. U výrobků s nadouvadlem (lehčené výrobky) je tomu naopak.
- Do geometrického středu dutiny tak, aby se docílilo rovnoměrného plnění dutiny.
- Ve směru delší strany, u dílců s obdélníkovým tvarem se tím dosáhne lepšího zatečení.
- Ve směru žeber tak, aby tavenina mohla zatéct do všech míst. [22]
- Tak, aby nevznikal tzv. volný tok taveniny. Ideální je, aby tavenina po vstupu do tvarové dutiny formy narazila na překážku.
- Mimo místa, která budou na výrobku vykazovat největší napětí. Místa vtoku jsou těmi nejslabšími u vstřikovaného výrobku z hlediska koncentrace pnutí. [8]

Druhy vtokových ústí:

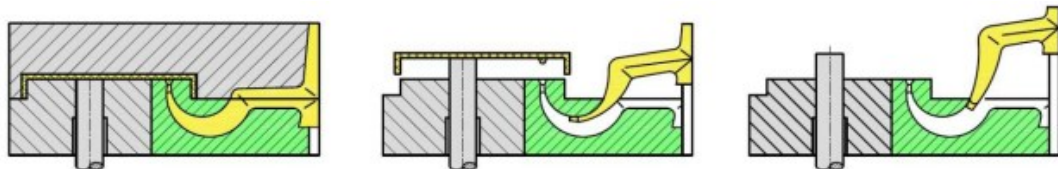
- Plný kuželový: vtokový kanál vede přímo do dutiny formy. Používá se pro tlustostěnné výrobky, dále u jednonásobných forem a u polymerů s menší viskozitou a nutností použít delší doby dotlaku. Výhodou je jednoduchá výroba a nevýhodou horší odstranění vtokového zbytku (velká stopa na výrobku po vtoku). [22]
- Bodový vtok: používá se pro tenkostěnné výrobky. Bobovým vtokem lze taveninu přivádět přímo do dutiny formy (nevýhodou je možnost zatumnutí materiálu v předkomůrce) nebo taveninu dodávat v rozváděcích kanálech (obrázek 26.b), zde je zapotřebí tzv. třídeskových forem. Jedná se o formy s dvěma dělicími rovinami, jedna slouží k odstranění vtokového zbytku a druhá k odformování dílce. [8] [22]



Obrázek 26 Druhy bodového ústí [22]

a) Bodové ústí s předkomůrkou; b) Bodové ústí z rozváděcího kanálu

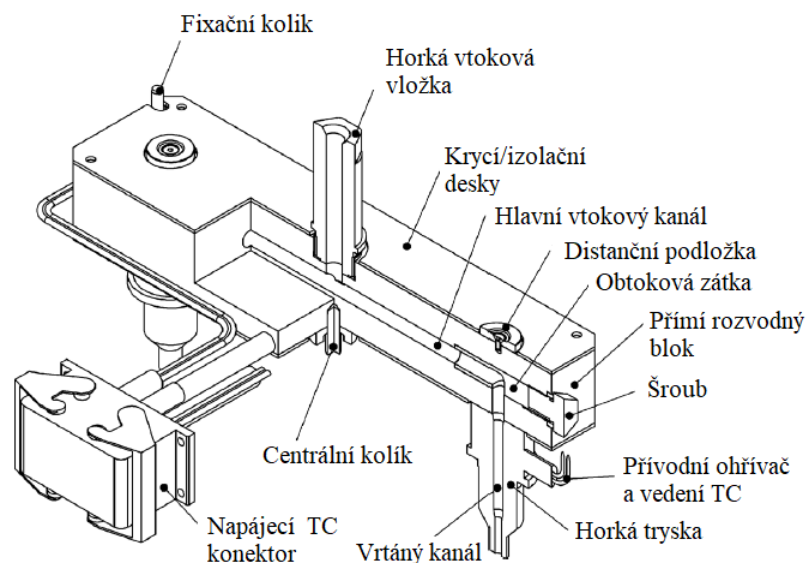
- Filmový vtok: při použití tohoto typu vtokového ústí je možné použít menších vstřikovacích tlaků. Používá se pro plasty plněné skelnými vlákny a tenkostěnné díly.
- Tunelový vtok: u tohoto vtokového ústí dochází k oddělení vtokového zbytku přímo ve vstřikovací formě pomocí řezné hrany. Ústí není vhodné pro polymery plněné skelnými vlákny. Většinou se řeší pomocí nakupované vložky (normálie), ve které je kanál vyroben.
- Banánový vtok: jedná se o modifikaci tunelového vtoku, velkou výhodou je umístění vtokového ústí na nepohledovou stranu vstřikovaného dílce. Nevýhodou je náročná výroba pomocí elektroerozivního obrábění. Na obrázku 27 lze vidět princip oddělení vtokového zbytku od výrobku. [18] [22]



Obrázek 27 Banánový vtok a jeho odformování [22]

4.3.2 Vyhřívání (horké) vtokové systémy (VVS)

Horký vtokový systém je systém, který mezi tryskou vstřikovacího stroje a vtokovým ústím udržuje po celou dobu vstřikovacího cyklu polymerní materiál v kapalném stavu (tavenině). Vyhřívání vtokového systému je tepelně izolován od ostatních částí vstřikovací formy. Jako tepelný izolant se používají vzduchové mezery a minimální velikost teplosměnné plochy mezi VVS a zbytkem vstřikovací formy, a to pomocí distančních podložek. [18]



Obrázek 28 Horký vtokový systém [20]

Na obrázku 28 lze vidět izometrický pohled s částečným řezem horkého vtokového systému, který obsahuje rozvodný blok, dvě trysky a další pomocné a ovládací prvky, které jsou popsány na obrázku. Během vstřikování putuje materiál z trysky vstřikovacího stoje přes horkou vtokovou vložku a rozvodný blok do horké trysky, která přímo ústí do dutiny vstřikovací formy. [20]

Příklady výhod vyhřívaných vtokových systémů oproti studeným systémům:

- Pracují bez vtokového zbytku (snižují spotřebu polymerního materiálu).
- Není třeba manipulace a dalšího zpracování vtokového zbytku (recyklace).
- Není třeba odstraňovat vtokové zbytky.
- Zkracují výrobní cykly (snižují dobu chlazení).
- Umožňují automatizaci výroby.

Nevýhody vyhřívaných soustav:

- Vysoké počáteční investice.
- Je třeba zajistit regulátory a snímače teploty.
- Nejsou vhodné (výhodné) pro všechny aplikace, zvláště ne pro malé série. [8]

4.4 Vyhazování dílců z formy

Vyhození dílce z dutiny vstřikovací formy provádí vyhazovací systém, může se zdát, že se jedná o jednoduchou operaci, ale záleží na členitosti a složitosti vstřikovaného dílce. [20]

Vyhazovací systém vykonává dva pohyby. Pohyb vpřed (vlastní vyhození dílce) a zpětný pohyb (vrácení na výchozí pozici). Kvůli správné funkci vyhazovacího systému je třeba zajistit, aby výrobek měl hladké stěny s úkosem min $0,3^\circ$. Vyhazovací systém se musí volit tak, aby vyhazovací síla působila rovnoměrně a nezpůsobovala trvalé deformace dílce.

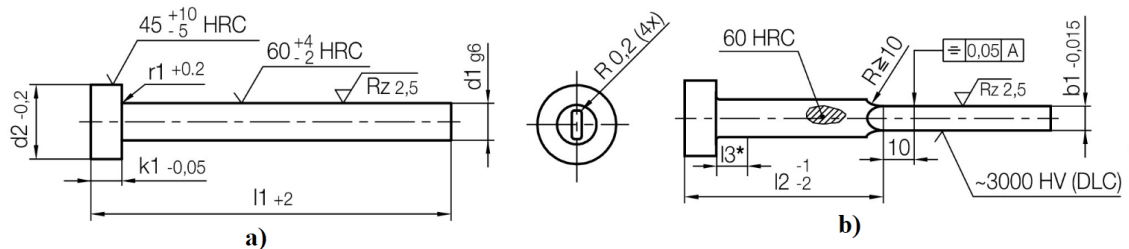
4.4.1 Vyhazovací síla

Velikost vyhazovací síly je stanovena z podmínky, že smrštění dílce vyvolá tlak mezi vstřikovaným dílcem a formou, což způsobí tření, které je zapotřebí překonat vyhazovací silou. Vyhazovací síla se v praxi většinou nezjišťuje, jelikož závisí na mnoha dalších faktorech, které se obtížně určují. Vypočet také není nutný z důvodu předdimenzování vyhazovací síly, zejména u mechanického vyhazování. Velikost tlaků (vyhazovací síly) u pneumatických nebo hydraulických systémů se musí pro správnou funkci odzkoušet. [17]

4.4.2 Mechanické systémy

Mechanické systémy bývají nejlevnější a nepoužívanější způsoby vyhození dílce z dutiny formy. Toho lze docílit použitím vyhazovacích kolíků, stíracích desek či šikmých kolíků.

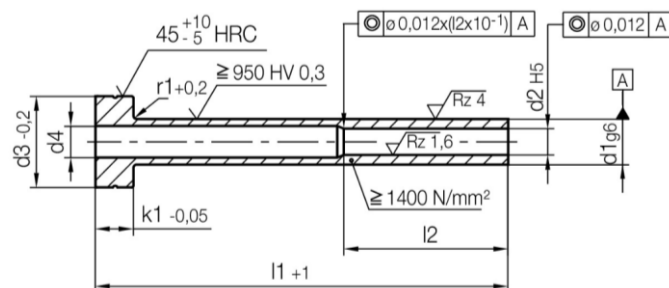
Vyhazovací kolíky bývají nepoužívanějšími, a to díky své výrobní jednoduchosti a spolehlivosti. Používají se ve všech případech, kdy lze umístit vyhazovač proti ploše výrobku, ve směru jeho vyhození. Vyhazovací kolíky jsou válcové a bývají uloženy v tolerancích H7/h6 či H7/g6 (vzniklá vůle mezi vyhazovači a formou slouží k případnému odvodu vzduchu) nebo prizmatické vyhazovače, které mají obdélníkový průřez a opírají se o stěnu či žebro, které se nesmí bortit. [17] [20]



Obrázek 29 Vyhazovací kolíky [23]

a) Válcový vyhazovač; b) Prizmatický vyhazovač

Stírací desky (stírací kroužky), při použití tohoto vyhazovacího způsobu dojde k setření výrobku po celém obvodu tvárníku. Díky velké styčné ploše se na výrobku po vyhození nevytvářejí žádné stopy a minimalizují se jeho případné deformace. Využívá se zejména u tenkostěnných výrobků a tam, kde je zapotřebí velká vyhazovací síla. Důležité je zajistit, aby dosedací plocha výstřiku na stírací desce byla rovinná, popřípadě mírně zakřivená. Pohyb stírací desky je vyvozen tlakem od vyhazovacího systému nebo pohybem desek při otevírání formy. Speciálním případem stírací desky je trubkový vyhazovač. Válcový kolík se vkládá do trubky (obrázek 30), jejíž funkcí je vedení kolíku při vyhazování a zároveň slouží jako tvarový prvek v dutině formy.



Obrázek 30 Trubkový vyhazovač [23]

Šikmé vyhazování se řadí mezi speciální mechanické systémy. Využívá se u výrobků s mělkým vnitřním nebo vnějším zápichem, a to pomocí kolíku, které jsou uloženy pod různými úhly vůči hlavní dělicí rovině.

Kombinace dvou vyhazovacích systémů, vzájemně se neovlivňujících, se nazývá dvoustupňové vyhazování. Tento způsob se využívá u dílců s rozdílným časem a délkou vyhazovacího zdvihu. Používá se např. kombinace stírací desky a vyhazovacích kolíků (které zanechávají stopu na výrobku).

4.4.3 Pneumatické a hydraulické systémy

Pneumatických systému se užívá při vyjímání velkorozměrných a tenkostěnných výrobků, nejčastěji ve tvaru nádob. Při používání mechanických vyhazovačů u velkorozměrových výrobků se vyžaduje velký zdvih, a tím i velká výška formy. U pneumatického vyhazování se přivádí stlačený vzduch přes vzduchové ventily mezi výrobek a líc formy. Velkou výhodou je, že nevznikají žádné stopy po vyhazovačích. Otevírání ventilu je řízeno tlakem a zavírání zajišťuje pružina.

Charakteristické pro hydraulické vyhazovače jsou velké síly, zároveň pomalé a krátké zdvihy. Nejčastěji se používají k ovládní mechanických vyhazovačů. Jejich další předností je, že umožňují pružnější pohyby a větší flexibilitu při vyhazování. [17]

4.5 Odvzdušnění forem

Vzduch, který se nachází v dutině formy před počátkem vstříkovaní, musí během plnění polymerní taveninou opustit dutinu formy proto, aby mohla být zcela zaplněna. Jestliže vzduch z dutiny nemůže uniknout, stlačuje se a může způsobit vady výrobků, jako jsou bubliny nebo spálená místa. [21]

Problém s odvzdušněním dutiny formy řeší tzv. odvzdušňovací kanály, které se aplikují do problematických míst. U jednoduchých výrobků lze tato místa určit pouze na základě znalostí a zkušeností konstruktéra. Ideálním je však použití tokových analýz pro simulaci plnění tvarové dutiny formy, u složitějších výrobků je to nutností. Velikosti odvzdušňovacích kanálků jsou závislé na vstříkovaném materiálu a jeho viskozitě. Hodnoty průměrů odvzdušňovacích kanálků jsou uvedeny v tabulce 4, je důležité říct, že se jedná pouze o informativní hodnoty získané praxí. Kanálky nesmí způsobit přetoky na výrobcích. [8]

Tabulka 4 Velikosti odvzdušňovacích kanálu dle polymeru [8]

Polymer	Průměr kanálu [mm]
PS	do 0,05
PE, PP	do 0,04
PA	0,02 až 0,03
POM	do 0,04
PBT	do 0,03
PC	do 0,05
PMMA	do 0,05
Plněné skelnými vlákny	od 0,04 do 0,07

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍLE PRÁCE

Při tvorbě této bakalářské práce byly stanoveny následující cíle:

1. Vypracovat literární studii pro dané téma.
2. Provést 3D konstrukci modelu vstříkované součásti.
3. Navrhnout 3D konstrukci vstříkovací formy pro zadaný díl.
4. Nakreslit 2D řez vstříkovací formou spolu s výkresy a kusovníkem.

Cílem literární studie této bakalářské práce bude vytvořit přehled o daném tématu, který bude rozdělen a popsán ve čtyřech stěžejních kapitolách. První kapitola se bude zabývat polymerními materiály, jejich rozdělením, vlastnostmi a přípravou před vstříkváním. Druhá kapitola bude popisovat proces technologie vstříkovaní, vstříkovací stroj, časté vady vstříkovaných výrobků a chování polymerní taveniny při plnění tvarové dutiny. V třetí kapitole budou uvedeny zásady konstrukce vstříkovaných součástí a poslední čtvrtá kapitola se bude zabývat vstříkovací formou, jejím popisem a možnostmi konstrukce.

Prvním stěžejním úkolem praktické části této bakalářské práce bude provedení konstrukce zadaného, reálně používaného dílce a zhotovení jeho 3D modelu v softwaru CATIA V5R19. Dílcem v tomto případě budou rámečky vnějších zpětných zrcátek.

Dalším nezbytným cílem bude návrh konstrukce vstříkovací formy pro zadaný díl a vytvoření jejího 3D modelu, opět v programu CATIA V5R19. Konstrukce bude obsahovat mimo jiné návrh dělicích rovin výrobku, určení násobnosti vstříkovací formy, návrh vtokového, temperačního a vyhazovacího systému. Při konstrukci této formy bude využívána celá řada normálí od společností Hasco [23] a Meusburger [24].

Posledním úkolem praktické části bude vytvořit výkresovou dokumentaci vstříkovací formy společně s kusovníkem součástí.

6 VSTŘIKOVANÝ DÍL

Vstříkovaný díl v tomto případě představuje dva rozměrově totožné díly, které plní stejnou funkci. Jejich jediný rozdíl je v tom, že jsou k sobě zrcadlově otočené, a to z důvodu, že se nacházejí na opačných stranách automobilu Škoda Citigo. Konkrétně jde tedy o rámečky vnějšího zpětného zrcátka pravého (u spolujezdce obrázek 31) a levého (u řidiče). Rámeček společně s krytkou a držákem tvoří upevňovací a ochranné pouzdro vnějšího zpětného zrcátka.

