

Konstrukce vstřikovací formy s využitím softwaru VISI

Tomáš Horák

Bakalářská práce
2019

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Horák**
Osobní číslo: **T16068**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce vstřikovací formy s využitím softwaru VISI**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární studii na dané téma.**
- 2. Vyhotovte 3D model vstřikované součásti.**
- 3. Provedte konstrukční návrh vstřikovací formy v programu VISI.**
- 4. Vyhotovte sestavu vstřikovací formy včetně kusovníku.**

Rozsah bakalářské práce: **cca 60 stran**
Rozsah příloh:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **BOBČÍK a kolektiv, Formy pro zpracování plastů I. Díl-Vstřikování termoplast, Uniplast Brno, 2. opravné vydání 1999**
2. **Ducháček. Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití. 2011. ISBN 978-80-7080-788-0 (3. vydání)**
3. **ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů. Praha: BEN - technická literatura, 2009, 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Adam Škrobák, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2019**

Ve Zlíně dne 15. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

Příjmení a jméno: Tomáš Horálek

Obor: Technologické zařízení

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že výstupem diplomové/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.

Ve Zlíně 22. 5. 2019

.....

²¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²²⁾ 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³¹⁾ 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a následnou konstrukcí vstříkovací formy pro zvolený plastový výrobek. Práce je rozdělena do dvou částí. V první, teoretické části se pojednává o problematice konstrukce forem a technologii vstříkování. Praktická část této práce zahrnuje model 3D součásti, ke kterému byla navržena forma v softwaru VISI 2018 R1. Cílem bylo zhotovit a popsat návod práce v tomto programu.

Klíčová slova: vstříkovací forma, vstříkování, konstrukce, VISI

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with design and construction of an injection mould for a selected plastic component. This thesis is divided into two parts. In the first, theoretical part, the issue of the mould construction and the technology of injection have been discussed. The practical part includes the construction of a 3D model of the chosen plastic component and the design of the injection mould in VISI 2018 R1 software. The aim of this thesis was to create a manual that helps students work in this programme.

Keywords: injection mould, injection, construction, VISI

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Adamu Škrobákovi, Ph.D. za milou spolupráci, čas strávený nad touto prací a všechny rady, které mi při tvorbě této bakalářské práce dal. Dále bych chtěl poděkovat firmě NEXNET, a.s. za poskytnutí bezplatné tří měsíční licence softwaru VISI.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 POLYMERY	11
1.1 HISTORIE POLYMERŮ.....	11
1.2 ROZDĚLENÍ POLYMERŮ	11
1.2.1 Plasty	12
1.2.2 Termoplasty.....	12
1.2.3 Postavení polymerů na trhu.....	15
1.2.4 Reaktoplasty	16
1.2.5 Elastomery.....	16
1.2.6 Termoplastické elastomery	17
1.3 CHARAKTERISTICKÉ VLASTNOSTI PLASTŮ.....	17
2 ZPRACOVÁNÍ PLASTŮ	19
2.1 PŘÍPRAVA POLYMERU PŘED VSTŘIKOVÁNÍM	19
2.1.1 Doprava materiálu	19
2.1.2 Sušení	20
2.1.3 Míchání a hnětení	20
2.1.4 Recyklace	20
2.2 VSTŘIKOVÁNÍ.....	20
2.2.1 Vstřikovací cyklus.....	21
2.2.2 Materiály ke vstřikování	21
2.2.3 Kritéria volby termoplastu při návrhu výstřiku.....	22
2.2.4 Faktory ovlivňující vlastnosti a kvalitu výrobku	23
3 VSTŘIKOVACÍ STROJE	24
3.1 ROZDĚLENÍ VSTŘIKOVACÍCH STROJŮ.....	25
3.2 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA	25
3.2.1 Šneky vstřikovacích strojů	26
3.2.2 Opatření a povrchová úprava komponentů vstřikovací jednotky	27
3.3 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	27
3.4 ŘÍDÍCÍ A OVLÁDACÍ SYSTÉM.....	28
4 VSTŘIKOVACÍ FORMY	30
4.1 TECHNICKÉ ZÁSADY PRO KONSTRUKCI FOREM	31
4.1.1 Výkres součásti	31
4.1.2 Násobnost formy	31
4.1.3 Volba optimálního vstřikovacího stroje	31
4.1.4 Zvláštní požadavky na konstrukci formy	32
4.2 ZÁSADY KONSTRUKCE PLASTOVÝCH DÍLŮ	32
4.2.1 Tloušťky stěn.....	32
4.2.2 Žebrování	33
4.2.3 Ostré rohy.....	33
4.2.4 Úkosy	33

4.3	ZAFORMOVÁNÍ	34
4.4	V TOKOVÉ SYSTÉMY	35
4.4.1	Studený vtokový systém (SVS)	35
	Vtokové kanály	35
	Vtokové ústí	36
4.4.2	Vyhřívané vtokové systémy (VVS)	37
4.5	VYHAZOVAČÍ SYSTÉM	37
4.5.1	Vyhazovací kolíky	38
4.5.2	Stírací deska	38
4.5.3	Pneumatické vyhazování	38
4.5.4	Hydraulické vyhazování	39
4.6	TEMPERAČNÍ SYSTÉMY	39
4.6.1	Aktivní temperační prostředky	39
4.6.2	Pasivní temperační prostředky	40
4.7	VADY VSTŘIKOVANÝCH DÍLŮ	40
4.7.1	Deformace výrobku	40
4.7.2	Přetoky	41
4.7.3	Bubliny	41
4.7.4	Studené spoje	41
4.7.5	Černé skvrny	41
4.7.6	Stříbrné pruhy	41
4.7.7	Spálená místa	41
5	SOFTWARE VISI	42
II	PRAKTICKÁ ČÁST	43
6	STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	44
7	VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK	45
7.1	MATERIÁL VÝROBKU	45
8	VSTŘIKOVACÍ STROJ	46
9	KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY	47
9.1	DĚLÍCÍ ROVINA	48
9.2	TVAROVÉ SOUČÁSTI	52
9.3	VSTŘIKOVACÍ FORMA	54
9.4	BOČNÍ POSUVNÉ ČELISTI	61
9.5	V TOKOVÝ SYSTÉM	66
9.6	VYHAZOVAČÍ SYSTÉM	68
9.7	TEMPERAČNÍ SYSTÉM	71
	ZÁVĚR	77
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	78
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	80
	SEZNAM OBRÁZKŮ	82
	SEZNAM TABULEK	85
	SEZNAM PŘÍLOH	86

ÚVOD

V současné době jsou ve všech průmyslových odvětvích běžné materiály, jako je ocel, sklo nebo dřevo stále čteněji nahrazovány polymerními materiály. Dochází k tomu zejména díky dobrým vlastnostem polymerů, širokým oblastem využití, nízké váze polymerních výrobků a dalším pozitivním atributům.

Mezi nejčastější a nejrozšířenější metody výroby plastových výrobků patří technologie vstřikování. Tato metoda spočívá v tom, že materiál nejčastěji ve formě granulí je nasypán nasypkou do vstřikovacího stroje. V něm dochází k roztavení granulí až na taveninu, která je poté pod tlakem vstříknuta do dutiny formy, v níž tavenina dostane požadovaný tvar konečného výrobku. Po ochlazení dochází k otevření formy a vyhození vstříknutého dílu z dutiny formy.

Konstrukce dané formy se volí podle několika kritérií. Záleží na materiálu, který bude vstřikován, na složitosti tvaru požadovaného dílu, na rozměrech stroje, na kterém se bude vstřikovat a dalších důležitých aspektech. Samotná forma se poté skládá z několika částí, které do sebe musí perfektně zapadat, aby došlo ke správnému vyrobení dílu. V dnešní době je několik 3D softwarů, které usnadňují a zrychlují konstrukci forem.

Mezi výhody metody vstřikování plastů patří nízké procento odpadu, poměrně krátká doba vstřikování daného dílu s možností vyrábět několik dílů najednou a také vstřikování tvarově složitých dílů. Vyrobení vstřikovací formy je poměrně časově náročné a také finančně nákladné, proto se vstřikování vyplatí používat pouze pro velkosériovou výrobu.

K dosažení cíle této práce bylo zapotřebí nejprve vymodelovat vstřikovací formu. K tomuto účelu byl využit český překlad softwaru VISI 2018 R1, který nabízí prostředí formy, ve kterém lze zkonstruovat vstřikovací formy. Jako vstřikovaný výrobek byl použit díl z inkoustové tiskárny HP PhotoSmart 7260. Hlavním cílem této práce bylo zhotovit návod pro konstrukci formy v programu VISI.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY

Polymery patří do organické chemie. Podle původu se dělí na přírodní a syntetické. Látky, které se řadí mezi organické, jsou například dřevo, ropa, zemní plyn a další. Rozdíl polymeru oproti těmto organickým látkám je v tom, že mají velké makromolekuly, které se skládají z tisíce atomů uhlíku, vodíku a dalších prvků jako chloru, kyslíku, dusíku, fluoru apod. Ty se skládají do řetězců, v němž se opakuje jako základní článek konstituční jednotky „mer“. Slovo polymer se tedy skládá z řecké předpony poly, což znamená mnoho nebo více a koncovky mer. Což dohromady znamená: látka složená z několika merů. [7, 3]

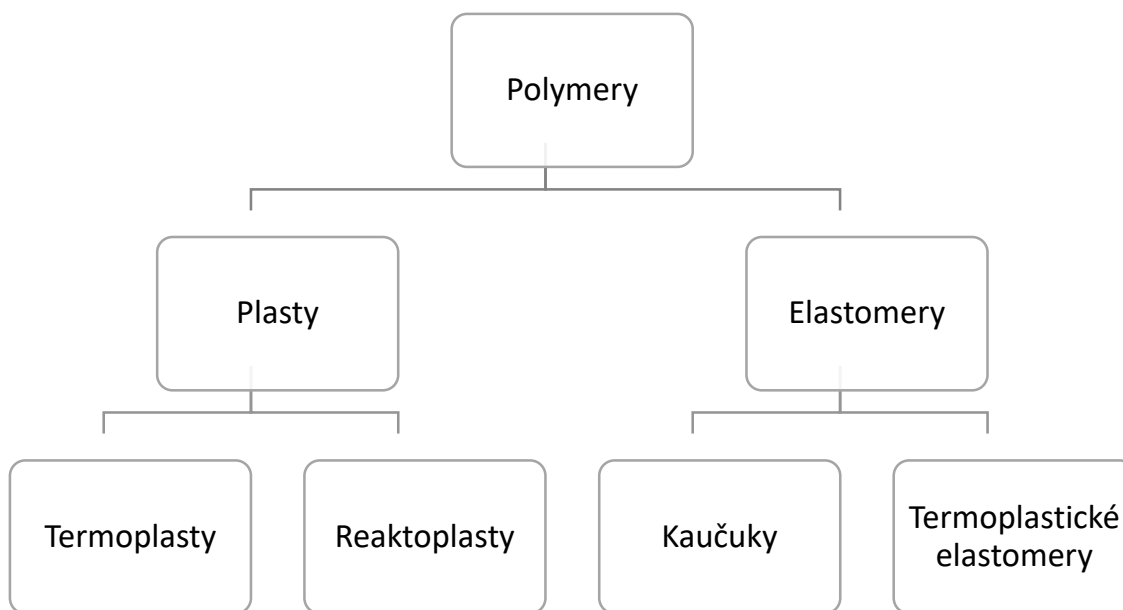
1.1 Historie polymerů

V moderní společnosti nastal velký rozvoj syntetických polymerů až ve dvacátém století, avšak polymerní materiály zejména přírodního charakteru byly využívány mnohem dříve. Například přírodní kaučuk byl objeven Evropany už v roce 1493, při druhé objevné cestě Kryštofa Kolumba do Jižní Ameriky, kde se přírodní kaučuk (latex) získává nařezáním kůry Brazílského kaučukovníku a následnou další úpravou. Kaučuk však na své využití čekal dalších tři sta let, kdy si nechal S. Peal patentovat impregnaci tkanin kaučukovými roztoky a vyráběl tak nepromokavé lodní plachty nebo pytle na přepravu pošty. [7, 6]

Vyrobení prvního plastu se datuje do roku 1863, kdy začal být kritický nedostatek slonoviny, ze které se vyráběly kulečnickové koule. Bratři Hyattové tak začali experimentovat s roztokem nitrátu celulózy a kafrem, který používali ve své tiskařské dílně na opravu drobných poranění. Nakonec vyrobili materiál, který doopravdy připomínal při pokojové teplotě slonovinu. Získali tak první plast s názvem celuloid. Celuloid ale ještě nebyl plně syntetický polymer, ten připravil až v roce 1907 americký chemik Leo Baekeland. [6, 7, 8]

1.2 Rozdělení polymerů

Polymery se dělí podle jejich způsobu zesíťování. Nejzákladnějšími skupinami jsou plasty a elastomery. Plasty se poté dělí na termoplasty a reaktoplasty. Elastomery potom na kaučuky a termoplastické elastomery (viz Obr. 1). [6, 7]



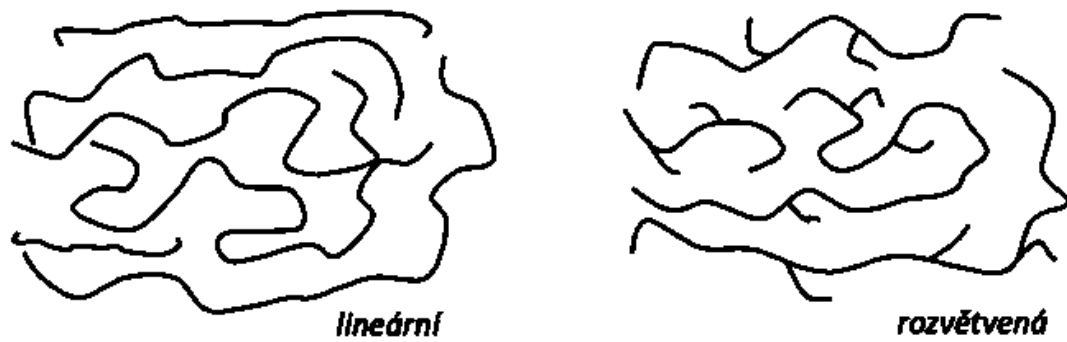
Obr. 1 Základní dělení polymerů [2]

1.2.1 Plasty

Typickou vlastností plastů je, že při zatížení silou na materiál vzniká deformace, která se při skončení působení síly většinou nevrátí do původní polohy a tím vzniká trvalá deformace. Při normálních pokojových teplotách jsou plasty většinou tvrdé a často i křehké. Dělí se na termoplasty a reaktoplasty a to podle toho, jak reagují za zvýšené teploty. U reaktoplastů při zahřátí dochází k chemické změně. Za to u termoplastů mají změny fyzikální charakter. [7]

1.2.2 Termoplasty

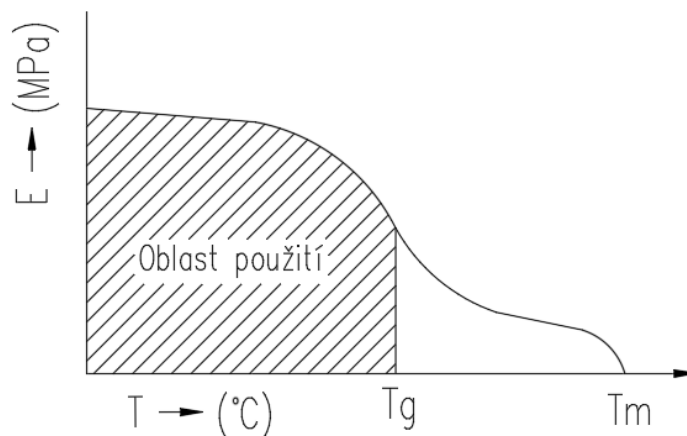
Termoplasty jsou nejrozšířenější skupina plastů. Dělí se dle struktury jejich řetězce a to na přímé (lineární polymery) nebo řetězce s bočními větvemi (rozvětvené polymery). Když se zahřejí, uvolní se v nich jejich soudržnost řetězců a stávají se viskózní. V tuto chvíli se mohou teplem tvářet a po tváření a ochlazení se opět vrátí do původního pevného stavu. Termoplasty jsou znovu tavitelné. [1]



Obr. 2 Molekulární struktura polymerů [7]

Podle vnitřní struktury se termoplasty dělí na:

- **Amorfni:** Jsou zde řetězce prostorově nepravidelně uspořádány. Materiál je pevný v oblasti pod teplotou skelného přechodu T_g . Při zahřívání materiálu nad teploty T_g začínají slábnout kohézní síly mezi makromolekulami a materiál postupně přechází přes plastickou oblast až do viskózního stavu. V tuto chvíli se materiál zpracovává. Při zvyšování teploty narůstá objem materiálu. Na Obr. 3 lze vidět oblast použití u amorfniích plastů a v Tabulce 1 lze vidět amorfnií plasty a jejich teplotu skelného přechodu. [2]

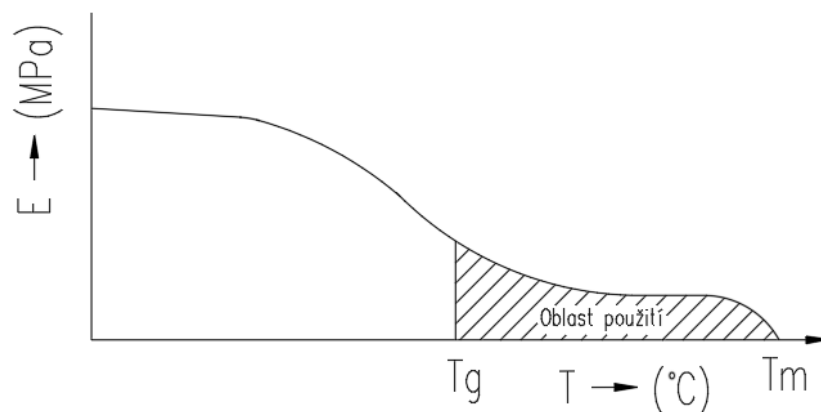


Obr. 3 Oblasti využití u amorfniích plastů [3]

Tab. 1 Amorfnní plasty a jejich teplota skelného přechodu [4]

Amorfnní plasty	T _g [°C]
PS	90-100
hPS	90
ABS	105-115
SAN	115
tr. PVC	85
PMMA	100
mod. PPO	120-140
PC	144
PSU	187
PESU	225
mod. PC (APEC)	205
PI	300

- **Semikrystalické:** Oproti amorfnním mají makromolekuly semikrystalických plastů dané uspořádnání. S plasty se pracuje nad teplotou T_g, kde se u materiálů využívá dobré houževnatosti a pevnosti. Opět s narůstající teplotou narůstá i objem materiálu. Při srovnání Obr. 3 a Obr. 4 lze vidět rozdílnou teplotu zpracování mezi amorfnními a semikrystalickými plasty. [5]



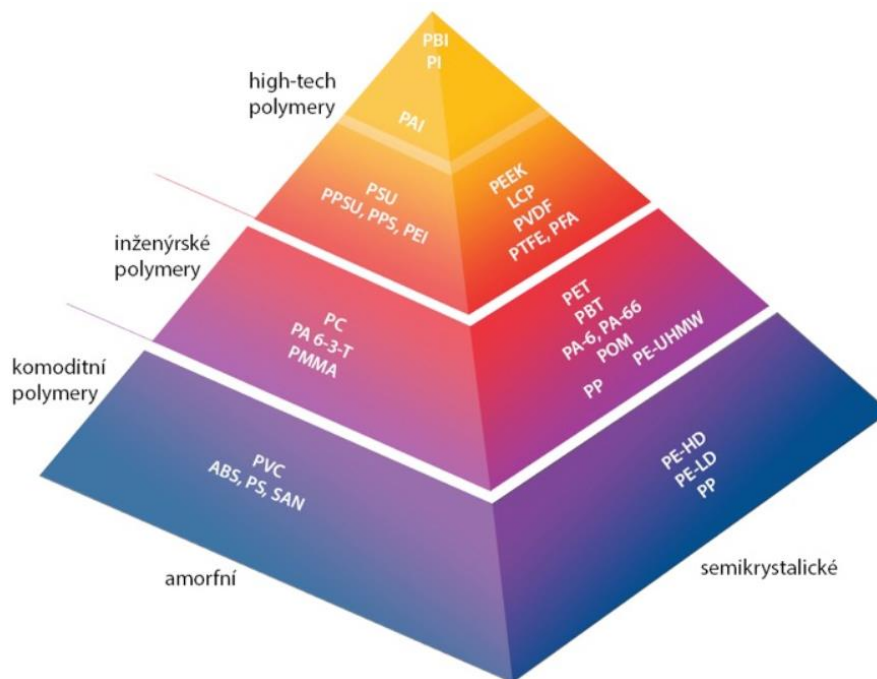
Obr. 4 Oblasti využití u semikrystalických plastů [6]

Tab. 2 Semikrystalické plasty a jejich teplota skelného přechodu [7]

Semikrystalické plasty	T _g [°C]
PE	-80
PP	-20
hom. FE	-50
PT PE	-60
kopol. POM	-113
EVA	-80
PBT	+60
PA 6	+45

1.2.3 Postavení polymerů na trhu

Při rozdělení podle postavení na trhu se polymery rozdělují do tří skupin a to na komoditní plasty, inženýrské plasty a high-tech polymery. Nejčastěji používané jsou komoditní plasty jinak nazývané plasty pro všeobecné použití. Tyto plasty se také řadí mezi nejlevnější a jsou to například polypropylen (PP), polyethylen (PE), polystyren (PS) a další. Druhá skupina, ve které jsou plasty s lepšími vlastnostmi a obvykle i vyšší teplotní odolností, jsou inženýrské plasty. Do této skupiny patří polyethylentereftalát (PET), polymethylmethakrylát (PMMA), polyoxymetylen (POM) a další. Třetí skupina high-tech polymery se vyznačuje nejlepšími vlastnostmi, ale také jejich cena je největší. Patří zde polyetherimid (PEI), polypropylensulfon (PPSU), polybenzimidazol (PBI) a další. Na Obr. 5 jsou polymery rozdělené do tří skupin. Na spodu pyramidy jsou nejméně kvalitní a nejlevnější plasty a směrem nahoru jejich kvalita i cena stoupá. [7]



Obr. 5 Rozdělení polymerů do tří skupin podle postavení na trhu [7]

1.2.4 Reaktoplasty

Jejich řetězce jsou spojeny ve všech směrech a tak tvoří trojrozměrnou síť. Při zahřívání materiálu se řetězce roztahují, ale nerozpojí se. To znamená, že se reaktoplast nemůže úplně roztavit. Po ochlazení se materiál stává opět pevným, tomuto procesu se říká vytvrzování, avšak při opětovném nahřátí už nelze materiál převést do stavu taveniny, takže se nemůže vícekrát tvářet. Druhá možnost je, že místo zahřátí se přidá vytvrzovací prostředek. Reaktoplasty se dělí na fenoplasty, aminoplasty, epoxidové pryskyřice, polyesterové pryskyřice a polyuretany. [6, 3, 7]

1.2.5 Elastomery

Elastomer je lineární polymer, který se při zatížení malou silou velmi deformuje, aniž by se porušil a poté se vrací zpět do svého původního tvaru. Má řídce zesíťované řetězce a zesíťování dochází vlivem vulkanizace. Pružnost materiálu nastává nad teplotou T_g . Elastomery se řadí do hlavní skupiny polymerů, která se dále dělí syntetické a přírodní materiály. Mimo všechny kaučuky se zde řadí i například měkčený polyvinylchlorid (PVC), měkčený polyvinylbutyral (PVB) a polyizobutylen (PIB). [3, 11]

1.2.6 Termoplastické elastomery

Termoplastické elastomery jsou materiály, které za normálních teplot mají podobné vlastnosti jako pryže (pryž je z vulkanizovaného kaučuku), ale při vyšších teplotách přecházejí do plastického stavu a mohou být opakovaně zpracovávány stejně jako termoplasty. Rozdíl mezi termoplastickými elastomery a pryžemi je ve vlastnostech uzlů sítě. U termoplastických elastomerů nejsou uzly chemické povahy, ale jsou fyzikální povahy. Patří zde blokové styrenové elastomery, polyurethany, kopolyestery a kopolyamidy, termoplastické polybutadieny a směsi elastomerů s termoplasty. [12]

1.3 Charakteristické vlastnosti plastů

V tabulce 4 jsou pro přehlednost základní charakteristické vlastnosti plastů a jejich výhody a nevýhody.

