

Konstrukce vstřikovací formy

Lukáš Novosad

Bakalářská práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš Novosad**
Osobní číslo: **T15031**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Nakreslete 3D model vstřikovaného výrobku.
3. Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovací formy.
4. Nakreslete výkres sestavy formy s příslušnými řezy.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle zadání vedoucího BP.

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Michal Staněk, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

2. ledna 2018

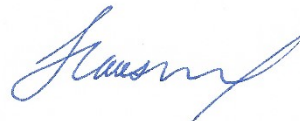
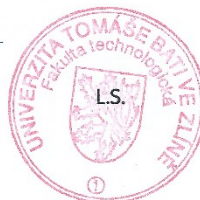
Termín odevzdání bakalářské práce:

18. května 2018

Ve Zlíně dne 28. února 2018



doc. Ing. František Buňka, 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 obhajoby¹⁾;
- 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ 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 17.5.2018


.....

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 nevydávlečně 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 jim 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 přihledne k větší výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na provedení konstrukčního návrhu vstřikovací formy pro florbalovou čepel. Teoretická část se zabývá problematikou polymerů, procesu vstřikování, vstřikovacího stroje a konstrukce vstřikovací formy. Praktická část vychází ze zvoleného výrobku, jímž je florbalová čepel. Hlavním cílem je konstrukce jednonásobné vstřikovací formy s bočním odformováním pomocí hydraulického tahače. Konstrukce formy byla provedena v softwaru CATIA V5R19 s využitím normalizovaných dílů Hasco. Výsledkem této bakalářské práce je 3D model vstřikovací formy doplněn o výkres sestavy, patřičných pohledů a kusovníku navržené vstřikovací formy.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, florbalová čepel, CATIA

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with a construction design of an injection mold for a floorball blade. Theoretical part focuses on polymers, an injection process of the injection machine and the design of the injection mold. Practical part comes out of the selected product, which is the floorball blade. The main goal is a construction of a single injection mold with a lateral demolding by a hydraulic puller. The mold was designed in CATIA V5R19 software with the use of normalized parts Hasco. The outcome of this bachelor's thesis is the 3D model of the injection mold completed by assembly drawing, respective views and bill of materials of the designed injection mold.

Keywords: injection molding, injection mold, floorball blade, CATIA

Touto cestou bych velice rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, doc. Ing. Michalovi Staňkovi, Ph.D. za odborné vedení, užitečné rady a čas, který mi poskytl při vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Pavlovi Stokláškoví za poskytnuté rady a čas, který mi věnoval. V neposlední řadě také děkuji své rodině, přítelkyni, přátelům a studentské skupině Top Gun, kteří mi byli oporou a nápomocni během práce na této bakalářské práci.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POLYMERY POUŽÍVÁNY PRO VSTŘIKOVÁNÍ	12
1.1 TERMOPLASTY	12
1.2 REAKTOPLASTY.....	13
1.3 VSTŘIKOVÁNÍ ELASTOMERŮ.....	13
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	15
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	16
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	17
2.2.1 Rozdělení vstřikovacích strojů.....	18
2.2.2 Vstřikovací jednotka	19
2.2.3 Uzavírací jednotka	20
2.2.4 Řídící jednotka	21
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	22
3.1 KONSTRUKCE FORMY	22
3.1.1 Postup při konstrukci vstřikovací formy.....	24
3.1.2 Smrštění výrobku	25
3.2 VTKOVÉ SYSTÉMY	26
3.2.1 Studený vtokový systém	26
3.2.2 Vtoková vložka	28
3.2.3 Rozvodné kanály.....	29
3.2.4 Ústí vtoku.....	30
3.2.5 Horký vtokový systém	32
3.2.6 Horké rozvodné bloky.....	33
3.2.7 Horké trysky.....	33
3.3 VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	34
3.3.1 Mechanický vyhazovací systém.....	35
3.3.2 Pneumatický vyhazovací systém.....	35
3.4 TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	36
3.4.1 Pasivní temperace.....	36
3.4.2 Aktivní temperace	37
3.5 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	38
3.6 MATERIÁLY NA VÝROBU FOREM	39
II PRAKTICKÁ ČÁST	41
4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	42
5 POUŽITÝ SOFTWARE	43
5.1 CATIA V5R19	43
5.2 HASCO DAKO MODUL.....	43
6 SPECIFIKACE VÝROBKU	44
6.1 FLORBALOVÁ ČEPEL.....	44
6.2 MATERIÁL VÝROBKU	45
7 VSTŘIKOVACÍ STROJ	46

8	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	47
8.1	DĚLÍCÍ ROVINY	48
8.2	NÁSOBNOST FORMY	49
8.3	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY	49
8.3.1	Tvárník	50
8.3.2	Tvárnice.....	50
8.3.3	Boční jádro	51
8.4	RÁM VSTŘIKOVACÍ FORMY	52
8.5	BOČNÍ ODFORMOVÁNÍ	53
8.6	VTKOVÝ SYSTÉM	53
8.7	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	54
8.8	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	56
8.9	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	57
8.10	TRANSPORTNÍ SYSTÉM	57
	ZÁVĚR	58
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	59
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	62
	SEZNAM OBRÁZKŮ	63
	SEZNAM TABULEK.....	65
	SEZNAM PŘÍLOH.....	66

ÚVOD

Po celá staletí se lidé spoléhali na tradiční materiály, jakými jsou dřevo, kovy a sklo. Dnes se již čím dál častěji setkáváme s nahrazováním těchto v minulosti nepoužívanějších materiálů vhodnými polymerními látkami. Tyto látky, tzv. plasty, se začaly objevovat počátkem 20. století, ale zásadní rozvoj nastal až v polovině 20. století a v dnešní době již nachází uplatnění v mnoha odvětvích výrobního průmyslu. Výrobce osloví především variabilita použití, mechanické vlastnosti, ale také poměrně nízká pořizovací cena.

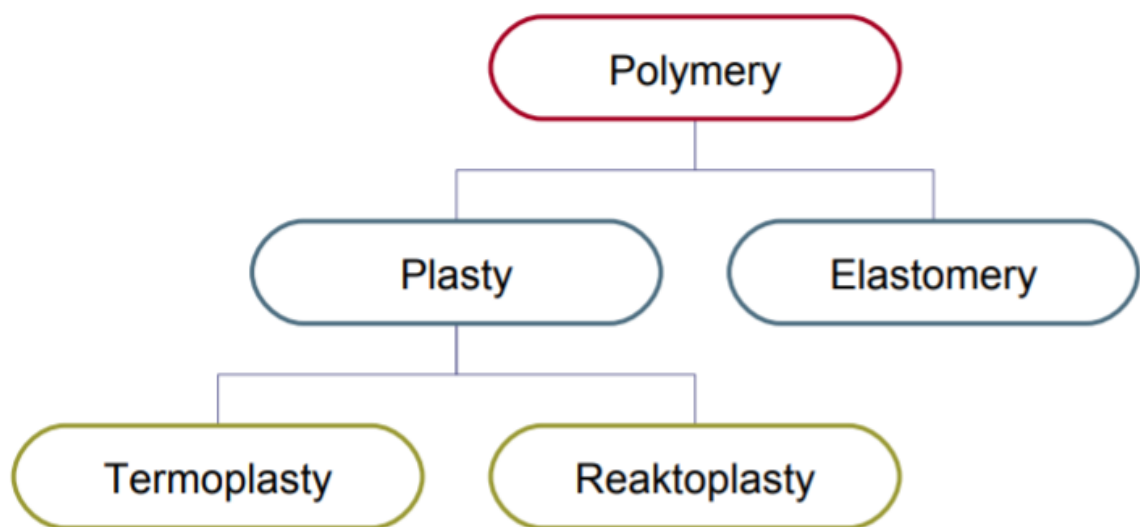
Spolu s vývojem a využitím polymerních materiálů se začaly zvyšovat i nároky na technologie zpracování. Zatímco první polymery bylo možné zpracovávat převážně tvářením nebo odléváním, postupem času se začaly lisovat do forem potřebných tvarů. Nyní je jedním z nepoužívanějších postupů zpracování metoda vstřikování roztaveného polymeru do kovové formy. Výhoda technologie vstřikování spočívá v produkci velkých sérií, přičemž rozměry výstřiků zůstávají v určených tolerancích stejné.

Strojírenství se neustále zdokonaluje, proto jsme také mohli zaznamenat přesun od rýsovacích prken za stoly s výkonným výpočetním zařízením. Tento vývoj se týká i oblasti konstrukce forem. Výrobci moderních výpočetních softwarů nabízí moduly pro 3D návrhy celých vstřikovacích forem, obrábění jednotlivých částí forem, simulaci a detekci případných kolizí. Velkým přínosem těchto technologií je bezesporu rychlost, efektivnost při samotné tvorbě a s tím spojené snížení nákladů na konstrukci a výrobu vstřikovací formy.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY POUŽÍVÁNY PRO VSTŘIKOVÁNÍ

Polymer je makromolekulární látka, která je složena z jednotek až tisíců merů. Makromolekuly polymerů tvoří řetězcovou strukturu, kterou si můžeme představit jako dlouhý řetěz (polymer), lineárně seskládaný z mnohokrát se opakující základní jednotky (meru). Tyto polymerní řetězce mohou, ale také nemusí být rozvětveny. Polymery jsou dle svých specifických vlastností děleny do dvou hlavních skupin na plasty a elastomery. Plasty se dále dělí na termoplasty a reaktoplasty. [5] [18]



Obr. 1 Základní dělení polymerů [4]

1.1 Termoplasty

Polymerní materiály složené z lineárních makromolekul s dlouhými řetězci, tvořící amorfni nebo semikrystalické struktury. Řetězce jsou u sebe drženy pomocí fyzikálních vazeb, což zajišťuje termoplastům jejich charakteristické vlastnosti. Za zvýšené teploty termoplasty přechází do plastického až kapalného stavu, kdy je lze snadno tvářet a zpracovávat mnoha odlišnými technologiemi. Zpět do tuhého stavu přechází tavenina ochlazením pod teplotu tání T_m u semikrystalických plastů, resp. teplotu viskózního toku T_f u amorfniích plastů. Jelikož při měknutí a tuhnutí termoplastu nedochází k chemickým změnám struktury, ale jedná se pouze o fyzikální proces, lze těchto vlastností využívat i opakovaně.

Teplota tání běžných termoplastů se pohybuje v rozmezí 100 °C a 130 °C, díky čemuž patří termoplasty k dobře zpracovatelným materiálům. Pro zpracování termoplastů je tedy vhodná

technologie vstřikování, kdy je tavenina pod tlakem dopravena do dutiny formy, kde následuje ochlazení a zafixování tvaru vstřikovaného výrobku.

Velkou část běžně zpracovávaných plastů tvoří právě termoplasty, kterými jsou např.: polyethylen (PE), polystyren (PS), polypropylen (PP), polyvinylchlorid (PVC), polyamid (PA), polymethylmethakrylát (PMMA) a mnoho dalších. [18]

1.2 Reaktoplasty

Polymerní materiály nazývané reaktoplasty, dříve také známé jako termosety, se od termoplastů odlišují svou zesíťovanou strukturou. Za zvýšené teploty reaktoplasty nejprve měknou a lze je jednoduše tvářet, ovšem jen omezený čas, než nastane chemická reakce, při které dochází k prostorovému zesíťování polymerních řetězců. Pro zesíťovanou strukturu je charakteristická zvýšená tuhost a pevnost materiálu na úkor jeho houževnatosti. K vytvrzování a získávání výsledných vlastností materiálu dochází za zvýšené teploty, vyššího tlaku nebo také přidáním vytvrzovacích činidel. Tento děj je nevratný a vytvrzené plasty nelze roztavit ani rozpustit, naopak dalším zahříváním dochází k degradaci a následnému znehodnocení materiálu.

Při vstřikování nemají reaktoplasty takové zastoupení jako například termoplasty, což je dáno rozdílnou technologií a komplikovanějším vstřikovacím cyklem. Pro technologii vstřikování reaktoplastu je potřeba odlišných teplot temperace formy, vstřikovací jednotky, důkladného odvodu vzduchu, ale také i odlišné konstrukce šneku. Hlavní potíží se pak stávají lokální zvýšení teplot, v kterých by mohlo docházet k degradaci vstřikované směsi.

Typickými zástupci jsou epoxidy, fenolformaldehydy či polyesterové hmoty. [18]

1.3 Vstřikování elastomerů

Elastomery jsou polymerní materiály mající amorfní strukturu. Za zvýšené teploty elastomery nejprve měknou a lze je lehce tvářet – tyto vlastnosti má materiál jen omezenou dobu, neboť dalším zahříváním dochází k chemické reakci. Tato reakce se nazývá vulkanizace a dochází při ní k prostorovému zesíťování vnitřní struktury polymeru. Elastomer tak získává svou specifickou vlastnost, která se vyznačuje vysokou hodnotou elastické deformace. Hlavní skupinou elastomerů jsou kaučuky, z nichž se vyrábí pryž.

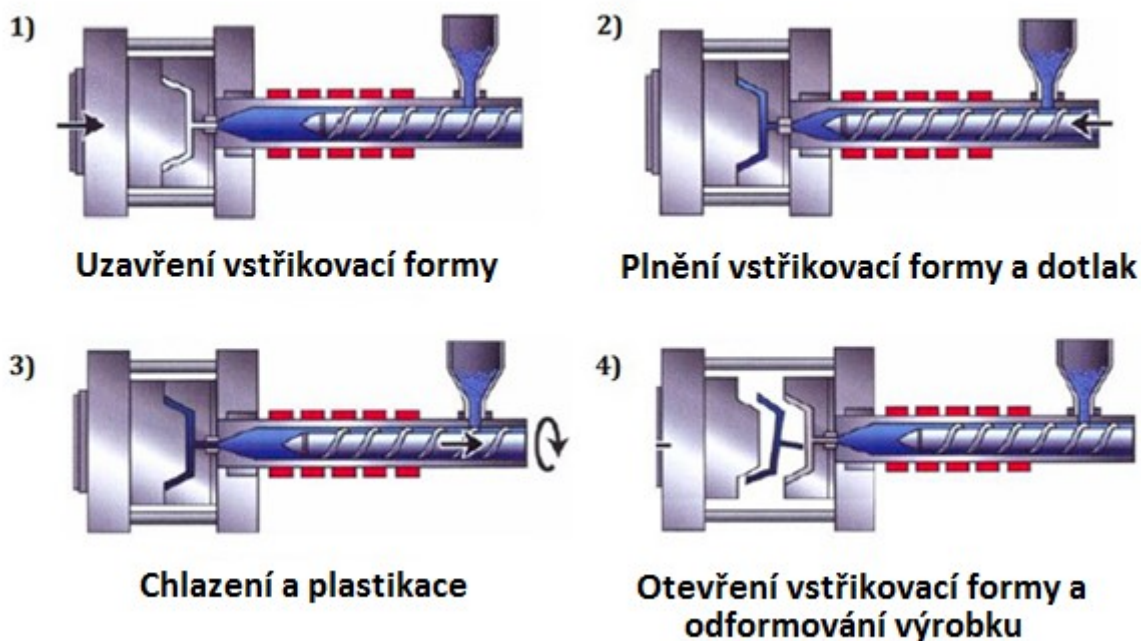
Při vstřikování kaučukové směsi je důležité, aby nedošlo k předčasné vulkanizaci materiálu již v plastikační jednotce. Do formy se tedy vstřikuje předeřhřátý tzv. plastifikovaný materiál.

Vstřikovací forma se temperuje na vulkanizační teplotu, která je vyšší, než má vstřikovaná směs. Důraz je také kladen na konstrukci vtokového systému (šíří jeho kanálu), odvzdušnění dutiny formy a konstrukci vyhazovacího systému, jenž se musí potýkat s velkou elasticitou gumy. [18]

2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování patří mezi nejrozšířenější technologie při zpracování polymerních materiálů. Technologií vstřikování se vyrábí jak tenkostěnné a tlustostěnné, tak i tvarově komplikované výrobky. Dále můžeme vyrábět polotovary nebo různé díly pro kompletaci celků z různých materiálů.

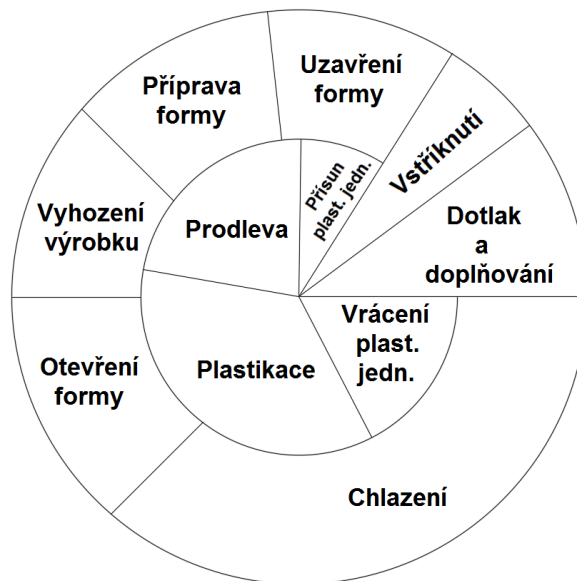
Materiál je obvykle ve formě granulí nasypán do násypky, ze které je pomocí šneku či pístu je odebírán a dopravován do tavicí komory plastikační jednotky, kde účinkem tření a tepla vzniká z pevného materiálu tavenina. Následně je tavenina vysokým tlakem vstřikována do uzavřené dutiny formy. Následuje dotlaková fáze, která má za cíl snížit smrštění a rozměrové změny konečného výrobku. Tavenina se po vstříknutí začíná ochlazovat a tuhne, čímž získává finální výrobek svou podobu. Na závěr je pomocí vyhazovacího systému výrobek vyhozen z formy a celý vstřikovací cyklus se může opět opakovat. Vstřikování se řadí mezi diskontinuální cyklický způsob výroby. [3] [5]



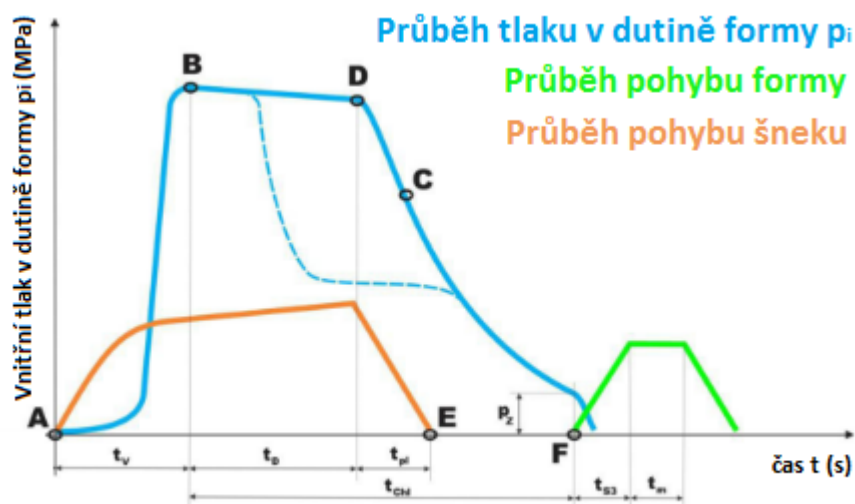
Obr. 2 Vstřikovací cyklus [6]

2.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus je sled přesně specifikovaných postupných fází, kroků, které se svou činností podílí na výrobě vstřikovaného dílu. Během vstřikovacího cyklu plast prochází teplotním a tlakovým cyklem. Vstřikovací cyklus lze popsat z hlediska časového průběhu vstřikovacích tlaků nebo pomocí p-v-T diagramu. [3]



Obr. 3 Vstřikovací cyklus



Obr. 4 Vnitřního tlaku p_i v dutině formy v průběhu vstřikování [3]

Za počátek vstřikovacího cyklu se považuje otevřená forma s prázdnou dutinou formy. V nulovém čase dostává stroj impuls k zahájení vstřikovacího cyklu. Pohyblivá část formy zahájí přísun k pevné, forma se zavře a „uzamkne“. Musí být zaručeno, že se forma vlivem tlaku vstřikované taveniny neotevře. Následným pohybem šneku v tavicí komoře začíná vstřikování roztavené hmoty (plnění) do dutiny vstřikovací formy. Ve fázi plnění šnek vykonává pouze axiální pohyb, neotáčí se, a tudíž plní funkci pístu.

