

KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY Pro florbalovou čepel

Jakub Ondra

Bakalářská práce
2019

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jakub Ondra**

Osobní číslo: **T16099**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy pro florbalovou čepel**

Zásady pro vypracování:

- Vypracujte literární studii na dané téma.
- Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu z termoplastu.
- Navrhňte vstřikovací formu pro zadaný díl.
- Nakreslete 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů

Rozsah bakalářské práce: **cca 60 stran**
Rozsah příloh:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů. 2. upr. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999.**
2. **BOBČÍK, L. Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů. Díl 2. Brno: Uniplast, 1986.**
3. **NEUHÄUSL, E., ZEMAN, I.: Vstřikování plastů–teorie a praxe: Základní kurs. Interní dokument fy PLAST FORM SERVICE, s.r.o., Praha, 2006**
4. **MAŇAS, M., VLČEK, J. Aplikovaná reologie. Zlín : UTB, 2001.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Václav Janošík**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2019**

Ve Zlíně dne 15. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 17. 5. 2019

.....

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukce vstřikovací formy. Forma byla navržena pro zadaný plastový díl, kterým je florbalová čepel.

Práce je složena z části teoretické, jenž obsahuje základní rozdělení polymerů, popis teorie vstřikování a popis vstřikovacího stroje. V části praktické je řešen konstrukční návrh formy v softwaru CATIA V5R20.

Klíčová slova: vstřikovací forma, konstrukce, vstřikování

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the construction design of injection mold. Mold design was based from the specified component, which is a floorball blade.

The work is composed of a theoretical part, which contains base distribution of polymers, the description of the injection theory and the description of the injection molding machine. In the practice part is solved construction design of injection mold in software CATIA V5R20.

Keywords: injection mold, construction, injection molding

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Václavu Janošíkovi za odborné vedení, cenné rady a věnovaný čas v průběhu vypracovávání této práce.

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

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| ÚVOD..... | 10 |
| I TEORETICKÁ ČÁST..... | 11 |
| 1 MATERIÁLY PRO VSTŘIKOVÁNÍ..... | 12 |
| 1.1 ROZDĚLENÍ POLYMERŮ | 12 |
| 1.1.1 Podle aplikace | 13 |
| 1.1.2 Termoplasty..... | 13 |
| 1.1.3 Amorfnní polymery..... | 14 |
| 1.1.4 Semikrystalické polymery..... | 14 |
| 1.1.5 Reaktoplasty..... | 15 |
| 1.1.6 Elastomery..... | 16 |
| 2 VSTŘIKOVÁNÍ | 17 |
| 2.1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ..... | 17 |
| 2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJE..... | 18 |
| 2.3 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS | 19 |
| 2.3.1 Dotlak..... | 19 |
| 2.4 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA | 20 |
| 2.4.1 Trysky | 21 |
| 2.4.2 Pístové vstřikovací jednotky | 21 |
| 2.4.3 Šnekové plastikační jednotky..... | 22 |
| 2.5 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA..... | 23 |
| 2.6 OVLÁDÁNÍ A ŘÍZENÍ VSTŘIKOVACÍHO STROJE | 23 |
| 3 VÝSTŘIK A POŽADAVKY NA JEHO KONSTRUKCI..... | 24 |
| 3.1 JAKOST POVRCHU SOUČÁSTÍ..... | 24 |
| 3.2 POŽADAVKY NA KONSTRUKCI FORMY | 24 |
| 3.3 ZÁVISLOST TLOUŠŤKY STĚN NA VADY VÝROBKU | 25 |
| 3.4 ZAOBLENÍ HRAN A ROHŮ | 26 |
| 3.5 ÚKOSY A PODKOSY..... | 26 |
| 3.6 ŽEBRA | 27 |
| 4 VSTŘIKOVACÍ FORMY | 28 |
| 4.1 NÁSOBNOST FORMY | 29 |
| 4.2 POSTUP PŘI KONSTRUKCI FORMY..... | 29 |
| 4.2.1 Zaformování výstřiku..... | 30 |
| 4.2.2 Dimenzování tvarové dutiny | 30 |
| 4.3 STUDENÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY | 31 |
| 4.3.1 Kuželový vtok | 34 |
| 4.3.2 Bodový vtok | 35 |
| 4.3.3 Tunelový vtok | 35 |
| 4.3.4 Banánový (prohnutý) vtok | 36 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 4.3.5 | Deštníkový a talířový vtok | 36 |
| 4.3.6 | Filmový vtok | 37 |
| 4.3.7 | Přidržovače a vyhazovače vtoku | 37 |
| 4.4 | VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY | 38 |
| 4.5 | VYHAZOVAČÍ SYSTÉM | 39 |
| 4.5.1 | Mechanické vyhazování | 40 |
| 4.5.2 | Pneumatické vyhazování | 41 |
| 4.5.3 | Hydraulické vyhazování | 41 |
| 4.6 | TEMPERACE FORMY | 41 |
| 4.7 | ODVZDUŠNĚNÍ | 43 |
| II PRAKTICKÁ ČÁST | | 45 |
| 5 | STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE | 46 |
| 6 | POUŽITÝ SOFTWARE | 47 |
| 6.1 | CATIA V5 R20 | 47 |
| 6.2 | HASCO DAKO MODULE | 47 |
| 7 | VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK | 48 |
| 7.1 | MATERIÁL VÝROBKU | 49 |
| 8 | VSTŘIKOVACÍ STROJ | 50 |
| 9 | KONSTRUKCE FORMY | 52 |
| 9.1 | NÁSOBNOST FORMY | 53 |
| 9.2 | ZAFORMOVÁNÍ VÝROBKU | 53 |
| 9.2.1 | Tvárnice | 55 |
| 9.2.2 | Tvárník | 56 |
| 9.2.3 | Tvarové jádro | 57 |
| 9.3 | ODFORMOVÁNÍ | 57 |
| 9.4 | VTOKOVÝ SYSTÉM | 58 |
| 9.5 | VYHAZOVAČÍ SYSTÉM | 59 |
| 9.6 | TEMPERAČNÍ SYSTÉM | 61 |
| 9.7 | ODVZDUŠNĚNÍ FORMY | 64 |
| 9.8 | OSTATNÍ KOMPONENTY | 64 |
| 9.9 | SESTAVA FORMY | 66 |
| ZÁVĚR | | 68 |
| SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | | 69 |
| SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | | 71 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ | | 73 |
| SEZNAM TABULEK | | 76 |
| SEZNAM PŘÍLOH | | 77 |

ÚVOD

Polymerní materiály v dnešní době zaujímají nezastupitelnou pozici v průmyslové výrobě. Dochází ke stále častějšímu nahrazování původních materiálů plastovými výrobky a to především díky svým vlastnostem, dostupností a poměrně snadnému zpracování.

Samotné zpracování plastů se provádí mnoha způsoby, avšak technologie vstřikování patří mezi nejrozšířenější. V dnešní době se můžou technologií vstřikování vyrábět výrobky malých značně složitých tvarů, ale i výrobky velkorozměrné, složené z několika homogenních i heterogenních materiálů. Proces spočívá v zaplnění dutiny formy, která je zvětšená o hodnotu smrštění polymeru a má tvar budoucího výstřiku, polymerní taveninou v plastickém stavu. Z tohoto hlediska je dobré znát tokové vlastnosti materiálu. K tomu nám v dnešní době dopomáhají výkonné softwary usnadňující řešit problémy na přesných simulacích. Polymer v dutině formy ztuhne a pomocí vyhazovacího systému je z formy vyhozen.

Technologii vstřikování můžeme potkat v automobilovém a leteckém průmyslu, v elektrotechnice a optice, ve zdravotnictví, atd.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MATERIÁLY PRO VSTŘIKOVÁNÍ

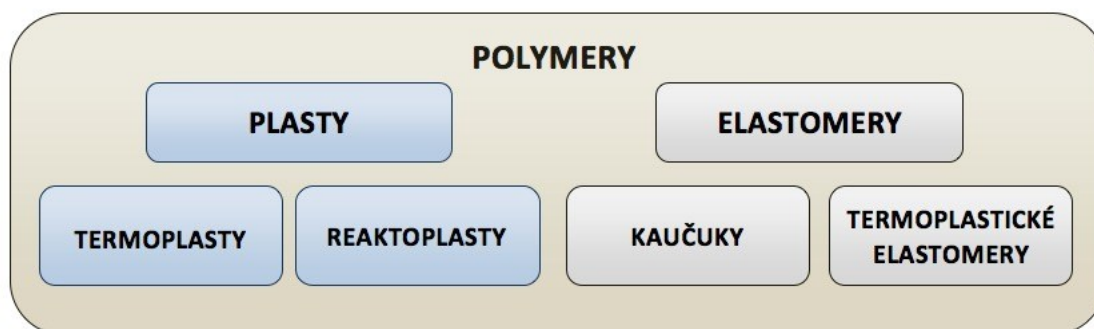
Polymery jsou látky, které jsou složeny z molekul jednoho nebo více druhů atomů (mezi nejčastější druhy atomů patří například atomy uhlíku, vodíku, kyslíku, dusíku). Pro polymery je typická řetězcová struktura jejich molekul, tj. dlouhá lineární řada vzájemně spojených atomů nebo skupin atomů představuje převažující strukturní motiv, který může být přerušen místy větvení. Jejich výjimečnost v chování je založena na značném nepoměru mezi délkou a šířkou makromolekuly. Dále typem vazeb v hlavním řetězci (chemické vazby, kovalentní vazby) a mezi řetězci (fyzikální vazby). Příčinou polymerních vlastností (elasticita, vysoká viskozita, pomalá rozpustnost atd.) je délka makromolekul, které se vzájemně zaplétají.

Začátek plastů je zaznamenán v 19. století, kdy roku 1862 byl v Londýně na průmyslové výstavě představena nová hmota. Angličan Alexander Parkes tehdy představil látku, která byla ohebná jako kůže, ale zároveň byla tvrdá jako rohovina. Směs dostala název parkesin a dala se odlévat, lisovat a řezat.

Průlom vstřikování plastů je spojen se jmény bratří Hyattů, kteří postavili zařízení parou vytápěného válce s hydraulickým pístem položeným ve svislé poloze a tryskou, která byla umístěna kolmo na osu válce a dotýkala se dvoudílné ocelové formy. Tak vznikly první výstřiky, které jako první ve velkém začala používat armáda. [3],[4]

1.1 Rozdělení polymerů

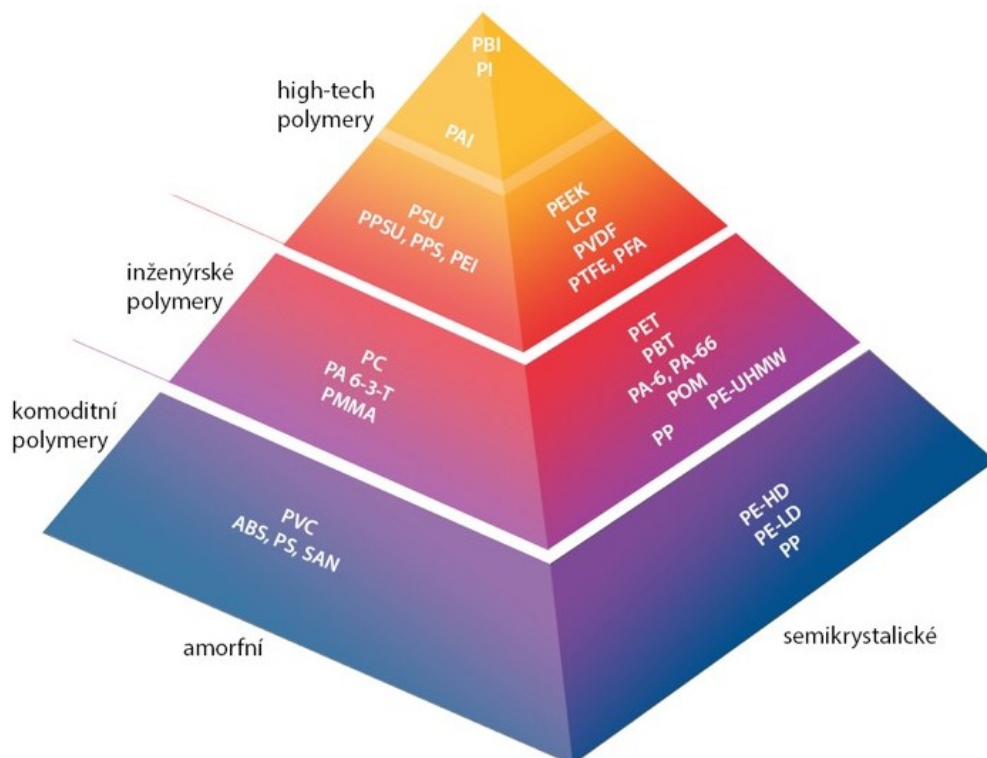
Polymery lze rozdělit podle několika kritérií. Podle nadmolekulární struktury, druhu přísad, polarit, chemické struktury plastů, působení tepla.



Obr. 1 Základní rozdělení polymerů [7]

1.1.1 Podle aplikace

- Plasty pro široké použití: polyolefiny (PE, PP), polystyrénové hmoty (PS), polyvinylchlorid (PVC), fenolformaldehydové (PF) a močovinoformaldehydové hmoty (UF).
- Plasty pro inženýrské aplikace: polyamidy (PA), polykarbonáty (PC), polyoximetylen (POM), polymetylmakrylát (PMMA), terpolymer ABS, polyfenilénoxid (PPO), polyuretan (PU), epoxidové (EP) a polyesterové (UP) pryskyřice.
- Plasty pro špičkové (high-tech) aplikace: polysulfon (PSU), polyfenylénsulfid (PPS), tetrafluoretylén (PTFE), polyimidy (PI). [5]



Obr. 2 Rozdělení polymerů dle aplikace a jejich nadmolekulární struktury [7]

1.1.2 Termoplasty

Termoplasty jsou materiály, které zahříváním přechází do plastického stavu (měknou). Do tuhého stavu přejdou ochlazením pod teplotou tání T_m (semikrystalické plasty), nebo teplotu viskózního toku T_f (amorfní plasty). Při zahřívání neprobíhá chemická reakce a během zpracování se nemění jejich chemická struktura. Změny mají

pouze fyzikální charakter a lze je teoreticky opakovat do nekonečna. Typickými představiteli jsou polyethylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polymethyl-methakrylát (PMMA). [5],[7]

1.1.3 Amorfní polymery



Obr. 3 Struktura amorfního polymeru [5]

Makromolekuly zaujímají nahodilé uspořádání. Amorfní polymery jsou charakteristické tvrdostí, křehkostí, vysokou pevností a modulem pružnosti. Mají nízký index lomu (1,4 až 1,6), tudíž mohou být děleny podle propustnosti světla na čiré (92% propustnosti světla), transparentní a průhledné (60% propustnosti světla). Použitelnost je do teploty zesklennění T_g a mezi jejich představiteli můžeme zařadit polykarbonát (PC), PS, PMMA. [5]

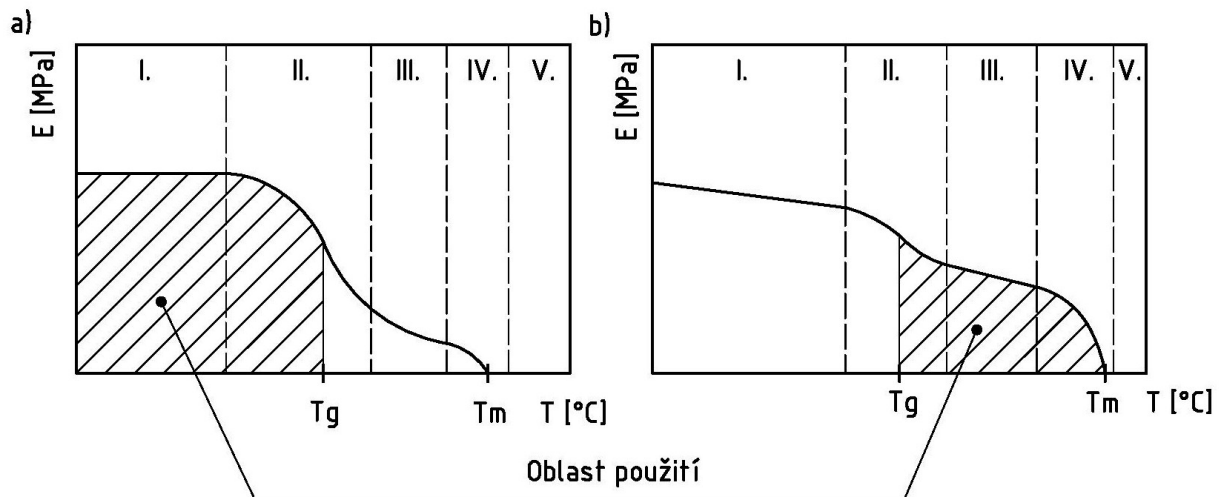
1.1.4 Semikrystalické polymery



Obr. 4 Struktura semikrystalického polymeru [5]

Vykazují určitý stupeň uspořádanosti, jenž je označován jako stupeň krystalinity (pohybuje se od 40% do 90%). Vyjadřuje relativní podíl uspořádaných oblastí, uložených mezi oblastmi amorfními. Jsou mléčně zakalené, charakterizovány houževnatostí

materiálu, pevnost a modul pružnosti roste se stupněm krystalinity. Použitelnost je do teploty tání T_m a mezi jejich představitelé patří PE, PP, PA, PTFE, POM. [5]



Obr. 5 Oblast použití; a) amorfních polymerů; b) semikrystalických polymerů [7]

I. – oblast sklovitého stavu; II. – přechodová oblast; III. – oblast kaučukovitěho stavu; IV. – přechodová oblast; V. – oblast taveniny

1.1.5 Reaktoplasty

Materiály tavitelné a tvarovatelné jen určitou dobu po zahřátí. Důvodem jsou chemické změny, při kterých původní molekuly sesítňují a od tohoto momentu se stávají netavitelné a nerozpustné. Tato změna je dána chemickou reakcí, která se nazývá vytvrzování (způsobuje vznik zesíťované struktury). Jedná se o proces nevratný, kdy materiál nelze znovu tvarovat, svařovat ani převést zpět do taveniny. Vyznačují se vysokou chemickou a tepelnou odolností, tuhostí a tvrdostí.

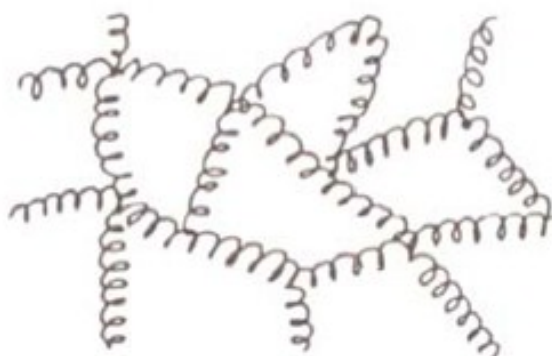
Patří sem epoxidová pryskyřice (EP), polyesterová pryskyřice (UP), fenoloplasty. [7]



Obr. 6 Struktura reaktoplastu [5]

1.1.6 Elastomery

Jedná se o vysoce elastické (pružné) materiály s nízkou tuhostí, které lze za běžných podmínek malou silou značně deformovat, aniž by došlo k porušení nebo nevratné deformaci. Typickým představitelem jsou kaučuky, ze kterých se vyrábí pryže pomocí vulkanizace. Vulkanizace je chemická reakce, probíhající při teplotách 150 až 200 °C za přítomnosti vulkanizačního činidla a dalších důležitých přísad. Nejdůležitějším vulkanizačním činidlem je právě síra, jejíž atomy při vulkanizaci vytvářejí příčné vazby mezi lineárními makromolekulami kaučuku. Vzniklá pryž má velkou elastickou deformaci (100% až 500% i více) při zatěžování v tahu. Elastomery mají velkou výhodu, že oproti reaktoplastům nedochází k chemické reakci (vytvrzování), ale pouze k fyzikální přeměně, a lze je opakovaně zpracovávat. [7],[10]



Obr. 7 Struktura elastomeru [5]

2 VSTŘIKOVÁNÍ

Jedná se o nejpoužívanější a nejrozšířenější technologii pro zpracování plastů. Vstřikováním lze zpracovávat skoro všechny druhy termoplastů, termoplastických elastomerů, polymerních směsí, kompozitů, ale i reaktoplastů, kaučuků a pryží. Vychází z principu technologie tlakového lití, ovšem za výrazně odlišných teplot a tokových vlastností. Hlavní podstata technologie vstřikování plastů je založena na opakování vstřikovacího cyklu (kap. 2.3). [1],[8]

Výsledky metody vstřikování jsou nejčastěji konečné výrobky, nebo polotovary a díly (součástí přístrojů, nárazníky, kryty na mobily, atd.), které jsou dále kompletovány do samostatného výrobního celku. Výrobky mohou mít hmotnosti menší jak 0,1g, ale zároveň jsou vyráběny díly velkých rozměrů o hmotnostech několika kilogramů. [1],[8]

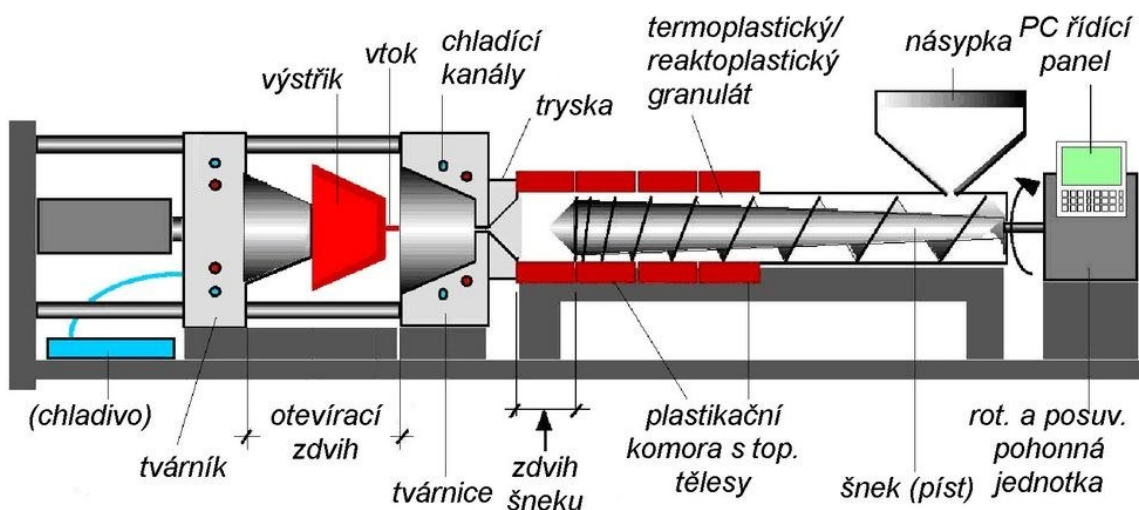


Schéma vstřikovacího stroje

Obr. 8 Schéma vstřikovacího stroje [6]

2.1 Technologie vstřikování

Jedná se o termodynamický cyklický proces tváření spočívající v potřebné dávce zpracovaného materiálu ve formě taveniny (plastický stav) vstříknuté pomocí šneku nebo pístu velkou rychlostí z plastikační (tavící) komory do uzavřené dutiny vstřikovací formy. V důsledku odvodu tepla (chlazení) vstříknutý materiál zaujme tvar ve formě konečného

výrobku. Plastikační komora je součástí vstřikovacího stroje, do které se materiál během výrobního cyklu neustále doplňuje. [8]

Principem je nasypávání plastu do násypky, kde pomocí pracovní části vstřikovacího stroje (šnekem, pístem) je dopraven do plastikační jednotky. Zde za současného topení a disipace (účinek tření) plast plastikuje a vzniká tavenina. Tavenina je následně vstřikována do dutiny formy, kterou zcela zaplní a zaujme její tvar a objem. Následuje dotlaková fáze pro snížení smrštění a rozměrových změn. Finální výrobek předává formě teplo a ztuhne. Na závěr se forma otevře, výrobek je vhodným způsobem vyhozen a celý cyklus je opakován. [6],[8]

2.2 Vstřikovací stroje

Na moderních vstřikovacích strojích probíhá vstřikovací proces ve většině případů plně automaticky, což má za následek vysokou produktivitu práce. Cena vstřikovací formy i strojního zařízení je značně vysoká, proto se musí dbát při návrhu formy hlavně na rozměry a možnosti stroje, aby formu bylo možné aplikovat na daný stroj. Technologie proto dává největší význam při velkosériové a hromadné výrobě. [6]

