

Návrh konstrukce vstřikovací formy pro víko filtru

Michal Hvorecký

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:	Michal Hvorecký
Osobní číslo:	T20184
Studijní program:	B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Technologická zařízení
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Návrh konstrukce vstříkovací formy pro viko filtru

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární rešerši na dané téma.
2. Vytvořte model zadaného vstříkovaného dílu.
3. Zhotovte konstrukční návrh vstříkovací formy pro daný díl.
4. Nakreslete sestavu formy včetně patřičných pohledů a kusovníku.

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

Seznam doporučené literatury:

ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, 2018, 455 s. ISBN 9788027106141.

OSSWALD, Tim A., Lih-Sheng TURNG a Paul J. GRAMANN. *Injection molding handbook*. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s. ISBN 9781569904206.

BEAUMONT, John P. *Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding*. 2nd ed. Munich: Hanser Publishers, c2007, xvi, 308 s. ISBN 978-1-56990-421-3

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Vaněk**
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

Cílem bakalářské práce je vytvořit funkční návrh vstřikovací formy pro víko filtru. Teoretická část je zaměřena na materiály vhodné pro vstřikování a popisuje samotnou technologii vstřikování a problematiku konstruování vstřikovacích forem. V praktické části je popsána konstrukce navržené vstřikovací formy, která byla vyhotovena v programu CATIA V5R20 za použití normálií firmy Meusburger.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, výrobek, polymer

ABSTRACT

The aim of the bachelor's thesis is to create a functional design of an injection mold for a filter lid. The theoretical part focuses on materials suitable for injection molding and describes the injection molding technology itself, as well as the issues related to designing injection molds. In the practical part, the construction of the designed injection mold is described, which was created using CATIA V5R20 software and Meusburger company's standards.

Keywords: injection molding, injection mold, product, polymer

Tímto chci poděkovat své rodině a přítelkyni za podporu při studiu a vedoucímu bakalářské práce Ing. Jířímu Vaňkovi za cenné rady, vedení a čas, který mi byl ochotný věnovat počas vypracovávání této bakalářské práce.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 POLYMERŇÍ MATERIÁLY	11
1.1 TERMOPLASTY	11
1.2 REAKTOPLASTY.....	11
1.3 ELASTOMERY	12
1.4 TERMOPLASTICKÉ ELASTOMERY	12
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	13
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	13
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	14
2.2.2 Uzavírací jednotka	15
2.3 VSTŘIKOVACÍ TLAK.....	16
2.4 VADY VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ.....	17
2.4.1 Vady zjevné.....	17
2.4.2 Vady skryté	18
2.5 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	18
3 VSTŘIKOVACÍ FORMY	19
3.1 NÁSOBNOST FORMY	19
3.2 KONSTRUKCE FORMY	19
3.2.1 Postup konstrukčního návrhu formy	20
3.2.2 Zaformování výstřiku.....	20
3.2.3 Boční odformování výstřiku	21
3.3 VTOKOVÉ SOUSTAVY	22
3.3.1 Studený vtokový systém	22
3.3.2 Horký vtokový systém	22
3.4 VYHAZOVACÍ SYSTÉM FORMY	23
3.4.1 Mechanický vyhazovací systém.....	23
3.4.2 Pneumatický vyhazovací systém.....	24
3.4.3 Hydraulický vyhazovací systém	24
3.5 ODVZDUŠNĚNÍ FORMY.....	24
3.6 TEMPERACE FORMY	25
3.6.1 Vrtané temperační kanály	25
3.6.2 Přepážkové temperační systémy	26
3.6.3 Ploché přepážky	26
3.6.4 Spirálové přepážky	27
3.6.7 Tepelné trubice.....	30
3.6.8 Ucpávky a přípojky temperačních kanálů.....	31

II PRAKTICKÁ ČÁST.....	34
4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	35
5 POUŽITÉ PROGRAMY	36
5.1 CATIA V5R20	36
5.2 MEUSBURGER 3D MODULE.....	36
6 VÝROBEK.....	37
6.1 MATERIÁL VÝROBKU	38
7 VSTŘIKOVACÍ STROJ	39
8 VSTŘIKOVACÍ FORMA	40
8.1 DĚLÍCÍ ROVINA.....	41
8.2 LEVÁ (POHYBLIVÁ) STRANA FORMY.....	41
8.2.1 Vyhazovací systém.....	42
8.3 PRAVÁ (NEPOHYBLIVÁ) STRANA FORMY	43
8.3.1 Vtoková soustava	44
8.4 TVAROVÁ JÁDRA	46
8.5 ODVZDUŠNĚNÍ.....	49
8.6 TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	49
ZÁVĚR	51
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	52
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	56
SEZNAM OBRÁZKŮ	58
SEZNAM TABULEK.....	59
SEZNAM PŘÍLOH.....	60

ÚVOD

Vývoj plastů pokračuje neustále kupředu, ale v poslední době plastikářský průmysl zažívá nevídaný rozmach. Plasty se nyní dokáží aplikovat v širokém spektru využití od tenkých fólií až po automobilové díly. Je tomu tak kvůli nízké ceně a jejich příznivým vlastnostem, mezi které patří např. pevnost nebo dobrá tepelná tváritelnost.

Zpracování surového materiálu na finální výrobek je možné provádět různými způsoby. Nejrozšířenějším je však technologie vstřikování plastů, která umožňuje vyrábět i tvarově náročné produkty s vysokou přesností.

V této bakalářské práci je zhotoven konstrukční návrh vstřikovací formy pro víko filtru včetně výkresové dokumentace a kusovníku.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERNÍ MATERIÁLY

Polymery jsou tvořeny makromolekulami, které vznikají řetězením monomerů do dlouhých řetězců bez vzniku vedlejších produktů. Tomuto procesu řetězení monomerů se obecně říká polymerace nebo také polymerizace. Obohacování polymerů o přísady je v praxi běžné z důvodu zlepšení zpracovatelských vlastností, ale také vlastností výsledného produktu. [8, 13]

1.1 Termoplasty

Většina plastových materiálů používaných ke vstřikování jsou termoplasty. Při zahřátí tohoto typu polymeru dojde k jeho měknutí a při opětovném ochlazení opět ztuhne. Jsou tvořeny lineárními případně rozvětvenými makromolekulami a jelikož při ohřívání nedochází k chemickým změnám, jsou tak termoplasty opakovaně zpracovatelné. Typickými termoplasty jsou polyethylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polymethyl-methakrylát (PMMA), polyoxymethylen (POM) apod. [14, 17]

Termoplasty je možné rozdělit do dvou skupin podle uspořádání molekul v krystalické mřížce na amorfni a semikrystalické. Molekuly uspořádané nahodile obsahují amorfni termoplasty, jejichž výhoda spočívá v tvarové stabilitě výrobku a nižšímu smrštění. Použití amorfni termoplastů je vhodné pro nepřilíš namáhané výrobky, jelikož mají malou odolnost proti únavě a namáhání. [15, 16]

Pravidelně uspořádané molekuly semikrystalických termoplastů zajišťují vysokou odolnost vůči opotřebení a únavě a vyšší pevnost. Vstřikovací cyklus je kratší než při vstřikování amorfni termoplastů, ale dochází k velkým hodnotám smrštění. [15, 16]

1.2 Reaktoplasty

Reaktoplast je materiál, který je tvarovatelný pouze po určitou dobu po zahřátí. Během zahřívání dochází k chemické změně, která způsobuje sesíťování molekul. Tato chemická změna způsobuje, že plast pozbývá schopnost opětovné tavitelnosti a tvarovatelnosti. Tato reakce se nazývá vytvrzování. Reaktoplasty se řadí mezi amorfni polymery a vyznačují se vysokou chemickou a tepelnou odolností, tvrdostí a tuhostí. V nevytvrzeném stavu se produkt z reaktoplastu nazývá pryskyřice. Mezi příklady těchto pryskyřic patří zejména epoxidová pryskyřice (EP), formaldehydová pryskyřice (PF), polyesterová pryskyřice (UP) apod. [18]

1.3 Elastomery

Vysoce pružný materiál s nízkou tuhostí. Působením malé síly lze tento materiál deformovat bez porušení. Deformace, kterou tento materiál utrpí je převážně vratná. Představitelem elastomerů jsou kaučuky, ze kterých se procesem zvaným vulkanizace vyrábí pryž. Při výrobě konkrétních výrobků se používá gumárenská směs kaučuku s vulkanizačním činidlem a stabilizátory, plastifikátory, či jinými pomocnými látkami. Kaučuky je možné nalézt v přírodní podobě, ale existuje i široká paleta kaučuků syntetických. Výsledná pryž se vyznačuje amorfni strukturou, nízkou teplotou skelného přechodu a vysokou pružností. [18]

1.4 Termoplastické elastomery

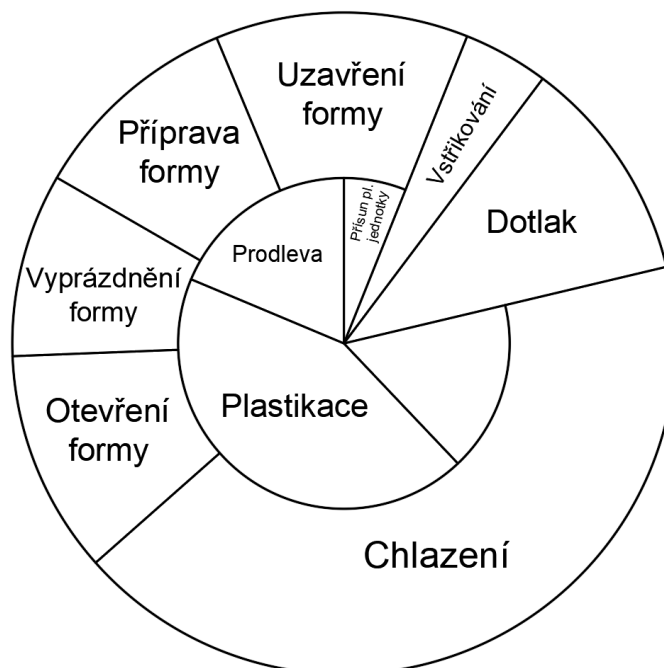
Struktura těchto materiálů je tvořena tvrdými a měkkými segmenty. Měkké segmenty jsou tvořeny elastomery a tvrdé segmenty termoplasty, které vytvářejí uzly sítě. Tyto segmenty musí být vzájemně nemísitelné, aby tvořily oddělené fáze. Při zvyšování teploty přecházejí termoplastické elastomery do tekutého stavu a je možné je zpracovávat stejně jako termoplasty. Významným rozdílem mezi elastomery a termoplastickými elastomery jsou vlastnosti uzlů sítě, které jsou u elastomerů tvořeny chemicky, zatímco u termoplastických elastomerů jsou povahy fyzikální. [18]

2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je termodynamický cyklický proces, specifický svojí komplexností, kdy za relativně krátký čas vznikne hotový, použitelný výrobek. V rámci technologického procesu vstřikování probíhají v polymerních materiálech složité fyzikální procesy. Obecně se vstřikování řadí mezi nejpoužívanější způsoby výroby plastových součástí. [8]

2.1 Vstřikovací cyklus

Prvním krokem vstřikovacího cyklu je přivedení granulátu do násypky vstřikovacího stroje, ze které je šnekem odebírán do plastikační komory, kde se působením tepla a třecí síly šneku granulát převede do formy taveniny. Při nahromadění dostatečného množství taveniny se rotace šneku zastaví a plastikační jednotka se přesune do kontaktu se vstřikovací formou, která se uzavírá. Následně se šnek vstřikovacího stroje začne chovat jako píst a vstřikuje taveninu do dutiny formy, v této fázi současně začíná chlazení, které je nejdelším procesem vstřikovacího cyklu. Dutina se po vstříknutí materiálu doplňuje (působí dotlak). Po doplnění dutiny formy se vstřikovací stroj odsune od formy a začne v něm probíhat plastikace dalšího polymeru pro další cyklus. Po ochlazení výstřiku na vyhazovací teplotu se forma otevře a za pomoci vyhazovacího systému dojde k vyprázdnění formy a celý cyklus se opakuje. [7]



Obrázek 1 Vstřikovací cyklus

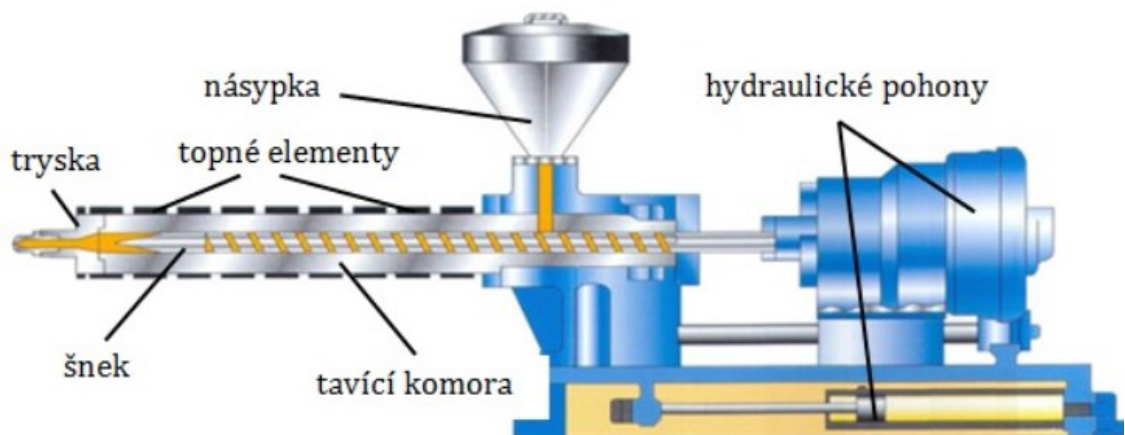
2.2 Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroj je nenahraditelnou částí pro proces vstřikování. Zajišťuje převedení materiálu z pevného do plastického stavu a jeho dopravu do vstřikovací formy. Celý stroj se skládá z jednotky vstřikovací, uzavírací a řídicí. [10]

Vstřikovací stroje se dělí podle mnoha kritérií, jakými jsou např. pracovní členy (pístové, šnekové), typ pohonu (elektrické, mechanické, hydraulické a hybridní), maximální síla uzavírací jednotky (malé, střední a velké) atd. [10]

2.2.1 Vstřikovací jednotka

Základní funkcí vstřikovací jednotky je převedení tuhého polymeru do stavu viskózní taveniny a následný přesun taveniny do tvarové dutiny vstřikovací formy se zajištěním maximální tvarové a rozměrové přesnosti. Nejrozšířenějším typem je vstřikovací jednotka šneková, kde šnek rotuje kolem své osy a axiálně se pohybuje vpřed a vzad. [9]



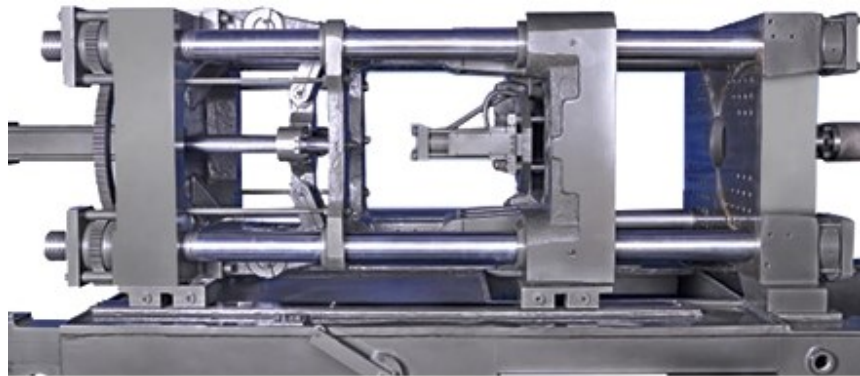
Obrázek 2 Vstřikovací stroj [9]

Vstřikovací jednotka se skládá z několika částí. Vstupní část je tvořena násypkou, na kterou navazuje plastikační komora obklopená topnými elementy uvnitř které se nachází šnek. Komora je zakončena tryskou, která těsně dosedá na vtokovou vložku vstřikovací formy. Na granulát přivedený do tavící komory působí teplo topných elementů, ale největší podíl na přeměně granulátu v taveninu má tření polymeru mezi stěnami tavící komory a šneku (přibližně 70 % tepelné energie). [9]

2.2.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka vstřikovacího stroje zajišťuje upnutí a plynulé pohyby vstřikovací formy. Základními součástmi jsou vodící sloupky, pevná a pohyblivá upínací deska stroje s upínacím systémem a mechanismus, který zajišťuje otevírání a uzavírání formy a umožňuje také uzamknout formu během fáze vstřiku a dotlaku. Podle pohonu, který zajišťuje pohyb desky, se uzavírací jednotky dělí na elektrické nebo hydraulické. [9]

Mezi nejefektivnější mechanické uzavírací systémy se řadí kloubový mechanismus, který se vyznačuje velmi dobrou regulovatelností rychlosti pohybu s nízkou spotřebou energie. Konstrukce kloubových mechanismů je relativně jednoduchá a nijak výrazně nezvyšuje nároky na velikost vstřikovacího stroje. V závislosti na malé velikosti hydraulického pohonu tohoto mechanismu spočívá další výhoda v nízké spotřebě oleje. [9]



