

Konstrukce formy pro kryt čerpadla

Martin Kocháň

Bakalářská práce
2021

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Martin Kocháň
Osobní číslo: T17634
Studijní program: B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor: Technologická zařízení
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Konstrukce formy pro kryt čerpadla

Zásady pro vypracování

- 1) Vypracujte literární studii na dané téma
- 2) Nakreslete model daného dílu ve 3D
- 3) Provedte konstrukci vstřikovací formy pro daný díl
- 4) Nakreslete 2D sestavu vstřikovací formy

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

ZEMAN, L. 2009. Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů. Praha: BEN.

DUCHÁČEK, V. Polymery-výroba, vlastnosti, zpracování, použití. Praha: VŠCHT v Praze, 2006

KERKSTRA, Randy a Steve BRAMMER. Injection molding advanced troubleshooting guide. Munich: Hanser Publishers, 2018

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vojtěch Šenkeřík, PhD.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **5. ledna 2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2021**

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

L.S.

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

Ve Zlíně dne 1. dubna 2021

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: Martin Kocháň

.....
podpis studenta

*** naskenované Prohlášení str. 2 ***

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukce vstřikovací formy. Forma byla navržena pro zadaný díl, kterým je kryt od čerpadla.

Práce je složena z teoretické části, která obsahuje základní rozdělení polymerů, popis teorie vstřikování a popis vstřikovacího stroje. V praktické části je řešen konstrukční návrh formy v softwaru Catia.

Klíčová slova: vstřikovací forma, polymery, konstrukce

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the construction design of injection mold. Mold design was based from the specified component, which is a casing of pump.

The work is composed of a theoretical part, which contains base distribution of polymers, the description of the injection theory and the description of the injection molding machine. In the practice part is solved construction design of injection mold in software CATIA.

Keywords: injection mold, polymers, construction

Poděkování:

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Vojtěchu Šenkeříkovi Ph.D. za jeho odborné rady, konzultace a čas, který mi věnoval při vypracování této práce.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ	12
1.1 PLASTY	12
1.1.1 Termoplasty.....	12
1.1.2 Reaktoplasty.....	12
1.1.3 Elastomery.....	12
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	13
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	13
2.1.1 Plastikace.....	14
2.1.2 Vstřikování.....	14
2.1.3 Dotlak.....	14
3 VSTŘIKOVACÍ STROJ	15
3.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA	15
3.1.1 Mramorové vstřikování.....	16
3.1.2 Tandemové vstřikování.....	16
3.1.3 Vstřikování s dolisováním.....	17
3.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	17
3.3 TLOUŠŤKA STĚNY PŘI VSTŘIKOVÁNÍ.....	17
4 VSTŘIKOVACÍ FORMY	18
4.2 STUDENÝ VTOKOVÝ SYSTÉM (SVS)	18
4.2.1 Vtokový kanál	19
4.2.2 Rozváděcí kanál	20
4.2.3 Vtokové ústí	20
4.2.4 Tunelový vtok	21
4.2.5 Přidržovače a vyhazovače vtoku.....	21
4.3 HORKÝ VTOKOVÝ SYSTÉM	22
4.4 VYHAZOVACÍ SYSTÉM	22
4.4.1 Mechanické vyhazování.....	23
4.4.2 Pneumatické vyhazování.....	24
4.4.3 Hydraulické vyhazování.....	24
4.5 TEMPERACE FORMY	24
4.6 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM.....	26
II PRAKTICKÁ ČÁST	28
5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	29
6 POUŽITÝ SOFTWARE	30
6.1 CATIA.....	30

6.2	HASCO DAKO MODUL	30
7	VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK.....	31
7.1	MATERIÁL VÝROBKU	31
8	VSTŘIKOVACÍ STROJ	32
9	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	33
9.2	NÁSOBNOST FORMY	35
9.3	ZAFORMOVÁNÍ VÝROBKU.....	36
9.3.1	Tvárnice.....	36
9.3.2	Tvárník	36
9.3.3	Tvarové jádro	37
9.4	ODFORMOVÁNÍ.....	38
9.5	VTKOVÝ SYSTÉM	39
9.6	TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	40
9.7	ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	41
9.8	TRANSPORTNÍ ZAŘÍZENÍ	41
	ZÁVĚR	44
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	45
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	47
	SEZNAM OBRÁZKŮ	49
	SEZNAM TABULEK.....	50
	SEZNAM PŘÍLOH.....	51

ÚVOD

V dnešní době jsou plasty nedílnou součástí každodenního života, dokonce bez některých z nich bychom si život nedokázali ani představit. Jsou použity v mnoha průmyslových odvětvích, jako je automobilový nebo letecký průmysl. Je to důkaz toho, že plasty nahrazují jiné materiály jako jsou kovy, dřevo a sklo. Díky technologiím, jako je například vstřikování plastů, je možné vytvořit ty nejsložitější součásti různých tvarů a různých velikostí.

Vstřikování plastů patří mezi nejrozšířenější, avšak mírně složitější technologie tepelně-mechanického procesu. Výroba se provádí na vstřikovacích strojích, které jsou složeny z několika částí. Výrobek je vytvořen vstříknutím roztaveného polymerního materiálu do dutiny formy, která má tvar budoucího výrobku.

Konstrukce a samotná výroba formy musí splňovat určité podmínky, aby neovlivnila funkčnost výrobku. Na konstrukci forem jsou použity 3D softwary (např. Catia, AutoCad, Solid Works, SketchUP, Onshape), aby se zlepšila nejen efektivita samotné výroby, ale zároveň se výroba i urychlila.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ POLYMERŮ

Polymery jsou umělé nebo přírodní materiály. Jsou formovány molekulami jednoho nebo více typů atomů. Převážně se skládají z atomů uhlíku, vodíku, kyslíku, dusíku, chloru a jiných prvků. Za běžných podmínek jsou polymery v pevném stavu (granulát), ale při růstu teploty a tlaku začne polymer přecházet do stavu kapalného (taveniny). Takto zpracovaný polymer umožňuje vytvořit i složitější tvary, odpovídající předpokládanému použití. Polymery se dělí na plasty a elastomery. Plasty se dále rozdělují na reaktoplasty a termoplasty, elastomery se dělí na kaučuky. [1]

1.1 Plasty

Plasty jsou levné, lehké a odolné, korozivzdorné materiály. Mohou být tvarovány ve vyšších teplotách do forem. Z roztaveného plastu (taveniny) se vyrábí různé produkty. Mají velkou škálu použití a dlouhou životnost. Plasty jsou tvořeny makromolekulárními řetězci, což umožňuje provádět přeměnu z plastického tvaru zpět do tuhého. Tato skupina se nazývá termoplasty. Pokud není možné měnit tvar plastů, skupina se nazývá reaktoplasty. [1] [2]

1.1.1 Termoplasty

Termoplasty mají jednoduché molekulární struktury s chemicky samostatnými makromolekulami. Termoplasty jsou ohřevem měkčeny nebo roztaveny, poté tvarovány, svařovány a pak ztuženy chlazením. Ohřívání a chlazení je možné několikrát zopakovat, aniž by se měnily vlastnosti materiálu. [3]

1.1.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty mají prostorově zesíťovaný řetězec a vytváří prostorovou síť. Jsou nejčastěji vyrobeny polymerací, jenž má charakter chemické reakce. Při jejich výrobě mohou být tvarovány. Když je reakce u konce, jsou již reaktoplasty křehké, tvrdé a netvarovatelné. Jeden z nejznámějších reaktoplastů je bakelit. [4]

1.1.3 Elastomery

Elastomery jsou polymery, jejichž schopností jsou vysoké elastické deformace a obsahují částečně zesíťovaný řetězec. Nejpočetnější skupinu elastomerů představují kaučuky, které vycházejí z přírodního kaučuku a z nich se vyrábějí různé druhy pryží. [4]

2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Jedná se o nejpoužívanější a nejrozšířenější technologii pro zpracování plastů. Jedná se o cyklický proces tváření plastů za tepla s následným ochlazením ve tvaru součástky a poté vyhozením z formy. Je důležité zajistit, aby každý cyklus probíhal stejným způsobem. Vstřikováním lze zpracovat skoro všechny druhy termoplastů, termoplastických elastomerů, reaktoplastů, kaučuku a pryží. [5] [6]

Proces vstřikování se nejčastěji používá při sériové výrobě. Vstřikování se rovněž využívá při vytváření složitých součástí s dobrou povrchovou úpravou. Kvalita vstřiků se hodnotí podle stavu výrobku či polotovaru po vyhození z formy. Výroba formy je zdlouhavý a drahý proces, proto se formy využívají v sériové výrobě, aby byly rentabilní náklady vynaložené na jejich zhotovení. [5] [6]

2.1 Vstřikovací cyklus

U vstřikovacího cyklu je každá z fází důležitým faktorem při výrobě vstřikovaných dílů a ovlivňuje kvalitu výstřiku. Během tohoto procesu je plast namáhán nejen tepelným, ale i tlakovým cyklem. [5]



Obr. 1. Vstřikovací cyklus [7]

K uzavřené formě přijíždí vstřikovací jednotka a dochází ke vstříknutí taveniny do formy a následnému dotlaku (šnek se posune dopředu jako píst). Chlazení materiálu probíhá ve formě a zároveň se začne připravovat plastikace další dávky materiálu (šnek se otáčí a posouvá zpět,

zplastikovaný materiál se dopravuje před čelo šneku k trysce). V poslední části cyklu se otevírá forma a výstřík je z formy vyhozen. [6] [7]

2.1.1 Plastikace

U procesu plastikace je potřeba zajistit, aby dávka taveniny dotekla před čelo šneku. Nastavení je ovládáno topným pásmem plastikačního válce, zpětným odporem na šneku a otáčkami na šneku. Zplastikovaná dávka je naplněna do formy a její vtokové soustavy (fáze plnění). [8]

2.1.2 Vstřikování

Při vstřikování je tvarová dutina formy plněna taveninou určitou rychlostí, aby proud taveniny byl schopen zaplnit každý bod v dutině formy. Pokud bude rychlost vstřiku pomalá, dojde k poškození povrchu výrobku. Při dotyku s ochlazenou formou ztratí tavenina tekutost a celá dutina formy nebude řádně zaplněna. Je proto potřeba brát zřetel nejen na materiály, které budou v procesu vstřikování použity, ale i na řešení vtokové soustavy nebo na objem a tvar výstříku. [6]

2.1.3 Dotlak

Dotlak působí v době vstříknutí a bývá stejný nebo nižší než vstřikovaný tlak. Je odvozen od tlaku dosaženého v dutině formy. Dotlak snižuje smrštění a rozměrové změny. Také ovlivňuje zbytková pnutí ve výstříku, který nastane v momentě, když tlak prudce stoupne a následně klesne. Nemusí být součástí vstřikovaného procesu. U tlustostěnných výstříků má vliv na výskyt závad jako jsou bubliny, propadliny apod. [7]

3 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací proces je jedna z nejdůležitějších formovacích metod pro zpracování plastových materiálů, která existuje. Vstřikovací stroj se skládá ze vstřikovací a uzavírací jednotky, řízení a regulace. Samotný vstřikovací proces probíhá automaticky, čímž se zvyšuje efektivita práce. Cenová relace vstřikovací formy i strojního zařízení je poměrně vysoká. Z tohoto důvodu je potřeba dbát při návrhu formy rozměrů a možností vstřikovacího stroje. Tato technologie má největší význam pro velkosériové a hromadné výroby. [6] [8]

Pro vytvoření přesných výstřiků je potřeba dodržet, aby byl rozměr vstřikovací formy přesný, vstřikovací stroj měl dostatečnou sílu pro uzavření vstřikovací jednotky a je třeba dbát rovněž na jeho pravidelnou údržbu. [6] [8]



Obr. 2. Vstřikovací stroj Arburg 720 S [8]

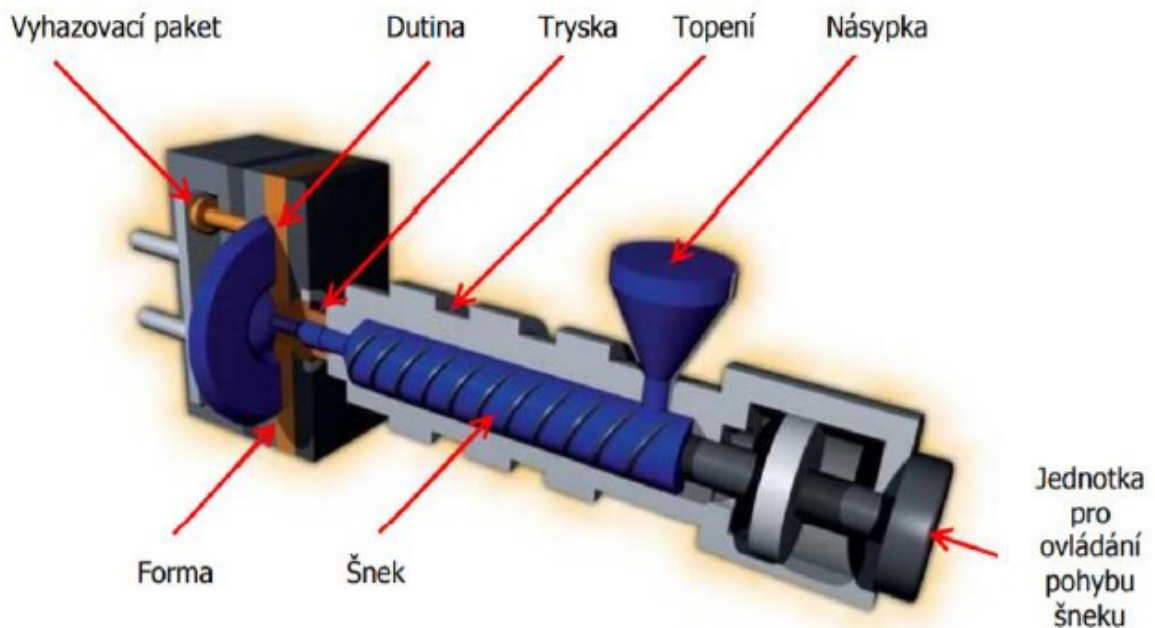
3.1 Vstřikovací jednotka

Hlavní úlohou vstřikovací jednotky je připravit a dopravit taveninu do dutiny formy. Tavenina je vstříknuta pod dostatečně silným tlakem do formy a vysokou rychlostí do její dutiny s minimálním obsahem bublin. Dnešní technologie využívá vstřikovací jednotku se šnekem, která má za úkol převést taveninu do plastického stavu v co nejkratší době a zároveň v dostatečném množství hmoty. [9]

