

Konstrukce vstřikovací formy

Tomáš Adamík

Bakalářská práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Tomáš Adamík**
Osobní číslo: **T19175**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy**

Zásady pro vypracování

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

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

Seznam doporučené literatury:

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

OSSWALD, Tim A., Lih-Sheng TURNG a Paul J. GRAMANN. *Injection molding handbook*. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s. ISBN 978-1-56990-420-6

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

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

Datum zadání bakalářské práce: **3. ledna 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

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

L.S.

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

Ve Zlíně dne 22. února 2022

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

Hlavním cílem této bakalářské práce, jak vyplývá z názvu, je zkonstruování vstřikovací formy pro zadaný výrobek. Tento výrobek pochází z elektrotechnického odvětví, kdy se jedná o kryt konektoru.

Teoretická část práce se zabývá problematikou polymerních materiálů a jejich úpravami pro vstřikování. Dále se obecně zaměřuje na vstřikování a konstrukci vstřikovací formy. Poslední část této kapitoly se zabývá konstrukčními zásadami vstřikovaných výrobků.

V úvodu praktické části je popsán zadaný výrobek a polymerní materiál, ze kterého bude vstřikován. Další část se zabývá detailním popisem samotné konstrukce vstřikovací formy, která byla zhotovena v programu CATIA V5R20, jako 3D model. Na závěr je uvedena volba vstřikovacího stroje dle navržené parametrů formy.

Součástí příloh práce je výkres sestavy formy.

Klíčová slova: polymery, vstřikovací forma, vstřikovací stroj, CATIA

ABSTRACT

The main goal of this bachelor thesis, as the title implies, is to design an injection mold for a given part. This part is a connector cover and it comes from the electrical industry.

The theoretical part of the work deals with the issue of polymeric materials and their modifications for injection molding. It is also focused on injection molds and injection molding technology in general. The last part of this chapter deals with the design principles of injection molded products.

The introduction of the practical part describes the given part and polymeric material from which it will be produced. The next part deals with a detailed description of the injection mold design, which was made in the program CATIA V5R20, as a 3D model. Finally, the choice of injection molding machine according to the parameters of the designed mold is presented.

Part of the appendices is a drawing of the mold assembly, including the bill of materials

Keywords: polymers, injection mold, injection molding machine, CATIA

Hlavní poděkování náleží vedoucímu mé práce panu prof. Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za jeho rady, ochotu, čas a trpělivost, které mi obětoval při vypracování této práce. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Martinu Ovsíkovi, Ph.D. za předané znalosti v předmětu konstrukce forem. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině a přítelkyni za podporu a motivaci ve studiu.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POLYMERY A JEJICH ZPRACOVÁNÍ	12
1.1 TERMOPLASTY	12
1.2 REAKTOPLASTY.....	13
1.3 ELASTOMERY	13
1.4 PŘÍPRAVA PLASTU PŘED VSTŘIKOVÁNÍM	14
1.4.1 Sušení termoplastů	14
1.4.2 Míchání	15
1.5 PŘÍSADY DO POLYMERŮ	15
1.6 VOLBA TERMOPLASTU PŘI NÁVRHU SOUČÁSTI	16
2 VSTŘIKOVÁNÍ	17
2.1 PRŮBĚH VSTŘIKOVÁNÍ	17
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	18
2.2.1 Stavba vstřikovacích strojů	19
2.2.2 Volba optimálního vstřikovacího stroje	21
3 VSTŘIKOVACÍ FORMA	22
3.1 VÝPOČTY FOREM.....	23
3.2 NÁSOBNOST FORMY	23
3.3 OZNAČOVÁNÍ FOREM	24
3.4 FUNKČNÍ SYSTÉM FOREM	24
3.4.2 Temperace forem	26
3.4.3 Odvzdušnění forem	27
3.4.4 Boční posuvné čelisti	28
3.4.5 Rámy forem a jejich jednotlivé díly	29
3.5 MATERIÁLY PRO VÝROBU FOREM.....	30
3.6 VTOKOVÉ SYSTÉMY	31
3.6.1 Studené vtokové systémy	31
3.6.2 Vyhřívané vtokové soustavy	35
4 VÝSTŘIK A JEHO KONSTRUKCE	39
4.1 VLIVY NA JAKOST PLASTOVÝCH SOUČÁSTÍ	39
4.2 ROZMĚRY SOUČÁSTÍ.....	39
4.3 JAKOST POVRCHU SOUČÁSTÍ.....	40
4.4 POŽADAVKY NA KONSTRUKCI SOUČÁSTÍ.....	40
4.5 DODATEČNÁ ÚPRAVA SOUČÁSTÍ	42

II PRAKTICKÁ ČÁST.....	43
5 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	44
6 VSTŘIKOVANÝ DÍL	45
6.1 MATERIÁL	46
7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	47
7.1 DĚLÍCÍ ROVINY	50
7.2 NÁSOBNOST FORMY	51
7.3 TVAROVÉ ČÁSTI FORMY	52
7.3.1 Tvárnice.....	52
7.3.2 Tvárník	53
7.3.3 Tvarová jádra	53
7.4 BOČNÍ POSUVNÉ ČELISTI	54
7.5 VTKOVÝ SYSTÉM	55
7.6 VYHAZOVCÍ SYSTÉM.....	57
7.7 TEMPERAČNÍ SYSTÉM.....	58
7.8 ODVZDUŠŇOVACÍ SYSTÉM.....	59
7.9 STŘEDÍCÍ, VODÍCÍ A MANIPULAČNÍ PRVKY.....	59
8 VSTŘIKOVACÍ STROJ	64
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	67
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	69
SEZNAM OBRÁZKŮ	71
SEZNAM TABULEK.....	72
SEZNAM PŘÍLOH.....	73

ÚVOD

Polymerní materiály pomalu, ale jistě, začínají nahrazovat kovy, dřevo, keramické materiály, látky apod. Staly se součástí našeho každodenního života. Telefony, nejrůznější elektrospotřebiče, svítidla, nábytek, hračky, obaly, izolace, stavební prvky, součásti aut, ale také umělecká díla, to je jen zlomek z bezpočtu technických, designových i výtvarných aplikací, v nichž dnes lze najít materiály označované jako polymery. Tyto materiály se dají zpracovávat mnohými technologiemi, jako je například vstřikování, vyfukování, lisování, vytlačování apod.

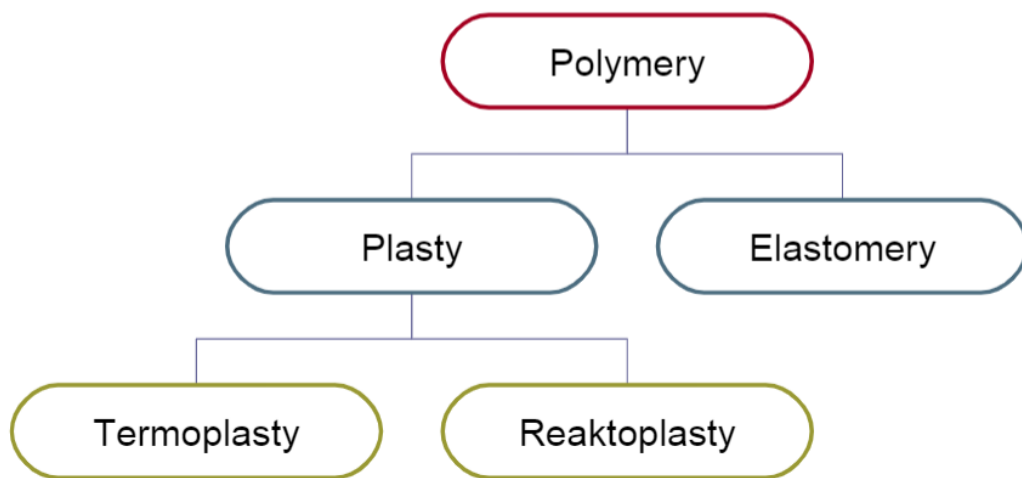
Vstřikování je jednou z nejpoužívanějších technologií zpracování plastů. Touto technologií lze zpracovávat jednoduché, ale i tvarově složité výrobky různých velikostí. Vysoká rychlost vstřikovacího cyklu umožňuje vyrábět obrovské množství dílů v řádech sekund. Rychlost toho cyklu se odvíjí od použitého stroje a vhodné konstrukce vstřikovací formy. Tyto formy musí být navrženy a zhotoveny s vysokou přesností, proto jejich výrobu zajišťují specializované firmy. Pro každý výrobek se požaduje nová forma, což je velmi nákladné, a proto se technologie vstřikování používá spíše jen v sériových výrobcích. Pro správný návrh formy a správné nastavení celého vstřikovacího cyklu je třeba dobře znát mechanické, chemické a reologické vlastnosti vstřikovaného materiálu. Jelikož se požadavky na výrobky stále zvyšují, tak i technologie a zpracovatelské postupy se stále rozvíjejí.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY A JEJICH ZPRACOVÁNÍ

Polymer je makromolekulární látka, která má strukturu vystavěnou velkým počtem jednoho nebo více druhů atomů či skupin atomů. Toto uspořádání má řadu specifických vlastností, které se již nezmění přidáním nebo ubráním jistého počtu stavebních jednotek. [9] [11]

Polymery lze rozdělit do dvou základních skupin. První skupinou jsou plasty, což jsou látky, které bývají za běžných podmínek tvrdé, ale často křehké. Pokud se na plast působí jistou deformační silou, většinou je tato deformace nevratná. Plasty lze dále dělit na termoplasty a reaktoplasty. Druhou skupinou polymerů jsou elastomery. [9] [26]



Obr. 1 Rozdělení polymerů [13]

1.1 Termoplasty

Jedná se o nejrozšířenější skupinu plastů, které mají řetězce přímé (lineární polymery) nebo řetězce s bočními větvemi (rozvětvené polymery). Při jejich ohřívání dochází k uvolňování soudržnosti řetězců a začnou být viskózní. V tomto stavu je lze tvářet. Po jejich ochlazení se vrací do původního pevného stavu. [4] [9]

Z hlediska struktury se termoplasty dělí na:

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

Výrobky z amorfni plastů se využívají v oblasti pod jejich teplotou skelného přechodu (T_g), jelikož v tomto stavu je polymer pevný. Při zvyšování teploty nad teplotu T_g postupně slábnou kohezní síly mezi makromolekulami a plast přechází do plastické oblasti až do

viskózního stavu, kdy se dá zpracovávat. Se zvyšováním teploty dochází k nárustu objemu polymeru.

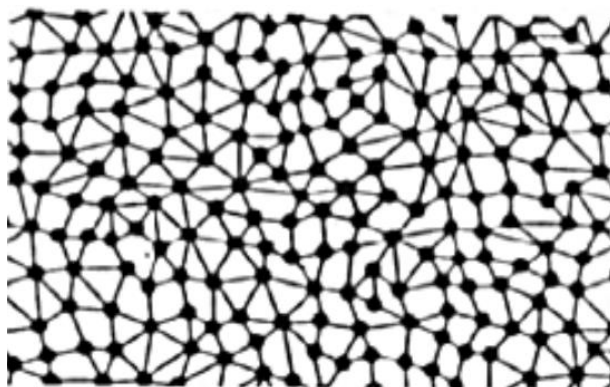
Semikrystalické plasty mají části makromolekul vázány pevněji v lamelách a ve sférolitech krystalické fáze. Při zvyšování jejich teploty se nejprve uvolní část makromolekul z amorfni oblasti, potom i ostatní. Tento děj doprovází značný objemový nárůst. Termoplasty se pohybují nad teplotou T_g , kdy mají výhodnou kombinaci pevnosti a houževnatosti. [4]



Obr. 2 Schéma struktury amorfního (vlevo) a semikrystalického (vpravo) termoplastu [16]

1.2 Reaktoplasty

V konečné fázi zpracování mají řetězce příčně propojeny chemickými vazbami a tvoří prostorovou trojrozměrnou síť. Při ohřívání tato síť začne zvětšovat svou pohyblivost, ale řetězce se neuvolní zcela. Při tváření za použití tepla a tlaku dochází k zesíťování (vytvrzení). Takto zesíťovanou strukturu nelze rozpustit ve většině rozpouštědel. [4] [9]



Obr. 3 Schéma struktury reaktoplastu [16]

1.3 Elastomery

Jedná se o polymery, které mají dlouhé a málo propojené (zesíťované) řetězce. Za normální teploty jsou pružné a poddajné, jelikož mají původní řetězce velmi ohebné a jejich hustota

sítě je přiměřená. Zesíťování u nich nastává při vulkanizaci, čímž se převedou na pryž. Jakmile se tento chemický děj ukončí, další tváření již není možné. [4] [9]



Obr. 4 Schéma struktury elastomeru [16]

1.4 Příprava plastu před vstřikováním

Před zpracováním plastů vstřikováním se materiál upravuje v souladu s technologickým postupem, určeným pro konkrétní výrobek. Nejčastěji se jedná o sušení granulátu, mísení s přísadkou rozdrčeného odpadu, barvení granulátu a míchání s nadouvadlem. Tyto úkony upraví termoplast, aby jeho zpracování a aplikace byla bez problémů. [4]

1.4.1 Sušení termoplastů

Velká část termoplastických materiálů absorbuje vlhkost ze vzduchu, což má za následek zhoršení některých parametrů a povrchu materiálu i při běžných zpracovatelských teplotách. Výstřiky jsou pak bez povrchového lesku, v místě vtoku mají povrchové vady a špatně se vyjímají z formy, proto je nutné materiály předsušet. [4]

Vysušené plasty v podobě granulí se dodávají ve vzduchotěsných obalech, zatímco nevysušené v papírových nebo plastových pytlích. Vysušené lze ihned zpracovávat a nevysušené se musí vysušit. K sušení slouží komorové pece s přirozeně cirkulujícím vzduchem, kde se granulát rozmístí na palety ve vrstvách, které mají výšku maximálně 4 cm (u PC maximálně 2,5 cm). Sušení v pecích probíhá za teplot od 70 do 120 °C a při nízkém parciálním tlaku vodních par. Dalším způsobem, jak lze sušit granulát, je použití plastikačních jednotek s odplyněním. V těchto jednotkách je teplota od 190 do 350 °C při vysokém parciálním tlaku vodních par. [4] [12] [26]

1.4.2 Míchání

Míchání je proces, kdy dochází ke smíchání minimálně dvou složek v míchacím prostoru zařízení tak, aby bylo dosaženo požadované rovnoměrnosti rozložení jednotlivých komponentů ve výsledném produktu s požadovaným stupněm homogenity. Konečný stupeň homogenity nemusí být však dosažen již ve fázi míchání, ale teprve v následných technologických operacích.

Míchání lze rozdělit podle odporu, který kladou promíchávané částice vnější síle, jež na ně působí na dva extrémní případy, kdy prvním je míchání látek s nepatrným odporem proti posunutí (např. prášky) a druhým jsou procesy míchání s velkým odporem proti posunutí, které se dělí na:

- intenzivní míchání, kdy stupeň homogenity závisí na stupni smykového namáhání (např. míchání kaučuků s přísadami), hmota je ve změklém stavu (hnětení nebo také plastikace), používají se stroje označované jako hnětiče,
- extenzivní míchání, kdy stupeň homogenity závisí na stupni tečení nebo na vytváření nového povrchu (např. míchání prášků s barvivou), používají se stroje označované jako míchačky (bubnové, pásové, fluidní). [16]

1.5 Přísady do polymerů

Jelikož ne všechny polymery vyhovují stanoveným požadavkům, přidávají se k nim různé přísady za účelem změny jejich základních vlastností. Jako přísady se používají:

- plniva, která mohou být prášková nebo vláknitá. Jejich použitím se mění především fyzikální, ale i mechanické vlastnosti plastu. Vláknitá plniva především vyztužují hmotu a zvětšují její pevnost. Prášková plniva naopak při vyšší koncentraci snižují tyto vlastnosti,
- změkčovadla, která se přidávají za účelem změkčení a ohebnosti u některých tvrdých polymerů,
- barviva se přidávají za účelem získání požadovaného barevného odstínu,
- stabilizátory zlepšují odolnost proti vyšším teplotám při jejich zpracování, proti UV záření, stárnutí apod,
- nadouvadla, které při zpracování uvolňují plyny, a tak vytvářejí lehčenou strukturu plastu. [4] [9] [24]

1.6 Volba termoplastu při návrhu součásti

Vstřikováním lze vyrobit kompletní součást, která zpravidla již nevyžaduje další opracování. Při výběru vhodného termoplastu se musí brát v potaz konkrétní podmínky jeho provozního zatížení a celkového využití. Výsledná součást musí dosahovat požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností a vhodný tvar pro její výrobu a dosažitelnost rozměrů a jakosti povrchu.

Optimální druh plastu se volí dle následujících hledisek:

- funkce součásti musí splňovat definované požadavky,
- zvolená technologie výroby musí být reálná a dosažitelná na určeném stroji, při dodržení požadovaných podmínek,
- plast musí vyhovovat z hlediska ekonomie, jak pro technologii výroby i formy.

Z těchto hledisek vybere konstruktér jeden nebo i více vhodných plastů. Pokud vybere více podobných materiálů, rozhodují méně významné vlivy, jako je dostupnost plastu, jeho estetické vlastnosti apod. [4]

2 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování patří mezi hlavní způsoby zpracování termoplastů, čím dál více se setkáváme i se zpracováním kaučuků. Při tomto procesu je možné produkovat kvalitní a dostatečně rozměrově přesné výrobky v rámci ekonomie.

Během jednoho cyklu se přemění polymerní směs (granulát, prášek, pelety, aglomerát) na zcela hotový výrobek, který se může bez dalšího opracování zaslat spotřebiteli. [1]

Vstřikování plastů je poměrně složitý tepelně-mechanický proces tváření, na kterém se podílí:

- počáteční materiál, ze kterého se vyrábí požadovaná součást,
- výrobní cyklus, kdy se jedná především o vstřikovací stroj a další zařízení, které umožňují přípravu taveniny a její dopravu za určitých podmínek do formy,
- forma, jakožto nástroj pro vlastní tváření taveniny na požadovanou součást.

Všechny tyto uvedené faktory značně ovlivňují vlastnosti a kvalitu výstřiku. [4]

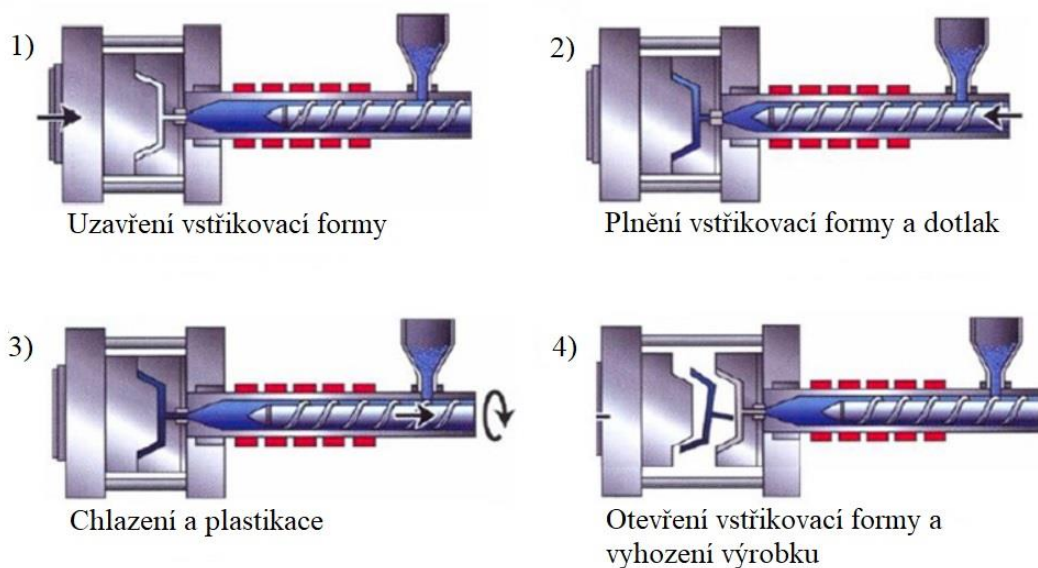
2.1 Průběh vstřikování

Vždy je nutné teplotně připravit z příslušného, nebo předem upraveného (vysušeného, smíchaného s aditivou apod.) granulátu co nejhomogennější taveninu. Tuto taveninu je třeba dopravit, za působení vstřikovacího tlaku a rychlosti, co nejšetrněji do temperované tvarové dutiny formy. V této dutině se na taveninu působí dotlakem, který nám eliminuje tepelnou objemovou kontrakci, aby výstřik po zchlazení a vyhození z formy měl předepsané rozměry a požadovanou jakost povrchu. [2]

Při vstřikování se uplatňuje celá řada technologických parametrů:

- velikost dávky je volena tak, aby došlo k naplnění tvarových dutin formy i vtokového rozvodu a doplnění objemové změny, která je vyvolána ochlazením plastu a jeho zhuštěním způsobené dotlakem,
- teplota taveniny se volí podle druhu použitého plastu a je třeba zvolit její optimální velikost. Při nízké teplotě taveniny by docházelo ke špatnému zatékání v dutině formy, naopak vysoká teplota může vést k degradaci materiálu a prodloužení vstřikovacího cyklu. Tato teplota se měří při výstupu taveniny ze vstřikovací trysky stroje,
- velikost a doba působení vstřikovacího tlaku musí umožnit spolehlivé naplnění dutiny formy taveninou, tato velikost závisí na druhu plastu a složitosti formy. Tlak se vyvine za pomoci šneku, který působí jako píst,

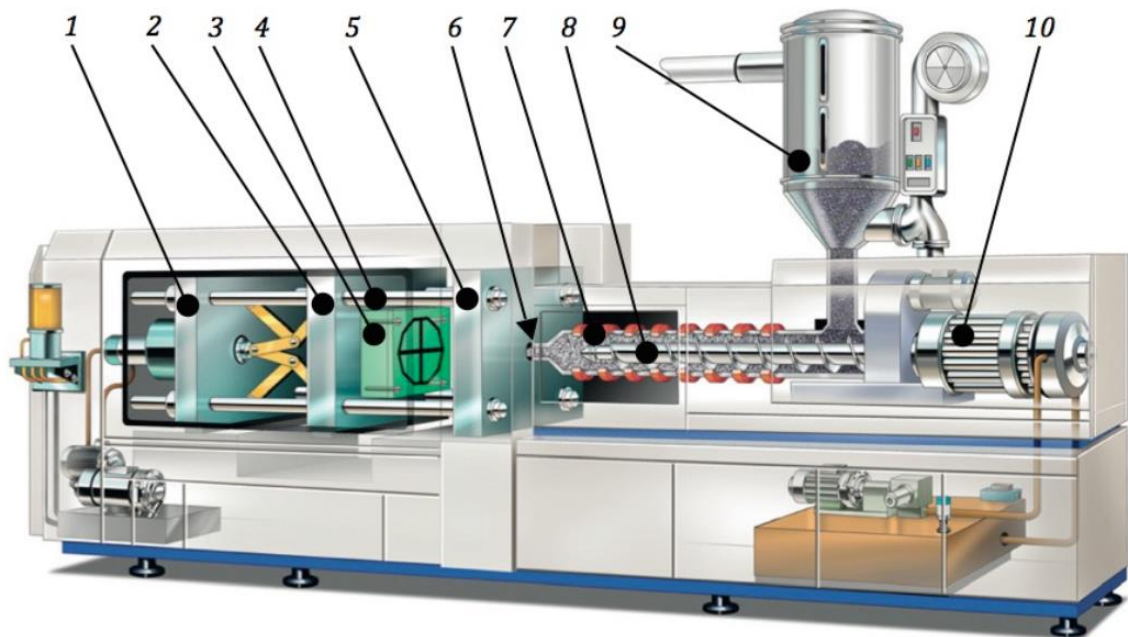
- vstřikovací rychlost ovlivňuje vstřikovací tlak a vstřikovací čas. Rychlost musí být taková, aby nedošlo ke zchlazení taveniny před úplným naplněním formy,
- dotlak působí po vstříknutí plastu do formy. Obvykle bývá nižší než vstřikovací tlak. Zabraňuje vytékání materiálu z formy a umožňuje doplňování taveniny o zmenšený objem způsobený poklesem teploty taveniny. Dotlak má smysl použití do doby zatuhnutí vtokového ústí,
- otáčky šneku a jeho zpětný odpor ovlivňují plastikační výkon a rychlost plastikace. Zpětný odpor zase homogenitu materiálu a plastikační účinnost šneku,
- chladicí čas podstatně ovlivňuje celkovou dobu vstřikovacího cyklu. Je to doba, po kterou je tavenina v dutině formy ochlazována bez působení vstřikovacího tlaku. Závisí na teplotě zpracovávaného plastu, tloušťce stěn výstřiku, temperaturaci nástroje apod. Během tohoto děje se vrací vstřikovací jednotka a připravuje další dávku taveniny pro další cyklus. [4]



