

Konstrukční návrh vstřikovací formy pro výrobu technického plastového dílu

Květoslav Kučera

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: | Květoslav Kučera |
| Osobní číslo: | T19735 |
| Studijní program: | B3909 Procesní inženýrství |
| Studijní obor: | Technologická zařízení |
| Forma studia: | Prezenční |
| Téma práce: | Konstrukční návrh vstříkovací formy pro výrobu technického plastového dílu |

Zásady pro vypracování

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

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

Seznam doporučené literatury:

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

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Martin Ovsík, 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 7. února 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

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem vstřikovací formy pro technický plastový díl.

Tato práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část s tím, že teoretická část se věnuje prvním bodu zadání, čímž je vypracování literární studie na téma této práce.

V druhé části je popsán postup konstrukčního návrhu vstřikovací formy počínající definováním výrobku a jeho vymodelováním v programu CATIA V5R20. Dále potom návrhem modelu samotné formy a popisem podmínek a postupu, jakým by mohl být zadaný díl vyroben.

Klíčová slova: konstrukční návrh, vstřikovací forma, technický plastový díl, postup konstrukčního návrhu, technologie vstřikování

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the design of an injection mold for a technical plastic component.

The thesis is divided into theoretical and practical parts, where the theoretical part focuses on the initial task, which involves conducting a literature review on the topic of this thesis.

The second part describes the process of designing the injection mold, starting with defining the product and modeling it in the CATIA V5R20 software. It also includes the design of the mold itself, as well as the description of the conditions and procedures for manufacturing the specified component.

Keywords: injection molding, technical plastic component, CATIA V5R20, mold design

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Martinu Ovsíkovi, Ph.D. za jeho vedení, ochotu, čas i rady, které mi po celou dobu tvorby této bakalářské práce věnoval.

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

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| ÚVOD..... | 9 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 10 |
| 1 POLYMERY..... | 11 |
| 1.1 ELASTOMERY | 11 |
| 1.2 REAKTOPLASTY..... | 12 |
| 1.3 TERMOPLASTY | 12 |
| 1.4 VOLBA VHODNÉHO MATERIÁLU | 13 |
| 1.5 PŘÍPRAVA POLYMERŮ PŘED VSTŘIKOVÁNÍM | 13 |
| 1.5.1 Sušení | 13 |
| 1.5.2 Přísady..... | 14 |
| 2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ..... | 16 |
| 2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS | 16 |
| 2.2 KVALITA VSTŘIKU..... | 17 |
| 2.3 VSTŘIKOVACÍ STROJE..... | 18 |
| 2.3.1 Vstřikovací jednotka | 19 |
| 2.3.2 Uzavírací jednotka | 20 |
| 2.3.3 Řídící jednotka | 20 |
| 3 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK..... | 21 |
| 3.1 JAKOST VÝROBKU | 21 |
| 3.1.1 Viskozita taveniny..... | 22 |
| 3.2 ZÁSADY KONSTRUKCE | 22 |
| 3.3 DOKONČOVACÍ ÚPRAVY | 23 |
| 4 VSTŘIKOVACÍ FORMA | 24 |
| 4.1 KONSTRUKCE FORMY | 24 |
| 4.1.1 Násobnost formy | 25 |
| 4.2 VTOKOVÉ SYSTÉMY | 25 |
| 4.3 STUDENÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY | 26 |
| 4.3.1 Vtokové ústí | 27 |
| 4.3.2 Plný kuželový vtok..... | 28 |
| 4.3.3 Bodový vtok..... | 28 |
| 4.3.4 Tunelový vtok | 28 |
| 4.3.5 Boční vtok | 29 |
| 4.3.6 Filmový vtok | 29 |
| 4.3.7 Rozvodné kanálky | 29 |
| 4.3.8 Vtoková vložka | 30 |
| 4.4 VYHŘÍVANÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY..... | 30 |
| 4.4.1 Vyhřívané trysky | 30 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 4.4.2 | Přímo vyhřívané trysky | 31 |
| 4.4.3 | Nepřímo vyhřívané trysky | 31 |
| 4.4.4 | Vyhřívané rozvodné bloky | 31 |
| 4.5 | TEMPERACE FORMY | 32 |
| 4.6 | VYHAZOVACÍ SYSTÉMY | 32 |
| 4.7 | ODVZDUŠNĚNÍ FORMY | 33 |
| II | PRAKTICKÁ ČÁST | 34 |
| 5 | STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE | 35 |
| 6 | POUŽITÝ SOFTWARE | 36 |
| 6.1 | CATIA V5R20 | 36 |
| 6.2 | HASCO DAKO MODUL | 36 |
| 7 | VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK | 37 |
| 7.1 | MATERIÁL | 37 |
| 8 | KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY | 38 |
| 8.1 | NÁSOBNOST FORMY | 42 |
| 8.2 | DĚLÍCÍ ROVINA | 42 |
| 8.3 | TVAROVÉ ČÁSTI FORMY | 43 |
| 8.3.1 | Boční posuvné části | 44 |
| 8.4 | VTOKOVÝ SYSTÉM | 44 |
| 8.5 | TEMPERAČNÍ SYSTÉM | 45 |
| 8.6 | VYHAZOVACÍ SYSTÉM | 47 |
| 8.7 | ODVZDUŠNĚNÍ FORMY | 47 |
| 8.8 | UPÍNÁNÍ FORMY, STŘEDÍCÍ A VODÍCÍ PRVKY | 48 |
| 8.9 | VSTŘIKOVACÍ STROJ | 50 |
| | ZÁVĚR | 51 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 52 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | 54 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 55 |
| | SEZNAM TABULEK | 57 |
| | SEZNAM PŘÍLOH | 58 |

ÚVOD

Většina dříve využívaných materiálů jako je například kov, dřevo nebo sklo je postupně nahrazováno plastem. Výrobky z plastu nemusí dosahovat takových mechanických vlastností jako například výrobky z kovu, avšak jejich výhody můžeme najít u vlastností které předčí nebo dostatečně nahradí vlastnosti ať už kovu nebo ostatních konvenčních materiálů. Následná recyklace plastových výrobků je také dostupnější, kdy například u termoplastů můžeme tento materiál využívat téměř donekonečna.

Plastové výrobky nacházejí své využití v mnoha odvětvích, ať už v automobilovém průmyslu, tak i například ve zdravotnictví nebo spoustu plastových výrobků je využíváno i v domácnostech.

Nejrozšířenější technologií zpracování plastů je technologie vstřikování, která nám umožňuje vyrábět i velmi tvarově složité díly za poměrně krátkou dobu. Tato technologie nám také dovoluje vyrábět více kusů výrobku najednou tudíž je vhodná i pro velkosériové výroby. Nedílnou součástí vstřikovacího stroje je vstřikovací forma, která udává výsledný tvar výrobku a ovlivňuje jeho vlastnosti. Forma musí splňovat spoustu technologických podmínek, které musí brát konstruktér v úvahu. Návrh formy usnadňuje řada normalizovaných dílů a software pro návrh formy.

I. TEORETICKÁ ČÁST

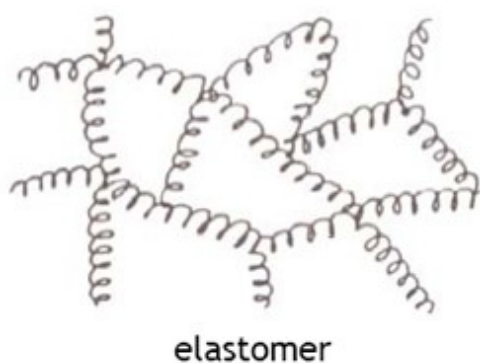
1 POLYMERY

Nejprve je důležité si přiblížit látku, se kterou budeme pracovat. Pokud bychom se na polymery dívali z chemického hlediska, mohli bychom je rozdělit na látky organické a anorganické. Typickým příkladem organických polymerů, se kterým se můžeme každý den setkat jsou například dřevo nebo rostliny. Mezi organické polymery můžeme také zařadit třeba ropu nebo zemní plyn. Anorganické polymery, se kterými budeme pracovat jsou rozsáhlou skupinou tisíců různých materiálů. Rozlišit je můžeme například složením, kde podle požadavku na vlastnosti materiálu jsou přidávány všemožné kombinace přísad, plniv a podobně.

Polymery lze rozdělit podle spousty hledisek, ať už podle původu, jak bylo zmíněné, tak i podle mnoha dalších. Nejčastějším rozdělením je rozdělení na základě teplotního chování podle teplotního působení. Na tomto základě polymery rozdělujeme do tří skupin na termoplasty, reaktoplasty a elastomery. [1,2]

1.1 Elastomery

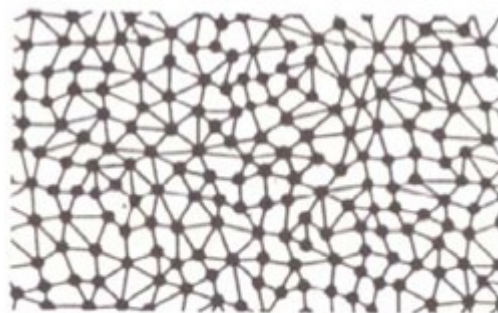
Charakteristickou vlastností elastomerů je jejich vysoká pružnost (elasticita). Při zpracování elastomerů dochází poměrně brzo k jejich měknutí a tehdy je lze tvářet. Následným zahříváním dochází k chemické reakci tzv. vulkanizaci. Při této reakci dochází k prostorovému zesíťování struktury a tento děj je nevrtaný. Pokud bychom hovořili o termoplastických elastomerech, docházelo by zde pouze k fyzikálnímu ději a tento proces měknutí a následného tuhnutí bychom mohli provádět opakovaně. Největší podskupinou elastomerů, které stojí za zmínku jsou kaučuky, ze kterých postupným zesíťováním dostaneme pryž. [2,3]



Obr. 1 Nadmolekulární struktura elastomeru [2]

1.2 Reaktoplasty

Charakteristickou vlastností reaktoplastů je vysoká tuhost a tvrdost. Dalšími kladnými vlastnostmi reaktoplastů jsou tepelná a chemická odolnost. Tyto polymerní materiály, známe také pod názvem termosety, stejně jako elastomery v první fázi zahřívání měknou a je možné je tvářet. Během dalšího zahřívání, také podobně jako u elastomerů, dochází k chemické reakci zvané prostorové zesíťování struktury neboli vytvrzování. Díky své vysoké tepelné a chemické odolnosti je tento děj nevratný a vytvrzené reaktoplasty není možné roztavit ani rozpustit. Pokud bychom je dále zahřívali došlo by k degradaci hmoty. S touto vlastností také souvisí nevýhoda reaktoplastů, kterou je složitá recyklace. [2,3]



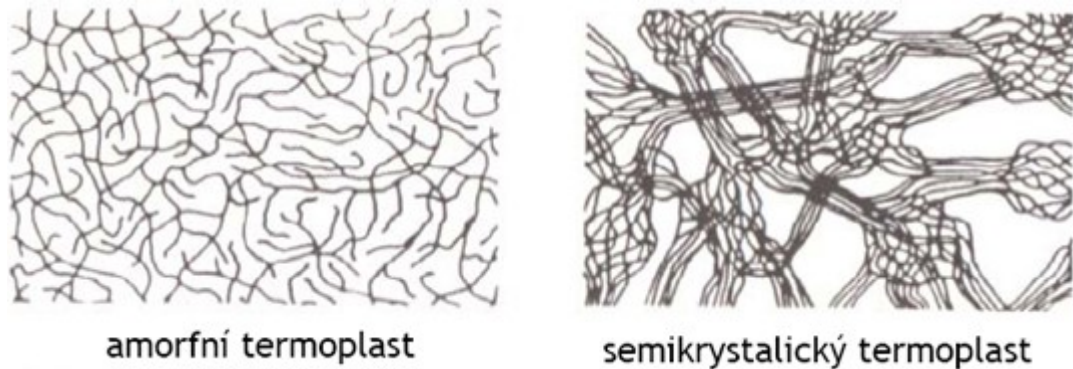
reaktoplast

Obr. 2 Nadmolekulární struktura reaktoplastu [2]

1.3 Termoplasty

Fyzikální vazby mezi lineárními makromolekulami s dlouhými řetězci zajišťují charakteristickou vlastnost termoplastů. Touto vlastností je možnost je opakovaně zahřívát a tvářet. Zvýšením teploty přechází termoplasty do plastického až kapalného stavu, ve kterém je potom můžeme jednoduše tvářet. Přechod do tuhého stavu je potom rozdílný u amorfních a semikrystalických termoplastů. Rozdílný je v tom, že u amorfních ochlazujeme taveninu pod teplotu viskózního toku a u semikrystalických jej ochlazujeme pod teplotu tání. Tento proces je možné provádět opakovaně, jelikož u něj nedochází ke změně chemické struktury, ale pouze k fyzickým reakcím.

Termoplasty, patří mezi nejpoužívanější plasty a jednou z nejčastějších technologií zpracování termoplastů je technologie vstřikování. [2,4]



Obr. 3 Nadmolekulární struktura termoplastů [2]

1.4 Volba vhodného materiálu

Před volbou materiálu je nutné si ujasnit jaké nároky budeme klást na vyrobenou součást, zvážit podmínky pro její používání. Je potřeba zvolit materiál, který bude mít vhodné mechanické i fyzikální vlastnosti. Dále musíme brát v potaz náklady na výrobu a zpracovatelnost materiálu, které ve výsledku ovlivní již zmiňované mechanické i fyzikální vlastnosti. [4]

V praxi se nejčastěji při vstřikování můžeme setkat s termoplasty nebo také s termoplastickými elastomery.

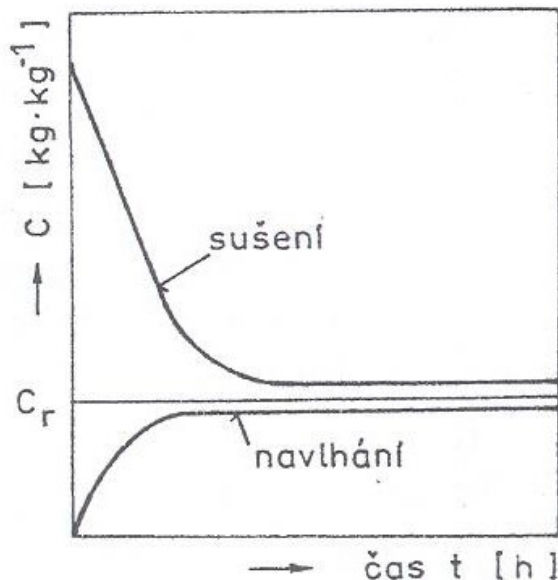
1.5 Příprava polymerů před vstřikováním

Před samotným vstřikováním polymerů musí dojít k úpravám vlastností polymeru a k jeho přípravě. Operace, které jsou před vstřikováním prováděny, jsou sušení, barvení, míchání, například s nadouvadly a také úprava tvaru vhodného pro toto zpracování. Tyto operace můžeme nazvat přípravným zpracováním. [2,4,6]

1.5.1 Sušení

Vlhkost je nežádoucí vlastností pro polymer během vstřikovacího cyklu. Přítomnost vody v materiálu může zásadně negativně ovlivnit vlastnosti výsledného vstřikovaného výrobku. Proto je potřeba před vstřikováním materiál dokonale vysušit. Materiál ve formě at' už granulátu nebo například prášku prochází před zpracováním vstupní kontrolou, která nám odhalí vlhkost materiálu. Maximální povolenou vlhkost pro vstřikování nám udává výrobce v materiálových listech. Materiál může být dodáván at' už předsušený a patřičně zabezpečený, aby nedošlo k jeho navlhnutí anebo nevysušený.

