

Konstrukce formy pro vstřikování technického dílu

Radim Loukota

Bakalářská práce
2021

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Radim Loukota**
Osobní číslo: **T18202**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Konstrukce formy pro vstřikování technického dílu**

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Provedte konstrukci 3D modelu vyráběné součásti.
3. Navrhněte 3D sestavu vstřikovací formy pro výrobu zadané součásti.
4. Nakreslete 2D sestavu 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
KERKSTRA, Randy a Steve BRAMMER. *Injection molding advanced troubleshooting guide*. Munich: Hanser Publishers, [2018], xx, 491 s. ISBN 978-1-56990-645-3

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

Datum zadání bakalářské práce: **5. ledna 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2021**

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

L.S.

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

Ve Zlíně dne 1. dubna 2021

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

Cílem této bakalářské práce je návrh a konstrukce vstřikovací formy pro základnu podsvíceného tlačítka v automobilu značky Škoda.

V teoretické části jsou uvedeny základní atributy vstřikovaných materiálů, vstřikovací technologie, technologických zásad navrhování vstřikovaných výrobků a vstřikovacích forem.

Praktická část se zabývá návrhem a konstrukčním řešením vstřikovací formy pro zadaný plastový výrobek za pomoci 3D softwaru CATIA V5 R19. Výstupem z tohoto programu je 3D model vstřikovaného dílu, vstřikovací forma a výkresová dokumentace. Při konstrukci formy bylo použito normalizovaných součástí od firmy Meusburger.

Klíčová slova: vstřikování plastů, vstřikovací formy, plasty

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is the design and construction of an injection mold for the base of a backlit button in a Škoda car.

The theoretical part presents the basic attributes of injected materials, injection technology, technological principles of designing injected products and injection molds.

The practical part deals with the design and construction of an injection mold for a given plastic product using 3D software CATIA V5R19. The output of this program is a 3D model of the injected part, injection mold and drawing documentation. Standard parts from Meusburger were used in the construction of the mold.

Keywords: injection moulding, injection moulds, plastics

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce doc. Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za odbornou pomoc, užitečné rady a čas, který mi věnoval. Chtěl bych také poděkovat všem nejmenovaným, kteří mi pomohli při tvorbě této práce. Tuto práci bych chtěl věnovat mému dědovi, Jiřímu Zimmermannovi a celé mé rodině, kteří mě podporovali.

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

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| ÚVOD | 9 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 10 |
| 1 VSTŘIKOVÁNÍ | 11 |
| 1.1 KLASIFIKACE PLASTŮ | 11 |
| 1.2 ROZDĚLENÍ TERMOPLASTŮ | 12 |
| 1.3 VSTŘIKOVACÍ STROJ | 14 |
| 1.3.1 Vstřikovací jednotka | 15 |
| 1.3.2 Uzavírací jednotka | 16 |
| 1.3.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje | 17 |
| 1.4 PŘÍPRAVA PLASTŮ PŘED VSTŘIKOVÁNÍM | 17 |
| 1.5 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS | 18 |
| 2 VSTŘIKOVACÍ FORMY | 20 |
| 2.1 KONSTRUKCE PLASTOVÉHO VÝROBKU | 21 |
| 2.1.1 Index toku taveniny | 21 |
| 2.1.2 Dělicí rovina | 21 |
| 2.1.3 Tloušťka stěn | 22 |
| 2.1.4 Zaoblení hran, rohů a koutů | 22 |
| 2.1.5 Úkopy | 23 |
| 2.1.6 Žebra a výztuhy | 24 |
| 2.1.7 Závity | 24 |
| 2.2 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM | 25 |
| 2.3 VTOKOVÉ SYSTÉMY | 26 |
| 2.3.1 Násobnost formy | 27 |
| 2.3.2 Studený vtokový systém | 27 |
| 2.3.3 Vtoková ústí | 28 |
| 2.3.4 Vyhřívaný vtokový systém | 29 |
| 2.4 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM | 30 |
| 2.5 VYHAZOVCÍ SYSTÉMY | 31 |
| 2.6 TEMPEROVÁNÍ FOREM | 33 |
| 2.6.1 Význam temperace vstřikovacích forem | 34 |
| II PRAKTICKÁ ČÁST | 35 |
| 3 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE | 36 |
| 5 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY | 39 |
| 5.1 VOLBA DĚLICÍ ROVINY A ZAFORMOVÁNÍ VÝROBKU | 40 |
| 5.6 VTOKOVÝ SYSTÉM | 45 |
| 5.7 TEMPERAČNÍ SYSTÉM | 46 |
| 5.8 VYHAZOVCÍ SYSTÉM | 48 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 5.9 | ODVZDUŠNĚNÍ FORMY..... | 49 |
| 5.10 | TRANSPORTNÍ ZAŘÍZENÍ | 50 |
| 6 | VSTŘIKOVACÍ STROJ | 51 |
| | ZÁVĚR | 52 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... | 53 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | 56 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 58 |
| | SEZNAM TABULEK..... | 59 |
| | SEZNAM PŘÍLOH..... | 60 |

ÚVOD

S makromolekulárními látkami se lidé znali již odnepaměti, jednalo se však o přírodní polymery. Termín plast je odvozen z řeckého slova „plastein“, což v češtině znamená „tvarovat“. Počátek vstříkovací technologie je v historii spojen se jménem John Wesley Hyatt, který si nechal patentovat celuloid i jeho vstříkování v roce 1870 v USA. [4]

Vstříkování plastů se řadí k jednomu z nejpoužívanějších výrobních procesů. Vstříkováním je možno hromadně vyrábět složité plastové díly různých tvarů s vysokou rozměrovou přesností. [1]

Vstříkování termoplastů je cyklický proces, při kterém je polymer roztaven ve vstříkovací jednotce, který je v principu podobný vytlačovacímu stroji. [1]

Konstruktéři forem musí při návrhu formy brát v úvahu jakost formy v souladu s co nejmenšími výrobními náklady vstříkovací formy. [2]

Je nutné, aby konstruktér vstříkovaného dílu měl základní znalosti o technologických zásadách a řešení problémů vstříkování, dále technických možnostech použitého materiálu v souladu s podmínkami s jeho provozem. Konzultací s plastikáři lze pak nalézt optimální řešení jeho technologičnosti. [8]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikovací technologie je nejrozšířenější technologií pro zpracování plastů, je to proces diskontinuální, cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř každý druh termoplastu. V omezené míře jsou také vstřikovány některé reaktoplasty a kaučuky. [9]

V průmyslové výrobě finálních dílů i polotovarů, které jsou určeny pro další zpracování je vstřikování jednou z nejpoužívanějších technologií. Hlavní výhodou je možnost zhotovení velmi členitých tvarů a rozměrů z velkého množství reaktoplastických i termoplastických materiálů. Tímto způsobem jsou vyráběny součásti i hotové výrobky pro spotřební průmysl, domácnost, nebo automobilový průmysl. Nejmenší díly jsou vyráběny mikrovstřikováním, kde se hmotnost vstřikovaných dílů pohybuje od 0,05 do 15 gramů. Maximální velikost vstřikovaných výrobků je omezena velikostí vstřikovacích strojů. Základem výroby vstřikováním je forma, jejíž tvarová dutina je negativem budoucího výrobku a speciální vstřikovací stroj, který je často konstruován jako šnekový. [10]

Vstřikovací stroj se skládá z pevného rámu, motoru s převodovkou a plastikační jednotku. Na rozdíl od klasické plastikační jednotky u extrudéru má tato jednotka kratší šnek, který kromě rotačního pohybu může působit jako píst a vykonávat pohyb posuvný. [10]

Vstřikovaný polotovar je ve formě granulátu přiváděn do plastikační jednotky, kde se roztaví. Plastikační jednotkou je obecně jednošnekový extrudér, ve kterém se šnek otáčí koaxiálně proti pohybu válce, který je ovládán hydraulicky. Granulát je rotujícím šnekem plastikován na taveninu, která je díky otáčení šneku dopravena do dutiny formy. [3]

Podle konstrukce vstřikovacích jednotek jsou vstřikovací stroje rozděleny na stroje s předplastikací a bez předplastikace. [25]

1.1 Klasifikace plastů

Plasty jsou polymery za standardních podmínek často křehké a většinou tvrdé. [11]

V současnosti se na trhu plastů vyskytuje několik tisíc různých druhů plastů. V technické praxi je však výrazně uplatněno pouze několik desítek druhů plastů. [14]

Při volbě materiálu je potřeba vedle ceny hmoty a vlastností vzít v úvahu i jeho zpracovatelnost, která podstatně ovlivňuje fyzikální a mechanické vlastnosti konečného výrobku, ale i konstrukční řešení nástroje, volbu stroje a technologické podmínky. Jejich

vlastnosti a odolnost polymerů jsou v podstatě definovány jejich chemickou a fyzikální strukturou, ale mohou být do velké míry ovlivněny i zpracovatelským procesem. [14]

Plasty lze dělit podle různých hledisek. Podle teplotního chování, podle působení teploty na:

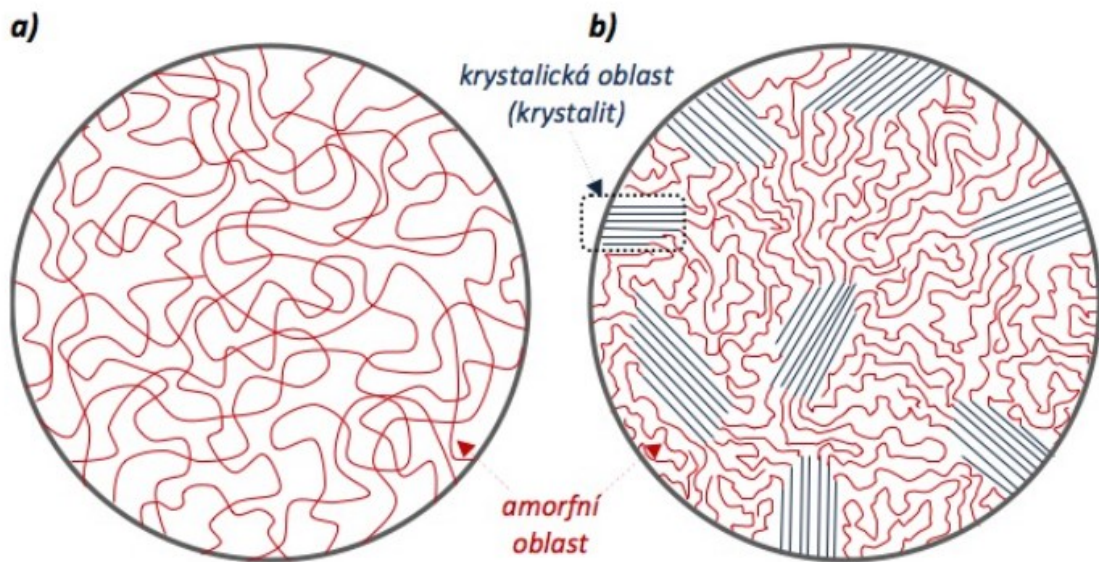
- termoplasty, což jsou polymerní materiály, které ohřevem přechází do plastického stavu, do stavu vysoce viskózních neneutronovských kapalin, kde je lze snadno tvářet a zpracovávat odlišnými technologiemi. Ochlazením pod teplotu tání T_m (semikrystalické plasty), resp. teplotu viskózního toku T_f (amorfní plasty) přechází zpět do pevného stavu. Zahříváním nedochází ke změnám chemické struktury, a proto lze proces měknutí a následného tuhnutí opakovat teoreticky bez omezení. Jde o výhradně fyzikální proces. Mezi termoplasty se řadí většina zpracovávaných hmot, jako je polypropylen (PP), polyethylen (PE), polyvinylchlorid (PVC), polystyren (PS), polyamid (PA), atd. [14]
- reaktoplasty, což jsou polymerní materiály, které taktéž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet jen omezenou dobu. Při dalším zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, k tzv. vytvrzení. Výrobek lze považovat za jednu velkou makromolekulu. Ochlazování reaktoplastů se děje mimo nástroj, protože zajištění rychlého ohřevu formy pro vytvrzení a následného rychlého ochlazení materiálu by bylo obtížné. Tento děj není vratný a vytvrzené plasty nelze rozpustit ani roztavit, dalším zahříváním dochází k rozkladu hmoty (degradaci). Patří sem epoxidové pryskyřice, fenolformaldehydové hmoty, polyesterové hmoty apod. [14]
- kaučuky elastomery a pryže – což jsou polymerní materiály, které taktéž v první fázi zahříváním měknou a lze je tvářet, ale jen omezenou dobu. Při dalším zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, proběhne tzv. vulkanizace. U elastomerů na bázi termoplastů nedochází ke změně chemické struktury, proces měknutí a následného tuhnutí lze opakovat teoreticky bez omezení, proběhne zde výhradně fyzikální děj. [14]

1.2 Rozdělení termoplastů

Nejrozšířenější skupinou plastů jsou termoplasty. Jsou to lineární, či rozvětvené polymery, jejichž řetězce tvoří jen jeden druh základní chemické skupiny a nazýváme je

homopolymer. Další jsou kopolymery, které se skládají z více druhů základních chemických skupin. Termoplasty, z hlediska vnitřní struktury se dělí na [17]:

- amorfní, jejichž řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány,
- semikrystalické, u nichž je důležitá část řetězců pravidelně a těsně uspořádána a tvoří krystalické útvary. Zbytek má uspořádání amorfní.

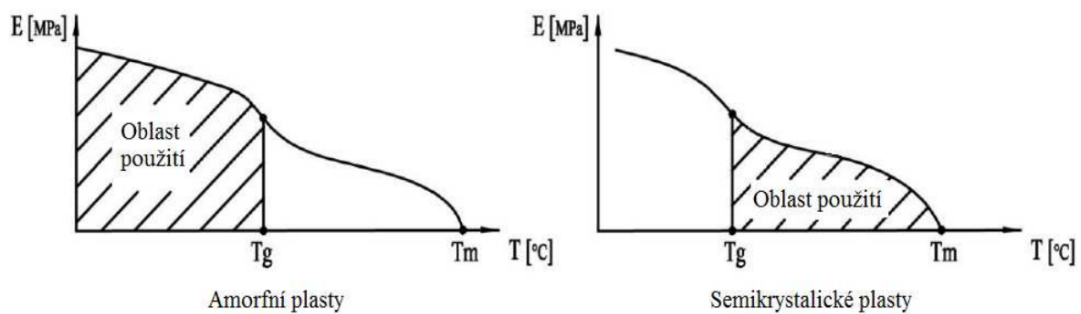


Obr. 1. Schéma nadmolekulární struktury polymerů [16]

a) amorfni; b) semikrystalické

Použití výrobků z amorfních termoplastů se nachází v oblasti pod teplotou skelného přechodu (T_g). V tomto stavu je polymer pevný. Zvýšení teploty nad oblast T_g má za následek postupné slábnutí síly mezi makromolekulami a plast přechází k plastické oblasti, kdy se zpracovává. Při zvyšující se teplotě polymeru narůstá i jeho objem. [17]

V případě semikrystalických plastů jsou části makromolekul vázány pevněji ve sférolitech krystalické fáze a v lamelách. Zvýšením teploty dochází nejdříve k uvolnění části makromolekul z amorfni oblasti a později i z ostatních částí. Tento jev je doprovázen značným objemovým nárůstem. Oblast použití tohoto typu plastu je v oblasti nad teplotou T_g , neboť mají výhodnou kombinaci houževnatosti a pevnosti nad touto teplotou. [17]



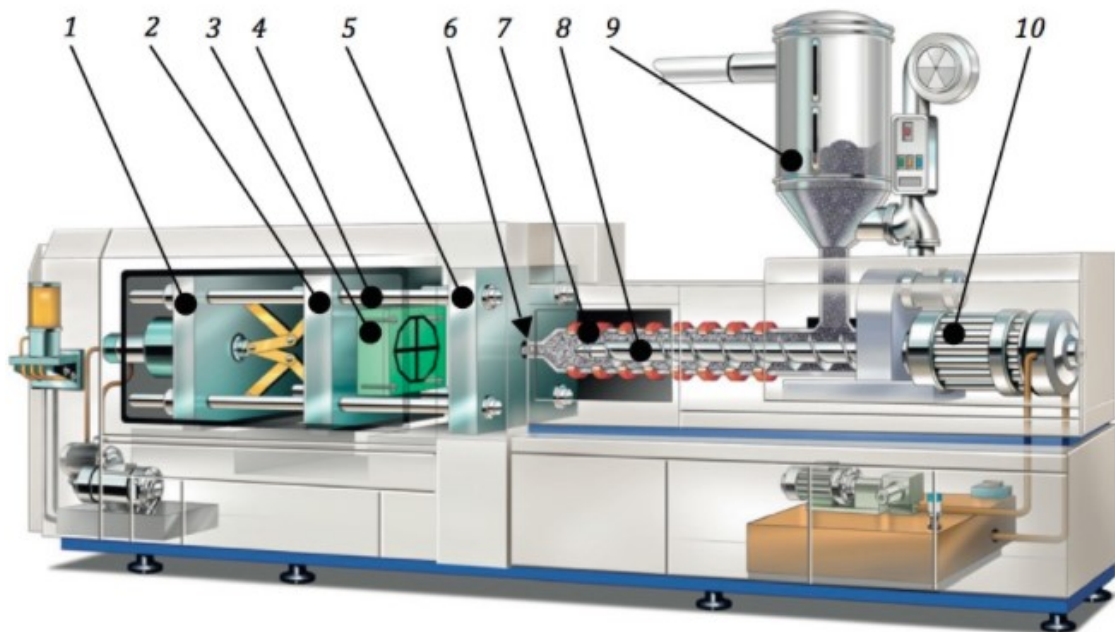
Obr. 2. Oblasti využití u amorfních a semikrystalických plastů [17]

1.3 Vstřikovací stroj

Nutným vybavením pro technologii injekčního vstřikování je kromě stroje také vstřikovací forma (vstřikovací nástroj) a periferní zařízení (temperační jednotka, jejímž úkolem je ovládat a kontrolovat tepelné procesy ve vstřikovací formě). Vzájemná interakce těchto tří základních komponent je ovládána prostřednictvím technologických parametrů, mezi které patří především tlak, teplota, doba, dráha a rychlost. Toto základní vybavení lze rozšířit také o další příslušenství a periférie, kterými jsou například dopravníkové a transportní systémy s integrovaným sušením, roboty, manipulátory apod. [6]

Vstřikovací stroje, jsou primárně určeny pro zpracování polymerních materiálů, zejména v podobě granulí. Směsi a polymery jsou dodávány ve formě prášku, či hmoty těstovinové konzistence. Vstřikovací stroje je možné dělit do skupin dle různých kritérií:

- podle pracovního členu v tavicí komoře vstřikovací jednotky (dělení na pístové vstřikovací stroje a šnekové vstřikovací stroje),
- podle typu zpracovávaného plastu,
- podle počtu desek uzavírací jednotky (třídesekové a dvoudesekové),
- podle rychlosti otáček šneku (rychloběžné, pomaloběžné). [6]



Obr. 3. Vstřikovací stroj [7]

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 – tavicí komora, 8 – šnek, 9 – násypka pro plastový polotovar, 10 – pohonná jednotka šneku

V technické praxi se sestavují hlavně hydraulicko-mechanické, nebo hydraulické stroje, většinou stavebnicového uspořádání s různým stupněm elektronického řízení. Vstřikovací stroj pro přesné výstřiky musí zajistit [3]:

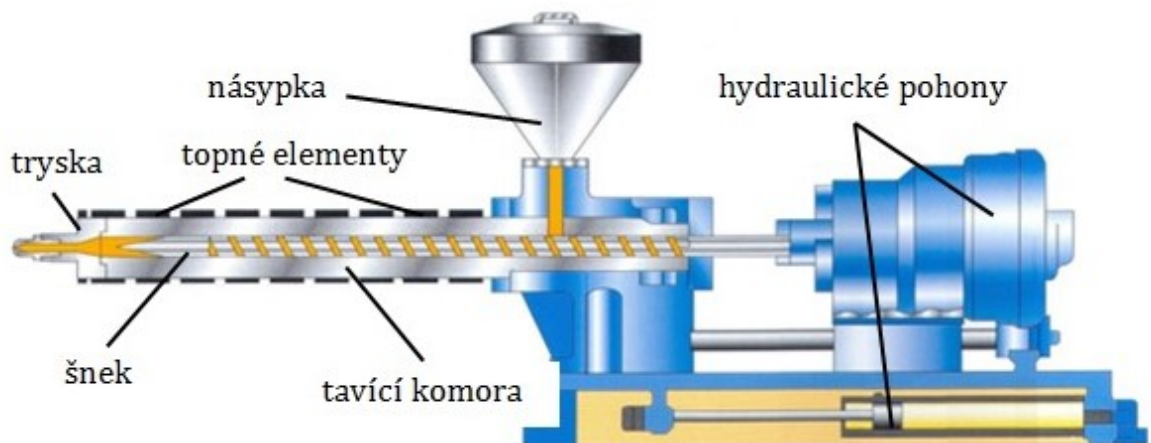
- přesnou reprodukovatelnost technologických parametrů,
- konstantní tlak, teplotu, ostatní parametry a jejich časování,
- tuhost a pevnost.