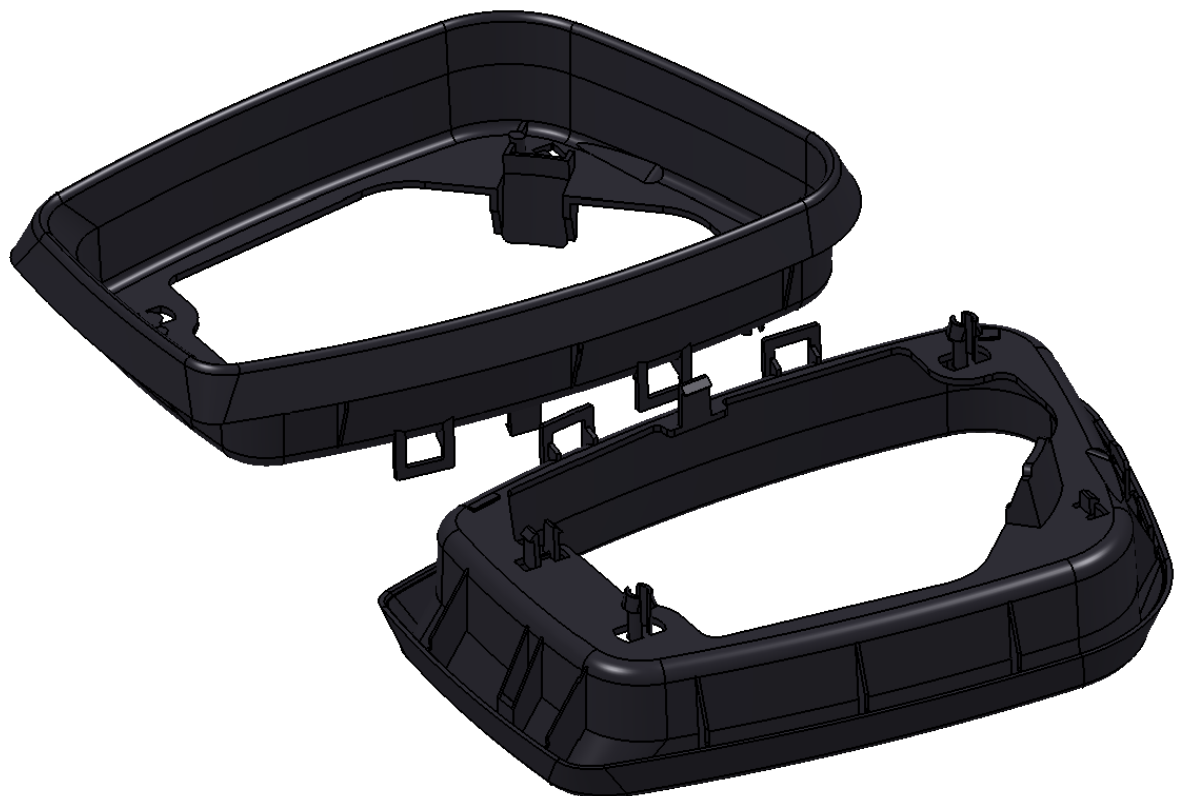


Obrázek 31 Pravé zpětné zrcátko automobilu Škoda Citigo [25]

Největší rozměry rámečků jsou 212 x 143 x 55 mm. Objem jednoho vstříkovaného dílce (rámečku) činí 74,09 cm³. 3D model levého rámečku byl vytvořen v softwaru CATIA V5R19, na základě odměřování reálné součástí. Prostřednictvím příkazu „mirror“ byl v softwaru pomocí modelu levého rámečku vytvořen model pravého rámečku. Zmíněná hodnota objemu jednoho dílce byla převzata ze softwaru. Model levého rámečku lze vidět na obrázku 32. Na obrázku 33 je zobrazen model pravého rámečku.



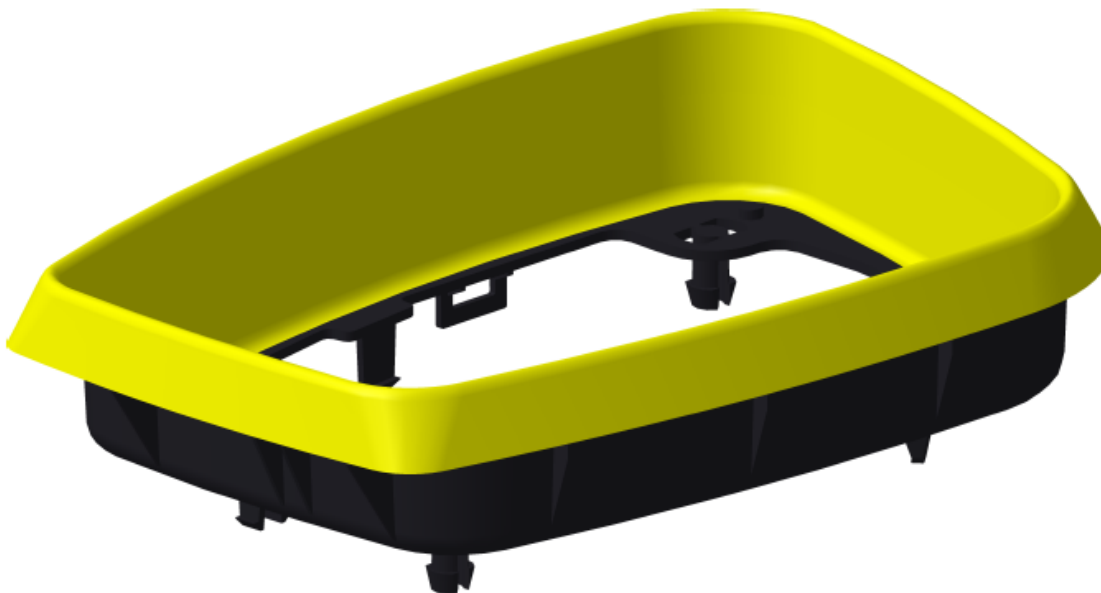
Obrázek 32 Levý rámeček vnějšího zpětného zrcátka



Obrázek 33 Pravý rámeček vnějšího zpětného zrcátka

Z důvodů rozměrové, funkční a materiálové shody obou dílů, bude o dílcích (rámečcích) hovořeno jako o jednom dílci (rámečku).

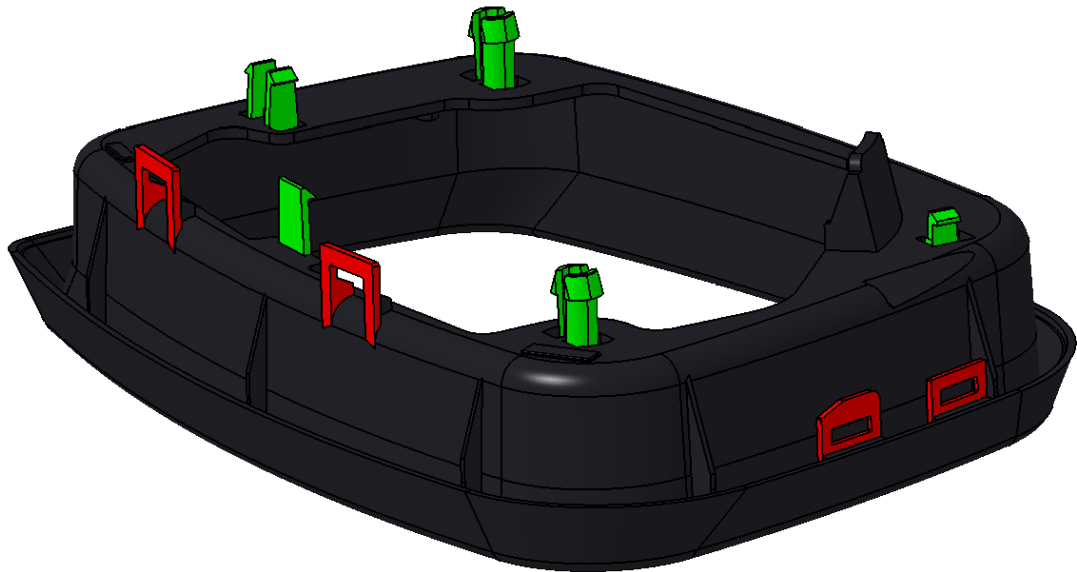
Rámeček je složen z pohledových (žlutou barvou) a nepohledových (černou barvou) ploch, které jsou vyznačeny na obrázku 34.



Obrázek 34 Rozdělení rámečku na pohledové a nepohledové plochy

6.1 Konstrukce dílce

Konstrukce daného dílce byla provedena dle zásad, které je nutné dodržovat při navrhování vstřikovaných dílů, popsanych v kapitole 3. Hlavní stěna výrobku má konstantní tloušťku 2 mm, tloušťka všech vedlejších stěn (záskočkové spoje, žebra) se pohybuje v rozmezí 50-70 % tloušťky hlavní stěny. Hlavní plochy skořepiny byly kvůli snadnějšímu odformování zkoseny (o 2°) a všechny ostré hrany dílce zaobleny. Navržená žebra jsou rozmístěna po obvodu límce z důvodu zvýšení jeho tuhosti. Na dílci se nachází mnoho prvků, které slouží k mechanickému spojení rámečku se zbytkem pouzdra vnějšího zpětného zrcátka. Jejich rozměry byly navrženy podle kapitoly 3.1.6. Rozebíratelné spoje dvou komponentů (dílců), vzniklé spojením (zaskočením) těchto prvků do sebe, se dle literatury [8] souhrnně nazývají záskočkové spoje. Na obrázku 35 jsou barevně zvýrazněny prvky záskočkových spojů různých konstrukcí. Červeně jsou odlišeny prvky, pro jejichž zhotovení je nezbytné použití bočního odformování, a to z důvodu toho, že jejich součástí jsou obdélníkové otvory, které neleží ve směru vyjímání výrobku.



Obrázek 35 Záskočkové spoje

6.2 Materiál dílce

Materiál pro výrobu daného dílce musí odolávat všem vlivům, které na něj během jeho provozu působí. Pouzdro vnějšího zpětného zrcátka, jehož je součástí i tento navrhovaný díl, je po většinu své životnosti vystaveno venkovním podmínkám (povětrnosti, UV záření) a mechanickému namáhání při jízdě. Na základě těchto požadavků se volí jako materiál pro výrobu vstříkované součásti termoplastický kopolymer styrenu, konkrétně ASA (kapitola 1.3).

Pro výrobu dílců (rámečků) bude tedy použit kopolymer styrenu černé barvy s obchodním názvem (označením) Luran S 778T, vyráběný společností IONES Styrolution a.s., která se řadí mezi přední výrobce styrenových termoplastů. Uvedený kopolymer splňuje všechny kladené požadavky, má výbornou chemickou odolnost a tepelnou stabilitu. Dále se vyznačuje dobrou tuhostí a tím, že dobře odolává povětrnostním vlivům a ultrafialovému záření. Standardně je Luran S 778T dodáván v podobě granulí válcového nebo kulového tvaru. Během (nevhodného) skladování může kopolymer absorbovat malé množství vzdušné vlhkosti, která sice nezmění jeho mechanické vlastnosti, ale často způsobí vznik bublin. Proto výrobce doporučuje materiál před použitím vysušit. V tabulce 5 jsou uvedeny vybrané parametry daného kopolymeru, celý materiálový list je součástí příloh. Je důležité poznamenat, že tyto hodnoty slouží pouze jako orientační. [26]

Tabulka 5 Vybrané parametry materiálu Luran S 778T [26]

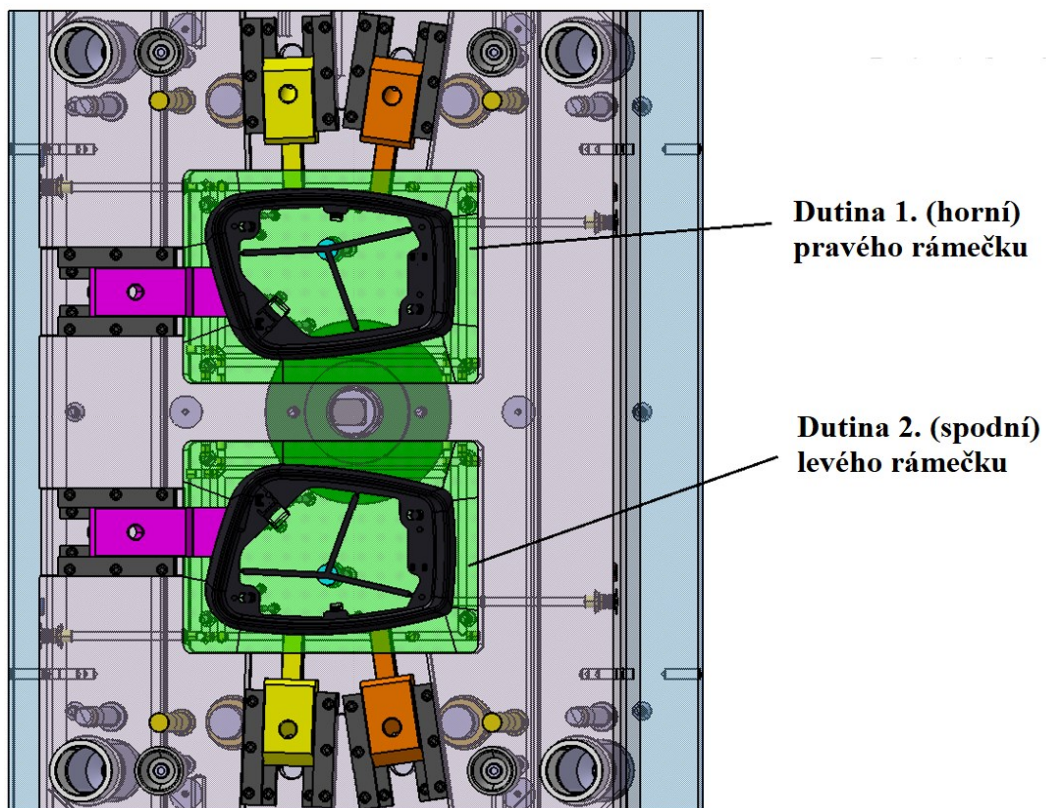
Parametry materiálu (podmínky testování)	Testováno dle normy	Hodnota	Jednotka
Objemový index toku taveniny (220 °C/10 kg)	ČSN EN ISO 1133	5	cm ³ /10 min
Hustota materiálu	ČSN EN ISO 1183	1070	kg/m ³
Modul pružnosti v tahu E	ČSN EN ISO 527	2500	MPa
Mez pevnosti v ohybu (23 °C)	ČSN EN ISO 178	80	MPa
Teplota měknutí VST/B/50 (50 N; 50 °C/h)	ČSN EN ISO 306	104	°C
Rozsah teplot taveniny	ČSN EN ISO 294	240-280	°C
Rozsah teplot vstřikovací formy	ČSN EN ISO 294	40-80	°C
Teplota sušení		80	°C
Čas sušení		2-4	h
Rozsah smrštění materiálu		0,4-0,7	%

7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Dalším a asi nejdůležitějším krokem (cílem) této bakalářské práce je konstrukce vstřikovací formy neboli nástroje určeného pro výrobu zadaného dílce (rámečků). Při konstrukci vstřikovací formy bylo vycházeno z informací uvedených v kapitole 4. Návrh vstřikovací formy byl proveden na základě velikosti a tvaru rámečků, jejich násobnosti a poloze dělicích rovin. Dále byla brána v potaz i ekonomičnost výroby. Samotný návrh vstřikovací formy byl proveden pomocí konstrukčního softwaru CATIA V5R19 v prostředí Assembly design (sestav) a Mold Tooling design (modul určený pro návrh forem). Pro zrychlení a zefektivnění návrhu a výroby vstřikovací formy, byly ve velké míře používány stavebnicové prvky (normálie) od společností Hasco a Meusburger.

7.1 Zvolení násobnosti vstřikovací formy

Násobnost vstřikovací formy se odvíjí od množství, velikosti a požadované přesnosti dílců, dále na ekonomičnosti výroby a v neposlední řadě i na velikosti stroje. Násobnost této navrhované formy bude dvojnásobná, a to z důvodu výroby obou dílců (rámečků) na jednou. Jinými slovy lze konstatovat, že při jednom vstřikovacím cyklu budou získány dva rámečky, jeden levý a druhý pravý.

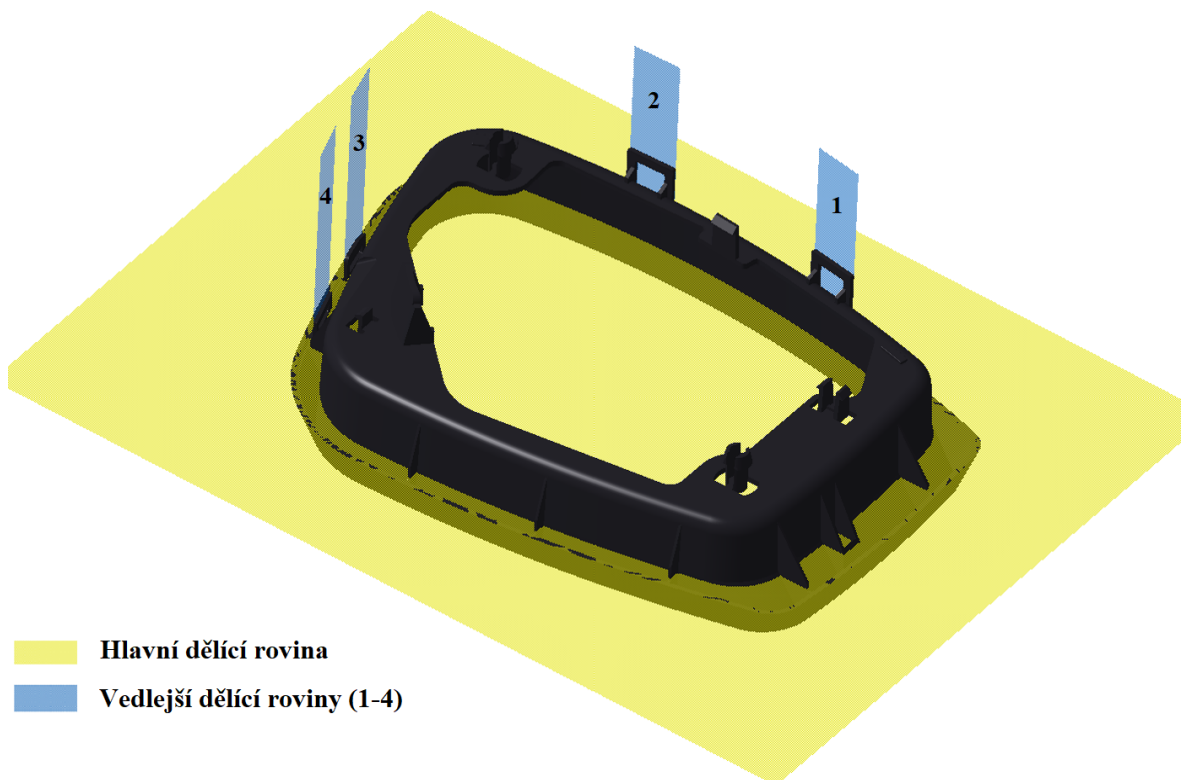


Obrázek 36 Rozvržení dutin vstřikovací formy

7.2 Určení dělicích rovin

Jedním z nejdůležitějších kroků při návrhu vstřikovací formy je určení dělicích rovin výrobku. Hlavní dělicí rovina rozděljuje formu na dvě poloviny, pravou a levou.

