

# Konstrukční návrh vstřikovací formy

Marek Nadymáček

---

Bakalářská práce  
2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Marek Nadymáček**  
Osobní číslo: **T19227**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Konstrukční návrh vstřikovací formy**

## Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Provedte konstrukci 3D modelu vstřikovaného plastového dílu.
3. Navrhněte vstřikovací formu pro zadaný díl.
4. Nakreslete 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku.

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

Seznam doporučené literatury:

1. BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů. 2. upr. vyd. Brno: UNIPLAST, 1999.
2. NEUHÄUSL, E., ZEMAN, I.: Vstřikování plastů-teorie a praxe: Základní kurs. Interní dokument fy PLAST FORM SERVICE, s.r.o., Praha, 2006
3. MAŇAS, M., VLČEK, J. Aplikovaná reologie. Zlín : UTB, 2001.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Václav Janošík, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

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

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

L.S.

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

Ve Zlíně dne 24. února 2022

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

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

### **Prohlašuji,**

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

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro plastový díl rukojeť lyžařské hole. Práce se skládá z teoretické a praktické části. V teoretické části práce byla vypracovaná literární studie problematiky vstřikování plastů, konstrukce dílu a formy. V praktické části jsou zmíněny vlastnosti materiálu dílu a vhodný stroj pro vstřikování. Drtivá většina praktické části práce se zabývá konstrukcí dílu a vstřikovací formy v programu Catia V5R20.

Klíčová slova: vstřikování, konstrukce formy, plastový díl

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with the construction design of an injection mold for a plastic part which is handle for ski pole. The work consists of theoretical and practical part. In the theoretical part, a literary study of plastic injection molding, part and mold design was developed. The practical part mentions the material properties of the part and suitable injection molding machine. The majority of the practical part of the work deals with the design of the part and the injection mold in the Catia V5R20 program.

Keywords: injection molding, mold design, plastic part

Velmi rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Václavu Janoščíkovi, Ph.D., za jeho rady a ochotu při zpracování této práce. Také bych rád poděkoval Ústavu výrobního inženýrství a Fakultě technologické za poskytnuté znalosti. V neposlední řadě bych rád poděkoval i své rodině za jejich podporu při studiu.

*„Začátek, je ta nejdůležitější součást každé práce.“*

*Platón*

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

# OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
<b>1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ .....</b>	<b>11</b>
<b>2 POLYMERY.....</b>	<b>12</b>
2.1 TERMOPLASTY VHODNÉ PRO VSTŘIKOVÁNÍ.....	12
2.2 RECYKLACE TERMOPLASTŮ .....	15
<b>3 VSTŘIKOVÁNÍ.....</b>	<b>16</b>
3.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	16
3.1.1 P-v-T diagram .....	17
3.1.2 $P_i$ - t diagram .....	19
3.2 KVALITA A VLASTNOSTI VÝROBKU .....	19
3.3 VSTŘIKOVACÍ STROJE .....	19
3.3.1 Vstřikovací jednotka .....	20
3.3.2 Uzavírací jednotka .....	21
<b>4 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY .....</b>	<b>22</b>
4.1 RÁMY FOREM .....	22
4.1.1 Materiály forem .....	23
4.1.2 Středící a vodící prvky .....	23
4.2 VTOKOVÝ SYSTÉM.....	25
4.2.1 Studený vtokový systém .....	26
4.2.2 Horký vtokový systém .....	27
4.3 VYHAZOVACÍ SYSTÉM .....	28
4.3.1 Vyhozovací kolíky .....	30
4.3.2 Speciální způsoby vyhazování .....	31
4.4 TEMPERAČNÍ SYSTÉM .....	31
4.4.1 Pasivní temperace .....	32
4.4.2 Aktivní temperace.....	32
4.5 ODVZDUŠNĚNÍ.....	33
4.6 SMRŠTĚNÍ.....	34
<b>5 VÝROBA DÍLU POMOCÍ VSTŘIKOVÁNÍ .....</b>	<b>36</b>
5.1 TLOUŠŤKA STĚNY .....	36
5.2 ŽEBRA .....	37
5.3 KOMÍNKY .....	38
5.4 ZAOBLENÍ HRAN .....	38
5.5 ÚKOSY .....	39
5.6 JAKOST POVRCHU VSTŘIKOVANÝCH VÝROBKŮ .....	39

5.7	TOLERANCE A PŘESNOST VÝROBKŮ .....	39
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>POUŽITÝ SOFTWARE .....</b>	<b>43</b>
7.1	CATIA V5R20 .....	43
7.2	KATALOG NORMÁLÍ MEUSBURGER .....	43
7.3	KATALOG NORMÁLÍ HASCO .....	43
<b>8</b>	<b>VSTŘIKOVANÝ DÍL .....</b>	<b>44</b>
8.1	MATERIÁL DÍLU .....	44
8.2	NÁSOBNOST FORMY .....	45
<b>9</b>	<b>VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE .....</b>	<b>46</b>
<b>10</b>	<b>KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY .....</b>	<b>48</b>
10.1	DĚLÍCÍ ROVINA .....	48
10.1.1	Hlavní dělicí rovina .....	48
10.1.2	Vedlejší dělicí rovina .....	48
10.2	TVAROVÉ VLOŽKY .....	49
10.3	BOČNÍ ODFORMOVÁNÍ .....	49
10.3.1	Hydraulické odformování .....	50
10.3.2	Mechanické odformování .....	51
10.3.3	Otevření formy .....	52
10.4	VTKOVÝ SYSTÉM .....	52
10.5	VSTŘIKOVACÍ FORMA .....	53
10.5.1	Pravá strana formy .....	54
10.5.2	Levá strana formy .....	54
10.5.3	Vyhazovací systém .....	55
10.6	TEMPERAČNÍ SYSTÉM .....	57
10.6.1	Temperace pravé strany formy .....	57
10.6.2	Temperace levé strany formy .....	58
10.6.3	Temperace posuvné tvarové vložky .....	58
10.7	ODVZDUŠNĚNÍ .....	59
10.8	TRANSPORT FORMY .....	59
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>67</b>



## ÚVOD

Polymery jsou makromolekulární produkty, které lze tvářet a tvarovat, případně zpracovávat dalšími technologiemi na požadované výrobky nebo polotovary určené k dalšímu zpracování.

Polymery v současnosti zaujímají klíčové postavení ve většině odvětví průmyslu. Postupně nahrazují konvenční materiály, jako jsou sklo, kov, dřevo, textil. Díky specifickým vlastnostem polymerů došlo k jejich mohutnému rozšíření, zejména díky nízké hmotnosti, nízké teplotě zpracování, s tím souvisí i nízká energetická náročnost výroby, dobrým izolačním vlastnostem, korozivzdornosti, nízké ceně potřebných surovin. Příkladem současného využití polymerů může být automobilový průmysl.

V dnešní době je nejčastější metoda zpracování polymerů technologie vstřikování. Při vstřikování je výrobek zpravidla vyroben na jednu operaci, kdy je zapotřebí pouze vstřikovací stroj a vstřikovací forma s definovanou technologií. Touto metodou lze dosáhnout velké přesnosti výrobků, efektivity a nízké ceny výrobků.

Cílem bakalářské práce bude konstrukční návrh vstřikovací formy pro zvolený díl. Forma i díl budou modelovány v programu CATIA V5.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Technologie vstřikování je v dnešní době nejpůlárnější technologií pro zpracování plastů. Až třetina všech výrobků z termoplastů je vyráběna touto technologií.

Moderní plasty mohou být kombinovány z dalšími materiály pro celkové zlepšení vlastností výrobku. Mohou do nich být přimíchávány recyklované plasty nebo barviva pro zlepšení estetického efektu. Nejčastěji používané materiály jsou ABS, PVC, polyethylen, polyuretan, nylon, polypropylen, HIPS.

Technologický vývoj vstřikování přispívá k rozvoji automatizace výrobního procesu. Díky tomu jsou výrobci schopni vyrábět kvalitnější výrobky v kratším čase. Dnes je díky těmto technologiím možné snižovat energetickou náročnost výroby. Při výrobě je zvyšováno úsilí na využití materiálových zdrojů.

Takovýto vývoj automatizace postupně směřuje k Průmyslu 4.0. Průmysl 4.0 je vize pro vzdálenější budoucnost, kdy bude celá výroba optimalizována pomocí kyberneticko-fyzických systémů (chytré továrny).

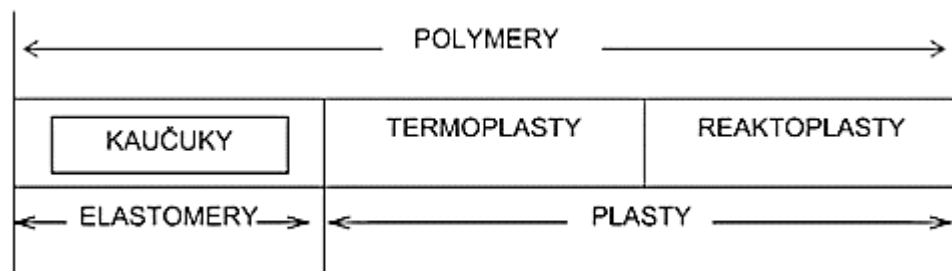
Budoucnost vstřikování je nadějná. Díky moderním technologiím a vývoji lepších materiálů bude možné vyrábět lehčí výrobky s nižší cenou a za kratší čas. Výrobky budou kvalitnější a v dnešní ekologické době budou splňovat přísnější nároky na recyklaci a udržitelnost.

Také pokrok u vstřikovacích strojů slibuje pokrok ve výrobě. Firmy se snaží dosáhnout snížení emisí uhlíku, do roku 2031 by mohla být většina výroby plně elektrická. [2,5]

## 2 POLYMERY

Polymery jsou chemické látky s širokým spektrem mechanických vlastností. Ve svých molekulách obsahují hlavně atomy uhlíku, vodíku, kyslíku, často také dusíku a chloru.

Výrobek z polymeru je ve své podstatě v tuhém stavu, při zpracování je však ve stavu kapalném, který mu umožňuje za zvýšené teploty a tlaku formovat budoucí výrobek do nejrůznějších tvarů. Polymery dělíme na elastomery a plasty, plasty pak dále dělíme na termoplasty a reaktoplasty. [1]



Obr. 1.: Základní rozdělení polymerů [1]

**Termoplasty**-jsou polymery, které se mohou změnou teploty uvést z pevného do plastického stavu, tato změna je vratná a tento proces je opakovatelný, tedy termoplast lze kdykoliv zase uvést do plastického stavu a poté nechat ztuhnout. [1,2]

**Reaktoplasty**-jsou tvarovatelné plasty, které po vytvarování drží svůj tvar. Na rozdíl od termoplastů už je nejde znovu tvarovat. Při opakovaném ohřevu dochází k tepelnému zhoršení vlastností materiálu. [1,2]

### 2.1 Termoplasty vhodné pro vstřikování

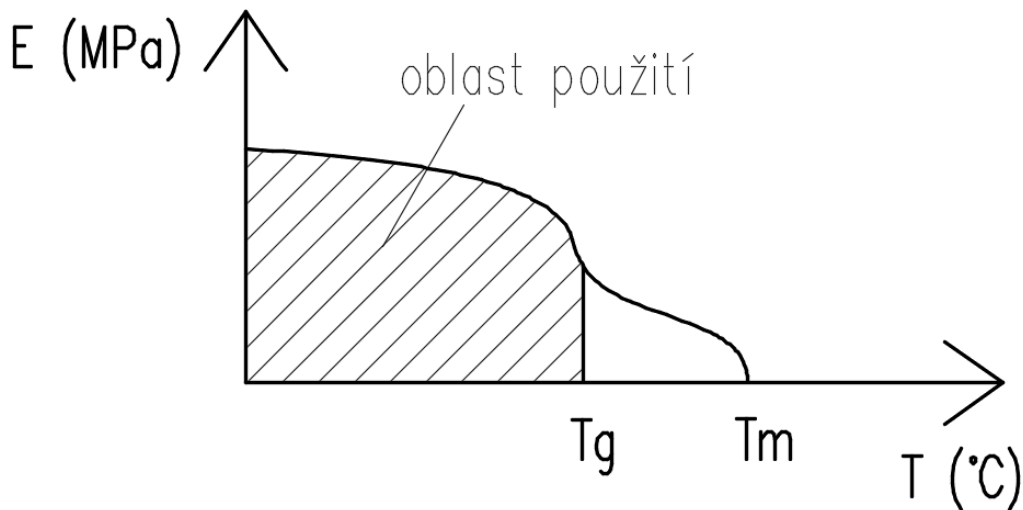
Termoplasty pro technologii vstřikování dělíme do čtyř základních skupin.

**Amorfní** – při tuhnutí taveniny nelze vytvořit krystalickou strukturu, tyto termoplasty mají neuspořádanou strukturu, makromolekuly mají tvar klubíčka. Kvůli neuspořádané struktuře mají nízké procento smrštění a to pod 1%. Teplota při vyndání z formy je pod teplotou skelného přechodu  $T_g$ , aby výrobek udržel svůj tvar. Nad touto teplotou dochází k deformaci výrobku.

Při vstřikování jsou konečné vlastnosti závislé na orientaci molekul, ty závisí na době chlazení, relaxačních charakteristikách plastu a zpracování.

$T_g$  (teplota skelného přechodu), plast je pod teplotou  $T_g$  pevný, při zvyšování teploty nad  $T_g$  slábnou kohezni síly mezi makromolekulami, tím plast přechází do plastického až

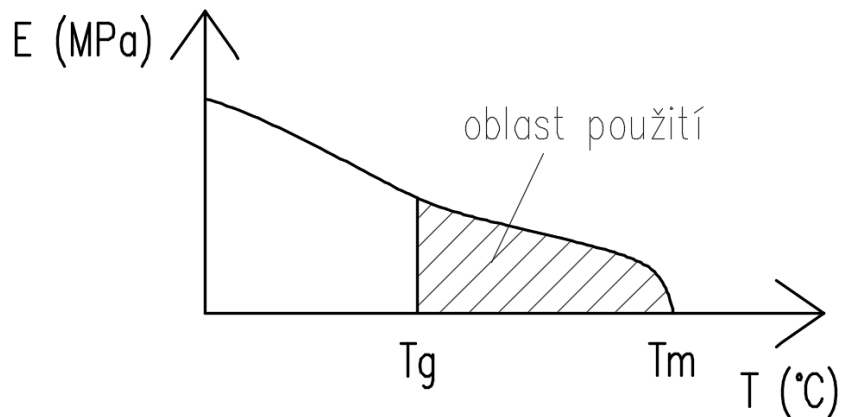
viskózního vztahu, v tomto stavu se plast zpracovává. Příklad materiálů: PS, ABS, PVC, PC, PMMA. [2,3,4]



Obr. 2.: Oblast využití amorfních plastů [3]

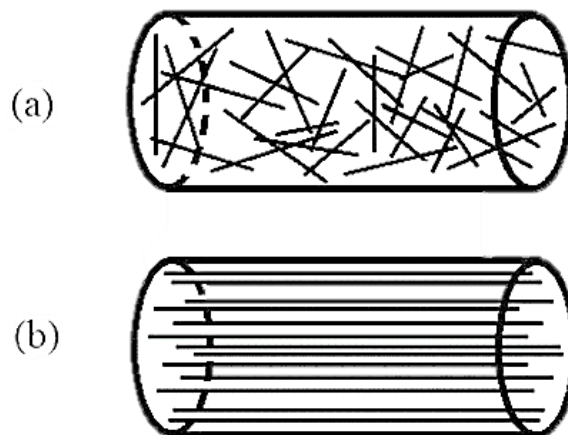
**Termoplasty semikrystalické** – při tuhnutí materiálu se získá částečně uspořádaná krystalická struktura. Tento termoplast má k částečně krystalické struktuře také část struktury amorfní, díky amorfní struktuře je výsledný termoplast houževnatý a ohebný, díky krystalické struktuře má potřebnou pevnost a tuhost. Makromolekuly těchto termoplastů se kupí do lamel a tím vytvářejí sférolity. Podíl krystalické fáze závisí na podmínkách ochlazování, tloušťce stěny výrobku i na přidaných látkách ke zlepšení vlastností výrobku.

Smrštění je u této skupiny termoplastů závislé na obsahu krystalické fáze, čím více krystalické fáze tím větší smrštění. Pro použití při technologii vstřikování jsou částečně krystalické termoplasty vhodnější než amorfní termoplasty a to z důvodu lepších teplotních, chemických a mechanických vlastností. Jejich teplota zpracování je nad teplotou tání krystalické fáze  $T_m$ , vyhazovací teplota je stejně jako teplota používání pod teplotou tání  $T_m$  a nad teplotou skelného přechodu  $T_g$ . Příklad materiálů: PP, LDPE, HDPE, PA. [2,3]



Obr. 3.: Oblast využití semikrystalických plastů [3]

**Kompozity s termoplastickou maticí** (amorfní nebo částečně krystalickou) – pro získání specifických vlastností se termoplasty plní vláknitými, částicovými plnivy nebo nano plnivy. Jednou z nevýhod je anizotropie vlastností, což je rozdíl vlastností udávaný směrem toku taveniny, ve kterém se vyztužují i orientují vlákna v kolmém směru na tok. Další nevýhodou je zvýšení tepelné a elektrické vodivosti. [2,4]



Obr. 4.: Schéma zobrazující (a) krátké vlákna, (b) dlouhé vlákna používané pro vstřikování [4]

**Termoplastické elastomery (TPE)** – termoplasty dělí se na šest typů skupin, podle použití směsí a rozsahu tvrdosti. Styrenové, kopolyesterové, ethylenvinylacetátové, polyetherblokaramidové, polyetheruretanové a polyolefinové. [2]

## 2.2 Recyklace termoplastů

Recyklace je opětovné navrácení odpadu do výroby. Jak již bylo zmíněno, termoplasty jsou materiály, které lze ohřevem opětovně převést do plastického stavu a ochlazením vyrobit potřebný výrobek. Díky těmto mechanickým vlastnostem jsou termoplasty na rozdíl od ostatních polymerů vhodné k recyklaci. U vstřikování termoplastů se jako odpad považují odstříky, zmetky nebo vtokové zbytky.

Recyklací můžeme vrátit odpad do původního výrobního procesu, bude určen pro výrobu stejných výrobků jako předtím nebo pro odlišné účely. Recyklace se může provádět v samotné firmě, kde se odpad vyrobí, taková firma má pro tento účel mlýny na drcení odpadu, druhotná surovina se tak může opět využít. Recyklace může být samostatným výrobním systémem, kdy specializovaná firma podle dohody odkoupí odpad a zpracuje na vlastních zařízeních a dále prodává jako druhotnou surovinu. Tyto recyklační procesy se týkají výrobního procesu, u kterého je známé složení materiálu.

Při výrobě může vzniknout i odpad, který není vhodný k takovéto recyklaci, proto je nutné ho environmentálně odstranit nebo zhodnotit. Existuje několik způsobů, jak toho dosáhnout. Skládkováním, je to nejméně vhodná varianta zacházení s plastovým odpadem. Spalováním, oxidační degradace, spaluje se při teplotách kolem 900°C, před vypuštěním do ovzduší se spaliny musí vyčistit. Dále využíváme pyrolytickou degradaci nebo hydrolytickou degradaci.