Dbát je třeba také na skladování materiálu před zpracováním nebo na rozdíl teplot při ve skladu a ve výrobě. Než dojde ke zpracování, je zapotřebí nechat materiál nějakou dobu v prostředí výroby abychom zamezili srážení vlhkosti. [4,6]



Obr. 4 Graf sušení a navlhání plastu [2]

1.5.2 Přísady

Volbu vhodného materiálu nám mohou usnadnit přísady, kterými můžeme vybraný materiál dle potřeby upravovat a zlepšovat. Mezi přísady můžeme řadit různá barviva, plniva, změkčovadla, nadouvadla, stabilizátory anebo retardéry.

Barviva můžeme rozdělit podle jejich vzniku na organické a anorganické. K obarvení může dojít před samotným výrobním procesem při přípravném zpracování nebo až přímo na vstřikovacím stroji. Jelikož vstřikování probíhá za vyšších teplot, tepelná stálost je jedním z hlavních požadavků na vlastnosti barviv. Mezi další můžeme zařadit například povětrnostní stálost nebo odolnost proti UV záření.

Plniva hrají roli u fyzikálních a mechanických vlastností materiálu, kterými jsou například tvrdost, pevnost, tuhost nebo viskozita. Podle typu zvoleného plniva nám tyto vlastnosti mohou zlepšovat nebo případně práškových plniv mohou tyto vlastnosti zhoršovat.

Změkčovadla, jak už z názvu vypovídají, snižují tuhost nebo tvrdost, a naopak nám zvyšují ohebnost a pomáhají získat požadovanou měkkost. Používají se zejména u tvrdších polymerů.

Nadouvadla se používají při výrobě lehčených plastových výrobků, jelikož při jejich zpracování uvolňují plyny, které nám pomáhají dosáhnout lehčené struktury materiálu.

Stabilizátory nám pomáhají prodloužit životnost výrobků tím, že potlačují degradaci materiálu ať už vlivem povětrnostních podmínek, UV záření nebo například vlivem tepla. Zvýšení teplotní odolnosti materiálu nám napomáhá při vstřikovacím cyklu. Díky zvýšení této vlastnosti můžeme vstříkovat za vyšších teplot nebo může vstřikovací cyklus trvat déle, aniž by došlo k termooxidačnímu stárnutí materiálu.

Přidáním retardéru potlačujeme hořlavost materiálu. [4,7]



Obr. 5 Polymer ve formě granulátu [9]

2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování řadíme mezi nejpoužívanější technologie zpracování plastů. Výhodami této technologie jsou rychlost produkce, kvalita výrobku, také ekonomičnost nebo fakt, že můžeme zpracovávat širokou škálu plastů nebo kaučukových směsí. Vyrábět můžeme buď konečné výrobky, a to ať už tenkostěnné, tlustostěnné. Dále to mohou být výrobky se závitů nebo výrobky tvarově složité, které potom nacházejí uplatnění v nejrůznějších odvětvích. Výsledkem vstřikování může být hotový výrobek, polotovár nebo také díl který, slouží k následnému zkompletování například nějaké sestavy. Mezi další výhody vstřikování řadíme využití vtokového zbytku, pokud tedy vstřikujeme termoplasty. Tento zbytek po vstřikování, který by mohl být označen jako odpad můžeme znovu zpracovat a následně znovu vstřikovat. Cyklus této technologie je poměrně rychlý a díky tomu, že existují vícenásobné formy, které nám umožňují vstřikovat více kusů najednou, můžeme dosahovat velkého počtu vyrobených kusů v poměrně krátkém časovém cyklu. Rychlost cyklu se odvíjí i od složitosti výrobku. [6,9]

2.1 Vstřikovací cyklus

Jak už název cyklus napovídá, jde o cyklický, tedy stále dokola se opakující děj. Během tohoto cyklu, dochází ke změnám jak teploty materiálu, tak i tlaku působícího na něj. V návaznosti na tyto skutečnosti můžeme tento děj nazvat jako neizotermický nebo také jako neizobarický. Vstřikovaný materiál se v rámci celého cyklu nedostává do úplně do rovnovážného termodynamického stavu.

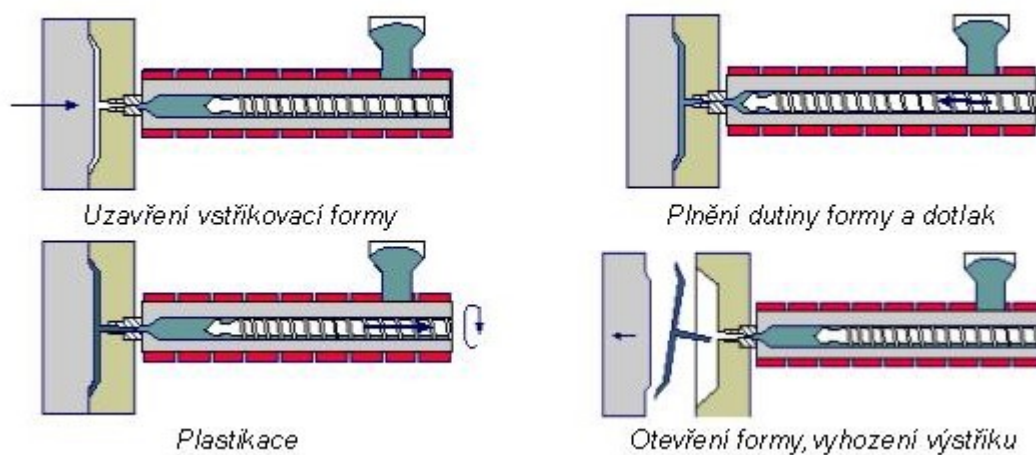
Za počátek vstřikovacího cyklu se považuje uzavření vstřikovací formy. Forma musí být dokonale uzavřena a zajištěna, aby nedošlo k otevření formy důsledkem vstříknutí materiálu. K uzavřené formě následně přijede plastikační jednotka, ve které je připravený roztavený materiál. K tomu dojde tak, že je nejprve do násypky stroje nasypán materiál například ve formě granulátu. Z násypky pokračuje do tavicí komory, kde je díky účinku tření a topení roztaven a pomocí šneku dopraven až na konec plastikační jednotky. V dalším kroku dojde ke vstříknutí materiálu do dutiny formy, která tavenině dodá požadovaný tvar.

Následuje dotlak, který je nezbytný pro dokonalé zaplnění ostřejších hran výrobku. Forma, do které je roztavený materiál vstříknut má nižší teplotu než materiál, tudíž ihned po vstříknutí začne docházet k ochlazení materiálu. Během tohoto chladnutí dochází ke zmenšování objemu neboli tzv. smrštění. Aby vlivem smrštění nedocházelo k propadlinám

a aby byl materiál stále v celé formě, dochází k již dříve zmiňovanému dotlaku. Samotný dotlak trvá několik sekund a poté probíhá chlazení materiálu za sníženého tlaku.

Během chlazení odjíždí plastikační jednotka a dochází k přípravě na další vstřik materiálu.

Materiál v dutině chladne až na vyhazovací teplotu, kdy je připraven na vyjmutí z formy bez toho, aby došlo k nějakému poškození. Zatím co výrobek chladne, ve formě klesá tlak. K vyjmutí v zchladnutého výrobku dochází tak, že se otevře forma a pomocí vyhazovačů je výrobek vyhozen nebo může být vyjmut obsluhou. Tímto se cyklus uzavírá, následuje uzavření formy a celý cyklus se opakuje. [8,9]



Obr. 6 Vstřikovací cyklus [9]

2.2 Kvalita vstřiku

Kvalitu výrobku může být popsána jejími vlastnostmi, a to ať už fyzikálními nebo mechanickými. O těchto vlastnostech rozhoduje velká řada faktorů. Tyto faktory ovlivňují vlastnosti vstřiku jak samostatně, ale i v kombinaci s těmi ostatními navzájem.

Jedním z ovlivňujících faktorů je volba plastu, který budeme vstřikovat. Záleží na teplotním chování plastu, jelikož plast vstřikujeme ve formě taveniny. V ideálním případě se hledá plast, s co možná nejširším rozsahem teplot, při kterém může být zpracováván. Z teplotního hlediska nás zajímá i doba, za kterou dojde k jeho plastikaci. Tato doba by měla být co nejkratší. Dále nás zajímá velikost vnitřního pnutí, které má být naopak co nejkratší. Svou roli hraje i to, jak moc se výrobek během chlazení smrští nebo jeho reologické vlastnosti.

Faktory, které ovlivňují vstřik z technologického hlediska, máme tu například teplotu taveniny, jež závisí na už zmíněné volbě plastu. Teplota taveniny ovlivňuje délku vstřikovacího cyklu, protože na ní závisí doba chlazení. Vliv má také na tekutost materiálu

a tím pádem i na hodnotu vstřikovacího tlaku nebo následného dotlaku. Vstřikovací tlak potom mění rychlost vstřiku a tím i dobu za kterou se forma naplní.

Další věc, kterou můžeme ovlivnit je teplota formy. Opět se musíme řídit zvoleným plastem a také požadavky na povrch výsledného výrobku.

Všechny tyto faktory jsou na sobě závislé a cílem konstruktéra, který formu navrhuje je dosáhnout co nejkratšího možného cyklu, aby nedošlo například k degradaci materiálu, avšak se zachováním všech požadovaných vlastností na výsledný výrobek. [9]

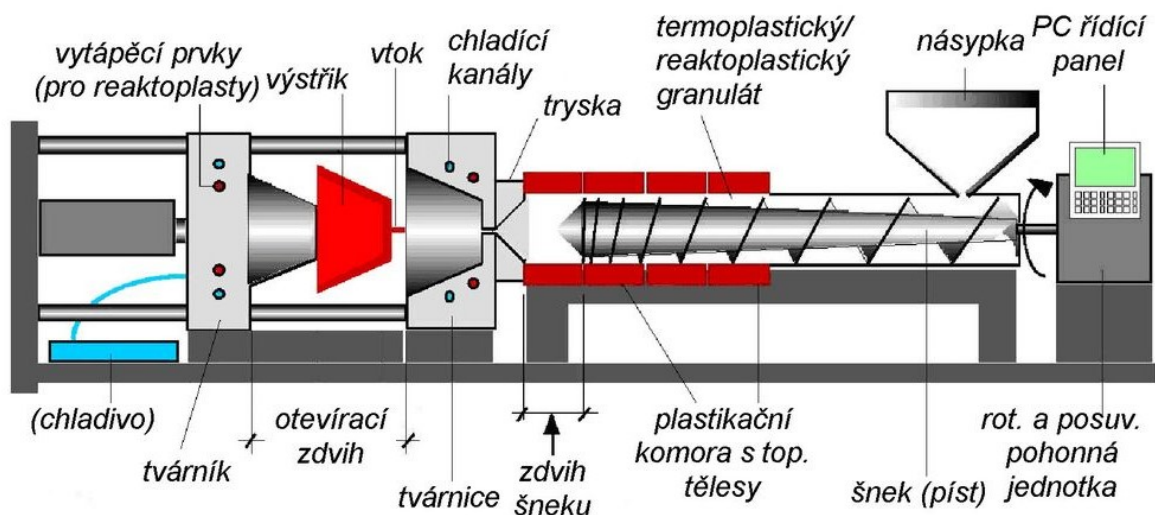
2.3 Vstřikovací stroje

Cyklus vstřikování je předem definovaný a po dobu výroby se nemění. Díky tomu je vstřikovací stroje plně automatizované a výroba na těchto strojích může efektivně zvládat hromadné zakázky nebo velkosériové výroby. Základní princip všech typů vstřikovacích strojů zůstává stejný stejně jako tři základní jednotky. Jsou jimi vstřikovací jednotka, uzavírací jednotka a řídicí jednotka.

Rozdělení vstřikovacích strojů může být podle pohonu, jakým je stroj poháněn. Existují tedy stroje elektrické, hydraulické a stroje hybridní.

I přesto, že cena formy pro vstřikování často převyšuje cenu celého vstřikovacího stroje, je stále potřeba zvážit parametry vstřikovacího stroje, protože i sebelépe navrhnutá forma bude nepoužitelná, pokud vstřikovací stroj nebude mít dostatečné kvality. Parametry, které je potřeba zvážit: [9,18]

- Ukotvení formy
- Maximální a minimální velikost a váha, jakou může forma mít
- Rychlost vstřiku (průměrná a nejvyšší)
- Vstřikovací tlak
- Přístup pracovníka
- Možnost revize stavu formy



Obr. 7 Schéma vstřikovacího stroje [9]

2.3.1 Vstřikovací jednotka

Hlavním úkolem vstřikovací jednotky je připravit materiál na následné vstříknutí a doprava materiálu do dutiny formy. Vstřikování probíhá pod velkým tlakem a za co nejvyšších rychlostí.

Vstřikovací jednotky můžou být rozděleny na pístové, dnes už téměř nepoužívané, a šnekové, které jsou nástupci těch pístových. Jejich hlavní rozdíl je v principu tavení a dopravování materiálu. Hlavní výhodou u šnekových strojů je, že nám pomocí točivého pohybu šneku zaručuje homogenitu taveniny. Zabraňuje také přehřívání taveniny a dosahuje vyšší účinnosti. Princip pístového stroje byl převzat z vysokotlakého lití roztavených kovů na rozdíl od toho šnekového, který byl vyvinut později, aby vyřešil nedostatky toho pístového.

Činnost šnekového vstřikovacího stroje začíná u násypky. Do ní je nasypán předem připravený materiál, většinou ve formě granulátu. Zde je prostor k dodatečnému obarvení hmoty nebo doplnění o určité plniva nebo přísady. V ústí násypky přebírá tento materiál šnek, který jej svým točivým pohybem posouvá dále do předem nahřáté tavící komory. Svým otáčivým pohybem se zároveň šnek odsouvá dozadu a materiál už ve formě taveniny se hromadí před čelem šneku. Jakmile je připraveno dostatečné množství materiálu, šnek přestane konat otáčivý pohyb a začne na materiál před sebou působit jako píst. Tento materiál poté skrze trysku vstříkne do dutiny formy. Kvůli tepelnému chování materiálu během chladnutí a následnému vzniku smrštění, nesmí být vstříknuto více než 90% kapacity jednotky. Je zapotřebí nechat si rezervu pro případné doplnění materiálu, který tímto

smrštěním ubude. Ideální množství je 80%. Další výhodou šnekových strojů je urychlení vstřikovacího cyklu tím, že během chlazení vstříknutého materiálu v dutině formy dochází k předpřípravě další dávky taveniny, aby po dostatečném ochlazení, vyhození a opětovném uzavření formy mohlo dojít co nejdříve k opětovnému vstříknutí materiálu. [9]

2.3.2 Uzavírací jednotka

Hlavním úkolem uzavírací jednotky je uzavírat a otevírat formu. Podle způsobu, jakým systémem je uzavírána a otevírána je můžeme rozdělit na hydraulické, mechanické, kombinaci hydraulického a mechanického nebo elektrické. Dalším úkolem uzavírací jednotky je udržet formu uzavřenou i během vstřikování materiálu, které probíhá za určitého tlaku. Forma se během vstřikování a chlazení nesmí samovolně otevřít jinak by mohlo dojít k úniku materiálu nebo poškození výrobku. Sílu, kterou uzavírací systém vyvíjí lze rozdělit na sílu uzavírací a sílu přisouvající, přičemž na moderních vstřikovacích strojích je možné rychlost a sílu uzavírání libovolně programovat.