Obr. 5 Průběh vstřikování [17]

2.2 Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroj se skládá ze vstřikovací (plastikační) a uzavírací jednotky. Tyto stroje mají mnoho parametrů, podle kterých je lze dělit. Mezi základní parametry patří vstřikovací objem, který je obvykle od 10 cm^3 do 1000 cm^3 , největší vstřikovací stroje mají vstřikovací objem až $25\,000 \text{ cm}^3$. Uzavírací síla bývá do 1 MN, ale jsou i stroje s uzavírací silou 50 MN. Největší stroje disponují s upínacími deskami o rozměrech 3 x 3 metry. Vstřikované výrobky mohou vážit až 30 kg. [1]



Obr. 6 Vstřikovací stroj [12]

1 – uzavírací jednotka, 2 – pohyblivá upínací deska, 3 – pohyblivá část vstřikovací formy, 4 – vodící sloupky, 5 – pevná upínací deska, 6 – čelo špičky vstřikovací trysky, 7 – tavní komora, 8 – šnek, 9 – násypka pro plastový polotovar, 10 – pohonná jednotka šneku

Pro vstřikování přesných výstřiků se u stroje vyžaduje aby:

- byl tuhý a pevný při vstřiku,
- měl konstantní tlak, rychlost, teplotu, ostatní parametry a jejich časování,
- měl přesnou reprodukovatelnost technologických parametrů. [4]

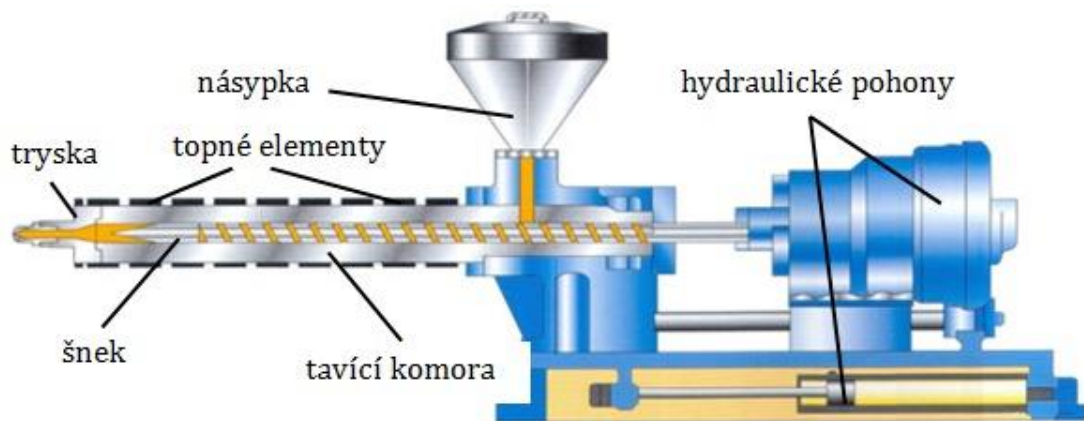
2.2.1 Stavba vstřikovacích strojů

Každý stroj se skládá z pohonu, funkční části a z části ovládací. Tyto jednotlivé části stroje spojuje rám, který také zajišťuje návaznost všech částí. Rám musí splňovat podmínky pevnosti a tuhosti. Pohon vstřikovacího stroje zajišťuje hnací motor, kdy se ve většině jedná o elektromotor, převodovka, případně další převodové mechanismy. [3]

Vstřikovací jednotka

Slouží k přípravě a dopravě požadovaného množství roztaveného plastu s předepsanými technologickými parametry do formy. Tato jednotka funguje tak, že do tavného válce je dopravován zpracováváný plast z násypky pohybem šneku. Plast je posouván šnekem přes vstupní, přechodové a výstupní pásma. Postupně se plastikuje, homogenizuje a hromadí před šnekem, při čemž ho odtlačuje do zadní polohy. Topení tavné komory je nejčastěji rozděleno

do tří pásem (vstupní, střední a pásmo u trysky). Tryska má zvláštní samostatné topení. Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky, souosost, menší průměr otvoru a menší poloměr trysky než je u sedla vtokové vložky zajišťují přesné dosednutí trysky do sedla vtokové vložky formy, což je podmínkou správné funkce. [4] [25]



Obr. 7 Vstřikovací jednotka [12]

Uzavírací jednotka

Jejím úkolem je ovládat formu a zajišťovat její dokonalé uzavření, otevření i případné vyprázdnění. Velikost uzavírací síly závisí na velikosti vstřikovacího tlaku, ploše dutiny a vtoků v dělicí rovině. Hlavní části uzavírací jednotky jsou opěrná deska pevná, upínací deska, vodící sloupky a uzavírací mechanismus. [4]

Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

Stupeň řízení a snadná obsluha stroje je charakteristickým znakem jeho kvality. Řízení stroje se musí zajistit vhodnými řídicími a regulačními prvky, aby bylo možné docílit reprodukovatelnosti technologických parametrů. Toto řízení zajišťuje procesorová technika, která využívá různé grafické formy řízení pracovního cyklu, které lze nalézt na displeji stroje.

Nastavení stroje je řídicím systémem také kontrolováno. Alternativní volba a úprava programu se pak může snadno uskutečnit za pomoci displeje. Na přesnosti a jakosti výstřiků má řízení stroje rozhodující vliv, tím že určuje a dodržuje přesnost následujících parametrů:

- nastavení výše i doby vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti vstříknutí a chlazení. Tyto parametry určují především přesnost a toleranci výstřiku,

- nastavením doby a výšky teploty taveniny, její homogenizací jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiků.

Tyto hodnoty ovlivňuje nejen stroj a druh plastu, ale i forma, kdy záleží na její teplotě a době chlazení. [4]

2.2.2 Volba optimálního vstřikovacího stroje

Vstřikovací stroj je významnou složkou pro dosažení kvalitních výstřiků. Jeho volbu ovlivňují tyto parametry:

- hmotnost a rozměry vyráběného dílu, proto musí mít dostatečnou vstřikovací kapacitu,
- požadovaná přesnost a kvalita výstřiků, proto musí mít dostatečnou uzavírací sílu,
- velikost formy, proto musí mít vhodnou koncepci.

Maximální vstřikované množství taveniny by nemělo překročit 90 %, jelikož ve stroji je nutná rezerva hmotového polštáře, pro případné doplnění materiálu při jeho úbytku smrštěním, což zajistí dotlak.

Kvalita stroje je dána jeho konstrukcí, přesností řízení jednotlivých parametrů stroje, reprodukovatelností a stálostí parametrů.

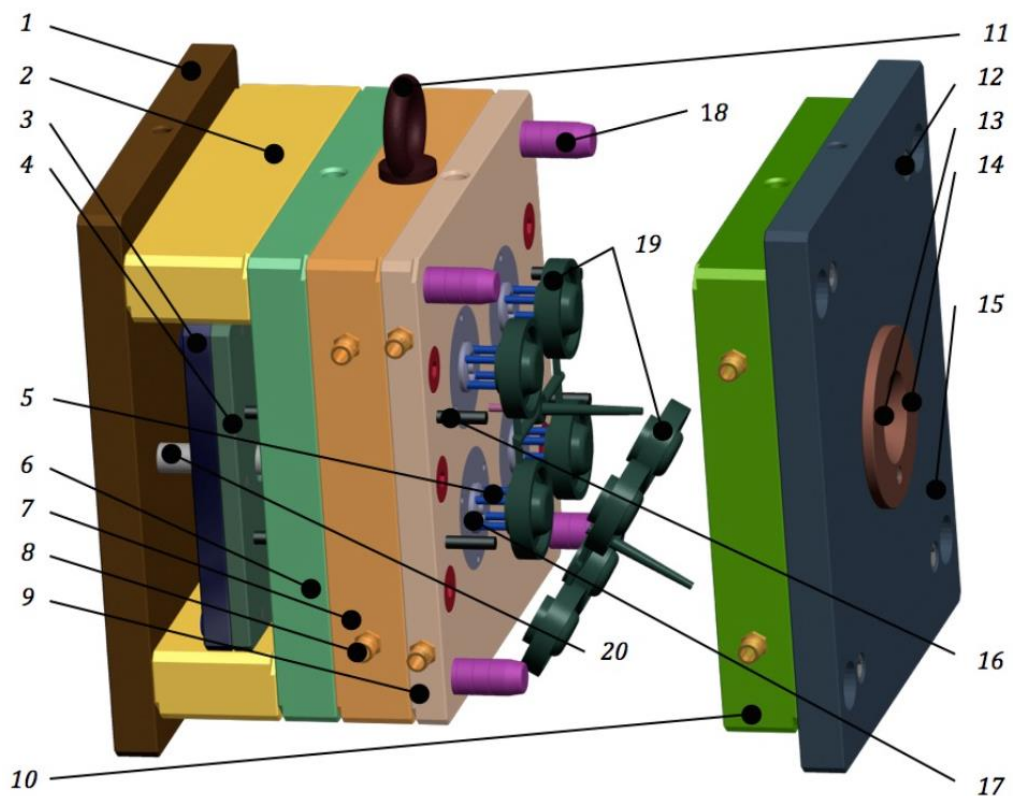
V závislosti na velikosti a koncepci formy se u stroje vyžaduje:

- dostatečná vzdálenost mezi sloupy stroje, pro vhodné upínání a možnou manipulaci s formou,
- dostatečné rozměry upínacích ploch pevné i pohyblivé desky stroje, ale i vhodné rozmístění upínacích otvorů,
- dostatečné maximální otevření (zdvih) a minimální uzavření. [4]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Stejně jako výstřiky z termoplastů konstruované pro splnění požadovaných funkčních a jakostních ukazatelů jsou z pohledu těchto ukazatelů individuálními konstrukcemi, jsou i formy pro jejich výrobu individualitami a originály. Forma je nástroj, který je naplňován v průběhu vstřikování roztaveným plastem, kterému po jeho ochlazení dává jeho výsledný tvar a rozměry. Upíná se na vstřikovací stroj, který dopraví taveninu do její dutiny. Její dobrá kvalita plní tyto požadavky:

- technické, které zaručují správnou funkci formy, která musí vyrobít požadovaný počet součástí v náležité kvalitě a přesnosti. Má také splňovat podmínku snadné manipulace i obsluhy při výrobě součástí,
- ekonomické, které se vyznačují nízkou pořizovací cenou, snadnou a rychlou výrobou dílů při vysoké produktivitě práce a vysokým využitím plastu. [2] [4] [5]



Obr. 8 Otevřená vstřikovací forma [12]

1 – upínací deska levá, 2 – rozpěrná deska, 3 – opěrná vyhadzovací deska, 4 – kotevní vyhadzovací deska, 5 – vyhadzovací kolík, 6 – opěrná deska, 7 – opěrná deska, 8 – přípojka chlazení, 9 – kotevní deska levá, 10 – kotevní deska pravá, 11 – manipulační oko, 12 – hlavní montážní šrouby, 13 – vtoková vložka, 14 – středící kroužek pravý, 15 – upínací deska pravá, 16 – vraccí kolíky, 17 – pevné jádro, 18 – vodící čepy, 19 – vstřikovaný díl, 20 – táhlo vyhadzovacích desek

3.1 Výpočty forem

Jelikož vstřikování plastů probíhá při stanovených fyzikálních podmínkách, tak i forma, která musí těmto požadavkům vyhovovat, musí být s ohledem na tyto podmínky dimenzována. Výčtem z tabulek a na základě zkušeností se stanoví jednak technologické podmínky stroje, tak i rozměry formy. Podmínky, které zásadně ovlivní bezporuchovou funkci výroby, se ověřují výpočtem. Konkrétně se jedná o:

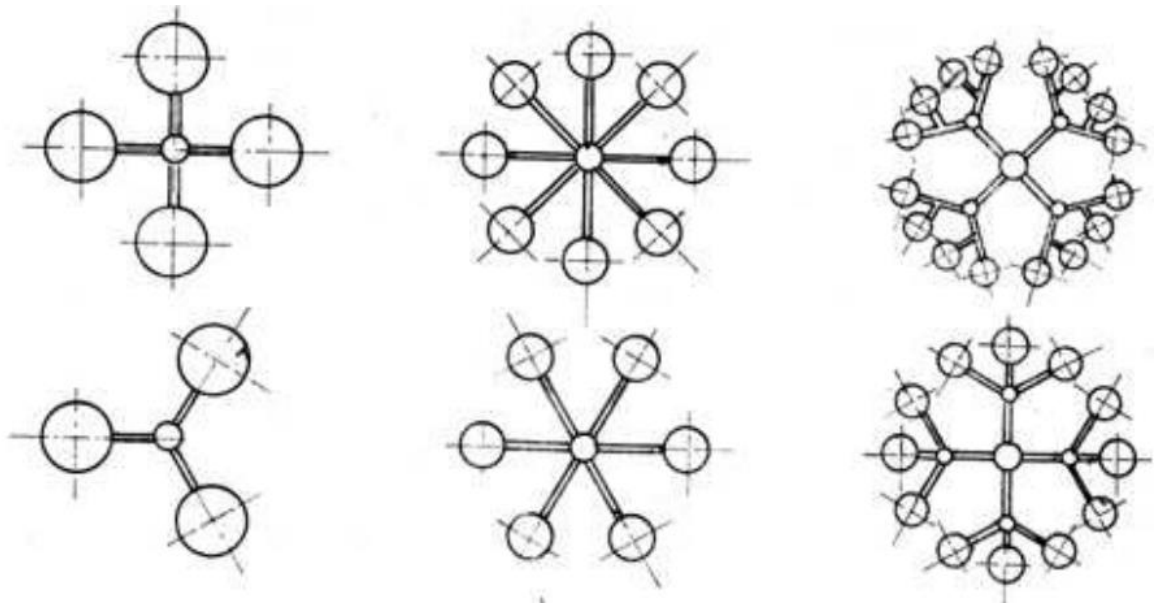
- množství taveniny, které se přivede do formy,
- velikost uzavírací síly, kterou je forma uzavřena při vstřikování,
- dostatečná dimenze formy v jejich kritických místech, s ohledem na pevnost materiálu, vyvolaných vstřikovacím i uzavíracím tlakem stroje. [5]

3.2 Násobnost formy

Optimální volba násobnosti formy vyžaduje správné vyhodnocení jednotlivých činitelů, kteří ji ovlivňují. Posuzují se dle těchto hledisek:

- charakter a přesnost výstřiku,
- požadované množství výrobků,
- velikost a kapacita vstřikovacího stroje,
- požadovaný termín dodávky,
- ekonomika výroby. [4] [8]

Je-li součást tvarově náročná, což má za následek vyšší složitost formy, jako i u velkorozměrových výstřiků, vyrábí se v jednonásobných formách. Z hlediska kvality a přesnosti výstřiku je žádoucí, aby násobnost byla co nejmenší. Jelikož výroba rozměrově přesných součástí vedle nepřesností jednotlivých tvarových dutin, zavádí také do produkce další faktory chyb. Mezi tyto faktory se řadí například nerovnoměrná teplota formy i plastu při plnění jednotlivých dutin, různé vstřikovací tlaky a rozdílné dráhy vtoků, což má za následek vznik rozměrových nepřesností. [4]



Obr. 9 Příklady rozložení vtokové soustavy u vícenásobných forem [16]

3.3 Označování forem

Formy se označují za účelem podat základní informace a údaje o formě, dále jejím seřízení ve výrobě a další informace pro nutnou evidenci v provozu. Nejčastějším označením bývá popis, který se vyrazí na formu za pomoci čísel a písmen, které mají minimální výšku 6 mm a hloubku ražení 0,1 mm. Dále se pak formy dají označit za pomoci popisu v kombinaci v barevnými pruhy. Barvy označují přívod a odvod temperačního média a tlakového vzduchu. U forem s vyhřívanými vtokovými soustavami jsou údaje doplněny o elektrické napětí, výkon a celkový příkon topení. [5]

3.4 Funkční systém forem

Forma je složena z jednotlivých částí, z nichž každá plní požadovanou funkci. K rozhodujícím funkčním systémům se řadí vyhazování výstříků, temperace a odvzdušnění formy. Ve speciálních případech formu doplňují posuvné boční čelisti. [5]

3.4.1 Vyhazování výstříků

Jedná se o činnost, kdy se z dutiny nebo z tvárníku otevřené formy vysune nebo vytlačí zhotovený výstřík. K tomu slouží vyhazovací zařízení, které doplňuje formu a svojí funkcí má zajišťovat automatický výrobní cyklus. Tento cyklus se skládá ze dvou fází, kdy první je dopředný pohyb, kdy dojde k vyhození výstříku. Druhou fází je zpětný pohyb, kdy se vyhazovací systém vrací do původní polohy. [5] [11]

Základní podmínkou dobrého vyhazování výstřiku je hladký povrch a úkosovitost jeho stěn ve směru vyhazování. Vyhazovací systém musí výstřik vysouvat rovnoměrně, aby nedošlo k jeho přičení, a tím ke vzniku trvalých deformací, nebo k jinému poškození. Jelikož výstřik vlivem smrštění plastu obvykle zůstává na tvárníku, musí systém vyvodit potřebnou sílu k jeho vyhození. Velikost síly závisí na:

- velikosti smrštění výstřiku ve formě,
- členitosti výstřiku a jakosti povrchu funkčních ploch tvárníku (dutiny) formy,
- technologických podmínkách vstřikování (tlak, teplota plastu a formy, doba chlazení),
- pružných deformacích formy. [5]

Nejrozšířenějším způsobem vyhazování je mechanické vyhazování. Jeho konstrukce má různá provedení, která představují:

- vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků. Jedná se o nejčastější a nejlevnější způsob vyhazování výstřiků. Kolíky jsou obvykle válcové, ale mohou mít i jiný tvar. Válcové kolíky mají průměr od 1 mm až do 25 mm. Jejich délka se pohybuje od 150 mm do 500 mm,
- vyhazování pomocí stírací desky nebo trubkových vyhazovačů. Při použití stírací desky lze stáhnout výstřik po celém jeho obvodu z tvárníku. Její výhodou je, že nezanechává stopy po vyhození, deformace výstřiku jsou minimální a stírací síla je velká. Používá se především u tenkostěnných výstřiků, kde hrozí jejich deformace. Nebo u rozměrných výstřiků, které vyžadují velkou vyhazovací sílu. Stírání lze použít jen tehdy, jestliže plocha výstřiku dosedá do roviny stírací desky,
- šikmé vyhazování je specifickou formou mechanického vyhazování, kdy kolíky nejsou kolmé k dělicí rovině, ale jsou k ní uloženy po různými úhly. Díky jejich použití se nemusí do formy zabudovávat náročné posuvné čelisti s klínovým mechanismem,
- postupné vyhazování vyžaduje dva vyhazovací systémy, které se navzájem ovlivňují. Tento způsob umožňuje vyhazovat výstřiky s rozdílným časovým rozložením vyhazovacího zdvihu i jeho velikosti. [5] [7]



Obr. 10 Válcový vyhazovací kolík [15]

3.4.2 Temperace forem

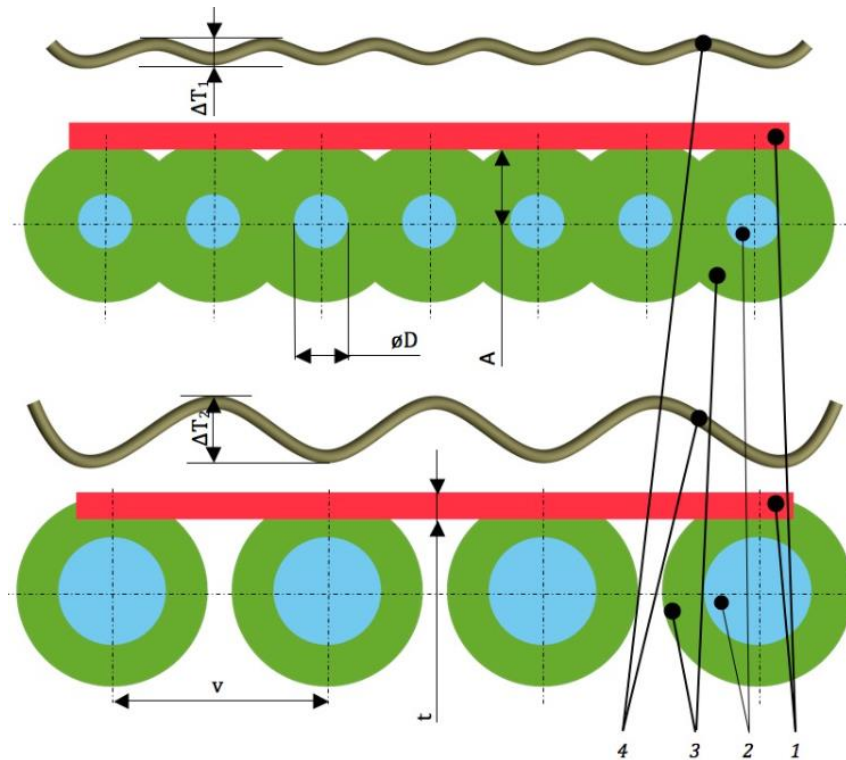
Temperace slouží k udržování konstantního teplotního režimu formy. Používá se za účelem zkrácení pracovního cyklu vstřikování při zachování všech technologických požadavků. Děje se tak ochlazováním, případně vyhříváním celé formy, nebo její části.

Během vstřikování se do formy přivede roztavený polymer, který se v její dutině ochladí na teplotu vhodnou pro vyjmutí výstřiku. Temperace tedy ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při každém vstřiku dojde k ohřátí formy. Proto je nutné přebytečné teplo během pracovního cyklu odvést, aby se další výstřik opět vyráběl při stanovené teplotě. Jelikož se některé plasty zpracovávají při vyšších teplotách formy, je naopak potřeba formu ohřívat. Také při zahájení výroby je třeba nejprve vyhřát formu na její pracovní teplotu. Jinak by nebyla zaručena dostatečná kvalita výstřiku. [5] [6]

Úkolem temperace je tedy:

- zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši po celém povrchu její dutiny,
- odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou tak, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku. [5]

Temperační systém je tvořen soustavou kanálů a dutin, kterými se předává, nebo odvádí teplo z formy vhodnou kapalinou, nebo jiným zdrojem tepla. Proudění této kapaliny by mělo být zásadně turbulentní (vířivé). Vhodnější je použít větší počet menších kanálů s malými roztečemi. Rozložení kanálů se volí rovnoměrné ve stejných vzdálenostech. V oblasti tlustší stěny výstřiku, případně v jiném místě o vyšší teplotě, se kanály přiblíží k dutině formy. Průřez kanálu se volí podle velikosti výstřiku, druhu plastu a rámu formy. Nejběžnější průřez je kruhový. [5] [8]



Obr. 11 Porovnání efektu různého průměru temperačních kanálů [12]

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

3.4.3 Odvzdušnění forem

Dutina formy je před vstříkváním naplněna vzduchem, a proto je třeba při plnění taveninou zajistit únik vzduchu a případných zplodin. Čím je větší rychlost plnění, tím účinnější musí být odvzdušnění tvarové dutiny.