Při recyklaci odpadů se musí dbát i na jejich specifika, zpracovává se jen homogenní odpad, pouze jeden typ termoplastu, je bez příměsí, mastnoty a nečistot. Čistý odpad je drcen na mlýnech s pomalými otáčkami rotoru, 150 – 200 min<sup>-1</sup>. Ve vstřikovacích formách by se měly používat magnetické separátory nebo síta, k zachycení kovových částic, aby nedošlo k poškození šneku a vnitřku plastikační komory nebo ucpání vtokové trysky.

Při výrobě granulátu z nadrcené směsi se musí zachovat čistota na vytlačovacích strojích, technologické parametry musí odpovídat tepelné a oxidační stabilitě polymeru a přidaných látek, hodnoty vlhkosti materiálu musí odpovídat hodnotám výrobcem doporučených. Drť lze zhodnotit přimícháním aditiv jako barvivo, stabilizátory nebo plniva.

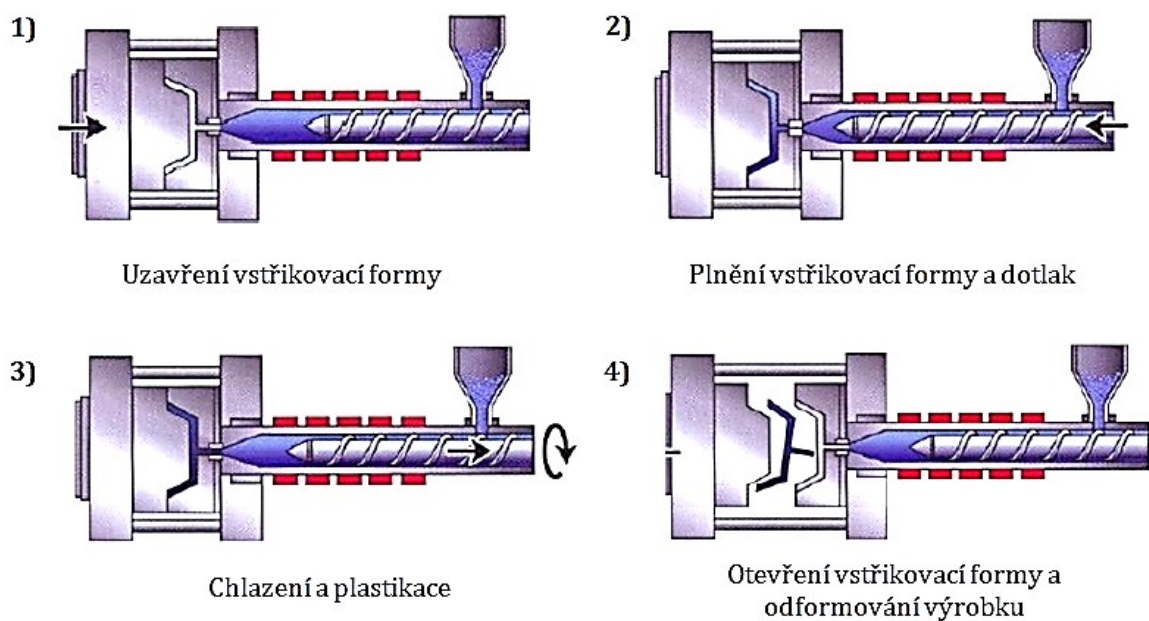
Vysoký počet recyklací jednoho materiálu, zásadně ovlivňuje jeho mechanické vlastnosti, dochází k celkové degradaci materiálu, tudíž se musí provádět kontrola kvality recyklovaného granulátu. [2]

### 3 VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikování je nejpoužívanější proces využívaný při výrobě polymerních dílů. Více než třetina výrobků z termoplastů je vyráběna vstřikováním, v menším procentu se mohou vstřikovat i reaktoplasty a kaučuky. Jedná se o vhodnou technologii používanou při výrobě velkosériových, výrobně náročných dílů s vysokými požadavky na přesnost a kvalitu povrchu. Výrobek už většinou je ve finální podobě a nemusí se dále upravovat.

Předtím, než může vzniknout výrobek, musí být vyrobena vstřikovací forma, ta je sama o sobě složitá, tudíž na ni bude vyhrazena jedna z dalších kapitol. Nevýhodou vstřikování oproti jiným metodám zpracování plastových výrobků jsou, velké počáteční náklady na výrobní stroj a konstrukci již zmiňované kovové formy. [5,6,8]

#### 3.1 Vstřikovací cyklus



Obr. 5.: Schéma procesů během vstřikovacího cyklu [18]

Posloupnost procesů během vstřikování se nazývá vstřikovací cyklus (Obr. 5). Cyklus začíná uzavřením formy, poté následuje vstříknutí polymeru do dutiny formy. Jakmile je dutina plná, ve formě je udržován tlak, ten kompenzuje smrštění materiálu. V dalším kroku odjede plastikační jednotka, v ní začne probíhat plastikace, šnek se začne otáčet a

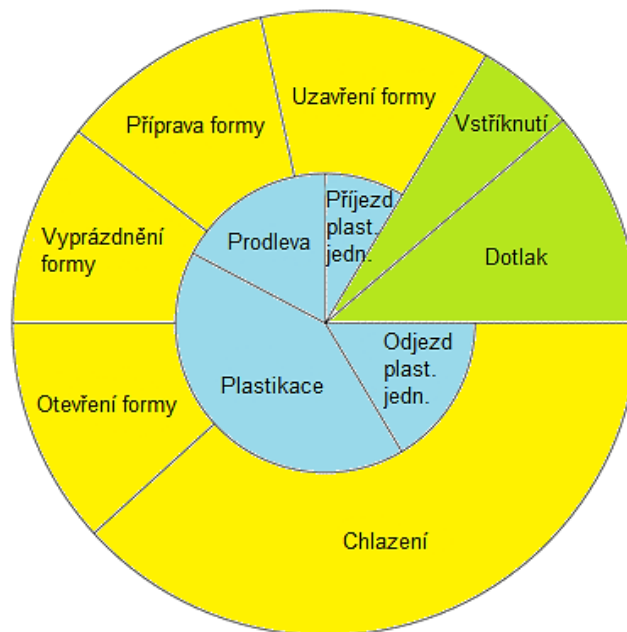


posouvat směrem dozadu, tím se naplní další dávka polymeru a vstřikovací jednotka je připravena k dalšímu vstřiku. Mezitím chladne předchozí vstřik v ještě zavřené formě, jakmile dostatečně zchladne, forma se otevře a výrobek je vyhozen z formy. Následuje zavření formy a celý cyklus se opakuje znovu.

Na (Obr. 6) je vidět, že čas jednoho cyklu je závislý na času chladnutí výrobku. Celkový čas cyklu můžeme spočítat použitím rovnice,

$$t_{\text{cyklus}} = t_{\text{zavření}} + t_{\text{chladnutí}} + t_{\text{vyhození}} \quad (2.1)$$

kde  $t_{\text{zavření}}$  a  $t_{\text{vyhození}}$  může trvat od zlomku sekundy až po pár sekund, záleží to na velikosti formy a stroje. [5,6,18]

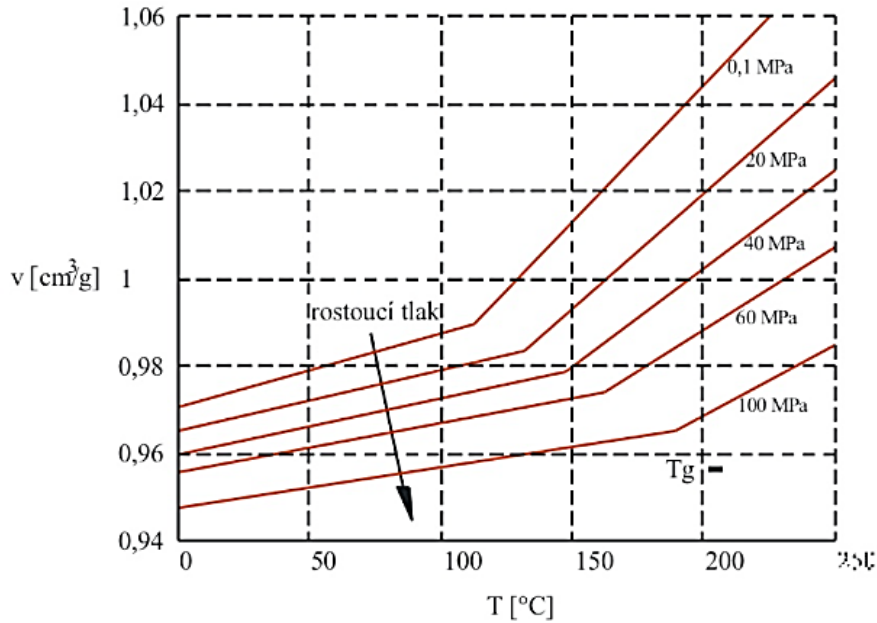


Obr. 6.: Vstřikovací cyklus [5]

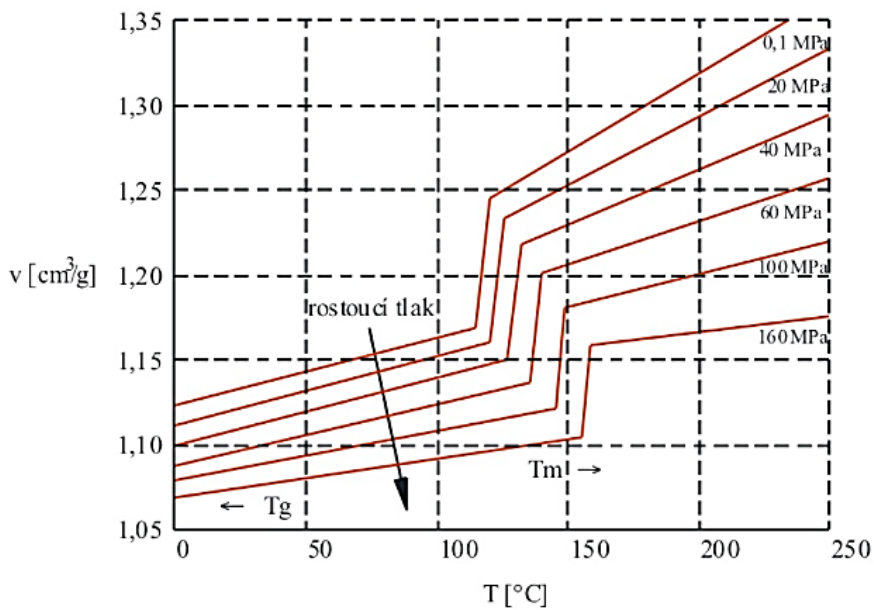
### 3.1.1 P-v-T diagram

S využitím měřených dat, průměrné teploty součásti a tlaku v dutině, lze proces sledovat a vyhodnotit pomocí P-v-T diagramu. Ke sledování procesu na diagramu, musí být obě hodnoty přenesené ve shodných časech.

Diagram zobrazuje čtyři základní procesy. Izotermické vstřikování s tlakem vzrůstajícím na přídržný tlak, izobarický proces chlazení během udržovací fáze, izochronní chlazení s poklesem na atmosférický tlak, a nakonec izobarické chlazení na pokojovou teplotu. [5,6]



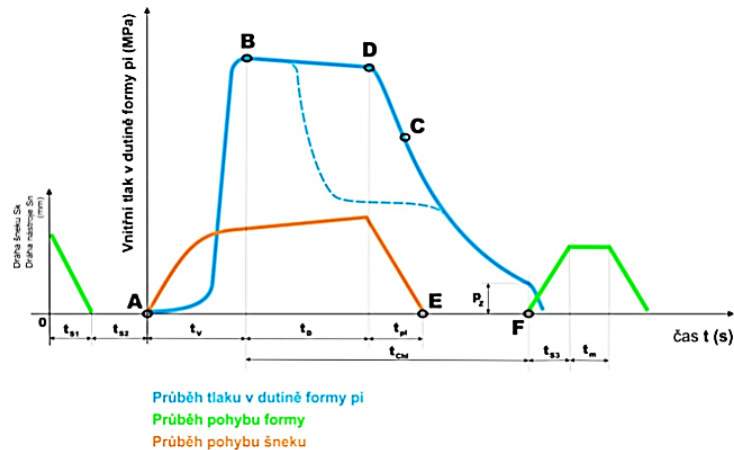
Obr. 7.: P-v-T diagram pro amorfni termoplast [9]



Obr. 8.: P-v-T diagram pro semikrystalický termoplast [9]

### 3.1.2 $P_i - t$ diagram

Další možností, jak popsat vstřikovací cyklus je  $P_i - t$  diagram. Jde o časovou závislost vstřikovacího tlaku v dutině formy (Obr. 8). [9]



Obr. 9.: Průběh vnitřního tlaku  $p_i$  v dutině formy během vstřikování [9]

## 3.2 Kvalita a vlastnosti výrobku

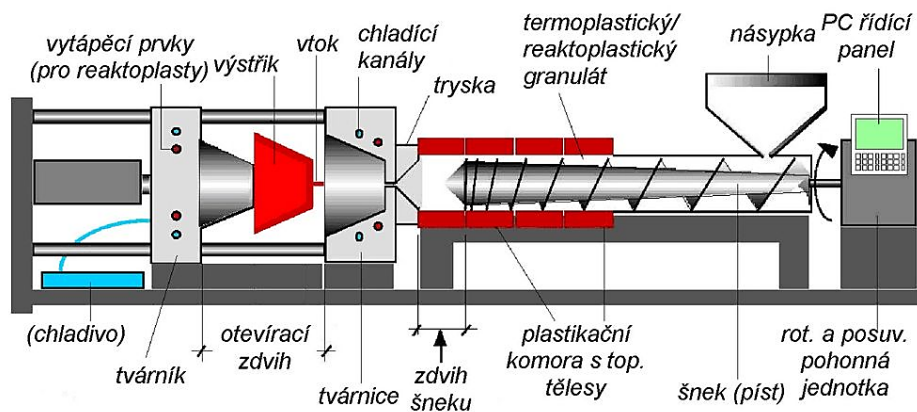
Mechanicko-fyzikální vlastnosti výstřiku jsou ovlivněny druhem polymeru, volbou stroje, konstrukcí formy a v neposlední řadě technologickými parametry. Druh polymeru ovlivňuje zejména velikost vnitřního pnutí, ideální je, aby bylo co nejnižší, dále pak smrštění, tepelnou stabilitu, rychlost plastikace, reologické vlastnosti.

Ve výrobě je snaha dosáhnout co nejnižšího času. Technologické parametry, jež ovlivňují finální výrobek jsou hlavně teplota formy, teplota taveniny, rychlost plnění dutiny formy, doba dotlaku, vstřikovací tlak. [8]

## 3.3 Vstřikovací stroje

Pro vstřikování se dnes používají plně automatické stroje, díky nimž je dosaženo vynikající produktivity práce. Cena takovýchto zařízení a také vstřikovací formy je však velmi vysoká, proto se tato metoda používá hlavně pro velkosériovou výrobu.

Na (obr. 9) je vidět základní schéma vstřikovacího stroje, na pravé straně je vstřikovací jednotka a na levé je uzavírací jednotka, řídicí jednotka je zde vyobrazena vedle stroje, mnoho let se tak používala, dnes už je ale zabudována přímo na stroji. Dále lze každý stroj dovybavit podle požadavků zákazníka, roboty, manipulátory, dopravníky, sušárnami a mlýny. [7,8]

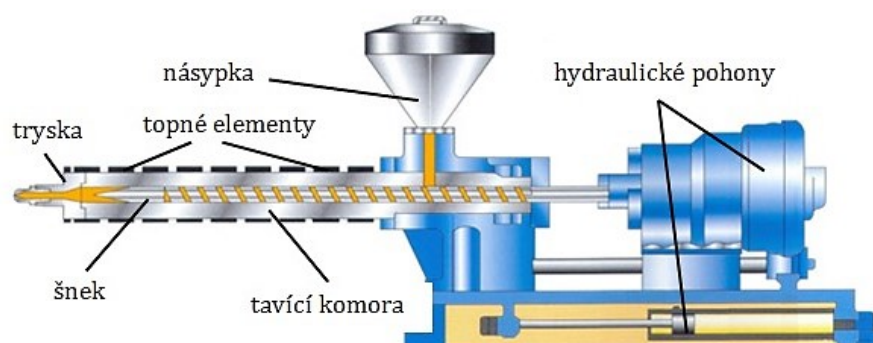


Obr. 10.: Schéma hydraulického vstříkovacího stroje [8]

### 3.3.1 Vstříkovací jednotka

Základní funkcí vstříkovací jednotky je převést polymerní granulát do plastického stavu a poté velkým tlakem a rychlostí vstříknout do formy. Drtivá většina vstříkovacích jednotek je dnes šnekových, dříve se používali pístové.

Šnek má ovšem oproti pístu mnoho výhod. Jedná se například o spolehlivou plastikaci a dobrou homogenizaci roztaveného plastu, vysoký plastikační výkon, velký zdvihový objem, přesné dávkování a jednoduché řízení dotlaku.



Obr. 11.: Vstříkovací jednotka [18]

Funkce šnekového ústrojí je taková, že při plastikaci se šnek axiálně otáčí, tím nabírá granulát z násypky, ten je pomocí šneku dopraven k topným tělesům plastikační komory, kde dochází k plastikaci pomocí tepelné a disipační energie. Šnek se během celé výše popsané operace pohybuje směrem dozadu. Po plastikaci potřebného množství materiálu se

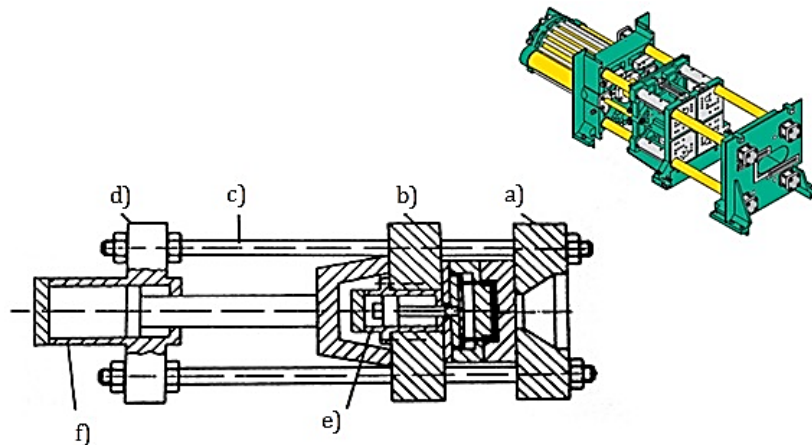
šnek zastaví a začne se pohybovat vpřed jako píst, tím je tavenina nahromaděná před čelem šneku vstříkována do formy. Výše zmíněný postup jde názorně vidět i na (Obr. 5). [7,8]

### 3.3.2 Uzavírací jednotka

Základní funkcí uzavírací jednotky je otevírání a zavírání formy během vstřikovacího cyklu tak, aby nedošlo při vstříknutí polymeru k rozevření formy vlivem vysokého vstřikovacího tlaku. Proto je potřeba při práci uzavírací jednotky rozlišovat sílu přísuvnou a sílu uzavírací. Moderní stroje používají různé systémy uzavírání:

- Mechanické.
- Hydraulické.
- Mechanicko-hydraulické.
- Elektrické.