Pokud bychom si uzavírací jednotku popsali po jednotlivých částech, našli bychom zde opěrné desky, které jsou pevně spojeny s ložem stroje. Dále je zde pohyblivá deska, na kterou se upíná i pohyblivá část formy. Nepohyblivá část formy je připevněna na upínací desku, která má také otvor pro trysku vstřikovací jednotky pro dopravu roztaveného materiálu. Potom uzavírací jednotka také obsahuje již zmiňované uzavírací mechanismy a nějaké přidržovací mechanismy. [9]

2.3.3 Řídící jednotka

Řídící jednotka má na starost automatizaci vstřikovacího cyklu. A to ať už úplně automatický průběh nebo alespoň částečně automatický. Pomáhá také udržovat stálou reprodukovatelnost a zajišťuje kontrolu nastavení stroje. Přesné seřízení vstřikovacího stroje je nutné a jeho nedostatky se podepíší na kvalitě výrobku. Pomocí řídicí jednotky se i značně zvyšuje produktivita práce a moderní vstřikovací stroje by se bez ní neobešly. Pracovní cyklus si obsluha může snadno navolit na displeji z předem přednastavených programů, které můžou být dle potřeby upraveny. Pokud dojde k nějaké chybě, díky kontrole řídicí jednotky se dá chyba snadno odhalit. [4,9]

3 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Při návrhu vstřikovaného výrobku musíme brát v potaz, že plastový výrobek dosahuje úplně jiných vlastností, než je tomu například u kovového. V praxi jsou na konstruktéra kladeny další požadavky různých charakterů. Může jít o požadavky z ekonomického hlediska spojené s náklady nebo o požadavky z hlediska pevnostních nebo rozměrových vlastností. Dále se musí konstruktér zajímat o to, aby byl výrobek co nejsnáze vyrobitelný. Mezi všemi těmito nároky musí najít nějaký kompromis, se kterým bude spokojena jak strana zákazníka, tak i strana výroby. [4]

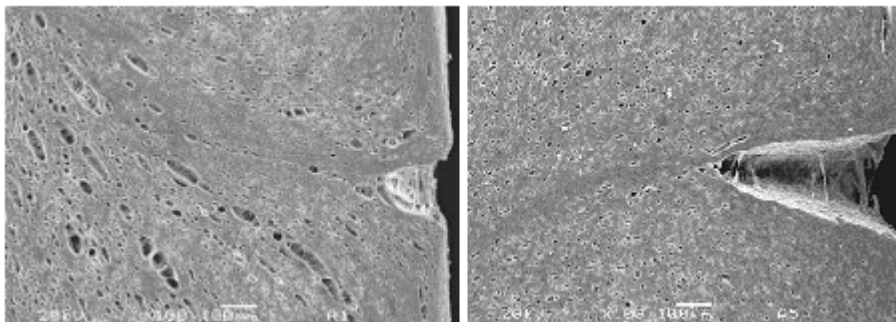
3.1 Jakost výrobku

Jakost u plastových výrobků je dána dvěma hlavními faktory. Jedním z nich je přesnost rozměrů výrobku dle požadavků. U výrobků z plastu není tak jednoduché zaručit maximální přesnosti rozměrů jako například u kovových výrobků. Jde o specifické vlastnosti materiálu a ostatní činitele, působící na výrobek. S ohledem na všechny tyto faktory se určuje tolerance, s jakou rozměrovou přesností jsou výrobky dodávány. Dalším faktorem udávajícím jakost vstřikovaného výrobku je jakost jeho povrchu. Tu nám vždy udává kvalita povrchu dutiny formy. Výsledkem mohou být povrchy ať už složitější jako například lesklé a hladké. Zde je kladen velký důraz na kvalitu povrchu dutiny formy a tím se zvedají i výrobní náklady. Nebo naopak u výrobky matných je tomu naopak, a navíc dokážou skrýt i některé nedostatky jako je třeba místo studeného spoje.

Abychom dosáhli co nejvyšší jakosti výrobku, je třeba si dát pozor na několik skutečností. Jedna ze skutečností, které je třeba vzít v potaz je smrštění výrobku. Ať už to vzniklé během chlazení po vstříknutí nebo to, které může nastat po delším časovém odstupu vlivem teplotních rozdílů. Dále jde o studený spoj, který vzniká při střetnutí dvou chladných čel taveniny při obtékání otvorů v povrchu nebo určitou navlhavost nebo nasákavost, které mohou ovlivnit rozměry výrobku. [4,7]

3.1.1 Viskozita taveniny

Viskozita je jedním z klíčových parametrů pro určení morfologie toku taveniny nemísitelného polymeru a určení pevnosti studeného spoje. Tavenina s nízkou viskozitou se stává více náchylná k deformaci nebo úplnému porušení materiálu vlivem namáhání ve stříhu nebo elongačnímu napětí. Selhání v místě studeného spoje se mění s viskozitou materiálu. Zvyšování viskozity směsi vede ke snižování elongačního napětí. [16]

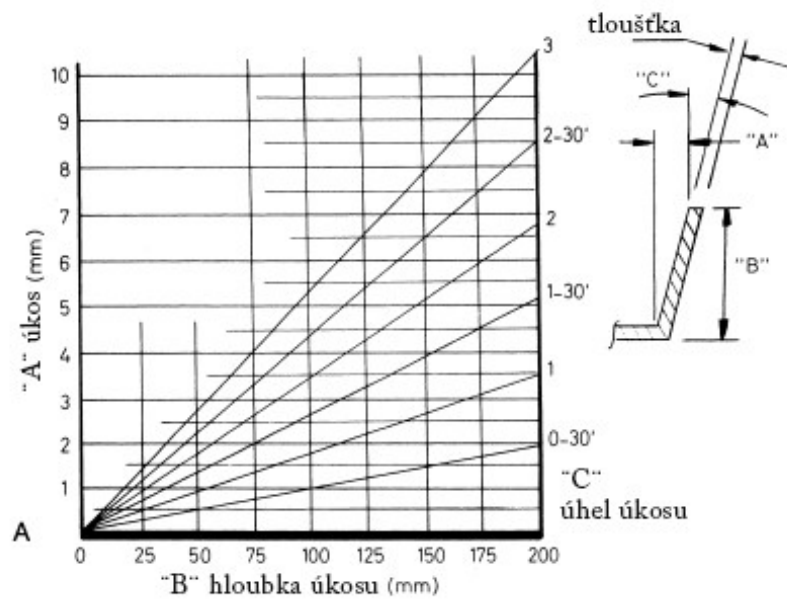


Obr. 8 Mikrosnímky struktury toku taveniny [16]

3.2 Zásady konstrukce

Při správné konstrukci je třeba dodržet několik zásad, abychom dosáhli nejjednodušejí výrobitelného výrobku s nejlepšími možnými vlastnostmi. Jedna ze zásad se týká tloušťky stěn. Ta by měla být, pokud možno, co nejvíce jednotná a při volbě tlustších stěn je třeba navrhnout vhodné odlehčení. Pokud nelze zvolit jednotnou tloušťku stěny, přechody mezi tloušťkami se budou týkat další zásady. Ta se týká přechodů, hran, různých rohů a koutů. Čím oblejší tyto tvary jsou, tím lépe se do nich materiál dostane bez nutnosti zvyšování tlaku. Proto je třeba se ostrým přechodům nejlépe úplně vyhnout nebo je nahradit co nejoblejšími. Pokud jde o různé nápisy nebo loga, nejlepší způsob je použít vystouplé písmo nebo tvary v prohlubni tak, aby nepřesahovalo přes povrch.

Další zásadou jsou sklony stěn ať už se jedná o úkosy nebo podkosy. Tyto sklony ulehčují, v případě úkosů, nebo naopak znemožňují, v případě podkosů, vyjímání výrobku z formy. U podkosů platí stejné jako u ostrých hran. Pokud je to možné, je dobré se jim vyhnout. V případech, kdy je vyžadován minimální nebo téměř nulový úkos (nedoporučuje se pro hluší výrobky nebo výrobky z vysoce smrštitelného materiálu) je dobré zvážit úpravu povrchu materiálu brokováním (například jemnými skleněnými kuličkami) nebo zvolit mírnou texturu materiálu. Tyto úpravy mohou usnadnit následné vyjmutí výrobku z dutiny formy.



Obr. 9 Závislost velikosti úkosu na hloubce [15]

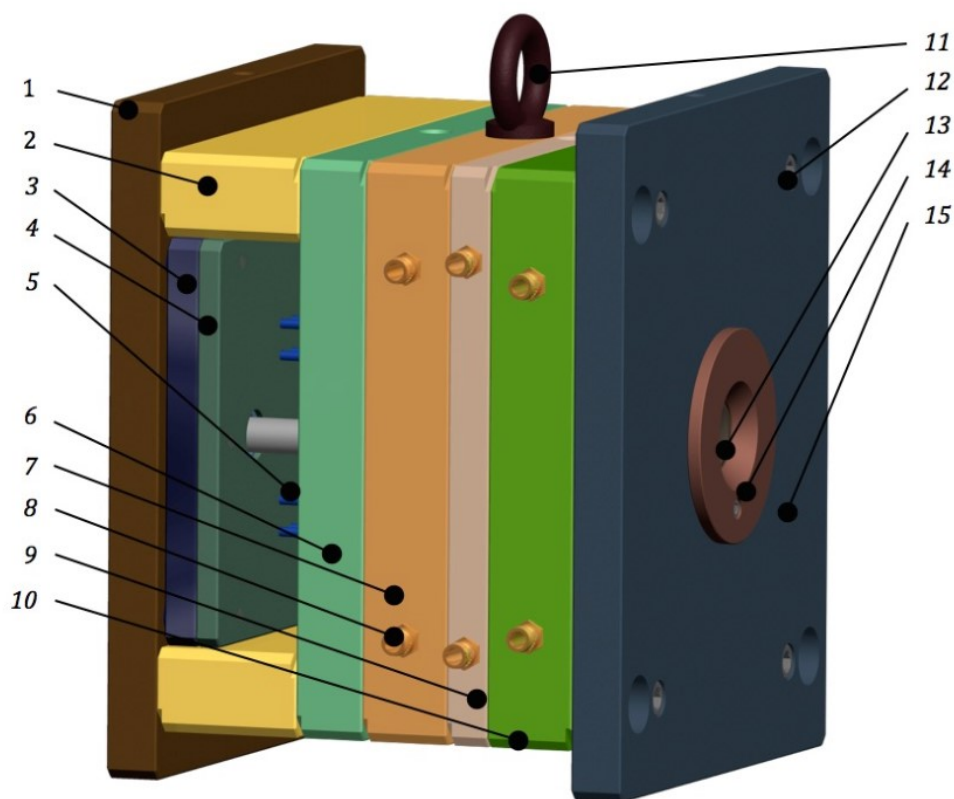
Pro velké rovinné plochy je vhodné doplnit je o žebra. Může dojít k určitým povrchovým vadám nebo k zhoršení funkčních vlastností výrobku. Podle funkce, kterou daná žebra plní, je můžeme rozdělit na žebra technologická a žebra technická. Žebra mohou plnit různé role jako například zlepšení pevnosti nebo tuhosti, mohou také přispět k lepšímu plnění formy taveninou nebo mohou být použity čistě z estetického hlediska. [4,15]

3.3 Dokončovací úpravy

Tyto úpravy slouží k zafixování nebo i zlepšení vlastností vstříkovaných výrobků. Mezi tyto úpravy řadíme temperování, které se provádí za zvýšených teplot, nebo kondicionování například polyamidu, který vysušováním ztratí potřebnou vlhkost. Dále sem patří různé speciální úpravy povrchu jako třeba dodatečné nátěry, potisk nebo obrábění. Obrábí se nejčastěji místo vstříku, tedy místo kudy byl do formy přiváděn materiál. Obráběny mohou být také dodatečně některé tvarově složité části, které by mohlo být obtížně vstříknout. Plastové vstříkované výrobky se většinou obrábí za sucha, přičemž mohou být chlazeny vodou nebo řeznou kapalinou. [4]

4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma je nedílnou součástí každého vstřikovacího stroje. Její funkcí je udávání tvaru a rozměrů finálnímu výrobku. Forma musí zajišťovat všechny předem stanovené technologické podmínky, musí zajistit, aby výrobek měl požadovanou jakost a rozměr a musí být schopna rozvést taveninu rovnoměrně po celé dutině. Dalšími funkcemi, které musí forma plnit jsou odvod tepla a odformování zchladnutého dílu. Všechny tyto funkce mohou mít svá specifika, která mohou být zároveň v rozporu. Úkolem konstruktéra je tedy najít kompromis mezi těmito funkcemi. [2,4]



Obr. 10 Dvoudesková vstřikovací forma [10]

1 – upínací deska, 2 – rozpěra, 3 – hlavní vyhazovací deska, 4 – přidržovací vyhazovací deska, 5 – vyhazovač, 6 – podpěrná deska, 7 – „B“ deska, 8 – přípojka chlazení, 9 – „C“ deska, 10 – „A“ deska, 11 – manipulační oko, 12 – hlavní montážní šrouby, 13 – vtoková vložka, 14 – středící kroužek, 15 – upínací deska

4.1 Konstrukce formy

Při konstrukčním návrhu formy se konstruktér musí podřizovat požadavkům a účelům, které má forma splňovat. Každá forma vyžaduje vysokou přesnost a dosažení požadované jakosti povrchu výrobku. Nároky jsou kladeny i na tuhost a pevnost formy, aby odolávala

potřebným tlakům a teplotám. Tohle ovlivníme volbou vhodného materiálu a také jeho zpracováním. Kvalita zpracování a volby materiálu nám udává životnost formy. Při volbě materiálu musíme brát ohled na typ zpracovávaného polymeru, rozměry výrobku, počet výrobků a cenu zvoleného materiálu. V potaz musí konstruktér brát i náročnost výroby formy, aby byla forma co nejnáze vyrobiteľná.

Pokladem pro výrobu formy od konstruktéra je kompletní výkresová dokumentace a všechny doplňující údaje ať už jde o technické podmínky nebo technologický postup výroby. Při tvorbě výkresu se nesmí opomenout na všechny podmínky kladené na tvar výrobku, jako jsou například ostré hrany nebo úkosy. S ohledem na funkci a vzhled součásti se následně volí dělicí rovina. Dále je třeba zvolit umístění ústí vtoků do dutiny a vybrat správný vtokový systém. Je také potřeba zvolit vhodný vyhazovací a temperační systém a odvodu dutiny formy. Násobnost formy hraje roli při návrhu uspořádání tvarových dutin a jejich vyhazovacích a temperačních systémů. Poslední nezmíněná část formy je upínání formy na vstřikovací stroj, za kterou následuje kontrola všech parametrů, které musí forma splňovat.

