

Konstrukční návrh nástroje pro výrobu plastového dílu technologií vstřikování

Jan Bradáč

Bakalářská práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Jan Bradáč
Osobní číslo:	T22046
Studijní program:	B0788A270001 Procesní inženýrství
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Konstrukční návrh nástroje pro výrobu plastového dílu technologií vstřikování

Zásady pro vypracování

- Vypracovat literární studii pro dané téma.
- Provést 3D konstrukci modelu vstřikované součásti.
- Navrhnout 3D konstrukci vstřikovací formy pro zadaný díl.
- Nakreslit 2D řez vstřikovací formou spolu s kusovníkem.

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

Seznam doporučené literatury:

BEAUMONT, John P. Návrh a řešení vtokových soustav: příručka pro úspěšné vstřikování plastů. Brno: Jan Svoboda, 2022. ISBN 978-80-11-01188-8.

KAZMER, David. Injection mold design engineering. 3rd edition. Munich: Hanser publishers, 2022. ISBN 978-1-56990-891-4.

CATOEN, Bruce a Herbert REES. Injection mold design handbook. Munich: Hanser publishers, 2021. ISBN 978-1-56990-815-0.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Martin Ovsík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2025**
Termín odevzdání bakalářské práce: **16. května 2025**

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

L.S.

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

Ve Zlíně dne 6. února 2025

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení bakalářské práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- 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 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, považují 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(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro výrobu víčka nádoby chladicí kapaliny. V teoretické části jsou popsány používané materiály, principy technologie vstřikování plastů a zásady pro návrh plastových dílů a forem. Praktická část se zaměřuje na tvorbu 3D modelu daného dílu, návrh vstřikovací formy a zpracování 2D výkresové dokumentace včetně kusovníku. Pro zpracování praktické části byl využit software CATIA V5R20.

Klíčová slova: vstřikování, vstřikovací forma, víčko nádoby, automobil, CATIA

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the design of an injection mold for the production of a coolant reservoir cap. The theoretical part describes the materials used, the principles of plastic injection molding technology, and the guidelines for the design of plastic parts and molds. The practical part focuses on the creation of a 3D model of the component, the design of the injection mold, and the development of 2D technical drawings including the bill of materials. The practical part was carried out using the CATIA V5R20 software.

Keywords: Injection molding, Injection mold, reservoir cap, automotive, CATIA

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu práce doc. Ing. Martinu Ovsíkovi, Ph.D. za cenné rady, čas a trpělivost, jenž mi věnoval při psané téhle práci. Dále bych pak chtěl moc poděkovat své rodině, přítelkyni a blízkému okolí za podporu po celou dobu mého studia.

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

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 MATERIÁLY VHODNÉ KE VSTŘIKOVÁNÍ.....	13
1.1 TERMOPLASTY	13
1.2 REAKTOPLASTY.....	13
1.3 ELASTOMERY	14
1.3.1 Kaučuky	14
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ.....	15
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS	16
2.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	17
2.2.1 Vstřikovací jednotka	17
2.2.2 Uzavírací jednotka	17
2.2.3 Řízení stroje	17
2.2.4 Přídavná zařízení	18
3 KONSTRUKCE PLASTOVÝCH VÝROBKŮ	19
3.1 ZAOBLENÍ ROHŮ A HRAN	19
3.2 ÚKOSY A PODKOSY.....	20
3.3 ŽEBRA A VÝZTUHY	21
3.4 TLOUŠŤKA STĚN	22
4 VSTŘIKOVACÍ FORMA	23
4.1 POŽADAVKY NA KONSTRUKCI FORMY	23
4.2 RÁM FORMY	24
4.3 NÁSOBNOST	25
4.4 VTOKOVÉ SYSTÉMY	25
4.4.1 Studené vtokové systémy	25
4.4.2 Horké vtokové systémy	26
4.5 VYHAZOVARACÍ SYSTÉM.....	27
4.5.1 Mechanické vyhazování.....	28
4.6 TEMPERACE FOREM.....	29
5 VADY ZPŮSOBENÉ VSTŘIKOVÁNÍM.....	30
5.1 PŘÍČINY VZNIKU A JEJICH PŘEDCHÁZENÍ	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
6 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	32
7 VÝROBEK.....	33
7.1 MATERIÁL VÝROBKU.....	34

8	KONSTRUKCE FORMY.....	35
8.1	NÁVRH DĚLÍCÍ ROVINY.....	35
8.2	VOLBA NÁSOBNOSTI FORMY	36
8.3	RÁM FORMY	37
8.4	TVAROVÉ VLOŽKY	39
8.5	VTOKOVÝ SYSTÉM.....	40
8.6	TEMPERAČNÍ SYSTÉM	41
8.7	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	42
8.8	ODFORMOVÁNÍ ZÁVITU	43
8.8.1	Výpočet délky pro odformování závitu.....	45
8.9	TRANSPORTNÍ ZAŘÍZENÍ	46
9	VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE.....	47
	ZÁVĚR.....	48
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	49
	SEZNAM OBRÁZKŮ	51
	SEZNAM TABULEK.....	52
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	53
	SEZNAM PŘÍLOH.....	54

ÚVOD

V současné době je těžké si představit svět bez polymerních materiálů, které nás obklopují na každém kroku našeho života. Ať už jde o vlákna tvořící naše oblečení, nebo širokou škálu komponentů v automobilovém průmyslu, elektronice, mobilních telefonech a dalších aplikacích, polymerní výrobky jsou nedílnou součástí moderní společnosti. Tyto materiály díky svým vlastnostem často dokážou konkurovat výrobkům z jiných tradičních materiálů, jako jsou sklo, kovy či dřevo.

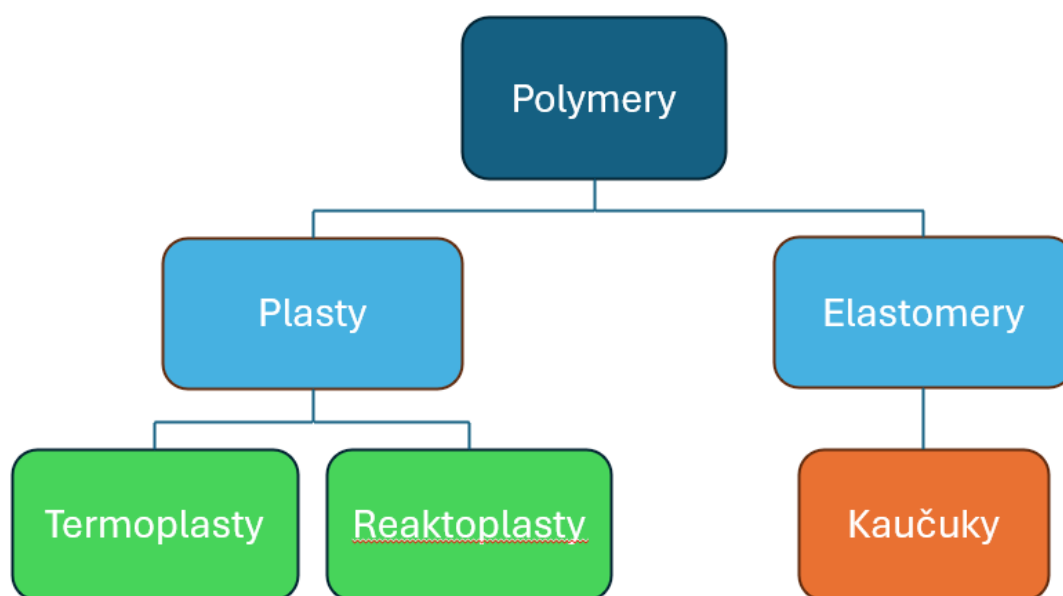
S rozvojem polymerních materiálů se zároveň vyvstala potřeba vyvíjet a zdokonalovat technologie pro jejich efektivní zpracování. Jednou z nejpokročilejších a nejrozšířenějších technologií je právě vstřikování plastů, které představuje proces, při němž se roztavený materiál pod vysokým tlakem a rychlostí vhání do dutiny formy, která nese tvar negativu požadovaného výrobku. Tento proces se těší velké oblibě díky své vysoké produktivitě, možnosti plné automatizace a ekonomické výhodnosti výroby.

Výrobní technologie, stejně jako oblast konstrukce, neustále procházejí inovacemi. V dnešní době již konstruktéři nejsou závislí na tradičním rýsovacím prknu, ale mohou využívat moderní 2D a 3D software, které jim umožňují plně rozvinout jejich vizi a konstruovat složité díly a nástroje s vysokou přesností. Tyto softwary rovněž umožňují simulaci reálných procesů, což konstruktérům pomáhá identifikovat a eliminovat možné chyby ještě před samotnou výrobou, čímž se zvyšuje efektivita a kvalita výsledného produktu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MATERIÁLY VHODNÉ KE VSTŘIKOVÁNÍ

Plasty jsou syntetické materiály, které se skládají z dlouhých řetězců molekul. Díky jejich vlastnostem, jako je nízká hmotnost, pevnost, odolnost a možnost snadného tvarování, se používají v celé řadě průmyslových odvětví, od stavebnictví přes automobilový a elektronický průmysl až po obaly a zdravotnictví. Plasty lze dělit podle několika kritérií, zejména podle jejich chemického složení a reakcí na teplo.



Obrázek 1. Rozdělení polymerů[1]

1.1 Termoplasty

Jsou charakterizovány tím, že mohou být opakovaně zahřívány a tvarovány bez podstatné změny svých chemických vlastností. Mezi hlavní výhody patří snadná recyklace a široké spektrum aplikací.[2]

1.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty se při zahřívání trvale vytvrdí, což znamená, že nemohou být znovu tvarovány. Tento proces zvyšuje jejich mechanickou pevnost a odolnost vůči chemickým látkám, což umožňuje jejich využití v technicky náročných aplikacích. [3; 4]

1.3 Elastomery

Jsou charakterizovány svou schopností podléhat značné deformaci při působení síly, aniž by došlo k trvalým změnám tvaru. Hlavní podskupinou elastomerů jsou kaučuky, které se vyznačují vysokou pružností a odolností vůči mechanickému opotřebením. Tyto materiály byly hojně využívány při výrobě těsnění, gumových hadic a dalších komponent s vysokými požadavky na flexibilitu.[5]

1.3.1 Kaučuky

Kaučuky patří mezi významné zástupce elastomerů a jsou charakterizovány svou výjimečnou pružností a schopností vracet se do původního tvaru po odstranění zatížení. Tyto vlastnosti jsou výsledkem struktury molekulárních řetězců, které jsou mezi sebou částečně propojeny, což umožňuje materiálu podléhat deformacím bez trvalého poškození. Dělí se na přírodní a syntetické. [2; 6]

2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Technologie vstřikování plastů patří mezi nejrozšířenější metody zpracování polymerních materiálů. Tento proces umožňuje výrobu dílů s vysokou přesností, složitou geometrií a opakovatelností při zachování nízkých výrobních nákladů na kus. Princip technologie spočívá v tavení plastového granulátu, jeho vstřikování do uzavřené formy a následném ochlazení za vzniku pevného výrobku. [2; 6]

Vývoj této technologie byl podmíněn rostoucí poptávkou po plastových výrobcích v různých odvětvích průmyslu, jako je automobilový, elektrotechnický či spotřební průmysl. Vstřikování umožňuje efektivní výrobu jak velkoobjemových produktů, tak i dílů s vysokými nároky na přesnost a kvalitu povrchu. [4]

Navzdory výhodám této technologie, která klade vysoké nároky na návrh forem, řízení procesu a kvalitu vstupních materiálů. Špatně zvolená konfigurace stroje nebo nesprávné parametry vstřikování mohou vést k vadám, jako jsou deformace, dutiny nebo povrchové defekty. [6; 7]