Jakmile je tavenina vstříknuta do dutiny formy, ihned začíná předávat teplo vstřikovací formě a začíná chladnout. Chlazení probíhá až do otevření formy a vyjmutí výstřiku ze vstřikovací formy. Během chlazení se vystříknutý díl smršťuje a zmenšuje svůj objem. K zabránění vzniku propadlin a staženin na výstřiku je nutno zmenšování objemu kompenzovat tzv. dotlakem, což je dodatečné dotlačení taveniny do dutiny formy.

Dotlak dosahuje po celou dobu hodnoty maximálního tlaku nebo se po několika sekundách snižuje a další chlazení taveniny probíhá za sníženého tlaku. Dotlak je možno provést jen za podmínky, že je ponechán před čelem šneku určitý objem polymeru – polštář, na který šnek působí svým čelem. Tento polštář obvykle tvoří 5–15 % objemu polymeru (menší než je jednonásobek průměru šneku D), abychom zamezili tepelné degradaci materiálu.

Po dotlakové fázi začíná plastikace nové dávky polymeru. Šnek začne konat otáčivý pohyb, pod násypkou nabírá granulovanou hmotu, kterou plastikuje a šnek ji vytlačuje do prostoru před čelem šneku. Během plastikace se polymer zahřívá převodem tepla ze stěn válce, třením polymeru o stěny komory a povrch šneku a dále přeměnou mechanické práce (hnětení) šneku v teplo.

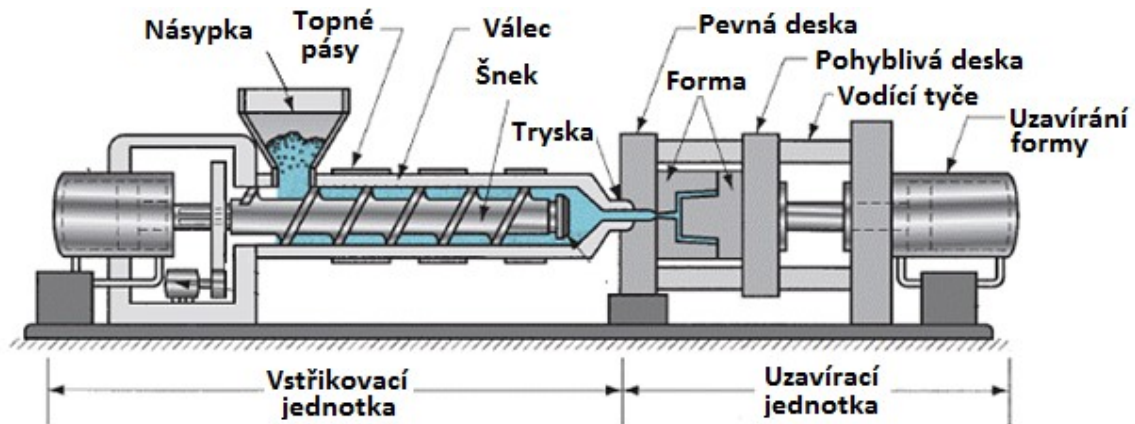
Během pokračující fáze chlazení tlak ve vstřikovací formě klesá až na hodnotu zbytkového tlaku. Zbytkový tlak je tlak, pod nímž je vystříknutý díl ve formě těsně před jejím otevřením. Zbytkový tlak může mít nežádoucí vlivy na konečné vlastnosti výstřiku, proto bývá korigován buď jeho zkrácením nebo programováním jeho průběhu. Po dostatečném zchlazení vstřikovaného dílu se forma otevře a výrobek je vyhozen nebo vyjmut z formy.

[1] [3] [7]

2.2 Vstřikovací stroj

Současné stroje mohou zvládat vstřikovací cyklus i zcela automaticky, díky čemuž se dosahuje vysoké produktivity práce. Pořizovací cena vstřikovacího stroje je poměrně vysoká, proto se technologie vstřikování využívá hlavně pro hromadnou a velkosériovou výrobu.

Ačkoliv existuje nespočet různých konstrukčních řešení vstřikovacího stroje, jsou v podstatě všechny složeny ze tří hlavních částí: vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky a řídicí jednotky. [8]



Obr. 5 Schéma vstřikovacího stroje [8]

2.2.1 Rozdělení vstřikovacích strojů

Hlavní rozdělení pohonů pro vstřikovací stroje je na hydraulické, elektrické a hybridní.

Hydraulické stroje

Vstřikovací stroje s hydraulickým pohonem jsou v dnešní době hojně využívány, přičemž jejich obliba spočívá v menších pořizovacích nákladech a zároveň vysokých výkonech. Dalším plusem může být možnost připojení více hydraulických okruhů ke stroji, pomocí kterých se mohou například odformovat posuvné části vstřikovací formy. Mezi mínusy hydraulických pohonů patří jejich hlučnost a energetická náročnost. [1] [8]

Elektrické stroje

Využití elektrických pohonů u vstřikovacích strojů je dáno především rozvojem řízených elektrických pohonů v posledních letech. Veškeré pohony stroje jsou prováděny servomotory nebo asynchronními motory. Tento druh pohonu je v poslední době stále více využíván, a to pro jeho velmi dobré vlastnosti, kterými jsou: nižší hlučnost, tišší chod a nižší ekologické zatížení na rozdíl od hydraulických pohonů. Dále disponují efektivnějším využitím energie a poměrně velkým zastoupením při výrobě přesných výstřiků. Naopak hlavními nevýhodami těchto pohonů jsou vysoké pořizovací náklady a horší aplikace pro tlustostěnné výrobky a vícenásobné formy. [1] [8]

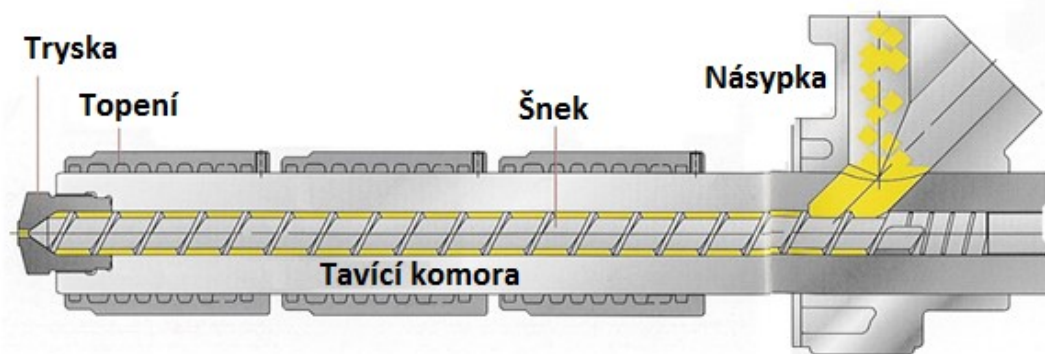
Hybridní stroje

Tyto stroje se skládají z pohonů hydraulických a elektrických. Jejich uplatnění nacházíme u požadavků na zvýšenou kvalitu výroby termoplastů. Elektrický pohon zajišťuje vyšší rychlost a přesnost celého vstřikovacího procesu. Pohon hydraulický naopak přináší vyšší uzavírací síly, ale i lepší dynamiku průběhu vstřikování. Kombinace dvou zmíněných pohonů přináší zvýšení účinnosti výrobní technologie. [1] [8]

2.2.2 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka má za úkol přeměnu polymerního granulátu v homogenní taveninu s danou viskozitou a její následné vstřikování do dutiny formy. Množství dopravované taveniny nesmí překročit 90 % kapacity jednotky, přičemž optimální zaplnění jednotky je 80 %. Případná rezerva je nutná k doplnění úbytku taveniny při chlazení, které má za důsledek smrštění výstřiku.

V minulosti používané pístové vstřikovací jednotky byly postupně zcela nahrazeny jednotkami šnekovými. Činnost šnekového vstřikovacího stroje je následující: Během plastikačního cyklu nabírá otáčející se šnek polymerní granulát v hrdle násypky. Při otáčivém pohybu šneku je granulát stlačován a transportován do vyhřívané tavicí komory, kde se materiál mění v taveninu. Ta je tlačena před čelo šneku kde se hromadí a šnek přitom ustupuje směrem dozadu. Jakmile dojde k zplastikování potřebného množství materiálu, šnek přestane konat otáčivý pohyb a začne se chovat jako píst, který se pohybuje dopředu a tím vstřikuje taveninu do dutiny formy. Ke značnému urychlení vstřikovacího cyklu u šnekových jednotek dochází díky možnosti plastikace nové dávky polymeru ještě v době chlazení výrobku ve formě. Dalšími přednostmi jsou jednoduché dávkování, možnost materiál dodatečně barvit nebo plnit plnivem až při jeho zpracování. [5]



Obr. 6 Řez vstřikovací jednotkou [3]

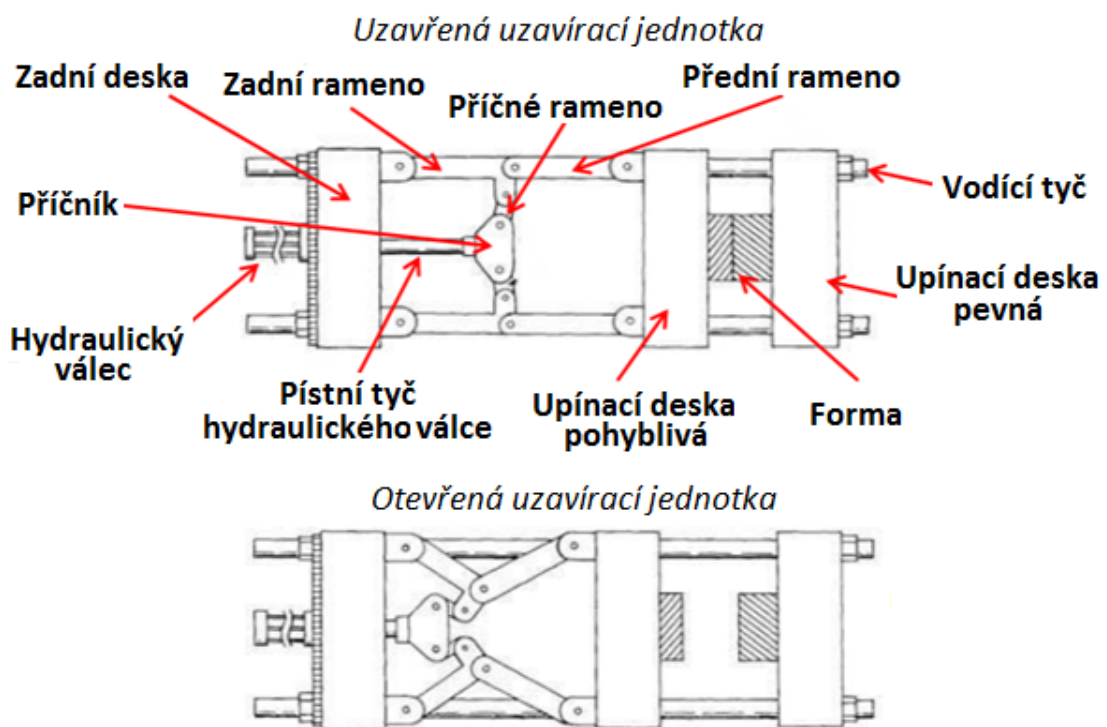
2.2.3 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka má za úkol zavírat a otevírat formu dle dané fáze procesu vstřikování. Dále uzavírá formu takovou silou, aby uzavírací tlak, který je přímo úměrný velikosti vstřikovacího tlaku, ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině při vstříknutí taveniny, udržel formu uzavřenou.

Jednotlivými částmi uzavírací jednotky jsou:

- opěrná deska, která je pevně spojená s ložem stroje,
- pohyblivá deska, na níž je upnutá pohyblivá část formy,
- upínací deska, obsahující otvor pro trysku stroje, na kterou je připevněna nepohyblivá část vstřikovací formy,
- vedení pro pohyblivou desku, přidržovací a uzavírací mechanismy.

Vstřikovací stroje využívají mnoho typů uzavíracích systémů, kterými jsou: hydraulické, mechanické, kombinace mechanického a hydraulického způsobu (tzv. závorování) a elektrické systémy. [5]



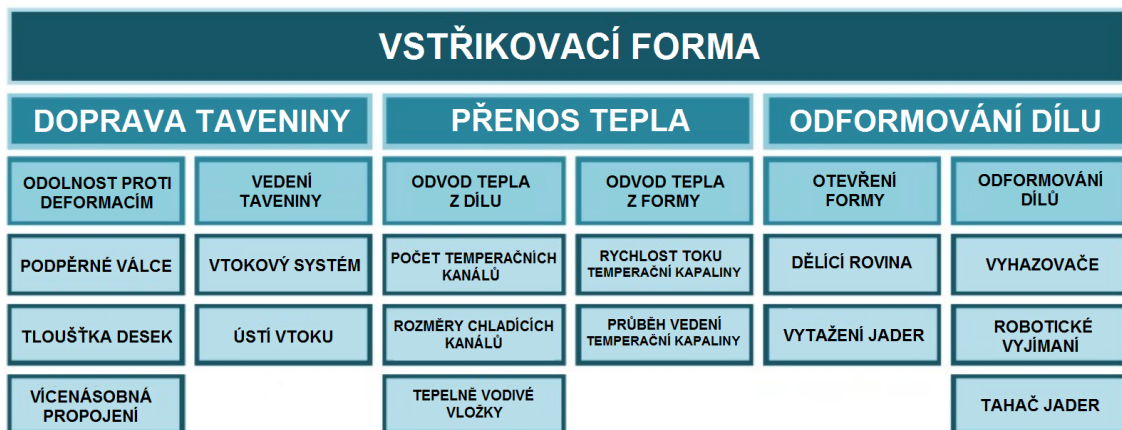
Obr. 7 Uzavírací jednotka [22]

2.2.4 Řídící jednotka

Součástí moderních vstřikovacích strojů je také řídicí jednotka, která zajišťuje automatický či poloautomatický průběh vstřikovacího cyklu, čímž je značně zvýšena produktivita práce. Současné vstřikovací stroje se takřka neobejdou bez výkonné procesorové techniky, která se využívá při nastavování technologických parametrů. Nastavení pracovního cyklu probíhá pomocí dotykového displeje výběrem jednotlivých parametrů stroje. Pracovní cyklus, zpravidla sestaven v požadovaných programových sekvencích, se snadno kontroluje a případně i opravuje. [5]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

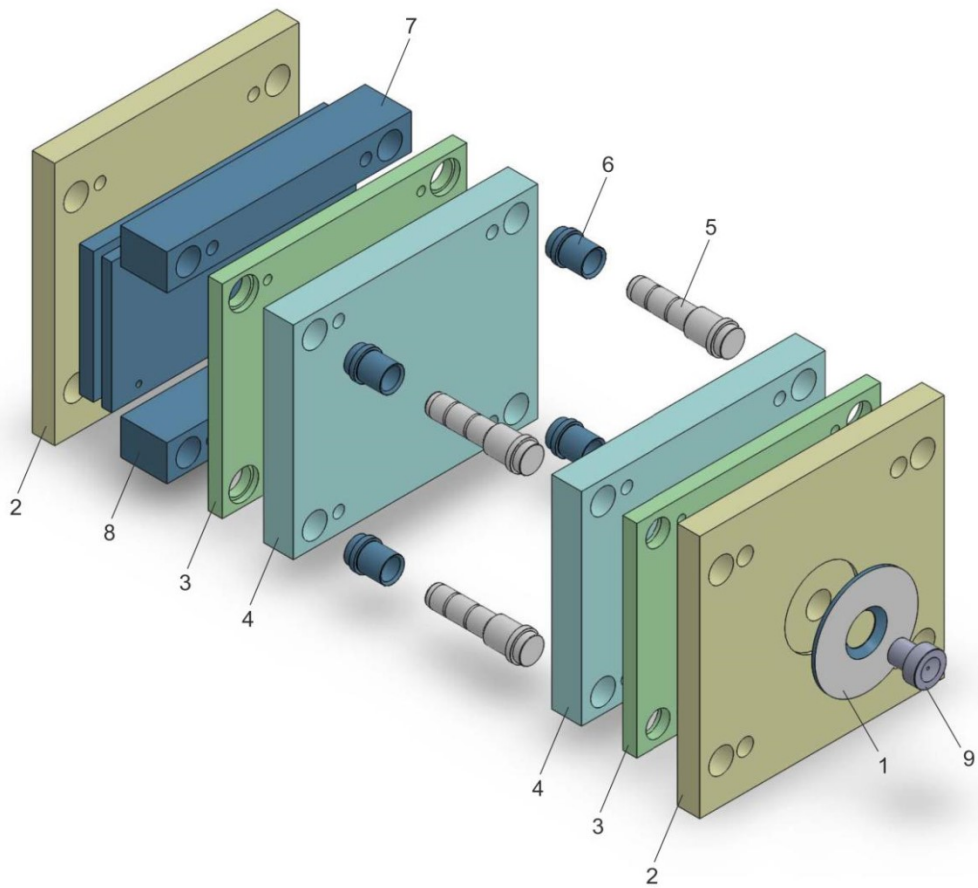
Vstřikovací forma je nástroj, který je upnut ve vstřikovacím stroji. Hlavním úkolem je rozvod taveniny do tvarových dutin formy a jejich úplné zaplnění. Další funkcí je odvod tepla z taveniny a tím zajištění následného zatuhnutí polymeru. Jakmile nastane dostatečné zatuhnutí polymeru, musí forma umožnit rychlé vyhození výrobku, aby bylo možné rychlé opakování vstřikovacího cyklu. Vstřikovací forma musí plnit i mnoho dalších funkcí, podružných těmto třem hlavním (Obr.8). Tyto vedlejší funkce mohou vytvářet další požadavky na vstřikovací formu, které mohou být navzájem v rozporu. Proto výsledná konstrukce vstřikovací formy musí být kompromisem mezi jednotlivými funkcemi. [19] [9]



Obr. 8 Základní funkce vstřikovací formy [9]

3.1 Konstrukce formy

Konstrukční pojetí formy, její uspořádání a také způsob výroby je podřízen tomu, jaký má forma splňovat účel a jaké jsou na formu kladeny požadavky. Vhodnou volbou materiálu a tepelným zpracováním jednotlivých funkčních částí je dána životnost formy. [1]



Obr. 9 Rám vstřikovací formy [11]

1 – středící kroužek, 2 – kotevní desky, 3 – podkladové desky, 4 – tvarové desky,
5 – vodící čepy, 6 – vodící pouzdra, 7 – rozpěrné desky, 8 – vyhazovací desky,
9 – vtoková vložka

Materiál se volí s ohledem na:

- druh zpracovávaného plastu,
- použitou technologii,
- velikost výrobku a jeho složitost,
- velikost série,
- tepelnou odolnost a odolnost proti opotřebení a korozi,
- cenu.

Konstrukčně je možné vstřikovací formy rozdělit, do následujících skupin:

- dle násobnosti (jednonásobné a vícenásobné),
- dle konstrukčního řešení zaformování (dvoudeskové, třídeskové, vytáčekci apod.),
- dle způsobu konstrukce vstřikovacího stroje (formy se vstřikem kolmo na dělicí rovinu a formy se vstřikem do dělicí roviny).

Vstřikovací forma je složena z mnoha různých dílů, které lze rozdělit do několika kategorií:

- upínací a vodící elementy,
- dílce vymežující tvarovou dutinu,
- vtokový systém,
- temperovací systém.

3.1.1 Postup při konstrukci vstřikovací formy

Před samotnou realizací konstrukce, konstruktér obdrží potřebné podklady, ze kterých následně vychází. Jsou zpravidla tvořeny: výkresem součásti, potřebnou násobností formy, informacemi o stroji, na kterém bude vstřikování probíhat, konstrukčním návrhem a dalšími doplňujícími informacemi.