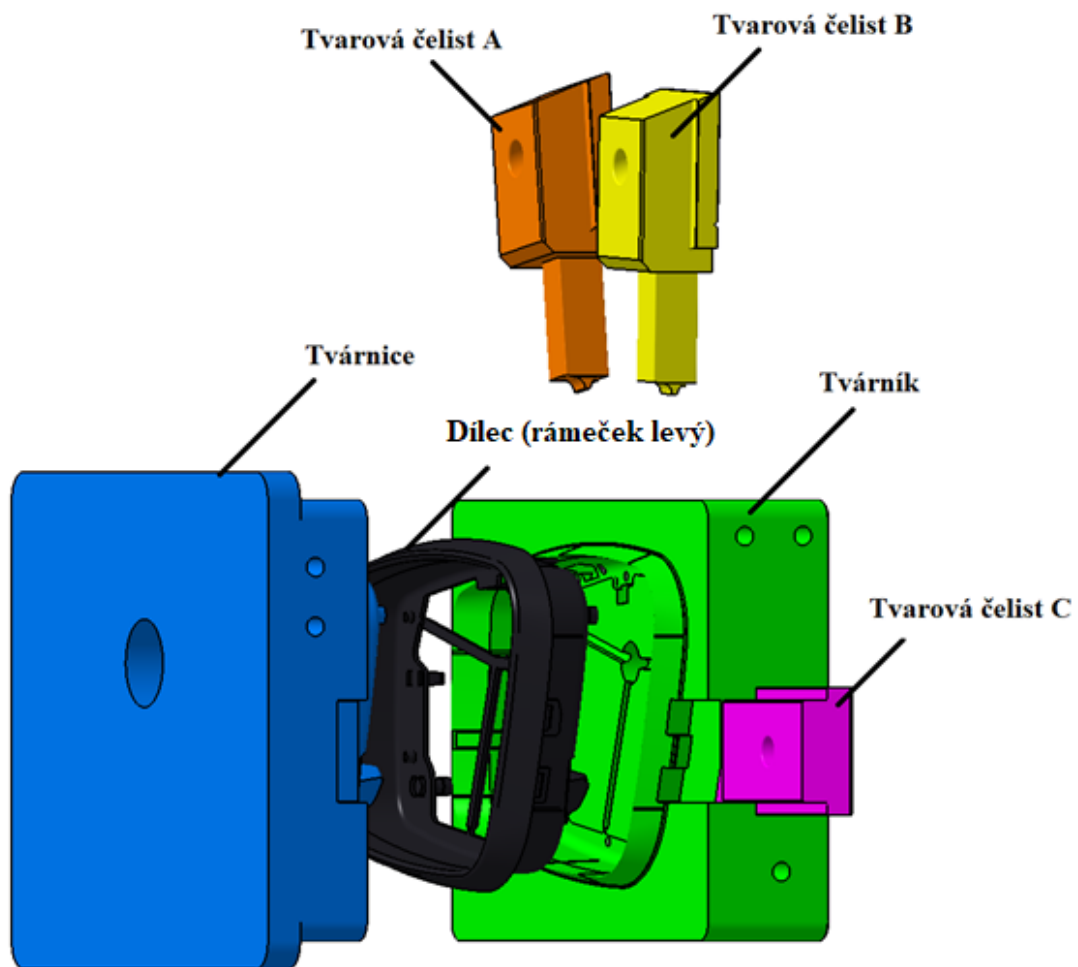
Dělicí roviny byly určeny s ohledem na zaformování a vyrobiteľnosť daného dílce. Hlavní dělicí rovina (dále jen HDR) a vedlejší dělicí roviny (dále jen VDR) dílce byly zvoleny také tak, aby se nenacházely na pohledových plochách dílce a nevytvářely případné nežádoucí stopy. Jako nejlepší možná varianta umístění HDR byla určena spodní plocha límce. VDR využíváme kvůli zaformování některých záskočkových spojů (obrázek 35). Zadaný výrobek (jeden rámeček) tedy obsahuje jednu hlavní a čtyři vedlejší roviny.



Obrázek 37 Určení dělicích rovin dílce

7.3 Tvarové části formy

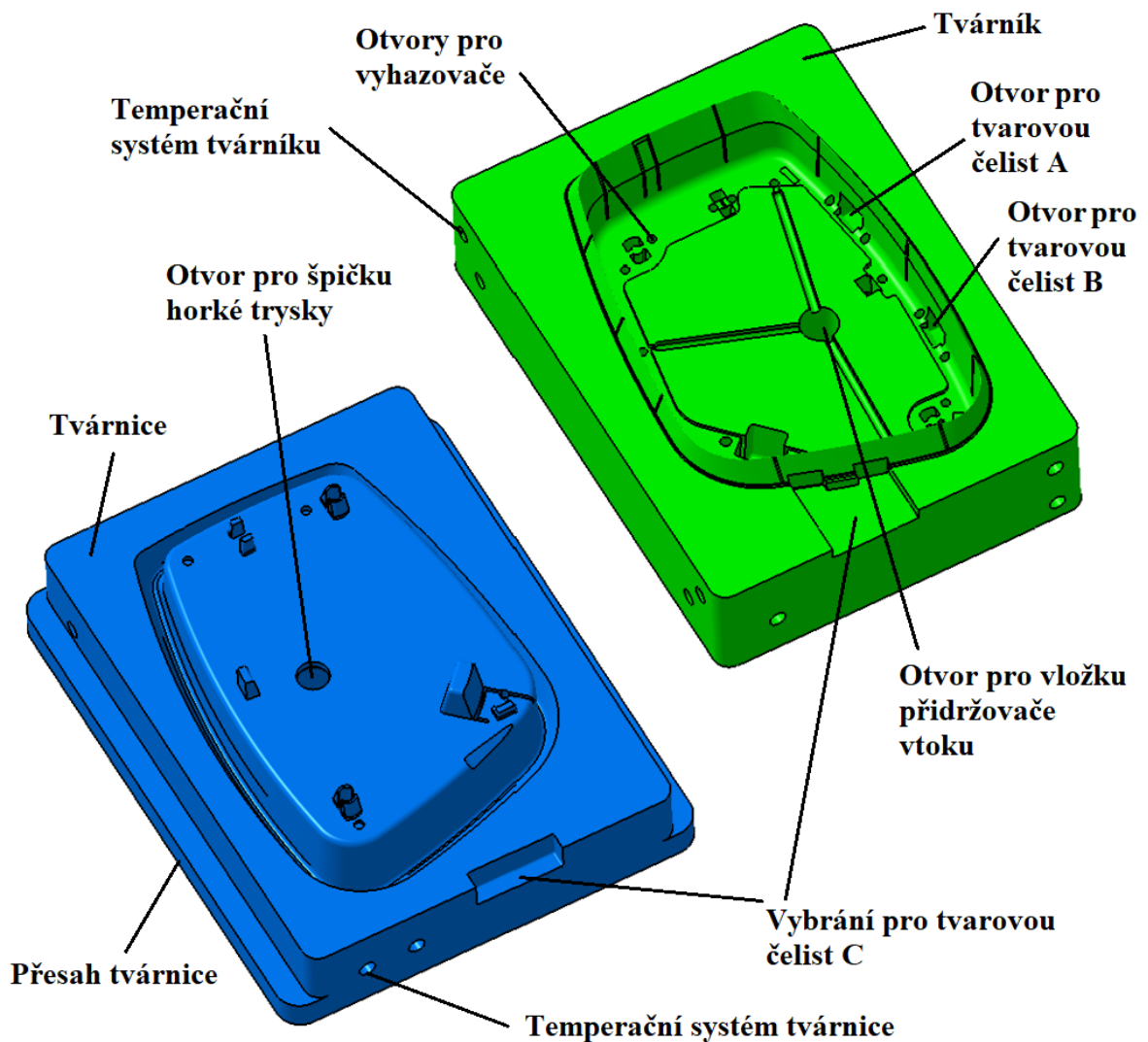
Mezi tvarové části formy se řadí všechny komponenty, které vytváří tvarovou dutinu formy, ty lze vidět na obrázku 38. Tvarová dutina udává výsledný tvar vstřikovaného dílce, její rozměry jsou zvětšeny o smrštění materiálu. Hodnoty smrštění byly získány z materiálového listu (tabulka 5) materiálu Luran S 788T. Na základě těchto hodnot byla dutina formy zvětšena oproti dílci o 0,5 %.



Obrázek 38 Tvarové části spodní dutiny

7.3.1 Tvárník a tvárnice

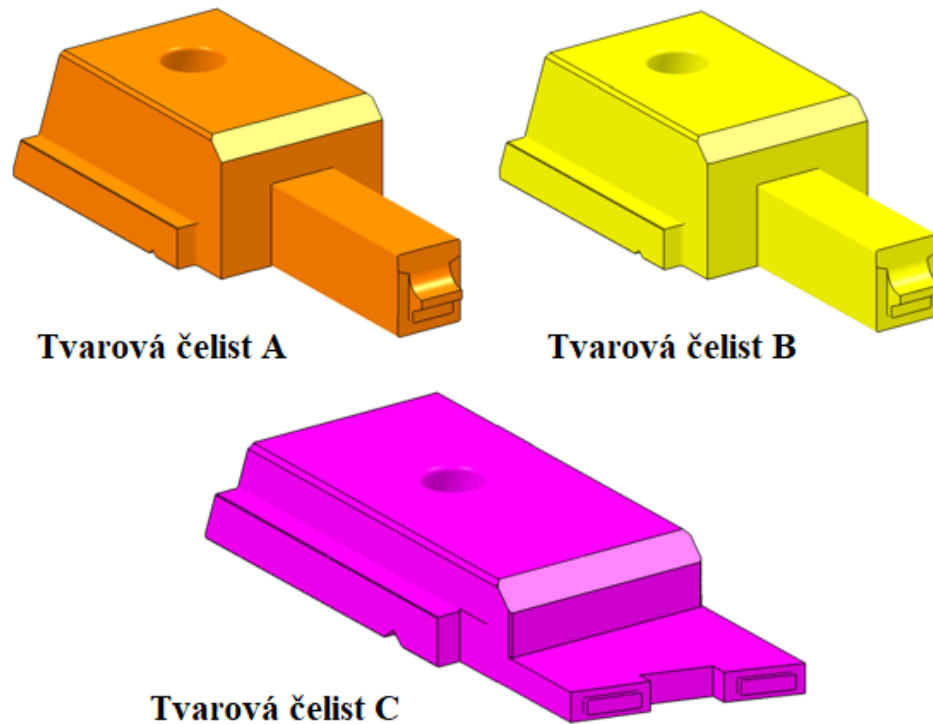
Tvárník a tvárnice (obrázek 39) jsou tvarové vložky, které se vkládají do kotevních (tvarových) desek. Těchto vložek se využívá z důvodu snadné výměny při poškození nebo opotřebení a z důvodů ekonomických. Zvolený materiál, ze kterého budou vložky vyrobeny, je nástrojová ocel 1.2343, ta je kalená a popouštěna s tvrdostí 52 HRC. Poloha vložek je zajišťována jejich tvarem, který je vybrán v tvarových deskách. Tvárnice je na zadní ploše opatřena přesahem, který zabraňuje jejímu vypadnutí. Tvárník je zajištěn proti vypadnutí čtyřmi šrouby s válcovou hlavou. V obou vložkách se nacházejí vrtané kanály, které slouží k jejich temperaci. Zároveň vložky obsahují řadu otvorů a vybrání pro vedení tvarových čelistí. V tvárníku se dále nachází kruhové otvory pro vyhazovače a kruhový otvor pro vložku přidržovače vtoku, jehož osa je totožná s osou kruhového otvoru pro špičku trysky horkého vtoku, nacházející se ve tvárnici.



Obrázek 39 Tvárnice a tvárník

7.3.2 Tvarové čelisti

Tvarové čelisti jsou součástí bočních odformování, lze je vidět na obrázku 40. Stejně jako tvárník a tvárnice, tak i tvarové čelisti jsou tepelně a mechanicky namáhané součásti, které přichází do styku s taveninou, a proto musí být vyrobeny z nástrojové oceli 1.2343 s teplem zpracováním (kalení, popuštění) o tvrdosti 52 HRC. V našem případě je tvarová a posuvná část čelisti vyráběna jako jeden díl. Na každé čelisti se nachází kruhové otvory vrtané pod úhlem 20° pro vedení šikmých kolíků. Dále se na zadní straně čelistí nachází drážky pro zajištění jejich polohy. Tvarová čelist A formuje obdélníkový otvor ležící na VDR 1, čelist B tvaruje obdélníkový otvor na VDR 2. Tvarová čelist C formuje dva obdélníkové otvory z VDR 3,4, a to díky stejnému směru otvorů a blízké vzdálenosti mezi nimi. Čelisti nejsou temperovány kvůli jejich malé ploše, která přichází do styku s taveninou.

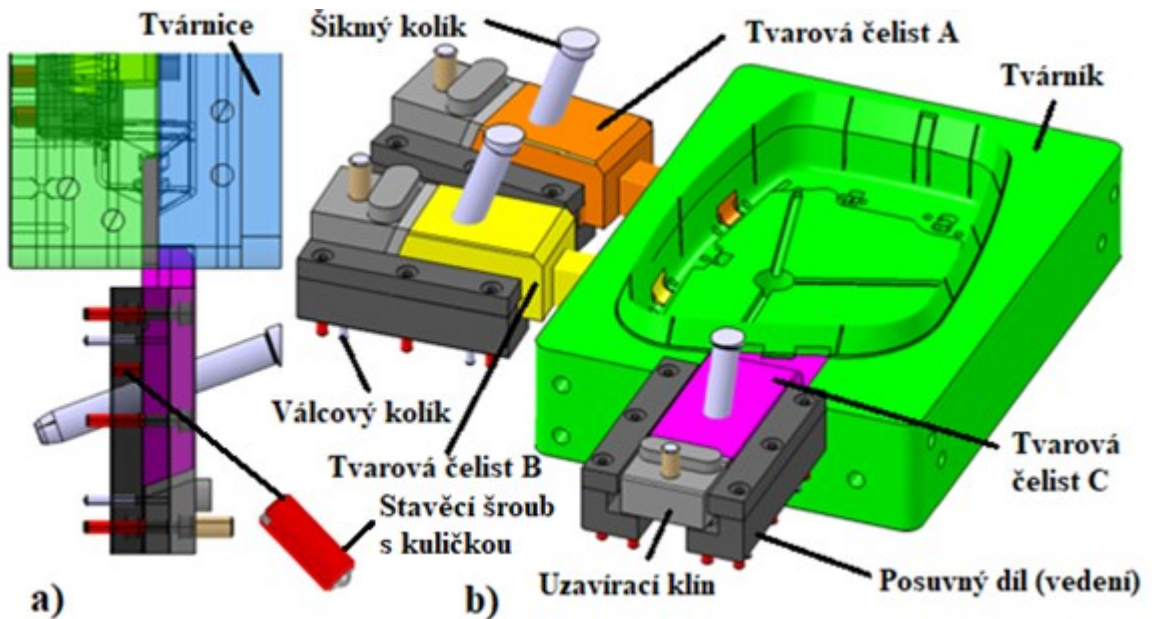


Obrázek 40 Tvarové čelisti

7.4 Posuvné boční odformování

Boční posuvné odformování (obrázek 41) slouží k vytvoření otvorů a tvarů kolmých na hlavní dělicí rovinu, které by po vyplnění dutiny materiálem nešly odformovat. V tomto případě jich bylo nutno použít k odformování čtyř obdélníkových otvorů u záskočkových spojů (kapitola 6.1). Celé systémy zajišťující pohyb tvarových čelistí byly složeny z komponent dodávaných společností Meusburger. Tvarové čelisti jsou umístěny na levé straně formy společně s posuvným vedením, šikmé kolíky a uzavírací klíny na straně pravé.

