

Konstrukce vstřikovací formy pro část rukojeti směrovky

Tomáš Slavík

Bakalářská práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Tomáš Slavík
Osobní číslo:	T210058
Studijní program:	B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Technologická zařízení
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Konstrukce vstřikovací formy pro část rukojeti směrovky

Zásady pro vypracování

- 1) Vypracovat literární studii na dané téma
- 2) Vymodelovat daný díl ve 3D
- 3) Provést konstrukci vstřikovací formy pro daný díl
- 4) Nakreslit 2D sestavu vstřikovací formy

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

Seznam doporučené literatury:

KERKSTRA, Randy a Steve BRAMMER. Injection molding advanced troubleshooting guide, 2018, ISBN: 978-1-56990-645-3

BEAUMONT, John P. Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding. c2007, ISBN 978-1-56990-421-3

DUCHÁČEK, V. Polymery-výroba, vlastnosti, zpracování, použití. 2006, ISBN 80-7080-617-6

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

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2024**

Termín odevzdání bakalářské práce: **17. května 2024**

L.S.

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

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

Ve Zlíně dne 4. března 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zaměřuje na navrhnutí konstrukce vstřikovací formy pro díl části rukojeti směrovky pro automobilový průmysl.

Teoretická část práce se věnuje stručnému popisu technologie vstřikování, používaným polymerním materiálům při vstřikování a základním konstrukčním principům při navrhování a konstrukci vstřikovací formy.

Cílem praktické části je pak navrhnout konstrukci vstřikovací formy pro vybraný díl v programu CATIA, následně vytvořit výkresovou dokumentaci sestavy navržené vstřikovací formy.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, konstrukce, polymery, CATIA

ABSTRACT

This bachelor thesis focuses on the design of an injection mould for a part of a turn signal handle, for the automotive industry.

The theoretical part of the thesis is devoted to a brief description of the injection moulding technology, polymer materials used in injection moulding and basic design principles in the design and construction of the injection mould.

The aim of the practical part is then to design an injection mould for a selected part in CATIA, and then create a drawing documentation of the assembly of the designed injection mould.

Keywords: injection technology, injection mold, design, polymers, CATIA

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří mi při psaní této práce pomohli nebo mě podporovali. Především bych pak chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Vojtěchu Šenkeříkovi Ph.D. za odbornou pomoc, vřelý přístup a za strávený čas při vedení této práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině a příbuzným za veškerou podporu, kterou mi poskytli v průběhu celého studia. Také bych rád poděkoval kamarádovi Martinovi, který mi pomohl s výběrem vhodného plastového dílu.

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

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ	11
1.1 PRŮBĚH VSTŘIKOVACÍHO CYKLU	11
1.1.1 Čas potřebný pro uzavření formy.....	12
1.1.2 Vstříknutí polymerního materiálu	12
1.1.3 Dotlak.....	12
1.1.4 Chlazení.....	12
1.1.5 Otevření formy a vyhození produktu a vtoku	12
1.2 DIAGRAMY PRO PROCES VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ	13
1.3 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	13
1.3.1 Vstřikovací jednotka	14
1.4 PRŮMYSL 4.0 VE VSTŘIKOVÁNÍ	15
2 POLYMERNÍ MATERIÁLY	16
2.1 TERMOPLASTY	16
2.2 REAKTOPLASTY.....	17
2.3 TERMOPLASTICKÉ ELASTOMERY	17
2.4 ÚPRAVA POLYMERŮ	18
2.5 SUŠENÍ POLYMERŮ PŘED VSTŘIKOVÁNÍM	18
2.6 RECYKLACE TERMOPLASTŮ	18
3 ZÁSADY KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	19
3.1 ZAFORMOVÁNÍ PRODUKTU	19
3.1.1 Dimenzování tvarové dutiny	19
3.1.2 Smrštění.....	20
3.1.3 Násobnost formy	20
3.2 TEMPERACE FOREM.....	21
3.3 VYHAZOVÁNÍ PRODUKTU Z FOREM.....	22
3.4 ODFORMOVÁNÍ VEDLEJŠÍCH ROVIN	24
3.5 ODVZDUŠNĚNÍ FOREM	24
3.6 VTOKOVÉ SYSTÉMY FOREM.....	25
3.6.1 Fontánový tok.....	25
3.6.2 Studené vtoky (SV).....	26
3.6.3 Vyhřívané vtokové soustavy (VVS)	27
II PRAKTICKÁ ČÁST	30
4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	31
5 MODEL VÝROBKU	32
5.1 VÝBĚR MATERIÁLU	33
6 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	34

6.1	PRAVÁ ČÁST VSTŘIKOVACÍ FORMY	35
6.1.1	Tvárníky	36
6.1.2	Posuvná jednotka	36
6.2	LEVÁ ČÁST VSTŘIKOVACÍ FORMY	38
6.2.1	Tvárnice.....	39
6.2.2	Kombinovaný systém vtoků.....	39
6.3.2	Temperace tvárnice	41
6.4	VYHAZOVACÍ SYSTÉM VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	42
6.4.1	Systém šikmých vyhazovačů	44
6.5	ODVZDUŠNĚNÍ DUTINY FORMY.....	45
6.6	TRANSPORT	45
7	VÝBĚR VSTŘIKOVACÍHO STROJE.....	46
	ZÁVĚR	47
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	48
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	50
	SEZNAM OBRÁZKŮ	51
	SEZNAM TABULEK.....	52
	SEZNAM PŘÍLOH.....	53

ÚVOD

Technologie vstřikování plastů je jednou z nejrozšířenějších technologií pro zpracování polymerních materiálů. Z pohledu tvarové složitosti vyráběných dílů, množství jednotlivých kusů a rychlosti výroby se jedná o jednu z nejproduktivnějších technologií pro zpracování polymerních materiálů. Technologie vstřikování plastů je natolik důležitá pro průmysl a každodenní život, že se stala nenahraditelnou. V současné době je technologie vstřikování charakterizována neustálým vývojem a inovacemi. To především z pohledu digitalizace výroby, simulací predikce chování při výrobě a vyšší úrovně řízení celého procesu vstřikování.

Proces vstřikování závisí na mnoha vstupujících parametrech, přičemž jednou z nejdůležitějších částí je samotný nástroj. Správná konstrukce vstřikovací formy představuje klíčový bod, který zásadně ovlivňuje kvalitu výroby a její ekonomičnost. Při konstrukci vstřikovací formy musí konstruktér brát ohled na správné navržení tvarových dutin, vyhazovacího systému, správné navržení vtoků, temperace a dalších částí. Stále rostou požadavky na komplexnost forem a na jejich přesnost a životnost. To přináší s sebou vyšší nároky na samotnou výrobu nástroje a jeho pořizovací cenu. Zároveň snaha o ekologičnost a udržitelnost přináší nové požadavky na materiály, povrchové úpravy a samotnou výrobu nástroje. To všechno ovlivňuje konstrukci vstřikovací formy, a proto se jedná o nelehký úkol.

Práce se zabývá stručným popisem technologie vstřikování a používanými polymerními materiály při technologii vstřikování plastů. Dále se práce zabývá konstrukčními zásadami, které při jejich dodržení výrazně zjednoduší konstrukci a přiblíží konstruktéra k úspěšné konstrukci vstřikovací formy. Praktická část se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro vybraný díl.

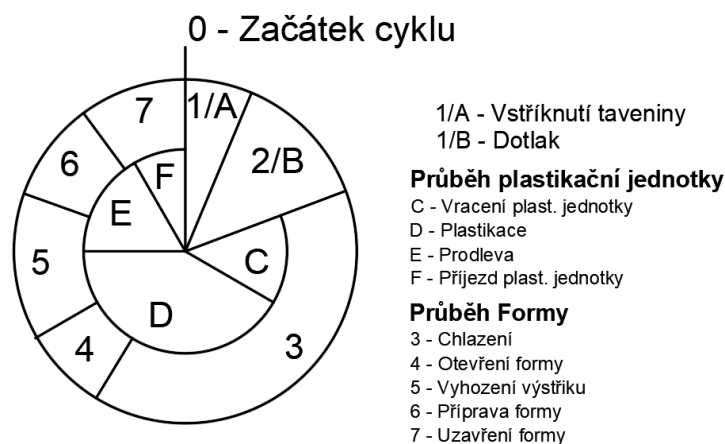
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Technologie vstřikování plastů se řadí mezi nejrozšířenější a nejproduktivnější metody pro zpracování polymerních materiálů. Proces vstřikování je poměrně složitý fyzikální proces, závislý na kvalitě materiálu, dutině formy a konstrukci vstřikovacího stroje. Proces vstřikování termoplastů probíhá tak, že roztavený polymerní materiál je ve formě taveniny. Tuto část procesu zajišťuje plastikační jednotka vstřikovacího stroje. Vstřikovací stroj za vysokého tlaku dopraví polymerní taveninu do dutiny formy, kde polymerní tavenina zchladne. Forma se otevře a dojde k vyhození výrobku poté, co je polymerní materiál uvnitř formy zchlazen na vyhazovací teplotu. Poté může být forma vyčištěna, nebo jsou provedeny jiné úpravy dutiny formy. Takto připravená forma je uzavřena a cyklus vstřikování se opakuje [1] [2] [3].

1.1 Průběh vstřikovacího cyklu

Vstřikovací cyklus je realizován nejčastěji na vstřikovacím stroji. Také je čím dál tím více využíváno různých simulačních programů, které pomáhají lépe optimalizovat vstřikovací cyklus. Průběh vstřikovacího cyklu lze schématicky znázornit pomocí diagramů, jako je například na obrázku 1 [2].



Obrázek 1 Vstřikovací cyklus

Pomocí schématicky znázorněným vstřikovacím cyklem, lze lépe optimalizovat časovou náročnost výroby. Z pohledu produktivity, časy nutné pro uzavírání a otevírání formy jsou neproduktivními částmi vstřikovacího cyklu. Kvůli tomu je zapotřebí načasovat pohyb vyhazovačů tak, aby již začal při částečném otevření formy a skončil při jejím úplném otevření a tím zkrátit celkovou dobu cyklu. [2].

Ve schématicky znázorněném vstřikovacím cyklu, lze vidět že časy dotlaku a chlazení jsou oddělené. Pokud technolog bude uvažovat, že při dotlaku se již 90-98 % materiálu nachází v dutině formy. Může tedy předpokládat, že k chlazení a dotlaku dochází ve stejný čas. Podobně tedy lze pomocí diagramů vstřikovacího cyklu lépe optimalizovat čas výroby [1].

1.1.1 Čas potřebný pro uzavření formy

Musí dojít k uzavření formy tak, aby nedošlo ke kolizi mezi jednotlivými prvky formy (vyhazovače, vodící sloupky, apod...). Pohyb jednotlivých částí formy je většinou automatizovaný, a proto jsou využity různé druhy sensorů. Dutina tvárnice a negativ tvárníku musejí být vystředěné. Cílem je tento čas snížit na co nejkratší dobu [4].

1.1.2 Vstříknutí polymerního materiálu

Rychlost vstříknutí polymerního materiálu závisí na výkonu stroje, konstrukci formy a tvarové složitosti dutiny. Při vstřikování, musí být proces plnění řízen tak, aby docházelo k fontánovému toku a tím k rovnoměrnému plnění dutiny formy. Množství vstřikované dávky je důležité volit tak, aby bylo zajištěno kompletní naplnění dutiny formy a vtokové soustavy. Současně je nutné brát v úvahu i objemovou změnu způsobenou ochlazením polymerního materiálu [2] [1].

1.1.3 Dotlak

Při dotlaku působí nižší tlak než při vstřikování polymerní taveniny do dutiny formy. Dotlak zabraňuje vytékání polymerní taveniny, tvorbě propadlin a umožňuje doplňování taveniny o zmenšený objem způsobením chladnutím. Čas dotlaku je omezen zatuhnutím ústí toku [2].

1.1.4 Chlazení

Doba chlazení je čas, který je potřebný k tomu, aby produkt zchladl na teplotu vyhození. To je teplota, při které již nedojde k poškození produktu působením vyhazovačů na povrch produktu a zároveň ani pádem do sběrného místa. Čas chlazení je závislý na tloušťce stěny produktu, polymerním materiálu, konstrukci formy a temperaturaci formy [2].

1.1.5 Otevření formy a vyhození produktu a vtoku

Je to čas, při kterém dojde k úplnému otevření formy a vysunutí vyhazovačů, tím dojde k odformování produktu z dutiny formy. Vyhazovače musí být navrženy se 100 % spolehlivostí, aby došlo ke správnému vyhození produktu při každém cyklu.

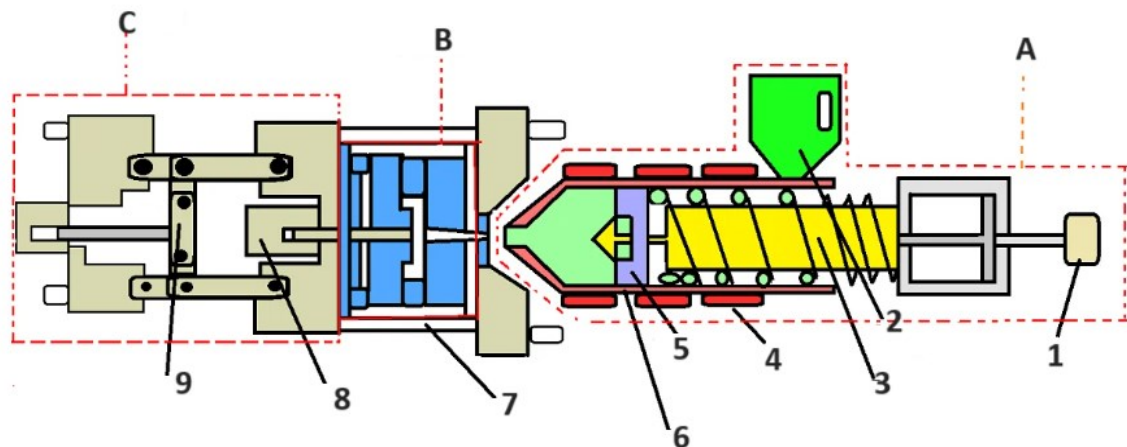
Často při závadě vyhadzovacího systému je poškozena tvarová část formy, což znamená úplné zastavení výroby a nákladnou opravu tvarové části. Množství použitých vyhadzovačů, se volí tak, aby síla vyvolaná vyhadzovači na produkt působila stejnoměrně ve všech místech. Tím je zabráněno tomu, aby došlo k deformaci stěny nebo k průrazu stěny produktu [1].

1.2 Diagramy pro proces vstřikování plastů

Vstřikovací cyklus uvnitř formy lze sledovat z hlediska zpracovávaného polymerního materiálu v závislosti tlaku v dutině formy p [MPa] na čase t [s]. Pro grafické znázornění se používá $p_i - t$ diagram. Často je zapotřebí popis vstřikovacího cyklu pomocí stavových termodynamických veličin, jako jsou tlak p [MPa], měrný objem v [$\text{cm}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$], a teploty hmoty T [$^{\circ}\text{C}$]. Pro tento způsob popisu vstřikovacího cyklu se využívá $p-v-t$ diagram [5].

1.3 Vstřikovací stroj

Požadavek na vstřikovací stroj je takový, aby jeho funkcí byla zaručena výroba kvalitních produktů. Proto vstřikovací stroje musí být vhodně konstrukčně navrženy, a musí umožnit precizní řízení výroby. Dnes existuje široká škála různých vstřikovacích strojů, které se liší rozdílnou konstrukcí, úrovní řízení a automatizací, stabilitou a reprodukovatelností výrobních parametrů, snadnou obsluhou a cenou [2].



Obrázek 2 Schéma vstřikovacího stroje [3]

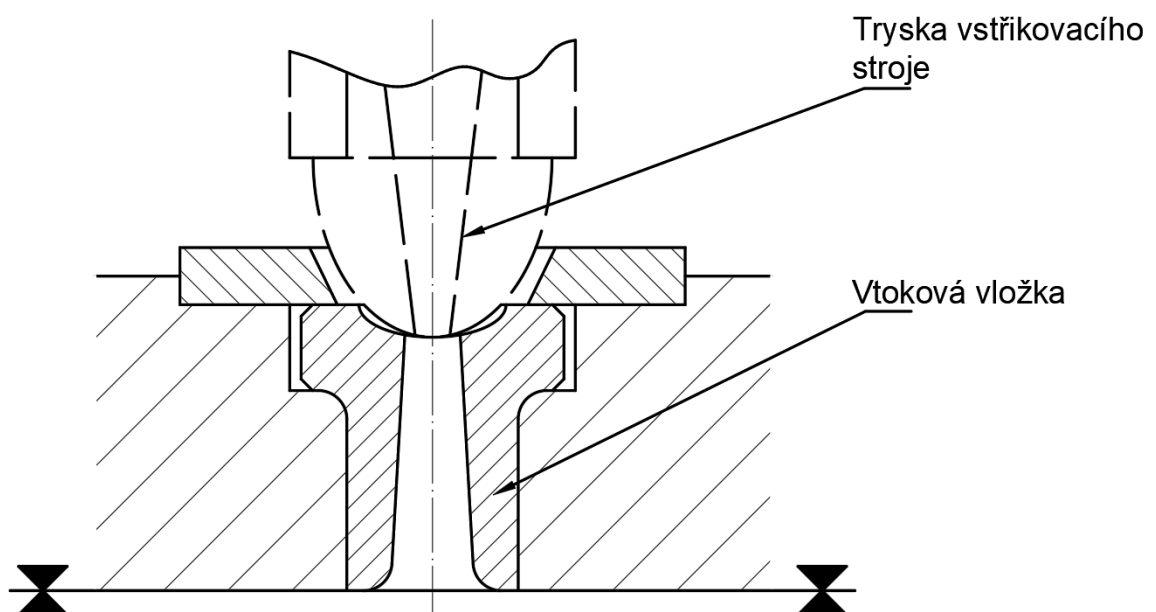
A – Vstřikovací jednotka, B – Forma, C – Uzavírací jednotka

*1 – Pohon šneku, 2 – Násypka, 3- Šnek, 4 – Topné válce, 5 – Ventil, 6 – Tavící válec,
7 – Vodící sloupky, 8 – Pohony vyhadzovacího mechanismu, 9 – Pohony uzavírací jednotky*

Stavba stroje je rozdělena na vstřikovací jednotku, uzavírací jednotku a ovládací jednotku. Trendem v konstrukci vstřikovacích strojů jsou vstřikovací stroje hydraulické nebo hydraulicko-mechanické, s měnícím se stupněm elektronického řízení. Nejvýznamnějšími výrobci vstřikovacích strojů jsou na trhu firmy jako jsou Arburg, Engel, Krauss-Maffei, Demag [2] [3].

