

Konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl části automobilu

Martin Moštěk

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Moštěk**
Osobní číslo: **T15506**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

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

Zásady pro vypracování:

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

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího BP

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

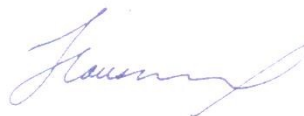
Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2017**

Ve Zlíně dne 30. ledna 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně19.05.2017.....



.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

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

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

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

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

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

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce se věnuje konstrukci vstřikovací formy a její výkresové dokumentace pro díl automobilu. První část bakalářské práce se zabývá teorií. Obsahem této části je základní rozdělení polymerů, princip technologie vstřikování, základy konstruování plastových dílů a v poslední řadě konstrukce forem. Obsahem druhé části bakalářské práce je návrh vstřikovací formy pro plastový díl automobilu zpracovaný v softwaru CATIA V5 od společnosti Dassault Systèmes. Jednotlivé komponenty vstřikovací formy jako jsou např. desky vstřikovací formy, vyhazovací kolíky, vyhřívaný vtokový systém atd. jsou normalizovány společností Hasco.

Klíčová slova: vstřikování, forma, polymery, konstrukce, Catia V5, 3D

ABSTRACT

The Bachelor thesis deals with a construction of injection mold and its drawing documentation for the car part. The theoretical part describes basic distribution of polymers, principle of injection technology, fundamentals of plastic parts design and design of injection mould. The practical part is focused on design of the injection mould for the plastic part of the car. The injection mould is made in the software CATIA V5, which produced a company Dassault Systèmes. Individual components of the injection mould (for example single plates, ejector pins, hot runner etc.) are normalized by company Hasco.

Keywords: injection, mould, polymers, construction, Catia V5, 3D

Prohlášení

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronicky nahraná do IS/STAG jsou totožné a dále, že jsem na bakalářské práci na téma „Konstrukce vstříkovací formy pro plastový díl části automobilu“ pracoval samostatně a vyznačil všechny citace z pramenů.

Ve Zlíně dne

.....

Podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu své bakalářské práce Ing. Martinovi Ovsíkovi Ph.D. za věnovaný čas, vstřícnost, cenné rady a připomínky, které mi byly vždy velmi nápomocné při tvorbě této bakalářské práce. Na tomto místě bych dále chtěl poděkovat mému zaměstnavateli – firmě Evektor, spol. s.r.o. – za to, že mi umožnil absolvovat dálkové studium.

V neposlední řadě patří mé díky celé rodině a přítelkyni za pomoc a podporu během celého studia a tvorby bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1 POLYMERNÍ MATERIÁLY	13
1.1 ROZDĚLENÍ POLYMERŮ	13
1.1.1 Plasty	14
1.1.2 Elastomery.....	16
1.2 PŘÍSADY POLYMERŮ	17
1.2.1 Plniva.....	17
1.2.2 Stabilizátory	18
1.2.3 Barviva	18
1.2.4 Maziva.....	18
1.3 VYUŽITÍ POLYMERŮ V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU.....	19
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ.....	20
2.1 PŘÍPRAVA PLASTU PŘED VSTŘIKOVÁNÍM	20
2.1.1 Granulace	20
2.1.2 Sušení termoplastů	21
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	21
2.2.1 Vstřikovací jednotka	22
2.2.2 Uzavírací jednotka	23
2.3 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	23
3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÉHO DÍLU.....	25
3.1 TLOUŠŤKA STĚNY.....	25
3.2 ÚKOSY	25
3.3 ŽEBRA	26
3.4 ZAOBLENÉ HRANY.....	27
4 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	28
4.1 PRAVÁ (PEVNÁ) ČÁST.....	29
4.2 LEVÁ (POHYBLIVÁ) ČÁST	29
4.3 DĚLÍCÍ ROVINA.....	30
4.4 VTOKOVÉ SYSTÉMY	31
4.4.1 Studený vtokový systém (SVS)	31
4.4.2 Vyhřívaný vtokový systém	34
4.5 VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	35
4.5.1 Vyhazovací kolíky	35
4.5.2 Stírací deska	35
4.5.3 Pneumatické vyhazování.....	36
4.6 TEMPERACE FOREM.....	36
II PRAKTICKÁ ČÁST	37

5	STANOVENÍ CÍLŮ PRÁCE	38
6	VSTŘIKOVANÝ DÍL	39
6.1	MATERIÁL VSTŘIKOVANÉHO DÍLU	40
7	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	41
7.1	RÁM VSTŘIKOVACÍ FORMY	42
7.2	ODFORMOVÁNÍ	42
7.3	PRAVÁ (PEVNÁ) ČÁST FORMY	44
7.3.1	Vyhřívaný vtokový systém	45
7.4	LEVÁ (POHYBLIVÁ) ČÁST FORMY	46
7.4.1	Vyhazovací systém	47
7.5	TVÁRNÍK A TVÁRNICE	48
7.6	JÁDRO	50
7.7	TEMPERAČNÍ SYSTÉM	51
7.8	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY	53
7.9	TRANSPORTNÍ ZAŘÍZENÍ	53
8	VSTŘIKOVACÍ STROJ	54
	ZÁVĚR	55
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	57
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	60
	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
	SEZNAM TABULEK	64
	SEZNAM PŘÍLOH	65

ÚVOD

Automobily mají v dnešní době nezastupitelnou pozici. Nejen že si již téměř žádná rodina nedovede představit svůj život alespoň bez jednoho auta, ale také se jedná o nejvíce obchodovatelné zboží. Automobily se podílejí největší měrou na zahraničním obchodu České republiky, a tak je zřejmé, že je automobilový průmysl velmi významný. K stále rostoucí světové produkci automobilů nepochybně patří použití polymerů, které hned po kovech představují nejčastěji využívaný materiál.

Polymery jsou zastoupeny jak v interiéru, tak v exteriéru automobilů a mají různé velikosti a tvary. Důvodem jejich častého použití jsou dobré mechanické vlastnosti. Díky těmto vlastnostem lze dosáhnout nízké hmotnosti, odolnosti vůči korozi, složitých designových návrhů a dlouhodobé životnosti, přičemž jsou minimalizovány náklady na výrobu. S ohledem na možnost vytvoření forem různých velikostí a velké složitosti je snadné zpracovat zajímavý a poutavý design, který je klíčový pro prodej automobilu.

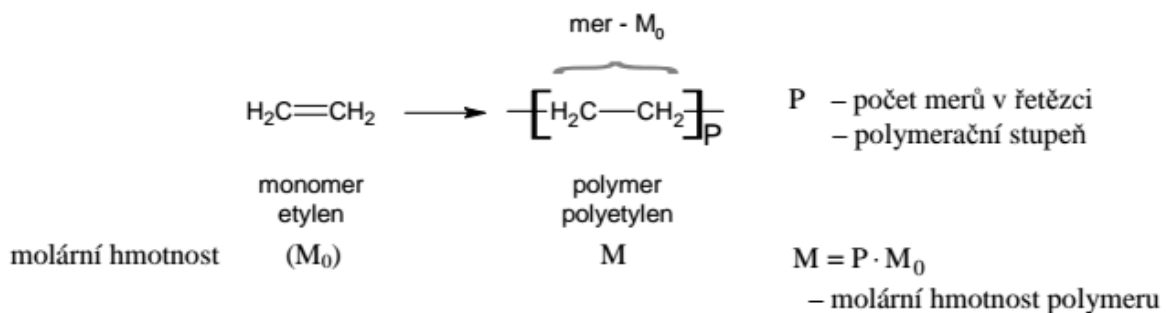
Zpracování polymerů lze provádět různými druhy technologií. Vhodná technologie se volí podle konstrukce a následného použití vyráběného dílu. Mezi neznámější technologie patří vstřikování, lisování, válcování, vyfukování a máčení. Právě vstřikování, kterému se věnuje tato bakalářská práce, patří mezi nejrozšířenější technologie. To je hlavní důvod, proč se moje práce zabývá konstrukcí 3D modelu vstřikovaného dílu. Práce si klade za cíl vytvořit vstřikovací formu pro část automobilu, která usnadní výrobu tohoto dílu. Rád bych také zpracoval výkresovou dokumentaci, která by měla umožnit pohled na řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku, což představuje dílčí cíl mé práce.

Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část je založena na rešerši jak české, tak anglické literatury. První kapitola popisuje jednotlivé druhy polymerních materiálů, přísady polymerů a využitelnost polymerů v automobilovém průmyslu. Druhá kapitola se věnuje technologii vstřikování, zejména přípravě plastu před vstřikováním, popisem vstřikovacího stroje a vstřikovacího procesu. Další kapitolou je vysvětlena správná konstrukce vstřikovaného dílu a následující kapitolou vhodná konstrukce vstřikovací formy. Praktická část řeší konstrukci konkrétního vstřikovaného dílu části automobilu a konstrukci vstřikovací formy pro tento díl. Konkrétně jednotlivé kapitoly praktické části seznamují se zvoleným materiálem a vstřikovacím strojem. Sedmá kapitola zobrazuje konstrukční návrh vstřikovací formy. Konstrukce je provedena za pomoci softwaru CATIA V5 od společnosti Dassault Systèmes a normalizovaných dílů od společnosti HASCO.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERNÍ MATERIÁLY

Polymery jsou chemické látky, které jsou tvořeny molekulami jednoho nebo více druhů atomů, nejčastěji se jedná o atomy uhlíku, vodíku, kyslíku, chloru a dusíku. Základní stavební jednotka polymeru je –mer, která je odvozena od výchozí molekuly –monomeru. Pomocí spojování molekul monomerů vzniká dlouhá makromolekula. Vlastnosti polymeru jsou tvořeny počtem –merů v řetězci (polymeračním stupněm), tzn délkou řetězce (Obr. 1). [1], [2]

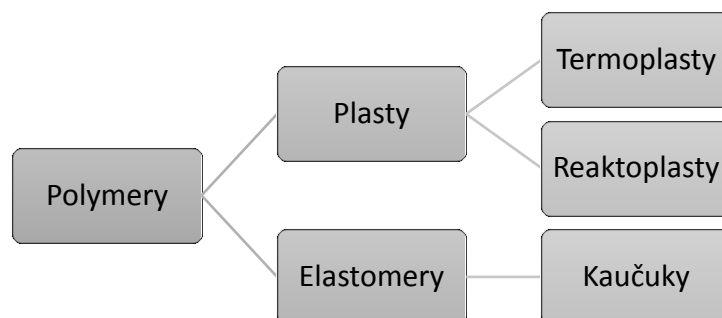


Obr. 1: Vznik polymeru z monomeru [4]

1.1 Rozdělení polymerů

Polymery dělíme na základě několika kritérií, např. podle původu, chemické reakce jejich přípravy, chemické příbuznosti, složení, molekulární struktury nebo podle uspořádanosti makromolekul na nadmolekulární úrovni. [3]

Polymery se dělí na dvě základní skupiny plasty a elastomery (Obr. 2).



Obr. 2: Základní rozdělení polymerů [3]

1.1.1 Plasty

Jedná se o skupinu polymerů, která je charakterizována tvrdostí a často i křehkostí. Název plasty nám napovídá, že se při zvýšené teplotě tato skupina stává plastická a tvarovatelná. Plasty se rozdělují podle toho, zda po změně z plastického do tuhého stavu jsou vratné (termoplasty) nebo naopak nevratné (reaktoplasty). [1]

Termoplasty

Jsou polymerní materiály, které za působení tepla přecházejí do plastického stavu (změkknou), při ochlazování přecházejí pod teplotu tání, znovu tvrdnou a nabývají požadovaného tvaru. Při působení tepla nedochází ke změnám chemické struktury, a proto můžeme proces teoreticky opakovat stále.

Mnoho termoplastů kvůli svým vlastnostem nemá využití. Mezi nejpoužívanější termoplasty patří například polyvinylchlorid (PVC), polyethylen (PE), polystyren (PS), polypropylen (PP) a polyamid (PA). [5], [6]

V následující tabulce (Tab. 1) jsou zpracovány základní vlastnosti vybraných termoplastů, na základě kterých se obvykle materiál určuje.

Tab. 1: Základní vlastnosti nejznámějších termoplastů [7]

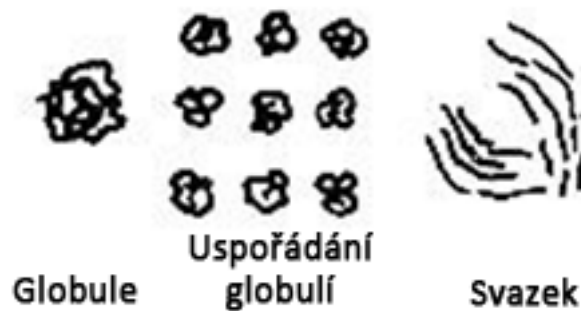
Označení termoplastu	Měrná hmotnost [kg/m ³]	Teplota formy [°C]	Teplota tavení [°C]
PVC (tuhý)	1380–1400	60	177
LDPE	915–930	27	163
HDPE	945–970	43	204
PS	1030–1080	60	177
PP	900–910	49	177
PA-6	1120	93	260
PA-66	1120	79	274
PC	1200	104	288
ABS	1040–1050	49	204

Termoplasty lze dále dělit podle nadmolekulární struktury na amorfnní a semikrystalické.

Amorfnní

U amorfnní struktury makromolekuly zaujímají náhodnou pozici. Charakteristické vlastnosti této struktury jsou tvrdost, křehkost, vysoká pevnost a díky nízkému indexu lomu (1,4 – 1,6) jsou průhledné.

Základním útvarem této struktury jsou globule – klubička (Obr. 3), které jsou tvořeny z náhodně zmotaných makromolekul.

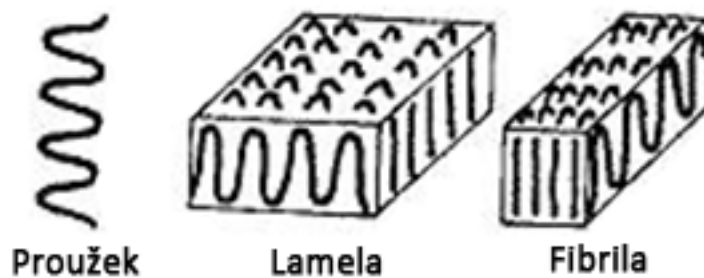


Obr. 3: Struktura amorfnních plastů [6]

Semikrystalická

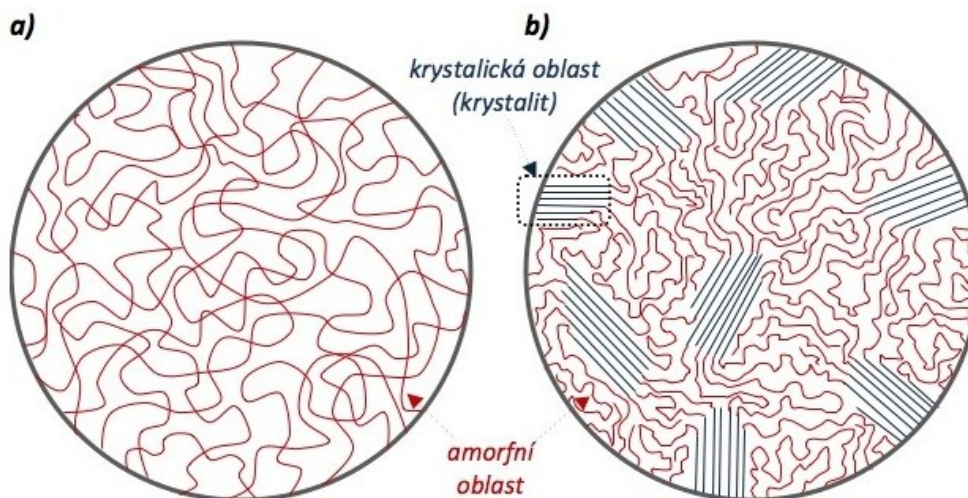
K semikrystalické, neboli částečně uspořádané struktuře, patří plasty, které mají daný stupeň uspořádanosti tzv. stupeň krystalinity. Úplného stupně krystalinity není možné nikdy dosáhnout, a proto se krystalické plasty označují jako semikrystalické.

Základní tvarovou jednotkou jsou tzv. fibrily a lamely (Obr. 4). [3], [6]



Obr. 4: Struktura semikrystalických plastů [6]

Zhodnocení struktur: Ukázka rozdílu mezi amorfní a semikrystalickou strukturou (Obr. 5)



Obr. 5: Ukázka amorfní (a) a semikrystalické (b) struktury [3]

Reaktoplasty

Jsou polymerní materiály, které lze tavit a tvarovat jen omezenou dobu po zahřátí. Při dalším zahřívání dochází k chemické reakci, která způsobuje vznik prostorového zesíťování, které se jinak nazývá vytvrzování. Touto reakcí se materiál stává neroztavitelný a nerozpustný, což znamená, že tento děj je již nevratný.

Mezi nejčastější reaktoplasty patří fenolformaldehydové hmoty, epoxidové pryskyřice a polyesterové hmoty. [5], [6]

1.1.2 Elastomery

Elastomery se vyznačují tím, že jsou velmi pružné (elastické) s nízkou tuhostí. Při použití malých sil se začnou viditelně deformovat bez porušení. Tuto deformaci můžeme opakovat teoreticky neomezeně. [3]

Hlavními představiteli elastomerů jsou kaučuky (Tab. 2).

Tab. 2: Nejběžněji používané kaučuky [1]

Označení	Název	Spotřeba [%]	Určení
NR	Přírodní kaučuk	32	Pro všeobecné použití
SBR	Butadienstyrenový kaučuk	37	
BR	Butadienový kaučuk	10	
IR	Izoprenový kaučuk	3	
CR	Chloroprenový kaučuk	3	Olejovzdorné
NBR	Butadienakrylonitrilový kaučuk	3	
ACM	Akrylátový kaučuk	0,5	
MQ	Silikonový kaučuk	0,1	Teplovzdorné
FPM	Fluorouhlíkový kaučuk	0,1	

1.2 Přísady polymerů

Přísady polymerů ovlivňují fyzikální i mechanické vlastnosti polymerů. U většiny plastů je potřeba eliminovat jejich nedostatky, jako je například hořlavost, špatná odolnost vůči vysokým teplotám, malá tvrdost apod. Existence přísad rozděluje polymery na plněné a neplněné. Neplněné polymery jsou velmi ojedinělé a neobsahují žádné přísady. Ve velké míře se ale přísady používají a označují se jako plněné. [3], [6]

1.2.1 Plniva

Jsou látky organického či anorganického původu. Plniva se vyskytují v podobě prášku, eventuálně z kousků malých částí nebo v podobě vláken různých délek. Podle mechanických vlastností lze rozeznávat vyztužující a nevyztužující plniva. [3]

Vyztužující plniva:

Používají se především díky zvýšení rázové houževnatosti, se kterou se zvyšují i další mechanické vlastnosti, jaké jsou modul pružnosti a mez pevnosti. Mezi nejpoužívanější vyztužující plniva patří skleněná (GF), kovová ($MF_{(x)}$), minerální (MF) a uhlíková (CF) vlákna. [3]

Nevyztužující plniva:

Používají se především z důvodu snížení ceny materiálu. Nevyztužující plniva se vyskytují ve formě prášku, jako je například moučka z kaolinu, břidlice a křída. [6]

1.2.2 Stabilizátory

Tepelné:

Jejich úkolem je zpomalování degradačních procesů a vylepšení odolnosti polymerů vůči vysokým teplotám, které se používají při zpracování.

Světelné:

Jejich úkolem je zpomalování degradačních procesů při působení slunečního záření. [3]

1.2.3 Barviva

Díky barvivům polymery dosahují potřebné barvy. Používají se pigmenty organického či anorganického původu. [3]

1.2.4 Maziva

Snižují viskozitu polymeru a lepení součásti na stěnu formy, čímž je zpracování polymerů snadnější. [6]

1.3 Využití polymerů v automobilovém průmyslu

V dnešní době hrají polymery velmi významnou roli v automobilovém průmyslu a jejich použití čím dál víc roste. Zajišťují automobilům, aby byli energeticky účinnější, a to díky snížení hmotnosti, odolnosti proti korozi, tvrdosti, a především jsou vysoce výkonné a za nízkou cenu.

