

Konstrukce formy pro vstřikování technického dílu

Adam Chrástecký

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: **Adam Chrástecký**
Osobní číslo: **T20248**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Konstrukce formy pro vstřikování technického dílu**

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Provedte konstrukci zadaného plastového dílu.
3. Navrhněte 3D sestavu vstřikovací formy pro výrobu zadaného technického dílu.
4. Nakreslete 2D výkresy sestavy a příslušných řezů.

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

Seznam doporučené literatury:

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

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

BEAUMONT, John P. *Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding*. 2nd ed. Munich: Hanser Publishers, c2007, xvi, 308 s. ISBN 978-1-56990-421-3

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Michal Staněk, 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 24. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a 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 jejich 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:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Bakalářská práce pojednává o návrhu vstřikovací formy pro vstřikování technického dílu. Zadaným technickým dílem se stala jedna ze součástí tvořící tělo ruční brzdy osobního automobilu.

V teoretické části je zahrnut princip technologie vstřikování, rozdělení a charakteristika materiálů vhodných ke vstřikování, vstřikovací stroj a popis vstřikovací formy.

Praktická část se zabývá tvorbou 3D modelu daného dílu, konstrukcí vstřikovací formy a tvorbou 2D výkresové dokumentace. K realizaci praktické části byl použit software CATIA V5R19.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, ruční brzda, automobil, CATIA

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the design of an injection mold which is used for further injection of a technical part. The assigned technical part is one of the components forming the body of the car's handbrake.

The theoretical part includes the principle of injection molding technology, distribution and characteristics of materials suitable for injection molding, the injection molding machine and description of the injection mold.

The practical section deals with the 3D model creation of the given part, the construction of the injection mold and the creation of 2D drawing documentation. CATIA V5R19 software was used for the execution of the practical part.

Keywords: Injection molding, Injection mold, hand brake, automotive, CATIA

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu práce prof. Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za cenné rady, čas a trpělivost, které mi věnoval při psané téhle práce. Dále bych pak chtěl poděkovat své rodině a blízkému okolí za podporu po dobu mého studia.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	11
1.1 PRINCIP TECHNOLOGIE	11
1.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	11
1.3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU A VÝSLEDNÉ VLASTNOSTI VÝROBKU.....	13
2 MATERIÁLY VHODNÉ KE VSTŘIKOVÁNÍ	16
2.1 PLASTY	16
2.1.1 Termoplasty.....	16
2.1.2 Reaktoplasty	18
2.2 ELASTOMERY	18
2.2.1 Kaučuky	18
3 VSTŘIKOVACÍ STROJ	19
3.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA	20
3.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	21
3.3 ŘÍZENÍ STROJE.....	22
3.4 PERIFERIE A PŘÍDAVNÁ ZAŘÍZENÍ	22
4 VSTŘIKOVACÍ FORMA	23
4.1 VYHAZOVCÍ SYSTÉM.....	24
4.2 VTOKOVÉ SYSTÉMY	25
4.2.1 Studené vtokové systémy.....	25
4.2.2 Horké vtokové systémy.....	28
4.3 TEMPERACE FOREM.....	29
4.4 TYPY MATERIÁLŮ POUŽÍVANÉ K VÝROBĚ DÍLŮ FORMY	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	33
5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	34
6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK	35
6.1 VSTŘIKOVANÝ MATERIÁL	36
7 KONSTRUKCE FORMY	37
7.1 NÁVRH DĚLÍCÍCH ROVIN.....	38
7.2 NÁSOBNOST FORMY	38
7.3 RÁM FORMY	39
7.4 TVAROVÉ VLOŽKY	39

7.5	BOČNÍ ODFORMOVÁNÍ.....	40
7.6	VTOKOVÝ SYSTÉM	41
7.7	ODVZDUŠNĚNÍ.....	42
7.8	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	42
7.9	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	43
7.10	VEDENÍ	44
7.11	TRANSPORTNÍ ZAŘÍZENÍ	45
8	VSTŘIKOVACÍ STROJ	46
	ZÁVĚR	47
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	48
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	51
	SEZNAM OBRÁZKŮ	52
	SEZNAM TABULEK.....	53
	SEZNAM PŘÍLOH.....	54

ÚVOD

Jen těžko si lze představit svět bez polymerních materiálů, obklopují nás na každém kroku našeho života. Ať už se jedná o vlákna, jež jsou součástí našeho oblečení či celá škála komponentů tvořící automobily, počítače, mobilní telefony a tak podobně. Polymerní výrobky jsou schopny svými vlastnostmi konkurovat výrobkům z jiných materiálů, například ze skla, kovů či dřeva.

S rozvojem těchto materiálů bylo také potřeba vyvíjet technologie pro jejich zpracování. Jedním s dnes už poměrně dokonalým typem je právě vstřikování. Jedná se o proces, kdy se roztavený materiál za podpory tlaku a rychlosti vhání do dutiny formy. Tato dutina nese tvar negativu požadovaného výrobku. Vstřikování se těší tak velké oblibě díky své vysoké produktivitě, možnosti plné automatizace a v neposlední řadě také po ekonomické stránce výroby.

Nejen výrobní technologie prochází inovacemi, ale i oblast konstruování provází změny. V dnešní době již konstruktér není uvázán k rýsovacímu prknu, ale je schopen využívat 2D a 3D software, jež mu umožní plně rozvinout jeho vizi. Dále tyto softwary umožňují simulovat reálný proces, čímž je schopen eliminovat chyby ještě před samotnou výrobou.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Technologie vstřikování je v současnosti nejpoužívanější metodou pro zpracování polymerů. Vstřikováním se nejčastěji zpracovávají termoplasty, polymerní směsi, kompozity a v nemalém zastoupení reaktoplasty či pryže. Principem vychází z technologie lití pod tlakem, avšak za odlišných zpracovatelských teplot. Mezi hlavní výhody patří vysoká tvarová i rozměrová přesnost, velmi dobrá kvalita povrchu a krátké výrobní cykly. Naopak velkou nevýhodou jsou velké pořizovací náklady na stroje a formy. Z tohoto důvodu má tato technologie význam ve velkosériové a hromadné výrobě. [1,12]

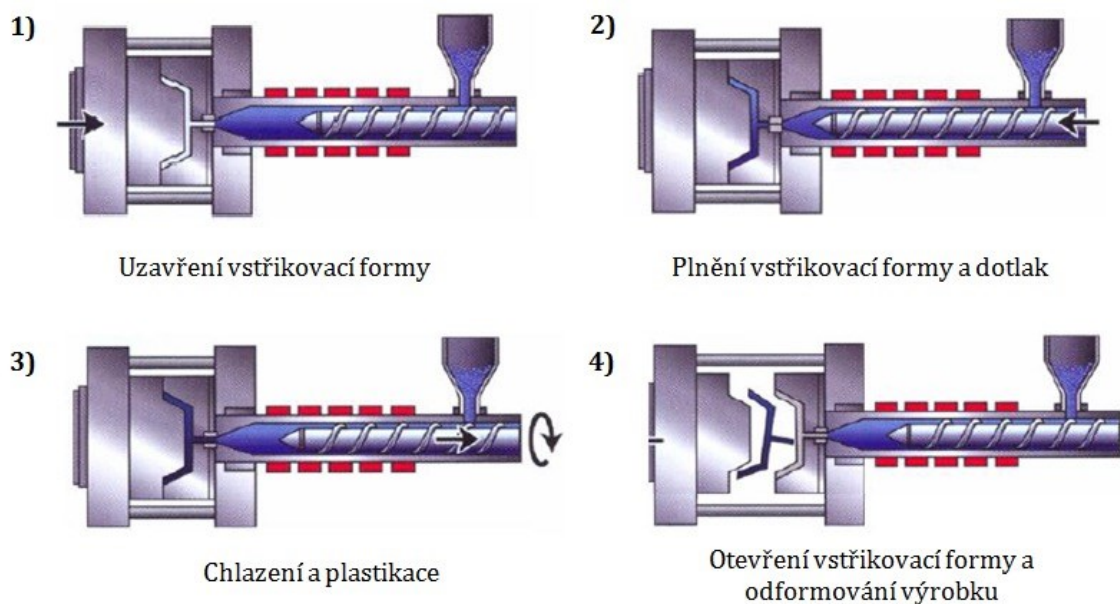
Prakticky všechny technologie vstřikování vycházejí z poznatků klasického vstřikování. Nejprve je nutné připravit co nejhomogennější taveninu z daného granulátu, který je případně upraven (vysušen, smíchán s aditivou atp.), následně vstřikovacím tlakem a rychlostí dopravován do předem vytemperované tvarové dutiny formy. V tvarové dutině působením dotlaku dochází k eliminaci tepelného objemového smrštění, aby dílec po zchlazení a vyhození z formy dosáhl předepsaných rozměrů a tvaru. [2,12]

1.1 Princip technologie

Princip technologie začíná nasypáním polymeru nejčastěji v podobě granulátu do násypky, ze které je dopravován šnekem nebo pístem do tavicí části vstřikovacího stroje. Zde za současného působení tepla a tření vzniká tavenina, jenž dále putuje do dutiny formy. Tavenina zcela vyplní dutinu, čímž získá její tvar a objem. Poté následuje dotlaková fáze ke snížení smrštění a rozměrových nepřesností. Polymer se ochlazuje předáváním tepla formě a tuhne ve finální výrobek. Na závěr se vstřikovací forma otevře a vyhazovací systém výrobek vyhodí. Celý proces se cyklicky opakuje. [1,12]

1.2 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus je určen rychlostí funkce vstřikovacího a uzavíracího mechanismu a dobou uzavření a otevření formy. Může trvat od několika sekund až po několik desítek sekund v závislosti na tloušťkách stěn a celkové velikosti výrobku. Při výrobě tenkostěnných výrobků se dosahuje velkého výkonu na moderních strojích řízenými počítači. Takové zařízení dokáže vyrobit 5 až 15 výrobků za minutu zcela automaticky. [3]



Obr. 1 Vstřikovací cyklus šnekového vstřikovacího stroje [4]

Vstřikovací cyklus lze rozdělit do 4 fází:

- **Uzavření vstřikovací formy:** Forma musí být uzavřena a držena v uzavřeném stavu takovou silou, aby se během fáze vstřikování a dotlaku nedostala tavenina z dutiny formy do prostoru dělicí roviny, čímž by mohla vzniknout vada na výrobku. Z hlediska výrobního času by měla trvat co nejkratší dobu, zároveň však dosednutí na pevnou polovinu formy by mělo být co nejplynulejší, aby nedošlo k jejímu poškození. [1,15]
- **Plnění formy a dotlak:** Tato fáze začíná příjezdem plastikační jednotky (pokud se nejedná o formu s horkým rozvodným blokem) k uzavřené formě. Následně začíná samotné vstřikování přes trysku stroje do vtokového systému a dutiny. Jedná se o jeden z nejdůležitějších úseků technologie vstřikování, protože má velký vliv na konečné vlastnosti výrobku. Probíhá ve velmi krátkém časovém úseku, aby nedošlo k zatuhnutí čela taveniny polymeru a ztrátě tekutosti. Pohybuje se od zlomku vteřiny až po několik sekund v závislosti na velikosti dílce. Dále je rychlost vstřikování ovlivněna tvarem, tloušťkou stěny a objemu výstřiku, druhu materiálu, množství přísad nebo průměru vstřikovací trysky a také na konstrukci vtokové soustavy. Poté co je dutina naplněna taveninou polymeru přibližně z 90 % – 99 % konečného objemu, nastává fáze dotlaku. Jejím cílem je doplnění určitého množství taveniny, které vykompenzuje objemové změny výrobku při chladnutí, kdy se smršťuje. Hodnota smrštění se liší pro různé druhy polymeru. Tento proces lze vykonávat pouze do doby, než dojde k zatuhnutí taveniny ve vtoku. Z hlediska procesu je však

vhodné skončit dříve, než dojde k zatuhnutí vtoku, protože jinak dochází k přetlačení taveniny v blízkosti toku a tedy k velkému pnutí. K přepnutí stroje na dotlak musí proběhnout ve správnou dobu. Při brzkém přepnutí hrozí možnost nedostříknutého výrobku, naopak při opožděném dochází k velkému pnutí ve výrobku a pružnému prohnutí formy, což může vést k prasknutí některé části formy. Fáze dotlaku má tedy významný vliv na konečné vlastnosti výstřiku zejména hmotnosti a kvality. [1,4,15]

- Chlazení a plastikace: Cílem plastikace je nadávkování potřebného množství taveniny polymeru pro další cyklus před čelo šneku. Vlivem rotačního a současně zpětného pohybu šneku se polymer převádí na taveninu třením o stěnu tavící komory, třením granulátu mezi sebou a také působením tepla od topných těles umístěných po obvodu komory. K chlazení dochází již při prvním kontaktu taveniny polymeru s formou a trvá až do úplného ztuhnutí plastu. Pro vyhození výrobku je nutné jej zchladit na vyhazovací teplotu, aby nedošlo k jeho deformaci. Teplota dílu je stále ještě vyšší než teplota okolí. K úplnému zchladnutí dochází až mimo vstřikovací formu. Z časového hlediska je chlazení nejdelší fází celého cyklu, protože polymeru jsou špatnými vodiči tepla. Může trvat u tenkostěnných výstřiků několik sekund až po několik minut u tlustostěnných. [1,15]
- Otevření formy a vyhození výrobku: Výrobní cyklus končí otevřením formy a vyhozením dílce. Dráha otevření formy odpovídá rozměrům výrobku a měla by být co nejkratší, avšak dostatečná, aby bylo možné jej bez problému vyhodit a nedošlo k jejímu vzpříčení v dělicí rovině, případně aby bylo dostatek prostoru pro činnost manipulačního robota. Vyhození probíhá nejčastěji pomocí válcových vyhazovačů nebo stírací desky. [1,15]

1.3 Faktory ovlivňující kvalitu a výsledné vlastnosti výrobku

Technologie vstřikování je také náchylná na vznik vad jako každý jiný výrobní proces. Většinu defektů lze odstranit správným zaformováním nebo dodržáním několika konstrukčních zásad. Na konečné vlastnosti výrobku a jeho kvalitu má vliv celá řada parametrů. Významně ovlivňuje druh polymeru, konstrukce výrobku, konstrukce formy, technologické parametry a vstřikovací stroj. Jednotlivé parametry často nepůsobí samostatně, ale ovlivňují se navzájem. [1,17]

Z hlediska volby druhu materiálu má vliv:

- druh polymeru,
- přísady,
- množství vody obsažené v plastu,
- viskozita,
- smrštění plastu v jednotlivých směrech výrobku,
- velikost pnutí. [1]

Z konstrukčního hlediska výrobku má vliv:

- velikost výrobku,
- tloušťka stěn,
- velikost rádiusů,
- tolerance na výrobku,
- úkosovitost stěn. [1]

Z hlediska technologických parametrů má vliv:

- teplota formy,
- teplota taveniny,
- doba dotlaku,
- rychlost vstřikování,
- velikost dotlaku. [1]

Z hlediska konstrukce formy má vliv:

- násobnost formy,
- konstrukce vtokové soustavy, temperačního okruhu, vyhazování, odvzdušnění,
- materiál formy,
- kvalita povrchu formy,

- deformace formy,
- rozměry dutiny formy. [1]

Z hlediska typu stroje má vliv:

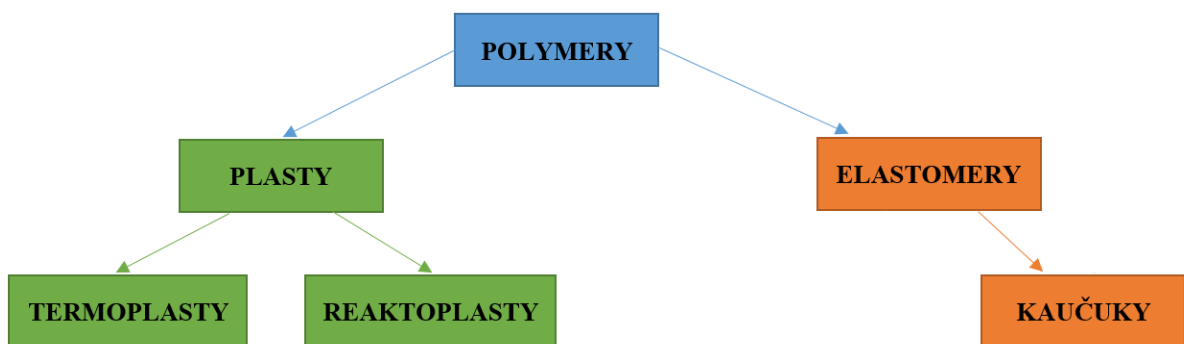
- uzavírací síla,
- plastikační kapacita stroje,
- vstřikovací kapacita stroje,
- teplota trysky. [1]

