

Konstrukční řešení technického dílu a nástroje pro jeho zpracování

Jan Kuzma

Bakalářská práce
2021

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jan Kuzma**
Osobní číslo: **T18847**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Konstrukční řešení technického dílu a nástroje pro jeho zpracování**

Zásady pro vypracování

1. Vypracovat literární studii pro dané téma.
2. Provést 3D konstrukci modelu vstřikované součásti.
3. Navrhnout 3D konstrukci vstřikovací formy pro zadaný díl.
4. Nakreslit 2D řez vstřikovací formou spolu s výkresy a kusovníkem.

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

Seznam doporučené literatury:

ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů: teorie a praxe. Praha: Grada Publishing, 2018, 455 s. ISBN 978-80-271-0614-1.
OSSWALD, Tim A., Lih-Sheng TURNG a Paul J. GRAMANN. Injection molding handbook. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s. ISBN 978-1-56990-420-6
REES, Herbert. Mold engineering. 2nd ed. Cincinnati: Hanser Gardner Publications, c2002. ISBN 3-446-21659-6.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Ovsík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

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

L.S.

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

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

Ve Zlíně dne 1. dubna 2021

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- Že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne: 17.05.2021

Jméno a příjmení studenta: Jan Kuzma

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je vypracovat konstrukční řešení technického dílu, kterým je víčko sportovní láhve. Taktéž je cílem vypracovat nástroj pro zpracování dílu. V tomto případě vstřikovací formu.

Teoretická část obecně popisuje problematiku vstřikování, zásady správné konstrukce vstřikovací formy, vstřikovacího stroje a vstřikovaného dílu.

Praktickou část bakalářské práce tvoří konstrukce 3D modelu vstřikované součásti a 3D návrh vstřikovací formy zpracované v programu CATIA V5 R19.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, konstrukce formy

ABSTRACT

The goal of my work is to create a constructional solution of a technical component which is a sports bottle cap, as well as it is to create a tool for compiling the component. This time with help of an injection mold.

The theoretical part describe a problematic of injection, principles of a correct injection mold, injection mold, injection molding machine and injection molded part.

The practical part of my bachelor thesis is made of a 3d model injection molded part and a 3D concept of a injection mold made in CATIA V5 R19.

Keywords: injection, injection mold, mold design

Rád bych tímto chtěl poděkovat všem, kteří mi pomohli k napsání bakalářské práce. Obzvláště Ing. Martinovi Ovsíkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a čas, který mi věnoval.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 POLYMERY	11
1.1 PLASTY	11
1.1.1 Termoplasty.....	11
1.1.2 Reaktoplasty.....	12
1.2 ELASTOMERY	12
1.2.1 Kaučuky	12
1.2.2 Termoplastické elastomery	12
1.3 VOLBA VHODNÉHO TERMOPLASTU	12
1.4 PŘÍPRAVA MATERIÁLŮ PŘED VSTŘIKOVÁNÍM	13
1.4.1 Granulace	13
1.4.2 Recyklace	13
1.4.3 Doprava materiálu	14
1.4.4 Sušení	14
2 VSTŘIKOVÁNÍ	15
2.1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ.....	15
2.2 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	15
2.3 VSTŘIKOVACÍ STROJE.....	16
2.3.1 Vstřikovací jednotka	17
2.3.2 Uzavírací jednotka	18
3 VSTŘIKOVACÍ FORMY	19
3.1 ROZDĚLENÍ VSTŘIKOVACÍCH FOREM	19
3.2 POSTUP PŘI VÝROBĚ A VÝVOJI VSTŘIKOVACÍ FORMY	20
3.3 STUDENÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY	21
3.3.1 Vtokový kanál	23
3.3.2 Rozváděcí kanál	24
3.3.3 Vtokové ústí	24
3.3.4 Kuželový vtok	25
3.3.5 Bodový vtok	25
3.3.6 Tunelový vtok	26
3.3.7 Banánový vtok	26
3.3.8 Přidržovače a vyhazovače vtoku	26
3.4 VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY	27
3.4.1 Vyhřívané trysky	28
3.4.2 Vyhřívané rozvodové bloky	29
3.5 VYHAZOACÍ SYSTÉMY	30
3.5.1 Mechanické vyhazování	31

3.5.2	Vzduchové vyhazování	31
3.5.3	Vyhození pomocí přídavných zařízení.....	32
3.6	TEMPERACE FOREM	32
3.7	ODVZDUŠNĚNÍ FOREM	34
II	PRAKTICKÁ ČÁST	35
4	STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	36
5	POUŽITÝ SOFTWARE	37
5.1	CATIA V5 R19.....	37
5.2	HASCO DAKO MODUL.....	37
5.3	MEUSBURGER	37
6	VSTŘIKOVANÝ DÍL	38
6.1	MATERIÁL VÝSTŘIKU	39
7	VSTŘIKOVACÍ STROJ	40
8	KONSTRUKCE FORMY	41
8.1	NÁSOBNOST FORMY	42
8.2	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY	42
8.2.1	Tvárnice.....	43
8.2.2	Tvárník	43
8.2.3	Rozpínací závitový trn	44
8.3	VTOKOVÝ SYSTÉM	44
8.4	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	45
8.5	ODVZDUŠNĚNÍ.....	46
8.6	MANIPULAČNÍ SYSTÉM.....	46
8.7	ODFORMOVÁNÍ VÝROBKŮ	46
8.7.1	Otevírání formy	47
8.7.2	Stírací deska	48
9	DISKUZE VÝSLEDKŮ	49
	ZÁVĚR	50
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	51
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	54
	SEZNAM OBRÁZKŮ	56
	SEZNAM TABULEK.....	57
	SEZNAM PŘÍLOH.....	58

ÚVOD

Polymerní materiály nás obklopují všude kolem nás, ať už chceme či nikoli. Stále více klasických materiálů (ocel, dřevo, sklo) je nahrazováno polymerními materiály pro své mechanické a fyzikální vlastnosti, které se neustále zdokonalují. Využití najdou ve strojírenském a elektrotechnickém průmyslu. V neposlední řadě i ve zdravotnictví.

Nejčastějším způsobem zpracování plastu je vstřikování do forem. V dnešní době můžeme vstřikovat malé a složité výrobky, nebo i výrobky velkorozměrné. Můžeme také kombinovat i více materiálů, pro zdokonalování jejich vlastností. Vstřikovací stroje a formy jsou velmi nákladné, proto se využívají především ve velkosériové výrobě.

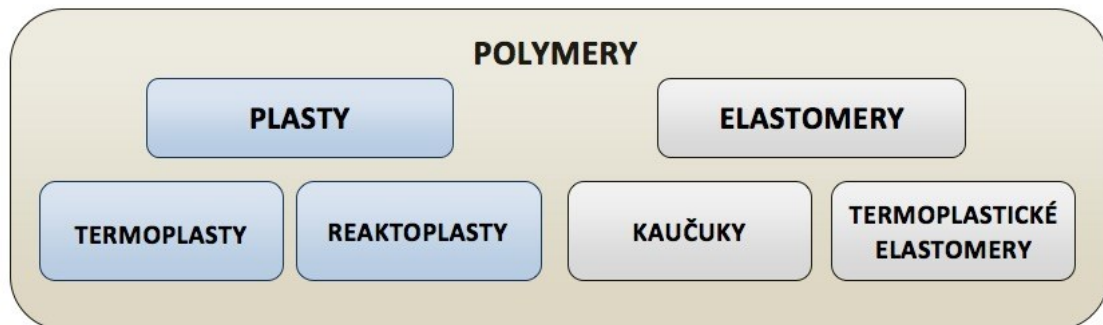
Konstrukce formy je složitý proces, který si v současnosti dokážeme ulehčit výpočetní technikou a softwarovými aplikacemi jako je například Catia, Solid Edge atd, které nám umožňují 3D konstruování, design, analýzy a výkresovou dokumentaci. Dále jsou zde firmy, které se specializují na výrobu normalizovaných součástí do vstřikovacích forem. Což nám ušetří mnoho času a financí.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY

Polymery jsou přírodní nebo syntetické látky, kde se ve velké molekule mnohonásobně opakuje základní monomerní jednotka. Je to chemická stavebnice, která umožňuje proměnlivost struktur a vlastností výsledných látek. Polymery se dělí na elastomery a plasty, jak je vidět na Obr. 1 Základní rozdělení polymerů [1]

.Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.[1]



Obr. 1 Základní rozdělení polymerů [1]

1.1 Plasty

Plasty jsou polymery, u kterých vnější namáhání způsobuje deformaci převážně trvalého charakteru. Při běžných podmínkách jsou většinou tvrdé a často křehké. Podle chování při zahřívání je dělíme na termoplasty a reaktoplasty. [1]

1.1.1 Termoplasty

Termoplasty jsou materiály, které při zahřívání přechází do plastického stavu, měknou a můžeme je tvářet, v našem případě vstříkovat. Do oblasti taveniny přechází zahřátím nad teplotu tání. Zpětným ochlazením pod teplotu tání přechází do tuhého stavu. Při zahřívání neprobíhá chemická reakce a nemění se chemická struktura. Proces tuhnutí a měknutí můžeme opakovat do nekonečna, protože měníme pouze fyzikální charakter. Termoplasty dělíme podle molekulární struktury na: [1]

- Amorfní – nepravidelné uspořádání řetězců.
- Semikrystalické – podstatná část řetězců je pravidelně a těsně uspořádána a tvoří krystalické útvary, zbytek je amorfní.

1.1.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty jsou materiály, které jsou tavitelné a tvarovatelné jen po určitou dobu po zahřátí. Během dalšího zahřívání dochází k chemické změně, kde se původní molekuly zesítují a od toho okamžiku se stávají netavitelné a nerozpustné. Chemická reakce, při které probíhá zesíťování struktury se nazývá vytvrzování. Vytvrzený materiál nelze znova tvarovat svařovat a ani převést do taveniny. Výrobky se vyznačují vysokou tepelnou a chemickou odolností, tuhostí a tvrdostí. Nevytvrzený reaktoplast se obvykle nazývá pryskyřice. [1]

1.2 Elastomery

Elastomery jsou vysoce pružné (elastické) s nízkou tuhostí. Můžeme je za běžných podmínek malou silou značně deformovat bez porušení. Deformace je většinou vratná. Typický představitel je kaučuk. Z něj se vulkanizací vyrábí pryž, vysoce pružný materiál odolný trvalé deformaci. Pryž je vulkanizovaný elastomer a je charakterizován příčnými vazbami mezi makromolekulami. V důsledku zesíťování je to amorfní polymer. [1]

1.2.1 Kaučuky

Kaučuky jsou polymerní materiály, které v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, ale pouze omezenou dobu. Při dalším zahřívání dochází k chemické reakci – prostorové zesíťování struktury a probíhá vulkanizace. [2]

1.2.2 Termoplastické elastomery

Termoplastické elastomery jsou vlastnostmi dosti podobné pryžím. Struktura je tvořena tvrdými a měkkými segmenty. Tvrdé segmenty jsou tvořeny termoplasty, které vytváří síť. Měkké segmenty pak elastomery. Při zvyšování teploty přechází na rozdíl od pryží do tekutého stavu a dají se zpracovávat podobně jako termoplasty. Výhodou termoplastických elastomerů je možnost vstřikování na běžných strojích určených pro termoplasty a také, že se dají opětovně zpracovat. [1]

1.3 Volba vhodného termoplastu

Při volbě vhodného termoplastu pro vstřikování musíme počítat s požadavky, které musí vystříknutá součást po dobu své životnosti splňovat, kvůli omezení vyplývající z materiálové báze podstaty plastů. Zadavatel výroby, konstruktér a designér, musí vzít

v úvahu celou řadu faktorů, které ovlivňují splnění kladených požadavků. Hlavní požadavky na materiál jsou: [3]

- Finanční – materiálová cena, procesní náklady.
- Rozměrové – geometrie, rozměrová přesnost, hmotnost, díl pro vnější nebo vnitřní použití, smrštění.
- Procesní – technologie zpracování, vstřikování, vytlačování, vyfukování.
- Mechanické – tvrdost, tuhost, houževnatost, životnost.
- Environmentální – tepelná odolnost, chemická odolnost, voděodolnost.

1.4 Příprava materiálů před vstřikováním

Před vlastním technologickým postupem zpracování kompozitů a plastů se využívají technologické postupy a procesy, jenž připraví nebo upraví plast dle požadovaných konečných vlastností. Technologie slouží například k dopravě plastů, k přidávání přísad do plastů, k recyklaci, k sušení, ke hnětení a podobně. Přípravné technologie slouží k ovlivnění konečných vlastností plastů, například fyzikální, chemické, mechanické, elektrické, tepelné apod. vlastnosti. Také slouží k přípravě plastů z hlediska jejich dávkování a dopravy. Mezi technologie přípravného zpracování plastů patří například technologie granulace, míchání a hnětení, tabletování recyklace, sušení a doprava materiálu. [4]

1.4.1 Granulace

Plasty v technologických procesech využíváme v různých tvarech, které jsou potřebné pro samostatný proces zpracování. Vstupním tvarem jsou granule, kaše, pasty, recykláty. Jedním z nejpoužívanějších tvarů pro zpracování jsou granule, které mají tvar krychle, čochy, válečků. Granule mají dobrou sypanou hmotnost. Lze je míchat s dalšími materiály a můžeme je dobře dávkovat. Existují dvě základní metody granulace plastů: [4]

- granulace z pásu.
- granulace ze strun.