Na trhu existuje spousta firem, které se zabývají výrobou typizovaných komponentů pro vstřikovací formy jako například vodící pouzdra a vodící čepy, různé typy vyhazovačů nebo rámy forem. Využití jejich služeb velmi urychluje a usnadňuje práci konstruktéra. [4]

4.1.1 Násobnost formy

Násobnost formy udává počet výrobků vyrobených během jednoho vstřikovacího cyklu. Zvyšováním násobnosti formy se zvyšuje i pravděpodobnost vzniku nepřesností. Z tohoto důvodu se tvarově složitější výrobky vyrábí pomocí jednonásobných forem. [4]

4.2 Vtokové systémy

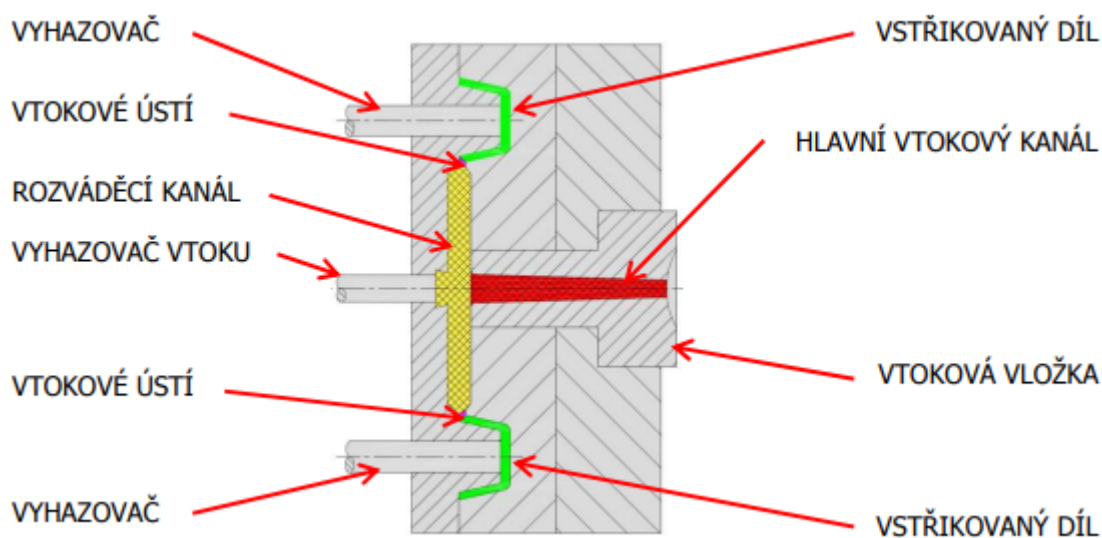
Úkolem vtokového systému je dopravení materiálu ve formě taveniny ze vstřikovací jednotky pomocí rozvodných kanálků do dutiny formy. Tento proces musí proběhnout v co nejkratším možném čase. Typ a konstrukce vtokové soustavy má vliv na kvalitu výrobku a rozhoduje, zdali zůstane výrobek a zbytek materiálu od vtoku vcelku po vyhození z formy nebo budou odděleny. Základní rozdělení vtokových systémů je na studené a vyhřívané vtokové systémy. [4,12]

4.3 Studené vtokové systémy

U studených vtokových systémů (SVS) je velký rozdíl mezi teplotou stěn rozvodných kanálků a teplotou vstříkované taveniny. Jakmile přijde tavenina do kontaktu se stěnami rozvodných kanálků, začne velmi rychle chladnout a ztuhnutý plast po obvodu kanálku se začne chovat jako izolační vrstva, zatímco středem proudí horká tavenina. Při volbě tohoto systému je třeba zvolit správné rozměry rozvodných kanálků, a to zejména u mnohonásobných forem, kde jsou kanálky značně delší než u těch jednonásobných, aby nedošlo k jejich ucpání. Dráha toku taveniny musí být co nejkratší, aby nedocházelo ke zbytečným ztrátám tepla a časovým prodlevám. U mnohonásobných forem musí být dráha ke všem tvarovým dutinám stejně dlouhá, abychom mohli zaručit rovnovážné naplnění forem. Na konci rozvodných kanálků se nachází vtokové ústí, pomocí kterého tavenina vstupuje do dutiny formy. Dle konstrukce formy a vstříkovaného dílu potom můžeme ústí vtoku řešit několika způsoby.

Z důvodu tuhnutí polymeru už v rozvodných kanálkách je značnou nevýhodou oproti vyhřívaným vtokovým systémům spotřeba materiálu. Je zapotřebí také oddělit zbytky ze vtokového systému a s každým cyklem tyto zbytky vyhodit při vyhazování ztuhlého výrobku.

Výhodou je snazší a levnější provedení vtokového systému, jelikož není potřeba nijak přehřívat a nejsou nijak energeticky závislé. [4,12]



Obr. 11 Schéma studeného vtoku [12]

4.3.1 Vtokové ústí

Vtokové ústí se nachází na konci rozvodného kanálu a jeho funkcí je spojovat tento kanál s dutinou formy. Vtokové ústí vzniká zúžením rozvodného kanálu, což je pro něj charakteristické a zajišťuje jeho hlavní funkce. Ve zvláštních případech se ústí vtoku nezužuje, například u velkoobjemových vstřiků nebo pokud je potřeba zamezit propadlinám. Jednou z funkcí vtoku, které zúžení zajišťuje, je jednodušší oddělení vstřiku od zbytku materiálu z rozvodného kanálu. Další jeho funkcí je, že materiál, který v užším místě dříve zatuhne, zamezuje úniku ještě neztuhlému materiálu zpět do rozvodného kanálu.

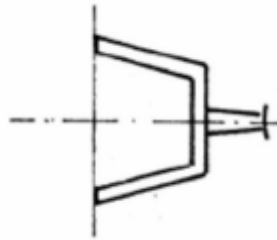
Je zde několik zásad, kterými se konstruktér musí řídit, chce-li dosáhnout co nejmenších vad výrobku. Týkají se vhodného umístění ústí vtoku. To by mělo být umístěno ideálně do místa, kde má výrobek nejširší stěnu. Chceme dosáhnout toho, že materiál bude nejprve tuhnout na vzdálenějších místech. Aby byl materiál rovnoměrně rozmístěn, je dobré umístit ústí vtok do geometrického středu dutiny. Pokud má výrobek žebra, měl by směru toku taveniny odpovídat jejich orientaci. Dále pokud máme tvarově složitější výrobek, u kterého dojde ke vzniku studeného spoje, měli bychom volit umístění ústí vtoku tak, aby se materiál potkal, pokud možno v místech, která nebudou tolik mechanicky namáhána nebo kde to nebude vzhledově vadit. Při návrhu je také důležité myslet na vyjmutí materiálu ze vtoku během otevření formy. Materiál musí být také dostatečně ztuhlý, aby mohl být vyjmut. Tudíž je důležité, aby i ze vtokového ústí byla odváděna teplota a materiál mohl díky tomu zchladnout a ztuhnout. [4,17]

Vtokové ústí může být řešeno několika možnými způsoby:

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

4.3.2 Plný kuželový vtok

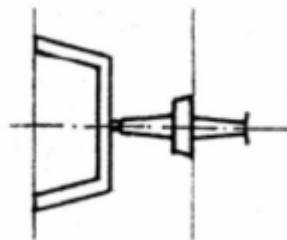
U tohoto typu je ústí vtoku nezúžené, čímž zvýšíme účinek dotlaku. Jeho použití je vhodné především u jednonásobných forem pro symetrické a tlustostěnné výrobky. Nevýhodou tohoto typu je, že odstranění zbytku materiálu ve vtoku je pracnější než u zúžených vtokových ústí, a navíc toto místo už dokonale nezapravíme, tudíž zde zůstane stopa. [4]



Obr. 12 Plný kuželový vtok [4]

4.3.3 Bodový vtok

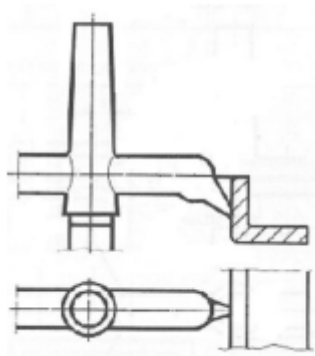
Bodový vtok je nejvíce rozšířeným typem, který se vyznačuje zúženým kruhovým ústím. U tohoto typu se využívá formy třídeskového systému. Nejprve dojde k otevření části, kde ústí vtok materiálu do dutiny, tím se odtrhne vtok od výrobku, a teprve potom se otevře část formy s výrobkem a dojde k jeho vyhození. Odtržená může na výrobku zanechat výstupek, který je potom zapraven nebo může dojít k vytržení části materiálu v místě vstříku. Tomu můžeme zamezit tím, že naproti místu, kde ústí vstřík vytvoříme čočkovitý nálitek. [4,7]



Obr. 13 Bodový vtok [4]

4.3.4 Tunelový vtok

Tunelový tok je speciálním typem bodového vtoku. Speciální je v tom, že na rozdíl od bodového vtoku nepotřebuje systém třídeskové formy. Vtokový zbytek leží se stejné rovině, jako výrobek. U tunelového typu je ale oproti bodovému navíc potřeba přidržovače vtokového kanálu a vyhazovače vtokového zbytku. Výhodou tohoto typu je, že po sobě výstřík nezanechá stopu. Nevýhodou je však náročnější výroba formy s tímto systémem. [4,7]



Obr. 14 Tunelový vtok [4]

4.3.5 Boční vtok

Boční vtok využívá také zúženého ústí, které leží v dělicí rovině a je to nejpoužívanější typem vtokového ústí. Tento typ může být realizován buď obdélníkovým, kruhovým nebo lichoběžníkovým průřezem. Zbytek vtoků u bočního typu zůstává neoddělen. Nežádoucí u tohoto typu je vznik volného vstřikování, kterému zabraňujeme úpravou tvaru ústí vtoků. [4]

4.3.6 Filmový vtok

Filmový vtok nevyžaduje velké vstřikovací tlaky. Vtokový zbytek se odděluje až po vyhození mimo formu. Využívá se především pro plnění kruhových, válcových, prstencovitých nebo tenkostěnných ploch. [4,12]

4.3.7 Rozvodné kanálky

Úkolem rozvodného kanálku je doprava taveniny od vtokového kanálu přes ústí vtoků až do dutiny formy. Rozvodné kanály se nacházejí v dělicí rovině a jsou v podstatě prodloužením dutiny formy, akorát jsou rozděleny vtokovými ústími. Na rozdíl od dutiny jsou kanálky užších rozměrů a nepotřebují tak dlouhou dobu chladnutí. Doba chladnutí ve vstřikovacím cyklu se však neodvívá tolik od teploty rozvodných kanálků jako od teploty materiálu v dutině formy. Jakmile je materiál vyjmutelný z kanálku a výrobek si při vyjímání z formy zachová všechny potřebné kvality, chladnoucí cyklus je u konce. Provedení rozvodných kanálků ovlivňuje spoustu dalších věcí jako například kvalitu výrobku nebo náklady na výrobky. Při konstrukci výroby se však také musíme řídit mnoha dalšími faktory, které musí forma splňovat. Těmi jsou například rozměry výrobku, rychlost, kterou chceme formu plnit, nebo plnicí tlak. Pokud jsou rozvodné kanálky špatně vyřešeny, může to mít vliv na zvýšení spotřeby materiálu a s tím i spojené náklady na výrobu. Mohou mít vliv na délku

vstřikovacího cyklu nebo zbytečně velké požadavky na vstřikovací tlak. Toto vše musí konstruktér při návrhu vzít v potaz a rozhodnout, které řešení bude to nejvhodnější. [17]

4.3.8 Vtoková vložka

Vtoková vložka je normalizovaná součást, která se nachází mezi tryskou vstřikovacího stroje a rozváděcím kanálem. Uvnitř ní se nachází vtokový kanál. Vtoková vložka bývá opatřena otvorem, aby mohla být vložka pomocí kolíku správně uchycena ve formě a nedošlo k jejímu pootočení.

Hlava vtokové vložky je opatřena rádiusem, aby spojení s tryskou vstřikovací jednotky bylo dokonale těsné. Vně vtokové vložky, kde se nachází vtokový kanál je stěna pod úkosem směrem k dělicí rovině. To z důvodu, aby zbytek vtoku mohl být snadněji vyjmut z formy.

Jelikož je vtoková vložka tepelně i mechanicky namáhána, tak se pro její výrobu volí houževnaté materiály s tepelným zpracováním. [4,12]

4.4 Vyhřívání vtokové systémy

Vyhřívání vtokové systémy (VVS) vznikly s myšlenkou minimalizovat spotřebu materiálu. Při využití SVS zůstával vlivem chladnutí po vstřikovacím cyklu v kanálcích nevyužitý materiál. Díky vyhříváním tryskám mají formy využívající tyto vyhřívání vtokové soustavy minimální ztráty teploty i tlaku taveniny a zajišťují její optimální tok.

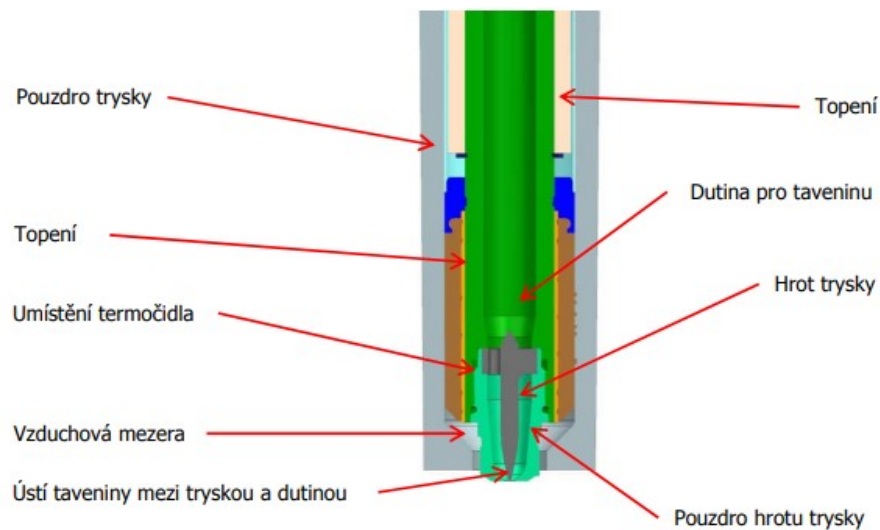
Vyhřívání vtokový systém se skládá z hlavního vtokového kanálu, kterým se přivádí roztavený materiál ze vstřikovací jednotky. Dále tavenina putuje do rozvodného bloku, ve kterém si tavenina udržuje stálou teplotu a viskozitu. O udržování teploty taveniny se starají jehly. Dalším komponentem VVS je například topení rozvodného bloku nebo trysky, dopravující taveninu do dutiny formy.

Výhodami VVS je snížení spotřeby materiálu vlivem zamezení tvoření zbytků a tím také odstranění nutnosti dokončovacích operací spojených se zbytky materiálu ve vtokových kanálcích. Nevýhodou jsou zvýšené náklady na nároky na výrobu formy. Jedná se totiž o technologický složitější systém, než o který šlo u studených vtokových systému, který nekladl ani žádné energetické nároky. [4,13]

4.4.1 Vyhřívání trysky

Hlavním úkolem vstřikovací trysky je doprava materiálu ze vstřikovacího stroje do dutiny formy, za pokud možno konstantní teploty. Díky tomu nám pomáhají zajistit co nejlepší

podmínky pro vstřikování. Podle typu vyhřívání trysky je můžeme rozdělit na přímo vyhřívané trysky a nepřímo vyhřívané trysky. [4]



Obr. 15 Vyhřívaná tryska [13]

4.4.2 Přímo vyhřívané trysky

Tyto trysky se dále liší podle principu, kterým jsou vyhřívány. Mohou být vyhřívány z vnější strany, kdy tavenina proudí vně trysky, která je ze vnější strany opatřena topným tělesem. Ve druhém případě mohou být vyhřívány zevnitř. Toho je dosaženo tak, že tavenina obtéká tzv. vyhřívané torpédo. [4]

4.4.3 Nepřímo vyhřívané trysky

Zde může být tryska dotápěná buď vlastním zdrojem tepla nebo rozvodným blokem. U trysky dotápěné vlastním zdrojem je to realizované tak, že malá topné těleso uvnitř ocelového pouzdra zasahuje špičkou do vyústění toku. Do trysky dotápěné rozvodným blokem je teplo dodáváno z rozvodu vtoků, který je vyhříváný vlastním topným tělesem. [4]

4.4.4 Vyhřívané rozvodné bloky

Vyhříváný rozvodný blok ve formě nalezneme mezi deskou upínací a tvarovou. Jeho hlavním úkolem je dopravování roztaveného materiálu vtokovým systémem za stabilní teploty. Podle závislosti na požadavky výrobku se vyrábí různé tvary rozvodných bloků. Těmi nejčastějšími jsou ve tvarech I, H, X, Y nebo T. Únik tepla z rozvodného bloku přenosem do okolních částí formy je řešen izolací. Tato izolace vyhříváné rozvodného bloku je vyřešena tak, že je oddělen od okolí vzduchovou mezerou, která funguje jako tepelný izolant. Pro vyhřívání nejčastěji slouží elektrické odporové vodiče. [13]



Obr. 16 Rozvodný blok tvaru T [13]

4.5 Temperace formy

Temperační systém má za úkol zajistit co nejmenší kolísání teplot vstřikovací formy, která se vlivem naplnění roztaveným materiálem začne zahřívat. Dalším úkolem temperačního systému je odvod tepla během fáze chladnutí a tím i urychlení vstřikovacího cyklu. Temperace tedy zajišťuje vyhřívání a ochlazování formy a má vliv na vyplnění dutiny formy taveninou a následné ztuhnutí výrobku. Forma nemusí být temperována na jednu konkrétní teplotu, ale teplota v různých částech formy může být i rozdílná. To vše záleží na konstruktérovi a složitosti tvaru výrobku. Formy se temperují na rozdílné teploty ve snaze zabránit vzniku nerovnoměrného smrštění a tím i deformaci výrobku. [5]

Temperační systém je ve skutečnosti několik kanálků a dutin, kterými proudí určité temperační médium, například voda nebo olej. Z hlediska pevnostních vlastností formy je lepší volit více kanálků menších průměrů. Temperační média dále dělíme na aktivní a pasivní. Mezi aktivní můžeme zařadit již zmíněný vzduch, vodu nebo různé jiné kapaliny nebo ještě například topné elektrické články. Tyto média fungují aktivně přímo ve formě. Zatímco pasivní média působí na formu jen svými vlastnostmi. Může jít tedy o tepelné vodiče, nebo tepelné izolanty. [5]

4.6 Vyhazovací systémy

Vyhazovací systém přichází na řadu v okamžiku, kdy je výrobek dostatečně zchladnutý na tzv. vyhazovací teplotu a dojde k otevření formy. Výrobek je navrhován tak, aby po otevření zůstal na tvárníku, tedy na straně formy, kde jsou umístěny vyhazovače. Toho je docíleno navržením úkosů ve směru vyhazování a dostatečně hladkým povrchem. Umístění a počet vyhazovačů je volen tak, aby vyhazovače dokázali vyvinout dostatečnou sílu na vyhození

výrobku. Musí se také počítat s tím, že po vyhazovačích zůstane ve výrobku stopa, proto pokud by to vizuálně vadilo, volí se nepohledová strana výrobku. Po vyhození výrobku vyhazovače opět zajedou zpět do původní pozice a jsou připraveny na další cyklus.