Uzávěrací a vstřikovací jednotky zaujímají vůči sobě určitou polohu, ta je ve většině případů horizontální, to znamená, že vstřikujeme kolmo na dělicí rovinu formy. Ve zvláštních případech je nutné změnit jejich vzájemnou polohu, třeba kvůli reologickému chování taveniny nebo při speciálních případech vstřikování. [7,8]



Obr. 12.: Uzavírací jednotka [18], a) pevná část formy, b) pohyblivá část formy, c) vodící tyče, d) rám stroje, e) hydraulický vyhazovač, f) hydraulický válec pro ovládání pohyblivé části formy

## 4 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Ke každému výrobku, který má být vyroben vstřikováním, je potřeba v první řadě vyrobit vstřikovací formu. Hlavní podstatou formy je usměrnit taveninu do podoby finálního výrobku, k tomu slouží tvárník a tvárnice. Forma se skládá z mnoha částí, většinou jde o kovové součásti. Typ materiálu daných součástí se volí podle druhu zpracovávaného polymeru.

Výroba formy je velice prakticky i finančně náročná, proto je na trhu hodně firem, které se zabývají výhradně formami a jejími doplňky. Formy jsou navrhovány pro konkrétní výrobek, nefunkční části (normálie) má většina forem společných, jen se musí zvolit přesné rozměry jednotlivých dílů. Formy pro zpracování plastů musí:

- Mít vtokový systém, který dopraví taveninu do tvárníku a tvárnice.
- Chovat se jako výměník tepla, což má za následek rychlé zchladnutí části.
- Zajistit snadné vyjmutí výrobku.
- Mít strukturu takovou, aby odolala vnitřním tlakům taveniny, které teoreticky mohou dosahovat až 200 MPa. Zároveň musí odolat kompresním silám způsobeným vstřikovacím strojem, které mohou dosahovat až k tisícům tun. K tomu působí obě tyto zatížení cyklicky, což může výrazně snížit životnost formy. [5,8,10].

### 4.1 Rámy forem

Rám formy je skupina dílů seskládaných dohromady, skládá se z vodících prvků, spojovacích prvků, vyhazovacích prvků a hlavně desek. Mezi tyto desky, většinou to jsou tvarové desky, se vkládají nejdůležitější části celé formy, těmi jsou funkční součásti tvárník a tvárnice.

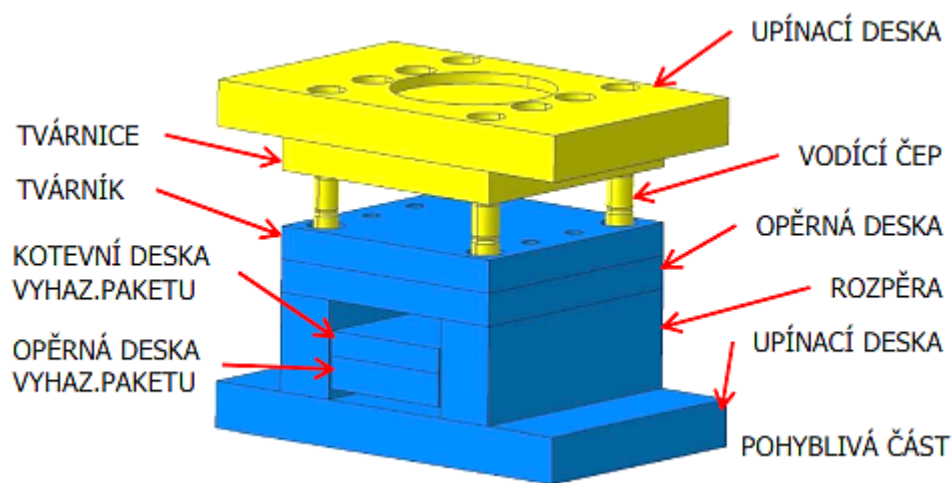
Tvárnice je zpravidla umístěna na nepohyblivé části formy. Ve tvárnici je vyrobena jedna část negativu vyráběného dílu, ta druhá je ve tvárníku, který je naopak umístěn na pohyblivé části formy. Tvárník a tvárnice jsou vyráběny z nástrojové oceli, z této oceli jsou vyrobeny všechny součásti, které přijdou do styku s polymerem. Rámy musí splňovat:

- Přesné umístění na stroji, aby mohla vstřikovací jednotka pohodlně vstříknout polymer.
- Patříčné upnutí na upínací ploše stroje.
- Pořádně upevněné tvarové vložky ve formě.
- Přesné vedení částí formy pomocí vodících prvků.

- Patříčná funkce a umístění temperačního a vyhazovacího systému.

Rámy forem závisí hlavně na rozměrech a složitosti vyráběného dílu. Při skladbě jednotlivých forem je dobré používat standardizované prvky (normálie) od firem jako jsou Meusburger nebo Hasco. Rozdělení skupin forem:

- Dle násobnosti, jednonásobné, vícenásobné.
- Dle konstrukčního návrhu na dvoudeskové, čelist'ové, třídeskové, vytáček.
- Dle technologických možností stroje a formy na formy se vstřikem kolmo na dělicí rovinu a na formy se vstřikem do dělicí roviny. [5,8,10,11]



Obr. 13.: Ukázka rámu s jednou dělicí rovinou a opěrnou deskou [11]

#### 4.1.1 Materiály forem

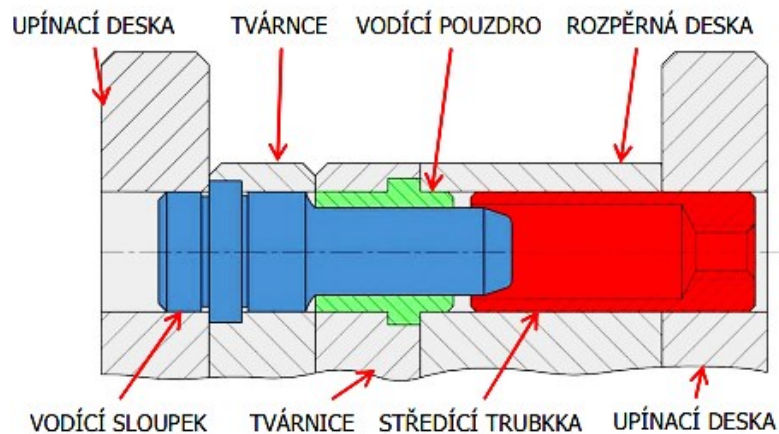
Materiály používané pro formy musí odolat nespočetně požadavkům. Musí odolat velkým silám a tlakům, musí mít dobrou otěruvzdornost, musí být dobře tepelně vodivé, musí být dobře obrobitelné. Je zřejmé, že různé komponenty ve formě, je nutné vyrábět z různých materiálů.

- Části, které se setkají s polymerem (tvarové vložky, vtoková vložka, vyhazovače), ocel 1.2379.
- Vodící části (čepy, pouzdra...), ocel 1.7131, 1.2312, 1.2210.
- Méně namáhané části (desky, dosedky, středící trubky...), ocel 1.0577, 1.1730, 1.2162. [5,8]

#### 4.1.2 Středící a vodící prvky

Středící prvky umožňují správné usazení formy ve stroji a přesné sestavení pohyblivé a nepohyblivé části. Používají se normalizované díly. Mezi středící prvky patří:

- Středící lišty, používají se pro přesné sestavení pohyblivé a nepohyblivé části, při zavírání formy.
- Středící kroužky, používají se pro přesné ustavení formy ve stroji, kvůli správnému najetí vstřikovací trysky k vtokové vložce.
- Středící trubky, vystředí díry v rozpěrných deskách vůči upínacím deskám a vodícím čepům, které při zavírání formy zajedou do vodícího pouzdra a středící trubky.
- Středící zámky, stejně jako středící lišty se používají pro přesné sestavení formy, umísťují se na vnější stěny formy, tvoří je dvě části, díky svému vzájemnému tvaru umožní správné sestavení částí formy. [11,15].



Obr. 14.: Umístění středících a vodících prvků mezi deskami [11]

Vodící prvky zajišťují přesný pohyb obou částí formy při otevírání a zavírání. Používají se normalizované díly. Mezi vodící prvky řadíme:

- Vodící čepy, vedou pohyblivé části formy nebo vyhazovací část, čepy jsou pevně ukotveny v nepohyblivé části formy a v pohyblivé části jsou ustaveny ve vodícím pouzdře, které při otevírání a zavírání formy klouže po čepu.
- Vodící pouzdro, společně s vodícím čepem zajišťuje správnou vzájemnou polohu pohyblivé a nepohyblivé části formy při otevírání a zavírání.
- Vodící sloupky, zajišťují vedení pohyblivé formy při otevírání a zavírání, podle druhu formy jsou umístěny buď na nepohyblivé nebo pohyblivé straně, mají na sobě mazací drážky.
- Kolíky, slouží k vedení části tvárnice při odformování složitějšího výrobku, jsou umístěny pod úhlem, pro ulehčení odformování. Například když na svislé straně výrobku je díra.

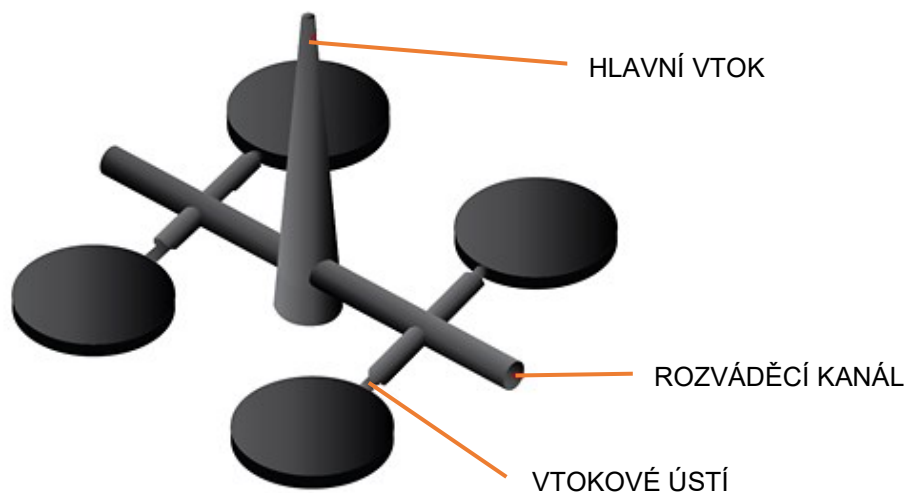


- Jednotky kuličkových vedení, jsou použity tam, kde je kladen důraz na vedení formy. Mají totiž oproti kluzným vedením nižší ztráty, ale jsou větší, musejí se mazat a jejich cena je vyšší.
- Speciální typ vodícího prvku je západkový mechanismus, používá se při ovládání vícedeskových forem. [11,15].

## 4.2 Vtokový systém

Základní funkcí vtokových systémů je dopravit taveninu do dutiny formy. Jde o systém kanálů a vtoků, který zajišťuje správné a rovnoměrné naplnění formy. V ideálním případě by měl být konstruován tak, aby dutinu naplnil v co možná nejkratším čase, urazil u toho co nejmenší vzdálenost a aby tepelné a tlakové ztráty byly co nejnižší.

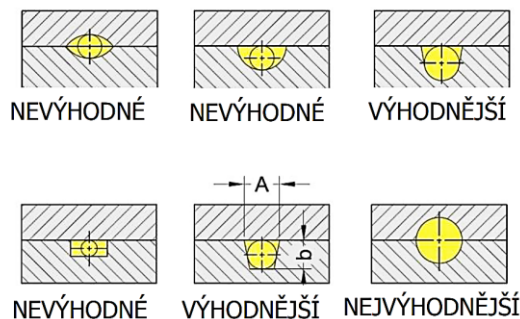
Vtokový systém je jedním z hlavních faktorů, který ovlivňuje kvalitu a produktivitu při výrobě výstřiku. Proto se musí při konstruování myslet na to, který vtok použít, existují dva základní vtokové systémy, studený a teplý.



Obr. 15.: Vtoková soustava u čtyřnásobné formy [20]

Dále se při návrhu vtokového systému musí vymyslet, jak by šlo vtokovou soustavu co nejlépe vyhodit z formy a následně oddělit vtokový zbytek od hotového výrobku. Soustava se navrhuje podle množství vtokových dutin ve formě a podle jejich rozmístění. U vícenásobných forem je zásadní, aby všechny tvarové dutiny byly naplněny zároveň a při zachování stejných technologických podmínek.

Při vstřikování termoplastů má umístění a druh vtoku zásadní vliv na proudění taveniny, jako třeba vytváření studených spojů, orientace makromolekul, rovnoměrnost krystalizace, povrchový vzhled. [5,8,10]



Obr. 16.: Vhodné průřezy kanálků studeného vtoku [19]

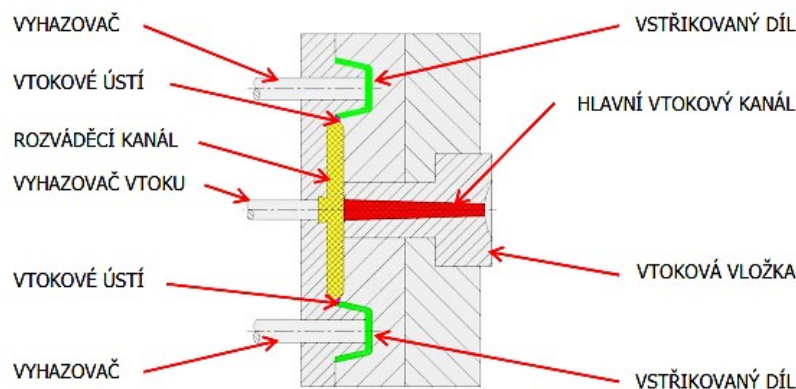
#### 4.2.1 Studený vtokový systém

Jde o nejjednodušší a nejlevnější případ vtoku. Studený vtokový systém znamená, že tavenina po vstříknutí proudí nevyhříváním kanálem směrem do tvarových vložek, tavenina zchladne uvnitř formy, vtokový kanál je vyhozen s celým výrobkem během každého vstřikovacího cyklu.

Vtokový systém se skládá z vtokové vložky, která má uvnitř vtokový kužel, ten je orientovaný tak, aby šel při rozevření formy dobře vyjmout z vložky. Vtokové vložky jsou většinou normálie, už z výroby mají vyrobeny rádiusy pro dosednutí trysky vstřikovací jednotky. Dále se skládá z rozváděcích kanálů a ústí vtoku.

U konstrukce rozváděcích kanálků je důležitá volba průřezu viz (Obr. 13). Nejvhodnější je průřez kruhový, u něj je nejmenší plocha, tudíž na taveninu působí menší hydraulický odpor. Nejvíce používaný je průřez lichoběžníkový, z důvodu, že je jednodušší na výrobu. Ostré hrany kanálku musí být zaobleny minimálně na R 1 mm.

U jednonásobných forem teče tavenina přes vtokovou vložku přímo do dutiny tvarových vložek. U vícenásobných forem musí být vyroben rozváděcí kanál, který dopraví taveninu do dutiny. Složitější to ještě je u forem, které mají dvě dělicí roviny, zde se musí ve vedlejší dělicí rovině zhotovit takový vtokový kanál, aby se při otevření formy oddělil celý jak od formy, tak i od výrobku (Obr. 14). Toho se docílí malými čochovitými zapuštěnými (tzv. přídržovač vtoku) do desky formy na konci kanálu. To znamená, že v hlavní dělicí rovině zůstane pouze výrobek, a vtokový zbytek odpadne zvlášť vedle. [5,10,12]



Obr. 17.: Schéma studeného vtoku [19]

Nevýhodou studených vtoků je velké množství zbytkového materiálu, zde může přijít ke slovu recyklace, která byla zmíněna výše v této práci. Zbytky mohou být přetransformovány zpět na granulát a dají se opět využít jako materiál pro vstřikování nebo jako materiál u ostatních technologiích zpracování plastů. Další nevýhodou je nutnost pozdějšího opracování výrobku, kvůli již zmíněným vtokovým zbytkům. [5,10]

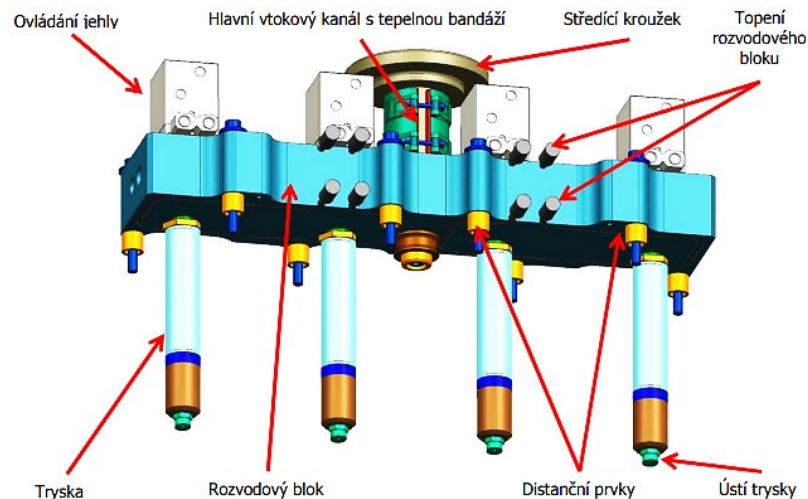
#### 4.2.2 Horký vtokový systém

Horký vtokový systém je uskupení vyhřívaných dílů, hlavní vtok, rozváděcí systém, trysky, ovládání jehly. Celá tato sestava udržuje teplotu vstřikovaného polymeru konstantní, a to až do dutiny tvarových vložek. To má za následek dosažení stálé viskozity v celé délce a průřezu rozváděcího systému, a to už od počátku vtoku až do dutiny formy.

Hlavní výhodou horkého vtoku oproti studenému je eliminace rozváděcího kanálu, který musí být z formy při každém vstřikovacím cyklu vyhozen, žádný kanál ve formě není zhotoven. Bez nadbytečného kanálu klesá množství polymeru potřebného pro jednotlivý vstřik až o 50 %, klesá taky plastikační čas, čas chlazení i požadovaný zdvih k otevření formy. Další výhodou je snadná výměna celého systému při jeho poškození. Může dojít i ke snížení tlaku ve formě díky tomu, že odpadnou reakční síly působené polymerem ve studeném vtoku. Tím pádem může být použitý menší vstřikovací stroj.

Umístění horkého vtoku ve formě je podobné tomu studenému, použitému u formy se dvěma dělicími rovinami tím, že horký vtok je veden přes pravou tvarovou desku tak, že hlavní tělo vtoku je umístěno v desce nad ní.

Nevýhodou horkého vtoku je náročnější konstrukční řešení zakomponování vtoku do formy, vyšší pořizovací náklady, zvýšení provozních nákladů, obtížné dodatečné změny polohy vtoku. Samotné vtoky jsou kvůli jejich složitosti vyráběny jako normálie specializovanými firmami, například Hasco nebo Meusburger. [5,13]



Obr. 18.: Řez horkým vtokovým systémem [13]

### 4.3 Vyhazovací systém

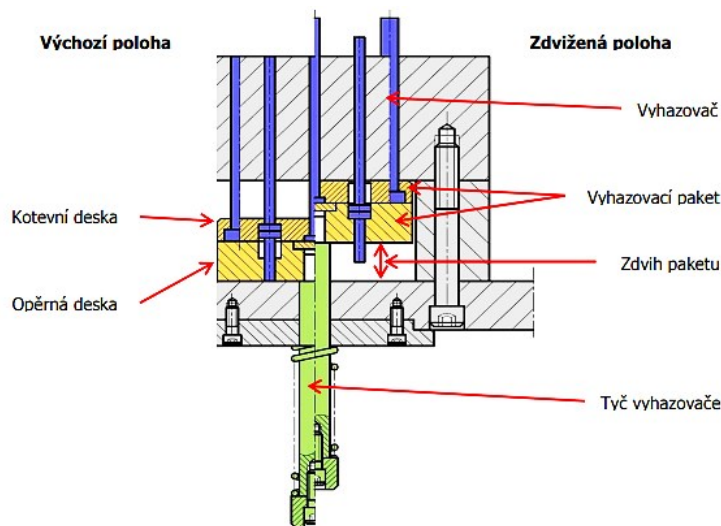
Vyhazovací systém je uskupení komponentů sloužící k jednoduchému vyhození výrobku z formy. Skládá se z:

- Kotevní desky.
- Opěrné desky.
- Dorazů.
- Vyhazovacích kolíků.
- Vodících prvků.
- Připevnění k vyhazovacímu systému stroje.