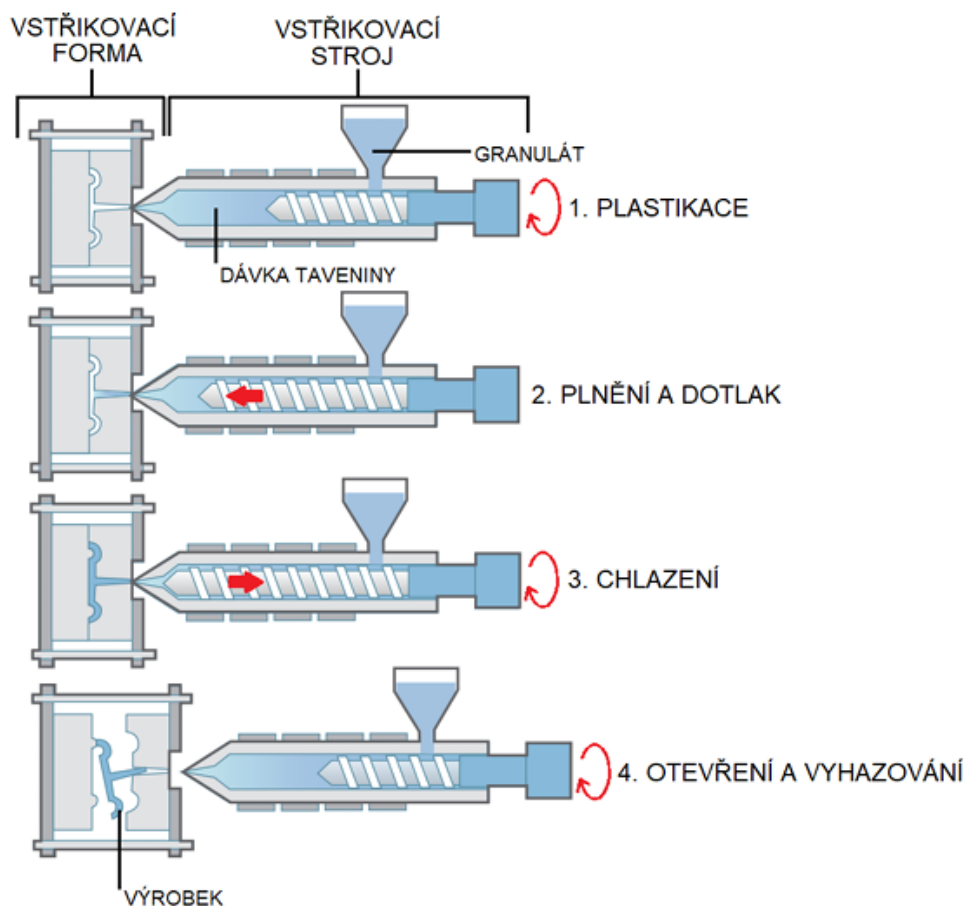
Technologie vstřikování se neustále vyvíjí díky novým materiálům, pokročilým řídicím systémům a využití simulačních nástrojů, které umožňují předvídat chování materiálů a optimalizovat procesy před samotnou výrobou. [3]



Obrázek 2. Schéma vstřikovacího cyklu činnosti vstřikovací formy (vnější okruh) a vstřikovací jednotky stroje (vnitřní okruh) [8]

2.1 Vstřikovací cyklus

Proces vstřikování plastů je charakterizován cyklickým opakováním jednotlivých operací. Každý vstřikovací cyklus byl rozdělen na čtyři hlavní fáze: uzavření formy, vstřikování plastu, chlazení a otevření formy s následným vyhozením výrobků. Tento postup zajišťuje efektivní výrobu plastových dílů s přesně definovanými rozměry a vlastnostmi. [2; 9]



Obrázek 3. Cyklus vstřikovacího stroje [10]

2.2 Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroje byly navrženy tak, aby splňovaly náročné požadavky na přesnost a efektivitu výroby. Hlavními komponenty stroje jsou vstřikovací jednotka, uzavírací jednotka a řídicí systém.

2.2.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka slouží k tavení plastového materiálu a jeho vstřikování do formy. Tento proces je řízen šnekovým mechanismem, který zajišťuje rovnoměrné tavení a přesné dávkování. [3; 11]

2.2.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka byla navržena tak, aby zajistila těsné spojení formy během vstřikovacího procesu. Uzavírací síla je klíčovým parametrem, který ovlivňuje kvalitu výrobků. [4]

2.2.3 Řízení stroje

Řídicí systém umožňuje monitorování a přesné nastavení procesních parametrů, jako jsou teplota, tlak a rychlost vstřikování. Díky moderním systémům řízení bylo dosaženo zvýšení opakovatelnosti a snížení výrobních vad. [7; 12]



Obrázek 4. Vstřikovací stroj[13]

2.2.4 Přídavná zařízení

Přídavná zařízení hrají klíčovou roli při zajištění efektivity, kvality a plynulosti výrobního procesu ve vstřikování plastů. Tato zařízení doplňují základní funkce vstřikovacího stroje a umožňují optimalizaci jednotlivých kroků od přípravy materiálu až po manipulaci s hotovými díly. Jejich správné použití významně přispívá ke zvýšení produktivity, snížení prostojů a minimalizaci odpadů. [2; 11]

- Sušičky slouží k odstranění vlhkosti z plastového granulátu před jeho zpracováním. Vlhkost může negativně ovlivnit mechanické a estetické vlastnosti výrobků, zejména u hydrofilních materiálů, jako je polyamid (PA) nebo polykarbonát (PC). Nejčastěji se používají horkovzdušné sušičky.
- Temperační jednotky zajišťují správnou teplotu formy během vstřikovacího cyklu. Udržování rovnoměrné teploty formy je klíčové pro dosažení kvalitních výrobků bez deformací a pro minimalizaci času cyklu. Používají se vodní nebo olejové temperační jednotky v závislosti podle teploty výrobků.
- Manipulátory a robotická ramena, jsou využívány k vyjímání výrobků z formy a jejich přesunu na dopravní pásy nebo do skladovacích boxů. [3; 5]

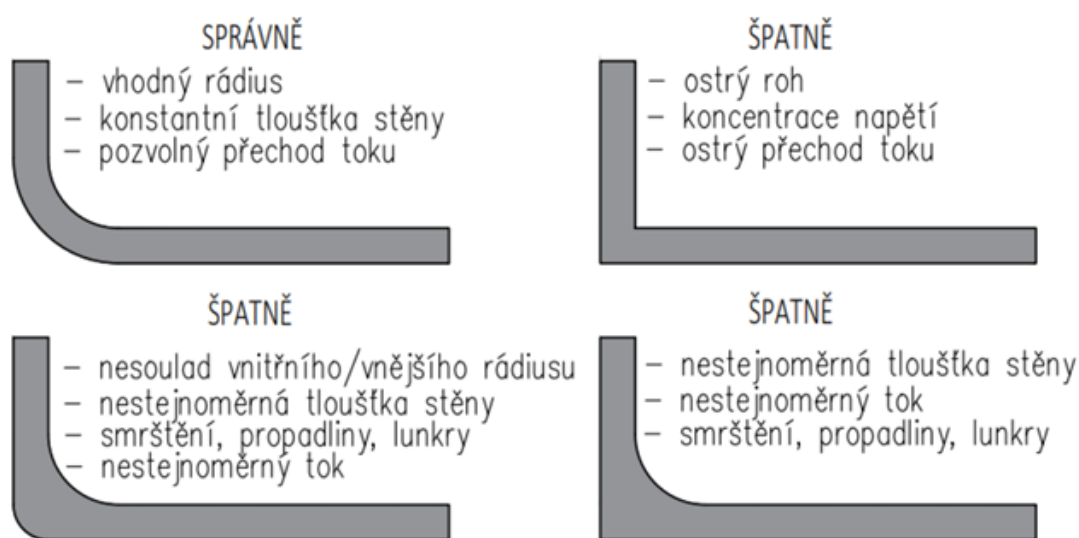
3 KONSTRUKCE PLASTOVÝCH VÝROBKŮ

Konstrukce plastových výrobků představuje klíčový krok při vývoji dílů vyráběných technologií vstřikování. Správný návrh ovlivňuje nejen funkčnost a estetiku finálního produktu, ale také jeho výrobní náklady, životnost formy a efektivitu celého procesu výroby. Konstrukční řešení musí být přizpůsobeno specifickým vlastnostem plastových materiálů a technologickým omezením vstřikovacího procesu. [2; 6]

Na rozdíl od kovů a jiných tradičních materiálů mají plasty odlišné mechanické a tepelné vlastnosti, které je třeba zohlednit při návrhu výrobků. Plasty jsou často citlivé na teplotní změny, mají nižší pevnost a tuhost, ale zároveň nabízejí vyšší pružnost, chemickou odolnost a nízkou hmotnost. Tyto vlastnosti umožňují širokou variabilitu designu a použití, avšak vyžadují přesný návrh konstrukčních prvků, jako jsou tloušťka stěn, žebra, výztuhy či přechody mezi jednotlivými částmi výrobku. [4]

3.1 Zaoblení rohů a hran

Zaoblení rohů a hran je důležitým konstrukčním prvkem plastových výrobků. Bylo zjištěno, že ostré rohy zvyšují riziko vzniku vnitřních napětí, což může vést k deformacím nebo prasklinám během používání. Optimální zaoblení přispívá ke zlepšení pevnosti a vzhledu výrobku. [4; 6]



Obrázek 5. Schéma vhodně a nevhodně zvolené konstrukce rádiusu [14]

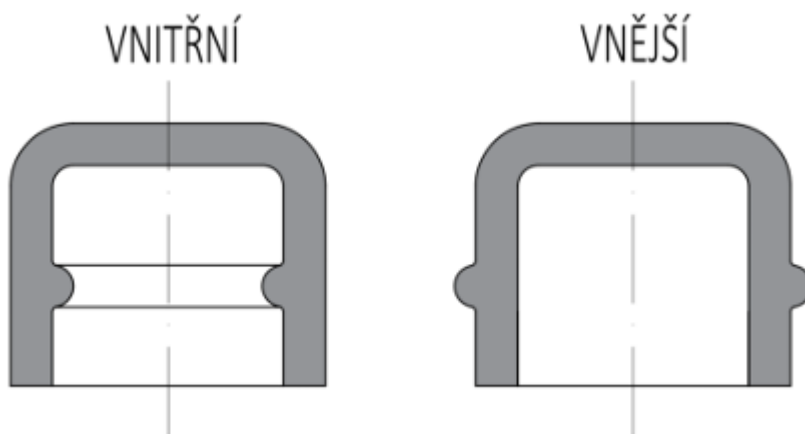
3.2 Úkosy a podkosy

Při návrhu plastových dílů jsou často zahrnuty úkosy, které umožňují snadné vyjmutí výrobků z formy. Nedostatečný úkos může způsobit poškození dílu při vyhazování, zatímco správné provedení úkosů snižuje opotřebení formy a zkracuje výrobní čas. [2; 5]



Obrázek 6. Špatně vs správně navržený výrobek s úkosem [15]

Podkosy jsou u vstřikovaných dílů obecně nevýhodné, protože komplikují proces odformování, prodlužují výrobní cyklus a zvyšují náklady na výrobu nástroje. Přesto se v některých případech používají, například z estetických nebo funkčních důvodů. V situacích, kdy je podkos nezbytný, lze využít tzv. deformační odformování. Tento postup umožňuje vyjmutí dílu z formy díky elastické deformaci materiálu — pokud je podkos navržen s ohledem na tvar a hloubku, díl se může přes formu přetáhnout bez poškození. [16]



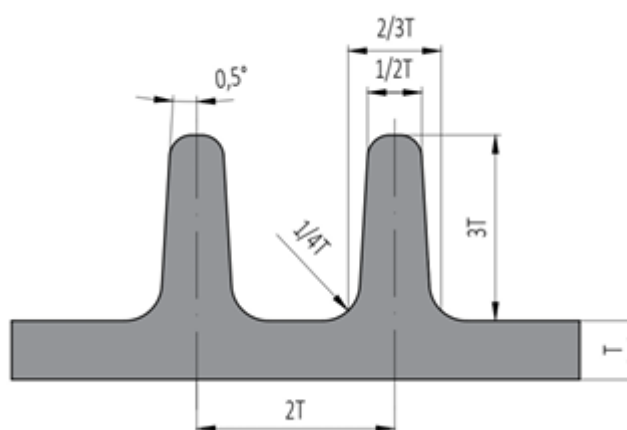
Obrázek 7. Vhodný vnitřní a vnější podkos [16]

3.3 Žebra a výztuhy

Konstrukční prvky, jako jsou žebra a výztuhy, jsou navrženy pro zvýšení pevnosti a tuhosti plastových dílů bez nutnosti větších tloušťek stěn. Umístění žeber má vliv na rozložení napětí a minimalizaci deformací, což je důležité zejména u velkých nebo složitých výrobků. [3; 7]



Obrázek 8. Příklad použití žeber [16]



Obrázek 9. Návrh rozměrů žeber [17]