Většinou jsou výrobky vyráběny z několika směsí polymerů nebo se přidávají určité přísady k modifikaci vlastnosti – jen málokdy se produkt skládá z jednoho druhu polymeru. Můžou být vytvořeny složité geometrie různých barev. [8], [9]

U každého novějšího automobilu si lze všimnout, že se plasty vyskytují opravdu ve všech částech automobilu. Nejen v interiéru (téměř všechny díly přístrojové desky, střední konzoly a výplně dveří), ale i v exteriéru (nárazníky, mřížka chlazení, zrcátka, kryty kol atd.). Mezi nejpoužívanější polymery patří polypropylen, polyuretan a polyvinylchlorid (Tab. 3). [8]

Tab. 3: Polymery používané v automobilech [8]

Díl automobilu	Nejpoužívanější typy polymerů
Nárazníky	PS, ABS, PC/PBT
Přístrojová deska a střední konzola	PP, ABS, PPE, PC, PUR
Palivový systém	HDPE, POM, PA, PP
Obložení interiéru	PP, ABS, PET, POM, PVC
Elektrické komponenty	PP, PE, PBT, PA, PVC
Světla	PC, PBT, ABS, PMMA
Vnější části	ABS, PA, POM, PP

2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Technologie vstřikování představuje nejčastější technologii, kterou se vytváří požadované díly z plastů. Tyto díly mohou mít již finální tvar nebo tvar požadovaného polotovaru (bude se dále upravovat). Jedná se o poměrně složitý fyzikální proces, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a forma. Během vstřikování je použitý plast roztaven a dopravován do dutiny formy a poté je ochlazen do tvaru vyráběného dílu. [10], [11]

2.1 Příprava plastu před vstřikováním

Než začne samotné vstřikování plastů, upravuje se materiál dle technologických postupů, které má vyráběný díl určené. K úpravám materiálu dochází nejen z toho důvodu, že ovlivní finální vlastnosti plastů (mechanické, fyzikální...), ale ovlivní i přípravu jejich dávkování a dopravu. Mezi nejčastější technologie přípravného zpracování plastů patří sušení, granulace, barvení granulátu, recyklace atd. Plasty lze tedy používat v různých tvarech např. granule, pasty, kaše, recykláty (rozemleté plasty). [10], [11]

2.1.1 Granulace

Mezi nejpoužívanější tvary patří granule (Obr. 6), které mají dále různé tvary např. krychle, válečky, čočky. Granule jdou velmi dobře dávkovat, dobře se mísí s ostatními materiály a také mají dobrou sypnou hmotnost. [11]



Obr. 6: Tvary granulí [11]

2.1.2 Sušení termoplastů

Velké množství termoplastů pohlcuje vlhkost z ovzduší, tím může docházet k vyvolání degradace polymeru a tím i k zhoršení kvality povrchu materiálu. Výstřiky poté nemají povrchový lesk, jdou špatně vyjmout z formy a v místě vtoku vznikají povrchové vady. Z těchto důvodů je potřeba materiál předsoušet.

Pro sušení se používají komorové pece, kde je přirozeně cirkulující vzduch a vrstva granulátu je na paletách. Do nepřetržitého provozu jsou vhodné sušárny vysokokapacitní. [10]

2.2 Vstřikovací stroj

V dnešní době existuje velké množství vstřikovacích strojů, které se od sebe liší různými vlastnostmi. Mezi nejčastěji kritéria při výběru stroje patří rychlost výroby, mechanické vlastnosti stroje, snadná obsluha, cena, stupeň řízení atd. Vstřikovací stroj je konstruován na základě vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky a ovládání a řízení stroje. [10], [14]

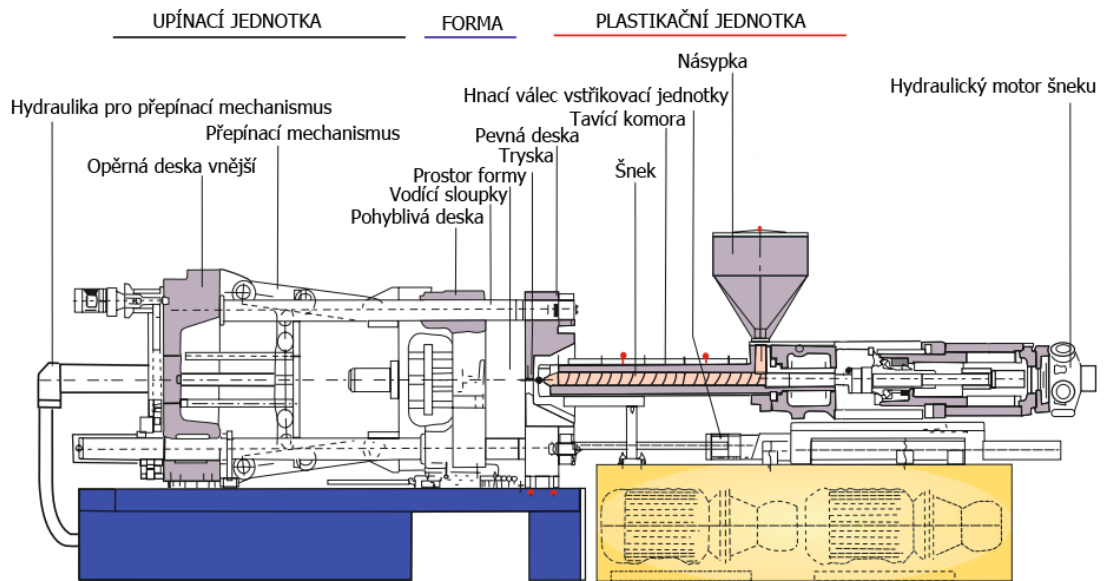
Nejčastější pohony vstřikovacích strojů jsou:

- hydraulické,
- elektrické,
- a hybridní. [11]

Stroje pro přesné výstřiky musí:

- být pevné a tuhé při vstřiku,
- mít stálou rychlost, tlak, teplotu,
- přesně opakovat technologické parametry (vstřik, dotlak, chlazení atd.). [10]

Na Obr. 7 lze vidět schéma vstřikovacího stroje a popis jeho částí.



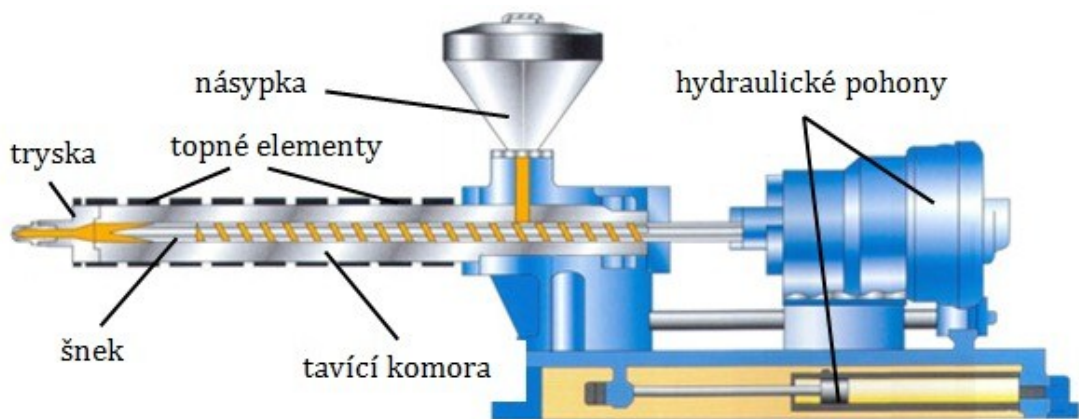
Obr. 7: Schéma vstříkovacího stroje [14]

2.2.1 Vstříkovací jednotka

Vstříkovací jednotka musí splňovat dvě kritéria:

- dávkování materiálu musí být nepřetržité a přesné,
- potřebný objem materiálu musí být vstříknut vysokým tlakem.

Skládá se z několika částí: trysky, šneku, násypky, topné elementy atd. (Obr. 8). [16]

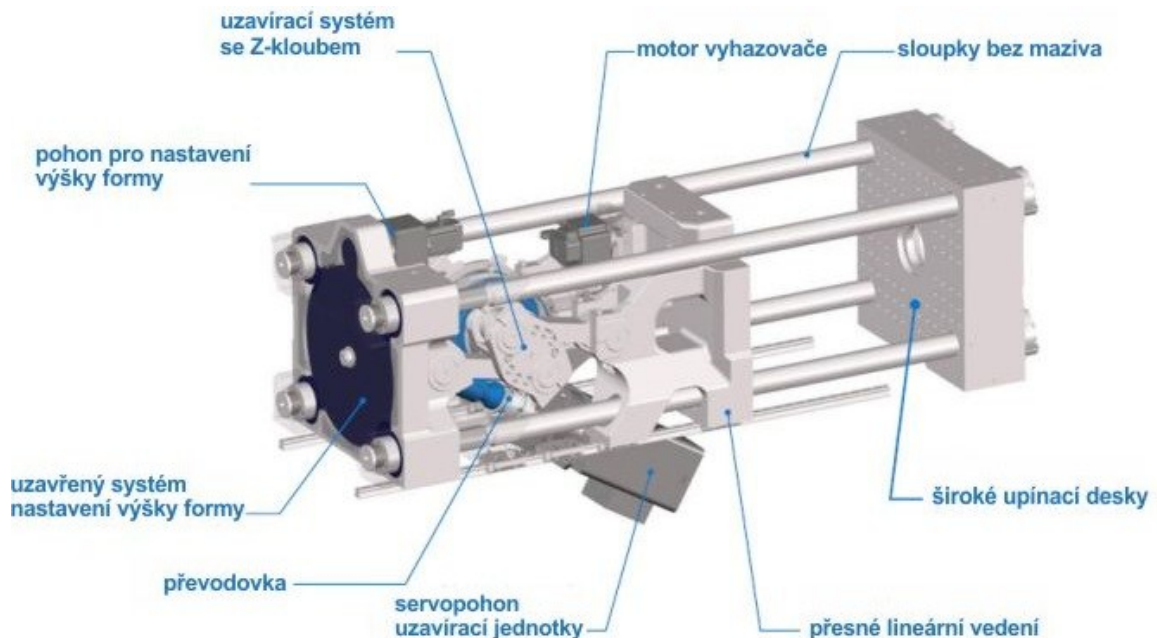


Obr. 8: Schéma vstříkovací jednotky [15]

Konstrukce vstříkovací jednotky a tavící komory závisí především na druhu materiálu, pro který jsou určeny. [15]

2.2.2 Uzavírací jednotka

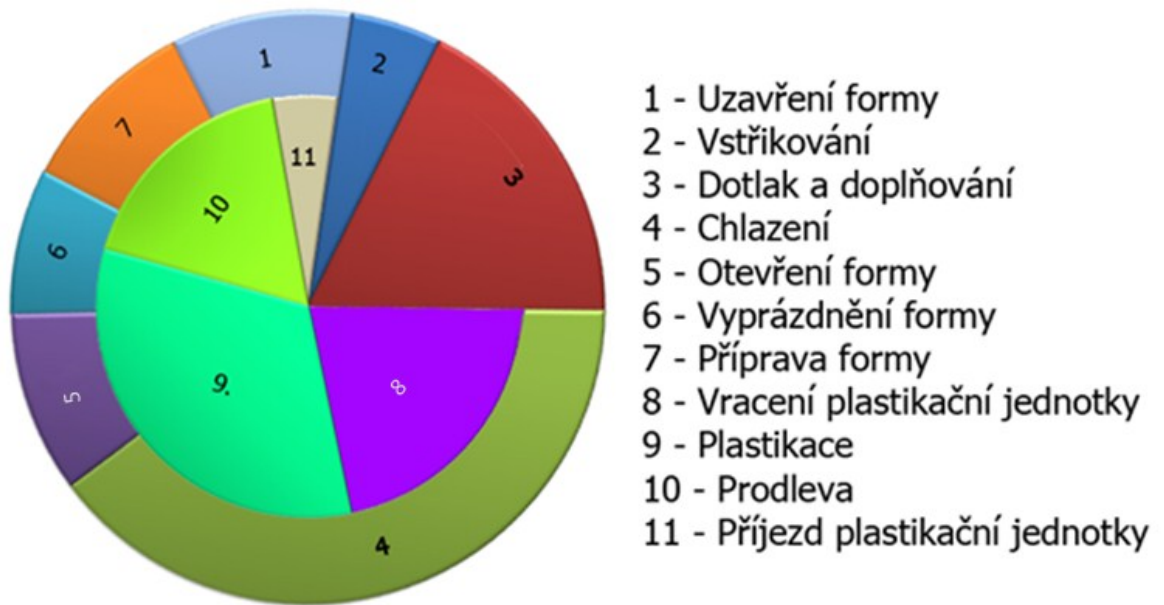
Vstřikování plastů je náročný vysokotlaký proces, který potřebuje velké upínací síly, aby při vstřikování nedošlo k nežádoucímu pootočení formy. K ovládní formy a k zajištění dokonalého uzavření či otevření slouží uzavírací jednotka (Obr. 9). [16]



Obr. 9: Uzavírací jednotka [17]

2.3 Vstřikovací cyklus

Sled událostí při vstřikování plastového dílu se nazývá vstřikovací cyklus. Cyklus začíná uzavřením formy. Forma musí být připravena před vstupem taveniny. Příprava zahrnuje temperaci, vložení závitových jader, zálisků atd. Při uzavírání formy přijíždí plastikační jednotka, pomocí které se následně vstřikuje polymer do dutiny formy. Interval, při kterém se dutina formy plní, se nazývá doba plnění. Jakmile je dutina formy plná, na formu působí dotlak, po jehož skončení se plastikační jednotka vrací zpět. Celkový cyklus vstřikování popisuje Obr. 10. [10], [12]



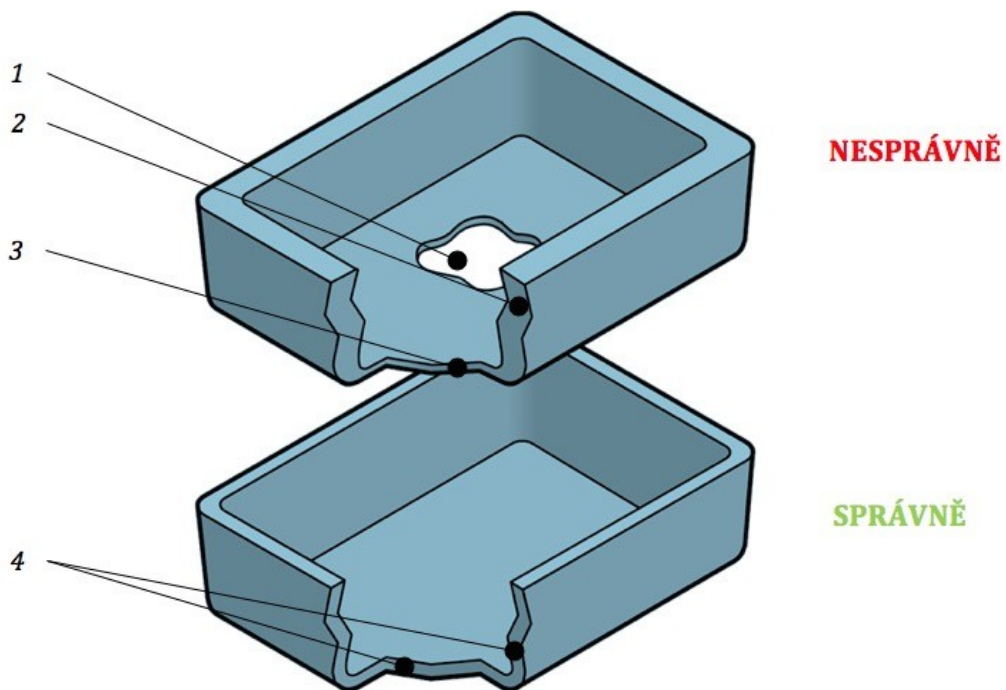
Obr. 10: Vstřikovací cyklus [13], vlastní zpracování

3 KONSTRUKCE VSTŘIKOVANÉHO DÍLU

Konstrukce vstřikovaného dílu patří k nejdůležitějším etapám výroby, a to ať už z hlediska správného zaformování dílu nebo z hlediska funkčního. Zaformování představuje správné zvolení dělicích rovin tak, aby nedocházelo k příliš složité formě (vyšší cena). [24]

3.1 Tloušťka stěny

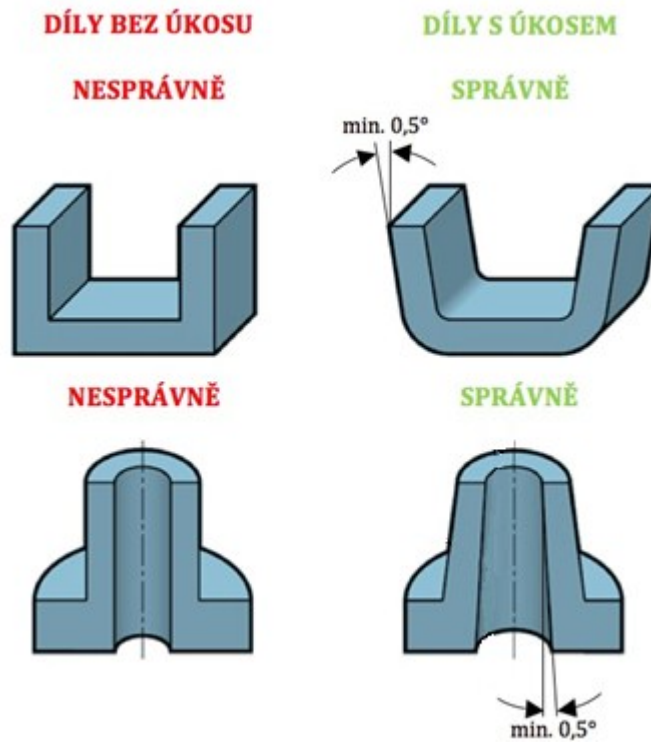
Při volbě tloušťky stěny je velmi důležité vyvarovat se přechodům tlouštěk stěn (Obr. 11). To znamená, že by konstrukce měla být vytvořena rovnoměrnou tloušťkou stěn. Díky tloušťce stěny výstřiku lze dodržet požadovanou pevnost a tuhost. [24]



Obr. 11: Tloušťky stěn [19]

3.2 Úkosy

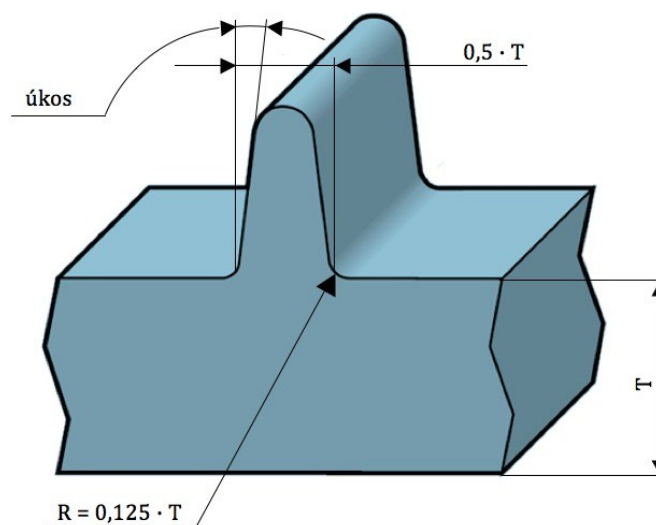
Úkosy hrají významnou roli u zaformování dílu, jelikož díky nim dochází ke snadnějšímu odformování výstřiku. Úkosy (Obr. 12) se volí na všech plochách, které jsou rovnoběžné s formovacím směrem. Úhly úkosů se určují podle vstřikovaného materiálu. Ve většině případů se úkosy používají 1° a jako minimální úhel $0,5^\circ$. Pokud je úhel úkosu menší, může docházet k poškození při odformování. [24]



Obr. 12: Správné a nesprávné úkosy [19]

3.3 Žebra

Z konstrukčního hlediska žebra na vstřikovaném dílu slouží ke zvyšování pevnosti a tuhosti, aniž by docházelo ke zvětšování tloušťky stěn. Podstatné je zvolit správnou tloušťku žeber (Obr. 13), protože u příliš tlustých žeber dochází k propadlinám. [19]



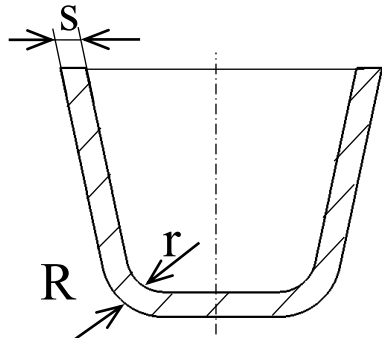
Obr. 13: Základní vztahy pro výpočet žebra [19]

3.4 Zaoblené hrany

Zaoblené hrany zlepšují plnění formy, zabraňují hromadění napětí a také prodlužují životnost formy, protože u forem, kde se vyskytují ostré hrany, se musí používat vyšší vstřikovací tlaky. [10] Výpočet minimálního poloměru pro určitý materiál lze vidět v Tab. 4.