1.3.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka plní dvě základní funkce; přeměňuje granulát plastu na stejnorodou taveninu o dané viskozitě, vstřikuje taveninu velkým tlakem a vysokou rychlostí do dutiny formy. Úkolem vstřikovací jednotky je převést do plastického stavu co největší množství hmoty v co nejkratším čase a zajistit maximální teplotní homogenitu taveniny. Pohyb plastu v komoře je zajišťován šnekem. Princip činnosti šnekového stroje je následující: Během plastikace se otáčením šneku z hrdla násypky dostává granulovaný plast, který je šnekem

stlačován a je dopravován do vytápěných částí tavicí komory, kde materiál taje jako tavenina a shromažďuje se před čelem šneku. Šnek během otáčení postupuje směrem dozadu. Po dokončení plastikace požadovaného množství plastu se otáčivý pohyb šneku zastaví a šnek se pohybuje dopředu jako píst a vstříkne taveninu do dutiny formy. [9]

Šnek je nejdůležitější částí vstřikovací jednotky včetně dalšího příslušenství. Konstrukce šneku je přizpůsobena činnostem, které šnek vykonává, tzn. Plastikace, dávkování a doprava materiálu, hnětení a vstříknutí do formy. Vývojem vstřikování se došlo od obyčejného šneku k diferenciálnímu šneku, pro který je typický kompresní poměr a ten je definován jako poměr objemu šnekového profilu pro jedno stoupání závitu pod násypkou k objemu profilu v části šneku před tryskou. Kompresní poměr bývá v rozmezí hodnot od 1,5 do 4,5. Změny kompresního poměru lze dosáhnout buď změnou úhlu stoupání závitu, což se vzhledem k obtížnější výrobě používá málo. Nebo změnou průměru jádra šneku, zatímco úhel stoupání je konstantní. [9]



Obr. 4. Vstřikovací jednotka [6]

1.3.2 Uzavírací jednotka

Úkolem uzavírací jednotky je otevírat a zavírat formu dle procesu vstřikování a zajistit uzavření formy takovou silou, aby se tlakem při vstříknutí taveniny forma neotevřela. Při činnosti formy je nutné rozlišit přisunovací a uzavírací sílu. Dnešní moderní stroje mají programovatelnou sílu uzavírání vstřikovací formy a také rychlost. Uzavírací jednotku tvoří tyto hlavní části: opěrné desky, které jsou pevně spojené s ložem stroje, upínací desky s otvorem pro trysku stroje, na kterou je připevněna nepohyblivá část formy, pohyblivé desky, na kterou je upnuta pohyblivá část formy, vedení pro pohyblivou desku, z uzavíracího a přidržovacího mechanismu. U vstřikovacích strojů jsou v dnešní době používány různé uzavírací systémy, které např. mohou být konstruovány jako hydraulické, mechanické, nebo

jako kombinace hydraulického a mechanického způsobu. V současnosti se jsou používány i elektrické systémy. Uzavírací a vstřikovací jednotky mají vůči sobě určitou polohu. Nejčastější uspořádání u vstřikovacích strojů je horizontální poloha uzavírací i vstřikovací jednotky, tedy vstřikování kolmo na dělicí rovinu formy. [9]

1.3.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

Pro dosažení vysoké produktivity, kvality a její opakovatelnosti je nezbytné přesné řízení všech technologických parametrů. Na základě technologických zkoušek jsou optimalizovány ideální parametry výroby. S využitím simulačních softwarů, nebo na základě obsluhy jsou stanoveny výchozí hodnoty. [6]

1.4 Příprava plastů před vstřikováním

Obecně nelze plasty bezprostředně zpracovávat v hotové výrobky, musí nejdříve projít technologiemi přípravného zpracování, kdy jsou do plastů přidávány různé přísady, nebo se odstraňují těkavé podíly, voda apod. Dochází k ovlivnění chemické a fyzikální struktury plastů. Tyto technologie se potom označují jako technologie přípravného zpracování a představují mezistupeň mezi vlastním zpracováním a výrobou polymeru. Patří sem technologie granulace, tabletování, míchání a hnětení, sušení, recyklace a doprava materiálu. [9]

Pokud jsou plasty vystaveny vlhkosti, tak většina plastů má tendenci ji pohlcovat (absorbovat). To platí pro plast v jakékoliv formě, jak ve formě pelet před zpracováním, nebo ve formě hotového výrobku. Takovéto plasty se označují jako hygroskopické, nebo hydrofilní. Plasty, které neabsorbují vlhkost se nazývají hydrofobní. Typickým příkladem hydrofilních plastů jsou nylony. Nylonové části absorbují vlhkost a mění rozměry vstřikovaného dílu v závislosti na vlhkosti. Protože nylonová část absorbuje vlhkost, tak může nabobtnat ve fyzické velikosti, což způsobí, že se změní rozměry vstřikovaného dílu. I přesto, že nemůžeme odstranit vlastnost absorpce vlhkosti, tak existuje způsob na odstranění nadbytečné vlhkosti. Tento způsob odstranění nadbytečné vlhkosti je nutné použít, aby bylo možné vyrobit požadovanou část z hlediska tvaru a rozměru výsledné součásti. Každý plast má přijatelnou úroveň vlhkosti, kterou když překročí, tak nastává problém se zpracováním taveniny. [13]

1.5 Vstřikovací cyklus

Před začátkem vstřikovacího procesu je nutno umístit na vstřikovací stroj vstřikovací formu a vytemperovat na provozní teplotu a zároveň v plastikační jednotce připravit dostatečné množství taveniny pro výrobu požadovaného dílu. [10]

Proces výroby je zahájen uzavřením vstřikovací formy. Pohyblivá část vstřikovací formy je přisunuta uzavírací jednotkou stroje vstřikovací formy k nepohyblivé části formy a poté je forma stlačena uzavírací silou, která zabrání otevření formy během fáze vstřiku taveniny. [10]

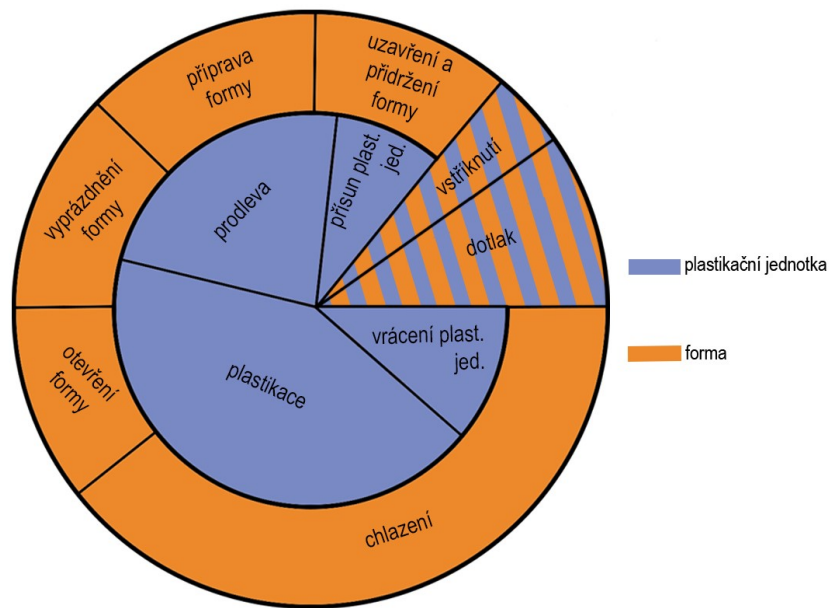
Plastikační jednotka je přisunuta ke vtokové vložce na uzavřené formě a je zakončena tryskou. Tavenina je poté axiálním pohybem šneku vstřikována do dutiny formy, kterou zcela naplní a zaujme její tvar. Tato fáze se obecně označuje jako vstřikování. [10]

Následuje fáze dotlaku pro snížení rozměrových změn a snížení smrštění. Při ochlazování ve formě roztavený plast zmenšuje svůj objem. Aby se na hotovém výrobku eliminoval vznik povrchových vad, tzv. propadlin, a vnitřních vad, tzv. staženin, je potřeba doplňovat tekutý materiál do nezchladlých míst. Velikost dotlaku je závislý na druhu plastu a čas dotlaku je nejvíce ovlivněn tloušťkou stěny vstřikovaného dílu. Příliš krátký a malý dotlak způsobuje staženiny a propadliny. Při použití vysokého dotlaku vznikají problémy s odformováním výrobků z formy a s deformacemi dílů (velké vnitřní pnutí). [10]

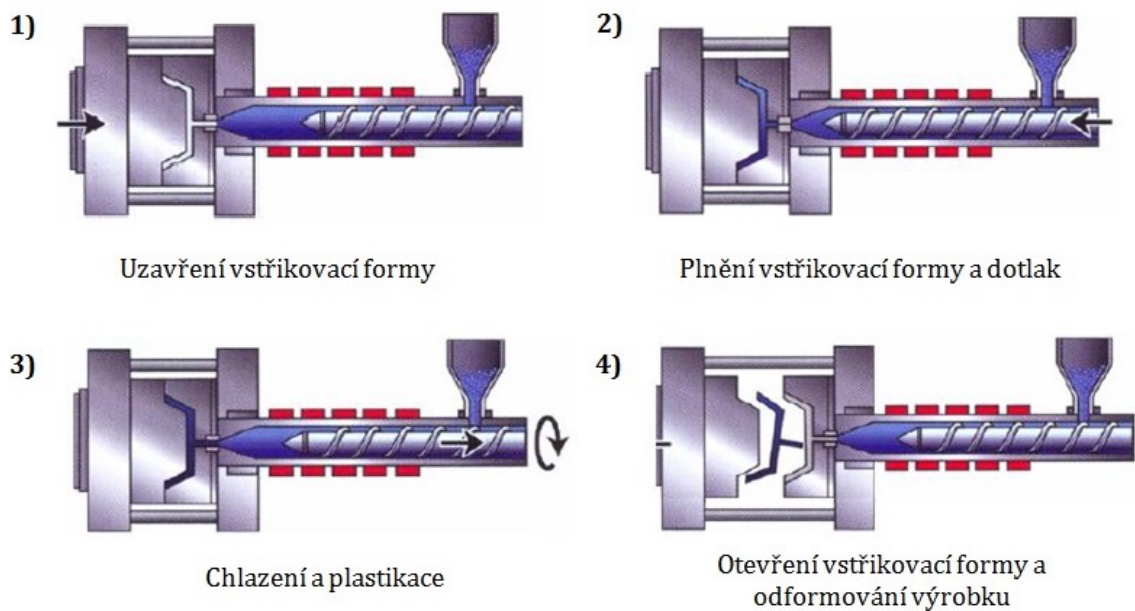
Po skončení dotlaku následuje příprava taveniny pro další vstřikovací cyklus, kterému se říká plastikace. V plastikační jednotce se otáčí šnek a přesouvá granulovaný plast od násypky vstřikovacího stroje. Během otáčení šneku dochází k tavení granulátu díky teplu, které je plastu dodáno od povrchu komory a vlivem tření o povrch šneku a vstřikovací komory. Šnek se současně posouvá dozadu a vstřikuje zplastikovaný materiál před sebe směrem k trysce. [10]

Poté následuje fáze chlazení, během které je stroj v klidu. Dochází k ochlazování plastu ve formě, dokud plast neztuhne v konečný výrobek. Chlazení výstřiku je uskutečněno částečně ve formě a částečně mimo ni, z důvodu dosažení větší přesnosti na chladících přípravcích. [10,3]

V následující fázi, otevírání formy, otevře uzavírací jednotka formu podle dělicí roviny a vyrobený díl je vysunut pomocí vyhazovacího systému nebo z ní vypadne. Úplný vstřikovací cyklus končí impulsem pro uzavření formy na výrobu dalšího dílu. [10]



Obr. 5. Vstřikovací cyklus [3]

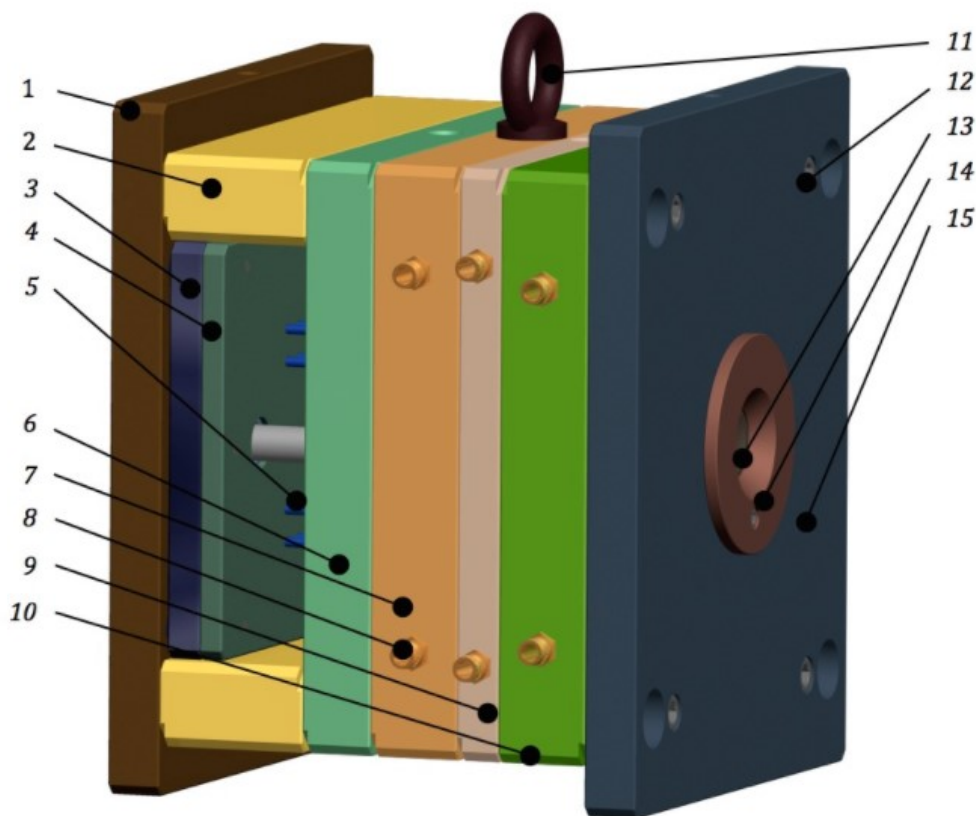


Obr. 6. Schéma vstřikovacího cyklu šnekových vstřikovacích strojů [14]

2 VSTŘIKOVACÍ FORMY

Vstřikovací forma je úplný systém, který musí splňovat současně spoustu požadavků vycházejících z procesu vstřikování termoplastů. Hlavní funkcí formy je doprava roztaveného polymeru do dutiny formy a její naplnění. Tvar budoucího výstřiku odpovídá tvaru dutiny formy. Druhotnou funkcí vstřikovací formy je účinný odvod tepla přivedeného taveninou polymeru. Dále musí vstřikovací forma musí zajišťovat rychlé, bezpečné a v krátké periodě opakující se vyjmutí dílu. [7]

Vstřikovací formy jsou vystaveny velkému mechanickému zatížení, u nichž je možná jen pružná deformace. Při řešení je třeba vzít v úvahu především druh vstřikovaného materiálu a velikost výrobní série. Je nutné přihlídnout k možnostem navrhovaného výrobního zařízení a k požadavkům na produktivitu práce a kvalitu výrobků. [3]



Obr. 7. Uzavřená vstřikovací forma [7]

1 – upínací deska pohyblivé části, 2 – rozpěrná deska, 3 – vyhazovací deska kotevní, 4 – přidržovací vyhazovací deska, 5 – vyhazovač, 6 – opěrná deska, 7 – mezideska, 8 – přípojka temperace, 9 – kotevní (tvarová)deska levá, 10 – kotevní(tvarová) deska pravá, 11

– manipulační oko, 12 – hlavní montážní šrouby, 13 – vtoková vložka, 14 – středící kroužek pevné části vstřikovací formy, 15 – upínací deska pevné části.

2.1 Konstrukce plastového výrobku

Nejdůležitější částí realizace plastového dílu je jeho správná konstrukce, a to jak z hlediska vstřikovacího, tak z pohledu funkčního. Správně koncepčně řešená forma a optimální technologie výroby, již prvotní nedostatky konstrukce dílu neodstraní. Konstrukce výstřiku musí splňovat v zásadě dvě hlavní hlediska [8]:

- funkci plastového dílu v určitém zařízení,
- estetické, užitné a bezpečnostní hlediska.

V praxi je často potřeba mít funkční vzorek výstřiku již v přípravě projektu. K tomu je využívána technologie Rapid Prototyping, která poskytuje rychlou výrobu modelu a prototypových dílů z 3D modelů výstřiků. Zároveň umožňuje konstruktérovi formy posouzení technologičnosti konstrukce výstřiku a představu ideálního zaformování. [8]

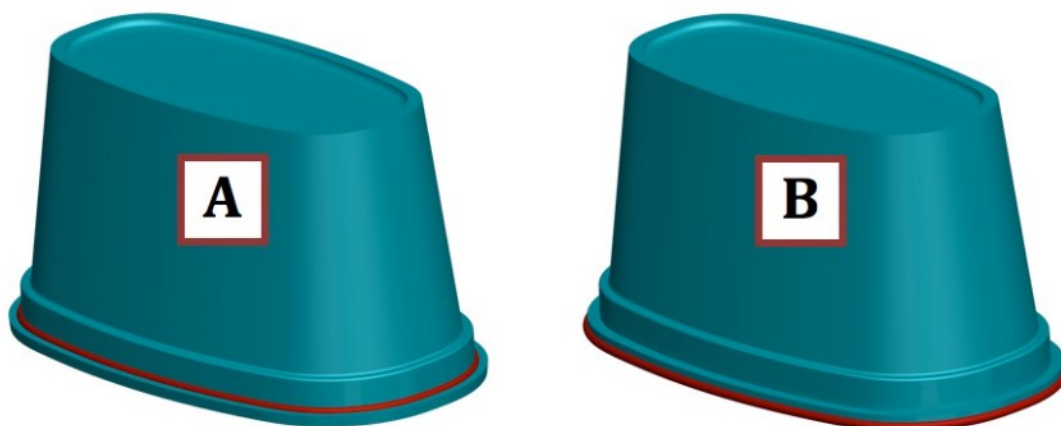
2.1.1 Index toku taveniny

Tekutost taveniny nejčastěji udává hodnota ITT, což je v podstatě množství vytlačeného polymeru za jednotku času při definovaných podmínkách a zatížení na píst. Hodnota ITT je důležitým kritériem, podle kterého se provádí hodnocení zpracovatelských vlastností. [8]

2.1.2 Dělicí rovina

Dělicí rovina se nachází mezi pohyblivou a nepohyblivou částí vstřikovací formy. [2]

Dělicí rovina je místo vstřikovací formy, kde dosedá pohyblivá a pevná část formy. Proto musí být styčné plochy pevné a pohyblivé části formy, které tvoří dělicí rovinu bez defektu a musí být co nejvíce shodné tak, aby v dělicí rovině nevznikaly žádné spáry, do kterých by mohla unikat tavenina plastu a tvořit zde tzv. zástřík. Příčinou vzniku této spáry v dělicí rovině může být např. opotřebení vlivem provozu vstřikovací formy, nepřesnost obráběcích prací, nevhodně zvolená uzavírací síla apod. Nepatrná stopa v oblasti dělicí roviny je na vstřikovaném dílu vždy přítomna. Je tedy zřejmé, že dělicí rovina by měla být navržena tak, aby nepatrná vzhledová stopa nebyla překážkou v používání výrobku. Nejběžnější je návrh na nevzhledových či nefunkčních plochách vstřikovaného dílu. [7]



Obr. 8. Příklad umístění dělicí roviny [7]