3.4 Tloušťka stěn

Tloušťka stěn plastových výrobků byla určena s ohledem na rovnoměrné chlazení a minimalizaci vnitřních napětí. Rovnoměrná tloušťka stěn snižuje riziko deformací a zajišťuje konzistentní kvalitu výrobků. U složitějších dílů je doporučováno používat přechody mezi různými tloušťkami, aby bylo dosaženo plynulého toku materiálu během vstřikování. [4; 6]



Obrázek 10. Tlustostěnný výrobek v celé tloušťce vs. tenkostěnný s rovnoměrnou tloušťkou stěny [16]

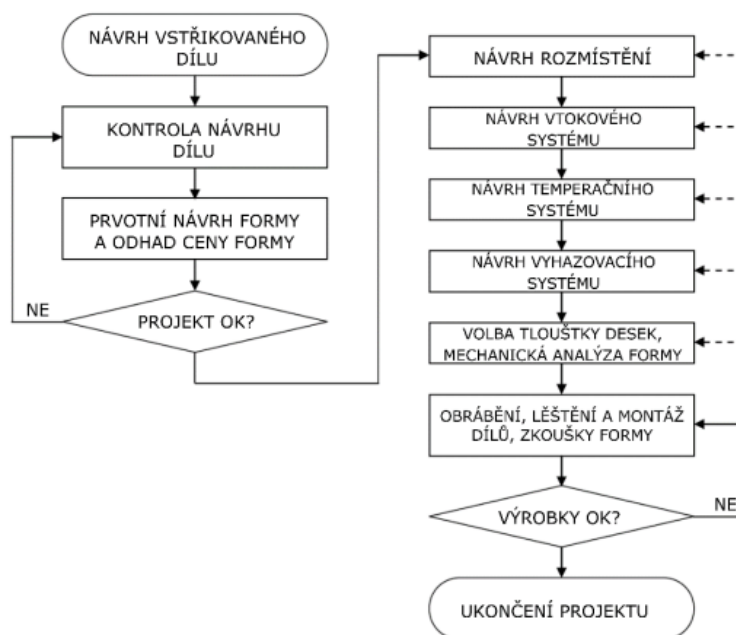
4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma je klíčovou součástí technologie vstřikování plastů, která určuje tvar, rozměry a kvalitu finálního výrobku. Forma funguje jako nástroj, do kterého je během vstřikovacího cyklu dopraven roztavený plast, který zde ztvdne a vytvoří hotový díl. Konstrukce a výroba vstřikovacích forem jsou komplexní procesy, které vyžadují preciznost a zohlednění mnoha technických i ekonomických faktorů.[2; 6]

Úloha vstřikovací formy spočívá v zajištění přesného tvaru výrobku při zachování požadovaných mechanických, estetických a funkčních vlastností. Forma musí být navržena tak, aby odolávala vysokým tlakům a teplotám během procesu a zajišťovala rovnoměrné chlazení, minimalizaci zbytkových napětí a snadné vyjmutí výrobků. [5; 11]

4.1 Požadavky na konstrukci formy

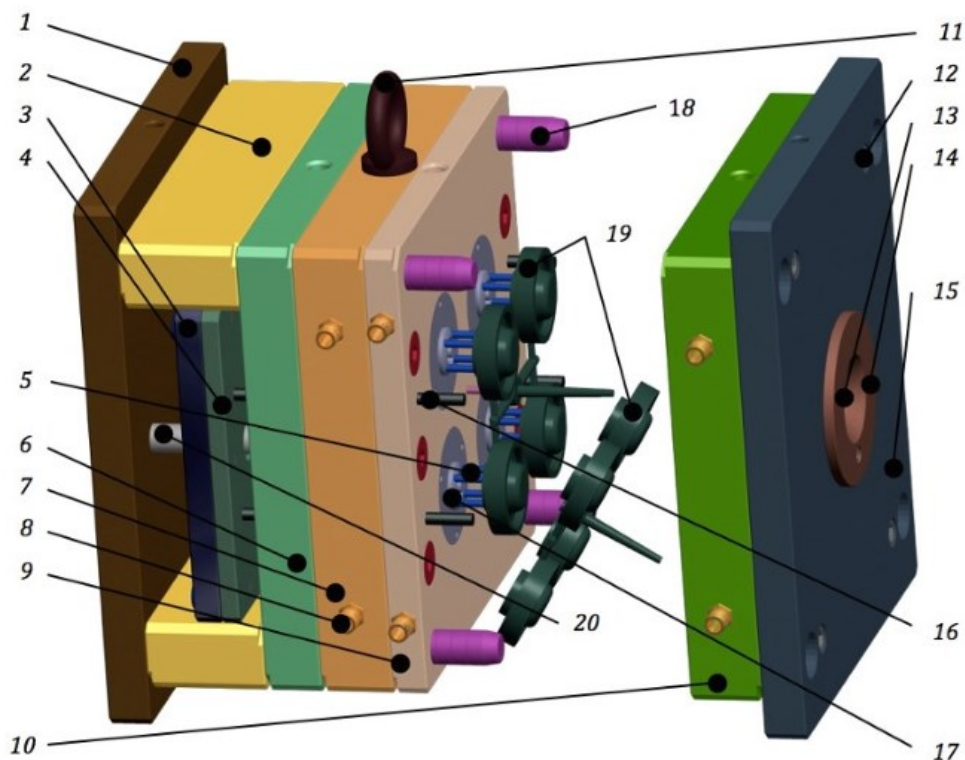
- **Přesnost a opakovatelnost:** Forma musí zaručit výrobu výrobků s vysokou rozměrovou přesností a konzistentní kvalitou i při sériové výrobě.
- **Odolnost:** Použité materiály formy musí vykazovat vysokou pevnost a odolnost vůči opotřebení, aby byla zajištěna dlouhá životnost formy.
- **Efektivita:** Forma by měla umožňovat co nejkratší výrobní cykly a snadnou údržbu, což přispívá k hospodárnosti výroby. [3; 14]



Obrázek 11. Schéma postupu při návrhu vstřikovací formy [5]

4.2 Rám formy

Rám formy slouží jako nosná konstrukce, která zajišťuje správné umístění tvarových vložek a dalších funkčních prvků formy. Materiály použité na výrobu rámu forem musí splňovat požadavky na pevnost, odolnost vůči opotřebení a teplotní stabilitu. Standardizované rámy jsou často využívány pro snížení nákladů na výrobu. [4; 18]



Obrázek 12. Dvoudeskový systém formy

1 – upínací deska levá, 2 – rozpěrná deska, 3 – vyhazovací deska opěrná, 4 – vyhazovací deska kotevní, 5 – válcový vyhazovač, 6 – podpěrná deska, 7 – opěrná deska tvárníku, 8 – přípojka chlazení, 9 – kotevní deska tvárníku, 10 – kotevní deska tvárnice, 11 – závěsné oko, 12 – hlavní spojovací šrouby, 13 – vtoková vložka, 14 – středící kroužek pravý, 15 – upínací deska pravá, 16 – vracející kolíky, 17 – tvárník, 18 – vodící kolíky, 19 – vstřikovaný výrobek, 20 – táhlo vyhazovačů [15]

4.3 Násobnost

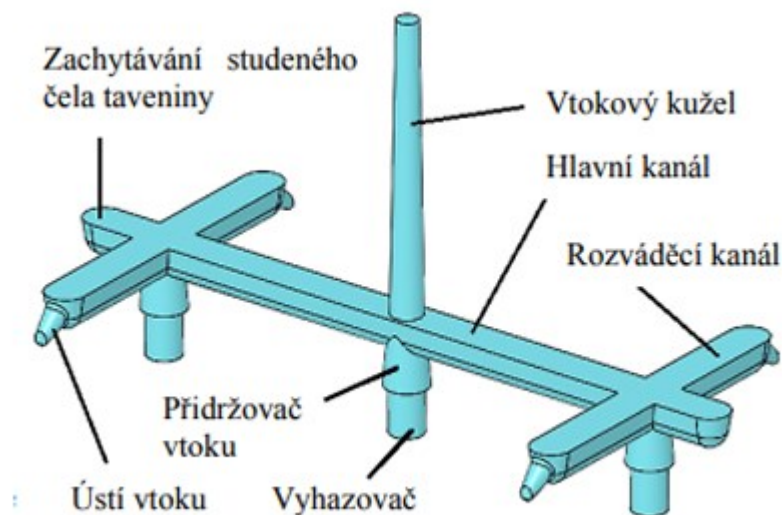
Násobnost formy určuje počet dutin, které jsou ve formě vytvořeny pro současné vstřikování několika výrobků během jednoho cyklu. Volba násobnosti závisí na velikosti výrobku, jeho složitosti a požadavcích na produkční kapacitu. V případě malých výrobků se často využívají formy s více dutinami, které umožňují výrobu několika kusů najednou. Nejčastěji 2, 4, 6, 8, 12, 16, 24, 32, 48, 64, 96, 128 což zvyšuje efektivitu procesu a snižuje jednotkové náklady. Výběr vhodné násobnosti závisí na velikosti a složitosti výrobku, dostupnosti vstřikovacího stroje a ekonomických kritériích. [3; 11]

4.4 Vtokové systémy

Vtokový systém umožňuje dopravu roztaveného plastu z trysky vstřikovacího stroje do dutiny formy. Existují dva hlavní typy vtokových systémů.

4.4.1 Studené vtokové systémy

Jsou jednodušší a méně nákladné, ale generují větší množství odpadního materiálu, který je nutné recyklovat. Přibližně 70 % všech vstřikovacích forem mají studený vtokový systém.[6]



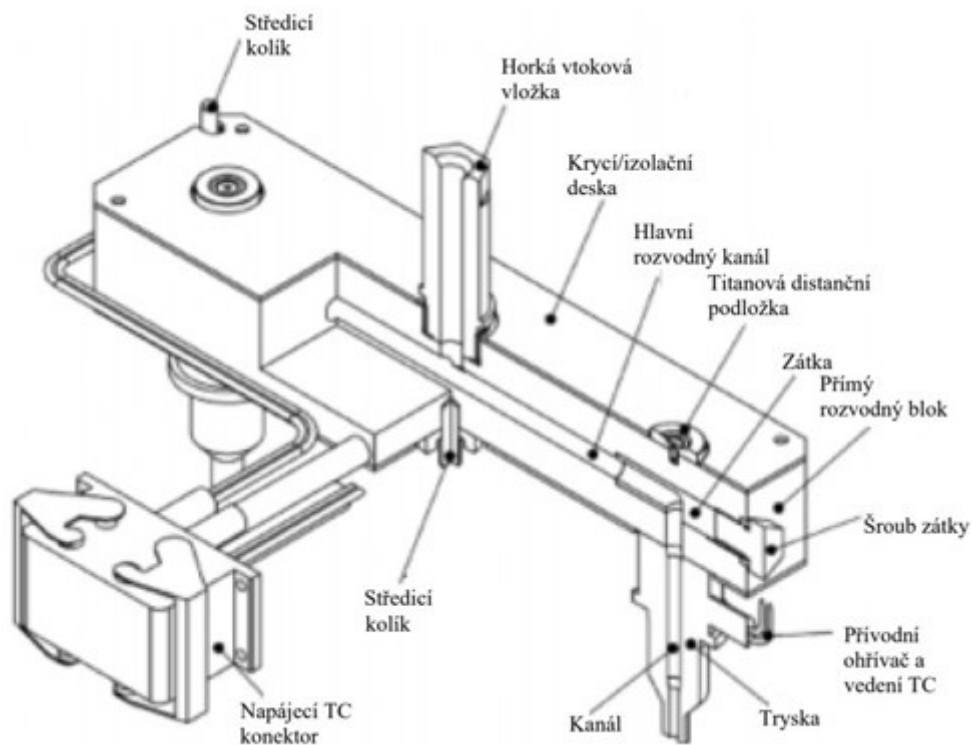
Obrázek 13. Studený vtokový systém [19]

4.4.2 Horké vtokové systémy

Je klíčová součást technologie vstřikování plastů, která umožňuje efektivnější a kvalitnější výrobu plastových dílů. Tento systém udržuje plastový materiál v tekutém stavu po celé délce vtokového kanálu až k dutině formy, což eliminuje potřebu studených vtoků a přináší několik výhod. Jsou ideální pro výrobu velkosériových a složitých dílů, kde je důležitá přesnost a minimalizace odpadu. [5; 6; 7; 14; 20]

Horký vtokový systém se skládá z následujících částí:

