

Konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl obal CD

Martin Pařenica

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Pařenica**
Osobní číslo: **T12147**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl: Obal CD**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Nakreslete 3D model vstřikovaného dílu.
3. Provedte konstrukci vstřikovací formy pro zadaný díl.
4. Nakreslete 2D sestavu vstřikovací formy.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle zadání vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Michal Staněk, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

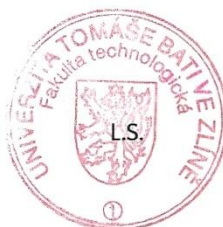
30. ledna 2015

Termín odevzdání bakalářské práce:

22. května 2015

Ve Zlíně dne 9. února 2015


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 17. 5. 2015



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

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

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

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

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

(3) *Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu 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). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

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

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

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je konstrukce vstřikovací formy pro plastový díl obalu CD. Práce je rozdělena na dvě části. Teoretická část se zabývá teoretickým řešením vstřikovací formy a samotného vstřikování plastů do dutiny formy. V praktické části je zhotoven 3D model vstřikovací formy v programu CATIA VR19. Pro konstrukci byly použity normalizované součásti od firmy HASCO.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, 3D model

ABSTRACT

The aim of this thesis is the design of injection molds for plastic part of the CD. The work is divided into two parts. The theoretical part deals with the theoretical solution injection molds and plastic injection molding itself into the mold cavity. In the practical part is constructed 3D model of the injection mold CATIA VR19. For construction of the standard parts used from HASCO.

Keywords: injection molding, injection mold, 3D model

Touto cestou chci poděkovat vedoucímu bakalářské práce, Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za poskytnuté rady a čas strávený při odborném vedení bakalářské práce.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 VSTŘIKOVÁNÍ	12
1.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ	12
1.1.1 Plasty	13
1.1.2 Elastomery.....	13
1.1.3 Termoplasty.....	13
1.1.4 Reaktoplasty	14
1.1.5 Kaučuky	14
1.2 PŘÍPRAVA POLYMERŮ PŘED VSTŘIKOVÁNÍM	15
1.2.1 Sušení polymerů.....	15
1.2.2 Barvení polymerů.....	16
1.2.3 Recyklace polymerů.....	16
1.3 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	16
2 KONSTRUKCE VÝSTŘIKU	18
2.1 DĚLÍCÍ ROVINA	18
2.2 TLOUŠŤKA STĚN	18
2.3 ZAOBLNĚNÍ HRAN A ROHŮ	19
2.4 ŽEBRA	19
2.5 ÚKOSY A PODKOSY.....	20
2.6 SMRŠTĚNÍ.....	20
2.7 JAKOST POVRCHU VÝSTŘIKU	21
3 VSTŘIKOVACÍ STROJ	22
3.1 DĚLENÍ VSTŘIKOVACÍCH STROJŮ Z HLEDISKA POHONU	22
3.1.1 Hydraulický pohon.....	22
3.1.2 Elektrický pohon	23
3.1.3 Hybridní pohon	23
3.2 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA	23
3.3 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	24
4 VSTŘIKOVACÍ FORMA	25
4.1 POSTUP PŘI KONSTRUKCI FOREM	25
4.2 RÁM VSTŘIKOVACÍCH FOREM.....	26
4.3 NÁSOBNOST FOREM.....	27
4.4 VTOKOVÁ SOUSTAVA	28
4.4.1 Studené vtokové systémy	28
4.4.2 Vyhřívané vtokové systémy	30
4.5 TEMPERACE FOREM.....	31
4.5.1 Temperační prostředky.....	32
4.5.2 Volba temperačních kanálů	33
4.6 VYHOZENÍ VÝSTŘIKU	34
4.6.1 Vyhazovací síla	35
4.6.2 Vyhození výstřiku pomocí kolíků	35

4.6.3	Vyhození výstřiku pomocí trubkových vyhazovačů.....	36
4.6.4	Vyhození výstřiku stírací deskou	36
4.6.5	Pneumatické vyhazování.....	37
4.7	ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	37
4.7.1	Určení místa pro odvzdušnění.....	37
II	PRAKTICKÁ ČÁST	38
5	STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	39
6	POPIS VSTŘIKOVANÉHO DÍLCE.....	40
6.1	MATERIÁL VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU	40
6.2	VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	41
7	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	42
7.1	RÁM VSTŘIKOVACÍ FORMY	43
7.2	ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU	43
7.3	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY	44
7.3.1	Tvárník a tvárnice	44
7.4	TVAROVÉ JÁDRA	45
7.4.1	Odformování bočních jader.....	46
7.5	VTKOVÝ SYSTÉM	48
7.5.1	Horká tryska	48
7.5.2	Vtokové ústí	49
7.6	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	49
7.7	TEMPERACE.....	51
7.8	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	52
7.9	ZÁVĚSNÝ SYSTÉM FORMY	53
8	DISKUZE VÝSLEDKU	54
	ZÁVĚR	55
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	56
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	58
	SEZNAM OBRÁZKŮ	60
	SEZNAM TABULEK.....	62
	SEZNAM PŘÍLOH.....	63

ÚVOD

Dnešní společnost si už nedovede představit život bez plastových výrobků. Tak moc jsou důležité plasty pro tuto dobu. Během několika desetiletí se zpracování plastů, zejména vstřikování plastů, stalo velice progresivní technologií. Stalo se tak díky výborným vlastnostem plastů a to díky nízké hustotě, chemické odolnosti, elektroizolačním a tepelným vlastnostem i snadné tvarovatelnosti. Samotné vstřikování plastů nám dovoluje zhotovit výrobek, který bude velice tvarově složitý a bude vyroben za krátký čas, řádově desítky sekund. Jinou technologií by se výrobek zhotovoval velice těžce, popřípadě vůbec. Kvalita výrobku se odvíjí od složitosti a propracovanosti vstřikovací formy. Vstřikovací forma je velice finančně náročná záležitost, a proto se jedna forma využívá na velké série výrobků řádově desítek až tisíců kusů (výstřiků).

Pro konstrukci forem se v dnešní době využívá celá řada CAD programů jako na příklad: Catia, Solid Edge, Inventor, Solid Works, NX. CAD programy ulehčují práci při návrhu forem a omezují chybné konstrukce. Rozšířily se také firmy, které vyrábí normalizované součásti vstřikovacích forem jako je například HASCO, DME, SVOBODA.

I. TEORETICKÁ ČÁST

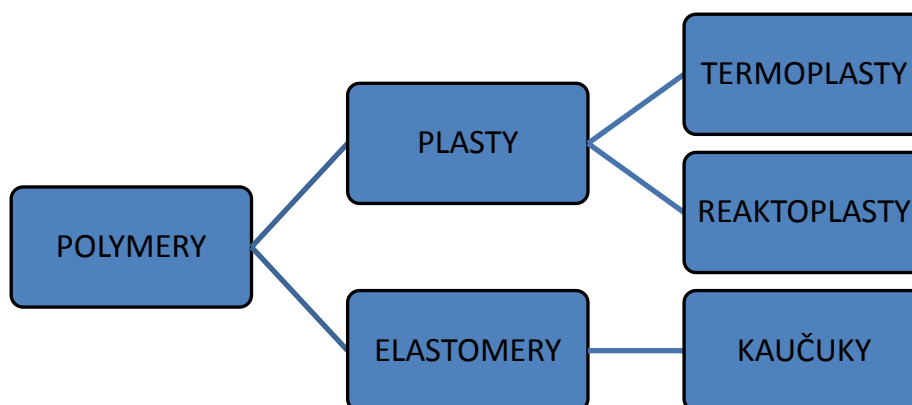
1 VSTŘIKOVÁNÍ

Technologie vstřikování je nejrozšířenějším způsobem výroby plastových, v poslední době také elastomerních výrobků. Vyznačuje se složitým fyzikálním procesem, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a vstřikovací forma. Technologie vstřikování umožňuje produkovat výrobky velmi složitých tvarů pro aplikace v automobilovém, leteckém, elektrotechnickém průmyslu, výrobky pro zdravotnictví, domácnost, sport, armádu aj. [5]

Vlastní výroba vstřikováním pak probíhá nadávkováním a plastikací polymeru ve vstřikovacím stroji, jeho dopravě za teploty a tlaku do dutiny formy. Po ochlazení se již z formy vyjme hotový výrobek. [1]

Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií pro zpracování plastů, jedná se o proces cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. V omezené míře se vstřikují i některé reaktoplasty a kaučuky. [8]

1.1 Základní rozdělení polymerů



Obr. 1. Rozdělení polymerů

Polymer – látka s velkými molekulami, které obsahují většinou atomy C, H, O, často N, Cl a jiných prvků. V určitém stádiu zpracování se polymer nachází v kapalném stavu, který umožňuje udělit tvar budoucímu výrobku za zvýšené teploty a tlaku. Samotný výrobek pak slouží v tuhém stavu. [7]

1.1.1 Plasty

Plasty jsou nejčastěji tvarovány do různých předmětů, folií, vláken atd., které jsou za běžných podmínek tvrdé. Často také obsahují další látky pro zlepšení jak mechanických, tak i fyzikálních vlastností, například odolnost proti stárnutí, nebo zvýšení houževnatosti. Dělí se na elastomery a termoplasty.

1.1.2 Elastomery

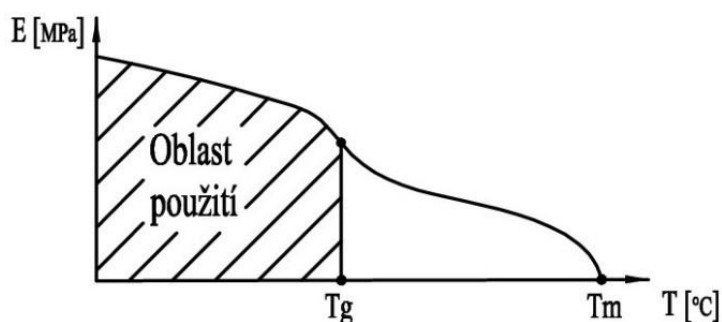
Elastomery jsou takové polymery, jejichž vlákna se můžou za běžných podmínek natáhnout až na trojnásobnou délku a po uvolnění tahové síly se vrací na téměř původní rozměr bez samotného porušení elastomeru.

1.1.3 Termoplasty

Z jednotlivých skupin plastů jsou nejrozšířenější termoplasty. Z hlediska vnitřní struktury se termoplasty dělí na:

- amorfní, jejich řetězce jsou nepravidelně prostorově uspořádány.
- semikrystalické, kde je podstatná část řetězců pravidelně a těsně uspořádána a tvoří krystalické útvary. Zbytek má amorfni uspořádání.

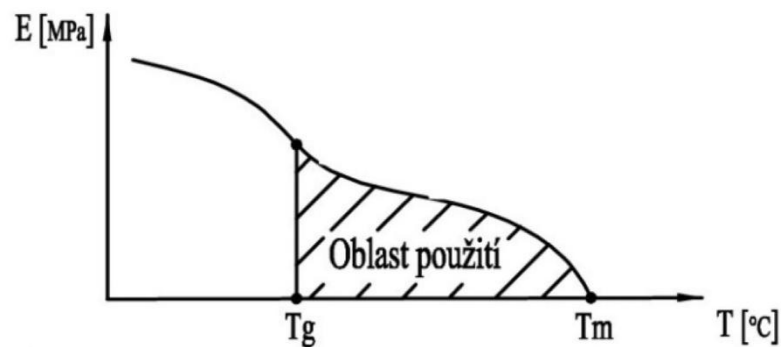
Využitelnost výrobků z amorfniho plastu je v oblasti pod teplotou skelného přechodu (T_g). Polymer je v tomto stavu pevný. Zvyšováním teploty nad T_g postupně slábnou kohezní síly mezi makromolekulami a plast přechází do plastické oblasti až do viskózního stavu, kdy se zpracovává. [1]



Obr. 2. Oblast využití amorfniho plastu [1]

Amorfni plasty jsou dále charakteristické svojí křehkostí, tvrdostí, vysokou pevností, a průhledností. Nejčastější amorfni plasty jsou: PS, ABS, PC, PMMA, SAN.

U semikrystalických plastů, jsou části makromolekul vázány pevněji v lamelách a ve sférolitech krystalické fáze. Zvyšováním teploty se nejprve uvolní část makromolekul z amorfní oblasti, poté dojde k uvolnění i ostatních molekul. Použití plastů tohoto typu je v oblasti nad teplotou T_g , protože mají výhodnou kombinaci pevnosti a houževnatosti nad touto teplotou. [1]



Obr. 3. Oblast využití semikrystalického plastu [1]

Semikrystalické plasty jsou dále charakteristické tím, že jsou mléčně zakalené a houževnaté. Nejčastější semikrystalické plasty jsou: PE, PP, PA 6.

1.1.4 Reaktoplasty

Reaktoplast je takový polymer, který se při působení tepla vytvrzuje. Dochází k chemické reakci, která způsobí zesíťování polymeru. Chemická reakce vytvrzování je nevratná reakce. Nelze reaktoplast opakovaně tavit. Příklad reaktoplastů: epoxidové pryskyřice, fenolické pryskyřice.

1.1.5 Kaučuky

Kaučuky jsou polymerní materiály přírodního, nebo syntetického původu. Při působení vnější síly dochází k dočasné deformaci kaučuku a při odstranění vnějšího zatížení zaujme kaučuk původní tvar, vyznačuje se tedy velmi velkou pružností. Dále je kaučuk používán jako základní surovina při výrobě pryží. Výroba pryže probíhá pomocí vulkanizace a dochází k prostorovému zesíťování kaučuku. Vulkanizace je podporována katalyzátory, které urychlují chemickou reakci, nejčastější katalyzátor je samotná síra, nebo siřné sloučeniny. Díky vulkanizaci kaučuku se zlepšují jeho mechanické i chemické vlastnosti např. pevnost v tahu, odolnost oděru, rozpustnost apod.

1.2 Příprava polymerů před vstřikováním

Většinou se musí materiál před vstřikováním upravit a to podle technologického postupu určeného pro konkrétní výrobek. Mezi nejčastější úpravy patří sušení granulátu, míšení s přimícháním recyklovaného odpadu, barvení granulátu, míchání s nadouvadlem apod. Výsledkem výše zmíněných úkonů je bezproblémové a jednodušší zpracování. [1]

1.2.1 Sušení polymerů

Velké množství termoplastických materiálů absorbuje vlhkost ze vzduchu. To může vést až k degradaci polymeru a tím i snížení kvality některých parametrů a také zhoršení kvality povrchu. Na výrobku se degradace polymeru projeví špatným povrchovým leskem, kolem ústí vstřikovací trysky se vyskytují povrchové vady a také špatným vyhazováním výstřiku z dutiny formy. Pro eliminaci nežádoucích jevů je nutné materiál před vstřikováním před-sušet. Sušení se provádí v komorových pecích s volně cirkulujícím vzduchem. Granulát je navezen do pece na paletách, vrstva granulátu na paletě nesmí být větší jak 4 cm. U vybraných materiálů je vrstva odlišná např. u PC je výška vrstvy jen 2,5 cm pro dokonalé vysušení. Pro nepřetržitý provoz procesu sušení jsou vhodné vysokokapacitní sušárny s nucenou cirkulací ohřátého vzduchu. U vstřikovacích strojů s nevytápěnou násypkou je nutné vysušený granulát do 30 minut zpracovat. [1]

Tab. 1. Sušení vybraných navlhavých plastů [1]

Zkratka plastu	Vhodná teplota sušení [°C]	Vhodná doba sušení [hod.]	Max. přípustný obsah vlhkosti [%]
SAN ¹⁾	80	3-4	0,1
ABS ¹⁾	85	3-4	0,1
PMM a kopolymer	70	3-4	0,1
PA6	80-90	16-24 ²⁾	0,2
PA66	80-90	16-24 ²⁾	0,2
POM ¹⁾	80	1-2	0,1
PC	110-120	8-10	0,015

Pozn. ¹⁾sušení se provádí pouze při zvlhnutí (orosení) granulátu ²⁾materiály v dobře uzavřených, vlhkost nepropouštějících, pytlích není potřebné sušit

1.2.2 Barvení polymerů

Spousty vyráběných dílů musí mít vhodný barevný odstín a jakostní povrch. Plasty dostupné od výrobců zahrnují jen zlomek barevných odstínů. Při snaze získat jiný barevný odstín, je zapotřebí kontaktovat výrobce a po domluvě se granulát obarví. Škála možných barevných odstínů je limitována barvou základního, nebo barveného granulátu. Za účelem obarvení plastů se využívají barvy od různých výrobců. Samotné obarvování se realizuje buď dávkovacím zařízením přímo ve vstřikovacím stroji, nebo se granulát míchá před vstřikováním. [1]

1.2.3 Recyklace polymerů

Při vzniku odpadu, vadných výstřiků a zbylých studených vtoků, je možné tento odpad opakovaně zpracovat. Podíl odpadu, zvláště při vstřikování malých výstřiků, je značný, a proto se recyklace polymeru hojně využívá. Neznečištěný plastový odpad je drcen v nožových mlýnech. Takto recyklovaný plast se smíchá s čistým granulátem a znovu se použije. Při míchání čistého granulátu s recyklátem dochází ke snížení fyzikálně – mechanických vlastností, i povrchového vzhledu. Množství a velikost přidaného nadrceného recyklátu určuje míru snížení fyzikálně – mechanických vlastností. Transparentní a značně namáhané plasty se míchat s recyklátem nemohou. Nesplnili by požadované vlastnosti. [1]

1.3 Vstřikovací cyklus

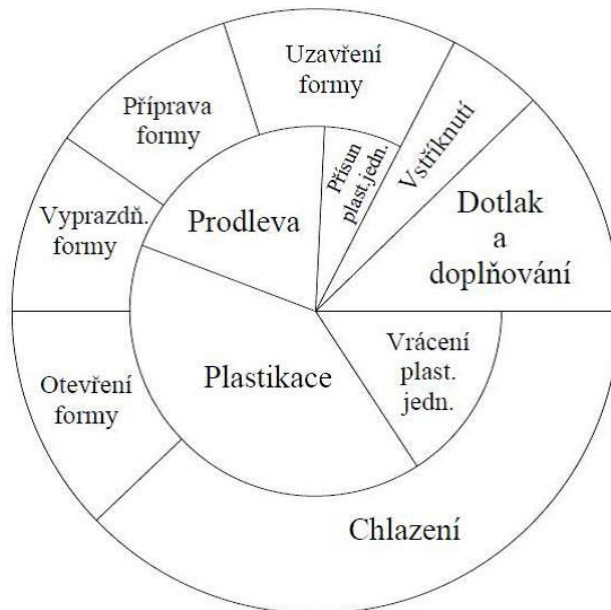
Jedná se o neizotermický děj, během něhož prochází plast tepelným zatížením. Při popisu vstřikovacího cyklu je třeba si ujasnit samotný počátek děje, jelikož se jedná o cyklický proces, a proto definujeme jako počáteční bod uzavření formy.