Pohyb čelistí při odformování je vyvozen šikmými kolíky E 1030, jejich sklon byl zvolen 20° a je u všech čelistí stejný, závisí na délce zdvihu čelistí a délce kolíků. Délka kolíku byla vypočtena tak, aby došlo k úplnému vysunutí čelistí mimo výrobek. Proto byla zvolena délka šikmého kolíku pro čelist A, B 120 mm a pro čelist C 100 mm. V krajní poloze při otevřené formě jsou čelisti zajištěny pomocí stavěcích šroubů s kuličkou E1250 (čelisti C) a E1252 (čelisti A, B) z důvodů větší hmotnosti čelistí (má zesílenou pružinu). Kulička zajistí, aby se čelist nemohla vrátit a nedošlo tak ke kolizi při uzavírání formy. Uzavírací klín E 3024 zajišťuje polohu čelistí v uzavřené poloze formy. Klín vymezí vůli mezi kolíkem a čelistí (0,5 mm) a zabrání případnému pohybu čelisti během vstřikování vlivem vstřikovacího tlaku. Posuvné vedení E 31300 je opatřeno povlakem DLC, pro zlepšení kluzných vlastností jeho povrchu. Jeho poloha je vymezena čtyřmi válcovými kolíky.



Obrázek 41 Posuvné boční odformování

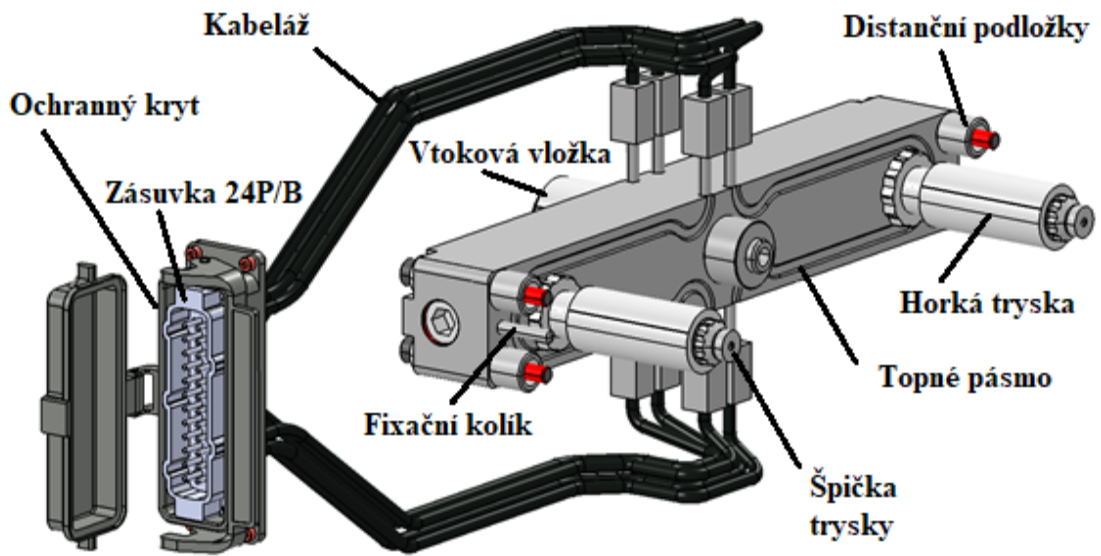
a) Boční pohled na posuvný systém čelisti C; b) Posuvné systémy a tvárník

7.5 Vtokový systém

Vtokový systém slouží k dopravě taveniny ze vstřikovací jednotky do tvarové dutiny vstřikovací formy. Při návrhu vtokového systému se musí brát v potaz tvar, zaformování a rozmístění pohledových ploch výrobku, na kterých se nesmí objevit stopa po vtokovém ústí. Z těchto důvodů byla zvolena kombinace horkého a studeného vtokového systému.

7.5.1 Horký vtokový systém

Horký vtokový systém, složený z horkých trysek, rozvodného bloku a vtokové vložky, byl nakonfigurován na webových stránkách společnosti Meusburger. Systém je dodáván její dceřinou společností PSG. Při konfiguraci bylo nutné zadat hmotnost vstřikované dávky pro jednu dutinu (trysku), která při použití zvoleného materiálu Luran S 778T činila 89 g. Dále zadat vzdálenosti jednotlivých trysek od osy formy a velikost trysek v závislosti na velikosti dílce. Výsledkem konfigurace je horký vtokový systém, který je zobrazen na obrázku 42. Na koncích horkých trysek E4010 jsou samostatně namontované špičky E400 RA s průměrem ústí 4 mm, které jsou vhodné pro kombinované vtokové systémy. Rozvodný blok ITM2 je umístěn a přišroubován v rozvodné desce a jeho poloha je zajištěna pomocí fixačního kolíků. Na vtokovou vložku E4100, opatřenou rádiusem R16, dosedá tryska vstřikovacího stroje. Kabeláž, která je vyvedena do 24 pólové zásuvky E2702 typu B s ochranným krytem E2716, slouží k napájení a regulaci horkého vtokového systému.

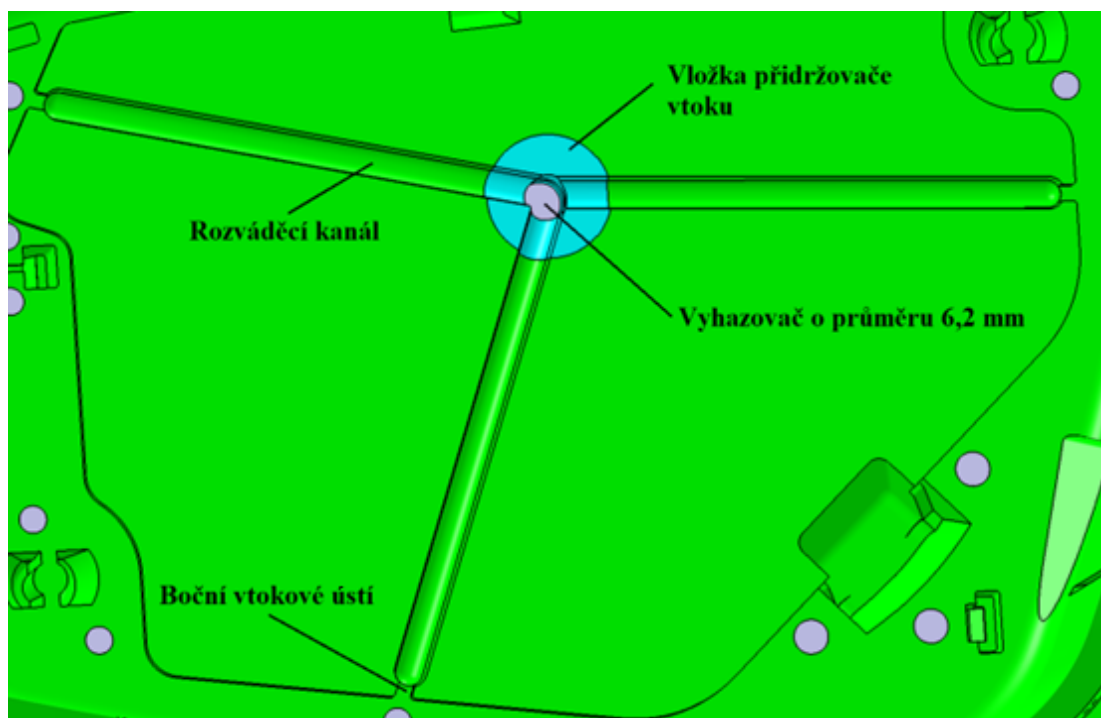


Obrázek 42 Horký vtokový systém od společnosti Meusburger

Všechny rozměry součástí horkého vtokového systému byly navrženy dodavatelem na základě zadaných parametrů. Špičky horkých trysek ústí do studených rozvodných kanálů.

7.5.2 Studený vtokový systém

Navržený studený systém byl vytvořen na levé straně formy v tvárníku a vložce přidržovače vtoku (obrázek 43). Skládá se ze tří rozváděcích kanálů a tří vtokových ústí, které byly rozmístěny tak, aby docházelo k co nejrovnoměrnějšímu plnění tvarové dutiny formy.



Obrázek 43 Studený vtokový systém

Průřez rozváděcího kanálu byl zvolen jako lichoběžníkový z důvodů uvedených v kapitole 4.3.1. Velikost průřezu byla volena s ohledem na tloušťku stěny vstřikovaného dílce. Místo, kde ústí horká tryska bylo zvoleno tak, aby se ke všem třem vtokovým ústím studeného vtokového systému dostala tavenina ve stejný čas a při stejném tlaku. Toho lze docílit, když všechny tři rozváděcí kanály budou mít stejnou délku. Na koncích rozváděcích kanálů se nachází boční vtokové ústí, jehož rozměry byly navrženy dle literatury [18]. Součástí studeného vtokového systému je i přidržovač vtoku s podkosem 5°, který zajistí, aby během otevírání formy zůstal výrobek na levé straně formy. Vložka je zhotovena z nástrojové oceli 1.2343 a je tepelně zpracována. Proti pohybu v ose musí být zajištěna přesahem a vůči pootočení dvěma výřezy po obvodu přesahu (obrázek 44). Po odformování je nutné odstranit vtokový zbytek (odseknout, uštípnout, uříznout atd.), což je odpad vzniklý ztuhnutím taveniny ve studeném vtokovém systému (obrázek 44).

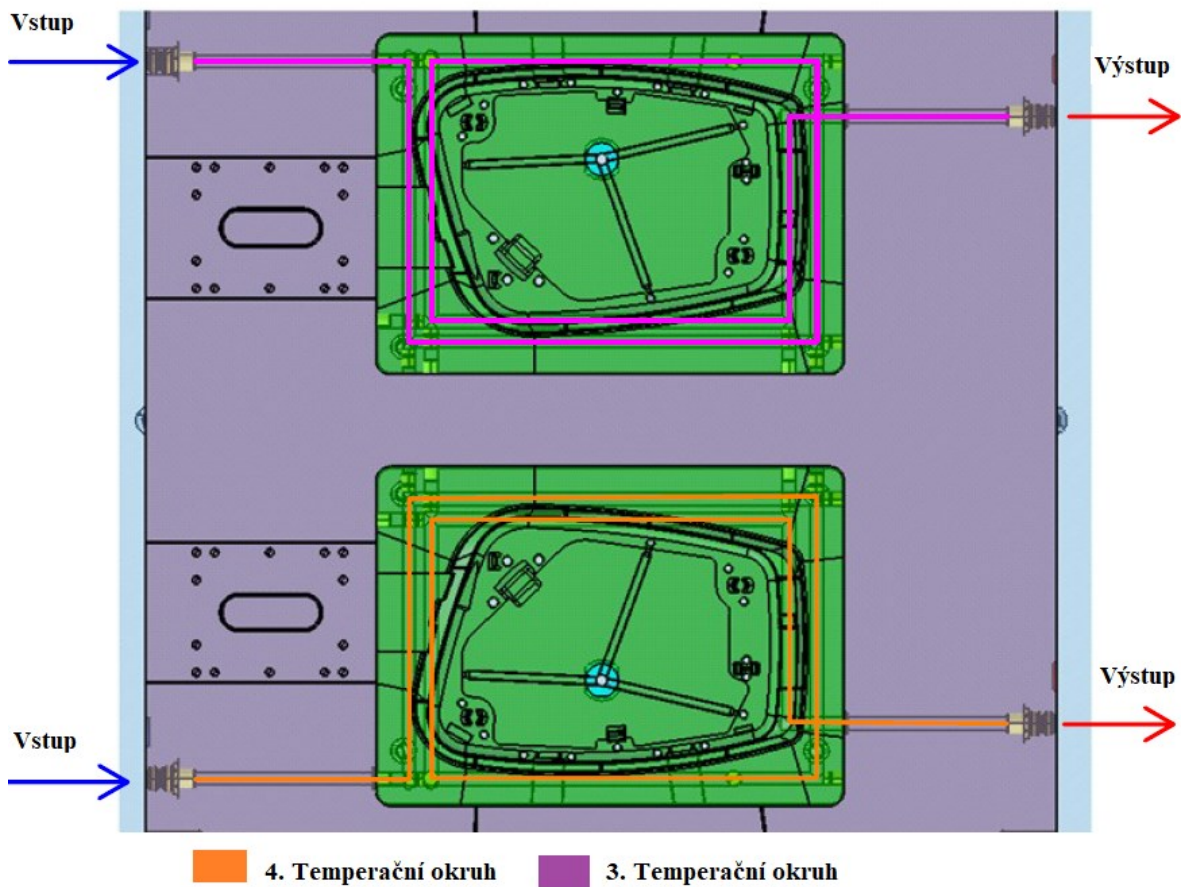


Obrázek 44 Vložka přidržovače vtoku a vtokový zbytek

7.6 Temperační systém vstřikovací formy

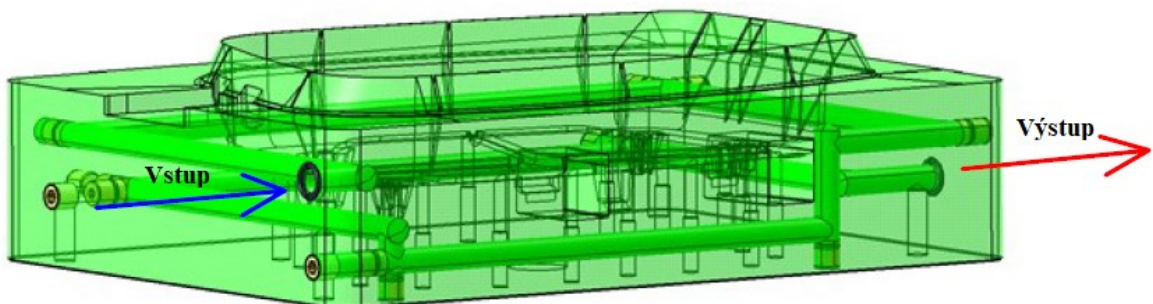
Temperační systém slouží k vytvoření a udržení konstantního teplotního pole vstřikovací formy. U navrhované formy byly vytvořeny čtyři nezávislé temperační okruhy pro splnění tohoto požadavku. Dva temperační okruhy na levé straně formy (obrázek 45), pro každý tvárník jeden a dva na pravé straně (obrázek 47), pro každou tvárnici jeden. Temperační okruhy jsou vytvořeny pomocí vrtaných kanálů mající průměr 8 mm. Průměr temperačního kanálu byl zvolen podle tvaru výrobku, tloušťky jeho hlavní stěny a na základě doporučení z literatury [8]. Poloha temperačních kanálů byla určena podle tvaru výrobku a tak, aby byla v souladu s jejich konstrukčními požadavky uvedenými v kapitole 4.2.2. Dále s ohledem na umístění vtokového systému a bočních čelistí. Jako temperační prostředek,

který bude proudit temperačními okruhy, byla zvolena voda o teplotě 60 °C. Teplota se bere jako střední hodnota z hodnot uvedených v materiálovém listě (tabulka 5).

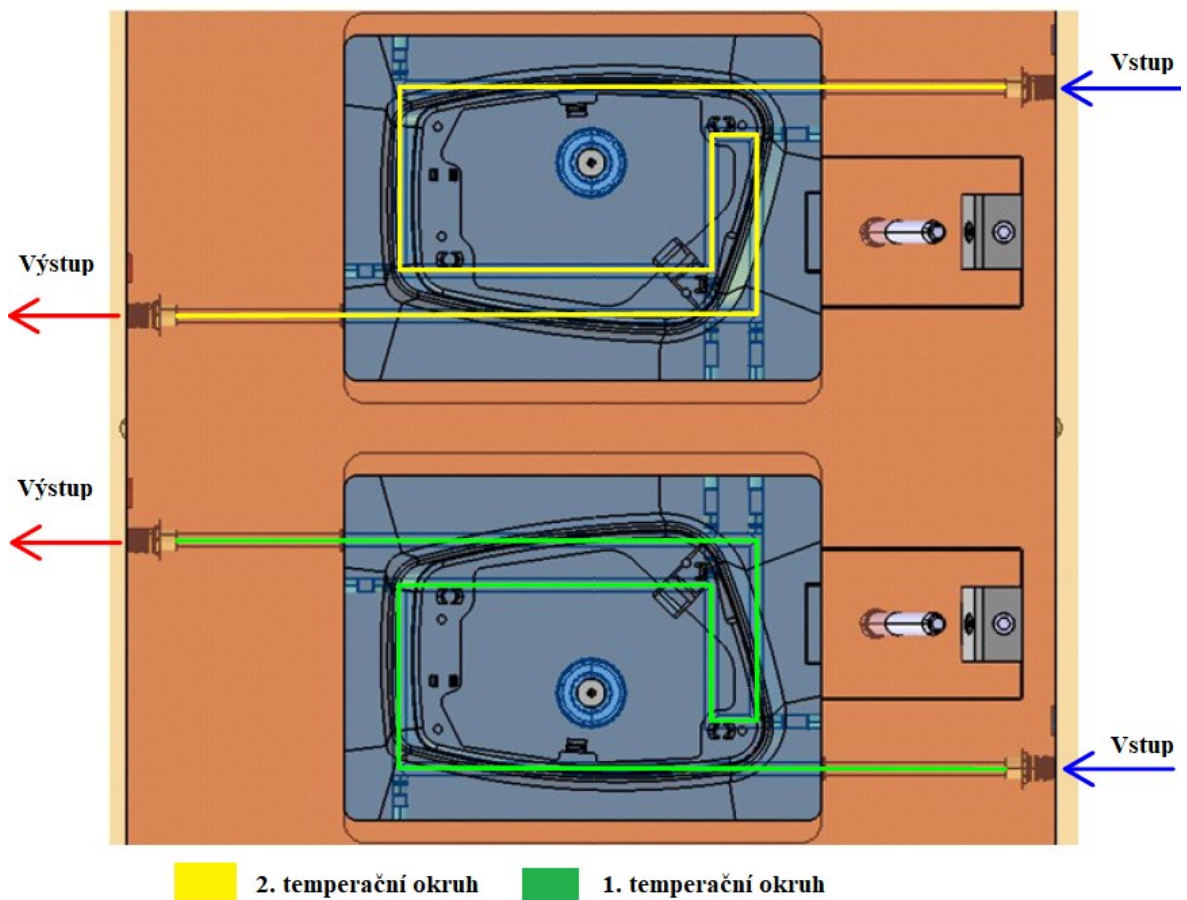


Obrázek 45 Temperace levé strany formy

Při tvorbě temperačního systému tvárníků bylo nutné vytvořit temperační kanály i z jejich zadní strany tak, aby mohly kanály vést i kolem tvarových čelistí. Na obrázku 46 lze vidět čtvrtý temperační okruh (spodního tvárníku). Temperace tvárníků probíhá od nejteplejšího místa. Při temperaci tvárnic byly vytvořeny temperační okruhy pouze v jedné rovině.



