



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY SVORKOVNICE PŘÍSTROJE Z PLASTU

DESIGN OF MANUFACTURING TECHNOLOGY FOR PLASTIC TERMINAL DEVICE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. PAVEL ADAMIEC

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. BOHUMIL KANDUS

BRNO 2011



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie  
Akademický rok: 2010/2011

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Pavel Adamiec

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303T002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Návrh technologie výroby svorkovnice přístroje z plastu**

v anglickém jazyce:

### **Design of manufacturing technology for plastic terminal device**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na základě zadaného tvaru plastového dílce vypracovat řešení na technologii vstřikování plastů do forem, provést návrh technologického postupu a konstrukce vstřikovací formy včetně potřebných výpočtů.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je komplexní návrh technologie výroby na úrovni technologického postupu a konstrukční výkresové dokumentace nástroje na svorkovnici přístroje z plastu podložený technicko - ekonomickým zhodnocením.

Seznam odborné literatury:

- ŠTĚPEK, Jiří, ZELINGER, Jiří, KUTA, Antonín. Technologie zpracování a vlastnosti plastů. 1. vyd. Praha, Bratislava : SNTL, Alfa, 1989. 638 s. ISBN DT 678.5(075.8).
- SOVA, Miloš, KREBS, Josef. Termoplasty v praxi. 1. vyd. Praha : Verlag Dashöfer, 2001. 2 sv. (580, 425 s.). ISBN 80-86229-15-7.
- ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů. 1. vyd. Praha : Nakladatelství BEN, 2009. 248 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- MENGES, Georg, MOHREN, Paul. How to Make Injection Molds. 2nd edition. München, Wien : Carl Hanser Verlag, 1993. 558 s. ISBN 1-56990-062-0.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Bohumil Kandus

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 23.11.2010

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty



## ABSTRAKT

ADAMIEC Pavel: Návrh technologie výroby svorkovnice přístroje z plastu

Diplomová práce se zabývá návrhem výroby svorkovnice pomocí technologie vstřikování plastů. V první teoretické části práce obsahuje obecné informace o problematice vstřikování plastů a vstřikování s kovovými záložkami. Druhou praktickou částí je konkrétní návrh výroby svorkovnice, který obsahuje: návrh vstřikovací formy, výpočet vstřikovacích parametrů, volbu stroje, technické a ekonomické zhodnocení výroby. Svorkovnice je vyrobena z polyamidu 66, materiál záložek je mosaz. Vstřikovací forma je sestavena z normálních společností Hasco, její hlavní části jsou z oceli 1.2312. Výrobní cyklus probíhá na vstřikovací stroji Allrounder 375 V od společnosti Arburg.

**Klíčová slova:** Polymery, termoplast, polyamid 66, vstřikování plastu, vstřikování se záložkami, vstřikovací forma, vstřikovací stroj, ocel 1.2312

## ABSTRACT

ADAMIEC Pavel: Design of manufacturing technology for plastic terminal device

The master thesis deals with design to produce terminal using the plastic injection molding. In the first part, are theoretical information about injection molding and injection molding with inserts. The second part is a concrete design of production terminal which contains: injection mold design, calculation of the injection parameters, machine selection, technical and economic evaluation of production. Terminal is made of polyamide 66, inserts material is brass. Parts of injection mold assembly are selected from Hasco standards. The main parts of assembly are made of 1.2312 steel. Production cycle is placed on injection machine Allrounder 375 V from Arburg.

**Keywords:** Polymers, thermoplastic, polyamide 66, plastic injection molding, injection molding with inserts, injection mold, injection machine, 1.2312 steel

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

ADAMIEC, P. *Návrh technologie výroby svorkovnice přístroje z plast.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 61 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Bohumil Kandus.

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Brně dne 27.5.2011

.....

Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji panu Ing. Bohumilu Kandusovi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování diplomové práce.