Vstřikovací cyklus (obr. 4) se skládá z 2 částí, první částí je vnitřní část kruhu, která představuje plastikační jednotku. Druhou částí je vnější část kruhu představující samotnou formu.

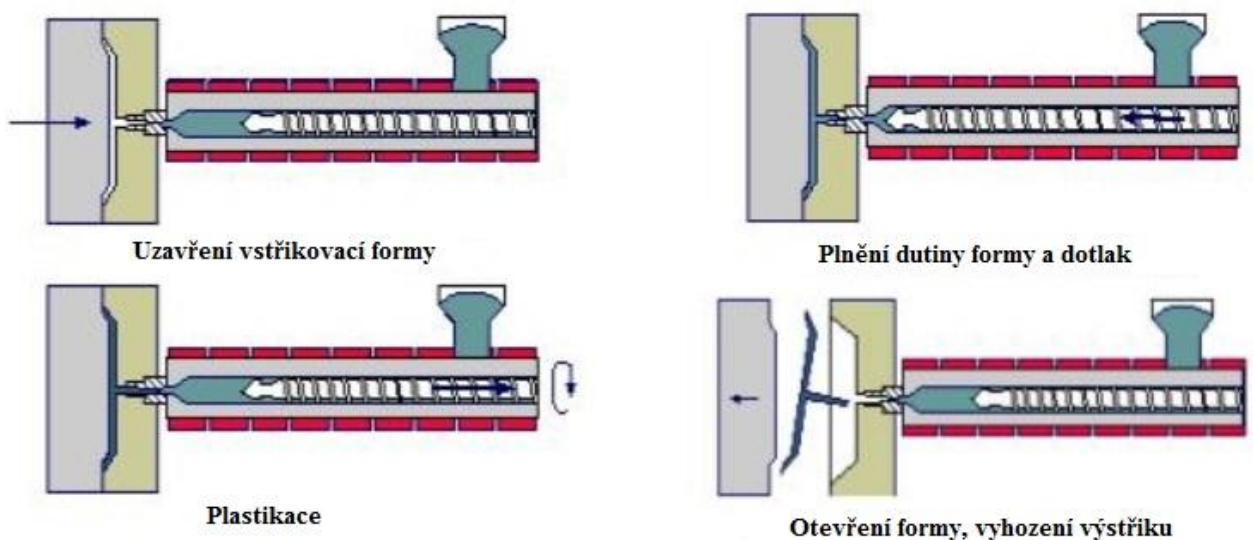
Popis vstřikovacího cyklu:

K uzavřené formě se přisune plastikační jednotka a dosedne na vtokovou vložku. V plastikační jednotce je nachystána dávka roztaveného polymeru potřebná pro vyplnění dutiny formy. Dochází ke vstříknutí roztaveného polymeru do dutiny formy, tato doba se nazývá doba plnění. Šnek v plastikační jednotce se posouvá dopředu. Po ukončení vstříku začne působit dotlak na vstříknutou taveninu. Doplnění materiálu je omezeno zatuhnutím taveni-

ny ve vtokovém kanálu. Po skončení dotlaku je třeba nechat ochladit vstřík na vyhazovací teplotu. Doba chlazení trvá nejdéle z celého cyklu. Souběžně s chlazením probíhá i plastikace nové dávky roztaveného polymeru, šnek se otáčí a posouvá dozadu. Při dosažení vyhazovací teploty se forma začne otvírat a následně dojde k vyhození výstříku z dutiny ven pomocí vyhazovacího systému formy. Dále proběhne příprava formy a také prodleva plastikační jednotky. V tomto čase se provádí čištění a vkládání jader.



Obr. 4. Vstříkovací cyklus graf



Obr. 5. Vstříkovací cyklus [8]

2 KONSTRUKCE VÝSTŘIKU

Při konstrukčním návrhu plastových součástí vycházíme z úplně odlišných zásad než u součástí z kovu. Pro vhodnou konstrukci výrobku z polymeru musí brát konstruktér v úvahu chování plastu při procesu vstřikování, tedy musí znát samotnou technologii.

Zhotovení plastových součástí je limitováno určitými konstrukčními tvary a jejich vlastnostmi, které by se neměly překročit. Při změně vhodného tvaru výstřiku by mohlo docházet k problémům při výrobě. Všeobecně platí: čím jednodušší je součást, tím výhodnější jsou její pevnostní podmínky, snadnější dodržení rozměrů, levnější výroba formy a jednodušší výroba dílu. Ne vždy je možné konstruovat součást tak, aby splňovala všechna kritéria pro vhodný tvar, a proto je nutné hledat kompromisy mezi vznášenými požadavky. [1]

2.1 Dělicí rovina

Dělicí rovina je plocha, ve které na sebe dosedá levá a pravá strana formy v uzavřeném stavu. Při návrhu dělicí roviny ve výstřiku musí být brán ohled na bezproblémové vyjmutí výstřiku z dutiny formy. V dělicí rovině dochází ke zhoršení kvality povrchu výstřiku díky přetoku, který by neměl být umístěn tak, aby bránil funkci výstřiku, popřípadě aby nemohl kazit optické vlastnosti. Přetok způsobený nedokonalou těsností formy by měl být snadno odstranitelný. S ohledem na umístění dělicí roviny se rozlišuje hlavní dělicí rovina a vedlejší dělicí roviny.

2.2 Tloušťka stěn

Při určování tloušťky stěny výstřiků se musí vedle funkčního hlediska přihlížet, i k zatékavosti plastu a k délce dráhy toku. Čím větší je dráha toku, tím větší má být tloušťka stěny. [3]

Tloušťka stěny musí splňovat požadavek funkční – tzn. pevnost, tuhost. Tuhost je spolu s pevností závislá na volbě materiálu – plastu (E mod., G mod.).[4]

Zásady správné konstrukce tloušťky stěn vyžadují jednotnou tloušťku, náhlé přechody mají být bez ostrých hran a v případě, kde se nelze vyhnout tlustším stěnám (místům), se provede vhodné odlehčení. Tloušťka bočních stěn, nebo žeber se zaoblenou přechodovou hranou nemá překročit 0,8 mm tloušťky hlavní stěny. [1]

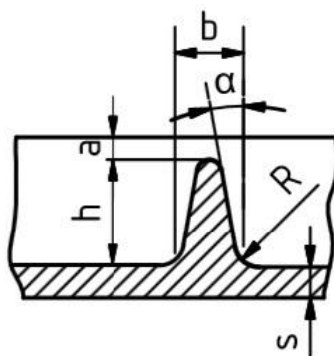
U tvarově členitých výstřiků s rozdílnými stěnami, je vhodné provést analýzu plnění pomocí počítačové simulace.

2.3 Zaoblení hran a rohů

Všude tam, kde dochází ke styku několika ploch, popřípadě kde tavenina mění směr toku, je nutné všechny hrany a kouty zaoblit. Díky této úpravě dojde ke snížení odporu proti tečení taveniny v dutině formy a zefektivní se působení vstřikovacího tlaku. V praxi to znamená, že se zaoblením nepřímo ovlivňuje smrštění. Při zhotovení vhodných zaoblení se usnadňuje vyhazování výstřiku z dutiny formy a tím se zabrání výskytu deformací při vyhazování výstřiku. [3]

2.4 Žebra

Dělí se podle účinku, kterým působí na součásti, nebo při vstřikování výrobku v dutině formy. Technická žebra zabezpečující pevnost a tuhost součásti. Technologická žebra umožňují optimální plnění dutiny formy, nebo brání zborcení stěn, případně odstraňují předpokládaný vznik povrchových vad. Někdy se volí žebra i tak, aby zlepšila vzhled výrobku. [1]



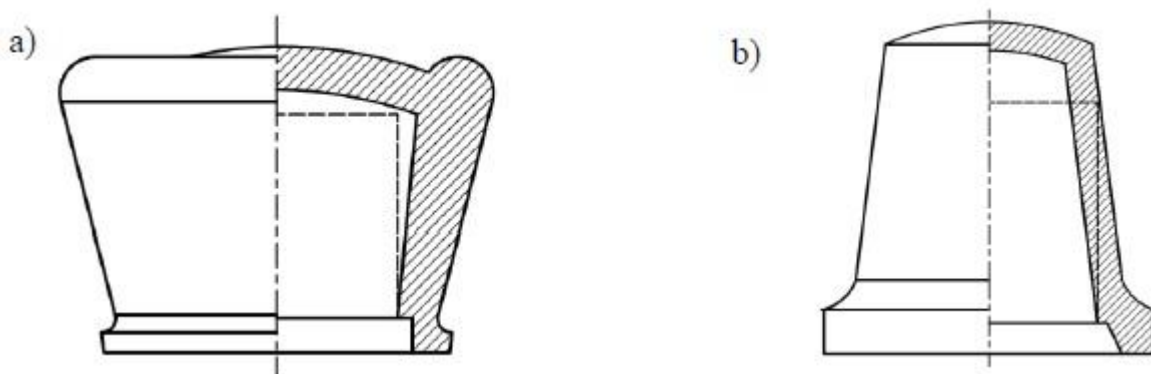
Obr. 6. Žebro [1]

Tab. 2. Minimální požadavky žeber uvedeno v mm [1]

s	b max.	h max.	R max.	a min.	$\leq \alpha$ dle volby
1,6	1	4	0,3-2	0,5	30', 1°, 2°, 3°
2,0	1,5	6			
2,5	2	7,5			
3,0	2,2	9			
4,0	2,8	12			
5,0	3	15			
6,0	3,5	18			

2.5 Úkosy a podkosy

Úkosy jsou sklony stěn výstřiku kolmo k dělicí rovině, kterými se umožňuje, nebo u podkosů zabraňuje, vyjímání výstřiku z dutiny formy. Jejich velikost se řídí požadovanou funkcí. Svým uspořádáním jsou buď vnější, nebo vnitřní. Volbu jejich velikosti ovlivňuje především smrštění, elasticita plastu, povrch stěn formy a automatizace výroby. S ohledem na tyto faktory se pak volí jejich velikost dle tabulek. U vnitřních stěn větší a u vnějších menší úkosy. Podkosy, s výjimkou technologických, komplikují konstrukci i funkci formy, a proto je snaha se jim vyhnout. [1]



Obr. 7. a) podkosy b) úkosy [1]

Tab. 3. Úkosy a podkosy [1]

úkosy pro	velikost úkosu
vnější plochy	30'-2° (1°)
vnitřní plochy	30'-3°
otvor do hloubky 2D	30'-1° (45')
hluboké otvory	1°-10°
žebra, nálitky	1°-10°
výstupky	2°-10°

2.6 Smrštění

Smrštění plastu proti formě je objemová změna. Tato změna je vyvolaná fyzikálními, nebo chemickými ději, které probíhají při procesu tváření. Projevuje se hlavně v průběhu tuhnutí taveniny polymeru bezprostředně po vyjmutí tvářeného výrobku z formy.[3]

Výrobní smrštění

Výrobní smrštění (smrštění) je rozdíl mezi rozměrem tvarové dutiny formy a odpovídajícím rozměrem výrobku, vyjádřený v procentech z rozměru formy. [3]

Dodatečné smrštění

Dodatečné smrštění (dosmrštění) je změna rozměru tvářeného výrobku z plastu po jeho vystavení zvýšené teplotě. Někdy se pod pojmem dodatečné smrštění rozumí také rozměrová změna, která proběhla ve výrobku při normální teplotě, avšak po delším časovém odstupu od jeho vyrobění. [3]

2.7 Jakost povrchu výstřiku

Dalším velice důležitým znakem plastových součástí je jakost povrchu. Pro zlepšení kvality povrchu, ale i estetického vzhledu a účelového využití se používají vhodné úpravy např. dezénování, barvení apod. Vyroběný díl pak získá vhodný barevný odstín, případně různou drsnost povrchu, nebo lesk, popřípadě může být transparentní. Kvalita povrchu součástí je obrazem povrchu dutiny formy. [1]

Povrchy mohou být:

- matné, ty jsou výrobně nejjednodušší a proto ekonomicky nejvhodnější. Jsou také výhodné v tom, že zakryjí některé vzhledové nedostatky při vstřikování, jako jsou studené spoje, stopy po toku apod.,
- lesklé, jsou nejnákladnější a nejnáročnější operace opracování dutiny formy. Stupeň lesku se předepisuje (vysoký, ...). Na lesklém povrchu jsou zvýrazněny veškeré nedostatky výroby formy i výroby výstřiku. U většiny plněných plastů však nelze docílit lesklého povrchu součástí,
- dezénové povrchy jsou také častou úpravou části, nebo celého povrchu součástí. Dosáhne se tím zvýraznění některé její oblasti, snadnější manipulace, snížení průhlednosti apod. Tak jako u matných ploch zakryjí některé nedostatky a nepříznivé vzhledové vlastnosti plastů. Tvar dezénu může být jakýkoliv a může být zhotoven na libovolném místě součástí, je jen omezen možností jeho zhotovení ve formě. [1]

3 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací stroj se volí podle rozměrů vstřikovací formy, parametrů plastikační jednotky, velikosti uzavírací síly. Vstřikovací stroj se skládá z uzavírací jednotky 1, řídicí jednotky 4, vstřikovací jednotky 2, rámu 3 (obr. 8.).

Vstřikovací proces probíhá na moderních strojích většinou plně automaticky, takže se dosahuje vysoké produktivity práce. Pořizovací cena strojního zařízení i vstřikovací formy je však značně vysoká. Technologie je proto vhodná pro velkosériovou a hromadnou výrobu.[8]



Obr. 8. Vstřikovací stroj Arburg [9]

3.1 Dělení vstřikovacích strojů z hlediska pohonu

Základní dělení pohonů pro vstřikovací stroje se dělí na hydraulické, elektrické a hybridní.

3.1.1 Hydraulický pohon

Vstřikovací stroje s hydraulickým pohonem, jsou nejvíce rozšířené. Jejich obliba spočívá v menších pořizovacích nákladech a vysokých výkonech. Další výhodou může být možnost připojení více hydraulických okruhů do vstřikovací formy, pomocí kterého se můžou odformovat posuvné části formy. Hydraulické pohony jsou však hlučnější a energeticky náročnější.

3.1.2 Elektrický pohon

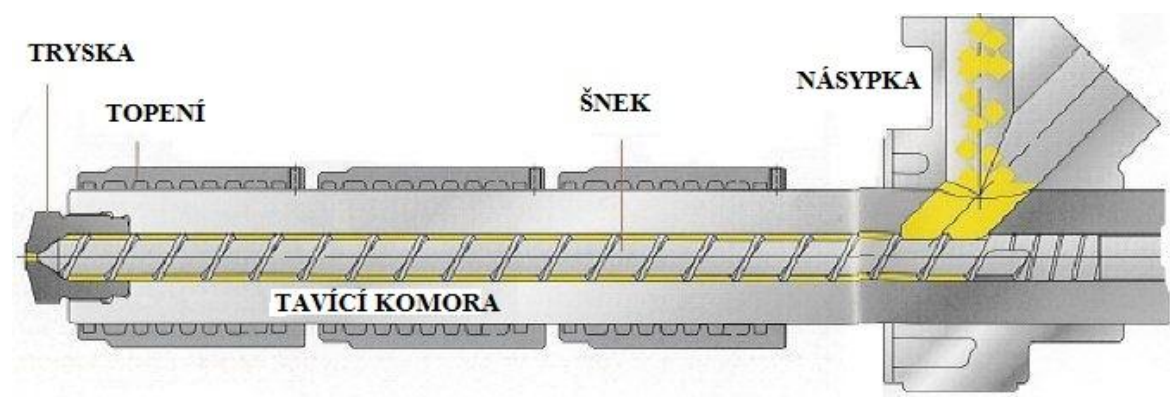
Veškeré pohony stroje se provádí servomotory, nebo asynchronními motory. Tento druh pohonu se v poslední době stále více používá a to pro jeho vlastnosti. Elektrické pohony jsou na rozdíl od pohonů hydraulických tišší, nevyžadují tak častou údržbu, jsou méně energeticky náročné a mají velké zastoupení při výrobě přesných výstřiků. Nevýhodou těchto pohonů jsou vysoké pořizovací náklady.