Následně se konstruktér řídí těmito kroky:

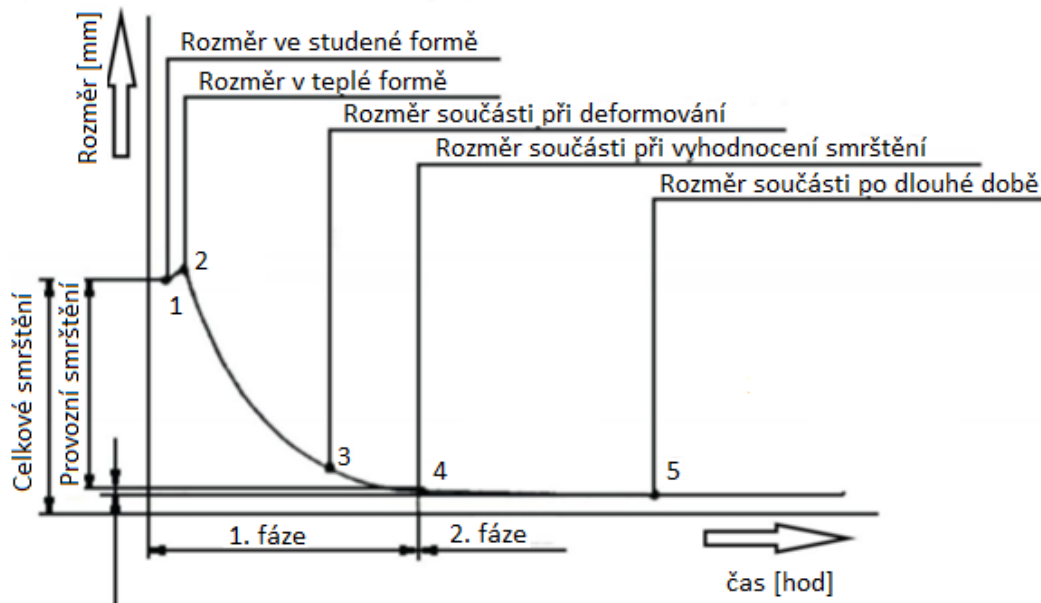
- Posouzení technologie konstrukce dané součásti dle výrobního výkresu a přehodnocení jednotlivých tvarů, rozměrů a tvářecích podmínek. Případné navrhnutí úprav ostrých hran a rohů, které vyvolávají velké pnutí výstřiku a obtížné plnění dutiny formy.
- Určení dělicí roviny součásti a zvolení vhodného způsobu zaformování s ohledem na jednoduchost výroby, funkci a vzhled.
- Dimenzování tvarových dutin, určení jejich počtu a uspořádání ve vstřikovací formě. Volba vhodného vtokového systému, navržení vyhazovacího, temperačního systému a odvzdušnění dutiny formy ve vzájemném souladu.
- Volba rámu formy dle předem zvolených parametrů, kterými jsou: počet a rozmístění tvarových dutin, typ vyhazovacího systému a temperace formy. Dále dle hlediska zatížení a technologických podmínek vstřikování.
- Kontrola funkčních parametrů formy s ohledem na doporučený stroj. [1]

Konstrukce formy je dána nejen funkčními a výrobními požadavky, ale velký důraz bývá také kladen na ekonomickou stránku a termín dodání. Využívá se proto různých příslušenství, která splňují všechny tyto podmínky. V dnešní době již existuje mnoho firem, které se tímto příslušenstvím zabývají. Proto lze na trhu nalézt nespočetné množství komponent, kterými jsou např.: typizované rámy forem, vodící čepy, vodící pouzdra, vtokové vložky, vyhřívané rozvodné bloky, vyhřívané trysky, mnoho různých typů vyhazovačů, doplňková robotizace při vstřikování a mnoho dalších. [19] [9]

3.1.2 Smrštění výrobku

Smrštění výrobku se rozumí rozdíl rozměrů zhotovené dutiny vstřikovací formy a docíleného rozměru výrobku. Smrštění se udává v procentech. Údaje o smrštění se liší pro jednotlivé polymerní materiály a jsou dostupné v materiálových listech daných výrobců. Tyto hodnoty jsou pouze informativní, neboť smrštění polymerního výrobku se nedá při vstřikování považovat za materiálovou konstantu. Závisí také na režimu technologie výroby, vstřikovací formě, vlastnostech vstřikovaného plastu a jeho geometrickém tvaru.

Rozměrová velikost smrštění se u zhotovených výrobků může v jednotlivých směrech výrazně lišit. Smrštění dělíme do dvou časových etap, tzv. fází (viz. Obr. 10). První fáze je stanovena na prvních 24 hodin po vystříknutí výrobku, kdy se výstřik smrští zhruba o 90 % celkového smrštění výrobku. Toto smrštění se nazývá provozním smrštěním. Zbýlých 10 % celkového smrštění, tzv. druhá fáze, probíhá výrazně delší dobu a jeho délka se liší v závislosti na druhu vstřikovaného polymeru. Z důvodu nedokonalého předpovězení celkového smrštění je třeba u přesných výstřiků dutinu formy navrhnout tak, aby v případě nutnosti byla možná její dodatečná úprava (výroba menší tvárnice a většího tvárníku). [10]



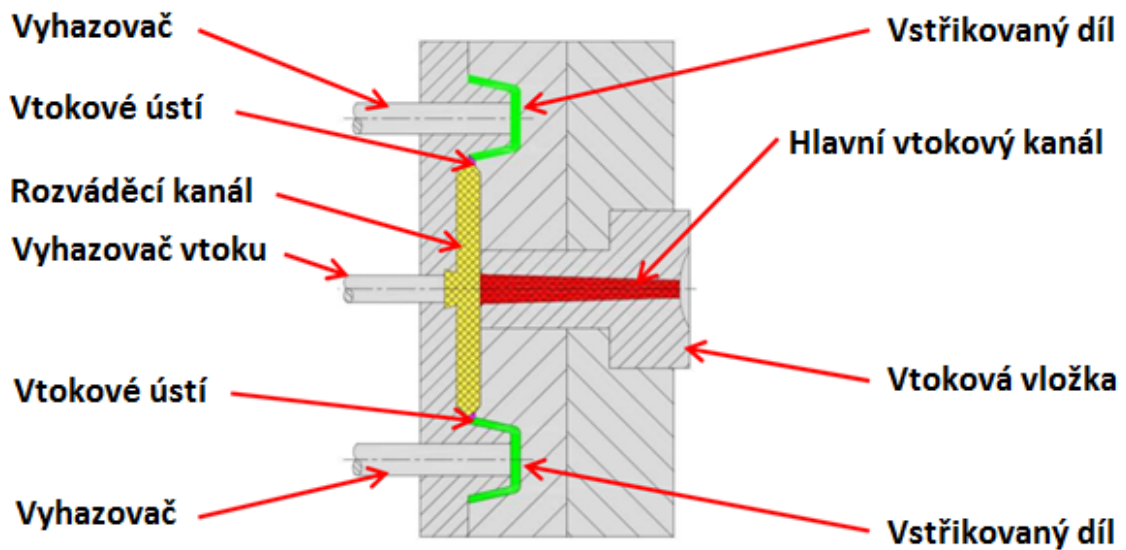
Obr. 10 Průběh smrštění výstřiku [20]

3.2 Vtokové systémy

Vtoková soustava je systém rozváděcích kanálů a kanálek, které spojují ústí vtoku s tvarovými dutinami formy. Úkolem vtokové soustavy je naplnění tvarových dutin taveninou v co možná nejkratším čase a s nejmenšími odpory. Vtoková soustava také značně ovlivňuje kvalitu výstřiku. Konstrukce vtoků rozhoduje, zda výstřiky a vtoky zůstanou po vyhození z formy pohromadě, nebo zda budou výstřiky odděleny od vtoku během vyhození. Vtokové soustavy se rozdělují do dvou základních skupin: na studené vtokové systémy a horké vtoky. [11] [12]

3.2.1 Studený vtokový systém

Po vstříknutí polymerní taveniny do studeného vtokového systému dochází k okamžitému tuhnutí taveniny na jeho stěnách. Ztuhnutý plast na stěnách se poté chová jako izolační vrstva a tavenina proudí pouze horkým jádrem. Z tohoto důvodu je významné odstupňování velikosti rozváděcích kanálů, převážně při jejich větších délkách u mnohonásobných forem. Tímto se zajistí rovnoměrné zaplnění veškerých dutin. Tavenina vstupuje do dutiny formy přes vtokové ústí, které je možno řešit několika způsoby dle konstrukce vstříkovaného dílu a formy. Po zaplnění dutin může nastat tzv. dotlaková fáze, která však není pravidlem. Při dotlaku dochází k doplňování taveniny pod definovaným tlakem z důvodu nahrazování ztrát objemu způsobených smrštěním chladnoucího plastu. Dotlak má výrazný vliv na konečné objemové smrštění výstřiku, vznik propadlin, viditelnost propadů apod. [12]



Obr. 11 Schéma studeného vtoku [12]

Výhody studených vtokových systémů:

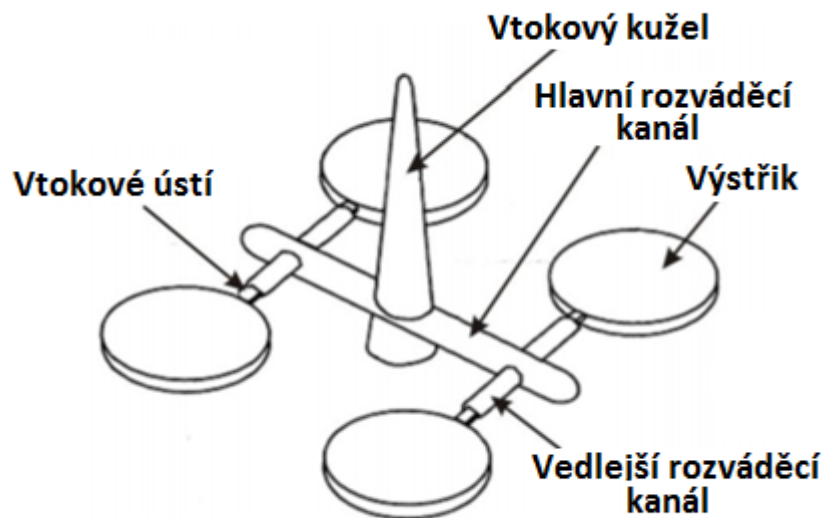
- jednoduché provedení i u vícenásobných forem,
- nevyžadují energetické připojení,
- levnější s jednodušší provedení forem než u horkých vtokových systémů.

Nevýhody studených vtokových systémů:

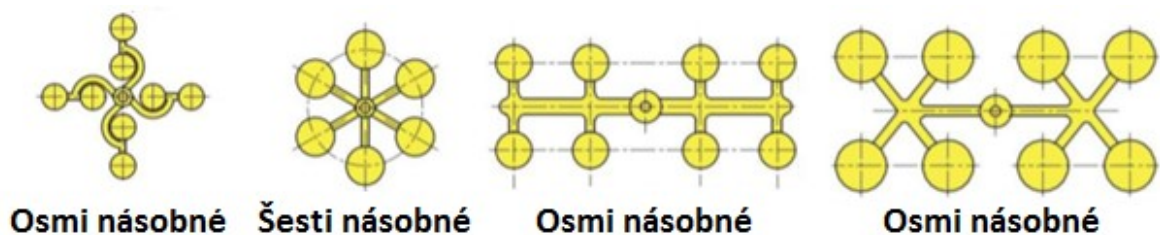
- vyšší spotřeba polymeru oproti horkým vtokovým systémům,
- nutnost oddělení zbytků vtokového systému,
- potřeba přidržení a následného vyhození vtokového zbytku. [12]

Běžně používané horizontální vstříkovací stroje dopravují materiál v podobě taveniny do vstříkovací formy přes otvor v ose pevné upínací desky. Tavenina je dále ve formě dopravována, do dutiny formy, systémem složeným z:

- vtokové vložky,
- rozvodných kanálů,
- ústí vtoku. [9]



Obr. 12 Schéma soustavy rozváděcích kanálů [20]



Obr. 13 Uspořádání rozváděcích kanálů u vícenásobných forem [12]

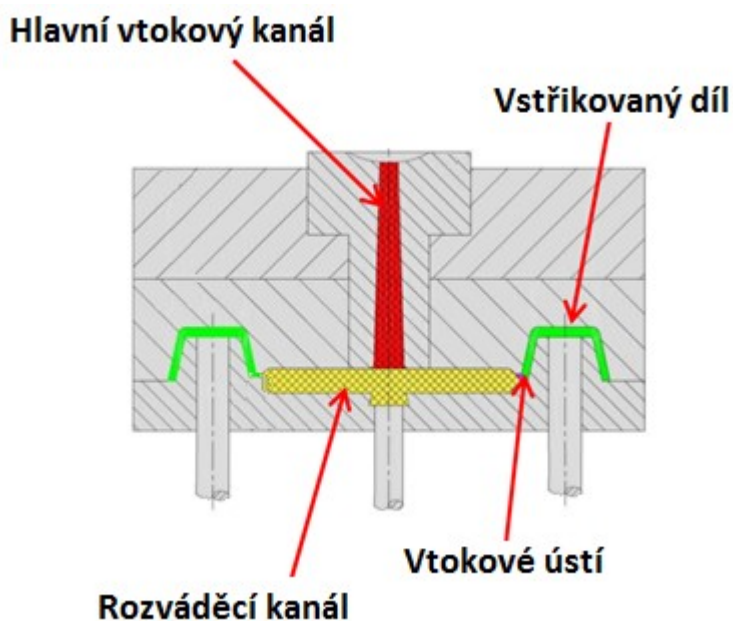
3.2.2 Vtoková vložka

Vtoková vložka slouží k transportu taveniny do požadované hloubky vstřikovací formy. Obvykle ústí do rozvodných kanálů, případně přímo do dutiny formy. Tryska vstřikovacího stroje pak těsně doléhá na vtokovou vložku a vstřikuje taveninu plastu do vtokového kanálu.

K dokonale těsnému dosednutí čela trysky vstřikovacího stroje bývá tzv. hlava vtokové vložky opatřena rádiusem. Vstupní průměr hlavního vtokového kanálu je zpravidla o 0,5 až 1 mm větší než průměr trysky stroje. Kanál uvnitř vtokové vložky je opatřen úkosem $0,5^\circ$ až 1° směrem k dělicí rovině, což usnadňuje vyjímání vtokového zbytku z formy. Avšak rozměry vtokové vložky jsou dány zejména vtokovými vlastnostmi vstřikovaného plastu, rychlostí plnění a případnými specifiky vstřikovaného materiálu.

Vtoková vložka se řadí mezi normalizované součástky a jelikož je jak tepelně, tak mechanicky namáhána, vyrábí se z houževnatých materiálů s tepelným zpracováním.

Na vtokové vložce jsou často předpřipraveny otvory na správné vymezení vložky ve formě pomocí kolíku, který zabraňuje případnému pootočení vtokové vložky ve formě. [1] [9] [12]

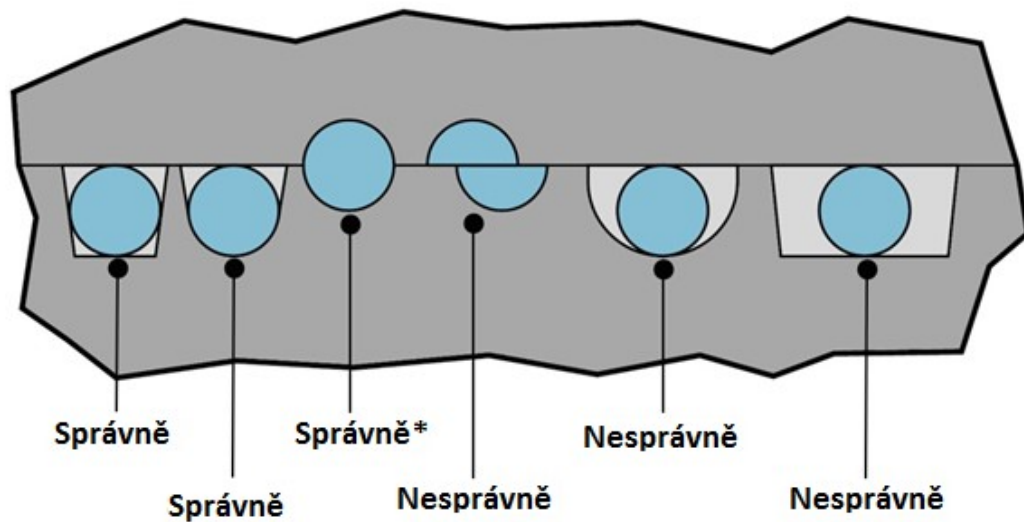


Obr. 14 Vtokový systém formy [12]

3.2.3 Rozvodné kanály

Rozvodné kanály slouží k transportu taveniny v dělicí rovině. Tavenina putuje od vtokového kanálu k ústí vtoku. Rozměry a konstrukce rozvodných kanálů ovlivňují kvalitu vstřikovaných dílů, ale i ekonomickou stránku vstřikovacího procesu. Špatně zvolená velikosti průřezu kanálů má za následek prodloužení vstřikovacího cyklu i případné zvýšení odpadového materiálu, a s tím spojené zvýšení výrobních nákladů. Naopak malé rozvodné kanály mohou způsobovat značné navýšení vstřikovacích tlaků a případné komplikace při vstřikování.

Jelikož má průřez rozvodných kanálů vliv na vstřikovací tlak, dobu cyklu, dotlak a objem materiálu v rozvodném kanálu, závisí optimální průřez na mnoha faktorech. Těmito faktory jsou například: objem vstřikovaného dílce, tloušťka stěny výstřiku, rychlost plnění, vstřikovací tlak, délka rozvodných kanálů, tekutost taveniny. [9]



Obr. 15 Konstrukční provedení rozváděcích kanálů [9]

3.2.4 Ústí vtoku

Ústí vtoku slouží jako spojovací prvek mezi rozváděcím kanálem a vstříkovaným dílem. Charakteristickým znakem je menší tloušťka, než je tloušťka rozváděcího kanálu a tloušťka stěny výstříku. Ústí vtoku má dvě hlavní funkce. První je zajištění zatuhnutí materiálu v ústí vtoku a tím zabránění zpětnému unikání materiálu do rozváděcích kanálů po fázi dotlaku. Druhou funkcí ústí vtoku je snadné oddělení vstříkovaného dílu od rozváděcích kanálů. [9]

Vhodné umístění vtokového ústí:

- nejsilnější místo stěny vstříkovaného dílce, tok tavenina směrem k nejužším místům,
- geometrický střed výstříku, zatečení taveniny do všech míst výrobku ve stejný čas,
- ve směru orientace žeber, lepší zatékavost taveniny v dutině formy.