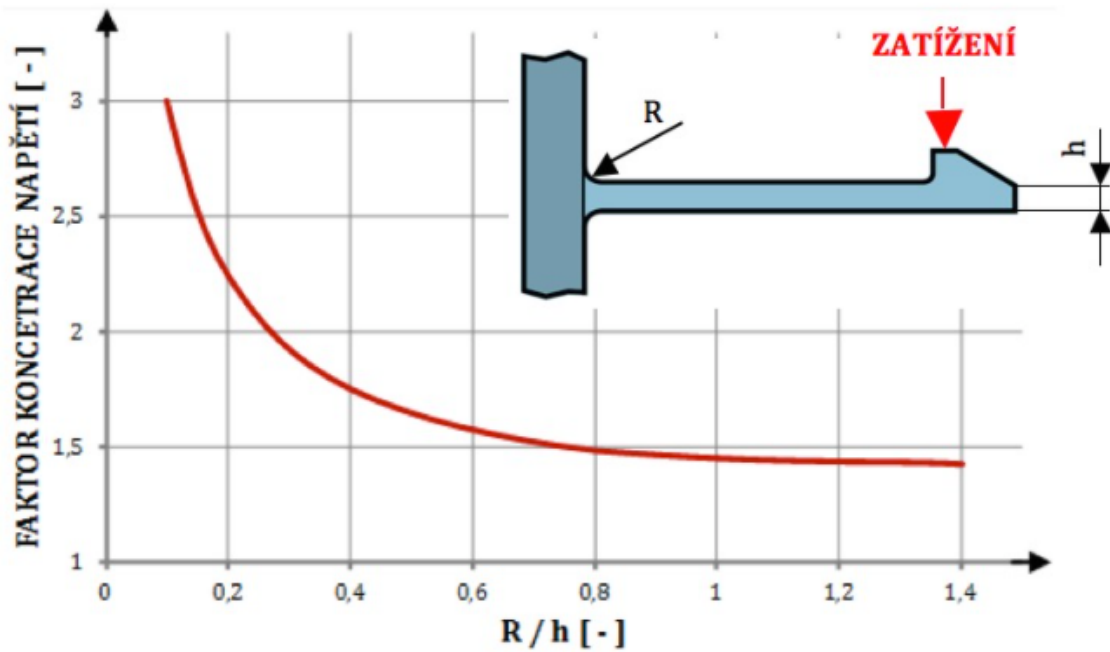
2.1.3 Tloušťka stěn

V technické praxi je možné konstatovat, že zvětšující se tloušťka stěny výstřiku vyvolá i její větší smrštění. Principiálně je to dáno tím, že u tlustostěnných výstřiků, při zamrznutí ústí vtoku, je v nich uzavřený větší tepelný obsah, než u stěn s menší tloušťkou a vyšší teplota uvnitř průřezu stěny je důvodem vyššího smrštění. [4]

Tavenina o stejné teplotě, při stejné teplotě stěny formy chladne rychleji v průřezu stěny o menší tloušťce než ve stěně o větší tloušťce. U menších tlouštěk stěn výstřiků mají procesy, které vedou ke vzniku vnitřního pnutí při chlazení, krystalizační procesy a procesy na vedení tepla kratší dobu na své působení. [4]

2.1.4 Zaoblení hran, rohů a koutů

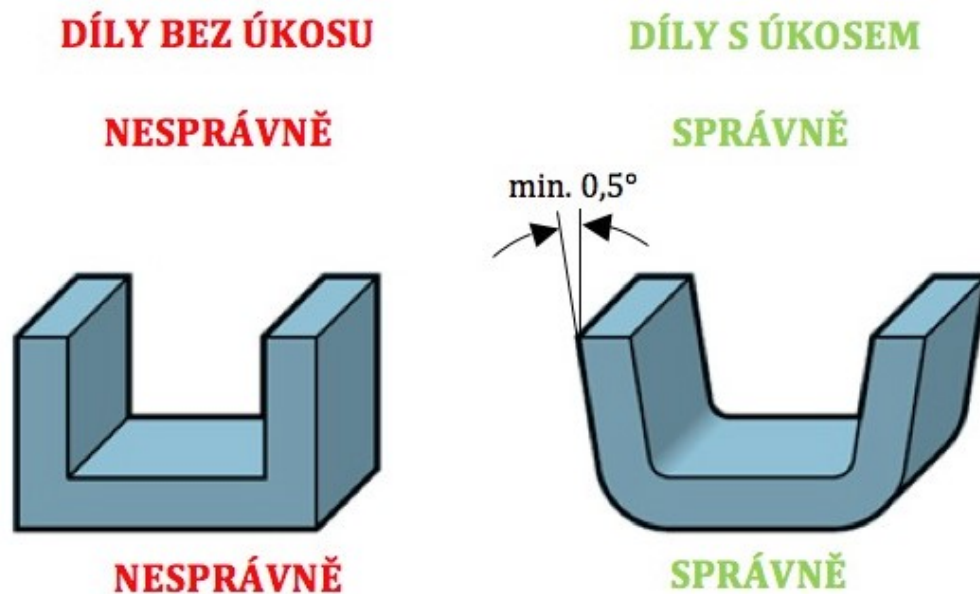
Vstříkovaný plastový díl by v podstatě neměl mít ostré rohy. V místech ostrých hran se koncentruje napětí vyvolané mechanickým zatěžováním a dochází tím ke snížení mechanické odolnosti plastového dílu. Faktor koncentrace napětí prudce klesá, pokud poměr rádiusu a tloušťky stěny konzoly (R/h) přesáhne přibližně 0,2. Velký poměr R/h vede zase k příliš velkým tloušťkám stěny v určitých oblastech, což může vést ke vzniku staženin či propadlin. [7]



Obr. 9. Vliv velikosti rádiusu na koncentraci napětí [7]

2.1.5 Úkosity

Primárním důvodem opatření určitých částí vstřikovaného dílu je zlepšení odformovatelnosti vstřikovaného dílu. Způsob zaformování dílu definuje velikost a umístění úkosů. Menší úhel úkosu zvětšuje riziko poškození dílu při odformování, nebo je nutné použít speciálních povrchových úprav povrchu formy, které však prodlužují výrobní cyklus a tím zvyšují výrobní náklady vstřikovaného dílu. Obecně lze říct, že leštěné povrchy dutiny formy vyžadují menší úkosity než povrchy, které jsou dokončovány jen např. jemným obráběním. [7]



Obr. 10. Doporučení pro návrh úkosů na vstříkovaném plastovém dílu [7]

2.1.6 Žebra a výztuhy

Žebra jsou užita ke zvýšení tuhosti a pevnosti výstřiků. Ze vstříkovací stránky musí mít určitý poměr k hlavní tloušťce stěny, pokud u vzhledových výstřiků musí odstranit vztaženiny, tzn. objemovou kontrakci při chladnutí výstřiku. [8]

Vyztužený plast chladne ve formě rychleji a tím klesá jeho tekutost. Větší tření v tekoucí tavenině způsobuje větší tlakové ztráty, a tedy i větší tlakový spád mezi čelem tekoucí taveniny a ústím vtoku. Vztaženiny po žebrech a nálitcích jsou na vzhledových výstřicích, hlavně u spotřebního zboží značným problémem. Z tohoto důvodu je nutné věnovat tomuto problému pozornost. Vztaženiny jsou nejvíce viditelné na lesklých povrchových plochách, nejvíce u tmavých barev. Často se k odstranění těchto vzhledových defektů používá dezénování. [8]

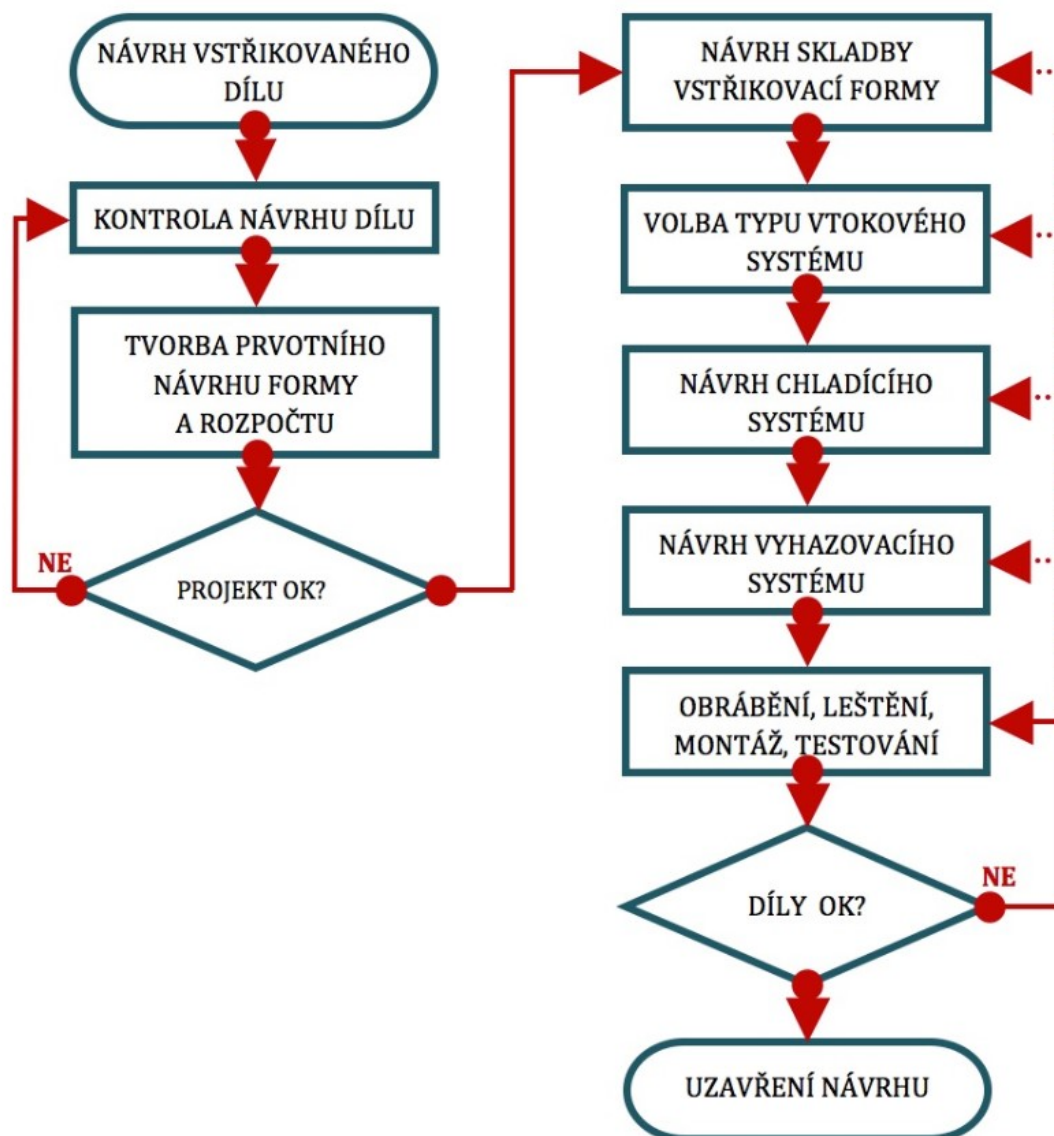
2.1.7 Závity

Závity na plastových dílech jsou tvarovány podle toho, zda se jedná o závity vnitřní, nebo vnější. Vnější závity jsou tvarovány pomocí čelistí, závitových kroužků, rozpínacích trnů. Vnitřní závity jsou tvarovány pomocí závitových kolíků, vytáčením typu šroub-matice atd. Při konstrukci výstřiku, je nutno zohlednit, jaký závit je nutný z důvodu funkčního určení dílu, materiálu a prostředí. Jestli je nutné použít závitů metrických, oblých apod. Metrické závity nelze přetahovat, je nutno použít jiný z výše uvedených způsobů. [8]

2.2 Konstrukce vstřikovacích forem

Při tvorbě konstrukčního návrhu vstřikovací formy, je zřejmé, že je nutné zohlednit současně několik skutečností a provádět v určitém pořadí několik rozhodnutí o parametrech budoucí vstřikovací formy. [7]

Poté co je forma navržena, obrobena, vyleštěna a smontována, jsou provedeny vstřikovací zkoušky, které ověří základní funkčnosti vstřikovací formy. Pokud se během tohoto testování nevyskytnou významné problémy, jsou vstřikované díly tzv. „vyvzorkovány“ a jejich kvalita je srovnávána s požadavky, které byly stanoveny před zahájením výroby vstřikovací formy. Obvykle je třeba provést ještě několik drobných úprav vstřikovací formy, protože není možné předem zohlednit všechna hlediska provozu vstřikovací formy, která se podílejí na bezchybné jakosti vstřikovaného dílu. Bohužel se však může stát, že zkouškami vstřikování je odhalena chyba natolik závažná buď v konstrukci vstřikovací formy, či vstřikovaného dílu, že oprava je nemožná, nebo je velice nákladná. Je proto velmi důležité vícenásobné ověření konstrukce vstřikovací formy či vstřikovaného dílu, a to ještě před zahájením výroby formy. [7]



Obr. 11. Postup návrhu vstřikovací formy [7]

2.3 Vtokové systémy

Je to systém ústí vtoku a kanálů, jejímž účelem je zajistit dopravu taveniny plastu do dutiny formy z plastikační komory. Vlastní vtok (ústí) by měl být navrhnout tak, aby poskytl maximální dobu působení dotlak k vyrovnání objemové koncentrace. Tzn. eliminaci lunkrů případně vztaženin ve výstřiku. Vtok by měl být směřován, pokud možno do nejtlustšího místa (stěny) výstřiku, a to jak u termoplastů, tak i u reaktoplastů. [18,8]

Tyto vtokové systémy se dělí na [17]:

- studené vtokové systémy (SVS),
- vyhřívané vtokové systémy (VVS).

2.3.1 Násobnost formy

Pro správně zvolenou násobnost je třeba uvažovat faktory, které ji nejvíce ovlivňují [17]:

- přesnost a požadované vlastnosti výrobku,
- vyžadovaný počet kusů za určité období,
- parametry dostupného vstřikovacího stroje,
- ekonomické hledisko.

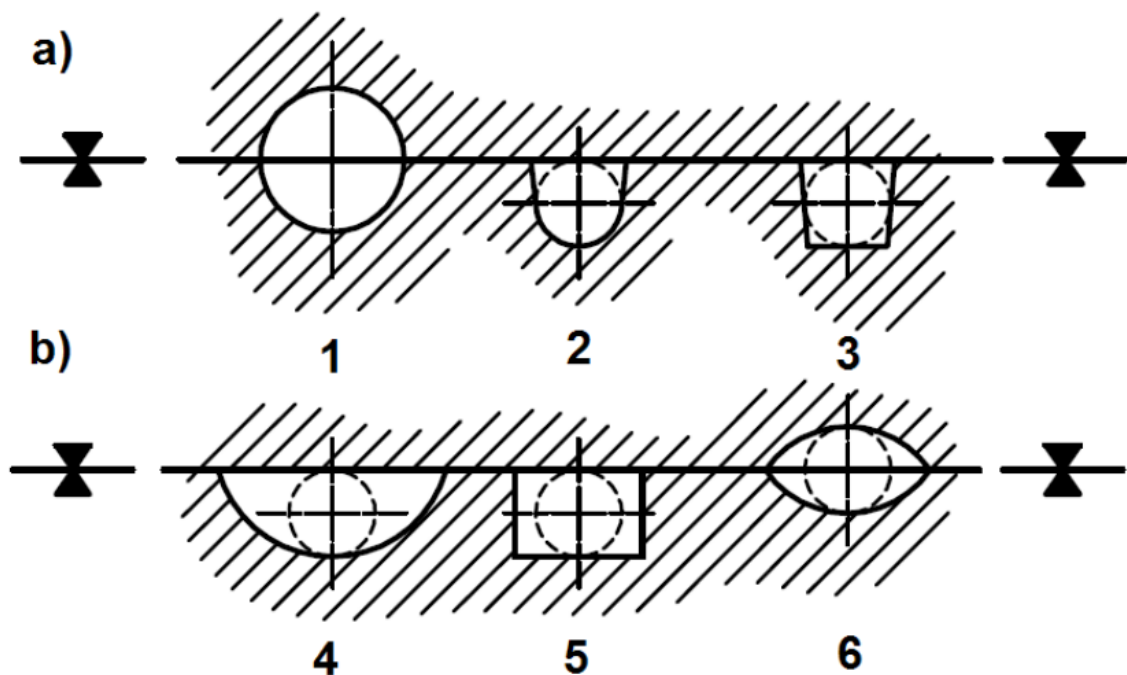
V technické praxi jsou výrobky velmi složitých tvarů, tak jako výrobky velkých rozměrů vyráběny v jednonásobných formách. Čím více je násobná forma, tím je větší faktor možných nepřesností. [17]

2.3.2 Studený vtokový systém

Viskozita taveniny roste na vnějším povrchu vlivem průtoku taveniny studeným vtokovým systémem (plast tuhne). Tímto jevem vytváří ztuhlá povrchová vrstva tepelnou izolaci stále tekutému vnitřnímu proudu, který zaplní celou vnitřní dutinu formy. V okamžiku zaplnění dutiny poklesne průtok a prudce vzroste vnitřní odpor. Odvodem tepla do stěn formy probíhá tuhnutí plastu ve vtokcích a v dutině. Vlivem dotlaku dochází k vývinu tepla ve vtokovém ústí a tím se prodlužuje čas úplné zatuhnutí taveniny. [18]

Funkční řešení vtokového systému má zabezpečit, aby [18]:

- byla dráha toku stejná ke všem tvářecím dutinám (kvůli rovnoměrnému plnění),
- dráha toku do dutiny formy od vstřikovacího stroje byla co nejkratší (bez zbytečných tepelných a tlakových ztrát),
- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký (aby bylo zaručeno, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny v plastickém stavu a tímto bude umožněno působení dotlaku).



