


Konstrukce vstřikovací formy

Jan Majer

Bakalářská práce
2023

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jan Majer**
Osobní číslo: **T20197**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy**

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Proveďte konstrukci 3D modelu vyráběné součásti.
3. Navrhněte 3D sestavu vstřikovací formy pro výrobu zadané součásti.
4. Nakreslete výkres 2D sestavy vstřikovací formy.

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.

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.

KAZMER, David. *Injection mold design engineering*. 2nd edition. Munich: Hanser, [2016], xxiv, 529 s. ISBN 9781569905708.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Michal Staněk, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2023**

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

L.S.

Ing. Martin Bednařík, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 7. února 2023

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

Tématem bakalářské práce je návrh vstřikovací formy pro zadaný plastový díl. V práci se nachází dvě hlavní části. První část se zabývá informacemi týkající se polymerních materiálů, vstřikování a základních systémů vstřikovací formy.

Ve druhé části práce je popsán postup konstrukce formy v softwaru CATIA V5R20 pro zadanou součást. Jsou zde požadavky, které bylo nutné při konstrukci dodržet, volba materiálu dílu a rozebraná problematika při procesu tvorby systémů vstřikovací formy.

Klíčová slova: polymerní materiály, technologie vstřikování, vstřikovací forma, CATIA V5R20

ABSTRACT

The topic of the bachelor thesis is the design of an injection mold for a assigned plastic part. There are two main parts in the thesis. The first part covers the information related to polymer materials, injection molding, and basic injection mold systems.

The second part of the thesis describes the mold construction process in CATIA V5R20 software for the given component. There are requirements that had to be followed during the construction, choice of material for the component, and a discussion of the issues involved in the process of creating the injection mold systems.

Keywords: polymer materials, injection molding technology, injection mold, CATIA V5R20

Tímto bych chtěl poděkovat panu prof. Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za vedení bakalářské práce, poskytnutý čas, věcné připomínky a konstruktivní kritiku při psaní literární rešerše a tvorbě vstříkovací formy. Poskytnuté informace mi pomohly kvalitně vytvořit bakalářskou práci. Dále bych chtěl poděkovat všem pedagogům, kteří mi předali během studia potřebné informace pro dokončení této práce.

V poslední řadě bych chtěl poděkovat své rodině, která mě podporovala během celého studia na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně.

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

OBSAH

ÚVOD	7
I TEORETICKÁ ČÁST	8
1 POLYMERNÍ MATERIÁLY	9
1.1 ROZDĚLENÍ POLYMERŮ	10
1.1.1 Termoplasty.....	10
1.1.2 Reaktoplasty	12
1.1.3 Kaučuky	12
1.1.4 Termoplastické elastomery	13
2 VSTŘIKOVÁNÍ	15
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	15
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	16
2.2.1 Vstřikovací jednotka	17
2.2.2 Uzavírací jednotka	18
3 KONSTRUKCE FORMY	19
3.1 VTOKOVÝ SYSTÉM	20
3.1.1 Studený vtokový systém	20
3.1.2 Horký vtokový systém	24
3.2 VYHAZOVCÍ SYSTÉM	25
3.2.1 Válcové vyhazovače.....	25
3.2.2 Ploché vyhazovače	26
3.2.3 Stírací deska	26
3.3 TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	27
3.4 MATERIÁLY FOREM.....	29
3.4.1 Úpravy ocelí	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
4 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	33
5 KONSTRUKCE SOUČÁSTI	34
5.1 CATIA V5R20	35
5.2 VOLBA MATERIÁLU	35
6 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	36
6.1 TVAROVÉ ČÁSTI	37
6.2 ZAFORMOVÁNÍ SOUČÁSTI.....	39
6.3 NORMALIZOVANÉ DÍLY A RÁMY	39
6.4 VTOKOVÝ SYSTÉM	42
6.5 TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	43
6.6 ODFORMOVÁNÍ.....	45

6.7	ODVZDUŠNĚNÍ.....	46
6.8	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	46
7	VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	48
	ZÁVĚR	49
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	50
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	54
	SEZNAM OBRÁZKŮ	56
	SEZNAM TABULEK.....	58
	SEZNAM PŘÍLOH.....	59

ÚVOD

Využití polymerních materiálů se neustále zvětšuje. Díky jejich specifickým vlastnostem a široké škále použití je možné se s nimi setkat v každodenním životě, kde mohou nahrazovat jiné materiály jako dřevo, kov, stavební materiál nebo sklo. Setkáním s polymery se nevyhneme v žádném odvětví moderního průmyslu. Život bez polymerních materiálů je už těžko představitelný a rostoucím použitím polymerních materiálů rostou i požadavky na jeho zpracování.

Nejrozšířenější technologií zpracování polymerů je v současné době vstřikování. Vstřikování je cyklický proces, který s sebou nese řadu výhod, jako je opakovatelnost vyráběných součástí nebo možnost výroby velkého množství dílů za krátký časový úsek. S touto technologií je neodmyslitelně propojen nástroj pro vstřikování – forma.

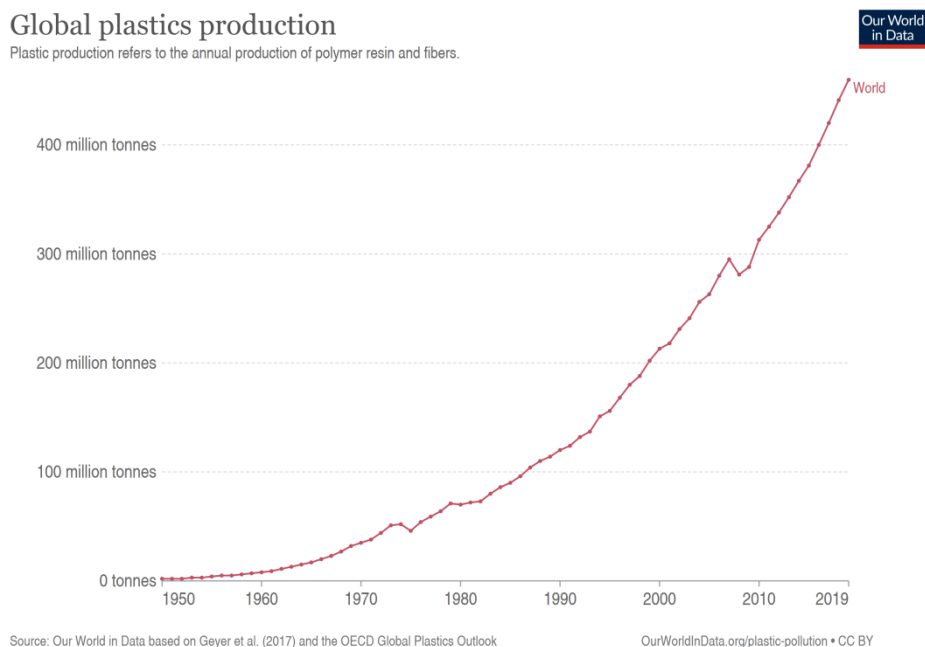
S větším zájmem o využití polymerů v průmyslu rostou i požadavky na výrobu forem. Možnosti konfigurace forem jsou nespočetné a specifické pro každý vyráběný díl. Je možné se setkat s obrovskými formami s velkou násobností nebo existují formy, které jsou vyrobeny pro tvarově složité díly s velkým počtem odformovacích elementů. Výhodou forem je, že z formy vychází hotové díly, které není potřeba nějak upravovat. Výrobou částí forem se zabývá spousta firem jako je např. HASCO, Meusburger, DME, STRACK a mnoho dalších.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERNÍ MATERIÁLY

Polymerní materiály jsou materiály, které jsou charakteristické díky své makromolekule. Z chemického hlediska jsou to organické sloučeniny, které mohou být vyrobeny přírodně nebo synteticky. Makromolekula typická pro polymery se nachází ve formě řetězce. Řetězec se skládá z opakujících se základních jednotek, které se nazývají mer. Nejčastější polymerní materiály se skládají z atomů uhlíku, vodíku, kyslíku. Mohou také obsahovat atomy dusíku, chlóru, fosforu a dalších prvků. Tyto prvky pak rozlišují druh polymeru a jeho vlastnosti. Díky svým vlastnostem se polymer používá v široké škále použití jako je například automobilový průmysl, obalový materiál, elektrotechnika, stavebnictví, sportovní potřeby, nábytek, lékařství atd.

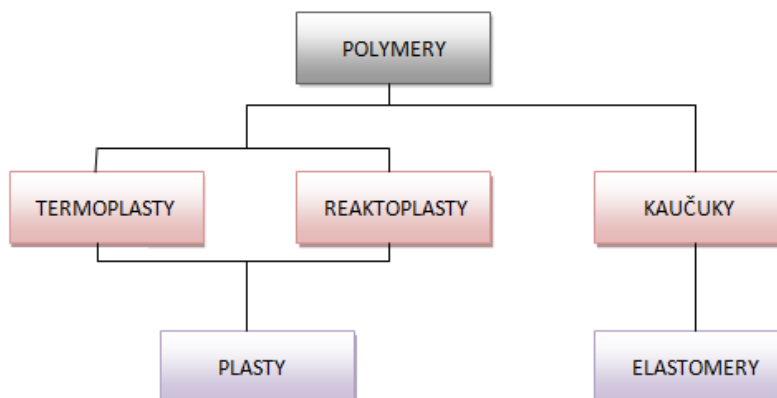
Zvyšující se používání plastových materiálů vede ke zvýšení produkce. Zatímco se v roce 1950 produkce plastových materiálů pohybovala kolem 2 milionů tun ročně, v roce 2015 došlo k navýšení na zhruba 380 milionů tun a v roce 2019 produkce byla téměř 460 milionů tun. [1, 3]



Obrázek 1 Světová produkce plastů 1950 – 2019 [3]

1.1 Rozdělení polymerů

Polymerní materiály se nejčastěji rozdělují na plasty a elastomery. Mezi dominující vlastnosti elastomerů patří možnost velké deformace bez poškození a tato deformace je vratná. Plastové materiály jsou tvrdé a dle působení teploty se rozdělují na termoplasty a reaktoplasty. Elastomery se rozdělují na kaučuky a termoplastické elastomery. [1, 2]



Obrázek 2 Rozdělení polymerů [24]

1.1.1 Termoplasty

Z pohledu vnitřní struktury se rozdělují na semikrystalické termoplasty a amorfnní termoplasty. Charakteristickou vlastností je možnost přecházet z pevného stavu do stavu taveniny při působení zvýšené teploty. Při přechodu ze stavu taveniny do pevného stavu lze termoplast tvarovat a deformovaný tvar po ochlazení zachovat. Nedojde k vrácení do původní polohy. Proces zahřátí termoplastu, vytvarování a ochlazení je možné opakovat. Při tomto procesu nedochází k chemickým změnám a jedná se pouze o fyzikální proces. Termoplast se nemůže nacházet v plynném stavu stejně jako polymery obecně. Jelikož se teplota degradace nachází pod bodem varu, dojde prvně k degradaci polymeru a polymer tudíž nemůže přejít do plynného stavu. Tato vlastnost je dána makromolekulami, které se nachází v polymeru. Při přechodu termoplastu z tuhého stavu do plastického nedochází k přechodu náhle, ale postupně. Tato oblast se nazývá přechodový stav a má velký význam při určování vlastností termoplastu. [2, 4, 5]

Amorfnní termoplast se skládá z klubek řetězců, které se mezi sebou proplétají a mají neuspořádanou strukturu. Díky tomuto uspořádání má amorfnní termoplast vysokou tvrdost, pevnost, je křehký a v základním složení (bez přidání přísad) je čirý. Vlastnosti jsou určovány teplotou skelného přechodu (T_g) a teplotou viskózního toku (T_f). Pod teplotou

skelného přechodu má amorfni termoplast jiné vlastnosti než nad touto teplotou. Nad teplotou T_g se nachází v oblasti kaučukovitého stavu, kde síly v termoplastu nejsou tak velké, aby držely pevný tvar termoplastu, ale nesou tak malé, aby došlo k toku. Pod teplotou T_g se termoplast nachází ve sklovité oblasti. V této oblasti je amorfni termoplast pevný, křehký a má vysoký modul pružnosti. Ohřátím amorfniho polymeru nad teplotu T_f dojde k přeměně pevného skupenství na taveninu. Nad teplotou T_f dojde k nesoudržnosti mezi molekulárními vazbami a polymer ztrácí elastické vlastnosti z kaučukovitého stavu. Zpracování amorfniho termoplastu probíhá nad teplotou T_f . Při zpracování, jako je například vstřikování plastů, je potřeba, aby polymer byl dostatečně tvárný. Proto se musí amorfni termoplast nacházet v kapalném skupenství. Naopak při užívání výrobku z amorfniho termoplastu musí výrobek vykazovat pevnost, a proto je možné použití amorfniho polymeru jen do teploty T_g . Z bezpečnostních důvodů se použitelnost snižuje o přibližně 10 až 20 °C než je teplota T_g . Mezi nejpoužívanější amorfni termoplasty patří polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), akrylonitril-butadien-styren (ABS), styrenakrylonitril (SAN), polykarbonát (PC), polymethylmetakrylát (PMMA), akrylonitril-styren-akryl (ASA). [1, 4, 5]

Semikrystalický termoplast se skládá z částečně uspořádané struktury a částečně z neuspořádané (amorfni) struktury. Podíl uspořádané struktury určuje stupeň krystalinity. Nejčastěji se tento stupeň pohybuje mezi 40 až 90 %. Semikrystalický termoplast nikdy nemůže obsahovat 100 % krystalické složky. Díky krystalickému uspořádání je semikrystalický termoplast houževnatý, pevnost a modul pružnosti roste se zvyšujícím se podílem krystalické části. Mezi teploty popisující chování semikrystalického termoplastu patří teplota skelného přechodu (T_g) a teplota tání krystalické fáze (T_m). Jelikož i tento druh obsahuje amorfni část, dochází zde k výskytu kaučukovité oblasti, která je oddělena teplotou skelného přechodu. Nad teplotou tání se termoplast mění v taveninu. Při chladnutí z taveniny se termoplast smršťuje od 1 % do 2,5 %. Velikost smrštění je zapříčiněna rozdílným smrštěním amorfni a krystalické části v termoplastu. Čím větší je stupeň krystalinity tím dochází k většímu smrštění. Podíl krystalické části v tuhém stavu závisí na procesu ochlazování. Mezi nejpoužívanější semikrystalické termoplasty patří polypropylen (PP), polyetylen (PE), polyethyltereftalát (PET), polyamid (PA), polyoximetylen (POM), polyethyltetrafluoretylen (PTFE) atd. [1, 2, 6]

1.1.2 Reaktoplasty

Reaktoplast je druh polymeru, který po převedení do plastického stavu lze tvářet jen omezenou dobu. Při zahřátí reaktoplastu nastává chemická reakce. Lineární řetězce meru se spojují a vzniká amorfní prostorová síť. Tento proces se nazývá vytvrzování. Vytvrzení se dosahuje přidáním vytvrzovacího činidla. Jakmile dojde k vytvrzení nelze reaktoplast znovu tavit, na rozdíl od termoplastů. Díky této charakteristické struktuře jsou reaktoplasty netavitelné, nerozpustné, tepelně stálé, odolné proti chemikáliím, tvrdé a tuhé. Po vytvrzení se používají v oblasti pod teplotou degradace (T_c). Mezi zástupce reaktoplastů patří epoxidové pryskyřice (EP), fenol-formaldehydové pryskyřice (PF), polyuretany (PUR), polyesterové pryskyřice (UP) a aminoplasty. [1, 2, 4]

1.1.3 Kaučuky

Kaučuky jsou polymerní látky, které se po přidání přísad (např. plniva, stabilizátory atd.) a zesíťování stávají elastomerem neboli pryží. Vyskytují se v přírodní nebo syntetické formě. Při výrobě syntetických kaučuků je hlavní surovinou ropa. Síťovací proces se nazývá vulkanizace a probíhá za účinku vulkanizačního činidla nejčastěji síry nebo také peroxidu. Vulkanizace často probíhá za zvýšené teploty pohybující se v rozmezí od 140 °C do 160 °C. Díky atomům síry vznikají mezi lineárními řetězci kaučuku vazby a termoplastický kaučuk se přemění na netermoplastický elastomer. Množství síry určuje tvrdost výsledného elastomeru. Pokud se při výrobě použije množství kolem 2 %, je výsledný elastomer měkký, množství od 10 % do 20 % vzniká středně tvrdý elastomer a při použití množství nad 20 % vzniká tvrdý elastomer. [1]

Mezi největší skupinou vyráběných kaučuků patří syntetické kaučuky. Hlavní surovina je přírodní kaučuk. Elastomer není vyroben pouze z přírodního kaučuku, ale také z dalších látek, které ovlivňují jeho vlastnosti. Mezi tyto látky patří stabilizátory, plastifikátory, plniva, pigmenty, retardéry, aktivátory vulkanizace atd. Přídavné látky se přidávají před vulkanizací. Elastomer obsahující přídavné látky na vylepšení vlastností se nazývá gumárenská směs. Kaučuky se rozdělují dle použití na kaučuky pro všeobecné použití a na speciální kaučuky. Speciální kaučuky se rozdělují na olejovzdorné a teplovzdorné kaučuky. [1]

Kaučuky pro všeobecné použití jsou nejvíce produkovaná skupina kaučuků. Mezi charakteristické vlastnosti této skupiny patří pevnost, odolnost proti otěru, pružnost, jsou nepolární, mají nízkou tepelnou odolnost a malou odolnost proti stárnutí (degradaci).

V makromolekulárních řetězcích se vyskytují dvojné vazby. Jako plnivo se používají saze. Díky nepolární charakteristice se rozpouštějí v benzenu, toluenu, benzínu, tetrachlormetanu. Nesmí přijít do styku s oleji, protože dochází nabobtnání kaučuku. Možnost využití je rozsáhlá a najdou uplatnění jako zdravotnické potřeby, pneumatiky, hadice, dopravní pásy, obuv, lepidla, nátěrové hmoty, opláštění kabelu, izolace atd. Nejvýznamnějšími zástupci této skupiny je přírodní kaučuk (NR), butadienový kaučuk (BR), butadien-styrenový kaučuk (SBR), izoprenový kaučuk (IR), etylen-propylenový kaučuk (EPM), etylen-propylen-dienový kaučuk (EPDM), butylkaučuk (IIR).