1.4.2 Recyklace

Během zpracování dochází ke vzniku procentuálního objemu výroby, který nemůžeme zařadit mezi výrobky požadované kvality, rozměru a tvaru. Tento podíl nazýváme odpad.

Odpad, který vzniká při výrobě může být vstupní materiál pro technologii zpracování plastů. Proto recyklaci můžeme řadit mezi přípravné technologie. Dle vzniku odpadu dělíme na: [4]

- Technologický – odpad který vzniká při výrobě (vadné výrobky, vtokové systémy), ekonomická a ekologická šetrnost, můžeme vrátit do výroby.
- Užitný odpad – používané plastové díly (nevratné změny vlastností plastů), většinou znehodnocen nejen změnou vlastností, ale i znečištěním proto zpětně téměř nevyužíváme.

Odpad pro další zpracovávání používáme ve formě:

- Recyklátu – nadrcené a rozemleté plastové díly, odpad.
- Regranulátu – též regenerát, nadrcený nebo rozemletý materiál, který byl před zpracováním granulovaný a upravený přísadami, plnivy, aditivy.

Ideálně se k výrobě plastových dílů používá odpad, který přímo vzniká při výrobě dílů.

[4]

1.4.3 Doprava materiálu

Doprava materiálu slouží k dodání suroviny ke zpracovatelskému zařízení. Materiál přichází z chemických závodů již připravený pro zpracování. Do výrobních závodů se pro zpracování plast dodává v pytlích, oktábínech nebo v cisternách. Skladování a manipulace s materiálem by neměla mít vliv na kvalitu a konečné vlastnosti plastu. [4]

1.4.4 Sušení

Velká část plastů je navlhavá, nasákavá, proto se před zpracováním musí sušit. Aby bylo dosaženo požadovaných materiálových vlastností. Sušení je technologický proces, který vede ke snížení obsahu vlhkosti. Ta se pak projevuje zhoršováním kvality povrchu výrobku tvořením šmouh. [4]

2 VSTŘIKOVÁNÍ

Jedná se o nejpoužívanější technologii pro zpracování termoplastů, polymerních směsí, termoplastických elastomerů, kompozitů, ale i kaučuků, reaktoplastů a pryží. Tato technologie vstřikování plastů svým principem vychází z technologie tlakového lití, avšak za výrazně odlišných teplot zpracování a tokových vlastností tavenin. Podstata technologie vstřikování je založena na cyklickém opakování jednotlivých částí výrobního cyklu. Výrobky mají charakter konečného výrobku, polotovary nebo díly pro další zkompletování samotného výrobního celku (nárazníky, světla, součásti přístrojů). Vstřikovat můžeme malé díly o hmotnosti menší než 0,1 kg, zároveň můžeme vstřikovat díly s hmotností několika kilogramů. [4]

2.1 Technologie vstřikování

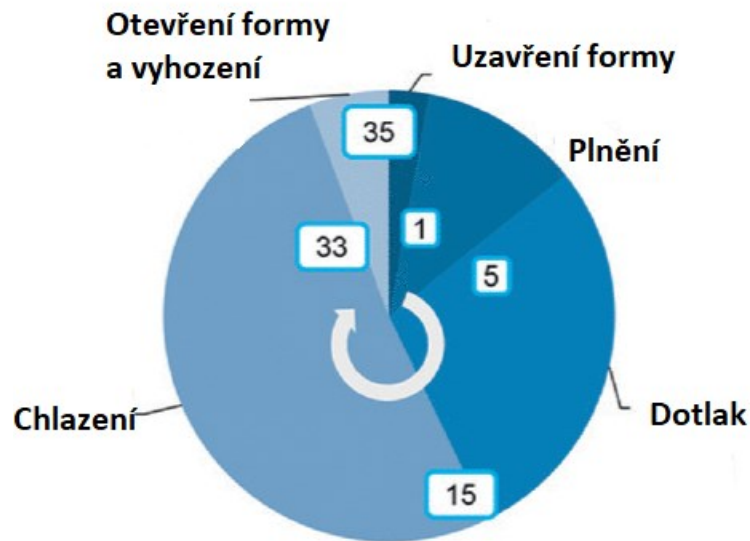
Plast, recyklát nebo regranulát je nasypan do násypky, ze které je odebírán pracovní částí stroje (šnekem, pístem), která plast dopravuje do tavicí komory. Zde za současného účinku tření a topení plast taje a vzniká tavenina. Tavenina se vstřikuje do dutiny formy, kterou kompletně zaplní a získá její tvar. [4,7]

2.2 Vstřikovací cyklus

Vstřikování plastů je proces, který nepřetržitě opakuje vstřikovací cykly, během kterého plast prochází teplotním a tlakovým cyklem. Vstřikovací cyklus formy se skládá z: [5]

- Uzavření.
- Vstříknutí (plnění).
- Dotlaku.
- Chlazení.
- Otevření.
- Přidržení.

Při otvírání formy dochází také k vyprazdňování a přípravě formy. Plastikace obvykle začíná na konci fáze přidržení a končí během fáze chlazení formy. U obvyklých dílů trvá fáze chlazení asi dvě třetiny celkové doby cyklu. Na začátku vstřikování je forma studená a prvních dvacet nebo více výstřiků zahřívá formu. [5]



Obr. 2 Časy vstřikovacího cyklu [6]

Obr. 2 popisuje čas každého vstřikovacího cyklu pro obecný výrobek s tloušťkou stěny 2 až 3 mm. Celý cyklus trvá 30 až 40 sekund. [6]

2.3 Vstřikovací stroje

Vstřikovací proces probíhá na strojích, které jsou plněny z velké většiny automaticky, tudíž se dosahuje vysoké produktivity práce. Kvůli vysoké pořizovací ceně, jak strojního zařízení, tak vstřikovací formy dává technologie největší význam při velkosériové a hromadné výrobě. Základní části vstřikovacího stroje:[7]

- Vstřikovací jednotka.
- Uzavírací jednotka.
- Řídící jednotka.

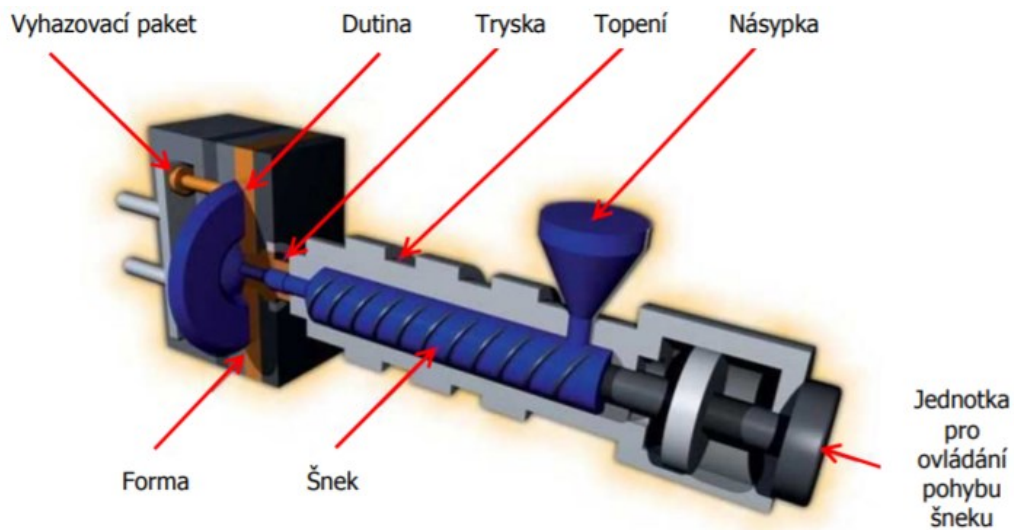


Obr. 3 Ukázka vstřikovacího stroje Wittmann-Battenfeld [8]

2.3.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka plní dva hlavní úkoly. Přeměňuje granulát plastů na taveninu o určené viskozitě a vstřikuje taveninu vysokou rychlostí a velkým tlakem do dutiny formy. Při začátcích vstřikování plastů se používaly vstřikovací jednotky pístové. Princip byl převzatý z lití roztavených kovů pod tlakem. V dnešní době byly zcela nahrazeny jednotkami šnekovými. Úkolem vstřikovací jednotky, je převést do plastického stavu v co nejkratší době, co největší množství hmoty a zároveň zajistit maximální teplotu homogenitu taveniny. Konstrukcí šnekových vstřikovacích strojů byly s úspěchem vyřešeny hlavní nedostatky pístových strojů.

Při plastikaci se šnek otáčí a nabírá granulovaný plast z násypky, který stlačuje a dopravuje jej do vytápěných částí tavicí komory. Materiál zde taje a jako tavenina se hromadí před čelem šneku. Šnek během otáčení ustupuje dozadu. Po zplastikování potřebného množství plastu se šnek přestane otáčet a bez otáčení se pohybuje dopředu jako píst a vstřikuje taveninu do dutiny formy. Plastikace nové dávky plastu může probíhat ještě ve fázi chlazení výstřiku ve formě. Výrobní cyklus je kratší než u pístových vstřikovacích strojů. [7]



Obr. 4 Popis vstřikovací jednotky [9]

2.3.2 Uzavírací jednotka

Hlavním úkolem uzavírací jednotky je zavírat a otevírat formu podle procesu vstřikování a zajistit uzavření formy takovou silou, aby se forma při vstříknutí taveniny tlakem neotevřela. V současnosti mají stroje programovatelnou rychlost a sílu uzavírací vstřikovací formy. Hlavní části uzavírací jednotky:

- Opěrná deska.
- Upínací deska.
- Vodící sloupky.
- Uzavírací mechanismus.

Používáme různé uzavírací systémy např. hydraulické, mechanické, kombinace hydraulického a mechanického způsobu. V poslední době se používají i elektrické systémy. [7]



Obr. 5 Hydraulická uzavírací jednotka [8]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMY

Vstřikovací forma je komplexní systém, který musí současně splňovat mnoho požadavků vycházejících ze vstřikovacích procesů. Forma musí odolávat vysokým tlakům, musí vyrobit požadovaný počet výrobků o přesných rozměrech a musí umožnit snadné vyjmutí výrobku z formy. Konstrukce a výroba je náročná na odborné znalosti, stejně tak i finanční náklady. [7,10]

3.1 Rozdělení vstřikovacích forem

Rozdělení vstřikovacích forem je velmi rozmanité a můžeme je rozdělit podle násobnosti:

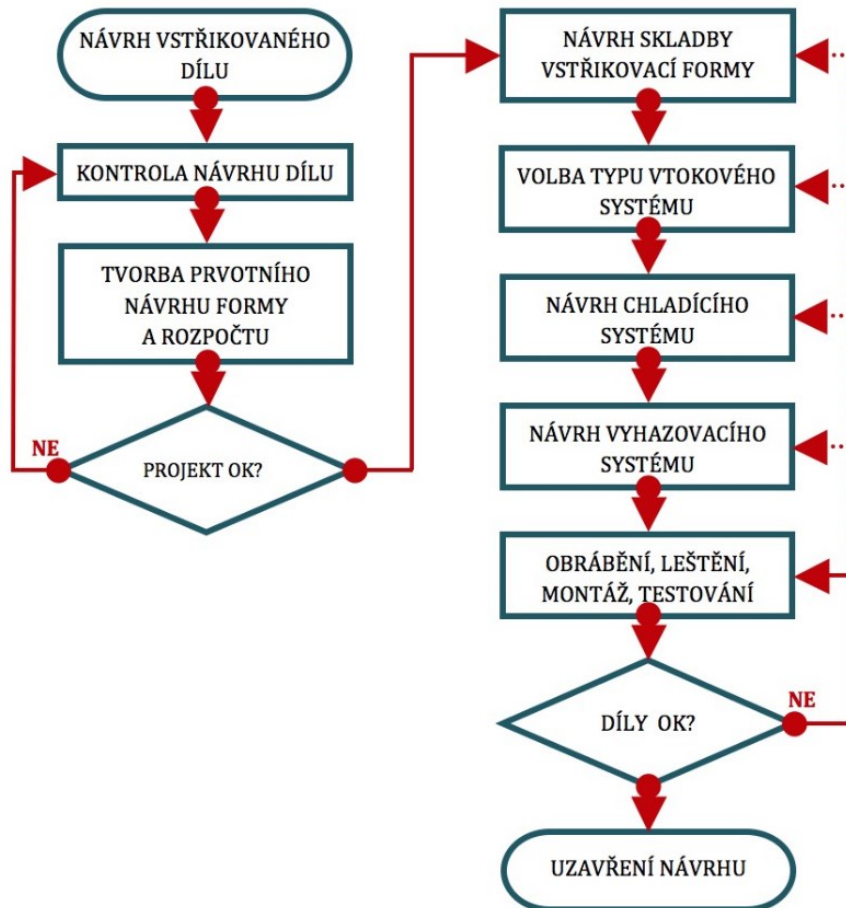
- Jednonásobné.
- Vícenásobné.

Podle způsobu zaformování a konstrukčního řešení: [7]

- Dvoudeskové.
- Třideskové.
- Etážové.
- Čelistové.
- Vytáčekci.

3.2 Postup při výrobě a vývoji vstříkovací formy

Při tvorbě konstrukčního návrhu vstříkovací formy musíme zohlednit současně několik skutečností a provést v určitém sledu několik rozhodnutí o parametrech vstříkovací formy, jak můžeme vidět na Obr. 6. [11]

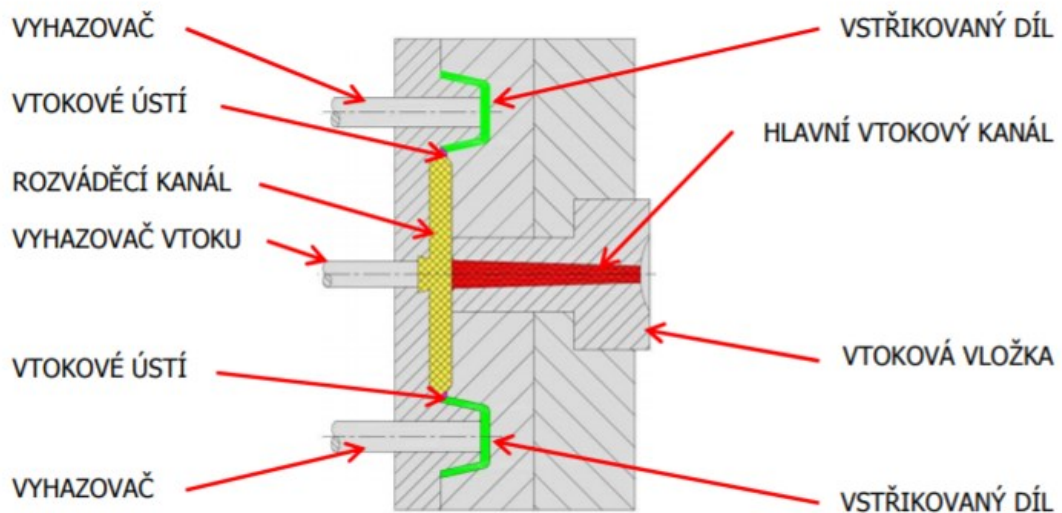


Obr. 6 Postup návrhu vstříkovací formy [11]

Po navržení, obrobení, vyleštění a smontování formy jsou provedeny zkoušky vstříkování s cílem ověření základní funkčnosti vstříkovací formy. Když se během testování nevyskytnou významné problémy, jsou vstříkované díly tzv. „vyvzorkovány“ a jejich kvalita je porovnávána s požadavky stanovenými před zahájením výroby. Je velmi důležité několikanásobné ověření konstrukce vstříkovací formy či vstříkovaného dílu ještě před zahájením výroby formy. [11]

3.3 Studené vtokové systémy

Studené vtokové systémy (SVS) se skládají z několika základních částí, které zajišťují dopravu taveniny polymeru do tvarové dutiny formy. Popis základních částí je uveden na Obr. 7. [12]



Obr. 7 Schéma studeného vtokového systému [12]

Hlavní části studeného vtokového systému:

- Hlavní vtokový kanál (vtoková vložka).
- Rozváděcí kanál.
- Vtokové ústí.

Principem je vstříknutí roztaveného polymeru do studeného vtokového systému, kde tavenina ihned začíná na jeho stěnách tuhnout. Vytváří se izolační vrstva ztuhlého polymeru a tavenina proudí horkým jádrem. U delších a mnohonásobných forem je důležité odstupňovat velikost rozváděcích kanálů. Musíme dbát na rovnoměrné zaplnění všech dutin. Tavenina vstupuje do dutiny skrz vtokové ústí, které může být řešeno mnoha způsoby podle konstrukce formy a vstříkovaného dílu. Po zaplnění dutiny nastává dotlak, který nahrazuje ztrátu objemu taveniny způsobenou smrštěním. Je důležité, aby byla tavenina v jádru výlisku pokaždé propojena s vtokem, jehož okolí má tuhnout jako poslední. [12]

Požadované vlastnosti SVS:

- Odstranit oblasti, kde by se mohl hromadit plast – rovnoměrnější chladnutí.
- Zaoblení hran – zabránění turbulentnímu proudění.

- Zachycení chladného čela proudící taveniny.
- Krátký vtokový systém – méně odpadu.
- Rovnoměrné zaplnění všech dutin ve stejný okamžik.
- Malý povrch kanálů vtokového systému a dostatečný průřez pro vytvoření jádra.
- Vtokové ústí zanechává minimální stopu na vstříkovaném díle.
- Snadné vyjmutí vtokových kanálů. [12]

Výhody SVS:

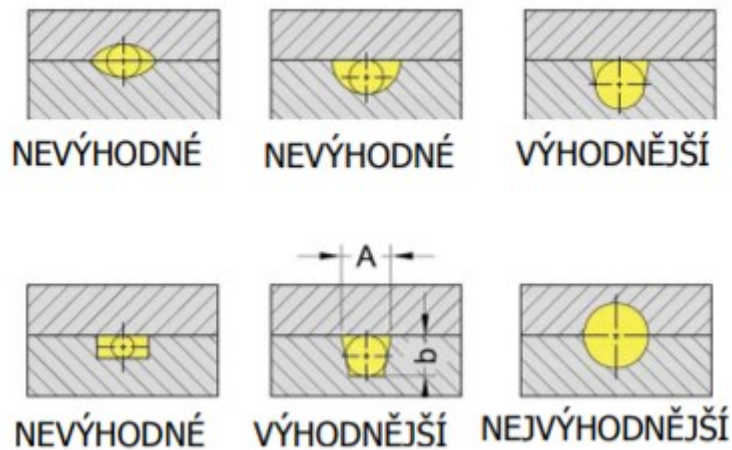
- Jednodušší a levnější na výrobu formy než horké vtoky.
- Komponenty (vtoková vložka) normalizovány.
- Není potřeba energetického připojení.
- Snadné provedení vícenásobných forem.

Nevýhody SVS:

- Větší spotřeba materiálu než u horkých vtoků.
- Zajištění oddělování vtokového systému.
- Nutnost přidržování a vyhazování vtokového zbytku.

3.3.1 Vtokový kanál

Tvar průřezu vtokového kanálu by měl zajistit co nejmenší tlakové a tepelné ztráty. Geometricky nejvýhodnější průřez je průřez kruhový, který je náročnější na přesnost výroby obou polovin kruhového průřezu. [12]



Obr. 8 Řešení vtokových kanálů [12]

Tavenina polymeru je přímo z trysky stroje vstříkována do hlavního vtokového kanálu (vtokové vložky). Tryska stroje je vystředěna středícím kroužkem na vtokovou vložku formy, do níž je vyroben hlavní vtokový kanál. Vtokový kanál je rozšiřován pod úhlem $0,5^\circ$ až $1,5^\circ$ směrem k dělicí rovině, aby bylo možno zajistit vyhození zbytků vtoků. Vtokový kanál může ústít do dutiny formy nebo do rozváděcího kanálu. [12]

Vtoková vložka je normalizovaný díl, který je tepelně a mechanicky namáhán, proto se vyrábí z houževnatého materiálu s tepelným zpracováním. Na Obr. 9 můžeme vidět předpřipravený otvor pro usazení do správné polohy ve formě pomocí kolíků. [12]

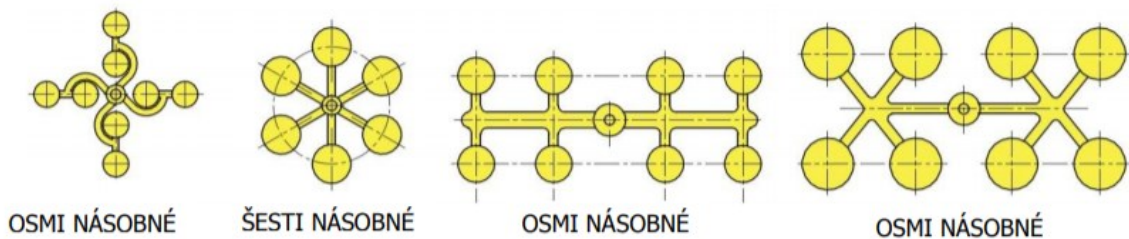


Obr. 9 Vtoková vložka [13]

3.3.2 Rozváděcí kanál

Do rozváděcího kanálu ústí hlavní vtokový kanál. Velikost rozváděcího kanálu závisí na velikosti vstřikovaného dílu a určuje se pomocí empirických vztahů nebo v dnešní době pomocí moldflow analýzy. Počet a délka rozváděcích kanálů je závislý na typu a násobnosti formy. Konstruuji se co nejkratší.

Průřez je konstruován tak, aby došlo k zatečení všech dutin ve stejnou chvíli. U výlisků s vysokými nároky na přesnost je důležité, aby každá dutina byla plněna stejně rychle, ale také pod stejným tlakem a stejně teplou taveninou. [12]



Obr. 10 Rozmístění rozváděcích kanálů [12]

3.3.3 Vtokové ústí

Tavenina je přiváděna z rozváděcího kanálu do dutiny přes zúžené místo, kterému se říká vtokové ústí. Vtokové ústí by mělo být co nejmenší, aby zanechávalo pouze málo patrné stopy na vstřikovaném díle. [12]

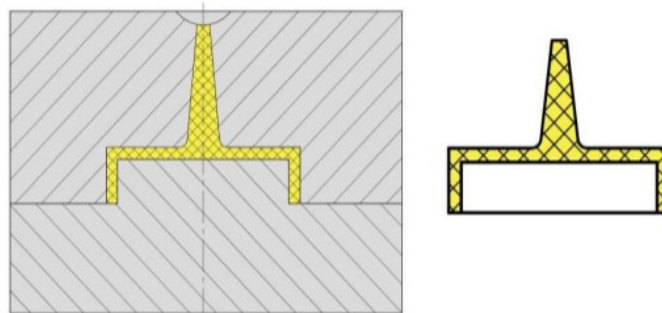
Vtokové ústí se umísťuje:

- Do nejtlustšího místa stěny výrobku – tavenina teče vždy z většího prostoru dutiny k menšímu.
- Do geometrického středu dutiny – tavenina zateče do všech míst rovnoměrně.
- U více přesných výrobků se musí brát v úvahu rozdíly podélného a příčného smrštění – semikrystalické polymery.
- Ve směru orientace žeber – zatečení do všech míst.
- Mimo namáhané nebo pohledové plochy.
- U obdélníkových tvarů ve směru delší strany.

- Aby studené spoje vznikaly mimo pohledová a namáhaná místa.
- Aby byla dráha taveniny v dutině co nejkratší. [12]

3.3.4 Kuželový vtok

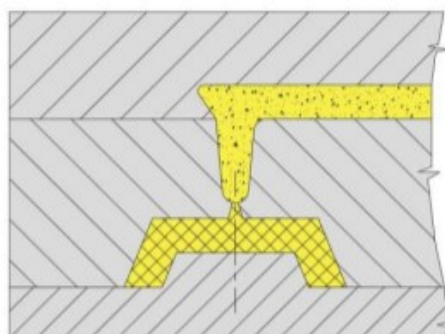
Přivádí taveninu z hlavního vtokového kanálu přímo do dutiny formy. Využívá se pro jednoduché symetrické výrobky s tlustšími stěnami a pro plasty s horší tekutostí, kde je potřeba delší dotlak. Nevýhodou kuželového vtoku je pracné odstranění zbytku vtokového kanálu. Výhodou je jednoduché provedení a snadná výroba. [12]



Obr. 11 Kuželový vtok [12]

3.3.5 Bodový vtok

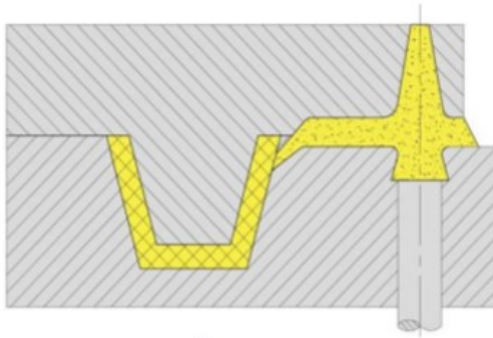
Bodový vtok je vhodný pro tenkostěnné výrobky, průměr vtoku ústí je nejčastěji 1 mm. Vtok je kuželovitě rozšířen směrem k výrobku, aby se ztuhlý plast v ústí vytrhl a byl vytažen společně s vstříkovaným dílem. V předkomůrce zůstává tavenina, která je vstříknuta při dalším cyklu do dutiny formy. Využití rozváděcích kanálů vyžaduje třídeskový systém formy. Nevýhodou bodového vtoku je větší stopa po vtoku na vstříkovaném díle a nutnost dodržení výrobního cyklu (nebezpečí zatuhnutí taveniny v předkomůrce). Výhodou je oddělení vtokového systému od dílu při vyhození a větší možnost výběru umístění vtoku než u tunelových vtoků. [12]



Obr. 12 Bodový vtok [12]