Tab. 4: Výpočet minimálního poloměru [10]

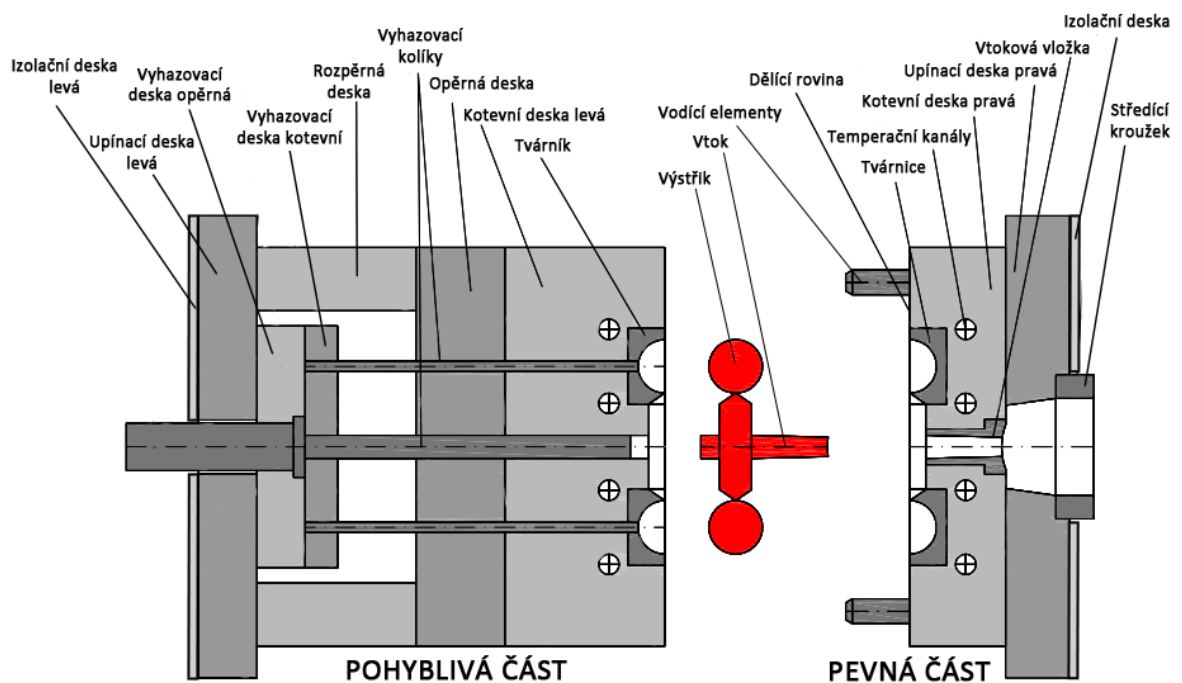
Označení plastu	r	R
Plněné PA, PC	1,5	$r + s$
PS, PC, PMMA, PVC	0,6–1	$r + s$
PE, PP, POM, PA, ABS, SAN	0,5	$r + s$



4 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Vstřikovací forma slouží k výrobě vstřikovaných dílů (výstřiků). Při konstrukci formy je klíčové si rozmyslet, která technologie vstřikování bude použita a musí se také brát v potaz tvar dílu, který se bude vstřikovat. Dále je potřeba navrhnout násobnost formy (má vliv na velikost formy a vstřikovacího stroje), typ vtokového systému a stanovení vhodného materiálu pro vstřikování. Na základě těchto parametrů se forma vytvoří pomocí 3D softwaru. Následně jsou 3D data vystavována mechanickým a vtokovým analýzám.

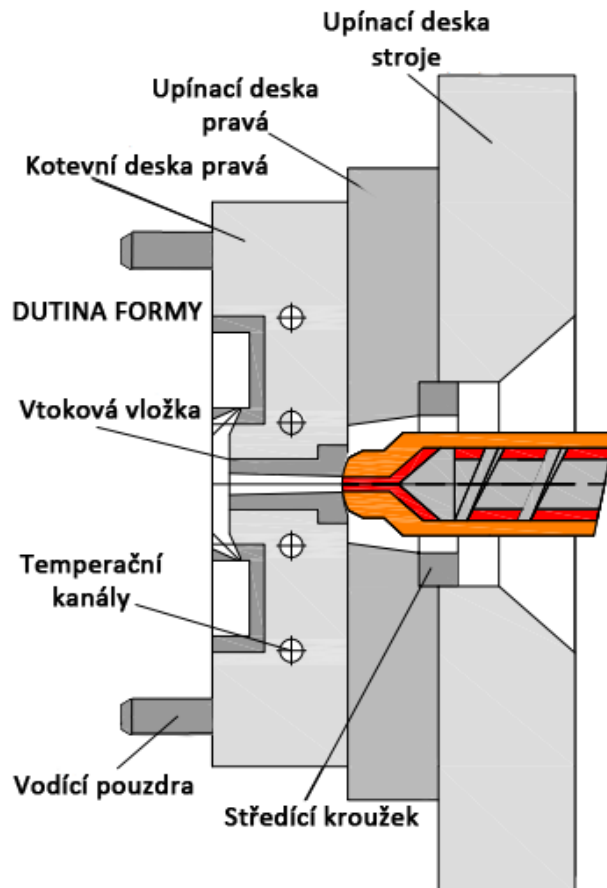
Forma se skládá ze dvou částí, a to z pravé (pevné) části a levé (pohyblivé) části. Každá část obsahuje několik součástí, které lze vidět na Obr. 14. [18]



Obr. 14: Řez vstřikovací formy [18]

4.1 Pravá (pevná) část

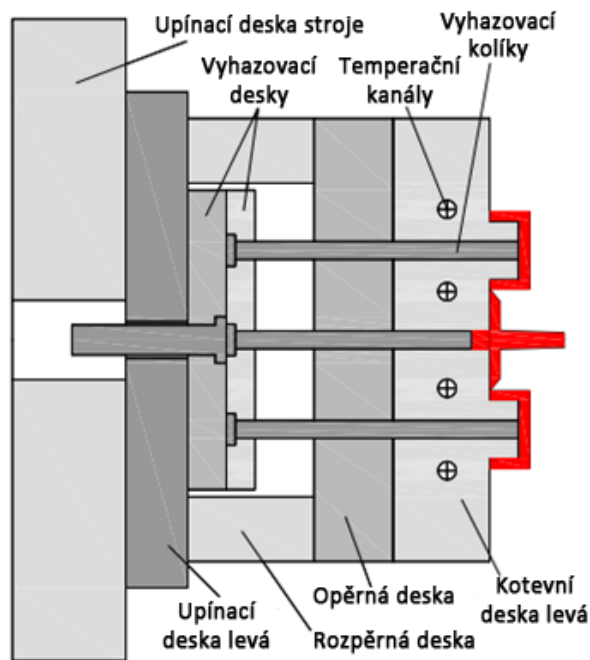
Pravá část formy je často označována jako pevná část. Tato strana formy bývá nepohyblivá a její součástí je tvárnice. Označení pevná část je odvozeno z jejího pevného (nepohyblivého) upnutí ke stroji. Do stroje je vystředěna díky středicímu kroužku. Upnutí a jednotlivé díly pravé strany lze vidět na Obr. 15. [18]



Obr. 15: Pravá strana formy [18]

4.2 Levá (pohyblivá) část

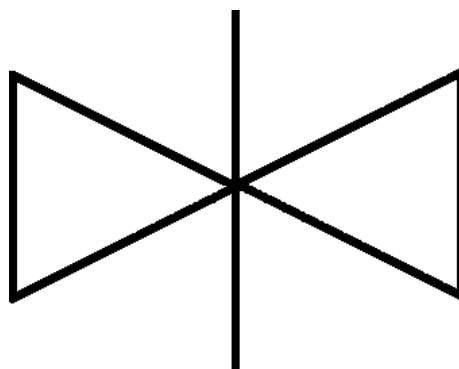
Levá část formy je též označována jako pohyblivá část, protože se jedná o část formy, která se při otevírání pohybuje. Je časté, že levá část je větší než část pravá. Její součástí je tvárník, vyhazovací kolíky, opěrná deska atd. Na Obr. 16 lze vidět základní části levé části. [18]



Obr. 16: Levá strana formy [18]

4.3 Dělicí rovina

Jedná se o kontaktní plochu pravé (pevné) a levé (pohyblivé) části formy. Hlavním úkolem dělicí roviny je utěsnění dutiny formy, aby nedošlo k úniku taveniny. Utěsnění je dosaženo díky vyvíjení uzavíracích sil, které bývají v řádech desítek až tisíců tun. Další velmi důležitý úkol dělicí roviny je umožnění zaformování výrobku a snadné odstranění (vyhození) výrobku z dutiny formy. [19] Na Obr. 17 lze vidět značku dělicí roviny, která se využívá ve výkresové dokumentaci.



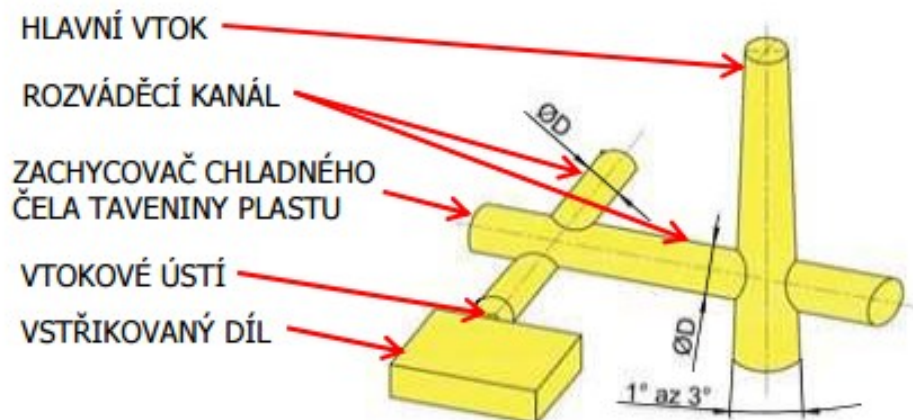
Obr. 17: Značení dělicí roviny

4.4 Vtokové systémy

Vtokové systémy dělíme na studené a vyhřívané. Studené vtoky jsou konstrukčně jednodušší a cenově dostupnější. Vyhřívané vtoky jsou dražší a konstrukčně náročnější, ale za to jsou výkonnější a bez vtokového zbytku (úspora materiálu).

4.4.1 Studený vtokový systém (SVS)

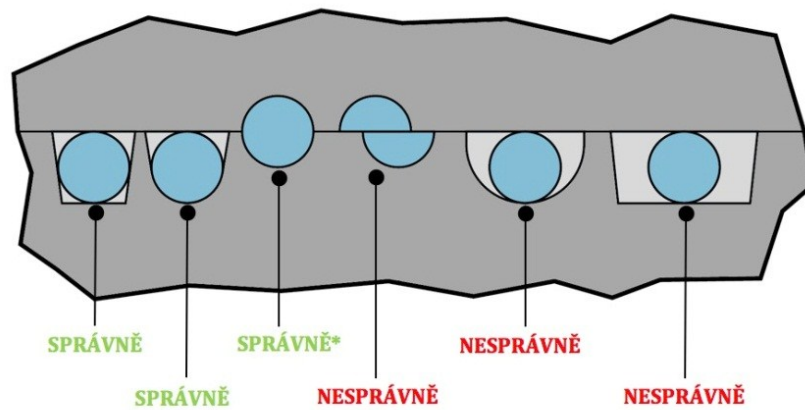
Jakmile je tavenina vstříknuta do SVS (Obr. 18), začíná na jeho stěnách ihned tuhnout. Tuhnutím se vytváří vrstva ztuhlého plastu a tavenina proudí horkým jádrem. Proto je velmi důležité u vícenásobných forem dosáhnout stejné vzdálenosti rozváděcích kanálů ke všem dutinám, aby docházelo současně k rovnoměrnému plnění dutin. U studených vtokových systémech bývá větší spotřeba plastu než u vyhřívaných vtokových systémech, protože na výstřicích zůstávají zbytky po vtoku. [20]



Obr. 18: Popis studeného vtokového systému [20]

Průřezy vtokových kanálů:

Základním požadavkem na průřez je dostatečná velikost, která musí zajistit, aby bylo jádro taveniny po vyplnění dutiny ještě v plastickém stavu a tím bylo umožněno působení dotla-ku. [10] Obr. 19 ukazuje, jaké průřezy je vhodné či nevhodné použít.



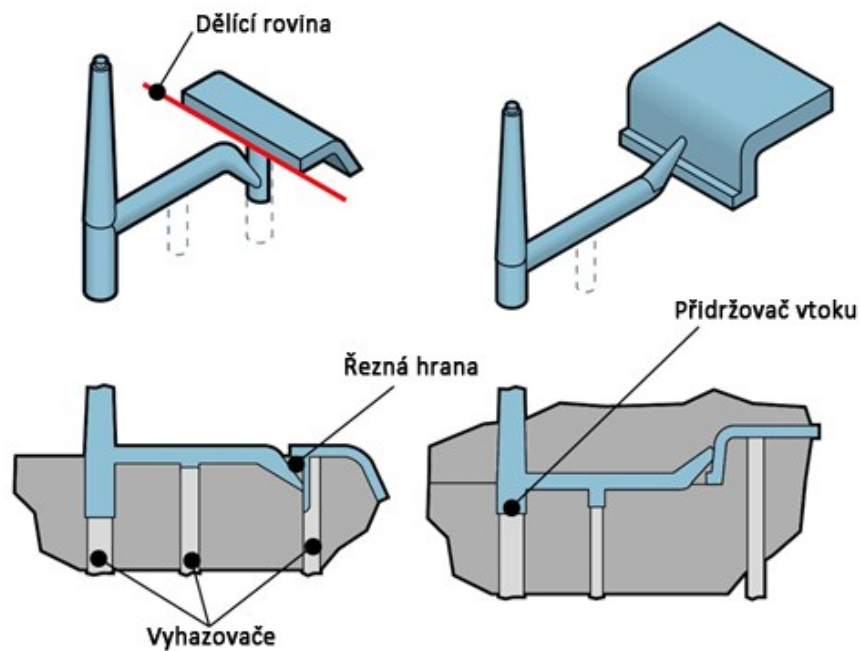
Obr. 19: Vyhodnocení správných a nesprávných průřezů vtokových kanálů [19]

Vtokové ústí:

Vtokové ústí je spojení mezi rozváděcím kanálem a vstříkovaným dílem. Vzniká zmenšením rozváděcího kanálu. [10]

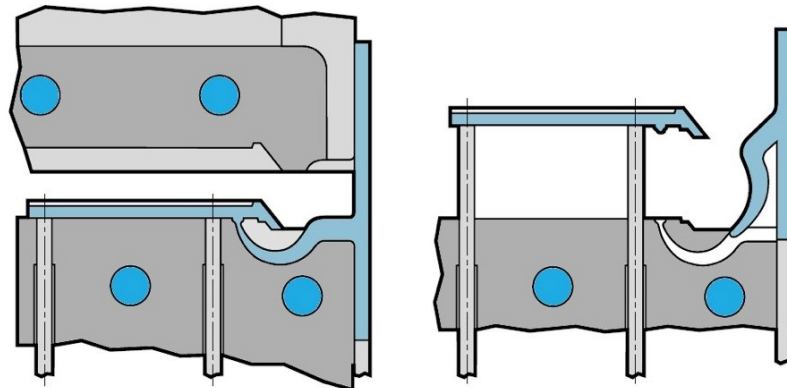
Mezi základní typy vtokových ústí patří:

- *Tunelové* – dutinu formy lze plnit mimo dělicí rovinu. Většinou je nutné použít při držovače vtoku (Obr. 20). [19]



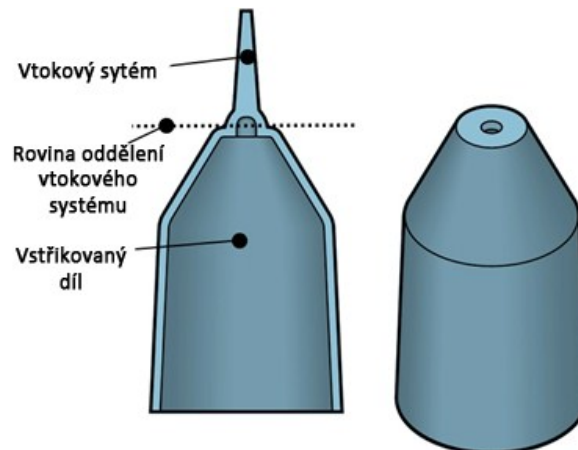
Obr. 20: Tunelové vtokové ústí [19]

- *Banánové* – je velmi podobné jako tunelové ústí, ale banánové ústí se na rozdíl od tunelového využívá u dutin, které se neplní do boku viz Obr. 21. [19]



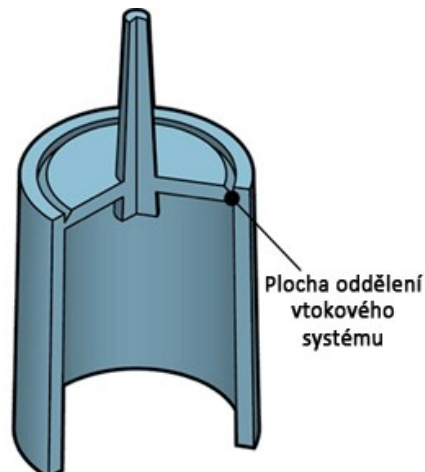
Obr. 21: Banánové vtokové ústí [19]

- *Deštníkové* – umožňuje rozšiřování kanálu od vtokové vložky ve směru vstřikovaného dílu viz Obr. 22. [19]



Obr. 22: Deštníkové vtokové ústí [19]

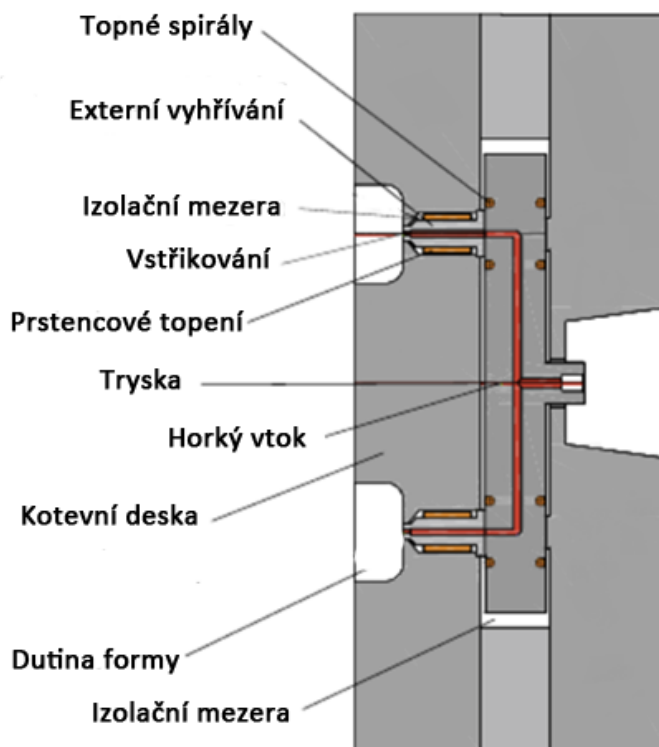
- *Talířové* – velmi podobné deštníkovému, avšak plnění probíhá ve vnitřním povrchu vstřikovaného dílu viz Obr. 23. [19]



Obr. 23: Talířové vtokové ústí [19]

4.4.2 Vyhřívaný vtokový systém

Jak sám název napovídá, vyhřívaný vtokový systém (Obr. 24) díky vyhřívání slouží k udržování polymeru po celou dobu cyklu v roztavené podobě. Vstřikovací proces spočívá v tom, že materiál proudí od trysky vstřikovacího stroje do vyhřívané vtokové vložky a dále je tlačěn v horkém rozvodu až do dutiny formy. [19]



Obr. 24: Schéma VVS [18]

Výhody VVS:

- úspora materiálu ⇒ úspora peněz za materiál,
- kratší cykly,
- lze automatizovat,
- minimální tlakové ztráty,
- menší stroje.