Vstřikovací jednotka započne svoji práci tak, že do tavného válce je dopravován polymer z násypky pohybem šneku. Při dopravě polymeru před šnek se polymer začne postupně plastikovat a homogenizovat a šnek se zároveň posouvá dozadu, aby vytvořil místo pro

příchozí taveninu. Topení tavné komory je rozděleno na vstupní, střední a výstupní pásmo. Vzniká zde i část tepelné energie pomocí disipace. [9]

Tryska, která se nachází na konci tavné komory, disponuje vlastním topením. Úlohou trysky je spojit vstřikovací jednotku s formou. Dosednutí trysky a vtokové vložky formy může být zajištěno kulovým zakončením. Nezbytnou podmínkou správné funkce je, aby souosost, průměr otvoru a poloměr trysky byly menší než je u sedla vtokové vložky. [9]



Obr. 3. Vstřikovací jednotka [10]

3.1.1 Mramorové vstřikování

Mramorové vstřikování je jeden ze speciálních způsobů vstřikování. Jedná se o multikomponentní nebo multibarevné nehomogenní mísení polymerů. V konstrukci není klasický šnek, ale hmětací člen, který vypadá částečně jako tvar pístu a tvar šneku. Plastikace začíná postupným posouváním materiálu vpřed v tavné komoře bez intenzivního promíchání. Na jednotlivých taveninách mohou být viděny různě intenzivní barevné oblasti díky nehomogenitě. Nejčastěji je použito více barev od stejných druhů polymeru. [9]

3.1.2 Tandemové vstřikování

Tandemové vstřikování je jeden ze speciálních způsobů vstřikování. Ve vstřikovací formě jsou dvě protilehlé dutiny s výrobky, které jsou plněny, dotlačovány a chlazeny v přesně stanovených cyklech pomocí samostatných vstřikovacích jednotek. Když v jedné dutině probíhá proces otevření, vyhození výrobku a zavření formy, plnění a dotlaku, ve druhé

dutině probíhá proces chlazení. Je zde možnost vstřikování výrobků stejného, ale i rozdílného objemu. [9]

3.1.3 Vstřikování s dolisováním

U vstřikování s dolisováním je do pootevřené formy vstřikována tavenina a poté je materiál dotvarován a dotlačen vyvozením programově řízené uzavírací síly. Proces je rozřazen do několika procesů, kde z počátku forma se začne otevírat a přijede do předem stanovené pozice. Ve druhé fázi probíhá vstřikování a po naplnění formy dojde k dotlakové fázi, a to vyvozením plné uzavírací síly. Uzavírací systém má funkci dotlaku, přičemž tato technologie má dost alternativ pro použití (např. výroba CD nebo DVD). Tato technologie též umožnila dosáhnout vysoce přesných rozměrů, nízkých hodnot smrštění, deformací a vnitřních pnutí, protože tlak je nasměrován tak, aby přímo působil na materiál a to v celém objemu najednou. [9]

3.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka musí zajistit uzavření formy dostatečnou silou, aby se při vstřiknutí tlakem taveniny forma neotevřela. V současné době stroje mají programovatelnou rychlost a sílu k uzavírání vstřikovací formy.

Uzavírací jednotka se skládá z opěrné desky pevně spojené s ložem stroje, pohyblivé desky, na kterou je upnuta pohyblivá část formy, upínací desky s otvorem pro trysku stroje, na kterou je připevněna nepohyblivá část formy, vedení pro pohyblivou desku, z uzavíracího a přidržovacího mechanismu. [9]

3.3 Tloušťka stěny při vstřikování

Při volbě tloušťky stěny výstřiku je potřeba se vyvarovat přechodům tlouštěk. Konstrukce by měla být tvořena rovnoměrnou tloušťkou stěn. Díky stejnoměrné tloušťce stěny výstřiků lze dodržet požadovanou pevnost a tuhost. K zaformování je potřeba správné zvolení dělicích rovin, aby daná forma nebyla příliš složitá. [11]

4 VSTŘIKOVACÍ FORMY

Hlavním nástrojem pro vstřikovací stroje je vstřikovací forma. Musí snést vysoké tlaky a poskytovat výrobky přesných rozměrů, snadné vyjmutí výrobku nebo pracovat automaticky po celou dobu své životnosti. Od konstrukce formy a výrobní přesnosti závisí mechanické vlastnosti výrobku a ekonomie celého výrobního procesu. Vstřikovací formy jsou konstrukčně velmi rozmanité a lze je dělit do následujících skupin:

- podle násobnosti (jednonásobné, vícenásobné),
- podle způsobu zaformování a konstrukčního řešení (dvoudeskové, etážové, apod.),
- podle konstrukce vstřikovacího stroje. [9]

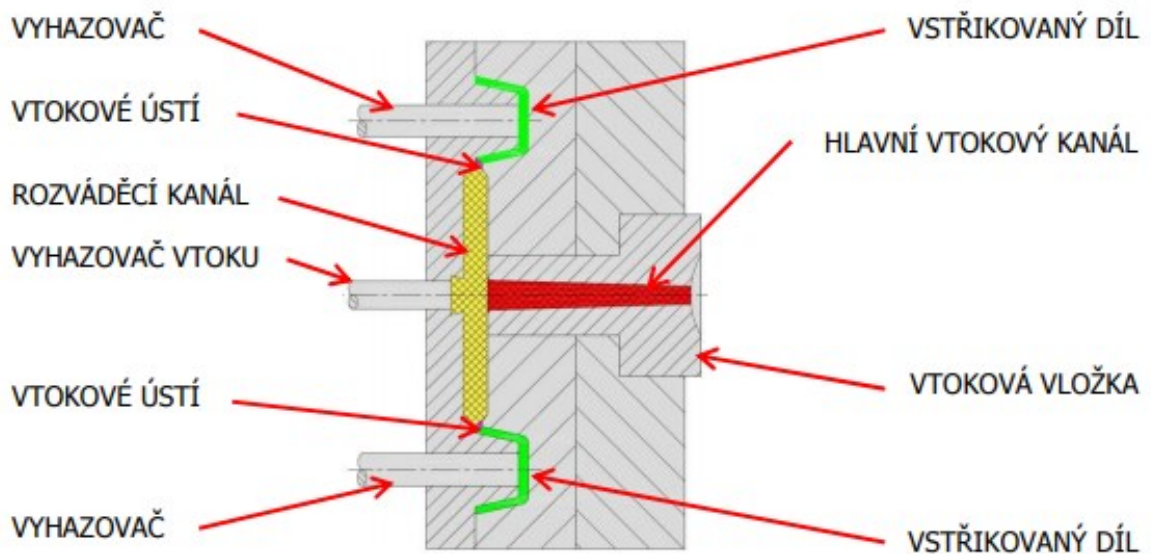
4.1 Konstrukce formy

Na výrobu vstřikovaných dílů se používají vstřikovací formy, které jsou přizpůsobeny odolávat vysokým tlakům a teplotám. Vstřikovací forma je náročná na konstrukci a výrobu. Základní složka pro prvotní konstruování vstřikovací formy je výkres výstřiku, který musí obsahovat materiál výrobku, tvar, rozměr, hmotnost a další doplňující údaje. [7]

Postup konstrukce vstřikovací formy se skládá z několika procesů, jako je například posouzení výkresu výrobku (tvar, rozměr, tvářecí podmínky), určení hlavní nebo vedlejší dělicí roviny a způsobu zaformování, stanovení násobnosti formy, dimenzování tvarových dutin, stanovení vhodných systému (vtokového, temperačního a vyhazovacího), návržení rámu vstřikovací formy a volby vstřikovacího stroje. [7]

4.2 Studený vtokový systém (SVS)

Studený vtokový systém je jednoduchý a efektivní pro výrobu plastových výrobků. Tavenina po vstříknutí do SVS začne tuhnut na jeho stěnách, kde tuhnutím je vytvořena vrstva ztuhlého plastu a tavenina proudí horkým jádrem. U vícenásobných forem je důležité dosáhnout stejné vzdálenosti rozváděcích kanálů ke všem dutinám, aby nedocházelo k nerovnoměrnému plnění dutin. Studený vtokový systém spotřebuje větší množství plastu než u vyhřívaných vtokových systémů, protože na vstřicích zůstane zbytek vtoku. [10] [12]



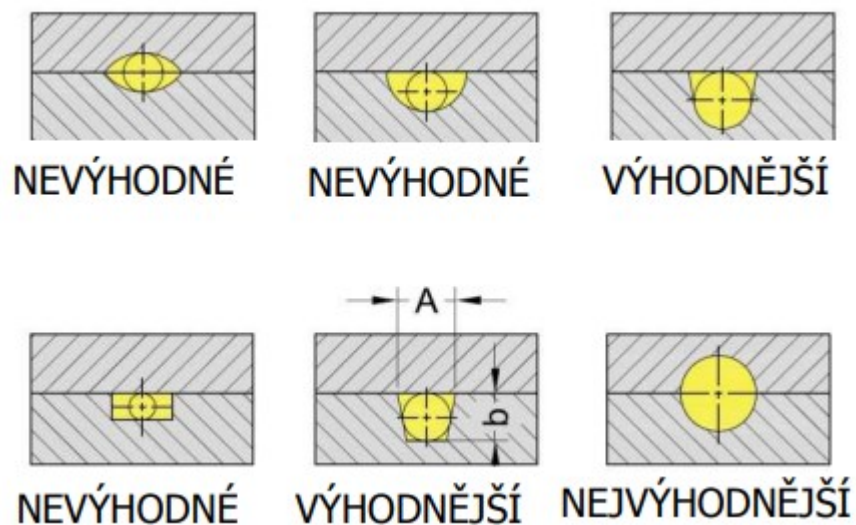
Obr.4. Schéma studeného vtoku [10]

Požadované vlastnosti pro studený vtokový systém jsou odstranění oblastí pro hromadění plastu, zaoblených hran, zachycení proudící taveniny, krátký vtokový systém, zaplnění dutin formy ve stejný okamžik a snadné vyjmutí vtokových kanálů. [10]

Jako každý systém, má studený vtokový systém výhody i nevýhody. Mezi výhody patří například to, že jsou levnější a jednodušší než vyhřívané vtoky, komponenty jsou normalizované, nepotřebují energetické připojení a provedení vícenásobné formy jsou jednodušší. Mezi nevýhody patří větší spotřeba plastu oproti horkému vtoku, nutnost vyhazování a přidržování vtokového zbytku nebo zajištění oddělení zbytků vtokového systému. [10]

4.2.1 Vtokový kanál

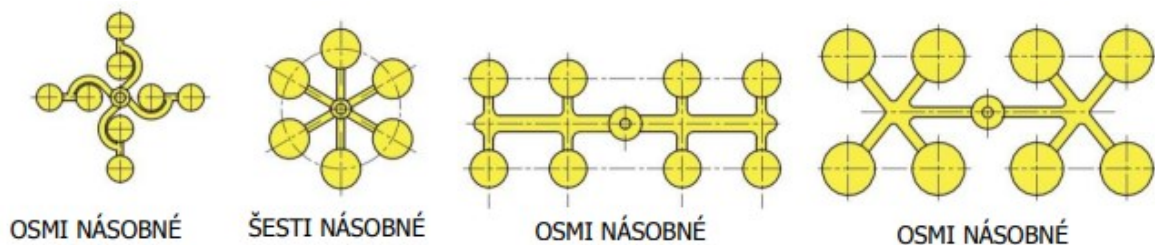
U konstrukce vtokového kanálu je nutné zajistit nejmenší tepelné a tlakové ztráty. Do vtokového kanálu je vstřikována tavenina přímo z trysky stroje. Kvůli funkci musí být průměr trysky stroje menší než do vtokového kanálu a směrem k dělicí rovině se kanál rozšiřuje pod úhlem $0,5^\circ$ až $1,5^\circ$. Vtokový kanál směřuje do dutiny formy nebo do rozváděcího kanálu. [10]



Obr. 5. Vtokové kanály [10]

4.2.2 Rozváděcí kanál

Do rozváděcího kanálu ústí tavenina ze vtokového kanálu. Velikost rozváděcího kanálu je určena podle velikosti vstřikovaného dílu. Počet rozváděcích kanálů je určen podle násobnosti formy. Průřez rozváděcích kanálů je přizpůsoben tak, aby zatečení všech dutin proběhlo ve stejný okamžik. Kanály mohou být vybavené brzdícími přepážkami. [10]



Obr. 6. Rozmístění rozváděcích kanálů [10]