Základní typy vtokových ústí:

Plný kuželový vtok

Tavenina je přiváděna přímo z hlavního vtokového kanálu bez zúženého vtokového ústí. Využití u jednonásobných forem s tlustostěnnými výrobky. Výhodou je velká účinnost dotlaku, ale nevýhodou je nesnadné oddělení vtokového systému od výrobku a zanechání stopy po vtoku. [1]

Bodový vtok

Zúžené vtokové ústí převážně kruhového průřezu, které vychází přímo z vtokového kanálu, z rozváděcích kanálů nebo předkomůrky. Vyžaduje systém třídeskových forem a oddělení vtokového ústí dřív, než začne samotné otevírání formy v hlavní dělicí rovině. [1] [7]

Tunelový vtok

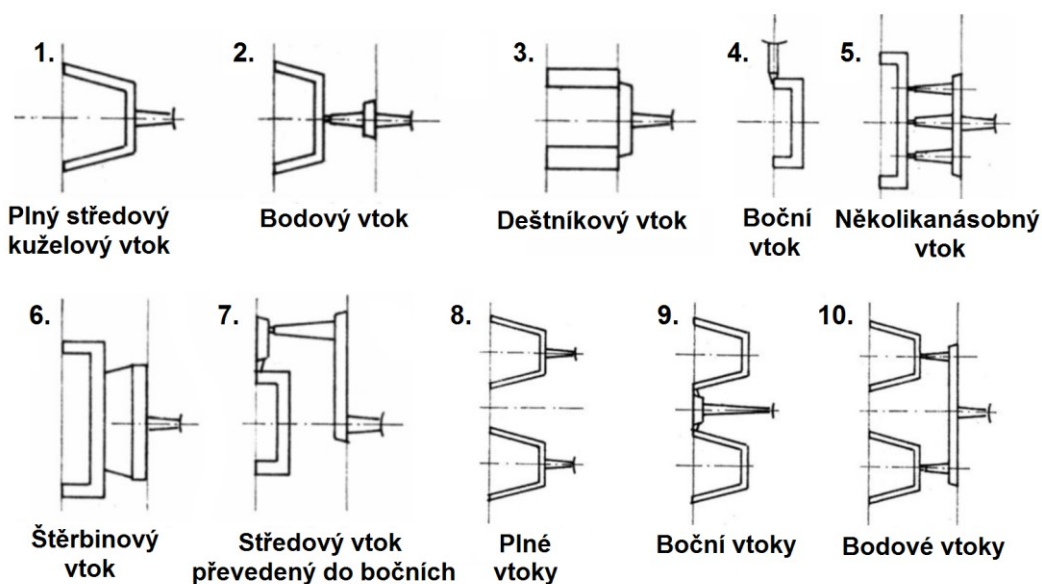
Speciální typ bodového vtoku, kdy vtokový zbytek leží v téže rovině jako vystřikovaný díl. Odpadá tedy nutnost konstrukce vstřikovací formy s více dělicími rovinami. [1] [7]

Boční vtok

Typ zúženého vtokového ústí obdélníkového, kruhového nebo lichoběžníkového průřezu, ležícího v dělicí rovině. Patří mezi nejvyužívanější vtoková ústí. Po odformování zpravidla zůstává výrobek od vtokového zbytku neoddělen. [1]

Filmový vtok

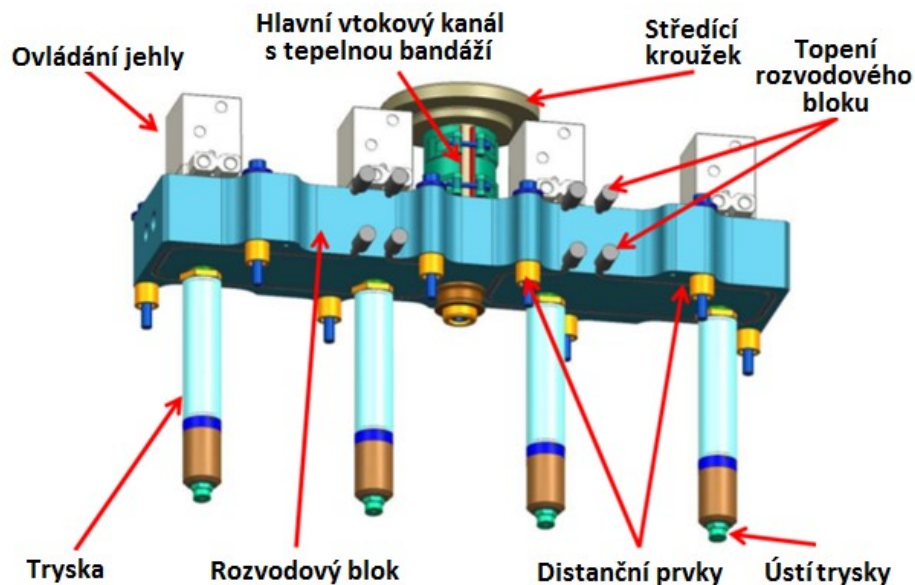
Využíván především k plnění kruhových, prstencových dutin a tenkých ploch s vyššími požadavky na kvalitu. Tento typ ústí vtoku umožňuje použití nižších vstřikovacích tlaků a zároveň umožňuje rovnoměrné plnění podél šířky ústí vtoku. [1] [9]



Obr. 16 Typy vtokových ústí [20]

3.2.5 Horký vtokový systém

Horký vtokový systém je sestava vyhřívaných komponent, kterými jsou: hlavní vtok, rozvodný blok, trysky a ovládání jehly, které zajišťují konstantní teplotu polymeru před a při vstřiku do dutiny formy. Polymerní tavenina má zaručenou stálou viskozitu v celé délce a průřezu rozvodného systému od začátku vtoku až k ústí dutiny formy. [13]



Obr. 17 Horký vtok s jehlou [13]

Výhody horkých vtokových systémů:

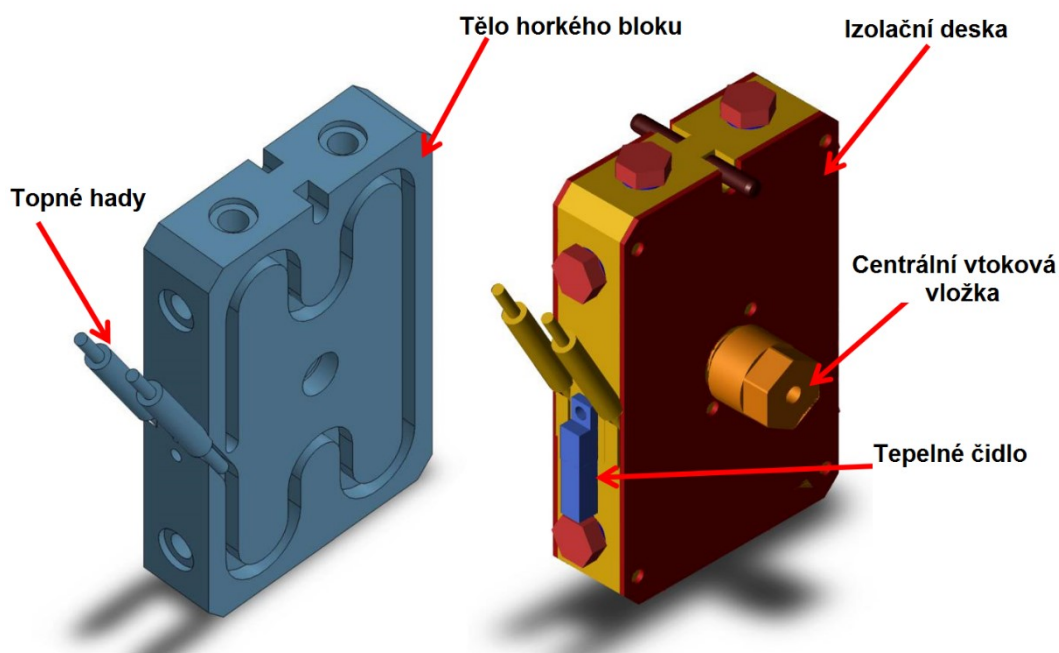
- zkrácení výrobního cyklu,
- nižší spotřeba polymerního materiálu – vstřikování bez vtokových zbytků,
- eliminace odpadu – nižší náklady na dokončovací operace,
- snížení tlakových ztrát z důvodu dopravení horké taveniny přímo do dutiny formy,
- regulací teploty lze ovlivnit vlastnosti vstřikovaného výrobku,
- menší uzavírací síla stroje – odpadá vtoková soustava,
- možnost postupného otevírání jednotlivých trysek – ovlivnění polohy vzniku studených spojů.

Nevýhody horkých vtokových systémů:

- vyšší pořizovací náklady, vyšší nároky na odbornost personálu,
- technologicky složitější forma,
- vyšší energetická náročnost,
- obtížné dodatečné úpravy polohy vtoků. [13]

3.2.6 Horké rozvodné bloky

Horké rozvodné bloky nachází využití zejména u vícenásobných forem. Jejich úkolem je vedení taveniny v celé oblasti vtoku. Funkčnost rozvodných bloků je podmíněna tepelnou stabilitou, která zajišťuje rovnoměrný tok taveniny. Nejčastěji jsou rozvodné bloky vyhřívány elektrickými odporovými vodiči. Tvary bloků jsou závislé na velikosti a uspořádání vyráběných dílů. Vyrábí se ve tvarech I, H, X, Y apod. Aby se eliminoval přenos tepla z rozvodného bloku na okolní komponenty formy, je mezi rozvodným blokem a komponenty formy vzduchová mezera, která slouží jako izolační vrstva. Rozvodný blok je nejčastěji uložen mezi upínací a tvarovou desku formy. [13]



Obr. 18 Horké rozvodné bloky [11]

3.2.7 Horké trysky

Horká tryska je jednou z komponent horkého vstřikovacího systému, která vede taveninu z rozvodného bloku do dutiny formy. Hlavním úkolem horké trysky je udržení stabilní teploty pro zajištění rovnovážného toku taveniny. Z tohoto důvodu je v trysce zabudován topný článok s regulací nebo je tryska vyhřívána vnějším zdrojem tepla. [13]

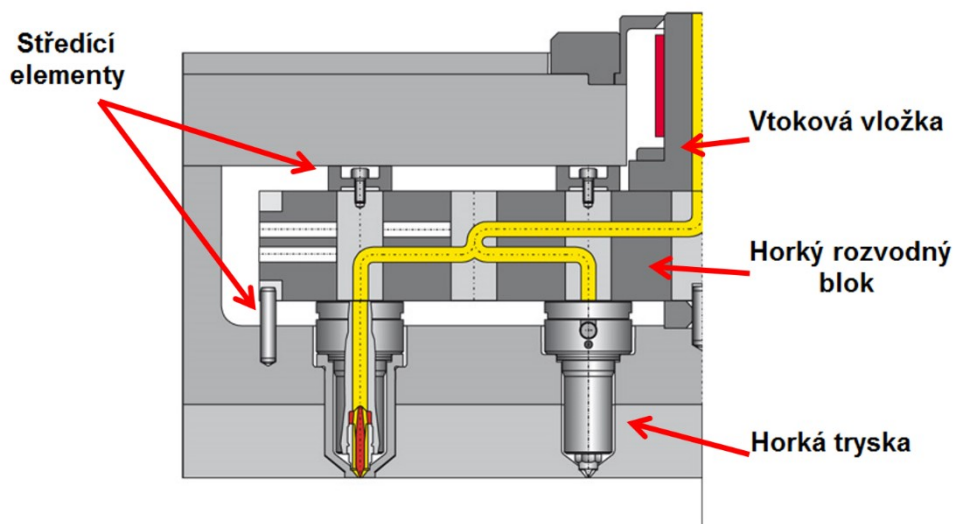
Konstrukční provedení horkých trysek:

Trysky s vnějším ohřevem:

- vnější ohřev je zajištěn navinutým topným svazkem a tavenina prochází středovým otvorem tělesa trysky,
- v tryskách s vnějším ohřevem je nejmenší úbytek tlaku.

Trysky se zabudovaným ohřevem:

- do středové osy trysky je vsunuta topná patrona, kterou tavenina obtéká,
- v tryskách s vnitřním ohřevem se lépe reguluje teplota taveniny u špičky,
- trysky s vnitřním ohřevem jsou lépe tepelně izolovány od okolí než trysky s vnějším ohřevem. [13]



Obr. 19 Řez horkým vtokovým systémem [21]

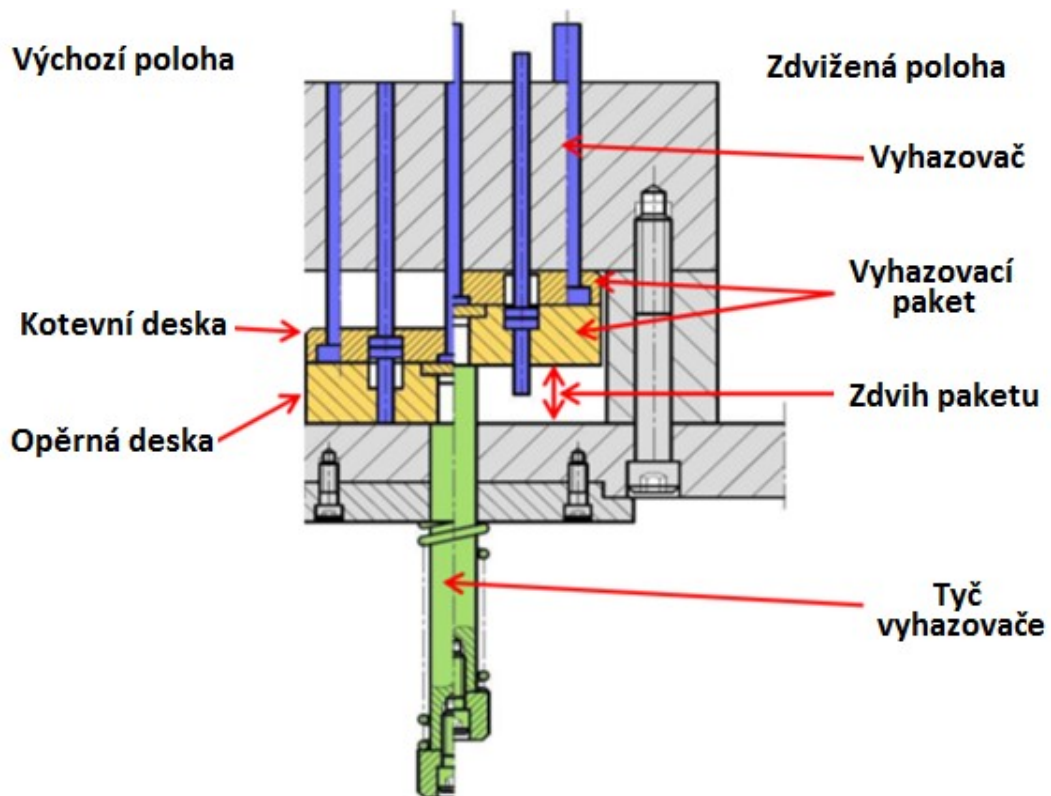
3.3 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém je uskupení komponentů sloužících pro vyhazování výrobků, případně vtokové soustavy z dutiny nebo tvárníku otevřené formy. Zároveň doplňuje formu tak, že konstrukce a rozložení vyhazovacího systému neomezuje ostatní funkce formy a zajišťuje automatický výrobní cyklus. [14]

3.3.1 Mechanický vyhazovací systém

Jedná se o nejrozšířenější vyhazovací systém i díky jeho variabilní konstrukci, která bývá zpravidla složena z těchto základních komponent: kotevní desky, opěrné desky, dorazy, vyhazovače, vodící elementy, kterými jsou vodící čepy a vodící pouzdra a táhlo spojující vyhazovací systém s mechanismem stroje.

Vyhazovací kolíky jsou uloženy a zafixovány v deskách vyhazovacího systému. Tyto desky rozlišujeme na kotevní a opěrné. V kotevní desce jsou zapuštěny vyhazovací kolíky s vodícími pouzdry. Opěrná deska zajišťuje tyto komponenty vůči axiálnímu posuvu. Jsou zde uloženy dorazy, které vymezují vůli a zmenšují dosedací plochu mezi opěrnou deskou a upínací deskou formy. Tato dvojice desek s vodícími pouzdry se pohybuje po vodících čepích, které jsou ukotveny v upínací desce vstřikovací formy. Celý systém se pohybuje pomocí táhla, které tvoří spojení mezi vyhazovacím systémem a mechanismem stroje. [14]

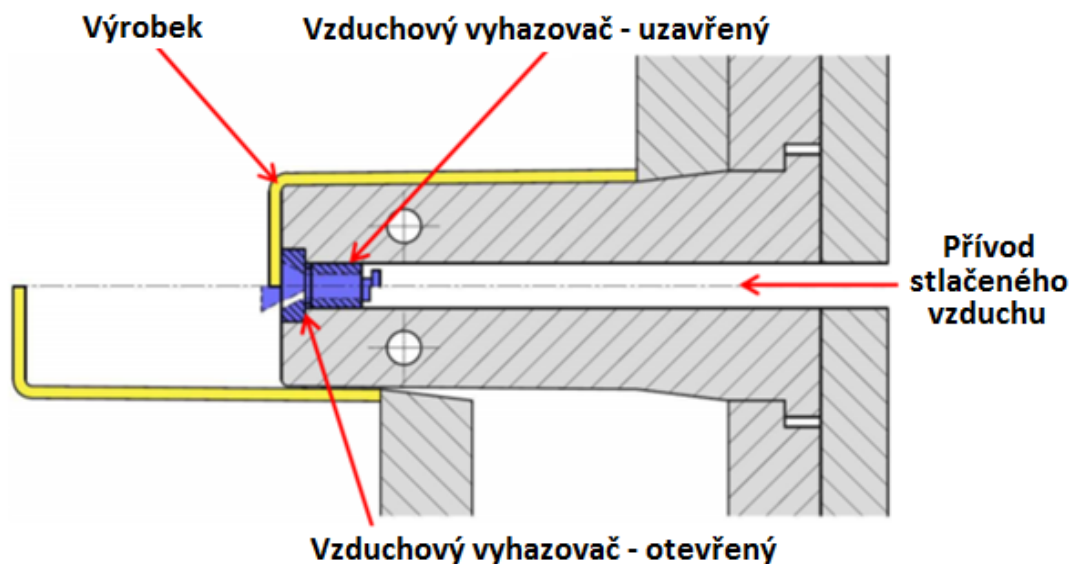


Obr. 20 Mechanický vyhazovací systém [14]

3.3.2 Pneumatický vyhazovací systém

Pneumatický systém je nejvhodnější variantou pro tenkostěnné výrobky větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování odvzdušnit, aby nedocházelo k jejich deformaci.

Používá se pro výstřiky větších rozměrů, složitějších tvarů, a výrobků s důrazem na kvalitu pohledové plochy. Dále často užíván v kombinaci s mechanickým vyhazováním. Principem tohoto systému je přivedení stlačeného vzduchu a vytvoření vzduchového polštáře (mezery) mezi blokem a výstřikem. Tímto docílíme uvolnění dílu od formy a jeho následnému vyhození. [14]



Obr. 21 Pneumatický vyhazovací systém [14]

3.4 Temperační systém

Úkolem temperačního systému je zajišťovat správnou teplotu formy v jednotlivých časových úsecích vstřikovacího cyklu. Podle druhu vstřikovaného polymeru se liší teploty, na které je nutné formu temperovat (vyhřívát nebo chladit). Temperační systém by měl zajišťovat efektivní a optimální chladnutí vstřikovaného dílu. Proto musí vhodné umístění temperačních kanálů zajistit rovnoměrné chladnutí plastu, a tak předejít zkroucení dílu, případně pohledovým vadám z důvodu rozdílné velikosti smrštění. Způsob chlazení výrazně ovlivňuje délku vstřikovacího procesu, a tím i cenu výsledného dílu.