- **Tryska:** Přenáší roztavený plast z válce vstřikovacího stroje do rozváděcího systému.[6]
- **Rozváděcí kanály:** Ohřívané kanály, které vedou roztavený plast k jednotlivým dutinám formy. [5]
- **Ohřívací prvky:** Elektrické topné spirály nebo pásy, které udržují konstantní teplotu materiálu. [7]
- **Regulace teploty:** Systém senzorů a regulátorů zajišťuje přesné řízení teploty, aby nedošlo k degradaci materiálu. [10]



Obrázek 14. Horký vtokový systém [5]

Výhody horkých vtoků

- Redukce odpadu: Odpadá potřeba odstranit studený vtok, což snižuje materiálové ztráty. [5]
- Kratší cykly: Rychlejší tuhnutí v dutině bez čekání na vychladnutí vtoku. [7]
- Vyšší kvalita dílů: Lepší povrchová kvalita a mechanické vlastnosti díky plynulému toku materiálu. [6]
- Flexibilita designu: Možnost vstříkovat složité a tenkostěnné díly s vyšší přesností. [16]

Nevýhody

- Vyšší pořizovací náklady, počáteční investice do horkého vtokového systému a regulace teploty je vyšší. [5; 18; 21]
- Systém vyžaduje pravidelnou údržbu a případné opravy mohou být náročné a drahé. [7]

4.5 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém je navržen pro bezpečné a efektivní odstranění výrobků z dutiny formy po ochlazení. Typickými komponenty vyhazovacího systému jsou vyhazovací kolíky, desky a mechanismy pro synchronizaci pohybu. Správné nastavení systému snižuje riziko poškození výrobků a prodlužuje životnost formy. [3; 4]

4.5.1 Mechanické vyhazování

Vyhazovací kolíky

Válcové vyhazovače jsou obvykle vyráběny kování, pak jsou broušeny, následně nitridovány nebo kaleny a na závěr leštěny pro dosažení velmi tvrdého a hladkého povrchu. Vyhazovače jsou velmi namáhány na vzpěr, toto je třeba mít na paměti zejména u vyhazovačů větších délek a menších průměrů.[5]



Obrázek 15. Válcový vyhazovací kolík [22]

Ploché vyhazovače

Ploché vyhazovače se vyrábí obráběním klasických válcových vyhazovačů tak aby část, která je ve styku s výrobkem měla obdélníkový průřez. Umísťují se například pod žebra, protože mají dobrou tuhost. Ploché vyhazovače se musí zajistit proti pootočení kolem vlastní osy.[5]



Obrázek 16. Ploché vyhazovače [22]

Stírací deska

Vyhazování pomocí stírací desky je založeno na působení na obvodu výrobku. Jelikož stírací deska působí vyhazovací silou na relativně velkou plochu výrobku, je vyhazovací síla aplikovaná rovnoměrně, ve výrobku tak nevznikají velká napětí a deformace. K pohybu stírací desky dochází při otevírání formy vlivem táhel či šroubů uchycených na nepohyblivé straně formy, které posunou stírací deskou a vyhodí výrobek.

Dalším typem vyhazování může být třeba pneumatické nebo hydraulické.

4.6 Temperace forem

Pro dosažení optimálních výsledků při vstřikování mají formy temperační systémy, které udržují správnou teplotu formy během procesu. Tento krok zajišťuje rovnoměrné chlazení výrobků, minimalizuje riziko deformací a ovlivňuje konečné mechanické vlastnosti výrobku. Temperační okruhy jsou navrženy s ohledem na konkrétní materiál a konstrukci formy.[2; 6]

5 VADY ZPŮSOBENÉ VSTŘIKOVÁNÍM

Vady způsobené vstřikováním jsou jedním z nejvýznamnějších problémů, kterým musí výrobci plastových dílů čelit. Tyto vady mohou mít různé podoby, od estetických nedokonalostí až po funkční selhání výrobku. Pochopení příčin těchto vad a implementace opatření k jejich minimalizaci jsou klíčové pro zajištění vysoké kvality výrobků a ekonomické efektivity výroby. [2; 6]

5.1 Příčiny vzniku a jejich předcházení

Během procesu vstřikování mohou vznikat různé vady, které ovlivňují kvalitu a funkčnost výrobků. Tyto vady jsou často způsobeny nesprávným nastavením procesních parametrů, nevhodným návrhem formy nebo nekvalitním materiálem. Bylo zjištěno, že nejčastějšími příčinami vzniku vad jsou nerovnoměrné chlazení, nevhodný tlak při vstřikování a nesprávná teplota formy. [5; 6]

Mezi nejběžnější defekty způsobené vstřikováním patří studené spoje, povrchové vady, přetoky materiálu a propady. Každý z těchto problémů vyžaduje jiné řešení a preventivní opatření:

- Studené spoje vznikají v místech, kde se setkávají různé toky materiálu, který nemá dostatečnou teplotu, což vede ke špatnému propojení. Těmto vadám lze předcházet zvýšením teploty formy nebo taveniny a optimalizací vstřikovací rychlosti a tlaku nebo upravit návrh formy zejména polohu vtoku a vedení chladících okruhů. [5; 14]
- Povrchové vady například škrábance či praskliny, mohou být způsobeny příliš nízkým tlakem nebo nevhodným materiálem. Pro jejich eliminaci je vhodné zvýšit tlak vstřikování a zajistit rovnoměrné chlazení formy.
- Přetoky materiálu se objevují, pokud materiál vytéká mimo požadované hranice dutiny formy, což je často způsobeno nesprávně uzavřenou formou nebo příliš vysokým tlakem. Při výskytu této vady je nutné zkontrolovat nastavení uzavírací jednotky a snížit vstřikovací tlak
- Propady se vyskytují tam, kde materiál ztuhne nerovnoměrně a způsobí, že na povrchu výrobku vzniknou prohlubně. Této vadě se předchází optimalizací tloušťky stěn a nastavením správné teploty při chlazení.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

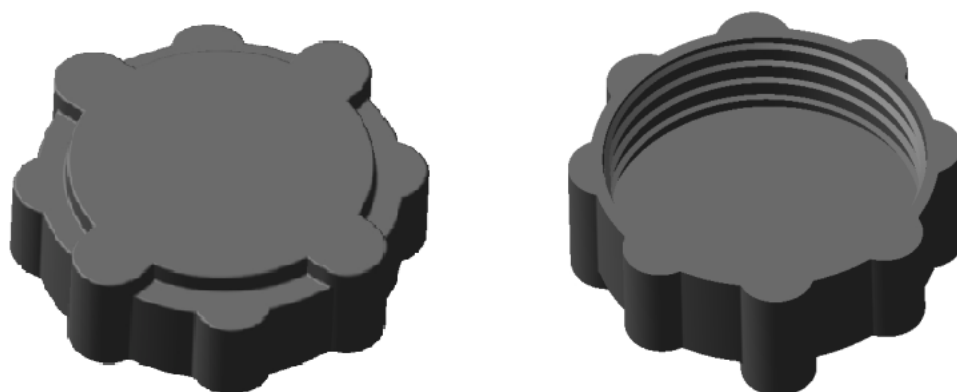
Cíle této bakalářské práce jsou definovány v následujících bodech:

- 1) vypracovat literární studii pro dané téma;
- 2) provést 3D konstrukci modelu vstřikované součásti;
- 3) navrhnout 3D konstrukci vstřikovací formy pro zadaný díl;
- 4) nakreslit 2D řez vstřikovací formou spolu s výkresy a kusovníkem.

Cílem literární rešerše bylo sjednotit teoretické aktuální poznatky známé o vstřikování. V první kapitole jsou popsány materiály vhodné ke vstřikování, jejich rozdělení a vlastnosti. V následující kapitole je popsána technologie vstřikování včetně vstřikovacího stroje a cyklu. Třetí a čtvrtá kapitola uvádí zásady konstrukce plastových výrobků a nástrojů pro jejich výrobu. V poslední části jsou příčiny vzniku vad a jejich předcházení. Prvním cílem praktické části bylo vytvořit 3D model výrobku dle uvedených zásad. Jednalo se o model víčka nádoby chladící kapaliny pro osobní automobil. Dalším stěžejním krokem bylo vytvořit 3D návrh vstřikovací formy pro tento výrobek. Tento návrh zahrnuje zaformování, určení vtokového, temperačního a vyhazovacího systému. Posledním cílem bylo nakreslení 2D výkresů sestavy a kusovníku. Vše bylo uskutečněno v softwaru CATIA V5R20. Byly použity normálie od firmy Hasco a horký vtok od firmy Meusburger.

7 VÝROBEK

Tento výrobek je víčko nádoby na chladicí kapalinu u osobního automobilu, která se vyrábí pomocí vstřikování. Hlavními parametry tohoto dílu jsou následující: největší průměr 62 mm, výška 22 mm, objem 22,5 cm³ a hmotnost 26 g.



Obrázek 17. Výrobek

7.1 MATERIÁL VÝROBKU

Pro zadaný díl byl vybrán materiál PA 66 natural který má obchodní označení TECAMID 66 natural. Tento materiál vykazuje velmi dobrou teplotní a chemickou odolnost. Taktéž má odolnost vůči horké vodě.

Tabulka 1. Vlastnosti polymeru [23]

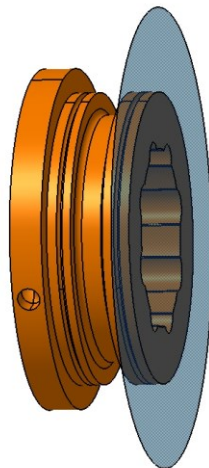
Fyzikální vlastnosti		
VLASTNOST	HODNOTA	JEDNOTKA
Hustota	1,14	g/cm ³
Smrštění	1,2	%
Nasákavost	0,45	%
Mechanické vlastnosti		
Tvrdost Shore D	86	-
Pevnost v tahu	84,8	MPa
Modul pružnosti	2410	MPa
Zpracovatelské vlastnosti		
Teplota trysky	255	°C
Teplota formy	232	°C
Teplota sušení	85	°C

8 KONSTRUKCE FORMY

Při samotné konstrukci vstřikovací formy je kladen důraz na jednoduchost výroby, vysokou přesnost a ekonomickou efektivnost. K tomu, aby byly tyto požadavky splněny, bylo nezbytné použít co nejvíce normalizovaných dílů. Tyto díly, byly vybrány od renomovaného výrobce, firmy HASCO. Výběr komponentů od takového výrobce zaručuje vysokou spolehlivost a dostupnost náhradních dílů, což přispívá k dlouhodobé efektivitě a úsporám během celého životního cyklu formy.

8.1 NÁVRH DĚLÍČÍ ROVINY

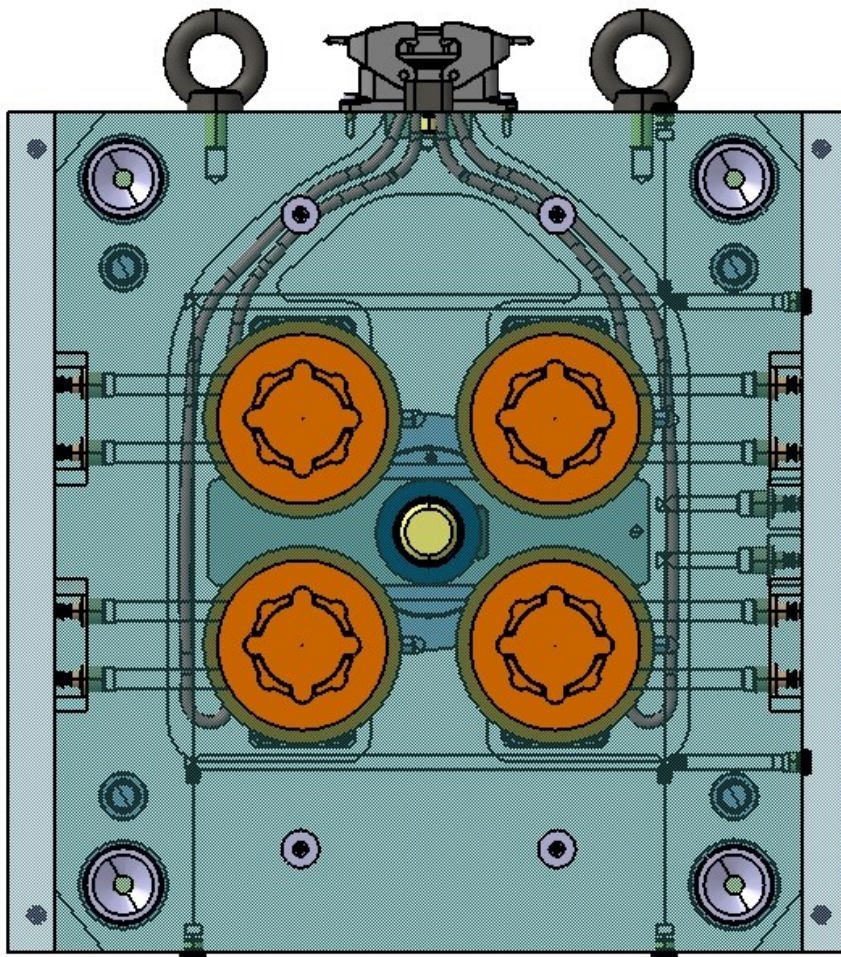
Správná volba dělíčí roviny je hlavním a nezbytným úkonem před samotnou konstrukcí formy. Pokud by došlo k chybnému zvolení, může dojít k úplné nefunkčnosti formy a vzniku vad. Hlavní dělíčí rovina je ta rovina, kde na sebe dosedá plocha tvárníku a tvárnice a kde dochází k otevření formy a následnému vyhození výrobku. V případě tohoto konstrukčního řešení nebylo potřeba zvolit vedlejší dělíčí roviny, neboť se výrobek vytáčí.



