

Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu technického dílu

Ondřej Svačina

Bakalářská práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

| | |
|-------------------|--|
| Jméno a příjmení: | Ondřej Svačina |
| Osobní číslo: | T21046 |
| Studijní program: | B3909 Procesní inženýrství |
| Studijní obor: | Technologická zařízení |
| Forma studia: | Prezenční |
| Téma práce: | Konstrukce vstřikovací formy pro výrobu technického dílu |

Zásady pro vypracování

- Vypracujte literární studii na dané téma.
- Provedte konstrukci 3D modelu zadaného dílu.
- Navrhněte 3D sestavu vstřikovací formy pro výrobu dané plastové součásti.
- Nakreslete výkres 2D sestavy vstřikovací formy.

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

Seznam doporučené literatury:

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

BEAUMONT, John P. *Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding*. 3rd edition. Munich: Hanser Publishers, 2019, xx, 450 s. ISBN 978-1-56990-590-6

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

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

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2024**

Termín odevzdání bakalářské práce: **17. května 2024**

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

L.S.

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

Ve Zlině dne 4. března 2024

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

Tato bakalářské práce je zaměřena na návrh vstřikovací formy pro zadaný plastový výrobek, což v tomto případě je rukojeť držáku válečku. Práce je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou část.

Teoretická část byla rozdělena na čtyři kapitoly, kde byly zmíněny základní postupy při vstřikování polymerů včetně rozdělení plastů, dále bylo shrnuto rozdělení strojů pro vstřikování a konstrukční řešení při návrhu forem.

Praktická část se zaměřuje na konstrukci vstřikovací formy. Obsahuje popis výrobku, volbu materiálu výrobku, ale také výběr stroje a celkovou konstrukci formy. Celý 3D návrh formy i plastového dílu včetně výkresové dokumentace byl vypracován v programu CATIA V5 – 6R2020. Součásti, které jsou normalizovány, byly voleny z katalogu firmy MEUSBURGER.

Klíčová slova: vstřikování plastů, vstřikovací forma, CATIA (software), technologie, 3D modelování

ABSTRACT

This bachelor thesis focuses on the design of an injection mold for a given plastic part. The thesis is divided into two parts, a theoretical and a practical part.

The theoretical part was divided into four chapters, where the basic procedures of polymer injection molding were mentioned, including the distribution of plastics, the distribution of injection molding machines, and mold design solutions, which were also summarised.

The practical part focuses on injection mold design. It includes product description, product material selection, as well as machine selection and overall mold design. The entire 3D design of the mold and the plastic part, including the drawing documentation, was developed in CATIA V5-6R2020. The standardised components were taken from the MEUSBURGER catalogue.

Keywords: injection molding technology, injection molds, CATIA (software), technology, three-dimensional modelling

Rád bych touto formou poděkoval nejprve mému vedoucímu prof. Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D., za jeho cenné rady, bez kterých bych tuto práci vypracovával velmi obtížně. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu ve studiu a nesmím opomenout Fakultu technologickou za skvěle a moderně vybavené prostory.

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

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| ÚVOD | 10 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 11 |
| 1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ | 12 |
| 1.1 ROZDĚLENÍ POLYMERNÍCH MATERIÁLŮ | 12 |
| 1.1.1 Polymery | 13 |
| 1.1.2 Plasty | 13 |
| 1.1.3 Termoplasty..... | 13 |
| 1.1.4 Reaktoplasty | 14 |
| 1.1.5 Elastomery..... | 14 |
| 1.1.6 Kaučuky | 14 |
| 1.2 VYUŽITELNOST PLASTŮ..... | 15 |
| 1.3 PŘÍSADY | 16 |
| 1.4 ZPRACOVATELSKÉ PODMÍNKY | 17 |
| 1.5 PŘÍPRAVA PLASTŮ PŘED VSTŘIKOVÁNÍM | 17 |
| 1.5.1 Barvení granulátu | 17 |
| 1.5.2 Sušení termoplastů | 18 |
| 1.5.3 Recyklace plastů..... | 18 |
| 1.5.4 Granulace plastů..... | 18 |
| 1.6 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS | 19 |
| 1.6.1 Plastikační fáze..... | 19 |
| 1.6.2 Vstřikovací fáze | 19 |
| 1.6.3 Dotlaková fáze | 19 |
| 1.6.4 Fáze ochlazovací | 20 |
| 1.6.5 Popis vstřikovacího cyklu | 20 |
| 2 VSTŘIKOVACÍ STROJE | 21 |
| 2.1 ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA | 21 |
| 2.2 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA | 22 |
| 2.3 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA..... | 23 |
| 2.4 DĚLENÍ VSTŘIKOVACÍCH STROJŮ DLE POHONŮ | 23 |
| 2.4.1 Elektromechanické systémy..... | 23 |
| 2.4.2 Elektrohydraulické systémy | 24 |
| 3 VSTŘIKOVACÍ FORMA NA POLYMERNÍ MATERIÁLY | 25 |
| 3.1 DRUHY VSTŘIKOVACÍCH FOREM..... | 26 |
| 3.2 VYPRACOVÁNÍ NÁVRHU KONSTRUKCE FORMY | 26 |
| 3.2.1 Výkres součásti | 27 |
| 3.2.2 Násobnost..... | 27 |
| 3.2.3 Zvláštní požadavky | 28 |
| 3.2.4 Typ stroje | 28 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.3 | POSTUP PŘI KONSTRUKCI FORMY | 29 |
| 3.3.1 | Zaformování | 29 |
| 3.3.2 | Dimenzování tvarové dutiny | 29 |
| 3.4 | RÁM VSTŘIKOVACÍ FORMY | 30 |
| 3.5 | VTOKOVÁ SOUSTAVA | 31 |
| 3.5.1 | Studený systém..... | 31 |
| 3.5.2 | Vyhřívaný systém..... | 31 |
| 3.6 | VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKU | 33 |
| 3.6.1 | Mechanické vyhazování..... | 33 |
| 3.6.2 | Hydraulické vyhazování..... | 35 |
| 3.6.3 | Pneumatické vyhazování..... | 36 |
| 3.7 | ODVZDUŠNĚNÍ FORMY | 36 |
| 3.7.1 | Odvzdušnění v dělicí rovině..... | 36 |
| 3.7.2 | Umístění odvzdušňovacích kanálů..... | 36 |
| 3.8 | TEMPERACE..... | 37 |
| 3.8.1 | Temperační kanálky | 38 |
| 3.8.2 | Temperační prostředky..... | 38 |
| 3.9 | MATERIÁLY VSTŘIKOVACÍ FORMY | 39 |
| 4 | KONSTRUKCE VÝSTŘIKU | 40 |
| 4.1 | DĚLÍCÍ ROVINY | 40 |
| 4.2 | ŠÍŘKA STĚN | 40 |
| 4.3 | ÚKOSY | 40 |
| 4.4 | ZAOBLNĚNÍ..... | 41 |
| 4.5 | ŽEBRA | 41 |
| 4.6 | SMRŠTĚNÍ..... | 42 |
| 4.7 | JAKOST VÝROBKU | 42 |
| II | PRAKTICKÁ ČÁST..... | 43 |
| 5 | CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE | 44 |
| 6 | SOFTWARE | 45 |
| 6.1 | CATIA V5-6R2020 | 45 |
| 6.2 | ONLINE KATALOG MEUSBURGER | 45 |
| 7 | VYRÁBĚNÝ DÍL | 46 |
| 7.1 | CHARAKTERISTIKA VYRÁBĚNÉHO DÍLU..... | 46 |
| 7.2 | MATERIÁL VYRÁBĚNÉHO DÍLU | 46 |
| 8 | VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE | 47 |
| 9 | KONSTRUKCE A NÁVRH VSTŘIKOVACÍ FORMY | 49 |
| 9.1 | RÁM VSTŘIKOVACÍ FORMY | 49 |

| | | |
|-------|--|-----------|
| 9.1.1 | Levá strana vstřikovací formy..... | 50 |
| 9.1.2 | Pravá strana vstřikovací formy..... | 51 |
| 9.2 | ZAFORMOVÁNÍ VYRÁBĚNÉHO DÍLU | 52 |
| 9.2.1 | Dělicí rovina..... | 52 |
| 9.2.2 | Hlavní dělicí rovina..... | 52 |
| 9.2.3 | Vedlejší dělicí rovina | 52 |
| 9.3 | NÁSOBNOST VSTŘIKOVACÍ FORMY | 53 |
| 9.4 | TVAROVÉ ČÁSTI VSTŘIKOVACÍ FORMY | 53 |
| 9.4.1 | Tvárník a tvárnice | 53 |
| 9.4.2 | Tvarové vložky..... | 54 |
| 9.5 | ODFORMOVÁNÍ – HYDRAULICKÁ JEDNOTKA | 55 |
| 9.6 | VTOKOVÝ SYSTÉM | 56 |
| 9.6.1 | Charakteristika vtokového systému | 56 |
| 9.6.2 | Horký vtokový systém | 56 |
| 9.7 | TEMPERAČNÍ SYSTÉM..... | 57 |
| 9.7.1 | Teperace tvárníku a tvárnice | 57 |
| 9.7.2 | Teperace tvarových vložek | 58 |
| 9.8 | VYHAZOVACÍ SYSTÉM..... | 60 |
| 9.9 | MANIPULAČNÍ SYSTÉM..... | 61 |
| 9.10 | ODVZDUŠNĚNÍ..... | 61 |
| | ZÁVĚR | 62 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... | 63 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK..... | 65 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 67 |
| | SEZNAM TABULEK..... | 69 |
| | SEZNAM PŘÍLOH..... | 70 |

ÚVOD

Plasty se v dnešní době považují za nedílnou součást našeho života, a život bez nich si už nelze představit. Jsou využívány v rozmanitých oblastech, od potravinářského průmyslu až po automobilový a strojírenský průmysl.

Postupně plasty začaly nahrazovat jiné materiály, například kov, sklo, dřevo, a to především díky svým vynikajícím vlastnostem, ať už jejich nízké hustotě, chemické odolnosti, tepelným vlastnostem a skvělé tvarovatelnosti.

Plasty mohou být zpracovány různými technologiemi. Jednou z nejrozšířenějších je takzvané vstřikování plastů. Kdy je zapotřebí vstřikovací stroj, vstřikovací nástroj neboli forma a materiál v tomto případě polymer. Při vstřikování dojde k roztavení polymeru, který je poté vstříknut do dutiny formy, kde se nechá výrobek zchladit a poté je z formy vyhozen.

Výrobky mohou být různě tvarově složité a díky vstřikování je možno vyrobit takové výrobky, které by byly vyráběny jinými technologiemi jen ztěžka. Jsou zde, ale kladeny obrovské nároky na vstřikovací stroj a vstřikovací formu, které jsou konstrukčně a finančně velmi náročné. Proto je tato výroba zpravidla vhodná pro velké série.

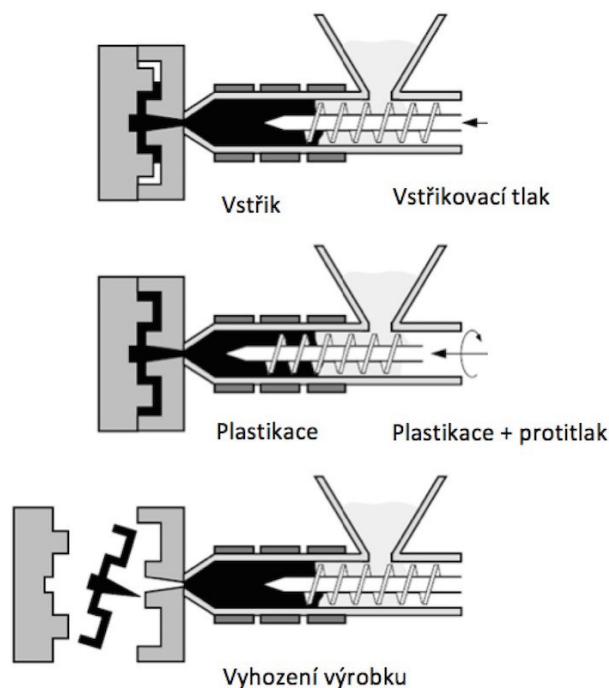
Při návrhu formy se používá celá řada softwarů, mezi průkopníky patří CATIA a Inventor, které opravdu dokážou zjednodušit práci a ušetřit spoustu času. Práci také ulehčí firmy, které uvedly na internet online katalogy, ze kterých je možno vybírat normalizované součásti. Jsou to například MEUSBURGER, HASCO a další.

V současné době nastává velký posun a vývoj v nových technologiích vstřikování plastů. Například vstřikování plastů s podporou vody a plynu, tandemové vstřikování nebo mikrovstřikování a další speciální technologie. Také je velký posun ve vývoji materiálu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

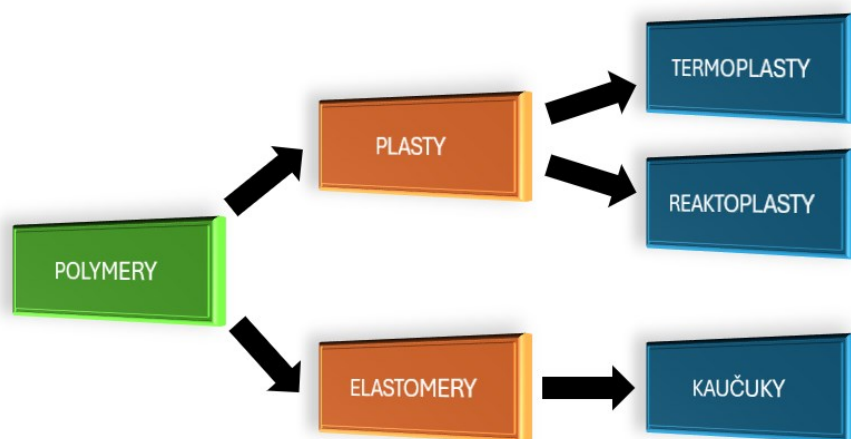
Vstřikování je klíčovou technologií pro zpracování termoplastů za účelem výroby plastových dílů a výrobků. Pro úplné provedení procesu vstřikování je nezbytný vstřikovací stroj s odpovídající řídicí jednotkou a formou, která je kvalitně a správně navržena s dutinami určující geometrii dílu, a také je důležité udržovat vhodnou teplotu formy. Samotný proces začíná dodáním plastových pelet o velikosti obvykle 2 až 3 mm do násypky vstřikovacího stroje. Před tímto krokem je důležité, aby byly plastové pelety pečlivě vysušeny a vyčištěny, aby se minimalizoval obsah vlhkosti. V některých případech mohou být do pelet přidány různé přísady, které mohou ovlivnit kvalitu plastu nebo konečný vzhled výrobku. [1]



Obrázek 1 Schéma procesu vstřikování [2]

1.1 Rozdělení polymerních materiálů

Polymery tvoří rozsáhlou skupinu materiálů, které se skládají z mnoha malých molekul, známých jako monomery. Tyto monomery mají schopnost spojovat se do dlouhých řetězců, zvané jako makromolekuly. Jeden typický řetězec může obsahovat až deset tisíc monomerů. Díky své rozsáhlé velikosti jsou polymery kategorizovány jako makromolekuly. V přírodě se vyskytují ve formě proteinů, celulózy (nachází se v rostlinách), škrobu (najdeme v potravinách) a přírodního kaučuku. Avšak technické polymery jsou obvykle umělé (syntetické). [3]



Obrázek 2 Rozdělení polymerů

1.1.1 Polymery

Polymerní materiály jsou látky, které jsou nazývány vysokomolekulární látky, jejichž molekuly jsou tvořeny opakujícími se stavebními jednotkami. [4]

1.1.2 Plasty

Plasty jsou polymery, které lze za příhodných podmínek formovat a po zachování tvaru se chovají jako pevná tělesa (tuhá). Za obvyklých podmínek jsou tvrdé a křehké. [4]

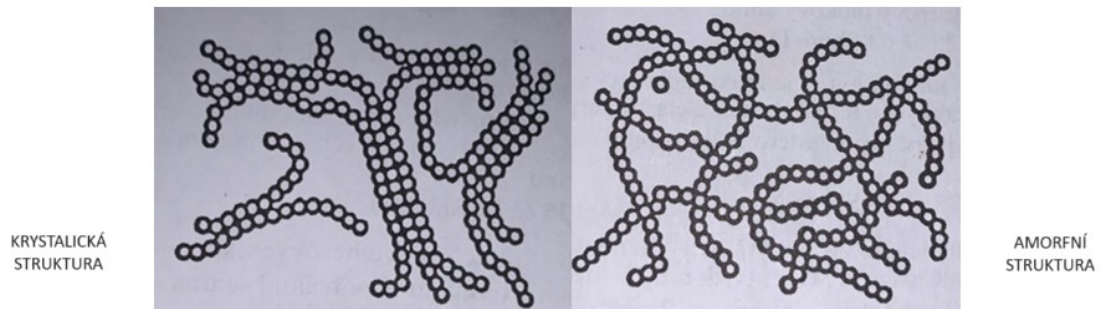
1.1.3 Termoplasty

Termoplasty jsou kategorie polymerů, které lze změkčit zahřátím a poté je lze zpracovat metodami, jako je vstřikování, vytlačování, tvarování a vyfukování. Po ochlazení opět ztuhnou, a i při opakovaném ohřevu a ochlazení nezmění své chemické vlastnosti, což znamená, že jsou snadno recyklovatelné.

Termoplasty jsou vytvářeny spojením malých molekul, známých jako monomery, do dlouhých řetězců pomocí procesu nazývaného polymerace. Jeden polymerní řetězec může obsahovat mnoho tisíc monomerů. Atomy v těchto polymerních řetězcích jsou spojeny silnými kovalentními vazbami, přičemž síly mezi jednotlivými řetězci jsou slabé.