Nevýhody VVS:

- mnohem složitější a podstatně dražší než SVS,
- při prvním chodu formy je potřeba více práce,
- náchylné k poruchám,

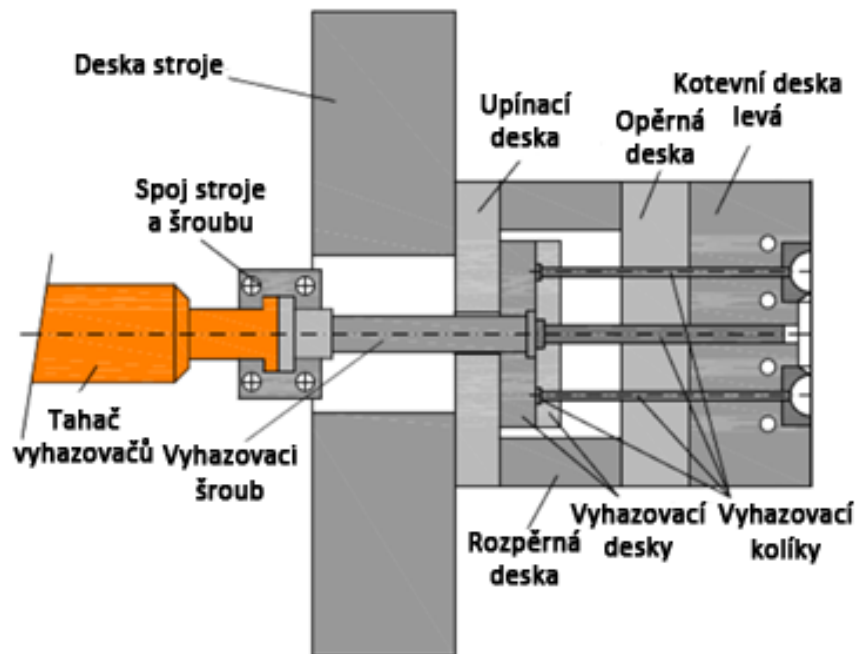
- u dlouhých cyklů je riziko poškození citlivých materiálů,
- vysoké náklady na údržbu. [21]

4.5 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém plní svou úlohu poté, co je forma po ochlazení na vyhazovací teplotu otevřena. Po otevření formy musí zajistit snadné vysunutí výrobku z formy. Existují různé druhy vyhazovačů. [22]

4.5.1 Vyhazovací kolíky

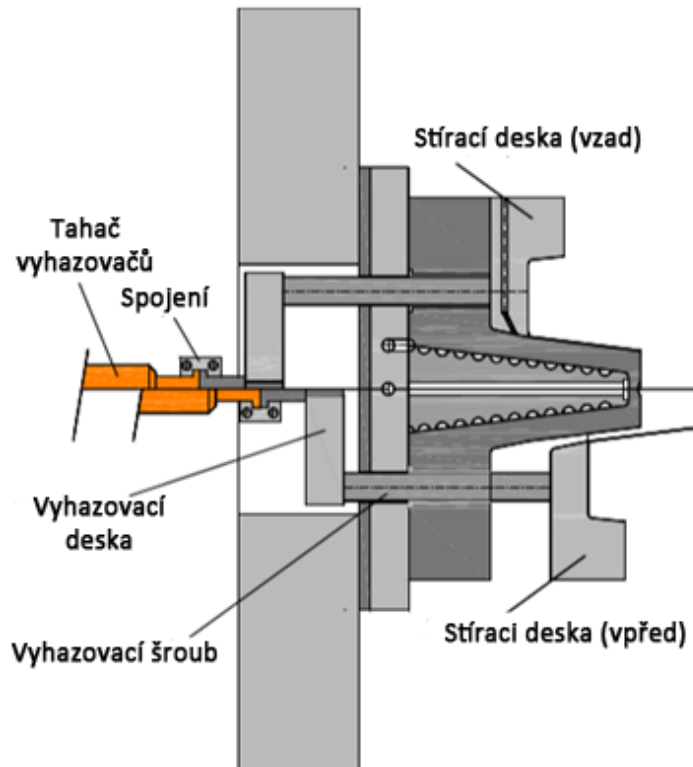
Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků (Obr. 25) je nejčastější a nejlevnější způsob vyhazování. Kolíky mohou být různých tvarů a velikostí. Při volbě kolíku je důležité si uvědomit, že je lepší zvolit kolíky větších průměrů, protože čím je větší dotyková plocha vyhazovače, tím je menší pravděpodobnost poškození vyhazovaného dílu. [18], [22]



Obr. 25: Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků [18]

4.5.2 Stírací deska

Stírací deska (Obr. 26) při vyhazování působí na díl velkou plochou, čímž nedochází k deformacím výrobku. Stírací deska je vhodná pro díly s malou tloušťkou. [18], [19]



Obr. 26: Funkce stírací desky [18]

4.5.3 Pneumatické vyhazování

Tento typ vyhazování je vhodný pro tenkostěnné výstřiky (nádoby), které mají větší rozměry a potřebují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Stlačený vzduch je přiveden mezi líc formy a výstřík. [23]

4.6 Temperace forem

Slouží k zachování konstantních teplot ve formě. Pokud by k temperaci nedošlo, může dojít ke zhoršení kvality a k dlouhému chlazení výstřiku na vyhazovací teplotu. Z tohoto důvodu je nutné nadbytečné teploty odvést pomocí temperace formy. Nejčastěji se temperuje pomocí temperačních kanálů, kterými protéká temperační médium, např. voda nebo olej. Temperační médium se volí podle teploty, které se u jednotlivých plastů ve formě pohybují (Tab. 1).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ PRÁCE

V této bakalářské práci byly stanoveny následující cíle:

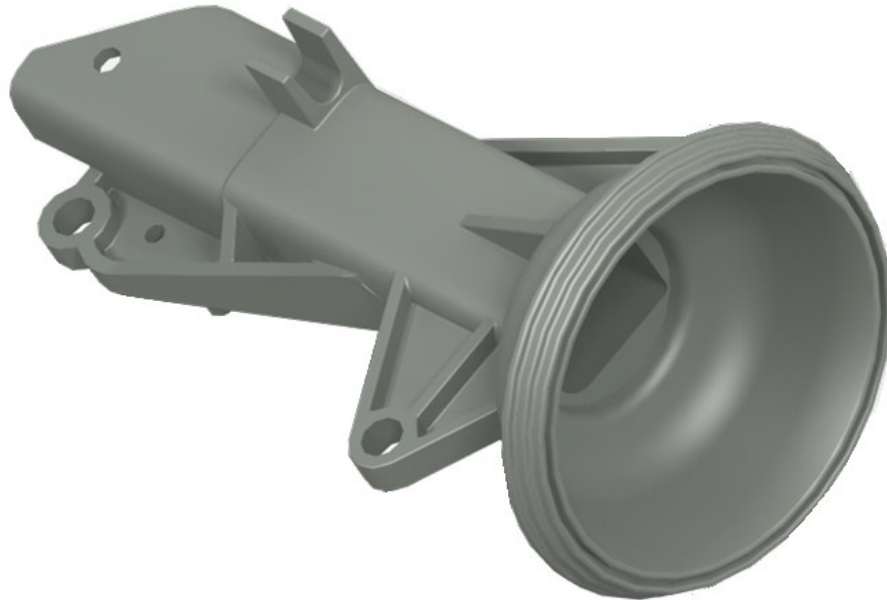
- vypracovat literární studii na dané téma,
- provést konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu,
- navrhnout vstřikovací formu pro zadaný díl,
- nakreslit 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku.

První část práce se zabývá literární studií, která je zaměřena na téma vstřikování plastových dílů a jejich konstrukce. V první kapitole lze vidět základní informace o polymerech, následující kapitoly se zabývají technologií vstřikování, konstrukcí vstřikovaného dílu a konstrukcí vstřikovací formy.

Druhá část práce je částí praktickou. Úkolem praktické části je provést 3D konstrukci vstřikovaného dílu, který vychází již ze sériového dílu automobilu, dále pro tento díl navrhnout vstřikovací formu, ve které je vhodné z důvodu snížení nákladů použít co nejvíce normovaných dílů. Poslední cíl požaduje vytvoření 2D řezu této vstřikovací formy.

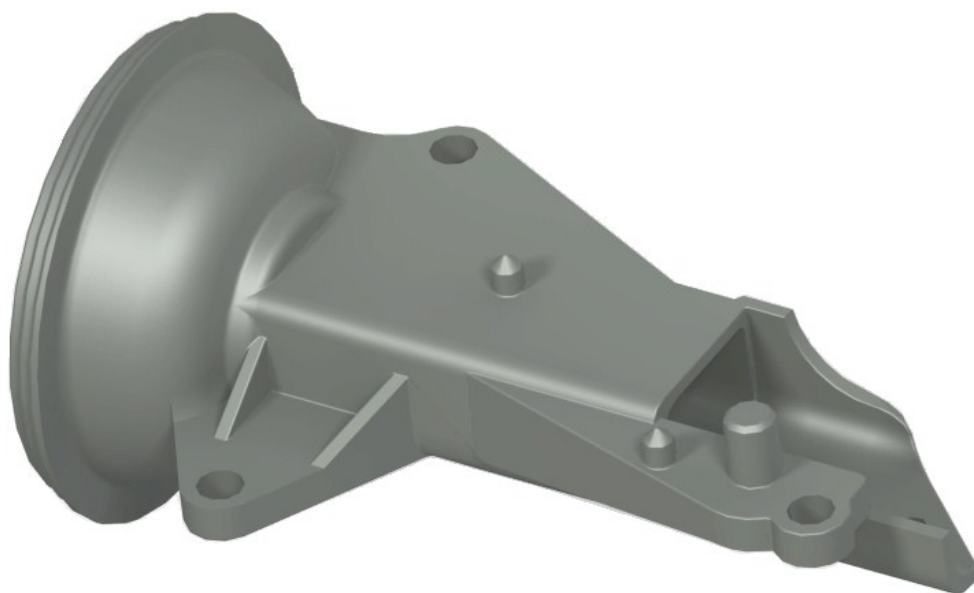
6 VSTŘIKOVANÝ DÍL

Vzhledem k tomu, že je automobilový průmysl pro českou republiku nejvýznamnější, pochází vstříkovaný díl z části automobilu. Přední pohled na renderovanou podobu vstříkovaného dílu o délce 120 mm, šířce 68 mm a výšce 64 mm ukazuje Obr. 27.



Obr. 27: Přední pohled na vstříkovaný díl

Pomocí hustoty $1,36 \text{ g/cm}^3$ byla vypočtena hmotnost 37 g. Obr. 28 znázorňuje opačný (zadní) renderovaný pohled vstříkovaného dílu.



Obr. 28: Zadní pohled na vstříkovaný díl

6.1 Materiál vstříkovaného dílu

Materiál pro vstříkovaný díl byl navržen z vysokopevnostního PA66 – GF30. Jedná se tedy o polyamid 6.6, též nazývaný jako nylon 66, který je vyztužený 30 % skelných vláken. Je to velmi pevný a tuhý materiál s vysokou rozměrovou stabilitou a odolností proti tečení. V porovnání s PA 6 má zvolený materiál vyšší odolnost vůči opotřebení, menší nasákavost ve vodě a vlhkém prostředí a také vyšší tuhost. [25]

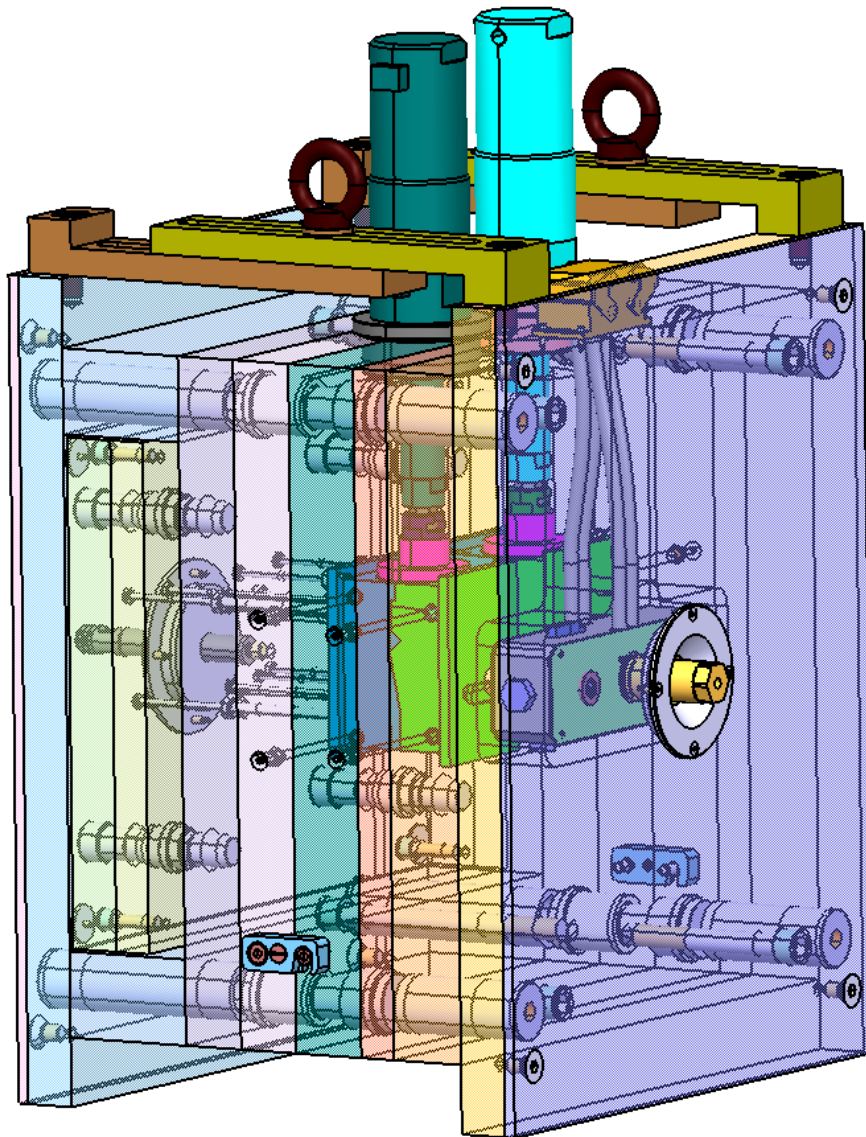
Tab. 5: Základní vlastnosti vstříkovaného materiálu [26]

Vlastnost	Hodnota	Jednotka
Hustota	1,36	g/cm ³
Modul pružnosti v tahu (suchý)	10000	MPa
Nominální napětí při přetržení (suchý)	3	%
Modul tečení	5300	MPa
Modul pevnosti v ohybu (suchý)	8600	MPa
Teplota tání	260	°C
Teplota formy	80–90	°C
Maximální provozní teplota	240	°C
Minimální provozní teplota	-20	°C
Tloušťka automobilových dílů \geq	1	mm

7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Požadovaného tvaru výrobku se docílí díky vstřikovací formě, která je z konstrukčního, výrobního i finančního hlediska velmi náročná. Z těchto důvodů je při konstruování potřeba brát na vědomí co největší využití normovaných dílů, které nabízí široká škála firem, jako jsou např. HASCO nebo Meusburger. Jak bylo již zmíněno, v této práci byl využit software CATIA V5 a normované díly společnosti HASCO.

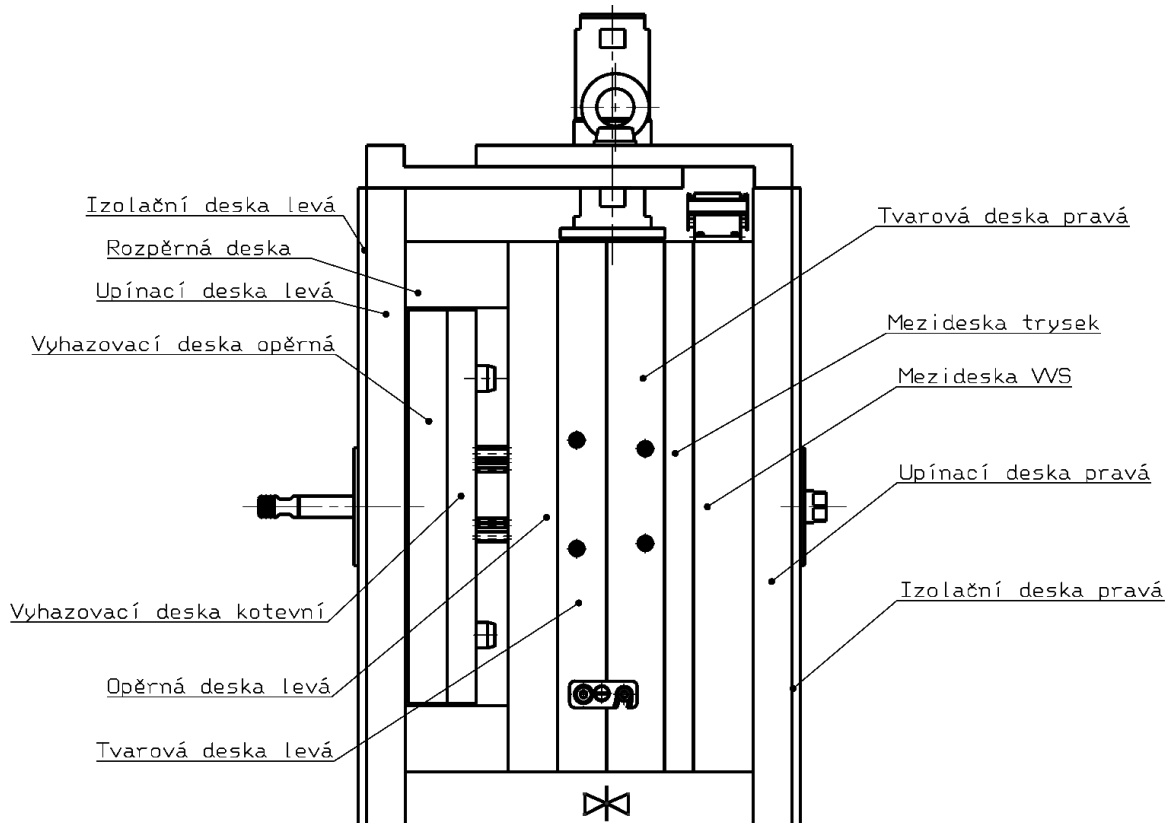
Velikost a rozložení formy se odvíjí od konstrukce tvárníku s tvárnici a také od potřebného zdvihu tahačů jader. Z důvodu dodržení vysoké kvality vstřikovaného dílu byla násobnost formy zvolena jako dvounásobná s vyhřívaným vtokovým systémem (Obr. 29).