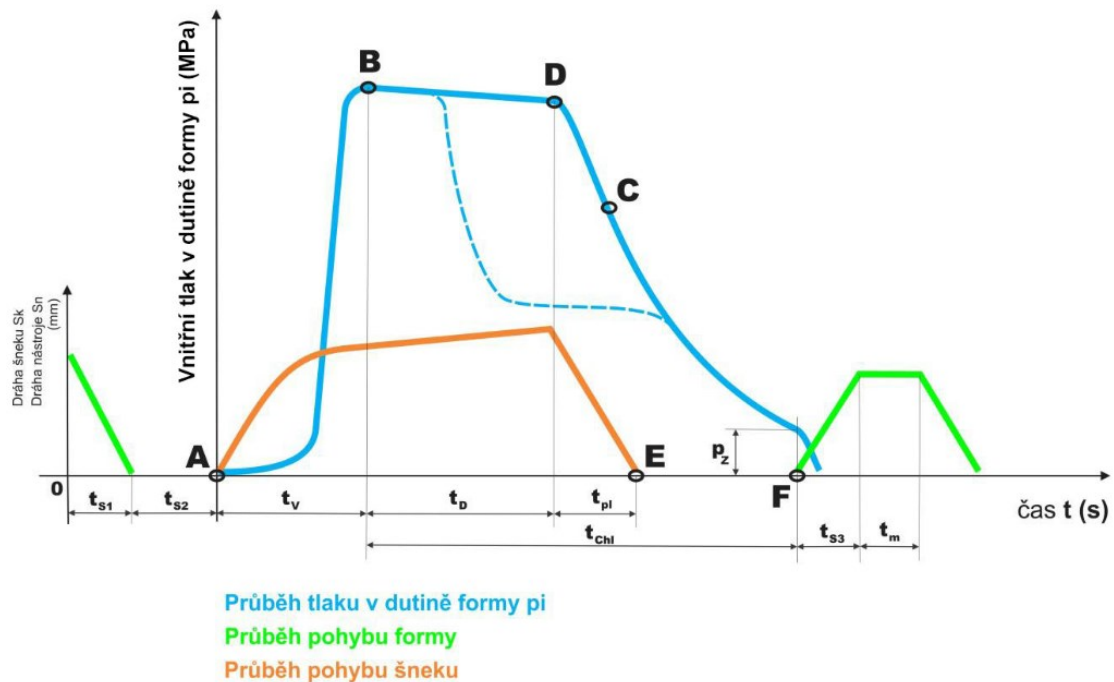
Obrázek 3 Hydraulická uzavírací jednotka [28]

Prostřednictvím komunikačního rozhraní vstřikovacího stroje lze nastavovat a sledovat hodnoty technologických parametrů (teplota, rychlost, tlak apod.). Rovněž komunikační rozhraní umožňuje zobrazit poruchy, které během jednotlivých operací nastaly. [9]

Hlavní součástí řídicí jednotky je regulátor, který sbírá a zpracovává hodnoty sledovaných parametrů a porovnává je s hodnotami zadanými. Při nalezení nesrovnalosti začne regulátor pomocí regulačních prvků (např. škrtící ventil pro řízení průtoku oleje) tyto nesrovnalosti dorovnávat na požadovanou hodnotu. [9]

2.3 Vstřikovací tlak

Během vstřikovacího cyklu je možné změřit dva různé tlaky. Vnější, který je měřitelný před čelem šneku a vnitřní vstřikovací tlak, který působí uvnitř dutiny formy během vstřikovacího cyklu. Pro měření tlaku uvnitř dutiny je možné použít tlakových čidel, která sledují průběh tlaku v dutině. [7]



Obrázek 4 Průběh vnitřních tlaků vstřikovacího stroje [21]

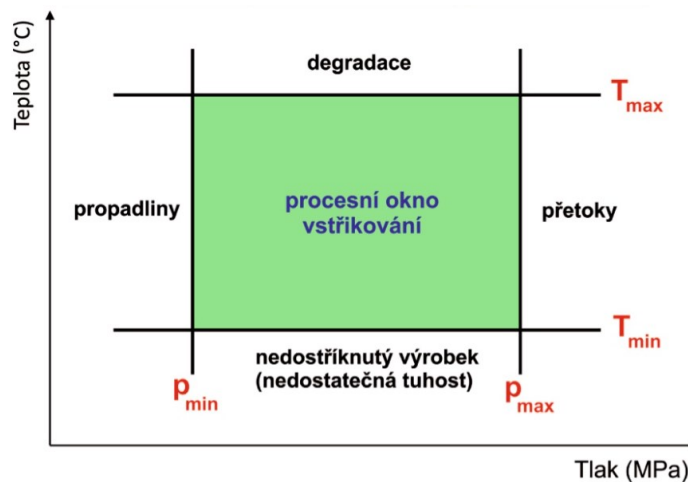
Na obrázku číslo 14 je znázorněn graf průběhu tlaků při jednom cyklu technologie vstřikování. V oblasti t_{s1} dochází k přisunutí pohyblivé části formy k pevné. Po uzavření formy se k ní přisouvá vstřikovací jednotka v časovém úseku t_{s2} . [21]

V bodě A nastává vstřikování taveniny do dutiny formy. Časový úsek t_v se nazývá doba plnění, kde tlak uvnitř formy nabývá svého maxima. Doba chlazení, značena t_{ch} trvá až do otevření formy a vyhození výstřiku, poté chlazení probíhá již bez přítomnosti tlaků. Při chlazení je třeba kompenzovat smršťování materiálu pomocí dotlaku (t_d), který může mít celou dobu stejně vysoký tlak jako je maximální tlak, nebo může po čase probíhat při sníženém tlaku. Proto je možné rozeznávat dotlak izochorický a izobarický. Bod C označuje moment zatuhnutí taveniny ve studeném vtokovém kanálu. Po dotlaku, v oblasti t_{pi} , dochází v plastikační jednotce k další plastikaci materiálu pro další cyklus. [21]

Po dobu pokračující fáze chlazení tlak ve vstřikovací formě klesá až na hodnotu zbytkového tlaku p_z . V bodě F dochází k otevření vstřikovací formy a vyhození výrobku. K této operaci je potřeba strojního času t_{s3} . Manipulační doba t_m se v grafu nachází v případě, je-li výrobek z formy vyjímán manipulátorem. [21]

2.4 Vady vstřikovaných výrobků

Odlišný tvar, rozměry a vlastnosti od předem stanovených výkresů nebo referenčních vzorků jsou vady, které může zapříčinit zpracováváný materiál, konstrukce výrobku, vstřikovací stroj nebo zvolené technologické podmínky. Vady výstřiků se dělí do dvou skupin na vady zjevné a vady skryté. [23]



Obrázek 5 Procesní okno u technologie vstřikování [21]

2.4.1 Vady zjevné

Vady zjevné jsou už podle názvu vady takové, které můžeme vizuálně rozeznat při porovnání s referenčním výrobkem. Tyto vady se dělí do dvou základních skupin na vady tvarové a vady povrchové. [23]

Mezi vady tvarové se řadí defekty narušující tvar výstřiku, kterými jsou například propadliny, přetoky, nedostříknuté části výrobku, stopy po vyhazovačích apod. Zatímco vady povrchové nenarušují tvar výstřiku, ale pouze jeho povrch. Mezi takové vady náleží stříbření, stopy po studeném spoji, tokové čáry, nerovnoměrný lesk, stopy po zdegradovaném materiálu, spálená místa a jiné. [23]

2.4.2 Vady skryté

Tyto vizuálně nepostizitelné vady vznikají v důsledku nerovnoměrné orientace makromolekul, vnitřního pnutí, degradačních procesů nebo vnitřních defektů jakými jsou například lunkry, uzavřený vzduch aj. [23]

2.5 Volba vstřikovacího stroje

Volba správného vstřikovacího stroje je důležitou částí při zavádění formy do výroby. Špatná volba stroje by mohla způsobit poškození formy, jejíž oprava by byla velmi nákladná. Při volbě vstřikovacího stroje je třeba brát ohled na hmotnost a rozměry výrobku, požadovanou kvalitu a přesnost výrobku, a rozměry formy. [3]

V závislosti na těchto parametrech, musí navržený vstřikovací stroj disponovat dostatečnou vstřikovací kapacitou a uzavíracím tlakem a mít vhodnou koncepci. Celkové množství hmoty použité pro výstřik musí být nižší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Tato dávka je závislá na plastikačním čase, který ovlivňuje vstřikovací cyklus. Využití plastikačního výkonu se pohybuje od 10 – 90 % celkového výkonu plastikační jednotky. Maximální vstřikované množství nemá překročit 90 % celkového množství hmoty použité pro výstřik, protože v plastikační jednotce je nutná rezerva zplastikovaného materiálu, pro případné doplnění taveniny do dutiny formy při působení dotlaku. Tavenina je vstřikována do formy přes trysku plastikační jednotky. Jakost a rozměry výstřiku jsou ovlivněny celou řadou aspektů a také kvalitou vstřikovacího stroje. Kvalita stroje je dána jeho konstrukcí, přesností řízení jednotlivých pohybů stroje, reprodukovatelností a stálostí parametrů. U všech výrobců je tato kvalita rozdílná, proto je třeba volit vhodný vstřikovací stroj s rozvahou. Nedodržením potřebných parametrů stroje se kvalita výstřiku snižuje. Toto zanedbání se může projevit vznikem napětí ovlivňující rozměry, pevnost a životnost výstřiku. [1]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMY

Vstřikovací forma je komplexní nástroj složený z dílů, vymežujících tvarovou dutinu formy, využívaný v technologii vstřikování. Prostřednictvím formy výrobek nabývá po ochlazení taveniny výsledného tvaru a rozměru, při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. [1]

Vstřikovací forma musí splňovat požadavky technické, které zaručují její správnou funkci, ta musí vyrobit požadovaný počet výrobků v náležité kvalitě a přesnosti. Je třeba, aby také byla snadno manipulovatelná a obsluhovatelná při výrobě. Další požadavky jsou ekonomické, u kterých se dbá na nízké pořizovací ceně vstřikovací formy, která se odvíjí od konstrukční a výrobní náročnosti a množství materiálu potřebného k její výrobě. [1]

3.1 Násobnost formy

Násobnost formy je třeba vyhodnotit dle jednotlivých činitelů, které ji ovlivňují. Mezi tyto činitele se řadí charakter a přesnost výrobku, požadované vyráběné množství výrobků, kapacita vstřikovacího stroje, ekonomika výroby a dodací lhůta. [1]

Jednónásobné formy se volí pro tvarově náročné nebo velkorozměrové součásti, pro které je třeba složitých forem. Kvalita a přesnost výstřiku se s větší násobností formy zmenšuje, proto je třeba, aby byla násobnost formy co nejmenší. U vícenásobných forem přesnost ovlivňuje nejen přesnost tvarových dutin, ale také nerovnoměrná teplota formy při plnění dutin, rozdílné vstřikovací tlaky a dráhy vtoků apod. Důležitý je také typ vstřikovacího stroje, který musí být schopný dostatečně naplnit všechny dutiny formy včetně rezervy, která činí cca 20 %. [1]

3.2 Konstrukce formy

Ve vstřikovací formě probíhá výroba dílu v relativně krátkém čase za působení vysokých teplot a tlaků. Pro vyrobení kvalitní vstřikovací formy je třeba splnit tyto požadavky:

- Vysoká přesnost a požadovaná jakost funkčních ploch tvarové dutiny i jiných dílů,
- maximální tuhost a pevnost jednotlivých částí formy i celků, pro zachycení potřebných tlaků,

- správná funkce formy, vhodný vtokový systém, vyhazování, odvzdušnění, temperování atd.,
- optimální životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou. [2]

Vysoké nároky na přesnost a jakost forem se projevují ve zvýšené pracnosti při konstrukci i výrobě. Jako hlavní podklad slouží konstruktérovi výkres výrobku spolu s doplňujícími údaji o typu stroje, materiálu atd. [2]

3.2.1 Postup konstrukčního návrhu formy

Konstruktér musí při konstrukci zohledňovat řadu aspektů ovlivňujících konstrukční řešení vstřikovací formy. Postup, jímž se konstruktér řídí je v následujícím sledu:

- Posouzení vyrobiteľnosti, tvaru a rozměru,
- určení dělicí roviny, způsob zaformování s ohledem na umístění vtokového temperačního a vyhazovacího systému,
- zhodnocení násobnosti a uspořádání dutin formy, volba vtokového systému,
- stanovení koncepce vyhazovacího, temperačního a odvzdušňovacího systému formy,
- návrh a konstrukce rámu formy s ohledem na rozmístění tvarových dutin a vyhazovací a temperační systém formy,
- doplnění konstrukčních prvků pro funkčnost formy,
- kontrola upínání a středění formy na vstřikovací stroj,
- kontrola funkčních parametrů formy. [1]

Celou konstrukci je třeba vést do co nejjednodušší a funkční výrobní technologie, přičemž je nutné splnění funkčních a kvalitativních požadavků na vstřikovací formu. [1]

3.2.2 Zaformování výstřiku

Správné zaformování náleží k důležitým aspektům při konstruování forem. Umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku s ohledem na jeho odformování a ekonomickou náročnost, která je spojena s násobností formy a volbou temperačního systému, temperačního média a druhem vtokové soustavy. [1]

Dělicí rovina bývá zpravidla rovnoběžná s upínací rovinou formy a kolmá na výrobek. Může však nastat i případ, kdy je třeba dělicí rovina šikmá nebo různě tvarovaná. V případě negativních podkosů na výrobku je třeba použít boční odformování, a tak vznikají vedlejší dělicí roviny. To má za následek složitější výrobu dutiny formy a forma se tak stává více nákladnou. Nepřesnosti dělicí roviny jsou nežádoucí, protože mohou nastat případy nedověření formy a zatékání materiálu do této roviny (přetoky). Pro správné navržení dělicí roviny je třeba dodržovat několik zásad:

- Jednoduché vyjmutí výstřiku z formy,
- jednoduchý a pravidelný geometrický tvar výstřiku,
- dělicí rovina by měla procházet hranami výstřiku,
- nesmí vytvářet vzhledové a funkční defekty,
- u většího počtu dělicích rovin volit co nejmenší možný počet tvarových dutin,
- možnost případného odvzdušnění dutiny formy. [1]

3.2.3 Boční odformování výstřiku

Pro tvarově složité díly, které není možné odformovat za použití jediné dělicí roviny, je nutné použití bočního odformování. To je tvořeno samostatným dílem, posuvnou čelistí, která vytváří část dutiny vstřikovací formy a je zpravidla ukotvena na pohyblivé části formy. Pohyb posuvných čelistí je zajištěn pomocí mechanických, pneumatických nebo hydraulických prvků. [2, 24]

Mechanický pohyb čelistí zajišťují šikmé kolíky, které umožňují posun čelistí současně s pohybem formy, nebo lomenými kolíky, které nabízejí možnost časové prodlevy posuvu čelistí. V otevřené poloze je posuvná čelist zajištěna pomocí pružiny a kuličky nebo jiné západky. [2, 24]

Pneumatické systémy ovládají pohyb posuvných čelistí za použití vzduchu. Výhodou oproti mechanickým prvkům je možnost pohybu posuvné čelisti i při uzavřené formě, která se používá pro vytahování jader z bočních stěn výstřiku. [2, 24]

Hydraulické systémy je vhodné použít pro vytažení rozměrných nebo těžkých jader. Stejně jako u pneumatických prvků nabízejí hydraulické prvky možnost ovládání v jakékoliv fázi otevření formy. Další výhodou je plynulý chod hydraulického systému. [2, 24]

3.3 Vtokové soustavy

Vtoková soustava je jednou ze stěžejních částí vstřikovacích forem. Za pomoci systému kanálů je vedena polymerní tavenina do dutiny formy. Počátek vtokového systému je v místě, kde se stýká plastikační jednotka se vstřikovací formou a jeho konec v ústí vtoku do dutiny formy. Rozměry vtokového systému jsou ovlivňovány násobností formy, tvarem budoucího výstřiku, spotřebou materiálu a množstvím odpadu. Správně umístěná vtoková soustava docílí rovnoměrného plnění dutin formy, správné oddělení od výstřiku a vhodné odformování vtokového zbytku. Určuje taktéž například místa výskytu studených spojů a orientaci plniva. Vtokové systémy se odlišují zejména v energetické náročnosti a funkčnosti. Dle principu se rozeznávají studené a horké vtokové systémy. [1]

3.3.1 Studený vtokový systém

Jedná se o základní, běžně užívaný, vtokový systém. Tavenina se při průchodu tímto systémem ochlazuje a tím zvyšuje svou viskozitu, proto jsou vyžadovány vysoké tlaky v systému. Při ochlazení výstřiku zůstává ve vtokovém systému zbytek materiálu (vtokový zbytek), který je při navrhování vtokového systému minimalizovat. U vícenásobných forem je potřeba zajistit, aby tavenina dorazila do všech dutin ve stejnou dobu a za stejného tlaku, aby se vtoky daly považovat za vyvážené. [11]

Vzhledem k rychlosti tuhnutí taveniny při kontaktu s formou je nutné zajištění co nejkratší dráhy toku a současně co největšího průřezu vtokového kanálu. Dále je potřeba zvolit ústí vtoku, které se volí v závislosti na tvaru budoucího výstřiku. Ve studených vtokových systémech je běžné užívání přidržovačů vtoku, které slouží k přidržení výrobku pomocí podkosu na pohyblivé straně formy, kde po otevření dělicí roviny dojde k vyhození výrobku. Vedlejší funkce přidržovačů vtoku může být oddělení vtokového zbytku od výstřiku během otevírání formy. [11]

3.3.2 Horký vtokový systém

Horký vtok je sestava komponent opatřených topnými tělesy, které pomáhají udržovat polymerní taveninu při konstantní teplotě, zatímco je dopravována do dutiny formy. Touto metodou vzniká hotový výstřik bez vtokového zbytku. Za pomoci vyhřívaných trysek a

vyhříváných kanálů zůstává polymer ve stavu taveniny během celého vstřikovacího cyklu a vykazuje nižší úroveň viskozity, čímž se snižuje spotřeba materiálu a také se zkracuje celková doba vstřikovacího cyklu. Počáteční náklady jsou příliš vysoké a energetická náročnost je taktéž oproti SVS větší. Z tohoto důvodu je nutné předem zvážit, jestli se horká vtoková soustava pro danou formu vyplatí. Vyhřívání trysky disponují topným článkem s regulací (přímo vyhřívání), nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy (nepřímo vyhřívání). Přímo vyhřívání trysky se mohou dále rozlišit na trysky s vnitřním topením, kde tavenina obtéká vyhřívanou vložku, nebo trysky s vnějším topením. Rozvodný kanál horkého vtokového systému je uložen jako blok z oceli mezi tvarovou a upínací deskou pevné části vstřikovací formy. Tepelnou izolaci od ostatních částí formy zajišťuje vzduchová mezera. Systém musí být vytápěn rovnoměrně aby nebyly ovlivněny tokové vlastnosti taveniny a tlak v dutinách formy. Topení je tvořeno měděnými topnými pásy, které vytvářejí rovnoměrné teplotní pole vtokového systému. Teplota taveniny je automaticky řízena regulátorem teploty, který je ovládán tepelnými snímači v tryskách a rozvodném bloku. [12]