Temperaci dělíme na: pasivní temperování a aktivní temperování [15]

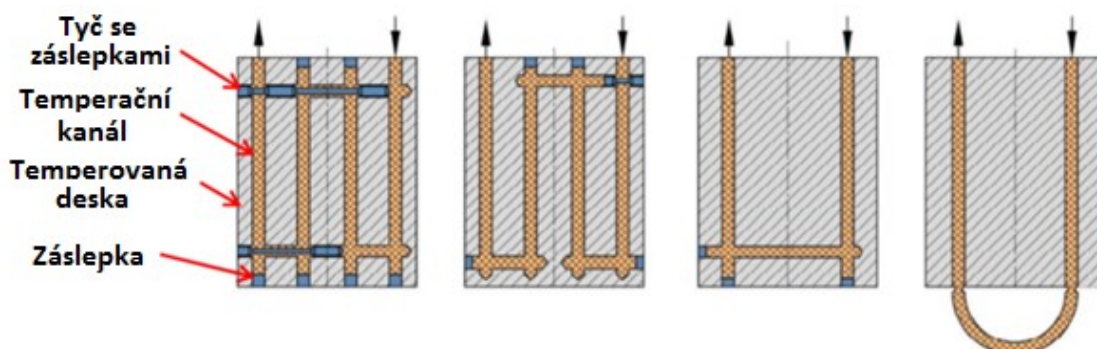
3.4.1 Pasivní temperace

Při pasivním temperování se využívá tepelně vodivých a izolačních materiálů. Temperování tepelně vodivými materiály se využívá u špatně dostupných míst (např. tenké tvárníky), která mají malou plochu pro odvádění tepla a musí být vyrobeny z materiálů dobře vedoucích

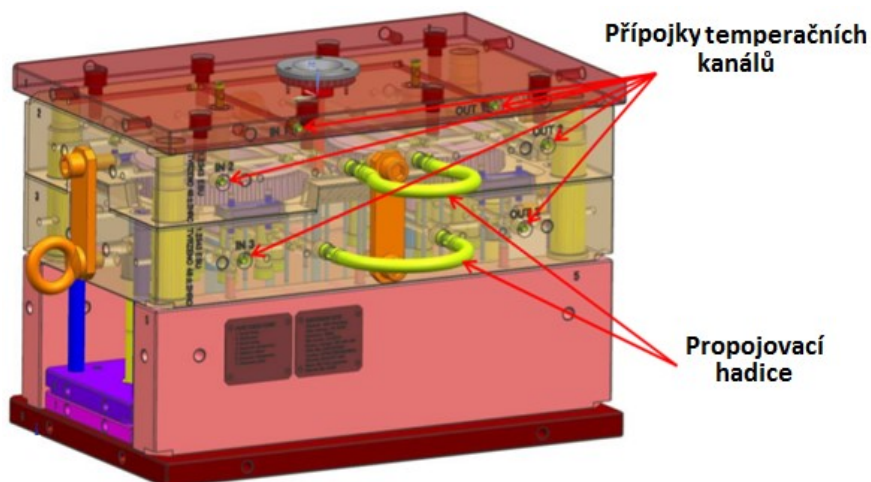
teplo. Mezi tyto materiály patří například slitiny mědi nebo hliníku. Tepelně vodivé vložky se zpravidla dále spojují s aktivním chlazením. [15]

3.4.2 Aktivní temperace

Aktivní temperace zajišťuje přímé odvádění nebo dodávání tepla do formy pomocí média nesoucí tepla. Jako teplotonosné médium se používá nejčastěji voda, dále olej, vzduch, glykoly nebo pára. Tato média proudí temperačními kanály ve formě. Dle potřeby se mohou temperovat obě části formy, pohyblivá i nepohyblivá. Temperační kanály mají nejčastěji kruhový tvar (jelikož jsou vyráběny vrtáním), mohou mít však i jiné tvary. Rozložení temperačních kanálů by mělo být především u složitějších výtříků ověřeno pomocí simulace vstříkování. Systém by měl být následně navržen tak, aby zjištěný rozdíl teplot na povrchu dílu při vyhození nebyl větší než 5 °C. [15]



Obr. 22 Schéma soustavy kanálů aktivní temperace [15]



Obr. 23 Aktivní temperování na vstříkové formě [15]

3.5 Odvzdušnění forem

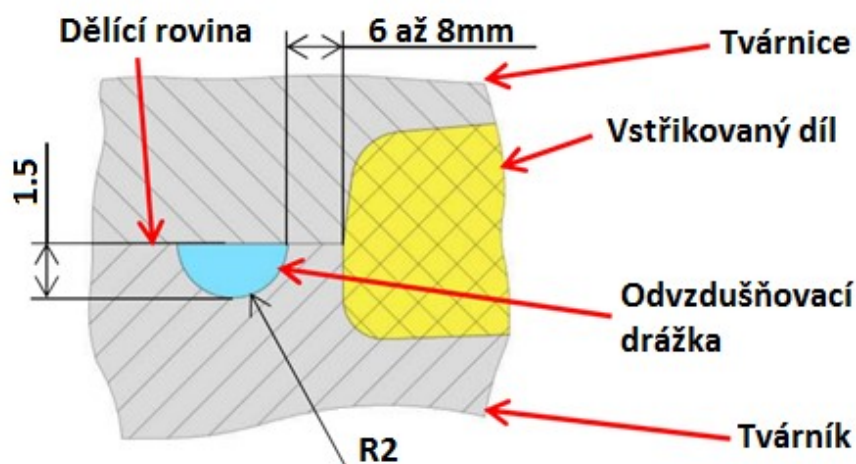
Tvarová dutina formy je před vstřikem taveniny plná vzduchu. Při zaplňování dutiny roztaženým polymerem je nutné zajistit dostatečně rychlý únik vzduchu. Jakmile vzduch nestihne uniknout, dochází k jeho stlačení, nárůstu tlaku a teploty. Pokud je tento nárůst příliš velký, může vyústit až k vznícení vstřikovaného plastu. Tento jev se nazývá Dieselův efekt.

Vyšší tlak vzduchu v dutině může také způsobit pronikání vzduchu do taveniny a tím uvnitř vytvořit vzduchové bubliny. Tyto vzduchové bubliny mohou mít negativní vliv na mechanické vlastnosti nebo na kvalitu povrchu výrobku.

Pokud je forma špatně odvzdušněna, působí při vstřikování na taveninu plastu větší tlak vzduchu, který zpomaluje její pohyb v dutině. Aby nenarůstala doba plnění dutiny, zvětšuje se úměrně i tlak, který tlačí plast do tvarové dutiny.

Za nízkých rychlostí vstřikování, nízkého tlaku a teploty taveniny nebo jejich kombinací, je vzduch z dutiny vytlačován v nejbližším místě vtoku. Jestliže vzduch nemá možnost z dutiny uniknout, tavenina do míst, kde je vzduch, nezateče.

Odvzdušnění formy může zajistit netěsnost dělicí roviny nebo vůle vyhazovacích kolíků. Pokud toto odvzdušnění nestačí, používá se odvzdušňovací drážka. Drážka se následně umísťuje v závislosti na toku taveniny při vstřiku. Nejvíce se odvzdušňují ty místa, kde tavenina zatéká poslední nebo kde dochází ke spojování plastu. Drážky vyúsťují mimo dělicí rovinu. Velikost drážky závisí na použitém plastu, rychlosti vstřikování a dalších technologických podmínkách. [16]



Obr. 24 Odvzdušňovací drážka s příkladem rozměrů [16]

3.6 Materiály na výrobu forem

Volba materiálů, z nichž mají být jednotlivé díly vstříkovací formy vyrobeny, je nedílnou součástí celkového návrhu vstříkovací formy. Na materiál jsou kladeny požadavky zejména z hlediska mechanických a tepelných vlastností. Základním kritériem pro výběr materiálu je jeho cena a počet vylisků, kterých je požadováno vyrobit. Zde je příklad základních používaných materiálů, včetně typů dílů, které je doporučeno z těchto materiálů vyrobit. [9]

Oceli:

DIN 1.1730 (ČSN 19083)

Uhlíková nástrojová ocel vyznačující se dostatečnou tvrdostí zakalené vrstvy, vysokou houževnatostí, značnou necitlivostí na kalící trhliny, dobrou tvárností za tepla a dobrou obrobitelností v žíhaném stavu.

Vhodnost použití: kalené součásti forem např. základové desky, pouzdra, sloupky, kolíky, dorazy.

DIN 1.2080 (ČSN 19436)

Vysoce legovaná chromová ocel s vysokou odolností proti opotřebením, velmi vysokou pevností v tlaku a nízkou houževnatostí zejména v příčném směru. Tato ocel vykazuje dobrou stálost rozměrů při tepelném zpracování.

Vhodnost použití: tvarové desky a u forem s velkou životností.

DIN 1.2312 (ČSN 19520)

Chrom – mangan – molybdenová ocel s velmi dobrou prokalitelností a dobrou pevností za tepla. Ocel má dobrou leštitelnost, je dobře tvárná za tepla a také dobře obrobitelná.

Vhodnost použití: doporučovaná ocel pro výrobu tvarových desek.

DIN 1.2379 (ČSN 19573)

Chrom – molybden – vanadová ocel s velkou prokalitelností a obzvlášť vysokou odolností proti opotřebením (vyšší než u 1.2080), velmi vysoká pevnost v tlaku, menší houževnatost (vyšší než u 1.2080). Tato ocel vykazuje dobrou stálost rozměrů při tepelném zpracování, naopak se velmi obtížně brousí, obtížně tváří za tepla a má poněkud ztíženou obrobitelnost v žíhaném stavu.

Vhodnost použití: tvarové desky a formy pro velmi velké série.

DIN 1.2842 (ČSN 19313)

Mangan – chrom – vanadová ocel se střední prokalitelností, zvláště dobrá stálost rozměrů při tepelném zpracování, dobrá odolnost proti opotřebení. Značná citlivost na ochlazování vodou při kalení a popouštění, dobrá leštitelnost, dobrá tvárnost za tepla a dobrá obrobiteľnosť v žíhaném stavu.

Vhodnost použití: menší tvarové desky forem a méně namáhané formy. [11] [17]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hlavní cíle bakalářské práce:

- vypracujte literární studii na dané téma,
- nakreslete 3D model vstřikovaného výrobku,
- proved'te konstrukci 3D modelu vstřikovací formy,
- nakreslete výkres sestavy formy s příslušnými řezy.

Teoretická část neboli literární studie se zabývá problematikou polymerních materiálů. Je zde objasněn postup procesu vstřikování a popis vstřikovacího stroje. Poslední, 3. kapitola, literární studie je zaměřena na vstřikovací formu, popis jednotlivých konstrukčních řešení a částí formy.

Praktická část je zaměřena na návrh a konstrukci vstřikovací formy. Tato vstřikovací forma je určena k výrobě florbalové čepele, kterou bylo nejprve potřeba navrhnout. Úvod praktické části je zaměřen na specifikaci vstřikovaného výrobku a výběr vhodného vstřikovacího stroje s ohledem na požadované parametry. Hlavní částí práce je samotná konstrukce vstřikovací formy, která byla navržena pomocí 3D softwaru CATIA V5R19. Pro usnadnění konstrukčního návrhu, výroby a s ohledem na ekonomickou stránku, bylo z velké části použito normálií firmy Hasco. Na závěr je ze zhotoveného 3D modelu formy sestaven výkres sestavy formy, pohled do pravé a levé poloviny hlavní dělicí roviny a kusovník.

5 POUŽITÝ SOFTWARE

5.1 CATIA V5R19

Při konstruování byl použit software CATIA V5R19 od francouzské společnosti Dassault Systèmes. Jedná se o software disponující širokým počtem modulů a pracovních prostředí, čehož bylo využito při návrhu a konstrukci florbalové čepele (výrobku) i vstřikovací formy. CATIA je tedy integrovaný systém počítačového návrhu designu, samotné konstrukce, analýzy, simulace, tvorby dokumentace a NC programů.

5.2 HASCO DAKO Modul

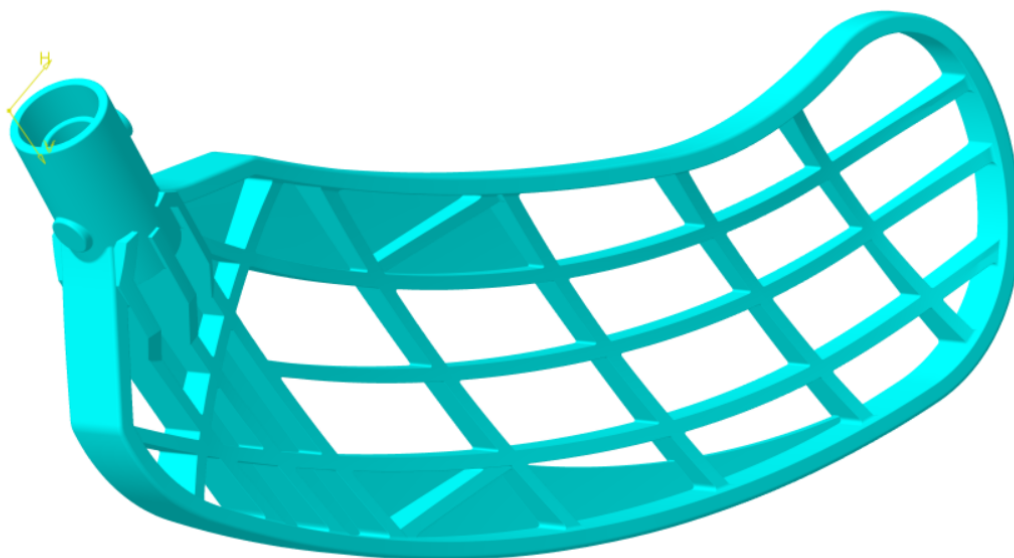
HASCO DAKO Modul je doplňkový software společnosti Hasco. Modul nabízí kompletní katalog normalizovaných dílců firmy Hasco a usnadňuje práci v oblasti konstrukce forem z normalizovaných dílů. Dále umožňuje importovat normalizované součástky, a převést jejich geometrii, do takřka všech CAD programů pomocí HASCO DAKO 3D modulu.

6 SPECIFIKACE VÝROBKU

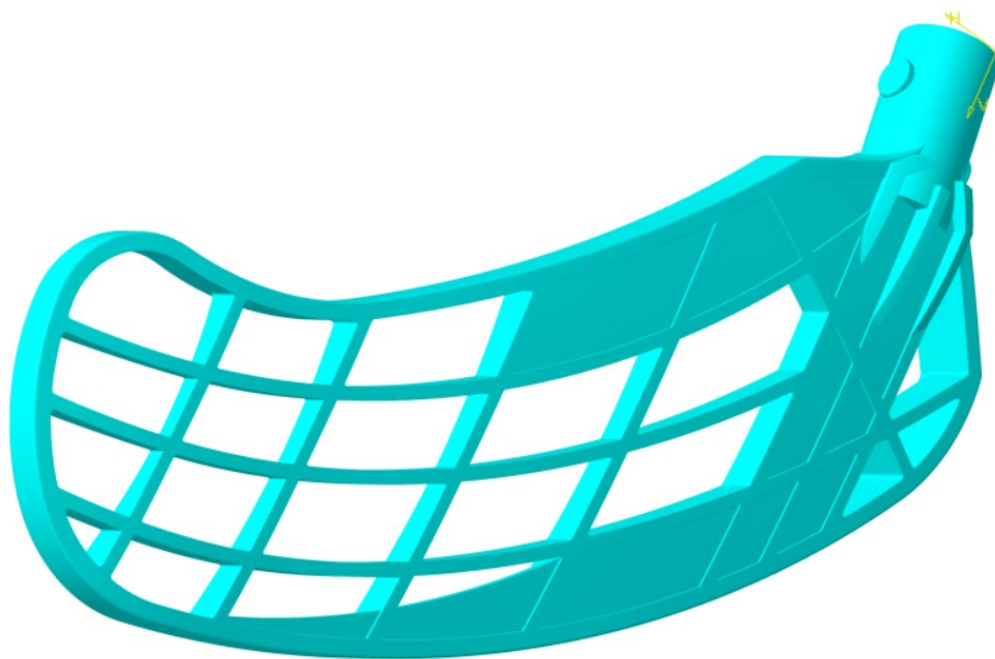
Vstřikovaným výrobkem je florbalová čepel, jejíž konstrukce vychází z reálného, předem zadaného výrobku.

6.1 Florbalová čepel

Florbalová čepel, obvykle doplněna kompozitovou či karbonovou trubkou, tvoří sestavu tzv. florbalovou hůl, která slouží jako sportovní pomůcka. Délka výrobku bez uchycení 245 mm, vzdálenost mezi spodním a horním žebrem 8 mm a proměnlivá tloušťka vzhledem k vybrání čepel. Rozměry díry uchycení jsou: průměr $d = 18$ mm a hloubka $h = 37$ mm. Pro upevnění a zafixování polohy čepel na trubce je na čepeli vytvořeno uchycení, do kterého se trubka zasune a následně přichytí pomocí dvou šroubů. Pro co největší pevnost spojení je v uchycení vytvořena vnitřní stěna, tudíž šroubové spojení prochází čepel – trubka – čepel. Dále je čepel tvořena převážně žebry, která jsou v oblasti uchycení, a tudíž i největšího namáhání čepel zesíleny, nebo vyztuženy přidáním plochami. Hmotnost florbalové čepel vyrobené z navrženého materiálu PE-HD je 72,3 g a její objem je 75,6 cm³.



Obr. 25 3D model florbalové čepel



Obr. 26 3D model florbalové čepele

6.2 Materiál výrobku

Materiál byl zvolen PE-HD LITEN MB 68 vyráběn společností Unipetrol. Jedná se o termoplastický materiál zajišťující nízké tření a dobré herní vlastnosti. [23]

Tab. 1 Parametry zvoleného materiálu [23]

Parametr	Materiál
Název	PE-HD LITEN MB 68
Hustota [kg/m^3]	956
Index toku taveniny (190 °C/2,16 kg) [g/10 min]	7,5
Smrštění [%]	1,95–2,29
Modul pružnosti v ohybu [MPa]	950
Teplota taveniny [°C]	200–290
Teplota formy [°C]	20–60

7 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací stroj je volen s ohledem na rozměry vstřikovací formy a objem vstřikovaného výrobku. Rozměry formy jsou mezní pro vzdálenost mezi vodícími sloupky a rozpětí upínacích desek. Plastikační výkon stroje musí zajistit bezproblémové dávkování taveniny do dutiny formy. Uzavírací síla zajišťuje těsnost formy v průběhu vstřikovacího cyklu.



Obr. 27 ARBURG ALLROUNDER 570 C GOLDEN EDITION [24]

Pro vstřikovací formu navrženou v rámci bakalářské práce byl zvolen hydraulický vstřikovací stroj ALLROUNDER 570 C GOLDEN EDITION od výrobce ARBURG.

Tab. 2 Základní parametry vybraného vstřikovacího stroje a formy [24]

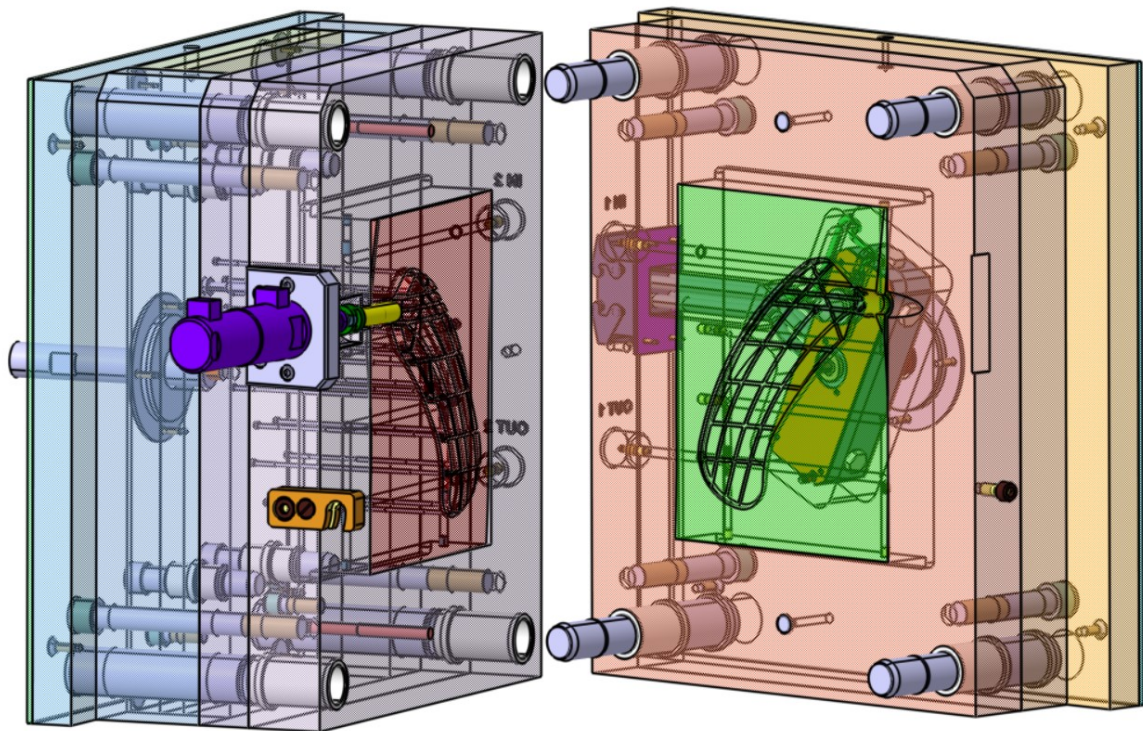
Parametr	Stroj	Forma
Vzdálenost mezi vodícími sloupky [mm]	570 x 570	546 x 546
Velikost upínací desky [mm]	795 x 795	546 x 546
Minimální výška formy [mm]	300	402
Maximální světlost mezi upínacími deskami [mm]	950	402
Průměr otvoru pro středící kroužek [mm]	125	125
Průměr šneku [mm]	45	-
Maximální objem vstřikované dávky [cm ³]	318	73

8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Vstřikovací forma by měla být konstruována s ohledem na složitost, přesnost a ekonomickou stránku výroby. Z tohoto důvodu byly v co největší míře použity normalizované díly společnosti Hasco. Výroba navržené formy se tímto zjednoduší, zrychlí i zlevní.

Ke konstrukci byla použita normalizovaná forma Mba5 společnosti Hasco, kterou je možno rozdělit do tří hlavních částí:

- pravá (vstřikovací) strana,
- levá (uzavírací) strana,
- vyhazovací systém.