1.3.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka má za úkol převést polymerní materiál do stavu taveniny a zajistit, aby tavenina byla homogenní. Poté zajišťuje, že tavenina je za vysokého tlaku dopravena do dutiny formy. Množství potřebné polymerní taveniny nesmí přesáhnout kapacitu vstřikovací jednotky pro jeden cyklus. Při malém množství polymerní taveniny ve vstřikovací jednotce může docházet k teplotní degradaci taveniny. Proto kapacita vstřikovací jednotky by měla být využívána na 80 až 95 %. Funkce vstřikovací jednotky je taková, že do tavného válce je přiveden polymerní materiál, typicky ve formě granulí. Polymerní materiál je poté posouván šnekem ve vyhřívaném tavném válci. Tavný válec je obvykle rozdělen na tři pásma, vstupní, přechodové a výstupní pásmo. Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou. Kulové zakončení trysky zajišťuje přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy, jak je vidět na obrázku 3 [2] [5].



Obrázek 3 Zakončení vstřikovací jednotky [2]

1.4 Průmysl 4.0 ve vstřikování

Průmysl 4.0 v oblasti vstřikování termoplastů se hlavně zaměřuje na hladší a kvalitnější řízení samotného procesu vstřikování. Cílem je lépe sledovat parametry na stroji, uvnitř formy a opotřebenosti jednotlivých komponentů stroje nebo formy. K tomu jsou využívány různé druhy senzorů a kamer, nejčastěji jsou to tlakové piezoelektrické senzory, optické senzory, termokamery apod... [4].

Výrobci vstřikovacích strojů se snaží dosáhnout vysokou úroveň digitalizace celého procesu vstřikování. Pomocí různých softwarů, lze dosáhnout snížení spotřeby energie, snížení odpadů, zjednodušení řízení a podpory při návrhu designu. Dnes je již možné, že technik nemusí být přímo ve výrobě, a lze nastavovat stroj pomocí vzdáleného přístupu [6] [7].

Mezi nové technologie v oblasti vstřikování se zařadilo např. micro vstřikování. Výrobci mají snahu miniaturizovat součástky, hlavně pro polovodičové součástky. To vytváří požadavek na výrobu vysoce přesných miniaturních dílů. Výroba takových dílů je složitá z pohledu nastavení jednotlivých parametrů, teploty, vstřikovací rychlosti, tlaku [8] [9].

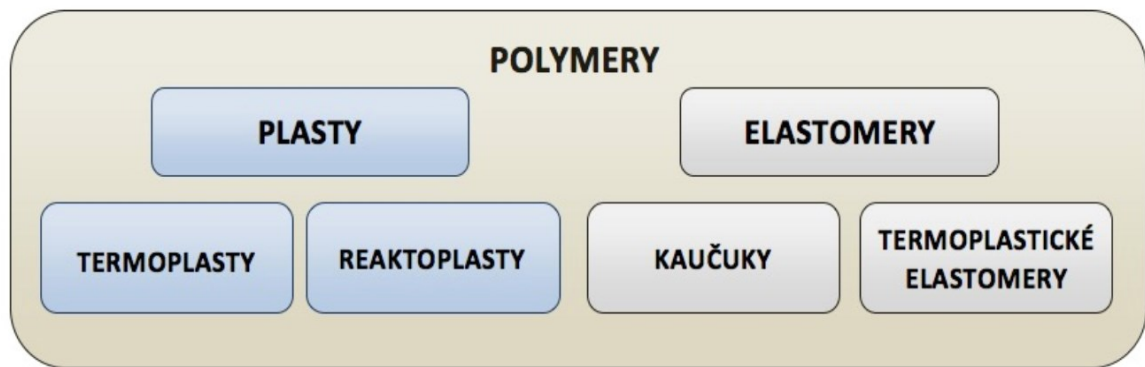
Čím dál častěji je také využíváno technologie gas-assistent injection molding a fluid-assisted injection molding (vstřikování za asistence plynu a vstřikování za asistence kapaliny). Tato technologie je využívána tam, kde je zapotřebí aby vstříknutá tavenina dotekla do všech míst formy, tak lze vyrábět i složité duté profily. Obě technologie mají podobný princip, do dutiny formy je vstříknuta polymerní tavenina, poté je za vysokého tlaku přiveden plyn nebo kapalina. Přivedené medium pak před sebou tlačí polymerní taveninu, dokud nedojde k úplnému vyplnění formy. Pokud přídavným médiem je vzduch, pak se nemusí odsávat a formu lze otevřít. Při použití vody nebo jiných plynů se musí medium před otevřením formy odsát. Při využití kapaliny lze dosáhnout i rychlejšího chlazení produktu než u plynného media [8] [10].

Je to technologie, kterou lze vyrobit hybridní díl z plastu a jiného materiálu (např. kov). Technologie obstríkování funguje tak, že do dutiny formy je vložen díl, na který má být aplikovaná vrstva polymeru. Pak je takto nachystaný díl v dutině formy obstríknut polymerní taveninou. Výsledný díl má vlastnosti kombinací těchto dvou složek, což může být pevné jádro s neklouzavým povrchem. [8] [11].

Za zmínku stojí technologie výroby kovových dílů složitých tvarů pomocí technologie, která je podobná technologii vstřikování plastů. Materiál pro vstřikování je suspenze kovového prášku a pojiva. To je poté vstříknuto do formy a pojivo je pak vytaveno [12].

2 POLYMERNÍ MATERIÁLY

Hlavní skupinou polymerních materiálů vhodných pro vstřikování zastávají termoplasty, v dnešní době se ale již běžně využívají reaktoplasty a termoplastické-elastomery.



Obrázek 4 Rozdělení polymerů [13]

2.1 Termoplasty

Termoplasty při zahřívání měknou a po překročení teploty tání – T_m přechází do stavu taveniny. Zpětným ochlazením opět tuhnou a přecházejí zpět do pevného stavu. Při zahřívání neprobíhá chemická reakce, a proto je tento děj opakovatelný. Podle struktury uspořádání řetězců jsou rozděleny na amorfnní a semikrystalické [14].

Semikrystalické polymery

U semikrystalických termoplastů dochází při ochlazování k vytváření krystalické struktury, část řetězců v polymeru se uspořádá v lamely – krystalická část, a zbytek řetězců má náhodné upořádání – amorfnní část. Proto nelze dosáhnout 100 % krystalizace u polymerů, ale např. pouze 40 až 60 %. Mají přírodně mléčně zakalený vzhled a nejsou transparentní. Kvůli částečně krystalické struktuře vykazují větší smrštění produktu proti formě, smrštění se obvykle pohybuje v rozmezí od 1 do 2,5 %. Polymery s částečně krystalickou strukturou, oproti amorfnní struktuře, vykazují vyšší tuhost, pevnost a houževnatost. Semikrystalické termoplasty jsou obzvláště vhodné pro aplikace v technických výrobcích, které jsou mechanicky zatěžovány. Hlavní zástupci semikrystalických termoplastů jsou polymery jako PE, PP, PBT [14] [15].

Amorfní polymery

U amorfních polymerů nedochází při ochlazování ke krystalizaci a jejich řetězce mají nepravidelnou strukturu, to může být např. následkem vysoké nelinearity polymerního řetězce. Kvůli nepravidelné struktuře nejsou přírodně zakalené jako semikrystalické polymery, u některých druhů polymerů, jako např. PMMA, lze dosáhnout vysoké transparentnosti [14] [15].

Na rozdíl od semikrystalických polymerů se amorfní polymery vyznačují relativně nízkým smrštěním proti formě, což je výhodné při výrobě složitých dílů s přesnými rozměry. Dominantní aplikací je oblast světelné techniky, kde se využívají pro jejich vynikající optické a mechanické vlastnosti, a to především polymerů jako jsou PMMA a PC [15].

2.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty jsou zpracovatelné a tvarovatelné pouze dokud u nich neproběhne chemická reakce. Při chemické reakci dojde k zesíťování polymerního řetězce k tzv. vytvrzení, přičemž po dokončení chemické reakce je tento děj nevratný. Výhodou u nich je, že lze dosáhnout vyšší pevnosti, tuhosti, chemické a teplotní odolnosti než u termoplastů. Zpracování reaktoplastů technologií vstřikování je složitější než u termoplastů, proto pro jejich zpracování je stále dominantní technologie lisování. Vstřikování reaktoplastů nejčastěji probíhá tak, že se do studené formy vstříkují reaktoplast ve formě pryskyřice, forma se poté ohřeje na požadovanou teplotu a uvnitř formy dojde k vytvrzení, po dokončení chemické reakce je výrobek vyjmut a proces se opakuje [14].

2.3 Termoplastické elastomery

Jedná se o významnou oblast polymerních materiálů, zpracovatelných technologií vstřikování plastů. Vznikají buď kopolymerací, nebo mísením základního polymeru s elastomerní složkou. Tyto polymerní materiály nedosahují stejných vlastností jako síťované elastomery. Jejich výhodou z hlediska zpracovatelnosti, je snadné vstřikování na běžných vstřikovacích strojích určených pro termoplasty. [15].

2.4 Úprava polymerů

Vlastnosti polymerních materiálů. Lze ovlivňovat přidáním různých druhů plniv. Ty pak mohou ovlivňovat zpracovatelské vlastnosti polymeru, jeho vzhled i mechanické vlastnosti. Nejčastější přísady mohou být, maziva, stabilizátory, plastifikátory, nukleační činidla, barviva, pigmenty, skelné vlákno [16].

2.5 Sušení polymerů před vstřikováním

Většina termoplastických polymerů absorbuje vlhkost ze vzduchu. Pro technologii vstřikování je důležité, aby polymer, který je navlhavý, byl před výrobou vysušen. Při vstřikování následkem špatně vysušeného polymeru vznikají vady na produktu. Ty mohou být vzhledové, jako je pórovitost, bubliny na povrchu, zamlžení a tkz. vějíře. Zároveň se zhoršují i mechanické vlastnosti produktu, voda může vyvolat degradaci polymerní taveniny a pak výsledný produkt je nevhodný [2] [17].

2.6 Recyklace termoplastů

Vadný produkt, odpady a vtoky, které vznikají během vstřikování, mohou být recyklovány. Rozemletý polymerní materiál se smíchá s čistým granulátem a znovu se zpracuje. Nevýhodou je, že výsledné produkty z této směsi vykazují horší fyzikálně-mechanické vlastnosti a povrchový vzhled. Z tohoto důvodu není možné tímto způsobem vyrábět transparentní produkty a takové, které jsou vystaveny vysoké mechanické zátěži. U nenáročných výrobků se lze setkat i se směsí tvořenou ze 100 % odpadem [2] [18].



Obrázek 5 Příklad odpadu – vtokové ústí [17]

3 ZÁSADY KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Správná konstrukce vstřikovací formy je jednou z nejdůležitějších částí pro úspěšnou, rychlou a ekonomicky výhodnou výrobu technologií vstřikování plastů. Vstřikovací forma musí být navržena tak, aby bylo dosaženo vysoké přesnosti a jakosti funkčních ploch dutiny formy. Forma musí dosahovat maximální tuhost a pevnost, aby nedošlo k jejímu poškození vlivem cyklického zatěžování vysokým tlakem a změny teploty. Dosáhnout těchto cílů pomáhá dodržení určitých zásad pro konstrukci vstřikovacích forem. Zásady správné konstrukce vstřikovacích forem pomohou konstruktérovi nadimenzovat, navrhnout jednotlivé části a posoudit funkčnost formy [2].

3.1 Zaformování produktu

Zásadní částí konstrukce formy je správné zaformování a vhodná volba dělicí plochy. Hlavní dělicí plocha (rovina) se standardně navrhuje rovnoběžně s upínáním formy. Na hlavní rovinu pak můžou navazovat vedlejší roviny, které mohou být různě natočené nebo pod úhlem ku hlavní rovině. Požadavky na dělicí rovinu jsou takové, aby umožňovala snadné vyjmutí produktu z dutiny formy, byla pravidelná a měla jednoduchý geometrický tvar. Její umístění by mělo být takové, aby nezanechávala stopu na pohledových částech produktu. Při navrhování dělicích rovin, je snaha, aby bylo dosaženo nejmenšího počtu vedlejších dělicích rovin. Špatné zaformování nebo uzavření formy může mít za následek vady na produktu [2].

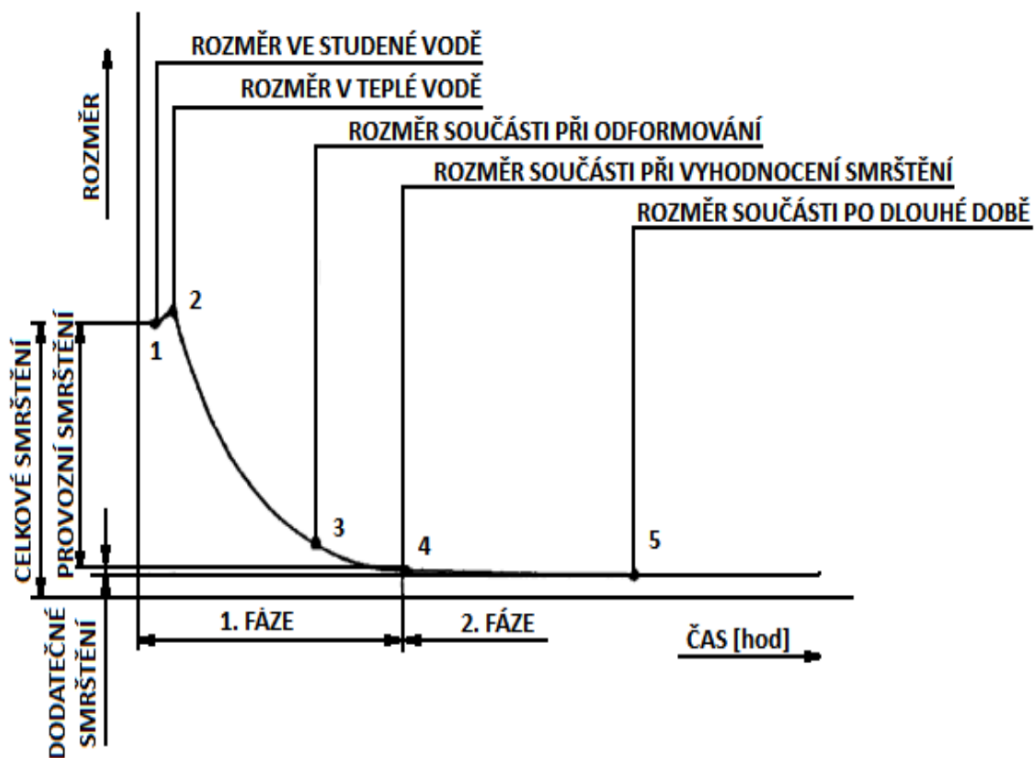
3.1.1 Dimenzování tvarové dutiny

Dutina formy je dimenzována především vzhledem k rozměrové přesnosti tvarových ploch. Rozměry dutiny formy musí kompenzovat teplotní smršťování produktu. Špatně nadimenzované rozměry dutiny formy se projeví v nedodržení tolerancí IT rozměrů produktu. Kvalita povrchu formy přímo ovlivňuje jakost a vzhled povrchu výsledného produktu. Pokud je požadovaný lesklý vzhled produktu, pak stěna formy musí být broušená, pro matný vzhled produktu často stačí konvenčně obrobený povrch dutiny formy, ale lze se setkat i s povrchem vytvořeným pomocí technologie úpravy povrchu pískováním. Požadovaná textura na povrchu produktu musí být také vyrobena do stěny dutiny formy [2] [1].

Stupně přesnosti IT předepisuje norma ČSN EN ISO 286-1 (014201). Přesnost dutin se pohybuje v rozmezí IT 8 až IT 10.

3.1.2 Smrštění

Změna rozměrů produktu po vstřikování je především způsobeno tepelnou roztažností polymerního materiálu. Velikost smrštění představuje rozdíl mezi rozměry dutiny formy a skutečnými rozměry produktu. Velikost smrštění lze ovlivnit délkou dotlaku, nebo i tepelnou roztažností kovové formy. Proto se musí s tímto jevem počítat při konstrukci dutiny formy. Dutina formy je pak navržena tak, aby kompenzovala tepelnou roztažnost polymerního materiálu. Velikost smrštění lze ovlivnit také správným nastavením technologických parametrů. Správná konstrukce formy a nastavení vstřikovacího procesu zaručí výrobu produktu v požadovaných tolerancích [2].