3.4 Vyhazovací systém formy

Vyhazovací systém je podsestava vstřikovací formy, která je tvořena přítlačnou a kotevní deskou osazenou dosedacími podložkami vůči upínací desce pohyblivé části formy. Tyto desky jsou ovládány táhlem vstřikovacího stroje a vedeny vodícími čepy a pouzdry umístěnými ve formě. Mezi těmito deskami jsou usazeny vyhazovací kolíky potřebné k vyhození výrobku z formy. Vlivem smrštění zůstává výstřik přichycen k tvárníku formy. Aby bylo možné výstřik z formy vyjmout, je potřeba použití vyhazovací síly, kterou zajišťují vyhazovače. Síla, kterou musí vyhazovače vyvinout na výrobek, se odvíjí od velikosti smrštění výrobku, jeho rozměrů a tvaru, jakosti dutiny formy a technologických podmínek vstřikování. Podstatnou úlohou při navrhování vyhazovacího systému je zajistit rovnoměrné rozmístění vyhazovačů, aby se eliminovaly případné deformace výrobku. Vyhazovací systémy se dělí podle principu na mechanické, pneumatické a hydraulické. [4]

3.4.1 Mechanický vyhazovací systém

Jedná se o nejběžnější vyhazovací systém, který je v přímém kontaktu s výstřikem při vyhazování. Pro správné mechanické vyhazování je vhodné, aby byl výrobek opatřen úkosy ve směru vyhazování, díky kterým budou vyhazovače schopné působit na výrobek rovnoměrnou vyhazovací silou. [2, 5]

Vyhazovací kolíky jsou jedním z vyhazovacích prvků používaných pro mechanické vyhazování výstřiku. Umísťují se často na nepohledovou stranu výrobku, protože po vyhození výrobku těmito kolíky zůstávají na výrobku stopy. Nejčastěji se používají vyhazovací kolíky válcové, prizmatické a trubkové. Okolo vnějšího obvodu vyhazovače je vůle, kterou lze odvzdušňovat tvarovou dutinu formy. [2, 5]

Stírací desky jsou používány pro vyhazování tenkostěnných výrobků, na kterých nezanechají stopu po vyhazování a zároveň snižují riziko porušení a deformace výrobku. Výstřík je stáhnut stírací deskou po celém svém obvodu. [2, 5]

3.4.2 Pneumatický vyhazovací systém

Používá se pro rozměrné tenkostěnné výrobky, u kterých by mechanické vyhazovače zapříčinily nadbytečně velké rozměry vstřikovací formy a působily by neefektivně. Princip spočívá v přivedení vysokotlakého vzduchu mezi tvárník formy a výrobek. Stlačený vzduch zde nahrazuje vyhazovací kolíky a výrobek vyhodí z formy bez vzniku deformací a stop po vyhazovačích. [5]

3.4.3 Hydraulický vyhazovací systém

Hydraulický vyhazovací systém je umístěn jako součást vstřikovacího stroje. Používá se výhradně k plynulejšímu ovládní mechanických vyhazovačů. Význačným prvkem hydraulických vyhazovačů je velká vyhazovací síla a pomalý zdvih. [5]

3.5 Odvzdušnění formy

Defektům vzniklým v důsledku vzduchových bublin ve formě se dá předcházet odvzdušněním formy. Tekoucí tavenina vtlačí vzduch hluboko do tvarové dutiny formy, kde by vzduch způsoboval nedotečení taveniny nebo také spálená místa na výrobku v důsledku tření stlačeného vzduchu a následnému nárůstu teploty. [4]

Odvzdušnění bývá umístěno na protilehlé straně vtoku, nebo bývá řešeno přes dělicí rovinu, kde se po několika pracovních cyklech začne vytvářet vůle, kterou je vzduch schopný uniknout (řádově setiny mm). K odvzdušnění lze použít i vůle vyhazovacích kolíků, ale v některých případech je potřeba použít konstrukční prvky k odvzdušnění, kterými jsou například ventily nebo odvzdušňovací kanálky. [4, 22]

3.6 Temperace formy

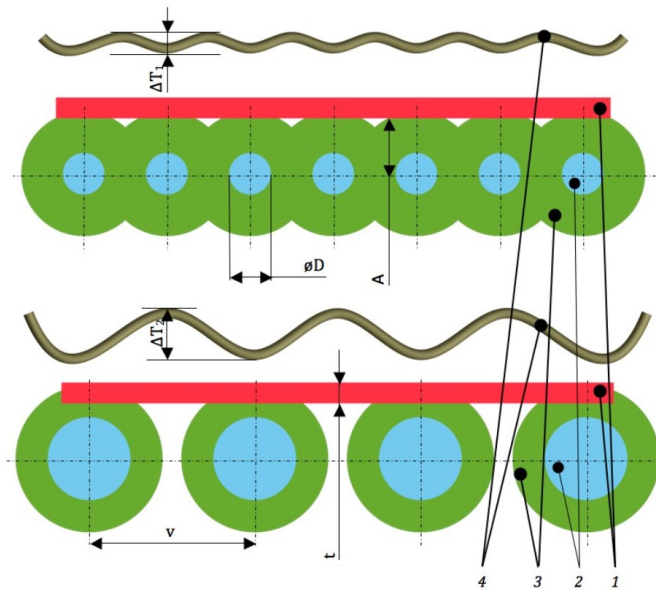
Temperační systém formy zajišťuje rovnoměrné teplotní pole ve vstřikovací formě. Systém může být tvořen temperačními kanály, které jsou vrtány do desek formy a je jimi vedeno temperační médium. Mezi tato temperační média se řadí především voda a olej, ale také glykoly nebo jejich směsi s vodou. [2, 22]

Při vstřikování polymeru do formy je nutné zajistit optimální tuhnutí a chladnutí polymerní taveniny. Před každým novým vstřikovacím cyklem je forma vyhřívána na pracovní teplotu a při každém vstřiku se forma nadále ohřívá. Aby měl každý výstřik stejnou kvalitu, je potřeba vždy před začátkem cyklu formu přivést na pracovní teplotu. Za pomoci temperačního systému lze přebytečné teplo během vstřikovacího cyklu odvést. [2, 22]

3.6.1 Vrtané temperační kanály

Vrtané temperační kanály jsou nejrozšířenějším řešením temperace vstřikovací formy. Kromě vrtání kruhových průřezů kanálů lze temperační kanály také frézovat nebo do předem připravených otvorů vložit trubku z tepelně. Při konstrukci vrtaných temperačních kanálů by kanál neměl mít menší průměr než 6 mm, jelikož při menších průměrech by mohlo hrozit ucpání kanálu. Délka temperačních kanálů se volí co nejkratší, aby byl teplotní rozdíl na vstupu a výstupu co nejmenší. [2, 22]

Zásadou při navrhování temperačních kanálů je volit větší počet kanálů o menším průměru, které zajistí účinnější temperaci formy. Při umisťování temperačních kanálů je důležité brát ohled na umístění ostatních komponent formy, jakými jsou vyhazovače, šrouby, vtok a další. [2, 22]



Obrázek 6 Porovnání efektu různého průměru temperačních kanálů [22]

1 – vstříkovaný díl, 2 – temperační kanál, 3 – pole působení temperačního kanálu, 4 – průběh teploty povrchu dutiny vstříkovací formy

3.6.2 Přepážkové temperační systémy

Přepážkové temperační systémy slouží k temperaci míst, kterými není možné vést běžně vrtané temperační kanály. Tyto systémy je možné rozdělit na tři základní konstrukční provedení, která mají různý temperační efekt:

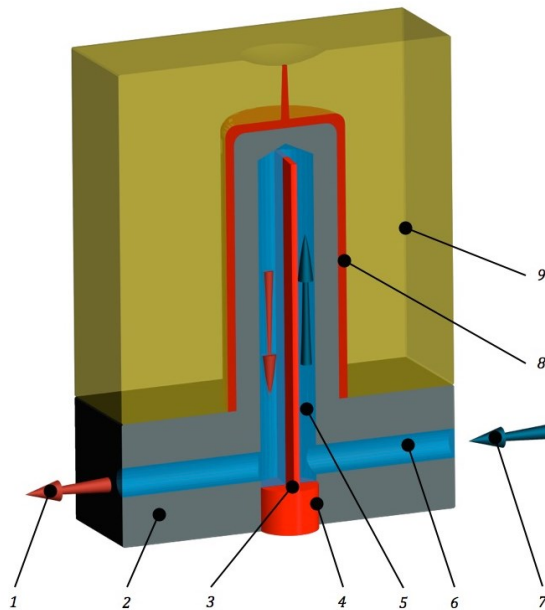
- Ploché přepážky,
- spirálové přepážky,
- fontánkový systém. [22]

3.6.3 Ploché přepážky

Plochá přepážka je vkládána do vedlejšího temperačního kanálu, který je vyvrtán kolmo na hlavní temperační kanál, za účelem přepažení hlavního kanálu a vytvoření proudění temperačního média ve vedlejším kanálu kolem přepážky. Tímto způsobem je možné docílit proudění temperačního média v místě, kde by bez přítomnosti přepážky vznikla mrtvá místa a docházelo k zanášení kanálu nečistotami a vodním kamenem. [22]

Nevýhodou ploché přepážky je citlivost přesného umístění přepážky do vedlejšího temperačního kanálu tak, aby byl vedlejší temperační kanál rozdělen na polovinu a byla tak

zajištěna rovnoměrnost temperačního efektu. Kvůli své jednoduchosti provedení se nejvíce používá na výrobky, na které nejsou kladeny vysoké nároky na rozměrovou přesnost. [22]

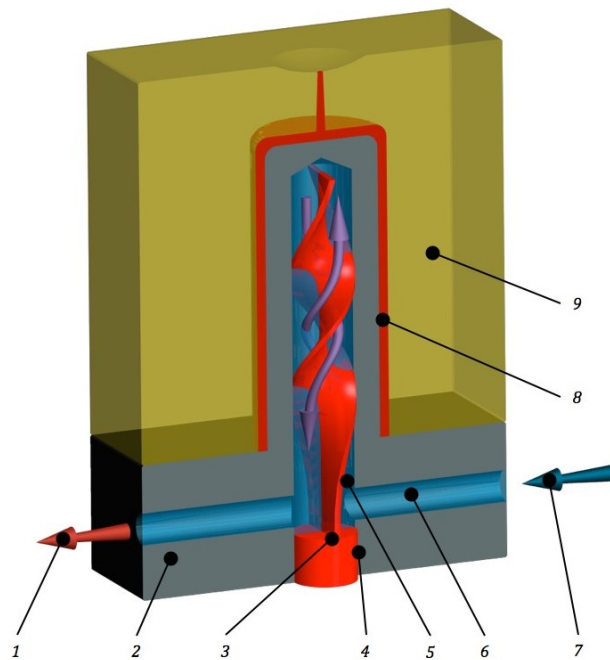


Obrázek 7 Systém plochých přepážek [22]

1 – Výstup temperačního média, 2 – těleso pohyblivé části vstřikovací formy, 3 – plochá přepážka, 4 – úložná plocha přímé přepážky, 5 – vedlejší temperační kanál, 6 – hlavní temperační kanál, 7 – vstup temperačního média, 8 – vstřikovaný díl, 9 – pevná část vstřikovací formy

3.6.4 Spirálové přepážky

Stejně jako systém plochých přepážek pracují i přepážky spirálové. Rozdílný je pouze tvar přepážky, který je ve tvaru spirály. Tato přepážka rozděluje vedlejší temperační kanál na dva závity s velkým stoupáním. Temperační médium je přivedeno hlavním temperačním kanálem přes jeden závit spirály a druhým závitem je opět temperační médium odváděno zpět do hlavního temperačního kanálu. Spirálová přepážka je schopna dosáhnout rovnoměrného až homogenního teplotního pole v temperované oblasti. Použití spirálových přepážek limituje pouze rozměr vedlejšího temperačního kanálu, který by neměl být menší než 6 mm. [22]

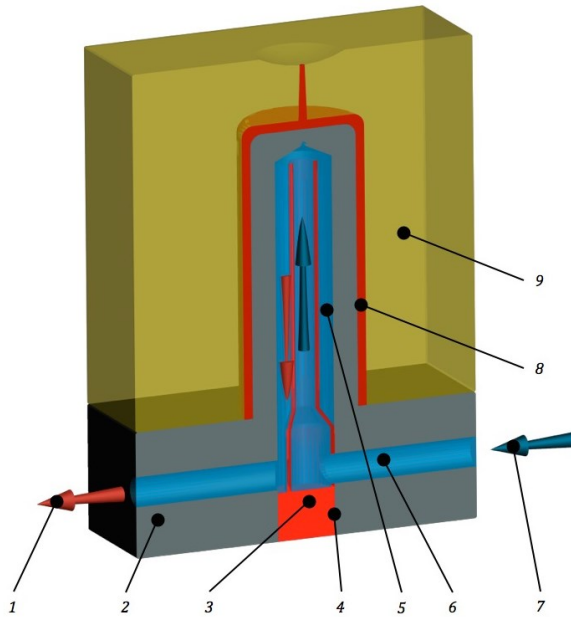


Obrázek 8 Systém spirálových přepážek [22]

- 1 – Výstup temperačního média, 2 – pohyblivá část vstřikovací formy, 3 – spirálová přepážka, 4 – úložná plocha spirálové přepážky, 5 – vedlejší temperační kanál, 6 – hlavní temperační kanál, 7 – vstup temperačního média, 8 - vstřikovaný díl, 9 – pevná část (jádro) vstřikovací formy

3.6.5 Fontánkový systém

Fontánka je druh přepážky v podobě malé trubice. Do této trubice vstupuje temperační médium z hlavního temperačního kanálu a vystupuje na konci vedlejšího temperačního kanálu, kde médium obtéká tuto trubici a po stěnách vedlejšího temperačního kanálu se vrací zpět do hlavního temperačního kanálu.

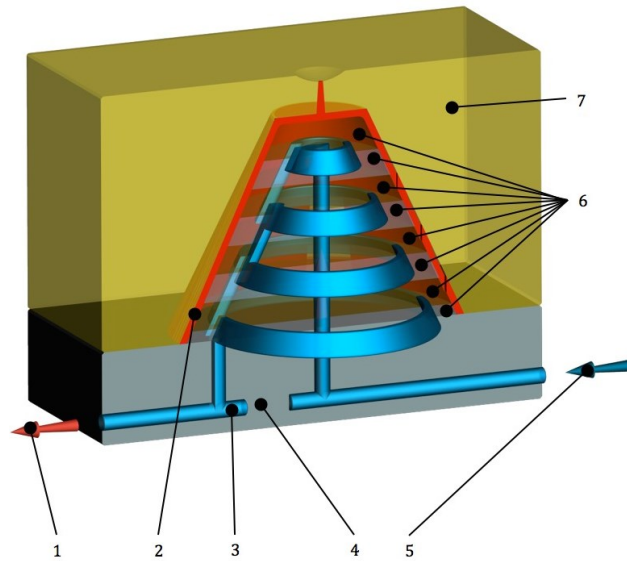


Obrázek 9 Systém fontánek [22]

1 – výstup temperačního média, 2 – pohyblivá část vstříkovací formy, 3 – fontánka, 4 – úložná plocha fontánky, 5 – vedlejší temperační kanál, 6 – hlavní temperační kanál, 7 – vstup temperačního média, 8 - vstříkovaný díl, 9 – pevná část (jádro) vstříkovací formy

3.6.6 Systém CONTURA

Systém CONTURA spočívá v přesném kopírování geometrie temperovaného tvárníku. Aby bylo možné kopírovat geometrii tvárníku, je nutné rozdělit ho na více vrstev. Počet vrstev se obvykle pohybuje v rozmezí 2–7 vrstev v závislosti na velikosti tvárníku. V jednotlivých vrstvách jsou nejčastěji frézováním vytvořeny temperační kanály. V poslední fázi jsou vrstvy spojeny pájením na tvrdo ve vakuu a před uvedením do provozu leštěny, popřípadě broušeny. Tento způsob temperace je nákladný, ale zajišťuje rychlejší odvod tepla a rovnoměrné teplotní pole i u tvarově složitějších výrobků. [22]



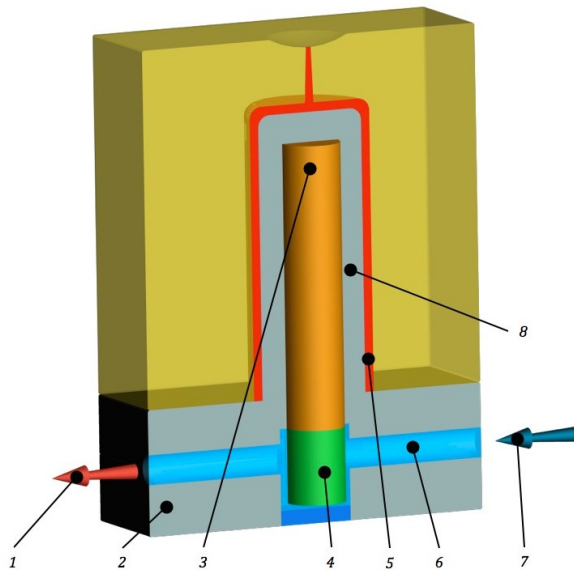
Obrázek 10 Systém CONTURA [22]

1 – Výstup temperačního média, 2 – vstříkovaný díl, 3 – temperační kanál, 4 - těleso pohyblivé části vstříkovací formy, 5 – vstup teponosného média, 6 – jednotlivé vrstvy pohyblivé části, 7 – těleso pevné části vstříkovací formy