## **OBSAH**

**Zadání**

**Abstrakt**

**Bibliografická citace**

**Čestné prohlášení**

**Poděkování**

**Obsah**

<b>1. ÚVOD</b> .....	11
<b>2. SVORKOVNICE</b> .....	12
<b>2.1. Možné varianty řešení</b> .....	13
<b>3. POLYMERNÍ MATERIÁLY</b> .....	14
<b>3.1. Plasty</b> .....	14
3.1.1. Rozdělení plastů .....	14
3.1.2. Molekulární struktura plastů .....	16
3.1.3. Termodynamické vlastnosti plastů .....	17
<b>4. VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ</b> .....	20
<b>4.1. Fáze vstřikovacího procesu</b> .....	20
<b>4.2. Smrštění</b> .....	23
<b>4.3. Vstřikovací stroj</b> .....	24
<b>4.4. Vstřikovací forma</b> .....	26
<b>4.5. Vstřikování se zálisky</b> .....	28
<b>5. NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY</b> .....	29
<b>5.1. Volba vhodného materiálu</b> .....	29

<b>5.2.</b>	<b>Zaformování výstřiku</b> .....	<b>32</b>
<b>5.3.</b>	<b>Vtoková soustava</b> .....	<b>34</b>
5.3.1.	Typ vtokového ústí.....	35
5.3.2.	Umístění vtokového ústí.....	35
5.3.3.	Volba průřezu vtokového kanálku.....	36
5.3.4.	Určení rozměrů vtokového a rozváděcích kanálků.....	37
<b>5.4.</b>	<b>Sestava formy</b> .....	<b>39</b>
5.4.1.	Konstrukční návrh sestavy formy.....	39
5.4.2.	Materiál hlavních částí formy.....	41
<b>5.5.</b>	<b>Temperační systém formy</b> .....	<b>43</b>
<b>5.6.</b>	<b>Vyhazovací systém formy</b> .....	<b>44</b>
<b>5.7.</b>	<b>Vkládání zálisků</b> .....	<b>47</b>
<b>6.</b>	<b>STANOVENÍ TECHNOLOGICKÝCH PARAMETRŮ</b> .....	<b>48</b>
6.1.	Volba nejvhodnější varianty z nástřihového plánu.....	48
6.2.	Výpočet průhybu desky.....	53
<b>7.</b>	<b>URČENÍ VSTŘIKOVACÍHO STROJE</b> .....	<b>54</b>
<b>8.</b>	<b>TECHNICKO EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ</b> .....	<b>55</b>
8.1.	Technické zhodnocení.....	55
8.2.	Ekonomické zhodnocení.....	56
<b>9.</b>	<b>ZÁVĚRY</b> .....	<b>61</b>

Seznam použitých symbolů a zkratek

Seznam použité literatury

Seznam příloh

## 1. ÚVOD [1] [12]

Dnes polymerní materiály představují nejvýznamnější segment výroby a spotřeby podle objemu mezi všemi technickými materiály. Na rozdíl od konvenčních materiálů (kov, dřevo) mají polymery řadu výhod. Izolují tepelně i elektricky, vyznačují se kluznými vlastnostmi bez maziv, mají několikanásobně menší měrnou hmotnost, propouštějí elektromagnetické vlny a gama záření, mají tlumící schopnosti, nepodléhají korozi. Další výhodou jsou snadná zpracovatelnost, mimořádná tvárnost při zvýšené teplotě, ale i životnost a odolnost proti stárnutí. Díky svým vlastnostem pronikly do všech odvětví zpracovatelského průmyslu, zejména do automobilového, elektrotechnického, elektronického a obalového průmyslu.

V elektronickém průmyslu se často využívá tzv. sdužených dílů, jde vlastně o kombinaci dvou různých materiálů, nejčastěji plastu a kovu. Hlavním důvodem výroby těchto dílů je spojení různých vlastností: pevnosti, vodivosti, izolačních vlastností nebo redukce hmotnosti.