Obrázek 6 Průběh smrštění [19]

3.1.3 Násobnost formy

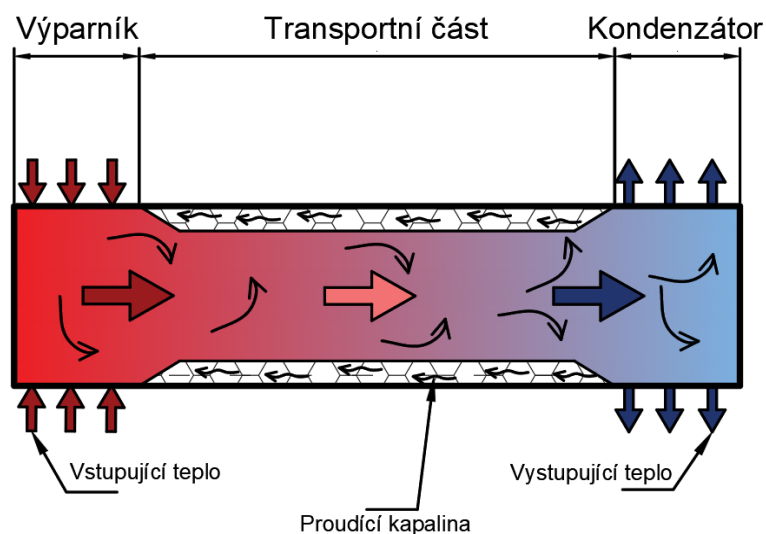
Násobností formy lze ovlivnit ekonomičnost celé výroby. Pokud je to možné z pohledu velikosti vstřikovaného dílu, tak je vždy snaha o více násobnou formu. Výroba více než jedné dutiny prodraží pořizovací cenu formy. Tyto náklady se vrátí v podobě zvýšení produktivity vstřikování a ušetření času výroby [1].

3.2 Temperace forem

Vstřikovací forma převezme teplo, které bylo předáno polymerní tavenině v plastikační jednotce a odvede ho z místa dutiny formy. Forma musí zároveň udržovat s konstantní teplotní pole. Řízení teplotního pole ve formě je náročná operace a často vysoce citlivá na vnější parametry a může ji ovlivnit i sezónní změny teploty nebo ranní a noční rozdíl teploty na směnách. Odvádění přebytečného tepla probíhá působením aktivních a pasivních prvků. [20] [21].

Pasivně:

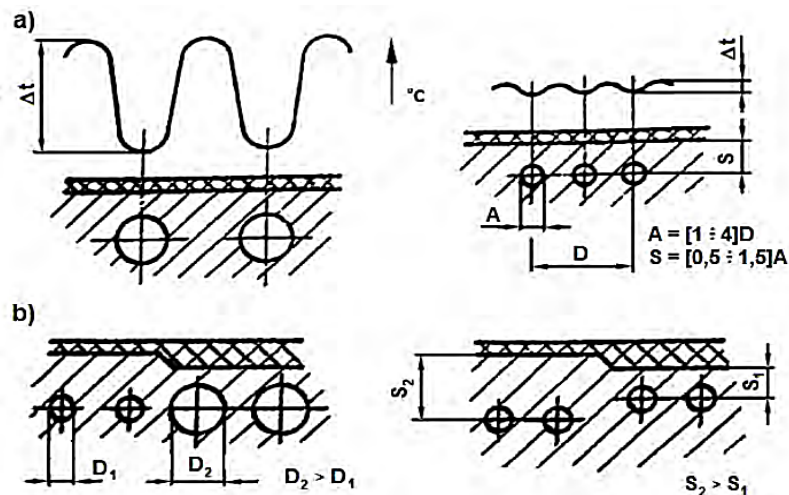
- Přirozenou radiací (vyzářením) tepla z neizolovaných ploch formy do okolí.
- Vedení tepla do upínacích ploch stroje. Tento děj je snahou omezit přidáním izolačních desek na kontaktní plochy formy s plochou stroje. Tím je zamezeno zbytečným ztrátám energie.
- Konstrukcí částí formy z materiálů nebo s jádrem z materiálů s vysokou teplotní vodivostí [22].
- Vložením tepelných trubíc. Jedná se o duté, uzavřené těleso nejčastěji kruhového průřezu, uvnitř je kapalina tkz. pracovní látka. Jeden konec tepelné trubice je vložen tam, kde je zapotřebí odvést teplo. Odváděné teplo je přeneseno trubicí na její druhý konec (teplotní tok), kde toto přebytečné teplo vyúští (často kanálek pro vedení temperačního media) [23].



Obrázek 7 Princip tepelné trubice

Aktivně:

- Chlazení pomocí temperačního media ve vyvrtaných kanálcích. Rozmístění vyvrtaných chladících kanálků v deskách formy je navrženo tak, aby bylo dosaženo stálého teplotního pole. Vzdálenost kanálků by měla být maximálně trojnásobek průměru kanálku. Není doporučeno konstrukčně navrhovat průměr kanálku menší než 6 mm a větší než 15 mm [21] [23].

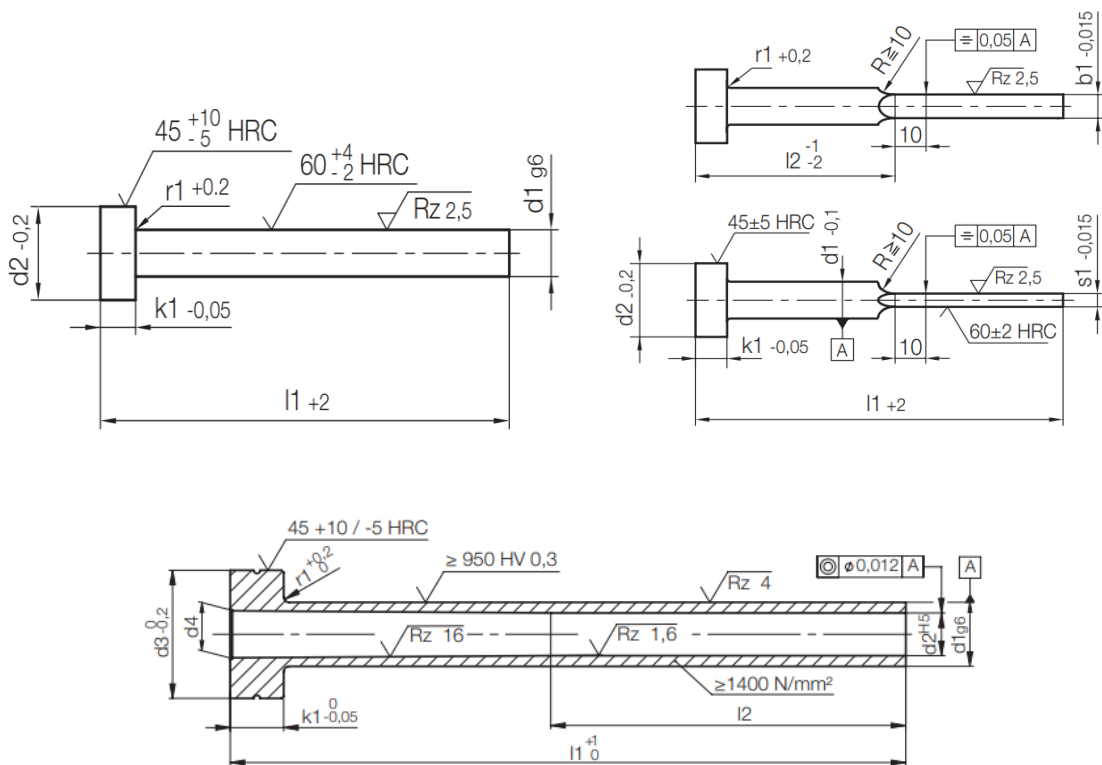


Obrázek 8 Průběh teploty [19]

Jako temperační medium se nejčastěji používá voda, minerální oleje nebo glykol. Často se do temperačních kanálků umísťují prvky, které mají za úkol vytvořit turbulentní proudění temperačního media a tím zajistit efektivnější výměnu tepla mezi deskami formy a temperačního media. [21].

3.3 Vyhazování produktu z forem

Vyhazovací mechanismus vstřikovací formy musí být konstrukčně navržen tak, aby zajistil správné odformování produktu při každém cyklu. K tomu se používá různých druhů mechanismů, nejčastější a nejlevnější z nich je mechanické vysunutí produktu z dutiny formy pomocí kalených vyhazovačů. Vyhazovače jsou vyráběny v různých tvarech a velikostech. Nejpoužívanější jsou válcové, trubkové, osazené, šikmé nebo tvarové vyhazovače. Šikmé vyhazovače jsou používány tam, kde je zapotřebí odformování bočních zápichů. Šikmé vyhazovače jsou standartně vedeny pod úhly od 15° až 25°. Vyhazovače jsou ukotveny v deskách pro vyhazovače. Vysunuté vyhazovače musí zajistit úplné sesunutí produktu z tvárníku [1] [21] [22] [23].



Obrázek 9 Příklady vyhadzovacích kolíků [22]

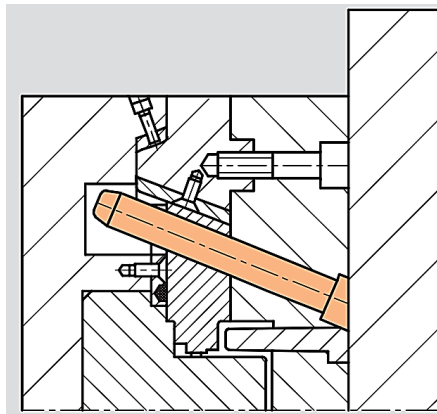
Při návrhu mechanických vyhadzovačů je klíčové zajistit, aby vyhadzovací síla působila na plochu produktu rovnoměrně. Tím je zamezeno deformaci nebo poškození produktu. Nevýhodou tohoto přístupu je, že po vyhození produktu z dutiny formy zůstávají viditelné stopy na stěně. Z tohoto důvodu jsou vyhadzovače umístěny tak, aby působily pouze na části produktu, které nejsou viditelné. [1] [21] [22] [23].

Dalším mechanický způsobem vyhadzování produktu z dutiny formy se uplatňuje použití stírací desky. Tento mechanismus se hodí zejména pro odformování větších dílů. Výhodou je, že stírací deska působí silou po celém obvodu produktu a nezanechává stopy po vyhadzování. Podobnou funkcí má stírací kroužek, který je menší a kruhového tvaru [24] [21].

Mezi méně častě způsoby vyhadzování produktu z formy patří vyhadzování stlačeným vzduchem. Vyhadzování stlačeným vzduchem je vhodné použít tam, kde je potřeba odformovat slabostěnné výrobky větších rozměrů. Stlačený vzduch se dopraví mezi výrobek a tvárník a tím dojde k rovnoměrnému oddělení výrobku od tvárníku [24].

3.4 Odformování vedlejších rovin

Pokud požadovaný výrobek nelze zaformovat pouze pomocí jedné hlavní dělicí roviny, pak musí být ve formě navrženy roviny vedlejší. K odformování vedlejších rovin slouží různé druhy mechanismů, které jsou již standardně řešeny výrobcí normální. Nejčastěji se využívá posuvných mechanismů. Ty jsou složeny z posuvné jednotky s jádrem a šikmých nebo lomených kolíků. Kolíky jsou ukotveny v pevné části formy a posuvná jednotka se nachází v pohyblivé části. Výhodou lomených kolíků je to, že posuvný pohyb jádra lze zpozdít. Jádra v koncových polohách se musí vždy zajišťovat, aby bylo zabráněno otevření vstřikovacím tlakem, nebo aby nedošlo k poškození formy [1] [21].

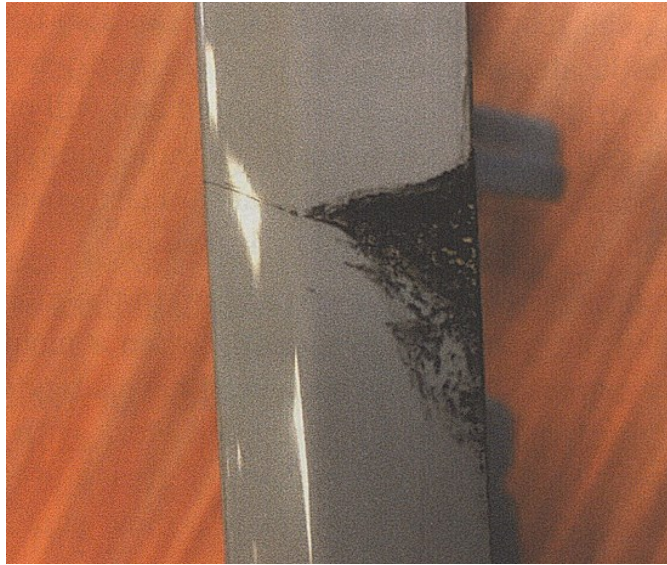


Obrázek 10 Příklad posuvného mechanismu [22]

Pokud jsou jádra příliš těžká, pohyb jader je zapotřebí řídit nebo dráha jader pro odformování je příliš velká, pak se pro odformování volí jiné mechanismy. Často to pak bývají mechanismy hydraulické, lze se i setkat s mechanismy pneumatickými, avšak ty jsou nevhodné z důvodu stlačitelnosti vzduchu [1] [21].

3.5 Odvzdušnění forem

Cílem odvzdušnění dutiny formy, je zvýšení kvality výroby. Čím je rychlost vstřikování polymerní taveniny do dutiny formy vyšší, tím musí být systém odvzdušnění účinnější. Při vstřikování, je vzduch v dutině formy stlačen do velmi malého objemu, tím se jeho teplota mnohonásobně zvýší a tím dojde ke spálení produktu. Tento jev se nazývá Dieselův efekt. Další možnou vadou vzniklou špatným odvzdušněním formy je, že stlačený vzduch je zatlačen do povrchu produktu a tím vznikne tzv. bublina. Příklad Dieselového efektu je na obrázku 11 [1] [23].



Obrázek 11 Dieselův efekt [17]

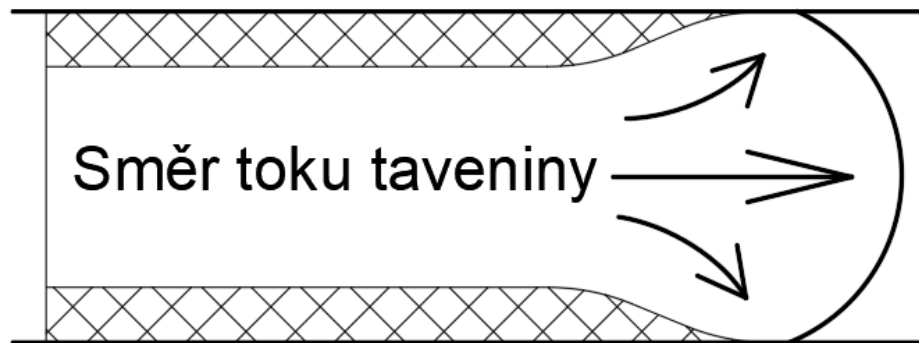
Nejčastěji je dutina formy od vzdušněna v dělicí rovině, díky nepřesnosti výroby a vzniklé vůli mezi deskami je umožněno vzduchu uniknout z dutiny formy. Pokud ale formu nelze zcela od vzdušnit v dělicí rovině, pak musí být v dutině formy vyrobeny drážky nebo mechanismy které umožní formu od vzdušnit. U starších forem se od vzdušnění dutiny formy navrhovalo tak, že byla provedena zkouška vstřikování na formě a poté se sledovalo, kde na produktu a na povrchu dutiny formy jsou bubliny nebo spálená místa. V těchto místech bylo poté dodatečně vyrobeno od vzdušnění. V dnešní době se již tento problém řeší pomocí simulačních programů jako jsou MoldFlow nebo CadFlow [1] [21].

3.6 Vtokové systémy forem

Vtoková soustava zajišťuje vedení polymerní taveniny od trysky plastikační jednotky až po dutinu formy. Vtoková soustava je navržena tak, aby bylo dosaženo maximální doby působení dotlaku. Obvykle je tok směřován k nejtlustšímu bodu na vstřiku, na rozdíl od vstřikování plněného polymeru pomocí nadouvadel [2] [23].

3.6.1 Fontánový tok

Tokové kanály musí být navrženy tak, aby v závislosti na vstřikovacím tlaku, polymerní tavenina proudila fontánovým tokem. Fontánový tok se vyznačuje laminárním prouděním taveniny uvnitř kanálu a tím nižším odporem proti tečení. Při fontánovém toku nejdříve zamrzá materiál na stěnách rozváděcího kanálu. Tím vznikne izolační vrstva polymeru, tím je zpomaleno zamrznutí vtoků a prodlužuje se doba dotlaku [1].



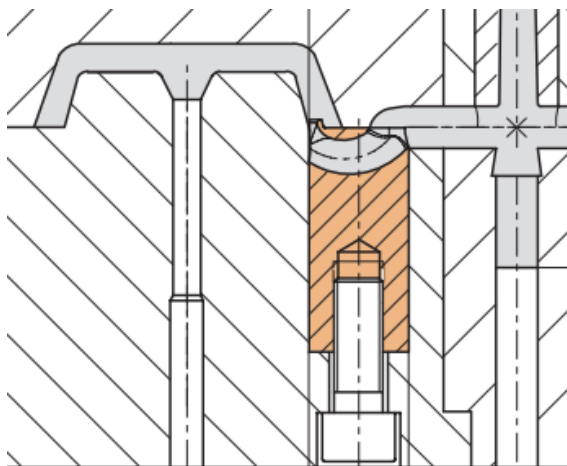
Obrázek 12 Fontánový tok

3.6.2 Studené vtoky (SV)

U studených vtoků v rámci výrobního cyklu vždy dojde k jejich zamrznutí a vyhození z formy. Tvar a rozměry vtoku ovlivňují dobu dotlaku, spotřebu polymerního materiálu, náročnost na opracování a začištění produktu, rozměr, vzhled a vlastnosti produktu. Dráha taveniny ve studené vtokové systémy je navržena tak, aby byla co nejkratší. U více násobných forem musí být dodrženo to, aby dráha polymerní taveniny byla u všech dutin stejná [2].