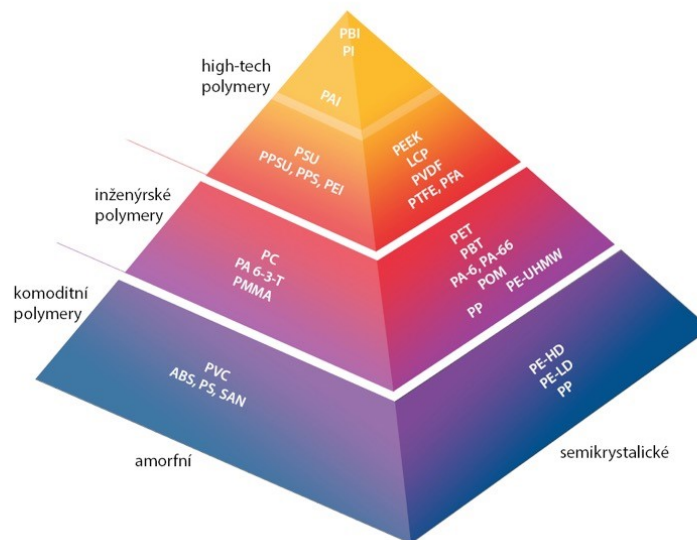
Olejevzdorné kaučuky se od první skupiny kaučuků liší zejména jinou polaritou. Jedná se o polární látky. Odolnost proti olejům je dána stupněm polarity. Čím má být větší odolnost proti polárnějšímu oleji, tím musí být větší polarita kaučuku. Mezi nejvýznamnější zástupce olejovzdorných kaučuků patří chloroprenový kaučuk (CR), butadien-akrylonitrilový kaučuk (NBR), akrylátový kaučuk (ACM), polysulfidový kaučuk (OT). Chloroprenový kaučuk se používá především na nepolární oleje a zároveň má velkou odolnost proti stárnutí. Butadien-akrylonitrilový kaučuk se využívá pro polárnější oleje. Přibližně stejnou odolnost vykazuje i ACM. Za nejodolnější kaučuk proti olejům i některým druhům kyselin je považován polysulfidový a fluorouhlíkový kaučuk, ale díky tepelné odolnosti patří fluorouhlíkový kaučuk do skupiny teplovzdorných kaučuků.

Teplovzdorný kaučuk je typ kaučuku, který zachovává vlastnosti elastomeru za vysokých nebo nízkých teplot. Jsou vhodné pro použití v rozmezí teplot od $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mezi typické zástupce patří silikonový kaučuk (MQ) a fluorovodíkový kaučuk (FPM). Teplovzdorné kaučuky mají malou odolnost proti vlhkosti. Jejich využití je především jako izolační materiál u elektrických vodičů, součásti automobilu (tepelně namáhané těsnící díly u motoru). Pro dobrou snášenlivost s lidským organizmem se využívají i ve zdravotním průmyslu (implantáty). [1]

1.1.4 Termoplastické elastomery

Je to druh polymeru kombinující vlastnosti elastomeru a termoplastů. Termoplastický elastomer lze opakovaně převádět na taveninu a deformovat. Ve struktuře polymeru dochází k výskytu měkkých a tvrdých částí. Měkké části ve struktuře dávají polymeru ohebnost a pružnost. Tvrdé části zapříčiňují vyšší odolnost proti teplotě skelného přechodu a vyšší odolnost proti deformacím. Aby mohla vzniknout měkká a tvrdá část ve struktuře, nesmí být tyto části navzájem mísitelné. Hlavní rozdíl mezi termoplastickým elastomerem

a elastomerem spočívá ve struktuře. Zatímco elastomer je tvořen chemickou sítí, termoplastický elastomer je tvořen fyzikální sítí. Vlastnosti polymeru se pohybují na rozhraní termoplast-elastomer. Tento druh polymeru se využívá jako izolační materiál pro kabely, protiskluzové úchyty, membrány, hadice, v obuvnickém průmyslu. [6]



Obrázek 3 Nejpoužívanější polymery v průmyslu [2]

2 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je cyklický proces tváření polymerů. Při této technologii dochází k přeměně vstupního polymerního materiálu nejčastěji ve formě granulí na zcela odlišný tvar. K přeměně materiálu dochází působením zvýšené teploty, tlaku nebo kombinací těchto fyzikálních veličin. Technologie nabízí širokou škálu použití polymerního materiálu od termoplastů, reaktoplastů, termoplastických elastomerů až po vstřikování polymeru s kovovými prvky. Polymer se vstřikuje do dutiny formy, kde zatuhne a zaujme tvar a rozměry. Pomocí vstřikování se vytváří polotovary nebo konečné díly. Mezi hlavní výhody použití vstřikovací technologie patří dobrá přesnost a tvarová stálost polymerních výrobků, kterou lze opakovat v sériích, automatizace výroby, rychlost výroby dílů. Na jeden vstřikovací cyklus se získá jeden nebo více vyrobených dílů. Počet dílů vyrobených na jeden pracovní cyklus ovlivňuje výkon vstřikovacího stroje a násobnost formy. Množství polymeru, které se zpracovává, se pohybuje od jednotek gramů až v řádu několika kilogramů. Teploty dosahované při této technologii se pohybují pod teplotou skelného přechodu (T_g). Mezi nevýhody vstřikování patří nákladnost stroje a formy, náchylnost materiálu na vlhkost a teplotu, rozměry stroje. [7, 8]

2.1 Vstřikovací cyklus

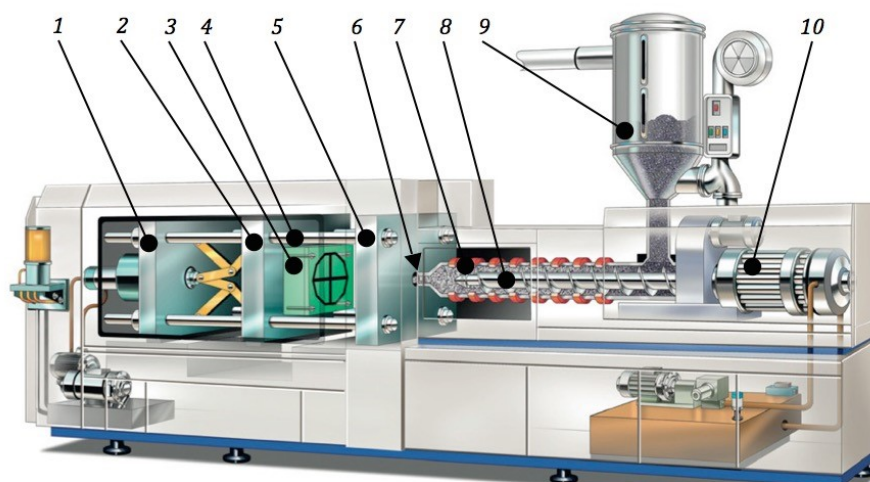
Vstřikovací forma se nachází ve stavu, kdy je prázdná a otevřená. Při zahájení vstřikování, dostane uzavírací jednotka pokyn k přisunutí pohyblivé části formy k nepohyblivé části. Ve stejnou chvíli se šnek nachází v zadní pozici. Vstřikování polymerní taveniny do dutiny formy, nastává pohybem šneku v axiálním směru bez rotace. Šnek působí na taveninu jako píst. Tavenina při kontaktu s dutinou formy předává teplo chladnější formě. Dochází k chlazení polymeru. Po vyplnění dutiny formy nastává dotlak, který kompenzuje smrštění při chlazení. Chlazení probíhá do té doby než je výrobek schopný k vyhození. Dobu chlazení ovlivňuje několik faktorů jako je například tloušťka stěny výrobku, temperace formy, teplota formy, teplota polymeru atd. Při chladícím procesu se plastikuje další dávka polymeru. Šnek se otáčí v tavicí komoře kolem své osy a posouvá se směrem vzad. Odebírá se polymer pod násypkou, plastikuje se a je vtlačen před čelo šneku. Jakmile je výrobek dostatečně ochlazený, otevírá se uzavírací jednotka a dochází k vyhození výrobku z dutiny formy. Dochází k opakování celého cyklu. [9, 10, 11]



Obrázek 4 Schéma vstříkovací cyklus [25]

2.2 Vstříkovací stroj

Vstříkovací stroj lze rozdělit na několik pracovních jednotek vykonávající určitou funkci. Hlavními částmi je vstříkovací jednotka, uzavírací jednotka, pohon, případně přídatná zařízení usnadňující manipulaci s výrobky či jinou pomocnou funkci. [9]



Obrázek 5 Popis vstříkovacího stroje [26]

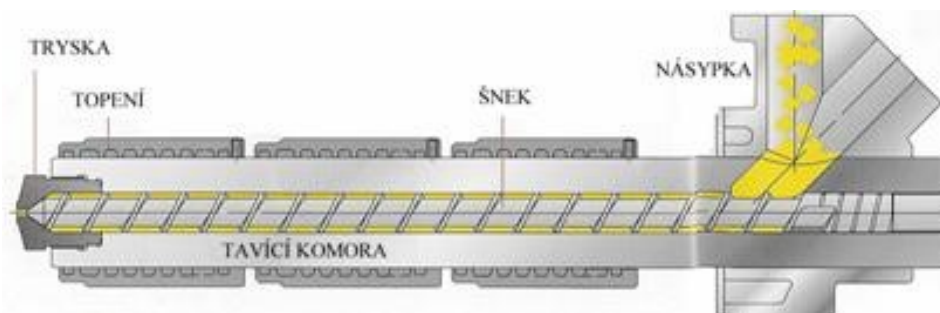
uzavírací jednotka (1), pohyblivá deska (2), vstříkovací forma (3),
vodící sloupy (4), nepohyblivá deska (5), tryska (6), tavicí komora (7),
šnek (8), násypka (9), pohon šneku (10)

2.2.1 Vstřikovací jednotka

Běžná vstřikovací jednotka má za funkci převést základní polymer na viskózní taveninu a dopravit taveninu do dutiny vstřikovací formy. Při tomto procesu se musí zachovat stanovené vlastnosti polymeru a zároveň musí být dosaženo požadovaných tvarových a rozměrových přesností vyráběného dílu.

Vstupní část jednotky tvoří násypka. Za násypkou se nachází tavicí komora. Na tavicí komoře jsou umístěné tepelní, které pomáhá k regulaci teploty polymeru. Vstřikovací jednotka je ukončena tryskou, která dosedá na vtokovou vložku vstřikovací formy. V tavicí komoře je umístěn šnek. Přísun celé vstřikovací jednotky k vtokové vložce formy je veden po posuvných konzolích.

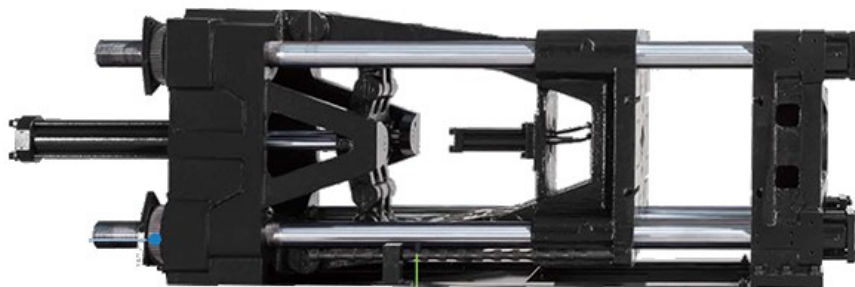
Šnek se otáčí kolem své osy a pohybuje se v axiálním směru. K přeměně tuhé látky (granulátu) na viskózní taveninu dochází pomocí topných pásem a třením granulátu mezi šnekem a stěnami tavicí komory. Konstrukce šneku je závislá na druhu používaného polymeru. Výkon jednotky je určen vstřikovací kapacitou a plastikační kapacitou. [9]



Obrázek 6 Popis vstřikovací jednotky [12]

2.2.2 Uzavírací jednotka

Hlavním principem uzavírací jednotky je otevření nebo zavření vstřikovací formy podle procesu. Mezi další funkce patří upnutí a aktivace vyhazovačů vstřikovací formy. Uzavření musí být dostatečně silné, aby nedošlo k pootevření formy během vstřikování. Uzavírací tlak musí být větší, než je tlak v dutině formy, během vstřikování. Jednotka je tvořena z opěrné desky, pohyblivé desky, upínací deska, vedení, upínek, pohonu a uzamykacího mechanismu. Mezi opěrnou a upínací deskou se nachází vedení, po kterém se posouvá pohyblivá deska. Na upínací desce je umístěna pomocí upínek nepohyblivá část formy a na pohyblivé desce je umístěna pohyblivá strana formy. Posun pohyblivé desky je zajištěn pohonem, který se nachází mezi opěrnou a pohyblivou deskou. Mezi těmito deskami se také nachází uzavírací mechanismus. Uzavírací jednotky využívají kloubové, hydraulické nebo kombinované uzavírací mechanismy. [9, 12]



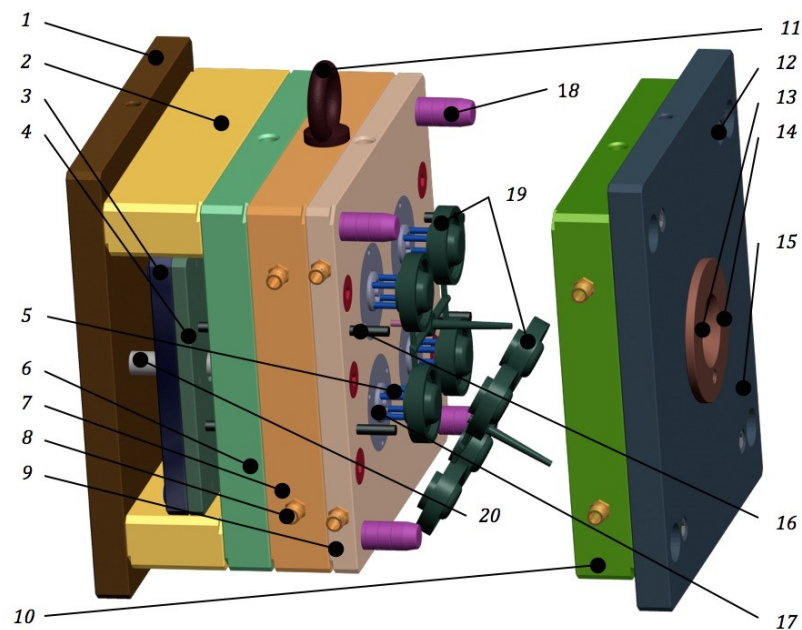
Obrázek 7 Uzavírací jednotka [28]

3 KONSTRUKCE FORMY

Vstřikovací forma je hlavní pracovní nástroj pro výrobu plastových dílů. Zajišťuje tvar a rozměry výrobku, vedení a rozvod polymeru do dutiny, zchlazení polymeru a periodicky opakující se vyhození výrobku. Cílem je, aby funkce formy a celý vstřikovací proces byly provedeny v co nejkratším čase a se stejnou opakovatelností a kvalitou výrobků. Skládá se ze skupiny dílů, které můžeme rozdělit na dvě hlavní části a označují se jako pevná strana a pohyblivá strana formy. Tyto dvě části se při pohybu dělí v místě, pro které se používá označení dělicí rovina. Pohyblivá i pevná strana se skládají z určitých druhů desek jako je upínací rozpěrná, přídržovací, desky vyhazovače, podpěrné atd. Desky zajišťují dostatečnou tuhost při velkých tlacích dosažených při vstřikování. Aby byla zajištěna přesná poloha při příjezdu nebo odjezdu desek, využívají formy vodící pouzdra, vodící kolíky, středící trubky atd. Rozvod a doprava polymeru je vedena přes vtokovou vložku a vtokový kanál. Vyndání výrobku z dutiny se dosahuje vyhazovači. [13]

Vstřikovací formy lze rozdělit podle různých faktorů:

- Podle počtu výrobků vyrobených na jeden cyklus se rozlišují jednonásobné či vícenásobné formy.
- Podle místa vstřikování do osy formy, do dělicí roviny nebo kombinace
- Podle konstrukce na jednoduché, čelist'ové, závitové, s výsuvnými jádry atd.
- Podle druhu použitého polymeru na formy pro termoplasty, reaktoplasty, elastomery. [6]



Obrázek 8 Popis vstřikovací formy [26]

upínací desky (1,15), rozpěrná deska (2), vyhazovací desky (3, 4), vyhazovač (5), podpěrné desky (6, 7, 9, 10), chladicí přípojka (8), manipulační oko (11), šrouby (12), vtoková vložka (13), středící kroužek (14), vracecí kolíky (16), tvárník (17), vodící sloupky (18), vstřikovaný výrobek (19), táhlo vyhazovače (20)

3.1 Vtokový systém

Vtokový systém rozvádí polymerní taveninu do dutiny vstřikovací formy při snaze o vyprodukování co nejmenšího množství odpadu. Taktéž zajišťuje dopravu stejného množství taveniny do všech tvarových dutin a je koncipovaný tak, aby bylo možné využít dotlak vstřikovacího stroje.