Samotné vyhazovací kolíky jsou upevněny v kotevní desce, vůči axiálnímu posuvu jsou jištěny opěrnou deskou. Vyhazovací desky jsou vedeny vodícími čepy, které jsou upevněny v levé kotevní desce. Slouží k pohodlnému posuvu vyhazovacího systému. Při výrobě je nutné se zamyslet, nad jejich umístěním, aby nedošlo ke křížení a tím ke špatnému posouvání celého systému. V deskách mohou být umístěny válcové rozpěry, které zvyšují tuhost rámu formy. Ze spodní strany opěrné desky jsou umístěny dorazy, ty zajišťují vůli mezi opěrnou deskou a upínací deskou formy. Dorazy jsou většinou k desce přišroubovány.

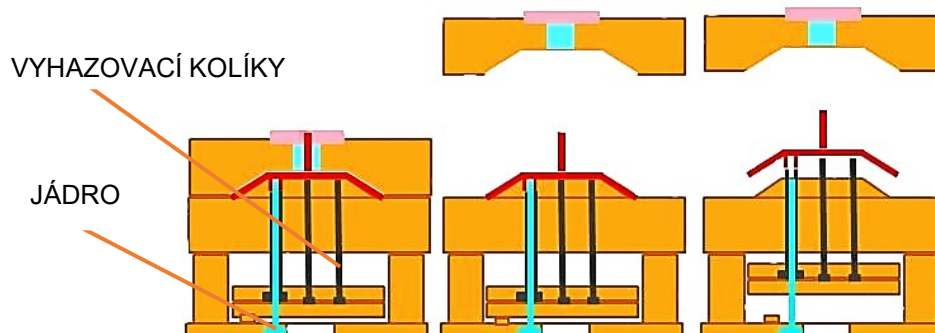
Celý systém je připojen k vyhazovacímu mechanismu stroje pomocí vyhazovacího táhla nebo závěsného zařízení. Tyč je většinou spojena přes závit s opěrnou deskou. Při

konstrukci je třeba dát si pozor na axiální vůle mezi ostatními komponenty rámu formy, ty se většinou pohybují v řádu desetin milimetru. Jestliže není spojen vyhazovací mechanismus stroje s vyhazovacím systémem formy, je nutné vyřešit vyhození pomocí přídavných hydraulických nebo pneumatických zařízení. [5,14]



Obr. 19.: Popis činnosti vyhazovacího systému [14]

Jelikož vyhození výrobku může být celkem náročný proces, je potřeba se zamyslet nad několika faktory, které práci usnadní. Už při návrhu výrobku se musí vymyslet, jak by mohl být výrobek pohodlně vyhozen, například přidáním žeber, volí se svislé plochy pod úhlem. Těmito kroky se sníží i potřebná vyhazovací síla. Proces zlepšuje také vhodné umístění vyhazovacích kolíků ve vyhazovacím systému, musí být voleny tak, aby součást rovnoměrně zatížili a tím lehce vyhodili. Při špatném umístění mohou kolíky poškodit daný výrobek. [5,14]



Obr. 20.: Rovnoměrné vyhození dílu pomocí vyhazovacích kolíků [21]

#### 4.3.1 Vyhazovací kolíky

Na trhu se nachází množství různých druhů vyhazovacích kolíků. Používají se k mechanickému odformování výrobku, pokud se jedná o formu se studeným vtokem, odformuje se i vtokový systém. Většina kolíků je normalizovaná dle norem ISO. Vyhazovací kolíky se dělí podle jejich tvaru na:

- Válcové.
- Prizmatické.
- Ploché.
- Trubkové.
- Speciální typy jako tvarové, šikmé, pružné.

Nebo podle tvaru hlavy na:

- Válcový.
- Tvarově zajištěný proti pootočení.

Vyhazovací kolíky se umísťují na těžko odformovatelná místa jako jsou žebra, komínky, proti velké mase materiálu, například svislé stěny, na vnější okraje výlisku, k otvorům, proti hlavnímu vtokovému kanálu, aby při vyhazování dílu nedošlo k jeho poškození. Vyhazovací kolíky se neumísťují na pohledové plochy výrobku, protože zanechají stopy a na funkční plochy s vyššími nároky na přesnost.

Vyhazovací kolíky se nejčastěji umísťují do levé části formy v oblasti tvárníku. Díra pro vyhazovací kolík v oblasti tvárníku musí být v jeho horní části lícována, aby nedošlo k zatečení polymeru, zbytek díry je vyráběn s vůlí.

Velice důležité je také rozmístění vyhazovacích kolíků ve formě, musí být rozmístěny tak, aby vyhazovací síla byla rovnoměrně rozprostřena na výrobek. Počet vyhazovacích kolíků se volí podle potřebné síly. U složitějších výrobků je vhodné volit větší počet vyhazovacích kolíků. Vyhazovací sílu určujeme podle hlavních faktorů:

- Úkosy bočních ploch.
- Drsnost bočních ploch.
- Velikost smrštění materiálu.
- Složitost výrobku.
- Velikost vodorovných ploch, pod kterými vzniká podtlak.

Pozici každého vyhazovacího kolíku je nutné dodržet, proto se kolíky označují číslicí, stejná číslice je i u díry na kotevní desce, kde se kolík umístí. V některých složitějších případech je nutné kolík zajistit proti pootočení, používá se to, když kolík dosedá na tvarově

složitou část. Zajištění se provádí buď kolíkem nebo zploštěním plochy díry pro vyhazovací kolík, u tohoto řešení musí být vyrobena co nejmenší výrobní vůle. [5,14]

#### 4.3.2 Speciální způsoby vyhazování

**Vzduchové vyhazovače** – používá se u výrobků větších a složitějších rozměrů, kde je kladen důraz na vzhled všech ploch. Vzduch vytvoří vzduchový polštář mezi tvárníkem a výrobkem, tím dojde k částečnému odformování, zbytek odformují vyhazovací kolíky. Nevýhodami jsou, potřeba vytvoření vzduchového kanálu, vzduchové vybavení, malý zdvih. [14]

**Vyhazovací segmenty** – funkční vyhazovací komponenty. Bohužel jsou z důvodu složitých tvarů velice drahé na výrobu. [14]

**Vyhození pomocí přídavných zařízení** – vyhození pomocí hydraulických nebo pneumatických zařízení. Výrobně a technicky náročný způsob vyhazování. Nutnost přívodu tlakového média do válců systému, tlak musí být symetrický, proto by měly mít přívody přibližně stejné trajektorie. [14]

**Dvoustupňové vyhazování** – jedná se o kombinaci vyhazovačů a stírací desky, kterou zajišťuje forma se dvěma dělicími rovinami. Oba komponenty jsou na sobě závislé. Možnost oddělení vtokového systému zvlášť od výrobku. [14]

### 4.4 Temperační systém

Temperační systém má za úkol ustavit ve vstřikovací formě vhodnou teplotu pro vstřikování a při průběhu vstřikování se od ní co nejméně odchýlit. Temperace formy zahrnuje činnost odvodu tepla při chlazení výrobku, aby bylo možné ho snáze a rychleji vyjmout z formy, ale taky činnost vyhřívání dutiny formy, pro dosažení optimální teploty plastu při vstřikování.

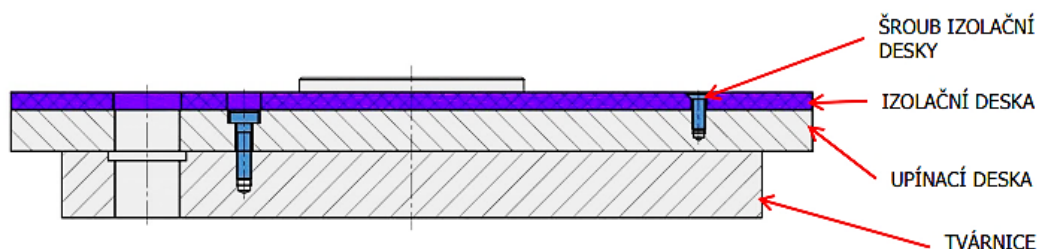
Jde o systém kanálů a dutin, kterými proudí teplotonosné médium, umožňující přestup a prostup tepla z taveniny do formy a následně do temperační kapaliny. Podle druhu vstřikovaného materiálu se určí daná teplota.

Pro chladnutí výrobku je důležité, aby celý jeho objem chladnul konstantní rychlostí. Nerovnoměrným ochlazením, můžou na výrobku vzniknout vady, například trhliny, deformace nebo vnitřní pnutí ve výrobku. [8,15,16]

#### 4.4.1 Pasivní temperace

U pasivní temperace se využívá tepelně vodivých a izolačních materiálů. Temperace pomocí vodivých materiálů je používána u speciálních případů, například tam, kde jsou tvarové vložky moc tenké. Tyto vložky musí být vyrobeny z materiálů, které dobře vedou teplo a zároveň musí být spojeny s aktivním chlazením.

Izolační desky jsou používány u forem, které musely být před vstříkáním předeřtáté, aby si udržely teplo a nedocházelo k jeho úniku. Izolační desky se nejčastěji umísťují na upínací desky z obou stran formy. Desky mohou být umístěny i po stranách formy nejčastěji tam, kde se nacházejí tvarové vložky. Jde o normálie, tudíž jsou desky dodávány specializovanými firmami pro jejich výrobu, například Meusburger nebo Hasco. [16]

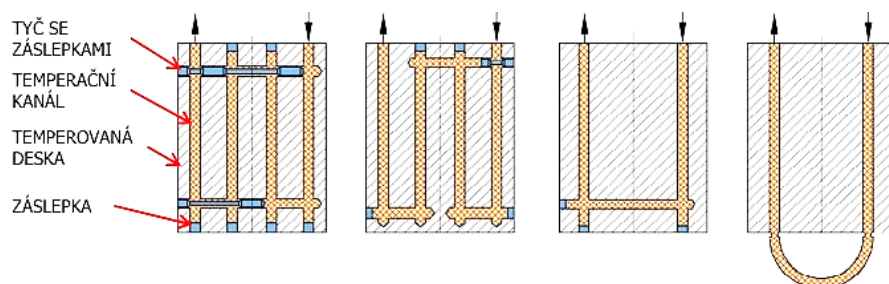


Obr. 21.: Izolační deska na formě [16]

#### 4.4.2 Aktivní temperace

Jde o přímé odvádění nebo přivádění tepla do formy pomocí média. Nejčastěji se jako médium používá voda, olej, vzduch, pára. Toto médium pak proudí vyvrtanými kanály uvnitř formy. Důležité je, aby u chlazení médium proudilo od nejteplejšího místa k nejchladnějšímu a u ohřívání přesně naopak.

Nejčastěji se volí kanály s kruhovým průřezem, a to o průměru 6 až 20 mm. Mohou se ale používat i kanály frézované s obdélníkovým průřezem. Výhodou je použití nerezových materiálů. Podle potřeby se mohou temperovat obě strany formy pohyblivá i nepohyblivá.

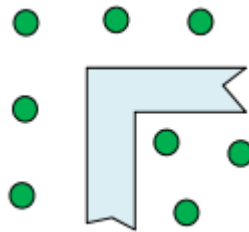


Obr. 22.: Příklad jednoduchých temperačních kanálů [16]



Při návrhu je důležité rozmístění kanálů, ty by měli být ve vhodné vzdálenosti od sebe, z praktických zkušeností tak, aby mezi jejich středy vzniknul rovnostranný trojúhelník. Také je vhodné volit více kanálů s menším průměrem než jeden kanál s velkým průměrem. Délka temperačních okruhů by měla být dlouhá tak, aby rozdíl teplot při vstupu a výstupu byl maximálně 3°C. Pokud by byl rozdíl vyšší, je lepší volit větší počet temperačních okruhů.

U tvarově složitějších výrobků se některé jeho části chladí hůře. Třeba jádra se více zahřívají, to by mělo být zohledněno při návrhu chlazení. Problém tvoří také chlazení ostrých rohů, protože odvod tepla je složitější z vnitřního koutu rohu než z vnějšího, to vede k nesouměrnému chlazení a tím pádem i k nerovnoměrnému smrštění tloušťky stěny a k vnitřnímu pnutí. Řešením je vysunutí koutového kanálu blíže k dutině (Obr. 22). [8,15,16]

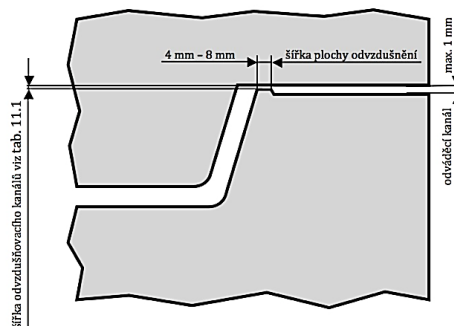


Obr. 23.: Řešení odvodu tepla z vnitřního rohu výrobku [16]

## 4.5 Odvzdušnění

Odvzdušnění zajišťuje únik vzduchu z tvarové vložky. Tavenina vstupuje do dutiny vstřikovací formy velkou rychlostí a tlačí před sebou vzduch, který se nahromadil při zavření formy. Některý vzduch unikne přes dělicí rovinu, ale přesto je potřeba většinu vzduchu odstranit pomocí dalších konstrukčních řešení.

Nejjednodušším řešením je vyrobit odvzdušňovací kanálky přímo v dělicí rovině. Jsou jednoduché na výrobu a jsou jednoduchou cestou pro taveninou stlačovaný vzduch, aby unikl z formy. Odvzdušňovací kanály by neměly nechávat otřepy na výrobku. [5,8,10,15]



Obr. 24.: Doporučená konstrukce odvzdušňovacího kanálu [15]

Při špatném odvodušnění může dojít k několika vadám na výrobku.

- K nedokonalému vyplnění tvarové dutiny.
  - Ke zvýšení tlaku.
  - Ke snížení pevnosti v důsledku studených spojů.
  - K tzv. dieselovému efektu, kdy dojde po stlačení vzduchu ke spálení materiálu.
- [5,8,10,15]

Tab. 1.: Doporučené šířky odvodušňovacích kanálů dle typu plastu [15]

Typ plastu	Šířka odvodušňovacího kanálu [mm]
PC, POM	max. 0,05
PS, ABS	max. 0,05
PA	0,02 – 0,03
PBT	max. 0,03
PA (se skelnými vlákny)	0,05 – 0,05
Strukturní pěny	max. 0,01

## 4.6 Smrštění

Smrštění je objemová změna výrobku, která je zapříčiněna chlazením dílu bez současného působení tlaku. Výpočet smrštění popisuje vzorec (4.1).

$$s = \frac{X_f - X_v}{X_f} * 100 \text{ [%]} \quad (4.1)$$

Kde  $X_f$  je rozměr v dutině formy při 23 °C (mm) a  $X_v$  je rozměr výrobku při teplotě 23 °C (mm). Tento výpočet nakonec není tak důležitý, protože dnes většina výrobců u každého materiálu uvádí jeho smrštění. Smrštění se dělí na výrobní, to je okamžitě po vyhození z formy, anebo dodatečné, to je smrštění po 24 h. Smrštění se posuzuje z hlediska výrobku jako celku, o kolik je tedy menší než rozměr formy. Nebo se jedná o lokální smrštění, kdy může na výrobku vzniknout propadlina.

Na výsledné smrštění mají vliv technologické vlastnosti, polymer, umístění vtoku a samotná konstrukce plastového dílu. Změny rozměrů jsou také závislé na tlaku a teplotě. Prakticky to znamená, že čím je vyšší teplota, tím je větší smrštění. A čím je vyšší tlak, tím je smrštění menší. Například při zvýšení dotlaku se dutina formy více zaplní, tím se zmenší hodnota smrštění.

Tab. 2.: Vliv teploty formy na smrštění [9]

Teplota formy [°C]	Smrštění [%]
60	1,3 až 2,0
80	1,4 až 2,2
100	1,6 až 2,4
120	1,8 až 2,5

Při výrobě tvarové dutiny formy musí být počítáno se smrštěním. Vyrábí se poměrně zvětšená o dané smrštění. Jednotlivé rozměry mohou být spočítány podle lehkého vzorce (4.2). Dnes má ovšem většina CAD programů pro tento účel danou funkci, kdy se vymodeluje tvarová dutina přesně podle výrobku. Poté se danou funkcí pro výpočet smrštění nebo poměrného zvětšení forma zvětší podle potřeby. [9,15]

$$L_f = \frac{L_c}{100-s} * 100 \text{ [mm]} \quad (4.2)$$

## 5 VÝROBA DÍLU POMOCÍ VSTŘIKOVÁNÍ

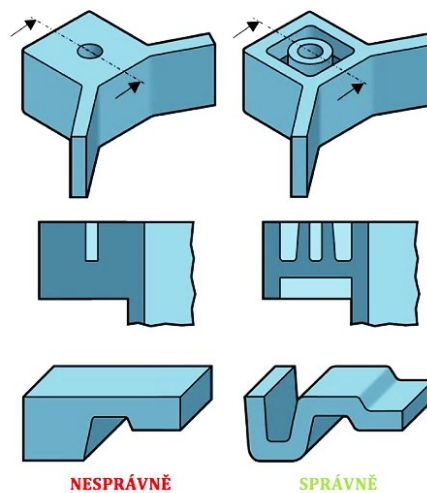
Návrh dílu pro vstřikování je velice náročná věc, když se konstruktér nebude držet základních pravidel, které platí při návrhu dílu, může to společnost stát nemalé částky. Než se vyrobí první plastový výrobek, zabere návrh dílu, návrh formy, seskládání formy a vystříknutí prvního výrobku klidně i dvacet týdnů. První výrobek není většinou takový, jaký by měl být, proto po návrhu všech věcí následuje proces, kde se doladují veškeré možné aspekty dílu, materiálu nebo formy, aby byl konečný díl perfektní. [5,15]

### 5.1 Tloušťka stěny

Tloušťka stěny zásadně ovlivňuje vlastnosti dílu. Mechanickou odolnost, vzhled, zpracovatelnost a ekonomiku. Výsledná tloušťka stěny je většinou kompromisem mezi pevností a hmotností nebo trvanlivostí a ekonomikou. Tloušťka stěny se volí rozvážně, aby se předešlo následným drahým úpravám formy.

Při návrhu dílu se dbá na několik zásad, které pomohou navrhnout díl, který bude odpovídat veškerým požadavkům.