Tab. 3 Charakteristické vlastnosti plastů [3]

Hustota	asi 900-2200 kg·m ⁻²	podstatně lehčí než ocel, výhodné pro dopravu
Pevnost v tahu	asi 30 až 80 MPa	u nevyztužených hmot (značně menší než u kovů)
	asi 100 až 200 MPa	u vyztužených hmot
Tepelná odolnost	asi 60 až 90°C	u běžných termoplastů
	asi 100 až 120 °C	u běžných reaktoplastů a elastomerů
Tepelná roztažnost	průměrně 10x větší než u oceli	nepřesné rozměry výrobků
Tepelná vodivost	asi 100 až 200 krát menší než u oceli	tepelně dobře izolují, ale špatně odvádí teplo vzniklé třením
Hořlavost	většinou pomalu hoří, nebo samy zhasnou	nebezpečí požárů ve stavebnictví a elektrotechnice (přísady proti hořlavosti)
Chemická odolnost	nekorodují vodou, odolnost proti chemikáliím většinou lepší než u kovů	některé mírně navlhají

Vlastnosti polymerů se však mohou měnit přidáváním příměsí, například těmito:

- **Plniva** - Rozlišují se prášková plniva a vláknitá plniva. Prášková plniva jsou například břidlicová a křemičitanová moučka, které zvyšují tepelnou vodivost a snižují tepelnou roztažnost. Dále se plní grafit, který snižuje tření. Jako vláknitá plniva

slouží stříhané vlákno, rouno a další. Ty zvyšují pevnost, tuhost a tím i rozměrovou stabilitu. Svoji speciální skupinu tvoří materiály plněné skleněnými nebo nějakými speciálními vlákny, které se se svou tepelnou odolností a pevností téměř vyrovnají kovům.

- **Změkčovadla** - Nízkomolekulární látky, které se přidávají k tvrdým polymerům, aby zlepšily jejich tvárnost, měkkost a ohebnost.
- **Barviva** - Přidávají se, pokud se má změnit barva polymeru, můžou však změnit kvalitativní a technologické vlastnosti výrobku.
- **Maziva** - Přidávají se, aby se zlepšila tvárnost materiálu, materiál díky nim dosahuje lepšího tečení roztavené hmoty.
- **Antidegradanty** - Přidáním do polymeru chrání materiál proti vnějším vlivům. Je několik druhů antidegradantů, například antioxidanty chrání proti vlivu atmosférického kyslíku nebo Antiozonanty poskytují ochranu před atmosférickým ozonem.
- **Adhézní prostředky** - Zvyšují přilnavost polymerů k jiným materiálům.

[3, 2, 5, 14]

2 ZPRACOVÁNÍ PLASTŮ

V dnešní době je mnoho technologických způsobů pro zpracování plastů. Výběr výrobního a technologického postupu je závislý na zpracování daného plastu, na ekonomii celého procesu a na funkci a tvaru výrobku. Technologie zpracování plastů lze rozdělit do tří základních skupin: [10]

- **Tvářecí technologie** - Tváření probíhá za působení tlaku nebo teploty nebo obou těchto parametrů zároveň. Jako výchozí materiál může být pasta, granulát, kapalina, nebo prášek. Dochází k velkému přemístování jednotlivých částic materiálu. Řadí se zde technologie vytlačování, vstřikování, lisování, odlévání, vypěňování, laminování a další.
- **Tvarovací technologie** - U tohoto typu zpracování je většinou dán určitý polotovár, který se mění bez většího přemístování částic. Může se využívat vliv tlaku i teploty. Tvarovací technologie jsou tedy metody výroby vyfukováním, tvarování desek, obrábění, spojování a spékání plastů, ohýbání trubek a další.
- **Doplňkové technologie** - Jsou technologie k úpravě vlastností polymerní hmoty jako sušení, recyklace, míchání a hnětení, granulace a další. Patří zde také dokončovací operace výrobků jako lakování, potiskování, potiskování a další operace. [10]

2.1 Příprava polymeru před vstřikováním

Než začne samotné vstřikování na vstřikovacím stroji, musí se nejprve polymer připravit. Do plastů se totiž mohou přidávat různé přísady nebo se naopak odstranit látky, které by mohly mít vliv na konečný výrobek například voda. Polymer se také musí vnést do stavu, ve kterém bude dávkován do stroje. To znamená buď do granulátu nebo prášku. Mezi tyto přípravné operace se řadí doprava materiálu, sušení, recyklace, míchání a hnětení. [2, 4]

2.1.1 Doprava materiálu

Materiál se dováží z chemických závodů ve formě granulátu nebo prášku. Vozí se v malých pytlích o malé váze 25 a 30 kg nebo až několikaset kilogramových cisternách. Udává se, že by materiál měl být aspoň 24 hodin před zpracováním na dílně, aby se aklimatizoval. Tím by mělo docházet k zamezení orosení granulátu. [2, 4]

2.1.2 Sušení

Z důvodů navlhavosti některých polymerů je třeba sušit polymery před zpracováním. Jinak by mohla být ovlivněna kvalita konečného výrobku. Pokud není násypka vyhřívána proudem teplého vzduchu, musí se materiál zpracovat do 30 minut, aby se chránil před vlhkostí ze vzduchu. Mezi navlhavé polymery patří polyamidy (PA), polyoxymethylen (POM), polykarbonát (PC), fenolformaldehydové pryskyřice (PF), kaučuky a další. Mezi polymery které nejsou navlhavé patří polyethylen (PE), polystyren (PS), polytetrafluorethylen (PTFE) a polypropylen (PP). [2, 4, 7]

2.1.3 Míchání a hnětení

Při míchání se přidávají k polymeru přísady ke zlepšení vlastností např: změkčovadla, plniva, nebo také barviva. Pro snadnější zpracování polymeru se přidávají maziva. Míchání lze rozdělit do dvou skupin podle toho, jaký odpor kladou míchané částice. První skupinu tvoří látky s nepatrným odporem proti posunutí, což jsou například prášky. Druhou skupinou jsou látky s velkým odporem proti posunutí, které se dále dělí na intenzivní míchání (hnětiče) a na extenzivní míchání (míchačky). [2, 4]

2.1.4 Recyklace

Z důvodů finanční úspory a ekologie se k materiálu přidává recyklát. Dochází k nadrcení vtokových soustav, vadných výrobků a dalšího odpadu, který se vmíchá mezi nový polymer. Množství recyklátu se přidává podle záměru použití konečného výrobku. U namáhaných výrobků se nepřidává žádný, ale u méně namáhaných lze přidat až 15% recyklátu, v některých případech je možné přidat až 30% recyklátu. Přidávající recyklát však musí být čistý. [2, 4]

2.2 Vstřikování

Vstřikování je technologický proces, při kterém se získávají výrobky s velice dobrou přesností. Vznikají většinou konečné výrobky, nebo i částečné polotovary. Momentálně je to nejrozšířenější technologie zpracování plastů. Funguje na principu, kdy je roztavený materiál pod tlakem vstřikován do formy, kde následně ztuhne a vznikne konečný výrobek. Forma je součástí vstřikovacího stroje. [4]

2.2.1 Vstřikovací cyklus

Při vstřikování se nasype plast ve formě granulí přes násypku do stroje, kde píst nebo šnek dopravuje granule do tavicí komory. Tavicí komora je vyhřívána a tudíž působením tepla a i účinkem tření dochází k roztavení plastu a vzniká tavenina. Tavenina je poté vstříknuta do formy, kterou plně zaplní. Poté může následovat dotlak. Následně plast odevzdává teplo do formy a ztuhne do podoby konečného výrobku. Nakonec se forma otevře a výrobek je pomocí vyhazovacího systému z formy vyhozen. Následně se celý cyklus zase opakuje. Na Obr. 6 je znázorněn vstřikovací cyklus v závislosti na čase. Demonstruje jakou dobu, která operace trvá. Vnější kruh znázorňuje vstřikovací cyklus u formy a vnitřní kruh zase u vstřikovacího stroje. [2, 4]



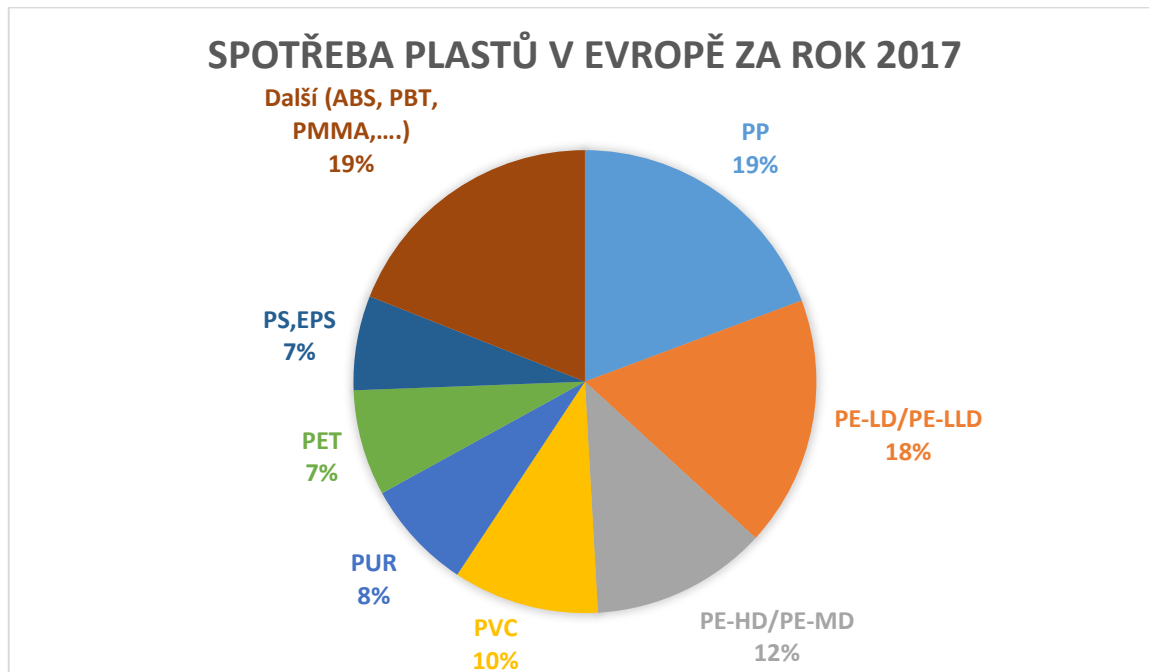
Obr. 6 Vstřikovací cyklus [2]

2.2.2 Materiály ke vstřikování

Při volbě správného plastu ke vstřikování se vybírá podle funkčních a zpracovatelských vlastností daného materiálu. Z hlediska funkčního se hodnotí zejména mechanická pevnost při zatížení (jak krátkodobém, tak dlouhodobém), elektrické vlastnosti plastu jako například vodivost, optické vlastnosti, což je lesk, průhlednost a barva. Nesmí se zapomenout na chemickou odolnost daného plastu proti různým chemickým činidlům. Velmi důležité je také zpracovatelské hledisko, především tekutost, na které závisí při konstrukci například velikosti vtoku, temperaturaci formy nebo tloušťce stěny výrobku. Neméně důležité je smrštění, které určuje přesnost výrobku a také citlivost na procesní podmínky. [2, 4]

Základní termoplasty pro výrobu vstřikováním jsou například: polystyrenové plasty, polyamidy, polyolefiny, akrylové polymery, polyethery, polyestery a další. [2, 4]

Na Obr. 7 je znázorněno v procentech používání plastů v Evropě za rok 2017



Obr. 7 Spotřeba plastů v Evropě za rok 2017 [20]

2.2.3 Kritéria volby termoplastu při návrhu výstřiku

Při výběru termoplastu pro výrobek se musí zohlednit podmínky jeho provozního zatížení a také celkové využití. Optimální plast pro daný výrobek se určuje podle následujících hledisek:

- Funkce výrobku musí splňovat předem definované požadavky.
- Technologie výroby dílu musí být reálná a na daném stroji poměrně snadno realizovatelná při dodržení požadovaných parametrů.
- Plast se musí vybrat takový, aby byla ekonomická jak technologie výroby součásti tak i konstrukce formy.

Po zhodnocení těchto hledisek se stanoví nejvhodnější materiál. Pokud se zvolilo více vhodných materiálů pro výrobu, tak rozhodují estetické vlastnosti každého plastu, nebo dostupnost a další. [1]

2.2.4 Faktory ovlivňující vlastnosti a kvalitu výrobku

Je mnoho parametrů ovlivňujících kvalitu a konečné vlastnosti vstříkovaných dílů. Jaká bude po vstříkování kvalita a vlastnosti výrobku určuje druh plastu, technologické parametry, konstrukce výrobku, konstrukce vstříkovací formy a stroj. Tyto parametry nepůsobí samostatně, ale ovlivňují se navzájem. Z hlediska druhu plastu má na konečné vlastnosti výrobku vliv:

- Množství a druh přísad,
- druh plastu,
- obsah vody v plastu,
- čas, za který proběhne plastikace polymeru,
- homogenita roztaveného plastu,
- smrštění plastu,
- velikost vnitřního pnutí.

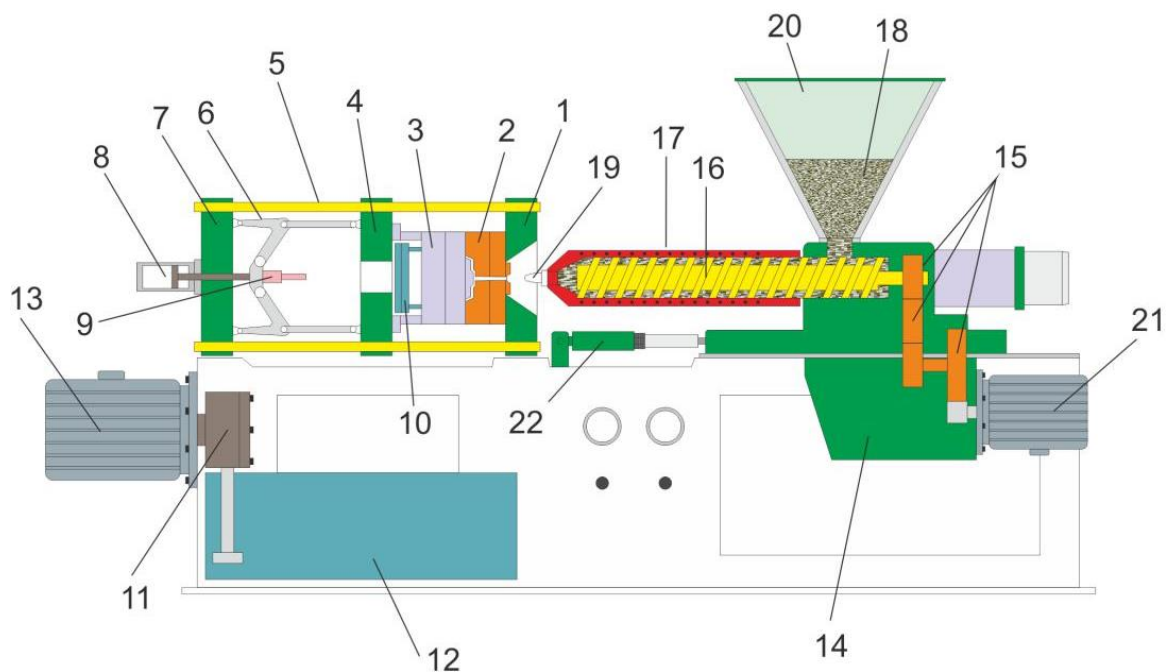
Z technologických parametrů má na konečný vstříkovací výrobek největší vliv:

- Teplota taveniny,
- teplota formy,
- vstříkovací tlak,
- rychlost plnění formy,
- doba trvání a výše dotlaku. [4, 10]

3 VSTŘIKOVACÍ STROJE

Na vstřikovacích strojích probíhá proces vstřikování do dutiny formy. Vstřikovací stroj je složen ze tří základních částí a to vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky a řízení a regulace. Vstřikovací stroj může být vyroben v různých provedeních, protože zákazník si může většinou vybrat, zda chce mít nějaký jednoduchý, nebo chce mít i s roboty, temperačním zařízením, manipulátory, sušárnami, dávkovacím a mísícím zařízením, mlýny a dalšími komponenty. I v jednoduchém provedení je cena vstřikovacího stroje a vstřikovací formy vysoká a tudíž je tato metoda výroby výhodná hlavně pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Na Obr. 8 je pro znázorněno schéma šnekového vstřikovacího stroje. [4, 18]

První vstřikovací stroj je připisován v roce 1870 bratrům Hyattovým, kteří vyrobili zařízení vytápěné parou, na kterém do ocelové formy pomocí hydraulických lisů vstřikovali materiál. U nás v České Republice jako první vyrobil v letech 1919-1920 Ing. Jaroslav Vltavský ve své firmě hydraulický vulkanizační lis, vyrobený pro firmu Baťa. [6, 7, 8]



Obr. 8 Šnekový vstřikovací stroj [22]

1 – pevná deska, 2 – pevná část formy, 3 – pohyblivá část formy, 4 – pohyblivá deska, 5 – vodící sloupky, 6 – uzavírací mechanismus, 7 – deska, 8 – hydraulický válec, 9 – pohon vyhazovačů, 10 – vyhazovače, 11 – olejové zubové čerpadlo, 12 – zásobník oleje, 13 – elektromotor, 14 – převodovka, 15 – převodové kola, 16 – šnek, 17 – plastikační válec, 18 – granulát, 19 – tryska, 20 – násypka, 21 – elektromotor, 22 – hydraulický válec [22]

3.1 Rozdělení vstřikovacích strojů

Vstřikovací stroje se dělí do různých kategorií podle těchto parametrů:

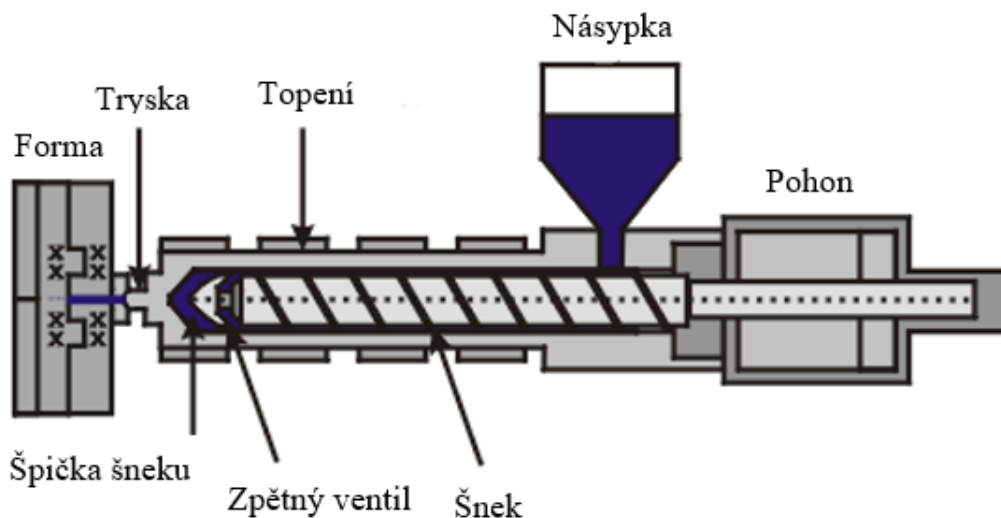
- Podle pohonu zajišťujícího pohyb na hydraulické vstřikovací stroje, elektrické vstřikovací stroje a hybridní vstřikování, které spojuje přednosti předchozích dvou pohonů.
- Podle pracovního členu v tavicí komoře na šnekové a pístové vstřikovací stroje.
- Podle pohybu pohyblivé desky uzavírací jednotky na horizontálně orientované vstřikovací stroje, tyto se pohybují zprava doleva a naopak a na vertikálně orientované vstřikovací stroje, jenž se pohybují shora dolů a naopak.
- Podle toho, jaký plast daný stroj zpracovává, mohou být vstřikovací stroje rozděleny na termoplasty, reaktoplasty nebo kaučuky.
- Podle toho, jestli má uzavírací jednotka dvě desky nebo tři desky.
- Podle toho, kolik šneků se nachází v tavicí komoře vstřikovacího stroje. Mohou být tedy jednošnekové nebo vícešnekové.
- Podle toho, jestli se používá předplastikace a nebo se nepoužívá.
- Podle rychlosti otáčení šneku v tavicí komoře na pomaloběžné a rychloběžné.
- Podle maximální síly, kterou může vyvinout uzavírací jednotka. Dělí se na malé vstřikovací stroje do 500 kN = 50 tun, na střední vstřikovací stroje, které dosahují 500 až 5 000 kN = 50 až 500 tun a nakonec velké vstřikovací stroje nad 5 000 kN = 500 tun. [9]

3.2 Vstřikovací jednotka

Základními dvěma funkcemi vstřikovací jednotky jsou: roztavení granulátu a následné vstřiknutí taveniny. Probíhá to tak, že do násypky je nasypán granulát, který je pohybem nejčastěji šneku, posouván ve válci a současně natavován díky topení, tak dochází k plastifikaci a homogenizaci původního granulátu, který se hromadí před šnekem. Tavicí komora je ukončena tryskou, která se dotýká vtokové vložky ve formě. Řez šnekovou vstřikovací jednotkou je ukázán na Obr. 9. [1,4]

Při dopravování materiálu do vstřikovací jednotky se nesmí dopravovat více materiálu, než jaký je objem vstřikovací jednotky. Na druhou stranu doprava malého množství materiálu není výhodná z důvodu, že může docházet k degradaci roztaveného plastu vlivem dlouhého

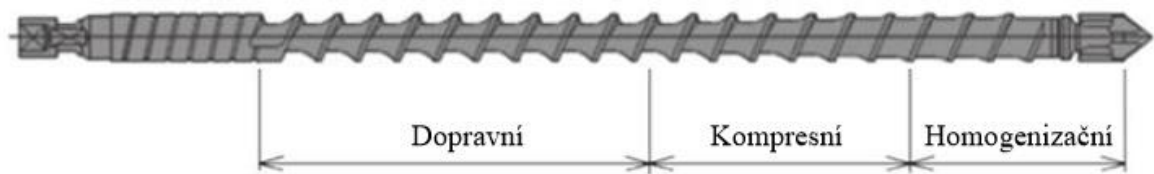
setrvání ve vstřikovací jednotce. Jako maximální naplnění vstřikovací jednotky se udává 90 % zaplnění jednotky, avšak jako optimální se považuje zaplnění jednotky na 80 %. [1,4]



Obr. 9 Řez šnekovou vstřikovací jednotkou [23]

3.2.1 Šneky vstřikovacích strojů

Šneky jsou nejčastějším členem vstřikovací jednotky při vstřikování. Šnek má ve vstřikovací jednotce více funkcí a proto i jeho profil není po celé jeho délce stejný. Obvykle se šneky dělí na tři části. První část šneku se nazývá vstupní nebo dopravní a nachází se pod násypkou. Její funkcí je odebrání granulátu z násypky a posunutí do tavicí komory s topením. V této části šneku je hloubka šroubovice největší a při dopravování do druhé části šneku, nazývané kompresní, se hloubka šroubovice zmenšuje a tím dochází k odstranění vzduchu. V tomto úseku šneku se stoupání i hloubka zmenšují a materiál je stlačován. Třetí část šneku má za úkol především promíchat roztavený plast a nazývá se homogenizační část šneku. Díky dobremu promíchání nastane v roztaveném plastu rovnoměrná teplota před shromážděním v prostoru mezi tryškou a čelem šneku, kde je tedy už připravená dávka taveniny. Pro šneky je charakteristický poměr L/D , což je poměr mezi délkou a průměrem šneku a liší se podle toho, s jakým materiálem se pracuje. Pro termoplasty je ideální poměr 20:1, avšak obvykle se pohybují v rozmezí 19 až 22:1 [9]



Obr. 10 Šnek a jeho rozdělení na tři pásma [9]