Nejčastějším jevem při rychlém plnění je stlačení vzduchu, který se vlivem vysokého tlaku začne silně ohřívat, což vede ke vzniku spálených míst na výstřiku (Dieselův efekt). Což je ze vzhledových a pevnostních důvodů nepřijatelné, a proto musí být odvzdušnění účinné.

Vzduch z dutiny formy stačí často uniknout dělicí rovinou (vedlejšími rovinami), vůlí mezi pohyblivými částmi apod. V ostatních případech je třeba formu opatřit odvzdušňovacími kanálky obdélníkového průřezu. Tyto průřezy musí účinně odvádět vzduch, ale zároveň nesmí docházet k zatékání plastu. [5] [8]

Volba umístění odvzdušnění ve formě je někdy zřejmá z tvaru výstřiku, jindy však je jen obtížně zjistitelná. Je třeba se řídit úvahou, jakým způsobem a směry naplní proudy taveniny dutinu formy. To samo o sobě závisí na umístění vtoku, tloušťce stěn a na kvalitativních podmínkách, které se kladou na výstřik a jeho požadovanou funkci.

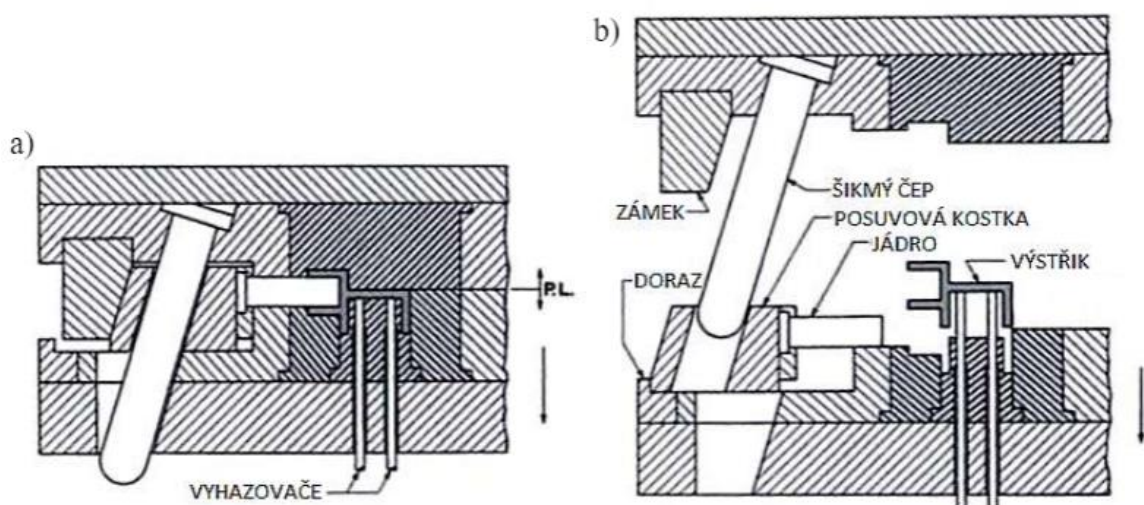
Je nutné dodat, že stopy po odvzdušnění jsou někdy na výstřiku viditelné. Je-li tento defekt na těchto plochách nepřijatelný, musí se jednak upravit vtok a jeho umístění, ale i ostatní technologické parametry. [5]

3.4.4 Boční posuvné čelisti

Používají se u výstřiků, které mají boční otvory, výstupky nebo různá zhloubení, které leží kolmo k ose formy. K ovládnutí těchto částí formy, které někdy tvoří další přidavné dělicí roviny, se používá mechanických, pneumatických nebo hydraulických prvků.

Pohyblivé čelisti mohou ukotvit jádra, nebo formují tvarové části výstřiku, které nelze jinak zaformovat. Dělí se na čelisti vnitřní a vnější, s pohybem nejčastěji kolmým, nebo i pod různými úhly k ose formy. Čelisti bývají zpravidla ukotveny na pohybové části formy. Pohyb je ovládán pomocí šikmých nebo lomených kolíků, případně pneumatickými nebo hydraulickými tahači. Čelist se uzamkne tak, že se opře svou vnější zkosenu částí o opěrnou lištu pevné desky formy. Zajištění v otevřené poloze se nejčastěji provádí pomocí pružiny a kolíku. Počet pohyblivých čelistí se zvětšuje i počet dělicích rovin, a tím roste i počet rozměrů nevázaných formou. Současně roste složitost a náklady potřebné ke zhotovení formy. [5]

Šikmé válcové kolíky vysouvají boční čelisti současně s otevřením formy, jen s nepatrným zpožděním, které ovlivňuje vůle v otvoru šikmého kolíku. Vůle bývá 0,2 mm. Sklon šikmého kolíku se výjimečně pohybuje v rozmezí 15° až 25°. Uzavírací pohyb čelisti je ukončen současně s uzavřením formy. Šikmý kolík provádí především otevírací pohyb. Otevřená poloha se zajišťuje kuličkou nebo jinou západkou. [5] [6]



Obr. 12 Odformování pomocí šikmých kolíků [19]

a) uzavřená forma, b) otevřená forma

3.4.5 Rámy forem a jejich jednotlivé díly

Rám formy představuje skupinu vzájemně spojených desek s vodícími, středícími a spojovacím příslušenstvím. Spojený celek tvoří funkční nosič tvarových dutin a vtoků, vypracovaných přímo v deskách, nebo ve zvláštních vložkách. Rám doplněný o další funkční celky pak tvoří kompletní formu s požadovanou funkcí. Rám musí umožnit i tyto činnosti:

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

Pro usnadnění konstrukce a výroby rámu se využívá nejrůznější typizace normálií jednotlivých dílů, které lze nalézt v katalogu.

Rám formy je sestaven z jednotlivých desek a dalších dílů v pevnou a pohyblivou část. Tyto celky jsou vzájemně vedeny, ustředěny a někdy i spojeny pomocí vodících pouzder, čepů a dalších součástí. Výhodou jejich použití je, že spojení jednotlivých desek rámu i vlastního vedení obou částí je řešeno tak, že zaujímá málo místa. Tím vzniká širší variabilita vytvořit dokonalejší temperaci a vhodné umístění funkčních dílů.

Rozpěrné desky doplňují rám formy v jeho pohyblivé a někdy i v pevné části. Slouží k:

- zvětšení stavební výšky, aby se dosáhlo jejího minimálního rozměru pro daný stroj,
- vytvoření prostoru ve formě pro umístění vyhazovacích desek a umožnění zdvihu vyhazovačů,
- zmenšení stykových ploch mezi funkční a upínací částí formy, aby tepelné ztráty vedením při temperaci formy byly minimální,
- vytvoření prostoru pro vytápěné rozvodné bloky u forem s vyhříváním.

Vyhazovací desky slouží k ukotvení, vedení, ovládní a zajištění vyhazovačů v jejich pracovním i zpětném pohybu. Obvykle se skládají z kotevní a opěrné desky. Pro menší desky stačí vedení pomocí dvou čepů, u větších musí být čtyři. Jejichž rozmístění musí být symetrické, aby se zabránilo případnému křížení.

Středící kroužky slouží k ustředění formy na stroj, ale také k jejímu zajištění proti případnému sklouznutí z desky stroje při manipulaci. Z těchto důvodů jsou na obou polovinách formy středící kroužky. Velikost jejich jmenovitého průměru závisí na typu vstřikovacího stroje.

Rám formy vyžaduje snadné a rychlé upnutí na vstřikovací stroj. Proto se upínací desky upravují. Upnutí se provádí za pomoci upínek a šroubů, nebo přímo šrouby za upravenou upínací desku. [5] [6]

3.5 Materiály pro výrobu forem

Při výrobě výstřiku se od něj vyžaduje, aby bylo dosaženo požadované kvality, životnosti a nízkých pořizovacích nákladů. Významný činitel pro splnění těchto podmínek je materiál formy, který je ovlivněn provozními podmínkami výroby, určené:

- druhem vstřikovaného plastu,
- přesností a jakostí výstřiku,
- podmínkami vstřikování,
- vstřikovacím strojem.

Pro výrobu forem se tedy používají materiály, které splňují tyto požadavky. Z tohoto výběru se dále vybírají materiály, které jsou univerzální a mají široký rozsah užitečných vlastností.

Mezi tyto druhy se řadí:

- oceli vhodných jakostí,
- neželezné slitiny kovů (Cu, Al, ...),
- ostatní materiály (izolační, tepelně vodivé, ...).

Nejpoužívanějším materiálem pro výrobu forem jsou oceli. Díky své pevnosti a mechanickým vlastnostem se dají jen obtížně nahradit. Ale i ostatní druhy materiálů je třeba zdůraznit. Některé jejich fyzikální a ostatní (tepelná vodivost, izolační, ...) vlastnosti je předurčují pro speciální použití na některé díly forem. [5]

Tab. 1 Vybrané typy vhodných ocelí pro konstrukci forem [21]

WNR	ČSN	Vlastnosti
1.0060	11 600	Konstrukční ocel, neušlechtilá s vyšším obsahem uhlíku, pro díly méně mechanicky namáhané (desky formy).
1.2343	19 552	Chrom - molybdenová nástrojová ocel středně legovaná. Vysoká pevnost, prokalitelnost. Nejpoužívanější pro práci za tepla. Vhodná pro tvarové díly formy (tvárník, tvárnice, vtokové vložky).
1.2312	19 520	Zušlechťená nástrojová ocel. Dobře obrobitelná, nitridovatelná. Vhodná pro desky formy.
1.2358	19 573	Chrom – molybden – vanadová ocel. Vysoká houževnatost, odolnost proti opotřebení. Dobrá prokalitelnost a rozměrová stálost.
1.7131	14 220	Cementační ocel. Dobrá svařitelnost a obrobitelnost. Vhodná pro namáhané díly forem (vodící čepy, pouzdra).

3.6 Vtokové systémy

3.6.1 Studené vtokové systémy

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Toto naplnění by mělo proběhnout v co nejkratším možném čase a s minimálními odpory. Tvar a rozměry vtoku spolu s umístěním jeho ústí ovlivňují:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výstřiku,
- spotřebu materiálu plastu,
- náročnost opracování na zčištění výstřiku,
- energetickou náročnost spotřeby.

Největší vliv na uspořádání vtokového systému má konstrukce formy a její násobnost. U vícenásobných forem má tavenina dorazit ke všem ústím vtoku za stejného tlaku a současně (vyvážené vtoky). [4] [8]

Funkční řešení vtokového systému musí zabezpečit aby:

- dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny formy byla co nejkratší, bez zbytečných tlakových i časových ztrát,
- dráha toku byla ke všem tvářecím dutinám stejně dlouhá, a tím se zajistilo rovnovážné plnění. Je vhodné plnit dutinu formy pouze jedním vtokem, aby se zamezilo vzniku studených spojů,

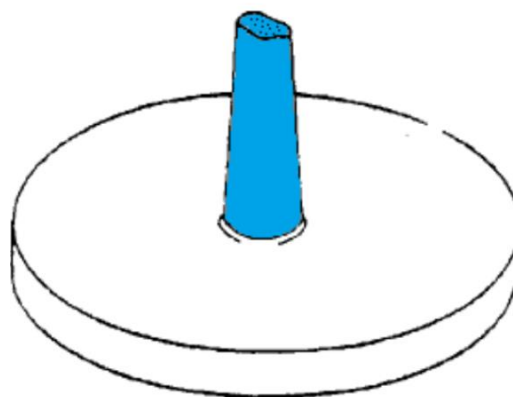
- průřez vtokových kanálů byl dostatečně velký, aby bylo zajištěno, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě v plastickém stavu, a tím se umožní působení dotlaku. Přitom je však potřeba přihlížet ke spotřebě plastu. Vhodný vtokový kanál má mít při minimálním povrchu co nejmenší průřez, aby se co nejvíce zabránilo ochlazování taveniny. Této podmínce odpovídá kruhový průřez, ale z výrobních důvodů se volí lichoběžníkový tvar. [4] [10]

Tvar vtokového ústí bývá štěrbinový pro ploché výstřiky, nebo kruhový pro rotační a jiné díly. Šířka bývá užší než je rozváděcí kanál. Důležité je vhodně zvolit polohu vtokové ústí na výstřiku. Má rozhodující vliv na jeho vzhled a požadovanou kvalitu. Vtokové ústí bývá umístěno:

- do nejtlustějšího místa výstřiku. Tavenina má téci vždy z místa většího průřezu do míst s menším průřezem. To proto, aby tuhla nejdříve na vzdálenějším místě od vtokového ústí,
- do geometrického středu dutiny, aby tavenina zatékala do všech míst rovnoměrně,
- u výstřiků s žebry má tavenina proudit ve směru jejich orientace,
- mimo místa velkého namáhání nebo opticky činných ploch výstřiku,
- s ohledem na možnost úniku vzduchu z tvarové dutiny,
- aby stopa po odstranění vtokové dutiny nesnižovala estetickou hodnotu výstřiku. [4]

Plný kuželový vtok

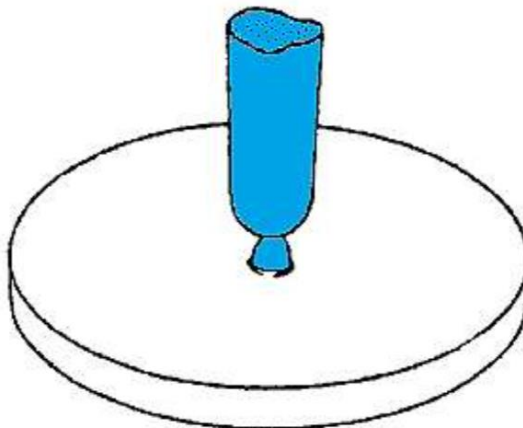
Privádí taveninu do tvarové dutiny formy bez zúženého vtokového ústí. Používá se převážně u jednonásobných forem se symetricky uloženou dutinou. Je vhodný především pro tlustostěnné výstřiky. Z hlediska působení dotlaku je velmi účinný, jelikož vtok tuhne formě jako poslední. Nevýhodou je jeho pracné odstranění, které zanechává stopu na výstřiku. [4] [10] [18]



Obr. 13 Plný kuželový vtok [19]

Bodový vtok

Jedná se o nejznámější typ zúženého vtokového ústí zpravidla kruhového průřezu, který leží mimo nebo i v dělicí rovině. Může vycházet přímo z vtokového kanálu, z předkomůrky nebo z rozváděcích kanálů. Vyžaduje systém třideskových forem. U tohoto typu musí být zajištěno, aby nejprve došlo k odtržení vtokového ústí a teprve potom k otevření formy v dělicí rovině s tvarovou dutinou. [4] [10] [18]



Obr. 14 Bodový vtok [19]

Tunelový vtok

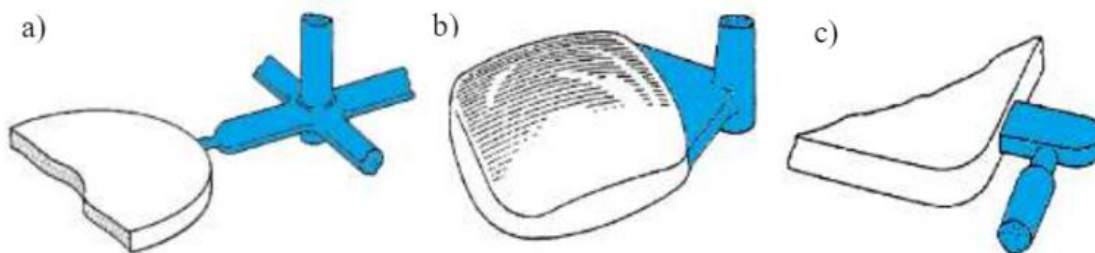
Jedná se o zvláštní případ bodového vtoku, který má tu výhodu, že vtokový zbytek může ležet v téže dělicí rovině jako výstřík. Umístění může být v pevné i v pohyblivé části formy. Není proto nutné konstruovat formu s více dělicími rovinami. Předpokladem dobré funkce tunelových vtoků je existence ostré hrany, která odděluje při odformování vtokový zbytek od výstříku. Oddělení vtokového zbytku se provádí buď při otevírání formy, nebo při vyhazování výstříku. [4] [10] [18]



Obr. 15 Tunelový vtok [19]

Boční vtok

Tento typ má také zúžené vtokové ústí, které leží v dělicí rovině. Průřez bývá obvykle obdélníkový, ale může být i kruhový nebo lichoběžníkový. Jedná se o nejrozšířenější a nejpoužívanější vtokové ústí. Při odformování zůstává zpravidla výstřik od vtokového zbytku neoddělený. Oddělování se řeší odřezávacím zařízením, které je součástí formy. [4] [10] [18]



Obr. 16 Boční vtok [19]

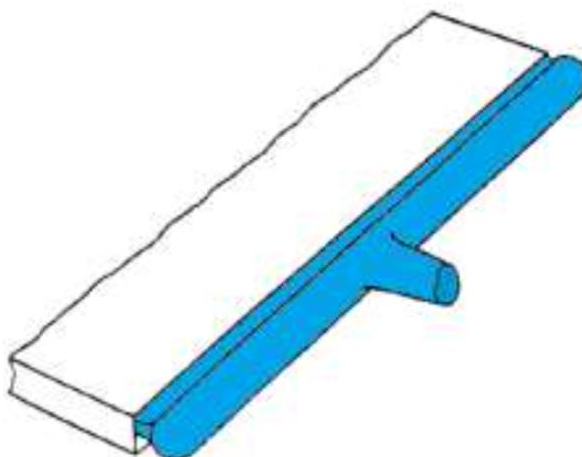
a) typický, b) vějířovitý, c) nepřímý

Filmový vtok

Je nejpoužívanější ze skupiny bočních vtokových ústí hlavně k plnění kruhových a trubicových dutin s vyššími požadavky na kvalitu. Od filmového vtoku se požaduje:

- dodržení rovinnosti, přímosti, přesnosti tvaru výstřiku,
- malé vnitřní pnutí,
- odstranění studených vtoků,
- vyvážení tlaku, kterým tavenina působí na jádra nebo zálisky,
- zmenšení rychlosti taveniny vstupující do dutiny formy,
- zmenšení odporu vtokového systému.

Rozvedení taveniny do jednotlivých míst vtokového ústí není rovnoměrné a tlak klesá s rostoucí vzdáleností od rozváděcího kanálu. To se řeší proměnnou tloušťkou ústí nebo rozváděcího kanálu. [4] [10] [18]



Obr. 17 Filmový vtok [19]

3.6.2 Vyhříváné vtokové soustavy

Technologie vstřikování s použitím vyhříváné vtokové soustavy spočívá v tom, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. Jelikož se jedná o nákladnou záležitost, používá se především u velkých sérií.

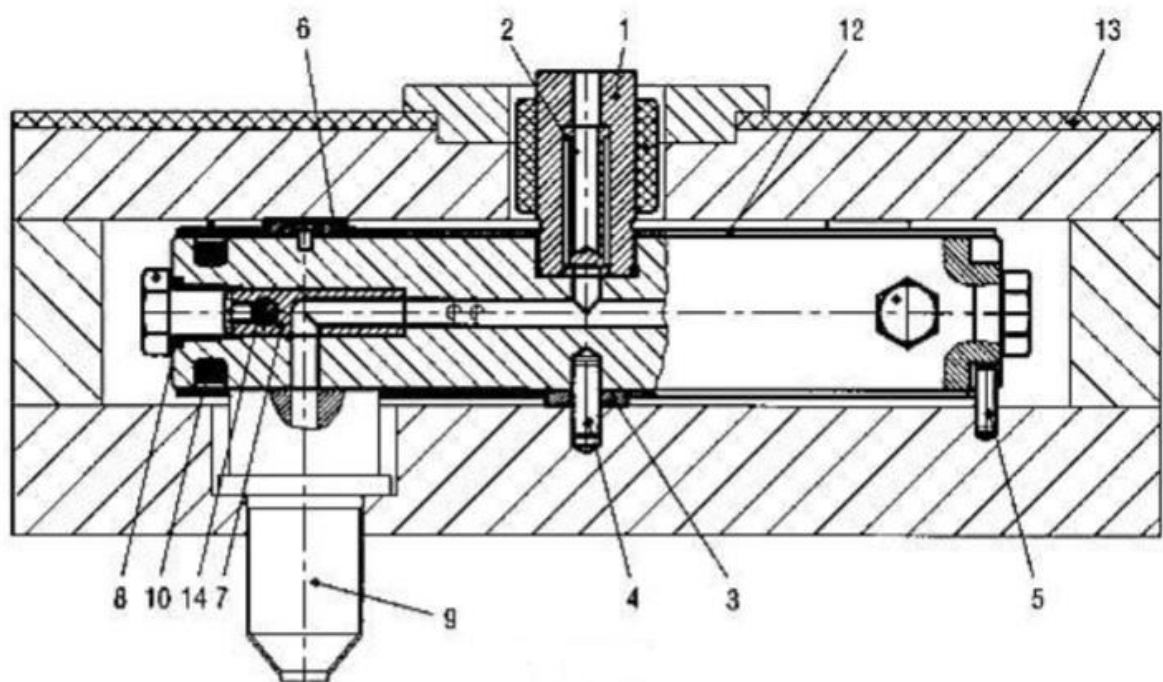
Mezi výhody patří:

- umožnění automatizace výroby,
- zkrácení výrobního cyklu,
- snížení spotřeby plastu (vstřikování probíhá bez vtokových zbytků),
- snížení nákladů na dokončovací práce s odstraňováním vtokových zbytků,
- odpadnutí manipulace a recyklace zbytků vtoků a problémy při jejich zpracování.

Mezi nevýhody patří:

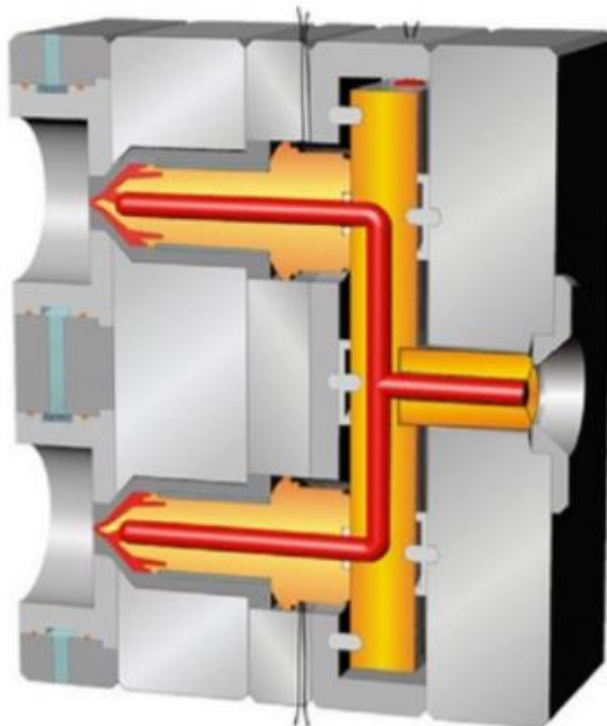
- složitost formy,
- vyšší cena formy,
- složitost strojního zařízení,
- použití regulátorů a snímačů (zvýšení energetické náročnosti formy).