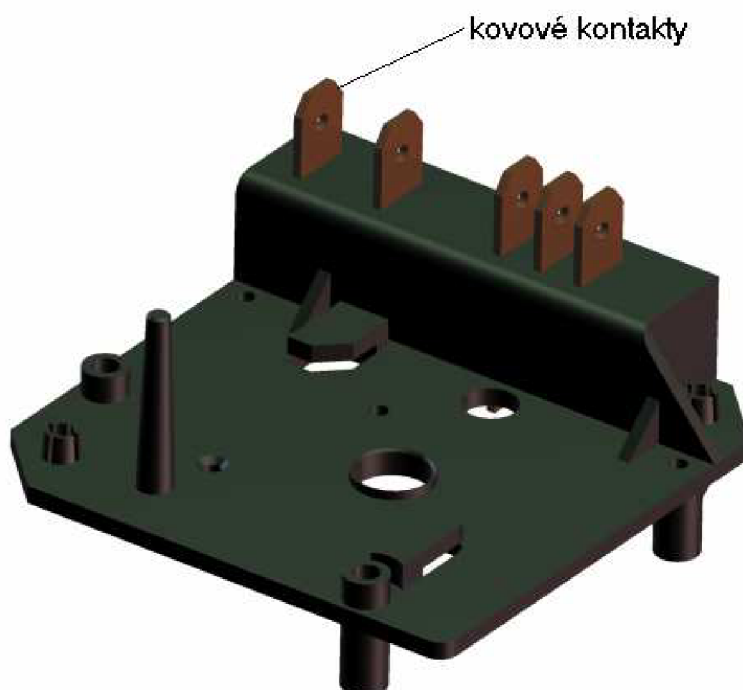


Obr. 1 Příklady sdužených dílů [11]

## 2. SVORKOVNICE

Cílem této diplomové práce je návrh technologie výroby svorkovnice, vstřikováním plastů do forem. Jedná se o sdužený díl, skládající se z dvou různých materiálů, plastový výstřik rozšířený o mosazné kontakty. Součástí tvoří část elektronického zařízení, proto jsou na ni kladené určité mechanické a fyzikální vlastnosti. Z tohoto důvodu je velmi důležitá volba správného materiálu.

Svorkovnice tvoří základnu spínacích hodin, mečové kontakty se zasunují do spodní části těchto hodin a slouží k propojení elektrického obvodu. Tvarová a rozměrová přesnost výstřiku musí umožnit bezproblémovou montáž a funkci. Materiál kontaktů je mosaz.



Obr. 2 Model Svorkovnice Autodesk Inventor 2011

<b>Aplikace:</b>	Svorkovnice tvoří základnu spínacích hodin.
<b>Série :</b>	500 000 kusů
<b>Požadované vlastnosti:</b>	
Elektrické	Dostatečný odpor a průrazová pevnost.
Mechanické	Odolnost vůči mechanickému zatížení zvláště při montáži.
Tepelné	Zařízení pracuje v normálním prostředí, není nutná zvýšená teplotní odolnost.



## 2.1. Možné varianty řešení [7] [12]



### Lisování reaktoplastů

Jedna z možných variant výroby zadané součásti je lisování reaktoplastů. Lisování je jeden z prvních technologických postupů na zpracování plastů. V současné době je však tato technologie nahrazována vstřikováním plastů do forem, z důvodu zkrácení pracovního cyklu, menšího množství doprovodných operací a snížení prašnosti. S ohledem na velikost série a složitost zadané součásti, není tato technologie nejvhodnější.

### Vstřikování termoplastů

Hlavní nevýhodou v porovnání s ostatními operacemi na zpracování plastů jsou vysoké investiční náklady do zařízení, výrobní stroje jsou nesrovnatelně větší než vyráběné dílce a delší čas na výrobu formy. Mezi hlavní výhody patří: kratší výrobní cyklus, schopnost vyrábět složité součásti, ale i konstrukční flexibilita, která umožňuje odstranění konečných úprav povrchu a montážních operací.