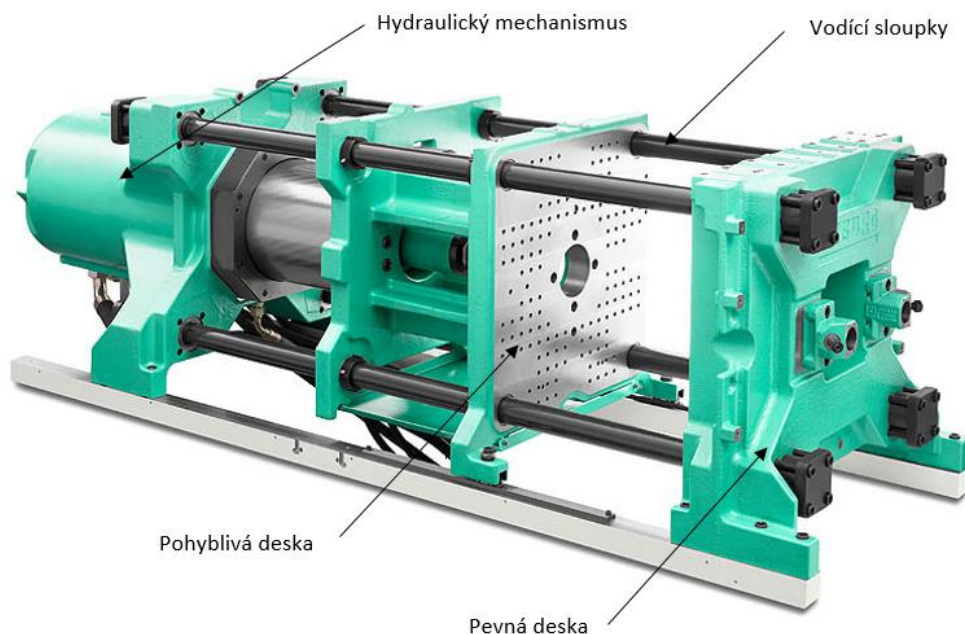
3.2.2 Opatření a povrchová úprava komponentů vstřikovací jednotky

Z důvodu opotřebení jednotlivých komponentů vstřikovací jednotky se musí provádět povrchová úprava a nebo i následná oprava prvků vstřikovací jednotky. Opotřebení vzniká například nastavením vysokého protitlaku, špatného teplotního nastavení profilu na topných zónách, vysokou rychlostí dávkování a dalšími. U odolných materiálů vlivem vysoké zpracovatelské teploty může vzniknout i chemická koroze. Mechanická abraze komponentů vstřikovací jednotky může vzniknout v důsledku přidávání vyztužujících plniv jako například keramických či kovových prášků nebo skelných vláken. Proto komponenty vstřikovací jednotky bývají kaleny, cementovány, nitridovány, nebo se používá bimetalická úprava, což znamená, že se na povrch komponentů navaří další vrstva materiálu, která má zvýšenou odolnost. Navařené vrstvy mají tloušťku 1,5 až 2 mm a bývají ze slitin niklu, slitin železa a boru s vyšším obsahem chromu, nebo také kompozitní materiály s karbidy wolframu. Například šnek, kromě toho, že bývá často celý zakalen, má na plochách závitů navařenou slitinu niklu. Z důvodu toho, že výměna starého šneku za nový bývá často finančně náročná, je výhodnější použít opravu takzvanou metodou pancéřování. Ta spočívá v tom, že se na povrch šneku navaří tvrdokov obsahující zejména kobalt, wolfram či chrom a poté se obrobí zpět do požadovaných rozměrů. Oprava pancéřováním není vhodná pro menší díly jako například trysky, kde z ekonomického hlediska je lepší vyměnit starou trysku za novou. [9]

3.3 Uzavírací jednotka

Funkce uzavírací jednotky je, že díky ní se forma otevře, zavře a zůstane zavřená. Skládá se z několika částí: z pohyblivé desky, pevné desky, vodících sloupků a uzavíracího mechanismu, který způsobuje otevření a zavření formy a také vyvodí uzamykací sílu, díky které je forma zavřená po dobu vstřikování roztaveného plastu do dutiny formy. Uzavření formy je

buďto hydraulické, což způsobuje hydraulický píst anebo mechanické, kdy je forma uzavřená mechanickým zapříčením formy (kloubový mechanismus) nebo kombinací těchto dvou systémů. Další dělení uzavírací jednotky je podle pohonu, který zajišťuje pohyby formy. Pohony jsou buďto elektrické, což způsobuje elektromotor anebo hydraulické, kde je zdrojem hydraulický píst. Pokud je hydraulický píst připojen přímo na pohyblivou desku, jedná se o hydraulický uzavírací systém, nebo může být síla přenášena přes další mechanický systém a tedy se jedná o hydraulicko-mechanický uzavírací systém. Stejně tak může být i elektro-mechanický uzavírací systém. [1, 9, 18]



Obr. 11 Hydraulická uzavírací jednotka [21]

3.4 Řídicí a ovládací systém

Základním charakteristickým znakem kvality stroje je jeho snadná obsluha, stupeň řízení a stálá reprodukovatelnost technologických parametrů. Při špatném průběhu těchto technologií se výsledek promítne na kvalitě a přesnosti výrobku. Momentálně se pro řízení pracovního cyklu místo dřívější textové formy využívá grafická forma. Řízení stroje má rozhodující vliv na jakosti a přesnosti výrobku, tím že dodržuje a určuje přesnost. Toleranci a přesnost

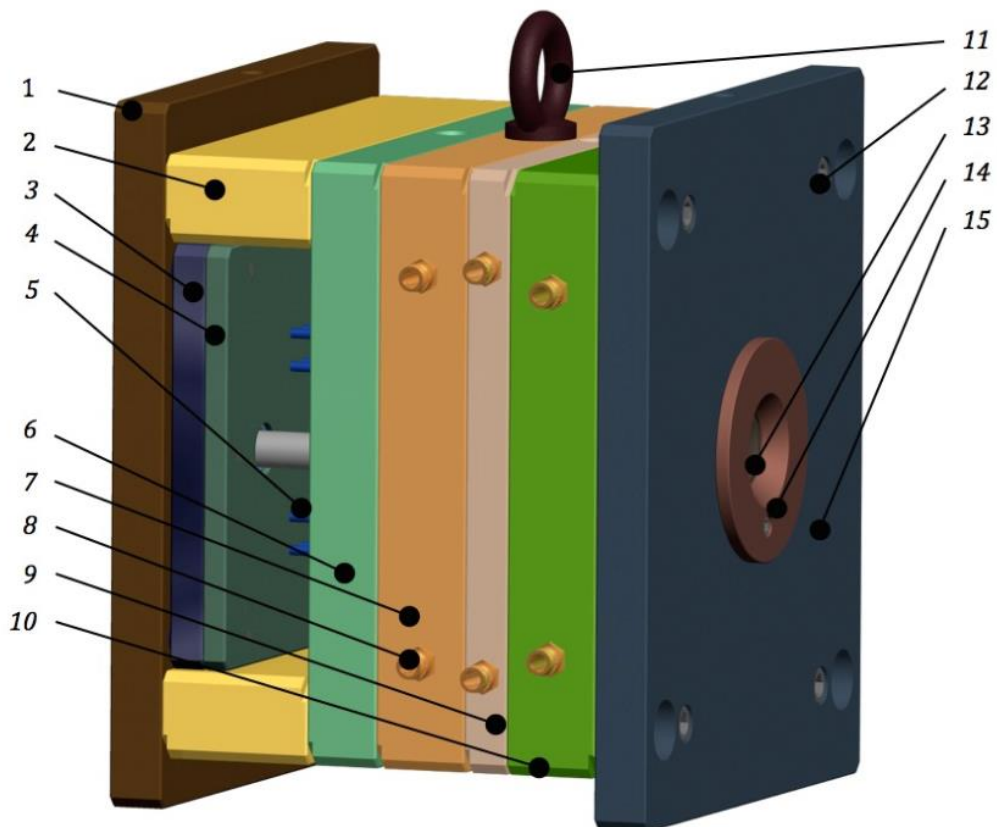
výstřiku určuje hlavně nastavení doby i výše vstřikovacího tlaku, rychlosti vstřiku, chlazení a dotlaku. Mechanické a fyzikální vlastnosti výrobku zase udává nastavení výšky a doby teploty taveniny a její homogenizace. [1, 18]



Obr. 12 Ovládací panel [21]

4 VSTŘIKOVACÍ FORMY

Vstřikovací forma je nástrojem vstřikovacího stroje a slouží k tomu, aby roztavené tavenině po ochlazení dala výsledný tvar a rozměry výrobku, při zachování jejich mechanických a fyzikálních vlastností. Tedy dutina formy má tvar budoucího výrobku. Vstřikovací forma má tři základní funkce. První funkce je přívod taveniny polymeru do dutiny formy. Druhou funkcí je odvod tepla z taveniny, aby došlo k optimálnímu ochlazení výrobku v dutině formy až na vyhazovací teplotu, což je teplota, při které může být výrobek vyhozen. Nakonec třetí funkcí formy je rychlé a opatrné vyhození výrobku z dutiny formy. Na Obr. 13 lze vidět základní dvoudeskovou vstřikovací formu, která je uzavřená. [1, 13]



Obr. 13 Dvoudesková vstřikovací forma – uzavřená [13]

1 – upínací deska levá, 2 – rozpěrná deska, 3 – vyhazovací deska opěrná, 4 – vyhazovací deska kotevní, 5 – vyhazovače, 6 – opěrná deska, 7 – kotevní deska levá „A“, 8 – přípojka chlazení, 9 – kotevní deska levá „B“, 10 – kotevní deska pravá, 11 – manipulační oko, 12 – hlavní montážní šrouby, 13 – vtoková vložka, 14 – středící kroužek, 15 – upínací deska pravá

4.1 Technické zásady pro konstrukci forem

Pro zhotovení výkresové dokumentace, která je nutná pro její výrobu, je potřeba znát řadu technických údajů, aby její provedení bylo úspěšné. [1]

4.1.1 Výkres součásti

Výkres musí být co nejjednodušší a nejpřehlednější, aby se podle něj dal lehce vyrobit požadovaný díl. Musí obsahovat tvar výrobku, materiál součásti, hmotnost, rozměry, tolerance, jakost povrchu, vzhledové požadavky (dezén, barva, stopy po vtoku, vyhazovačích, atd.), technické přejímací podmínky a zvláštní požadavky, jako například temperaci a další. [1]

4.1.2 Násobnost formy

Za účelem dosažení ideální násobnosti formy se musí správně vyhodnotit jednotlivé činitele, které násobnost formy ovlivňují. Ty se posuzují z hlediska požadovaného množství výrobků, velikosti a kapacity vstřikovacího stroje, charakteru a přesnosti výstřiku, požadovaného termínu dodávky a ekonomiky výroby. Pokud jsou výstřiky velkorozměrové anebo tvarově náročné, tudíž vedoucí ke složité formě, vyrábí se obvykle v jednonásobných formách, protože z hlediska přesnosti a kvality výstřiku je nejlepší co nejméně násobná forma. Vícenásobné formy mohou mít uspořádání dutin ve formě buď do tvaru hvězdy anebo v řadě. Výhodnější je použití uspořádání do hvězdy, protože k zaplnění jednotlivých dutin dochází ve stejný čas. [1, 4, 16]

4.1.3 Volba optimálního vstřikovacího stroje

Kvalitu výrobku také výrazně ovlivňuje vstřikovací stroj. Volba vstřikovacího stroje je ovlivněna velikostí formy, hmotností a rozměry vyráběného dílu, požadovanou přesností a kvalitou výstřiku. Z toho důvodu navržený stroj musí mít dostatečný uzavírací tlak, vhodnou koncepci stroje a dostatečnou vstřikovací kapacitu. Celkové množství taveniny vstřikované do dutiny formy má být menší, než je kapacita vstřikovací jednotky při jednom zdvihu. Toto zaplnění vstřikovací jednotky by se mělo pohybovat mezi 10 % až 90 % zaplnění. Kvalita stroje a na ní závislá přesnost a jakost výstřiku je dána konstrukcí stroje, přesností řízení jednotlivých parametrů, reprodukovatelností a stálostí parametrů. Každý výrobce má tuto kvalitu stroje odlišnou a proto je třeba dobře zvolit vhodný vstřikovací stroj. [1, 2]

4.1.4 Zvláštní požadavky na konstrukci formy

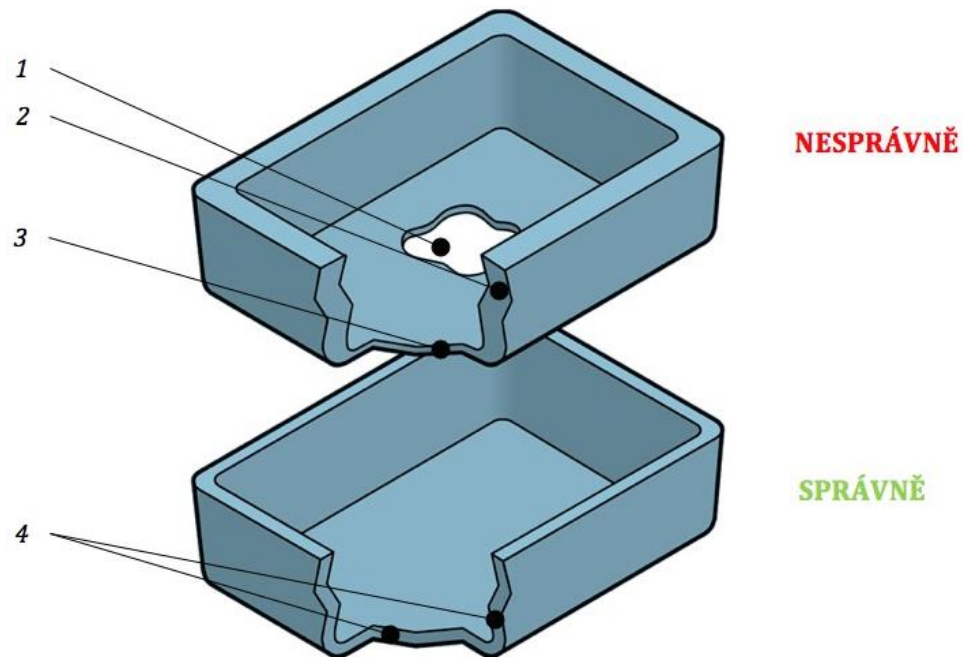
Celá koncepce a konstrukce formy je dána požadavkem příznivé funkce v podmínkách stanovení výroby. Záleží především na ekonomice výroby, požadavcích na jakost výrobku a požadovaném termínu výroby. Jestliže pro zákazníka nejsou vhodné obvyklé požadavky, doplní je svými, které většinou mají zlepšit, urychlit, nebo i zlevnit výrobu. Mezi tyto zvláštní příslušenství se řadí vyšší automatizace při vstřikování, robotizace pracoviště, použití vyhřívané trysky a další. [1]

4.2 Zásady konstrukce plastových dílů

Aby bylo dosaženo dobré kvality vstřikovaných dílů, musí být dodrženy některé doporučené zásady pro konstrukci, což jsou například tloušťka stěn, žebrování, ostré rohy, úkosy a další. [13]

4.2.1 Tloušťky stěn

Tloušťka stěny výrazně ovlivňuje charakteristiku dílu, zejména pocitové vlastnosti, celkový vzhled, mechanickou odolnost, ekonomiku a zpracovatelnost dílu. Tloušťka stěny výrobku musí být dobře navržena a vychází obvykle z kompromisu mezi protikladnými požadavky. Větší tloušťka vede například ke zlepšení pevnosti výrobku, ale zvyšuje se také hmotnost a u stěn s větší tloušťkou dochází k většímu smrštění nebo propadlinám. Při návrhu výrobku by konstruktér měl dodržet následující pravidla: vyhnout se častým změnám v tloušťkách stěn, udržet maximálně rovnoměrnou tloušťku stěny, vyhnout se návrhu s oblastí s nižší tloušťkou stěny sousedící s oblastmi s vyšší tloušťkou stěny a další viz Obr. 14, kde je znázorněn výrobek s rozdílnou tloušťkou stěn a s konstantní tloušťkou stěn. [2, 13, 15]



Obr. 14 Rozdílné tloušťky stěn [13]

- 1- Oblast se zvýšeným rizikem uzavírání vzduchu, 2 – příliš velká tloušťka, 3 – příliš malá tloušťka, 4 – rovnoměrná tloušťka

4.2.2 Žebrování

Žebra jsou používána ke zvýšení tuhosti a pevnosti dílů, při čemž nemusí docházet ke zvětšování tloušťky stěny. Další důvody k používání žeber je eliminace vad (propadlin), zajištění lícování dílů, zabránění zborcení stěn, umožňují také optimálnější plnění formy a fungují jako dorazy či vedení pomocných mechanismů. [2, 13]

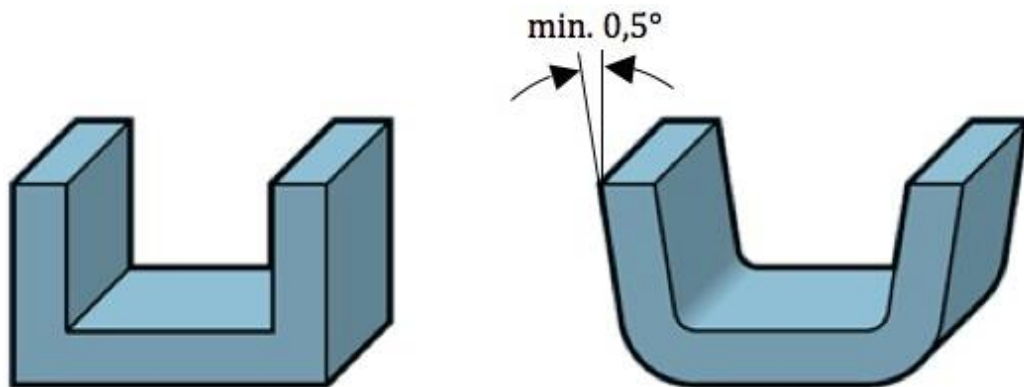
4.2.3 Ostré rohy

Plastový výrobek by neměl obsahovat ostré rohy a to z důvodu, že díky zaobleným hranám se usnadňuje tok taveniny, zabraňuje se koncentraci napětí v těchto místech a tím pádem dochází k menšímu opotřebení formy a rázová houževnatost výstřiku se zvýší až o 50 %. Forma s ostrými hranami také vyžaduje vyšší vstřikovací tlaky. [2, 13, 16]

4.2.4 Úkosy

Hlavním důvodem tvorby úkosů na bočních stěnách, žebrech, komíncích a dalších dílech je, aby došlo k lepšímu a hladšímu odformování od dutiny formy. Volbu úkosu ovlivňuje elasticita a smrštění polymeru, povrch stěn formy a automatizace výroby. Jako minimální úkos

u většiny materiálů se uvádí $0,5^\circ$. Na Obr. 15 je znázorněn vlevo díl bez úkosu a vpravo s úkosem a zaoblením. [2, 13]



Obr. 15 Díl bez úkosu a s úkosem a zaoblením [13]

4.3 Zaformování

Při konstrukci vstřikovací formy je jednou ze zásad vhodná volba dělicí roviny a správné zaformování výstřiku. Dělicí rovina formy bývá zpravidla rovnoběžná s upínáním formy na stroj. Většinou je to rovina, avšak může být šikmá nebo všelijak tvarovaná. Má-li výrobek otvory z boční části, musí být přidána další dělicí rovina. Rozlišují se tedy roviny hlavní a vedlejší. Taková koncepce formy je pro výrobu složitější, a pokud to jde, je snaha navrhnout formu co nejjednodušší. Různé nepřesnosti v dělicí rovině vedou ke špatnému zavření formy a tím poté vznikají otřepy, nebo může docházet ke zvětšení rozměrů výstřiku. Z tohoto důvodu je potřeba, aby dělicí rovina: [8]

- probíhala v hranách výrobku,
 - byla rovnoměrná, co nejjednodušeji vyrobitelná, dobře navzájem dosedala a měla jednoduchý geometrický tvar,
 - umožnila hladké vyjmutí výstřiku z dutiny formy,
 - stopa po dělicí rovině nesmí být důvodem vzhledových nebo funkčních závad,
 - byla umístěna tak, aby dodržovala požadavek výroby přesných rozměrů, směr technologických úkosů a souosost výstřiku jestliže se nachází v obou polovinách formy.
- [9]

4.4 Vtokové systémy

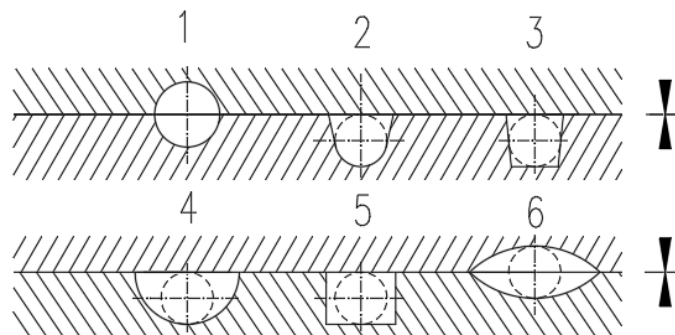
Úkolem vtokové soustavy je obstarat dopravu tavenině ze vstřikovacího stroje do dutiny vstřikovací formy. Vtok do dutiny formy by měl být nejlépe umístěn tak, aby tavenina vcházela do nejtlustšího místa výrobku. Pouze pokud je vstřikována s nadouvadly, tak se vstříkuje do nejužšího místa výrobku. [16]

4.4.1 Studený vtokový systém (SVS)

Naplnění dutiny formy by mělo proběhnout v co nejrychlejším čase a s co nejmenšími odpory. Rozměry a tvar vtoku i jeho ústí ovlivňují spotřebu materiálu plastu, energetickou náročnost výroby, obtížnost opracování na začátek výstřiku a také rozměry, vlastnosti a vzhled výstřiku. U vícenásobných forem musí tavenina dotéct do všech dutin formy ve stejný čas, proto je zapotřebí provádět takzvané vybalancování vtokových ústí. Což znamená, že je postupně zvětšováno ústí vtoku tak, aby do všech dutin byla dopravena tavenina stejně. Nevýhodou u studených vtokových systémů je, že vzniká větší odpad materiálu. [1, 2, 16]

Vtokové kanály

Rozměry vtokových kanálů ovlivňují kvalitu a efektivitu celého vstřikování. Vtokové kanály s velkým průměrem totiž mohou zbytečně prodlužovat dobu vstřikování nebo také navyšovat odpadový materiál a tím tedy zvyšovat výrobní náklady. Naopak u malých kanálů se musí dát pozor, aby při vyplnění dutiny formy byl střed kanálu ještě v plastickém stavu a nebyl znemožněn dotlak. Vtokový kanál by měl mít při minimálním povrchu co největší průřez. Tomuto odpovídá kruhový průřez, který je však výrobně složitější a proto je často z výrobních důvodů používán kanál lichoběžníkový. [1, 2, 13]



Obr. 16 Průřez vtokových kanálů [1]

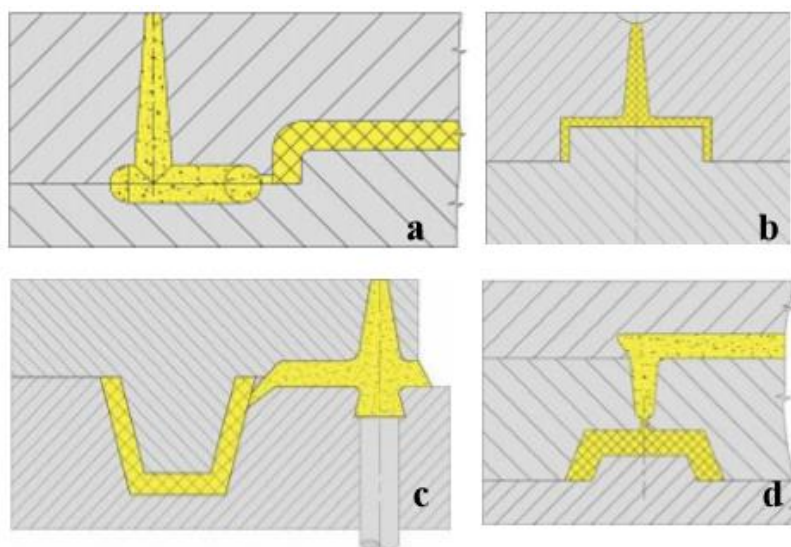
1, 6 – výrobně nevýhodné

2,3,4,5 – výrobně výhodné

Vtokové ústí

Vtokové ústí je většinou spojováno rozváděcím kanálem se vstřikovaným dílem. Ústí vtoku by mělo mít menší průřez než je tloušťka stěny výstřiku a než má rozváděcí kanál. Ústí plní dvě základní funkce. Jedna z funkcí ústí je, že při zamrznutí brání materiálu po dotlaku, aby vytekl zpět do rozváděcího kanálu. Druhou funkcí je, že díky jejímu zmenšenému průměru dochází k hladkému odtrhnutí výstřiku od rozváděcího kanálu. Existuje spousta druhů vtoků:

- **Plný kuželový vtok** – Používá se zejména u jednonásobných forem se symetricky uloženou dutinou. Nemá zúžené vtokové ústí, jeho odstranění je pracné a zůstávají po něm stopy na výstřiku.
- **Bodový vtok** – Je většinou kruhového průřezu. Musí být u něj použito třídeskového systému formy a musí být zajištěno, aby se jako první odtrhlo vtokové ústí a až poté byla otevřena forma.
- **Tunelový vtok** – Je to zvláštní případ bodového vtoku s tím, že vtokový zbytek může být i ve stejné dělicí rovině jako výstřik. Vtokový zbytek se odděluje od výstřiku při otevření formy a nebo až při vyhazování výrobku.
- **Boční vtok** – Má většinou obdélníkový průřez. Při odformování většinou nastává, že zůstane výstřik spojen s vtokovým zbytkem, ale při automatickém cyklu je pomocí zvláštního odřezávacího zařízení odřezán.
- **Filmový vtok** – Používá se zejména pro trubicové a kruhové dutiny s většími požadavky na kvalitu. [1,13]



Obr. 17 Vtokové ústí [24]

a – Filmový vtok, b – Plný kuželový vtok, c – Tunelový vtok, d – Bodový vtok

4.4.2 Vyhřívané vtokové systémy (VVS)

Vyhřívaný vtokový systém je vyhřívaná sestava, která vyhřívá taveninu až k dutině formy a díky tomu má tavenina při dopravě do dutiny formy stále stejnou viskozitu. Celá soustava musí být izolována od zbytku formy z důvodu, aby se zbytečně neochlazovala celá forma. Vyhřívaný vtokový systém se začal využívat kvůli jeho ekonomickým a technologickým dopadům na výrobu. [2, 17]

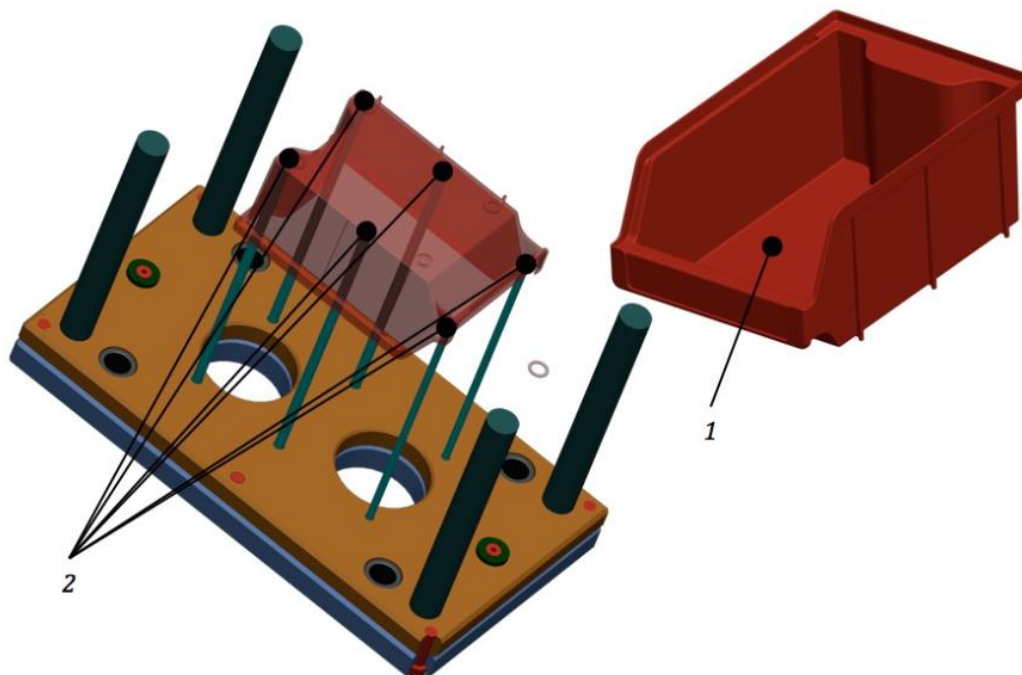
Výhody - menší spotřeba polymeru (nevznikají navíc vtokové zbytky), snížení pracnosti s odstraněním vtokových zbytků, zrychlení výrobního cyklu, menší uzavírací síla a snížení tlakových ztrát díky stále horké tavenině. Celý VVS je snadno vyjmutelný, udržovatelný a demontovatelný. [2, 16, 17]

Nevýhody – Náročnější konstrukce jak formy, tak i vtokové soustavy, nelze použít pro všechny materiály, větší pořizovací cena než SVS a proto se to vyplatí hlavně pro velké série. [2, 16, 17]

4.5 Vyhazovací systém

Funkcí vyhazovacího systému ve formě je po vstříkování a otevření formy vyhodit výstřík z dutiny formy. Vyhazovací systém musí výrobek vyhodit plynule a nesmí dojít k žádné deformaci už vystříknutého výrobku. Vyhazování má dvě fáze. První fází je dopředný pohyb, což je vlastně vyhození výstříku z formy a druhou fází je navrácení vyhazovacího systému do původní polohy. Pohyb vyhazovacího systému se může vyvinout několika způsoby:

- kontaktem kolíku o traverzu stroje při otevření formy,
- pneumatickým nebo hydraulickým mechanismem, které jsou většinou přidělané na vstříkovací stroj,
- ručním vyhozením pomocí různých mechanismů, většinou se vyskytuje jen u zkušebních a jednoduchých forem. [1, 13]



Obr. 18 Příklad vyhazovacího systému pomocí vyhazovacích kolíků [13]

1 – vstříkovaný díl, 2 – vyhazovače

4.5.1 Vyhazovací kolíky

Jsou základním prvkem mechanického vyhazování a nejlevnějším a nejpoužívanějším typem vyhazování. Jsou jednoduše vyrobitelné. Po kolíku zůstávají na výstřiku stopy, takže se musí opírat nejlépe o nepohledovou stranu výrobku. Pro kolíky se musí vybrat správné umístění na výrobku, aby nedocházelo ke zborcení nebo trvalé deformaci při vyhazování. Mezi vyhazovací kolíky patří například válcové a prizmatické vyhazovače. [1, 2]

4.5.2 Stírací deska

Patří také mezi mechanické vyhazování. Výhodou stírací desky je, že působí na výrobek velkou plochou a tím pádem je deformace na výstřiku po vyhazování minimální. Použití stíracích desek je hlavně u tenkostěnných a rozměrně náročných výrobků, které vyžadují působení velké vyhazovací síly, nebo hrozí jejich deformace při vyhazování. Zvláštním případem je trubkový vyhazovač, který vypadá jako válcový vyhazovač, ale přitom svou funkcí je to spíše stírací deska. [1, 2]

4.5.3 Pneumatické vyhazování

Použití tohoto druhu vyhazování je u výrobků, které při vyhození potřebují zavzdušnit, aby nedocházelo k jejich deformaci. Jsou to především tenkostěnné výrobky. Dochází u nich

k rovnoměrnému vyhození výstřiku. Vzduch se vede do dutiny vstříkovací formy přes ventil jehlový, talířový nebo přes všelijaké kolíky. [1, 2]

4.5.4 Hydraulické vyhazování

Hlavní použití hydraulického vyhazování je k ovládní mechanických vyhazovačů, kdy tím pádem nastává plynulejší pohyb a lepší flexibilita. Dříve bývala hydraulická jednotka zabudována ve vstříkovací formě, nyní už však nebývá součástí formy. [1, 2]

4.6 Temperační systémy

Temperace slouží k udržování teploty formy, která je potřebná k danému druhu vstříkování, proto se může buď forma ochlazovat anebo vyhřívat. Temperace má ve vstříkovací formě několik funkcí, například při vstříkování taveniny do dutiny formy ochlazuje materiál tak, aby docházelo k optimálnímu tuhnutí až na vyhazovací teplotu, kdy je výrobek z formy vyhozen. Další funkcí je, že při dopravě taveniny do dutiny formy dochází k ohřevu celé formy, ale každý výrobek musí být vstříknut při stejné teplotě a tudíž je forma na začátku vstříkování vyhřívána na požadovanou teplotu a poté chlazením udržována na dané teplotě. Další funkcí je, že musí být forma ohřívána z důvodu, že se některé polymery zpracovávají při vyšších teplotách. U temperování formy platí, že je lepší volit více temperačních kanálů s menším průměrem než méně temperačních kanálů s větším průměrem. Průměr temperačního kanálu nesmí být menší než 6 mm a ve směru temperačního média se nesmí tvořit mrtvé kouty. [1, 2, 15]

4.6.1 Aktivní temperační prostředky

Aktivní temperační prostředky jsou prostředky, které působí přímo na formě, a buď berou anebo dávají teplo formě. Používají se buďto kapaliny, které proudí kanálky uvnitř formy a jako médium se používá voda, oleje nebo glykoly. Dalším aktivním temperačním prostředkem je vzduch, který používá volného nebo nuceného proudění. Při temperaci formy na vyšší teplotu se používají zejména topné elektrické články. [1, 2]

4.6.2 Pasivní temperační prostředky

Jsou to prostředky, které ovlivňují teplotu formy pomocí svých fyzikálních vlastností. Patří zde materiály, které jsou tepelně izolační jako například sklotextit ARV, sklotextit Sl, skleněné rohože a další materiály. Druhá skupina jsou materiály tepelně vodivé. Zde je užívána měď a její slitiny s Co, Sn, Be, Cd, Zr a také hliník a jeho slitiny. [1, 2]

Tab. 4 Požadované teploty formy, při zpracování daného plastu

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

4.7 Vady vstřikovaných dílů

I přes snahu všech konstruktérů, technologů, seřizovačů a dalších, kteří se podílejí na výrobě formy a konečného výstřiku, se občas objevují chyby na výstřiku. Chyby mohou vzniknout z nejrůznějších příčin, ať už proto, že vstřikování je cyklický proces a tedy nelze zaručit ve všech fázích výrobního procesu shodný průběh, tak například špatně zvoleným materiálem, špatně zvoleným vstřikovacím strojem, chybami při konstrukci atd. V následujících podkapitolách jsou uvedeny chyby na konečných výrobcích, které mohou vznikat. [19]

4.7.1 Deformace výrobku

Deformací výrobku jsou rozuměny změny výrobku oproti tvaru výrobku na výkrese. Mohou být způsobeny špatnou konstrukcí vstřikovací formy, špatným vyhazovacím systémem, krátkou dobou chlazení, extrémní teplotou formy, nevhodným výběrem materiálu, vysokým obsahem vnitřního pnutí a dalšími. [1, 19]

4.7.2 Přetoky

Vznikají zatečením materiálů do špatně slícovaných spár nebo špatným dosednutím dělicích rovin, kde ztuhnou a vytvoří tenkou blánu, tzv. přetok. Vznikají opotřebením dělicích rovin, špatným odvodušněním, nízkou uzavírací silou, vysokým vstřikovacím tlakem, příliš vysokou teplotou materiálu apod. [1, 19]

4.7.3 Bubliny

Bubliny jsou duté uzavřené prostory uvnitř výstřiku. Vznikají kvůli nedostatečnému odvodušnění, nízkému vstřikovacímu tlaku, příliš přehřáté formě, nesprávné konstrukci, náhlým přechodům stěny ze slabé do silné a dalším. [1, 19]

4.7.4 Studené spoje

Vznikají, když se tavenina rozdělí a obtéká nějaký prvek ve formě nebo se vstříkuje dvěma vtoky a poté dochází vždy ke spojení taveniny, která například vlivem nízké teploty taveniny nebo teploty formy nedojde k úplné homogenizaci a dojde tak k viditelnému studenému spoji. V těchto spojích může poté docházet ke vzniku trhlin. Těmto spojům se však nedá zabránit, ale jejich vznik může být eliminován. [2, 19]

4.7.5 Černé skvrny

Jsou skvrny jiného, neroztaveného, zdegenerovaného materiálu na povrchu nebo i uvnitř výrobku. Vznikají vtačením nečistot, dlouho vypnutým válcem, dlouhým prostojem stroje při zahřívání plastu, degradací materiálu a dalšími. [1, 19]

4.7.6 Stříbrné pruhy

Stříbrné pruhy na výrobcích vznikají špatně vysušeným materiálem, vysokou teplotou taveniny, nízkou dotlakovou fází, malým průřezem vtokového ústí, špatnou konstrukcí formy, špatným odvodušněním a dalšími. [1, 19]

4.7.7 Spálená místa

Projeví se jako černé skvrny na výstřiku vzniklé spálením materiálu tzv. Dieselovým efektem. Vznikají poškozením vstřikovacího zařízení, špatným odvodušněním, velkou vstřikovací rychlostí, vlivem tření ve stroji nebo ve vtokovém systému, vysokou teplotou taveniny apod. [1, 2, 19]

5 SOFTWARE VISI

Vstřikovací forma v této bakalářské práci byla modelována v programu VISI 2018 R1. Software VISI patří společnosti Vero software, která byla založena už v roce 1988 v Itálii. Momentálně sídlí ve městě Cheltenham v Anglii. Společnost Vero software vlastní několik dalších produktů jako například Edgecam, Alphacam, Radan, Javelin, Surfcam, Cabinet Vision a další. V České Republice nabízí produkty společnosti Vero software firma NEXNET, a.s. s centrem technické podpory ve Zlíně. [27]

Software VISI je ve světě uznáván jako jeden z předních softwarových řešení CAD CAM. Nabízí totiž konstruktérovi několik aplikací. Základem všech VISI produktů je VISI Modelling, který slouží k modelování objemů i ploch a je vytvořen na základě standardního matematického jádra Parasolid. Tato forma byla vypracována hlavně v prostředí VISI Mould, jenž nabízí prostředí pro sestavování forem a umožňuje konstruktérovi jednoduše a rychle rozvrhnout základní desky forem i se základními komponenty. Toto prostředí obsahuje také katalogy předních dodavatelů normálií pro vstřikovací formy, jako jsou Meusburger, Hasco, Cabe, Futaba, Sideco, Ravourdin, Pedrotti a další. Dále obsahuje funkce, které umí automaticky generovat dělicí rovinu, nebo v určité míře kontrolují správnost a funkčnost návrhu formy, například detekují kolize při tvorbě chladících kanálů a podobně. Další prostředí, které software VISI obsahuje jsou VISI Analysis, VISI Flow, VISI Electrode, VISI Progress, VISI Multi-Slides, VISI Machining 2D, VISI Machining 3D, VISI Machining 5 Axis, VISI PEPS-Wire a VISI Blank. Software VISI má také širokou škálu CAD rozhraní, může tedy přímo otevřít a pracovat s Parasolid, Solid Edge, Catia, Inventor, STEP, DXF DWG a dalšími soubory. To znamená, že uživatel může pracovat s daty od velké řady dodavatelů. [27]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hlavní cíle bakalářské práce byly stanoveny tyto:

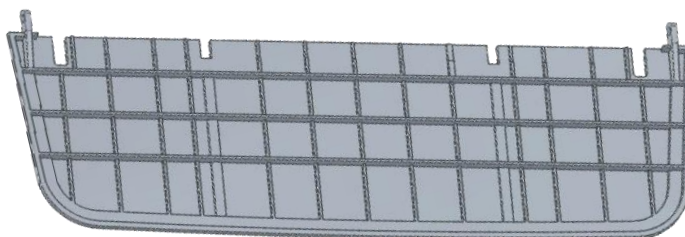
- Vypracovat literární studii na dané téma.
- Vyhотовit 3D model vstřikované součásti.
- Provést konstrukční návrh vstřikovací formy v programu VISI.
- Popsat postup konstrukce vstřikovací formy v softwaru VISI.
- Vyhотовit sestavu vstřikovací formy včetně kusovníku.

Teoretická část bakalářské práce má za cíl přiblížit metodu vstřikování plastů. Je rozdělena do pěti kapitol, kdy se každá kapitola věnuje určitému teoretickému tématu. Názvy těchto kapitol jsou polymery, zpracování plastů, vstřikovací stroje, vstřikovací formy a software VISI.

Dílním úkolem v praktické části je vymodelování 3D modelu vstřikované součásti a následná konstrukce vstřikovací formy v softwaru VISI. Hlavním úkolem je vytvoření návodu, jak v softwaru VISI danou vstřikovací formu zkonstruovat. Vstřikovaný díl je reálný díl z inkoustové tiskárny HP PhotoSmart 7260. Při tvorbě formy byly použity normálie firmy Meusburger.

7 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Díl použitý pro účely této práce je z inkoustové tiskárny HP PhotoSmart 7260 a slouží k podržení již potisklého papíru po jeho výjezdu z tiskárny. Výrobek je z větší části pohledový, takže se musí dát pozor, aby stopy po vtoku a vyhazovačích nebyly při konečném používání viditelné. Díl je připevněný na tiskárnu pomocí dvou čepů, a proto musí při konstrukci vstřikovací formy být použity i dvě vedlejší roviny.



Obr. 19 Vstřikovaný výrobek

7.1 Materiál výrobku

Ke vstřikování dílu byl použit houževnatý polystyren (HI-PS) s obchodním názvem Stirofor. Jedná se o cenově výhodný polymer. Je to forma polystyrenu (PS), do které se obvykle přidá 5 až 10 % kopolymeru kaučuku nebo butadienu. Tím materiál získává dobrou odolnost proti nárazu, rozměrovou stabilitu a zvyšuje se jeho snadnost zpracování. Stirofor je také dobře recyklovatelný materiál, který se po rozemletí dá snadno znova použít. Při vstřikování se doporučují teploty válce mezi 160 až 190 °C a teplota formy by měla být mezi 30 až 50 °C. [25, 26]

8 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Podle rozměrů formy a technických parametrů byl zvolen vstřikovací stroj ALLROUNDER 420 C, vyroben německou firmou ARBURG. [21]

Tab. 5 Vybrané parametry vstřikovacího stroje [21]

Parametr	Hodnota
Uzavírací síla	1 300 kN
Maximální otevření	500 mm
Min. výška formy	250 mm
Rozměr upínacích desek	605x605 mm
Rozměr mezi sloupky	420x420 mm
Maximální váha formy	1 000 kg
Vyhazovací síla	40 kN
Průměr šneku	60 mm



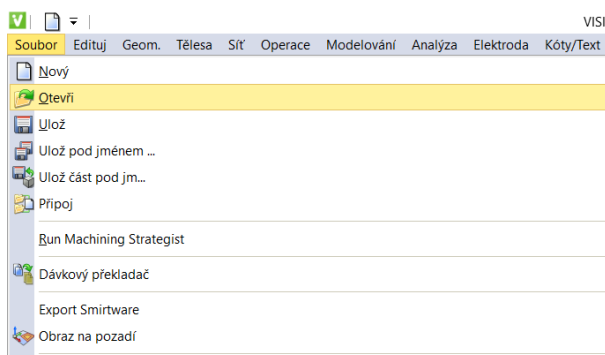
Obr. 20 Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 420 C [21]

9 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

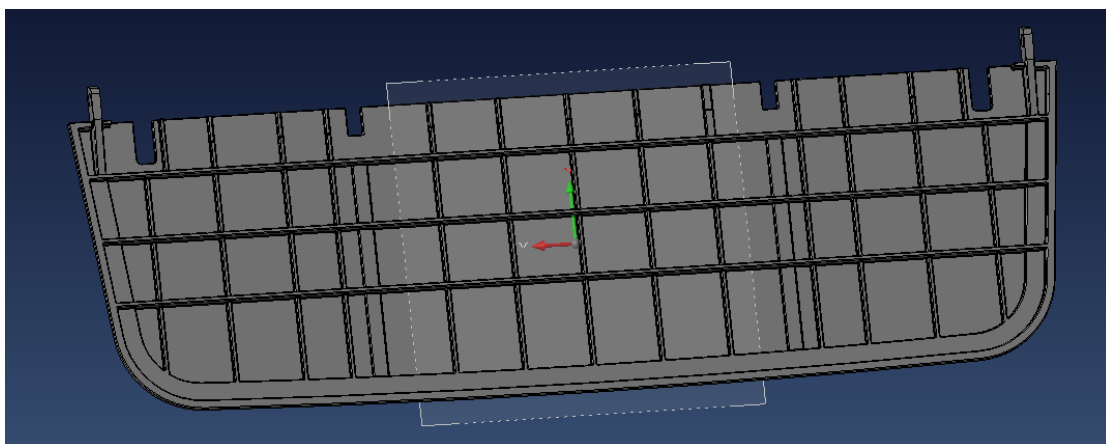
Vstřikovaný díl byl vymodelován v programu Solid Edge 2019 od společnosti Siemens. Poté byla celá forma modelována v programu VISI 2018 R1, který poskytuje prostředí pro tvorbu forem a ve kterém lze formu pro daný díl navrhnout krok po kroku. Všechny normalizované díly byly použity od firmy Meusburger.

Pro daný výrobek byla navržena dvounásobná forma, což znamená, že na jeden pracovní zdvih je tavenina vstříknuta do dvou dutin. Na jeden zdvih tedy vzniknou dva výrobky. Vymodelovaný díl byl zvětšen o 0,5 % z důvodu smrštění materiálu.

Vstřikovaný díl byl vymodelován v programu Solid Edge 2019. Proto se musí exportovat do programu VISI. To proveděte v záložce *Soubor* pomocí funkce *Otevřít*, jak je na Obr. 21. Poté najdete v počítači uložený díl a vložte. Na Obr. 22 lze vidět vyexportovaný vstřikovaný díl v programu VISI.



Obr. 21 Export dílu do softwaru Visi

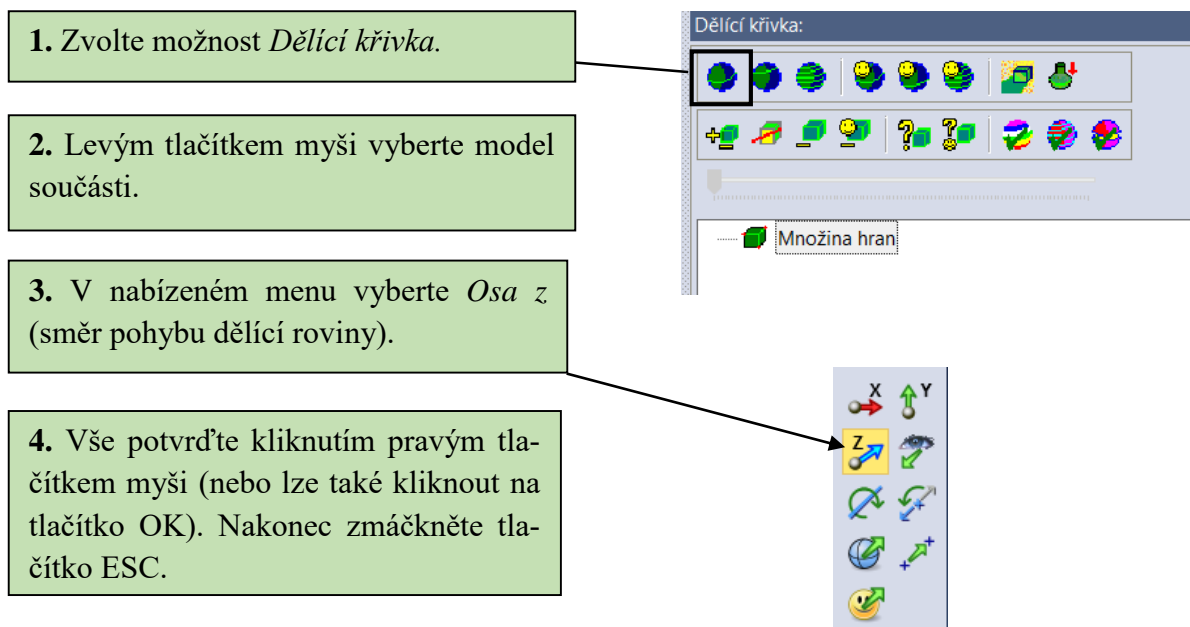


Obr. 22 Vstřikovaný díl v softwaru VISI

9.1 Dělicí rovina

Na začátku tvorby vstřikovací formy musí být vytvořen tvárník a tvárnice, tudíž je zapotřebí vhodně zvolit dělicí rovinu daného dílu. Dělicí rovina je plocha mezi pevnou a pohyblivou částí formy. V dělicí rovině dochází tedy k otevírání a zavírání formy. K dosažení dobrého utěsnění formy slouží uzavírací síla, která působí kolmo na dělicí rovinu a zabraňuje tak jejímu pootevření při vstřikování. Konstruktor se vždy snaží o zhotovení co nejjednodušší dělicí roviny, zejména s ohledem na obtížnost výroby.