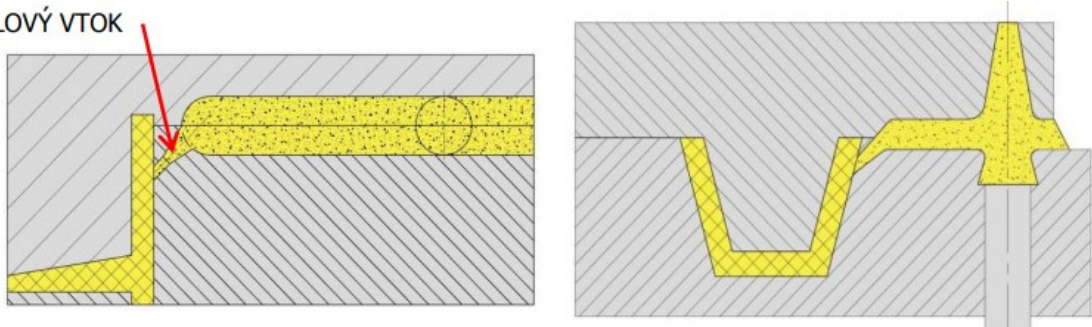
4.2.3 Vtokové ústí

Po rozváděcím kanálu je tavenina dopravena do dutiny formy přes zúžené místo, které se nazývá vtokové ústí. Před vstupem do dutiny je pomocí zúžení zvýšena klesající teplota taveniny. Umístění vtokového ústí může být dáno do nejtlustšího místa stěny výstřiku ve směru orientace žeber, mimo více namáhaných nebo pohledových ploch tak, aby se zamezilo volnému toku taveniny, která by způsobila turbulentní proudění při plnění dutiny. [10]

4.2.4 Tunelový vtok

Tunelový vtok je zkonstruován tak, aby zajistil automatické oddělení vtokového systému od dílu. Není určen pro plasty s vyztuženým vláknitým plnivem. Nevýhodou je náročný způsob výroby pomocí elektroerozivního hloubení a omezené použití v materiálu pro vstřikování. Výhodou je automatické oddělení vtokového systému při vyhození výstřiku bez nutnosti použití třetí vložené desky. [10]

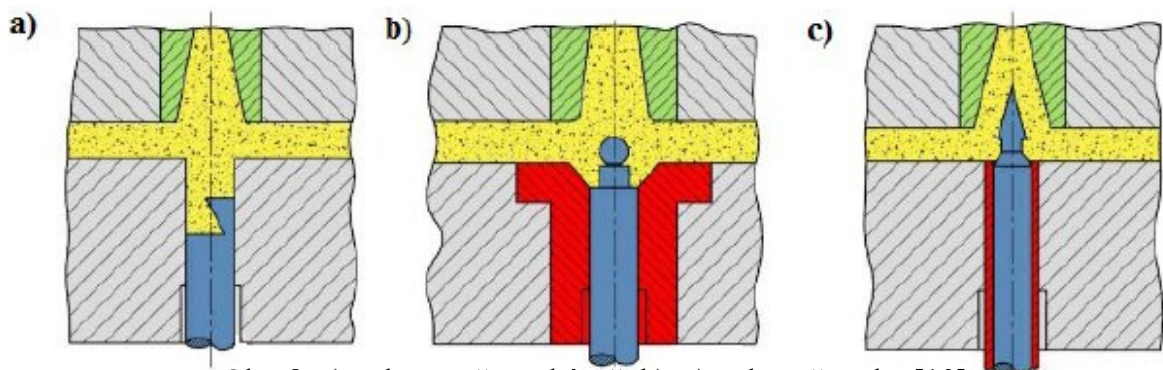
TUNELOVÝ VTKOK



Obr. 7. Tunelový vtok [10]

4.2.5 Přidržovače a vyhazovače vtoku

Po vychladnutí plastu ve formě je nutné, aby při otevírání formy zůstaly všechny části ztuhlého plastu na straně formy, ze které je budou moci vyhodit vyhazovače (většinou pohyblivá část formy). U studených vtoků zchladne značná část vtokového systému právě v tokové vložce. Je důležité použít přidržovač vtoku, aby zůstala tato část po otevření formy uvnitř vtokové vložky. Jedná se o záměrně vyrobený podkos. Může být vyroben i na upraveném vyhazovači proti hlavnímu vtokovému kanálu. Kvůli jeho tvaru se při otevření formy drží ztuhlý plast na požadované straně formy a je následně vyhazovačem vyhozen z formy. [10]



Obr. 8. a) vyhazovač vytrhávač; b), c) strhovač vtoku [10]

4.3 Horký vtokový systém

Horký vtok je využíván při vstřikování těch částí, které jsou horké a mohou efektivně přenést roztavený plast z trysky stroje do různých dutin forem, které se spojí a vytvoří obal dílu. [13]

I když horké vtoky nejsou požadovány pro vstřikovací procesy, mohou být užitečné pro zajištění kvalitnějších součástí. Nejčastěji se používá pro složitější součástky se složitější geometrií, které vyžadují přesnost v tokových vlastnostech roztaveného plastu nevhodné chlazení nebo teplota může mít za následek nerovnoměrné proudění. Horké vtoky mohou být výhodné pro lepší úsporu plastu během procesu. [13]

Výhodou horkého vtoku je, že při správném návrhu bude plast z trysky rovnoměrněji proudit do míst vtoku. Vtok je oblast, ve které roztavený plast vstupuje do dutiny vstřikovací formy. [13]

Horké vtoky jsou navrženy tak, aby maximalizovali produktivitu snížením doby cyklu. Tento typ výroby se ze začátku neuchytil, protože bylo potřeba udržovat roztavený plast na jednotné teplotě, zatím co byl materiál vstřikován do dutiny formy, což vyžadovalo velké úsilí. [13]

4.4 Vyhazovací systém

Během každého cyklu vstřikování musí být výstřík vyjmutý z dutiny vyhazovacím systémem, rovněž je nazýván jako odformování. Tvar vyhazovacího systému ovlivňuje kvalitu produktu a efektivitu výroby. [14]

Vyhazovací vzdálenost je obvykle definována na 5-10 mm nebo 2/3 délky některých plastových výstříků s velkým úhlem tahu. Pokud se nepředpokládají zvláštní problémy s vyhazováním, bude vyhazovací čep fungovat bez závad a použije se vyhazovací objímka, která zajistí rovnoměrné vyhazování kolem čepu jádra. [14]

Středový vyhazovací ventil je často používán v kombinaci se vzduchovým vyhazováním na miskovitých místech, kde se může vytvořit vakuum. Vzduchový ventil je pouze sekundárním vyhazovacím zařízením. Pokud by vyhazovací čepy nebo ventily nefungovaly efektivně, může se použít odizolovací deska nebo kroužek. Odizolovací deska se často ovládá pomocí táhla nebo řetězu. [14]

4.4.1 Mechanické vyhazování

Mechanické vyhazování je nejrozšířenějším vyhazovacím systémem a patří mezi nejuniverzálnější metody vůbec. Jeho konstrukce má různá provedení, která představují:

- **Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků**

Patří k nejčastějším a nejlevnějším typům vyhazování. Správná volba tvaru vyhazovacího kolíku a vhodného umístění umožní snadné vyhození výstřiku bez poškození. Vyhazovací kolíky jsou vyrobeny tak, aby byly dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. [15]

- **Šikmé vyhazování**

Jedná se o speciální způsoby mechanického vyhazování, které nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou k ní uloženy pod různými úhly. Jejich využití je možné nalézt u malých a středně velikých vstříků s mělkým vnitřním nebo vnějším zápichem. [15]

- **Dvoustupňové vyhazování**

Jedná se o kombinaci dvou vyhazovacích systémů, které se vzájemně ovlivňují. Umožňuje vyhazovat výstříky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvíhu. [15]

- **Vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkových vyhazovačů**

Představuje stahování výstřiku z tvárníku po celém obvodu. Jelikož plocha je většího rozměru, nezanechává po výstřiku stopy po vyhazování a jeho deformace jsou pak minimální a stírací síla velká. Použití tohoto způsobu je u tenkostěnných výstříků (nebezpečí deformace) nebo u rozměrných výstříků (vyžaduje velkou sílu). [15]



Obr.9. Válcový a prizmatický vyhazovač [16]

4.4.2 Pneumatické vyhazování

Pneumatické vyhazování je vhodný způsob použití pro vyhazování tenkostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob (např. květináče, plastové kelímky). U výrobků těchto tvarů se vyžaduje zavzdušnění, aby se nemohly deformovat. U mechanického vyhazování je potřeba velkého zdvihu, přitom na výstřiku mohou zanechat stopy po vyhazovačích. U pneumatického vyhazování se přivádí stlačený vzduch mezi vstřik a líc formy a tím se umožní kvalitní vyhození výrobku. [17]

Vzduchové vyhazovače jsou řízeny tak, že do dutiny formy se přivádí vzduch přes ventil (např. talířový, jehlový). Tlak vzduchu otevírá ventil a zavírá se pružinou. Pro automatické formy jsou zvoleny dva nezávislé systémy, které zabezpečují vyhození výstřiku z dutiny formy. Nejvhodnějším způsobem je kombinování mechanických a pneumatických systémů. [17]

4.4.3 Hydraulické vyhazování

Systém hydraulického vyhazování je konstruován jako uzavřená hydraulická jednotka a je zabudována přímo do přípravného místa ve formě. Používá se k ovládní mechanických vyhazovačů (např. kolík, stírací desky apod.). Tento systém má pružnější pohyb a větší flexibilitu, ale také má pomalejší a kratší zdvih. [18]

4.5 Temperace formy

Temperace formy je systém, kterým je udržena konstantní teplota formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikováním, aby byly dodrženy technologické požadavky pro výrobu. [18]

Úkolem temperace je:

- zajistit rovnoměrnou teplotu formy po celém povrchu dutiny,
- odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku. [18]



Obr. 10. Temperační médium [19]

Když dojde ke vstřikování do formy, je přiváděn roztavený plast, který v její dutině chladne, na teplotu pro vhodné vyjmutí výstřiku. Temperací je ovlivněn průběh zaplnění formy, zajištění optimálního tuhnutí a chladnutí plastu. Po delším opakování vstřikování plastu do dutiny formy se forma stále více zahřívá a je nutné, aby přebytečné teplo bylo odvedeno temperačním systémem. [18]

Pro zpracování některých plastů je potřeba, aby teplota formy byla vyšší, jako například polykarbonát, kde se dosahuje až 120°C. Tepelné ztráty jsou vyšší než je ohřátí formy od vstřikované taveniny, a proto se forma musí naopak ohřívát. [18]

Pokud jednotlivé části formy mají různou teplotu, zvyšují se nejen rozměrové, ale i tvarové úchytky výstřiku. V některých případech je účelem zahřívát různé části formy odlišně, aby byly vyloučeny tvarové deformace způsobené anizotropií smrštění plastu. Zpracovatelské teploty formy a taveniny některých plastů jsou uvedeny v tab. 1. [18]

Tab.1. Požadované teploty formy a taveniny [18]

Termoplast	Teplota taveniny [°C]	Teplota formy [°C]
ABS	190-250	50-85
PA 6	230-290	40-120
PC	280-320	85-120
HDPE	180-270	20-60
LDPE	180-270	20-60
PMMA	200-250	50-80
POM	180-220	50-120
PP	170-280	20-100
PS	180-260	55-80
PVC tvrdé	190-220	30-60
SAN	200-260	50-85
PSU	340-400	120-160
PAEK	380-430	160-220
LCP	310-360	65-95

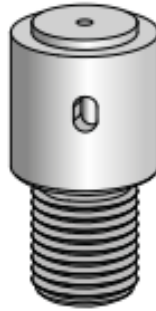
4.6 Odvzdušnění forem

V dutině formy je před vstříknutím plastu vzduch, který při jejím plnění je v dutině stlačován a jeho tlak narůstá. Velký tlak může způsobit zažehnutí vzduchu a následně může dojít ke spálení plastu (tzv. Dieselův efekt) obr. 28. Vzduch v dutině formy negativně ovlivňuje mechanické vlastnosti výstřiku tvořením bublin, které zůstanou uzavřené ve stěnách výstřiku. [18]

Během procesu vstřikování roste tlak taveniny a velikost protitlaku stlačeného vzduchu je potřeba odvzdušnit. Může nastat moment, kdy bude potřeba zvýšit tlak kvůli nedostatečnému odvzdušnění a to může zapříčinit vnesení vnitřních pnutí do výstřiku. [18]

Při výstřiku s tenčími stěnami, nižší teplotě taveniny, nedostatečnému tlaku a rychlosti plnění se vzduch soustřeďuje na protilehlé straně od vtoku. Pokud není umožněn únik vzduchu, vznikne nedostatečný výstřik. Tenhle stav může nastat i v případě nízké teploty formy či malé dávce plastu. [18]

Pokud vzduch nemůže uniknout z větších tlouštěk stěn výstřiků, může vniknout do taveniny a při zchladnutí vytvořit bubliny. Vzniklé bubliny s nedostatečným odvzdušněním a bubliny, které vznikly jiným způsobem, lze rozeznat tak, že jsou rozloženy na protilehlé straně vtoku. Bubliny vzniklé z vlhkosti polymeru či přehřátím jsou naopak rovnoměrně rozmístěny v celém objemu výstřiku. [18]



Obr. 11. Odvzdušňovací ventil [20]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Proved'te konstrukční návrh vstřikovaného dílu.
3. Proved'te konstrukci 3D sestavy vstřikované formy.
4. Nakreslete 2D řez vstřikovací formy včetně příslušných pohledů.

Teoretická část bakalářské práce je rozdělena do čtyř hlavních kapitol, které se zabývají polymery pro vstřikování, procesu vstřikování a její jednotky, konstrukci vstřikovaných strojů a konstrukci forem.

V praktická části bakalářské práce je hlavní náplní nakreslit 3D model plastového výrobku pomocí softwaru Catia. Normalizované díly jsou využity z digitálního katalogu od společnosti Hasco. Pro vytvoření modelu se bude vycházet z reálného výrobku. Po nakreslení 3D modelu plastového dílu se zkonstruuje sestava vstřikovací formy včetně výkresové dokumentace a kusovníku.