3.1.3 Hybridní pohon

Hybridní pohony se skládají z pohonů hydraulických a elektrických. Hydraulické pohony se používají pro ovládání vstřikovací jednotky a uzavírací jednotka je řízena pomocí elektrických pohonů.

3.2 Vstřikovací jednotka

Slouží k dopravě a dávkování roztaveného plastu s předepsanými technologickými parametry do dutiny formy. Množství dopravované taveniny musí být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Při vstřikování malého množství polymeru zůstává polymer delší dobu v plastikační jednotce a tím může nastat jeho degradace. Pro minimalizaci degradace polymeru je možné urychlit vstřikování rychlejšími cykly výroby. Maximální vstřikované množství nesmí překročit 90 % kapacity jednotky, protože je ještě nutná rezerva pro případné doplnění úbytku hmoty při chlazení (smrštění). Optimální množství je 80 %. [1]



Obr. 9. Vstřikovací jednotka [11]

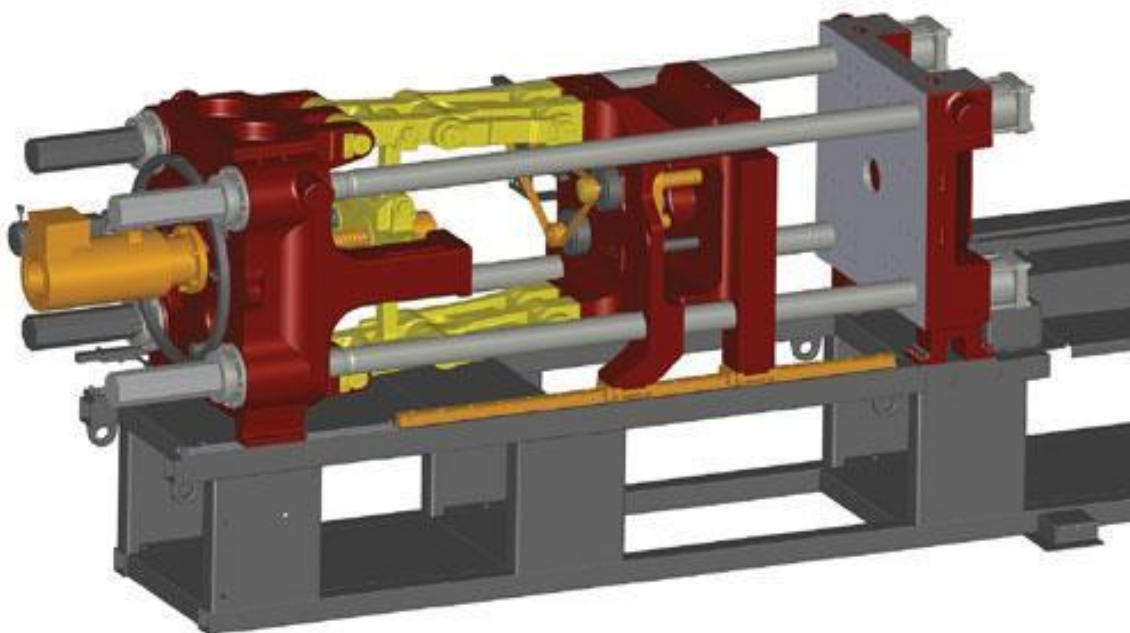
Funkce vstřikovací jednotky spočívá v dopravě plastu do tavného válce pomocí pohybu šneku. Poté je plast posouván šnekem přes vstupní pásmo, přechodové a výstupní pásmo s možnou změnou otáček. Plast se postupně plastifikuje, homogenizuje a hromadí před

šnekem. Vlivem hromadění nataveného plastu před šnekem dochází k jeho odtažení do zadní polohy. Natavování polymeru probíhá za pomoci tří pásem topení. Vstupní pásmo, střední a pásmo u trysky. Vstřikovací tryska má samostatné topení. Část tepelné energie vznikne disipací v materiálu.

Tavná komora vstřikovacího stroje je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Spojení mezi formou a strojem je provedeno pomocí kulového zakončení, které dosedne do kulového protikusu na formě. Takto zhotovené spojení zajišťuje přesné dosednutí a těsnost, za předpokladu souososti a menšího poloměru trysky, než je u sedla vtokové vložky. [1]

3.3 Uzavírací jednotka

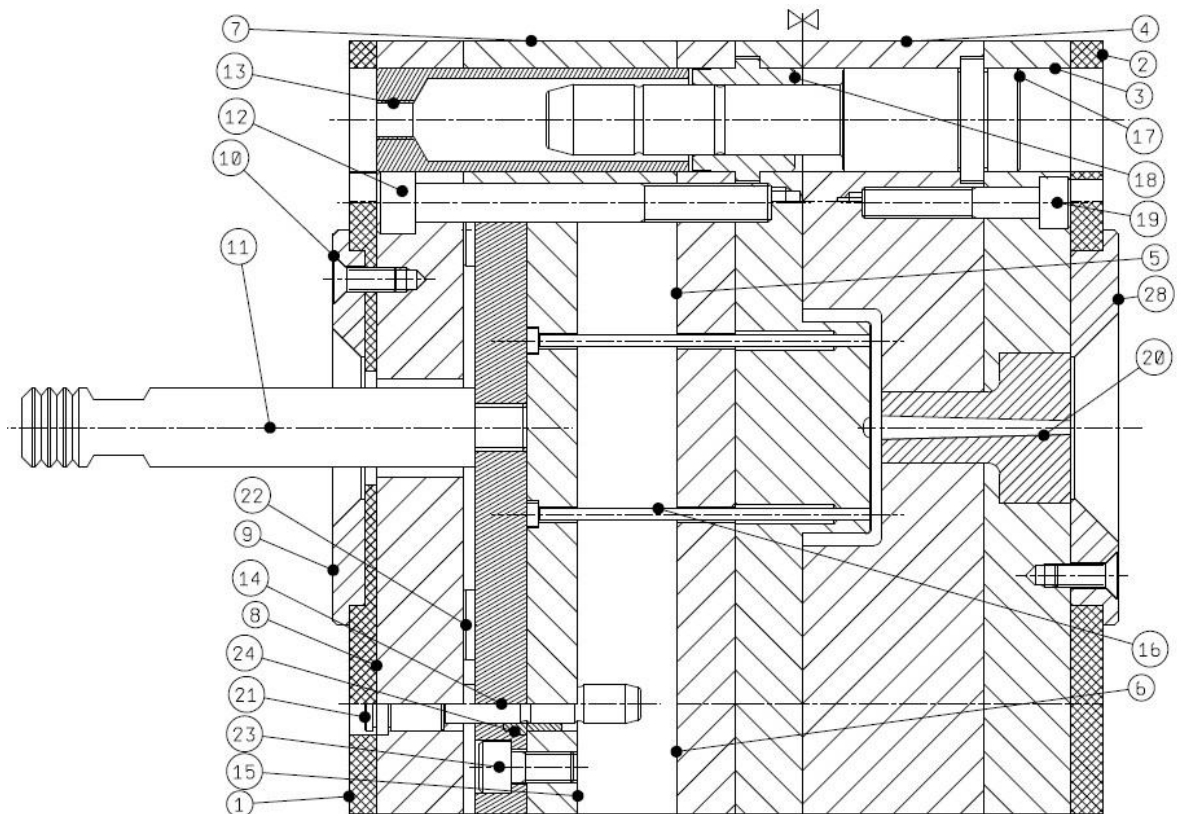
Řídí správné a dokonalé uzavírání, otevírání formy. Uzavírací tlak je přímo závislý na velikosti vstřikovacího tlaku, ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině. [1]



Obr. 10. Uzavírací jednotka [12]

4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma (obr. 11) je výměnou částí uzavírací jednotky. Její funkcí je dát tavenině výsledný tvar výrobku a zachovat jej až do ztuhnutí a ochlazení na takovou teplotu, při které nedochází k podstatnější deformaci. Forma je vedle plastikačního válce nejdůležitější částí vstřikovacího stroje a na její konstrukční a výrobní přesnosti závisí nejen rozměrové tolerance výrobku, ale i jeho užitné mechanické vlastnosti a také ekonomie celé výroby tj. dosažitelný stupeň automatizace. [6], [7]



Obr. 11. Řez vstřikovací formou

4.1 Postup při konstrukci forem

Jako podklad pro konstrukci formy slouží výkres vstřikovaného dílu s konstrukčním návrhem a doplňujícími údaji. Podle těchto podkladů konstruuje konstruktér samotnou formu. Vlastní konstrukce má následující postup:

- posouzení výkresu součásti z hlediska tvaru, rozměrů a tvářecích podmínek. Je třeba znovu zkontrolovat rozměry, jejich tolerance, rozdíly v tloušťce stěn s ohledem na propadliny a lunkry. Nezanedbat ani úpravu ostrých hran a rohů, které vyvolávají velké pnutí a obtížné plnění dutiny,

- určení, případně upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování s ohledem na funkci a vzhled. Respektovat také směr a velikost potřebných úkosů. Zaformování musí odpovídat vhodnému umístění ústí vtoků a vyhazování z dutiny formy,
- dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě. Volba vhodného typu vtokového systému, velikost průřezů, tvaru a délky hlavního a rozváděcího kanálku i ústí vtoku,
- stanovení koncepce vyhazovacího a temperančního systému i odvodu vzdušné dutiny formy,
- návržení rámu formy s ohledem na danou typizaci, počet i rozmístění dutin, systém vyhazování i temperance formy,
- vhodné uspořádání středění a upínání formy na stroj s ohledem na využití dostupných prostředků. To všechno v rámci bezpečnosti práce,
- zkontrolovat funkční parametry formy, hmotnost výstřiku, jeho průmětnou plochu, vstřikovací a uzavírací tlak a další faktory s ohledem na doporučený stroj.[1]

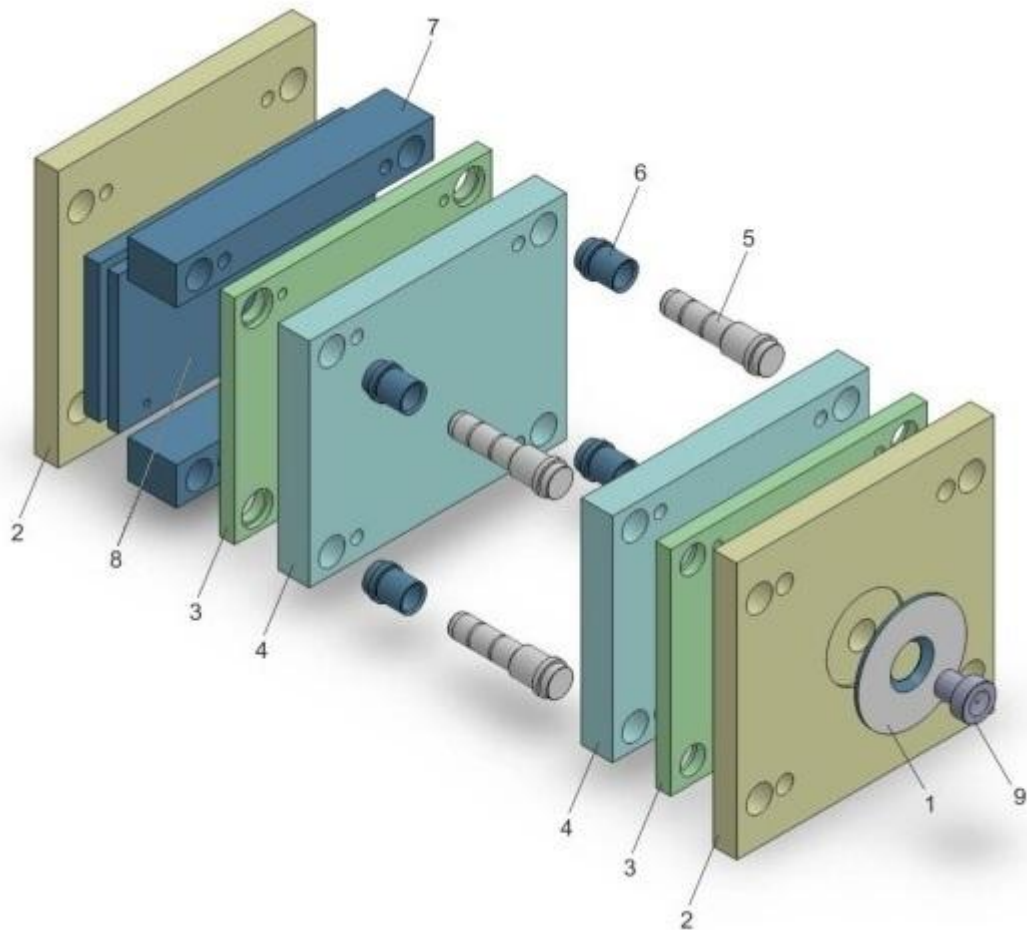
4.2 Rám vstřikovacích forem

Rám formy představuje skupinu vzájemně spojených desek s vodícím, středícím a spojovacím příslušenstvím. Spojený celek tvoří funkční nosič tvarových dutin a vtoků, vypracovaných přímo v deskách, nebo ve zvláštních vložkách. Rám doplněný o další funkční celky pak tvoří kompletní formu s požadovanou funkcí. [2]

Mimo uvedené činnosti musí rám umožnit:

- správné ustavení na vstřikovacím stroji,
- dokonalé a bezpečné upnutí na stroji,
- přesné vedení pohyblivých dílů formy,
- snadné upevnění tvarových vložek a ostatních funkčních dílů,
- vhodné umístění temperančního a vyhazovacího systému.

Velikost a uspořádání rámu se volí individuálně podle potřeby a nutné funkce formy, s ohledem na zaformování vyráběného výstřiku. Pro usnadnění konstrukce i výroby rámu se dnes využívá nejrůznější typizace a nabídky normálí jednotlivých dílců. [2]



Obr. 12. Hlavní části forem [10]

Popis hlavních částí vstřikovací formy

1 – středící kroužek, 2 – upínací desky, 3 – opěrné desky, 4 – tvarové desky,

5 – vodící sloupky, 6 – pouzdra vodících sloupků, 7 – rozpěrné desky, 8 – desky vyvažovačů, 9 – vtoková vložka

4.3 Násobnost forem

Optimální násobnost vstřikovacích forem je, se stále se zvyšující výrobou výstřiků, jednou z nejdiskutovanějších otázek, protože přímo souvisí s ekonomikou výroby. Doposud neexistuje exaktní a jednoduchá metoda ke stanovení správné násobnosti. [3]

Optimální volba násobnosti formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých činitelů, kteří ji ovlivňují. [1]

Posuzují se z hlediska:

- charakteru a přesnosti výstřiku,

- požadovaného množství výrobků,
- velikosti a kapacity vstřikovacího stroje,
- požadovaného termínu dodávky,
- ekonomiky výroby.

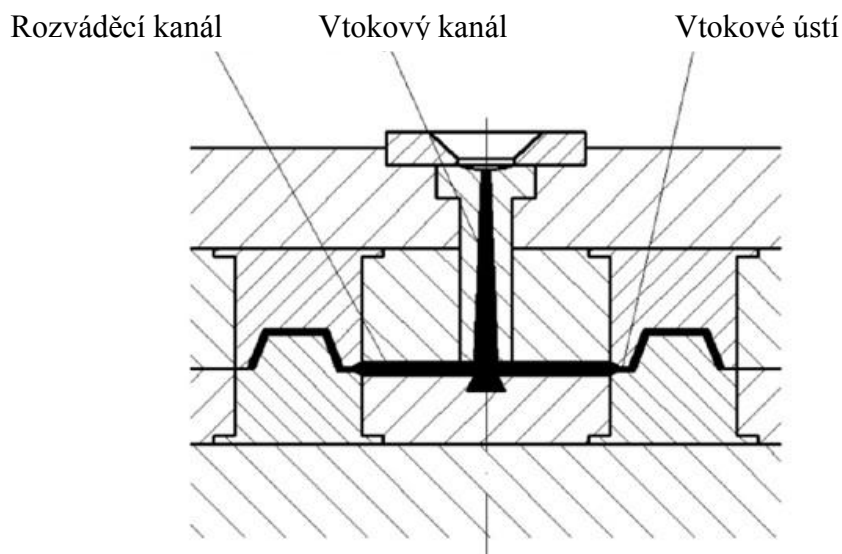
Z hlediska kvality a přesnosti výstřiků je žádoucí, aby byla násobnost vstřikovací formy co nejmenší, protože se tím zjednoduší konstrukce formy, eliminují se rozdíly v rozměrech jednotlivých tvarových dutin a vyloučí se rozdíly v teplotách a tlacích mezi jednotlivými dutinami formy. Dále se lépe navzájem vystředí tvárník a tvárnice a slíční jednotlivé pohyblivé části formy. Je-li forma více než jednonásobná, pak má být násobnost volena tak, aby dráha toku taveniny ve vtokové soustavě a v dutinách formy byla u všech výstřiků stejně dlouhá. [2], [3]

4.4 Vtoková soustava

Slouží k dopravě roztaveného plastu od plastikační jednotky až do dutiny formy. Roztavený plast proudí tryskou do vtokových kanálů různého tvaru, které vedou plast do dutin formy a zaplní jejich volné místo. Uspořádání vtokové soustavy závisí na konstrukci formy, především na násobnosti formy. [3]

4.4.1 Studené vtokové systémy

Naplnění dutiny termicky homogenní taveninou má proběhnout v nejkratším čase a s minimálními odpory. Popis jednotlivých částí vtokového systému je na obrázku 16.