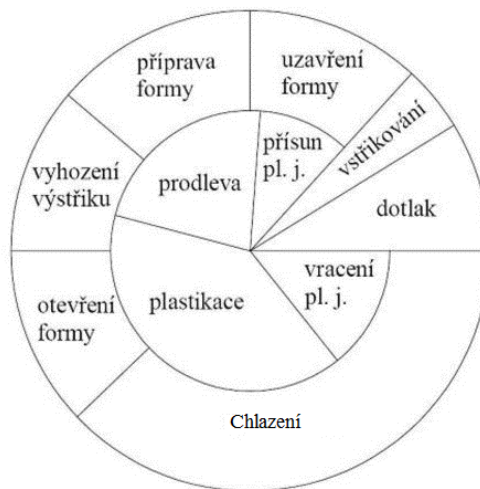


Obr. 9 Ukázka vstřikovacího stroje ARBURG [11]

Díky širokým možnostem využití plastů, vysoké produktivitě a nepřetržitému chodu se stávají nedílnou součástí dnešní doby. Vstřikované výrobky nacházejí využití v domácnostech, ve spotřebním průmyslu, strojírenském, automobilovém průmyslu, elektrotechnice a elektronice i v optice. [9]

2.3 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus je dán přesně danými po sobě jdoucími kroky, které se svou činností podílí na výrobě vstřikovaných dílů. Proces, během kterého plast prochází teplotním a tlakovým cyklem. [8]



Obr. 10 Vstřikovací cyklus [12]

K uzavřené formě přijíždí vstřikovací jednotka. Poté dochází ke vstříknutí taveniny do formy a následný dotlak (šnek se posune dopředu jako píst). Dochází k chladnutí materiálu ve formě a zároveň začíná plastikace další dávky materiálu (šnek se otáčí a posouvá zpět, zplastikovaný materiál se dopravuje před čelo šneku k trysce). Nakonec dojde k otevření formy, vyhození výstřiku a pokračování plastikace. [8],[12]

2.3.1 Dotlak

- Působí v tzv. době vstříknutí,
- bývá stejný, nebo nižší než vstřikovací tlak,
- je odvozen od tlaku dosaženého v dutině formy,
- snižuje smrštění a rozměrové změny,
- ovlivňuje zbytková pnutí ve výstřiku,
- nemusí být součástí vstřikovacího cyklu (tenkostěnné výstřiky),
- u tlustostěnných výstřiků má vliv na výskyt závad (bublíny, propadliny, atd.). [12]

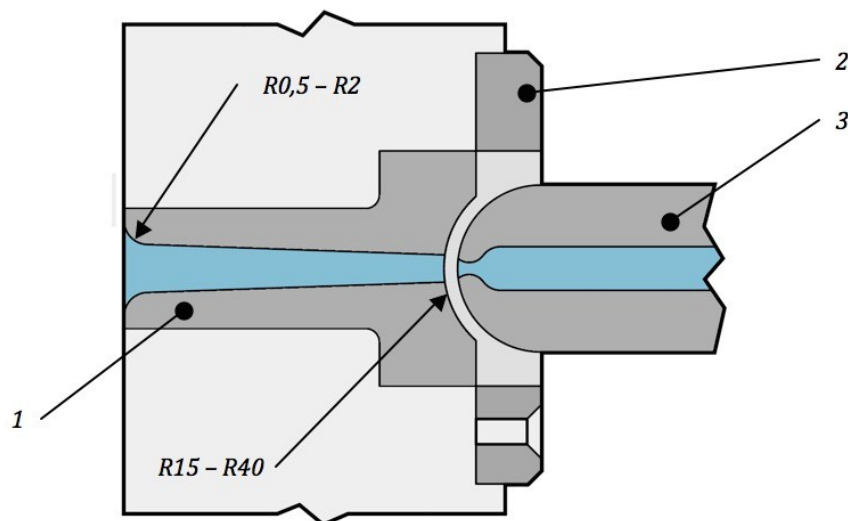
2.4 Vstřikovací jednotka

Připraví a dopraví požadované množství roztaveného plastu do formy. Množství taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Rychlejšími cykly výroby se ovlivní degradace materiálu, která může vznikat při malém vstřikovacím množství, kdy plast setrvává delší dobu ve vstřikovací jednotce. Optimální množství kapacity jednotky je 80%. Maximální by nemělo překročit 90%, protože je ještě nutná rezerva pro případné doplnění úbytku hmoty při chlazení (smrštění). [1]

Práce vstřikovací jednotky je taková, že do tavného válce je dopravován plast z násypky pohybem šneku. Plast prochází přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo, kde se postupně plastikuje, homogenizuje a hromadí před šnekem. [1]

Topení tavné komory je nejčastěji rozděleno do tří pásem (vstupní, střední a pásmo u trysky), tryska má zvláštní samostatné topení. Kromě topení vzniká část tepelné energie disipací v materiálu. [1]

Na Obr. 11 se nachází tavná komora zakončená vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Přesné dosednutí trysky a vtokové vložky formy zajišťuje kulové zakončení. Jejich sousost, menší průměr otvoru a menší poloměr trysky než je u vtokové vložky, jsou nezbytnou podmínkou správné funkce. [1]



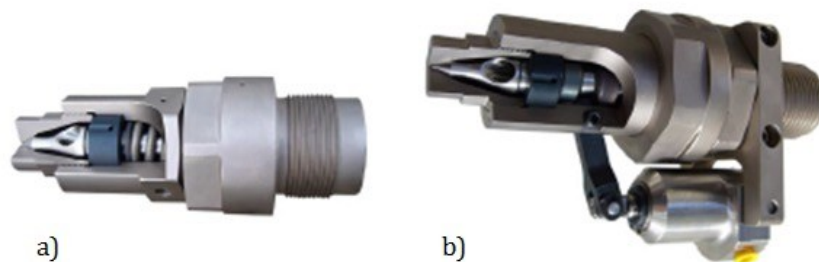
Obr. 11 Dosednutí trysky stroje na trysku formy [14]

1 – Vtoková vložka; 2 – středicí kroužek; 3 – čelo trysky vstřikovacího stroje

2.4.1 Trysky

Vstřikovací trysky mohou být otevřené a uzavíratelné. Otevřené trysky mají jednodušší konstrukci a mohou být mnohem kratší. Při použití není téměř možné nadávkovat taveninu před čelo šneku, pokud není tryška v kontaktu s formou. Používají se nejčastěji pro vstřikování taveniny s větší viskozitou. [1],[13]

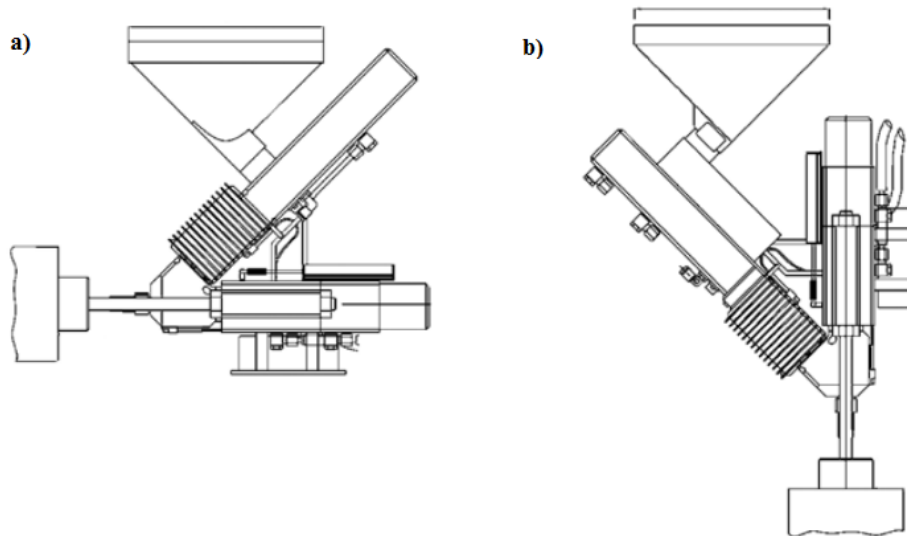
Uzavíratelné trysky jsou mechanismy, které zajišťují uzavírání trysky, mohou mít různou konstrukci. Nejjednodušší systém je osazen pružinou, která tlačí na pohyblivý člen trysky a udržuje ji tak uzavřenou. Při najetí trysky do vtokové vložky dojde k přetlačení pružiny a tryška se otevře (Obr. 12a). Dalším konstrukčním řešením je tryška uzavírána jehlou, aktivovanou vnějším mechanickým nebo hydraulickým mechanismem (Obr. 12b). [1],[13]



Obr. 12 Uzavíratelné trysky; a) ovládané pružinou; b) hydraulické uzavírání [13]

2.4.2 Pístové vstřikovací jednotky

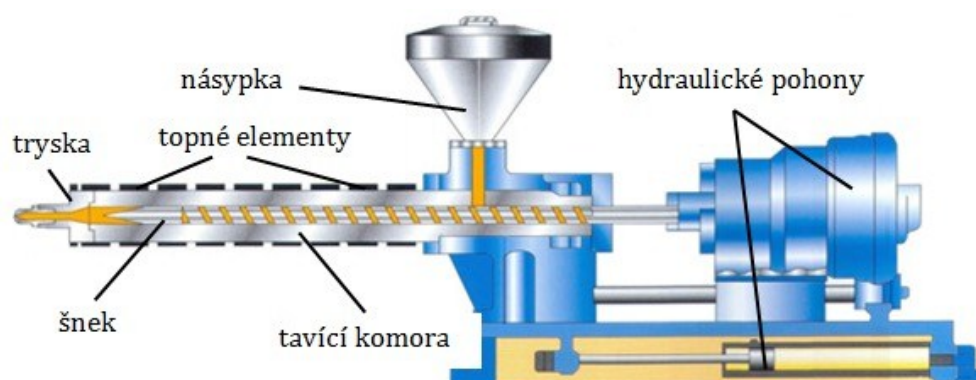
Jedná se o nejstarší typ, který je vytlačován vstřikovacími jednotkami osazenými šneky. Píst vykonává pohyb vpřed a vzad v ose pístu. Pokud je píst v zadní pozici, z násypky před něj padá granulát. Pohybem pístu vpřed dochází k posunu plastu do tavicí komory, kde se působením tepla mění na taveninu. Pohyb pístu způsobuje tlak, díky kterému se tavenina dostává k trysce, a dále do vstřikovací formy. Před tryškou je umístěné torpédo, které zajišťuje částečné promíchání a homogenizování v celém objemu. [13]



Obr. 13 Babyplast technologie mikrovstřikování; a) horizontální přídatná vstřikovací jednotka; b) vertikální přídatná vstřikovací jednotka [18]

2.4.3 Šnekové plastikační jednotky

Při plastikaci šnek koná rotační a axiální pohyb vzad a v prostoru před jeho čelem se hromadí tavenina. Povrch tavící komory je obklopen topnými pásy a vnější vrstvu tvoří izolace. Mezi šnekem a vnitřní plochou tavící dutiny je minimální mezera (0,1 až 0,2 mm), proto je velká náročnost na přesné obrobení povrchů, hladký povrch šneku, vysoká tvrdost povrchu (abrazní odolnost). Orientace uzavírací jednotky může být horizontální i vertikální; co se týče vstřikovací jednotky, ta může být orientována skoro libovolně (nejčastěji opět horizontálně a vertikálně). Na rozdíl od pístové vstřikovací jednotky má vyšší plastikační výkon, lepší kvalitu taveniny, vyšší rychlost vstřikování. [13]



Obr. 14 šneková plastikační jednotka [13]

2.5 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka vstřikovacího stroje zajišťuje upnutí, plynulé pohyby vstřikovací formy, dokonalé otevření, uzavření i případné vyprázdnění. Podobně jako vstřikovací jednotka je tvořena několika samotnými prvky a mechanismy:

- opěrné desky pevné,
- upínací desky,
- vodící sloupky,
- uzavírací mechanismus.

Uzavírací síla může být mechanická (mechanické zapříčení formy v potřebné poloze), hydraulická (vyvozená hydraulickým pístem), nebo kombinovaná (hydraulicko-mechanická). [1],[13]

2.6 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

Charakteristickou známkou kvality stroje je jeho snadná obsluha a stupeň řízení. Důležitá je i stálá reprodukovatelnost technologických parametrů. Pokud parametry nepřiměřeně kolísají, projeví se tato nerovnoměrnost na přesnosti a kvalitě výroby. Celý systém vstřikovacího stroje je v současnosti řízen mikroprocesory, které umožňují automatizaci procesu. Součástí kontrolní a řídicí jednotky je komunikační rozhraní, prostřednictvím jehož lze nastavovat a sledovat možné technologické parametry (teplota, rychlost, tlak apod.) Uživatel se v komunikačním prostředí pohybuje pomocí dotykového displeje (případně klávesnice, myši). Místo obvyklé textové formy nastavování technologických parametrů se využívá nejrůznější grafické formy řízení pracovního cyklu. Každý výrobce má individuální komunikační prostředí (Obr. 15). K softwarovému vybavení patří i nástroje na sledování kvality, ke kontrolní a řídicí jednotce patří i signalizační zařízení (informuje o poruchách, probíhajících funkcích stroje). [1],[13]



Obr. 15 Komunikační rozhraní společnosti ARBURG [13]

3 VÝSTŘÍK A POŽADAVKY NA JEHO KONSTRUKCI

Konstrukční návrh součástí z plastů je, oproti kovovým, řízen úplně jinými zásadami. Konstruktor musí zvážit, co všechno se při tvorbě vstřikováním dílu z plastu bude dít. Proto je důležité znát jejich technologii zpracování. [1]

Pro realizaci plastových součástí jsou dány určité meze konstrukčních tvarů a vlastností, které by se neměly přesáhnout, jinak nastanou při výrobě problémy. Bez potřebných znalostí je obtížné docílit vyhovujícím podmínkám výroby. Všeobecné pravidlo: Čím jednodušší je součást, tím snadnější je její dodržení rozměrů, lacinější výroba formy a jednodušší výroba výstřiků. [1]

3.1 Jakost povrchu součástí

Vedle požadovaných rozměrů je také důležitým znakem jakost povrchů. Vhodnou úpravou (dezénem, barevností, apod.) se zvýší estetický vzhled a jejich využití. Vyráběné součásti potom mají vhodný barevný odstín, různé hladkosti povrchu a lesku. Jakost povrchu je obrazem kvality povrchu dutiny formy.

- Matné jsou výrobně nejjednodušší a ekonomicky nejvhodnější. Zakrývají některé vzhledové nedostatky (např. studené spoje, stopy po toku).
- Lesklé jsou výrobně nejsložitější a nejnáročnější povrch, z toho důvodu jsou ekonomicky náročné. Na tomto povrchu lze spatřit veškeré nedostatky dutiny formy i technologie výroby. U většiny plněných plastů však není možné docílit lesklého povrchu.
- Zhotovení dezénové plochy je limitováno umístěním, druh dezénu se volí dle vzorníku. Dosáhne se zvýraznění některé její oblasti, snadnější manipulace, snížení průhlednosti atd. Zakrývá některé vzhledové nedostatky stejně jako matné plochy.
- Je limitována druhem plastu a jeho vzorníkem barev. Pokud barevnost nevyhovuje, tak se přistoupí k nátěru (nástřiku) povrchu. [1],[12]

3.2 Požadavky na konstrukci formy

Mezi základní podklady pro konstrukci formy slouží výkres vyráběné součásti. Její tvar má být řešen nejen z ekonomického a funkčního hlediska, ale i z vhodného způsobu její výroby. Konstrukce výrobku musí přihlídnout k vhodné poloze dělicí roviny a tím je určen i způsob jejího zaformování. S tím se váže pojem vtokový a vyhazovací systém,

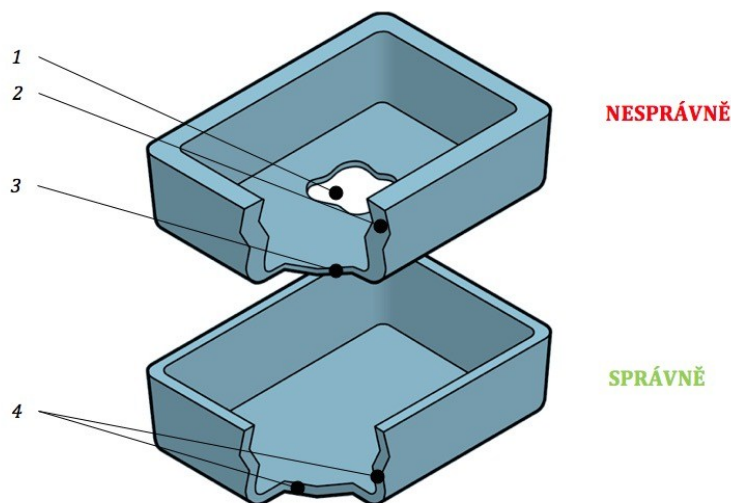
odvzdušnění, úkosity, přesnost, vzhled apod. Tloušťka stěn musí zohledňovat dráhu toku polymeru i případné vady (hromadění materiálu, vnitřní pnutí, propadliny, lunkry). [1],[12]

Při konstrukci se musí dávat pozor na:

- ostré hrany,
- náhlé přechody v tloušťkách stěn,
- tlusté stěny výrobku, pokud jsou nutné, tak využít lehčení,
- tloušťka bočních stěn nebo žebek, by neměla překročit 0,8 násobek tloušťky hlavní stěny. [1],[12]

3.3 Závislost tloušťky stěn na vady výrobku

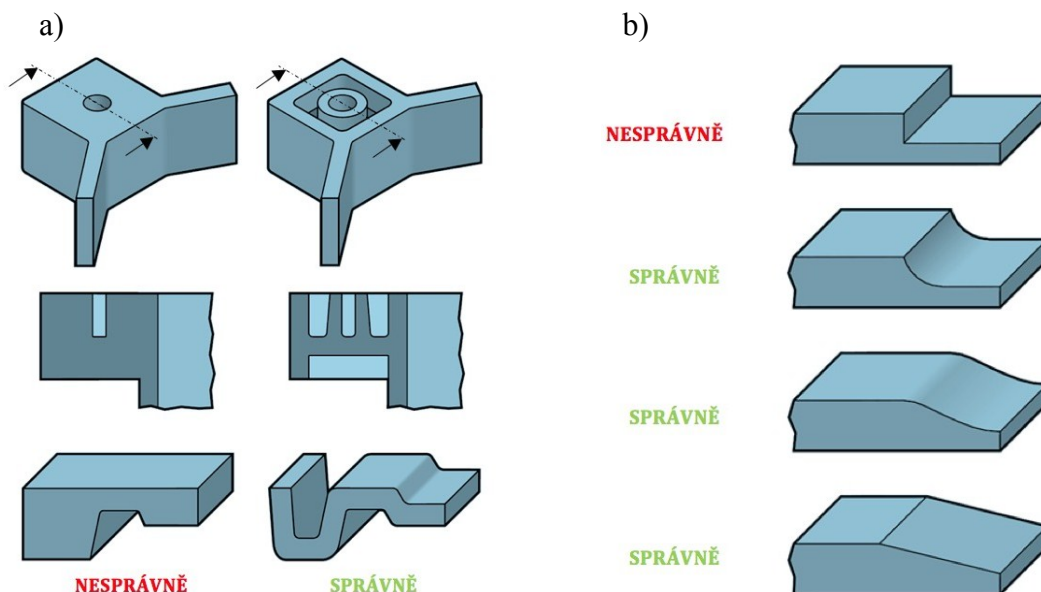
Tloušťka stěny významně ovlivňuje charakteristiku plastového dílu. Zejména se jedná o mechanickou odolnost, pocitové vlastnosti, celkový vzhled, zpracovatelnost a ekonomiku dílu. Optimální tloušťka je pak kompromis mezi protikladnými požadavky, jako je pevnost versus hmotnost nebo trvanlivost versus náklady. [14]



Obr. 16 Vliv tloušťky stěny plastového dílu [14]

1 – Oblast se zvýšeným rizikem uzavírání vzduchu; 2 – příliš velká tloušťka; 3 – příliš malá tloušťka; 4 – rovnoměrná tloušťka

Každé zvýšení tloušťky způsobuje zvýšení tuhosti, ale také samozřejmě i zvýšení hmotnosti, doby cyklu a materiálových nákladů. Ke zvýšení tuhosti je tedy daleko lepší využít konstrukčních prvků (žebra, zakřivení, zavlnění). [14]



Obr. 17 Správný a nesprávný návrh; a) rovnoměrnosti tloušťky stěny; b) přechody různých tloušťek stěn [14]

3.4 Zaoblení hran a rohů

Zaoblení usnadňuje tok taveniny, zabraňuje koncentraci napětí v těchto místech, tím pádem vzniká menší opotřebení formy, rázová houževnatost výrobku se zvýší o 50%. Důležité je se vyhnout ostrým přechodům (obr. 17b), které vyžadují vyšší vstřikovací tlaky. Rozdíl ve velikosti rádiusů (vnitřní / vnější) je tloušťka stěny výrobku. [12],[14]

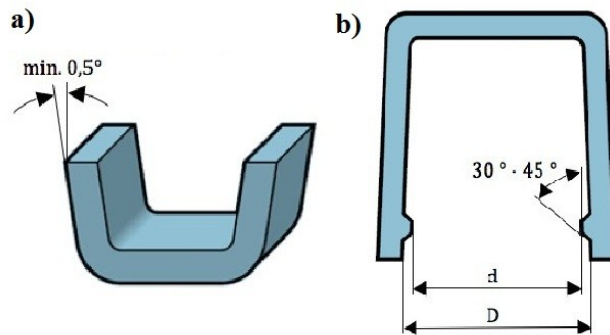
Tab. 1 Doporučená zaoblení [1]

| Minimální poloměr | | | Doporučený poloměr | | |
|--|---------|-------|--------------------|---------|-----|
| Plast | r | R | | l | r |
| Plněné PA, PC | 1,5 | r + s | | > 50 | 1,6 |
| | | | | 50-100 | 2,5 |
| PS, PC, CAB, PMMA, PVC | 0,6 - 1 | r + s | | 100-150 | 4 |
| | | | | 150-200 | 5 |
| | | | | 200-250 | 6 |
| PE, PP, CA, PPO, POM, PETP, PA, ABS, SAN | 0,5 | r + s | | 250-300 | 8 |
| | | | 300-400 | 12 | |
| | | | 400-500 | 20 | |

3.5 Úkosy a podkosy

Úkosy a podkosy jsou sklony stěn výstřiku kolmo k dělicí rovině, kterými se umožňuje (zabraňuje) vyjímání výstřiku z dutiny formy. Mohou být vnější nebo vnitřní a

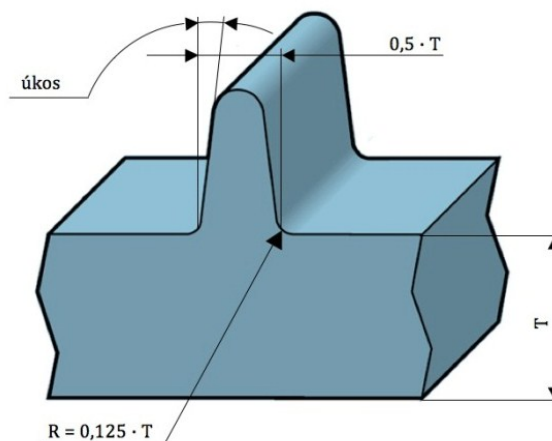
jejich velikost je dána požadovanou funkcí, především smrštěním, elasticitou plastu, povrchem stěny formy a automatizací výroby. U vnitřních stěn je doporučen větší úkos a u vnějších menší. Podkoso komplikují konstrukci formy a proto je snaha se jim vyhýbat, s výjimkou technologických podkosů (obr. 18b). [1]



Obr. 18 a) úkos; b) technologický podkos [14]

3.6 Žebra

Dělí se podle účinku, který plní na součásti nebo v dutině formy. Technická žebra zabezpečují pevnost a tuhost součásti, technologická zase optimální plnění dutiny formy, zborcení stěn a odstraňují předpokládaný vznik povrchových vad. Správný návrh žebra je dán tloušťkou, výškou, umístěním, počtem a jeho vyrobiteľností. [1],[14]