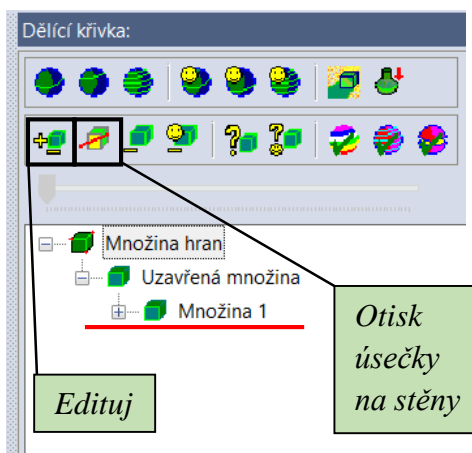
V softwaru VISI se dělicí rovina tvoří v záložce *Analýza*, kde je vybrána možnost *Křivka dělicí roviny*.



Obr. 23 Křivka dělicí roviny

V tuto chvíli vybrala funkce *Dělicí křivka* několik množin. V tomto případě se využije pouze první množina, ostatní označte a při kliknutí pravým tlačítkem v nabízeném menu vyberte funkci *Odznačit*.

Ovšem ještě stále dělicí rovina není v požadovaném tvaru. Proto použijte funkci *Edituj* a *Otisk úsečky na stěny*, díky kterým ručně navolte zbytek dělicí roviny

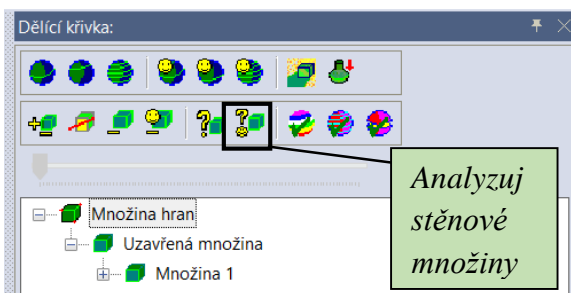


Obr. 24 Křivka dělicí roviny

Edituj – lze vybírat pouze hrany nebo odznačit označené hrany.

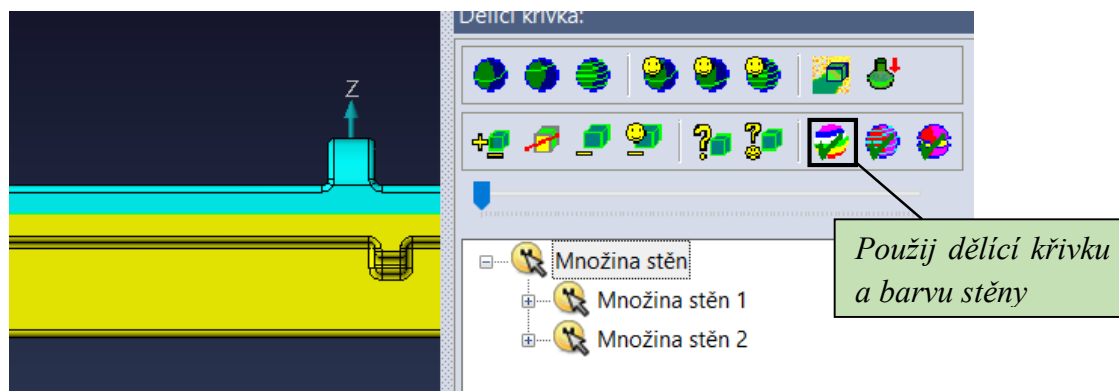
Otisk úsečky na stěny – lze vytvářet úsečky na plochách. První je potřeba vybrat plochu, na které má být úsečka vytvořena, a poté vyberte dva krajní body úsečky.

Pokud je dělicí rovina navolena tak, že vznikne pouze jedna uzavřená množina, vyberte možnost *Analyzuj stěnové množiny*.



Obr. 25 Dělicí křivka-Analyzuj stěnové množiny

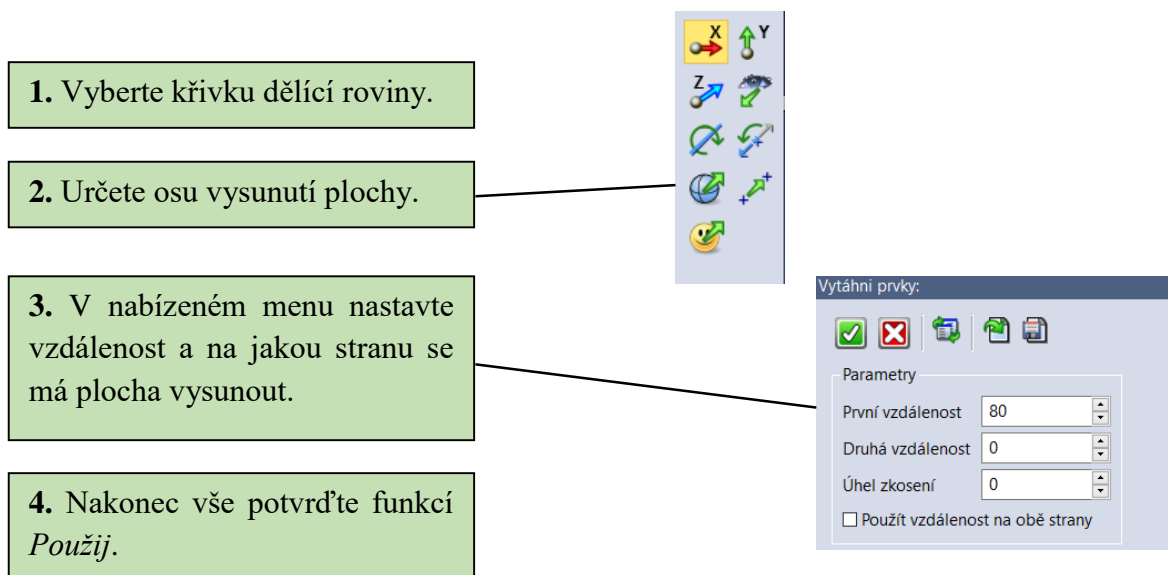
Výrobek se barevně rozdělí dělicí rovinou.



Obr. 26 Dělicí křivka – použij dělicí křivku a barvu stěny

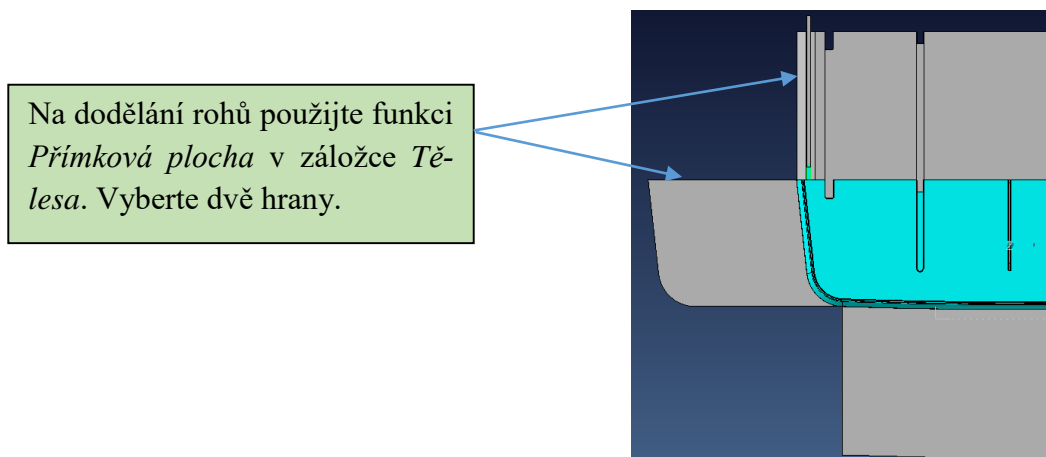
Nakonec vše potvrďte funkcí *Použij dělicí křivku a barvu stěny*.

V tuto chvíli vytáhněte dělicí rovinu. V záložce modelování vyberte možnost *Vytáhni prvky*.



Obr. 27 Vytáhni prvky

Tímto způsobem je vytažena dělicí rovina kolem celé součásti. Práci lze ulehčit příkazem *Zrcadlo* v záložce *Edituj*.



Obr. 28 Tvorba dělicí roviny

V záložce *Operace* vyberte funkci *Sečti*. Vyberte kteroukoliv vytaženou plochu a poté vyberte všechny plochy. Tím dojde ke spojení vytvořených ploch.

Nyní v záložce *Analýza* vyberte možnost *Dynamická dělicí rovina*.

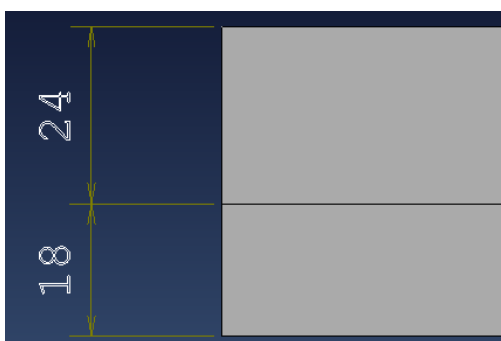
1. V nabídce *Metoda* vyberte *Import listových těles*.
2. Vyberte možnost *Aktualizuj* a zvolte výrobek.
3. Pravým tlačítkem myši zvolte *Množina hran* a vyberte *Goureaudovo stínování s hranami*.
4. Vyberte příkaz *Analýza stěnové množiny*.
5. Nakonec vyberte možnost *Vytvoř formu*.

Dělicí rovina:	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Metoda Import listových těles </div>	
Metoda	Import listových těles
<input type="checkbox"/>	Přečítat dělicí rovinu
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Parametry formy </div>	
<input checked="" type="checkbox"/>	Vytvoř formu
5	Tloušťka formy

Obr. 29 Dynamická dělicí rovina

Z důvodu toho, že má být vstřikovací forma dvojnásobná, pomocí funkce *Zrcadlo* v záložce *Edituj* vytvořte druhou dutinu. Tyto dvě části spojte pomocí příkazu *Sečti*, aby vznikl jeden tvárník a jedna tvárnice. Nyní je vhodné přesunout tvárník a tvárnici na střed souřadného systému, což provedete pomocí příkazu *Posuň* ze záložky *Edituj*.

Z důvodu chlazení, které povede tvárníkem a tvárnici, se pomocí funkce *Posuň stěnu* ze záložky *Modelování* zvětší stěny na rozměry podle Obr. 30. Nakonec vyberte záložku *Modelování* a pomocí funkce *Zkosení na tělese* se zkosí hrany o 3 mm.

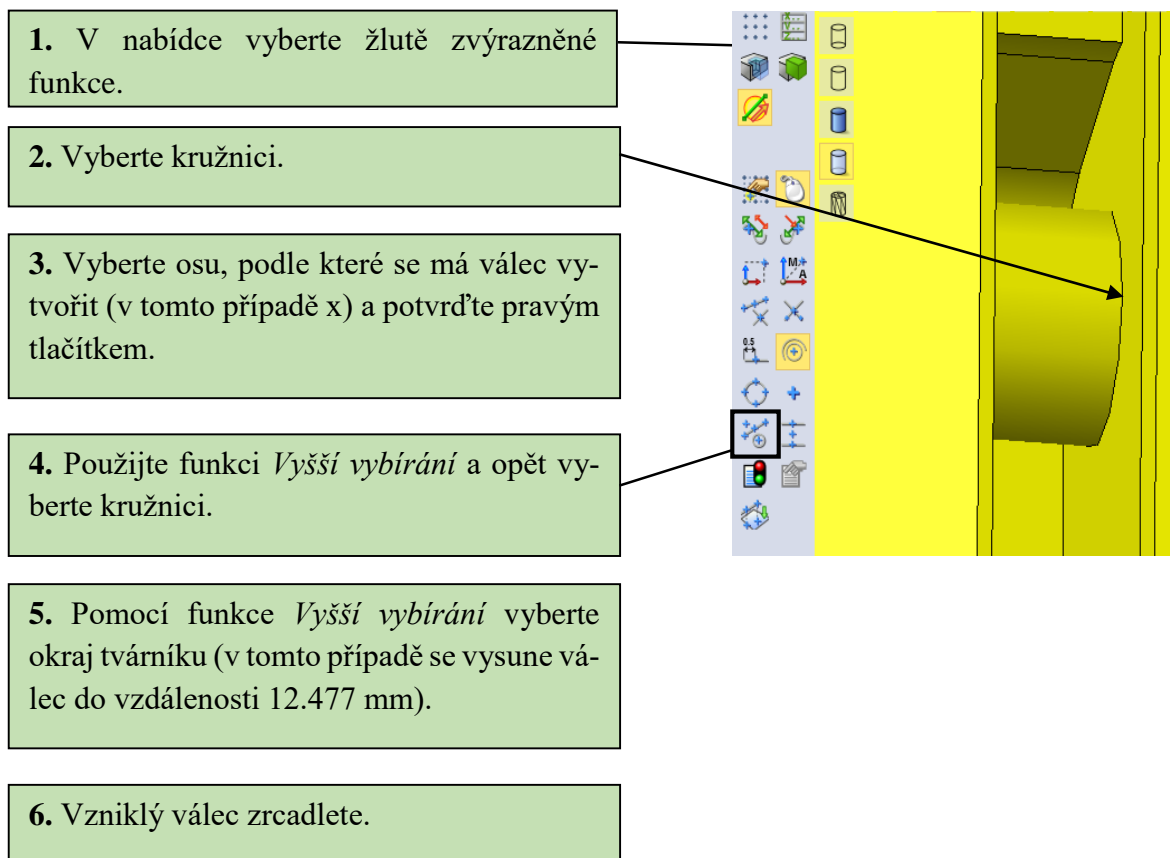


Obr. 30 Tloušťka tvárníku a tvárnice

9.2 Tvarové součásti

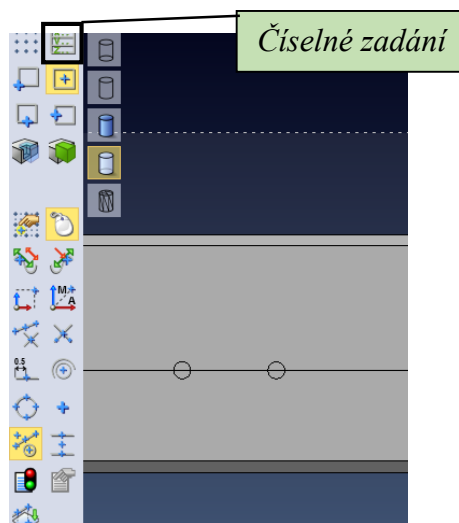
Pro výrobu daného vstřikovaného dílu jsou potřeba čtyři části a to tvárník, tvárnice a dvě posuvné části, každá vždy se dvěma kolíky. Tvárnice se nachází v pevné části formy a tvárník v posuvné části formy, ve které jsou také posuvné části s kolíky, které při otevírání formy odjíždí pomocí šikmých čepů.

Při tvorbě tvarové čelisti v záložce *Standard* pomocí funkce *Přidej/odejmi viditelné prvky* zhasněte tvárnici. Nyní ze záložky *modelování* vyberte funkci *Válec*.



Obr. 31 Tvorba tvarové čelisti

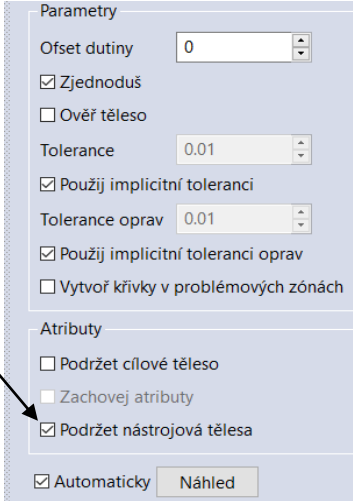
V záložce *Modelování* vyberte funkci *Kvádr* a nastavte funkci dle Obr. 32. Automaticky se vybere střed mezi kolíky a poté použijte funkci *Číselné zadání*. Zde nastavte kvádr o rozměrech 16x30 a vysunutí 3 mm. Nyní všechny tři části spojte pomocí příkazu *Sečti* a celé zrcadlete na druhou stranu.



Obr. 32 Číselné zadání

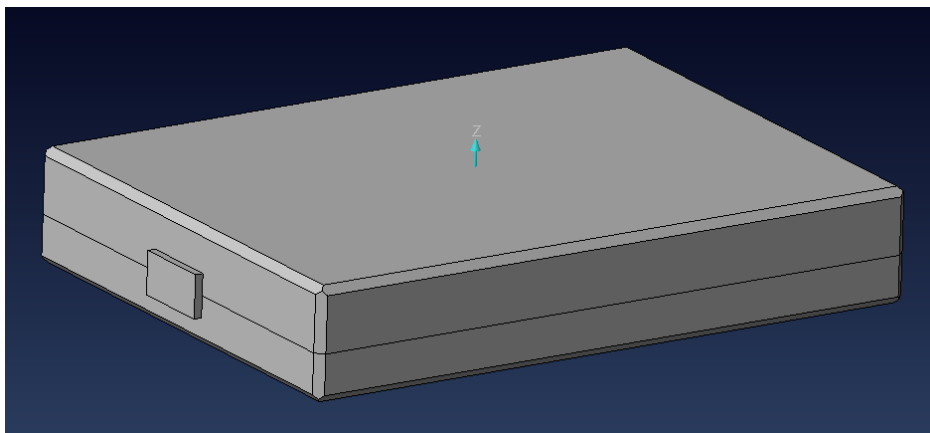
Ještě je zapotřebí vyřezat díry pro kolíky. To lze provést tak, že zhasnete tvárnici a použijete funkci *Dutina* ze záložky *Operace*.

1. Vyberte tvárník.
2. Vyberte tvarovou součást.
3. V nabídce zaškrtněte *Podržet nástrojová tělesa*.
4. Nakonec vše potvrďte pravým tlačítkem myši.
5. To samé proveďte poté pro tvarovou čelist na druhé straně a také pro tvárnici.



Obr. 33 Funkce *Dutina*

Po tomto kroku je hotový tvárník, tvárnice a tvarová součást. Konečná podoba je na Obr. 34.



Obr. 34 Tvárník, tvárnice a tvarová součást

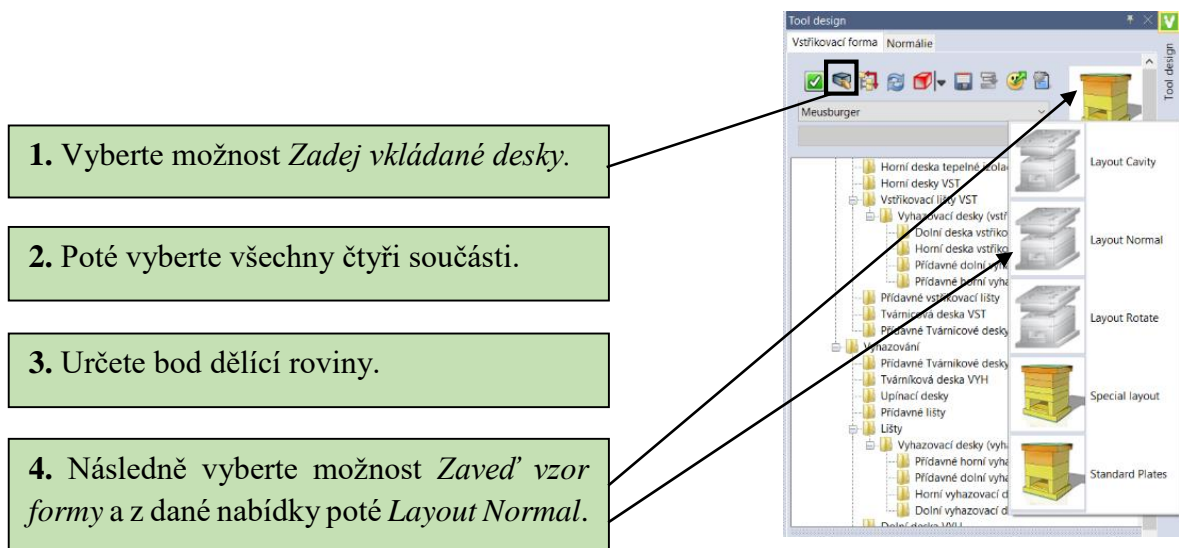
9.3 Vstřikovací forma

Samotná vstřikovací forma se skládá ze tří částí a to pravé strany, levé strany a vyhadzovacího systému. Pravá strana je vstřikovací část a je pevná. Skládá se z kotevní desky, ve které je tvárnice, na níž je upínací deska a nakonec izolační deska. Izolační deska je vyrobena z pryskyřice. Levá strana je složena z kotevní desky, ve které je tvárník, dále z opěrné desky, dvou

rozpěrných desek, upínací desky a izolační desky. Mezi rozpěrnými deskami se nachází vy-
hazovací systém, který je z vyhazovacích desek – opěrné a kotevní, které se pohybují díky
příšroubovanému táhlu. Správný pohyb těchto částí zajišťují vodící čepy.

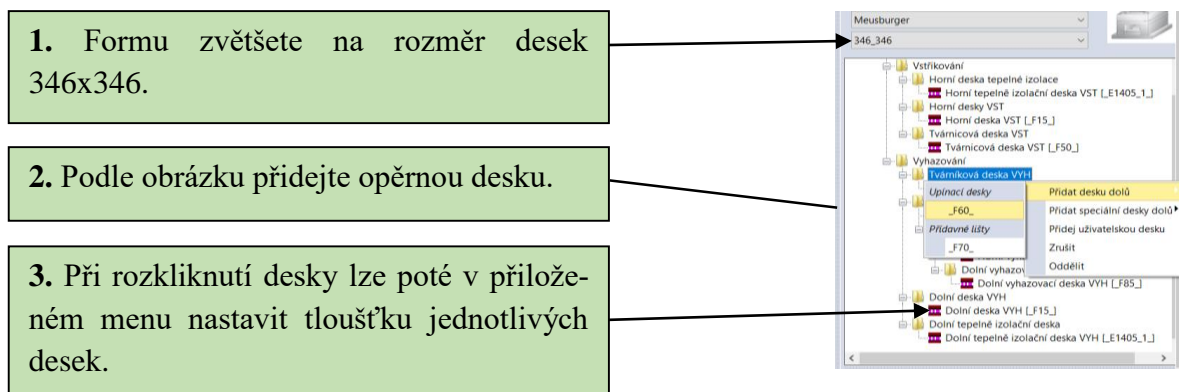
V softwaru VISI 2018 R1 je záložka *Forma*, ve které jsou již nachystané funkce pro tvorbu
formy. Jsou zde i knihovny výrobků několika výrobců. V tomto konkrétním případě byly
použity normalizované součásti od firmy Meusburger.

V záložce *Forma* vyberte funkci *Sestava*.



Obr. 35 Vložení desek

Nyní zvětšete formu a přidejte opěrnou desku.