Obr. 13. Vtokový systém formy [1]

Funkční řešení vtokového systém musí zabezpečit aby:

- dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových i časových ztrát,
- dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá a tím se zajistilo rovnovážné plnění. Vyústění vtoku do dutiny, jeho průřez, poloha a počet ovlivňují pnutí a existence míst se sníženou pevností (studených spojů), kde vlivem častého ochlazení proudu taveniny a jejím vzájemným setkáním již nedojde ke kvalitnímu spojení. Je proto účelné naplnit dutinu jedním vtokem, aby tím vzniklo co nejméně studených spojů,
- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký, aby byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu a tím se umožní působení dotlaku. Přitom však je třeba přihlížet ke spotřebě plastu. Vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co největší průřez. Tím budou ztráty ochlazováním minimální. Této podmínce odpovídá kruhový průřez. Z výrobních důvodů se volí i jemu podobný tvar lichoběžníkový,
- u vícenásobných forem je vhodné odstupňování průřezů kanálů, aby byla zachována stejná rychlost taveniny. [1]

Vtoková ústí

Vtokové ústí se vytváří zúžením rozváděcího kanálu. Jen ve výjimečných případech může být použitý plný nezúžený vtok. Jeho zúžením se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem do tvarové dutiny. Omezení se strhávání chladných vrstev polymeru z obvodu vtoku a tím i vytváření povrchových defektů. Vtokové ústí se volí co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výstřiku, plastu i technologii vstřikování. Umožní se snadné začišťování. Velikost zúženého průřezu však musí spolehlivě naplnit dutinu formy a také ještě umožnit případné působení dotlaku. Délka zúženého ústí se volí co nejkratší. Jeho spodní hranice je však omezena pevností materiál formy. [1]

Vtokové ústí bývá umístěno:

- do geometrického středu dutiny, aby tavenina zatékala do všech míst rovnoběžně,
- do nejtlustšího místa na výstřiku,
- do otvoru nebo poblíž,
- u výstřiků se žebry má tavenina proudit ve směru jejich orientace,
- mimo místa velkého namáhání nebo opticky činných ploch,

- s ohledem na možnost úniku vzduchu z tvarové dutiny,
- u obdélníkového tvaru do kratší strany,
- s ohledem na zamezení volného toku taveniny,
- aby stopa po odstranění vtoku nesnižovala estetickou hodnotu výstřiku. [1]

Dělení studených vtokových systémů:

- plný kuželový vtok,
- bodový vtok,
- tunelový vtok,
 - srpkovitý tunelový vtok,
- boční vtok,
- filmový vtok,

4.4.2 Vyhřívání vtokové systémy

Vyhřívání (horké) vtokové soustavy (VVS) se začaly používat z technologických i ekonomických důvodů. Dnešním VVS předcházela řada jednodušších systémů (zesílené vtoky, izolované vtokové soustavy apod.). Dnešní VVS jsou velmi sofistikovanou kapitolou konstrukce vstřikovacích forem, kterou se zabývají specializovaní výrobci. [5]

Technologie vstřikování s použitím VVS spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. To umožňuje použít jen bodové vyústění malého průřezu, které je vhodné pro širokou oblast vyráběných výstřiků. I přes malý průřez vtoku je možné částečně pracovat s dotlakem. U všech způsobů bez vtokového vstřikování je vhodné v místě jeho vyústění provést na výstřiku zahloubení, aby případný nepatrný vtokový zbytek nevystupoval přes jeho úroveň. Součástí systému je regulace teploty VVS i formy. Celá soustava umožňuje snadnou montáž, demontáž, vyčištění a znovu nasazení do provozu. [1]

Výhody VVS:

- umožňuje automatizaci výroby,
- zkracuje výrobní cyklus,
- snižuje spotřebu plastu - vstřikuje se bez vtokových zbytků,
- snižuje náklady na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků,

- odpadá manipulace a recyklace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování. [1]

Vyhřívání trysky

Její konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek i s regulací teploty, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Výrazně umožňují zlepšit technologické podmínky vstřikování. Takové vyhřívání vtokové soustavy (VVS) si obvykle uživatel sám nevyrobí, ale nakupuje u specializovaných firem. [1]

Principy:

- tryska s vnějším topením, kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je z tepelně vodivého materiálu. Při vstřikování abrazivních plastů je ocelový materiál legován molybdenem. Z vnějšku je kolem tělesa trysky umístěno topení,
- trysky s vnitřním topením. U tohoto systému tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku (torpédo), zhotovenou také z materiálu s dobrou vodivostí. [1]



Obr. 14. Vstřikovací tryska s vnějším topením [14]

4.5 Temperace forem

Temperace slouží k udržení konstantního teplotního režimu formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků na výrobu. Děje se tak ochlazováním, případně vyhříváním celé formy, nebo její části. Během vstřikování se do formy přivádí roztavený polymer, který se v její dutině ochlazuje na teplotu vhodnou pro vyjmutí výstřiku. Temperace tedy ovlivňuje plně-

ní tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při každém vstřiku se forma ohřívá. Každý další výstřik je třeba vyrobit zase při stanovené teplotě. Proto je nutné přebytečné teplo během pracovního cyklu odvést temperační soustavou formy. [2]

4.5.1 Temperační prostředky

Představují media, která svým působením umožňují formě pracovat v optimálních tepelných podmínkách. Rozdělují se na :

- aktivní, které působí přímo ve formě. Teplo do formy přivádí, nebo naopak odvádí,
- pasivní jako takové, které svými fyzikálními vlastnostmi ovlivňují tepelný režim formy.

Jejich volba je ovlivněna především koncepcí formy a požadavky na technologii výroby výstřiku. Používají se obvykle ve vzájemné vazbě. [2]

Aktivní prostředky představují:

- kapaliny, které proudí nuceným oběhem temperačními kanály, vytvořenými uvnitř formy. Dochází k přestupu tepla mezi formou a kapalinou. Obvykle se používají kapaliny, jejichž charakteristika je zřejmá z následující tabulky. [2]

Tab. 4. Temperační kapaliny [2]

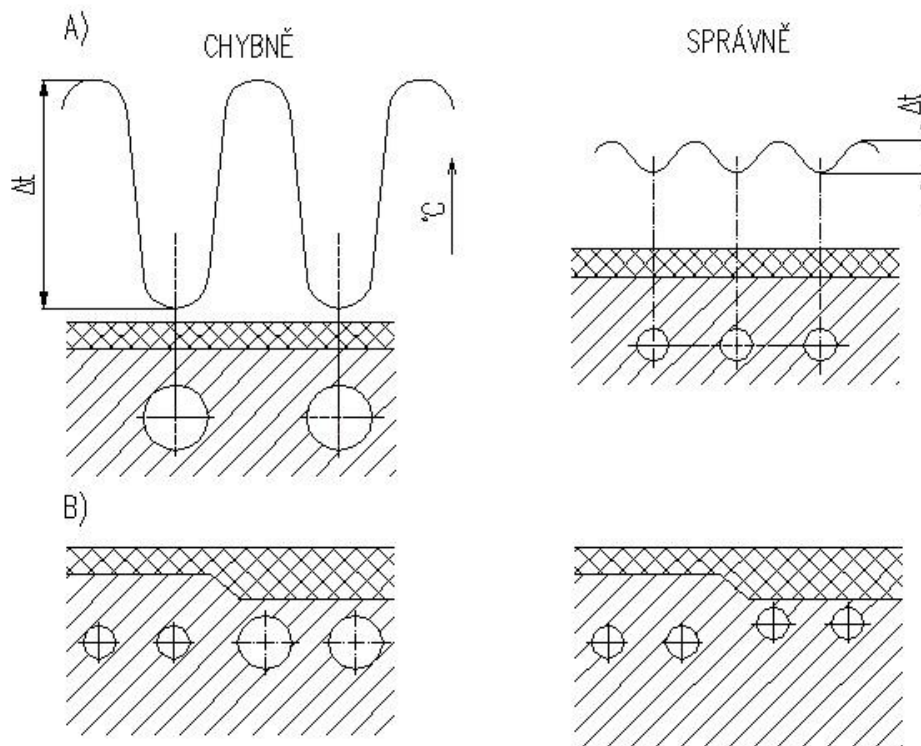
Typ	Výhody	Nevýhody	Poznámka
Voda	vysoký přestup tepla, nízká viskozita, nízká cena, ekologická nezávadnost	použitelné do 90 °C, vznik koroze, usazování kamene	v tlakových okruzích možno vodu použít i při vyšších teplotách lze potlačit upravením vody
Oleje	možnost temperace i nad 100 °C	zhoršený přestup tepla	
Glykoly	omezení koroze a ucpávání systému	stárnutí, znečištění prostředí	

Pasivní prostředky představují:

- tepelně izolační materiály – volí se všude tam, kde je nežádoucí přestup tepla a následné zvýšení teploty části formy (upínací části formy- upínky),
- tepelně vodivé materiály – používají se pro odvod, nebo přivedení tepla do míst, kde by se teplo odvádělo, nebo přivádělo pomocí temperačních kanálů obtížně, anebo vůbec (tenké tvárníky, vtokové trysky). Používá se měď a hliník a jejich slitiny. Popřípadě lze využít i tepelné trubice, které jsou nejúčinnějším pasivním prostředkem. Fungují pomocí výparného tepla látky, která cirkuluje uvnitř trubice díky teplotního spádu.

4.5.2 Volba temperačních kanálů

Temperační systém je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými se předává, nebo odvádí teplo z formy vhodnou kapalinou, nebo jiným zdrojem tepla. Rozměry a rozmístění temperačních kanálů a dutin, se volí s ohledem na celkové řešení formy. Vzdálenost kanálu od funkční dutiny má být optimální. Je třeba dbát na dostatečnou pevnost a tuhost stěny funkční dutiny. Povrch temperačních kanálů slouží jako přestupová plocha pro teplo přestupující z formy do temperačního media, nebo opačně. Je vhodnější používat větší počet menších kanálů s malými roztečemi, než naopak. Bližší vysvětlení představuje obr.15a. Kolem dutiny formy se kanály rozmísťují rovnoměrně a všude ve stejné vzdálenosti. V oblasti tlustší stěny výstřiku, případně v jiném místě o vyšší teplotě, se kanály přiblíží k dutině formy – viz obr. 15b. [2]



Obr. 15. Vliv rozmístění temperančních kanálů [2]

- a) Vliv rozmístění kanálů na průběh teploty povrchu tvárnice.
 b) Chlazení výstřiku o různé tloušťce stěny.

4.6 Vyhození výstřiku

Vyhazování výstřiku z formy je činnost, kdy se z dutiny, nebo z tvárniku otevřené formy vysune, nebo vytlačí zhotovený výstřik. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svojí funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. [2]

Má dvě fáze:

- dopředný pohyb, vlastní vyhazování,
- zpětný pohyb, návrat vyhazovacího systému do původní polohy.

Základní podmínkou dobrého vyhazování výstřiku je hladký povrch a úkosovitost jejich stěn ve směru vyhazování. Úkosy nemají být menší než 30° . Vyhazovací systém musí výstřik vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení, a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. Umístění vyhazovačů, jejich tvar a rozložení může být velmi rozmanité. Může se jich využít k vytváření funkční dutiny, nebo jako část tvárniku. U hlubokých tvarů je třeba počítat s jejich zavzdušněním. Po vyhazovacích kolcích zůstanou

obyčejně na výstřiku stopy. Jsou-li na závadu, výstřik se podle možnosti opraví, nebo se vyhazovače umístí na tu stranu, kde vzhled nevádí. [2]

4.6.1 Vyhazovací síla

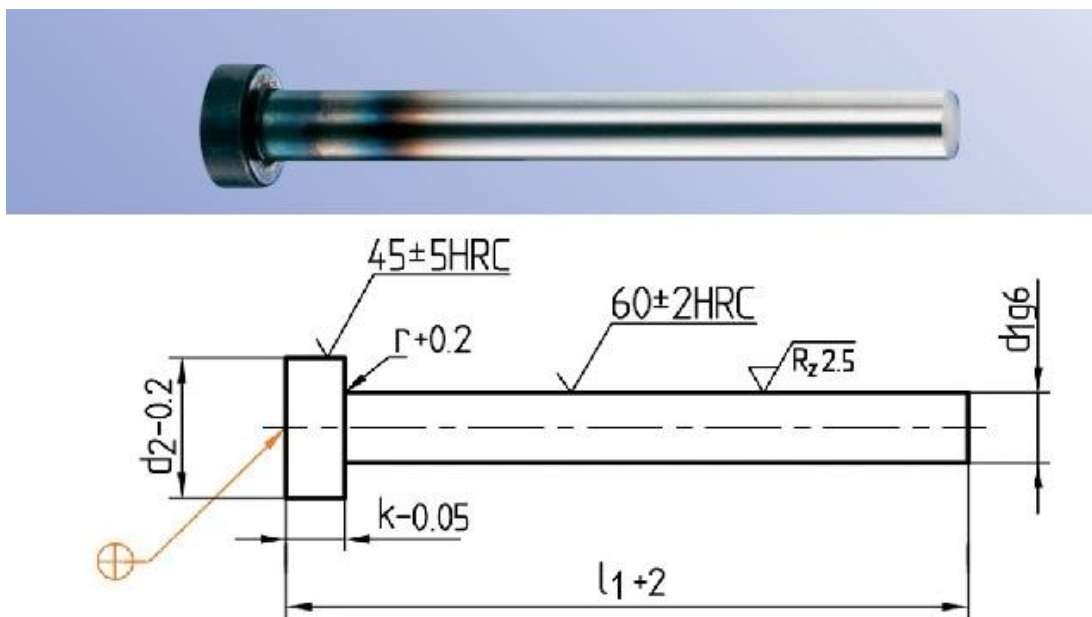
Vhodný vyhazovací systém, který je třeba použít, musí vyvodit potřebnou vyhazovací sílu pro vyhození výstřiku z formy. Po otevření formy zůstává výstřik vlivem smrštění plastu obvykle na tvárníku. Může ale zůstat i v tvárnici. Proto je snahou (někdy i vynucenou), aby výstřik zůstal v té části formy, kde jsou vyhazovače. [2]

Potřebná velikost vyhazovací síly závisí na:

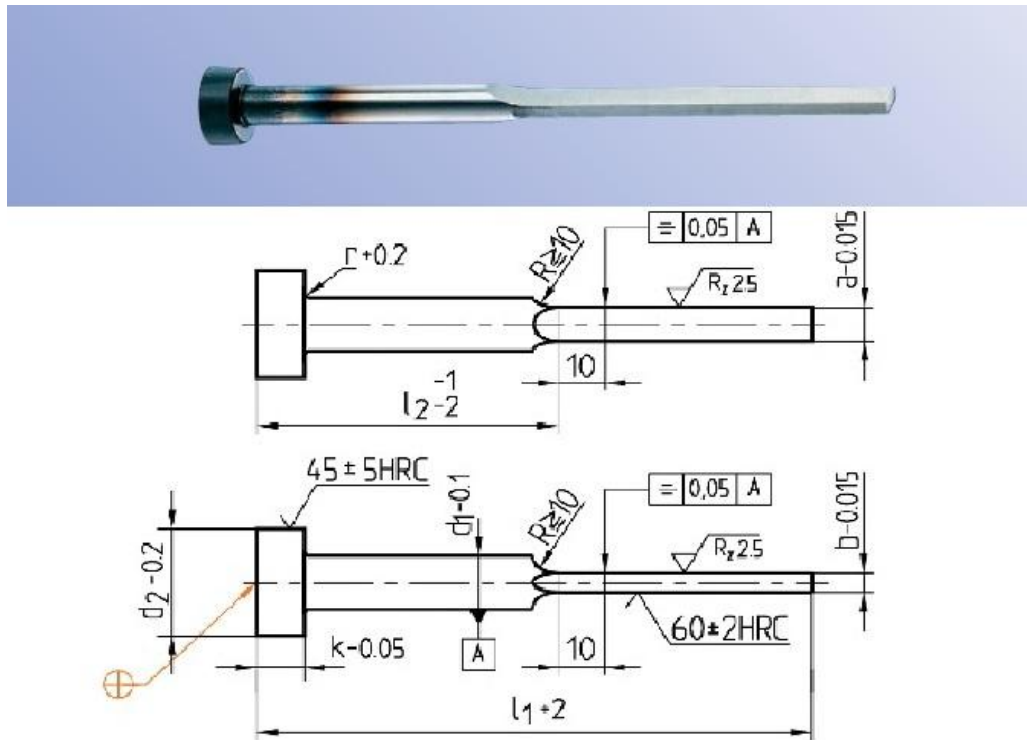
- velikosti smrštění výstřiku ve formě,
- členitosti výstřiku a jakosti povrchu funkčních ploch tvárníku (dutiny) formy,
- technologických podmínkách vstřikování (tlaku, teplotě plastu a formy, době chlazení),
- pružných deformacích formy. [2]

4.6.2 Vyhození výstřiku pomocí kolíků

Vyhazovací kolíky jsou nejčastějším a nejlevnějším způsobem vyhazování výrobků. Lze je využít všude tam, kde je možné umístit vyhazovače proti ploše výrobku. Jsou výrobně jednoduché a funkčně zaručené. Vůle v uložení slouží také jako odvodušnění. [5]



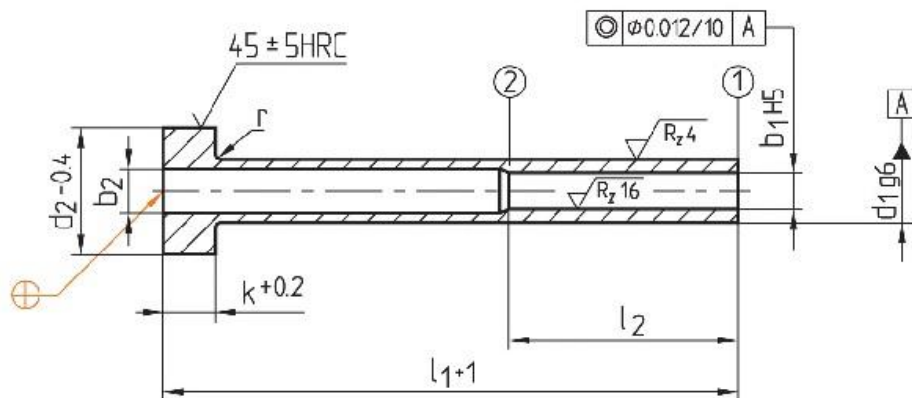
Obr. 16. Válcový kolík [13]



Obr. 17. Prizmatický vyhazovač [13]

4.6.3 Vyhození výstřiku pomocí trubkových vyhazovačů

Trubkový vyhazovač je speciálním druhem válcových vyhazovačů.