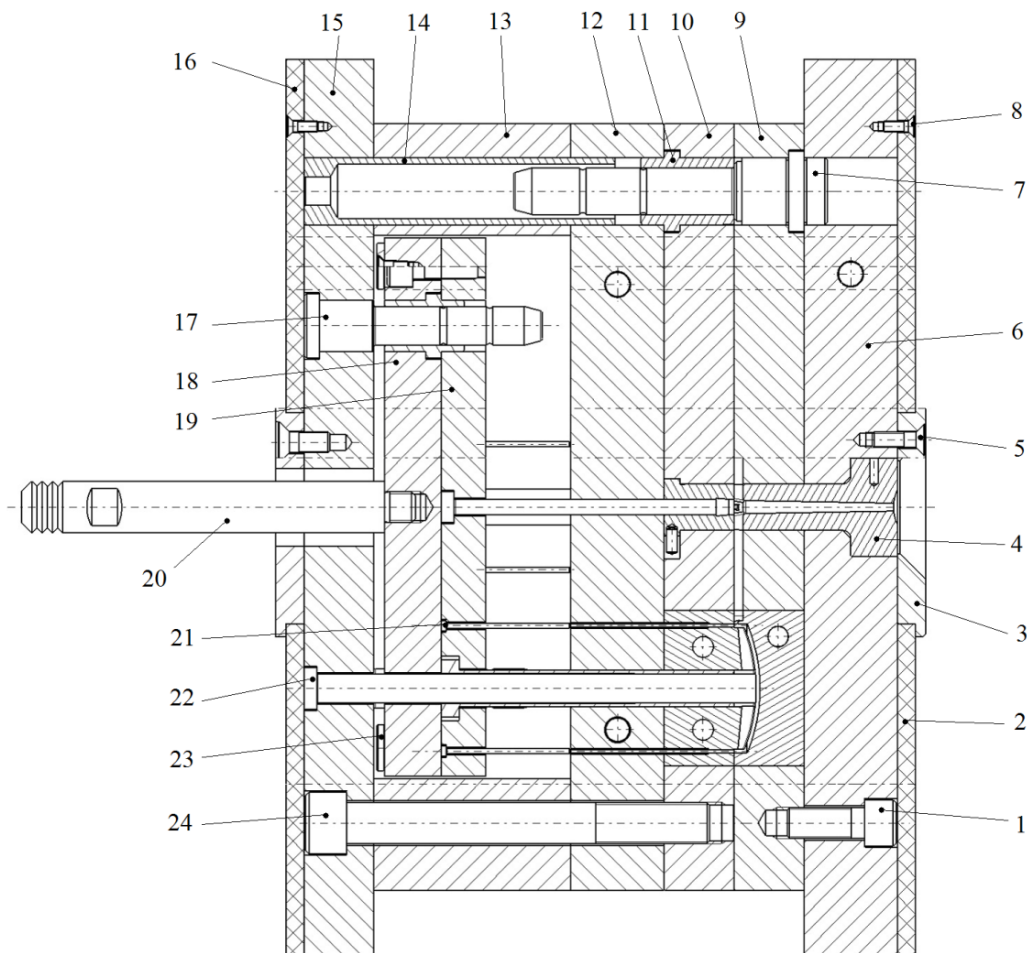


Obr. 19 Základní rozměry žebra [14]

4 VSTŘIKOVACÍ FORMY

Hlavním nástrojem vstřikovacího stroje je forma. Dává tavenině výsledný tvar, dříve než dojde k ochlazení na vyhazovací teplotu. Na její konstrukci a výrobní přesnosti závisí mechanické vlastnosti výrobku a ekonomie celého výrobního procesu. Proto se u formy vyžaduje:

- Vysoká přesnost a požadovaná jakost funkčních ploch zhotovené dutiny formy,
- maximální tuhost a pevnost jednotlivých částí formy,
- správná funkce formy, vhodný vtokový systém, vyhazování, odvzdušnění, temperování,
- optimální životnost formy. [1]



Obr. 20 Řez vstřikovací formou [12]

1 – šroub upínající pravou část formy; 2 – izolační deska pravá; 3 – středící kroužek pravý; 4 – vtoková vložka; 5 – šroub upínající vtokovou vložku; 6 – upínací deska pravá; 7 – vodící čep; 8 – šroub upínající izolační desku; 9 – kotevní deska pravá; 10 – kotevní

deska levá; 11 – vodící pouzdro; 12 – opěrná deska; 13 – rozpěrná deska; 14 – středící trubka; 15 – upínací deska levá; 16 – izolační deska levá; 17 - vodící čep pro vyhazovací systém; 18 – vyhazovací deska opěrná; 19 – vyhazovací deska kotevní; 20 – táhlo; 21 – prizmatický vyhazovač; 22 – trubkový vyhazovač; 23 – dosedka, 24 – šroub upínající levou část formy

4.1 Násobnost formy

Určuje, kolik výrobků bude zhotoveno během jednoho cyklu. Velkou roli při návrhu formy hraje kolik kusů je potřeba vyrobit a za jaký čas (požadovaný termín). Součásti tvarově náročné a velkorozměrné se většinou vyrábí v jednonásobných formách. U vícenásobných forem se musí počítat s většími náklady na jejich výrobu. Dalšími kritérii jsou:

- Charakter a přesnost výstřiku,
- poměr nákladů na výrobu jednonásobné a vícenásobné formy,
- provozní náklady,
- doba trvání vstřikovacího cyklu,
- objem maximálního vstřiku, gramáž, vstřikovací tlak,
- přidržovací síla. [1]

4.2 Postup při konstrukci formy

Základem pro konstruktéra forem je výkres vyráběné součásti spolu s konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími údaji, které pak mají následující postup:

- Posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek,
- určení dělicí roviny součásti a její zaformování s ohledem na funkci a vzhled,
- dimenzování tvarových dutin, volba vhodného vtokového systému,
- stanovení koncepce vhodného vyhazovacího a temperačního systému i odvodušnění dutiny formy,
- návrh rámu formy s ohledem na typizaci, počet i rozmístění dutin, temperaci a vyhazovacího systému,
- vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj s ohledem na využití dostupných prostředků (v rámci bezpečnosti práce),
- kontrola funkčních parametrů, hmotnost výstřiku, vstřikovací a uzavírací tlak.

Konstrukce vstřikovací formy musí splňovat výrobní technologii dle stanovených požadavků. [1]

4.2.1 Zaformování výstřiku

K rozhodujícím zásadám konstrukce formy patří vhodná volba dělicí roviny a správné zaformování výstřiku, které umožňuje dodržet tvar, rozměry i ekonomiku výrobku. Vychází z konstrukčního řešení vyráběného dílu.

Dělicí rovina bývá zpravidla rovnoběžná s upínací plochou formy, vzácně i šikmá nebo různě tvarovaná. U obtížnějších forem na výrobu (především u výstřiků s bočními otvory) se vytváří hlavní a vedlejší dělicí roviny. Takovým formám se snažíme vyhnout, poněvadž jakákoliv nepřesnost v dělicí ploše může způsobit nedovření formy během plnění. To má za následek vznik otřepů nebo zvětšení rozměrů ve směru uzavírání formy. Proto je třeba dodržet, aby dělicí rovina:

- Umožnila snadné vyjímání výstřiku z formy,
- měla jednoduchý geometrický tvar, tedy snadno vyrobitelná a slicovatelná,
- probíhala v hranách výstřiku,
- byla umístěna tak, aby splňovala přesné rozměry, směry technologických úkosů a souosost výrobku.

Stopa po dělicí rovině nesmí být příčinou vzhledových a funkčních závad. Vhodné je volit co nejmenší počet dělicích rovin [1]

4.2.2 Dimenzování tvarové dutiny

Tvar a rozměry účelných dílů, které jsou umístěny v různých částech formy, tvoří po jejím uzavření tvarovou dutinu. Důležitou fází konstrukčního řešení je jejich dimenzování.

Špatně dimenzované rozměry se projeví v nedodržení rozměrů výrobku. Jestliže se nejedná o tolerovaný rozměr, může se chyba napravit úpravou technologických parametrů, nebo nákladnou korekcí rozměrů formy.

Rozměr výrobku je dán přesností tvarové dutiny a povrch zase kvalitou plochy, která je zpravidla složena z tvárnice, tvárníku, jader a tvarových vložek. Přesnost dutin je v rozmezí IT 8 až IT 10 a je ovlivněna:

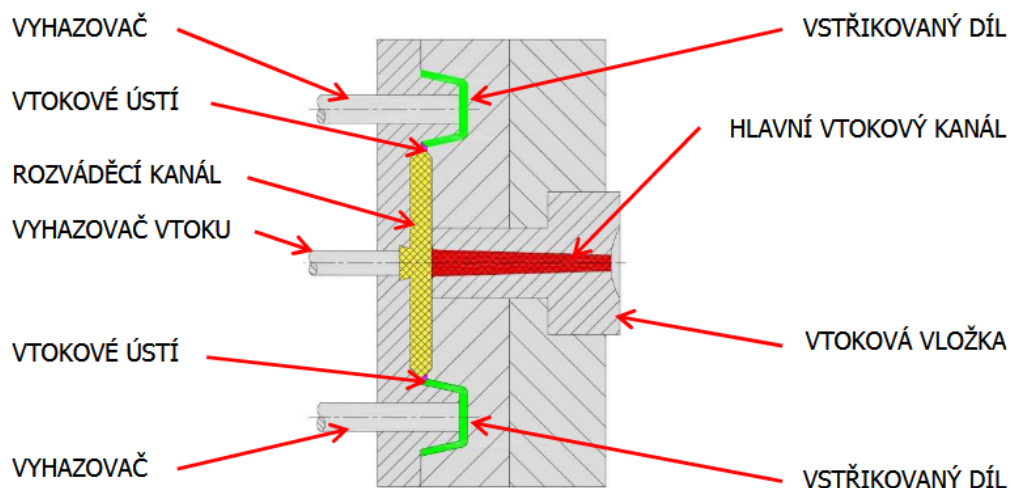
- Smrštěním plastu,

- výrobní tolerancí,
- opotřebením dutiny formy.

Nejčastější příčinou špatného dimenzování je právě smrštění, které je mnohdy velmi obtížné určit. Výpočetní smrštění se u složitějších výstřiků málokdy kryje s hodnotou uváděnou v tabulkách výrobců plastů. [1]

4.3 Studené vtokové systémy

Studený vtokový systém (SVS) zajišťuje vedení proudu vstříknutého roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do dutiny formy. Naplnění dutiny by mělo proběhnout v nejkratším možném čase a s minimálními odpory. Popis jednotlivých základních částí je na obr. 21. [1]



Obr. 21 Schéma studeného vtoku [15]

Hlavní části SVS:

- Hlavní vtokový kanál (vtoková vložka),
- rozváděcí kanál,
- vtokové ústí.

Principem je vstříknutí roztaveného plastu do SVS kde začíná tavenina na jeho stěnách tuhnout, tím se vytvoří izolační vrstva ztuhlého plastu, jejímž středem proudí tavenina horkým jádrem. Z tohoto důvodu u delších a mnohonásobných forem je velmi důležité odstupňování velikosti rozváděcích kanálů. Do dutiny formy tavenina vstupuje skrz vtokové ústí, které může být řešené mnoha způsoby, to záleží hlavně na konstrukci formy a vstříkovaném dílu. Po zaplnění dutiny nastává dotlak, který nahrazuje ztrátu

taveniny způsobenou především smrštěním. Proto je důležité, aby byla tavenina v jádru výlisku vždy propojena s vtokem, jehož okolí má tuhnout až jako poslední. [15]

Požadované vlastnosti SVS:

- Odstranit oblasti, kde by se mohl hromadit plast,
- zaoblení hran,
- zachycení (chladného) proudící čela taveniny,
- krátký vtokový systém (méně odpadu, menší tlakové ztráty),
- všechny dutiny ve formě musí být zaplněny ve stejný okamžik,
- malý povrch kanálů a dostatečný průřez pro plastické jádro,
- vtokové ústí s minimálním zanecháním stop na výstřiku,
- snadné vyjmutí vtokových kanálů (odpadu). [12],[15]

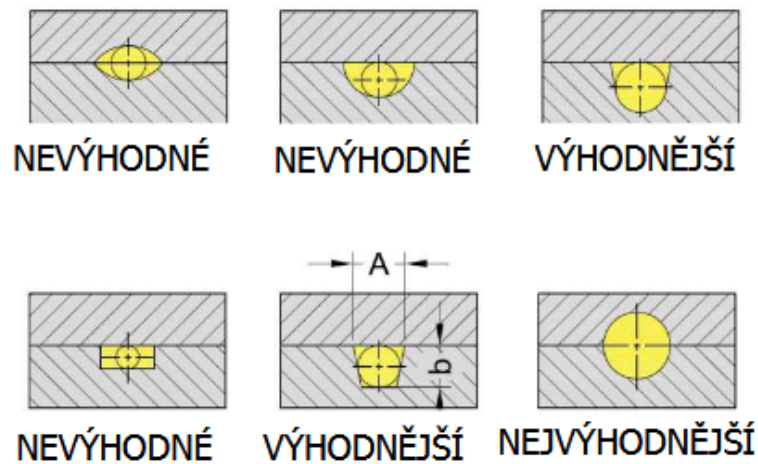
Výhody SVS:

- Levnější a jednodušší než horké vtoky,
- komponenty (vtoková vložka) jsou normalizované,
- nepotřebují energetické připojení,
- jednoduché provedení vícenásobné formy.

Nevýhody SVS:

- Větší spotřeba plastu než u horkého vtoku,
- zajistit oddělování zbytků vtokového systému,
- nutnost přidržování a vyhazování vtokového zbytku.

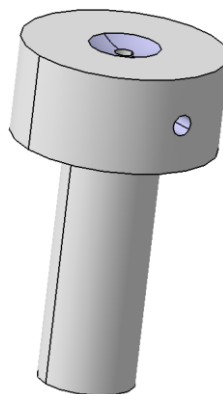
Pro konstrukci vtokového kanálu musíme zajistit co nejmenší tepelné a tlakové ztráty. Nejvýhodnější geometrie kanálu je kruhový průřez, který je však náročnější na přesnost výroby obou polovin kruhového průřezu. [15]



Obr. 22 Možnosti řešení vtokových kanálů [15]

Do hlavního vtokového kanálu (vtokové vložky) je vstříkována tavenina přímo z trysky stroje. Průměr trysky stroje musí být kvůli funkci menší než průměr hlavního vtokového kanálu a směrem k dělicí rovině se kanál rozšiřuje pod úhlem $0,5^\circ$ až $1,5^\circ$ (kvůli vyhození zbytku vtoku). Vtokový kanál může směřovat přímo do dutiny formy, nebo do rozváděcího kanálu.

Vtoková vložka je normalizovaný díl, který je velmi tepelně a mechanicky namáhán. Z těchto důvodů se vyrábí z otěruvzdorné nástrojové oceli s tepelným zpracováním. Otvory na vtokové vložce slouží k umístění do správné polohy ve formě pomocí kolíků. [15]

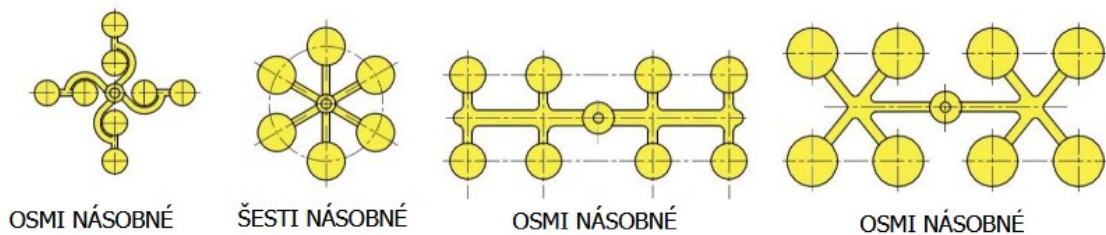


Obr. 23 Vtoková vložka [17]

Z hlavního vtokového kanálu dále ústí tavenina do rozváděcího kanálu. Velikost rozváděcího kanálu je dána velikostí vstříkovaného dílu a určuje se empirickými vztahy, anebo v dnešní době pomocí moldflow analýzy. Počet rozváděcích kanálů je závislý na

násobnosti formy. Délka závisí na typu formy s tím, že by měly být konstruovány co nejkratší.

Průřez rozváděcích kanálů musí být vyrovnaný tak, aby došlo k zatečení všech dutin ve stejný okamžik. Pro vylisky s vysokými nároky na přesnost je potřeba nejen stejně rychlé zaplnění, ale i stejný plnicí tlak a stejná teplota taveniny. [15]



Obr. 24 Rozmístění rozváděcích kanálů [15]

Z rozváděcího kanálu je dále tavenina dopravována do dutiny formy přes zúžené místo, které se nazývá vtokové ústí. Vtokové ústí by mělo být co nejmenší kvůli minimalizování stop na vylisku (stopa musí být snadno začistitelná). Při plnění dutiny by mělo docházet k fontánovému toku. Umístění má rozhodující vliv na vzhled a požadovanou kvalitu vstříkovaného výrobku.

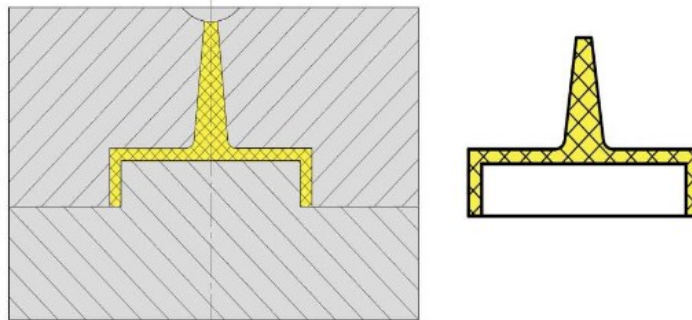
Umístění vtokového ústí:

- Do nejtlustšího místa stěny,
- do geometrického středu dutiny,
- ve směru orientace žeber,
- u obdélníkových tvarů do kratší hrany,
- aby studené spoje vznikaly mimo vzhledová a namáhaná místa,
- aby byla dráha taveniny v dutině co nejkratší,
- při požadavku na větší přesnost se musí vzít v úvahu podélné a příčné smrštění,
- s ohledem na možnost úniku vzduchu z dutiny formy. [12],[15]

4.3.1 Kuželový vtok

Privádí taveninu do tvarové dutiny formy přímo z hlavního vtokového kanálu (bez zúženého vtokového ústí). Vhodný pro jednoduché symetrické výrobky s tlustými stěnami a pro plasty s horší tekutostí, kde musíme použít delšího dotlaku. Výhodou kuželového

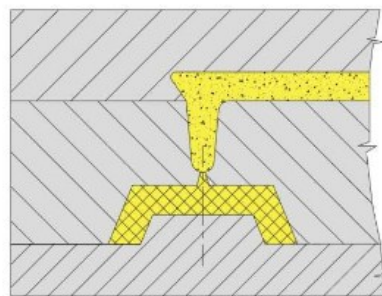
vtoku je jeho jednoduché provedení a snadná výroba. Nevýhodou je pracné odstranění zbytků vtokového kanálu. [15]



Obr. 25 Kuželový vtok [15]

4.3.2 Bodový vtok

Bodový vtok je nejrozšířenějším typem zúženého vtokového ústí zpravidla kruhového průřezu, který leží mimo nebo v dělicí rovině. Směrem k výrobku je vtok kuželovitě rozšířen, aby se ztuhlý plast v ústí odtrhl a byl vytažen společně se vstříkovaným dílem. Využití rozváděcích kanálů vyžaduje třideskový systém formy. Výhodou je oddělení vtokového systému od dílu při vyhození z formy. Vhodný pro tenkostěnné výrobky. [1],[15]

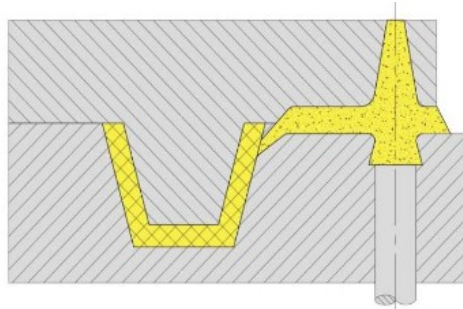


Obr. 26 Bodový vtok [15]

4.3.3 Tunelový vtok

Jedná se o zvláštní případ bodového vtoku, jehož hlavní výhodou je, že vtokový zbytek může ležet ve stejné dělicí rovině jako vstříkovaný díl, tudíž není potřeba využít třideskového systému formy. Zajišťuje automatické oddělení vtokového systému od výstřiku. Nevýhodou tunelových vtoků je náročný způsob výroby, který probíhá pomocí

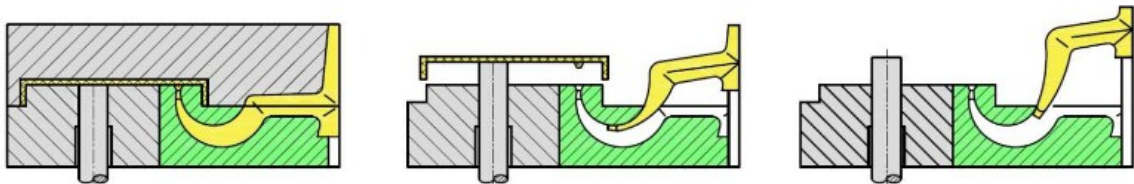
elektroerozivního hloubení. Omezené použití v závislosti na druhu vstřikovaného materiálu, nevhodné pro materiály s vláknitým plnivem. [1],[15]



Obr. 27 Tunelový vtok [15]

4.3.4 Banánový (prohnutý) vtok

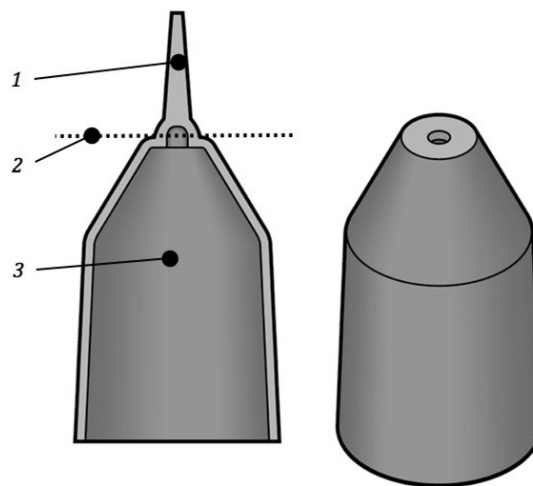
Zde se jedná o stejné použití jako u vtoku tunelového, s rozdílem v zaústění vtoku. Používá se u dílů, u kterých je potřeba zamezit stopám po vtoku na pohledové (boční) straně. Banánový vtok je nejčastěji umístěn na spodní nepohledovou stranu výrobku. Nevýhodou je náročná výroba, větší prostorová náročnost a použití komponenty ve formě banánového vtoku. [15]



Obr. 28 Banánový vtok – deformace vtoku během odformování [15]

4.3.5 Deštníkový a talířový vtok

Používá se pro rotační vstřikované díly, obrovskou výhodou je rovnoměrné plnění rotačních dutin bez studených spojů. Ústí vtoku je obvykle řešeno tak, že se kanál rozšiřuje směrem od vtokové vložky směrem ke vstřikovanému dílu. Nevýhodou je větší spotřeba vstřikovaného materiálu a následného mechanického odstranění vtokového systému. Vhodné pro díly s velkými otvory např. kryty tlumičů, ozubená kola, rotory větráků. [14]

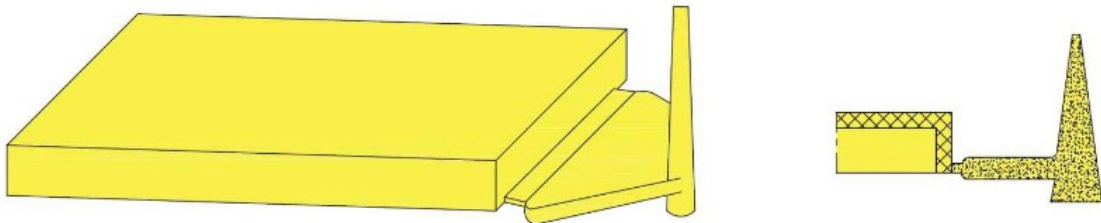


Obr. 29 Deštníkové ústí vtoku [14]