Banánový vtok

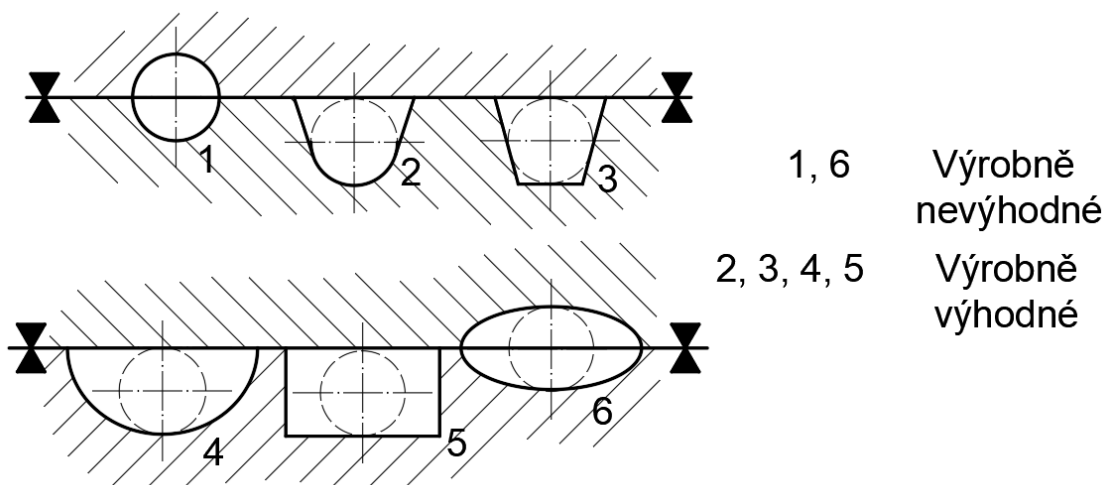
Banánový vtok patří mezi speciální typy bodového ústí. Při vyhazování produktu z dutiny formy dojde k jeho odtržení a samostatnému vyhození. Banánový vtok umožňuje vést ústí studených vtoků pod dělicí rovinou do nepohledové strany výrobku. Tento typ ústí je výrobně náročný a umísťuje se do dutiny formy pomocí vtokových vložek, které jsou dodávány výrobcem normální. Nevýhodou je, že při použití křehkých materiálu může dojít k zalomení ústí v dutině vložky [2] [23].



Obrázek 13 Příklad použití banánového vtoku [22]

Průřez vtokových kanálů

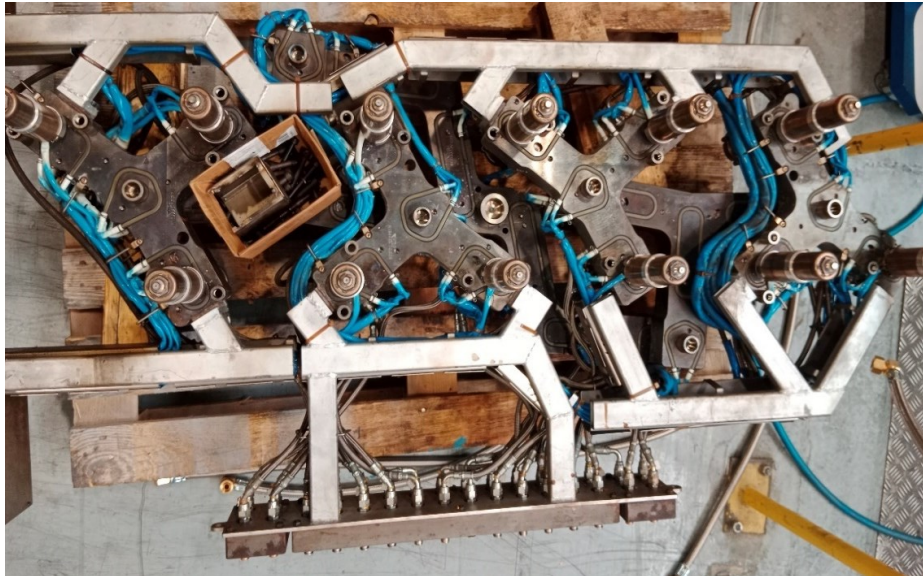
Průřez tokových kanálů je volen tak, aby byl poměr obvodu kanálů k ploše co nejmenší. Průřez vtokových kanálů musí být dostatečně velký pro co nejrychlejší naplnění dutiny formy a zároveň se zohledňuje množství spotřebovaného polymerního materiálu. Nejlépe tyto požadavky splňují tokové kanály kruhové průřezu [2] [23].



Obrázek 14 Vhodné průřezy vtokových kanálů [23]

3.6.3 Vyhřívání vtokové soustavy (VVS)

Využití vyhřívání vtokových soustav při konstrukci formy se již stává standardem, hlavně ve velkosériové výrobě. Hlavní výhody vyhřívání vtokových soustav je zkrácení výrobních cyklů, možnost vyššího stupně automatizace, snížení materiálových ztrát, možnost rychlé změny barvy materiálu a produkt dosahuje lepší kvality. Jejich nevýhodou je, že pořizovací cena, vyhřívání vtokových soustav oproti studeným vtokovým soustavám, je mnohonásobně vyšší. Vyhřívání vtokové soustavy jsou považovány za energeticky náročnější, ale jejich vlastnosti dovolují zpracování polymerní taveniny při nižších teplotách a nižším tlaku. Tím je za následek nižší spotřeba energie, nižší požadavky na výkon vstřikovacího stroje a snížení požadavku na upínací sílu formy. Proto lze výrobu provádět i na menších vstřikovacích strojích s menším výkonem [23] [25] [26].

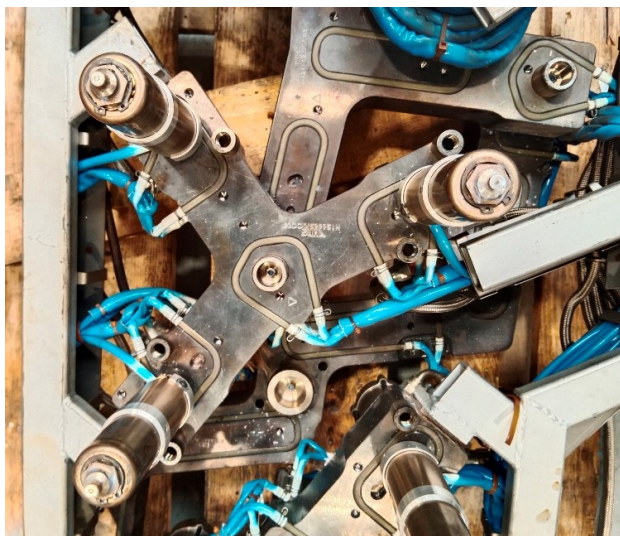


Obrázek 15 Příklad vyhřívané vtokové soustavy

Vyhřívané rozvodné bloky

Vyhřívané vtokové soustavy se skládají z vyhřívaného rozvodného bloku a vyhřívaných trysek. Úkolem rozvodných bloků je rovnoměrný rozvod polymerní taveniny k tryškám. Správná funkce rozvodného bloku vyžaduje rovnoměrné vytápění. Návrh temperačního obvodu vyhřívaných rozvodných bloků je složitý úkol, proto návrh temperačního obvodu pro vyhřívané rozvodné bloky zajišťuje výrobce [2] [23].

Vyhřívané bloky se umísťují mezi upínací a tvarovou deskou v pevné části formy, jejich tvar je přizpůsoben umístění dutin ve formě. Rozvodné bloky jsou vyráběny ve tvarech I, H, X, Y a hvězdice. Ocelové tělo vyhřívaného rozvodného bloku je izolované, aby nedocházelo ke zbytečným tepelným ztrátám [2] [23].



Obrázek 16 Příklad rozvodného bloku

Vyhřívané trysky

Propojení vyhřívaného rozvodného bloku s dutinou formy je zajištěno prostřednictvím vtokových trysek. Většina trysek obvykle disponuje vlastním topným článkem s regulací, nicméně lze narazit i na trysky vyhřívané jiným zdrojem vtokové soustavy. Vyhřívaná tryska může mít jeden nebo více otvorů, které vedou do dutiny formy. Ústí trysky je vybaveno hrotem, který slouží k otevírání a uzavírání trysky. Avšak existují i trysky s ústím bez hrotu nebo s unikátní konstrukcí. [2] [23].



Obrázek 17 Příklad vyhřívané trysky

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cíle bakalářské práce jsou:

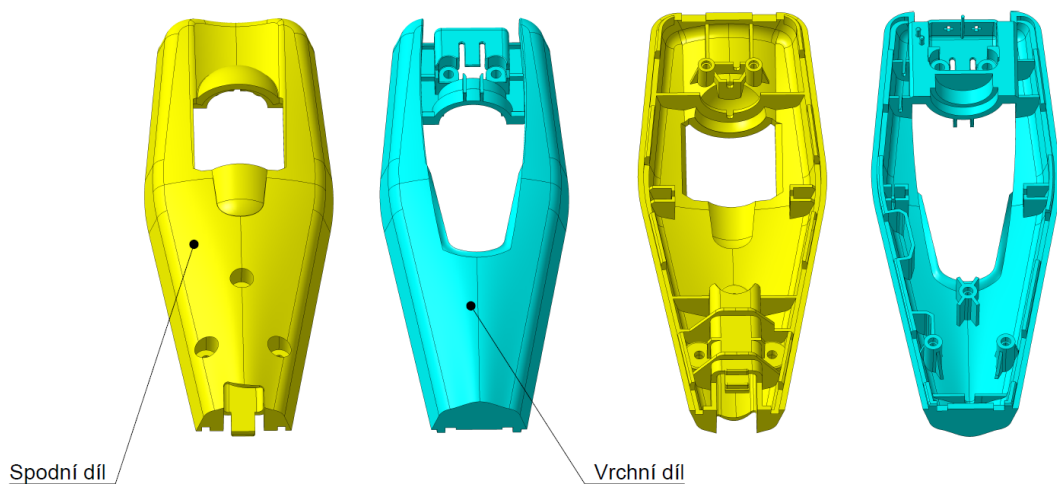
- Vypracovat literární studii na dané téma.
- Vymodelovat daný díl ve 3D
- Provést konstrukci vstřikovací formy pro daný díl
- Nakreslit 2D sestavu vstřikovací formy

V části bakalářské práce zabývající se literární studii, byla stručně popsána technologie vstřikování plastů, vstřikovací stroj a polymerní materiály používané pro technologii vstřikování. Dále pak byly podrobněji popsány zásady pro konstrukci vstřikovací formy a popis funkce vybraných částí vstřikovací formy.

V praktické části bakalářské práce byl vymodelován 3D model vybraného plastového dílu. Model plastového dílu byl zaformován a poté byla navržena konstrukce vstřikovací formy pro daný díl. Pro návrh konstrukce vstřikovací formy a vytvoření 3D modelu plastového dílu bylo využito programu CATIA V5-6R2020.

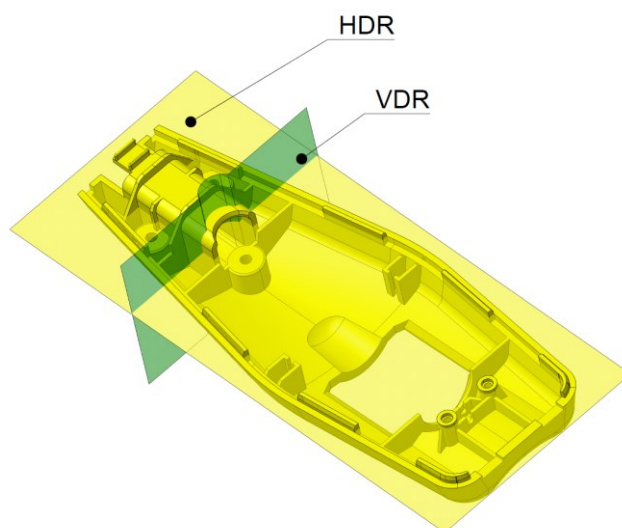
5 MODEL VÝROBKU

Zvolený díl tvoří dvě části, které společně vytvoří část rukojeti směrovky. Vrchní část rukojeti směrovky je nesymetrická vůči části spodní. Obě části rukojeti směrovky potřebují k odformování hlavní dělicí rovinu a jednu vedlejší rovinu. Pro odformování vedlejší roviny spodní části směrovky postačí systém šikmých vyhazovačů, k odformování vrchní části směrovky je zapotřebí jádro.



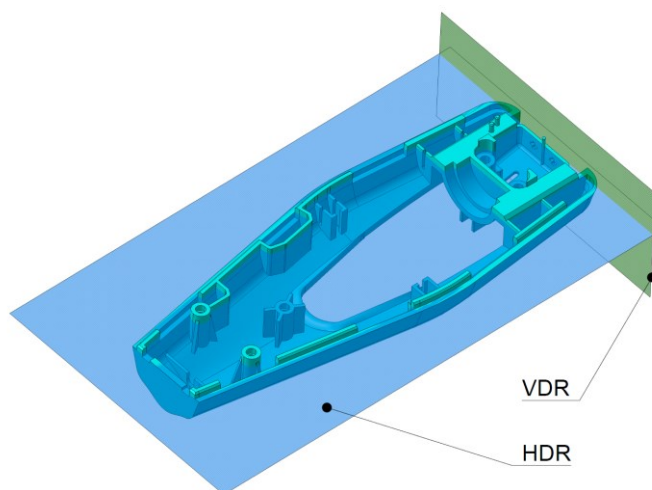
Obrázek 18 3D model vybraného dílu

Největší rozměry spodního dílu jsou 159x61x30 mm. Objem spodního dílu je 32,61 cm³ a předpokládaná váha dílu je 37 g. Pro odformování spodního dílu je zapotřebí hlavní dělicí rovina a jedna vedlejší dělicí rovina.



Obrázek 19 Detail spodního dílu

Největší rozměry vrchního dílu jsou 159x61x22,5 mm. Objem spodního dílu je 27,77 cm³ a předpokládaná váha dílu je 32 g. Pro odformování vrchního dílu je zapotřebí hlavní dělicí rovina a jedna vedlejší dělicí rovina.



Obrázek 20 Detail vrchního dílu

5.1 Výběr materiálu

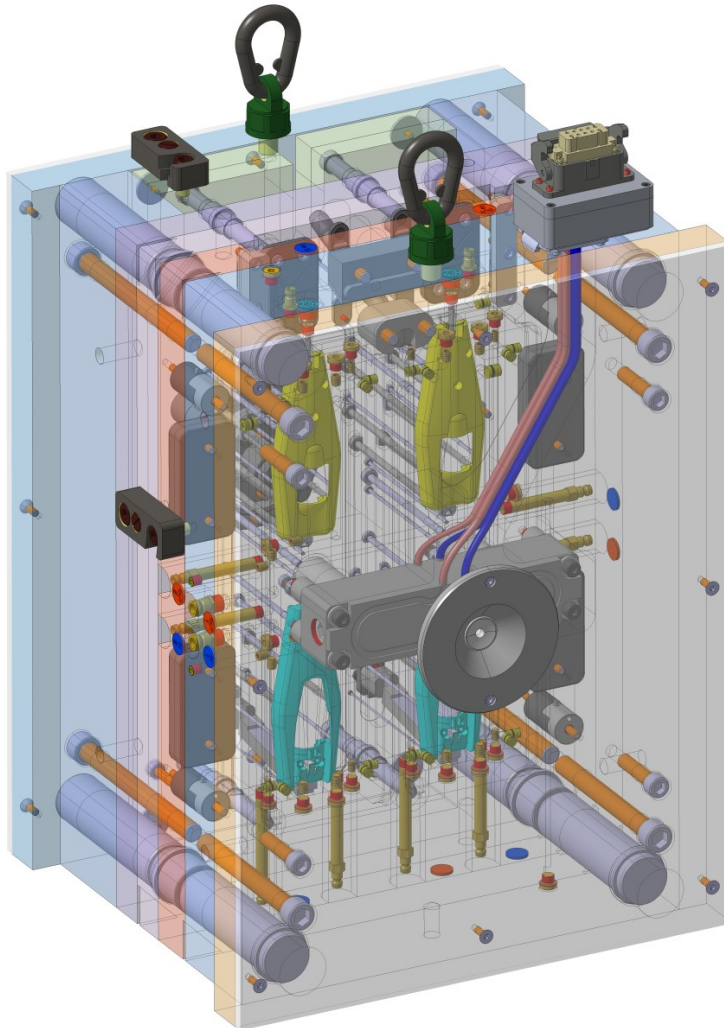
Kvůli předpokládanému častému využívání výrobku řidičem se od výrobku očekává vysoká houževnatost a odolnost proti otěru. Zároveň výrobek musí být chemicky odolný proti různým druhům olejů, paliv (benzín, nafta) a tukům, například z dlaní řidiče. Proto pro výrobu části směrovky byl zvolen materiál PA6 (polyamid 6) prodáván pod názvem ©Technyl, lze také nalézt pod názvem ©Domamid 6LV NC.

Výběr některých vlastností materiálu ©Technyl lze vidět v tabulce 1. Podrobné vlastnosti materiálu ©Technyl lze nalézt v příloze P I: Materiálový list PA6_©Technyl.