Obr. 29: Vstřikovací forma pro řešený díl

7.1 Rám vstříkovací formy

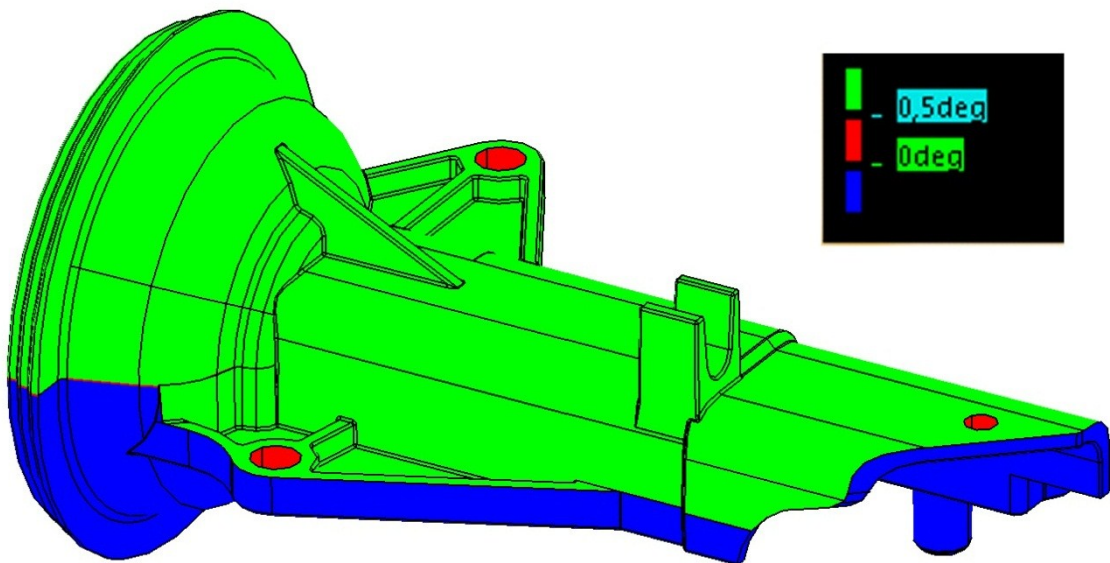
Rám vstříkovací formy se skládá z normovaných desek (Obr. 30), přičemž většina desek má rozměr 496x496 mm. Pouze upínací a izolační desky jsou větších rozměrů, a to 596x496 mm. Tloušťky desek jsou závislé na jednotlivých komponentech nacházejících se uvnitř formy. Většina desek formy jsou vyrobeny z materiálu 1.1730, pouze desky izolační jsou z polymerního materiálu, který je plněn skelnými vlákny.



Obr. 30: Desky vstříkovací formy

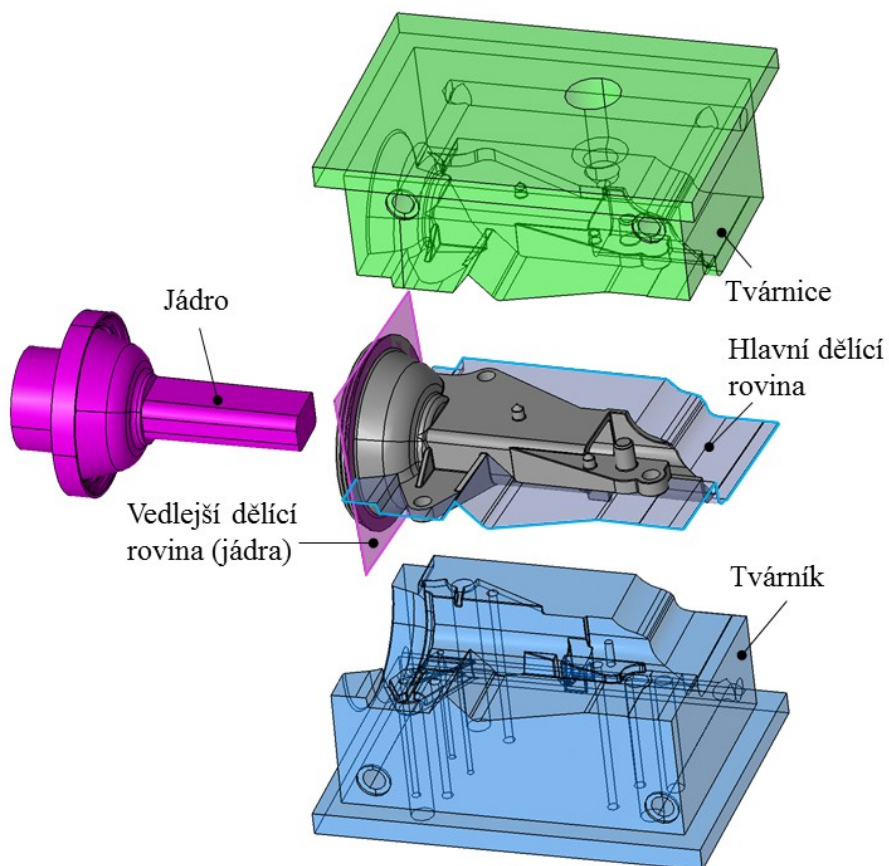
7.2 Odformování

Z důvodu snadného vyjmutí výstříku z formy mají ve formovacím směru všechny plochy minimální úkos 0,5°. Pomocí funkce Draft Analysis lze jednoduše ověřit, jestli má výstřík opravdu ve formovacím směru minimální úkos 0,5° (Obr. 31).



Obr. 31: Analýza pro zjištění minimálního úkosu 0,5°

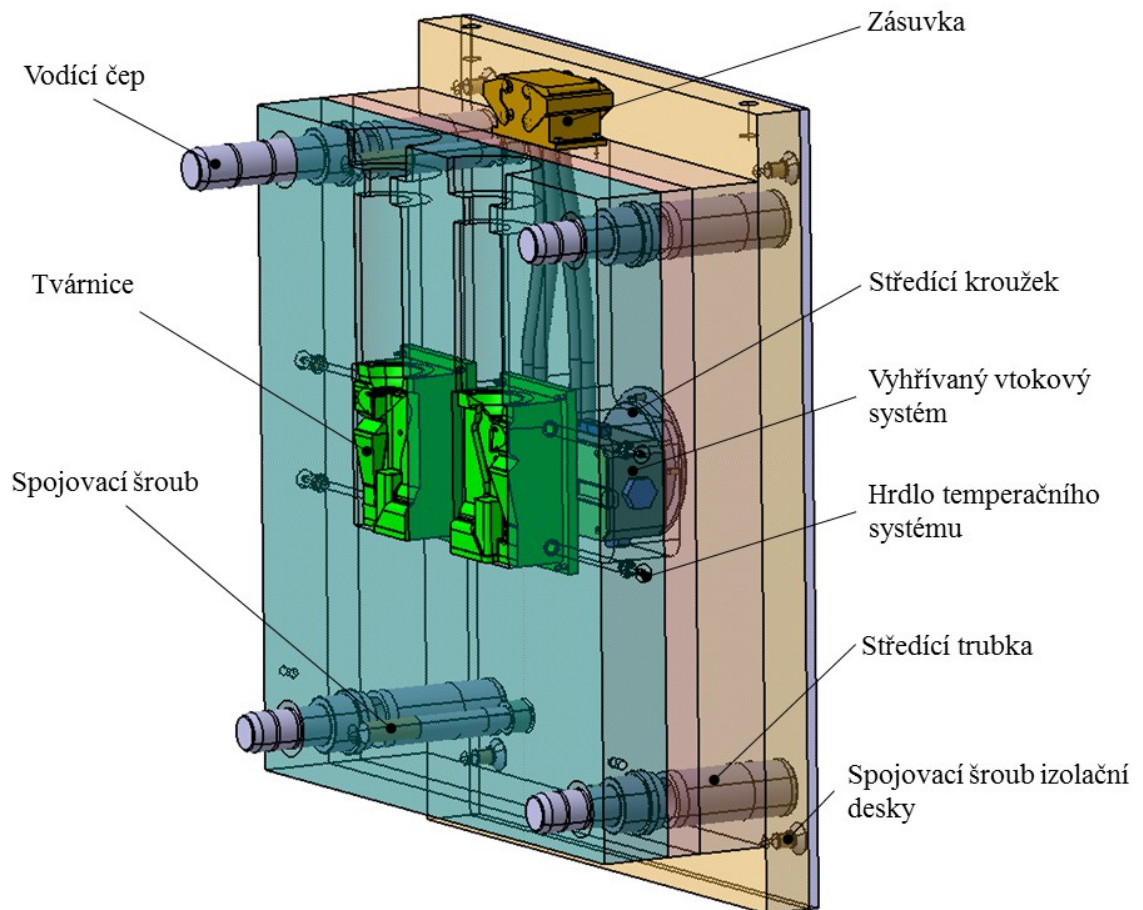
Forma má jednu hlavní dělicí rovinu, která oddělují díl na levou a pravou stranu. Dále má jádro, které vytváří dutinu vstřikovaného dílu. Jádro je připojeno k tahači Z2301 32x90 s maximálním zdvihem 90 mm od firmy HASCO.



Obr. 32: Odformování vstřikovaného dílu

7.3 Pravá (pevná) část formy

Pravá část formy obsahuje desky, které nevykonávají žádný pohyb. Desky obsahují jednotlivé komponenty formy. V tvarové desce pravé je umístěna tvárnice, do které jsou přivedeny vstřikovací trysky vyhřívaného vtoku. Ten je umístěn v mezidesce VVS a mezidesce trysek. Mezideska VVS má vyfrézovanou drážku pro kabely z VVS, které vedou do zásuvky umístěné na vnější hraně mezidesky. Desky jsou vzájemně vystředěny pomocí středících trubek a vodících čepů. Pravá část formy se vystředí ke vstřikovacímu stroji pomocí středícího kroužek, který je umístěn mezi upínací a izolační deskou pravou a k deskám je připevněn pomocí šroubů. Obr. 33 zobrazuje základní části pravé části formy.

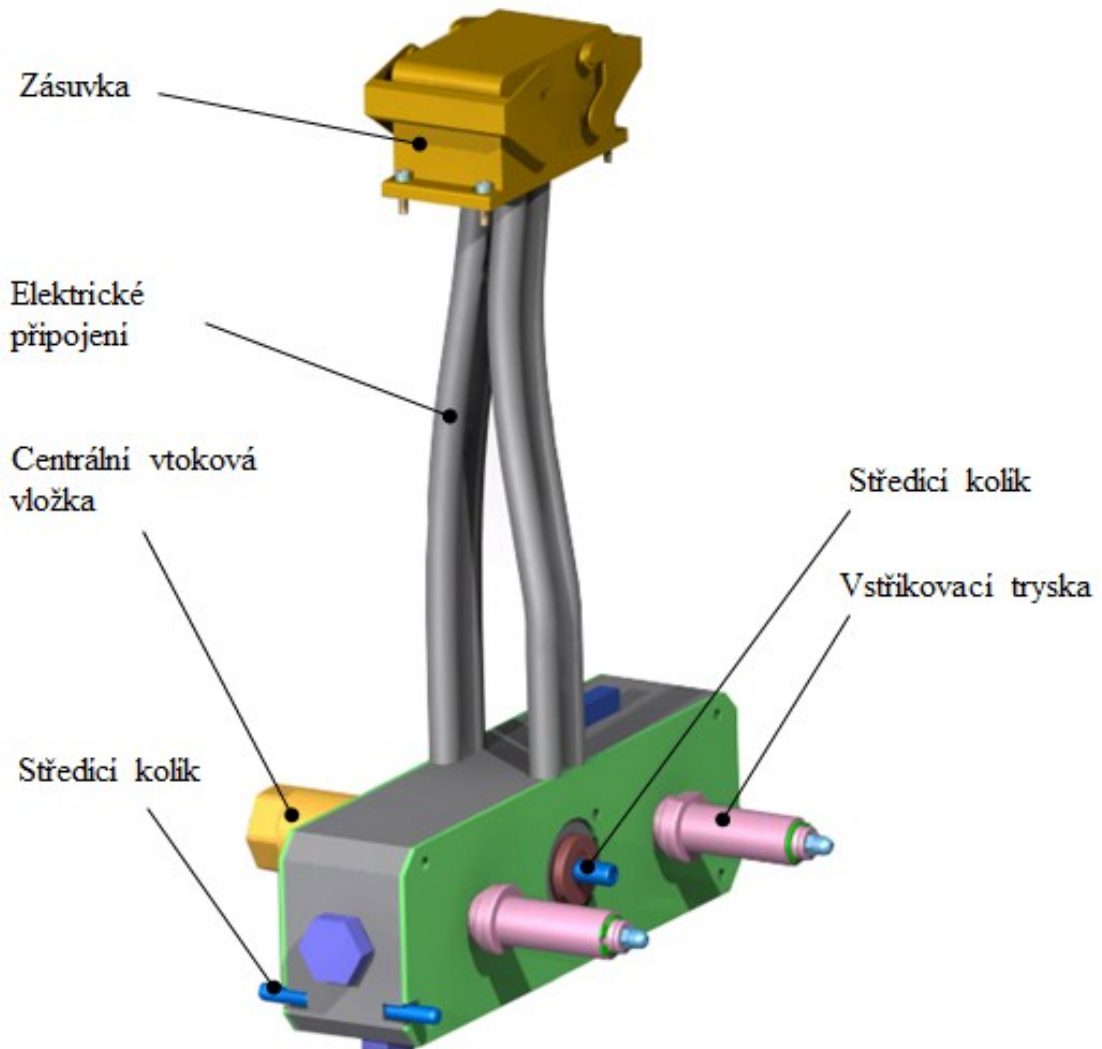


Obr. 33: Pravá část formy

7.3.1 Vyhříváný vtokový systém

Do vstříkovací formy jsem vybral vyhříváný vtokový systém od společnosti HASCO s označením H106/1/71x224/46. Centrální vtoková vložka byla zvolena Z1055/1/30x85/8 a vstříkovací trysky s označením Z20212/25x71 a roztečí 124 mm, z čehož vyplývá, že se jedná o vyhříváný vtokový systém se dvěma vstříkovacími tryskami. Celkovou sestavu vyhříváného vtokového systému znázorňuje Obr. 34.

Vyhříváný vtokový systém je vystředěn pomocí středících kolíků, které se středí do upínací desky pravé a mezidesky trysek. Elektrické připojení je vyvedeno mezideskou VVS do zásuvky s označením Z1227/16/8.

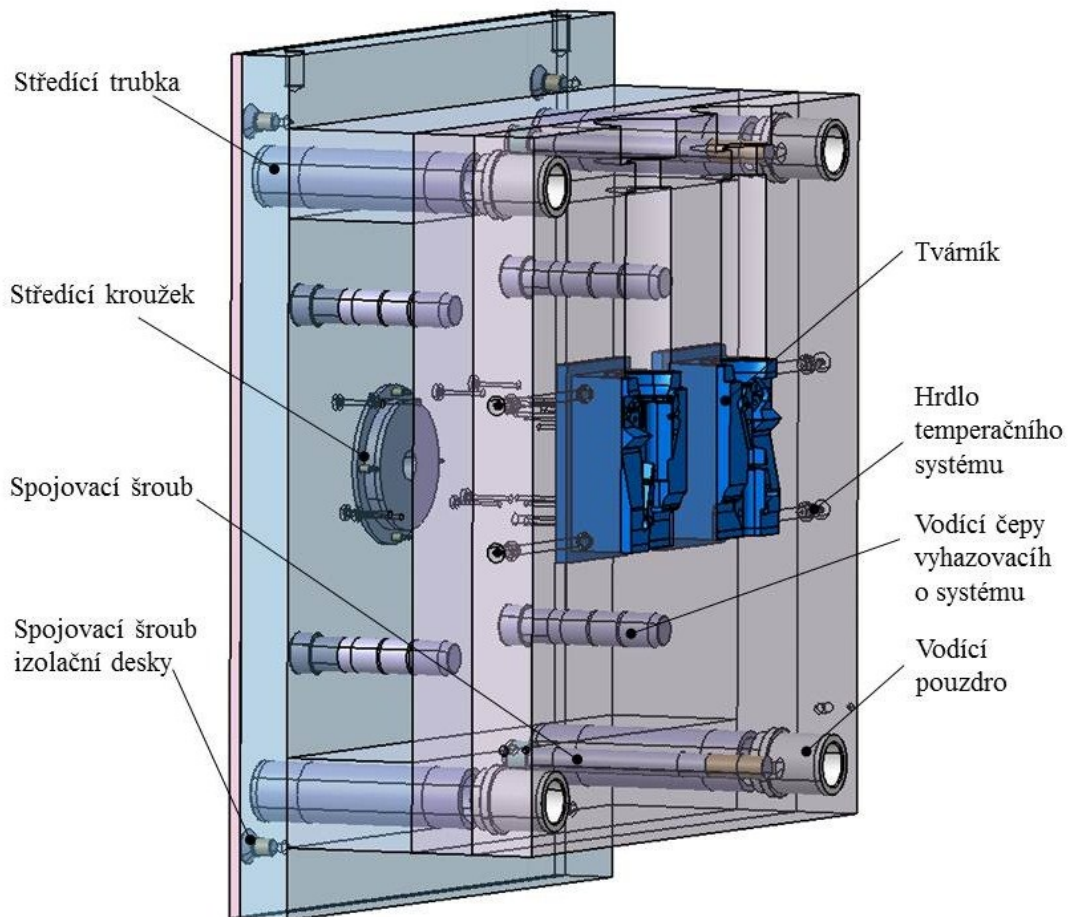


Obr. 34: Vyhříváný vtokový systém

7.4 Levá (pohyblivá) část formy

V levé části formy jsou umístěny desky, které se posouvají po vodících čepích. K vystředění jednotlivých desek slouží vodící tyče, které jsou umístěny mezi upínací, rozpěrnou a opěrnou deskou. Dále k vystředění slouží vodící pouzdra, která jsou umístěna mezi tvarovou a opěrnou deskou levou. Všechny desky jsou k sobě uchyceny pomocí zápusťných šroubů s vnitřním šestihranem a ke stroji jsou vystředěny pomocí středícího kroužku umístěného mezi izolační a upínací deskou. Tato oblast obsahuje tvárník, který je umístěný ve tvarové desce levé a má díry pro vyhazovací kolíky.

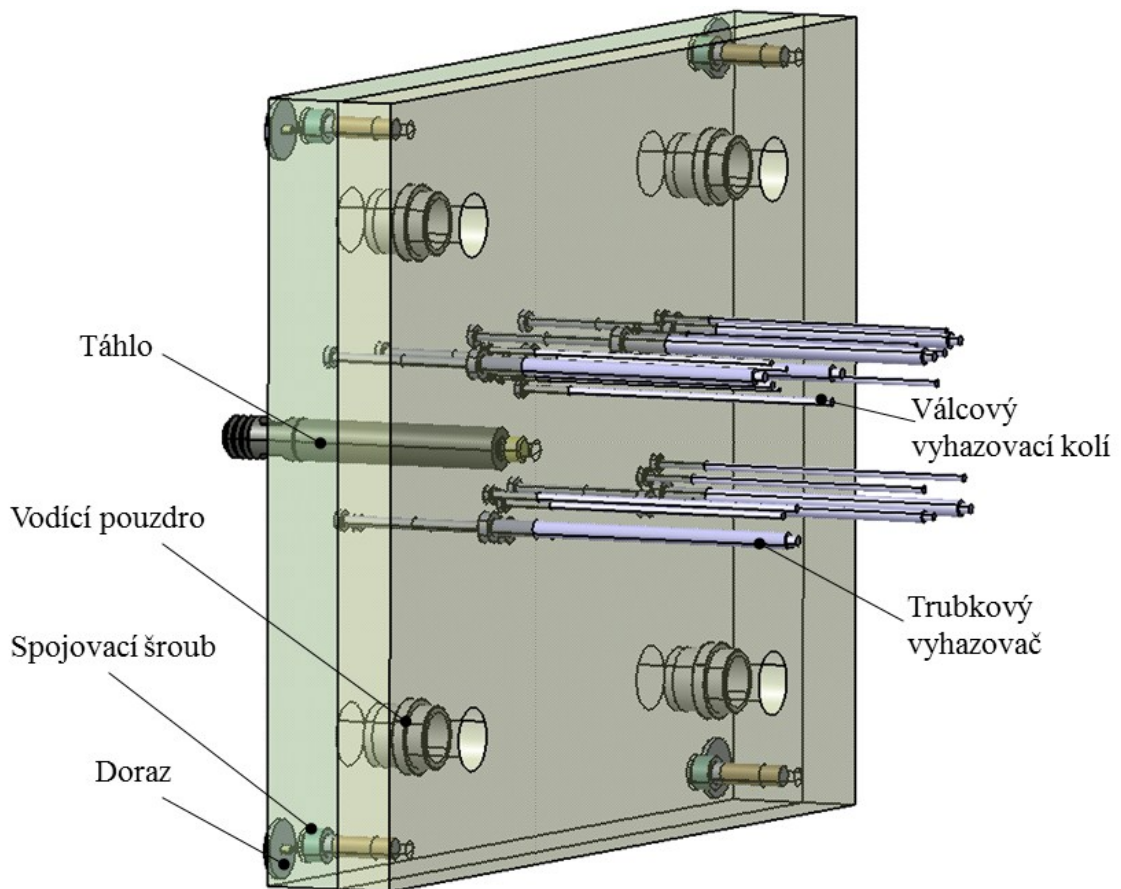
V levé části formy jsou také vodící čepy vyhazovacího systému, kterými jsou vystředěny vyhazovací desky.