1 – Vtokový systém; 2 – rovina oddělení vtokového systému; 3 – vstříkovaný díl

4.3.6 Filmový vtok

Vhodné pro tenké ploché díly obdélníkového tvaru, kde je vtok umístován do kratší hrany, aby bylo dosaženo požadované pevnosti výstřiku. Nevýhoda filmového vtoku nastává po vyhození dílu, kdy je potřeba mechanické odstranění vtokového systému. [15]

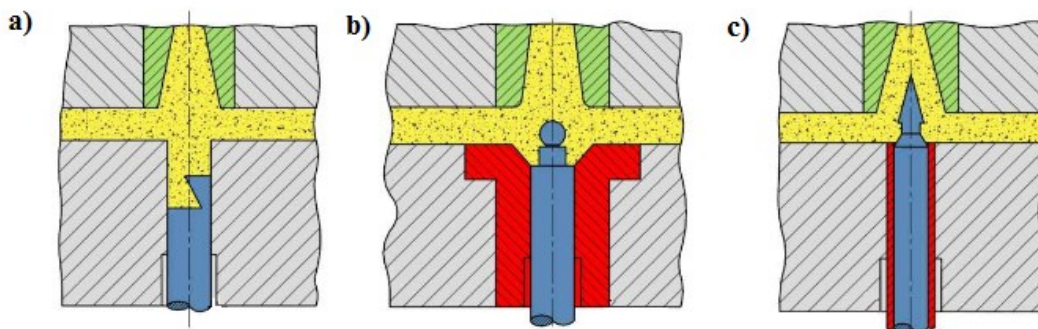


Obr. 30 Filmový vtok [15]

4.3.7 Přidržovače a vyhazovače vtoku

Po vychladnutí plastu ve formě je nutné, aby při otevírání formy všechny části ztuhlého plastu zůstaly na straně, ze které se pomocí vyhazovačů dají vyhodit (většinou se jedná o pohyblivou část formy). U Studeného vtokového systému zchladne značná část vtoku ve vtokové vložce. Aby tato část po otevření formy nezůstala uvnitř vtokové vložky, je nezbytné použít přidržovač vtoku. Jedná se o záměrně vyrobený podkos, díky jehož tvaru se při otevření formy drží ztuhlý plast na požadované straně formy a je následně

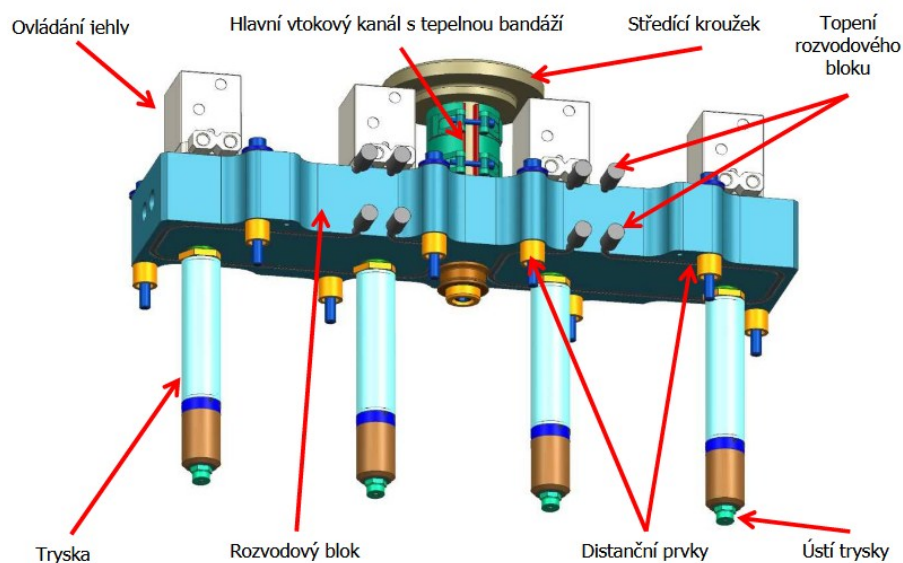
vyhazovačem vyhozen z formy. U delších systémů rozváděcích kanálů je potřeba umístit vyhazovače i pod tyto kanály. [15]



Obr. 31 a) vyhazovač vytrhávač; b), c) strhovač vtoku [15]

4.4 Vyhřívání vtokových systémů

Vyhřívání vtokový systém (obr. 32) je sestaven z několika komponent (hlavní vtok, rozvodná deska, trysky, ovládání jehly), které udržují vstříkovaný plast při konstantní teplotě do dutiny formy. Horký vtok zaručuje tavenině stálou viskozitu v celém průřezu a délky rozváděcího systému od začátku vtoku, až do ústí dutiny formy. Blok horkého rozvodu musí být ve formě uložen s dostatečnou vůlí, a měl by být co nejlépe odizolován od zbytku formy. Dokonce lze i kombinovat se studeným rozvodem. Příkladem je rozvedení taveniny horkou soustavou k jednotlivým otvorům, a následný krátký studený rozvod do jednotlivých vtokových ústí. [16]



Obr. 32 Vyhřívání vtokový systém [16]

Výhody vyhřívaného vtokového systému:

- Časové snížení výrobního cyklu,
- úspora plastu i práce,
- odpadá výroba vtokových kanálů,
- snížená doba vstřikování v důsledku odstranění vtokových kanálů,
- zmenšení tlaku a tlakových ztrát (oproti studenému vtoku),
- menší uzavírací síla stroje.

Nevýhody:

- Náročnější konstrukční zástavba do formy,
- větší pořizovací a provozní náklady,
- větší nároky na obsluhu,
- obtížné dodatečné změny polohy vtoků,
- nelze použít pro materiály s velkou citlivostí na teplo.

4.5 Vyhazovací systém

Jedná se o činnost, kdy se z dutiny formy vyhodí zhotovený výrobek pomocí vyhazovacího zařízení. Základem správného vyhazování je hladký povrch výrobku a jeho zkosení stěn ve směru vyhazování. Výrobek by měl být vyhazován rovnoměrně a bez poškození. Vyhazovače mohou mít velmi rozmanité umístění, rozložení a tvar. Může se využít i jako část tvárníku nebo k vytváření funkční dutiny formy. U hlubokých tvarů se nesmí zapomínat na odvzdušnění. [2]

Po vyhazovacích kolicích mohou zůstat stopy na povrchu výstřiku. Jedná-li se o nežádoucí vliv, musí se vyhazovače umístit jiným způsobem (na nepohledovou stranu), popřípadě změnit způsob vyhazování. S tím mohou vznikat problémy se zaformováním výstřiku a také celou koncepcí formy. [2]

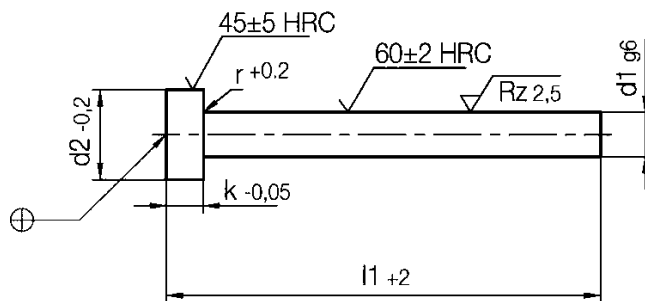
Pohyb vyhazovacího systému se vyvine:

- Narážecím kolíkem o traverzu vstřikovacího stroje při otevírání formy,
- hydraulickým nebo pneumatickým zařízením,
- ručním vyhazováním nejrůznějšími mechanismy.

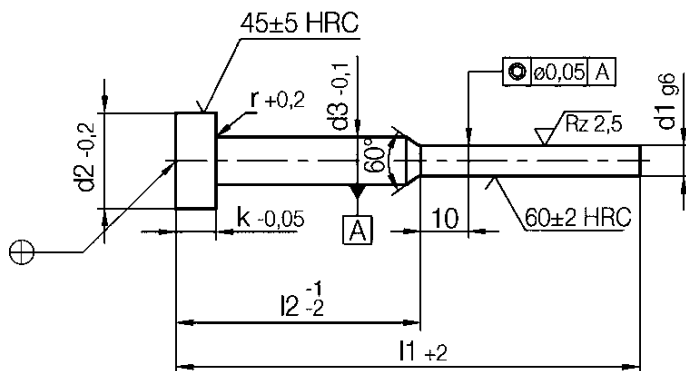
4.5.1 Mechanické vyhazování

Nejrozšířenější vyhazovací systém používaný všude tam, kde je to jen možné. Jeho konstrukce má různá provedení, která představují:

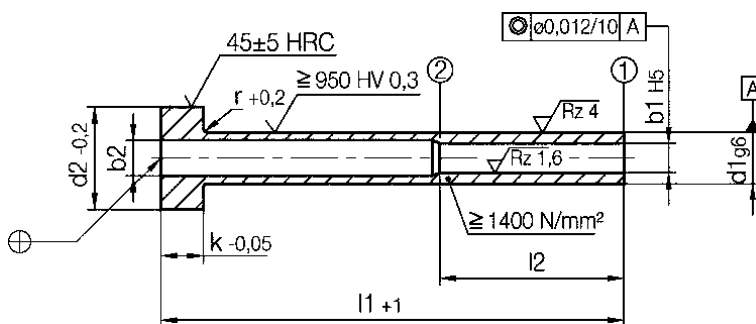
- Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků,
- vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkových vyhazovačů,
- šikmé vyhazování,
- postupné vyhazování,
- speciální vyhazování. [2]



Obr. 33 Válcový vyhazovač [17]



Obr. 34 Prizmatický vyhazovač [17]



Obr. 35 Trubkový vyhazovač [17]

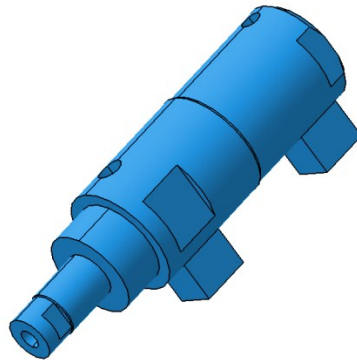
4.5.2 Pneumatické vyhazování

Systém vhodný pro tenkostěnné výrobky větších rozměrů ve tvaru nádob (např. kbelíky, květináče). Výrobky těchto tvarů vyžadují zavzdušnění při vyhazování, aby se nedeformovaly. U běžného mechanického vyhazování mohou vznikat stopy po vyhazovačích, navíc je potřeba velkého zdvihu (zvětšená délka formy). Pneumatické vyhazování spočívá v zavádění stlačeného vzduchu mezi výstřik a líc formy, čímž se umožní kvalitní vyhození výrobku. [2]

4.5.3 Hydraulické vyhazování

Používá se hlavně k ovládání mechanických vyhazovačů. Hydraulické vyhazování bývá součástí stroje, vyznačuje se pružnějším pohybem a velkou flexibilitou.

Hydraulické vyhazovače se zpravidla vyrábějí jako uzavřená hydraulická jednotka (obr. 36), která se zabuduje přímo do formy. Díky ní se přímo ovládají vyhazovací kolíky, stírací desky apod. V dnešní době se vybírá z katalogů specializovaných výrobců pro každou aplikaci zvlášť. [2]



Obr. 36 Hydraulický válec [17]

4.6 Temperace formy

Výrazně ovlivňuje výrobní proces vstřikování plastů, neboť má:

- Přímý vliv na kvalitu vyráběných dílů,
- přímý vliv na jednotlivé náklady,
- schopnost reprodukovat správný a požadovaný povrch,
- přímý vliv na velikost smrštění dílů.

Teplotou formy, vhodnou volbou temperačního média, jeho konstrukcí a dimenzováním lze dosáhnout požadované kvality výstřiků (rozměrová přesnost, kvalita povrchu, minimální deformace, zkrácení vstřikovacího cyklu apod.). [14]

Hlavním úkolem temperačního systému je stanovit požadovanou teplotu dutiny formy, a tuto teplotu udržet. Dalším úkolem je činnost odvádění tepla při chlazení výrobku tak, aby mohl být vyjmut z formy v co nejkratším čase. Teplota i časový průběh ovlivňuje chování taveniny včetně výsledných vlastností a to nejen mechanických, ale také smrštění, kvality povrchu, velikost vnitřního napětí a také celkové době vstřikovaného cyklu, kde chlazení zabírá převážnou část. Délka chlazení pak může být ovlivněna temperačním systémem a typem vstřikovaného materiálu, který je specifikován (viz. *Tab. 2*) teplotou taveniny, doporučenou teplotou dílu a teplotou bezpečného odformování. [14]

Tab. 2 Doporučené teploty v rámci procesu vstřikování vybraných plastů [14]

| Typ materiálu | Doporučená teplota formy [°C] | Teplota taveniny [°C] | Doporučená teplota dílu při odformování [°C] |
|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|--|
| PA | 80 – 120 | 260 – 300 | 110 – 130 |
| PC | 80 – 100 | 280 – 320 | 140 |
| PC + Skleněná vlákna | 80 – 130 | 310 – 330 | 150 |
| ABS | 60 – 80 | 220 – 260 | 80 – 100 |
| SAN | 50 – 80 | 230 – 260 | 80 – 95 |
| PBT | 80 – 100 | 250 – 270 | 140 |
| PBT + Skleněná vlákna | 80 – 100 | 250 – 270 | 150 |
| PP | 30 – 60 | 200 – 250 | 70 – 90 |
| PE | 30 – 60 | 180 – 230 | 60 – 90 |

Nejrozšířenějším způsobem temperačního systému jsou temperační kanály s proudícím médiem, které jsou vhodné jak k vytápění formy při startu výroby, tak k chlazení formy při jejím provozu. Systém se skládá z:

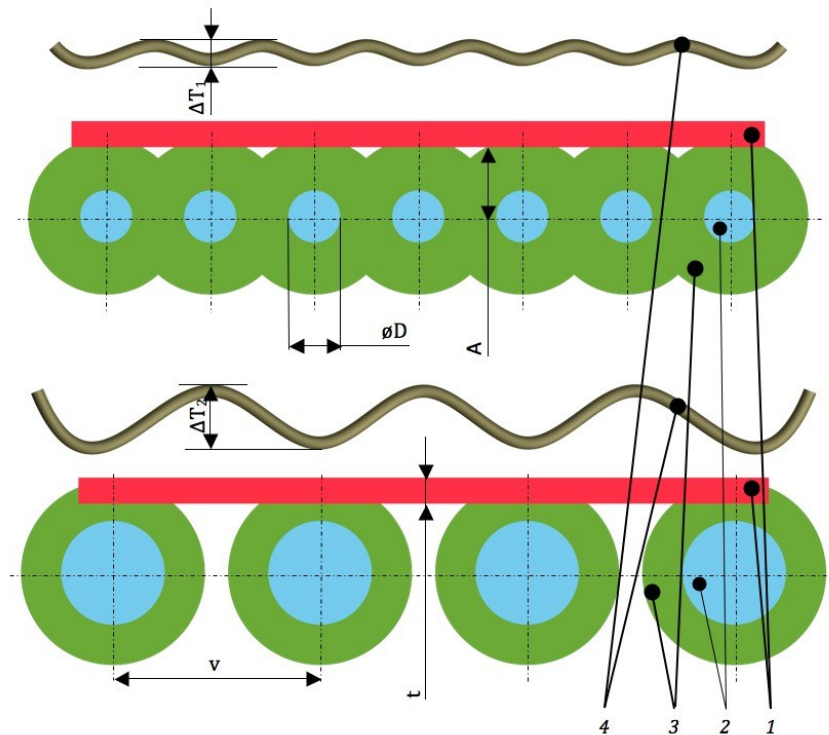
- Temperační a řídicí jednotky,
- temperačních kanálů,
- spojovacích prvků,
- temperačního média.

Nejvhodnějším řešením je použití většího počtu temperačních kanálů s menším průměrem než menšího počtu temperačních kanálů s větším průměrem, a to z důvodu

rovnoměrnosti rozložení teplot povrchu dutiny formy. Porovnání lze vidět na obr. 36 včetně zakótování hlavních rozměrů a doporučeného umístění temperačních kanálů vzhledem k povrchu dutiny formy a ve vztahu k tloušťce stěny vstřikovaného dílu. [14]

Síť temperačních kanálů by měla splňovat následující kritéria:

- Temperační okruh by neměl obsahovat mrtvá místa, kde neproudí kapalina (zanášení nečistot, vodní kámen apod.).
- U temperačních kanálů do průměru 6 mm je nutné kvůli zanášení provádět úpravu vody, popřípadě zvolit odpovídající temperační médium.
- V oblasti vtokové vložky a ústí toku zvýšit temperační účinek.



Obr. 37 Porovnání efektu průměru a počtu temperačních kanálů [14]

1 – Vstřikovaný díl; 2 – temperační kanál; 3 – pole působení temperačního kanálu; 4 – průběh teploty povrchu dutiny vstřikovací formy

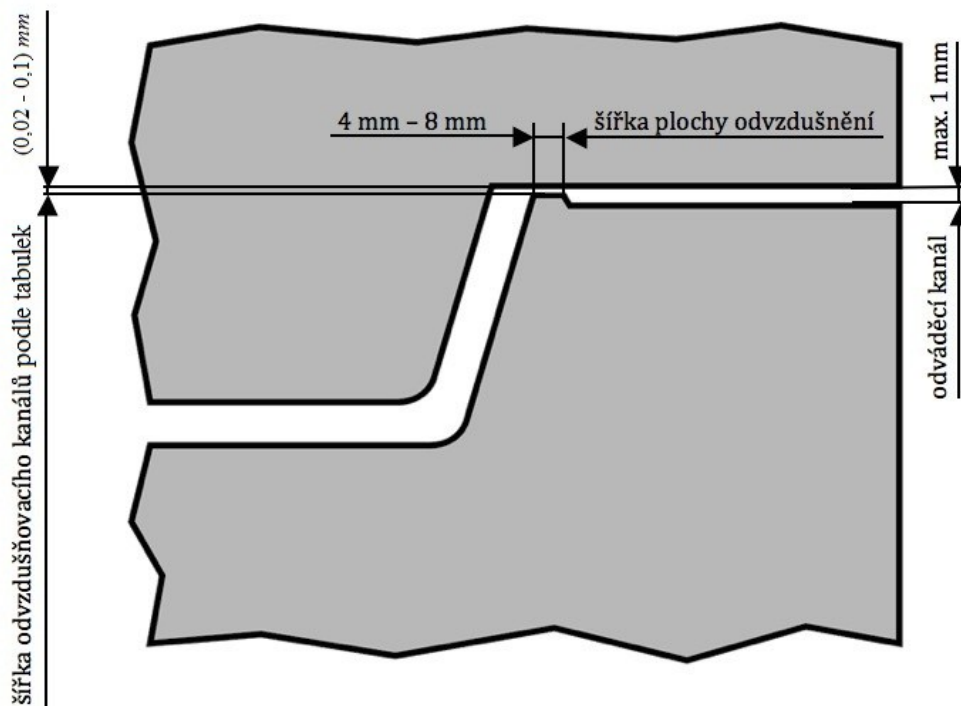
4.7 Odvzdušnění

Při plnění dutiny formy před sebou tavenina vytlačuje vzduch, který po uzavření formy v dutině zůstal. U jednodušších výstřiků lze odvzdušnění zanedbat díky úniku

vzduchu přes dělicí rovinu, vodícími plochami vyhazovačů nebo pohyblivých jader. U většiny výrobků musí být forma opatřena konstrukčními prvky pro kompletní a rychlé odvádění vzduchu z dutiny vstřikovací formy. [14]

Nejjednodušší možností je odvzdušnění v dělicí rovině (obr. 38). Tento prvek odvzdušnění je lehce vyrobitelný a představuje přímou cestu pro taveninou vytlačovaný vzduch. Rozměry odvzdušňovacích kanálů se určují podle typu vstřikovaného plastu ($0,02\text{mm} - 0,1\text{mm}$) a obecnou platností:

- Plast s vyšší tekutostí potřebuje menší rozměry odvzdušnění a naopak,
- intenzita odvzdušnění roste s objemem výstřiku a rychlostí vstřikování,
- intenzita odvzdušnění lze navýšit vyšším počtem odvzdušňovacích kanálů,
- intenzita odvzdušnění se nesmí zvyšovat pomocí rozšíření odvzdušňovacího kanálu (možné zatékání roztaveného plastu - vznikání zástřiků). [14]



Obr. 38 Konstrukce odvzdušňovacích kanálů [14]

Odvzdušnění se dělá tam, kde hrozí nebezpečí vzniku závažných vad na výstřiku např. vzduchové bubliny, spálená místa (Diesel efekt) a neúplné naplnění dutiny formy.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny následující cíle:

- Vypracujte literární studii na dané téma.
- Proved'te konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu z termoplastu.
- Navrhněte vstřikovací formu pro zadaný díl.
- Nakreslete 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů.

6 POUŽITÝ SOFTWARE

6.1 Catia V5 R20

Catia (Computer-Aided Three-Dimensional Application) je integrovaný software na konstruování a výrobu (CAD/CAM/CAE), vyvinutý francouzskou firmou Dassault systemes. Systém má širokou škálu pracovních prostředí a modulů. Díky tomu můžeme vypracovat celý proces od návrhu designu, samotné konstrukci, analýzy, simulace, tvorby a dokumentace. Můžeme zde najít katalogy normalizovaných součástí.

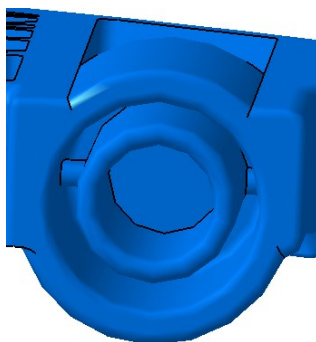
6.2 HASCO DAKO module

Jedná se o 3D digitální katalog firmy HASCO s normalizovanými součástmi zaměřené na konstrukci vstříkovaných forem. Výhodou je importování přesných modelů do velkého množství CAD systémů, což velmi usnadňuje práci při tvorbě forem. U jednotlivých dílů jsou také obsaženy informace o rozměrech a umístění.

7 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

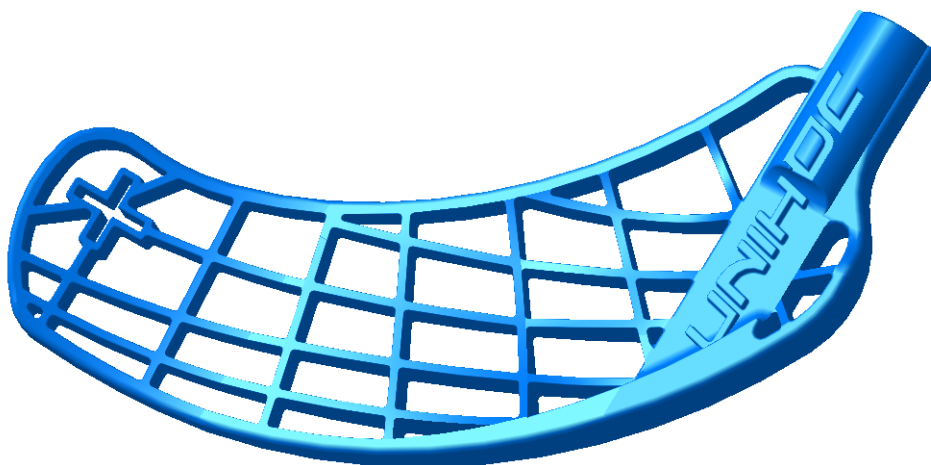
Vstříkovaným výrobkem je florbalová čepel, která se používá pro sportovní využití a slouží jako pomůcka při hře zvané florbal. Název vyráběné čepel je Unihoc player+ a vychází z reálného produktu od firmy Unihoc.

Florbalová hokejka se skládá ze tří základních komponent, a to z čepel, trubky (shaft) a omotávky. Samotná trubka je nejčastěji vyráběn z kompozitu, karbonu, nebo jejich kombinací. V místě spojení má čepel vytvořenou vnitřní stěnu, na kterou připevníme shaft a celé smontujeme pomocí dvou šroubů ve smyslu čepel – shaft – čepel. Proti pootočení trubky se zde nachází dvě drážky.