2 MATERIÁLY VHODNÉ KE VSTŘIKOVÁNÍ

Na světě existuje nepřeberné množství druhů polymerních materiálů a každým rokem jich také spousta nových vznikne. Díky široké škále vlastností a nákladů na jejich výrobu je důležité věnovat pozornost výběru vhodného materiálu ve vztahu ke vzhledu, kvalitě, ceně a funkci hotového vstříkovaného výrobku. Aby byl zajištěn správný výběr polymeru, je potřeba porozumět jeho molekulární struktuře a reologickým vlastnostem. [5]

Parametry pro zpracování plastů vycházejí z jejich chování za působení tepla, což jsou vlastnosti spojené změnou z pevného stavu na taveninu, chování taveniny a zpětným přechodem do pevného stavu. [2]

Polymerní materiály, které se používají ke vstříkování, lze rozdělit podle několika kritérií. Jedním z nich je hledisko chování polymeru vlivem působení tepla, viz obr. 3. [6]



Obr. 2 Rozdělení polymerních materiálů [2]

2.1 Plasty

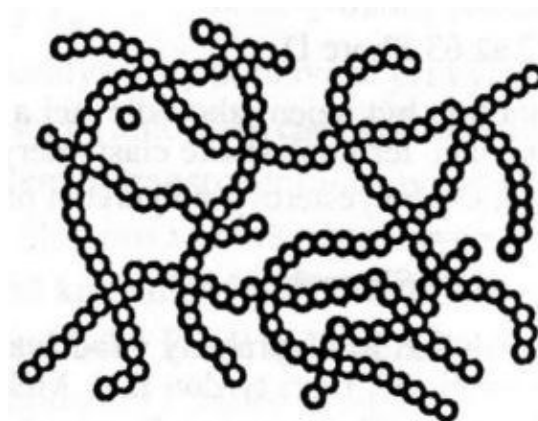
Plasty jsou polymery za normálních podmínek tvrdé, často i křehké. Při působení vnějšího namáhání dochází převážně k trvalým deformacím. Pokud je lze opakovaně převádět z pevného stavu do plastického, nazývají se termoplasty. Naopak pokud u nich dochází k nevratným změnám jedná se o reaktoplasty. [3]

2.1.1 Termoplasty

Nejčastěji používaným polymerem pro vstříkování jsou právě termoplasty. Během zahřívání měknou (přechází do plastického stavu) a lze je snadno tvářet. Do oblasti taveniny se dostávají vlivem zahřátí nad teplotu tání. Zpětným ochlazením pod tuhle teplotu se stávají opět tuhými. Během ohřevu neprobíhají žádné chemické reakce, ani během zpracování se nemění jejich chemická struktura. Změny, ke kterým dochází, jsou pouze fyzikálního rázu a proces tavení a tuhnutí je opakovatelný. [6]

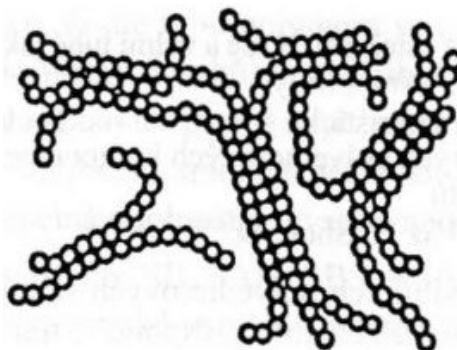
Z hlediska vnitřní struktury je lze rozdělit na:

- Amorfnní plasty: Řetězce makromolekul mají v prostoru nepravidelné uspořádání. Jsou typické svou tvrdostí, křehkostí, vysokou pevností a modulem pružnosti. Dle propustnosti světla mohou být čiré, transparentní nebo průhledné. V praxi se nachází využitelnost výrobků z amorfnních plastů pod teplotou skelného přechodu – T_g . Nárůst teploty nad T_g způsobí postupné slábnutí mezimolekulárních sil a plast přechází do plastického stavu až viskózního, kdy jej lze zpracovat. Hlavními zástupci jsou PS, PMMA, PC. [7]

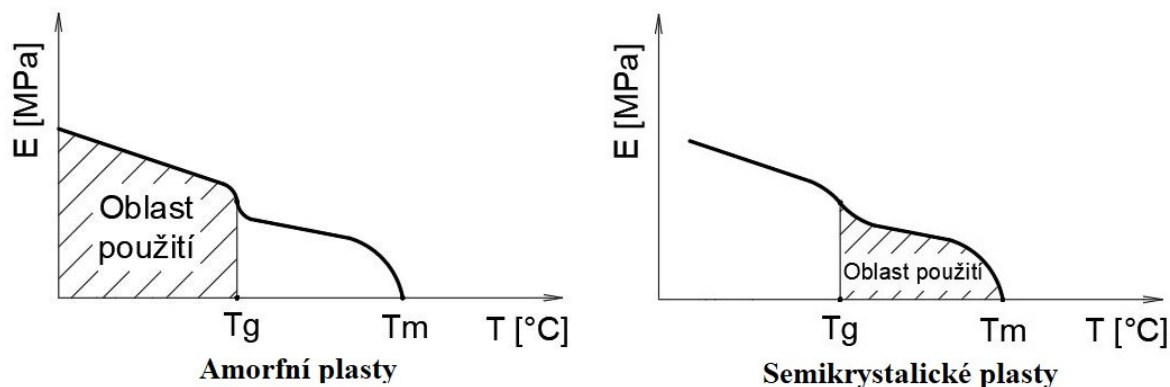


Obr. 3 Amorfnní struktura [2]

- Semikrystalické plasty: Řetězce makromolekul vykazují určitý stupeň uspořádanosti. Ten se označuje jako stupeň krystalinity a vyjadřuje podíl uspořádaných oblastí ku oblastmi amorfnními. Běžně se pohybuje od 40 do 90 %. Vzhledem jsou mléčně zakalené a vyznačují se houževnatostí, pevností a modulem pružnosti, který se odvíjí od stupně krystalinity. Použitelnost semikrystalických plastů je v oblasti nad T_g , kde právě vyniká svými vlastnostmi. Mezi hlavní představitele patří PE, PP, PA, PTFE. [7]



Obr. 4 Semikrystalická struktura [2]



Obr. 5 Oblast použití amorfnních a semikrystalických plastů

2.1.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty jsou polymerní materiály, které po roztavení lze tvarovat jen po omezenou dobu. V průběhu dalšího zahřívání dojde k chemické reakci, kdy původní molekuly sesít'ují a od tohoto okamžiku se stávají netavitelné a nerozpustné. Chemická reakce, jenž zapříčiní vznik zesít'ované struktury se nazývá vytvrzování. Tento děj je nevratný, vytvrzené reaktoplasty nelze dále roztavit, dalším ohřevem dojde k degradaci materiálu. Výrobky se vyznačují vysokou chemickou a tepelnou odolností, dobrou tvrdostí a tuhostí. [7]

2.2 Elastomery

Jak již z názvu vychází, jedná se o vysoce elastické polymery, které je možné za běžných podmínek zatížit malou silou bez porušení, vzniklá deformace má převážně vratný charakter. Elastomery dělíme dále na termoplastické elastomery a kaučuky, což jsou látky, z nichž se dále vyrábí pryž. [3]

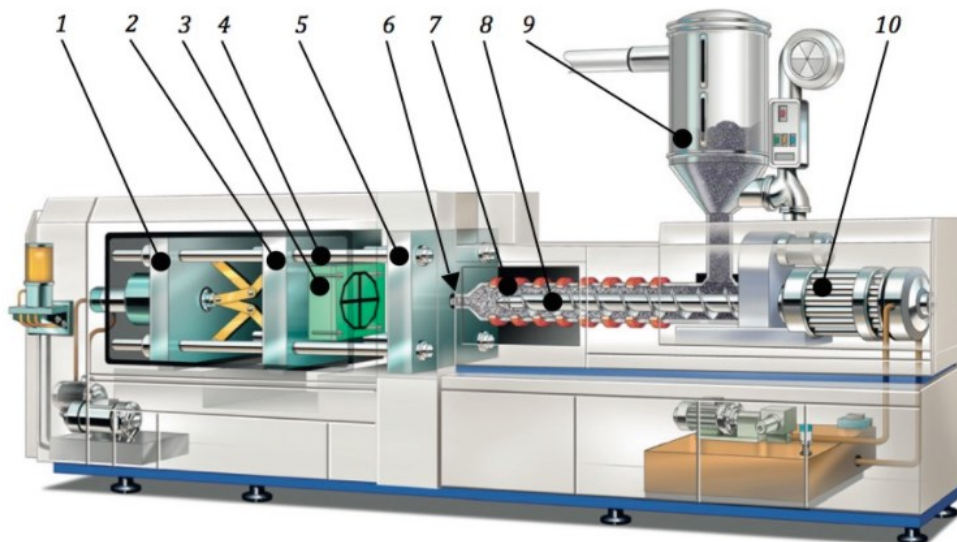
2.2.1 Kaučuky

Kaučuky jsou polymerní materiály přírodního nebo syntetického původu. Tvoří základní surovinu pro výrobu pryží. Pryž vzniká procesem zvaným vulkanizace, což je chemická reakce, při které dochází k zesít'ování molekul. Nejběžnějším vulkanizačním činidlem je síra za teplot v rozmezí 140 až 160 °C. Výsledkem je zásadní zlepšení vlastností kaučuku. Pryž je složena z vulkanizačních činidel, antioxidantů, antidegradantů, plastifikátorů a dalších pomocných látek jako plniva nebo pigmenty. Vyznačují se amorfnní strukturou a nízkou teplotou skelného přechodu. Při působení malých sil se značně deformují a po skončení deformační síly přechází do původního stavu. [6]

3 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Proces vstřikování je prováděn na vstřikovacím stroji. Ten se skládá ze dvou hlavních částí a to vstřikovací a uzavírací jednotky. Pro zajištění chodu stroje je nezbytné, aby byl připojen spolu s dalšími periferiemi na zdroj elektrické energie (pro pohon a ohřev topných těles), vodní okruh (chlazení stroje, temperace formy) a eventuálně zdroj stlačeného vzduchu (vstřikovací forma nebo manipulátor). Před samotnou výrobou dílce je potřeba vhodně zvolit vstřikovací stroj. Ten musí dosahovat dostatečných parametrů jako jsou vstřikovací kapacita, uzavírací síla, vstřikovací tlak nebo optimální prostor pro upnutí a pohyby formy. Vstřikovací stroje jsou primárně určeny pro zpracování polymerního materiálu nejčastěji dodávaného ve formě granulí. Lze je rozdělit do několika skupin dle různých kritérií:

- dle pohonu zajišťujícího pohyby v hlavních osách stroje na: elektrické, hydraulické, hybridní,
- dle pracovního členu v tavicí komoře vstřikovací jednotky na: pístové, šnekové,
- dle směru pohybu pohyblivé části uzavírací jednotky na: horizontální, vertikální,
- dle maximální síly, kterou dokáže vyvinout uzavírací jednotka na: malé, střední, velké. [4]

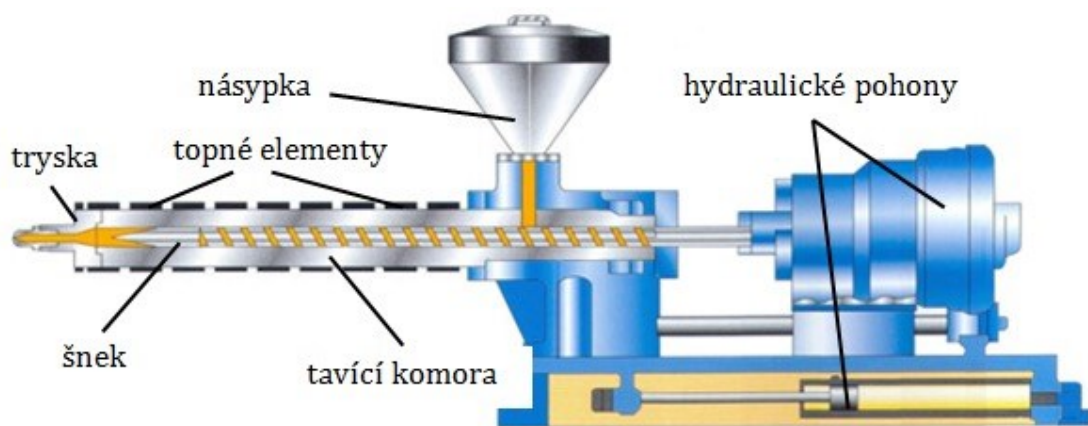


Obr. 6 Vstřikovací stroj [8]

1 – uzavírací jednotka, 2 – pohyblivá upínací deska, 3 – pohyblivá část vstřikovací formy, 4 – vodící sloupky, 5 – pevná upínací deska, 6 – čelo špičky vstřikovací trysky, 7 – tavicí komora, 8 – šnek, 9 – násypka pro polymerní materiál, 10 – pohonná jednotka šneku

3.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka slouží ke dvěma základním účelům: přeměňuje granulát polymeru na homogenní taveninu o určité viskozitě, vstřikuje taveninu vysokou rychlostí a velkým tlakem do dutiny. Z historického hlediska první vstřikovací jednotky byly pístové, až v polovině 20. století byly postupně nahrazovány šnekovými. Šnekové stroje jsou výhodné hned z několika důvodů a to především spolehlivou plastikací a homogenizací roztaveného plastu, přesným dávkováním hmoty, vysokým plastikačním výkonem nebo dokáží zabránit přehřívání materiálu v tavicí komoře. [7]



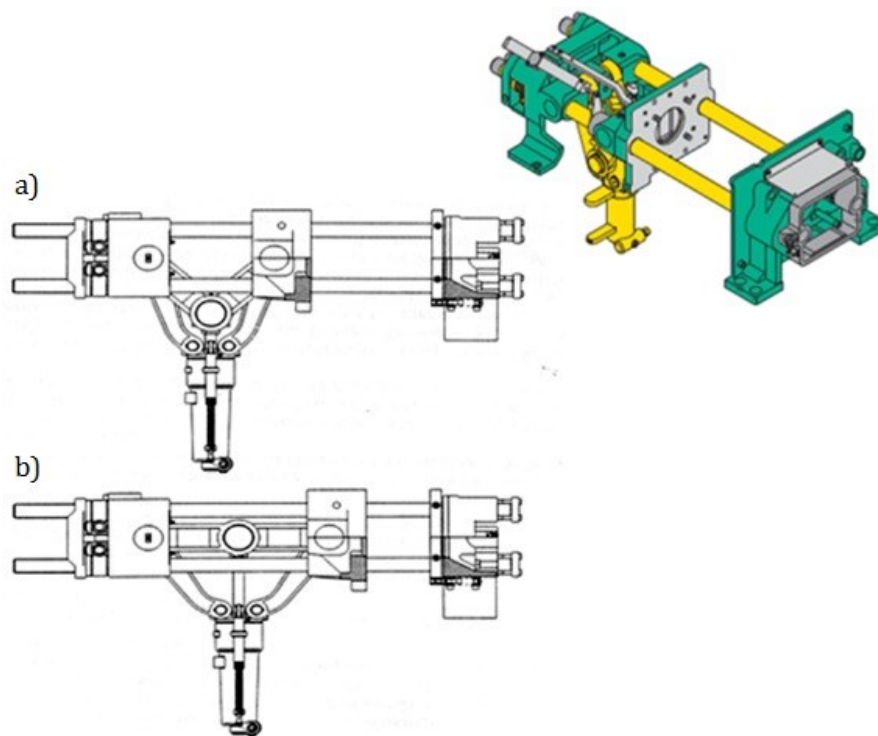
Obr. 7 Vstřikovací jednotka [4]

Konstrukce vstřikovací jednotky je zobrazena na obr. 7. Násypka tvoří vstupní část, na níž navazuje tavicí komora, která je obklopena topnými elementy. Tavicí komoru zakončuje tryska, která těsně dosedá na vtokovou vložku vstřikovací formy. Uvnitř tavicí komory je umístěn šnek se specifickou geometrií. K roztavení materiálu dochází vlivem působení tepla z topných elementů a třením polymeru mezi stěnami tavicí komory a šneku, přičemž významnější je působení tepla třením, které tvoří až 70 % energie. Vzhledem k faktu, že plasty nejsou dobrými vodiči tepla, je šnek konstruován tak, aby množství materiálu mezi stěnou šneku a komory nebylo příliš velké. [4]