6 POUŽITÝ SOFTWARE

6.1 Catia

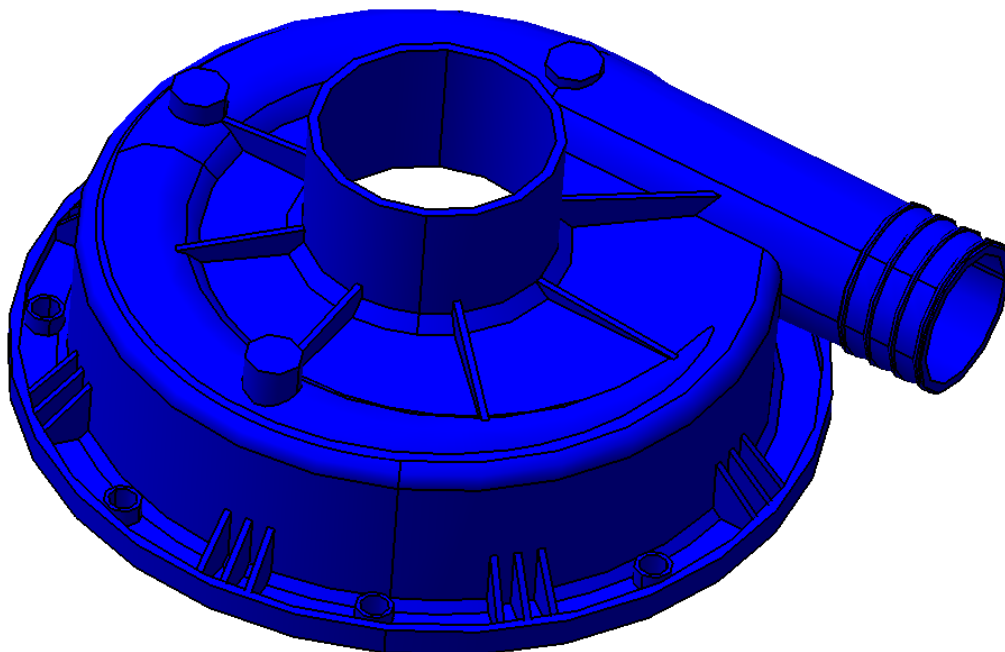
Catia (computer-aided three-dimensional interactive application) je integrovaný software na konstruování a výrobu (CAD/CAM/CAE). Byl vyvinut francouzskou společností Dassault systemes. Software obsahuje široké spektrum různých modulů. Díky tomu je možnost vypracovat celý proces od návrhu designu, konstrukce, analýzy, simulace, tvorby a dokumentace. Pro konstrukci výrobku bylo využito několik modulů například Part design a Generative shape design. Pro návrh formy bylo zase využity moduly Mold Tooling Design a Assembly Design.

6.2 Hasco dako modul

Jedná se o 3D digitální katalog firmy Hasco s velkým výběrem normalizovaných součástí zaměřený na konstrukci vstřikovacích forem. Výhodou je importování přesných modelů do velkého množství CAD systémů, tudíž zlehčuje práci při tvorbě forem. U jednotlivých dílů jsou také obsaženy informace o rozměrech, umístění a někdy i o cenách všech dílů, takže je možné zjistit přibližné celkové náklady na formu.

7 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Vstříkovaný díl je jedna ze součástí čerpadel. Jedná se o kryt, který odvádí vzduch z čerpadla. Převážně se nachází buď z boku nebo je umístěn na horní části. Konstrukce dílu vychází z již vyrobeného dílu a byl vymodelován v konstrukčním programu Catia.



Obr. 12. Model výrobku

7.1 Materiál výrobku

V bakalářské práci byl pro výrobek použit materiál Polyamid 66 (PA 66). Materiál se vyznačuje dobrou tuhostí, pevností, odolností vůči otěru a tepelnou rozměrovou stabilitou. PA 66 má náchylnost absorbovat vlhkost, která by mohla ovlivnit jeho rozměrovou stabilitu. PA 66 bude mít ve skutečnosti sklon absorbovat více vlhkosti při nasycení než litý PA typu 6. [21]

Tab. 2. Základní vlastosti materiálu PP 66 [21]

Vlastnosti	Norma	Jednotka	Hodnota
Hustota		g/cm ³	1.15
Prodloužení	ISO 527-2	%	7
Modul pružnosti v ohybu	ISO 178	MPa	3100
Teplota tání	ISO 11357	°C	258
Teplota taveniny		°C	265

8 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací stroj je volen podle rozměrů vstřikovací formy, vstřikovacího tlaku, uzavírací síly a objemu vstřiku. Rozměry formy jsou mezní pro vzdálenost mezi vodícími sloupky.



Obr. 13. Vstřikovací stroj Arburg 720 S [8]

Pro navrženou formu v bakalářské práci byl zvolen vstřikovací stroj Allrounder 720 S Golden Edition od německé firmy Arburg.

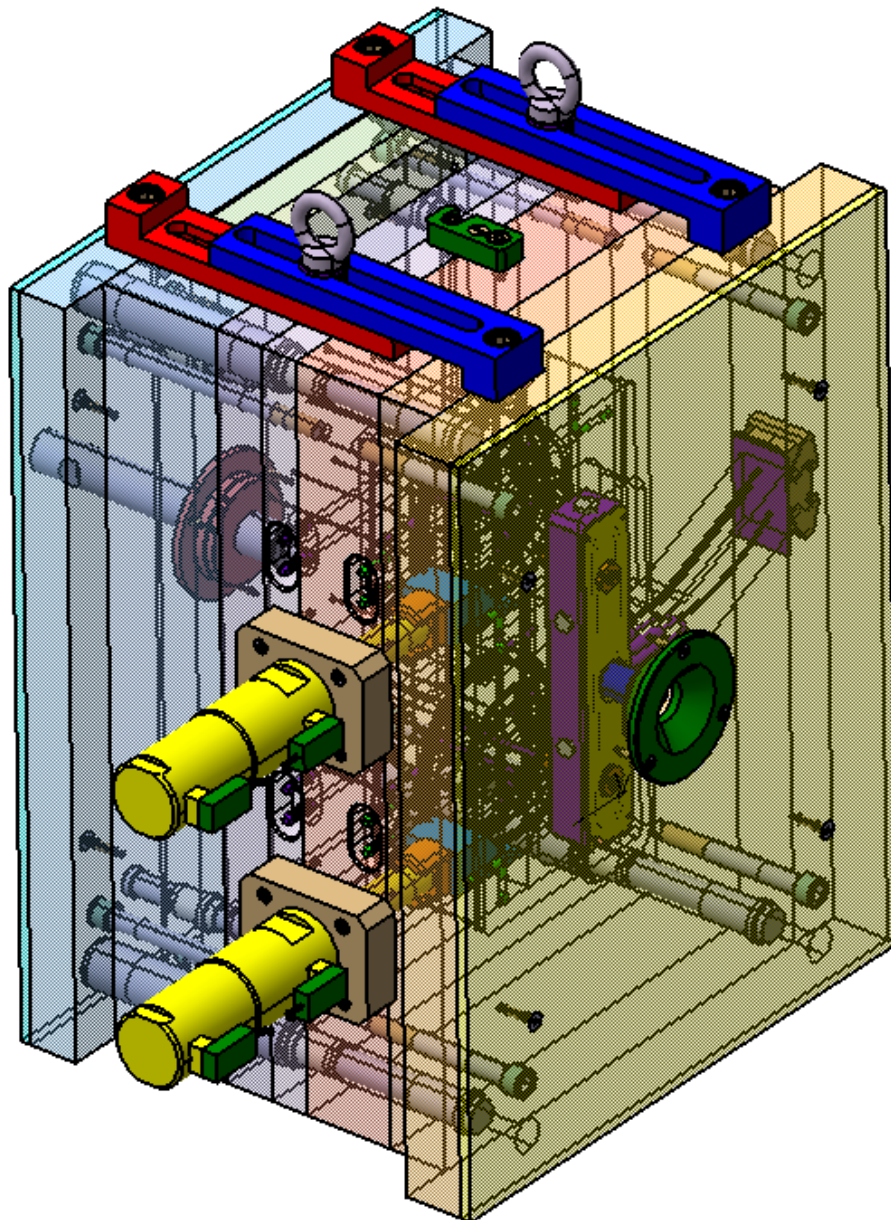
Tab. 3. Základní parametry vstřikovacího stroje [22]

Vlastnosti	Jednotka	Hodnota
Vzdálenost mezi vodícími sloupky	mm	720x720
Velikost upínací desky	mm	1040x1040
Uzavírací síla	Max. kN	3000
Otevírací síla	Max. kN	800
Vyhazovací síla	Max. kN	76
Vyhazovací zdvih	Max. mm	250
Průměr šneku	mm	55
Vstřikovaný tlak	Max. bar (MPa)	2380

9 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

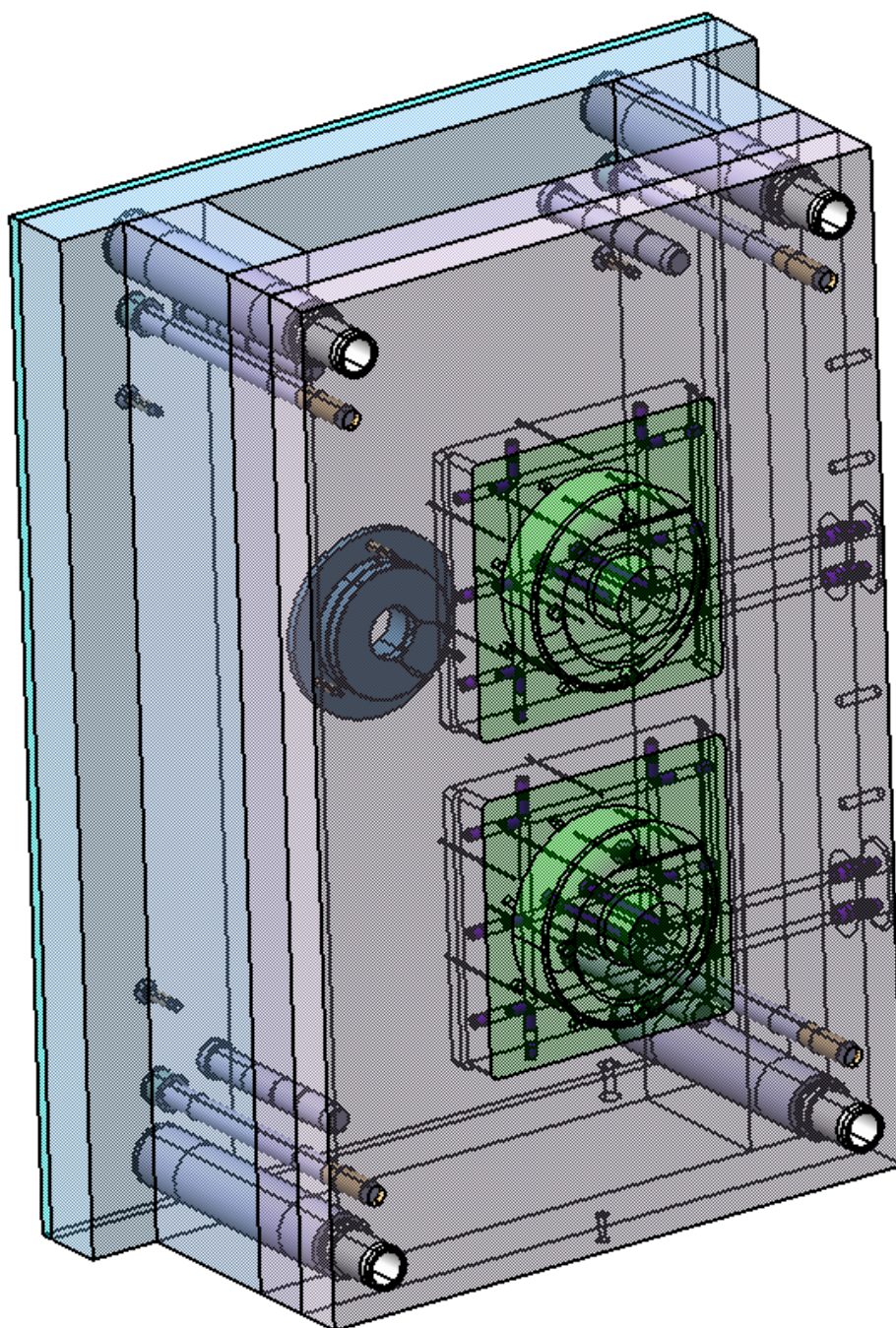
Návrh vstříkací formy byl navržen v programu Catia v modulech Mold tooling design, Part design a Assembly design. Do formy byly vkládány normalizované díly od firmy Hasco. Konstrukce formy by měla být řešena co nejjednodušeji z hlediska přesnosti a složitosti. Konstrukce formy je tvořena třemi částmi:

- pravá vstříkací strana (pevná),
- levá uzavírací strana (pohyblivá),
- vyhazovací systém.