Prvotní vyhazovací pohyb může být zapříčiněn několika způsoby. Může jej vyvolat náraz kolíku, na který je připevněna deska s vyhazovači, o část vyhazovacího stroje při otevírání formy. Může být vyvinut také hydraulickým či pneumatickým zařízením nebo různými dalšími mechanismy ovládanými například obsluhou.

Následný pohyb zpět může být také zajištěn více způsoby, a to například pružinami, vratnými kolíky nebo různými mechanismy. [5]



Obr. 17 Válcový vyhazovač [14]

4.7 Odvzdušnění formy

Před vstříknutím taveniny do dutiny formy je dutina zaplněna vzduchem, který vstříknutý materiál vytlačí. Pokud vzduch nemá kudy unikat, může dojít k různým vadám výrobku a tím i ke zhoršení jeho mechanických vlastností. Odvzdušnění formy není vždy automaticky zahrnuto do výrobního procesu formy, jelikož vzduch ve formě v některých případech zvládne uniknout například pomocí otvorů od vyhazovačů nebo nepatrnými mezerami v dělicí rovině. Pokud dojde při zkušebním vstříkování ke vzniku vad na výrobku je přidání odvzdušnění jednou z možných řešení, jak tyto vady odstranit.

Navrhnout však správně tento systém není vždy úplně snadné. Často záleží na zkušenostech konstruktéra, který vytipuje vhodná místa a podstoupí patřičné kroky k tomu, aby navržený systém fungoval tak jak má a nikde nedocházelo k nežádoucímu úniku materiálu. Nápomocné konstruktérovi v této situaci mohou být i simulační systémy, které odhadnou tok taveniny. [5]

PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

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

Cíle bakalářské práce jsou rozděleny do čtyř částí. Úkolem první části je objasnit a přiblížit problematiku vstříkování. V této části jsou popsány materiály, které můžou vstříkovat, vstříkovací proces a vstříkovací stroje včetně detailního rozboru vstříkovacích forem.

V dalších dvou částech je znázorněna konstrukce vstříkovací formy, její vymodelování ve 3D pomocí programu CATIA V5R20 a vymodelování dílu, který může být pomocí této formy vyroben. Poslední částí je tvorba výkresu sestavy vstříkovací formy.

6 POUŽITÝ SOFTWARE

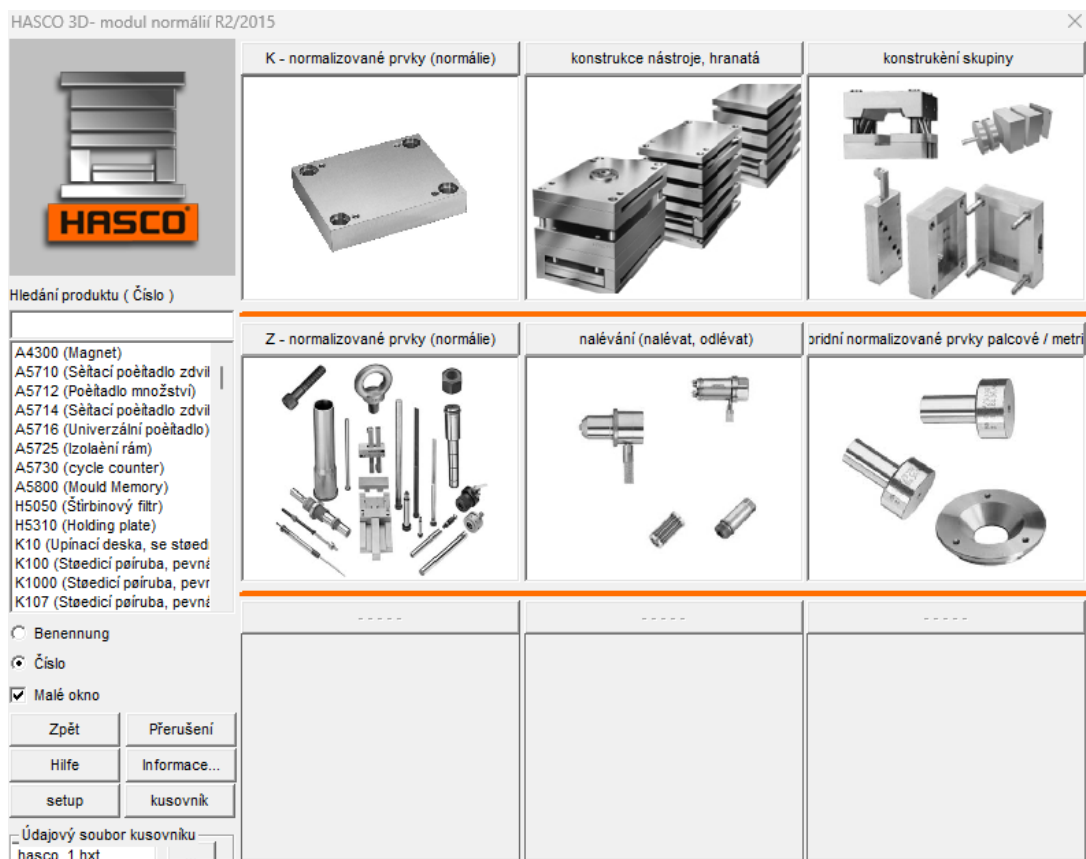
Návrh modelu výrobku proběhl v prostředí softwaru CATIA V5R20, ke kterému byl zároveň využit i katalog normalizovaných dílů od společnosti Hasco.

6.1 CATIA V5R20

K praktické části bakalářské práce, kde bylo úkolem vyhotovit 3D model, byl využit software CATIA, konkrétně ve verzi V5R20. V tomto programu byla využita rozhraní patřící pod Mechanical Design, jmenovitě Part Design a Generative Shape Design, pomocí kterých bylo vymodelováno všechno potřebné. Dále v rozhraní Assembly Design byly vymodelované části spojeny dohromady v celkovou sestavu.

6.2 HASCO DAKO MODUL

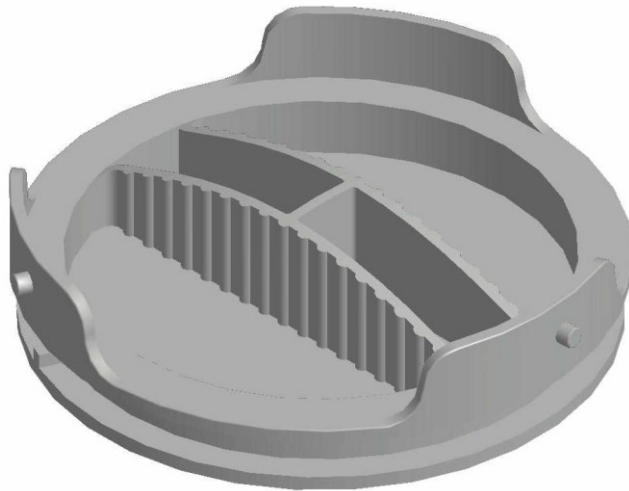
Při konstrukci vstřikovací formy byly použity normalizované díly od společnosti HASCO, které je možné vyhledat v katalogu a následně vložit do programu CATIA. V katalogu lze nalézt široký výběr součástí v různých rozměrech. Tento software značně usnadní a urychlí proces konstrukce vstřikovací formy.



Obr. 18 HASCO DAKO MODUL [14]

7 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Vstříkovaným výrobkem je uzávěr v nádobě vysavače mezi filtrem a prostorem pro ventilátor. Tento kryt je demontovatelný, aby mohlo dojít k vyčištění filtru. Hlavní rozměry tohoto dílu jsou 80x80x20 mm.



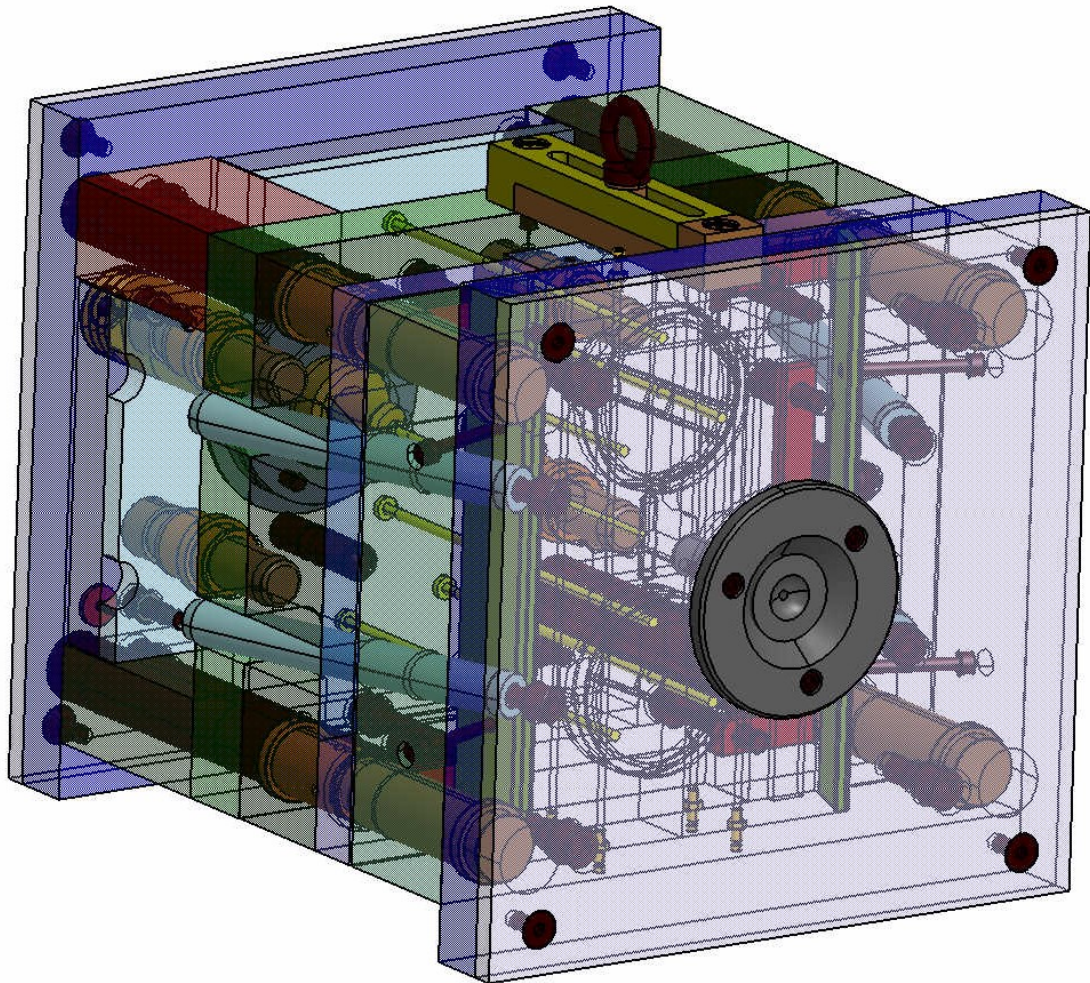
Obr. 19 Vstříkovaný výrobek

7.1 Materiál

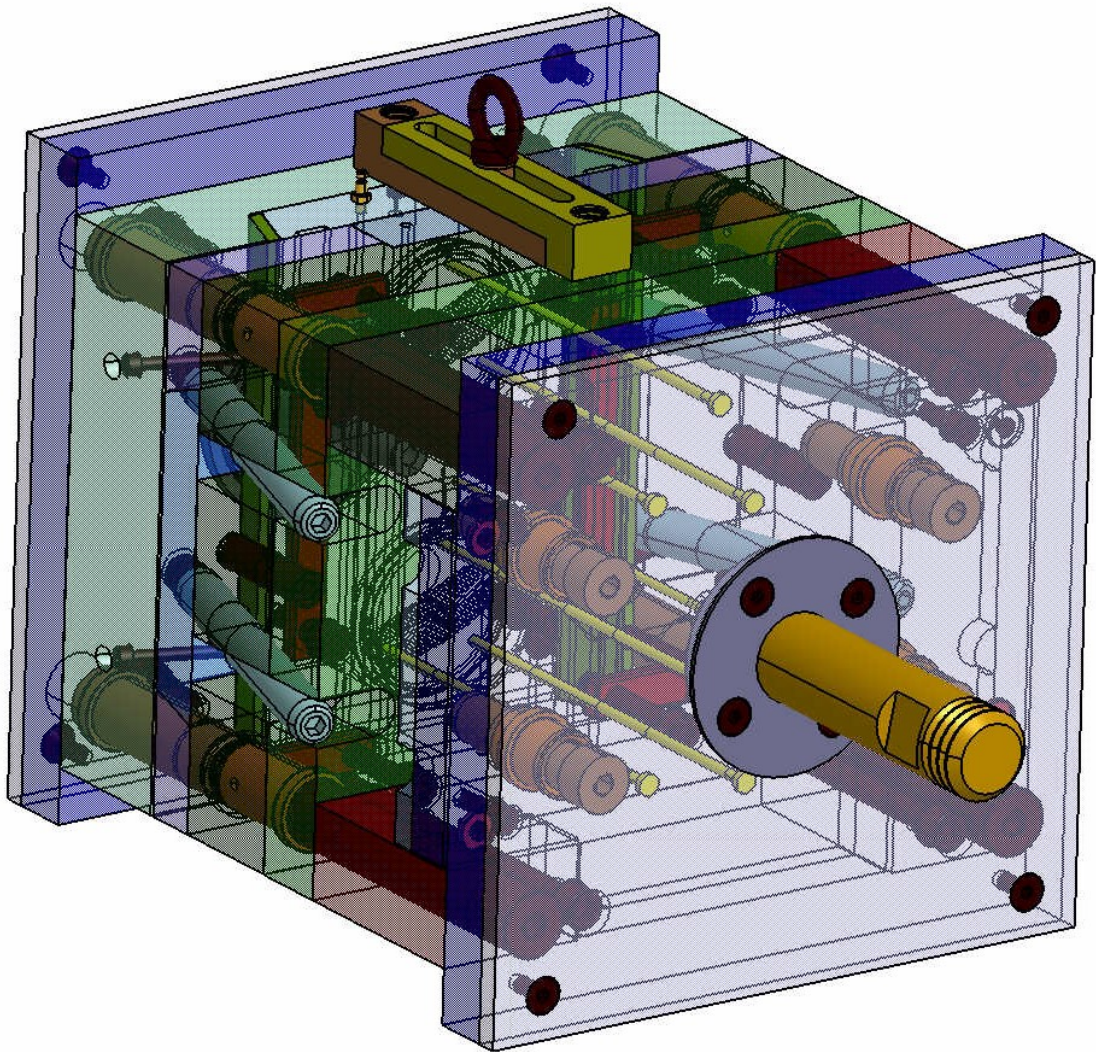
Materiál zvolený pro vstříkování tohoto výrobku je polyamid 6 (PA 6). Polyamid je termoplastem se semikrystalickou strukturou, vysokou pevností, tvrdostí a houževnatostí. Teplota jeho taveniny se pohybuje v rozmezí 240-270 °C a forma musí být temperována ideálně na 60-80 °C.