Obrázek 18. Volba dělíčí roviny

8.2 VOLBA NÁSOBNOSTI FORMY

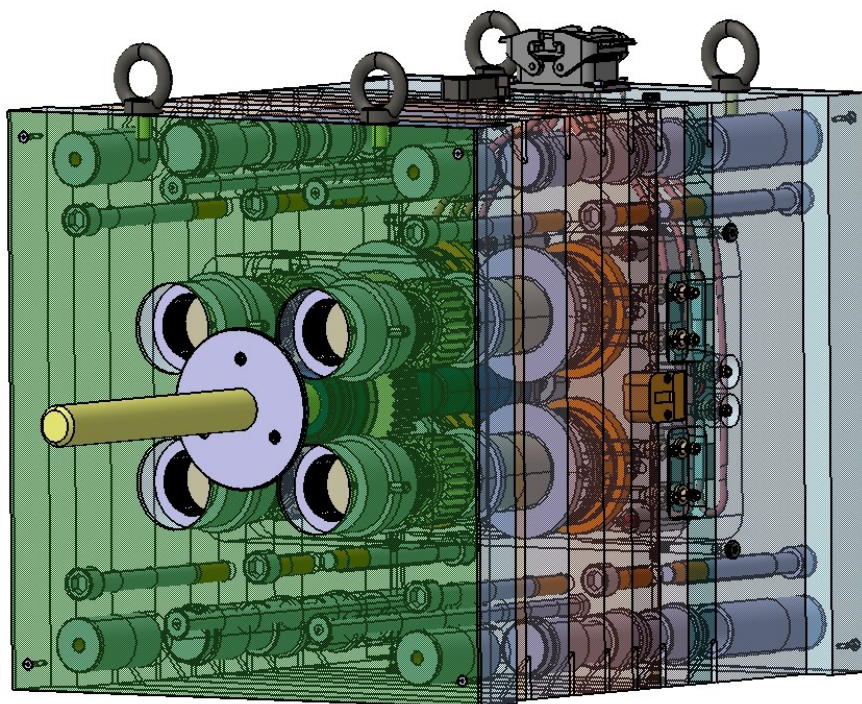
Jedním z klíčových kroků při návrhu formy je určení její násobnosti, tedy počtu tvarových dutin. Volba násobnosti závisí na několika faktorech. Z hlediska efektivity je výhodné zvolit vyšší násobnost, nicméně s rostoucí násobností klesá přesnost vstřikovaných výrobků. Při výběru násobnosti je důležité také zohlednit rozmístění tvarových dutin, které by měly být uspořádány symetricky. Mezi faktory, které ovlivňují rozhodnutí o násobnosti, patří charakter výrobku a požadovaná přesnost, požadované množství výrobků, kapacita vstřikovacího stroje, termín dodávky a další. V rámci této práce byla zvolena čtyřnásobná forma.



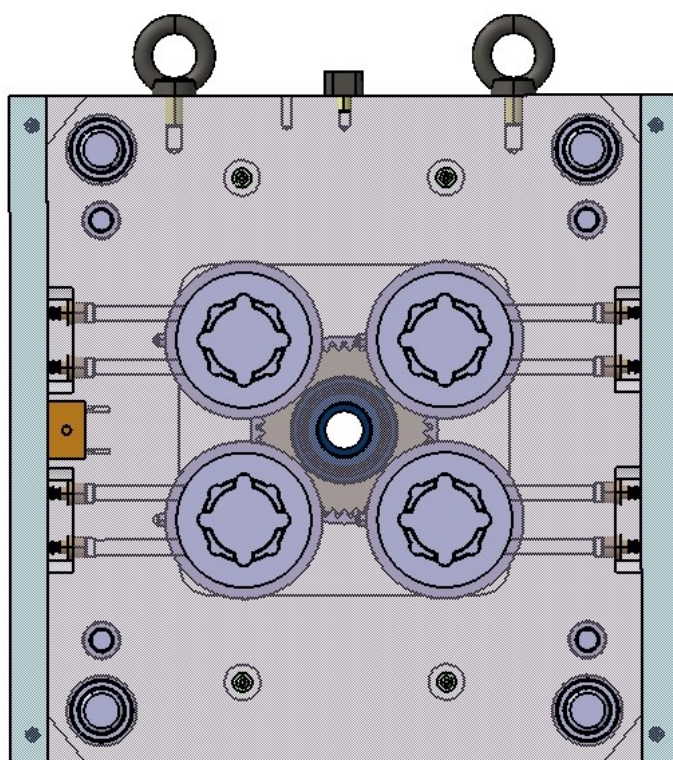
Obrázek 19. Násobnost formy

8.3 RÁM FORMY

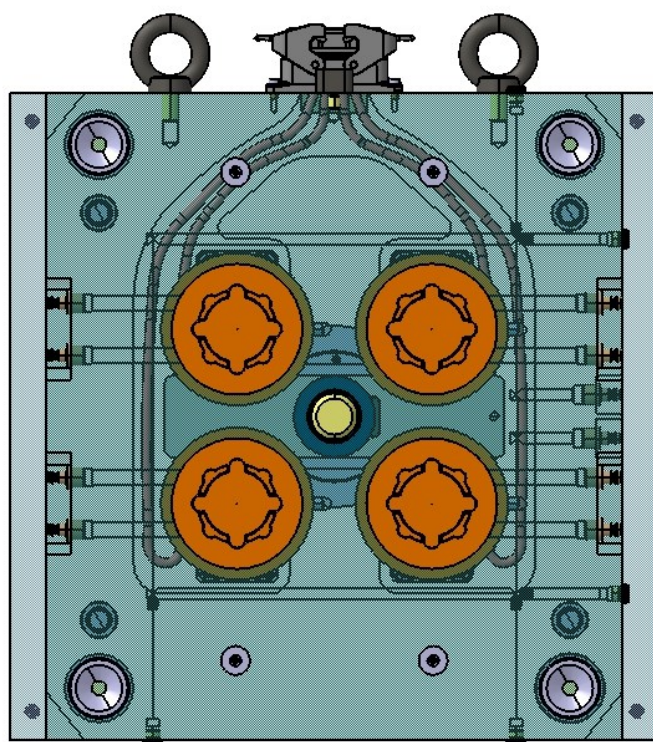
Rám formy byl zvolen normalizovaný od firmy HASCO o rozměrech 396 x 446 x 508 mm s ohledem na velikost dílce, je násobnost čtyřnásobná. A v rozích desek byla vyfrézovány drážky kvůli usnadnění rozložení formy.



Obrázek 20. 3D sestava formy



Obrázek 21. Pohled do levé strany formy

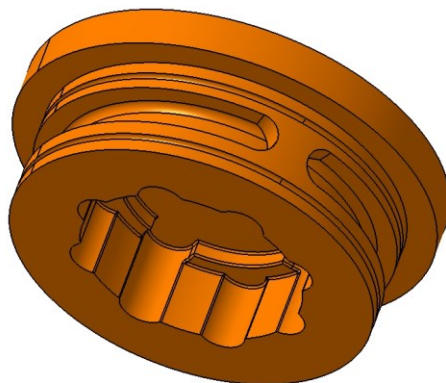


Obrázek 22. Pohled do pravé strany formy

8.4 TVAROVÉ VLOŽKY

Tvar finálního výrobku je dán dutinou, která vzniká mezi dvěma částmi formy – tvárníkem a tvárnici. Při konstrukci formy je nutné tuto dutinu zvětšit s ohledem na smrštění materiálu, které v tomto případě činí 1,2 %. Tvárník se nachází na pohyblivé části formy a po ochlazení na něm zůstává výrobek a vytáčí se. Tvárnice tvoří pevnou část formy a společně s tvárníkem vytváří dutinu odpovídající tvaru výrobku.

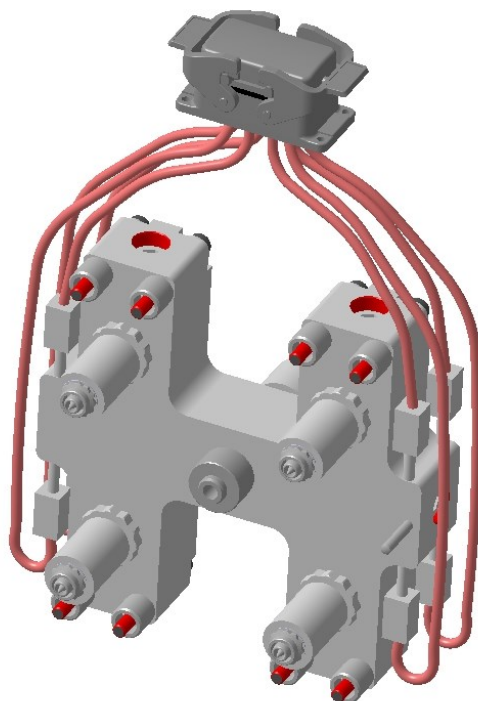
Tvárnice je opatřena drážkami, kvůli temperaci a drážkami na těsnící kroužky. Je vyrobena z kvalitní nástrojové oceli a následně podrobena tepelnému zpracování, konkrétně cementaci a kalení, což zvyšuje její tvrdost a odolnost proti opotřebení. Tvarové vložky jsou proti pootočení zajištěny válcovými kolíky.



Obrázek 23. Tvarová vložka

8.5 VTOKOVÝ SYSTÉM

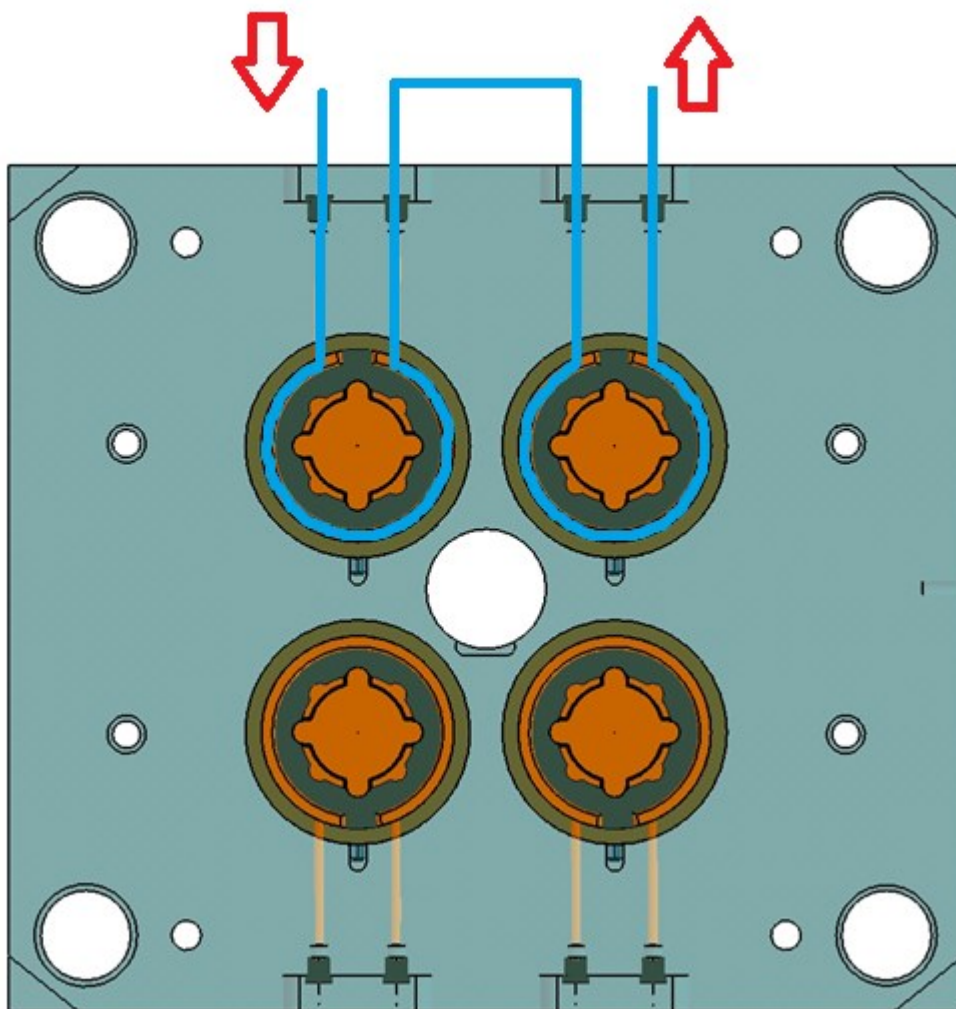
Vtokový systém dopravuje taveninu do dutiny formy. Vzhledem k násobnosti formy, byl zvolen vyhřívaný vtokový systém. Navržený systém se skládá z vyhřívaného rozvodného bloku se čtyřmi vyhřívanými tryskami. Tavenina je vedena ze vstřikovací jednotky do vstřikovací formy pomocí horké vtokové vložky. Rozvodný blok i trysky jsou vyhřívány externě. Vyhřívání umožňuje udržovat konstantní teplotu taveniny.