#### a) Výstřik ze dvou částí s vloženými kontakty

Výhody tohoto řešení je možnost výměny a změny polohy mečových kontaktů, možnost plně automatizovaného provozu. Mezi největší nedostatky patří značná složitost formy a s tím spojené náklady, větší pracnost v podobě spojování dvou plastových částí a vkládání kovových kontaktů.

#### b) Vstřikování s kovovými zálisky

Kovové zálisky jsou součástí vstřikovacího procesu a značně ho ovlivňují, to má za následek problémy s automatizací. Naopak výhodou je konstrukce vstřikovací formy, ta je jednodušší a levnější. Výsledkem vstřikovacího procesu je hotová součást, odpadá tak následná montáž.

Tento způsob výroby, i přes některé nevýhody, se pro zadanou problematiku jeví jako nejvhodnější.

## 3. POLYMERNÍ MATERIÁLY [7] [14]

### Polymery

Polymery nazýváme makromolekulární látky vznikající z mnoha dílů jednodušší sloučeniny – monomeru. Jedná se o opakování jednoduchých chemických reakcí, z původního nízkomolekulárního monomeru vzniká vysokomolekulární polymer. Tyto chemické reakce se nazývají polymerace, polykondenzace a polyadice. Polymer dělíme na elastomery a plasty.

### Elastomery

Elastomer je vysoce elastická látka, kterou lze za běžných podmínek, malou silou značně deformovat bez porušení. Tato deformace je převážně vratná. Největší skupinou elastomerů jsou kaučuky, ze kterých se vyrábí pryže.

### 3.1. Plasty

Polymer je termín pro chemickou látku, zatímco plast je termín pro technický materiál. Z polymeru se stane plast smícháním s potřebnými přísadami (aditivy) a jeho převedením do určité formy, vhodné k dalšímu zpracování. Plasty mají obvykle formu prášku, granulí, tablet apod.



Obr. 3 Plastový granulát. [10]

#### 3.1.1. Rozdělení plastů

##### A) Podle aplikace:

- *plasty pro široké použití*
- *plasty pro inženýrské aplikace*
- *plasty pro špičkové aplikace*

### **B) Podle nadmolekulární struktury:**

- ***amorfní plasty*** – makromolekuly zaujímají zcela nahodilou pozici  
Charakteristická pro amorfní plasty je tvrdost, křehkost, vysoká pevnost. Jsou průhledné z důvodu nízkého indexu lomu (1,4 až 1,6). Podle propustnosti světla dělíme na čiré (92 % propustnosti), transparentní a průhledné (60 % propustnosti). Amorfní plasty lze použít pouze do teploty zesklennění. Součinitel teplotní roztažnosti je nižší než u krystalických plastů. Patří sem např.: polystyrén (PS), polykarbonát (PC), polymethylmetakrylát (PMMA)
- ***krystalické plasty*** – makromolekuly jsou do určitého stupně uspořádány  
Stupeň uspořádání se pohybuje od 40 do 90 % a vyjadřuje relativní podíl uspořádaných oblastí mezi amorfními. Jejich index lomu je vyšší než u amorfních, jsou mléčně zakalené. Charakteristická pro krystalické plasty je houževnatost, pevnost a modul pružností rostoucí se stupněm krystalicity. Použitelné jsou do teploty tavení. Patří sem např.: polyetylén (PE), polypropylén (PP), polyamid (PA), polytetrafluóretlén (PTFE)

### **C) Podle teplotního chování:**

- ***termoplasty***  
Při zahřívání přecházejí do plastického stavu, do stavu vysoce viskózních kapalin, kde jsou snadno zpracovatelné různými technologiemi. Po ochlazení pod teplotu tání (u krystalických plastů) a teplotu viskózního toku (u amorfních plastů) přejdou do tuhého stavu. Při zahřívání nedochází ke změně chemické struktury, z tohoto důvodu lze proces měknutí a následného tuhnutí opakovat teoreticky do nekonečna.
- ***reaktoplasty (termosety)***  
Při zahřívání v první fázi přecházejí do plastického stavu, kde jsou snadno zpracovatelné, avšak pouze omezenou dobu. Pokud ohřívání pokračuje, dochází k chemické reakci – vytvrzování. Tento děj je nevratný a vytvrzené plasty nelze opětovně roztavit, dalším zahříváním dojde k degradaci.