3.6.7 Tepelné trubice

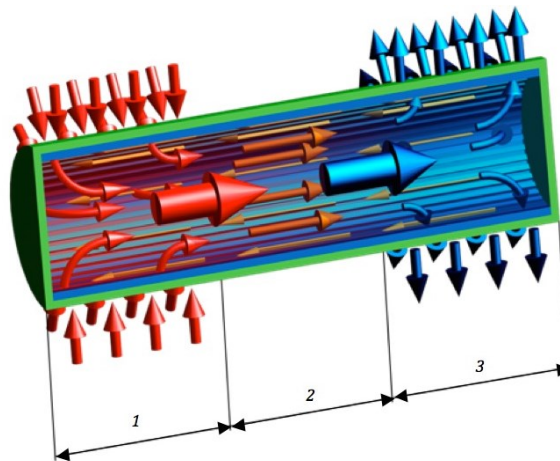
Tepelné trubice jsou trubky kruhového nebo i jiného průřezu, jejichž vnitřní povrch je mechanicko-chemicky ošetřen a poté vakuově uzavřen. Mechanicko-chemické ošetření spočívá ve vyčerpání vzduchu tenkou trubičkou do tlaku menšího než 10 Pa, po kterém se stejnou trubičkou dovnitř dopraví dávka pracovní náplně (freon, čpavek, etanol, voda, toluen nebo sodík) a trubička se vakuově utěsní. [20, 22]

Pracovní náplň se při provozní teplotě nachází v kapalně a parní fázi. Trubice má dva konce, kde na jednom dochází za provozu k nepřetržitému vypařování kapaliny, která proudí do kondenzační části trubice, kde dojde ke zkondenzování páry na stěně této části trubice. Toto nepřetržité vypařování je možné pouze za předpokladu, že je umožněn plynulý vratný tok kapalně fáze zpět do výparné části trubice. Neaktivní část mezi výparnou a kondenzační částí se nazývá adiabatická část, ve které se určuje pracovní teplota trubice. [22]



Obrázek 11 Systém tepelných trubíc [22]

1 – Výstup temperačního média, 2 – těleso pohyblivé části vstřikovací formy, 3 – výparná část tepelné trubice, 4 – kondenzační část tepelné trubice, 5 – vstřikovaný díl, 6 – hlavní temperační kanál, 7 – vstup temperačního média, 8 – těleso pevné části vstřikovací formy



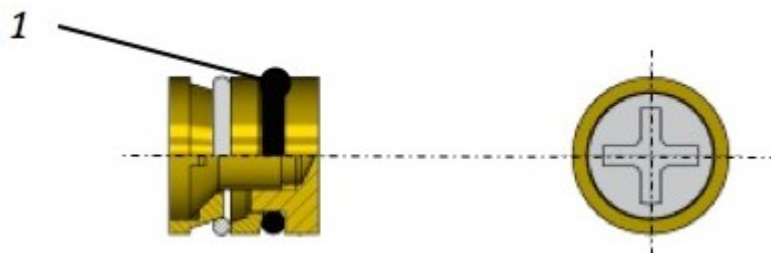
Obrázek 12 Funkce tepelné trubice [22]

1 – Výparná část, 2 – adiabatická část, 3 – kondenzační část

3.6.8 Ucpávky a přípojky temperačních kanálů

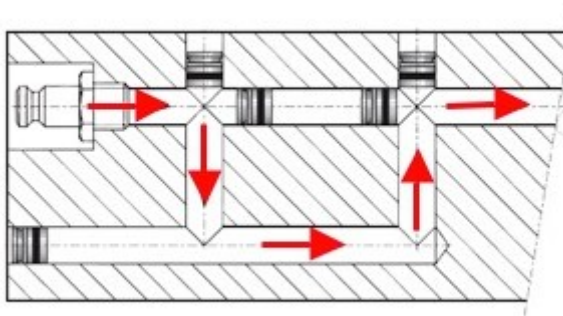
Ucpávky umožňují cirkulaci temperačního média temperačními kanály. Mezi nejpoužívanější ucpávky se řadí ucpávky s přesahem, které se do temperačního kanálu lisují, ucpávky vybavené pryžovým kroužkem, který se po dotažení ucpávky roztáhne a vznikne

zde těsnící tlak, a ucpávky s vnějším kuželovým závitem, které se našroubují do závitového otvoru dílu formy. [22]



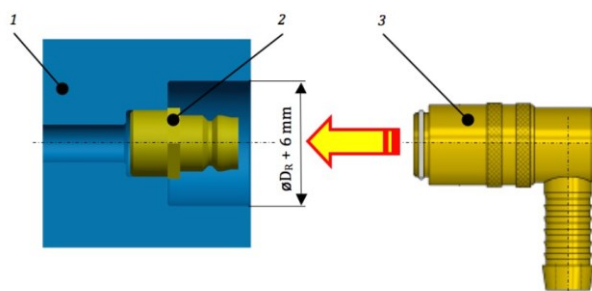
Obrázek 13 Ucpávka s pryžovým „O“ kroužkem [22]

1 – pryžový „O“ kroužek



Obrázek 14 Použití ucpávky s pryžovým "O" kroužkem [22]

Přípojky se používají ke spojení temperačních hadic s temperačním okruhem. Samotná přípojka je díl, který je nalisován nebo našroubován na vstupu a výstupu temperačního okruhu. Celá přípojka musí být zapuštěna do formy z důvodu jednodušší manipulace a snížení rizika poškození přípojek. Na tyto díly se temperační hadice připojí za pomoci rychlospojek. [22]



Obrázek 15 Zapuštění přípojky pro připojení temperačních hadic [22]

1 – temperační kanál, 2 – přípojka, 3 - rychlospojka

3.7 Materiály formy

Výroba vstřikovacích forem je velmi nákladná. Při výrobě výstřiku je potřeba, aby forma dokázala zajistit výrobek požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Materiál formy je pro plnění těchto požadavků stěžejní. Jeho volba je ovlivněna zejména provozními podmínkami výroby, kterými jsou:

- Druh vstřikovaného plastu,
- přesnost a jakost výstřiku,
- podmínky vstřikování,
- vstřikovací jednotka.

K výrobě vstřikovacích forem existuje úzký výběr materiálů, jejichž jakost i rozměrová stálost splňují provozní požadavky. Z tohoto výběru se upřednostňují materiály univerzálních typů s širokým rozsahem užitečných vlastností. Mezi takové druhy se řadí oceli vhodných jakostí, neželezné slitiny kovů, materiály izolační, tepelně nevodivé apod.

Na tyto materiály jsou kladeny požadavky, jakými jsou dostatečná mechanická pevnost a dobrá obrobiteľnosť. Oceli svou pevností a ostatními mechanickými vlastnostmi převyšují ostatní materiály a jen obtížně se nacházejí její alternativy. [6, 2]

Z hlediska technologie výroby výstřiků musí materiál funkčních dílů formy splňovat speciální požadavky na kvalitu struktury mezi které patří:

- Dobrá leštitelnost a obrobiteľnosť,
- zvýšená odolnosť vůči otěru,
- odolnosť vůči korozi a chemickým vlivům polymeru,
- vyhovující kalitelnost a prokalitelnost,
- rozměrová stálost a minimální deformace při kalení,
- dobrá tepelná vodivost,
- houževnatost a pevnost v tlaku.

Z těchto speciálních požadavků se některé vzájemně vylučují, proto je potřeba vybírat oceli, které jsou těmto požadavkům nejbližší. [6, 2]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny následující cíle:

- Vypracovat literární rešerši na dané téma,
- vytvořit model zadaného vstřikovaného dílu,
- zhotovit konstrukční návrh vstřikovací formy pro daný díl,
- nakreslit sestavu formy včetně patřičných pohledů a kusovníku.

V praktické části bakalářské práce je řešen konstrukční návrh vstřikovací formy pro výrobu zadaného dílu včetně samotného popisu dílu a materiálu, ze kterého je vyroben. Na základě výsledných parametrů formy a objemu výrobku byl zvolen vhodný vstřikovací stroj. V poslední fázi praktické části byla zhotovena výkresová dokumentace sestavy formy včetně kusovníku a patřičných pohledů.

5 POUŽITÉ PROGRAMY

Při vypracovávání praktické části bakalářské práce byly použity programy pro modelování ve 3D prostředí. Konkrétně se jednalo o software CATIA V5R20 a Meusburger 3D Module pro vkládání prvků z knihovny normálií od dodavatele Meusburger.

5.1 CATIA V5R20

Systém CATIA V5R20 umožňuje práci jak ve 2D, tak ve 3D prostředí, ve kterém nabízí řadu modulů pro návrh a konstrukci dílů, sestav a výkresů nebo provádění různých analýz a simulací.

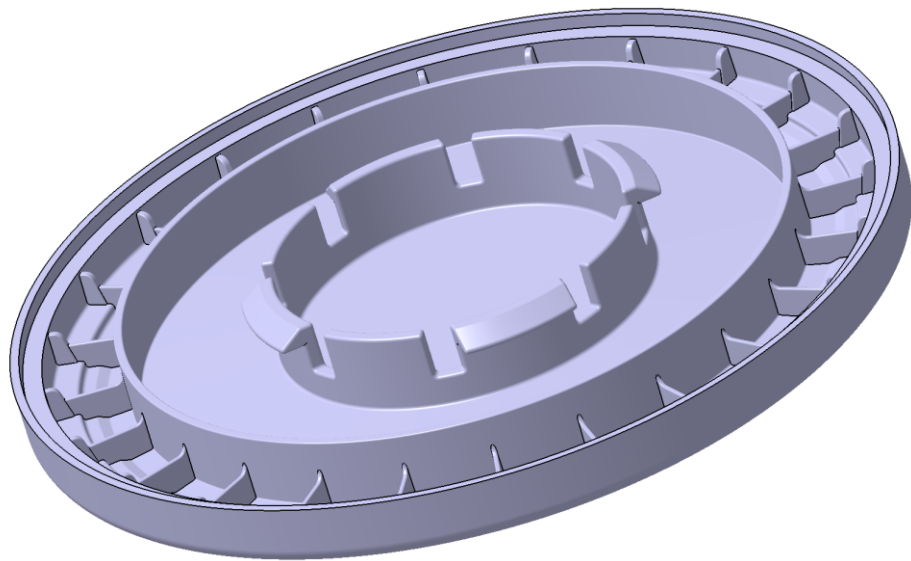
Pro tvorbu vstřikovacích forem nabízí CATIA V5R20 modul Mold Tooling Design, díky kterému lze snadno a rychle zkonstruovat vstřikovací formu ať už z nenormalizovaných prvků, tak z knihoven normálií od dodavatelů, kterými jsou např. Hasco nebo Meusburger.

5.2 Meusburger 3D Module

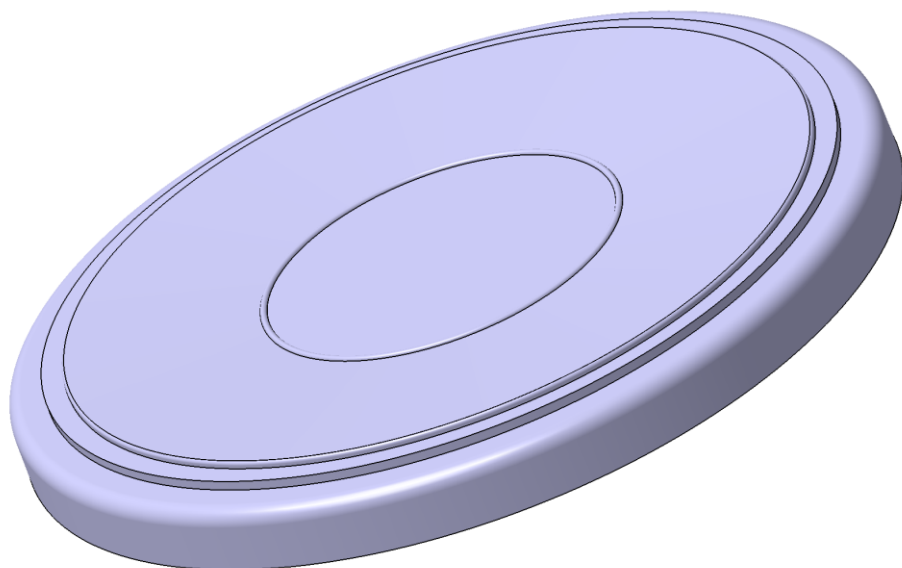
Online knihovna normalizovaných prvků společnosti Meusburger nabízí možnost generování 3D modelů součástí pro následné využití při konstrukci vstřikovací formy. Taktéž usnadňuje práci s výběrem součástí za pomoci průvodce, který uživateli nabízí vhodné prvky na základě požadovaných parametrů vstřikovací formy.

6 VÝROBEK

Vstříkovanou součástí je plastové víko filtru, které v praxi slouží k zabránění vniknutí nežádoucích cizích těles do pracovního prostoru filtru. Tato rotační součást má na nepohledové straně vytvořeny čtyři háčky, které zapadají do protikusu, který je vytvořen na samotném vnějším tělese filtru. Ústí vtoku je umístěno na střed výrobku z pohledové strany. Jelikož se nejedná o designový prvek, defekt v podobě stopy po horkém vtoku lze tolerovat.



Obrázek 16 Nepohledová strana výrobku



Obrázek 17 Pohledová strana výrobku

6.1 Materiál výrobku

Semikrystalický polymer, PA (polyamid) typu 6.6 s příměsí 30 % skelných vláken, byl zvolen jako vhodný, z důvodu dobré rozměrové stability materiálu. Tento typ materiálu vykazuje výborné mechanické vlastnosti, jakými jsou vysoká pevnost nebo creepová tuhost. Díky skelným vláknům, které tento materiál vyztužují, je vhodné jej použít i pro součásti, které jsou vystavovány velkým statickým zatížením po dlouhou dobu a navíc snižují hodnotu smrštění na 0,2 %. Méně je pak vhodný pro aplikace s kluzným třením kvůli vysokým abrazivním účinkům. Další modifikací v podobě černého pigmentu je výrobek odolnější před UV zářením. [25]

Tabulka 1 Mechanické vlastnosti PA 6.6 GF30 [25]

Hustota	1,34	g/cm ³
Modul pružnosti	5 500	MPa
Pevnost v tahu	91	MPa
Prodloužení v momentě prasknutí	14	%
Modul elasticity	4 700	MPa
Pevnost v ohybu	135	MPa
Nárazová síla (Charpy)	97	kJ/m ²
Tvrdość (vtlačení kuličky)	216	MPa

Tabulka 2 Teplotní vlastnosti PA6.6 GF30 [25]

Teplota tání	254	°C
Provozní teplota (dlouhodobá)	110	°C
Provozní teplota (krátkodobá)	180	°C
Teplotní roztažnost	5	10 ⁻⁵ K ⁻¹
Teplotní vodivost	0,39	W/K*m

7 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Pro vstřikování zadaného výrobku byl zvolen jako vyhovující vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 370A - 600 - 290 (40). Stroj se volil zejména na základě potřebné dávky taveniny ke vstřiknutí, rozměrů formy a maximální délky formy v otevřeném stavu. Všechny parametry důležité pro výběr vstřikovacího stroje jsou uvedeny v tabulce č. 3 a veškeré parametry samotného vstřikovacího stroje se nachází v příloze.

Zvolený vstřikovací stroj disponuje elektrickým pohonem, jehož velkou výhodou je nízká spotřeba energie, absence hydraulické kapaliny a jejího chlazení. Dále se vyznačuje vysokou účinností, nízkou hlučností a přesností pohybu.



Obrázek 18 Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 370A [27]

Tabulka 3 Srovnání parametrů vstřikovací formy a zvoleného stroje

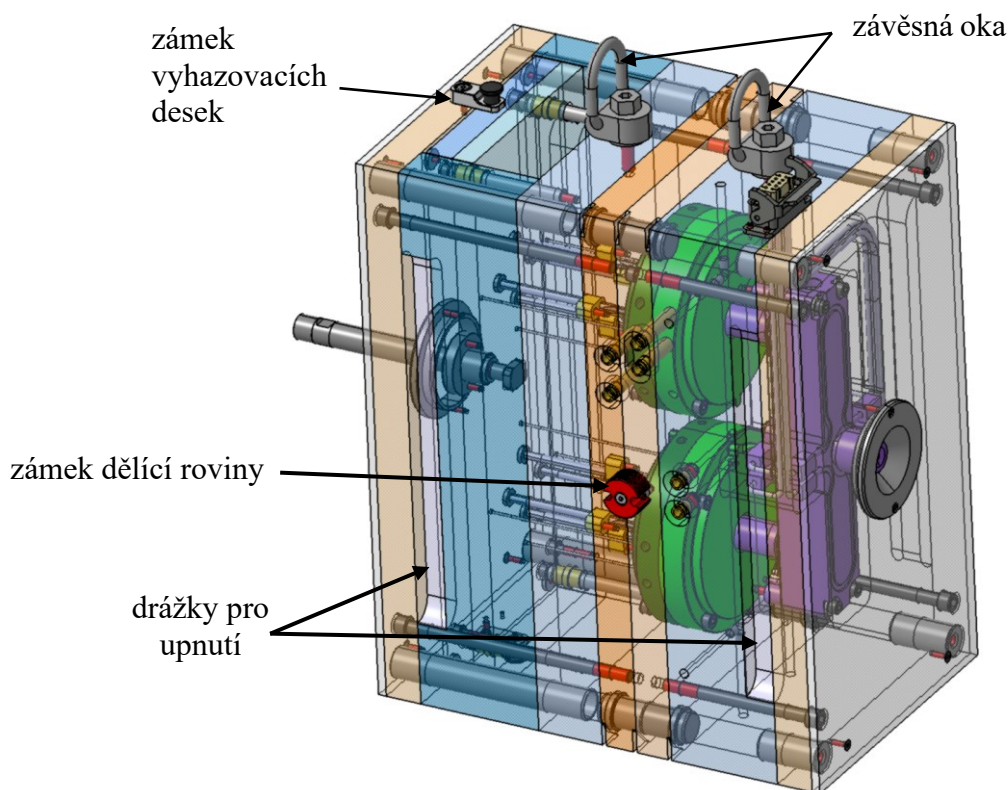
	Vstřikovací stroj	Požadovaný parametr
Maximální dávka vstřikované taveniny [g]	172	163,2
Maximální rozměry upínacích desek [mm]	510 x 510	296 x 546
Vnější průměr středícího kroužku [mm]	125	125
Maximální hmotnost pohyblivé části formy [kg]	360	268,74
Minimální délka uzavřené formy [mm]	200	458
Maximální otevření formy [mm]	300	69,3

8 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Rám navržené vstříkovací formy je složen z desíti normalizovaných desek z katalogu výrobce Meusburger. Vstříkovací forma byla koncipována jako dvojnásobná s horkým vtokovým systémem, vrtanými temperačními kanály a mechanickým vyhazováním pomocí válcových a pružných vyhazovačů. Tvarová dutina je vytvořena pro každý výrobek samostatně, aby bylo možné vyrobiť vrtané temperační kanály do potřebných míst. Tvoří ji tvárník, tvárnice a pro odformování háčků na spodní straně výrobku byly použity pružné vyhazovací kolíky. Největší rozměry upínacích desek formy jsou 296x546 mm a celková délka formy je 472 mm.