Obr. 18. Trubkový vyhazovač [13]

4.6.4 Vyhození výstřiku stírací deskou

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém jeho obvodu. Vzhledem k velké styčné ploše nezanechává na výstřiku stopy po vyhazování. Jeho deformace jsou poté minimální a stírací síla velká. Používá se především u tenkostěnných výstřiků, kde je nebezpečí jejich deformace, nebo u rozměrných, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírání je vhodné

jen tehdy, dosedá-li výstřík na stírací desku v rovině, nebo je plocha výstříku mírně zakřivená. Tento způsob se používá i pro vícenásobné formy. [2]

4.6.5 Pneumatické vyhazování

Pneumatické vyhazování se nejčastěji používá pro vyhození slabostěnných výstříků větších rozměrů (např. uzavřené nádoby z jedné strany). Princip fungování spočívá v zavedení stlačeného vzduchu mezi výstřík a líc formy. Tím dochází k oddělení výstříku od tvárníku formy bez vzniku stop po vyhazování. Vzduch se do dutiny formy přivádí pomocí tlakového ventilu, který se otvírá díky tlaku vzduchu a uzavírá pomocí pružiny.

4.7 Odvzdušnění forem

Odvzdušnění tvarových dutin forem zdánlivě nepatří k dominantním problémům při navrhování forem. Jeho důležitost obvykle vyplyne až při zkoušení hotového nástroje, kdy odvzdušnění může být příčinou nekvalitního vzhledu výstříku, nebo jeho nízkých mechanických vlastností. Odvzdušnění lze někdy zhotovit snadno, jindy je však jeho vyřešení obtížné. Dutina formy je před vstřikováním naplněna vzduchem. Při jejím plnění taveninou je třeba únik vzduchu a případných zplodin. Čím je větší rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny. [2]

4.7.1 Určení místa pro odvzdušnění

Volba místa pro odvzdušnění ve formě je někdy zřejmá z tvaru výstříku, jindy však je jen obtížně zjistitelná. Je třeba se řídit úvahou, jakým způsobem a směry naplní proudy taveniny dutinu. To samo o sobě závisí na umístění vtoku, tloušťce stěn a na kvalitativních podmínkách, které se kladou na výstřík a jeho požadovanou funkci. Pokud je úvaha o umístění odvzdušnění nejasná, je úkolem konstruktéra, aby taková místa vytipoval a zabezpečil ve formě některá opatření, aby se i při nesprávném předpokladu dalo odvzdušnění snadno realizovat. [2]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

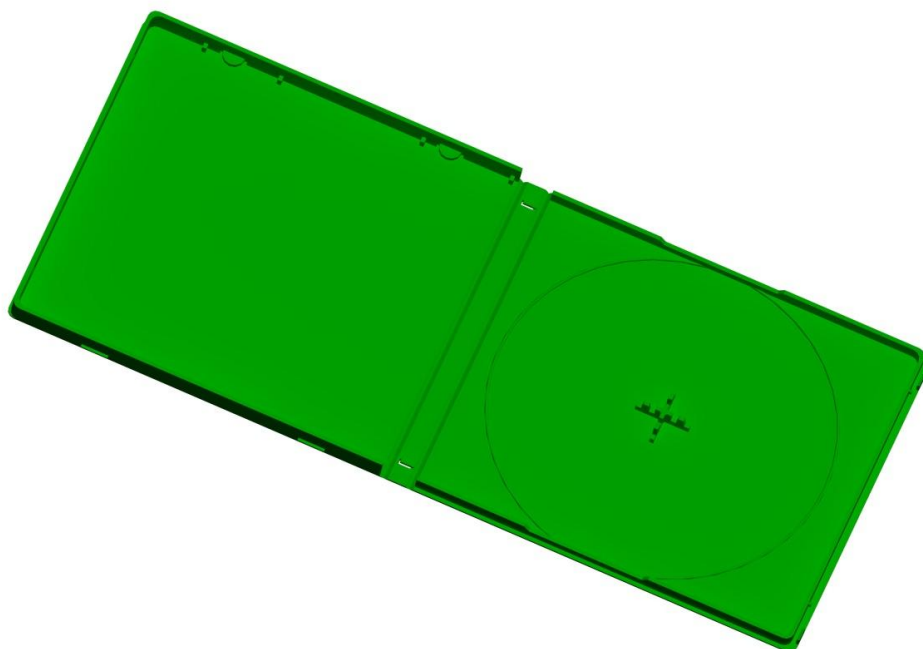
V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma
- nakreslit 3D model vstřikovaného dílu
- provést konstrukci vstřikovací formy pro zadaný díl
- nakreslit 2D sestavu vstřikovací formy

Teoretická část bakalářské práce byla rozdělena na čtyři základní kapitoly, ve kterých se řeší problematika navrhování konstrukčního řešení forem. V praktické části bylo cílem navrhnout formu pro daný díl, což je obal kompaktního disku. Dalším úkolem bylo zvolení vstřikovaného materiálu, který bude vhodný pro daný typ výrobku a stroj, na kterém se bude vstřikování provádět. Dalším cílem bylo sestavení 3D modelu vstřikovací formy v programu CATIA V5R19 a byla zhotovena 2D výkresová dokumentace včetně kusovníku a vstřikovaného dílu.

6 POPIS VSTŘIKOVANÉHO DÍLCE

Vstřikovaným výrobkem je obal na kompaktní disk skládající se z jedné části. Výrobek se využívá při uschování kompaktních disků do obalu a tím se předchází poničení zapisovací plochy kompaktního disku. Výrobek má rozměry 290x125x10 mm v otevřeném stavu. Pro vymezení polohy CD jsou na pravé straně výstupky, do kterých se CD uchytí. Proti samovolnému otevření obalu jsou na jedné straně obalu vytvořeny dvě čtvercové průchozí díry, do kterých se zasunou dva čtvercové výstupky z druhého konce obalu. Na levé straně jsou umístěny čtyři půlkruhové výstupky sloužící pro zachycení předem vystřihnutého papíru s popisem CD. Podobný princip popisu je použit na střední části obalu. Hmotnost výrobku je 53 g a objem 62,2 cm³.



Obr. 19. Rendrovaný 3D model obalu CD

6.1 Materiál vstřikovaného výrobku

Materiál byl zvolen polypropylen HF700SA. A to pro jeho dobré vlastnosti při vstřikování do dutiny formy. Běžně se používá jako obalový materiál, pro výrobu různých nádob, hraček.

Základní vlastnosti polypropylenu HF700SA dle materiálového listu:

- index toku taveniny (230 °C / 2,16 kg) - 21 g/10 min
- výrobní smrštění – 1,5 %

- hustota – 905 kg/m^3
- rázová houževnatost ($23 \text{ }^\circ\text{C}$) – 2 kJ/m^2
- modul pružnosti v tahu – 1350 MPa

6.2 Volba vstřikovacího stroje

Vstřikovací forma byla navrhována vzhledem k násobnosti a velikosti pro vstřikovací stroj Allrounder 520 s od firmy Arburg.



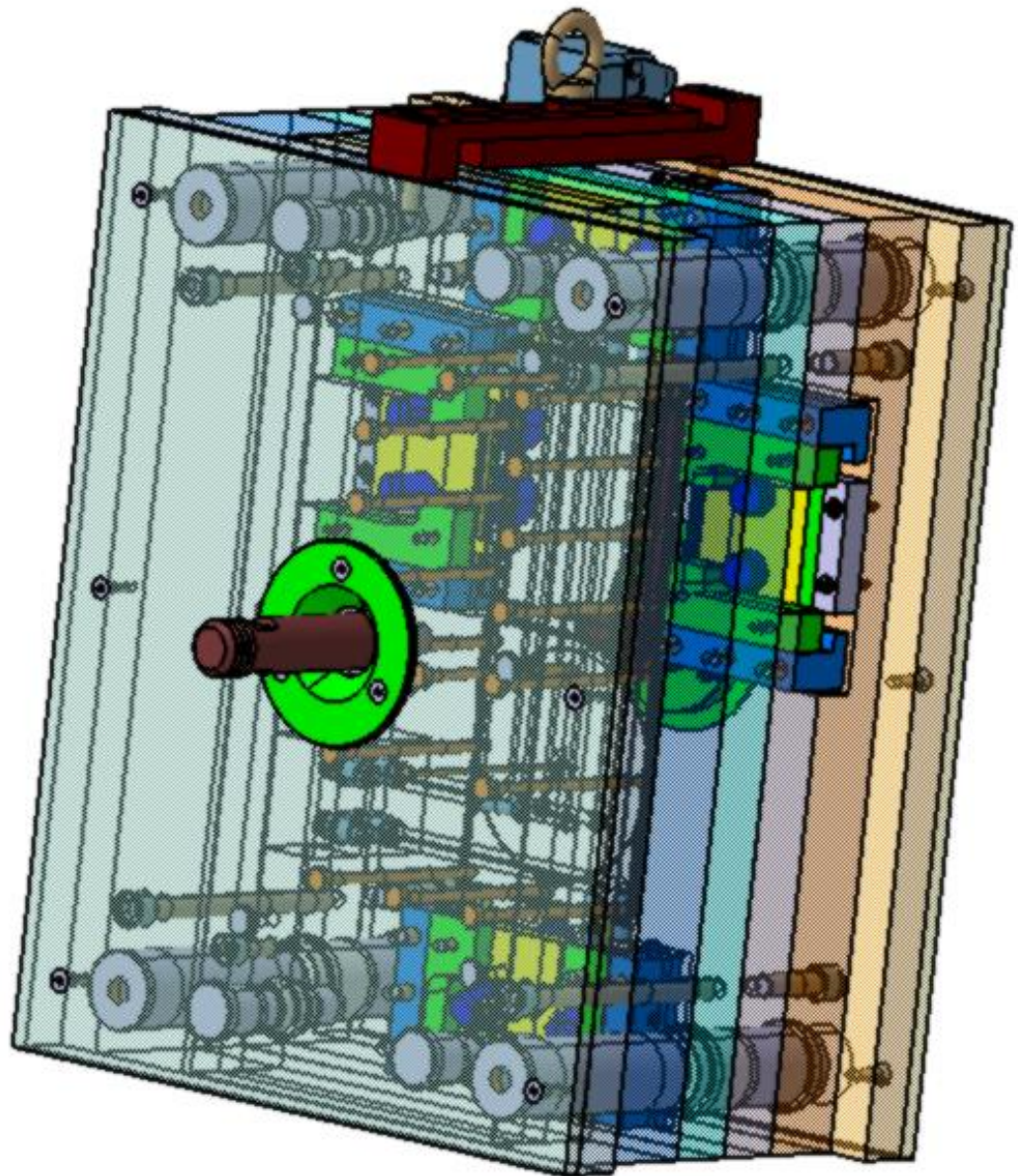
Obr. 20. Vstřikovací stroj Arburg Allrounder 520 s [15]

Tab. 5. Základní parametry stroje a formy

	Stroj	Forma
Maximální uzavírací síla [kN]	1500	-
Maximální objem dávky [cm^3]	201	62,2
Průměr šneku [mm]	35	-
Vzdálenost mezi vodícími sloupy [mm]	520 x 520	396 x 496
Velikost upínací desky [mm]	688 x 688	396 x 496
Maximální světlost mezi upínacími deskami [mm]	825	301
Maximální vyhazovací síla [kN]	50	-

7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

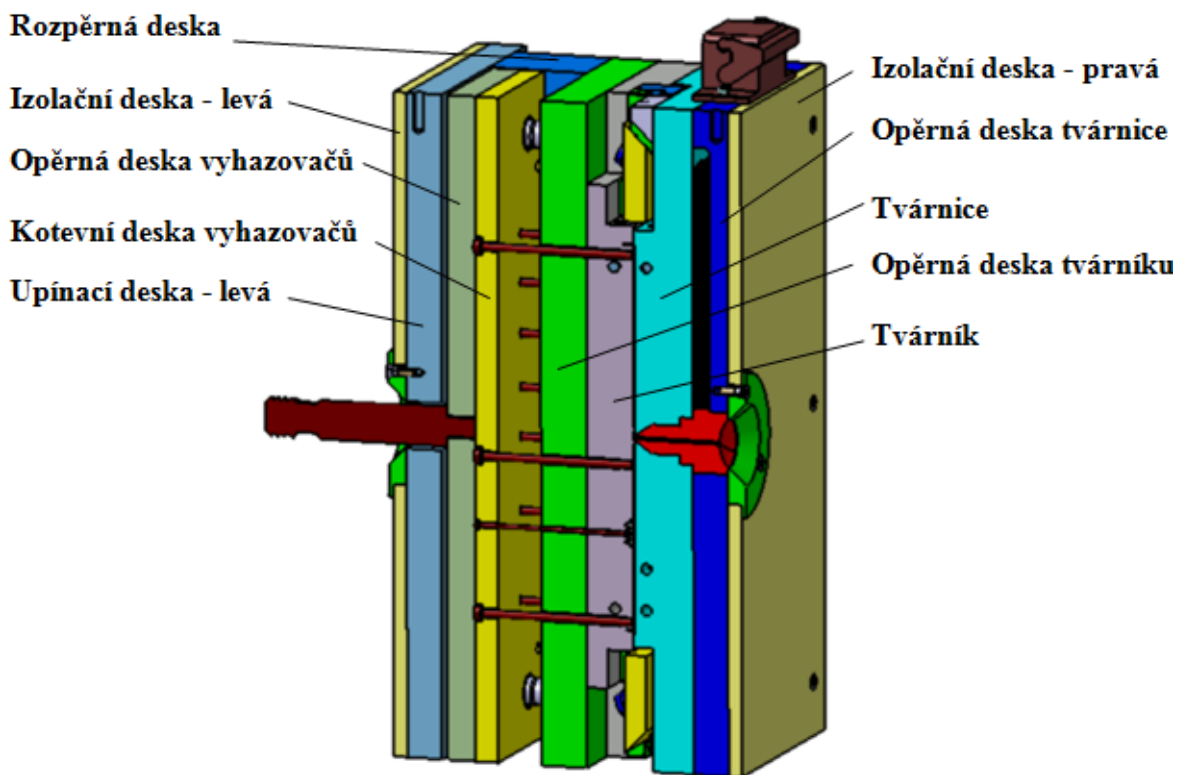
Při konstrukci vstřikovací formy, je třeba jako první zkonstruovat rám formy o daných rozměrech, který se skládá z pravé (pevné) a levé (posuvné) strany formy. Dále se zkonstruuje vyhazovací systém formy pro snadné vyhození výstřiku z dutiny formy. Poté se do formy umístí vstřikovací tryska, tvarové jádra, vedení jader a další nezbytně nutné součásti.