Ekonomickou výhodnost forem pro bezodpadové vstřikování je třeba posuzovat z hlediska celého výrobního procesu. Nepřetržitý provoz, dokonalé zpracovatelské vybavení i vhodné zpracovatelské vlastnosti plastů jsou určujícími faktory. [4]



Obr. 18 Řez vyhřívanou vtokovou soustavou [20]

1 – centrální vtoková vložka, 2 – vložka filtru, 3 – distanční podložka, 4 – středící kolík,
 5 – středící kolík, 6 – distanční podložka, 7 -obtoková zátka, 8 – kovové těsnění, 9 – horká
 tryska, 10 – vyhřívání, 11 – termočlánky, 12 – reflexní deska, 13 – izolační deska,
 14 - kolík



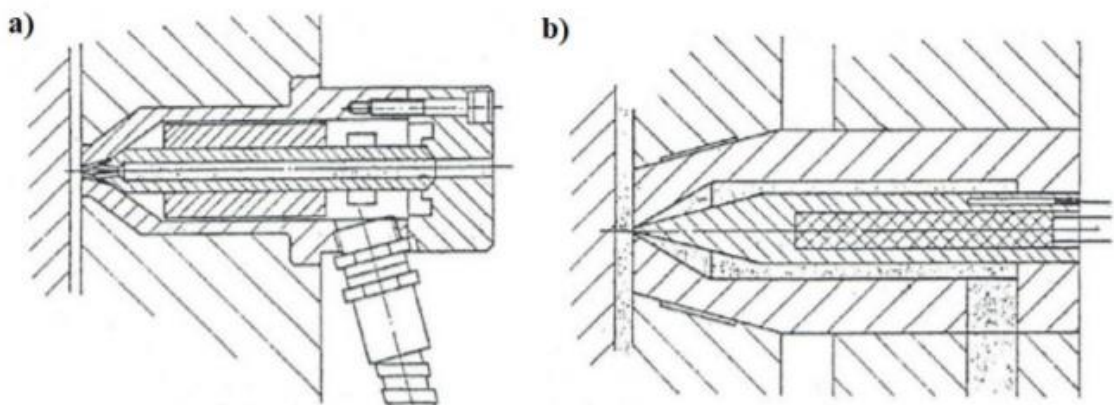
Obr. 19 Vyhřívaná vtoková soustava [14]

Vyhřívání trysky

Jejich konstrukce umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při dokonalé teplotní stabilizaci. Tryska má vlastní topný článek i s regulací, nebo je ohřívána jiným zdrojem vtokové soustavy. Výrazně umožňuje zlepšit technologické podmínky vstřikování. Takové vyhřívání vtokové soustavy si běžně uživatel nevyrobí sám, ale nakupuje je u specializovaných firem. Ty je vyrábí v širokém konstrukčním sortimentu. V prostoru styku trysky s tvárnici je nutné mít separátní chladicí okruh. [4] [8]

Vyhřívání trysky lze dělit na přímo a nepřímo vyhřívání. Konstrukci přímo vyhřívání trysky lze rozdělit na dva základní principy:

- tryska s vnějším topením, kde tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je z tepelně vodivého materiálu. Z vnějšku kolem tělesa trysky je umístěno topení,
- tryska s vnitřním topením, kde tavenina obtéká vnitřní vyhřívanou vložku (torpédo), která je zhotovena z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí. [4]



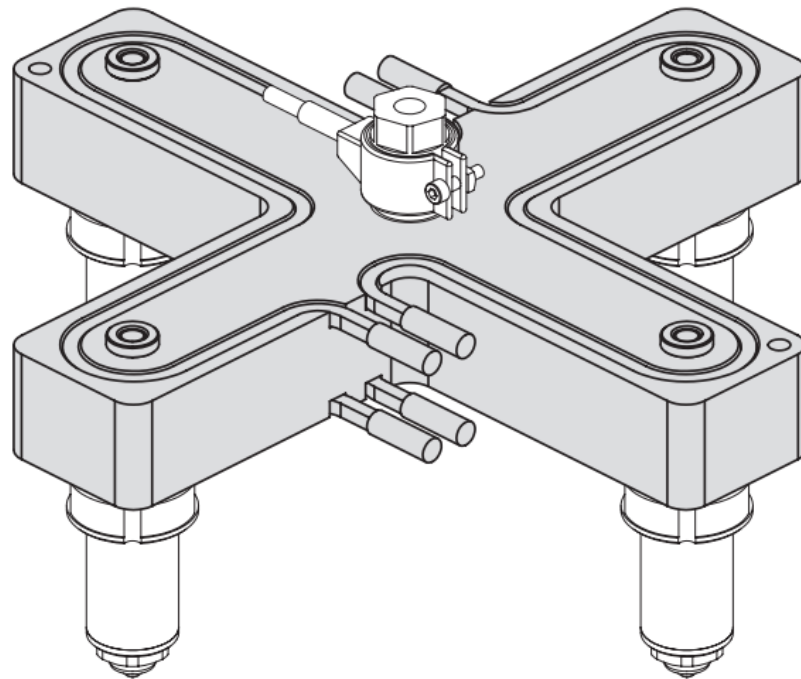
Obr. 20 Přímé vyhřívání trysky [4]

a) S vnějším topením, b) s vnitřním topením

Vytápění rozvodné bloky

Formy pro vstřikování s rozvodnými bloky se používají v kombinaci s vyhříváními nebo izolovanými tryskami s předkomůrkou. Slouží k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Jeho dobrá funkce silně závisí na rovnoměrném vytápění. Blok je ocelový a jeho místo je mezi upínací deskou a tvarovou deskou v pevné části formy. Tvar bloku je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění i uložení trysky. Vyrábí se ve tvarech reprezentovaných písmeny I, H, X, Y či hvězdice. Blok jako celek musí být izolován od ostatních částí formy, obvykle vzduchovou mezerou a

reflexní deskou (2 mm). Vytápění je realizováno elektrickým odporovým topením v podobě topných hadů zalitých v mědi, nebo topnými patronami. Regulace výkonu topení probíhá za pomoci teplotních senzorů, které později předávají potřebné informace regulátoru. Kanály, kterými proudí tavenina, musí být vyrobeny s velkou přesností. Protože nikde nesmí vzniknout ostré hrany a přechody s mrtvými kouty. Celý blok je ve formě vystředěn a zajištěn proti pootočení pomocí trysek a kolíku. [4] [8] [10]



Obr. 21 Rozvodný blok ve tvaru X [15]

4 VÝSTŘIK A JEHO KONSTRUKCE

Jelikož konstrukční návrh pro součásti vyrobené z plastů se řídí zcela jinými zásadami než pro součásti kovové, musí konstruktér znát technologii jejich zpracování.

Pro realizaci plastových součástí jsou dány určité meze konstrukčních tvarů a jejich vlastností, které by se neměly překročit, jinak vzniknou při výrobě problémy. Všeobecně platí, že čím jednodušší součást je, tím lepší jsou její pevnostní podmínky, snadnější dodržení rozměrů, levnější výroba formy a celkově jednodušší výroba výstřiků. Ve skutečnosti se vždy hledá určitý kompromis mezi všemi vznášenými požadavky. [4]

4.1 Vlivy na jakost plastových součástí

Z důvodu množství činitelů, které ovlivňují jakost povrchu plastových výrobků, nelze vyrobit součást z plastu v takových jakostech jako z kovu. Mezi tyto činitele patří materiál, výrobní technologie, forma a její kvalita. Jejich vlivem se vyrobí vstřík jen určité kvality, do které se počítá přesnost výstřiku, jakost povrchu a užité vlastnosti. Hlavní činitele, kteří ovlivňují jakost jsou:

- smrštění při zpracování, jehož velikost záleží na druhu použitého plastu. Dále také záleží na konstrukci součásti a na technologii vstřikování. Toto smrštění nejvíce ovlivní výslednou přesnost výstřiku,
- dodatečné smrštění, které bývá několikanásobně menší než předchozí smrštění. Probíhá delší dobu, kdy se jedná o týdny až měsíce. Dochází k němu kvůli pozvolnému uvolňování vnitřního pnutí, které vzniklo při vstřikování,
- tečení (krip), které vzniká při větším a dlouhodobějším silovém zatížení součásti. Projevuje se plastickou deformací, která bývá z pravidla větší u semikrystalických plastů než u amorfních,
- teplotní roztažnost, která je přibližně o řád větší než u kovů. Jedná se o změnu vratnou. [4]

4.2 Rozměry součástí

Jedná se o jeden z hlavních ukazatelů jakosti. Stanovují se pomocí potřebné funkce a s ohledem na specifické vlastnosti plastu. S rostoucí přesností rostou i náklady na dodržení požadovaného rozměru. Přesnost rozměrů součástí se stanovují s ohledem na tolerované a netolerované rozměry, kdy se tolerance určují z norem. Tolerance s běžnou přesností se

pohybují v třídách od IT 12 až po IT 15. Třídy IT 9 a IT 10 se používají pro zvýšenou přesnost.

Jestli vyrobená součást splňuje požadované tolerance je možné měřit minimálně až 24 hodin po vyrobení, jestliže byla uskladněna a měřena při teplotě 23 ± 2 °C a relativní vlhkosti 50 ± 5 %. DO takto určených tolerancí je zahrnuto pouze smrštění při tváření, kdy se dodatečné smrštění obvykle zanedbává. Rozsahy tolerancí vlivem tečení, teplotní roztažnosti a navlhavosti materiálu musí konstruktér uvažovat zvlášť. Z toho vyplývá, že u amorfních plastů lze dosáhnout užších tolerancí než u semikrystalických. [4]

4.3 Jakost povrchu součástí

Vhodnou úpravou povrchu součásti lze nejen zvýšit její estetický vzhled, ale i její účelové využití. Vyrobená součást pak má vhodný barevný odstín, nebo je transparentní. Dále se u ní dosahuje různé hladkosti a lesku povrchu. Barevnost povrchu záleží na druhu použitého plastu a jeho možném barevném odstínu. Při speciálním barevném požadavku je třeba materiál barevně upravit, pokud ani tento způsob nevyhovuje, po vstříkovaní se díl natře. Jakost povrchu je obrazem povrchu dutiny.

Plochy mohou být:

- matné, kdy se jedná o výrobně nejjednodušší povrch, a proto i o ekonomicky nejvýhodnější. Jeho další výhodou je, že mohou zakrýt některé výrobní vady, jako jsou studené spoje, stopky po vtoku apod,
- lesklé, ty patří mezi nejnákladnější a nejnáročnější operace opracování dutiny formy a tím i pro docílení jakosti povrchu výstřiku. Další nevýhodou tohoto povrchu je zvýraznění veškerých nedokonalostí výroby formy a výstřiku,
- dezénové plochy, které se taktéž často využívají pro úpravy některých částí výstřiku, ale i pro celý jeho povrch. Dezén se používá za účelem zvýraznění některých oblastí, snadnější manipulace a snížení průhlednosti. Stejně jako matný povrch, tak i dezénový povrch dokáže zakrýt některé nedostatky výroby a vzhledové vlastnosti plastů. [4]

4.4 Požadavky na konstrukci součástí

Hlavním východiskem pro konstrukci formy je výkres vyráběné součásti. Dále se tvar formy odvíjí od funkčního a ekonomického hlediska, ale musí se přihlídnout i ke způsobu její výroby. Vyráběná součást musí splňovat pravidla a směrnice pro její zaformování, které obsahují normy.

Mezi další zásady patří celková konstrukce součásti, kdy především musí splňovat vhodnou polohu dělicí roviny nebo rovin. Na poloze dělicí roviny záleží způsob zaformování součásti, k čemuž se váže způsob vyhazování, vtokového systému, odvzdušnění, směr úkosů, přesnost i vzhled.

Tloušťka stěn musí splňovat svou přísnou závislost s dráhou toku, jelikož v úzkých dutinách se ochlazuje a rychle tuhne. Naopak tlusté stěny vyžadují dlouhou dobu chlazení. U různě tlustých stěn výrobku dochází k nerovnoměrnému tuhnutí taveniny, čímž dochází ke vzniku vnitřních pnutí, propadlin a povrchových vad. Proto je snaha při návrhu výrobku dodržet tyto zásady:

- jednotnou tloušťku stěn,
- náhlé přechody tloušťky bez ostrých hran,
- nelze-li se vyhnout tlustým stěnám, navrhne se vylehčení, nejlépe z druhé strany.

Zaoblením hran, rohů a koutů se usnadní tok taveniny, zabrání se koncentraci napětí v těchto místech a sníží se i opotřebení formy, protože přechody s ostrými hranami vyžadují vyšší vstřikovací tlaky. Touto úpravou lze zvýšit rázovou houževnatost součásti až o 50 %.

Úkosy a podkosy jsou sklony stěn výstřiku kolmo k dělicí rovině, kterými se umožňuje nebo u podkosů zabraňuje vyjímání výstřiku z formy. Jejich velikost se volí podle požadovaných funkcí, jako jsou smrštění, elasticita plastu, povrch stěn formy a automatizace výroby. Podle uspořádání se dělí na vnější a vnitřní. U vnitřních stěn bývá úkos větší a u vnějších menší. Podle těchto faktorů volí konstruktér jejich velikost dle tabulek. Podkosům je snaha se vyhnout, jelikož komplikují konstrukci a funkci formy.

Žebra lze dělit dle účinku, který plní na součásti, případně v dutině formy. Technická žebra zajišťují pevnost a tuhost součásti. Oproti tomu technologická žebra umožňují lepší plnění dutiny formy, brání zborcení stěn, případně odstraňují předpokládaný vznik povrchových vad. Použitím žeber lze zabránit vzniku možných propadlin. Někdy se volí i za účelem zlepšení vzhledu součásti.

Otvory a drážky na výstřiku se doporučují volit tak, aby jejich výroba byla co nejjednodušší, což záleží na jejich poloze vzhledem k zaformování. Výroba otvorů a drážek ve směru zaformování je celkem jednoduchá. K jejich vytvoření se používá pevných kolíků a trnů, jejichž průměr musí být větší jak 1 mm. Výroba otvorů a drážek, které jsou kolmo ke směru dělicí roviny, je obtížnější. Zhotovují se za pomoci čelisti, nebo výsuvných jader.

Hloubka slepých děr bývá maximálně velká pětkrát jejich průměr. U průchozích otvorů, kdy je trn z obou stran podepřen, může být jejich délka podstatně větší.

Rýhování, které lze najít u různých držáků a ovládacích prvků, se volí tak, aby bylo lehce odformovatelné. Nejvhodnější způsob je podélné rýhování s různým osazením a kuželovými stěnami. Křížové rýhování činí při vyhazování velké potíže. [4]

4.5 Dodatečná úprava součástí

Ne vždy se povede hned při vstřikování realizovat všechny požadované činitele výrobku, jako jsou tvar, rozměr a jakost ploch. Potom je třeba je opravit nebo dokončit.

Při výrobě přesných výstřiků jsou někdy požadavky na rozměry vyšší, než možnosti, a proto se musí upravit, nejlépe dodatečným obráběním. Častěji se ale dodatečná obrábění používají k začišťování a zahlazení stop po vtcích a přetocích. Plasty lze obrábět soustružením, frézováním, vrtáním, řezáním, stříháním, broušením apod. Obrábění plastů obvykle probíhá za sucha. Při nadměrném zahřívání nástroje se chladí vodou nebo řeznou kapalinou.

Jelikož otvory a vybrání na bočních stěnách výstřiku vyžadují boční výsuvná jádra a činí tak formu složitou a nákladnou, volí se pro menší série zhotovení otvorů dodatečně po vstřikování.

Temperováním a kondicionováním výstřiků lze docílit zlepšení jejich vlastností, nebo stabilizaci jejich rozměrů (zmenšení dodatečného smrštění). Provádí se za zvýšené teploty na vzduchu, nebo v kapalinách. Tato teplota by se měla maximálně pohybovat 30 až 40 °C pod bodem měknutí plastu. Temperační proces na vzduchu je velmi pozvolný, a proto trvá velmi dlouho. Používá se jen pro tenkostěnné výstřiky. Častěji se používá temperace ve vodní, nebo olejové lázni. U amorfních plastů slouží hlavně k odstranění vnitřního pnutí, ale i ke zvýšení odolnosti proti praskání. U semikrystalických polymerů má temperace menší vliv. Kondicionování je tepelné zpracování pro silně navlhavé plasty (polyamidy), kdy se jim dodá zpět jejich vlhkost po vstříknutí a předchozím sušení. Tímto procesem se u nich dosáhne rychlého zvýšení houževnatosti a ustálení rozměrů.

Povrchová jakost i barevný odstín je dán plastem a povrchem formy. Pokud se vyžaduje jiná barevná, nebo speciální úprava povrchu je vstřikováním nevyrobitelná, je třeba ji vyrobit na vyrobeném výstřiku. Nátěry nemají ale jen funkci dekorativní, mohou například zakrýt některé povrchové defekty a zvýšit odolnost proti degradaci. Mezi speciální úpravy povrchu se řadí potisky a popisy, k čemuž lze použít laser. [4]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pro bakalářskou práci byly stanoveny tyto cíle:

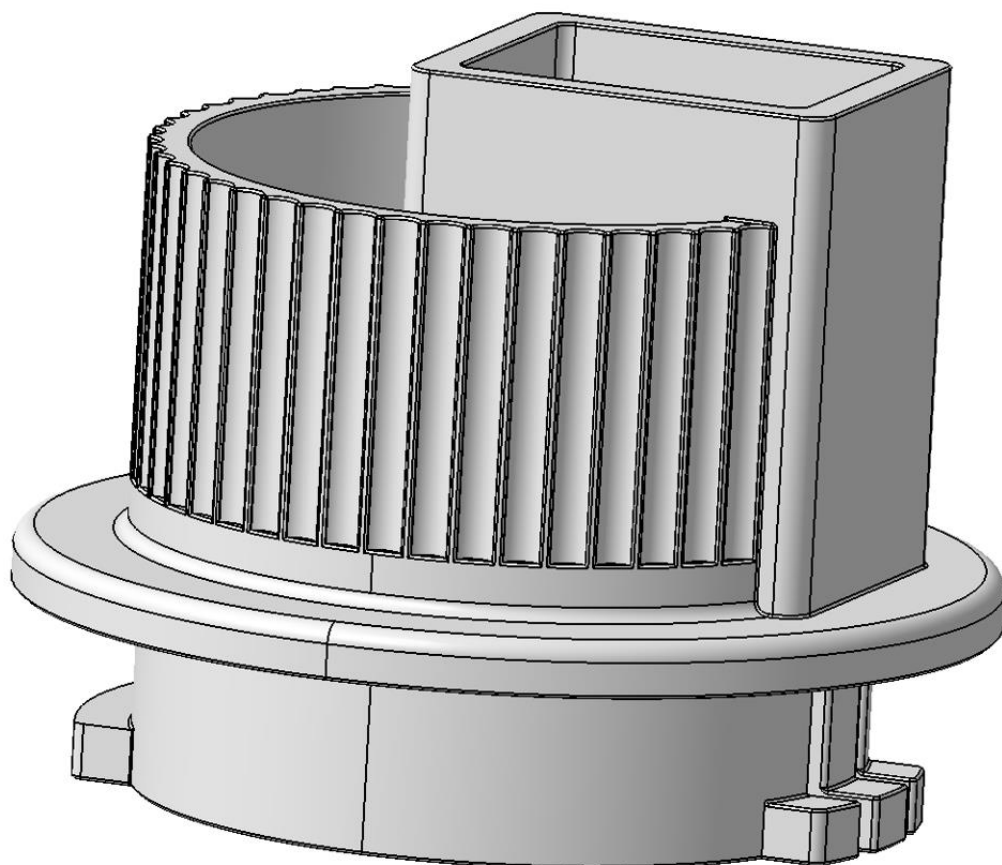
- vypracování literární studie na dané téma,
- provedení konstrukce 3D modelu vyráběné součásti,
- návrh 3D sestavy vstříkovací formy pro danou součást,
- nakreslení 2D sestavy vstříkovací formy.

Literární studie byla vypracována v teoretické části práce. Teoretická část se zabývá problematikou polymerů, procesu vstříkování, vstříkovacího stroje, konstrukce vstříkovací formy a konstrukce vstříkovaných dílů.

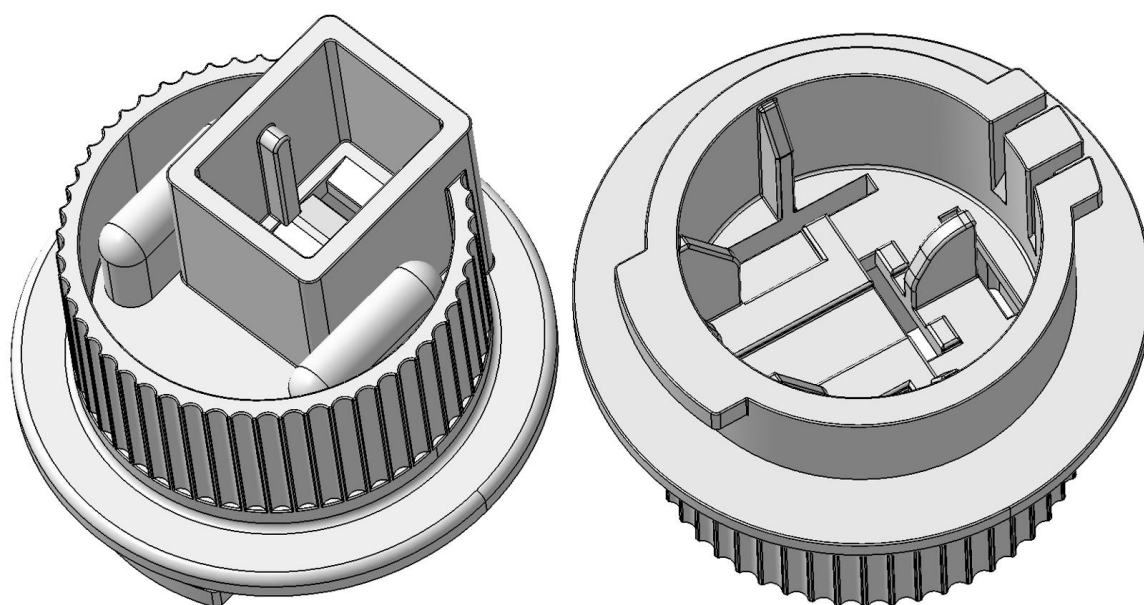
Praktickou část se skládá z konstrukce 3D modelu zadaného dílu pro tuto práci a konstrukce vstříkovací formy pro tento díl. K práci je přiložena 2D sestava vstříkovací formy. Řešení praktické části bylo provedeno v programu CATIA V5R20.

6 VSTŘIKOVANÝ DÍL

Zvoleným dílem pro tuto práci byl elektrotechnický díl, sloužící jako kryt konektoru. Jeho hlavní rozměry jsou $\text{Ø}35 \times 27 \text{ mm}$ a jeho hmotnost je 8 g.