Obrázek 24. Zvolený horký vtokový systém

8.6 TEMPERAČNÍ SYSTÉM

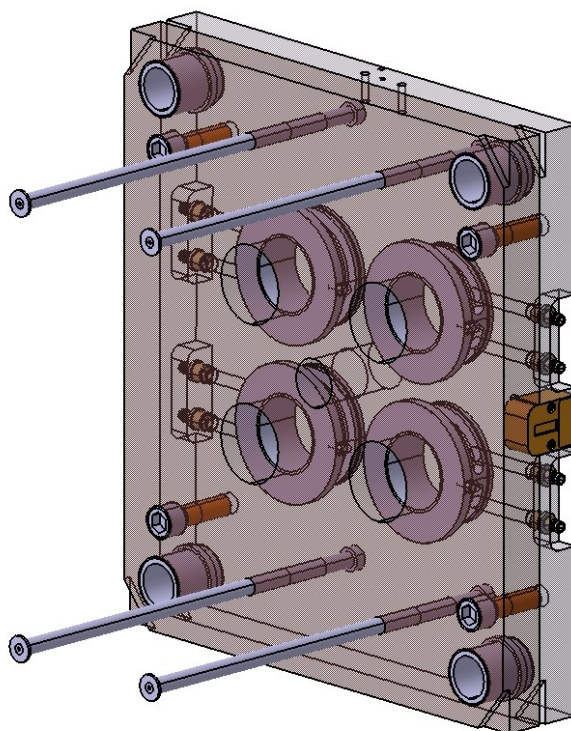
Teplota formy během vstřikování není konstantní a může být výrazně ovlivněna teplotou vstřikovaného polymeru nebo okolní teplotou. Aby bylo zajištěno, že všechny výrobky budou rozměrově a tvarově shodné, je nezbytné stabilizovat teplotní pole formy. K tomu slouží temperační systém, ve kterém cirkuluje temperační médium o požadované teplotě. Pro tuto formu byly zvoleny tři samostatné okruhy, jeden pro temperaci tvárnice, druhý pro temperaci stírací vložky, kde jsou temperovány tvárnice a stírací vložky frézovaným kanálem po obvodu. Třetí je přímo v desce, kde je umístěn horký rozvodný blok, který má kolem sebe dva navrtané kanály. Kvůli utěsnění jsou vložky opatřeny těsníci O-kroužky. Dále jsou všechny temperační okruhy opatřeny přípojkami.



Obrázek 25. Temperace tvárnice

8.7 VYHAZOVACÍ SYSTÉM

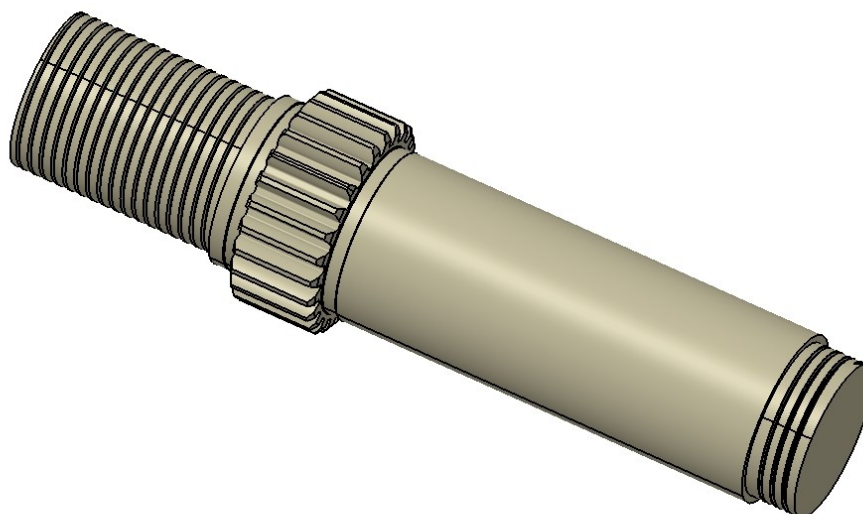
Po ochlazení dílů na vyhazovací teplotu jsou výrobky vyhozeny z formy. Pro tento proces bylo zvoleno vyhazování pomocí stíracího kroužku. Tato metoda má výhodu v tom, že vyhazovací síla působí na větší plochu než u vyhazovacích kolíků, což minimalizuje stopy na výrobku a vede k menším deformacím. Stírací kroužky jsou umístěny v kotevní desce a jsou ze zadní strany opřeny o desku opěrnou. Obě vyhazovací desky (kotevní a opěrná) jsou spojeny šrouby a jejich vysunutí je řízeno dvojicí táhel umístěnými na spodní a horní straně formy. Délka táhel je nastavena tak, aby k jejich záběru došlo až po úplném vyšroubování závitových trnů. Desky jsou vedeny pomocí vodících pouzder a pohybují se po vodících čepech. Stírací kroužky jsou vyrobeny z nástrojové oceli 1.2343, kaleny na tvrdost 52 HRC, je v nich vyfrézovaný temperační kanál a vysoustruženy drážky na těsnící O-kroužky a proti pootočení jsou zajištěny válcovými kolíky.



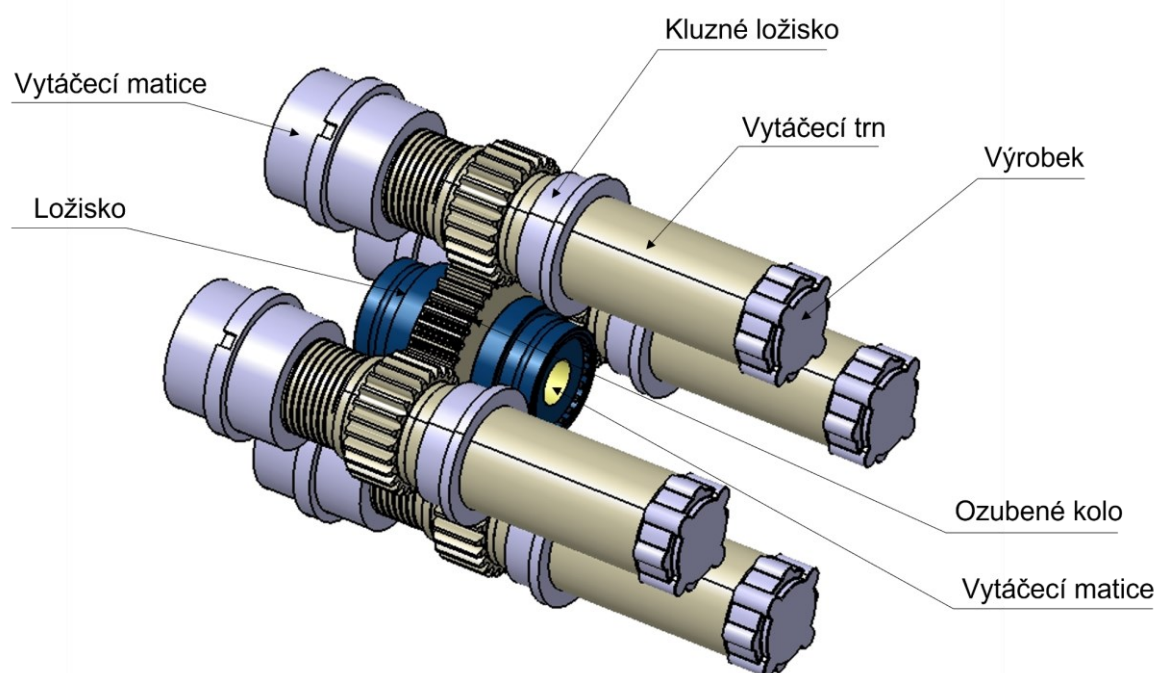
Obrázek 26. Stírací deska

8.8 ODFORMOVÁNÍ ZÁVITU

Díra se závitem je odformována pohybem otevírání formy, který roztáčí vytáčecí mechanismus. Tento mechanismus je tvořen pohybovým šroubem uloženým v pravé části formy, maticí s ozubeným kolem a závitovými trny. Otevíráním formy dochází k posunu matice uloženou v ložiscích, matice s ozubeným kolem je roztáčena a díky ozubenému kolu se roztáčí i závitové trny. Pravý konec trnu je součástí tvarové dutiny, uprostřed je trn uložen v kluzném ložisku a na druhém konci se trn zašroubovává do matice se stejným závitem jako má vstřikovaný výrobek, což lze vidět na obrázku č.28. Následující výpočet udává minimální otevření formy pro vyšroubování závitu 289 mm.



Obrázek 27. Tvarový trn



Obrázek 28. Vytáčecí mechanismus

8.8.1 Výpočet délky pro odformování závitu

Převodové poměry:

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{26}{45} = 0,578 \quad (1)$$

Kde:

i je převodový poměr mezi závitovým trnem a velkým ozubeným kolem.

z_1, z_2 jsou počty zubů velkého ozubeného kola a ozubeného kola na závitovém trnu.

Výpočet otáček závitového trnu pro vyšroubování z výrobku:

$$n_2 = \frac{h}{p} \quad (2)$$

$$n_2 = \frac{14}{3,5}$$

$$n_2 = 4 \text{ ot}$$

Kde:

n_2 je počet otáček závitového trnu.

h je hloubka díry se závitem.

p je stoupání závitu.

Z důvodu bezpečného a dostatečného vyšroubování bylo přidáno jedno otočení.

Výpočet otáček velkého ozubeného kola:

$$i = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_1 = i \cdot n_2 = 0,578 \cdot 5 = 2,89 \text{ ot} \quad (3)$$

$$n_2 = 0,578 \cdot 5$$

$$n_2 = 2,89 \text{ ot}$$

Výpočet potřebné délky otevření formy:

$$l = n_1 \cdot P_{\text{šroub}} \quad (4)$$

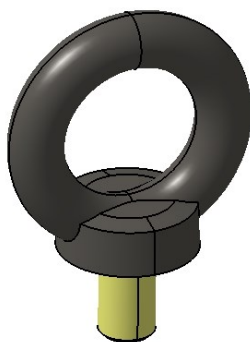
$$l = 2,89 \cdot 100$$

$$l = 289\text{mm}$$

$P_{\text{šroub}}$ je stoupání pohybového šroubu.

8.9 TRANSPORTNÍ ZAŘÍZENÍ

Pro účel transportu je forma na upínacích deskách opatřena čtyřmi kusy závěsných transportních ok. Zajištění dělicí roviny je pomocí transportní pojistky od firmy HASCO.



Obrázek 29. Transportní oko

9 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Základní parametry pro volbu stroje:

Objem jednoho výstřiku – 22,5 cm³.

Celkové rozměry formy – 396 x 446 x 508 mm.

Dle rozměrů vstřikovací formy, objemu výstřiků a ostatních technických parametrů byl zvolen vstřikovací stroj od firmy ARBURG s označením modelu ALLROUNDER 570S.