Termoplasty dělíme dle struktury:

- Amorfní – nepravidelné uspořádání řetězců (příklady: PS, PVC, ABS)
- Semikrystalické – řetězce jsou částečně uspořádány (příklady: PE, PA, PP) [5]



Obrázek 3 *Struktura termoplastů* [6]

1.1.4 Reaktoplasty

Reaktoplasty spadají do skupiny polymerních materiálů, které když se poprvé ohřejí tak změkknou a umožní tak tváření, ovšem jen po určitou dobu. Dalším zahřátím dojde k chemické reakci, která způsobuje prostorové zesíťování jejich struktury, což se nazývá vytvrzování. Ochlazování reaktoplastů se provádí mimo formu, protože by bylo obtížné zajistit rychlé ohřátí formy pro vytvrzení a následné rychlé ochlazení materiálu. Tento proces je nevratný a vytvrzené plasty nemůžeme roztavit ani rozpustit. Když bychom znovu zahřáli došlo by k degradaci neboli k rozpadu hmoty. Mezi reaktoplasty se řadí pryskyřice. [7]

1.1.5 Elastomery

Elastomery jsou polymery s vysokou hranicí elasticity, které se dají malou silou deformovat za normálních podmínek bez trvalého poškození. Tato deformace je u většiny případů vratná. Často se jedná o syntetické kaučuky a jsou používány při výrobě pryží. [8]

1.1.6 Kaučuky

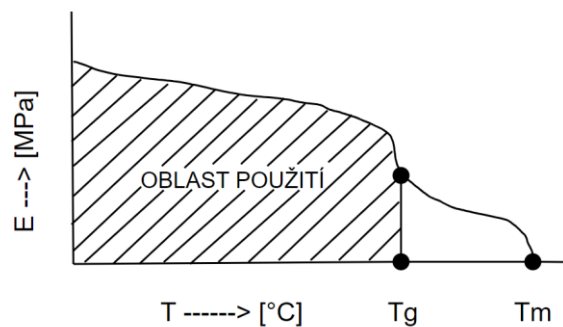
Kaučuky jsou polymery, které mohou být transformovány na elastomery, známé jako pryže, pomocí řídkého zesíťování. Tyto kaučuky mohou být přírodního původu nebo syntetického původu (ropa je hlavní surovinou). Proces zesíťování je nazýván vulkanizací. Nejběžnější forma vulkanizace probíhá s použitím síry při teplotách mezi 140 °C a 160 °C. Množství síry použitého pro běžný vulkanizovaný kaučuk je obvykle mezi 2 a 3 %, pro polotvrdou pryž něco kolem 10 až 20 % a pro tvrdou pryž (ebonit) je použito více než 20 % síry. Pryž

není vytvářena pouze z čistého kaučuku, ale hlavní složkou je gumárenská směs, která obsahuje kaučuk, vulkanizační činidla, stabilizátory, plastifikátory, plniva, pigmenty apod. V teple je surový kaučuk lepkavý a za chladu se stává tuhým a nepružným. Naopak vulkanizovaný kaučuk je elastický při vysoké škále teplot. [9]

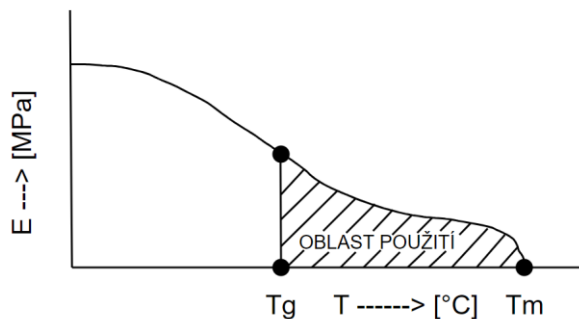
1.2 Využitelnost plastů

Využití produktů vyrobených z amorfních plastů je optimální při teplotách pod bodem skelného přechodu (T_g). V téhle fázi je polymer pevný. Jak teplota bude přesahovat T_g , popořadě kohézní síly budou zeslabovat mezi makromolekulami a polymer přechází z plastické fáze do viskózního stavu, který umožňuje zpracování.

U plastů semikrystalických jsou částičky makromolekul pevněji spojeny v lamelách a sférolitech krystalické fáze. Při zvýšení teploty dojde k uvolnění části makromolekul z amorfni oblasti a následně i zbylé. Tento proces je doprovázen významným nárůstem objemu materiálu. Nad teplotou T_g je ideální použít tento typ plastu, jelikož nabízejí ideální vlastnosti, jak pevnost, tak houževnatost. [9]



Obrázek 4 Oblast využití u amorfních plastů [10] (Vlastní zpracování)



Obrázek 5 Oblast využití u semikrystalických plastů [10] (Vlastní zpracování)

1.3 Přísady

Polymery se využívají v čistém stavu jen velmi málo, často obsahují různé přísady, které umožňují vytvoření materiálů s požadovanými vlastnostmi pro dané užití. [9]

Typy přísad:

- Stabilizátory – mají za úkol zpomalit proces stárnutí i v důsledku slunečního záření a zlepšit odolnost proti vysokým teplotám.
- Barviva – přispívají plastům získat daný odstín. Jde o pigmenty anorganického či organického druhu. Organické pigmenty jsou v polymeru rozpustná a díky nim zůstává polymeru jeho průhlednost, kdežto anorganické jsou opak.
- Maziva – zjednoduší zpracování polymerů (např. tavenina je tekutější), ale zlepší nám také vlastnosti (např. teplotní stabilitu či odolnost vůči povětrnostním podmínkám). Maziva jsou dobře rozpustná
- Změkčovadla – jde o organické kapaliny, které mají vysoký bod varu, zlepšují nám ohebnost a houževnatost, avšak naopak nám zhoršují mechanické vlastnosti (např. pevnost).
- Nadouvadla – jsou druhy přísad, které nám slouží k vytvoření lehčích hmot. Tyto látky nám při dosažení zpracovatelské teploty polymeru uvolňují plyny, následně nám tyto plyny vytváří dutinky neboli póry.
- Plniva – jsou to látky, které se nachází ve formě prášku, kuliček nebo ve formě vláken. Slouží k vyztužení daného polymeru. [9]



Obrázek 6 Zátka vyráběna použitím nadouvadel [9]

1.4 Zpracovatelské podmínky

Zpracovatelské podmínky plastů jsou zásadním faktorem při výrobě plastových výrobků, (např. teplota, tlak, čas, vlhkost). Správná teplota musí být taková, aby se polymer dobře roztavil a stal se tekutým, ale ne příliš vysoká, aby nedošlo k přehřátí. Tlak je nutný k vytlačení materiálu do formy. Čas zpracování je také důležitý. Musí být dostatečný k tomu, aby se plast stihl správně rozprostřít, ale nesmí být příliš dlouhý, aby nedošlo k deformaci výrobku. A nakonec vlhkost, když je příliš vysoká může způsobit poruchy materiálu nebo nedostatečnou adhezi mezi polymery. [11]

1.5 Příprava plastů před vstřikováním

Výroba plastových výrobků není možná přímo, do musí se nejprve projít procesem přípravy, který nám zahrnuje přidání různých přísad do plastů nebo separace vody. Dále je nutné dát polymerům, který je požadovaný, (např. granulát, prášek a tak dále.). Radíme sem i další operace jako je sušení, barvení a podobně. [7]

1.5.1 Barvení granulátu

Nějaké hotové díly vyžadují kvalitní povrch a odpovídající barvu, která ovlivňuje dojem z výrobku. Výrobci plastů nabízejí jen omezený výběr barevných odstínů, ale je možné požadovat jinou barvu přímo od výrobce nebo si granulát obarvit. Barvení plastů se provádí s použitím barev od různých výrobců, které jsou skladovány v suchých prostorech.

Samotné barvení probíhá buď přímo na vstřikovacím stroji pomocí dávkovacího zařízení nebo před vstřikováním granulátu. Barviva ovlivňují kvalitativní vlastnosti plastů a technologické parametry zpracování. K hodnocení kvality pigmentových směsí se používají různé zkušební metody, od subjektivního až po přístrojové vyhodnocování. [10]



Obrázek 7 Vzorník barev (organických) [9]

1.5.2 Sušení termoplastů

Před hlavními technologickými procesy výroby plastových dílů je nezbytné vysušit granulát na požadovaný obsah zbytkové vlhkosti. Voda v granulátu má negativní vliv na kvalitu povrchu, může způsobit vady při odpařování a snižuje mechanické vlastnosti, zejména u plastů, kde může dojít k degradaci makromolekul – hydrolytické degradaci při vyšších teplotách. Mezi termoplasty náchylné k navlhavosti jsou především PA. Doba sušení závisí na způsobu, jak je vlhkost spojena s materiálem, a před zpracováním je nutné odstranit povrchovou vlhkost i u materiálů, které nejsou náchylné k navlhavosti, jako jsou polyolefiny (PP, PE). K dispozici jsou různé sušicí zařízení, které pracují na různých principech, ale nejčastěji se používají sušárny s ohřátým vzduchem. [8]

1.5.3 Recyklace plastů

Během výroby vzniká spousta odpadu ať už jsou to vadné výrobky, vtoky atd. Tenhle odpad lze dále zpracovávat. Existuje mnoho zařízení na zpracování odpadů (např. různé druhy mlýnů, regulační linky). Čistý odpad tedy rozdrtíme v nožových mlýnech a nadrcený se pak smíchá s novým čistým granulátem a lze jej znovu použít. Samozřejmě musí se dávat pozor na to, že smíchání odpadu nám může snížit vlastnosti i vzhled výsledného výrobku z recyklovaného granulátu. [7; 12]

1.5.4 Granulace plastů

Plasty jsou v technologických procesech využívány v různých formách, které jsou potřebné pro samostatné zpracování. Mohou to být granule, pasty, kaše, kapaliny atd. Mezi jedny z nejpoužívanějších tvarů jsou granule, které mohou být ve tvaru krychlí, válečků a podobně. Granule mají výhodnou sypanou hmotnost, jsou dobře míchatelné s dalšími materiály a lze je přesně dávkovat. Pro výrobu granulí se využívá technologie granulace. [13]



Obrázek 8 *Granulát pro vstřikování* [14]

1.6 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus je posloupnost přesně definovaných kroků nebo fází, které se podílejí na výrobě vstřikovaných dílů. Jedná se o proces, během něhož plast prochází cyklem změn teploty a tlaku. Lze jej rozdělit na čtyři fáze [8; 4; 7]

1.6.1 Plastikační fáze

Kvalita vstřikovaných plastových dílů závisí na homogenitě taveniny před vstřikem. Tato homogenita je ovlivněna teplotou a viskozitou taveniny, kterou lze regulovat nastavením teplot na plastikačním válci a rychlostí šneku. Variace v teplotě a viskozitě taveniny mohou negativně ovlivnit povrchovou kvalitu výrobku a mechanické vlastnosti, jako je pevnost. Vyšší teploty taveniny vedou ke snížení orientace makromolekul a zvýšení izotropie výstřiku. Výstřiky z částečně krystalických materiálů se mohou smršťovat více při vstřikování do formy s doporučenou teplotou. [4; 8]

1.6.2 Vstřikovací fáze

Hlavním cílem plnicí fáze vstřikování plastů je zajištění homogenní naplnění tvarové dutiny formy taveninou s konstantní rychlostí toku v každém místě průřezu. Tento proces má významný vliv na povrchovou kvalitu výstřiku a mechanické vlastnosti. Optimální kombinace teploty taveniny, teploty formy a rychlosti plnění je klíčem k minimalizaci povrchových defektů, např. tokové čáry a studené spoje. Pro různé typy plniv je vhodné použít odlišné rychlosti vstřikování, přičemž nižší rychlosti podporují orientaci taveniny a vyšší poskytují lepší výsledky u vláknitých plniv. Nastavení regulace vstřikování, zejména přepnutí mezi průtokovou a tlakovou regulací, je důležité pro správný průběh této fáze. [8; 4]

1.6.3 Dotlaková fáze

Průběh dotlakové fáze vstřikování je klíčový pro dosažení požadovaných tvarů, rozměrů a hmotností výstřiku. Správné nastavení parametrů dotlaku je důležité pro minimalizaci vnitřního pnutí ve výstřiku a zajištění požadované kvality výrobku. Nepřiměřené nebo neoptimální působení dotlaku může vést k nadměrnému vnitřnímu pnutí, deformacím a dalším vadám. Dotlaková fáze slouží ke korekci smrštění, odstranění vad a zlepšení povrchového vykopírování tvarů z formy. Kontrola plnicí a dotlakové fáze se provádí pomocí polštáře (což je množství taveniny, která nám zůstává před čelem šneku po skončení

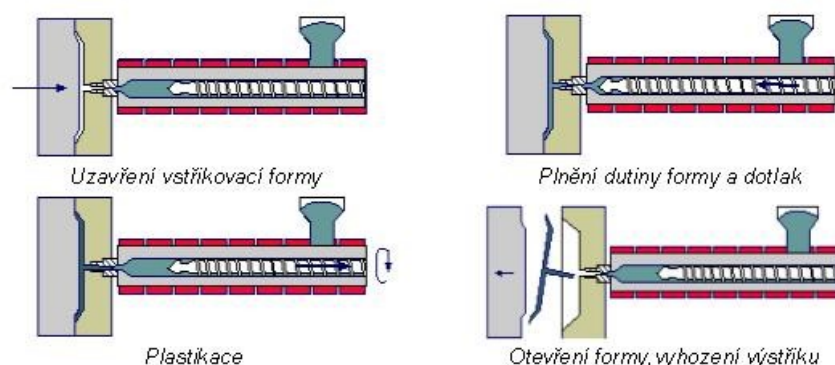
dotlaku). Když hodnota polštáře je cyklus od cyklu v tolerancích stejná, znamená to, že vstřikovací proces lze reprodukovat. [4; 8]

1.6.4 Fáze ochlazovací

Ochlazování výstřiku ve formě začíná ihned po naplnění dutiny taveninou a pokračuje až do vyhození výstřiku z formy. Klíčové parametry této fáze jsou teplota formy a doba ochlazování, které musí být nastaveny tak, aby zajistily potřebnou tuhost výstřiku bez deformací. Teplota formy je zásadní pro kvalitu výstřiku, ovlivňuje relaxační jevy a strukturu polymerů. Pomalejší ochlazování, tedy vyšší teplota formy a delší doba ochlazování, zvyšuje obsah krystalického podílu u částečně krystalických plastů, což může vést k většímu smrštění a zlepšení vlastností výstřiku. Zvýšení teploty formy pozitivně ovlivňuje i povrchový lesk a celkovou kvalitu povrchu výstřiku. [8; 4]

1.6.5 Popis vstřikovacího cyklu

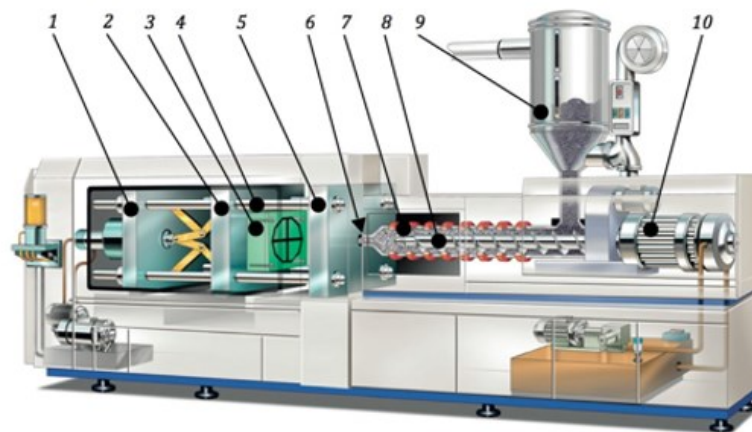
Proces vstřikování plastů začíná nahrnutím plastových granulí do násypky, odkud jsou pak odebírána pracovní částí vstřikovacího stroje, jako je šnek nebo píst, který plast přepravuje do tavicí komory. Zde plast taje a vytváří taveninu díky tření a ohřevu. Tavenina je poté injektována do dutiny formy, kterou kompletně vyplní a přijme její tvar. Následuje fáze aplikace tlaku, který pomáhá minimalizovat smrštění a změny rozměrů. Plast při kontaktu s formou předává teplo a během ochlazování ztuhne do finální podoby výrobku. Po dokončení tohoto procesu je forma otevřena a výrobek vyhozen, čímž se cyklus uzavře a je opakován. [13; 7]



Obrázek 9 Vstřikovací cyklus [7]

2 VSTŘIKOVACÍ STROJE

Stroje pro vstřikování, nazývané jako vstřikovací stroje, jsou určeny ke zpracování polymerů, ty jsou dodávány do stroje ve formě granulí. Proces vstřikování je v dnešní době už plně automatizován. [15]



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

Obrázek 10 *Vstřikovací stroj* [16]

Vstřikovací stroj má tyto hlavní části:

- řídicí jednotku,
- vstřikovací jednotku,
- uzavírací jednotku.

