

Konstrukční návrh vstřikovací formy pro výrobu plastového dílu

Dávid Nagy

Bakalářská práce
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Dávid Nagy
Osobní číslo:	T20969
Studijní program:	B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Technologická zařízení
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Konstrukční návrh vstřikovací formy pro výrobu plastového dílu

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Provedte konstrukci 3D modelu zadané součásti.
3. Navrhněte 3D sestavu vstřikovací formy pro výrobu zadané plastové součásti.
4. Nakreslete výkres 2D sestavy vstřikovací formy.

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

Seznam doporučené literatury:

BEAUMONT, John P. *Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding*. 3rd edition. Munich: Hanser Publishers, 2019, xx, 450 s. ISBN 978-1-56990-590-6.

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.

KAZMER, David. *Injection mold design engineering*. 2nd edition. Munich: Hanser, [2016], xxiv, 529 s. ISBN 9781569905708.

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

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2023**

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

L.S.

Ing. Martin Bednařík, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 3. března 2023

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cieľom tejto bakalárskej práce je konštrukcia vstrekovacej formy pre zadaný diel. Práca je zameraná na vyhotovenie nástroju pre plastový diel, ktorý má slúžiť ako držiak parkovacieho senzora pre automobily značky BMW. Práca je rozdelená na dve časti, a to na teoretickú a praktickú.

Teoretická časť sa zaoberá rozdelením plastových materiálov, popisom vstrekovacích strojov a konštrukčnými riešeniami vstrekovacích foriem.

Praktická časť obsahuje zhotovenie 3D modelu zadaného výrobku a zhotovenie vstrekovacej formy k čomu bol použitý software CATIA V5. Súčasťou praktickej časti je taktiež zhotovenie výkresov zostavy formy.

Kľúčové slová: Vstrekovanie, vstrekovacia forma, vstrekovaný diel

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is the design of an injection mold for a given part. The thesis focuses on the design of mold for plastic part to be used as a parking sensor holder for BMW cars. The work is divided into two parts, theoretical and practical.

The theoretical part deals with the division of plastic materials, description of injection molding machines and design solutions of injection molds.

The practical part includes the creation of a 3D model of the specified product and the creation of the injection mold for which the CATIA V5 software was used. Part of the practical part is also making drawings of the mold assembly.

Keywords: Injection molding technology, injection mold, product

Pod'akovanie

Touto cestou by som sa chcel pod'akovať vedúcemu mojej bakalárskej práce prof. Ing. Michalovi Staňkovi, Ph.D., za poskytnuté informácie, poznatky a materiály ako aj za odbornú výpomoc či ústretovosť pri konzultáciách. Ďalej by som chcel svoje pod'akovanie vyjadriť rodičom a bratovi, ktorí stáli pri mne počas celého štúdia, ako aj spolužiakom za rady a čas strávený so mnou pri objasňovaní učiva. Taktiež by som sa rád pod'akoval Univerzite Tomáše Bati ve Zlíně a obzvlášť Fakulte technologickej za nový pohľad na svet, ako aj ústretový prístup.

Prehlásenie

Prehlasujem, že odovzdaná verzia bakalárskej/diplomovej práce a verzia elektronická nahraná do IS/STAG sú totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 MODELOVACÍ SOFTWARE.....	12
1.1 HISTÓRIA	12
1.2 SÚČASNOSŤ	14
1.2.1 CATIA.....	14
2 MATERIÁLY VYUŽÍVANÉ NA VSTREKOVANIE.....	16
2.1 PLASTY	16
2.1.1 Termoplasty.....	16
2.1.2 Reaktoplasty	17
2.2 ELASTOMÉRY	18
2.2.1 Kaučuky	18
3 TECHNOLOGIA VSTREKOVANIA POLYMÉROV	19
3.1 VSTREKOVACÍ CYKLUS	19
3.1.1 Doba vstrekovania.....	19
3.1.2 Doba dotlaku	21
3.1.3 Doba plastikácie	22
3.1.4 Doba chladnutia	23
3.1.5 Vyhodenie výstreku	23
3.2 VSTREKOVACÍ STROJ.....	24
3.2.1 Vstrekovacia jednotka	24
3.2.2 Uzatváracia jednotka	26
4 VSTREKOVACIE FORMY	28
4.1 NÁSOBNOSŤ FORMY	28
4.2 TEMPEROVANIE FORIEM	28
4.2.1 Temperačné prostriedky	29
4.2.2 Návrh temperačného systému	30
4.2.3 Prepážkové systémy	30
4.2.4 Temperovanie pomocou vyhrievacích elektrických článkov.....	33
4.3 ODVZDUŠŇOVANIE FORIEM	34
4.3.1 Odvzdušňovanie v deliacej rovine	34
4.3.2 Umiestnenie odvzdušňovacích kanálov	35
4.4 VYHADZOVACÍ SYSTÉM FORMY.....	36
4.4.1 Vyhadzovanie vyhadzovacími kolíkmi.....	36
4.4.2 Vyhadzovanie stieracou doskou.....	37
4.5 MATERIÁLY VYUŽÍVANÉ NA VÝROBU FORIEM.....	37
4.5.1 Ocele	37

4.5.2	Zliatiny medi	39
4.5.3	Zliatiny hliníku.....	39
5	VTOKOVÉ SYSTÉMY FORIEM.....	40
5.1	STUDENÝ VTOKOVÝ SYSTÉM.....	40
5.1.1	Vtoková vložka	40
5.1.2	Rozvádzacie kanály.....	41
5.1.3	Vtokové ústie	41
5.1.4	Druhy vtokov	42
5.2	VYHRIEVANÝ VTOKOVÝ SYSTÉM	44
5.2.1	Vyhrievané trysky	46
5.2.2	Vyhrievané rozvodné bloky	47
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	48
6	URČENIE CIEĽOV BAKALÁRSKEJ PRÁCE	49
7	VSTREKOVANÝ DIEL	50
7.1	MATERIÁL.....	50
8	KONŠTRUKCIA VSTREKOVACEJ FORMY.....	51
8.1	VOEBA DELIACEJ ROVINY A ZAFORMOVANIA VÝROBKU	51
8.1.1	Deliaca rovina	51
8.1.2	Zaformovanie	51
8.2	NÁSOBNOSŤ FORMY	53
8.3.1	Tvárnica.....	53
8.3.2	Tvárnik	53
8.3.3	Bočné posuvné čeľuste.....	54
8.4	VTOKOVÝ SYSTÉM	55
8.4.1	Horúci rozvodný blok	55
8.4.2	Vtokové kanály	56
8.5	TEMPERÁCIA	57
8.5.1	Temperácia pravej strany	58
8.5.2	Temperácia ľavej strany.....	58
8.6	VYHADZOVACÍ SYSTÉM.....	59
8.7	ODVZDUŠNENIE.....	61
8.8	PRAVÁ STRANA FORMY	61
8.9	ĽAVÁ STRANA FORMY	62
8.10	TRANSPORT FORMY	63
9	VSTREKOVACÍ STROJ	65
	ZÁVER	66
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	67
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	71

ZOZNAM OBRÁZKOV	72
ZOZNAM TABULIEK	74
ZOZNAM PRÍLOH.....	75

ÚVOD

Polymérne materiály a najmä výrobky z nich sa nachádzajú kdekoľvek sa len ľudské oko pozrie. Ich využitie sa nachádza v rôznych druhoch odvetví priemyslu. Tvorí neodmysliteľnú súčasť automobilov a iných dopravných prostriedkov, elektrických spotrebičov či iných každodenne využívaných vecí. V modernej dobe, kedy sme vystavení čoraz viac technologickému rozmachu, je takmer nemožné si predstaviť bez nich žiť. Medzi popredné polymérne vlastnosti patria ich dobrá tvarovateľnosť, tepelné či elektroizolačné vlastnosti, nízka hustota a podobne. Vstrekovanie patrí medzi popredné technológie spracovania plastov. Využitím tejto technológie je možné dosiahnuť rozmerovo presné a kvalitné plastové výrobky. Neodmysliteľnou súčasťou technológie vstrekovania plastov je správne navrhnutie nástroju pre konkrétny výrobok. Takýto nástroj sa nazýva vstrekovacia forma. Návrhy a konštrukčné riešenia vstrekovacích foriem umožňuje celá rada modelovacích softwarov medzi ktoré patria CATIA, Solid Edge, Autodesk Inventor, Solidworks a iné. Pre správne skonštruovanie vstrekovacej formy musí konštruktér zohľadniť niekoľko faktorov od vlastností vstrekovaného materiálu, cez rozmerovú charakteristiku vyrábaného dielu, parametre vstrekovacieho stroja až po ekonomickú stránku. V teoretickej časti tejto práce sa nachádzajú základné pojmy pre správnu konštrukciu foriem, využívané softwary a vstrekovacie stroje. Praktická časť sa potom zaoberá vyhotovením vstrekovacej formy pre plastový držiak parkovacieho senzoru automobilov značky BMW.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MODELOVACÍ SOFTWARE

Už od dávnych čias ľudia potrebovali pred samotným zrealizovaním svojich stavebných či remeselných výtvorov získať spoľahlivú predstavu svojej práce. Vzhľadom k tomu, že ľudia ako takí sú lenivé tvory, je potrebné aby pomer efekt/námaha bol čo najväčší a výsledok ich úsilia závisel od dokonalosti predstavy o ich budúcom výtvore. Po druhej svetovej vojne značne stúpili požiadavky kladené na výrobu ako aj jej presnosť. Už naďalej nebolo možné, aby sa technické výpočty realizovali iba na papieri za pomoci logaritmického pravítka, čo zaberalo pomerne veľké množstvo času. Dostávame sa teda do druhej polovice 20. storočia a s pokrokom vizualizácie je spojený aj pokrok v oblasti počítačového kreslenia a modelovania.

1.1 História

Prvopočiatok kreslenia na počítači je spojený s vynájdением svetelného pera v 50. rokoch 20. storočia. Nakreslené obrazce zostávali zachytené elektrostaticky na tienidle obrazovky, ktorá zároveň slúžila aj ako pamäť. Tohto vynálezu sa ujala armáda a svoje uplatnenie našiel u protivzdušnej obrany radarového systému SAGE (Semi-Automatic Ground Environment). Tento stroj vybavený v tej dobe najsilnejším počítačom sveta TX-2 dokázal na základe dát vložených svetelným perom vypočítať budúcu trasu lietadiel. [1]



Obrázok 1 Používanie svetelného pera systémom SAGE [36]

Hoci v roku 1957 Dr. Patrick J Hanratty vyvinul PRONTO, prvý komerčný programovací systém numerického riadenia, za otca CAD sa zvyčajne považuje Ivan Sutherland. V roku 1963 práve študent Ivan Sutherland v rámci svojej dizertačnej práce vytvoril kresliaci program SketchPad. Jeho dizertačná práca zameraná na aplikáciu počítačov v počítačovej

grafike a navrhovanie pomocou počítača je všeobecne označovaná za začiatok histórie CAD. [1][2]



Obrázok 2 Ivan Sutherland a jeho vynález SketchPad [37]

V roku 1966 prišiel Sutherland s ďalším prelomovým vynálezom a to HMD (Head Mounted Display), ktorý je možné označiť za predka virtuálnej reality. Sutherland spoločne s Davidom Evansom v roku 1968 založili spoločnosť Evans & Sutherland, ktorá je dodnes jedným z popredných vývojárov a výrobcov počítačových zobrazovacích systémov. Firma spôsobila revolúciu v počítačovej vizualizácii a modelovaní, ktoré sú základnými kameňmi pre CAD/CAM. V rokoch 1966-1968 francúzsky inžinier Pierre Bézier pracujúci pre automobilku Renault výrazne prispel k rozvoju CAD systémov ako tvorca princípov vykresľovania kriviek a plôch, ktoré aplikoval vo svojom programe UNISURF. Použitie rastrovej grafiky ako ju poznáme dnes sa prvýkrát objavuje až koncom roka 1978. Významným spôsobom na zrode klasickej grafiky sa podieľala Univerzita v štáte Utah, z ktorej vychádzali budúci zakladatelia a manažéri veľkých firiem ako je SGI, Adobe atď. V roku 1977 spoločnosť Avions Marcel Dassault začala vyvíjať predchodcu systému CATIA nazývanú CATI, a o štyri roky neskôr IBM predstavili svoj prvý cenovo dostupný stolný počítač. Nasledujúci rok 1982 John Walker založil Autodesk, ktorý v tom istom roku spustil svoj CAD software nazývaný AutoCAD. O tri roky neskôr sa software rozšíril o ponuku 3D modelovania, a v roku 1992 bol AutoCAD sprístupnený pre operačný systém Windows. Ďalším dôležitým bodom obratu pre CAD ako aj CAM bol prechod z UNIX na PC v 90. rokoch minulého storočia, čo sprístupnilo tento proces miliónom inžinierov, ako aj bežným spotrebiteľom, ktorí by si predtým software nemohli dovoliť. [3][4][5][1]

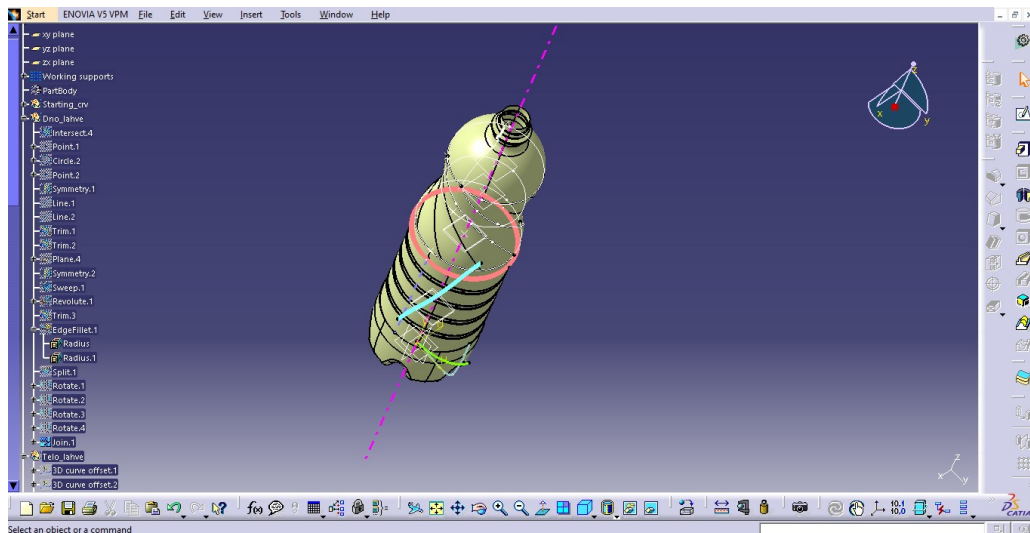
1.2 Súčasnosť

Za uplynulé roky prešli CAD softwary značnými zmenami v rôznych smeroch. Postupom času sa do základných CAD systémov pridávalo čoraz viac funkcií, ktoré sa presúvali z 2D na 3D modely s pridanými modulmi kusovníkov a novými konštrukčnými funkciami podporujúce komplexnejšie návrhy, ktoré pomáhajú dizajnérom vytvárať ich návrhy rýchlejšie. Dnes už zároveň nie je potrebné na prácu s CAD softwarmi špeciálna grafická pracovná stanica ako tomu bolo v minulosti. V podstate dnes bohato postačuje bežný kancelársky počítač s primerane výkonnou grafickou kartou. Najnovšie pokroky posúvajú 3D modelovanie ešte ďalej tým, že využívajú virtuálnu realitu a rozšírenú realitu, vďaka ktorej môžu inžinieri so špeciálnym vybavením virtuálne interagovať s ich návrhmi. Tieto technológie umožňujú ešte väčšiu slobodu pri vytváraní a spracovávaní zložitých návrhov. [1][6]

1.2.1 CATIA

Jedná sa o najpoužívanejší CAD systém v leteckom a automobilovom priemysle na celom svete. Ako už bolo zmienené, prvé predstavenie tohto softwaru bolo v roku 1977 spoločnosťou Dassault Systèmes, ktorá stále udržiava a vyvíja tento software. Pôvodne bol vyvinutý na použitie pri navrhovaní stíhacieho lietadla Dassault Mirage. Najnovšia verzia nesie názov CATIA V6, no v súčasnosti je najpoužívanejšou verziou CATIA V5, pričom aj CATIA V4 sa ešte stále používa v niektorých odvetviach spolu s V5. Medzi jednotlivými verziami sa CATIA výrazne líšila z hľadiska použitia a vzhľadu. Každá novšia verzia prináša významné dodatočné funkcie. Medzi verziami V4 a V5 boli vyvinuté základy procesu návrhu a medzi V5 a V6 sa zmenilo zaobchádzanie s údajmi. V rámci každej verzie ponúka Dassault Systèmes aj aktualizácie vo forme vydaní. Nové vydania sa zvyčajne vydávajú ročne a prinášajú aj ďalšie funkcie v rámci verzie, ako aj opravy chýb. Pre veľké organizácie môže byť náročné spracovávať veľké množstvo údajov a umožniť používateľom zdieľať tieto údaje. Toto je možné kontrolovať pomocou produktov PLM (Product Lifecycle Management). CATIA V5 sa môže používať na základe súborov alebo spolu s iným softwarovým balíkom, ktorý zahŕňa PLM, ako napríklad ENOVIA alebo SMARTEAM. CATIA V6 už však má ENOVIA integrovanú. Hlavnými výhodami používania PLM produktu sú prevencia strát dát ako aj kontrola bezpečnostného kontextu. Poskytuje komplexné nástroje pre konštruovanie a vývoj výrobkov v najrôznejších priemyslových odvetviach. Umožňuje prácu viacerým konštruktérom v rámci jedného projektu pričom

program zaručuje okamžité premietnutie vykonaných zmien do ostatných častí konštruovanej súčasti v rámci projektu. Variačné modelovanie v kombinácii s parametrickým, je možné pri vhodnej konfigurácii pokryť návrhárskou prácou od tvorby designu, vlastnej konštrukcie, cez rôzne analýzy, simulácie a optimalizácie až po tvorbu dokumentácie a NC programov pre vlastnú výrobu. Tento software používajú veľké automobilky ako Chrysler, VW, BMW alebo ŠKODA. [7][8]



Obrázok 3 Pracovné prostredie CATIA V5

Celý systém CATIA spočíva na troch rôznych platformách, ktoré sa zameriavajú na špecifické potreby zákazníka. Dáta vytvorené v jednej platforme je možné použiť aj v produkte z druhej platformy.

Platforma P1 – zaoberá sa základným modelovaním pre malých a stredných procesne orientovaných zákazníkov, ktorí chcú rozšíriť svoje možnosti tvorby návrhov, tak aby dosiahli digitálnu definíciu produktu.

Platforma P2 – predstavuje plne zostavovo orientovaný produkt, ktorý prináša štandardné 3D modelárske prostredie pre modelovanie súčastí a generovanie výkresov a tiež prevodník IGES pre komunikáciu s ostatnými CAD systémami. Taktiež ponúka unikátne nástroje a definíciu prostredia pre vytvorenie digitálneho podniku prostredníctvom modelovania výrobkov, procesov a zdrojov daného podniku.

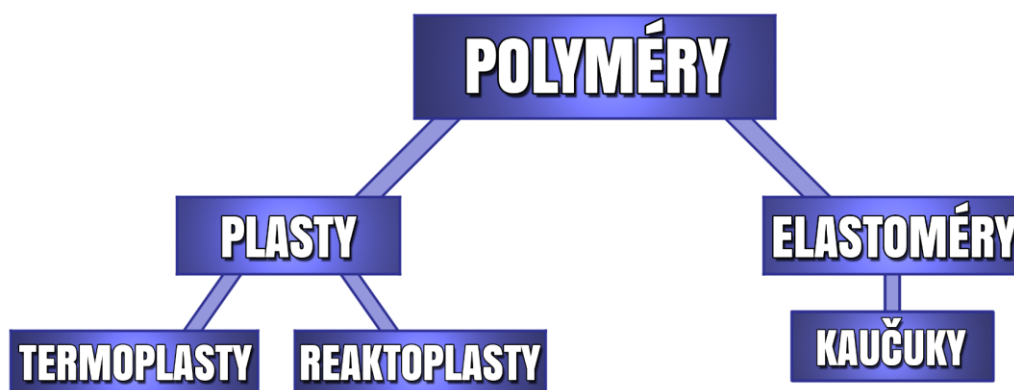
Platforma P3 – poskytuje najvyššiu úroveň programu. Ponúka nástroje k predikácii tolerancií plechových súčastí pri využití deformačných analýz v rámci zostáv. Je určený pre najväčších zákazníkov v automobilovom či leteckom priemysle. [8]

2 MATERIÁLY VYUŽÍVANÉ NA VSTREKOVANIE

Polyméry sú z chemického hľadiska predovšetkým organické látky prírodného alebo syntetického pôvodu. To čo odlišuje polyméry je, že majú veľké molekuly, tzv. makromolekuly ktoré sú vytvárané pri opakovanom spojovaní základnej jednotky mér, odvodenej od východiskovej molekuly – monoméru.