Obr. 22 Model vstříkovaného výrobku (boční pohled)



Obr. 23 Pohled na model shora (vlevo) a zespod (vpravo)

6.1 Materiál

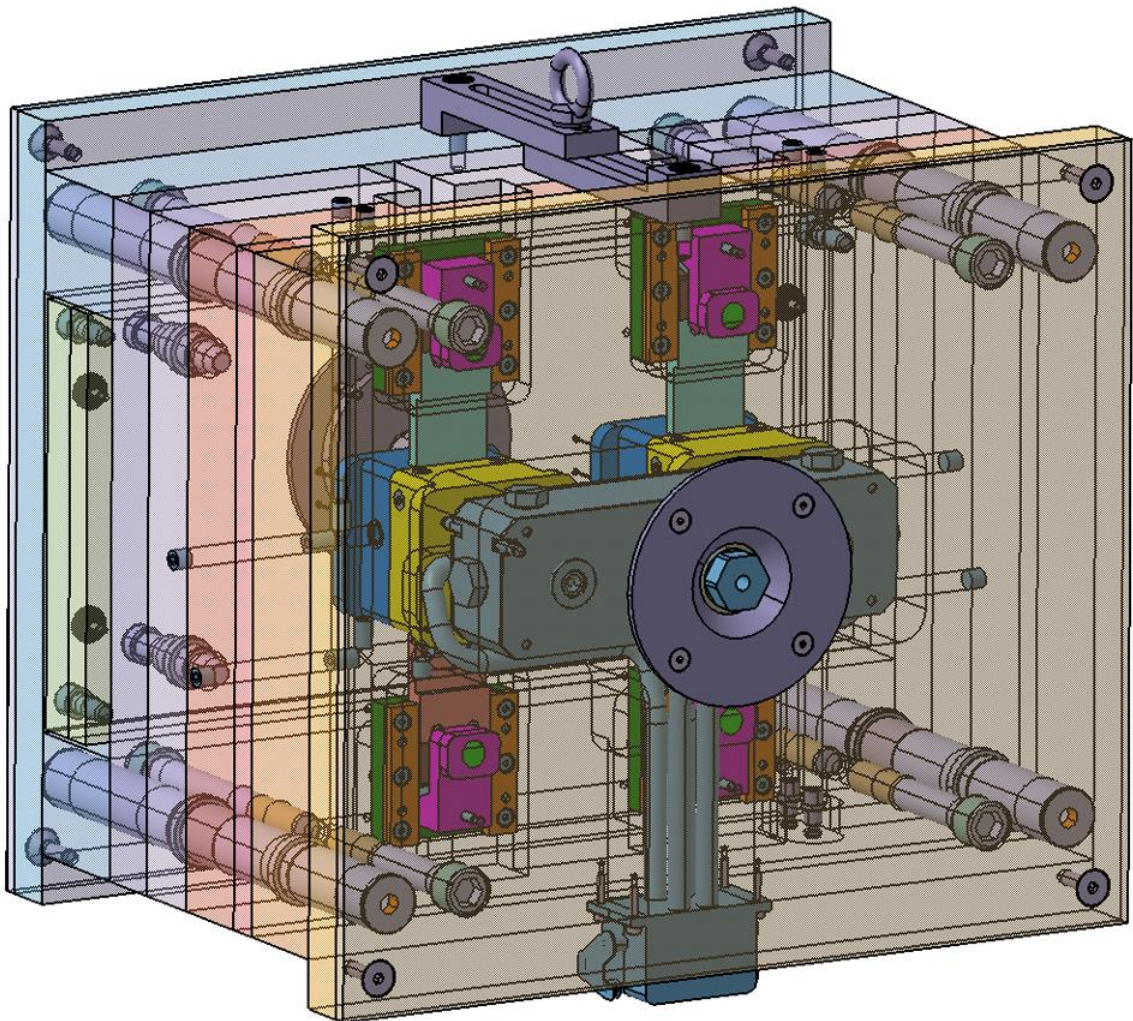
Díl je vyroben z polyamidu 6 (PA 6) s označením Ultramid 8253 HS BK102 od firmy BASF, která je největším výrobcem tohoto polymeru v Evropě. Jedná se o semikrystalický termoplast, jehož teplota taveniny při vstřikování je v rozmezí od 240 °C do 270 °C. Vstřikování probíhá do formy, která má teplotu 60 až 85 °C, při tlaku 60-110 MPa. Materiál PA 6 je polymer s pozoruhodnou pevností, houževnatostí a tvrdostí. Disponuje velmi dobrými kluznými vlastnostmi, vysokou odolností proti otěru, dobrou tlumící schopností, dobrou chemickou stálostí proti organickým rozpouštědlům, olejům a palivům. Výrobky lze krátkodobě vystavovat teplotám od -30 °C do 110 °C.

Tab. 2 Vybrané vlastnosti pro PA 6 [23]

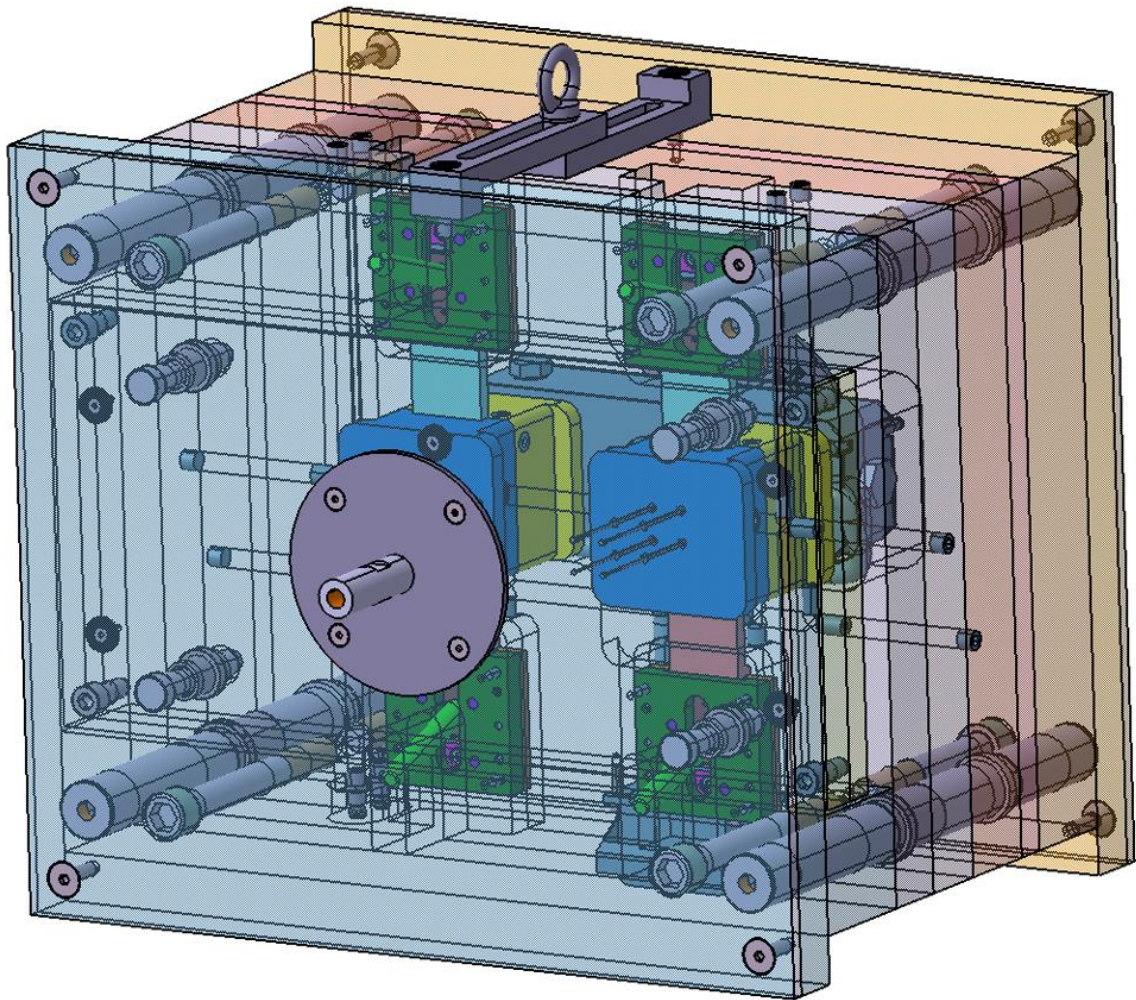
Vlastnost	Hodnota	Jednotka	ISO
Fyzikální vlastnosti			
Hustota	1,09	g/cm ³	1183
Smrštění	1	%	294-4
Nasákavost (24 h při 23 °C)	1,5	%	62
Teplota tání	220	°C	-
Mechanické vlastnosti			
Modul pružnosti v tahu	2400	MPa	527
Modul pružnosti v ohybu	1900	MPa	178
Modul pevnosti v ohybu	65	MPa	178
Napětí při mezi kluzu	60	MPa	527
Poměrné prodloužení při mezi kluzu	4	%	527
Poměrné prodloužení při přetržení	40	%	527
Doporučené hodnoty zpracování			
Teplota taveniny	240-270	°C	-
Teplota formy	60-85	°C	-
Teplota sušení (2-4 h)	80	°C	-
Vstřikovací tlak	60-110	MPa	-

7 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

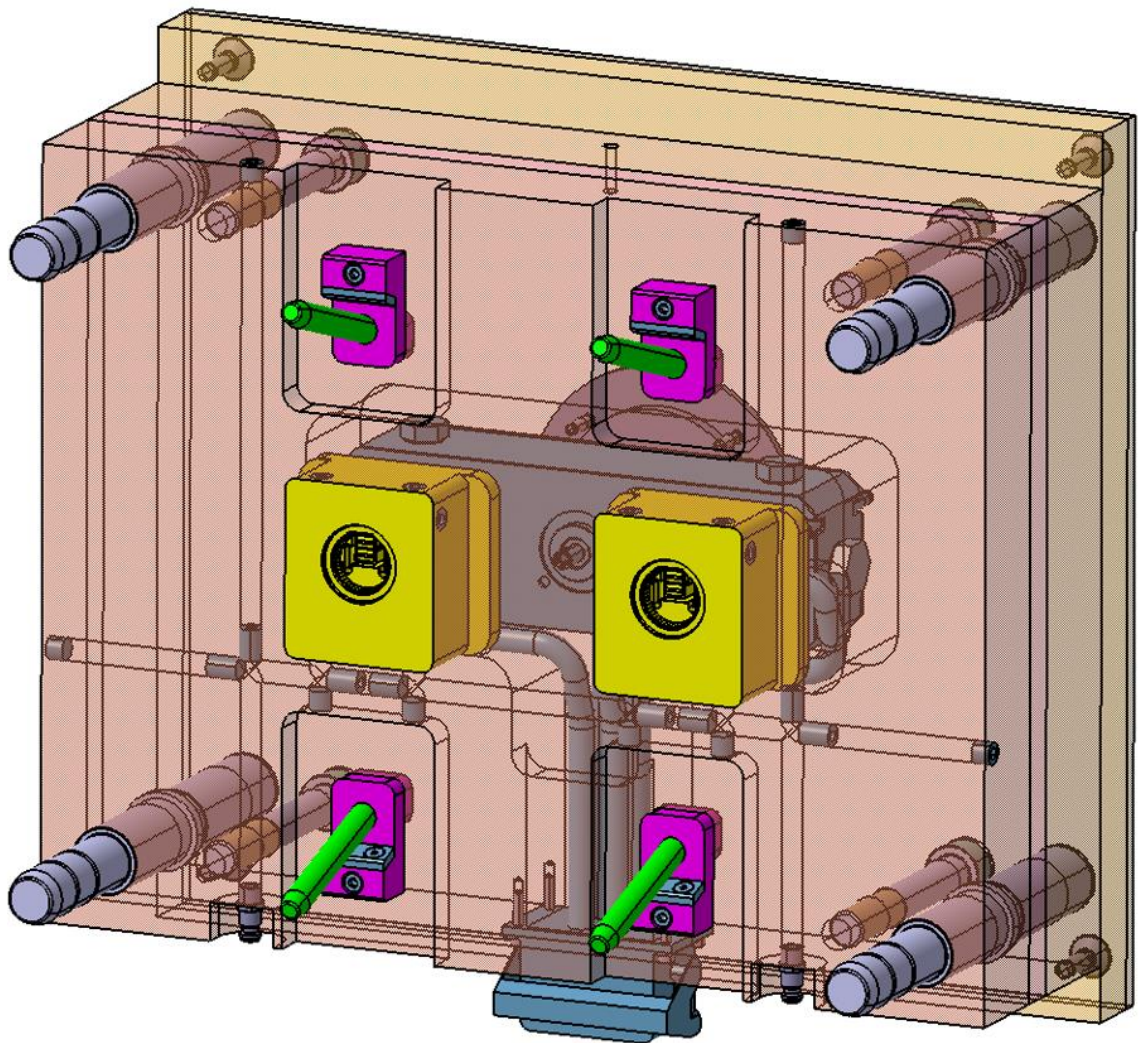
Při konstrukci vstřikovací formy se vychází z výrobku, který se v ní vyrábí. Od něj se odvíjí její rozměry, složitost přesnost a násobnost. Tyto faktory ovlivňují výslednou cenu formy, která se pohybuje v řádech statisíců až miliónů korun. Pro snížení této ceny a zjednodušení konstrukce je vhodné používat co nejvíce normalizovaných součástí. Při konstrukci této formy byly voleny normalizované díly od německé společnosti HASCO.



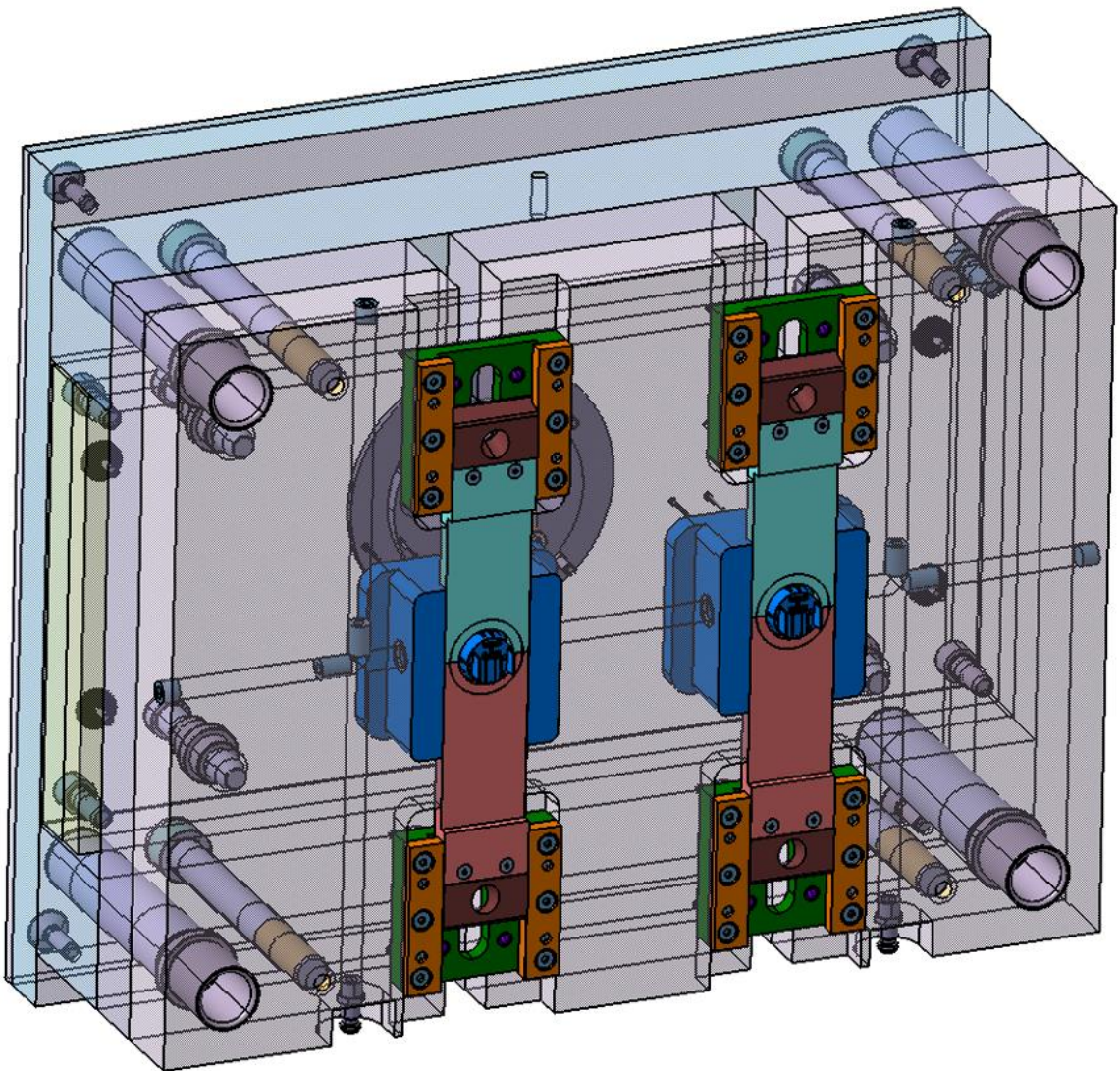
Obr. 24 Forma z pravé strany



Obr. 25 Forma z levé strany



Obr. 26 Pravá část formy

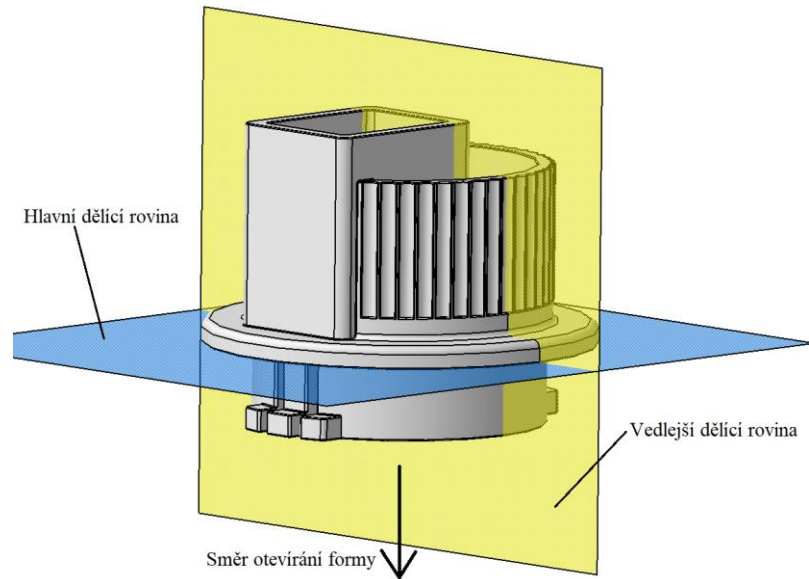


Obr. 27 Levá část formy

7.1 Dělicí roviny

Dělicí roviny jsou důležitým faktorem pro bezproblémovou funkci vstřikovací formy. Tyto roviny označují, kde se setkávají tvárník s tvárnicí, případně s tvarovými jádry bočního odformování.

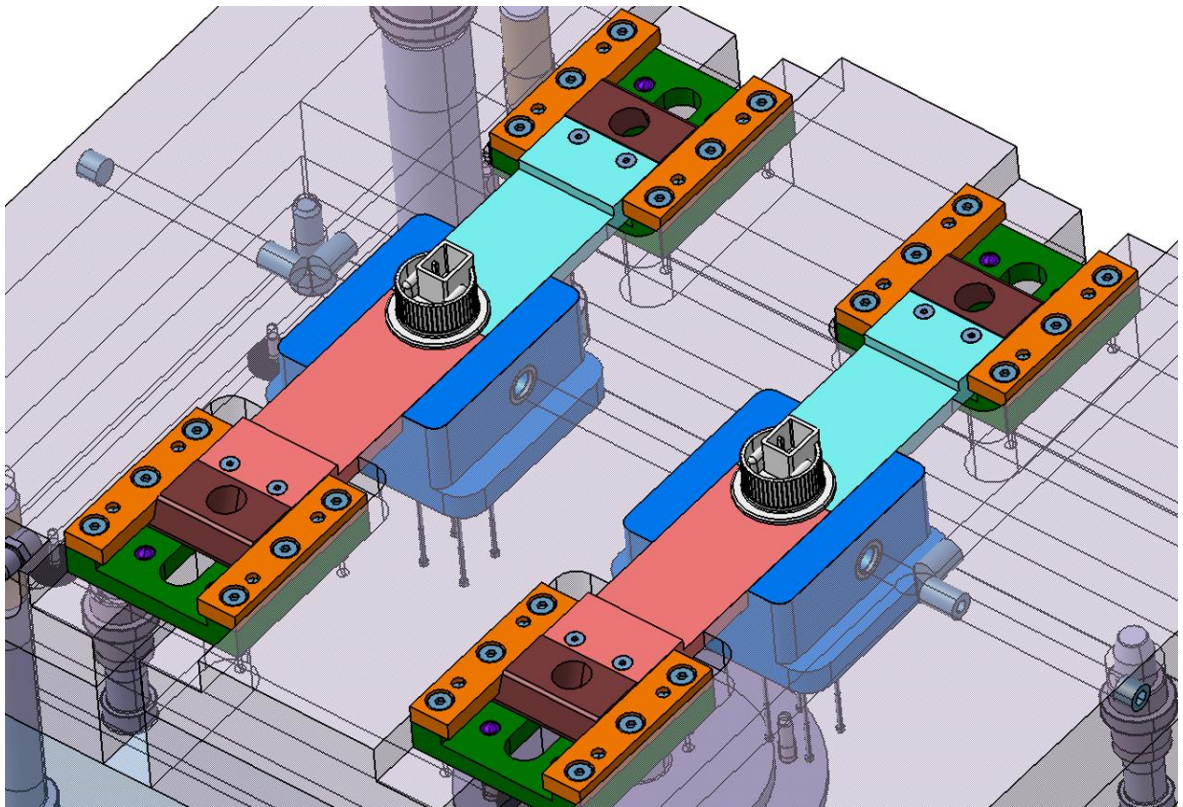
Hlavní dělicí rovina leží v kolmém směru ke směru otevírání formy. Vedlejší rovina pak leží rovnoběžně se směrem otevírání formy, znázorňuje dotyk bočních tvarových čelistí.



Obr. 28 Dělicí roviny

7.2 Násobnost formy

Násobnost formy vychází z charakteru a přesnosti výstřiků, jejich požadovaného množství, velikosti a ekonomiky výroby. Po přehodnocení těchto hledisek byla forma zadána jako dvojnásobná, což znamená, že při jednom vstřikovacím cyklu forma vyprodukuje dva díly.



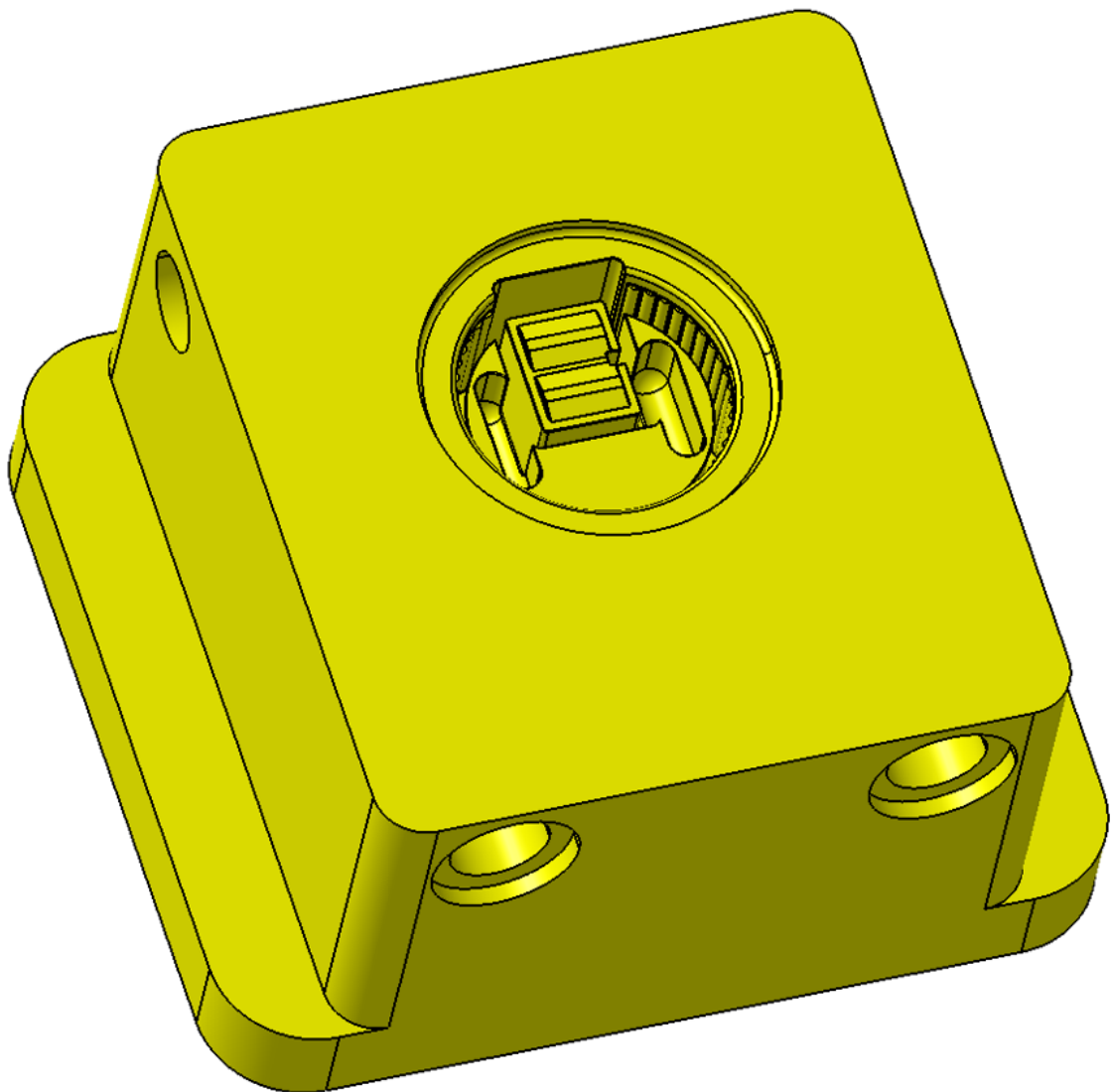
Obr. 29 Pohled do levé části formy na umístění dílů

7.3 Tvarové části formy

Tvarové části vytvářejí dutinu, která je negativem výrobku. Základem tvarových částí je tvárnice a tvárník. V případě více dělicích rovin se používají tvarová jádra. Jelikož tvarové části musí mít vysokou pevnost za tepla a odolnost proti vzniku trhlinek vlivem zvýšené teploty, jelikož jsou v kontaktu s taveninou, jsou vyrobeny z nástrojové oceli 1.2343 (19 552).