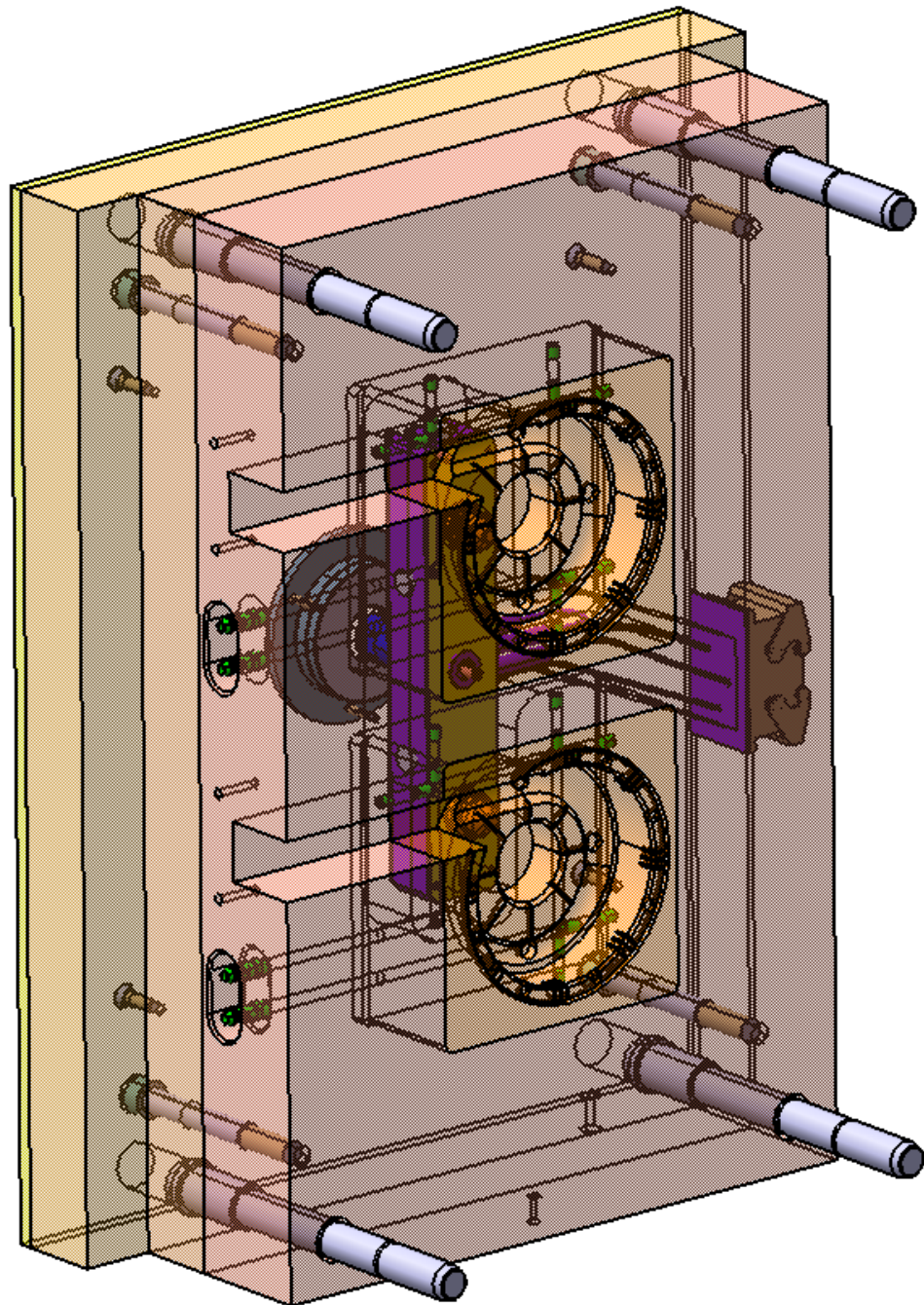


Obr. 14. 3D model vstříkací forma

9.1 Sestava formy



Obr. 15. Levá strana vstřikovací formy



Obr. 16. Pravá strana vstřikovací formy

9.2 Násobnost formy

V bakalářské práci byla zvolena forma dvojnásobná, aby během jednoho cyklu byly vyrobeny dva kusy výrobku. Vícenásobné formy mají jisté prvky, které se musí vzít do úvahy, aby byla zajištěna přesnost výstřiku, ekonomika trvání, doba trvání jednoho cyklu a velikost výrobní série.

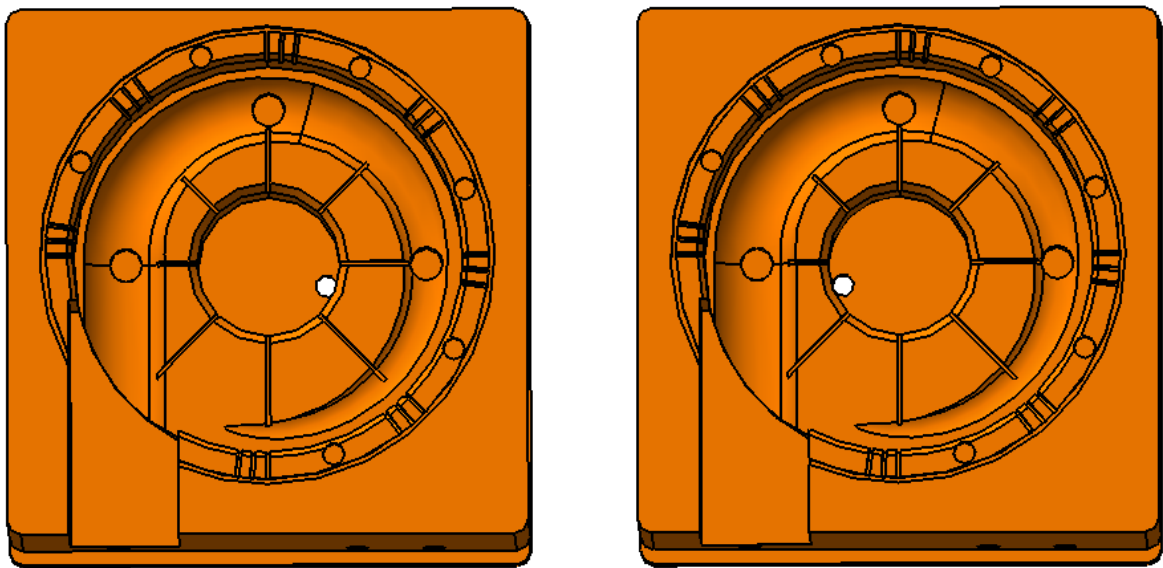
9.3 Zaformování výrobku

Při zaformování výrobku je kladen důraz na správnou volbu dělicí roviny, která bude konstrukčně nejjednodušší a zároveň by měla umožnit snadné vyhození z dutiny formy.

Při zaformování výrobku kryt od čerpadla bylo nutné navrhnout tak, že tvárník je dán níže kvůli velikosti tvárnice, protože by pak nešla forma plně uzavřít a nedošlo by k započetí cyklu. Tvárník je zvolen tak, aby při otevření formy zůstal výrobek v levé části formy, odkud se za pomoci válcových vyhazovačů deformuje.

9.3.1 Tvárnice

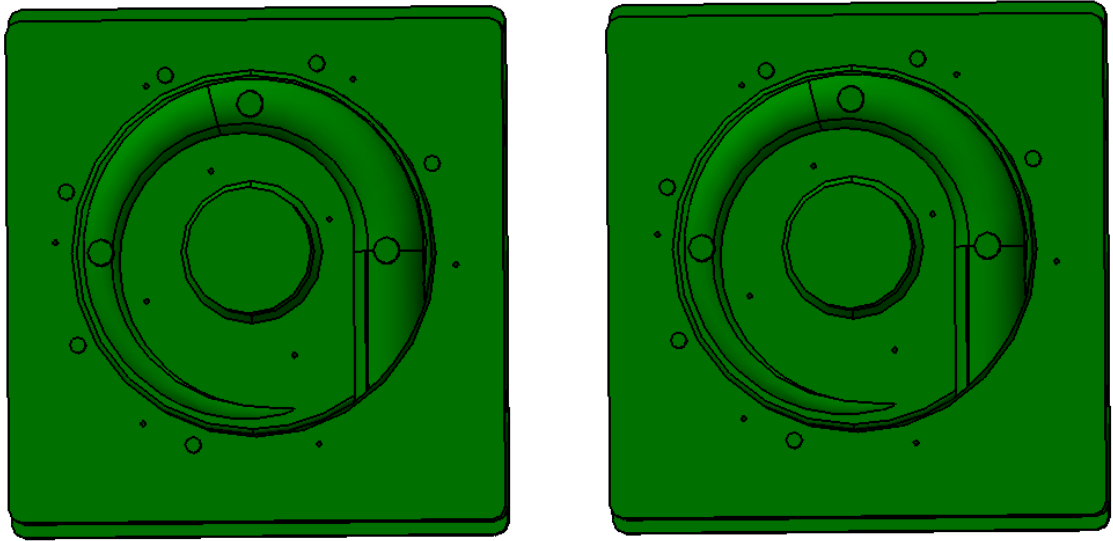
Tvárnice je uchycena na pravé straně vstřikovací formy, které je dána jako nepohyblivá část. V horní části krytu je vyvrtán otvor pro horkou trysku. Po stranách tvárnice je šest vrtaných otvorů o průřezu 8 mm pro cirkulaci temperačního média. Na výusti krytu je vyvrtán otvor pro vložení jádra. Základní rozměry tvárnice jsou 190 x 200 mm s dvěma 10 mm ploškami, které jsou konstrukčně řešeny tak, aby sloužily k uložení a zabezpečení tvárnice s kotevní deskou.



Obr. 17. Tvárnice 190 x 200 mm

9.3.2 Tvárník

Tvárník se nachází na levé straně vstřikovací formy, která je dána jako pohyblivá část. Po stranách tvárnice je deset vyvrtaných otvorů o průřezu 8 mm pro cirkulaci temperačního média. Výrobek zůstává na tvárnici, odkud je vyhozen pomocí válcových vyhazovačů. Pro vyhození jsou zde 10 otvorů o průměru 2 mm. Rozměry tvárníku jsou totožné s tvárnicí.

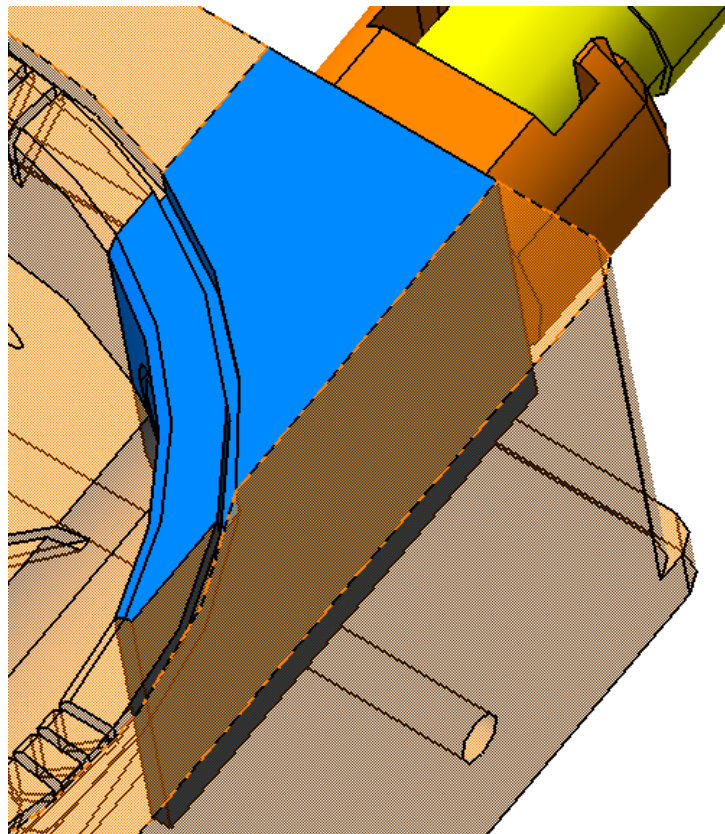


Obr. 18. Tvárník 190 x 200 mm

9.3.3 Tvarové jádro

Tvarové jádro je zhotoveno tak, aby nahradilo celou část výustě pro zabezpečení funkce formy.

Jádro je vyrobeno z nástrojové oceli s označením 1.2343, a kaleno na tvrdost $HRC\ 55 \pm 3$. Tvarové jádro se nachází na pravé (pevné) straně vstřikovací formy. Délka pro vysunutí tvarové součásti je minimálně 50 mm.

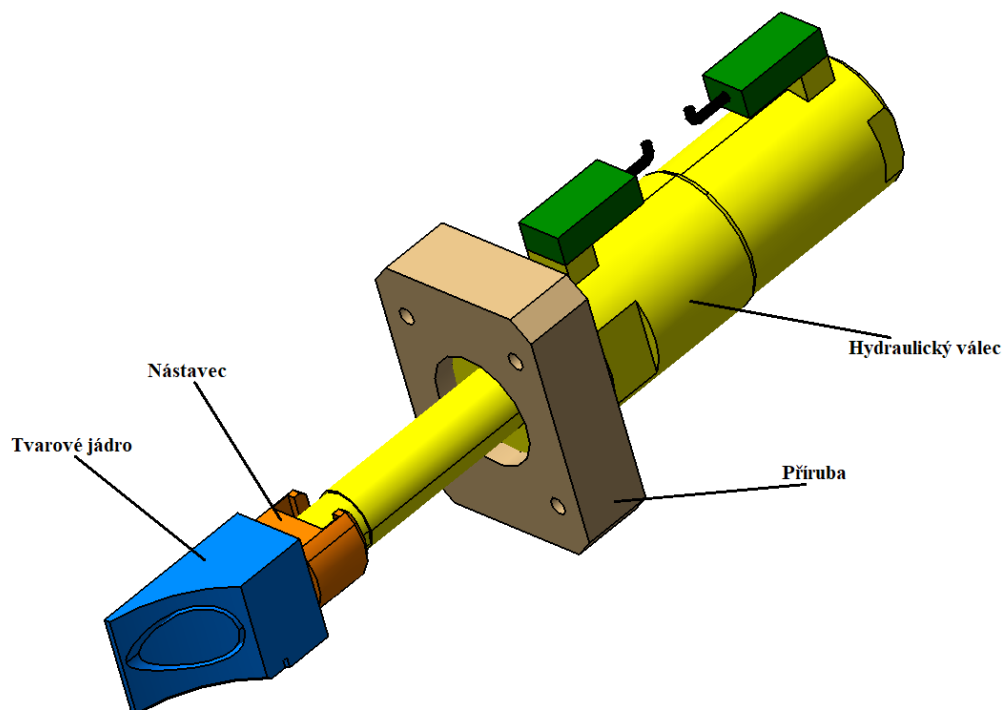


Obr. 19. Tvarové jádro

9.4 Odformování

Odformování je řízeno pomocí hydraulického tahače s blokováním, na kterém je uchyceno tvarové jádro. Hydraulické válce jsou napojeny na hydraulický systém a jsou určeny normáliemi firmy Hasco.