Obrázek 46 Ukázka čtvrtého temperačního okruhu



Obrázek 47 Temperace pravé strany formy

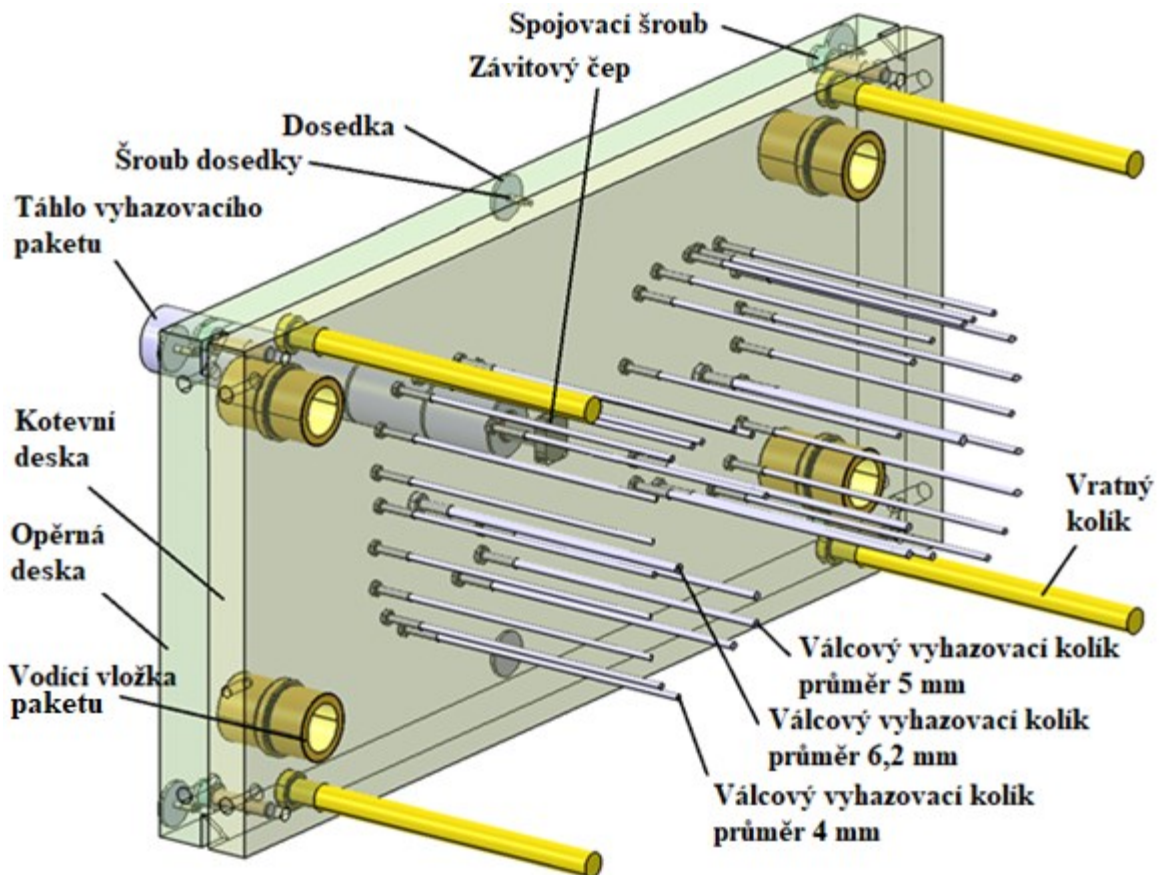
Při vytváření temperačních okruhů bylo nezbytné používat pomocných prvků, zejména vnějších Z9400 a vnitřních Z9425 záslepek, těsnících O-kroužků Z98, přípojek Z81 a identifikačních štítků E2030 označující temperační okruhy (červený výstup a modrý vstup). Prvky s označením Z jsou dodávány společností Hasco a prvky s označením E společností Meusburger (platí i dále). Přípojky byly zapuštěny do desek forem (kvůli jejich bezpečnosti), slouží k připojení formy přes hadice k temperačnímu zařízení.



Obrázek 48 Pomocné prvky temperačních okruhů

7.7 Vyhazovací systém

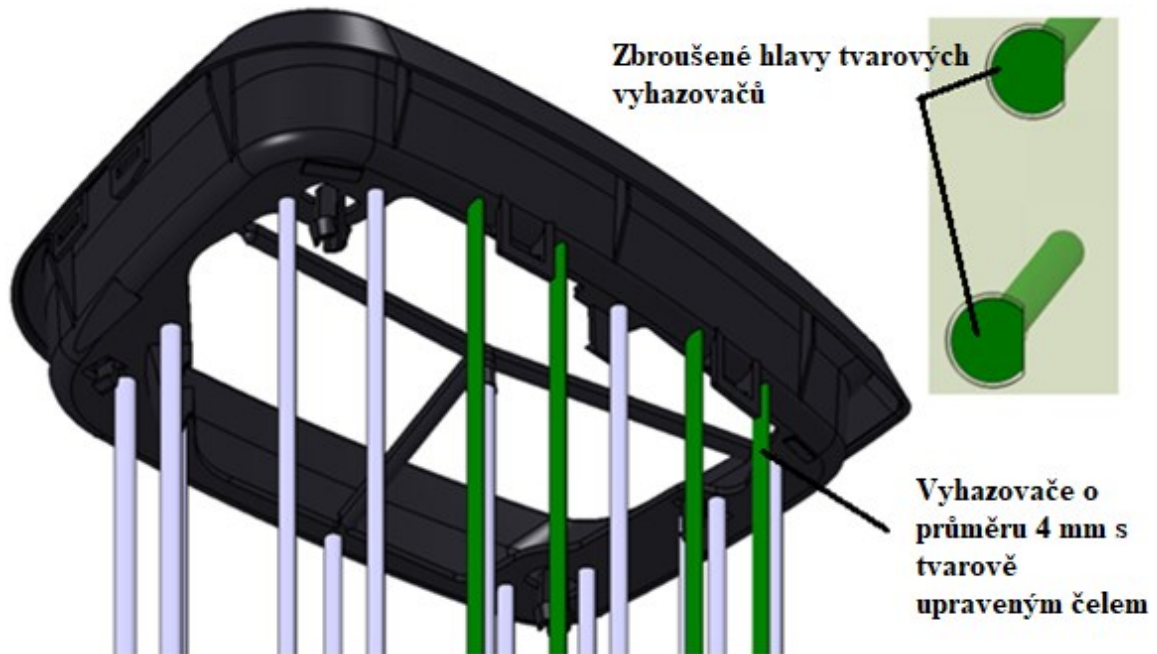
Cílem vyhazovacího systému je vyjmutí výstřiků z tvarových dutin vstřikovací formy. U navrhované formy byl použit mechanický vyhazovací systém, který proces vyhazování provádí pomocí vyhazovacích kolíků. Pro správný chod vyhazovacího systému je nezbytné, aby se výstřiky po otevření formy nacházely na její levé straně. To zajišťuje přídržovač vtoku.



Obrázek 49 Vyhazovací paket

Vyhazovací paket, který se nachází na obrázek 49, se skládá z kotevní a opěrné vyhazovací desky, spojené šrouby s válcovou hlavou, ve které jsou uloženy válcové vyhazovací kolíky Z40. Dva o průměru 6,2 mm, což jsou vyhazovače přídržovačů vtoku, šest vyhazovačů o průměru 5 mm. Nejvíce vyhazovačů, tedy 26, má průměr 4 mm, z nichž 8 (zeleně zvýrazněny na obrázku 50) má tvarově upravena čela a jsou zajištěny proti pootočení. Dále se ve vyhazovacím paketu nachází samomazné vodící vložky Z1300, které společně s vodícími čepy Z0100 (obrázek 45) zajišťují vedení paketu. Dosedky se používají pro zmenšení dosedací plochy vyhazovacího paketu. Vratných kolíků bylo použito z bezpečnostních důvodů, kdyby nedošlo k vrácení vyhazovacího paketu na výchozí pozici,

tak kolíky zajistí, aby nemohlo dojít k možnému poškození vyhazovačů nebo tvarových dutin při uzavírání formy. Pohyb vyhazovacího paketu zajišťuje táhlo E1050, které je spojeno se závitovým čepem E1514, ten je uložen v opěrné desce.



Obrázek 50 Rozmístění vyhazovačů a ukázka zajištění proti pootočení

Vyhazovače byly umístěny především v místech, kde by mohlo dojít k případným problémům s odformování, to jsou například místa kolem složitých tvarových prvků (prvky záskočkových spojů). Vyhazovače, které jsou dodávány společností Hasco, je třeba zkrátit na požadovanou délku. Vyhazovače o průměru 6,2 mm na délku 196,6 mm a vyhazovače o průměru 4 a 5 mm na délku 205,7 mm.

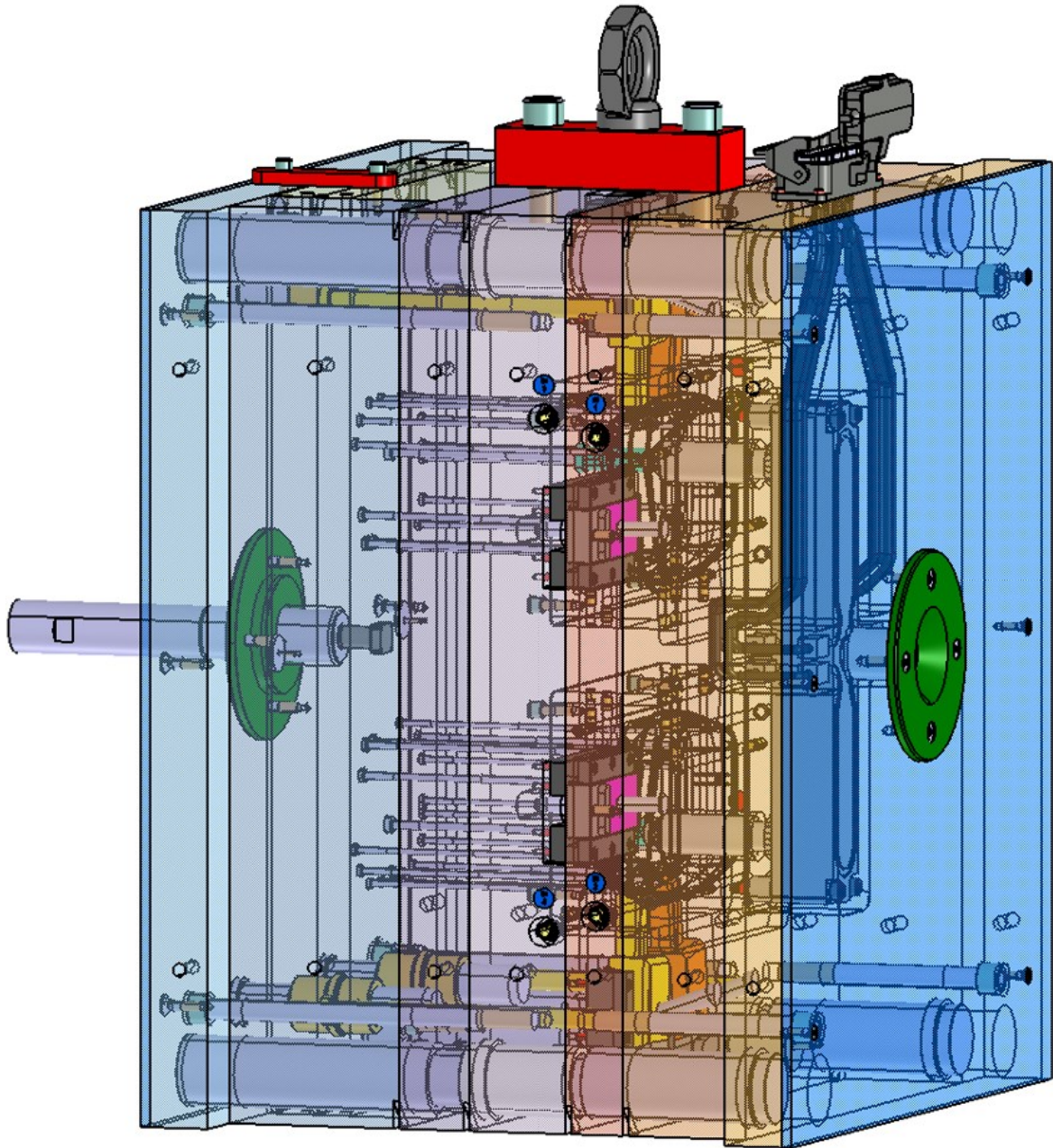
7.8 Odvzdušnění vstřikovací formy

Vzduch, který je uzavřen v tvarové dutině během vstřikování taveniny může způsobit řadu vad na výrobku, které jsou uvedeny v kapitole 4.5. U této formy je předpokládáno, že vzduch, který se nachází v dutině formy před vstřikováním taveniny, unikne netěsnostmi dělicí roviny a vůlemi tvarových čelistí a vyhazovacích kolíky.

7.9 Nosný rám vstřikovací formy

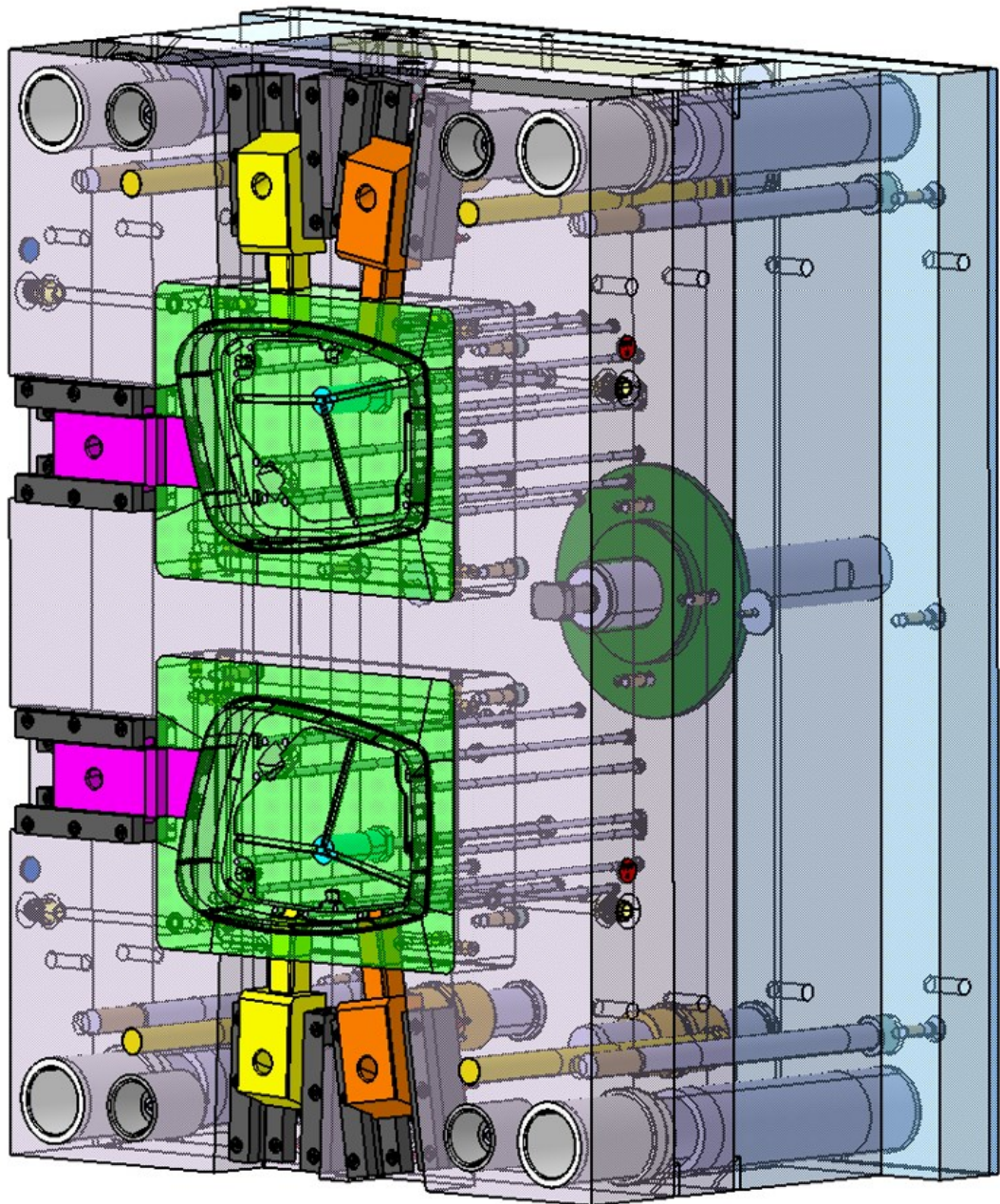
Rám formy se skládá z jednotlivých desek a vodících, spojovacích a středících dílů (kapitola 4). Nosný rám (desky) formy byl zvolen tak, aby odpovídal standardnímu uspořádání 5 od společnosti Hasco. Rozměry rámu byly voleny na základě tvaru a zaformování výrobku. Největší rozměry rámu jsou 520 x 596 x 696 mm (v x š x d) a materiál

všech desek rámu je 1.0060 (kromě izolačních). Celý rám, potažmo celou vstřikovací formu (obrázek 51), lze rozdělit na tři části, a to na vyhazovací paket, levou (pohyblivou) a pravou (pevnou) část.