7.3.1 Tvárnice

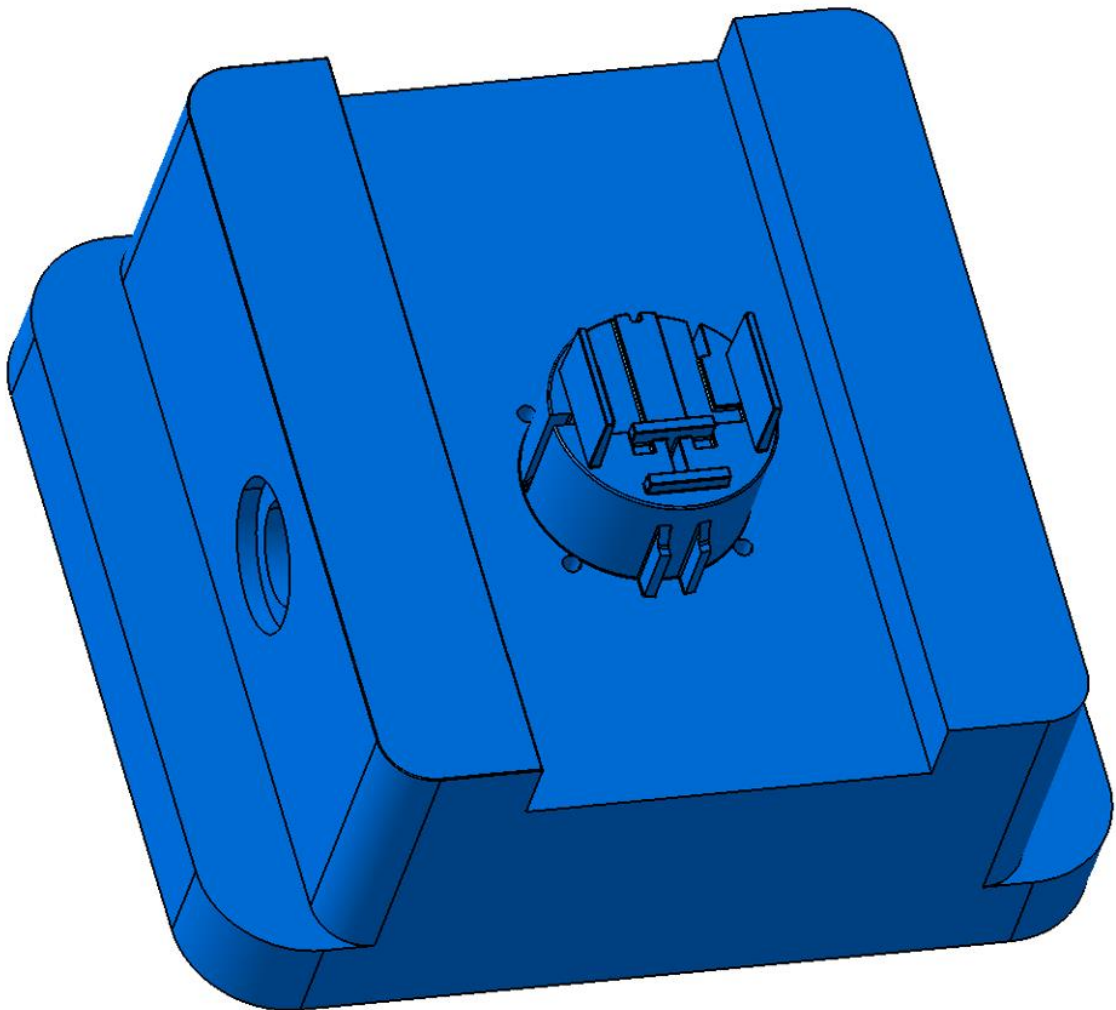
Tvárnice se ve formě nachází v její pevné části, kde je pomocí osazení uložena v kotevní desce a přitlačena opěrnou deskou. Její dutina musí být zvětšena o hodnotu smrštění použitého polymeru. V tomto případě pro použitý PA 6 je zvětšena o 1 %.



Obr. 30 Tvárnice

7.3.2 Tvárník

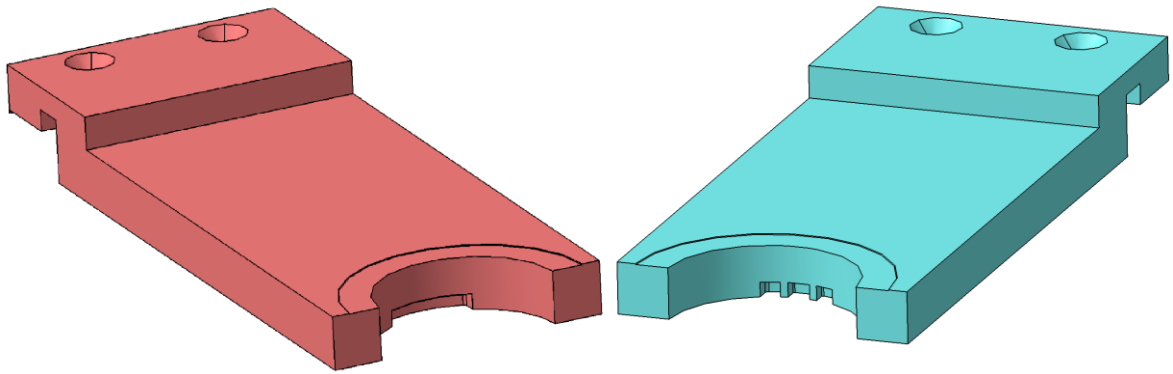
Tvárník se nachází v pohyblivé části formy. Stejně jako tvárnice je zde uložen v kotevní desce a přitlačován opěrnou deskou. Taktéž má osazení pro snadnější usazení do formy. Tvárník navíc obsahuje otvory pro vyhazovače, jelikož po otevření formy zůstává výrobek na tvárníku a je potřeba ho vyhodit.



Obr. 31 Tvárník

7.3.3 Tvarová jádra

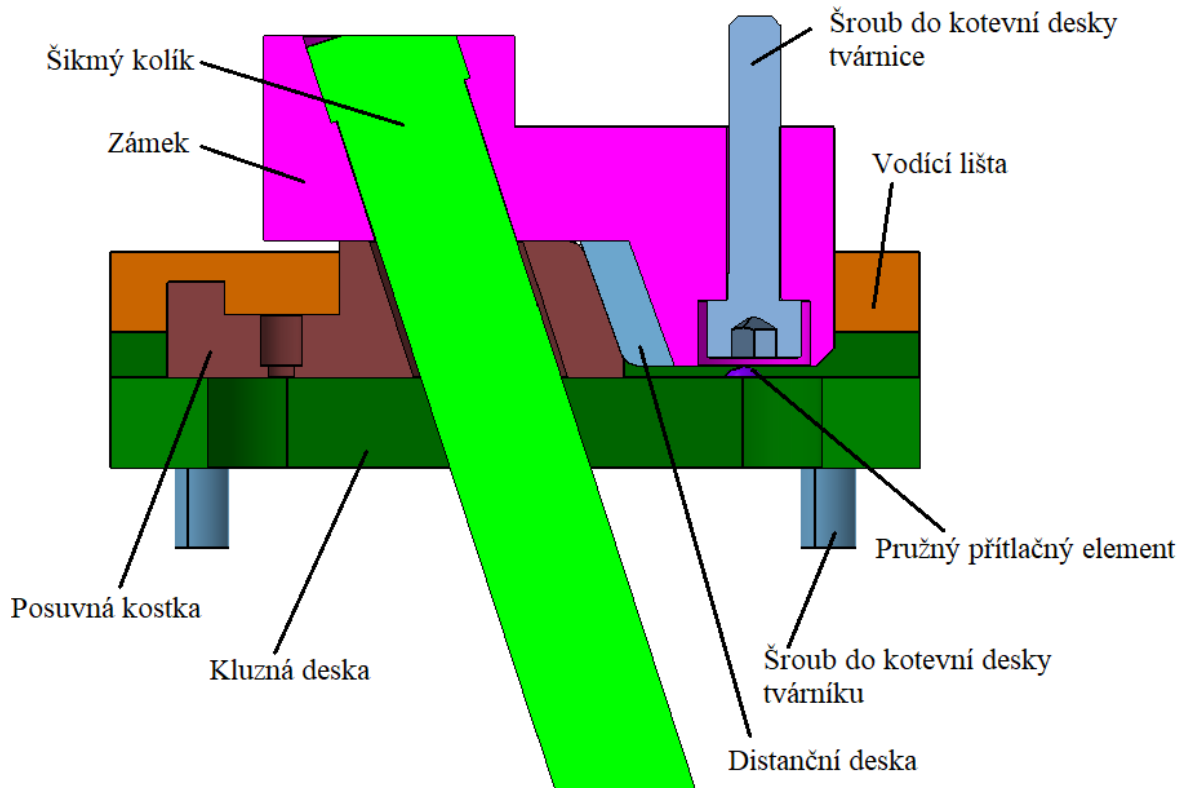
Tvarová jádra vytvářejí dutinu pro výstupky na bocích výrobku, které jsou díky těmto jádrům odformovatelné. Každé jádro je přes dva šrouby uchyceno do bočních posuvných čelistí, které při otevírání formy zajišťují boční posuv jader.



Obr. 32 Tvarová jádra

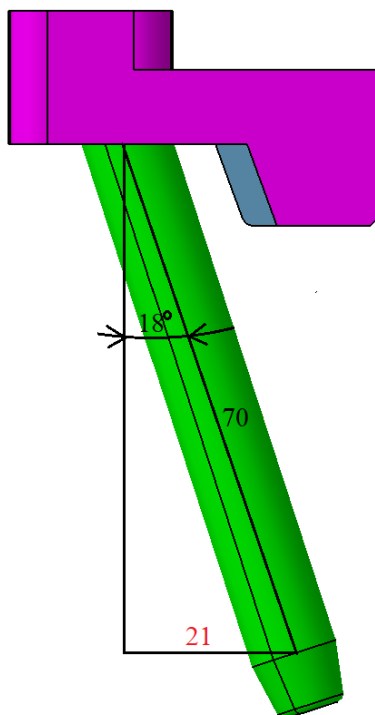
7.4 Boční posuvné čelisti

Boční posuvné čelisti zajišťují posuv jader při otevírání formy. Lze je rozdělit na dvě části, kdy jedna část je pomocí šroubu přišroubována do kotevní desky tvárnice. Tato část se skládá ze šikmého kolíku, zámku a distanční desky. Druhou část tvoří kluzná deska, vodící lišta, posuvná kostka a pružné přitlačné elementy. Tato část je pomocí čtyř šroubů upevněná v kotevní desce tvárníku. Všechny tyto díly jsou normáliemi od firmy HASCO.



Obr. 33 Řez bočními posuvnými čelistmi

Aby byla zajištěno bezproblémové vyhození výstřiku, musí posuvná jádra, při otevření formy, odjet do dostatečné vzdálenosti, aby nedošlo ke kolizi. Výpočet této vzdálenosti je znázorněn na Obr. 34. Byl použit zámek s úhlem odformování 18° a šikmý kolík o celkové délce 100 mm. Z výpočtu vyplývá, že dojde k odjezdu jádra o 21 mm, což vyhovuje. Podle této vzdálenosti se určila i poloha pružných přitlačných elementů, které se skládají z pružinky s kuličkou.



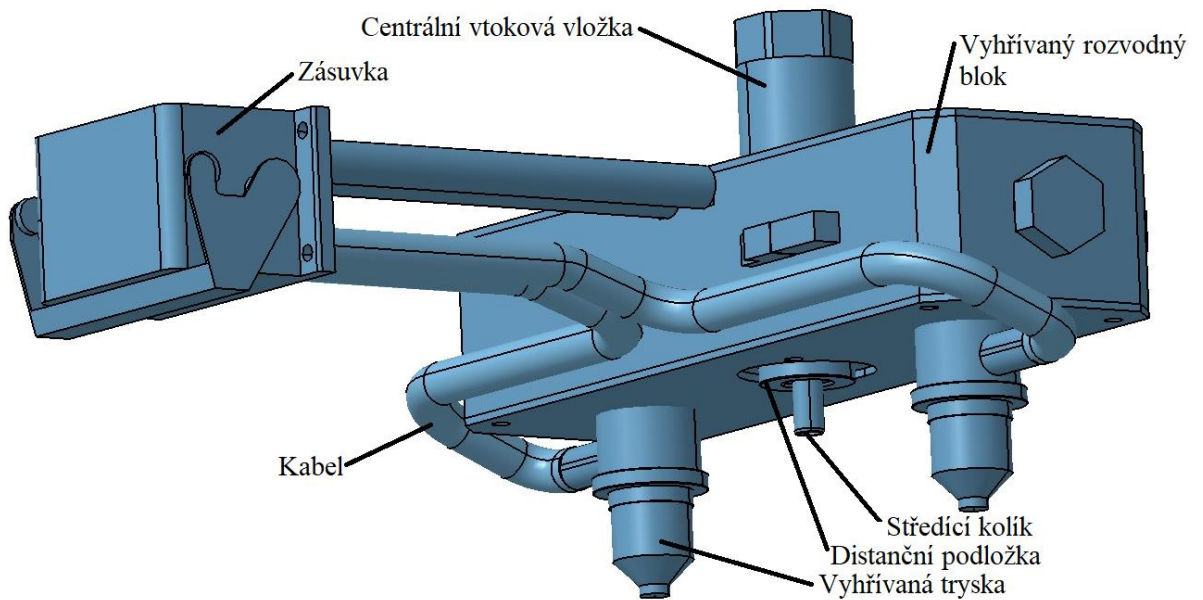
Obr. 34 Výpočet odjezdu jader

7.5 Vtokový systém

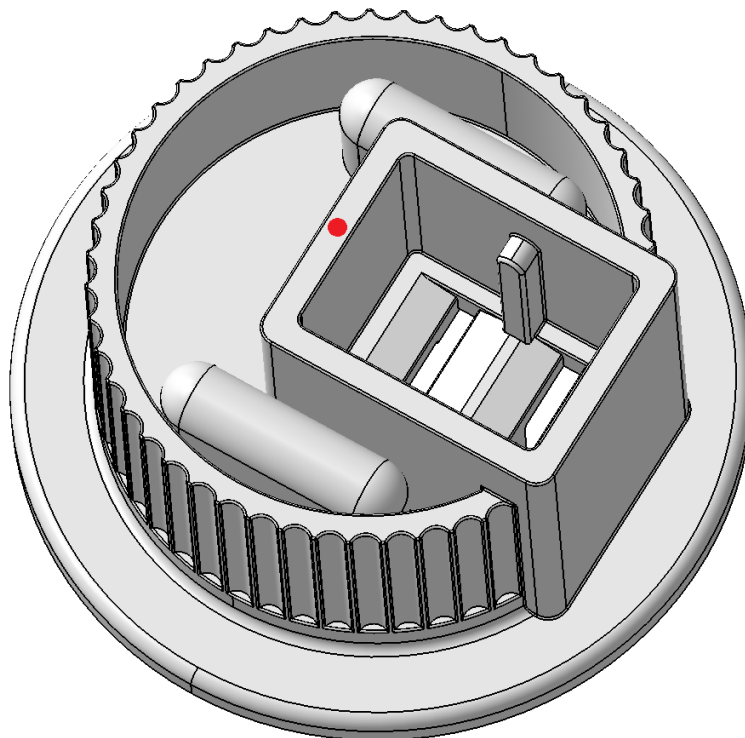
Při návrhu této formy bylo zvoleno, že bude použit horký vtokový systém. Oproti studenému vtokovému systému je konstrukčně složitější a dražší, ale jeho použitím dojde ke zkrácení vstřikovacího cyklu a k úspoře materiálu.

Horký rozvodný vtok se ve vstřikovací formě nachází v pravé části, kde pomocí centrální vtokové vložky, která prochází pravou kotevní a izolační deskou, vyústí ven z formy do pravého středícího kroužku. Podstatná část horkého rozvodného vtoku leží v pravé rozpěrné desce, kde je vyfrézovaná kapsa pro horký rozvodný blok a kabely, které vedou k zásuvce. Zásuvka je přišroubována k rozpěrné desce. Vyhřívané trysky prochází opěrnou deskou přímo do tvárnice, kde dochází ke vstřiku polymeru do tvarové dutiny. Distanční podložky slouží k zamezení přestupu tepla z horkého rozvodného bloku do dalších částí formy, kdy

vzniklá vzduchová mezera slouží jako tepelný izolant. Sředící kolíky jsou zde z důvodu přesného a snadnějšího usazení vtokového systému. Všechny tyto části jsou normálie od firmy HASCO.



Obr. 35 Vyhřívání vtokový systém



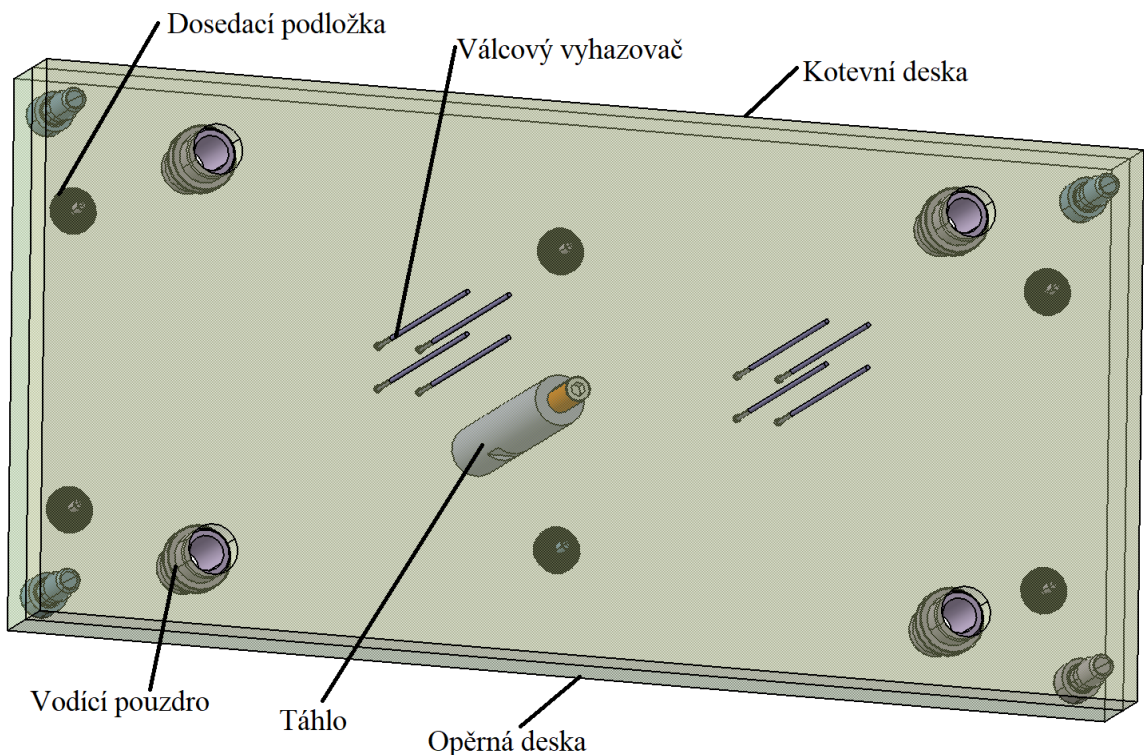
Obr. 36 Umístění vtokového ústí na výrobku

7.6 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém zajišťuje vyhození výrobků, které po otevření formy zůstávají na tvárníku. Toto vyhození musí být co nejrovnoměrnější a nejefektivnější. Systém se nachází v levé pohyblivé části formy a jeho pohyb ovládá vstřikovací stroj.

U této vstřikovací formy je využito osmi válcových kolíků o průměru 1,8 mm, kdy pro každý výstřik náleží čtyři kolíky. Ty jsou uloženy ve vyfrézovaných dírách ve vyhazovací kotevní desce. Jejich zajištění ve správné poloze zajišťuje opěrná vyhazovací deska, která je pomocí čtyř šroubů spojena s kotevní deskou. Kolíky jsou vyrobeny z nástrojové oceli 1.2343 (19 552), jelikož jsou v kontaktu s taveninou.

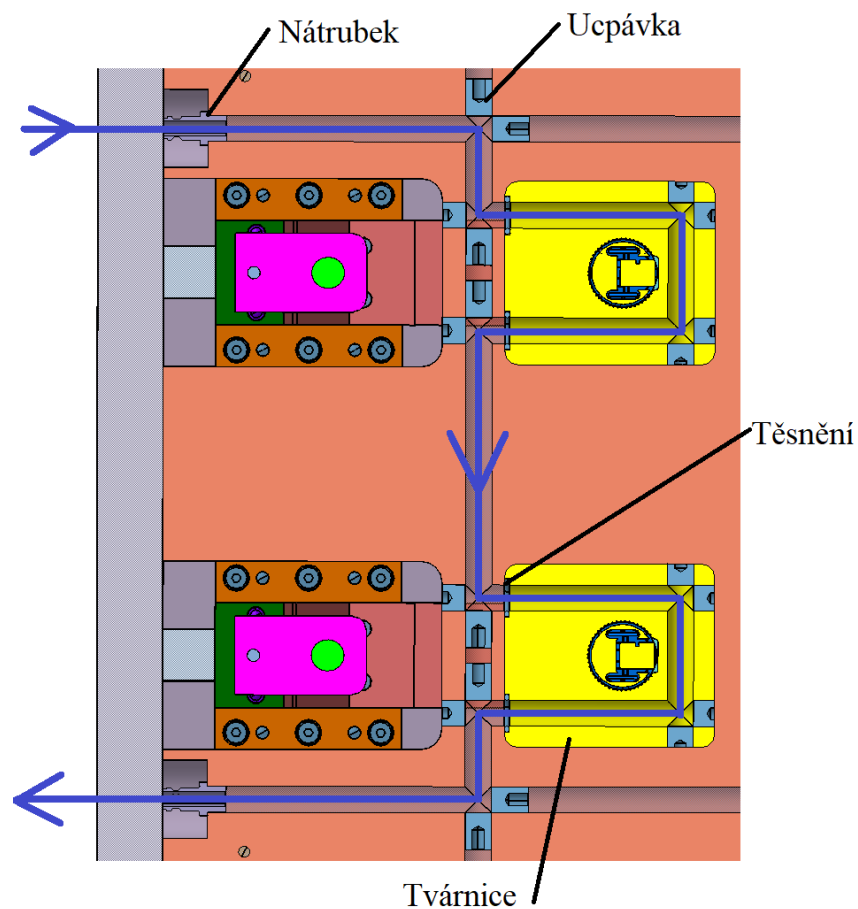
Správný pohyb vyhazovacího systému zajišťují čtyři vodící čepy, které jsou uloženy v levé upínací desce, a čtyři vodící pouzdra, které jsou uložena ve vyhazovacích deskách. Tento pohyb ze stroje přenáší vyhazovací táhlo, které je přes šroub spojeno s opěrnou vyhazovací deskou. Systém při vyhození vykoná pohyb dlouhý 24 mm, což stačí k bezproblémovému vyhození výstřiku z formy. Při návratu vyhazovacího systému do výchozí polohy zajišťuje správné dosednutí šest dosedových podložek, které jsou přišroubovány k opěrné desce a dosedají na levou upínací desku. Celý vyhazovací systém se skládá z normálií HASCO.