Dĺžka makromolekúl umožňuje ich vzájomné zaplietanie, čo je príčinou celkom charakteristických polymérnych vlastností (elastickosť, vysoká viskozita polymérnych roztokov a tavenín, pomalá rozpustnosť atď.) [9]

Polyméry je možné rozdeliť na dve podkategórie, a to na plasty a elastoméry.



Obrázok 4 Základné rozdelenie polymérov

2.1 Plasty

Plasty sú syntetické, polosyntetické, poprípade prírodné materiály, ktoré sú z veľkej časti zložené práve z polymérov – reťazcami prevažne uhlovodíkových zlúčenín. Na ich výrobu sa využíva ropa a uhlie, ale aj celá rada prírodných látok ako napríklad škroby. [10]

2.1.1 Termoplasty

Z jednotlivých skupín plastov sú práve termoplasty najrozšírenejšie. Jedná sa o polymérne materiály, ktoré pri zahrievaní prechádzajú do plastického stavu, do stavu vysoko viskózných neneutronovských kvapalín. Tuhého stavu sa u termoplastov dosiahne ochladením pod teplotu topenia (semikryštalické), resp. Teplotu viskózneho toku (amorfné). [11]

Pri ohreve sa uvoľní súdržnosť reťazcov a hmota je viskózna. V tomto stave sa môže tvarovať. Po ochladení sa dostanú opäť do pôvodného pevného stavu. Termoplasty majú

priame reťazce (lineárne polyméry) alebo reťazce s bočnými vetvami (rozvetvené polyméry). Tieto lineárne alebo rozvetvené polyméry, ktorých reťazec tvorí len jeden druh základnej chemickej skupiny nazývame homopolyméry. Polyméry ktoré sú zložené z viac druhov základných chemických skupín nazývame kopolyméry. [12]

Vzhľadom k tomu, že pri zahrievaní nedochádza k zmenám chemickej štruktúry, je možné proces mäknutia a následného tuhnutia opakovať teoreticky bez obmedzenia, z čoho vyplýva, že sa termoplasty radia medzi recyklovateľné materiály. [11]

Z pohľadu procesu vstrekovania, ako aj z pohľadu aplikačného použitia je podstatné delenie termoplastov z hľadiska vnútornej štruktúry na amorfné a semikryštalické, nakoľko chovanie sa konkrétnych skupín pri zahrievaní a následnom vstrekovaní je pre obidve skupiny značne odlišné a prejaví sa aj vo vlastnostiach konečného výstrelu.

Amorfné termoplasty

Vyznačujú sa pomerne nízkym zmrštením v dutine formy, čo ich zvyhodňuje pri výrobe rozmerovo presných dielov. Majú nepravidelne priestorové usporiadanie reťazcov. Typickým znakom tejto skupiny termoplastov je možnosť transparentného prevedenia. Z hľadiska využiteľnosti výrobkov z amorfných termoplastov je dominantná oblasť pod teplotou skleneného prechodu. [13]

Semikryštalické termoplasty

Majú schopnosť vytvárať z taveniny kryštalickú štruktúru. Obsah kryštalického podielu závisí na chemickej stavbe polyméru a technologických podmienkach vstrekovania. Vzhľadom k tejto skutočnosti je zmrštenie väčšie a pohybuje sa od 1% do 2,5%. Dominantnou teplotou semikryštalických termoplastov je teplota topenia kryštalického podielu. [13]

2.1.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty sú plasty, ktoré sú tvarovateľné a taviteľné len konkrétne doba po zahriatí. Počas ďalšieho zahrievania dochádza k chemickej zmene. Popri nej pôvodné molekuly zosieťujú a od tohto momentu sa stávajú nerozpustné a netaviteľné. Túto chemickú reakciu zapríčiňujúcu vznik zosieťovanej štruktúry nazývame vytvrzovanie. Jedná sa o nevratný proces, po ktorom už vytvrdnutý materiál nie je možné opätovne tvarovať, zvrátať či previesť späť do taveniny. Výrobky z reaktoplastov sú charakteristické vysokou chemickou a tepelnou odolnosťou ako aj svojou tvrdosťou a tuhosťou. [14]

2.2 Elastoméry

Elastoméry sú vysoko elastické materiály s nízkou tuhosťou. Za bežných podmienok ich môžeme s použitím malej sily značne deformovať, a to bez porušenia. Táto deformácia je prevažne vratná. Typickým zástupcom elastomérov sú kaučuky z ktorých sa vyrábajú pryže. [14]

2.2.1 Kaučuky

Kaučuky sú polyméry, ktoré je možné pomocou riedkeho zosieťovania previesť na elastomér čiže pryž. Tento proces zosieťovania nazývame vulkanizácia. Najčastejšia vulkanizácia je pomocou síry. Atómy síry vytvárajú priečne väzby medzi pôvodne lineárnymi makromolekulami kaučuku. Pre bežný vulkanizovaný kaučuk sa používa 2 až 3% síry, pre polotvrdu pryž 10 až 20% a tvrdú pryž viac ako 20% síry. Pryže nie sú vyrábané len za pomoci čistého kaučuku, ale z gumárenských zmesí, ktoré obsahujú okrem kaučuku a vulkanizačných činidiel taktiež stabilizátory, plastifikátory a iné pomocné látky. Kaučuky môžu byť prírodné alebo syntetické. Prírodný kaučuk ma v dôsledku vysokej molekulovej hmotnosti vysokú viskozitu, a tak musí byť pred spracovaním upravený plastifikátormi. Surový kaučuk je za tepla lepkavý, za studena tuhý a nepružný, zatiaľ čo vulkanizát (pryž) je elastický v širokom rozmedzí teplôt. [14]

3 TECHNOLOGIA VSTREKOVANIA POLYMÉROV

Technológia vstrekovania je jedna z najčastejšie používaných technológií v priemyselnej výrobe na spracovanie výrobkov z polymérov. Pomocou vstrekovania sa vyrába široká škála výrobkov, ktoré môžu mať charakter finálneho výrobku (misky, krabičky, nádoby, atď.), no zároveň aj polotovary alebo diely slúžiace na následné zloženie do väčšieho celku (súčasti prístrojov, automobilov, atď.). Hmotnosť takýchto výrobkov je rozmanitá a môže sa pohybovať v desatinách gramu, až po väčšie výrobky s hmotnosťou niekoľko kilogramov.

Technológia vstrekovania je taký spôsob spracovania plastov, pri ktorom je potrebná dávka spracovávaného materiálu vo forme taveniny vstreknutá pomocou šneku alebo piestu veľkou rýchlosťou z plastikačnej komory do uzatvorenej dutiny kovovej vstrekovacej formy, kde v dôsledku odvodu tepla zatuhne v konečný výrobok. Plastikačná komora je súčasťou vstrekovacieho stroja a zásoba vstrekovanej materiálu sa v nej neustále doplňuje behom výrobného cyklu. [15]

3.1 Vstrekovací cyklus

Vstrekovací cyklus je tvorený súhrnom konkrétne definovaných krokov jednotlivých fáz, z ktorých sa všetky podieľajú na výrobe finálneho vstrekovanej výrobku. Počas tohto procesu prechádza spracovávaný plast ako tlakovým, tak aj teplotným cyklom.

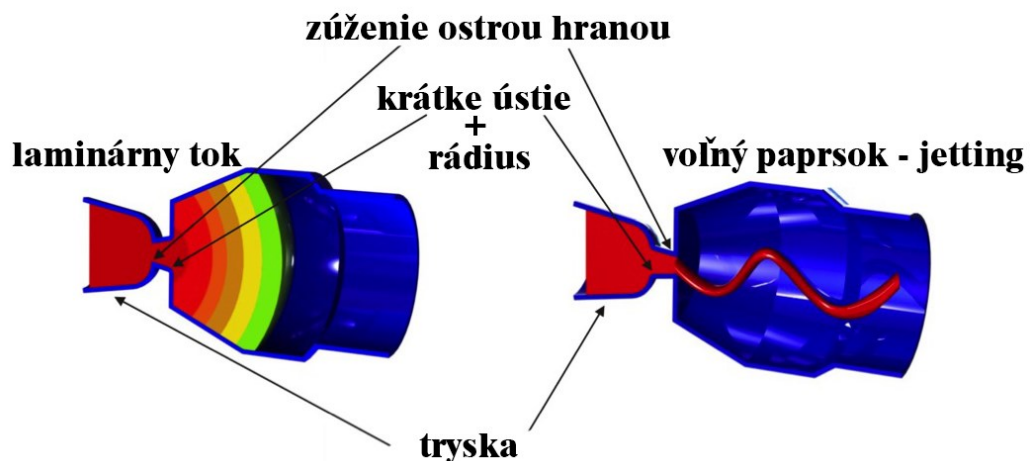


Obrázok 5 Vstrekovací cyklus

3.1.1 Doba vstrekovania

Pred vstrekaním vhodného materiálu do formy musí byť forma uzatvorená. Uzatváracia jednotka zatvorí formu skôr, ako do nej vstrekovací stroj vstreknú taveninu. Po uzatvorení potrebných častí formy k sebe uzatváracia jednotka aj naďalej vyvíja potrebnú silu, aby

udržala formu uzavretú, keď sa plní materiálom a nedochádzalo tak k jej nežiadúcemu pootvoreniu. Čím väčší je vstrekovací stroj, tým dlhšie trvá adekvátne uzatvorenie formy. Samotné vstrekovanie je veľmi krátky časový úsek, pretože sa tavenina plastu so stykom s chladnejšou formou ochladzuje, a tým stráca tekutosť. Doba plnenia dutiny formy sa pohybuje od zlomku sekundy až po niekoľko sekúnd pri vstrekovaní výrobkov s veľkou hmotnosťou. Proces plnenia sa musí riadiť tak, aby tavenina nevtekala do tvarovej dutiny formy voľným vtokom (tzv. jetting), ale aby vtekala do formy postupne. [15][17]

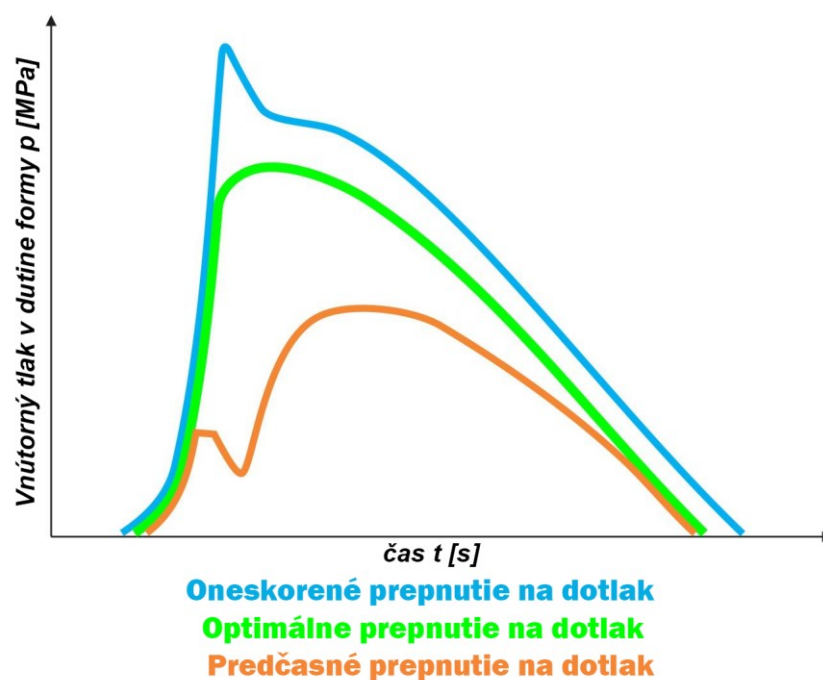


Obrázok 6 Princíp plnenia laminárnym vtokom (vľavo) a voľným vtokom (vpravo) [15]

Teplota na líci vstrekovacej formy je oveľa nižšia ako teplota taveniny, a tak tavenina pri styku so stenou formy okamžite stuhne a vytvorí jak vrstvu nepohyblivej hmoty, tak aj vrstvu tepelnej izolácie. Vnútri steny je potom plastické jadro s vysokou tekutosťou, umožňujúce ďalší prietok taveniny, ktorá sa rozteká smerom k stenám, až dochádza k postupnému zaplneniu takmer celého objemu tvarovej dutiny vstrekovacej formy. Plasty je možné vstrekať v širokom rozsahu teplôt. V tomto rozmedzí teplôt sa tiež mení viskozita taveniny. Čím je viskozita taveniny menšia, tým menšie sú hydraulické odpory a tým lepšie aj taveniny vteká do formy. Ak je teplota taveniny príliš nízka, zhoršuje zatekavosť a vedie k predčasnému stuhnutiu taveniny vo vtokovom ústí. Príliš vysoká teplota taveniny môže zas spôsobiť degradáciu materiálu a predĺžiť dobu chladnutia, čím predĺži aj pracovný cyklus. Koniec fáze vstrekovania, kedy je dutina formy takmer úplne naplnená, sa vyznačuje prudkým nárastom tlaku vo forme. Tento prudký nárast tlaku je do značnej miery kompenzovaný nasledujúcou fázou dotlaku. [15][16]

3.1.2 Doba dotlaku

Po fáze vstrekovania , ktorá musí dopraviť celkový objem materiálu do formy, začína dotlaková fáza. Tá by mala dodať taký objem materiálu, aký z objemu fázy vstrekovania ubudne prirodzenou kontrakciou taveniny v jadre výstrelu pri chladnutí. Čas dotlaku a jeho úroveň musí pôsobiť iba po takú dobu, za akú sa do výstrelu dopraví zvyšný objem materiálu eliminujúci zmrštenie výstrelu pri chladnutí. Jednou z úloh dotlaku je zmenšenie tlaku vnútri dutiny vstrekovacej formy, nakoľko po naplnení tvarovej dutiny formy nasleduje stlačovanie hmoty, kedy tlak prudko stúpne a rýchlosť náhle klesne. Ak by tlak zostal na pôvodnej hodnote vstrekovacieho tlaku alebo by zostala rovnaká rýchlosť vstrekovania, došlo by ku vzniku tlakovej špičky, k zvýšeniu hmotnosti a rozmerov výstrelu a k veľkému namáhaniu formy, ktoré by mohlo viesť k jej pootvoreniu. Aby sa zamedzilo týmto nepríjemnostiam, je nutné po určitej dobe znížiť vstrekovací tlak, prepnutím na dotlak. Ak však dôjde k prepnutiu neskoro, tlak stúpne príliš vysoko a dôjde k vyššie spomenutým javom. Pri predčasnom prepnutí dochádza k opačným javom a je tu možnosť nedostreknutého výrobku. [15][18]



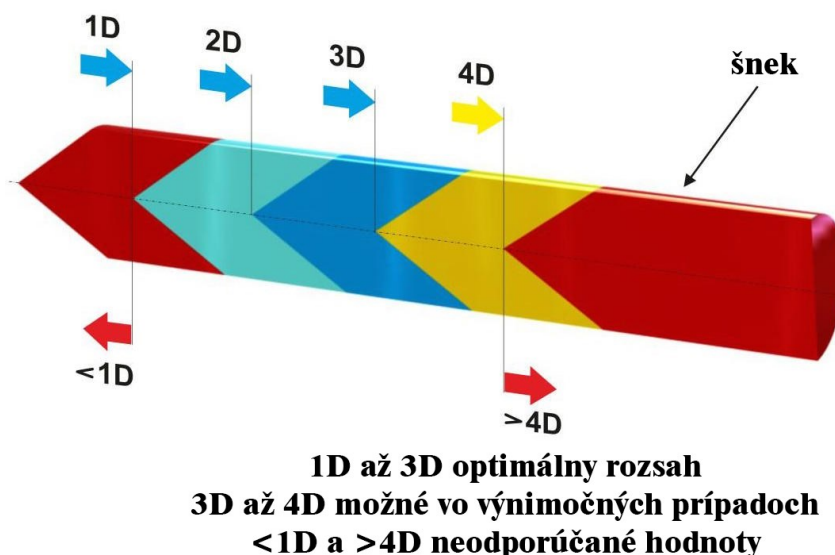
Obrázok 7 Vplyv doby prepnutia na priebeh tlaku [15]

Doprava materiálu do formy dotlakom je oproti vstrekú veľmi pomalá. Ak dôjde k zamrznutiu, bude niektorá časť výstrelu alebo niektorý výstrek nedotlačený a iná časť už bude mať prietoky. Dotlak má veľký vplyv na kvalitu výstrekov – na hmotnosť, rozmery, zmrštenie, skrivenie, vtiiahnuté miesta, dutiny a orientáciu kryštálov. Čas dotlaku by sa mal

pohybovať medzi 20 až 30% chladiaceho času a je priamo úmerný typu materiálu, priemernej hrúbke steny výrobku a dĺžke toku taveniny. [18]

3.1.3 Doba plastikácie

Účelom plastikácie je nadávkovanie potrebného rovnomerného množstva taveniny plastu pre ďalší výrobný cyklus pred čelo šneku. Počas fáze plastikácie sa plast vplyvom rotačného a súčasne spätného pohybu šneku prevádza do stavu taveniny účinkom trenia o steny tlakovej komory, trením medzi granulami plastu medzi sebou a taktiež vplyvom pôsobiaceho tepla dodávaného od elektrických vyhrievacích telies umiestnených na obvode tlakovej plastikačnej komory. Objem zplastikovanej dávky taveniny musí zabezpečiť nielen naplnenie tvarovej dutiny a naplnenie vtokového systému, ale taktiež musí zabezpečiť objem taveniny pre kompenzáciu zmeny objemu, ktorá vzniká v dôsledku zmrštenia. Tento objem sa nazýva vankúš. Veľkosť vankúša sa líši podľa veľkosti vstrekovateľného objemu, no štandardne sa jedná o 5 až 15% objemu vyrábaného dielu. Celkový objem taveniny je teda súčtom objemov tvarových dutín formy, vtokovej sústavy a objemom vankúša. Celkový objem by nemal prekročiť štvornásobok priemeru šneku. Dôvodom je nielen dlhá doba vstrekovania, ale aj nebezpečie vzniku vzduchových bublín vo vstrekovateľných dieloch. [15]



Obrázok 8 Rozsah objemu dávky u vstrekovacích strojov [15]

Doba plastikácie nemá žiadny vplyv na celkovú dĺžku výrobného cyklu vzhľadom k tomu, že plastikácia prebieha počas fázy chladenia. To znamená, že zatiaľ čo výstrek chladne v dutine vstrekovacej formy, plastikačná jednotka vstrekovacieho stroja pripravuje potrebné množstvo taveniny pre ďalší výrobný cyklus.

3.1.4 Doba chladnutia

Jedná sa o podstatnú časť vstrekovania, pretože ochladzovanie materiálu vo vnútri formy umožňuje dosiahnuť požadovaný tvar a vlastnosti, čím sa približuje hotovému výrobku. Výrobok v dutine sa môže počas tejto časti procesu vstrekovania zmršťovať. Čas chladnutia má byť volený primerane k spracovávanému materiálu a najväčšej hrúbke steny výstreku a musí byť tak dlhý, aby zabezpečil ochladenie výstreku na odformovaciu teplotu a to rovnomerne vo všetkých prierezoch výstreku v smere toku taveniny. Tým by mala byť zabezpečená rozmerová a tvarová stabilita výstreku. Forma sa môže otvoriť až po dosiahnutí odhadovaného času ochladenia výstreku. [17][18]

Dlhý čas chladnutia spôsobuje:

- zbytočné predĺženie času cyklu,
- u niektorých foriem a materiálov problémy s odformovaním.

Krátky čas chladnutia spôsobuje:

- skrivenie výstreku,
- odtlačky, oslabenia a pretrhnutia výstreku od kolíkov vyhadzovača,
- vyššie dodatečné zmrštenie výstreku. [18]

3.1.5 Vyhodenie výstreku

Výrobný cyklus je zakončený otvorením formy a následným vyhodnotením výrobku. Jedná sa o poslednú fázu vstrekovacieho cyklu ktorá je poháňaná pomocou vyhadzovacieho systému formy. Forma sa otvorí a vyhadzovací systém vytlačí výrobok von. Na výrobok je nutné pôsobiť silou, pretože sa zvyčajne prilepí na dutinu formy. Strojný čas potrebný na otvorenie vstrekovacej formy závisí na rýchlosti práce a pohybov vstrekovacieho stroja vo vzťahu k dráhe, ktorú musí vstrekovacia forma uraziť. Dráha otvorenia vstrekovacej formy je daná rozmerom výstreku v smere otvárania formy. Dĺžka tejto dráhy musí byť tak veľká, aby bolo možné bez komplikácií vyhodiť výrobok z formy, bez nebezpečia vzpriechenia výstreku v otvorenej deliacej rovine formy. Dráha otvárania formy by mala byť čo najkratšia z dôvodu času výrobného cyklu. Rýchlosť otvárania formy je vysoká, no pred dojazdom formy na doraz sa rýchlosť znižuje, aby vyhodenie výstreku prebiehalo pomaly, bez nárazov, deformácií či prípadných prasknutí výrobku alebo častí vstrekovacej formy. Moderné vstrekovacie zariadenia umožňujú už počas čiastočného otvorenia formy vyjdenie

vyhadzovacieho systému a tým skrátenie výrobného cyklu. Po vysunutí výrobku je možné formu opätovne uzatvoriť a tak pokračovať v procese vstrekovania. [15][17]

3.2 Vstrekovací stroj

Pod pojmom vstrekovací stroj sa rozumie zariadenie ktoré umožňuje roztavenie materiálu ako aj jej homogenizáciu, jej následné vstreknutie pod určitým tlakom do uzatvorenej formy, ktorá je zaistená väčšou silou, než sila vyvolaná tlakom taveniny v dutine vstrekovacej formy. Medzi základné súčasti vstrekovacích strojov sa radia vstrekovacie jednotky, uzatváracie jednotky a príslušenstvo ku ktorému patrí zdroj energie ale aj regulačné a ovládacie prvky.