8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

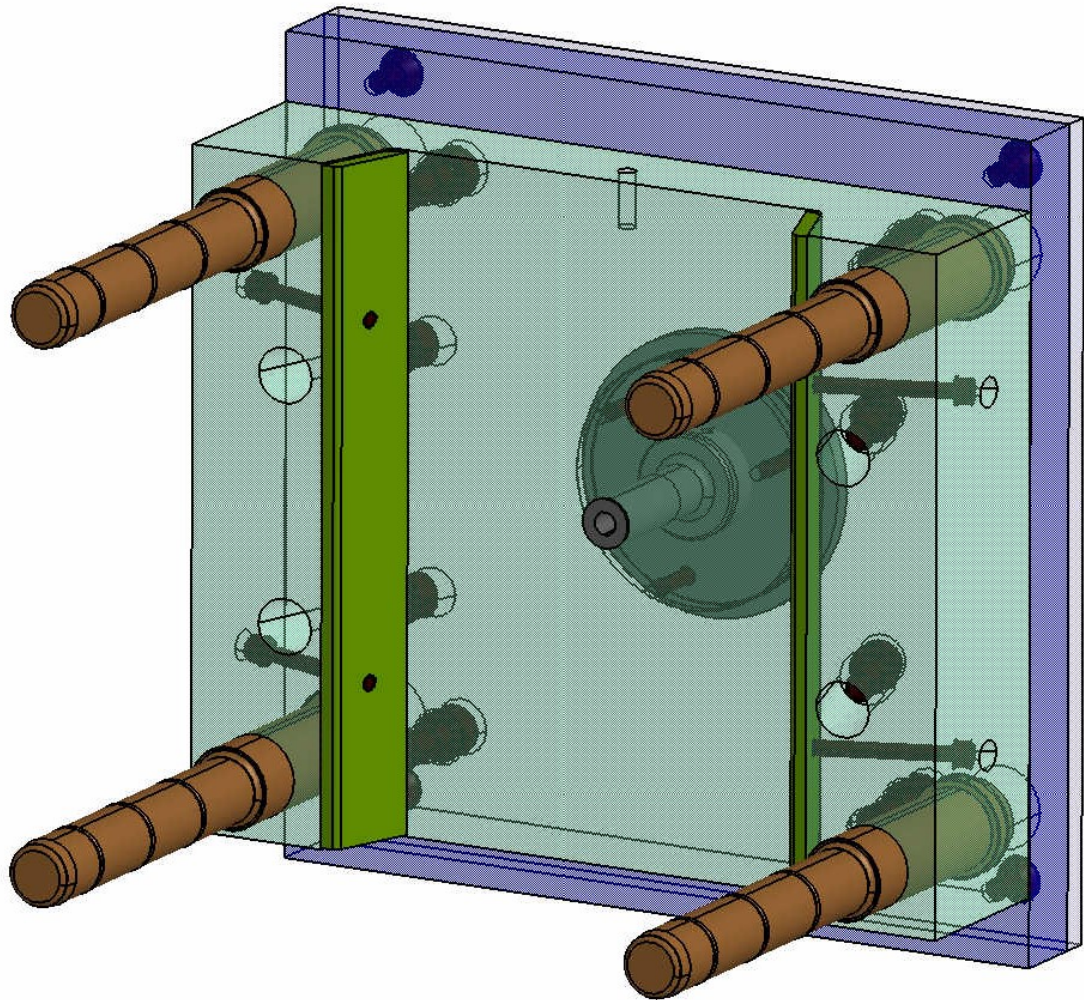
Konstrukce formy by měla být co nejjednodušší v rámci možností, jak jen vstřikovaný díl dovoluje. Při konstrukci se musí brát ohled na to abychom byli schopni vyrábět co nejvíce kusů v co nejkratším čase, zároveň však s co nejvyšší přesností. Ohled musí být také brát na ekonomickou stránku. Jelikož vstřikovací formy nepatří mezi levné záležitosti, proto je snaha jít tak levnou cestou, jak jen to vstřikovaný díl dovoluje.



Obr. 20 Forma z pravé strany

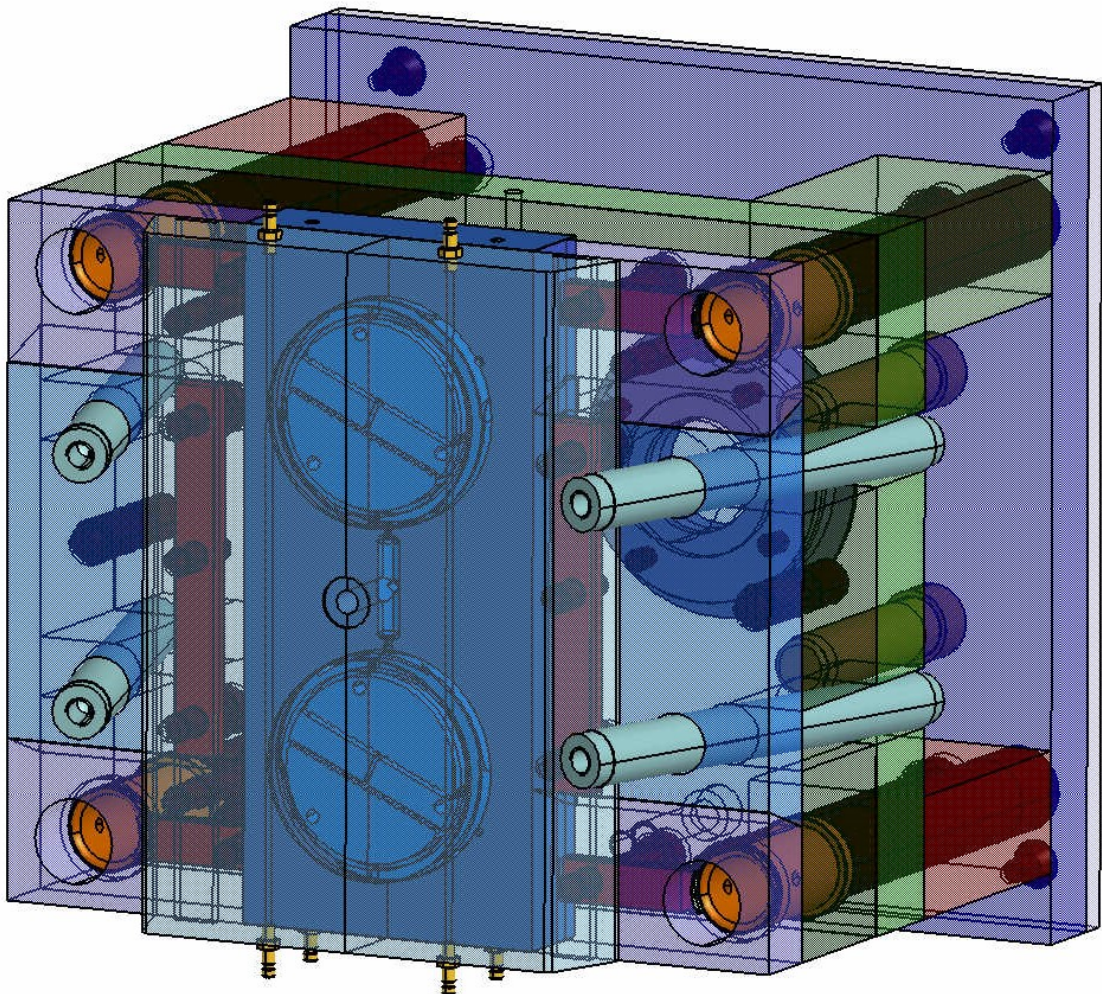


Obr. 21 Forma z levé strany



Obr. 22 Nepohyblivá část formy

Na obrázku 22 lze vidět pohled to pravé (vtokové) strany formy, které se skládá ze tří desek, izolační, upínací a kotevní desky pro tvárnice. Dále se zde nachází středící kroužek, ve kterém je vtoková vložka. Ke kotevní desce jsou připevněny táhla, která umožňují rozevírání formy. Ke kotevní desce jsou také upevněny distanční desky, které jsou součástí mechanismu pro boční rozevírání formy.

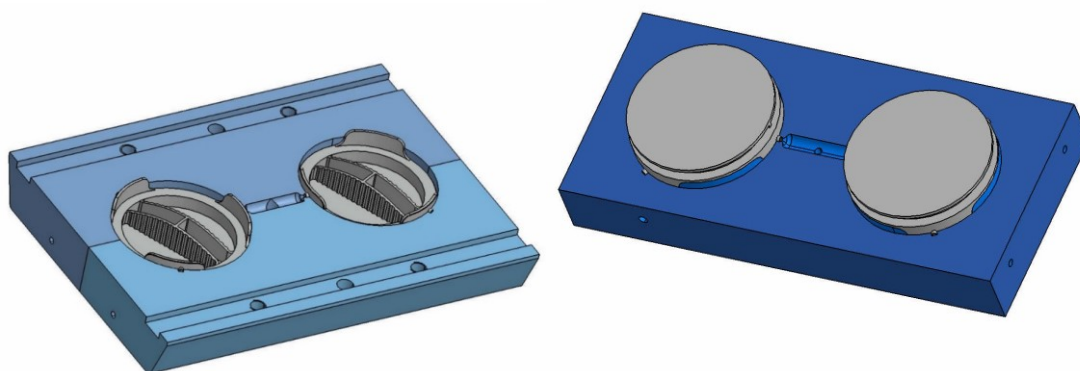


Obr. 23 Pohyblivá část formy

Na obrázku 23 lze vidět pohled na levou stranu formy, kde se nachází tvarové části formy a velká část mechanismu, sloužící k bočnímu otevření dutiny formy. Dále se zde nachází vyhazovací soustava, středící trubky a vodící pouzdra.

8.1 Násobnost formy

Za cílem dosáhnout co nejvyšší efektivity výroby je dobré volit co nejvíce násobnou formu, jak je to jen možné, za udržení co nejvyšší kvality výrobků. Faktory, které musí být zohledněny jsou například velikost výrobku, tvarová složitost nebo objem vstřikovaného materiálu. Po zohlednění tvarové složitosti výrobku v tomto případě volíme dvojnásobnou formu.

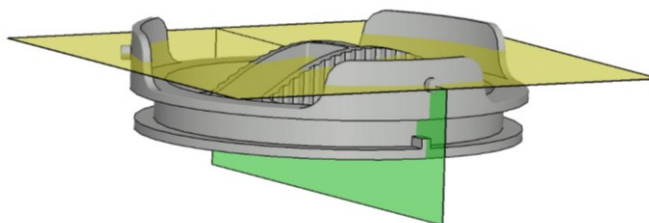


Obr. 24 Násobnost formy

8.2 Dělicí rovina

Dělicí rovina je místo, kde se setkává tvárník s tvárnicí. Je to zároveň místo, které rozděljuje formu na pohyblivou a pevnou část v případě formy s jednou dělicí rovinou. V případě tvarově složitějších dílů může být zvolena i forma s více dělicími rovinami. V tomto případě formu na pevnou a pohyblivou část rozděljuje hlavní dělicí rovina, která je kolmá ke směru, kterým se forma vysunuje. Vedlejší dělicí rovina potom může být s tímto směrem jak kolmá, tak i rovnoběžná.

Ve formě zkonstruované během této práce jsou dělicí roviny dvě, kde hlavní leží mezi tvárníkem a tvárnicí, a vedlejší rozděljuje tvárnici na dvě části.



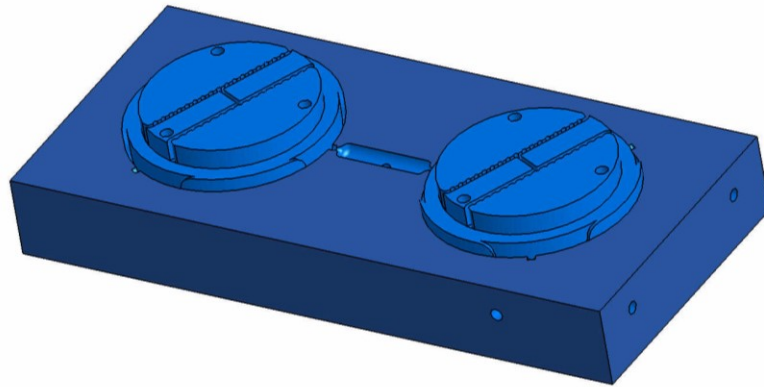
Obr. 25 Násobnost formy

8.3 Tvarové části formy

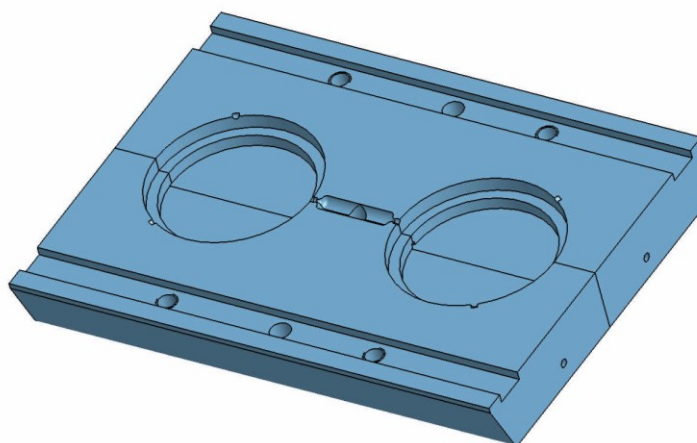
Tvarové části formy udávají výsledný tvar vstříknutého materiálu. Jelikož během chladnutí a tuhnutí materiálu dochází k jeho smrštění, musí tyto části být zvětšeny o hodnotu, o kterou se následně vstřík smrskne. U PA 6 je hodnota smrštění 1%. Hlavními prvky tvarové části formy jsou tvárník a tvárnice, které jsou upevněny do kotevních desek.

Dále se zde mohou nacházet tvarová jádra, která slouží k odformování různých otvorů mimo dělicí rovinu.

Při konstrukci tvarových částí je třeba myslet na to, aby výrobek po otevření formy zůstal na pohyblivé části (tvárníku) odkud je následně vyjmut pomocí vyhadzovacího systému.