Rozdělují se na dva základní typy vtokových systému na studený vtokový systém a vyhřívané vtokové systémy. [14]

3.1.1 Studený vtokový systém

Polymer v podobě taveniny je přiveden z trysky vstřikovacího stroje přes vtokovou vložku, vtokový kanál, rozvodný kanál a vtokového ústí do dutiny formy. Kvalita výrobku a bezproblémovost procesu je ovlivněna těmito pracovními prvky. Jedná se o velmi často používaný typ vtokového systému. Tento vtokový systém je levný, jednoduchý, použitelný pro většinu plastových dílů. [14, 15]

Vtokový kanál

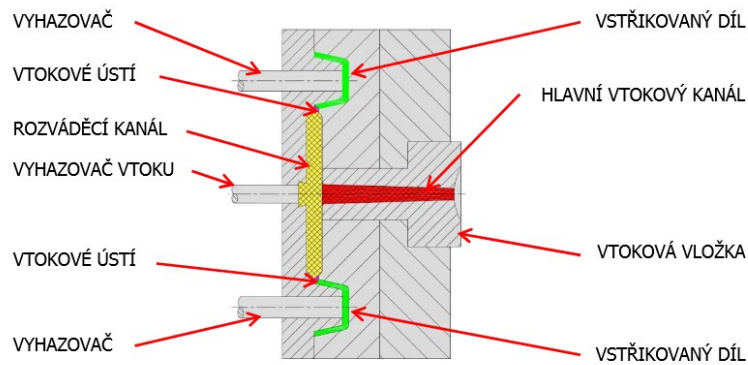
Přes vtokovou vložku se rozvádí polymerní tavenina do rozvodných kanálů. Průběh vstřikování a kvalita výrobků je ze značné míry ovlivněn násobností formy. Tavenina musí být ve všech tvarových dutinách ve stejnou chvíli, tedy dráha rozvodných kanálů musí být ke všem dutinám stejná. Vtokový kanál se nachází uvnitř vtokové vložky. Vtoková vložka je standardizovaná součást formy. Při vstřikování, se tavenina pohybuje velkými tlaky a rychlostmi a vtoková vložka musí těmto silám odolat. Jako materiál vložek se používá kalitelná ocel a pro snadné odformování vtoku bývá vnitřní povrch vložek leštěn. Aby mohlo dojít k odstranění vtokového zbytku z vložky, vnitřní tvar vložky je uzpůsoben do tvaru kuželu. [14, 15]

Rozvodný kanál

Ideální rozvodný kanál má kruhový průřez, ale ten se z hlediska složité výroby téměř nepoužívá. Výroba by byla nákladná a složitě, aby se dodržovala přesnost dílů. Pro zjednodušení výroby se využívají jiné modifikace tvaru kanálu. Mezi rozšířenou variantu tvaru rozvodného kanálu patří lichoběžníkový, parabolický nebo půlkulový. Z výrobního hlediska jsou přijatelné a snadno se spasují s protějším dílem. Nevýhodou je větší odvod tepla na průřez, což může vést při špatně nastavených podmínkách k zatuhnutí vtoku dříve, než je třeba a nebude možné realizovat dotlak. Kanál by měl být dostatečně vhodnou velikostí, aby nezatuhnul dříve a zároveň by neměl být příliš velký, aby se neprodlužoval cyklus a nevznikalo příliš přebytečného odpadu. [14, 15]

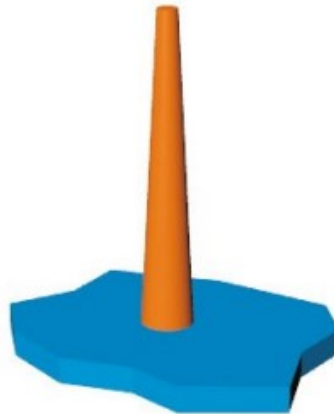
Vtoková ústí

Vtokové ústí je úzké místo na výrobku, kde se od sebe odděluje výrobek a vtokový zbytek. Kvalita výrobku je závislá na tvaru a rozměrech ústí. Používaná velikost ústí se pohybuje kolem 50 % tloušťky stěny. Nevolí se menší ústí, jelikož by mohlo dojít ke spálení taveniny vlivem tření. Existuje několik typů vtokového ústí. Může se zde řadit například na kuželový, boční filmový, tunelový, srpkovitý (banánový) a bodový vtok atd.



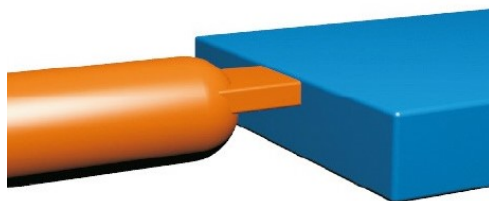
Obrázek 9 Schéma studeného vtokového systému [29]

Kuželový vtok se používá u jednonásobných forem, kde vtok vede přímo z vtokové vložky. Kuželový vtok se využívá pro velkoobjemové díly a pro symetrické součásti, protože vtok je situován do středu výrobku.



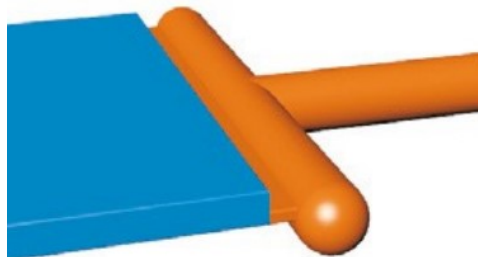
Obrázek 10 Kuželový vtok [15]

Boční vtok patří mezi konstrukčně jednoduchá vtoková ústí. Je umístěn v dělicí rovině formy a napojuje do její dutiny. Hlavní nevýhodou je, že vtok se musí oddělit až po vyjmutí výrobku z formy, nelze jej odstranit přímo ve formě.



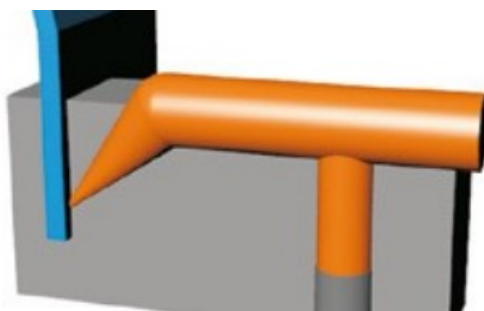
Obrázek 11 Boční vtok [15]

Filmový vtok je umístěn v dělicí rovině a je spojen s výrobkem. Podobá se bočnímu vtoku s tím rozdílem že, s výrobkem sdílí daleko větší plochu. Při průchodu taveninou nevzniká tak velký tlak, jako u bodového vtoku. Vtok se po vyjmutí z formy musí oddělit samotně.



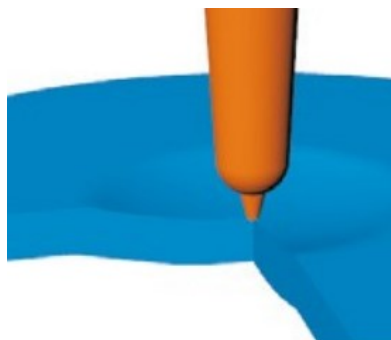
Obrázek 12 Filmový vtok [15]

Tunelový vtok má kuželový tvar a leží v dělicí rovině. Směrem od výrobku k rozvodnému kanálu se rozšiřuje. Charakteristickým rysem je možnost oddělit výrobek a vtok přímo ve formě. K oddělení nastává stříhem při otevření formy.



Obrázek 13 Tunelový vtok [15]

Bodový vtok je malý výstupek, který ústí do dutiny formy. Malý otvor nese řadu nevýhod a problémů při vstřikování plněných materiálů. Najde využití spíše pro vyhřívané vtokové systémy. Při užití bodového vtoku se forma často skládá z třídeskového vyhazovacího systému. Při využití tohoto systému dochází k oddělení výrobku od rozvodného kanálu ve vstřikovací formě. Stopy po vtoku jsou na výrobku minimální. [14, 15]

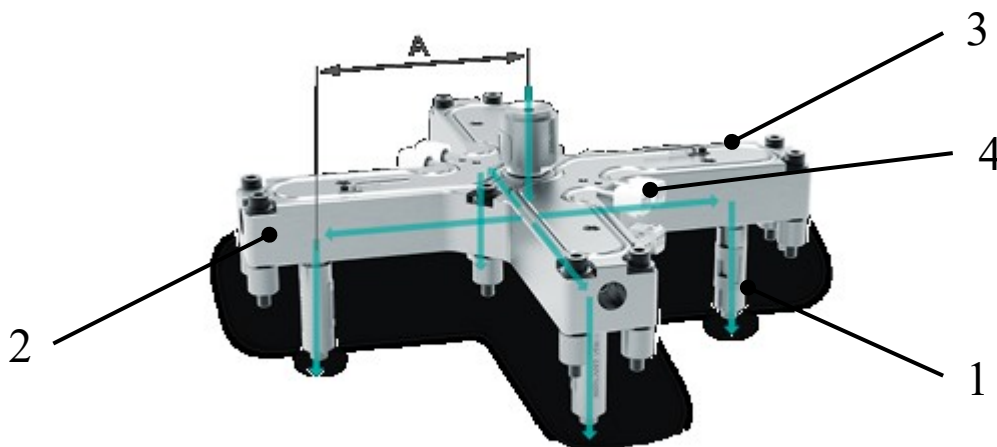


Obrázek 14 Bodový vtok [15]

3.1.2 Horký vtokový systém

Horký vtokový systém se využívá tam, kde z technologického a ekonomického hlediska nelze použít studený vtokový systém. Při vstřikování velkoobjemových dílů by mohl u studeného vtokového systému dojít k zatuhnutí vtoku a mohl by vzniknout nedostříknutý výrobek nebo by mohlo dojít k nedodržení předepsaných tolerancí. Pokud je požadavek na velkosériovou výrobu a došlo by k velkému množství odpadu vyhazovacího systému u studeného vtoku, je ekonomicky úspornější použití horkého vtoku. Jelikož je konstrukce horkého vtoku složitější, jsou tyto systémy mnohonásobně dražší než studené vtokové systémy. Polymer se ve vyhřívaném vtokovém systému nachází v podobě taveniny a nedochází k zatuhnutí ve vtokovém systému. Mezi podstatné výhody se řadí menší spotřeba polymeru, odpadá odstraňování vtokového systému, rychlejší proces než u studené vtokové soustavy. Při použití je třeba vzít v úvahu energetickou náročnost udržení tavicí teploty ve vtokovém systému, větší rozměr formy a při nevhodném nastavení degradace polymeru. [16]

Horký vtokový systém se objevuje v podobě bloku, ve kterém jsou umístěny kanály s tryskami. Blok musí být dostatečně odizolovaný od ostatních částí formy a nesmí docházet k hromadění či zdržování taveniny v rozvodných kanálech. Tavenina při vstřikování prochází přes vyhřívané trysky. [16]



Obrázek 15 Horký vtokový systém [30]
horká tryska (1), rozvodná deska horkého vtoku (2),
topná tělesa (3), přípojky kabelů (4)

3.2 Vyhazovací systém

Při zpětném odjezdu vstřikovací formy se výrobek nachází na pohyblivé straně formy a úkolem vyhazovacího systému je sejmout výrobek z tvarové dutiny. Na výrobek působí jednotlivé členy vyhazovacího systému. Mezi členy vyhazovacího systému, které přichází do kontaktu s výrobkem, se řadí ploché vyhazovače, válcové vyhazovače, trubkový vyhazovač, stírací deska či pneumatické vyhazování. Vyhození výrobku z dutiny formy závisí na drsnosti povrchu a skonu stěn dutiny formy. Úkos v dutině by měl být alespoň 1° . Při návrhu vyhazovacího systému je snaha o co nejmenší sílu, která působí na vyhazovaný díl. Při velkých silách vyhazovacího systému by mohlo dojít k deformacím vyhazovaného dílu. Vyhazovače by na výrobek měly působit rovnoměrně. Členy, které přicházejí do kontaktu s výrobkem, jsou ve formě uloženy s vůlí. Vůle může ovlivnit ochlazení výrobku v místě vyhazovače. U vyhazovačů menších rozměrů je toto ovlivnění zanedbatelné. U větších vyhazovačů je doporučeno použití většího množství menších vyhazovačů než menšího množství velkých vyhazovačů. [17, 18, 19]

3.2.1 Válcové vyhazovače

Jedná se o standardizovanou součást pro výrobu vstřikovacích forem. Vyrábějí se v určitých rozměrech a délkách, přičemž při sestavování formy je možné upravit délku, případně i tvar. Vyhazovače musí disponovat dostatečným zdvihem. Jedná se tedy o součást, kdy je délka mnohonásobně delší než průměr. Při vyhazování dochází k namáhání na vzpěr. Pro správnou funkci, a aby nedošlo k jejich poškození, jsou vyhazovače vyráběné kováním, následně jsou broušeny, kaleny a leštěny. [14]



Obrázek 16 Vyhazovací kolík [31]

3.2.2 Ploché vyhazovače

Jedná se o vyhazovače s obdélníkovým průřezem. Využívají se pro výrobky s malou plochou pro umístění vyhazovače nebo pro výrobky s žebry. Umístění vyhazovače na žebro je výhodné z hlediska velké tuhosti žebra, žebro zpravidla nebývá pohledový prvek a vyhazovací síla působí přímo ve styku formy a výrobku. Vyhazovače se nesmí při pohybu otáčet. Vyrábí se frézováním válcových vyhazovačů. Nevýhodou je složitější výroba obdélníkového otvoru ve formě. [14]

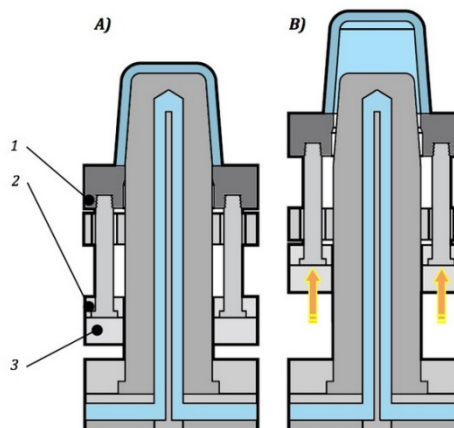


Obrázek 17 Plochý vyhazovač [31]

3.2.3 Stírací deska

Charakteristickou vlastností stírací desky je rovnoměrné působení na vyhazovaný díl. Stírací deska působí na celý obvod výrobku. Důsledkem působení velké plochy stírací desky na výrobek při vyhazování nedochází na výrobku k deformacím, tedy nevznikají stopy po vyhazovacích členech. Stírací deska je spojena pomocí táhel k nepohyblivé straně formy. Při otevření formy dojde k posunutí desky a k vyhození výrobku.

Druhem stírací desky se považuje trubkový vyhazovač. Trubkový vyhazovač se skládá z válcového jádra, po kterém se pohybuje trubka. [14]

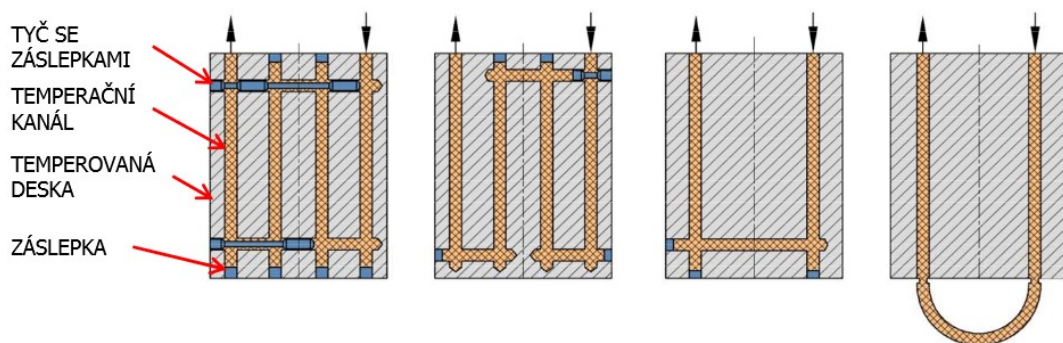


Obrázek 18 Stírací deska [26]

stírací deska (1), přídržovací deska vyhazovače (2), opěrná deska vyhazovače (3)

3.3 Temperační systém

Funkcí temperačního systému je snížit teplotu uvnitř dutiny formy, aby vstříkovaný výrobek byl co nejrychleji ochlazen na vyhazovací teplotu. Ve vstříkovacím cyklu chlazení zabírá nejdlejší časový úsek, proto z ekonomického hlediska je výhodné mít chlazení co nejkratší. Temperační systém je tvořen dutinami a kanály, ve kterých proudí temperační médium, které zajišťuje přenos tepla ze vstříkované polymerní taveniny do formy. Jako temperační médium se používá voda, olej, vzduch nebo pára. [2]



Obrázek 19 Příklady temperačních kanálů [20]

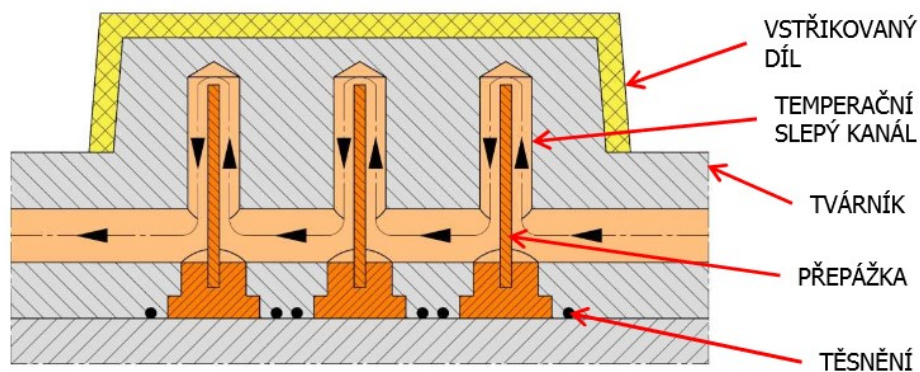
Pro zajištění stejné opakovatelnosti a kvality výrobku je potřeba navrhnout temperaci tak, aby docházelo k rovnoměrnému chlazení výrobku. V případě nerovnoměrného chlazení mohou vznikat ve vstříkovaném díle deformace, pnutí nebo trhliny. Temperační kanály mají většinou kruhový průřez, ale můžeme se setkat i s obdélníkovým průřezem či lichoběžníkovým průřezem. Kruhové průřezy jsou do formy vytvořeny vrtáním, zatímco ostatní průřezy jsou frézovány. Při konstrukci temperačního systému je doporučeno použití více kanálů o menším průměru než méně kanálů s větším průměrem. Tímto způsobem se dosahuje větší efektivity chlazení. Umístění a průměr kanálu se volí tak, aby nedocházelo ke snížení pevnosti a tuhosti formy. Temperační systém by neměl obsahovat tzv. mrtvá místa, velikost kanálu by měla být od 6 do 20 mm, nemělo by docházet k teplotnímu rozdílu mezi vstupem a výstupem o více než 5 °C, kanály by neměly být umístěny blízko k dutině formy, temperační médium by mělo proudit turbulentně, pro kanály malých průměrů je třeba využití upraveného temperačního média, aby nedocházelo k ucpaní vodním kamenem. [18, 19]

Pro přívod chladicího média z temperační jednotky se využívá hadic a dalších spojovacích prvků pro připojení k formě jako jsou třeba přípojky, rychlospojky, hadicové spony atd. Kanály se v temperačním okruhu kříží a pro požadovaný rozvod chladicího média v dutině

formy se využívá záslepek, uzavíracích šroubů a zátek. Při temperaci se často využívají normálie, jako jsou spirálové toky, fontány, přepážky nebo tepelné trubice. [20]

Přepážky

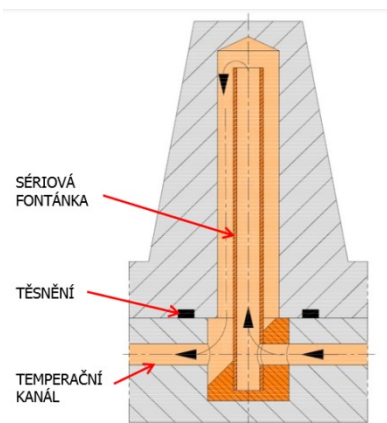
Využívají se pro temperaci dutých výrobků. Princip spočívá v rozdělení kanálu na hlavní a vedlejší tok. Do vedlejšího toku se nainstaluje přepážka. Při proudění musí temperační medium obtéct přepážku a vrátí se zpět do hlavního toku. Přepážky rozdělujeme na rovinného nebo spirálovitého tvaru. [20]