3.2.1 Vstrekovacia jednotka

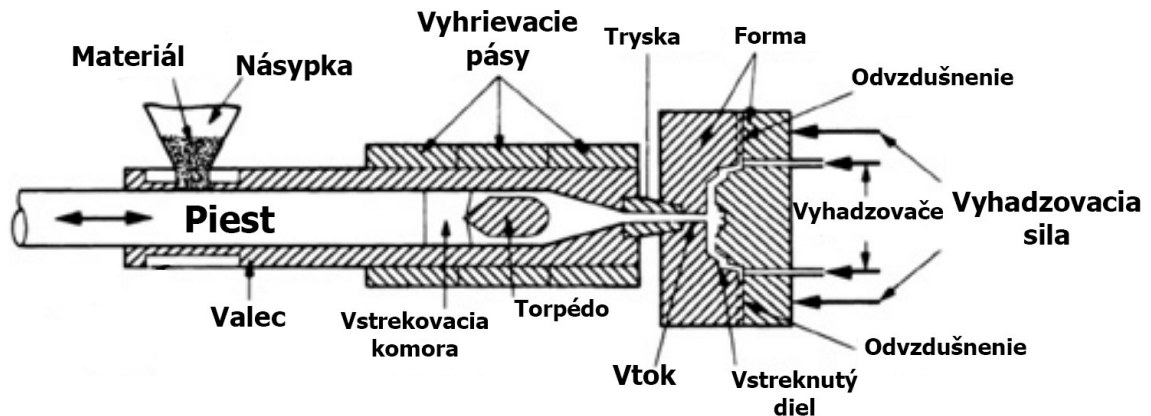
Vstrekovacia jednotka má dve zásadné úlohy. Jednou je premena dávkovaného materiálu cez násypku na homogénnu taveninu určitej viskozity. Druhou úlohou vstrekovacej jednotky je vysokou rýchlosťou a za pomoci vysokého tlaku dopraviť túto taveninu do dutiny vstrekovacej formy. Vstrekovacia jednotka pripraví a následne dopraví požadované množstvo roztaveného materiálu s predpísanými technologickými parametrami do formy. Množstvo dopravovanej taveniny musí byť menšie než je kapacita vstrekovacej jednotky pri jednom zdvihu. Maximálne množstvo vstrekovacieho materiálu by nemalo prekročiť 90 % (optimálne množstvo je 80 %) kapacity jednotky, nakoľko je ešte nutná rezerva pre prípadné doplnenie úbytku hmoty pri chladnutí resp. zmrštení. Vstrekovacia jednotka funguje tak, že do tavného valca je dopravovaný spracovávaný materiál z násypky za pomoci šneku. Postupne sa plastikuje, homogenizuje a hromadí pred šnekom a súčasne ho odtlačuje do zadnej polohy. Tavná komora je zakončená vyhrievanou tryskou, ktorá spojuje vstrekovacu jednotku s formou. Vyhrievanie tavnej komory je najčastejšie rozčlenené do troch pásiem (vstupné, prechodné, výstupné). Časť tepelnej energie vznikne disipáciou v materiáli. [12]

Podľa konštrukcie a typu vstrekovacieho stroja rozdeľujeme vstrekovacie jednotky na piestové, šnekové a kombinované

Piestové vstrekovacie stroje

Najstarším typom sú vstrekolisy, v ktorých vstrekovacích jednotkách sú umiestnené piesty, ktoré vykonávajú iba pohyb dopredu a dozadu v ose piestu. Keď je piest v zadnej pozícii, padá pred neho granulát z násypky. Pohybom piestu smerom dopredu dochádza k posunu materiálu ďalej do vyhrievanej časti taviacej komory, kde sa pevné častice materiálu menia

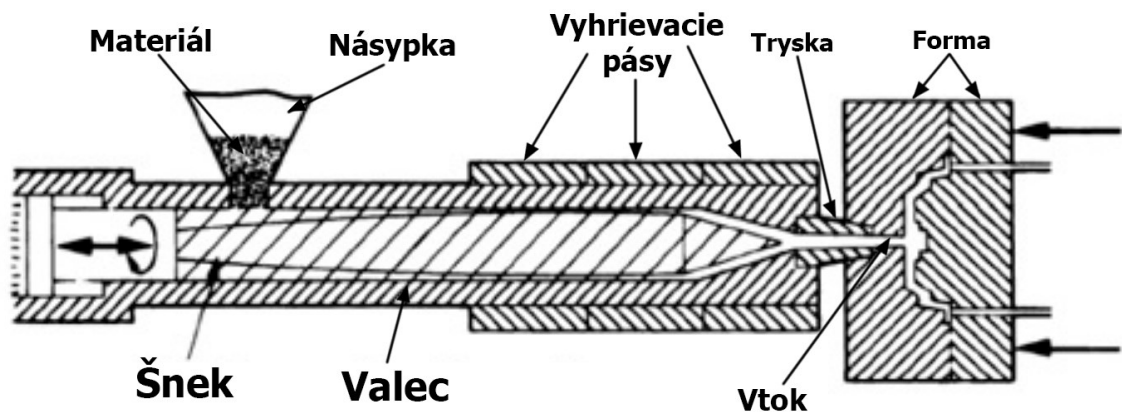
vplyvom pôsobiaceho tepla na viskóznú taveninu. Pomocou tlaku piestu sa tavenina dostáva až k tryske umiestnenej na konci taviacej komory a následne do vstrekovacej formy. Pred tryskou vstrekovacej jednotky je umiestnené ešte torpédo, ktoré musí tavenina obtekať, čím sa zaisťujú aspoň čiastočne jej premiešanie a zjednotenie teploty v celom objeme. V súčasnosti sú piestové stroje takmer úplne nahradzované šnekovými ktoré zaisťujú lepšie premiešanie taveniny. [19]



Obrázok 9 Piestový vstrekovací stroj [20]

Šnekové vstrekovacie stroje

Patria medzi najrozšírenejší typy vstrekovacích jednotiek. Šnek umiestnený v pracovnom valci vstrekovacieho stroja vykonáva rotačný pohyb okolo svojej osy, ale aj axiálny pohyb smerom vpred a vzad. Hlavné pohony vstrekovacej jednotky musia zaisťovať rotáciu šneku pri plastikácii dávky taveniny a presun tejto dávky do tvarovej dutiny formy. Príslušenstvo vstrekovacej jednotky musí taktiež zaisťovať presnú kontrolu pozície a rýchlosti šneku a celej jednotky a taktiež veľkosť pôsobiacich tlakov. Celkový design vstrekovacej jednotky by mal zaisťovať jednoduchú a rýchlu výmenu spracovávaného materiálu, poprípade aj samotného šneku, či celej jednotky. [19]

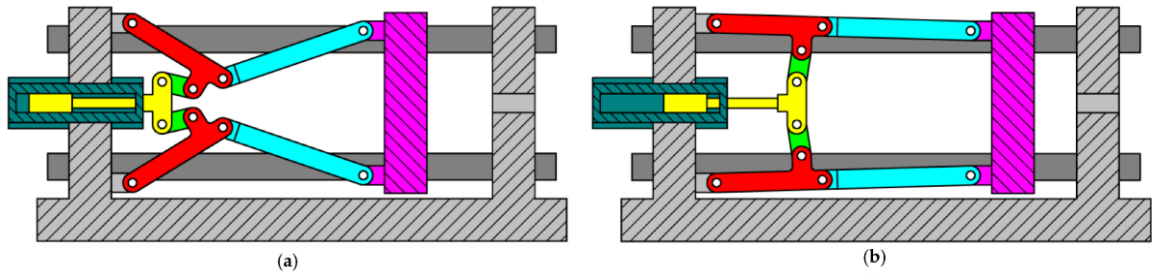


Obrázok 10 Šnekový vstrekovací stroj [20]

Vstrekovacia jednotka je zložená z niekoľko častí. Násypka tvorí prvú časť, na ktorú nadväzuje taviaca komora, ktorá je obklopená vyhrievacími pásmi. Taviaca komora je zakončená tryskou, ktorá tesne dosadá na vtokovú vložku vstrekovacej formy cez ktorú tavenina prúdi ďalej do formy. Vnútri taviacej komory je umiestnený šnek s charakteristickou geometriou. Na materiál pôsobí teplo z vyhrievacích pásov, ale prevažne je zahrievaný vplyvom trenia polyméru medzi stenami taviacej komory a šneku, čo tvorí približne 70 % tepelnej energie. Vzhľadom k tomu, že plasty nie sú dobrými vodičmi tepla, je šnek konštruovaný tak, aby množstvo polyméru medzi bočnými stenami šneku a taviacej komory nebolo príliš veľké. Zároveň dôležitou konštrukčnou podmienkou pre zaistenie správnej funkcie šneku je vyrobiť povrch šneku s maximálnou hladkosťou. Vnútorňa stena pracovného valca má byť naopak drsnejšia, aby vznikalo určité trenie medzi materiálom a valcom uľahčujúce dopravu a homogenizáciu. [16][19]

3.2.2 Uzatváracia jednotka

Úlohou uzatváracej jednotky je otváranie a zatváranie formy, ale aj zaistenie zatvorenej formy takou silou, aby sa pri vstrekaní a dotyku neotvorila pôsobením tlaku taveniny na steny tvarovej dutiny. Základnými súčasťami uzatváracej jednotky sú vodiace stĺpiky, pevná a pohyblivá upínacia doska stroja s potrebným upínacím systémom a mechanizmus, ktorý je zdrojom sily pre otváranie a uzatváranie formy. Uzamykacia sila je vyvedená buď mechanicky, hydraulicky alebo kombináciou oboch systémov. Podľa pohonu ktorý zaisťuje posuvy pohyblivej dosky, sa uzatváracie jednotky delia na elektrické alebo hydraulické. Hydraulický piest môže byť napojený priamo na pohyblivú upínaciu dosku, alebo rovnako ako u elektromotoru je sila prenášaná cez ďalší mechanický systém. Tieto systémy sú potom nazývané hydraulicko-mechanické alebo elektro-mechanické. [16][19]



Obrázok 11 Jednoduchý kĺbový mechanizmus s hydraulickým pohonom [21]

a) otvorený, b) uzavretý

Uzatvárací mechanizmus je charakterizovaný tzv. uzatváracou silou, čo je najväčšia sila potrebná k uzatvoreniu formy. Hydraulické uzatváracie jednotky umožňujú pootvorenie nástroja hydraulickým tlakom a vyžadujú zaistenie závorou. Hydraulicko-mechanická jednotka je najčastejšie používaná u strojov malých gramáží. Zaručuje vyššiu rýchlosť uzatvárania a potrebné spomalenie pred uzatvorením formy. Je konštruovaná ako kĺbový mechanizmus ovládaný hydraulickým valcom. Formu proti pootvoreniu pri vstrekaní zaisťí hydraulický valec, ktorý je pevne spojený s upínacou doskou. [16][12]

4 VSTREKOVACIE FORMY

Vstrekovacia forma je nástroj, ktorý je naplňovaný v priebehu vstrekovania roztaveným plastom. Upína sa na vstrekovací stroj, ktorý zabezpečuje dopravu taveniny do jeho dutiny. Vstrekovacie formy sú zložené z jednotlivých častí, z ktorých každá plní požadovanú funkciu. K rozhodujúcim funkčným systémom sa radí vyhadzovanie výstrekov, temperovanie formy ako aj jej odvzdušnenie. [23]

4.1 Násobnosť formy

Násobnosť vstrekovacích foriem udáva počet výrobkov, ktoré je možné vyrobiť počas jedného vstrekovacieho cyklu. Jedná sa teda o počet tvarových dutín ktoré forma obsahuje. Otázka násobnosti vstrekovacích foriem je predovšetkým ekonomická. Výroba viacnásobnej formy je oveľa nákladnejšia v porovnaní s jednonásobnou formou, z dôvodu nutnosti vyrobena presných tvarových dutín, ako aj vtokovej sústavy, aby podmienky plnenia všetkých dutín formy boli rovnaké a nedochádzalo k neprípustnému rozptylu rozmerov či vlastností výstrekov. Vzhľadom k tomu, že vysoká násobnosť formy prináša so sebou taktiež vyššiu nepresnosť a nižšiu kvalitu výstrelu, je obecné vhodnejšie voliť násobnosť čo najmenšiu. Tvarovo náročné a rozmerné výrobky sa väčšinou vyrábajú v jednonásobných formách. Okrem tvaru a presnosti výstrelu nám násobnosť formy taktiež ovplyvňuje aj samotný vstrekovací stroj. Obmedzenie zo strany vstrekovacieho stroja je z hľadiska vstrekovacej kapacity, plastikačného výkonu a uzatváracej sily. Stroj musí zaistiť dostatočné zaplnenie všetkých tvarových dutín s dostatočnou rezervou. [16][24]

4.2 Temperovanie foriem

Pod pojmom temperovanie foriem sa rozumie ich udržiavanie na požadovanej teplote. Temperačný systém formy zaisťuje efektívne chladnutie vstrekovaného dielu. Podľa druhu vstrekovaného polyméru sa líšia teploty, na ktoré je nutné udržiavať formu (vyhrievať alebo chladieť). Teplota formy pri vstrekovaní termoplastov býva väčšinou v rozmedzí 30 až 120 °C, no v špeciálnych prípadoch sa môže tento interval rozšíriť od -5 °C do +250 °C. Pri vstrekovaní reaktoplastov býva teplota formy v rozmedzí 140 až 200 °C. Vyššia teplota pri vstrekovaní reaktoplastov skraca dobu siet'ovania. [25][26]

Tabuľka 1 Príklad doporučených teplôt v rámci procesu vstrekovania vybraných typov plastov

Materiál	Doporučená teplota formy [°C]	Teplota taveniny [°C]	Doporučená teplota dielu pri odformovaní [°C]
PA	80 – 120	260 – 300	110 – 130
PC	80 – 100	280 – 320	140
PC + Sklenené vlákna	80 – 130	310 – 330	150
ABS	60 – 80	220 – 260	80 – 100
SAN	50 – 80	230 – 260	80 – 95
PBT	80 – 100	250 – 270	140
PBT + Sklenená vlákna	80 – 100	250 – 270	150
PP	30 – 60	200 – 250	70 – 90
PE	30 – 60	180 – 230	60 – 90

Teplotou formy, vhodnou voľbou temperačného prostriedku, ako aj jeho konštrukciou a dimenzovaním je možné dosiahnuť požadovanej kvality vstrekaných výrobkov, tj. rozmerovo presných súčastí, kvalitného povrchu, požadovaných fyzikálnych a mechanických vlastností, minimálne deformácie, ale taktiež skrátenie vstrekovacieho cyklu v dôsledku skrátenia doby chladenia a v neposlednej rade optimálnych nákladov na výrobu. [27]

4.2.1 Temperačné prostriedky

Temperačné prostriedky predstavujú média, ktoré svojím pôsobením umožňujú forme pracovať v optimálnych tepelných podmienkach. Voľba temperačného prostriedku je ovplyvnená predovšetkým koncepciou formy a požiadavkami na technológiu výroby výstrelu. Používajú sa zvyčajne vo vzájomnej väzbe. [30]

Rozdeľujú sa na:

- aktívne – pôsobia priamo na forme, privádzajú alebo odvádzajú teplo z formy,
- pasívne – svojimi fyzikálnymi vlastnosťami ovplyvňujú tepelný režim formy.

Aktívne temperačné prostriedky

- Kvapaliny – prúdi núteným obehom temperačného kanála vytvoreným vnútri formy.

- Vzduch – kvôli malej účinnosti sa využíva len v prípadoch, kedy použitie kvapaliny nie je možné pre nedostatok priestoru.
- Elektrické vyhrievacie články – použitie pri temperovaní foriem s vyššou požadovanou teplotou. [30]

Pasívne temperačné prostriedky

- Tepelne izolačné materiály – využívajú sa pre obmedzenie prestupu tepla z formy do upínacích dosiek stroja a taktiež kvôli stratám tepla vyžarovaním do okolia.
- Tepelne vodivé materiály – využívajú sa na odvod, resp. prívod tepla z miest, kde by bol iný druh temperovania náročný. [30]

4.2.2 Návrh temperačného systému

Temperačné kanály s prúdiacim médiom patria medzi najrozšírenejší spôsob ustanovenia vhodnej teploty vstrekovacej formy, či už sa jedná o vyhrievanie formy pri začiatku výroby, alebo chladení formy pri jej prevádzke. Zvyčajne je tento systém zložený z niekoľkých častí:

- temperačná a riadiaca jednotka,
- temperačné kanály,
- spojovacie kanály,
- temperačné médium. [27]

Pri voľbe temperačných kanálov sa dáva prednosť väčšiemu počtu kanálov s menším priemerom pred menším počtom kanálov s väčším priemerom. Prierez temperačných kanálov sa volí spravidla kruhový. Ich priemer býva najčastejšie v rozmedzí 6 – 20 mm. Ďalšie zväčšovanie kanálov je neúčinné, pretože intenzita tepelnej výmeny sa už nezväčšuje a navyše sa silno zväčšuje množstvo cirkulujúceho média. Temperačné kanály do priemeru 6 mm je zas nutné prevádzkovať s upravenou vodou či adekvátnym temperačným médiom z dôvodu rýchleho zanášania napr. vodným kameňom. Kanály sa umiestňujú tak, aby médium prichádzalo do najteplejšieho miesta na forme a aby sa teplotný rozdiel v smere dráhy toku znižoval. [26][27]

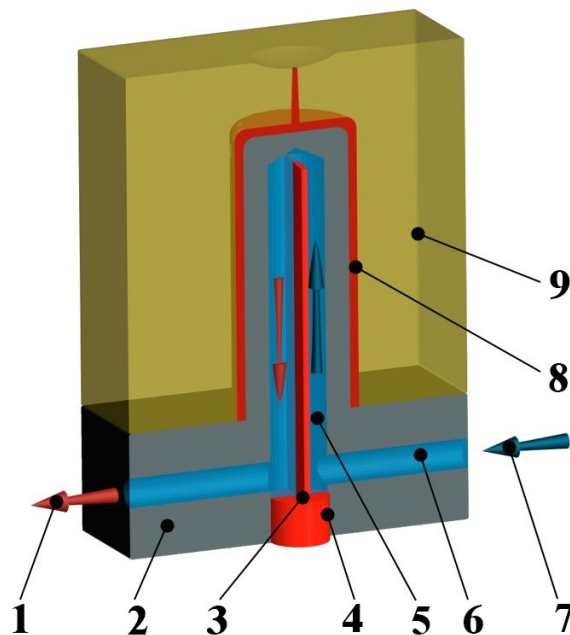
4.2.3 Prepážkové systémy

Prepážkové systémy temperácie umožňujú rozvod temperačného média do miest, ktoré by zostali klasickými temperačnými kanálmi nepokryté, prevažne z dôvodu veľmi náročnej

vyrobitelnosti adekvátneho tvaru samotných kanálov. Podľa typu prepážky je možné dosiahnuť rôzneho temperačného efektu, resp. rozloženia teplotného poľa vstrekovaného dielu. V zásade existujú tri základné konstrukčné podoby týchto systémov:

- ploché prepážky,
- špirálové prepážky,
- tzv. fontánky. [27]

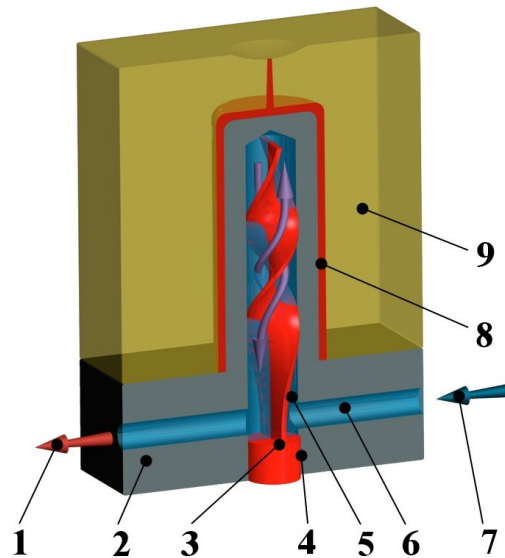
Systém plochých prepážok



Obrázok 12 Systém plochých prepážok [27]

1 – výstup temperačného média, 2 – teleso pohyblivej časti formy, 3 – plochá prepážka, 4 – úložná plocha priamej prepážky, 5 – vedľajší temperačný kanál, 6 – hlavný temperačný kanál, 7 – vstup temperačného média, 8 – vstrekovaný diel, 9 – teleso pevnej časti formy