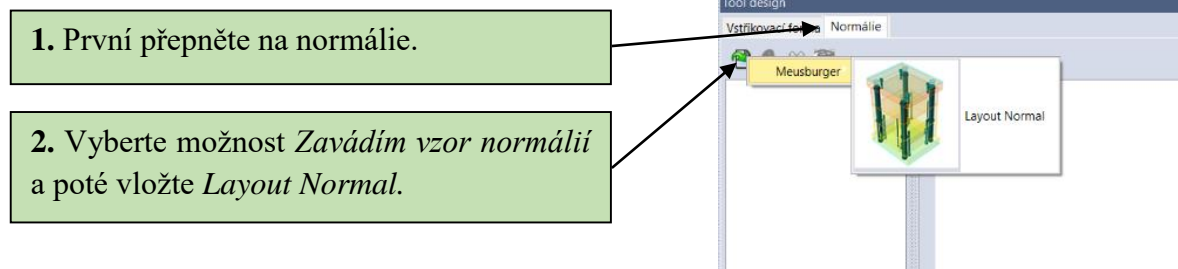
Obr. 36 Zvětšení formy a přidání opěrné desky

Při tvorbě této vstřikovací formy byly použity následující tloušťky desek:

Tab. 6 Tloušťky desek formy

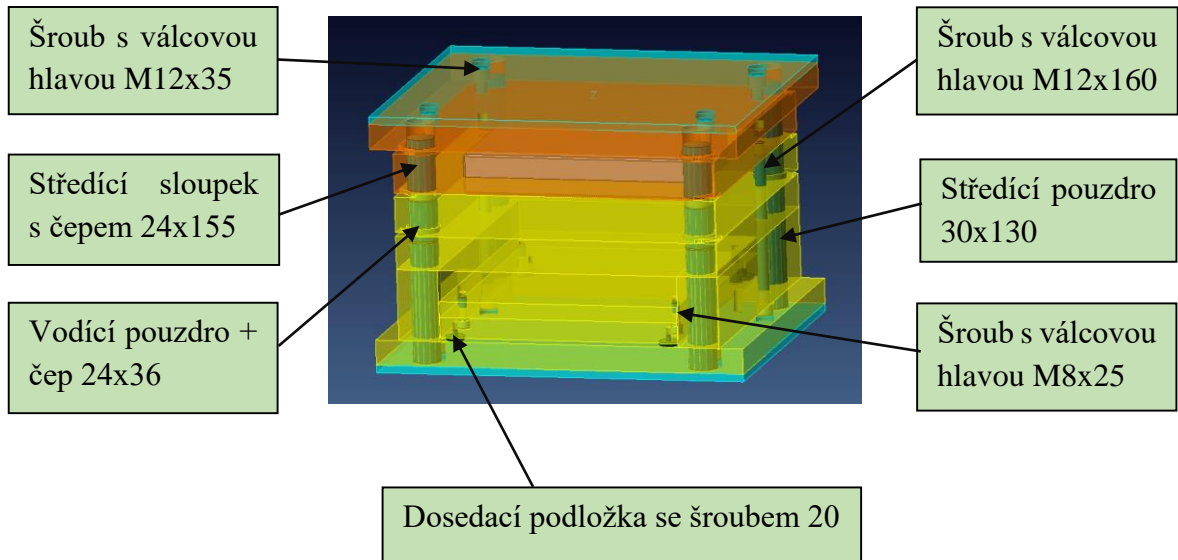
Název desky	Tloušťka desky (mm)
Izolační deska levá	8
Upínací deska levá	27
Rozpěrné desky	76
Opěrná deska	36
Kotevní deska leva	46
Kotevní deska pravá	46
Upínací deska pravá	27
Izolační deska pravá	8
Vyhazovací deska opěrná	22
Vyhazovací deska kotevní	17

Dalším krokem je zavedení normálií:



Obr. 37 Zavedení normálií

Nyní lze vložit některé normálie. V tomto kroku vložte pouze následující normálie:



Obr. 38 Desky formy

V záložce *Normálie* vyberte možnost *Normálie vstřikovacích forem*.

meusburger

Spojovací prvky
Izolační desky
Stavěcí šrouby
Sloupky
Pouzdra
Vtoková vložka
Stř.příruby

E1360 E1362 E1365 E1367 E1370 E1372 E1375 E1377

1. Přepněte v dodavatelích na firmu Meusburger.

2. Vyberte ze *Stř. příruby* *Středící příruba s hrdlem a kuželovou dírou a závitové díry* (E1362).

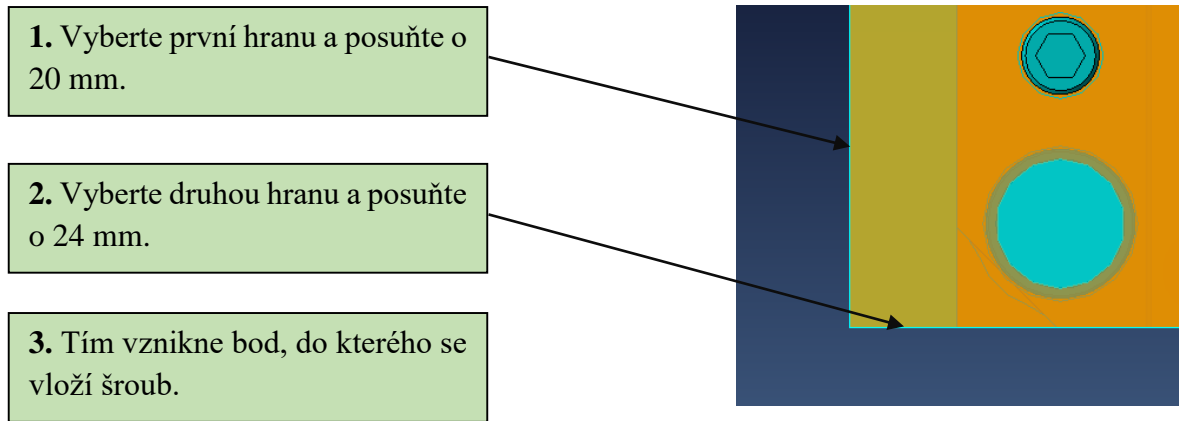
3. Vyberte izolační desku a poté střed vstřikovací formy.

4. Přírubu nastavte podle obrázku.

meusburger - E1362. (jlr91) / Pravidlo: JLR91	
Materiál	1.0503 (C 45)
Opracování	
Parametry	
Průměr hlavy	125
Dolní průměr	90
Vnitřní průměr	26
Celková výška	18
Katalog	
Instalace	
Rotační úhel	0
Vůle průměru hlavy	0
Vůle vnitřního průměru	0
Hloubka vložení	10
Extra horní dutina	0
Extra dolní dutina	0
meusburger - E1200_ (shcsm) / Pravidlo: SHCSM	
Parametry	
Průměr šroubu	5
Délka	16

Obr. 39 Vložení středící příruby

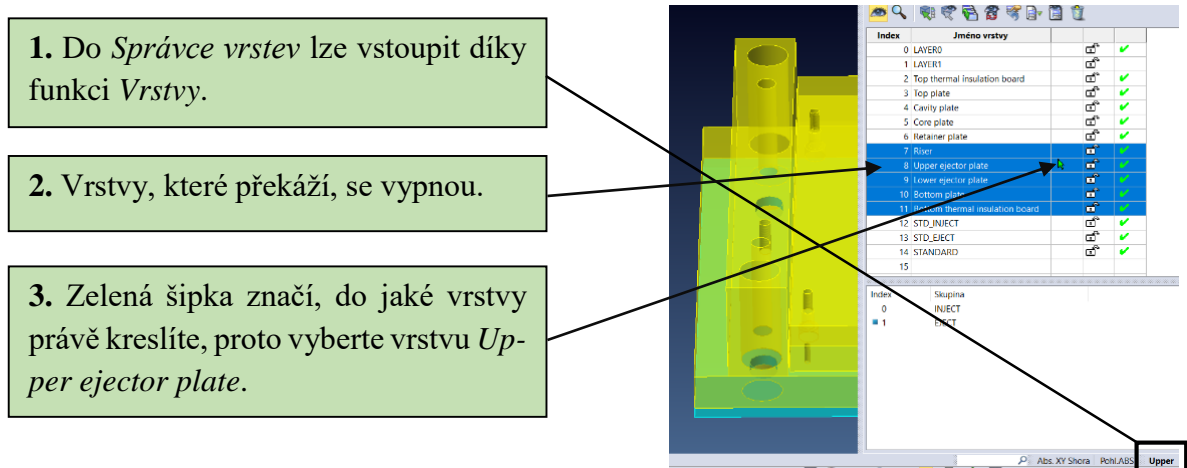
Dalším krokem je přišroubování izolačních desek k upínacím deskám. První se musí vytvořit bod, do kterého bude šroub vložen. K tomu je v záložce *Geometrie* příkaz *Paralelní*.



Obr. 40 Přišroubování izolačních desek

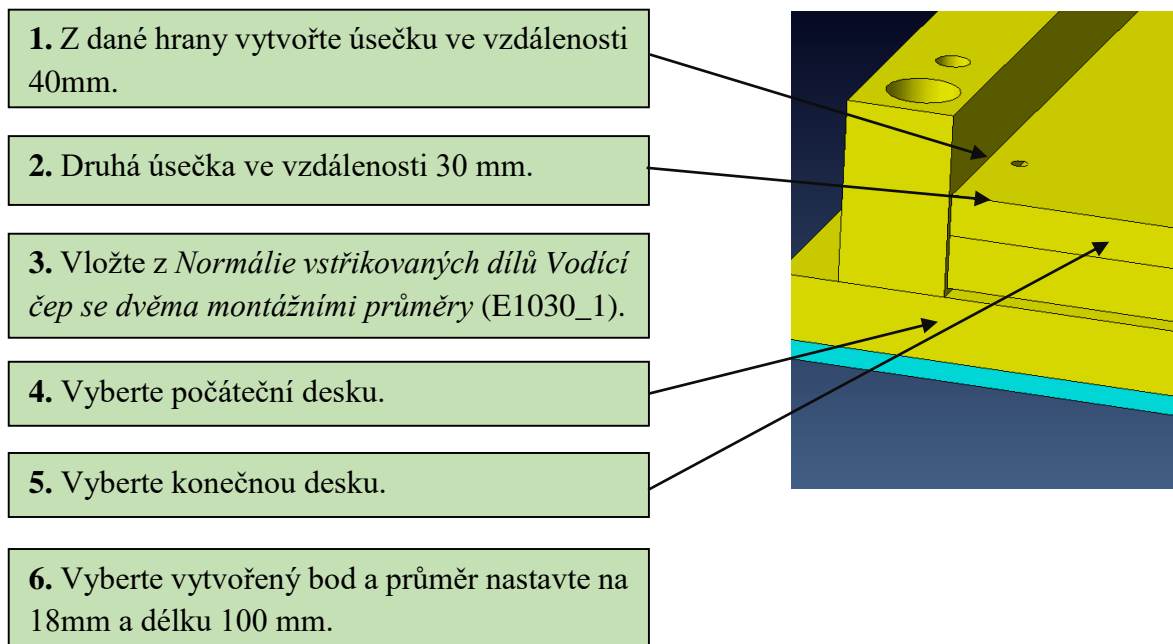
Vložte šroub se zapuštěnou hlavou s vnitřním šestihranem (E1220). Vyberte počáteční desku, konečnou desku a nakonec vytvořený bod. Šroub nastavte na rozměry M5x16. Poté šroub zrcadlením vložte do každého rohu izolační desky. Stejně postupujte i pro vytvoření šroubů k přichycení druhé izolační desky jenom s rozdílem, že není potřeba vytvářet nový bod, ale vybere se tento již vytvořený.

V tomto kroku vložte vodící čepy s vodícím pouzdem do vyhazovacích desek. Pro lepší přehlednost je vhodné zhasnout desky, které by mohly překážet.



Obr. 41 Správce vrstev

Následně pomocí funkce *Paralelní* sestrojte střed vodícího čepu a poté vložte vodící čep.



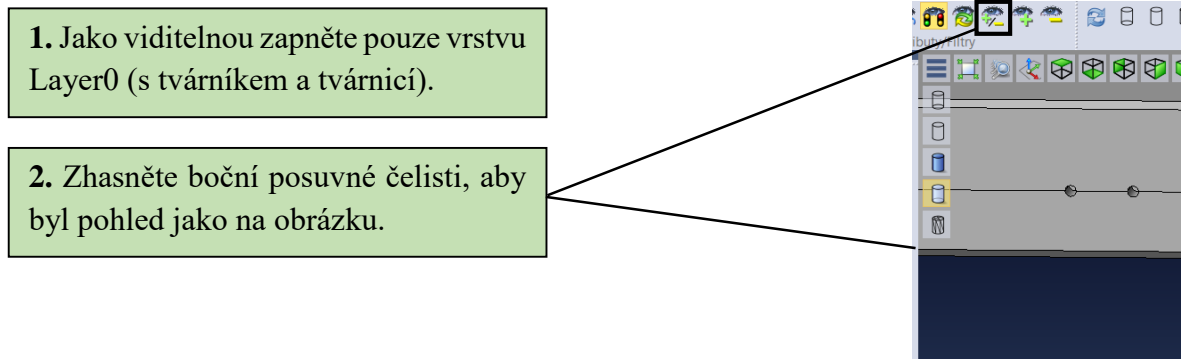
Obr. 42 Vyhazovací desky

Stejně postupujte při vložení vodícího pouzdra se středícím límcem (E1100). S rozdílem prvotního výběru sloupku a teprve poté počáteční desky, což je v tomto případě vyhazovací deska opěrná. Program automaticky vloží pro daný sloupek vhodné vodící pouzdro. V tomto případě je vhodné s ohledem na výrobu desky použít ve vyhazovací desce kotevní průchozí díru, jak je ukázáno na Obr 43. Poté zrcadlením nakopírujte sloupek i pouzdro do ostatních třech rohů vyhazovacích desek.

Parametry	
Průměr sloupku	18
Průměr pouzdra	26
Dolní délka	22
Výška čepu	9
Speciální dolní délka	22
Dolní sestupná délka	31
Databázové hodnoty	
Pravidla	
Vúle průměru těla	0
Vúle průměru hlavy	1.4
Vúle průměru čepu	0
Extra hloubka	0
Vúle pod hlavou	0.3
Opačný směr	<input type="checkbox"/>
Nevsazená hlava	<input type="checkbox"/>
Průchozí díra	<input checked="" type="checkbox"/>
Pozdro nahoře	<input type="checkbox"/>

Obr. 43 Rozměry vodícího pouzdra

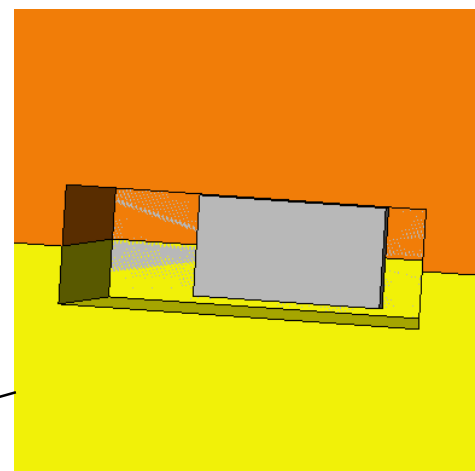
Dalším krokem bude vyřezání díry, ve které bude poté situován pojezd pro vysunutí kolíku z formy. Nejprve se musí nastavit viditelné pouze některé prvky.



Obr. 44 Nastavení viditelných prvků

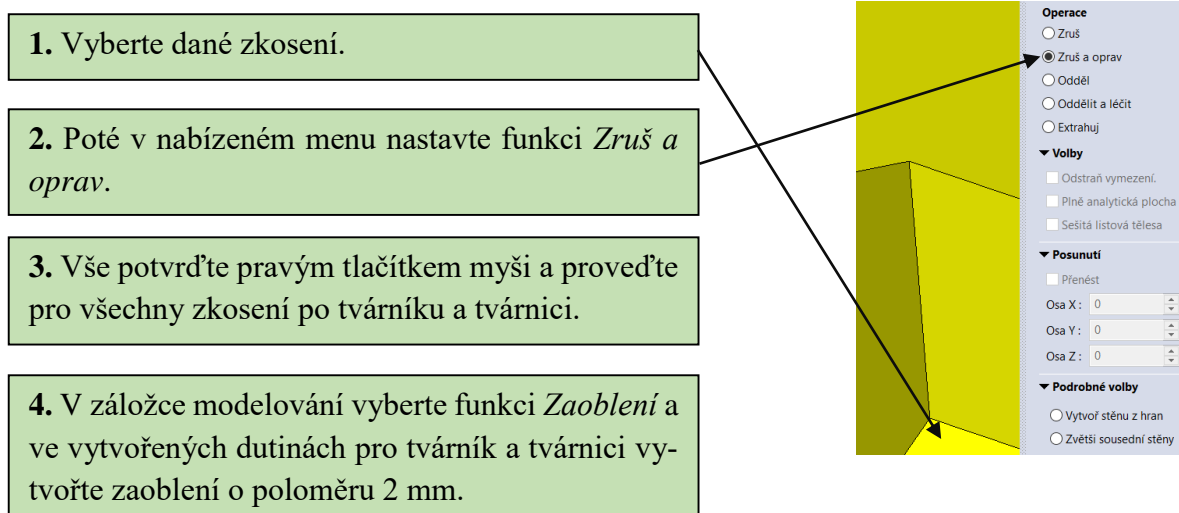
Nyní už vyřežte díry pro pojezd boční čelisti.

1. Pomocí funkce *Kvádr* v záložce *Modelování* vyrobte kvádr délky 60mm, šířky 58 mm a výšky 8 mm. Jako bod základny zvolte střed mezi dvěma kolíky.
2. Poté vytvořte další kvádr s tím rozdílem, že výška bude -10.8 mm.
3. Vytvořené dva kvádry pomocí funkce *Sečti* spojte v jeden kvádr.
4. Kvádr zrcadlením přeneste i na druhou stranu.
5. Rozsviňte celou formu kromě tvarových čelistí a pomocí funkce *Dutina* v záložce *Operace* vyřežte kvádr do desk formy. Nejprve vytvořte dutinu pro tvárník, zde ponechejte nástrojové těleso a při dutině v tvárnici již nástrojové těleso neponechávejte.
6. To samé proveďte pro kvádr na druhé straně. Nyní můžete rozsvítnout tvarové čelisti.



Obr. 45 Místo pro boční čelist

Dutinu vytvořte také pro tvárník a tvárnici. Funkcí *Dutina* vzniká přesný tvar tvárnice a tvárníku do kotevních desek, ale pro výrobu vnitřní kapsy je vhodnější mít v rozích místo zkosení raději rádius. Proto ze záložky *Modelování* použijte funkci *Zruš/extrahuj stěny*.



Obr. 46 Dutina pro tvárník a tvárnici

Dále je zapotřebí zajistit tvárník a tvárnici. To proveďte vždy čtyřmi šrouby, kterými se tvárník a tvárnice přichytí ke kotevním deskám.

1. Pomocí funkce *Paralelní* vytvořte dvě úsečky. Delší stranu posuňte o 20 mm a kratší stranu o 12 mm od vnitřní zkosené hrany.
2. Vložte šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem M5x25.
3. Pomocí funkce *Zrcadlo* šroub zkopírujte do zbylých tří rohů.

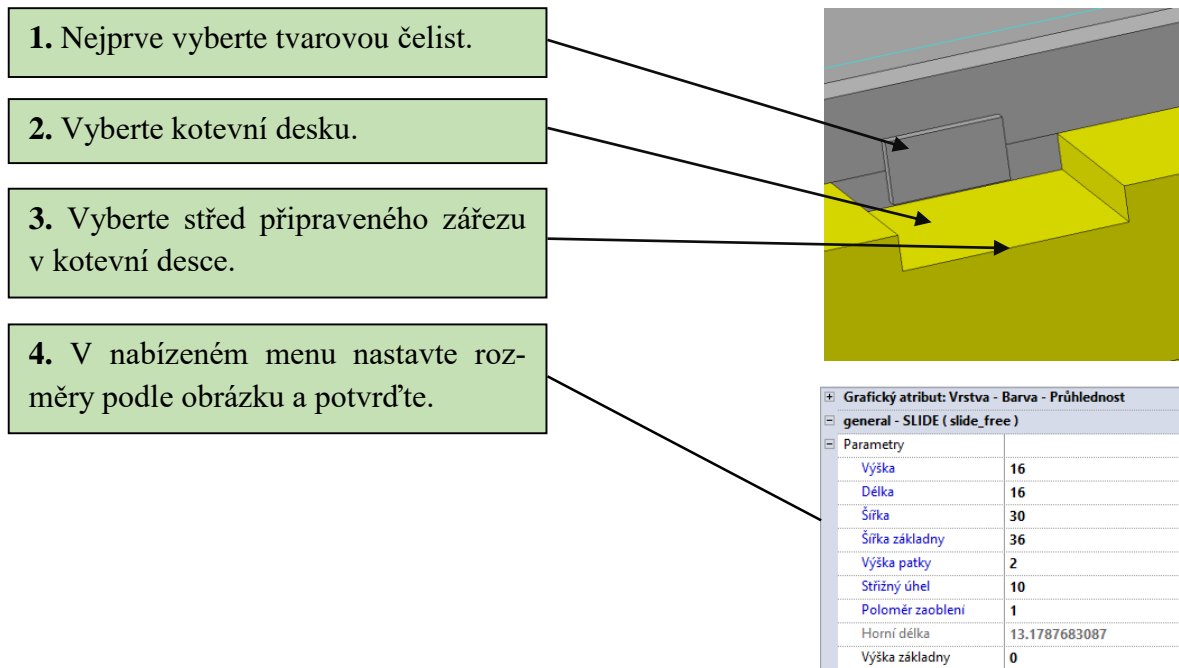
Obr. 47 Zajištění tvárníku a tvárnice

9.4 Boční posuvné čelisti

Nelze-li výrobek vyrobit pouze pomocí jedné dělicí roviny, jsou zapotřebí většinou posuvné čelisti, které odjedou společně s pohyblivou částí formy a přitom odjíždějí od vstříknutého výrobku proto, aby došlo k hladkému vyhození součásti. V tomto případě je posuvná čelist pohybována pomocí šikmého kolíku pod úhlem 10° a ten je pevně uchycen v pevné části formy. Při odjíždění levé pohyblivé části formy dochází k posouvání tvarové čelisti přes

šikmý kolík. Dále se boční posuvné čelisti skládají z vodících kolejí, vodící jednotky pro tělo čelisti a kuličkového mechanismu, který při otevření boční posuvné čelisti zacvakne tvarovou čelist tak, aby nedošlo k jejímu samovolnému pohybu při vyhazování výrobku.

Boční posuvnou čelist vložte opět pomocí funkce *Normálie vstříkovaných forem*. Nejprve přepněte v kolonce dodavatel na General. V nabídnutém menu se vybere *Jádro_čelisti* a poté *tělo čelisti (SLIDE)*.



Obr. 48 Tělo čelisti

Dalším krokem je vložení *Vodící jednotka pro tělo čelisti (SLDPLATE)*. Vyberte čelist, hodnoty nastavte dle Obr.49 a vše potvrďte.

general - SLDPLATE (sldplate_free)	
Parametry	
Šířka	58
Výška	3
Délka	50
Pravidla	
Posunutí	0

Obr. 49 Rozměry vodící jednotky

Dále vložte *Vodící kolej pro tělo čelisti* (A_SLGUI_NO_EL_F). Vyberte čelist, hodnoty nastavte podle Obr. 50 a vše potvrďte

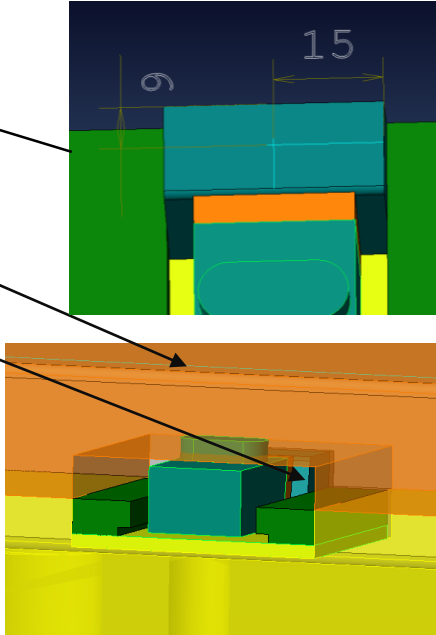
general - SLIDEGUIDE1_NO_ELEMS_FREE (
Parametry	
Šířka	14
Výška	8
Délka	50
Šířka základny	11
Výška základny	2

Obr. 50 Rozměry vodící koleje

Následuje vložení *Jednostranná patka* (A_SLDLOCKHEEL1). Vyberte čelist a automaticky se vloží patka s výškou 15 mm a šířkou 22 mm.