### **D) Podle druhu přísad:**

- ***neplněné plasty***  
Množství přísad neovlivňuje vlastnosti polymerní matrice.
- ***plněné plasty***  
Plnivo ovlivňuje fyzikální i mechanické vlastnosti polymerní matrice. Makromolekulární látky plní funkci pojiva a určují základní fyzikální a mechanické vlastnosti.  
Přísadami mohou být: plniva, stabilizátory, maziva, barviva, změkčovadla, iniciátory, nadouvadla, tvrdidla, retardéry hoření.

**E) Podle polarity:**

- *polární plasty* – mají trvalý dipól
- *nepolární plasty* – nemají trvalý dipól

**F) Podle původu:**

- *přírodní* – založeny na přírodních makromolekulárních látkách (na bázi celulózy, latexu, kaseinu)
- *syntetické* – vyrobeny chemickou cestou

### 3.1.2. Molekulární struktura plastů

Plasty jsou makromolekulární látky (polymery) a jejich struktura i chování jsou jiné než u kovů. Kovy mají strukturu tvořenou krystalickými mřížkami, ve kterých jsou jednotlivé atomy navzájem vázány pevnými vazbami. Tyto meziatomové vazby jsou příčinou vysoké pevnosti kovů. Naproti tomu je struktura plastů tvořena makromolekulárními řetězci, které jsou tvořeny dlouhými molekulami s opakujícími se základními strukturálními jednotkami. Tyto řetězce mohou nebo nemusí být spojeny chemickými vazbami.

#### Lineární polymery

Molekuly monomerů se řadí jedna vedle druhé. Lineární makromolekuly se mohou přiblížit a vyplnit tak kompaktnější prostor, tímto se zvýší jejich hustota. Lineární polymery snáze vytvářejí prostorově pravidelné shluky krystalických struktur, proto mají větší obsah krystalického podílu. Mezi vlastnosti lineárních polymerů patří: dobrá rozpustnost a tavitelnost, v tuhém stavu houževnatost a ve formě taveniny dobrá zpracovatelnost.

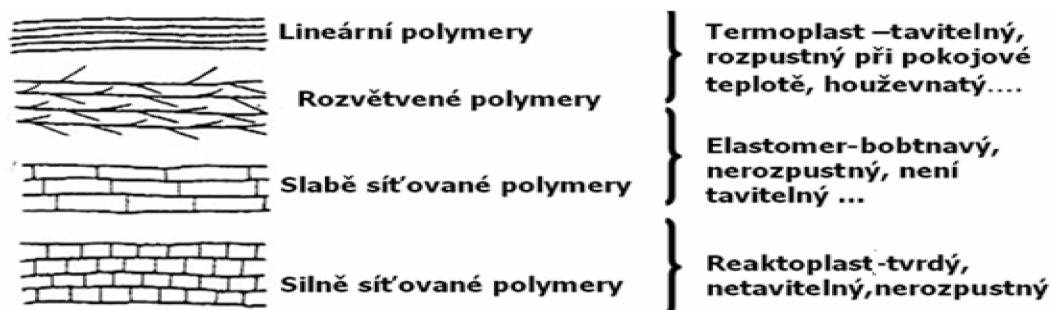
#### Rozvětvené polymery

U základního řetězce stejného, jaký je u lineárních polymerů, vznikají navíc boční větve. Jelikož se molekuly u rozvětvených polymerů nemohou vzájemně přibližovat do takové míry, jak u lineárních, mají nižší hustotu. Nižší stupeň krystalinity je důsledkem horší uspořádanosti shluků krystalických struktur. Boční řetězce, které způsobují oddálení sousedních makromolekul, mají za následek pokles mezimolekulárních sil a tím zhoršení většiny mechanických vlastností.

