

# Návrh a realizace vytlačovací hlavy na tubulární fólii

Bc. Jiří Kachyňa

---

Diplomová práce  
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří KACHYŇA**  
Osobní číslo: **T09689**  
Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Konstrukce technologických zařízení**

Téma práce: **Výtlačovací hlava na tubulární fólie**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na dané téma
2. Navrhněte výukový model výtlačovací hlavy na tubulární fólii v CAD systému
3. Navrhněte technologii pro výrobu výukového modelu
4. Realizujte výrobu navrženého modelu

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**ŠTĚPEK, Jiří; ZELINGER, Jiří; KUTA, Antonín. Technologie zpracování a vlastnosti plastů.**

**Vyd. 1. Praha : SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1989. 637 s**

**MAŇAS, Miroslav; TOMIS, František; HELŠTÝN, Josef. Výrobní stroje a zařízení : gumárenské a plastikářské stroje. Brno : VUT, 1990. 199 s. ISBN 802140213X.**

**Další literatura dle doporučení vedoucího práce**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jakub Černý**

UTB FT Zlín

Datum zadání diplomové práce: **14. února 2011**

Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2011**

Ve Zlíně dne 11. ledna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Miroslav Mañas, CSc.  
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 9.5 2011

  
-----

---

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

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

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

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

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

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

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce je zaměřena na popis procesu vytlačování včetně používaného materiálu a charakteristiky jednotlivých částí linky na vytlačování fólií. Hlavním cílem práce je však návrh a realizace výukového modelu vytlačovací hlavy na tubulární fólii. Je zde popsán kompletní postup realizace vytlačovací hlavy zabývající se 3D návrhem, volbou technologie obrábění, postupem práce v CAM programu, výrobou, konečnou úpravou a montáží vytlačovací hlavy.

Klíčová slova: vytlačování, vytlačovací hlavy, vytlačovací hlava se spirálovým trnem, CNC obrábění, leštění polymerních materiálů

## **ABSTRACT**

The Master thesis focuses on the description of the extrusion process, including the material used and the characteristics of different parts of film extrusion lines. The main objective is the design and realization of an educational model of extrusion die for the tubular film. There is described how to implement a complete extrusion die engaged in 3D design, choice of milling technology, work progresses in the CAM program, production, final adjustment and assembly of extrusion die.

Keywords: extrusion, extrusion dies, spiral mandrel die, CNC milling, polishing of polymers

Děkuji Ing. Jakobovi Černému za vedení diplomové práce, jeho pomoc a rady při realizaci projektu a také Ing. Jiřímu Šálkovi za pomoc při realizaci projektu. Poděkování patří i mým rodičům, kteří mi umožnili studium na univerzitě.

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

# OBSAH

|                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ÚVOD.....</b>                                          | <b>10</b> |
| <b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>                            | <b>11</b> |
| <b>1 VYTLAČOVÁNÍ.....</b>                                 | <b>12</b> |
| <b>2 MATERIÁLY PRO VÝROBU FÓLIÍ.....</b>                  | <b>15</b> |
| 2.1 POLYETHYLEN (PE).....                                 | 15        |
| 2.2 POLYPROPYLEN (PP) .....                               | 17        |
| 2.3 POLYVINYLCHLORID (PVC) .....                          | 18        |
| 2.4 POLYAMIDY (PA).....                                   | 19        |
| <b>3 VYTLAČOVÁNÍ PLOCHÝCH FÓLIÍ .....</b>                 | <b>21</b> |
| 3.1 LINKA NA VYTLAČOVANÉ FÓLIE .....                      | 21        |
| 3.2 LINKA NA VYFUKOVÁNÍ FÓLIÍ .....                       | 22        |
| <b>4 VYTLAČOVACÍ STROJE .....</b>                         | <b>25</b> |
| 4.1 ŠNEKOVÉ VYTLAČOVACÍ STROJE .....                      | 25        |
| 4.2 PÍSTOVÉ VYTLAČOVACÍ STROJE .....                      | 29        |
| 4.3 DISKOVÉ VYTLAČOVACÍ STROJE .....                      | 30        |
| 4.4 SPIRÁLOVÉ VYTLAČOVACÍ STROJE.....                     | 31        |
| 4.5 SPECIÁLNÍ VYTLAČOVACÍ STROJE.....                     | 31        |
| <b>5 VYTLAČOVACÍ HLAVY .....</b>                          | <b>33</b> |
| 5.1 VYTLAČOVACÍ HLAVY S KRUHOVOU VÝSTUPNÍ ŠTĚRBINOU ..... | 34        |
| 5.1.1 Vytlačovací hlava s rozdělovačem .....              | 35        |
| 5.1.2 Ze strany plněná vytlačovací hlava .....            | 38        |
| 5.1.3 Vytlačovací hlava se spirálovým trnem .....         | 40        |
| <b>6 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI.....</b>                     | <b>42</b> |
| <b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>                            | <b>43</b> |
| <b>7 ÚVOD PRAKTICKÉ ČÁSTI.....</b>                        | <b>44</b> |
| <b>8 KONSTRUKCE VYTLAČOVACÍ HLAVY .....</b>               | <b>45</b> |
| 8.1 KONSTRUKCE VYTLAČOVACÍ HLAVY NA TUBULÁRNÍ FÓLII.....  | 45        |
| 8.1.1 Těleso vytlačovací hlavy .....                      | 45        |
| 8.1.2 Hubice .....                                        | 46        |
| 8.1.3 Chladicí prstenec .....                             | 46        |
| 8.1.4 Spirálový trn .....                                 | 47        |
| 8.1.5 Finální návrh .....                                 | 48        |
| <b>9 VÝROBA VYTLAČOVACÍ HLAVY .....</b>                   | <b>49</b> |
| 9.1 PŘÍPRAVA SOUČÁSTÍ V CAM PROGRAMU .....                | 49        |
| 9.1.1 Stanovení nulového bodu .....                       | 49        |
| 9.1.2 Volba typu operací .....                            | 50        |



|                                                 |                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------|
| 9.1.3                                           | Volba nástroje a technologických podmínek ..... | 50        |
| 9.1.4                                           | Verifikace a postprocessing.....                | 52        |
| 9.2                                             | VOLBA TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ.....                 | 53        |
| 9.2.1                                           | CNC frézování .....                             | 57        |
| 9.2.2                                           | Vrtání děr.....                                 | 60        |
| 9.2.3                                           | Řezání závitů.....                              | 61        |
| 9.3                                             | LEŠTĚNÍ DÍLŮ Z PMMA .....                       | 62        |
| 9.3.1                                           | Příprava hrubým broušením .....                 | 62        |
| 9.3.2                                           | Finální leštění .....                           | 63        |
| 9.4                                             | DOKONČENÍ A MONTÁŽ VYTLAČOVACÍ HLAVY .....      | 64        |
| <b>ZÁVĚR .....</b>                              |                                                 | <b>71</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>          |                                                 | <b>72</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b> |                                                 | <b>74</b> |
| <b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>                     |                                                 | <b>75</b> |
| <b>SEZNAM TABULEK.....</b>                      |                                                 | <b>77</b> |
| <b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>                       |                                                 | <b>78</b> |

## ÚVOD

Vytlačování polymerních materiálů patří v dnešní době k jedné z nejrozšířenějších a také nejpoužívanějších technologií. Neustálý pokrok ve vývoji technologie plastů přináší s sebou nové problémy a úskalí, které je potřeba řešit a optimalizovat, ať už se jedná o simulaci tohoto procesu nebo konstrukční a designérské úpravy.

Specifickou kapitolou jsou vytlačovací hlavy, které udávají výsledný tvar a vzhled budoucího výrobku. Při konstrukci tohoto tvářecího nástroje musí být brán ohled na mnoho ovlivňujících faktorů, které mohou způsobovat výskyt povrchových vad a ovlivnit tím i užité vlastnosti budoucího výrobku. Nezbytnou záležitostí je v tomto případě i znalost tokových vlastností polymeru, volba typu distribučního systému a správné nastavení procesních podmínek.

Cílem práce je navrhnout model vytlačovací hlavy na tubulární fólii a ten následně zrealizovat. Distribučním systémem byl zvolen spirálový trn. Celý projekt může posluchačům a studentům pomoci pochopit princip vytlačovacího procesu včetně funkce spirálového trnu a také tok taveniny tímto distribučním systémem. Pro co nejlepší znázornění byl jako konstrukční materiál zvolen PMMA. Touto volbou byl řízen veškerý postup konstrukce modelu vytlačovací hlavy. Vycházelo se také i z poznatků předešlých projektů, zabývajících se podobnou tematikou.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 VYTLAČOVÁNÍ

Vytlačování je technologická operace, při které je tavenina plastu kontinuálně vytlačována přes profilovací zařízení (vytlačovací hlavu) do volného prostoru. Technologie vytlačování slouží k výrobě buď konečných tvarů, nebo k výrobě polotovarů. Podle tvaru konečného výrobku nebo tvaru polotovaru se technologie vytlačování mohou rozdělit do tří základních skupin: [9]

- výroba trubek a profilů
- výroba fólií a desek
- ostatní způsoby (opláštěování, výroba vláken a povlaků, atd.)

Tyto technologické způsoby využívají hlavně šnekové vytlačovací stroje, které však nepracují samostatně, ale jsou součástí výrobních linek, kde ostatní stroje a zařízení zajišťují odtah, kalibraci, doplňkovou úpravu tvaru nebo povrchu, apod. [9]

Při vytlačování dochází také k mnoha negativním jevům, které mohou mít za následek zhoršení kvality extrudátu, produktivity procesu vytlačování a také kvalitu výsledných produktů. Je tedy snahou tyto negativní jevy eliminovat, případně minimalizovat jejich vznik.

### Degradace materiálu

K tomuto jevu dochází, nabývá-li smykové napětí na stěně  $\tau_{xy}$  hodnot menších než 30 kPa. Materiál u stěny má velmi dlouhé zdržné doby a degraduje. Tavenina využívá pouze takové velikosti kanálu, které je skutečně potřeba. Tavenina může degradovat i vlivem materiálu vytlačovací hlavy. Důležitá je i teplotní stabilita používaného polymeru. Řešením problém je zmenšení průměru kanálu, nebo snížení teploty taveniny.

### Shark skin (žraločí kůže)

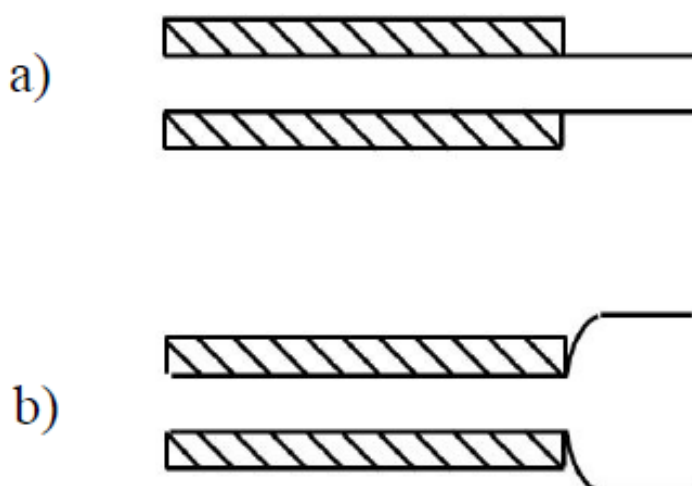
Je to jev, při kterém dochází při vytlačování ke zvrásněnému povrchu. K tomuto negativnímu jevu dochází, je-li smykové napětí na stěně  $\tau_{xy}$  vyšší než 140 kPa. Příčina vzniku jevu Shark skin je spojována s výstupní částí vytlačovací hlavy. Řešením může být redukce smykového napětí na stěně (zvýšení teploty, zvětšení průměru kanálu), použití kluzných přísad, nebo použít výstupní štěrbinu z keramiky.

### Narůstání profilu

Dalším projevem viskoelastivity polymerních tavenin je tzv. narůstání za hubicí vytláčovací hlavy či kapiláry. Narůstání za hubicí vyjadřuje poměr  $D/D_0$  průměru profilu po opuštění vytláčovací hlavy a průměru profilu ve vytláčovací hlavě. [10]

Průměr profilu se může běžně zvětšit dvojnásobně a více. S tímto jevem je nutno počítat při návrhu profilu vytláčovacích hlav, který je komplikován skutečností, že každý polymer má rozdílnou tendenci k narůstání. [10]

Během zpracování polymerních tavenin lze narůstání za hubicí ovlivňovat procesními parametry.  $D/D_0$  lze obecně snížit zvýšením zpracovatelské teploty a prodloužením délky vytláčovací hubice či doby průchodu materiálu hubicí. Rychlost smykové deformace do určité hodnoty narůstání za hubicí zvyšuje, při vysokých rychlostech smykové deformace je naopak narůstání méně zřetelné. [10]



Obr. 1 Extrudovaný profil [10]

*a - newtonské látky*

*b - pseudoplastické polymerní taveniny*

## **Die Drool**

Jev označovaný jako die drool je nežádoucí akumulace materiálu na hraně výstupní štěrbiny při vytlačování polymerních látek. Tento jev má zásadní negativní vliv jak na kvalitu extrudátu tak na produktivitu procesu vytlačování, a to z důvodu periodického čištění vytlačovací hlavy, což vyžaduje ekonomicky nákladné přerušení výrobního procesu. Přestože je známa řada faktorů a příčin, které vedou ke vzniku jevu die drool (např. přítomnost nízkomolekulárních polymerních frakcí či plniva v polymerní matrici, design vytlačovací hlavy), není dosud zcela jasné, jaký je mechanismus vzniku tohoto jevu. [1]

Snížit intenzitu výskytu tohoto nežádoucího jevu lze například zkosením nebo zaoblením hrany výstupní štěrbiny, nebo zvýšením teploty.

## 2 MATERIÁLY PRO VÝROBU FÓLIÍ

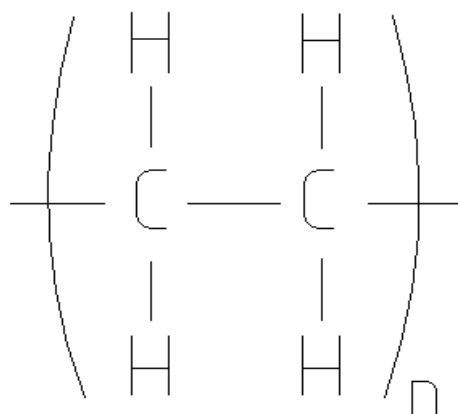
V této kapitole bude uveden přehled materiálů, které jsou nejčastěji využívány pro výrobu fólií vyfukováním. Vyfukováním se vyrábějí fólie z LDPE, HDPE a PP, PVC a PA. Vyfukováním se vyrábějí i vícevrstvé fólie o různé materiálové skladbě. Dnes se vyrábějí až sedmivrstvé fólie [9]

### 2.1 Polyethylen (PE)

Základní strukturou polyethylenu je uhlovodíkový řetězec, který nese žádné substituenty. Původně byl polyetylen vyráběn jako homopolymer, dnešní komerční polyetyleny jsou však ve velké většině kopolymery ethenu s  $\alpha$ -olefiny (1-butenem, 1-hexenem, 1-oktenem nebo 4-methyl-1-pentenem). Polyetylen je vyráběn různými postupy a tvoří širokou paletu produktů s různými zpracovatelskými i s užitnými vlastnostmi. [4]

Je odolný vůči kyselinám i zásadám, použitelný do teploty kolem 80 stupňů Celsia. Mimo fólií se z něj vyrábí roury, ozubená kola, ložiska, textilní vlákna, nejrůznější hračky, sáčky (mikroten) a elektrotechnická izolace. [4]

Rozlišují se dva druhy polyethylenu: LDPE (s nízkou hustotou) a HDPE (s vysokou hustotou). [4]



Obr. 2 Strukturální vzorec PE

### Nízkohustotní polyethylen (LDPE)

Je to měkký, pevný a ohebný druh polyethylenu vzhledem k jeho vysoce rozvětvené struktuře. Typická hustota LDPE je mezi 915 a 935 kg/m<sup>3</sup>. Je používán pro pevné, poddajné předměty jako jsou např. víka a podobné výrobky. Byl dlouho používán jako izolační materiál. V současnosti je nejvíce oblíbenou aplikací folie, mezi další příklady patří dopravní pytle, balicí materiál a tenké zemědělské přikrývky. [12]

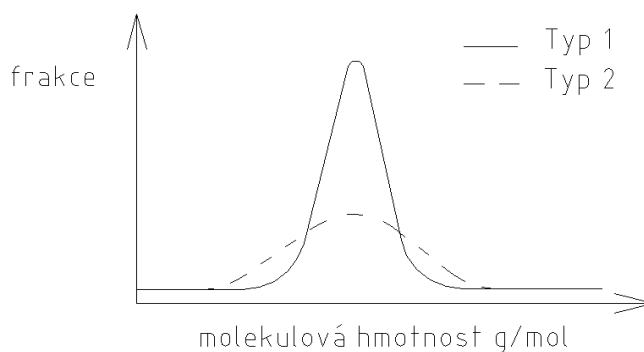
Nízkohustotní polyethylen je nejstarší typ polyethylenu. Polyethylen s nízkou hustotou LDPE se vyrábí radikálovou polymerací při vysokých teplotách a extrémně vysokých tlacích. Postup byl objeven chemiky firmy ICI v roce 1933 a výroba byla zahájena v roce 1938. Dnes se prakticky ve stejné míře využívají dva postupy výroby LDPE. A to v trubkových reaktorech a polymerace v autoklávech. [4,12]

Nejběžnější obchodní značky LDPE zpracovávané v České Republice jsou Bralen, Lupolen, Hostalen a Vestolen. [4]

### Vysokohustotní polyetylen (HDPE)

Díky vysoké krystalinitě je vysokohustotní polyethylen nejvíce tvrdý a nejméně ohebný mezi různými typy polyethylenů. HDPE má v molekule minimum postranních řetězců. Proto je hustota vždy vyšší než 940 kg/m<sup>3</sup>. Tuhý a poněkud tvrdý charakter je užitečný pro širokou řadu aplikací. [11]

V souladu s distribucí molární hmotnosti jsou rozlišovány dva hlavní typy HDPE. Typ 1, který má úzký pás distribuce molární hmotnosti, je používán k výrobě například přepravků pro ovoce, zeleninu nebo nápoje. Typ 2, který má širší pás distribuce molární hmotnosti, může být použit pro výrobu netransparentních lahví, kontejnerů a potrubí. [11]



Obr. 3 Distribuce molekulové hmotnosti HDPE

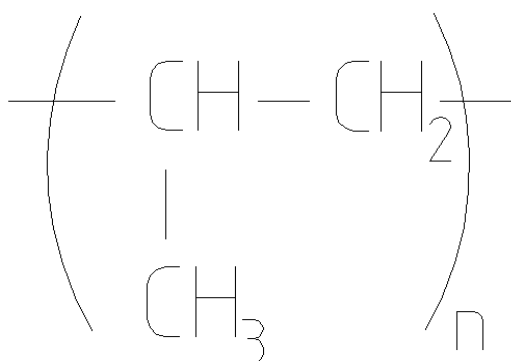


HDPE je dnes vyráběn třemi základními technologickými postupy – roztokovým, suspenzním a v plynné fázi. Suspenzní proces je nejstarším postupem a dodnes se široce využívá. [4]

## 2.2 Polypropylen (PP)

Polypropylen je termoplastický polymer ze skupiny polyolefinů, které patří mezi nejběžnější plasty, používá se v mnoha odvětvích potravinářského a textilního průmyslu a v laboratorních vybaveních. Prodává se pod obchodním názvem *Triplen, Tatren, Mosten*. [4,13]

PP je lineární polymer a je klasifikován jako polyolefin. Charakteristická je methylová skupina (CH<sub>3</sub>). V závislosti na prostorovém uspořádání těchto skupin k hlavnímu uhlíkovému -C-C- řetězci rozlišuje se mezi ataktickým PP (aPP) s nepravidelným uspořádáním skupin -CH<sub>3</sub>, izotaktickým PP (i-PP) s CH<sub>3</sub> skupinami na jedné straně uhlíkového řetězce a syndiotaktickým PP (sPP) se střídavým uspořádáním skupin -CH<sub>3</sub>. Ataktický polypropylen má velmi nízkou teplotu tání a je prakticky nežádoucím produktem. Vzdávající takticitu (pravidelnost CH<sub>3</sub> uspořádání) vede ke vzrůstu stupně krystalinity, teploty tavení, pevnosti v napětí, pevnosti a tvrdosti. Orientace těchto metylových skupin je velmi důležitá pro stanovení fyzikálních vlastností a komerční užitečnosti polymeru. [4,13]



Obr. 4 Strukturální vzorec PP

Izotaktický polypropylen se v současné době těší velkému zájmu průmyslu (stupeň krystalinity je 40 až 60%) a je masově vyráběn. Výroba syndiotaktického PP je doposud omezená - v poslední době stala možnou díky pokroku ve výzkumu metallocenových katalyzátorů. [4,13]

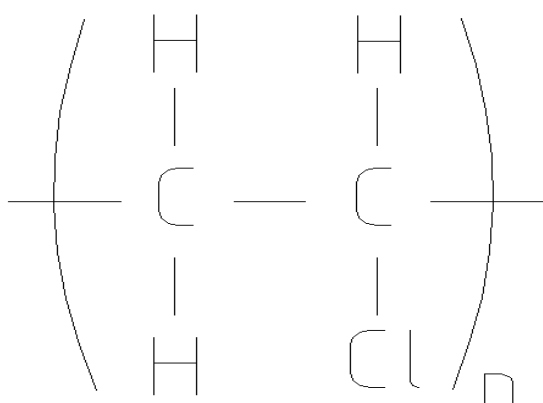
Polypropylen lze použít na různé výrobky, u nichž je vyžadována tuhost, mechanická pevnost a dobré elektroizolační vlastnosti. V automobilovém průmyslu se uplatňují dílce na přístrojové desky, ventilátory. Ve spotřebním průmyslu jako součásti mixérů, sušičů na vlasy, vysavačů. Fólie mohou v obalové technice konkurovat celofánu. Používají se k balení mastných produktů a pro výrobu varných sáčků. [4]

### 2.3 Polyvinylchlorid (PVC)

Polyvinylchlorid je jedním z nejdůležitějších termoplastů. Má řadu výhodných vlastností a relativně nízkou cenu. Snadná je jeho zpracovatelnost prakticky všemi základními postupy (válcování, vytlačováním, vstřikováním, vyfukováním, vakuovým tvarováním atd.) [4,8]

Polyvinylchlorid se vyrábí polymerací vinylchlorid monomeru (VCM), který je karcinogenem vyvolávajícím zvláštní typ rakoviny jater (angiosarkom). Vzniklý produkt je bílý prášek nebo zrnitá hmota. Polymeruje se spíše do řetězců, jen částečně se rozvětvuje. Není rozpustný ve vodě, v olejích ani v koncentrovaných anorganických kyselinách a zásadách. [8]

Vinylchlorid polymeruje snadno za různých podmínek (radikálovým a aniontovým mechanismem). V průmyslu se využívá radikálového mechanismu a technik suspenzní, emulzní a blokové polymerace. [4]



Obr. 5 Strukturální vzorec PVC

Samotný polymer se nezpracovává, pro využití se mísí s různými přísadami. Polyvinylchlorid se tak zpracovává buď bez změkčovadel, pouze se stabilizátory, mazivy a modifikátory na tvrdé výrobky (trubky, profily, desky, apod.), nebo se změkčovadly na výrobky polotuhé až elastické (folie, nádoby, hračky, ochranné rukavice atd.). Neměkčený, tvrdý

polyvinylchlorid je znám pod zobecněným obchodním označením novodur, měkčený pod názvem novoplast. [8]

Dochází-li k likvidaci PVC spalováním, unikají ze spaloven nebezpečné látky jako chlorovodík, hexachlorbenzen. Tyto látky jsou nežádoucími vedlejšími produkty spalování, jsou toxické, většinou karcinogenní a zdraví člověka škodlivé. [4,8]

## 2.4 Polyamidy (PA)

Polyamidy jsou lineární polymery obsahující v řetězcích amidové skupiny - CONH-. Nejvýznamnější a nejrozšířenější jsou polyamidy s alifatickými řetězci, na trhu jsou však i typy aromatické. Polyamidy se vyrábějí čtyřmi postupy: [4]

1. polykondenzací karboxylových kyselin a diaminů
2. polykondenzací  $\omega$ -aminokarboxylových kyselin
3. polymerací cyklických laktas
4. polykondenzací dichloridů aromatických dikarboxylových kyselin s aromatickými diaminy

Vlastnosti polyamidů se mění v závislosti na výchozích monomerech. Vysoká houževnatost, tvrdost, odolnost proti oděru a dobré elektroizolační charakteristiky jsou vlastnosti, na nichž spočívá použití polyamidů jako plastů i vláken. [4]

V automobilovém průmyslu nahrazují polyamidy ocelové a hliníkové části vozů. Jsou lehké, nekorozivní a především samomazné, proto se uplatňují jako ozubená kola, ložiska a jiné součásti motorů. Polyamidy mají dobré elektrické vlastnosti, používají se v elektrických a elektronických zařízeních jako konektory, izolační systémy, elektrické rozvody, vypínače, zásuvky apod. [7]

Polyamidy jsou využívány pro řadu průmyslových aplikací, např. jako filtrační tkaniny, kordy pneumatik, pásových dopravníků, na výrobu airbagů, lan a provazů, nití, sítí, rybářských vlasců apod. [7]

Polyamidová vlákna jsou využívána pro výrobu na omak příjemných a pohodlných potahových látek pro nábytkářský a automobilový průmysl, nášlapné vrstvy kobereců, textilií, sportovního oblečení, mimo jiné i pro výrobu extrémně odolných ochranných oděvů, kombinéz pro piloty tryskových letadel, průmyslové elektro a oděruodolné izolace. Stále

dokonalejší polyamidová vlákna jsou dnes spojována s kvalitou, pohodlím, funkčností a designem, což byly dříve vlastnosti přisuzované pouze přírodním vláknům. [pa]

Polyamidové fólie jsou používány na balení potravin, nabízejí pevnost a nízkou propustnost plynů spolu s tepelnou odolností. [7]

### 3 VYTLAČOVÁNÍ PLOCHÝCH FÓLIÍ

Ploché fólie dnes zaujímají významné místo ve zpracování plastů. Představují důležitý obalový materiál, používají se jako podložky pro filmy, magnetofonové pásky apod. Uplatňují se jako izolační a kondenzátorové fólie v elektrotechnice. Silně monoaxiálně dložené fólie jsou polotovarem pro výrobu pásků, vláken pro výrobu koberců, pytlů aj. [5]

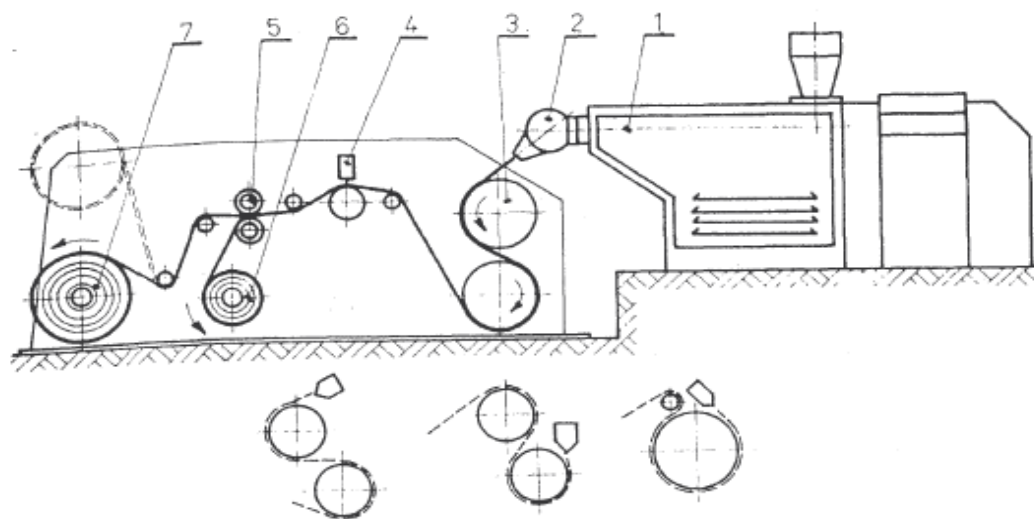
Fólie se vyrábějí vytlačováním z PETP, PP, HDPE, PC, PA a PVC. Fólie vytlačené na šnekovém vytlačovacím stroji lze dále zpracovávat na chladícím válci, leštící stoličce, kalandru nebo ve vodní lázni. [5]

#### 3.1 Linka na vytlačované fólie

Linka se skládá z vytlačovacího stroje se širokoštěrbínovou vytlačovací hlavou. Fólie se vytlačuje na chladící válec. Intenzitu odvodu tepla lze regulovat velikostí teplosměnné plochy (rozsahem opásání). Chladící válce mají leskle chromovaný povrch a vnitřní vestavbu pro vedení temperančního média. Ochlazená fólie prochází měřicím ústrojím, okraje fólie se ořezávají kotoučovými noži a odpad je navíjen na navíjecí zařízení nebo je přímo drcen. Fólie je navíjena na navíjecí zařízení, které je dvojité z důvodu urychlení výměny balíku. [2,6]

Linka je vhodná pro vytlačování z materiálů rPE, PA nebo PP. Pro materiály, které rychle krystalizují jako např. PP, je chlazení na válcích nahrazeno chlazením temperovanou vodní lázní. Fólie přitom zůstává amorfní což má zásadní vliv na jejich vlastnosti. Fólie je také možno vytlačovat pomocí hlavy s kruhovou šterbinou ve formě hadice, která se rozřezává a odvíjí do roviny. [2,6]

Skladba linek se přirozeně může měnit v závislosti na druhu zpracovávaného materiálu a druhu fólie. [2,6]



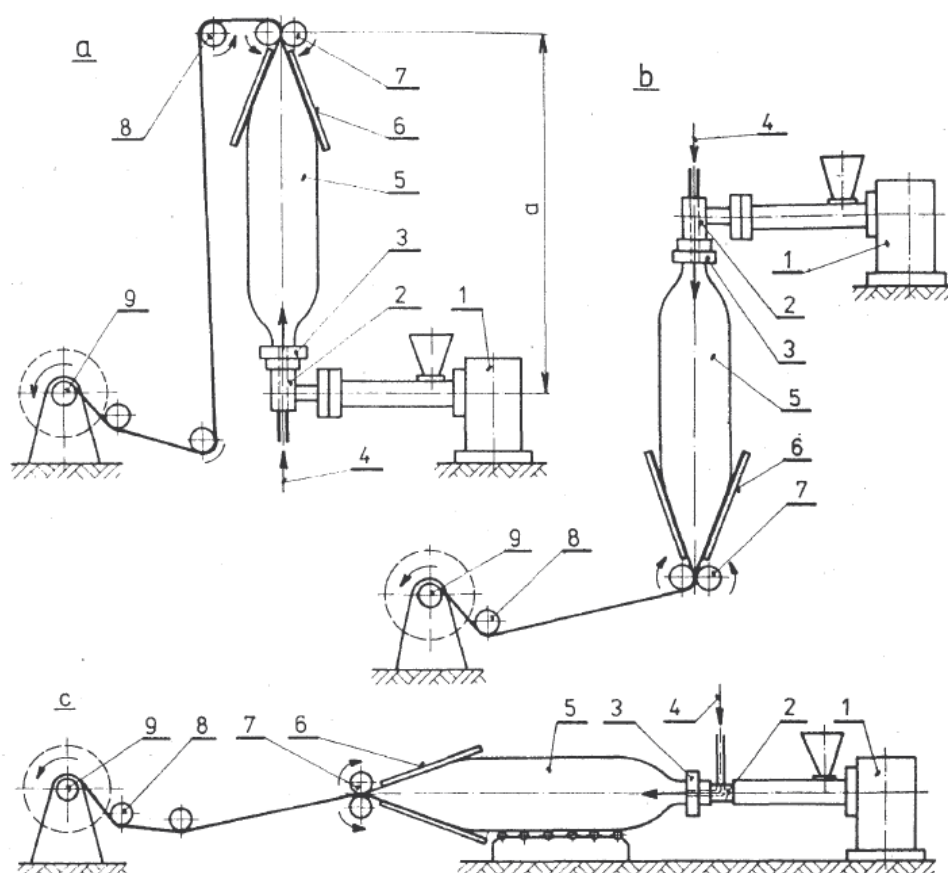
Obr. 6 Linka na vytlačování fólií [2]

- 1 – šnekový vytlačovací stroj, 2 – vytlačovací hlava, 3 – dvouválcový chladicí stroj,  
 4 – měřicí ústrojí, 5 – kotoučové nože, 6 – navíjecí ústrojí pro odpad,  
 7 – navíjecí ústrojí pro fólii

### 3.2 Linka na vyfukování fólií

Linka na vyfukované fólie se může vyskytovat podle uspořádání odtahu ve třech modifikacích: s horním, spodním nebo přímým odtahem. Nejčastěji se vyskytují linky s horním odtahem. Vytlačovací stroj je opatřen hlavou pro vyfukování fólií. Vytlačená hadice (folie) se určitým přetlakem vyfoukne chladícím vzduchem, přiváděným chladícím prstencem. Ten zaručuje rovnoměrné ofukování fólie po celém obvodu. Vzduch se do hadice přivádí trnem přímo nebo přes žebro rozdělovače. Vyfouknutá hadice se postupně chladí. Délka chladicí dráhy závisí na druhu zpracovávaného materiálu, tloušťce fólie a rychlosti vytlačování (odtahu). [2,6]

Ochlazená fólie se skládá mezi skládacími deskami a uzavírá odtahovými válci. Odtahové válce mají samostatný regulovatelný pohon, jeho pomocí se reguluje poměrné prodloužení a tím i tloušťka fólie. Fólie se navíjí na navíjecí zařízení, které opět bývá dvojitě. V případě potřeby je možno složenou fólii jednostranně nebo oboustranně ořezávat. Je-li fólie učena k potiskování, provádí se povrchová úprava koronovým výbojem. [2,6]



Obr. 7 Linka na vyfukované fólie [2]

*a, b – vertikální odtah, c – horizontální odtah*

*1 – šnekový vytlačovací stroj, 2 – vytlačovací hlava, 3 – chladicí prstavec,  
4 – přívod rozfukovacího vzduchu, 5 – rozfouknutá fólie, 6 – skládací desky,  
7 – tažné válce, 8 – vodící válečky, 9 – navíjecí ústrojí*

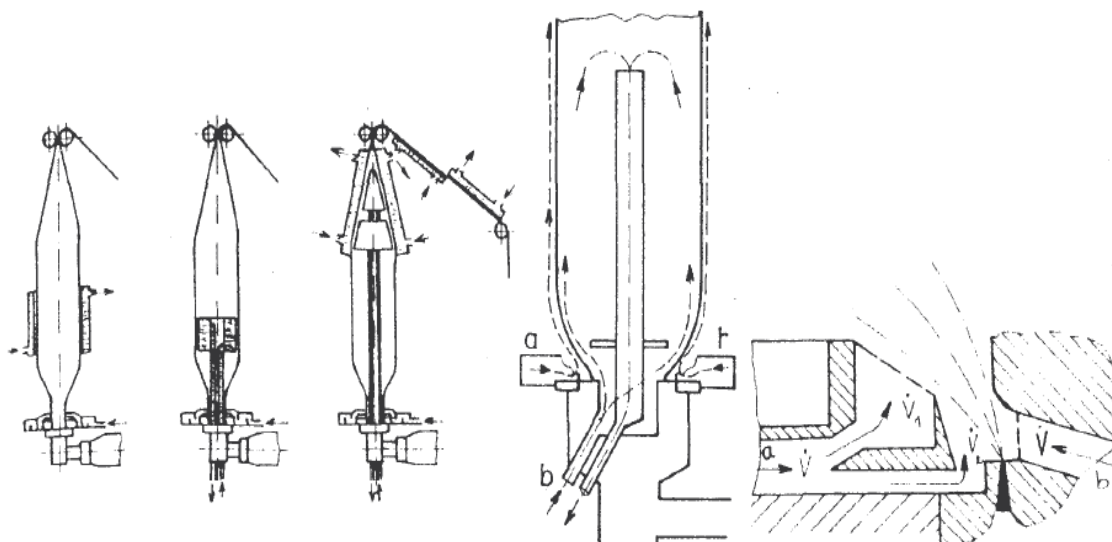
Rychlost výrobní linky je limitována rychlostí chlazení vyfouknuté fólie. Chlazení lze intenzifikovat chladícími prstenci umístěnými vně fólie, uvnitř fólie nebo oboustranně, chlazením skládacích desek nebo vnitřní a vnější chlazení vzduchem. [2,6]

Aby vyfukovací poměr neměl vliv na intenzitu chlazení, je přívod chladícího vzduchu vně i uvnitř v těsné blízkosti hubice. Vnější přívod je rozdělen na dvě části. Celkové množství chladícího vzduchu se rozdělí na dvě části  $V_1$  a  $V_2$ . Změnou vyfukovacího poměru se množství  $V_1$  poněkud zmenší, zvětší se však množství  $V_2$ , které zabrání případnému dosednutí vyfouknuté fólie na chladicí prstavec. Chladící vzduch dodává ventilátor, zevnitř

hadice je ohřátý vzduch odsáván odtahem. Linka s horním odtahem má nevýhodu v obtížném zavádění fólie při náběhu výroby a ve zhoršených podmínkách chlazení. [2,6]

Obdobné uspořádání má i linka se spodním odtahem. Její nevýhodou je však, že těžký vytlačovací stroj musí být umístěn na podestě nebo podlaží a samovolné protahování fólie působením vlastní hmotnosti. Výhodou je snazší zavádění fólie i dokonalejší chlazení samovolným prouděním vzduchu. [2,6]

Linka s horizontálním odtahem má celou řadu nevýhod, které znemožnily jejich další rozšíření. Hlavní nevýhodou je prověšování vyfouknuté fólie mezi vytlačovací hlavou a odtahem. [2]



Obr. 8 Intenzifikace chlazení fólie [2]

Výrobní linky na vyfukované fólie představují složitý výrobní celek. K dosažení požadovaných parametrů, zejména tloušťky fólie je nutné proces řídit. Průměr rukávu je sledován pohyblivým ramenem umístěným v místě vstupu fólie do kalibračního koše. Změnou polohy ramena se reguluje přívod vzduchu do rukávu a tím je udržován jeho konstantní průměr. Mikroprocesor sleduje a ovládá celou řadu dalších funkcí, kterými lze řídit rozměry fólie (průměr a polohu kalibračního koše, odtahovou rychlost, otáčky šneku atd.) [2]



## 4 VYTLAČOVACÍ STROJE

Vytlačovací stroje jsou určeny ke kontinuální nebo diskontinuální výrobě desek, fólií, tyčí, profilů, trubek a jiných výrobků z plastů nebo kaučukových směsí. Princip vytlačování spočívá v převedení materiálu do plastického stavu a vytlačení profilovaným otvorem do volného prostoru. Po vytlačení následují další operace jako fixace tvaru a rozměru (kalibrace), chlazení eventuelně vulkanizace a chlazení. [2]

Vytlačovací stroje se dělí podle hlavní pracovní části na: [2]

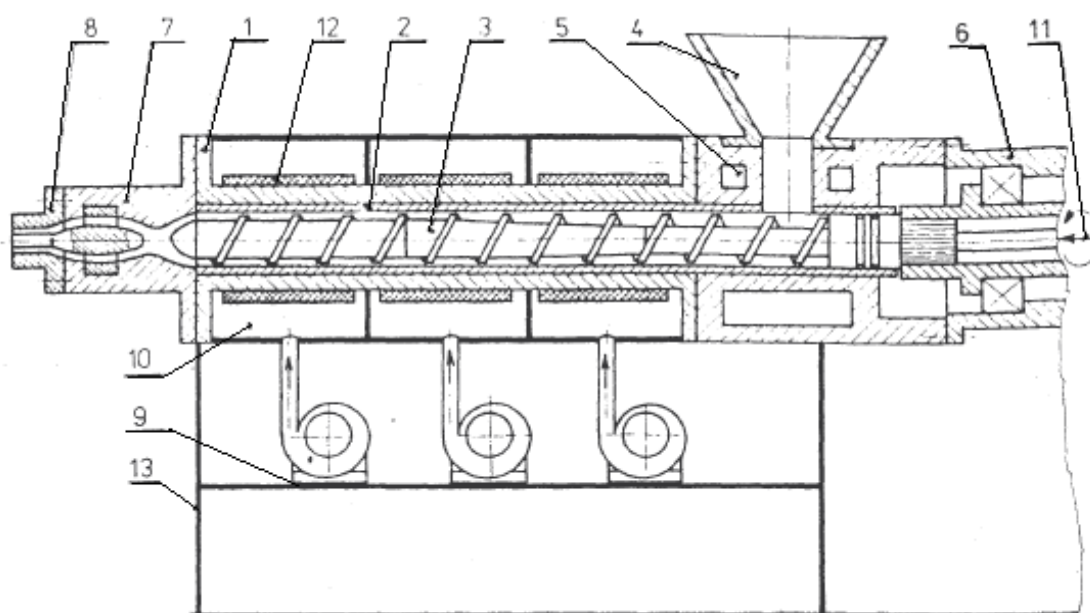
- šnekové
- pístové
- diskové
- spirálové
- speciální

### 4.1 Šnekové vytlačovací stroje

Šnekové vytlačovací stroje vzhledem ke kontinuálnímu způsobu práce zaujmají přední místo mezi stroji na zpracování plastů. Významné je použití šnekových vytlačovacích strojů jako plastikacích jednotek vstřikovacích strojů. Uplatňují se zvláště dvoušnekové vytlačovací stroje v přípravném zpracování plastů. [5]

Konvenční šnekový vytlačovací stroj zachycuje ve vstupním pásmu granulovanou, aglomerovanou či práškovou hmotu a dopravuje ji směrem k hlavě za současného stlačení.

V přechodovém pásmu je hmota plastikována, promíchávána a dále stlačována. Výstupním pásmem je materiál i teplotně homogenní tavenina kontinuálně pod tlakem uváděna do tvářecí hlavy. [5]



Obr. 9 Jednošnekový vytlačovací stroj [2]

1 – pracovní válec, 2 – vložka pracovního válce, 3 – šnek, 4 – násypka,  
 5 – chladičí kanálky, 6 – ložisková skříň, 7 – vytlačovací hlava, 8 – vytlačovací hubice,  
 9 – chladičí ventilátor, 10 – chladičí kanály, 11 – přívod temperančního média,  
 12 – topné pásy, 13 – stojan

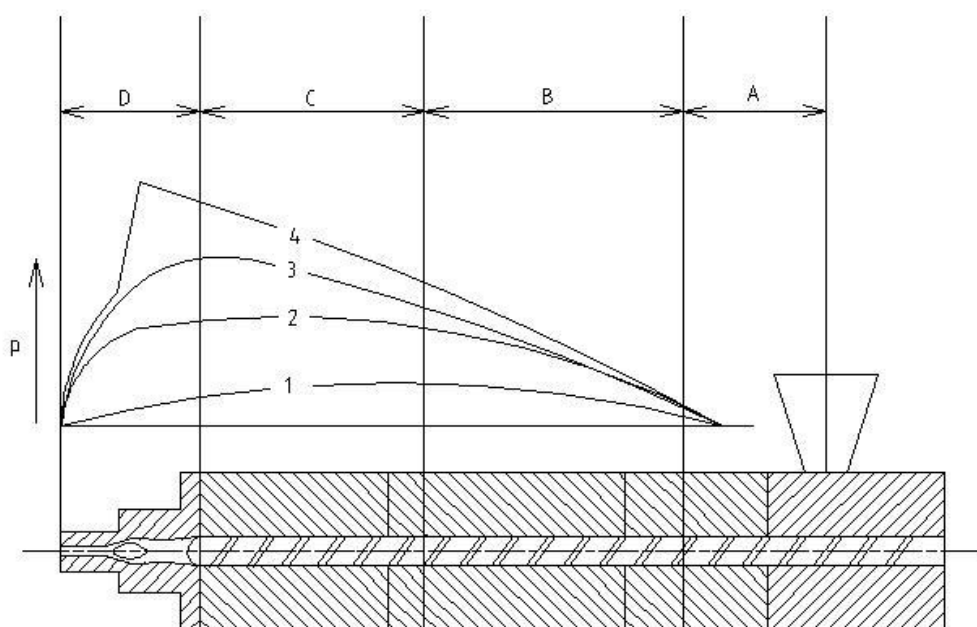
Technický vývoj šnekových vytlačovacích strojů si celkově klade tyto cíle: [5]

- a) velkou vytlačovací výkonnost úměrnou otáčkám šneku a co nejméně závislou na protitlaku
- b) rovnoměrnou dopravu taveniny bez pulsací
- c) místně i časově rovnoměrnou teplotu taveniny, optimální z hlediska výkonnosti stroje a kvality vytlačovaného výrobku
- d) vytlačování taveniny bez orientace
- e) homogenní zamíchání polymeru se všemi přísadami
- f) vytlačení výrobku bez pórů, bublinek, přípravu taveniny bez těkavých podílů i při velké výkonnosti při plnění granulátem i práškem

### Vytlačovací stroje jednošnekové

Jednošnekové vytlačovací stroje patří k běžnému zařízení gumárenského a plastikářského průmyslu. Teplotu pracovního válce zajišťuje ventilátor. Šnek se temperuje proudem temperačního média topnou hlavou, řešenou podle druhu a typu zpracovávaného materiálu. [6]

Z hlediska konstrukčního prošel vývoj jednošnekového vytlačovacího stroje několika etapami. Původně byli vytlačovací stroje poměrně jednoduché s krátkými šnekami. Ovšem s přicházejícími novými materiály i novými funkcemi šneku se šneky prodlužovali a zvyšovali se jejich otáčky. [6]



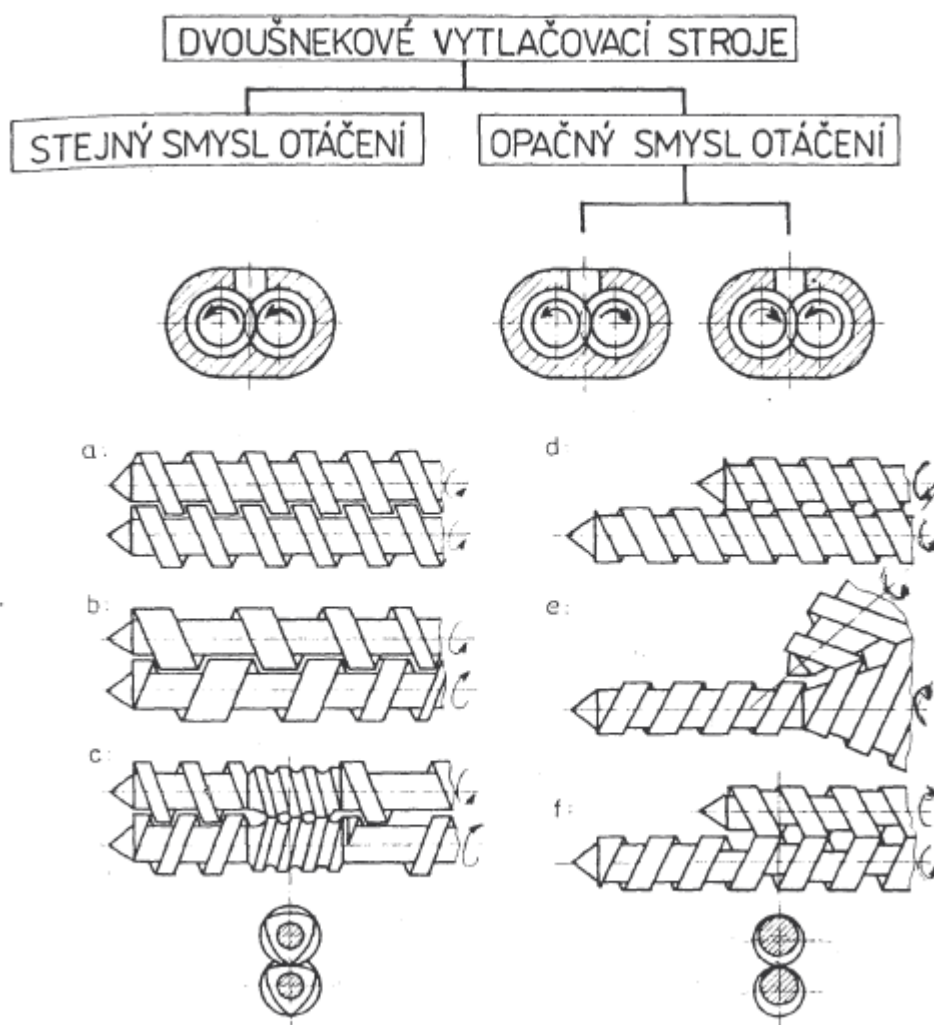
Obr. 10 Průběh tlaku ve šnekovém vytlačovacím stroji

*A – vstupní zóna, B – přechodová zóna, C – výstupní zóna, D – zóna hlavy,  
1 – hlava s nepatrným odporem, 2,3 – hlavy s postupně stoupajícím odporem,  
4 – hlava se zvýšeným odporem pomocí lamače*

## Vytlačovací stroje dvoušnekové

Dvoušnekové vytlačovací stroje umožňují dosažení větších výkonů, snaží zpracování sypkých materiálů při nižším smykovém a tepelném namáhání. Lze je rozdělit podle smyslu otáčení a podle uspořádání. [6]

Šneky v normálním uspořádání spolu zabírají a jsou stejně dlouhé. Pokud je jeden ze šneků kratší, slouží k dokonalejšímu zaplňování šnekového kanálu hlavního šneku. kompresní poměr se vytváří změnou jejich průměru nebo změnou šířky vodící plochy. Ke zvětšení hnětacího účinku mohou být v přechodové části šneku zabudovány hnětací vačky, obvykle trojboké, nebo ho lze taky dosáhnout u šneků s výstředným jádrem šneku. [6]



Obr. 11 Rozdělení dvoušnekových vytlačovacích strojů [2]

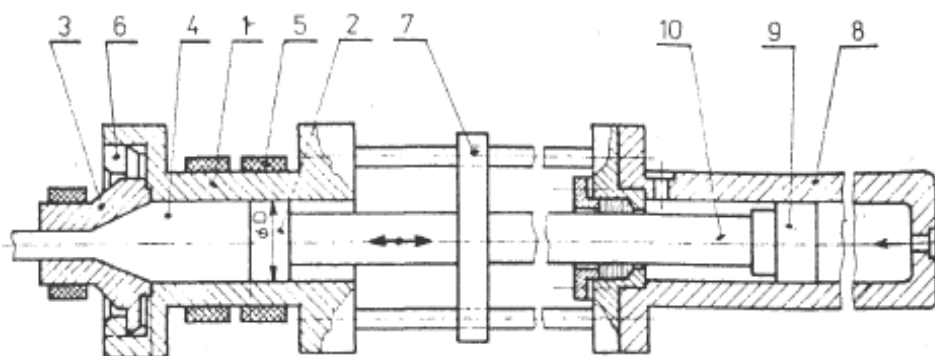
*a, b, c – normální uspořádání, d, e, f – zvláštní uspořádání*

## 4.2 Pístové vytlačovací stroje

Hlavním pracovním elementem těchto vytlačovacích strojů (Obr. 12) je vytlačovací píst s hydraulickým nebo mechanickým pohonem. Skládá se z pohonné a pracovní části. Pohonnou část tvoří hydraulický válec s pístem. Spojení s pracovní částí zabezpečuje pístnice vedená v příčnicku. Hydraulický válec je součástí dvoutlakého hydraulického obvodu. Nižší tlak při dodávkách velkého množství hydraulické kapaliny zabezpečuje pomocné a přípravné posuny válce, vyšší tlak pracovní pohyb pístu. [2]

Pracovní část je tvořena pracovním válcem a pístem s vytlačovací hlavou. Materiál pro vytlačování se vkládá do pracovního válce. Pro snadnou a rychlou manipulaci bývá řešeno spojení vytlačovací hlavy s pracovním válcem pomocí bajonetového uzávěru. pracovní válec i vytlačovací hlava jsou opatřeny topnými pásy. [2]

Velikost pístového vytlačovacího stroje je určena maximální vytlačovací silou, průměrem a zdvihem pracovního pístu. Pístové vytlačovací stroje jsou vhodné k vytlačování materiálů citlivých na teplotu (PF) nebo špatnými tokovými vlastnostmi (PTFE). vytlačovaný materiál není namáhán vysokým smykem. Proto lze tímto způsobem vyrábět profily v poměrně úzkých výrobních tolerancích. Nevýhodou pístových vytlačovacích strojů je jejich cyklický výrobní proces. [2,9]



Obr. 12 Pístový vytlačovací stroj [2]

- 1 – pracovní válec, 2 – pracovní píst, 3 – vytlačovací hlava,  
 4 – vytlačovaný materiál, 5 – topná tělesa, 6 – bajonetový uzávěr,  
 7 – vedení pístnice, 8 – hydraulický válec, 9 – píst, 10 – pístnice

### 4.3 Diskové vytlačovací stroje

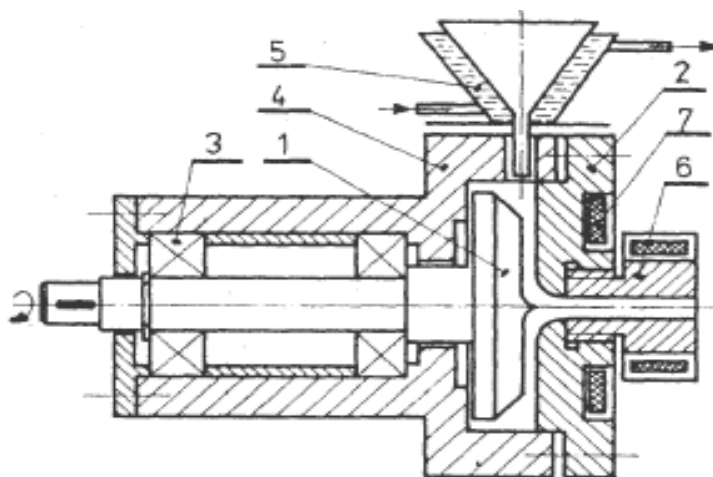
U diskových vytlačovacích strojů se využívá zvláštní chování zpracovávaného materiálu podmíněného jeho viskoelastickými vlastnostmi (Weissenbergův efekt). Schéma diskového vytlačovacího stroje je na obrázku (Obr. 13). [2]

Hlavní částí je disk uložený na ložiskách a otáčející se v tělese. Mezi přední deskou a tělem disku je vytvořena štěrbina o určité velikosti. Materiál vchází do štěrbiny z chlazené násypky, natavuje se a dopravuje účinkem elastických napětí v radiálním směru k vytlačovací hubici. Teplo potřebné k natavení materiálu dodávají také topná tělesa umístěná v čelní desce a na vytlačovací hubici. [2]

Dosahované vytlačovací tlaky jsou velmi malé (řádově desetiny MPa). Jejich velikost je závislá na normálovém napětí, které je funkcí tzv. gradientu rychlosti. Optimální hodnota gradientu rychlosti je  $500 - 600 \text{ s}^{-1}$ . Při vyšších hodnotách se projevují nežádoucí jevy jako např. vyšší ohřev, elastická turbulence aj. [2]

Výkon diskového vytlačovacího stroje je dán jeho konstrukčním uspořádáním (tvar pístu, průměr, otáčky), smykovou rychlostí a vlastnostmi zpracovávaného materiálu. [2]

Nevýhodou diskových vytlačovacích strojů je tedy dosažení velmi nízkých vytlačovacích tlaků. Jejich výhodou je dobrá homogenizace taveniny a snadné ovládání plastikace. [2]

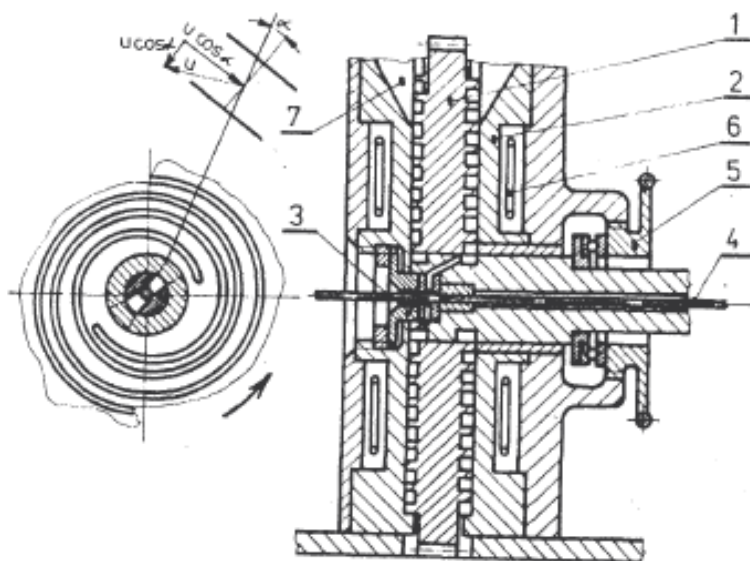


Obr. 13 Diskový vytlačovací stroj [2]

1 – rotor, 2 – čelní deska, 3 – ložisko, 4 – těleso,  
5 – násypka, 6 – vytlačovací hlava, 7 – topné těleso

#### 4.4 Spirálové vytlačovací stroje

Spirálové vytlačovací stroje se podobají diskovým vytlačovacím strojům. Materiál se pohybuje ve spirálově uspořádaném kanálu účinkem rychlostních složek, tedy nikoliv účinkem viskoelastických vlastností taveniny, jak je tomu u diskových vytlačovacích strojů. [2]



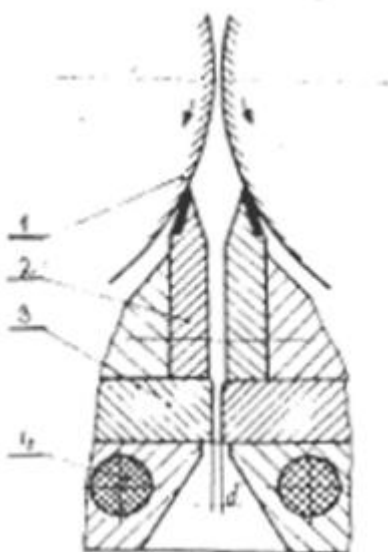
Obr. 14 Spirálový vytlačovací stroj na opláštění vodičů [2]

1 – rotor, 2 – stator, 3 – oplášťovací hlava, 4 – vodič,  
5 – ruční kolo, 6 – topné těleso, 7 – plnicí kanál

#### 4.5 Speciální vytlačovací stroje

Za speciální vytlačovací stroje se považují takové, které jsou vybaveny jiným pracovním prvkem, než je prostý šnek, píst nebo disk. Příkladem takového stroje je např. válcový vytlačovací stroj. Materiál vstupuje do skusu, kde je vyvozen příslušný vytlačovací tlak. Dále je dopravován do vytápěné hlavy tvořené stíracími deskami a stavitelnými čelistmi. [2]

Tyto stroje jsou vhodné pro vytlačování zejména vysoce plněných materiálů bez nároku na doplňkovou homogenizaci, které nejsou pro vysokou viskozitu vhodné pro běžné vytlačování. Příkladem může být vytlačování pásu brzdového obložení. [2]



Obr. 15 Válcový vytlačovací stroj [2]

1 – válce, 2 – stírací deska,  
3 - stavitelné čelisti, 4 - topení

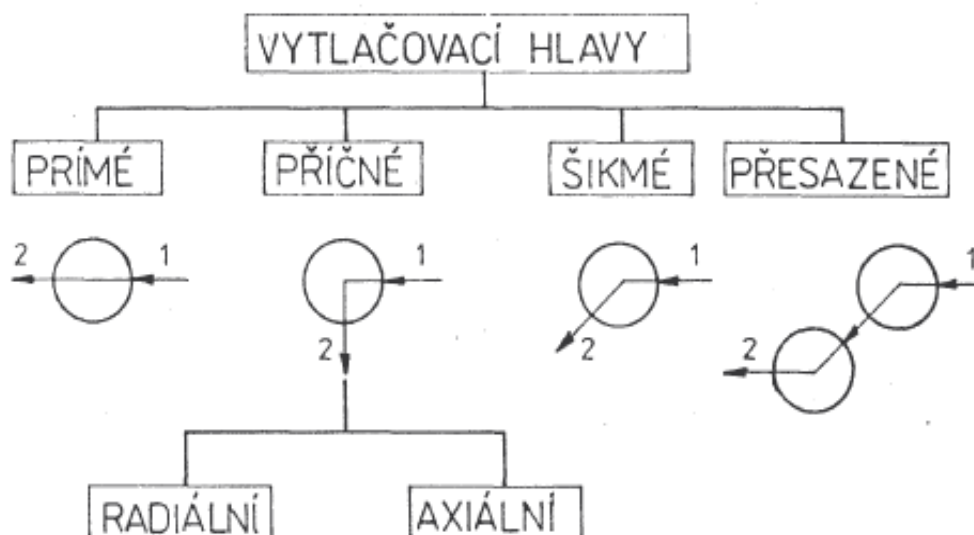


## 5 VYTLAČOVACÍ HLAVY

Hlava je část stroje, v níž materiál dopravovaný šnekem získává definitivní tvar. Musí mít takový profil, aby zaručovala pravidelný a trvalý tok materiálu. Musí vytvářet také rozumný tlakový spád. Nesmí v ní existovat mrtvé prostory, ve kterých by se materiál mohl zastavit a zůstat tak dlouho v kontaktu s vyhřívanou stěnou hlavy, až by docházelo k jeho degradaci. Počet stokových čar by měl být co nejmenší možný s optimální orientací.[5]

Mezi konec šneku a vytláčovací hlavu bývá vkládán lamač. Je to děrovaná deska s otvory o velikosti 3 až 8 mm. Jeho úkolem je uskutečnit poslední homogenizaci taveniny vystupující ze šneku. Lamač se používá jako opěra pro sadu čistících sítí. Průchodem sítě se tavenina zbavuje nečistot nebo nerozpracovaných příměsí. Zařazením lamače se sítě vzrůstá odpor, a tak se zvyšuje tlak na konci šneku, čímž se zvětšuje intenzita hnětení taveniny. [5]

Rozdělení vytláčovacích hlav podle polohy osy šneku a osy vytláčovací hubice je na obrázku. (Obr. 16) [2]



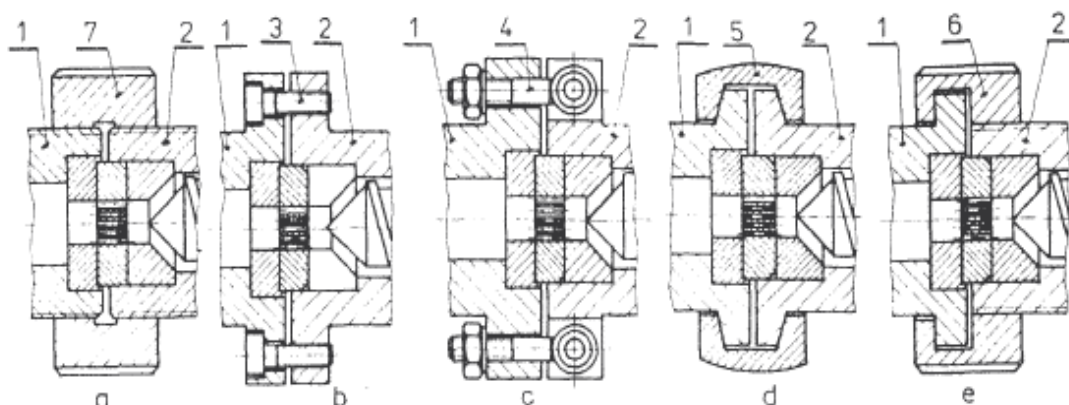
Obr. 16 Rozdělení vytláčovacích hlav [2]

1 – osa šneku, 2 – osa vytláčovací

Přímé vytláčovací hlavy se obvykle používají při výrobě tyčí, trubek, profilů a fólií. Příčné vytláčovací hlavy nacházejí uplatnění u vyfukovaných fólií a opláštění, šikmé při

výrobě tenkých fólií. Přesazené vytlačovací hlavy mají své uplatnění například při výrobě trubek s vnitřní kalibrací. [2]

Spojení vytlačovací hlavy s pracovním válcem musí být pevné a čisté. Spoj musí umožňovat snadnou montáž i demontáž. U malých vytlačovacích strojů se používá prosté šroubové spojení. Velmi rychlou výměnu vytlačovací hlavy umožňují objímkové a bajonetové uzávěry. [2]



Obr. 17 Způsoby spojení vytlačovací hlavy s pracovním válcem [2]

*a – prostý šroubový spoj, b – přírubový spoj, c – přírubový spoj se sklopnými šrouby, d – objímkový spoj, e – bajonetový spoj*

*1 – vytlačovací hlava, 2 – pracovní válec, 3 – šroub, 4 – odklopný šroub, 5 – objímka, 6 – objímka bajonetu, 7 – matice*

## 5.1 Vytlačovací hlavy s kruhovou výstupní štěrbinou

Vytlačovací hlavy s kruhovou výstupní štěrbinou se používají při vytlačování trubek, hadic, fólií, vytlačování parizonů a opláštění káblů. [3]

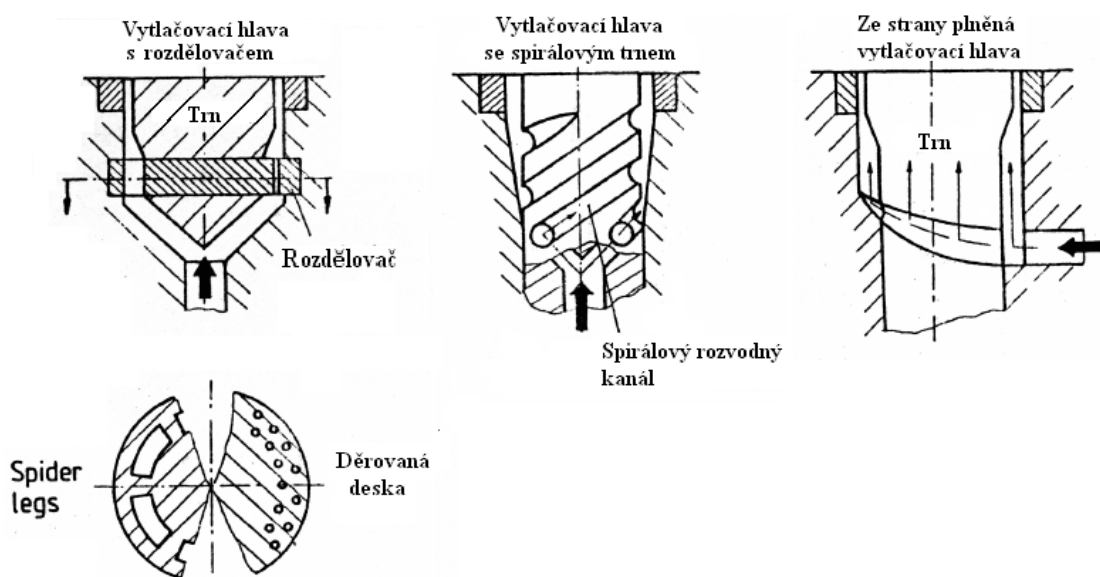
Vytlačování trubek a nezesílené hadice se provádí přes přímou vytlačovací hlavu. Pro vytlačování fólií, parizonů i pro opláštění vodičů je vytlačovací hlava umístěna většinou ve směru kolmém ke směru toku extrudátu. [3]

K výrobě již zmíněným prvkům se používají tyto typy vytlačovacích hlav: [3]

- vytlačovací hlava s rozdělovačem
- ze strany plněná vytlačovací hlava
- vytlačovací hlava se spirálovým trnem

Všechny tyto vytlačovací hlavy mají společný rys a to zónu nacházející se na výstupu, nazývanou též jako vnější kroužek. Tato zóna umožňuje tavenině relaxovat a tím i snížit alespoň část deformace, která vznikla během procesu. Tato zóna není k dispozici u vyfukovacích hlav s nastavitelnou šířkou výstupní štěrbiny. [3]

Oddělené řízení teploty této výstupní zóny umožňuje účinnou kontrolu kvality povrchu extrudátu. Pozice vnějšího kroužku může být upravena s ohledem na průtok taveniny ve výstupní štěrbině. [3]



Obr. 18 Vytlačovací hlavy s kruhovou výstupní štěrbinou [3]

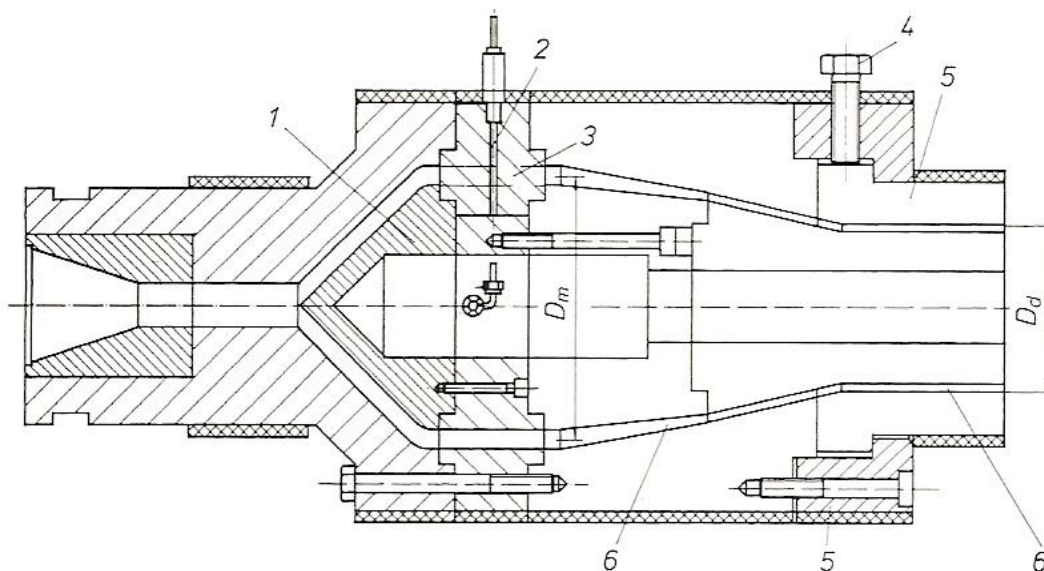
### 5.1.1 Vytlačovací hlava s rozdělovačem

Proud taveniny je dodáván extruderem v kanálu s kruhovým průřezem a následně je pomocí rozdělovače distribuován do prstencového proudu. Tavenina je rozdělena pomocí žebér rozdělovače do několika samostatných proudů. Žebry bývá veden přívod rozfukovacího vzduchu do vytlačovací hlavy. [3]

Základní části hlavy, rozdělovač a vnější kroužek jsou výměnné, je tedy možno použít pro více typů geometrií. S cílem dosáhnout jednotného rovnoměrného toku v mezikruží, může být vnější kroužek posunut v radiálním směru pomocí šroubů umístěných po obvodu. [3]

Předepnutý upínací kroužek je často používán v tomto designu. Talířové pružiny poskytují vhodný kontaktní tlak tak, aby bylo dosaženo dobrého těsnění, ale aby bylo umožněno pohybu vnějšího kruhu. [3]

Ze všech vytlačovacích hlav zobrazených na obrázku (Obr. 18), se vytlačovací hlava s přívodem taveniny v přímém směru používala v minulosti nejvíce. Je totiž zajištěna dobrá distribuce taveniny nezávisle na provozních podmínkách. [3]



Obr. 19 Vytlačovací hlava s rozdělovačem [3]

1 – trn, 2 – rozdělovač, 3 – žebro, 4 – seřizovací šroub, 5 – hubice, 6 – relaxační zóna

Hlavní nevýhodou při použití rozdělovače je tvorba stokových čar. Tavenina je pomocí žebér rozdělena do samostatných proudů, které se za rozdělovačem opět spojí. Stokové čáry nemusí být vždy vidět, ale jsou vždy přítomny ve struktuře a jsou nejslabším místem z hlediska mechanické pevnosti. [3]

Vysoký stupeň orientace v blízkosti žebra rozdělovače je mimo jiné důvod, proč dochází ke vzniku stokových čar. Orientace vzniká kvůli vysokému gradientu rychlosti v této zóně, když se tavenina drží u stěny vytlačovací hlavy a zejména vzhledem k velkému rozšíření v blízkosti konce žebra rozdělovače. Rozdíly v hustotě vlivem rozdílu teplot v tavenině a tvar žebra může hrát také roli. [3]

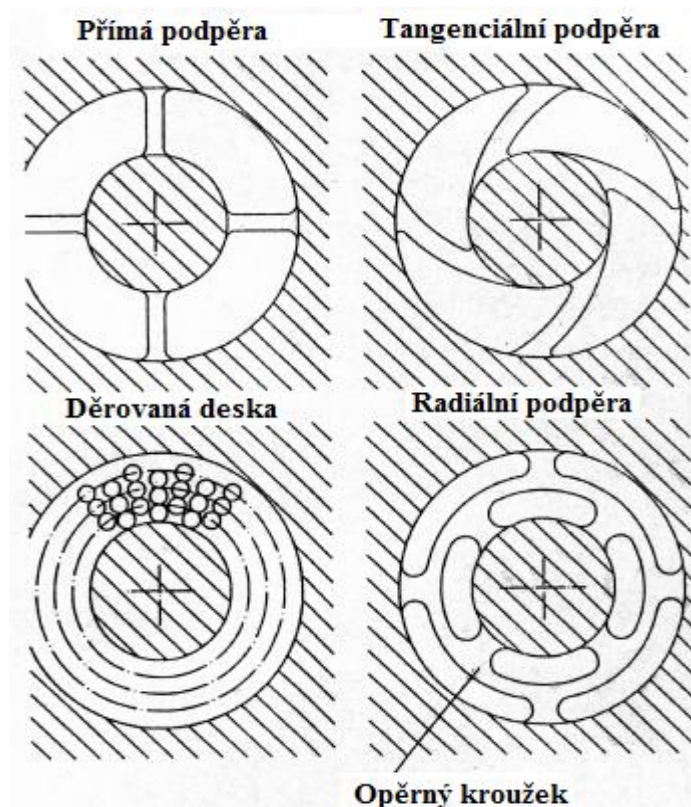
V podstatě existují tři možnosti jak snížit možnost výskyt stokových čar, které jsou nevyhnutelné při použití vytlačovací hlavy s rozdělovačem: [3]

- zvýšením teploty ve vytlačovací hlavě
- zajištěním rovnoměrné distribuce taveniny
- zajištěním jednotné struktury (podélná orientace molekul) po celém obvodu i mezi žebry rozdělovače

Toho lze dosáhnout: [3]

- použitím prvků, rotujících kolem osy hlavy, ovšem nevýhodou tohoto systému je, že rotující prvky vyžadují přídatný disk a ten může způsobit problémy s těsněním
- použitím povlaku na žebra rozdělovače z nevlhčeného materiálu, jako je PTFE, ale nevýhodou je rychlé opotřebení tohoto povlaku
- prodlužováním tokového kanálu a tím i zdržných dob, ale celková tlaková ztráta ve vytlačovací hlavě nesmí překročit maximální přípustnou hodnotu
- temperací žebër rozdělovače, ale je to obtížné díky relativně malé velikosti žebër, ovšem postupné zlepšování je dosažitelné
- zapojením omezovače nebo děrované desky, což se v praxi používá u polyolefinů

Některé z rozdělovačů jsou navrženy a zkonstruovány tak, aby se snížila tvorba stokových čar, nebo měli stokové čáry co nejlepší orientaci. Typy rozdělovačů jsou zobrazeny na obrázku. (Obr. 20) [3]



Obr. 20 Typy rozdělovačů [3]

Rozdělovač s opěrným kroužkem a rozdělovač s přímými podpěrami se používají především při vytlačování parizonu a u vyfukování. Způsob jejich práce je, že nerozšiřují

stokové čáry celou cestu přes celou stěnu, což je pro extrudát výhodné. Odpor toku taveniny musí být takový, aby na všech místech bylo dosaženo stejné rychlosti. [3]

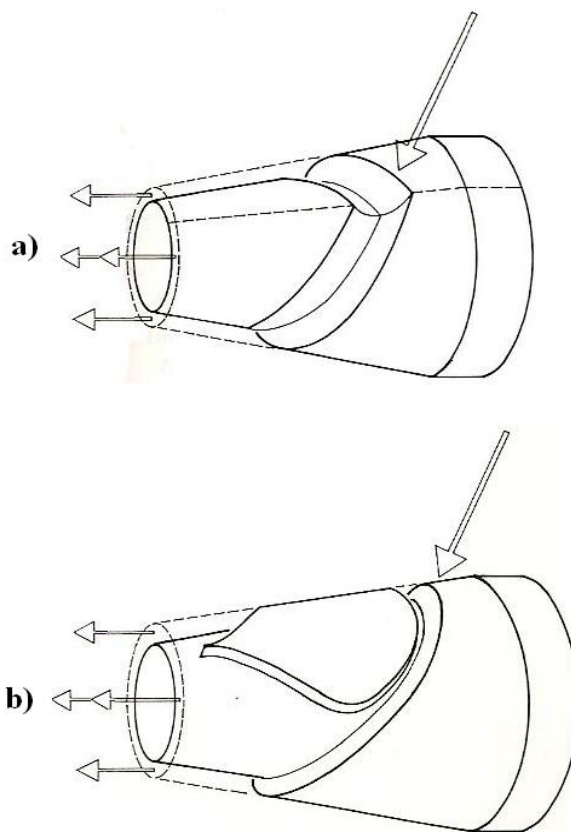
Žebro rozdělovače musí být navrženo s ohledem na tok taveniny. Mělo by se pohybovat v délce 30 až 80 mm a šířce 9 až 12 mm a mělo by směřovat k výstupu s ostrým úhlem  $8^\circ$ . Velikost mezery mezi žebry rozdělovače se volí 10 až 25 mm. Počet žeber je pak volen s ohledem na průměr rozdělovače. [3]

Ve vytlačovací hlavě se nesmí nacházet žádná slepá místa nebo zákoutí, které by mohly vést k degradaci materiálu. Hlava může být podrobena tlaku až 60 MPa, protože žebra rozdělovače musí být dimenzována tak, aby silám vznikajícím v důsledku působení vysokých tlaků bezpečně odolaly. Z hlediska mechanické pevnosti nesmí být průměr vytlačovací hlavy větší jak 700 mm. [3]

### **5.1.2 Ze strany plněná vytlačovací hlava**

U ze strany plněné vytlačovací hlavy je tavenina přivedena pod úhlem, nejčastěji 90 stupňů. Je to nezbytné v případě, že je trnem vedena podpěra, chladicí vzduch nebo polohotový výrobek k opláštění. [3]

Vstupující tavenina je vedena kolem trnu prostřednictvím potrubí nebo systému rozvodných kanálů, který může být nasazen na trnu nebo vnějším těle vytlačovací hlavy. Tímto způsobem dochází ke změně toku taveniny z radiálního směru na vstupu na axiální směr na výstupu. Typy trnů s rozvodným kanálem jsou na obrázku. (Obr. 21) [3]



Obr. 21 Typy trnů ze strany plněné vytlačovací hlavy [3]

*a – trn s rozvodným kanálem ve tvaru ramínko na šaty,*

*b – trn s rozvodným kanálem ve tvaru srdce*

Potíž s těmito vytlačovacími hlavami bývá v navrhování rozvodného kanálu takovým způsobem, aby materiál obtékal trn rovnoměrně přes prstencový otvor kolem celého obvodu. [3]

Při použití ze strany plněné vytlačovací hlavy nastane stejný problém jako u vytlačovací hlavy s rozdělovačem, a to výskyt stokových čar. Metody jejich eliminace jsou také stejné (zvýšením teploty ve vytlačovací hlavě, zajištěním rovnoměrné distribuce taveniny, zajištěním jednotné struktury). [3]

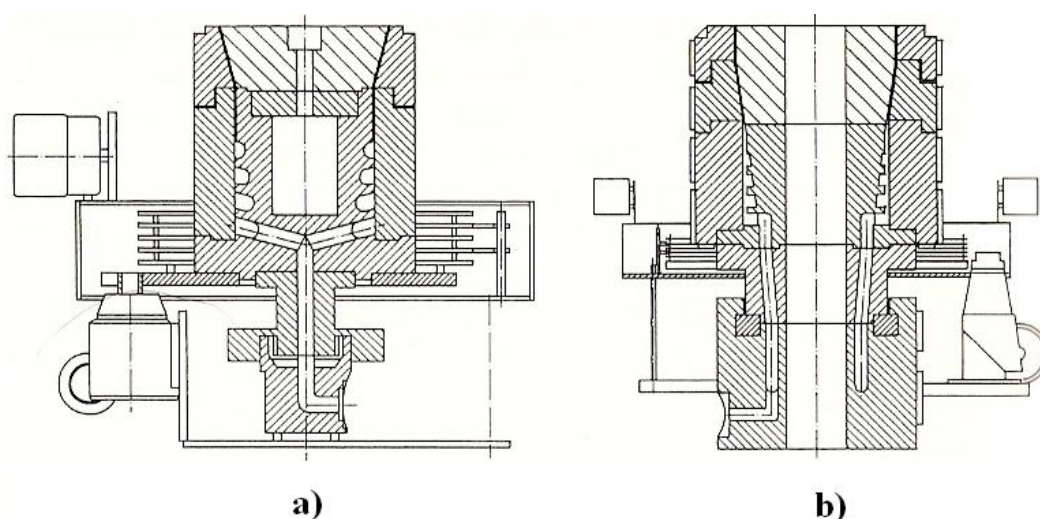
V případě použití trnu s rozvodným kanálem ve tvaru srdce, dochází k rozdělení taveniny do dvou samostatných proudů. Každý z nich je veden kolem poloviny trnu (délka cest by měla být pokud možno stejná), dokud nejsou opět spojeny. Jsou vytvořeny dvě stokové čáry, což je o jednu víc, než u systému ve tvaru ramínka na šaty, kde tavenina teče okolo trnu. [3]



Jako u všech ostatních typů vytlačovacích hlav, ze strany plněná vytlačovací hlava má paralelní zónu na výstupu s hubicí, která může být centrována seřizovacími šrouby. [3]

### 5.1.3 Vytlačovací hlava se spirálovým trnem

V klasické vytlačovací hlavě se spirálovým trnem je tavenina zpočátku rozdělena do několika samostatných proudů. Pro rozvod taveniny mohou být použity distribuční systémy ve tvaru hvězdy nebo prstenu. Tvar prstenu bývá upřednostněn, když jsou požadovány velké otvory v trnu. Tyto distribuční systémy vypouštějí taveninu do spirálových kanálů, které jsou vytvořeny na trnu v podobě několika závitů. [3]



Obr. 22 Vytlačovací hlavy se spirálovým trnem pro vytlačování fólií [3]

*a – přívod taveniny distributorem ve tvaru hvězdy, b – přívod taveniny distributorem ve tvaru prstenu*

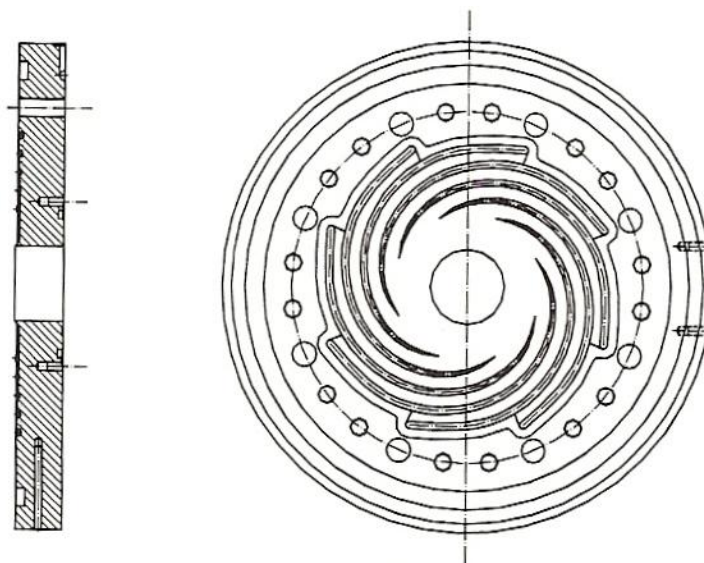
V spirálové sekci trvale klesá hloubka kanálu a vzdálenost mezi spirálovým trnem a vnitřní částí hlavy se postupně zvětšuje ve směru vytlačování. Tímto způsobem je tok taveniny rozdělen do dvou proudů. První proud teče axiálně přes plochu vytvořenou mezi dvěma spirálami, druhý pak ve spirálovém kanále. Kromě dobré tepelné a fyzikální homogenity, nedochází k tvorbě stokových čar, což je jednou z největších výhod této distribuční soustavy. [3]

U radiálního spirálového distributoru nejsou kanály vedeny axiálně kolem trnu klasickým způsobem, ale leží v rovině v radiálním uspořádání připomínající drážky na gramofonové desce. Nyní může být tavenina vedena z vnější strany místo ze spodu. Hloubka kanálu klesá směrem do centra, takže tavenina, která teče z počátku pouze v kanále, je nucena postupně téci po celé ploše. Pak je tavenina konečně přesměrována k výstupní štěrbině. [3]



K výhodám radiálního uspořádání patří dobrá tepelná separace jednotlivých modulů, menší doba zdržení. Dlouhý společný tok taveniny může vést k nestabilitě a způsobit problémy, v případě výskytu více vrstev taveniny. Radiální distributor je více náchylný k deformaci v důsledku tlaku taveniny a má více těsnících ploch. [3]

Výstupní část spirálového distributoru může být vyměnitelná, centrována a samostatně temperována. [3]



Obr. 23 Radiální uspořádání spirálového distributoru [3]

## **6 SHRNUÍ TEORETICKÉ ČÁSTI**

V teoretické části diplomové práce byly shrnuty poznatky týkající se vytlačování polymerů. Byl zde popsán způsob výskytu a eliminace negativních jevů, které mohou vznikat v průběhu procesu. Dále byla práce zaměřena na přehled polymerních materiálů vhodných pro výrobu fólií. Byly popsány linky pro vyfukování fólií se všemi jejími částmi. Dále byl v práci věnován prostor popisu vytlačovacích strojů a v poslední kapitole typům vytlačovacích hlav používaných při vyfukování fólií.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 ÚVOD PRAKTICKÉ ČÁSTI

Tato část práce je zaměřena na oblast návrhu a realizace modelu vytlačovací hlavy na tubulární fólii. Jako materiál pro výrobu tělesa vytlačovací hlavy, hubice a chladícího prstence byl zvolen PMMA. Pro vytlačovací trn byl zvolen materiál PU.

K obrábění všech komponentů vytlačovací hlavy bylo využito školní CNC frézky HWT 442, jejíž parametry jsou plně vyhovující k tomuto účelu. Vytvoření otvorů pro šrouby bylo zhotoveno pomocí sloupové vrtačky a k řezání závitů bylo použito sady závitníků. K přípravě leštění částí z PMMA bylo použito brusných papírů, pro samotné leštění pak leštících kotoučů. Konečná montáž byla provedena ve školní dílně.

## 8 KONSTRUKCE VYTLAČOVACÍ HLAVY

Volba materiálu PMMA k realizaci vytlačovací hlavy s sebou přináší výhodu v podobě maximálního možného znázornění tohoto modelu, ale také nutnost dbát na určité technologické omezení, vyplývající z vlastností zvoleného materiálu.

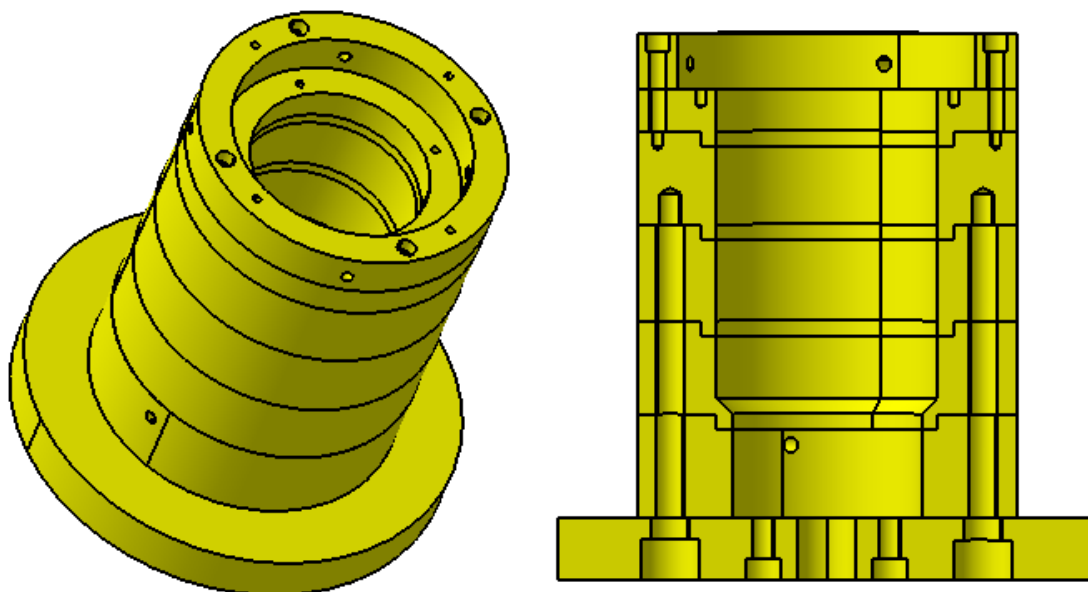
Zdrojem informací v tomto případě byly předchozí práce autorů, zabývající se realizací výrobků z PMMA. Jedná se o skutečnost, že při nedostatečném odvodu třísky z povrchu obrobku může docházet k natavení materiálu, a tím i znehodnocení povrchu. Dalším rizikem byla možnost vzniku prasklin a trhlin v materiálu. Z tohoto důvodu byl kladen důraz na umístění otvorů a děr v materiálu.

### 8.1 Konstrukce vytlačovací hlavy na tubulární fólii

Tento typ vytlačovací hlavy umožňuje lépe pochopit problematiku vytlačovacích hlav spojenou se způsobem uchycení vytlačovací hlavy na vytlačovací stroj, dále i distribuci polymerní taveniny spirálovým trnem. Rovněž objasňuje možnost nastavení hubice seřizovacími šrouby, a tím i regulaci tloušťky fólie a v poslední řadě rovnoměrné ofukování fólie vzduchem přivedeným přes chladicí prstenec.

#### 8.1.1 Těleso vytlačovací hlavy

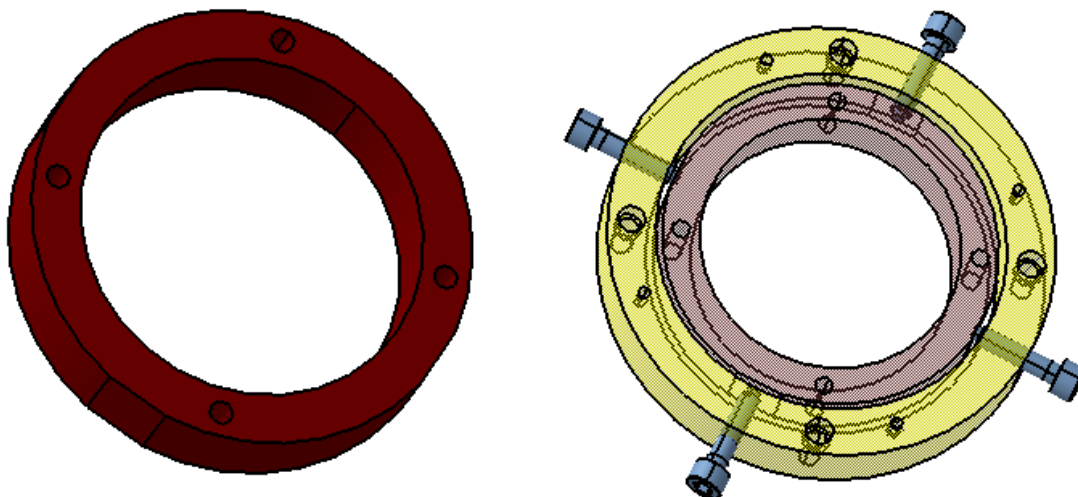
Těleso vytlačovací hlavy včetně naznačení pro způsob bajonetového spojení s vytlačovacím strojem bylo navrženo ze sedmi dílů, jelikož na tvorbu tělesa byly použity desky z PMMA, jejichž tloušťka byla do 35mm. Tyto díly po montáži vytváří celek. Těleso bylo spojeno pomocí čtyř šroubů o rozměrech M8 x 110 mm a čtyř šroubů o rozměrech M4 x 30 mm. Toto uspořádání bylo zvoleno z důvodu zachování optimální vzdálenosti díry od hrany tělesa, aby nedocházelo k vzniku trhlin v materiálu. Z boční strany byla vyvrtána díra, která slouží jako přívod vzduchu pro rozfouknutí fólie.



Obr. 24 Návrh tělesa vytlačovací hlavy

### 8.1.2 Hubice

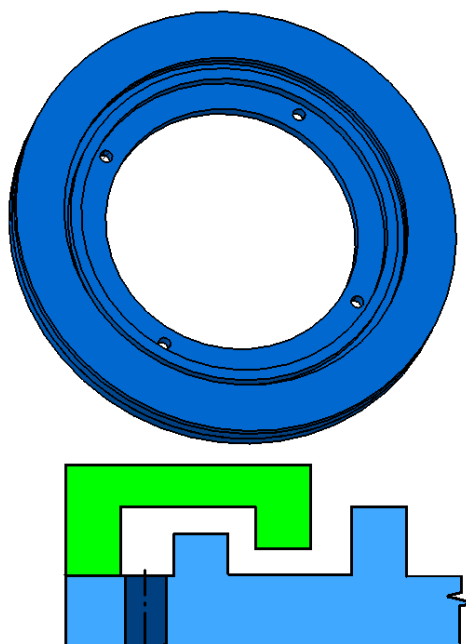
Níže je zobrazen návrh hubice, která slouží k regulaci tloušťky vyfukované fólie pomocí čtyř seřizovacích šroubů. (Obr. 25)



Obr. 25 Návrh hubice

### 8.1.3 Chladicí prstenec

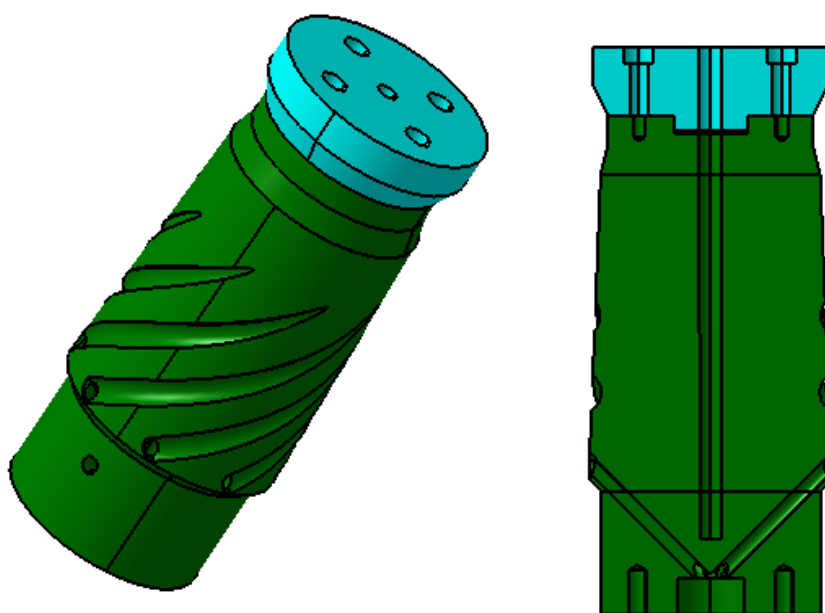
Vytvoření chladicího prstence bylo uskutečněno slepením dvou samostatně vyrobených částí pomocí lepidla na PMMA. Na obrázku profilu prstence (Obr. 26.) jsou barevně rozlišeny obě části, z nichž byl prstenec vyroben. Dále je zde znázorněna i díra pro přívod vzduchu.



Obr. 26 Návrh chladicího prstence

#### 8.1.4 Spirálový trn

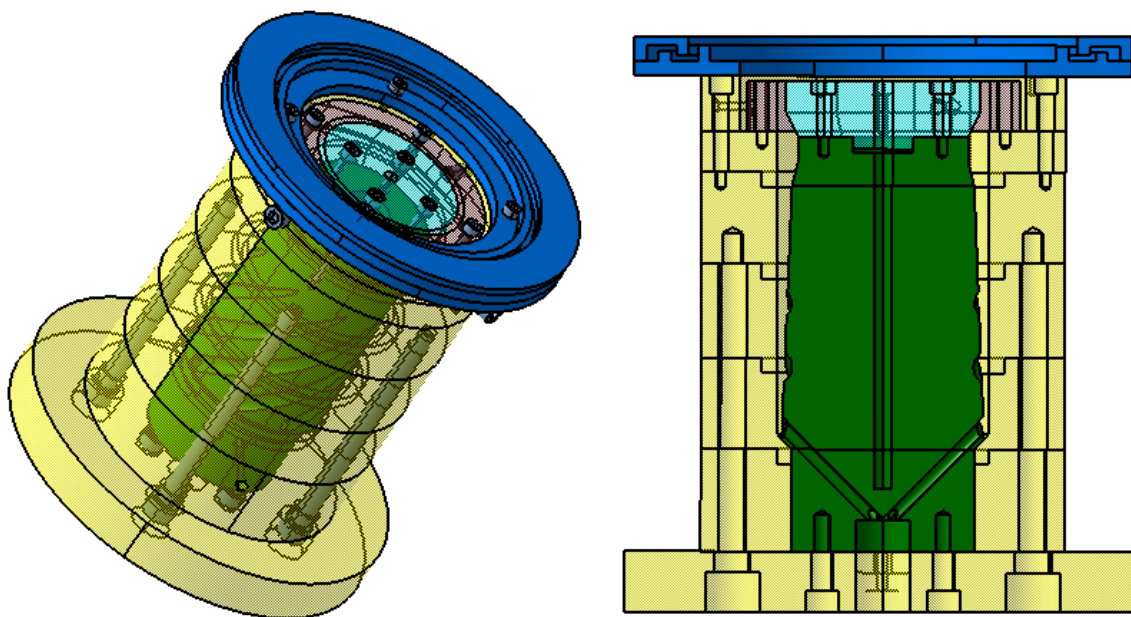
Pro distribuci taveniny k výstupní šterbině byl zvolen spirálový trn. Pro rozvod taveniny byl určen distribuční systém ve tvaru hvězdy. Spirálový trn je pevně uchycen pomocí čtyř šroubů k tělesu vytlačovací hlavy. Výstupní část spirálového trnu je vyměnitelná a je upevněna pomocí čtyř šroubů. Spirálovým trnem je rovněž veden přívod vzduchu, který slouží k rozfouknutí fólie. Pro jeho výrobu byl zvolen materiál PU.



Obr. 27 Návrh spirálového trnu

### 8.1.5 Finální návrh

Konečný návrh modelu vytlačovací hlavy byl proveden pomocí programu Catia V5 R18. Jednotlivé 3D návrhy vytvořených dílů byly exportovány v příslušném formátu do programu NX 7.5, kde byly tyto dílce připraveny k následnému obrábění. Nebyla tedy vypracována výkresová dokumentace. Veškerá data jsou uchována v 3D modelu.



Obr. 28 Finální návrh



## 9 VÝROBA VYTLAČOVACÍ HLAVY

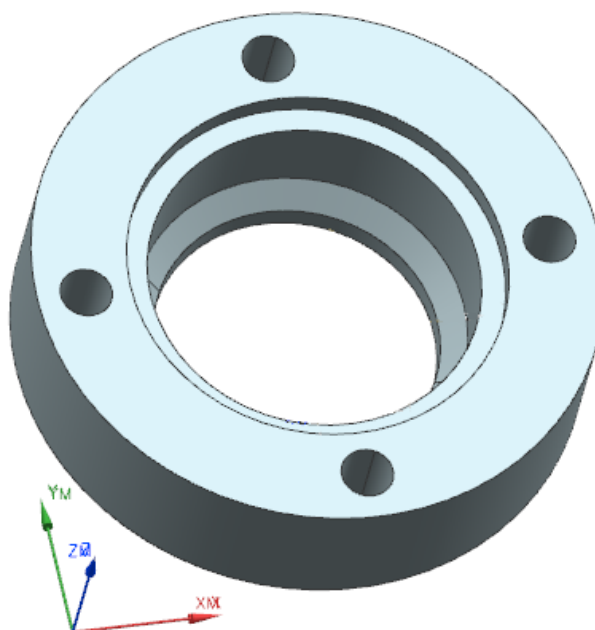
Při realizaci návrhu vytlačovací hlavy bylo třeba dbát na skutečnost, že většina dílů byla tvořena z materiálu PMMA. Při výrobě bylo nutno zvládnout i technologie, které se při běžné výrobě nevyskytují. Proto mimo technologie CNC frézování, vrtání a řezání závitů bylo užito i speciální technologie a to leštění PMMA, aby bylo dosaženo průhlednosti vyrobených dílů. Toto leštění bylo díky znalosti správného technologického postupu a vyhovujícímu vybavení provedeno ve školních dílnách.

### 9.1 Příprava součástí v CAM programu

Pro programování CNC frézky HWT 442 byl využit program NX 7.5 od firmy Siemens. Data 3D návrhu vytlačovací hlavy, která byla vytvořena pomocí programu Catia V5 R18, byla uložena ve formátu STP. Poté byla exportována do příslušného CAM programu, kde byla načtena.

#### 9.1.1 Stanovení nulového bodu

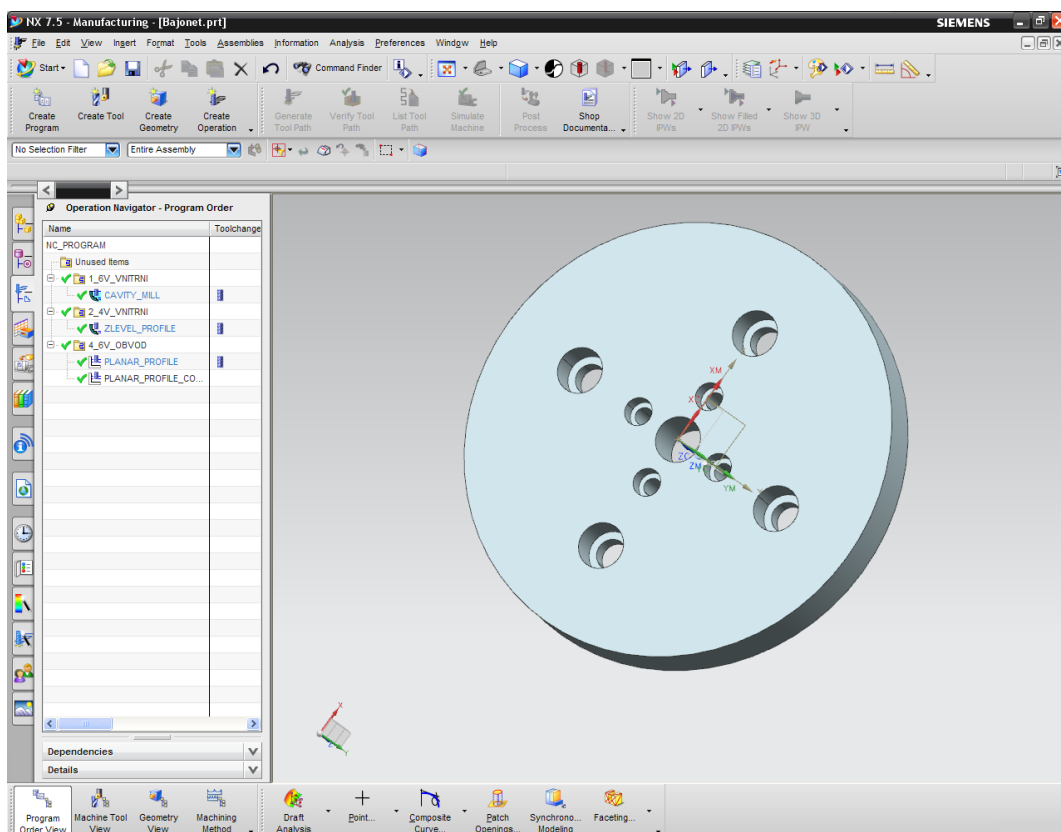
Nulový bod obrobku byl pro všechny desky orientován do stejného místa, aby před každým obráběním nebylo nutno nastavovat nulový bod stroje. Nastavení nulového bodu obrobku je patrné z obrázku. (Obr. 29)



Obr. 29 Umístění nulového bodu obrobku

### 9.1.2 Volba typu operací

V programu NX 7.5 bylo potřeba k jednotlivým součástem nadefinovat příslušné operace, aby ve výsledku došlo k obrobení na požadovaný tvar. Jednalo se především o obrábění pohledových stran (Face Milling Area, Face Milling), obrábění otvorů a děr (Planar Mill, Cavity Mill), obrábění profilů (Zlevel Profile, Contour Area) a obrábění obvodů (Planar Profile).



Obr. 30 Pracovní prostředí programu NX 7.5

### 9.1.3 Volba nástroje a technologických podmínek

Pro tyto již zmíněné obráběcí operace bylo použito nástrojů firmy SECO. Tyto nástroje byly vyrobeny z monolitního tvrdokovu řady VHM. Jejich výhodou je vysoká odolnost proti opotřebení. Bylo užito válcových, kulových a toroidních fréz různých průměrů a také navrtávačku pro předvrtání děr. Jejich následné dokončení bylo provedeno na sloupové vrtačce.

Aby nedocházelo ke spékání a natavování materiálu, a tím i znehodnocení povrchu, byly pro tyto nástroje a použitý typ materiálu zvoleny následující parametry. Například pro

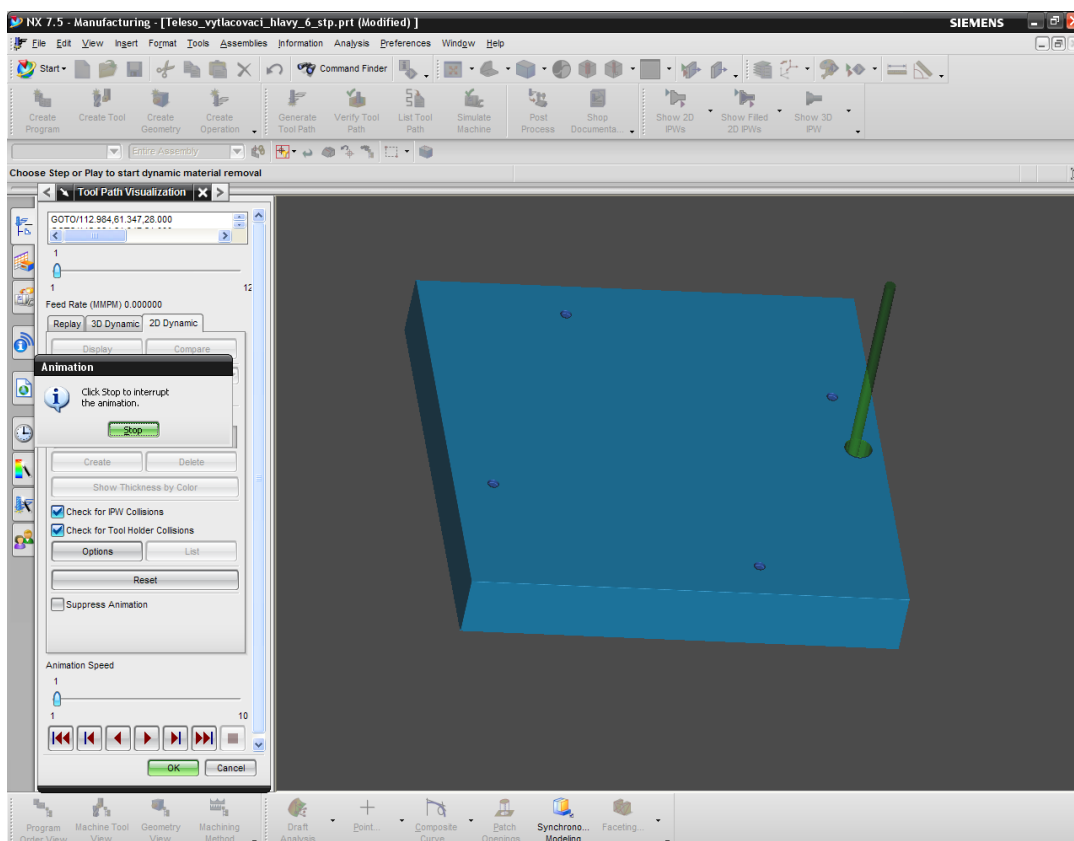
nástroj o průměru 8 mm byly nastaveny otáčky 12000 ot/min, posuv 1500 mm/min a přísv 500 mm/min. Hloubka třísky byla volena 1 mm pro hrubovací cykly a 0,3 mm pro dokončovací cykly. Pro obrábění profilů funkcí Zlevel Profile a Contour Area byla hloubka třísky u hrubovacího cyklu volena jako desetina průměru použitého nástroje. Volba těchto parametrů byla stanovena na základě doporučení vedoucího diplomové práce.



*Obr. 31 Použité typy nástrojů*

### 9.1.4 Verifikace a postprocessing

Verifikací rozumíme vizuální simulaci nadefinovaného obrábění. Před předáním NC kódu řídicímu systému obráběcího stroje lze tak odhalit případné kolize mezi nástrojem a obrobkem, upínkami nebo některou další částí obráběcího stroje. Je tedy možno předejít poškození obrobku, nástroje nebo obráběcího stroje. Je-li během verifikace odhalena kolize, je nutno provést opravu a znovu provést verifikaci.



Obr. 32 Verifikace obráběcího procesu

Po verifikaci je nutno vygenerované dráhy nástroje převést do NC kódu, se kterým pracuje obráběcí stroj. Takto získaný NC kód byl nahrán do PC, který je propojen s CNC frézku HWT 442. Vygenerovaný NC kód nebyl nijak ručně upravován.

## 9.2 Volba technologie obrábění

Pro zjednodušení volby technologie obrábění byly převzaty poznatky a informace z předešlých projektů. Bylo zjištěno, že díky technologii, kterou byly dodané desky z PMMA vyrobeny, nebylo možné dodržet plnou rovnoběžnost ani stejnou tloušťku po celé ploše dodaného polotovaru. Musela být tedy obrobena jedna pohledová plocha, aby bylo možno jednotlivé díly po seskládání bezproblémově smontovat.

Zvolené technologie:

Tab. 1 Zvolené technologie pro výrobu dílů z PMMA

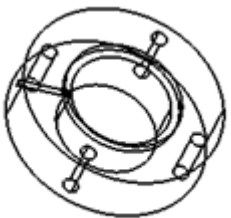
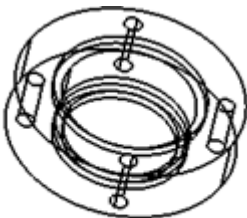
|    |               |
|----|---------------|
| 1. | CNC frézování |
| 2. | vrtání děr    |
| 3. | řezání závitů |
| 4. | leštění ploch |

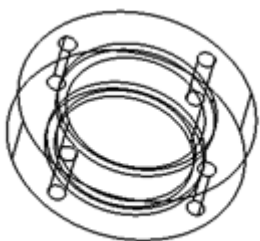

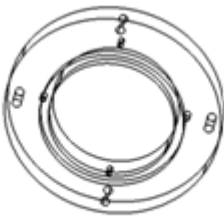
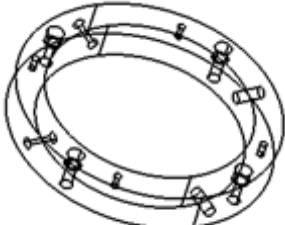
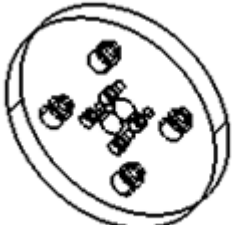
Tab. 2 Zvolené technologie pro výrobu dílů z PU

|    |               |
|----|---------------|
| 1. | CNC frézování |
| 2. | vrtání děr    |
| 3. | řezání závitů |


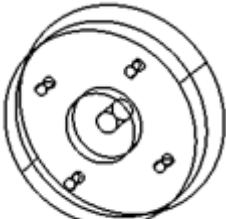
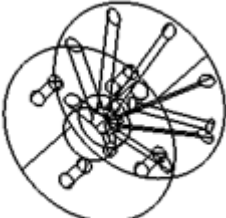
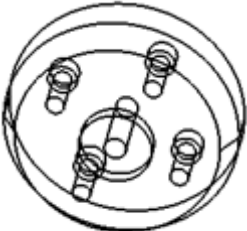
Posloupnost operací při CNC frézování:

Tab. 3 Posloupnost operací při CNC frézování částí tělesa vytlačovací hlavy

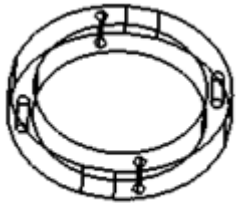


| Název - Obrázek                                                                                                          | Materiál | Nástroje                     | Průběh obrábění                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Těleso vytlačovací hlavy (část 1) | PMMA     | 10 V                         | Face Milling - Srovnání pohledové plochy<br>Cavity Mill - Obrábění otvoru (hrubování)<br>Zlevel Profile - Dokončení otvoru<br>Planar Profile - Obrábění obvodu |
|                                                                                                                          |          | navrtávák $\varnothing 4$ mm | Drilling - Navrtání děr                                                                                                                                        |
| <br>Těleso vytlačovací hlavy (část 2) | PMMA     | 10V                          | Face Milling - Srovnání pohledové plochy<br>Cavity Mill - Obrábění otvoru (hrubování)                                                                          |
|                                                                                                                          |          | 4V                           | Zlevel Profile - Dokončení otvoru                                                                                                                              |
|                                                                                                                          |          | 4K                           | Zlevel Profile - Dokončení otvoru                                                                                                                              |
|                                                                                                                          |          | navrtávák $\varnothing 4$ mm | Drilling - Navrtání děr                                                                                                                                        |
|                                                                                                                          |          | 8V                           | Cavity Mill - Obrábění osazení<br>Planar Profile - Obrábění obvodu                                                                                             |

|                                                                                                                              |      |                              |                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Těleso vytlačovací hlavy (část 3)</p>   | PMMA | 8V                           | Face Milling - Srovnání pohledové plochy<br>Cavity Mill - Obrábění otvoru (hrubování)<br>Zlevel Profile - Dokončení otvoru<br>Cavity Mill - Obrábění osazení |
|                                                                                                                              |      | navrtávák $\varnothing 4$ mm | Drilling - Navrtání děr                                                                                                                                      |
|                                                                                                                              |      | 8V                           | Planar Profile - Obrábění obvodu                                                                                                                             |
|  <p>Těleso vytlačovací hlavy (část 4)</p>   | PMMA | 8V                           | Face Milling - Srovnání pohledové plochy<br>Cavity Mill - Obrábění otvoru (hrubování)<br>Zlevel Profile - Dokončení otvoru<br>Cavity Mill - Obrábění osazení |
|                                                                                                                              |      | navrtávák $\varnothing 4$ mm | Drilling - Navrtání děr                                                                                                                                      |
|                                                                                                                              |      | 8V                           | Planar Profile - Obrábění obvodu                                                                                                                             |
|  <p>Těleso vytlačovací hlavy (část 5)</p> | PMMA | 8V                           | Face Milling - Srovnání pohledové plochy<br>Planar Profile - Obrábění otvoru<br>Cavity Mill - Obrábění osazení                                               |
|                                                                                                                              |      | navrtávák $\varnothing 4$ mm | Drilling - Navrtání děr                                                                                                                                      |
|                                                                                                                              |      | 8V                           | Planar Profile - Obrábění obvodu                                                                                                                             |
|  <p>Těleso vytlačovací hlavy (část 6)</p> | PMMA | 8V                           | Face Milling - Srovnání pohledové plochy                                                                                                                     |
|                                                                                                                              |      | navrtávák $\varnothing 4$ mm | Drilling - Navrtání děr                                                                                                                                      |
|                                                                                                                              |      | 3V                           | Cavity Mill - Obrábění děr                                                                                                                                   |
|                                                                                                                              |      | 10V                          | Planar Profile - Obrábění otvoru<br>Planar Profile - Obrábění obvodu                                                                                         |
|  <p>Těleso vytlačovací hlavy (část 7)</p> | PMMA | 6V                           | Face Milling - Srovnání pohledové plochy<br>Cavity Mill - Obrábění děr                                                                                       |
|                                                                                                                              |      | 4V                           | Zlevel Profile - Dokončení děr                                                                                                                               |
|                                                                                                                              |      | 6V                           | Planar Profile - Obrábění obvodu                                                                                                                             |

Tab. 4 Posloupnost operací při CNC frézování částí spirálového trnu

| Název - Obrázek                                                                                               | Materiál | Nástroje                     | Průběh obrábění                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Spirálový trn (část 1)   | PU       | 8V                           | Face Milling Area - Srovnání plochy<br>Planar Profile - Obrábění obvodu<br>Zlevel Profile - Dokončení obvodu |
|                                                                                                               |          | navrtávák $\varnothing 4$ mm | Drilling - Navrtání děr                                                                                      |
|                                                                                                               |          | 8V                           | Zlevel Profile - Sražení hrany                                                                               |
|                                                                                                               |          | 4K                           | Contour Area - Obrábění drážek spirály                                                                       |
| <br>Spirálový trn (část 2)   | PU       | 8V                           | Face Milling - Srovnání plochy                                                                               |
|                                                                                                               |          | navrtávák $\varnothing 4$ mm | Drilling - Navrtání děr                                                                                      |
|                                                                                                               |          | 8V                           | Zlevel Profile - Obrábění obvodu                                                                             |
|                                                                                                               |          | 4K                           | Zlevel Profile - Dokončení obvodu                                                                            |
|                                                                                                               |          | 4V                           | Zlevel Profile - Dokončení otvoru                                                                            |
| <br>Spirálový trn (část 3) | PU       | 8V                           | Face Milling - Srovnání plochy                                                                               |
|                                                                                                               |          | navrtávák $\varnothing 4$ mm | Drilling - Navrtání děr                                                                                      |
|                                                                                                               |          | 4V                           | Cavity Mill - Obrábění otvoru                                                                                |
|                                                                                                               |          | 8V                           | Planar Profile - Obrábění obvodu                                                                             |
| <br>Výstupní část          | PU       | 8V                           | Face Milling Area - Srovnání plochy<br>Planar Profile - Obrábění obvodu<br>Zlevel Profile - Obrábění obvodu  |
|                                                                                                               |          | 4K                           | Zlevel Profile - Dokončení obvodu                                                                            |
|                                                                                                               |          | 4V                           | Zlevel Profile - Obrábění děr                                                                                |

Tab. 5 Posloupnost operací při CNC frézování chladicího prstence a hubice

| Název - Obrázek                                                                                                  | Materiál | Nástroje                     | Průběh obrábění                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Hubice                      | PMMA     | 8T                           | Face Milling - Srovnání pohledové plochy                                                                        |
|                                                                                                                  |          | navrtávák $\varnothing 4$ mm | Drilling - Navrtání děr                                                                                         |
|                                                                                                                  |          | 10V                          | Planar Profile - Obrábění otvoru<br>Planar Profile - Obrábění obvodu                                            |
| <br>Chladicí prstenec (část 1)  | PMMA     | 8V                           | Cavity Mill - Obrábění otvoru<br>Zlevel Profile - Dokončení otvoru<br>Cavity Mill - Obrábění profilu prstence   |
|                                                                                                                  |          | navrtávák $\varnothing 4$ mm | Drilling - Navrtání děr                                                                                         |
|                                                                                                                  |          | 8V                           | Planar Profile - Obrábění obvodu                                                                                |
| <br>Chladicí prstenec (část 2) | PMMA     | 8V                           | Cavity Mill - Obrábění profilu prstence<br>Planar Profile - Obrábění otvoru<br>Planar Profile - Obrábění obvodu |



### 9.2.1 CNC frézování

Výroba všech částí vytlačovací hlavy byla uskutečněna na školní CNC frézce HWT 442, kterou je možno vidět na obrázku. (Obr. 33)



Obr. 33 CNC frézka HWT 442

Tab. 6 Parametry CNC frézky HWT 442

| Parametry                       | Hodnota                        |
|---------------------------------|--------------------------------|
| Řídící jednotka                 | PC                             |
| Motor vřetene                   | 1000 W – univerzální           |
| Otáčky vřetene                  | 2000 – 25000 ot/min            |
| Max. průměr nástroje            | 10 mm                          |
| Programovatelná rychlost posuvu | max. 3 m /min                  |
| Programovatelný krok            | 0,00625 mm                     |
| Vnější rozměry                  | (1400 x 1200 x 1000) mm        |
| Hmotnost                        | 410 kg                         |
| Max. hmotnost obrobku           | 20 kg                          |
| Obráběcí prostor                | (400 x 400 x 200) mm           |
| Velikost upínací plochy         | (500 x 500 x 8) mm, T – drážky |

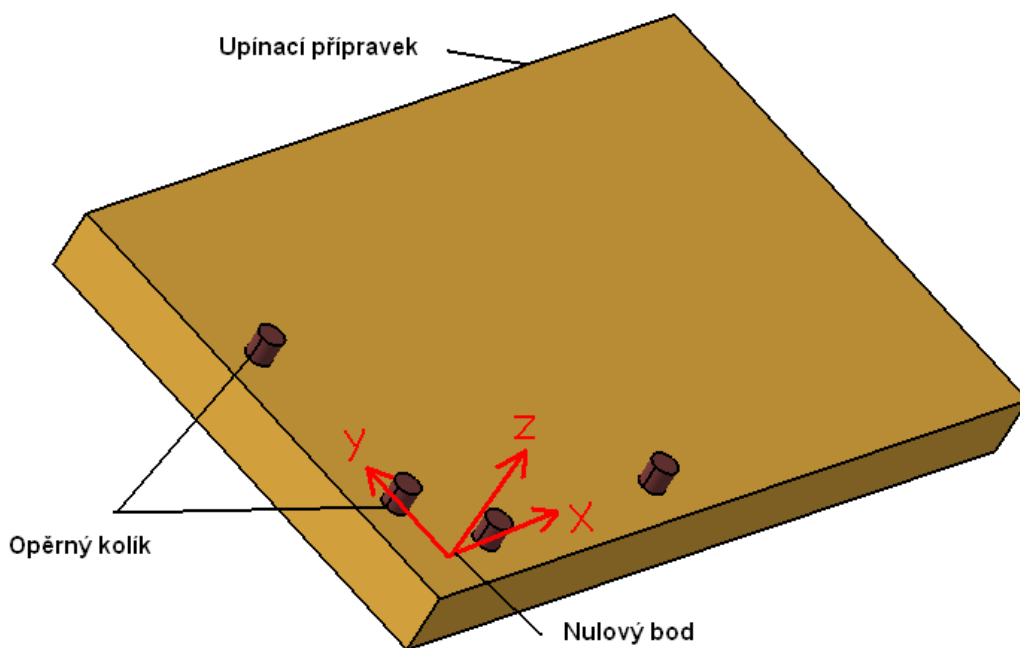
Jednotlivé polotovary byly upnuty pomocí upínacího přípravku z PU. Hlavní výhodou tohoto přípravku je přesné, rychlé, opakovatelné upnutí a také možnost přeupnutí obrobku bez jeho posunutí. Díky tomuto přípravku nebylo nutno znovu nastavovat nulový bod obrobku před každým novým obráběním.

Na přípravku bylo dle potřeby rozmístěno a navrtáno několik děr, aby bylo možno jednoduše upínat polotovary o různé velikosti.

Postup upnutí desky a její obrábění:

Tab. 7 Postup upnutí desky a její obrábění

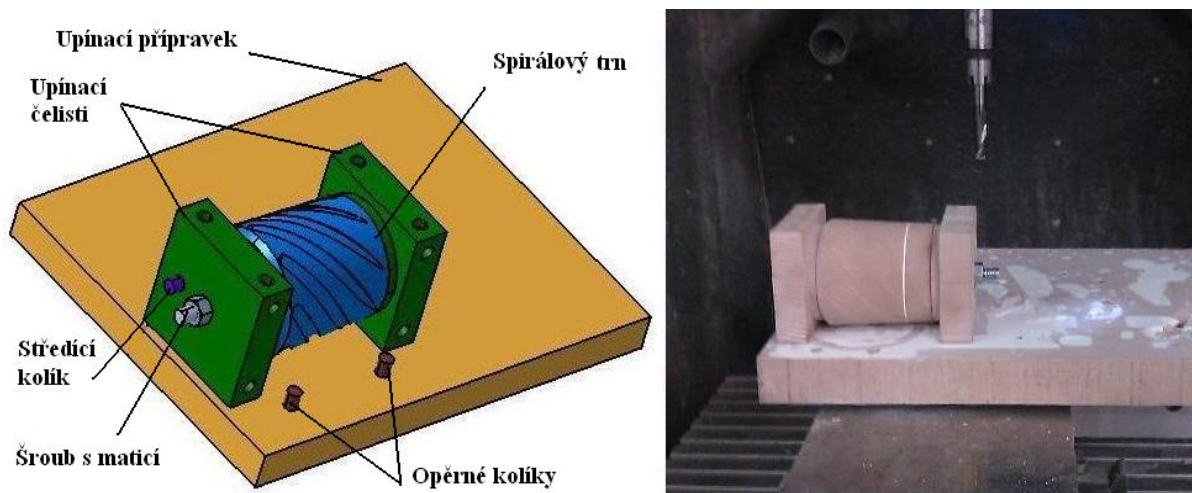
|    |                                      |
|----|--------------------------------------|
| 1. | umístění opěrných kolíků             |
| 2. | ustavení desky podle opěrných kolíků |
| 3. | upnutí desky pomocí upínek (lepidla) |
| 4. | obrábění děr, otvorů a profilů       |
| 5. | přeupnutí obrobku za střed           |
| 6. | obrábění obvodu                      |



Obr. 34 Stanovení nulového bodu na upínacím přípravku

Pro usnadnění CNC frézování drážek spirálového trnu byl vytvořen přípravek, který je možno zhlédnout z obrázku. (Obr. 35) Přípravek je tvořen dvěma upínacími čelistmi, mezi které je vsunut připravený polotovar a celá sestava je zajištěna šroubem s maticí.

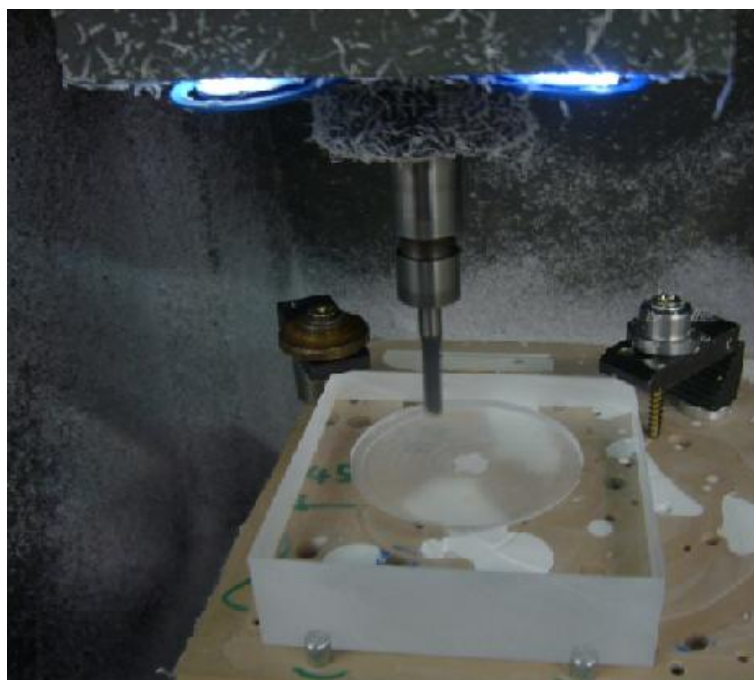
Po obrobení drážky dojde k uvolnění přípravku a pootočení polotovaru o 45°. Přesnost ustavení je zajištěna pomocí kolíku.



Obr. 35 Pomocný přípravek pro obrábění drážek spirálového trnu

### Výroba všech částí vytlačovací hlavy

Při obrábění částí z PMMA byly desky nejdříve ustaveny pomocí opěrných kolíků a poté upnuty za hrany desky. V první fázi byly frézovány otvory, díry a profily. Následně byla deska přeupnuta tak, aby mohlo dojít k frézování obvodu. U dílů z PU bylo upnutí pomocí upínek nahrazeno lepidlem. Bylo vytvořeno pevné spojení, které dostatečně vyhovovalo k tomuto účelu.



Obr. 36 Frézování otvoru pomocí funkce Cavity Mill

Odstranění třísek z místa řezu bylo zajištěno pomocí stlačeného vzduchu, kdy byly třísky vyfoukávány při každém vyjetí frézy. Nedošlo tedy ke spékání materiálu a znehodnocení povrchu obrobku.

Posloupnost volených operací pro frézování každého dílce včetně volby nástroje je zachycena v tabulkách. (Tab. 3,4,5)

### 9.2.2 Vrtání děr

Po navrtání děr na CNC frézce bylo nutno tyto díry dokončit. K tomu bylo využito školní sloupové vrtačky B 40 GSM. Pevné a přesné upnutí obrobku bylo zajištěno pomocí univerzálního upínacího přípravku. K mazání a chlazení byla připravena emulze vody s mýdlem. Vrtání bylo provedeno po 3 mm intervalech a mezi jednotlivými cykly byla do místa řezu nanášena emulze pomocí štětce. Otáčky stroje byly nastaveny na 250 ot/min.



Obr. 37 Sloupová vrtačka B 40 GSM

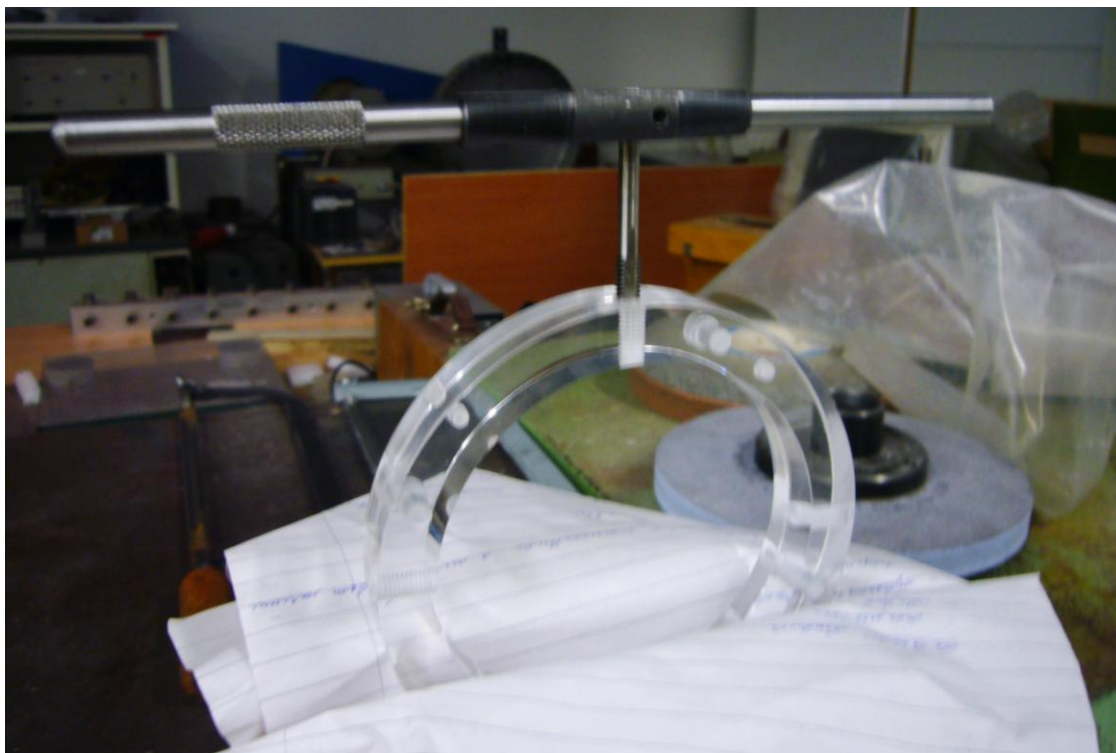
### 9.2.3 Řezání závitů

Některé díry bylo nutno opatřit závitem. Toho bylo dosaženo až po vyleštění všech dílů z PMMA, protože během leštění se používala brusná pasta, která by byla velmi problematicky ze závitů odstraňována. Řezání závitů bylo provedeno ručně pomocí sady závitníků firmy NAREX. Při této operaci bylo nezbytné postupovat velmi opatrně. Zvláště u částí z PMMA, kde bylo riziko vyštípnutí části materiálu, a tím i zničení závitu. Stejným způsobem bylo nutno postupovat i u dílů z PU.



Obr. 38 Sada závitníků





*Obr. 39 Řezání závitu*

### **9.3 Leštění dílů z PMMA**

Na základě zkušeností s předešlými projekty jsme byli seznámeni s technologickým postupem, který vede ke správnému výsledku, a tedy k co nejlepší průhlednosti dílů z PMMA. V první fázi bylo potřeba připravit díly hrubým broušením. Takto připravené díly byly leštěny pomocí speciálního příslušenství.

#### **9.3.1 Příprava hrubým broušením**

Tato fáze přípravy byla zaměřena na odstranění stop po obrábění, případných nerovností nebo odřených ploch. Broušení bylo provedeno ručně pomocí brusných papírů různé zrnitosti. Nejdříve byly použity brusné papíry zrnitosti 400, 600 a 800, aby bylo dosaženo co nejlepší zahlazení povrchu. Dále byly plochy dokončeny brusnými papíry zrnitosti 1200 a 2000. Při přípravě hrubým broušením bylo nezbytné postupovat pečlivě, aby povrch dílu neobsahoval po vyleštění žádné vady.

### 9.3.2 Finální leštění

Před finálním leštěním byl každý dílec potřen brusnou pastou UNIPOL, která se používá pro jemné leštění. Pro leštění pohledových ploch, velkých otvorů a obvodů byl použit hadrový nástavec. Ten byl upnut do sloupové vrtačky. Otáčky stroje se pohybovaly v rozmezí 500 - 1015 ot/min. Leštění děr malých průměrů bylo provedeno pomocí filcových kotoučů upnutých v ruční vrtačce. Důležitým faktorem při leštění byl vznik tepla, díky kterému bylo dosaženo výrazně lepší průhlednosti vyleštěného dílu.



*Obr. 40 Sada leštících kotoučů*



*Obr. 41 Brusná pasta UNIPOL*

## 9.4 Dokončení a montáž vytlačovací hlavy

Před konečnou montáží bylo nutno některé součásti spojit či slepit a následně pak povrchově upravit a rozlišit.

### *Spirálový trn*

Jednotlivé části spirálového trnu vyrobeného z PU bylo potřeba spojit. Spojení bylo zajištěno pomocí dvousložkového tmelu. Tmel mohl být použit i na místa, kde mohly během obrábění vzniknout trhliny, nebo byla odštipnuta část materiálu. Po vytvrzení následovalo vybroušení ploch, kde byl aplikován tmel. Poté mohl být trn nastříkán plničem pórů, který nám ukázal případné nedokonalosti povrchu. Tyto nedokonalosti povrchu byly upraveny pomocí tmelu a opětovně vybroušeny. Pro lepší viditelnost a znázornění byl spirálový trn nastříkán červenou barvou.

Spirálový trn byl upevněn k tělesu vytlačovací hlavy pomocí čtyř šroubů M6 x 25 mm. Vyměnitelná výstupní část byla uchycena čtyřmi šrouby M4 x 20 mm.



Obr. 42 Spirálový trn



### ***Těleso vytlačovací hlavy***

Všechny části tvořící těleso vytlačovací hlavy byly smontovány pomocí čtyř šroubů o rozměrech M8 x 110 mm a čtyř šroubů o rozměrech M4 x 30 mm. Jak již bylo zmíněno, při návrhu tohoto způsobu spojení byl brán zřetel na vlastnosti netradičního materiálu PMMA, z něhož bylo těleso vytlačovací hlavy vyrobeno.



*Obr. 43 Těleso vytlačovací hlavy*

### **Hubice**

K upevnění hubice k tělesu vytlačovací hlavy bylo použito čtyř šroubů M4 x 20 mm. Regulovatelnost hubice je zajištěna prostřednictvím čtyř seřizovacích šroubů, jejichž konce byly na soustruhu upraveny proti třepení. Rozměry seřizovacích šroubů jsou M6 x 25 mm.



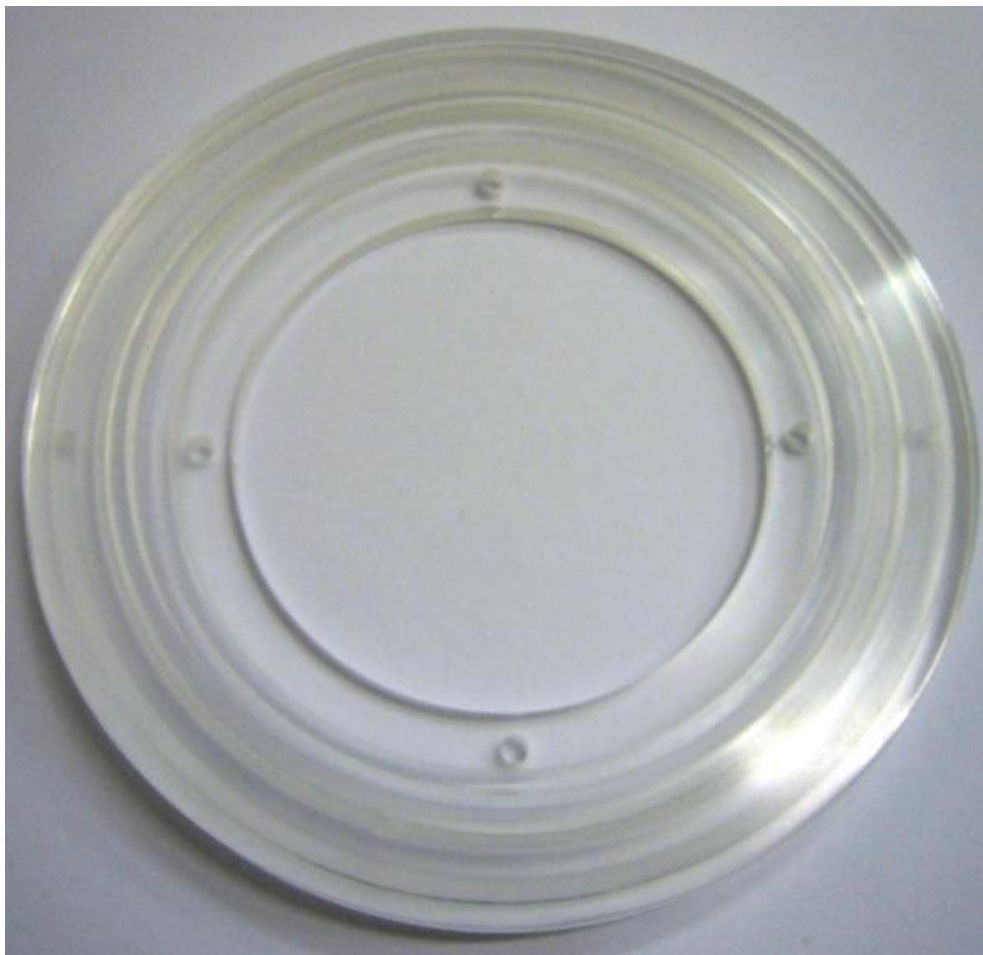
*Obr. 44 Upevnění hubice se seřizovacími šrouby*



*Obr. 45 Detail seřizovacího šroubu*

***Chladicí prstenec***

Chladicí prstenec bylo nutno nejdříve slepit ze dvou částí, ze kterých byl navržen tak, aby byla usnadněna jeho výroba v podmínkách školních dílen. S tělesem vytlačovací hlavy byl spojen čtyřmi šrouby M4 x 10 mm.



*Obr. 46 Chladicí prstenec*



*Obr. 47 Uchycení chladícího prstence*



***Finální montáž***



*Obr. 48 Model vytlačovací hlavy na tubulární fólii*



*Obr. 49 Detail modelu vytlačovací hlavy na tubulární fólii*

## ZÁVĚR

První část práce byla věnována teoretické rešerši na dané téma. Byl zde popsán proces vytlačování včetně charakteristiky jednotlivých komponentů vytlačovací linky. V praktické části byla popsána příprava jednotlivých dílů v CAM programu, způsob upínání, volba nástroje a technologie výroby vytlačovací hlavy z materiálu PMMA a PU.

Při nastavených řezných parametrech nedocházelo ke spékání materiálu na povrchu PMMA, což by vedlo k znehodnocení povrchu a k také velmi problematickému leštění. Při vrtání děr byla použita jako chladicí a mazací kapalina emulze vody s mýdlem, která nevytvářela na povrchu PMMA agresivní prostředí a zároveň došlo k dostatečnému opracování povrchu bez nutnosti leštění. Jako spojovací materiál byly vybrány šrouby s válcovou hlavou dle normy ISO 4762.

Dále je v práci věnován prostor leštění vyrobených součástí z PMMA, které díky znalosti správného technologického postupu a dostupnosti vhodného lešticího sortimentu bylo možno vyleštit ve školních dílnách.

Hlavní cíl diplomové práce a to realizace vytlačovací hlavy na tubulární fólii byl úspěšně splněn. Celkovou dobu výroby vytlačovací hlavy lze odhadovat na 200 hodin. Nutno podotknout, že do celkového času je zahrnuta i doba strávená nad přípravou dílů k leštění, následné dokončování a montáž.

Díky realizaci vytlačovací hlavy v podmínkách školních dílen bylo ušetřeno velké množství nákladů spojených se všemi úkony, které vedly k finálnímu zhotovení. Projekt může sloužit jako zdroj informací pro výrobu součástí z PMMA a také jako názorná pomůcka v oblasti vytlačování plastů.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### *Monografie:*

- [1] CHALOUPKOVÁ, Kateřina; ZATLOUKAL, Martin. Theoretical and experimental investigation of Die Drool phenomenon = : Teoretická a experimentální studie jevu Die Drool : doctoral thesis summary. Zlín : Tomas Bata University in Zlín, 2007. 34 s. ISBN 978-80-7318-651-7.
- [2] MAŇAS, Miroslav; TOMIS, František; HELŠTÝN, Josef. Výrobní stroje a zařízení: gumárenské a plastikářské stroje. Brno: VUT, 1990. 199 s. ISBN 802140213X.
- [3] MICHAELI, Walter. *Extrusion dies for plastics and rubber*. Munich : Carl Hanser Verlag, 2003. 360 s. ISBN 3-446-22561-7.
- [4] MLEZIVA, Josef; ŠŇUPÁREK, Jaromír. Polymery : výroba, struktura, vlastnosti a použití. 2. přeprac. vyd. Praha : Sobotáles, 2000. 537 s. ISBN 8085920727.
- [5] ŠTĚPEK, Jiří; ZELINGER, Jiří; KUTA, Antonín. Technologie zpracování a vlastnosti plastů. Vyd.1. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989. 637 s.
- [6] TOMIS, František; RULÍK, František. Gumárenské a plastikářské stroje. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1981. 216 s



*Elektronické odkazy:*

- [7] *IMateriály* [online]. 29. 4. 2008 [cit. 2010-12-09]. Plasty pro stavebnictví a architekturu 11 – Polyamidy. Dostupné z WWW: <<http://www.imaterialy.cz/clanky/materialy/2767/plasty-pro-stavebnictvi-a-architekturu-11-polyamidy/>>.
- [8] *IMateriály* [online]. 7.5. 2008 [cit. 2010-12-23]. Plasty pro stavebnictví a architekturu 13 – Polyvinylchlorid (PVC). Dostupné z WWW: <<http://www.imaterialy.cz/Materialy/Plasty-pro-stavebnictvi-aarchitekturu-13-Polyvinylchlorid-PVC.html>>.
- [9] LENFELD, P. *Technologie II* [online]. [cit. 2010-01-3]. Dostupný z WWW: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/06.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/06.htm)
- [10] Narůstání za hubicí. In *Projevy viskoelastického charakteru polymerních tavenin během toku* [online]. UTB Zlín :[cit. 2010-12-23]. Dostupné z WWW: <[http://ufmi.ft.utb.cz/texty/fyzika\\_pol/FP\\_06.pdf](http://ufmi.ft.utb.cz/texty/fyzika_pol/FP_06.pdf)>.
- [11] *Petroleum.cz* [online]. 2007 [cit. 2010-12-09]. Vysokohustotní polyethylen (HDPE). Dostupné z WWW: <<http://www.petroleum.cz/vyrobky/hdpe.aspx>>.
- [12] *Petroleum.cz* [online]. 2007 [cit. 2010-12-09]. Nízkohustotní polyethylen (LDPE). Dostupné z WWW: <<http://www.petroleum.cz/vyrobky/ldpe.aspx>>.
- [13] *Petroleum.cz* [online]. 2007 [cit. 2010-12-23]. Polypropylen. Dostupné z WWW: <<http://www.petroleum.cz/vyrobky/polypropylen.aspx>>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

| Zkratka/Symbol | Jednotka | Popis                       |
|----------------|----------|-----------------------------|
| $\tau_{xy}$    | [kPa]    | smykové napětí na stěně     |
| PMMA           | [-]      | polymethylmetakrylát        |
| PU             | [-]      | polyuretan                  |
| CNC            | [-]      | počítačem číslicově řízený  |
| NC             | [-]      | číslicově řízený            |
| CAM            | [-]      | počítačová podpora obrábění |

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Obr. 1 Extrudovaný profil [10]</i> .....                                          | 13 |
| <i>Obr. 2 Strukturní vzorec PE</i> .....                                             | 15 |
| <i>Obr. 3 Distribuce molekulové hmotnosti HDPE</i> .....                             | 16 |
| <i>Obr. 4 Strukturní vzorec PP</i> .....                                             | 17 |
| <i>Obr. 5 Strukturní vzorec PVC</i> .....                                            | 18 |
| <i>Obr. 6 Linka na vytlačování fólií [2]</i> .....                                   | 22 |
| <i>Obr. 7 Linka na vyfukované fólie [2]</i> .....                                    | 23 |
| <i>Obr. 8 Intenzifikace chlazení fólie [2]</i> .....                                 | 24 |
| <i>Obr. 9 Jednošnekový vytlačovací stroj [2]</i> .....                               | 26 |
| <i>Obr. 10 Průběh tlaku ve šnekovém vytlačovacím stroji</i> .....                    | 27 |
| <i>Obr. 11 Rozdělení dvoušnekových vytlačovacích strojů [2]</i> .....                | 28 |
| <i>Obr. 12 Pístový vytlačovací stroj [2]</i> .....                                   | 29 |
| <i>Obr. 13 Diskový vytlačovací stroj [2]</i> .....                                   | 30 |
| <i>Obr. 14 Spirálový vytlačovací stroj na opláštění vodičů [2]</i> .....             | 31 |
| <i>Obr. 15 Válcový vytlačovací stroj [2]</i> .....                                   | 32 |
| <i>Obr. 16 Rozdělení vytlačovacích hlav [2]</i> .....                                | 33 |
| <i>Obr. 17 Způsoby spojení vytlačovací hlavy s pracovním válcem [2]</i> .....        | 34 |
| <i>Obr. 18 Vytlačovací hlavy s kruhovou výstupní štěrbinou [3]</i> .....             | 35 |
| <i>Obr. 19 Vytlačovací hlava s rozdělovačem [3]</i> .....                            | 36 |
| <i>Obr. 20 Typy rozdělovačů [3]</i> .....                                            | 37 |
| <i>Obr. 21 Typy trnů ze strany plněné vytlačovací hlavy [3]</i> .....                | 39 |
| <i>Obr. 22 Vytlačovací hlavy se spirálovým trnem pro vytlačování fólií [3]</i> ..... | 40 |
| <i>Obr. 23 Radiální uspořádání spirálového distributoru [3]</i> .....                | 41 |
| <i>Obr. 24 Návrh tělesa vytlačovací hlavy</i> .....                                  | 46 |
| <i>Obr. 25 Návrh hubice</i> .....                                                    | 46 |
| <i>Obr. 26 Návrh chladicího prstence</i> .....                                       | 47 |
| <i>Obr. 27 Návrh spirálového trnu</i> .....                                          | 47 |
| <i>Obr. 28 Finální návrh</i> .....                                                   | 48 |
| <i>Obr. 29 Umístění nulového bodu obrobku</i> .....                                  | 49 |
| <i>Obr. 30 Pracovní prostředí programu NX 7.5</i> .....                              | 50 |
| <i>Obr. 31 Použité typy nástrojů</i> .....                                           | 51 |

---

|                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Obr. 32 Verifikace obráběcího procesu.....</i>                           | <i>52</i> |
| <i>Obr. 33 CNC frézka HWT 442 .....</i>                                     | <i>57</i> |
| <i>Obr. 34 Stanovení nulového bodu na upínacím přípravku .....</i>          | <i>58</i> |
| <i>Obr. 35 Pomocný přípravek pro obrábění drážek spirálového trnu .....</i> | <i>59</i> |
| <i>Obr. 36 Frézování otvoru pomocí funkce Cavity Mill .....</i>             | <i>59</i> |
| <i>Obr. 37 Sloupová vrtačka B 40 GSM.....</i>                               | <i>60</i> |
| <i>Obr. 38 Sada závitníků.....</i>                                          | <i>61</i> |
| <i>Obr. 39 Řezání závitu.....</i>                                           | <i>62</i> |
| <i>Obr. 40 Sada leštících kotoučů .....</i>                                 | <i>63</i> |
| <i>Obr. 41 Brusná pasta UNIPOL .....</i>                                    | <i>63</i> |
| <i>Obr. 42 Spirálový trn .....</i>                                          | <i>64</i> |
| <i>Obr. 43 Těleso vytlačovací hlavy.....</i>                                | <i>65</i> |
| <i>Obr. 44 Upevnění hubice se seřizovacími šrouby.....</i>                  | <i>66</i> |
| <i>Obr. 45 Detail seřizovacího šroubu.....</i>                              | <i>66</i> |
| <i>Obr. 46 Chladicí prstenec.....</i>                                       | <i>67</i> |
| <i>Obr. 47 Uchycení chladícího prstence.....</i>                            | <i>68</i> |
| <i>Obr. 48 Model vytlačovací hlavy na tubulární fólii.....</i>              | <i>69</i> |
| <i>Obr. 49 Detail modelu vytlačovací hlavy na tubulární fólii .....</i>     | <i>70</i> |

**SEZNAM TABULEK**

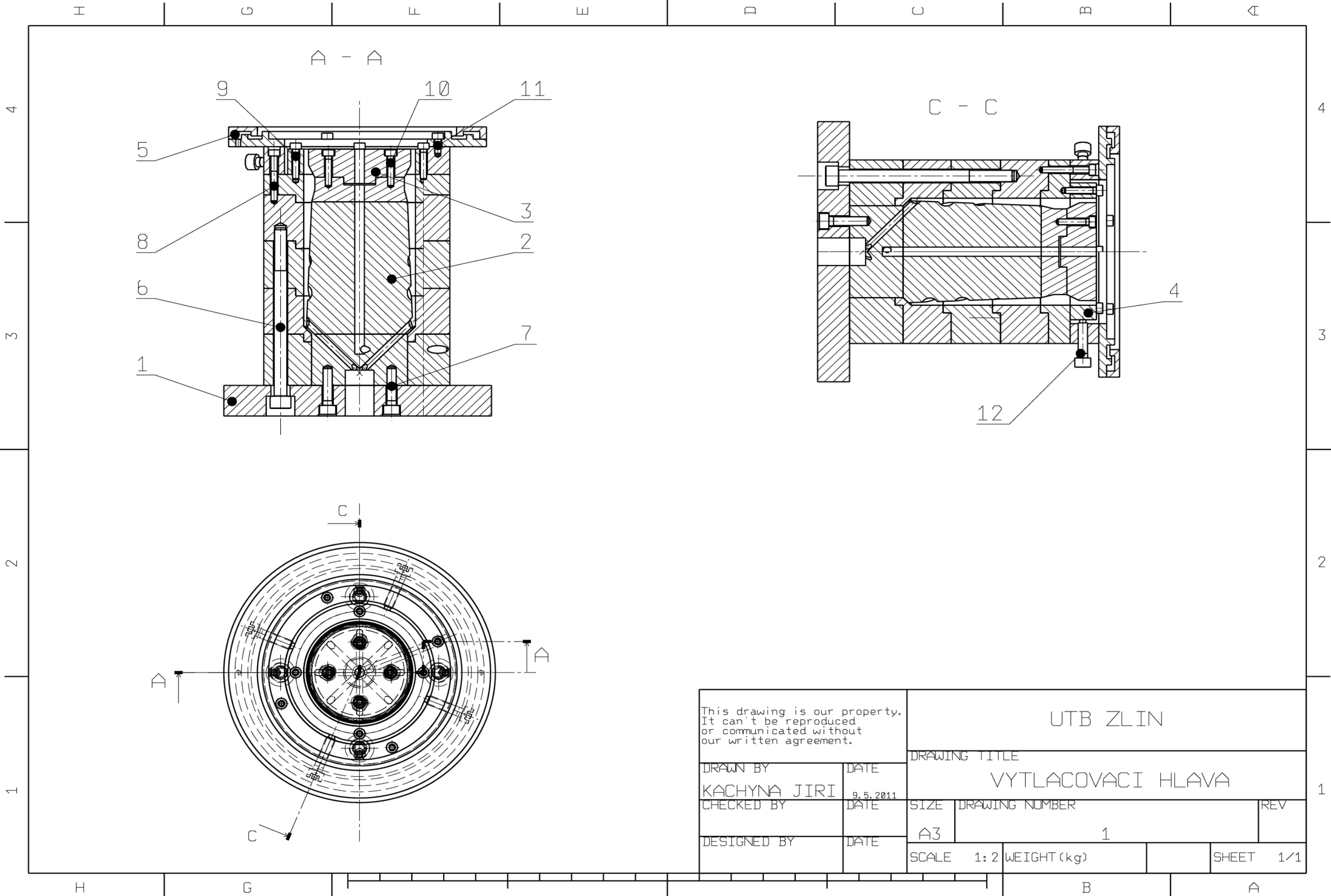
|                                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Tab. 1 Zvolené technologie pro výrobu dílů z PMMA .....</i>                           | <i>53</i> |
| <i>Tab. 2 Zvolené technologie pro výrobu dílů z PU .....</i>                             | <i>53</i> |
| <i>Tab. 3 Posloupnost operací při CNC frézování částí tělesa vytlačovací hlavy .....</i> | <i>53</i> |
| <i>Tab. 4 Posloupnost operací při CNC frézování částí spirálového trnu .....</i>         | <i>55</i> |
| <i>Tab. 5 Posloupnost operací při CNC frézování chladícího prstence a hubice.....</i>    | <i>56</i> |
| <i>Tab. 6 Parametry CNC frézky HWT 442 .....</i>                                         | <i>57</i> |
| <i>Tab. 7 Postup upnutí desky a její obrábění .....</i>                                  | <i>58</i> |

## **SEZNAM PŘÍLOH**

P I – výkres sestavy vytlačovací hlavy

P II – kusovník

P III – CD obsahující kompletní dokumentaci potřebnou ke zhotovení vytlačovací hlavy



|                                                                                                     |            |                                    |                     |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------|---------------------|--------------|
| This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement. |            | UTB ZLIN                           |                     |              |
| DRAWN BY<br>KACHYNA JIRI                                                                            |            | DRAWING TITLE<br>VYTLACOVACI HLAVA |                     |              |
| DATE<br>9.5.2011                                                                                    | CHECKED BY | SIZE<br>A3                         | DRAWING NUMBER<br>1 | REV          |
| DESIGNED BY                                                                                         | DATE       | SCALE<br>1:2                       | WEIGHT (kg)         | SHEET<br>1/1 |

| Poz. | Název - Rozměr           | Výkres - Norma | Materiál | Poznámka          | ks |
|------|--------------------------|----------------|----------|-------------------|----|
| 1    | Těleso vytlačovací hlavy | -              | PMMA     | broušeno, leštěno | 1  |
| 2    | Spirálový trn            | -              | PU       | broušeno          | 1  |
| 3    | Výstupní část trnu       | -              | PU       | broušeno          | 1  |
| 4    | Hubice                   | -              | PMMA     | broušeno, leštěno | 1  |
| 5    | Chladicí prstenec        | -              | PMMA     | broušeno, leštěno | 1  |
|      |                          |                |          |                   |    |
| 6    | Šroub M8 x 110           | ISO 4762       |          |                   | 4  |
| 7    | Šroub M6 x 25            | ISO 4762       |          |                   | 4  |
| 8    | Šroub M4 x 30            | ISO 4762       |          |                   | 4  |
| 9    | Šroub M4 x 20            | ISO 4762       |          |                   | 4  |
| 10   | Šroub M4 x 20            | ISO 4762       |          |                   | 4  |
| 11   | Šroub M4 x 10            | ISO 4762       |          |                   | 4  |
| 12   | Šroub M6 x 25            | ISO 4762       |          |                   | 4  |

|                    |                            |                       |
|--------------------|----------------------------|-----------------------|
| <b>Vypracoval:</b> | <b>Název:</b>              | <b>Číslo výkresu:</b> |
| Kachyňa Jiří       | Kusovník vytlačovací hlavy | K1                    |