- Dodržování jednotné tloušťky stěny v průřezu celého dílu, aby nedošlo u výsledného dílu k různým mechanickým vlastnostem. Problémem by také bylo neúplné zaplnění dutiny formy, odvzdušnění, vznik nežádoucích studených spojů. Proto je nutné se vyhnout častým změnám tloušťky z menší na vyšší.
- Ke zvýšení tuhosti se využije žeber či zakřivení, místo zvýšení tloušťky stěny. Tyto prvky zvýší tuhost stěny výrobku při minimálním zvýšení hmotnosti, doby cyklu a nákladů na materiál než zvýšení tloušťky.
- Musí se myslet i na vyrobitelnost dílu v souvislosti s délkou tečení taveniny. Tato vzdálenost je limitována tloušťkou stěny a typem materiálu. Například nízká tloušťka stěny má za následek zvýšení vstřikovacích tlaků, to vede třeba k vzhledovým vadám. Naopak větší tloušťka prodlužuje vstřikovací časy a vede k problémům s propadlinami.
- Při přechodu tlouštěk stěn musí být změna tloušťky postupná. U plastů s nízkou hodnotou smrštění (amorfní nebo plněné plasty) se může tloušťka stěny změnit do 25%, u plastů s vyšší hodnotou smrštění (semikrystalické plasty) jen do 10 – 15%. [5,15]



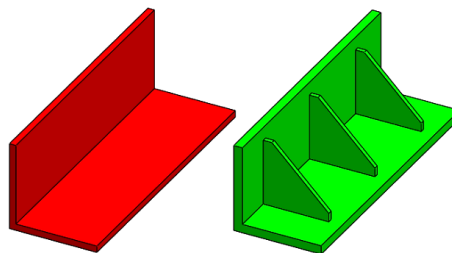
Obr. 25.: Porovnání správného a nesprávného návrhu tloušťky stěny (např. při návrhu plastového dílu podle kovového) [15]

## 5.2 Žebra

Žebrování se používá ke zvýšení tuhosti a pevnosti vyráběného tělesa, používají se místo zvětšování tloušťky stěn. Další důvody použití žebrování může být pozicování dílů při montáži, zajištění lícování dílů nebo dorazy při vedení pomocných mechanismů.

Při návrhu žebra je důležité se zaměřit na jeho tloušťku, když je žebro moc tlusté může vzniknout na jeho protilehlé straně propadlina, naopak když je žebro moc tenké, může dojít ke špatnému plnění ve formě. Návrh tloušťky probíhá i podle zvoleného materiálu, protože každý materiál má jinou hodnotu smrštění. Obecně se volí tloušťka ne větší než  $2/3$  tloušťky stěny.

Další věcí, na kterou je potřeba se u žeber zaměřit jsou úkosy. Žebra totiž musí mít úkos minimálně  $0,5^\circ$ , abychom zlepšili vyjmutí výrobku z formy. V praxi je lepší volit větší počet menších žeber než jedno velké. Obecně je ale dobré se držet toho, že žebro lze do formy lehce přidat než odebrat, proto je při prvním návrhu dílu lepší zvolit menší počet žeber. [5,15,17]



Obr. 26.: Ukázka přidání žeber pro zlepšení pevnosti dílu [17]

### 5.3 Komínky

Konstrukce komínků se uplatní jako místo, kde bude díl montován nebo připojován. Většinou má válcový tvar s otvorem pro spojovací prvek, většinou šroub nebo závitovou vložku. U návrhu komínku se řídí pravidlem, že vnější průměr komínku je dvojnásobek až dva a půl násobek větší než průměr šroubu. Výrobci šroubů a materiálů tento rozměr komínku určují.

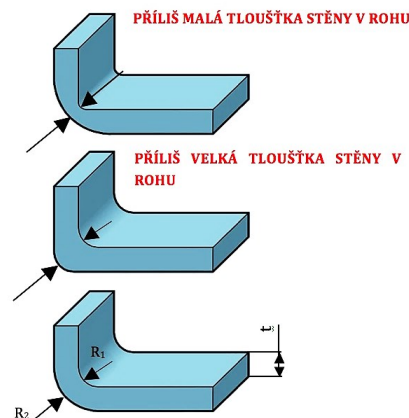
Při návrhu komínku se musí stejně jako u žeber počítat s propadlinami na protější straně výrobku vlivem smrštění a tloušťky materiálu. Pro tloušťku stěny komínku platí stejná pravidla jako u žeber. V oblasti napojení komínku může docházet ke zvyšování napětí. To se řeší vytvořením rádiusu, rádius se většinou volí  $R = 0,5 \text{ mm}$ , jde o kompromis, který zabraňuje tvorbě propadlin. Při použití většího rádiusu je nutné spoj v jeho oblasti odlehčit tak, že se postupně sníží tloušťka stěny.

Když je komínek napojován na boční stěnu, je vhodné to udělat pomocí výztuh. Konstrukce výztuh se řídí stejnými pravidly jako konstrukce žeber. Je zde ale jeden problém, výztuhy jsou většinou slepé vnitřní otvory uvnitř formy, tudíž se zde nahromadí vzduch, který nemá kam uniknout. Je tedy vhodné konec výztuhy zkosit, aby docházelo k úniku nežádoucího vzduchu. [5,15,17]

### 5.4 Zaoblení hran

Při návrhu vstříkovaného dílu, by se mělo vyvarovat použití ostrých hran. Dochází zde totiž ke koncentraci napětí vyvolané mechanickým zatížením, to vede ke snížení mechanické odolnosti.

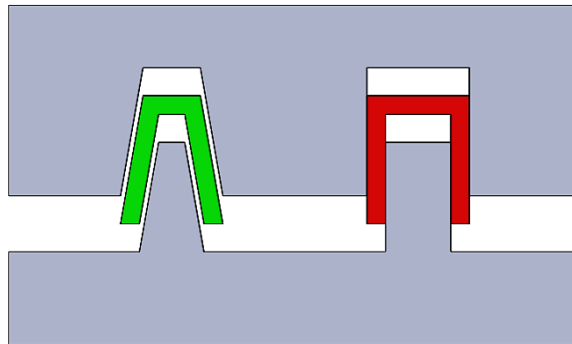
Je zjištěno, že koncentrace napětí klesá při překročení zaoblení  $0,2 \text{ mm}$ , naopak při moc velkém zaoblení hrozí propadliny. Doporučené zaoblení se pohybuje okolo  $0,5 \text{ mm}$ . V některých částech formy rádiusy mohou pomoci s odformováním dílu. [5,15,17]



Obr. 27.: Správný návrh zaoblení u plastového dílu [15]

## 5.5 Úkosy

Úkosy se používají pro snadné odformování výrobku. Úkosy se navrhují na všech površích, které jsou rovnoběžné se směrem odformování. Minimální úkos používaný u většiny materiálu je  $0,5^\circ$ . Čím menší úhel zkosení, tím se zvyšuje riziko poškození výrobku při odformování a je nutné použít speciální povrchové úpravy. [5,15,17]



Obr. 28.: Vhodně a nevhodně zvolené úkosy při odformování [17]

## 5.6 Jakost povrchu vstřikovaných výrobků

Povrch dílu je určen povrchem tvarové dutiny. Technologicky nejjednodušší jsou výrobky s matným povrchem. U matných výrobků je výhodou, že zakryjí optické vady jako jsou studené spoje nebo stopy po vyhazovačích. Naopak výrobky s lesklým povrchem jsou technologicky daleko náročnější, je totiž složité vyrobit takto kvalitní povrch tvarových vložek. U lesklých povrchů je nevýhodou, že odhalí veškeré nedostatky výrobku. Další vhodné úpravy povrchů jsou dezény nebo změny barevnosti.

Většina úprav povrchu se realizuje až na hotovém výrobku z důvodu ekonomických i technologických. Nejčastěji se používají různé potisky nebo nátěry. [3]

## 5.7 Tolerance a přesnost výrobků

Rozměry dílů předepsané na výkrese jsou pouze k teoretické orientaci, jelikož při výrobě dílů vznikají nepřesnosti způsobené technologií výroby a také lidským faktorem. Proto je u těchto rozměrů uvedené toleranční pole.

Toleranční pole je hodnota, která vymezuje v jak přesných mezích se musí daný rozměr vyrobit (obecně tolerance). Čím menší toleranční pole, tím je hodnota přesnější. U plastových výrobků je předepisování úzkých tolerančních polí vhodné pouze, když je to nezbytně nutné. Z fyzikálního hlediska je jasné, že takto přesné rozměry bude daleko těžší

vyrobit u plastových výrobků než například u kovových.

Rozměry plastového dílu lze dělit na tři skupiny tolerování, obecné, přesné a velmi přesné. Tolerování plastových výrobků se řídí normou DIN 16901 (DIN ISO 20457). Při tolerování se musí myslet na to, že s větší přesností roste náročnost na výrobení a s tím i finanční náklady. Když tedy není funkčně nutné použít úzké toleranční pole, je vhodnější volit rozměry v co možná nejširším tolerančním poli. [15]



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny následující cíle:

- Vypracujte literární studii na dané téma.
- Proved'te konstrukci 3D modelu vstřikovaného plastového dílu.
- Navrhnete vstřikovací formu pro zadaný díl.
- Nakreslete 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku.

V teoretické části této práce byly shrnuty postupy při navrhování vstřikovacích forem, dále zde byla zmíněna teorie vstřikování, postup návrhu dílu a teorie polymerů. Tyto poznatky byly využity při samotném konstrukčním návrhu vstřikovací formy.

Cílem praktické části bakalářské práce bylo navrhnutí vstřikovací formy pro plastovou rukojeť hůlky na lyže tak, aby splňovala veškeré náležitosti popsané v teoretické části této práce. Díl byl zvolen za pomoci firmy VS PLASTIC, s.r.o.. Při návrhu formy šlo o zjednodušení výrobního procesu pomocí hydraulického odformování. Byla zvolena dvounásobná forma se studeným vtokem, materiál byl zvolen polymer ABS. Normálie byly voleny z online katalogu firmy MEUSBURGER a HASCO. Díl i forma byly vytvořeny v programu Catia V5R20.

## **7 POUŽITÝ SOFTWARE**

### **7.1 Catia V5R20**

Catia je program podporující trojrozměrný interaktivní návrh. Je to jeden z předních světových 3D CAD softwarů pro návrh, výrobu a vývoj složitých strojírenských součástí. Používá se i k simulaci a analýze navrhnutých součástí. Catia je hojně využívána ve světových firmách, a to jak v automobilovém, tak i v leteckém průmyslu. Catia je vyvinuta francouzskou firmou Dassault Systemes.

Vstříkovaný díl byl navrhnut v prostředí Generative Shape Design v kombinaci s prostředím Part Design. Forma byla tvořena v prostředí Mold Tooling Design, kde byla sestavena pomocí předinstalované knihovny normálií od firmy Meusburger. Část normálií byla stažena z online katalogu firmy Meusburger. Výkres formy byl vytvořen v prostředí Drafting.

### **7.2 Katalog normálií Meusburger**

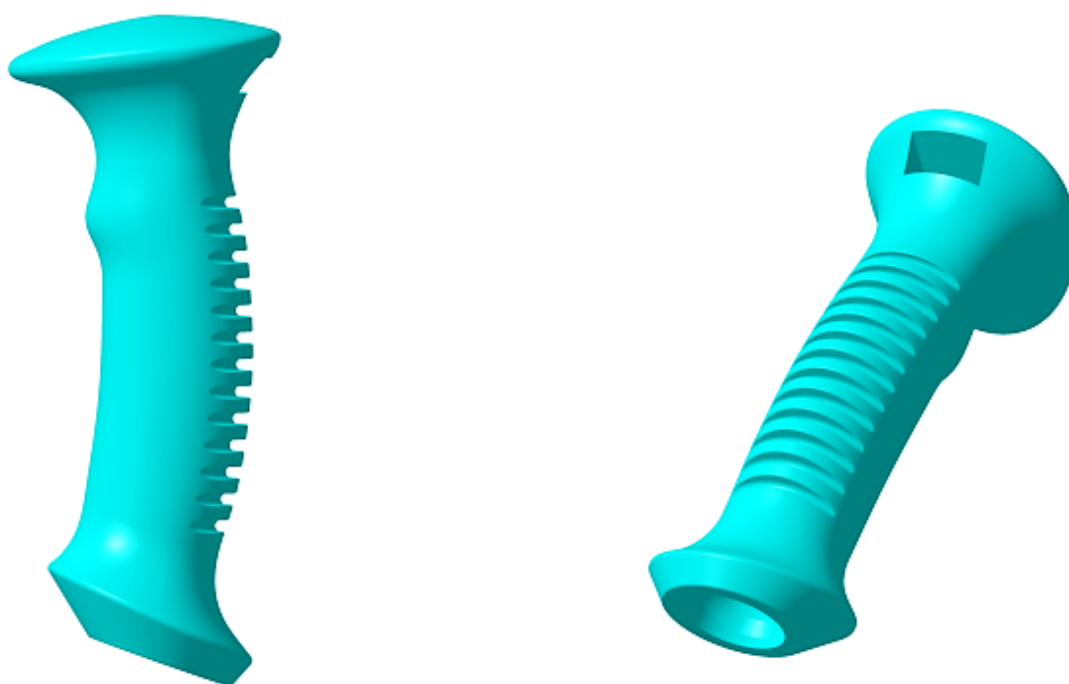
Jedná se o online katalog, kde si může zákazník rychle a přehledně vybrat potřebný díl. Každá položka má k sobě vedenou tabulku velikostí, stručný návod k vhodnému zakomponování do formy a 3D verzi ve formě STEP souboru pro rychlé a jednoduché použití například v programu Catia.

### **7.3 Katalog normálií Hasco**

Funguje na stejném principu jako katalog od Meusburgeru. Při konstrukci byl zvolen pouze jeden komponent od této společnosti, a to transportní pojistka.

## 8 VSTŘIKOVANÝ DÍL

Jako vstříkovaný díl byla zvolena rukojeť hůlky na lyže. Díl má velice specifický tvar. Při návrhu bylo třeba dbát na ergonomii úchopu, ze zadní strany je vroubkovaný povrch pro zabránění klouzání rukavice. Ze spodní strany dílu je otvor pro nasunutí rukojeti na hůlku, tento otvor je dlouhý 96 mm, tudíž pro jeho odformování byl zvolen hydraulický válec. Z vrchní strany je menší díra pro šroub, kterým bude upevněna rukojeť k hůlce. Ze zadní strany je hranatý otvor pro nasunutí textilního poutka. Byla zvolena jednoduchá dělicí rovina, která dělí díl v polovině jeho rotačních otvorů.



Obr. 29.: 3D model vstříkovaného dílu ( $\varnothing 28 \times 113$  mm)

### 8.1 Materiál dílu

Pro vstříkovaný díl byl použit materiál ABS. ABS je amorfní termoplastický kopolymer, je silně odolný proti mechanickému i chemickému zatížení. Je velice tuhý, houževnatý, nenasákavý a zdravotně nezávadný. ABS se nejčastěji vyrábí procesem emulze. Je to materiál, který je velmi vhodný k recyklaci, takže běžný způsob výroby ABS je výroba z recyklovaného ABS. Je hojně využíván u vstříkování nebo 3D tisku. Jde o relativně levný materiál. Mezi další aplikace tohoto materiálu se řadí například klávesnice nebo lego kostky. Díky vlastnostem ABS byly tvarové vložky zvětšeny o 0,7 %. [23]

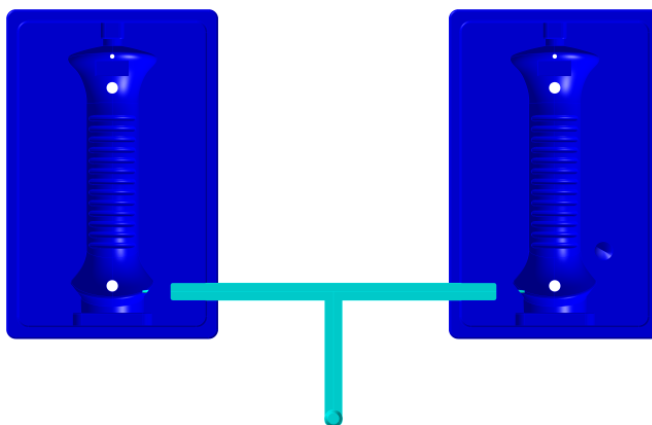
Tab. 3.: Vlastnosti materiálu ABS [23,24]

Vlastnosti	Hodnota	Metoda testování
Hustota	1,07 g/cm <sup>3</sup>	DIN EN ISO 1183-1
Absorpce vlhkosti	0,3 %	DIN EN ISO 62
Mez kluzu	45 MPa	DIN EN ISO 527
Modul pružnosti v tahu	2.400 MPa	DIN EN ISO 527
Vrubová houževnatost – Charpy	11 kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179/1eA/Pendel 1J
Tvrдость – Shore	78 D	DIN 53505
Provozní teplota – dlouhodobá	-40-80 C°	
Provozní teplota – maximální	100 C°	
Teplota vstřikování	204-238 C°	
Teplota formy	40–60 C°	
Smrštění	0,5-0,7 %	
Teplota skelného přechodu	105 C°	

## 8.2 Násobnost formy

Násobnost formy se volí podle náročnosti vstřikovaného dílu, složitosti jeho odformování, výkonu stroje, nákladů na výrobu a počtu vyráběných kusů. Při výrobě tvarově jednoduchých dílů a při velkosériové výrobě je vhodné zvolit vícenásobnou formu. Naopak u složitých dílů je vhodné volit formu jednonásobnou.

Pro vstřikovaný díl byla zvolena dvounásobná forma, protože díky složitému odformování nebylo možné navrhnout vícenásobnou formu. Dvounásobná forma je dostatečná, jelikož se obsáhne jeden pár lyžařských holí.



Obr. 30.: Násobnost formy

## 9 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Stroj musí plnit svými parametry, kapacitou a rozměry požadavky na výrobu dílu. Následujícími výpočty se zjistí, jaký typ stroje bude nejvhodnější. [3]

**Výpočet množství plastu potřebného pro jeden zdvih M:**

$$M = 1,2 \cdot (G \cdot n + A) \cdot \frac{a_x}{a_p} \text{ [g]} \quad (9.1)$$

$$M = 1,2 \cdot (G \cdot n + A) \cdot \frac{a_x}{a_p} = 1,2 \cdot (34 \cdot 2 + 12) \cdot \frac{107}{100} = 102,72 \text{ g}$$

G – hmotnost dílu [g]

$$G = 34 \text{ g}$$

n – násobnost formy

$$n = 2$$

A – hmotnost vtokového systému [g]

$$A = 12 \text{ g}$$

$\frac{a_x}{a_p}$  – podíl zvoleného plastu (ABS) k PS

$$\frac{107}{100}$$

**Výpočet uzavírací síly F:**

Uzavírací síla vstřikovacího stroje musí být větší než síla způsobená vstřikovacím tlakem v dělicí rovině. [3]

$$F = 1,2 \cdot S \cdot p_v \cdot k \leq F' \quad (9.2)$$

$$F = 1,2 \cdot 69,369 \cdot 110 \cdot 1,36 \leq F'$$

$$F = 12\,453,12 \text{ N} = 12,5 \text{ kN} \leq F'$$

F – rozevírací síla způsobená vstřikovacím tlakem

F' – uzavírací síla vstřikovacího stroje

S – průmět dílů včetně vtokového kanálu v dělicí rovině

$$S = 69,369 \text{ cm}^2$$

$p_v$  – vstřikovací tlak

$$p_v = 110 \text{ MPa}$$

k – koeficient tekutosti vstřikovaného plastu

$$k = 1,36$$

Největší rozměry navržené formy jsou 446 mm x 446 mm. Z výše vypočtené uzavírací síly, velikosti vstřikované dávky a rozměrů formy bude zvolen vhodný vstřikovací stroj.