Obr. 21. Vstřikovací forma

7.1 Rám vstříkovací formy

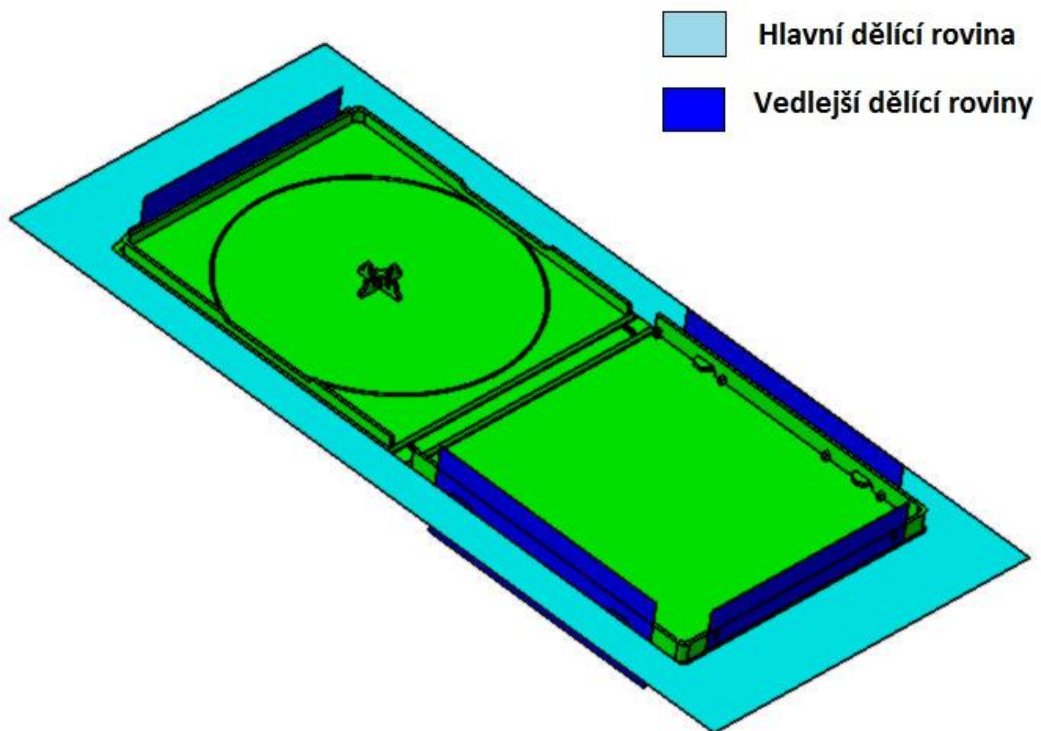
Rám formy se skládá z desek o velikosti 496 x 345 mm kromě izolačních a upínacích desek, které mají rozměry 496 x 396 mm. Tloušťky desek byly voleny dle velikosti vstříkovaného dílu a ostatních součástí. Celkový rozměr formy je 496 x 396 x 268 mm.



Obr. 22. Řez vstříkovací formou

7.2 Zaformování výstříku

Vzhledem k tvaru součásti bylo zvoleno pět dělicích rovin, jedna hlavní a čtyři vedlejší, za účelem odformování výstříku i za toho předpokladu, že bude snížena přesnost díky nevázaným rozměrům formy. Umístění hlavní dělicí roviny bylo zvoleno s ohledem tak, aby výstřík zůstal v levé části formy a proběhlo vyhození výstříku pomocí válcových kolíků bez problémů. Vedlejší dělicí roviny byly umístěny do stěn výstříku, kde se nachází boční čtvercové díry, popřípadě čtvercové výstupky, a nelze je odformovat hlavní dělicí rovinou.

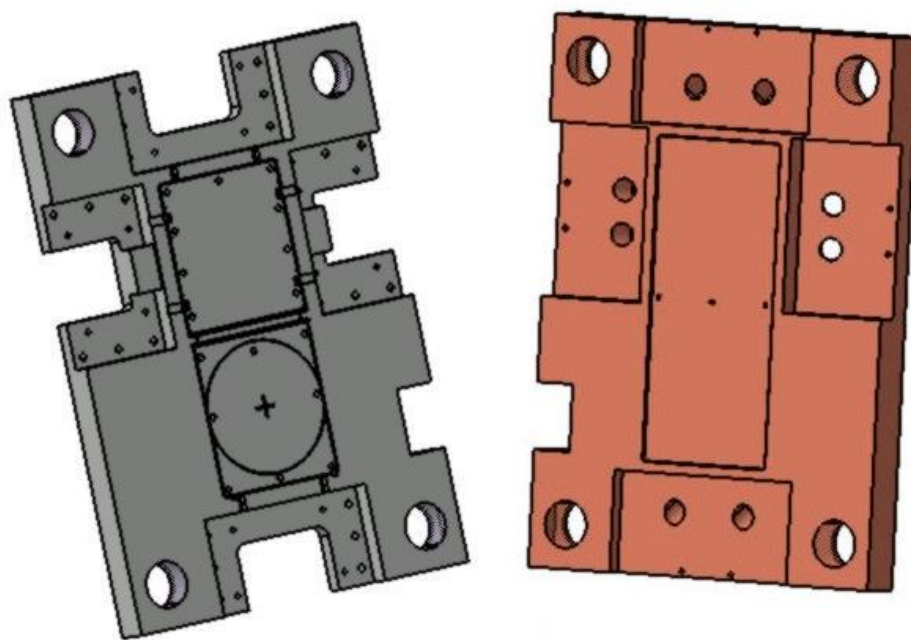


Obr. 23. Zaformování výstřiku

7.3 Tvarové části formy

7.3.1 Tvárník a tvárnice

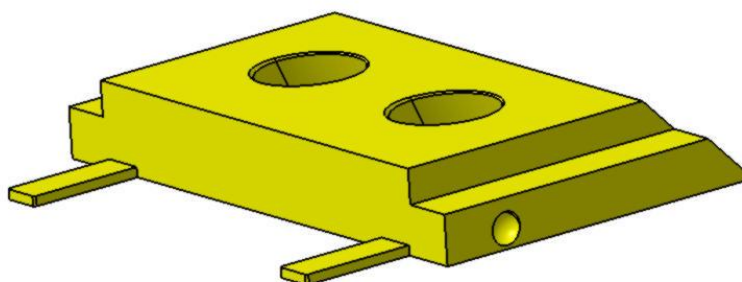
Tvárník, tvárnice a boční posuvná jádra tvoří negativ vstřikovaného dílce. Vzniklá dutina formy musí být zvětšena o hodnotu smrštění v podélném a příčném směru. Tvárnice se nachází v pravé (pevné) straně formy. Poloha tvárnice je aretována pomocí čtyř vodících čepů a přišroubována pomocí čtyř šroubů. Do tvárnice je umístěna horká tryska, z které se vstříkuje tavenina do dutiny formy. Dále je deska tvárnice provrtána temperačními kanály. Tvárník je umístěn do levé (pohyblivé) strany formy a aretován čtyřmi vodícími pouzdry a přišroubován čtyřmi šrouby. Tvárník je provrtán soustavou děr pro umístění vyhadzovacího systému a temperačních kanálů.



Obr. 24. Tvárník a tvárnice

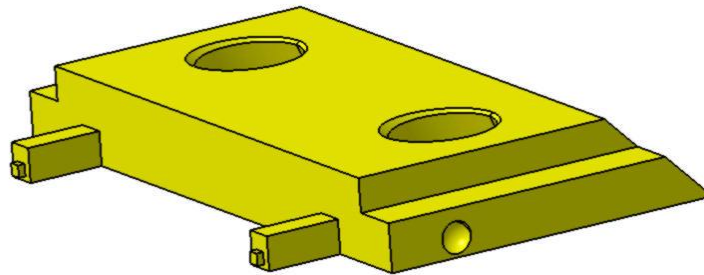
7.4 Tvarové jádra

Pro výrobu děr a malých výstupků ze stěn výstříku je nutné použít tvarové jádra. Na obr. 25 je zobrazeno tvarové jádro pro odformování bočních obdélníkových děr na výstříku.



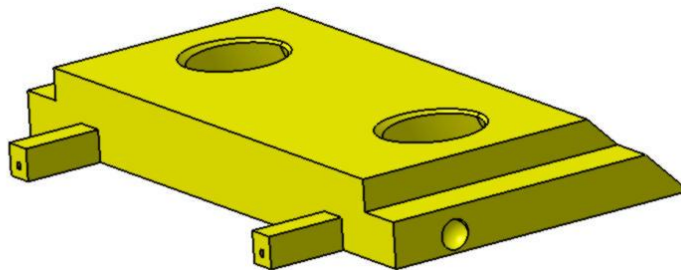
Obr. 25. Tvarové jádro pro odformování bočních obdélníkových děr

Na obr. 26 je zobrazeno další tvarové jádro, pomocí kterého se odformují horní čtvercové díry ve výstříku. Tyto díry slouží jako západky pro zapadnutí spodních čtvercových výstupků do těchto děr při zavírání obalu CD a zároveň brání samovolnému otevření obalu CD.



Obr. 26. Tvarové jádro pro odformování horní čtvercové díry

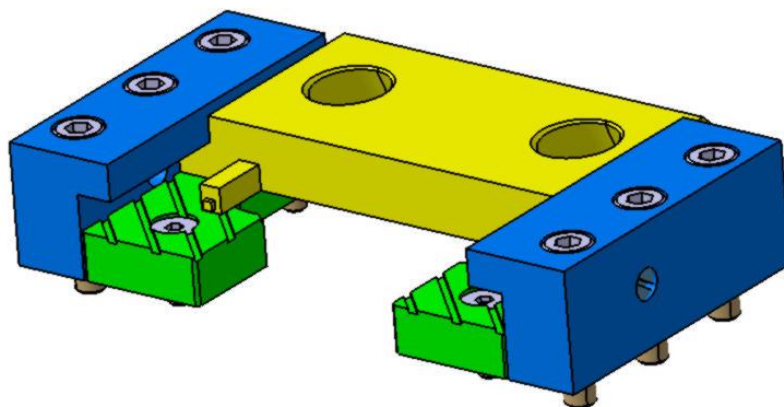
Na obr. 27 jsou vidět dvě čtvercové díry v tvarovém jádře, které po odformování výstřiku zanechají na stěně dva čtvercové výstupky.



Obr. 27. Tvarové jádro pro odformování spodních čtvercových výstupků

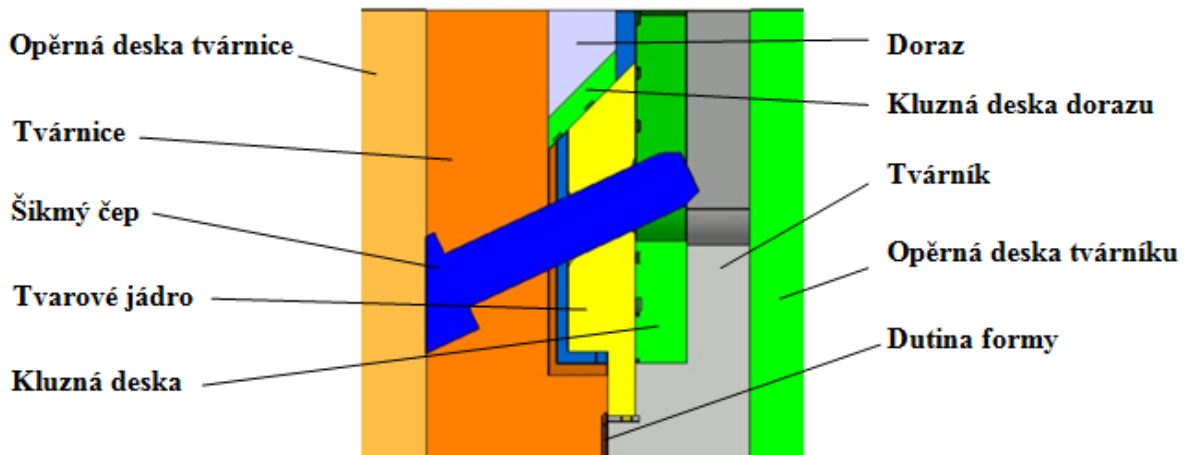
7.4.1 Odformování bočních jader

Odformování bočních jader se provádí v kolmém směru na vedlejší dělicí rovinu. Tvarová jádra se pohybují po deskách opatřenými mazacími drážkami, ze kterých se vlivem pohybu jádra mazivo uvolňuje. Poloha jádra je vymezena vodícími lištami po okrajích jádra, které jsou přišroubovány do tvárníku.



Obr. 28. Odformování tvarových jader

Ovládání tvarových jader je prováděno pomocí šikmých válcových kolíků, po kterých se tvarová jádra při otevírání formy posunují. Zdvih jader je malý, a proto byly voleny kratší kolíky s krátkou posuvovou dráhou jader. Sklon kolíku je 25° . Poloha válcových kolíků je aretována díky zabroušení koncových ploch kolíků do svislé plochy tak, aby se kolíky opíraly o upínací desku.



Obr. 29. Ovládání tvarových jader

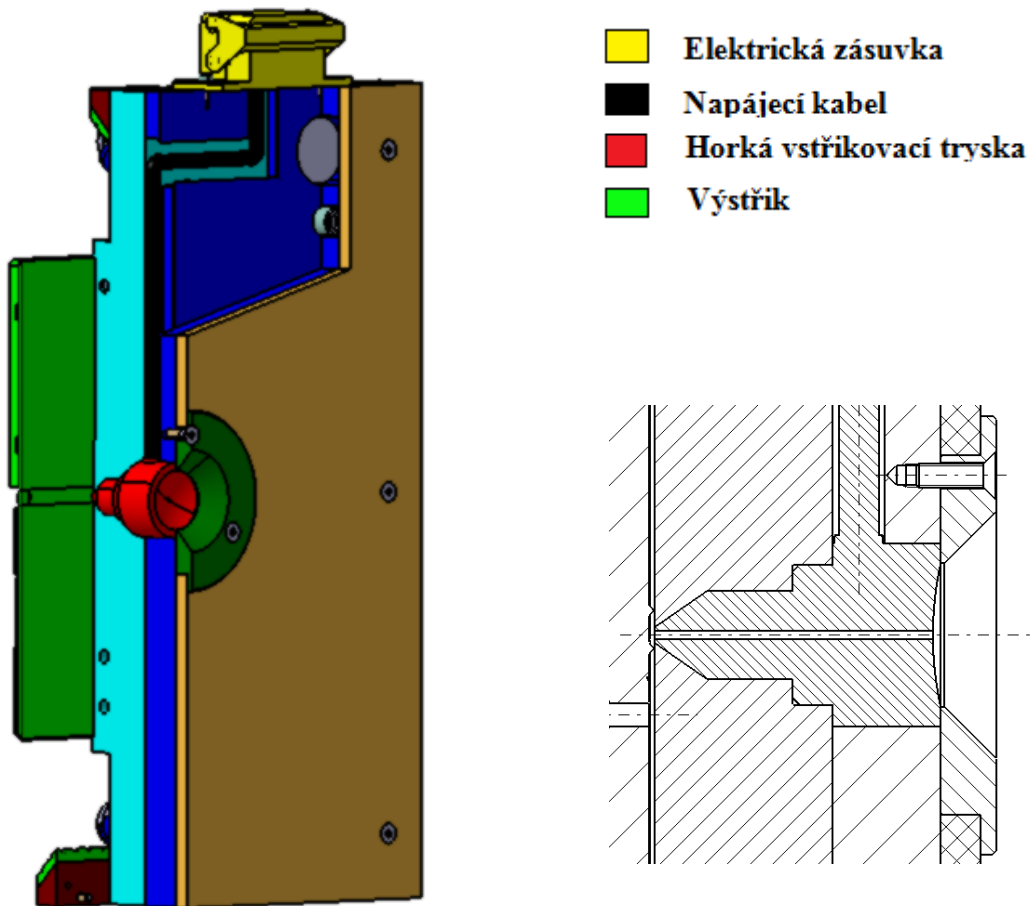
Krajní polohy jader musí být zajištěny proti zpětnému posunutí pomocí kuličkového mechanismu s kuličkovou západkou, která při dosažení krajní polohy zapadne do půlkruhové díry na jádru. Na každé tvarové jádro připadají dva kuličkové mechanismy. Při uzavírání formy a pohybu jader směrem k dutině formy dojde k přetlačení pružiny kuličkového mechanismu a zatlačení kuličky díky šikmým kolíkům.



Obr. 30. Kuličková západka

7.5 Vtokový systém

Vtokový systém formy zajišťuje vedení proudu taveniny od vstřikovací trysky stroje až do dutiny formy. Plnění formy musí probíhat v co nejkratším čase a při minimálních odporech. Vedoucím bakalářské práce byl zadán horký vtokový systém.



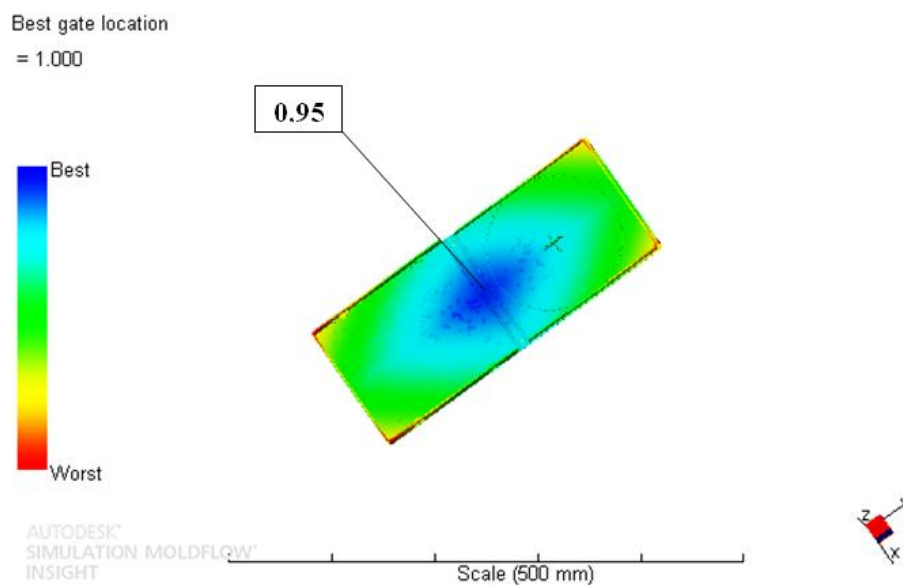
Obr. 31. Vtokový systém formy

7.5.1 Horká tryska

Jako horká tryska zde byl použit typ Z104GE od firmy Hasco, která je schopna dodat až 200 g polypropylenu na jeden zdvih, což v dostatečném rozsahu této aplikace vyhovuje. Tryska je umístěna do pravé strany formy kde prochází všemi deskami. Tryska je vsazena do přesně vrtané díry, čímž je její poloha přesně dána. Proti axiálnímu posunutí je tryska bráněna sevřením středícího kroužku.