Činnost šnekového stroje probíhá následovně: Během plastikace se šnek otáčí a v hrdle násypky nabírá granulovaný plast, který stlačuje a dále doopravuje do vyhřívaných částí tavicí komory. Šnek se při otáčení pohybuje dozadu, což umožní materiálu už ve formě taveniny nahromadit se před čelem šneku. Po zplastikování požadovaného množství materiálu se šnek přestane otáčet, koná dopředný pohyb jako píst a vstřikuje taveninu do dutiny formy. [7]

3.2 Uzavírací jednotka

Úlohou uzavírací jednotky vstřikovacího stroje je upnutí a plynulý pohyb vstřikovací formy. K uzavření formy je zapotřebí dostatečná síla, aby se během cyklu neotevřela. Na dnešních moderních strojích lze naprogramovat rychlost pohybu a velikost uzavírací síly. Ta závisí na vstřikovacím tlaku, ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině. Základními prvky vstřikovacího stroje jsou vodící sloupky, pevná a pohyblivá upínací deska s upínacím systémem a mechanismus, který zajišťuje potřebnou sílu. Uzavírací síla je zajištěna buďto mechanicky (zapříčením polohy formy), hydraulicky (hydraulickým pístem) nebo spojením obou systémů. Jedním z nejefektivnějších a často užívaných uzavíracích systémů patří kloubový mechanismus, který vyniká dobrou regulovatelností pohybů s poměrně malou spotřebou energie. [4]



Obr. 8 Kloubový mechanismus s hydraulickým pohonem [4]

a – otevřený, b – uzavřený

Vodící sloupky slouží k zajištění dokonalé rovnoběžnosti funkčních povrchů obou upínacích desek. Mají masivní, tuhou konstrukci, jsou však velmi citlivé na přetížení, které může vést k jejich deformaci v ojedinělých případech k prasknutí. Životnost je ovlivněna použitými technologickými parametry procesu. U malých vstřikovacích strojů, kde není využíváno velkých sil se používají dvě vodící tyče, naopak velké stroje jsou vybaveny čtyřmi vodícími sloupky. [4]

Vstřikovací formu je nutné upevnit ke stroji za pomoci upínacích desek. Rozlišují se na pevnou upínací desku, která je součástí rámu stroje a pohyblivou, která je spojena s posuvným mechanismem uzavírací jednotky. Aby byla zajištěna maximální kvalita výroby musí desky splňovat požadovanou tuhost. Nesmí docházet k průhybu desek větší než 0,2 mm na vzdálenosti 1 m. Existuje hned několik způsobů, jak lze upevnit formu na upínací desku. Nejčastější možností, která je hojně užívána u malých a středních strojů, je použití upínek. S cílem rychlejší výměny byl vyvinut bajonetový systém upínání. Ten obsahuje fixační elementy přímo zakomponované do desky, které se pak mohou vysouvat a zasouvat manuálně nebo automaticky. Kompromisem mezi oběma metodami je použití magnetických upínacích desek. Tohoto systému je často využíváno u velkých vstřikovacích strojů, na které jsou upínány těžké formy. [4]

3.3 Řízení stroje

Stroj je opatřen mnoha různými senzory a čidly, mezi něž se řadí dva nejdůležitější při procesu vstřikování, a to senzory tlaku a teploty. Nejvýznamnějším členem kontrolní a řídicí jednotky je regulátor, který zaznamenává aktuální hodnoty sledovaných parametrů a porovnává je se zadanými hodnotami. Pokud zaregistruje nějaký rozdíl, snaží se pomocí regulační prvků dorovnat aktuální hodnotu na požadovanou. Součástí kontrolní a řídicí jednotky je komunikační rozhraní, čímž je schopna obsluha nastavit a sledovat celý proces. Stroj dokáže pracovat ve třech režimech. První z nich je zcela automatický, kdy není zapotřebí obsluhy. Druhý režim je poloautomatický, kdy je potřeba po dokončení cyklu další ručně spustit. Využívá se v případě, kdy je potřeba výrobek ručně odebrat nebo když je zapotřebí něco zakládat do formy. Třetí režim je manuální, nachází uplatnění při nasazování a seřizování formy. [4,13]

3.4 Periferie a přídatná zařízení

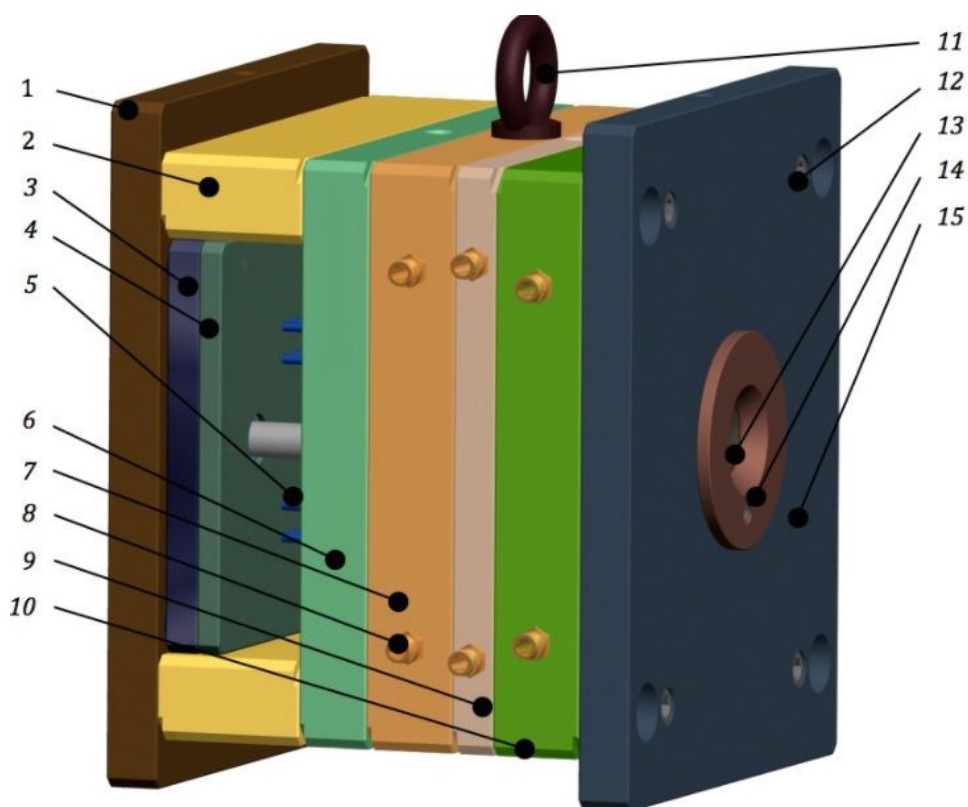
Primárním zařízením požadovaným ke vstřikování je vstřikovací stroj s formou. Další zařízení využívané k realizaci výroby se nazývá jako periferie. Mezi toto vybavení patří například mlýny pro recyklaci vtokových zbytků, temperační systémy, automatické dopravníky pro dopravu materiálu do násypky, sušárny apod. Periferie se sestavují za účelem, aby celá výroba mohla probíhat plně automaticky nebo jen s minimálními zásahy obsluhy. [4,18]

4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Nástroj – vstříkovací forma je komplexní systém, který plní mnoho požadavků týkajících se polymerního vstříkování. Prvotní funkcí formy je doprava polymerní taveniny do dutiny a její naplnění. Druhotnou funkcí je zajištění bezpečného, rychlého vyjmutí výrobku. Její konstrukce a výroba je náročná na odborné znalosti i finance. [8]

Vstříkovací formy lze rozdělit podle několika hledisek:

- Dle násobnosti na jednonásobné a vícenásobné
- Dle způsobu zaformování a konstrukčního řešení na dvoudeskové, třídeskové, etážové, vytáček, čelist'ové, atd.
- Dle konstrukce stroje na formy se vstřikem do dělicí roviny nebo kolmo na dělicí rovinu. [7]



Obr. 9 Uzavřená vstříkovací forma [8]

1 – upínací deska pohyblivé části formy, 2 – rozpěrná deska, 3 – vyhazovací deska kotevní, 4 – vyhazovací deska opěrná, 5 – vyhazovač, 6 – opěrná deska, 7 – kotevní deska levá, 8 – přípojka chlazení, 9 – kotevní deska levá „B“, 10 – kotevní deska pravá, 11 – manipulační oko, 12 – montážní šrouby, 13 – vtoková vložka, 14 – středící kroužek pravý, 15 – upínací deska pevné části

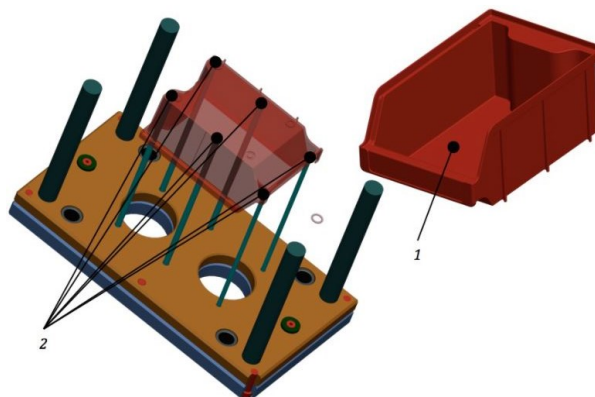
Na obr. 9 je popsáno nejjednodušší konstrukční řešení a to dvoudesková vstřikovací forma. Skládá se hned z několika desek, které jsou spojeny nejčastěji pomocí šroubů s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem. Pevná upínací deska a pohyblivá slouží k upnutí obou částí formy na stroj. Kotevní deska levá a pravá slouží k ukotvení vložek, které mají tvar výsledného výrobku nebo tvar dutiny může být přímo vyfrézován do těchto desek. Použití tvarových vložek je častější a z hlediska úspory finančních nákladů velmi významnou volbou, jelikož kotvící desky mohou být poté vyrobeny z méně odolných – levnějších materiálů. Tento systém formy se nazývá dvoudeskový, jelikož pouze dvě desky přicházejí do styku s taveninou. Formy mohou být řešeny několika konstrukčními řešeními i v případě, že se jedná o tentýž výrobek. Další významnou součástí jsou středící kroužky, které mají za úkol zajistit přesnou polohu formy na stroji. K upnutí musí dojít tak, aby osa trysky stroje byla stejná s osou vtokové vložky. Taktéž z pohledu řízení pohybu vyhazovací desky je nutné, aby osa stroje byla totožná s osou díry v desce, sloužící k připojení vyhazovacího systému ke stroji. [8,18]

Neméně významnými prvky jsou vodící součásti, jenž zaručují správnou vzájemnou a přesnou polohu desek. Vodící pouzdra v posuvné vazbě s vodícími čepy zajišťují dokonale přesnou polohu pohyblivé a pevné části formy. Vodící čepy a pouzdra vyhazovacího systému mají podobnou funkci, jen se starají o přesný chod vyhazovacích desek. [8,18]

4.1 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém má za úkol odformovat výstřik z dutiny formy, jakmile dojde k jejímu otevření. Aby došlo ke správnému vyhození, je potřeba při konstrukci formy vyřešit hned několik záležitostí zejména pak rozložení vyhazovačů na vyráběném dílu nebo velikost síly potřebné k vyhození. [8,16,22]

V závislosti na tvaru výrobku je možné použít kruhové vyhazovače, prizmatické, stírací kroužky, stírací lišty, stírací desky či pneumatické ventily. Vyhazovací prvky nesmí způsobit deformaci dílce. Samotná deformace má za následek deformační pnutí, které negativně ovlivní mechanické vlastnosti. Rovněž je potřeba při volbě vstřikovaného materiálu dbát na jeho tuhost. V případě použití studených vtokových soustav je potřeba zahrnout mimo vyhození dílce i vyhození vtokové soustavy. [9,16,22]



Obr. 10 Příklad vyhazovacího systému [8]

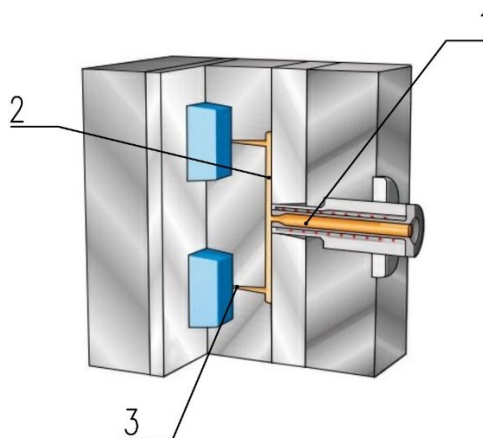
1 – vstříkovaný díl, 2 – body k umístění vyhazovačů

4.2 Vtokové systémy

Cílem vtokové soustavy je zajistit dopravu taveniny polymeru ze vstříkovací jednotky do dutiny formy. Ústí vtoku by mělo být navrženo tak, aby bylo dosaženo maximální doby působení dotlaku sloužící ke kompenzaci objemové roztažnosti, aby nedocházelo ke vzniku vad. Zásadou umístění vtoku je do nejtlustšího místa na výrobku, pouze při vstříkování materiálu obsahujícího nadouvadla do nejslabšího místa. [9,19,20]

4.2.1 Studené vtokové systémy

Formy se studeným vtokovým systémem jsou zdaleka nejzákladnějším a nejběžnějším typem. Oproti systémům s horkým vtokem jsou méně nákladné, snadnější na údržbu a provoz. Přibližně 70 % vyráběných forem má právě studený vtok. Studený vtokový systém se skládá z vtokového kanálu, rozváděcího kanálu a vtokového ústí. Po zatuhnutí je celá soustava oddělena od výrobku a vyhozena jako vtokový zbytek. [10,19,20]

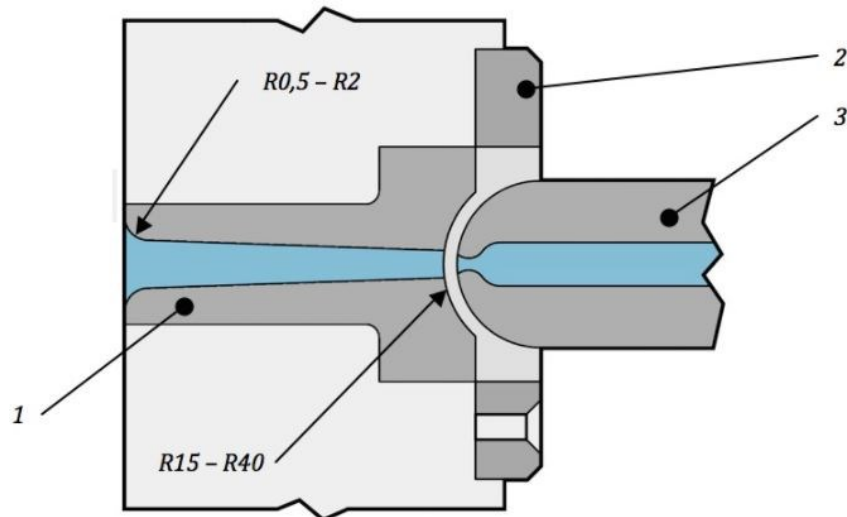


Obr. 11 Studený vtokový systém [10]

1 – vtokový kanál, 2 – rozváděcí kanál, 3 – vtokové ústí

- **Vtoková vložka**

Dopravuje taveninu do formy obvykle do dělicí roviny. Kanál může být zhotoven přímo do desky, častější je spíše použití vložky z hlediska možnosti jejího nákupu. Hlava vložky je opatřena rádiusem pro dosednutí čela trysky. Kanál vložky je nákosován pro jeho snadné vyjmutí z formy. Vložka má na sobě také kolík, který zabrání pootočení nebo vychýlení. [8, 10]

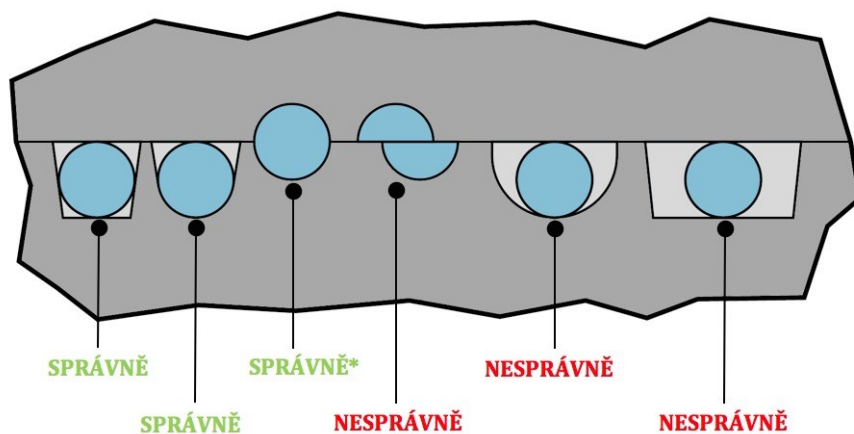


Obr. 12 Vtoková vložka [8]