Dle známých hodnot byl zvolen stroj z nabídky firmy ARBURG, jde o elektrický vstřikovací stroj s názvem Allrounder

Tab. 4.: Vlastnosti vstřikovacího stroje [26]

ARBURG Allrounder electric	Hodnota
Vzdálenost mezi vodičemi sloupky	570 x 570 mm
Uzavírací síla	350 – 6 500 kN
Váha polymeru pro jeden zdvih	97 – 172 g
Vstřikovací jednotky dle EUROMAP	290



Obr. 31.: Vstřikovací stroj Arburg Allrounder [26]

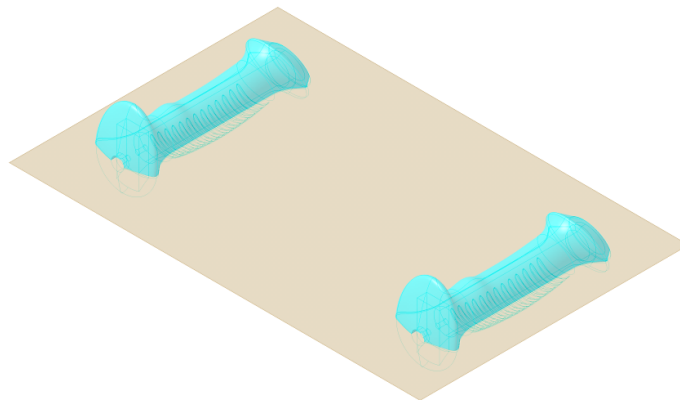
## 10 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

### 10.1 Dělicí rovina

Dělicí rovina je část formy, kde se setkává pohyblivá a nepohyblivá část formy. Je důležité, aby byla dělicí rovina dokonale utěsněna, jinak by mohlo dojít k vytečení polymeru. Těsnost je obstarána uzavírací silou, kterou vykonává stroj. Volba dělicí roviny má zásadní vliv na výsledný díl.

#### 10.1.1 Hlavní dělicí rovina

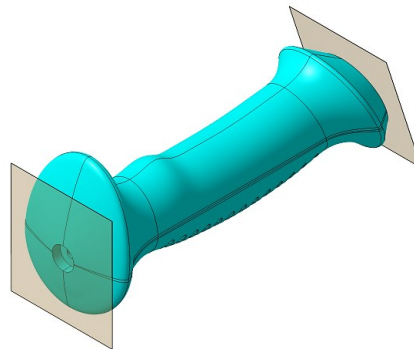
V tomto případě byla zvolena jednoduchá dělicí rovina, která je umístěna ve středu funkčních děr výrobku. Dělicí rovinu bylo za potřeby zvolit tak, aby vyjmutí dílu z formy bylo co nejjednodušší.



Obr. 32.: Hlavní dělicí rovina

#### 10.1.2 Vedlejší dělicí rovina

Jsou zde zvoleny dvě vedlejší dělicí roviny, kvůli odformování funkčních děr, pomocí bočního odformování.



Obr. 33.: Vedlejší dělicí roviny

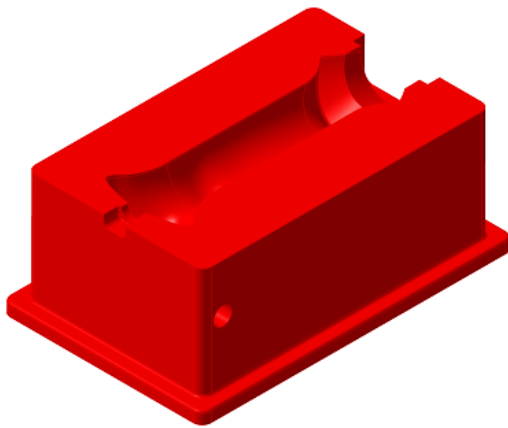


## 10.2 Tvarové vložky

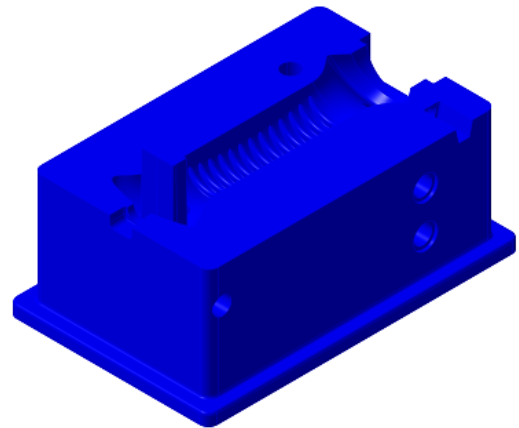
Tvarové vložky jsou negativ výsledného dílu. Vstříknutím polymeru se vložky zaplní a po vychladnutí je vyhozen z vložek hotový díl.

Tvarové vložky jsou zakomponovány ve tvarových deskách, tvárnice je na pravé, nepohyblivé, straně a tvárník na pohyblivé levé straně. Kvůli smrštění byly vložky zvětšeny o 0,7 %.

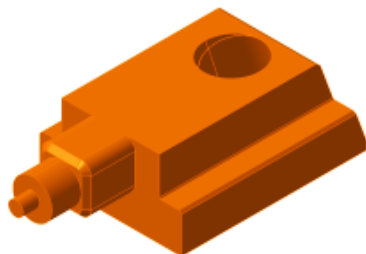
1)



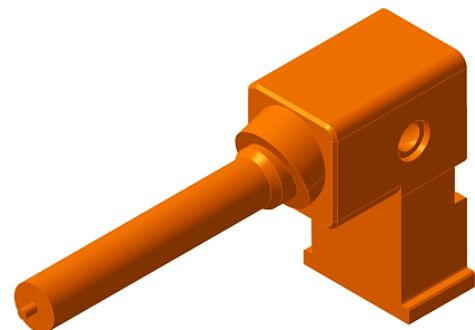
2)



3)



4)



Obr. 34.: Tvárnice (1), tvárník (2), mechanicky posuvná vložka (3), hydraulicky posuvná vložka (4)

## 10.3 Boční odformování

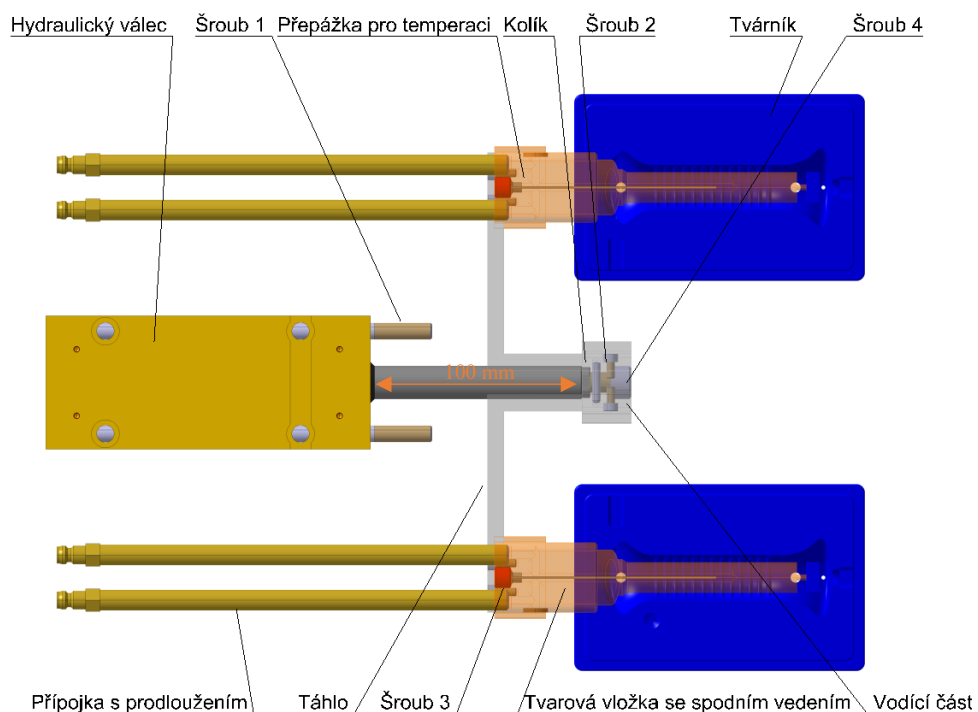
Slouží k výrobě tvarových dutin mimo hlavní dělicí rovinu. Tyto dutiny nelze vyrobit jiným způsobem.

### 10.3.1 Hydraulické odformování

Jde o systém, který bylo nutné vyrobit pro odformování dlouhé funkční díry. Je to hlavní vylepšení oproti původní formě, u které bylo řešeno toto odformování pomocí šikmých čepů. Velkou nevýhodou byla potřeba formu pokaždé hodně otevřít, aby došlo k úplnému vysunutí tvarové vložky.

Systém se skládá z několika částí, které bylo potřeba navrhnout zvlášť. Jde o vodící část, tvarové vložky a tažné prvky. Ostatní díly byly převzaty z normálií Meusburgeru. Hydraulický píst použitý pro tento systém má zdvih 100 mm a je ovládán pomocí magnetických senzorů. Systém obsahuje tři vodící prvky, dvě tvarové vložky se spodním vedením a prvek se spodním vedením, který je spojen a zajištěn proti pootočení s hydraulickým válcem. Tyto tři vodící prvky jsou spojeny dvěma táhly ve tvaru L, které jsou upevněny šrouby a zajištěny kolíkem proti pootočení.

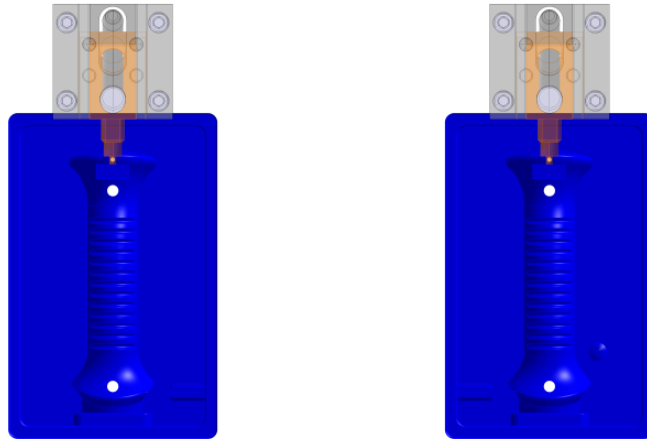
Aby bylo vedení funkční, bylo potřeba vyfrézovat do desek drážky, ve kterých se budou vodící prvky pohybovat. Toto řešení funguje na stejném principu jako vedení šíbru u mechanického odformování.



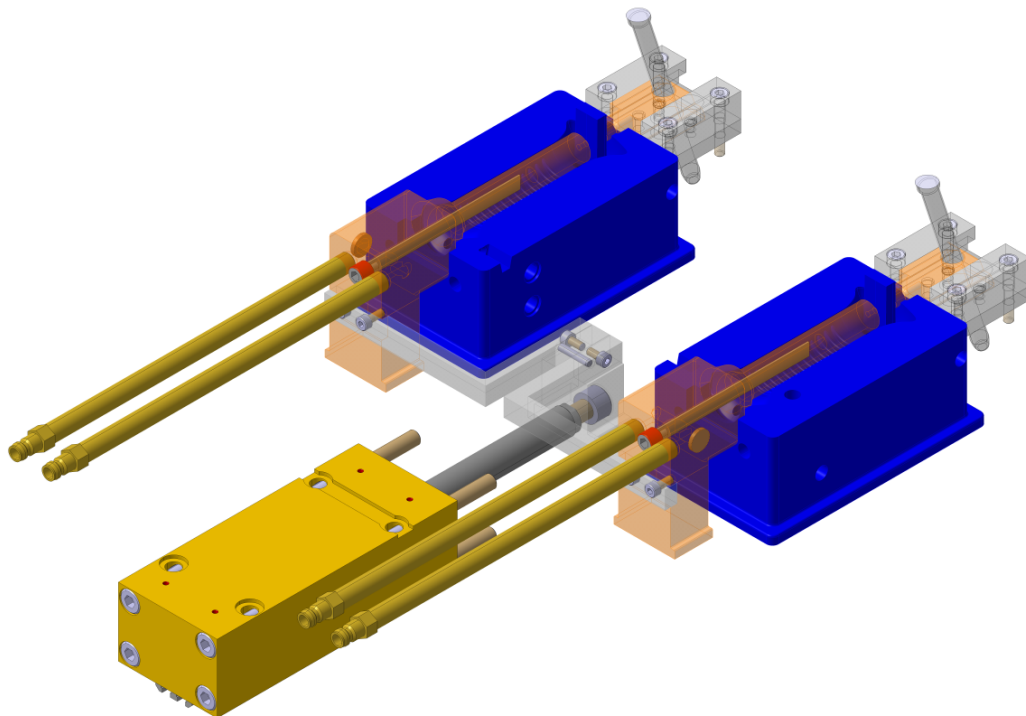
Obr. 35.: Hydraulické odformování

### 10.3.2 Mechanické odformování

Mechanické odformování bylo využito, pro odformování malé díry pro šroub na horní straně dílu. Jde o obvyklé řešení výroby podobného tvaru. K výrobě bylo použito normálií firmy Meusburger.



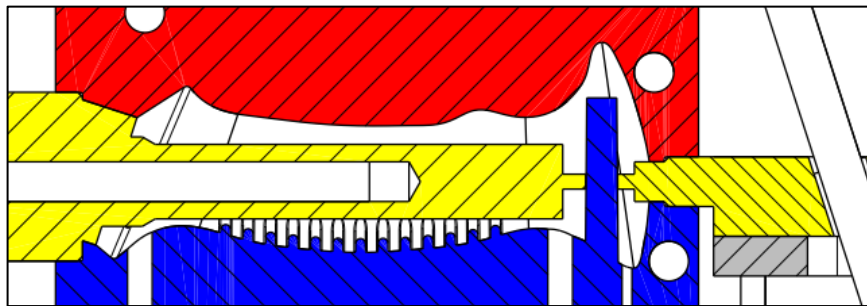
Obr. 36.: Mechanické odformování



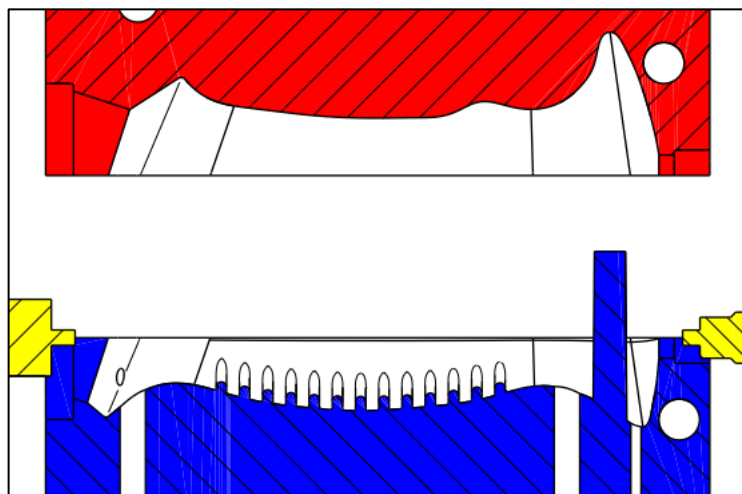
Obr. 37.: Navrhnuté řešení odformování

### 10.3.3 Otevření formy

Při otevírání formy je nutné, aby forma byla otevřena alespoň o 100 mm, jedině tak dojde k pohodlnému vyhození dílů i vtokového zbytku. Hydraulické odformování bylo nastaveno tak, aby byl píst zasunut o velikost jeho zdvihu, což je 100 mm, ještě před otevřením formy. Mechanické odformování se bude vysouvat zároveň s otevíráním formy pomocí šikmého čepu. Je nutné vysunutí alespoň 7 mm. Po vysunutí čepu z vložky, je vložka zajištěna pomocí kuličkové aretace.



Obr. 38.: Zavřená forma



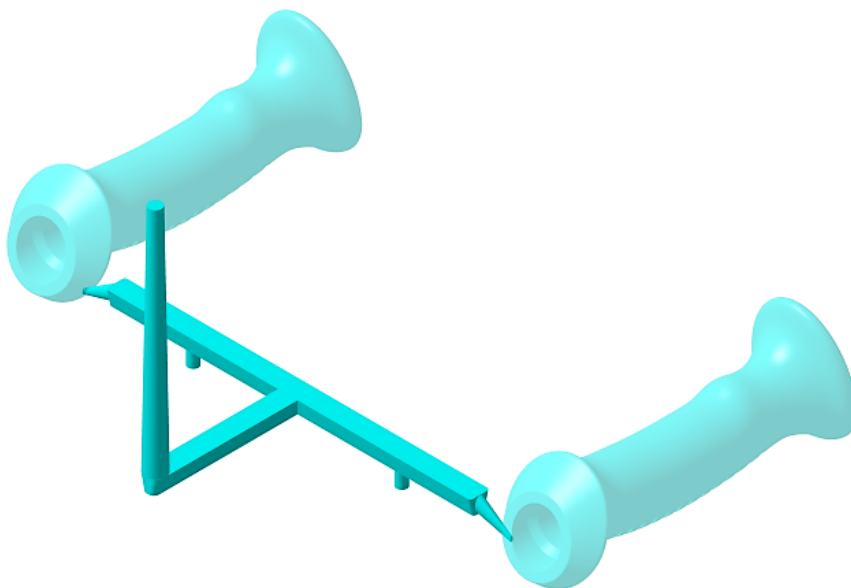
Obr. 39.: Otevřená forma

### 10.4 Vtokový systém

Pro zvolený díl byl použit studený vtokový systém s tunelovým vtokem. Tunelový vtok zajistí odlomení vtokového zbytku od dílů při vyhazování. Vtokové ústí bylo umístěno tak, aby ústilo na nefunkční plochu dílu a do místa s nejtlustší stěnou, aby bylo zajištěno rovnoměrné plnění dutiny. Inspirací umístění ústí byl původní vzorový díl.

Byl zvolen lichoběžníkový tvar rozvodných kanálů, z důvodu jeho funkčnosti a jednoduchosti výroby. Do rozvodných kanálů byly vyvrtány dvě díry, které po zatečení polymerem slouží jako přidržovače vtoku, tím se zabrání zaseknutí vtokového zbytku na nepohyblivé části formy.

Byla zvolena dvounásobná forma. Vícenásobná forma by mohla být použita, kdyby byl ve formě zabudován horký vtokový systém. Pak už by se muselo uvažovat o navýšení vstřikované dávky i o zvýšení vstřikovacího tlaku. Normálně použité při návrhu vtokového systému byly od firmy Meusburger.