7.5.2 Vtokové ústí

Umístění vtoku bylo určeno dle tvaru výstřiku a s ohledem na pohledové plochy. Proto byl zvolen vtok doprostřed výstřiku, kde stopa po vtoku nebude zasahovat do pohledových ploch. Tato volba byla následně konfrontována s výstupem analýzy best gate location (BGL) programu Autodesk Moldflow Insight. Analýza je schopna určit nejvhodnější umístění vtoku s ohledem na nejrovnoměrnější plnění dutiny formy polymerním materiálem. Při výpočtu je vzat v potaz tvar výrobku, druh vstřikovaného materiálu a jeho teplota. Modrá barva odpovídá místu nejvhodnějšímu, červená místu nejméně vhodnému. Za nejvhodnější místo vtoku byl označen střed výstřiku. Tento výsledek byl přijat jako vyhovující.

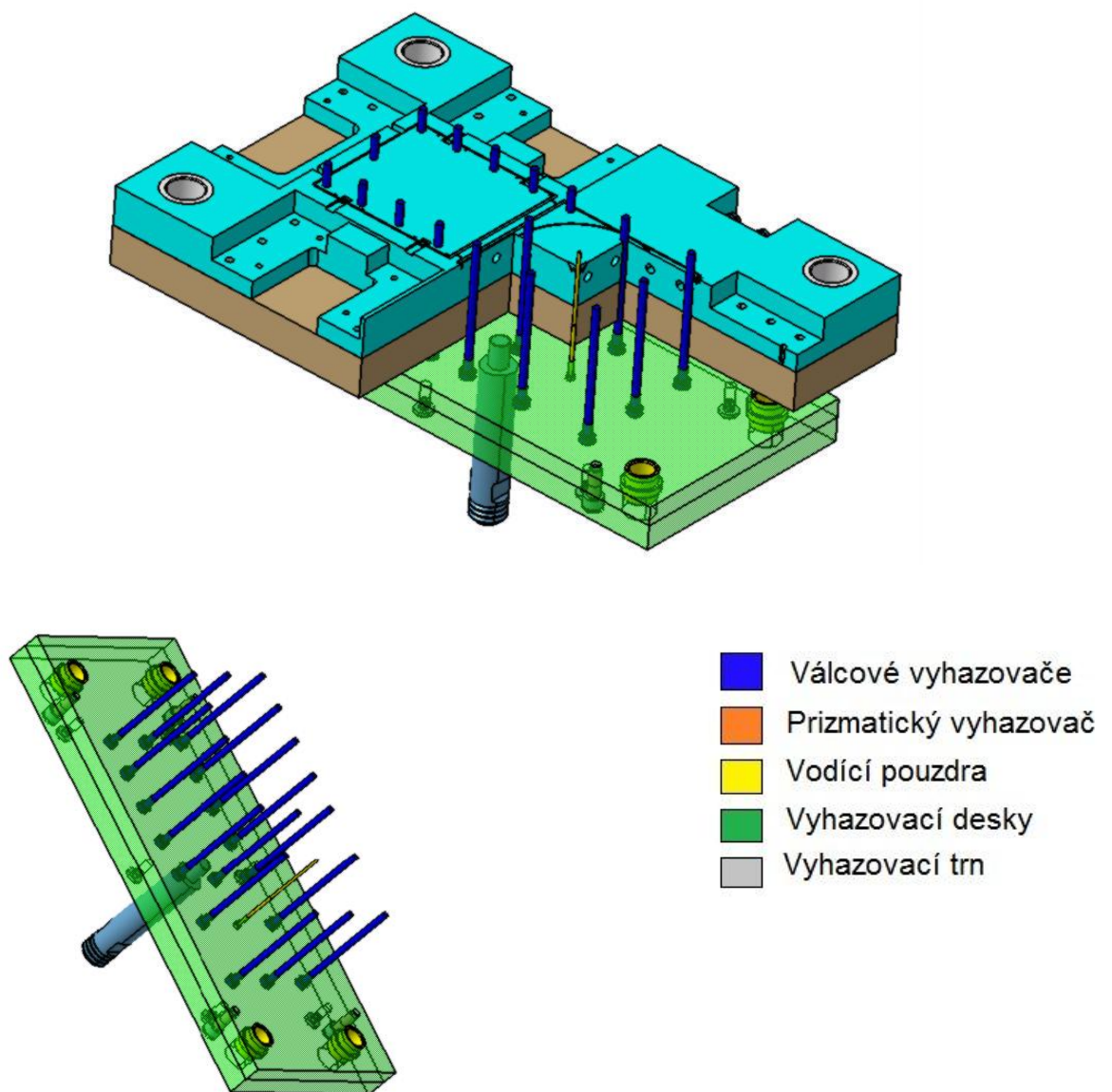


Obr. 32. Výstup BGL analýzy, barva v daném místě určuje vhodnost umístění vtoku.

7.6 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém zajišťuje bezproblémové vyhození výstřiku z dutiny formy. Aby k tomu došlo, je třeba formu konstruovat tak, aby výstřik před vyhozením zůstal přichycen na levé straně formy. Tento fakt se docílí nasmrštěním materiálu na tvárník vlivem procesu chladnutí. Přispívá k tomu také pravá strana formy, která je mělce obrobená a tím je snáž odformovatelná. Samotné vyhození výstřiku je realizováno pomocí válcových vyhazovacích kolíků a jednoho prizmatického válcového kolíku od firmy Hasco. Ve formě je umístěno 17 válcových kolíků o průměru 6 mm a délce 117 mm a jeden prizmatický kolík o průměru 2,5 mm a délce 113 mm. Většina válcových kolíků je umístěna po obvodu výstřiku.

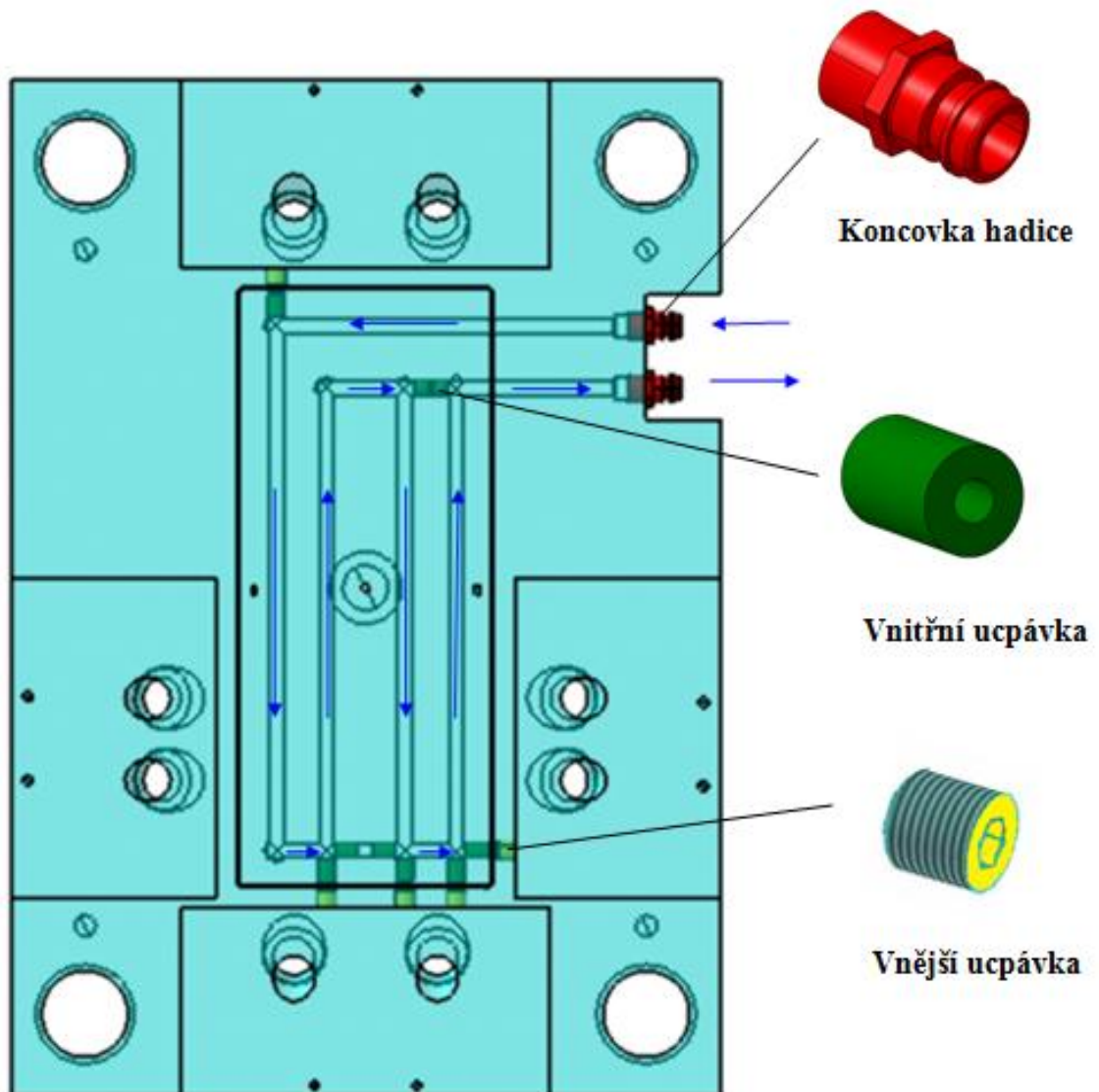
ku, prizmatický je umístěn ve středu uchycení CD. Celá skupina vyhazovačů je ukotvena ve vyhazovacích deskách, které jsou vedeny pomocí čtyř válcových vodících čepů. Poloha vyhazovačů ve vyhazovacích deskách je aretována pomocí tvarového styku. Délka potřebná k bezproblémovému vyhození výstřiku je zde 10 mm, avšak vyhazovací mechanismus dokáže vyjet s vyhazovači, až do vzdálenosti 30 mm, čímž je bezproblémové vyhození zajištěno. Ovládání vyhazovacích desek se děje pomocí válcového trnu o průměru 30 mm, který je zašroubován do opěrné vyhazovací desky. Druhý konec trnu je opatřen drážkami, které jsou protikusem upevňovacího mechanismu stroje. Na vyhozeném výstřiku s velkou pravděpodobností zůstanou viditelné kruhové stopy po vyhazovačích.



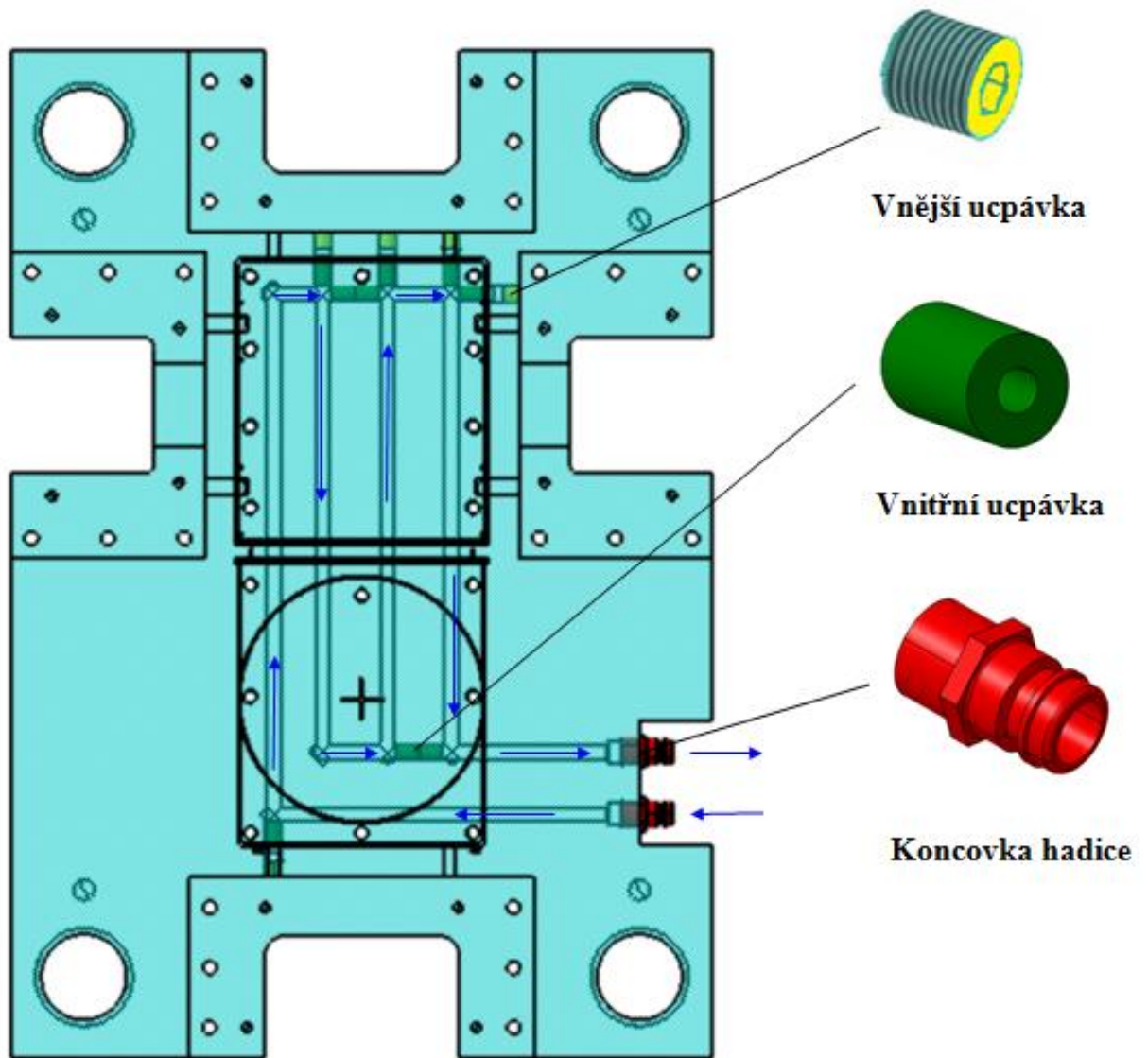
Obr. 33. Vyhazovací systém

7.7 Temperace

Temperační systém formy má sloužit k odvodu přebytečného tepla z dutiny formy a tak udržet konstantní teplotní pole na určité předem dané teplotě. Systém tvoří soustava vrtaných děr o průměru 8 mm, které jsou navzájem propojeny. Pro usměrnění toku temperačního media byly použity vnitřní a vnější ucpávky od firmy Hasco, pomocí kterých se uzavře cirkulační okruh. Jako temperační medium byla zvolena voda, která bude proudit turbulentně soustavou vrtaných děr tvárníku a tvárnice. Na vstupu i výstupu jsou zapuštěny a přišroubovány koncovky pro rychlé spojení hadice od temperační jednotky. Zapuštění bylo provedeno za účelem minimalizace nechtěného poničení či úplného vylomení koncovek při manipulaci s formou.



Obr. 34. Temperace tvárnice



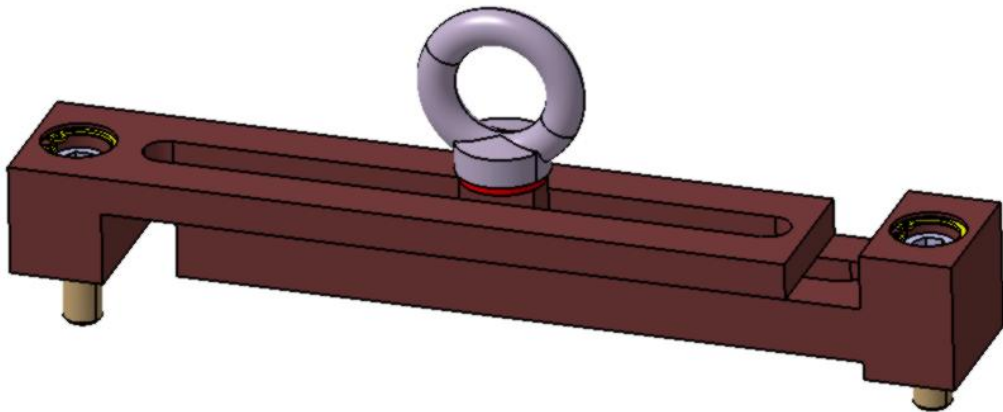
Obr. 35. Temperace tvárníku

7.8 Odvzdušnění formy

Při vyplňování dutiny formy polymerní taveninou dochází ke stlačování a následnému zahřívání vzduchu čelem taveniny. Stlačený a zahřátý vzduch způsobuje vady výstřiku ve formě tzv. Dieselova efektu, popřípadě nedostříknutého výstřiku a bublin. U navržené formy má vzduch možnost uniknout dělicími rovinami a vůlemi mezi vyhazovači. V některých problematictějších místech výstřiku by však nemuselo dojít k dokonalému odvzdušnění, a proto by musely být vytvořeny odvzdušňovací drážky, které by umožnily únik vzduchu.