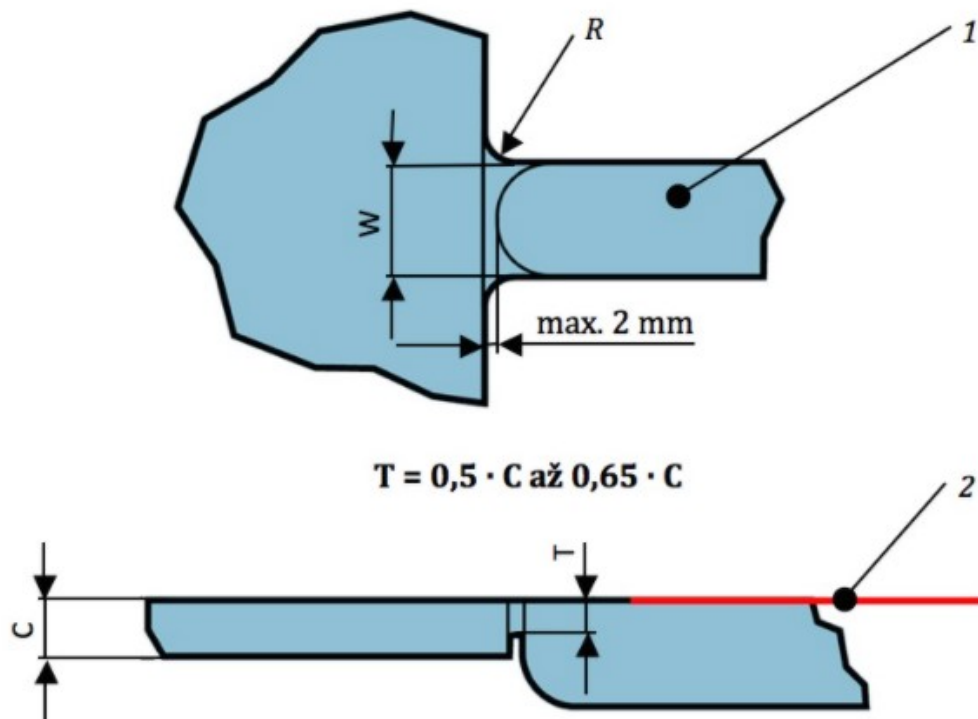
Obr. 12. Možné provedení průřezů vtokových kanálů

a) funkčně výhodné, b) funkčně nevýhodné, 1,6 – výrobně nevýhodné, 2,3,4,5 – výrobně výhodné [18]

2.3.3 Vtoková ústí

S výjimkou některých případů je ústí vtoku spojovacím prvkem mezi vstřikovaným dílem a rozváděcím kanálem. Ústí vtoku plní dvě základní funkce. Obě vyžadují, aby ústí vtoku mělo menší tloušťku, než je tloušťka stěny vstřikovaného dílu a rozváděcího kanálu. První funkci provádí zamrznutí materiálu v ústí vtoku, a tak brání materiálu zpětnému unikání do rozváděcího kanálu po fázi dotlaku. Použitý tlak vykonaný vstřikovací jednotkou stroje může odeznít dříve, než je materiál v rozváděcím kanálu kompletně tuhý, což šetří energii a obecně namáhání formy a stroje. [7]

Druhou funkcí ústí vtoku je snadná separace dílu od rozváděcích kanálů. Pro obvyklé typy plastů by tento typ (filmové) ústí vtoku (viz obr. 13.) neměl spojovat rozváděcí kanál a vstřikovaný díl na vzdálenost větší jak 2 mm. Tento typ vtokového ústí umožňuje použití menších vstřikovacích tlaků v porovnání s jinými např. samooddělujícími typy ústí vtoku. Bývá použit u vstřikovaných dílů vyráběných z materiálů senzitivních na smykové namáhání během fáze plnění materiálu s nízkou tekutostí, popř. u vstřikovaných dílů s vysokými požadavky na jakost povrchu či velkoobjemových dílů (např. palubní deska, automobilový nárazník apod.) [7]

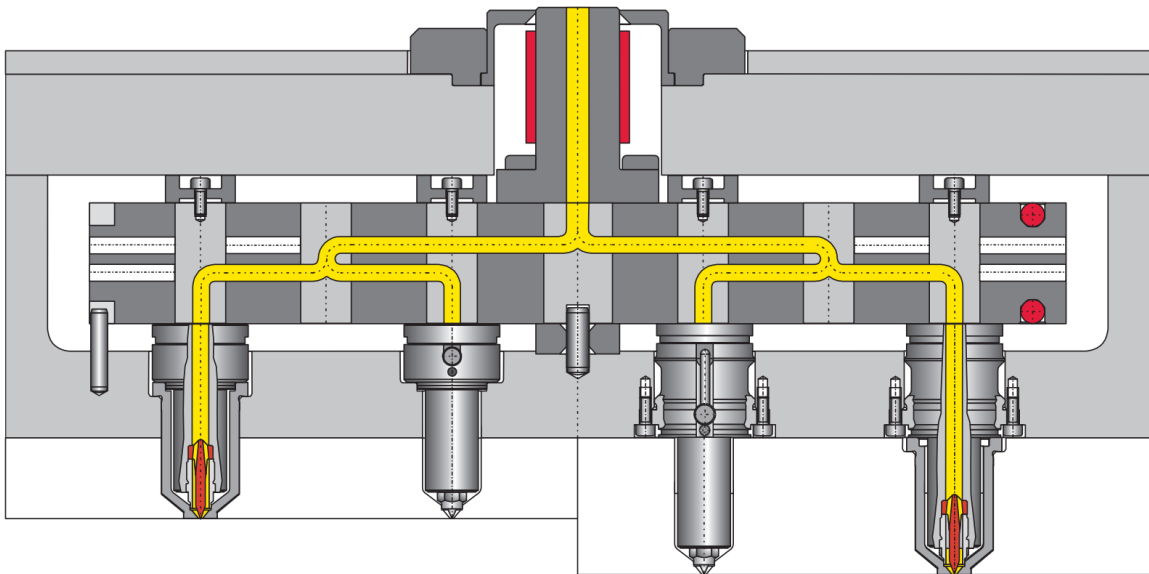


Obr. 13. Filmové ústí vtoku [7]

1 – rozváděcí kanál, 2 – dělicí rovina vstřikovací formy, R – rádius, T – tloušťka filmového ústí vtoku, C – tloušťka stěny vstřikovaného dílu, W – šířka filmového ústí vtoku.

2.3.4 Vyhříváný vtokový systém

Tyto vtokové soustavy zastupují v průmyslu zpracování plastů při konstrukci forem, neustále větší uplatnění narozdíl od konvenčních vtokových soustav. Díky nesporným výhodám, které jsou dány neustálým vývojem těchto systémů pro nové výrobní aplikace a používané sériové a technické typy plastů, ke kterým patří i plněné. [8]

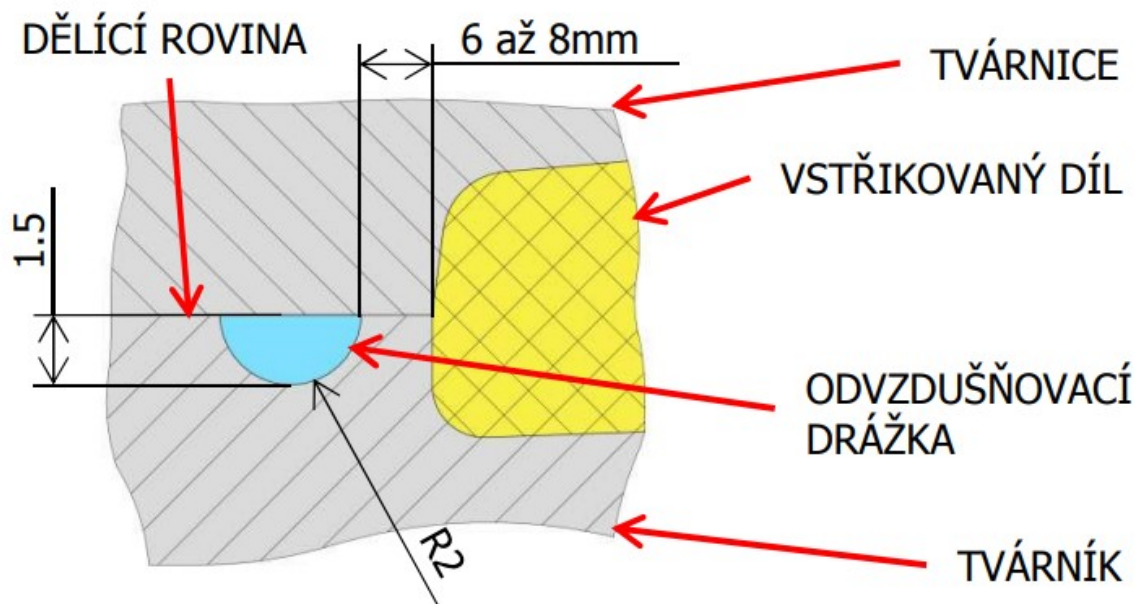


Obr. 14. Vyhříváný vtokový systém [19]

2.4 Odvzdušnění forem

Při plnění formy taveninou je potřeba zajistit únik vzduchu, který se v ní nachází. Čím větší je rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění dutiny ve formě. Samotný čas plnění má vážný vliv na optimální vlastnosti výstřiku, a tedy ji nelze přizpůsobovat potřebám dávky taveniny. Při rychlém plnění je zaručena termická homogenita dávky taveniny. Rychlé plnění vyžadují zvláště výstřiky s malou tloušťkou stěny, kde je nepřipustné zamrznutí čela taveniny a tím způsobit buď nedostříknutí, nebo nutnost nadměrně zvýšit vstřikovací tlak. [8]

Odvzdušnění je mnohdy řešeno až po provedení prvních zkoušek formy. Konstruktor může při návrhu formy odhadnout místa pro odvzdušnění, hlavní je odvzdušnit slepá místa (žebra, prohlubně), místa dělicí roviny, místa stékání taveniny, a místa, kam tavenina zatéká poslední. Moldflow analýzou se ve fázi vývoje nejlépe odhalí kritická místa. Pokud pro odvzdušnění nestačí vůle vyhazovačů a jader, vůle mezi dělicími rovinami, projeví se nevyhovující odvzdušnění dutiny některým výše uvedeným způsobem. [15]



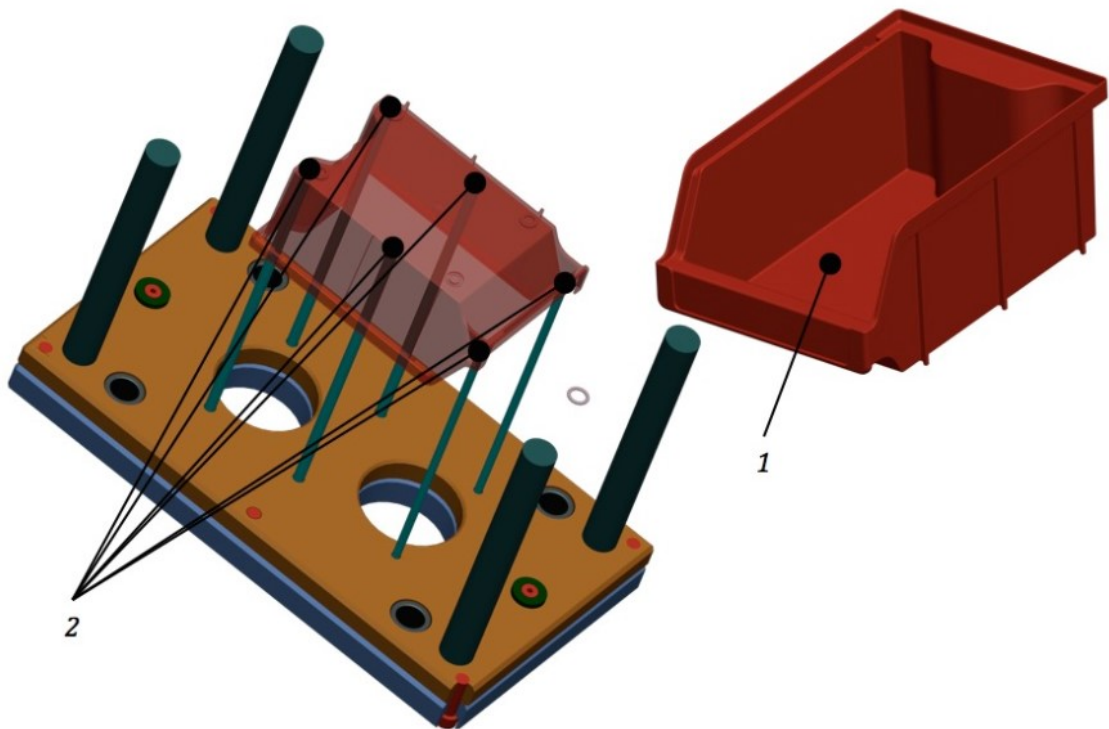
Obr. 15. Odvzdušňovací drážka s příkladem rozměrů [15]

2.5 Vyhazovací systémy

Úkolem vyhazovacího systému vstřikovací formy je odformování vstřikovaného dílu z dutiny poté, co je vstřikovací forma otevřena. Ačkoliv se to může zdát jednoduché, složitost vyhazovacího systému se může velmi výrazně lišit podle požadavků exaktní procesní aplikace. Řada bodů musí být vyřešena tak, aby fungoval nejen vyhazovací systém, ale i vstřikovací forma jako taková. Mezi tyto body patří: [7]

- rozložení vyhazovačů na vstřikovaném dílu,
- osy směrů pohybů vyhazovacího systému,
- síla na vyhazování,
- a další.

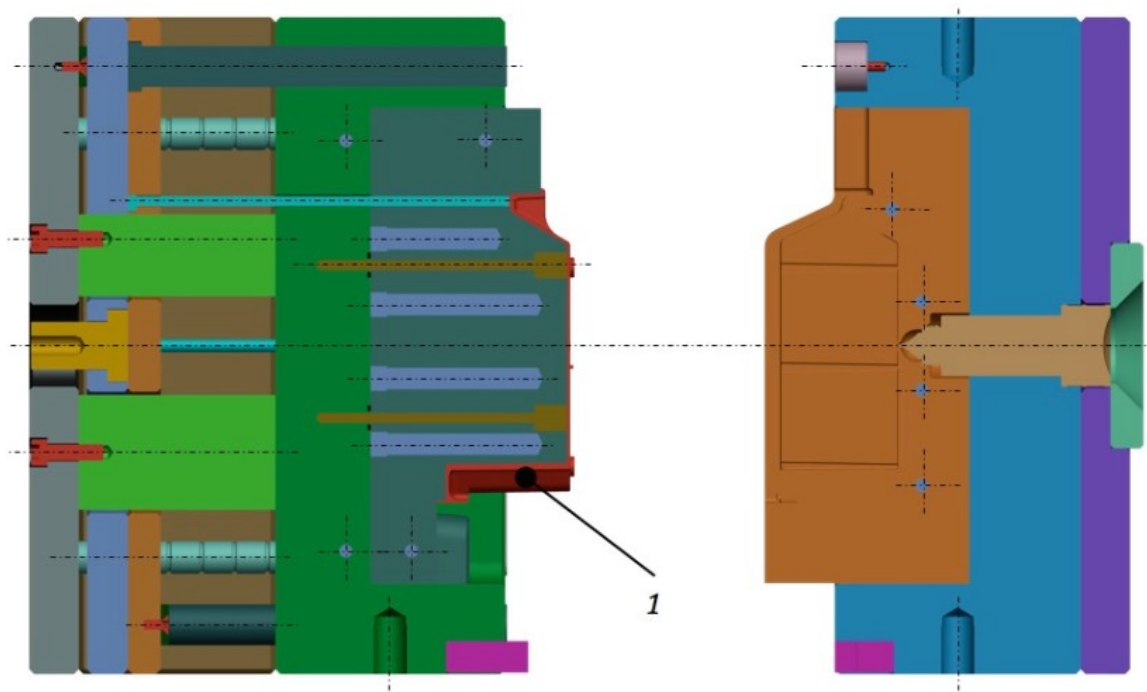
Před dimenzováním jednotlivých dílů vyhazovačů je třeba určit základní princip vyjímání vstřikovaných dílů z formy. Na obr. 16. je uveden základní typ řešení vyhazovacího mechanismu pro vstřikovaný díl znázorněný též na obr. 16. Zde jsou použity kruhové vyhazovače vedoucí do vnitřní plochy vstřikovaného dílu. Tyto vyhazovače jsou ukotveny mezi přidržovací vyhazovací desku a hlavní desku a tento celek je připojen k vyhazovacímu (zpravidla hydraulickému) mechanismu vstřikovacího stroje. [7]



Obr. 16. Příklad vyhadzovacího systému vstřikovací formy [7]

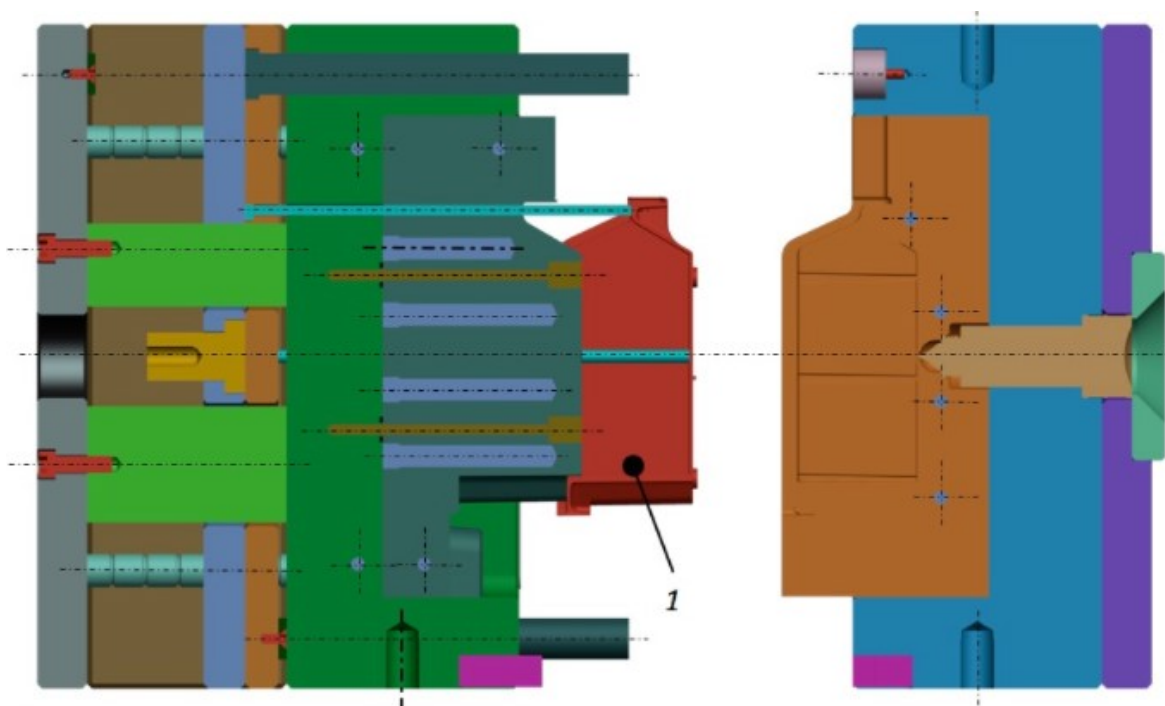
1 – vstřikovaný díl, 2 – body umístění vyhadzovačů na vstřikovaném dílu.

Jakmile dojde k otevření vstřikovací formy (viz obr. 17.), vysune vstřikovací stroj jeho vyhadzovací mechanismus do dané vzdálenosti a tím dojde i k vysunutí vyhadzovacího systému vstřikovací formy (viz obr. 18.). Vstřikovaný díl je vysunut (odformován) z dutiny vstřikovací formy. Mezi vstřikovací formou a vstřikovaným dílem není při dostatečně vysunutém vyhadzovacím systémem žádná mechanická vazba a vstřikovaný díl padá vlivem působení gravitace do míst pod vstřikovací formou. [7]



Obr. 17. Otevřená vstříkovací forma – vyhazovací systém v zadní pozici [7]

1 – vstříkovaný díl



Obr. 18. Otevřená vstříkovací forma – vyhazovací systém v přední pozici [7]

1 – vstříkovaný díl

2.6 Temperování forem

Úkolem temperace u vstříkovací formy [5]:

- ohřev formy na žádanou pracovní teplotu a výdrž na této teplotě v určitém tolerančním rozpětí,
- odvod tepla z dutiny formy, přesněji řečeno výstřiku za takovou dobu, aby mohly být splněny ekonomické i jakostní ukazatele,
- zajištění co největší homogenity (rovnoměrné rozložení teploty po veškerém tvářecím povrchu formy, včetně její reprodukovatelnosti).

Dimenzování, konstrukce a volba temperačního systému vstřikovací formy a technologické vlastnosti temperace mají nemalý vliv na výsledné fyzikálně – mechanické vlastnosti výstřiků. Při návrhu formy by měl konstruktér této formy vést v patrnosti, že temperační systém se musí do formy umístit hned po promyšlení zaformování dílu a násobnosti formy. [5]

2.6.1 Význam temperace vstřikovacích forem

Temperace u vstřikovacích forem je činitel, který zásadním způsobem ovlivňuje čas výrobního cyklu a také celé řady kvalitativních parametrů – deformace, mechanické vlastnosti, jakost, rozměrovou a tvarovou stálost, jakost povrchu. Temperace klade požadavky na nejefektivnější ekonomiku provozu u vstřikovací formy. [5]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pro splnění cílů této bakalářské práce na téma „Konstrukce formy pro vstřikování technického dílu“, byly stanoveny tyto zásady:

- vypracovat literární studii pro zadané téma,
- provést konstrukci 3D modelu vyráběné součásti,
- navrhnout 3D sestavu vstřikovací formy pro výrobu dané součásti,
- nakreslit 2D sestavu vstřikovací formy.

V teoretické části se nachází seznámení s problematikou vstřikování, jakožto technologie. V kapitolách se nachází informace ohledně plastů, vstřikování, konstrukce plastového výrobku, konstrukce formy a konstrukční prvky formy.

Předlohou pro 3D model vstřikovaného výrobku je základna podsvíceného tlačítka v automobilu značky Škoda.

V praktické části bakalářské práce se z nejvíce vyskytuje 3D konstrukce vstřikovací formy. Tato forma byla vypracována za pomoci programu CATIA V5R19. Normalizované součásti, které utváří část 3D modelu vstřikovací formy byly použity od firmy Meusburger.

Po vytvoření 3D modelu vstřikovací formy byl vypracován 2D řez formou. Řez udává pozice jednotlivých součástí formy. Sestava obsahuje kusovník, který nese informace o konkrétních prvcích formy.