*Obr. 40.: Vtokový systém*

## 10.5 Vstřikovací forma

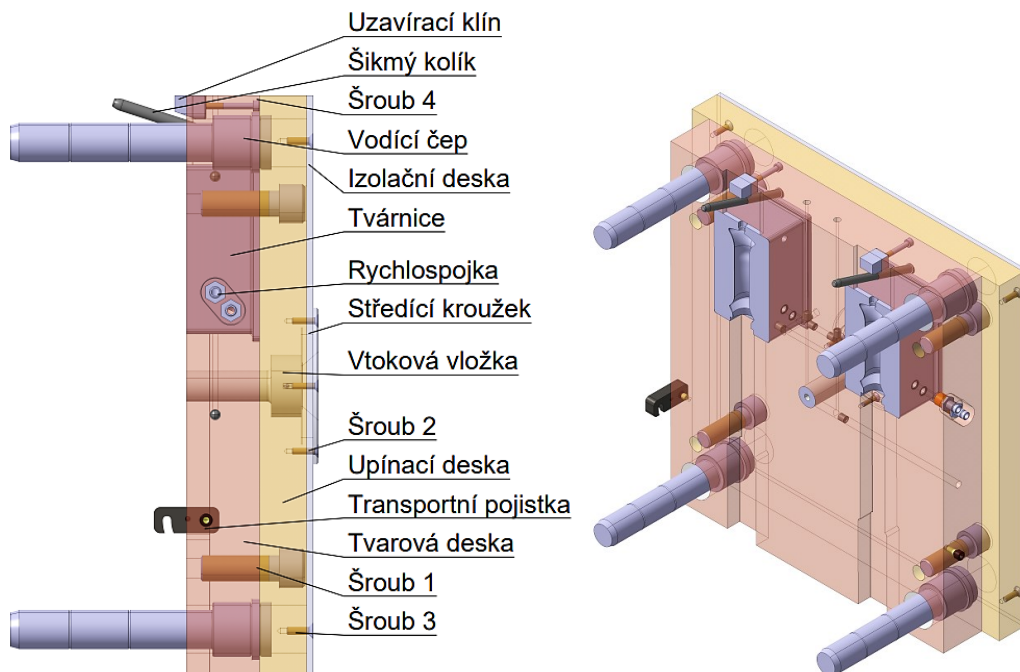
Vstřikovací formy jsou složeny ze tří částí, pravá strana, levá strana a vyhazovací systém, který je zakomponován v levé straně formy. Forma se skládá z dílů, které dodává firma Meusburger. Při sestavování této formy bylo využito prostředí Mold Tooling Design v programu Catia V5R20, díly, které nejsou zakomponovány v této knihovně byly staženy z online katalogu Meusburgeru ve formě STEP souboru. Takovýto postup využívání normálí má pozitivní dopad na cenu formy.

Některé speciální díly, hlavně v systému hydraulického odformování, bylo třeba navrhnout zvlášť. S tím se pojí i rozsáhlé úpravy tvarových desek a opěrné desky na levé straně. Tyto úpravy vedly ke správnému chodu odformování. Při úpravě desek byl dbán důraz, aby provedené změny byly vyrobitelné a plně funkční.

### 10.5.1 Pravá strana formy

Pravá strana formy je nepohyblivá. V této části je umístěna vtoková vložka, do které ústí vstřikovací tryska. Dále jsou zde ukotveny vodící čepy, pro plynulý pohyb vůči levé části formy. Dále je zde izolační deska, která zabraňuje úniku tepla z formy. Desky jsou spojeny šrouby s vnitřním šestihranem.

Kvůli složitosti odformování bylo potřeba upravit tvarovou desku. Je v ní ukotven šikmý čep a zajišťovací klín pro mechanické odformování. Kvůli posuvným tvarovým vložkám a přípojkám s prodloužením, které jsou součástí hydraulického systému, zde musela být vyfrézována drážka. Díky ní tak dochází k plynulému pohybu součástí.



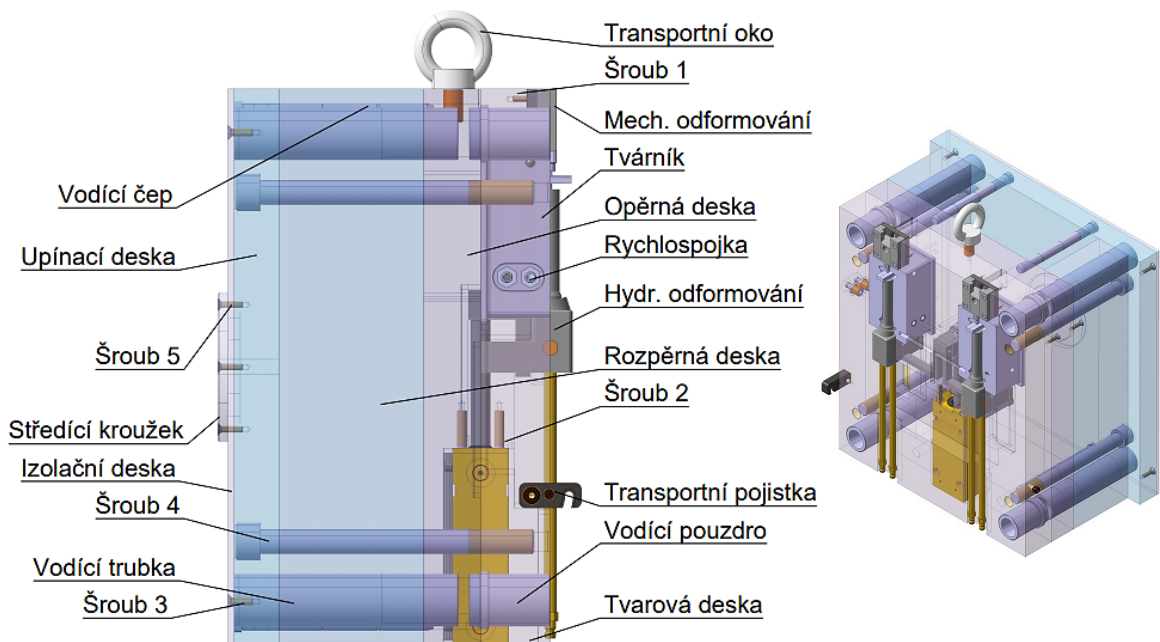
Obr. 41.: Pravá strana formy

### 10.5.2 Levá strana formy

Jde o pohyblivou část formy, její pohyb umožňuje vyhození dílu. Jsou zde ukotveny vodící pouzdra a trubky, do kterých zapadají vodící čepy pravé strany. Dále jsou zde vodící

čepy, které umožňují pohyb vyhazovacímu systému. Nachází se zde opět i izolační deska, která zabráňuje úniku tepla. Desky jsou spojeny šrouby s vnitřním šestihranem.

Jako v pravé straně muselo být ve tvarové a opěrné desce provedeno pár úprav. Jelikož jsou k této části formy upevněny hydraulické i mechanické systémy odformování. Opět bylo potřeba vyfrézovat drážky pro posuvné díly hydraulického systému. Drážky byly navrženy tak, aby pohyb posuvných dílů byl plynulý a nebyla zde velká vůle, aby nedocházelo k pootočení posuvných tvarových vložek.



Obr. 42.: Levá strana formy

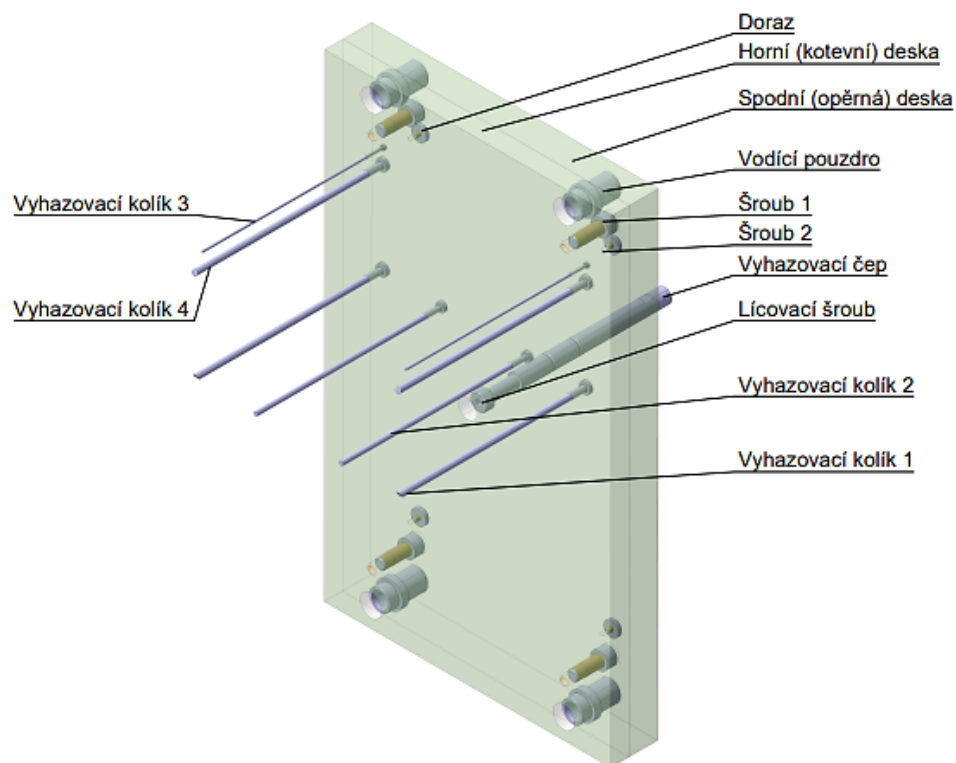
### 10.5.3 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém je nezbytný pro vyjmutí dílu z dutiny formy. Skládá se ze dvou vyhazovacích desek, přičemž jedna je opěrná a ve druhé jsou ukotveny vyhazovače. Dále se skládá z vyhazovacích kolíků, vodících pouzder a čepu pro vyhazování, který přenáší posuvný pohyb ze stroje na vyhazovací část formy.

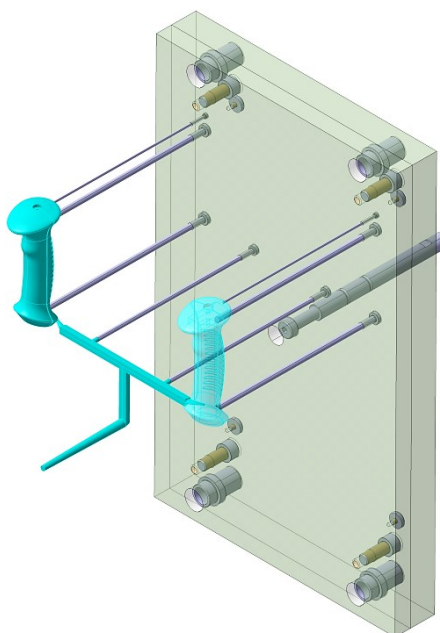
Bylo použito pouze osm vyhazovacích kolíků. Dva jsou umístěny na přidržovači vtoku vtokového zbytku. Zbýlých šest je umístěno na dvou dílech, na každém dílu tři vyhazovací kolíky. Hlavy vyhazovacích kolíků je nutné zfrézovat, aby se zabránilo jejich pootočení.

Vodící pouzdra, které jsou nalisovány ve vyhazovacích deskách středí vyhazovací systém k levé straně vstřikovací formy. Vyhazovací kolíky jsou spojeny šrouby s vnitřním

šestihranem. Čep pro vyhazování je upevněn k deskám pomocí osazeného lícovacího šroubu. Na spodní straně opěrné desky jsou umístěny čtyři podložky upevněné zápustnými šrouby, ty slouží jako doraz.



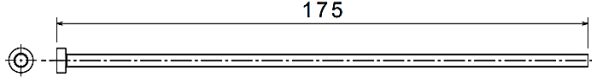
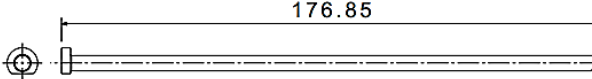
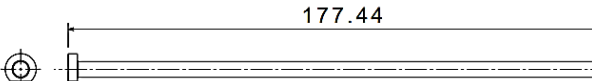
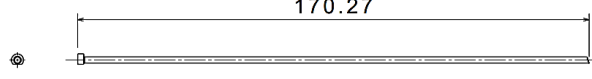
Obr. 43.: Vyhazovací systém



Obr. 44.: Využití vyhazovacího systému



Tab. 5.: Typy použitých vyhazovacích kolíků

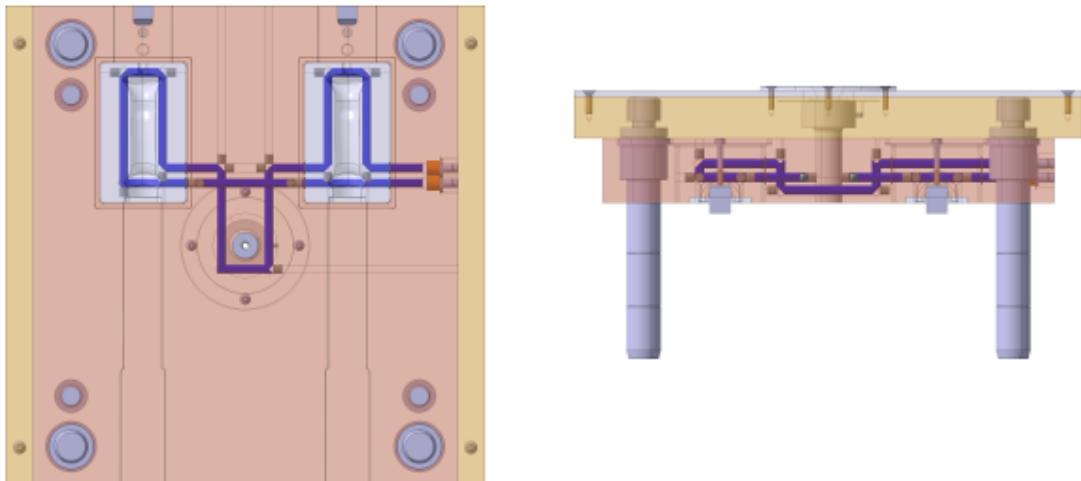
Norma	Vyhazovací kolík	Ks
E 1710/4x250 ISO 6751		2
E 1710/5x250 ISO 6751		2
E 1710/5x250 ISO 6751		2
E 1710/2x250 ISO 6751		2

## 10.6 Temperační systém

Temperační systém má nastarost udržovat konstantní teplotu formy. Byla zvolena temperace pravé i levé strany a také posuvné tvarové vložky v hydraulickém systému. Temperační kanálky mají průměr 8 mm a jako temperační médium byla zvolena voda.

### 10.6.1 Temperace pravé strany formy

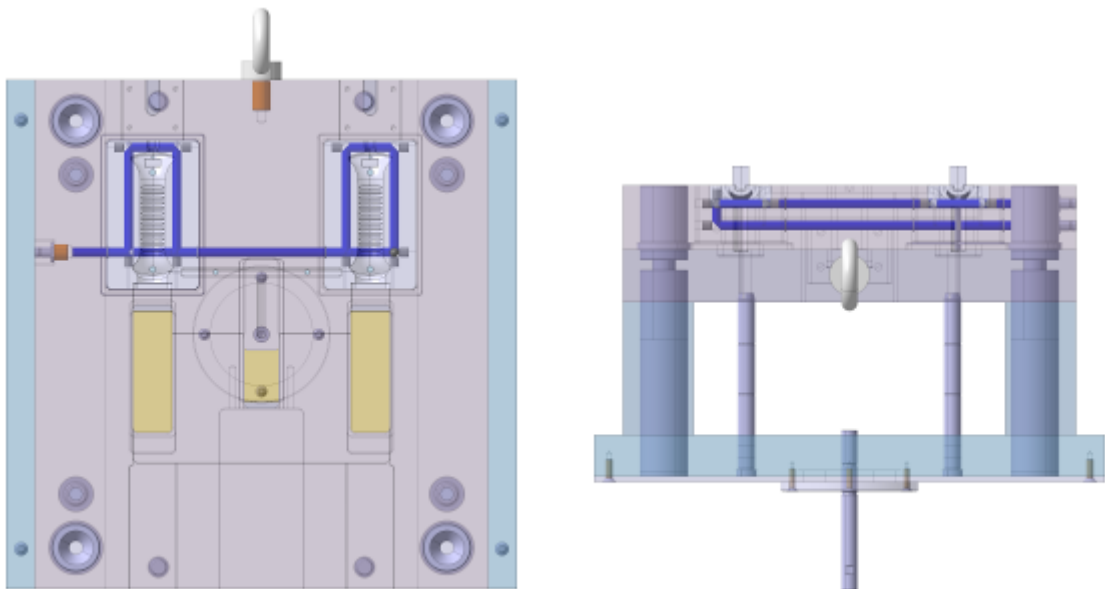
Temperace pravé strany byla zvolena tak, aby docházelo k ochlazení jak vrchní části dílů, tak i vtokové vložky a vtokového kanálu. Kvůli temperaci vtokového kanálu bylo nutné vyvrtat více kanálků. Temperační médium bylo usměrněno pomocí několika kuličkových záslepek. Při proudění média mezi deskou a tvárnici bylo použito těsnících O – kroužků.



Obr. 45.: Temperace pravé strany

### 10.6.2 Temperace levé strany formy

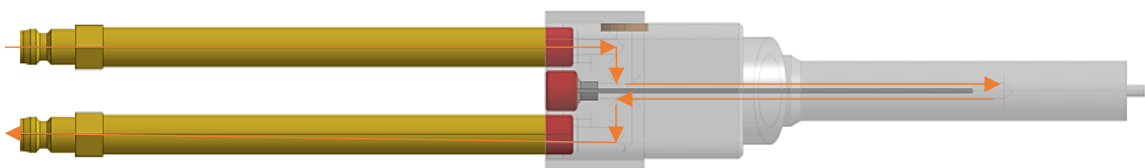
Při temperaci levé strany dochází hlavně k ochlazování spodní strany dílů. Temperace musela být zvolena tak, aby se kanálky nesetkaly s vyhazovacími kolíky nebo nevedly částí desky, kde je vyfrézována drážka pro hydraulické odformování. Navrtné díry jsou zacpány kuličkovými záslepkami, aby voda byla usměrněna požadovaným směrem. Při přechodu média mezi částmi je opět použito těsnících O – kroužků.



Obr. 46.: Temperace levé strany

### 10.6.3 Temperace posuvné tvarové vložky

Temperace tvarové vložky byla navržena z důvodu její délky. Byla navržena dlouhá díra, do které byla vložena přepážka se závitem a těsněním. Přepážka zajistí plynulý přítok a odtok vody z díry. Médium je do vložky dopravováno pomocí dvou přípojek s prodloužením a závitem.



Obr. 47.: Temperace posuvné tvarové vložky hydraulického systému

## 10.7 Odvzdušnění

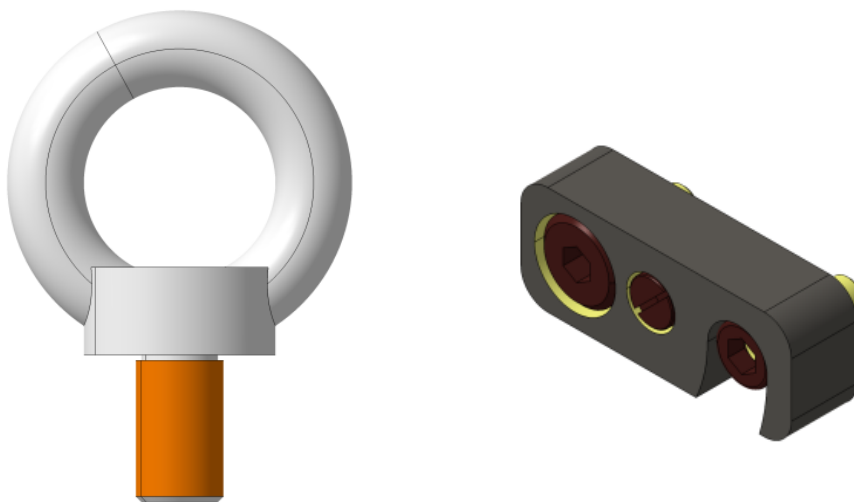
Odvzdušnění slouží k odvodu vzduchu z dutiny formy. Jde o přirozený únik vzduchu přes dělicí rovinu nebo přes vůle vyhazovačů. Také se může jednat o konstrukčně řešený únik vzduchu přes vytvořené kanálky vedené z dutiny formy.

U této formy nebylo použito žádného vytvořeného kanálku, veškeré odvzdušnění probíhá přes vůle vyhazovačů a únikem z dělicí roviny.