V dalším kroku vložte *Šikmý kolík čelisti* (SLDP1).

1. Aby se mohl vložit šikmý kolík, musí být pro něj pomocí funkce *Paralelní vytvořen bod*.
2. Vyberte počáteční desku.
3. Vyberte čelist.
4. Vyberte vytvořený bod a směr zdvihu nastavte podle osy x.
5. Hodnoty nastavte dle obrázku.

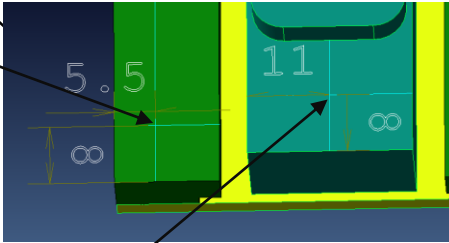


Parametry	
Průměr	8
Délka	60
Databázové hodnoty	
Pravidla	
Úhel	10
Požadovaný zdvih	0
Zdvih	2.9013972373
Zpoždění otevření	0
Vůle průměru těla	0
Vůle průměru hlavy	1
Vůle pod hlavou	0
Vůle průměru těla koncové desky	0
Zaoblení na čelisti	0
Dutina drážky	
Délka	15
Šířka	12
Výška	10
Zaoblení	5
Zaoblení na dně	0
Ofset	0
Úhel	10

Obr. 51 Šikmý kolík čelisti

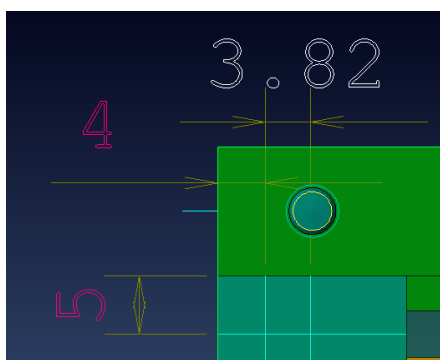
Jako další krok je nutné přišroubovat vodící koleje ke kotevní desce levé a jednostrannou patku ke kotevní desce pravé. Nyní opět přepněte na dodavatele Meusburger.

1. Pomocí funkce *Paralelní* vytvořte bod.
2. Vložte šroub se zápusťnou hlavou a vnitřním šestihranem M4x16 (E1220).
3. Nejprve zvolte vodící kolej pro tělo čelisti, poté kotevní desku levou a nakonec vytvořený bod.
4. Následně šroub pomocí zrcadlení nakořpírujte do zbylých rohů.
5. Vložte šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem M5x40 (E1200).
6. Nejprve vyberte kotevní desku pravou, následně jednostrannou patku a nakonec vytvořený bod.



Obr. 52 Připevnění bočních čelistí

Dalším krokem je vložení *Tažný díl se zmáčknutou pružinou* (E1265), který slouží k podržení bočního pojezdu při otevření formy. Nejprve si vytvořte podle Obr. 53 body na spodní části těla čelisti.



Obr. 53 Body pro *Tažný díl se zmáčknutou pružinou*

Nyní již vložte *Tažný díl se zmáčknutou pružinou* (E1265)

1. Hodnoty zadejte podle obrázku.

2. Při vybírání prvně vyberte tělo čelisti, poté kotevní desku levou a nakonec vytvořený bod. Díl vložte do obou vytvořených bodů.

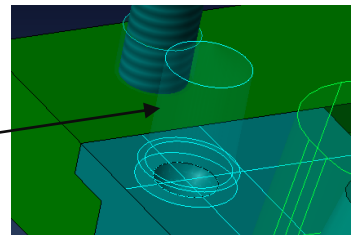
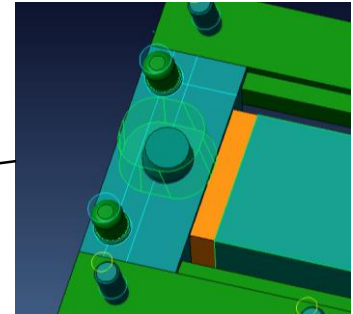
3. Oba díly pomocí funkce *Zrcadlo* nakopírujte na druhou stranu jednostranné patky.

4. Následně zhasněte některé prvky.

6. Použijte funkci *Dutina* a zvolte tělo čelisti a poté oba tažné díly se zmáčknutou pružinou. Nástrojové těleso neponechejte.

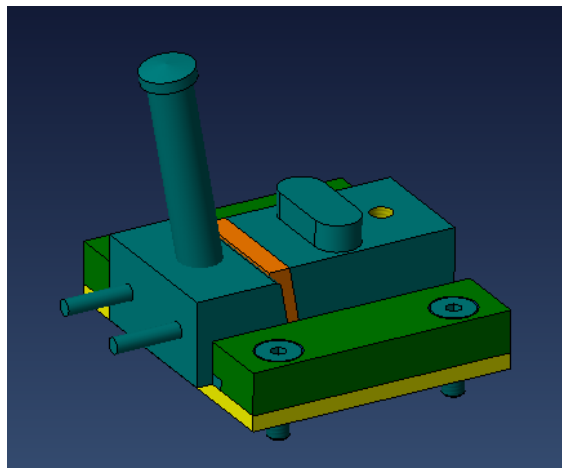
7. Nakonec ještě funkcí *Zruš/extrahuj stěny* odstraňte díry po těchto dvou dílech. Nakonec vše zpět rozsviňte.

Průměr	4
+	Katalog
-	Montáž
Přídavná hloubka	1
Výška límce	0.1
Vůle límce	0.25
Vůle límce	0
Drážka dutiny jako kuličky	<input checked="" type="checkbox"/>



Obr. 54 Tažný díl se zmáčknutou pružinou

Celou boční posuvnou čelist poté zrcadlete na druhou stranu formy. Aby byly posuvné čelisti kompletní, použijte funkci *Sečti* a spojte vygenerované tělo čelisti s vytvořenou tvarovou čelistí. Na Obr. 55 je znázorněna konečná podoba boční čelisti.



Obr. 55 Boční čelist

9.5 Vtokový systém

Vtokový systém slouží k dopravě taveniny ze vstřikovacího stroje do dutiny formy. Pro formu v této práci byla použita studená vtoková soustava. Nevýhodou studené soustavy je vznik velkého odpadu. Funguje tak, že granulát je roztaven a nahříván pouze ve vstřikovacím stroji. Tím dochází k přeměně na taveninu, ta je pod tlakem dopravována přes vtokovou vložku, v tomto případě do půlkruhových kanálku, přes které je dopravena do dutin formy. Vtokový systém obsahuje i přídržovač vtoku a to z důvodu, že při otevření formy zůstane vtokový zbytek v pevné části formy a až poté je pomocí vyhazovačů vyhozen.

Vtokovou vložku opět vložte z knihovny Meusburger a to *Vtoková vložka 1° se zaoblením 15,5 (E1605)*.

1. Nejprve vyberte upínací desku pravou, poté tvárnici.

2. Jako bod vyberte počátek souřadného systému, který nastavte na střed formy.

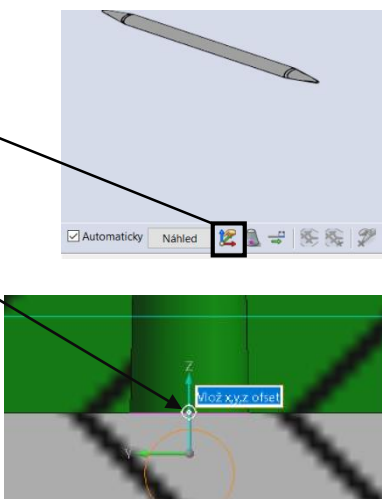
3. Hodnoty nastavení jsou uvedeny na obrázku. Z důvodu zamezení rotace vložte zabezpečovací kolík.

Průměr	18
Délka	56
Průměr na počátku	3
Celková délka	74
Min.Délka	67.3
Katalogové hodnoty	
Pravidla	
Vůle průměru hlavy	1
Vůle průměru těla	1
Vůle pod hlavou	2
Vodící délka	9
Rotační úhel	0
meusburger - E1300... (lock7) / Pravidlo: LOCK7	
Parametry zámku	
Průměr kolíku	4
Délka kolíku	12
Tloušťka	20
Extra hloubka díry	0
Ofset kolíku	0
meusburger - E1605 (a_sb5)	
Parametry	
Aretace natočení	 Zámek 7

Obr. 56 Vtoková vložka

Při tvorbě rozvodů je vhodné na spodní liště ve funkci *Vyhledej příkaz*, vyhledat funkci *Dynamické řezy* a nastavit řez na střed formy, aby následné rozvody byly dobře viditelné. V záložce forma zvolte funkci *Vtoky-rozvody* a v ní *Vytvoř rozvody*.

1. Ze začátku posuňte střed rozvodného systému. Použijte funkci *Zadej bod/osu*.
2. Vyberte střed vtokové vložky.
3. Normálu okruhu zvolte podle osy z a základní osa okruhu je osa x.
4. Parametry vtokového kanálu nastavte podle obrázků.



Okruh	Řez	Ukončení okruhu	Okruh	Řez	Ukončení o	Okruh	Řez	Ukončení okruhu	Okruh	Řez	Ukončení okruhu	Vtoky
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 24%;"> <p>Typ okruhu</p> <p><input checked="" type="radio"/> Přímý</p> <p><input type="radio"/> Radiální</p> <p><input type="radio"/> Uživatelský</p> <p>Vlastnosti okruhu</p> <p>Rozvaděč</p> <p>2</p> <p>Referenční úhel</p> <p>90</p> <p>Počet větví</p> <p>3</p> <p>Délka kanálu</p> <p>15 100</p> <p>Délka chladného čela taveniny</p> <p>3.536 2.5</p> </div> <div style="width: 24%;"> <p>Řez</p> <p><input type="radio"/> Kruhový</p> <p><input checked="" type="radio"/> Půlkruhový</p> <p><input type="radio"/> Trojúhelníkový</p> <p><input type="radio"/> Trapézový</p> <p>Řezy-Vlastnosti</p> <p>Poloměr</p> <p>4 3.536</p> <p>Výška</p> <p>10 10</p> <p>Úhel</p> <p>80 80</p> <p>Hlavní základna</p> <p>12 12</p> </div> <div style="width: 24%;"> <p>Typ</p> <p><input checked="" type="radio"/> X</p> <p><input type="radio"/> Y</p> <p>Vlastnosti</p> <p>Úhel</p> <p>45</p> <p>Délka (L)</p> <p>30</p> <p>Délka (B)</p> <p>15</p> <p><input type="checkbox"/> Aktivuj koncový díl</p> </div> <div style="width: 24%;"> <p>Typ</p> <p><input type="radio"/> Kuželový</p> <p><input checked="" type="radio"/> Pravoúhlý</p> <p><input type="radio"/> Úhlový kuželový</p> <p><input type="radio"/> Úhlový pravoúhlý</p> <p><input type="radio"/> Banánový</p> <p>Vlastnosti vtoků</p> <p>Poloměr (R1)</p> <p>4</p> <p>Poloměr (R2)</p> <p>1</p> <p>Výška (L)</p> <p>5.9</p> <p>Šířka (A)</p> <p>1.3</p> <p>Délka (L)</p> <p>10</p> <p>Úhel</p> <p>30</p> <p>Úhel na rovině</p> <p>0</p> <p>Posuň aplikační bod</p> <p>0</p> </div> </div>												

Obr. 57 Rozvody

Aby byl vtokový systém kompletní, je zapotřebí přidat přídržovač vtoku. Vložte *Opěrné pouzdro* (E1660_L).

1. Vyberte kotevní desku levou, poté tvárník a jako bod vyberte střed formy.

2. Hodnoty nastavte podle obrázku.

3. Aby došlo k dobrému dosedu opěrného pouzdra, pomocí funkce *Posuň stěnu* posuňte čelo pouzdra o 3,6 mm, tak aby se dobře opíralo o opěrnou desku.

Průměr	12
Požadovaná délka	49,7
Celková výška	46
Díleč výška díry	18
Databázové hodnoty	
Pravidla	
Vúle průměru hlavy	1
Vúle průměru	0
Vúle pod hlavou	3,7
Vodící délka	6
Aretační úhel	0
meusburger - E1300.. (lock5)	
Parametry	
Průměr těla	12
Průměr hlavy	16
Zaoblení pod hlavou	0
Poloha zámku od středu hlavy	0
Parametry zámku	
Průměr kolíku	4
Délka kolíku	8
Tloušťka	8,7
Extra hloubka díry	0,5
Ofset kolíku	0
meusburger - E1660_L (L_sb41)	
Parametry	
Aretace natočení	Zámek 5

Obr. 58 Opěrné pouzdro

9.6 Vyhazovací systém

Při odjezdu levé strany formy musí nejdříve odjet do strany o 3,82 mm boční čelisti s kolíky, které vytvářejí na výrobku díry. Po odjetí těchto čelistí a i dostatečném odjezdu levé strany formy od pravé, může dojít k posunu vyhazovacího systému. Ten se skládá z vyhazovací desky opěrné a vyhazovací desky kotevní, ve kterých jsou upevněny válcové vyhazovače. Uprostřed formy je v opěrném pouzdru umístěn válcový vyhazovač, který slouží k vyhození vtokového zbytku. Správný chod vyhazovacího systému je zajištěn vodíci sloupky, po kterých se vyhazovací desky pohybují. Do opěrné vyhazovací desky je ještě přišroubováno vyhazovací táhlo, které pohybuje deskami.

Nejprve vložte *Středící příruba s hrdlem a dírou, závitové díry* (E1367).

1. Vyberte vnější plochu levé izolační desky a nastavte bod na střed formy.

2. Hodnoty nastavte na průměr hlavy 110 mm, dolní průměr 90 mm a celkovou výšku 18 mm.

Obr. 59 Středící příruba

Dalším krokem je vytvoření závitu M12 v opěrné vyhazovací desce.

1. V záložce modelování vyberte funkci *Editor otvorů* a v něm nastavte vnitřní závit.

2. Vyberte plochu opěrné vyhazovací desky a jako bod střed formy.

3. Hodnoty nastavte podle obrázku.

Průměr	M12
Stoupání	1.75
Průměr vrtání	10.2
Hloubka	0
Autom.předvrtaná hloubka	<input checked="" type="checkbox"/>
Předvrtaná hloubka	5.25
Hloubka špičky	8.19448637
Poč.záv.extra hl.vrt.	3
Průchozí díra	<input checked="" type="checkbox"/>
Neprůchozí závit	<input type="checkbox"/>
Hodnota zapuštění	0
Úhel špičky	120

Obr. 60 Vnitřní závit

Nyní vytvořte vyhazovací táhlo.

1. V záložce modelování vyberte funkci *Válec*.

2. Jako střed vyberte vytvořený závit a pomocí funkce číselné zadání nastavte poloměr 20,5 mm a výšku 100 mm.

3. Ponechejte rozsvícený pouze vymodelovaný válec a vyberte funkci *Editor otvorů* a v ní vnější závit.

4. Pomocí funkce *Střed kružnice* vyberte střed vymodelované válcové plochy a směr zadejte v ose z.

5. Hodnoty nastavte podle obrázku.

6. Funkcí *Zkosení na tělese* se zkosí ostré rohy o 3 mm.

7. Stejným postupem vytvořte závit M10 do hloubky 15 mm na druhé straně táhla.

8. Nakonec spojte vyhazovací táhlo pomocí příkazu *Sečti*. Vyberte vnější závit a poté vymodelovaný válec.



Průměr	M12
Stoupání	1.75
Průměr jádra	10.2
Délka závitu	12.75
Celková délka	18
Poč.záv.extra hloubky vrt.	3
Dolní zkosení	0.875
Horní zkosení	0.875

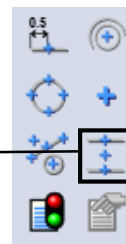
Obr. 61 Vyhazovací táhlo

Nyní vložte válcové vyhazovače (E17105)

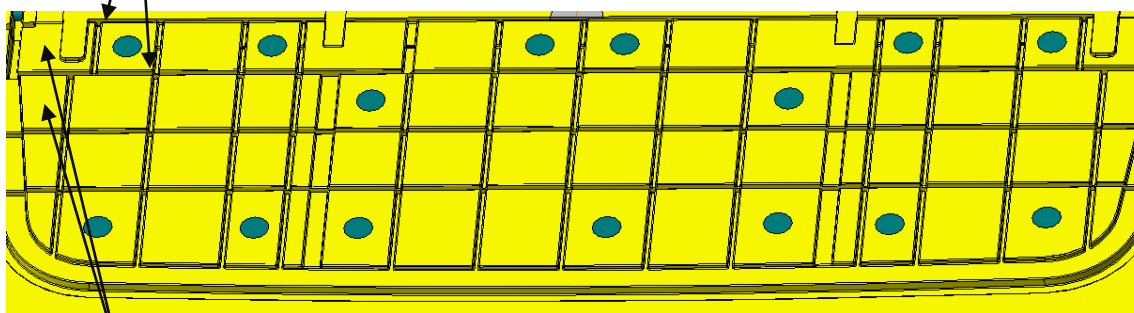
1. Vyberte vyhazovací desku kotevní a tvárník.

2. Při vybírání bodu zvolte možnost *Bod uprostřed*.

3. Nyní vyberte vždy protější rohy. Průměr vyhazovače bude 5,5 mm a zámek vyhazovačů nastavte podle obrázku. Poté vložte zbylé vyhazovače podle obrázku.



Parametry zámku	
Délka	13
Šířka	9
Tloušťka	3
Zaoblení	3
meusburger - E17105 (Lcp1)	
Parametry	
Aretace natočení	☑ Zámek 1



4. Stejným způsobem přidejte čtyři vyhazovače o průměru 4,2 mm (na obrázku znázorněny jen na jedné straně).

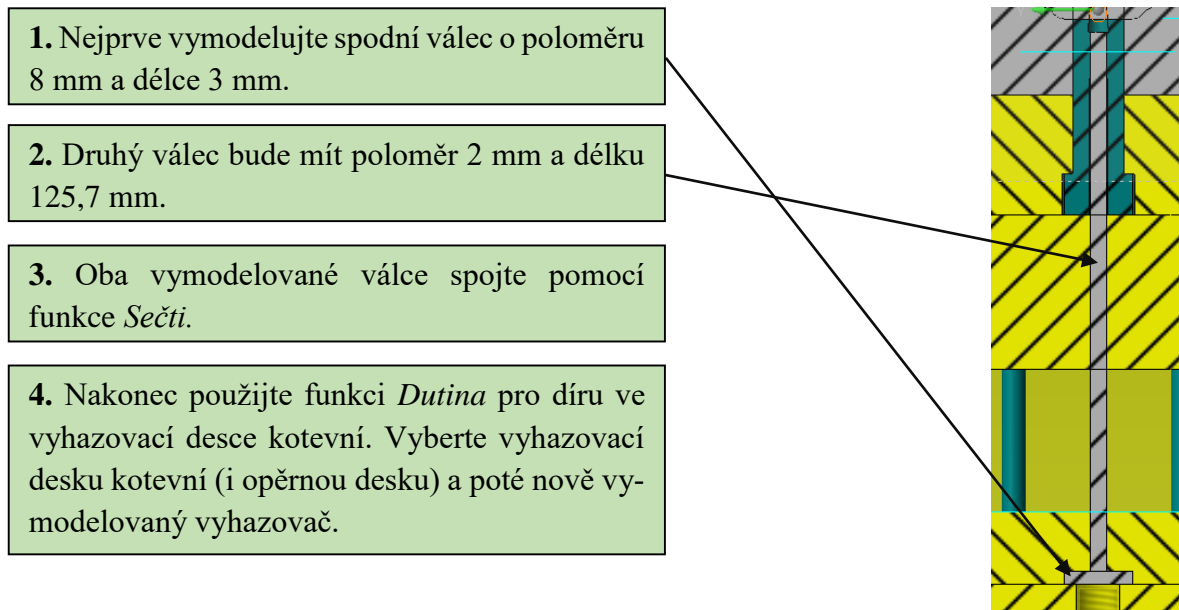
Obr. 62 Válcové vyhazovače

Ještě všechny vyhazovače pomocí funkce *Zrcadlo* vložte i do druhé dutiny. Nyní použijte funkci *Edituj prvky* ze záložky *Normálie*. Zde vyberte válcový vyhazovač a pravým tlačítkem myši *Edituj prvek*. V nabízeném menu nastavte *odečíst* na ano (viz. Obr. 63), z důvodu že kopírováním vyhazovačů se nezkopírovala díra pro vyhazovače. To provedte pro vyhazovače průměru 5,5 i 4,2 mm.



Obr. 63 Funkce Odečíst

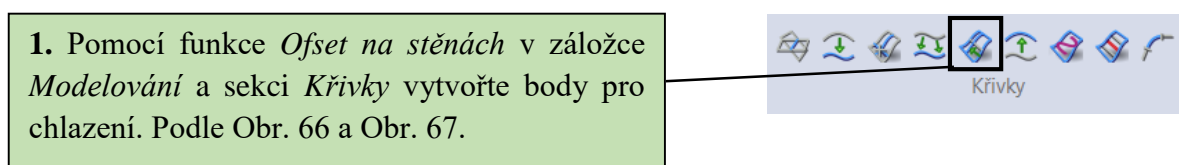
Poslední vyhazovač a to vyhazovač pro vyhození vtokového zbytku vymodelujte pomocí funkce *Válec*.



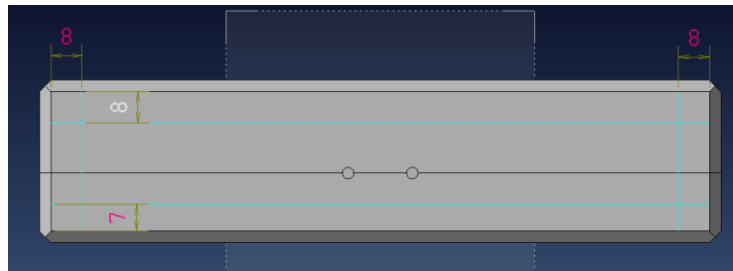
Obr. 64 Válcový vyhazovač vtokového zbytku

9.7 Temperační systém

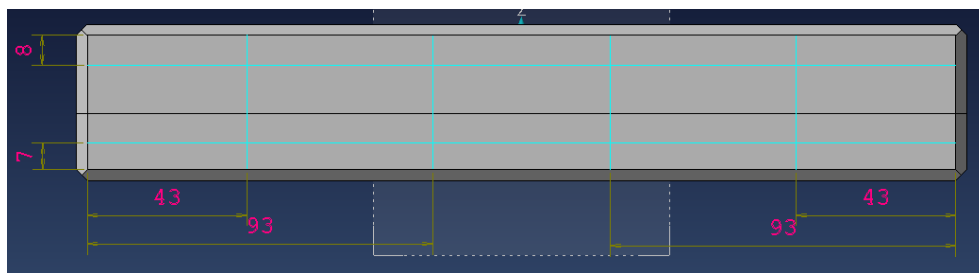
Temperační systém slouží k zajištění optimálních teplot při vstřikování dílců. Při vstříknutí taveniny do dutiny formy se teplota formy zvyšuje. Díky temperačním kanálkům a v nich proudící studené vodě se teplota formy snižuje a i tavenina rychleji tuhne. Tyto kanálky jsou jak v tvárnici tak i v tvárníku. Jejich průměr je 8 mm a tvoří jeden okruh v tvárníku a jeden v tvárnici. Dále temperační systém obsahuje těsnící zátky, o- kroužky a hadicové koncovky.



Obr. 65 Funkce *Ofset na stěnách*



Obr. 66 Body pro chlazení 1



Obr. 67 Body pro chlazení 2

Nyní v záložce *Forma* vyberte funkci *Chlazení*.