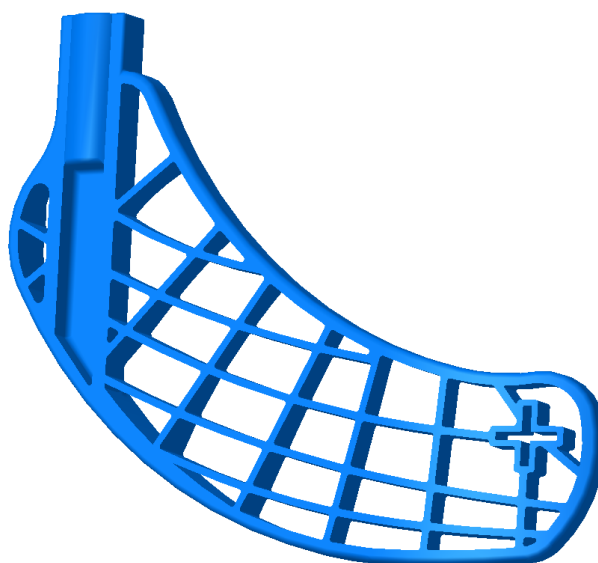


Obr. 39 Detail vnitřní stěny a dvou drážek na čepeli

Mezi hlavní rozměry výrobku bez uchycení jsou délka 245 mm a vzdálenost mezi spodním a horním žebrem 75 mm. Vzhledem k vybrání čepel a dalších různě tvarovaných ploch je tloušťka nepravidelná. V místě spojení je průměr díry $d = 18$ mm a hloubka $l = 50$ mm. Hmotnost florbalové čepel je 86 g.



Obr. 40 3D model čepel - forehand



Obr. 41 3D model čepel - backhand

7.1 Materiál výrobku

Výrobce udává na produktu čepel player+ polyethylen (PE), avšak pro tuto bakalářskou práci byl zvolen materiál Polypropylen (PP). Konkrétně se jedná o PP Mosten MA 612 vyráběn v Unipetrolu RPA technologií INNOVENE.

V dnešní době je naprostá většina florbalových holí osazena čepelími z PE ve střední tvrdosti, ale poslední dobou se začíná experimentovat s polypropylenem, který má asi o 5% menší specifickou hmotnost než tradiční čepel z polyethylenu (PE, PE-h). Hlavní výhodou čepel z PP je nízká hmotnost s menší tvrdostí, díky které míček tolik neodskakuje od hokejky a podporuje práci s míčkem.

Tab. 3 Základní vlastnosti materiálu PP Mosten MA 612 [19]

| Vlastnosti | Norma | Jednotka | Hodnota |
|------------------------------------|----------------|-------------------|-------------|
| Hustota | ISO 1873 | kg/m ³ | 905 |
| Index toku taveniny (230°C/2,16kg) | ISO 1133-1 | g/10 min | 14 |
| Smrštění | ISO 294-3, 4 | % | 1,80 - 1,86 |
| Modul pružnosti v ohybu | ISO 178 | MPa | 1100 |
| Teplota tání (DSC) | ISO 11357-1, 3 | °C | 165 - 170 |
| Teplota taveniny | | °C | 200 – 280 |
| Teplota formy | | °C | 20 - 60 |

8 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací stroj je volen podle rozměrů vstřikovací formy. Základní vybrané desky jsou normáliemi firmy HASCO o rozměrech 696 x 696 x 492. Rozměry formy jsou mezní pro vzdálenost mezi vodicími sloupky.



Obr. 42 Vstřikovací stroj ALLROUNDER 720 S GOLDEN EDITION [20]

Pro navrženou formu byl zvolen vstřikovací stroj ALLROUNDER 720 S GOLDEN EDITION od německé firmy ARBURG.

Mezi hlavní důvody výběru vstřikovacího stroje byla vzdálenost mezi vodicími sloupky. Vzdálenost 720 x 720 mm vyhovuje podmínkám. Objem vstřikované dávky činí 558 cm³. Proto je potřeba ověření, jestli daná dávka stroje bude pro vstřikovací formu stačit. Následující výpočet velikosti plastikační dávky je dán vztahem: [2]

$$M = 1,2 \cdot (G \cdot n + A) \cdot \frac{a_x}{a_p} \text{ [g]}$$

G – hmotnost výstřiku [g]

A – hmotnost vtoků a kanálů

n – násobnost formy

$\frac{a_x}{a_p}$ - podíl poměrových hodnot určeného plastu k polystyrenu (podle tabulek) [2]

Díl byl vymodelován v programu CATIA V5R20 a po zadání materiálu a hustoty byly vygenerovány tyto rozměry:

$$V = 95,48 \text{ cm}^3$$

$$\rho = 905 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 86 \text{ g}$$

$$n = 2$$

$$A = 0$$

$$a_x = 91 \text{ (z tabulek)}$$

Výpočet zdvihové hmotnosti plastu M:

$$M = 1,2 \cdot (86 \cdot 2 + 0) \cdot \frac{91}{100} = 187,8 \text{ cm}^3$$

Výpočet množství polymeru na jeden cyklus tedy činí 187,8 cm³. Vybraný stroj od společnosti ARBURG vyhovuje potřebám pro množství plastikační dávky.

Tab. 4 Základní parametry vstřikovacího stroje [20]

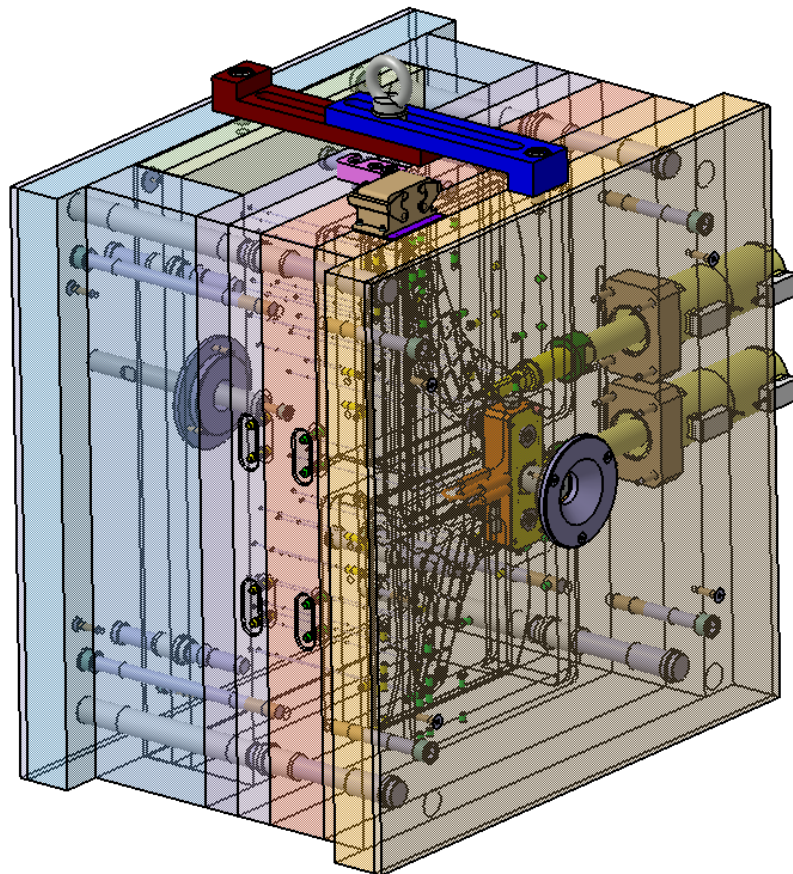
| Vlastnosti | Jednotka | Hodnota |
|---------------------------------|----------------------|-------------|
| Vzdálenost mezi vodícími sloupy | mm | 720 x 720 |
| Velikost upínací desky | mm | 1040 x 1040 |
| Uzavírací síla | max. kN | 3000 |
| Otevírací síla | max. kN | 800 |
| Vyhazovací síla | max. kN | 76 |
| Vyhazovací zdvih | max. mm | 250 |
| Průměr šneku | mm | 55 |
| Objem vstřikované dávky | max. cm ³ | 558 |
| Vstřikovací tlak | max. bar | 2380 |
| Účinná délka šneku | L/D | 22 |

9 KONSTRUKCE FORMY

Konstrukce formy by měla být řešena z hlediska přesnosti a složitosti co nejjednodušeji. Velmi důležitá je i ekonomika výroby, díky které se firmy snaží vyrábět co největší počet normalizovaných dílů. Tento princip zajistí zjednodušení, zrychlení a zlevnění navrhované formy. V případě nutného vyměnění poškozené nebo silně opotřebované komponenty dochází k poměrně rychlé objednávce normalizovaného dílu a jeho následné výměně.

Ke konstrukci formy došlo pomocí softwaru CATIA V5R20 s použitím modulu Mold Tooling Design do kterého se vkládaly normálie z 3D digitálního katalogu firmy HASCO. V bakalářské práci byla použita normalizovaná forma Mba5, kterou lze rozdělit do tří hlavních částí:

- pravá vstřikovací strana (Injection side),
- levá uzavírací strana (Ejection side),
- vyhazovací systém (Ejector system)



Obr. 43 3D model vstřikovací formy

9.1 Násobnost formy

Násobnost určuje, kolik výrobků bude vyrobeno během jednoho pracovního cyklu. U vícenásobných forem se musí počítat s několika faktory:

- přesnost vstříku,
- ekonomika výroby (provozní a výrobní náklady),
- doba trvání vstřikovacího cyklu,
- velikost výrobní série.

Pro tuto bakalářskou práci byla zvolena forma dvojnásobná. Hlavním důvodem je skutečnost, že existují dva základní typy florbalových čepelí, a to pro leváky a praváky. Cílem je vyrobit během jednoho pracovního cyklu dvě čepele, z nichž jedna je zahnutá doprava a druhá doleva.

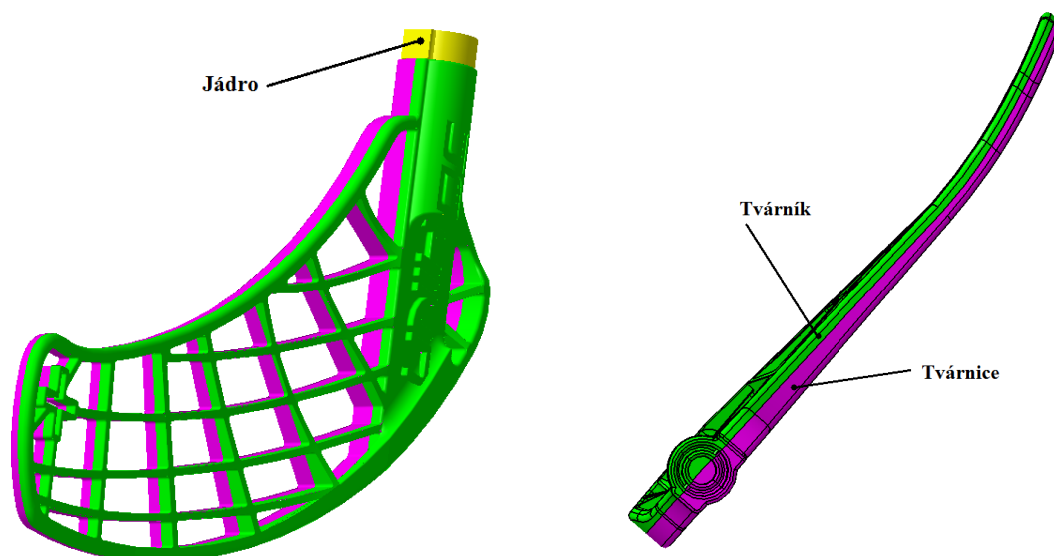
9.2 Zaformování výrobku

U zaformování výrobku je nejdůležitější vybrat vhodnou dělicí rovinu, která bude konstrukčně co nejjednodušší a zároveň by umožňovala snadné vyhození výrobku z dutiny formy.

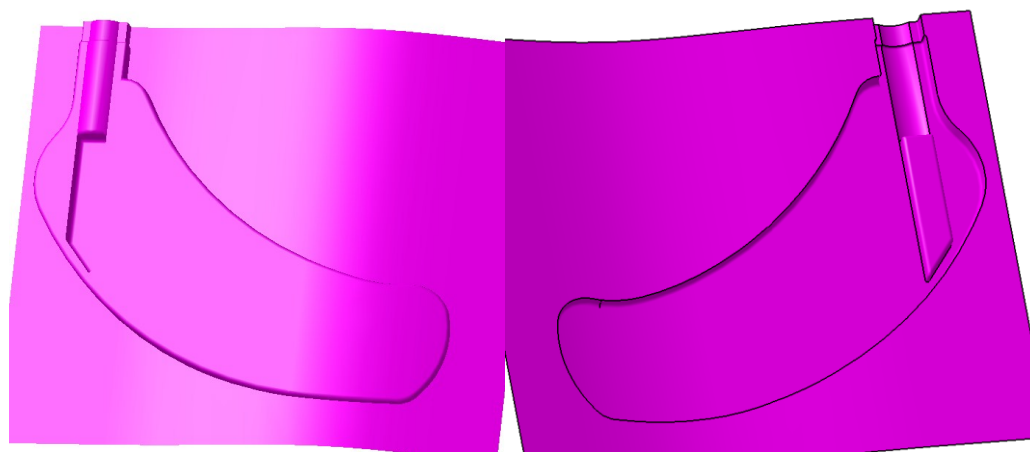
Pro florbalovou čepel bylo nutné navrhnout hlavní dělicí rovinu a vedlejší, která se nachází v místě spojení se shaftem. Problémem hlavní dělicí roviny je osově nesymetrický tvar, kvůli kterému tvárník a tvárnice na sebe dosedají tvarovou plochou. Na obr. 44 lze vidět rozdělení hlavní dělicí roviny, kde fialová barva znázorňuje stranu tvárnice. Tvárník je znázorněn barvou zelenou a zvolen tak, aby při otevření formy zůstal výrobek v levé části formy, odkud se za pomoci válcových vyhazovačů odformuje. Na obr. 45 je už vidět finálový tvar, který bude tvárnice vlastnit. Do ní bude zapadat tvárník, který určí tvar vnitřní mřížky florbalové čepele (Obr. 46).

Tvárník a tvárnice spolu s tvarovým jádrem tvoří tvarové části formy. Jedná se o negativ, který kopíruje tvar výrobku zvětšený o hodnotu smrštění použitého materiálu. Hodnota smrštění PP Mosten MA 612 je 1,86%, proto byly tvarové části o tuto hodnotu zvětšeny. Tvárník a tvárnice nejsou součástí levé a pravé kotevní desky, nýbrž jsou pouze vhodně uloženy a zabezpečeny proti pohnutí. Výhodou je levnější výroba, snadnější výměna a oprava tvarových částí. Obr. 45 ukazuje vhodné řešení, kdy za pomoci několika

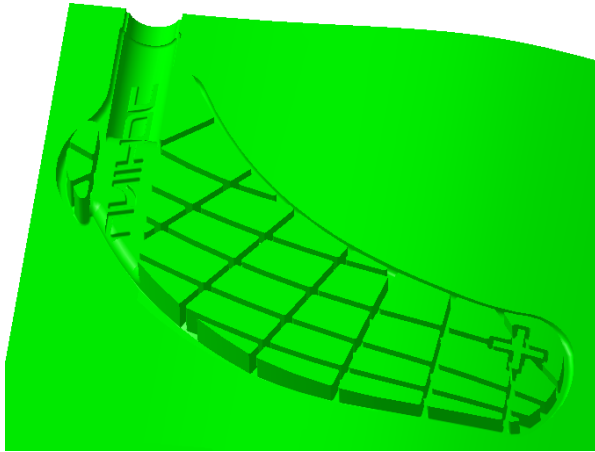
rádusů a zkosení dojde ke správnému uložení do kotevních desek (je snaha se vyhýbat ostrým hranám, které jsou obtížně vyrobitelné).



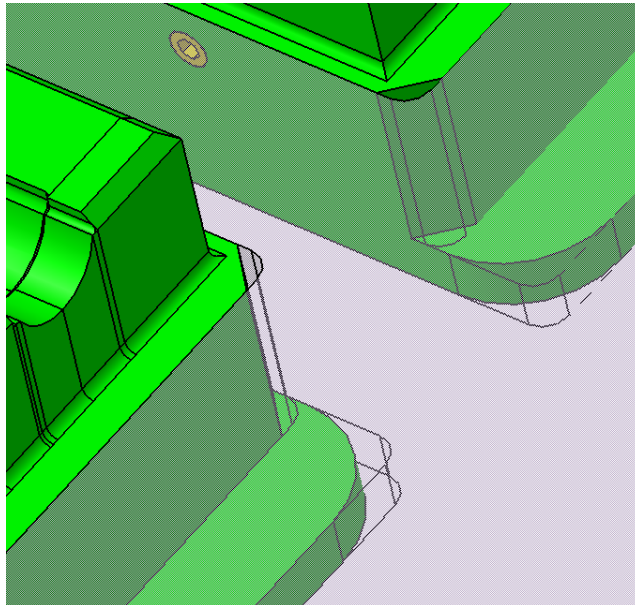
Obr. 44 Naznačení hlavní dělicí roviny na čepeli



Obr. 45 Levý a pravý pohled od dělicí roviny tvárnice



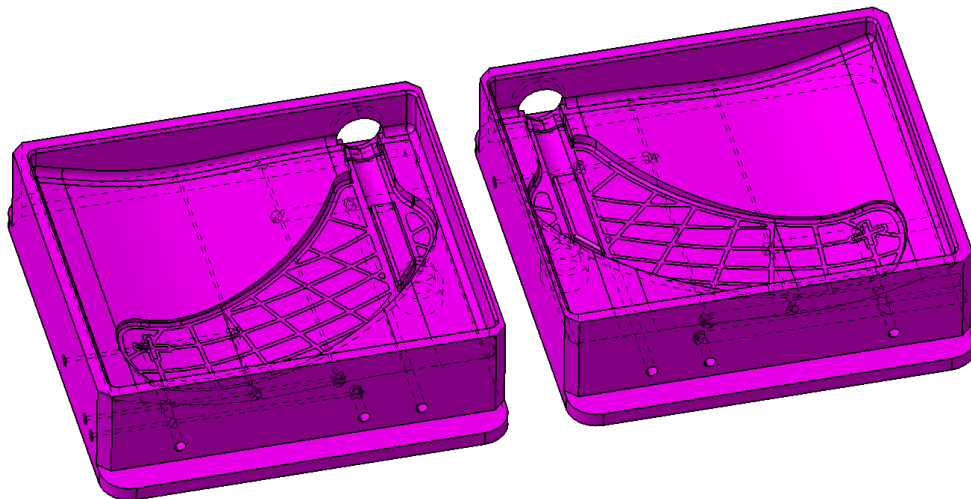
Obr. 46 Dělicí rovina tvárníku



Obr. 47 Uložení tvárníku v levé kotevní desce

9.2.1 Tvárnice

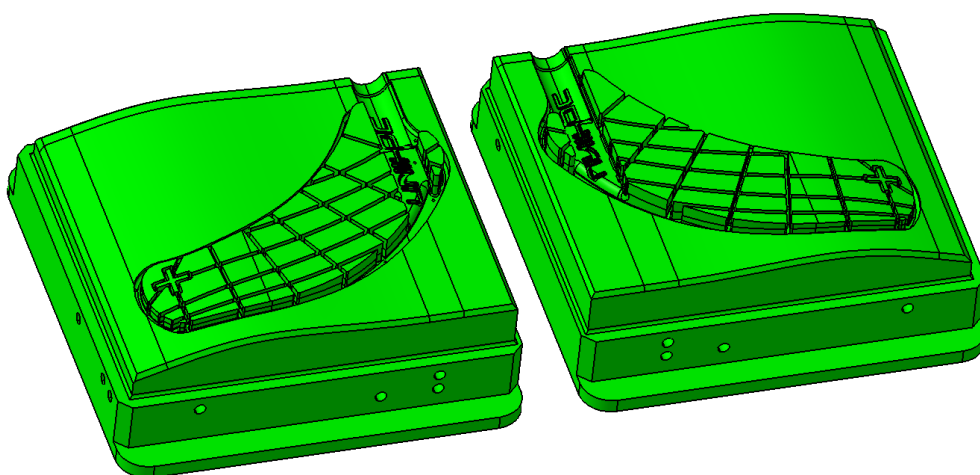
Tvárnice se nachází na pravé (pevné) vstřikovací straně formy. Vyrobená z nástrojové oceli s označením 1.2343 a následným kalením na tvrdost HRC (zkouška tvrdosti podle Rockwella) 55. V místě patky na florbalové čepeli je vyvrtán otvor pro horkou trysku. Po stranách tvárnice je vyvrtaných devět otvorů o průřezu 8 mm pro cirkulaci temperačního média. Zhotovená kapsa na okrajích napomáhá k lepšímu dosedání tvárníku a tvárnice. V kapse se nachází otvor pro tvarové jádro. Výhodou tohoto řešení je upevnění tvarového jádra na pravé nepohyblivé straně formy. Základní rozměry tvárnice jsou 275 x 250 mm s dvěma 20 mm ploškami, které slouží k uložení a zabezpečení tvárnice s kotevní deskou.



Obr. 48 Tvárnice 275 x 250 mm

9.2.2 Tvárník

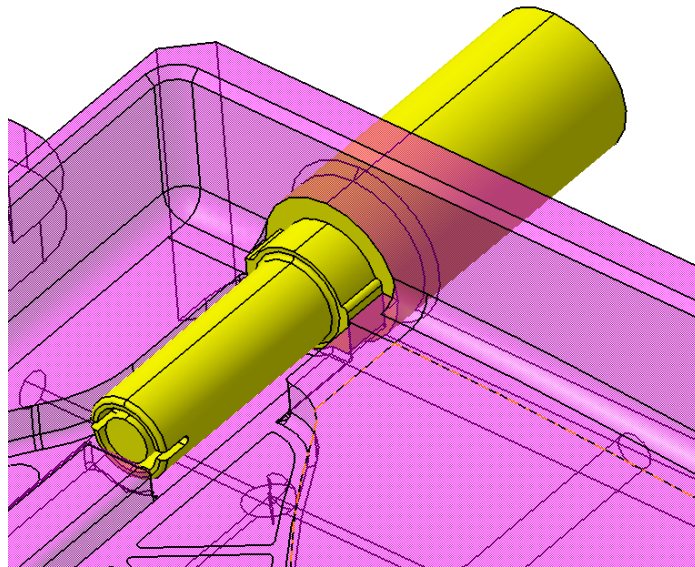
Tvárník je zhotoven ze stejného materiálu jako tvárnice do které pomocí kapsy a vhodných zkosení a rádiusů perfektně zapadá. Nachází se na levé (pohyblivé) uzavírací straně formy. Po stranách je vyvrtaných deset otvorů o průřezu 8 mm pro cirkulaci temperačního média. Konečný výstřik zůstává na tvárníku kde je vyhozen pomocí devatenácti válcových vyhazovačů. Aby došlo k odformování výrobku musí zde být pro válcové vyhazovače vyvrtaných 19 otvorů o průměru 2 mm. Rozměry jsou totožné s tvárnicí.



Obr. 49 Tvárník 275 x 250 mm

9.2.3 Tvarové jádro

Vedlejší dělicí rovina umožňuje vytvoření otvoru ve výstřiku, konkrétně v místě spojení čepele se shaftem. Jádro má tvar válce, na jehož začátku má dvě drážky, do kterých zapadne trubka (zajištění proti pootočení) a na straně druhé kopíruje tvar čepele. Jádro je vyrobeno z nástrojové oceli s označením 1.2343 a následným kalením na tvrdost HRC 55. Nachází se na pravé (pevné) straně formy jako tvárnice a je součástí odformovací soustavy. Potřebná délka k bezpečnému vysunutí tvarové části je alespoň 70 mm.