3.3.6 Tunelový vtok

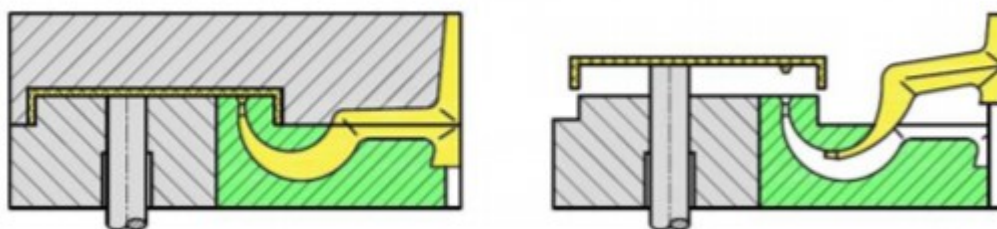
Tunelový vtok zajišťuje automatické oddělení vtokového systému od vstříkovaného dílu. Nepoužívá se pro plasty, které jsou vyztužené vláknitým plnivem. Nevýhodou tunelových vtoků je náročný způsob výroby a omezené použití v závislosti na druhu vstříkovaného materiálu. Výhodou je automatické oddělení vtokového systému bez nutnosti použití třetí vložené desky při vyhazování vstříkovaného dílu. [12]



Obr. 13 Tunelový vtok [13]

3.3.7 Banánový vtok

Použití je stejné jako u tunelového vtoků, avšak pokud není možné zaústění vtoků do boku vstříkovaného dílu. Nevýhodou banánových vtoků je náročná výroba, větší prostorová náročnost a použití dalšího komponentu v podobě vložené části s banánovým vtokem. [12]

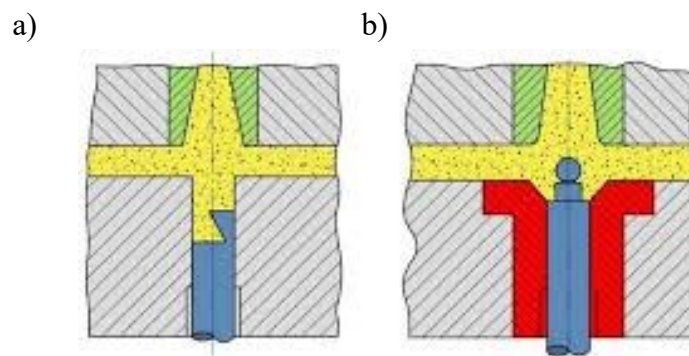


Obr. 14 Schéma postupu odtržení [12]

3.3.8 Přidržovače a vyhazovače vtoků

Po zchlazení polymeru ve formě je nezbytné, aby při otevírání formy zůstaly všechny části ztuhlého polymeru na straně formy, ze které je můžeme vyhodit pomocí vyhazovačů (většinou se jedná o pohyblivou část formy). U studených vtoků zchladne velká část vtokového systému právě ve vtokové vložce. Aby tato část nezůstala po otevření formy uvnitř vtokové vložky, je důležité používat přidržovač (vytrhávač) vtoků. Ten tvoří záměrně

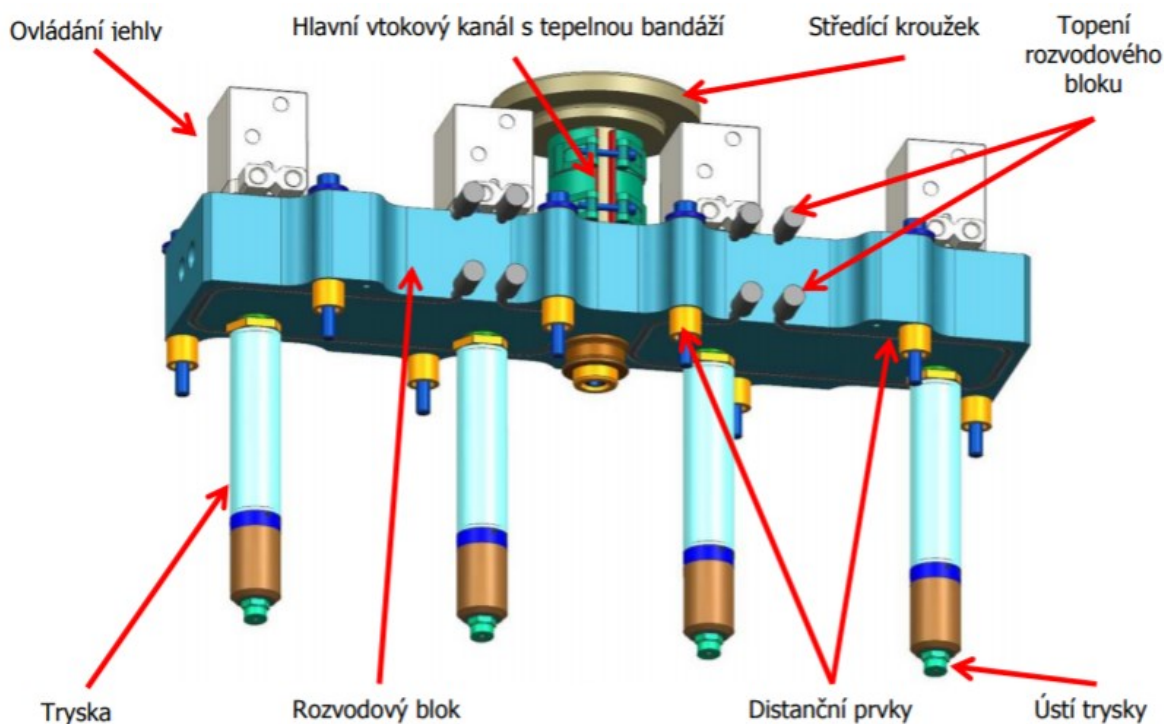
vyrobený podkos, který díky jeho tvaru drží při otevření formy ztuhlý polymer na správné části formy a je následně vyhozen vyhazovačem z formy. U delšího systému rozváděcích kanálů je nutné umístit vyhazovače i pod tyto kanály. [12]



Obr. 15 a) Vyhazovač vytrhávač b) Strhovač vtoku [12]

3.4 Vyhřívání vtokové systémy

Vyhřívání vtokový systém (VVS) je sestava vyhříváných komponentů (hlavní vtok, rozvodová deska, trysky a ovládání jehly), které udržují vstříkovaný polymer při stálé teplotě do dutiny formy. Vyhřívání vtoku zaručuje polymeru stálou viskozitu v celém průřezu a délky rozváděcího systému od začátku vtoku až do ústí dutiny. [14]



Obr. 16 Vyhřívání vtokový systém [14]

Blok horkého rozvodu je nutné uložit ve formě s dostatečnou vůlí a co nejlépe odizolovat od zbytku formy a od stroje. Okolí vtoku musí být dostatečně chlazené, aby se kompenzovalo teplo přecházející z horkého rozvodu. Horký vtok lze dokonce kombinovat i se studeným rozvodem, kde horká vtoková soustava rozvede taveninu k jednotlivým otvorům a krátký studený rozvod do jednotlivých vtokových ústí. [14]

Výhody VVS:

- Snížení času výrobního cyklu.
- Není potřebná výroba vtokových kanálů.
- Snížení odpadu, nákladů na dokončovací práce.
- V důsledku odstranění vtokových kanálů se snižuje doba vstřikování.
- Zmenšení tlakových ztrát v důsledku dopravení taveniny přímo do dutiny formy.
- Jednoduchá výměna vstřikovaného vtoku.
- Postupné otevírání jednotlivých trysek.

Nevýhody VVS:

- Náročnost konstrukční zástavby do formy.
- Vyšší pořizovací náklady.
- Větší nároky na obsluhu.
- Obtížné dodatečné změny polohy vtoků v porovnání se studenou soustavou.
- Nelze použít pro materiály s velkou citlivostí na teplo.

VVS se dělí do dvou hlavních skupin, a to rozvodových bloků a trysek. [14]

3.4.1 Vyhřívání trysek

Trysky jsou ohřívány pomocí elektrické kabeláže, která rozděluje trysky na topení s vnějším a vnitřním ohřevem. U vnějšího ohřevu tavenina prochází středovou osou trysky, mají nejmenší úbytek tlaku. U vnitřního ohřevu tavenina obtéká zahřívací těleso a do středové osy trysky je daná topná patrona. V tryskách s vnitřním ohřevem se lépe reguluje teplota taveniny a je lépe tepelně izolovaná od okolí. Trysky s vnitřním ohřevem se nedoporučuje používat pro průhledné taveniny, materiály tepelně ovlivnitelné po zpracování

nebo pro plochy se zvýšenými požadavky na kvalitu vzhledu. Pro průhledné díly s vysokými optickými nároky horké trysky nepoužíváme vůbec. [14]

Ústí hrotu trysky můžeme zakončit hrotem, bez hrotu, nebo uzavíratelnou jehlou. Jehly můžeme ovládat hydraulickými nebo pneumatickými válci. V dnešní době se začíná používat i elektromagnetické ovládání. Tímto způsobem odstraníme zbytkovou stopu po vstříku, dutina se plní rychleji díky většímu průřezu ústí trysky. Trysky jsou vhodné pro objemnější a tvarově složitější výrobky. [14]

Kvůli tepelným rozdílům, kde se teplota formy udržuje na 60-80 °C a vtok je temperován na teplotu okolo 150-200 °C je nutné okolí horkého vtoku odizolovat od formy. Nejpoužívanější izolací je vzduchová mezera, která odděluje VVS od zbytku formy. Dále můžeme použít krycí pouzdro trysky. [14]



Obr. 17 Vyhříváná tryska [15]

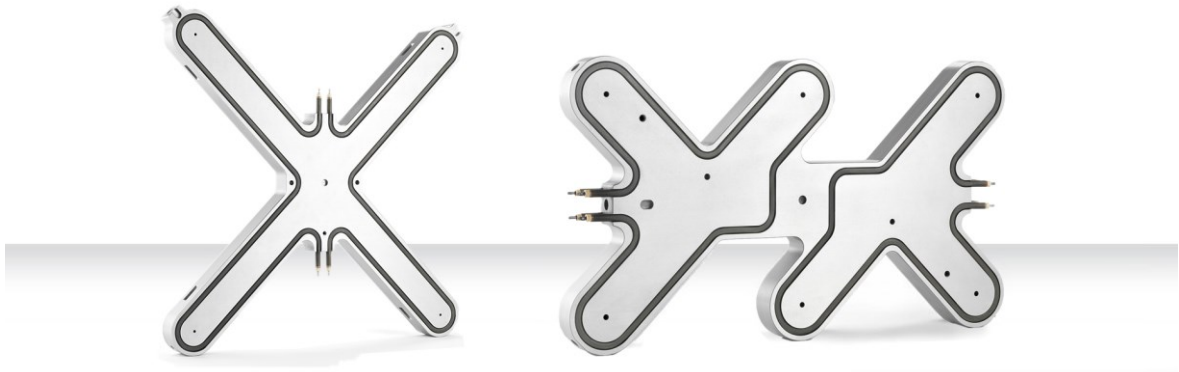
3.4.2 Vyhříváné rozvodové bloky

Vyhříváné rozvodové bloky se používají pro rozvedení taveniny ve vícenásobných formách. Podle velikosti a tvaru vyráběného dílu závisí tvar bloků a jejich uspořádání. Bloky jsou vyhříváné elektrickými odporovými vodiči umístěných v drážkách na povrchu bloku. Je nutné rovnoměrné rozmístění vodičů pro správnou funkci rozvodového bloku. Aby nedocházelo k tepelným ztrátám, jsou vodiče zakryté plechy (levnější varianta) nebo v krytech topení, které jsou vyrobeny z tepelně vodivých materiálů (měď, mosaz). Aby nedošlo k přenosu tepla z rozvodového bloku na okolní komponenty formy, je mezi blokem a komponenty vzduchová mezera. [14]

Dalším způsobem, jak vyhřívát bloky je použití topných patron, které se umístí přímo do vnitřní části rozvodového bloku. Dnes se tento systém používá jen zřídka. [14]

Typy provedení rozvodových bloků:

- Přímé.
- Kruhové.
- Tvary typu H, T, X, Y.
- Speciální tvary. [14]



Obr. 18 Vyhřívané rozvodové bloky [16]

3.5 Vyhazovací systémy

Vyhazování výstříků je činnost, při které se z dutiny nebo tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí hotový výstřík. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svojí funkcí zajišťuje automatický výrobní cyklus. Vyhazovací zařízení koná dva pohyby, a to dopředný pohyb (vlastní vyhazování) a zpětný pohyb (návrat vyhazovacího systému do původní polohy). [17]

Pro správné vyhazování výstříku musí mít hladký povrch a úkosovitost stěn ve směru vyhazování. Úkosy nesmějí být menší než 30°. Výstřík by měl být vysouván rovnoměrně, aby nešlo k jeho přičení a vzniku trvalých deformací nebo jiného poškození. Tvar, umístění a rozložení vyhazovačů bývá velmi rozmanité. U hlubokých tvarů umožňují zavzdušnění. [17]

Po vyhazovacích kolících zůstávají obvykle na výstříku stopy. Jsou-li stopy výrazné a nežádoucí, podle možností je opravíme nebo umístíme vyhazovače na nepohledovou stranu. Může se změnit i způsob vyhazování. Často se tím změní způsob zaformování a celá koncepce formy. Nevyhazují se pouze výstříky, ale i vtokové zbytky. Při správném provedení se vtokový zbytek může od výstříku oddělit rovnou. [17]