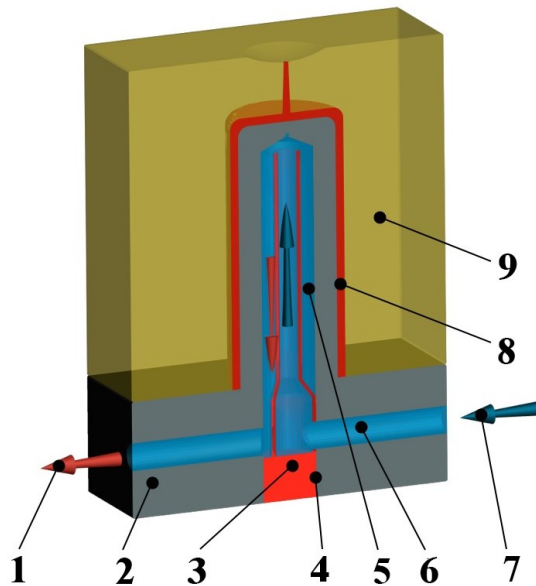
Jedná sa o vedľajší temperačný kanál orientovaný kolmo na hlavný temperačný kanál. Tento vedľajší kanál je vybavený prepážkou, ktorá kanál rozdeľuje na dva menšie kanály polokruhového prierezu. Temperačné médium prúdi z hlavného kanálu do vedľajšieho, na konci prepážky zmení smer a prúdi naspäť do hlavného kanálu. Samotná prepážka je zvyčajne nakupovaný diel, ktorý sa najčastejšie pomocou závitovej vkladacej plochy ukotví do vpred obrobeného závitového otvoru príslušného dielu formy. [27]

Systém špirálových prepážok

Obrázok 13 Systém špirálových prepážok [27]

1 – výstup temperačného média, 2 – teleso pohyblivej časti formy, 3 – špirálová prepážka, 4 – úložná plocha priamej prepážky, 5 – vedľajší temperačný kanál, 6 – hlavný temperačný kanál, 7 – vstup temperačného média, 8 – vstrekovaný diel, 9 – teleso pevnej časti formy

Tento systém pracuje na rovnakom princípe ako systém plochých prepážok. Odlišný je iba tvar prepážky a to špirálový. Vedľajší temperačný kanál je v tomto prípade rozdelený špirálou na dva závity o veľkom stúpaní. Oproti systému plochých prepážok je možné dosiahnutie rovnomernejšieho, takmer homogénneho teplotného poľa. Obmedzujúci faktor je ale priemer vedľajšieho kanálu, ktorý by nemal byť menší než 6 mm. [27]

Systém fontánok

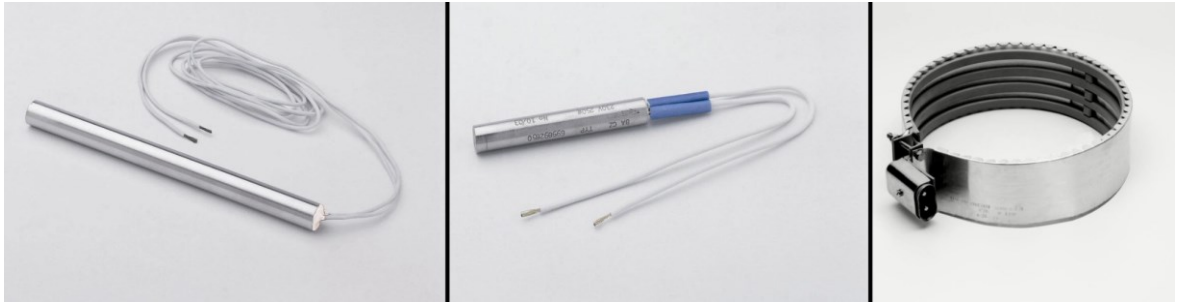
Obrázok 14 Systém fontánok [27]

1 – výstup temperačného média, 2 – teleso pohyblivej časti formy, 3 – fontánka, 4 – úložná plocha priamej prepážky, 5 – vedľajší temperačný kanál, 6 – hlavný temperačný kanál, 7 – vstup temperačného média, 8 – vstrekaný diel, 9 – teleso pevnej časti formy

Fontánka je v podstate určitým druhom prepážky, ktorý je taktiež umiestnený vo vedľajšom kanáli kolmom na hlavný kanál. V tomto prípade sa ale jedná o malú trubičku, kde temperačné médium vstupuje jedným koncom trubičky a prúdi smerom od hlavného kanálu až ku konci vedľajšieho. Tu zmení svoj smer a po stenách vedľajšieho temperačného kanálu smeruje naspäť do hlavného kanálu. [27]

4.2.4 Temperovanie pomocou vyhrievacích elektrických článkov

Patria medzi aktívne temperačné prostriedky, využívané v prípadoch, kedy je nutné vyhriať formu na vyššiu teplotu. Ďalším použitím môže byť vyhriatie formy v lokálnej oblasti blízko tvarovej dutiny, aby tu napríklad nedochádzalo k studeným spojom. [25]



Obrázok 15 Vyhrievacie elektrické články [38]

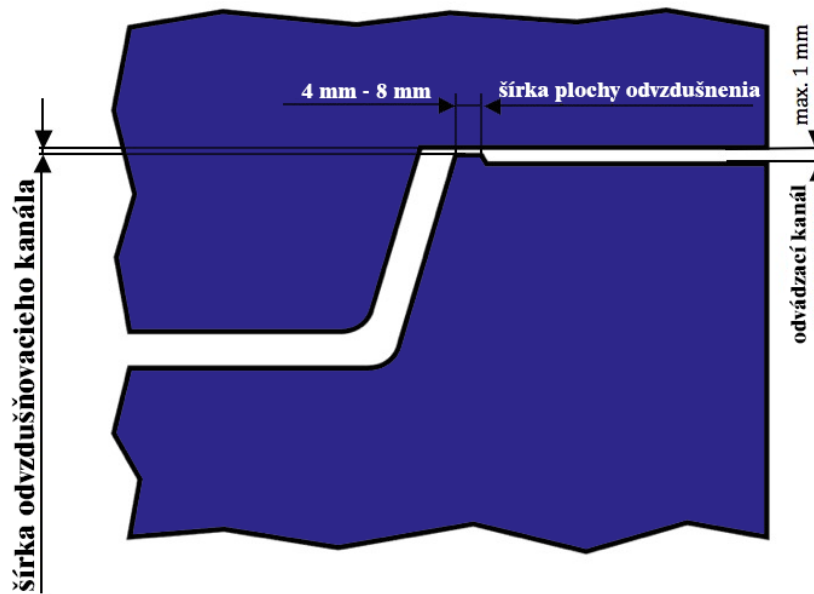
Vyhrievacie telesá pracujú podobne ako odporový drôt. Môžu mať rôzne tvary podľa umiestnenia vo forme. Pri ich umiestňovaní do formy je dôležité, aby sa vyhrievacia plocha telesa všade dotýkala povrchu formy, nakoľko tu dochádza k výmene tepla vedením, a mohlo by dochádzať k ich prehrievaniu a poškodeniu. V niektorých prípadoch je vhodné zaliatie vyhrievacieho telesa priamo do formy a to dobre tavitelným a tepelne vodivým materiálom (napr. hliník). Pri ich zakomponovaní do formy, je nutné elektrické vyhrievacie telesá uzemniť. [25]

4.3 Odvzdušňovanie foriem

Dutina vstrekovacej formy je pred samotným vstrekaním naplnená vzduchom. Pri plnení dutiny je dôležité dostatočne rýchly únik vzduchu, inak dochádza k stlačovaniu vzduchu a rastie tlak aj teplota. Pokiaľ je nárast tlaku príliš veľký, môže dochádzať k vznieteniu vstrekaného plastu (Dieselov efekt). Zvýšený tlak vzduchu môže taktiež preniknúť do taveniny a tým vytvoriť vo výrobku vzduchové bubliny. Ak je forma zle odvzdušnená, pri vstrekaní pôsobí na plast väčší tlak vzduchu, ktorý spomaľuje jeho pohyb v dutine. V prípade, že vzduch nemôže z dutiny uniknúť, tavenina do týchto miest, kde sa nachádza vzduch nezatečie. [29]

4.3.1 Odvzdušňovanie v deliacej rovine

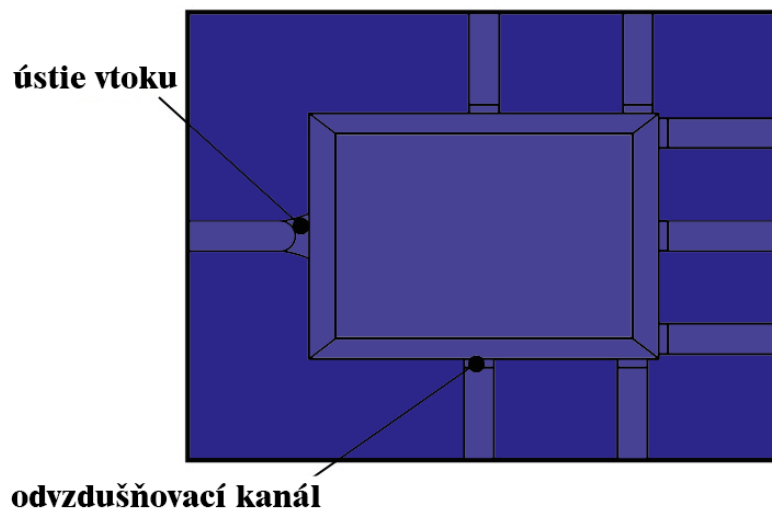
Pravdepodobne najjednoduchšou možnosťou zlepšenia odvodu vzduchu z dutiny vstrekovacej formy je umiestnenie odvzdušňovacích plôch do deliacej roviny. Sú ľahko vyrobiteľné a predstavujú priamu cestu pre taveninou vytlačovaný vzduch. Požadovaná intenzita odvzdušňovania rastie s objemom vstrekaného dielu a rýchlosťou vstrekovanej taveniny. Túto intenzitu je možné zvýšiť vyšším počtom odvzdušňovacích kanálov alebo ich rozmiestnením. Plasty s vyššou tekutosťou vyžadujú menšie rozmery odvzdušňovacích kanálov a naopak. [27]



Obrázok 16 Doporučená konštrukcia odzdušňovacieho kanála

4.3.2 Umiestnenie odzdušňovacích kanálov

Odzdušňovacie kanály by mali byť umiestnené pozdĺž rozvážacích kanálov taveniny a v určitej vzdialenosti od dutiny vstrekovacej formy. Dôležitá je prítomnosť odzdušňovacích kanálov v mieste dutín formy, ktoré je zaplnené taveninou ako posledné. Jedná sa prevažne o miesta s najväčšou vzdialenosťou od ústia vtoku. Ak je to možné, je vhodné prispôbiť hrúbku stien vstrekovacieho dielu tak, aby tavenina prúdila takým spôsobom, ktorý vedie k postupnému vytlačovaniu vzduchu do deliacej roviny. Pokiaľ aj naďalej pretrváva problém s uzavretým vzduchom, môže byť ďalšou vhodnou alternatívou k štandardným odzdušňovacím kanálom odzdušnenie cez vyhadzovače. Jedná sa o miernu úpravu tvaru vyhadzovača sploštením na protíahlých stranách. [27]



Obrázok 17 Umiestnenie odvzdušňovacích kanálov

4.4 Vyhadzovací systém formy

Vyhadzovací systém je dôležitou súčasťou formy. Jeho hlavnou úlohou je zaistenie bezpečného a rovnomerného vyhodenia výstreku z dutiny formy tak, aby nedošlo k prípadným deformáciám na výstreku. Výstrek môže byť vyhodенý z dutiny formy pomocou vyhadzovacích kolíkov, stieracej dosky alebo krúžku, trubkových vyhadzovačov či stlačeného vzduchu. Používajú sa ale aj kombinácie týchto typov vyhadzovania. Podstatným parametrom vyhadzovacieho systému je vyhadzovacia sila. Jej veľkosť je závislá od niekoľko faktorov ako je zmrštenie výrobku, podtlak vznikajúci pri vyhodení, pružné deformácie formy, kvalita opracovania povrchu dutiny formy ale aj úkosity výstreku. Čím sú väčšie úkosity na výrobku, tým je potrebnejšia menšia vyhadzovacia sila. [22]

4.4.1 Vyhadzovanie vyhadzovacími kolíkmi

Jedná sa o najčastejší ako aj najlacnejší spôsob vyhadzovania výstrekov. Tento systém sa dá použiť v prípadoch, kedy je možné umiestniť vyhadzovače proti ploche výstreku v smere vyhodenia. Vyhadzovacie kolíky sú základným prvkom mechanického vyhadzovania. Mali by byť dostatočne tuhé a ľahko vyrobiteľné. Ich tvarové prevedenie je zvyčajne valcové, no môžu mať aj iný tvar. Kolíky sú ukotvené vo vyhadzovacích doskách ktoré slúžia na ich ovládanie. Vôľa nachádzajúca sa v uložení kolíkov zároveň pôsobí aj ako odvzdušnenie. Kolík by sa mal opierať o stenu alebo rebro výstreku ktoré ale nesmie rúcať, inak by mohla nastať jeho trvalá deformácia. Po styčných plochách kolíkov zostávajú na výstreku stopy, preto nie je vhodné ich umiestňovať na vzhľadových plochách. [23]

4.4.2 Vyhadzovanie stieracou doskou

Tento spôsob vyhadzovania predstavuje sťahovanie výstrelu z tvárniku po celom jeho obvode. Vzhľadom k dost' veľkej styčnej ploche, nezanecháva na výrobku stopy po vyhadzovaní. Jeho využitie môžeme nájsť u tenkostenných výstrekov, kde je nebezpečenstvo deformácií, alebo u rozmerných výstrekov, na ktorých vyhodenie je potrebná veľká vyhadzovacia sila. Stieranie je vhodné len v prípade ak výstrek dosadá na stieracu dosku v rovine, alebo ak je plocha výstrelu mierne zakrivená. Využitie nachádza taktiež u viacnásobných foriem. Niekedy sa dopĺňa systémom oddelovania výstrelu od stieracej dosky (napr. odpruženým vyhadzovačom) z dôvodu, že často dochádza k priľnutiu výstrelu svojim povrchovým napätím a elektrostatickou silou k povrchu stieracej dosky. Stieracie dosky sú ovládané tlakom vyhadzovacieho trnu pôsobiaceho cez vyhadzovaciu dosku spojenú tiahkami so stieracou doskou. Sila ale môže byť vyvedená taktiež pružinami, hydraulickým alebo pneumatickým zariadením. Pre zvýšenie životnosti sú stieracie dosky vyložené tepelne spracovanou tvarovou vložkou nazývanou tiež stierací krúžok. [23]

4.5 Materiály využívané na výrobu foriem

Voľba materiálov, z ktorých majú byť vyrábané jednotlivé časti vstrekovacej formy, je neoddeliteľná súčasť celkového návrhu formy. Vstrekovacia forma je zložená z rôzne namáhaných dielov, a preto nikdy nie je zložená z jedného druhu materiálu. Konkrétne materiály foriem sú volené z ohľadom na namáhanie jednotlivých častí formy, typ vstrekovaného materiálu, veľkosť a tvarovú zložitosť výrobku, odolnosť proti opotrebeniu, množstvo vyrábaných kusov a predovšetkým cenu. Medzi najčastejšie a zároveň najdôležitejšie materiály používané pri výrobe vstrekovacích foriem sú rôzne druhy ocele z ktorých každá ma svoje špecifické vlastnosti určujúce ich použitie. [23][27]

4.5.1 Ocele

Výber ocelí je komplexnou činnosťou, ktorá je ovplyvnená zaformovaním výrobku a formy. Viac než 80 % materiálov z ktorých je zložená vstrekovacia forma, tvoria práve ocele. Náležitými úpravami sa zvyšuje životnosť ako aj zlepšujú mechanické vlastnosti jednotlivých dielov vstrekovacej formy. [31][35]

Z širokého sortimentu ocelí sa pre výrobu foriem používajú tieto skupiny:

- konštrukčné ocele na použitie v prírodnom aj zušľachtenom stave,
- ocele k jednoduchému opracovaniu a tváreniu, pre cementovanie a zušľachtovanie,

- uhlíkové ocele k zušľachtovaniu,
- nástrojové ocele legované so zníženou aj veľkou prekaliteľnosťou a odolnosťou proti oteru,
- ocele k nitridovaniu,
- antikoročné ocele používané pri spracovaní plastov, ktoré chemicky ovplyvňujú oceľ,
- martenziticky vytvrditeľné ocele s malou deformáciou pri tepelnom spracovaní a veľkou stálosťou rozmerov. [23]

Konstrukčné ocele

Prevažnú časť použitých ocelí pre výrobu foriem tvoria práve konstrukčné ocele. Jej využitie môžeme nájsť pri výrobe skrutiek, dorazov, či dosiek. Zvyčajne ostávajú v prírodnom alebo normalizačne žíhanom stave. Jedná sa predovšetkým o ocele 11 373 (1.0036), 11 523 (1.0553), 11 600 (1.0060). Pri požiadavkách na väčšiu pevnosť dielov, bývajú využívané konstrukčné ocele uhlíkovo ušľachtilé prevažne 12 050 (1.1191), 12 060 (1.0535), 12 061 (1.0601). [23]

Kaliteľné ocele

Základom kalenia je razantné ochladenie zahrievanej súčasti, čo má za následok vytvorenie martenzitu. Kalením dochádza ku strate húževnatosti, no zároveň zvyšuje tvrdosť a odolnosť proti opotrebeniu materiálu. Tieto druhy ocelí nachádzajú uplatnenie hlavne pri výrobe tvarových častí foriem a foriem pre spracovanie chemicky agresívnych plastov, ale aj pre zhotovenie veľkých tvárnikov a tvárnic či na výrobu vyhadzovačov. Medzi tieto ocele patria 19 663 (1.12714) určená na stredné a veľké funkčné časti foriem, 19 550 (1.2355), 19 312 (1.2842). [23][31]

Cementované ocele

Táto skupina ocelí má pomerne nízku pevnosť v žíhanom stave, no disponuje dobrou obrobiteľnosťou, tváriteľnosťou a malou náchylnosťou k praskaniu pri kalení. Veľmi dôležitou vlastnosťou cementačných ocelí je kaliteľnosť a prekaliteľnosť, ktorá určuje pevnosť jadra po tepelnom spracovaní. Zvýšená hrúbka cementačnej vrstvy zväčšuje deformácie pri kalení. Výrabajú sa z nej funkčné diely foriem, kolíky alebo puzdra. Pre široké použitie prevláda oceľ chrommanganová 19 487 (1.2162). U menej náročných dielov sa využívajú menej

akostné cementačné ocele či legované ocele ako je napríklad oceľ 14 220 (1.3521) využívaná na výrobu puzdier. [23][31]

4.5.2 Zliatiny medi

Na výrobu foriem sa taktiež mimo ocele začínajú čoraz viac používať zliatiny medi. Ich uplatnenie môžeme nájsť pri výrobe chladiacich trnov tenkých tvárnikov, tvarových vložiek, vytáčacích matíc a skrutiek, vyhadzovacích kolíkov a stediacich púzdiar atď. Využívajú sa z dôvodu, že disponujú niektorými výhodami oproti oceliam. [23]

Hlavné výhody:

- veľmi dobrá tepelná vodivosť,
- dobrá chemická odolnosť,
- dobré klzné vlastnosti.

Jedna z najdôležitejších vlastností zliatin medi oproti oceliam je veľká tepelná vodivosť, ktorá môže byť až 4 x vyššia. Chladiaci čas u oceľových foriem je približne 70 % celého cyklu. Jeho skrátenie o 20 až 50 % využitím zliatin medi, sa dosiahne výrazného skrátenia celého pracovného cyklu a tým aj zníženie ceny výrobku. [23]

4.5.3 Zliatiny hliníku

Formy zložené z komponentov vyrobených zo zliatin hliníku a niektorých ďalších kovov majú svoje špeciálne použitie. Nie sú tak pevné ani odolné proti opotrebeniu ako ocele, no majú iné dobré vlastnosti, ktoré je možné s výhodou využiť. Používajú sa napríklad na formy pre štruktúrne peny. Tu je totižto vyžadovaný intenzívnejší chladiaci účinok, dobrá chemická odolnosť proti koróziám aj ostatným činidlám, vznikajúcim pri vstrekaní plastov s nadúvadlom. Ich vstrekovacie tlaky môžu byť až 10 x nižšie oproti formám na vstrekovanie kompaktných plastov a preto nevyžadujú tak veľkú pevnosť. [23]

5 VTKOVÉ SYSTÉMY FORIEM

Hlavnou úlohou vtokového systému je doprava taveniny z plastikačnej komory do tvarovej dutiny formy tak, aby naplnenie prebehlo v čo najkratšom možnom čase. Vtokové ústie by malo byť nadimenzované tak, aby umožnilo maximálnu dobu pôsobenia dotlakovej fáze, aby sa predišlo prepadlinám, lunkrom či vzťaženinám vo výrobku. Optimálnym prevedením vtoku je jeho smerovanie do najhrubšieho miesta výrobku, no pri použití nadúvadla je žiadúce, aby vtok smeroval do najslabšieho miesta.