Tabulka 2. Základní parametry stroje ALLROUNDER 520S [13]

Parametr	Hodnota	Jednotka
Uzavírací síla	265	kN
Vzdálenost mezi sloupky	520x520	mm
Vyhazovací síla	50	kN
Objem dávky	144	cm ³
Rozměr upínacích desek	695x695	mm
Maximální zdvih vyhazovačů	287	mm
Výška formy	250-825	mm



Obrázek 30. Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 520 S [13]

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se odvíjela od stanovených cílů, které jsou uvedeny na začátku praktické části. Nejprve bylo nutné vypracovat literární studii, která se zabývá charakteristikou pojmů jako materiály používanými pro vstřikování, technologii vstřikování, vady při vstřikování přes vstřikovací stroj až po samotné konstrukční řešení vstřikovací formy. Praktická část pojednává o zadaném dílu, tvorbě 3D modelu, návrhu formy a vhodného stroje. Zadaným dílem se stalo víčko nádoby chladící kapaliny u osobního automobilu. Následně bylo potřeba vhodně výrobek zaformovat, načež bylo možné zkonstruovat tvarovou vložku tvárnici, tvárník tvoří závitový trn. Poté se přistoupilo ke konstrukci čtyřnásobné vstřikovací formy dle požadavků. Pro udržení rovnoměrného teplotního pole, byla forma opatřena třemi samostatnými temperačními okruhy s kanály kruhového průřezu o velikosti 8 mm a na tvárnici drážkou po obvodu rovněž se šířkou 8 mm. Nejvhodnějším řešením pro dopravu taveniny do dutiny se jevílo použití horkého vtokového systému. Vyhození výrobků je zajištěno za pomoci vytáčení, kde byla stanovena bezpečná dráha pohyblivé části formy na 290 mm, aby bylo zaručeno bezpečné vytočení výrobků. Odvzdušnění formy je umožněno skrze dělicí rovinu. Pro transport a manipulaci s formou, je za pomoci čtyř transportních ok umístěných v upínacích deskách. Posledním krokem byl výstup v podobě 2D výkresů, jenž jsou součástí přílohy II.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BĚHÁLEK, Luboš. *Polymery*. Online. 2016. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Impresum.html>. [cit. 2025-01-29].
- [2] ŘEHULKA, Zdeněk. *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů*. [Praha]: Sekurkon, [2009]. ISBN 978-80-86604-44-2.
- [3] BRYCE, Douglas M. *Plastic Injection Molding: Manufacturing Process Fundamentals*. Society of Manufacturing Engineers, 1996. ISBN 9780872634725.
- [4] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2. přeprac. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2006. ISBN 80-7080-617-6. Dostupné také z: <https://kramerus.techlib.cz/kramerus-web-client/uuid/uuid:35816d67-d780-48df-a523-4865ef0849b1>.
- [5] KAZMER, David. *Injection mold design engineering*. Munich: Hanser Publishers, c2007. ISBN 978-3-446-41266-8.
- [6] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. Praha: BEN - technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [7] LERMA VALERO, José R. *Plastics injection molding: scientific molding, recommendations, and best practices*. Munich: Hanser publications, [2020]. ISBN 978-1-56990-689-7.
- [8] BAUR, Erwin; OSSWALD, Tim A. a RUDOLPH, Natalie. *Plastics handbook: the resource for plastics engineers*. Online. 5th. Munich: Hanser, 2019. ISBN 978-1-56990-559-3. [cit. 2025-02-25].
- [9] Dong Guan Sincere Tech. *Injection mold*. Online. Plasticmold. 2019. Dostupné z: <https://www.plasticmold.net/injection-moulding/#injection-mold>. [cit. 2024-12-11].
- [10] WANG, Maw-Ling; CHANG, Rong-Yeu a HSU, Chia-Hsiang. *Molding Simulation Theory and practise*. 2nd ed. Hanser Publishers, 2022. ISBN 978-1-56990-884-6.
- [11] BEAUMONT, John P.; NAGEL, R. L. a SHERMAN, R. *Successful injection molding: process, design, and simulation*. Munich: Hanser Publishers, c2002. ISBN 1-56990-291-7.
- [12] SENTHIL, Kumaran Selvaraj; RAJ, aditya; CHADBA, Utkarsh a PARAMASIVAN, Velmurugan. A Review on Machine Learning Models in Injection Molding Machines. Online. 2022. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/2022/1949061>. [cit. 2024-12-11].
- [13] *Vstřikovací stroje*. Online. In: Arburg. [2024]. Dostupné z: <https://www.arburg.com/apps/configuration/welcome/goldenelectric>. [cit. 2025-01-31].
- [14] MALLOY, Robert A. *Plastic part design for injection molding: an introduction*. 2nd ed. Munich: Hanser Publishers, c2011. ISBN 978-1-56990-436-7.
- [15] BOBEK, Jiří. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů*. Online. Code creator s.r.o., 2015. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Cover.html>. [cit. 2025-04-05].

- [16] CAMPO, E.Alfredo. *The complete Part Design Handbook - For Injection Molding of Thermoplastics*. Online. Munich: Hanser Publishers, 2006. ISBN 9781601191526. Dostupné z: <https://app.knovel.com/kn/resources/kpCPDHFIM1/toc?cid=kpCPDHFIM1>. [cit. 2025-03-03].
- [17] GORDON, M. Joseph jr. *Total quality process control for injection molding*. Online. 2nd. Hoboken, 2010. ISBN 9780470229637. Dostupné z: https://www.perlego.com/book/2786955/total-quality-process-control-for-injection-molding-pdf?utm_source=google&utm_medium=cpc&campaignid=20933451054&adgroupid=162926082892&gad_source=1&gclid=EAiaIQobChMImpzDm63BjAMVr pCDBx0ATiXyEAAYBCAAEgL_ZvD_BwE. [cit. 2025-04-05].
- [18] CATOEN, Bruce a REES, Herbert. *Injection mold design handbook*. Munich: Hanser, [2021]. ISBN 978-1-56990-815-0.
- [19] LENFELD, Petr. *Technologie vstřikování*. Online. Svitavy: Code Creator, 2016. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/Impresum.html>. [cit. 2025-04-06].
- [20] UNGAR, Peter. *Hot Runner Technology*. Online. 2006. Hanser Publishers. ISBN 978-1-56990-395-7. Dostupné z: https://app.knovel.com/kn/resources/kpHRT00007/toc?b-q=UNGER%2C%20Peter.%20Hot%20Runner%20Technology&include_synonyms=no&q=UNGER%2C%20Peter.%20Hot%20Runner%20Technology&sort_on=default. [cit. 2025-03-30].
- [21] JUAN, DJ a CHENG, YL. *Hot Runner Mold Design of Fan Diverter Parts*. Online. IOP Conference Series Materials Science and Engineering 235, 2017. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/235/1/012012>. [cit. 2025-03-30].
- [22] PROUKTOVÝ KATALOG. HASCO. Online. Dostupné z: <https://www.hasco.com/cs/Produktov%C3%BD-katalog/c/1>. [cit. 2025-03-30].
- [23] MATWEB. *Materiálové listy*. Online. Dostupné z: <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=0d3241f465434a0bad6e2eeb3785e3e4&ckck=1>. [cit. 2025-04-15].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Rozdělení polymerů[1].....	13
Obrázek 2. Schéma vstřikovacího cyklu činnost vstřikovací formy (vnější okruh) a vstřikovací jednotky stroje (vnitřní okruh) [8]	15
Obrázek 3. Cyklus vstřikovacího stroje [10]	16
Obrázek 4. Vstřikovací stroj[13]	17
Obrázek 5. Schéma vhodně a nevhodně zvolené konstrukce rádiusu [14].....	19
Obrázek 6. Špatně vs správně navržený výrobek s úkosem [15].....	20
Obrázek 7. Vhodný vnitřní a vnější podkos [16].....	20
Obrázek 8. Příklad použití žeber [16]	21
Obrázek 9. Návrh rozměrů žeber [17]	21
Obrázek 10. Tlustostěnný výrobek v celé tloušťce vs. tenkostěnný s rovnoměrnou tloušťkou stěny [16]	22
Obrázek 11. Schéma postupu při návrhu vstřikovací formy [5].....	23
Obrázek 12. Dvoudeskový systém formy	24
Obrázek 13. Studený vtokový systém [19].....	25
Obrázek 14. Horký vtokový systém [5].....	26
Obrázek 15. Válcový vyhazovací kolík [22]	28
Obrázek 16. Ploché vyhazovače [22]	28
Obrázek 17. Výrobek	33
Obrázek 18. Volba dělicí roviny	35
Obrázek 19. Násobnost formy	36
Obrázek 20. 3D sestava formy.....	37
Obrázek 21. Pohled do levé strany formy.....	38
Obrázek 22. Pohled do pravé strany formy	38
Obrázek 23. Tvarová vložka	39
Obrázek 24. Zvolený horký vtokový systém	40
Obrázek 25. Temperace tvárnice	41
Obrázek 26. Stírací deska	42
Obrázek 27. Tvarový trn.....	43
Obrázek 28. Vytáčecí mechanismus	44
Obrázek 29. Transportní oko	46
Obrázek 30. Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 520 S [13]	47

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Vlastnosti polymeru [23]	34
Tabulka 2. Základní parametry stroje ALLROUNDER 570S	47

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

cm ³	Centimetr krychlový
g/cm ³	Gram na centimetr krychlový
g	Gram
HRC	Tvrdost dle Rockwella
kN	Kilonewton
kg	Kilogram
mm	Milimetr
MPa	Megapascal
PA	Polyamid
PC	Polykarbonát
2D	Dvourozměrný
3D	Trojrozměrný
°C	Stupeň Celsia
%	Procento

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Technický list vstřikovacího stroje

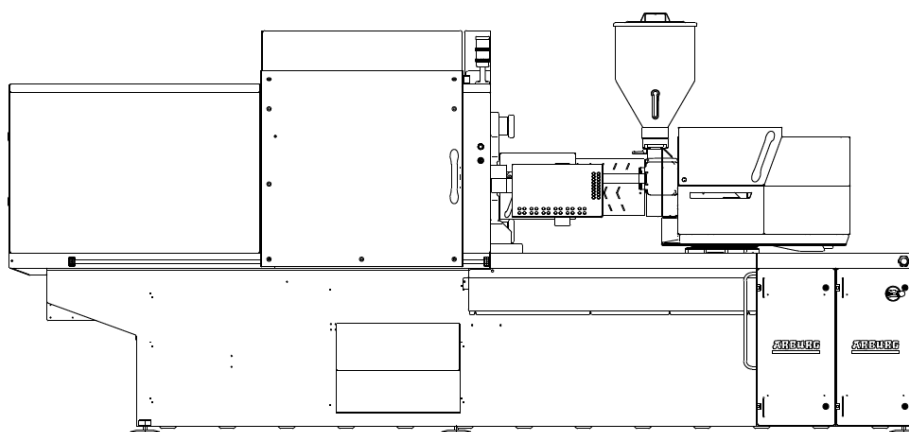
Příloha P II: Výkresová dokumentace

- Sestava formy
- Kusovník

Příloha P IV: CD obsahující:

- Text práce ve formátu PDF/A
- 3D model výrobku
- 3D model formy
- Výkresovou dokumentaci

PŘÍLOHA P I: TECHNICKÝ LIST VSTŘIKOVACÍHO STROJE



ALLROUNDER 520 S

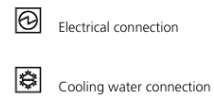
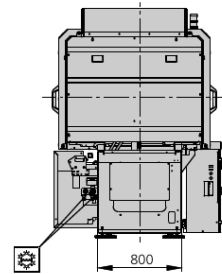
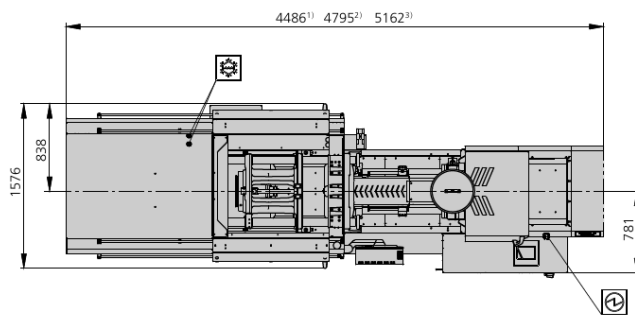
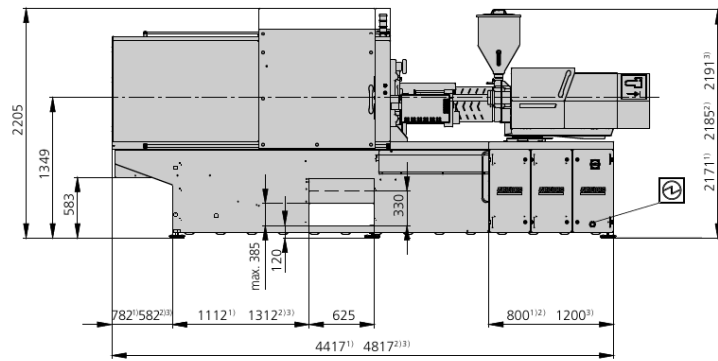
Distance between tie bars: 520 x 520 mm