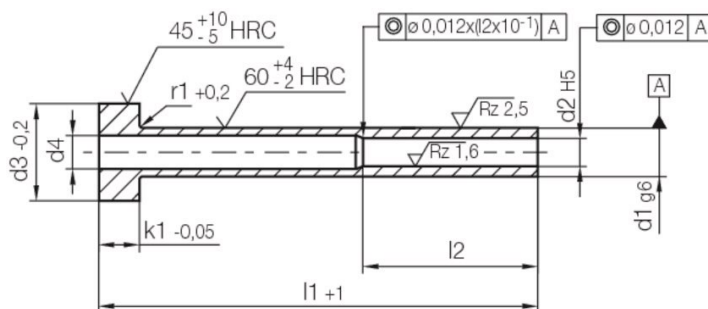
Pohyb vyhazovacího systému se vyvine:

- Při otevírání formy nárazecím kolíkem o traverzu vstřikovacího stroje.
- Hydraulickým nebo pneumatickým zařízením.
- Ručním vyhazováním různými mechanismy. [17]

3.5.1 Mechanické vyhazování

Mechanické vyhazování je nejběžnější metoda. Mezi výhody patří velká životnost a snadná oprava. Konstrukce má různá provedení:

- Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků.
- Vyhazování pomocí stírací desky.
- Dvoustupňové vyhazování.
- Šikmé vyhazování. [18, 19]



Obr. 19 Trubkový vyhazovač [20]

3.5.2 Vzduchové vyhazování

Vzduchové vyhazování se často využívá v kombinaci s vyhazovači. Používá se pro výrobky větších rozměrů a složitějších tvarových ploch, kde záleží na kvalitě vzhledové plochy. Vzduchové vyhazování spočívá ve vytvoření vzduchové mezery mezi blokem a výliskem, tím dojde k částečnému oddělení dílu od formy. Následně díky tomu potřebujeme menší sílu na vyjmutí výstřiku z formy. [18,19]

Výhody:

- Vzduch se dostane i do nepřístupných míst.
- Při použití pouze pneumatického vyhazovače eliminujeme vyhazovací systém.

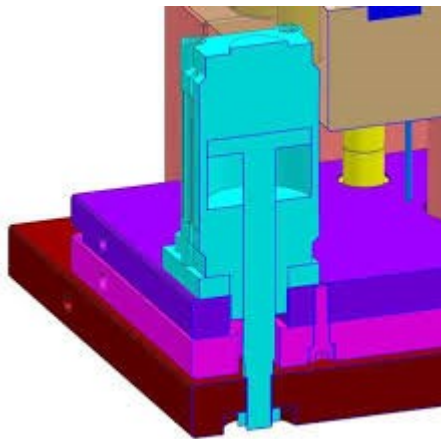
- Vzniká minimální stopa po vyhazovači.

Nevýhody:

- Nutnost vytvoření vzduchového kanálu.
- Malý zdvih oproti vyhazovacímu systému.
- Potřeba vzduchového příslušenství. [18,19]

3.5.3 Vyhození pomocí přidavných zařízení

Vyhození pomocí hydraulických nebo pneumatických zařízení. Tento způsob je výrobně náročný a náchylný na poruchovost. Do válců se musí přivádět tlakové médium symetricky tzn. že přívody do válců musí mít stejně dlouhé trajektorie. Hydraulické příslušenství není součástí formy. [19]



Obr. 20 Řez pneumatickým válcem [19]

3.6 Teperace forem

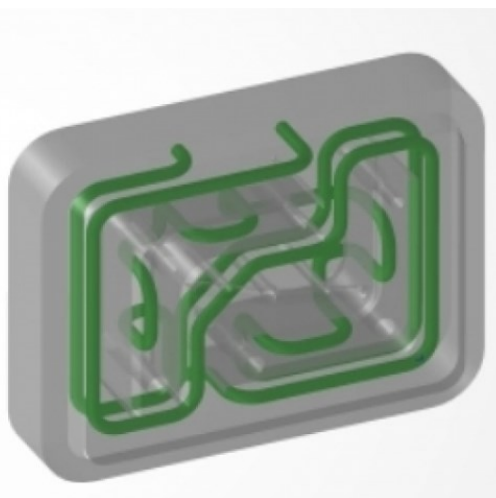
Teperace vstřikovací formy je významný faktor ovlivňující výrobní proces vstřikování plastů, protože má:

- Přímý vliv na kvalitu vyráběných dílů.
- Přímý vliv na náklady vstřikovaného dílu.
- Schopnost reprodukovat požadovaný a správný povrch.
- Přímý vliv na velikost dodatečného a výrobního smrštění dílů. [11]

Hlavním úkolem temperačního systému vstřikovací formy během vstřikování je ustavit požadovanou teplotu dutiny vstřikovací formy v krátkém čase a udržet tuto teplotu v minimálním rozsahu. Temperace formy také zahrnuje činnost odvodu tepla při ochlazení výrobku, aby mohl být vyjmut z formy, případně i činnost vyhřívání dutiny formy s cílem dosáhnout vhodné teploty pro vstříknutí. Teplota i její časový průběh ovlivňuje výsledné vlastnosti výrobku, a to nejen mechanické, ale ovlivňuje také smrštění, kvalitu povrchu a v neposlední řadě celkovou dobu vstřikovacího cyklu. Fáze odvodu tepla (chlazení) zabírá jeho převážnou část. Délka chlazení je ovlivněna provedením temperačního systému, ale i typem vstřikovaného materiálu. [11]

Temperační kanály s proudícím médiem jsou nejrozšířenějším způsobem ustanovení teploty vstřikovací formy, ať se jedná o vytápění formy při startu výroby, nebo chlazení formy při jejím provozu. Je vhodné používat větší počet temperačních kanálů s menším průměrem než menšího počtu temperačních kanálů s větším průměrem. Síť temperačních kanálů by měla splňovat tyto kritéria:

- Temperační okruh nesmí obsahovat mrtvá místa, kde neproudí kapalina (zanesení nečistot, vodní kámen).
- U temperačních kanálů do průměru 6 mm je nutné provádět úpravu vody, nebo používat adekvátní temperační médium z důvodu zanášení vodním kamenem.
- Zesílit temperační účinek v oblasti vtokové vložky a ústí vtoku. [11]



Obr. 21 Temperační okruh [21]

3.7 Odvzdušnění forem

Při plnění dutiny formy tavenina před sebou vytlačuje vzduch, který po uzavření formy v dutině zůstal. I přes určité množství vzduchu, které unikne přes dělicí rovinu, musí být většina vstřikovacích forem opatřena konstrukčními prvky, jenž umožní kompletní a rychlý odvod vzduchu z dutiny vstřikovací formy. [11]

Nejjednodušší možností zlepšení odvodu vzduchu z dutiny je odvzdušnění v dělicí rovině. Toto odvzdušnění je jednoduše vyrobitelné a představují přímou cestu pro taveninou vytlačovaný vzduch. [11]

Tabulka 1 Doporučené šířky odvzdušňovacích kanálů dle typu plastu [11]

Typ plastu	Šířka odvzdušňovacího kanálu [mm]
PC, POM	max. 0,05
PS, ABS	max. 0,05
PA	0,02-0,03
PBT	max. 0,03
PA (se skelným vláknem)	0,05
Strukturní pěny	max. 0,01

Odvzdušňovací kanály jsou důležité zejména v místech, které jsou zaplněny taveninou plastu jako poslední. Z pravidla se jedná o místa s největší vzdáleností od ústí vtoku. Pokud takové místo není vhodně odvzdušněno může dojít k uzavření vzduchu v dutině a neúplnému naplnění formy. To vede k případnému vzniku spálenin plastu (diesel efekt) v důsledku přehřátí uzavřeného vzduchu. [11]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- Vypracovat literární studii na dané téma.
- Provést 3D konstrukci modelu vstřikované součásti.
- Navrhnout 3D konstrukci vstřikovací formy pro zadaný díl.
- Nakreslit 2D řez vstřikovací formou spolu s výkresy a kusovníkem.

V první části bakalářské práce je zpracována literární studie, která se zabývá procesem vstřikování, postupem konstrukce výstřiku a samotnou konstrukcí vstřikovací formy.

V praktické části bakalářské práce je hlavní náplní konstrukce 3D modelu plastového výrobku, který vychází z reálného výrobku. Pomocí systému CATIA V5 R19 a digitálního katalogu normalizovaných součástí od společností HASCO a MEUSBURGER bude provedena konstrukce vstřikovací formy. Ze zhotovených 3D modelů bude vytvořena 2D výkresová dokumentace a kusovník.

5 POUŽITÝ SOFTWARE

5.1 CATIA V5 R19

CATIA (Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application) je integrovaný software na výrobu a konstruování (CAD/CAM/CAE). Byl vyvinut francouzskou firmou Dassault Systemes. CATIA je programový systém, který podporuje trojrozměrný interaktivní návrh, výrobu a inovaci složitých strojírenských výrobků po celou dobu jejich životnosti.

5.2 HASCO DAKO modul

Jedná se o digitální katalog normalizovaných součástí zaměřený na konstrukci vstříkovaných forem. Katalog podporuje výběr potřebných komponentů a následný export součástí do zvoleného konstrukčního systému.

5.3 Meusburger

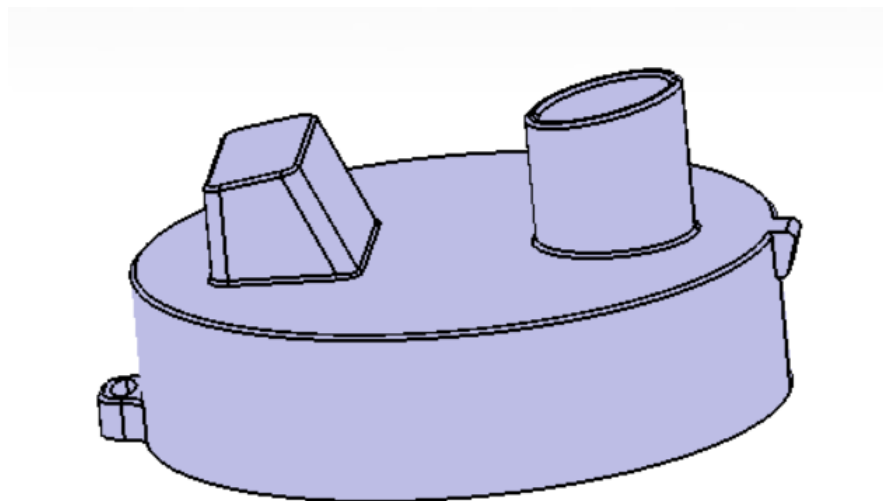
Je to digitální online katalog normalizovaných součástí pro výrobu vstříkovacích forem. Stejně jako katalog HASCO i Meusburger podporuje výběr komponentů a následný export do konstrukčního systému.

6 VSTŘIKOVANÝ DÍL

Vstříkovaným výrobkem je plastové víko, které se používá u sportovní láhve. Výrobek má průměr 74 mm a výšku 38 mm. Z vnitřní strany dílu je závit, který umožňuje našroubování na hrdlo lahve. Víko má na své horní straně hrdlo a výstupek na uchycení zavírací části.



Obr. 23 Zadaný výrobek



Obr. 22 Model výrobku

6.1 Materiál výstříku

Materiál pro výrobu výstříku byl zvolen polyethylen s vysokou hustotou (HDPE) HMA 018 pro své dobré vlastnosti při zpracování technologií vstřikování. Běžně používán jako obalový materiál, který je vhodný pro styk s potravinami. Materiál je za normálních okolností mléčně zbarvený.

Vybrané vlastnosti HDPE HMA 018 podle materiálového listu:

- Index toku taveniny (190 °C/2,16 kg): 30 g/10 min.
- Hustota: 954 kg/ m³.
- Rázová houževnatost: 3,4 kJ/ m².
- Modul pružnosti v ohybu: 950 MPa. [22]

7 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací stroj je volen podle rozměrů vstřikovací formy. Základní desky jsou normáliemi Meusburger o rozměrech 496 x 545x 620 mm. Rozměr formy je mezní pro vzdálenost mezi vodícími sloupky. Byl zvolen vstřikovací stroj ALLROUNDER 570 C GOLDEN EDITION od firmy ARBURG, který splňuje potřebné rozměrové i procesní parametry.

Tabulka 2 Základní parametry vstřikovacího stroje [23]

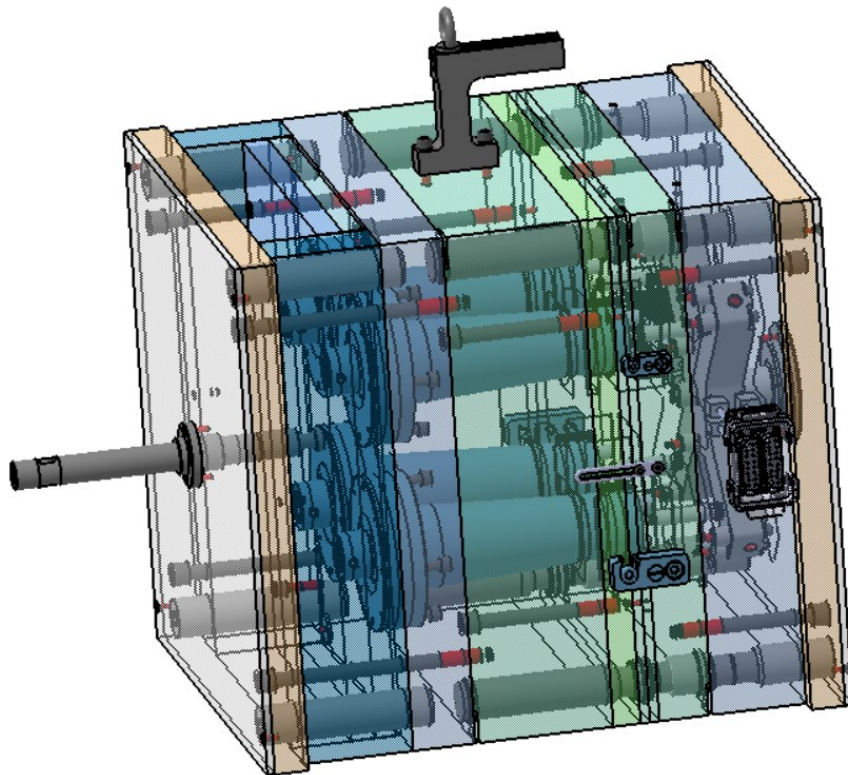
Vlastnosti	Jednotka	Hodnota
Vzdálenost mezi vodícími sloupy	mm	570 x 570
Velikost upínací desky	mm	795 x795
Uzavírací síla	max. kN	2000
Otevírací síla	max. kN	520
Vyhazovací síla	max. kN	66
Vyhazovací zdvih	max. mm	225
Průměr šneku	mm	50
Objem vstřikované dávky	max. cm ³	392
Vstřikovací tlak	max. bar	2000
Účinná délka šneku	L/D	20



Obr. 24 Vstřikovací stroj ALLROUNDER 570 C [24]

8 KONSTRUKCE FORMY

Navržení vstřikovací formy je určeno podle rozměrů a geometrie vstřikovaného výrobku. Byl kladen důraz na použití co nejvíce normalizovaných součástí, přičemž dojde k zjednodušení, ale také ekonomické a časové úspoře. Konstrukce vstřikovací formy byla provedena v programu CATIA V5 R19. Vkládané normálie byly z digitálních katalogů HASCO a Meusburger. Velikost a rozložení formy se odvíjí od konstrukce tvárníku s tvárnicí a závitovým trnem. Základní rozměr desek ve formě je 494 x 546 mm.



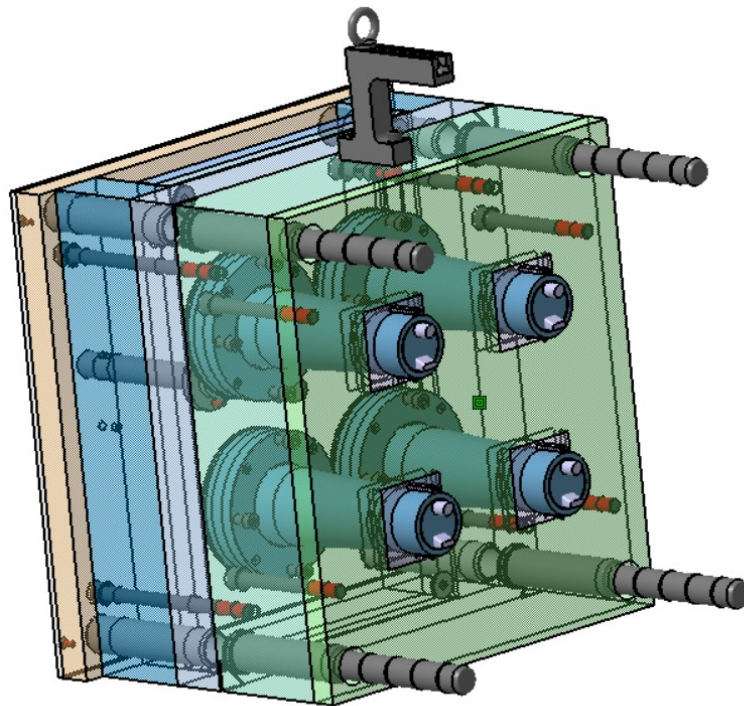
Obr. 25 Sestava vstřikovací formy

8.1 Násobnost formy

Násobnost formy určuje, kolik výrobků bude vyrobeno během jednoho pracovního cyklu. U vícenásobných forem musíme počítat s faktory jako je například:

- Přesnost výrobku.
- Doba trvání vstřikovacího cyklu.
- Velikost výrobní série.
- Ekonomická náročnost

U jednoduchých výrobků se sériovou výrobou se volí vícenásobná forma. U součástí složitějších tvarů jsou vhodné formy jednonásobné. Na základě zvolené součásti byla zadána čtyřnásobná vstřikovací forma.



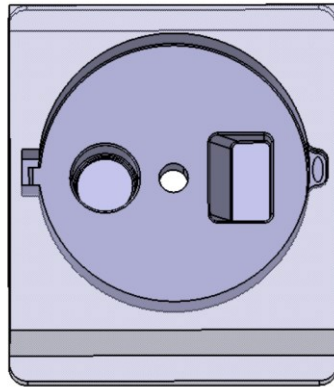
Obr. 26 Pohled na levou část formy

8.2 Tvarové části formy

Tvarová dutina formy, která výstřiku udává výsledný tvar, se skládá z tvárníku, tvárnice a rozpínacího závitového trnu. Dutina formy je negativem výstřiku zvětšená o smrštění v příčném a podélném směru.

8.2.1 Tvárnice

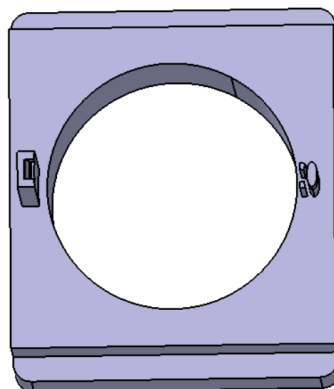
Tvárnice se nachází na pevné straně vstřikovací formy. Tvárnice udává vnější část výstřiku. V ose výstřiku je vyvrtána díra pro horkou trysku. Základní rozměry tvárnice jsou 90 x 90 mm.



Obr. 27 Tvárnice

8.2.2 Tvárník

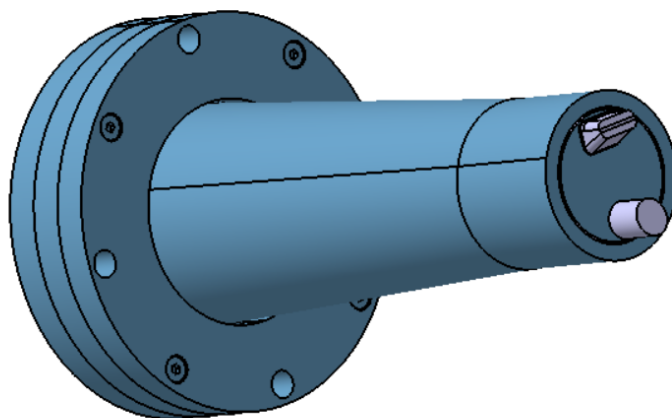
Tvárník je umístěn v pohyblivé části formy, kde je zajištěn pomocí osazení. Tvárník udává vnitřní tvar výstřiku. Tato součást je také vyrobena z nástrojové oceli 19 552, která je cementována a kalena z důvodu delší životnosti. V ose tvárníku je vyvrtána díra pro rozpínací závitový trn. Konečný výrobek zůstává na tvárníku, kde je vyhozen pomocí stírací desky. Rozměry jsou totožné s tvárnicí.



Obr. 28 Tvárník

8.2.3 Rozpínací závitový trn

Rozpínací závitový trn umožňuje vytvoření závitu na výrobku a také doplňuje tvárník, aby došlo ke správnému vystříknutí a odformování výrobku. Nachází se na levé straně formy.

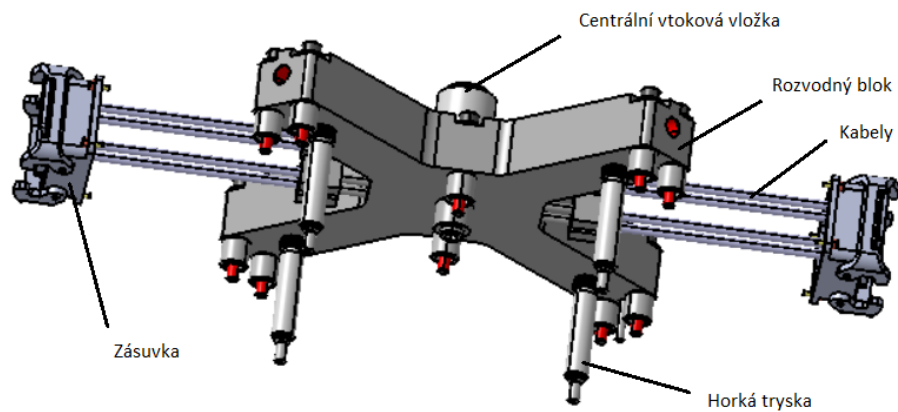


Obr. 29 Rozpínací závitový trn

8.3 Vtokový systém

Vyhřívaný vtokový systém je sestaven z mnoha komponent, které umožňují vstříkovat plast do dutiny formy za konstantní teploty. Použitím horkého vtoku je zaručena tavenině stálá viskozita v celém průřezu. Blok vyhřívaného vtokového systému musí být ve formě uložen s dostatečnou vůlí. Měl by být co nejlépe odizolován od zbytku formy. Cílem je plnění dutiny za co nejkratší čas a při minimálním odporu.

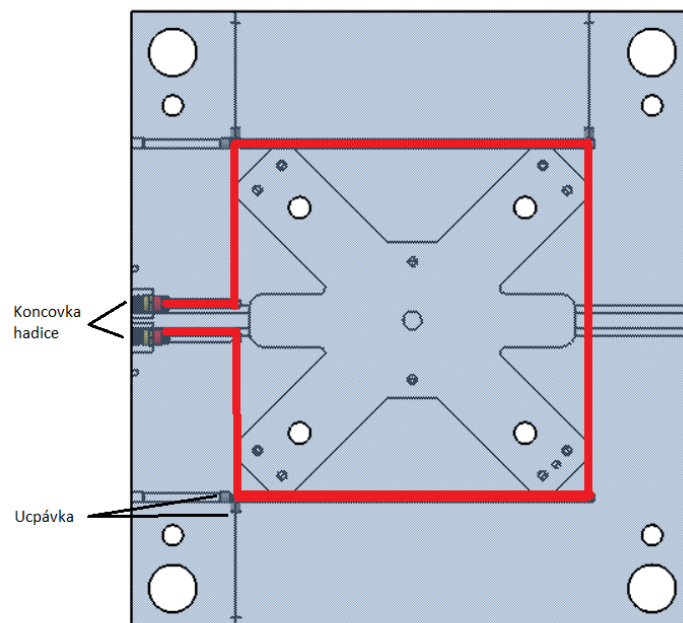
Komponenty jsou sestavené z normálí Meusburger. Byl zvolen vyhřívaný vtokový systém tvaru X, s označením CMT4. tryska byla zvolena E 400 RE. Napájení vtokového systému a trysky je pomocí kabelů, které vedou do zásuvky. Zásuvky jsou umístěny po bocích vstřikovací formy.



Obr. 30 Vyhřívaný vtokový systém

8.4 Temperační systém

Temperační systém je tvořen vrtanými kanály a ucpávkami od firmy Meusburger. Temperační systém je navržen tak, aby umožňoval maximální odvod tepla. Temperační kanály jsou o průměru 8 mm a zajišťují spolehlivý průtok chladicího média.



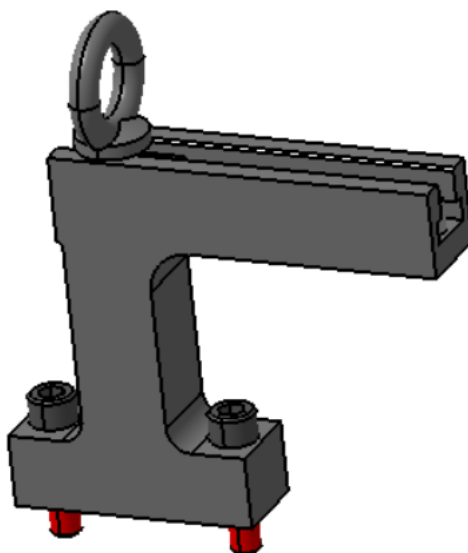
Obr. 31 Temperace pravé části formy

8.5 Odvzdušnění

Vzduch, který je uzavřen v dutině tvarové desky je při vstřikování stlačován, což vede ke zvýšení teploty. Na výrobku mohou vznikat spálená místa nebo mohou vznikat bubliny na povrchu. K odvodu vzduchu se využívá vůle v dělicí rovině, případně se vyhotoví odvzdušňovací kanálky. V tomto konstrukčním případě se předpokládá, že odvzdušnění není potřeba a vzduch může unikat přes dělicí rovinu.