2.1 Řídicí jednotka

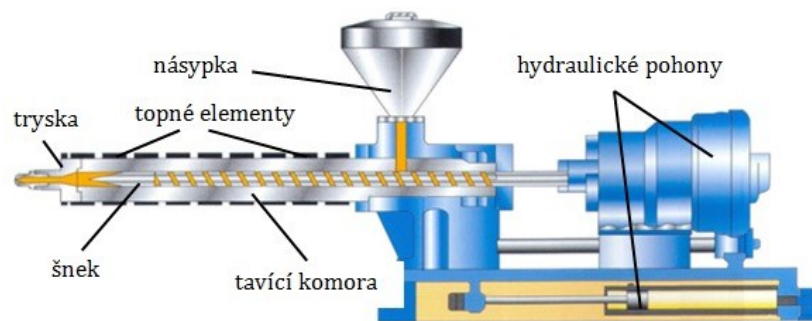
Klíčovým prvkem v kontrolní a řídicí jednotce vstřikovacího stroje je regulátor, který analyzuje aktuální parametry získané ze strojových systémů a porovnává je s požadovanými hodnotami. Pokud dojde k odchylce, regulátor pomocí regulačních prvků upravuje parametry na požadovanou úroveň. Díky mikroprocesorům je možná automatická optimalizace procesu během vstřikování. Součástí této jednotky je také komunikační rozhraní, které umožňuje nastavování technologických parametrů a sledování jejich hodnot. Uživatel může pracovat s dotykovým displejem nebo externí klávesnicí a myší. Každý výrobce vstřikovacích strojů má individuálně upravené rozhraní. Kromě toho existují porty

pro připojení paměťových médií. Displej také signalizuje poruchy a softwarové vybavení zahrnuje statické nástroje pro sledování kvality. [15]

Stroj má také tři režimy, ve kterých pracuje: plně automatickém, kdy probíhají výrobní cykly bez lidské obsluhy; poloautomatickém, kde každý cyklus se spouští ručně a manuálním, který se používá při nasazování formy na začátku výroby. [15]

2.2 Vstříkovací jednotka

Standardní vstříkovací jednotka pro termoplasty má za úkol přeměnit tuhý polymer na viskózní taveninu a vstříknout ji do formy s maximální přesností tvaru a rozměrů. Nejběžnějším typem jsou vstříkovací jednotky se šnekem, který rotuje a posouvá se axiálně vpřed a vzad. Tato jednotka je připevněna k posuvné konzole, která řídí pohyb trysky ke vtokové vložce formy a udržuje potřebnou přitlačnou sílu. Hlavní pohony musí řídit rotaci šneku a dopravovat taveninu do formy. Příslušenství musí zajišťovat přesnou kontrolu pozice, rychlosti a tlaku. [15]

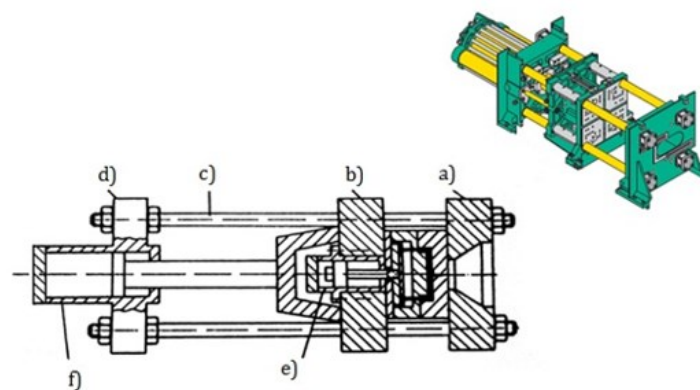


Obrázek 11 Vstříkovací jednotka [15]

Vstříkovací jednotka se skládá z několika částí, viz. Obrázek 11. Vstříkovací jednotka. Tavenina plastu je vytvořena zahříváním polymeru v tavící komoře, především díky tření mezi stěnami a šnekem. Šnek má specifickou geometrii, aby se minimalizovalo množství polymeru v prostoru mezi stěnami. Konstrukce jednotky je přizpůsobena typu materiálu, který se zpracovává. Výkonnost jednotky je hodnocena podle vstříkovací a plastikační kapacity. [15]

2.3 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka vstřikovacího stroje zabezpečuje fixaci a plynulé pohyby vstřikovací formy. Tvoří ji vodící sloupky, upínací desky s odpovídajícím mechanismem pro otevírání a uzavírání formy a zajišťuje uzamykací sílu, která brání otevření formy během vstřikování a dotlaku. Uzamykací síla může být generována mechanicky nebo hydraulicky, případně kombinací obou. Uzavírací jednotky se dělí na elektrické a hydraulické (s hydraulickým pístem), který může být připojen k pohyblivé desce nebo působit prostřednictvím mechanického systému. [15]



a – pevná část formy, b – pohyblivá část formy, c – vodící tyče, d – rám stroje,
e – hydraulický vyhazovač, f – hydraulický válec pro ovládání pohyblivé části formy

Obrázek 12 *Hydraulická uzavírací jednotka* [15]

2.4 Dělení vstřikovacích strojů dle pohonů

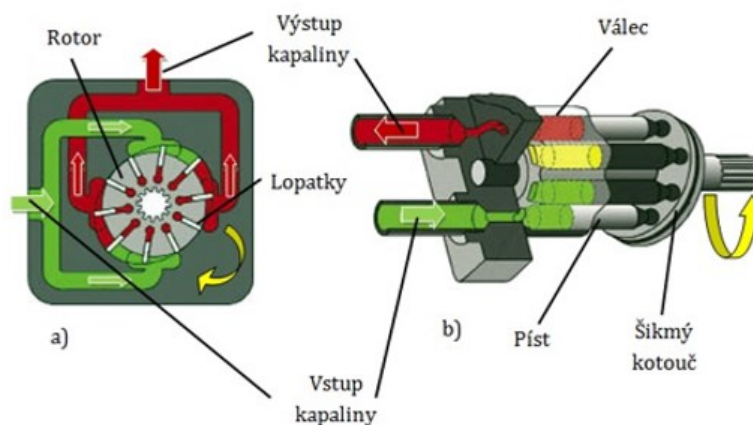
Pohony vstřikovacích strojů tvoří elektromechanické a elektrohydraulické systémy, které přeměňují elektrickou energii na rotační pohyb, který se dále může převádět na další posuvové pohyby. [15]

2.4.1 Elektromechanické systémy

Elektromechanické systémy přeměňují rotaci elektrických servomotorů na lineární posuvný pohyb pomocí kuličkových šroubů. Tyto pohony jsou efektivní pro stroje o síle od 500 do 5000 kN a mohou ovládat kloubové mechanismy uzavíracích jednotek nebo posuvný pohyb vstřikovací jednotky, šneku nebo vyhazovacích systémů. Mají schopnost dosáhnout vysokých rychlostí pohybu, což je výhodné pro tenkostěnné díly a mohou také být propojeny s klikovým mechanismem, zejména tedy pro vyhazovací systém. Tyto systémy jsou čím dál populárnější, protože mají schopnost šetřit energií. [15]

2.4.2 Elektrohydraulické systémy

Hydraulická čerpadla ve vstřikovacích strojích hrají klíčovou roli k přeměně elektrické energie na mechanickou, což umožňuje vytvoření potřebného tlaku v hydraulických systémech. Tato čerpadla obstarávají oběh hydraulické kapaliny, která pak díky hydraulickým motorům, přeměňují energii zpět na rotační nebo lineární pohyb. Jejich vysoká účinnost, až 90 %, minimalizuje energetické ztráty způsobené třením a snižuje ohřev hydraulického média, což prodlužuje životnost prvků hydraulického systému. Teplota hydraulického oleje je pečlivě řízena, aby se udržela na stabilní úrovni, což zajišťuje konzistentní vlastnosti oleje a opakovatelnost pohybů během vstřikovacího cyklu. Plynulá regulace hydraulických čerpadel je nezbytná pro dosažení požadovaného tlaku v hydraulickém systému. [15]



a – lopatkové čerpadlo, b – axiální pístové čerpadlo

Obrázek 13 *Hydraulická čerpadla* [15]

3.1 Druhy vstřikovacích forem

Vstřikovací formy jsou rozděleny dle několika kritérií:

- dle násobnosti: jednonásobné, vícenásobné,
- dle konstrukčního řešení a způsobu zaformování: etážové, čelist'ové, dvoudeskové, třídeskové,
- dle konstrukce vstřikovacího stroje: se vstřikem jdoucím kolmo na dělicí rovinu, se vstřikem jdoucím do dělicí roviny. [10]

3.2 Vypracování návrhu konstrukce formy

Navrhování a vytváření forem představuje náročný proces, který vstřikovny většinou neprovádějí samy. Existují společnosti, které se touto činností zabývají. Zabezpečení formy obvykle zahrnuje dva vzájemně propojené úkony: [10]

- Zadání konstrukce výroby
- Zadání výroby formy

1) Zadání konstrukce výroby:

Pro vytvoření výkresové dokumentace potřebné pro výrobu formy je nezbytné mít detailní povědomí o mnoha technických parametrech, aby se realizace formy provedla úspěšně.

Údaje pro vytvoření výkresové dokumentace:

- výkres součásti – musí obsahovat tvar součásti, rozměry, jakost povrchu, materiál, stupeň přesnosti,
- počet plánovaných výstřiků neboli násobnost formy,
- zvláštní požadavky- např. ohledně speciálního provedení konstrukce,
- typ stroje – jeho technické údaje, upínací rozměry, a jiné. [10]

2) Zadání výroby formy

Údaje nutné od objednavatele:

- výkresová dokumentace dílu,
- požadavek na počet výstřiků,
- způsob dodání,

- lhůta pro dodání.

Jakmile je forma dokončena následuje ověření jejího správného fungování a výroba vzorků. Po vytvoření vzorků, spolu s protokolem o jejich kvalitě jsou předány objednavateli. [10]

3.2.1 Výkres součásti

Vlastnosti plastové součásti by měly odpovídat charakteristickým vlastnostem tohoto materiálu. Její design a velikost by měly umožnit snadnou výrobu a zároveň zajistit požadované mechanické a fyzikální vlastnosti.

Výkres by měl obsahovat:

- materiál, ze kterého je součást vyrobena,
- tvar součásti,
- tolerance a rozměrové parametry,
- požadavky na vzhled a kvalitu povrchu,
- hmotnost,
- zvláštní požadavky.

Výstřik by měl být:

- minimální nároky na pozdější opracování,
- možný k dosažení v daných rozměrech,
- snadno zaformovatelný.

Při hodnocení možnosti výroby výstřiku je důležité zvážit, zda tvar součásti odpovídá požadavkům na tváření. [10]

3.2.2 Násobnost

Pro nalezení optimálního počtu forem je nutné pečlivě zhodnotit různé faktory, které na ni působí. Tyto faktory jsou posuzovány z různých hledisek, jako jsou:

- přesnost výstřiku,
- velikost a kapacita stroje,
- termín dodávky,

- ekonomická stránka věci,
- požadované množství výrobků.

Tvarově složité součásti a velkorozměrové výstřiky jsou obvykle vyráběny v jednonásobných formách, což pomáhá zajistit kvalitu a přesnost výstřiku, preferuje se co nejmenší násobnost. [10]

3.2.3 Zvláštní požadavky

Konstrukce a obecný návrh formy jsou utvářeny s ohledem na požadavky efektivního provozu v průběhu výrobního procesu. Především jsou to požadavky:

- jakost výstřiku,
- efektivní výrobní proces a dodržení stanoveného termínu,
- ekonomika.

Pokud běžné požadavky zákazníka nepostačují, upřednostňuje speciální požadavky, které mají za cíl zrychlit, zlepšit nebo snížit náklady na výrobu. Tato speciální přizpůsobení mohou zahrnovat standardizované rámy forem, použití vyhřívaných trysek, zvýšenou automatizaci procesu vstřikování, robotizaci pracoviště atd. [10]

3.2.4 Typ stroje

Kvalita výsledného výstřiku je ovlivněna kvalitou vstřikovacího stroje. Jeho volba ovlivňuje:

- tvar, rozměry a hmotnost dílu,
- velikost formy,
- přesnost výstřiku.

Proto stroj musí mít:

- vhodnou koncepci stroje,
- dostatečný tlak na uzavření,
- vstřikovací kapacitu.

3.3 Postup při konstrukci formy

Výkres součásti a konstrukční návrh jsou klíčovými informacemi pro konstruktéra forem.

Postup konstrukce zahrnuje:

- posouzení tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek součásti, včetně kontroly tolerancí, tloušťky stěn a úprav hran a rohů,
- určení dělicí roviny a způsobu zaformování s ohledem na funkčnost a estetiku, včetně umístění vtoků a výstupů,
- dimenzování tvarových dutin a vtokového systému, včetně vyhazování a odvzdušnění,
- návrh vyhazovacího temperačního systému a uspořádání formy včetně rámu,
- uspořádání středění a upínání formy s důrazem na bezpečnost práce,
- kontrola funkčních parametrů formy a přizpůsobení se doporučenému stroji. [10]

3.3.1 Zaformování

Správná volba dělicí plochy je klíčová pro konstrukci formy, což ovlivňuje tvar, rozměry výstřiku a ekonomiku výroby. Dělicí plocha se obvykle umísťuje rovnoběžně s upínací plochou, ale může být i šikmá nebo různě tvarovaná. Snaha je minimalizovat počet dělicích ploch kvůli obtížnosti výroby formy. Je tedy třeba, aby dělicí plocha:

- dělicí plocha by měla umožnit snadné vyjímání výstřiku z formy,
- byla jednoduchého tvaru a umístěna tak, aby splňovala požadavky na přesné rozměry,
- neměla by způsobovat funkční nebo vzhledové závady a měli zajistit podporu odvzdušňování dutin formy. [10]

3.3.2 Dimenzování tvarové dutiny

Rozměry a tvar funkčních součástí, umístěných v různých částech formy, tvoří uzavření tvarové dutiny, což je klíčové pro konstrukci formy. Nesprávné rozměry mohou vést k nepřesnostem výstřiku, které někdy lze upravit změnou technologických parametrů, ale často vyžadují nákladné úpravy formy. Přesnost dutiny je dána kvalitou povrchu a rozměry

tvárové dutiny, které obvykle dosahují přesnosti IT 8 až IT 10 a jsou ovlivněny faktory jako jsou:

- smrštění polymeru,
- tolerance,
- opotřebení formy.

Častou příčinou chybného dimenzování rozměrů je nesprávný odhad smrštění během formování plastu. Určení přesného provozního smrštění je obtížné, protože výpočetní hodnoty se často liší od tabulkových hodnot poskytovaných výrobcí plastů. [10]

3.4 Rám vstřikovací formy

Rám formy je soubor propojených desek vybavených vodícím, středícím a spojovacím zařízením. Tento souhrn slouží jako nosič pro tvarové dutiny a vtoky, které jsou vytvořeny přímo v deskách nebo v samotných vložkách. Doplněním rámu o další funkční prvky vzniká kompletní forma splňující požadovanou funkci.

Kromě uvedených funkcí musí být rám schopen:

- přesné vedení pohyblivých částí,
- bezpečného a pevného upevnění na stroji,
- správné nastavení na stroji,
- snadné připevnění tvarových vložek,
- vhodné umístění vyhazovacího a temperačního systému.

3.5 Vtoková soustava

Hlavním účelem vtokové soustavy je přenášet taveninu plastu z plastikační komory do formovací dutiny. Samotný vtok musí být dimenzován tak, aby umožnil optimální dobu působení dotlaku, což pomáhá vyrovnat objemovou kontrakci a minimalizovat vtaženiny a lunkry ve výstřiku. Vtok by měl být preferován směrem k nejtlustší části výstřiku, aby se maximalizovala rovnoměrnost materiálu. V případě vstřikování s nadouvadlem by měl být směřován k nejslabší části výstřiku. [18]

3.5.1 Studený systém

Studený vtokový systém se nachází v hlavní dělicí rovině vstřikovací formy a po dopravení taveniny plastu do tvarové dutiny formy je spolu s výstřikem vyhozen z formy na konci ochlazovací fáze vstřikovacího cyklu a připraven k dalšímu zpracování, včetně recyklace, kompaundování a následného vstřikování do formy. Použití studeného vtokového systému umožňuje dva základní typy konstrukce vstřikovacích forem: dvoudeskovou a třídeskovou konstrukci.

Dvoudesková konstrukce umísťuje vtokový rozvod do hlavní dělicí roviny, kde je ústí vtoku umístěno na výstřiku z boku nebo ve středu tvarové dutiny. Při otevírání formy vtokový systém vypadne z formy s výstřikem a v závislosti na typu ústí vtoku se od výstřiku oddělí sám (u tunelových nebo banánových ústí vtoku) nebo je nutné jej ručně odstranit.

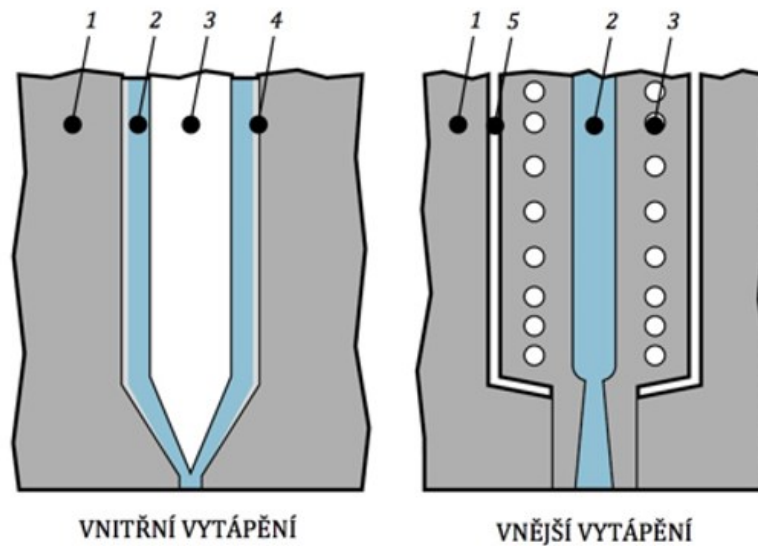
Třídeskový vtokový systém, používaný v konstrukci vícenásobných vstřikovacích forem, je ve vstřikovací formě vyformován ve dvou dělicích rovinách, umožňujících přímé napojení výstřiku na vtokový rozvodní systém. V hlavní dělicí rovině je vyformován výstřik a ústí vtoku, zatímco ve vedlejší rovině je vyformován vtokový rozvod. Třídeskový systém se rovněž vyjímá z formy při jejím otevření, což zahrnuje vyjmutí výstřiku z hlavní dělicí roviny a vtokového systému z vedlejší dělicí roviny formy. Tento typ formy vyžaduje větší stavební výšku, a tedy i větší prostor pro otevření po vyhození vtokového zbytku. [8]

3.5.2 Vyhříváný systém

Významná část současně vyráběných forem využívá horké vtoky. Přestože horké vtoky přinášejí mnoho výhod ve srovnání se studenými vtoky. Např. mají lepší vlastnosti naplnění formy a snížené riziko tvorby vtaženin, ale také sebou nesou řadu problémů a nejsou ideální volbou pro mnohé aplikace. Oproti studeným vtokům jsou horké vtoky většinou složitější,

a proto je většina z nich zakoupena od specializovaných firem, které se zaměřují na jejich konstrukci a výrobu. [19]

Hlavním cílem horkých vtokových systémů vstřikovací formy je dodávat polymerní taveninu přímo do tvarové dutiny formy nebo do pomocného studeného kanálu v každém cyklu výroby. Tím se minimalizuje tvorba nebo úplné odstranění vtokových zbytků, což zase zjednodušuje nakládání s odpady a snižuje potřebu ručního odstraňování vtokových ústí z hotových výrobků. To znamená také větší flexibilitu při optimalizaci tlakové fáze výroby, aniž by hrozilo zamrznutí průřezů vtoků, což je problém u studených vtoků při nesprávně dimenzovaných průřezech. [8]



