

# Návrh a realizace vytlačovací hlavy na profily

Bc. Petr Pelikán

---

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. Petr PELIKÁN**  
**Osobní číslo: T090562**  
**Studijní program: N 3909 Procesní inženýrství**  
**Studijní obor: Konstrukce technologických zařízení**

**Téma práce: Vytlačovací hlava na profil**

**Zásady pro vypracování:**

- 1. Vypracujte literární řešení na dané téma**
- 2. Navrhněte výukový model vytlačovací hlavy na profily 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: 10.5.2011



.....

---

<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 užit 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 výdělků 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 výdělků dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Předkládaná diplomová práce se zabývá celkovým popisem vytlačovací linky na profily. Hlavním cílem práce je však návrh a realizace vytlačovací hlavy pro výrobu trubek. Je zde popsán postup výroby od 3D návrhu, použité obráběcí technologie, zvolené nástroje a následné konečné sestavení vytlačovací hlavy.

Klíčová slova:

Vytlačování, vytlačovací hlavy, vytlačovací hlava na profily, CNC obrábění

## **ABSTRACT**

This diploma thesis gives an overall description of the extrusion lines for profiles. The main objective is the design and implementation of the extrusion head for making pipes. There is described process for the production of 3D design, machining technology used, the chosen instrument and one last final assembly of extrusion head.

Keywords:

Extrusion, extrusion head extrusion head to the profiles, CNC machining

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Jakobovi Černému, za odborné vedení diplomové práce, za jeho pomoc a cenné rady. A taktéž nemalý dík patří Ing. Jirímu Šálkovi za pomoc při řešení realizace projektu.

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>
1.1 NEGATIVNÍ JEVY PŘI VYTLAČOVÁNÍ.....	12
1.2 KOEXTRUZE.....	13
<b>2 MATERIÁLY</b> .....	<b>14</b>
2.1 POLYVINYLCHLORID (PVC).....	14
2.2 POLYETYLEN (PE).....	14
2.3 POLYPROPYLEN (PP).....	15
2.4 POLYSTYREN (PS).....	16
2.5 POLYMETHYLMETHAKRYLÁT (PMMA).....	16
<b>3 VYTLAČOVACÍ LINKA</b> .....	<b>17</b>
<b>4 VYTLAČOVACÍ STROJE</b> .....	<b>20</b>
4.1 PÍSTOVÉ VYTLAČOVACÍ STROJE .....	20
4.2 DISKOVÉ VYTLAČOVACÍ STROJE .....	21
4.3 ŠNEKOVÉ VYTLAČOVACÍ STROJE.....	22
<b>5 VYTLAČOVACÍ HLAVY</b> .....	<b>24</b>
5.1 PŘÍMÉ VYTLAČOVACÍ HLAVY.....	25
5.2 NEPŘÍMÉ VYTLAČOVACÍ HLAVY.....	25
5.3 VYTLAČOVACÍ HLAVA NA TRUBKY .....	26
5.4 TYPY SPOJŮ VYTLAČOVACÍCH HLAV S VYTLAČOVACÍM STROJEM.....	28
<b>6 KALIBRACE</b> .....	<b>29</b>
6.1 PRŮVLAKOVÁ KALIBRACE .....	29
6.2 PŘETLAKOVÁ KALIBRACE.....	30
6.3 PODTLAKOVÁ KALIBRACE .....	30
<b>7 SPECIÁLNÍ ZPŮSOBY VYTLAČOVÁNÍ</b> .....	<b>32</b>
7.1 VÝROBA PÁSKŮ A VLÁKEN Z FÓLIÍ .....	32
7.2 VÝROBA VLÁKEN VYTLAČOVÁNÍM .....	33
7.3 OPLÁŠŤOVÁNÍ VYTLAČOVÁNÍM .....	34
7.4 TVORBA POVLAKŮ VYTLAČOVÁNÍM.....	36
7.5 GRANULACE VYTLAČOVÁNÍM.....	36
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>37</b>
<b>8 ÚVOD PRAKTICKÉ ČÁSTI</b> .....	<b>38</b>



<b>9</b>	<b>KONSTRUKCE VYTLAČOVACÍ HLAVY NA TRUBKY .....</b>	<b>39</b>
9.1	KONSTRUKCE VYTLAČOVACÍ HLAVY.....	39
9.2	KONSTRUKCE TRNU.....	40
9.3	KONEČNÝ NÁVRH.....	41
<b>10</b>	<b>VÝROBA VYTLAČOVACÍ HLAVY .....</b>	<b>42</b>
10.1	PŘÍPRAVA PRO CNC STROJI.....	42
10.1.1	Prvotní nastavení.....	42
10.1.2	Vytvoření nástroje.....	43
10.1.3	Volba operace.....	44
10.1.4	Verifikace .....	45
10.2	OBRÁBĚCÍ POSTUPY JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ.....	46
10.2.1	Příprava a frézování na CNC stroji .....	50
10.2.1.1	Upínací přípravek.....	51
10.2.1.2	Frézování jednotlivých dílů.....	52
10.2.2	Vrtání .....	53
10.2.3	Leštění.....	54
10.2.3.1	Broušení .....	54
10.2.3.2	Konečné leštění.....	54
10.2.4	Tvorba závitů.....	55
10.2.5	Kompletace trnu .....	56
10.2.5.1	Lepení částí trnu.....	56
10.2.5.2	Barvení trnu .....	57
10.3	SESTAVENÍ VYTLAČOVACÍ HLAVY.....	58
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>67</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>68</b>

## ÚVOD

Zpracování polymerních materiálů patří v dnešní době mezi jedno z nejrozšířenějších a velmi důležitých odvětví zpracovatelského průmyslu. Při neustálých změnách vlastností polymerních materiálů je nutné optimalizovat problémy vzniklé při těchto inovacích.

Při zpracování těchto materiálů vytlačováním je nutná znalost nejen fyzikálních a tokových vlastností, ale i správné nastavení procesních podmínek. To je velmi důležité i při konstrukci vytlačovacích hlav, díky kterým získává vytlačovaný materiál výsledný tvar.

Cílem této práce je návrh vytlačovací hlavy na profily a její následná realizace. Pro co nejlepší znázornění funkce této vytlačovací hlavy byl zvolen jako profil trubka. Dále pak bylo zvoleno pro konstrukci samotné vytlačovací hlavy materiálu PMMA. Mezi hlavní výhody tohoto materiálu patří průhlednost, díky které se ještě zvýší názornost celého projektu.

## **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 (opláštění, 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]

### 1.1 Negativní jevy při vytlačování

Při vytlačování dochází i k mnoha negativním jevům, které mohou mít za následek zhoršení kvality výsledného produktu.

Mezi tyto jevy patří:

- Degradace materiálu - Materiál u stěny má velmi dlouhé zdržné doby a degraduje. Tavenina využívá pouze takovou tloušťku kanálu, které je skutečně potřeba. Smykové napětí na stěně je nižší než 30kPa.
- Shark skin - Při vytlačování dochází ke zvrásnění povrchu. K tomuto jevu dochází pokud je smykové napětí na stěně vyšší než 140kPa. Příčina vzniku je spojována s výstupní částí vytlačovací hlavy.
- Narůstání profilu - Narůstání vyjadřuje poměr průměru profilu po opuštění vytlačovací hlavy a průměru profilu ve vytlačovací hlavě. Každý materiál má rozdílnou tendenci k narůstání.
- Die drool - Jedná se o nežádoucí akumulaci materiálu na hraně výstupní štěrbině při vytlačování polymerních látek. Intenzitu tohoto jevu lze snížit zkosením nebo zaoblením hrany výstupní štěrbině.

## 1.2 Koextruze

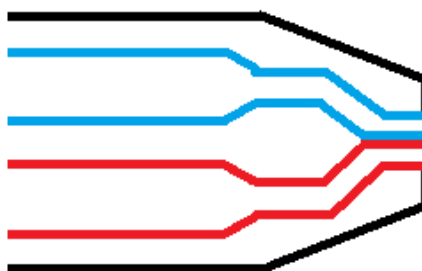
Požadovaných vlastností a nízké ceny není možno dosáhnout v případě struktury připravené z jednoho materiálu. Toho lze dosáhnout pomocí koextruze neboli souběžného vytlačování.

Koextruze je kontinuální technologický proces, při němž dochází ve vytlačovací hlavě ke spojování několika vrstev materiálu do jedné struktury. Mezi její výhody patří i použití recyklátu - nejčastěji střední vrstvy.

V podstatě jakýkoliv vytlačovaný produkt může být vylepšen koextruzí.

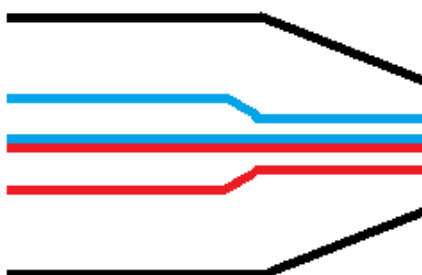
Základní typy koextruzních hlav:

- Vícekanálová - Materiály jsou distribuovány odděleně. K jejich kombinaci dochází blízko výstupní štěrby.



Obr. 1 Vícekanálová hlava

- Jednokanálová - Materiály jsou distribuovány současně.



Obr. 2 Jednokanálová hlava

Tato technologie je využívána např. pro zpracování kombinace měkké/tvrdé PVC, která poskytuje možnost zejména změkčení hran např. u okenních profilů.

## 2 MATERIÁLY

Mezi materiály, které se nejčastěji používají při vytlačování k výrobě trubek nebo profilů patří např. PVC, PE, PP, PS, PMMA, apod. [9]

### 2.1 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, vytlačování, vstřikování, vyfukování, vakuovým tvarováním atd.) [4]

Polyvinylchlorid není rozpustný ve vodě, v olejích ani v koncentrovaných anorganických kyselinách a zásadách. [9]

Tab. 1 Fyzikální vlastnosti polyvinylchloridu [13]

Hustota	1380 kg/m <sup>3</sup>
Tepelná vodivost	0,16 W/(m·K)
Měrná tepelná kapacita	0,9 kJ/(kg·K)
Modul pružnosti	2500 MPa
Mez pevnosti	35 MPa

### 2.2 Polyetylen (PE)

Polyetylen je vyráběn různými postupy a tvoří širokou paletu produktů s různými zpracovatelskými i s užitnými vlastnostmi. 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 a elektrotechnická izolace. [4]

Rozlišují se dva druhy polyetyleny: LDPE (s nízkou hustotou) a HDPE (s vysokou hustotou).

Tab. 2 Fyzikální vlastnosti polyetyleny [12, 7]

Hustota	920 kg/m <sup>3</sup>
Tepelná vodivost	0,43 W/(m·K)
Měrná tepelná kapacita	1,47 kJ/(kg·K)
Modul pružnosti	950 MPa
Mez pevnosti	25 MPa

### 2.3 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. [4]

Polypropylen má dobrou stálost, tvrdost a pevnost, ale nízkou vrubovou houževnatost. Není náchylný k vnitřnímu pnutí a je dobře svařitelný. Při teplotách pod nulou křehne. Má velmi dobrou elektrickou a chemickou odolnost. Polypropylen lze používat při teplotách od +5 do +100°C. Mezi jeho přednosti patří nízká hustota, vysoká teplotní a tvarová stálost, vysoká povrchová tvrdost a fyziologická nezávadnost. K nevýhodám naopak nízká otěruvzdornost, odolnost vůči oxidaci a špatná lepitelnost. [4]

Tab. 3 Fyzikální vlastnosti polypropyleny [13]

Hustota	910 kg/m <sup>3</sup>
Tepelná vodivost	0,22 W/(m·K)
Měrná tepelná kapacita	1,46 kJ/(kg·K)
Modul pružnosti	1200 MPa
Mez pevnosti	30 MPa

## 2.4 Polystyren (PS)

Polystyren je poměrně tvrdý, ale křehký plast, který dobře odolává kyselinám a zásadám. Při stárnutí křehne a vytvářejí se v něm trhliny. Neodolává organickým rozpouštědlům, zejména benzínu, aldehydům a ketonům. Je citlivý vůči UV záření a málo odolný vůči teplotě (jen asi do 70 stupňů Celsia). [6]

Tab. 4 Fyzikální vlastnosti polystyrenu [8]

Hustota	1050 kg/m <sup>3</sup>
Tepelná vodivost	0,17 W/(m·K)
Měrná tepelná kapacita	2,06 kJ/(kg·K)
Modul pružnosti	3200 MPa
Mez pevnosti	55 MPa

## 2.5 Polymethylmethakrylát (PMMA)

Nejcharakterističtější vlastností PMMA je jeho čírost a naprostá bezbarvosť i v tlustých vrstvách. To umožňuje nejen jeho dokonalou průhlednost, ale i snadné vybarvování. Odolností proti povětrnosti předčí PMMA všechny běžné termoplasty. PMMA má dobré mechanické a elektroizolační vlastnosti, odolává vodě, zředěným alkáliím a kyselinám. Velmi dobře se obrábí. Je zdravotně nezávadný a rovněž je výhodou snadné spojování lepením. Jeho nedostatkem je nízká povrchová tvrdost. [3]

Tab. 5 Fyzikální vlastnosti PMMA [10]

Hustota	1190 kg/m <sup>3</sup>
Tepelná vodivost	0,19W/(m·K)
Měrná tepelná kapacita	1,5 kJ/(kg·K)
Modul pružnosti	3200 MPa
Mez pevnosti	70 MPa

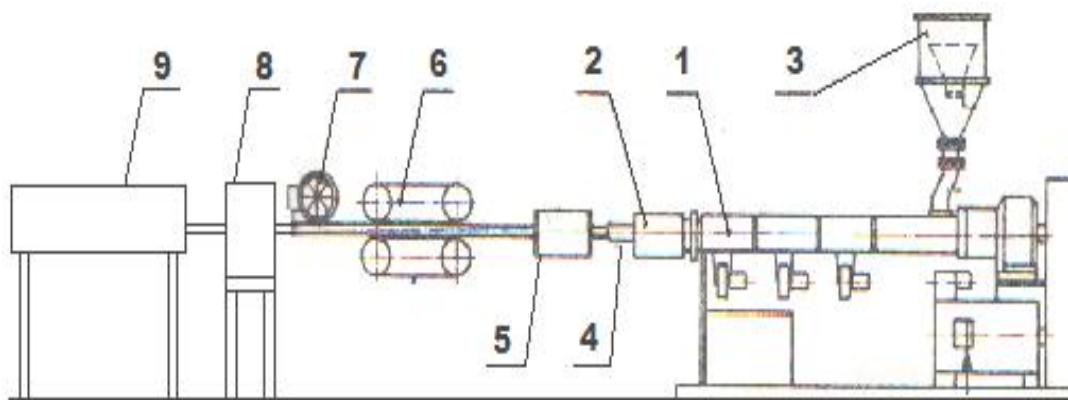


### 3 VYTLAČOVACÍ LINKA

Linka na vytlačování uzavřených i otevřených profilů a trubek se skládá ze šnekového vytlačovacího stroje, vytlačovací hlavy a ze zařízení kalibračního, chladicího, odtahovacího a měřicího. Na konci linky se nachází i dělicí a navíjecí resp. odkládací zařízení. Běžně se používají jednošnekové vytlačovací stroje. K výrobě trubek a profilů se obvykle používají materiály PVC, PE, PP, PS, PMMA apod. [9]

#### Popis vytlačovací linky:

Vytlačovací stroj (1) je opatřen vytlačovací hlavou (2). Materiál je umístěn v násypce (3), odkud je přiváděn do vytlačovacího stroje. Vytlačovaná trubka vstupuje bezprostředně za hlavou do kalibrovacího ústrojí (4), kde dochází k zafixování tvaru a rozměru. Na kalibrační ústrojí navazuje chladicí vana (5), kde se profil dále ochladí. Rychlost výrobní linky je řízen odtahem (6). Vytlačovaný profil se měří (7) a dále řeže na manipulační délky řezacím ústrojím (8). Dále putuje profil na odkládací zařízení (9). [1]

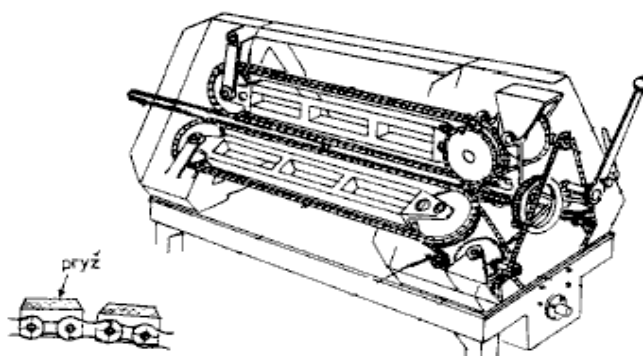


Obr. 3 Vytlačovací linka [1]

1 - vytlačovací stroj, 2 - vytlačovací hlava, 3 - násypka, 4 - kalibrace, 5 - chladicí vana,  
6 - odtah, 7 - měřidlo délek, 8 - dělicí zařízení, 9 - odkládací zařízení

Rychlost posuvu vytlačovaného profilu se nastavuje a reguluje odtahovacím zařízením, které k odtahování používá řetězy, kotouče, pásy nebo článkové pásy, kdy každý článek je na pracovní ploše opatřen vrstvou pryže. Odtahovací zařízení jsou konstrukčně řeše-

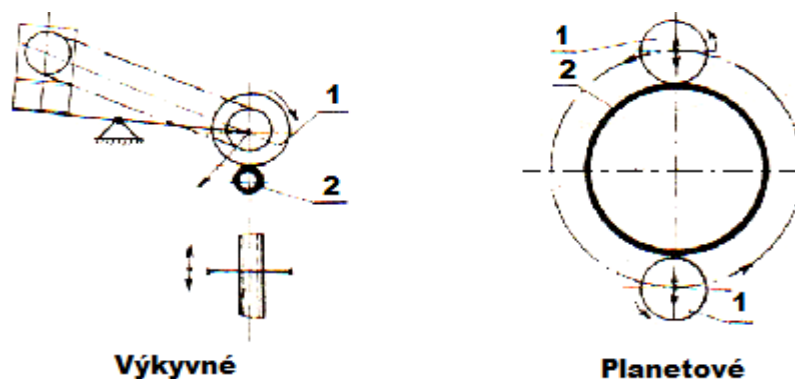
na tak, aby se jejich výška od základny dala seřizovat podle ostatních strojů v lince, které se ovšem také seřizují, a to podle výšky vytlačovací hlavy (osy profilu) od základny. [9]



Obr. 4 Řetězový odtah [9]

Řezací ústrojí bývá obvykle tvořeno kotoučovou pilou s vlastním pohybem. Činnost řezacího ústrojí je však funkčně spojena s odtahovým ústrojím a měřením délky, na jehož impuls je uváděno do činnosti. Nosič řezacího ústrojí se při řezání pohybuje současně s vytlačovaným profilem. Po ukončení řezu se vrací do výchozí polohy. [1]

Podle řezného pohybu kotoučové pily rozeznáváme uspořádání s pilou výkyvnou nebo planetovou. U výkyvného uspořádání je kotoučová pila i s elektromotorem obvykle umístěna na vahadle, které je výkyvně upevněno na pojízdném vozíčku. Sklápění a zvedání pily je buď nucené nebo je pohyb do řezu vykonán vlastní hmotností kotoučové pily. Planetové řezací ústrojí má jednu nebo dvě kotoučové pily, které obíhají kolem trubky a zároveň se posouvají proti sobě. Řez je obvykle ovládán vačkovým mechanismem. Výhodou tohoto uspořádání je krátká doba řezu i při velkých průměrech trubek. [1]



Obr. 5 Řezací ústrojí [1]

1 - kotoučová pila, 2 - řezaný profil

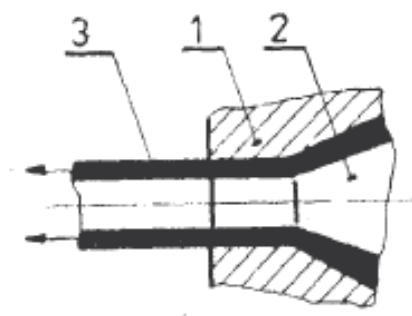
Uřezaný profil se dopravuje na sklopný žlab ukládacího ústrojí, které ukládá profil na paletu nebo manipulační vozík. Pro ohebné materiály se místo ukládacího zařízení mohou používat ústrojí navíjecí. [1]

Všechna zařízení se vyrábějí v několika rozměrových řadách, aby bylo možné na sestavené lince vyrábět profily a trubky libovolných rozměrů. Pracovní rychlost linky se pohybuje v závislosti na velikosti vytlačovaného průřezu v rozmezí 0,005 až 0,15 m·s<sup>-1</sup>. Délka nařezaných trubek nebo profilů může být libovolná. Z dopravních důvodů se však pohybuje od 2 do 6m, v odůvodněných případech může být i větší. [1]

## 4 VYTLAČOVACÍ STROJE

### 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 (obr.1) 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 ev. vulkanizace a chlazení. [1]



Obr. 6 Princip vytlačování [1]

1 - vytlačovací hubice, 2 - trn, 3 - profil

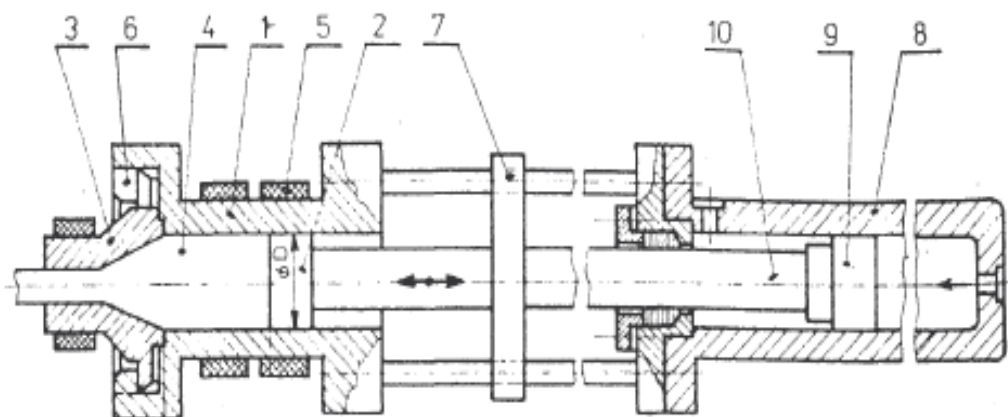
Vytlačovací stroje se dělí podle hlavní pracovní části na: [1]

- pístové
- diskové
- šnekové

### 4.1 Pístové vytlačovací stroje

Vytlačovací stroje pístové mají jako hlavní funkční část píst. Pohon pístu bývá hydraulický nebo mechanický. Pracovní část je tvořena válcem s pístem a vytlačovací hlavou. Materiál pro vytlačování se vkládá do pracovního válce. Velikost pístového vytlačovacího stroje je určena maximální vytlačovací silou, průměrem pracovního válce a zdvihem pracov-

ního pístu. Pístové vytlačovací stroje se nejčastěji používají k vytlačování materiálů citlivých na teplotu, jako je např. PF nebo materiálů se špatnými tokovými vlastnostmi, jako je např. PTFE. Vytlačovaný materiál není namáhán vysokým smykovým zatížením a lze takto vyrábět profily v poměrně úzkých výrobních tolerancích. Nevýhodou pístových vytlačovacích strojů je jejich cyklický výrobní proces. [9]



Obr. 7 Pístový vytlačovací stroj [1]

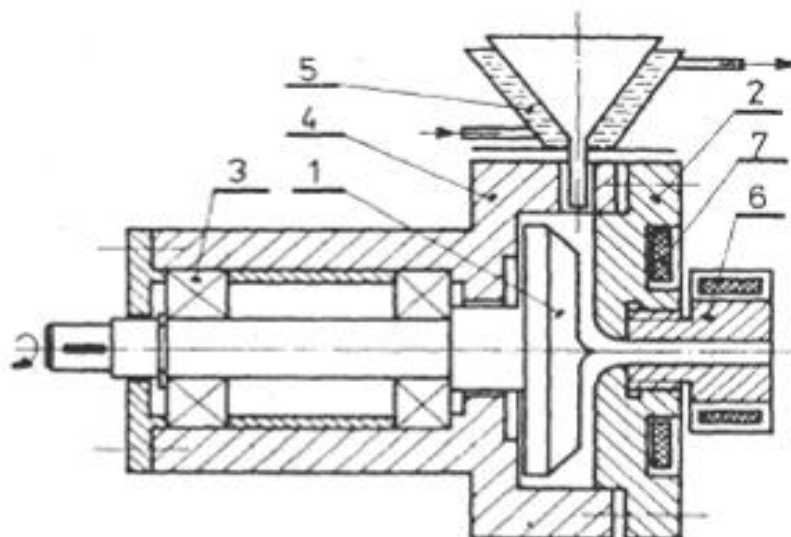
- 1 – pracovní válec, 2 – pracovní píst, 3 – vytlačovací hlava,  
 4 – vytlačovaný materiál, 5 – topná tělesa, 6 – bajonetový uzávěr,  
 7 – vedení pístnice, 8 – hydraulický válec, 9 – píst, 10 – pístnice

## 4.2 Diskové vytlačovací stroje

Vytlačovací stroje diskové jsou založeny na tzv. Weissenbergově efektu, který je podmíněn visko-elastickými vlastnostmi zpracovávaného materiálu. Výkon diskového vytlačovacího stroje závisí na průměru a tvaru disku, smykové rychlosti a druhu zpracovávaného polymeru. Konstrukčně jsou diskové vytlačovací stroje velmi jednoduché. [9]

Disk vytváří proti čelní desce štěrbinu, do které přes chlazenou násypku vstupuje materiál a účinkem elastických napětí se dopravuje v radiálním směru k hubici. Potřebné teplo k tavení vzniká v důsledku smykového namáhání materiálu ve štěrbině a také je dodáváno topnými tělesy. Nevýhodou takto řešeného diskového vytlačovacího stroje jsou nízké vytlačovací tlaky, které lze v určitém rozsahu ovlivňovat změnou otáček disku nebo nastá-

vením velikosti štěrbin. Výhodami diskových vytlačovacích strojů je, že dosahují rychlé plastikace polymeru při vysoké homogenitě taveniny, mohou zpracovávat práškové i granulované materiály, tavenina se dá snadno odplynit a plastikační proces lze snadno ovládat. [9]



Obr. 8 Diskový vytlačovací stroj [1]

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

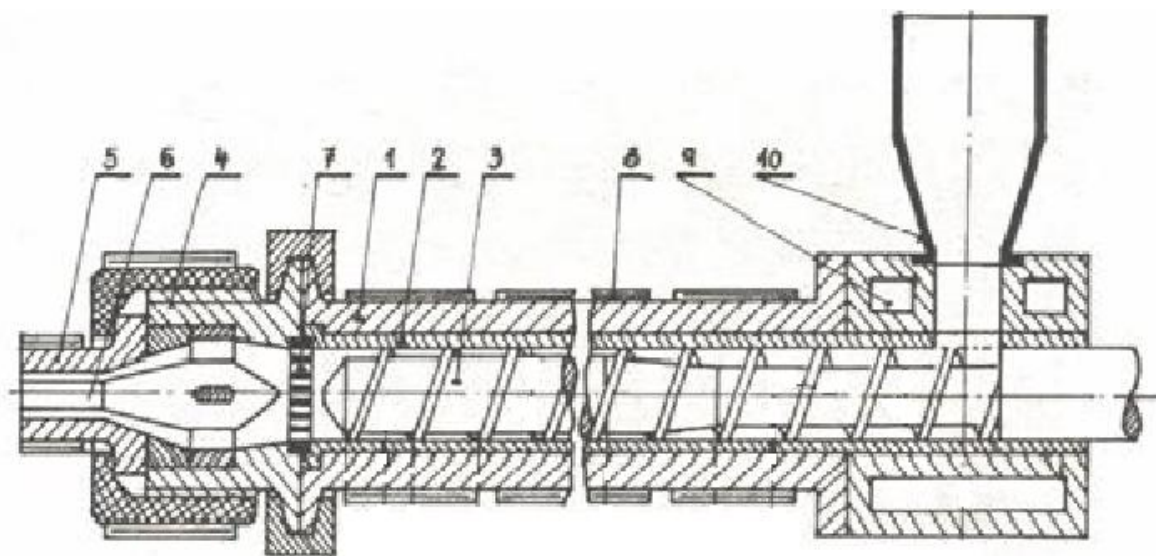
### 4.3 Šnekové vytlačovací stroje

Šnekové vytlačovací stroje vzhledem ke kontinuálnímu způsobu práce zaujímají přední místo mezi stroji na zpracování plastů. [5]

Ve vstupní části se musí většinou granulovaný nebo aglomerovaný polymer zachytit, předežhát a za odplynění stlačit. V kompresní části je polymer dále stlačován, plastikován a homogenizován s případnými přísadami. Ve výstupní části je již ve formě tepelně i materiálově homogenní taveniny pod tlakem kontinuálně vytlačován do „nástroje“ – vytlačovací hlavy. Ke zpracování plastů se používají především jednošnekové vytlačovací stroje. [9]

Šnek je nejvýznamnější funkční částí vytlačovacího stroje. Velikost vytlačovacího stroje se určuje průměrem šneku  $D$  a jeho účinnou délkou  $L$ , která se obvykle vztahuje k průměru poměrem  $L/D$ . [9]

Teoreticky by každý plast vyžadoval svůj speciální šnek, ale v praxi se používá několik ověřených konstrukcí šneku, které buď výrobce vytlačovacího stroje, nebo dodavatel polymeru pro jeho optimální zpracování doporučí. [9]



Obr. 9 Šnekový vytlačovací stroj [9]

1 - pracovní válec, 2 - pouzdro, tavicí komora, 3 - šnek, 4 - vytlačovací hlava,

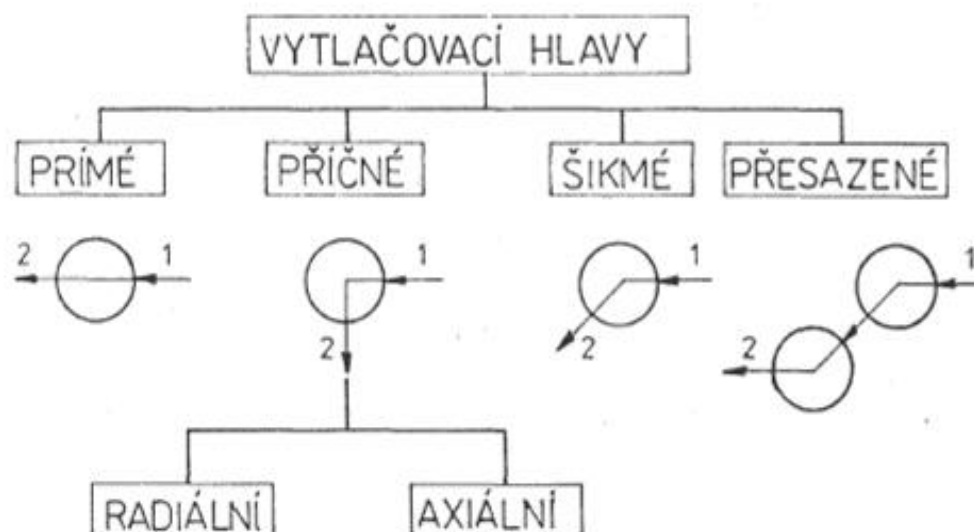
5 - hubice, 6 - trn, 7 - lamač, 8 - topení, 9 - chlazení, 10 - násypka

## 5 VYTLAČOVACÍ HLAVY

Vytlačovací hlava je část stroje, ve které dopravovaný materiál získává definitivní, ale nezafixovaný tvar. Hlava musí mít takový profil, aby zaručovala pravidelný a trvalý tok taveniny. Nesmí v ní existovat tzv. mrtvé prostory, ve kterých by se materiál mohl zastavit a zůstat tak dlouho v kontaktu s vyhřívaným tělem hlavy, až by degradoval. Mezi konec šneku a vytlačovací hlavu se vkládá lamač. Hlava bývá připojena k válci šnekového vytlačovacího stroje několika způsoby. U menších strojů se někdy šroubuje na konec válce, jinak se používá bajonetové, objímkové nebo přírubové uchycení. [9]

Lamač je děrovaná deska s otvory 3 až 8 mm, která se používá pro konečnou homogenizaci taveniny a jako opěra pro čistící síta. Průchodem síty se tavenina zbavuje nečistot nebo nerozpracovaných příměsí. Zařazením lamače se síty vzrůstá odpor, a tak se zvyšuje tlak na konci šneku, čímž se zvětšuje intenzita hnětení taveniny. [5, 9]

Rozdělení vytlačovacích hlav podle polohy osy šneku a osy vytlačovací hubice:



Obr. 10 Rozdělení vytlačovacích hlav [1]

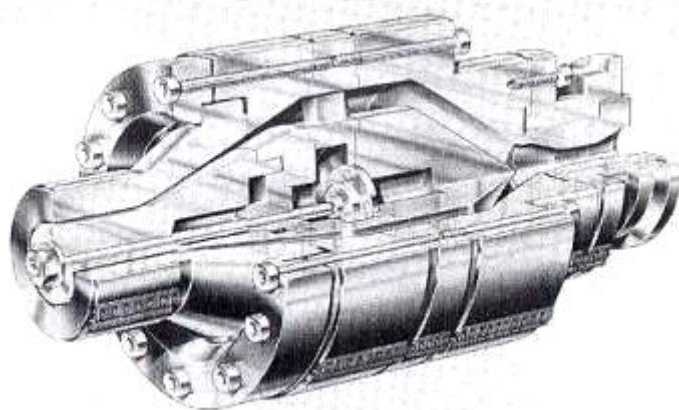
1 - osa šneku, 2 - osa vytlačovací hubice



## 5.1 Přímé vytlačovací hlavy

Hlavy přímé jsou především určené pro vytlačování uzavřených symetrických profilů jako jsou např. trubky, hadice nebo uzavřených nesymetrických profilů, jako je např. okenní profil. Konstrukce hlavy pro uzavřené profily by měla zabezpečit volný přívod vzduchu do dutin profilu. [9]

Ze všech vytlačovacích hlav se vytlačovací hlava s přívodem taveniny v přímém směru používala v minulosti nejvíce. Je totiž zajištěna dobrá distribuce taveniny nezávisle na provozních podmínkách. [2]



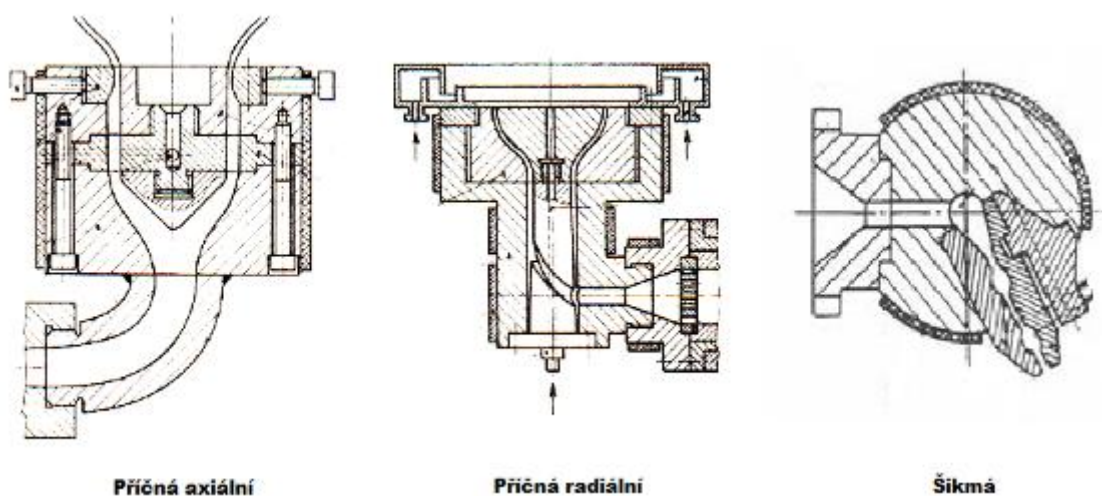
Obr. 11 Přímá vytlačovací hlava [9]

## 5.2 Nepřímé vytlačovací hlavy

Hlavy nepřímé tj. hlavy příčné a šikmé se používají pro opláštění vodičů, kabelů nebo kovových profilů, vyfukování fólií nebo dutých předmětů. Hlavy pro opláštění vodičů mají vrtaný trn, kterým prochází vodič a tím se vyhýbáme vedení přes šnek. Nepřímé hlavy mají různý úhel odklonu od osy šnekového vytlačovacího stroje. U příčných hlav je tento úhel  $90^\circ$ , u šikmých hlav je  $30$  až  $60^\circ$ . Čím větší je úhel odklonu, tím větší jsou problémy s nerovnoměrností toku taveniny. [9]

Pro zhotovení dokonalého výrobku je důležité dosažení rovnoměrného výtoku taveniny po celém obvodu štěrbině. Z tohoto hlediska je konstrukce hlavy s radiálním vtokem výhodnější. Složitější je naopak přívod rozfukovacího vzduchu, který je realizován přes rozdělovač, zatímco u hlavy s axiálním vtokem středem trnu.

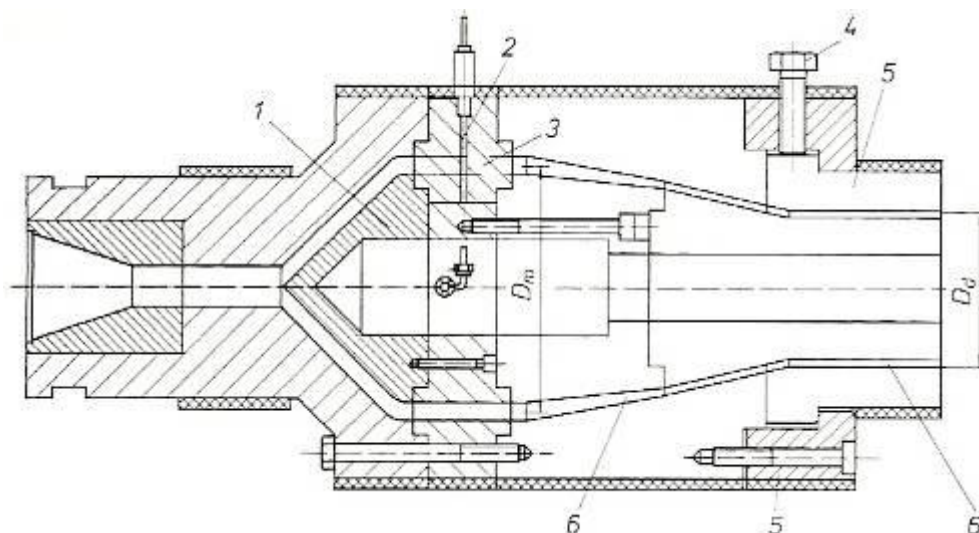
Šikmé hlavy nacházejí uplatnění při výrobě tenkých fólií. Přesazené vytlačovací hlavy mají své uplatnění například při výrobě trubek s vnitřní kalibrací. [1]



Obr. 12 Nepřímé vytlačovací hlavy [1, 9]

### 5.3 Vytlačovací hlava na trubky

Tavenina je vytlačovacím strojem dopravována do kanálu s kruhovým průřezem a následně je pomocí rozdělovače distribuována do prstencového proudu. Tavenina je rozdělena pomocí žebér rozdělovače do několika samostatných proudů. Žebry je veden přívod rozfukovacího vzduchu do vytlačovací hlavy.[2]



Obr. 13 Vytlačovací hlava na trubky [2]

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

Základní části hlavy, rozdělovač a vnější kroužek jsou výměnné, je tedy možno je použít pro více typů geometrií. S cílem dosáhnout jednotného rovnoměrného toku v mezikruží může být vnější kroužek posouván v radiálním směru pomocí šroubů umístěných po obvodu. [2]

Hlavní nevýhodou při použití rozdělovače je tvorba stokových čar. Tavenina je pomocí žeber 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. [2]

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, kdy 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. [2]

Existují tři možnosti, jak snížit možnost výskyt stokových čar, které jsou nevyhnutelné při použití vytlačovací hlavy s rozdělovačem: [2]

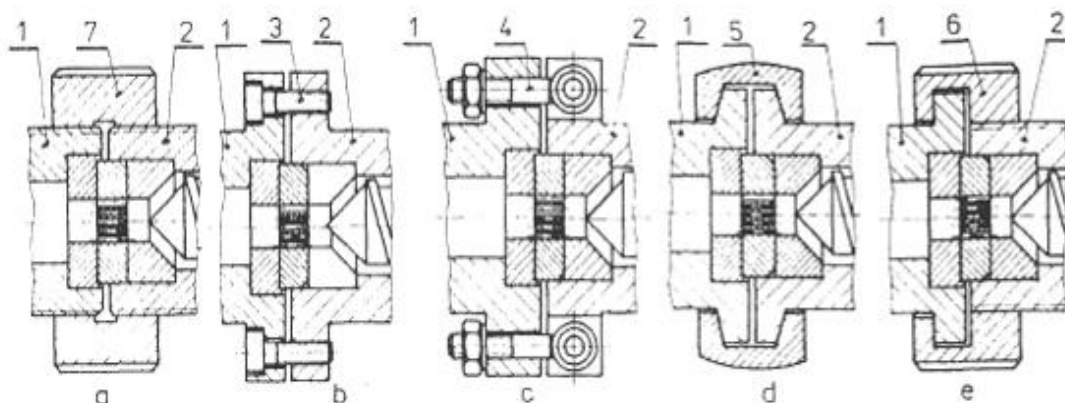
- zvýšením teploty ve vytlačovací hlavě
- zajištěním rovnoměrné distribuce taveniny
- zajištěním jednotné struktury (podélná orientace molekul) po celém obvodu i mezi žebry rozdělovače

Těchto možností lze např. dosáhnout: [2]

- 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 žeber rozdělovače, ale je to obtížné díky relativně malé velikosti žebra, ovšem postupné zlepšování je dosažitelné

## 5.4 Typy spojů vytlačovacích hlav s vytlačovacím strojem

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. [1]



Obr. 14. Způsoby spojení vytlačovací hlavy s pracovním válcem [1]

*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*

## 6 KALIBRACE

Kalibrační ústrojí slouží k zafixování tvaru a rozměru vytlačovaného profilu. Dělíme ji na tři základní typy:

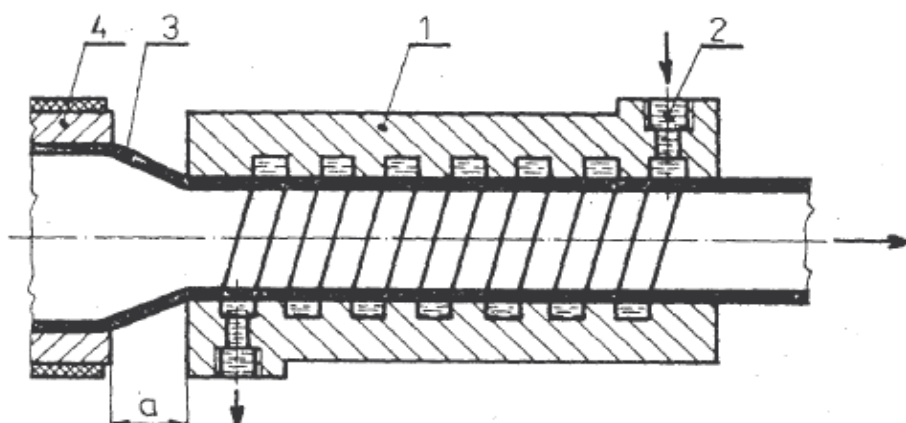
- Průvlaková kalibrace
- Přetlaková kalibrace
- Podtlaková kalibrace

Druh kalibrace volíme podle druhu požadavků na rozměry a tvar. Například přetlakovou kalibrací dosáhneme přesných vnějších rozměrů, naopak podtlakovou dosáhneme přesných vnitřních rozměrů. [1]

### 6.1 Průvlaková kalibrace

Kalibrační pouzdro průvlakového kalibračního ústrojí je opatřeno šroubovou drážkou. Trubka procházející pouzdrem vytvoří šroubovicový kanál, kterým protéká protiproudá chladicí voda. Ochlazení povrchu trubky je natolik intenzivní, že si zanechá svůj tvar a rozměr daný kalibračním pouzdem. Průvlaková kalibrace není vhodná pro tenkostěnné trubky. [1]

Kalibrační ústrojí průvlakové a podtlakové se umísťuje v přiměřené vzdálenosti od vytlačovací hlavy. [1]



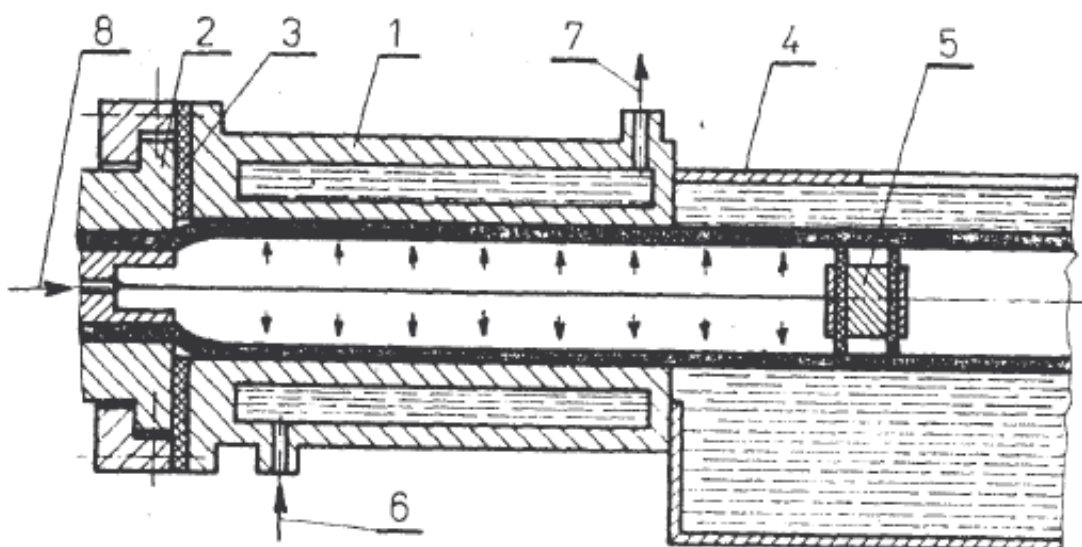
Obr. 15 Průvlaková kalibrace [1]

1 - kalibrovací pouzdro, 2 - chladicí voda, 3 - kalibrační trubka, 4 - vytlačovací hubice

## 6.2 Přetlaková kalibrace

Přetlakové kalibrační ústrojí pracuje s přetlakem vzduchu uvnitř trubky, který přitlačí trubku ke stěnám kalibračního pouzdra. Vzduch se přivádí do trubky přes vytlačovací trn. Pouzdro je chlazeno vodou. Zátka umístěná uvnitř trubky je zavěšena na lanku nebo řetízku. Umožňuje malý průnik tlakového vzduchu, čímž se docílí chlazení trubky i zevnitř. Tento způsob kalibrace je vhodný pro trubky i duté profily. [1]

Přetlaková kalibrace se umísťuje přímo na vytlačovací hlavu. Teplotní spád mezi kalibračním pouzdem a vytlačovací hubicí se kompenzuje vhodnou izolační vložkou. [1]



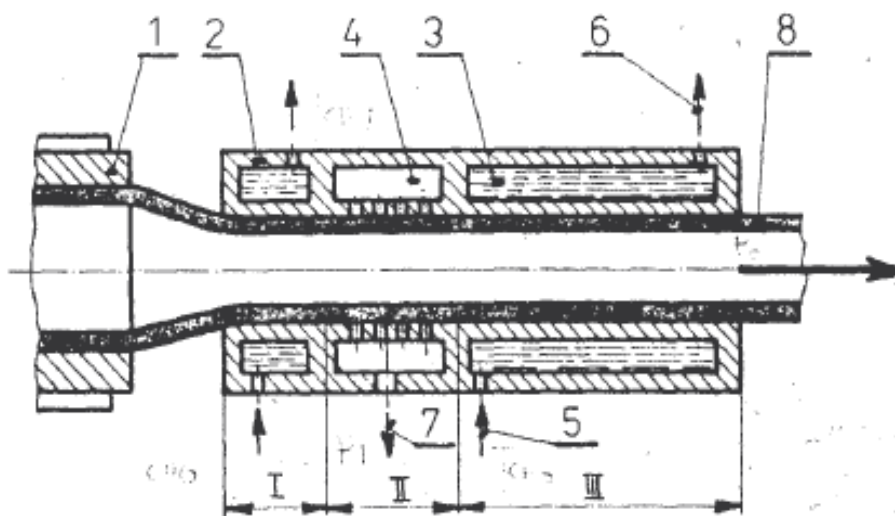
Obr. 16 Přetlaková kalibrace [1]

1 - kalibrovací pouzdro, 2 - vytlačovací hubice, 3 - tepelná izolace, 4 - chladící vana,  
5 - zátka, 6 - přívod chladící vody, 7 - odvod chladící vody, 8 - přívod tlakového vzduchu

## 6.3 Podtlaková kalibrace

Kalibrační pouzdro je rozděleno do tří pásem, z nichž obě krajní jsou chlazena vodou protékající chladícími komorami. Střední pásmo je napojeno na podtlak. V důsledku rozdílu tlaků nad a pod stěnou, dolehne trubka na chladné stěny a přiměřeně se ochladí.

Tento způsob kalibrace je vhodný pro členité duté profily. Nehodící se pro trubky malých rozměrů a trubky tlustostěnné. [1]



Obr. 17 Podtlaková kalibrace [1]

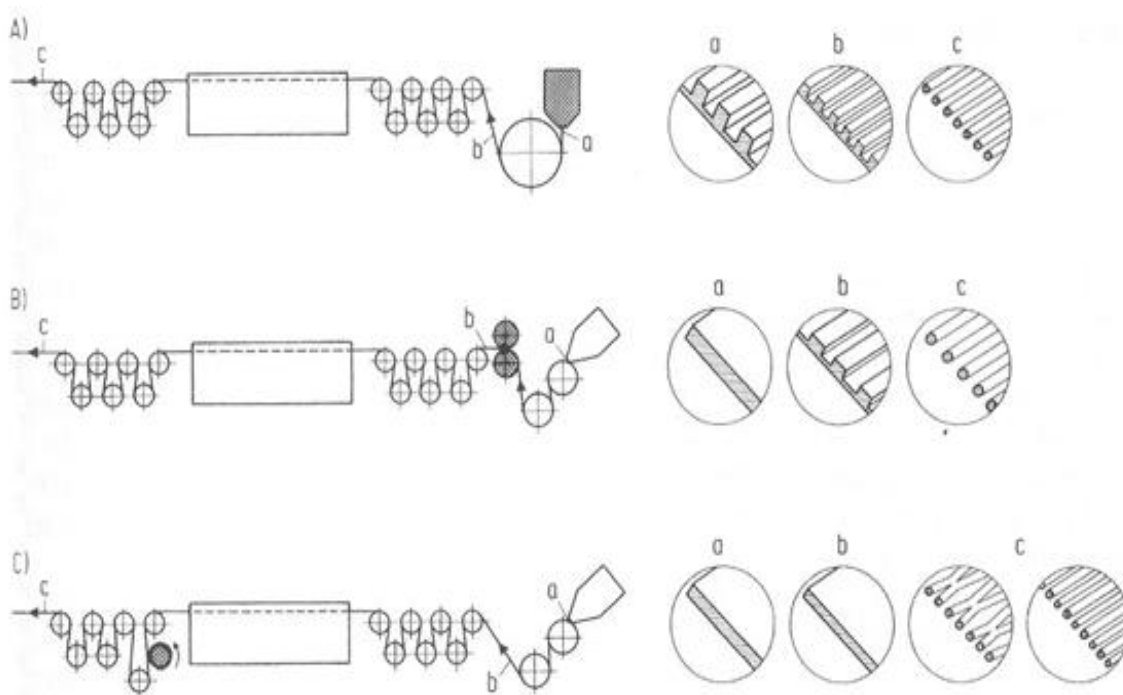
1 - vylačovací hlava, 2 - kalibrační pouzdro, 3 - chladicí komora, 4 - podtlaková komora,  
5 - přívod chladící vody, 6 - odvod chladící vody, 7 - odsávání, 8 - trubka

## 7 SPECIÁLNÍ ZPŮSOBY VYTLAČOVÁNÍ

V této kapitole budou uvedeny ostatní vybrané technologické způsoby vytlačování, jako je výroba vláken, oplášťování, tvorba povlaků, granulace, apod. [9]

### 7.1 Výroba pásků a vláken z fólií

Pro výrobu vláken se používá technologický postup, využívající monoaxiálně orientované fólie. Z vyfouknuté fólie nebo z fólie vytlačované širokoštěrbinovou hlavou jsou na řezacím stroji nařezány pásy, které se temperují a orientují v dlouhícím zařízení na vysoce pevné pásy o tloušťce v rozmezí (10 mm až 30 mm) a šířce v rozmezí (2 mm až 10 mm). Takto orientované pásy se mechanicky štěpí na vlákna. Rozvlákňování je snazší pro profilované pásy, pro hladké pásy je vhodné použít válec s jehlami. [9]



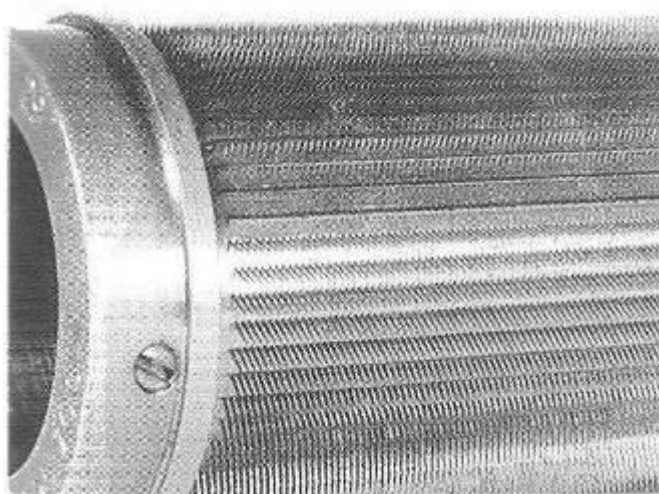
Obr. 18 Technologie výroby vláken rozvlákňováním [9]

A – vytlačená profilovaná fólie, B – profilování dezénovacími válci,

C – rozvlákňování ostrými jehlami



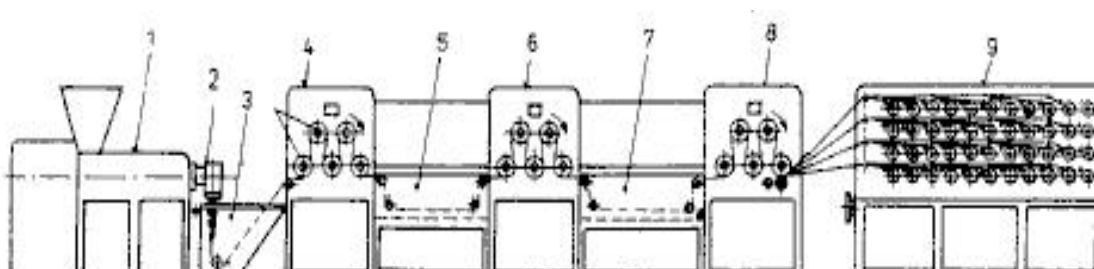
Rozvlákňování je snazší pro profilované pásky, pro hladké pásky je vhodné použít válec s jehlami. [9]



Obr. 19 Rozvlákňovací jehlový válec [9]

## 7.2 Výroba vláken vytlačováním

Linky na výrobu vláken vytlačováním jsou rozdílně sestavovány, a to především podle typu zpracovávaného materiálu. Tímto způsobem se vyrábějí silná vlákna z taveniny. Vytlačovací stroj je osazený vytlačovací hlavou na vlákna. Z ní se vlákna vytlačují do chladicí lázně, za kterou následuje první odtahovací zařízení. Potom vlákna vstupují do temperační jednotky, kde se temperují na teplotu vhodnou k jejich orientaci (dloužení) mezi válci orientačního zařízení. Těchto temperačních a dloužících jednotek může být do linky zařazeno i několik. [9]

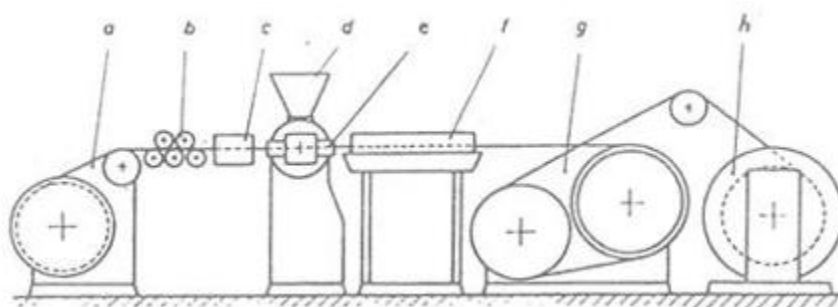


Obr. 20 Linka na výrobu vláken vytlačováním [9]

1 - vytlačovací stroj, 2 - vytlačovací hlava, 3 - chladicí lázeň, 4 - první odtahovací zařízení, 5 - temperační lázeň, 6 - dloužící zařízení, 7 - stabilizační lázeň, 8 - druhé odtahovací zařízení, 9 - cívky

### 7.3 Opláštění vytláčováním

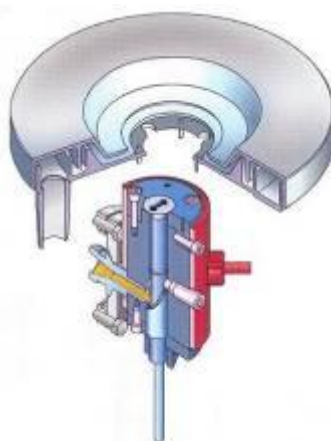
Uspořádání linky na opláštění se řeší s ohledem na druh zpracovávaného materiálu a typ opláštěvaného předmětu. Většinou se opláštějí vodiče a kabely, ale i ocelové trubky pro rozvody plynu, kovová nebo polyamidová lanka jako prádelní šňůry nebo struny do žacích strojků. Schéma linky na opláštění vodičů termoplastickou izolací je na obrázku. [9]



Obr. 21 Linka na opláštění vodičů [9]

*a - odvíjení, b - vodící kladky pro vedení a rovnání drátu, c – předehřev drátu, d - vytlačovací stroj, e – opláštěvací hlava, f - chladící vana, g - odtah, h - navíjení*

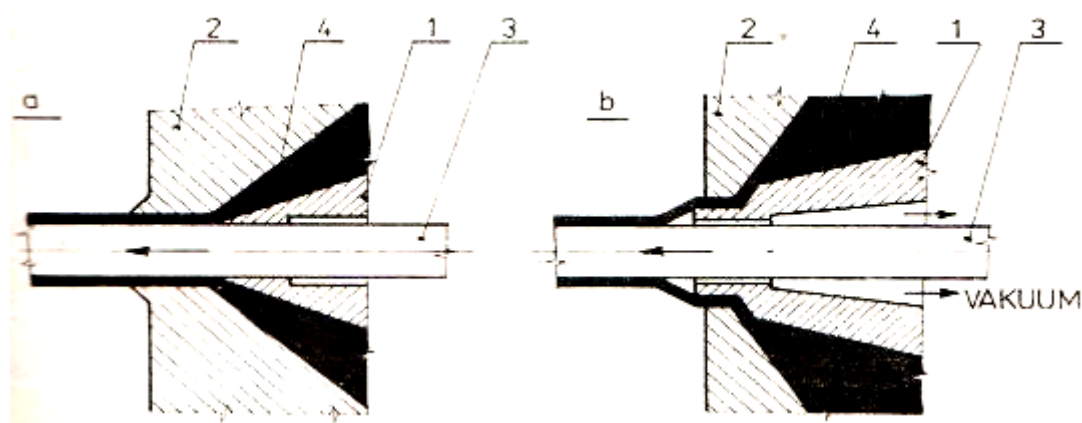
Vodič je z cívky odvíjen přes vodící kladky do předehřívacího zařízení. Zahřátý vodič vstupuje do opláštěvací hlavy. [9]



Obr. 22 Příčná opláštěvací hlava [9]

Vzniklý plášť se kalibruje, ochlazuje v chladicí vaně, měří a kontroluje se soustřednost pláště, průměr a jeho izolační vlastnosti. Opláštěvaný vodič je odtahován synchronizovanými odtahovacími válci a přes vodící kladky je navíjen na cívku v navíjecím ústrojí. Při opláštěvání trubek PE a PP se do linky zařazuje před předeřev ústrojí, které povrch trubky očistí, odmastí a opatří jej vrstvou adheziva. Dále se do linky obvykle zařazují značící přístroje. [9]

Plášť může vznikat v opláštěvací hlavě (přetlakem) nebo vně hlavy (podtlakem). [1]



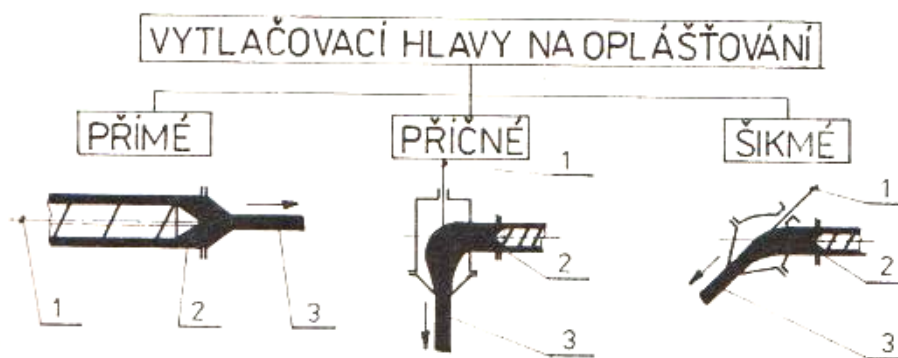
Obr. 23 Vznik pláště [1]

*a - uvnitř vytlačovací hlavy, b - vně vytlačovací hlavy*

*1 - dutý vytlačovací trn, 2 - vytlačovací hubice, 3 - polotovar k opláštěvání,*

*4 - vytlačovaný materiál pro vytvoření pláště*

Rozdělení podle vzájemné polohy osy šneku a osy opláštěvaného materiálu:

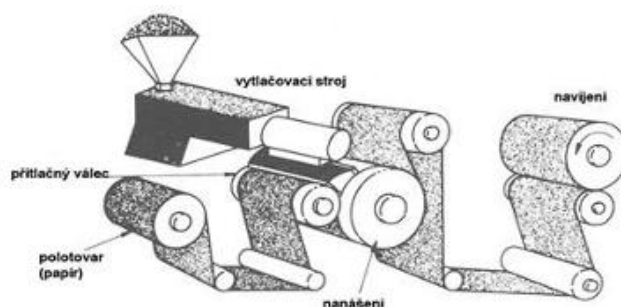


Obr. 24 Opláštěvací hlavy [1]

*1 - polotovar, 2 - vytlačovaný materiál, 3 - opláštěvaný výrobek*

## 7.4 Tvorba povlaků vytlačováním

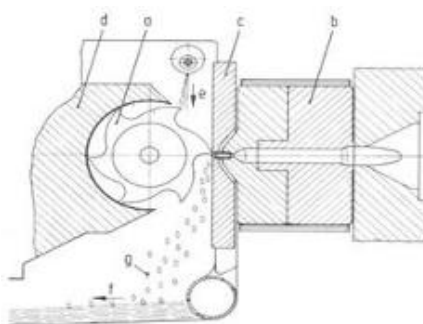
Kromě opláštění drátů a vodičů lze nanášet povlaky z plastů i na rozličné materiály, jako např. kovové fólie, textilie, jiné plastové fólie, papír, apod. Stejně jako u vytlačování fólií nebo vícevrstvých fólií i tady se využívá současného vytlačování (koextruze) taveniny plastu na povrch materiálu, který má být povlakován. Následně je vytlačená tavenina plastu slisována s nosným materiálem mezi chlazeným bubnem a přítlačným pryžovým válcem. [9]



Obr. 25 Schéma povlakování [9]

## 7.5 Granulace vytlačováním

Granulace na hlavě je založena na tom, že vytlačovací stroj je osazen tzv. vytlačovací nožovou hlavou, což je v podstatě děrovaná deska, přes kterou je materiál vytlačován a jsou na ní rotačním nožem ořezávány granule (asi jako u mlýnku na maso). Granule jsou pak ochlazovány vzduchem nebo vodou tak, aby nedocházelo k jejich vzájemnému slepování. Granule vyrobené tímto způsobem mají svůj charakteristický tvar čoček nebo pecek. [9]



Obr. 26 Granulace [9]

*a - sekací nožová hlava, b - vytlačovací hlava, c - děrovaná deska, d - granulační zařízení,  
e - ochlazovací směr, f - pásový dopravník, g - granule*

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 8 ÚVOD PRAKTICKÉ ČÁSTI

V této části je řešen návrh a realizace vytlačovací hlavy na profily. Pro výrobu jednotlivých částí vytlačovací hlavy byl zvolen polymerní materiál. Obrábění těchto částí bylo provedeno na školní frézce HWT 442. Tento stroj plně postačuje tomuto účelu. Dokončení jednotlivých částí broušením a leštěním bylo také provedeno na školních strojích, konkrétně na brusce a stojanové vrtačce, vybavené brusným a leštícím kotoučem.

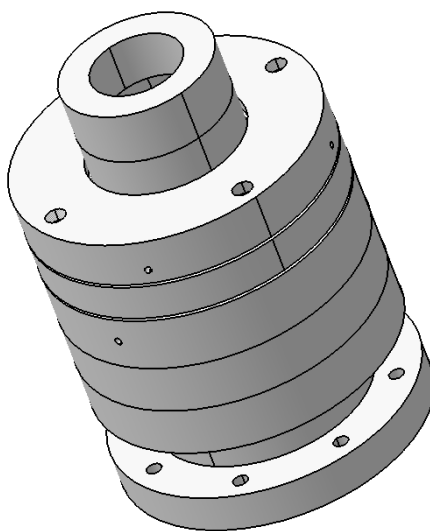
Následné sestavení celé vytlačovací hlavy a její montáž byla také provedena ve školních dílnách.

## 9 KONSTRUKCE VYTLAČOVACÍ HLAVY NA TRUBKY

Zvoleným profilem je trubka. Tato varianta vytlačovací hlavy byla zvolena, protože její konstrukce a sestavení je nejnázornější. Při návrhu i následné konstrukci vytlačovací hlavy se vycházelo ze zadání předmětu Navrhování prvků a uzlů. Byl ovšem upraven trn s rozdělovačem. Vzdálenost vnitřní stěny hlavy od vnější stěny trnu je ve skutečnosti menší. Tato změna byla provedena nejen pro zjednodušení výroby, ale především pro maximální názornost. Dále bylo opuštěno od výroby topných pásů kolem celé hlavy z důvodu zhoršení viditelnosti dovnitř vytlačovací hlavy.

### 9.1 Konstrukce vytlačovací hlavy

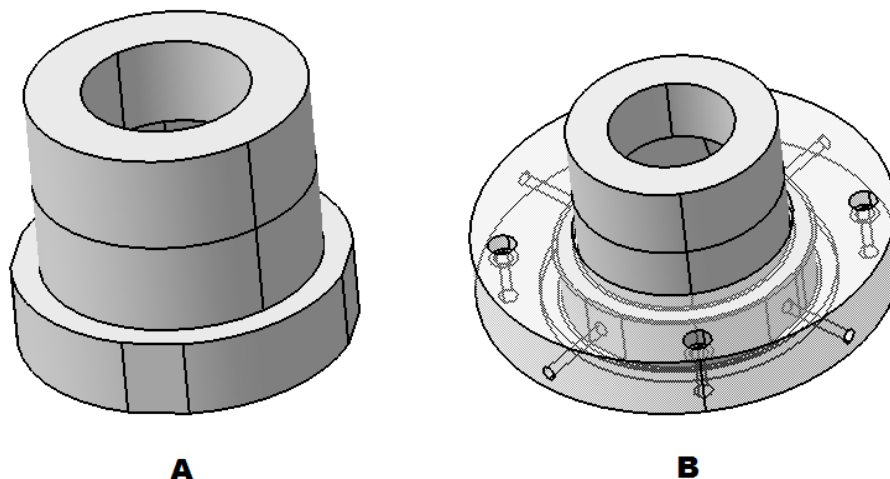
Pro maximální názornost vytlačovací hlavy byl pro výrobu jednotlivých částí těla hlavy zvolen transparentní materiál PMMA. Tato volba materiálu sebou nese i určité technologické omezení. Materiál je křehký a náchylný k povrchovému poškození. Dalším omezením je teplotní vodivost. Při obrábění nebo vrtání výchozích desek byl nutný dostatečný odvod třísky z řezu, aby nedocházelo k natavování materiálu a tím i k znehodnocení jak povrchu, tak i děr.



*Obr. 27 Návrh těla vytlačovací hlavy*

Celé tělo hlavy je tvořeno z deseti dílů. Tloušťky výchozích desek se pohybovaly v rozmezí 25 - 35mm. Pro sestavení celého tělesa bylo použito 16 šroubů o průměru M8 a různých délkách.

Z boční strany byla vyvrtána díra, sloužící jako přívod vzduchu. Do vrchní příruby byly z boku vyvrtány čtyři díry určené pro centrovací šrouby, sloužící pro polohování vytlačovací hubice.



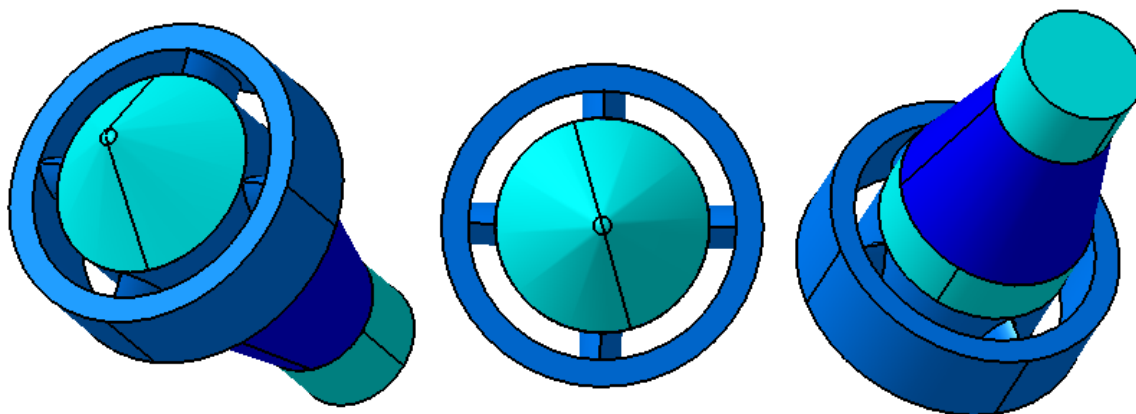
Obr. 28 Návrh hubice

A - vytlačovací hubice, B - centrování přes přírubu

## 9.2 Konstrukce trnu

Pro zhotovení trnu bylo použito materiálu PU. Tento materiál je ručně i strojně lehce a rychle opracovatelný s velmi jemným povrchem. Jedná se o materiál neprůhledný, což v kombinaci s průhledným tělem vytlačovací hlavy zajišťuje maximální názornost celku.

Celý trn se opět skládá z několika částí, což usnadnilo celkovou výrobu. Následně se tyto díly lepily v jeden celek.

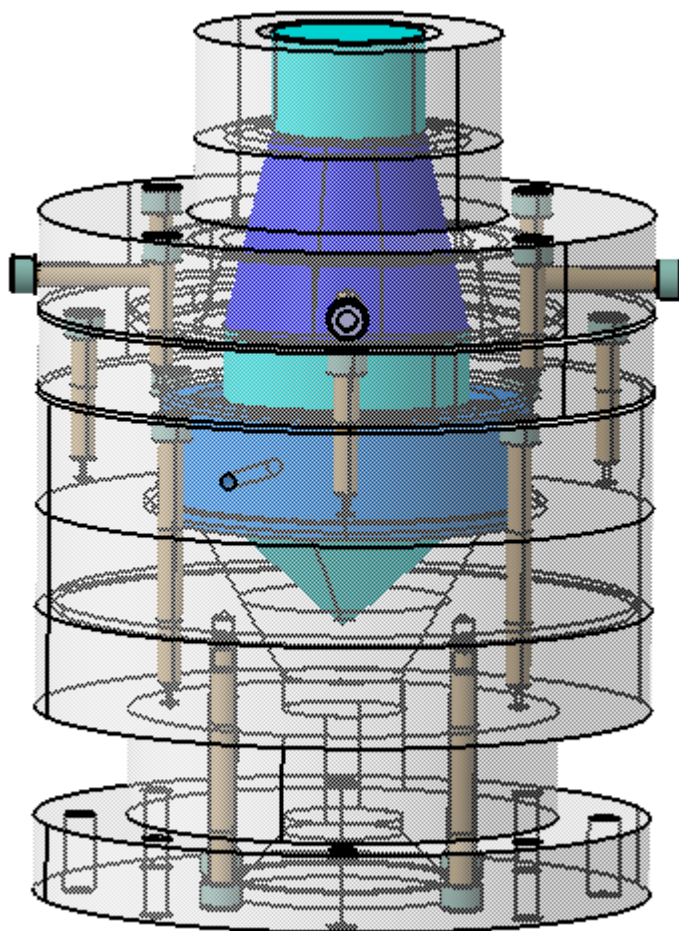


Obr. 29 Návrh trnu



### 9.3 Konečný návrh

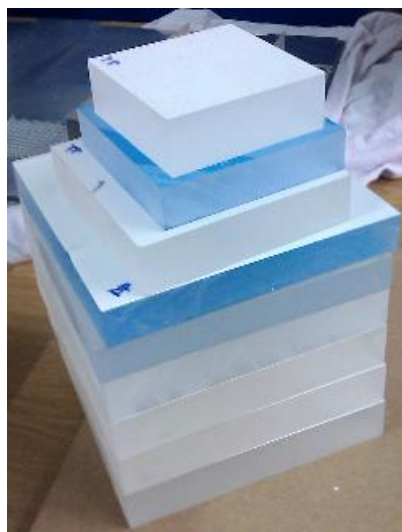
Pomocí programu CATIA V5 R18 byl proveden konečný návrh modelu vytlačovací hlavy. Návrhy jednotlivých 3D dílů byly exportovány v příslušném formátu do dalšího programu, konkrétně NX 7.5, kde bylo nastaveno obrábění těchto dílů. Díky spolupráci těchto programů nevznikala žádná výkresová dokumentace. Všechny potřebná data jsou uchována v 3D modelu. Tento model je k dispozici na přiloženém CD.



Obr. 30 Konečný návrh

## 10 VÝROBA VYTLAČOVACÍ HLAVY

Při samotné výrobě návrhu bylo nutno uvažovat se skutečností, že velká většina dílů je vyrobena ze zvoleného materiálu PMMA, a že všechny tyto díly musí být pro názornost maximálně průhledné. To vedlo k určitým problémům při výrobě. Proto nebylo možné jednotlivé díly pouze obrábět např. CNC frézováním, vrtáním, řezáním závitů, ale bylo nutno užít i leštění PMMA. Leštění zvoleného materiálu bylo také provedeno ve školních dílnách s využitím předchozích poznatků.



*Obr. 31 Desky PMMA*

### 10.1 Příprava pro CNC stroji

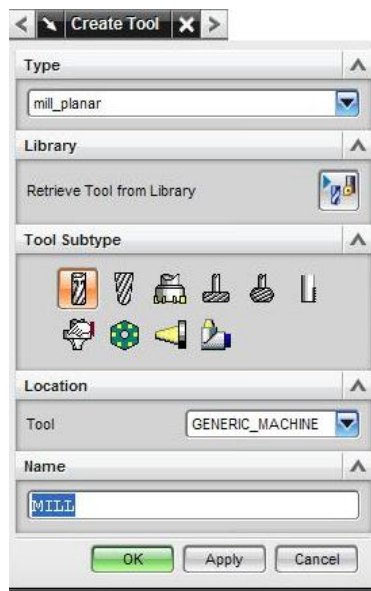
Pro jednotlivé díly byly zhotoveny návrhy pomocí programu CATIA V5 R18. Ty byly posléze uloženy ve vyhovujícím formátu pro export, konkrétně ve formátu STP. Následně byly tyto data exportovány do programu NX 7.5, ve kterém se nastavovalo veškeré frézování z jednotlivých desek. Pro konečnou výrobu bylo použito školní CNC frézky HTW 442.

#### 10.1.1 Prvotní nastavení

Nejprve se kolem konkrétního dílu nastavily výchozí rozměry zvolené desky určené k frézování. Dále bylo nutné správně zvolit nulový bod. Snahou bylo tento bod volit u každého obrobku stejně, čímž se zabránilo nutnosti opětovného nastavování tohoto bodu před každým obráběním.

### 10.1.2 Vytvoření nástroje

Dále následovala volba a vytvoření nástroje pro jednotlivé typy zvolených operací.



Obr. 32 Volba nástroje

Bylo použito válcové, kulové a toroidní frézy, vrtáku a navrtáváku. Ten byl použit pro naznačení děr s větším průměrem, které byly dokončeny na stojanové vrtačce.



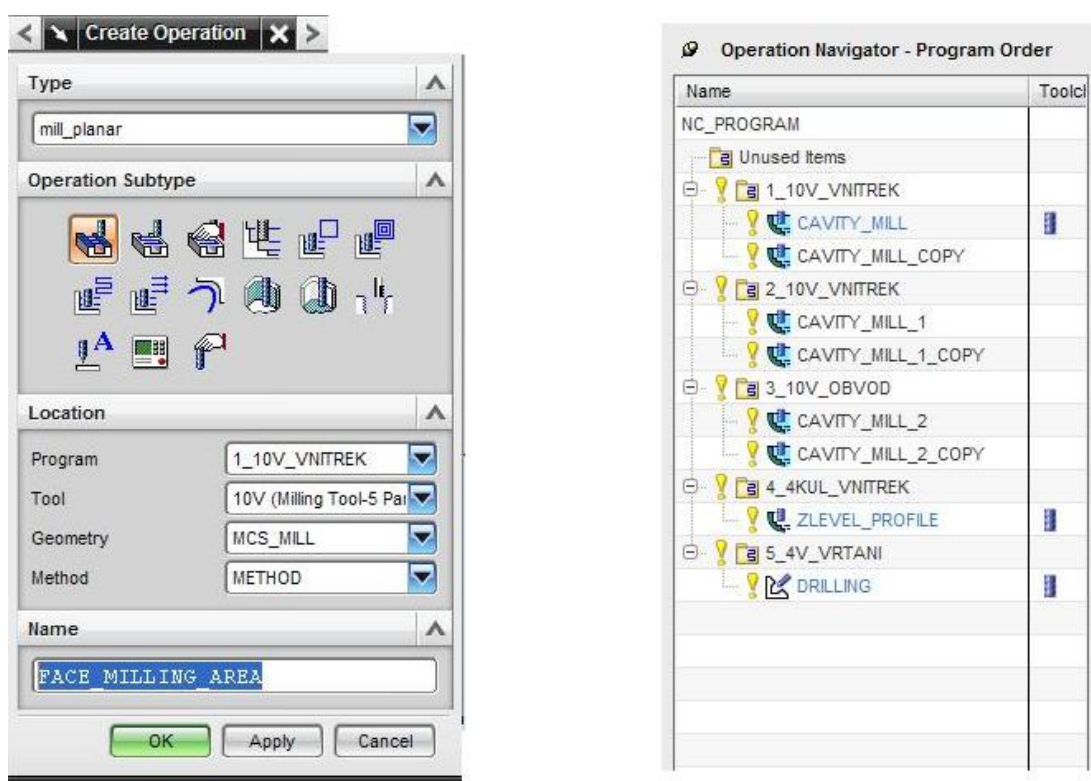
Obr. 33 Použité nástroje

Aby se zabránilo nežádoucímu natavování a spékání materiálu byly zvoleny určité parametry. Hloubka třísky nepřesahovala 1mm, pro profilové části se hloubka třísky volila jako jedna desetina průměru nástroje. Posuv byl nastaven na  $1500 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$  a příusv na  $500 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ . Otáčky byly voleny podle průměru nástroje v rozmezí  $10000 - 15000 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$ .

### 10.1.3 Volba operace

Před začátkem volby operací bylo nutné navrhnut postupný chod jednotlivých operací s ohledem na upnutí desky při postupném obrábění, případně na možnost upnutí po otočení celé desky.

Následovala volba jednotlivých operací. Jednalo se především o plošné frézování (Face Milling), obrábění vnějších nebo vnitřních stěn (Planar Profile), obrábění otvorů (Cavity Mill) nebo obrábění oblých částí a profilů (Zlevel Profile).

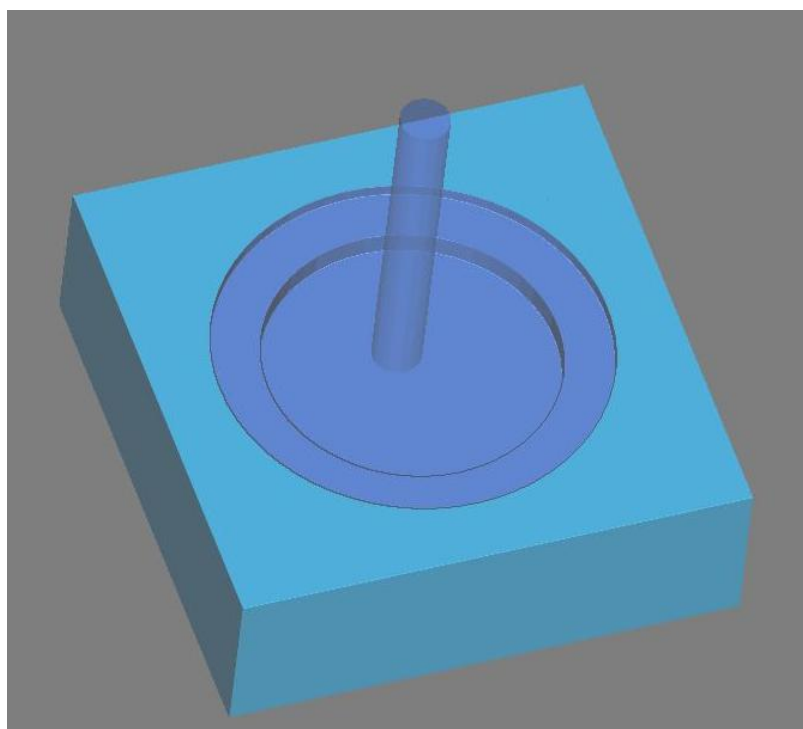
**A****B**

Obr. 34 Použité operace

A - volba operace, B - příklad zvolených po sobě jdoucích operací

#### 10.1.4 Verifikace

Jednou z dalších výhod zvoleného programu NX 7.5 je verifikace. Jedná se o simulaci jednotlivých námi nadefinovaných obráběcích cyklů. Pomocí verifikace lze zjistit případnou kolizi nástroje např. s obrobkem nebo upínkami. Je proto vhodné ji provést před samostatným vygenerováním příslušných NC kódů. Tím zabráníme případnému poškození obrobku, nástroje nebo dokonce i stroje.



*Obr. 35 Verifikace*

Po nastavení všech obráběcích cyklů a provedení kontroly pomocí verifikace se provede tzv. Postprocessing. Jedná se o vygenerování NC kódů, se kterými dále pracuje samotný obráběcí stroj. Tyto data se dále přenesou do počítače, který je propojen s CNC frézku.

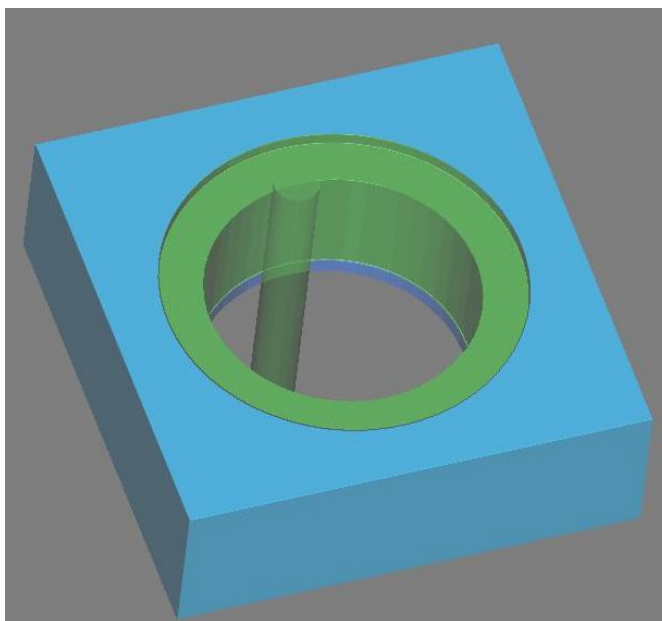
## 10.2 Obráběcí postupy jednotlivých dílů

Pro výrobu jednotlivých dílů se použila řada operací. Díky výrobě desek z PMMA odléváním nebylo dosaženo stejné tloušťky po celém obvodu desky. Proto bylo nutno tyto polotovary vhodně připravit.

Použité druhy operací na CNC frézce:

1. Upnutí desky
2. Srovnání desek na požadovanou tloušťku
3. Hrubování vnitřních otvorů
4. Dokončení vnitřních otvorů
5. Vrtání menších otvorů, předvrtání pro větší otvory
6. Hrubování vnějších stěn
7. Dokončení vnějších stěn

Hrubováním se rozumí úběr materiálu se zvoleným přídavkem na obráběné ploše. Přesného rozměru této plochy se docílí dokončovacím cyklem. Při hrubování byl zvolen přídavek 0,3 mm.

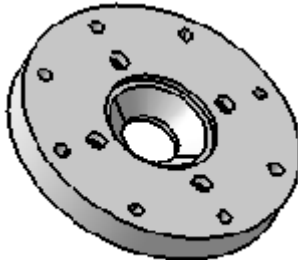
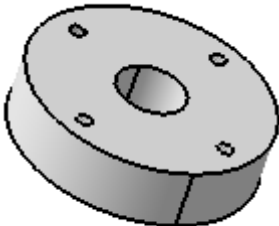
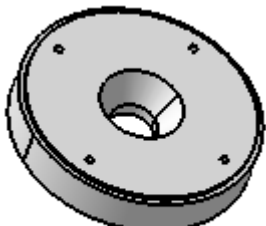
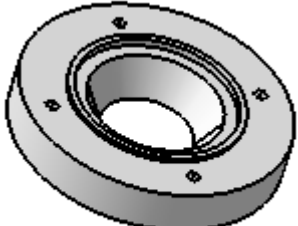


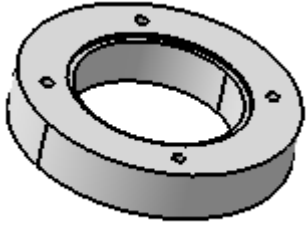
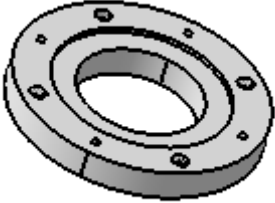
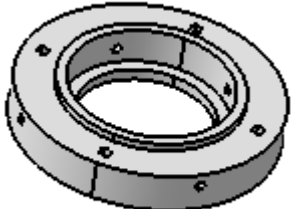
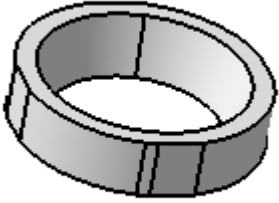

Obr. 36 Dokončovací cyklus

Mezi další operace se řadí vrtání na stojanové vrtačce, řezání závitů a leštění obroběných ploch.



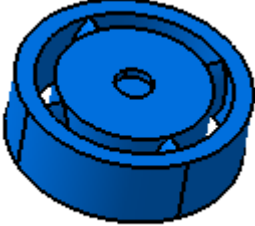
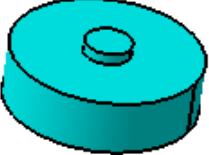

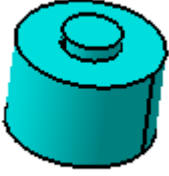
### Jednotlivé operace při CNC frézování:

Tab. 6 Průběhy operací

Název - Obrázek	Nástroje	Průběh obrábění
 <p><b>Díl 1</b></p>	10V	Face Milling Area - Srovnání plochy Cavity Mill - Obrábění otvoru
	4V	Cavity Mill - Obrábění otvoru
	6V	Zlevel Profile - Sražená plocha
	4KUL	Zlevel Profile - Sražená plocha
	4V	Drilling - Navrtání děr
	8V	Planar Profile - Obrábění obvodu
 <p><b>Díl 2</b></p>	10V	Face Milling - Srovnání plochy Cavity Mill - Obrábění otvoru
	4V	Drilling - Navrtání děr
	10V	Planar Profile - Obrábění obvodu
 <p><b>Díl 3</b></p>	10V	Face Milling - Srovnání plochy Cavity Mill - Obrábění otvoru Zlevel Profile - Obrábění obvodu
	4KUL	Zlevel Profile - Sražená plocha
	4V	Drilling - Navrtání děr
	 <p><b>Díl 4</b></p>	10V
4KUL		Zlevel Profile - Sražená plocha
4V		Zlevel Profile - Obrábění děr

Název - Obrázek	Nástroje	Průběh obrábění
 <p><b>Díl 5</b></p>	10V	Face Milling - Srovnání plochy Planar Profile - Obrábění vnitřku
	4V	Drilling - Navrtání děr
	10V	Planar Profile - Obrábění obvodu
 <p><b>Díl 6</b></p>	10V	Face Milling - Srovnání plochy Cavity Mill - Obrábění vnitřku
	4V	Drilling - Navrtání děr
	10V	Planar Profile - Obrábění obvodu
 <p><b>Díl 7</b></p>	10V	Face Milling - Srovnání plochy Cavity Mill - Obrábění vnitřku
	4V	Drilling - Navrtání děr
	10V	Planar Profile - Obrábění obvodu
 <p><b>Díl 8</b></p>	10V	Face Milling - Srovnání plochy Cavity Mill - Obrábění vnitřku Zlevel Profile - Sražená plocha
	4KUL	Zlevel Profile - Sražená plocha
	10V	Planar Profile - Obrábění obvodu
 <p><b>Díl 9</b></p>	10V	Face Milling - Srovnání plochy Cavity Mill - Obrábění vnitřku Zlevel Profile - Sražená plocha
	4KUL	Zlevel Profile - Sražená plocha
	10V	Planar Profile - Obrábění obvodu



Název - Obrázek	Nástroje	Průběh obrábění
 <p><b>Díl 10</b></p>	10V	Face Milling - Srovnání plochy Cavity Mill - Obrábění vnitřku Planar Profile - Obrábění obvodu
 <p><b>Díl 11</b></p>	10V	Cavity Mill - Obrábění obvodu Planar Profile - Obrábění obvodu
	4KUL	Zlevel Profile - Sražená plocha
 <p><b>Díl 12</b></p>	8V	Face Milling - Srovnání plochy Planar Profile - Obrábění obvodu
	6V	Zlevel Profile - Drážky
	4KUL	Zlevel Profile - Drážky
	6V	Zlevel Profile - Drážky
	4KUL	Zlevel Profile - Drážky
 <p><b>Díl 13</b></p>	10V	Face Milling - Srovnání plochy Cavity Mill - Obrábění obvodu Planar Profile - Obrábění obvodu
 <p><b>Díl 14</b></p>	8V	Cavity Mill - Obrábění obvodu
 <p><b>Díl 15</b></p>	8V	Cavity Mill - Obrábění obvodu Planar Profile - Obrábění obvodu

### 10.2.1 Příprava a frézování na CNC stroji

Frézování veškerých dílů vytlačovací hlavy bylo provedeno na školní CNC frézce HWT 442. Parametry stroje jsou uvedeny v tabulce.



Obr. 37 CNC frézka HWT 442

Tab. 7 Parametry CNC frézky

<b>Obráběcí prostor (X×Y×Z)</b>	400 mm × 400 mm × 200 mm
<b>Programovatelná rychlost posuvu</b>	max. 3 m/min
<b>Programovatelný krok</b>	0,00625 mm
<b>Otáčky vřetene</b>	2000-25000 ot./min
<b>Max. upínací průměr nástroje</b>	10 mm
<b>Motor vřetene</b>	1000 W univerzální
<b>Řídící jednotka</b>	PC
<b>Napájení</b>	230 V
<b>Vnější rozměry (š×h×v)</b>	1200 mm × 1000 mm × 1400 mm
<b>Hmotnost</b>	410 kg
<b>Max. hmotnost obrobku</b>	20 kg

### 10.2.1.1 Upínací přípravek

Pro správné a snadné upínání polotovarů na frézku byl vyroben přípravek, deska z PU, který sloužil pro:

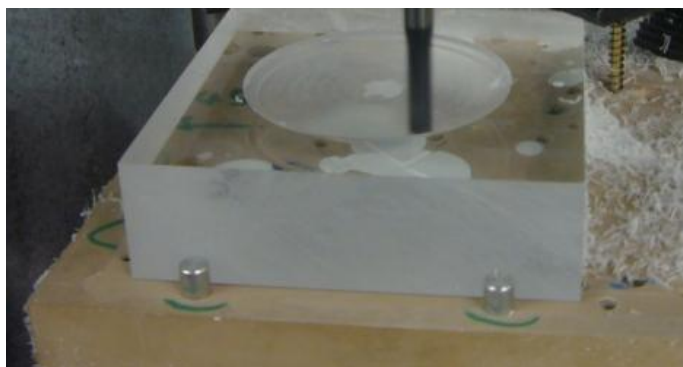
- Upnutí polotovaru v obráběcím prostoru frézky
- Opakovatelné upnutí bez nastavení nového nulového bodu
- Možnost přeupnutí nebo otočení obráběné desky bez nežádoucího posunutí v prostoru

Díky tomuto přípravku mohl být zvolen pouze jeden nulový bod a jednotlivé desky bylo možno vyměňovat bez nutnosti nového nastavení. Tím se také dosáhlo úspory času.



*Obr. 38 Upínací přípravek*

Na přípravku byly vyvrtány díry pro opěrné kolíky. Kolíky umožňují přesné a jednoduché umístění obráběné desky. Poté jen stačí desku upevnit proti posuvu.



*Obr. 39 Opěrné kolíky*

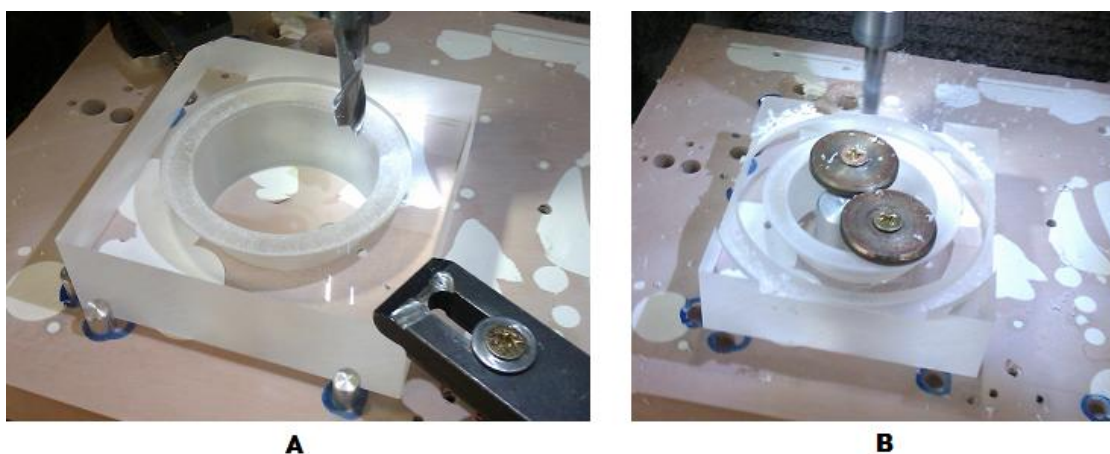
Postup upnutí desky na přípravek:

- Zasunutí opěrných kolíků do předvrtaných děr
- Upnutí obráběné desky upínkami
- Obrábění všech vnitřních prvků
- Upnutí desky za vnitřní prvky
- Odstranění opěrných kolíků
- Obrábění obvodu

### 10.2.1.2 Frézování jednotlivých dílů

Při obrábění částí vytačovací hlavy bylo využito výše zmíněných opěrných kolíků. Poté byly obráběné desky upevněny pomocí upínek proti posuvu. Nejprve se obráběly vnitřní plochy, otvory a díry pro šrouby. Následovalo přeupnutí za vnitřní, již obrobené, prvky. Poté se frézovaly vnější plochy a nakonec obvod.

Při obrábění trnu, vytvořeného z materiálu PU, se polotovar upínal k přípravku pomocí lepidla. Důležité bylo použít dostatečné množství lepidla, aby se polotovar při průběhu obrábění nepohnul, ale také se musel brát ohled na následné odstranění z přípravku bez poškození obráběného dílu.



Obr. 40 Postup upnutí

A - Obrábění vnitřních prvků, B - Obrábění obvodu

Třísky byly odváděny z řezu pomocí pistole se stlačeným vzduchem. Ofukováním třísek a použití chlazení emulze s vodou bránilo spékání obrobeneho materiálu a následnému znehodnocení jakosti obrobeneho povrchu.

### 10.2.2 Vrtání

Pro vytvoření děr menších průměrů bylo použito CNC frézky. Pomocí frézky byly naznačeny navrtávkem místa pro vyvrtání děr větších průměrů. Pro vyvrtání těchto děr bylo použito školní sloupové převodové vrtačky B 40 GSM.



Obr. 41 Sloupová převodová vrtačka B 40 GSM

Při vrtání do PMMA bylo nutné vrtat velmi pomalu, aby nedocházelo k natavování materiálu. Proto bylo opět použito mazání emulzí vody s mýdlem. Vrtalo se po cca 3mm a při každém vyjetí vrtáku z obrobku byl vrták zbaven veškerého obrobeneho materiálu.

### 10.2.3 Leštění

Pro co největší názornost bylo nutné všechny díly vyrobené z PMMA vyleštit do maximální průhlednosti. Plochy ovšem musely být před samotným leštěním připraveny pomocí postupného broušení.

#### 10.2.3.1 Broušení

Broušením se odstranily všechny stopy po předchozím obrábění. Broušení všech dostupných ploch bylo provedeno ručně pomocí brusných papírů o různé zrnitosti. Bylo použito zrnitosti 400, 600, 800, 1200 a 2000. Veškeré broušení bylo provedeno pod vodou, aby nedocházelo k poškrábání povrchu.

Při broušení ručně nedostupných ploch a osazení bylo využito velmi jemných brusných kotoučků.



Obr. 42 Brusný papír, brusný kotouč

#### 10.2.3.2 Konečné leštění

Po dokonalém vybroušení všech ploch následovalo samotné leštění. Pastou UNIPOL, která je určena k jemnému leštění, se potřely všechny připravené plochy.



Obr. 43 Leštící pasta



Na samotné leštění byl použit textilní kotouč. Ten byl upnut na stojanové vrtačce, na níž byly nastaveno 1015 ot/min. Pro menší průměry a méně dostupné plochy byl použit menší filcový kotouč. Povrch se nejlépe leští při zahřátí na teplotu kolem 50°C až 60°C.



Obr. 44 Leštící kotouče

#### 10.2.4 Tvorba závitů

Jelikož se celá vytlačovací hlava vytvoří sešroubováním jednotlivých dílů, bylo nutné do některých dílů vytvořit závity pro šrouby.

Řezání závitů se provádí ručně a do již vyleštěných dílů. V opačném pořadí by se mohla leštící pasta dostat do závitů, odkud by se velmi problematicky odstraňovala. Při řezání závitů bylo použito sady závitníků.



Obr. 45 Sada závitníků

Závity bylo nutno řezat velmi opatrně, aby nedocházelo ke štípání materiálu. Proto se řezání provádělo stejně jako vrtání a to po intervalech cca 3mm.

Při řezání závitu bylo použito pouze závitníků pro šroub M8. Jiné průměry šroubů při sestavení vytlačovací hlavy nebyly použity.



Obr. 46 Závitníky M8

### 10.2.5 Kompletace trnu

Trn vytlačovací hlavy byl pro větší názornost vyroben z neprůhledného PU. Aby bylo možné trn vyrobit, musel se vhodně rozdělit na několik samotných částí.

#### 10.2.5.1 Lepení částí trnu

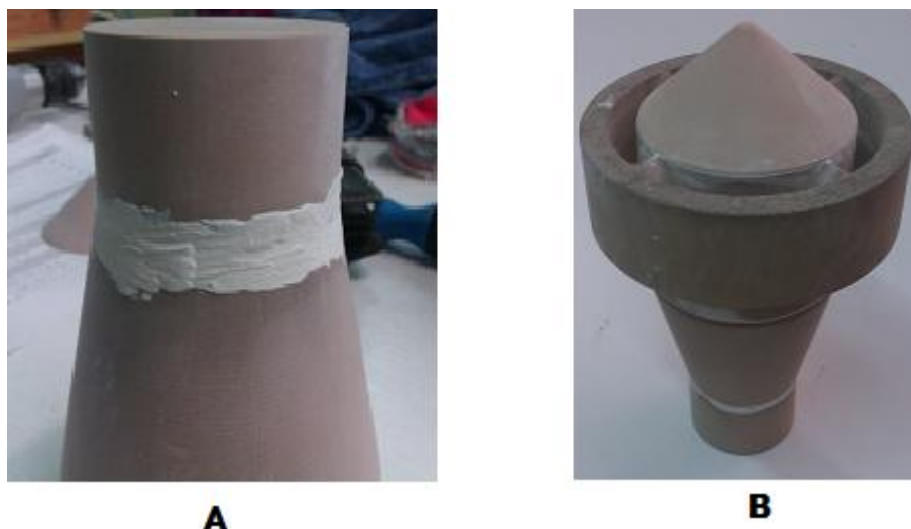
Jednotlivé části trnu bylo nutno k sobě spojit. K tomu bylo využito dvousložkového tmelu. Toho bylo využito i na následné tmelení přechodů nebo na případné kousky materiálu, které se mohly při předchozím obrábění odštípnout.



Obr. 47 Dvousložkový tmel



Po vytvrdnutí následovalo broušení přebytečného tmelu. Díky aplikaci tmelu bylo docíleno spojení v jeden celek.

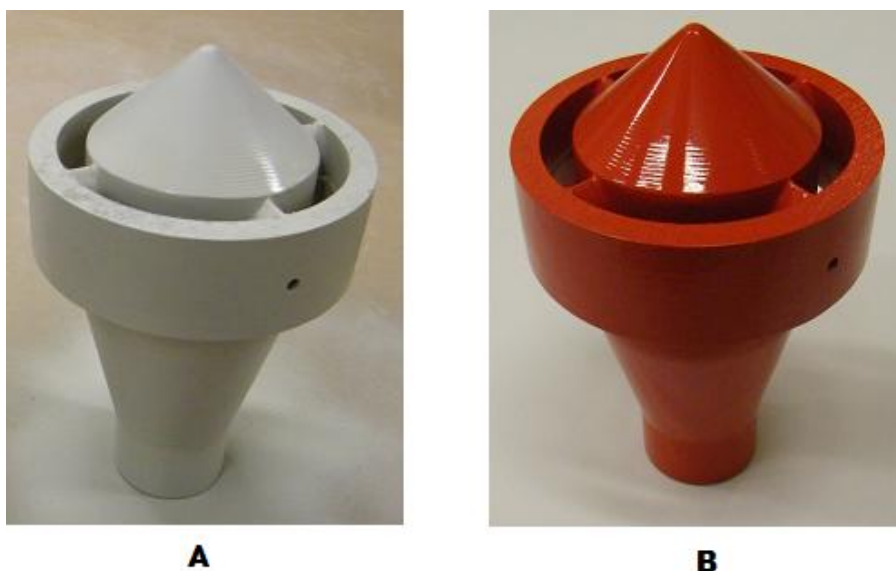


*Obr. 48 Dvousložkový tmel*

*A - lepený spoj, B - spoje po vybroušení*

#### **10.2.5.2 Barvení trnu**

Pro lepší viditelnost trnu v průhledném těle vytlačovací hlavy byl trn nabarven červenou barvou. Nejprve byl trn pro povrchovou kontrolu nastříkán plničem, který nedostatky povrchu zvýrazní. Po případné opravě jakosti povrchu byl nanesen vrchní nástřik.



*Obr. 49 Barvení trnu*

*A - nástřik plničem, B - konečný nástřik*

### 10.3 Sestavení vytlačovací hlavy

Celé tělo vytlačovací hlavy je tvořeno deseti díly a je spojeno pomocí šestnácti různě dlouhých šroubů o průměru M8. Dále je pak použito dalších čtyř šroubů, určených k centrování vytlačovací hubice.



Obr. 50 Tělo vytlačovací hlavy



*Obr. 51 Trn vytlačovací hlavy*



Obr. 52 Kompletní model vytlačovací hlavy na trubky

## ZÁVĚR

V teoretické části jsou uvedeny hlavní operace spojené s vytlačováním. V praktické části diplomové práce je popsána celková výroba dané vytlačovací hlavy od návrhu po samotnou realizaci.

V práci jsou také uvedeny dokončovací operace jednotlivých dílů, které nadále pomohou k lepšímu znázornění funkce vytlačovací hlavy. Jedná se např. o povrchovou úpravu těla hlavy, tvořenou z materiálu PMMA, jenž má být transparentní, vyvrtání děr a tvorbu závitů pro spojení jednotlivých dílů nebo barvení trnu na požadovanou barvu.

Hlavním cílem diplomové práce byl návrh a realizace vytlačovací hlavy na profily, který byl úspěšně splněn. Vyrobená vytlačovací hlava byla navržena pouze jako pomůcka pro přiblížení její funkce a není proto použitelná v reálné výrobě.

Díky využití školních dílen při realizaci vytlačovací hlavy bylo ušetřeno spoustu nákladů, spojených se všemi operacemi, vedoucími ke zhotovení samotné vytlačovací hlavy.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### Monografie:

- [1] MAŇAS, Miroslav; TOMIS, František; HELŠTÝN, Josef. Výrobní stroje a zařízení: gumárenské a plastikářské stroje. Brno: VUT, 1990. 199 s. ISBN 802140213X.
- [2] MICHAELI, Walter. *Extrusion dies for plastics and rubber*. Munich : Carl Hanser Verlag, 2003. 360 s. ISBN 3-446-22561-7.
- [3] MLEZIVA, J., KÁLAL, J. Základy makromolekulární chemie. SNTL Praha, 1986. ISBN 04-621-86
- [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] ŠUTA, Miroslav. Chemické látky v životním prostředí a zdraví, Ekologický institut Veronica, Brno 2008, ISBN 978-80-87308-00-4)

### Elektronické zdroje:

- [7] Ateam.zcu.cz [online]. 2009 [cit. 2011-05-09]. Plasty. Dostupné z WWW: <<http://ateam.zcu.cz/download/plasty.pdf>>
- [8] Ft.vslib.cz [online]. 2008 [cit. 2011-05-09]. Vlastnosti vláken. Dostupné z WWW: <<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20060106/VlastnostiVlaken-prednaska3.pdf>>
- [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.html](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/06.html)
- [10] Lpm.cz [online]. 2008 [cit. 2011-05-09]. Polymethylmetakrylát. Dostupné z WWW: <<http://www.lpm.cz/cgi-bin/riweta.cgi?nr=2610&lng=2>>
- [11] Tpmont.cz/ [online]. 2010 [cit. 2011-05-09]. Technologie výroby produktů z technických plastů. Dostupné z WWW: <<http://www.tpmont.cz/docs/tp-polyvinylchlorid.pdf>>.

- [12] Tzb-info.cz [online]. 2011 [cit. 2011-05-09]. Polyetylen. Dostupné z WWW: <[http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068\\_katalog.html](http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html)>
- [13] Vss-plasty.cz [online]. 2008-2009 [cit. 2011-05-09]. Plastové desky a tyče PVC, PP, PE. Dostupné z WWW: <<http://www.vss-plasty.cz/plastove-polotovary/pvc.html>>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

<b>Zkratka</b>	<b>Popis</b>	<b>Jednotka</b>
PVC	polyvinylchlorid	[-]
PE	polyetylen	[-]
PP	polypropylen	[-]
PS	polystyren	[-]
PMMA	polymethylmetakrylát	[-]
PU	polyuretan	[-]
CNC	číslicové řízení počítačem	[-]



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1 Vícekanálová hlava</i> .....	13
<i>Obr. 2 Jednakanálová hlava</i> .....	13
<i>Obr. 3 Vytlačovací linka [1]</i> .....	17
<i>Obr. 4 Řetězový odtah [9]</i> .....	18
<i>Obr. 5 Řezací ústrojí [1]</i> .....	18
<i>Obr. 6 Princip vytlačování [1]</i> .....	20
<i>Obr. 7 Pístový vytlačovací stroj [1]</i> .....	21
<i>Obr. 8 Diskový vytlačovací stroj [1]</i> .....	22
<i>Obr. 9 Šnekový vytlačovací stroj [9]</i> .....	23
<i>Obr. 10 Rozdělení vytlačovacích hlav [1]</i> .....	24
<i>Obr. 11 Přímá vytlačovací hlava [9]</i> .....	25
<i>Obr. 12 Nepřímé vytlačovací hlavy [1, 9]</i> .....	26
<i>Obr. 13 Vytlačovací hlava na trubky [2]</i> .....	26
<i>Obr. 14 Způsoby spojení vytlačovací hlavy s pracovním válcem [1]</i> .....	28
<i>Obr. 15 Průvlaková kalibrace [1]</i> .....	29
<i>Obr. 16 Přetlaková kalibrace [1]</i> .....	30
<i>Obr. 17 Podtlaková kalibrace [1]</i> .....	31
<i>Obr. 18 Technologie výroby vláken rozvlákňováním [9]</i> .....	32
<i>Obr. 19 Rozvlákňovací jehlový válec [9]</i> .....	33
<i>Obr. 20 Linka na výrobu vláken vytlačováním [9]</i> .....	33
<i>Obr. 21 Linka na opláštění vodičů [9]</i> .....	34
<i>Obr. 22 Příčná oplášťovací hlava [9]</i> .....	34
<i>Obr. 23 Vznik pláště [1]</i> .....	35
<i>Obr. 24 Oplášťovací hlavy [1]</i> .....	35
<i>Obr. 25 Schéma povlakování [9]</i> .....	36
<i>Obr. 26 Granulace [9]</i> .....	36
<i>Obr. 27 Návrh těla vytlačovací hlavy</i> .....	39
<i>Obr. 28 Návrh hubice</i> .....	40
<i>Obr. 29 Návrh trnu</i> .....	40
<i>Obr. 30 Konečný návrh</i> .....	41
<i>Obr. 31 Desky PMMA</i> .....	42

---

<i>Obr. 32 Volba nástroje .....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 33 Použité nástroje.....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 34 Použité operace .....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 35 Verifikace .....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 36 Dokončovací cyklus .....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 37 CNC frézka HWT 442 .....</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 38 Upínací přípravek .....</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 39 Opěrné kolíky .....</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 40 Postup upnutí .....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 41 Sloupová převodová vrtačka B 40 GSM.....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 42 Brusný papír, brusný kotouč.....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 43 Leštící pasta .....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 44 Leštící kotouče.....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 45 Sada závitníků .....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 46 Závitníky M8 .....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 47 Dvousložkový tmel .....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 48 Dvousložkový tmel .....</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 49 Barvení trnu .....</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 50 Tělo vytlačovací hlavy .....</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 51 Trn vytlačovací hlavy .....</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 52 Kompletní model vytlačovací hlavy na trubky.....</i>	<i>60</i>

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 Fyzikální vlastnosti polyvinylchloridu [13] .....</i>	14
<i>Tab. 2 Fyzikální vlastnosti polyetyleny [12, 7].....</i>	15
<i>Tab. 3 Fyzikální vlastnosti polypropylenu [13] .....</i>	15
<i>Tab. 4 Fyzikální vlastnosti polystyrenu [8] .....</i>	16
<i>Tab. 5 Fyzikální vlastnosti PMMA [10] .....</i>	16
<i>Tab. 6 Průběhy operací .....</i>	47
<i>Tab. 7 Parametry CNC frézky.....</i>	50

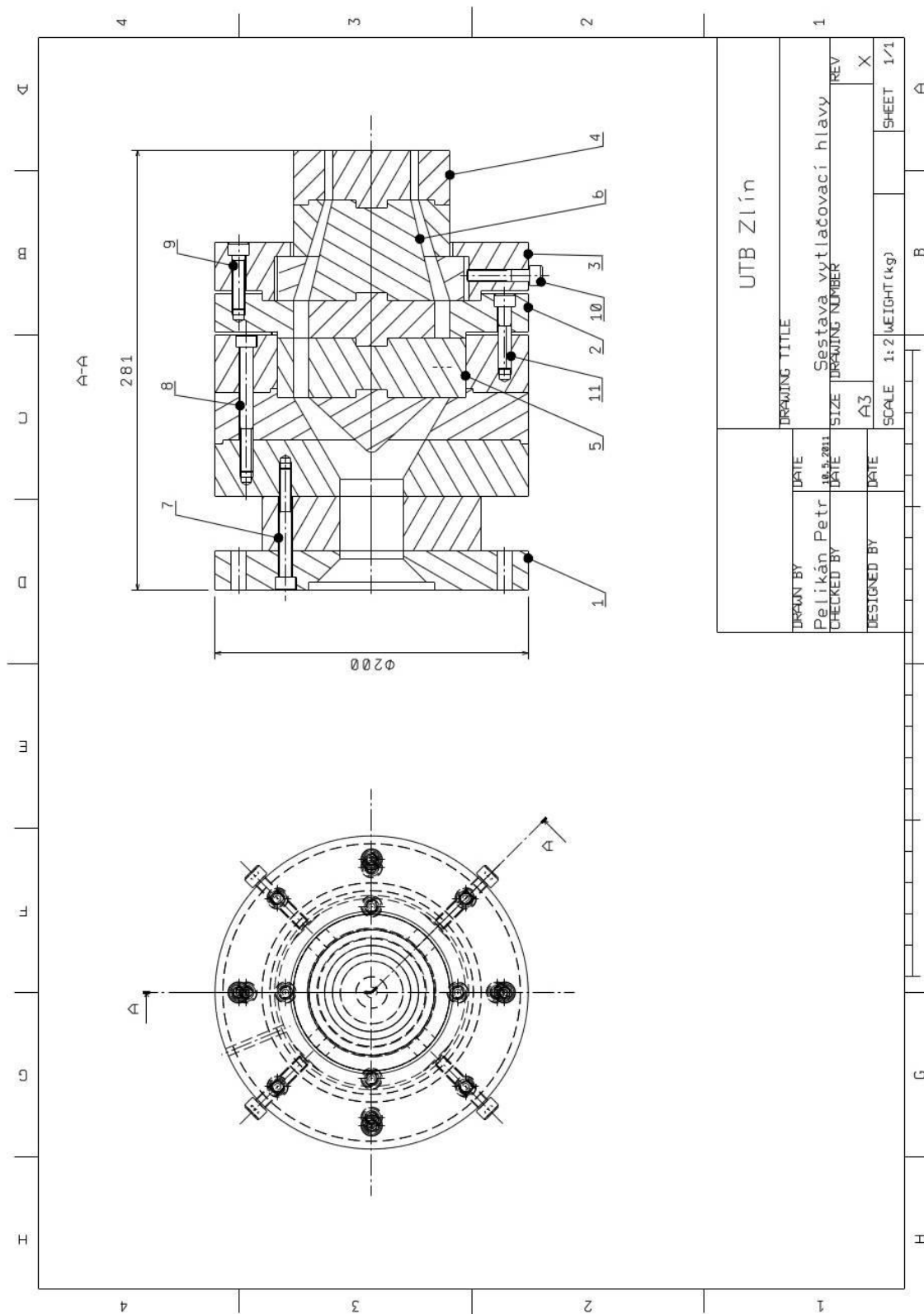
## **SEZNAM PŘÍLOH**

P I – výkres sestavy vytlačovací hlavy

P II – kusovník sestavy

P III – CD obsahující veškerou dokumentaci včetně 3D modelu vytlačovací hlavy

P I – výkres sestavy vytlačovací hlavy



## P II – kusovník sestavy

Pozice	Název	Norma	Počet kusů	Materiál	Poznámky
1	Těleso vytlačovací hlavy	-	1	PMMA	Broušeno, leštěno
2	Příruba 1	-	1	PMMA	Broušeno, leštěno
3	Příruba 2	-	1	PMMA	Broušeno, leštěno
4	Hubice vytlačovací hlavy	-	1	PMMA	Broušeno, leštěno
5	Rozdělovač	-	1	PUR	Broušeno
6	Trn	-	1	PUR	Broušeno
7	Šroub M8 x 70	ISO 4762	4	-	-
8	Šroub M8 x 80	ISO 4762	4	-	-
9	Šroub M8 x 35	ISO 4762	4	-	-
10	Šroub M8 x 40	ISO 4762	4	-	-
11	Šroub M8 x 40	ISO 4762	4	-	-

Vypracoval:	Název:
Pelikán Petr	Kusovník sestavy vytlačovací hlavy na profily