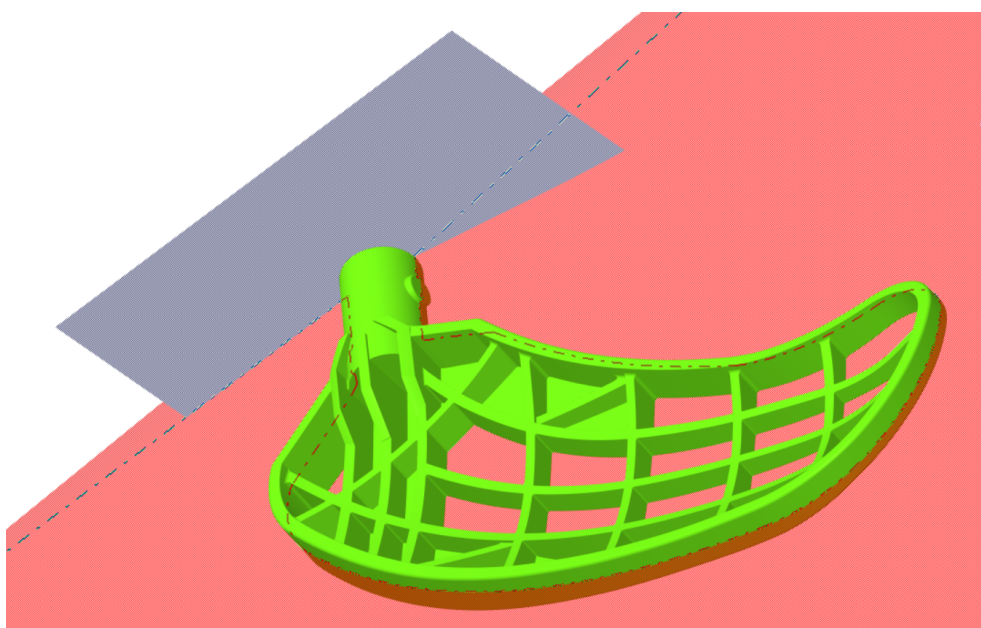


Obr. 28 Pohled do pravé a levé strany hlavní dělicí roviny

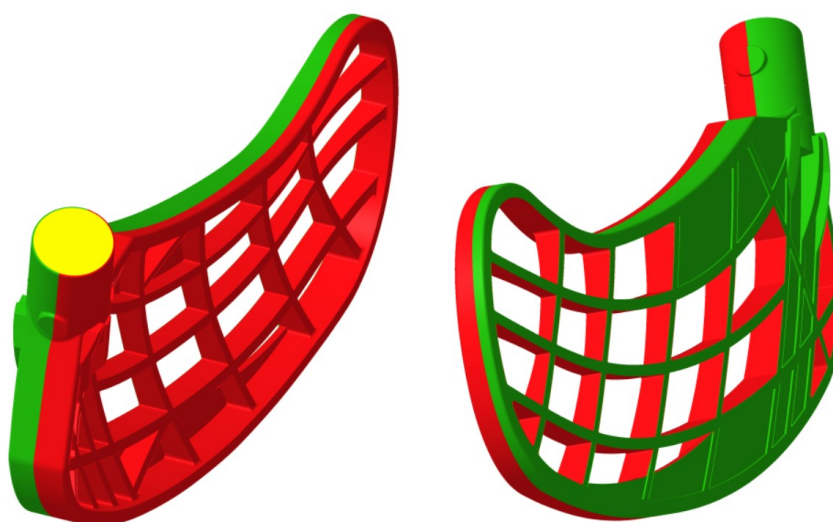
8.1 Dělicí roviny

Určení dělicí roviny spadá mezi vůbec první úkony, které se při konstrukci formy řeší. Prioritou je určení dělicí roviny nebo rovin tak, aby byla forma konstrukčně co nejjednodušší a zároveň umožňovala snadné vyhození výrobku z dutiny formy.

Pro zadaný výrobek bylo nutno zvolit dělicí roviny dvě. Vedlejší dělicí rovina (modře) zajišťuje zaformování uchycení čepele k holi, zatímco hlavní dělicí rovina (červeně) je zvolena tak, aby při otevření formy zůstal výstřik v levé části formy, odkud je poté vyhozen pomocí vyhazovacích kolíků.



Obr. 29 Zobrazení dělicích rovin

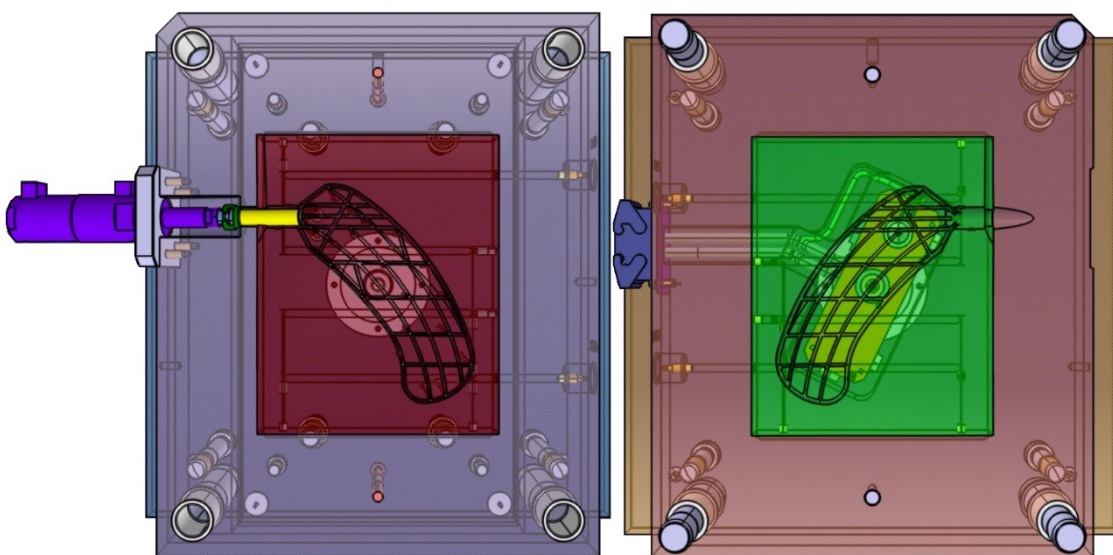


Obr. 30 Naznačení dělicích rovin na výrobku

8.2 Násobnost formy

Násobnost neboli počet vyrobených kusů na jeden vstřikovací cyklus, se odvíjí od několika parametrů. Mezi základní parametry patří velikost, přesnost a požadované množství výrobků. Svou roli hraje také kapacita vstřikovacího stroje.

V případě formy navržené v rámci bakalářské práce byla zvolena jednonásobná forma. Roli při určování násobnosti hrály faktory jako např.: velikost výrobku, složitost dělicí roviny, požadované množství výrobků, kapacita stroje a kvalita výrobku.



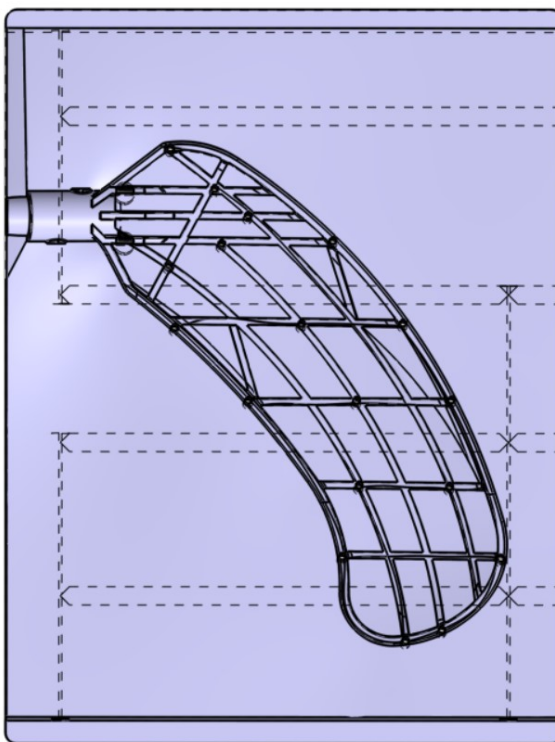
Obr. 31 Pohled do hlavní dělicí roviny formy

8.3 Tvarové části formy

Tvarové části jsou prvky tvořící negativ výrobku zvětšený o hodnotu smrštění použitého polymeru. U PE-HD LITEN MB 68 je velikost smrštění 2,1 %. V případě navržené formy nejsou tvarové části součástí tvarových desek. Tvárník a tvárnice jsou v tvarových deskách uloženy a svou konstrukcí zabezpečeny vůči pohnutí. Tato konstrukce je zvolena z důvodu nižší ekonomické zátěže na výrobu a případné opravy.

8.3.1 Tvárník

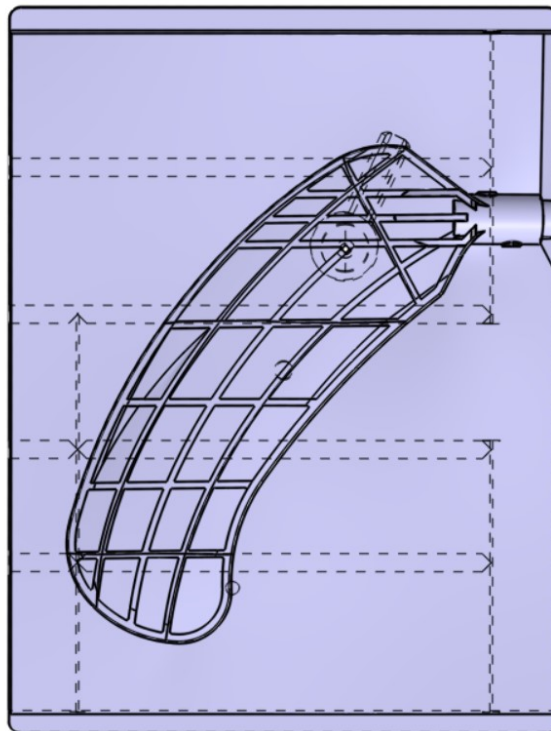
Tvárník je vyroben z nástrojové oceli, cementován do hloubky 0,25 mm a následně zakalen do tvrdosti HRC 55. Tato tepelná ochrana napomáhá odolávat podmínkám vznikajícím v dutině formy během vstřikovacího procesu. Ve vstřikovací formě je tvárník umístěn na levé pohyblivé části. Po stranách jsou v tvárníku vrtány otvory pro cirkulaci temperačního média. Dutina formy je zhotovena tak, aby při otevření formy zůstal výstřik na tvárníku, odkud je vyhozen vyhazovacím systémem. V tvárníku je také zhotoveno 18 otvorů kruhového průřezu pro válcové vyhazovací kolíky a 2 otvory obdélníkového průřezu pro dva prizmatické kolíky.



Obr. 32 Tvárník

8.3.2 Tvárnice

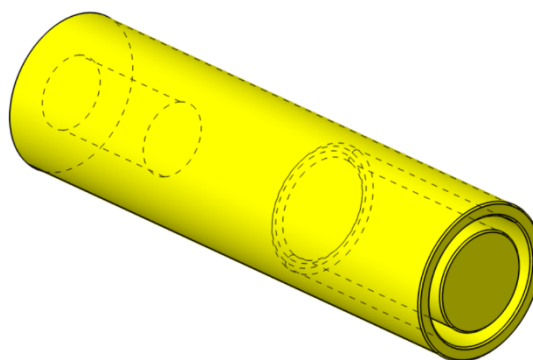
Tvárnice je stejně jako tvárník vyrobena z nástrojové oceli, cementována do hloubky 0,25 mm a následně zakalena do tvrdosti HRC 55. Tato tepelná ochrana napomáhá odolávat podmínkám vznikajícím v dutině formy během vstřikovacího procesu. Ve vstřikovací formě je tvárnice umístěna v pravé pevné části. Po stranách jsou v tvárnici vrtány otvory o kruhovém průřezu 8 mm pro cirkulaci temperačního média. V tvárníku je také zhotoven otvor pro vstup horké trysky do dutiny.



Obr. 33 Tvárnice

8.3.3 Boční jádro

Boční jádro slouží k odformování a zaformování vedlejší dělicí roviny, tedy uchycení florbalové čepele. Jádro má tvar válce a je vyrobeno z nástrojové oceli, cementováno do hloubky 0,25 mm a následně zakaleno do tvrdosti HRC 55. Ve vstřikovací formě je jádro součástí soustavy bočního odformování, uchycené na levé pohyblivé části vstřikovací formy.

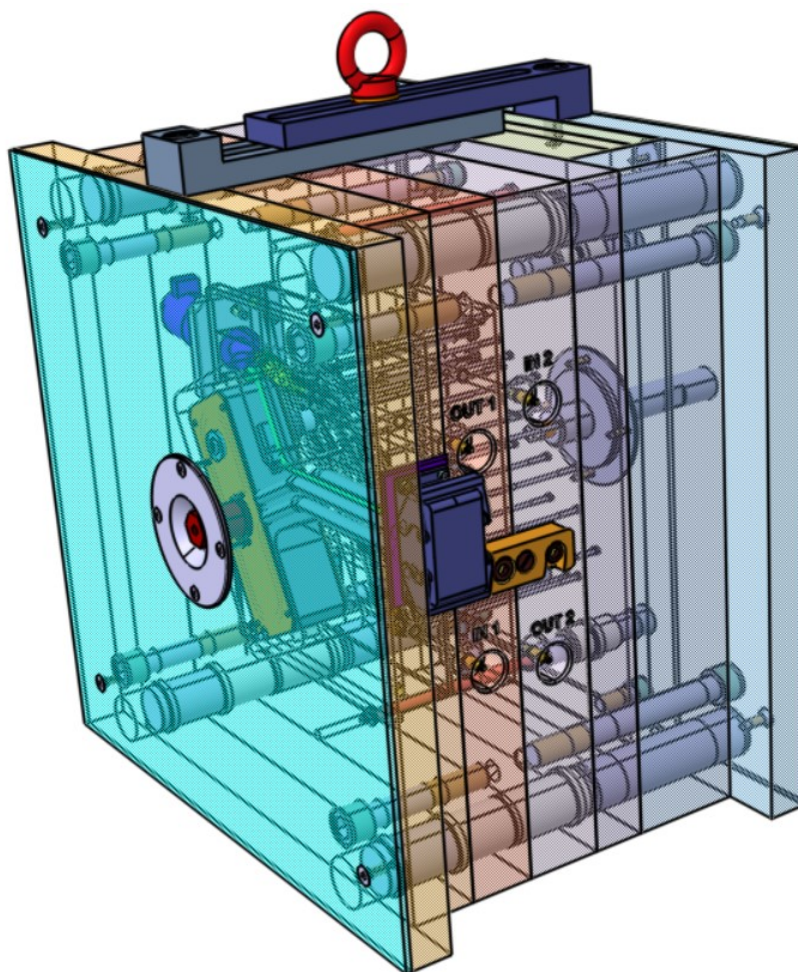


Obr. 34 Boční tvarové jádro

8.4 Rám vstříkovací formy

Forma byla navržena pomocí systému normálií firmy Hasco. Při výběru velikosti desek byl brán ohled především na typ zaformování a velikost výstřiku. Výšky jednotlivých desek byly během konstrukce formy několikrát upraveny z důvodu návrhu temperace, vtokového systému, odformování apod. Konečná hodnota délky formy je 402 mm. Veškeré desky vstříkovací formy jsou vzájemně aretovány pomocí středících a vodících elementů a spojeny pomocí šroubů do funkčního celku. Vodící elementy, tvořeny vodícími čepy a vodícími pouzdry, zároveň zaručují plynulé a přesné otevírání i zavírání formy. Na horní straně formy je umístěn transportní systém, dovolující snadnou manipulaci s formou.

Hlavní rozměry formy jsou tedy 546 x 546 x 402 mm.

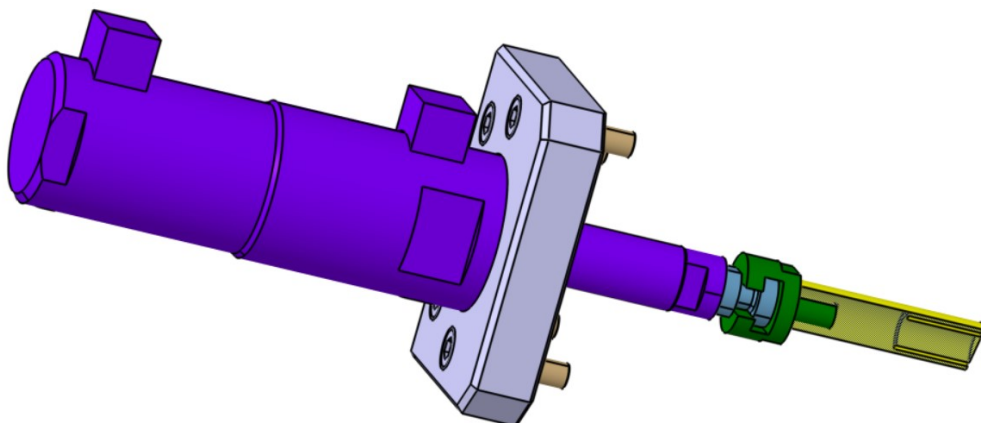


Obr. 35 Sestava vstříkovací formy

8.5 Boční odformování

Odformování vedlejší dělicí roviny a uchycení čepele zajišťuje hydraulický tahač jader, který byl použit namísto levnější varianty šikmých kolíků a posuvných čelistí. Hydraulický tahač jader byl použit z důvodu odklonění vedlejší dělicí roviny. Vzniklý případ není vhodný pro použití posuvných čelistí, jelikož odklonění zapříčinilo vznik nestandardního úhlu mezi šikmým kolíkem a posuvnými čelistmi. Následné určení vhodného typu tahače jader se odvíjí od požadované síly, která je nutná pro bezpečné odformování.

V případě této bakalářské práce byl použit hydraulický tahač firmy Hasco s označením Z2301/20x60. Dále byl tahač doplněn adaptérem a tlakovým šroubem, normalizovanými prvky taktéž od společnosti Hasco. Sestava je zakončena tvarovým jádrem, které má funkci zaformování uchycení čepele k holi.



Obr. 36 Hydraulický tahač jader Hasco

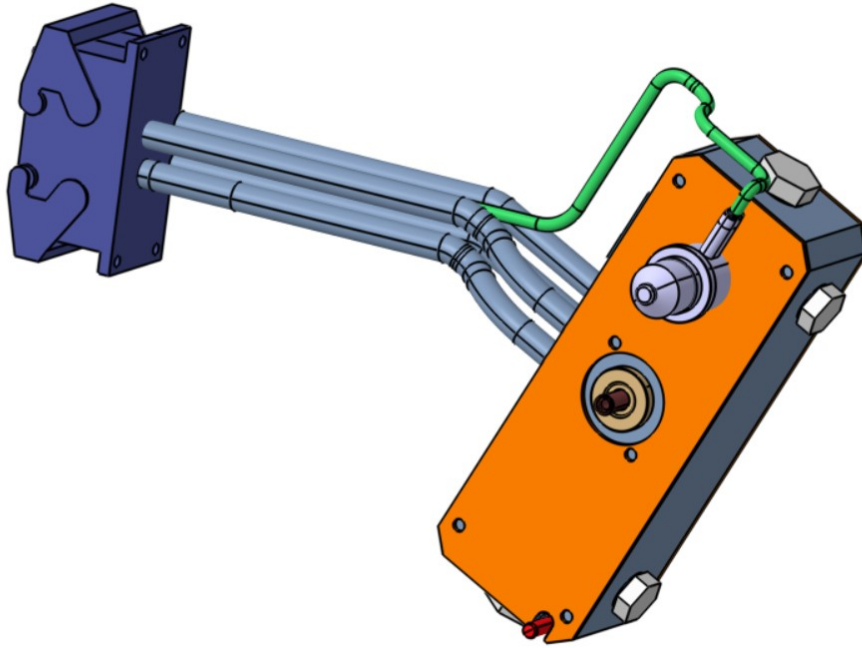
8.6 Vtokový systém

Úkolem vtokové soustavy je zajistit dopravení taveniny od ústí vtoku do tvarové dutiny formy. Plnění tvarové dutiny má probíhat v co nejkratším čase a při minimálním odporu. Vzhledem k typu výrobku, úspoře materiálu a požadovanému počtu vyrobených kusů, byl zvolen horký vtokový systém.

Horký rozvodný blok má tvar I a je umístěn v opěrné desce tvárnice. Pro přesné umístění bloku je zajištěn kolíky, což také zabraňuje bloku v pootočení. Tento blok je ve vstřikovací

formě mírně vyosen tak, aby horká tryska byla v poloze ideální pro plnění dutiny formy taveninou.