1 – studený materiál formy, 2 – kanál pro proudění taveniny, 3 – topné těleso, 4 – zamrzlá vrstva plastu, 5 – izolační vzduchová mezera

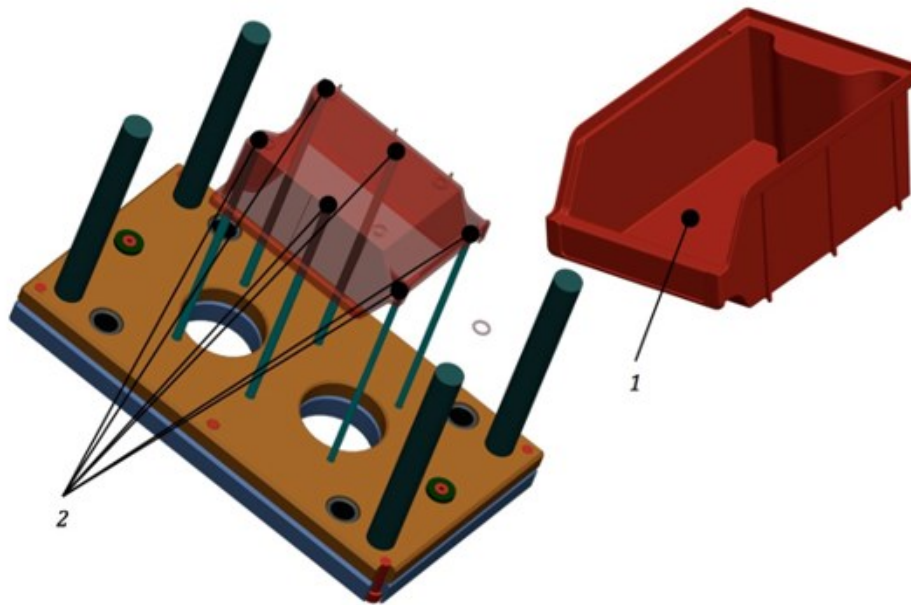
Obrázek 15 Různé řešení vyhřívání trysky [16]

3.6 Vyhazování výstřiku

Vyhazovací mechanismus vstřikovací formy má za úkol vyjmout vyrobený díl z dutiny poté, co je forma otevřena. I když to na první pohled může vypadat jednoduše, složitost vyhazovacího mechanismu se může výrazně lišit v závislosti na konkrétních požadavcích procesní aplikace. Musí být vyřešeno několik aspektů, aby jak vyhazovací mechanismus, tak samotná forma fungovala správně. [20; 16]

Mezi tyto aspekty patří: [16]

- směrové osy pohybu vyhazovacího mechanismu,
- uspořádání vyhazovačů na hotovém výrobku,
- potřebná síla pro vyhazování.



1 – vstříkovaný díl, 2 – body umístění vyhazovačů na díle

Obrázek 16 Vyhazovací systém formy [16]

3.6.1 Mechanické vyhazování

Je nejčastěji používaným vyhazovacím systémem, který je využíván tam, kde je to proveditelné.

Máme různá provedení konstrukce: [21]

- válcové kolíky,
- prizmatické kolíky,

- stírací desky,
- trubkové vyhazovače,
- šikmé vyhazovače.

Válcové kolíky

Je to nejběžnější a nejlevnější způsob vyhození výstřiku. Kolík musí být pevně opřen o stěnu nebo žebro výstřiku a nesmí se při vyhazování ohnout, aby nedošlo k jeho trvalé deformaci. Po styčných plochách vyhazovacích kolíků zůstávají na výstřiku stopy. Proto není vhodné je umístit na povrchově estetických plochách. [21]



Obrázek 17 *Válcový vyhazovač, nitridovaný* [22]

Prizmatické kolíky

Tento speciální vyhazovač se používá v situacích, kdy vyhazovač s menším průměrem nespĺňuje požadavky na pevnost. Jeho průřezy jsou postupně upravovány tak, aby vyhovovaly jak požadavkům na pevnost, tak na geometrii. [21]

Stírací desky

Jde o proces, při kterém se výstřik vyjímá z formy po celém obvodu. Díky větší styčné ploše nejsou po vyjmutí z formy na výstřiku žádné viditelné stopy. Tím se minimalizuje jeho deformace, a také u výstřiku s velkými rozměry, které potřebují vysokou sílu vyjmutí. Použité stírání je efektivní pouze tehdy, když je výstřik na stírací desce v rovině nebo pokud je plocha výstřiku mírně zakřivena. Tohoto způsobu se využívá i pro více násobné formy, doplňuje se většinou systémem oddělování výstřiku od stírací desky. Stírací deska je aktivována tlakem vyhazovacího trnu a přenáší svou sílu prostřednictvím vyhazovací desky spojenou táhly se stírací deskou. [21]

Trubkové vyhazovače

Trubkový vyhazovač funguje jako zvláštní forma stíracího zařízení tlakem. Vyhazovač s otvorem plní funkci stírací desky a funguje jako vyhazovací kolík. Samotný vyhazovací kolík je fixován v pevné desce, zůstává nehybný a slouží jako jádro. [21]

Šikmé vyhazovače

Jedná se o specifickou variantu mechanického vyhazování. Vyhazovací kolíky nejsou umístěny kolmo k dělicí rovině, ale mají různé úhly k ní. Jsou využívány k vyhazování malých a středně velkých výstřiků s mělkým vnitřním nebo vnějším zápichem. Tím se eliminuje potřeba složitých posuvných čelistí s klínovým mechanismem. [21]

3.6.2 Hydraulické vyhazování

Bývá začleněn do vstřikovacího stroje a je obvykle využíván k řízení mechanických vyhazovačů, kde nahrazuje jejich ovládání pružnějším pohybem a vyšší flexibilitou. Přímou zabudované hydraulické jednotky ve formě, které fungují jako vyhazovače, jsou stále méně běžné. Častěji se používají k ovládání bočních posuvných čelistí.

Hydraulické vyhazovače, které se používají, jsou obvykle vyrobeny jako uzavřené hydraulické jednotky, které se instalují přímo do vyhrazeného místa ve formě. Tyto jednotky pak přímo řídí vyhazovací kolíky, stírací desky a podobně. [21]



Obrázek 18 *Hydraulický válec* [23]

3.6.3 Pneumatické vyhazování

Jedná se o efektivní systém pro vyhazování slabostěnných výstřiků větších rozměrů ve formě nádob. Které potřebují být při vyjmutí zavzdušněné, aby nedošlo k deformaci. Klasické mechanické vyhazování větších výstřiků vyžaduje rozsáhlé prodloužení délky formy (vysoký zdvih vyhazovače), což není vždy zárukou spolehlivosti.

Pneumatické vyhazování zahrnuje vstřík vzduchu mezi výstřik a povrch formy, čímž umožňuje rovnoměrné oddělení výstřiku od formy, minimalizuje lokální napětí a zabraňuje tvorbě stop po vyhazovačích na výstřiku.

Použití pneumatického vyhazování je však omezeno na určité tvary výstřiku. Vzduch je do formy přiváděn prostřednictvím různých typů ventilů, jako jsou talířové nebo jehlové ventily. [21]

3.7 Odvzdušnění formy

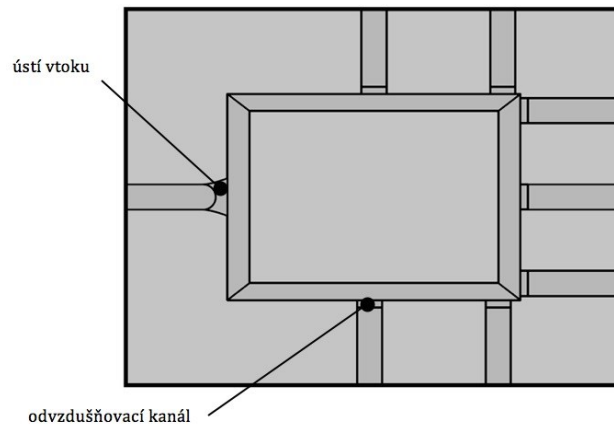
Při vstupu taveniny do dutiny formy se rychle vytlačuje vzduch, který zůstal v dutině po uzavření formy. I když část vzduchu může uniknout přes dělicí rovinu nebo prostřednictvím vyhazovačů a pohyblivých jader, většina vstřikovacích forem musí obsahovat další prvky pro rychlý a úplný odvod vzduchu z dutiny. [16]

3.7.1 Odvzdušnění v dělicí rovině

Jednoduchým způsobem, jak zlepšit odvod vzduchu z dutiny formy, je umístit odvzdušňovací plochy do dělicí roviny. Tyto plochy jsou snadno vyrobitelné a umožňují vzduchu přímou cestu ven. [16]

3.7.2 Umístění odvzdušňovacích kanálů

Odvzdušňovací kanály by měly být umístěny podél cest rozváděcích kanálů taveniny a ve vhodné vzdálenosti od dutiny formy. Zejména je důležité mít odvzdušňovací kanály v místech, kam taveniny proudí jako poslední. Tato místa obvykle leží nejdále od vtokového ústí. Bez dostatečného odvzdušnění může docházet k uvěznění vzduchu v dutině, což může způsobit neúplné naplnění formy nebo dokonce spálení plastu (tzv. diesel efekt) v důsledku přehřátí vzduchu vlivem extrémního tlaku. [16]

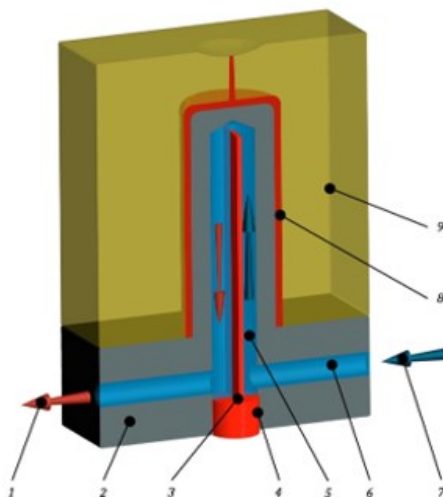


Obrázek 19 Umístění odvzdušňovacích kanálů [16]

3.8 Temperace

Důležitým faktorem v procesu vstřikování plastů je teplota formy a způsob, jakým je formě teplo dodáváno nebo odebíráno, což je klíčové pro úspěšný výrobní proces.

Správnou teplotou formy, vhodným výběrem temperačního prostředku a jeho konstrukcí a rozměrováním lze dosáhnout požadované kvality výrobků, včetně přesných rozměrů, kvalitního povrchu a požadovaných vlastností. To může vést ke zkrácení výrobního cyklu a optimalizaci nákladů. [16]



1 – výstup temperačního média, 2 – těleso pohyblivé části vstřikovací formy, 3 – plochá přepážka, 4 – úložná plocha přímé přepážky, 5 – vedlejší temperační kanál, 6 – hlavní temperační kanál, 7 – vstup temperačního média, 8 – vstřikovaný díl, 9 – těleso pevné části vstřikovací formy

Obrázek 20 Systém plochých přepážek [16]

3.8.1 Temperační kanálky

Temperační systém je sestaven ze sítě kanálů a dutin, které slouží k regulaci teploty formy prostřednictvím vhodné kapaliny nebo jiného zdroje tepla. Rozměry a umístění těchto kanálů a dutin jsou pečlivě zvoleny s ohledem na celkovou konstrukci formy. Důležitá je optimální vzdálenost kanálů od funkční dutiny, která musí zaručit dostatečnou pevnost a stabilitu stěny dutiny. Povrch temperačních kanálů slouží jako místo pro přenos tepla mezi formou a temperačním médiem. Efektivnější je použít více menších kanálů s krátkými rozestupy než málo velkých. [21]

3.8.2 Temperační prostředky

Jedná se média, která umožňují formě pracovat při optimálních tepelných podmínkách

Prostředky se dělí na: [21]

- aktivní – ovlivňují teplotu přímo ve formě, nebo přivádějí teplo do formy anebo ho odvádějí z ní,
- pasivní – svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelné vlastnosti formy.

Volba těchto médií je určena hlavně konstrukcí formy a požadavky na technologii výroby výstřiku. Běžně se používají v kombinaci. [21]

Aktivní prostředky

Jsou to kapaliny, které cirkulují nuceným oběhem temperačními kanály, kterou jsou vyrobeny uvnitř formy. Probíhá přenos tepla mezi formou a kapalinou. [21]

Pasivní prostředky

- Materiály s tepelnou izolací – volí se tam, kde není žádoucí přenos tepla a následné zvýšení teploty částí formy, jako jsou upínací části. Patří sem například azbestocementové desky.
- Materiály s tepelnou vodivostí – používají se k odvodu nebo přivedení tepla do míst, kde by se obtížně odvádělo nebo přivádělo pomocí temperačních kanálků, například u tenkých tvárníků nebo vtokových trysek. Mezi ně patří měď, hliník a jejich slitiny. [21]

3.9 Materiály vstřikovací formy

Vstřikovací formy jsou velice drahá zařízení, včetně součástí uvnitř forem. Vyžaduje se od nich hlavně životnost, kvalita a samozřejmě také ekonomika provedení.

Materiály, které jsou na výrobu forem optimální:

- oceli jednotlivých jakostí,
- izolační, tepelné vodivé materiály,
- neželezné slitiny kovů.

Oceli jsou nejpoužívanější materiál na výrobu forem, mají mechanické vlastnosti, které jsou zásadní pro výrobu a těžko je můžeme nahradit. Z oceli se vyrábí velká část desek, šrouby, středící kroužky, čepy, kolíky, vyhazovače, tvarové vložky a další. Naopak jsou další materiály, kterým je věnována větší pozornost, například izolačním materiálům, ze kterých se vyrábí izolační desky.

Používané typy ocelí:

- konstrukční oceli,
- oceli uhlíkové,
- nástrojové oceli,
- oceli k nitridování,
- oceli antikorozi,
- oceli martenzitické. [21]

4 KONSTRUKCE VÝSTŘIKU

U plastových dílů jsou absolutně jiné podmínky než u součástí z kovů. Při konstrukci je nutné znát technologické zpracování.

V praxi jsou u konstrukce plastových dílů nastavené nějaké podmínky, které by se neměly překročit, jinak zkonstruovaný výrobek nebude v pořádku. Většinou platí, že čím víc je díl jednodušší, tím bude mít výhodnější pevnostní podmínky, snáze se dodrží rozměry, finančně bude méně náročnější a tak dále. Samozřejmě není to vždycky možné, proto je třeba nacházet kompromisy mezi těmito požadavky. [10]

4.1 Dělicí roviny

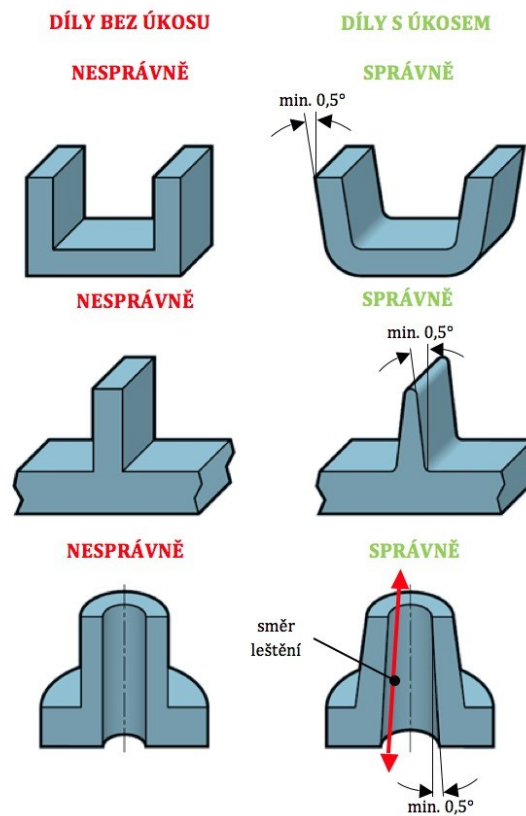
Především musí mít konstrukce výstřiku dobře zvolenou polohu dělicí roviny, jelikož ta určuje, jak bude zaformována. K ní se vážou další věci jako jsou například: směr úkosů, vtokový systém, vzhled a další. [10]

4.2 Šířka stěn

Když je stěna moc úzká polymerní tavenina by se rychle ochladila, kdežto zase příliš tlustá stěna by se dlouho ochlazovala. No a nestejnětlusté tuhnu nestejně, můžou vznikat vady na výrobku, lunkry, pnutí uvnitř materiálu a propadliny. Podmínky správné konstrukce u stěn vyžadují stejnou šířku stěn, přechody bez ostrých hran. Tloušťka bočních žeber, by neměla přesáhnout 0,8 mm, to samé u bočních stěn. [10]

4.3 Úkosy

Podkosy a úkosy představují sklony stěn vůči dělicí rovině, kde úkos slouží k vyjímání výrobku z dutiny formy, naopak u podkosu zamezuje vyjmutí z dutiny formy. Máme úkosy vnitřní nebo vnější a jejich rozměry se volí požadovanou funkcí. Faktory, které ovlivňují jejich velikost jsou: smrštění, elasticita plastu, povrch. Z pravidla se u vnitřních stěn volí větší velikost a u vnější menší. Podkosům se vždy snažíme vyhnout. [10; 16]



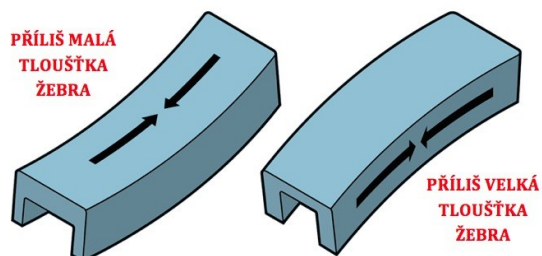
Obrázek 21 Úkosy [16]

4.4 Zaoblení

Zaoblením ostrých hran nám zlepší průtok taveniny, nebudou vzniknout příliš velké napětí v těchto místech, protože u ostrých hran je zapotřebí vyšších tlaků než u zaoblených. Zvýší se i rázová houževnatost vyráběného dílu, a to až o 50 %. [10; 16]

4.5 Žebra

Žebra jsou zvoleny na výrobku jen když plní nějaký účinek. To znamená zabezpečují nám pevnost a tuhost, brání zborcení stěn, pomáhají k lepšímu plnění dutiny formy taveninou, odstraňují nám přebytečné vady a někdy se použijí k estetické stránce. [10; 16]



Obrázek 22 Vliv tloušťky žebra na deformaci [16]

4.6 Smrštění

Smrštění je objemová změna, udává se v procentech. Je vyvolaná fyzikálními ději, které probíhají uvnitř materiálu. Je to vlastně rozdíl mezi objemem, co je vstříknut do formy, a objemem dutiny. Smrštění se může lišit na různých místech výrobku. Smrštěním se dá předcházet a dá se s ním různě pracovat. Zpravidla se zvětšují dutiny o hodnotu smrštění. [10; 16]

4.7 Jakost výrobku

Nejen rozměry hrají důležitou roli, ale i vzhled výrobku nesmí být opomenut. Vhodná úprava, například barevnost či dezénování se zlepšuje jak estetická stránka, tak i účelová.