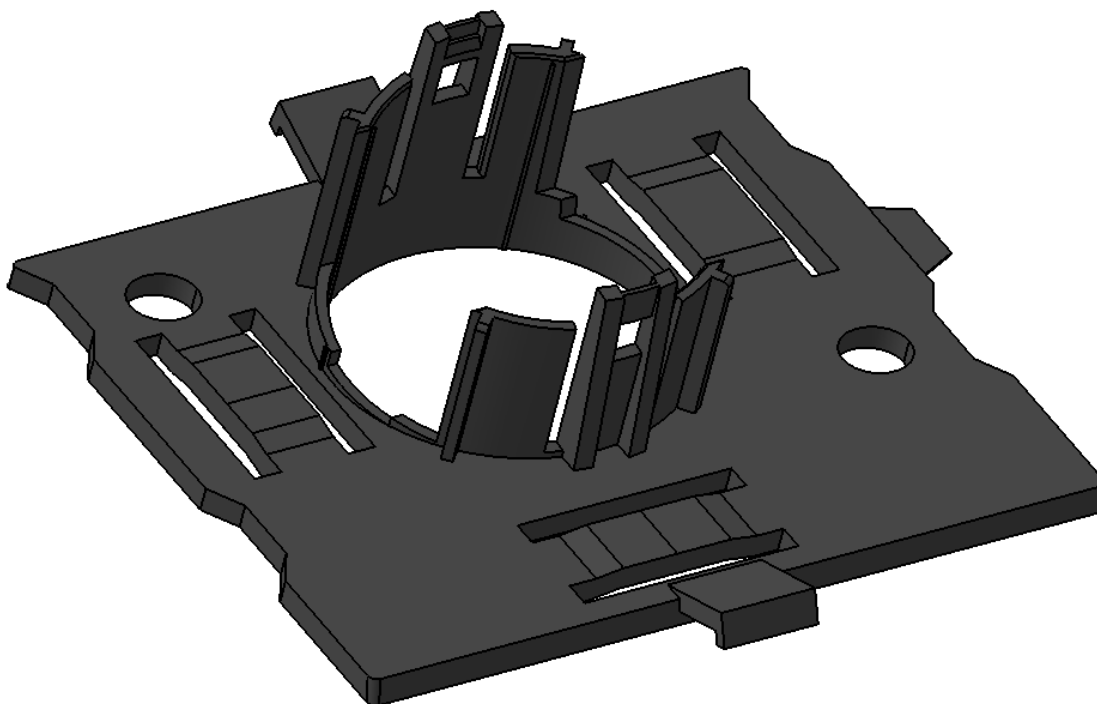
4 CHARAKTERISTIKA VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU

Výrobkem pro vstřikování je základna podsvíceného tlačítka v automobilu značky Škoda. Pro výrobu vstřikované součásti byl použit materiál PP od firmy SABIC s označením SABIC PP 108MF10. Tento materiál vykazuje dobré mechanické vlastnosti, zejména odolnost proti rázovým zatížením, vynikající tok a přilnavost barevných přísad. Je nejčastěji používán v automobilovém průmyslu.

- Rozměry výrobku: 55x48,5x22 mm
- Objem výrobku: 4,68 cm³

Tab. 1. Základní vlastnosti vstřikovaného materiálu [23]

| Vlastnosti | HODNOTA | JEDNOTKA | NORMA |
|--------------------------------------|----------|-------------------|--------------|
| Fyzikální | | | |
| Hustota | 905 | kg/m ³ | ISO 1183 |
| Smrštění | 1,5 | % | SABIC method |
| Teplotní | | | |
| Rychlost tání (při 230 °C a 2,16 kg) | 10 | dg/min | ISO 1133 |
| Mechanické | | | |
| Pevnost v tahu | 19 | MPa | ISO 527-2 1A |
| Modul pružnosti v tahu | 1000 | MPa | ISO 527-2 1A |
| Poměrné prodloužení | 8 | % | ISO 527-2 1A |
| Vrubová houževnatost při 23 °C | No Break | kJ/m ² | ISO 179/1eU |
| Tvrдость podle Shore D | 52 | - | ISO 868 |

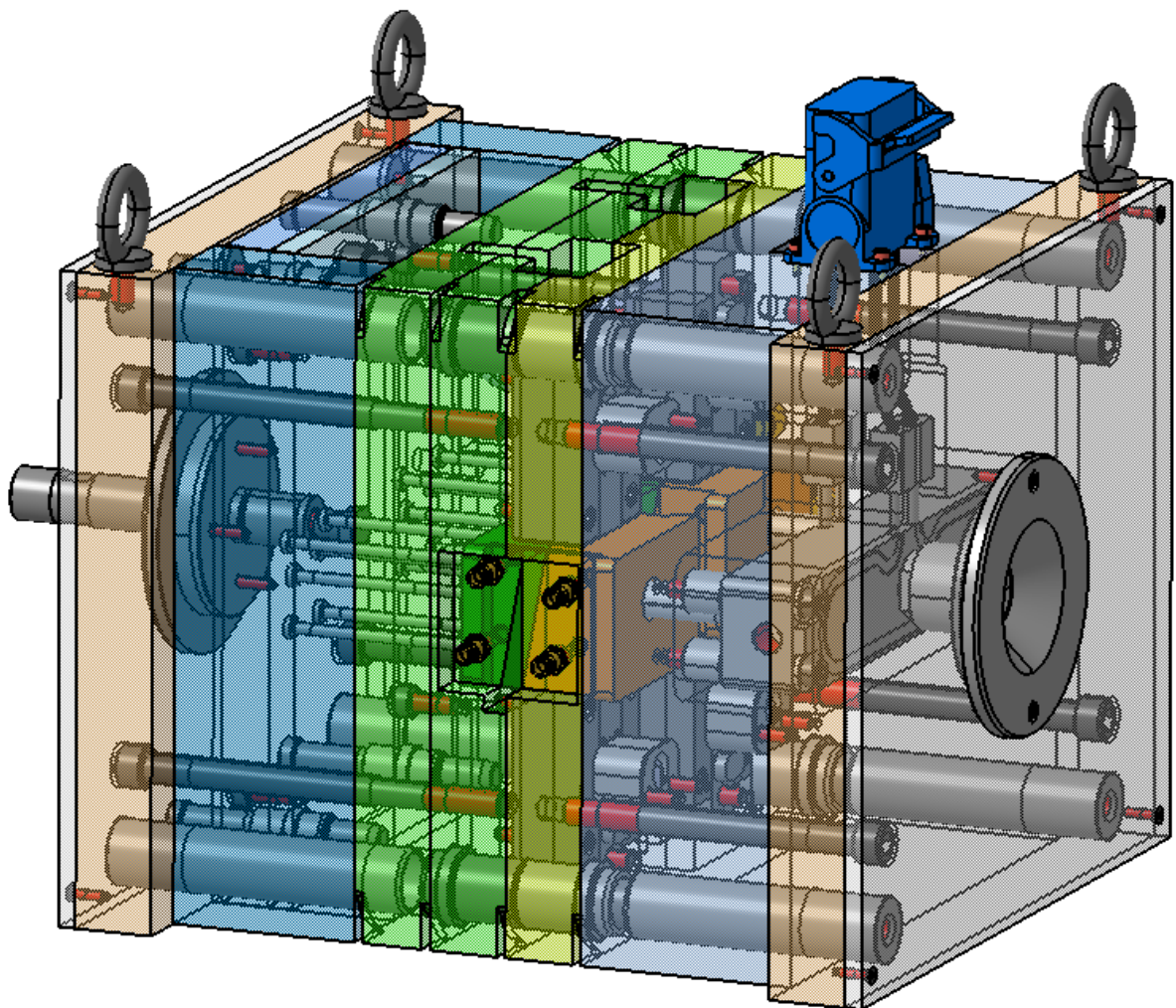


Obr. 19. 3D model vstřikovaného výrobku

5 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Při konstrukčním řešení vstřikovací formy je nutné, aby byla výroba formy přesná, jednoduchá a ekonomicky výhodná. Aby došlo ke splnění těchto požadavků, byly použity ve formě především normalizované díly. Normalizované díly byly vybrány od firmy Meusburger. Díky těmto normalizovaným dílům se urychlí vývoj vstřikovací formy a předejde se náročné výrobě některých součástí. Nenormalizované součásti byly vytvořeny pomocí softwaru CATIA V5 R19 v prostředí Part Design. Sestavení formy z jednotlivých komponent se uskutečnilo v prostředí Assembly Design.

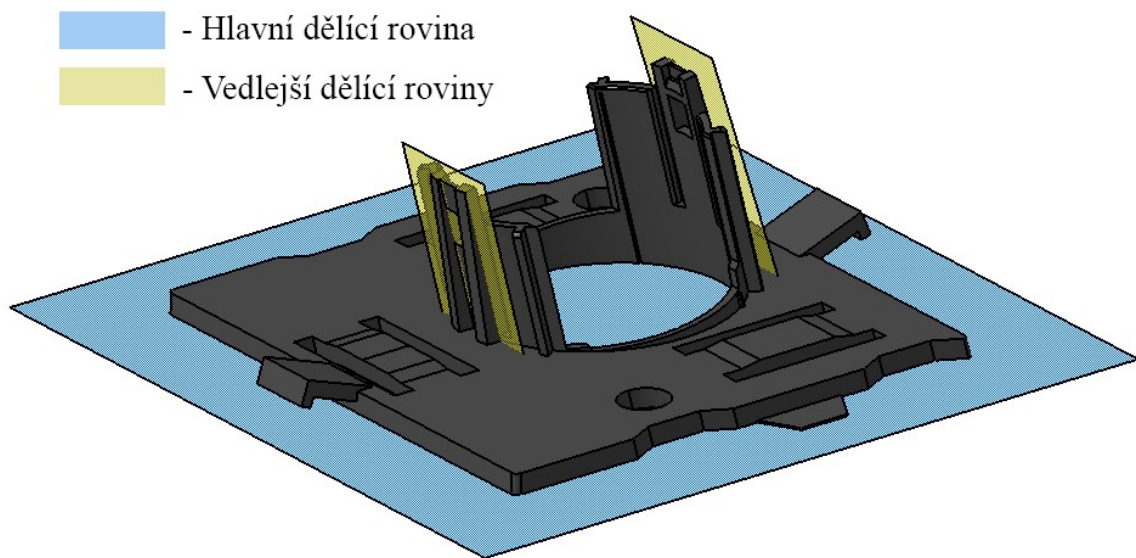
Tvar a rozměry konkrétních částí formy byly navrženy tak, aby zajistily dostatečnou tuhost formy a odpovídaly požadavkům vstřikovaného dílu. Vodicími čepy jsou desky vstřikovací formy vystředěny a šrouby spojeny do funkčních podsestav. Pomocí závěsných ok je realizována manipulace s formou a jsou umístěna na horní straně formy.



Obr. 20. 3D Sestava vstřikovací formy

5.1 Volba dělicí roviny a zaformování výrobku

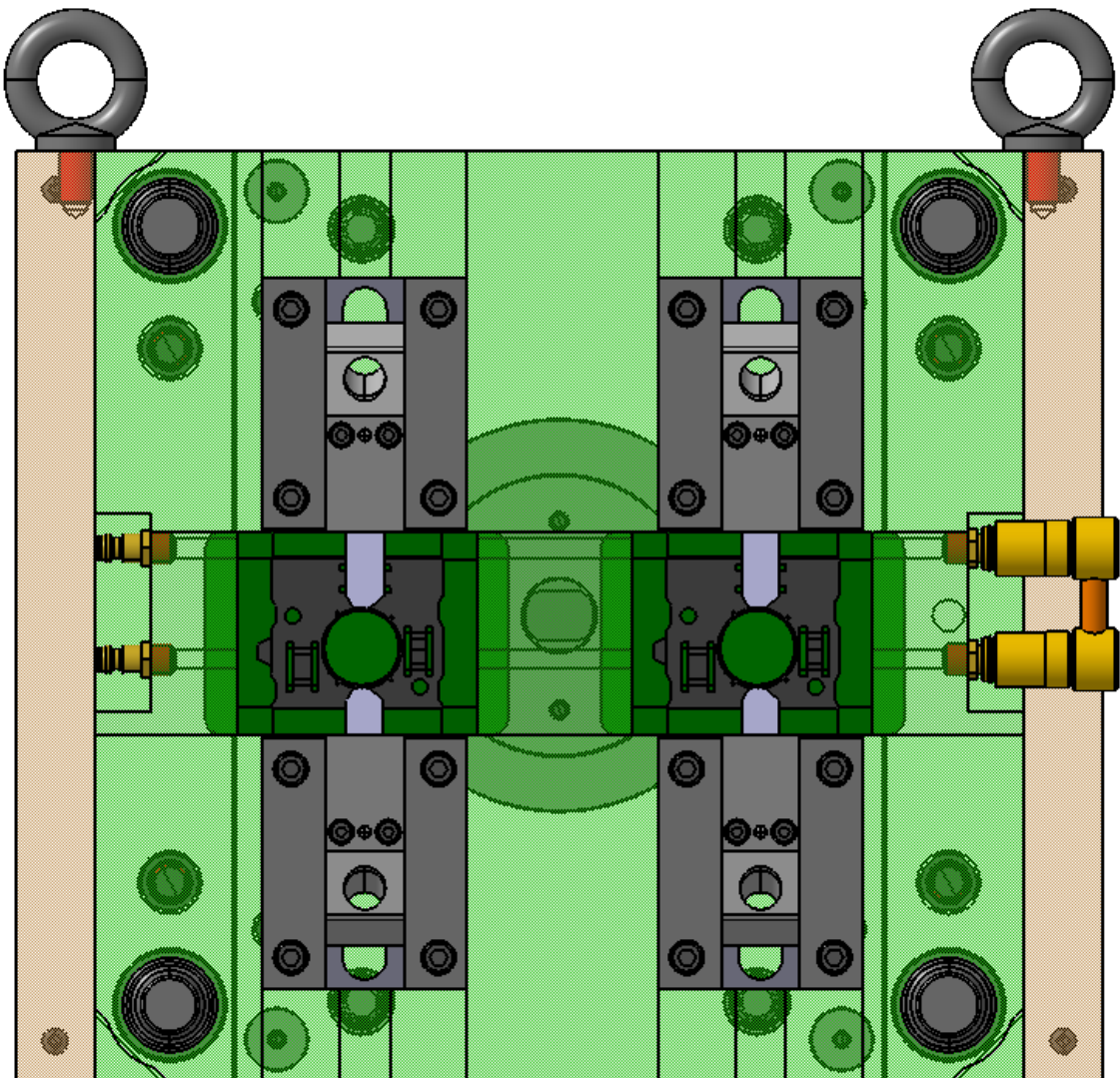
Volba dělicích rovin je nezbytně nutným parametrem při konstrukci formy. Pokud by došlo k chybnému zvolení dělicích rovin, může dojít k nežádoucímu odformování výsledného výstřiku, nebo k nežádoucí funkčnosti formy. Hlavní dělicí rovina byla zvolena šikmá tak, aby při výrobě zůstal vstříkovaný výrobek na pohyblivé části formy. V tomto konstrukčním řešení bylo třeba zvolit i vedlejší dělicí roviny, neboť se na výrobku nacházejí otvory. Vznikly tak tři dělicí roviny. K odformování dílu bude nutné použít celkem 3 dělicí roviny.



Obr. 21. Zvolené dělicí roviny

5.2 Násobnost vstříkovací formy

Volba násobnosti vstříkovací formy je ovlivněna přesností a kvalitou výrobku, ekonomikou výroby, kapacitou vstříkovacího stroje a dalšími činiteli. V tomto případě z důvodu zvýšení množství vstříkovaných výrobků na jeden cyklus a větší produktivity výroby, byla zadána dvounásobná forma. Během jednoho vstříkovacího cyklu se tedy vyrobí dva výrobky.



Obr. 22. Násobnost vstřikovací formy

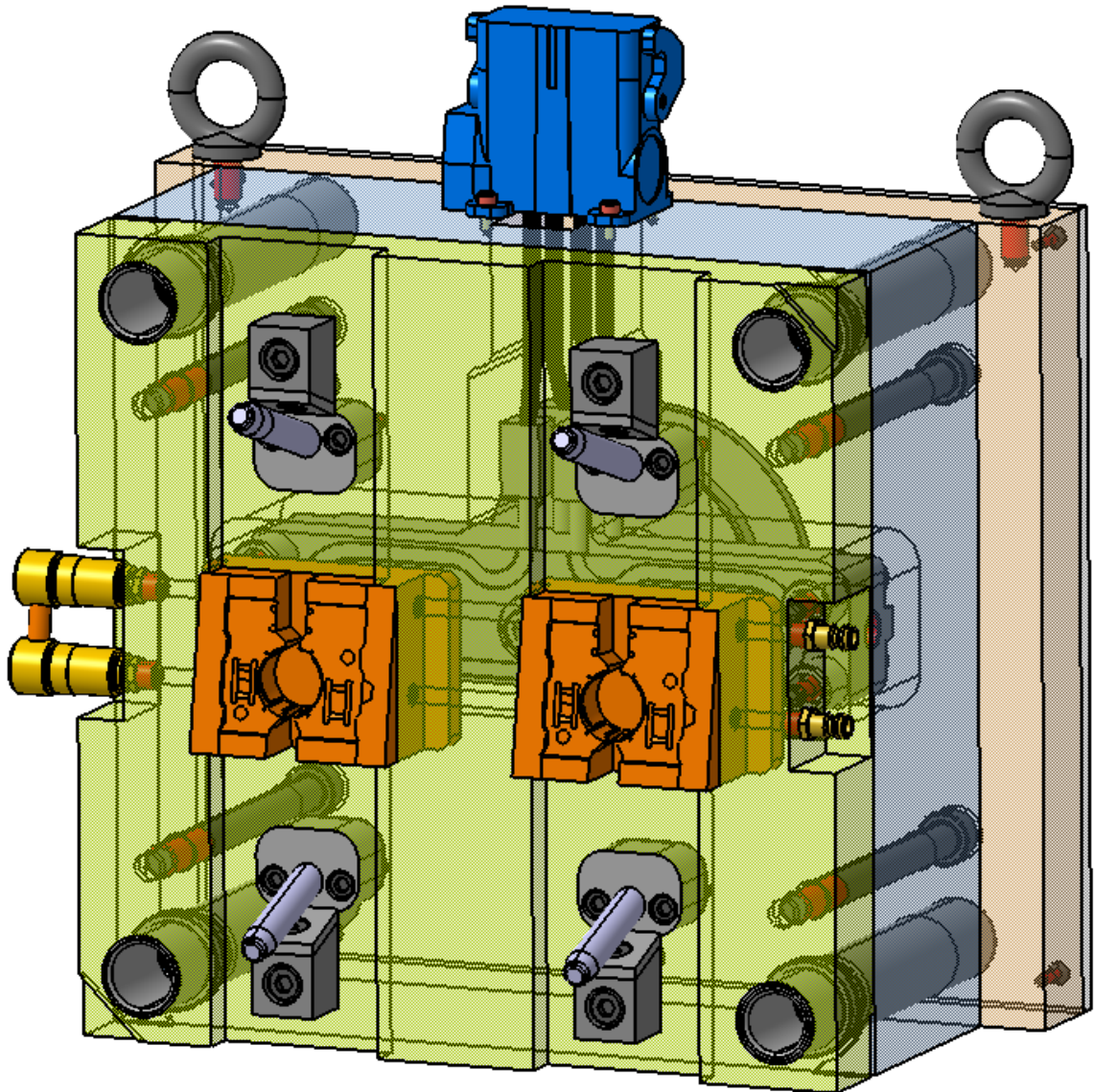
5.3 Hlavní části vstřikovací formy

Sestava vstřikovací formy se skládá ze dvou hlavních částí. Je to levá strana a pravá strana. Třideskový systém byl navrhnout jako rám vstřikovací formy z důvodu automatizace a větší produktivity výroby.

5.3.1 Pravá strana formy

Pravá strana formy je nazývána jako nepohyblivá, nebo také vstřikovací. První deska je izolační a je vyrobena z materiálu o nízké tepelné vodivosti. Izolační deska slouží k zabránění teplotnímu přestupu z formy na stroj, přenosu koroze a slouží k oddělení formy od vstřikovací jednotky. Další je pravá upínací deska, která slouží k upnutí nepohyblivé části do vstřikovacího stroje. V této desce je nainstalována centrální vtoková vložka a pravý

středící kroužek. Následuje vyhřívaný rozvodný blok, ve kterém jsou uloženy trysky a opírá se o něj kotevní deska. V kotevní desce jsou uchyceny dvě tvárnice obsahující tvarové dutiny, do kterých ústí horké trysky. Pro zajištění cirkulace temperačního média jsou tvárnice opatřeny systémem vrtaných kanálků.