Tabulka 1 Vybrané vlastnosti PA6 [P I]

Vybrané vlastnosti materiálu – PA6 ©Technyl				
Vlastnost	Norma	Podmínky	Hodnota	Jednotka
Hustota	ISO 1183		1,14	g/cm ³
Smrštění	ISO 294-4, 2577		1-1,2	%
Absorpce vlhkosti ze vzduchu	ISO 62	T=23 °C, 50 % RH	3,3-3,4	%
Objemový index toku taveniny	ISO 1133	275 °C, 5 kg	225	cm ³ /10 min
Viskozita	ISO 307	96 % H ₂ SO ₄	125	cm ³ /g
Modul pružnosti v tahu	ISO 527-1/-2	1 mm/min	3100	MPa
Doporučená teplota tavení			230–250	°C
Doporučená teplota formy			60–90	°C

6 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY



Obrázek 21 Návrh vstříkovací formy

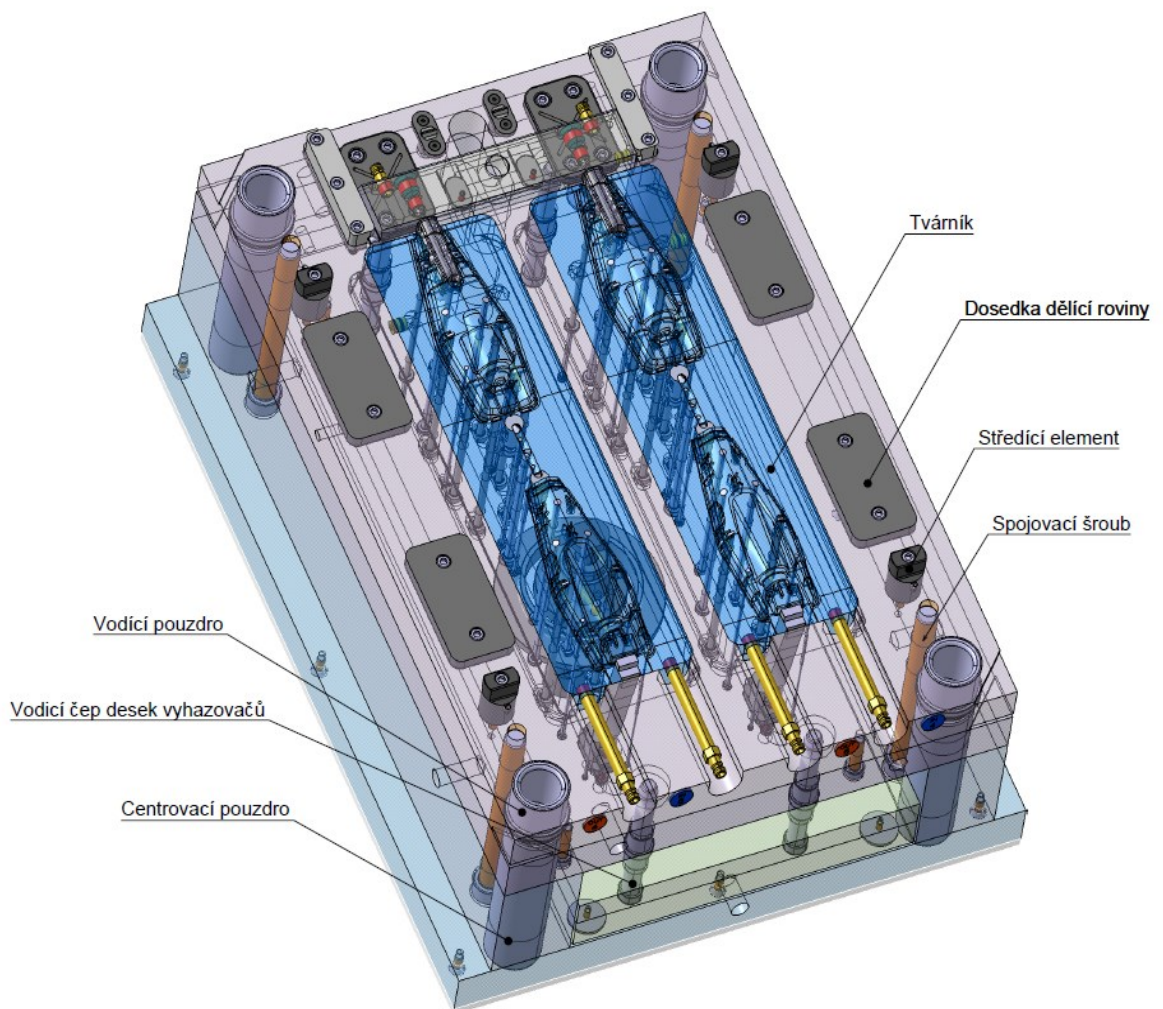
Návrh vstříkovací formy byl vypracován v programu CATIA V5-6R2020. Při konstrukci byla snaha použít co nejvíce normalizovaných součástí. Veškeré hlavní a funkční části vstříkovací formy jsou navrženy pomocí normálií od firmy Meusburger. Systém horkých vtoků byl navržen využitím online asistenta firmy Mesuburger. Normálie pro transportní část formy jsou od firmy Hasco.

Hlavní rozměry formy jsou 705x446x520 mm. Rozměry desek vstříkovací formy jsou 596x446x399 mm. Předpokládaná váha formy je 1100 kg. Násobnost formy je dvojnásobná párová (4 jednotlivé kusy za jeden cyklus).

Forma nebyla navržena k bezúdržbové výrobě, proto je potřeba po 10 000 cyklech provést údržbu vstříkovací formy a jejich funkčních částí.

6.1 Pravá část vstříkovací formy

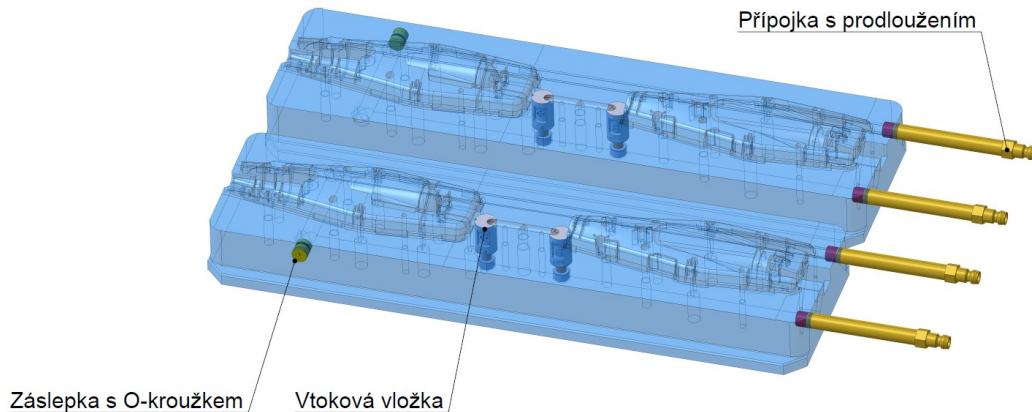
Rám pravé (posuvné) části formy upevňuje tvárníky, pohyblivou část posuvné jednotky, spojovací prvky, vodící a středící prvky. Kvůli dodatečnému dostředění dělicích rovin jsou upevněny v dělicí rovině středící elementy. V dělicí rovině se nachází dosedky, ty slouží k tomu, aby bylo zamezeno velkým rázům při uzavření formy. Desky pravé části vstříkovací formy jsou středěny pomocí centrovacího pouzdra, středění s levou částí formy zabezpečují vodící pouzdra. Spojovací šrouby pak zabezpečují soudržnost desek formy.



Obrázek 22 Pravá část vstříkovací formy

6.1.1 Tvárníky

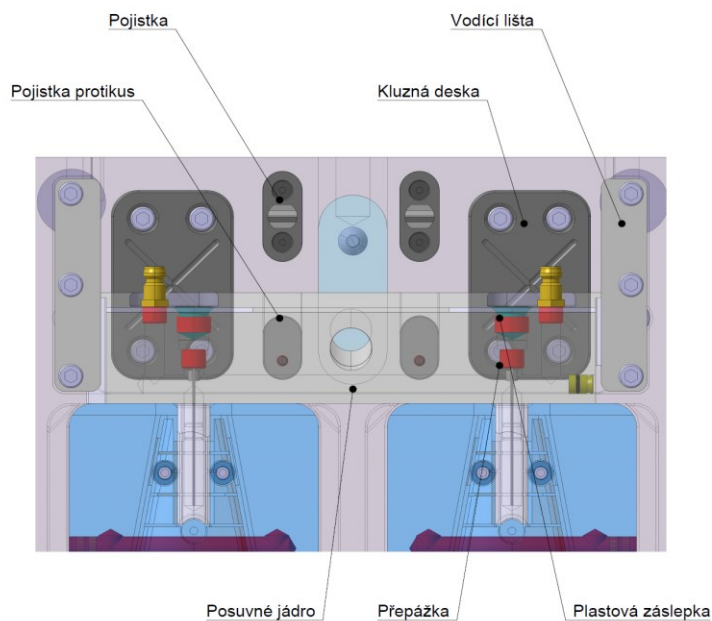
Rozměry tvárníku musí kompenzovat tvarové smrštění polymerního materiálu, proto rozměry tvárníku byly zvětšeny o 1,1 %. Tím bude zaručeno to, že po ochlazení výrobků budou rozměry odpovídat požadavkům od zadavatele.



Obrázek 23 Tvárníky

6.1.2 Posuvná jednotka

Pro odformování vedlejší roviny spodního dílu bylo využito posuvné jednotky, která je společná pro oba dva díly. Využití společného jádra pro oba dva díly, bylo navrženo kvůli dosažení menších rozměrů formy a jednodušší temperaci, na úkor větší hmotnosti samotného jádra. Aretaci posuvného jádra v koncové poloze zajišťují dvě pojistky. Při uzavření vstřikovací formy je posuvná jednotka uzamčena pomocí uzavíracího klínu.

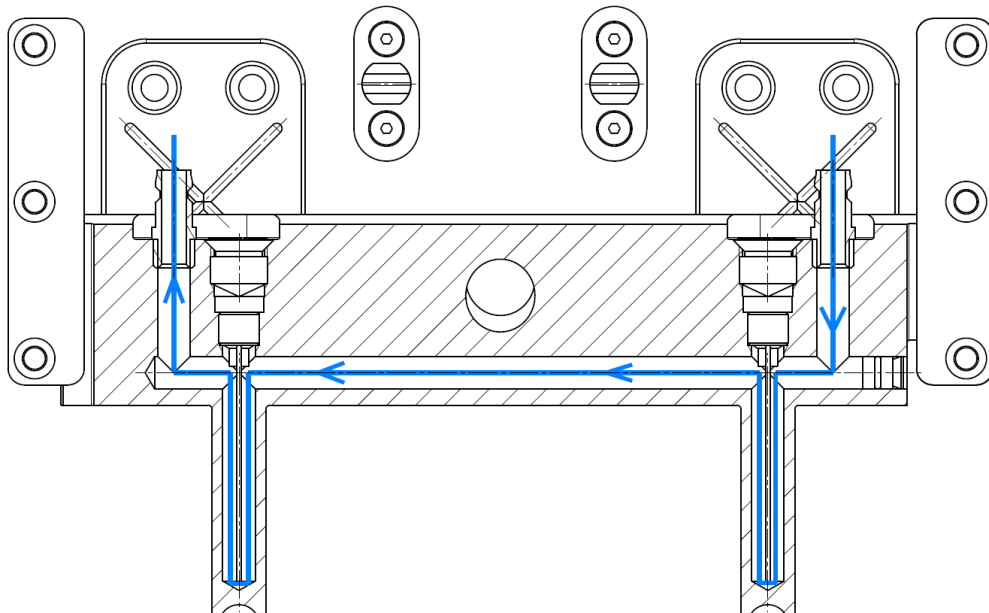


Obrázek 24 Posuvná jednotka (pohyblivá část)

Potřebný zdvih pro odformování je 45 mm a délka šikmého kolíku, který je ukotven v levé části formy, je 160 mm. Vodící části posuvné jednotky nebyly navrženy pro bezúdržbovou výrobu, proto je zapotřebí posuvné části kontrolovat a aplikovat dostatečné množství maziva.

6.1.3 Temperace posuvné jednotky

Temperace jádra je zajištěna pomocí jednoho samostatného okruhu. Průměr temperačních kanálků je $\varnothing d = 8$ mm. Temperace dlouhé části jádra je řešena pomocí přepážky. Rozměry jádra jsou 52x14x21 mm.

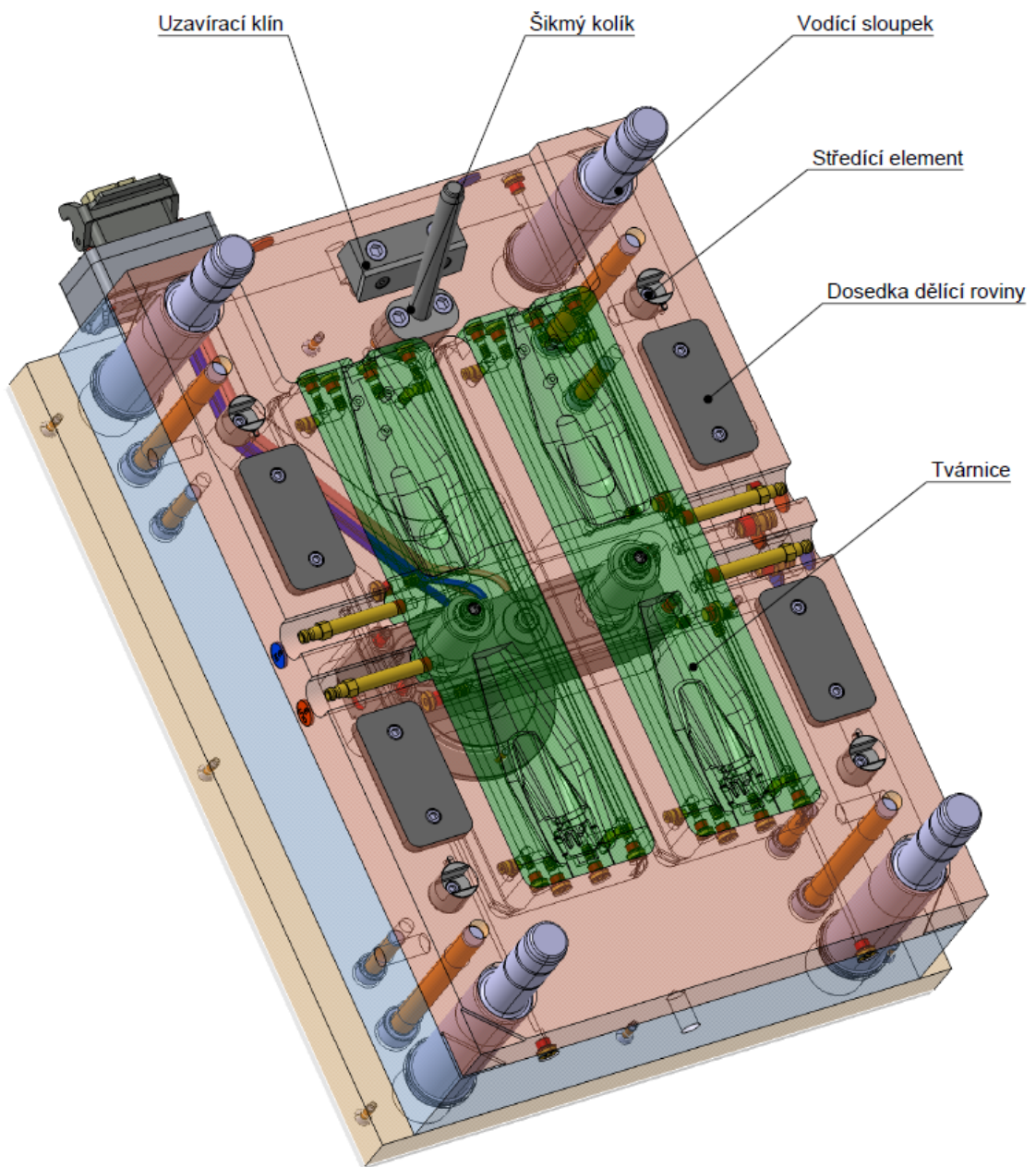


Obrázek 25 Temperace jádra

Propojení temperačního okruhu jádra s temperační jednotkou je doporučeno pomocí kovové hadice, aby nedošlo k poškození stěny hadice při pohybu jádra. Další možností by bylo použít prodloužené nátrubky, ty by pak ale vyčnívaly a mohlo by dojít k jejich zničení při nedbalém transportu vstřikovací formy mezi skladem a strojem.

6.2 Levá část vstříkovací formy

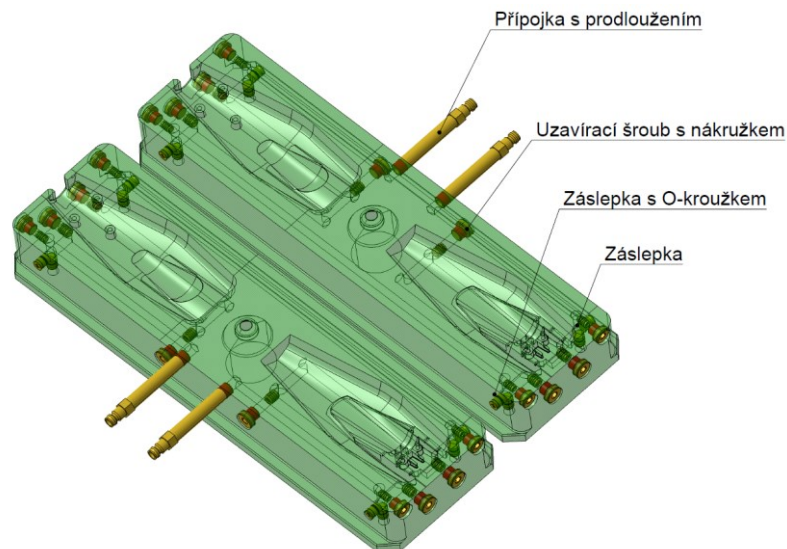
Rám levé (pevné) části formy upevňuje tvárnice, pevnou část posuvné jednotky, spojovací prvky, vodící a středící prvky. Kvůli dodatečnému dostředění dělicích rovin jsou upevněny v dělicí rovině protikusy středících elementů. Dosedky v levé (pevné) části vstříkovací formy mají stejnou funkci jako v části pravé (posuvné). Desky levé části formy jsou středěny vodícím sloupkem, který zároveň zajistí vystředění levé části s pravou částí formy. Spojovací šrouby pak zabezpečují soudržnost desek formy. V levé (pevné části) je ukotven systém horkých vtoků.