Napájení horkého rozvodného bloku a horké trysky je řešeno pomocí kabelů vedených opěrnou deskou do zásuvky H1227/16x8, která byla umístěna na boku vstříkovací formy tak, aby při manipulaci s formou nedošlo k jejímu poškození.

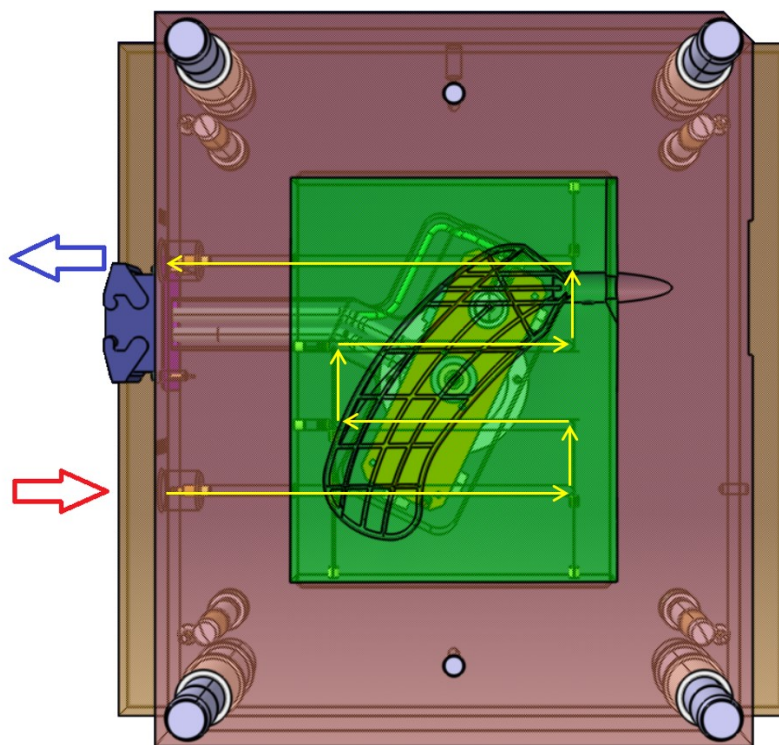


Obr. 37 Horký vtokový systém Hasco

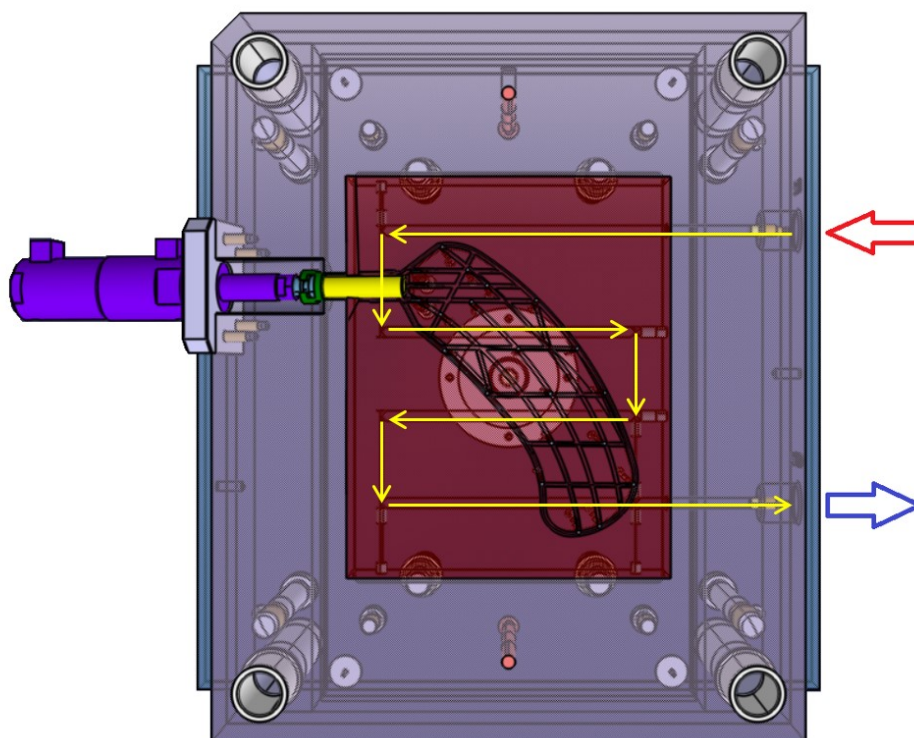
8.7 Temperační systém

Během procesu vstříkování dochází ke změnám teplot vstříkovací formy. Při vstříku taveniny do dutiny formy teplota vzrůstá, proto je nezbytné optimalizovat teplotu pomocí temperačního systému a ochladit tak výstřik na teplotu odformování. Odvod přebytečného tepla je možno regulovat: vhodným rozmístěním kanálků, volbou temperačního média a rychlosti cirkulace média.

Temperační systém navržené formy je tvořen dvěma okruhy vrtaných kanálků. Na každou polovinu formy připadá jeden temperační okruh. Kanálky o kruhovém průřezu 8 mm jsou doplněny soustavou ucpávek, těsnících kroužků a rychlospojek s vnitřním uzavíracím ventilem. Veškeré normalizované součástky jsou použity od firmy Hasco.



Obr. 38 Temperační systém pravé (vstříkovcí) strany formy



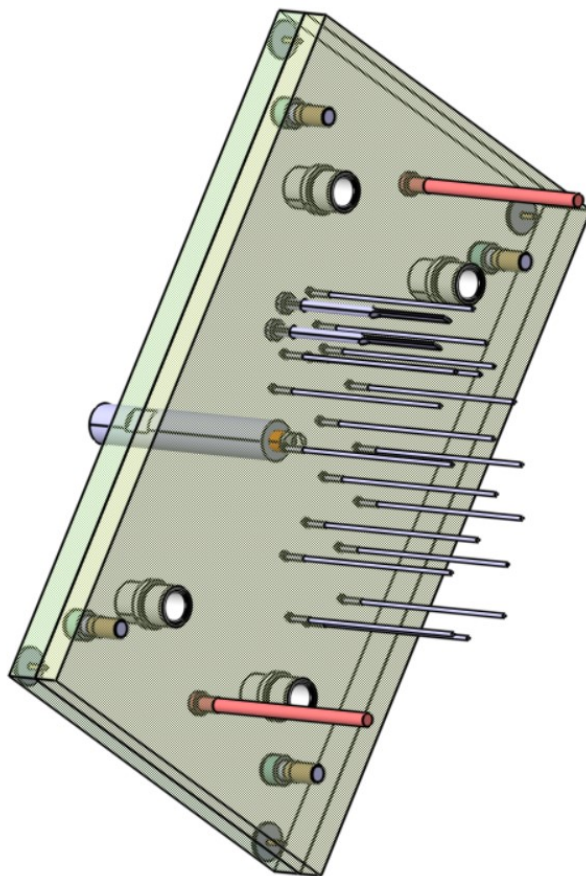
Obr. 39 Temperační systém levé (uzavírací) strany formy

8.8 Vyhazovací systém

Podstatou správného vyhození vstřikovaného dílce z formy je, aby po otevření formy dílec zůstal přichycen k levé pohyblivé straně formy. Samotné vyhození vstřikovaného dílce následně zajišťují 2 prizmatické a 18 válcových vyhazovacích kolíků. Všechny vyhazovací kolíky jsou ukotveny ve vyhazovacích deskách tak, že jsou současně zajištěny proti pootočení. Zajištění proti pootočení vyhazovačů je z důvodu tvarové nerovnosti plochy vyhazovacích kolíků opírající se o výrobek.

Vyhazovací desky jsou vedeny pomocí čtyř vodících čepů a pouzder, jejichž počet zajišťuje plynulý pohyb a vylučuje zpříčení desek. Samotný pohyb je zajištěn pomocí táhla, které spojuje vyhazovací systém s hydraulickým systémem stroje. Vyhazovací systém je dále doplněn dvěma opěrnými kolíky. Tyto kolíky zabraňují poškození tvarových ploch tvárnice vyhazovacími kolíky v případě zaseknutí vyhazovacího systému, či manipulaci s formou.

Vyhazovací systém je kompletně sestaven z normálií firmy Hasco.



Obr. 40 Vyhazovací systém

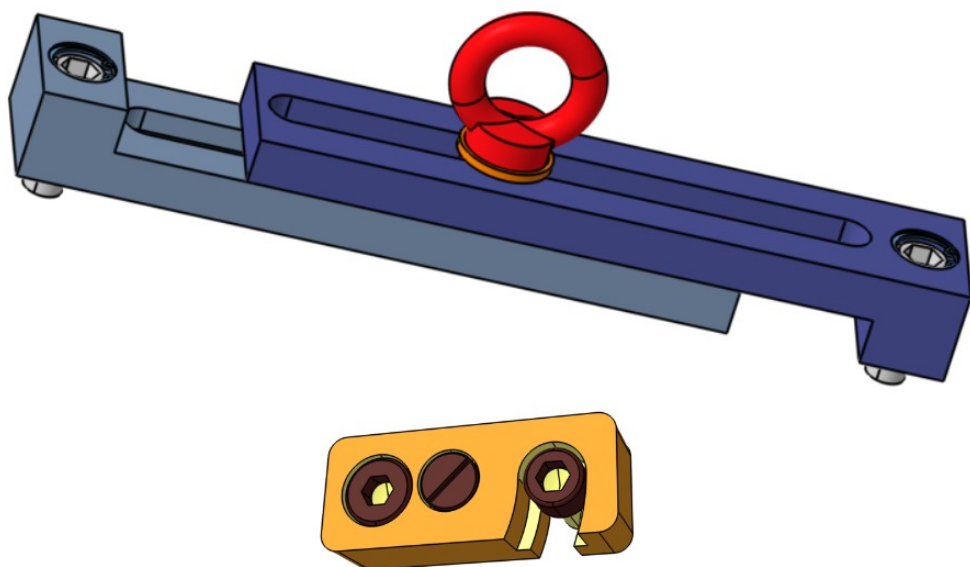
8.9 Odvzdušnění formy

Jakmile se vstřikovací forma uzavře, dojde také k uzavření vzduchu v dutině formy. Při následném plnění dutiny taveninou vzduch ztrácí možnost unikát. Plyn je velmi rychle adiabaticky stlačován a nastává zvýšení jeho tlaku a teploty, což má za následek vznik poruch a vad na výstřiku. Typickými vadami jsou: Dieselův efekt, propadliny, bubliny nebo nedostříknutá místa.

V případě formy navržené v rámci bakalářské práce se předpokládá, že je vzduch z dutiny odváděn vůlí mezi vyhazovači a tvárníkem v hlavní a vedlejší dělicí rovině. Případné odvzdušňovací kanálky se musí vyrobit dodatečně, tedy až po odzkoušení formy a zjištění faktu, že odvzdušnění je nedostatečné a stlačený vzduch způsobuje vady na výrobku.

8.10 Transportní systém

Vzhledem k rozměrům a hmotnosti formy je forma doplněna transportním můstkem, upevněným na horní ploše desek. Toto zařízení slouží k usnadnění manipulace s formou. Součástí transportního můstku je závěsné oko, dovolující manipulaci s formou pomocí jeřábu. Vstřikovací forma je také vybavena zajištěním proti pootevření formy během transportu. Transportní komponenty použité v rámci bakalářské práce jsou normalizovanými součástmi firmy Hasco.



Obr. 41 Transportní můstek a zámek dělicí roviny firmy Hasco

ZÁVĚR

Záměrem bakalářské práce bylo propojení znalostí z oblasti konstrukce, vstřikování polymerních materiálů a záliby ke kolektivnímu sportu florbalu. Námětem pro tvorbu vstřikovací formy se tedy stala florbalová čepel. Tento díl tvoří spolu s kompozitovou či karbonovou trubicí florbalovou hůl.

Teoretická část byla nejprve zaměřena na polymerní materiály vhodné ke vstřikování a samotný vstřikovací cyklus. Dále se zabývala pravidly a zásadami, které se uplatňují při konstrukci vstřikovacích forem. Tyto pravidla byly taktéž aplikována při konstrukci vstřikovací formy pro florbalovou čepel.

Praktická část byla rovněž rozdělena na kapitoly, zabývající se jednotlivými konstrukčními specifiky. Každá kapitola se věnovala samostatnému okruhu sestavy vstřikovací formy.

Konstrukce a tvorba výkresů sestavy a jednotlivých pohledů do hlavní dělicí roviny byla provedena za pomoci 3D parametrického softwaru CATIA V5R19 v kooperaci s HASCO DAKO Modulem. Výhoda spolupráce těchto dvou programů spočívá v použití normalizovaných dílů, čímž lze získat značnou ekonomickou i výrobní úlevu.

Jednonásobná vstřikovací forma pro výrobu florbalové čepele byla sestavena ze tří hlavních částí: pravá – vstřikovací strana, levá – uzavírací strana a vyhazovací systém. Byl zde použit horký vtokový systém, tvořen horkým rozvodným blokem a horkou tryskou. K zaformování výstřiku byla forma doplněna hydraulickým tahačem jader. Temperační systém vstřikovací formy tvoří dva okruhy, doplněny normalizovanými komponenty. Vyhození výstřiku z formy zajišťují 2 prizmatické a 18 válcových vyhazovacích kolíků. Forma byla také vybavena transportním můstkem upevněným k horní části formy. Transportní můstek usnadňuje manipulaci s formou.

Veškeré normalizované prvky, použité při konstrukci vstřikovací formy, jsou od firmy Hasco.

Pro vstřikovací formu navrženou v rámci bakalářské práce byl zvolen hydraulický vstřikovací stroj ALLROUNDER 570 C GOLDEN EDITION od výrobce ARBURG.

Navržený 3D model vstřikovací formy byl na závěr použit ke tvorbě výkresové dokumentace, jejíž soupis je proveden v seznamu příloh.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. díl - Vstřikování termoplastů*. 2. upr. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999.
- [2] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů, II díl - Vstřikování termoplastů*. 1. vydání Brno: UNIPLAST, 1999.
- [3] LENFELD, P. *Technologie vstřikování* [online]. Svitavy: Code Creator, s.r.o.; distribuce publi.cz, 2015 [cit. 2018-01-29]. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z: <https://publi.cz/eknihy/?book=184-technologie-vstrikovani&search=vstřikování>
- [4] PLASTY. In: *Oddělení povrchového inženýrství* [online]. [cit. 2018-01-27]. Dostupné z: <https://www.opi.zcu.cz/download/plasty.pdf>
- [5] LENFELD, P. Vstřikování plastů. *Technologie II* [online]. Technická univerzita Liberec [cit. 2018-01-15]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [6] Vstřikování plastů. *Výroba plastů* [online]. 2016 [cit. 2018-02-22]. Dostupné z: <http://www.vyrobaplastu.eu/vstrikovani-plastu/>
- [7] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů: Úvod do vstřikování termoplastů*. Praha: BEN – technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [8] HYNEK, M. a kol. Vstřikovací lisy. In: *Plastové díly* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 2018-01-27]. Dostupné z: http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-verfin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Vstrikovaci_lisy.pdf
- [9] BOBEK, J. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. Svitavy: Code Creator, s.r.o.; distribuce publi.cz, 2015 [cit. 2018-01-15]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/eknihy/?book=179-vstrikovaci-formy-pro-zpracovani-termoplastu&search=Vstřikovací+formy+pro+zpracování+termoplastů>
- [10] SOVA, M. a J. KREBS *Termoplasty v praxi*. Praha: Verlag Dashöfer, 1999. ISBN 80-862-2915-7.
- [11] VÝROBA FOREM PRO VSTŘIKOVÁNÍ TERMOPLASTŮ. 14220 [online]. 8. 6. 2014 [cit. 2018-01-22]. Dostupné z: <http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii/>

- [12] HYNEK, M. a kol. Studené a živé vtokové systémy. In: *Plastové díly* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 2018-01-27]. Dostupné z: http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf
- [13] HYNEK, M. a kol. Horké vtoky. In: *Plastové díly* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 2018-01-23]. Dostupné z: http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Horke_vtoky.pdf
- [14] HYNEK, M. a kol. Vyhazovací sestava a vyhazovače. In: *Plastové díly* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 2018-01-25]. Dostupné z: http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Vyhazovaci_sestava_a_vyhazovace.pdf
- [15] HYNEK, M. a kol. Temperace vstřikovacích forem. In: *Plastové díly* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 2018-01-16]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Temperace_vstrikovacich_forem.pdf
- [16] HYNEK, M. a kol. Odvzdušnění. In: *Plastové díly* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Odvzdušneni.pdf
- [17] JKZ Bučovice, a.s.: *Nástrojové oceli* [online]. [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: <http://www.jkz.cz/cs/produkty/nastrojove-oceli/>
- [18] LENFELD, P. Plasty a jejich zpracovatelské vlastnosti. *Technologie II* [online]. Technická univerzita Liberec [cit. 2018-02-19]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
- [19] *Xcentric mold and engineering: About Injection Molding* [online]. ©2018 [cit. 2018-02-16]. Dostupné z: <https://www.xcentricmold.com/about-injection-molding/>
- [20] VÁCLÁVEK, J. *VÝROBA SOUČÁSTI „KRYTKA“*. Brno, 2012 Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.
- [21] *EWIKON: Hotrunner System Solutions* [online]. [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <http://www.ewikon.com/en/products/hotrunner-manifolds/versions/hps-iii-t.html>
- [22] *Custom Injection Molding: Clamping Unit* [online]. ©2013 [cit. 2018-02-16]. Dostupné z: <http://www.beejaymolding.com/Clamping-unit.html>

- [23] *Unipetrol: Nabídka produktů* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.unipetrolrpa.cz/CS/NabidkaProduktu/petrochemicke-produkty/polyolefiny/Stranky/ProductFinder.aspx#>
- [24] *ADBURG* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://www.arburg.com/cs/cz/cast-pro-novinare/tiskova-zpravy/bulletin/nI/1166/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

°C	Celsiův stupeň
T_m	Teplotu tání
T_f	Teplota viskózního toku
PE	Polyethylen
PS	Polystyren
PP	Polypropylen
PVC	Polyvinylchlorid
PA	Polyamid
PMMA	Polymethylmethakrylát
p-v-T diagram	Diagram vzájemné závislosti tlaku objemu a teploty
%	Procento
mm	Milimetr
DIN	Deutsche Industrie-Norm (Německá průmyslová norma)
ČSN	Česká technická norma
3D	Tří rozměrný prostor
CATIA	Computer-Aided Three Dimensional Interactive Application (Počítačově grafická tří rozměrově interaktivní aplikace)
NC	Numerical control (Číslicové ovládání strojů)
PE-HD	Polyethylene high-density (Polyethylen s vysokou hustotou)
kg	Kilogram
m^3	Metr krychlový
g	Gram
min	Minuta
MPa	Megapascal
cm^3	Centimetr krychlový

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1</i> Základní dělení polymerů [4]	12
<i>Obr. 2</i> Vstřikovací cyklus [6]	15
<i>Obr. 3</i> Vstřikovací cyklus	16
<i>Obr. 4</i> Vnitřního tlaku p_i v dutině formy v průběhu vstřikování [3]	16
<i>Obr. 5</i> Schéma vstřikovacího stroje [8]	18
<i>Obr. 6</i> Řez vstřikovací jednotkou [3]	19
<i>Obr. 7</i> Uzavírací jednotka [22]	20
<i>Obr. 8</i> Základní funkce vstřikovací formy [9]	22
<i>Obr. 9</i> Rám vstřikovací formy [11]	23
<i>Obr. 10</i> Průběh smrštění výstřiku [20]	26
<i>Obr. 11</i> Schéma studeného vtoku [12]	27
<i>Obr. 12</i> Schéma soustavy rozváděcích kanálů [20]	28
<i>Obr. 13</i> Uspořádání rozváděcích kanálů u vícenásobných forem [12]	28
<i>Obr. 14</i> Vtokový systém formy [12]	29
<i>Obr. 15</i> Konstrukční provedení rozváděcích kanálů [9]	30
<i>Obr. 16</i> Typy vtokových ústí [20]	31
<i>Obr. 17</i> Horký vtok s jehlou [13]	32
<i>Obr. 18</i> Horké rozvodné bloky [11]	33
<i>Obr. 19</i> Řez horkým vtokovým systémem [21]	34
<i>Obr. 20</i> Mechanický vyhazovací systém [14]	35
<i>Obr. 21</i> Pneumatický vyhazovací systém [14]	36
<i>Obr. 22</i> Schéma soustavy kanálů aktivní temperace [15]	37
<i>Obr. 23</i> Aktivní temperování na vstřikovací formě [15]	37
<i>Obr. 24</i> Odvzdušňovací drážka s příkladem rozměrů [16]	38
<i>Obr. 25</i> 3D model florbalové čepele	44
<i>Obr. 26</i> 3D model florbalové čepele	45
<i>Obr. 27</i> ARBURG ALLROUNDER 570 C GOLDEN EDITION [24]	46
<i>Obr. 28</i> Pohled do pravé a levé strany hlavní dělicí roviny	47
<i>Obr. 29</i> Zobrazení dělicích rovin	48
<i>Obr. 30</i> Naznačení dělicích rovin na výrobku	48
<i>Obr. 31</i> Pohled do hlavní dělicí roviny formy	49
<i>Obr. 32</i> Tvárník	50

<i>Obr. 33 Tvárnice</i>	51
<i>Obr. 34 Boční tvarové jádro</i>	51
<i>Obr. 35 Sestava vstřikovací formy</i>	52
<i>Obr. 36 Hydraulický tahač jader Hasco</i>	53
<i>Obr. 37 Horký vtokový systém Hasco</i>	54
<i>Obr. 38 Temperační systém pravé (vstřikovcí) strany formy</i>	55
<i>Obr. 39 Temperační systém levé (uzavírací) strany formy</i>	55
<i>Obr. 40 Vyhazovací systém</i>	56
<i>Obr. 41 Transportní můstek a zámek dělicí roviny firmy Hasco</i>	57

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Parametry zvoleného materiálu [23]45

Tab. 2 Základní parametry vybraného vsříkovacího stroje a formy [24]46

SEZNAM PŘÍLOH

- P 1 Materiálový list PE-HD LITEN MB 68
- P 2 Parametry vstřikovacího stroje ARBURG ALLROUNDER 570 C GOLDEN EDITION
- P 3 Výkres sestavy formy
- P 4 Výkres pravé strany hlavní dělicí roviny
- P 5 Výkres levé strany hlavní dělicí roviny
- P 6 Kusovník
- P 7 CD obsahující:
 - textovou část bakalářské práce,
 - model formy, výrobku a výkresy příloh P3, P4, P5 a P6.