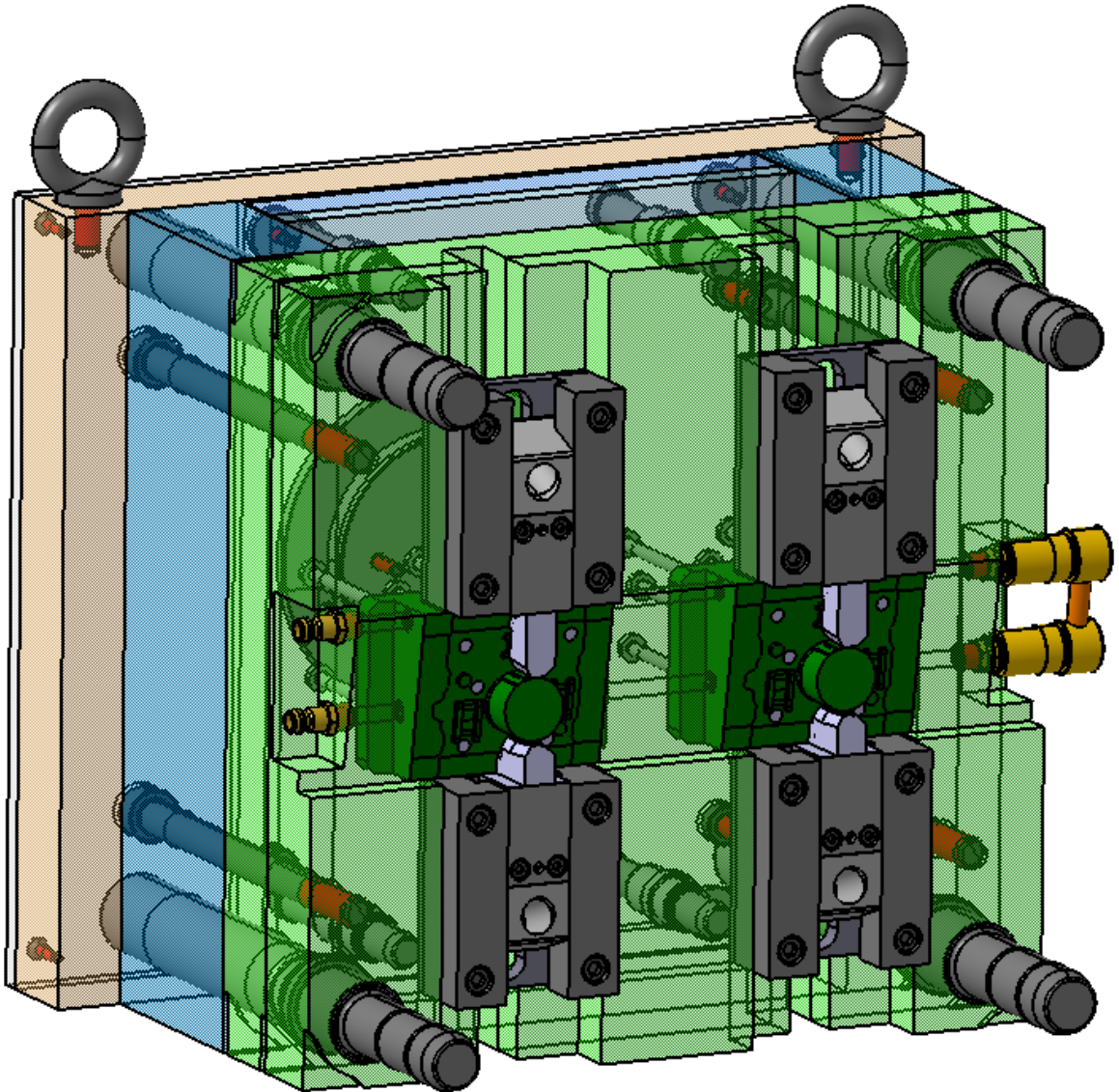


Obr. 23. Pravá strana vstřikovací formy

5.3.2 Levá strana formy

Levá strana formy se nazývá také pohyblivá, či vyhazovací. V levé kotevní desce je uložen tvárník, jenž tvoří protikus ke tvarovým dutinám tvárnice. Mezi těmito deskami se nachází dělicí rovina. Tvárník je temperován obdobně jako tvárnice, tedy vrtanými kanály. Další deska je opěrná a slouží k uložení kotevní desky. Následují desky rozpěrné, které definují prostor pro pohyb vyhazovacích desek. Ve vyhazovacích deskách se nachází soustava

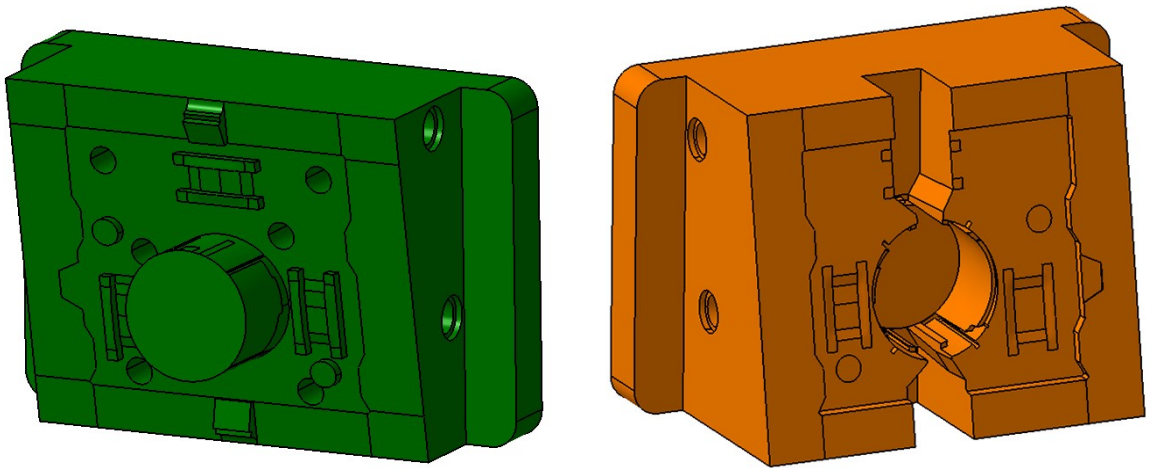
vyhazovačů. Čtyři menší vodící čepy jsou ukotveny v upínací desce a umožňují vedení vyhazovacích desek při vyhazovací operaci. V upínací desce je uloženo táhlo vyhazovačů, které umožňuje pohyb vyhazovacích desek a pravý středící kroužek.



Obr. 24. Levá strana vstříkovací formy

5.4 Tvarová dutina formy

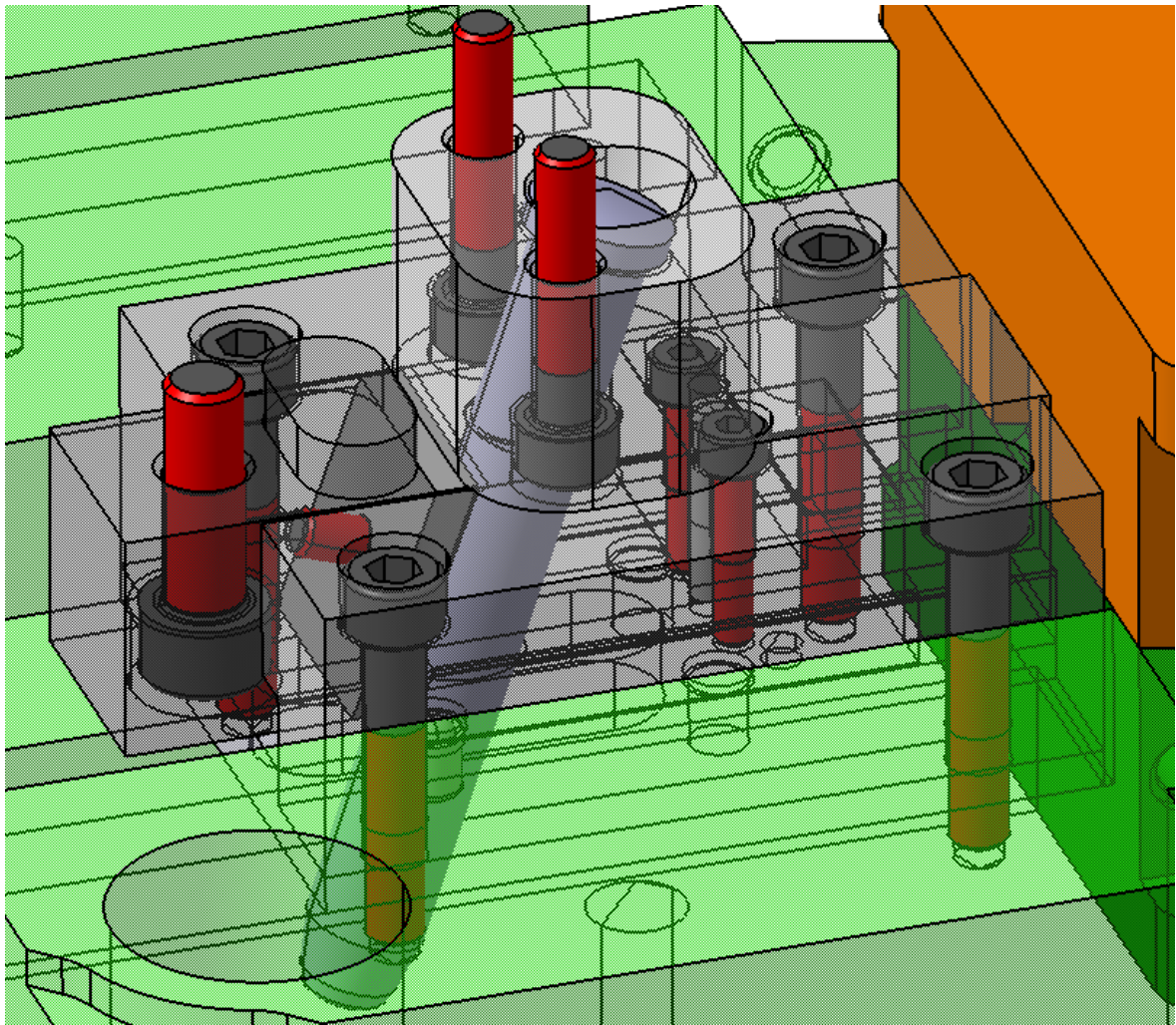
Tvárník s tvárnici tvoří dutinu formy spolu s bočními posuvnými čelistmi. Tento celek je nezbytnou součástí vstříkovací formy a udává konečný tvar vstříkovaného výrobku. Tvárník je uchycen v pohyblivé části formy, tvárnice v nepohyblivé části formy. Tvárník s tvárnicí se setkávají v hlavní dělicí rovině a společně s bočními čelistmi tvoří negativ výsledného výrobku. Pro použitý vstříkovaný materiál SABIC PP 108MF10 je hodnota smrštění 1,5 %. K docílení požadovaného tvaru a rozměrů je nutné dutinu formy zvětšit o hodnotu smrštění.



Obr. 25. Tvárník (vlevo) a tvárnice (vpravo)

5.5 Boční posuvné čelisti

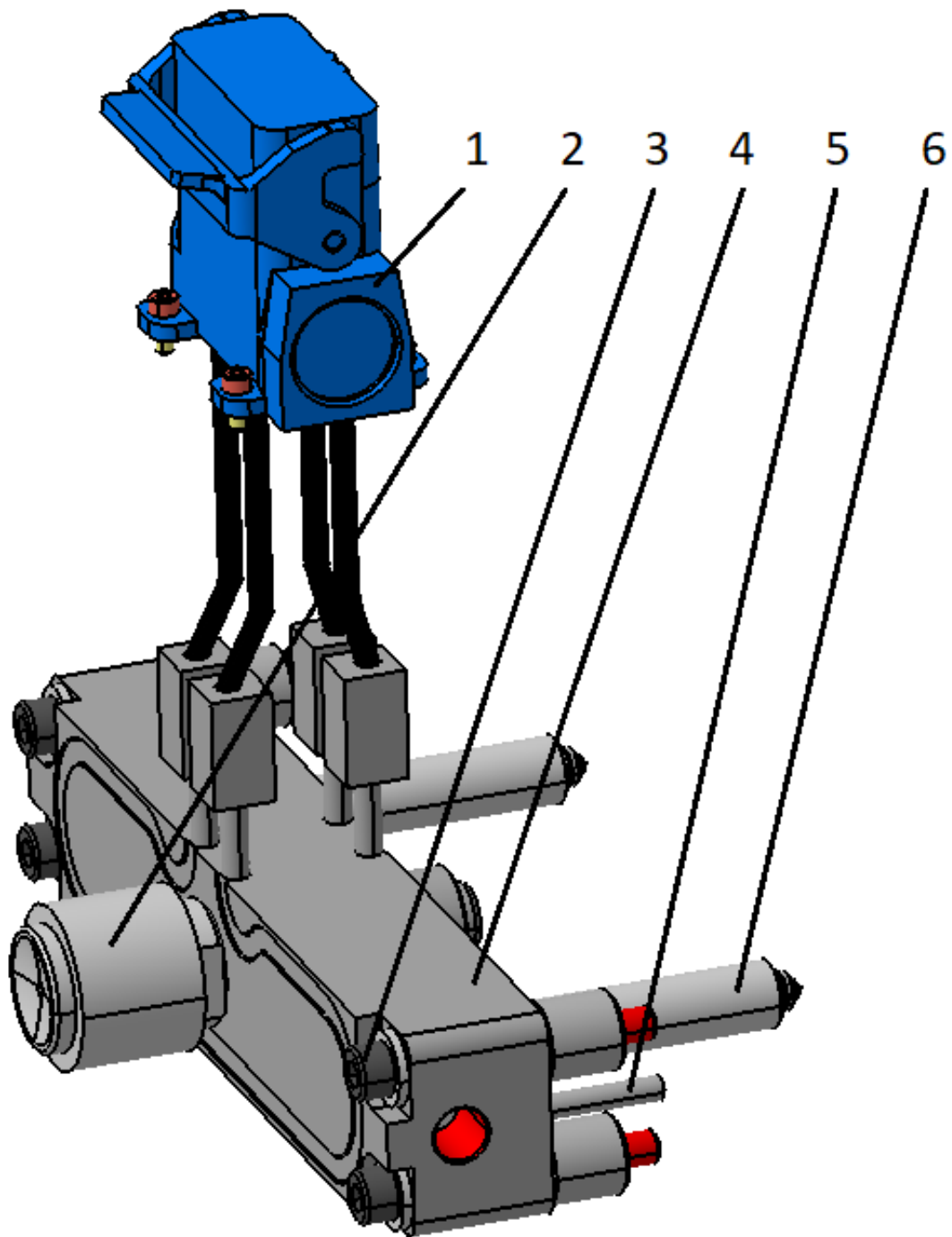
Na odformování výsledného výrobku se podílí čtyři posuvné čelisti, uchyceny v pohyblivé části formy. Šikmé kolíky, které definují trajektorie bočních posuvných čelistí jsou uchyceny v nepohyblivé části formy. Kolejnice drží posuvnou čelist na pohyblivé části formy a také definují trajektorii. Protože je materiál do dutiny formy vstřikován pod vysokým tlakem, je nutné nainstalovat zámky k zabezpečení proti pootožení. Pro souvislý posuv jsou na opěrkách a pod bočními posuvnými čelistmi přišroubovány kluzné desky, které zajistí plynulý chod a nižší tření. Posuvné čelisti jsou drženy stavěcí šrouby s kuličkami a pružinami ve vysunutě poloze.



Obr. 26. Sestava bočních posuvných čelistí v uzavřené poloze

5.6 Vtokový systém

Doprava polymerní taveniny ze vstřikovacího stroje do tvarové dutiny formy je úkolem vtokového systému. Při návrhu vtokového systému je nutné zaručit, aby tavenina dotekla do všech dutin současně, jinak by došlo k výrobě dílu o nestejných vlastnostech. V tomto řešení formy byl zadán horký vtokový systém s horkým rozvodným blokem. Horký blok je opatřen centrální vtokovou vložkou, přes kterou tavenina proudí do trysek ústících ve tvarových dutinách. Použitím tohoto bloku se zajistí konstantní teplota taveniny a odpadne nutnost konstrukce studených kanálků, ve kterých by došlo k větší spotřebě materiálu a k zatuhnutí taveniny. V tomto případě tak zároveň vzrostou pořizovací náklady. Výrobce je v tomto případě firma Meusburger, jenž označuje systém horkých vtoků označením E 4500.



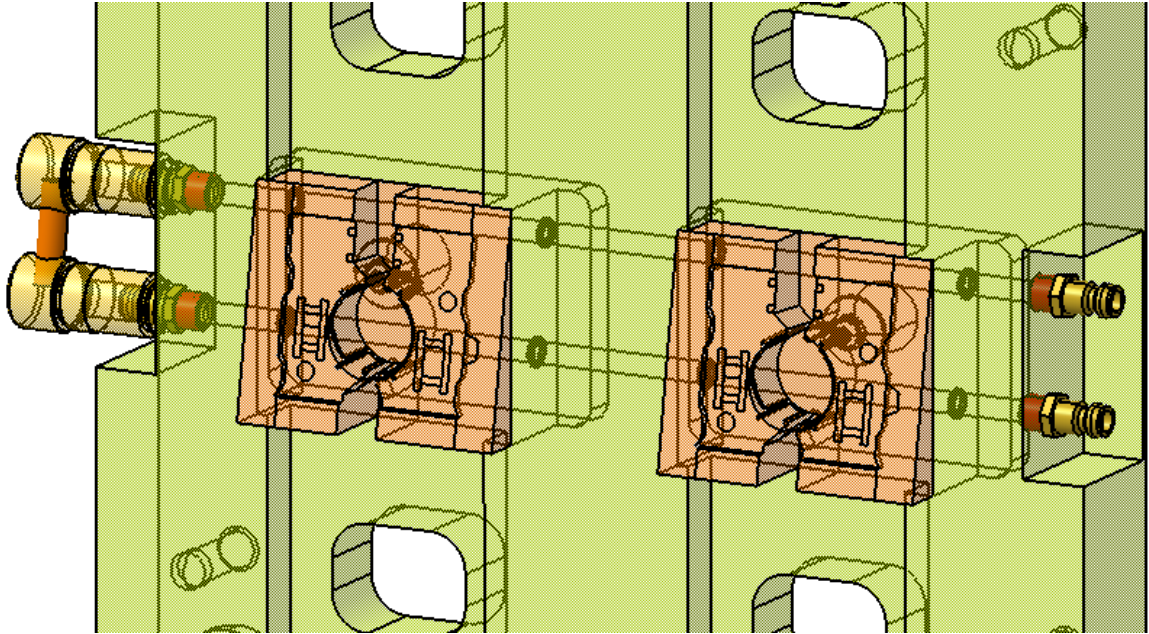
Obr. 27. Horký rozvodný blok včetně zásuvky a kabelů

1 – zásuvka, 2 – centrální vtoková vložka, 3 – šroub s vnitřním šestihranem, 4 – horký rozvodný blok, 5 – válcový kolík, 6 – tryska.

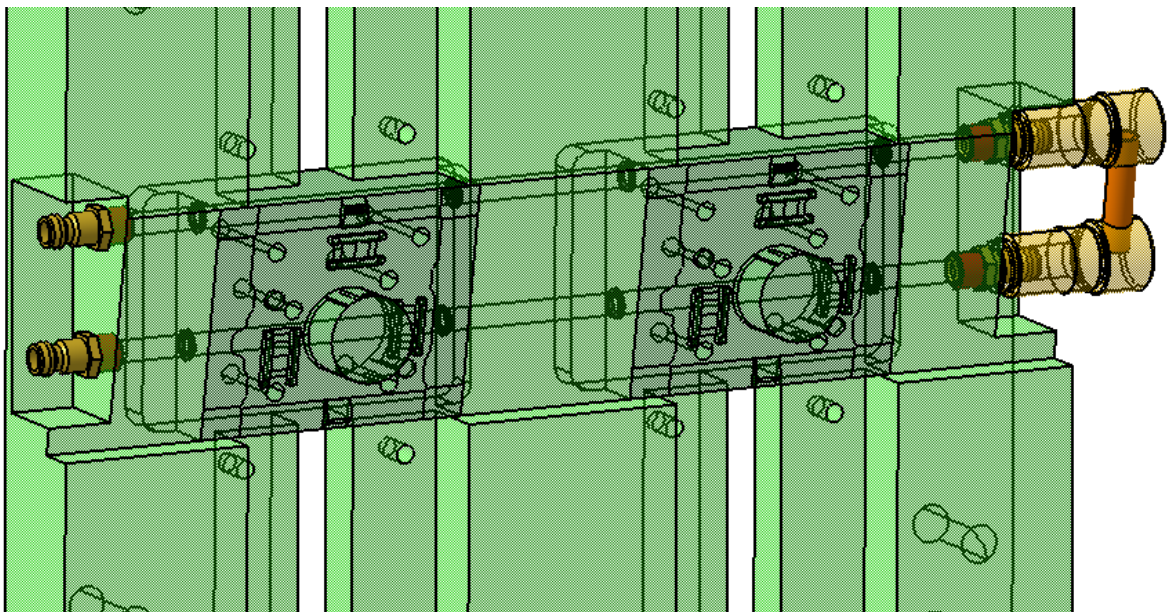
5.7 Temperační systém

Temperační systém zajišťuje chlazení, nebo zahřívání vstřikovací formy na teplotu pro následující vstřikovací cyklus. Aplikuje se na vyrovnání teplotní pole formy, a tím je

dosaženo rovnoměrné tuhnutí materiálu v dutině formy. Používá se různých druhů temperace, v tomto případě se dosahuje odvodu tepla kanály s temperačním médiem (vodou). Kanály byly zvoleny o průměru 6 mm. Temperační systém se skládá ze dvou okruhů, které jsou vyvrtány skrz kotevní desky a tvarové vložky. Na koncích kotevních desek se nachází přemostění. Přívod a odvod temperačního média je proveden přes rychlospojky, na které se připojí hadice z temperační jednotky.