Obrázek 26 Levá část vstříkovací formy

6.2.1 Tvárnice

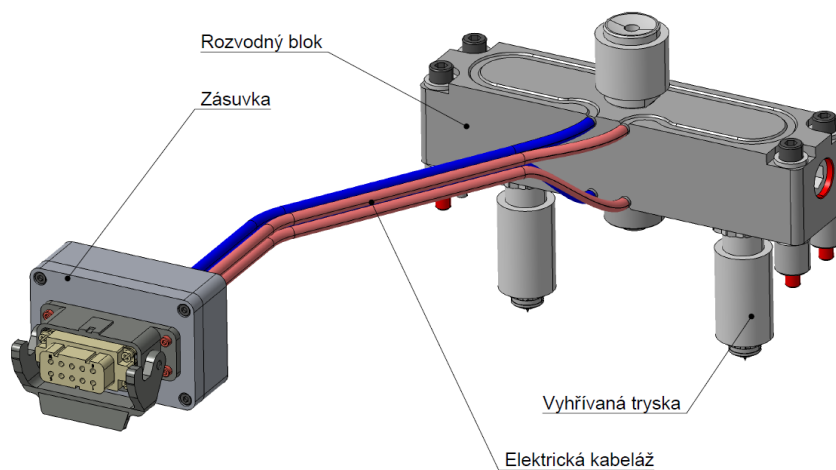
Stejně jako rozměry u tvárníku, tak rozměry dutiny tvárnice jsou zvětšeny o hodnotu smrštění 1,1 %. V tvárnici je opřena vyhřívaná tryska, která z tvárnice ústí do vtokových kanálků v tvárníku.



Obrázek 27 Tvárnice

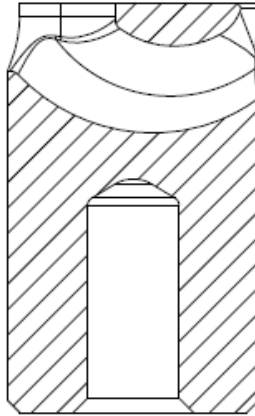
6.2.2 Kombinovaný systém vtoků

K dopravě polymerní taveniny do dutiny formy byl zvolen kombinovaný systém vtoků. Tavenina je ve formě rozvedena systémem horkých vtoků. Vyhřívané vtokové systémy mají výhodu v tom, že lze proces lépe automatizovat, mají menší spotřebu materiálu a dosahují vyšší kvality výrobků. Nevýhodou je pak vysoká pořizovací cena.



Obrázek 28 Horký vtok vstříkovací formy

Studené kanálky dopraví taveninu k dutině formy, průměr studených vtokových kanálků je $\varnothing d = 6$ mm. Vyústění studených kanálků vede přes vtokovou vložku, která má tvar banánového vtoku. Vtokové vložky navedou taveninu do nepohledové strany výrobku. Maximální rozevření půlkruhového ústí vtokové vložky do dutiny formy je $\varnothing d = 1,6$ mm.



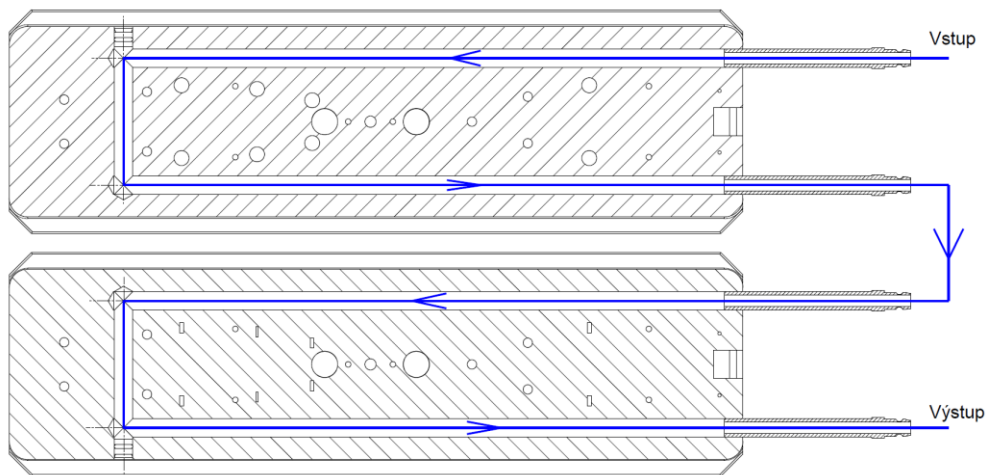
Obrázek 29 Detail vtokové vložky

6.3 Temperace tvarových vložek

Tempera vstříkovací formy bude tvořit 5 samostatných okruhů. Průměry kanálků temperace se liší podle potřeby a byly využity kanálky $\varnothing d = 6, 8$ a 10 mm. Temperačním mediem bude voda.

6.3.1 Temperace tvárníků

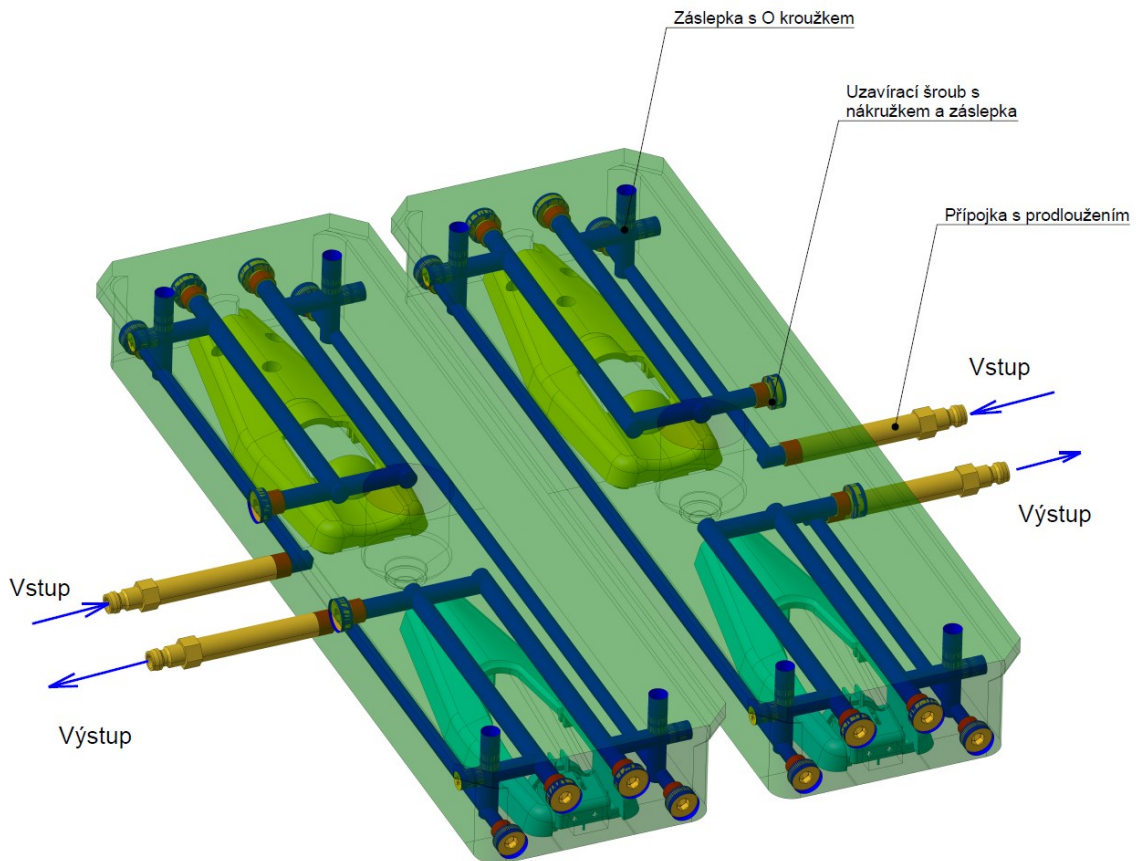
Temperaci tvárníku tvoří temperační kanálky $\varnothing d = 10$ mm. Vstupy a výstupy temperačních kanálků jsou opatřeny prodlouženými nátrubky.



Obrázek 30 Temperace tvárníku

6.3.2 Temperace tvárnice

Temperaci tvárnice tvoří temperační kanálky $\varnothing d = 6$ a 8 mm. Temperace tvárnice využívá dvou temperačních okruhů.

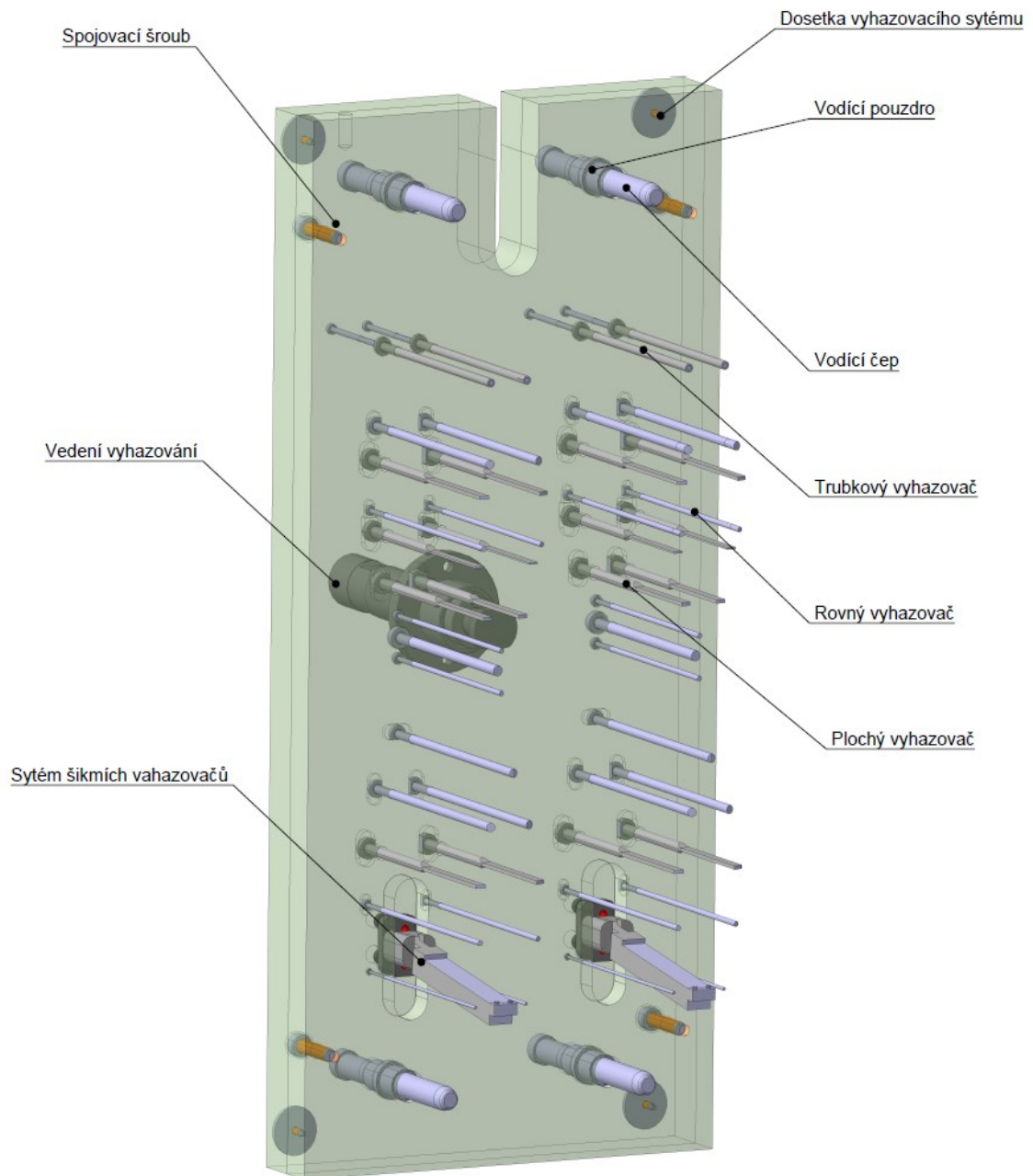


Obrázek 31 Temperace tvárnice

Vstupy a výstupy temperačních kanálků jsou opatřeny prodlouženými nátrubky. Pokud rozdíl teplot vstupující kapaliny a vystupující kapaliny nebude příliš vysoký. Tak by bylo možné propojit temperační okruhy tvárnice a zjednodušit tím temperaci na jeden temperační okruh.

6.4 Vyhazovací systém vstříkovací formy

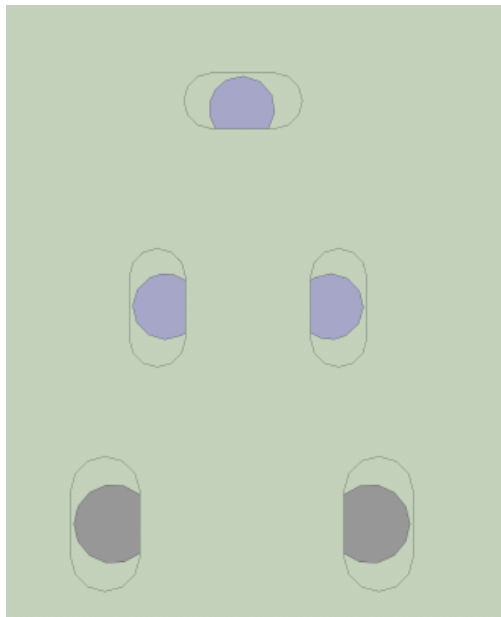
Vyhazovací systém tvoří kotevní desky vyhazovačů, vodící elementy, spojovací šrouby, vedení vyhazovacího systému a různé typy vyhazovačů.



Obrázek 32 vyhazovací systém

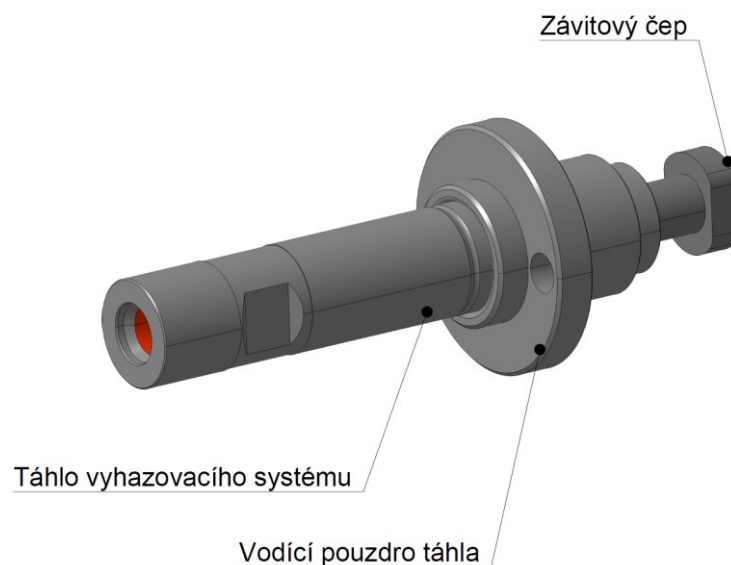
Pro rovnoměrné rozložení vyhazovací síly na vstříkovaný výrobek a zbytky vtokových ústí je zapotřebí celkem 32 rovných vyhazovačů $\varnothing d = 6 ; 5 ; 3,2 ; 3 ; 1,8$ mm, 4 trubkové vyhazovače $\varnothing d = 5$ mm, 16 plochých vyhazovačů o rozměrech 5,5x2 mm; 5,5x1 mm.

Protože velká část vyhazovačů působí do nerovné plochy výrobku, tak musí být většina vyhazovačů zajištěna proti otočení. Zajištění proti otočení bylo navrženo ofrézováním vyhazovačů a jejich uložením do nekruhové drážky. Pokud by vyhazovače nebyly zajištěny proti otočení, nebo kdyby jejich čelo nebylo zarovnáno s plochou výrobku, tak by zanechávaly výrazné otisky na stěně výrobku.



Obrázek 33 Detail zajištění vyhazovačů

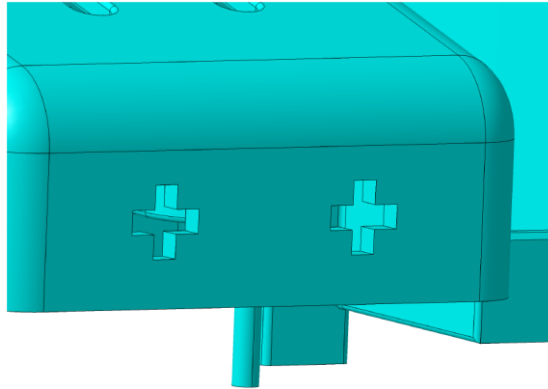
Řízení pohybu vyhazovacího systému vstřikovací formy je zajištěno pomocí táhla a vodícího pouzdra, tak jak je doporučeno výrobcem.