8.6 Manipulační systém

Pro manipulaci s formou bylo vybráno transportní rameno, které se skládá z ramene, které je přišroubované k pohyblivé části formy a závěsného oka, které umožňuje zavěšení formy.



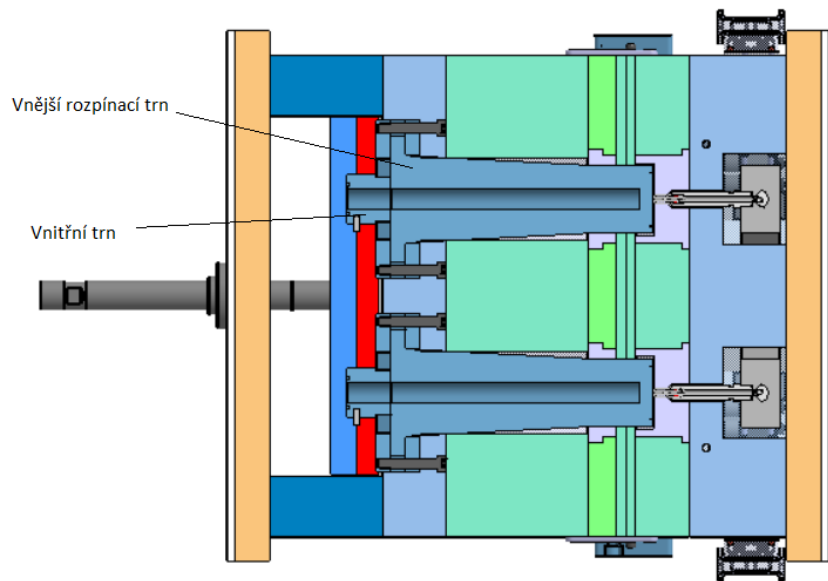
Obr. 32 Transportní Rameno

8.7 Odformování výrobků

Odformování a vyhození výrobku patří mezi komplikovanější části cyklu. Je potřeba výrobek šetrně vyjmout tak, aby se nezdeformoval a forma se správně zavřela pro vstřikování další série výrobků. Pro odformování byl použit rozpínací závitový trn a stírací deska.

8.7.1 Otvírání formy

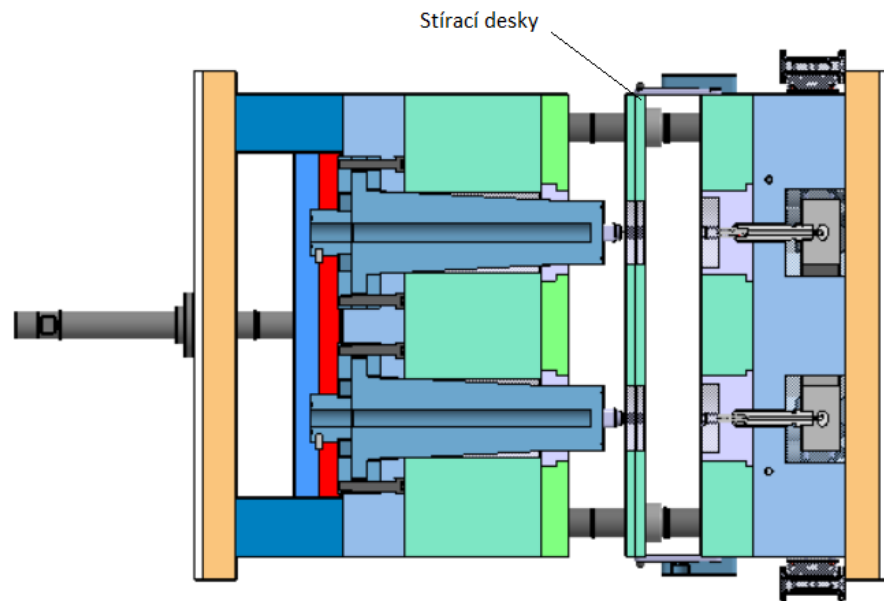
V pohyblivé části formy, jsou umístěny rozpínací závitové trny, kde vnější trn je pevně uchycen v podpěrné desce a vnitřní trn je uchycen mezi vyhazovacími deskami. Při otvírání formy se vysunuje vnitřní trn, čímž dochází ke smrštění vnějšího trnu a nedochází k deformaci závitů.



Obr. 33 Řez formou

8.7.2 Stírací deska

Po vysunutí vnitřního trnu dochází k další části vyhazování výrobků. Forma se postupně otevírá a v určité fázi otevření dojde k zastavení pohybu stírací desky. Stírací deska je na bocích spojena s pravou částí formy pomocí vodící vložky, která má maximální zdvih 60 mm.



Obr. 34 Princip vyhazování

9 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Při konstrukci vstřikovací formy pro plastový uzávěr sportovní láhve byl kladen důraz na jednoduchost formy. Forma je navržena jako čtyřnásobná s horkým vtokovým systémem kvůli své ekonomičnosti. Většina použitých dílů na konstrukci formy jsou normálie firem Meusburger a HASCO. Díky normáliím se zvyšuje přesnost formy, snižuje konstrukční složitost a výrazně se snižuje cena formy. Materiál byl zvolen HDPE HMA 018 pro své dobré vstřikovací vlastnosti a je vhodný pro styk s potravinami. Při modelování výrobku byl k dispozici reálný výrobek, podle kterého byl vytvořen 3D model, který sloužil jako předloha k vytvoření tvarové dutiny a rozpínacího závitového trnu. Forma je navržena s dvoufázovým vyhazováním pomocí rozpínacího trnu a stíracích desek. Odvzdušnění tvarové dutiny formy je umožněno vřelymi v dělicí rovině.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout vhodnou konstrukci vstřikovací formy pro plastový uzávěr sportovní láhve.

Bakalářská práce se skládá ze dvou základních částí, a to teoretické a praktické. V teoretické části byla popsána problematika vstřikování, základní druhy materiálů a jednotlivé části vstřikovací formy. V praktické části byl hlavní úkol zhotovit 3D model plastového dílu, sestavit 3D sestavu vstřikovací formy a zhotovit 2D sestavu doplněnou kusovníkem.

Prvním úkolem praktické části bylo nakreslit model plastového dílu s použitím software CATIA V5 R19, doplněným o normálie z katalogu HASCO a Meusburger. Byl zvolen materiál HDPE HMA 018.

Nejdůležitější částí bakalářské práce byla 3D konstrukce vstřikovací formy. Ta se odvíjela podle tvaru a velikosti vstřikovaného dílu, podle kterého se vytvořily tvarové části formy, násobnost formy, vtokový systém a temperační systém.

Byl zvolen vhodný vstřikovací stroj ALLROUNDER 570 C GOLDEN EDITION od firmy ARBURG, který splňuje veškeré požadavky.

V poslední fázi byly zhotoveny výkresy sestavy formy doplnění kusovníkem. Tyto dokumentace jsou obsaženy v příloze s materiálovým listem a s parametrem vstřikovacího stroje.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BĚHÁLEK, Luboš. Polymery [online]. CodeCreator, 2016 [cit. 2020-12-27]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Cover.html>
- [2] LENFELD, Petr. Technologie II. - Vstřikování plastů [online]. Technická univerzita Liberec. [cit. 2020-12-27]. Dostupný z WWW: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
- [3] ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů: teorie a praxe. Praha: Grada Publishing, 2018, 455 s. ISBN 9788027106141.
- [4] LENFELD, Petr. Technologie vstřikování [online]. [cit. 2020-12-27]. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/Impresum.html>
- [5] CHEN, Shia-Chung a Lih-Sheng TURNG. Advanced Injection Molding Technologies [online]. Hanser Publishers, 2019 [cit. 2020-12-28]. ISBN 978-1-56990-603-3. Dostupné z: https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpAIMT0003/viewerType:toc//root_slug:advanced-injection-molding/url_slug:advanced-injection-molding-technologies?b-q= injection%20cycle&b-subscription=true&b-group-by=true&b-sort-on=default&b-content-type=all_references&include_synonyms=no
- [6] WANG, Maw-Ling, Rong-Yeu CHANG a Chia-Hsiang HSU. Molding Simulation – Theory and Practice [online]. Hanser Publishers, 2018 [cit. 2020-12-28]. ISBN 978-1-56990-619-4. Dostupné z: https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpMSTP0001/viewerType:toc//root_slug:molding-simulation-theory/url_slug:molding-simulation---theory-and-practice?b-q= injection%20molding%20cycle&b-subscription=true&b-group-by=true&b-sort-on=default&b-content-type=all_references&include_synonyms=no
- [7] LENFELD, Petr. Technologie II. - Vstřikování plastů [online]. Technická univerzita Liberec. [cit. 2020-12-28]. Dostupný z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [8] VALERO, José R. Lerma. Plastics Injection Molding – Scientific Molding, Recommendations, and Best Practices [online]. Hanser Publishers, 2020 [cit. 2020-12-28]. ISBN 978-1-56990-689-7. Dostupné z: https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpPIMSMRB7/viewerType:toc//root_slug:plastics-injection-molding/url_slug:plastics-injection-molding---scientific-molding-recommendations-and-best-practices?b-q= injection%20molding%20machine&b-

- subscription=true&b-group-by=true&b-sort-on=default&b-content-type=all_references&include_synonyms=no
- [9] Vstříkovací lisy: Katedra konstruování strojů [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Vstrikovaci_lisy.pdf
- [10] KAZMER, David O. [online]. Hanser Publishers, 2007 [cit. 2020-12-30]. ISBN 978-1-56990-417-6. Dostupné z: https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpIMDE0007/viewerType:toc//root_slug:injection-mold-design/url_slug:injection-mold-design-engineering?q=injection%20mold&b-subscription=true&b-group-by=true&b-sort-on=default&b-content-type=all_references&include_synonyms=no&b-toc-cid=kpIMDE0007&b-toc-title=Injection%20Mold%20Design%20Engineering&b-toc-url-slug=overview-injection-molding
- [11] BOBEK, Jiří. Vstříkovací formy pro zpracování termoplastů [online]. Code Creator, 2016 [cit. 2020-12-30]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Impresum.html>
- [12] HYNEK, Martin. Studené a živé vtokové systémy [online]. [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf
- [13] Ramseier-normteile [online]. [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: <https://www.ramseier-normteile.at/en/produkt-detail/cat/20/productid/190179>
- [14] HYNEK, Martin. Horké vtoky [online]. [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Horke_vtoky.pdf
- [15] Guenther-hotrunner [online]. [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: <https://www.guenther-hotrunner.com/products/hot-runner-systems/open-hot-runner-systems/hot-runner-nozzles.html>
- [16] Thermoplay [online]. [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: <https://www.thermoplay.it/en/products/manifolds.html>

- [17] SOVA, Miloš. Vyhadzování výstřiků z formy [online]. [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: <https://www.techportal.cz/33/vyhazovani-vystriku-z-formy-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EqQUkSFod1GxNMUVLZgup1Y/>
- [18] R. KAMAL, Musa. Injection Molding: Technology and Fundamentals. Munich: Hanser Publishers, 2009. ISBN 978-3-446-41685-7.
- [19] HYNEK, Martin. VYHAZOVACÍ SESTAVA A VYHAZOVAČE [online]. [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Vyhazovaci_sestava_a_vyhazovace.pdf
- [20] Hasco [online]. [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: <https://www.hasco.com/cs/>
- [21] Temperace vstřikovacích forem [online]. [cit. 2021-02-02]. Dostupné z: <https://www.plasticportal.cz/cs/temperace-vstrikovacich-forem-dulezita-podminka-vyroby-vystriku-z-termoplastu-3-cast/c/3087/>
- [22] Materiálový list [online]. [cit. 2021-5-7]. Dostupné z: <https://www.exxonmobilchemical.com/en/chemicals/webapi/dps/v1/datasheets/15000000408/0/en>
- [23] ARBURG [online]. [cit. 2021-5-11]. Dostupné z: <https://www.arburg.com/cs/cz/spektrum-sluzeb/vstrikovani/vstrikovaci-stroje/>
- [24] Plastic portal [online]. [cit. 2021-5-11]. Dostupné z: <https://www.plasticportal.eu/image/firmy/1405/pdf/7533.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