Hydraulický tahač je označen Z2301/32x90, a jeho zdvih je 90 mm a zaručuje bezpečné vytažení jádra. Pro funkci je zde příruba Z2310/32, která šroubovým spojem je namontována na desku formy. Další součástí je nástavec, který je přimontován k tvarovému jádru s označením Z2321/32.

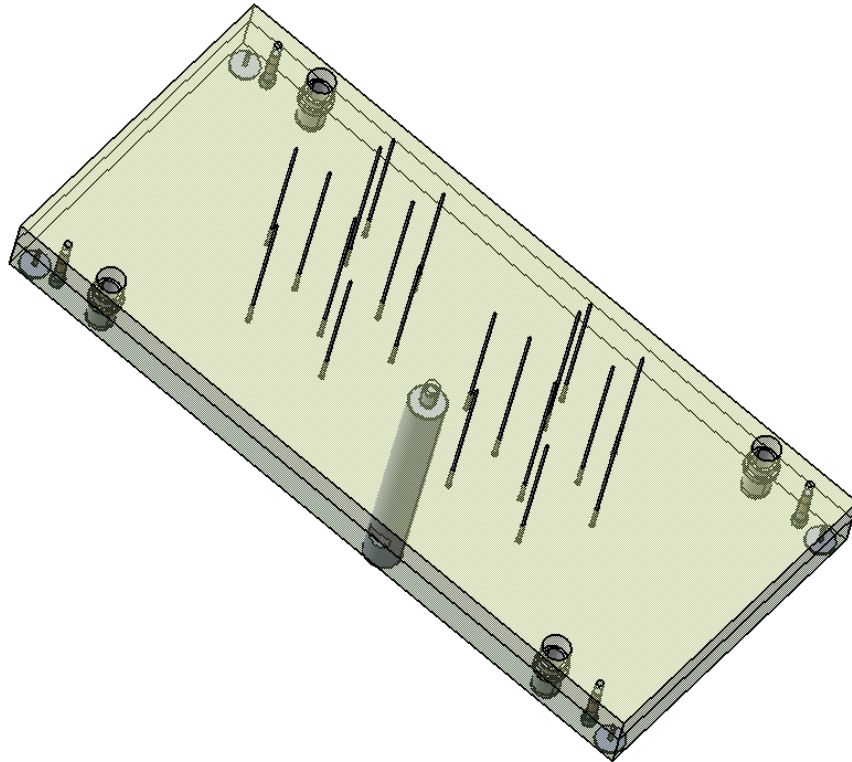


Obr. 20. Sestava hydraulického tahače

Vyhazovací systém se skládá ze dvou vyhazovacích desek, z nichž první se nazývá opěrná a druhá kotevní. Vyhození z formy je uskutečněno pomocí 20 válcových vyhazovačů o průměru 2 mm.

Ve vyhazovacím systému jsou umístěna 4 čtyři vodící pouzdra a v nich jsou umístěny čepy. Díky tomu je pohyb vyhazovacích desek plynulý. Systém je uveden do pohybu táhly, které propojí vyhazovací systém s hydraulickým systémem stroje.

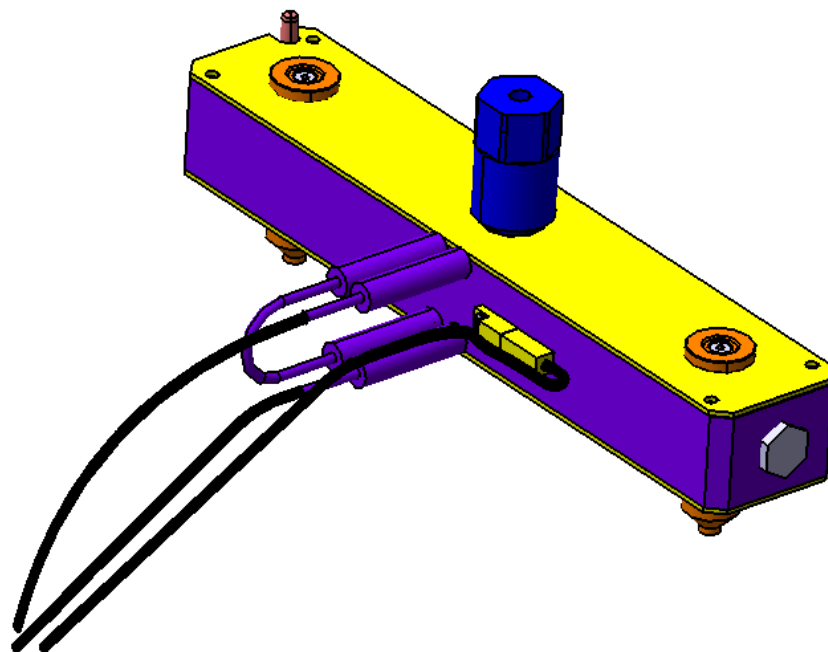
Rázy vyhazovací soustavy do původní polohy jsou zmírněny pomocí čtyř dosedek, které nalezneme v každém rohu po jednom kusu. Vyhazovací deska opěrná a kotevní jsou sešroubovány čtyřmi šrouby.



Obr. 21. Vyhazovací systém formy

9.5 Vtokový systém

Ve formě byl použit horký vtokový systém sestavený z několika součástí. Horký vtok má schopnost udržet vstříkovaný plast v konstantní teplotě až do dutiny formy. Cílem systému je plnění tvarové dutiny v co nejkratším čase a při minimálním odporu. Všechny součásti obsažené v horkém vtokovém systému jsou sestavené z normálií Hasco.

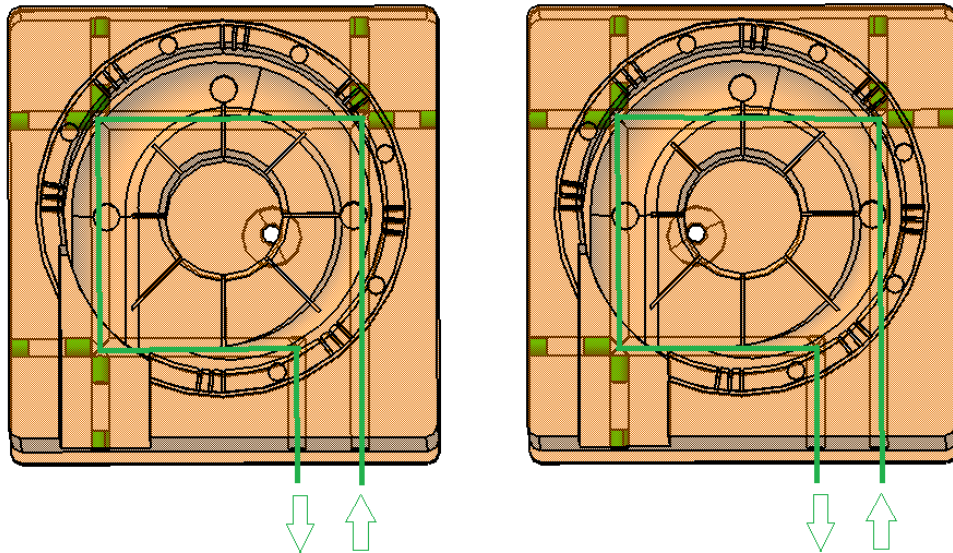


Obr.22. Horký vtokový systém

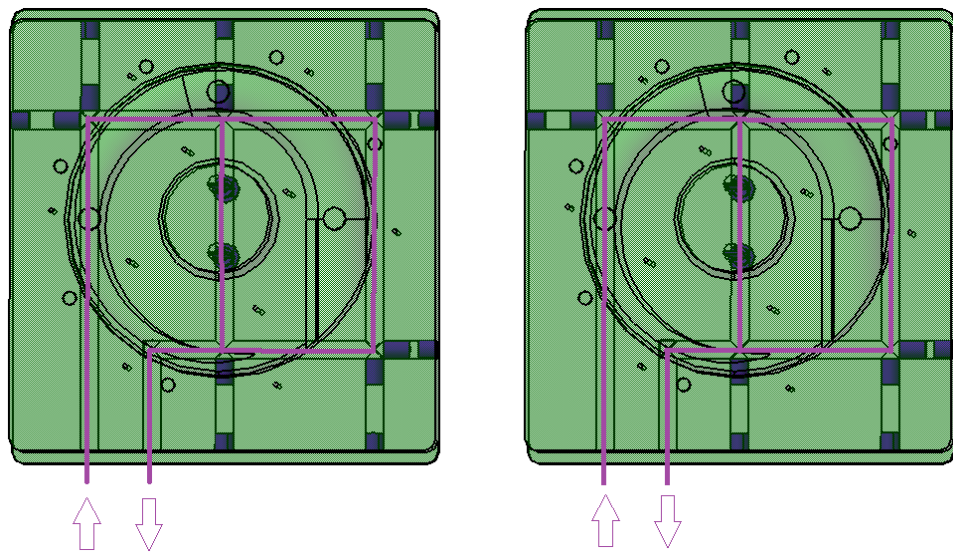
9.6 Temperační systém

Temperační systém zajišťuje požadovanou teplotu v dutině formy a činnosti odvádění tepla při chlazení výrobku, protože během vstřikování není teplota formy konstantní. Chlazení je prováděno pomocí temperačního media, které protéká ve vrtaných kanálech o průměru 8 mm.

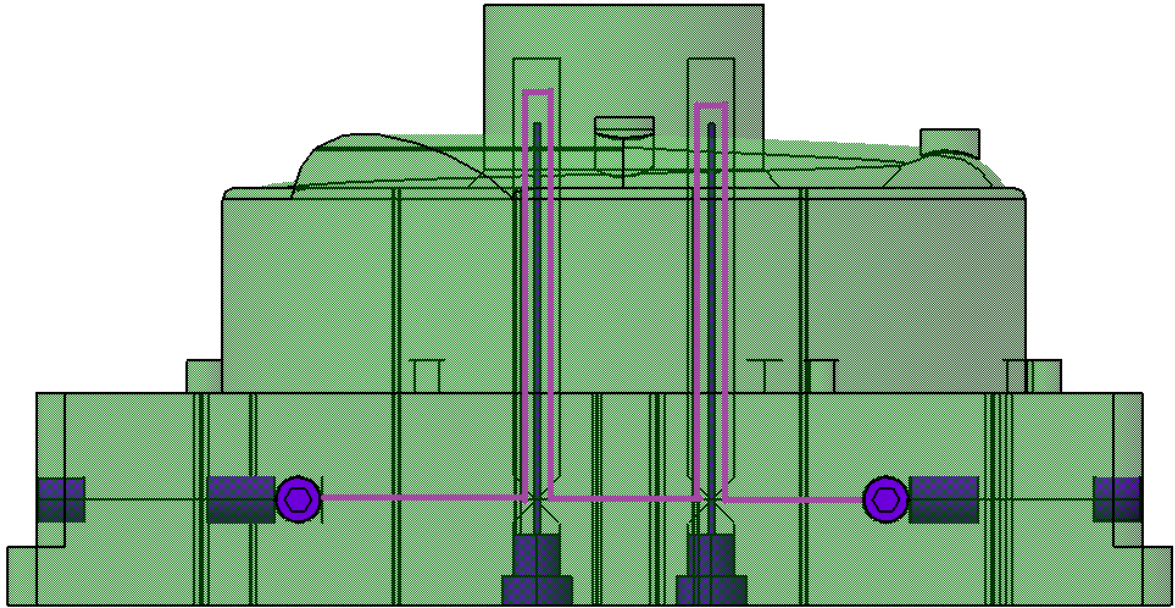
V bakalářské práci je temperační systém ve tvárníku navržen tak, aby byla měla dostatečnou teplotu po dobu cyklu. U tvárníku byl zvolen podobný systém s rozdílem, kde doprostřed tvárníku byl umístěn systém plochých prepážek. Tento systém má prepážku, která rozděluje kanál na dva menší. Díky tomu můžeme udržovat teplotu v horní části tvárníku.