Obr. 35: Levá část formy

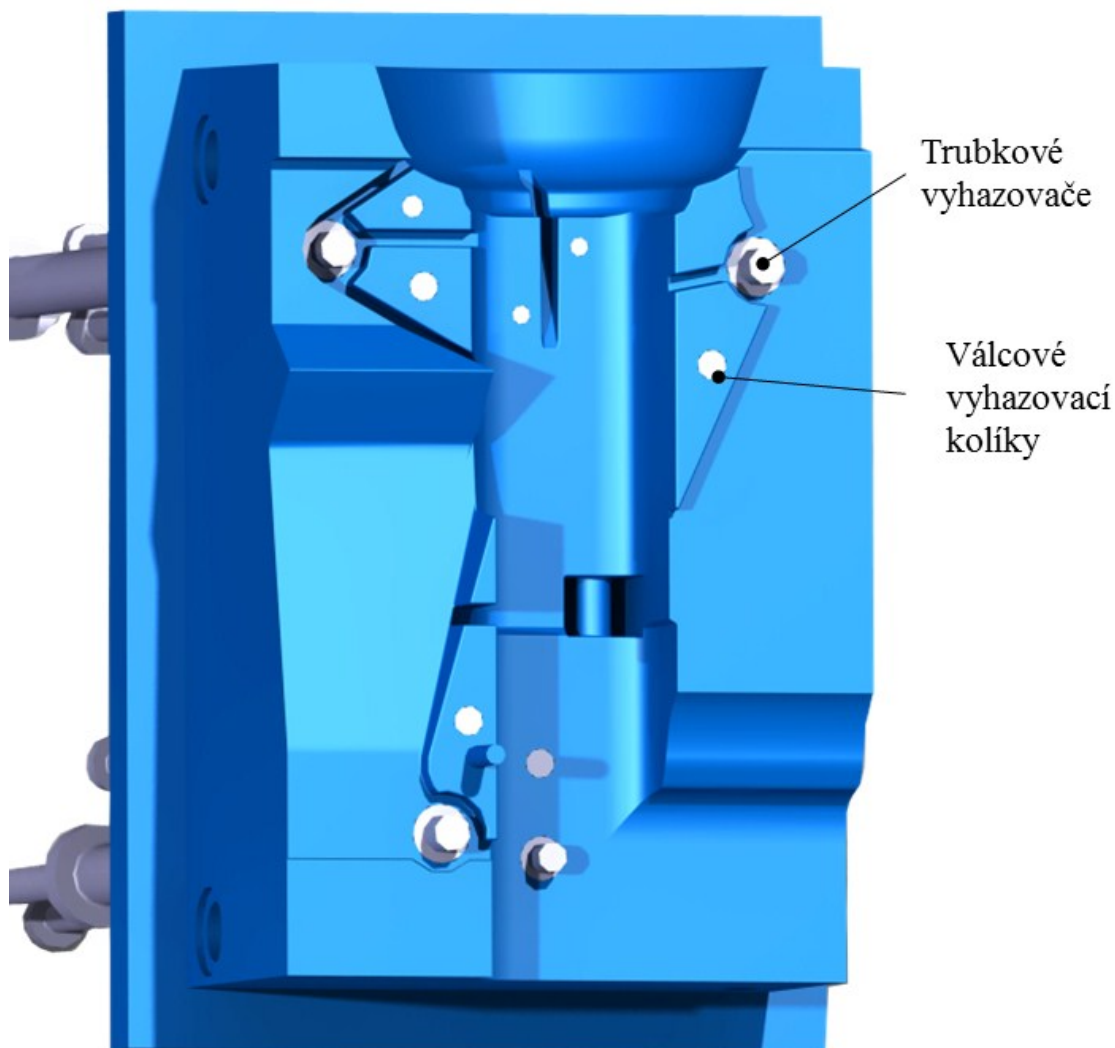
7.4.1 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém se skládá ze dvou vyhazovacích desek, které se nazývají opěrná a kotvní. Tyto desky jsou k sobě vzájemně vystředěny pomocí vodících pouzder a k uchycení slouží spojovací zápusné šrouby s vnitřním šestihranem. K desce opěrné jsou přichyceny dorazy a táhlo, kterým jsou desky přichyceny k vyhazovacímu mechanismu. V desce kotvní jsou vyvrtány otvory, do kterých se vkládají vyhazovací kolíky či trubky z trubkových vyhazovačů (Obr. 36).



Obr. 36: Vyhazovací systém

K vyhození vstřikovaného dílu byly použity normalizované vyhazovací kolíky a trubkové vyhazovače od společnosti HASCO, které byly zkráceny na potřebnou délku. Vyhazovače jsou umístěny na rovinné plochy dílu, a proto není potřeba bránit vyhazovačům proti pootočení. Obr. 37 zobrazuje umístění vyhazovacích kolíků a trubkových vyhazovačů.

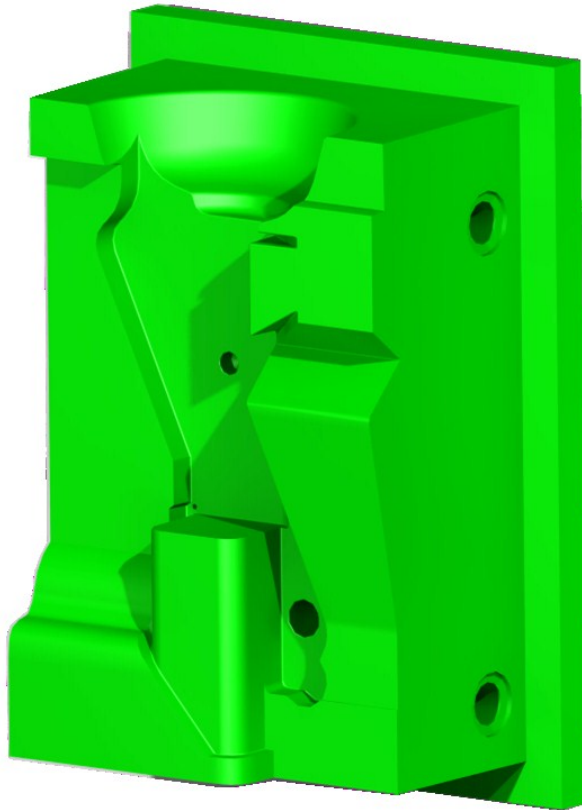


Obr. 37: Umístění vyhazovačů

7.5 Tvárník a tvárnice

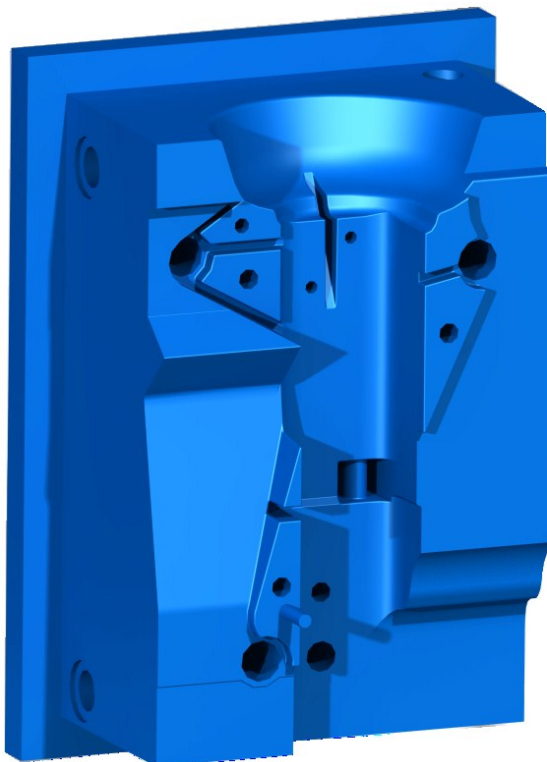
Tvárník a tvárnice jsou tvarové části, které vytváří dutinu formy. Tyto části jsou kvůli snadné výměně vytvořeny jako vložky, nikoliv jako celá tvarová deska. Vložky je možné také vyměnit za vložky stejných rozměrů s jinými tvary dutin, což ušetří finanční prostředky na výrobu nových desek. Na vložkách je vytvořen lem, díky kterému nemusí být vložky uchyceny pomocí šroubů. Lem vložek se opírá o mezidesku trysek a opěrnou desku levou, které zabraňují pohybu vložek.

Tvárnice (Obr. 38) je umístěna v levé části formy a jsou do ní přivedeny vstřikovací trysky, které plní dutinu vstříkovaným polymerem.



Obr. 38: Tvárnice

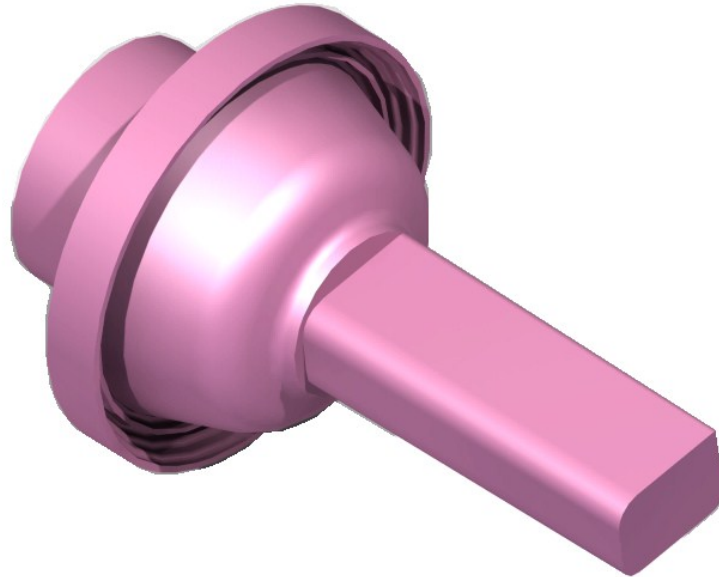
V pravé části formy je umístěn tvárník, ve kterém při otevření formy zůstává vstříkovaný díl. Ten je pomocí trubkových vyhazovačů a vyhazovacích kolíků vyhozen z dutiny tvárníku.



Obr. 39: Tvárník

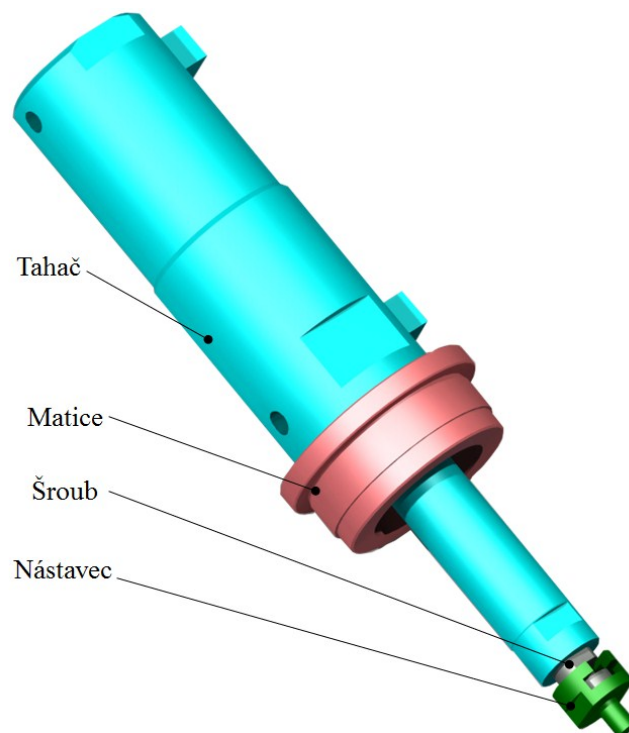
7.6 Jádno

Jádno slouží k vytvoření dutiny vstřikovaného dílu. Jádno bylo navrženo tak, aby na jeden zdvih byla odformována celá dutina a lem vstřikovaného dílu části automobilu.



Obr. 40: Jádno

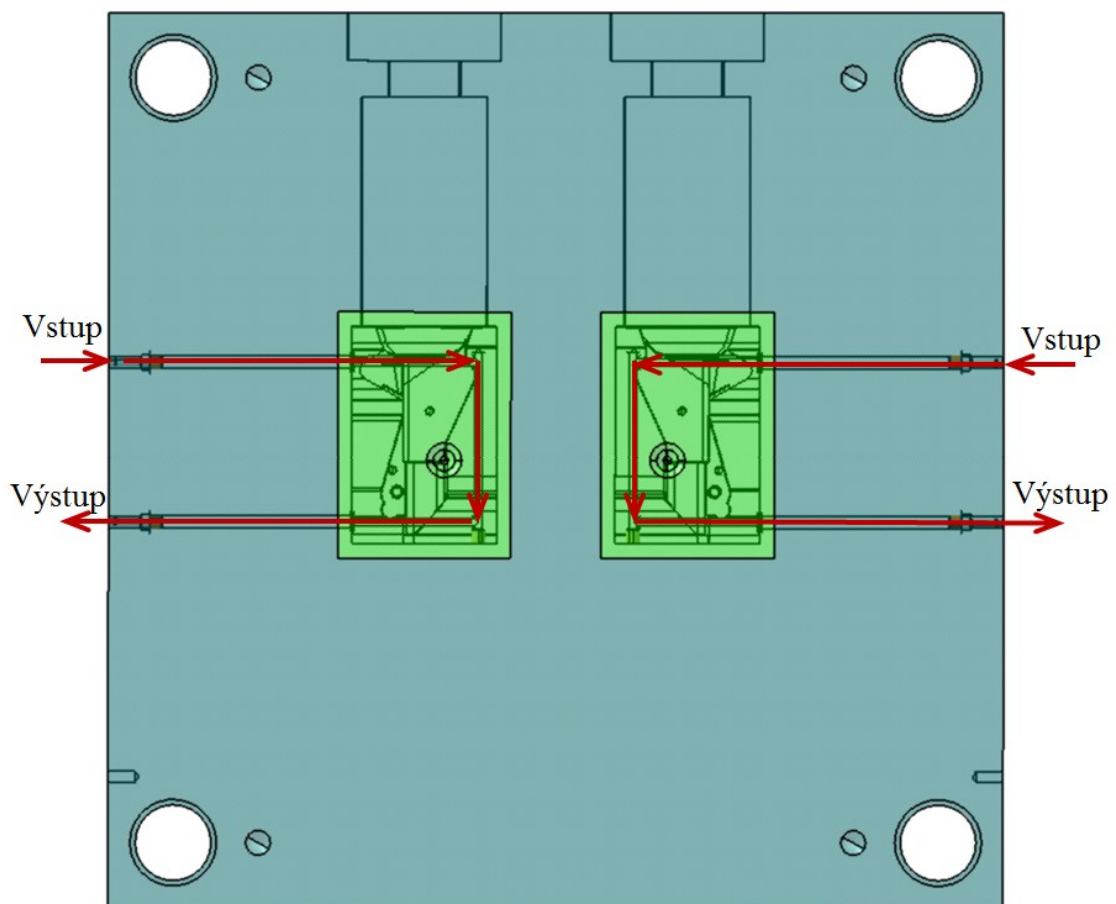
K jádru je přišroubován nástavec od firmy HASCO s označením Z2320/10. Do nástavce se vsune šroub Z2330/10, který je přišroubován k tahači o maximálním zdvihu 90 mm s označením Z2301/32x90. Tahač je k formě upevněn pomocí matice tahače Z2311/32.



Obr. 41: Sestava tahače

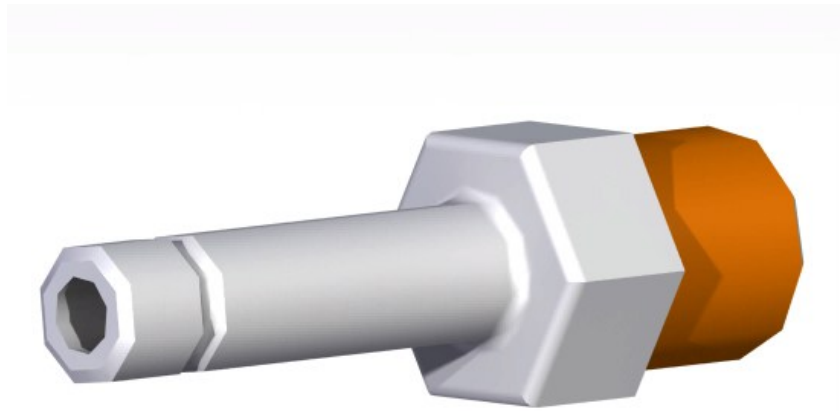
7.7 Temperační systém

Hlavním úkolem temperačního systému je zaručení stejných podmínek chlazení pro všechny vstříkované díly. Ve formě byly provedeny 4 chladicí okruhy, přičemž 2 chladicí okruhy obsahuje levá část formy a zbylé 2 okruhy pravá část formy. Chlazení je prováděno pomocí temperačního média, které protéká ve vrtaných kanálech o průměru 8 mm. Tyto kanály vedou uvnitř tvárníku, tvárnice a tvarové desky pravé i levé.



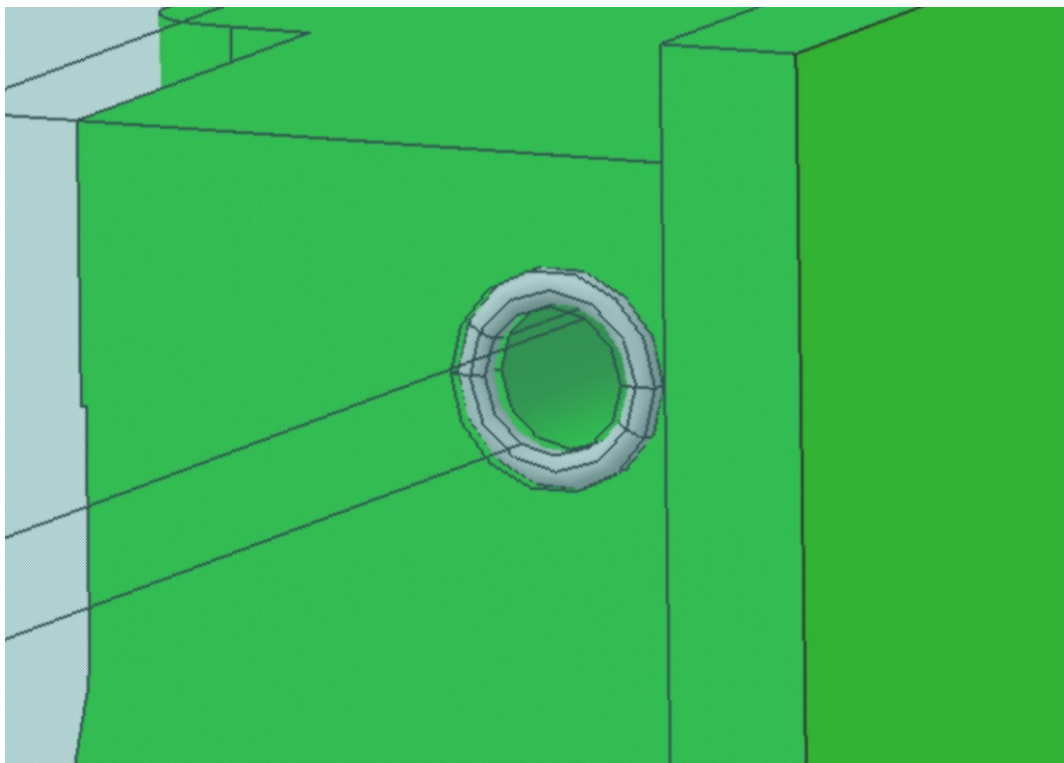
Obr. 42: Temperační systém

Temparační kanály ve tvarových deskách jsou zakončeny hrdly (Obr. 43) od společnosti HASCO s označením Z811/3, které slouží k připojení hadic.