Obrázek 51 Rám vstřikovací formy

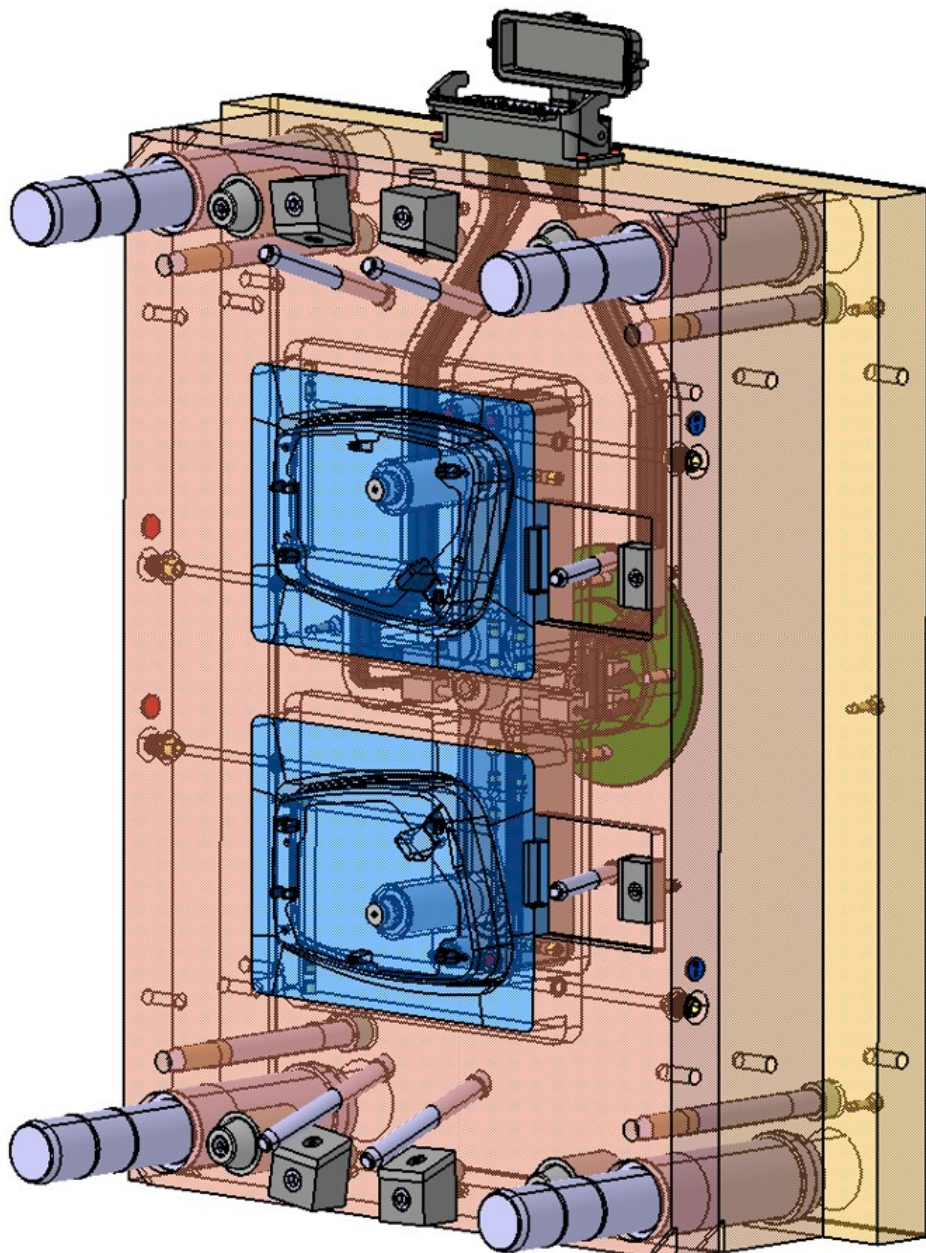
Levá část (obrázek 52) rámu se skládá z kotevní desky, na kterou doléhá opěrná deska, dále z rozpěrných desek a upínací desky pravé, na které je připevněna pomocí šroubků se zápusťnou hlavou izolační deska o tloušťce 8 mm, stejně tak tomu je i na pravé straně formy. Funkcí těchto izolačních desek je zabránit vedení tepla z formy do upínacích desek stroje. Materiálem izolačních desek je tvrzená pryskyřice vyztužená skelnými vlákny.



Obrázek 52 Levá část formy

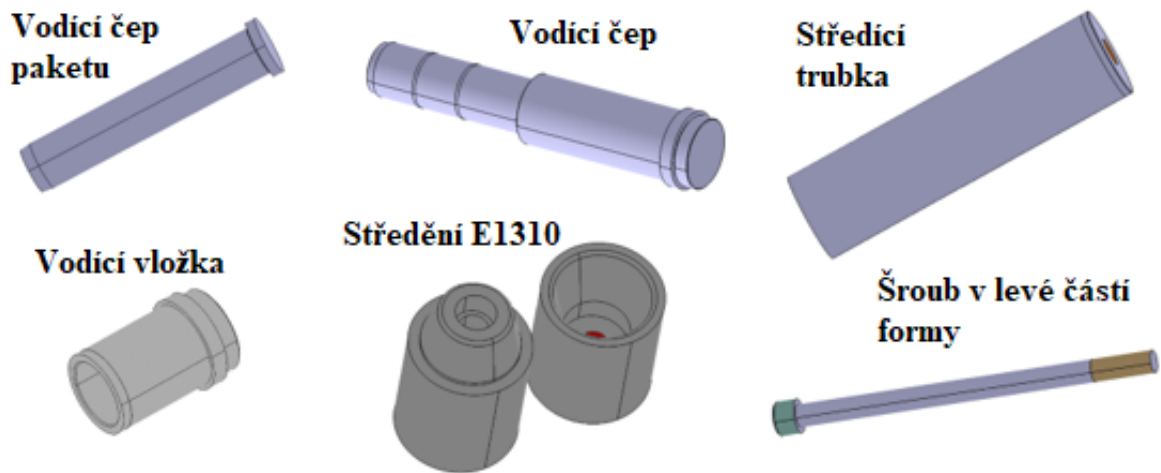
Na pravé straně (obrázek 53) formy se nachází kotevní deska pravá, ve které jsou umístěny tvárnice. Za ní je v rozvodné desce uložen rozvodný blok horkého vtokového systému. Kolem rozvodného bloku je v rozvodné desce vybraný materiál, toto vybrání vytvoří volný prostor sloužící jako tepelná izolace rozvodného bloku. Poslední deskou na pravé straně je upínací deska pravá.

Forma je upnuta ke vstřikovacímu stroji přes upínací desky pomocí upínek. Výřezy v rozích jednotlivých desek formy slouží k usnadnění její demontáže. Závity rozmístěné po boku desek jsou určeny k manipulaci během montáže, z důvodu velké hmotnosti jednotlivých desek.



Obrázek 53 Pravá část formy

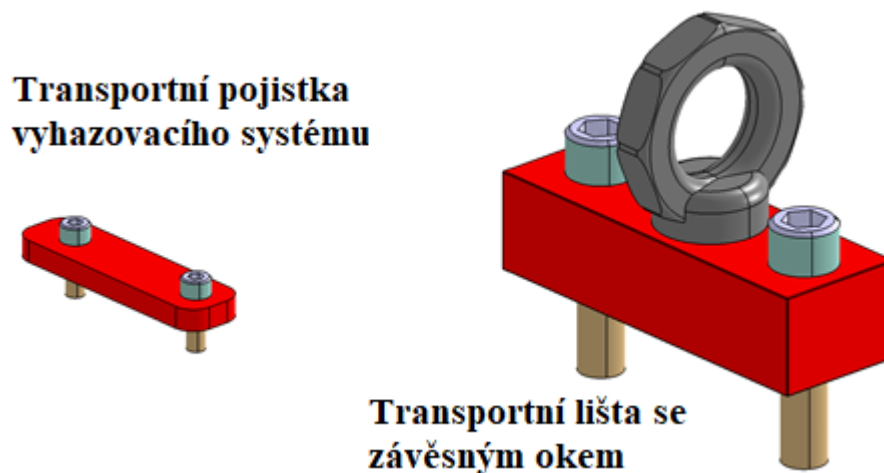
Veškeré spojovací a vodící prvky rámu formy jsou dodány společností Hasco, byly zvoleny s ohledem na velikost a potřeby nosného rámu. Spojovací prvky (šrouby Z32) spojují jednotlivé desky v kompaktní celky (pravá a levá část formy). Mezi vodící prvky rámu se řadí vodící vložky Z10 a vodící čepy Z00, které mimo vedení formy zajišťují i její středění. Dalšími středící prvky jsou středící trubky Z20, nacházející se v levé části formy (obrázek 52), kvůli zajištění přesné polohy vyhazovačů. Forma byla ještě doplněna středěním E1310 v dělicí rovině od firmy Meusburger. Vedení vyhazovacího systému je popsáno v kapitole 7.7. Forma je na vstřikovacím stroji vystředěna pomocí středících kroužků o průměru 160 mm (musí být shodný s průměrem otvoru na stroji), které jsou na levé E1372 i pravé E1360 straně formy. Některé zmíněné prvky se nacházejí na obrázku 54.



Obrázek 54 Spojovací, vodící a středící prvky nosného rámu

7.10 Transport vstřikovací formy

Vstřikovací forma má poměrně velké rozměry a nemalou hmotnost. Její hmotnost je dle softwaru CATIA 2 095 kg. Proto je nutné vstřikovací formu vybavit transportními prvky.



Obrázek 55 Transportní prvky

Transportní pojistka vyhadzovacího systému slouží k zamezení svévolnému pohybu vyhadzovacího paketu. Toho se využívá hlavně při montáži, když se manipuluje pouze s levou částí formy. Pojistka je spojena s formou pomocí šroubků M10 s válcovou hlavou. V transportní liště je vytvořen závit M24 pro závěsné oko E1271 s maximální nosností 8 000 Kg. Závit je v liště vytvořen tak, aby se jeho osa protínala s těžištěm formy. Lišta je ke vstřikovací formě připevněna pomocí pevnostních šroubů opatřených závitem M20. Další důležitou funkcí transportní lišty je, že během transportu uzamkne dělicí rovinu. Po upnutí formy na vstřikovací stroj je proto nezbytné veškeré transportní prvky neprodleně odmontovat.

8 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Vstřikovací stoj byl volen na základě navrženého výrobku a vstřikovací formy. Rozhodujícími parametry pro volbu vstřikovacího stroje jsou největší rozměry nosného rámu formy (520 x 596 x 696 mm), objem výstřiků (výrobky + vtokové zbytky) 166,2 cm³, potřebný zdvih vyhazovačů 60 mm a průměr středícího kroužku 160 mm. Na základě těchto parametrů byl zvolen vstřikovací stoj Arburg Allrounder 720 S.



Obrázek 56 Vstřikovací stoj Arburg Allrounder 720 S [27]

Vybrané technické parametry zvoleného vstřikovacího stroje jsou uvedeny v tabulce 6. Celý technický list vstřikovacího stroje se nachází v přílohách této práce.

Tabulka 6 Vybrané parametry zvoleného vstřikovacího stroje [27]

Parametry vstřikovacího stroje	Hodnota stroje	Požadovaná hodnota	Jednotka
Vzdálenost mezi vodícími sloupky	720x720	596x696	mm
Maximální – minimální výška formy	700–300	520	mm
Maximální objem vstřikované taveniny	558	166,2	cm ³
Maximální zdvih vyhazovačů	250	60	mm
Průměr středícího kroužku	160	160	mm
Průměr šneku ve vstřikovací jednotce	55		mm
Poměr délky a průměru šneku (L/D)	22		-
Maximální vyhazovací síla	100		kN
Maximální uzavírací síla	3200		kN

ZÁVĚR

Předmětem této bakalářské práce bylo provést konstrukci plastového dílce částí automobilu a navrhnout nástroj pro jeho výrobu. Práce byla rozdělena do dvou částí, a to na teoretickou a praktickou.

V teoretické části byl vytvořen základní přehled popisující oblasti související s předmětem bakalářské práce. Mezi popisované oblasti patří polymerní materiály, technologie vstřikování, konstrukce plastových dílců vyráběných procesem vstřikování a konstrukce vstřikovacích forem. Informace uvedené v teoretické části sloužily jako základní stavební kameny při tvorbě praktické části této závěrečné práce.

Jako zvolený plastový dílec, resp. dílce, části automobilů byly rámečky vnějších zpětných zrcátek, které se nachází u vozů značky Škoda Citigo. Z důvodu rozměrové a materiálové shody byly rámečky konstruovány jako jeden. V prvním kroku praktické části byly vytvořeny 3D modely dílců dle pravidel a zásad konstrukce vstřikovaných plastových výrobků. Dílce budou vyráběny z polymerního materiálu ASA s obchodním označením Luran S 778T.

Vstřikovací forma, určená pro výrobu navržených dílů, musí být dvojnásobná, kvůli výrobě obou dílů na jednou. Jednotlivé tvarové dutiny bylo zapotřebí vytvořit dvěma tvarovými vložkami a třemi tvarovými čelistmi. Tyto čelisti byly použity k vytvoření otvorů nacházejících se kolmo na hlavní dělicí rovinu. Dalším krokem byl návrh vtokového systému, který je tvořen horkým vtokovým systémem, jehož špičky trysek ústí do studených kanálů. Temperace formy byla řešena pomocí čtyř samostatně zapojených temperančních kanálů, za účelem vytvoření rovnoměrného teplotního pole vstřikovací formy. Vyhazovací systém byl navrhován s ohledem na tvar výrobku a koncipován tak, aby došlo k bezproblémovému vyhození výrobků z dutiny formy. Velikost nosného rámu vstřikovací formy o rozměrech 520 x 596 x 696 mm, byla určena na základě velikosti a tvaru výrobku. Celková hmotnost formy podle softwaru CATIA V5R19, ve které byla jak vstřikovací forma, tak díly navrhovány, činí 2095 Kg, proto bylo nezbytné použití transportních prvků. Při návrhu vstřikovací formy bylo hojně využíváno typizovaných součástí od společnosti Hasco a Meusburger. Jako vstřikovací stroj, byl na základě parametrů formy, zvolen Arburg Allrounder 720 S.