Obr.23. Temperační systém tvárnice



Obr.24. Temperační systém tvárníku



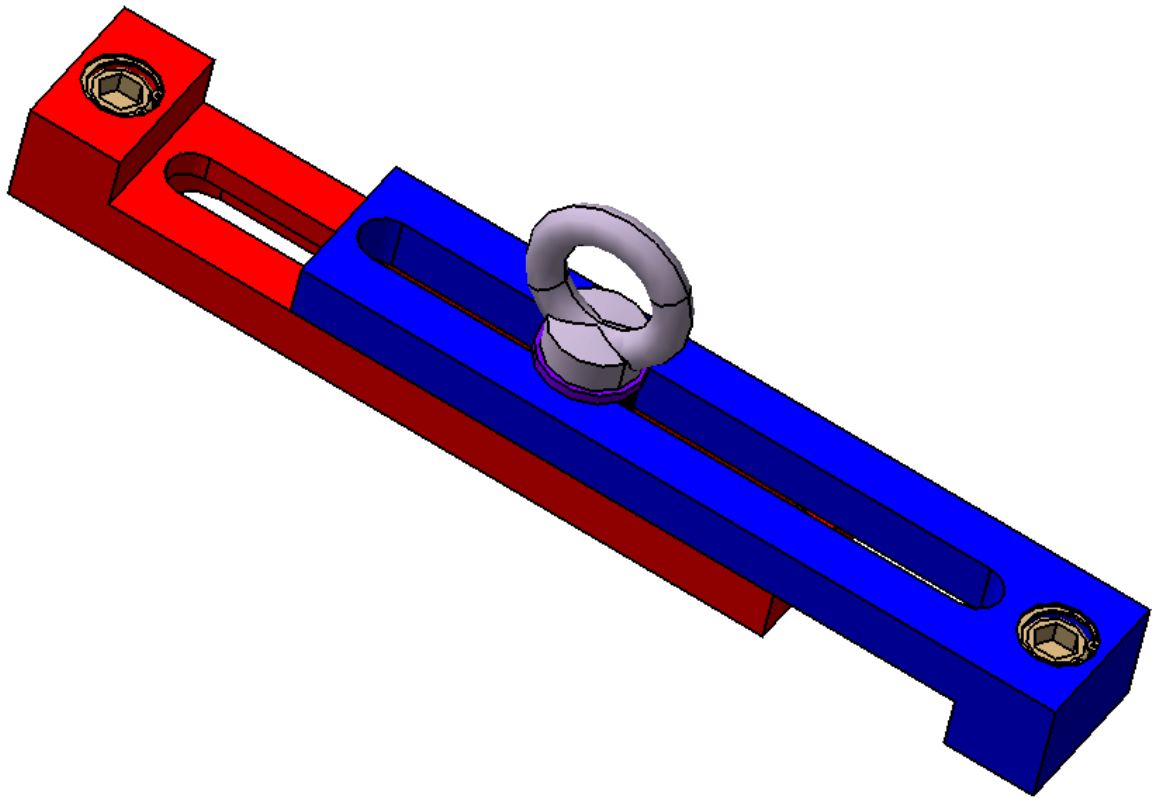
Obr.25. Temperační systém - systém plochých přepážek

9.7 Odvzdušnění formy

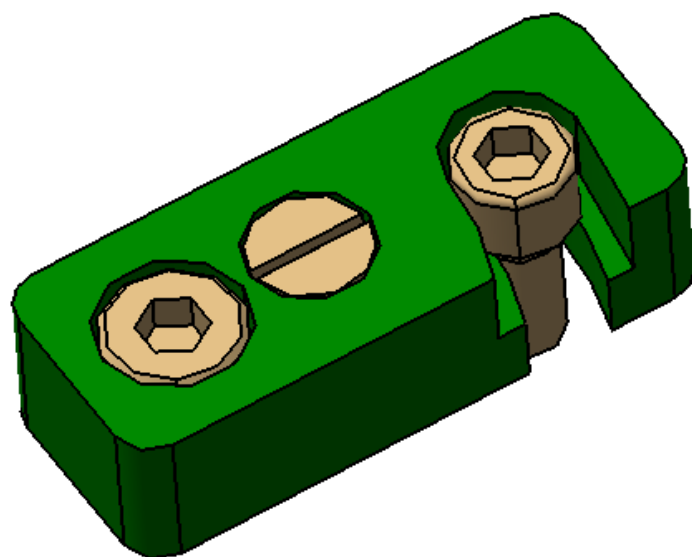
Při vstřikování do dutiny formy dochází k zavzdušnění tím, že tavenina vytlačuje před sebou vzduch. Pokud vzduch nemá kam proudit, dojde ke zvýšení teploty a začne se zvedat tlak v dutině formy. To může způsobit Dieselův efekt (vznícení vstřikovaného plastu). Ve vstřikovací formě se předpokládá, že přebytečný vzduch uniká dělicí rovinou, jádrem nebo tvárníkem.

9.8 Transportní zařízení

Transportní zařízení je připojeno k pravé a levé upínací desce a zajišťuje manipulaci s formou. Závěsné oko, které je součástí transportního zařízení, usnadní manipulaci formy pomocí jeřábu. Aby nedošlo k otevření dělicí roviny, je na formě umístěn zámek. Jedná se o ochranný prvek.



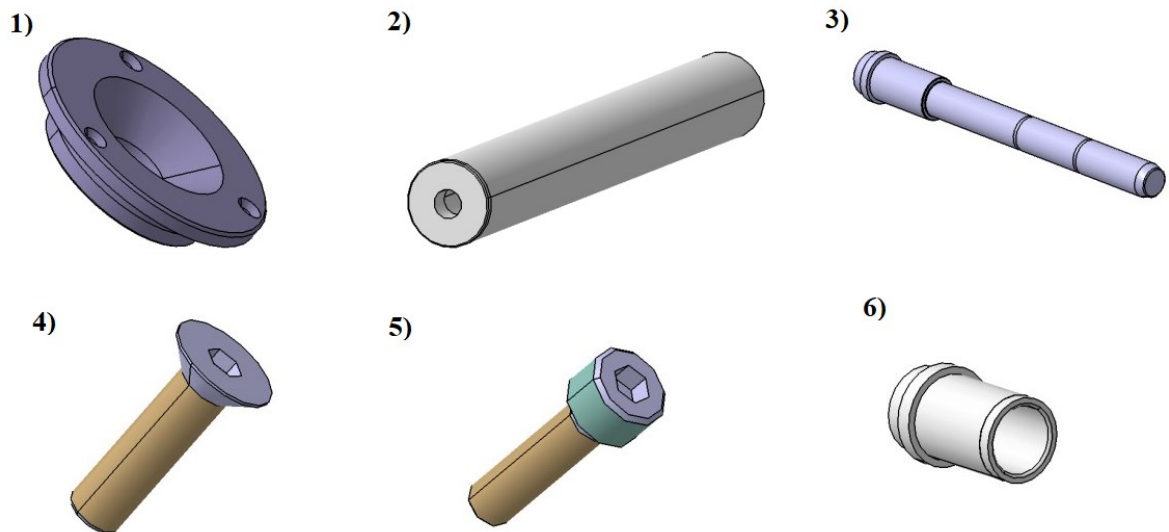
Obr. 26. Transportní můstek



Obr. 27. Zámek

Návrh vstřikovací formy pro kryt od čerpadla obsahuje tyto normalizované součásti od firmy Hasco:

- spojovací šrouby,
- středící trubky a kroužky,
- vodící čepy a pouzdra.



Obr.28. Komponenty Hasco

- 1) středící kroužek, 2) středící trubka, 3) vodící čep, 4) spojovací šroub,
5) spojovací šroub, 6) vodící pouzdro

ZÁVĚR

Cílem v bakalářské práci bylo navrhnout a zkonstruovat ve vstřikovací formě kryt od čerpadla. Výrobek a vstřikovací forma byla vymodelována v programu Catia s pomocí modulů Part design, Generative shape design, Assembly Design a Mold Tooling Design.

Zvolený materiál pro výrobek byl polymer PA 66. Tento polymer splňuje veškeré požadavky na funkci výrobku a plně tak vyhovuje.

Bakalářská práce se skládá ze dvou částí a to teoretické a praktické části. V teoretické části byly popsány základní druhy materiálů pro vstřikování, technologie vstřikování, vstřikovací stroje a formy. V praktické části bylo úkolem zkonstruovat 3D model krytu pro čerpadlo a vstřikovací formy. Dále bylo potřeba vyhotovit výkres formy ve 2D s kusovníkem.

V praktické části byla zkonstruována vstřikovací forma ve 3D za pomoci katalogu od firmy Hasco, kde jsou obsaženy normalizované komponenty. Násobnost formy byla zvolena dvojnásobná pro efektivnější výrobu. Byl zvolen vhodný vstřikovací stroj od německé firmy Arburg s označením Allrounder 720 S Golden Edition. Byla navržena dvě tvarová jádra, která jsou ovládána hydraulicky. Ve formě byl zvolen horký vtokový systém, ve kterém je horký rozvodný blok s tryskami. Temperace formy tvárnice je tvořena z jednoho vrtaného okruhu, zatímco u tvárnici jsou okruhy dva, kde v jednom se umístěn systém plochých přepážek, uzavírací zátky a šroubů, které usměřují tok temperačního média, které proudí ve vrtaném okruhu. K odvzdušnění formy se předpokládá, že přebytečný vzduch uniká dělicí rovinou, jádrem nebo tvárníkem. Vyhození výstřiku z formy je zajištěno vyhazovacím systémem, který se skládá z 18 válcových kolíků. Forma je opatřena zámkem proti otevření a transportním můstkem pro jednodušší manipulaci.

Přílohou bakalářské práce je výkres formy s kusovníkem, materiálovým listem a s parametrem vstřikovacího stroje.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Ducháček, Vratislav. Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-7080-617-6.
- [2] Rodriguez, Ferdinand. Plastic chemical compound. Encyclopedia Britannica 2020 [cit. 2021-03-25], Retrieved from: <https://www.britannica.com/science/plastic>.
- [3] Michel, Biron. Thermoplastics and Thermoplastic composites. 3rd ed. Plastic Design Library. [cit. 2021-03-25]. ISBN 978-0-08-102501-7.
- [4] Jaroslav Sojka, Petra Váňová. Základy progresivních konstrukčních materiálů [online]. Vysoká škola báňská v Ostravě 2010 [cit. 2021-4-29] ISBN 978-80-248-2578-6. Dostupné z: www.person.vsb.cz/archivcd/FMMI/ZPKM/OPORA_PROGRESIVNI_MATERIALY.pdf
- [5] Vanessa, Goodship Practical guide to injection moulding, 2nd Edition. Smithers Information Ltd., 2017. [cit. 2021-03-25] ISBN 978-1-91024-295-7
- [6] Zeman, Lubomír. *Vstřikování plastů: teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0614-1.
- [7] Staněk, Michal. Přednášky z Konstrukce forem. FT UTB ve Zlíně. 2019
- [8] Dominik V. Rosato, Donald V. Rosato, Marlene G. Rosato. 3rd Edition. Injection molding handbook 2000. ISBN 978-1-4613-7077-2.
- [9] Lenfeld, Petr. *Vstřikování plastů* [online]. [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [10] Hynek, Martin, Eduard Müller a Štěpán Heller. Plastové díly: studené a živé vtokové systémy [online]. 1. Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-verfin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf
- [11] Řehulka, Zdeněk. *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů*. 1. SEKURKON, 2005. ISBN 80-86604-18-7.
- [12] Kyle Keiser. A guide to hot and cold runner systems [online] 2019. Dostupné z: <https://www.basilius.com/blog/a-guide-to-hot-and-cold-runner-systems>
- [13] Tony Rogers. Hot and cold runners for injection Molding [online] 2015. Dostupné z: <https://www.creativemechanisms.com/blog/hot-cold-runners-for-injection-molding>

[14] ACO Mold Co. Mold Ejection system [online] 2021. Dostupné z:

<http://www.acomold.com/mold-ejection-system.html>

[15] Ing. Miloš Sova, CSc. Mechanické vyhazování u vstřikovaných plastů [online]

dostupné z: <https://www.techportal.cz/a3e5w>

[16] Hasco [online]. [cit. 2021-3-27]. Dostupný z: <https://www.hasco.com/>

[17] Miloš Sova. Vzduchové vyhazování pro vyhazování tenkostěnných plastových vstříků

[online] dostupné z: <https://www.techportal.cz/a3e6d>

[18] Vstřikování plastických hmot. [online] Dostupné z:

http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cviceni/htn_tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy_zak.pdf

[19] Lubomír Zeman. Temperace vstřikovaných forem – důležitá podmínka výroby

výstříků z termoplastů [online] 2015. Dostupné z:

<https://www.plasticportal.cz/cs/temperace-vstrikovacich-forem-dulezita-podminka-vyroby-vystriku-z-termoplastu-4-cast/c/3088/>

[20] JAN SVOBODA s.r.o. Odvzdušňovací ventil SGD – zvýšená ekonomická úspěšnost

projektů [online] 2021. <https://www.jansvoboda.cz/SGD-stredni-a-velke-dily-o32801>

[21] Ensinger Plastics s.r.o. TECAMID 66 NATURAL [online]. Dostupné z:

<https://www.ensingerplastics.com/cs-cz/polotovary/plast/pa66-tecamid-66-natural#/product-technical-detail-collapse-item-0-lv1-1>

[22] ARBURG [online]. [cit. 2021-3-27]. Dostupné z:

https://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Technische_Daten/ARBURG_ALLROUNDER_720S_GOLDEN_EDITION_TD_528997_en_GB.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
PA	Polyamid
PC	Polykarbonát
HDPE	Polyethylen s vysokou teplotou
LDPE	Polyethylen s nízkou teplotou
PMMA	Polymethyl-methakrylát
POM	Polyoximethylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PVC	Polyvinylchlorid
PSU	Polysulfon
PAEK	Polyaryletherketon
LCP	Polymer tekutých krystalů
%	Procenta
Obr.	Obrázek
Tab.	Tabulka
mm	milimetry
kN	Kilo newton
MPa	Mega Paskal
2D	Dvourozměrný prostor
3D	Třírozměrný prostor
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
HRC	Zkouška tvrdosti podle Rockwella
cm ³	Centimetr krychlový
CAM	Počítačová podpora obrábění

CAD	Počítačová podpora projektování
CAE	Počítačová podpora inženýrství
g	Gram
°C	Stupeň Celsia
Bar	Jednotka tlaku
Max	Maximálně
Min	Minimálně
CD	Cédéčko
DVD	Digitální optický datový nosič

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Vstřikovací cyklus [7]	13
Obr. 2. Vstřikovací stroj Arburg 720 S [8]	15
Obr. 3. Vstřikovací jednotka [10]	16
Obr.4. Schéma studeného vtoku [10]	19
Obr. 5. Vtokové kanály [10]	20
Obr. 6. Rozmístění rozváděcích kanálů [10]	20
Obr. 7. Tunelový vtok [10]	21
Obr. 8. a) vyhazovač vytrhávač; b), c) strhovač vtoku [10]	21
Obr. 9. Válcový a prizmatický vyhazovač [16]	24
Obr. 10. Temperační médium [19]	25
Obr. 11. Odvzdušňovací ventil [20]	27
Obr. 12. Model výrobku	31
Obr. 13. Vstřikovací stroj Arburg 720 S [8]	32
Obr. 14. 3D model vstřikovací forma	33
Obr. 15. Levá strana vstřikovací formy	34
Obr. 16. Pravá strana vstřikovací formy	35
Obr. 17. Tvárnice 190 x 200 mm	36
Obr. 18. Tvárník 190 x 200 mm	37
Obr. 19. Tvarové jádro	37
Obr. 20. Sestava hydraulického tahače	38
Obr. 21. Vyhazovací systém formy	39
Obr.22. Horký vtokový systém	39
Obr.23. Temperační systém tvárnice	40
Obr.24. Temperační systém tvárníku	40
Obr.25. Temperační systém - systém plochých přepážek	41
Obr. 26. Transportní můstek	42
Obr. 27. Zámek	42
Obr.28. Komponenty Hasco	41