Plochy mohou být:

- Matné – jsou výrobně nejjednodušší, proto často používané, jejich výhodou je, že zakryjí některé vzhledové vady, například stopy po vyhazovačích nebo vtoku.
- Lesklé – jsou ekonomicky náročnější, jelikož dutiny formy musí mít náročnější operace pro její opracování, aby výsledný výstřik měl požadovaný lesk. Nevýhodou je, že je vidět více vad na lesklém povrchu než na matném.
- Dezény – jsou častou úpravou, také se zde dosáhne zakrytí některých vad výrobku, ale také se může dosáhnout lepší a snadnější manipulace. [10]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Proved'te konstrukci 3D modelu zadaného dílu.
3. Navrhnete 3D sestavu vstřikovací formy pro výrobu dané plastové součásti.
4. Nakreslete výkres 2D sestavy vstřikovací formy.

Dle bodu 1. byla vypracována literární studie na dané téma bakalářské práce. Byla rozepsána na čtyři kapitoly, kde je shrnuta teorie vstřikování plastů, včetně obecného rozdělení a teorie vstřikování plastů. Dále je zde vysvětlena problematika konstrukce návrhu forem a jsou zde popsány i stroje pro vstřikování plastů.

Dalším bodem bylo nutné vymodelovat zadaný díl, v tomto případě plastová rukojeť držáku válečku. Model byl vytvořen v prostředí Generative shape design.

U dalšího bodu byl vypracován 3D návrh konstrukce vstřikovací formy. Normálové součástky byly vzaty z online katalogu firmy MEUSBURGER.

Dle posledního bodu 4. byla vypracována výkresová dokumentace vstřikovací formy.

Všechny tři poslední zmíněné body byly vypracovávány v programu CATIA V5-6R2020.

6 SOFTWARE

6.1 CATIA V5-6R2020

CATIA je pokročilý softwarový nástroj pro 3D modelování, CAD/CAM/CAE, vyvinutý společností Dassault Systèmes. Tento software nabízí širokou škálu funkcí pro návrh produktů, od konceptuálního designu po výrobu a simulaci.

Jeho rozhraní umožňuje vytvářet složité 3D modely s vysokou přesností. Poskytuje širokou škálu modulů a funkcí, včetně generativního designu, analýzy napětí a deformací, simulací, tvorby výkresů, a podobně.

Díky své flexibilitě a škálovatelnosti je Catia oblíbeným nástrojem pro širokou škálu průmyslového odvětví, včetně automobilového průmyslu, leteckého průmyslu, výroby spotřebního zboží a mnoha dalších. Je vhodný jak pro jednotlivce, tak i pro velké korporace.

V tomto případě byl plastový díl vymodelován v prostředí Generative Shape Design. 3D model formy byl tvořen v prostředí Mold Tooling Design a Assembly Design, normalizované součásti byly staženy z katalogu firmy MEUSBURGER. Výkresová dokumentace byla tvořena v prostředí Drafting. [24]

6.2 Online katalog MEUSBURGER

Katalog firmy MEUSBURGER je oceňovaným zdrojem normalizovaných komponentů. Tento katalog obsahuje širokou škálu produktů, včetně vedení formy, vyhazovacích systémů, trysek, vodících čepů a mnoho dalšího potřebného pro výrobu forem.

U každé položky je návod k čemu daná položka slouží a také z jakého materiálu je vyrobena. Můžete si vybrat z různých velikostí a průměrů. Je možnost si položku stáhnout v různém druhu souboru pro zakomponování do jakéhokoliv programu.

7 VYRÁBĚNÝ DÍL

7.1 Charakteristika vyráběného dílu

Vstříkovaným výrobkem byla zvolena plastová rukojeť držáku válečku. Z vrchní části dílu je dutina pro nasunutí držáku válce. Na spodní části je otvor pro zavěšení nebo pro poutko. Rukojeť je dutá a tato dutina je dlouhá 90 mm, proto byl zvolen hydraulický válec pro odformování. Jeho celková délka je 150 mm a šířka 40 mm. Hmotnost výrobku je 22 g a objem 39 cm³.



Obrázek 23 Vyráběný díl

7.2 Materiál vyráběného dílu

Materiál pro vyráběný díl byl zvolen Polypropylen s obchodním označením PP MOSTEN GB 218 vyráběný firmou ORLEN UNIPETROL RPA s.r.o. Má vhodné vlastnosti při vstříkování i fyzikální vlastnosti.

Tabulka 1 Parametry materiálu

| Materiálové vlastnosti | | | |
|-------------------------|-------------|---------|----------|
| Parametr | Norma | Hodnota | Jednotka |
| Index toku taveniny | ISO 1133-1 | 18 | g/10 min |
| Smrštění podélné | ISO 294-3,4 | 1,76 | % |
| Modul pružnosti v ohybu | ISO 178 | 1550 | MPa |
| Modul pružnosti v tahu | - | 1450 | MPa |
| Teplota taveniny | - | 200-280 | °C |
| Teplota formy | - | 20-60 | °C |

8 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Výběr vstřikovacího stroje závisel hlavně na hlavních rozměrech vstřikovací formy. Zvolen byl stroj ARBURG ALLROUNDER 470 S 1100–400, který má hydraulický pohon.



Obrázek 24 Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 S

Jako první parametr, dle kterého byl volen stroj byla vzdálenost vodících sloupů. Vzdálenost sloupů u stroje musí být větší než velikost formy, aby se forma vešla do stroje.

Dále bylo nutné splnit hmotnost pohyblivé části, aby forma nepřekračovala povolenou hmotnost, která je dána výrobcem.

Tabulka 2 Parametry uzavírací jednotky

| Uzavírací jednotka | | | |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|----------|
| Parametr | Stroj – hodnota | Forma – hodnota | Jednotka |
| Uzavírací síla | 1100 | - | kN |
| Vzdálenost mezi vodícími sloupy | 470x470 | 446x446 | mm |
| Velikost upínací desky | 637x637 | 546x446 | mm |
| Hmotnost pohyblivé části | 760 | 400 | kg |

Vstřikovací jednotka byla volena především dle objemu dávky výstřiku, což znamená, že jednotka musí vystříknout dostatečné množství dávky, aby to stačilo pro daný výrobek. V tomto případě to je 78 cm³, pomocí stroje je umožněno dávkovat až 112 cm³ materiálu.

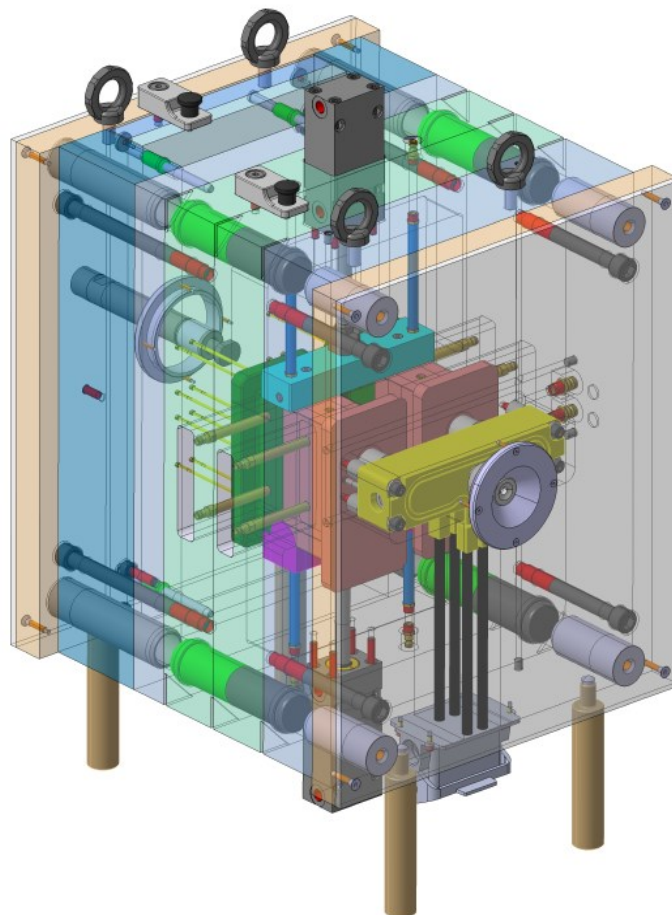
Tabulka 3 *Parametry vstřikovací jednotky*

| Vstřikovací jednotka | | | |
|-----------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| Parametr | Stroj - hodnota | Forma - hodnota | Jednotka |
| Průměr šneku | 35 | - | mm |
| Délka šneku | 23 | - | L/D |
| Zdvih šneku | 160 | - | mm |
| Objem dávky | 112 | 100 | cm ³ |
| Vstřikovací tlak | 2500 | - | bar |
| Topný výkon | 9,7 | - | kW |

9 KONSTRUKCE A NÁVRH VSTŘIKOVACÍ FORMY

9.1 Rám vstříkovací formy

Forma byla od začátku konstruována tak, aby návrh byl co nejjednodušší a optimálně ekonomicky přijatelný, ale zároveň, aby byla dodržena co největší kvalita výstříku. Kdykoliv to bylo možné byly využity normalizované díly z online katalogu firmy MEUSBURGER. Při konstrukci formy byly jako první vytvořeny tvarové vložky, dále rám formy, hydraulika, vyhazovací systém, horký vtok, temperace a další. Forma se skládá ze tří částí: levá (posuvná) strana, pravá (pevná) strana, a nakonec vyhazovací systém. Forma váží 798 kg a její rozměry jsou 546 x 446 x 505 mm.



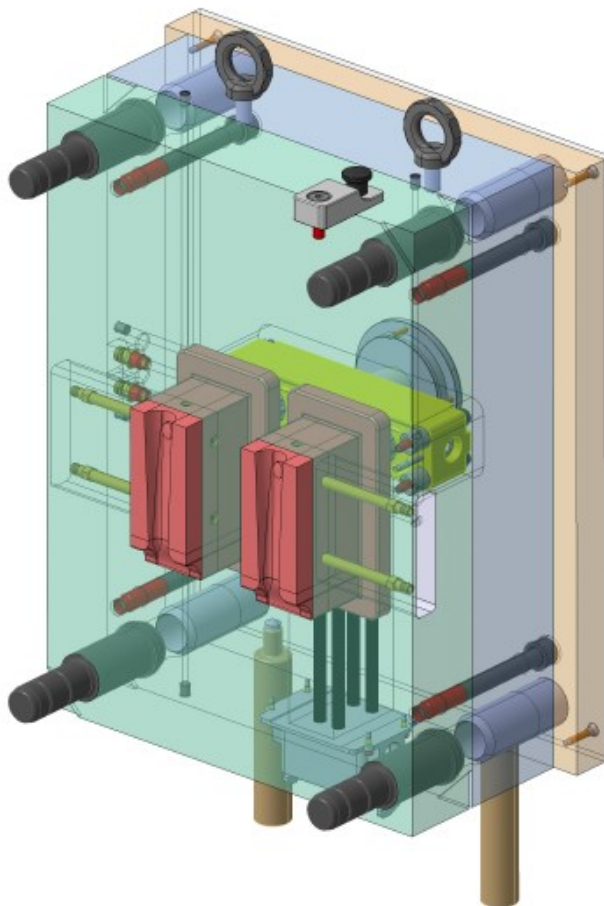
Obrázek 25 Celková sestava formy

9.1.2 Pravá strana vstřikovací formy

Pravá (pevná) strana formy je tvořena deskami: izolační, upínací, deskou pro horký vtok, a nakonec také deskou pro tvárnici.

V upínací desce jsou podpěry umožňující stabilní stání formy, je zde středící kroužek, který navazuje na vytápěný horký vtokový blok, ten je umístěný v desce pro horký vtok, je tady také zásuvka, kde vedou kabely až k horkému vtoku a také závěsné oka. Navazuje nám deska tvarová pro tvárnici, kde je umístěna tvárnice a je tady zakomponována temperace tvárnice

Celá pravá strana má i vodící čepy zajišťující plynulý chod levé strany formy. Desky jsou sešroubovány válcovými šrouby. Izolační deska a středící kroužek je sešroubovaný zápustnými šrouby.



Obrázek 27 *Pravá (pevná) strana formy*

9.2 Zaformování vyráběného dílu

9.2.1 Dělicí rovina

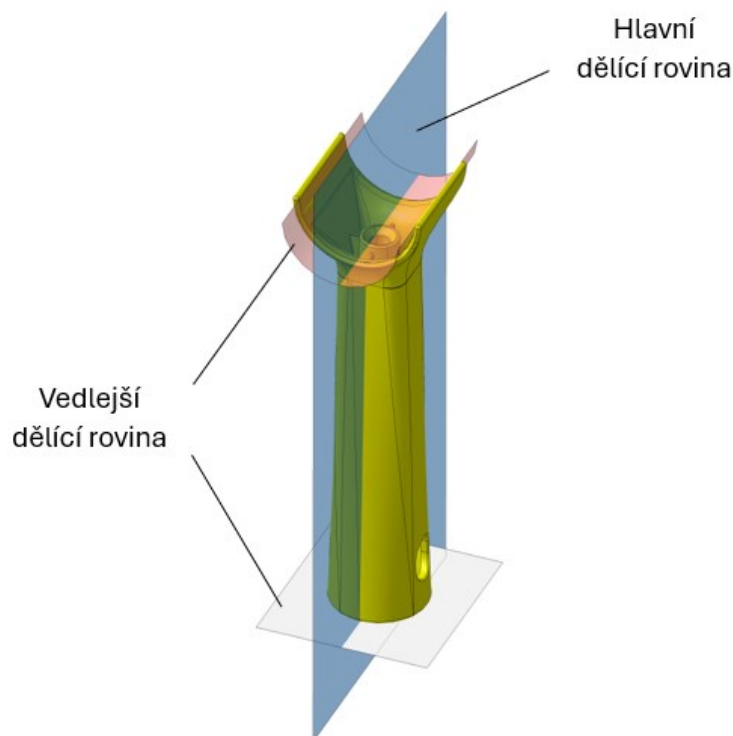
Dělicí rovina představuje spojnicí mezi pevnou a pohyblivou částí vstřikovací formy. Důležitým záměrem této roviny je zavření a utěsnění vstřikovací formy, aby tavenina neunikla ven. Kvůli obtížnosti dílu bylo zapotřebí určení více dělicích rovin.

9.2.2 Hlavní dělicí rovina

V tomto případě je zvolena hlavní dělicí rovina v ose vyráběného dílu, aby byla konstrukce a odformování co nejjednodušší.

9.2.3 Vedlejší dělicí rovina

Vedlejší dělicí roviny jsou zhotoveny dvě, jedna je kolmá na hlavní dělicí rovinu a slouží k odformování funkční díry a druhá je zaoblena, tak, aby byla vytvarována vrchní část rukojeti.



Obrázek 28 Dělicí roviny vyráběného dílu

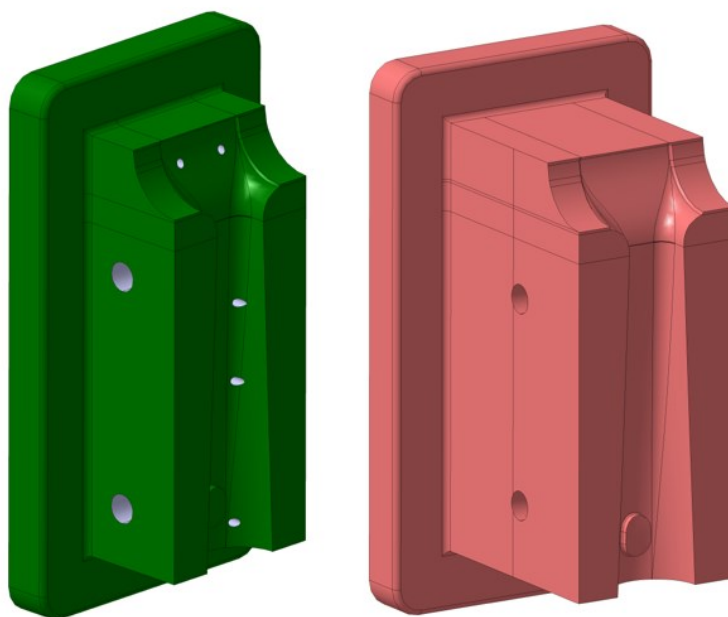
9.3 Násobnost vstřikovací formy

V tomto případě byla násobnost formy zvolena od vedoucího bakalářské práce, kdy byla zadána dvojnásobná, jelikož výrobek je tvarově náročný.