1 – vtoková vložka, 2 – středící kroužek, 3 – čelo trysky stroje

- **Rozváděcí kanály**

Rozváděcí kanály se používají pro vícenásobné formy. Jejich hlavním cílem je rozvést taveninu z vtokového kanálu k vtokovému ústí. Kanály by měly být co nejkratší a stejně dlouhé k jednotlivým dutinám formy, aby byly zajištěny stejné tlakové podmínky. [8, 10]



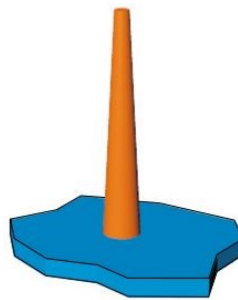
Obr. 13 Porovnání provedení rozváděcích kanálů [8]

Optimálním průřezem rozváděcího kanálu je kruhový rozdělený na dvě poloviny, jelikož minimalizuje kontakt s povrchem formy a proudící materiál vytváří nejmenší podíl zamrzlé vrstvy. Jeho značnou nevýhodou je nutnost obrábění do obou desek a tím spojené riziko přesazení. Jakmile se průřez vzdaluje od kruhového, přestává být efektivním. Dobrou alternativou jsou průřezy lichoběžníkového nebo parabolického tvaru. Vyznačují se snadnou výrobou a také jednoduchým odformováním. Průřez rozváděcího kanálu má značný vliv na vstřikovací tlak, dobu cyklu, dotlak a objem použitého materiálu. Velikost průřezu závisí na řadě faktorů zejména objemu dílu, tloušťce stěny, rychlosti plnění, délce kanálu a tekutosti materiálu. [8, 10]

- **Vtokové ústí**

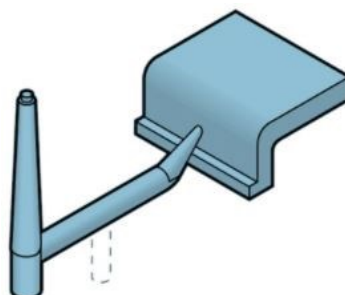
Vtokové ústí vytváří spojení mezi rozváděcím kanálem a vyráběným dílem. Jeho tloušťka je menší než tloušťka rozváděcího kanálu a stěny výrobku, což zabrání zpětnému uniknutí materiálu po dotlakové fázi a také umožní snadné oddělení dílce od rozváděcího kanálu. Existuje celá řada provedení vtokových ústí např. bodový, tunelový, kuželový, filmový, banánový, prstencový, talířový atd. [8]

Plný kuželový vtok: Používá se u jednonásobných forem, dílec má tvar válce nebo je symetricky tvarován. [10]



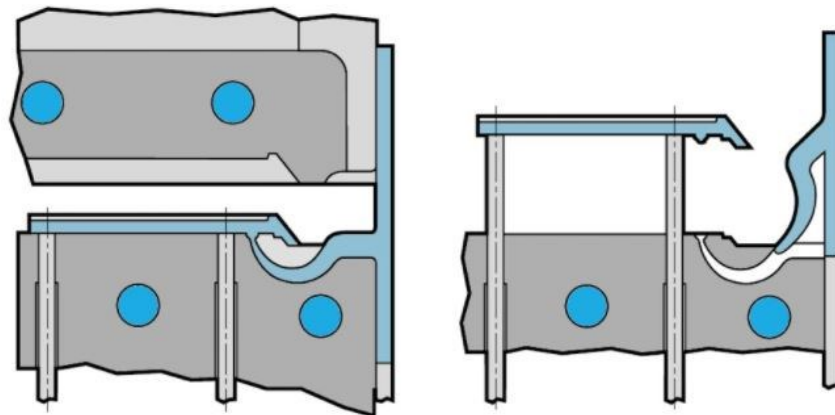
Obr. 14 Kuželový vtok [10]

Tunelový vtok: Umožňuje plnění taveniny mimo dělicí rovinu. Plní funkci samooddělení od vstřikovaného výrobku. [8]



Obr. 15 Tunelový vtok [8]

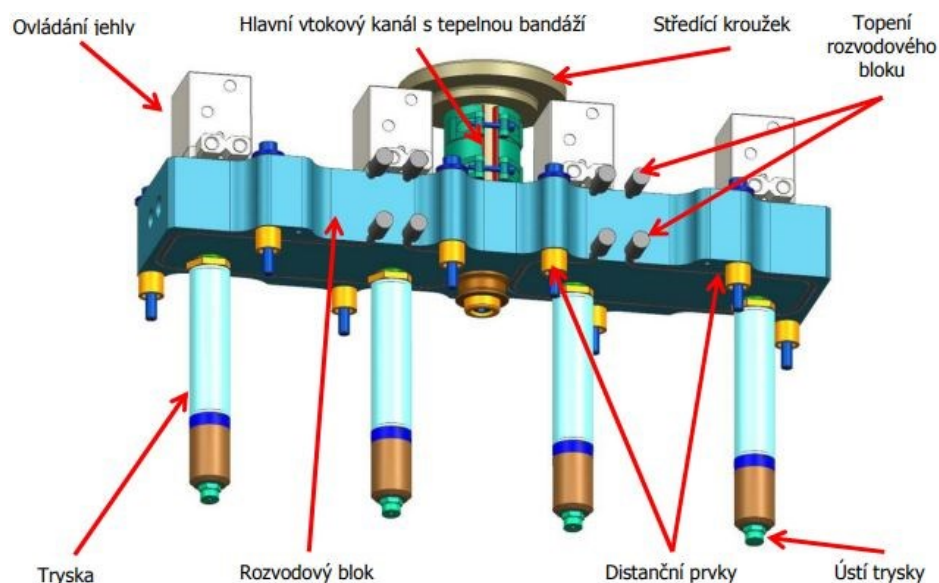
Banánový vtok: Tento typ dovoluje plnit dutinu formy ze strany, která je protilehlá ke straně, z níž standardně probíhá plnění. [8]



Obr. 16 Banánový vtok [8]

4.2.2 Horké vtokové systémy

Horký vtokový systém je schopen udržet polymer v roztaveném stavu v oblasti mezi tryskou stroje a vtokovým ústím eventuálně rozváděcím kanálem po celou dobu vstřikovacího cyklu. Nespornou výhodou tedy je produkce žádného nebo minimálního odpadu ve formě vtokového systému, jak je tomu v případě studeného vtokového rozvodu. Během fáze vstřikování tavenina proudí od trysky stroje do vyhřívané vtokové vložky, kde tlačí materiál, který se nachází již v horkém rozvodu do dutiny formy. Jakmile je dutina naplněna, dojde k zatuhnutí vtokového ústí, čímž se zabrání uniknutí taveniny z vtokové vložky, když je forma otevřena. Na začátku dalšího cyklu tlak taveniny uvnitř horkého rozvodu umožní proražení vtokového ústí. [8,19]



Obr. 17 Horký vtok [11]

Mezi další výhody patří:

- zkrácení výrobního cyklu,
- vyšší produktivita výroby,
- snížení nákladů na dokončovací operace spojené s odstraňováním vtokových zbytků,
- snížení spotřeby materiálu,
- poměrně snadná údržba, servis poškozených dílů,
- odpadá starost s recyklací vtokových zbytků. [9, 21]

Nevýhody horkých vtokových systémů jsou:

- vysoké pořizovací náklady,
- energetická náročnost,
- konstrukční složitost formy. [9, 21]

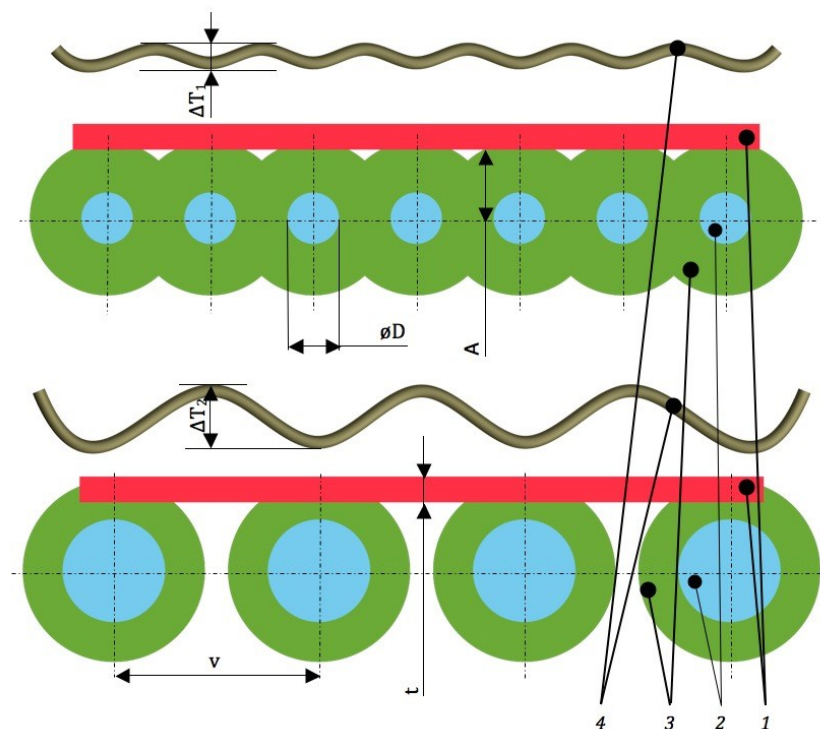
4.3 Temperace forem

Neméně významný vliv na výrobní proces vstřikování má teplota formy. Ovlivňuje kvalitu výrobku, velikost výrobního a dodatečného smrštění, reprodukovatelnost výroby či náklady na vstřikovaný díl. Cílem temperačního okruhu vstřikovací formy během vstřikování je ustavit požadovanou teplotu dutiny v krátkém časovém intervalu a udržet tuto teplotu v minimální odchylce. Temperace také představuje činnost odvodu tepla při chlazení výrobku na vyhazovací teplotu nebo ohřev dutiny s cílem dosáhnout optimálních podmínek pro vstříknutí polymeru. Délka chlazení je pak ovlivněna typem provedení temperačního systému nebo typem vstřikovaného polymeru. Temperačním systémem se rozumí soustava kanálů a dutin, které umožní přestup a prostup tepla z taveniny do formy a temperovací kapaliny. S ohledem na konečné vlastnosti výrobku by bylo ideální, aby se ochlazoval ve všech místech stejnou rychlostí. Následkem nerovnoměrného ochlazování vznikají deformace, vnitřní pnutí nebo trhliny. Přenos tepla přivedeného taveninou je závislý na tepelné vodivosti materiálů, ze kterých jsou jednotlivé díly formy vyrobeny. [7, 8]

Tab. 1 Doporučené teploty formy, taveniny a vyhazování vybraných materiálů [8]

Druh materiálu	Teplota formy [°C]	Teplota taveniny [°C]	Teplota dílu při vyhazování [°C]
PA	80 – 120	260 – 300	110 – 130
PC	80 – 100	280 – 320	140
ABS	60 – 80	220 – 260	80 – 100
SAN	50 – 80	230 – 260	80 – 95
PBT	80 – 100	250 – 270	140
PP	30 – 60	200 – 250	70 – 90
PE	30 – 60	180 – 230	60 – 90

Temperační systém se dělí na dva jednotlivé okruhy, a to na okruh pro pevnou a pohyblivou část formy. Návrh temperačních kanálů spočívá v udělení kompromisu mezi ideálním počtem a pozicí pro jejich umístění. S narůstajícím počtem se sice zvyšuje temperační účinek, avšak dochází ke zmenšení prostoru pro umístění vyhazovačů, vtoků, šroubů a dalších komponent formy. Z těchto důvodů by měl konstruktér formy najít ideální cestu mezi těmito aspekty. Menší průměry kanálů sice nezabírají tolik místa v porovnání s objemem formy, ale jsou složitější na výrobu a jejich významný temperační účinek je znát až při vyšším počtu kanálů. Naopak jejich nesmírnou výhodou je dosažení rovnoměrnějšího teplotního pole formy. [7, 8]



Obr. 18 Porovnání efektu různého průměru temperačních kanálů [8]

1 – výstřík, 2 – temperační kanál, 3 – pole působení kanálu, 4 – průběh teploty povrchu formy

Dalším důležitým hlediskem při návrhu temperačního systému je zohlednění působení namáhání formy v důsledku vysokého tlaku taveniny při vstřikování a dotlaku, jelikož velké množství temperačních kanálů významně sníží mechanickou únosnost formy. Každý vzniklý temperační kanál funguje jako koncentrátor napětí. [8]

Tab. 2 Doporučené rozměry a uspořádání temperačních kanálů [8]

Tloušťka stěny vstřikovaného dílu t [mm]	Vzdálenost osy temperačního kanálu od dutiny formy A [mm]	Vzájemná vzdálenost os sousedních temperačních kanálů v [mm]	Průměr temperačního kanálu $\varnothing D$ [mm]
0 – 1	10 – 14	10 – 12	5 – 6
1 – 2	10 – 20	12 – 16	6 – 8
2 – 4	20 – 25	16 – 22	8 – 10
4 – 6	25 – 35	22 – 28	10 – 12
6 – 8	32 – 42	28 – 36	12 – 16
8 – 12	42 – 55	36 – 50	16 – 20

Průřez kanálů se volí nejčastěji kruhový, jelikož jsou snadno vyrobitelné obráběcí operací – vrtáním, a to v průměru od 6 do 20 mm. V méně častých případech se používají i kanály obdélníkového průřezu. Celková délka by měla být navržena tak, aby teplota temperačního média dosahovala rozdílu na vstupu a výstupu maximálně 3 až 5 °C. K optimalizaci teplotního pole se využívá simulačního softwaru pro vstřikování. [7,14]

4.4 Typy materiálů používané k výrobě dílů formy

Volba správného materiálu, z níž mají být jednotlivé díly formy vyrobeny, je významnou součástí celkového návrhu vstřikovací formy, aby byla dosažena požadovaná životnost, kvalita a minimální pořizovací náklady. Tak jako existuje mnoho druhů polymerních materiálů, existuje i spousta železných a neželezných materiálů vhodných k výrobě vstřikovací formy. Jakost použitého materiálu formy se odvíjí od druhu vstřikovaného plastu, velikosti a přesnosti výrobku, velikosti série, podmínek vstřikování, vstřikovacího stroje a v neposlední řadě ceny. Nejvíce zastoupeným materiálem pro výrobu forem jsou právě oceli pro svou pevnost, tvrdost, odolnost proti opotřebení a další mechanické vlastnosti. Oceli je možné dále tepelně zpracovat, čímž se jejich vlastnosti ještě zlepší. Dalšími používanými materiály jsou neželezné slitiny kovů zejména mědi a hliníku nebo polymerní materiály, ze kterých se vyrábějí tepelně izolační desky, jenž brání úniku tepla do okolí. [7, 8]

Tab. 3 Vybrané druhy ocelí používaných při výrobě forem [8]

OZNAČENÍ MATERIÁLU	ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI	DOPORUČENÉ POUŽITÍ
1.0577	ZÁKLADNÍ KONSTRUKČNÍ OCEL Dobrá svařitelnost, nekalená	Obyčejné díly formy bez požadavku na vyšší mechanické vlastnosti
1.1730	NÁSTROJOVÁ OCEL Desková ocel	Netvrzené díly forem a přípravků, upínací desky, rozpěry
1.2083	PROKALITELNÁ OCEL Částečně korozivzdorná, legovaná Vhodná k leštění	Vložky dutiny forem, tvarové desky
1.2085	NÁSTROJOVÁ OCEL Předtvrzená, korozivzdorná, dobře obrobitelná, legovaná	Korozně odolné díly, vložky
1.2162	OCEL K LOKÁLNÍMU KALENÍ Legovaná	Desky forem
1.2210	ZA STUDENA OBRÁBĚNA OCEL Odolnost proti opotřebení	Jádrové kolíky, malé soustružené díly
1.2311	NÁSTROJOVÁ OCEL Legovaná a předtvrzená, vhodná k nitridaci a leštění	Desky forem, vložky a mechanicky namáhané díly
1.2312	NÁSTROJOVÁ OCEL Legovaná, dobře obrobitelná	Desky a díly vysoce mechanicky namáhané
1.2738	NÁSTROJOVÁ OCEL Předtvrzená, s rovnoměrnými mechanickými vlastnostmi	Velké desky s hlubokými dutinami
1.7131	OCEL K LOKÁLNÍMU KALENÍ Legovaná	Vodící elementy a jádra
1.2379	OCEL K PROKALENÍ Rozměrově stálá, vysoká tvrdost, otěruvzdornost	Desky forem, vložky

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Za cíle bakalářské práce byly vytyčeny následující body:

- 1) Vypracování literární studie na dané téma
- 2) Konstrukce zadaného plastového dílu
- 3) 3D konstrukce sestavy vstříkovací formy pro výrobu zadaného dílu
- 4) Nakreslení 2D výkresů sestavy a příslušných řezů

V literární studii je obsažen popis technologie vstříkování, dále pak byly uvedeny materiály používané při výrobě. V následující kapitole je popsán vstříkovací stroj, na němž se celá výroba realizuje. Poslední část rešerže je věnována vstříkovací formě a jejím komponentům.