SEZNAM TABULEK

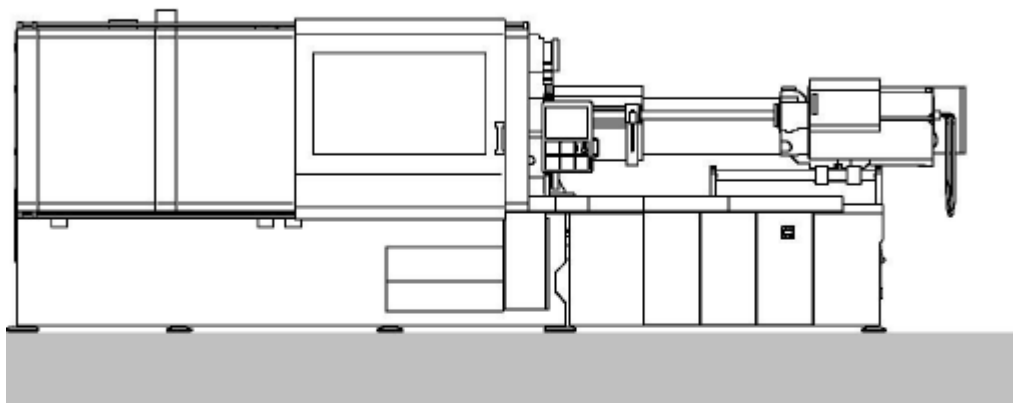
Tab.1. Požadované teploty formy a taveniny [18]	26
Tab. 2. Základní vlastosti materiálu PP 66 [21]	32
Tab. 3. Základní parametry vstřikovacího stroje [22].....	31

SEZNAM PŘÍLOH

- P 1 PARAMETRY VSTŘIKOVACÍHO STROJE
- P 2 KUSOVNÍK
- P 3 VÝKRES VSTŘIKOVACÍ FORMY

PŘÍLOHA P I: PARAMETRY VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Facts and figures



ALLROUNDER 720 S GOLDEN EDITION

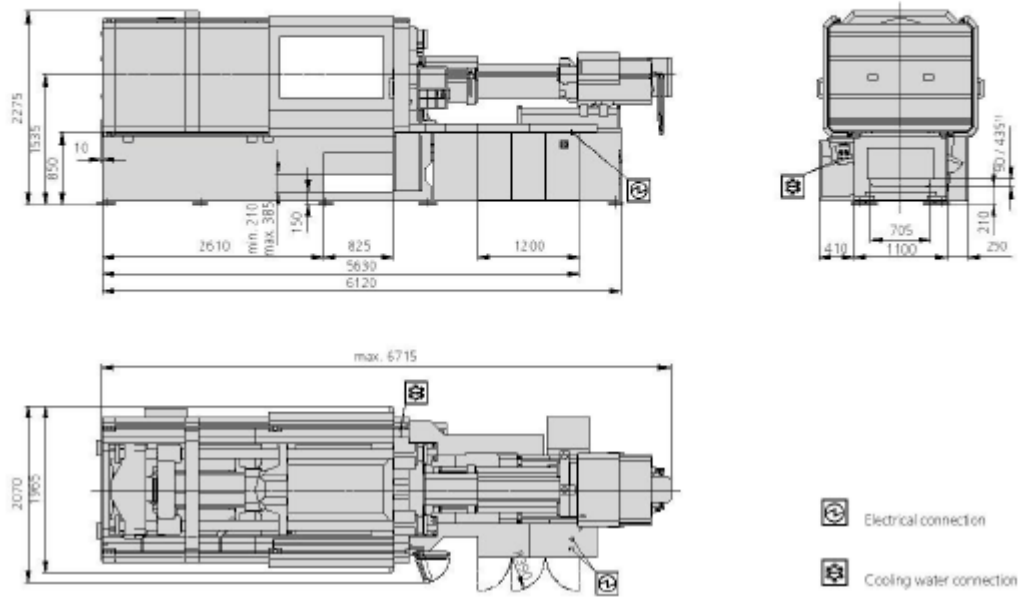
Distance between tie bars: 720 x 720 mm

Clamping force: 3000 kN

Injection unit (acc. to EUROMAP): 1300

ARBURG

www.arburg.com



1) Conveyor belt

Technical data

720 S GOLDEN EDITION

Clamping unit		720 S GOLDEN EDITION	
with clamping force	max. kN	3000	
Opening force stroke	max. kN mm	800 850	
Mould height, fixed variable	min. mm	400 ---	
Platen daylight fixed variable	max. mm	1250 ---	
Distance between tie bars (w x h)	mm	720 x 720	
Mould mounting platens (w x h)	max. mm	1040 x 1040	
Weight of movable mould half	max. kg	3200	
Ejector force stroke	max. kN mm	76 250	
Cycle time EUROMAP 2	min. s - mm	3.5 - 504	

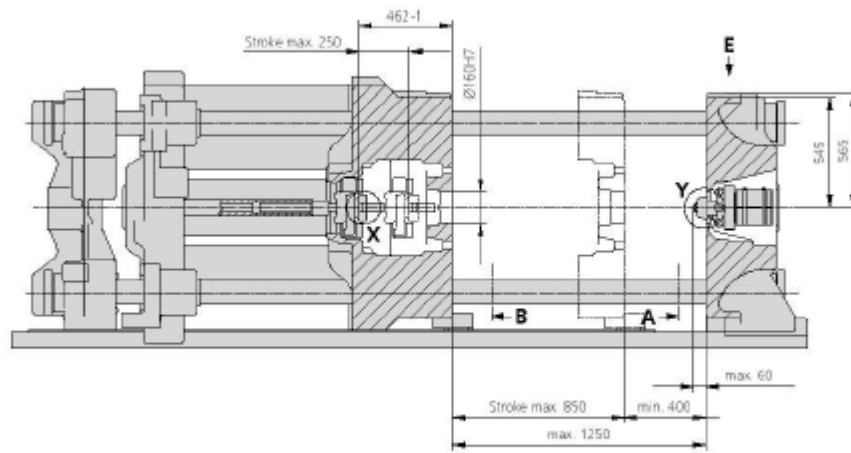
Injection unit		1300	
with screw diameter	mm	55	60
Effective screw length	LD	22	20
Screw stroke	max. mm	235	
Calculated stroke volume	max. cm ³	558	664
Shot weight	max. g PS	510	607
Material throughput	max. kg/h PS	86	96
	max. kg/h PA6.6	43	48
Injection pressure	max. bar	2380	2000
Holding pressure	max. bar	2380	2000
Injection flow 2	max. cm ³ /s	238	284
Screw circumferential speed 2	max. m/min	40	43
Screw torque	max. Nm	1510	1640
Nozzle contact force retraction stroke	max. kN mm	90 550	
Heating capacity zones	kW	22.9 8	
Feed hopper	l	---	

Drive and connection		2 pumps	
with injection unit		1300	
Net weight of machine	kg	15500	
Emiss. sound press. level DIN EN 201:1997	dB(A)	72 +3	
Oil filling	l	390	
Drive power 2	max. kW	37	
Electrical connection 3	kW	63	
	Total	A	
	Machine	A	
	Heating	A	
Cooling water connection	max. °C	30	
	min. Δp bar	1.5 DN 25	

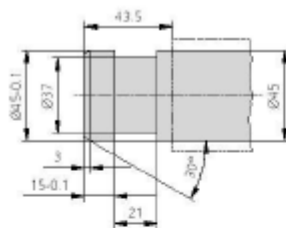
Machine type
with EUROMAP size designation 1
720 S GOLDEN EDITION 3000-1300

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.

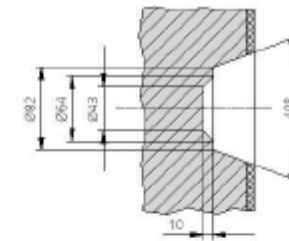
- 1) Clamping force (kN) - large injection unit = max. stroke volume (cm³) x max. injection pressure (bar)
 - 2) Specifications depend on the drive variant / drive configuration.
 - 3) Specifications relate to 030 V50 Hz.
- [] Specifications apply to alternative equipment.



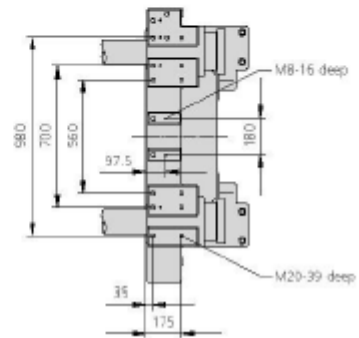
Ejector bolt | X



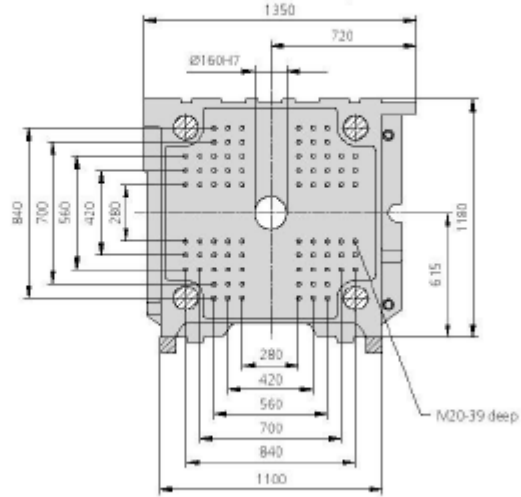
Bore in mould (if required) | Y



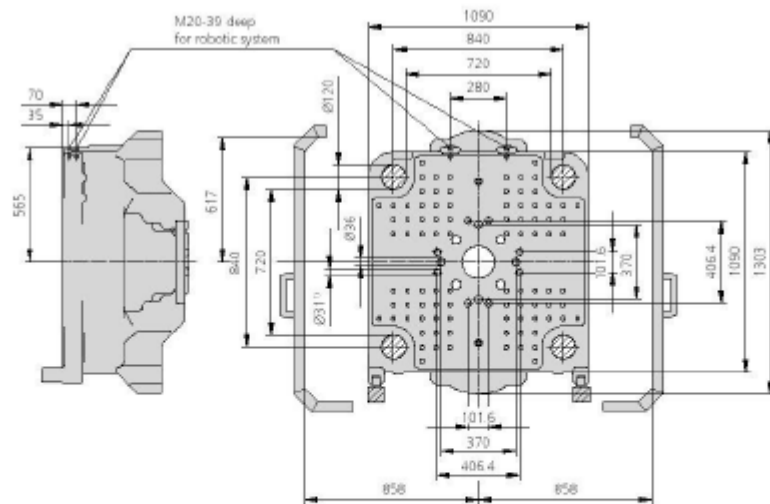
Robotic system mounting | E



Fixed mould mounting platen | A



Moving mould mounting platen | B



Theoretical shot weights for the most important injection moulding materials

Injection units according to EUROMAP		1300		
Screw diameter	mm	55	60	70
Polystyrene	max. g PS	510	607	826
Styrene heteropolymerizates	max. g SB	498	593	807
	max. g SAN, ABS ¹⁾	488	581	791
Cellulose acetate	max. g CA ¹⁾	574	683	930
Celluloseacetobutyrate	max. g CAB ¹⁾	534	635	865
Polymethyl methacrylate	max. g PMMA	527	627	854
Polyphtylene ether, mod.	max. g PPE	473	563	767
Polycarbonate	max. g PC	536	638	868
Polysulphone	max. g PSU	554	659	897
Polyamides	max. g PA 6.6, PA 6 ¹⁾	507	603	821
	max. g PA 6.10, PA 11 ¹⁾	473	563	767
Polyoximethylene (Polyaceta)	max. g POM	630	749	1020
Polyethylene terephthalate	max. g PET	607	723	984
Polyethylene	max. g PE-LD	385	458	624
	max. g PE-HD	398	473	644
Polypropylene	max. g PP	406	484	658
Fluoropolymerides	max. g PEP, PFA, PCTFE ¹⁾	816	971	1322
	max. g ETFE	716	852	1160
Polyvinyl chloride	max. g PVC-U	616	734	998
	max. g PVC-P1	569	678	922

1) average value

ARBURG GmbH + Co KG

Postfach 11 09 - 72286 Lossburg - Tel.: 449(0)7446 33-0 - Fax: 449(0)7446 33-3365 - www.arburg.com - e-mail: contact@arburg.com

With locations in Europe: Germany, Belgium, Denmark, France, United Kingdom, Italy, Netherlands, Austria, Poland, Switzerland, Slovakia,Spain, Czech Republic, Turkey, Hungary | **Asia:** People's Republic of China, Indonesia, Malaysia, Singapore, Thailand, United Arab Emirates | **America:** Brazil, Mexico, USAFor more information, please go to www.arburg.com.

© 2014 ARBURG GmbH + Co KG

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

All data and technical information have been compiled with great care. However we accept no responsibility for correctness. Individual illustrations and information may deviate from the actual delivery condition of the machine. The relevant valid operating instructions are applicable for the installation and operation of the machine.

**ARBURG GmbH + Co KG**

DIN EN ISO 9001 + 14001 + 50001 certified



Partner of the Engineering Industry Sustainability Initiative