Transport formy je řešen za pomoci dvou sklápěcích závěsných ok umístěných na vrchní straně formy. Zámky v dělicí rovině a zámky vyhazovacích desek slouží k zajištění uzavřeného stavu formy při transportu. Veškeré součásti krom tvárníku a tvárnice byly vybrány z knihovny normalizovaných součástí Meusburger.

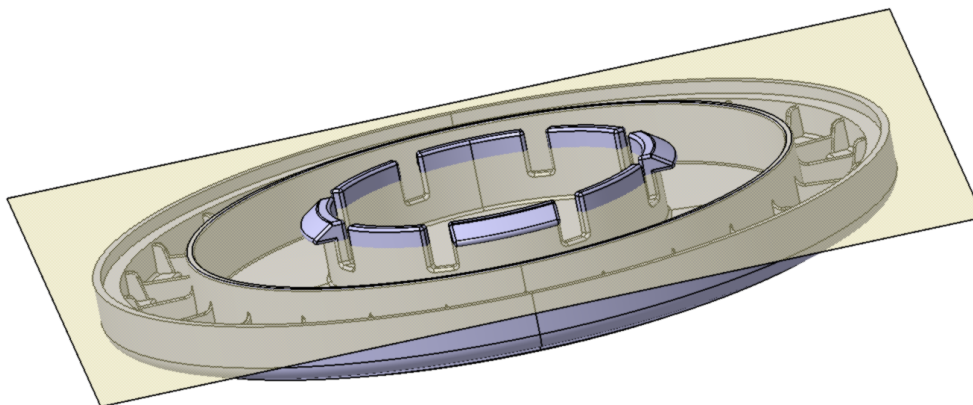
Vytvořené drážky v rozpěrných deskách a v desce horkého vtokového systému umožňují umístění upínek, díky kterým je možné ukotvit upínací desky formy k upínacím deskám vstříkovacího stroje.



Obrázek 19 Vstříkovací forma

8.1 Dělicí rovina

Pro zadaný výrobek byla zvolena jediná hlavní dělicí rovina, která je rovnoběžná s upínacími deskami. Dělicí rovina rozděluje vstříkovací formu na dvě části, na pohyblivou a nepohyblivou část.



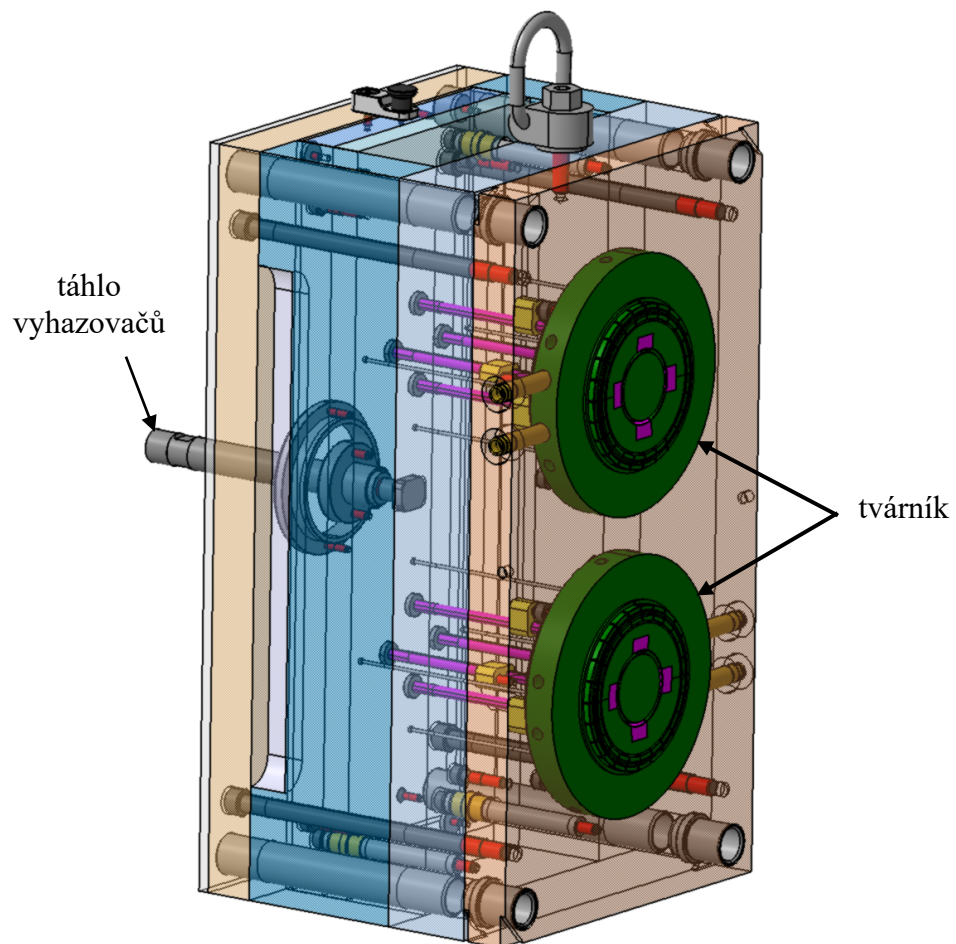
Obrázek 20 Hlavní dělicí rovina

8.2 Levá (pohyblivá) strana formy

Pohyblivá strana formy je složena ze dvou desek rozpěrných, desky upínací, desky vyhazovací opěrné a kotevní, tvarové desky, opěrné desky a desky izolační, jejímž účelem je zabraňovat přestupu tepla z formy na vstříkovací stroj. Tyto desky jsou spojeny šrouby s vnitřním šestihranem a vystředěny centrovacími pouzdry.

Pohyb vyhazovacích desek zajišťuje táhlo vyhazovačů přichycené závitovým čepem k opěrné desce vyhazovačů. Ochranu před příliš velkým zdvihem vyhazovacího systému při uzavírání formy zajišťují dorazové destičky umístěné na opěrné vyhazovací desce. Pružné vyhazovače jsou centrovány skrz osazení, které je umístěno v opěrné desce.

Ve tvarové desce leží dva tvárníky do kterých jsou skrz tuto desku umístěny přípojky temperačního systému s prodloužením. Pro vycentrování s nepohyblivou stranou formy je tvarová deska vybavena vodícími pouzdry.

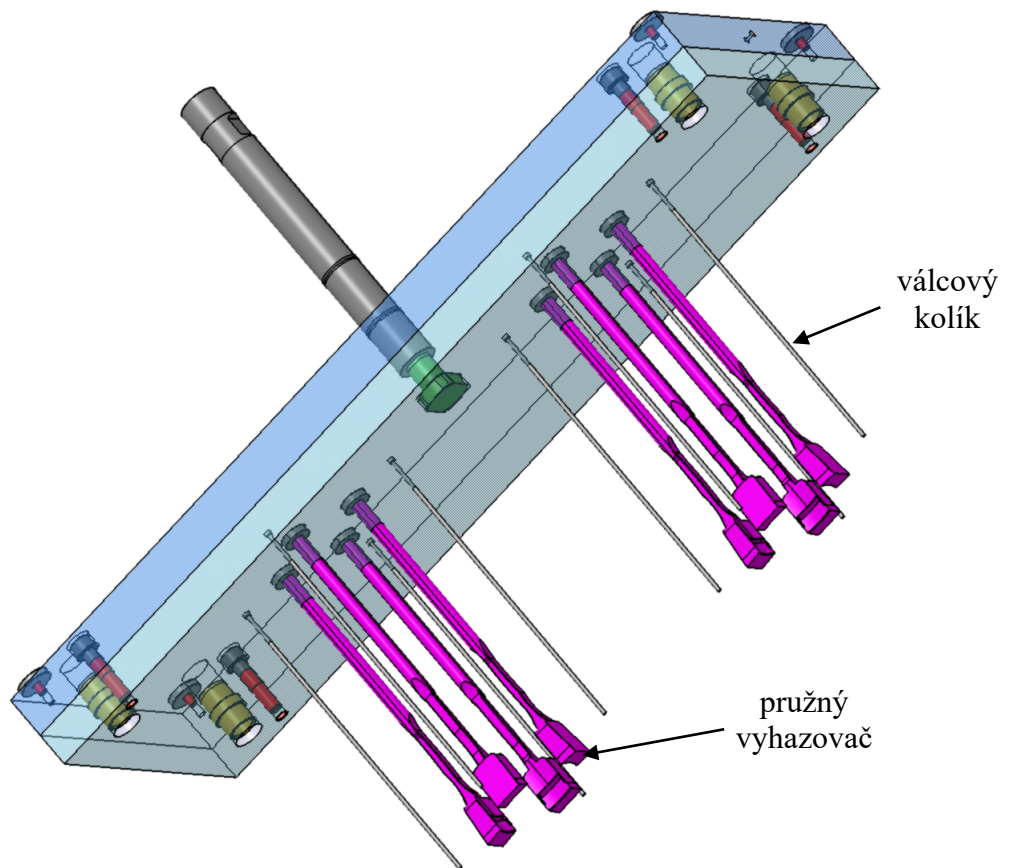


Obrázek 21 Levá strana formy

8.2.1 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém je součástí pohyblivé části formy. Při ochlazení výrobku na vyhazovací teplotu dojde k otevření formy, přičemž výrobek zůstane přichycen na pohyblivé straně formy z důvodu smrštění a také v důsledku použitého odformování pružnými kolíky.

Vyhození výrobku je uskutečněno pohybem vyhazovacích desek, který zajišťuje táhlo připojené na hydraulický systém stroje, v nichž jsou ukotveny předpružené pružné vyhazovače, které se po dosažení určitého zdvihu odpruží a odformují danou část výrobku. Samotné pružné pružné vyhazovače nestačí pro zaručené vyhození výrobku z formy, a proto jsou na každém z výrobků umístěny čtyři válcové vyhazovací kolíky o průměru 2,2 mm.

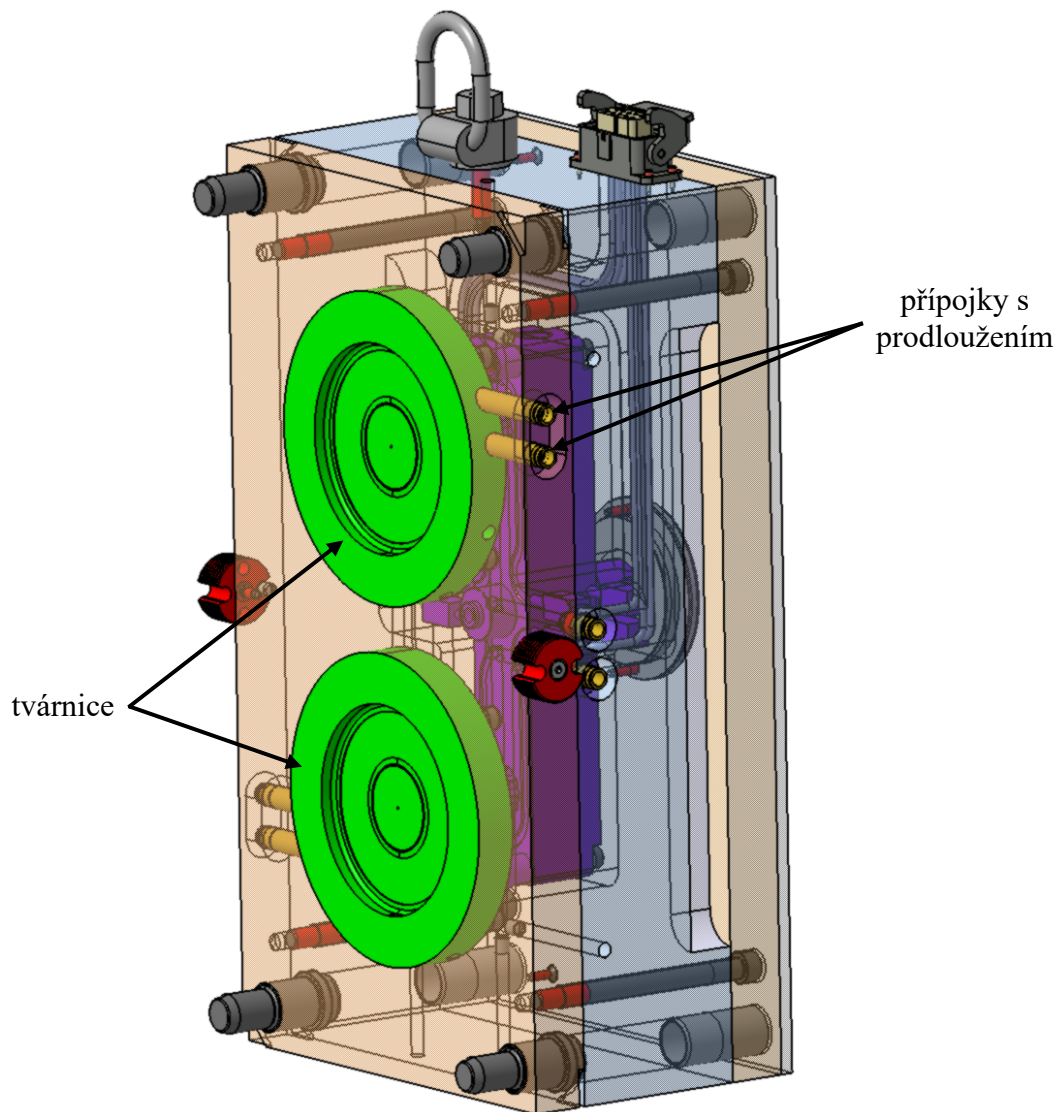


Obrázek 22 Vyhazovací systém formy

8.3 Pravá (nepohyblivá) strana formy

Nepohyblivá část se skládá ze čtyř desek, z desky izolační, upínací, tvarové a desky pro uložení horkého vtokového systému. Desky jsou spojeny šrouby s vnitřním šestihranem a pro vystředění při zavírání formy jsou vybaveny vodícími čepy.

Do tvarové desky nepohyblivé strany formy jsou umístěny dvě tvárnice, do kterých je temperační médium vedeno přípojkami s prodloužením. Pro zajištění formy při transportu slouží zámek umístěný na obou bočních stranách tvarové desky.



Obrázek 23 Pravá strana formy

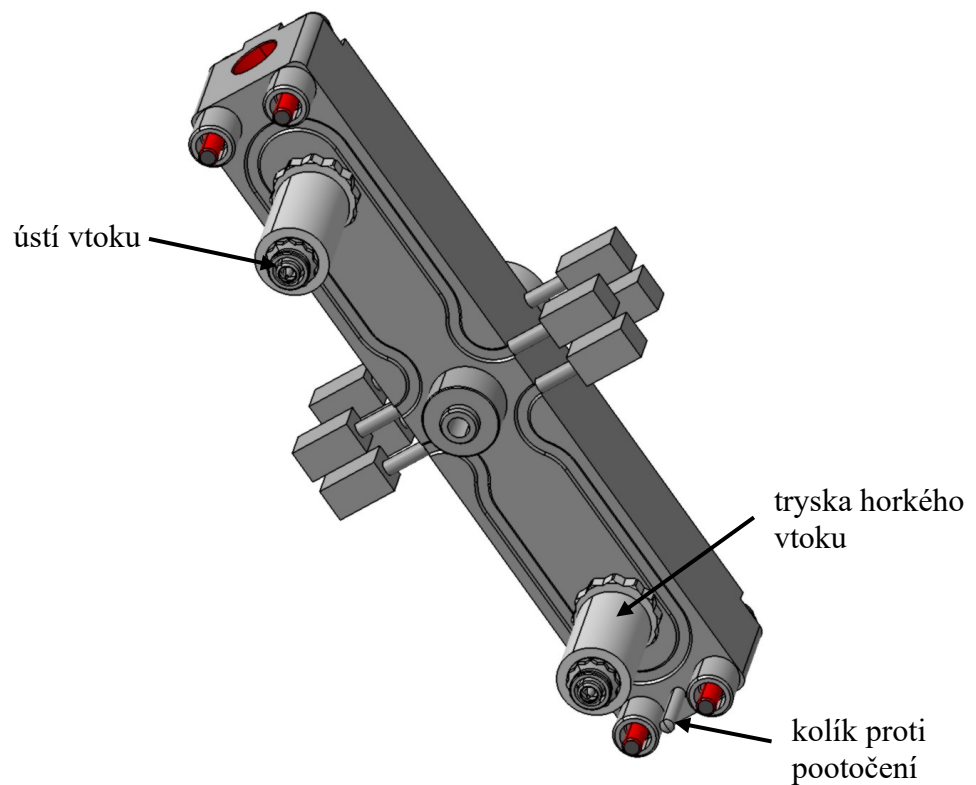
8.3.1 Vtoková soustava

Nepohyblivá strana formy kromě jiného obsahuje vtokovou soustavu, v tomto případě se jedná o horký vtokový systém. Tato soustava má za úkol dopravit taveninu do všech dutin formy ve stejný okamžik, proto je důležité správně rozvrhnout a umístit vtokový systém.