9.4 Tvarové části vstřikovací formy

9.4.1 Tvárník a tvárnice

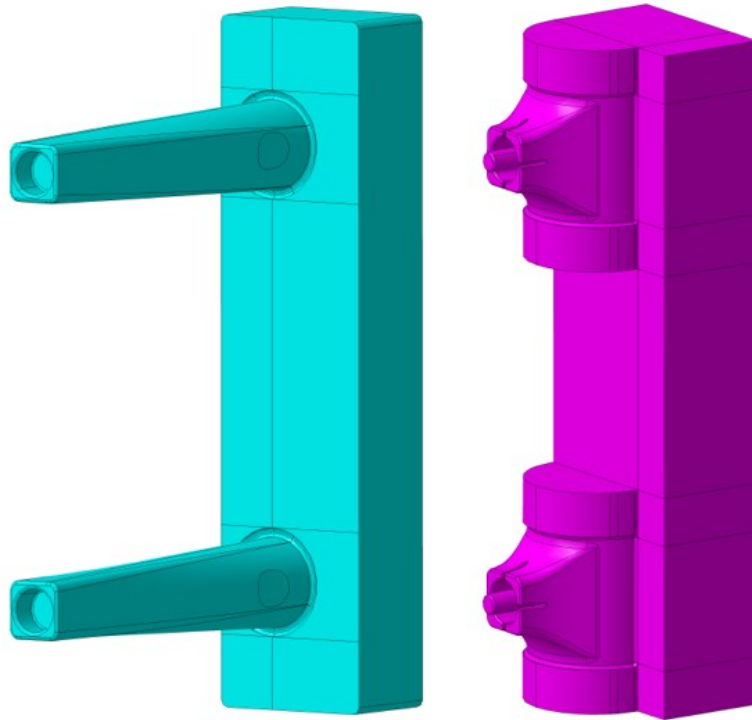
Tvárník a tvárnice jsou negativem vyráběného dílu. Dutinu, která vznikne tak je zvětšena o parametr smrštění, který je 1,76 %. Tvárník se nachází v levé straně formy a tvárnice v pravé straně formy. Tvárník i tvárnice jsou usazeny v tvarových deskách a drží díky osazení. Jsou tedy vyrobené jako vložky, to znamená, že z hlediska oprav je možné vyměnit jen vložky a není nutné měnit celou tvarovou desku. Taky z hlediska ekonomie je to výhodné, jelikož není nutné mít celou tvarovou desku z nástrojové oceli. V tvárníku a tvárnici jsou otvory pro temperaci. V tvárníku jsou ještě navíc díry pro vyhazovací kolíky. Materiál tvárníku a tvárnice je 1.2343.



Obrázek 29 Tvárník a tvárnice

9.4.2 Tvarové vložky

Tvarové vložky jsou zafixovány ve tvarové desce, v daném případě tedy na levé straně formy. Jedna slouží pro vytvoření otvoru rukojeti a druhá pro vytvoření zaoblení na vrchu rukojeti. Obě vložky mají díry pro temperaci.

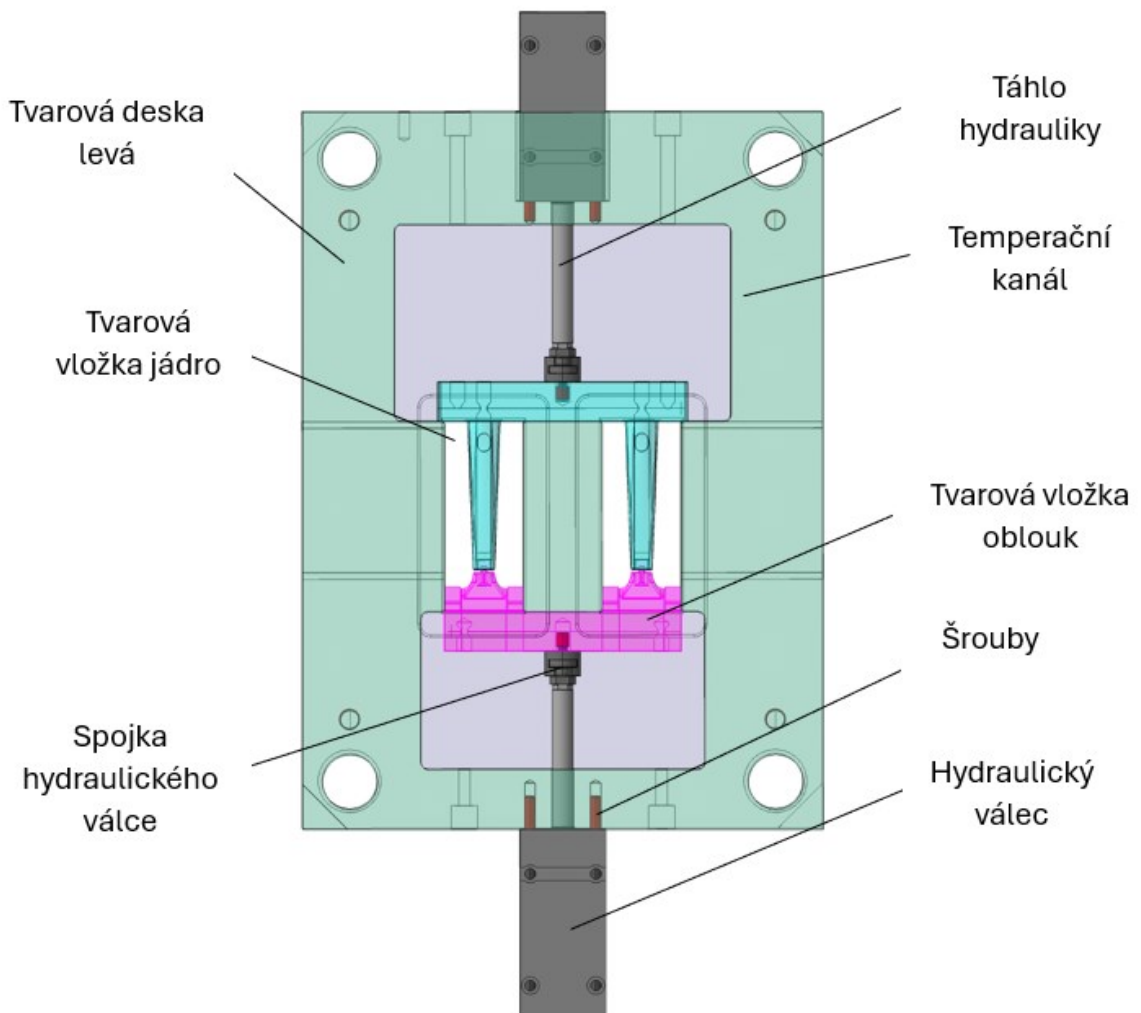


Obrázek 30 *Tvarové vložky*

9.5 Odformování – hydraulická jednotka

Hydraulický válec je přípravek na boční odformování. V tomto případě je připevněn v tvarové desce čtyřmi šrouby a skládá se z válce, táhla a je připojen k tvarové vložce přes spojku pro hydraulický válec.

Je to jiný způsob odformování než přes šikmé kolíky, které se používají běžněji jelikož jsou finančně méně náročnější. V tomhle případě, ale nebylo jiná možnost než použít hydrauliku k odformování, kvůli tomu, že na spodní straně byl velký zdvih až 113 mm, a kolík by byl velmi dlouhý a byl by příliš namáhaný na ohyb. Zdvih, který nám umožní hydraulická jednotka je 150 mm.



Obrázek 31 *Hydraulický systém*

9.6 Vtokový systém

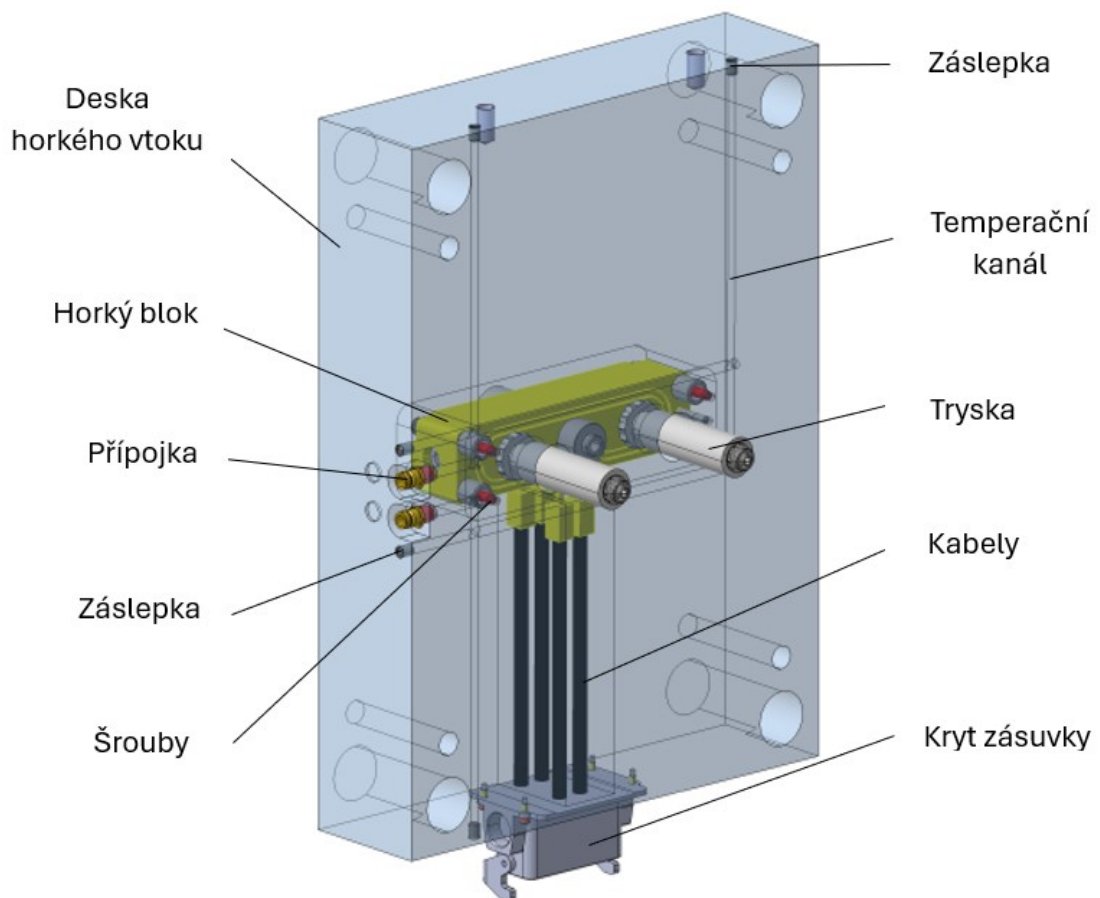
9.6.1 Charakteristika vtokového systému

Vtokový systém umožňuje dopravu taveniny od plastikační jednotky až do dutiny tvarových vložek.

9.6.2 Horký vtokový systém

Pro návrh formy byl zadán horký vtokový systém, protože se u tohoto dílu předpokládá velkosériová výroba, nevyplatilo by se dělat zde studený vtokový systém. Nevýhoda tohoto systému je, že je finančně náročnější, ale naopak výhodou je, že se netvoří vtokové zbytky, tím pádem nejsou nutné dokončovací operace na vyráběných dílech, protože nejsou stopy na výrobcích po vtokových zbytcích. Sníží se i množství polymeru.

Horký vtokový systém se nachází v desce pro horký vtok. Systém se skládá z bloku a ze dvou trysek. Systém je připevněn pomocí šroubů. Horký vtok byl zvolen EH 6000 od firmy MEUSBURGER. Deska je temperovaná.



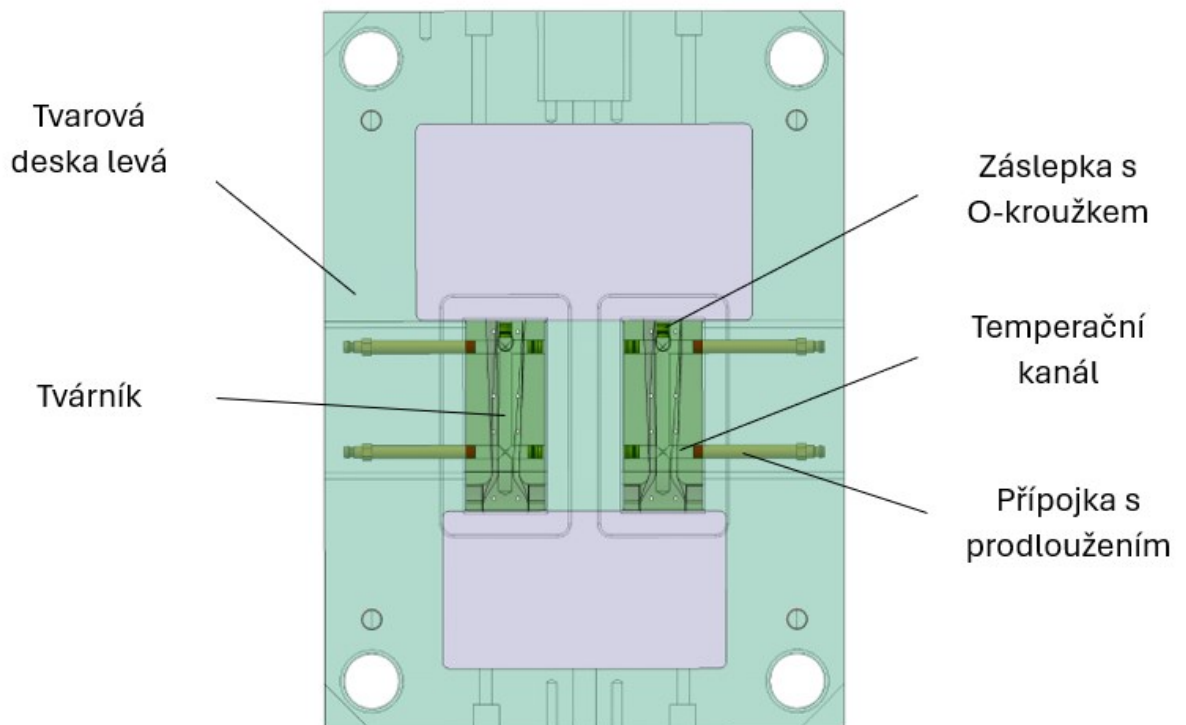
Obrázek 32 Vtokový systém

9.7 Temperační systém

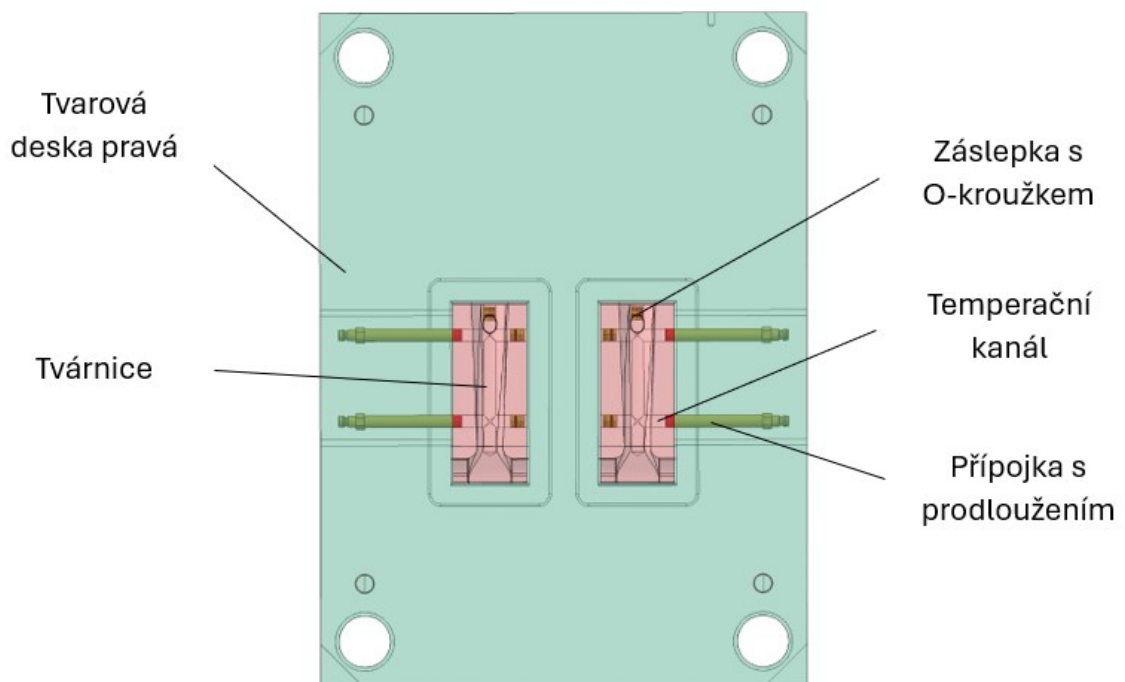
9.7.1 Temperace tvárníku a tvárnice

Temperace u tvárníku a tvárnice byla řešena co nejjednodušším způsobem z hlediska ekonomiky. Byly zvoleny temperační kanálky o průměru 10 mm. Otvory pro temperaci jsou tvořeny systémem vrtaných kanálků. Na výstupu a na vstupu jsou přípojky s prodloužením, na které bude napojený hadicový přívod s médiem – voda.

Na obrázku 33 jde vidět, že přípojky jsou zapuštěny ve tvarové desce, aby nedošlo k jejich poškození. Nežádoucí otvory vrtaných kanálků jsou zaslepeny zásepky průměru 10 mm s O-kroužkem.