5.1 Studený vtokový systém

Studený vtokový systém oproti vyhrievanému vždy v rámci výrobného cyklu vychladne. Pri vstreknutí taveniny plastu do studeného vtokového systému začína tavenina na jeho stenách ihneď tuhnúť. Vytvorí sa tak izolačná vrstva stuhnutého plastu a tavenina prúdi horúcim jadrom. Z tohto dôvodu je dôležité odstupňovanie veľkosti rozvádzacích kanálov, pri ich väčšej dĺžke u viacnásobných foriem, čím sa zaisťujú rovnomerné zaplnenie všetkých dutín. [31][32]

Výhody studených vtokových systémov:

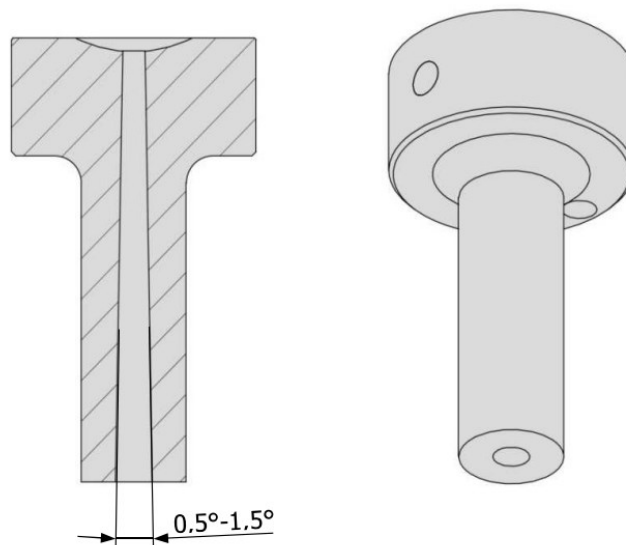
- lacnejšie a jednoduchšie prevedenie formy,
- komponenty (vtoková vložka) sú dodávané ako štandardizované diely,
- nie je potrebné energetické prepojenie.

Nevýhody studených vtokových systémov:

- väčšia spotreba materiálu než u vyhrievaných vtokov,
- zaisťovanie oddeľovania zbytkov vtokového systému,
- nutnosť pridržovania a vyhadzovania vtokového zbytku. [32]

5.1.1 Vtoková vložka

Do vtokovej vložky (hlavného vtokového kanála) je vstrekaná polymérna tavenina priamo z trysky stroja. Tryska vstrekovacieho stroja je centrovaná strediacim krúžkom na vtokovú vložku formy, v ktorej je vyrobený hlavný vtokový kanál. Pre dosiahnutie správnej funkcie je vtokový kanál vnútri vložky rozširovaný pod uhlom $0,5^\circ$ až $1,5^\circ$ smerom k deliacej rovine, aby bolo možné jednoducho zaisťovať vyhodenie vtokového zbytku. Vtokový kanál môže ústiť buď priamo do dutiny formy, alebo do rozvádzacích kanálov. [32]



Obrázok 18 Vtoková vložka [32]

Vtoková vložka je dodávaná ako štandardizovaný diel. Je tepelne a mechanicky namáhaná, a z tohto dôvodu ju výrobcovia vyrábajú z húževnatého materiálu s tepelným opracovaním. Hlava vtokovej vložky je zvyčajne vybavená rádiusom v rozmedzí R15,5 až R40 čo slúži k dokonale tesnému dosadnutiu čela vstrekovacej trysky vstrekovacieho stroja. [32][27]

5.1.2 Rozvádzačie kanály

Rozvádzačie kanály spájajú vtokový kanál s ústím vtoku a tvarovou dutinou. Ich dĺžka je daná typom formy. Veľkosť ich prierezov určuje rada činiteľov, ktoré sa vzájomne ovplyvňujú. Rozvádzačie kanály by mali mať čo najmenší pomer obvodu kanálu voči ploche kanálu, čo zaručuje najmenší hydraulický odpor v kanáli pri prietoku taveniny. Pri stanovení ich prierezu sa dáva prednosť kruhovému, alebo lichobežníkovému tvaru, ktorý zabezpečí najmenšie teplotné aj tlakové straty, ako aj nižšie hodnoty prietokového odporu. [12][31]

Voľba vtokových kanálov závisí prevažne na:

- charakter výstreku, predovšetkým hrúbky jeho stien a predpokladaná doba dotlaku,
- tepelné a reologické vlastnosti taveniny ako je viskozita, tepelná vodivosť atď.,
- parametre vstrekovacieho stroja, vstrekovací tlak, vstrekovacia rýchlosť apod. [12]

5.1.3 Vtokové ústie

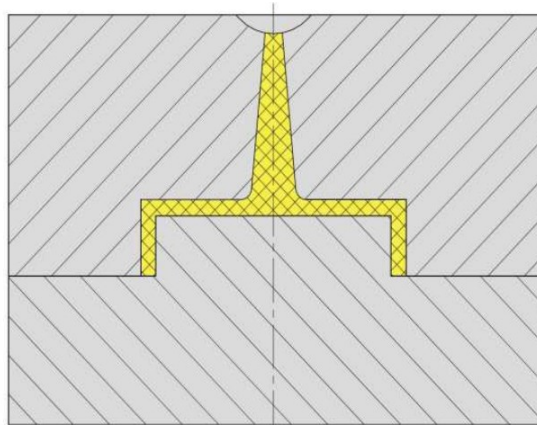
Až na výnimočné prípady je ústie vtoku spojovacím prvkom medzi rozvádzačím kanálom a vstrekovacím dielom. Vtokové ústie má dve základné funkcie, ktoré vyžadujú aby ústie vtoku malo menšiu hrúbku, než je hrúbka rozvádzačieho kanálu a hrúbka steny

vstrekovaného dielu. Prvú funkciu plní zamrznutie materiálu v ústi vtoku a bráni tak materiálu spätnému unikaniu do rozvádzacieho kanálu po fázy dotlaku. Druhou funkciou vtokového ústia je jednoduché oddelenie dielu od rozvádzacích kanálov. [27]

5.1.4 Druhy vtokov

Plný kuželový vtok

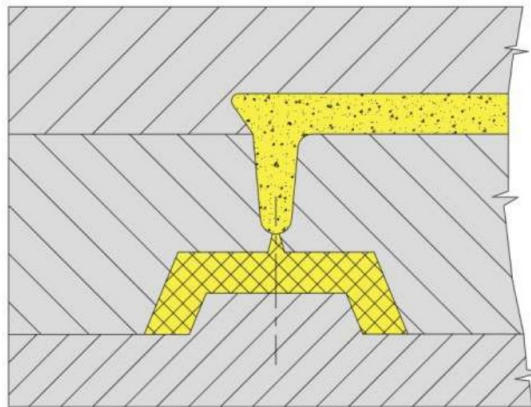
Privádza taveninu priamo z hlavného vtokového kanála bez zúženého vtokového ústia. Je vhodný prevažne u jednonásobných foriem so symetricky uloženou dutinou ako aj u hrubostenných výrobkov. Z hľadiska pôsobenia dotlaku je veľmi účinný, nakoľko vtok tuhne vo forme až posledný. Nevýhodou tohto vtoku je jeho pracné odstránenie a zanechávanie stôp na výstreku. [12]



Obrázok 19 Rez plným kuželovým vtokom [32]

Bodový vtok

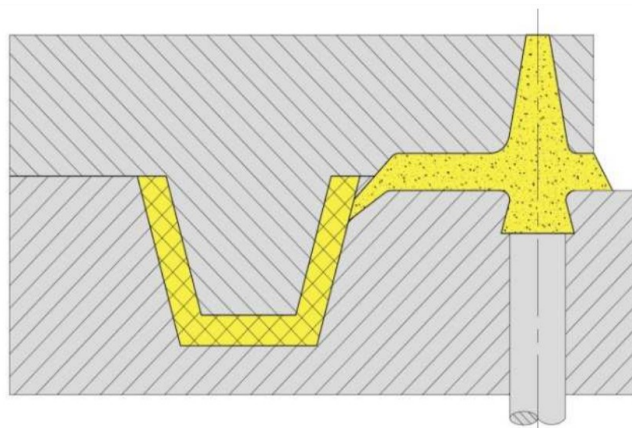
Najznámejší typ zúženého vtokového ústia spravidla kruhového prierezu, ktorý leží v deliacej rovine alebo mimo nej. Vyžaduje systém trojdoskových foriem, nakoľko musí byť zaistené, aby najprv došlo k odtrhnutiu vtokového ústia a až potom k otvoreniu formy v deliacej rovine s tvarovou dutinou. V zúženom mieste dochádza pri odformovaní k odtrhnutiu vtokového zbytku od výstreku. [12]



Obrázok 20 Rez bodovým vtokom [32]

Tunelový vtok

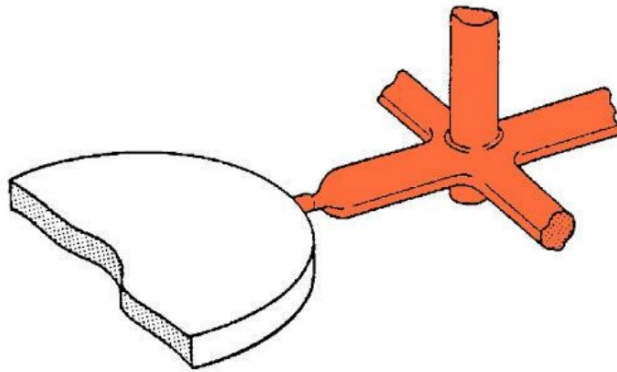
Jedná sa o zvláštny prípad bodového vtoku, ktorý má tú výhodu, že môže byť umiestnený v rovnakej deliacej rovine ako samotný výstrek. Umiestnenie sa môže nachádzať v pohyblivej aj pevnej časti formy. Z tohto dôvodu nie je nutné konštruovať formu s viac deliacimi rovinami. Zaisťuje automatické oddelenie vtokového systému od vstrekaného dielu. Predpokladom správnej funkcie je existencia ostrej hrany, ktorá oddeľuje pri odformovaní vtokový systém od výrobku. [12][32]



Obrázok 21 Rez tunelovým vtokom [32]

Bočný vtok

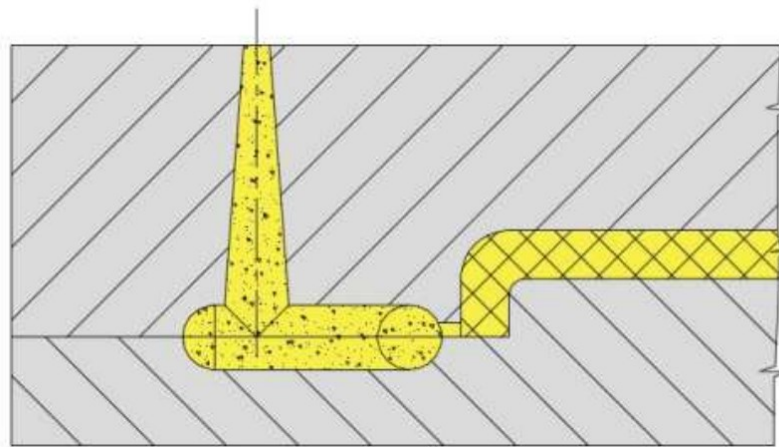
Je typom so zúženým vtokovým ústím, ktoré je umiestnené v deliacej rovine. Patrí medzi najrozšírenejšie a najpoužívanejšie vtokové ústia. Pri odformovaní ostáva výstrek od vtokového zbytku neoddelený, a jeho následne oddelenie sa pri automatickom cykle rieši pomocou zvláštneho odrezávacieho zariadenia ktoré je súčasťou formy. Vtokové ústie býva napojené na rozvážací kanál zúžením prietokového prierezu. [12]



Obrázok 22 Bočný vtok

Filmový vtok

Je najpoužívanejším prevedením vtoku zo skupiny bočných vtokových ústí hlavne k plneniu kruhových a trubicových dutín s vyššími požiadavkami na kvalitu. Radia sa k ním ešte diskové, prstencové, dáždňikové a ďalšie vtoky. U obdĺžnikového tvaru je vtok umiestňovaný do kratšej hrany, prevažne u semikryštalických a plnených plastov, aby bolo dosiahnutá požadovaná pevnosť vstrekovaného dielu. [12][32]

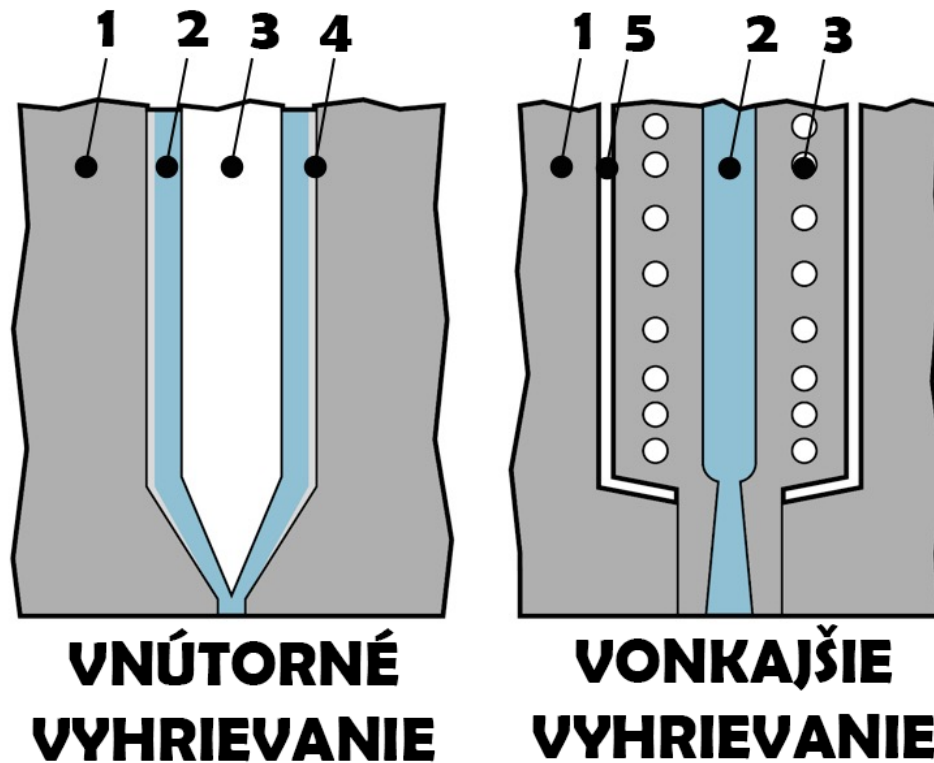


Obrázok 23 Rez filmovým vtokom [32]

5.2 Vyhrievaný vtokový systém

Vyhrievané vtokové systémy tvoria zostavu vyhrievaných komponentov, ktoré udržujú vstrekovaný materiál pri konštantnej teplote do dutiny formy. Zvyčajne sa vyhrievaný rozvod skladá z vyhrievanej vtokovej vložky, vyhrievaného vtokového systému, vtokového ústia a príslušného káblového vedenia zaisťujúceho vyhrievanie celej sústavy. Celý rozvod je tepelne izolovaný od ostatných častí vstrekovacej formy tak, aby dochádzalo k čo

najmenším tepelným stratám. Materiál má zaručenú stálu viskozitu v celom priereze a dĺžke rozvádzačieho systému od začiatku vtoku, až do ústia dutiny formy. [33][27]



Obrázok 24 Základné prevedenie vyhrievania horúcich rozvodov [27]

- 1 – studený materiál formy, 2 – kanál pre prúdenie taveniny, 3 – vyhrievacie teleso,
4 – zamrznutá vrstva plastu, 5 – izolačná vzduchová medzera

Vyhrievanie rozvodov je riešené buď vnútorne alebo vonkajšie. Rozvody s vonkajším vyhrievaním udržiavajú nastavenú teplotu pomocou tepla dodávaného vyhrievacími telesami umiestnenými mimo kanálu určeného na prúdenie taveniny. Vnútorne vyhrievané rozvody využívajú tzv. torpédové vyhrievacie teleso umiestnené vnútri kanálu. Vnútorne vyhrievané rozvody majú nevýhodu spočívajúcu v tvorbe zamrznutej vrstvy v oblasti kontaktu taveniny so studenou stenou formy. [27]

Výhody vyhrievaných vtokových systémov:

- časové zníženie výrobného cyklu,
- zmenšenie tlakových strát,
- eliminácia odpadu, vďaka čomu klesajú náklady na dokončovacie operácie,
- nie je potrebná výroba vtokových kanálov.

Nevýhody vyhrievaných vtokových systémov:

- väčšie obstarávacie náklady, väčšie nároky na obsluhu,
- náročné dodatočné zmeny polohy vtokov oproti studeným vtokom,
- nie je možné použiť pre niektoré materiály s veľkou citlivosťou na teplo,
- náročnejšia zástavba do formy.

5.2.1 Vyhrievané trysky

Konštrukcia vstrekovacích trysiek umožňuje prepojenie vstrekovacieho stroja s dutinou formy, pri dokonalej teplotnej stabilizácii. Trysky majú vlastný vyhrievací článok aj s reguláciou, alebo je ohrievaná iným zdrojom vtokovej sústavy. Výrazne umožňuje zlepšiť technologické podmienky vstrekovania. [12]



Obrázok 25 Vstrekovacie trysky [39]

Konštrukčné prevedenie priamo ohrievaných trysiek je charakterizované dvoma základnými princípmi:

- trysky s vonkajším vyhrievaním, kde tavenina prúdi vnútorným otvorom telesa trysky,
 - trysky s vnútorným vyhrievaním, kde tavenina obteká vnútornú vyhrievanú vložku.
- [12]

5.2.2 Vyhrievané rozvodné bloky

Vyhrievané rozvodné bloky sa používajú pre rozvedenie taveniny vo viacnásobných formách. Tvary blokov a ich usporiadanie je závislé na veľkosti a tvaru vyrábaného dielu. Bloky sú vyhrievané elektrickými odporovými vodičmi, ktoré sú umiestnené v drážkach na povrchu bloku. Pre správnu funkciu je nutné rovnomerné rozmiestnenie vodičov na rozvodovom bloku. Aby sa predišlo k nežiadúcim tepelným stratám, sú vodiče zakryté plechmi alebo v krytoch vyhrievania, ktoré sú vyrobené z vysoko tepelne vodivých materiálov ako je napr. meď či mosadz. Aby nedochádzalo k prenosu tepla z rozvodného bloku na okolité komponenty formy, je medzi rozvodným blokom a komponentami formy vzduchová medzera. [33]



Obrázok 26 Vyhrievaný rozvodný blok [39]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 URČENIE CIEĽOV BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Pre tému tejto bakalárskej práce boli stanovené nasledovné požiadavky a ciele jej vyhotovenia:

- vypracovanie literárnej štúdie na zadanú tému,
- skonštruovanie 3D modelu vyrábanej súčiastky,
- konštrukčný návrh 3D zostavy vstrekovacej formy určenej pre zhotovenie vyrábanej súčiastky,
- nakreslenie výkresu 2D zostavy skonštruovanej vstrekovacej formy.

Práca je rozdelená na dve časti. V prvej časti sú zhrnuté teoretické poznatky od niekoľkých odborných zdrojov, v oblasti výroby polymérnych dielov a komponentov za pomoci technológie vstrekovania. Zároveň sa zaoberá priblížením problematiky návrhu vstrekovacích foriem, ako aj ich konštrukčného riešenia, vývinom modelovacích softwarov, či v neposlednej rade vstrekovanými materiálmi.

V druhej časti tejto práce prichádza na rad praktické riešenie a prevedenie konštrukcie zadaného výrobku. Neodmysliteľnou súčasťou tejto praktickej časti je taktiež zhotovenie nástroju pre navrhnutý diel a teda prezentácia a opis skonštruovanej vstrekovacej formy so všetkými svojimi komponentami ako aj funkčnými systémami.

7 VSTREKOVANÝ DIEL

Zadaným dielom pre túto bakalársku prácu je plastový držiak parkovacieho senzora pre vozidlá značky BMW. Rozmery vstrekovaného dielu sú 55 x 43 x 31 mm.