## 10.8 Transport formy

Transport formy je řešen pomocí závěsného oka, při manipulaci je za něj forma zavěšena na jeřáb. Závěsné oko je umístěno v těžišti formy tak, aby se forma při manipulaci nenakláněla na jednu ze stran. Závěsné oko má maximální nosnost 700 kg, jelikož forma má 420,34 kg, oko vyhovuje.

Dále jsou na formě umístěny dva transportní zámky, jeden z každé strany. Zámek zajišťuje uzavření formy i po vytažení ze vstřikovacího stroje. Jde o jedinou součástku zvolenou z online katalogu firmy Hasco. Byl zvolen pro jeho jednoduchost a funkčnost.



*Obr. 48.: Závěsné oko a transportní pojistka*

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout 3D model vstřikovaného dílu, tímto dílem byla rukojeť lyžařských holí. Dále pak vytvořit model vstřikovací formy, výkresovou dokumentaci k této formě, konkrétně řez formy, pohled do levé a pravé strany a kusovník.

Teoretická část práce byla zaměřena na popsání problematiky vstřikování plastů. Byly zde vysvětleny témata jako návrh dílu pro vstřikování, konstrukce vstřikovací formy nebo polymery. Tyto poznatky byly využity v praxi při zpracování praktické části bakalářské práce.

V praktické části bakalářské práce bylo nutné nejprve vymodelovat 3D model vstřikovaného dílu. Pro tento díl byl zvolen jako nejvhodnější typ polymer ABS. Dále byla pro tento díl vytvořena vstřikovací forma. Veškeré funkční části formy jako vtokový systém, odformování, vyhazovací systém, temperace, byly přizpůsobeny tvaru výrobku. Značná část formy byla vytvořena za pomoci předinstalované knihovny Meusburgeru v prostředí Mold Toolig Designu, další potřebné normálie byly zvoleny z online katalogu Meusburgeru. Veškerá činnost popsaná v tomto odstavci byla uskutečněna za pomoci programu od francouzského výrobce Dassault Systemes, Catia V5R20.

Dalším důležitým tématem praktické části práce bylo vhodné zvolení vstřikovacího stroje. Dle vypočtených hodnot uzavírací síly a množství vstříknutého plastu na jeden zdvih formy a dalších tabulkových hodnot dle zvoleného plastu, byl zvolen stroj Arburg Allrounder electric.

Pro daný díl byla zvolena dvojnásobná forma, dělicí rovina byla zvolena uprostřed vnitřních funkčních děr dílu. Odformování menšího otvoru bylo provedeno mechanicky pomocí šikmého čepu, odformování větší díry bylo provedeno pomocí navrhnutého hydraulického systému. Hydraulický systém vylepšil původní formu, kde bylo pouze mechanické odformování, takže bylo potřeba velkého otevření formy. Byl zvolen studený vtokový systém s tunelovým vtokem, jehož výhoda je odlomení vtokového zbytku při vyhazování. Dráha vtoku byla zvolena lichoběžníková a je frézována pouze v levé části formy. Vyhození z formy obstarává osm vyhazovacích kolíků, tři na každém dílu a dva na vtokovém zbytku. Temperace formy je zvolena v pravé i levé straně, temperovány jsou i posuvné tvarové vložky hydraulického systému. Odvzdušnění probíhá přes dělicí roviny a vyhazovací kolíky.

K bakalářské práci je přiložen výkres řezu vstřikovací formy s kusovníkem a výkres pravé a levé strany formy.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] DUCHÁČEK, Vratislav. Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití. Vyd. 3., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2011, 276 s. ISBN 9788070807880. Dostupné také z: [http://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/uid\\_isbn-978-80-7080-788-0/ anotace/](http://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/uid_isbn-978-80-7080-788-0/ anotace/)
- [2] ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů: teorie a praxe. Praha: Grada Publishing, 2018, 455 s. ISBN 9788027106141.
- [3] BOBČÍK, Ladislav. Formy pro zpracování plastů. I. díl, Vstřikování termoplastů. 2. vydání. Brno: Uniplast Brno, 1999, 133 s.
- [4] KENNEDY, Peter a Rong ZHENG. Flow analysis of injection molds. 2nd ed. Cincinnati: Hanser Publishers, [2013], 1 online zdroj (xxviii, 349 p.). ISBN 9781569905227. Dostupné také z: [https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpFAIME003/flow\\_analysis\\_of\\_injection\\_molds\\_2nd\\_edition](https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpFAIME003/flow_analysis_of_injection_molds_2nd_edition)
- [5] OSSWALD, Tim A., Lih-Sheng TURNG a Paul J. GRAMANN. Injection molding handbook. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s. ISBN 9781569904206.
- [6] KAZMER, David. Injection mold design engineering. Munich: Hanser, ©2007., 1 online zdroj (xx, 423 pages). ISBN 9781613442968. Dostupné také z: [https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpIMDE0007/injection\\_mold\\_design\\_engineering](https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpIMDE0007/injection_mold_design_engineering)
- [7] JOHANNABER, Friedrich. Injection molding machines: a user's guide. 4th ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xii, 378 s. ISBN 9781569904183.
- [8] LENFELD, Petr. Zpracování plastů [online]. [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/04.htm#043](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm#043)
- [9] LENFELD, Petr. Technologie vstřikování [online]. © Code Creator, 2016 [cit. 2021-11-17]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/Impresum.html>
- [10] VACULÍN, Přemysl. Konstrukční návrh vstřikovací formy. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2021, 59 s.
- [11] HYNEK, Martin a kolektiv. Rámy vstřikovacích forem. Západočeská univerzita v Plzni, 2013. Dostupné z: [https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK\\_PU/KA\\_05\\_publicace/KA05\\_Ramy\\_vstrikovacich\\_forem.pdf](https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Ramy_vstrikovacich_forem.pdf)
- [12] DOSTÁL, Petr. Návrh konstrukce vstřikovací formy. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2016, 71 s.
- [13] HYNEK, Martin a kolektiv. Horké vtoky. Západočeská univerzita v Plzni, 2013. Dostupné z: [https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK\\_PU/KA\\_05\\_publicace/KA05\\_Ramy\\_vstrikovacich\\_forem.pdf](https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Ramy_vstrikovacich_forem.pdf)

- [14] HYNEK, Martin a kolektiv. Vyhazovací sestava a vyhazovače. Západočeská univerzita v Plzni, 2013. Dostupné z: [https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK\\_PU/KA\\_05\\_publicace/KA05\\_Vyhazovaci\\_sestava\\_a\\_vyhazovace.pdf](https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Vyhazovaci_sestava_a_vyhazovace.pdf)
- [15] BOBEK, Jiří. Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů [online]. © Code Creator, s.r.o.; distribuce publi.cz, 2016 [cit. 2021-11-25]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Impresum.html>
- [16] HYNEK, Martin a kolektiv. Temperace vstřikovacích forem. Západočeská univerzita v Plzni, 2013. Dostupné z: [https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK\\_PU/KA\\_05\\_publicace/KA05\\_Temperace\\_vstrikovacich\\_forem.pdf](https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Temperace_vstrikovacich_forem.pdf)
- [17] Engineering Guidelines to Designing Plastic Parts for Injection Molding [online]. In: . [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://medium.com/jaycon-systems/engineering-guidelines-to-designing-plastic-parts-for-injection-molding-1c554a4545be>
- [18] SEIDL, Martin. Stroje pro zpracování polymerních materiálů [online]. © Code Creator; 2016 [cit. 2022-01-24]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/Impresum.html>
- [19] HYNEK, Martin a kolektiv. Studené a živé vtokové systémy. Západočeská univerzita v Plzni, 2013. Dostupné z: [https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK\\_PU/KA\\_05\\_publicace/KA05\\_Studene\\_a\\_zive\\_vtokove\\_systemy.pdf](https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf)
- [20] LECHNER, Lee. Injection Molding Basics: Cold Runner Systems [online]. 2020 [cit. 2022-01-27]. Dostupné z: <https://www.echosupply.com/blog/injection-molding-basics-cold-runner-systems>
- [21] Plastics injection molding sleeve ejector system [online]. [cit. 2022-01-29]. Dostupné z: <https://mechanicalengblog.com/plastics-injection-molding-sleeve-ejector-system/>
- [22] Meusburger [online]. [cit. 2022-5-5]. Dostupné z: <https://www.meusburger.com/CS/CZ/index>.
- [23] ROGERS, Tony. Everything You Need to Know About ABS Plastic. Creative Mechanisms [online]. 13.7.2015 [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.creativemechanisms.com/blog/everything-you-need-to-know-about-abs-plastic>
- [24] PLASTUM TRADING S.R.O. Materiálový list [online]. In: . 02/2016 [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: [https://plastum.cz/download/matlist/ABS\(CZ\).pdf](https://plastum.cz/download/matlist/ABS(CZ).pdf)
- [25] Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Typical Properties Generic ABS [online]. [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20160919122531/https://plastics.ulprospector.com/generics/1/c/t/acrylonitrile-butadiene-styrene-abs-properties-processing>
- [26] ARBURG [online]. [cit. 2022-5-7] Dostupné z: <https://www.arburg.com/cs/cz/>
- [27] HASCO [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://www.hasco.com/cs/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$T_g$	Teplota skelného přechodu
$T_m$	Teplota tání krystalické fáze
PS	Polystyren
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
PVC	Polyvinylchlorid
PC	Polykarbonát
PMMA	Polymethylmethakrylát
PP	Polypropylen
LDPE	Polyethylen s nízkou hustotou
HDPE	Polyethylen s vysokou hustotou
PA	Polyamid
TPE	Termoplastické elastomery
$t_{cyklus}$	Čas jednoho vstřikovacího cyklu
$t_{zavření}$	Čas zavření vstřikovací formy
$t_{chladnutí}$	Čas chladnutí vstřiku
$t_{vyhození}$	Čas vyhození vstřiku z formy
s	Smrštění
$X_f$	Rozměr v dutině formy při 23°C (mm)
$X_v$	Rozměr výrobku při 23°C (mm)
$L_f$	Délkový rozměr formy (mm)
$L_c$	Požadovaná délka vstřikovaného výrobku (mm)
3D	Trojrozměrný
CAD	Computer aided design (počítačem podporované navrhování)
STEP	Soubory využívající 3D technologii
PS	Polystyren

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1.: Základní rozdělení polymerů [1] .....</i>	12
<i>Obr. 2.: Oblast využití amorfních plastů [3] .....</i>	13
<i>Obr. 3.: Oblast využití semikrystalických plastů [3] .....</i>	14
<i>Obr. 4.: Schéma zobrazující (a) krátké vlákna, (b) dlouhá vlákna používaná pro vstřikování [4] .....</i>	14
<i>Obr. 5.: Schéma procesů během vstřikovacího cyklu [18] .....</i>	16
<i>Obr. 6.: Vstřikovací cyklus [5] .....</i>	17
<i>Obr. 7.: P-v-T diagram pro amorfní termoplast [9].....</i>	18
<i>Obr. 8.: P-v-T diagram pro semikrystalický termoplast [9].....</i>	18
<i>Obr. 9.: Průběh vnitřního tlaku <math>p_i</math> v dutině formy během vstřikování [9] .....</i>	19
<i>Obr. 10.: Schéma hydraulického vstřikovacího stroje [8].....</i>	20
<i>Obr. 11.: Vstřikovací jednotka [18].....</i>	20
<i>Obr. 12.: Uzavírací jednotka [18] .....</i>	21
<i>Obr. 13.: Ukázka rámu s jednou dělicí rovinou a opěrnou deskou [11] .....</i>	23
<i>Obr. 14.: Umístění středících a vodících prvků mezi deskami [11] .....</i>	24
<i>Obr. 15.: Vtoková soustava u čtyřnásobné formy [20].....</i>	25
<i>Obr. 16.: Vhodné průřezy kanálků studeného vtoku [19].....</i>	26
<i>Obr. 17.: Schéma studeného vtoku [19] .....</i>	27
<i>Obr. 18.: Řez horkým vtokovým systémem [13] .....</i>	28
<i>Obr. 19.: Popis činnosti vyhazovacího systému [14] .....</i>	29
<i>Obr. 20.: Rovnoměrné vyhození dílu pomocí vyhazovacích kolíků [21] .....</i>	29
<i>Obr. 21.: Izolační deska na formě [16] .....</i>	32
<i>Obr. 22.: Příklad jednoduchých temperačních kanálků [16].....</i>	32
<i>Obr. 23.: Řešení odvodu tepla z vnitřního rohu výrobku [16] .....</i>	33
<i>Obr. 24.: Doporučená konstrukce odvzdušňovacího kanálu [15].....</i>	33
<i>Obr. 25.: Porovnání správného a nesprávného návrhu tloušťky stěny [15] .....</i>	37
<i>Obr. 26.: Ukázka přidání žeber pro zlepšení pevnosti dílu [17] .....</i>	37
<i>Obr. 27.: Správný návrh zaoblení u plastového dílu [15] .....</i>	38
<i>Obr. 28.: Vhodně a nevhodně zvolené úkosy při odformování [17].....</i>	39
<i>Obr. 29.: 3D model vstřikovaného dílu (<math>\varnothing 28 \times 113</math> mm) .....</i>	44
<i>Obr. 30.: Násobnost formy .....</i>	45
<i>Obr. 31.: Vstřikovací stroj Arburg Allrounder [26].....</i>	47
<i>Obr. 32.: Hlavní dělicí rovina .....</i>	48
<i>Obr. 33.: Vedlejší dělicí roviny.....</i>	48



<i>Obr. 34.: Tvárnice (1), tvárník (2), mechanicky posuvná vložka (3), hydraulicky posuvná vložka (4).....</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 35.: Hydraulické odformování .....</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 36.: Mechanické odformování .....</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 37.: Navrhnuté řešení odformování.....</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 38.: Zavřená forma .....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 39.: Otevřená forma .....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 40.: Vtokový systém .....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 41.: Pravá strana formy .....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 42.: Levá strana formy .....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 43.: Vyhazovací systém.....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 44.: Využití vyhazovacího systému .....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 45.: Temperace pravé strany.....</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 46.: Temperace levé strany .....</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 47.: Temperace posuvné tvarové vložky hydraulického systému .....</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 48.: Závěsné oko a transportní pojistka .....</i>	<i>59</i>

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1.: Doporučené šířky odvzdušňovacích kanálů dle typu plastu [15] .....</i>	<i>34</i>
<i>Tab. 2.: Vliv teploty formy na smrštění [9] .....</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 3.: Vlastnosti materiálu ABS [23,24] .....</i>	<i>45</i>
<i>Tab. 4.: Vlastnosti vstřikovacího stroje [26] .....</i>	<i>47</i>
<i>Tab. 5.: Typy použitých vyhazovacích kolíků .....</i>	<i>57</i>

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Výkres řezu sestavy vstřikovací formy + kusovník, pohled do pravé a levé části formy

Příloha P II: CD

Příloha P III: Materiálový list

# PŘÍLOHA P III: MATERIÁLOVÝ LIST

PLASTUM Trading s.r.o.  
 Letošov 71, 683 33 Nesovice  
 Česká Republika (CZ)  
 GSM: 00420 731 771 853  
 Email: [urban@plastum.cz](mailto:urban@plastum.cz)  
 Web: [www.plastum.cz](http://www.plastum.cz)



## Materiálový list

Obchodní označení	ABS		
Označení dle DIN EN ISO 1043	ABS		
Modifikace	none		
Vlastnosti	Jednotka	Metoda testování	Hodnota
<b>Obecné vlastnosti</b>			
Hustota	g/cm <sup>3</sup>	DIN EN ISO 1183-1	1,07
Absorpce vlhkosti			
Saturace na vzduchu při 23°C/50% RH	%	DIN EN ISO 62	0,30
Hořlavost dle UL 94 (síla 3mm/6mm)		ISO 1210 (UL 94)	HB / HB
<b>Mechanické vlastnosti</b>			
Mez kluzu	MPa	DIN EN ISO 527	45
Deformace při přetřetí	%	DIN EN ISO 527	20
Modul pružnosti v tahu	MPa	DIN EN ISO 527	2.400
Vrubová houževnatost - Charpy	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179/1eA/Pendel 1J	11
Tvrdość - metoda kuličkou	N/mm <sup>2</sup>	DIN EN ISO 2039-1	90
Tvrdość - Shore	Skala D	DIN 53505	78
<b>Tepelné vlastnosti</b>			
Teplota tání	°C	ISO 11357	-
Tepelná vodivost	W/(mK)	DIN 52612	0,17
Specifická tepelná vodivost	kJ/(kgK)	DIN 52612	1,2
Koeficient lineární tepelné roztažnosti	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Průměrně mezi 20°C-60°C	90
Provozní teplota - dlouhodobá	°C		- 40 až 80
Provozní teplota - krátkodobá, maximální	°C		100
Teplota tepelného průhybu, Metoda A:1,8 MPa	°C	DIN EN ISO 75	-
<b>Elektrické vlastnosti</b>			
Dielektrická konstanta, 50 Hz		IEC 60250	3,1
Dielektrický ztrátový faktor, 50 Hz		IEC 60250	0,015
Vnitřní odpor	Ohm cm	IEC 60093	10 <sup>15</sup>
Povrchový odpor	Ohm	IEC 60093	10 <sup>14</sup>
Odolnost proti plazivým proudům CTI, Sol. A		IEC 60112	600
Dielektrická pevnost	kV/mm	IEC 60243	20

### Poznámky:

Krátkodobá maximální provozní teplota se vztahuje pouze na velmi malé nebo žádné mechanické namáhání a to pouze na několik hodin. Dlouhodobá maximální provozní teplota je založena na tepelném stárnutí plastů, což vede k poklesu mechanických vlastností. Toto platí pro vystavení teplotám alespoň po dobu 5000 hodin, což vede ke ztrátě 50% pevnosti v tahu z původní hodnoty (měřeno při pokojové teplotě). Tato hodnota nevypovídá nic o mechanické pevnosti při použití ve vysokých teplotách. V případě silnostěnných dílů je vlivem oxidace z vysokých teplot ovlivněna pouze povrchová vrstva. S přidávkem antioxydantů je dosaženo lepší ochany povrchové vrstvy. V každém případě střední část materiálu zůstává nedotčena. Minimální provozní teplota je podstatně ovlivněna možnými námahovými faktory jako je náraz a/nebo otřes při provozu. Uvedené hodnoty se vztahují k minimálnímu stupni dopadu namáhání. Uvedené elektrické vlastnosti vycházejí z měření přírodního, suchého materiálu. S jinými barvami (zejména černé) nebo nasáknutými materiály může existovat zřejmý rozdíl elektrických vlastností. Hodnoty uvedené ve výsledcích vychází z mnoha jednotlivých měření a jedná se průměrné doposud naměřené hodnoty. Mají sloužit jako informace o našich produktech a jsou prezentovány jako vodítka pro výběr vhodného materiálu z naší široké nabídky. Toto však nezahrnuje ujištění o specifických vlastnostech nebo vhodnosti pro konkrétní použití v aplikaci, která je právě vyžadována. Vzhledem k tomu, že vlastnosti také závisí na rozměrech počtovaru a na stupni krystalizace (například nukleární pigmenty), se skutečné hodnoty jednotlivých vlastností konkrétního výrobku mohou lišit od uvedených hodnot. \*Mechanické vlastnosti vláknitých materiálů byly měřeny na vstříkovaných vzorcích, rovnoběžně ve směru vláken. Speciální konstrukční detaily nebo další specifikace materiálu na vyžádání.