Obr. 43: Hrdlo

Mezi kanály tvárníku či tvárnice a tvarovými deskami jsou těsnící kroužky (Obr. 44), aby nedocházelo k úniku temperačního média. Jako temperační médium byla pro větší účinnost zvolena voda.



Obr. 44: Těsnící kroužek

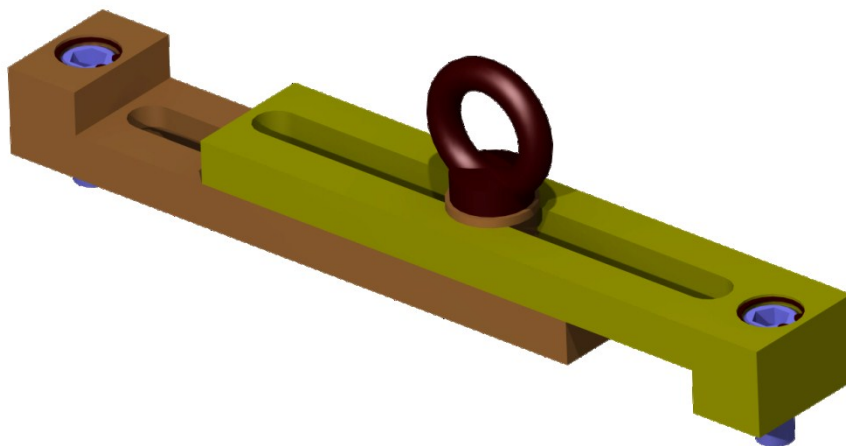
7.8 Odvzdušnění formy

Při vstřikování taveniny do dutiny formy dochází k tomu, že tavenina před sebou vytlačuje nežádoucí vzduch. Pokud nemá vzduch kudy unikat, tak se velmi rychle zahřívá, čímž roste tlak v dutině formy. To může způsobovat Dieselův efekt (vznícení vstřikovaného plastu), vznik vzduchových bublin, nedotečení taveniny apod.

Přebytečný vzduch uniká dělicí rovinou a také skrz vůli mezi vyhazovači, jádrem nebo tvárníkem.

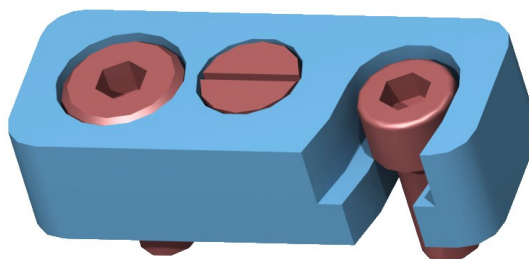
7.9 Transportní zařízení

Slouží k jednoduché manipulaci se vstřikovací formou. U navržené vstřikovací formy jsou použity dva normalizované transportní můstky od společnosti HASCO. Můstky mají označení Z70/3 a jsou přišroubovány k upínací desce pravé a levé.



Obr. 45: Transportní můstek

Aby nedošlo k nežádoucímu otevření ve spodní části formy, jsou k desce tvarové pravé a levé přišroubovány zámky od společnosti HASCO s označením Z73/16x25x63.



Obr. 46: Zámek

8 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Podle navržené formy, která má rozměry 424x424 mm a podle objemu vstřikovaného dílu jsem si vybral z nabídky firem hydraulický vstřikovací stroj od společnosti Arburg, který má označení ALLROUNDER 470 A.



Obr. 47: Vstřikovací stroj Arburg ALLROUNDER 470 A [28]

Základní parametry stroje ALLROUNDER 470 A jako jsou např. maximální uzavírací síla, maximální objem vstřiku, vzdálenost mezi vodícími sloupky apod. zobrazuje Tab. 6.

Tab. 6: Základní parametry vstřikovacího stroje [29]

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

ZÁVĚR

Bakalářská práce je založena na nenahraditelném významu automobilového průmyslu pro Českou republiku, a proto se věnovala konstrukci vstřikovací formy pro díl automobilu. Polymery jsou pro automobilový průmysl velmi významné, protože perfektně splňují jejich účel za nízkou cenu. Nejpoužívanější polymery v automobilovém průmyslu představují polypropylen, polyuretan a polyvinylchlorid.

Práce vytváří základní literární podklad pro řešení konstrukce formy, která je obsahem části praktické. Pro komplexní získání informací a splnění prvního stanoveného cíle bylo v práci čerpáno jak z literárních zdrojů českých, tak anglických. Literární studie na základě mnoha získaných poznatků seznamuje s druhy polymerů, technologií vstřikování, správnou konstrukcí vstřikovaného dílu a vstřikovací formy tak, aby byl čtenář schopen správně a vhodně navrhnout formu pro stanovený díl.

Celá konstrukce formy se odvíjela od zadaného dílu části automobilu a byla vytvořena tak, aby sériová výroba byla co nejjednodušší. Pro konstrukci byl zvolen software CATIA V5, ve kterém byl tento díl, a následně i vstřikovací forma, zpracován. Plastový díl části automobilu byl vytvořen z materiálu PA66 – GF30, který je vysokopevnostní a z 30 % vyztužený skelnými vlákny. Díl byl navržen tak, aby bylo možné odformování výstřiku z dutiny formy pomocí stanovení minimálního úkosu $0,5^\circ$ pro jednotlivé plochy.

Co se týče vstřikovací formy, byla určena jako dvounásobná za účelem zachování vysoké kvality automobilového dílu. Aby se snížila spotřeba vstřikované taveniny nutné pro zaplnění dutiny formy, byl zvolen vyhřívaný vtokový systém. Jeho volba byla ještě umocněna tím, že je tento systém vhodný pro velkosériovou výrobu, ve které bude díl automobilu vyráběn. Při konstrukci formy je nutné brát v potaz výrobní náklady, a proto bylo využito normalizovaných dílů, které nabízí společnost HASCO, a díky tomu se zabránilo možným nákladům při nutnosti výroby nových nenormalizovaných dílů. Z široké nabídky HASCO byl vybrán tahač, vyhazovací kolíky, vyhřívaný vtokový systém, ucpávky, šrouby, jednotlivé desky formy atd. Normovaným dílům byly přizpůsobeny parametry vstřikovací formy při její konstrukci. Rozměry desek, určující velikost vstřikovací formy, byly navrženy tak, aby bylo možné vytáhnout jádro formy z dutiny. Pro vystředění desek bylo využito středících trubek, vodících čepů a vodících pouzder. Temperace formy je řešena pomocí vrtačných temperačních kanálů. Nadbytečný vzduch, který vzniká při uzavírání formy, odchází díky dělicí rovině, pohyblivému jádru a vyhazovacím kolíkům. Aby se s formou mohlo

snadno manipulovat, byly zvoleny dva normalizované můstky. Důležité je také zajištění spodní části vstřikovací formy, a proto je forma zajištěna proti pootevření dvěma zámky. K celkovému vystředění formy ke vstřikovacímu stroji pak slouží středící kroužky, které jsou umístěny v upínacích deskách. Vstřikovací stroj pochází z nabídky společnosti ARBURG.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-7080-617-6.
- [2] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. Praha: BEN - technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [3] BĚHÁLEK, Luboš. *Polymery*. Střední odborné učiliště Svitavy, 2014. ISBN 978-80-88058-68-7. [online] [cit.2016-09-28] Dostupné také z: <https://publi.cz/books/180/Cover.html>
- [4] STOKLASA, Karel. *Makromolekulární chemie I*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005.
- [5] SKOČOVSKÝ, Petr, Peter PALČEK, Radomila KONEČNÁ a Ladislav VÁRKOLY. *Konštrukčné materiály*. 1. Žilinská univerzita v Žilině, 2000. ISBN 80-7100-608-4.
- [6] LENFELD, Petr. *Vstřikování plastů* [online]. [cit. 2016-10-12]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
- [7] BRYCE, Douglas M. *Plastic injection molding: material selection and product design fundamentals* [online]. 1. Dearborn, Michigan: Society of Manufacturing Engineers, 1997 [cit. 2016-10-21]. ISBN 0-87263-488-4. Dostupné z: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpPIMVIIM8/plastic-injection-molding/plastic-injection-molding>
- [8] SZETEIOVÁ, Katarína. AUTOMOTIVE MATERIALS PLASTICS IN AUTOMOTIVE MARKETS TODAY. *MATERIALS SCIENCE AND TECHNOLOGY* [online]. 2010, **2010**(3), 47 [cit. 2016-10-24]. ISSN 1335-9053. Dostupné z: http://www.mtf.stuba.sk/docs//internetovy_casopis/2010/3/obsah.htm
- [9] WYPYCH, George. *Handbook of material weathering*. 2nd ed. Toronto: ChemTec Pub, 1995. ISBN 1895198127.
- [10] BOBČÍK, Ladislav. *FORMY PRO ZPRACOVÁNÍ PLASTŮ I.DÍL - Vstřikování termoplastů*. 2. Brno: UNIPLAST BRNO, 1999.
- [11] LENFELD, Petr. *Technologie vstřikování* [online]. 1. Střední odborné učiliště Svitavy, 2015 [cit. 2016-12-14]. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/Cover.html>

- [12] OSSWALD, Tim, Erwin BAUR, Sigrid BRINKMANN, Karl OBERBACH a Ernst SCHMACHTENBERG. *International Plastics Handbook - The Resource for Plastics Engineer*. 4. Hanser Publishers, 2006. ISBN 978-1-56990-399-5. Dostupné z: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpIPHTRPE2/international-plastics/international-plastics>
- [13] STANĚK, Michal. *Konstrukce forem* (přednáška) Zlín: UTB, 2016.
- [14] OSSWALD, Tim A. a Georg MENGES. *Material Science of Polymers for Engineers* [online]. 3. Hanser Publishers, 2012 [cit. 2017-01-07]. ISBN 978-1-56990-514-2. Dostupné z: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpMSPEE002/material-science-polymers/material-science-polymers>
- [15] SEIDL, Martin. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů* [online]. 1. Střední odborné učiliště Svitavy: Code Creator, 2015 [cit. 2017-01-07]. ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/Cover.html>
- [16] GOODSHIP, Vannessa, Bethany MIDDELTON a Ruth CHERRINGTON. *Design and Manufacture of Plastic Components for Multifunctionality - Structural Composites, Injection Molding, and 3D Printing* [online]. 1. Elsevier, 2016 [cit. 2017-01-07]. ISBN 978-0-323-34061-8. Dostupné z: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpDMPCMSC1/design-manufacture-plastic/design-manufacture-plastic>
- [17] KUBOUŠEK GROUP. *Uzavírací jednotka* [online]. [cit. 2017-01-07]. Dostupné z: <http://www.kubousek.cz/cz/divize-kraussmaffei/vstrikovaci-stroje/rada-ex/uzaviraci-jednotka.html>
- [18] PRUNER, Harry a Wolfgang NESCH. *Understanding Injection Molds* [online]. 1. Hanser Publishers, 2013 [cit. 2017-01-08]. ISBN 978-1-56990-527-2. Dostupné z: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpUIM00002/understanding-injection/understanding-injection>
- [19] BOBEK, Jiří. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. 1. Střední odborné učiliště Svitavy: Code Creator, 2016 [cit. 2017-01-08]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Cover.html>

- [20] HYNEK, Martin, Eduard MÜLLER a Štěpán HELLER. *K05 - PLASTOVÉ DÍLY: STUDENÉ A ŽIVÉ VTKOVÉ SYSTÉMY* [online]. 1. Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z:
http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publikace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf
- [21] MENGES, Georg, Walter MICHAELI a Paul MOHREN. *How to Make Injection Molds* [online]. 3. Hanser Publishers, 2001 [cit. 2017-01-12]. ISBN 978-3-446-21256-5. Dostupné z: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpHMIME006/how-make-injection-molds/how-make-injection-molds>
- [22] DANGEL, Rainer. *Injection Moulds for Beginners* [online]. 1. Hanser Publishers, 2016 [cit. 2017-01-12]. ISBN 978-1-56990-631-6. Dostupné z: <http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpIMB00004/injection-moulds-beginners/injection-moulds-beginners>
- [23] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů II. díl: Vstřikování termoplastů*. 1. Brno: UNIPLAST Brno, 1999.
- [24] ŘEHULKA, Zdeněk. *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů*. 1. SEKURKON, 2005. ISBN 80-86604-18-7.
- [25] PA66+GF30 - polyamid modifikovaný sklenými vlákny.
In: *Techplasty.sk* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z:
<http://www.techplasty.sk/material/polyamid/pa66gf30-polyamid-modifikovany-sklennymi-vlakny>
- [26] Ultramid® A3WG6. In: *Polnac.com* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z:
<http://www.polnac.com.mx/hojas-tecnicas-pdf/basf/UltramidA3WG6.pdf>
- [27] ALLROUNDER 470 A. In: *Arburg* [online]. [cit. 2017-04-11]. Dostupné z:
https://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/bilder/presse_300dpi/arburg_23946-02_470_a.jpg
- [28] ALLROUNDER 470 A. In: *Arburg.com* [online]. [cit. 2017-04-17]. Dostupné z:
https://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/bilder/presse_300dpi/arburg_23946-02_470_a.jpg
- [29] ALLROUNDER 470 A. In: *Arburg* [online]. [cit. 2017-04-11]. Dostupné z:
https://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Technische_Daten/ARBURG_ALLROUNDER_470A_TD_680078_en_GB.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABS	Akrylonitrilbutadienstyren.
PA	Polyamid.
PA-6	Silon.
PA-66	Nylon.
PE	Polyethylen.
HDPE	Vysokohustotní polyethylen.
LDPE	Nízkohustotní polyethylen.
PC	Polykarbonát.
PBT	Polybutylen-tereftalát.
PP	Polypropylen.
PS	Polystyren.
PPE	Polyphenylen ether.
POM	Polyoxomethylen.
PET	Polyethylentereftalát.
PVC	Polyvinylchlorid.
PMMA	Polymethylmethakrylát.
PUR	Polyuretan.
°C	Stupeň Celsia.
3D	Trojrozměrný
SVS	Studený vtokový systém
VVS	Vyhřívaný vtokový systém
mm	Milimetr
kN	Kilonewton
cm ³	Centimetr krychlový

kW Kilowatt

MPa Megapascal

° stupeň

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Vznik polymeru z monomeru [4]	13
Obr. 2: Základní rozdělení polymerů [3]	13
Obr. 3: Struktura amorfních plastů [6].....	15
Obr. 4: Struktura semikrystalických plastů [6].....	15
Obr. 5: Ukázka amorfní (a) a semikrystalické (b) struktury [3]	16
Obr. 6: Tvary granulí [11].....	20
Obr. 7: Schéma vstřikovacího stroje [14]	22
Obr. 8: Schéma vstřikovací jednotky [15].....	22
Obr. 9: Uzavírací jednotka [17]	23
Obr. 10: Vstřikovací cyklus [13], vlastní zpracování	24
Obr. 11: Tloušťky stěn [19]	25
Obr. 12: Správné a nesprávné úkosy [19].....	26
Obr. 13: Základní vztahy pro výpočet žebra [19].....	26
Obr. 14: Řez vstřikovací formy [18].....	28
Obr. 15: Pravá strana formy [18]	29
Obr. 16: Levá strana formy [18]	30
Obr. 17: Značení dělicí roviny	30
Obr. 18: Popis studeného vtokového systému [20]	31
Obr. 19: Vyhodnocení správných a nesprávných průřezů vtokových kanálů [19].....	32
Obr. 20: Tunelové vtokové ústí [19].....	32
Obr. 21: Banánové vtokové ústí [19].....	33
Obr. 22: Deštníkové vtokové ústí [19].....	33
Obr. 23: Talířové vtokové ústí [19]	33
Obr. 24: Schéma VVS [18].....	34
Obr. 25: Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků [18].....	35
Obr. 26: Funkce stírací desky [18].....	36
Obr. 27: Přední pohled na vstřikovaný díl	39
Obr. 28: Zadní pohled na vstřikovaný díl	39
Obr. 29: Vstřikovací forma pro řešený díl	41
Obr. 30: Desky vstřikovací formy	42
Obr. 31: Analýza pro zjištění minimálního úkosu $0,5^\circ$	43
Obr. 32: Odformování vstřikovaného dílu.....	43

Obr. 33: Pravá část formy	44
Obr. 34: Vyhřívaný vtokový systém.....	45
Obr. 35: Levá část formy	46
Obr. 36: Vyhazovací systém.....	47
Obr. 37: Umístění vyhazovačů	48
Obr. 38: Tvárnice	49
Obr. 39: Tvárník	49
Obr. 40: Jádro	50
Obr. 41: Sestava tahače.....	50
Obr. 42: Temperační systém.....	51
Obr. 43: Hrdlo.....	52
Obr. 44: Těsnící kroužek	52
Obr. 45: Transportní můstek.....	53
Obr. 46: Zámek.....	53
Obr. 47: Vstříkovací stroj Arburg ALLROUNDER 470 A [28]	54

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Základní vlastnosti nejznámějších termoplastů [7]	14
Tab. 2: Nejběžněji používané kaučuky [1]	17
Tab. 3: Polymery používané v automobilech [8].....	19
Tab. 4: Výpočet minimálního poloměru [10]	27
Tab. 5: Základní vlastnosti vstřikovaného materiálu [26]	40
Tab. 6: Základní parametry vstřikovacího stroje [29]	54

SEZNAM PŘÍLOH

P I PARAMETRY VSTŘIKOVACÍHO STROJE

P II MATERIÁLOVÝ LIST

P III VÝKRES VSTŘIKOVACÍ FORMY

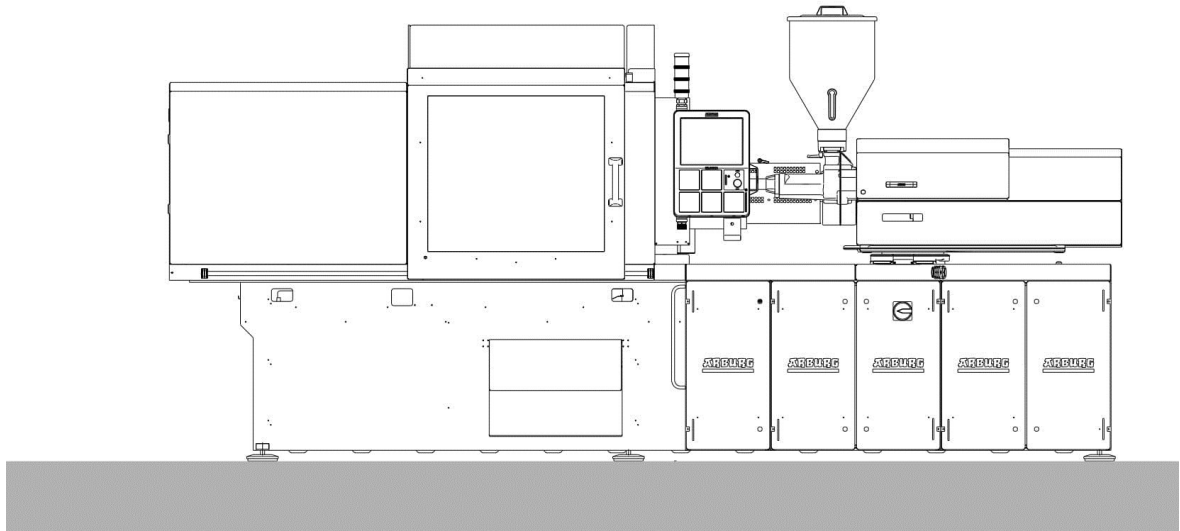
P IV KUSOVNÍK

P V CD DISK – Obsah disku:

- Bakalářská práce,
- přílohy,
- 3D data vstřikovací formy,
- 3D data vstřikovaného dílu.