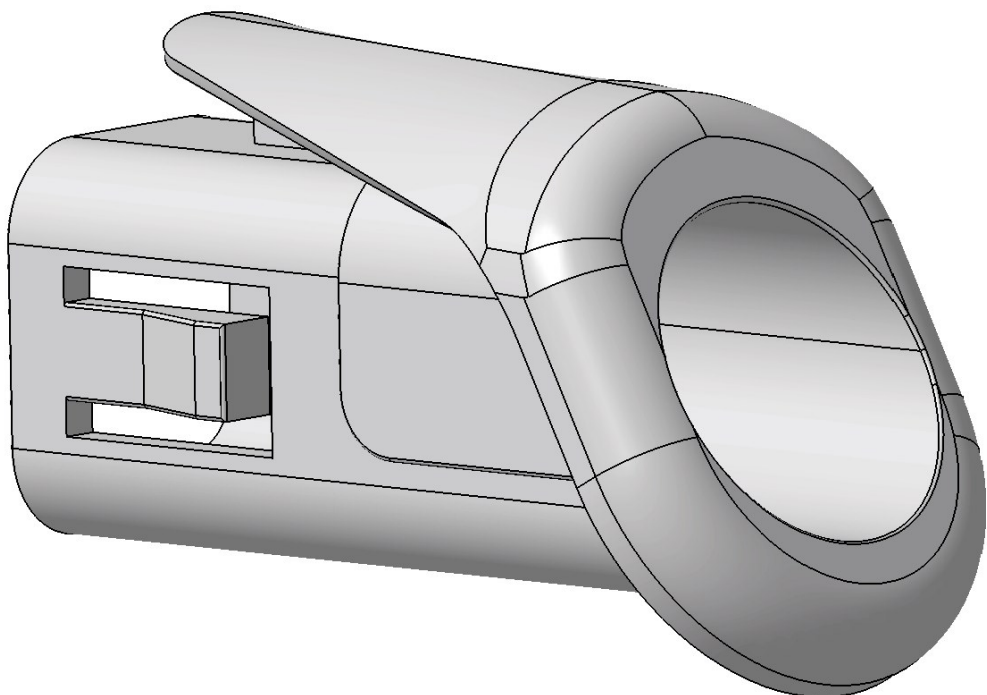
Praktická část byla zpracována za pomoci softwaru Catia V5R19 v modulech používaných pro návrh vstříkovacích forem a to Core & Cavity Design a Mold Tooling Design. Normálie byly vybrány z katalogu firmy HASCO. Posledním bodem bylo zpracování v podobě 2D výkresů.

6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Zadaným výrobkem pro vstřikování je jedna ze součástí tvořící tělo ruční brzdy osobního automobilu. Hlavními parametry tohoto výrobku jsou rozměry 27 x 34 x 53 mm, objem 9,17 cm³ a hmotnost 9,2 g.



Obr. 19 Zadaný výrobek



Obr. 20 3D Model vstřikovaného výrobku

6.1 Vstřikovaný materiál

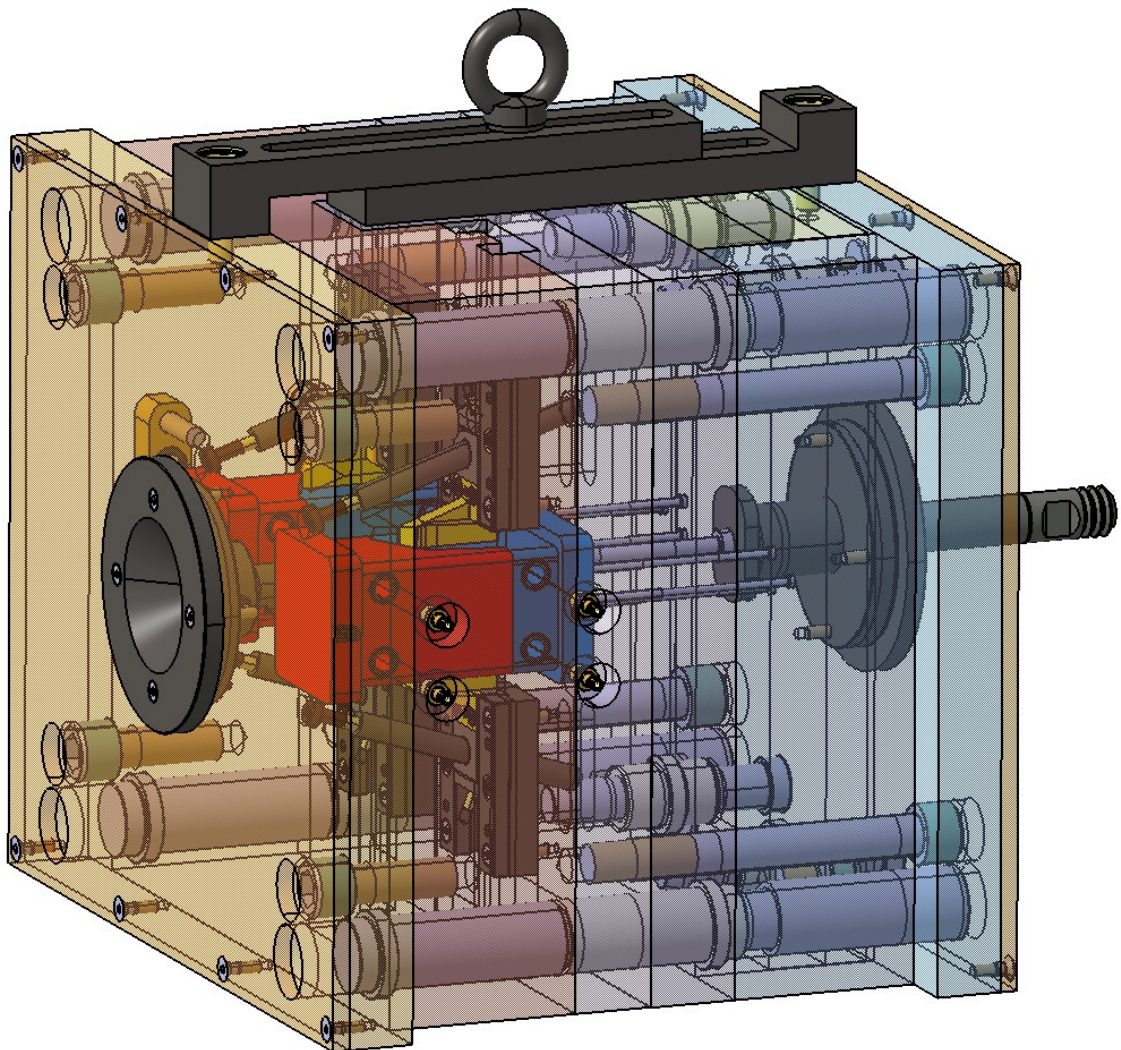
Pro zadaný díl byl zvolen materiál ABS dodávaný pod obchodním označením Magnum typ 3404. Jedná se o materiál, jenž vyniká svou tuhostí, houževnatostí, odolností vůči nízkým i vysokým teplotám, malou nasákavostí a zdravotní nezávadností. Taktéž je schopen odolat kyselinám, hydroxidům, olejům nebo tukům.

Tab. 4 Základní vlastnosti materiálu [23]

Fyzikální vlastnosti		
VLASTNOST	HODNOTA	JEDNOTKA
Hustota	1,05	g/cm ³
Smrštění	0,5	%
Nasákavost	0,4	%
Index toku taveniny	16,6	g/10 min
Mechanické vlastnosti		
Tvrdość Shore D	82,3	-
Pevnost v tahu	44,9	MPa
Modul pružnosti	2,3	GPa
Zpracovatelské vlastnosti		
Teplota trysky	240	°C
Teplota formy	60	°C
Vstřikovací rychlost	230	mm/s
Vstřikovací tlak	55	MPa
Obsah vlhkosti	0,071	%
Teplota sušení	85	°C

7 KONSTRUKCE FORMY

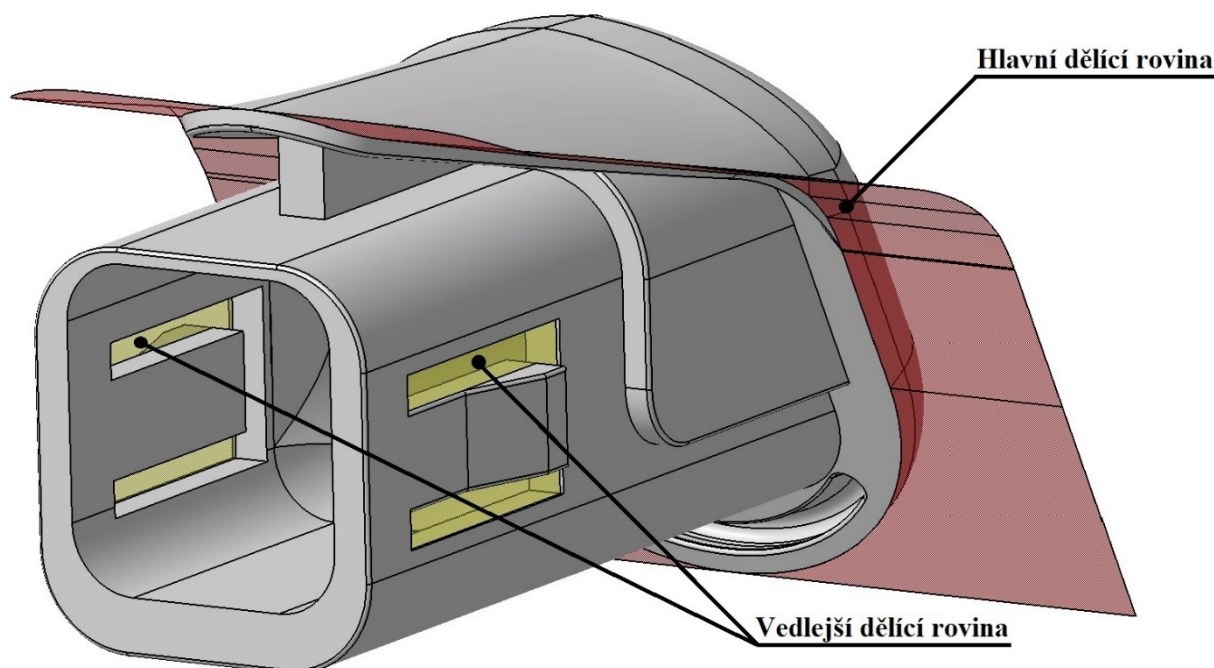
Při samotné konstrukci vstříkovací formy je nutné, aby byla výroba formy co nejjednodušší, přesná a ekonomicky výhodná. Aby bylo možné splnit tyto požadavky, byl kladen důraz na použití co nejvíce normalizovaných dílů. Tyto díly byly vybrány od renomovaného výrobce firmy HASCO.



Obr. 21 3D sestava formy

7.1 Návrh dělicích rovin

Správná volba dělicích rovin je nezbytným úkonem před samotnou konstrukcí formy. Pokud by došlo k chybnému zvolení, může dojít k nežádoucímu odformování výrobku, vzniku vad nebo k úplné nefunkčnosti formy. Hlavní dělicí rovina je rovina, kde na sebe dosedá plocha tvárníku a tvárnice a kde dochází k otevření formy a následnému vyhození výrobku. V případě tohoto konstrukčního řešení bylo nutné navrhnout mimo hlavní ještě dvě vedlejší dělicí roviny, aby bylo možné odformovat postranní prvky sloužící k zajištění součásti.



Obr. 22 Rozvržení dělicích rovin na výrobku

7.2 Násobnost formy

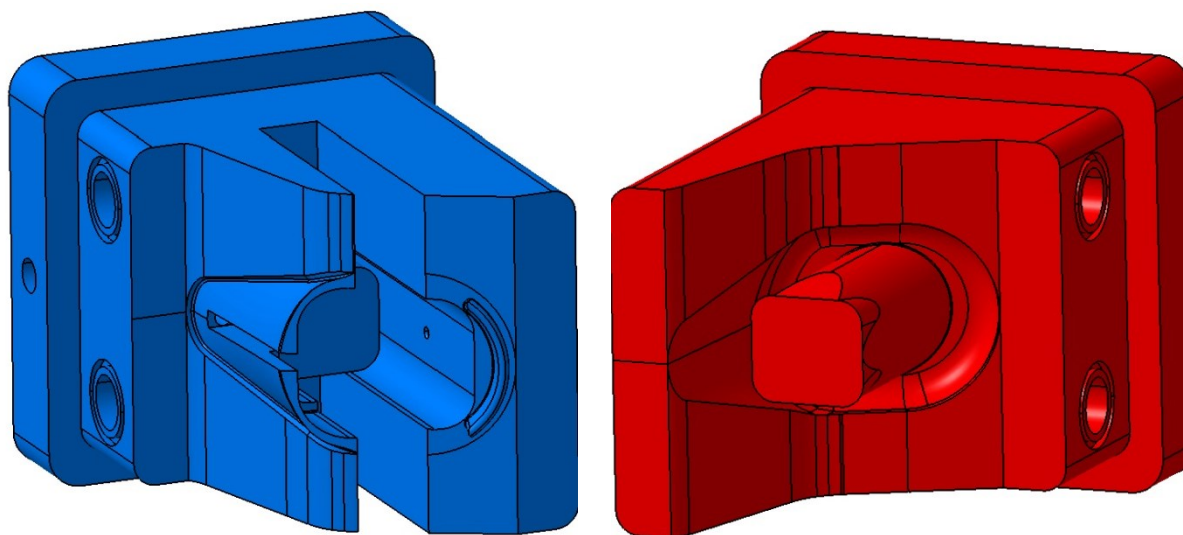
Násobnost vstřikovací formy ovlivňuje nároky na přesnost výrobku, efektivitu výroby a s tím i spojenou finanční nákladnost. S rostoucí násobností je dosaženo větší efektivity, avšak zároveň klesá přesnost jednotlivých výrobků. Je-li tedy forma dvou či vícenásobná, tak nelze dosáhnout stoprocentní shody výrobků vyrobených v jednom cyklu. V tomto případě byla zadána dvojnásobná konstrukce z hlediska rozměrů formy a složitosti vyráběného dílu.

7.3 Rám formy

Rám formy byl zvolen normalizovaný od firmy HASCO o rozměrech 296 x 296 x 278 mm s ohledem na velikost dílce, násobnost a prostor pro realizaci bočního odformování. Pravou stranu – pevnou tvoří dvojice desek, a to kotevní a upínací. Levou část – pohyblivou tvoří série pěti desek: kotevní, opěrná, dvojice rozpěrných desek a upínací deska. Z obou stran je forma opatřena izolačními deskami, aby nedocházelo k masivnímu úniku tepla do rámu stroje.