PŘÍLOHA P 1: MATERIÁLOVÝ LIST PE-HD LITEN MB 68

PE-HD LITEN® MB 68

TECHNICKÝ LIST

PE-HD PRO VSTŘIKOVÁNÍ

MFR (190/2,16): 7,5 g/10 min

Liten MB 68 je vysokohustotní polyetylen vyráběný v Unipetrolu RPA technologií UNIPOL.

Charakteristika

- C6 - kopolymer
- přírodní granulát
- úzká distribuce molekulových hmotností
- zvýšená zpracovatelská stabilizace

Mezinárodní označení

ISO 17855-PE-HD,M,57-D090

Aplikace

- kartuše pro lepidla a tmely
- technické díly

Materiálové vlastnosti (typické hodnoty, netvoří specifikaci daného typu)

Parametr	Zkušební metoda	Jednotka	Hodnota	
REOLOGICKÉ VLASTNOSTI				
Index toku taveniny (190 °C/2,16 kg)	ISO 1133-1	g/10 min	7,5	
Index toku taveniny (190 °C/5 kg)		g/10 min	22	
Poměr indexů toku taveniny 21,6/2,16		-	25	
Výrobní smršťení	podélně	ISO 294-3,4	%	2,29
	kolmo			1,95
MECHANICKÉ VLASTNOSTI				
Modul pružnosti v ohybu	ISO 178	MPa	950	
Modul pružnosti v tahu	ISO 527-1,2	MPa	1050	
Napětí na mezi kluzu		MPa	23	
Prodloužení na mezi kluzu		%	9,5	
Křípový modul v tahu	1 h	ISO 899-1	MPa	485
	1000 h			275
Vrubová houževnatost Charpy	23 °C	ISO 179-1	kJ/m ²	6,5
	-30 °C			5,5
TEPELNÉ VLASTNOSTI				
Teplota tání (DSC)	ISO 11357-1, 3	°C	134	
Teplota měknutí dle Vicata (VST)	ISO 306	°C	125	
HDT (1,8 MPa)	ISO 75-1,2	°C	43	
OSTATNÍ VLASTNOSTI				
Hustota (23±1) °C	ISO 1183-2	kg/m ³	956	
ESCR, F ₅₀ (55 °C; 6 MPa; 10 %)	ISO 22088-2	h	5	
Tvrdost Shore D	ISO 868	-	58	

Zpracovatelské podmínky

Parametr	Doporučená hodnota	Jednotka
Teplota taveniny	200 - 290	°C
Teplota formy	20 - 60	°C
Délka šneku	min. 15 d'	-

*Průměr šneku

PE-HD LITEN®

TECHNICKÝ LIST

Vzhledové vlastnosti

PE Liten je dodáván v podobě přírodního granulátu. Typické rozmezí délky granulí je (2 - 6) mm. Typické rozmezí sypané hmotnosti granulátu je (520 - 580) kg/m³.

Teplotní vlastnosti

Výrobky z PE Liten lze obecně používat do teploty 100 °C, u výrobků s vyššími nároky na mechanickou pevnost a tuhost nemá trvalá teplota překročit 70 °C, nárazově 90 °C. Stupeň tepelné stability všech typů PE Liten je takový, že při obvyklém způsobu zpracování nedochází k degradaci materiálu. Se snižující se teplotou klesá houževnatost materiálu a pod teplotou -30 °C je materiál již značně křehký.

Fyzikálně-chemické vlastnosti

PE Liten 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, oleum, apod.), v některých halogenovaných a aromatických uhlovodících za zvýšené teploty bobtná. PE Liten je materiál s téměř nulovou navlhavostí a nasákavostí. Sorpce vody se týká pouze povrchu materiálu, je možno ho proto použít v prostředí s proměnnou relativní vlhkostí, aniž by docházelo k rozměrovým změnám výrobků či změnám jeho mechanických vlastností. Při zpracování materiálu PE Liten může působit obtíže vlhkost, zkondenzovaná při přenosu materiálu z chladnějšího do teplejšího prostředí. Při teplotách skladování nižších než 20 °C se doporučuje kondicionovat materiál cca 24 h před vlastním zpracováním ve výrobní hale.

Zdravotní nezávadnost

PE Liten splňuje požadavky těchto nařízení a předpisů:

- Vyhlášky MZ ČR č. 38/2001 Sb., v platném znění;
- Nařízení Komise (EU) č. 10/2011, v platném znění;
- Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1935/2004;

Požární a bezpečnostně-technické charakteristiky

PE Liten není podle nařízení EP a Rady (ES) č. 1272/2008 (CLP) klasifikován jako nebezpečná látka ani nesplňuje 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.unipetrol.cz nebo na vyžádání.

Skladování a manipulace

PE Liten 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 dvou vrstev, výjimečně do tří vrstev. PE Liten může být alternativně dodáván volně ložený v autocisternách. Jiný způsob balení nebo dopravy je možný po dohodě s odběratelem.

PE Liten 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 PE Liten 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 PE Liten 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 (olova, kadmia, 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 PE Liten 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 vysokohustotní polyetylen používá druhová materiálová značka >PE-HD<. Materiálové značení na výrobcích z polyetylenu usnadňuje identifikaci materiálu při sběru, třídění, využívání či odstraňování uživatelského odpadu.

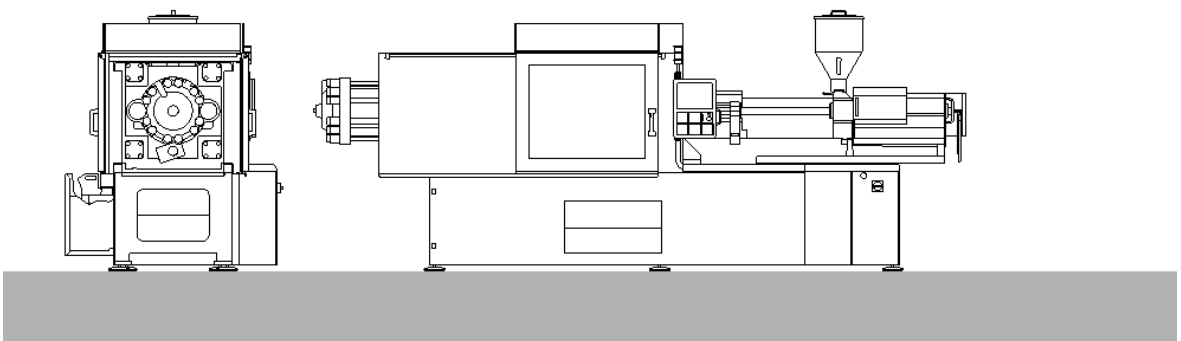
PE Liten z produkce Unipetrol RPA neobsahuje olovo, kadmium, rtuť ani šestimocný chrom, přičemž součet koncentrací těchto těžkých kovů nepřesahuje limitní hodnotu 100 ppm. Odpad z PE Liten zařazuje původce odpadu dle platné legislativy.

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

Doporučené způsoby využívání odpadů: materiálové využití, energetické využití.

PŘÍLOHA P 2: PARAMETRY VSTŘIKOVACHO STROJE ARBURG ALLROUNDER 570 C GOLDEN EDITION

Facts and figures



ALLROUNDER 570 C GOLDEN EDITION

Tie bar distance: 570 x 570 mm

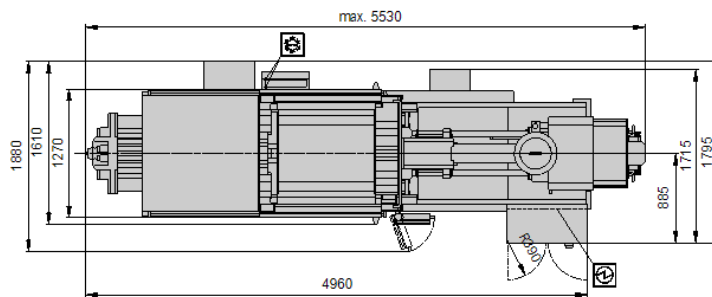
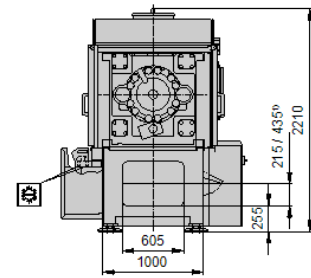
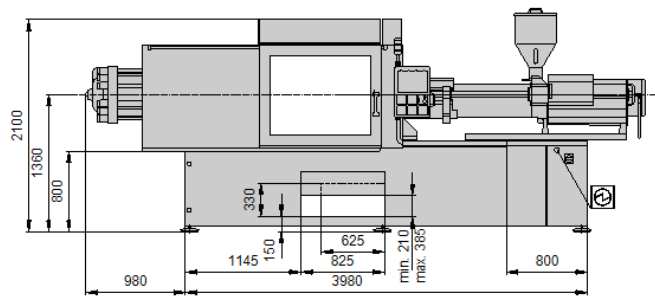
Clamping force: 2000 kN



Injection unit (according to EUROMAP): 800

ARBURG

570 C GOLDEN EDITION |

Machine dimensions



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

1) Dimension only valid in conjunction with conveyor belt

Technical data

570 C GOLDEN EDITION

Machine model	570 C GOLDEN EDITION	
EUROMAP size indication ¹⁾	2000-800	
Clamping unit		
Clamping force	max. kN	2000
Closing force	max. kN	70
Opening force / increased	max. kN	50 / 520
Opening stroke	max. mm	650
Mould height	min. mm	300
Daylight	max. mm	950
Distance between tie bars	mm	570 x 570
Platen size (hor. x vert.)	mm	795 x 795
Weight of mov. mould half	max. kg	1500
Ejector force	max. kN	66
Ejector stroke	max. mm	225
Hydraulics, drive, general		
Drive power of the hydraulic pump	KW	22
Dry cycle time for opening stroke ²⁾	s-mm	2,6-399
Total connected load ²⁾	KW	44,4
Colour: plastic coated, structure light grey / mint green / canary yellow		
Control cabinet		
Safety standard according to	DIN EN 60204	
Socket combination (1 single phase, 1 three-phase)	1 x 16 A	
Injection unit	800	
Screw diameter	mm	45 / 50 / 55
Effective screw length	L/D	22 / 20 / 18
Screw stroke	max. mm	200
Calculated injection volume	max. cm ³	318 / 392 / 474
Shot weight	max. g PS	291 / 359 / 434
Material throughput ⁴⁾	max. kg/h PS	46 / 53 / 59
	max. kg/h PA 6.6	23 / 27 / 30
Injection pressure ³⁾	max. bar	2470 / 2000 / 1650
Injection flow ³⁾	max. cm ³ /s	174 / 214 / 260
Back pressure positive / negative	max. bar	350 / 190
Circumferential screw speed	max. m/min	54 / 60 / 66
Screw torque	max. Nm	880 / 880 / 880
Nozzle contact force	max. kN	70
Nozzle retraction stroke	max. mm	400
Installed cylinder heating power / heating zones	KW	19,3 / 7
Installed nozzle heating power	KW	0,6
Material hopper capacity	l	50
Machine dimensions and weights of the basic machine		
Oil capacity	l	290
Net weight	kg	7450
Electrical connection (pre-fused) ⁵⁾	A	100

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

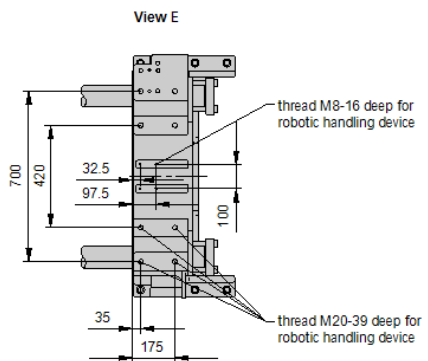
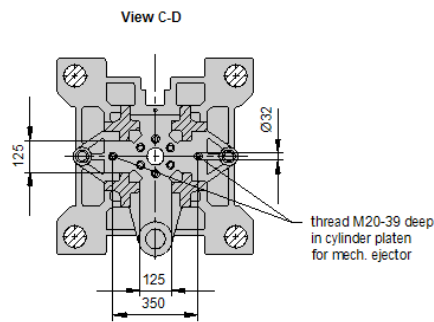
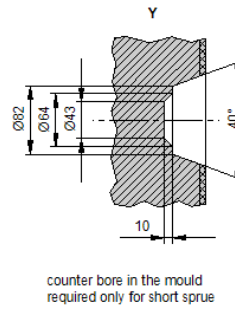
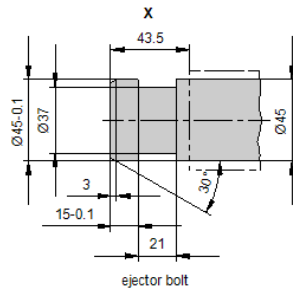
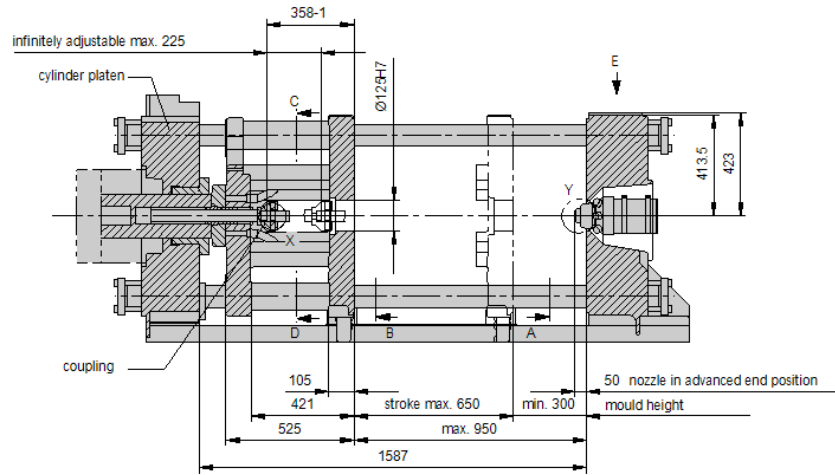
2) Values refer to 400 V/50 Hz. The load is symmetrically distributed on three phases (observe phase loading when installing new equipment)

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

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

5) According to EUROMAP

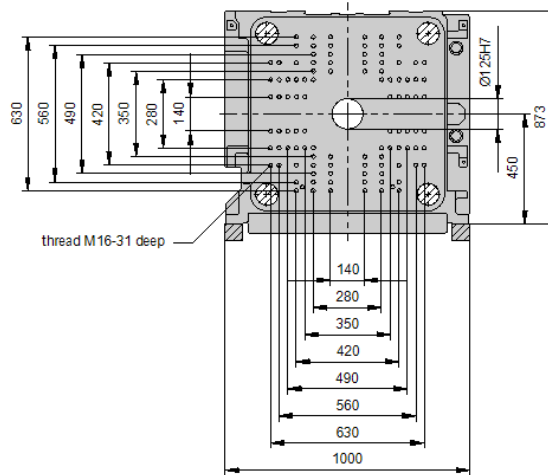
These technical data specifications refer to the state at the time of printing. We reserve the right to modify specifications in the interest of a continuous program of further development.



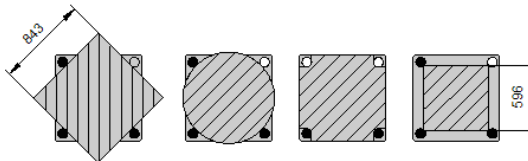
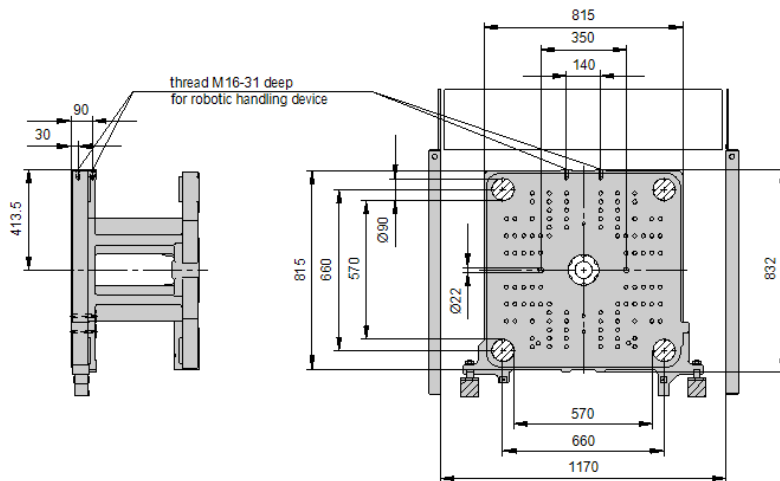
Mould and platen layout

570 C GOLDEN EDITION

Fixed platen
View A



Movable platen
View B



Useable mounting surface with tie bars removed

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

Injection units according to EUROMAP		800		
Screw diameter	mm	45	50	55
Polystyrene	PS	291	359	434
Styrene heteropolymerizates	SB	284	350	424
	SAN, ABS ¹⁾	278	344	416
Cellulose acetate	CA ¹⁾	327	404	488
Celluloseacetobutyrate	CAB ¹⁾	304	375	454
Polymethyl methacrylate	PMMA	300	371	449
Polyphenylene ether, mod.	PPE	270	333	403
Polycarbonate	PC	305	377	456
Polysulphone	PSU	316	390	471
Polyamides	PA 6.6, PA 6 ¹⁾	289	357	431
	PA 6.10, PA 11 ¹⁾	270	333	403
Polyoximethylene (Polyacetal)	POM	359	443	536
Polyethylene terephthalate	PET	346	427	517
Polyethylene	PE-LD	219	271	328
	PE-HD	227	280	339
Polypropylene	PP	232	286	346
Fluoropolymerides	FER, PFA, PCTFE ¹⁾	465	574	695
	ETFE	408	504	609
Polyvinyl chloride	PVC-U	351	434	525
	PVC-P ¹⁾	324	401	485

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

© 2013 ARBURG GmbH + Co KG

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

All data and technical information have been compiled with great care. However, we are unable to guarantee its correctness. Individual illustrations and information may deviate from the actual delivery condition of the machine. The relevant valid operating instructions are applicable for the installation and operation of the machine.

**ARBURG GmbH + Co KG**

DIN EN ISO 9001 + 14001 + 50001 certified

Partner of the Engineering Industry
Sustainability Initiative