Pomocí 3D modelu vstřikovací formy byla vytvořena její 2D výkresová dokumentace doplněná soupiskou součástí neboli kusovníkem.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] OTŘÍSAL, Pavel a Dana VAŇKOVÁ. *Vybrané kapitoly chemie a technologie polymerů*. Brno: Tribun EU, 2019. 215 s. Knihovnicka.cz. ISBN 978-80-263-1537-7.
- [2] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 3., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2011. 276 s. ISBN 978-80-7080-788-0
- [3] BĚHÁLEK, Luboš. *Polymery* [online]. Code Creator s.r.o., 2016 [cit. 2021-10-20]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Cover.html>
- [4] BONTEN, Christian. *Plastics technology: introduction and fundamentals*. Munich: Hanser Publishers, 2019. xviii, 478 s. ISBN 978-1-56990-767-2
- [5] CANEVAROLO, Sebastião V. *Polymer science: a textbook for engineers and technologists*. Munich: Hanser Publishers. 2020. xxiv, 369 s. ISBN 978-1-56990-725-2.
- [6] OSSWALD, Tim A. a Georg MENGES. *Material science of polymers for engineers*. 3rd ed. Cincinnati: Hanser Publications, 2012. xix, 595 s. ISBN 978-1-56990-514-2.
- [7] OSSWALD, Tim A., E. BAUR a Natalie RUDOLPH. *Plastics handbook: the resource for plastics engineers*. 5th edition. Munich: Hanser Publisher, 2019. xxi, 680 s. ISBN 978-1-56990-559-3.
- [8] ŘEHULKA, Zdeněk. *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů: polymery*. 2. vydání Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. 230, 28 s. ISBN 978-80-7204-919-6.
- [9] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. Praha: BEN – technická literatura, 2009. 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [10] OSSWALD, Tim A. *Understanding Polymer Processing: Processes and Governing Equations*. Mnichov: Hanser Publications, 2017. ISBN 978-1-56990-647-7.
- [11] SEIDL, Martin. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů* [online]. Code Creator s.r.o., 2016 [cit. 2021-11-26]. ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z <https://publi.cz/books/181/01.html>

- [12] LERMA VALERO, José R. *Plastics injection molding: scientific molding, recommendations, and best practices*. Munich: Hanser publications, 2020. xxiii, 400 s. ISBN 978-1-56990-689-7.
- [13] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, 2018. 455 s. ISBN 978-80-271-0614-1.
- [14] KERKSTRA, Randy a Steve BRAMMER. *Injection molding advanced troubleshooting guide*. Munich: Hanser Publishers, 2018. xx, 491 s. ISBN 978-1-56990-645-3.
- [15] Injection-Molding Problems in Engineering Thermoplastics: Causes and Solutions. BASF The Chemical Company [online] 2009 [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: https://documents.basf.com/1fdf0b89ed395774ae8ea1db681ad9af7ec5c7f0/brochure_injection_molding_problems_en.pdf
- [16] MÉZL, M. *Základy technologie vstrekovania plastov*. Olomouc: Mapro spol. s.r.o., 2012. 302 s. ISBN 978-80-970749-7-5.
- [17] ŽÁK, Ladislav. *Vstřikovací formy* [online] [2008] [cit. 2022-01-03]. Dostupné z: https://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cviceni/htn_tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy_zak.pdf
- [18] BOBEK, Jíří. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. Code Creator, s.r.o., 2016 [cit.2021-12-15]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/01.html>
- [19] MALLOY, Robert A. *Plastic part design for injection molding: an introduction*. 2nd ed. Munich: Hanser Publishers, 2010. xiv, 549 s. ISBN 978-3-446-40468-7.
- [20] KAZMER, David. *Injection mold design engineering*. 2nd edition. Munich: Hanser, 2016. xxiv, 529 s. ISBN 978-1-56990-570-8.
- [21] REES, Herbert. *Mold engineering*. 2nd edition. Munich: Hanser, 2002. 688 s. ISBN 3-446-21659-6
- [22] HYNEK, Martin a kolektiv. *Studené a živé vtokové systémy* [online]. 2013 [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-verifin/OPVK_PU/KA_05_publikace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf

- [23] HASCO Hasenclever GmbH + Co KG [online], © 2021. [cit. 2022-01-25]. Dostupné z: <https://www.hasco.com/cs/Produktov%C3%BD-katalog/Z/c/PIM03>
- [24] MEUSBURGER Georg GmbH & Co KG [online], © 2022. [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://www.meusburger.com/CS/CZ/produkty>
- [25] SUPER – PARTS [online], © 2022. [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: https://www.super-parts.cz/1s1857502am-prave-zrcatko-citigo--up/?gclid=CjwKCAjwsJ6TBhAIEiwAfl4TWLI6f_2wRnA4TffbUav7-WLtrQZ3VTi3QEpnXAzrS165DmDs6jOxJhoCo8MQAvD_BwE
- [26] INEOS Styrolution Group [online], © 2022. [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: https://www.ineos-styrolution.com/Product/Luran-S_Luran-S-778T_SKU400700190196.html
- [27] ARBURG spol. s.r.o. [online]. © 2022. [cit. 2022-4-27]. Dostupné z: <https://www.arburg.com/cs/cz/spektrum-sluzeb/vstrikovani/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CAD	Počítačem podporované konstruování
N	Chemická značka vodíku
O	Chemická značka kyslíku
Cl	Chemická značka chloru
F	Chemická značka fluoru
Si	Chemická značka křemíku
PE	Polyethylen
n	Polymerační stupeň
PS	Polystyren
g/mol	Jednotka molární hmotnosti
T _g	Teplota skelného přechodu
°C	Jednotka teploty, stupeň Celsia
T _f	Teplota tečení polymerů
T _m	Teplota tání polymerů
hPS	Houževnatý polystyren
SAN	Styren-akrylonitril
ABS	Akrylonitril-butadien styren
PC/ABS	Polymerní směs polykarbonátu a akrylonitril-butadien styrenu
ABS/PA	Polymerní směs akrylonitril-butadien styrenu a polyamidu
ASA	Akrylonitril-styren akrylát
ASA/PC	Polymerní směs akrylonitril-styren akrylátu a polyamidu
UV	Ultrafialové záření
mm	Jednotka délky, milimetr
%	Procento
T	Tloušťka prvku

R	Poloměr zaoblení
R/T	Poměr tloušťky prvku a poloměru zaoblení
f	Průhyb
°	Jednotka úhlu
h	Tloušťka ramene
l	Délka ramene
E	Youngův modul pružnosti v tahu
ε	Poměrné prodloužení
PMMA	Polymethylmetakrylát
LDPE	Polyethylen s nízkou hustotou
HDPE	Polyethylen s vysokou hustotou
PP	Polypropylen
PA	Polyamid
POM	Polyoxymethylen
PC	Polykarbonát
PBT	Polybutylentereftalát
Cu	Chemická značka mědi
Be	Chemická značka beryllium
SVS	Studený vtokový systém
VVS	Vyhřívaný vtokový systém
3D	Trojrozměrný
2D	Dvourozměrný
kg	Jednotka hmotnosti, kilogram
cm ³	Jednotka objemu, centimetry krychlové
kN	Jednotka síly, kilonewton
M	Značka metrického závitu

HDR	Hlavní dělicí rovina
VDR	Vedlejší dělicí rovina
HRC	Rockwellova stupnice tvrdosti
DLC	Způsob povlakování na bázi uhlíku
Ød	Průměr temperančních kanálů
s	Minimální vzdálenost temperančních kanálů od dutiny formy
t	Vzdálenost temperančních kanálů
b	Minimální vzdálenost temperančních kanálů
-	Bezrozměrná jednotka
MPa	Jednotka tlaku, megapascal
kg/m ³	Jednotka hustoty, kilogram na metr krychlový
h	Jednotka času, hodina

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Rozdělení polymerů dle původu a chemického složení [1]	11
Obrázek 2 Monomer polyethylenu ethen [6].....	12
Obrázek 3 Makromolekula polyethylenu [6].....	12
Obrázek 4 Typy makromolekulárních řetězců [2].....	13
Obrázek 5 Rozdělení polymerů [1].....	13
Obrázek 6 Struktura homopolymeru [4].....	14
Obrázek 7 Struktura různých druhů kopolymerů [4].....	15
Obrázek 8 Distribuční křivka [4].....	16
Obrázek 9 Vstřikovací stroj [4]	19
Obrázek 10 Vstřikovací jednotka [11].....	20
Obrázek 11 Polohy zpětného ventilu [4]	20
Obrázek 12 Vstřikovací cyklus [4]	21
Obrázek 13 Nedostříknuté výrobky [14]	23
Obrázek 14 Ukázky přetoků na výrobcích [15].....	24
Obrázek 15 Propadliny [15].....	24
Obrázek 16 Vzduchové bubliny ve výrobcích [12][15]	25
Obrázek 17 Studené spoje [12].....	25
Obrázek 18 Spálená místa [15].....	26
Obrázek 19 Fontánový tok [4].....	27
Obrázek 20 Závislost koncentrace napětí na poměru R/T [12]	29
Obrázek 21 Ukázka konstrukčních řešení při tvorbě nálitků [19].....	30
Obrázek 22 Záskočkové spojení s výpočtem dovoleného průhybu [8].....	30
Obrázek 23 Příklad dvoudeskové dvounásobné formy [20].....	32
Obrázek 24 Schéma SVS ve vstřikovací formě [22]	37
Obrázek 25 Příklady rozmístění rozváděcích kanálů [22].....	38
Obrázek 26 Druhy bodového ústí [22]	39
Obrázek 27 Banánový vtok a jeho odformování [22].....	40
Obrázek 28 Horký vtokový systém [20].....	40
Obrázek 29 Vyhazovací kolíky [23].....	42
Obrázek 30 Trubkový vyhazovač [23]	42
Obrázek 31 Pravé zpětné zrcátko automobilu Škoda Citigo [25].....	47
Obrázek 32 Levý rámeček vnějšího zpětného zrcátka.....	48
Obrázek 33 Pravý rámeček vnějšího zpětného zrcátka	48
Obrázek 34 Rozdělení rámečku na pohledové a nepohledové plochy	49

Obrázek 35 Záskočkové spoje	50
Obrázek 36 Rozvržení dutin vstřikovací formy.....	52
Obrázek 37 Určení dělicích rovin dílce	53
Obrázek 38 Tvarové části spodní dutiny	54
Obrázek 39 Tvárnice a tvárník.....	55
Obrázek 40 Tvarové čelisti	56
Obrázek 41 Posuvné boční odformování.....	57
Obrázek 42 Horký vtokový systém od společnosti Meusburger	58
Obrázek 43 Studený vtokový systém.....	58
Obrázek 44 Vložka přidržovače vtoku a vtokový zbytek.....	59
Obrázek 45 Temperace levé strany formy	60
Obrázek 46 Ukázka čtvrtého temperančního okruhu	60
Obrázek 47 Temperace pravé strany formy	61
Obrázek 48 Pomocné prvky temperančních okruhů.....	61
Obrázek 49 Vyhazovací paket	62
Obrázek 50 Rozmístění vyhazovačů a ukázka zajištění proti pootočení.....	63
Obrázek 51 Rám vstřikovací formy	64
Obrázek 52 Levá část formy	65
Obrázek 53 Pravá část formy	66
Obrázek 54 Spojovací, vodící a středící prvky nosného rámu	67
Obrázek 55 Transportní prvky	67
Obrázek 56 Vstřikovací stoj Arburg Allrounder 720 S [27]	68

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Hodnoty dovoleného prodloužení ε [12]	31
Tabulka 2 Orientační teploty během vstřikování [18]	35
Tabulka 3 Doporučené minimální vzdálenosti kanálů od dutiny formy [17]	36
Tabulka 4 Velikosti odvzdušňovacích kanálů dle polymeru [8]	44
Tabulka 5 Vybrané parametry materiálu Luran S 778T [26]	51
Tabulka 6 Vybrané parametry zvoleného vstřikovacího stroje [27]	68

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Materiálový list použitého polymeru Luran S 778T
- P II Technický list vstřikovacího stroje Allrounder S 720 od společnosti Arburg
- P III Výkresová dokumentace skládající se z:
- Hlavního pohledu na sestavu formy.
 - 2D řezů vstřikovací formou (A-A, B-B, C-C).
 - Kusovníku součástí.
- P IV CD obsahující následující soubory:
- Bakalářskou práci v PDF/A.
 - Modely dílců (rámeček levý a pravý).
 - Model navrhované vstřikovací formy.
 - Celou výkresovou dokumentaci.

PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST POUŽITÉHO POLYMERU

LURAN S 778T



LURAN S 778T

Acrylonitrile Styrene Acrylate (ASA)

TECHNICAL
DATASHEET

DESCRIPTION

Luran® S 778T is an injection molding grade with enhanced heat resistance and best chemical resistance among the ASA grades.

FEATURES

- High softening temperature
- High chemical resistance
- Enhanced stiffness
- Enhanced UV Stabilization Available

APPLICATIONS

- Radiator grills
- Mirror housings
- Household devices

Property, Test Condition	Standard	Unit	Values
Rheological Properties			
Melt Volume Rate 220 °C/10 kg	ISO 1133	cm ³ /10 min	5
Mechanical Properties			
Tensile Modulus	ISO 527	MPa	2500
Tensile Stress at Yield, 23 °C	ISO 527	MPa	54
Tensile Strain at Yield, 23 °C	ISO 527	%	3.4
Nominal Strain at Break, 23 °C	ISO 527	%	8
Tensile Creep Modulus (1000h)	ISO 899	MPa	1250
Flexural Strength, 23 °C	ISO 178	MPa	80
Charpy Notched Impact Strength, 23° C	ISO 179/1eA	kJ/m ²	15
Charpy Notched Impact Strength, -30 °C	ISO 179/1eA	kJ/m ²	4
Hardness, Ball Indentation	ISO 2039-1	MPa	85
Thermal Properties			
Vicat Softening Temperature VST/B/50 (50N, 50 °C/h)	ISO 306	°C	104
Vicat Softening Temperature, VST/A/50 (10N, 50 °C/h)	ISO 306	°C	113
Heat Deflection Temperature A; (annealed 4 h/80 °C; 1.8 MPa)	ISO 75	°C	103
Heat Deflection Temperature B; (annealed 4 h/80 °C; 0.45 MPa)	ISO 75	°C	106
Coefficient of Linear Thermal Expansion	ISO 11359	10 ⁻⁵ /°C	80 - 110

LURAN S 778T
 Acrylonitrile Styrene Acrylate (ASA)

TECHNICAL
DATASHEET

Property, Test Condition	Standard	Unit	Values
Thermal Conductivity	DIN 52612-1	W/(m K)	0.17
Electrical Properties			
Relative Permittivity (100 Hz)	IEC 62631-2-1	-	3.9
Relative Permittivity (1 MHz)	IEC 62631-2-1	-	3.5
Dissipation Factor (100 Hz)	IEC 62631-2-1	10 ⁻⁴	90
Dissipation Factor (1 MHz)	IEC 62631-2-1	10 ⁻⁴	330
Volume Resistivity	IEC 62631-3-1	Ohm*m	10 ¹²
Surface Resistivity	IEC 62631-3-1	Ohm	10 ¹³
Other Properties			
Density	ISO 1183	kg/m ³	1070
Water Absorption, Saturated at 23 °C	ISO 62	%	1.65
Moisture Absorption, Equilibrium 23 °C/50% RH	ISO 62	%	0.35
UL94 rating at 1.5 mm thickness	IEC 60895-11-10	-	HB
Processing			
Melt Temperature Range	ISO 294	°C	240 - 280
Mold Temperature Range	ISO 294	°C	40 - 80
Drying Temperature	-	°C	80
Drying Time	-	h	2 - 4
Molding shrinkage, free, longitudinal	-	%	0.4 - 0.7

Typical values for uncolored products

Please note that all processing data stated are only indicative and may vary depending on the individual processing complexities.

Please consult our local sales or technical representatives for details.

SUPPLY FORM

Luran® S is delivered in the form of cylindrical or spherical pellets. The bulk density of the pellets is from 0.55 to 0.65 g/cm³. Values may differ for special grades. Standard Packaging unit: 25 kg PE-bag on palette, shrunk or wrapped with PE film. In addition, delivery in larger units of up to 1000 kg (IBC = Intermediate Bulk Container) or silo trucks can be arranged. In dry areas with normal temperature control, Luran S pellets can be stored for relatively long periods of time without any change in mechanical properties. With unstable colors, however, storage over a number of years can give rise to some change in color. Under poor storage conditions, Luran S absorbs moisture, but this can be removed by drying.

Contact us:
 Infopoint.emea@styrolution.com
 www.ineos-styrolution.com

Page 2 of 3
 Revision Date: 12/12/2018

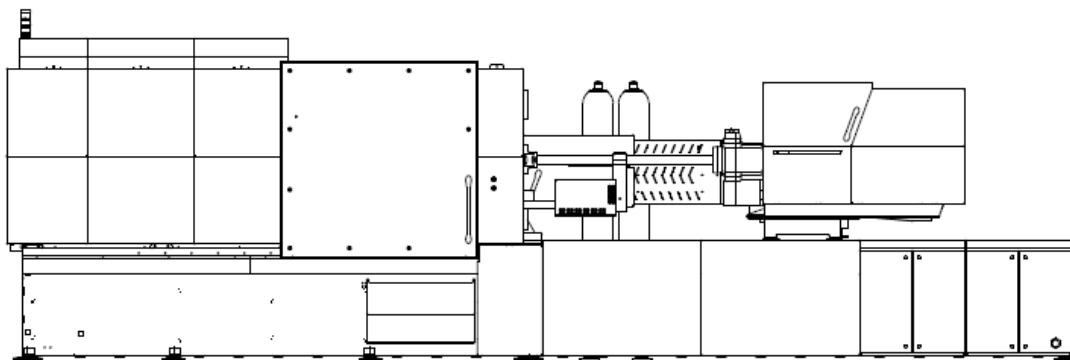
PRODUCT SAFETY

No adverse effects on the health of processing personnel have been observed where the products are correctly processed and the production areas are suitably ventilated. For styrene, alpha-methylstyrene, acrylonitrile, and butyl acrylate the maximum allowable workplace concentrations must be observed according to the pertaining national regulations. In Germany, the following limit values are valid TRGS 900 (Aug. 2004): styrene, MAK-value: 20 ml/m³; alpha-methylstyrene, MAK-value: 100 ml/m³; acrylonitrile, TRK-value: 3 ml/m³, and butyl acrylate, MAK-value: 2 ml/m³ (1.7.2004). According to EU directive 67/548/EEC, Annex I (2001), acrylonitrile is classified as carcinogenic, category 2 ('substances which should be regarded as if they are carcinogenic to man'). Experience has shown that when Luran® S is processed correctly with appropriate ventilation, the levels are far below the limits mentioned above. Inhalation of the vapors of degradation products which can arise on severe overheating of the materials or during purging out should be avoided. Further information can be found in the Luran S safety data sheets.