Obr. 50 Tvarové jádro

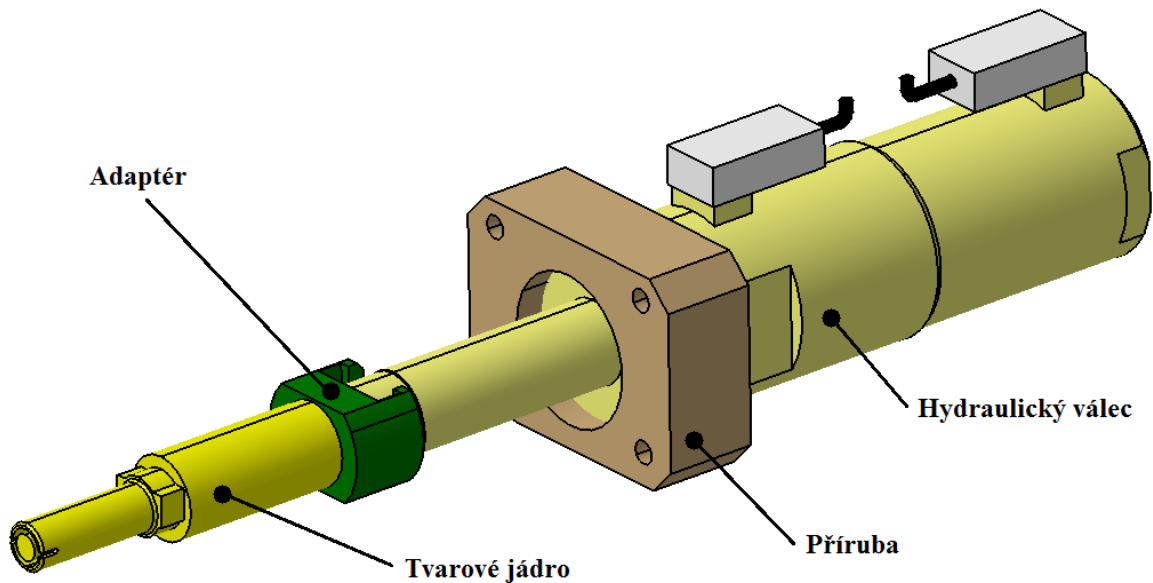
9.3 Odformování

Odformování vedlejší dělicí roviny je zajištěno pomocí hydraulického válce s blokováním, na kterém je uchyceno tvarové jádro. Hydraulické válce jsou napojeny přímo na hydraulický systém vstřikovacího stroje a jedná se o normálie firmy HASCO.

Důležitým faktorem výběru válců hrálo navržení rozměrů kotevních desek, protože válce mají přesně dané rozměry uložení. Dalším důležitým faktorem je pracovní zdvih válců, jejichž požadovaný rozměr vysunutí musí být takový, aby nedošlo ke kolizi při vyhazování výrobku. V tomto případě byl použit hydraulický tahač s označením Z2301/32x90, jehož zdvih činí 90 mm a zaručuje pohodlné a bezpečné vytažení jádra.

Aby samotný tahač mohl fungovat, je zapotřebí dalších normalizovaných komponent od firmy HASCO. Jedná se o přírubu Z2310/32, která se pomocí šroubového spojení

namontuje na desku formy a následně se do ní zašroubuje samotný válec. Další součástí soustavy odformování je adaptér s označením Z2321/32, který slouží k uchycení tvarového jádra na hydraulický válec.



Obr. 51 Odformovací soustava normálií HASCO

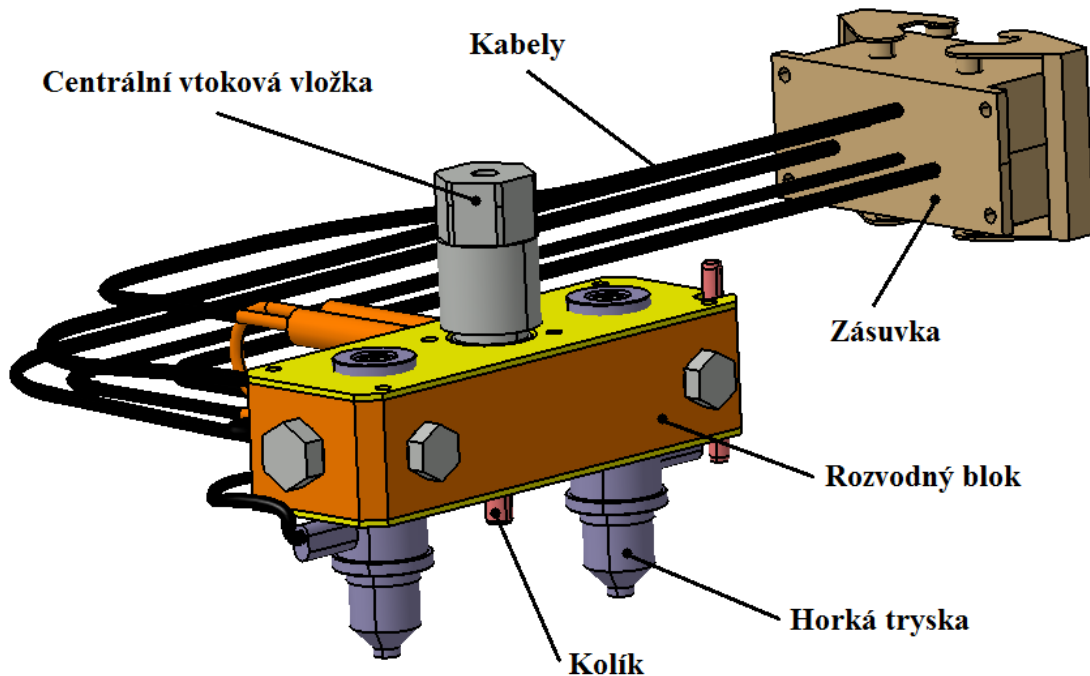
9.4 Vtokový systém

Vyhřívaný vtokový systém je sestaven z několika komponent, které udržují vstříkovaný plast při konstantní teplotě do dutiny formy. Horký vtok zaručuje tavenině stálou viskozitu v celém průřezu. Blok horkého rozvodu musí být ve formě uložen s dostatečnou vůlí, a měl by být co nejlépe odizolován od zbytku formy. Cílem je plnění tvarové dutiny v co nejkratším čase a při minimálním odporu.

Všechny komponenty jsou sestavené z normálií HASCO, kde horký rozváděcí blok tvaru I s označením H106/1/56x160/36 je umístěn v desce horkého bloku, která se nachází mezi kotevní a upínací deskou. Pro přesné umístění je blok pomocí kolíku vystředěn a zajištěn proti pootočení. V rozvodném bloku se nachází topné těleso, které zahřívá průchozí vstříkovaný materiál a od ostatních částí formy je izolován pomocí tepelně izolační vrstvy. Horká tryska ústí přímo do tvarové dutiny formy a plní ji taveninou.

Napájení horkého rozvodného bloku a trysek je pomocí kabelů, které vedou do zásuvky. Zásuvka je umístěná na vrchní část formy vedle transportního můstku, tak aby nedošlo k jejímu poškození a zároveň byla snadno dostupná. Také byla snaha se vyvarovat

umístění zásuvky vedle přípojek na temperační okruhy. Například při prasknutí hadice by mohlo dojít ke zkratu, havárii rozváděcího bloku, nebo hůře ke zranění obsluhy.



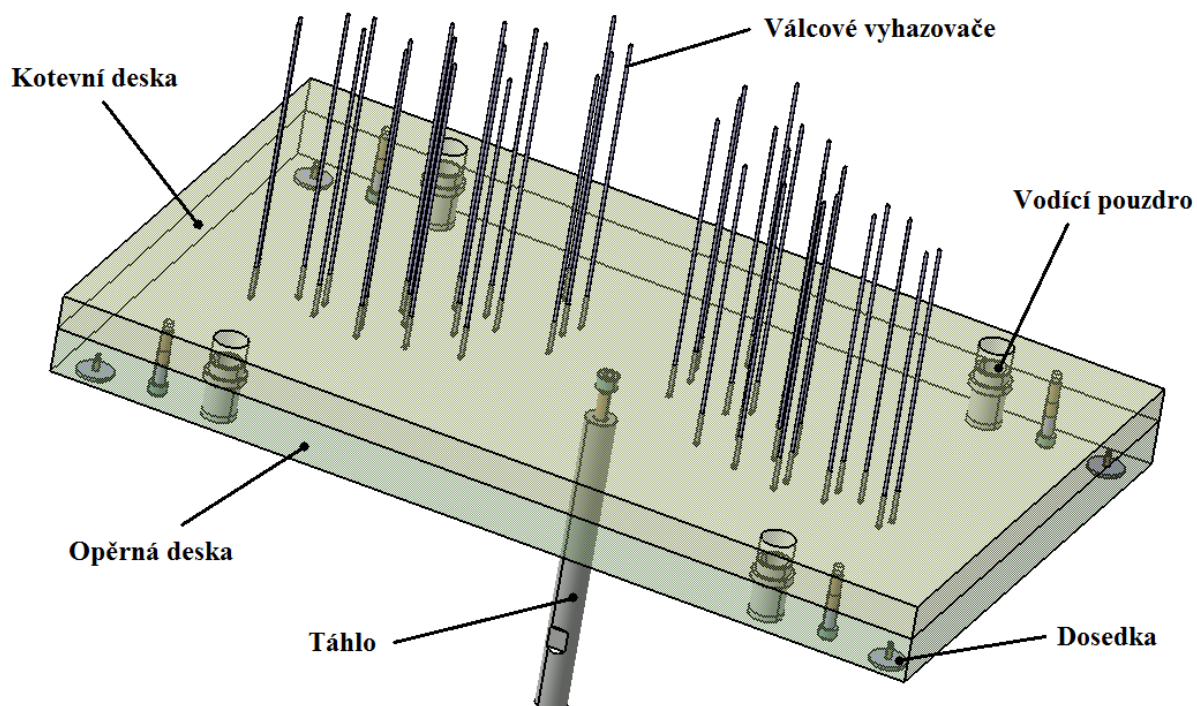
Obr. 52 Horký vtokový systém

9.5 Vyhazovací systém

Vyhození dvou výstřiků (pravá a levá florbalová čepel) z formy je uskutečněné pomocí celkově 38 válcových vyhazovačů o průměru 2 mm. Ukotvení vyhazovačů je realizováno ve vyhazovací kotevní desce. Výrobky by měly být vyhazovány rovnoměrně a bez poškození, to musí zaručit vhodný počet a rozmístění vyhazovačů.

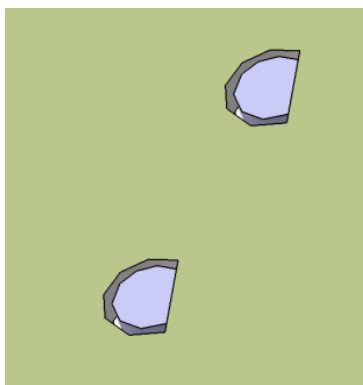
Vyhazovací systém obsahuje čtyři vodící pouzdra, kterými vedou vodící čepy. To zajišťuje plynulý dopředný pohyb vyhazovacích desek při vyhození výstřiku a jejich následné vrácení do původní polohy. Celkový pohyb je dán táhlem, které spojuje vyhazovací systém s hydraulickým systémem stroje.

Na spodní straně opěrné desky jsou namontovány čtyři dosedky, jejichž úkolem je tlumit a mírnit rázy při návratu vyhazovací soustavy do původní polohy. Vyhazovací deska opěrná a kotevní jsou sešroubovány čtyřmi šrouby.

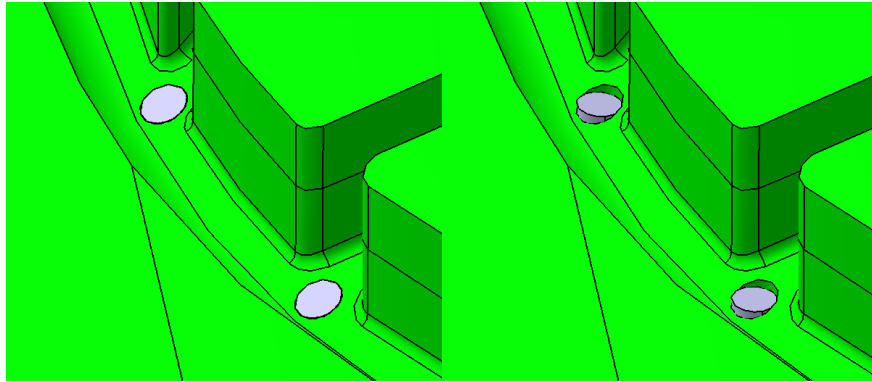


Obr. 53 Vyhazovací systém

Posledním úskalím vyhazovacího systému je tvarová nerovnost plochy válcových vyhazovačů dotýkajících se výrobku. Na obr. 52 je znázorněno řešení válcových vyhazovačů s vytvořenou aretací proti pootočení na kotevní desce.



Obr. 54 Zajištění vyhazovačů proti pootočení



Obr. 55 Správné a chybné zapuštění válcových vyhazovačů v tvárníku

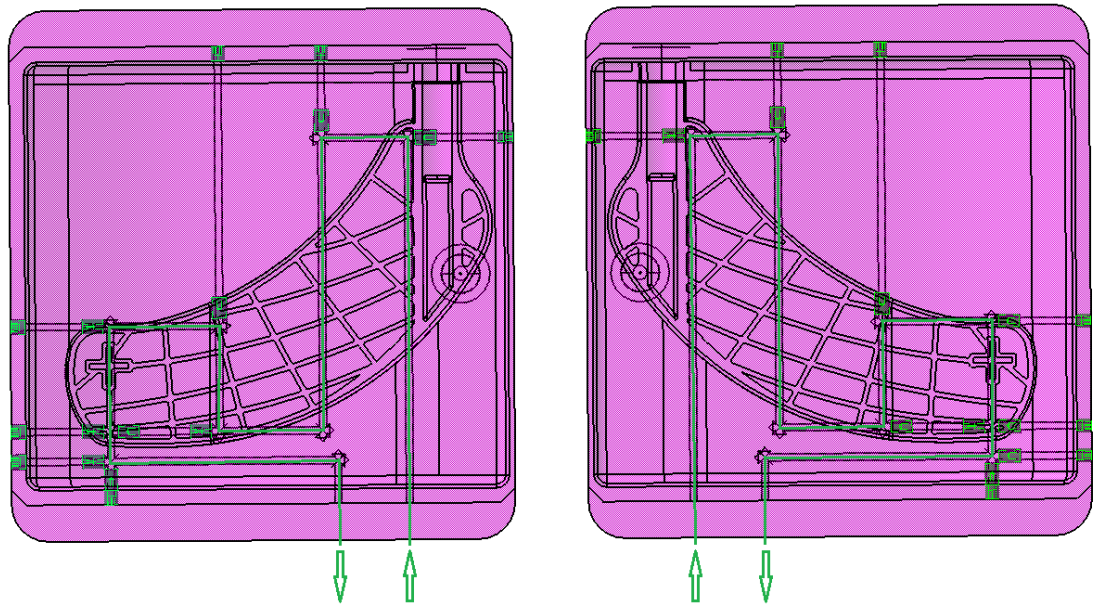
Všechny komponenty jsou normálie firmy HASCO.

9.6 Temperační systém

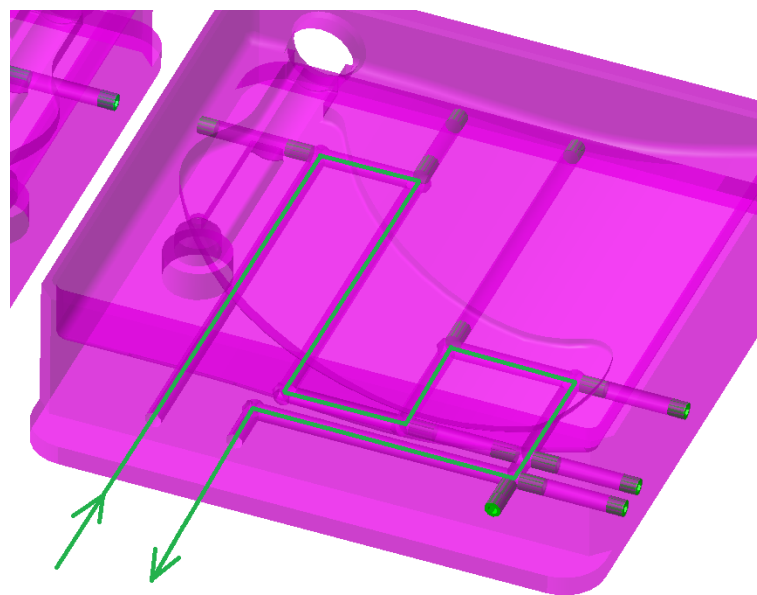
Hlavním úkolem temperačního systému je stanovit požadovanou teplotu dutiny formy, a tuto teplotu udržet. Dalším úkolem je činnost odvádění tepla při chlazení výrobku. Z toho vyplývá, že během procesu vstřikování není teplota formy konstantní. Temperační systém by měl co nejvíce omezit kolísání teploty, toho se dá dosáhnout vhodným rozmístěním temperačních kanálků, velikostí jejich průřezů, volbou temperačního média a rychlostí jeho proudění.

Systém navržený v bakalářské práci kopíruje tvar florbalové čepel a je jak pro pravou tak pro levou čepel osově symetrický (nachází se zde celkem 4 temperační okruhy). Kanálky jsou kruhového průřezu o velikosti 8 mm. Celý systém využívá normalizovaných prvků HASCO.

Okruh tvárnice obsahuje celkem 7 uzavíracích šroubů a 9 uzavíracích zátek.

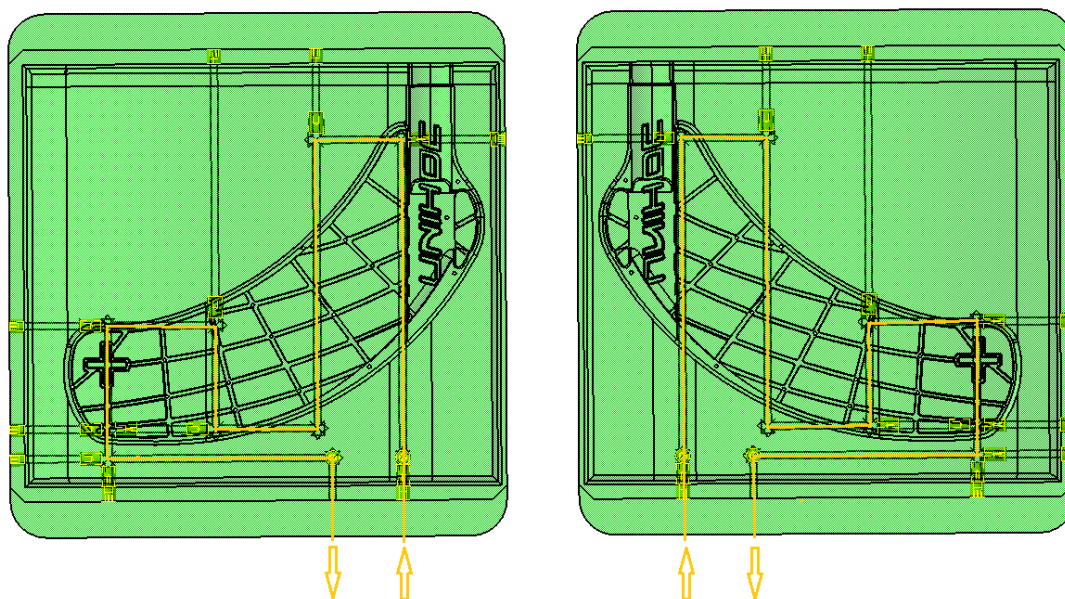


Obr. 56 Dva temperační okruhy na tvárnici

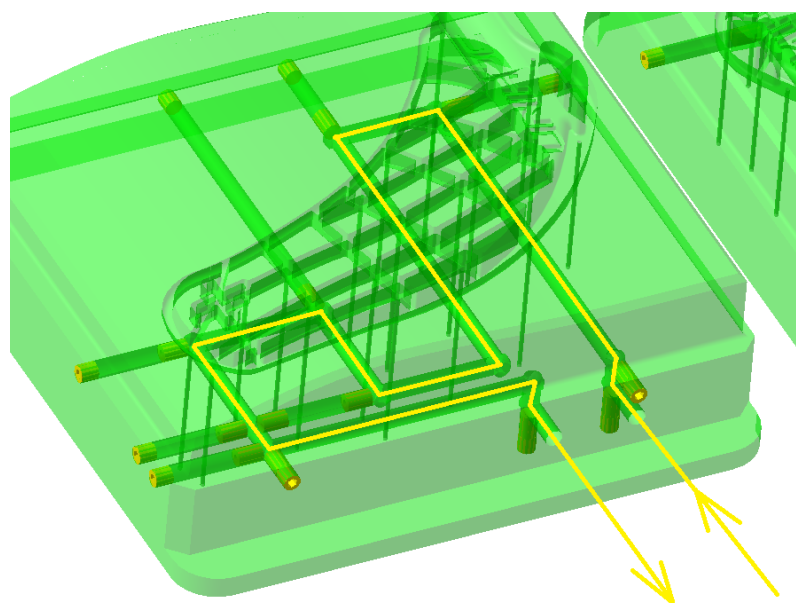


Obr. 57 Temperace tvárnice - detailní pohled na levou čepel

Tvárník je kvůli kapsli na tvárnici mírně vysunutý a proto je mírně vysunutá i jeho temperace. Proto se zde nachází 10 uzavíracích šroubů a 12 uzavíracích zátek.

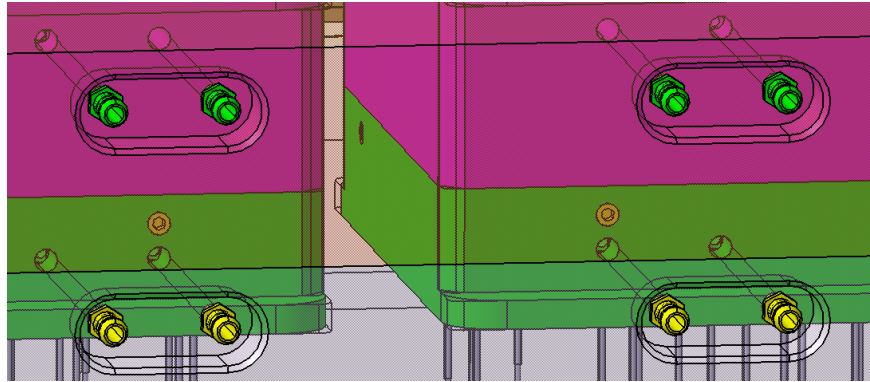


Obr. 58 Dva temperační okruhy na tvárníku



Obr. 59 Temperace tvárníku - detailní pohled na levou čepel

Přípojky temperačních okruhů jsou umístěny na bocích pravé a levé kotevní desky a navíc jsou zapuštěny, aby nedošlo k případné kolizi. Je zde brán ohled na dostačující manipulační prostor přípojek.



Obr. 60 Připojení temperace

9.7 Odvzdušnění formy

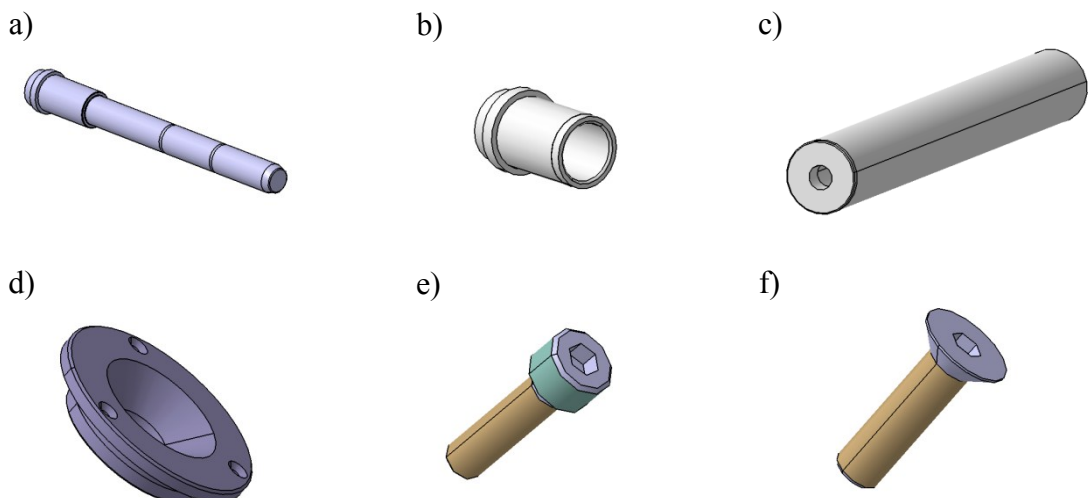
Při plnění dutiny formy před sebou tavenina vytlačuje vzduch, který po uzavření formy v dutině zůstal. U takto stlačovaného vzduchu nastává zvýšení teploty a tlaku a tím může vstříkovaný polymer degradovat. Následkem mohou být různé tvarové a vzhledové vady a poruchy na výstřiku.

Předpokladem pro tuto vstříkovací formu je zanedbání odvzdušnění díky úniku vzduchu přes hlavní a vedlejší dělicí rovinu, pohybové jádra a vodící plochy vyhazovačů. Kdyby se po odzkoušení formy ukázalo, že je odvzdušnění nedostačující, volil by se způsob odvzdušnění v dělicí rovině.