Obrázok 27 3D Model výrobku

7.1 Materiál

Ako materiál použitý na vstrekovanie zadaného dielu bol zvolený polypropylén s 20 % pridaným mastencom PP/EPDM+T20. Jedná sa o termoplastický polymér vo veľkom využívaný v automobilovom priemysle na diely ako sú napr. nárazníky či iné komponenty interiéru vozidiel. Medzi vlastnosti ktorými vyniká patrí jeho vysoká nárazová pevnosť, dobrá tekutosť a rozmerová stabilita, ako aj vynikajúca rovnováha tuhosti a húževnatosti. [40]

Tabuľka 2 Vlastnosti materiálu PP/EPDM+T20 [42]

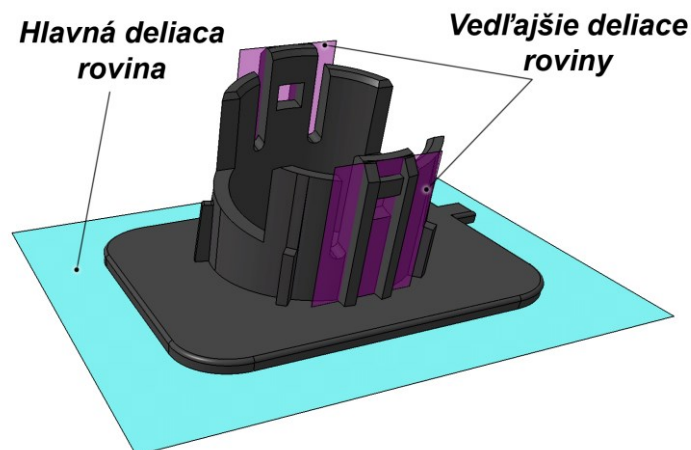
	Hodnota	Norma
Hustota	1040 kg/m ³	ISO 1183
Index toku taveniny	20 cm ³ /10min	ISO 1133
Medza pevnosti	22 MPa	ISO 527
Modul pružnosti v ťahu	1700 MPa	ISO 527
Teplota formy	30 – 50 °C	-
Teplota taveniny	230 °C	-

8 KONŠTRUKCIA VSTREKOVACEJ FORMY

8.1 Voľba deliacej roviny a zaformovania výrobku

8.1.1 Deliaci rovina

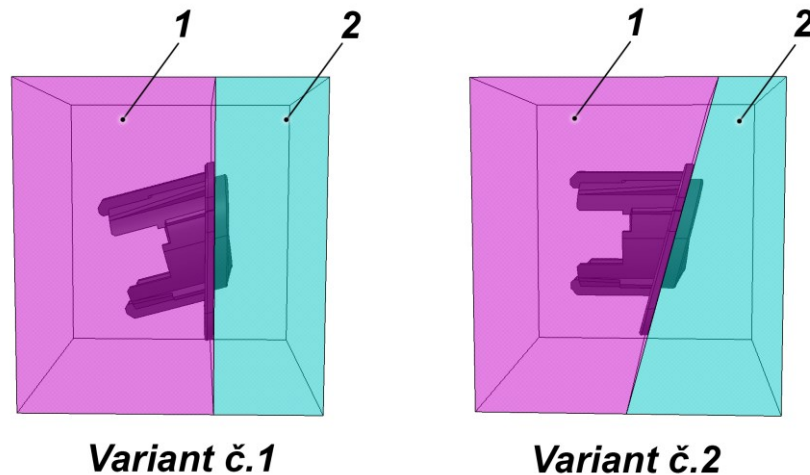
Správna voľba deliacej roviny patrí bezpochyby k jedným z najdôležitejších aspektom pri konštrukcii tvarových dutín vstrekovacej formy. Deliaci rovina sa nachádza v mieste, kde sa pri uzatvorení formy dotýkajú tvárnik s tvárnice. Pri výrobkoch s rôznymi druhmi bočných otvorov dopĺňajú hlavnú deliacu rovinu vedľajšie deliace roviny, ako je to aj v tomto prípade. Tieto vedľajšie roviny sú realizované pomocou bočných posuvných čeľustí ktoré tvarujú potrebné otvory vo výrobku. Na správne odformovanie zadaného výrobku boli skonštruované dve deliace roviny a jedna hlavná. Hlavná deliaci rovina je pod uhlom a lemuje najväčšiu plochu výrobku. Jej umiestnenie je prevedené tak, aby výrobok po otvorení formy ostal prichytený v tvárniku na pravej pohyblivej strane formy.



Obrázok 28 Zvolené deliace roviny

8.1.2 Zaformovanie

Pre zadaný výrobok boli uvažované rôzne varianty zaformovania výrobku v hlavnej deliacej rovine medzi tvárnik a tvárnice. Tieto varianty vychádzali z faktu, že vyčnievajúce časti z obdĺžnikovej plochy výrobku nie sú kolmé na túto plochu, ale zvierajú s ňou uhol 75° . Boli vybrané dve varianty, z ktorých sa realizovala finálna verzia na základe niekoľkých kritérií.



Obrázok 29 Zaformovanie výrobku

1 – tvárnik, 2 - tvárnica

Variant č. 1

Prvý variant obsahuje deliacu rovinu kolmú na steny tvarových vložiek. Vyčnievajúce časti výrobku sú pod 75° uhlom k deliacej rovine. Uskutočnenie takto riešeného zaformovania by si vyžadovalo použitie šikmých vyhadzovačov, nakoľko pri využití klasických vyhadzovacích kolíkov by došlo k vzpričeniu sa výrobku v dutine tvárniku a deformácií vyhadzovača. Aplikácia takejto druhu vyhadzovania by bola z ekonomického ale aj spracovateľského hľadiska náročnejšia. Druhým faktorom pri využití tohto variantu ktorý je potrebné zohľadniť, je časť výrobku zapustená v tvárnici. Rovnako ako aj časť v tvárniku, je aj táto pod uhlom a teda nie je rovnobežná s osou otvárania formy. Toto by mohlo tvoriť komplikácie pri odformovaní dielu v hlavnej deliacej rovine a bolo by nutné pristúpiť k ich riešeniu.

Variant č. 2

Variant obsahujúci hlavnú deliacu rovinu pod sklonom je druhou možnosťou prevedenia zaformovania výrobku. V tomto prípade sú vyčnievajúce časti výrobku paralelne uložené k osám vyhadzovania a otvárania formy. Najväčšia plocha výrobku zvierajúca uhol 75° s týmito časťami je tentokrát naklonená, a je rovnobežná s hlavnou deliacou rovinou. Tento prípad postráda problémy a komplikovanejšie riešenia aplikácií vyhadzovačov z prvého variantu, keďže je možné použiť klasické valcové vyhadzovacie kolíky. Je teda ekonomicky i spracovateľsky prijateľnejší. Z týchto dôvodov bolo pristúpené k voľbe konštrukcií formy s takto riešenou deliacou rovinou.

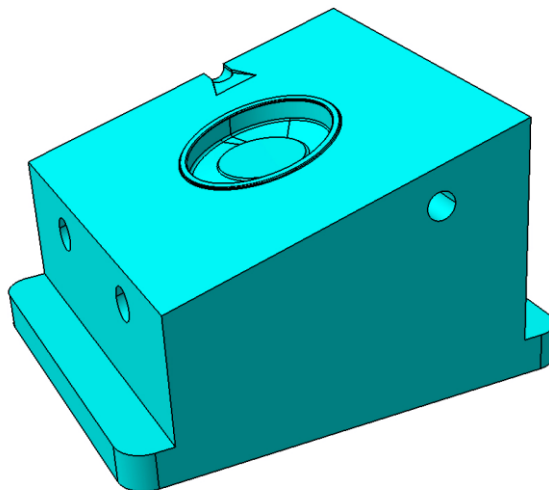
8.2 Násobnosť formy

Za pojmom násobnosť formy sa rozumie počet výrobkov vyrobených na jeden vstrekovací cyklus. Vzhľadom k rozmerovej členitosti, presnosti, produktivite či ekonomickému hľadisku bola násobnosť formy pre tento vstrekovaný diel zadaná ako dvojnásobná. Forma teda obsahuje pár pre každú tvarovú súčasť tvoriacu dutinu a na jeden cyklus vyprodukuje dva výrobky.

8.3 Tvarové časti

8.3.1 Tvárnica

Tvárnica tvorí časť negatívu výrobku pred deliacou rovinou. Je umiestnená v pravej nepohyblivej časti formy. Na opačnom konci oproti tvarovej dutine je vybavená rozšírenými výstupkami, ktoré slúžia na uloženie v kotviacej doske.

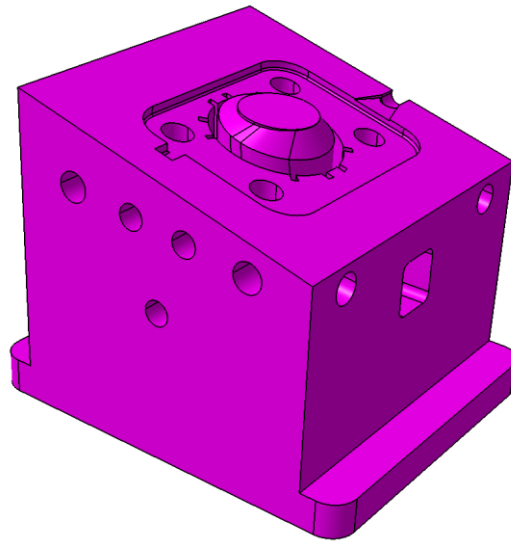


Obrázok 30 Tvárnica

Tvárnica obsahuje taktiež temperačné kanály, časť vtokového kanálu a čiastočné otvory v ktorých sú umiestnené trysky horúceho rozvodného bloku.

8.3.2 Tvárnik

Tvárnik je súčasťou tvarových vložiek, ktorá tvorí negatív výrobku za deliacou rovinou. Je ukotvený v kotviacej doske na ľavej pohyblivej strane formy. Rovnako ako tvárnica má na opačnom konci výstupky slúžiace na uloženie v ľavej kotviacej doske.

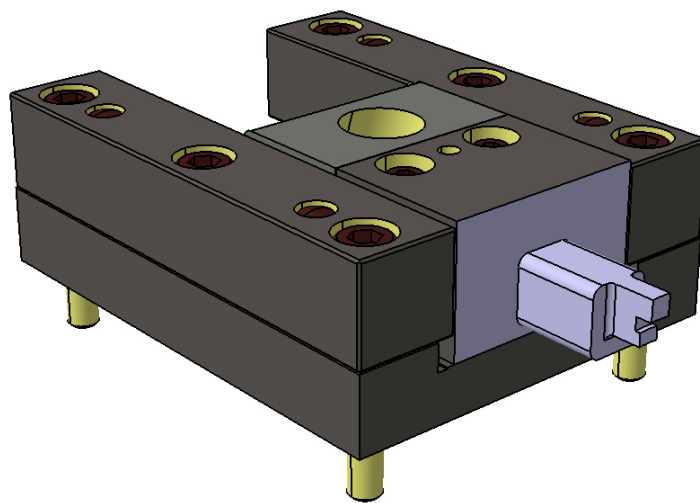


Obrázok 31 Tvárník

Taktiež ako v tvárnici sa tu nachádza niekoľko temperačných kanálov a druhá časť vtokového kanálu, ktorý ústi priamo do dutiny. Okrem iného sú tu aj diery slúžiace na vloženie vyhadzovacích kolíkov. Po stranách sú realizované otvory, do ktorých zachádzajú bočné posuvné diely tvarujúce otvory vo výrobku.

8.3.3 Bočné posuvné čeľuste

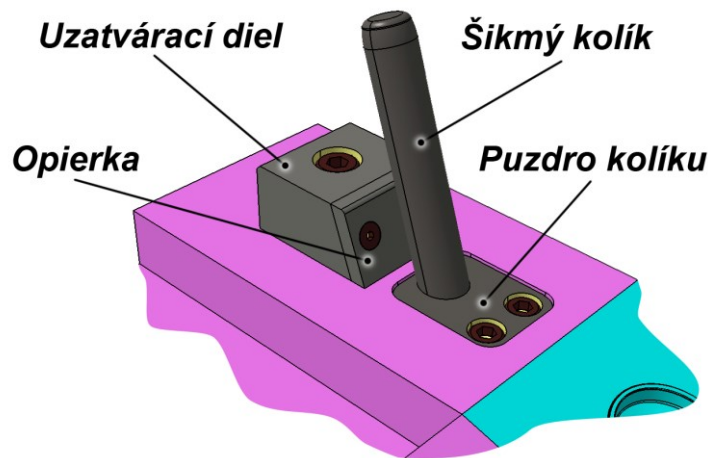
Ako už bolo spomenuté, bočné posuvné čeľuste sú určené na vytvarovanie otvorov vo výrobku a jeho správneho odformovania. Jedná sa o posuvný diel, ktorý tvorí tvarovú časť otvoru. Ten je prichytený v posuvnej jednotke za pomoci skrutiek.



Obrázok 32 Diel prichytený v posuvnej jednotke

Pohyb bočných čeľustí udáva šikmý valcový kolík zakotvený v puzdre a umiestnený na pravej strane formy. Vzhľadom k nemalým tlakom vznikajúcim vnútri dutiny počas

vstrekovania je potrebné, aby bol tento diel zabezpečený proti posunutiu. Túto úlohu preberajú uzatváracie diely posuvných jednotiek na ktorých sú uchytené opierky.

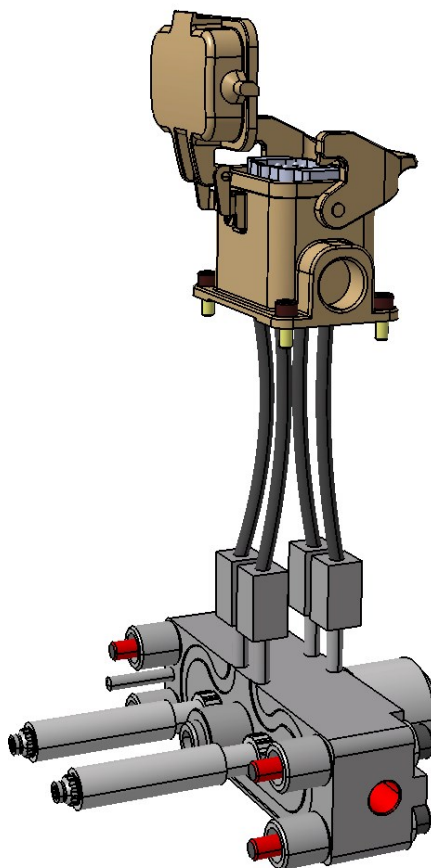


Obrázok 33 Zakotvenie šikmého kolíka

8.4 Vtokový systém

8.4.1 Horúci rozvodný blok

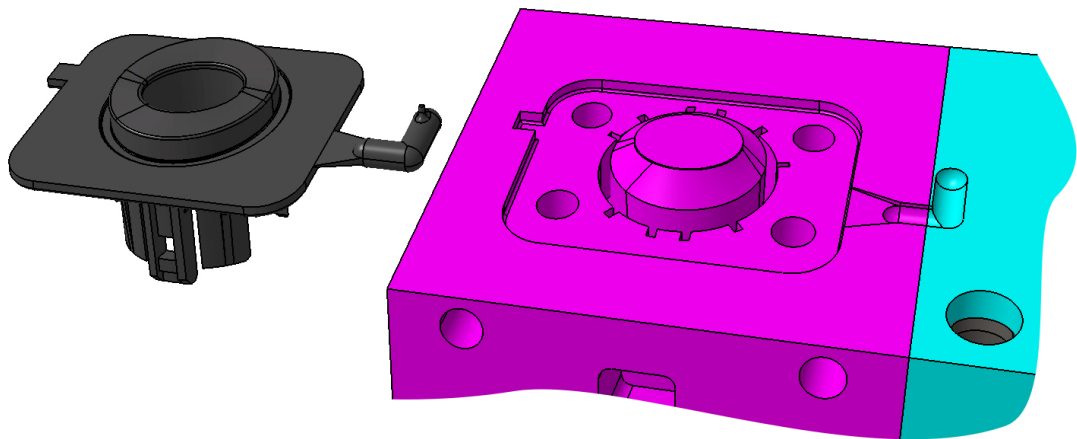
Voľba vtokového systému formy smerovala k použitiu kombinácií studeného a horúceho. V tomto prípade bol použitý horúci rozvodný blok od spoločnosti Meusburger vybavený dvomi vyhrievanými tryskami, ktoré zaručujú vstrekovanie roztaveného materiálu do vtokových kanálov. Vďaka využitiu bloku je zaručená menšia spotreba materiálu, ktorý by v opačnom prípade tvoril značné množstvo odpadu vo forme vtokových zbytkov. Súčasťou horúceho rozvodného bloku je centrálna vtoková vložka, cez ktorú pomocou šneku vstrekovacieho stroja prúdi roztavený materiál do rozvádzacích kanálov vnútri bloku, a následne cez trysky do dutín. Stroj je spojený pomocou kabeláže so zásuvkou aby bol zaručený prívod elektriny nevyhnutný na vyhrievanie všetkých potrebných komponentov. Samotný blok je umiestnený v kotviacej doske horúceho bloku a jeho trysky sú uložené v tvarových vložkách.



Obrázok 34 Horúci rozvodný blok so zásuvkou a kabelážou

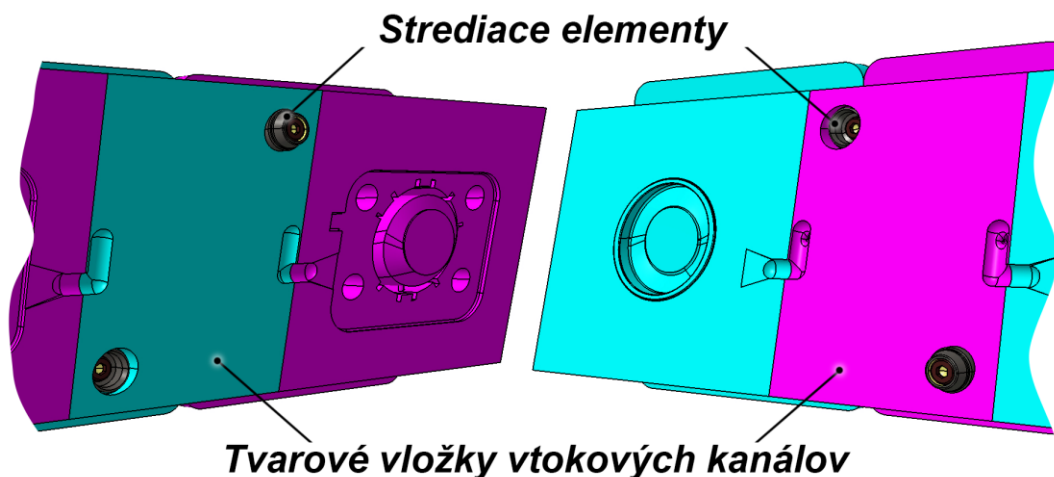
8.4.2 Vtokové kanály

Vzhľadom k tomu, že tvárnica postráda rozmerovo dostačujúce plochy, ktoré by boli kolmé na trajektóriu toku taveniny trysky a v ktorých by mohli byť samotné trysky zapustené, boli vytvorené dodatočné vtokové kanály. K realizácii týchto kanálov došlo taktiež z iného dôvodu a to takého, že v praxi často dochádza k zostávajúcim zamrznutým napätiam alebo pnutiu v blízkosti vtoku pri vedení horúcej trysky priamo do dutiny tvárnice. Pri prevedení s týmito krátkymi kanálmi sa napätie neprenesie do výrobku a ostane vo vtokovom zbytku. Výrobok tak v okolí vtoku nebude vystavený zvýšenej koncentrácii napätia. Samotné vtokové kanály boli navrhnuté tak, aby tavenina materiálu musela prekonať rovnakú dráhu toku do oboch dutín a bolo tak zaručené rovnomerné plnenie. Zároveň bola volená čo najkratšia možná trasa, aby nedochádzalo k zvýšenému množstvu odpadu. Ústie vtokového kanálu v tomto prípade je zo skupiny bočných vtokov a konkrétne sa jedná o filmový vtok.



Obrázok 35 Diel s vtokovým zbytkom (vľavo) a dutiny tvoriace vtokový kanál (vpravo)

Vtokové kanály sú vytvorené nielen v tvárnici a tvárniku ale aj v prídavných vložkách, ktoré tvoria určitú časť ich dráhy. Aby bola zaistená presnosť vtoku a nedošlo k nežiadúcemu pohybu jednotlivých tvarových častí a tým k degradácii samotného vtoku, poprípade zatečeniu taveniny mimo dutiny, sú pripevnené v týchto tvarových vložkách strediace elementy.



Obrázok 36 Tvarové vložky so strediacimi elementami

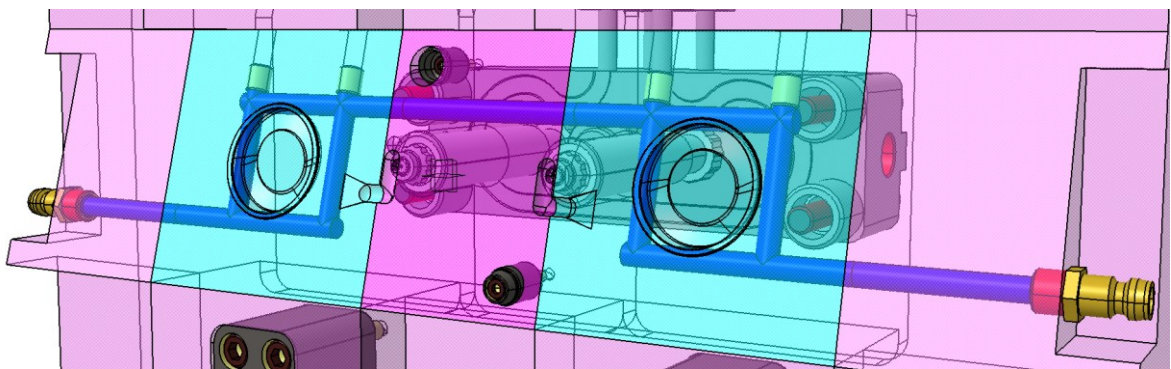
8.5 Temperácia

Pri vstrekovaní dochádza k zahrievaniu tvarových dielcov formy. Nakoľko je potrebné aby všetky vystreknuté diely disponovali rovnakými vlastnosťami, je nutné túto teplotu regulovať. Temperácia zaisťuje ohrievanie alebo chladenie tvarových vložiek s ktorými prichádza roztavený polymér do kontaktu, a tak udržiavanie konštantného teplotného poľa daných dielov. Temperácia je tvorená vrtanými kanálmi s priemerom 6 mm cez všetky potrebné tvarové časti formy, ako aj cez kotviace dosky. Je rozvrhnutá tak, aby mala čo

najväčší možný účinok. Medzi najčastejšie využívané temperačné média patria voda alebo olej. V tomto prípade je uvažované temperačné médium vo forme vody. Prívod a odvod temperačného média zaisťujú rýchlospojky na koncoch temperačného okruhu.