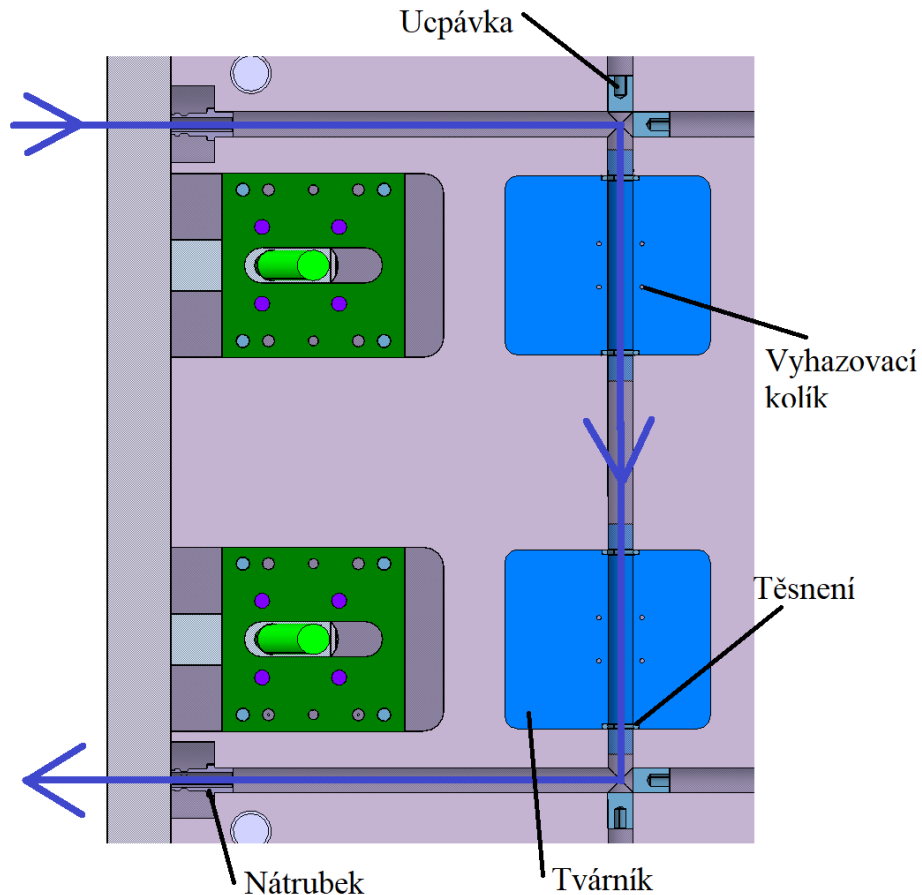
Obr. 37 Vyhazovací systém

7.7 Temperační systém

Temperační systém zlepšuje kvalitu výstřiku a zkracuje dobu potřebnou pro jeho vyhození. Aktivní temperaci zajišťuje temperační médium, které proudí temperačními okruhy pro tvárnice a tvárníky. Jako temperační médium se použije voda. Okruhy se skládají z vrtaných kanálů o průměru 10 mm. Kanály jsou umístěny tak, aby odváděly teplo co nejúčinněji a nedocházelo ke kolizi s vyhazovači. Pro usměrnění proudění média se použijí ucpávky. Do tvárníků a tvárníc jsou vyfrézovány drážky pro uložení těsnění. Toto těsnění zajišťuje, že při přechodu média z kanálů v kotevních deskách do kanálů ve tvarových částech nedojde k jeho úniku do prostorů formy. Pro vstup a výstup média byly použity nátrubky, na které lze jednoduše nasadit hadice pro temperační médium. Nátrubky jsou zapuštěny do desek formy, aby při manipulaci s formou nedošlo k jejich poškození. Pasivní temperace vzniká použitím izolačních desek, které jsou vyrobeny ze sklotextilu a zabraňují přestupu tepla ze stroje do formy. Na formě jsou dvě izolační desky (pravá a levá), které jsou k upínacím deskám upevněny pomocí šroubů. Ucpávky, těsnící kroužky, nátrubky i izolační desky jsou od firmy HASCO.



Obr. 38 Temperace tvárníc



Obr. 39 Temperace tvárníků

7.8 Odvzdušňovací systém

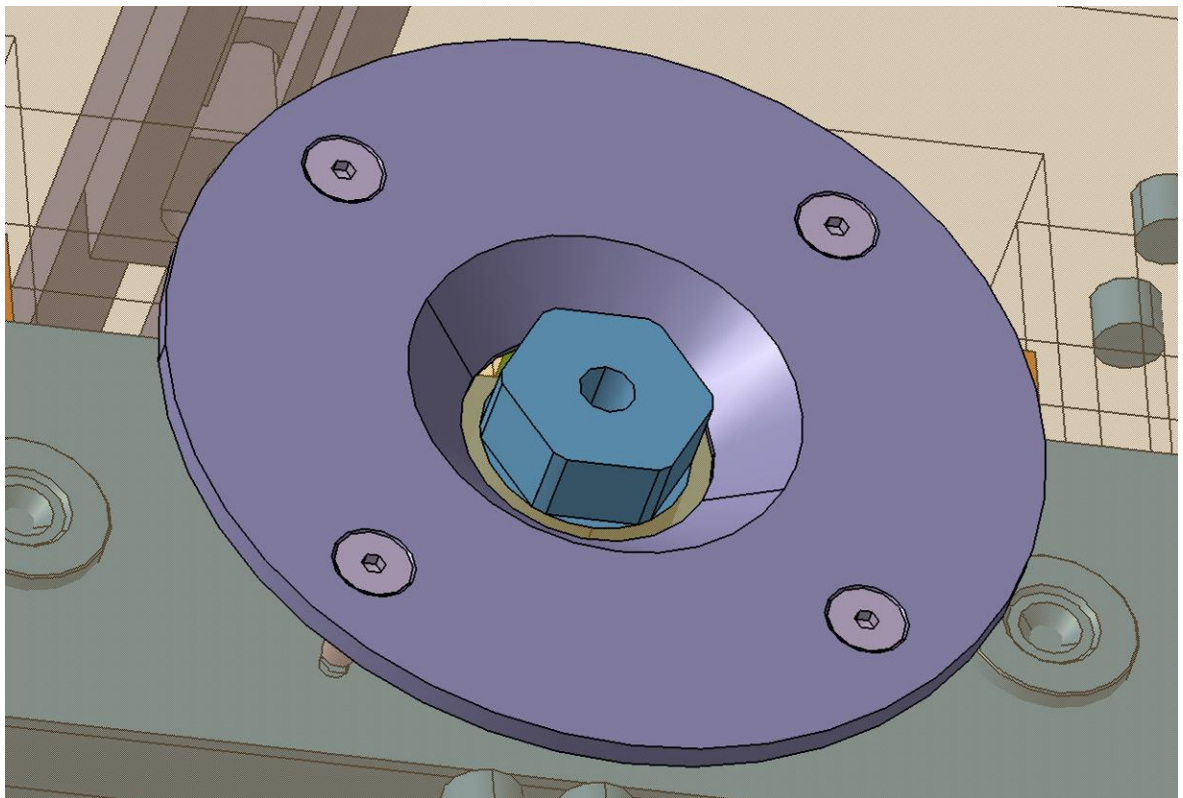
Odvzdušňovací systém musí zajistit odvod vzduchu z tvarových durin při vstřiku. U této formy spočívá odvzdušnění pomocí vůlí, které vznikají mezi tvárníkem a tvárnici, tvárníkem a vyhazovači, nebo vůlemi v bočních posuvných čelistech. U polyamidů obecně stačí vůle 0,02 až 0,03 mm, ale nesmí být větší, aby nedocházelo k zatékání polymeru.

Kdyby při vstřikování docházelo k Dieselovému efektu, nebo k nevyplnění celé dutiny polymerem, vlivem nedostačujícího odvzdušnění, musely by se do těchto míst vytvořit odvzdušňovací kanálky.

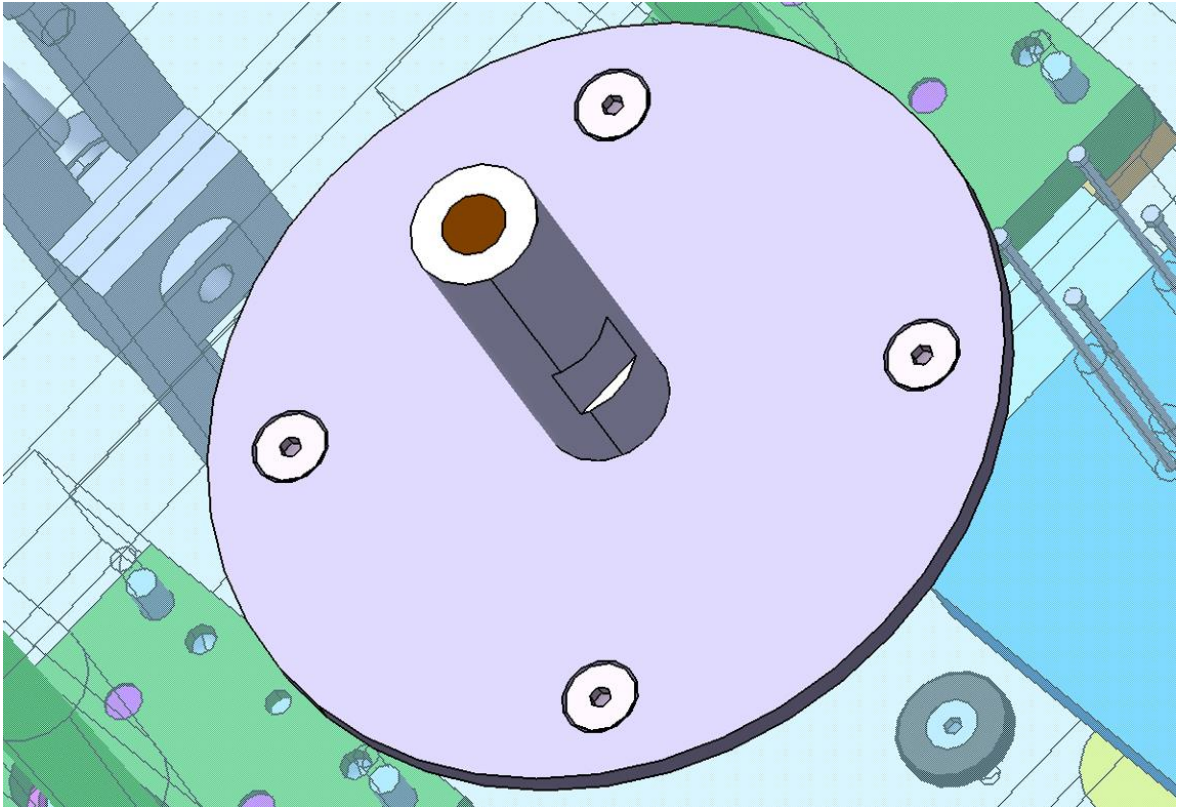
7.9 Středící, vodící a manipulační prvky

Z důvodu snížení nákladů a zjednodušení výroby, byly pro tuto formu zvoleny středící, vodící a manipulační prvky z katalogu HASCO. Jejich rozměry se volí dle velikosti vstřikovací formy, tak aby bez problémů dostáli své funkce, ale nebyly zbytečně předimenzovány.

Přesné usazení formy ve vstřikovacím stroji zajišťují pomocí vnějšího průměru středící kroužky. Tyto kroužky jsou odsazeny od izolačních desek o 3 mm, díky čemuž zapadnou do otvorů na upínacích deskách vstřikovacího stroje. Vnější průměr kroužků je 125 mm. Středící kroužek pravý dále zajišťuje přesné navedení trysky vstřikovacího stroje na centrální vtokovou vložku. Středící kroužek levý vede táhlo vyhazovacího systému. Středící kroužky jsou přes izolační desky přišroubovány pomocí čtyř šroubů do upínacích desek.

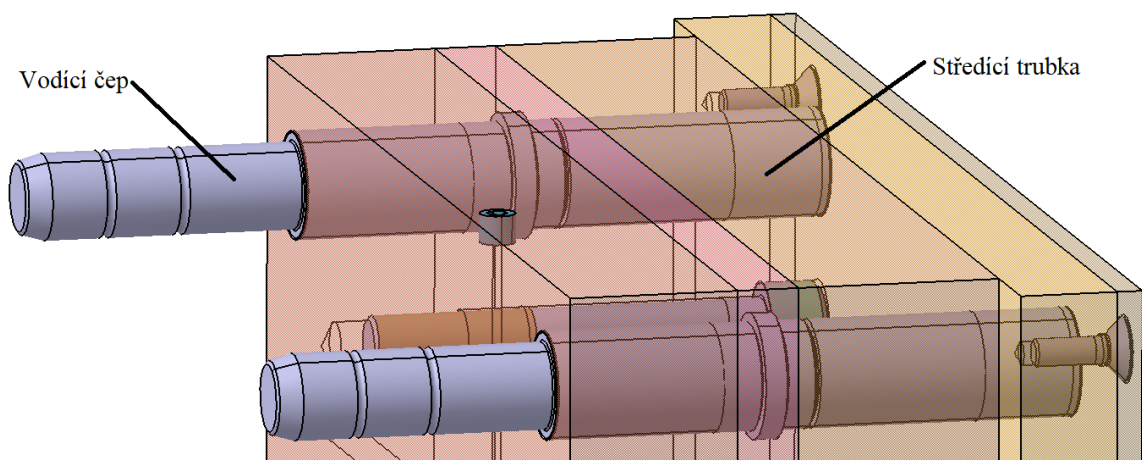


Obr. 40 Středící kroužek pravý

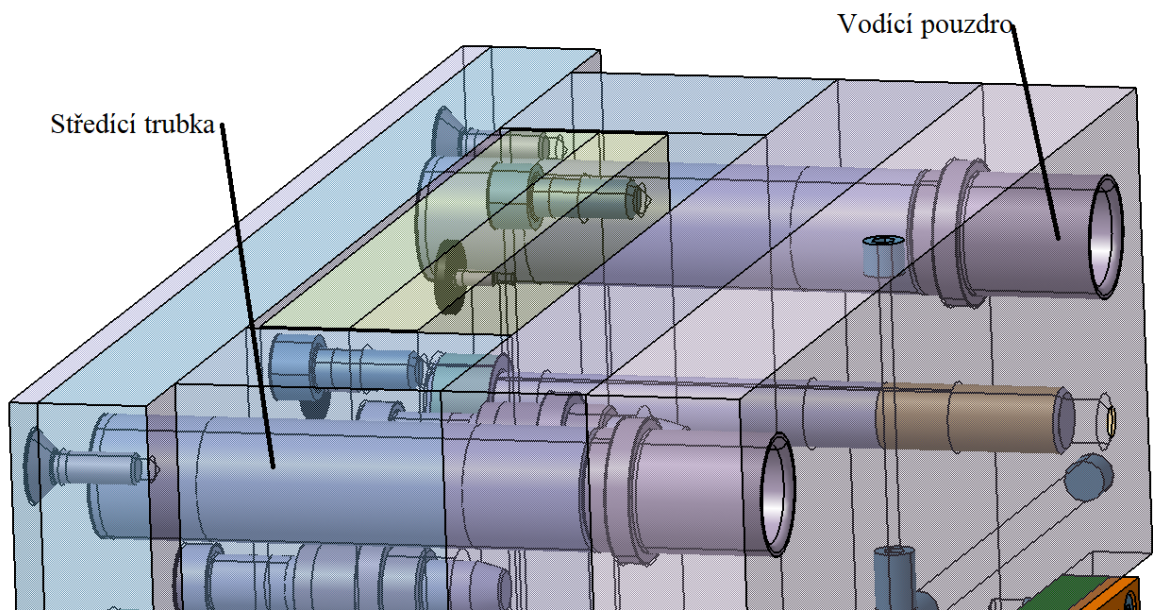


Obr. 41 Středící kroužek levý

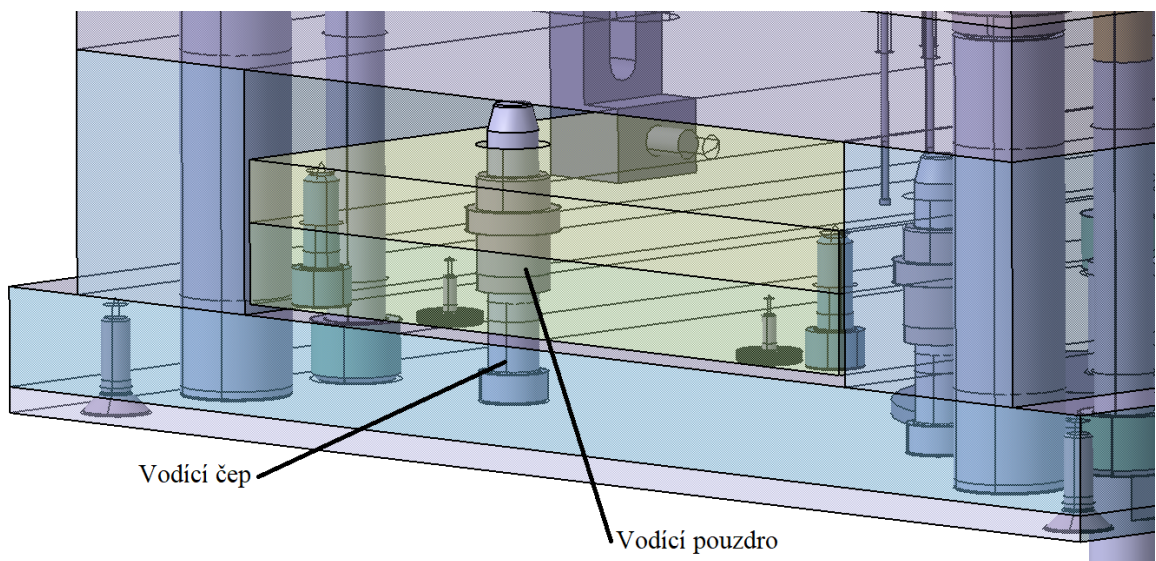
Vzájemnou polohu částí formy při vstřikovacím cyklu zajišťují vodící prvky. Ty se skládají z vodících čepů a pouzder, které společně vystředí formu při otevírání a zavírání. Jsou zde i středící trubky, které zajišťují vystředění pohyblivé a nepohyblivé části formy. Pro tyto prvky je nutné vytvořit v deskách příslušné otvory.



Obr. 42 Vodící prvky pravé strany formy

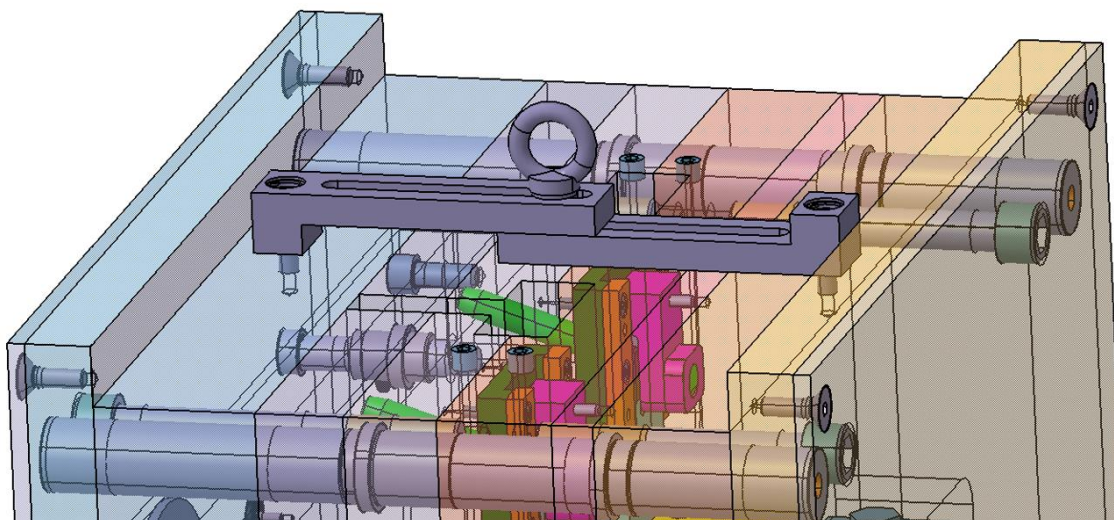


Obr. 43 Vodící prvky levé strany formy



Obr. 44 Vodící prvky vyhazovacího systému formy

Pro usnadnění manipulace s formou, byl na ni přidělán transportní můstek. Ten je pomocí šroubů upevněn v rozpěrných deskách. V těžišti formy je umístěn závěsný šroub s okem, za který lze zaháknout hák jeřábu. Můstek zabraňuje i otevírání formy při její manipulaci.



Obr. 45 Transportní můstek

8 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací stroj se volí dle rozměrů vstřikovací formy a hmotnosti její pohyblivé části. Dále záleží na hmotnosti vstřikované dávky, kterou potřebuje forma pro úplné zaplnění tvarových dutin.

Parametry formy jsou:

- rozměry 396(v) x 446(š) x 328(d) mm,
- hmotnost pohyblivé části 165 kg,
- hmotnost vstřikované dávky 16 g (2 x 8 g).

Dle těchto parametrů byl zvolen vstřikovací stroj Allrounder 420 C – 1000 – 290 (30) od firmy Arburg. Stroj se vyrábí se třemi průměry šneku, pro vstřikovanou dávku této formy postačí nejmenší šnek o průměru 30 mm. Další parametry stroje jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 3 Vybrané parametry vstřikovacího stroje Arburg Allrounder 420 C – 1000 – 290 (30) [22]

Parametr	Hodnota	Jednotka
Maximální uzavírací síla	1000	kN
Maximální vzdálenost mezi vodícími sloupky	420 x 420	mm
Maximální rozměry upínacích desek	570 x 570	mm
Maximální hmotnost pohyblivé části formy	600	kg
Minimální délka uzavřené formy	250	mm
Maximální otevření formy	500	mm
Maximální zdvih vyhazovačů	175	mm
Průměr šneku	30	mm
Průměr středícího kroužku	125	mm
Maximální vstřikovaná dávka materiálu pro PA 6	96	g



Obr. 46 Vstřikovací stroj Arburg Allrounder 420 C 1000 – 290 (30) [22]

ZÁVĚR

Bakalářská práce se odvíjela dle oficiálního zadání. Kdy prvním bodem zadání bylo vypracovat literární studii na dané téma, následně vytvořit 3D model zadané součásti. Jakožto třetí bod bylo zhotovení 3D sestavy vstříkovací formy pro zadaný díl. Posledním bodem zadání bylo vypracování 2D výkres sestavy vstříkovací formy.