DISCLAIMER

The above mentioned data are accurate to the best of our knowledge. They are based upon reputable labs and industry standard testing methods. These are only typical values and actual product specification may deviate at industrial range. Therefore, no data in this technical data sheet shall constitute a warranty or representation regarding product features, fitness of the product for a specific purpose or application or its processability. INEOS Styrolution disclaims all liability in connection therewith. The customer himself is required to verify whether or not the product is suitable for the further processing or application intended and whether or not the product complies with the relevant statutory requirements. Unless explicitly and individually otherwise agreed in writing, INEOS Styrolution's sole and exclusive liability with respect to its products is set forth in INEOS Styrolution's General Terms and Conditions for Sale.

**PŘÍLOHA P II: TECHNICKÝ LIST VSTŘIKOVACÍHO STROJE
ALLROUNDER S 720 OD SPOLEČNOSTI ARBURG**



ALLROUNDER 720 S

Clamp-Design

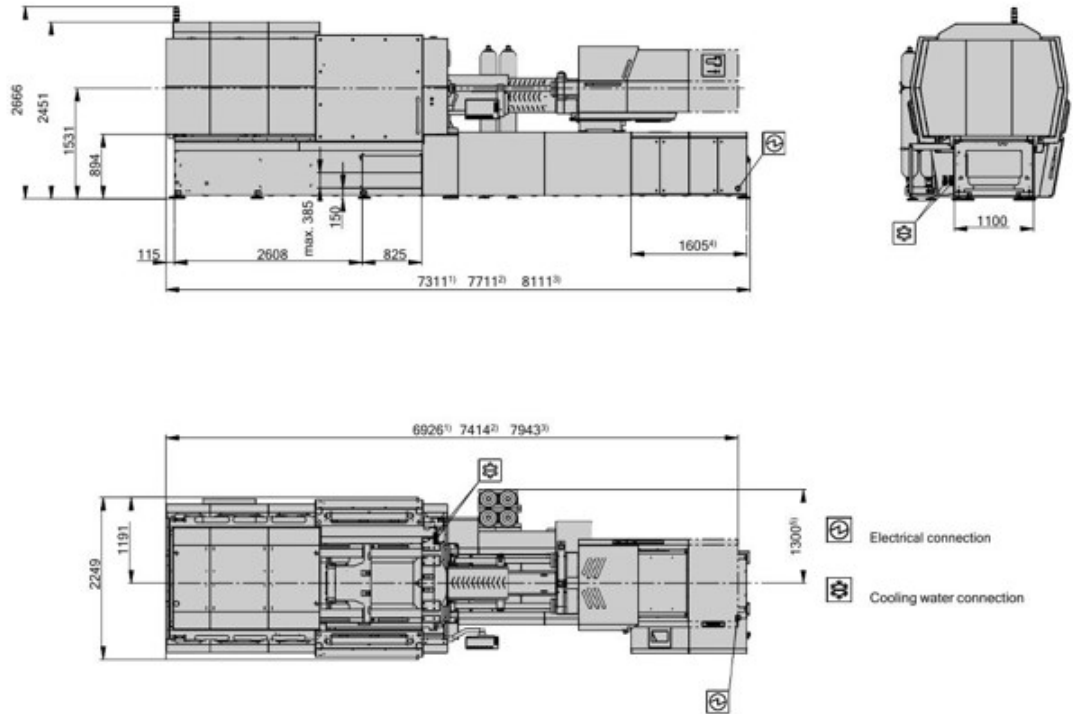
Distance between tie bars: 720 x 720 mm

Clamping force: 3200 kN

Injection unit (acc. to EUROMAP): 1300, 2100, 3200

ARBURG

MACHINE DIMENSIONS | 720 S



- 1) Injection unit 1300
- 2) Injection unit 2100
- 3) Injection unit 3200
- 4) Subject to performance variant and injection unit size
- 5) Hydraulic accumulator

TECHNICAL DATA | 720 S

Clamping unit		720 S	
with clamping force	max. kN	3200	
Opening force stroke	max. kN mm	800 700	
Mould height, fixed variable	min. mm	700 [300-700]	
Platen daylight fixed variable	max. mm	1400 [1000-1400]	
Distance between tie bars (w x h)	mm	720 x 720	
Mould mounting platens (w x h)	max. mm	1040 x 1040	
Weight of movable mould half	max. kg	3600	
Ejector force stroke	max. kN mm	100 250	
Dry cycle time EUROMAP ²	1 pump min. s - mm	4,8 - 504	
	2 pumps min. s - mm	3,5 - 504	
	Accum. min. s - mm	2,1 - 504	

Injection unit		1300			2100			3200		
with screw diameter	mm	55	60	70	60	70	80	70	80	90
Effective screw length	L/D	22	20	17	23	20	17,5	23	20	18
Screw stroke	max. mm	240			280			320		
Calculated stroke volume	max. cm ³	558	664	904	792	1078	1407	1232	1608	2036
Shot weight	max. g PS	510	607	826	723	984	1286	1125	1469	1860
Material throughput	max. kg/h PS	86	96	115	125	145	175	185	215	250
	max. kg/h PA6.6	43	48	58	62	74	88	93	110	125
Injection pressure	max. bar	2380	2000	1470	2500	2000	1530	2500	2000	1580
Holding pressure	max. bar	2380	2000	1470	2500	2000	1530	2500	2000	1580
Injection flow ²	1 pump max. cm ³ /s	238	284	388	224	306	400	---	---	---
	2 pumps max. cm ³ /s	238	284	388	224	306	400	290	380	482
	Accum. max. cm ³ /s	714	848	1156	1132	1540	2012	1188	1552	1964
Screw circumferential speed ²	1 pump max. m/min	40	43	51	43	51	58	---	---	---
	2 pumps max. m/min	40	43	51	43	51	58	47	54	61
	Accum. max. m/min	19	21	25	21	25	28	23	26	29
Screw torque	max. Nm	1510	1640	1920	2140	2500	2550	3140	3510	3510
Nozzle contact force retraction stroke	max. kN mm	90 550			110 600			110 600		
Heating capacity zones	kW	22,9 8			31,4 8			38,4 8		

Drive and connection		1 pump (servo)		2 pumps			Accum.			
with injection unit		1300	2100	1300	2100	3200	1300	2100	3200	
Net weight of machine	kg	17000	17700	17000	17700	19200	---	---	---	
Sound press. level Insecurity ⁴	dB(A)	< 65			73 3			< 70		
Oil filling	l	410			410	410	530	460	530	610
Drive power ²	max. kW	45	55	45	55	55	37	37	45	
Electrical connection ³	Total kW	71	76	71	89	96	63	71	86	
	Machine A	---	---	---	---	---	---	---	---	
	Heating A	100	125	125	125	125	100	100	125	
Cooling water connection	max. °C	30			30			30		
	min. Δp bar	1,5 DN 25			1,5 DN 25			1,5 DN 32		

Machine type	
with EUROMAP size designation ¹	Drive
720 S 3200-1300	1 2 -
720 S 3200-2100	1 2 Accum.
720 S 3200-3200	1 2 Accum.

Upon request: other machine types and mould installation heights, screws, drive powers etc.

All specifications relate to the basic machine version. Deviations are possible depending on variants, process settings and material type. Depending on the drive, certain combinations, e.g. max. injection pressure and max. injection flow may be mutually exclusive.

1) Clamping force (kN) - size of injection unit = max. stroke volume (cm³) x max. injection pressure (kbar)

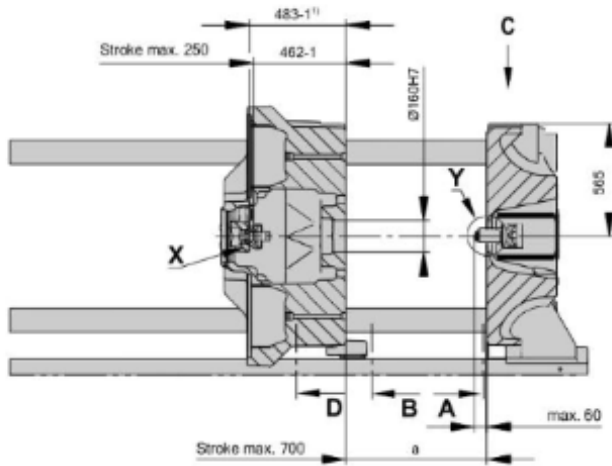
2) Specifications depend on the drive variant / drive configuration.

3) Specifications relate to 400 V/50 Hz.

4) Detailed info in the operating instr.

[] Specifications apply to alternative equipment.

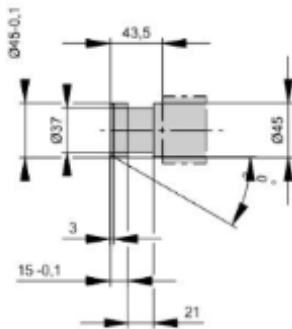
MOULD INSTALLATION DIMENSIONS | 720 S



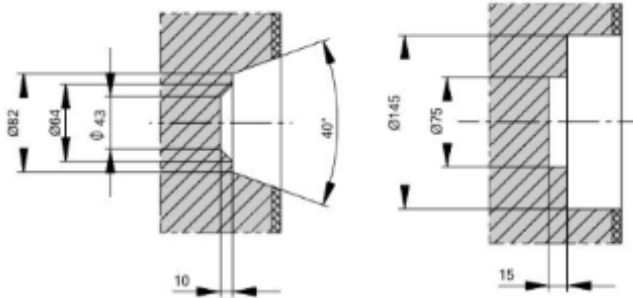
a max.	Mould installation height
Fixed	700
variable, manually	[400, 500, 600]
variable, automatically	[300-700]

[] Value in brackets: option

Ejector bolt | X

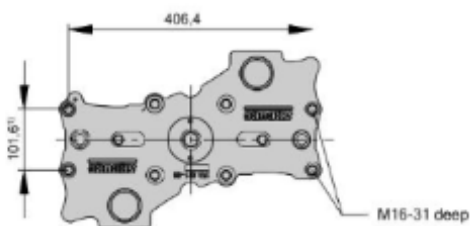


Bore in mould (if required) | Y



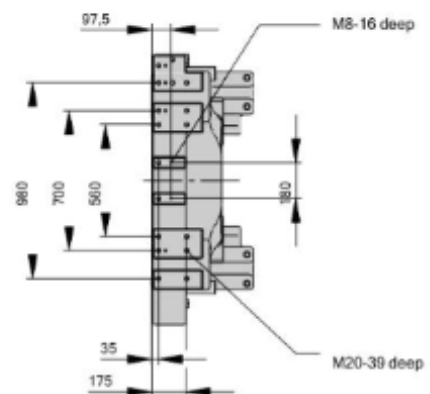
thermoset version - Injection units
2100 and 3200 available upon request

Ejector plate | D



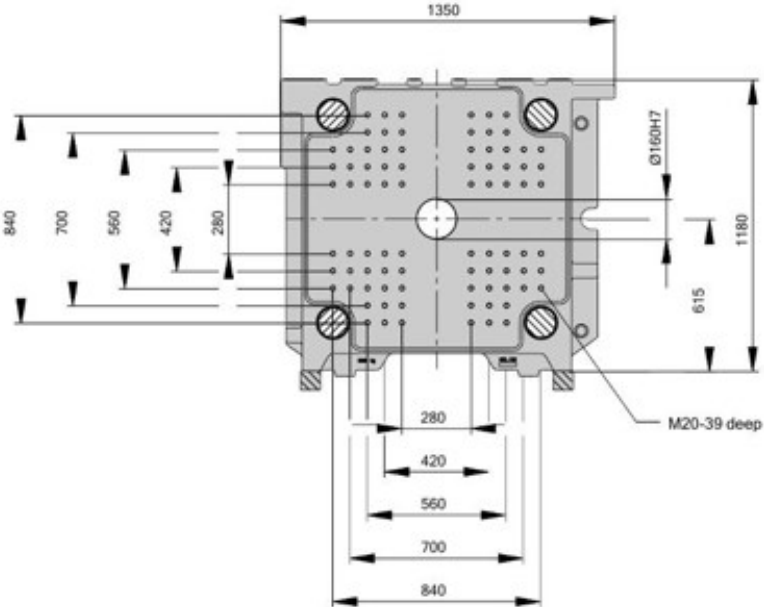
1) Positions of ejector plate

Robotic system mounting | C

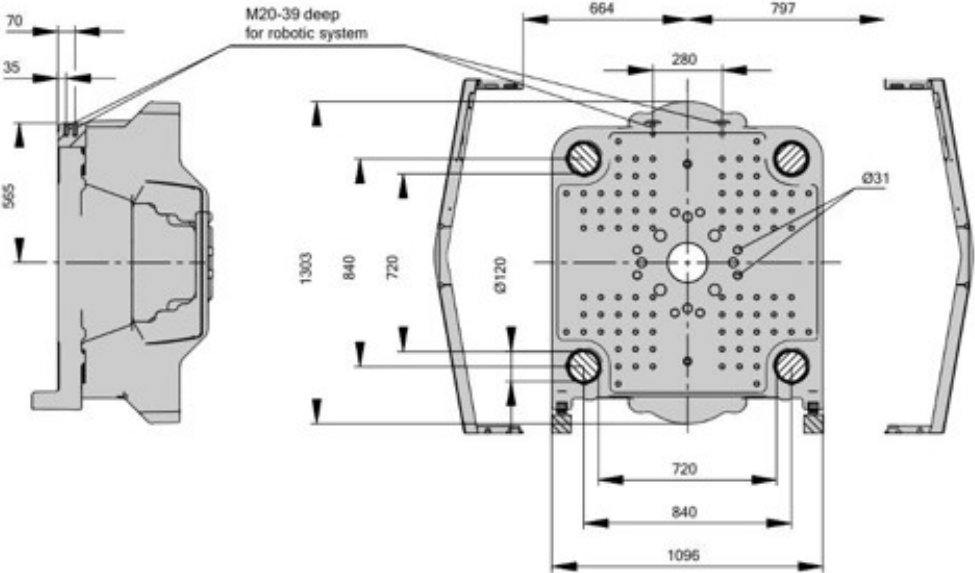


MOULD INSTALLATION DIMENSIONS | 720 S

Fixed mould mounting platen | A



Moving mould mounting platen | B



SHOT WEIGHTS | 720 S

Theoretical shot weights for the most important injection moulding materials

Injection units according to EUROMAP		1300			2100			3200		
Screw diameter	mm	55	60	70	60	70	80	70	80	90
Polystyrene	max. g PS	510	607	826	723	984	1286	1125	1469	1860
Styrene heteropolymerizates	max. g SB	498	593	807	707	962	1256	1099	1436	1817
	max. g SAN, ABS ¹⁾	488	581	791	693	943	1231	1077	1407	1781
Cellulose acetate	max. g CA ¹⁾	574	683	930	814	1108	1447	1266	1654	2093
Celluloseacetobutyrate	max. g CAB ¹⁾	534	635	865	757	1030	1346	1177	1538	1946
Polymethyl methacrylate	max. g PMMA	527	627	854	747	1017	1329	1163	1518	1922
Polyphenylene ether, mod.	max. g PPE	473	563	767	671	914	1194	1044	1364	1726
Polycarbonate	max. g PC	536	638	868	760	1034	1351	1182	1544	1954
Polysulphone	max. g PSU	554	659	897	785	1069	1396	1222	1596	2019
Polyamides	max. g PA 6.6 PA 6 ¹⁾	507	603	821	719	978	1278	1118	1461	1848
	max. g PA 6.10 PA 11 ¹⁾	473	563	767	671	914	1194	1044	1364	1726
Polyoximethylene (Polyacetal)	max. g POM	630	749	1020	893	1215	1588	1389	1814	2296
Polyethylene terephthalate	max. g PET	607	723	984	861	1172	1531	1340	1750	2215
Polyethylene	max. g PE-LD	385	458	624	546	744	971	850	1110	1405
	max. g PE-HD	398	473	644	564	768	1003	877	1146	1450
Polypropylene	max. g PP	406	484	658	576	784	1025	897	1171	1482
Fluoropolymerides	max. g FEP, PFA, PCTFE ¹⁾	816	971	1322	1157	1575	2058	1800	2352	2976
	max. g ETFE	716	852	1160	1015	1382	1805	1579	2063	2611
Polyvinyl chloride	max. g PVC-U	616	734	998	874	1190	1554	1360	1776	2247
	max. g PVC-P ¹⁾	569	678	922	808	1099	1436	1256	1641	2076

1) average value

ARBURG GmbH + Co KG
 Arthur-Hehl-Strasse
 72290 Lossburg
 Tel.: +49 7446 33-0
 www.arburg.com
 contact@arburg.com

© 2022 ARBURG GmbH + Co KG | All data and technical information have been compiled with great care. However we accept no responsibility for correctness. Individual illustrations and information may deviate from the actual delivery condition of the machine. The relevant valid operating instructions are applicable for the installation and operation of the machine.

524325_EN_GB_032022 - Subject to alterations