Obrázek 34 Táhlo vyhazovacího systému

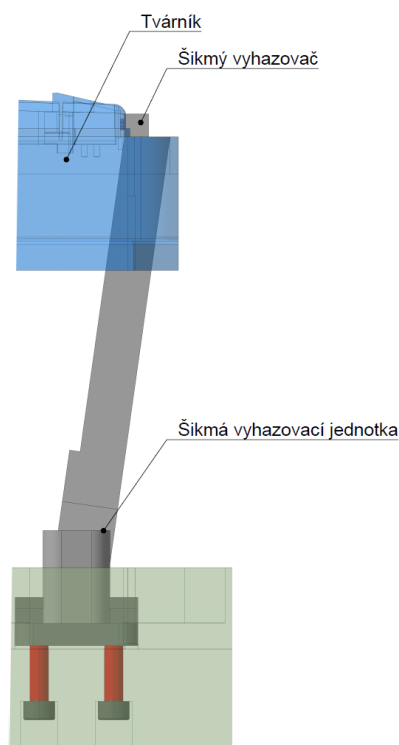
6.4.1 Systém šikmých vyhazovačů

Systém šikmých vyhazovačů odformuje velmi malý podkos na výrobku, kvůli kterému by bylo nevýhodné navrhovat posuvnou jednotku. Podkos se objevuje na zadní straně vrchního dílu.



Obrázek 35 Detail podkosu

Systém šikmých vyhazovačů je ukotven v deskách vyhazovacího systému. Šikmý vyhazovač je pak pod úhlem veden až do dutiny formy. Při pohybu vyhazovacího systému dojde k vysunutí šikmého kolíku z podkosu výrobku. Po uzavření formy je šikmý kolík opřený o část tvárnice. Tím je zajištěn proti pohybu, dokud nedojde opět k otevření formy.



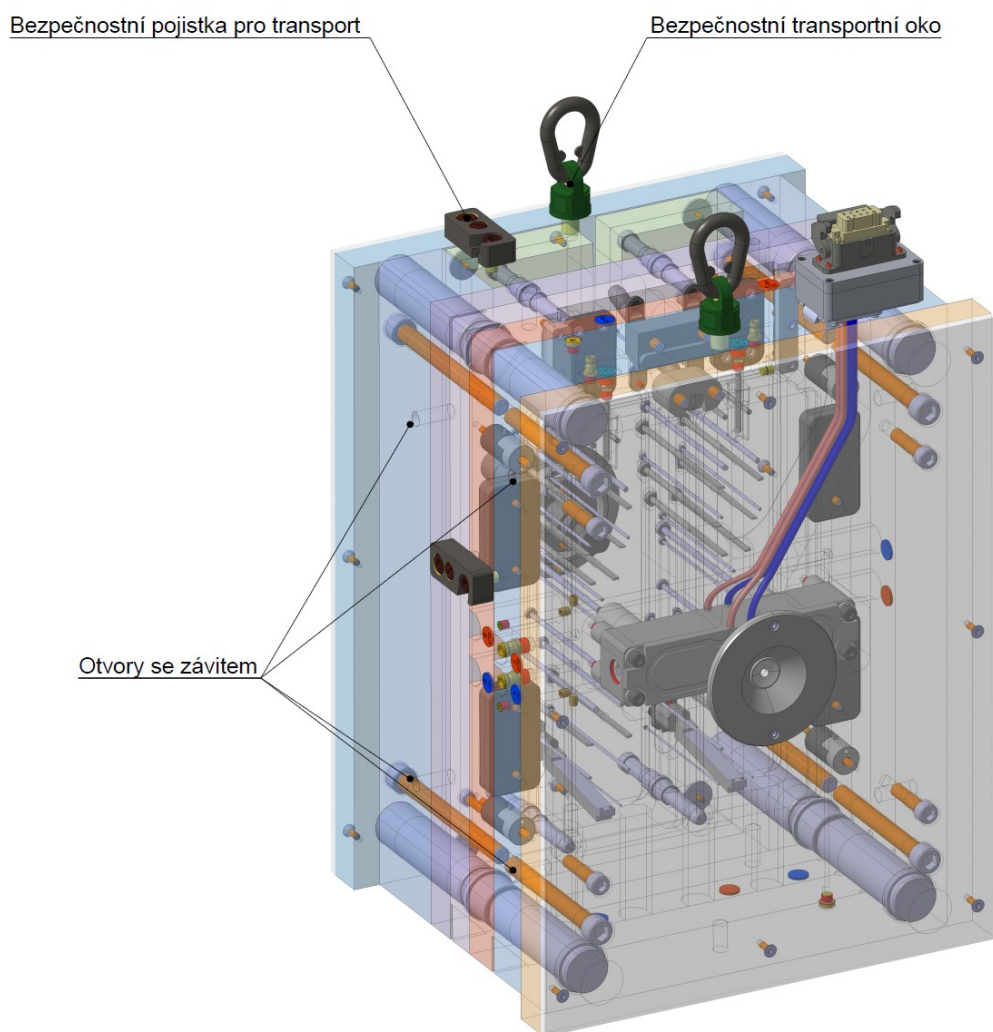
Obrázek 36 Detail šikmého vyhazovače

6.5 Odvzdušnění dutiny formy

Odvzdušnění dutiny formy je zde řešeno vůlí v dělicích rovinách vstřikovací formy, vůlí mezi tvarovým jádrem a tvarovými vložkami vstřikovací formy. Také vůlí mezi vyhazovači a tvárníkem.

6.6 Transport

Forma je opatřena dvěma hlavními bezpečnostními oky, pro transport ke vstřikovacímu stroji nebo pro transport formy do skladu. Při transportu celé formy musí být forma opatřena pojistkou proti otevření v hlavní dělicí rovině a také pojistkou proti samovolnému posunu vyhazovacího systému formy. Kvůli jednodušší údržbě vstřikovací formy a možnosti obsluhy pohybovat s pravou nebo levou částí formy samostatně, je forma opatřena otvory se závitem M16 pro namontování transportních ok.



Obrázek 37 Transportní části s formou

7 VÝBĚR VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Vybraný vstříkovací stroj pro výrobu musí mít prostor mezi sloupky větší, než je šířka vstříkovací formy, proto aby vstříkovací forma šla upnout na pracovní část stroje. Vstříkovací forma musí také splňovat minimální a maximální výšku danou parametry stroje, aby bylo možné vstříkovací formu na stroji použít. Neméně důležité parametry stroje jsou uzavírací síla a množství zpracovatelného materiálu na jeden cyklus stroje.

Proto byl vybrán vstříkovací stroj firmy Arburg, typ stroje Allrounder 470 E. Tento stroj vyhovuje všem požadavkům pro použití navržené vstříkovací formy. Výhodou také je, že stroj lze nalézt v dílnách UTB FT, ale muselo by se využít větší vstříkovací jednotky.

Vybrané vlastnosti stroje lze vidět v tabulce č.2. Podrobné specifikace stroje jsou vypsány v příloze P II: Arburg Allrounder 470 E.

Tabulka 2 Vybrané vlastnosti vstříkovacího stroje [P II]

Arburg Allrounder 470 E		
Specifikace	Hodnota	Jednotka
Vlastnosti stroje		
Výška stroje	2124	mm
Šířka stroje	1620	mm
Délka stroje	4256	mm
Váha stroje	5000	kg
Uzavírací jednotka		
Vzdálenost mezi sloupky	470x470	mm
Velikost upínací části stroje	637x637	mm
Minimální výška formy	250	mm
Maximální výška formy	500	mm
Uzavírací síla	1000	kN
Vstříkovací jednotka 290		
Zdvih šroubu	150	mm
Průměr šneku	40	mm
Maximální hmotnost dávky pro jeden cyklus [PA 6]	171	g
Maximální vstříkovací tlak	1530	bar

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout vstříkovací formu pro vybraný plastový díl. Vybraný plastový díl byla část rukojeti směrovky skládající se ze dvou částí.

V teoretické části práce byla stručně popsána technologie vstříkování a inovace v této technologii. Dále se teoretická část zabývá používanými polymerními materiály při technologii vstříkování. Druhá půlka teoretické části se věnuje zásadám pro konstrukci a vysvětluje funkci vybraných funkčních částí vstříkovací formy.

Praktická část práce byla zcela vypracována v programu CATIA V5-6R2020. Prvně byl převeden plastový díl na 3D model. Po vymodelování 3D modelu, byla navržena dvojnásobná párová vstříkovací forma. Vstříkovací forma je rozdělena na tři hlavní části, a to pravou část, levou část, a vyhazovací systém. V sestavě formy jsou dále podsestavy tvarových vložek, posuvné jednotky a transportních prvků. Kvůli nutnosti odformování otvorů na vybraném díle, byla ve vstříkovací formě navržena posuvná jednotka. Ovládání posuvné jednotky je zcela mechanické pomocí šikmého kolíku. Zbylé otvory, mimo hlavní dělicí rovinu, jsou odformovány pomocí systému šikmých vyhazovačů. Zvoleným materiálem pro výrobu plastového dílu je PA 6 (polyamid 6). Polyamid 6 byl vybrán kvůli jeho vhodným mechanickým a chemickým vlastnostem. Jedná se o neplněný typ materiálu kvůli získání lepších vzhledových vlastností výrobků a také zamezení zalomení ve vtokových kanálcích. Vtokový systém byl navržen kombinovaný. Vstříkovací stroj dopraví polymerní taveninu do vyhřívaného bloku. Vyhřívaná tryska ústí do studeného rozvodného kanálku zakončeném vtokovou vložkou. Tvar vtoku byl zvolen banánový. Temperaci tvarových dutin tvoří 5 samostatných okruhů, jeden okruh pro posuvnou jednotku, jeden okruh pro chlazení systému horkých vtoků, jeden okruh pro temperaci tvárníků a dva okruhy pro temperaci tvárnic. Odvzdušnění formy je řešeno vůlí v dělicí rovině, vůlí mezi vyhazovači a vůlí mezi tvarovým jádrem a tvarovými vložkami. Vyhazovací systém se skládá z 32 rovných vyhazovačů, 16 plochých vyhazovačů a 4 trubkových vyhazovačů. Pohyb vyhazovačů je zabezpečen táhlem, které přenáší pohyb ze stroje na systém vyhazovačů. Pro možnost transportu vstříkovací formy pomocí jeřábu, je forma opatřena bezpečnostními oky. Forma je vhodná použít na vstříkovacím stroji Allrounder 470 E od firmy Arburg.

Posledním bodem praktické části bylo nakreslit výkresovou dokumentaci sestavy vstříkovací formy s kusovníkem a pohledem do pravé a levé strany formy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] REES, Herbert. *Mold engineering*. 2nd ed. Cincinnati: Hanser Gardner Publications, 2002. ISBN 1-56990-322-0.
- [2] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů. I. díl, Vstřikování termoplastů. 2*. Brno: UNIPLAST, 1999.
- [3] THEMECHANICALENGINEERING.COM. *Injection Molding: Definition, Construction, Working Process, Advantages, Application* [online]. In: KUMAR, Amrit. 2021 [cit. 2024-02-15]. Dostupné z: <https://themechanicalengineering.com/injection-molding/>
- [4] In-Mold Sensors for Injection Molding: On the Way to Industry 4.0. *Mdpi* [online]. 2019, 19 [cit. 2023-11-01]. Dostupné z: <https://europepmc.org/backend/ptpmcrender.fcgi?accid=PMC6720700&blobtype=pdf>
- [5] LENFELD, P. Technologie II. Vstřikování plastů. In: *Technická univerzita Liberec katedra strojírenské technologie* [online]. [cit. 2023-11-01]. Dostupné z: https://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [6] *Arburg.cz* [online]. 2023 [cit. 2023-11-19]. Dostupné z: <https://www.arburg.com/cs/cz/>
- [7] *Engel.cz* [online]. 2023 [cit. 2023-11-19]. Dostupné z: <https://www.engelglobal.com/cs/cz/home>
- [8] 8 RECENT INNOVATIONS IN PLASTIC INJECTION MOLDING. In: UGHOC, ADAM. *Polymermolding* [online]. 2023 [cit. 2023-11-19]. Dostupné z: <https://www.polymermolding.com/8-recent-innovations-in-plastic-injection-molding/>
- [9] SURACE, Rossella, Vito BASILE, Vincenzo BELLANTONE, Francesco MODICA a Irene FASSI. Micro Injection Molding of Thin Cavities Using Stereolithography for Mold Fabrication. *Polymers* [online]. 2021 [cit. 2023-12-07]. ISSN 2073-4360. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.3390/polym13111848](https://doi.org/10.3390/polym13111848)
- [10] HUANG, Shuhui, Weiwei WANG, Fangwei QI, Jun LIN, Zhuyu ZHAO a Changfu LV. Experimental analysis of fluid-assisted injection molding of pipe fittings with different angles by short-shot method. *Engineering Reports* [online]. 2023 [cit. 2023-12-07]. ISSN 2577-8196. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1002/eng2.12571](https://doi.org/10.1002/eng2.12571)
- [11] BOROS, R., P. KANNAN RAJAMANI a J. KOVACS. Combination of 3D printing and injection molding: Overmolding and overprinting. *Express Polymer Letters* [online]. 2019, 889-897 [cit. 2023-12-07]. ISSN 1788618X. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2019.77](https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2019.77)
- [12] CZEPIEL, Mateusz, Magdalena BAŃKOSZ a Agnieszka SOBCZAK-KUPIEC. *Advanced Injection Molding Methods: Review* [online]. Department of Materials Engineering, Faculty of Materials Engineering and Physics, Cracow University of Technology, 37 Jana Pawła II Av., 31-864 Krakow, Poland [cit. 2023-12-07]. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.3390/ma16175802](https://doi.org/10.3390/ma16175802)
- [13] BĚHÁLEK, Luboš. *Polymer* [online]. [cit. 2023-10-11]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Impresum.html>
- [14] ČVUT FAKULTA STROJNÍ. *Struktura a vlastnosti polymeru* [online]. In: SVORČÍK, V. 2010 [cit. 2024-03-22]. Dostupné z: https://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/polymvsauto/Struktura%20a%20vlastnosti%20polymeru%20-%20strucne_Svorcik.pdf
- [15] MM PRŮMYSLOVÉ SPEKTRUM. *Polymer* amorfni a semikrystalické z hlediska vstřikování [online]. In: MM PRŮMYSLOVÉ SPEKTRUM. 2012 [cit. 2023-10-11]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/polymer-amorfn-a-semikrystalicke-z-hlediska-vstrikovani>
- [16] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2009. ISBN 978-807300250-3.
- [17] KERKSTRA, Randy a Steve BRAMMER. *Injection molding advanced troubleshooting guide*. 2nd. 2018. ISBN 978-1-56990-645-3.
- [18] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymer: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2.vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2006. ISBN 80-7080-241-3.
- [19] HERALT, Aleš. *Vstřikování plastických hmot* [online]. Ústav strojírenské technologie - VUT. 2009 [cit. 2024-02-18]. Dostupné z: https://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cviceni/htn_tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy_zak.pdf

- [20] GASTROW, Hans. *Injection molds : 130 proven designs*. 3rd ed. Munich: Hanser, 2002. ISBN 3446214488.
- [21] BEAUMONT, J., R NAGEL a R SHERMAN. *Successful injection molding : process, design, and simulation*. Munich : Cincinnati: Hanser Publishers ; Hanser Gardner Publications, 2002. ISBN 3-446-19433-9.
- [22] *Hasco* [online]. [cit. 2023-11-23]. Dostupné z: <https://www.hasco.com/cs/>
- [23] ŘEHULKA, Zdeněk. *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů: polymery*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-7204-833-5.
- [24] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů. II. díl, Vstřikování termoplastů*. UNIPLAST Brno, 1999.
- [25] SVOBODA, Jan. MM PRŮMYSLOVÉ SPEKTRUM. *Horké trysky jako nový standard* [online]. In: . 2018 [cit. 2024-02-18]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/horke-trysky-jako-novy-standard>
- [26] DEMIRER, Ahmet, Yavuz SOYDAN a Akin KAPTI. *An experimental investigation of the effects of hot runner system on injection moulding process in comparison with conventional runner system* [online]. 2006 [cit. 2024-02-15]. ISSN 0261-3069. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261306906000938?via%3Dihub>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

bar	bar	
cm	centimetr	
cm ³	centimetr krychlový	
CAD	computer aided design (počítačová podpora konstrukce)	
g	gram	
HDR	hlavní dělicí rovina	
H ₂ SO ₄	kyselina sírová	
kg	kilogram	
kN	kilonewton	
MPa	megapascal	
mm	milimetr	
N	newton	
PE	polyethylen	
PP	polypropylen	
PBT	polybutylentereftalát	
PMMA	polymethylmetakrylát	
PC	polykarbonát	
PA 6	polyamid 6	
p _i	tlak v dutině	[MPa]
RH	relativní vlhkost	[%]
s	sekunda	
T	teplota	[°C]
T _g	teplota skelného přechodu	[°C]
T _m	Teplota tavené polymerů	[°C]
t	čas	[s]
VDR	vedlejší dělicí rovina	
v	měrný objem	[cm ³ .kg ⁻¹]
IT	stupeň přesnosti	[-]
3D	trojrozměrný prostor	
∅	průměr	
%	procento	
°C	stupeň celsia	