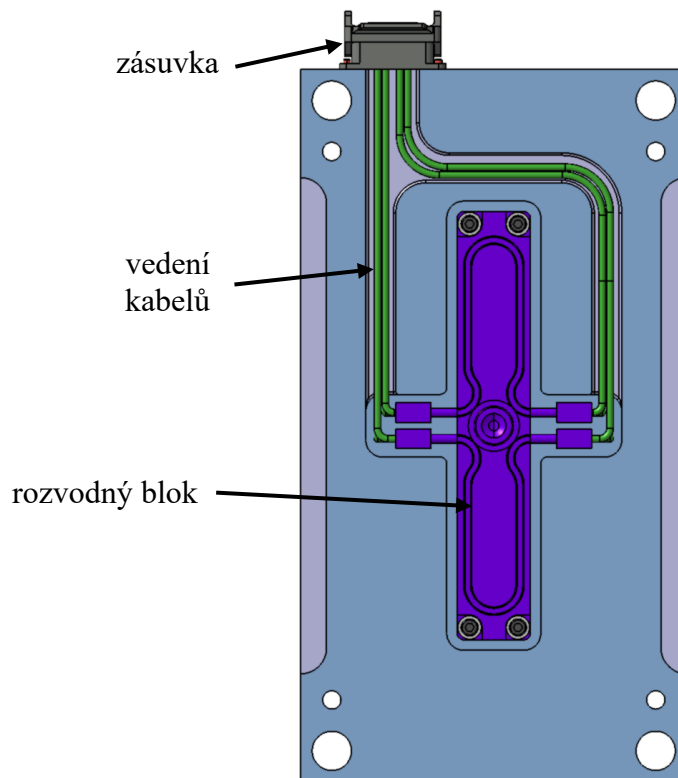
Horký vtok nabízí spoustu výhod oproti studeným vtokovým systémům mezi které patří např. menší spotřeba taveniny kvůli absenci vtokového zbytku nebo zajištění optimálnějších vlastností taveniny díky vyhřívaným tryskám.

V tomto případě byl zvolen horký vtokový blok IMT2 od výrobce Meusburger pro dvojnásobnou formu. Proti pootočení ve formě je blok vybaven kolíkem. Ústí vyhřívaných trysek je umístěno na střed výrobku, jelikož se z tohoto místa tavenina rozptýlí do dutiny nejrovnoměrněji.

Kabeláž horkého vtokového systému je vyvedena do vrchní části formy, kde je napojena na zásuvku a drážka pro vedení kabelů je vyfrézována do desky horkého vtokového systému.



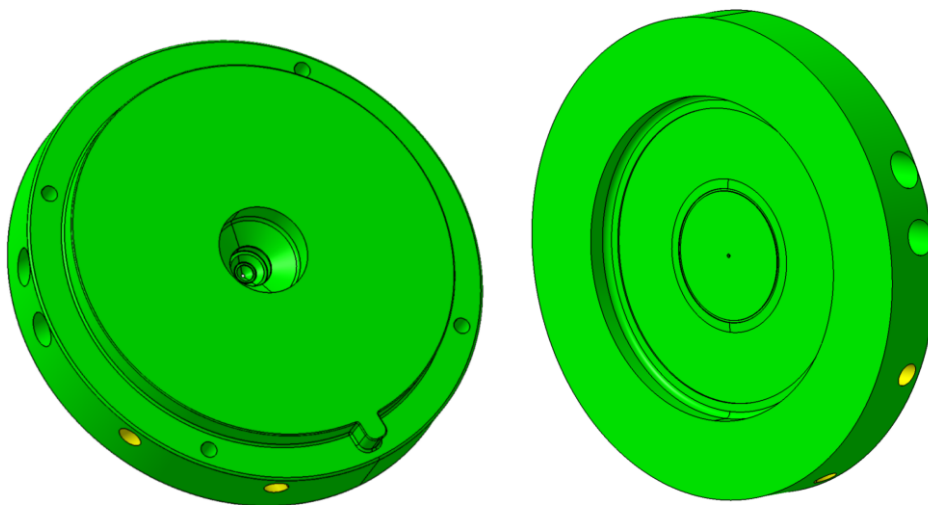
Obrázek 24 Rozvodný blok IMT2



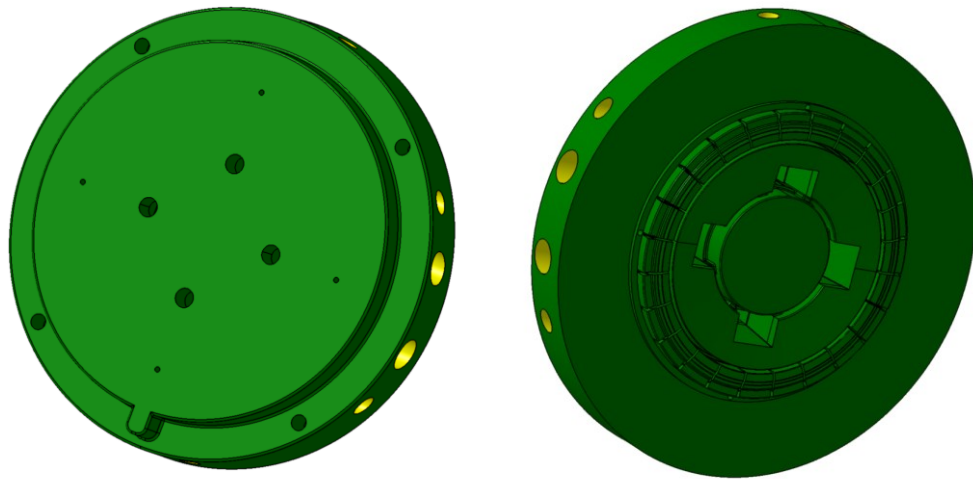
Obrázek 25 Naznačené vedení kabelů horkého vtoku

8.4 Tvarová jádra

Tvarová jádra slouží k odformování výrobku a představují jeho negativ. Tvárník je umístěn na pohyblivé části formy a výrobek se vlivem smrštění na něj přichytí. Tvárnice naopak leží v nepohyblivé části formy a je do ní vedeno vtokové ústí.

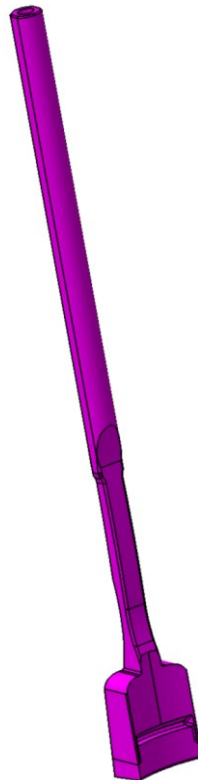


Obrázek 26 Tvárnice

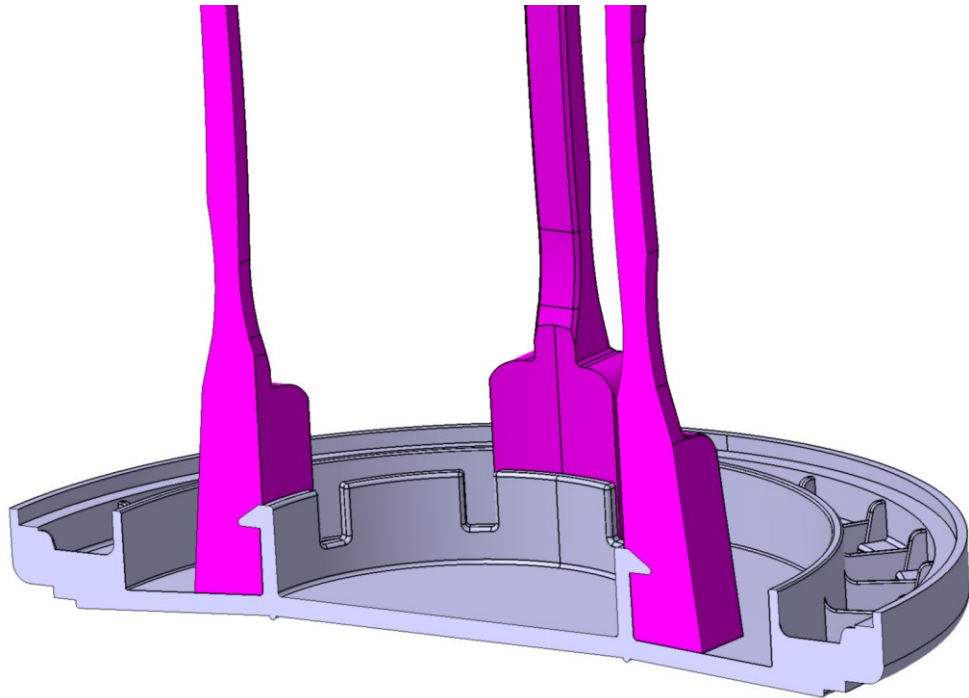


Obrázek 27 Tvárník

Pro zadaný výrobek nebylo možné provést odformování pouze za použití tvárníku a tvárnice. Pro geometricky složitější část výrobku, kterou byly zobáčky na nepohledové straně výrobku, bylo potřeba použít pružné vyhazovače. Pružný vyhazovač byl jako celek pořízen od firmy Meusburger a následně obroběn tak, aby byl schopný odformovat řešenou geometrii.



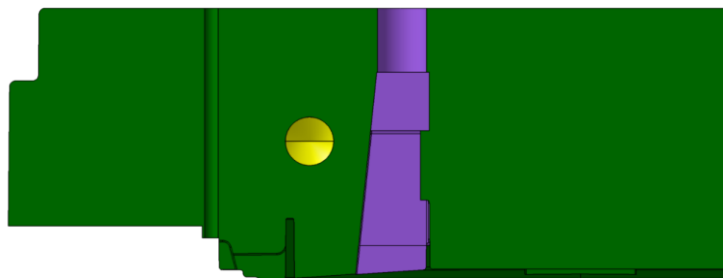
Obrázek 28 Pružný vyhazovač



Obrázek 29 Odformování pomocí pružných vyhazovačů

Aby bylo možné takto odformovat výrobek, musela být do tvárníku vyrobena dutina do které pružný vyhazovač zapadne. Jelikož jde o složitou dutinu s ostrými hranami, je vhodné použít technologii elektroerozivního obrábění (EDM).

Jedná se o technologii, která pracuje s tepelným a tlakovým účinkem elektrického výboje v kapalném dielektriku. Umožňuje tak obrábět tvarově složité součásti s vysokou přesností. Pro tuto technologii je potřeba vyrobit elektrodu, která představuje negativ obráběné části. Mezi elektrodou a obrobkem dochází k ionizaci dielektrika, které následně výbojem materiál spálí a proudící dielektrikum odplaví spálený materiál mimo pracovní prostor. [26]



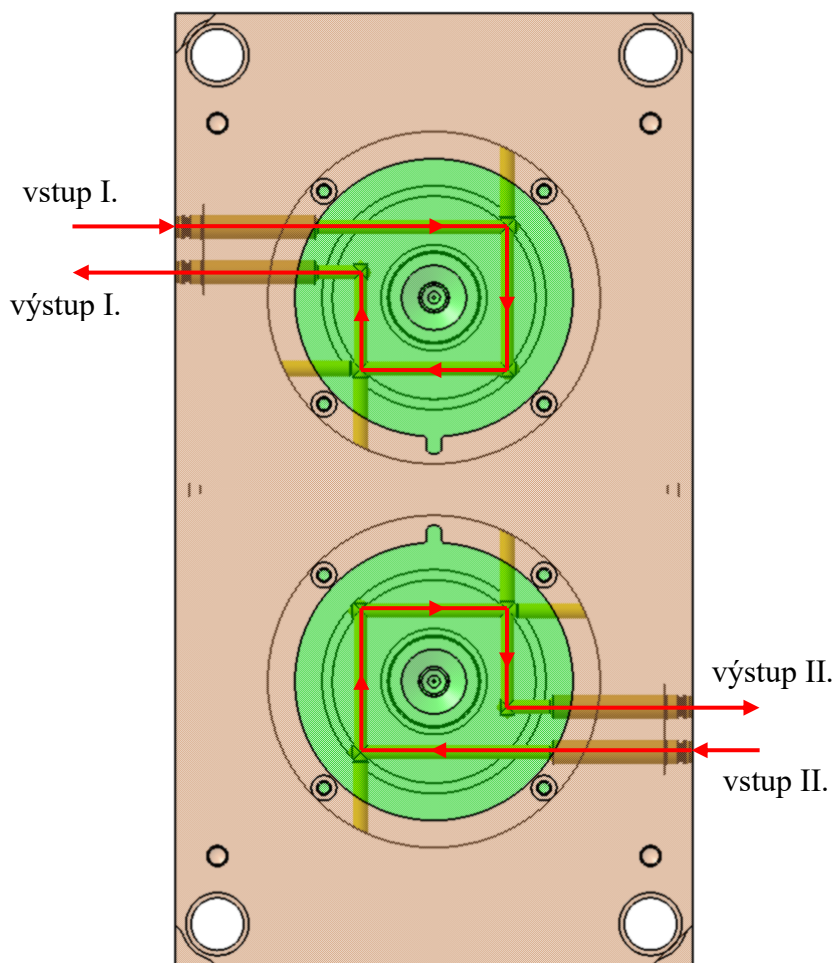
Obrázek 30 Řez tvárníkem – dutina pro pružný vyhazovač

8.5 Odvzdušnění

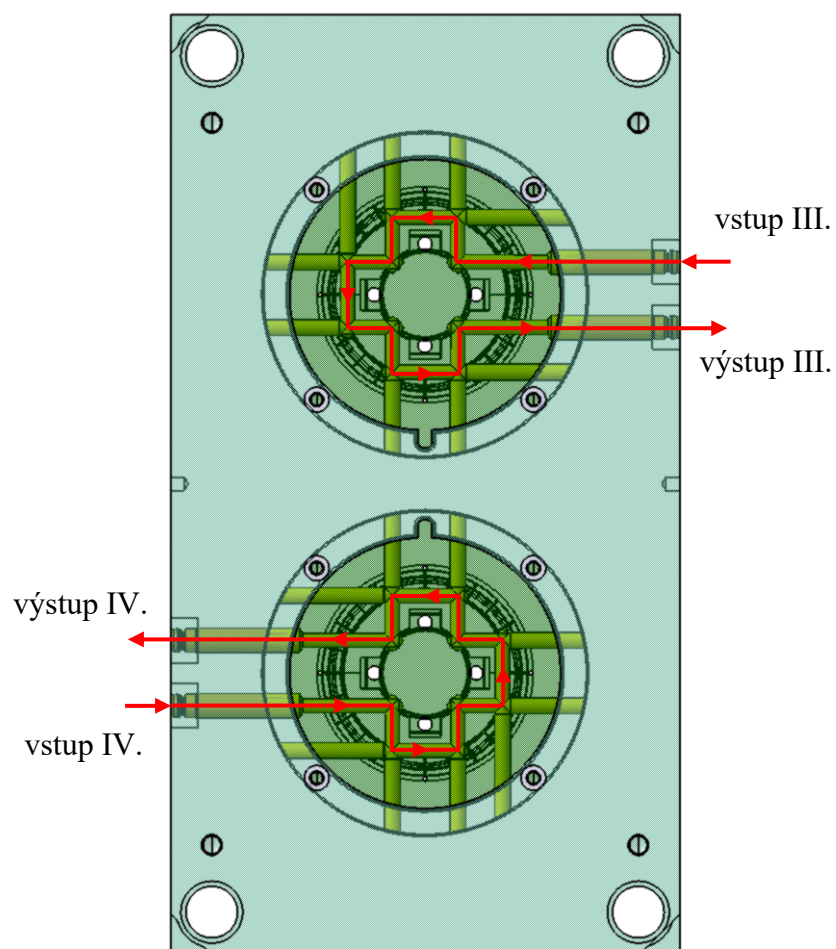
U zadaného výrobku je odvzdušnění navrženo přes dělicí rovinu a kolem válcových a pružných vyhazovačů, kde se nachází drobná vůle. Díky odvzdušnění se dostane stlačovaný vzduch z dutiny formy ven a eliminuje se tak vznik spálenin, bublin a dalších nežádoucích defektů.

8.6 Temperační systém

Temperační systém slouží k zajištění rovnoměrného teplotního pole ve formě. Systém, použitý při konstrukci této formy, se skládá z vrtaných kanálků o průměru 8 mm. Pro každý díl byl navržen samostatný temperační okruh. Temperační médium je do temperačního okruhu formy přivedeno přes přípojku s prodloužením, do které se hadice od temperační jednotky připojí pomocí rychlospojky. Směr toku temperačního média je korigován pomocí kuličkových záslepek a je zobrazen na obrázku č. 30 a 31.



Obrázek 31 Temperační okruh tvárnice



Obrázek 32 Temperační okruh tvárníku

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo provést konstrukční návrh vstříkovací formy pro víko filtru, které v praxi bude sloužit jako ochrana pracovního prostoru před vniknutím cizích těles. Pro vstříkování byl zvolen materiál PA 6.6 s 30 % skelných vláken kvůli jeho dobré tvarové stabilitě a dalším příznivým vlastnostem.

V první části bakalářské práce byla provedena teoretická rešerše, která se skládá z části pojednávající o materiálech vhodných ke vstříkování, z části popisující technologii vstříkování a z části o samotné konstrukci forem.

Ve druhé části byl zhotoven 3D model výrobku v softwaru CATIA V5R20 a následně také model vstříkovací formy pro tento díl. Ke zhotovení vstříkovací formy byly použity normálie z knihovny Meusburger. Navržená vstříkovací forma je dvojnásobná a disponuje horkým vtokovým systémem. Zaformování výstříku bylo vyřešeno za použití tvárníku, tvárnice a pružného vyhazovače pro odformování složité geometrie dílu. Na základě 3D modelů byly v prostředí CATIA V5R20 vyhotoveny výkresy formy včetně kusovníku a náčrt vstříkovaného dílu, který je vložen do přílohy bakalářské práce.