Obrázek 20 Příklad instalace přepážek [20]

Fontánky

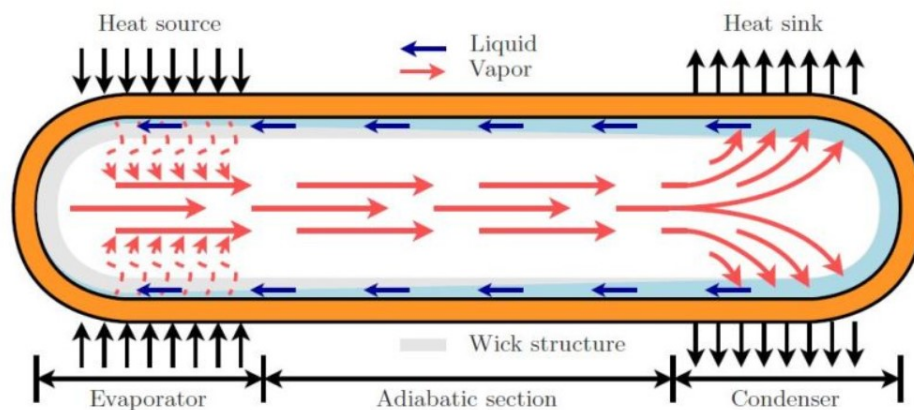
Princip trysek je stejný jako u přepážek s rozdílným způsobem ochlazování vedlejšího toku. Po výstupu z dutiny fontánky dochází ke ztékání temperačního média po stěnách vedlejšího toku a vrací se zpět do hlavního toku. Výhodou fontánek je chlazení vedlejších toků současně. Nevýhodou je složitější instalace. Na podobném principu fungují spirálové vtoky. [20]



Obrázek 21 Sériová fontánka [20]

Tepelná trubice

Jedná se o trubici uzavřenou na obou koncích. Je tvořena výparníkem, adiabatickou částí a kondenzátorem. Uvnitř trubice se nachází chladicí médium obsaženo kapalně a plynné formě. Povrch trubice je vyroben z dobře tepelně vodivého materiálu (oceli nebo mědi). Tepelná trubice funguje následujícím způsobem. V místě o vyšší teplotě dochází k odpaření kapaliny a dochází k absorbování tepla. Vznikne pára, která proudí adiabatickou částí do kondenzátoru. Přesun páry je důsledkem rozdílného tlaku na stranách trubice. V kondenzátoru je teplota nižší a dochází ke kondenzaci páry a předání tepla. Toto teplo je odvedeno do chladiče. Po ochlazení musí dojít k vrácení páry do výparníku. Kapalina pak proudí zpět do místa o vyšší teplotě. Přesun kapaliny je důsledkem kapilárního tlaku a cyklus se opakuje. [6, 21]



Obrázek 22 Schéma tepelné trubice [21]

3.4 Materiály forem

Pro konstrukci forem se nejčastěji využívá ocelových materiálů. Mimo ocel je možné se setkat se slitinou hliníku nebo mědi. Pro zlepšení vlastností ocelí se využívá legování, aby bylo dosaženo požadovaných vlastností při namáhání formy. [22]

Při volbě vhodného materiálu na formu je třeba vzít v úvahu:

- cenu materiálu
- odolnost proti korozi
- houževnatost a pevnost
- teplotní odolnost a odolnost proti opotřebení
- povrchové úpravy a tepelné zpracování

Oceli

Díky kombinací specifických vlastností ocelí je tento materiál vhodný pro výrobu forem. Mezi zásadní vlastnosti ocelí patří například obrobitelnost, tepelná vodivost, tvrdost, otěruvzdornost nebo odolnost proti korozi. Výběr oceli je ovlivněn požadovanými vlastnostmi a cenou. Tyto parametry mohou být při volbě materiálu protichůdné. Pro formy se využívá zušlechtěná, kalitelná, nerezová ocel nebo oceli vhodné pro cementování. Při konstrukci je možné se setkat s oceli s označením 1.2312 (zušlechtěná ocel), 1.2767 (kalitelná ocel), 1.2316 (nerezová ocel), 1.2162 (ocel pro cementování). Uvedené označení ocelí je dle normy EN 10277-4. [22]

Slitiny hliníku

Přednosti slitin hliníku je nízká hmotnost, elektrická a tepelná vodivost a snadná obrobitelnost. Formy vyrobené ze slitin hliníku mají čtyřikrát teplotní vodivost, což je důležitý parametr při temperaci forem. Díky nízké hmotnosti se s nimi lépe manipuluje. Mezi technologické výhody patří dobrá obrobitelnost a odolnost proti korozi. Pro vstřikovací formy se používají slitiny jako je např. AlMg4.5Mn nebo AlZnMgCu1.5. Označení slitin je podle normy EN 573-3. [22]

Slitiny mědi

Mezi hlavní přednosti forem vyrobených ze slitin mědi patří teplotní vodivost. Slitiny mědi se používají díky dobrým kluzným vlastnostem i v posuvných částech forem. Mezi slitiny vhodné pro formu patří např. CuBe, CuCoNiBe nebo CuNiSiCr. Uvedené označení slitin je podle normy EN 1982. [22]

3.4.1 Úpravy ocelí

Kalení a cementování

Touto technologií se dosahuje tvrdé struktury na povrchu dílu při zachování houževnatého jádra. Kalením a cementováním se především upravují vodící prvky ve formě, jako je středící trubka, vodící čepy nebo vodící pouzdra. [23]

Nitridace

Nitridace je způsob povrchové úpravy materiálu, kdy se povrch sytí dusíkem z okolního prostředí. Nitridace probíhá v sytké nebo kapalně atmosféře. Nitridovaný povrch má větší tvrdost, odolnost proti opotřebení a odolnost proti korozi. Aby mohla nitridace proběhnout,

musí ocel obsahovat určité legující prvky, jako je např. hliník, nikl, titan, nebo chrom. Nitridace se využívá při zpracování reaktoplastů. [23]

Protikorozní úprava

Protikorozní úpravu se aplikuje, pokud se předpokládá možná reakce s polymerním materiálem uvolňující látky, které mohou zapříčinit vznik koroze. Další možností, kdy je protikorozní úprava třeba, je při temperaci forem. Na povrch se natírá ochranný prostředek nebo se využívá pokovování. Při aplikaci těchto způsobů ochrany, může časem dojít ke odloupení pokovené vrstvy. Nevýhodou nátěrů je možné vyplnění hran ochranným prostředkem a na výrobku mohou vzniknout tvarové vady. [23]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pro tuto bakalářskou práci byly stanoveny následující cíle:

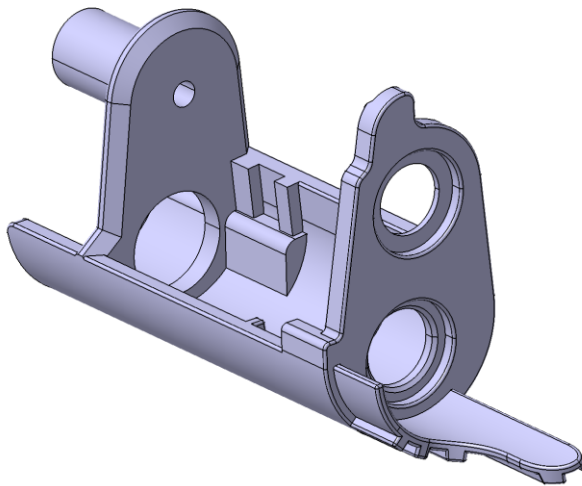
- Vypracování laterální studie na dané téma
- Provedení konstrukce 3D modelu vyráběné součásti
- Navržení 3D sestavy vstřikovací formy pro výrobu zadané součásti
- Nakreslení 2D výkresu sestavy vstřikovací formy

Teoretická část bakalářské práce seznamuje se základními informací o polymerních materiálech, jejich vlastnostech a rozdělení. V další jsou popsány části vstřikovacího stroje, jeho funkce a samotný vstřikovací cyklus. Nejrozšířenější část práce se věnuje popisu částí formy, systémů zaručujících funkčnost formy a popisu materiálu využívaných pro výrobu vstřikovacích forem. Hlavní témata jsou rozdělená do podkapitol, které se detailněji věnují problematice.

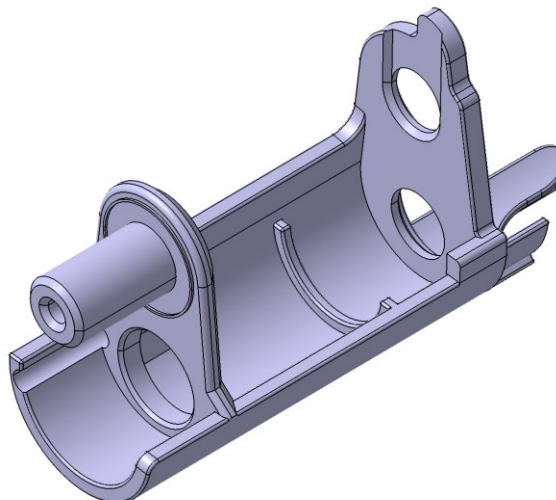
Praktická část se zabývá tvorbou zadané součásti tiskárny. Tato součást je vytvořena jako 3D model, následně je vyhotovena čtyřnásobná forma s horkým vtokovým systémem a temperací. Tvorba modelu a sestavy je vytvořena v programu CATIA V5R20. Pomocí tohoto softwaru je vytvořena i výkresová dokumentace formy.

5 KONSTRUKCE SOUČÁSTI

Vstřikovací forma je navržena pro součást tiskárny. Součást byla modelována podle předlohy, kdy rozměry dílu byly odměřeny a následně přemodelovány do programu CATIA VR20. Největší rozměry dílu byly změřeny na 55 mm x 16 mm x 27 mm. Hmotnost předlohové součásti byla zvážena na 2 g. Vygenerovaná hmotnost z programu po přiřazení hustoty materiálu z materiálového listu je 3 g. Do otvoru na levé straně součásti se po vystříknutí zašroubuje samořezný šroub. Při konstrukci součásti se uvažovalo se smrštáním polymeru při chlazení a dutina formy je zvětšena o hodnotu smrštění.



Obrázek 23 Izometrický pohled na součást z přední strany



Obrázek 24 Izometrický pohled na součást z boční strany

5.1 CATIA V5R20

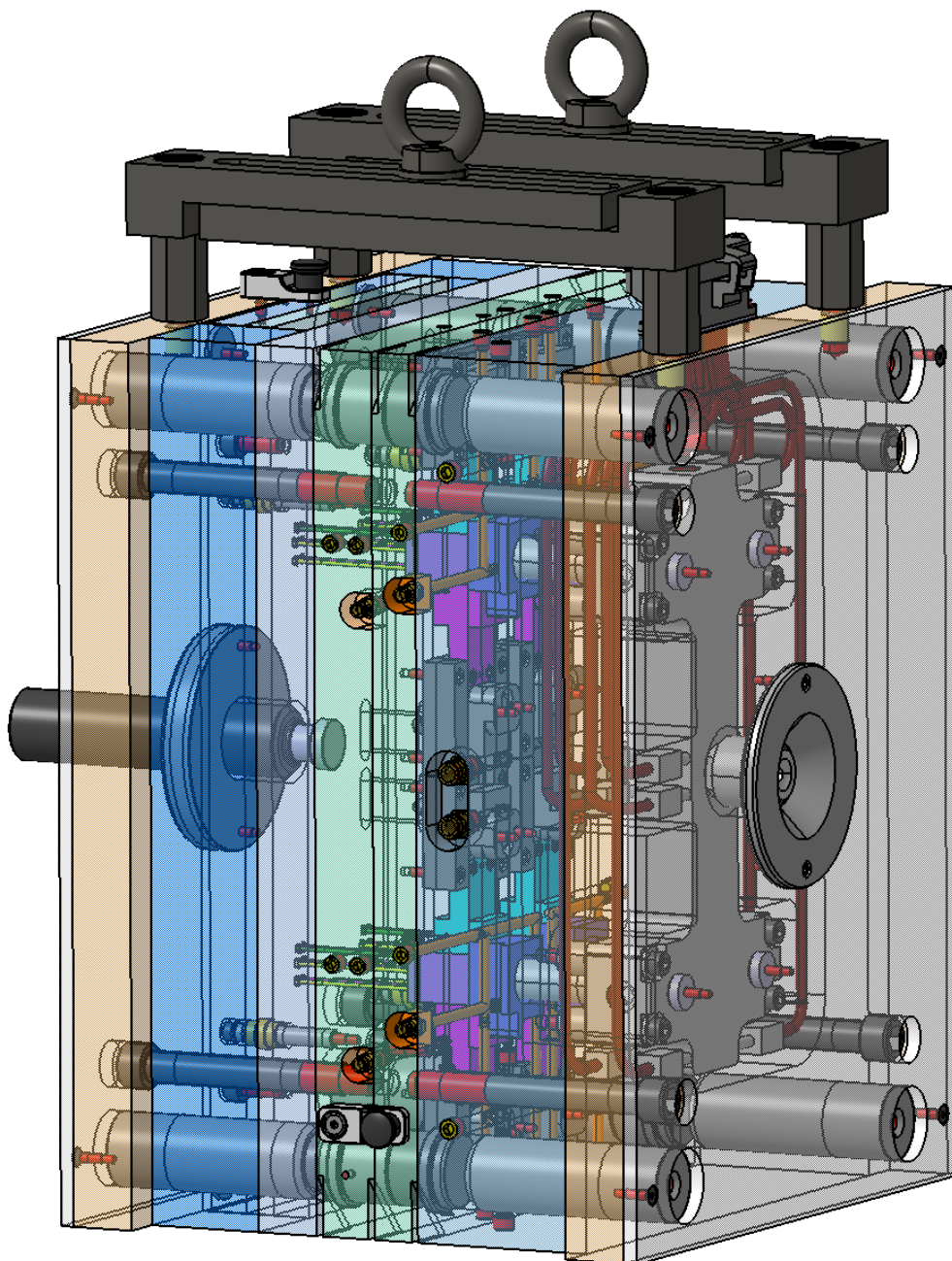
Jak už bylo zmíněno v předchozí části, pro konstrukci výrobku, formy a výkresové dokumentace byl využit software CATIA V5R20 od společnosti Dassault Systèmes. Jedná se o software pro tvorbu především CAD (computer aided design) návrhů, ale je možné se setkat i s CAE (computer aided engineering) nebo s CAM (computer aided manufacturing). Použití tohoto softwaru se objevuje například v automobilovém či leteckém odvětví. V softwaru se nachází moduly, se kterými je možné při tvorbě součásti pracovat. Jde především o návrh dílů, návrh sestav, výkresy, generování návrhů tvarů, simulace pohybu a mnoho dalšího. Při tvorbě zadání byly použity moduly pro návrh dílu, sestav, výkresu a generování návrhu tvaru.

5.2 Volba materiálu

Pro konstrukci výrobku byl zadán materiál ABS-GF20. Jedná se o akrylonitril-butadienstyren (dále jen ABS), který se řadí mezi amorfní polymery. Samotný ABS má dobré mechanické vlastnosti, jako je např. odolnost proti rázům nebo vysoká tvrdost. Mezi další výhody se řadí chemická odolnost proti olejům a tukům, alkoholům, kyselinám a zásadám. ABS je i vhodný pro barvení a má dobré zpracovatelské vlastnosti. Mezi nevýhody patří křehkost při nízkých teplotách, při vystavení zvýšeným teplotám může vstřebávat vlhkost a vysoká cena. Zvolený materiál ABS-GF20 obsahuje příměs skleněných vláken. Obsah skleněných vláken v polymeru činí 20 %, což zvyšuje pevnost a tuhost než při použití samotného ABS. Tento materiál je vhodný pro díly, kde se očekává vysoké mechanické namáhání. Má dobrou odolnost proti vysokým teplotám, odolnost proti chemickým látkám, dobré izolační vlastnosti. Mezi nevýhody patří nízká odolnost proti UV záření. Materiálový list je součástí přílohy P I. Smrštění materiálu se předpokládá v rozmezí 0,2 % až 0,8 %.

6 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

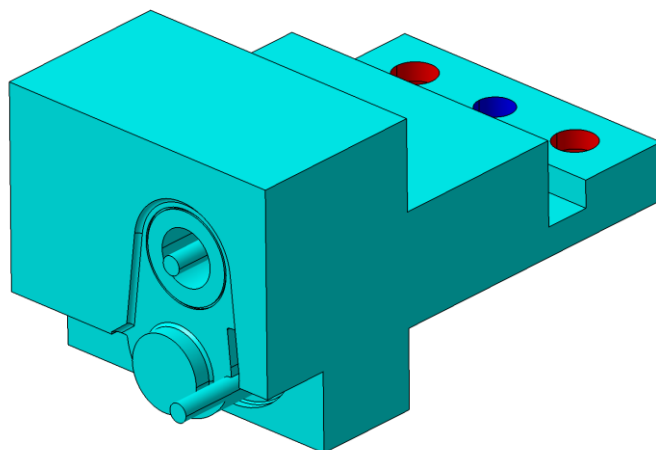
Na obrázku 25 se nachází konstrukce vstřikovací formy pro zadaný díl. Vstupní požadavky na konstrukci byly vytvoření čtyřnásobné formy s horkým vtokovým systémem. Při konstrukci formy byl kladen důraz na co nejjednodušší řešení, co nejmenší rozměry formy, použití normalizovaných rámců a dílů. Nejpočetnější zastoupení normalizovaných dílů je od rakouské společnosti Meusburger a HASCO. Sestava formy byla rozdělena na tři části a to levou stranu formy (tvárník), pravou stranu formy (tvárnici) a vyhazovací systém. Rozměry sestavené formy jsou 378 mm (bez táhla vyhazovače) x 396 mm x 496 mm a hmotnost je přibližně 390 kg.