8.5.1 Temperácia pravej strany

Temperácia pravej strany formy má jeden temperačný okruh. Ten je tvorený dvoma horizontálne vrtanými kanálmi cez tvárnice, tvarovú vložku vtokového kanála a upínaciu dosku. Na koncoch kanálov v kotviacej doske sú umiestnené rýchlospojky ktoré zabezpečujú prívod a odvod temperačného média. Na tieto rýchlospojky sú prichytené hadice z temperačnej jednotky. Ďalej tento okruh obsahuje dva vertikálne vrtané kanály. V týchto kanáloch sa nachádzajú upchávky, aby bolo zabránené úniku vody mimo temperačný okruh, a zároveň vymedzujú a dotvárajú samotnú dráhu toku média.



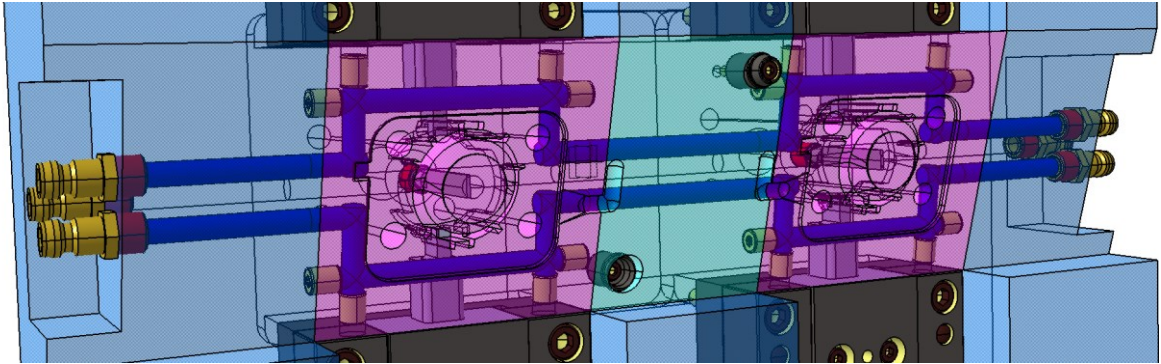
Obrázok 37 Temperácia pravej strany formy

8.5.2 Temperácia ľavej strany

Temperácia ľavej strany je uskutočnená v troch okruhoch. Dva okruhy tvoria temperáciu vonkajšiu a jeden okruh temperáciu vnútornú.

Vonkajšia temperácia

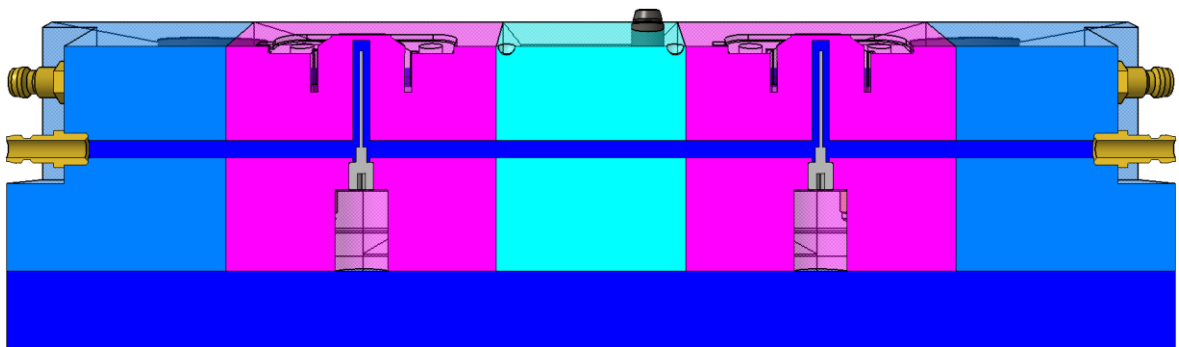
Vonkajšia temperácia obsahuje 4 horizontálne vrtané kanály z ktorých dva sú vrtané len cez kotviacu dosku a tvarovú vložku vtokového kanála. Cez tvárniky sú vrtané všetky štyri horizontálne kanály, z ktorých dva sú do určitej hĺbky a ďalšie dva sú vrtané naskrz, kde sú na koncoch zatesnené upchávkami. Tvárnikami prechádzajú taktiež ďalšie štyri, tentokrát vertikálne vrtané kanály do určitej hĺbky potrebnej k spojeniu všetkých kanálov. Po pridaní upchávok nám vzniká temperačný okruh vonkajšej časti tvarových vložiek ľavej strany formy.



Obrázok 38 Temperácia ľavej strany formy

Vnútoraná temperácia

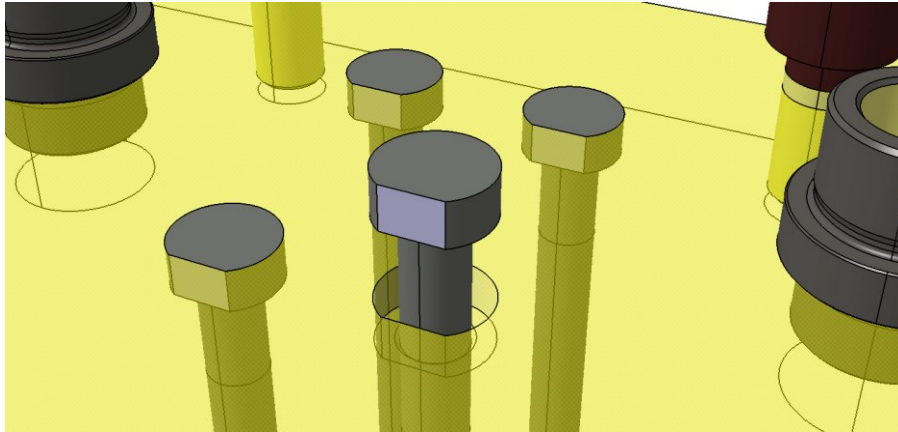
Vnútoranú temperáciu tvárnikov tvoria tri kanály. Jeden hlavný, ktorý je vŕtaný aj kotviacou doskou, a dva vedľajšie vŕtané len v tvárnikoch. Aby bola vymedzená dráha toku temperačného média, boli použité dve ploché prepážky. Tieto prepážky rozdeľujú vedľajšie kanále na polovicu. Aplikáciou plochých prepážok dochádza k tomu, že temperačné médium pri prietoku vedľajším kanálom zmení smer, a prúdi priamo do hlavného kanálu na opačnej strane. Ako aj v predošlých okruhoch, je aj tento vybavený dvoma rýchlospojками zaisťujúcimi prívod a odvod temperačného média.



Obrázok 39 Temperácia ľavej strany formy v reze

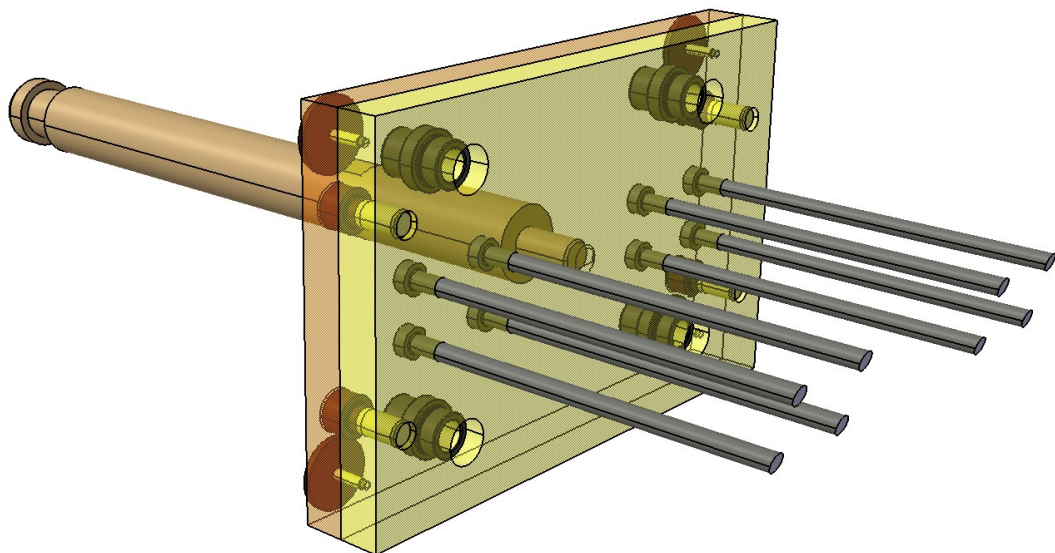
8.6 Vyhadzovací systém

Aby mohlo dôjsť k vyhodneniu výrobku z dutiny formy, musí výrobok ostať prichytený v tvárniku. V dôsledku zmrštenia materiálu ako aj umiestnenia deliacej roviny a tak plynkej tvarovej dutiny v tvárnici je táto požiadavka splnená. Vyhadzovací systém zabezpečuje bezproblémové vyhodnenie výrobku z dutiny formy po jej otvorení. V tomto prípade boli volené valcové vyhadzovacie kolíky s priemerom 7 mm ukotvené medzi vyhadzovacie dosky. Aby bolo zaistené, že sa vyhadzovacie kolíky v priebehu vyhadzovania nepootočia boli v mieste ukotvenia obrobené.



Obrázok 40 Vyhadzovacie kolíky

Na každú dutinu prichádzajú štyri vyhadzovacie kolíky rozvrhnuté tak, aby mali čo najlepší účinok vyhodenia výrobku. Každý z nich bol skráteneý pod uhlom na požadovanú dĺžku. Vyhadzovacie dosky sú spojené štyrmi skrutkami a nachádzajú sú v nich ukotvené štyri vodiace púzdra. Na opernej doske sú prichytené dorazové podložky, aby nedochádzalo k nárazom samotných dosiek, a tým k poškodeniu vyhadzovacieho systému. K vyhadzovacím doskám je upevnené tiahlo zaisťujúce pohyb celého systému. Tiahlo je na druhom konci prichytené k hydraulickému systému vstrekovacieho stroja, ktorý koná potrebný pohyb na vyhodenie výrobkov. Celá sústava vyhadzovacieho systému je umiestnená medzi rozperné bloky na ľavej strane formy.



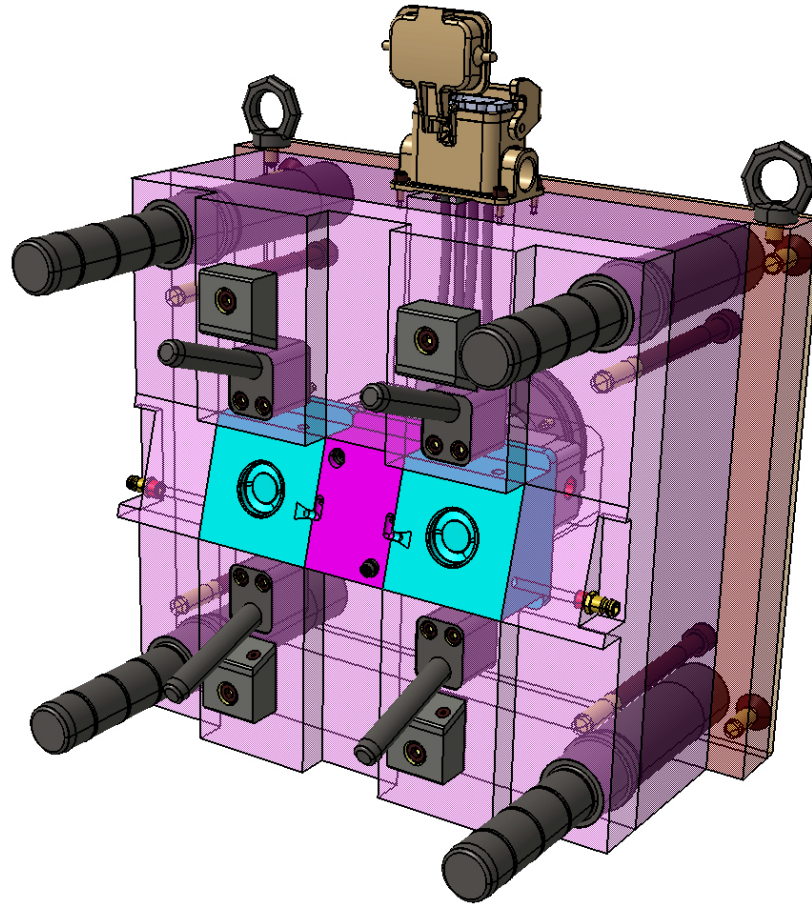
Obrázok 41 Zostava vyhadzovacieho systému

8.7 Odvzdušnenie

Pred samotným plnením dutín formy taveninou, sú tieto dutiny naplnené vzduchom. Vzhľadom k tomu, že pri procese vstrekovania dochádza k stlačovaniu a následnému zahrievaniu tohto vzduchu, je nutné aby tento vzduch unikol z tvarových dutín. Ak by nemal ako uniknúť, mohol by takto zahriaty a stlačený vzduch spôsobiť zhoršenie kvality vstrekovaneho dielu a vady na výrobku vo forme vzduchových bublín, nedostreknutých miest vo výrobku, poprípade ku vzniku Dieslového efektu, čo by zapríčinilo vznietenie vstrekovanej taveniny. Aby sa odstránili tieto problémy, bola by nutná realizácia odvzdušňovacích drážok pozdĺž deliacej roviny, poprípade čiastočné zbrúsenie tvarových vložiek. Keďže sa v tomto prípade jedná o rozmerovo malý výrobok, je uvažované, že vzduch nahromadený v dutinách unikne medzi deliacimi rovinami a cez vôle vo vyhadzovacích kolíkoch.

8.8 Pravá strana formy

Pravá strana formy tvorí časť zostavy predstavujúcu nepohyblivú stranu. Tvoria ju štyri dosky. Kotviaca doska, v ktorej sú ukotvené tvarové vložky. Sú v nej taktiež upevnené pomocou skrutiek puzdra so šikmými kolíkmi, ale aj uzatváracie diely posuvných čeľustí na ktorých sú priskrutkované opierky. Doska je z bočných strán naskrz prevrtnaná z dôvodu vytvorenia temperačných kanálov. Na oboch koncoch týchto kanálov je vybavená rychlospojkami. Nasleduje kotviaca doska horúceho bloku v ktorej sa nachádza ako jej názov napovedá, samotný horúci rozvodný blok. Z hornej strany tejto dosky je prichytená zásuvka horúceho bloku. V neposlednej rade táto doska má zároveň úlohu pravej opernej dosky, ktorá zabezpečuje fixáciu tvarových vložiek formy na pravej strane. Predposlednou doskou je doska upínacia. Je v nej zapustená centrálna vtoková vložka horúceho bloku zabezpečujúca dopravu taveniny. V osi vložky je pripevnený strediaci krúžok. Jej šírka je väčšia ako šírka ostatných dosiek z dôvodu uchytenia vo vstrekovacom stroji. Z vrchnej strany sú potom naskrutkované transportné oká. Ako posledná je namontovaná izolačná doska zabraňujúca prenos teploty z formy na stroj. Cez sústavu dosiek sú upevnené strediace trubky a vodiace čapy formy. Všetky dosky sú k sebe upevnené pomocou štyroch skrutiek so závitom M12 a dĺžkou 145 mm.

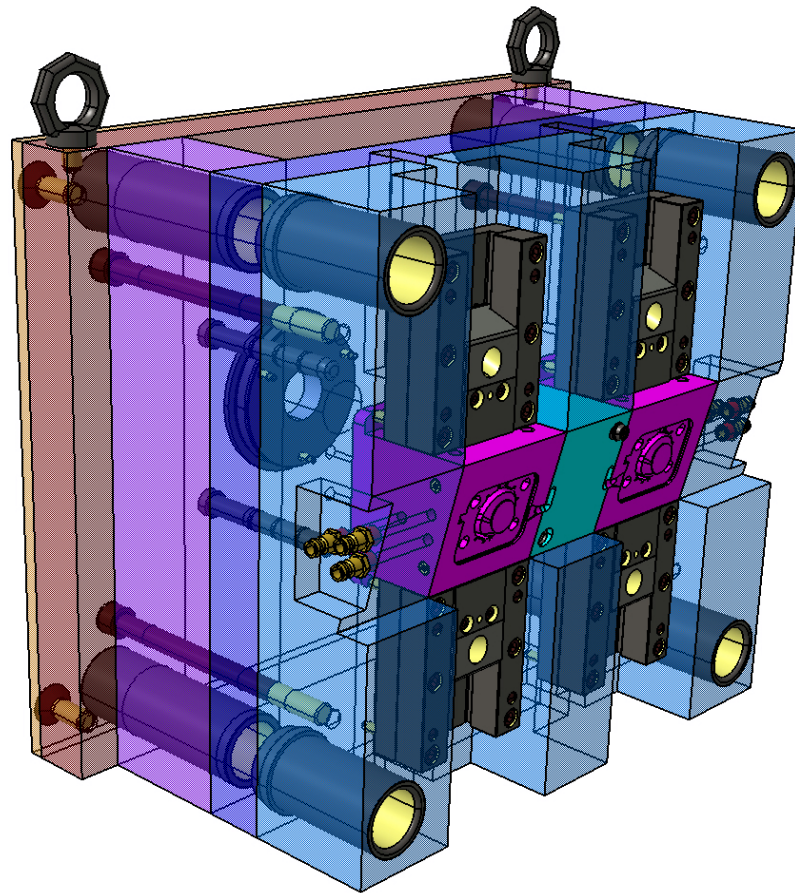


Obrázok 42 Pravá strana formy

8.9 Ľavá strana formy

Ľavá strana formy, alebo taktiež vyhadzovacia strana tvorí pohyblivú časť formy. Je tvorená štyrmi doskami a dvoma rozpernými blokmi. Ako prvá je ľavá kotviaca doska, v ktorej sú uchytané tvarové vložky, posuvné jednotky bočných čeľustí a vodiace puzdra. Z bočných strán má naskrz prevrtané 3 otvory, ktoré sú na koncoch vybavené rychlospojkami. Za touto doskou sa nachádza ľavá operná doska zabezpečujúca fixáciu tvarových vložiek. Sú v nej vrtané otvory umožňujúce pohyb vyhadzovacích kolíkov ako aj drážky pre bezproblémový pohyb šikmých kolíkov posuvných čeľustí. Nasledujú dva rozperné bloky v ktorých sa nachádzajú strediace trubky. Majú za úlohu tvorbu priestoru pre dostatočný pohyb vyhadzovačov ktoré sú medzi nimi umiestnené. Za rozpernými blokmi sa nachádza ľavá upínacia doska v ktorej sú konce strediacich trubiek. Sú v nej zakotvené vodiace čapy vyhadzovača a taktiež je v nej prichytený strediaci krúžok, v ktorom je vrtaný otvor na tiahlo vyhadzovača. Z hornej strany formy sa nachádzajú ďalšie transportné oká. Rovnako ako aj pravú stranu, zakončuje zostavu dosiek izolačná doska pripevnená štyrmi skrutkami so

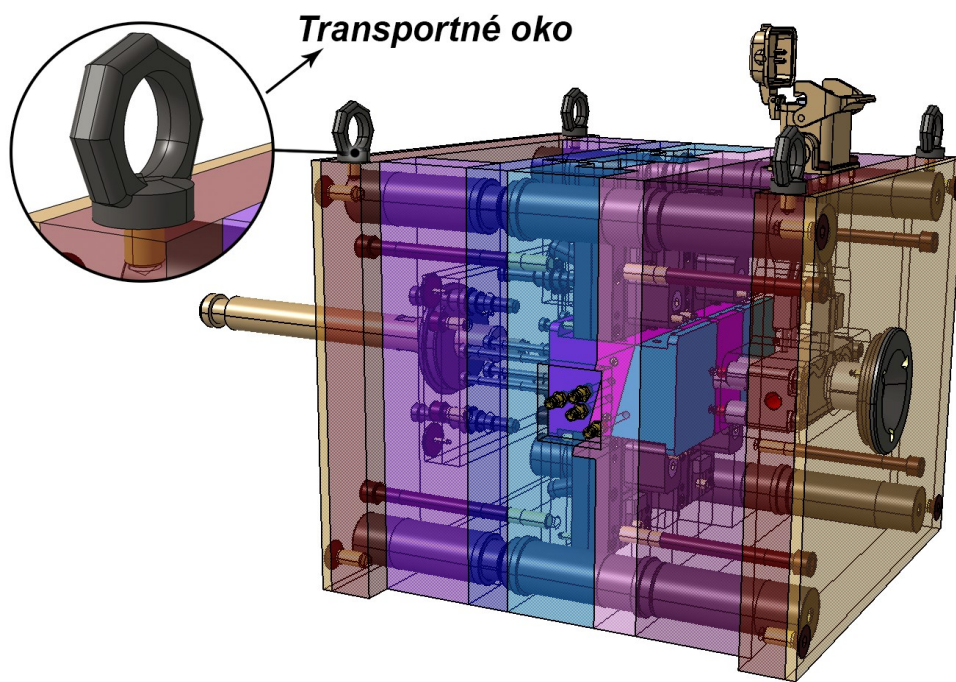
zapustenou hlavou k dosce upevňovacej. Celú zostavu ľavej strany zabezpečujú štyri skrutky so závitom M12 a dĺžkou 160 mm.