Obr. 28. Pravý temperační okruh

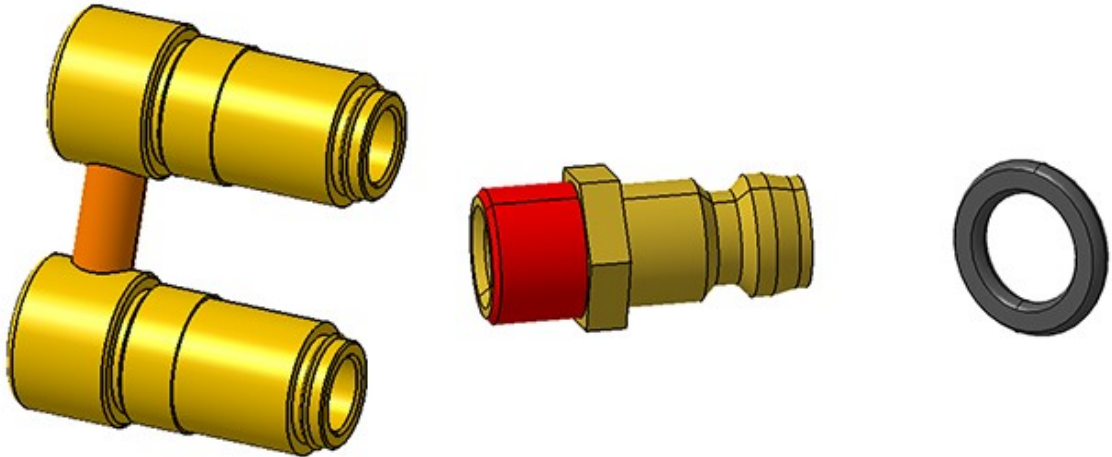


Obr. 29. Levý temperační okruh

5.7.1 Příslušenství k temperaci

Součásti k temperaci bylo použito od firmy Meusburger

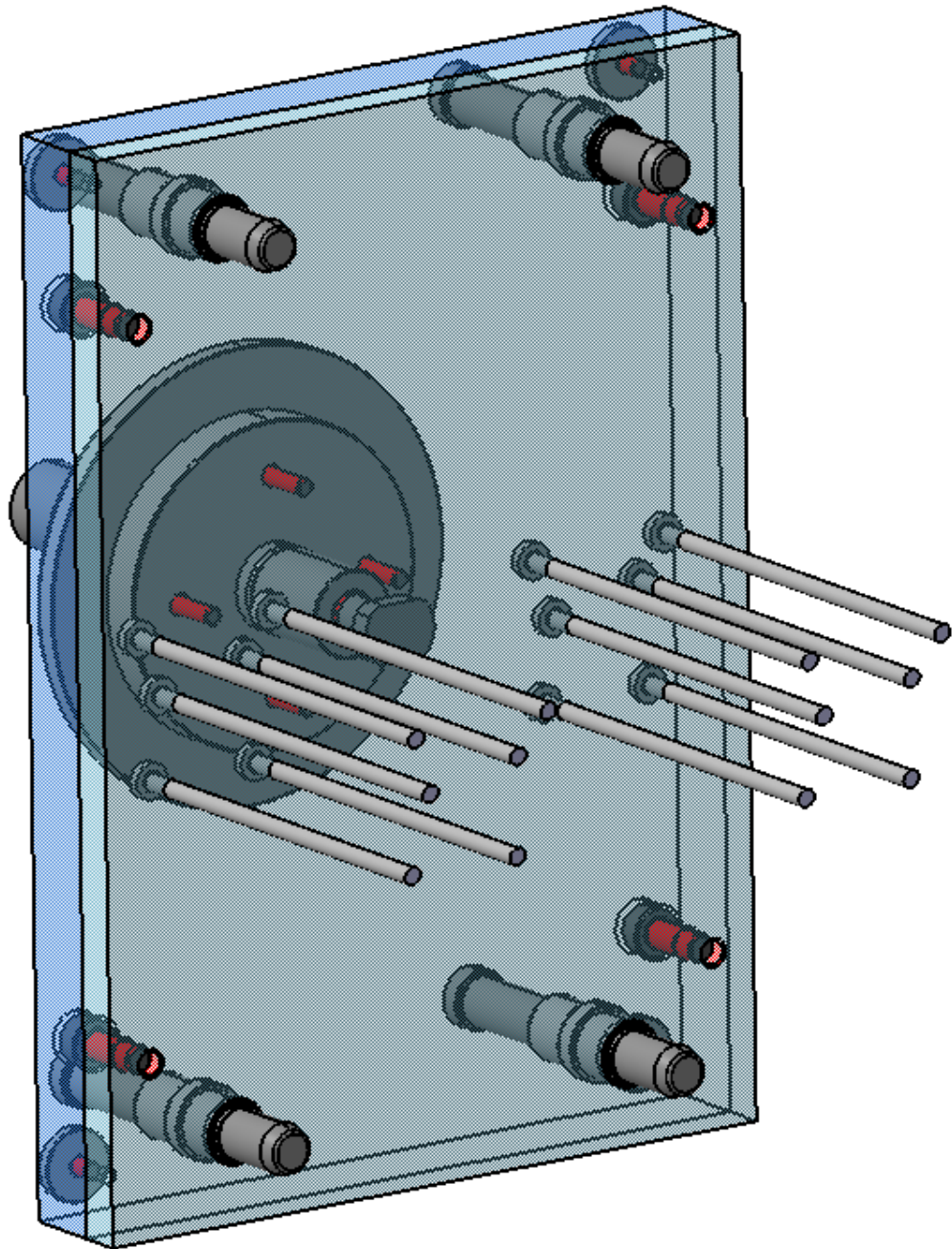
- sestava přemostění, typ E 2252, 2 kusy
- rychlospojka, typ E 2000, 8 kusů
- těsnění, typ E 2130, 16 kusů



Obr. 30. Temperační komponenty

5.8 Vyhazovací systém

Po otevření dutiny formy je úkolem vyhazovacího systému vyhodit z tvárníku výrobek. Vyhazovací systém je koncipován zpravidla tak, aby vyhazovací kolíky působily na nepohledovou stranu výstřiku. Táhlo zajišťuje pohyb vyhazovacího systému a je upevněno ve vstřikovacím stroji. Vyhazovací systém je tvořen dvanácti válcovými vyhazovacími kolíky (šest kolíků připadá na jeden dílec), ukotvených v deskách vyhazovacího systému. Válcové kolíky byly zvoleny o průměru 5 mm. Vedení vyhazovacích desek se uskutečňuje pomocí vodících pouzder a čepů. Na pohyblivé straně formy jsou umístěna vodící pouzdra v kotevní vyhazovací desce. Vodící čepy jsou ukotveny v upínací desce na pohyblivé straně formy. Čtyři dosedací podložky jsou použity na vyhazovacím systému, jejichž úkolem je zajistit vyhazovací systém ve správné počáteční poloze a zmírnit rázy mezi pohyblivou stranou formy a vyhazovacím systémem.



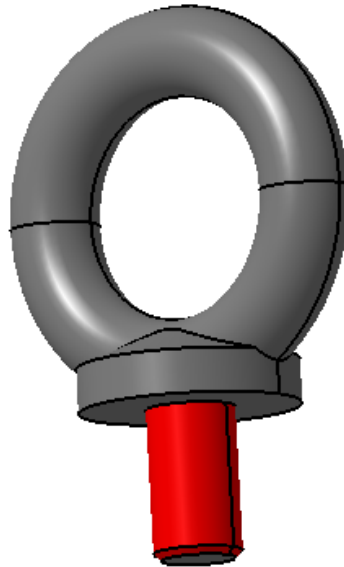
Obr. 31. Vyhazovací systém

5.9 Odvzdušnění formy

Při vstřikování materiálu se vzduch v dutině formy zahřívá. Zahřátý vzduch může způsobit nežádoucí jevy jako např. Dieselův efekt, při kterém dojde ke spálení tvarových dutin a vstřikovaného materiálu. Prevence před tímto problémem je dostatečné odvzdušnění formy. V rámci navržené vstřikovací se předpokládá přirozený únik vzduchu vůlemi mezi vyhazovači a tvárníkem, a vůlemi mezi jednotlivými dělicími rovinami.

5.10 Transportní zařízení

Pro snadnou manipulaci s formou pomocí zvedacího zařízení je vstřikovací forma na horní straně opatřena čtyřmi závěsnými oky typu E1270. Závěsné oko je připevněno k formě pomocí závitu. Komponenty byly použity od firmy Meusburger.



Obr. 32. Transportní oko

6 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Podle rozměrů vstřikovací formy, parametrů výrobku a ostatních technických parametrů byl zvolen hydraulický vstřikovací stroj ALLROUNDER 470 C GOLDEN EDITION od firmy ARBURG.

- Celkové rozměry formy: 346x382x296 mm
- Objem jednoho výrobku je 4,76 cm³, součet objemu pro celkový výstřik je 11,23 cm³

Tab. 2. Základní parametry vstřikovacího stroje

| | VLASTNOSTI | HODNOTA | JEDNOTKA |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------|-------------------------|
| Uzavírací jednotka | Maximální uzavírací síla | 1500 | kN |
| | Výška formy | 250-750 | mm |
| | Vzdálenost mezi vodícími sloupky | 470x470 | mm |
| Vstřikovací jednotka | Průměr šneku | 35/40/45 | mm |
| | Objem vstřikované taveniny | 154/201/254 | max. cm ³ |
| | Vstřikovací tlak | 2500/2000/1580 | max. bar |
| | Vstřikovací rychlost | 128/168/212 | max. cm ³ /s |



Obr. 33. Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 C [22]

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byl návrh a konstrukce vstřikovací formy, společně s tvorbou výkresové dokumentace. Vstřikovaným výrobkem je základna podsvíceného tlačítka v automobilu značky Škoda.

V teoretické je popsáno základní rozdělení plastů a jejich příprava před vstřikováním. Dále je zde vysvětlena problematika technologie vstřikování, zásady při konstruování výstřiků, forem a ukázky možných konstrukčních řešení jednotlivých systémů a částí formy.

Praktická část se zabývá vytvořením 3D modelu vyráběné součásti, návrhem a vytvořením 3D sestavy vstřikovací formy pro výrobu zadané součásti. Plastový díl byl vymodelován podle předlohy a na základě této předlohy byl vytvořen tvárník a tvárnice.

Úplný konstrukční návrh vstřikovací formy byl vytvořen v softwaru CATIA V5 R19. Normalizované součásti byly do návrhu formy vybrány z internetových stránek firmy Meusburger. Samotná konstrukce se odvíjela od velikosti výrobku a násobnosti formy. Vstřikovací forma byla zadána dvounásobná a je tvořena třemi hlavními částmi: levá strana a vyhazovací systém, pravá strana. Byl použit horký rozvodný blok. Temperační okruhy jsou tvořeny vrtanými kanály o průměru 6 mm. Vyhazovací systém se skládá z celkem dvanácti válcových kolíků, šest kolíků zajišťuje odformování jednoho výrobku. Odvzdušnění vstřikovací formy se předpokládá únikem vzduchu vůlí mezi vyhazovači a ve všech dělicích rovinách. Na horní části formy jsou umístěna transportní oka pro snadnou manipulaci.

Součástí příloh práce jsou 2D výkresy sestavy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PHOEBE H. KAUFFER. Injection Molding: Process, Design, and Applications. 2011. ISBN 9781617613074. Dostupné také z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&an=362382&scope=site>
- [2] KAZMER, David. Injection mold design engineering. Munich: Hanser, ©2007., 1 online zdroj (xx, 423 pages). ISBN 9781613442968. Dostupné také z: https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpIMDE0007/injection_mold_design_engineering
- [3] MENGES, Georg, Walter MICHAELI a Paul MOHREN. How to Make Injection Molds. 2001. ISBN 9783446212565. Dostupné také z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsebk&an=1628247&scope=site>
- [4] ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů. Praha: BEN - technická literatura, 2009. s. [1a]. ISBN 80-7300-026-1. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:3450b1f0-18ad-11e4-90aa-005056825209>
- [5] ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů: teorie a praxe. Praha: Grada Publishing, 2018, 455 s. ISBN 9788027106141.
- [6] SEIDL, Martin. STROJE PRO ZPRACOVÁNÍ POLYMERNÍCH MATERIÁLŮ [online]. 2015 [cit. 2021-05-19]. ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/Impresum.html>
- [7] BOBEK, Jiří. VSTŘIKOVACÍ FORMY PRO ZPRACOVÁNÍ TERMOPLASTŮ [online]. 2015 [cit. 2021-05-19]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Impresum.html>
- [8] ŘEHULKA, Zdeněk. Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů: polymery. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. s. 232. ISBN 978-80-7204-833-5. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:63a07ae0-b3f1-11e5-8c9e-001018b5eb5c>
- [9] LENFELD, Petr a Oddělení tváření kovů a plastů. Technologie II, Část 2: Zpracování plastů. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009. s. [142]. ISBN 978-80-7372-467-2. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:af406ff0-fb2e-11e3-a680-5ef3fc9bb22f>
- [10] LOYDA, Miloslav. Svařování termoplastů. Praha: UNO Praha, 2011. s. [532]. ISBN 978-80-904949-9. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:00982840-a8bb-11e4-94a8-005056827e51>
- [11] Kratochvíl B., Švorčík V., Vojtěch D.: Úvod do studia materiálů. 1. vyd. 2005. ISBN 80-7080-568-4
- [12] OSSWALD, Tim A., Lih-Sheng TURNG a Paul J. GRAMANN. Injection molding handbook. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s. ISBN 9781569904206.

- [13] KULKARNI, Suhas. Robust process development and scientific molding: theory and practice. Munich: Hanser Publications, c2010, 1 online zdroj (xv, 256 p.). ISBN 9781613442982. Dostupné také z: https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpRPDSMTP1/robust_process_development_and_scientific_molding_theory_and_practice
- [14] Technická univerzita Liberec: Studijní materiál skripta Část II – Zpracování plastů: [online]. [cit. 2021-05-19]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/obsah_plasty.htm
- [15] HYNEK, Martin, Západočeská univerzita v Plzni, Katedra konstruování strojů, Odvzdušnění [online]. Copyright © [cit. 19.05.2021] Dostupné z: http://www.kks.zcu.cz/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05/
- [16] BĚHÁLEK, Luboš. Polymery [online]. 2015. [cit. 2021-05-19]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Impresum.html>
- [17] BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů I.díl – Vstřikování termoplastů. 2. vyd. Brno : UNIPLAST, 1999. 134 s.
- [18] Vstřikovací formy. Ust.fme.vutbr [online]. Brno: Fakulta strojního inženýrství [cit. 2021-05-19]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cviceni/htn_tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy_zak.pdf
- [19] EWIKON. [Online] 2008. <http://www.ewikon.com>
- [21] PRUNER, Harry a Wolfgang NESCH. Understanding injection molds. Munich: Hanser Publishers, [2013], 1 online zdroj (xii, 145 pages). ISBN 9781569905357. Dostupné také z: https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpUIM00002/understanding_injection_molds
- [22] ARBURG [online]. Dostupné z WWW: <<https://www.arburg.com>>
- [23] SABIC [online]. Dostupné z WWW: <<https://www.sabic.com/en>>
- [24] HYNEK, Martin, Katedra konstruování strojů, Studené a živé vtokové systémy [online]. Copyright © [cit. 21.05.2021]. Dostupné z: http://www.kks.zcu.cz/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05/
- [25] DUCHÁČEK, Vratislav. Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití [online]. Vyd. 3., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2011, 276 s. [cit. 2021-05-19]. ISBN 9788070807880. Dostupné z: http://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/uid_isbn-978-80-7080-788-0/anotace/
- [26] HRBÁČEK, Jan. Vstřikovaný polypropylén: struktura a vlastnosti vs. teplota formy. 2003, 71 l.

[27] MACHEK, Václav a Jaromír SODOMKA. Nauka o materiálu. 4. část, Polymery a kompozity s polymerní matricí. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2008, 86 s. ISBN 9788001039274.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|--------------------|-----------------------------------|
| T _m | Teplota tání |
| T _f | Teplota viskózního toku |
| T _g | Teplota skelného přechodu |
| PP | Polypropylen |
| PE | Polyethylen |
| PVC | Polyvinylchlorid |
| PS | Polystyren |
| PA | Polyamid |
| 3D | Označení trojrozměrného prostoru |
| 2D | Označení dvojrozměrného prostoru |
| ITT | Index toku taveniny |
| R/h | Poměr rádiusu ku tloušťce stěny |
| SVS | Studený vtokový systém |
| VVS | Vyhřívaný vtokový systém |
| C | Tloušťka stěny vstříkovaného dílu |
| W | Šířka filmového ústí vtoku |
| °C | Stupeň Celsia |
| % | Procento |
| dg/min | Dekagram za minutu |
| MPa | Megapascal |
| kJ/m ² | Kilojoule na metr čtvereční |
| kN | Kilonewton |
| mm | Milimetr |
| cm ³ | Centimetr krychlový |
| cm ³ /s | Centimetr krychlový za sekundu |

- R Rádus
- T Tloušťka filmového ústí vtoku
- C Tloušťka stěny vstřikovaného dílu
- W Šířka filmového ústí vtoku

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| <i>Obr. 1. Schéma nadmolekulární struktury polymerů [16]</i> | 13 |
| <i>Obr. 2. Oblasti využití u amorfních a semikrystalických plastů [17]</i> | 14 |
| <i>Obr. 3. Vstřikovací stroj [7]</i> | 15 |
| <i>Obr. 4. Vstřikovací jednotka [6]</i> | 16 |
| <i>Obr. 5. Vstřikovací cyklus [3]</i> | 19 |
| <i>Obr. 6. Schéma vstřikovacího cyklu šnekových vstřikovacích strojů [14]</i> | 19 |
| <i>Obr. 7. Uzavřená vstřikovací forma [7]</i> | 20 |
| <i>Obr. 8. Příklad umístění dělicí roviny [7]</i> | 22 |
| <i>Obr. 9. Vliv velikosti rádiusu na koncentraci napětí [7]</i> | 23 |
| <i>Obr. 10. Doporučení pro návrh úkosů na vstřikovaném plastovém dílu [7]</i> | 24 |
| <i>Obr. 11. Postup návrhu vstřikovací formy [7]</i> | 26 |
| <i>Obr. 12. Možné provedení průřezů vtokových kanálů</i> | 28 |
| <i>Obr. 13. Filmové ústí vtoku [7]</i> | 29 |
| <i>Obr. 14. Vyhříváný vtokový systém [19]</i> | 30 |
| <i>Obr. 15. Odvzdušňovací drážka s příkladem rozměrů [15]</i> | 31 |
| <i>Obr. 16. Příklad vyhazovacího systému vstřikovací formy [7]</i> | 32 |
| <i>Obr. 17. Otevřená vstřikovací forma – vyhazovací systém v zadní pozici [7]</i> | 33 |
| <i>Obr. 18. Otevřená vstřikovací forma – vyhazovací systém v přední pozici [7]</i> | 33 |
| <i>Obr. 19. 3D model vstřikovaného výrobku</i> | 38 |
| <i>Obr. 20. 3D Sestava vstřikovací formy</i> | 39 |
| <i>Obr. 21. Zvolené dělicí roviny</i> | 40 |
| <i>Obr. 22. Násobnost vstřikovací formy</i> | 41 |
| <i>Obr. 23. Pravá strana vstřikovací formy</i> | 42 |
| <i>Obr. 24. Levá strana vstřikovací formy</i> | 43 |
| <i>Obr. 25. Tvárník (vlevo) a tvárnice (vpravo)</i> | 44 |
| <i>Obr. 26. Sestava bočních posuvných čelistí v uzavřené poloze</i> | 45 |
| <i>Obr. 27. Horký rozvodný blok včetně zásuvky a kabelů</i> | 46 |
| <i>Obr. 28. Pravý temperační okruh</i> | 47 |
| <i>Obr. 29. Levý temperační okruh</i> | 47 |
| <i>Obr. 30. Temperační komponenty</i> | 48 |
| <i>Obr. 31. Vyhazovací systém</i> | 49 |
| <i>Obr. 32. Transportní oko</i> | 50 |
| <i>Obr. 33. Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 470 C [22]</i> | 51 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|-----------|
| <i>Tab. 1. Základní vlastnosti vstřikovaného materiálu [23].....</i> | <i>37</i> |
| <i>Tab. 2. Základní parametry vstřikovacího stroje.....</i> | <i>51</i> |

SEZNAM PŘÍLOH

P I: Materiálový list PP 108MF10

P II: Technický list vstřikovacího stroje ARBURG 470 C GOLDEN EDITION

P III: Výkresová dokumentace:

- Vedení řezů A-A a B-B
- Celková sestava vstřikovací formy
- Kusovník

PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST PP 108MF10



SABIC[®] PP 108MF10

PP SUPER HIGH IMPACT

DESCRIPTION

SABIC[®] PP 108MF10 is a super high impact copolymer which exhibits an unmatched cold impact resistance, high flow and excellent paint adhesion characteristics. Because of this unique and well balanced property profile our customers commonly use this material for painted car bumpers.