3D	Trojrozměrný prostor
2D	Dvourozměrný prostor
kg	Kilogram
mm	Milimetr
SVS	Studený vtokový systém
°	Stupeň
VVS	Vyhřívaný vtokový systém
C	Celsius
'	Minuta
PC	Polykarbonát
POM	Polyoximethylen
PS	Polystyren
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
PA	Polyamid
PBT	Polybutylentereftalát
CAD	Počítačová podpora projektování
CAM	Počítačová podpora obrábění
CAE	Počítačem podporované konstruování
g	Gram
min	Minuta
m ³	Metr krychlový
kJ	Kilojoule
m ²	Metr čtverečný
Mpa	Megapascal
kN	Kilonewton

cm³ Centimetr krychlový

L Délka

D Průměr

HDPE Polyethylen s vysokou hustotou

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Základní rozdělení polymerů [1]	11
Obr. 2 Časy vstřikovacího cyklu [6]	16
Obr. 3 Ukázka vstřikovacího stroje Wittmann-Battenfeld [8].....	17
Obr. 4 Popis vstřikovací jednotky [9]	18
Obr. 5 Hydraulická uzavírací jednotka [8]	18
Obr. 6 Postup návrhu vstřikovací formy [11]	20
Obr. 7 Schéma studeného vtokového systému [12].....	21
Obr. 8 Řešení vtokových kanálů [12]	23
Obr. 9 Vtoková vložka [13]	23
Obr. 10 Rozmístění rozváděcích kanálů [12]	24
Obr. 11 Kuželový vtok [12].....	25
Obr. 12 Bodový vtok [12].....	25
Obr. 13 Tunelový vtok [13]	26
Obr. 14 Schéma postupu odtržení [12]	26
Obr. 15 a) Vyhazovač vytrhávač b) Strhovač vtoku [12]	27
Obr. 16 Vyhřívaný vtokový systém [14]	27
Obr. 17 Vyhřívaná tryska [15].....	29
Obr. 18 Vyhřívané rozvodové bloky [16].....	30
Obr. 19 Trubkový vyhazovač [20].....	31
Obr. 20 Řez pneumatickým válcem [19]	32
Obr. 21 Temperační okruh [21]	33
Obr. 22 Model výrobku	38
Obr. 23 Zadaný výrobek	38
Obr. 24 Vstřikovací stroj ALLROUNDER 570 C [24]	40
Obr. 25 Sestava vstřikovací formy	41
Obr. 26 Pohled na levou část formy	42
Obr. 27 Tvárnice	43
Obr. 28 Tvárník.....	43
Obr. 29 Rozpínací závitový trn.....	44
Obr. 30 Vyhřívaný vtokový systém.....	45
Obr. 31 Temperace pravé části formy	45
Obr. 32 Transportní Rameno	46
Obr. 33 Řez formou	47
Obr. 34 Princip vyhazování	48

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Doporučené šířky odvzdušňovacích kanálů dle typu plastu [11]	34
Tabulka 2 Základní parametry vstřikovacího stroje [23].....	40

SEZNAM PŘÍLOH

P I Materiálový list HDPE HMA 018

P II Parametry vstřikovacího stroje

P III Výkresová dokumentace:

- Výkres sestavy formy.
- Výkres vstřikované součásti.
- Kusovník.

P IV CD disk obsahující:

- Model a výkres vstřikované součásti.
- Model a výkres sestavy formy.
- Kusovník.
- Bakalářskou práci v PDF.

PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST HDPE HMA 018

Product Datasheet



ExxonMobil™ HDPE HMA 018 High Density Polyethylene Resin

Product Description

HMA 018 is an easy flow HDPE grade, characterized by high gloss and dimensional stability.

General

Availability ¹	• Africa & Middle East	• Asia Pacific	• Europe
Additive	• Thermal Stabilizer: Yes	• UV Stabilizer: No	
Applications	• Food Packaging Containers	• Housewares - Multicavity Thin-Walled	
Revision Date	• 01/01/2017		

Resin Properties	Typical Value (English)	Typical Value (SI)	Test Based On
Density	0.954 g/cm ³	0.954 g/cm ³	ASTM D1505
Melt Index (190°C/2.16 kg)	30 g/10 min	30 g/10 min	ASTM D1238

Thermal	Typical Value (English)	Typical Value (SI)	Test Based On
Heat Deflection Temperature (0.45 MPa)	144 °F	62 °C	ISO 75-2/B
Peak Melting Temperature	268 °F	131 °C	ASTM D3418

Molded Properties	Typical Value (English)	Typical Value (SI)	Test Based On
Tensile Stress at Yield	3300 psi	23 MPa	ISO 527-2/1A/50
Tensile Strain at Yield	10 %	10 %	ISO 527-2/1A/50
Tensile Strain at Break	> 100 %	> 100 %	ISO 527-2/1A/50
Flexural Modulus	140000 psi	950 MPa	ISO 178
Environmental Stress-Crack Resistance 122°F (50°C), 10% Igepal	< 1 hr	< 1 hr	ASTM D1693

Impact	Typical Value (English)	Typical Value (SI)	Test Based On
Notched Izod Impact Strength	1.6 ft-lb/in ²	3.4 kJ/m ²	ISO 180/1A

Additional Information

The molded properties were measured on 4 mm (157.5 mil) thick injection molded specimen based on ISO 294-1.

Heat Deflection temperature sample preparation, injection based on ISO1872. Tested flatwise position with specimen size of 80mm x 10mm x 4mm.

ESCR was measured on 2 mm (78.7 mil) thick compression molded plate (F50, 10 % Igepal, 50°C, 122°F)

Legal Statement

Contact your ExxonMobil Chemical Customer Service Representative for potential food contact application compliance (e.g. FDA, EU, HPFB).

This product is not intended for use in medical applications and should not be used in any such applications.

Notes

Typical properties: these are not to be construed as specifications.

¹ Product may not be available in one or more countries in the identified Availability regions. Please contact your Sales Representative for complete Country Availability.

ExxonMobil™ HDPE HMA 018
High Density Polyethylene Resin

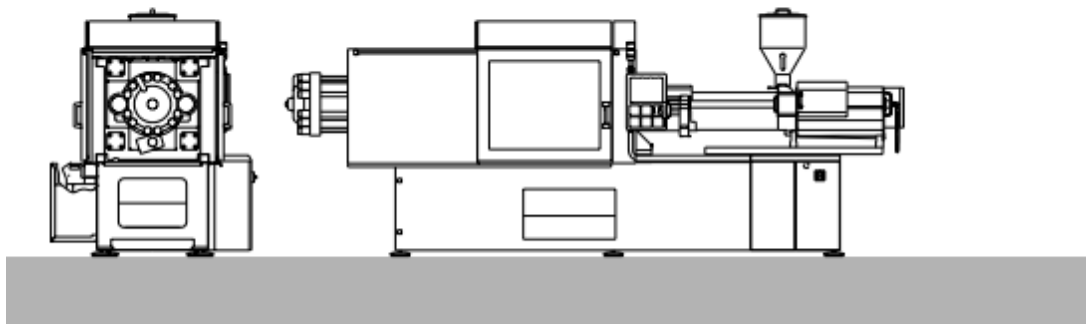
For additional technical, sales and order assistance: www.exxonmobilchemical.com/ContactUs

©2021 ExxonMobil. ExxonMobil, the ExxonMobil logo, the interlocking "X" device and other product or service names used herein are trademarks of ExxonMobil, unless indicated otherwise. This document may not be distributed, displayed, copied or altered without ExxonMobil's prior written authorization. To the extent ExxonMobil authorizes distributing, displaying and/or copying of this document, the user may do so only if the document is unaltered and complete, including all of its headers, footers, disclaimers and other information. You may not copy this document to or reproduce it in whole or in part on a website. ExxonMobil does not guarantee the typical (or other) values. Any data included herein is based upon analysis of representative samples and not the actual product shipped. The information in this document relates only to the named product or materials when not in combination with any other product or materials. We based the information on data believed to be reliable on the date compiled, but we do not represent, warrant, or otherwise guarantee, expressly or impliedly, the merchantability, fitness for a particular purpose, freedom from patent infringement, suitability, accuracy, reliability, or completeness of this information or the products, materials or processes described. The user is solely responsible for all determinations regarding any use of material or product and any process in its territories of interest. We expressly disclaim liability for any loss, damage or injury directly or indirectly suffered or incurred as a result of or related to anyone using or relying on any of the information in this document. This document is not an endorsement of any non-ExxonMobil product or process, and we expressly disclaim any contrary implication. The terms "we," "our," "ExxonMobil Chemical" and "ExxonMobil" are each used for convenience, and may include any one or more of ExxonMobil Chemical Company, Exxon Mobil Corporation, or any affiliate either directly or indirectly stewarded.

exxonmobilchemical.com

PŘÍLOHA P II: PARAMETRY VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Facts and figures



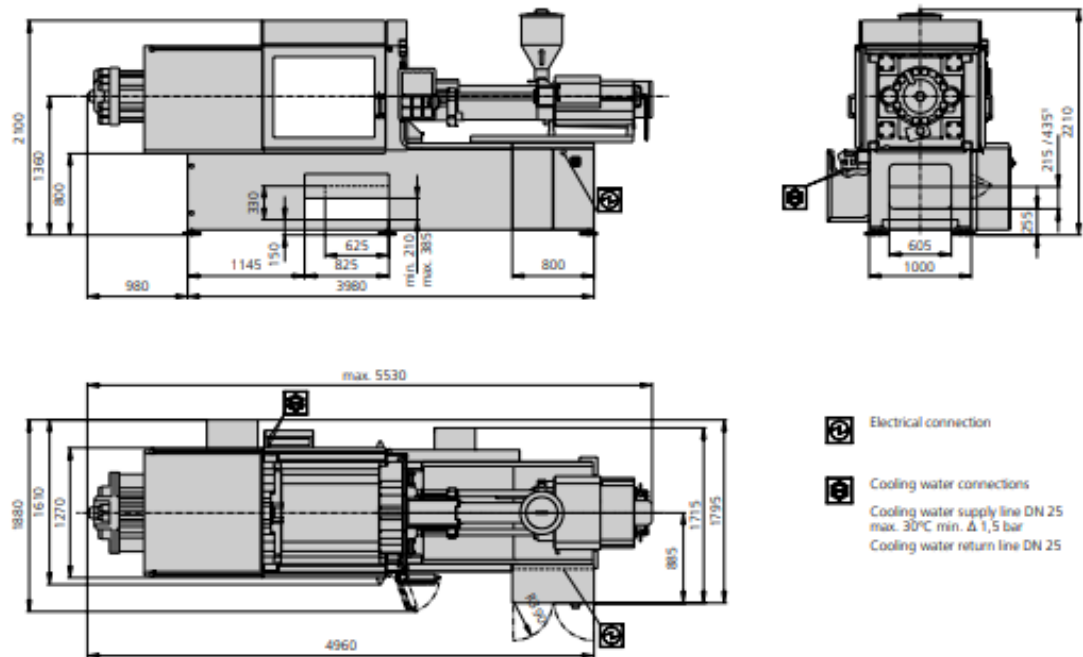
ALLROUNDER 570 C GOLDEN EDITION

Tie bar distance: 570 x 570 mm

Clamping force: 2000 kN

Injection unit (according to EUROMAP): 800

ARBURG



1) Dimension only valid in conjunction with conveyor belt

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 ³⁾	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 ⁵⁾	max. bar	2470 / 2000 / 1650
Injection flow ⁵⁾	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)

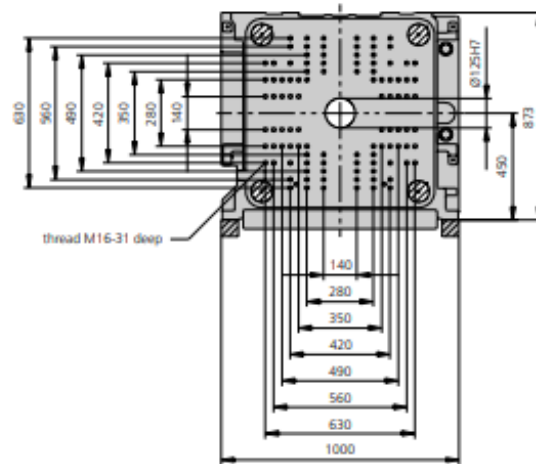
3) A combination of max. injection pressure and max injection flow (max. injection capacity) can be mutually exclusive, depending on the equipment-related motor output

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

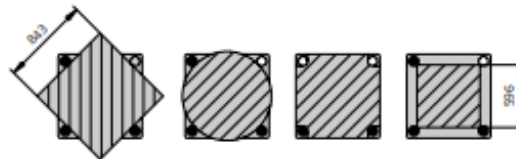
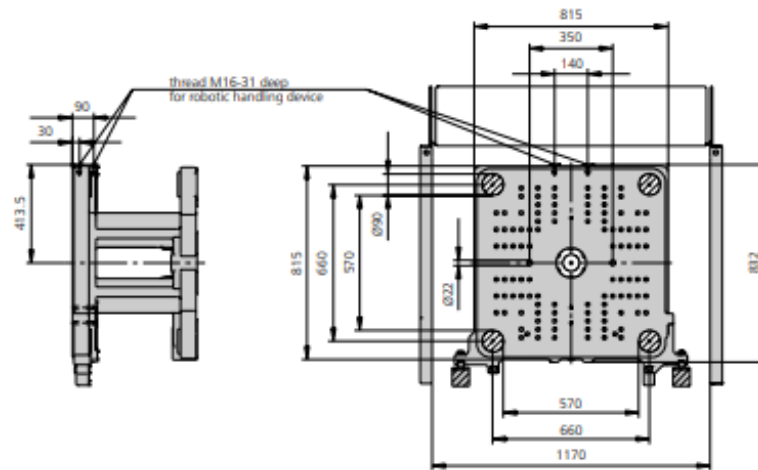
5) According to EUROMAP

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.

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	FEF, PFA, PCTFE ¹⁾	465	574	695
	ETFE	408	504	609
Polyvinyl chloride	PVC-U	351	434	525
	PVC-F 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, USA

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

© 2013 ARBURG GmbH + Co KG

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

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



ARBURG GmbH + Co KG

DIN EN ISO 9001 + 14001 + 50001 certified



Partner of the Engineering Industry Sustainability Initiative