7.4 Tvarové vložky

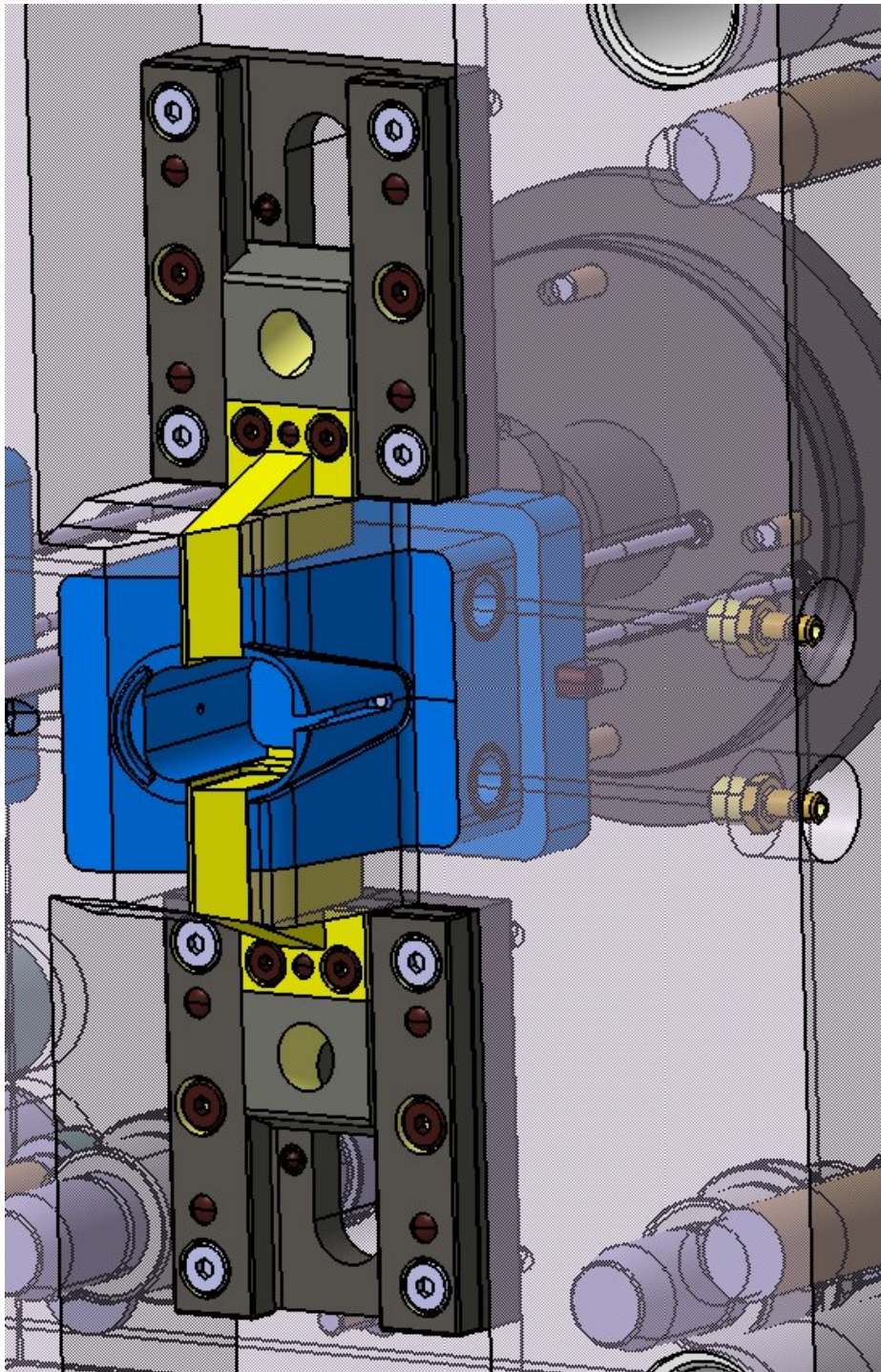
Tvar výrobku je udělen pomocí dutiny vzniklé mezi tvarovými vložkami – tvárníkem a tvárnici. Při konstrukci musí být tato dutina zvětšena o smrštění daného materiálu, pro konkrétní materiál se jednalo o 0,5 %. Tvárníkem se označuje ta část umístěna na pohyblivé straně formy, na níž zůstane výrobek po ochlazení, a která je opatřena otvory pro vyhazovače. Tvárnici se rozumí ta část, která se nachází v pevné části formy. Tyto komponenty mají osazení pro přesné umístění do desky a jsou vyrobeny z vysoce kvalitní nástrojové oceli, dále pak podrobeny tepelnému zpracování – cementováním a kalením.



Obr. 23 Tvárník – vlevo, tvárnice – vpravo

7.5 Boční odformování

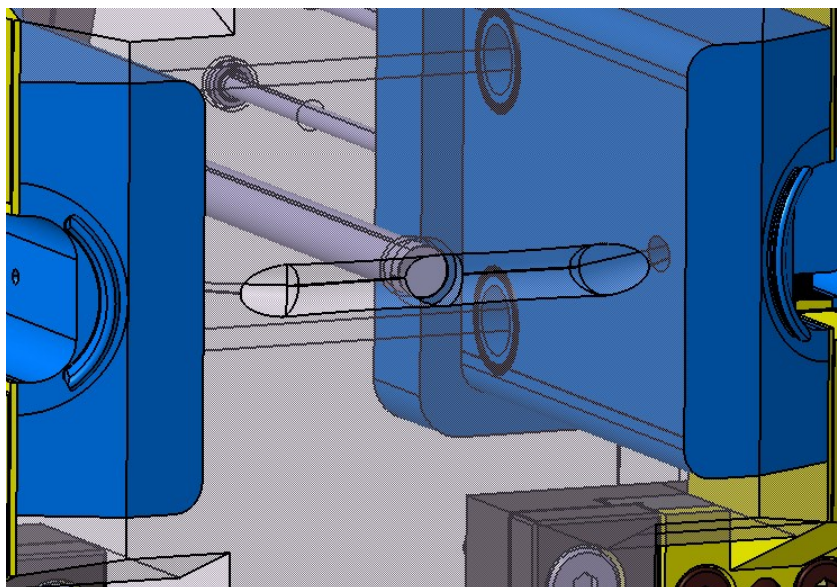
Na odformování postranních výstupků se podílí dvě posuvné boční čelisti, které jsou připojeny k posuvné jednotce. Ta se skládá ze základní desky, vodících lišt a posuvného dílu. K pohybu bočních čelistí dochází během otevírání formy, kdy posuvný díl odjíždí do stran v závislosti na sklonu šikmého čepu.



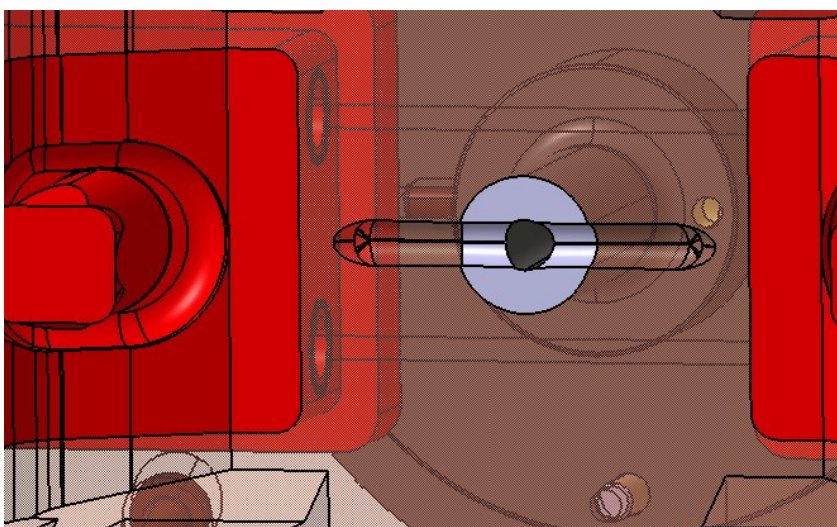
Obr. 24 Boční odformování

7.6 Vtokový systém

Úkolem vtokového systému je dopravit taveninu ze vstřikovacího stroje do dutiny formy. Pro toto konstrukční řešení byl zvolen studený vtokový systém, jehož ústí bylo umístěno na spodní stranu výrobku, která je nepohledová a má nejtlustší stěnu. O dopravu taveniny z trysky stroje se stará vtoková vložka, tavenina dále putuje skrze rozvodný kanál až do tunelového vtokového ústí, kde následně vyplní samotnou dutinu. Průměr rozvodného kanálu byl stanoven na 6 mm v závislosti na tloušťce stěny dílce a délka 40 mm. Nebylo by možné zvolit samotný horký vtok z důvodu nutnosti použití tunelového vtokového ústí, pouze by připadala v úvahu jeho kombinace se studeným, což by razantně ovlivnilo ekonomičnost výroby.



Obr. 25 Vtokový systém na levé straně formy



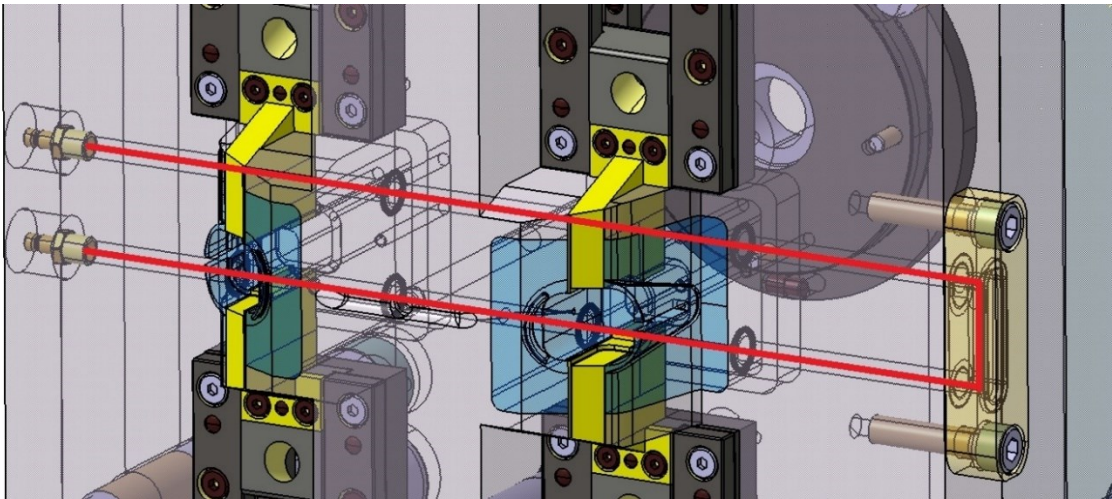
Obr. 26 Vtokový systém na pravé straně formy

7.7 Odvzdušnění

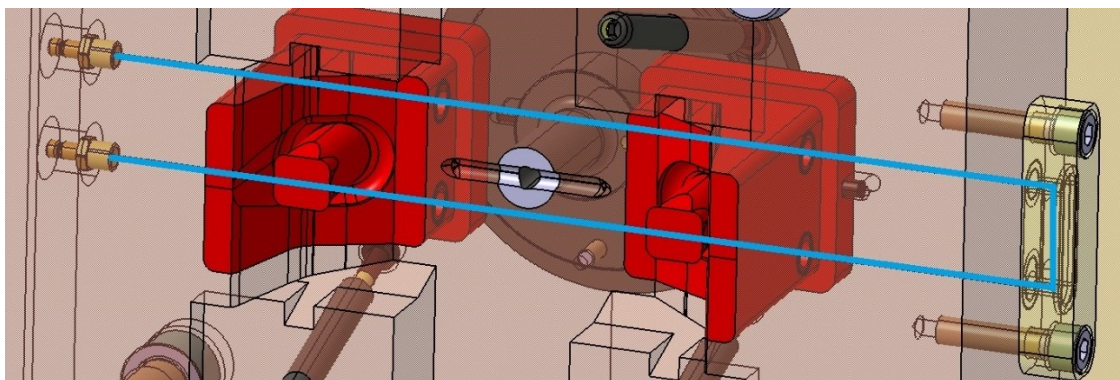
Vzduch uzavřený ve vtokovém systému a dutině formy má při vstřikování negativní dopad na vzhled a kvalitu výrobku, proto je nutné jej odvádět pryč. V tomto případě se předpokládá únik vzduchu skrze dělicí rovinu a vůlemi mezi vyhazovači a tvárníkem.

7.8 Temperační systém

Teplota formy během vstřikování není stálá, výrazně ji ovlivňuje teplota vstřikovaného polymeru nebo teplota okolí. Jelikož je požadováno, aby všechny výrobky byly rozměrově a tvarově shodné, je potřeba stabilizovat teplotní pole formy. K tomuto slouží temperační systém, ve kterém proudí temperační médium o dané teplotě. Pro tuto formu byly zvoleny dva temperační okruhy samostatně pro pravou a levou část formy s průměrem kanálu 8 mm. Temperační okruhy byly dále opatřeny přípojkami na temperační jednotku, O-kroužky pro utěsnění a propojovacími můstky.



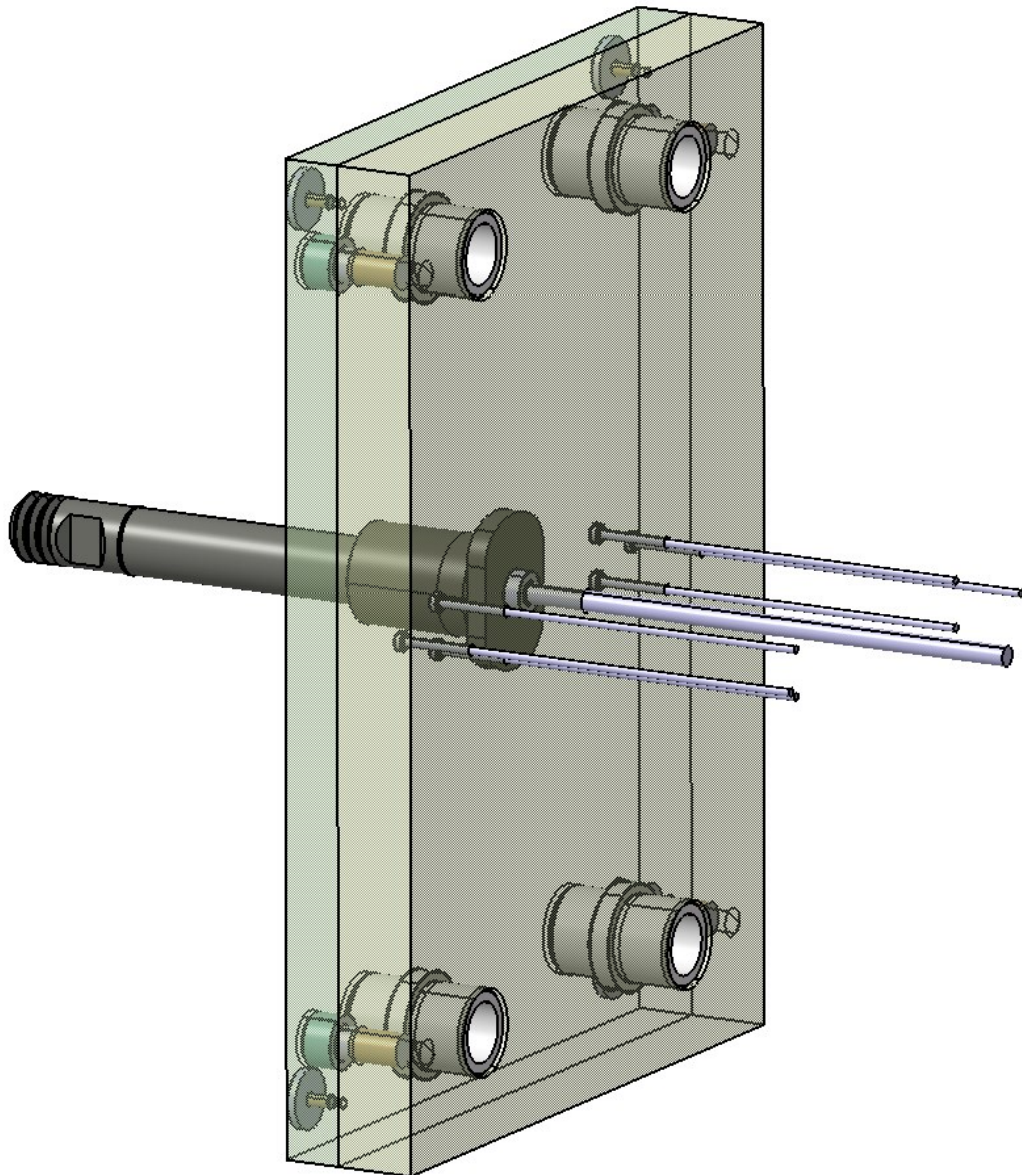
Obr. 27 Temperační okruh pro levou stranu formy



Obr. 28 Temperační okruh pro pravou stranu formy

7.9 Vyhazovací systém

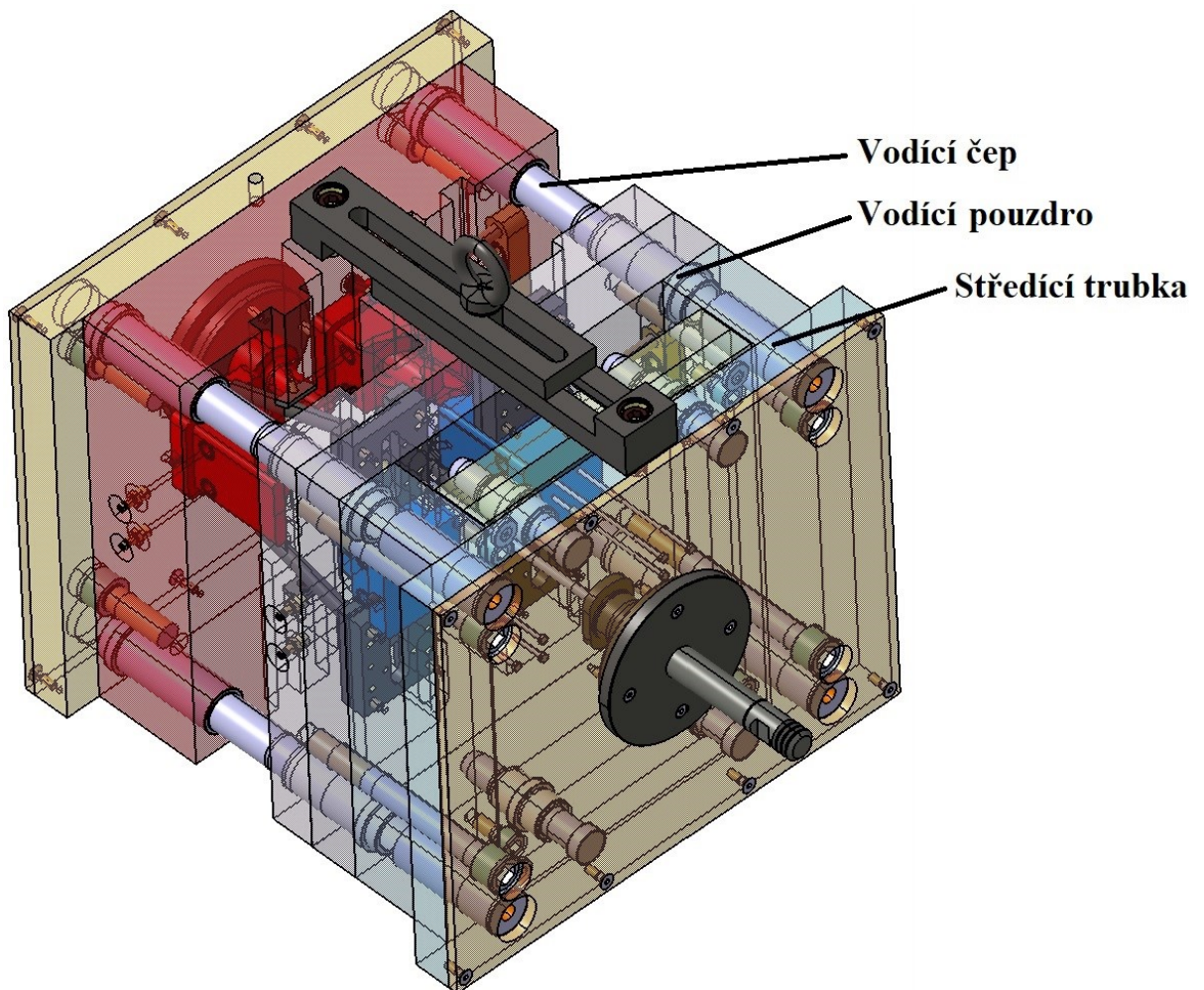
Vyhazovací systém se stará o vyhození výrobku z dutiny formy. Vyhození jednoho dílce je provedeno třemi válcovými vyhazovači o průměru 2,5 mm, které jsou orientovány na nepohledovou stranu výrobku. Vtokový zbytek je vyjmut jedním vyhazovačem o průměru 6 mm. Vyhazovače jsou ukotveny v kotevní desce, která je zajištěna opěrnou deskou a čtyřmi šrouby. Pohyb těchto desek umožňuje táhlo spojené se vstřikovacím strojem. Vyhazovací systém je vystředěn čtyřmi pouzdry a vodícími čepy ukotvenými v levé upínací desce formy. K zajištění přesné počáteční polohy a tlumení rázů celého pohybu vyhazovacího systému slouží čtyři dosedky.



Obr. 29 Vyhazovací systém

7.10 Vodící a středící komponenty

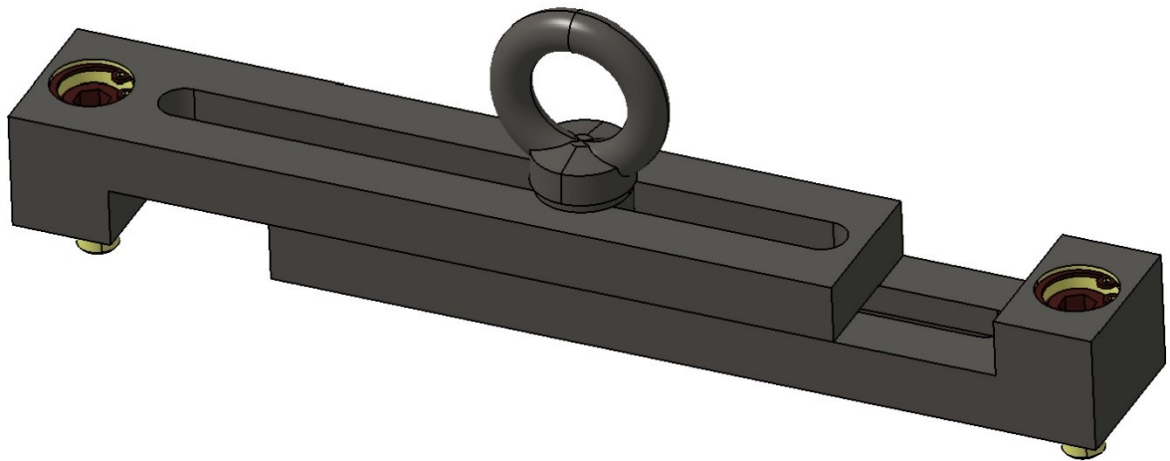
O hladký a přesný chod formy během otevírání a zavírání se stará čtveřice vodících čepů uložených v pravé straně formy. Ke středění s levou částí dochází díky vodícím pouzdrům. Vodící čepy jsou dále vystředěny středícími trubkami. Aby mohla tryska stroje přesně dosednout na vtokovou vložku, je vstřikovací forma vystředěna vůči stroji pomocí středících kroužků.



Obr. 30 Vodící součásti vstřikovací formy

7.11 Transportní zařízení

Za účelem snadného transportu a pohodlného usazení na upínací desky vstřikovacího stroje byla forma opatřena transportním můstkem z katalogu firmy HASCO. Můstek je seshora přišroubován k upínacím deskám formy. Před vstřikováním stačí samotné oko povolit, čímž můstek nezasahuje do činnosti formy a není nutná jeho demontáž.



Obr. 31 Transportní můstek

8 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Základní parametry pro volbu stroje:

- Objem jednoho výstřiku – 9,17 cm³
- Objem vtokové soustavy – 3,24 cm³
- Celkové rozměry formy – 296 x 346 x 292 mm

Dle rozměrů vstřikovací formy, objemu výstřiků včetně vtokové soustavy a ostatních technických parametrů byl zvolen vstřikovací stroj od firmy ARBURG s modelovým označením ALLROUNDER 370 S.

Tab. 5 Základní parametry stroje ALLROUNDER 370 S [24]

Parametr	Hodnota	Jednotka
Uzavírací síla	160	kN
Vzdálenost mezi sloupky	370 x 370	mm
Vyhazovací síla	30	kN
Objem jedné dávky	49	cm ³
Rozměr upínacích desek	510 x 510	mm
Maximální zdvih vyhazovačů	200	mm
Výška formy	200 – 400	mm



Obr. 32 Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 370 S [24]

ZÁVĚR

Bakalářská práce se odvíjela od stanovených cílů na jejímž začátku. Nejprve bylo nutné vypracovat literární studii, která se zabývá charakteristikou pojmů jako vstřikování, vstřikovací cyklus, dále pak materiály používanými pro vstřikování, přes vstřikovací stroj až po samotné konstrukční řešení vstřikovací formy.

Praktická část pojednává o identifikaci zadaného dílu, tvorbě 3D modelu, návrhu formy a vhodného stroje. Zadaným dílem se stala součást tvořící tělo ruční brzdy osobního automobilu. Následně bylo potřeba vhodně zaformovat výrobek, načež bylo možné zkonstruovat tvarové vložky – tvárník a tvárnici a v neposlední řadě boční čelisti, jenž se podílí na bočním odformování. Poté se přistoupilo ke konstrukci dvounásobné vstřikovací formy dle požadavků. Pro udržení rovnoměrného teplotního pole, byla forma opatřena dvěma temperačními okruhy s jedním kanálem kruhového průřezu o velikosti 8 mm. Nejvhodnějším řešením pro dopravu taveniny do dutiny se jevílo použití studeného vtokového systému. Na vyhození jednoho výrobku z dutiny se podílí tři vyhazovače, na vyhození vtokového zbytku pak jeden vyhazovač. Odvzdušnění formy je umožněno díky vůli mezi tvarovými vložkami a vyhazovači a také skrze dělicí rovinu. Pro snadný transport a manipulaci s formou, je její vrchní část opatřena transportním můstkem. Posledním krokem byl výstup v podobě 2D výkresů jenž jsou součástí přílohy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] LENFELD, Petr. Technologie vstřikování [online]. 2015, [cit. 2022-03-12].
Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/Impresum.html>
- [2] ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů. Praha: BEN - technická literatura, 2009. ISBN 80-730-0026-1.
- [3] DUCHÁČEK, Vratislav. Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití. Vyd. 3., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2011. ISBN 978-80-7080-788-0.
- [4] SEIDL, Martin. Stroje pro zpracování polymerních materiálů [online]. 2015 [cit. 2022-03-12]. ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/Impresum.html>
- [5] BRYCE, Douglas M. Plastic Injection Molding: Manufacturing Process Fundamentals. Society of Manufacturing Engineers, 1996. ISBN 9780872634725.
- [6] BĚHÁLEK, Luboš. Polymery [online]. 2015. [cit. 2022-03-15]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Impresum.html>
- [7] LENFELD, P. Plasty a jejich zpracovatelské vlastnosti. Technologie II [online]. Technická univerzita Liberec [cit. 2022-03-18]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/obsah_plasty.htm
- [8] BOBEK, Jiří. Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů [online]. [cit. 2022-03-26]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Impresum.html>
- [9] ŘEHULKA, Zdeněk. Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů. [Praha]: Sekurkon, [2009]. ISBN 978-80-86604-44-2.
- [10] BEAUMONT, John P. Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding. 3rd ed. Munich: Hanser Publishers, 2019. ISBN 978-1-56990-590-6
- [11] Fakulta strojní západočeské univerzity v Plzni- materiály. Dostupné z: http://www.kks.zcu.cz/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05/

- [12] CIOFU, Ciprian; MINDRU, Daniel Teodor. Injection and micro injection of polymeric plastics materials: a review. *Int. J. Modern Manuf. Technolog*, [online] 2013, [cit.2022-03-26]. Dostupné z: https://ijmmt.ro/vol5no12013/Ciofu_Ciprian_1.pdf
- [13] AGEYEVA, Tatyana; HORVÁTH, Szabolcs; KOVÁCS, József Gábor. In-mold sensors for injection molding: On the way to industry 4.0. *Sensors*, [online] 2019, [cit.2022-03-26]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/16/3551/htm>
- [14] CARRUPT, Maria C.; PIEDADE, Ana P. Modification of the Cavity of Plastic Injection Molds: A Brief Review of Materials and Influence on the Cooling Rates. [online] 2021, [cit.2022-03-27]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/23/7249/htm>
- [15] AUSPERGER, Aleš. Technologie zpracování plastů. [online] 2016, [cit. 2022-03-27]. ISBN 978-80-88058-77-9. Dostupné z: <https://publi.cz/books/183/Impresum.html>
- [16] RAGAN, Emil, 2008. Vstrekovanie a spracovanie plastických hmot. Prešov : Fakulta výrobných technológií Technickej univerzity. ISBN 978-80-553-0102-0.
- [17] SELVARAJ, Senthil Kumaran, et al. A Review on Machine Learning Models in Injection Molding Machines. *Advances in Materials Science and Engineering*, [online] 2022, [cit.2022-03-27] Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/2022/1949061>
- [18] ROSATO, Dominick V.; ROSATO, Marlene G. *Injection molding handbook*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [19] Dong Guan Sincere Tech. Injection mold [online]. 2019, [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: <https://www.plasticmold.net/injection-moulding/#injection-mold>
- [20] Dong Guan Sincere Tech. Cold Runner Molding [online]. 2019, [cit. 2022-03-27] Dostupné z: <https://www.plasticmold.net/cold-runner-mold/>
- [21]] The Rodon Group. Injection Molds 101: Cold Runner vs. Hot Runner Molds [online]. 2018, [cit. 2022-03-28]. Dostupné z: <https://www.rodongroup.com/blog/injection-molds101-cold-runner-vs-hot-runner-molds>

- [22] HYNEK, Martin, Katedra konstruování strojů, Vyhazovací sestava a vyhazovače [online]. [cit. 22-03-28]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Vyhazovaci_sestava_a_vyhazovace.pdf
- [23] MatWeb. Materiálové listy [online]. [cit. 2022-05-15] Dostupné z: <https://www.matweb.com/>
- [24] ARBURG [online]. [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.arburg.com/en/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
E	Modul pružnosti v tahu
PA	Polyamid
PBT	Polybutylentereftalát
PC	Polykarbonát
PE	Polyethylen
PMMA	Polymethylmetakrylát
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PTFE	Polytetrafluorethylen
SAN	Styrenakrylonitril
T	Teplota
T _g	Teplota skelného přechodu
T _m	Teplota tání

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Vstřikovací cyklus šnekového vstřikovacího stroje [4]</i>	12
<i>Obr. 2 Rozdělení polymerních materiálů [2]</i>	16
<i>Obr. 3 Amorfni struktura [2]</i>	17
<i>Obr. 4 Semikrystalická struktura [2]</i>	17
<i>Obr. 5 Oblast použití amorfniích a semikrystalických plastů</i>	18
<i>Obr. 6 Vstřikovací stroj [8]</i>	19
<i>Obr. 7 Vstřikovací jednotka [4]</i>	20
<i>Obr. 8 Kloubový mechanismus s hydraulickým pohonem [4]</i>	21
<i>Obr. 9 Uzavřená vstřikovací forma [8]</i>	23
<i>Obr. 10 Příklad vyhazovacího systému [8]</i>	25
<i>Obr. 11 Studený vtokový systém [10]</i>	25
<i>Obr. 12 Vtoková vložka [8]</i>	26
<i>Obr. 13 Porovnání provedení rozváděcích kanálů [8]</i>	26
<i>Obr. 14 Kuželový vtok [10]</i>	27
<i>Obr. 15 Tunelový vtok [8]</i>	27
<i>Obr. 16 Banánový vtok [8]</i>	28
<i>Obr. 17 Horký vtok [11]</i>	28
<i>Obr. 18 Porovnání efektu různého průměru temperačních kanálů [8]</i>	30
<i>Obr. 19 Zadaný výrobek</i>	35
<i>Obr. 20 3D Model vstřikovaného výrobku</i>	35
<i>Obr. 21 3D sestava formy</i>	37
<i>Obr. 22 Rozvržení dělicích rovin na výrobku</i>	38
<i>Obr. 23 Tvárník – vlevo, tvárnice – vpravo</i>	39
<i>Obr. 24 Boční odformování</i>	40
<i>Obr. 25 Vtokový systém na levé straně formy</i>	41
<i>Obr. 26 Vtokový systém na pravé straně formy</i>	41
<i>Obr. 27 Temperační okruh pro levou stranu formy</i>	42
<i>Obr. 28 Temperační okruh pro pravou stranu formy</i>	42
<i>Obr. 29 Vyhazovací systém</i>	43
<i>Obr. 30 Vodící součásti vstřikovací formy</i>	44
<i>Obr. 31 Transportní můstek</i>	45
<i>Obr. 32 Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 370 S [24]</i>	46

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Doporučené teploty formy, taveniny a vyhazování vybraných materiálů [8]</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 2 Doporučené rozměry a uspořádání temperačních kanálů [8]</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 3 Vybrané druhy ocelí používaných při výrobě forem [8]</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 4 Základní vlastnosti materiálu [23]</i>	<i>36</i>
<i>Tab. 5 Základní parametry stroje ALLROUNDER 370 S [24]</i>	<i>46</i>

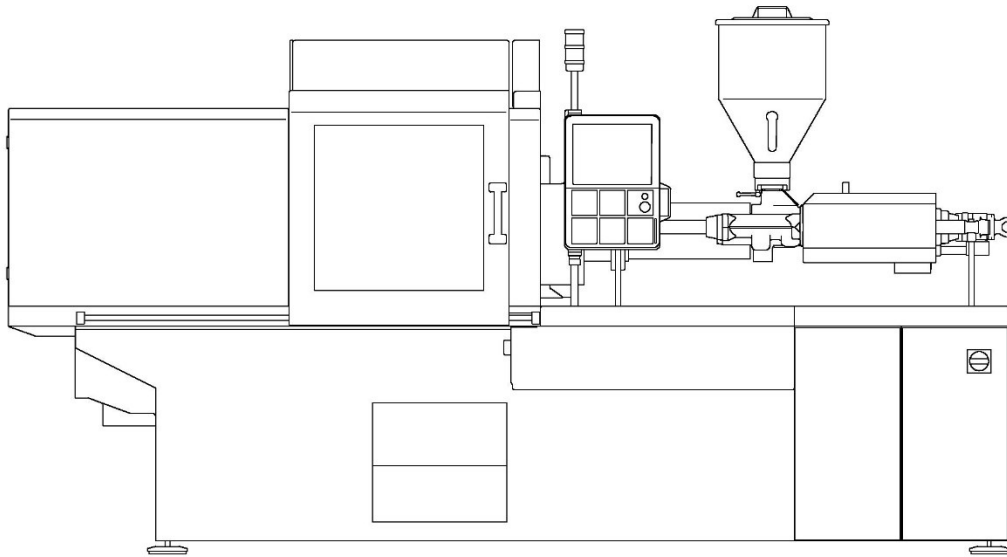
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Technický list vstřikovacího stroje

Příloha P II: Výkresová dokumentace:

- Pohled do pravé a levé části formy
- Řez formou A-A, B-B
- Kusovník

PŘÍLOHA P I: TECHNICKÝ LIST VSTŘIKOVACÍHO STROJE



ALLROUNDER 370 S

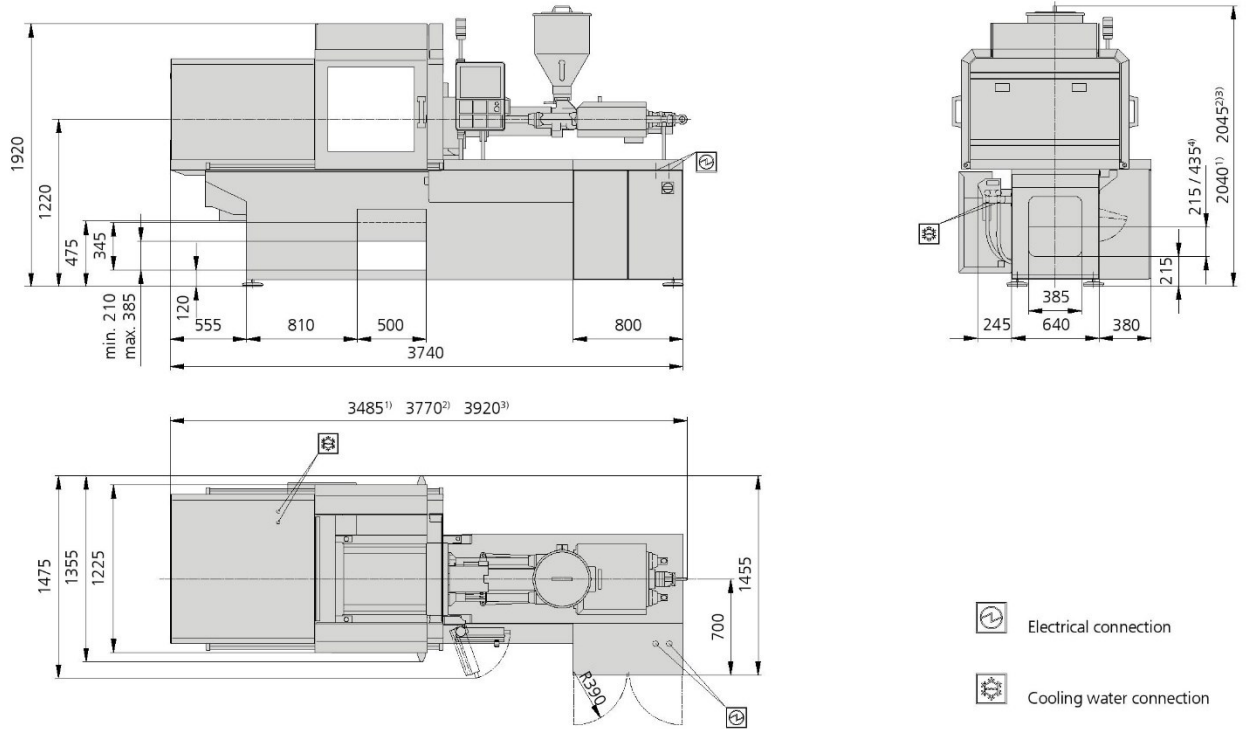
Distance between tie bars: 370 x 370 mm

Clamping force: 500, 600, 700 kN

Injection unit (acc. to EUROMAP): 100, 170, 290

ARBURG

MACHINE DIMENSIONS | 370 S



- 1) injection unit 100
- 2) injection unit 170
- 3) injection unit 290
- 4) Conveyor belt

TECHNICAL DATA | 370 S

Clamping unit		370 S		
with clamping force	max. kN	500	600	700
Opening force stroke	max. kN mm	160 400		
Mould height, fixed variable	min. mm	200 ---		
Platen daylight fixed variable	max. mm	600 ---		
Distance between tie bars (w x h)	mm	370 x 370		
Mould mounting platens (w x h)	max. mm	510 x 510		
Weight of movable mould half	max. kg	360		
Ejector force stroke	max. kN mm	30 125		
Dry cycle time EUROMAP ²	1 pump	2,1 1,9 - 259		
	2 pumps	1,4 - 259		
	Accum.	1,3 - 259		

Injection unit			100			170			290		
with screw diameter	mm		20	25	30	25	30	35	30	35	40
Effective screw length	L/D		25	20	16,7	24	20	17	23,3	20	17,5
Screw stroke	max. mm		100			120			150		
Calculated stroke volume	max. cm ³		31	49	71	59	85	115	106	144	188
Shot weight	max. g PS		29	45	65	54	77	105	97	132	172
Material throughput	max. kg/h PS		5,5	8	9,5	10	13,5	16	17	20,5	24,5
	max. kg/h PA6.6		2,8	4	4,9	5	7	8	8,5	10,5	12,5
Injection pressure	max. bar		2500	2000	1390	2500	2000	1470	2500	2000	1530
Holding pressure	max. bar		2500	2000	1390	2500	2000	1470	2500	2000	1530
Injection flow ²	1 pump	max. cm ³ /s	64 90	100 142	146 204	66 94	96 136	132 186	102	140	182
	2 pumps	max. cm ³ /s	64 90	100 142	146 204	66 94	96 136	132 186	102	140	182
	Accum.	max. cm ³ /s	172	268	388	216	312	424	316	430	562
Screw circumferential speed ²	1 pump	max. m/min	28 39	35 49	42 59	35 49	42 59	49 69	46	54	62
	2 pumps	max. m/min	28 39	35 49	42 59	35 49	42 59	49 69	46	54	62
	Accum.	max. m/min	11	14	17	14	17	19	20	24	27
Screw torque	max. Nm		120	150	180	210	250	290	320	380	430
Nozzle contact force retraction stroke	max. kN mm		50 180			50 210			60 240		
Heating capacity zones	kW		4,9 5			9,4 5			6,4 5		
Feed hopper	l		50			50			50		

Drive and connection			1 pump			2 pumps			Accum.		
with injection unit			100	170	290	100	170	290	100	170	290
Net weight of machine	kg		3200	3250	3300	3200	3250	3300	---		
Sound press. level Insecurity ⁴	dB(A)		67 3			67 3			67 3		
Oil filling	l		135			135			135		
Drive power ²	max. kW		15			15			15		
Electrical connection ³		kW	22	27	24	22	27	23	22	27	23
	Total	A	63	80	80	63	80	80	63	80	80
	Machine	A	---			---			---		
	Heating	A	---			---			---		
Cooling water connection	max. °C		30			30			30		
	min. Δp bar		1,5 DN 25			1,5 DN 25			1,5 DN 25		

Machine type		Drive
with EUROMAP size designation ¹		
370 S 500-100 170 290		1 2 -
370 S 600-100 170 290		1 2 -
370 S 700-100 170 290		- 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).

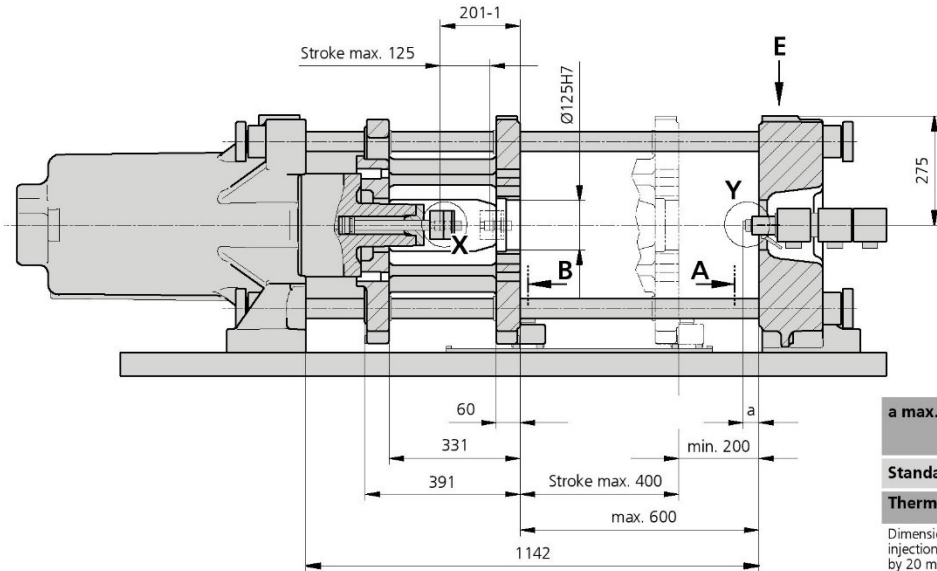
2) Specifications depend on the drive config. - 1st value applies to the lowest clamping force.

3) Specifications relate to 400 V/50 Hz.

4) Detailed info in the operating instr.

[] Specifications apply to alternative equipment.

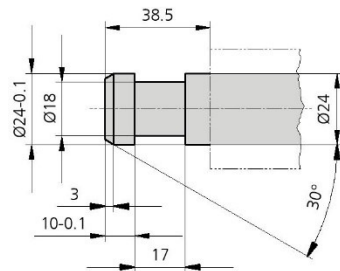
MOULD INSTALLATION DIMENSIONS | 370 S



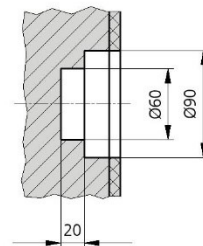
a max.	Injection unit
	100 / 170 / 290
Standard	40
Thermoset	20

Dimensions for horizontally displaceable injection unit (VARIO principle) reduced by 20 mm

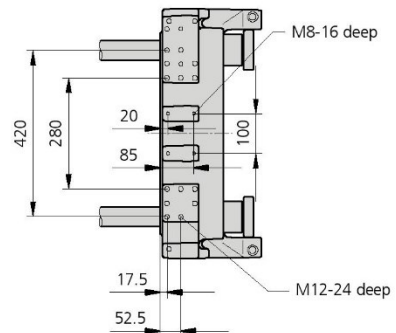
Ejector bolt | X



Bore in mould (if required) | Y

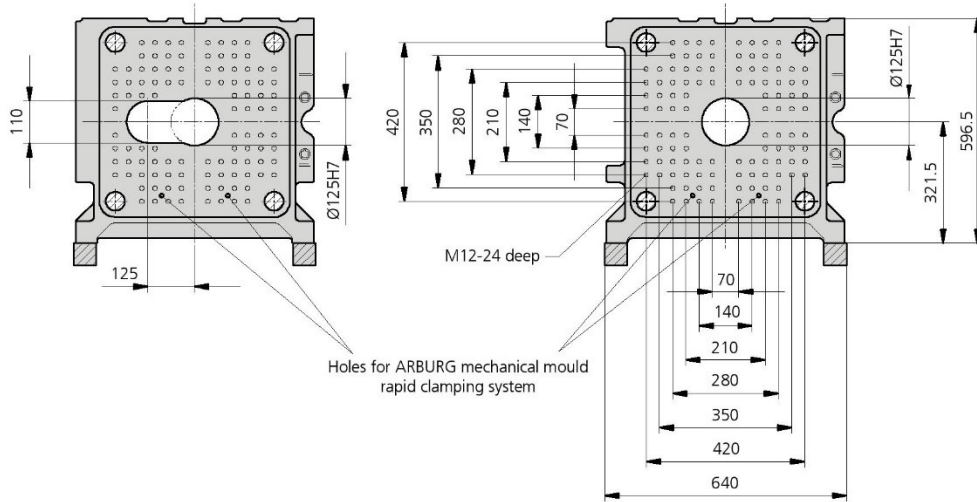


Robotic system mounting | E

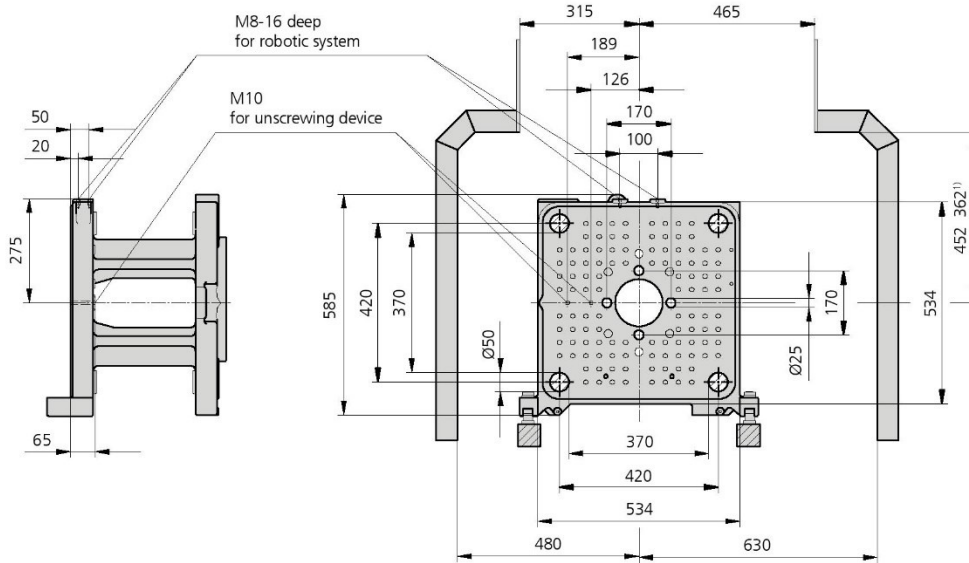


MOULD INSTALLATION DIMENSIONS | 370 S

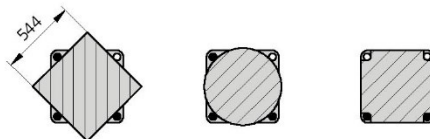
Fixed mould mounting platen | A



Moving mould mounting platen | B



Useful clamping surface when pulling the tie rods



1) Pivoting clamping unit – guard closed at the top

SHOT WEIGHTS | 370 S

Theoretical shot weights for the most important injection moulding materials

Injection units according to EUROMAP		100			170			290		
Screw diameter	mm	20	25	30	25	30	35	30	35	40
Polystyrene	max. g PS	29	45	65	54	77	105	97	132	172
Styrene heteropolymerizates	max. g SB	28	44	63	53	76	103	95	129	168
	max. g SAN, ABS ¹⁾	27	43	62	52	74	101	93	126	165
Cellulose acetate	max. g CA ¹⁾	32	50	73	61	87	119	109	148	194
Celluloseacetobutyrate	max. g CAB ¹⁾	30	47	68	56	81	110	101	138	180
Polymethyl methacrylate	max. g PMMA	30	46	67	56	80	109	100	136	178
Polyphenylene ether, mod.	max. g PPE	27	42	60	50	72	98	90	122	160
Polycarbonate	max. g PC	30	47	68	57	81	111	102	139	181
Polysulphone	max. g PSU	31	49	70	58	84	115	105	143	187
Polyamides	max. g PA 6.6 PA 6 ¹⁾	28	44	64	53	77	104	96	131	171
	max. g PA 6.10 PA 11 ¹⁾	26	41	60	50	72	98	90	122	160
Polyoximethylene (Polyacetal)	max. g POM	35	55	80	66	96	130	120	163	213
Polyethylene terephthalate	max. g PET	34	53	77	64	92	126	115	157	205
Polyethylene	max. g PE-LD	22	34	49	41	59	80	73	100	130
	max. g PE-HD	22	35	50	42	60	82	76	103	134
Polypropylene	max. g PP	23	36	51	43	62	84	77	105	137
Fluoropolymerides	max. g FEP, PFA, PCTFE ¹⁾	46	72	103	86	124	169	155	211	276
	max. g ETFE	40	63	91	76	109	148	136	185	242
Polyvinyl chloride	max. g PVC-U	35	54	78	65	94	127	117	159	208
	max. g PVC-P ¹⁾	32	50	72	60	87	118	108	147	192

1) average value

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