SABIC[®] PP 108MF10 is a designated automotive grade.

IMDS ID: 80775790

TYPICAL PROPERTY VALUES

Revision 20181012

| PROPERTIES | TYPICAL VALUES | UNITS | TEST METHODS |
|--|----------------|-------------------|--------------|
| POLYMER PROPERTIES | | | |
| Melt Flow Rate | | | |
| at 230 °C and 2.16 kg | 10 | dg/min | ISO 1133 |
| Density | 905 | kg/m ³ | ISO 1183 |
| Mould shrinkage⁽¹⁾ | | | |
| 24 hours after injection moulding | 1.5 | % | SABIC method |
| FORMULATION | | | |
| Anti static agent | ☐ | - | - |
| Nucleating agent | ☒ | - | - |
| MECHANICAL PROPERTIES | | | |
| Tensile test | | | |
| stress at yield ⁽²⁾ | 19 | MPa | ISO 527-2 1A |
| strain at yield | 8 | % | ISO 527-2 1A |
| Tensile modulus ⁽³⁾ | 1000 | MPa | ISO 527-2 1A |
| Izod impact notched | | | |
| at 23 °C | No Break | kJ/m ² | ISO 180/1A |
| at 0 °C | No Break | kJ/m ² | ISO 180/1A |
| at -20 °C | 35 | kJ/m ² | ISO 180/1A |
| Charpy Impact Strength Notched | | | |
| at 23 °C | No Break | kJ/m ² | ISO 179/1eA |
| at 0 °C | No Break | kJ/m ² | ISO 179/1eA |
| Charpy impact unnotched | | | |
| at 23 °C | No Break | kJ/m ² | ISO 179/1eU |
| Hardness Shore D | 52 | - | ISO 868 |
| THERMAL PROPERTIES | | | |
| Vicat Softening Temperature⁽⁴⁾ | | | |
| at 10 N (VST/A) | 130 | °C | ISO 306 |
| at 50 N (VST/B) | 50 | °C | ISO 306 |



- (1) All measurements on injection molded samples.
- (2) Speed of testing: 50 mm/min
- (3) Speed of testing: 1 mm/min
- (4) Temperature rate: 120°C/h

QUALITY

SABIC Europe is fully certified in accordance with the internationally accepted quality standard ISO9001.

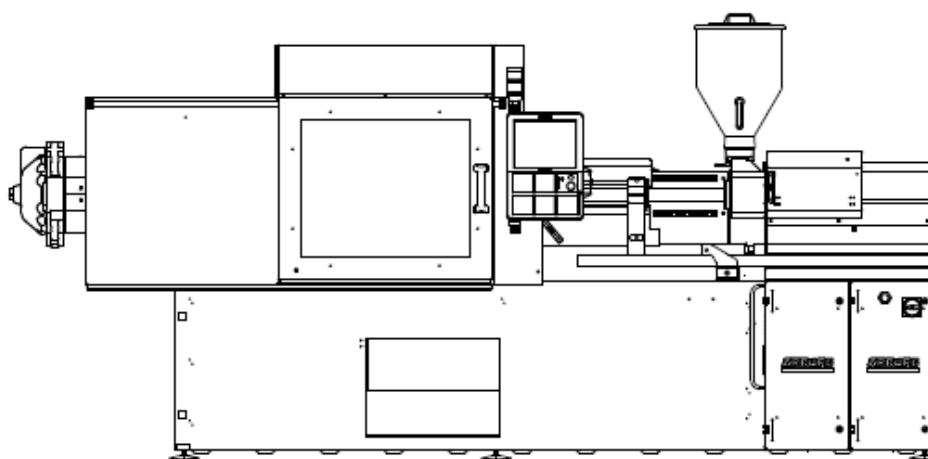
STORAGE AND HANDLING

Avoid prolonged storage in open sunlight, high temperatures (<50 °C) and/or high humidity as this could well speed up alteration and consequently loss of quality of the material and/or its packaging. Keep material completely dry for good processing.

DISCLAIMER

Any sale by SABIC, its subsidiaries and affiliates (each a "seller"), is made exclusively under seller's standard conditions of sale (available upon request) unless agreed otherwise in writing and signed on behalf of the seller. While the information contained herein is given in good faith, SELLER MAKES NO WARRANTY, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING MERCHANTABILITY AND NON-INFRINGEMENT OF INTELLECTUAL PROPERTY, NOR ASSUMES ANY LIABILITY, DIRECT OR INDIRECT, WITH RESPECT TO THE PERFORMANCE, SUITABILITY OR FITNESS FOR INTENDED USE OR PURPOSE OF THESE PRODUCTS IN ANY APPLICATION. Each customer must determine the suitability of seller materials for the customer's particular use through appropriate testing and analysis. No statement by seller concerning a possible use of any product, service or design is intended, or should be construed, to grant any license under any patent or other intellectual property right.

PŘÍLOHA P II: TECHNICKÝ LIST VSTŘIKOVACÍHO STROJE



ALLROUNDER 470 C GOLDEN EDITION

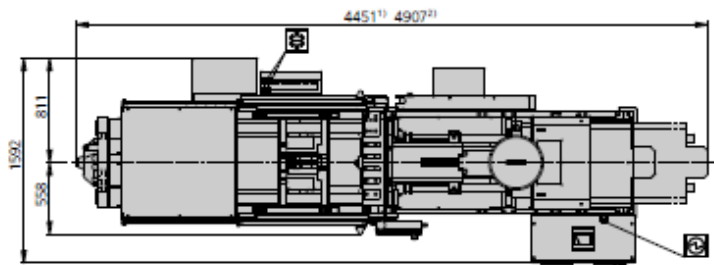
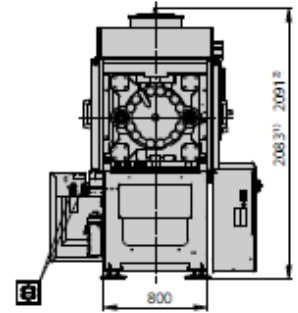
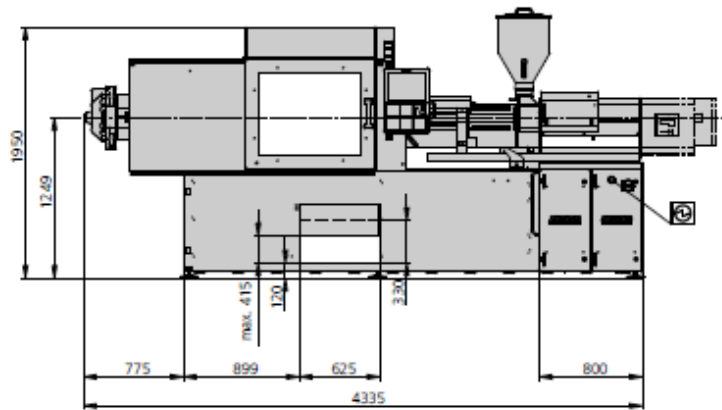
Distance between tie bars: 470 x 470 mm


Clamping force: 1500 kN


Injection unit (acc. to EUROMAP): 400, 800

ARBURG

MACHINE DIMENSIONS | 470 C GOLDEN EDITION



 Electrical connection

 Cooling water connection

- 1) Injection unit 400
- 2) Injection unit 800

TECHNICAL DATA | 470 C GOLDEN EDITION

| Clamping unit | | 470 C GOLDEN EDITION | |
|-------------------------------------|--------------|----------------------|--|
| with clamping force | max. kN | 1500 | |
| Opening force stroke | max. kN mm | 350 500 | |
| Mould height, fixed variable | min. mm | 250 --- | |
| Platen daylight fixed variable | max. mm | 750 --- | |
| Distance between tie bars (w x h) | mm | 470 x 470 | |
| Mould mounting platens (w x h) | max. mm | 650 x 650 | |
| Weight of movable mould half | max. kg | 800 | |
| Ejector force stroke | max. kN mm | 40 175 | |
| Dry cycle time EUROMAP ² | min. s - mm | 1,8 - 329 | |

| Injection unit | | 400 | | | 800 | | |
|--|-------------------------|----------|------|------|----------|------|------|
| with screw diameter | mm | 35 | 40 | 45 | 45 | 50 | 55 |
| Effective screw length | L/D | 23 | 20 | 18 | 22 | 20 | 18 |
| Screw stroke | max. mm | 160 | | | 200 | | |
| Calculated stroke volume | max. cm ³ | 154 | 201 | 254 | 318 | 392 | 474 |
| Shot weight | max. g PS | 141 | 184 | 232 | 291 | 359 | 434 |
| Material throughput | max. kg/h PS | 25 | 29 | 35 | 46 | 53 | 59 |
| | max. kg/h PA6.6 | 12,5 | 15 | 17,5 | 23 | 27 | 30 |
| Injection pressure | max. bar | 2500 | 2000 | 1580 | 2470 | 2000 | 1650 |
| Holding pressure | max. bar | 2500 | 2000 | 1580 | 2470 | 2000 | 1650 |
| Injection flow ² | max. cm ³ /s | 128 | 168 | 212 | 174 | 214 | 260 |
| Screw circumferential speed ² | max. m/min | 47 | 53 | 60 | 54 | 60 | 66 |
| Screw torque | max. Nm | 480 | 550 | 610 | 880 | | |
| Nozzle contact force retraction stroke | max. kN mm | 60 300 | | | 70 400 | | |
| Heating capacity zones | kW | 9,4 5 | | | 19,9 8 | | |
| Feed hopper | l | 50 | | | 50 | | |

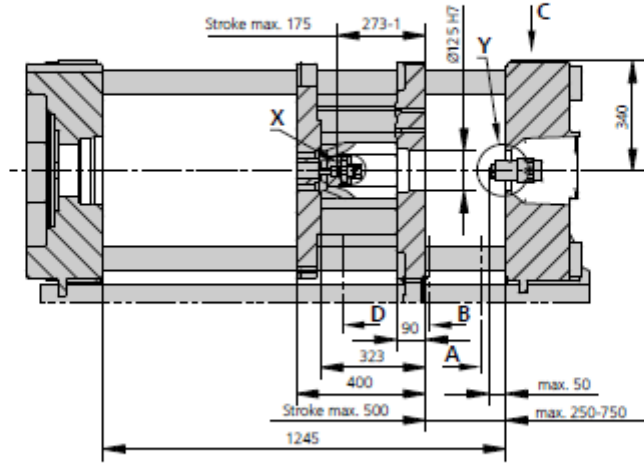
| Drive and connection | | 2 pumps | |
|--|-------------|-------------|------|
| with injection unit | | 400 | 800 |
| Net weight of machine | kg | 4850 | 5200 |
| Sound press. level insecurity ⁴ | dB(A) | 69 3 | |
| Oil filling | l | 235 | |
| Drive power ² | max. kW | 18,5 | 22 |
| Electrical connection ² | kW | 30 | 44 |
| | Total | A | 80 |
| | Machine | A | --- |
| | Heating | A | --- |
| Cooling water connection | max. °C | 30 | |
| | min. Δp bar | 1,5 DN 25 | |

| Machine type |
|--|
| with EUROMAP size designation ¹ |
| 470 C GOLDEN EDITION 1500-400 800 |

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.

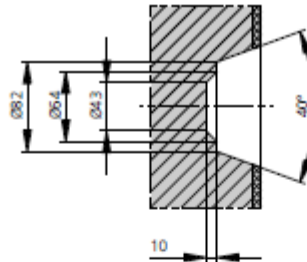
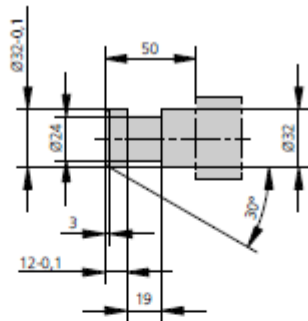
- 1) Clamping force (kN) - size of injection unit = max. stroke volume (cm³) x max. injection pressure (bar)
- 2) Specifications depend on the drive variant / drive configuration.
- 3) Specifications relate to 400 V/50 Hz.
- 4) Detailed info in the operating instr.
- [] Specifications apply to alternative equipment.

MOULD INSTALLATION DIMENSIONS | 470 C GOLDEN EDITION



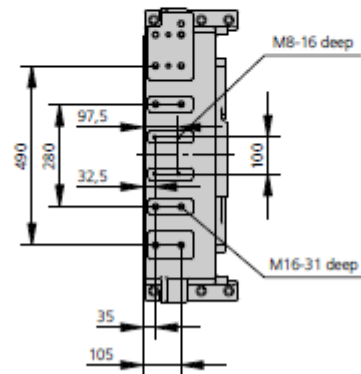
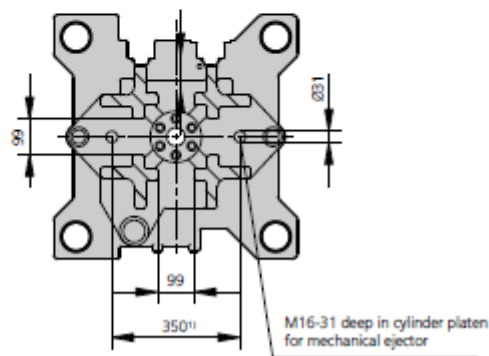
Ejector bolt | X

Bore in mould (if required) | Y



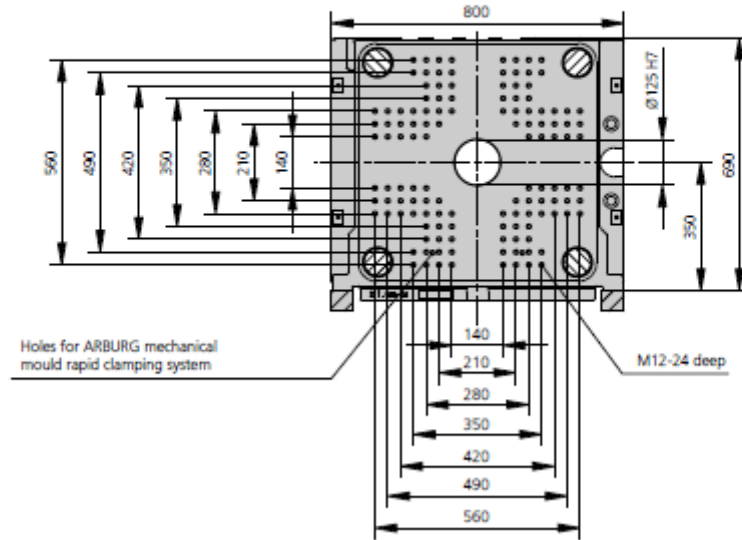
Robotic system mounting | C

D view

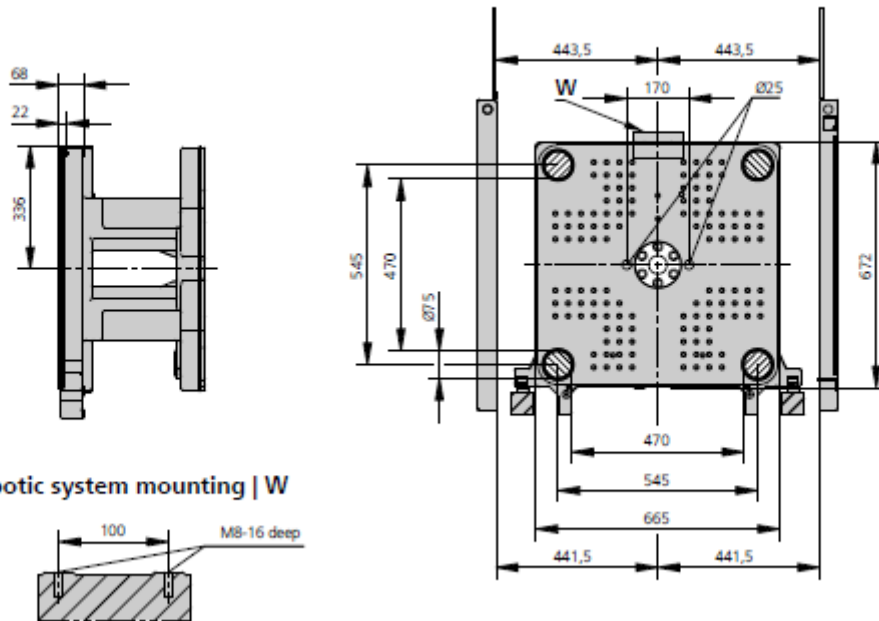


MOULD INSTALLATION DIMENSIONS | 470 C GOLDEN EDITION

Fixed mould mounting platen | A



Moving mould mounting platen | B



SHOT WEIGHTS | 470 C GOLDEN EDITION

Theoretical shot weights for the most important injection moulding materials

| Injection units according to EUROMAP | | 400 | | | 800 | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Screw diameter | mm | 35 | 40 | 45 | 45 | 50 | 55 |
| Polystyrene | max. g PS | 141 | 184 | 232 | 291 | 359 | 434 |
| Styrene heteropolymerizates | max. g SB | 137 | 179 | 227 | 284 | 350 | 424 |
| | max. g SAN, ABS ¹⁾ | 135 | 176 | 223 | 278 | 344 | 416 |
| Cellulose acetate | max. g CA ¹⁾ | 158 | 207 | 262 | 327 | 404 | 488 |
| Celluloseacetobutyrate | max. g CAB ¹⁾ | 147 | 192 | 243 | 304 | 375 | 454 |
| Polymethyl methacrylate | max. g PMMA | 145 | 190 | 240 | 300 | 371 | 449 |
| Polyphenylene ether, mod. | max. g PPE | 131 | 171 | 216 | 270 | 333 | 403 |
| Polycarbonate | max. g PC | 148 | 193 | 244 | 305 | 377 | 456 |
| Polysulphone | max. g PSU | 153 | 199 | 252 | 316 | 390 | 471 |
| Polyamides | max. g PA 6.6 PA 6 ¹⁾ | 140 | 183 | 231 | 289 | 357 | 431 |
| | max. g PA 6.10 PA 11 ¹⁾ | 131 | 171 | 216 | 270 | 333 | 403 |
| Polyoximethylene (Polyacetal) | max. g POM | 174 | 227 | 287 | 359 | 443 | 536 |
| Polyethylene terephthalate | max. g PET | 167 | 219 | 277 | 346 | 427 | 517 |
| Polyethylene | max. g PE-LD | 106 | 139 | 176 | 219 | 271 | 328 |
| | max. g PE-HD | 110 | 143 | 181 | 227 | 280 | 339 |
| Polypropylene | max. g PP | 112 | 146 | 185 | 232 | 286 | 346 |
| Fluoropolymerides | max. g FER, PFA, PCTFE ¹⁾ | 225 | 294 | 372 | 465 | 574 | 695 |
| | max. g ETFE | 196 | 256 | 324 | 408 | 504 | 609 |
| Polyvinyl chloride | max. g PVC-U | 170 | 222 | 281 | 351 | 434 | 525 |
| | max. g PVC-P ¹⁾ | 157 | 205 | 260 | 324 | 401 | 485 |

1) average value

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

© 2020 ARBURG GmbH + Co KG | All data and technical information have been compiled with great care. However we accept no responsibility for correctness. Individual illustrations and information may deviate from the actual delivery condition of the machine. The relevant valid operating instructions are applicable for the installation and operation of the machine.

522679_BU_GB_032020 - Subject to amendments