PŘÍLOHA P I: PARAMETRY VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Facts and figures



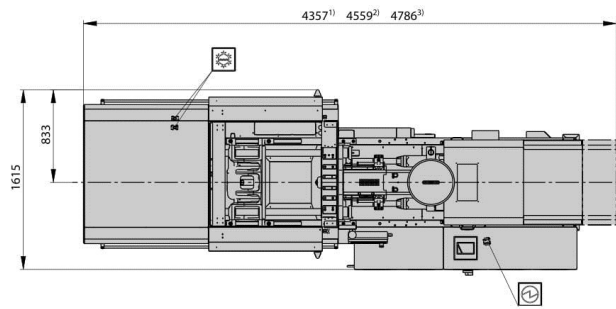
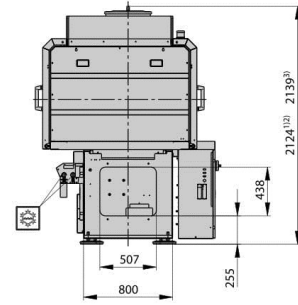
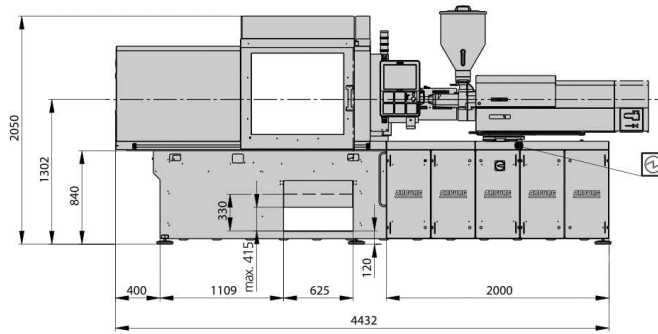
ALLROUNDER 470 A



Distance between tie bars: 470 x 470 mm

Clamping force: 800, 1000 kN

Injection unit (acc. to EUROMAP): 170, 290, 400

ARBURG



-  Electrical connection
-  Cooling water connection

1) injection unit 170
 2) injection unit 290
 3) Injection unit 400

Technical data

| 470 A

Clamping unit		470 A	
with clamping force	max. kN	800	1000
Opening force stroke	max. kN mm	--- 350	
Mould height, fixed variable	min.-max. mm	--- 250-500	
Platen daylight fixed variable	max. mm	--- 600-850	
Distance between tie bars (w x h)	mm	470 x 470	
Mould mounting platens (w x h)	max. mm	637 x 637	
Weight of movable mould half	max. kg	760	
Ejector force stroke	max. kN mm	40 175	
Dry cycle time EUROMAP ²	min. s - mm	1,0-329	0,9 - 329

Injection unit		170			290			400			
with screw diameter	mm	25	30	35	30	35	40	35	40	45	
Effective screw length	L/D	24	20	17	23,3	20	17,5	23	20	18	
Screw stroke	max. mm	120			150			160			
Calculated stroke volume	max. cm ³	59	85	115	106	144	188	154	201	254	
Shot weight	max. g PS	54	77	105	97	132	172	141	184	232	
Material throughput	max. kg/h PS	10	13,5	16	17	20,5	24,5	25	29	35	
	max. kg/h PA6.6	5	7	8	8,5	10,5	12,5	12,5	15	17,5	
Injection pressure	max. bar	2500	2000	1470	2500	2000	1530	2500	2000	1580	
Holding pressure	max. bar	2310	1600	1170	2180	1600	1220	2090	1600	1260	
Injection flow ²	Standard	max. cm ³ /s	148	214	290	212	288	376	246	320	406
	Version	max. cm ³ /s	---			---			---		
Screw circumferential speed ²	max. m/min	50	60	70	51	60	69	53	60	68	
Screw torque	max. Nm	210	250	290	320	380	430	480	550	610	
Nozzle contact force retraction stroke	max. kN mm	50 300			50 300			60 300			
Heating capacity zones	kW	9,4 5			6,4 5			9,4 5			
Feed hopper	l	50			50			50			

Drive and connection		470 A 800			470 A 1000			
with injection unit		170	290	400	170	290	400	
Net weight of machine	kg	5220	5280	5400	5220	5280	5400	
Sound press. level Insecurity ⁴	dB(A)	66 3			66 3			
Electrical connection ³	kW	25	25	31	25	26	31	
	Total	A	80	80	100	80	100	100
	Machine	A	---			---		
	Heating	A	---			---		
Cooling water connection	max. °C	30			30			
	min. Δp bar	1,5 DN 25			1,5 DN 25			

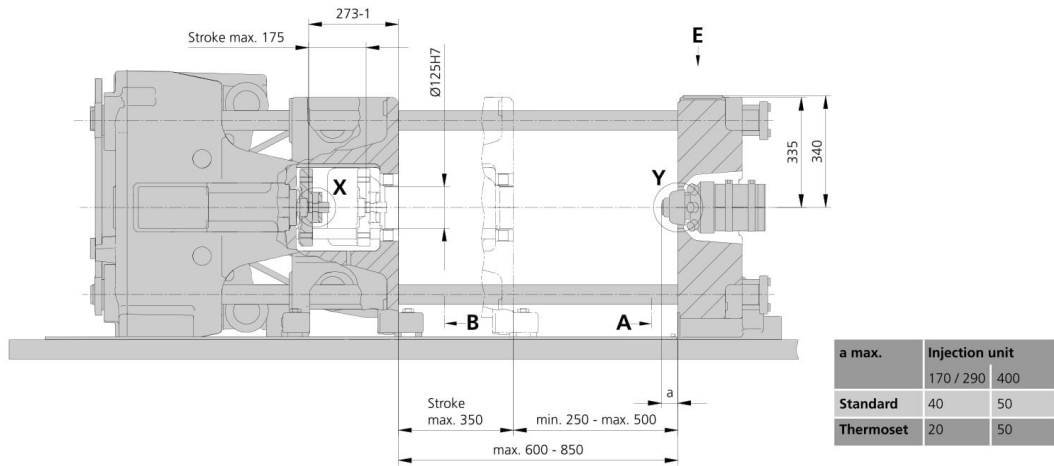
Machine type	
with EUROMAP size designation ¹	
470 A	800-170 290 400
470 A	1000-170 290 400

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.

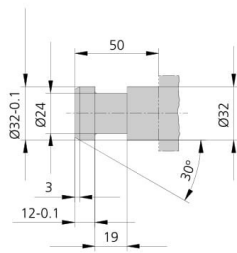
- 1) Clamping force (kN) - large injection unit = max. stroke volume (cm³) x max. injection pressure (kbar)
- 2) Specifications depend on the drive variant / drive configuration.
- 3) Specifications relate to 400 V/50 Hz.
- 4) Specifications apply to alternative equipment.

470 A

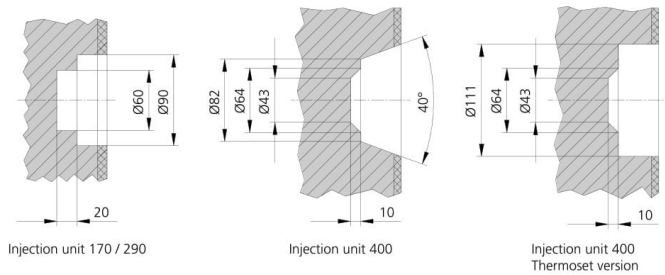
Mould installation dimensions



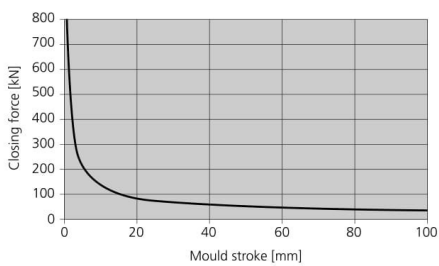
Ejector bolt | X



Bore in mould (if required) | Y

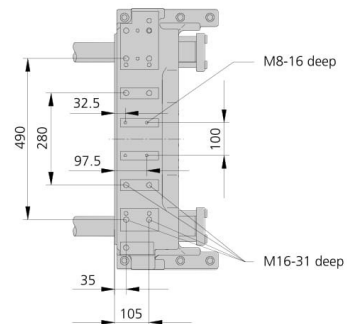


Closing force for spring moulds / during injection compression moulding*

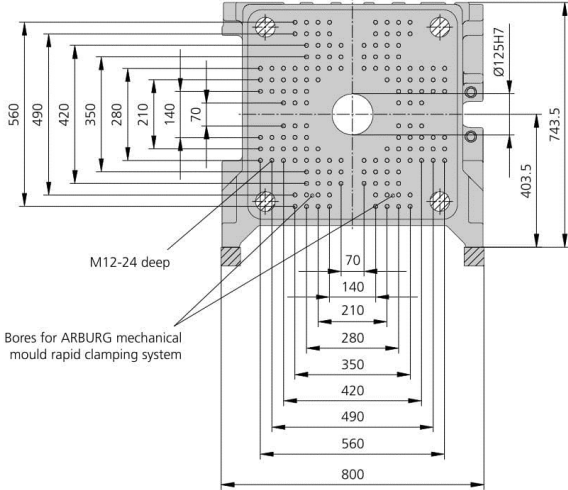


* automatic locking force adjustment up to 20 kN

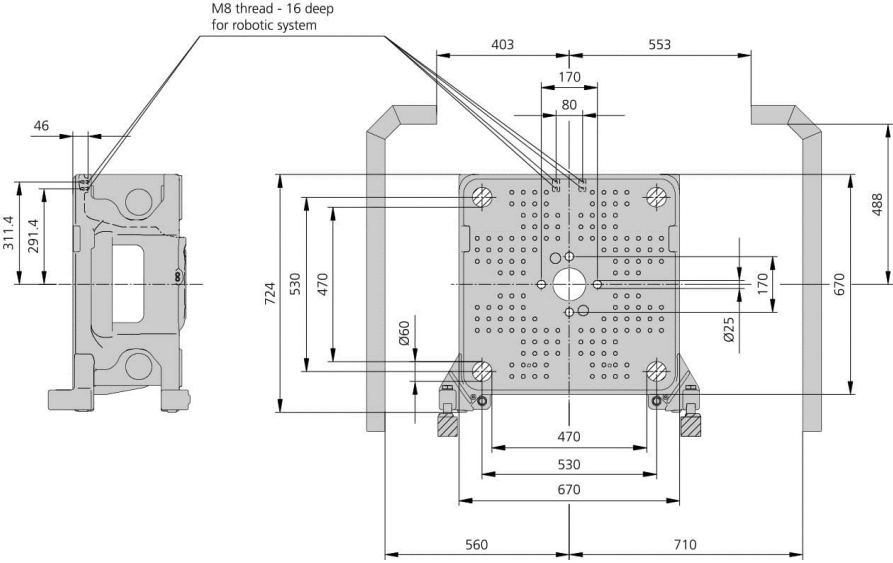
Robotic system mounting | E



Fixed mould mounting platen | A



Moving mould mounting platen | B



Theoretical shot weights for the most important injection moulding materials

Injection units according to EUROMAP		170			290			400		
Screw diameter	mm	25	30	35	30	35	40	35	40	45
Polystyrene	max. g PS	54	77	105	97	132	172	141	184	232
Styrene heteropolymerizates	max. g SB	53	76	103	95	129	168	137	179	227
	max. g SAN, ABS ¹⁾	52	74	101	93	126	165	135	176	223
Cellulose acetate	max. g CA ¹⁾	61	87	119	109	148	194	158	207	262
Celluloseacetobutyrate	max. g CAB ¹⁾	56	81	110	101	138	180	147	192	243
Polymethyl methacrylate	max. g PMMA	56	80	109	100	136	178	145	190	240
Polyphenylene ether, mod.	max. g PPE	50	72	98	90	122	160	131	171	216
Polycarbonate	max. g PC	57	81	111	102	139	181	148	193	244
Polysulphone	max. g PSU	58	84	115	105	143	187	153	199	252
Polyamides	max. g PA 6.6 PA 6 ¹⁾	53	77	104	96	131	171	140	183	231
	max. g PA 6.10 PA 11 ¹⁾	50	72	98	90	122	160	131	171	216
Polyoximethylene (Polyacetal)	max. g POM	66	96	130	120	163	213	174	227	287
Polyethylene terephthalate	max. g PET	64	92	126	115	157	205	167	219	277
Polyethylene	max. g PE-LD	41	59	80	73	100	130	106	139	176
	max. g PE-HD	42	60	82	76	103	134	110	143	181
Polypropylene	max. g PP	43	62	84	77	105	137	112	146	185
Fluoropolymerides	max. g FEP, PFA, PCTFE ¹⁾	86	124	169	155	211	276	225	294	372
	max. g ETFE	76	109	148	136	185	242	196	256	324
Polyvinyl chloride	max. g PVC-U	65	94	127	117	159	208	170	222	281
	max. g PVC-P ¹⁾	60	87	118	108	147	192	157	205	260

1) average value

ARBURG GmbH + Co KG

Arthur-Hehl-Strasse · 72290 Lossburg · Tel.: +49 7446 33-0 · www.arburg.com · E-Mail: contact@arburg.com

With locations in Europe: Germany, Belgium, Denmark, France, United Kingdom, Italy, Netherlands, Austria, Poland, Switzerland, Slovakia, Spain, Czech Republic, Turkey, Hungary | **Asia:** People's Republic of China, Indonesia, Malaysia, Singapore, Taiwan, Thailand, United Arab Emirates | **America:** Brazil, Mexico, USAFor more information, please go to www.arburg.com.© 2017 ARBURG GmbH + Co KG
The brochure is protected by copyright. Any utilisation, which is not expressly permitted under copyright legislation, requires the previous approval of ARBURG.

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.

**ARBURG GmbH + Co KG**

DIN EN ISO 9001 + 14001 + 50001 certified



PŘÍLOHA P II: MATERIÁLOVÝ LIST

Product Information

June 2005

Ultramid[®] A3WG6
(PA66-GF30)

 **BASF**
The Chemical Company

Product description

Glass fibre reinforced and heat aging resistance injection moulding grade for machinery components and housings of high stiffness and dimensional stability such as lamp socket housings, cooling fans, insulating profile for aluminium window frames, water containers for automotive cooling systems. A3EG6 is the preferred grade for producing electrically insulating parts.

Physical form and storage

Ultramid is supplied dry and ready to use in moisture-proof packaging in the form of cylindrical or flat pellets. Its bulk density is about 0,7g/cm³. Standard packs are the special 25kg bag and the 1000kg bulk container (octagonal IBC= intermediate bulk container made from corrugated board with a liner bag). Subject to agreement other forms of packaging and shipment in tankers by road or rail are also possible. All containers are tightly sealed and should be opened only immediately prior to processing. To ensure that the perfectly dry material delivered cannot absorb moisture from the air the containers must be stored in dry rooms and always carefully sealed again after portions of material have been withdrawn. Ultramid can be kept indefinitely in the undamaged bags. Experience has shown that product supplied in IBCs can be stored for about 3 months without any adverse effects on processing properties due to moisture absorption. Containers stored in cold rooms should be allowed to equilibrate to normal temperature so that no condensation forms on the pellets.

Product safety

Ultramid melts are thermally stable at the usual temperature for A, B and C up to 310°C and 350°C for T and do not give rise to hazards due to molecular degradation or the evolution of gases and vapors. Like all thermoplastic polymers Ultramid decomposes on exposure to excessive thermal load, e.g. when it is overheated or as a result of cleaning by burning off. In such cases gaseous decomposition products are formed. Decomposition accelerates above 310°C (T >350°C) approximately, the initial products formed being mainly carbon monoxide and ammonia, and caprolactam too in the case of Ultramid B. At temperatures above about 350°C (T >400°C) small quantities of pungent smelling vapors of aldehydes, amines and other nitrogenous decomposition products are also formed.

Further safety information see safety data sheet of the individual product.

Note

The information submitted in this publication is based on our current knowledge and experience. In view of the many factors that may affect processing and application, these data do not relieve processors of the responsibility of carrying out their own tests and experiments; neither do they imply any legally binding assurance of certain properties or of suitability for a specific purpose. It is the responsibility of those to whom we supply our products to ensure that any proprietary rights and existing laws and legislation are observed. In order to check the availability of products please contact us or our sales agency.

BASF Aktiengesellschaft
67056 Ludwigshafen, Germany

Ultramid[®] A3WG6



Typical values at 23°C ¹⁾	Test method	Unit	Condition	Values
Properties				
Abbreviated term	ISO 1043	-	-	PA66-GF30
Density	ISO 1183	g/cm ³	-	1.36
Viscosity number (solution 0.005 g/ml sulfuric acid)	ISO 307	ml/g	-	145
Colour: natural (n), coloured (c), black (bk)	-	-	-	n, bk
Water absorption, equilibrium in water at 23°C	ISO 62	%	-	5.20 - 5.80
Moisture absorption, equilibrium 23°C/50% r.h.	ISO 62	%	-	1.50 - 1.90
Processing				
Melting temperature, DSC	ISO 3146	°C	-	260
Melt volume rate MVR 275/5	ISO 1133	cm ³ /10 min	-	40
Melt temperature, injection moulding/extrusion	-	°C	-	280 - 300
Mould temperature, injection moulding	-	°C	-	80 - 90
Moulding shrinkage, constrained ⁶⁾	-	%	-	0.55
Flammability				
UL94 rating at 1.6 mm thickness	UL 94	class	-	HB
Automotive materials (thickness d ≥ 1mm)	FMVSS 302	-	-	+
Mechanical properties				
Tensile modulus	ISO 527-2	MPa	dry/cond.	10000/7200
Yield stress (v = 50 mm/min), Stress at break (v = 5 mm/min)*	ISO 527-2	MPa	dry/cond.	190*/130*
Yield strain (v = 50 mm/min)	ISO 527-2	%	dry/cond.	
Nominal strain at break, Strain at break*	ISO 527-2	%	dry/cond.	3.0*/5.0*
Tensile creep modulus, 1000 h, strain ≤ 0.5%, +23°C	ISO 899-1	MPa	cond.	5300
Flexural modulus	ISO 178	MPa	dry/cond.	8600/6500
Flexural strength	ISO 178	MPa	dry/cond.	280/210
Charpy unnotched impact strength ³⁾ +23°C	ISO 179/1eU	kJ/m ²	dry/cond.	85/100
Charpy unnotched impact strength -30°C	ISO 179/1eU	kJ/m ²	dry	70
Charpy notched impact strength ³⁾ +23°C	ISO 179/1eA	kJ/m ²	dry/cond.	13.0/22.0
Charpy notched impact strength -30°C	ISO 179/1eA	kJ/m ²	dry	10.0
Izod notched impact strength 1A ³⁾ +23°C	ISO 180/1A	kJ/m ²	dry/cond.	11.5/15.5
Izod notched impact strength 1A -30°C	ISO 180/1A	kJ/m ²	dry	
Ball indentation hardness H 358/30, H 961/30*	ISO 2039-1	MPa	dry/cond.	240*/190*
Thermal properties				
Deflection temperature 1.8 MPa (HDT A)	ISO 75-2	°C	-	250
Deflection temperature 0.45 MPa (HDT B)	ISO 75-2	°C	-	250
Max. service temperature (short cycle operation) ²⁾	-	°C	-	240
Temperature index at 50% loss of tensile strength after 20000 h / 5000 h	IEC 216-1	°C	-	145 / 175
Thermal coefficient of linear expansion, longitudinal / transverse (23-80)°C	DIN 53752	10 ⁻⁴ /K	-	0.2 - 0.3 / 0.6 - 0.7
Thermal conductivity	DIN 52 612	W(m · K)	-	0.35
Specific heat capacity	-	J(kg · K)	-	1500.00
Electrical properties				
Dielectric constant at 1 MHz	IEC 60250	-	dry/cond.	3.5/5.6
Dissipation factor at 1 MHz	IEC 60250	10 ⁻⁴	dry/cond.	140/3000
Volume resistivity	IEC 60093	Ω · m	dry/cond.	10 ¹³ /10 ¹⁰
Surface resistivity	IEC 60093	Ω	dry/cond.	10 ¹² /10 ¹⁰
CTI, solution A	IEC 60112	-	cond.	450

Footnotes:

1) for uncoloured product, unless defined otherwise in the product name

2) Empirical values determined on articles repeatedly subjected to the temperature concerned for several hours at a time over a period of several years.

The proviso is that the articles were properly designed and processed according to our recommendations.

3) N = no break.

6) Test box with central gating, dimensions of base (107-47-1.5) mm,

processing conditions: T_{M PA66} = 260 °C, T_{M PA66} = 290 °C, mould surface temp. MST = 60 °C for unreinforced, MST = 80 °C for reinforced.