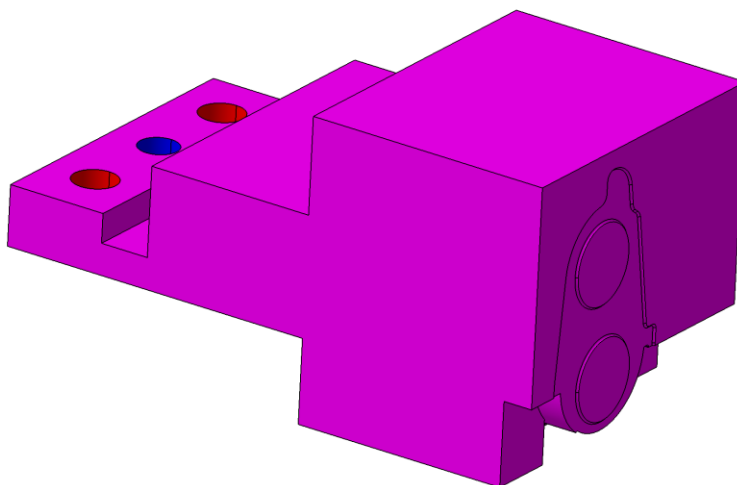
Obrázek 25 Navržená vstřikovací forma

6.1 Tvarové části

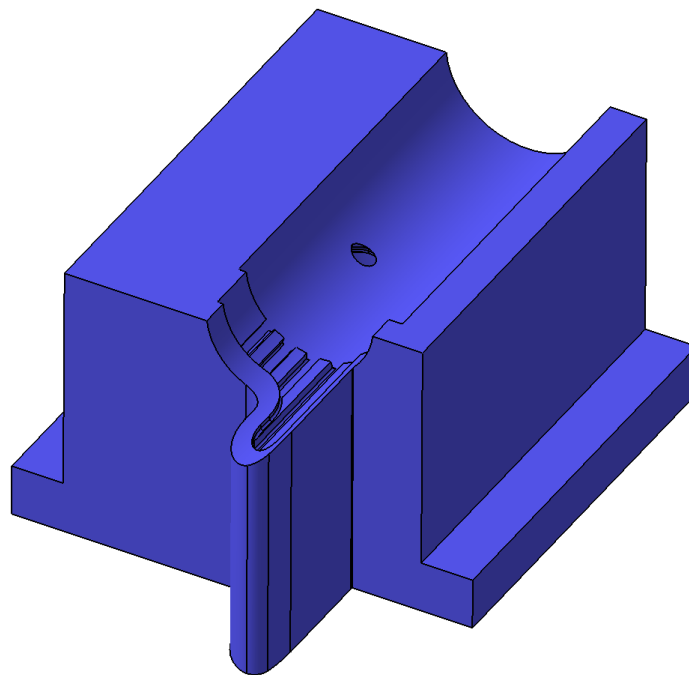
Při vstřikování přebírá polymer tvar dutiny formy. Dutina je tvořena tvárnicí, tvárníkem a bočními čelistmi. Vnitřní dutina je zvětšena o hodnotu smrštění použitého materiálu. Tvárník a tvárnice jsou konstruovány jako jádra, která se umísťují do kotevní desky tvárníku nebo tvárnice. Výhoda této konstrukce je možnost výroby tvárníku a tvárnice z jiného materiálu, než je kotevní deska. Jiný materiál jader může mít lepší tepelnou vodivost než kotevní deska a přispět k lepší temperaci. Pro boční čelisti byl zvolen materiál 1.2343ESU, který má tepelnou vodivost 32,5 W/mK. Boční čelisti se montují na boční posuvný systém. V tvárníku se nachází díry pro vyhazovače. V tvárnici se nachází otvor pro trysku horkého vtoku.



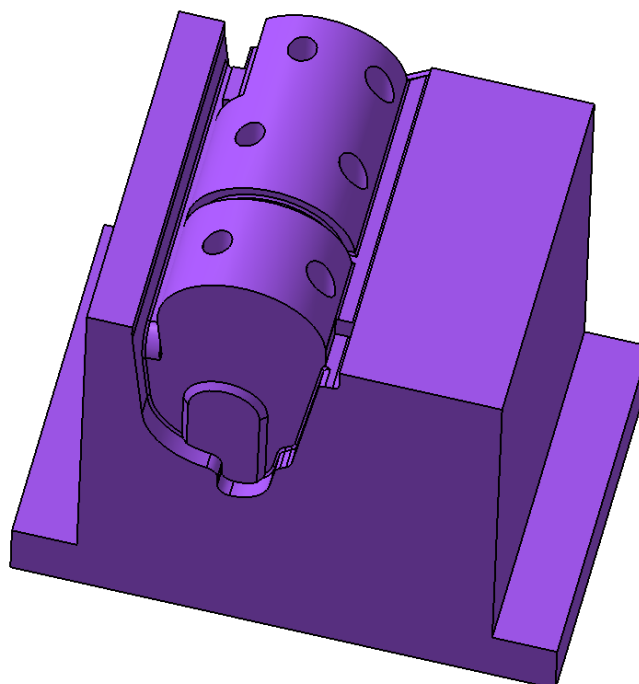
Obrázek 26 Levá boční čelist



Obrázek 27 Pravá boční čelist



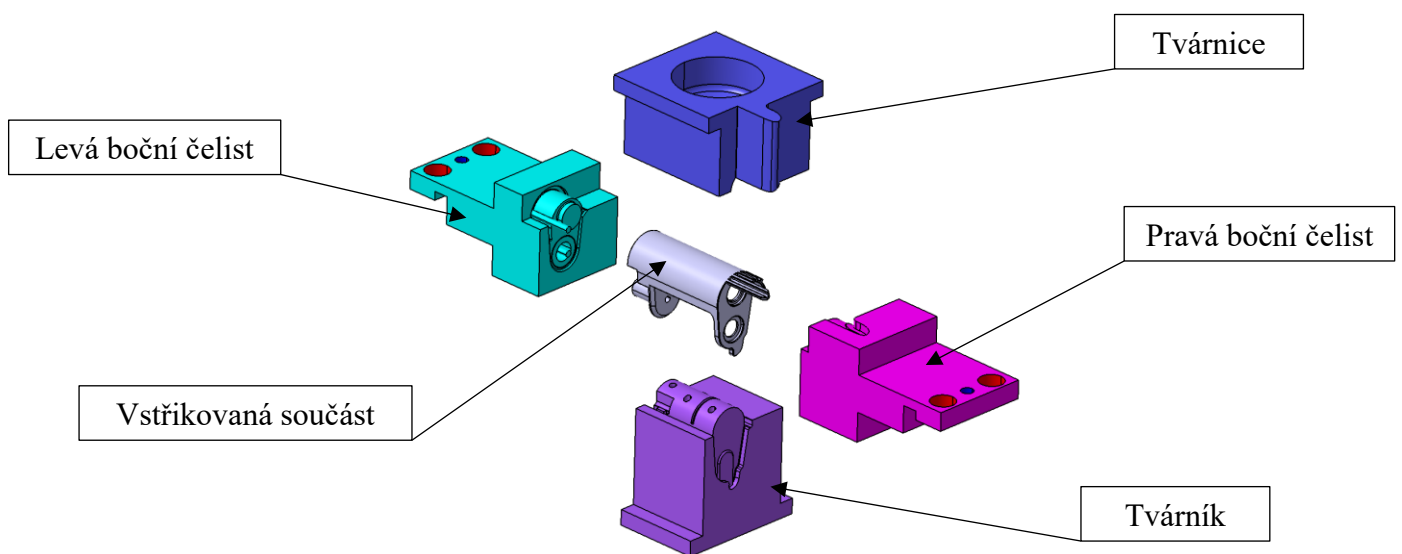
Obrázek 28 Tvárnice



Obrázek 29 Tvárník

6.2 Zaformování součásti

Při volbě dělicích rovin se vycházelo z předlohy součásti. Volba hlavní dělicí roviny probíhala za účelem co nejjednoduššího odformování součásti. Aby bylo možné odformovat celou součást, musely být zvoleny ještě dvě vedlejší dělicí roviny. Vedlejší dělicí roviny byly zvoleny po stranách součásti. Při úvaze, jak zaformovat díl, byly zváženy faktory zahrnující odformování součásti, vyrobiteľnost tvárníku, tvárnice a bočních čelistí. Vzhledem k malým rozměrům součásti je nutná výroba pomocí elektroerozivní metody.

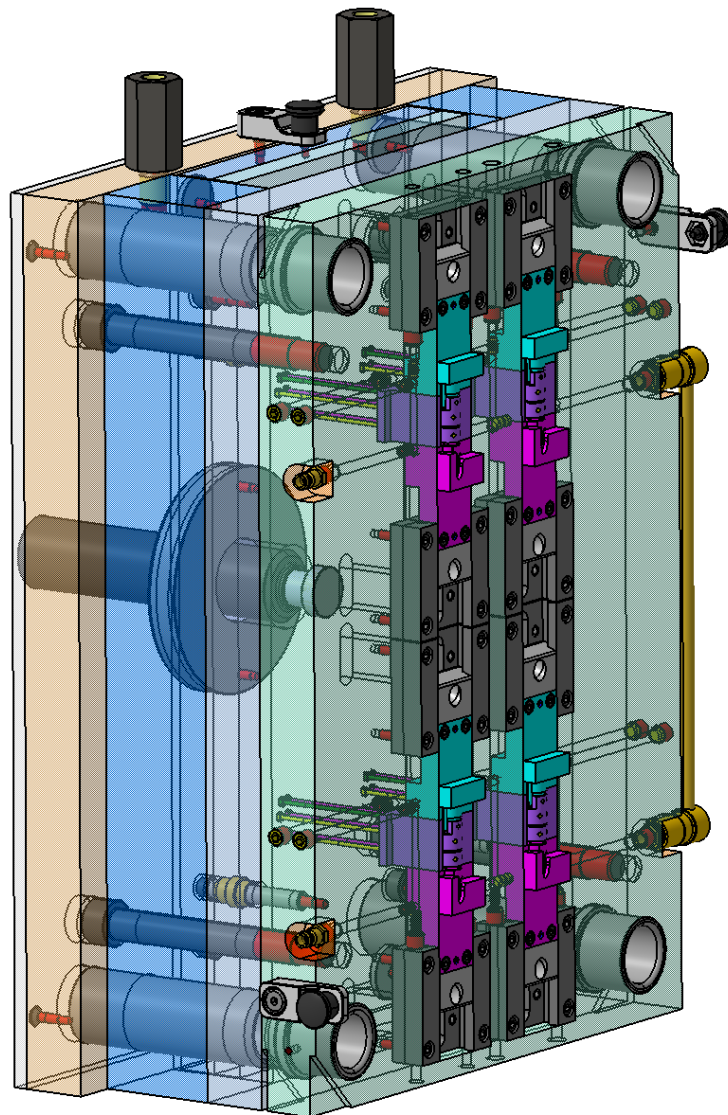


Obrázek 30 Zaformování součásti

6.3 Normalizované díly a rámy

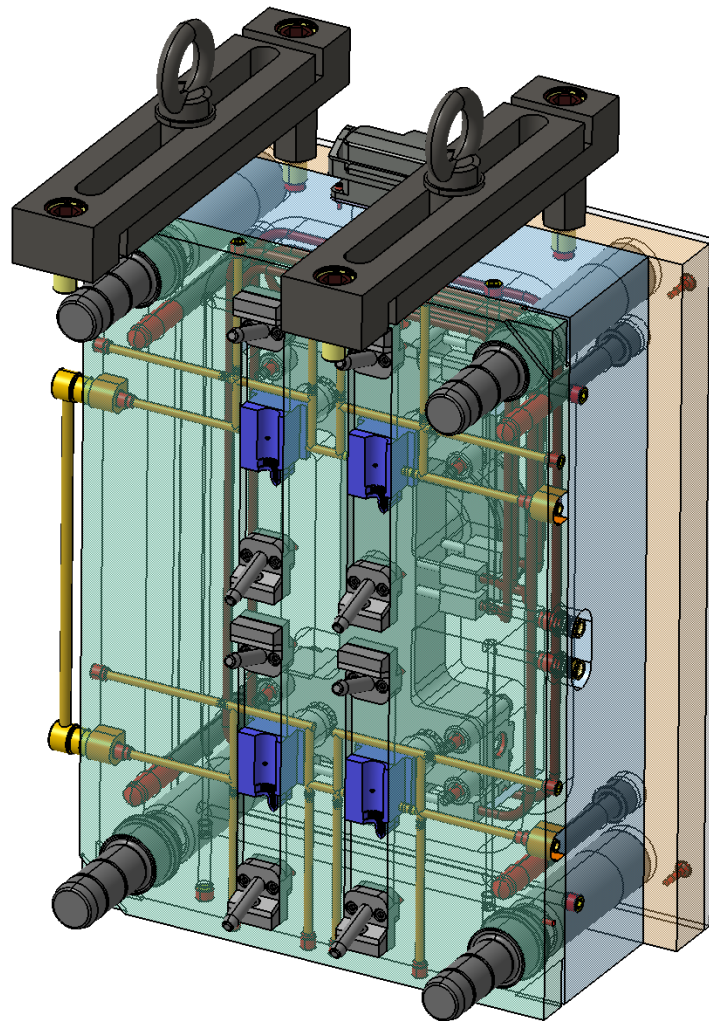
Při konstrukce vstříkovací formy byly použity především normalizované části od společnosti Meusburger. Konkrétně se jedná o desky, vodící elementy, spojovací materiál, izolační desky a středící kroužky. Byly použity normalizované desky s rozměry délky 496 mm a výšky 346 mm.

Levá strana formy je sestavená z upínací desky, rozpěrné desky, opěrné desky a kotevní desky tvárníku. Od uzavírací jednotky je oddělena izolační deskou. Desky jsou navzájem sešroubovány pomocí šroubů. V rozích desek jsou vytvořeny otvory pro vodící elementy. Nachází se zde středící trubky, které prochází od upínací desky přes rozpěrnou a končí v půlce opěrné desky. V kotevní desce tvárníku jsou umístěny vodící pouzdra, které zasahuje částečně do opěrné desky.



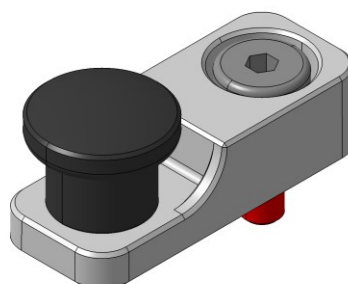
Obrázek 31 Levá strana formy

Pravá strana formy je sestavená z upínací desky, kotvící desky tvárnice, opěrné desky, ve které je umístěn horký vtokový systém. Desky jsou vystředěny mezi sebou středícími trubkami a spojeny šrouby. K upínací desce je připevněna pomocí šroubů izolační deska. V kotevní desce jsou umístěny vodící čepy, které vystředují polohu pravé a levé částí formy při zavření. Forma je vystředěna vůči ose vstřikovacího stroje pomocí středících kroužků, umístěných v upínacích deskách.



Obrázek 32 Pravá strana formy

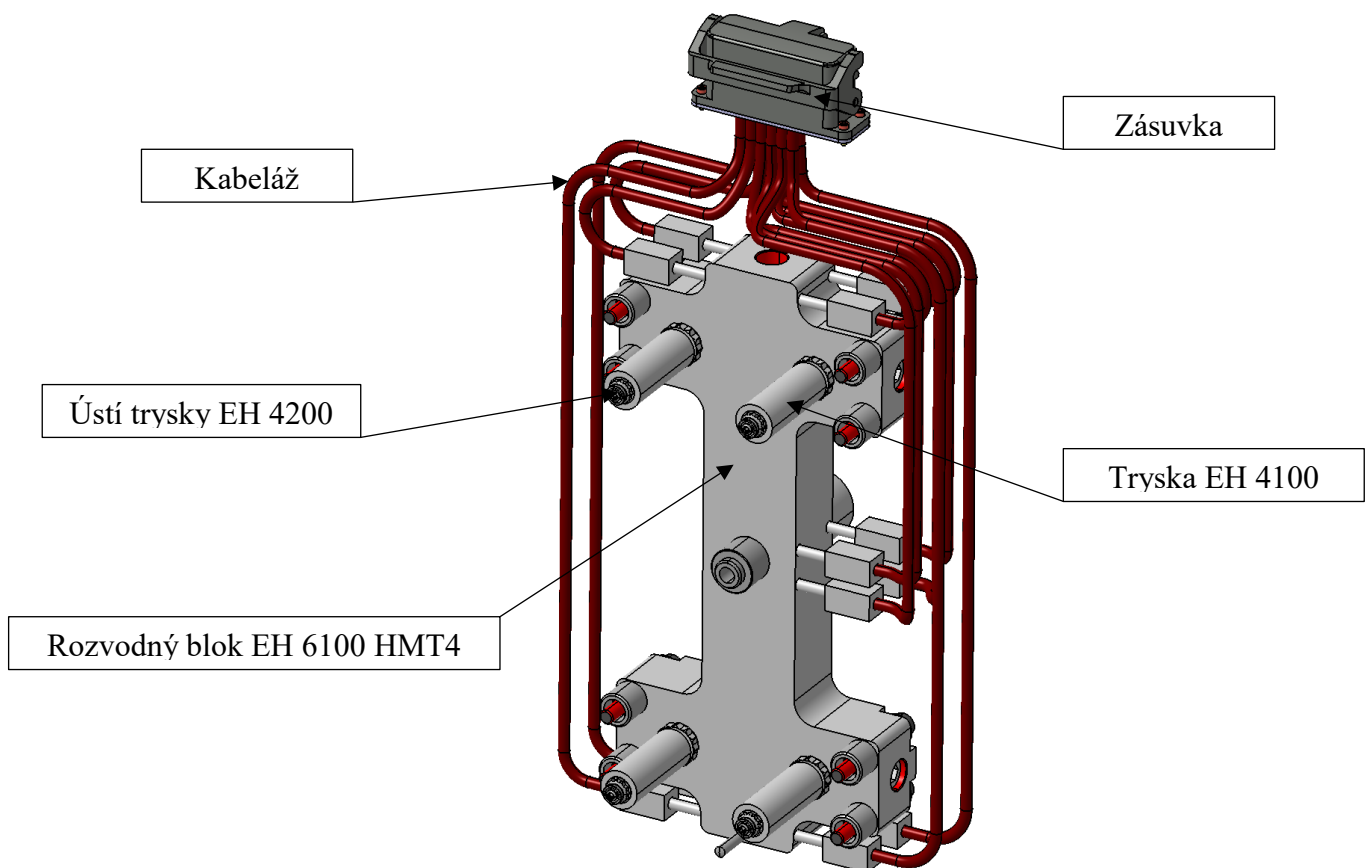
Pro manipulaci formy byly zvoleny dva transportní můstky od společnosti HASCO. Dvojice transportních můstků je umístěna na vrchní straně formy. Aby transportní můstky nezasahovaly do zásuvky horkého vtokového systému, byly podloženy distančními sloupky Z701 také od společnosti HASCO. Forma má zajištěnou hlavní dělicí rovinu proti pootvření a posuvu při manipulaci pomocí dvojice zámků E 1938 od společnosti Meusburger. Pro zajištění vyhazovací desky byl zvolen jeden zámek E 1938 umístěný na vrchní straně formy.