#### Síťované polymery

Několik přímých nebo rozvětvených makromolekulárních řetězců je mezi sebou propojeno chemickými vazbami a vzniká tak jedna takřka nekonečná makromolekula (prostorová síť). Prostorová síť má za následek ztrátu trvanlivosti a rozpustnosti polymeru.

Sítě mohou být slabé (elastomery) nebo silné (reaktoplasty). Mezi vlastnosti polymeru se síťovou strukturou makromolekul patří: vysoká tvrdost, tuhost, odolnost proti zvýšené teplotě ale nízká odolnost proti rázovému namáhání.



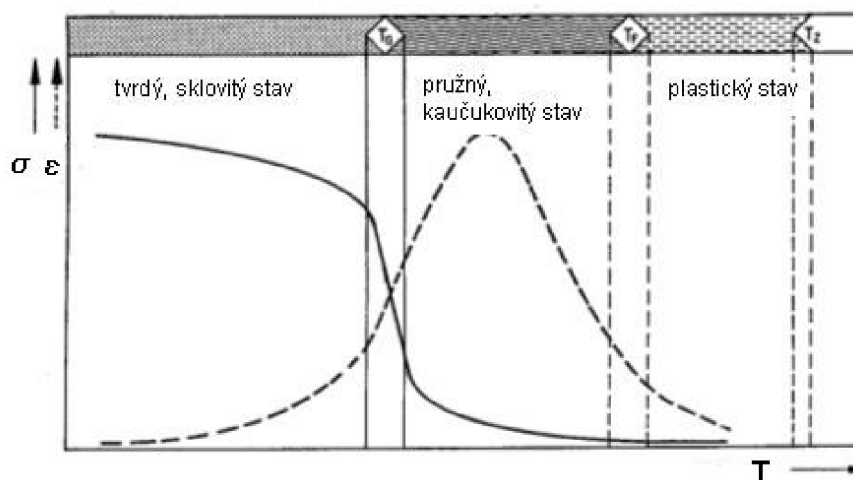
Obr. 4 Makromolekulární struktury plastů [7]

### 3.1.3. Termodynamické vlastnosti plastů

Vlastnosti plastů závisí především na teplotě. Oblasti, ve kterých dochází ke změně vlastností, říkáme oblasti přechodové. V těchto oblastech se nacházejí přechodové teploty. Teplota zesklenní ( $T_g$ ), teplota viskózního toku ( $T_f$ ), teplota tání  $T^M$  a teplota degradace ( $T_z$ ).

#### Amorfní plasty

Hodnota meze pevnosti a modul pružnosti v přechodové oblasti se mění skokově. (V okolí teploty zesklenní se mění modul pružnosti asi o tři řády a koeficient teplotní roztažnosti asi o 100 %). Hodnota teploty zesklenní je závislá na velikosti mezimolekulárních sil a ohebnosti řetězců. Teplota zesklenní bude nižší, pokud mezimolekulární síly budou malé a ohebnost řetězců co největší. Proto jde teplotu zesklenní ovlivnit například změkčovadly.

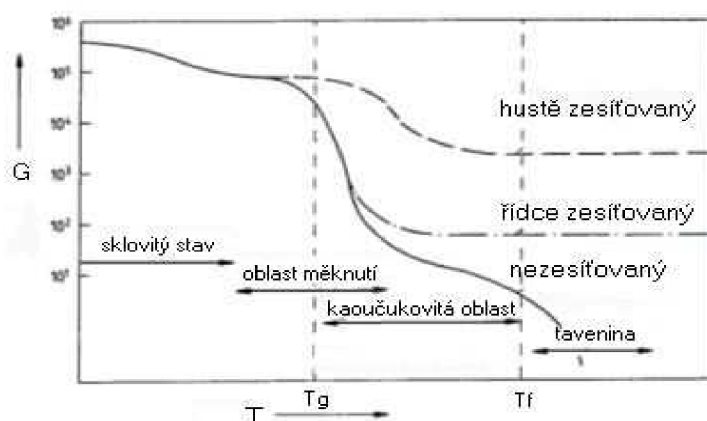


$\sigma$  - mez pevnosti v tahu [Pa],  $\epsilon$  - relativní prodloužení [%], T – teplota [°C]