7.9 Závěsný systém formy

Pro možnost přemísťování formy byl zvolen tzv. transportní můstek, který se skládá ze dvou pohyblivých částí a závěsného oka. Každá část můstku je přišroubována k pravé a levé části formy, tak aby nedošlo k jejímu otevření v dělicí rovině při transportu. Pro přišroubování byly použity dva šrouby s vnitřním šestihranem o průměru 14 mm, které jsou zajištěny proti vysunutí pojistnými kroužky.



Obr. 36. Závěsný systém formy

8 DISKUZE VÝSLEDKU

Při konstrukci vstřikovací formy pro obal CD byl brán zřetel na jednoduchost formy, proto je forma jednonásobná a většina dílů normalizovaná. Normalizované díly byly využity z katalogu firmy Hasco, který obsahuje široký sortiment potřebných komponentů pro sestavení forem. Pro snadné vkládání normálíí byl využit program Hasco Dako modul. Při vytváření 3D modelu byl k dispozici reálný obal CD, podle kterého vznikala jeho věrná kopie. Kompletní návrh formy včetně výkresové dokumentace byl proveden v programu CATIA V5R19 v modulu Part design, Mold tooling design, Drafting a Assembly design. Do pravé nepohyblivé strany byla umístěna vyhřívaná vtoková tryska. Poloha horké trysky byla konfrontována s analýzou nejvhodnějšího umístění vtoku (Best gate location) v programu Autodesk Moldflow Insight. Vstřikovaný materiál byl zvolen polypropylen HF700SA, jež je díky svým vlastnostem vhodný pro výrobu dané součásti. Temperace pravé strany byla realizována soustavou vrtaných kanálů, které byly rozmístěny tak, aby probíhala optimální temperace formy. V pohyblivé straně formy bylo umístěno 17 vyhazovačů, které zajišťují bezproblémové vyhození výstřiku z dutiny formy. Pro temperaci zde byla použita opět soustava vrtaných kanálů. Odvzdušnění formy je zde řešeno vůlemi mezi vyhazovacími kolíky a dělicími rovinami.

ZÁVĚR

V teoretické části bakalářské práce je vysvětlena základní problematika technologie vstřikování a jsou zde popsány komponenty, které se při konstrukci forem používají. Praktická část bakalářské práce je zaměřena na vytvoření 3D modelu vstřikovaného dílu a návrhu vstřikovací formy. Při konstrukci formy byly použity normalizované díly od firmy Hasco a pomocí Hasco Dako modulu byly generovány do programu CATIA VR19 od francouzské firmy Dassault Systèmes. Cíl bakalářské práce, který spočíval v kompletní konstrukci vstřikovací formy, byl splněn. Výkresová dokumentace je přiložena na kompaktním disku (3D data, řezy vstřikovací formou, pohledy do levé a pravé strany formy, kusovník a výkres obalu CD). V přílohách jsou doloženy tyto materiály: materiálový list polypropylenu HF700SA, technická data vstřikovacího stroje ARBURG Allrounder 520 s, 2D výkresová dokumentace, CD-disk. Tento návrh vstřikovací formy může posloužit jako podklad pro výrobu reálné formy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, L. a kolektiv. *Formy pro zpracování plastů 1. díl – Vstřikování termoplastů*. 2. Vydání Brno: UNIPLAST, 1999.
- [2] BOBČÍK, L. a kolektiv. *Formy pro zpracování plastů 2. Díl – Vstřikování termoplastů*. 1. Vydání Brno: UNIPLAST, 1999. 214s
- [3] BRUMMEL, Michal. *Rozměrově přesné výrobky z plastu*. 1.Vyd. Praha: VÚNM, 1977. 278 s.
- [4] ZDENĚK ŘEHULKA Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů SEKURKON, organizační a vzdělávací servis
- [5] STANĚK, M. přednášky T5KF
- [6] NEUHAUSL, E. *Vstřikování plastických hmot*. Praha: SNTL, 1973. 206 s.
- [7] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení, Gumárenské a plastikářské stroje 2*. Brno: VUT, 1990. 199 s. ISBN 80-214-0213-X.
- [8] Technologie II. [online]. Dostupných z WWW:
<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04-vstrikovani%20plastu/01.JPG>
- [9] ALEMA Lanškroun a.s. [online]. Dostupných z WWW:
<http://alema.gosc2000.com/wp-content/uploads/2011/09/ARBURG_470C_1500-400.jpg>
- [10] 14220.cz [online]. Dostupných z WWW:
<<http://www.14220.cz/wp-content/uploads/2014/06/obr5-600x494.jpg>>
- [11] Technologie II. [online]. Dostupných z WWW:
<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04-vstrikovani%20plastu/08.jpg>
- [12] Plastics Technology [online]. Dostupných z WWW:
<<http://d2n4wb9orp1vta.cloudfront.net/resources/images/cdn/cms/201008fa1b.jpg>>
- [13] Hasco [online]. Dostupných z WWW: <<http://hasco.com>>
- [14] MD Melt Design, Inc. [online]. Dostupných z WWW:
<http://www.meltdesign.com/images/slide-nozzles.png>

[15] Arburg [online]. Dostupných z WWW:

http://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/bilder/presse_300dpi/arburg_23319-01_520s.jpg

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

C	Chemický prvek: uhlík.
H	Chemický prvek: vodík.
O	Chemický prvek: kyslík.
N	Chemický prvek: dusík.
Cl	Chemický prvek: chlor.
T_g	Teplota skelného přechodu polymerního materiálu [°C]
T_m	Teplota roztavení polymerního materiálu [°C]
E	Modul pružnosti v tahu. [MPa]
T	Teplota polymerního materiálu [°C]
PS	Polymerní materiál: polystyren.
ABS	Polymerní materiál: akrylonitrilbutadienstyren.
PC	Polymerní materiál: polykarbonát.
PMMA	Polymerní materiál: polymethylmethakrylát.
SAN	Polymerní materiál: styrenakrylonitrid.
PE	Polymerní materiál: polyethylen.
PP	Polymerní materiál: polypropylen.
PA6	Polymerní materiál: polyamid 6.
PA66	Polymerní materiál: polyamid 66.
POM	Polymerní materiál: polyoximethylen.
G	Modul pružnosti ve smyku. [MPa]
R	Rádus. [mm]
b	Tloušťka žebra. [mm]
s	Tloušťka stěny. [mm]
h	Výška žebra. [mm]

α Úhel sklonu žebra [°]

Δt Rozdíl tepla odvedeného temperačními kanály. [°]

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Rozdělení polymerů</i>	12
<i>Obr. 2. Oblast využití amorfního plastu [1]</i>	13
<i>Obr. 3. Oblast využití semikrystalického plastu [1]</i>	14
<i>Obr. 4. Vstřikovací cyklus graf</i>	17
<i>Obr. 5. Vstřikovací cyklus [8]</i>	17
<i>Obr. 6. Žebro [1]</i>	19
<i>Obr. 7. a) podkosy b) úkosy [1]</i>	20
<i>Obr. 8. Vstřikovací stroj Arburg [9]</i>	22
<i>Obr. 9. Vstřikovací jednotka [11]</i>	23
<i>Obr. 10. Uzavírací jednotka [12]</i>	24
<i>Obr. 11. Řez vstřikovací formou</i>	25
<i>Obr. 12. Hlavní části forem [10]</i>	27
<i>Obr. 13. Vtokový systém formy [1]</i>	28
<i>Obr. 14. Vstřikovací tryska s vnějším topením [14]</i>	31
<i>Obr. 15. Vliv rozmístění temperančních kanálů [2]</i>	34
<i>Obr. 16. Válcový kolík [13]</i>	35
<i>Obr. 17. Prizmatický vyhazovač [13]</i>	36
<i>Obr. 18. Trubkový vyhazovač [13]</i>	36
<i>Obr. 19. Rendrovaný 3D model obalu CD</i>	40
<i>Obr. 20. Vstřikovací stroj Arburg Allrounder 520 s [15]</i>	41
<i>Obr. 21. Vstřikovací forma</i>	42
<i>Obr. 22. Řez vstřikovací formou</i>	43
<i>Obr. 23. Zaformování výstřiku</i>	44
<i>Obr. 24. Tvárník a tvárnice</i>	45
<i>Obr. 25. Tvarové jádro pro odformování bočních obdélníkových děr</i>	45
<i>Obr. 26. Tvarové jádro pro odformování horní čtvercové díry</i>	46
<i>Obr. 27. Tvarové jádro pro odformování spodních čtvercových výstupků</i>	46
<i>Obr. 28. Odformování tvarových jader</i>	46
<i>Obr. 29. Ovládání tvarových jader</i>	47
<i>Obr. 30. Kuličková západka</i>	47
<i>Obr. 31. Vtokový systém formy</i>	48
<i>Obr. 32. Výstup BGL analýzy, barva v daném místě určuje vhodnost umístění vtoku.</i>	49

<i>Obr. 33. Vyhazovací systém</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 34. Temperace tvárnice</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 35. Temperace tvárníku</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 36. Závěsný systém formy</i>	<i>53</i>

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. <i>Sušení vybraných navlhavých plastů [1]</i>	15
Tab. 2. <i>Minimální požadavky žeber uvedeno v mm [1]</i>	19
Tab. 3. <i>Úkosy a podkosy [1]</i>	20
Tab. 4. <i>Temperační kapaliny [2]</i>	32
Tab. 5. <i>Základní parametry stroje a formy</i>	41

SEZNAM PŘÍLOH

- P1 Materiálový list polypropylenu HF700SA
- P2 Technická data vstřikovacího stroje ARBURG ALLROUNDER 520 S
- P3 Výkresová dokumentace vstřikovaného dílu
- P4 Výkresová dokumentace řezů vstřikovací formou včetně kusovníku
- P5 CD- disk

PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST POLYPROPYLENU HF700SA



Polypropylene

HF700SA

Polypropylene Homopolymer

Description

HF700SA is a polypropylene homopolymer intended for injection moulding.

This material has excellent balanced mechanical properties and is easy to process.

Applications

HF700SA has been developed especially for applications like:

Household applications

Special Features

UL registered under File E108112
High heat stabilised

Excellent flowability
Excellent antistatic performance

Physical Properties

Property	Typical Value	Test Method
<small>Data should not be used for specification work</small>		
Density	905 kg/m ³	ISO 1183
Melt Flow Rate (230 °C/2, 16 kg)	21 g/10min	ISO 1133
Flexural Modulus	1.350 MPa	ISO 178
Tensile Strength (50 mm/min)	35 MPa	ISO 527-2
Heat Deflection Temperature B (0,45 MPa)	80 °C	ISO 75-2
Charpy Impact Strength, notched (23 °C)	2 kJ/m ²	ISO 179/1eA

Values determined on standard injection moulded specimens conditioned at 23 °C and 50% relative humidity after at least 96 hours storage time.

Application Related Tests

Property	Typical Value	Test Method
<small>Data should not be used for specification work</small>		
Mould average Shrinkage ¹	1,5 %	Borealis Method

¹ VALUES MAY ONLY BE USED AS INDICATION, AND SHOULD NOT BE USED DIRECTLY IN MOULD DESIGN WITHOUT PRIOR VALIDATION



Polypropylene

HF700SA

Polypropylene Homopolymer

Processing Techniques

The actual conditions will depend on the type of equipment used.

Injection Moulding

This product is easy to process with standard injection moulding machines. Following parameters should be used as guidelines:

Feeding temperature	40 - 80 °C
Mass temperature	220 - 260 °C
Back pressure	Low to medium
Holding pressure	30 - 60 MPa
Mould temperature	30 - 50 °C
Screw speed	Low to medium
Flow front speed	100 - 200 mm/s

Storage

HF700SA should be stored in dry conditions at temperatures below 50°C and protected from UV-light. Improper storage can initiate degradation, which results in odour generation and colour changes and can have negative effects on the physical properties of this product.

Safety

The product is not classified as dangerous.

Please see our "Safety data sheet" / "Product safety information sheet" for details on various aspects of safety of the product. For more information, contact your Borealis representative.

Recycling


The product is suitable for recycling using modern methods of shredding and cleaning. In-house production waste should be kept clean to facilitate direct recycling.

Please see our "Safety data sheet" / "Product safety information sheet" for details on various aspects of recovery and disposal of the product.

Regional Availability

Europe

For information on regional availability please contact Borealis Sales Representative.



Polypropylene
HF700SA

Disclaimer

The product(s) mentioned herein are not intended to be used for medical, pharmaceutical or healthcare applications and we do not support their use for such applications.

To the best of our knowledge, the information contained herein is accurate and reliable as of the date of publication; however we do not assume any liability whatsoever for the accuracy and completeness of such information.

Borealis makes no warranties which extend beyond the description contained herein. Nothing herein shall constitute any warranty of merchantability or fitness for a particular purpose.

It is the customer's responsibility to inspect and test our products in order to satisfy itself as to the suitability of the products for the customer's particular purpose. The customer is responsible for the appropriate, safe and legal use, processing and handling of our products.

No liability can be accepted in respect of the use of any Borealis product in conjunction with any other products and/or materials. The information contained herein relates exclusively to our products when not used in conjunction with any other material unless as specifically provided for in the test methods stated above.

PŘÍLOHA P 2: TECHNICKÁ DATA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

ARBURG ALLROUNDER 520 S

Technical data

520 S

Machine model		520 S	520 S	520 S
EUROMAP size indication ¹⁾		1300-290 1500-290 1600-290	1300-400 1500-400 1600-400	1500-800 1600-800
Clamping unit				
Clamping force	max. kN	1300 1500 1600	1300 1500 1600	1500 1600
Closing force	max. kN	60	60	60
Opening force / increased	max. kN	40 / 365	40 / 365	40 / 365
Opening stroke	max. mm	575	575	575
Mould height	min. mm	250	250	250
Daylight	max. mm	825	825	825
Distance between tie bars	mm	520 x 520	520 x 520	520 x 520
Platen size (hor. x vert.)	mm	688 x 688	688 x 688	688 x 688
Weight of mov. mould half	max. kg	1050	1050	1050
Ejector force	max. kN	50	50	50
Ejector stroke	max. mm	175	175	175
Hydraulics, drive, general				
Drive power of the hydraulic pump	kW	22 22 30	22 22 30	30 30
Dry cycle time for opening stroke ²⁾	s-mm	2,5 (1,7)-364 2,5 (1,7)-364 1,9 (1,7)-364	2,5 (1,7)-364 2,5 (1,7)-364 1,9 (1,7)-364	2,4 (1,7)-364 1,9 (1,7)-364
Total connected load ³⁾	kW	30,9 30,9 38,9	33,9 33,9 41,9	52,4 52,4
Colour: plastic coated, structure light grey / mint green / canary yellow				
Control cabinet				
Safety standard according to		DIN EN 60204	DIN EN 60204	DIN EN 60204
Socket combination (1 single phase, 1 three-phase)		1 x 16 A	1 x 16 A	1 x 16 A
Injection unit				
Screw diameter	mm	30 / 35 / 40	35 / 40 / 45	45 / 50 / 55
Effective screw length	L/D	23,3 / 20 / 17,5	23 / 20 / 18	22 / 20 / 18
Screw stroke	max. mm	150	160	200
Calculated injection volume	max. cm ³	106 / 144 / 188	154 / 201 / 254	318 / 392 / 474
Shot weight	max. g PS	97 / 132 / 172	141 / 184 / 232	291 / 359 / 434
Material throughput ⁴⁾	max. kg/h PS	17 / 20,5 / 24,5	25 / 29 / 35	46 / 53 / 59
	max. kg/h PA 6.6	8,5 / 10,5 / 12,5	12,5 / 15 / 17,5	23 / 27 / 30
Injection pressure ⁵⁾	max. bar	2500 / 2000 / 1530	2500 / 2000 / 1580	2470 / 2000 / 1650
Injection flow ⁵⁾	max. cm ³ /s	130 / 178 / 232 130 / 178 / 232	128 / 168 / 212 128 / 168 / 212	174 / 214 / 260
		130 / 178 / 232	160 / 210 / 266	174 / 214 / 260
Injection flow with accumulator	max. cm ³ /s	316 / 430 / 562	492 / 642 / 814	530 / 656 / 792
Back pressure positive/negative	max. bar	350 / 200	350 / 160	350 / 190
Circumferential screw speed	max. m/min	51 / 60 / 69 51 / 60 / 69	47 / 53 / 60 47 / 53 / 60	54 / 60 / 66 54 / 60 / 66
		51 / 60 / 69	53 / 60 / 68	880 / 880 / 880
Screw torque	max. Nm	320 / 380 / 430	480 / 550 / 610	70
Nozzle contact force	max. kN	60	60	400
Nozzle retraction stroke	max. mm	240	300	19,3 / 7
Installed cylinder heating power / heating zones	kW	5,8 / 4	8,8 / 4	0,6
Installed nozzle heating power	kW	0,6	0,6	50
Material hopper capacity	l	50	50	140
Horizontal injection position	max. mm	170	170	
Machine dimensions and weights of the basic machine				240
Oil capacity	l	175	240	6350
Net weight	kg	5600	5900	125 125
Electrical connection ⁵⁾	A	80 80 100	80 80 100	

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 for the basic machine (values in brackets apply to hydraulic accumulator technology)

The shown specifications reflect the state at the time of printing. In the interest of a continuous development of our products, we reserve the right to modify specifications.