Clamping force: 1300, 1500, 1600 kN

Injection unit (acc. to EUROMAP): 290, 400, 800

ARBURG

MACHINE DIMENSIONS | 520 S



- 1) injection unit 290
- 2) injection unit 400
- 3) injection unit 800

TECHNICAL DATA | 520 S

Clamping unit		520 S		
with clamping force	max. kN	1300	1500	1600
Opening force stroke	max. kN mm	365 575		
Mould height, fixed variable	min. mm	250 ---		
Platen daylight fixed variable	max. mm	825 ---		
Distance between tie bars (w x h)	mm	520 x 520		
Mould mounting platens (w x h)	max. mm	695 x 695		
Weight of movable mould half	max. kg	1050		
Ejector force stroke	max. kN mm	50 175		
Dry cycle time EUROMAP ²	1 pump	min. s - mm	2,5 - 364	
	2 pumps	min. s - mm	1,9 - 364	
	Accum.	min. s - mm	1,7 - 364	

Injection unit		290			400			800		
with screw diameter	mm	30	35	40	35	40	45	45	50	55
Effective screw length	L/D	23,3	20	17,5	23	20	18	22	20	18
Screw stroke	max. mm	150			160			200		
Calculated stroke volume	max. cm ³	106	144	188	154	201	254	318	392	474
Shot weight	max. g PS	97	132	172	141	184	232	291	359	434
Material throughput	max. kg/h PS	17	20,5	24,5	25	29	35	46	53	59
	max. kg/h PA6.6	8,5	10,5	12,5	12,5	15	17,5	23	27	30
Injection pressure	max. bar	2500	2000	1530	2500	2000	1580	2470	2000	1650
Holding pressure	max. bar	2500	2000	1530	2500	2000	1580	2470	2000	1650
Injection flow ²	1 pump	max. cm ³ /s	130	178	232	128	168	212	174	214
	2 pumps	max. cm ³ /s	130	178	232	128 160	168 210	212 266	174	214
	Accum.	max. cm ³ /s	316	430	562	492	642	814	530	656
Screw circumferential speed ²	1 pump	max. m/min	51	60	69	47	53	60	54	60
	2 pumps	max. m/min	51	60	69	47 53	53 60	60 68	54	60
	Accum.	max. m/min	20	24	27	16	18	21	15	17
Screw torque	max. Nm	320	380	430	480	550	610	880		
Nozzle contact force retraction stroke	max. kN mm	60 240			60 300			70 300		
Heating capacity zones	kW	7,7 5			9,7 5			19,9 8		
Feed hopper	l	50			50			50		

Drive and connection		1 pump			2 pumps			Accum.		
with injection unit		290	400	800	290	400	800	290	400	800
Net weight of machine	kg	5600	5900	6350	5600	5900	6350	---		
Sound press. level Insecurity ⁴	dB(A)	70 3			70 3			70 3		
Oil filling	l	180	180	240	180	180	240	180	240	300
Drive power ²	max. kW	22	22	30	30			22	22	30
Electrical connection ³		kW	31	34	52	39	42	52	31	33
	Total	A	80	80	100	100	100	125	80	80
	Machine	A	63	63	80	80	80	80	63	63
	Heating	A	16	20	35	16	20	35	16	20
Cooling water connection	max. °C	30			30			30		
	min. Δp bar	1,5 DN 25			1,5 DN 25			1,5 DN 25		

Machine type	
with EUROMAP size designation ¹	Drive
520 S 1300-290 400	1 2 -
520 S 1500-290 400 800	1 2 -
520 S 1600-290 400 800	- 2 Accum.

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

1) Clamping force (kN) - size of injection unit = max. stroke volume (cm³) x max. injection pressure (kbar).

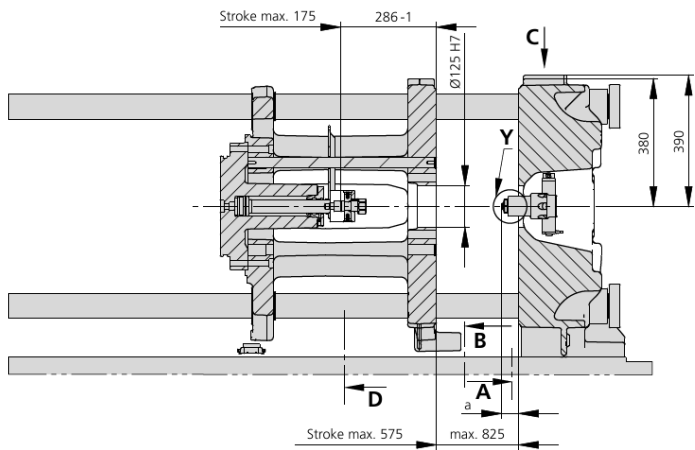
2) Specifications depend on the drive config. – 1st value applies to the lowest clamping force.

3) Specifications relate to 400 V/50 Hz.

4) Detailed info in the operating instr.

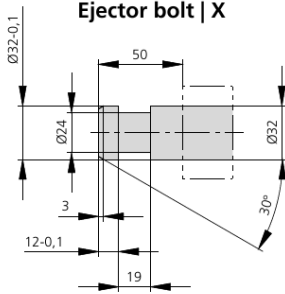
[] Specifications apply to alternative equipment.

MOULD INSTALLATION DIMENSIONS | 520 S

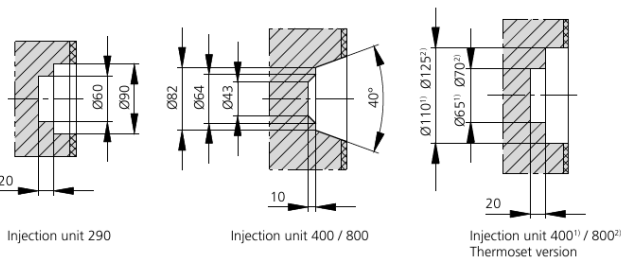


a max.	Injection unit	
	290	400 / 800
Standard	40	50
Thermoset	20	50

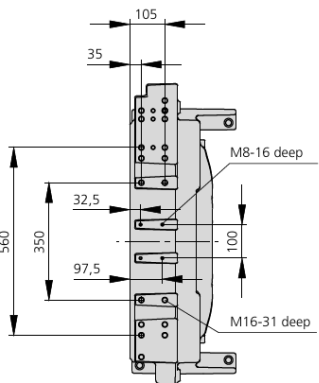
Ejector bolt | X



Bore in mould (if required) | Y

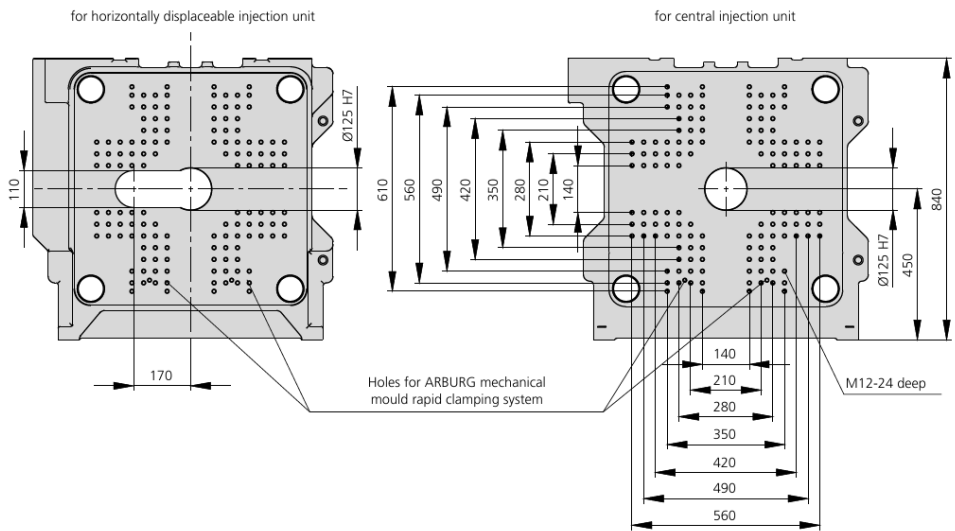


Robotic system mounting | C

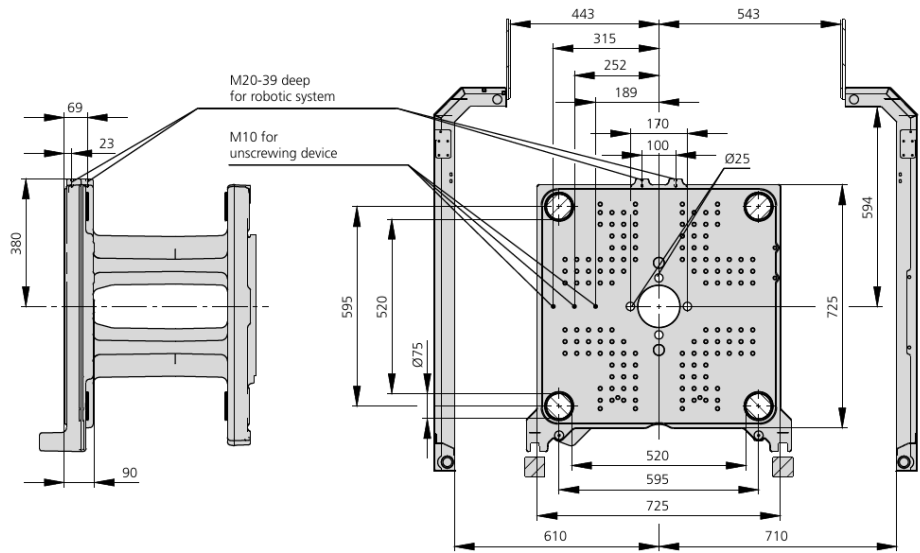


MOULD INSTALLATION DIMENSIONS | 520 S

Fixed mould mounting platen | A



Moving mould mounting platen | B



SHOT WEIGHTS | 520 S

Theoretical shot weights for the most important injection moulding materials

Injection units according to EUROMAP		290			400			800		
Screw diameter	mm	30	35	40	35	40	45	45	50	55
Polystyrene	max. g PS	97	132	172	141	184	232	291	359	434
Styrene heteropolymerizates	max. g SB	95	129	168	137	179	227	284	350	424
	max. g SAN, ABS ¹⁾	93	126	165	135	176	223	278	344	416
Cellulose acetate	max. g CA ¹⁾	109	148	194	158	207	262	327	404	488
Celluloseacetobutyrat	max. g CAB ¹⁾	101	138	180	147	192	243	304	375	454
Polymethyl methacrylate	max. g PMMA	100	136	178	145	190	240	300	371	449
Polyphenylene ether, mod.	max. g PPE	90	122	160	131	171	216	270	333	403
Polycarbonate	max. g PC	102	139	181	148	193	244	305	377	456
Polysulphone	max. g PSU	105	143	187	153	199	252	316	390	471
Polyamides	max. g PA 6.6 PA 6 ¹⁾	96	131	171	140	183	231	289	357	431
	max. g PA 6.10 PA 11 ¹⁾	90	122	160	131	171	216	270	333	403
Polyoximethylene (Polyacetal)	max. g POM	120	163	213	174	227	287	359	443	536
Polyethylene terephthalate	max. g PET	115	157	205	167	219	277	346	427	517
Polyethylene	max. g PE-LD	73	100	130	106	139	176	219	271	328
	max. g PE-HD	76	103	134	110	143	181	227	280	339
Polypropylene	max. g PP	77	105	137	112	146	185	232	286	346
Fluoropolymerides	max. g FEP, PFA, PCTFE ¹⁾	155	211	276	225	294	372	465	574	695
	max. g ETFE	136	185	242	196	256	324	408	504	609
Polyvinyl chloride	max. g PVC-U	117	159	208	170	222	281	351	434	525
	max. g PVC-P ¹⁾	108	147	192	157	205	260	324	401	485

1) average value

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