Obr. 26 Tvárník

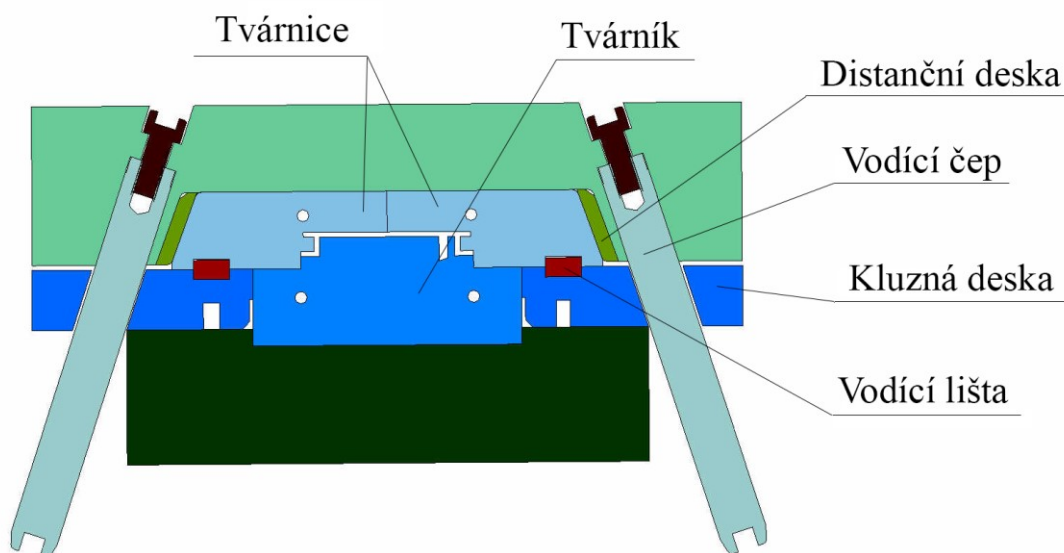


Obr. 27 Tvárnice

8.3.1 Boční posuvné části

Vzhledem ke tvaru výrobku bylo nutné zvolit konstrukční řešení, které by umožňovalo snadné odformování. Tvárnice je proto rozdělena na dvě části, které se pomocí rozevíracího mechanismu rozevrou a výrobek je možné vyjmout. Tento mechanismus se dá rozdělit na vodící část, která je připevněná k pevné nehybné části formy. Zde se nachází vodící čepy a distanční deska. Ve druhé části, která je pohyblivá a při otevírání formy dochází i k jejímu posunu zároveň s rozevřením, se nachází kluzná deska a vodící lišta.

Všechny tyto součásti jsou potom připevněny ke své části formy. Rozevírací mechanismus byl navolen v katalogu firmy Hasco pod označením K2501 a proto všechny tyto díly jsou normalizované.

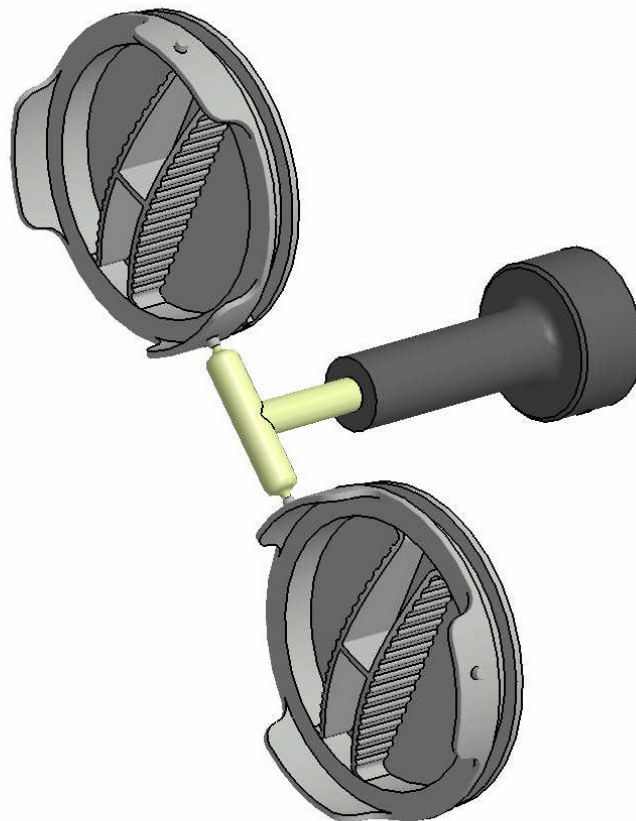


Obr. 28 Řez posuvným mechanismem

8.4 Vtokový systém

Vtokový systém spojuje vstřikovací jednotku s tvarovou dutinou formy. Jejím úkolem je doprava roztaveného materiálu v co nejkratším čase.

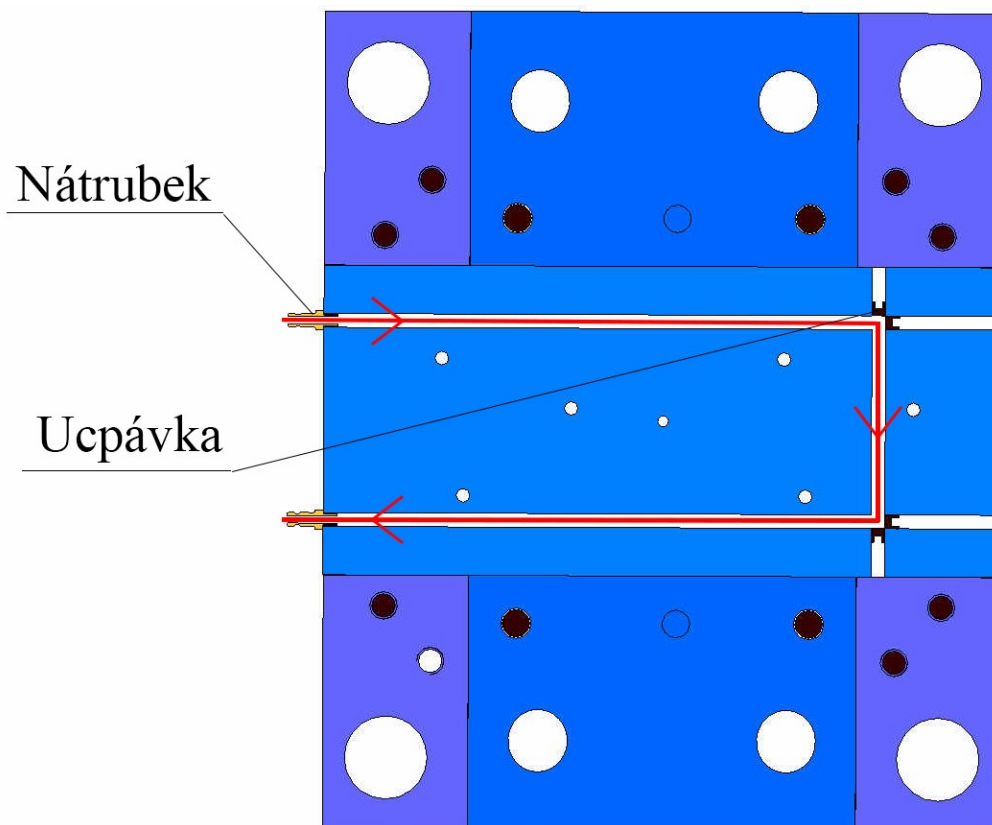
Vzhledem k tomu, že byla zvolena vícenásobná forma, je nezbytné, aby dráha do všech dutin byla stejně dlouhá. S ohledem na náklady na výrobu formy byla zvolena varianta studeného vtokového systému. Vtok taveniny je veden dělicí rovinou a do dutiny je vstříknut bočními vtoky.



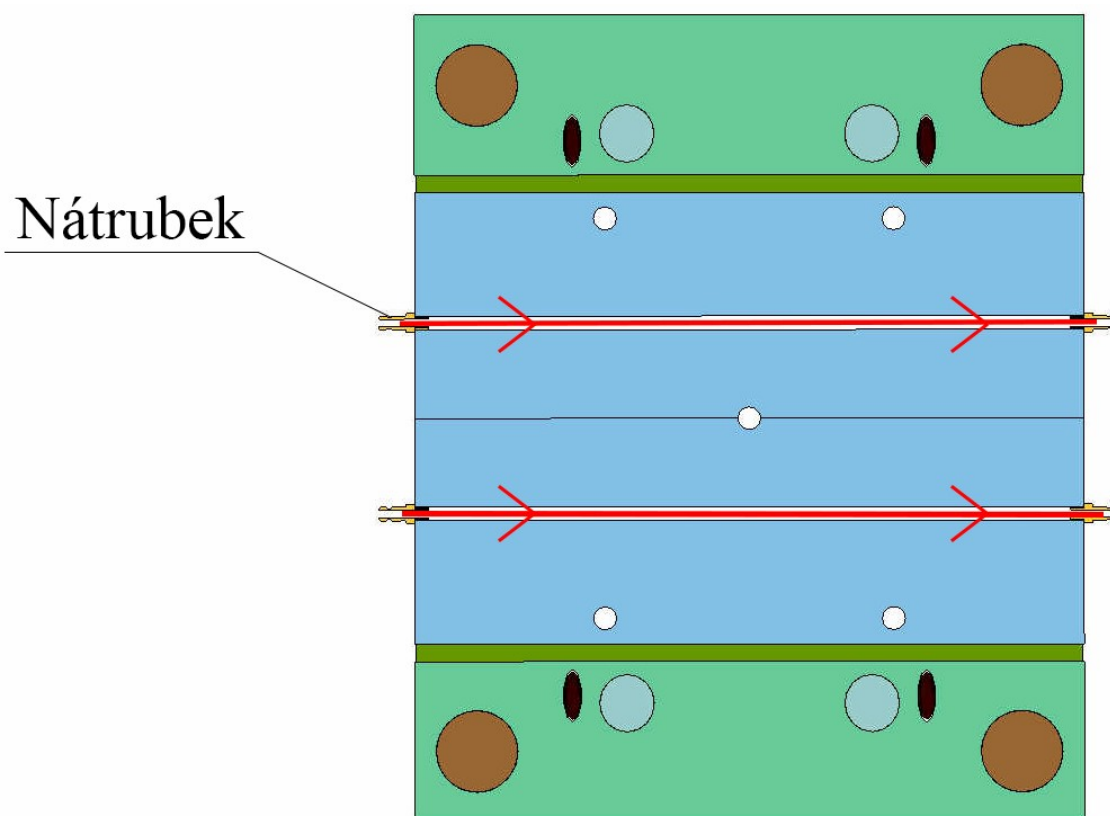
Obr. 29 Vtokový systém

8.5 Temperační systém

Pro zajištění co nejmenšího teplotního kolísání vstřikovací formy, je forma vybavena temperačním systémem. Temperační systém je veden třemi okruhy, jeden pro tvárník a další dva pro tvárnici, z toho důvodu, že při otevření formy dojde k rozevření tvárnice. Tyto okruhy jsou uzavřeny ucpávkami, aby nedošlo k nežádoucímu úniku temperačního média a na koncích kanálek jsou přípojky. Ucpávky a přípojky jsou navoleny z normalizovaných prvků v katalogu firmy Hasco. Materiál, který budeme vstříkovat je PA 6, tudíž formu budeme temperovat na 60-80 °C.



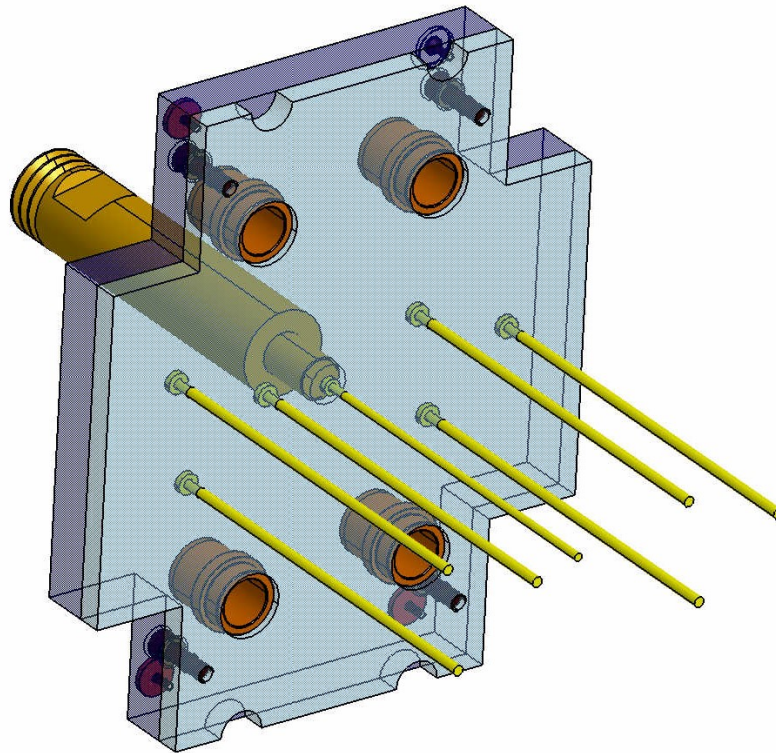
Obr. 30 Temperace tvárniku



Obr. 31 Temperace tvárnic

8.6 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém se nachází v pohyblivé části vstřikovací formy a jeho pohyb je zajištěn vstřikovacím strojem pomocí táhla. Skládá se z šesti vyhazovačů o průměru 5mm, které zajišťují vyjmutí výrobků, které zůstanou po otevření dutiny formy na tvárníku. Dále z jednoho samotného vyhazovače o průměru 4mm, který se postará o vyhození vtokového zbytku. Vyhazovače jsou upevněny mezi vyhazovacími deskami, které jsou k sobě spojeny pomocí šroubů. Aby nedošlo ze křížení nebo jinému nesprávnému pohybu vyhazovacích desek, jsou na těchto deskách umístěny čtyři vodící pouzdra a těmito pouzdry vedou vodící čepy upevněné na upínací desce. Všechny součásti vyhazovacího systému se opět skládají z normalizovaných dílů dodávaných společnostmi Hasco.



Obr. 32 Vyhazovací systém

8.7 Odvzdušnění formy

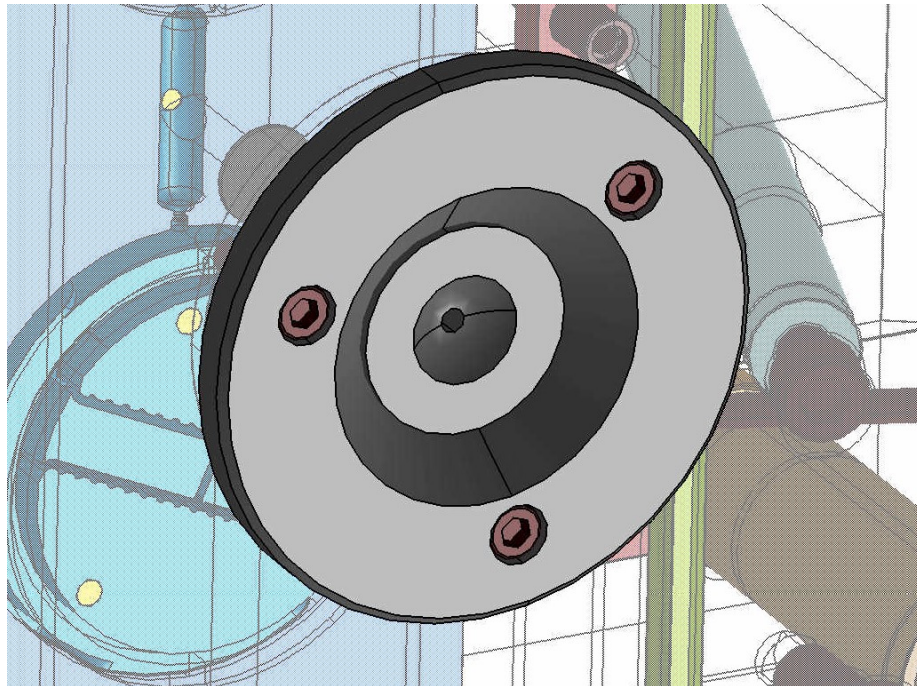
Dokonalým uzavřením dutiny formy by mohlo dojít k tomu, že při vstřikování roztaveného polymeru by vzduch, který v dutině zůstal neměl kudy unikat. Unikání vzduchu z formy je v naší formě zajištěno vůlí v dělicích rovinách a vůlemi mezi otvory pro vyhazovače a samotnými vyhazovači.