Obrázek 33 Zámek E 1938

6.4 Vtokový systém

Pro konstrukci vstřikovací formy byl zadán horký vtokový systém. Funkcí horkého vtokového systému je přívod polymerní taveniny ze vstřikovací jednotky do dutiny formy a udržování polymeru ve stavu taveniny, než dojde ke vstříknutí. Použitý horký vtok je od společnosti Meusburger. Zvolený systém se skládá z rozvodného bloku ve tvaru písmene H a čtyř trysek. Konkrétně se jedná o trysky EH 4100 o vnitřním průměru kanálu 7 mm a ústí EH 4200 o průměru 1 mm. Horký vtokový systém je umístěn v opěrné desce, kde je vytvořený prostor pro umístění a kabeláž. Rozvodný blok EH 6100 HMT4 je od desky oddělen pomocí distančních podložek a sloupků. Distanční podložky byly při konstrukci zvoleny z důvodu izolace horkého vtoku od rámu formy. Teplota horkého vtoku přenesená do ostatních desek formy, může ovlivnit kvalitu vstřikovaného výrobku. Aby byla zajištěna správná poloha, je vtok vycentrovaný proti středicímu kroužku a zabezpečen proti pootočení pomocí kolíku. Blok vtoku je následně přichycen šrouby. Kabely pro trysky jsou vedeny ze zásuvky umístěné na horní straně formy. Poloha trysky byla umístěna přibližně doprostřed vstřikované součásti. Každá tryska vede k jedné součásti.

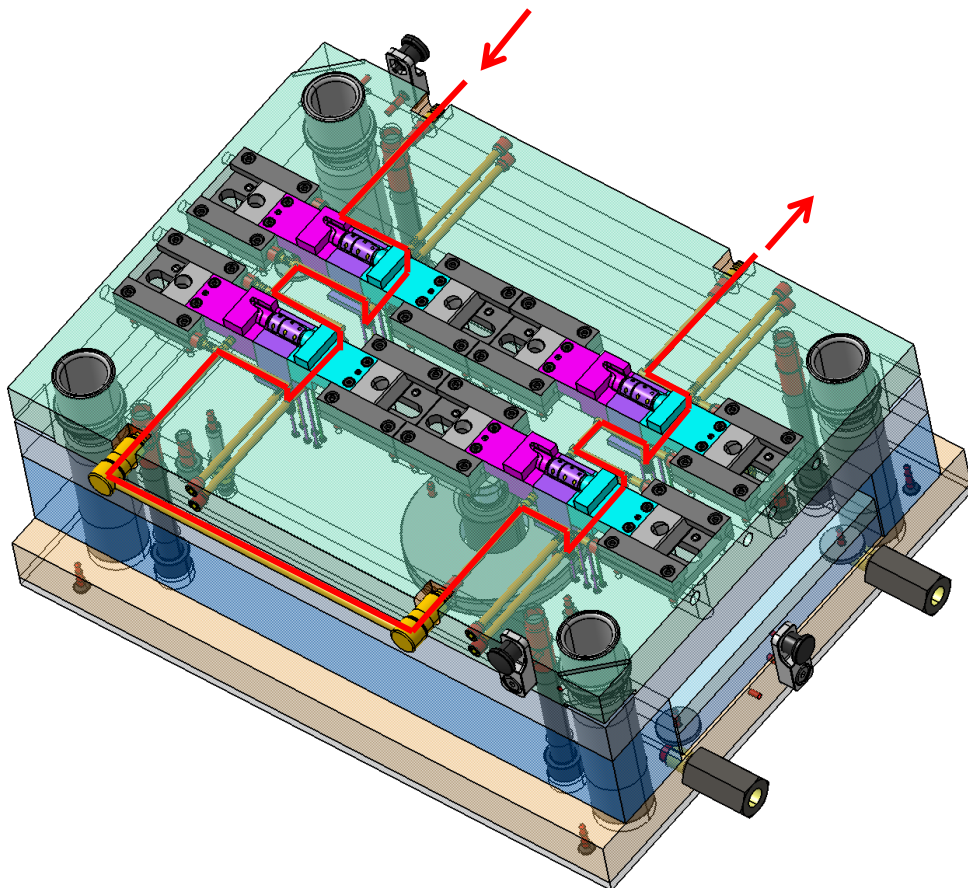


Obrázek 34 Horký vtokový systém

6.5 Temperační systém

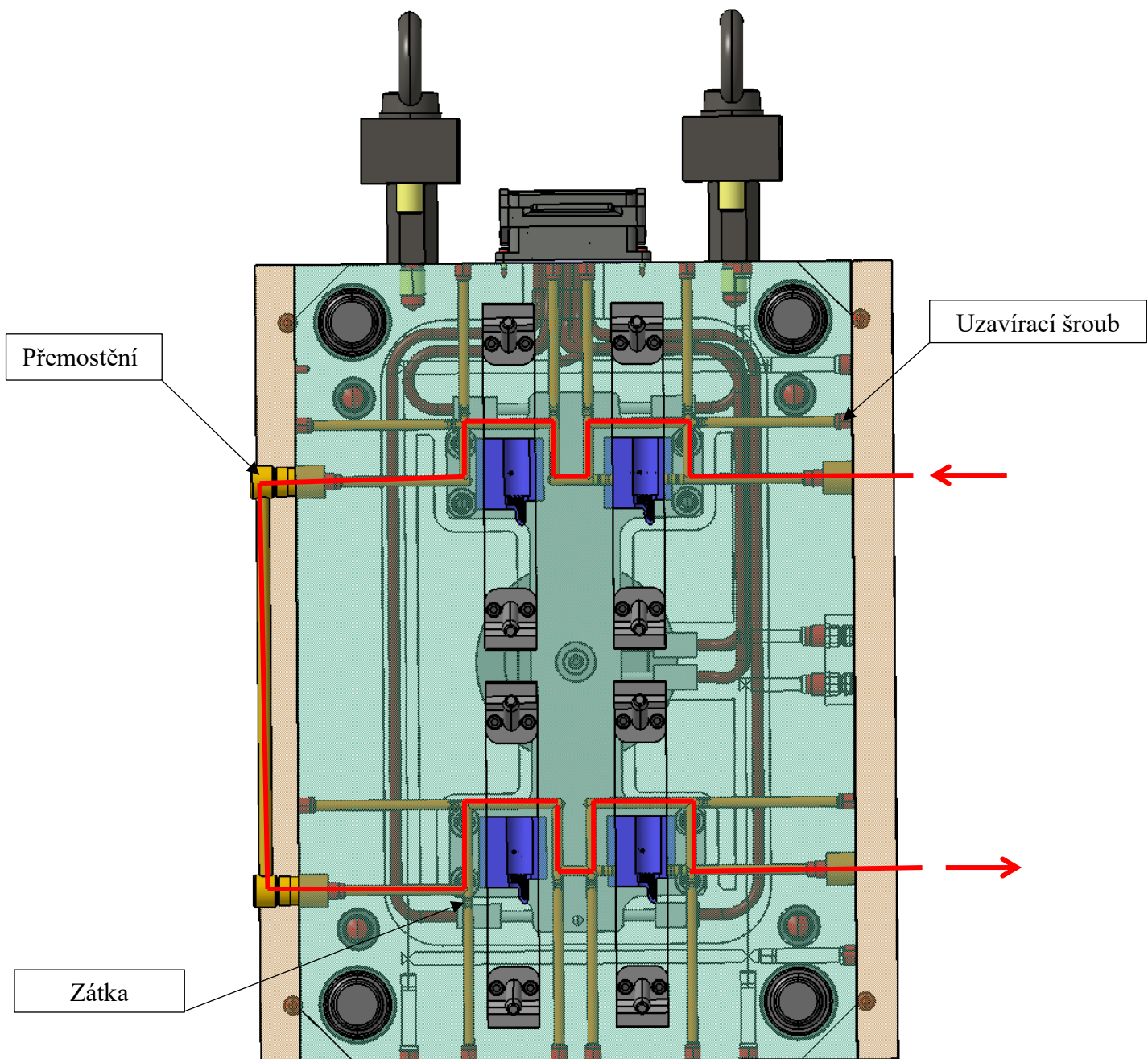
Pro udržení konstantního tepelného pole byla pro formu vytvořena temperace. Použitá temperace se skládá z vrtaných kanálů, zátek, přípojek, uzavíracích šroubů a přemostění. Aby byla temperace vedena požadovaným směrem, byly použity zátky. Pro úplnou těsnost kanálu byly do děr přidány uzavírací šrouby s teflonovou páskou. Pro navrhovanou formu je navržené temperační médium voda. Nachází se zde dva nezávislé temperační okruhy. Jeden okruh je navržený pro levou stranu formy a druhý okruh je navržený pro pravou stranu.

Temperace v levé straně formy je vedena kolem jádra tvárníku a bočních částí. Průměr temperačního kanálu je 6 mm. Vzhledem k malým rozměrům tvarových částí nebylo možné vést temperaci přes jádro, případně přes boční části, aniž by nedošlo k narušení tuhosti formy vlivem malé tloušťky stěny mezi temperačním kanálem a tvarovou dutinou. Vstup pro temperační médium je umístěn na straně formy. Médium proudí kolem prvního páru tvárníků a pokračuje ven z formy, kde je přemostěno na druhý pár tvárníků. Vstup a výstup temperačního okruhu je na stejné straně formy.



Obrázek 35 Temperace na levé straně formy

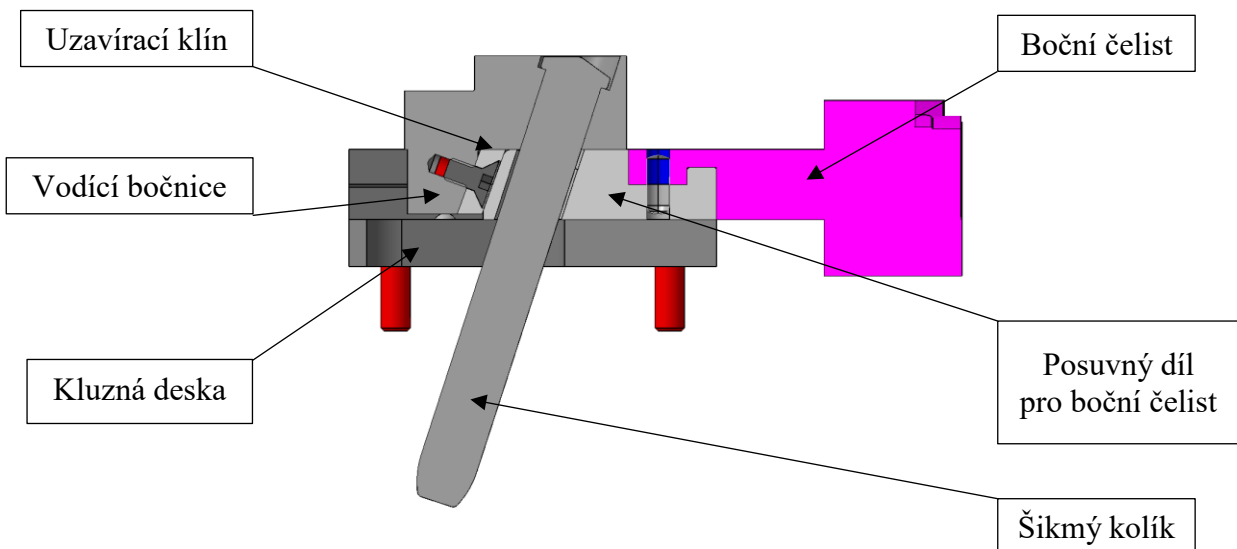
Na pravé straně formy byl zvolen průměr temperačních kanálů 6 mm, které vedou kolem tvarových jader. I zde nebylo možné vést temperaci přes tvarová jádra z důvodu nezachování dostatečné tuhosti. Temperační médium proudí kolem tvárníků. Pro napojení temperace slouží přípojky E 2000. Přípojky pro vstup a výstup temperace se nachází na stejné straně formy.



Obrázek 36 Temperace na pravé straně formy

6.6 Odformování

Po zchladnutí součásti v tvarové dutině formy, je nutné vyjmout vstříkované součásti z dutiny formy. K odformování bočních částí byl zvolen posuvný systém od společnosti Meusburger. Posuvný systém se skládá z uzavíracího klínu s uchycením pro šikmý kolík, šikmého kolíku, kluzné desky, vodících bočnic, posuvného dílu pro boční čelisti a aretace E 1265. Na posuvný díl se pomocí šroubů a čepu namontují boční tvarové čelisti. Při zpětném pohybu uzavírací jednotky dochází k otevření formy v hlavní dělicí rovině. Zároveň dochází k pohybu posuvných dílů v kluzných deskách. Posuvné díly jsou vedeny po šikmých kolících a dochází k oddálení bočních tvarových částí od tvárníků. Vstříkované součásti se po odformování nachází na levé straně formy.



Obrázek 37 Popis bočního odformování

Výpočet délky šikmých kolíků

- Potřebná vzdálenost pro odformování je 18,5 mm
- Zkosení šikmého kolíku 18°

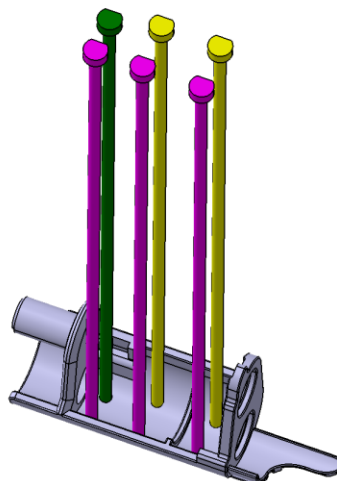
$$\cos 72^\circ = \frac{18,5}{x} \rightarrow x = \frac{18,5}{\cos 72^\circ} = 59,87 \text{ mm} \rightarrow \text{volím šikmý kolík velikost 60 mm}$$

6.7 Odvzdušnění

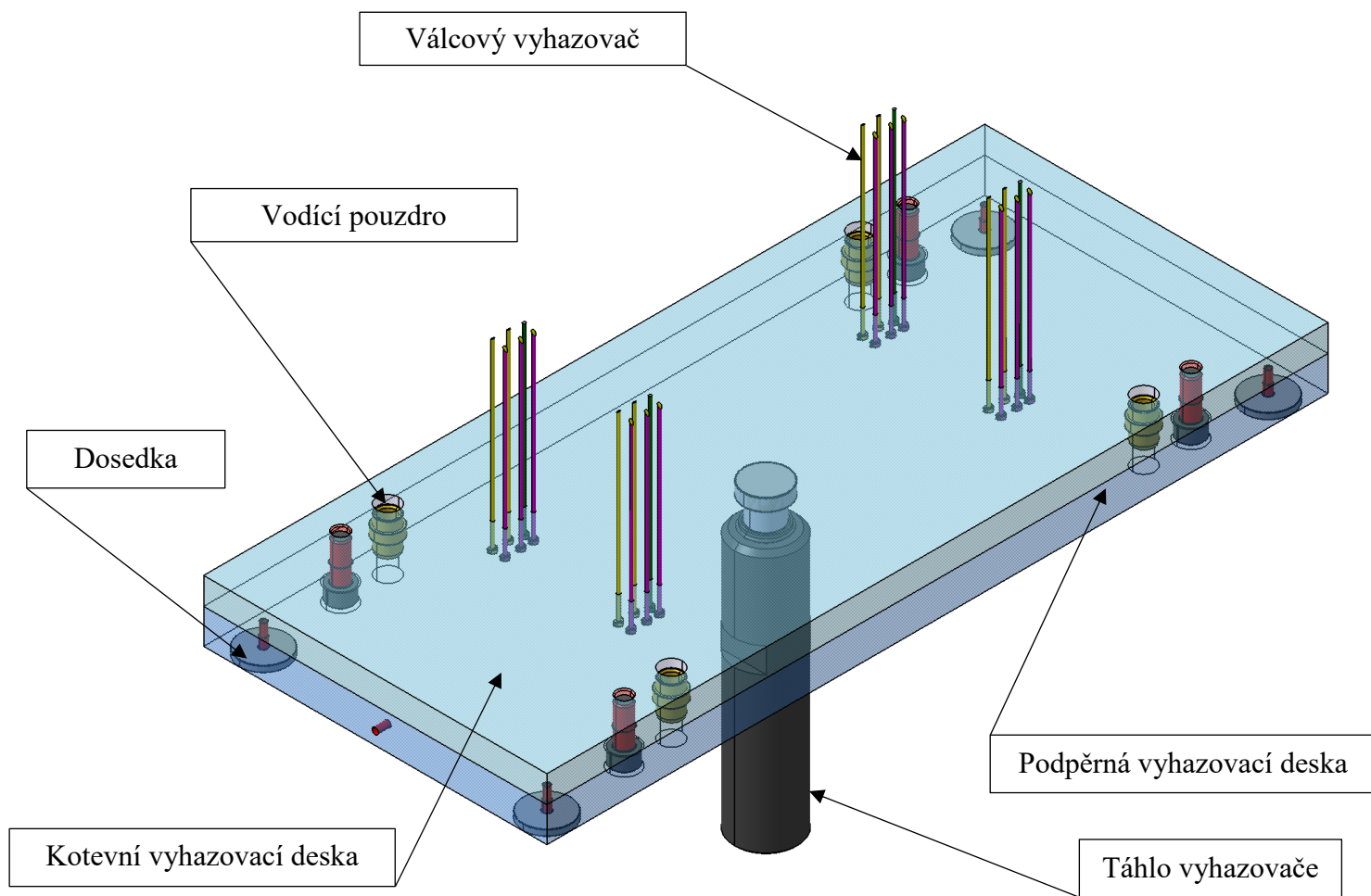
Vlivem špatného odvzdušnění mohou vznikat vady na výrobku. Mezi tyto vady patří uzavření vzduchu v polymeru (bubliny) nebo Dieslův efekt. Dieslův efekt vzniká stlačením vzduchu před čelem polymerní taveniny. Stlačovaný vzduch zvyšuje svoji teplotu a může zapříčinit degradaci polymeru a tím vznik vadného výrobku. V navržené formě se předpokládá unik vzduchu v dělicích rovinách díky vůli mezi tvarovými částmi a otvory vyhazovačů. Při nedostatečném úniku vzduchu z dutiny formy lze vytvořit odvzdušňovací otvory.

6.8 Vyhazovací systém

Aby mohlo dojít po ochlazení polymeru k vyhození součásti z dutiny formy, byl navržen vyhazovací systém. Vyhazovací systém se skládá z kotevní vyhazovací desky, opěrné vyhazovací desky, dosedek, pouzder pro vedení, vodících elementů, válcových vyhazovačů s jednostranným zajištěním proti pootočení, táhla vyhazovače a spojovacího materiálu. Válcové vyhazovače jsou vyrobeny z nástrojové oceli 1.2210 a jsou kaleny na tvrdost 60 HRC. Tvar vyhazovačů je přizpůsobený vstříkované součásti. Při pohybu vyhazovacího systému nesmí dojít k pootočení válcových vyhazovačů, a proto jsou v kotevní desce vytvořeny otvory, které tomuto pootočení zabraňují. Dále jsou ve vyhazovacích deskách vytvořeny otvory pro vodící pouzdra, které jsou při pohybu vyhazovacího systému vedeny po vodících elementech, umístěných na levé straně formy. K vyhazovacím deskám jsou nainstalovány dosedky a pomocí spojovacího materiálu jsou vyhazovací desky sešroubovány. Pohyb vyhazovacího systému je řízen táhlem, které je spojeno s vyhazovací deskou. Na jednu vstříkovanou součást působí šest vyhazovačů. Vyhazovače jsou umístěny do středu půlkruhového tvaru dílu.



Obrázek 38 Umístění válcových vyhazovačů na součásti



Obrázek 39 Vyhazovací systém

7 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Forma byla konstruována pro vstřikovací stroj od německé společnosti Arburg. Konkrétně se jedná o hydraulický stroj Arburg Allrounder 420 C Golden Edition. Pro stroj byl zvolen průměr šneku 30 mm. Maximální vyhazovací síla stroje je 1000 kN. Důležité parametry stroje a formy jsou zobrazeny v Tabulce č. 1. Podrobné vlastnosti a rozměry vstřikovacího stroje jsou součástí přílohy P II.

Tabulka 1 Srovnání parametrů formy a vstřikovacího stroje [32]

Parametr [jednotka]	Parametry formy	Parametry vstřikovacího stroje
Vstřikovaný objem ABS [g]	18	93
Maximální zdvih vyhazovače [mm]	43	175
Hmotnost formy [kg]	390	600
Vzdálenost mezi vodícími sloupky [mm]	396	420 x 420
Rozměry upínacích desek [mm]	496	570 x 570
Minimální výška formy [mm]	378	250
Průměr středícího kroužku [mm]	125	125



Obrázek 40 Arburg Allrounder 420 C Golden Edition [33]

ZÁVĚR

Cílem práce bylo vypracování laterální rešerše na téma týkající se zpracování polymerů a konstrukce formy. Práce byla rozdělena na dvě části a to teoretickou část a praktickou část.

Teoretická část bakalářské práce se věnuje tématu polymerních materiálu, jejich rozdělení a specifických vlastnosti. V práci je zmíněna technologie vstřikování, kde je popsán vstřikovací stroj, jeho funkce a vstřikovací cyklus. Přiblížení této technologii je důležité pro pochopení, na jakých principech funguje nástroj pro vstřikování – forma. Poslední téma teoretické části pojednává o konstrukci formy. Je zde řešena problematika jednotlivých systémů formy a materiály využívané pro vstřikovací formy.

Praktická část práce se věnuje tvorbě plastového dílu, konstrukci formy a výkresové dokumentaci. Byl vytvořen 3D model vstřikované součásti v softwaru CATIA V5R20. Pro výrobek byl zvolen materiál ABS-GF20, který obsahuje 20 % skelných vláken. Konstrukce formy vycházela ze zadaných parametrů a tvarové složitosti vstřikovaného výrobku. Mezi zadanými parametry bylo použití horkého vtokového systému a čtyřnásobné formy. Pro tvorbu 3D modelu formy byly použity normálie od firmy Meusburger a HASCO. Dutina formy byla vytvořena z 3D modelu výrobku. Při tvorbě dutiny bylo uvažováno se smrštěním zvoleného materiálu. Dutina výrobku je vytvořena třemi dělicími rovinami. Hlavní dělicí rovina je odformována pomocí pohybu levé a pravé strany formy. Vedlejší dělicí roviny jsou odformovány pomocí šikmých čepů a posuvných čelistí. Při konstrukci byl kladen důraz na vhodnou teplotu. Vzhledem k malým rozměrům tvarových částí nebylo možné vést teplotu v tvarových jádrech. Teplota byla vedena kolem tvárníků, tvárnic a bočních čelistí. Ve formě byl navržen temperační okruh pro levou a pravou stranu formy. Únik vzduchu se předpokládá vůlí v dělicích rovinách a dírami okolo vyhazovačů. Vyhození výrobku z dutiny formy je zaručeno díky vyhazovacímu systému. Na jeden vstřikovaný výrobek působí šest válcových vyhazovačů zajištěných proti otočení.

Pro formu byl zvolen hydraulický vstřikovací stroj Arburg Allrounder 420 C Golden Edition, který vyhovuje výsledným parametrům formy. Konstrukce formy je doložena výkresovou dokumentací, která je součástí přílohy P III.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DUCHÁČEK, Vratislav. Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití. Vyd. 3., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2011. ISBN 978-80-7080-788-0.
- [2] Technologie II [online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm Technická univerzita Liberec: Katedra strojírenské technologie.
- [3] RITCHIE, Hannah a Max ROSER. Plastic Pollution. Our World in Data [online]. Oxford: OurWorldInData.org, September 2018 [cit. 2023-01-26]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>
- [4] LENFELD, Petr a Oddělení tváření kovů a plastů. Technologie II, Část 2: Zpracování plastů. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009. s. [142]. [cit. 2023-03-03], ISBN 978-80-7372-467-2. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:af406ff0-fb2e-11e3-a680-5ef3fc9bb22f>
- [5] GEDDE, Ulf W. Polymer physics [online]. Reprinted 2013. Dordrecht: Springer, c1999, [cit. 2023-03-03] ISBN 978-94-011-0543-9. Dostupné z: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-011-0543-9#toc>
- [6] ZEMAN, Lubomír. Vstříkování plastů: teorie a praxe. Praha: Grada, 2018, 455 s. ISBN 978-80-271-0614-1.
- [7] KREBS, J. Teorie zpracování nekovových materiálů. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2001. ISBN 80-7083-449-8
- [8] JOHANNABER, Friedrich. Injection molding machines: a user's guide. 4th ed. Cincinnati, Ohio: Hanser Gardner Publications, c2008. ISBN 15-699-0418-9.
- [9] OSSWALD, Tim A., Lih-Sheng TURNG a Paul GRAMANN. Injection Molding Handbook. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008. ISBN 978-1-56990-420-6.
- [10] Plastic Injection Moulding - An Introduction. Azom [online]. 2001 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=265#_The_Mould
- [11] ZEMAN, Lubomír. Vstříkování plastů: úvod do vstříkování termoplastů. Praha: BEN - technická literatura, 2009, 247 s. ISBN 9788073002503

- [12] Technologie II [online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
Technická univerzita Liberec: Katedra strojírenské technologie.
- [13] BRUDER, Ulf. User's guide to plastic. 2nd edition. Munich: Hanser Publisher, [2019], xviii, 357 s. ISBN 978-1-56990-734-4
- [14] KAZMAR, David. Injection mold design engineering. 2nd Edition. Munich: Hanser Publishers, 2016. ISBN 978-1-56990-570-8.
- [15] JOHN P., Beaumont. Runner and Gating Design Handbook: Tools for Successful Injection Molding. 3rd Edition. Munich: Hanser Publishers, 2019. ISBN 978-1-56990-590-6.
- [16] UNGER, Peter. Hot runner technology [online]. Munich: Hanser Publishers, 2006 [cit. 2023-03-04]. ISBN 9781569903957. Dostupné z: <https://app-knovel-com.proxy.k.utb.cz/kn/resources/kpHRT00007/toc>
- [17] ŘEHULKA, Zdeněk. Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů: polymery. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 9788072048335.
- [18] CAMPO, E. Alfredo. The complete part design handbook : for injection molding of thermoplastics. Munich: Hanser Publishers, 2006, [cit. 2023-03-04]. ISBN 1569903751. Dostupné také z: <https://www.pdfdrive.com/the-complete-part-design-handbook-for-injection-molding-of-thermoplastics-e163728832.html>
- [19] MALLOY, Robert A. Plastic part design for injection molding : an introduction. 2nd edition. Munich: Hanser Publishers, 2011, [cit. 2023-03-04] ISBN 978-3-446-40468-7.
- [20] HYNEK, Martin a kolektiv. Temperace vstřikovacích forem [online]. Verze 1.0. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/8569192-Temperace-vstrikovacich-forem.html>
- [21] Heat pipe .nl: Dutch knowledge center for heat pipe technology [online]. [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: <http://www.heatpipe.nl/index.php?page=heatpipe&lang=EN>

- [22] MENNIG, Günter a Klaus STOECKHERT, ed. *Mold-making handbook* [online]. 3rd. ed. Cincinnati: Hanser Publications, 2013 [cit. 2023-05-01]. ISBN 9781569905500. Dostupné z: https://app.knovel.com/kn/resources/kpMMHE001C/toc?b-q=Mold-making%20handbook&include_synonyms=no&q=Mold-making%20handbook&sort_on=default
- [23] MENGES, George, Walter MICHAELI a Paul MOHREN. *How to make injection molds* [online]. 3rd. ed. Munich: Hanser, 2001 [cit. 2023-05-01]. ISBN 3446212566. Dostupné z: https://app.knovel.com/kn/resources/kpHMIME006/toc?b-q=how%20to%20make%20injection%20molds&include_synonyms=no&q=how%20to%20make%20injection%20molds&sort_on=default
- [24] MAŇAS, Miroslav a Jiří VLČEK. *Aplikovaná Reologie*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2001. ISBN 80-7318-039-1
- [25] STOKLASA, K. *Zpracovatelské inženýrství I – Základy gumárenské a plastikářské technologie*, [Skripta], 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická 2007
- [26] BOBEK, Jiří. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. Code Creator, 2016 [cit. 2023-03-03]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Impresum.html> (obr. Označené v textu jako 15)
- [27] *Plastech* [online]. [cit. 2023-04-23]. Dostupné z: <https://www.plastech.biz/en/b2b-marketplace/Snails-and-cylinders-for-extruders-and-injection-molding-60216>
- [28] *Guanxin plastic machinery* [online]. [cit. 2023-04-23]. Dostupné z: <https://guanxin-machinery.com/800-ton-injection-molding-machine/>
- [29] HYNEK, Martin. *Studené a živé vtokové systémy* [online]. Plzeň, 2013 [cit. 2023-04-23]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/18161288-Studene-a-zive-vtokove-systemy.html>
- [30] *Produktový katalog Meusburger*. Meusburger [online]. [cit. 2023-03-31]. Dostupné z: https://www.meusburger.com/ES/MX/media/DOC_INF_db-Standard-HK-System-CMT4_IN.pdf
- [31] *Produktový katalog HASCO*. HASCO [online]. [cit. 2023-03-31]. Dostupné z: <https://www.hasco.com/cs/Produktov%C3%BD-katalog/c/1>

- [32] Arburg [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z:
<https://www.arburg.com/cs/cz/technicke-udaje/injection-moulding-machines/hydraulic-machines/series/allrounder-golden-edition/>
- [33] Plastikmedia [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z:
<https://www.plastikmedia.co.uk/arburg-machines-deliver-growth/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

%	Procento
°	Stupeň
°C	Stupeň Celsia
2D	Dvojměrný
3D	Trojměrný
ABS	Akrylonitril-butadien-styren
ACM	Akrylátový kaučuk
ASA	Akrylonitril-styren-akryl
BR	Butadienový kaučuk
CAD	Computer aided design
CAE	Computer aided engineering
CAM	Computer aided manufacturing
CR	Chloroprenový kaučuk
EP	Epoxidové pryskyřice
EPDM	Etylen-propylen-dienový kaučuk
EPM	Etylen-propylenový kaučuk
FPM	Fluorovodíkový kaučuk
g	Gram
GF	Glass fiber
HRC	Tvrdość dle Rockwella
IIR	Butylkaučuk
IR	Izoprenový kaučuk
kg	Kilogram
mm	Milimetr
MQ	Silikonový kaučuk

NBR	Butadien-akrylonitrilový kaučuk
NR	Přírodní kaučuk
OT	Polysulfidový kaučuk
PA	Polyamid
PC	Polykarbonát
PE	Polyetylen
PET	Polyethylentereftalát
PF	Fenol-formaldehydové pryskyřice
PMMA	Polymethylmetakrylát
POM	Polyoximetylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PTFE	Polyetylentetrafluoretylen
PUR	Polyuretany
PVC	Polyvinylchlorid
SAN	Styrenakrylonitril
SBR	Butadien-styrenový kaučuk
Tc	Teplota degradace
Tf	Teplotou viskózního toku
Tg	Teplotou skelného přechodu
Tm	Teplota tání krystalické fáze
UP	Polyesterové pryskyřice
UV	Ultrafialové záření

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Světová produkce plastů 1950 – 2019 [3].....	9
Obrázek 2 Rozdělení polymerů [24]	10
Obrázek 3 Nejneužívanější polymery v průmyslu [2]	14
Obrázek 4 Schéma vstřikovací cyklus [25]	16
Obrázek 5 Popis vstřikovacího stroje [26]	16
Obrázek 6 Popis vstřikovací jednotky [12]	17
Obrázek 7 Uzavírací jednotka [28]	18
Obrázek 8 Popis vstřikovací formy [26]	20
Obrázek 9 Schéma studeného vtokového systému [29]	22
Obrázek 10 Kuželový vtok [15]	22
Obrázek 11 Boční vtok [15]	22
Obrázek 12 Filmový vtok [15]	23
Obrázek 13 Tunelový vtok [15]	23
Obrázek 14 Bodový vtok [15]	23
Obrázek 15 Horký vtokový systém [30]	24
Obrázek 16 Vyhazovací kolík [31]	25
Obrázek 17 Plochý vyhazovač [31]	26
Obrázek 18 Stírací deska [26]	26
Obrázek 19 Příklady temperačních kanálů [20]	27
Obrázek 20 Příklad instalace přepážek [20]	28
Obrázek 21 Sériová fontánka [20]	28
Obrázek 22 Schéma tepelné trubice [21]	29
Obrázek 23 Izometrický pohled na součást z přední strany	34
Obrázek 24 Izometrický pohled na součást z boční strany	34
Obrázek 25 Navržená vstřikovací forma	36
Obrázek 26 Levá boční čelist	37
Obrázek 27 Pravá boční čelist	37
Obrázek 28 Tvárnice	38
Obrázek 29 Tvárník	38
Obrázek 30 Zaformování součásti	39
Obrázek 31 Levá strana formy	40
Obrázek 32 Pravá strana formy	41
Obrázek 33 Zámek E 1938	41

Obrázek 34 Horký vtokový systém	42
Obrázek 35 Temperace na levé straně formy	43
Obrázek 36 Temperace na pravé straně formy	44
Obrázek 37 Popis bočního odformování	45
Obrázek 38 Umístění válcových vyhazovačů na součásti	46
Obrázek 39 Vyhazovací systém.....	47
Obrázek 40 Arburg Allrounder 420 C Golden Edition [33].....	48

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 srovnání parametrů formy a vstřikovacího stroje [32]	48
--	----

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Materiálový list ABS-GF20

Příloha P II: Arburg Allrounder 420 C Golden Edition

Příloha P III: Výkresová dokumentace:

- Kusovník
- Řez formou
- Pravá a levá strana formy

CAMPUS® Datasheet



ALTECH ABS A 2020/100 GF 20 - ABS-GF20
MOCOM Compounds GmbH & Co. KG

Product Texts	
Base Polymer	Acrylonitrile/Butadiene/Styrene/Copolymer
Filler/Additive System	20 % glass fibres
Special Features	injection moulding grade, processing stabilised
Market Segment	various

Rheological properties	Value	Unit	Test Standard
Melt volume-flow rate, MVR	5	cm ³ /10min	ISO 1133
Temperature	220	°C	ISO 1133
Load	10	kg	ISO 1133

Mechanical properties	Value	Unit	Test Standard
Tensile modulus	5800	MPa	ISO 527-1/-2
Stress at break	70	MPa	ISO 527-1/-2
Strain at break	1.6	%	ISO 527-1/-2
Charpy impact strength, +23°C	18	kJ/m ²	ISO 179/1eU
Charpy notched impact strength, +23°C	6	kJ/m ²	ISO 179/1eA

Thermal properties	Value	Unit	Test Standard
Temp. of deflection under load, 1.80 MPa	102	°C	ISO 75-1/-2
Vicat softening temperature, 50°C/h 50N	103	°C	ISO 306

Other properties	Value	Unit	Test Standard
Density	1180	kg/m ³	ISO 1183

Characteristics

Processing

Injection Molding

Regional Availability

North America, Europe, Asia Pacific, Near East/Africa

Other text information

Injection molding

Pre-Drying Conditions 80 °C in a dry air (dessiccant) dryer
for 2-4 h
80 °C in an air circulating dryer
for 3-6 h

Processing Injection Moulding melt temperature 220-260 °C
mould temperature 50-80 °C

Storage dry, protected from light
not above 30°C

Disclaimer

These are guide values and not a specification. The test values mentioned are representative values only and not binding minimum or maximum figures. These test values have been determined on standardised test specimens and can be affected by pigmentation, mould design and processing conditions

Any information given on the chemical and physical characteristics of our products, including, without limitation, technical advice on applications, whether verbally, in writing or by testing the product, is given to the best of our knowledge and in good faith and does not exempt the buyer from carrying out their own investigations and tests in order to ascertain the product's specific suitability for the purpose intended.

The buyer is solely responsible for confirming the suitability of the product for a particular application, its utilization and processing and must observe any applicable laws and government regulations. **NO EXPRESS OR IMPLIED RECOMMENDATION OR WARRANTY IS GIVEN**

ALTECH ABS A 2020/100 GF 20 - ABS-GF20
MOCOM Compounds GmbH & Co. KG

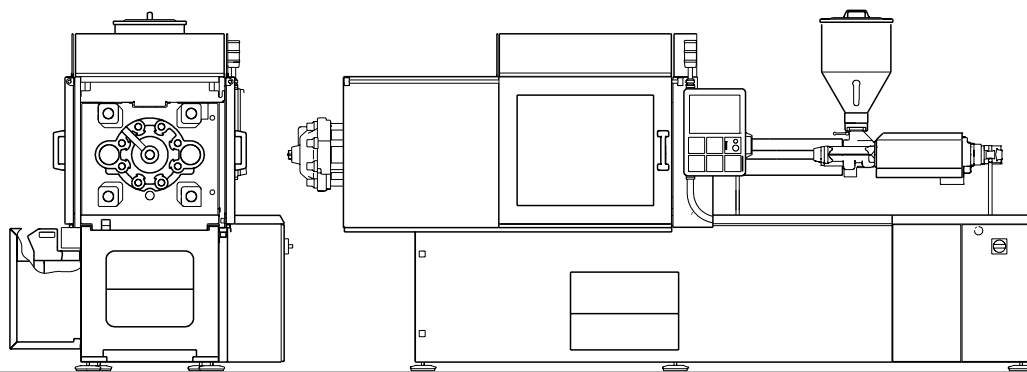
WITH REGARD TO THE SUITABILITY OF THE PRODUCT FOR A PARTICULAR APPLICATION, SUCH AS, BUT NOT LIMITED TO, SAFETY-CRITICAL COMPONENTS OR SYSTEMS.