1. Vyberte možnost *Přidej skupinu*.

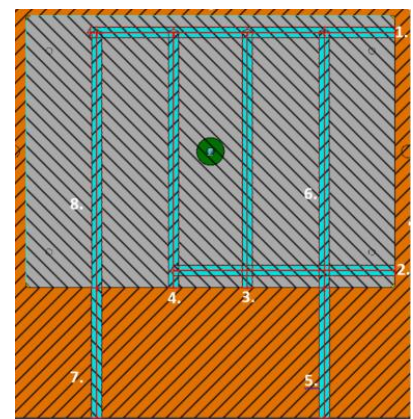
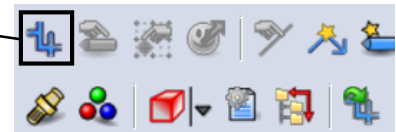
2. V této chvíli je důležité, aby byla zhasnutá kotevní deska pravá.

3. Dále vyberte funkci *Skicuj kanál*. Vyberte tvárnici, osu x a do dvou bodů z Obr. 66 vytvořte dva chladicí kanálky.

4. Nyní stejným způsobem jenom podle osy z udělejte kanálky v bodech podle Obr. 67, ale pouze ve dvou prostředních bodech.

5. Dalším krokem je vyrobení vnějších kanálků v bodech podle Obr. 67, s tím rozdílem, že musí být viditelná kotevní deska pravá. Tu také vyberte jako počáteční desku.

6. Průměr všech kanálků bude 8 mm.



Obr. 68 Rozvodné kanály

Tab. 7 Délky kanálů

Číslo kanálku	Délka (mm)
1.	198
2.	144
3.	166
4.	166
5.	85
6.	166
7.	85
8.	166

Dalším krokem je vložení normálií do rozvodných kanálů. Vyberte vždy rozvodný kanál a v nabízeném menu vyberte funkci *Přidej normálii*.

1. Knihovna dodavatelů musí být nastavena na dodavatele Meusburger.

2. Do kanálů 5 a 7 vložte hadicové koncovky (E2000) s následujícími hodnotami.

3. Do kanálů 5 a 7 vložte o-kroužky (E2130), rozměry nastavte s následujícími hodnotami.

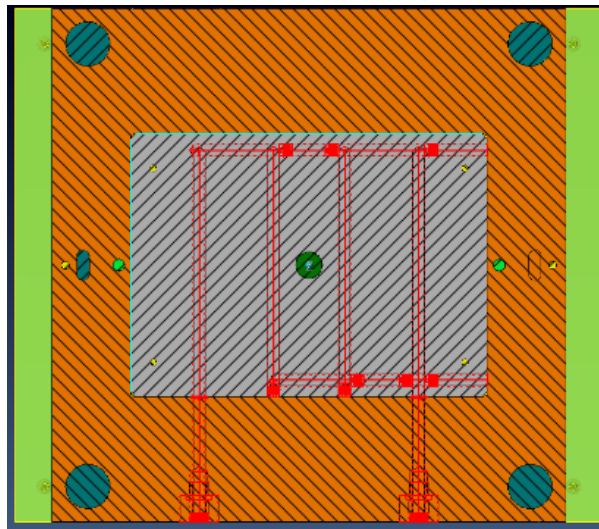
4. Do kanálu 1 se vložte třikrát *Těsnící zátka* (E2078) s průměrem 9 mm a délkou 8.8 mm o hloubce zahloubení 131, 100 a 33mm.

5. Do kanálu 2 vložte třikrát *Těsnící zátka* (E2078) s průměrem 9 mm a délkou 8.8 mm o hloubce zahloubení 82,5, 50 a 33 mm.

6. Do kanálů 3 a 4 se vložte jedenkrát *Těsnící zátka* (E2078) s průměrem 9 mm a délkou 8.8 mm a s hloubkou zahloubení 0 mm.

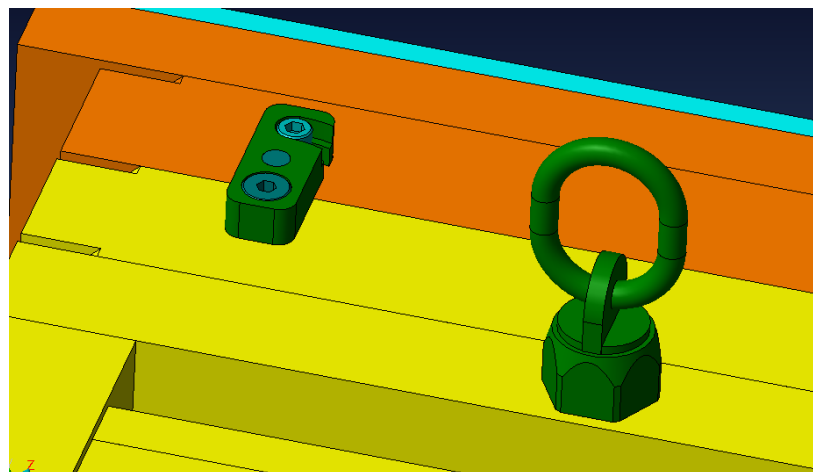
Obr. 69 Vložení normálií do rozvodných kanálů

Na Obr. 70 je znázorněna konečná podoba temperačního systému v tvárnici. Stejný postup výroby temperačního systému proved'te pro tvárník.



Obr. 70 Temperační systém
v tvárnici

Dále přidejte bezpečnostní zařízení a to *Plochá vodící jednotka*. Přidejte dvě proti sobě úhlopříčně. Vložte je 63 mm od kraje kde si pomocí funkce *Ofset na stěnách* vytvořte bod. Šířku nastavte 20 mm, délku 50 mm a rotační úhel 90°. Pro usnadnění manipulace nakonec přidejte Šroub s otočným a naklápěným okem (E1274).



Obr. 71 Bezpečnostní zařízení

K vyvrtání děr pro normálie slouží funkce *Odečti dutiny prvků* ze záložky *Modelování*.

Vyberte funkci *Vyber všechny prvky*.



Obr. 72 Funkce *vyber všechny prvky*

Z důvodu toho, že otvory pro zapuštění hadicových koncovek jsou poměrně blízko u sebe a při jejich ořezání dochází k nepraktickým dutinám pro výrobu. Použijte funkci *Kvádr* k vyrobení vzhlednějšího zahloubení pro koncovky.

1. Nabídku nastavte podle obrázku.

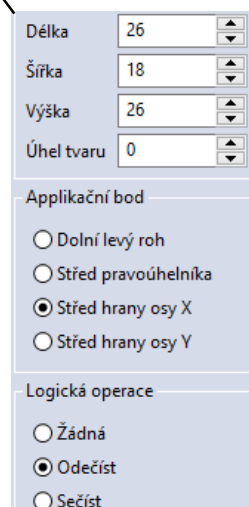
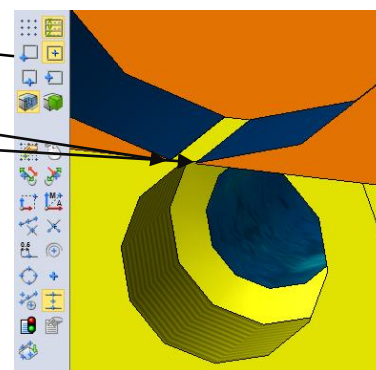
2. Vyberte dva body.

3. Rozměry nastavte následovně.

4. Stejným postupem jenom s minusovou výškou udělejte vybrání pro spodní hadicovou koncovku.

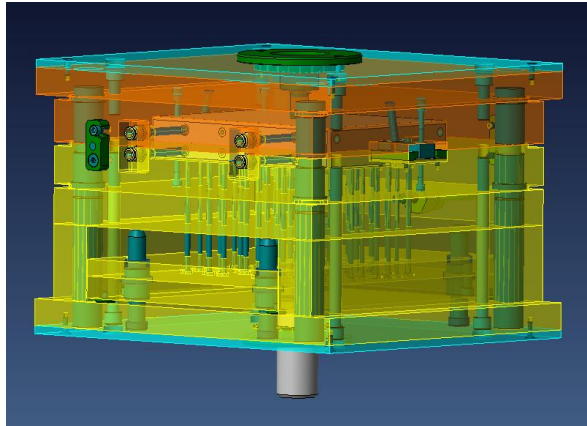
5. Stejným způsobem proveďte vybrání pro další dvě hadicové koncovky.

6. Nakonec vnitřní hrany zaoblete o 2 mm.

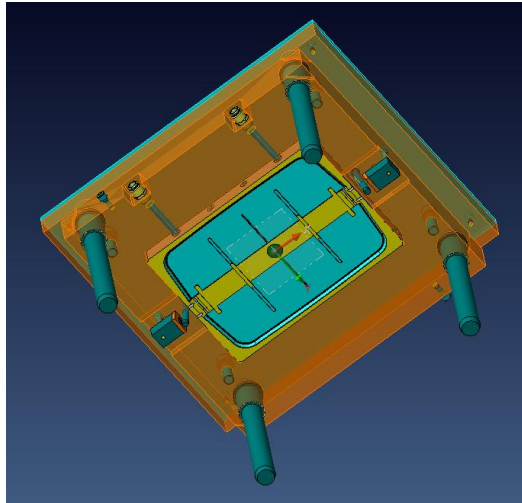


Obr. 73 Otvory pro hadicové koncovky

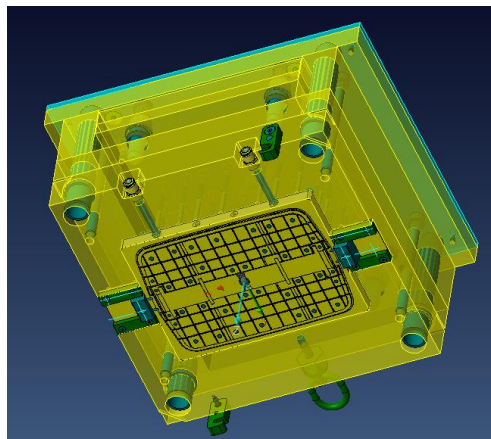
V tuto chvíli je už forma kompletní. Na Obr. 74, 75 a 76 je znázorněna celá forma.



Obr. 74 Konečná podoba vstřikovací formy



Obr. 75 Pravá strana formy



Obr. 76 Levá strana formy

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření návodu na konstrukci vstříkovací formy v softwaru VISI. K tomu byl využit díl z inkoustové tiskárny HP PhotoSmart 7260, vyrobený z houževnatého polystyrenu (HI-PS) s obchodním názvem Stirofor.

Práce byla rozdělena do dvou částí. První teoretická část má čtenáře seznámit se zásadami při konstrukci forem a vedou k hlubšímu porozumění dané problematice. První kapitola se zabývá historií polymerů, základním rozdělením polymerů a charakteristickými vlastnostmi polymerů. Ve druhé kapitole je popsáno zpracování plastů, k jakým operacím dochází s polymerem před vstříkváním a poté následuje popis již samotného vstříkování. Třetí kapitola se věnuje vstříkovacím strojům a to jejich rozdělení a popisu jednotlivých částí vstříkovacího stroje. V následující kapitole je popsána samotná vstříkovací forma a to zásady při konstrukci, vtokové systémy, vyhazovací systém, temperační systém a nakonec možné vady vstříkovaných dílů. Nakonec teoretické části je v páté kapitole popsán software VISI.

Ke zhotovení praktické části této bakalářské práce bylo nejprve zapotřebí vymodelovat 3D model vstříkované součásti. K tomuto výrobku byla navržena vstříkovací forma, která byla konstruována v softwaru VISI 2018 R1. K této formě poté byl zhotoven manuál, jak v softwaru VISI pracovat. Tento manuál slouží zejména pro uživatele, kteří již mají aspoň nějakou zkušenost se softwarem VISI. Dále byla zhotovena výkresová dokumentace formy i s kusovníkem a výkres vstříkovaného dílu. Při skládání formy byly použity normálie od firmy Meusburger.

Vytvořená vstříkovací forma je dvounásobná, což znamená, že na jeden cyklus stroje budou zhotoveny dva díly najednou. Vstříkovací forma je složena ze tří částí a to z pevné pravé strany, pohyblivé levé strany a vyhazovacího systému. Byl použit studený vtokový systém. K zaformování vstříkovaného výrobku byly použity dvě posuvné boční čelisti, které se pohybují díky šikmému čepu. Vyhazovací systém je tvořen z válcových vyhazovačů, které jsou uloženy mezi kotevní a opěrnou vyhazovací deskou. Pod vtokovou vložku byl vložen ještě jeden válcový vyhazovač. Ten vyhazuje zbytek taveniny, který zůstává v přídržovací vtoku. Temperační systém tvoří dva okruhy, jeden v tvárnici a druhý v tvárníku. V každém okruhu bude proudit chladící médium, které po vstříknutí ochlazuje formu na teplotu, aby mohl být vstříkovaný díl vyhozen. K samotnému vstříkování byl zvolen vstříkovací stroj ALLROUNDER 420 C od firmy ARBURG.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: vstřikování termoplastů*. Díl I a II, 2. opr. vyd. Brno: Uniplast, 1999, 133 s.
- [2] STANĚK, Michal. *Přednášky z Konstrukce forem*. UTB ve Zlíně. 2018
- [3] HLUCHÝ, Miroslav a Jan KOLOUCH. *Strojírenská technologie I*. Díl 1, Nauka o materiálu. 3., přeprac. vyd. Praha: Scientia, 2002, 266 s. ISBN 80-7183-262-6.
- [4] LENFELD, Petr. *Technologie II. - Technologie zpracování plastů* [online]. Technická univerzita Liberec, Fakulta strojní. [cit. 24. 01. 2019]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/uvod.htm
- [5] KRATOCHVÍL, Bohumil, Dalibor VOJTĚCH a Václav ŠVORČÍK. *Úvod do studia materiálů*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2005, 190 s. ISBN 8070805684. Dostupné také z: http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-80-7080-568-4/pages-img/
- [6] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006, 278 s. ISBN 80-7080-617-6. Dostupné také z: http://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/uid_isbn-80-7080-617-6/anotace/
- [7] BĚHÁLEK, Luboš. *Polymery* [online]. Code Creator, s.r.o. 2016 [cit. 26. 01. 2019]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Impresum.html>
- [8] MM Průmyslové spektrum [online]. MM publishing, s. r. o, 03.02.2010 [cit. 14. 12. 2018]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/historie-a-rozvoj-vstrikovani-plastu-v-cr.html>
- [9] SEIDL, Martin. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů* [online]. Code Creator, s.r.o. 2015 [cit. 26. 01. 2019]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/Impresum.html>
- [10] LENFELD, Petr. *Technologie vstřikování* [online]. Code Creator, s.r.o. 2016 [cit. 26. 01. 2019]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/Impresum.html>
- [11] DVOŘÁK, Zdeněk a Jakub JAVOŘÍK. *Elastomerní konstrukční materiály*. Zlín: Česká společnost průmyslové chemie, místní pobočka Gumárneská skupina Zlín, 2009, 93 s. ISBN 978-80-02-02155-1.
- [12] DUCHÁČEK, Vratislav. *Přírodní a syntetické kaučuky, termoplastické elastomery*. Zlín: Česká společnost průmyslové chemie, místní pobočka Gumárenská skupina Zlín, 2006, 158 s. ISBN 80-02-01784-6.

- [13] BOBEK, Jiří. Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů [online]. Code Creator s. r. o. 2016 [cit. 08. 02. 2019]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Impresum.html>
- [14] MLEZIVA, Josef a Jaromír ŠŇUPÁREK. *Polymery: výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 2. přeprac. vyd. Praha: Sobotáles, 2000, 537 s. ISBN 8085920727.
- [15] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. Praha: BEN - technická literatura, 2009, 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [16] ŘEHULKA, Zdeněk. *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů: polymery*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 230, 28 s. ISBN 978-80-7204-833-5.
- [17] HYNEK, Martin. Horké vtoky. Plastové díly [online]. Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 18. 02. 2019]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-verfin/OPVK_PU/KA_05_publikace/KA05_Horke_vtoky.pdf
- [18] MAŇAS, Miroslav, František TOMIS a Josef HELŠTÝN. *Výrobní stroje a zařízení: gumárenské a plastikářské stroje*. Díl 2. Brno: VUT, 1990, 199 s. ISBN 802140213X.
- [19] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, 2018, 455 s. ISBN 978-80-271-0614-1.
- [20] PlasticsEurope [online]. [cit. 19. 01. 2019]. Dostupné z: <https://www.plasticseurope.org/en/resources/market-data>
- [21] ARBURG [online]. [cit. 07. 03. 2019]. Dostupné z: <https://www.arburg.com/cs/cz>
- [22] 14220 [online]. [cit. 08. 03. 2019]. Dostupné z: <http://www.14220.cz/>
- [23] AZO Materials [online]. [cit. 08. 03. 2019]. Dostupné z: <https://www.azom.com/>
- [24] HYNEK, Martin. Studené a živé vtokové systémy. Plastové díly [online]. Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 08. 03. 2019]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-verfin/OPVK_PU/KA_05_publikace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf
- [25] SO.F.TER [online]. [cit. 29. 04. 2019]. Dostupné z: <http://www.softergroup.com/en/>
- [26] Impact PLASTICS [online]. [cit. 29. 04. 2019]. Dostupné z: <http://www.impactplastics-ct.com/>
- [27] HEXAGON VISI [online]. [cit. 14. 05. 2019]. Dostupné z: <https://www.visicadcam.com/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
Be	Beryllium
Cd	Kadmium
Co	Kobalt
EVA	Ethylenvinylacetát
EPS	Zpevněný polystyren
hPS	Tvrzený polystyren
PI	Polyimide
LCP	Polymery tekutých krystalů
L/D	Charakteristický poměr šneku
PPO	Polyfenylenoxid
PA	Polyamidová vlákna
PBI	Polybenzimidazol
PBT	Polybutylen-tereftalát
PC	Polykarbonát
PE	Polyethylen
PEI	Polyethylenimine
PESU	Polyethersulfone
PET	Polyethylentereftalát
PE-LD	Polyethylen s nízkou hustotou
PE-LLD	Lineární nízkohustotní polyethylen
PF	Fenolformaldehydová pryskyřice
PIB	Polyisobutylen
PMMA	Polymethylmethakrylát

POM	Polyoxymetylén
PP	Polypropylen
PPSU	Polyphenylsulfone
PS	Polystyren
PSU	Polysulfone
PTFE	Polytetrafluorethylen
PVB	Polyvinyl butyral
PVC	Polyvinylchlorid
SAN	Styrene Acrylonitrile
Sn	Cín
SVS	Studený vtokový systém
Tg	Teplota skelného přechodu
Tm	Teplota tání
VVS	Vyhřívaný vtokový systém
Zr	Zirkonium
3D	Trojrozměrný prostor

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1</i> Základní dělení polymerů [2]	12
<i>Obr. 2</i> Molekulární struktura polymerů [7]	13
<i>Obr. 3</i> Oblasti využití u amorfních plastů [3]	13
<i>Obr. 4</i> Oblasti využití u semikrystalických plastů [6]	14
<i>Obr. 5</i> Rozdělení polymerů do tří skupin podle postavení na trhu [7]	16
<i>Obr. 6</i> Vstřikovací cyklus [2]	21
<i>Obr. 7</i> Spotřeba plastů v Evropě za rok 2017 [20]	22
<i>Obr. 8</i> Šnekový vstřikovací stroj [22]	24
<i>Obr. 9</i> Řez šnekovou vstřikovací jednotkou [23]	26
<i>Obr. 10</i> Šnek a jeho rozdělení na tři pásma [9]	27
<i>Obr. 11</i> Hydraulická uzavírací jednotka [21]	28
<i>Obr. 12</i> Ovládací panel [21]	29
<i>Obr. 13</i> Dvoudesková vstřikovací forma – uzavřená [13]	30
<i>Obr. 14</i> Rozdílné tloušťky stěn [13]	33
<i>Obr. 15</i> Díl bez úkosu a s úkosem a zaoblením [13]	34
<i>Obr. 16</i> Průřez vtokových kanálů [1]	35
<i>Obr. 17</i> Vtokové ústí [24]	36
<i>Obr. 18</i> Příklad vyhazovacího systému pomocí vyhazovacích kolíků [13]	38
<i>Obr. 19</i> Vstřikovaný výrobek	45
<i>Obr. 20</i> Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 420 C [21]	46
<i>Obr. 21</i> Export dílu do softwaru Visi	47
<i>Obr. 22</i> Vstřikovaný díl v softwaru VISI	47
<i>Obr. 23</i> Křivka dělicí roviny	48
<i>Obr. 24</i> Křivka dělicí roviny	49
<i>Obr. 25</i> Dělicí křivka-Analyzuj stěnové množiny	49
<i>Obr. 26</i> Dělicí křivka – použij dělicí křivku a barvu stěny	50
<i>Obr. 27</i> Vytáhni prvky	50
<i>Obr. 28</i> Tvorba dělicí roviny	51
<i>Obr. 29</i> Dynamická dělicí rovina	51
<i>Obr. 30</i> Tloušťka tvárníku a tvárnice	52
<i>Obr. 31</i> Tvorba tvarové čelisti	53
<i>Obr. 32</i> Číselné zadání	53

<i>Obr. 33</i> Funkce Dutina	54
<i>Obr. 34</i> Tvárník, tvárnice a tvarová součást	54
<i>Obr. 35</i> Vložení desek	55
<i>Obr. 36</i> Zvětšení formy a přidání opěrné desky.....	55
<i>Obr. 37</i> Zavedení normálií.....	56
<i>Obr. 38</i> Desky formy.....	57
<i>Obr. 39</i> Vložení středící příruby	57
<i>Obr. 40</i> Přišroubování izolačních desek.....	58
<i>Obr. 41</i> Správce vrstev.....	58
<i>Obr. 42</i> Vyhazovací desky.....	59
<i>Obr. 43</i> Rozměry vodícího pouzdra	59
<i>Obr. 44</i> Nastavení viditelných prvků	60
<i>Obr. 45</i> Místo pro boční čelist	60
<i>Obr. 46</i> Dutina pro tvárník a tvárnici.....	61
<i>Obr. 47</i> Zajištění tvárníku a tvárnice.....	61
<i>Obr. 48</i> Tělo čelisti	62
<i>Obr. 49</i> Rozměry vodící jednotky.....	62
<i>Obr. 50</i> Rozměry vodící koleje.....	63
<i>Obr. 51</i> Šikmý kolík čelisti	63
<i>Obr. 52</i> Připevnění bočních čelistí	64
<i>Obr. 53</i> Body pro Tažný díl se zmáčknutou pružinou.....	64
<i>Obr. 54</i> Tažný díl se zmáčknutou pružinou.....	65
<i>Obr. 55</i> Boční čelist	65
<i>Obr. 56</i> Vtoková vložka.....	66
<i>Obr. 57</i> Rozvody	67
<i>Obr. 58</i> Opěrné pouzdro	68
<i>Obr. 59</i> Středící příruba	68
<i>Obr. 60</i> Vnitřní závít	69
<i>Obr. 61</i> Vyhazovací táhlo	69
<i>Obr. 62</i> Válcové vyhazovače.....	70
<i>Obr. 63</i> Funkce Odečíst	70
<i>Obr. 64</i> Válcový vyhazovač vtokového zbytku	71
<i>Obr. 65</i> Funkce Ofset na stěnách.....	71

<i>Obr. 66 Body pro chlazení 1</i>	72
<i>Obr. 67 Body pro chlazení 2</i>	72
<i>Obr. 68 Rozvodné kanály</i>	72
<i>Obr. 69 Vložení normálií do rozvodných kanálů</i>	73
<i>Obr. 70 Temperační systém v tvárnici</i>	74
<i>Obr. 71 Bezpečnostní zařízení</i>	74
<i>Obr. 72 Funkce vyber všechny prvky</i>	75
<i>Obr. 73 Otvory pro hadicové koncovky</i>	75
<i>Obr. 74 Konečná podoba vstřikovací formy</i>	76
<i>Obr. 75 Pravá strana formy</i>	76
<i>Obr. 76 Levá strana formy</i>	76

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Amorfni plasty a jejich teplota skelného přechodu [4]</i>	14
<i>Tab. 2 Semikrystalické plasty a jejich teplota skelného přechodu [7]</i>	15
<i>Tab. 3 Charakteristické vlastnosti plastů [3]</i>	17
<i>Tab. 4 Požadované teploty formy, při zpracování daného plastu</i>	40
<i>Tab. 5 Vybrané parametry vstřikovacího stroje [21]</i>	46
<i>Tab. 6 Tloušťky desek formy</i>	56
<i>Tab. 7 Délky kanálů</i>	73

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Výkresy vstřikovací formy
- Příloha 2 Výkres výrobku
- Příloha 3 Kusovník
- Příloha 4 CD