Pro navrženou vstříkovací formu byl zvolen vhodný vstříkovací stroj ARBURG ALLROUNDER 370 A – 600 – 290 (40).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, Ladislav. Formy pro zpracování plastů I. díl - Vstřikování termoplastů. 2. Brno: UNIPLAST Brno, 1999, 133 s.
- [2] BOBČÍK, Ladislav. Formy pro zpracování plastů II. díl - Vstřikování termoplastů. Brno: UNIPLAST Brno, 1999, 214 s.
- [3] REES, CATOEN a BRUCE. Selecting Injection Molds - Weighing Cost versus Productivity [online]. Hanser Publishers, 2006 [cit. 2022-12-20]. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpSIMWCP03/selecting-injection-molds/selecting-injection-molds>
- [4] O. KAZMER, David. Injection mold design engineering [online]. Munich: Hanser Publisher, 2007 [cit. 2022-12-21]. ISBN 978-3-446-41266-8. Dostupné z: <https://app-knovel-com.proxy.k.utb.cz/kn/resources/kpIMDE0007/toc?b-toc-cid=kpIMDE0007&b-toc-title=Injection%20Mold%20Design%20Engineering&b-toc-url-slug=ejection-system-design>
- [5] CAMPO, E. Alfredo. The Complete Part Design Handbook: For Injection Molding of Thermoplastics [online]. Munich: Hanser Publisher, 2006 [cit. 2022-12-21]. ISBN 978-3-446-40309-3. Dostupné z: https://sfx.techlib.cz/sfxtst41?url_ver=Z39.88-2004&url_ctx_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx_ver=Z39.88-2004&rft_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore_date_threshold=1&rft.object_id=100000000385137&rft.object_portfolio_id=2560000001591738&svc.fulltext=yes&sfx.directlink=force
- [6] MÉZL, Milan. Základy technológie vstrekovania plastov. Olomouc: Mapro, 2012. ISBN 978-80-970749-7-5.
- [7] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů*. Praha: BEN, 2009. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [8] ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů 2: Simulace, analýzy, odstraňování vad, 3D tisk [online]. Praha: Grada Publishing, 2021 [cit. 2022-12-21]. ISBN 978-80-271-1294-4. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/vstrikovani-plastu-2-1083262/#>

- [9] SEIDL, Martin. Stroje pro zpracování polymerních materiálů [online]. Code Creator, 2016 [cit. 2022-12-22]. ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/04.html>
- [10] HYNEK, Martin a kol. Vstřikovací lisy [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 2022-12-22]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/10453752-Vstrikovaci-lisy-k-5-plastove-doc-ing-martin-hynek-ph-d-a-kolektiv-verze-1-0.html>
- [11] HYNEK, Martin a kol. STUDENÉ A ŽIVÉ VTOKOVÉ SYSTÉMY [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 2022-12-22]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/18161288-Studene-a-zive-vtokove-systemy.html>
- [12] HYNEK, Martin a kol. HORKÉ VTOKY [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 2022-12-22]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/14044724-Horke-vtoky-k-5-plastove-doc-ing-martin-hynek-ph-d-a-kolektiv-verze-1-0.html>
- [13] PROKOPOVÁ, Irena. Makromolekulární chemie [online]. 2. Praha: VŠCHT, 2007 [cit. 2022-12-28]. ISBN 978-80-7080-662-3. Dostupné z: http://147.33.74.135/knihy/uid_isbn-978-80-7080-662-3/pages-img/013.html
- [14] DUCHÁČEK, Vratislav. Polymery : výroba, vlastnosti, zpracování, použití. 2. Praha: VŠCHT, 2006. ISBN 80-7080-617-6.
- [15] DAVIES, Geoff. Materials for automobile bodies [online]. 2. Kidlington: Butterworth-Heinemann, 2012 [cit. 2022-12-28]. ISBN 978-00-8096-979-4. Dostupné z: <https://app-knovel-com.proxy.k.utb.cz/kn/resources/kpMAB00004/toc>
- [16] KENNEDY, Peter a Rong ZHENG. Flow Analysis of Injection Molds [online]. 2. Munich: Hanser Publishers, 2013 [cit. 2022-12-28]. ISBN 978-1-56990-522-. Dostupné z: https://sfx.techlib.cz/sfxst41?url_ver=Z39.88-2004&url_ctx_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx_ver=Z39.88-2004&rft_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore_date_threshold=1&rft.object_id=344000000000426&rft.object_portfolio_id=2560000001593269&svc.fulltext=yes&sfx.directlink=force
- [17] MALLOY, Robert A. Plastic Part Design for Injection Molding [online]. 2. Munich: Hanser Publishers, 2010 [cit. 2022-12-28]. ISBN 978-3-446-40468-7. Dostupné z:

- https://sfx.techlib.cz/sfxtst41?url_ver=Z39.88-2004&url_ctx_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:ctx&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&ctx_ver=Z39.88-2004&rft_id=info:sid/sfxit.com:azlist&sfx.ignore_date_threshold=1&rft.object_id=4100000007656094&rft.object_portfolio_id=4100000026993269&svc.fulltext=yes&sfx.directlink=force
- [18] BĚHÁLEK, Luboš. Polymery [online]. Code Creator, 2016 [cit. 2022-12-28]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Cover.html>
- [19] JAROSCHEK, Christoph. Design of Injection Molded Plastic Parts [online]. Munich: Hanser Publishers, 2022 [cit. 2022-12-28]. ISBN 978-1-56990-894-5. Dostupné z: <https://web.s.ebscohost.com/ehost/ebookviewer/ebook/bmx1YmtfXzMzMjQzODdfX0FO0?sid=7ce75593-7915-498b-ae88-c4341c1b907f@redis&vid=0&format=EB&rid=1>
- [20] ŘEHULKA, Zdeněk. Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-8-07204-833-5.
- [21] LENFELD, prof. Dr. Ing. Petr. *Technologie vstřikování* [online]. Pardubice: Code Creator, 2015 [cit. 2023-04-20]. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/03.html>
- [22] BOBEK, Ph.D., Ing. Jiří. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. Liberec: Code Creator, 2015 [cit. 2023-04-19]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/08.html>
- [23] NEUHÄUSL, Ing. Emil. Vady výstřiků – 1. díl: Příčiny vzniku vad a studené spoje. *MM Průmyslové Spektrum* [online]. 2010 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/vady-vystriku-1-dil-priciny-vzniku-vad-a-studene-spoje>
- [24] OSSWALD, Tim A. *Injection molding handbook*. 2. Munich: Hanser Gardner Publications, 2008. ISBN 978-3-446-40781-7.
- [25] *Ensinger* [online]. [cit. 2023-05-11]. Dostupné z: <https://www.ensingerplastics.com/cs-cz/polotovary/plast/pa66-tecamid-66-gf30-black#/product-technical-detail-collapse-item-1-lvl-1>

- [26] Elektroerozivní obrábění EDM (drátování, hloubení). *Strojírenská výroba a nástrojárna INVO CZECH* [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.invocz.cz/elektroerozivni-obrabeni-edm-dratovani-hloubeni>
- [27] *SCHULZ & PARTNER: TRADING MACHINES AND PLASTICS* [online]. 2023 [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://schulz-partner.com/en/machines.html?order=new&item=6386&action=details>
- [28] Stainless Steel Alloy Injection Molding Clamping Unit. In: *Trade India* [online]. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://www.tradeindia.com/products/injection-molding-clamping-unit-c2433477.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PE	Polyethylen
PA	Polyamid
PP	polypropylen
PS	polystyren
PVC	polyvinylchlorid
PMMA	polymethyl-methakrylát
POM	polyoxymethylen
EP	epoxidová pryskyřice
PF	formaldehydová pryskyřice
UP	polyesterová pryskyřice
apod.	a podobně
atd.	a tak dále
např.	například
aj.	a jiné
č.	číslo
SVS	studený vtokový systém
%	procento
°	stupeň
mm	milimetr
g	gram
kg	kilogram
Pa	paskal
2D	dvourozměrný
3D	trojrozměrný
UV	ultrafialové záření

EDM elektroerozivní obrábění

t_{s1} strojní čas

t_{s2} strojní čas

t_{s3} strojní čas

t_v doba plnění

t_{ch} doba chlazení

t_D doba dotlaku

t_{pl} doba plastikace

t_m manipulační doba

p_z zbytkový tlak

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Vstřikovací cyklus.....	13
Obrázek 2 Vstřikovací stroj [9]	14
Obrázek 3 Hydraulická uzavírací jednotka [28]	15
Obrázek 4 Průběh vnitřních tlaků vstřikovacího stroje [21].....	16
Obrázek 5 Procesní okno u technologie vstřikování [21].....	17
Obrázek 6 Porovnání efektu různého průměru temperačních kanálů [22]	26
Obrázek 7 Systém plochých přepážek [22]	27
Obrázek 8 Systém spirálových přepážek [22]	28
Obrázek 9 Systém fontánek [22]	29
Obrázek 10 Systém CONTURA [22]	30
Obrázek 11 Systém tepelných trubic [22].....	31
Obrázek 12 Funkce tepelné trubice [22].....	31
Obrázek 13 Ucpávka s pryžovým „O“ kroužkem [22].....	32
Obrázek 14 Použití ucpávky s pryžovým "O" kroužkem [22]	32
Obrázek 15 Zapuštění přípojky pro připojení temperačních hadic [22].....	32
Obrázek 16 Nepohledová strana výrobku.....	37
Obrázek 17 Pohledová strana výrobku	37
Obrázek 18 Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 370A [27].....	39
Obrázek 19 Vstřikovací forma.....	40
Obrázek 20 Hlavní dělicí rovina	41
Obrázek 21 Levá strana formy.....	42
Obrázek 22 Vyhazovací systém formy	43
Obrázek 23 Pravá strana formy	44
Obrázek 24 Rozvodný blok IMT2	45
Obrázek 25 Naznačené vedení kabelů horkého vtoku.....	46
Obrázek 26 Tvárnice.....	46
Obrázek 27 Tvárník	47
Obrázek 28 Pružný vyhazovač	47
Obrázek 29 Odformování pomocí pružných vyhazovačů	48
Obrázek 30 Řez tvárníkem – dutina pro pružný vyhazovač.....	48
Obrázek 31 Temperační okruh tvárnice.....	49
Obrázek 32 Temperační okruh tvárníku	50

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Mechanické vlastnosti PA 6.6 GF30 [25]	38
Tabulka 2 Teplotní vlastnosti PA6.6 GF30 [25].....	38
Tabulka 3 Srovnání parametrů vstřikovací formy a zvoleného stroje	39

SEZNAM PŘÍLOH

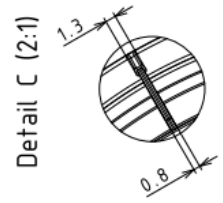
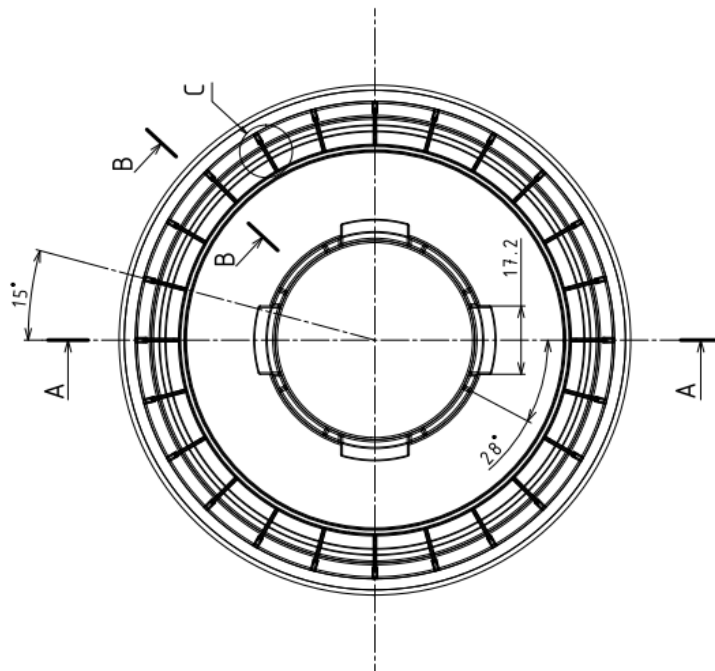
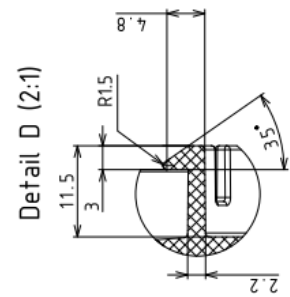
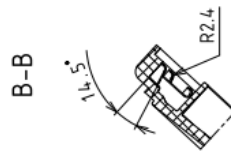
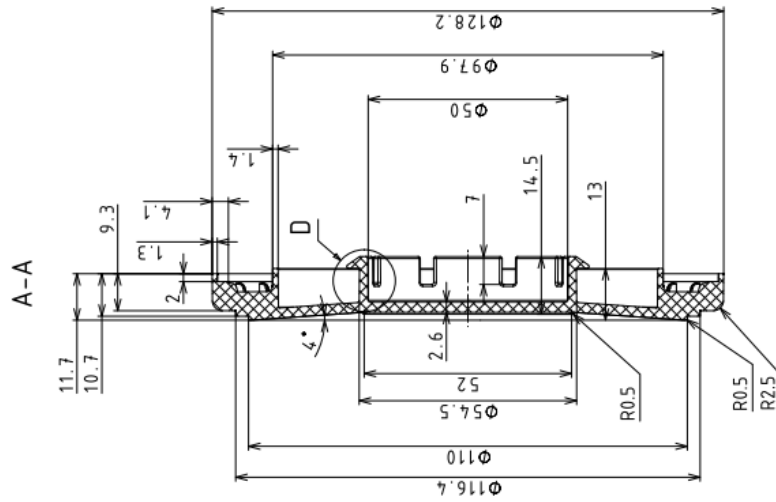
Příloha P I: Náčrt vstřikovaného dílu

Příloha P II: Materiálový list PA 6.6 GF30

Příloha P III: Náčrt vstřikovaného dílu

Příloha P IV. Výkresová dokumentace formy

PŘÍLOHA P I: NÁČRT VSTŘIKOVANÉHO DÍLU



NÁČRTEK VSTŘIKOVANÉHO DÍLU

PŘÍLOHA P II: MATERIÁLOVÝ LIST PA6.6 GF30



TECAMID 66 GF30 black - Sklad polotovarů

Chemické označení

PA 66 (Polyamid 66)

Barva

černý neprůhledný

Hustota

1.34 g/cm³

Plníva

skelná vlákna

Data generated directly after machining (standard climate Germany).

Hlavní funkce

- velmi vysoká tuhost
- odolný pro mnoho olejů, tuků a paliv
- dobré vlastnosti proti opotřebení
- velmi vysoká pevnost
- vysoká rozměrová stabilita
- dobrá teplotní stálost
- dobrá svařitelnost a pojivost

Cílený průmysl

- strojní inženýrství
- Letecké a palubní technologie
- automobilový průmysl

Mechanické vlastnosti	parametr	hodnota	jednotka	norma	komentář
Pevnost v tahu	50mm/min	91	MPa	DIN EN ISO 527-2	(1) For tensile test: specimen type 1b
Modul pružnosti (tahová zkouška)	1mm/min	5500	MPa	DIN EN ISO 527-2	(2) For flexural test: support span 84mm, norm specimen.
Pevnost v tahu	50mm/min	91	MPa	DIN EN ISO 527-2	(3) Specimen 10x10x10mm
Prodloužení	50mm/min	8	%	DIN EN ISO 527-2	(4) Specimen 10x10x50mm, modulus range between 0.5 and 1% compression.
Prodloužení v momentě prasknutí	50mm/min	14	%	DIN EN ISO 527-2	(5) For Charpy test: support span 84mm, norm specimen.
Pevnost v ohybu	2mm/min, 10 N	135	MPa	DIN EN ISO 178	(6) Specimen in 4mm thickness
Moduly elasticity (zkouška ohybem)	2mm/min, 10 N	4700	MPa	DIN EN ISO 178	
Síla komprese	1% / 2% / 5% 5mm/min, 10 N	25/46/104	MPa	EN ISO 604	3)
Moduly komprese	5mm/min, 10 N	4100	MPa	EN ISO 604	4)
Nárazová síla (Charpy)	max. 7.5J	97	kJ/m ²	DIN EN ISO 179-1eU	5)
Tvrdost vrubu kuličky		216	MPa	ISO 2039-1	6)
Teplotní vlastnosti	parametr	hodnota	jednotka	norma	komentář
Teplota skelného přechodu		48	°C	DIN EN ISO 11357	1)
Teplota tání		254	°C	DIN EN ISO 11357	(1) Found in public sources.
Provozní teplota	short term	180	°C	-	(2) Found in public sources.
Provozní teplota	long term	110	°C	-	Individual testing regarding application conditions is mandatory.
Teplotní roztažnost (CLTE)	23-60°C, long.	5	10 ⁻⁵ K ⁻¹	DIN EN ISO 11359-1,2	
Teplotní roztažnost (CLTE)	23-100°C, long.	5	10 ⁻⁵ K ⁻¹	DIN EN ISO 11359-1,2	
Specifické teplo		1.2	J/(g*K)	ISO 22007-4:2008	
Teplotní vodivost		0.39	W/(K*m)	ISO 22007-4:2008	
Elektrické vlastnosti	parametr	hodnota	jednotka	norma	komentář
Specifický povrchový odpor	Silver electrode, 23°C, 12% r.h.	10 ¹⁴	Ω	DIN IEC 60093	1)
Zvláštní odolnost	Silver electrode, 23°C, 12% r.h.	10 ¹⁴	Ω*cm	DIN IEC 60093	2)
Dielektrická síla	23°C, 50% r.h.	35	kV/mm	ISO 60243-1	3)
Odolnost vůči sledování (CTI)	Platin electrode, 23°C, 50% r.h., solvent A	550 / 475	V	DIN EN 60112	(1) Specimen in 20mm thickness
Ostatní vlastnosti	parametr	hodnota	jednotka	norma	komentář
Absorbce vody	24h / 96h (23°C)	0.1 / 0.2	%	DIN EN ISO 62	1)
Odolnost vůči horké vodě		(+)	-	-	2)
Odolnost vůči povětrnostním vlivům		(+)	-	-	3)
Hořlavost (UL94)	corresponding to	HB	-	DIN IEC 60695-11-10;	3)

Uvedené informace a prohlášení odrážejí současný stav našich znalostí a informují o našich produktech a jejich aplikacích. Právě závažným způsobem nezanoují ani nezanoují chemickou odolnost, kvalitu výrobku a jejich prodejnost. Naše výrobky nejsou definovány pro použití v lékařských nebo zubních implantátech. Je třeba dodržovat silovající normativní patenty. Odpovídající hodnoty a informace nejsou žádné minimální nebo maximální hodnoty, ale směrné hodnoty, které lze použít především pro účely srovnání pro výběr materiálu. Tyto hodnoty jsou v rozsahu normální tolerance vlastností produktu a nepředstavují zaručené hodnoty vlastností. Proto se nasmějí používat pro účely specifikace. Pokud není uvedeno jinak, byly tyto hodnoty stanoveny zkouškami při referenčních rozměrech (typicky tyče o průměru 40-60 mm podle DIN EN 15860) na extrudovaném a opracovaném vzorku. Protože vlastnosti závisí na rozměrech polotovaru a orientaci v konstrukční součásti (zejména ve výtlačných ocelích), naše materiálu za zvláštních okolností použít bez samostatného testování. Za kvalitu a vhodnost produktu pro danou aplikaci nese výhradní odpovědnost zákazník a musí před použitím otestovat použití a zpracování. Hodnoty datových listů jsou pravidelně přezkoumávány, nejnovější aktualizaci najdete na www.ensingerplastics.com. Technické změny vyhrazeny.