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Vstřikovací cyklus.....	11
Obrázek 2 Schéma vstřikovacího stroje [3].....	13
Obrázek 3 Zakončení vstřikovací jednotky [2].....	14
Obrázek 4 Rozdělení polymerů [13].....	16
Obrázek 5 Příklad odpadu – vtokové ústí [17]	18
Obrázek 6 Průběh smrštění [19]	20
Obrázek 7 Princi tepelné trubice.....	21
Obrázek 8 Průběh teploty [19].....	22
Obrázek 9 Příklady vyhazovacích kolíků [22].....	23
Obrázek 10 Příklad posuvného mechanismu [22]	24
Obrázek 11 Dieselův efekt [17]	25
Obrázek 12 Fontánový tok.....	26
Obrázek 13 Příklad použití banánového vtoku [22]	26
Obrázek 14 Vhodné průřezy vtokových kanálů [23]	27
Obrázek 15 Příklad vyhřívané vtokové soustavy.....	28
Obrázek 16 Příklad rozvodného bloku.....	28
Obrázek 17 Příklad vyhřívané trysky.....	29
Obrázek 18 3D model vybraného dílu	32
Obrázek 19 Detail spodního dílu	32
Obrázek 20 Detail vrchního dílu.....	33
Obrázek 21 Návrh vstřikovací formy	34
Obrázek 22 Pravá část vstřikovací formy	35
Obrázek 23 Tvárníky	36
Obrázek 24 Posuvná jednotka (pohyblivá část).....	36
Obrázek 25 Temperace jádra	37
Obrázek 26 Levá část vstřikovací formy	38
Obrázek 27 Tvárnice.....	39
Obrázek 28 Horký vtok vstřikovací formy	39
Obrázek 29 Detail vtokové vložky	40
Obrázek 30 Temperace tvárníku.....	40
Obrázek 31 Temperace tvárnice	41
Obrázek 32 vyhazovací systém.....	42
Obrázek 33 Detail zajištění vyhazovačů.....	43
Obrázek 34 Táhlo vyhazovacího systému	43
Obrázek 35 Detail podkosu.....	44
Obrázek 36 Detail šikmého vyhazovače.....	44
Obrázek 37 Transportní části s formou.....	45

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Vybrané vlastnosti PA6 [P I]	33
Tabulka 2 Vybrané vlastnosti vstřikovacího stroje [P II]	46

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Materiálový list PA6_©TECHNYL

Příloha P II: ARBURG ALLROUNDER 470 E

Příloha P III: Výkresová dokumentace vstříkovací formy

- Výkres A2 sestavy vstříkovací formy
- Výkres A3 pohled do pravé a levé části formy + kusovník

Příloha P IV: CAD model vstříkovací formy

PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST PA6_@TECHNYL

TECHNYL®

DOMO
caring is our formula

TECHNICAL DATA SHEET

TECHNYL C 102 NC (Previously DOMAMID 6LV NC)

Polyamide 6, improved flowability, for injection moulding, natural color

General

Feature	UL V2	Improved flowability
Polymer type	PA6 (Polyamide 6)	
Processing technology	Injection molding	
Certification	RoHS	UL-Yellow Card

Product identification

ISO 1043 abbreviation	PA6
ISO 16396 designation	PA6,M1,S12-030

Physical properties

	Condition	Standard	Unit	Value
Density		ISO 1183	g/cm ³	1.14
Humidity absorption	T=23°C, 50% RH	ISO 62	%	3.3 - 3.4
Water absorption	24 hr, 23°C	ISO 62	%	1.9 - 2
Water absorption, saturation			%	9.1
Molding shrinkage, parallel		ISO 294-4, 2577	%	0.9 - 1.1
Molding shrinkage, normal		ISO 294-4, 2577	%	1 - 1.2
Melt volume-flow rate, MVR, 5.0 kg	275°C, 5kg	ISO 1133	cm ³ /10 min	225
Viscosity number	96% H2SO4	ISO 307	cm ³ /g	125

TECHNICAL DATA SHEET

TECHNYL C 102 NC

	Condition	Standard	Unit	Value
Mechanical properties				dam / cond.*
Tensile modulus	1 mm/min	ISO 527-1/-2	MPa	3100 / 1000
Strain at break	50 mm/min	ISO 527-1/-2	%	20 / 50
Yield stress	50 mm/min	ISO 527-1/-2	MPa	80 / 40
Yield strain	50 mm/min	ISO 527-1/-2	%	4 / 20
Flexural modulus, ISO 178	2 mm/min	ISO 178	MPa	2700 / 850
Flexural strength, ISO 178	2 mm/min	ISO 178	MPa	100 / 35
Charpy impact strength, +23°C	+23°C	ISO 179/1eU		NB / NB
Charpy notched impact strength, +23°C	+23°C	ISO 179/1eA	kJ/m ²	4 / 20
Izod impact strength, +23°C	+23°C	ISO 180/1U		NB / NB
Izod notched impact strength, +23°C	+23°C	ISO 180/1A	kJ/m ²	4 / 20
Rockwell hardness		ISO 2039/2	ScaleR	120 / -


Thermal properties

Melting temperature, 10°C/min		ISO 11357-1	°C	221
Temp. of deflection under load, 0,45 MPa	0,45 MPa	ISO 75	°C	175
Temp. of deflection under load, 1,80 MPa	1,80 MPa	ISO 75	°C	65
Vicat softening temperature	50°C/h - 50N	ISO 306	°C	200

Electrical properties

Volume resistivity		IEC 62631-3-1	ohm.m	1E+016
Surface resistivity		IEC 62631-3-1	ohm	1E+014
Comparative tracking index	Solution A	IEC 60112	V	600
CTI performance level category		Sol A		PLC 0

Burning behaviour

UL Yellow Card availability 	Click here to have access to the UL Yellow Card → E170540-100053880			
Flammability, 0,75 mm	0,75 mm	UL 94		V2
Flammability, 1,5 mm	1,5 mm	UL 94		V2
Flammability, 3,0 mm	3,0 mm	UL 94		V2
Glow-wire flammability index, GWFI	1,0 mm	IEC 60695-2-12	°C	850
Glow-wire ignition temperature, GWIT, 3,0 mm	3,0 mm	IEC 60695-2-13	°C	725
Burning rate, FMVSS, Thickness 1 mm		FMVSS 302		< 100 mm/min

Test run at 23°C if not differently specified, DAM state (dry as moulded).

*: conditioned according to ISO 1110

Condition

Standard

Unit

Value

Processing conditions

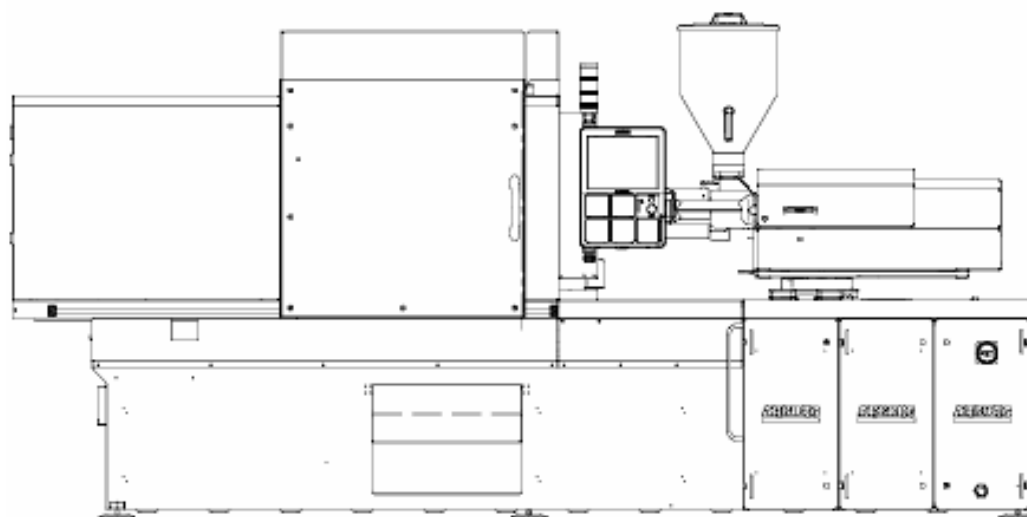
Drying temperature/time	75–85°C / 2–4h (with dew point of dried air < -30 °C)
Recommended melt temperature	230 - 250 °C
Recommended mould temperature	60 - 90 °C

These parameters are typical of the product but should be related to the type of machinery used and to the type of moulded part.

Disclaimer

The information provided in this documentation corresponds to our technical knowledge at the date of its publication and do not constitute a specification. This information may be subject to revision at our discretion. Domo cannot anticipate all conditions under which this information and our products of other manufactures in combination with our products may be used. Domo accepts no responsibility for results obtained by the application of this information or for the safety and suitability of our products alone or in combination with other products. Users are advised to make their own tests to determine the safety and suitability of each product or product combination for their own purposes. Unless otherwise agreed in writing, Domo sells the product without warranties. Buyers and users assume all responsibility and liability for loss or damage arising from handling and use of our products, whether used alone or in combination with other products. Unless specifically indicated, the grades mentioned are not suitable for applications in the pharmaceutical/medical sector.

PŘÍLOHA P II: ARBURG ALLROUNDER 470 E



ALLROUNDER 470 E **GOLDEN ELECTRIC**

Distance between tie bars: 470 x 470 mm

Clamping force: 1000 kN

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

ARBURG

TECHNICAL DATA | 470 E GOLDEN ELECTRIC

Clamping unit		470 E GOLDEN ELECTRIC	
with clamping force	mas. kN	1000	
Opening force stroke	mas. kN mm	--- 350	
Mould height, fixed variable	min.-mas. mm	--- 250-500	
Platen daylight fixed variable	mas. mm	--- 600-850	
Distance between tie bars (w x h)	mm	470 x 470	
Mould mounting platens (w x h)	mas. mm	637 x 637	
Weight of movable mould half	mas. kg	760	
Ejector force stroke	mas. kN mm	40 175	
Dry cycle time EUROMAP 2	min. s - mm	1,4 - 329	

Injection unit		170			290		
with screw diameter	mm	25	30	35	30	35	40
Effective screw length	L/D	24	20	17	23,3	20	17,5
Screw stroke	mas. mm	120			150		
Calculated stroke volume	mas. cm ³	59	85	115	106	144	188
Shot weight	mas. g PS	54	77	105	97	132	172
Material throughput	mas. kg/h PS	10	13,5	16	17	20,5	24,5
	mas. kg/h PA6.6	5	7	8	8,5	10,5	12,5
Injection pressure	mas. bar	2500	2000	1470	2500	2000	1530
Holding pressure time	mas. s - bar	300-2300	300-1800	300-1170	300-2180	300-1600	300-1220
Injection flow 2	mas. cm ³ /s	78	114	154	98	134	176
		[102]	[148]	[202]	[128]	[176]	[230]
Injection speed 3	mas. mm/s	160			140		
		[210]			[180]		
Screw circumferential speed	mas. r/min	31	37	44	28	33	37
Screw torque	mas. Nm	210	250	290	320	380	430
Nozzle contact force retraction stroke	mas. kN mm	50 300			50 300		
Heating capacity zones	kW	0,4 5			6,4 5		
Feed hopper	l	50			50		

Drive and connection		170		290	
with injection unit					
Net weight of machine	kg	4900		5000	
Sound press. level Insecurity 4	dB(A)			55 3	
Electrical connection 5	kW	21		21	
	Total	A		63	
	Machine	A		---	
	Heating	A		---	
Cooling water connection	mas. °C			35	
	min. Δp bar			1,5 DN 25	

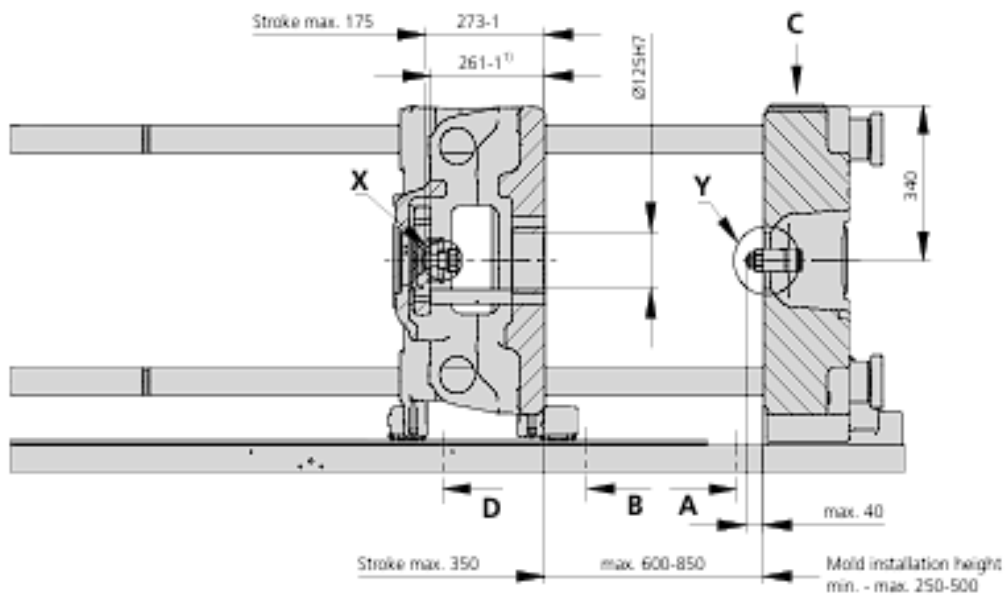
Machine type	
with EUROMAP size designation 1	
470 E GOLDEN ELECTRIC 1000-170 290	

Upon request: other machine types and mould installation heights, screws, drive powers etc.

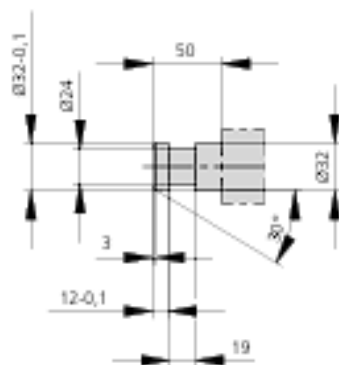
All specifications relate to the basic machine version. Deviations are possible depending on variants, process settings and material type. Depending on the drive, certain combinations, e.g. max. injection pressure and max. injection flow may be mutually exclusive.

- 1) Clamping force (kN) - size of injection unit x max. stroke volume (cm³) x max. injection pressure (bar)
 - 2) Specification of maximum injection flow at maximum injection pressure.
 - 3) Specifications relate to 400 V/50 Hz.
 - 4) Detailed info in the operating inst.
 - 5) Forward speed of plasticizing screw at 1000 bar injection pressure.
- | | Specifications apply to alternative equipment.

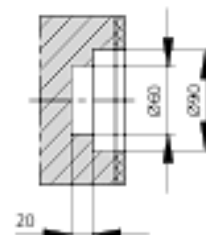
MOULD INSTALLATION DIMENSIONS | 470 E GOLDEN ELECTRIC



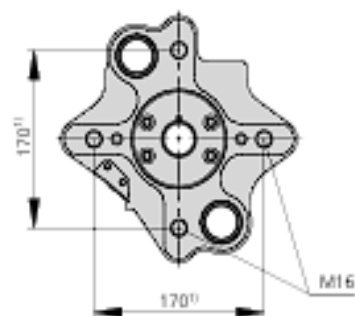
Ejector bolt | X



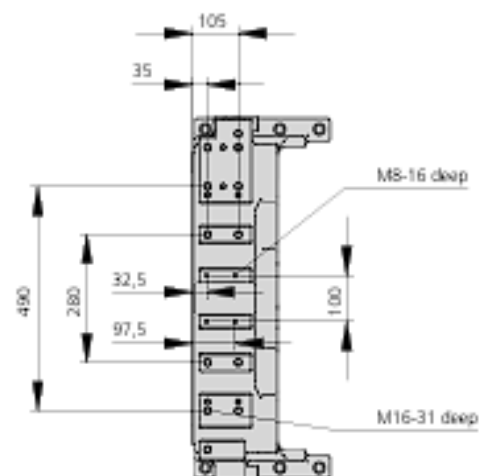
Bore in mould (if required) | Y



Ejector plate | D



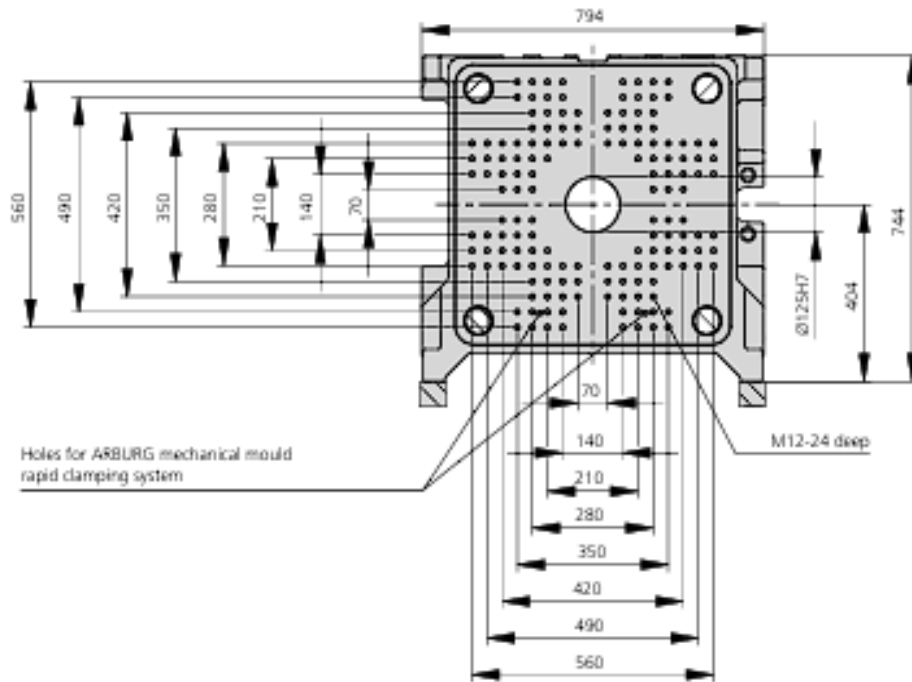
Robotic system mounting | C



1) Position of ejector plate

MOULD INSTALLATION DIMENSIONS | 470 E GOLDEN ELECTRIC

Fixed mould mounting platen | A



Moving mould mounting platen | B