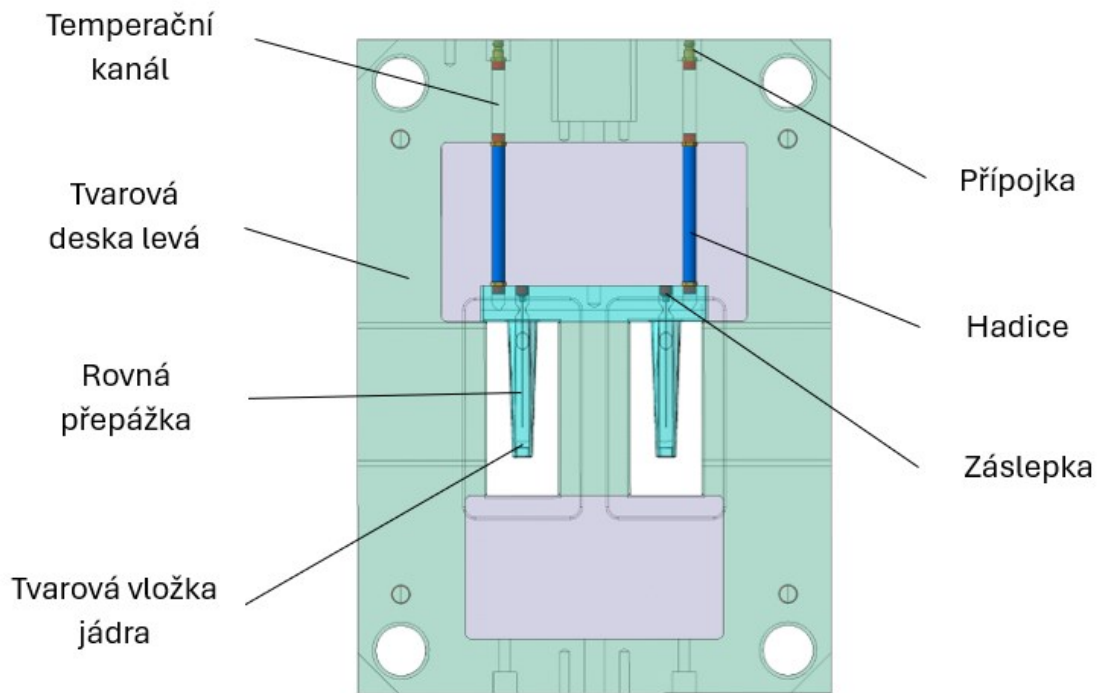


Obrázek 33 *Temperace tvárníku*

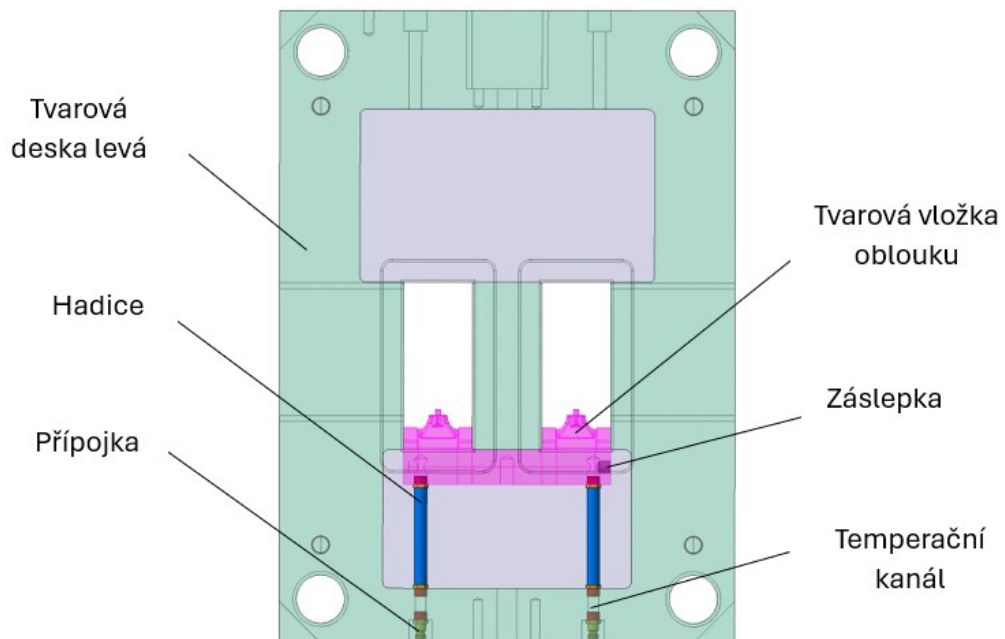
Obrázek 34 *Temperace tvárnice*

9.7.2 Temperace tvarových vložek

Temperace tvarové vložky jádra je řešena vrtanými kanálky o průměru 10 mm tak, jako u tvárníku a tvárnice, akorát zde jsou přípojky bez prodloužení. Přípojky jsou zase zapuštěny ve tvarové formě, díra pro ně je vyfrézována, dále navazují hadice, kterými médium proudí až do tvarové vložky, kde je kanál rozdělen rovnou přepážkou, aby médium stejné teploty nezůstávalo v kanálu a mohlo volně proudit. Přebytečné otvory jsou zaslepeny záslepkou průměru 10 mm.

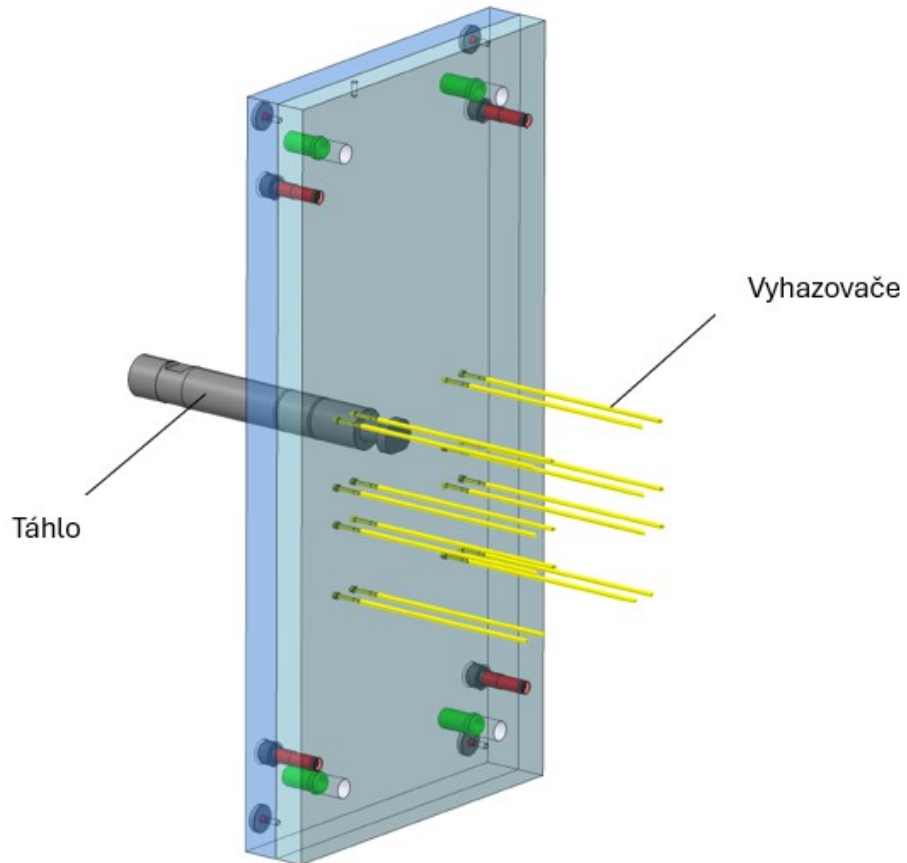
Obrázek 35 *Temperace tvarové vložky jádra*

Temperace tvarové vložky oblouku je řešena podobně jako tvarové vložky jen zde není nutná rovná přepážka. Je tady systém vrtaných kanálů a přebytečné otvory zaslepeny zásepkami. Jsou zde také přípojky bez prodloužení a vyfrézována drážka pro ně. Na přípojky navazují hadice, které vedou médium až do tvarové vložky.

Obrázek 36 *Temperace tvarové vložky oblouku*

9.8 Vyhazovací systém

V tomto případě vyhazovací systém obsahuje 16 vyhazovačů $\varnothing 3$ mm, 8 pro každý díl, protože forma je dvojnásobná. Každý vyhazovač má zfrézovanou plochu tak, aby dosedal přesně na tvarovou plochu dílu. Všechny vyhazovače mají zfrézovanou hlavu, protože musí být zajištěny proti pootočení.



Obrázek 37 Vyhazovací systém

9.9 Manipulační systém

Vstřikovací forma se do stroje bude přepravovat jeřábovým zařízením. Proto jako manipulační zařízení byly zvoleny závěsná oka E1271 se závitem průměru M16 od firmy MEUSBURGER, které jsou našroubovány, do horní části vstřikovací formy, jejich nosnost je 2120 kg, to znamená, že vyhovují pro tento návrh formy. Vyhazovací systém je pojištěn transportním zámkem. Dělicí rovina je také uzamknutá transportním zámkem. Kvůli hydraulickému válci, který je na spodní části formy, tak byly udělány podpěry formy, aby se hydraulický válec nepoškodil při manipulaci.

9.10 Odvzdušnění

Odvzdušnění vstřikovací formy zajišťuje odvod vzduchu z dutiny formy, který tam zůstává po vstříknutí taveniny. Forma bez dostatečného odvzdušnění může mít za následky vadný vyráběný díl. Nejčastěji k úniku vzduchu dochází mezi dělicí rovinnou. Odvzdušnění se řeší tedy tak, že se vytvoří odvzdušňovací kanály.

V tomhle případě, se předpokládá, že vzduch uniká přes vůle vyhazovačů a přes dělicí roviny.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo vypracování 3D konstrukčního návrhu vstřikovací formy pro zadaný plastový díl, včetně výkresové dokumentace s řezy a kusovníkem. Plastový díl byl v tomto případě plastová rukojeť držáku válečku.

Teoretická část byla rozdělena na čtyři hlavní kapitoly, kde se řešila obecná problematika vstřikování, dále bylo popsáno rozdělení plastů taktéž obecná konstrukce vstřikovací formy a dále rozdělení vstřikovacích strojů.

Praktická část byla nejprve zaměřena na návrh konstrukce 3D modelu vstřikovací formy pro zadaný plastový díl. Model byl prováděn v softwaru CATIA V5-6R2020. Jako první byl vymodelován díl pomocí Generative shape design. Další byl vytvořen tvárník a tvárnice, poté byly udělány dvě tvarové vložky. Poté se celá forma vložila ze systému MEUSBURGER včetně vodících čepů, válcových šroubů a centrovacích pouzder. Do rámu formy byly vloženy tvarové vložky, tvárník a tvárnice. Byly přidány spojovací části formy, středící kroužky, zápusťné šrouby, které drží fixaci středících kroužků a izolační desky. Navrhnul se horký vtokový systém, protože se předpokládá, že výroba bude velkosériová. S rámem formy byla vygenerována z katalogu MEUSBURGER deska pro horký vtok, už jen stačil vložit horký vtokový blok do formy, nutné bylo vyřešit napojení kabelů od zásuvky zdroje k horkému vtokovému bloku, zásuvka je připevněna šrouby. Bylo nutné zkonstruovat boční odformování, které mělo být řešeno přes šikmé kolíky, akorát kvůli velkému zdvihu se použily dva hydraulické válce, napojené přes hydraulickou spojku s tvarovými vložkami a zajišťují tak bez problémové odformování. Hydraulické jednotky jsou připevněny šrouby k tvarové desce. Řešen byl dále vyhazovací systém, kde byly navrženy válcové vyhazovače, na každý díl jich je 8. Dohromady tedy 16 vyhazovačů, které dosedají na tvarovou plochu plastového dílu, vyhazovače jsou díky frézované hlavě zajištěny proti pootočení. Vloženo bylo i táhlo, díky kterému může stroj ovládat vyhazovací systém. Poté byla řešena temperace tvárníku, tvárnice a tvarových vložek. Byly přidány zátky, přípojky s prodloužením, bez prodloužení a dvě rovné přepážky do jedné z tvarových vložek, aby mohla kapalina proudit bez problému. Nakonec se přidal manipulační systém, což v tomhle případě byly čtyři závěsná oka, transportní zámky a, aby se nepoškodila hydraulická jednotka, byly přidány čtyři podpěry na spodní část formy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Advanced Injection Molding Technologies* [online]. Hanser Publishers, 2019 [cit. 2024-02-15]. ISBN 978-1-56990-603-3. Dostupné z: https://app.knovel.com/kn/resources/kpAIMT0003/toc?b-q= injection%20moulding%20technology&include_synonyms=no
- [2] AUSPERGER, Aleš. *Technologie zpracování plastů* [online]. Svitavy: Publi, 2016 [cit. 2024-05-14]. ISBN 978-80-88058-77-9. Dostupné z: <https://publi.cz/books/183/Cover.html>
- [3] ČESKÁ SVÁŘEČSKÁ SPOLEČNOST ANB [CWS]. *Plasty – svařování elektrotvarovkou - CEPW* [online]. 2009 [cit. 2024-02-15]. Dostupné z: https://www.cws-anb.cz/docu/texty/0000/000032_course-chapter-1-cz.pdf
- [4] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-802-7106-141.
- [5] TWI LTD. *WHAT IS A THERMOPLASTIC? (DEFINITION AND EXAMPLES)* [online]. 2021 [cit. 2024-02-20]. Dostupné z: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-a-thermoplastic>
- [6] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. Praha: BEN – technická literatura, 2009. ISBN 978-807-3002-503.
- [7] LENDFELD, Petr. *Technologie II. - Vstřikování plastů* [online]. 2013 [cit. 2024-02-13]. Dostupné z: https://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [8] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: teorie a praxe. 2.* Praha: Grada Publishing, 2021. ISBN 978-80-271-1294-4.
- [9] BĚHÁLEK, Luboš. *Polymery* [online]. Publi, 2015 [cit. 2024-02-20]. ISBN 978-80-88058-66-3. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Cover.html>
- [10] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů I. díl – vstřikování termoplastů. 2.* Brno: UNIPLAST BRNO, 1999.
- [11] ENGINEERING PLASTICS VACULA. *Zpracovatelské podmínky* [online]. 2024 [cit. 2024-02-25]. Dostupné z: <https://www.vacula.cz/zpracovatelske-podminky>
- [12] ŠTĚPEK, Jiří, Jiří ZELINGER a Antonín KUTA. *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*. Praha: SNTL, 1989.
- [13] LENDFELD, Petr. *Technologie vstřikování* [online]. Publi, 2015 [cit. 2024-02-29]. ISBN 978-80-88058-72-4. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/Cover.html>
- [14] FATRA. *PVC granulát* [online]. 2024 [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://www.fatra.cz/produkty/pvc-granulat/>
- [15] SEIDL, Martin. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů* [online]. Publi, 2015 [cit. 2024-03-02]. ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/Cover.html>
- [16] BOBEK, Jiří. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. Publi, 2015 [cit. 2024-03-02]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Cover.html>
- [17] OWEN KAZMER, David. *Injection Mold Design Engineering* [online]. 3. Hanser Publishers, 2022 [cit. 2024-03-05]. ISBN 978-1-56990-891-4. Dostupné z:

- https://app.knovel.com/kn/resources/kpIMDE0011/toc?b-content-type=book%2Ctsection&b-q=mold%20design&include_synonyms=no
- [18] ŘEHULKA, Zdeněk. *Konstrukce vylisku z plastů a forem pro zpracování plastů*. Brno: CERM, 2013. ISBN 978-80-7204-833-5.
- [19] BEAUMONT, John P. *Runner and Gating Design Handbook* [online]. 3. Munich: Hanser Publishers, 2019 [cit. 2024-04-19]. ISBN 978-1-5231-2685-9. Dostupné z: https://app.knovel.com/kn/resources/kpRGDHTSI1/toc?b-content-type=book&b-q=injection%20system%20mould&cid=kpRGDHTSI1&include_synonyms=no
- [20] DANGEL, Rainer. *Injection Moulds for Beginners* [online]. Munich: Hanser Publishers, 2016 [cit. 2024-05-05]. ISBN 978-1-56990-632-3. Dostupné z: https://app.knovel.com/kn/resources/kpIMB00004/toc?b-content-type=book&b-q=injection%20mold&include_synonyms=no&q=injection%20mold&sort_on=default
- [21] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů II. díl – vstřikování termoplastů*. Brno: UNIPLAST BRNO, 1999.
- [22] NITRIDED EJECTOR PIN – OXIDATION COATED FROM 1.2343. In: *MEUSBURGER* [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://www.meusburger.com/CS/CZ/die-casting/die-casting-component-ejector-and-contour-core-pin>
- [23] Ovládání stírací desky. In: *Svoboda* [online]. [cit. 2024-05-14]. Dostupné z: <https://jansvoboda.cz/ovladani-stiraci-desky-c71901>
- [24] DASSAULT SYSTÈMES. *CATIA V5-6R2020* [online]. [cit. 2024-05-17]. Dostupné z: <https://www.3ds.com/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|-----------------|-----------------------------|
| 3D | trojrozměrný prostor |
| PS | polystyren |
| PVC | polyvinylchlorid |
| ABS | akrylonitrilbutadienstyren |
| PE | polyethylen |
| PA | polyamid |
| PP | polypropylen |
| °C | stupeň Celsia |
| T _g | teplota skelného přechodu |
| E | modul pružnosti v tahu |
| T | teplota |
| T _m | teplota roztavení materiálu |
| IT | třída přesnosti |
| M | metrický závit |
| mm | milimetr |
| % | procento |
| 2D | dvojrozměrný prostor |
| g | gram |
| MPa | megapascal |
| kN | kilonewton |
| kg | kilogram |
| L/D | délka lomenu průměr |
| cm ³ | centimetr krychlový |
| kW | kilowatt |
| CAD | computer aided design |

CAM computer aided manufacturing

CAE computer aided engineering

bar barometrický tlak

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obrázek 1 <i>Schéma procesu vstřikování</i> [2] | 12 |
| Obrázek 2 <i>Rozdělení polymerů</i> | 13 |
| Obrázek 3 <i>Struktura termoplastů</i> [6] | 14 |
| Obrázek 4 <i>Oblast využití u amorfních plastů</i> [10] (<i>Vlastní zpracování</i>) | 15 |
| Obrázek 5 <i>Oblast využití u semikrystalických plastů</i> [10] (<i>Vlastní zpracování</i>) | 15 |
| Obrázek 6 <i>Zátka vyráběna použitím nadouvadel</i> [9] | 16 |
| Obrázek 7 <i>Vzorník barev (organických)</i> [9] | 17 |
| Obrázek 8 <i>Granulát pro vstřikování</i> [14] | 18 |
| Obrázek 9 <i>Vstřikovací cyklus</i> [7] | 20 |
| Obrázek 10 <i>Vstřikovací stroj</i> [16] | 21 |
| Obrázek 11 <i>Vstřikovací jednotka</i> [15] | 22 |
| Obrázek 12 <i>Hydraulická uzavírací jednotka</i> [15] | 23 |
| Obrázek 13 <i>Hydraulická čerpadla</i> [15] | 24 |
| Obrázek 14 <i>Vstřikovací forma</i> [16] | 25 |
| Obrázek 15 <i>Různé řešení vyhřívané trysky</i> [16] | 32 |
| Obrázek 16 <i>Vyhazovací systém formy</i> [16] | 33 |
| Obrázek 17 <i>Válcový vyhazovač, nitridovaný</i> [22] | 34 |
| Obrázek 18 <i>Hydraulický válec</i> [23] | 35 |
| Obrázek 19 <i>Umístění od vzdušňovacích kanálů</i> [16] | 37 |
| Obrázek 20 <i>Systém plochých přepážek</i> [16] | 37 |
| Obrázek 21 <i>Úkosy</i> [16] | 41 |
| Obrázek 22 <i>Vliv tloušťky žebra na deformaci</i> [16] | 41 |
| Obrázek 23 <i>Vyráběný díl</i> | 46 |
| Obrázek 24 <i>Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 S</i> | 47 |
| Obrázek 25 <i>Celková sestava formy</i> | 49 |
| Obrázek 26 <i>Levá (pohybová) strana formy</i> | 50 |
| Obrázek 27 <i>Pravá (pevná) strana formy</i> | 51 |
| Obrázek 28 <i>Dělicí roviny vyráběného dílu</i> | 52 |
| Obrázek 29 <i>Tvárník a tvárnice</i> | 53 |
| Obrázek 30 <i>Tvarové vložky</i> | 54 |
| Obrázek 31 <i>Hydraulický systém</i> | 55 |
| Obrázek 32 <i>Vtokový systém</i> | 56 |
| Obrázek 33 <i>Temperace tvárníku</i> | 57 |
| Obrázek 34 <i>Temperace tvárnice</i> | 58 |

| | |
|--|----|
| Obrázek 35 <i>Temperace tvarové vložky jádra</i> | 59 |
| Obrázek 36 <i>Temperace tvarové vložky oblouku</i> | 59 |
| Obrázek 37 <i>Vyhazovací systém</i> | 60 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| Tabulka 1 <i>Parametry materiálu</i> | 46 |
| Tabulka 2 <i>Parametry uzavírací jednotky</i> | 47 |
| Tabulka 3 <i>Parametry vstřikovací jednotky</i> | 48 |

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Materiálový list vyráběného dílu

Příloha P II: Technická data stroje ARBURG ALLROUNDER 470 S

Příloha P III: Výkresová dokumentace řezů formou včetně kusovníku

Příloha P IV: CD disk s přílohou 3D modelu vstřikovací formy

PŘÍLOHA P I: VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE ŘEZŮ FORMOU VČETNĚ KUSOVNÍKU

PP MOSTEN® GB 218 TECHNICKÝ LIST

HOMOPOLYMER PRO VSTŘIKOVÁNÍ A VLÁKNA

MFR (230/2,16): 18 g/10 min

MOSTEN GB 218 je polypropylen vyráběný v Unipetrolu RPA technologií INNOVENE™ PP.