Healthcare uses: the supply of any product by MOCOM for any medical, pharmaceutical or diagnostic application is conditional to an assessment by MOCOM in terms of compliance with MOCOM internal risk management policy – even for products which are in general designated for use in Healthcare applications.

Important: irrespective of product type or designation, MOCOM does not recommend or support the use of any products it supplies which fall into the following medical, pharmaceutical or diagnostic application categories:

- risk class III applications according to EU directive 93/42/EEC or EU Medical Device Regulation (MDR) 2017/745 or risk class 3 FDA
- Medical devices described in list A according IVDD (98/79/EG) or risk class D in EU 2017/746 in vitro diagnostic medical devices (IVDR)
- any bodily implant application for greater than 30 days
- any critical component in any medical device that supports or sustains human life.

At all times, our standard terms and conditions of sale apply.



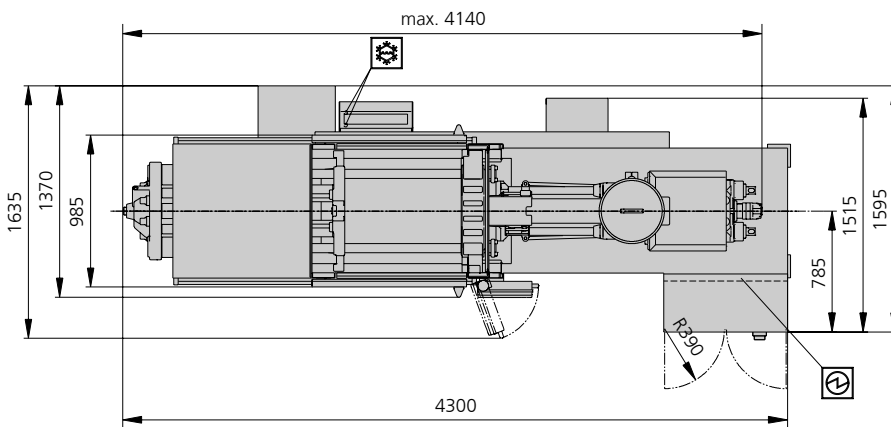
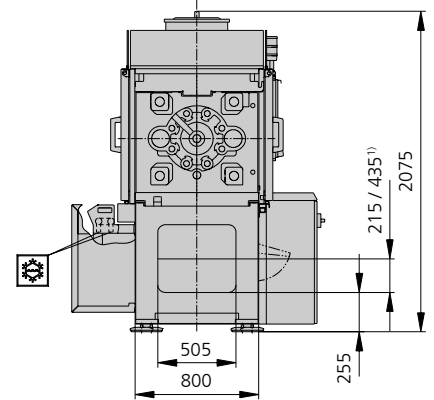
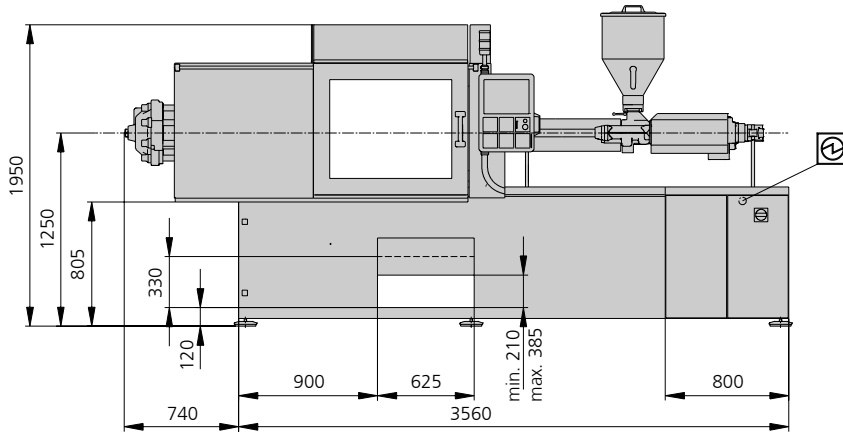
ALLROUNDER 420 C GOLDEN EDITION

Tie bar distance: 420 x 420 mm

Clamping force: 1000 kN

Injection unit (according to EUROMAP): 290

ARBURG



Electrical connection



Cooling water connections

Cooling water supply line DN 25
max. 30°C min. Δ 1,5 bar
Cooling water return line DN 25

1) Dimension only valid in conjunction with conveyor belt

Machine model		420 C GOLDEN EDITION
EUROMAP size indication ¹⁾		1000-290
Clamping unit		
Clamping force	max. kN	1000
Closing force	max. kN	50
Opening force / increased	max. kN	35 / 250
Opening stroke	max. mm	500
Mould height	min. mm	250
Daylight	max. mm	750
Distance between tie bars	mm	420 x 420
Platen size (hor. x vert.)	mm	570 x 570
Weight of mov. mould half	max. kg	600
Ejector force	max. kN	40
Ejector stroke	max. mm	175
Hydraulics, drive, general		
Drive power of the hydraulic pump	kW	15
Dry cycle time for opening stroke ⁵⁾	s-mm	1,8-294
Total connected load ²⁾	kW	23,9
Colour: plastic coated, structure light grey / mint green / canary yellow		
Control cabinet		
Safety standard according to		DIN EN 60204
Socket combination (1 single phase, 1 three-phase)		1 x 16 A
Injection unit		290
Screw diameter	mm	30 / 35 / 40
Effective screw length	L/D	23,3 / 20 / 17,5
Screw stroke	max. mm	150
Calculated injection volume	max. cm ³	106 / 144 / 188
Shot weight	max. g PS	97 / 132 / 172
Material throughput ⁴⁾	max. kg/h PS	17 / 20,5 / 24,5
	max. kg/h PA 6.6	8,5 / 10,5 / 12,5
Injection pressure ³⁾	max. bar	2500 / 2000 / 1530
Injection flow ³⁾	max. cm ³ /s	102 / 140 / 182
Back pressure positive / negative	max. bar	350 / 200
Circumferential screw speed	max. m/min	46 / 54 / 62
Screw torque	max. Nm	320 / 380 / 430
Nozzle contact force	max. kN	60
Nozzle retraction stroke	max. mm	240
Installed cylinder heating power / heating zones	kW	5,8 / 4
Installed nozzle heating power	kW	0,6
Material hopper capacity	l	50
Machine dimensions and weights of the basic machine		
Oil capacity	l	235
Net weight	kg	3650
Electrical connection (pre-fused) ²⁾	A	80

1) 1st figure: clamping force (kN), 2nd figure: max. dosage volume (cm³) x max. injection pressure (kbar)

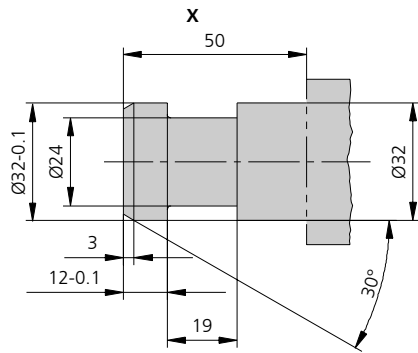
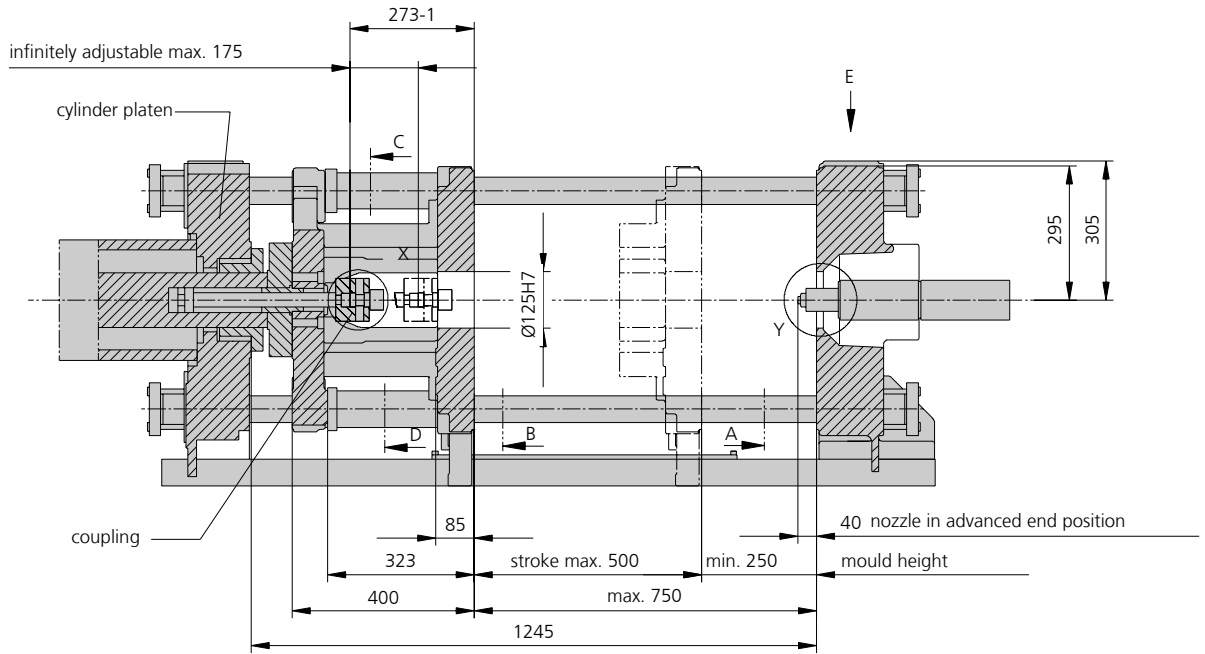
2) Values refer to 400 V/50 Hz. The load is symmetrically distributed on three phases (observe phase loading when installing new equipment)

3) A combination of max. injection pressure and max injection flow (max. injection capacity) can be mutually exclusive, depending on the equipment-related motor output

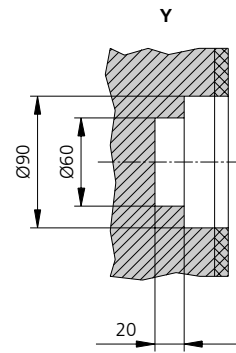
4) Deviations are possible depending upon process settings and material type

5) According to EUROMAP

These technical data specifications refer to the state at the time of printing. We reserve the right to modify specifications in the interest of a continuous program of further development.

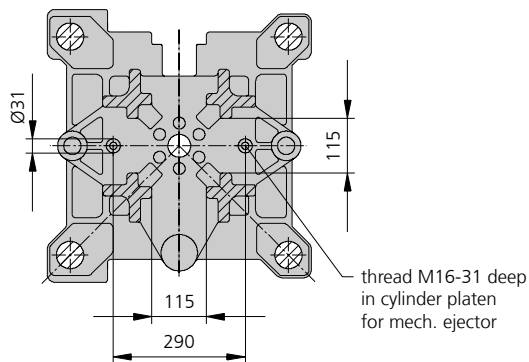


ejector bolt

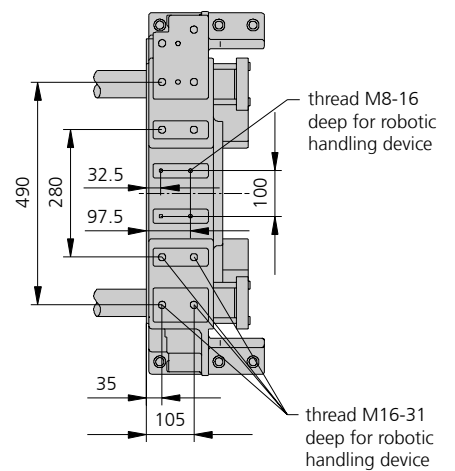


counter bore in the mould required only for short sprue

View C-D



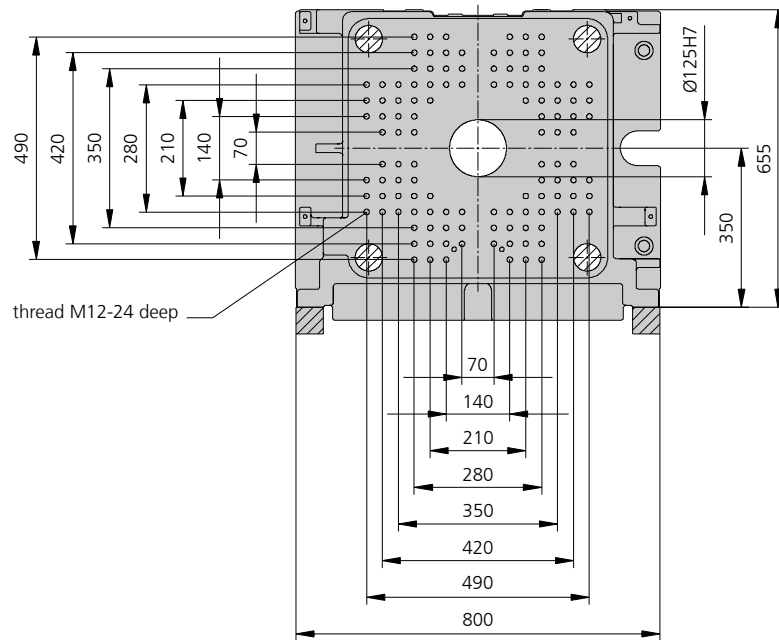
View E



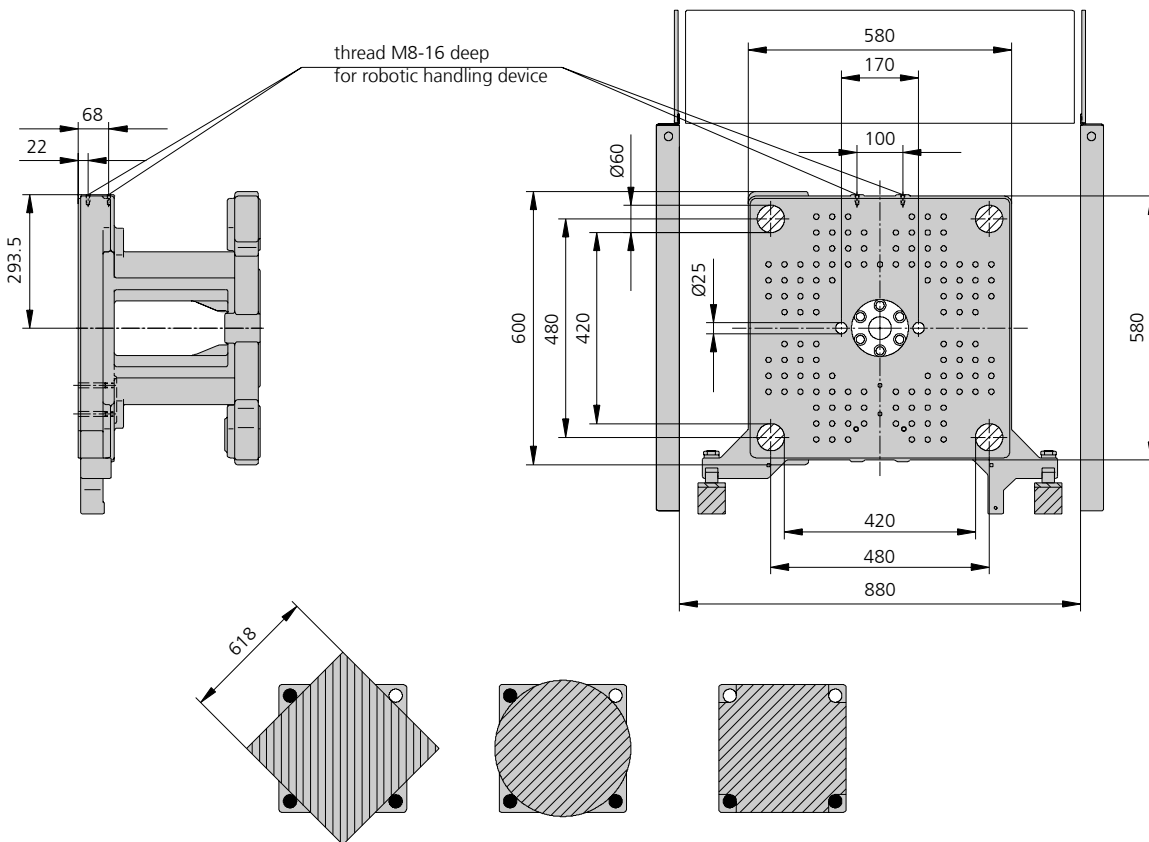
Mould and platen layout

420 C GOLDEN EDITION

Fixed platen
View A



Movable platen
View B



Maximum theoretical shot weights for the most important injection moulding materials (in grams)

Injection units according to EUROMAP		290		
Screw diameter	mm	30	35	40
Polystyrene	PS	97	132	172
Styrene heteropolymerizates	SB	95	129	168
	SAN, ABS ¹⁾	93	126	165
Cellulose acetate	CA ¹⁾	109	148	194
Celluloseacetobutyrate	CAB ¹⁾	101	138	180
Polymethyl methacrylate	PMMA	100	136	178
Polyphenylene ether, mod.	PPE	90	122	160
Polycarbonate	PC	102	139	181
Polysulphone	PSU	105	143	187
Polyamides	PA 6.6, PA 6 ¹⁾	96	131	171
	PA 6.10, PA 11 ¹⁾	90	122	160
Polyoximethylene (Polyacetal)	POM	120	163	213
Polyethylene terephthalate	PET	115	157	205
Polyethylene	PE-LD	73	100	130
	PE-HD	76	103	134
Polypropylene	PP	77	105	137
Fluoropolymerides	FEP, PFA, PCTFE ¹⁾	155	211	276
	ETFE	136	185	242
Polyvinyl chloride	PVC-U	117	159	208
	PVC-P ¹⁾	108	147	192

1) average value

ARBURG GmbH + Co KG

Postfach 11 09 · 72286 Lossburg · Tel.: +49(0)7446 33-0 · Fax: +49(0)7446 33-3365 · 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, Thailand, United Arab Emirates | **America:** Brazil, Mexico, USA

For more information, please go to www.arburg.com.

© 2013 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 are unable to guarantee its 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

BLUECOMPETENCE
Alliance Member

Partner of the Engineering Industry
Sustainability Initiative