Teoretická část, která zahrnuje první bod zadání, se zabývá polymerními materiály a jejich zpracováním pro následné vstříkování. Dále se v této části pojednává o technologii vstříkování, zásadách konstrukce vstříkovací formy a vstříkovaného dílu.

Praktická část popisuje další dva body zadání. Konkrétně se jedná o 3D model vstříkované součásti a 3D model vstříkovací formy. Tato část byla zhotovena v programu CATIA V5R20 včetně výkresů vstříkovací formy.

Zadanou součástí byl kryt konektoru, se kterým se lze setkat v elektrotechnice. Jeho hlavní rozměry jsou $\text{Ø}35 \times 27$ mm a jeho hmotnost je 8 g. Jakožto materiál krytu byl zvolen polyamid 6 s označením Ultramid 8253 HS BK102 od německé firmy BASF. Pro tuto součást byly vytvořeny tvarové součásti, které se skládají z tvárnice, tvárníku a dvou tvarových jader. Tvárnice byla zvětšena o hodnotu smrštění taveniny při zchlazení (1 %). Tvárník a tvárnice jsou uloženy v kotevních deskách za pomoci osazení a opěrných desek. Pohyb jader ovládají mechanické boční posuvné čelisti, aby bylo možné výrobek odformovat. Forma byla zvolena jakožto dvojnásobná, což znamená, že při každém vstříkovacím cyklu vyprodukuje dva výrobky. Za účelem úspory materiálu a času byl vtokový systém navrhnout jako horký. Vyhazovací systém funguje jednostupňově. Tvoří ho válcové vyhazovací kolíky o průměru 1,8 mm, které prochází otvory v tvárníku až po tvarovou dutinu. Pro každý dílec jsou čtyři a jsou rovnoměrně rozmístěny po obvodu výstřiku, aby nedocházelo k deformaci dílce při vyhození. Forma obsahuje dva temperační okruhy, kdy jeden je pro tvárnice a druhý pro tvárníky. Jakožto temperační médium se použije voda, která prochází vyvrtanými kanály o průměru 10 mm. Pro usnadnění manipulace s formou byla doplněna o transportní můstek. Dle rozměrů formy a potřebného množství vstříkované dávky byl zvolen vstříkovací stroj Arburg Allrounder 420 C 1000 – 290 (30).

Na závěr práce je přiložen materiálový list a technický list zvoleného vstříkovacího stroje. K práci je přiložena i 2D sestava vstříkovací formy, doplněna o kusovník.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006, 278 s. ISBN 8070806176. Dostupné také z: http://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/uid_isbn-80-7080-617-6/anotace/
- [2] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. Praha: BEN - technická literatura, 2009, 247 s. ISBN 9788073002503.
- [3] MAŇAS, Miroslav, Michal STANĚK a David MAŇAS. *Výrobní stroje a zařízení I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007, 264 s. ISBN 9788073185961.
- [4] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů. I. díl, Vstřikování termoplastů*. 2. vydání. Brno: Uniplast Brno, 1999, 133 s.
- [5] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů. II. díl, Vstřikování termoplastů*. Brno: Uniplast Brno, 1999, 214 s.
- [6] DANGEL, Rainer. *Injection moulds for beginners*. Munich: Hanser, [2016], xviii, 308 s. ISBN 9781569906316.
- [7] KAZMER, David. *Injection mold design engineering. 2nd edition*. Munich: Hanser, [2016], xxiv, 529 s. ISBN 9781569905708.
- [8] ŘEHULKA, Zdeněk. *Konstrukce vylisků z plastů a forem pro zpracování plastů: polymery*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 230, 28 s. ISBN 9788072048335.
- [9] OTŘÍŠAL, Pavel a Dana VAŇKOVÁ. *Vybrané kapitoly chemie a technologie polymerů*. Brno: Tribun EU, 2019, 215 s. Knihovnicka.cz. ISBN 9788026315377.
- [10] BEAUMONT, John P. *Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding. 2nd ed.* Munich: Hanser Publishers, c2007, xvi, 308 s. ISBN 9781569904213.
- [11] 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.
- [12] Publi [online]. [cit. 2021-12-03]. Dostupné z: <https://publi.cz/>
- [13] Docplayer [online]. [cit. 2021-12-03]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/>

- [14] BEAUMONT, John P. *Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding. 3rd edition*. Munich: Hanser Publishers, [2019], xx, 450 s. ISBN 978-1-56990-590-6.
- [15] Hasco [online]. [cit. 2021-12-06]. Dostupné z: <https://www.hasco.com/>
- [16] Technologická univerzita Liberec: Technologie II [online]. [cit. 2021-12-06]. Dostupné z: <http://www.ksp.tul.cz/>
- [17] Advanced plastic production [online]. [cit. 2021-12-06]. Dostupné z: <https://www.vyrobaplastu.eu/>
- [18] CAMPO, E. Alfredo. *The complete part design handbook: for injection molding of thermoplastics*. Munich: Hanser Publishers, c2006, xxi, 870 s. ISBN 1569903751.
- [19] ROSATO, Dominick V., Donald V. ROSATO a Marlene G. ROSATO, ed. *Injection molding handbook. 3rd ed*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000, xxxi, 1457 s. ISBN 0792386191.
- [20] FRENKLER, D.; ZAWISTOWSKI, H. *Hot Runners in Injection Moulds. Shropshire, UK; Rapra Tech.Ltd, 2001.364s. ISBN: 1-85957-208-1*
- [21] Lentus, spol. s.r.o. Ocel na výrobu forem [online]. [cit. 2021-12-06]. Dostupné z: <https://www.lentus-ocel.cz/>
- [22] ARBURG [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://www.arburg.com/>
- [23] O-BASF [online]. [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://www.basf.com/>
- [24] TYLKOWSKI, Bartosz, Karolina WIESZCZYCKA a Renata JASTRZAB. *Polymer Engineering. 1*. Berlin: De Gruyter, 2017. ISBN 9783110469752
- [25] LENFELD, Petr. *Technologie II*. Vyd. 2. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009. ISBN ISBN978-80-7372-467-2
- [26] WEISS, Viktorie a Elena STŘIHAVKOVÁ. *Polymery*. Vyd. 1. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně, Fakulta výrobních technologií a managementu, 2014. ISBN isbn978-80-7414-738-8.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Obr.	Obrázek
Tab.	Tabulka
kg	Jednotka hmotnosti
g	Jednotka hmotnosti
°C	Jednotka teploty
T _g	Teplota skelného přechodu
PC	Polykarbonát
PA 6	Polyamid 6
MN	Jednotka síly
kN	Jednotka síly
MPa	Jednotka tlaku, napětí
UV	Ultrafialové záření
cm ³	Jednotka objemu
g/cm ³	Jednotka hustoty
°	Úhlová jednotka
Cu	Měď
Al	Hliník
mm	Jednotka délky
cm	Jednotka délky
IT	Třída přesnosti
%	Procento
2D	Dvourozměrný
3D	Trojrozměrný
např.	Například
apod.	A podobně

Ø Průměr

ČSN Československá norma

ISO Mezinárodní organizace pro normalizaci

WNR Německé materiálové číslo

± Plus mínus

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Rozdělení polymerů [13]	12
Obr. 2 Schéma struktury amorfního (vlevo) a semikrystalivkého (vpravo) termoplastu [16]	13
Obr. 3 Schéma struktury reaktoplastu [16]	13
Obr. 4 Schéma struktury elastomeru [16]	14
Obr. 5 Průběh vstřikování [17]	18
Obr. 6 Vstřikovací stroj [12]	19
Obr. 7 Vstřikovací jednotka [12]	20
Obr. 8 Otevřená vstřikovací forma [12]	22
Obr. 9 Příklady rozložení vtokové soustavy u vícenásobných forem [16]	24
Obr. 10 Válcový vyhazovací kolík [15]	26
Obr. 11 Porovnání efektu různého průměru temperačních kanálů [12]	27
Obr. 12 Odformování pomocí šikmých kolíků [19]	28
Obr. 13 Plný kuželový vtok [19]	32
Obr. 14 Bodový vtok [19]	33
Obr. 15 Tunelový vtok [19]	33
Obr. 16 Boční vtok [19]	34
Obr. 17 Filmový vtok [19]	35
Obr. 18 Řez vyhřívanou vtokovou soustavou [20]	36
Obr. 19 Vyhřívaná vtoková soustava [14]	36
Obr. 20 Přímo vyhřívané trysky [4]	37
Obr. 21 Rozvodný blok ve tvaru X [15]	38
Obr. 22 Model vstřikovaného výrobku (boční pohled)	45
Obr. 23 Pohled na model shora (vlevo) a zespod (vpravo)	45
Obr. 24 Forma z pravé strany	47
Obr. 25 Forma z levé strany	48
Obr. 26 Pravá část formy	49
Obr. 27 Levá část formy	50
Obr. 28 Dělicí roviny	51
Obr. 29 Pohled do levé části formy na umístění dílů	51
Obr. 30 Tvárnice	52
Obr. 31 Tvárník	53
Obr. 32 Tvarová jádra	54
Obr. 33 Řez bočními posuvnými čelistmi	54
Obr. 34 Výpočet odjezdu jader	55
Obr. 35 Vyhřívaný vtokový systém	56
Obr. 36 Umístění vtokového ústí na výrobku	56
Obr. 37 Vyhazovací systém	57
Obr. 38 Temperace tvárnic	58
Obr. 39 Temperace tvárníků	59
Obr. 40 Středící kroužek pravý	60
Obr. 41 Středící kroužek levý	61
Obr. 42 Vodící prvky pravé strany formy	61
Obr. 43 Vodící prvky levé strany formy	62
Obr. 44 Vodící prvky vyhazovacího systému formy	62
Obr. 45 Transportní můstek	63
Obr. 46 Vstřikovací stroj Arburg Allrounder 420 C 1000 - 290 (30) [22]	65

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Vybrané typy vhodných ocelí pro konstrukci forem [21]	30
Tab. 2 Vybrané vlastnosti pro PA 6 [23]	46
Tab. 3 Vybrané parametry vstříkovacího stroje Arburg Allrounder 420 C 1000 – 290 (30) [22]	64

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Materiálový list pro Polyamid 6 (Ultrad 8253 HS BK102)

Příloha P II: Technický list vstřikovacího stroje Arburg Allrounder 420 C 1000 – 290 (30)

Příloha P III: Výkresy sestavy vstřikovací formy s kusovníkem

PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST PRO POLYAMID 6 (ULTRAMID 8253 HS BK102)



Product information
Apr 2022

Ultramid® 8253 HS BK102 Polyamide 6

Ultramid 8253 HS BK102 is a heat stabilized, pigmented black, impact modified type 6 nylon graft copolymer developed for both injection molding and extrusion applications. It exhibits varying levels of toughness and flexibility combined with excellent thermal and chemical properties.

Applications

Ultramid 8253 HS BK102 is generally recommended for applications such as plugs, receptacles, flexible connector covers, weed trimmer components, clips fasteners, flanges, key housings as well as many flexible tubing applications.

PHYSICAL	ISO Test Method	Property Value	
Density, g/cm ³	1183	1.09	
Moisture, %	62		
(24 Hour)		1.5	
(50% RH)		2.3	
(Saturation)		8.1	
MECHANICAL	ISO Test Method	Dry	Conditioned
Tensile Modulus, MPa	527		
23°C		2,400	-
Tensile stress at yield, MPa	527		
23°C		60	-
Tensile strain at yield, %	527		
23°C		4	-
Tensile strain at break, %	527		
23°C		40	-

Flexural Strength, MPa	178		
23°C		65	-
Flexural Modulus, MPa	178		
23°C		1,900	-
IMPACT	ISO Test Method	Dry	Conditioned
Izod Notched Impact, kJ/m²	180		
23°C		14	-
Charpy Notched, kJ/m²	179		
23°C		17	-
Charpy Unnotched, kJ/m²	179		
23°C		N	-
THERMAL	ISO Test Method	Dry	Conditioned
Melting Point, °C	3146	220	-
HDT A, ° C	75	55	-
HDT B, ° C	75	160	-
UL RATINGS	UL Test Method	Property Value	
Relative Temperature Index, .71mm	UL746B		
Mechanical w/o Impact, °C			95
Mechanical w/ Impact, °C			95
Electrical, °C			105
Flammability Rating, .75mm	UL94		HB
Relative Temperature Index, .75mm	UL746B		
Mechanical w/o Impact, °C			95
Mechanical w/ Impact, °C			95
Electrical, °C			105
Flammability Rating, 1.5mm	UL94		HB
Relative Temperature Index, 1.5mm	UL746B		
Mechanical w/o Impact, °C			105

Mechanical w/ Impact, °C		105
Electrical, °C		105
Flammability Rating, 3.0mm	UL94	HB
Relative Temperature Index, 3.0mm	UL746B	
Mechanical w/o Impact, °C		105
Mechanical w/ Impact, °C		105
Electrical, °C		105
Flammability Rating, 6.0mm	UL94	HB
Relative Temperature Index, 6.0mm	UL746B	
Mechanical w/o Impact, °C		105
Mechanical w/ Impact, °C		105
Electrical, °C		105

Processing Guidelines

Material Handling

Max. Water content: 0.2%

Product is supplied in sealed containers and drying prior to molding is not required. If drying becomes necessary, a dehumidifying or desiccant dryer operating at 80°C (176°F) is recommended. Drying time is dependent on moisture level, however 2-4 hours is generally sufficient. Further information concerning safe handling procedures can be obtained from the Safety Data Sheet. Alternatively, please contact your BASF representative.

Typical Profile

Melt Temperature 240-270°C (464-518°F)

Mold Temperature 60-85°C (140-185°F)

Injection and Packing Pressure 35-125 bar (500-1500 psi)

Mold Temperatures

A mold temperature of 60-85°C (140-185°F) is recommended, however temperatures of as low as 10°C (50°F) can be used where applicable.

Pressures

Injection pressure controls the filling of the part and should be applied for 90% of ram travel. Packing pressure affects the final part and can be used effectively in controlling sink marks and shrinkage. It should be applied and maintained until the gate area is completely frozen off.

Fill Rate

Fast fill rates are recommended to ensure uniform melt delivery to the cavity and prevent premature freezing.

Note

Although all statements and information in this publication are believed to be accurate and reliable, they are

presented gratis and for guidance only, and risks and liability for results obtained by use of the products or application of the suggestions described are assumed by the user. NO WARRANTIES OF ANY KIND, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ARE MADE REGARDING PRODUCTS DESCRIBED OR DESIGNS, DATA OR INFORMATION SET FORTH. Statements or suggestions concerning possible use of the products are made without representation or warranty that any such use is free of patent infringement and are not recommendations to infringe any patent. The user should not assume that toxicity data and safety measures are indicated or that other measures may not be required.

BASF Corporation

Engineering Plastics
1609 Biddle Avenue
Wyandotte, MI 48192



General Information

800-BC-RESIN

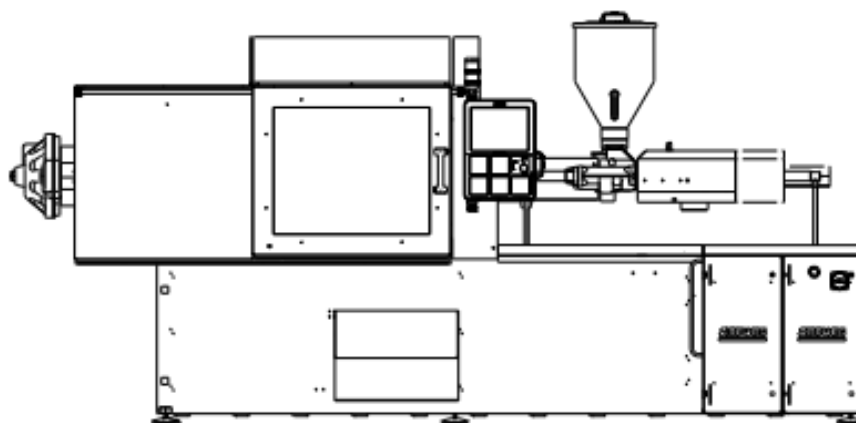
Technical Assistance

800-527-TECH (734-324-5150)

Web address

<http://www.plasticsportal.com/usa>

**PŘÍLOHA II: TECHNICKÝ LIST VSTŘIKOVACÍHO STROJE
ARBURG ALLROUNDER 420 C 1000 – 290 (30)**



ALLROUNDER 420 C
GOLDEN EDITION

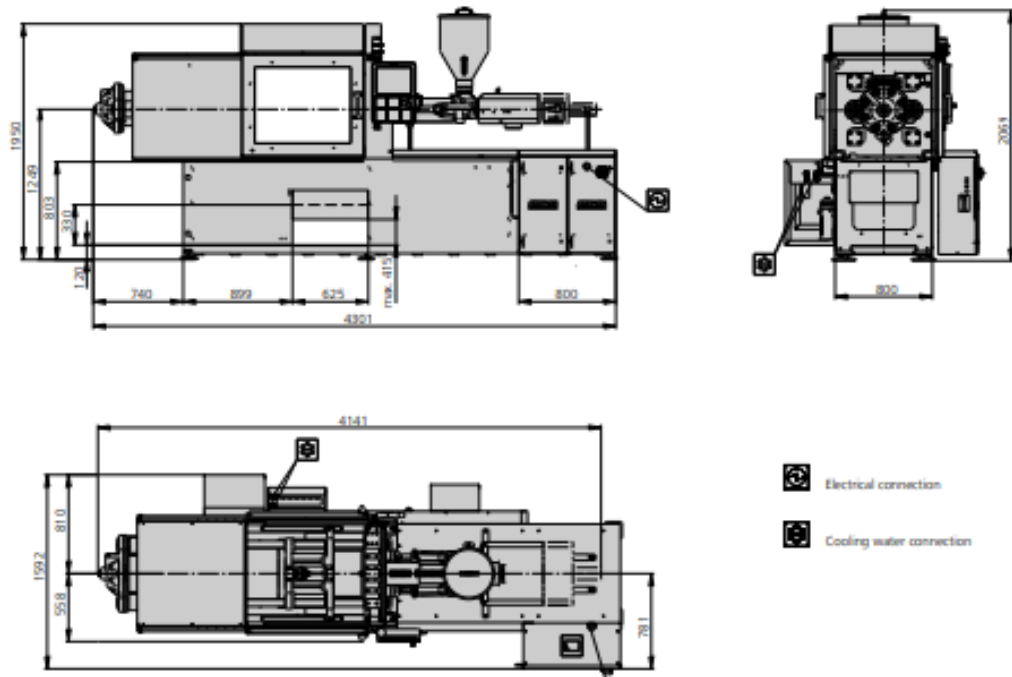
Distance between tie bars: 420 x 420 mm

Clamping force: 1000 kN

Injection unit (acc. to EUROMAP): 290

ARBURG

MACHINE DIMENSIONS | 420 C GOLDEN EDITION



TECHNICAL DATA | 420 C GOLDEN EDITION

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

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

Drive and connection		2 pumps	
with injection unit		290	
Net weight of machine	kg	3650	
Sound press. level Insecurity 4	dB(A)	68 3	
Oil filling	l	235	
Drive power 2	max. kW	15	
Electrical connection 3	kW	24	
	Total	80	
	Machine	—	
Heating	A	—	
Cooling water connection	max. °C	30	
	min. Δp bar	1,5 DN 25	

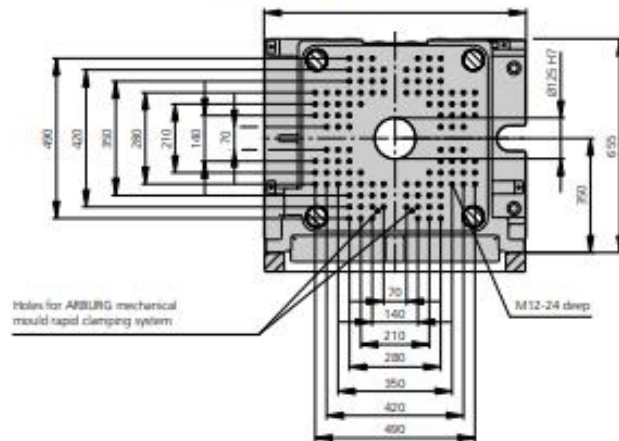
Machine type
with EUROMAP size designation 1
420 C GOLDEN EDITION 1000-290

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

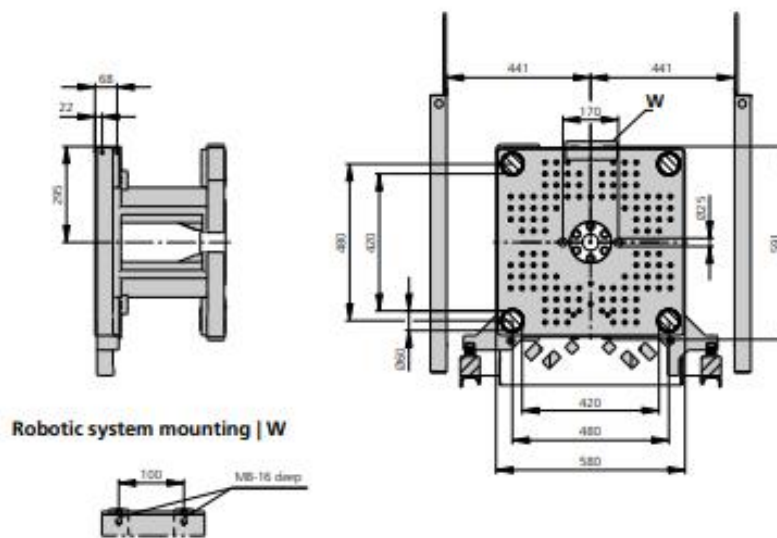
- 1) Clamping force (kN) - size of injection unit = max. stroke volume (cm³) x max. injection pressure (kbar)
 - 2) Specifications depend on the drive variant / drive control version.
 - 3) Specifications relate to 400 V/50 Hz.
 - 4) Detailed info in the operating instr.
- [] Specifications apply to alternative equipment.

MOULD INSTALLATION DIMENSIONS | 420 C GOLDEN EDITION

Fixed mould mounting platen | A



Moving mould mounting platen | B



SHOT WEIGHTS | 420 C GOLDEN EDITION

Theoretical shot weights for the most important injection moulding materials

Injection units according to EUROMAP		290		
Screw diameter	mm	30	35	40
Polystyrene	max. g PS	97	132	172
Styrene heteropolymers	max. g SB	95	129	168
	max. g SAN, ABS ¹⁾	93	126	165
Cellulose acetate	max. g CA ¹⁾	109	148	194
Celluloseacetobutylate	max. g CAB ¹⁾	101	138	180
Polymethyl methacrylate	max. g PMMA	100	136	178
Polyphenylene ether, mod.	max. g PPE	90	122	160
Polycarbonate	max. g PC	102	139	181
Polysulphone	max. g PSU	105	143	187
Polyamides	max. g PA 6.6 PA 6 ¹⁾	96	131	171
	max. g PA 6.10 PA 11 ¹⁾	90	122	160
Polyoxymethylene (Polyacetal)	max. g POM	120	163	213
Polyethylene terephthalate	max. g PET	115	157	205
Polyethylene	max. g PE-LD	73	100	130
	max. g PE-HD	76	103	134
Polypropylene	max. g PP	77	105	137
Fluoropolymerides	max. g FEP, PFA, PCTFE ¹⁾	155	211	276
	max. g ETFE	136	185	242
Polyvinyl chloride	max. g PVC-U	117	159	208
	max. g PVC-P ¹⁾	108	147	192

1) average value

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

523677_EN_06_0001019 - Subject to alterations