Obrázok 43 Ľavá strana formy

8.10 Transport formy

Keďže celková forma disponuje hmotnosťou takmer 350 kg, je potrebné zabezpečiť jej jednoduchú manipuláciu pri umiestnení do vstrekovacieho stroja, ako aj jej vybranie po ukončení výroby na danom stroji. Z tohto dôvodu boli na obe upínacie dosky formy upevnené transportné oká. Umiestnenie ôk bolo navrhnuté v ohľade na ťažisko formy. Transport formy teda zaisťujú 4 závesné oká so závitom s vysokou pevnosťou, z ktorých každé jedno je schopné uniesť až 1000kg vo vertikálnom smere zdvíhania.



Obrázok 44 Zostava celej formy

9 VSTREKOVACÍ STROJ

Pre navrhnutú vstrekovaciú formu bol vybraný vstrekovací stroj od nemeckej spoločnosti Arburg. Konkrétny typ vstrekovacieho stroja bol volený na základe veľkostných parametrov formy, ako aj jej násobnosti a objemu vstrekovaných dielov, v ktorom je započítaný vtokový zbytok. Na základe týchto požiadaviek bol zvolený stroj ALLROUNDER 420 C GOLDEN EDITION.



Obrázok 45 Vstrekovací stroj Arburg Allrounder 420 C Golden Edition [43]

Tabuľka 3 Vybrané parametre vstrekovacieho stroja v porovnaní s formou [44]

	<i>Stroj</i>	<i>Forma</i>
<i>Vzdialenosť medzi vodiacimi stĺpmi [mm]</i>	420x420	391x396
<i>Upínacia sila [kN]</i>	1000	-
<i>Min. výška formy [mm]</i>	250	410
<i>Max. objem vstrekovanej dávky [cm³]</i>	144	18,857
<i>Priemer šneku [mm]</i>	35	-
<i>Veľkosť upínacej dosky [mm]</i>	570x570	-
<i>Max. vyhadzovacia sila [kN]</i>	40	-

ZÁVER

Bakalárska práca sa odvíjala podľa vopred stanovených cieľov. Ako prvé bola vypracovaná literárna rešerš ktorá je zahrnutá v teoretickej časti. Táto sa zaoberá rozborom informácií v oblasti vstrekovania plastov a konštrukčným riešením vstrekovacích foriem. Ďalšou úlohou bolo zhotovenie 3D modelu zadaného výrobku. V tejto práci boli použité normalizované diely od dvoch nemeckých spoločností a to HASCO a Meusburger. Bol vyhotovený model pre plastový výrobok použitý ako držiak parkovacieho senzoru. Pre zadaný diel bol zvolený materiál PP/EPDM+T20 zo skupiny termoplastov. Po vyhotovení dielu bola realizovaná konštrukcia tvarových častí predstavujúcich negatív daného modelu. Následne sa tvarové časti vložili do kotviacich dosiek. Odformovanie výrobku vo vedľajších deliacich rovinách je zaistené bočnými posuvnými čel'ust'ami od firmy HASCO. V pravej časti formy za tvarové vložky bol umiestnený horúci rozvodný blok od spoločnosti Meusburger. Po vyskladaní všetkých dosiek boli patričné komponenty formy spojené pomocou skrutiek a vybavené vodiacimi čapmi, puzdrami a strediacimi trubkami. Medzi rozperné bloky na ľavej strane formy bol pridaný vyhadzovací systém obsahujúci osem valcových kolíkov a naskrutkovaný na tiahlo ktoré zaisťuje potrebný vyhadzovací zdvih. Vyhadzovací systém obsahuje štyri vodiace puzdra v do ktorých zachádzajú vodiace čapy umiestnené v ľavej upínacej doske. Vyhadzovacie dosky boli vybavené dorazovými podložkami aby nedochádzalo k poškodeniu vyhadzovacieho systému v podobe nárazov. Na oboch stranách formy boli pridané izolačné dosky zabraňujúce prestupu tepla z formy na stroj. V poslednom kroku bola forma vybavená transportnými okami zaisťujúce manipuláciu s formou. Po zhotovení celej formy bol vybraný patričný vstrekovací stroj Allrounder 420 C Golden Edition od firmy Arburg. Stroj bol zvolený na základe veľkosti formy a objemu vstrekovanej taveniny. Na koniec boli vyhotovené výkresové dokumentácie pravej strany formy, ľavej strany formy a zostavy celej formy. K výkresovým dokumentáciám bol následne vytvorený kusovník obsahujúci všetky komponenty vstrekovacej formy.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY

- [1] KUČERA, Jan. Stručná historie CAD/CAM až po současnost. [online]. 2002 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xkubin2_CAD-CAM.htm
- [2] TORNINCASA, Stefano. The future and the evolution of CAD. [online]. 2010 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.403.220&rep=rep1&type=pdf>
- [3] PORTÁL AMERICANMACHINIST, The CAD/CAM Hall of Fame. [online]. 1998 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://www.americanmachinist.com/cad-and-cam/article/21892098/the-cadcam-hall-of-fame>
- [4] PORTÁL ENCYKLOPÉDIA POZNANIA, História technického kreslenia. [online]. 2018 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://encyklopediapoznania.sk/clanok/7825/historia-technickeho-kreslenia-cad-systemy-v-rokoch>
- [5] PORTÁL TECHNICAL FOAM SERVICES, The history of computer-aided design and computer-aided manufacturing. [online] 2020 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://www.technicalfoamservices.co.uk/blog/blog-history-of-cad-cam/>
- [6] PORTÁL CADTALK, Top 6 Trends in Computer Aided Design (CAD) Software Evolution. [online] [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://cadtalk.com/2020/03/30/top-6-trends-in-cad-software/>
- [7] PORTÁL TECHNIA, What is Catia?. [online] [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://www.technia.com/blog/what-is-catia/#section-4>
- [8] PORTÁL DASSAULT SYSTEMS, Products - Catia. [online] [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://www.3ds.com/products-services/catia/>
- [9] KŘENEK, Tomáš. Polymerní materiály. [online] [cit. 2022-01-21]. Dostupné z: https://www.opi.zcu.cz/download/Polymery_2010.pdf
- [10] ZEMAN, Lubomír. Vstříkování plastů teorie a praxe. Grada, 2018. 464 s. ISBN 978-80-247-2818-6
- [11] LENFELD, Petr. Plasty a jejich zpracovatelské vlastnosti. Technologie II [online]. Technická univerzita Liberec [cit. 2022-04-06]
- [12] BOBČÍK, Ladislav a kol. Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstříkování termoplastů. 2. vyd. UNIPLAST Brno, 1999, 134s.

- [13] PORTÁL MMSPEKTRUM, Polymery amorfni a semikrystalické z hlediska vstřikování. [online]. 2012 [cit. 2022-02-15] Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/polymery-amorfni-a-semikrystalicke-z-hlediska-vstrikovani>
- [14] BĚHÁLEK, Luboš. Polymery [online]. 2016 [cit. 2022-4-6]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Cover.html>
- [15] LENFELD, Petr. Technologie vstřikování [online]. 2016 [cit. 2022-04-06]. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/Cover.html>
- [16] NEUHÄUSL, Emil. Vstřikování plastických hmot. Praha: SNTL, 1973. Řada chemické literatury
- [17] PORTÁL WUNDER-MOLD, Injection Molding Cycle: What Are the Stages?. [online]. [cit. 2022-03-23] Dostupné z: <https://www.wundermold.com/what-cycles-injection-molding-process/>
- [18] MÉZL, Milan. Základy technológie vstrekovania plastov. Mapro spol.s.r.o., Olomouc, 2012. 301 s. ISBN 978-80-970749-7-5
- [19] JOHANNABER, Friedrich. Injection molding Machines: A User's Guide 4th ed. Munich: Cincinnati: Carl Hanser Publishers; Hanser Gardner Publications, c2008, 375s. ISBN 978-3-446-22581-7
- [20] PORTÁL THE HONG KONG POLYTECHNIC UNIVERSITY, Introduction to Moulding. [online]. [cit. 2022-03-23] Dostupné z: https://www.polyu.edu.hk/edc/tdg/showcase/492F_ITC/asiia/inc-molding-0f85e.html?page=molding
- [21] PORTÁL MDPI Open Access Journals, Analysis and Experimental Verification of Mechanical Errors in Nine-Link Type Double-Toggle Mold/Die Clamping Mechanisms. [online]. [cit. 2022-03-23] Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/2/832>
- [22] KAZMER, David O. 2007. Injetionmold design engineering 1. vyd. Munich : Carl HanserVerlag, 2007. 423 s. ISBN 978-3-446-41266-8
- [23] BOBČÍK, Ladislav a kol. Formy pro zpracování plastů II. díl – Vstřikování termoplastů. 1. vyd. UNIPLAST Brno, 1999, 214s.

- [24] Vysoké učení technické v Brně, Vstřikovací formy, [online]. [cit. 2022-03-05] Dostupné z: https://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cviceni/htn_tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy_zak.pdf
- [25] HYNEK, Martin a kol. Temperace vstřikovacích forem, Fakulta strojní Západočeské univerzity v Plzni. [online]. 2013 [cit. 2022-04.12] Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Temperace_vstrikovacich_forem.pdf
- [26] TOMIS, František; HELŠTÝN, Josef; KAŇOVSKÝ, Jiří. Formy a přípravky. Brno: VUT, 1979. 278s.
- [27] BOBEK, Jiří. Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů. Střední odborné učiliště Svitavy. 2016. ISBN 978-80-88058-65-6 Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Cover.html>
- [28] BEAUMONT, John P. Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding. 3rd edition. Munich: Hanser Publishers, 2019, xx, 450 s. ISBN 978-1-56990-590-6
- [29] HYNEK, Martin a kol. Odvzdušnění, Fakulta Západočeské univerzity v Plzni [online]. 2013 [cit. 2022-03-26] Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Odvzdušneni.pdf
- [30] STANĚK, Michal. Přednášky T5KF – Konstrukce forem, Univerzita Tomáše Báti ve Zlíně
- [31] ŘEHULKA, Zdeněk. Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů: polymery. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 230, 28 s. ISBN 978-80-7204-833-5
- [32] HYNEK, Martin a kol. Studené a živé vtokové systémy, Fakulta Západočeské univerzity v Plzni [online]. 2013 [cit. 2022-03-29] Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf
- [33] HYNEK, Martin a kol. Horké vtoky, Fakulta Západočeské univerzity v Plzni [online]. 2013 [cit. 2022-04-02] Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Horke_vtoky.pdf

- [34] KAZMER, David. Injection mold design engineering. 2nd edition. Munich: Hanser, [2016], xxiv, 529 s. ISBN 9781569905708
- [35] MENGES, Georg, MICHAELI a Paul MOHREN. How to make injection molds. 3rd ed. Munich: Hanser, c2001, xvii, 612 s. ISBN 3446212566
- [36] PORTÁL IBM, SAGE The First National Air Defense Network [online] [cit. 2022-01-24] Dostupné z: <https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/sage/>
- [37] PORTÁL RESEARCHGATE [online] [cit. 2022-01-24] Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/The-Sketchpad-program-developed-by-Ivan-Sutherland-allowed-the-user-to-draw-on-a_fig6_318446870
- [38] SPOLOČNOSŤ BACKER ELEKTRO <https://www.backer-elektro.cz/>
- [39] PORTÁL PLASTICPORTAL, Orycon – jediné systémy horúcich vtokov vyrábané v Českej republike [online] 2015 [cit. 2022-04-02] Dostupné z: <https://www.plasticportal.sk/sk/orycon-jedine-systemy-horucich-vtokov-vyrabane-v-Ceskej-republike/c/2715/>
- [40] PORTÁL Keyuan Plastic, PP/EPDM-T20 [online] 2023 [cit. 2023-04-25] Dostupné z: <https://www.ky-plastics.com/polypropyle/pp-epdm-t20.html>
- [41] 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
- [42] PORTÁL MATERIAL DATA CENTER, Datasheet of AUROcom PP-EPDM TV20 black 9005 [online] 2023 [cit. 2023-04-25] Dostupné z: <https://www.materialdatacenter.com/ms/en/Aurocom/Aurora+Kunststoffe+GmbH/AUROcom%C2%AE+PP-EPDM+TV20++black+9005/0fc81901/7605>
- [43] PORTÁL TECHPILOT, Anne Plastik GbR [online] 2023 [cit. 2023-05-10] Dostupné z: https://www.techpilot.net/profiles/anne-plastik-gbr_en.html
- [44] PORTÁL ARBURG, Technical data [online] 2023 [cit. 2023-05-10] Dostupné z: https://www.arburg.com/media/daten/publications/technical_data/hydraulic_machines/golden_edition/ARBURG_ALLROUNDER_420C_GOLDEN_EDITION_TD_523677_en_GB.pdf

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

CAD	Computer-aided design
CAM	Computer-aided manufacturing
3D	Trojrozmerný priestor
PC	Počítač
2D	Dvojrôzmerný priestor
NC	Numerical Control
%	Percento
°C	Stupeň Celzia
PA	Polyamid
PC	Polykarbonát
ABC	Akrylonitril Butadién Styren
SAN	Styren akrylonitril
PBT	Polybutylentereftalár
PP	Polypropylén
PE	Polyetylén
mm	milimeter
°	Stupeň
R	Rádus
kg	kilogram
kN	kilonewton
cm ³	centimeter kubický

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1 Používanie svetelného pera systémom SAGE [36].....	12
Obrázok 2 Ivan Sutherland a jeho vynález SketchPad [37].....	13
Obrázok 3 Pracovné prostredie CATIA V5.....	15
Obrázok 6 Základné rozdelenie polymérov.....	16
Obrázok 7 Vstrekovací cyklus.....	19
Obrázok 8 Princíp plnenia laminárnym vtokom (vľavo) a voľným vtokom (vpravo) [15].	20
Obrázok 9 Vplyv doby prepnutia na priebeh tlaku [15].....	21
Obrázok 10 Rozsah objemu dávky u vstrekovacích strojov [15].....	22
Obrázok 11 Piestový vstrekovací stroj [20].....	25
Obrázok 12 Šnekový vstrekovací stroj [20].....	26
Obrázok 13 Jednoduchý kľbový mechanizmus s hydraulickým pohonom [21].....	27
Obrázok 14 Systém plochých prepážok [27].....	31
Obrázok 15 Systém špirálových prepážok [27].....	32
Obrázok 16 Systém fontánok [27].....	33
Obrázok 17 Vyhrievacie elektrické články [38].....	34
Obrázok 18 Doporučená konštrukcia odvzdušňovacieho kanála.....	35
Obrázok 19 Umiestnenie odvzdušňovacích kanálov.....	36
Obrázok 20 Vtoková vložka [32].....	41
Obrázok 21 Rez plným kužeľovým vtokom [32].....	42
Obrázok 22 Rez bodovým vtokom [32].....	43
Obrázok 23 Rez tunelovým vtokom [32].....	43
Obrázok 24 Bočný vtok.....	44
Obrázok 25 Rez filmovým vtokom [32].....	44
Obrázok 26 Základné prevedenie vyhrievania horúcich rozvodov [27].....	45
Obrázok 27 Vstrekovacie trysky [39].....	46
Obrázok 28 Vyhrievaný rozvodný blok [39].....	47
Obrázok 29 3D Model výrobok.....	50
Obrázok 30 Zvolené deliace roviny.....	51
Obrázok 31 Zaformovanie výrobku.....	52
Obrázok 32 Tvárnica.....	53
Obrázok 33 Tvárnik.....	54
Obrázok 34 Diel prichytený v posuvnej jednotke.....	54
Obrázok 35 Zakotvenie šikmého kolíka.....	55
Obrázok 36 Horúci rozvodný blok so zásuvkou a kabelážou.....	56

Obrázok 37 Diel s vtokovým zbytkom (vľavo) a dutiny tvoriace vtokový kanál (vpravo).	57
Obrázok 38 Tvarové vložky so strediacimi elementami	57
Obrázok 39 Temperácia pravej strany formy	58
Obrázok 40 Temperácia ľavej strany formy	59
Obrázok 41 Temperácia ľavej strany formy v reze	59
Obrázok 42 Vyhadzovacie kolíky	60
Obrázok 43 Zostava vyhadzovacieho systému	60
Obrázok 44 Pravá strana formy	62
Obrázok 45 Ľavá strana formy	63
Obrázok 46 Zostava celej formy	64
Obrázok 47 Vstrekovací stroj Arburg Allrounder 420 C Golden Edition [43]	65

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1 Príklad doporučených teplôt v rámci procesu vstrekovania vybraných typov plastov	29
Tabuľka 2 Vlastnosti materiálu PP/EPDM+T20 [42]	50
Tabuľka 3 Vybrané parametre vstrekovacieho stroja v porovnaní s formou [44].....	65

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha P I: Materiálový list

Príloha P II: Technické dáta vstrekovacieho stroja

Príloha P III: Výkresová dokumentácia

Príloha P IV: CD

PRÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST

This is the free Material Data Center Datasheet of AUROcom® PP-EPDM TV20 black 9005 - (PP+EPDM)-T20 - Aurora Kunststoffe GmbH

Processing/Physical Characteristics	Value	Unit	Test Standard
ISO Data			
Melt volume-flow rate, MVR	20	cm ³ /10min	ISO 1133
Temperature	230	°C	-
Load	2.16	kg	-
Mechanical properties	Value	Unit	Test Standard
ISO Data			
Tensile Modulus	1700	MPa	ISO 527
Yield stress	22	MPa	ISO 527
Strain at break	40	%	ISO 527
Charpy impact strength, +23°C	N	kJ/m ²	ISO 179/1eU
Charpy notched impact strength, +23°C	25	kJ/m ²	ISO 179/1eA
Charpy notched impact strength, -30°C	5	kJ/m ²	ISO 179/1eA
Thermal properties	Value	Unit	Test Standard
ISO Data			
Temp. of deflection under load, 1.80 MPa	65	°C	ISO 75-1/-2
Vicat softening temperature, B	85	°C	ISO 306
Other properties	Value	Unit	Test Standard
Water absorption	0.1	%	Sim. to ISO 62
Humidity absorption	0.1	%	Sim. to ISO 62
Density	1040	kg/m ³	ISO 1183
Processing Recommendation Injection Molding	Value	Unit	Test Standard
Pre-drying - Temperature	80	°C	-
Pre-drying - Time	2	h	-
Melt temperature	220 - 260	°C	-
Mold temperature	30 - 50	°C	-

Characteristics

Processing

Injection Molding

Delivery form

Black

Applications

Automotive

Regional Availability

Europe

PRÍLOHA P II: TECHNICKÝ DÁTA VSTREKOVACIEHO STROJA

TECHNICAL DATA | 420 C GOLDEN EDITION

Clamping unit		420 C GOLDEN EDITION	
with clamping force	max. kN	1000	
Opening force stroke	max. kN mm	250 500	
Mould height, fixed variable	min. mm	250 ---	
Platen daylight fixed variable	max. mm	750 ---	
Distance between tie bars (w x h)	mm	420 x 420	
Mould mounting platens (w x h)	max. mm	570 x 570	
Weight of movable mould half	max. kg	600	
Ejector force stroke	max. kN mm	40 175	
Dry cycle time EUROMAP ²	min. s - mm	1,8 - 294	

Injection unit		290		
with screw diameter	mm	30	35	40
Effective screw length	L/D	23,3	20	17,5
Screw stroke	max. mm	150		
Calculated stroke volume	max. cm ³	106	144	188
Shot weight	max. g P5	97	132	172
Material throughput	max. kg/h P5	17	20,5	24,5
	max. kg/h PA6.6	8,5	10,5	12,5
Injection pressure	max. bar	2500	2000	1530
Holding pressure	max. bar	2500	2000	1530
Injection flow ²	max. cm ³ /s	102	140	182
Screw circumferential speed ²	max. m/min	46	54	62
Screw torque	max. Nm	320	380	430
Nozzle contact force retraction stroke	max. kN mm	60 240		
Heating capacity zones	kW	6,4 5		
Feed hopper	l	50		

Drive and connection		2 pumps		
with injection unit		290		
Net weight of machine	kg	3650		
Sound press. level insecurity ⁴	dB(A)	68 3		
Oil filling	l	235		
Drive power ²	max. kW	15		
Electrical connection ³	kW	24		
	Total	A		
	Machine	A		
	Heating	A		
Cooling water connection	max. °C	30		
	min. Δp bar	1,5 DN 25		

Machine type

with EUROMAP size designation ¹

420 C GOLDEN EDITION 1000-290

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

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

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

3) Specifications relate to 400 V/50 Hz.

4) Detailed info in the operating instr.

[] Specifications apply to alternative equipment.