9.8 Ostatní komponenty

Celý konstrukční návrh vstříkovací formy pro florbalovou čepel se odvíjel od digitálního katalogu firmy HASCO s normalizovanými součástmi. Jedná se hlavně o díly typu:

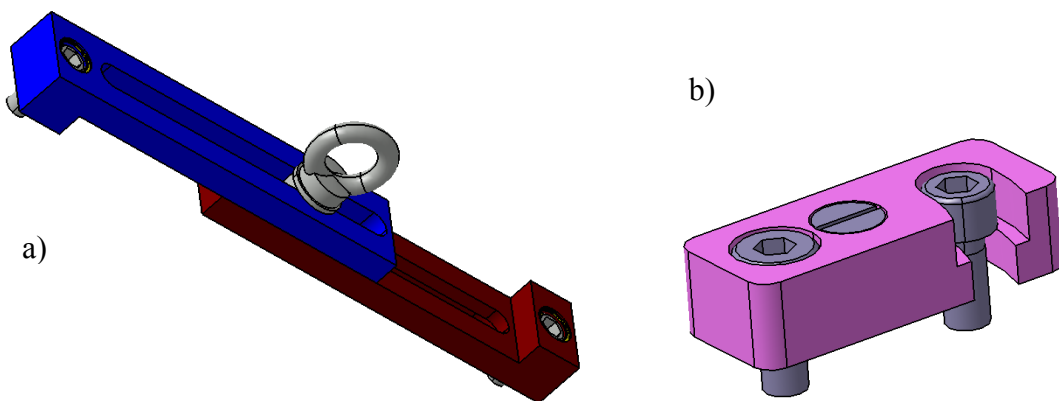
- vodící čepy,
- vodící pouzdra,
- středící trubka,
- středící kroužky,
- spojovací šrouby.



Obr. 61 Komponenty HASCO

a) vodící čep; b) vodící pouzdro; c) středící trubka; d) středící kroužek; e), f) spojovací šrouby

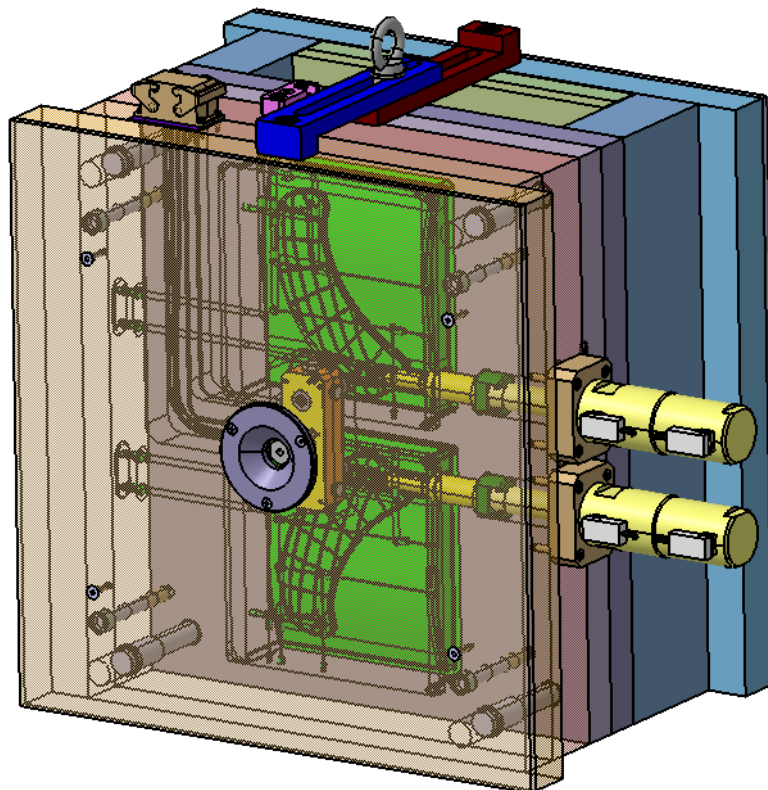
Manipulaci formy zajišťuje transportní můstek, který je připevněný k pravé a levé upínací desce na vrchní části formy vedle zásuvky. Pomocí závěsného oka, které je součástí transportního můstku, dochází k usnadnění manipulace formy pomocí jeřábu. Poslední komponentou je zámek dělicí roviny, který zajišťuje nástroj (formu) proti otevření a jedná se o ochranný prvek.



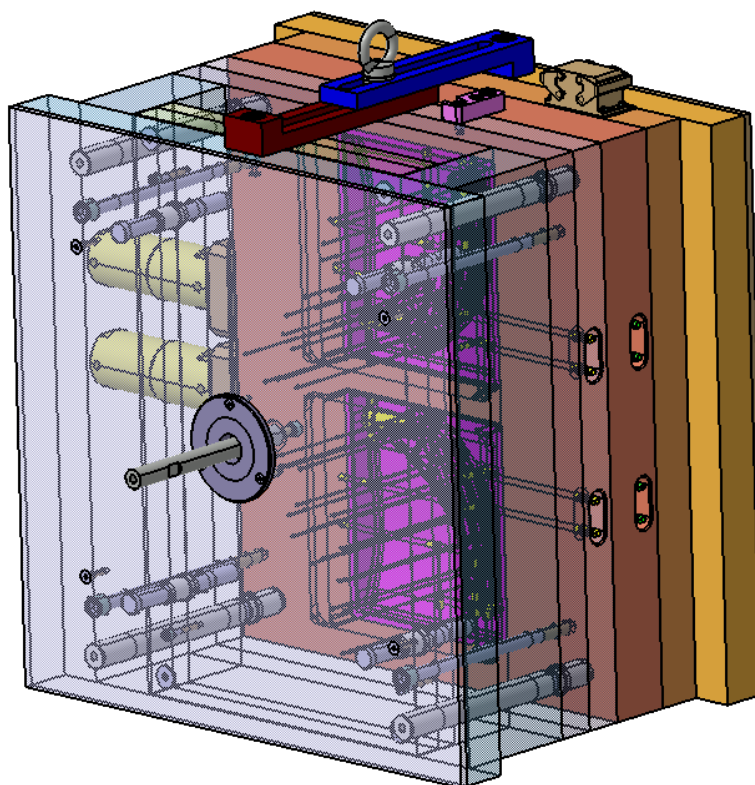
Obr. 62 Nosné a upínací prvky HASCO

a) Transportní můstek se závěsným šroubem; b) zámek dělicí roviny

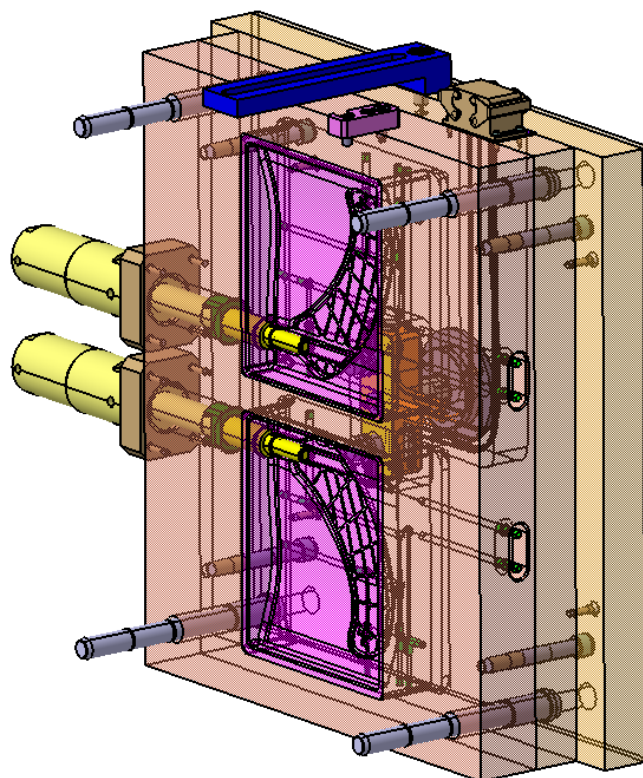
9.9 Sestava formy



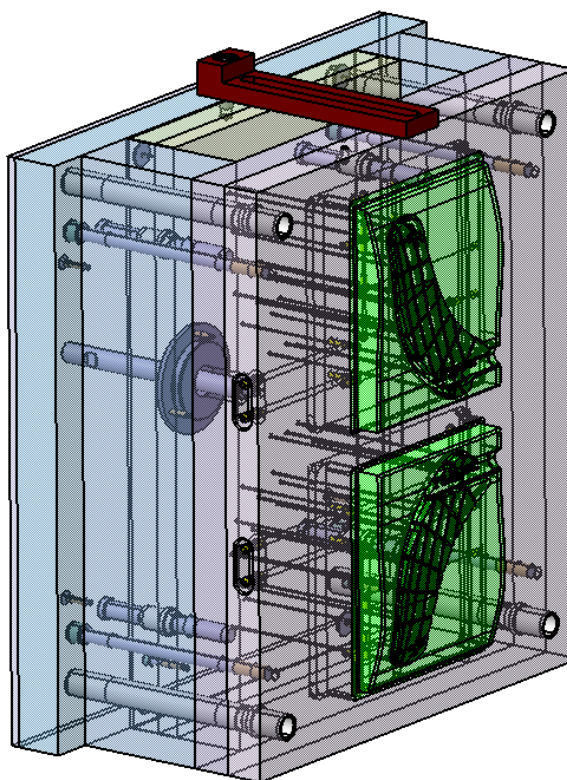
Obr. 63 Vstřikovací forma s náhledem do pravé vstřikovací strany



Obr. 64 Vstřikovací forma s náhledem do levé vstřikovací strany



Obr. 65 Pohled na pravou stranu dělicí roviny



Obr. 66 Pohled na levou stranu dělicí roviny

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byl návrh konstrukce vstřikovací formy pro florbalovou čepel, která se používá pro sportovní využití ke hře s názvem florbal. Materiál čepele byl zvolen Polypropylen a to konkrétně PP Mosten MA 612 vyráběn v Unipetrolu.

Bakalářská práce se skládá ze dvou základních částí, a to teoretické a praktické. V teoretické části byly popsány základní druhy materiálů pro vstřikování, problematika vstřikování a vstřikovacích forem. V praktické části byl zhotoven 3D model florbalové čepele a vstřikovací formy. Dále došlo ke zhotovení sestavy formy ve 2D s kusovníkem.

Náplní praktické části byla konstrukce vstřikovací formy ve 3D s pomocí digitálního katalogu normalizovaných komponent od firmy HASCO. Násobnost formy byla zvolena dvojnásobná z hlediska výroby levé a pravé florbalové čepele zároveň. Po určení dělicí roviny přišla otázka, jestli použít mechanické nebo hydraulické vyhazování vedlejší dělicí roviny. Nakonec byly navrženy dvoje tvarová jádra, ovládaná hydraulickými válci s blokováním. Ve formě byl zvolen horký vtokový systém, tvořen horkým rozvodným blokem a dvěma tryskami. Temperace formy se skládá ze čtyř vrtaných okruhů, kterými proudí vhodné temperační médium. Temperační systém také obsahuje uzavírací zátky a šrouby, které usměrňují tok média. U odvodu vzduchu se předpokládá, že malé množství vzduchu uzavřeného v dutině formy bude utíkat vůlemy mezi dělicí rovinou, válcovými vyhazovači a tvarovými jádry. Vyhození čepele z formy zajišťuje 19 válcových kolíků, které jsou zajištěny proti pootočení. Forma byla také vybavena zámkem, který zajišťuje formu proti otevření a transportním můstkem se závěsným šroubem pro jednoduchou manipulaci.

Byl zvolen vhodný vstřikovací stroj od německé firmy ARBURG s označením ALLROUNDER 720 S GOLDEN EDITION, který splňuje veškeré požadavky.

Na závěr bylo cílem doložit výkres sestavy formy s kusovníkem. Tyto dokumentace jsou obsaženy v příloze spolu s materiálovým listem a s parametrem vstřikovacího stroje.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů*. 2. vyd. - Brno: UNIPLAST, 1999. 134 s.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II. díl – Vstřikování termoplastů* 1. vyd. - Brno: UNIPLAST, 1999. 214 s.
- [3] Historie plastů od celuloidu po současnost. Factory Automation.cz | Časopis o automatizaci a robotice [online]. Copyright © [cit. 8. 1. 2019]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/historie-plastu-od-prvniho-celuloidu-po-dnesni-vstrikovani/>
- [4] KŘENĚK, Tomáš. *Přednášky z Polymerní materiály*. UL 2010 [online]. Dostupné z: https://www.opi.zcu.cz/download/Polymery_2010.pdf
- [5] Technická univerzita Liberec: Katedra strojírenské technologie, oddělení tváření plastů.[online].[cit.2019-01-8]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
- [6] Technická univerzita Liberec: Katedra strojírenské technologie, oddělení tváření plastů.[online].[cit.2019-01-8]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [7] BĚHÁLEK, Luboš. *Polymery* [online]. Pardubice: CodeCreator, 2016 [cit. 8. 01. 2019]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Cover.html>
- [8] LENFELD, Petr. *Technologie vstřikování* [online]. Pardubice: CodeCreator, 2016 [cit. 8. 01. 2019]. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/Uvod.html>
- [9] MAŇAS M., HELŠTÝN J. *Výrobní stroje a zařízení: Gumárenské a plastikářské stroje II*. 1. vyd. - Brno: Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1990. 199 s.
- [10] Ducháček Vratislav, Hrdlička Zdeněk: *Gumárenské suroviny a jejich zpracování*. 4th ed. Praha: VŠCHT Praha, 2009. P. 001. ISBN 978-80-7080-713-2
- [11] AUSPREGER, Aleš. *Technologie zpracování plastů* [online]. Pardubice: CodeCreator, 2016 [cit. 8. 01. 2019]. ISBN 978-80-88058-77-9. Dostupné z: <https://publi.cz/books/183/01.html>
- [12] STANĚK, Michal. *Přednášky z Konstrukce forem*. FT UTB ve Zlíně. 2019

- [13] SEIDL, Martin. Stroje pro zpracování polymerních materiálů [online]. Pardubice: CodeCreator, 2016 [cit. 8. 01. 2019]. ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/03.html>
- [14] BOBEK, Jiří. Vstříkovací formy pro zpracování termoplastů [online]. Pardubice: CodeCreator, 2016 [cit. 7. 02. 2019]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/01.html>
- [15] HYNEK, Martin. Studené a živé vtoky [online]. Plzeň, 2013, 16 [cit. 7. 02. 2019]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-verfin/OPVK_PU/KA_05_publikace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf
- [16] HYNEK, Martin. Horké vtoky. Plastové díly [online]. Plzeň, 2013, 16 [cit. 7. 02. 2019]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-verfin/OPVK_PU/KA_05_publikace/KA05_Horke_vtoky.pdf
- [17] Hasco [online]. [cit. 2019-2-24]. Dostupný z WWW: <http://hasco.com>
- [18] ŠMÍD, Bedřich. BABYPLAST technologie mikrovstříkování.: CECHO - BOHUMIL CEMPÍREK s.r.o. [online]. Žďár nad Sázavou, 2008[cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <http://adoc.tips/babyplast-technologie-mikrovstikovani-cecho-bohumil-cempirek.html>
- [19] Unipetrol: Nabídka produktů [online]. [cit. 15. 5. 2019]. Dostupné z: <http://www.unipetrolrpa.cz/CS/NabidkaProduktu/petrochemicke-produkty/polyolefiny/Stranky/ProductFinder.aspx>
- [20] ARBURG [online]. [cit. 15. 5. 2019]. Dostupné z: https://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Technische_Daten/ARBURG_ALLROUNDER_720S_GOLDEN_EDITION_TD_528997_en_GB.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|-------|------------------------------|
| T_m | Teplota tání |
| T_f | Teplota viskózního toku |
| T_g | Teplota skelného přechodu |
| PE | Polyethylen |
| PP | Polypropylen |
| PS | Polystyren |
| PVC | Polyvinylchlorid |
| PF | Fenolformaldehydové hmoty |
| UF | Močovinoformaldehydové hmoty |
| PMMA | polymethyl-methakrylát |
| PC | polykarbonát |
| PA | Polyamid |
| PTFE | Polytetrafluorethylen |
| POM | Polyoximethylen |
| ABS | Akrylonitrilbutadienstyren |
| PPO | Polyofenilénoxid |
| PU | Polyuretan |
| EP | Epoxidové pryskyřice |
| UP | Polyesterové pryskyřice |
| PSU | Polysulfon |
| PPS | Polyfenylénsulfid |
| PI | Polyimidy |
| atd. | A tak dále |
| tj. | To je |

| | |
|-----------------|--|
| mm | Milimetr |
| Tab. | Tabulka |
| obr. | Obrázek |
| % | Procento |
| g | Gram |
| r | Rádus |
| l | Délka |
| s | Tloušťka |
| °C | Stupeň celsia |
| kN | Kilo Newton |
| MPa | Megapascal |
| 2D | Dvourozměrný prostor |
| 3D | Trojrozměrný prostor |
| d | Průměr |
| kap. | Kapitola |
| IT | Stupeň přesnosti |
| ISO | Mezinárodní organizace pro normalizaci |
| HRC | Zkouška tvrdosti podle Rockwella |
| cm ³ | Centimetr krychlový |
| CAM | Počítačová podpora obrábění |
| CAD | Počítačová podpora projektování |
| V | Objem |
| ρ | Hustota |
| m | Hmotnost |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| <i>Obr. 1</i> Základní rozdělení polymerů [7] | 12 |
| <i>Obr. 2</i> Rozdělení polymerů dle aplikace a jejich nadmolekulární struktury [7] | 13 |
| <i>Obr. 3</i> Struktura amorfního polymeru [5] | 14 |
| <i>Obr. 4</i> Struktura semikrystalického polymeru [5] | 14 |
| <i>Obr. 5</i> Oblast použití; a) amorfních polymerů; b) semikrystalických polymerů [7] | 15 |
| <i>Obr. 6</i> Struktura reaktoplastu [5] | 16 |
| <i>Obr. 7</i> Struktura elastomeru [5] | 16 |
| <i>Obr. 8</i> Schéma vstřikovacího stroje [6] | 17 |
| <i>Obr. 9</i> Ukázka vstřikovacího stroje ARBURG [11] | 18 |
| <i>Obr. 10</i> Vstřikovací cyklus [12] | 19 |
| <i>Obr. 11</i> Dosednutí trysky stroje na trysku formy [14] | 20 |
| <i>Obr. 12</i> Uzavíratelné trysky; a) ovládané pružinou; b) hydraulické uzavírání [13] | 21 |
| <i>Obr. 13</i> Babyplast technologie mikrovstřikování; a) horizontální přídavná vstřikovací jednotka; b) vertikální přídavná vstřikovací jednotka [18] | 22 |
| <i>Obr. 14</i> šneková plastikační jednotka [13] | 22 |
| <i>Obr. 15</i> Komunikační rozhraní společnosti ARBURG [13] | 23 |
| <i>Obr. 16</i> Vliv tloušťky stěny plastového dílu [14] | 25 |
| <i>Obr. 17</i> Správný a nesprávný návrh; a) rovnoměrnosti tloušťky stěny; b) přechody různých tlouštěk stěn [14] | 26 |
| <i>Obr. 18</i> a) úkos; b) technologický podkos [14] | 27 |
| <i>Obr. 19</i> Základní rozměry žebra [14] | 27 |
| <i>Obr. 20</i> Řez vstřikovací formou [12] | 28 |
| <i>Obr. 21</i> Schéma studeného vtoku [15] | 31 |
| <i>Obr. 22</i> Možnosti řešení vtokových kanálů [15] | 33 |
| <i>Obr. 23</i> Vtoková vložka [17] | 33 |
| <i>Obr. 24</i> Rozmístění rozváděcích kanálů [15] | 34 |
| <i>Obr. 25</i> Kuželový vtok [15] | 35 |
| <i>Obr. 26</i> Bodový vtok [15] | 35 |
| <i>Obr. 27</i> Tunelový vtok [15] | 36 |
| <i>Obr. 28</i> Banánový vtok – deformace vtoku během odformování [15] | 36 |
| <i>Obr. 29</i> Deštníkové ústí vtoku [14] | 37 |
| <i>Obr. 30</i> Filmový vtok [15] | 37 |

| | |
|---|----|
| <i>Obr. 31 a) vyhazovač vytrhávač; b), c) strhovač vtoku [15]</i> | 38 |
| <i>Obr. 32 Vyhříváný vtokový systém [16]</i> | 38 |
| <i>Obr. 33 Válcový vyhazovač [17]</i> | 40 |
| <i>Obr. 34 Prizmatický vyhazovač [17]</i> | 40 |
| <i>Obr. 35 Trubkový vyhazovač [17]</i> | 40 |
| <i>Obr. 36 Hydraulický válec [17]</i> | 41 |
| <i>Obr. 37 Porovnání efektu průměru a počtu temperačních kanálů [14]</i> | 43 |
| <i>Obr. 38 Konstrukce odvzdušňovacích kanálů [14]</i> | 44 |
| <i>Obr. 39 Detail vnitřní stěny a dvou drážek na čepeli</i> | 48 |
| <i>Obr. 40 3D model čepele - forehand</i> | 48 |
| <i>Obr. 41 3D model čepele - backhand</i> | 49 |
| <i>Obr. 42 Vstřikovací stroj ALLROUNDER 720 S GOLDEN EDITION [20]</i> | 50 |
| <i>Obr. 43 3D model vstřikovací formy</i> | 52 |
| <i>Obr. 44 Naznačení hlavní dělicí roviny na čepeli</i> | 54 |
| <i>Obr. 45 Levý a pravý pohled od dělicí roviny tvárnice</i> | 54 |
| <i>Obr. 46 Dělicí rovina tvárníku</i> | 55 |
| <i>Obr. 47 Uložení tvárníku v levé kotevní desce</i> | 55 |
| <i>Obr. 48 Tvárnice 275 x 250 mm</i> | 56 |
| <i>Obr. 49 Tvárník 275 x 250 mm</i> | 56 |
| <i>Obr. 50 Tvarové jádro</i> | 57 |
| <i>Obr. 51 Odformovací soustava normálií HASCO</i> | 58 |
| <i>Obr. 52 Horký vtokový systém</i> | 59 |
| <i>Obr. 53 Vyhazovací systém</i> | 60 |
| <i>Obr. 54 Zajištění vyhazovačů proti pootočení</i> | 60 |
| <i>Obr. 55 Správné a chybné zapuštění válcových vyhazovačů v tvárníku</i> | 61 |
| <i>Obr. 56 Dva temperační okruhy na tvárnici</i> | 62 |
| <i>Obr. 57 Temperace tvárnice - detailní pohled na levou čepel</i> | 62 |
| <i>Obr. 58 Dva temperační okruhy na tvárníku</i> | 63 |
| <i>Obr. 59 Temperace tvárníku - detailní pohled na levou čepel</i> | 63 |
| <i>Obr. 60 Připojení temperace</i> | 64 |
| <i>Obr. 61 Komponenty HASCO</i> | 65 |
| <i>Obr. 62 Nosné a upínací prvky HASCO</i> | 65 |
| <i>Obr. 63 Vstřikovací forma s náhledem do pravé vstřikovací strany</i> | 66 |

| | |
|--|----|
| Obr. 64 <i>Vstřikovací forma s náhledem do levé vstřikovací strany</i> | 66 |
| Obr. 65 <i>Pohled na pravou stranu dělicí roviny</i> | 67 |
| Obr. 66 <i>Pohled na levou stranu dělicí roviny</i> | 67 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|-----------|
| <i>Tab. 1 Doporučená zaoblení [1].....</i> | <i>26</i> |
| <i>Tab. 2 Doporučené teploty v rámci procesu vstřikování vybraných plastů [14]</i> | <i>42</i> |
| <i>Tab. 3 Základní vlastnosti materiálu PP Mosten MA 612 [19].....</i> | <i>49</i> |
| <i>Tab. 4 Základní parametry vstřikovacího stroje [20].....</i> | <i>51</i> |

SEZNAM PŘÍLOH

P 1 Materiálový list PP Mosten MA 612

P 2 Parametry vstřikovacího stroje

P 3 Kusovník

P 4 Výkres sestavy formy

P 5 CD disk obsahující:

- model formy a výkresovou dokumentaci v programu CATIA V5,
- textovou část bakalářské práce.

PŘÍLOHA P 1: MATERIÁLOVÝ LIST PP MOSTEN MA 612

PP MOSTEN® MA 612

TECHNICKÝ LIST

BLOKOVÝ KOPOLYMER PRO VSTŘIKOVÁNÍ

MFR (230/2,16): 14 g/10 min

Mosten MA 612 je polypropylen vyráběný v Unipetrolu RPA technologií INNOVENE™ PP.