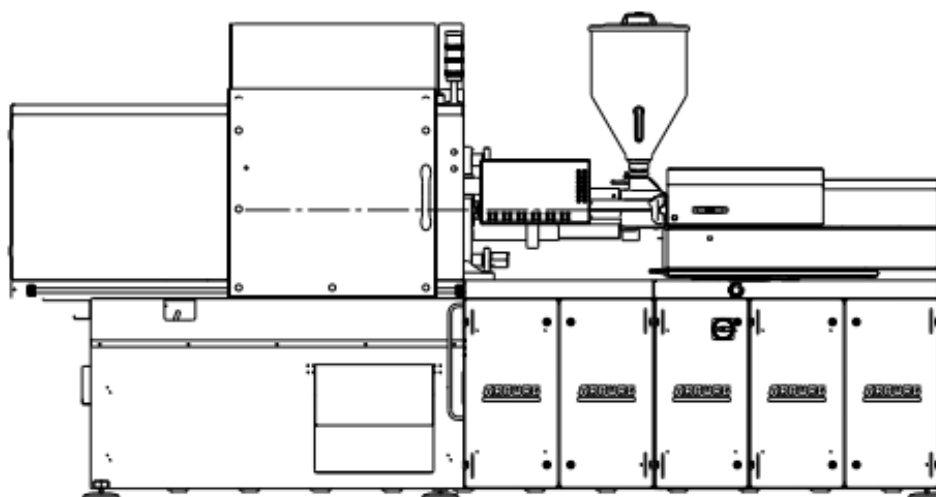
Ensinger, s.r.o.
Prumyslová 991
334 41 Dobruška
Česká republika

Tel: +420 377 972 056
Fax: +420 377 972 059
e-mail: info@ensinger.cz
www.ensinger.cz

Datum: 2018/02/20

Verze: AE

PŘÍLOHA P III: TECHNICKÁ DATA VSTŘIKOVACÍHO STROJE



ALLROUNDER 370 A

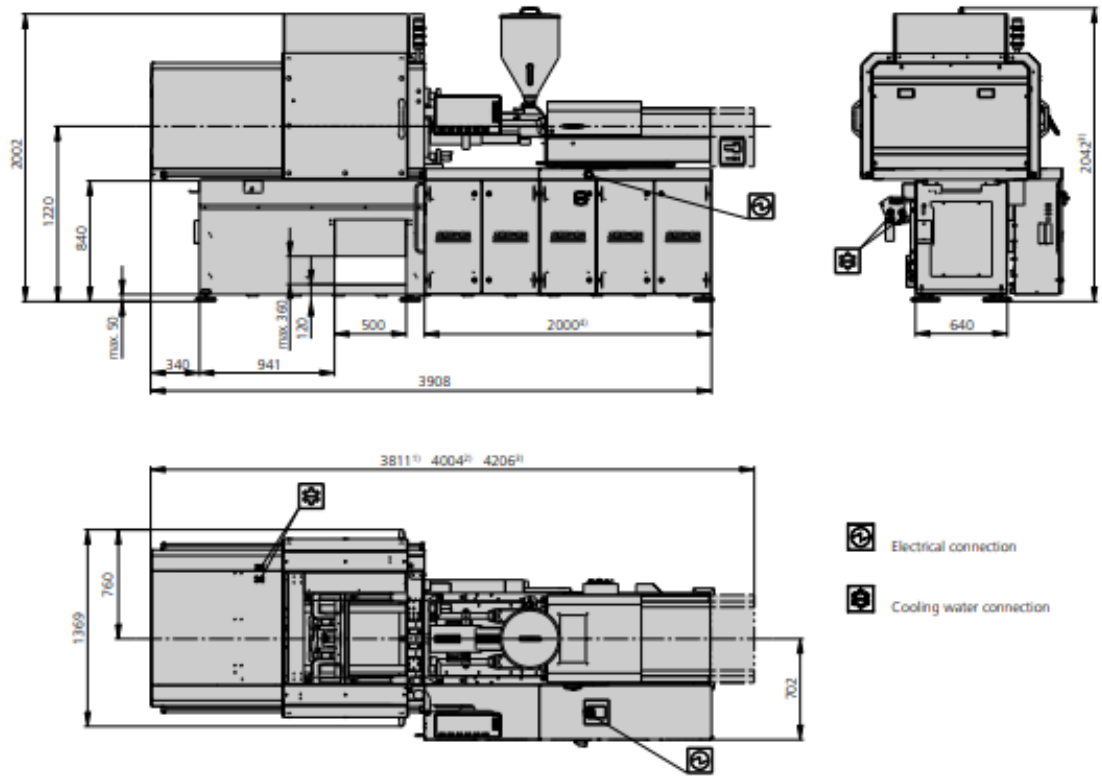
Distance between tie bars: 370 x 370 mm

Clamping force: 600 kN

Injection unit (acc. to EUROMAP): 100, 170, 290

ARBURG

MACHINE DIMENSIONS | 370 A



- 1) Injection unit 100
- 2) Injection unit 170
- 3) Injection unit 290
- 4) Depending on the power and size of the injection unit

TECHNICAL DATA | 370 A

Clamping unit			370 A
with clamping force	max. kN		600
Opening force stroke	max. kN mm		--- 300
Mould height, fixed variable	min.-max. mm		--- 200-400
Platen daylight fixed variable	max. mm		--- 500-700
Distance between tie bars (w x h)	mm		370 x 370
Mould mounting platens (w x h)	max. mm		510 x 510
Weight of movable mould half	max. kg		360
Ejector force stroke	max. kN mm		25 100
Dry cycle time EUROMAP	Comfort	min. s - mm	1,2 - 259
	Premium	min. s - mm	1 - 259
	Ultimate	min. s - mm	0,8 - 259

Injection unit			100			170			290		
with screw diameter	mm		20	25	30	25	30	35	30	35	40
Effective screw length	LD		25	20	16,7	24	20	17	23,3	20	17,5
Screw stroke	max. mm		100			120			150		
Calculated stroke volume	max. cm ³		31	49	71	59	85	115	106	144	188
Shot weight	max. g PS		29	45	65	54	77	105	97	132	172
Material throughput	max. kg/h PS		5,5	8	9,5	10	13,5	16	17	20,5	24,5
	max. kg/h PA6.6		2,8	4	4,9	5	7	8	8,5	10,5	12,5
Injection pressure	max. bar		2500	2000	1390	2500	2000	1470	2500	2000	1530
Holding pressure time	max. s - bar		300-2500	300-1800	300-1110	300-2310	300-1600	300-1170	300-2180	300-1600	300-1220
Injection flow ²	Comfort [+]	max. cm ³ /s	64 [83]	100 [130]	144 [187]	79 [104]	114 [150]	155 [203]	105 [140]	144 [191]	188 [250]
	Premium	max. cm ³ /s	83	130	187	104	150	203	140	191	250
	Ultimate [+]	max. cm ³ /s	94 [125]	148 [197]	214 [285]	148 [197]	214 [285]	290 [387]	212 [283]	288 [384]	376 [501]
Injection speed ³	Comfort [+]	max. mm/s	280 [350]			215 [280]			215 [280]		
	Premium	max. mm/s	350			280			280		
	Ultimate [+]	max. mm/s	350 [400]			350 [400]			360 [400]		
Screw circumferential speed	max. m/min		40	50	60	50	60	70	51	60	69
Screw torque	max. Nm		120	150	180	210	250	290	320	380	430
Nozzle contact force retraction stroke	max. kN mm		50 230			50 300			50 300		
Heating capacity zones	kW		4,9 5			9,4 5			6,4 5		
Feed hopper	l		50			50			50		

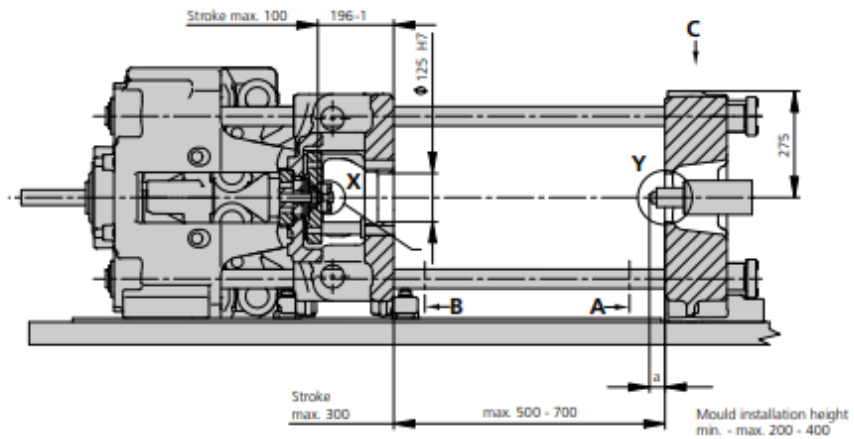
Drive and connection			Comfort			Premium			Ultimate		
with injection unit			100	170	290	100	170	290	100	170	290
Net weight of machine	kg		3740	3740	3800	3740	3740	3800	3740	3740	3800
Sound press. level Insecurity ⁴	dB(A)		66 3			66 3			66 3		
Electrical connection ⁵	kW		13	19	20	18	24	25	18	24	25
	Total	A	50	63	63	63	80	80	63	80	80
	Machine	A	---			---			---		
Cooling water connection	max. °C		30			30			30		
	min. Δp bar		1,5 DN 25			1,5 DN 25			2 DN 25		

Machine type
with EUROMAP size designation ¹
370 A 600-100 | 170 | 290

Upon request: other machine types and mould installation heights, screws, drive powers etc.
All specifications relate to the basic machine version. Deviations are possible depending on variants, process settings and material type. Depending on the drive, certain combinations, e.g. max. injection pressure and max. injection flow may be mutually exclusive.

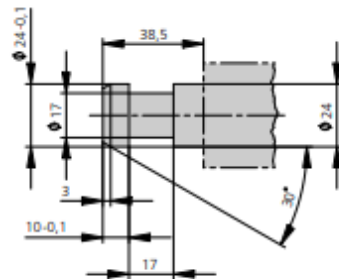
- 1) Clamping force (kN) - size of injection unit = max. stroke volume (cm³) x max. injection pressure (kbar)
 - 2) Specification of maximum injection flow at maximum injection pressure.
 - 3) Specifications relate to 400 V/50 Hz.
 - 4) Emission sound pressure level at the workplace. Detailed information in the operating instructions.
 - 5) Forward speed of plasticizing screw at 1000 bar injection pressure.
- [] Specifications apply to alternative equipment.

MOULD INSTALLATION DIMENSIONS | 370 A

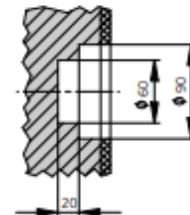


a max.	Injection unit
	100 / 170 / 290
Standard	40
Thermoset	20

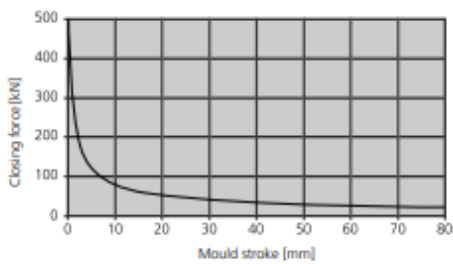
Ejector bolt | X



Bore in mould (if required) | Y

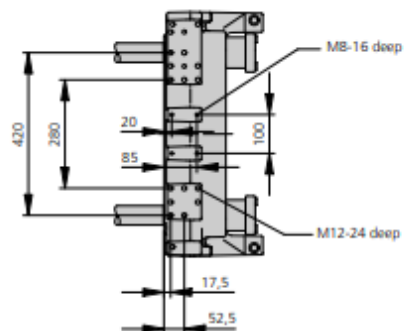


Closing force for spring moulds / during injection compression moulding*



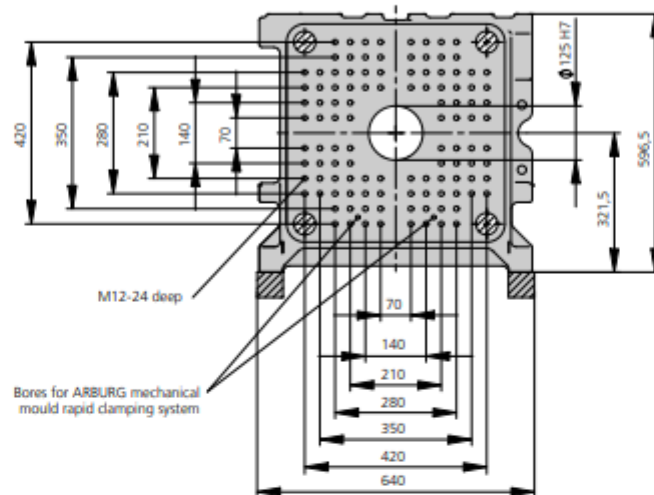
* automatic locking force adjustment up to 20 kN

Robotic system mounting | C

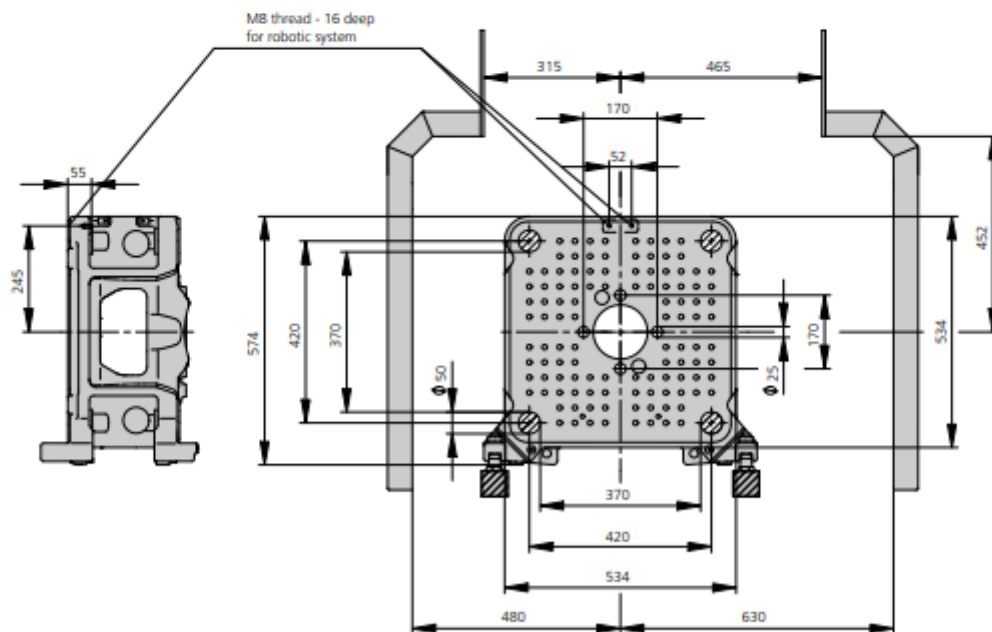


MOULD INSTALLATION DIMENSIONS | 370 A

Fixed mould mounting platen | A



Moving mould mounting platen | B



SHOT WEIGHTS | 370 A

Theoretical shot weights for the most important injection moulding materials

Injection units according to EUROMAP		100			170			290		
Screw diameter	mm	20	25	30	25	30	35	30	35	40
Polystyrene	max. g PS	29	45	65	54	77	105	97	132	172
Styrene heteropolymerizates	max. g SB	28	44	63	53	76	103	95	129	168
	max. g SAN, ABS ¹⁾	27	43	62	52	74	101	93	126	165
Cellulose acetate	max. g CA ¹⁾	32	50	73	61	87	119	109	148	194
Celluloseacetobutyrate	max. g CAB ¹⁾	30	47	68	56	81	110	101	138	180
Polymethyl methacrylate	max. g PMMA	30	46	67	56	80	109	100	136	178
Polyphenylene ether, mod.	max. g PPE	27	42	60	50	72	98	90	122	160
Polycarbonate	max. g PC	30	47	68	57	81	111	102	139	181
Polysulphone	max. g PSU	31	49	70	58	84	115	105	143	187
Polyamides	max. g PA 6.6 PA 6 ¹⁾	28	44	64	53	77	104	96	131	171
	max. g PA 6.10 PA 11 ¹⁾	26	41	60	50	72	98	90	122	160
Polyoximethylene (Polyacetal)	max. g POM	35	55	80	66	96	130	120	163	213
Polyethylene terephthalate	max. g PET	34	53	77	64	92	126	115	157	205
Polyethylene	max. g PE-LD	22	34	49	41	59	80	73	100	130
	max. g PE-HD	22	35	50	42	60	82	76	103	134
Polypropylene	max. g PP	23	36	51	43	62	84	77	105	137
Fluoropolymerides	max. g FEP, PFA, PCTFE ¹⁾	46	72	103	86	124	169	155	211	276
	max. g ETFE	40	63	91	76	109	148	136	185	242
Polyvinyl chloride	max. g PVC-U	35	54	78	65	94	127	117	159	208
	max. g PVC-P ¹⁾	32	50	72	60	87	118	108	147	192

1) average value

ARBURG GmbH + Co KG
 Arthur-Hehl-Strasse
 72290 Lössburg
 Tel.: +49 7446 33-0
 www.arburg.com
 contact@arburg.com

526647_EN_GB_09.2022 - Subject to alterations