CHARAKTERISTIKA

- AGF stabilizace
- bezftalátový
- splňuje EN 71-3.9 Bezpečnost hraček
- splňuje Evropský škopis 9 (Ph. Eur. 9, 3.1.3)

MEZINÁRODNÍ OZNAČENÍ

- ISO 19069-PP-H,G,16-02-200

APLIKACE

- technické díly
- domácí potřeby
- uzávěry
- multifilamenty
- sítě
- výroba kompaundů

MATERIÁLOVÉ VLASTNOSTI (typické hodnoty, netvoří specifikaci daného typu)

| PARAMETR | ZKUŠEBNÍ METODA | JEDNOTKA | HODNOTA |
|---------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------|
| REOLOGICKÉ VLASTNOSTI | | | |
| Index toku taveniny (230 °C/2,16 kg) | ISO 1133-1 | g/10 min | 18 |
| Vyrobni smrtěni podélně | ISO 294-3,4 | % | 1,76 |
| Vyrobni smrtěni napříč | | | 1,93 |
| MECHANICKÉ VLASTNOSTI | | | |
| Modul pružnosti v ohybu | ISO 178 | MPa | 1550 |
| Modul pružnosti v tahu | ISO 527-1,2 | | 1450 |
| Napětí na mezi kluzu | | | 34 |
| Prodloužení na mezi kluzu | | % | 9 |
| Celková tažnost | | | 250 |
| Křipový modul v tahu (5 MPa) 1 h | ISO 899-1 | MPa | 1000 |
| 1000 h | | | 450 |
| Vrubevá houževnatost Charpy při 23 °C | ISO 179-1 | kJ/m ² | 3 |
| TEPELNÉ VLASTNOSTI | | | |
| Teplota tání (DSC) | ISO 11357-1,3 | °C | 168 - 172 |
| Teplota měknutí dle Vicata (VST) | ISO 306 | | 153 |
| HDT (1,8 MPa) | ISO 75-1,2 | | 55 |
| OSTATNÍ VLASTNOSTI | | | |
| Tvrdost Shore D | ISO 868 | - | 66 |

ZPRACOVATELSKÉ PODMÍNKY

| PARAMETR | DOPORUČENÁ HODNOTA | JEDNOTKA |
|------------------|---------------------------------|----------|
| Teplota taveniny | 200 - 280 | °C |
| Teplota formy | 20 - 60 | |
| Dotlak | (60 - 80) % vstřikovacího tlaku | % |
| Délka šneku | (15 - 25) d* | - |

* Průměr šneku

Vydal: Odbor Product Intelligence - Polyolefíns
Nahrazuje vydání z: 14. 11 2019

tel.: 476 162 912
Platnost od: 01. 02. 2021

MOSTEN® je registrovaná ochranná známka ORLEN Unipetrol RPA s.r.o.



PP MOSTEN®

TECHNICKÝ LIST

VZHLEDOVÉ VLASTNOSTI

PP MOSTEN neobsahuje žádné mechanické nečistoty. Je dodáván v podobě přírodního granulátu. Typická délka pelet se pohybuje v rozmezí (2 – 7) mm, typické rozmezí sypané hmotnosti PP MOSTEN je (450 – 600) kg/m³.

TEPLOTNÍ VLASTNOSTI

PP MOSTEN se vyznačuje dobrými tepelně-izolačními vlastnostmi. Oblast teplot tání krystalického podílu homopolymeru je (162 - 166) °C, kopolymeru (140 - 167) °C. Teplota skelného přechodu T_g homopolymeru je cca -10 °C. Se snižující se teplotou klesá houževnatost materiálu a pod teplotou -20 °C je materiál již značně křehký. V oblasti záporných teplot je vhodnější použít kopolymer, které mají obecně teplotu skelného přechodu T_g posunutou k výrazně nižším hodnotám než homopolymer. V oblasti vysokých teplot lze PP MOSTEN používat trvale do 100 °C, tepelně stabilizované typy až do 105 °C. Stupeň tepelné stability všech typů PP MOSTEN je takový, že při obvyklém způsobu zpracování nedochází k významné degradaci materiálu.

FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ VLASTNOSTI

PP MOSTEN je díky svému nepolárnímu charakteru v širokém rozsahu teplot a koncentrací chemicky velmi stálý vůči roztokům anorganických solí, kyselin a zásad. Neodolává oxidačním činidlům (koncentrovaná kyselina dusíčná, oleum, halogeny, apod.), v halogenovaných aromatických uhlovodících a v některých rozpouštědlech za zvýšených teplot bobtná. Navlhavost a nasákavost PP MOSTEN je velmi malá (0,2 %). Sorpce vody se týká pouze povrchu materiálu, lze ho proto použít i v prostředí s proměnnou relativní vlhkostí, aniž by docházelo k rozměrovým změnám výrobků či změnám mechanických vlastností. Při zpracování PP MOSTEN může působit obtížná vlhkost, zkondenzovaná při přenosu materiálu z prostředí chladnějšího do prostředí teplejšího. Při teplotách skladování nižších než 20 °C se doporučuje kondicionovat materiál min. 24 hodin před vlastním zpracováním ve výrobní hale.

ZDRAVOTNÍ NEZÁVADNOST

PP Mosten splňuje požadavky těchto nařízení a předpisů, v platném znění:

- Zákona č. 152/1995 Sb.;
- Vyhlášky MZ ČR č. 38/2001 Sb.;
- Nařízení Evropského Parlamentu (EP) a Rady (ES) č. 1935/2004;
- Nařízení Komise (EU) č. 10/2011;
- Nařízení EP a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) – při výrobě tohoto typu PP MOSTEN nebyly použity žádné ftaláty.

POŽÁRNÍ A BEZPEČNOSTNĚ-TECHNICKÉ CHARAKTERISTIKY

PP MOSTEN není podle nařízení EP a Rady (ES) č. 1272/2008 (CLP) klasifikován jako nebezpečná látka, ani nespĺňuje žádnou z dalších podmínek uvedených v čl. 31 nařízení EP a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH), a proto se na něj nevztahuje povinnost poskytovat příjemci bezpečnostní list. Povinné informace o produktu podle čl. 32 nařízení EP a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) a další údaje jsou uvedeny ve „Sdělení“ výrobce. Dokument je k dispozici na www.unipetrolpa.cz nebo na vyžádání.

SKLADOVÁNÍ A MANIPULACE

PP MOSTEN se dodává v polyetylenových pytlích (>PE-LD<) o hmotnosti 25 kg. Pytle jsou uloženy v počtu 55 kusů na paletách, fixovaných smrtšovací fólií (>PE-LD<). Fólie chrání výrobek proti poškození a zvyšuje jeho životnost. Ložené palety jsou určeny ke stohování do 2 vrstev, výjimečně do 3 vrstev, PP MOSTEN může být alternativně dodáván volně ložený v autocisternách. Jiný způsob balení nebo dopravy je možný na základě dohody s odběratelem. PP MOSTEN je skladován v suchém, větraném, zastřeženém skladu, jehož prostory jsou chráněny před přímými účinky slunečního záření. Doporučené rozmezí teplot ve skladu je -20 °C až +50 °C. Vzdálenost od zdroje tepla musí být nejméně 1 m. Doporučená doba skladování PP MOSTEN v uzavřených obalech za stanovených podmínek skladování je až 1 rok. Při delším skladování je vhodné ověřit vlastnosti materiálu před jeho zpracováním.

OBALY

Obaly, použité výrobcem pro balení materiálu PP MOSTEN splňují požadavky § 3 a 4 zákona č. 477/2001 Sb. o obalech, v platném znění. Obaly jsou navrženy a vyrobeny podle technických předpisů pro hmotnost a objem výrobků, pro které jsou určeny. Materiál obalů neobsahuje klasifikované nebezpečné látky. Součet obsahu těžkých kovů v obalu (olovo, kadmium, rtuť a šestmocný chrom) nepřekračuje limitní hodnotu 100 ppm. Doporučené zařazení podle Katalogu odpadů - č. 15 01 02 (plastové obaly), č. 15 01 03 (dřevěné palety). Doporučené způsoby využití odpadů: materiálové využití, energetické využití.

POKYNY PRO NAKLÁDÁNÍ S ODPADEM ZE ZPRACOVÁNÍ PP

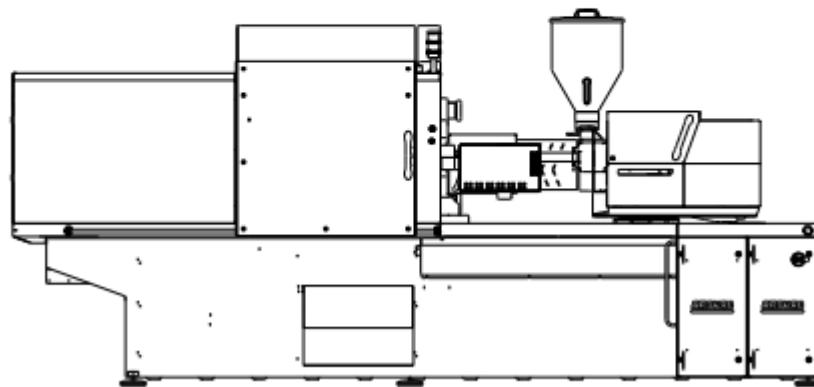
Výrobky z PP MOSTEN a neznečištěný odpad, který vzniká při jeho zpracování, lze recyklovat a dále zpracovat na technické výrobky. V souladu s ČSN 77 0052-2 a ČSN EN ISO 11469 se pro polypropylen používá druhová materiálová značka >PP<. Materiálové značení na výrobcích z polyetylenu usnadňuje identifikaci materiálu při sběru, třídění, využití či odstraňování uživatelského odpadu. PP MOSTEN z produkce Unipetrol RPA neobsahuje olovo, kadmium, rtuť ani šestmocný chrom, přičemž součet koncentrací těchto těžkých kovů nepřesahuje 100 ppm. Odpad z PE MOSTEN zařazuje původce odpadu dle platné legislativy. Doporučené zařazení podle Katalogu odpadů - č. 07 02 13. Doporučené způsoby využití odpadů: materiálové využití, energetické využití.

Vydal: Odbor Product Intelligence - Polyolefins tel.: 476 162 912
Nahrazuje vydání z 14. 11. 2019 Platnost od: 01. 02. 2021

MOSTEN® je registrovaná ochranná známka ORLEN Unipetrol RPA s.r.o.



PŘÍLOHA P I: TECHNICKÁ DATA STROJE ARBURG ALLROUNDER 470 S



ALLROUNDER 470 S

Distance between tie bars: 470 x 470 mm

Clamping force: 800, 1000, 1100 kN

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

ARBURG

TECHNICAL DATA | 470 S

| Clamping unit | | 470 S | | |
|-----------------------------------|---------------------|-----------------|------|------|
| with clamping force | max. kN | 800 | 1000 | 1100 |
| Opening force stroke | max. kN mm | 255 500 | | |
| Mould height, fixed variable | min. mm | 250 — | | |
| Platen daylight fixed variable | max. mm | 750 — | | |
| Distance between tie bars (a x b) | mm | 470 x 470 | | |
| Mould mounting platens (a x b) | max. mm | 637 x 637 | | |
| Weight of movable mould half | max. kg | 760 | | |
| Ejector force stroke | max. kN mm | 40 175 | | |
| Dry cycle time EUROMAP 2 | 1 pump min. s - mm | 2,3 2,1 - 329 | | |
| | 2 pumps min. s - mm | 1,8 - 329 | | |
| | Accum. min. s - mm | 1,5 - 329 | | |

| Injection unit | | 170 | | | 290 | | | 400 | | |
|--|---------------------------------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|------|------|
| with screw diameter | mm | 25 | 30 | 35 | 30 | 35 | 40 | 35 | 40 | 45 |
| Effective screw length | LD | 24 | 20 | 17 | 23,3 | 20 | 17,5 | 23 | 20 | 18 |
| Screw stroke | max. mm | 120 | | | 150 | | | 160 | | |
| Calculated stroke volume | max. cm ³ | 59 | 85 | 115 | 106 | 144 | 188 | 154 | 201 | 254 |
| Shot weight | max. g PS | 54 | 77 | 105 | 97 | 132 | 172 | 141 | 184 | 232 |
| Material throughput | max. kgh PS | 10 | 13,5 | 16 | 17 | 20,5 | 24,5 | 25 | 29 | 35 |
| | max. kgh PA6.6 | 5 | 7 | 8 | 8,5 | 10,5 | 12,5 | 12,5 | 15 | 17,5 |
| Injection pressure | max. bar | 2500 | 2000 | 1470 | 2500 | 2000 | 1530 | 2500 | 2000 | 1580 |
| Holding pressure | max. bar | 2500 | 2000 | 1470 | 2500 | 2000 | 1530 | 2500 | 2000 | 1580 |
| Injection flow 2 | 1 pump max. cm ³ /s | 120 | 172 | 236 | 130 | 178 | 232 | 128 | 168 | 212 |
| | 2 pumps max. cm ³ /s | 120 | 172 | 236 | 130 | 178 | 232 | 128 | 168 | 212 |
| | Accum. max. cm ³ /s | 216 | 312 | 424 | 316 | 430 | 562 | 492 | 642 | 814 |
| Screw circumferential speed 2 | 1 pump max. m/min | 49 50 | 59 60 | 69 70 | 46 51 | 54 60 | 62 69 | 47 | 53 | 60 |
| | 2 pumps max. m/min | 49 50 | 59 60 | 69 70 | 46 51 | 54 60 | 62 69 | 47 | 53 | 60 |
| | Accum. max. m/min | 14 | 17 | 19 | 20 | 24 | 27 | 16 | 19 | 21 |
| Screw torque | max. Nm | 210 | 250 | 290 | 320 | 380 | 430 | 480 | 550 | 610 |
| Nozzle contact force retraction stroke | max. kN mm | 50 210 | | | 60 240 | | | 60 300 | | |
| Heating capacity zones | kW | 9 5 | | | 7,7 5 | | | 9,7 5 | | |
| Feed hopper | l | 50 | | | 50 | | | 50 | | |

| Drive and connection | | 1 pump | | | 2 pumps | | | Accum. | | | |
|-----------------------------------|-------------|-------------|------|------|-------------|------|------|-------------|-----|-----|----|
| with injection unit | | 170 | 290 | 400 | 170 | 290 | 400 | 170 | 290 | 400 | |
| Net weight of machine | kg | 4500 | 4550 | 4750 | 4500 | 4550 | 4750 | — | | | |
| Sound press. level insecurity * | dB(A) | 66 3 | | | 66 3 | | | 66 3 | | | |
| Oil filling | l | 180 | | | 180 | | | 180 | 180 | 240 | |
| Drive power 2 | max. kW | 18,5 | | | 18,5 | | | 22 | 15 | | |
| Electrical connection 3 | kW | 30 | 27 | 30 | 30 | 27 | 34 | 26 | 24 | 26 | |
| | Total A | 80 | | | 80 | | | 100 | 80 | 63 | 80 |
| | Machine A | — | | | — | | | — | | | |
| | Heating A | — | | | — | | | — | | | |
| Cooling water connection | max. °C | 25 | | | 25 | | | 30 | | | |
| | min. Δp bar | 1,5 DN 25 | | | 1,5 DN 25 | | | 1,5 DN 25 | | | |

| Machine type | | Drive |
|---------------------------------|-------|--------|
| with EUROMAP size designation 1 | | |
| 470 S 800-170 290 | 1 2 | - |
| 470 S 1000-170 290 400 | 1 2 | - |
| 470 S 1100-170 290 400 | - 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 (bar).

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 inst.

[] Specifications apply to alternative equipment.