Charakteristika

- nukleace
- antistatická receptura
- neobsahuje ftaláty uvedené v seznamu SVHC
- splňuje EN 71-3,9 Bezpečnost hraček

Mezinárodní označení

ISO 19069-PP-B,,MMZ,10-45-200

Applikace

- technické díly
- kompaundy
- přepravní obaly
- kufry na nářadí

Materiálové vlastnosti (typické hodnoty, netvoří specifikaci daného typu)

| Parameter | Zkušební metoda | Jednotka | Hodnota | |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------|-----|
| REOLOGICKÉ VLASTNOSTI | | | | |
| Index toku taveniny (230 °C/2,16 kg) | ISO 1133-1 | g/10 min | 14 | |
| Výrobní smrštění podélně | ISO 294-3,4 | % | 1,80 | |
| Výrobní smrštění napříč | | | 1,86 | |
| MECHANICKÉ VLASTNOSTI | | | | |
| Modul pružnosti v ohybu | ISO 178 | MPa | 1100 | |
| Modul pružnosti v tahu | ISO 527-1,2 | MPa | 1050 | |
| Napětí na mezi kluzu | | MPa | 22 | |
| Prodloužení na mezi kluzu | | % | 5 | |
| Celková tažnost | | % | 300 | |
| Křípový modul v tahu (5 MPa) | ISO 899-1 | MPa | 1 h | 650 |
| | | | 1000 h | 260 |
| Vrubová houževnatost Charpy | ISO 179-1 | kJ/m ² | 23 °C | 50 |
| | | | -20 °C | 7 |
| TEPLOTNÍ VLASTNOSTI | | | | |
| Teplota tání (DSC) | ISO 11357-1, 3 | °C | 165 - 170 | |
| Teplota měknutí dle Vicata (VST) | ISO 306 | °C | 147 | |
| HDT (1,8 MPa) | ISO 75-1,2 | °C | 52 | |
| OSTATNÍ VLASTNOSTI | | | | |
| Tvrdost Shore D | ISO 868 | - | 64 | |

Zpracovatelské podmínky

| Parametr | Doporučená hodnota | Jednotka |
|------------------|---------------------------------|----------|
| Teplota taveniny | 200 - 280 | °C |
| Teplota formy | 20 - 60 | °C |
| Dotlak | (60 - 80) % vstřikovacího tlaku | % |
| Délka šneku | (15 - 25) d* | - |

* Průměr šneku

PP MOSTEN®

TECHNICKÝ LIST

Vzhledové vlastnosti

PP Mosten neobsahuje žádné mechanické nečistoty. Je dodáván v podobě přírodního granulátu. Typické rozmezí sypné hmotnosti PP Mosten je (450 - 600) kg/m³.

Teplotní vlastnosti

PP Mosten se vyznačuje dobrými tepelně-izolačními vlastnostmi. Oblast teplot tání krystalického podílu homopolymerů je (160 - 168) °C, kopolymerů (125 - 168) °C. Teplota skelného přechodu T_g homopolymerů 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 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 pouze oxidačním činidlům (např. koncentrovaná kyselina dusičná, olej, halogeny), 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, je ho proto použit v prostředí s proměnnou relativní vlhkostí, aniž by docházelo k rozměrovým změnám výrobků či změnám mechanických vlastností. Při zpracování PP Mosten může působit obtíže vlhkost, zkondenzovaná při přenosu materiálu z prostředí chladnějšího do prostředí teplejšího. Při teplotách skladování nižších než 20 °C se doporučuje kondicionovat materiál min. 24 h 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 EP a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) - při výrobě tohoto typu PP Mosten nebyly použity ftaláty uvedené v seznamu SVHC;
- Nařízení Komise (EU) č. 10/2011, v platném znění.

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.unipetrolrpa.cz nebo na vyžádání.

Skladování a manipulace

PP Mosten se dodává v polyetylenových pytlích (>PE-LD<) o hmotnosti 25 kg. Pytle se ukládají v počtu 55 kusů na paletách, fixovaných smršťovací 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 po dohodě s odběratelem.

PP Mosten je skladován v suchém, větraném, zastřešeném 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 je 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 šestimocného chromu) nepřekračuje limitní hodnotu 100 ppm.

Doporučené zařazení dle Katalogu odpadů: č. 15 01 02 (plastové obaly), č. 15 01 03 (dřevěné palety).
Doporučené způsoby využívání odpadů: materiálové využití, energetické využití.

Pokyny pro nakládání s odpadem ze zpracování PE

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 polypropyleny usnadňuje identifikaci materiálu při sběru, třídění, využívání či odstraňování uživatelského odpadu.

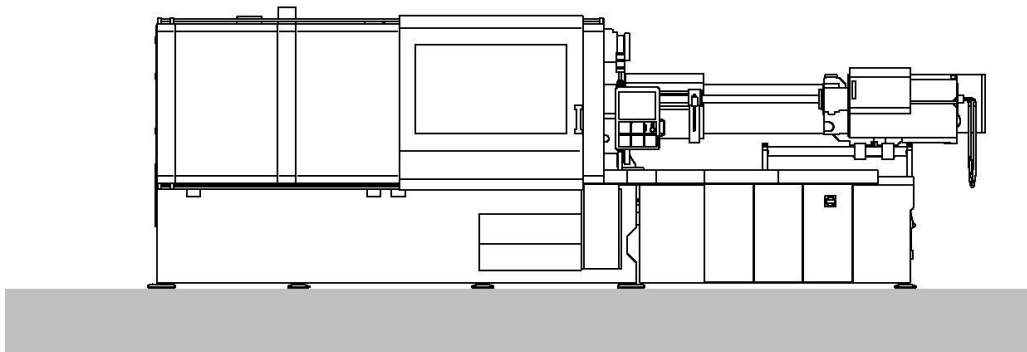
PP Mosten z produkce Unipetrol RPA neobsahuje olovo, kadmium, rtuť ani šestimocný chrom, přičemž součet koncentrací těchto těžkých kovů nepřesahuje limitní hodnotu 100 ppm. Odpad z PP Mosten zařazuje původce odpadu dle platné legislativy.

Doporučené zařazení podle Katalogu odpadů - č. 07 02 13.

Doporučené způsoby využívání odpadů: materiálové využití, energetické využití.

PŘÍLOHA P 2: PARAMETRY VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Facts and figures



ALLROUNDER 720 S GOLDEN EDITION

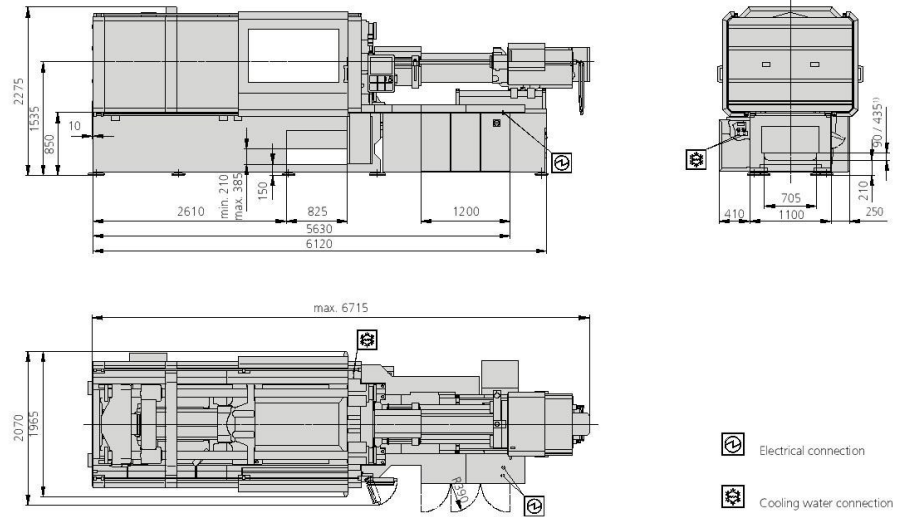
Distance between tie bars: 720 x 720 mm

Clamping force: 3000 kN

Injection unit (acc. to EUROMAP): 1300

ARBURG

www.arburg.com



1) Conveyor belt

Technical data

| 720 S GOLDEN EDITION

| Clamping unit | | 720 S GOLDEN EDITION | | |
|-----------------------------------|--------------|----------------------|--|--|
| with clamping force | max. kN | 3000 | | |
| Opening force stroke | max. kN mm | 800 850 | | |
| Mould height, fixed variable | min. mm | 400 --- | | |
| Platen daylight fixed variable | max. mm | 1250 --- | | |
| Distance between tie bars (w x h) | mm | 720 x 720 | | |
| Mould mounting platens (w x h) | max. mm | 1040 x 1040 | | |
| Weight of movable mould half | max. kg | 3200 | | |
| Ejector force stroke | max. kN mm | 76 250 | | |
| Dry cycle time EUROMAP 2 | min. s - mm | 3,5 - 504 | | |

| Injection unit | | 1300 | | |
|--|-------------------------|----------|------|------|
| with screw diameter | mm | 55 | 60 | 70 |
| Effective screw length | L/D | 22 | 20 | 17 |
| Screw stroke | max. mm | 235 | | |
| Calculated stroke volume | max. cm ³ | 558 | 664 | 904 |
| Shot weight | max. g PS | 510 | 607 | 826 |
| Material throughput | max. kg/h PS | 86 | 96 | 115 |
| | max. kg/h PA6.6 | 43 | 48 | 58 |
| Injection pressure | max. bar | 2380 | 2000 | 1470 |
| Holding pressure | max. bar | 2380 | 2000 | 1470 |
| Injection flow 2 | max. cm ³ /s | 238 | 284 | 388 |
| Screw circumferential speed 2 | max. m/min | 40 | 43 | 51 |
| Screw torque | max. Nm | 1510 | 1640 | 1920 |
| Nozzle contact force retraction stroke | max. kN mm | 90 550 | | |
| Heating capacity zones | kW | 22,9 8 | | |
| Feed hopper | l | --- | | |

| Drive and connection | | 2 pumps | | |
|---|-------------|-------------|--|--|
| with injection unit | | 1300 | | |
| Net weight of machine | kg | 15500 | | |
| Emiss. sound press. level DIN EN 201:1997 | dB(A) | 72 +3 | | |
| Oil filling | l | 390 | | |
| Drive power 2 | max. kW | 37 | | |
| Electrical connection 3 | kW | 63 | | |
| | Total | 125 | | |
| | Machine | 88 | | |
| | Heating | 33 | | |
| Cooling water connection | max. °C | 30 | | |
| | min. Δp bar | 1,5 DN 25 | | |

Machine type
with EUROMAP size designation 1
720 S GOLDEN EDITION 3000-1300

All specifications relate to the basic machine version. Deviations are possible depending on variants, process settings and material type. Depending on the drive, certain combinations, e.g. max. injection pressure and max. injection flow may be mutually exclusive.

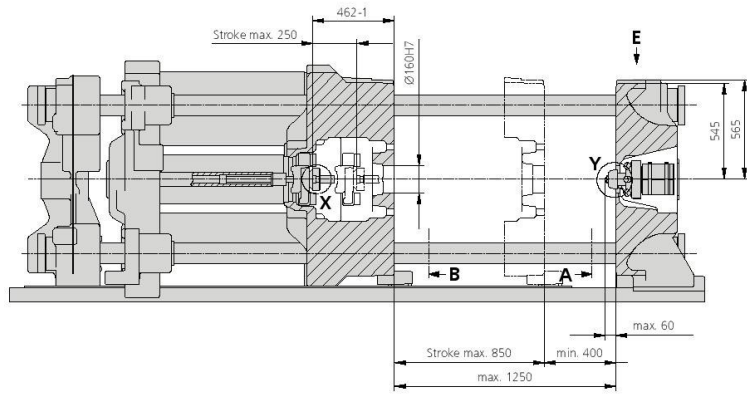
1) Clamping force (kN) - large injection unit = max. stroke volume (cm³) x max. injection pressure (kbar)

2) Specifications depend on the drive variant / drive configuration.

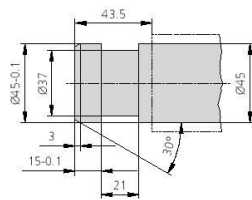
3) Specifications relate to 400 V/50 Hz.

[] Specifications apply to alternative equipment.

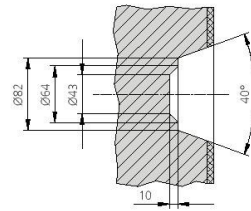
720 S GOLDEN EDITION | Mould installation dimensions



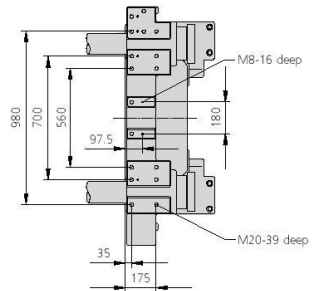
Ejector bolt | X



Bore in mould (if required) | Y

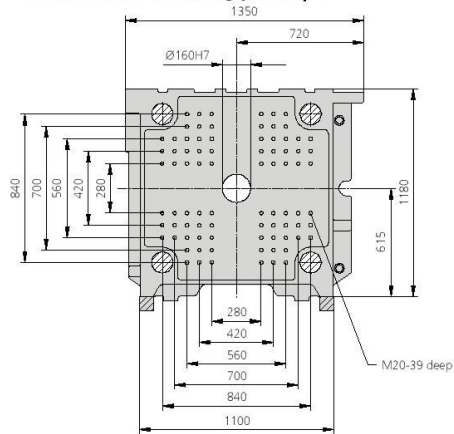


Robotic system mounting | E

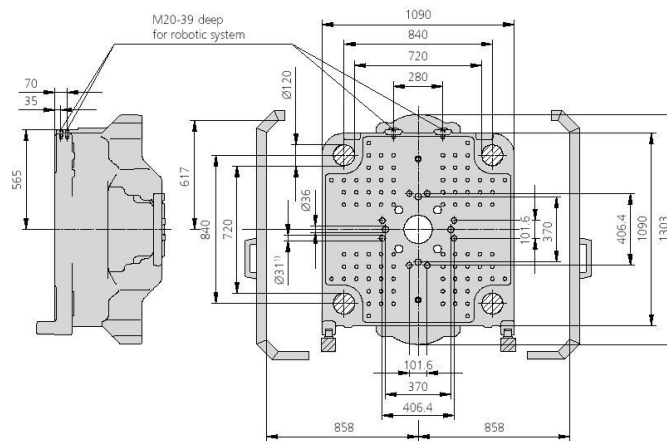


Mould installation dimensions | 720 S GOLDEN EDITION

Fixed mould mounting platen | A



Moving mould mounting platen | B



1) Guide-Ø27

Theoretical shot weights for the most important injection moulding materials

| Injection units according to EUROMAP | | 1300 | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|------|-----|------|
| Screw diameter | mm | 55 | 60 | 70 |
| Polystyrene | max. g PS | 510 | 607 | 826 |
| Styrene heteropolymerizates | max. g SB | 498 | 593 | 807 |
| | max. g SAN, ABS ¹⁾ | 488 | 581 | 791 |
| Cellulose acetate | max. g CA ¹⁾ | 574 | 683 | 930 |
| Celluloseacetobutyrate | max. g CAB ¹⁾ | 534 | 635 | 865 |
| Polymethyl methacrylate | max. g PMMA | 527 | 627 | 854 |
| Polyphenylene ether, mod. | max. g PPE | 473 | 563 | 767 |
| Polycarbonate | max. g PC | 536 | 638 | 868 |
| Polysulphone | max. g PSU | 554 | 659 | 897 |
| Polyamides | max. g PA 6.6, PA 6 ¹⁾ | 507 | 603 | 821 |
| | max. g PA 6.10, PA 11 ¹⁾ | 473 | 563 | 767 |
| Polyoximethylene (Polyacetal) | max. g POM | 630 | 749 | 1020 |
| Polyethylene terephthalate | max. g PET | 607 | 723 | 984 |
| Polyethylene | max. g PE-LD | 385 | 458 | 624 |
| | max. g PE-HD | 398 | 473 | 644 |
| Polypropylene | max. g PP | 406 | 484 | 658 |
| Fluoropolymerides | max. g FEP, PFA, PCTFE ¹⁾ | 816 | 971 | 1322 |
| | max. g ETFE | 716 | 852 | 1160 |
| Polyvinyl chloride | max. g PVC-U | 616 | 734 | 998 |
| | max. g PVC-P ¹⁾ | 569 | 678 | 922 |

1) average value

ARBURG GmbH + Co KG

Postfach 11 09 · 72286 Lossburg · Tel.: +49(0)7446 33-0 · Fax: +49(0)7446 33-3365 · www.arburg.com · e-mail: contact@arburg.com

With locations in Europe: Germany, Belgium, Denmark, France, United Kingdom, Italy, Netherlands, Austria, Poland, Switzerland, Slovakia,

Spain, Czech Republic, Turkey, Hungary | Asia: People's Republic of China, Indonesia, Malaysia, Singapore, Thailand, United Arab Emirates | America: Brazil, Mexico, USA

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

© 2014 ARBURG GmbH + Co KG

The brochure is protected by copyright. Any utilisation, which is not expressly permitted under copyright legislation, requires the previous approval of ARBURG.

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



ARBURG GmbH + Co KG

DIN EN ISO 9001 + 14001 + 50001 certified



Partner of the Engineering Industry Sustainability Initiative

PŘÍLOHA P 3: KUSOVNÍK

| | | | | |
|--|--|---|----------------------|----------|
| 36 | Topné těleso | HASCO | | 2 |
| 35 | Šestihranný šroub Z1063/10x1/11 | HASCO | | 2 |
| 34 | Šestihranný šroub Z1063/12x1,5/13 | HASCO | | 2 |
| 33 | Středící kolík Z26/8x28 | HASCO | | 1 |
| 32 | Středící kolík Z26/6x20 | HASCO | | 2 |
| 31 | Distanční podložka Z1052/3/25x5 | HASCO | | 2 |
| 30 | Distanční podložka Z1052/4/25x5 | HASCO | | 1 |
| 29 | Tepelně izolační vrstva levá Z1064/1/56x160 | HASCO | | 1 |
| 28 | Tepelně izolační vrstva pravá Z1064/1/56x160 | HASCO | | 1 |
| 27 | Horká tryska Z103/27x49/1,2 | HASCO | | 2 |
| 26 | Centrální vtoková vložka Z1055/1/16x56/6 | HASCO | | 1 |
| 25 | Rozváděcí blok H106/1/56x160/36 | HASCO | | 1 |
| 24 | Dosedka z55/28x3 | HASCO | | 4 |
| 23 | Táhlo vyhazovacích desek Z02/24x240 | HASCO | | 1 |
| 22 | Středící kroužek levý K503/5x20,5 | HASCO | | 1 |
| 21 | Vodící pouzdro Z10/36/20 | HASCO | | 4 |
| 20 | Vodící čep Z011/20x180 | HASCO | | 4 |
| 19 | Středící trubka Z20/30x240 | HASCO | | 4 |
| 18 | Vodící pouzdro Z10/46/24 | HASCO | | 4 |
| 17 | Vodící čep Z00/56/24x205 | HASCO | | 4 |
| 16 | Středící kroužek pravý K107/5x20,5 | HASCO | | 1 |
| 15 | Podložka 93x56x2 | FT-UTB-JO-015 | 1.0050 | 1 |
| 14 | Tvarové jádro | FT-UTB-JO-014 | 1.2343-Kaleno HRC 55 | 2 |
| 13 | Vyhazovací deska kotevní | FT-UTB-JO-013 | 1.0060 | 1 |
| 12 | Vyhazovací deska opěrná | FT-UTB-JO-012 | 1.0060 | 1 |
| 11 | Termoizolační deska levá | FT-UTB-JO-011 | SKLOTEXTIT | 1 |
| 10 | Upínací deska levá | FT-UTB-JO-010 | 1.0060 | 1 |
| 9 | Rozpěrná deska | FT-UTB-JO-009 | 1.0050 | 2 |
| 8 | Opěrná deska | FT-UTB-JO-008 | 1.0060 | 1 |
| 7 | Tvárník | FT-UTB-JO-007 | 1.2343-Kaleno HRC 55 | 1 |
| 6 | Tvárnice | FT-UTB-JO-006 | 1.2343-Kaleno HRC 55 | 1 |
| 5 | Kotevní deska levá | FT-UTB-JO-005 | 1.0060 | 1 |
| 4 | Kotevní deska pravá | FT-UTB-JO-004 | 1.0060 | 1 |
| 3 | Deska horkého bloku | FT-UTB-JO-003 | 1.0060 | 1 |
| 2 | Upínací deska pravá | FT-UTB-JO-002 | 1.0060 | 1 |
| 1 | Termoizolační deska pravá | FT-UTB-JO-001 | SKLOTEXTIT | 1 |
| POZ. | NÁZEV SOUČÁSTI - ROZMĚR | VÝKRES / NORMA | MATERIÁL | Ks |
| UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Ústav výrobního inženýrství | | NÁZEV: KUSOVNÍK VSTŘIKOVACÍ FORMY | | |
| VYPRACOVAL: | DATUM: | FORMÁT: ČÍSLO VÝKRESU: | | |
| JAKUB ONDRA | 17. 5. 2019 | | | |
| KONTRLOVAL: | DATUM: | A4 | FT-UTB-JO-000 | |
| NAVRHL: | DATUM: | MĚŘÍTKO: 1:1 | VÁHA(kg): | LIST 1/2 |
| JAKUB ONDRA | 17. 5. 2019 | | | |

| 62 | Šroub Z33/4x8 | HASCO | | 2 |
|--|--|---|--|----------|
| 61 | Šroub Z30/10x40 | HASCO | | 1 |
| 60 | Šroub Z33/8x30 | HASCO | | 8 |
| 59 | Šroub Z33/6x30 | HASCO | | 6 |
| 58 | Šroub Z33/4x12 | HASCO | | 4 |
| 57 | Šroub Z32/8x55 | HASCO | | 8 |
| 56 | Šroub Z31/16x260 | HASCO | | 4 |
| 55 | Šroub Z31/16x120 | HASCO | | 4 |
| 54 | Šroub Z31/10x22 | HASCO | | 1 |
| 53 | Šroub Z30/8x45 | HASCO | | 4 |
| 52 | Šroub Z30/4x16 | HASCO | | 4 |
| 51 | Šroub Z31/16x40 | HASCO | | 2 |
| 50 | Závesný šroub s okem Z71/16 | HASCO | | 1 |
| 49 | Transportní můstek Z70/L420 | HASCO | | 1 |
| 48 | Pružici přitlačný kus Z36/10x20 | HASCO | | 1 |
| 47 | Šroub s nákrůžkem Z381/10x12 | HASCO | | 1 |
| 46 | Zámek Z73/16x25x63 | HASCO | | 1 |
| 45 | Kabel Z1295/1/4x12 | HASCO | | 5 |
| 44 | Zásuvka Z1227/16/8 | HASCO | | 1 |
| 43 | Uzavírací zátky Z942/8 | HASCO | | 42 |
| 42 | Uzavírací šroub Z94/M8x0,75 | HASCO | | 34 |
| 41 | Připojka Z87/9/10x1 | HASCO | | 8 |
| 40 | Adaptér Z2321/32 | HASCO | | 2 |
| 39 | Přiruba Z2310/32 | HASCO | | 2 |
| 38 | Hydraulický válec s blokováním Z2301/32x90 | HASCO | | 2 |
| 37 | Válcový vyhazovač Z40/2x250 | HASCO | | 38 |
| POZ. | NÁZEV SOUČÁSTI - ROZMĚR | VÝKRES / NORMA | MATERIÁL | Ks |
| UNIVERZITA TOMÁŠE BATI FAKULTA TECHNOLOGICKÁ Ústav výrobního inženýrství | | NÁZEV: KUSOVNÍK VSTŘIKOVACÍ FORMY | | |
| VYPRACOVAL: JAKUB ONDRA | | DATUM: 17. 5. 2019 | | |
| KONTROLOVAL: | | DATUM: | | |
| NAVRHL: JAKUB ONDRA | | DATUM: 17. 5. 2019 | | |
| | | FORMÁT: A4 | ČÍSLO VÝKRESU: FT-UTB-JO-000 | |
| | | MĚŘÍTKO: 1:1 | VÁHA(kg): | LIST 2/2 |

PŘÍLOHA P 4: VÝKRES FORMY SESTAVY