8.8 Upínání formy, středící a vodící prvky

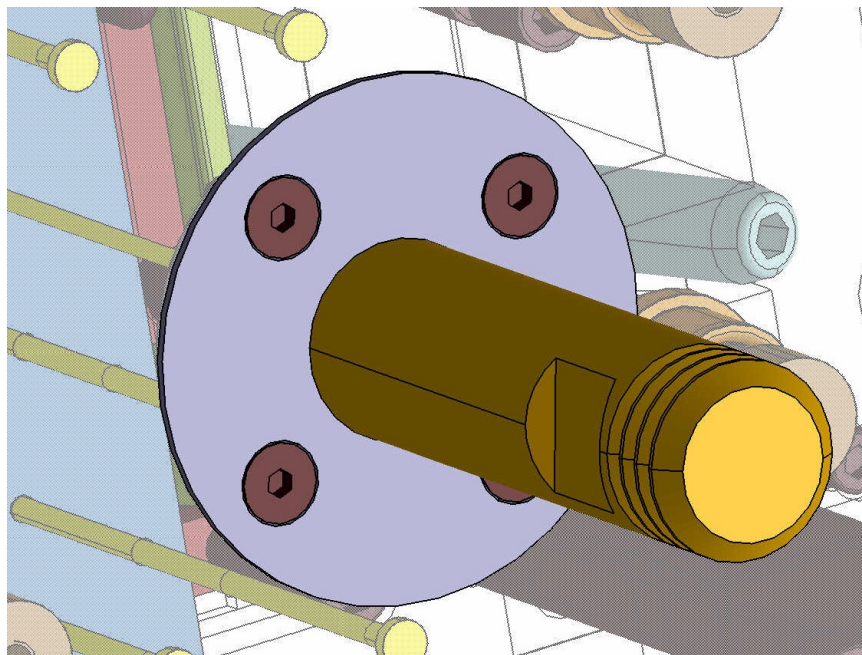
Forma je vybavena nosičem, aby mohla být snadno dopravena do vstříkovacího stroje, kde upnuta pomocí upínacích desek. Jakmile je forma upnuta musí být vystředěna, k čemu dochází za pomoci středících kroužků.

Desky pevné části jsou k sobě navzájem spojeny pomocí šroubů. Desky pohyblivé části stejně tak až na vyhazovací desky, které jsou spojeny samostatně. Správný pohyb desek je zajištěn pomocí vodících čepů, které jsou vedeny vodícími pouzdry a středícími trubkami.

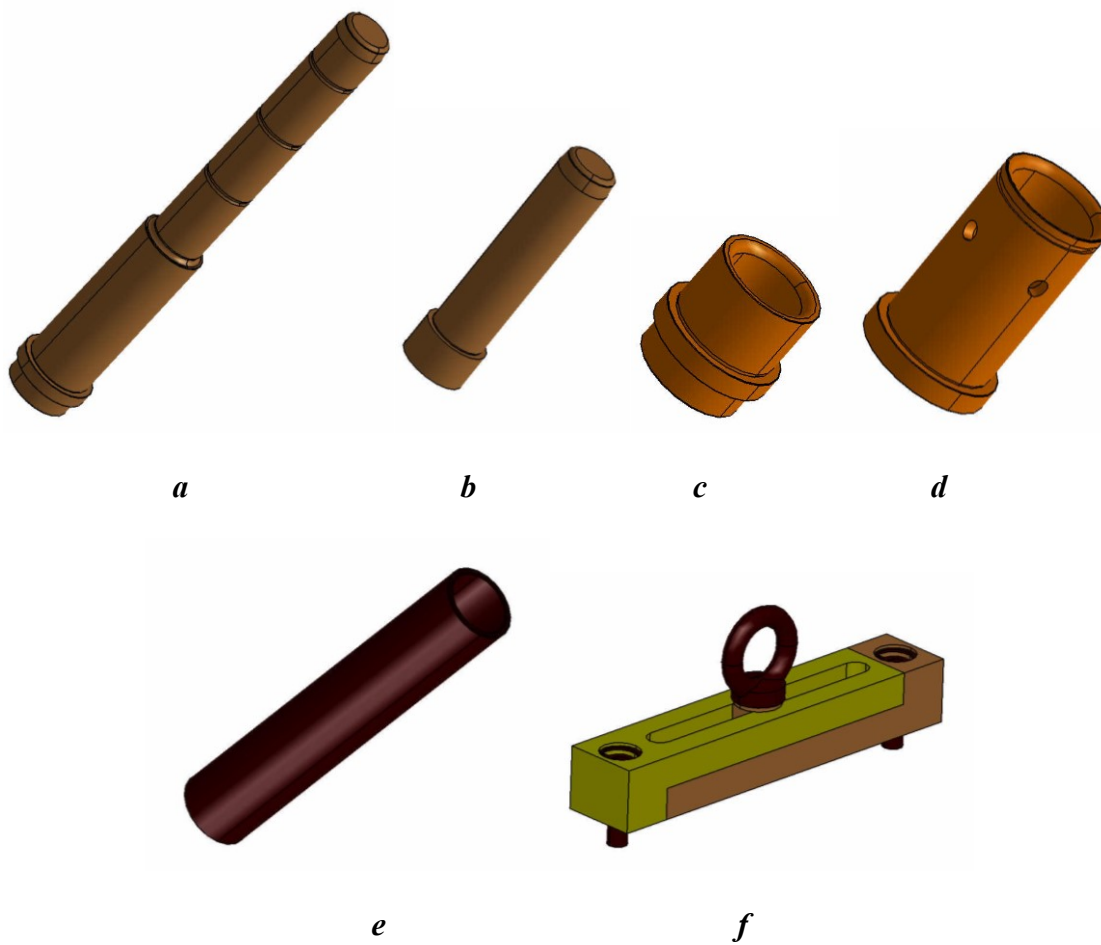
S cílem snížení nákladů na výrobu specifických dílů pro každou formu zvlášť, je většina prvků opět navolena z katalogu firmy Hasco.



Obr. 33 Pravý středící kroužek



Obr. 34 Levý středící kroužek



Obr. 35 Vodící prvky a nosič
a,b- vodící čep, c,d- vodící pouzdro, e středící vložka, f- nosič

8.9 Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroj byl zvolen podle velikosti formy, parametrů dílu a požadavků materiálu. Těmto parametrům vyhovoval stroj firmy Arburg s označením Allrounder 470 A.

Tab. 1 Parametry vstřikovacího stroje

| Parametr | Hodnota |
|---------------------------------|------------|
| Uzavírací síla | 1000 kN |
| Výška formy | 250-500 mm |
| Vzdálenost mezi deskami | 600-850 mm |
| Vzdálenost mezi vodícími sloupy | 470x470 mm |
| Vyhazovací síla | 40 kN |



Obr. 36 Arburg Allrounder 470 A

ZÁVĚR

Cílem této práce zaměřené na technologii vstřikování bylo navrhnout vhodnou vstřikovací formu pro výrobu zadaného technického plastového dílu.

První část se věnuje přiblížení problematiky této technologie. Nejprve představuje materiály, vhodné pro technologii vstřikování a dále se zaměřuje na samotné vstřikování. Popisuje cyklus, od začátku až po vyhotovený výrobek se všemi zásadami, kterých je třeba se držet, aby bylo dosaženo co nejlepšího výsledku a stroje, který je k tomu potřebný. Dále popisuje podrobněji vstřikovací formu a všechny její součásti.

Po tom, co je objasněna daná problematika se přechází v praktickou část této práce, kde je rozebrán postup a prostředí, ve kterém je návrh konstrukce vstřikovací formy proveden. V prvních krocích byl vymodelován zadaný díl, dle jeho skutečných rozměrů a vybrán materiál, ze kterého bude výsledný díl vyroben. Následně mohly být na základě tohoto modelu vytvořeny tvarové části formy, kterými jsou tvárník a tvárnice. Díky těmto částem formy se mohl odvíjet další vývoj konstrukce vstřikovací formy. Vzhledem k tvarové složitosti zadaného výrobku bylo nezbytné využít bočního zaformování. Dále byly zvoleny dělicí roviny a násobnost formy. Když byla tato část formy hotová, přišel čas navrhnout vhodný vtokový systém. Byl zvolen studený vtokový systém. Oproti horkému sice proces vstříknutí materiálu trvá déle a mezi výrobkem a vstřikovací jednotkou zůstává vtokový zbytek, čímž se zvyšuje spotřeba materiálu. Avšak studený vtokový systém není tak nákladný a s ohledem na objem výroby bylo výhodnější si jej zvolit. Vstřikovaným materiálem je PA 6, jehož teplota taveniny se nachází v hodnotách 240-270 °C a proto bylo potřeba navrhnout vhodný temperační systém. Tento systém temperuje formu na 60-80 °C. Pro odvzdušnění dutiny formy pro tento výrobek stačí vůle mezi dělicími rovinami a vyhazovači. Vyhazovací systém byl zvolen jednostupňový, s tím že každému dílu náleží tři vyhazovače o průměru 5mm a vtokovému zbytku jeden vyhazovač o průměru 4mm. Po dokončení konstrukce vstřikovací formy byl na základě jejích rozměrů a požadavků na vstřikovací jednotku zvolen vhodný vstřikovací stroj.

Posledním bodem zadání této práce bylo vyhotovit výkresovou dokumentaci vstřikovací formy, která je obsažena v příloze.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ZHOU, H. *COMPUTER MODELING FOR INJECTION MOLDING*. 1. New Jersey: John Wiley, 2013. ISBN 978-0-470-60299-7.
- [2] LENFELD, P. *Plasty a jejich zpracovatelské vlastnosti*. Technologie II. Technická univerzita Liberec. [online] Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
- [3] DUCHÁČEK, V. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006.
- [4] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. díl - Vstřikování termoplastů*. 2. upr. vyd. Brno : UNIPLAST, 1999.
- [5] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II. díl - Vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999.
- [6] LENFELD, P. *Přípravné zpracování plastů*. Technologie II. Technická univerzita Liberec. [online] Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/03.htm
- [7] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. Praha: BEN- technická literatura, 2009.
- [8] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů – teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2018.
- [9] LENFELD, P. *Vstřikování plastů*. Technologie II. Technická univerzita Liberec. [online] Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [10] BOBEK, J. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů*. Brno: CodeCrea-tor, s.r.o., 2015. [online] Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Cover.html>
- [11] HYNEK, M. a kol. *Vstřikovací lisy*. In: *Plastové díly*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013. [online] Dostupné z: http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-verfin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Vstrikovaci_lisy.pdf

- [12] HYNEK, M. a kol. Studené a živé vtokové systémy. In: *Plastové díly*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013. [online] Dostupné z: http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-verfin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf
- [13] HYNEK, M. a kol. Horké vtoky. In: *Plastové díly*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013. [online] Dostupné z: http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-verfin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Horke_vtoky.pdf
- [14] HASCO: Ejection. Hasco: Ejections [online]. 2023 [cit. 2023-05-17]. Dostupné z: <https://www.hasco.com/en/Product-catalogue/Z/Ejection/c/PIM0303?search=true>
- [15] GORDON, J. *Total Quality Process Control for Injection Molding*. Second edition. Canada: WILEY. ISBN 978-0-470-22963-7, 2010.
- [16] KAUFFER, P. *Injection molding process, design and applications*. New York: Nova Science Publishers. ISBN 978-1-61761-420-0, 2011.
- [17] JAROSCHEK, Ch. *Design of Injection Molded Plastic Parts*. 1. Mnichov, Německo: Druckerei Hubert & Co. GmbH und Co. ISBN 978-1-56990-893-8, 2022.
- [18] REES, H., CATOEN, B. *Selecting injection molds : weighing cost versus productivity*. 1. Mnichov, Německo: Carl Hanser Verlag. ISBN 978-1-56990-389-6, 2006.
- [19] BEAUMONT, J. P. *Runner and gating design handbook*. 1st ed. Munich: Hanser Publisher, 2004. 286 s. ISBN 3 – 446 – 22672 – 9.
- [20] LEIBVEBR, J., VÁVRA, P.. *Strojnické tabulky*. 1. vyd. [s.1.] : Albra, 2003. 865 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [21] Dong Guan Sincere Tech. *Cold Runner Molding* [online]. 2019, [cit. 2023-05-17]. Dostupné z: <https://www.plasticmold.net/cold-runner-mold/>
- [22] The Rodon Group. *Injection Molds 101: Cold Runner vs. Hot Runner Molds* [online]. 2018, [cit. 2023-05-17]. Dostupné z: <https://www.rodongroup.com/blog/injection-molds101-cold-runner-vs-hot-runner-molds>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SVS Studený vtokový systém

VVS Vyhřívaný vtokový systém

UV Ultrafialové

PA 6 Polyamid 6

mm milimetr

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| <i>Obr. 1 Nadmolekulární struktura elastomeru [2]</i> | 11 |
| <i>Obr. 2 Nadmolekulární struktura reaktoplastu [2]</i> | 12 |
| <i>Obr. 3 Nadmolekulární struktura termoplastů [2]</i> | 13 |
| <i>Obr. 4 Graf sušení a navlhání plastu [2]</i> | 14 |
| <i>Obr. 5 Polymer ve formě granulátu [9]</i> | 15 |
| <i>Obr. 6 Vstřikovací cyklus [9]</i> | 17 |
| <i>Obr. 7 Schéma vstřikovacího stroje [9]</i> | 19 |
| <i>Obr. 8 Mikrosnímky struktury toku taveniny [16]</i> | 22 |
| <i>Obr. 9 Závislost velikosti úkosu na hloubce [15]</i> | 23 |
| <i>Obr. 10 Dvoudesková vstřikovací forma [10]</i> | 24 |
| <i>Obr. 11 Schéma studeného vtoku [12]</i> | 26 |
| <i>Obr. 12 Plný kuželový vtok [4]</i> | 28 |
| <i>Obr. 13 Bodový vtok [4]</i> | 28 |
| <i>Obr. 14 Tunelový vtok [4]</i> | 29 |
| <i>Obr. 15 Vyhřívaná tryska [13]</i> | 31 |
| <i>Obr. 16 Rozvodný blok tvaru T [13]</i> | 32 |
| <i>Obr. 17 Válcový vyhazovač [14]</i> | 33 |
| <i>Obr. 18 HASCO DAKO MODUL [14]</i> | 36 |
| <i>Obr. 19 Vstřikovaný výrobek</i> | 37 |
| <i>Obr. 20 Forma z pravé strany</i> | 38 |
| <i>Obr. 21 Forma z levé strany</i> | 39 |
| <i>Obr. 22 Nepohyblivá část formy</i> | 40 |
| <i>Obr. 23 Pohyblivá část formy</i> | 41 |
| <i>Obr. 24 Násobnost formy</i> | 42 |
| <i>Obr. 25 Násobnost formy</i> | 42 |
| <i>Obr. 26 Tvárník</i> | 43 |
| <i>Obr. 27 Tvárnice</i> | 43 |
| <i>Obr. 28 Řez posuvným mechanismem</i> | 44 |
| <i>Obr. 29 Vtokový systém</i> | 45 |
| <i>Obr. 30 Temperace tvárníku</i> | 46 |
| <i>Obr. 31 Temperace tvárnic</i> | 46 |
| <i>Obr. 32 Vyhazovací systém</i> | 47 |
| <i>Obr. 33 Pravý středící kroužek</i> | 48 |
| <i>Obr. 34 Levý středící kroužek</i> | 49 |

| | |
|--|----|
| <i>Obr. 35</i> Vodící prvky a nosič | 49 |
| <i>Obr. 36</i> Arburg Allrounder 470 A | 50 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| Tab. 1 <i>Parametry vstřikovacího stroje</i> | 50 |
|--|----|

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Výkresy (pohledy, řez formou a kusovník)

Příloha P II: CD disk

PŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY