

# Vybavení vstřikoven v ČR, technicko–ekonomická studie

Monika Široká

---

Bakalářská práce  
2009



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2008/2009

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Monika ŠIROKÁ**  
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Vybavení vstřikoven v ČR, technicko-ekonomická studie**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracování literární studie na dané téma**
- 2. Provedte průzkum vybavení vstřikoven**
- 3. Vyhodnocení získaných informací**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Dle zadání vedoucího BP**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. David Mañas, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**20. února 2009**

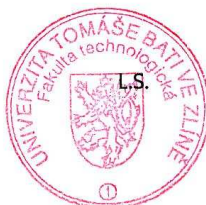
Termín odevzdání bakalářské práce:

**3. června 2009**

Ve Zlíně dne 12. února 2009



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



doc. Ing. Miroslav Mañas, CSc.  
*vedoucí katedry*

## **ABSTRAKT**

Monika Široká

Vybavení vstřikoven v ČR, technicko – ekonomická studie

BP, ÚVI, 2009, 69 str., 42 obr., 3 tab., příloha PI

Bakalářská práce popisuje technicko–ekonomickou studii vybavení vstřikoven v ČR. Práce pojednává o typech používaných vstřikovacích strojů, jejich stáří, velikosti uzavírací síly a vstřikovaném množství. Součástí práce je rovněž rozbor, které stroje jsou opatřeny periferiemi a zda je součástí vstřikoven také nástrojárna s konstrukční kanceláří.

Klíčová slova: vstřikovací stroj, uzavírací síla, výrobce vstřikovacího stroje

## **ABSTRACT**

Monika Široká

Technical and Economical Study of Injection Machines in Czech Republic

BT, DPE, 2009, 69 pp., 42 fig., 3 tab., insertion PI

The Bachelor thesis deals with technical and economical study of equipment in injection plants in Czech Republic. This thesis deals with types of used injection machines, their age, size of closing forces and injection quantity. A part of this thesis is an analysis of machines equipped with peripheral devices and whether injection plants co-locate with tool-making and design office.

Keywords: injection machine, closing force, injection machine manufacturer

## Poděkování

Za účinnou podporu a obětavou pomoc, cenné připomínky a rady při zpracování bakalářské práce tímto děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Davidu Maňasovi, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uvedena jako spoluautorka.

Ve Zlíně

.....  
Podpis diplomanta

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 VSTŘIKOVACÍ STROJE</b> .....	<b>10</b>
1.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA .....	10
1.1.1 Vstřikovací jednotka bez předplastikace .....	11
1.1.2 Vstřikovací jednotka s předplastikací [1] .....	15
1.1.3 Vstřikovací tryska [1] .....	17
1.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA .....	17
1.2.1 Hydraulické uzavírací ústrojí .....	19
1.2.2 Hydraulickomechanické uzavírací ústrojí [1] .....	19
1.2.3 Elektromechanické uzavírací ústrojí .....	22
1.3 ŘÍZENÍ A REGULACE VSTŘIKOVACÍHO STROJE [1] .....	23
<b>2 VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ</b> .....	<b>25</b>
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS .....	26
2.2 POPIS A VLIV JEDNOTLIVÝCH ČASŮ VSTŘIKOVACÍHO CYKLU .....	30
2.2.1 Strojní doby [4] .....	30
2.2.2 Doba vstřikování .....	31
2.2.3 Doba dotlaku .....	33
2.2.4 Doba plastikace .....	35
2.2.5 Doba chlazení .....	36
<b>3 CÍLE PRÁCE</b> .....	<b>38</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>39</b>
<b>4 VYBAVENÍ VSTŘIKOVEN V ČESKÉ REPUBLICE</b> .....	<b>40</b>
4.1 POČTY VSTŘIKOVACÍCH STROJŮ V ČESKÉ REPUBLICE .....	41
4.2 VÝROBCI VSTŘIKOVACÍCH STROJŮ .....	42
4.3 JEDNO KOMPONENTNÍ A VÍCE KOMPONENTNÍ STROJE .....	43
4.4 ZPRACOVÁNÍ TERMOPLASTŮ, ELASTOMERŮ A REAKTOPLASTŮ .....	46
4.5 STROJE V HORIZONTÁLNÍM A VERTIKÁLNÍM USPOŘÁDÁNÍ .....	48
4.6 UZAVÍRACÍ SÍLY .....	49
4.7 VSTŘIKOVANÉ MNOŽSTVÍ .....	50
4.8 ROKY VÝROBY STROJŮ .....	52
4.9 VSTŘIKOVNY VYBAVENÉ ROBOTY, MANIPULÁTORY .....	53
4.10 VSTŘIKOVNY VYBAVENÉ TEMPERANČNÍMI JEDNOTKAMI .....	53
4.11 VSTŘIKOVNY VYBAVENÉ ZAŘÍZENÍM PRO DRCENÍ ODPADŮ .....	54
4.12 VSTŘIKOVNY VYBAVENÉ SUŠÁRNAMI .....	55
4.13 VSTŘIKOVNY S JINÝM VYBAVENÍM .....	56

4.14	VSTŘIKOVNY S VLASTNÍ KONSTRUKCÍ.....	57
4.15	VSTŘIKOVNY S VLASTNÍ NÁSTROJÁRNOU.....	58
	<b>DISKUSE VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>60</b>
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>69</b>

## ÚVOD

Průmysl výroby a zpracování polymerů byl vždy poměrně významným průmyslovým odvětvím a má v ČR dlouholetou tradici. Své postavení si toto průmyslové odvětví zahrnující gumárenský a plastikářský průmysl stále drží a dnes patří jak gumárenství tak i zpracování plastů k úspěšným a rozvíjejícím se oborům.

Sektor zpracování polymerů je velmi členitý, protože představuje výrobu obrovského množství výrobků pro nejrůznější aplikace. Výrobky z polymerů a kompozitů s polymerní maticí nacházejí stále širší uplatnění. Z polymerů jsou vyráběny předměty běžné potřeby, předměty pro sport a volný čas, přístroje pro domácnost, obaloviny pro průmyslové výrobky i potraviny a stále více se uplatňují ve stavebnictví, elektrotechnice a elektronice, strojírenství a automobilovém průmyslu. Velmi specifické je uplatnění ve zdravotnictví. Nárůst výroby je zaznamenáván téměř ve všech sledovaných skupinách výrobků. Ještě názorněji tuto situaci zahrnuje celkový vývoj produkce v gumárenském průmyslu. Jako jedna z mála průmyslových odvětví, vykazuje gumárenský průmysl stabilní meziroční nárůst výroby, vysoce překračující hodnoty průměrného růstu. Tento trend si zachoval i v roce 1998 a 1999, kdy v ČR došlo k výraznému poklesu průmyslové výroby a své místo mezi velmi prosperujícími průmyslovými odvětvími si udržuje doposud. Za období 1995 – 1998 došlo ke zdvojnásobení výroby.

Posledním obdobím zaznamenal největší nárůst výroby automobilový a elektrotechnický průmysl. Rovněž výrobky pro zdravotnictví hlásí stále větší uplatnění na trhu. Právě tato odvětví jsou velmi úzce spjata s technologií zpracování polymerů vstřikováním. Technologie vstřikování posledních letech nabývá významného růstu.



## I. TEORETICKÁ ČÁST

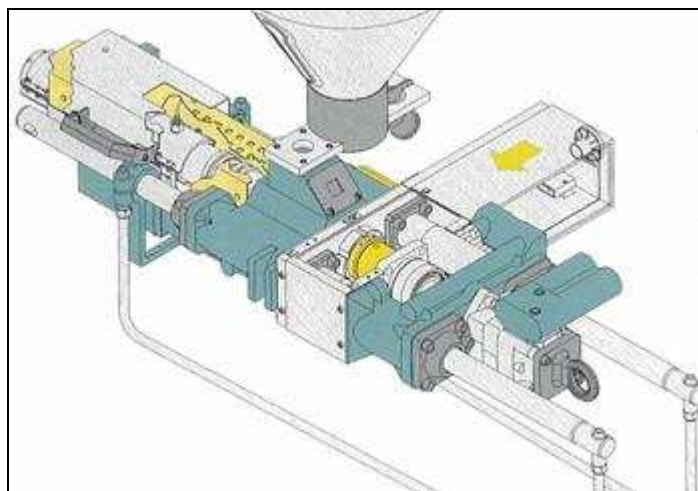
## 1 VSTŘIKOVACÍ STROJE

Na vstříkovacích strojích se zpracovávají plasty i kaučukové směsi. Proces probíhá většinou plně automaticky, takže se dosahuje vysoké produktivity práce. Pořizovací cena strojního zařízení i vstříkovací formy je však značně vysoká, proto je technologie vhodná pro velkosériovou a hromadnou výrobu [4]. Na vstříkovacích strojích lze vyrábět i výrobky velmi složitých tvarů v úzkých výrobních tolerancích, které pak nacházejí široké využití ve spotřebním průmyslu, v domácnostech, automobilovém průmyslu, elektrotechnice a elektronice i v optice [1].

V současné době existuje velký počet různých konstrukcí strojů, které se od sebe liší svým provedením, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností jednotlivých parametrů, rychlostí výroby, snadnou obsluhou a cenou [3]. Podle konstrukce se vstříkovací stroj skládá ze vstříkovací jednotky, uzavírací jednotky a z řízení a regulace. Každý výrobce vstříkovacích strojů je schopen vybavit vstříkovací stroj tak, aby plnil funkci částečně nebo plně automatizovaného pracoviště, tj. dovybavit stroj manipulátory, roboty, temperančním zařízením, dávkovacím a mísícím zařízením, sušárnami, dopravníky pro výrobky a vtoky, mlýny, atd. [4].

### 1.1 Vstříkovací jednotka

Úkolem vstříkovací jednotky (Obr. 1) je zajistit dávkování granulátu, jeho plastifikaci, vstříknutí roztavené hmoty do vstříkovací formy, provedení dotlaku a zajištění dalších pohybů tavicí komory, tj. její odsunutí a přisunutí k formě [6].

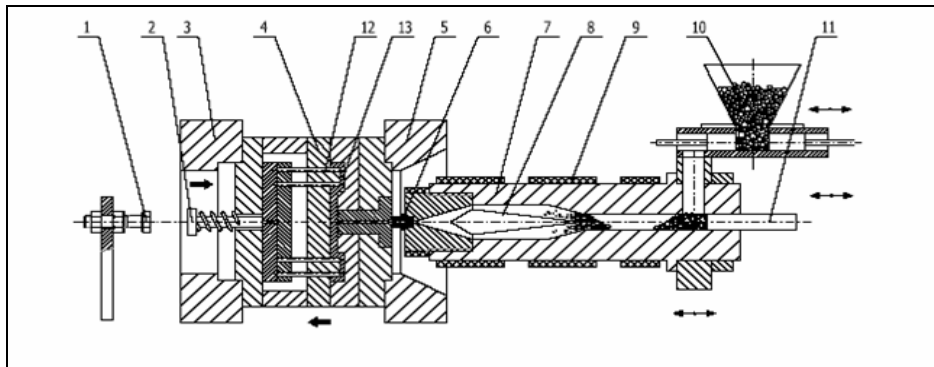


Obr. 1. Schéma vstříkovací jednotky

V současné době se používají vstřikovací jednotky různých konstrukcí, můžeme je rozdělit podle různých hledisek. Nejčastější dělení je podle způsobu plastikace [2].

### 1.1.1 Vstřikovací jednotka bez předplastikace

Ve vstřikovací jednotce bez předplastikace probíhá plastikace v tavící komoře (pístová plastikace) nebo v pracovním válci (šneková plastikace).



Obr. 2. Pístová plastikace

(1 – vyhazovací doraz, 2 – tyč vyhazovače, 3 – zadní upínací deska, 4 – dělená vstřikovací forma, 5 – přední upínací deska, 6 – vstřikovací tryska, 7 – tavící komora, 8 – torpédo, 9 – topné těleso, 10 – dávkovací zařízení, 11 – vstřikovací píst, 12 – vyhazovače, 13 – výstřík)

Při pístové plastikaci (Obr. 2) se dávkuje zpracováváný materiál dávkovacím zařízením 10 do tavící komory 7 a to buď podle objemu nebo hmotnosti [1]. Granule z násypky přicházejí do odměrného válce a teprve potom do tavící komory. Tento způsob dávkování je pro běžné podmínky zcela postačující. Nevyhovuje však pro složité výstříky a pro rychloběžné vstřikování, u kterých se proto používá hmotnostního dávkování.

V tavící komoře se zpracováváný materiál roztaví a pak vstříkne pístem 11 do formy 4. Požaduje se, aby se při průchodu komorou materiál z počáteční teploty  $T_0$  ohřál na střední teplotu vstřikování  $T_V$  především přestupem tepla z vyhříváných stěn, které mají teplotu  $T_S$ . Teplotní účinnost válce je dána vztahem

$$\theta_r = \frac{T_V - T_0}{T_S - T_0} \quad (1)$$

V praxi bylo zjištěno, že teplotní účinnost  $\theta_T = 0,8 - 0,85$  splňují při optimálním průtoku válcem požadované technologické parametry. Jinými slovy, tavenina splňuje požadavek rovnoměrného prohřátí.

Na plastikační výkon má však také vliv doba setrvání materiálu v komoře. Střední doba setrvání materiálu ve válci je dána vztahem

$$t_S = \frac{V \cdot t_C}{V_0} \quad (2)$$

kde:  $V$  – objem komory,  $V_0$  – objem vstříknutý během jednoho cyklu,  $t_C$  – doba cyklu

Poměr  $\frac{V}{V_0}$  se nazývá též násobností vstřikovacího válce a bývá 5 až 8.

Pro porovnání správné funkce komory se zavádí ještě poměr

$$\frac{T_S - T_V}{T_S - T_0} = \theta \quad (3)$$

který bývá 0,15 až 0,2.

Připustíme-li, že teplota ve styku se stěnou je prakticky nezávislá na čase (tzn. Biotovo číslo  $Bi$  je dostatečně veliké), pak na tavící kapacitu bude mít vliv Fourierovo kritérium  $F_0$ , dané vztahem

$$F_0 = \frac{a \cdot t}{s^2} \quad (4)$$

kde:  $a$  - teplotní vodivost,  $t$  - doba setrvání materiálu ve válci,  $s$  - charakteristická tloušťka (rozměr) ohřívání vrstvy

Teplotní vodivost  $a$  je dána výrazem

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad (5)$$

kde:  $\lambda$  - součinitel teplotní vodivosti,  $c$  – měrné teplo materiálu,  $\rho$  - hustota materiálu

Jak patrně, je teplotní vodivost dána druhem zpracovávaného materiálu. Běžně má jen malý rozsah reálných hodnot.

Protože  $\theta_T = f(F_0)$  neboli  $F_0 = \varphi(\theta_T)$  snadno dostáváme, že doba ohřevu (doba setrvání materiálu ve válci) je dána vztahem

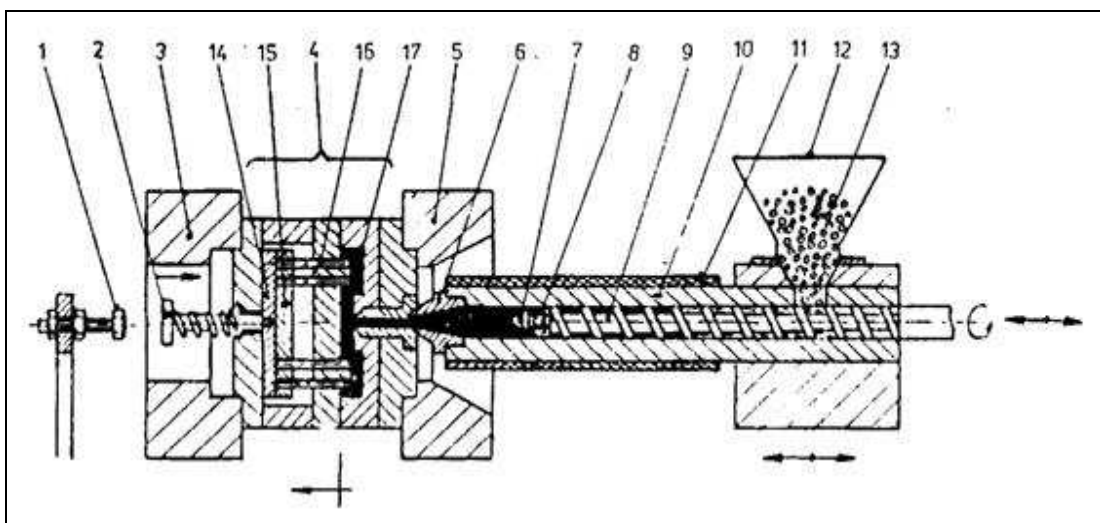
$$t = \frac{s^2}{a} \varphi(\theta_T) \quad (6)$$

Doba ohřevu  $t$  závisí na čtverci prohřívané tloušťky materiálu [2]. Aby byla tato hodnota co nejmenší, vkládá se do tavicí komory torpédo. Je-li torpédo vytápěno, je charakteristický rozměr polovina tloušťky vrstvy.

Rychlost ohřevu zpracovávaného objemu lze ovlivnit taky velikostí teplosměnné plochy. Teplosměnnou plochu lze zvětšit profilováním tavicí komory nebo torpéda, popř. se do komory vkládají žebrované vložky. Žebra mohou být různě tvarovaná, aby nedocházelo při průchodu taveniny k její homogenizaci. Prostor uvnitř tavicí komory musí být řešen tak, aby zde nevznikaly mrtvé kouty, ve kterých by se materiál zdržoval a mohlo by docházet k nepřiměřenému tepelnému namáhání.

Výhodou vstřikovacích jednotek s pístovou plastikací je jednoduchá konstrukce a snadné docílení poměrně vysokých vstřikovacích tlaků (přes 100 MPa). Nevýhodou je horší homogenizace taveniny [1].

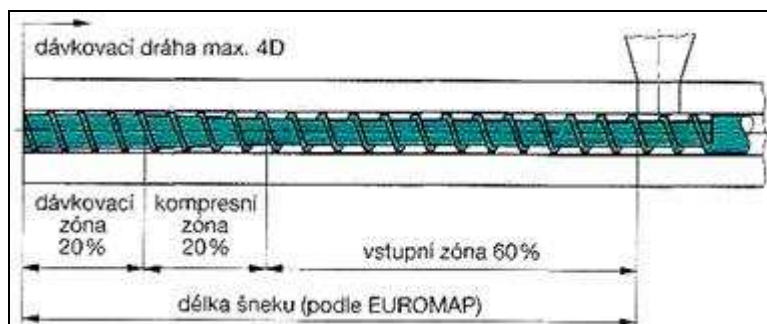
U vstřikovací jednotky se šnekovou plastikací (Obr. 3) vstupuje zpracovávaný materiál z násypky 12 do pracovního válce 10, kde se šnekem 9 plastikuje, homogenizuje a dopravuje před špičci šneku 7. Pracovní válec je opatřen topením 11. Šnek 7 se otáčí a posouvá směrem do zadu, čímž vytváří prostor pro taveninu. Po zplastikování potřebného množství se materiál axiálním pohybem šneku vstříkne přes vstřikovací trysku 6 do formy.



Obr. 3. Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací

(1 – doraz, 2 – tyč vyhazovače, 3, 5 – upínací desky, 4 – forma, 6 – vstříkovací tryska, 7 – špice šneku, 8 – zpětný uzávěr, 9 – šnek, 10 – tavící komora, 11 – topná tělesa, 12 – násypka, 13 – granule plastu, 14 – deska vyhazovačů, 15 – kotevní deska, 16 – vyhazovače, 17 – výstřík)

Přímočarý i rotační pohon šneku bývá většinou realizován přímočarým a rotačním hydromotorem, popř. elektropohonem s mechanickými převody. Aby byl umožněn axiální pohyb, je hnací kolo i hřídel šneku opatřena drážkováním [1]. Vývojem vstříkování se dospělo od obyčejného šneku k diferenciálnímu šneku (Obr. 4), pro který je typický kompresní poměr, který je definován jako poměr objemu šnekového profilu pro jedno stoupání závitu pod násypkou k objemu profilu v části šneku před tryskou. Kompresní poměr bývá v rozmezích od 1,5 do 4,5. Kompresní poměr lze dosáhnout buď změnou úhlu stoupání závitu, což se však vzhledem k obtížnější výrobě používá málo, nebo změnou průměru jádra šneku, tedy změnou hloubky drážky, zatímco úhel stoupání je konstantní [4].



Obr. 4. Diferenciální šnek

U nízkoviskozních materiálů má tavenina při vstříku tendenci vracet se zpět do šnekového kanálu, proto se konec šneku opatřuje zpětným uzávěrem  $\underline{g}$  (Obr. 3). Zpětné uzávěry umožňují dosažení vysokých vstříkovacích tlaků a zaručují dobu setrvání taveniny ve šnekovém kanále [1].

Šneková plastikace dává větší výkony než pístová. Také rovnoměrnost prohřevu a homogenizace taveniny je lepší.

Mezi největší přednosti šnekových strojů patří:

- spolehlivá plastikace a dobrá homogenizace roztaveného plastu
- zabránění přehřívání materiálu v tavící komoře

- vysoký plastikační výkon i velký zdvihový objem, takže velikost výstřiku lze teoreticky libovolně zvyšovat
- odstranění potíží při čištění komory při výměně materiálu
- zaručené přesné dávkování hmoty
- nízké ztráty tlaku během pohybu hmoty
- vyšší účinnost zásahu do vstřikovacího procesu např. řízením dotlaku

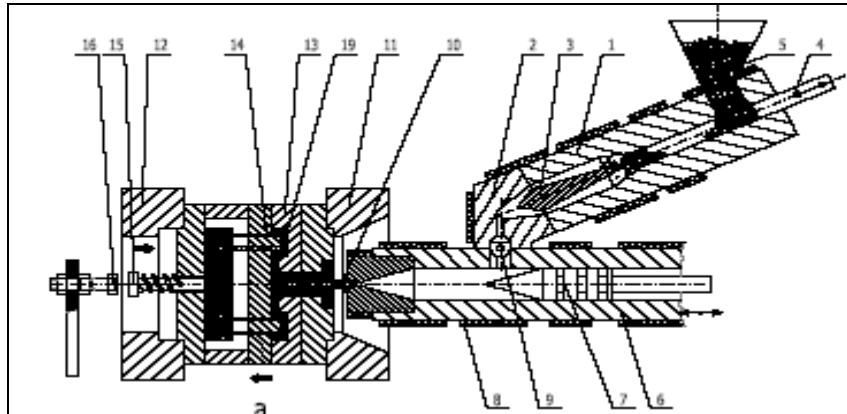
K dalším přednostem patří jednoduché dávkování, možnost hmotu dodatečně barvit a plnit plnivý nebo přidávat další přísady až při zpracování [4].

### 1.1.2 Vstřikovací jednotka s předplastikací [1]

Zajištění dostatečného plastikačního výkonu a dokonalé homogenizace taveniny vedly k rozdělení vstřikovací jednotky na část plastikační a část vstřikovací. Zpracovávaný materiál se plastikuje v oddělené plastikační jednotce a takto připravená tavenina se dopravuje do vstřikovacího válce, odkud se pak vstříkne pístem do formy.

Vstřikovací ústrojí s předplastikací lze rozdělit na vstřikovací ústrojí s pístovou a šnekovou předplastikací. V obou případech vlastní vstřikování zajišťuje vstřikovací píst.

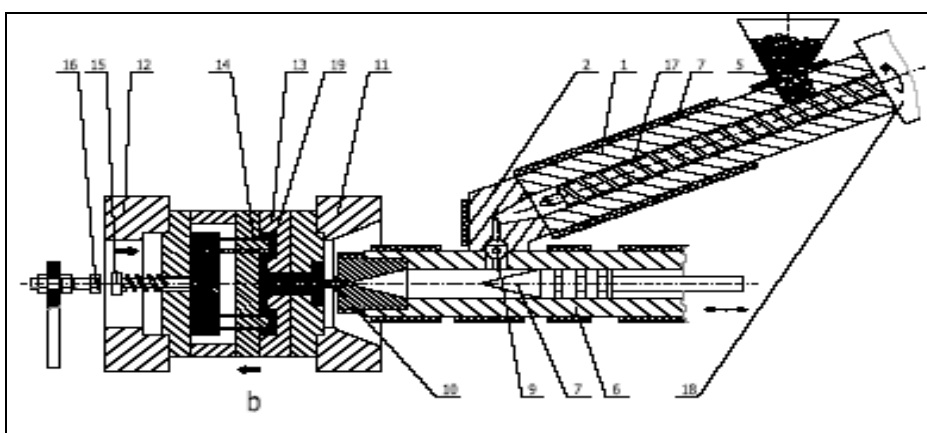
U pístové předplastikace (Obr. 5) se tavenina připravuje v tavicí komoře 1 opatřené torpédem 3 a topením 8. Tavicí komora je zakončena hlavou 2, jejímž prostřednictvím je spojena se vstřikovacím válcem 6. Připravená tavenina se dopraví před vstřikovací píst 7 a je vstříknuta přes vstřikovací trysku 10 do formy 13. Aby nedocházelo k přetlačování taveniny ze vstřikovacího válce 6 zpět do tavicí komory 1, je umístěn mezi vstřikovací válec a hlavu tavicí komory 2 zpětný ventil 9.



Obr. 5. Pístová předplastikace

(1 – tavící komora, 2 – hlava tavící komory, 3 – torpédo, 4 – plastikační píst, 5 – násypka, 6 – vstříkovací válec, 7 – vstříkovací píst, 8 – topení, 9 – uzávěr, 10 – vstříkovací tryska, 11, 12 – upínací desky, 13 – forma, 14 – vyhazovače, 15, 16 – doraz vyhazovače)

Vstříkovací ústrojí se šnekovou předplastikací (Obr. 6) se rozděluje na dva stupně. První stupeň tvoří předplastikační část se šnekem 17. Druhý stupeň tvoří část vstříkovací se vstříkovacím pístem 7. Uvedené uspořádání umožňuje spojit výhody šnekové plastikace s výhodami vstříkování pístem. Dosahuje se tím rychlé a dokonalé plastikace materiálu a vysokých vstříkovacích tlaků i rychlostí. V šnekové plastikaci se lépe ovládají plastikační podmínky a dosahuje se vyšších výkonů. Nevýhodou je poměrná složitost a náročnost na seřízení a údržbu. Používají se především při vstříkování objemových výstřiků.



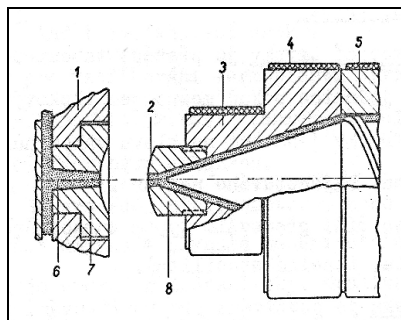
Obr. 6. Šneková předplastikace



(1 – tavící komora, 2 – hlava tavící komory, 5 – násypka, 6 – vstříkovací válec, 7 – vstříkovací píst, 8 – topení, 9 – uzávěr, 10 – vstříkovací tryska, 11, 12 – upínací desky, 13 – forma, 14 – vyhazovače, 15, 16 – doraz vyhazovače, 17 – plastikační šnek, 18 – pohon plastikačního šneku)

### 1.1.3 Vstříkovací tryska [1]

Vstříkovací tryska zajišťuje dočasné spojení vstříkovací jednotky s formou. Čelo trysky bývá kulové nebo ploché, aby se zajistila dokonalá těsnost spojení. Konstrukční provedení vstříkovacích trysek závisí na druhu zpracovávaného materiálu. Mohou být řešeny jako volně průtočné (Obr. 7) nebo uzavíratelné. Volně průtočné trysky jsou vhodné pro krátké vstříkovací cykly a materiály s vyšší viskozitou taveniny. Uzavíratelné trysky se používají při vstříkování nízkoviskozních tavenin, zejména při vertikálním uspořádání vstříkovací jednotky. Jsou ovládány dosednutím na formu nebo samostatným mechanismem umístěným uvnitř nebo vně trysky.



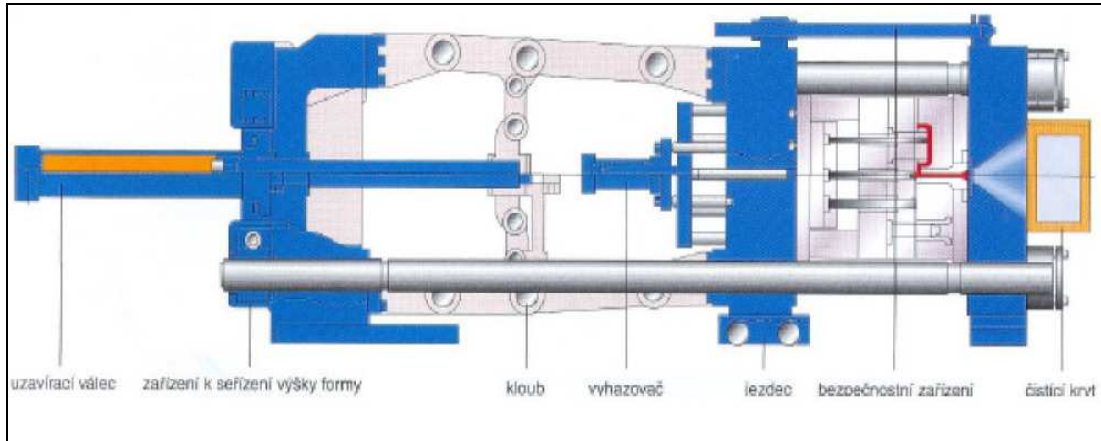
Obr. 7. Otevřená tryska

(1 - forma, 2 – dosedací plocha trysky, 3 – hlava plastikační jednotky, 4 – topné pásy, 5 – plastikační válec, 6 – kuželový vtok, 7 – vtoková vložka, 8 – vstříkovací tryska)

## 1.2 Uzavírací jednotka

Úkolem uzavírací jednotky (Obr. 8) je zavírat a otevírat formu dle procesu vstříkování [4]. Potřebná uzavírací síla je závislá na velikosti stroje, resp. na velikosti plochy

průřezu výstřiku v dělicí rovině a na velikosti vstřikovacího tlaku. Uspořádání uzavírací jednotky a tuhost uzavíracího mechanismu má rozhodující vliv na těsnost formy [1].



*Obr. 8. Uzavírací jednotka*

Hlavní části uzavírací jednotky jsou [4]:

- opěrné desky pevně spojené s ložem stroje
- pohyblivé desky, na kterých je upnuta pohyblivá část formy
- upínací desky s otvorem pro trysku stroje, na kterou se připevní nepohyblivá část vstřikovací formy
- vedení pro pohyblivou desku
- uzavírací a přidržovací mechanismus

Podle druhu pohonu lze rozdělit uzavírací jednotku na hydraulickou, hydraulickomechanickou a elektromechanickou. Hydraulická uzavírací ústrojí mají uzavírací rychlost řízenou uspořádáním a ovládním hydraulického obvodu. U hydraulickomechanického uzavíracího ústrojí bude rychlost uzavírání dána kinematickým uspořádáním mechanismu, což umožňuje docílení minimálních dosedacích rychlostí. Při konstrukci elektromechanických uzavíracích ústrojí se využívá zkušeností z konstrukce obráběcích strojů. Jejich výhodou je jednoduché ovládní a příznivá spotřeba energie [1].

### 1.2.1 Hydraulické uzavírací ústrojí

Podmínkou těsného uzavření vstřikovací formy je dána vztahem:

$$p_P \cdot S_P > p_V \cdot S_V \quad (7)$$

nebo

$$p_P \cdot S_P = k p_V \cdot S_V \quad (8)$$

kde:  $S_P$  – plocha hydraulického pístu,  $p_P$  – tlak hydraulické kapaliny,  $S_V$  – plocha výstřiku v dělicí rovině,  $p_V$  – vstřikovací tlak,  $k$  – koeficient bezpečnosti ( $k = 1,2 - 1,5$ )

Výhodu tohoto uspořádání lze spatřovat v jednoduchosti [1]. Nevýhodou je však, že pro větší uzavírací síly jsou zapotřebí velké rozměry hydraulických válců, které vyžadují značné množství tlakové kapaliny. Aby se tento nedostatek odstranil a zároveň aby se zkrátila doba uzavírání vstřikovací formy, bývá hlavní hydraulický válec doplněn pomocnými hydraulickými válci.

Pomocné hydraulické válce mají malý průměr, ale vysoký zdvih [2]. K zajištění vysoké rychlosti při chodu naprázdno postačuje relativně malá množství hydraulické kapaliny o nízkém tlaku [1].

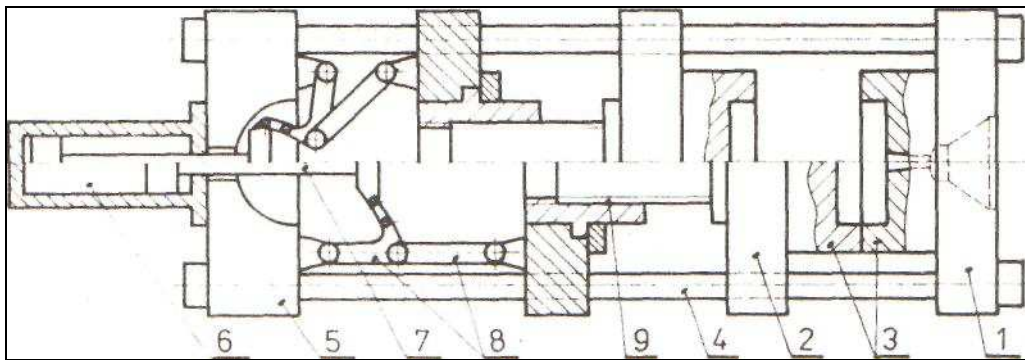
Nejčastěji jsou umístěny vedle hlavního hydraulického válce s velkým průřezem. Píst tohoto válce je spojen s pohyblivou upínací deskou [2]. Při rychlém uzavírání pomocnými válci se hlavní válec plní kapalinou přímo ze zásobníku. Před dosednutím obou částí formy se začne dodávat tlaková kapalina do hlavního válce z vysokotlakého agregátu nebo se použije multiplikátor. Tak je zajištěno dokončení pracovního zdvihu maximální silou při nepatrném zdvihu předem zvolenou rychlostí [1].

### 1.2.2 Hydraulickomechanické uzavírací ústrojí [1]

K vyvození vysokých uzavíracích sil je třeba vybavit hydraulické uzavírací jednotky hydraulickými válci velkých průměrů, což přináší řadu problémů. Proto se postupně přistupovalo k řešení hydraulickomechanických ústrojí, v nichž je příslušná uzavírací síla vyvozována malým hydraulickým válcem přes vhodný systém pákových převodů. Kinematickým uspořádáním mechanismu se docílí velmi příznivých jak silových,

tak i rychlostních poměrů. Nejčastěji používanou skupinou uzavíracích mechanismů jsou tzv. kloubové uzávěry.

Hydraulický válec může být umístěn v ose stroje (Obr. 9) nebo mimo ni (Obr. 10). V obou těchto případech mají stroje hydraulický válec malého průměru s malou spotřebou tlakové kapaliny.

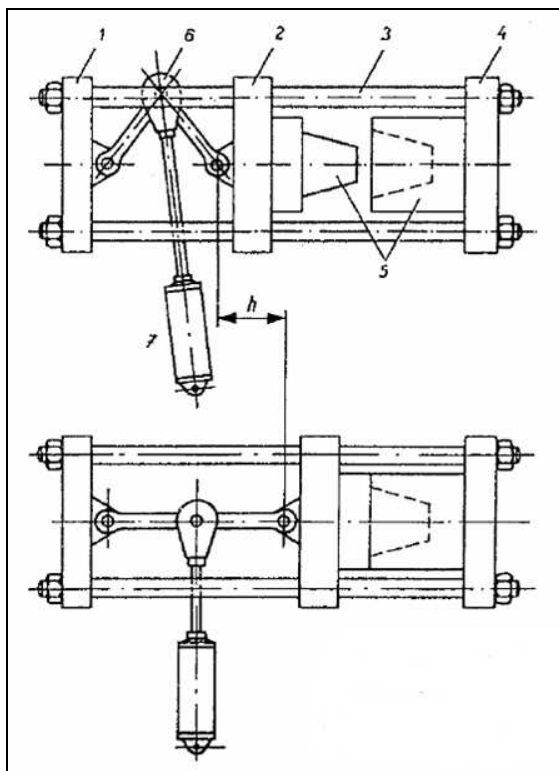


Obr. 9. Hydraulickomechanické uzavírání s válcem v ose stroje

(1 – přední upínací deska, 2 – zadní upínací deska, 3 – vstřikovací forma, 4 – nosné sloupy, 5 – nosný třmen, 6 – hydraulický válec, 7 – pístní tyč, 8 – kloubový mechanismus, 9 – seřizovací šroubový mechanismus)

Uspořádání s hydraulickým válcem v ose stroje je na obr. 9. Pohyb pístní tyče 7 se přenáší pákovým převodem 8 na pohyblivou desku 9. Vhodnou volbou geometrie pákového mechanismu lze dosáhnout velkých uzavíracích sil při minimálních došedacích rychlostech. Velkou výhodou těchto uzavíracích ústrojí je to, že rychlost pohybu formy je dána pouze kinematickým uspořádáním mechanismu. Zpomalení pohybu a dořízení formy probíhá nepřerušovaným rovnoměrným pohybem uzavíracího pístu. Příznivý průběh uzavírací rychlosti (vysoká přísuvná, minimální došedací) je umožněn taky malými rozměry a tedy i malou hmotností u hydraulického válce.

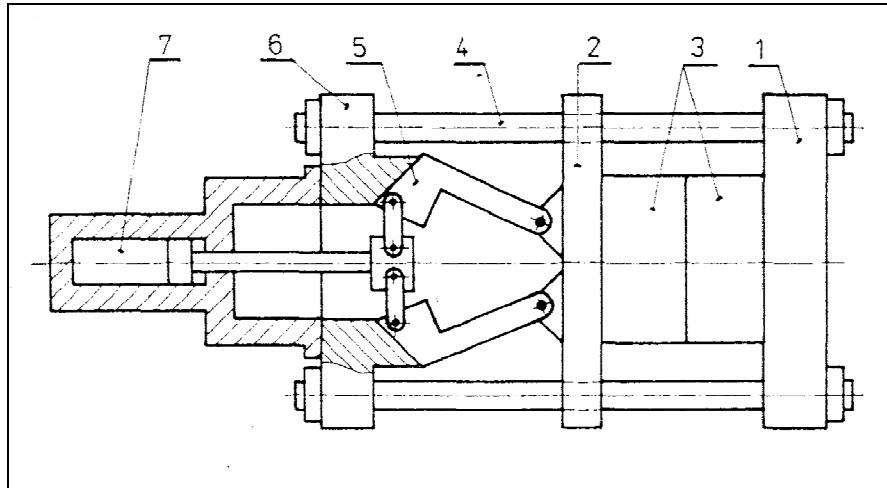
Hydraulickomechanické uzavírací ústrojí s osou válce mimo osu stroje je na obr. 10. Hydraulický válec 7 je upevněn výkyvně na základovém rámu. Pohybem pístní tyče je narovnáván kloubový mechanismus 6 unášející upínací desku 2 s částí formy 5. Nastavení příslušného zdvihu umožňuje seřizovací šroubový mechanismus. Velmi snadno lze graficky nebo analyticky určit velikost uzavírací síly a rychlost upínací desky v závislosti na poloze kloubového mechanismu 6.



Obr. 10. Uzavírací jednotka s kloubovým uzávěrem ovládaný hydraulicky

(1 – opěrná deska, 2 – pohyblivá upínací deska, 3 – vodící sloupy, 4 – pevná upínací deska, 5 – forma, 6 – kloubový mechanismus, 7 – hydraulický válec,  $h$  – otevření stroje)

Jiným typem hydraulickomechanického uzavíracího ústrojí je pákoklínové uzavírací ústrojí (Obr. 11). Funkce je zřejmá z uvedeného obrázku.



Obr. 11. Pákoklínové uzavírací ústrojí

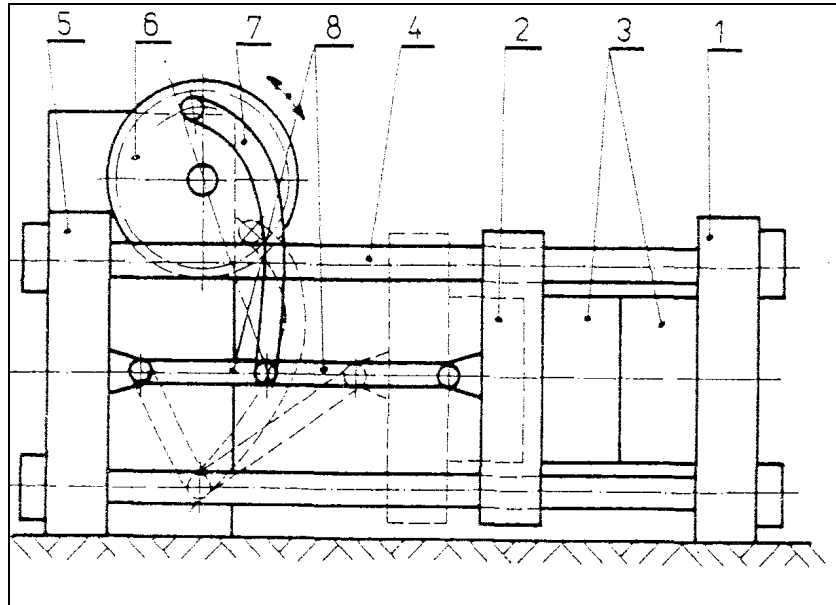
(1 – přední upínací deska (pevná), 2 – zadní upínací deska (pohyblivá), 3 – dělená vstřikovací forma , 4 – nosný sloup, 5 – páka s klínovou plochou, 6 – rám stroje, 7 – hydraulický válec)

### 1.2.3 Elektromechanické uzavírací ústrojí

Potřebnou energii elektromechanického uzavíracího ústrojí dodává elektromotor. K výhodám tohoto ústrojí patří jejich konstrukční jednoduchost, vysoká uzavírací síla a snadná automatizace celého pracovního cyklu. Další výhodou je nižší energetická náročnost [1]. Z těchto důvodů se tohoto systému využívá hlavně u rychloběžných vstřikovacích strojů.

Schéma takového mechanismu je nakresleno na obr. 12. Od klikového kotouče 6 se přenáší pohyb ojnicí 7 na pákový mechanismus 8, který je spojen s pohyblivou upínací deskou 2. Na desce je upnuta část formy 3. Deska je vedena na sloupech 4, spojených pevnou upínací deskou 1 a rámem stroje 5.

Klínový kotouč koná necelou polovinu otáčky v obou směrech. Je poháněn převodem od elektromotoru. Jeho zastavení v krajních polohách je zabezpečeno koncovými spínači [2].



Obr. 12. Elektromechanické uzavírací ústrojí

(1 – pevná upínací deska, 2 – pohyblivá upínací deska, 3 – dělená upínací forma, 4 – nosné sloupy, 5 – rám stroje, 6 – klikový kotouč, 7 – ojnice, 8 – pákový mechanismus)

### 1.3 Řízení a regulace vstřikovacího stroje [1]

Řízení a regulace je nutno považovat za neoddelitelnou součást funkce vstřikovacího stroje. Pod pojmem řízení a regulace se rozumí snímání a sledování strojních a technologických parametrů spolu s jejich následnou regulací tehdy, překročili naměřené hodnoty přípustnou toleranci. Na strojích se obvykle nastavuje teplota jednotlivých zón vstřikovacího válce a formy, vstřikovací tlak, dotlak, časové úseky pracovního cyklu, otáčky plastikačního šneku, vstřikovací rychlost, vstříknutý objem, uzavírací a dosedací rychlost formy. Stav plastu a podmínky vstřikování jsou určeny technologickými parametry. Z této oblasti nás zajímá zejména teplota a tlak taveniny ve válci, teplota a tlak ve formě, doba vstřiku, doba chlazení aj.

Řízením vstřikovacího procesu se rozumí ruční nebo automatické nastavení strojních parametrů bez zpětného hlášení o skutečných hodnotách nastavených veličin.

Regulace vstřikovacího procesu umožňuje využít naměřených hodnot pro korekci případných odchylek od nastavených hodnot. U starších strojů se provádělo nastavení strojních parametrů ručně, např. škrticím ventilem, koncovými spínači, regulátorem

teploty aj. Novější koncepce vstřikovacích strojů se dnes neobejdou bez výkonné procesorové techniky. Na základě připraveného programu uloženého v paměti centrální řídicí jednotky umožňují mikroprocesorové systémy:

- Jednoduché a rychlé nastavení režimu činnosti vstřikovacího stroje a snadnou změnu nastavených parametrů
- Kontrolu funkce stroje a hlášení poruch včetně její lokalizace
- Řízení a regulaci procesu pomocí hydraulických řídicích prvků
- Optimalizaci procesu
- Sledování a vyhodnocování dalších provozních dat, jako např. produkci, zmetky, délku cyklu, využití stroje, spotřebu energie aj.
- Poskytování vizuálních informací přes displej

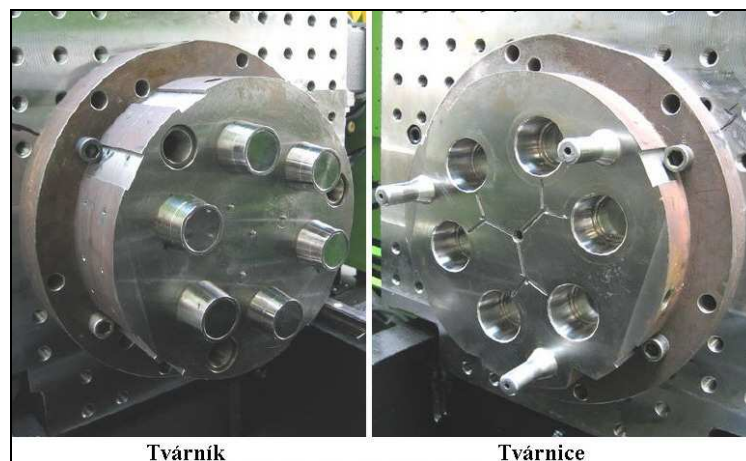
Použití těchto řídicích systémů zvyšuje kvalitu výrobků, produktivitu práce a minimalizuje zmetkovitost. Roste však nárok na pořizovací cenu a na kvalifikovanou obsluhu i údržbu.



## 2 VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

Vstřikováním se vyrábějí takové výrobky, které mají buď charakter konečného výrobku a nebo jsou polotovary nebo díly pro další zkompletování samostatného celku. Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů, je to proces diskontinuální, cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. V omezené míře se vstřikují i některé reaktoplasty a kaučuky.

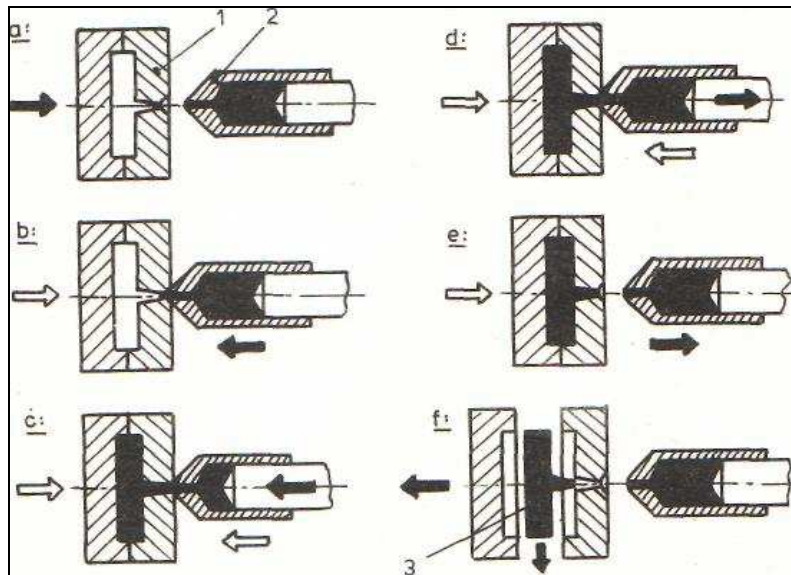
Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka zpracovávaného materiálu z pomocné tlakové komory vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny kovové formy (Obr. 13), kde ztuhne ve finální výrobek. Tlaková komora je součástí vstřikovacího stroje a zásoba vstřikovaného materiálu se v ní stále doplňuje během cyklu. Výhodou vstřikování jsou krátký čas cyklu, schopnost vyrábět složité součásti s dobrými tolerancemi rozměrů a velmi dobrou povrchovou úpravou, ale i konstrukční flexibilita, která umožňuje odstranění konečných úprav povrchu a montážních operací. Hlavní nevýhodou v porovnání s ostatními metodami zpracování plastů jsou vysoké investiční náklady, dlouhé doby nutné pro výrobu forem a potřeba používat strojní zařízení, které je neúměrně velké v porovnání s vyráběným dílem [4].



Obr. 13. Vstřikovací forma

## 2.1 Vstřikovací cyklus

Tavenina se připraví v tavící komoře vstřikovací jednotky a je následně vstříknuta do dutiny formy, kde zatuhne (event. zesílňuje). Vstřikovací cyklus je znázorněn na obr. 14.



Obr. 14. Vstřikovací cyklus

(1 – forma, 2 – vstřikovací jednotka, 3 – výstřik)

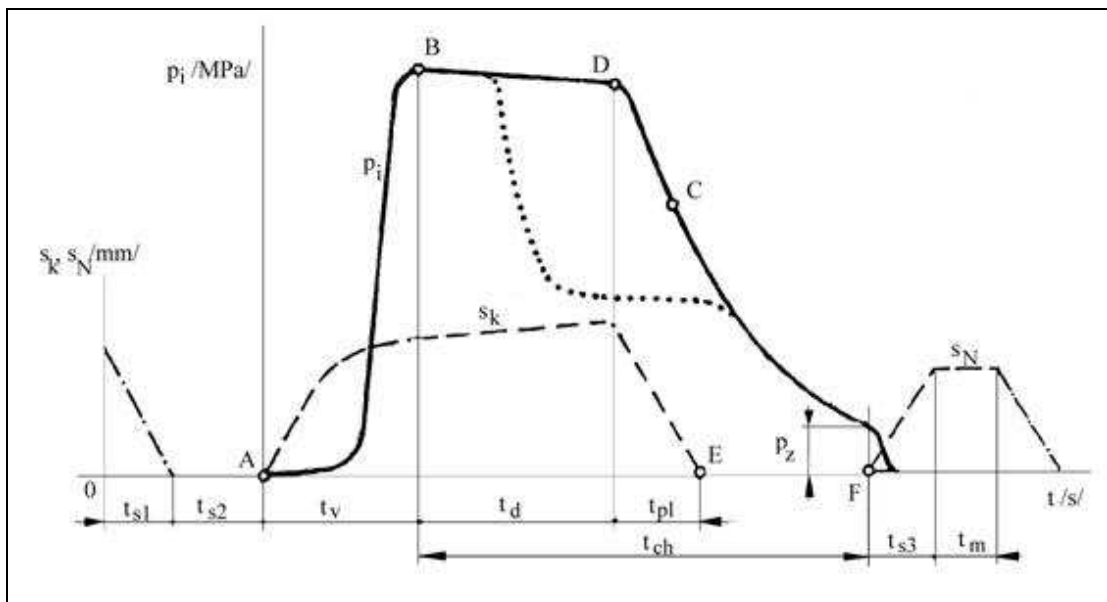
Vstřikovací cyklus:

- V první fázi (a) dojde k uzavření vstřikovací formy 1, vstřikovací jednotka 2 je ve výchozí poloze.
- V druhé fázi (b) se vstřikovací jednotka 2 přisune a dosedne na uzavřenou formu 1.
- V třetí fázi (c) probíhá vstřikování.
- Ve čtvrté fázi (d) bezprostředně po naplnění dutiny formy taveninou nastává její tuhnutí, zpočátku pod tlakem (až do ztuhnutí ústí vtoku).
- V páté fázi (e) pokračuje ve formě 1 tuhnutí bez tlaku a vstřikovací jednotka 2 se odsune do výchozí polohy.
- V poslední fázi (f) se po ztuhnutí vstřikovací forma 1 otevře a vyprázdní. Vyhození výstřiku 3 uzavírá průběh vstřikovacího cyklu. Forma 1 i vstřikovací jednotka 2 jsou ve výchozí poloze a celý cyklus se může znovu opakovat [2].

Při vstřikování kaučukových směsí proběhne ve formě i vulkanizace, aby měl výrobek po vyjmutí finální vlastnosti [1].

Vstřikovací cyklus tvoří sled přesně specifikovaných úkonů. Jedná se o proces neizotermický, během něhož plast prochází teplotním cyklem. Při popisu vstřikovacího cyklu je nutno jednoznačně definovat jeho počátek. Za počátek cyklu lze považovat okamžik odpovídající impulsu k uzavření formy.

Vstřikovací cyklus však můžeme posuzovat i z hledisky zpracovávaného plastu a s výhodou jej vyjádřit jako závislost v dutině formy na čase (Obr. 15). Tento tlak se nazývá vnitřní tlak a značí se  $p_i$ . Kromě vnitřního tlaku existuje i vnější tlak, označovaný  $p$ , kterým se myslí tlak vztažený na jednotku plochy průřezu šneku.



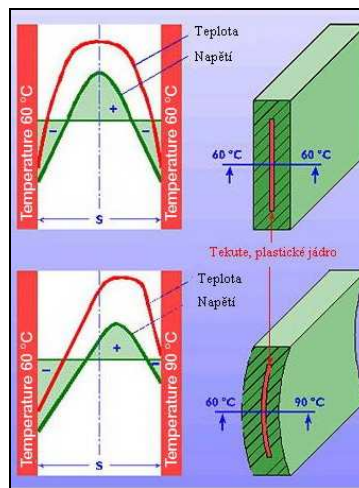
Obr. 15. Průběh vnitřního tlaku  $p_i$  v dutině formy během procesu vstřikování

( $s_k$  – pohyb šneku,  $s_n$  – pohyb nástroje)

Na počátku vstřikovacího cyklu je dutina formy prázdná a forma je otevřená. V nulovém čase dostane stroj impuls k zahájení vstřikovacího cyklu, pohyblivá část formy se přisune k pevné, forma se zavře a uzamkne – strojní časy. Tyto činnosti je nutné odlišit, protože na přisouvání formy se musí vynaložit jen malá přisouvací síla  $F_p$ , zatímco na uzamknutí je nutno vynaložit značně vyšší uzavírací sílu  $F_u$  (až třikrát vyšší), neboť musí být zaručeno, že se forma vlivem tlaku taveniny při vstřikování neotevře. Následuje pohyb šneku v tavní komoře a začíná vlastní vstřikování roztažené hmoty do dutiny vstřikovací formy. V této fázi šnek vykonává pouze axiální

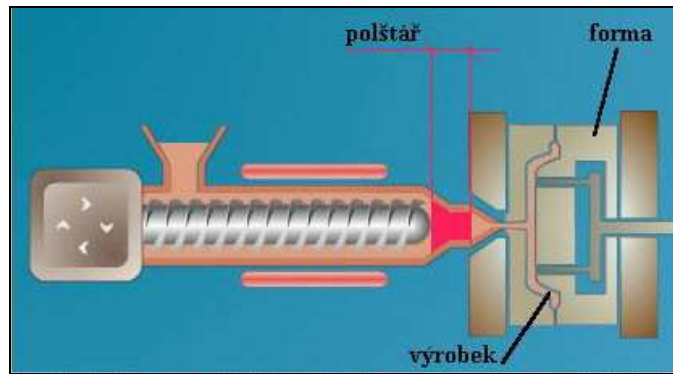
pohyb, neotáčí se a vlastně plní funkci pístu. Po naplnění formy je tavenina v dutině ještě stlačena a tlak dosáhne maximální hodnoty.

Jakmile tavenina vstoupí do dutiny formy, ihned začne předávat teplo vstřikovací formě a chladne. Chlazení trvá až do otevření formy a vyjmutí výstřiku. V praxi se dělí na dobu chlazení při plném vstřikovacím tlaku a na dobu chlazení při klesajícím tlaku. Doba chlazení je závislá na teplotě formy  $T_F$  a tloušťce stěny výrobku. Během chlazení se hmoty smršťuje (Obr. 16) a zmenšuje svůj objem, a aby se na výstřiku netvořily propadliny a staženiny, je nutno zmenšování objemu kompenzovat dodatečným dotlačením taveniny do dutiny formy – dotlak.



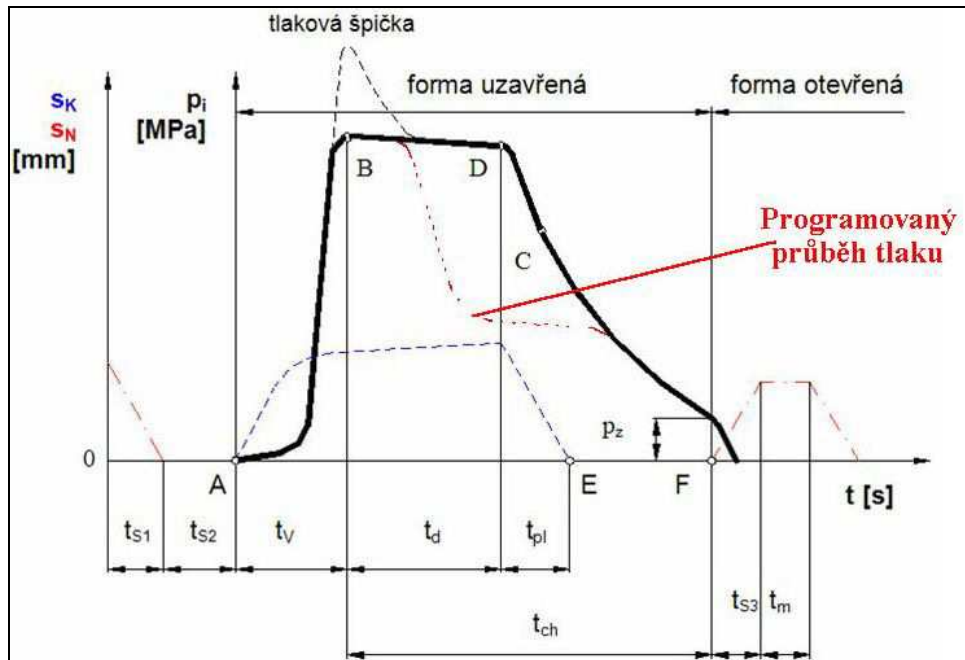
Obr. 16. Smrštění při chlazení plastového výrobku

Dotlak může být po celou dobu stejně vysoký jako maximální tlak nebo se může po několika sekundách snížit a další chlazení probíhá při sníženém tlaku. Dotlak se proto rozděluje na izobarický a izochorický. Abychom mohli dotlačovat, musí před čelem šneku zůstat určitý objem plastu – ploštář (Obr. 17), na který bude šnek působit svým čelem. Tento objem nesmí být moc velký (obvykle kolem 10 až 15%, méně než jednonásobek průměru šneku  $D$ ), aby nedocházelo k tepelné degradaci hmoty.



Obr. 17. Schéma vstřikovacího stroje – polštář

Po dotlaku začíná plastikace nové dávky plastu. Šnek se začne otáčet, pod násypkou nabírá granulovanou hmotu, plastikuje ji a vtlačuje do prostoru před čelem šneku. Současně ustupuje dozadu, přičemž musí překonávat tzv. protitlak neboli zpětný tlak. Výška protitlaku ovlivňuje dobu plastikace a tím i kvalitu prohnětení roztaveného plastu. Příliš vysoký protitlak by však mohl způsobit až degradaci plastu. Ohřev plastu během plastikace se děje jednak převodem tepla ze stěn válce, jednak frikčním teplem, které vzniká třením plastu o stěny komory a o povrch šneku a dále přeměnou hnětací práce šneku v teplo. Jestliže je tavicí komora opatřena samouzavíratelnou tryskou, může plastikace probíhat i při otevřené formě. Dále může a nebo nemusí následovat odsunutí tavicí komory od formy. Během pokračujícího chlazení tlak ve formě dále klesá až na hodnotu zbytkového tlaku  $p_z$ , což je tlak, pod nímž se hmota nachází ve formě těsně před jejím otevřením. Příliš vysoký zbytkový tlak je příčinou vysokých vnitřních pnutí ve výstřicích, které u křehkých hmot mohou způsobovat až samovolné praskání výstřiku. Zbytkový tlak lze snížit buď zkrácením doby dotlaku anebo programovaným průběhem tlaku během dotlaku (Obr. 18). Po dokonalém zchladnutí výstřiku se forma otevře a výstřik se vyhodí z formy [4].



Obr. 18. Průběh vnitřního tlaku  $p_i$  v dutině formy během procesu vstřikování - programovaný průběh tlaku

## 2.2 Popis a vliv jednotlivých časů vstřikovacího cyklu

Jednotlivé úseky vstřikovacího cyklu trvají různě dlouho a jsou mimo jiné ovlivněny např. geometrií výstřiku a technologickými podmínkami vstřikování [4].

### 2.2.1 Strojní doby [4]

Strojní doby na zavření formy  $t_{s1}$  a na otevření formy  $t_{s3}$  závisí na rychlosti pohybující se formy a na dráze, kterou musí forma urazit. Dráha otevření formy je dána rozměrem výstřiku ve směru otevírání formy a musí být tak velká, aby bylo výrobek z formy vyjmout, případně aby bylo dost prostoru pro činnost manipulátoru ve formě. Je snaha zkrátit strojní časy na minimum. Toho se dá dosáhnout zvýšením rychlosti pohybující se formy. U moderních strojů není tato rychlost po celé dráze stejná, nýbrž při zavírání se forma z počátku pohybuje velkou rychlostí, avšak těsně před dosednutím formy se rychlost sníží, aby obě části formy na sebe dosedly měkce a forma se nárazem nepoškodila. Podobně i při otevírání formy je nejprve její rychlost vysoká a před dojezdem formy na doraz se rychlost sníží, aby vyhození výrobku z formy probíhalo pomalu. Celková doba strojních časů  $t_{s1}$ ,  $t_{s2}$ ,  $t_{s3}$  nepřesahuje u strojů střední

velikosti několik málo sekund. Kromě strojních časů, jež jsou součástí vstřikovacího cyklu, jsou další strojní doby překryty dobou chlazení.

### 2.2.2 Doba vstřikování

Doba plnění dutiny formy  $t_v$  se odvíjí od rychlosti vstřikování, tj. od rychlosti pohybu šneku vpřed, která závisí na technologických podmínkách, zejména na teplotě taveniny  $T_{tav}$  a na vstřikovacím tlaku  $p$ . Vliv však má i teplota formy, objem výstřiku a jeho geometrický tvar, dále řešení vtokové soustavy a druh plastu (Tab. 1).

*Tab. 1. Doporučené teploty taveniny, formy a teploty pro vyhození vylisku z formy pro některé termoplastické materiály*

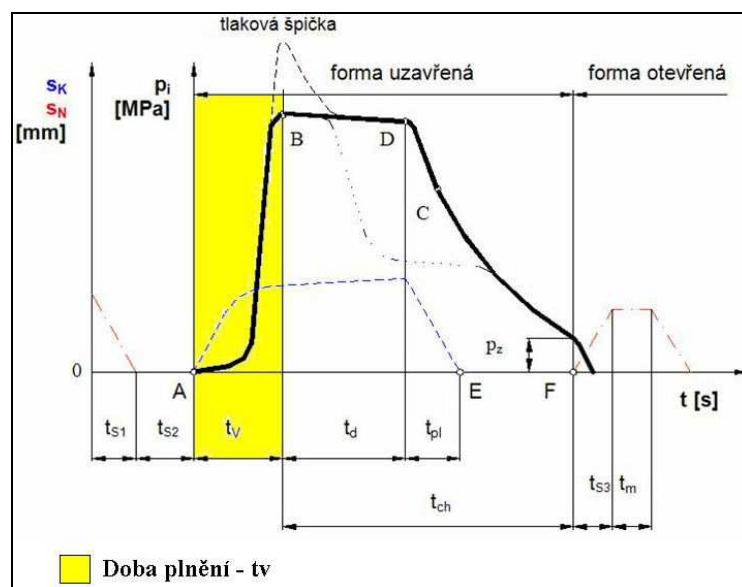
Termoplast	Teplota taveniny [°C]	Teplota formy [°C]	Teplota vhodná pro vyhození výrobku z formy [°C]
ABS	190-250	50-85	80-100
PA 6	260-280	40-120	100
PA 6-GF	270-290	80-120	140
PA 66	275-295	80-100	100
PA 66-GF	280-300	80-120	130
PC	280-320	85-120	<140
PC-GF	310-330	80-130	<150
HDPE	180-270	20-60	-
LDPE	180-270	20-60	-
PMMA	200-2500	50-80	-
POM	180-220	50-120	-
PP	170-280	20-100	-
PS	180-260	55-80	-
PVC tvrzené	190-220	30-60	-
SAN	200-260	50-85	80-95
PEEK	380-430	160-220	-

Je však nutné si uvědomit, že k určité hodnotě vstřikovací rychlosti patří určitá hodnota vstřikovacího tlaku, nebo-li nelze nastavovat velkou vstřikovací rychlost při nízkém tlaku. U složitých výrobků a u výrobků s vysokými požadavky na kvalitu povrchu a přesnost výroby je možné programovat průběh rychlosti vstřikování [4]. Je účelné měnit rychlost posuvu šneku během vstřikovací fáze, aby rychlost proudu taveniny byla aspoň přibližně stejná. Na začátku vstřiku nemá rychlost taveniny dosáhnout skokem vysoké hodnoty, nýbrž její růst má být plynulý, aby nevznikala velká povrchová orientace, vnitřní pnutí a viditelné tokové čáry. Kolem větších jader je lepší vyšší rychlost prodění, aby se omezil vznik studených spojů. Ke konci vstřikuje

výhodné plynule zpomalit vstřikovací rychlost, aby mohl z formy uniknout vzduch a zabránilo se nadměrným tlakovým špičkám ve formě.

Vysoká vstřikovací rychlost má příznivý vliv na orientaci makromolekul ve výstřiku. V povrchových vrstvách je orientace sice mírně vyšší následkem zvýšeného smykového napětí, ale je podstatně menší v jádru průřezu, kde je následkem vyšší rychlosti nižší viskozita taveniny. Avšak nadměrná rychlost způsobuje přehřátí a tepelnou degradaci materiálu [5].

Doba plnění (Obr. 19) se pohybuje od zlomku sekundy do několika málo sekund u výstřiku s velkou hmotností. Doba plnění má být co nejkratší, protože vstřikovaná tavenina se stykem s chlazenou formou ochlazuje a ztrácí tekutost, takže při dlouhé době by nezaplnila celou dutinu a vznikl by nedostříknutý zmetek.

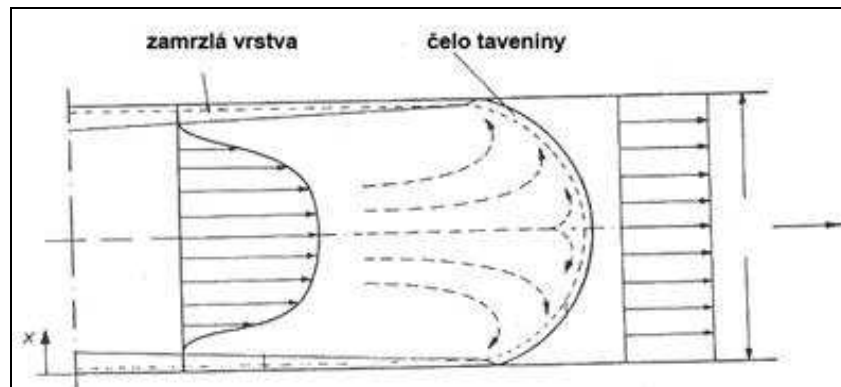


Obr. 19. Průběh doby plnění

Proces plnění se musí řídit tak, aby tavenina nevtékala do formy volným tokem, ale aby materiál vtékal do formy postupně. Při postupném plnění, laminárním toku, se jedná o složitý mechanismus tuhnutí vrstev taveniny (Obr. 20). Teplota formy je mnohem nižší, než teplota taveniny (zhruba 3 až 4krát) a tak tavenina při styku se stěnou formy okamžitě ztuhne a vytvoří vrstvu nepohyblivé hmoty a zároveň i vrstvu tepelné izolace. Uvnitř je potom plastické jádro s nízkou viskozitou, umožňující další průtok taveniny plastu do dutiny formy, která se potom roztéká směrem ke stěnám až dojde k zaplnění tvarové dutiny formy. Vzhledem ke zvyšování viskozity směrem ke



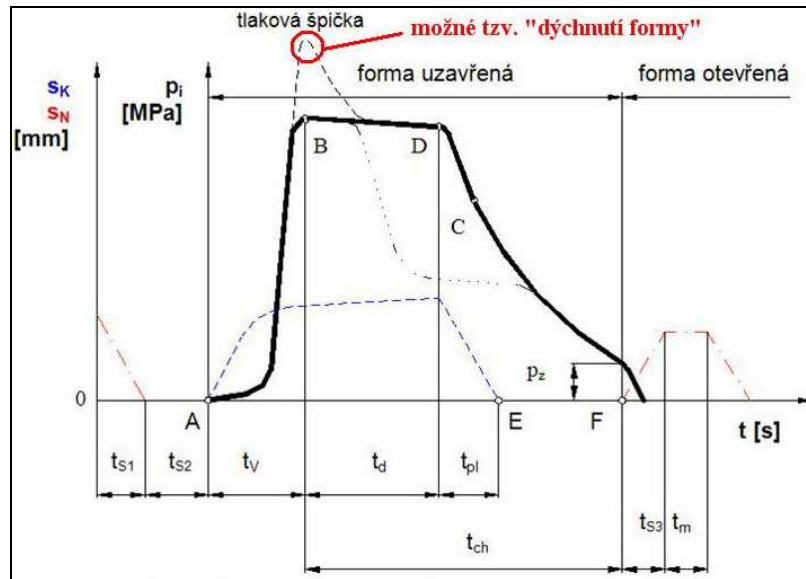
stěně formy dochází k rostoucí rychlosti v plastickém jádru a k zakřivení čela. Pokles tlaku je potom směrem ke stěně formy [4].



Obr. 20. Laminární tok taveniny plastů

### 2.2.3 Doba dotlaku

Po naplnění všech tvarových dutin formy nastává stlačování hmoty. Tlak taveniny prudce stopne a vstřikovací rychlost náhle klesne. Jestliže by tlak oleje v hydraulickém válci ovládajícím posuv šneku zůstal na původní vysoké hodnotě (tzv. vstřikovací tlak), vznikla by ve formě tlaková špička, která by způsobila zvýšenou hmotnost a zvětšené rozměry výstřiku a navíc vysoké namáhání formy, které by mohlo vést až k jejímu pružnému prohnutí (tzv. dýchnutí formy (Obr. 21)) a z toho plynoucímu přeplnění formy. Výstřik v přeplněné formě by byl po krátkodobém „dýchnutí“ pružně stlačen, po vyjmutí z formy by nepatrně expandoval a v jeho povrchových vrstvách by vzniklo tahové vnitřní pnutí. Někdy může vzniknout i otřep v dělicí rovině formy.



Obr. 21. Průběh vnitřního tlaku  $p_i$  v dutině formy během procesu vstřikování

( $s_k$  – pohyb šneku,  $s_n$  – pohyb nástroje)

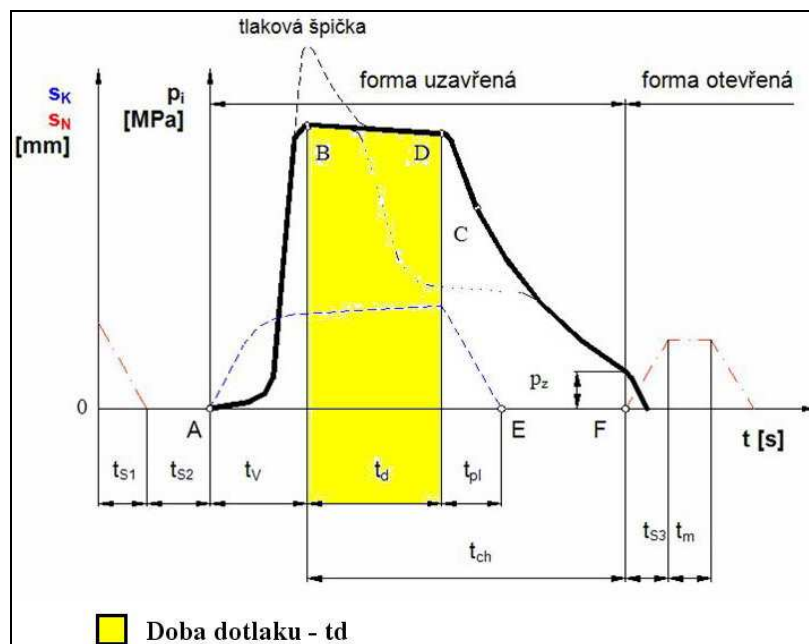
Kromě toho při náhlém poklesu tlakové špičky nastane jistý zpětný tok chladnoucí taveniny z formy ven k trysce, což zvyšuje orientaci makromolekul, zejména v okolí vtoku. Aby se zamezily tyto nežádoucí jevy, je nutné v určitém okamžiku před dosažením tlakového maxima ve formě snížit vstřikovací tlak posouvající šnek na tzv. dotlak.

Je-li přepnutí na dotlak opožděné, stoupne tlak taveniny ve formě příliš vysoko a nastane přeplnění formy se všemi výše zmíněnými negativními důsledky. Je-li přepnutí na dotlak předčasné, je tlak taveniny ve formě nízký, hmotnost a rozměry výstřiku jsou menší, případně může být výstřik neúplný (nedostřik) [5].

K přepnutí na dotlak může dojít buď podle dráhy šneku, nebo podle vstřikovacího času, nebo podle tlaku ve formě a nebo podle tlaku v hydraulice [4].

Doba dotlaku  $t_d$  (Obr. 22) závisí hlavně na průřezu vtokového kanálu a zpravidla činí několik sekund až desítek sekund [4]. Účelem dotlaku je po ukončení vstřiku dotlačovat další taveninu do formy a nahrazovat tak úbytek objemu způsobený smršťováním materiálu během chladnutí, aby ve výstřik nevznikly staženiny nebo povrchové propadlin. Dotlak má velký vliv na strukturu výrobku a časově se překrývá s fází chladnutí výstřiku ve formě. Velikost dotlaku a jeho trvání mají odpo-

vídat postupu smršťování hmoty ve formě. Vyšší dotlak má za následek větší rozměry výstřiku a také vyšší stupeň orientace makromolekul v některých partiích, neboť ve fázi dotlaku má již chladnouci tavenina poměrně vysokou viskozitu. Dotlak má trvat tak dlouho, dokud neztuhne ústí vtoku, jimž se dotlačuje tavenina do formy. Je-li dotlak ukončen před ztuhnutím vtoku, vzniknou v tlustostěnných partiích výstřiku propadliny nebo dutiny, nastane zpětný tok materiálu z formy k trysce, výstřik je řídký. Prodlužování dotlaku za okamžik ztuhnutí vtoku je bezúčelné a zbytečně prodlužuje pracovní cyklus.



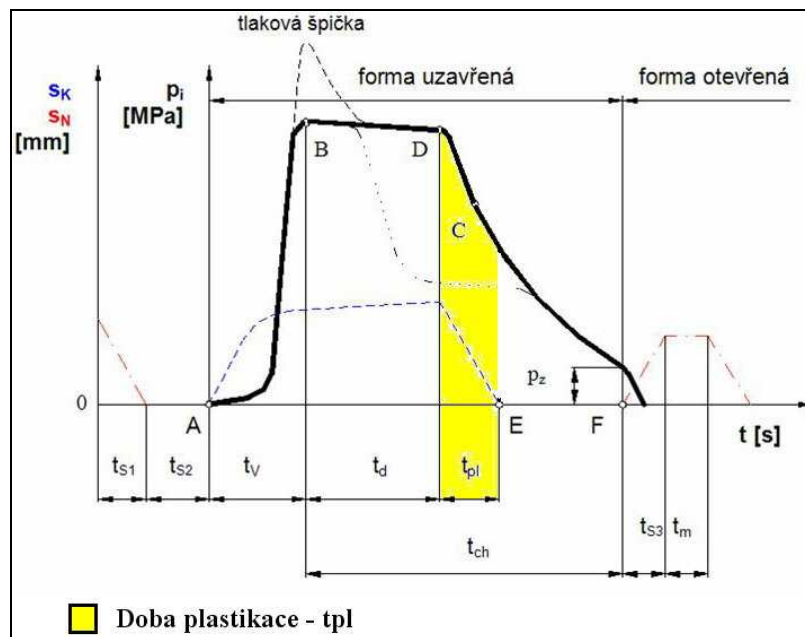
Obr. 22. Průběh doby dotlaku

U strojů s optimalizací procesu lze průběh dotlaku během pracovního cyklu programovat. V první fázi bývá dotlak vyšší, aby se forma rychle naplnila, dokud je tavenina dobře tekutá. Ke konci se dotlak sníží, aby se omezila orientace v okolí vtoku [5].

#### 2.2.4 Doba plastikace

Doba plastikace  $t_{pl}$  (Obr. 23) je čas, který je potřebný k tomu, aby došlo k zplastikování dávky plastu a k jejímu rovnoměrnému zhomogenizování a umístění dávky před čelo šneku, tzv. polštáře [4]. Plastikace se provádí v tavicí komoře stroje, v němž je otočně a posuvně uložen plastikační šnek. Přívod tepla k roztavení granulótu se děje asi z jedné třetiny elektrickým topením tavicí komory a asi ze dvou třetin

třením hmoty při hnětení šnekem. Při plastikaci se šnek otáčí a současně posouvá vzad, granulát padající z násypky mezi závity šneku se při tom dopravuje směrem k trysce, taví se, hněte, mísí, homogenizuje, komprimuje a shromažďuje se v prostoru před čelem šneku uvnitř komory [5]. Velikost zplastikované dávky musí zabezpečit naplnění tvarové dutiny formy a vtokového systému, ale i kompenzovat změnu objemu, vyvolanou smrštěním. Je však nutné se uvědomit, že se posuvem šneku vzad snižuje účinná délka šneku, a proto musí být zpětný tlak zvyšován [4].



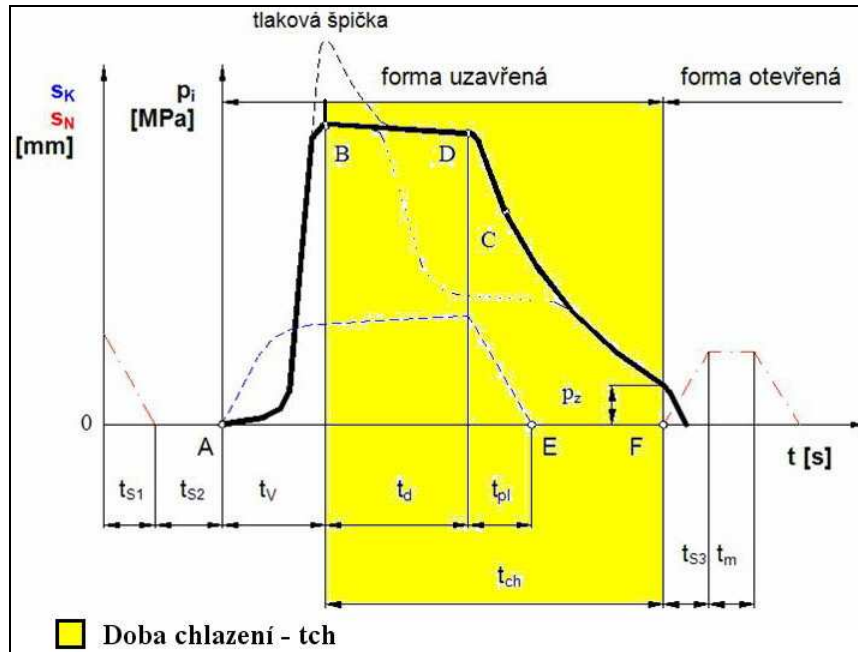
Obr. 23. Průběh doby plastikace

### 2.2.5 Doba chlazení

Doba chlazení  $t_{ch}$  (Obr. 24) představuje největší část cyklu a pohybuje se od několika sekund u tenkostěnných výtříků do několika málo minut. Závisí na určující tloušťce stěny výtříku, na druhu plastu, teplotě taveniny, teplotě formy a na teplotě výtříku v okamžiku vyjímání z formy. Je snaha ji zkrátit na minimum účinným chlazením formy, zejména těch míst, v nichž hmota chladne nejpomaleji [4].

Proces chlazení začíná již během vstřikovací fáze a pokračuje během dotlaku. V celém procesu chlazení dochází ke značným časovým i místním změnám stavových veličin polymeru, tlaku ( $p$ ), měrného objemu ( $v$ ), a teploty ( $T$ ). Změny stavových veličin potom nepřímo určují vznik struktury a jejích odlišností a ovlivňují hmotnost a rozměry výtříku. Vzhledem k rychlým časovým změnám  $p$ ,  $v$ ,  $T$  zůstává

většina oblastí struktury ve výstřiku ve stavu nerovnovážném. Nerovnovážnost struktury a nehomogenita výstřiku jsou tedy dány podstatou vstřikovacího procesu a nelze se jim vyhnout.



Obr. 24. Průběh doby chlazení

Fáze chladnutí ovlivňuje nejen strukturu, tj. orientaci, krystalizaci a vnitřní pnutí, ale také kvalitu povrchu výstřiků, zejména lesk. Povrchový lesk závisí na teplotě formy, na drsnosti stěn formy, na tekutosti taveniny a na její schopnosti přesně obtisknout všechny povrchové detaily ve formě. U některých semikrystalických termoplastů se lesk zvýší snížením teploty formy, neboť se tímto způsobem potlačí krystalizace povrchové vrstvy a ta je potom amorfní, průsvitná a lesklá. Vzhledové nedostatky výstřiku, jako jsou tokové čáry, povrchové propadliny, šupinatý povrch, stříbřité šmouhy aj., bývají způsobeny nevhodnými technologickými podmínkami při zpracování, špatným tvarovým řešením výrobku, nevhodným typem nebo umístěním vtoku apod.

Fáze chladnutí končí otevřením formy a vyhozením výstřiku. Forma se otevírá krátce po ukončení dotlaku [5].

### 3 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo provedení studie vybavení vstříkoven v České Republice. Pro získání potřebných informací byl vytvořen dotazník, který poskytuje informace o jednotlivých vstříkovacích zařízeních a dalšího příslušenství.

Postup řešení byl následující:

1. Vypracování literární studie na dané téma
2. Provedte průzkum vybavení vstříkoven
3. Vyhodnocení získaných informací

## II. PRAKTICKÁ ČÁST

## 4 VYBAVENÍ VSTŘIKOVEN V ČESKÉ REPUBLICE

V praktické části bylo osloveno 190 zpracovatelů polymerních materiálů technologií vstřikování v České republice. Zpracovatelé byli osloveni formou dotazníku, zaslané elektronickou poštou, aby uvedli současný stav vybavení svých vstřikoven. Na žádost vyplnění dotazníku reagovalo 33 firem, které jsou uvedeny v tab. 2. Jejich odpovědi byly graficky zpracovány a vyhodnoceny. Ke každému grafu byl doplněn komentář, který jej charakterizuje.

Dále bylo zjištěno, zda je součástí výrobního závodu také nástrojárna včetně vývojového a konstrukčního oddělení. Porovnání vybavenosti jednotlivých vstřikoven bylo posuzováno dle zaslaného dotazníku v příloze PI.

Všechna nashromážděná data byla vynesena do grafů, které reprezentují dotazované oblasti.



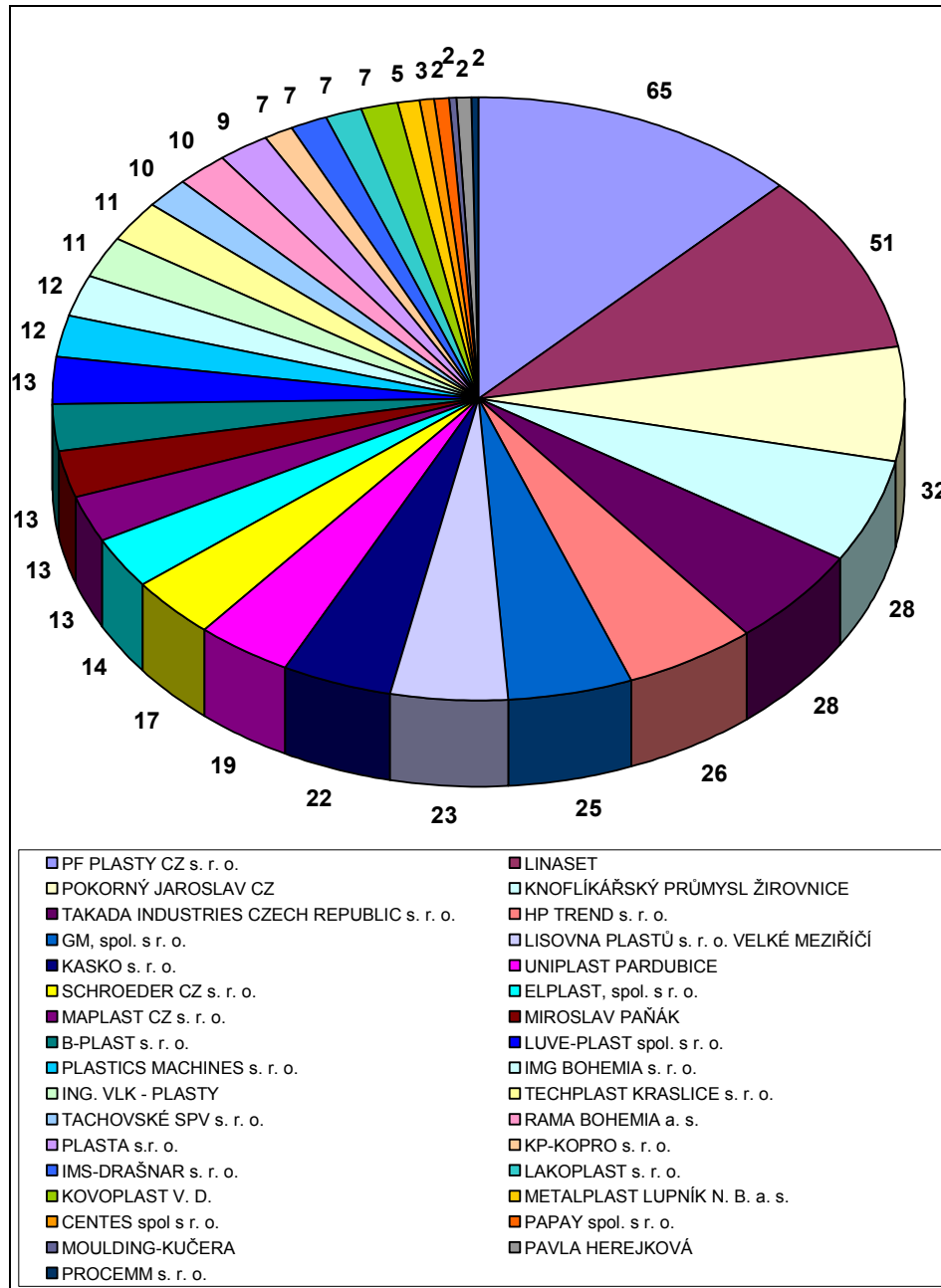
Tab. 2. Seznam vstřikoven

1	PF PLASTY CZ s. r. o.
2	LINASET
3	POKORNÝ JAROSLAV CZ
4	KNOFLÍKÁŘSKÝ PRŮMYSL ŽIROVNICE
5	TAKADA INDUSTRIES CZECH REPUBLIC s. r. o.
6	HP TREND s. r. o.
7	GM, spol. s r. o.
8	LISOVNA PLASTŮ s. r. o. VELKÉ MEZIRŘÍČÍ
9	KASKO s. r. o.
10	UNIPLAST PARDUBICE
11	SCHROEDER CZ s. r. o.
12	ELPLAST, spol. s r. o.
13	MAPLAST CZ s. r. o.
14	MIROSLAV PAŇÁK
15	B-PLAST s. r. o.
16	LUVE-PLAST spol. s r. o.
17	PLASTICS MACHINES s. r. o.
18	IMG BOHEMIA s. r. o.
19	ING. VLK - PLASTY
20	TECHPLAST KRASLICE s. r. o.
21	TACHOVSKÉ SPV s. r. o.
22	RAMA BOHEMIA a. s.
23	PLASTA s.r. o.
24	KP-KOPRO s. r. o.
25	IMS-DRAŠNAR s. r. o.
26	LAKOPLAST s. r. o.
27	KOVOPLAST V. D.
28	METALPLAST LIPNÍK N. B. a. s.
29	CENTES spol. s r. o.
30	PAPAY spol. s r. o.
31	MOULDING-KUČERA
32	PAVLA HEREJKOVÁ
33	PROCEMM s. r. o.

#### 4.1 Počty vstřikovacích strojů v České Republice

Počty vstřikovacích strojů, kterými jsou vybaveny vstřikovny v České Republice jsou uvedeny na obr. 25. Celkový počet vstřikovacích strojů firem, které odpověděly na zasláný dotazník je cca 521. Uvedený graf udává celkový počet vstřikovacích strojů jednotlivých vstřikoven plastů v České Republice. Výrobce s největším počtem vstřikovacích strojů z dotázaných je firma PF PLASTY CZ s. r. o. s celkovým počtem 65 vstřikovacích strojů. Výrobce s druhým největším počtem je LINASET s 51

vstřikovacími stroji. Další výrobci mají 32 a méně strojů, nejmenší počet je 2. Průměrně je v ČR 15 strojů na jednu firmu. Dle počtu strojů jednotlivých vstřikoven lze usuzovat o množství produkovaných výrobků z plastů v ČR.

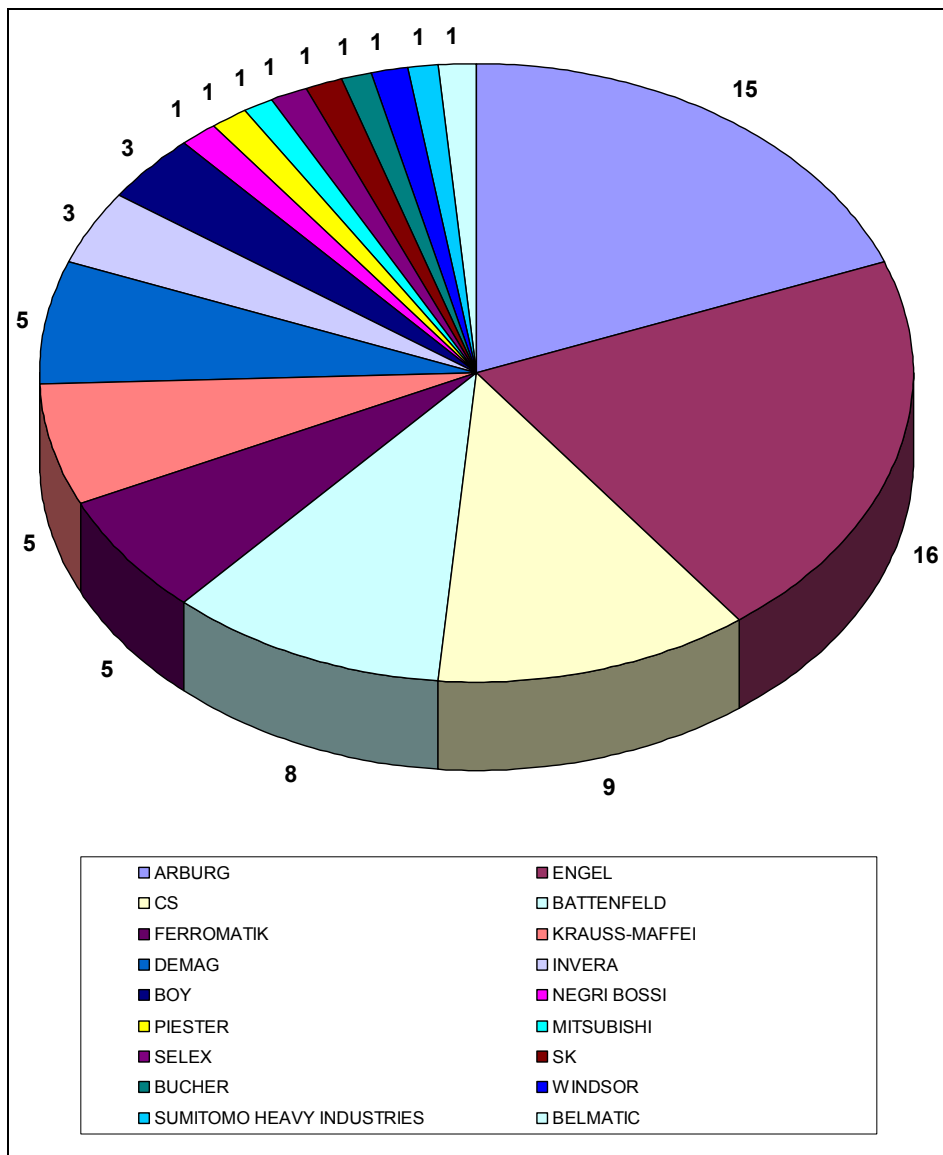


Obr. 25. Počty vstřikovacích strojů v ČR

## 4.2 Výrobci vstřikovacích strojů

Zastoupení jednotlivých typů vstřikovacích strojů, kterými jsou vybaveny zpracovatelé polymerních materiálů technologií vstřikování v České republice, jsou zobrazeny

na obr. 26. Z uvedeného grafu je patrné, že největší zastoupení mají vstříkovací stroje výrobce ENGEL, kde stroje tohoto výrobce jsou umístěny v 16 firmách, podobně ARBURG, který je umístěn v 15 firmách. Výrobci CS, BATTENFELD, FERROMATIK, KRAUS – MAFFEI a DEMAG jsou pak zastoupeny v menším počtu. U ostatních výrobců vstříkovacích strojů je četnost zanedbatelná.

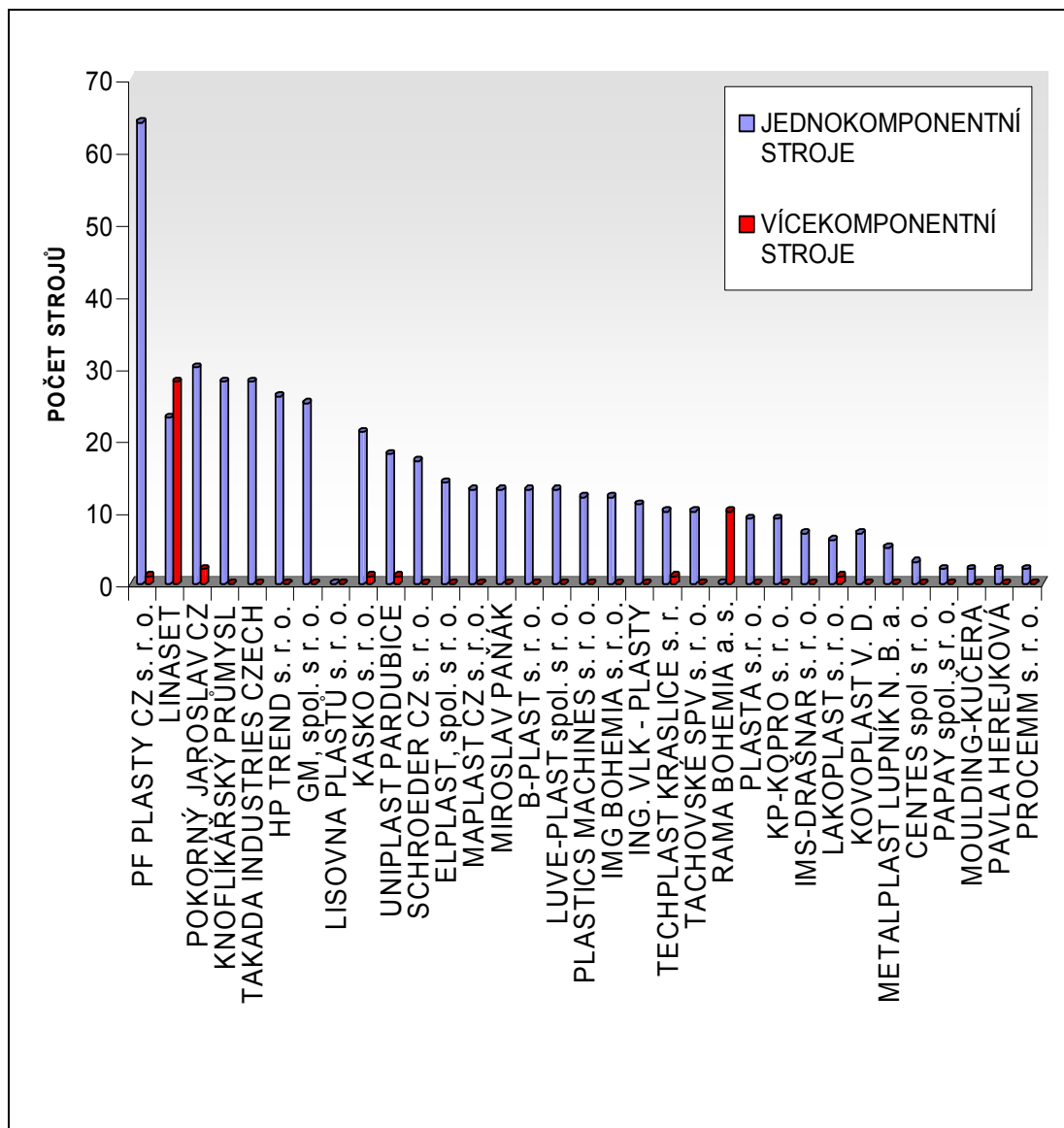


Obr. 26. Výrobci vstříkovacích strojů

### 4.3 Jedno komponentní a více komponentní stroje

Podíl jedno a více komponentních vstříkovacích strojů u jednotlivých výrobců je uveden na obr. 27. Z grafu je patrné, že u převážné většiny vstříkoven v ČR převažují jednoznačně jedno komponentní stroje, pouze u firmy LINASET převažují více kom-

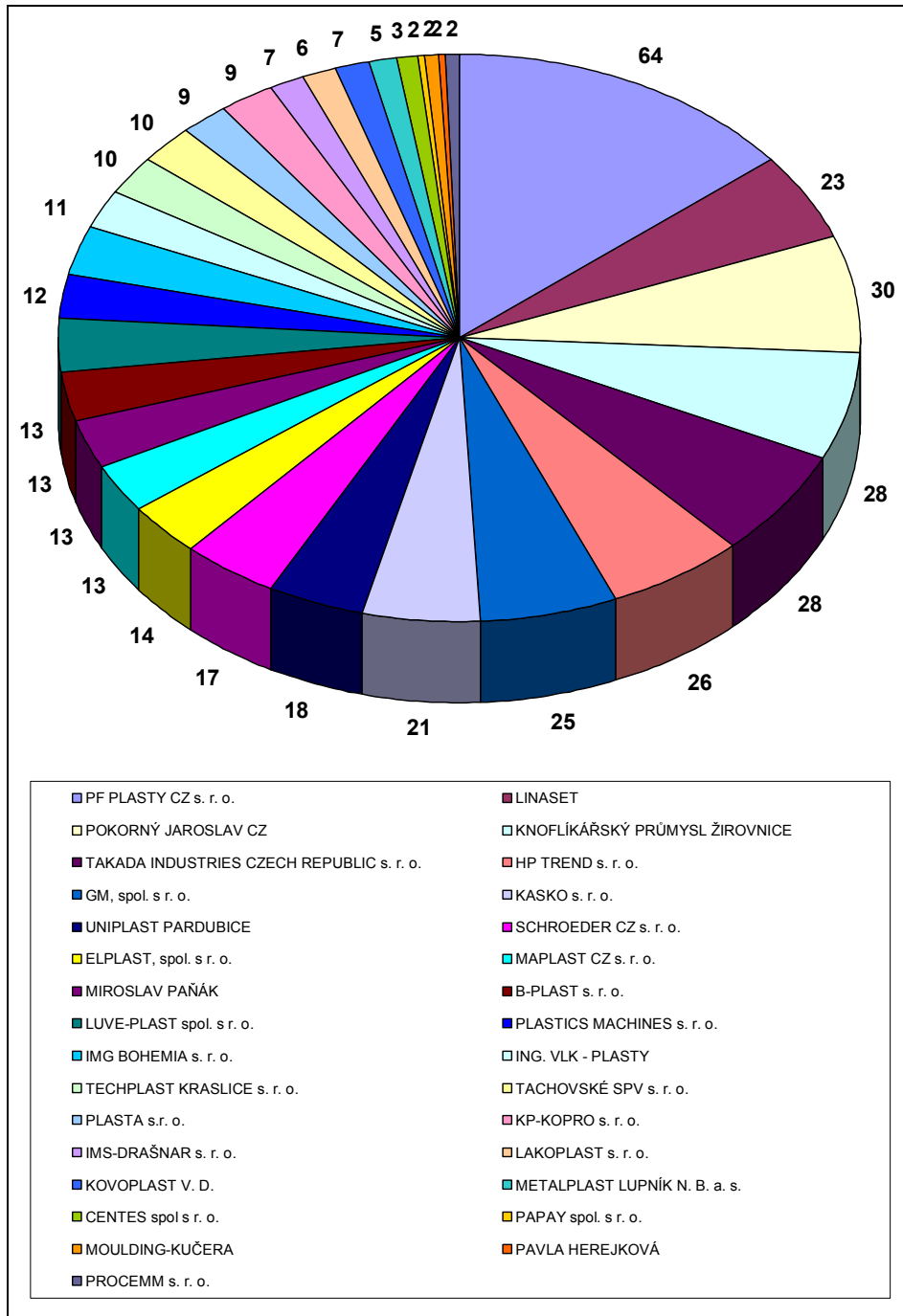
ponentní stroje. Z grafu můžeme také vidět, že 24 firem z celkového počtu 33 používá pouze jedno komponentní vstřikování, 7 firem používá obě technologie a firma RAMA BOHEMIA a. s. používá pouze více komponentní vstřikovací stroje. Bohužel firma LISOVNA PLASTŮ s. r. o. své počty nesdělila, jen že používá obě technologie. Důvodem může být pořizovací cena více komponentních strojů, která je vysoká z důvodu počtu vstřikovacích jednotek na jednom stroji a také nízká poptávka po výrobcích, u nichž je potřebná více komponentní vstřikovací technologie.



Obr. 27. Jedno komponentní a více komponentní stroje

Jako velmi zajímavé se jeví vyhodnocení počtu jedno komponentních vstřikovacích strojů. Na obr. 28 je pro názornost zobrazen počet jedno komponentních vstřikovacích strojů. Z grafu je patrné, že největší zastoupení jedno komponentních vstřikova-

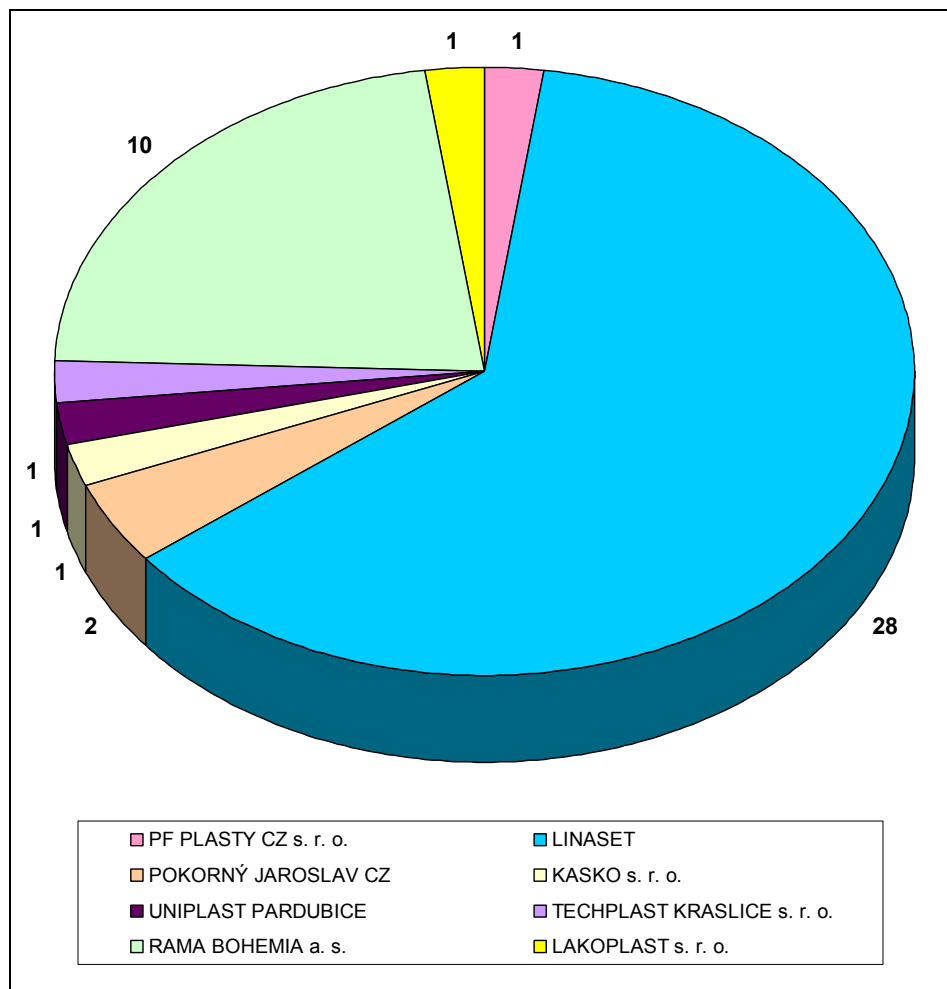
cích strojů má firma PF PLASTY CZ s. r. o. se 64 stroji. U dalších firem jsou počty strojů menší a dosahují počtu od 13 do 30 strojů. Nejmenšího počtu strojů bylo dosaženo 2 a to u čtyřech firem.



Obr. 28. Zastoupení jedno komponentních strojů

U počtu více komponentních vstříkovacích strojů je situace odlišná. Na obr. 29 je znázorněn počet více komponentních vstříkovacích strojů. Z grafu je vidět, že největší zastoupení více komponentních vstříkovacích strojů má firma LINASET s počtem

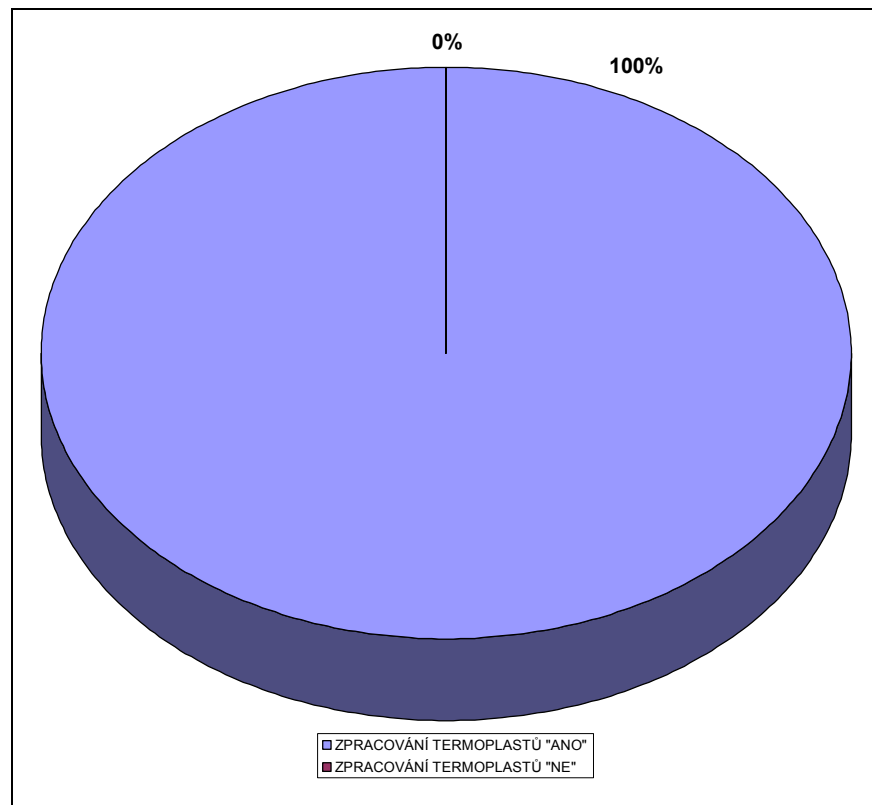
28 strojů a RAMA BOHEMIA a. s. s počtem 10 strojů. Další výskyt více komponentních vstřikovacích strojů je jen u dalších 6 firem a jejich počet je zanedbatelný.



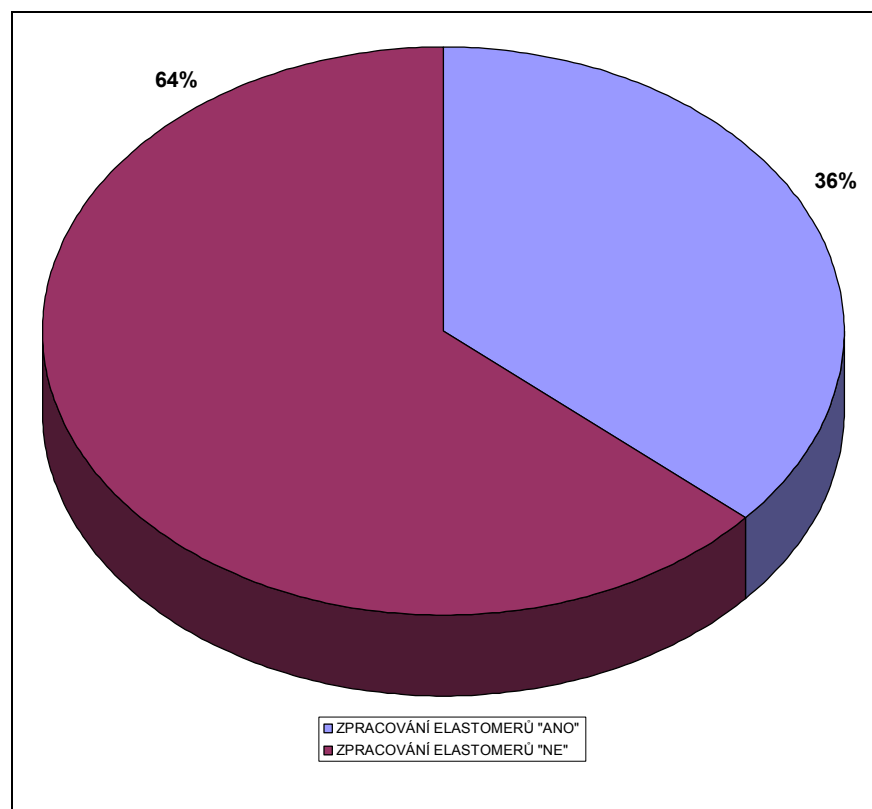
Obr. 29. Zastoupení více komponentních strojů

#### 4.4 Zpracování termoplastů, elastomerů a reaktoplastů

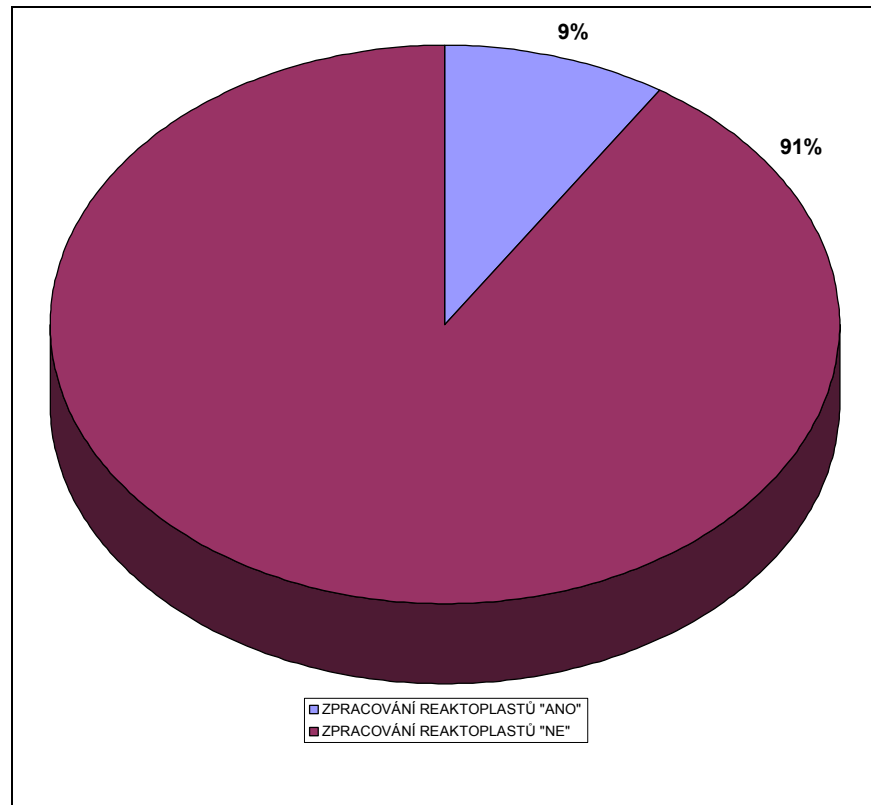
Procentuální zastoupení firem, které zpracovávají termoplasty, elastomery a reaktoplasty České Republice je uveden na obrázcích 30, 31 a na obr. 32. Je patrné, že metodou vstřikování se zpracovávají v převážné většině termoplasty. 100% firem zpracovává termoplasty. Dále se zpracovávají elastomery, ale již méně než termoplasty, přičemž tyto materiály zpracovává 36% firem. 64% firem se nezabývá zpracováním elastomerů. Výjimečně jsou v ČR firmy, které se zabývají zpracováním reaktoplastů jejichž podíl na trhu je 9%. Ostatních 91% firem se zpracováním reaktoplastů nezabývá.



Obr. 30. Procentuální zastoupení firem zpracovávajících termoplasty



Obr. 31. Procentuální zastoupení firem zpracovávajících elastomery

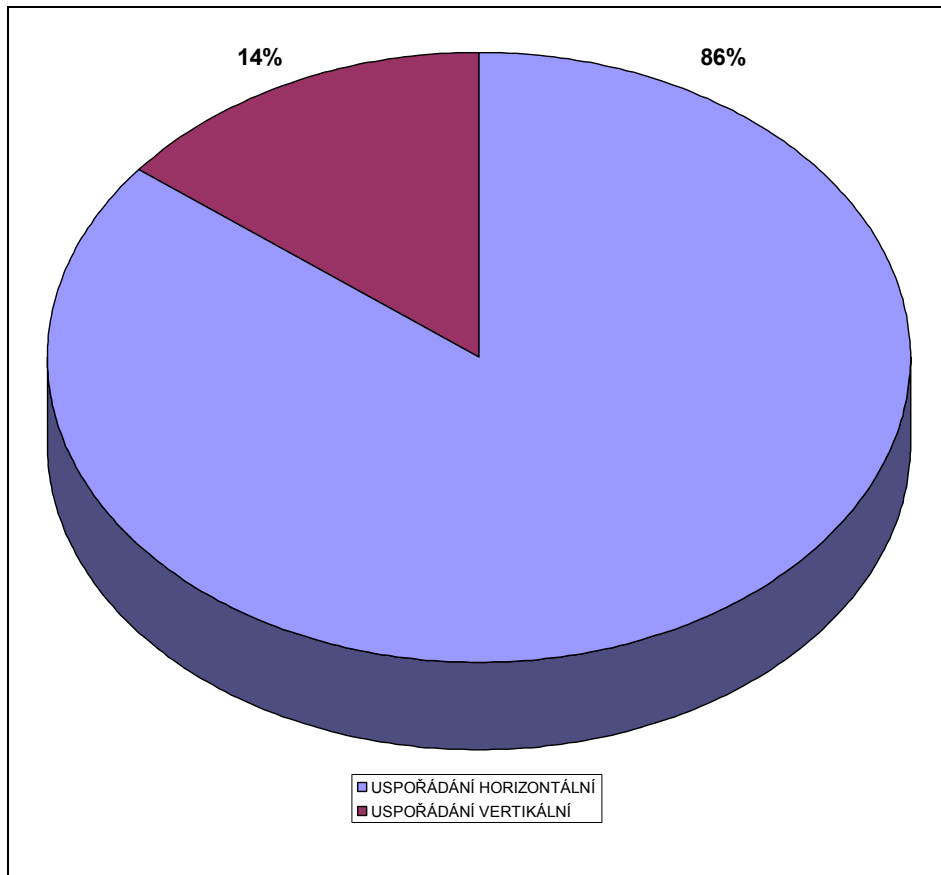


Obr. 32. Procentuální zastoupení firem zpracovávajících reaktoplasty

#### 4.5 Stroje v horizontálním a vertikálním uspořádání

Zastoupení horizontálních a vertikálních vstřikovacích strojů u vstřikoven v ČR je ukázáno na obr. 33. Poměr je vyjádřen procentuálně. U českých vstřikoven převažují horizontálně uspořádané vstřikovací stroje, je jich dle získaných údajů 86%. Zbýlých 14% firem jsou stroje ve vertikálním uspořádání. Horizontální uspořádání vstřikovacích strojů je typické a výrobci vstřikovacích strojů nabízí převážně tuto variantu uspořádání. Uspořádání vertikální je u vstřikovacích strojů v České Republice méně časté.

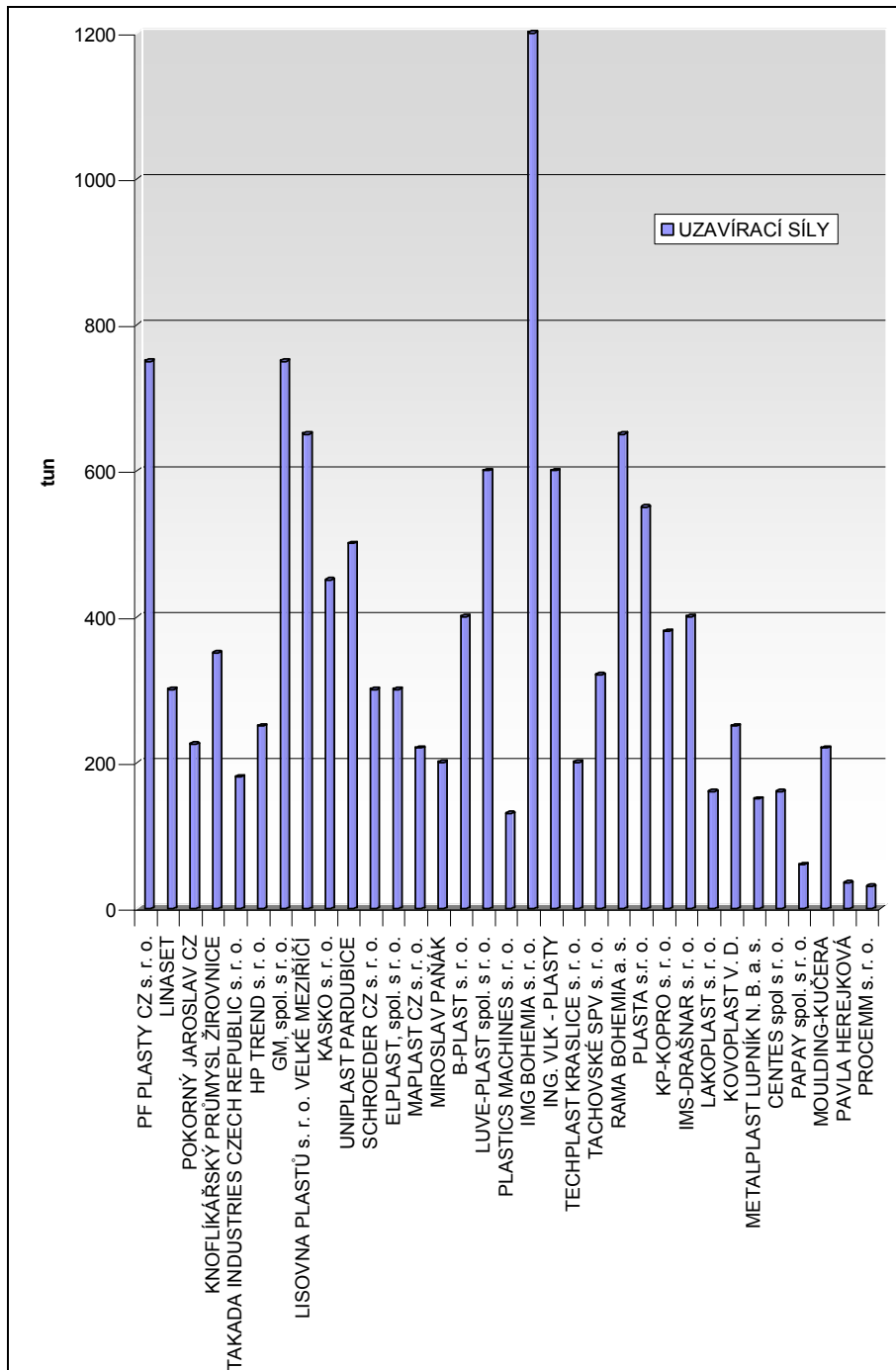




Obr. 33. Horizontální vs. vertikální uspořádání

#### 4.6 Uzavírací síly

Velikost uzavírací síly je důležitým údajem na vstřikovacím stroji a je jednou s rozhodujících informací při pořizování nového stroje. Na obr. 34 jsou znázorněny maximální uzavírací síly vstřikovacích strojů jednotlivých vstřikoven plastů. Stroje s největšími uzavíracími silami používá firma IMG Bohemia s.r.o., kde tyto stroje jsou schopny dosahovat uzavíracích sil až 1200t. Firmy PF PLASTY CZ s.r.o. a GM, spol. s r.o. používají stroje s uzavíracími silami do 750t. Firmy LISOVNA PLASTŮ s.r.o. VELKÉ MEZIŘÍČÍ a RAMA BOHEMIA a.s. používají stroje s uzavíracími silami do 650t. Stroje u ostatních firem dosahují uzavíracích sil 60t a méně, nejméně firma PROCHEM s.r.o. se stroji s uzavírací silou 30t. Je logické, že s rostoucí uzavírací silou formy je možné provádět obecně větší výstřiky.

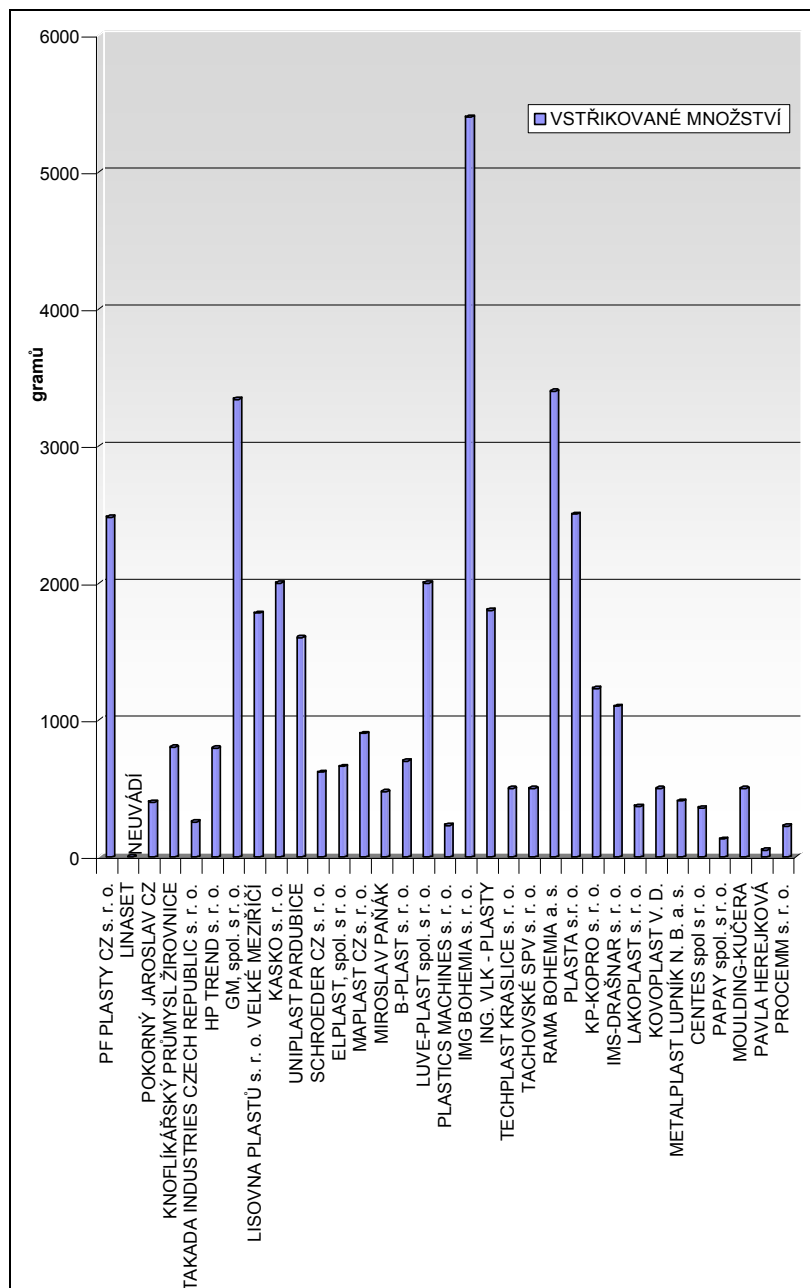


Obr. 34. Uzavírací síly

#### 4.7 Vstříkované množství

Objem vstříkovaného materiálu je další důležitou informací u vstříkovacího stroje. Na obr. 35 jsou znázorněna maximální vstříkovaná množství strojů, jimiž jsou vybaveny vstříkovny v ČR. Tento údaj podává informaci o možných velikostech vyráběných plastových dílů. Stroje s největším možným vstříkovaným množstvím používá

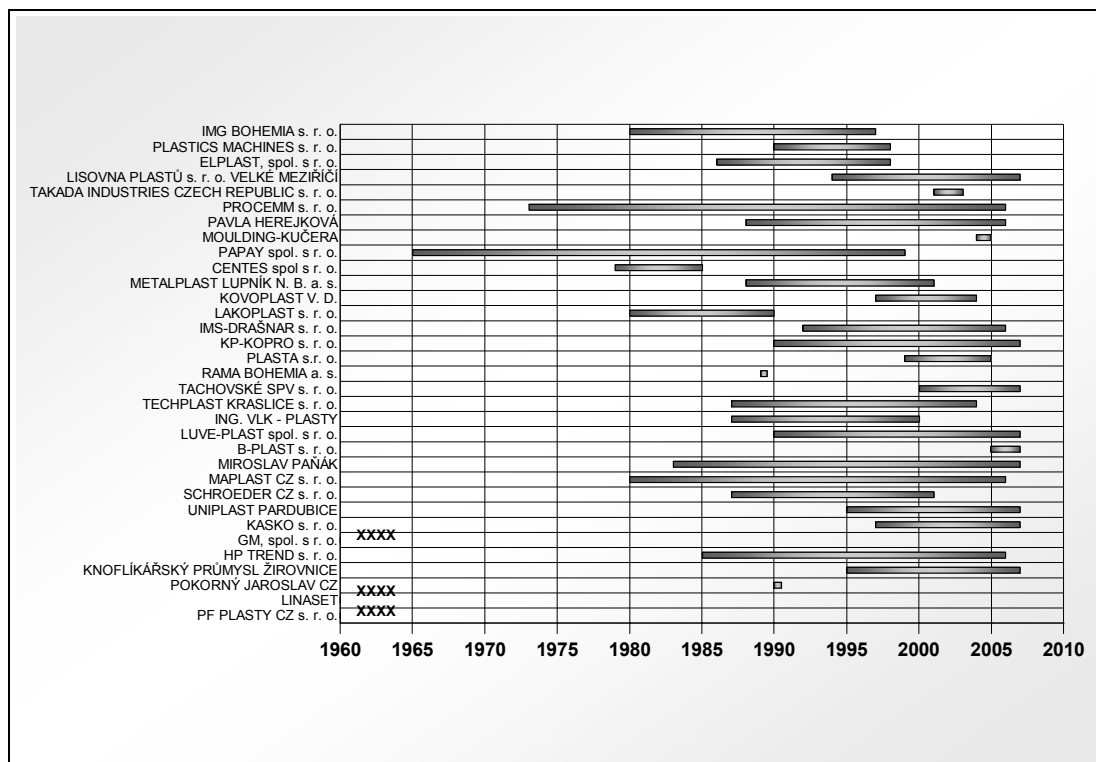
firma IMG Bohemia s.r.o., kde tyto stroje jsou schopny dosahovat až 5400g. Firma RAMA BOHEMIA a.s. používá stroje s maximálním vstříkovaným množstvím 3400g. Firma GM, spol. s r.o. používá stroje s maximálním vstříkovaným množstvím 3340g. Dále firma PLASTA s.r.o. s 2500g a PF PLASTY s.r.o. s 2480g. Stroje u ostatních firem dosahují menších maximálně možných vstříkovaných množství. U firmy PAVLA HEREJKOVÁ je maximální vstříkované množství 50g, což je nejméně z dotazovaných.



Obr. 35. Vstříkované množství

## 4.8 Roky výroby strojů

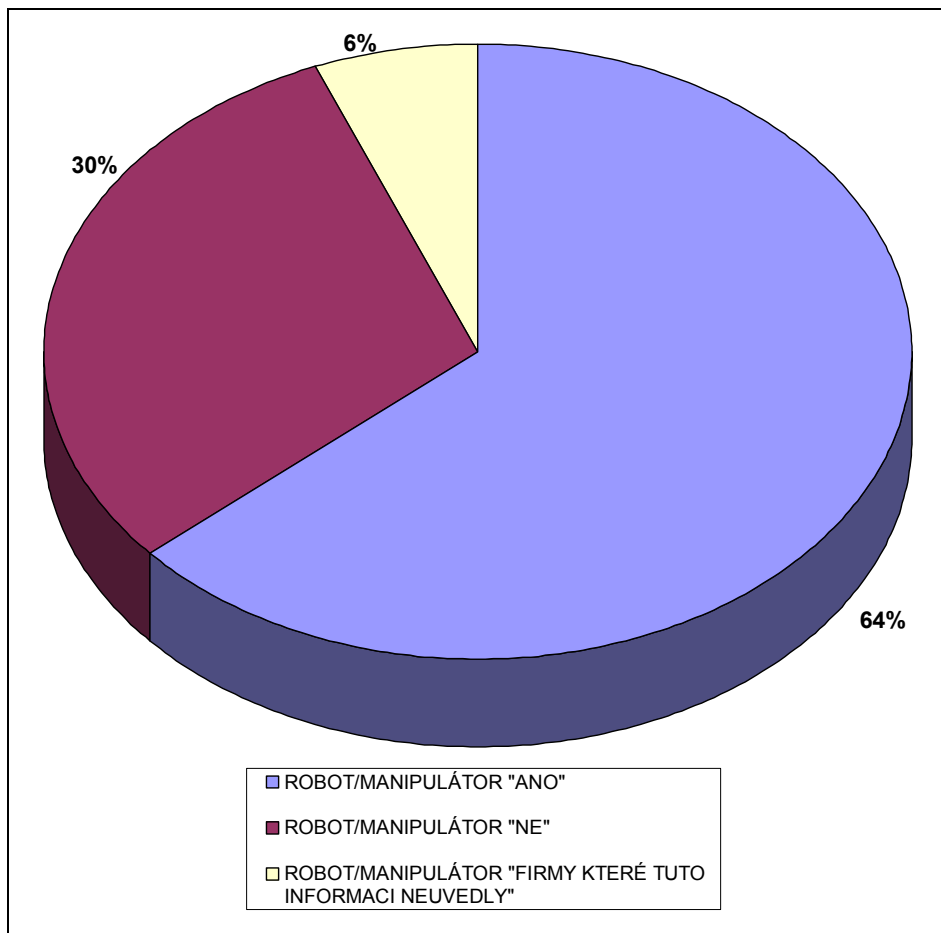
Na obr. 36 jsou znázorněny rozmezí roků výroby strojů, jimiž jsou vstříkovny vybaveny v současné době. Lze usuzovat, že stroje novějších dat výroby jsou také technologicky vyspělejší a lze s nimi dosahovat dlouhodobě dobrých výsledků. U starších strojů také záleží na tom, zda prošly nějakým stupněm modernizace popř. generálními opravami. Firma PAPAY spol. s r.o. je vybavena stroji roku výroby v rozmezí 1965 – 1999. Některé stroje výše uvedené firmy jsou starší 40 let, ale také stroje poměrně nové, staré 10 let. Firma PROCEMM s.r.o. je vybavena stroji roku výroby 1973 – 2006, což je také velké rozpětí stáří strojů, ale je zde vidět, že firma v posledních letech investovala do vybavení vstříkovacími stroji. Firmy GM, spol. s r.o., POKORNÝ JAROSLAV CZ a PF PLASTY s.r.o. stáří strojů neuvědly. Většina ostatních firem má vstříkovny vybavené stroji ne staršími 30 let, přičemž 9 z firem je vybaveno i stroji novými z roku 2007.



Obr. 36. Roky výroby vstříkovacích strojů

#### 4.9 Vstříkovny vybavené roboty, manipulátory

V současné době je většina strojů vybavena určitým příslušenstvím, které umožňuje dosahovat vyšší produktivity práce. Na obr. 37 je znázorněno, kolik procent firem v ČR má své vstříkovny vybaveny stroji na automatické zakládání a manipulaci s materiálem, výstřiky apod. 64% ze všech 33 firem uvedlo, že jsou jejich provozy vybaveny manipulátory případně roboty. 30% firem uvedlo, že nejsou vybaveny roboty ani manipulátory. Zbylých 6% firem tuto informaci neposkytlo.

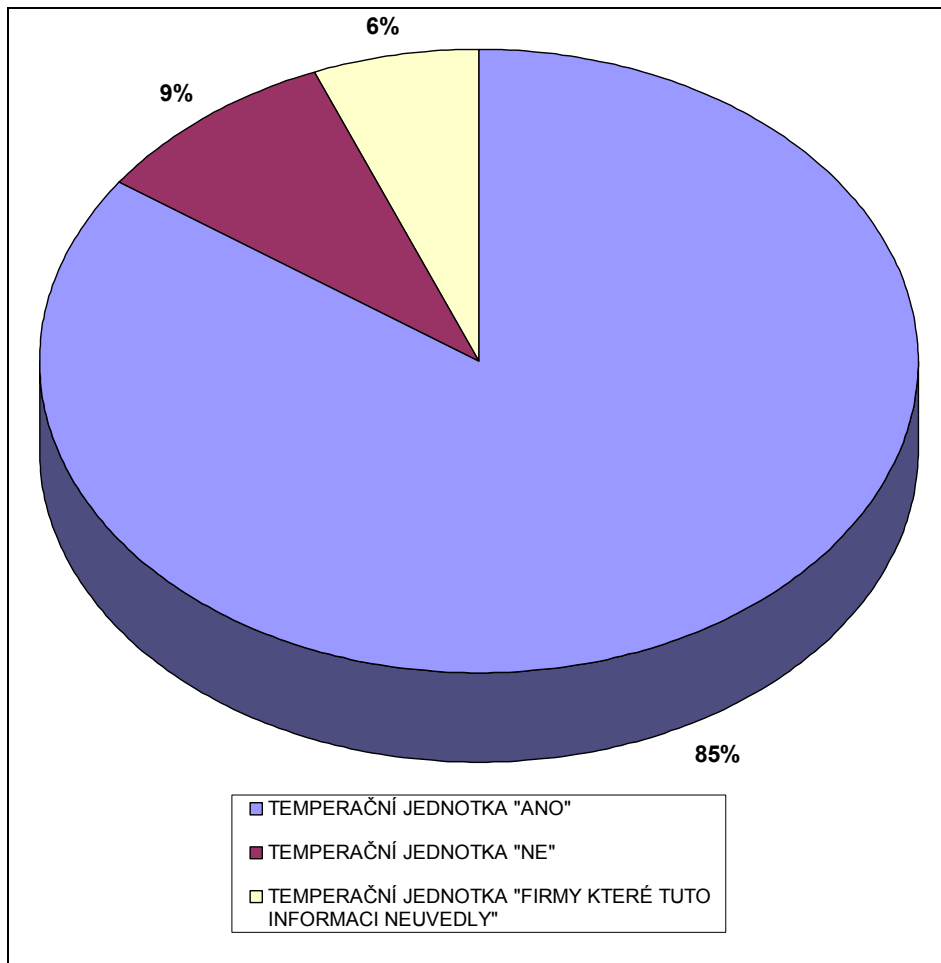


Obr. 37. Vybavení roboty, manipulátory

#### 4.10 Vstříkovny vybavené temperančními jednotkami

Důležitou součástí vstříkovacího stroje je temperanční jednotka. Na obr. 38 je znázorněno, kolik procent firem v ČR má své vstříkovny vybaveny temperančními jednotkami. 85% firem uvedlo, že jsou vybaveny temperančními jednotkami. 9% firem

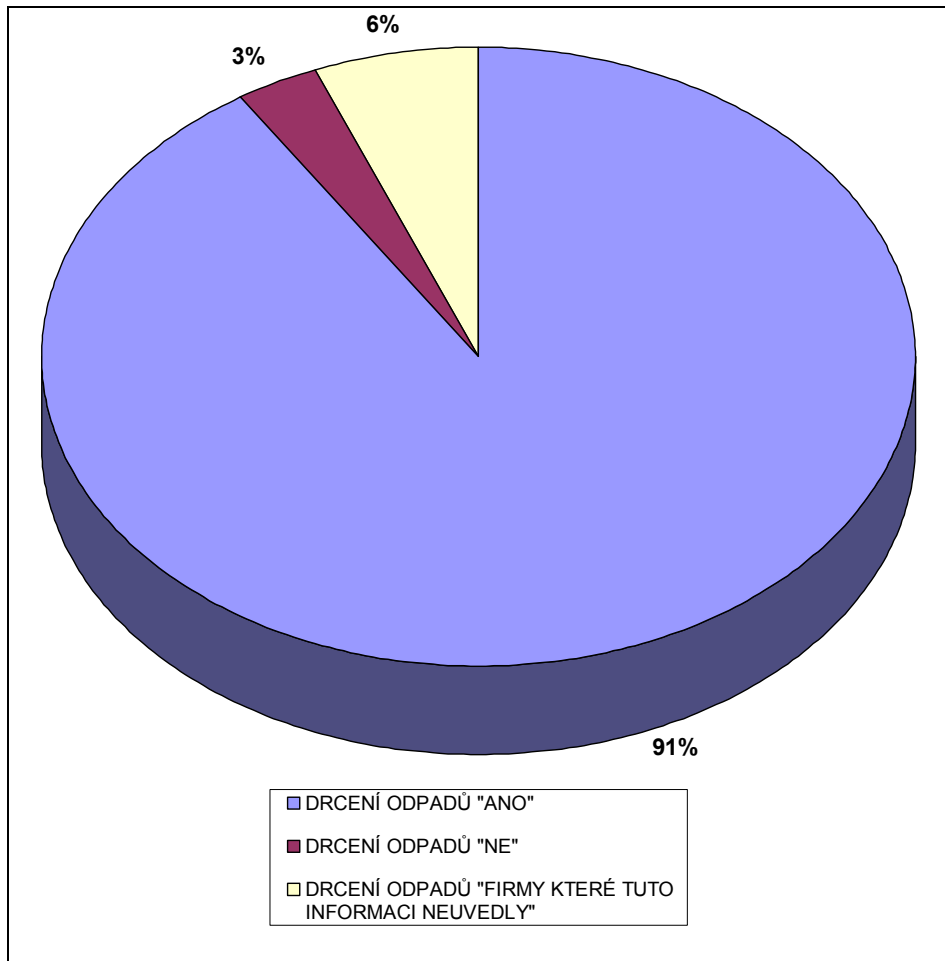
uvedlo, že nejsou vybaveny temperačními jednotkami. Zbýlých 6% firem tuto informaci neuvedlo.



Obr. 38. Vybavení temperačními jednotkami

#### 4.11 Vstříkovny vybavené zařízením pro drcení odpadů

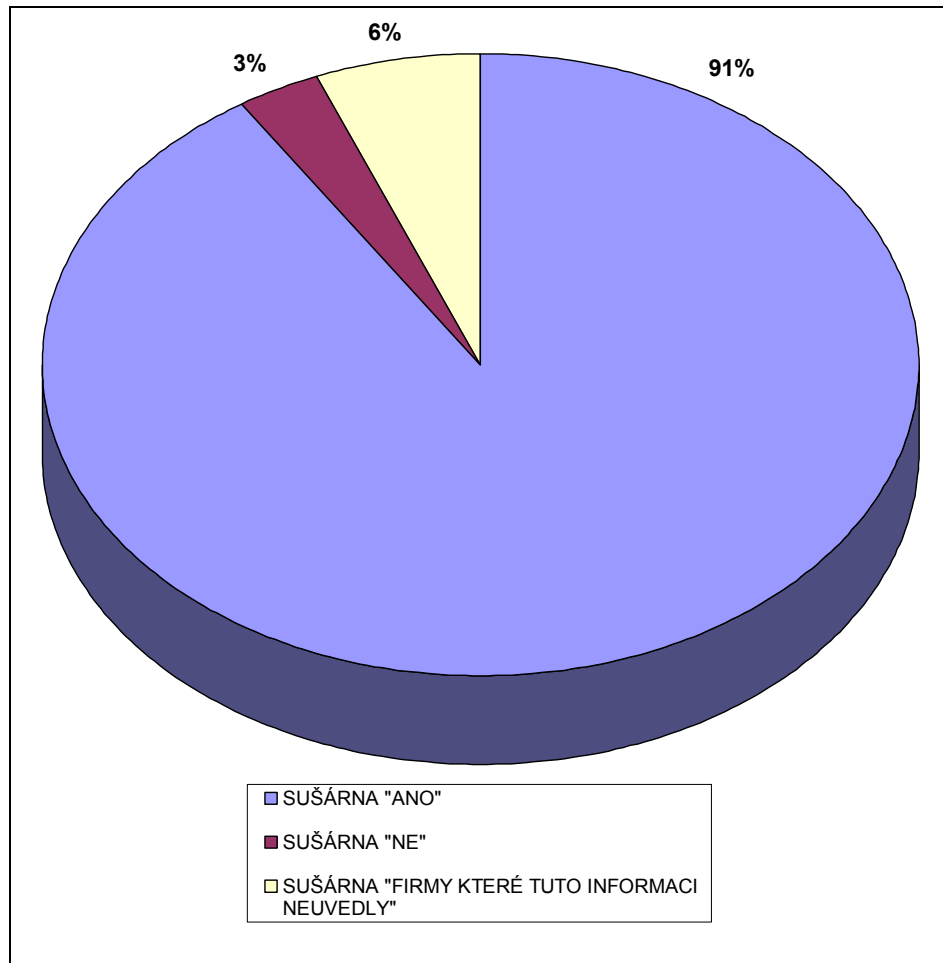
Na obr. 39 je znázorněno, kolik procent firem v ČR má své vstříkovny vybaveny zařízením pro drcení odpadů. 91% firem uvedlo, že jsou vybaveny zařízením na drcení odpadů. 3% firem uvedlo, že nejsou vybaveny zařízením na drcení odpadů. Zbýlých 6% firem tuto informaci neuvedlo.



Obr. 39. Vybavení drtičkami odpadů

#### 4.12 Vstříkovny vybavené sušárny

Některé typy polymerních materiálů zpracovávaných technologií vstřikování je nutné před zpracováním sušit. Na obr. 40 je znázorněno, kolik procent firem v ČR má své vstříkovny vybaveny sušárny. 91% firem uvedlo, že jsou jejich provozy vybaveny sušárny. 3% firem není vybaveno sušárny. Zbýlých 6% firem tuto informaci neuvedlo.



Obr. 40. Vybavení sušárnami

#### 4.13 Vstříkovny s jiným vybavením

V tab. 3 jsou uvedeny firmy, které uvedly i jiné vybavení svých provozů.

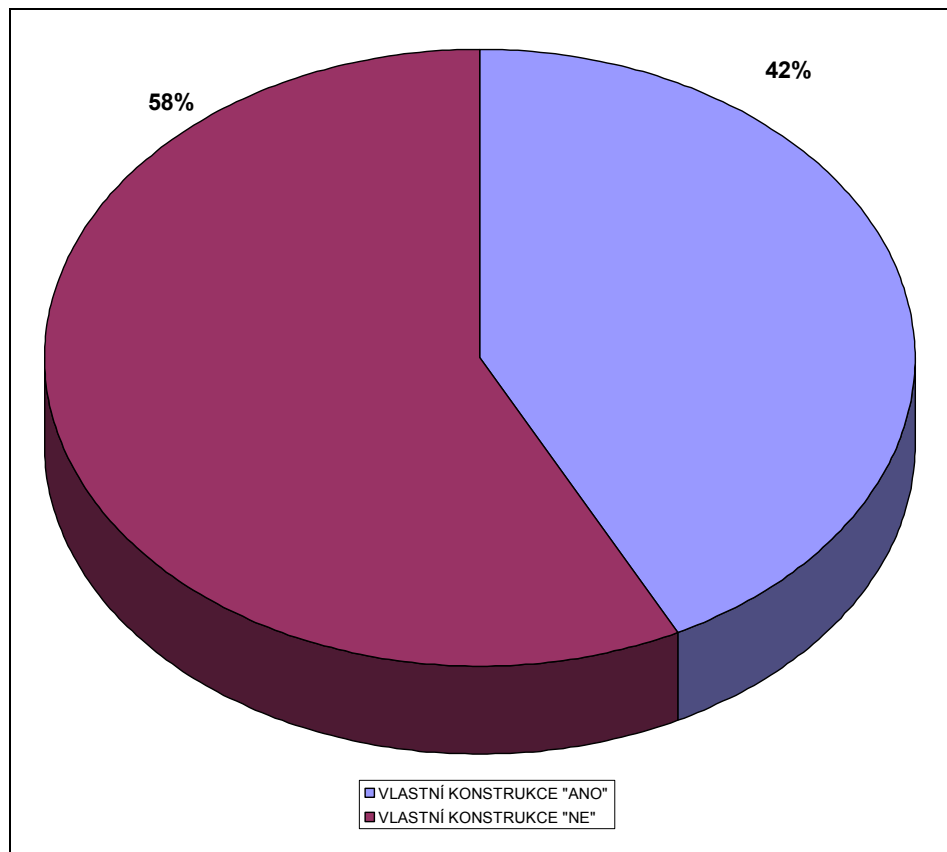


Tab. 3. Jiné vybavení vstřikoven

Firma	Jiné periferie
TAKADA INDUSTRIES CZECH REPUBLIC s. r. o.	dopravníky 28ks
GM, spol. s r. o.	QC klapka
LISOVNA PLASTŮ s. r. o. VELKÉ MEZIŘÍČÍ	regulátory horkých rozvodů ve formách
KASKO s. r. o.	ultrazvukové svařování, tampon tisk, montážní pracoviště
ELPLAST, spol. s r. o.	automatické dávkování barviv a přísad
MAPLAST CZ s. r. o.	dopravníky
ING. VLK - PLASTY	vynášecí dopravníky 4ks
TACHOVSKÉ SPV s. r. o.	vytápění horkých vtoků, nucené chlazení
RAMA BOHEMIA a. s.	sušičky, vakuové pumpy, mixéry barev
IMS-DRAŠNAR s. r. o.	dopravníky
KOVOPLAST V. D.	regulátory horkých vtoků, dávkovače barviva
MOULDING-KUČERA	dopravník-pásky, nasavače, barviče
PROCEMM s. r. o.	chladicí zařízení

#### 4.14 Vstřikovny s vlastní konstrukcí

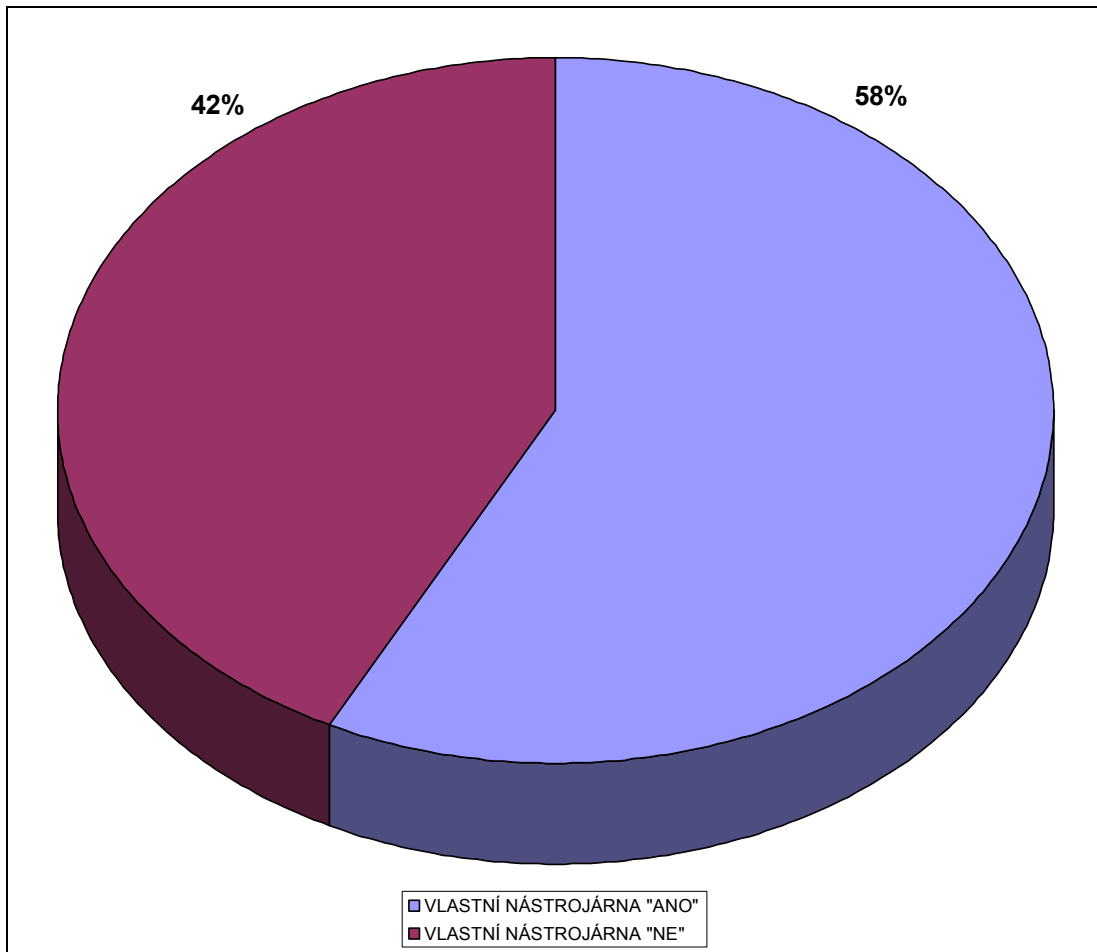
V případě, že firma disponuje vlastním konstrukčním oddělením, může poskytnout svému potencionálnímu zákazníkovi další důležitou službu. Na obr. 41 je znázorněno, kolik procent vstřikoven v ČR má své vlastní konstrukční oddělení. 42% firem uvedlo, že mají konstrukční oddělení. Zbýlých 58% firem uvedlo, že nemají své konstrukční oddělení.



*Obr. 41. Vlastní konstrukční oddělení*

#### **4.15 Vstřikovny s vlastní nástrojárnou**

Vlastní nástrojárna je v současné době nedílnou součástí celé řady firem. Na obr. 42 je znázorněno, kolik procent vstřikoven v ČR má svoji nástrojárnu. 58% firem uvedlo, že mají svoji nástrojárnu. 42% firem svoji nástrojárnu nemá.



Obr. 42. Vlastní nástrojárna

## DISKUSE VÝSLEDKŮ

Pro praktickou část bakalářské práce byl vytvořen dotazník, podávající informaci o vybavenosti vstřikoven v ČR. Dotazníky byly rozeslány elektronickou poštou vybraným firmám, zabývajících se zpracováním plastů technologií vstřikování. V dotazníku byly uvedeny otázky poskytující informace o hlavních parametrech vstřikovacích strojů, jejich výrobcích a počtech, použitých technologiích a vybavením strojů dalšími technologiemi. Další otázkou bylo, zda má daná vstřikovna svou vlastní konstrukci a nástrojárnu.

Bylo osloveno celkem 190 firem v České Republice zabývajících se vstřikováním polymerních materiálů, ze kterých dotazník vyplnilo a zpět odeslalo 33, výsledná data byla vyhodnocena a graficky zpracována.

Ze získaných informací vyplývá, že celkový počet vstřikovacích strojů u vstřikoven, které odpověděly na zasláný dotazník, je 521. Největším množstvím strojů, kterým disponuje jedna firma je 64 kusů a to firma PF PLASTY CZ s. r. o. společně s firmou LINASET s 51 vstřikovacími stroji (Obr. 25).

Mezi výrobci vstřikovacích strojů mají největší zastoupení vstřikovací stroje výrobce ENGEL. Tyto stroje tohoto výrobce jsou umístěny v 16 firmách, podobně jako ARBURG, který je umístěn v 15 firmách. Výrobci CS, BATTENFELD, FERROMATIK, KRAUS – MAFFEI a DEMAG jsou pak zastoupeny v menším počtu (Obr. 26). U ostatních výrobců vstřikovacích strojů je četnost zanedbatelná.

Při analýze využívání jedno a více komponentních strojů je patrné, že u převážné většiny vstřikoven v ČR převažují jednoznačně jedno komponentní stroje, pouze u firmy LINASET převažují více komponentní stroje. Z grafu můžeme také vidět, že 24 firem z celkového počtu 33 používá pouze jedno komponentní vstřikování, 7 firem používá obě technologie a firma RAMA BOHEMIA a. s. používá pouze více komponentní vstřikovací stroje (Obr. 27, 28, 29). Velikost uzavíracích sil je velmi široká. Nejvyšší dosažená uzavírací síla byla zjištěna 1200 tun, zatímco nejmenší síla byla zjištěna 30 tun. Největší hodnota vstřikovaného množství polymerního materiálu zjištěná z průzkumu dosáhla hodnoty 5400g. Nejmenší množství bylo zjištěno 50g (Obr. 35).

Metodou vstřikování se zpracovávají v převážné většině termoplasty. 100% firem zpracovává termoplasty. Dále se zpracovávají elastomery, ale již méně než termoplasty, přičemž tyto materiály zpracovává 36% firem. 64% firem se nezabývá zpracováním elastomerů. Výjimečně jsou v ČR firmy, které se zabývají zpracováním reaktoplastů, jejichž podíl na trhu je 9%. Ostatních 91% firem se zpracováním reaktoplastů nezabývá (Obr. 31, 32, 33).

Stáří vstřikovacích strojů se pohybuje v rozmezí roku výroby od 1965 do 2007. Přestože je časová oblast velmi široká, 64% firem uvedlo, že u jejich vstřikovacích strojů se nachází roboty či manipulátory. 36% oznámilo, že příslušenství ve formě robotů a manipulátorů nemají (Obr. 37).

Téměř polovina z dotázaných firem uvedla, že jejich součásti jsou konstrukční kanceláře a nástrojárny.

## ZÁVĚR

Bakalářská práce provádí průzkum vybavenosti vstřikoven v ČR. Byl proveden průzkum formou dotazníku zaslaného 190 firmám, zabývajících se výrobou výrobků z polymerních materiálů technologií vstřikování. Vyplněný dotazník zaslalo zpět 33 firem.

Z analýzy vyplývá, že největší zastoupení výrobců vstřikovacích strojů je od firem ENGEL a ARBURG. Převážnou část vstřikovacích strojů tvoří stroje jedno komponentní. Nejvyšší uzavírací síla, která byla u používaných strojů zjištěna je 1200 tun, zatímco nejmenší síla byla pouhých 30 tun. Největší vstřikované množství polymeru bylo u používaných strojů zjištěno 5400g, naproti tomu nejmenší množství bylo 50g. Přes 64 procent firem má u svých strojů příslušenství ve formě robotů a manipulátorů. Rovněž téměř u poloviny firem je jejich součástí konstrukční oddělení a nástrojárna.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Maňas, M., Holštýn, J.: Výrobní stroje a zařízení. Gumárenské a plastikářské stroje II, Vysoké učení technické v Brně, fakulta technologická
- [2] Tomis, F., Rulík, F.: Gumárenské a plastikářské stroje II, SNTL Praha, 1981
- [3] Bobčík, L. (ed): FORMY PRO ZPRACOVÁNÍ PLASTŮ 1.DÍL – Vstřikování termoplastů, VUT Brno, UNIPLAST BRNO, 1999
- [4] Technická univerzita Liberec, Fakulta strojní - Katedra strojírenské technologie, Oddělení tváření kovů a plastů. Dostupný z WWW:  
[http://www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/04.htm](http://www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm)
- [5] Kolouch, J.: STROJÍRENSKÉ VÝROBKY Z PLASTŮ VYRÁBĚNÉ VSTŘIKOVÁNÍM, SNTL Praha, 1986
- [6] Dvořák, M. (ed): TECHNOLOGIE II, VUT Brno, fakulta strojního inženýrství, 2000. ISBN 80-85895-24-2

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$\alpha$	teplotní vodivost
Bi	Biotovo číslo
c	měrné teplo materiálu
D	průměr šneku
$F_0$	Fourierovo kritérium
$F_p$	přisouvací síla
$\Phi_t$	teplotní účinnost
$F_u$	uzavírací síla
k	koeficient bezpečnosti
p	vnější tlak
$p_i$	vnitřní tlak
$p_p$	tlak hydraulické kapaliny
$p_v$	vstřikovací tlak
$p_z$	zbytkový tlak
s	tloušťka prohřívajícího materiálu
$s_k$	pohyb šneku
$s_n$	pohyb nástroje
$S_p$	plocha hydraulického pístu
$S_v$	plocha výstřiku v dělicí rovině
t	doba ohřevu
$T_0$	počáteční teplota
$t_c$	doba cyklu
$t_d$	doba dotlaku
$t_{ch}$	doba chlazení



---

$t_{pl}$	doba plastikace
$t_s$	střední doba setrvání materiálu ve válci
$T_S$	teplota vyhřívání stěn
$t_{s1}$	strojní doba zavření formy
$t_{s2}$	strojní doba přísunu vstřikovací jednotky
$t_{s3}$	strojní doba otevření formy
$T_{tav}$	teplota taveniny
$t_v$	doba plnění dutiny formy
$T_V$	střední teplota vstřikování
$V$	objem komory
$V_0$	objem vstříknutý během jednoho cyklu
$\lambda$	součinitel teplotní vodivosti
$\rho$	hustota materiálu

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Schéma vstřikovací jednotky .....</i>	10
<i>Obr. 2. Pístová plastikace .....</i>	11
<i>Obr. 3. Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací .....</i>	13
<i>Obr. 4. Diferenciální šnek .....</i>	14
<i>Obr. 5. Pístová předplastikace .....</i>	16
<i>Obr. 6. Šneková předplastikace .....</i>	16
<i>Obr. 7. Otevřená tryska .....</i>	17
<i>Obr. 8. Uzavírací jednotka .....</i>	18
<i>Obr. 9. Hydraulickomechanické uzavírání s válcem v ose stroje .....</i>	20
<i>Obr. 10. Uzavírací jednotka s kloubovým uzávěrem ovládaný hydraulicky .....</i>	21
<i>Obr. 11. Pákoklínové uzavírací ústrojí .....</i>	22
<i>Obr. 12. Elektromechanické uzavírací ústrojí .....</i>	23
<i>Obr. 13. Vstřikovací forma .....</i>	25
<i>Obr. 14. Vstřikovací cyklus .....</i>	26
<i>Obr. 15. Průběh vnitřního tlaku <math>p_i</math> v dutině formy během procesu vstřikování .....</i>	27
<i>Obr. 16. Smrštění při chladnutí plastového výrobku .....</i>	28
<i>Obr. 17. Schéma vstřikovacího stroje – polštář .....</i>	29
<i>Obr. 18. Průběh vnitřního tlaku <math>p_i</math> v dutině formy během procesu vstřikování - programovaný průběh tlaku .....</i>	30
<i>Obr. 19. Průběh doby plnění .....</i>	32
<i>Obr. 20. Laminární tok taveniny plastů .....</i>	33
<i>Obr. 21. Průběh vnitřního tlaku <math>p_i</math> v dutině formy během procesu vstřikování .....</i>	34
<i>Obr. 22. Průběh doby dotlaku .....</i>	35
<i>Obr. 23. Průběh doby plastikace .....</i>	36
<i>Obr. 24. Průběh doby chlazení .....</i>	37
<i>Obr. 25. Počty vstřikovacích strojů v ČR .....</i>	42
<i>Obr. 26. Výrobci vstřikovacích strojů .....</i>	43
<i>Obr. 27. Jedno komponentní a více komponentní stroje .....</i>	44
<i>Obr. 28. Zastoupení jedno komponentních strojů .....</i>	45
<i>Obr. 29. Zastoupení více komponentních strojů .....</i>	46
<i>Obr. 30. Procentuální zastoupení firem zpracovávajících termoplasty .....</i>	47

---

<i>Obr. 31. Procentuální zastoupení firem zpracovávajících elastomery .....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 32. Procentuální zastoupení firem zpracovávajících reaktoplasty .....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 33. Horizontální vs. vertikální uspořádání .....</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 34. Uzavírací síly .....</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 35. Vstříkované množství.....</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 36. Roky výroby vstříkovacích strojů .....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 37. Vybavení roboty, manipulátory.....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 38. Vybavení temperačními jednotkami .....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 39. Vybavení drtičkami odpadů.....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 40. Vybavení sušárnami .....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 41. Vlastní konstrukční oddělení.....</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 42. Vlastní nástrojárna .....</i>	<i>59</i>

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Doporučené teploty taveniny, formy a teploty pro vyhození vylisku z formy pro některé termoplastické materiály.....</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 2. Seznam vstřikoven .....</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 3. Jiné vybavení vstřikoven.....</i>	<i>57</i>

## SEZNAM PŘÍLOH

PI     Dotazník

## PŘÍLOHA P I: DOTAZNÍK

DOTAZNÍK - VYBAVENOST VSTŘIKOVEN V ČR, TECHNICKO-EKONOMICKÁ STUDIE																											
1	POČET VSTŘIKOVACÍCH STROJŮ																										
2	DRUH VSTŘIKOVACÍHO STROJE																										
	a	VÝROBCE																									
	b	TYP	<table border="1"> <tr> <td>PODLE TECHNOLOGIE</td> <td>JEDNOKOMPONENTNÍ</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>VÍCEKOMPONENTNÍ</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PODLE ZPRACOVÁVANÉHO MATERIÁLU</td> <td>TERMOPLASTY</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>REAKTOPLASTY (TERMOSETY)</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>ELASTOMERY</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>JINÉ (VYJMENOVAT)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PODLE USPOŘÁDÁNÍ</td> <td>HORIZONTÁLNÍ</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>VERTIKÁLNÍ</td> <td></td> </tr> </table>	PODLE TECHNOLOGIE	JEDNOKOMPONENTNÍ			VÍCEKOMPONENTNÍ		PODLE ZPRACOVÁVANÉHO MATERIÁLU	TERMOPLASTY			REAKTOPLASTY (TERMOSETY)			ELASTOMERY			JINÉ (VYJMENOVAT)		PODLE USPOŘÁDÁNÍ	HORIZONTÁLNÍ			VERTIKÁLNÍ	
PODLE TECHNOLOGIE	JEDNOKOMPONENTNÍ																										
	VÍCEKOMPONENTNÍ																										
PODLE ZPRACOVÁVANÉHO MATERIÁLU	TERMOPLASTY																										
	REAKTOPLASTY (TERMOSETY)																										
	ELASTOMERY																										
	JINÉ (VYJMENOVAT)																										
PODLE USPOŘÁDÁNÍ	HORIZONTÁLNÍ																										
	VERTIKÁLNÍ																										
	c	VELIKOST	<table border="1"> <tr> <td>UZAVÍRACÍ SÍLA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VSTŘIKOVANÉ MNOŽSTVÍ (OBJEM)</td> <td></td> </tr> </table>	UZAVÍRACÍ SÍLA		VSTŘIKOVANÉ MNOŽSTVÍ (OBJEM)																					
UZAVÍRACÍ SÍLA																											
VSTŘIKOVANÉ MNOŽSTVÍ (OBJEM)																											
	d	ROK VÝROBY																									
3	VYBAVENÍ																										
	a	ROBOT/MANIPULÁTOR																									
	b	PERIFERIE	<table border="1"> <tr> <td>TEMPERAČNÍ JEDNOTKA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DRČENÍ ODPADŮ</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SUŠÁRNA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>JINÉ (VYJMENOVAT)</td> <td></td> </tr> </table>	TEMPERAČNÍ JEDNOTKA		DRČENÍ ODPADŮ		SUŠÁRNA		JINÉ (VYJMENOVAT)																	
TEMPERAČNÍ JEDNOTKA																											
DRČENÍ ODPADŮ																											
SUŠÁRNA																											
JINÉ (VYJMENOVAT)																											
4	VLASTNÍ KONSTRUKCE (ANO-NE)																										
5	VLASTNÍ NÁSTROJÁRNA (ANO-NE)																										