Obr. 5 Deformační vlastnosti amorfního plastu [7]

Po překročení teploty viskózního toku ztrácí plast své kaučukovité vlastnosti a stává se z něj vysoce viskózní kapalina. Zde se nachází oblast zpracovatelnosti pro technologie vstřikování a odlévání. Následným zvyšováním teploty klesají mezimolekulární síly a snižuje se viskozita taveniny, po překročení  $T_z$  dochází k teplotním degradacím.

U zesíťovaných plastů je chování poněkud odlišné, síť chemických vazeb zabraňuje pohybu makromolekul a je proto možné i při vysokých teplotách najít určitou kaučukovitou oblast. Tato oblast má relativně vysoký modul pružnosti, který si zachovává až do teploty degradace.

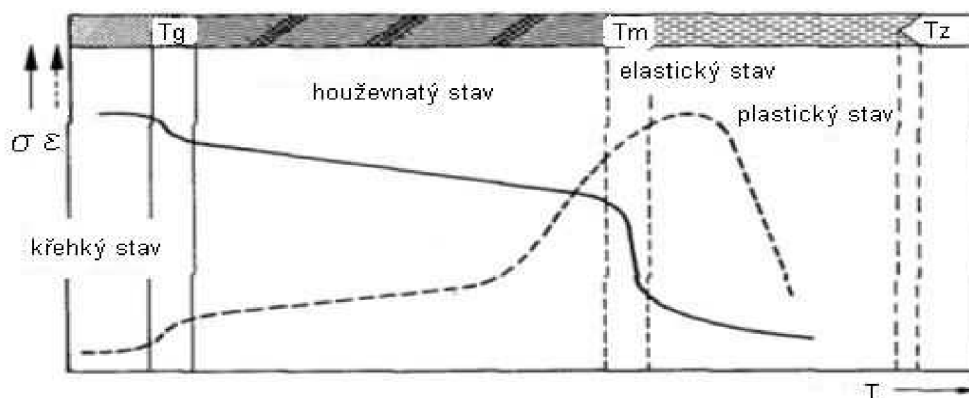


$G$  – modul pružnosti ve smyku [ $\text{N}\cdot\text{cm}^{-2}$ ],  $T$  – teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Obr. 6 Vliv struktury na modul pružnosti ve smyku [7]

### Krystalické plasty

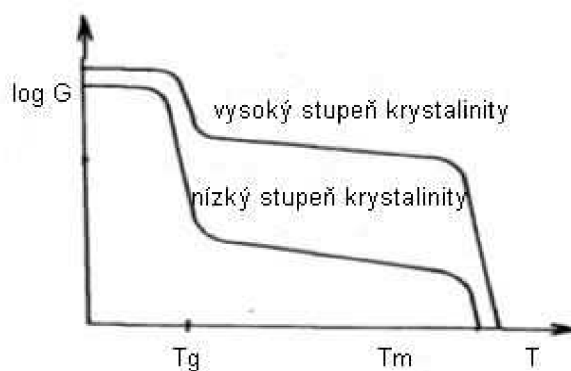
Při teplotě tání dochází k rozpadu a tání krystalitu, to se projevuje změnou tuhého stavu taveniny na kapalný. Teplota tání  $T_m$  je střední hodnotou intervalu, ve kterém k této změně stavu dochází.



$\sigma$  - mez pevnosti v tahu [Pa],  $\varepsilon$  - relativní prodloužení [%],  $T$  – teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Obr. 7 Deformační vlastnosti krystalického plastu [7]

Protože i krystalické plasty obsahují určité množství amorfních podílů, je možné stanovit teplotu zesklenní, ta charakterizuje výrazné změny vlastností plastu. Tyto změny ovlivňují pouze amorfní část hmoty, proto čím větší část plastu bude krystalická, tím méně budou změny v oblasti  $T_g$  patrné.



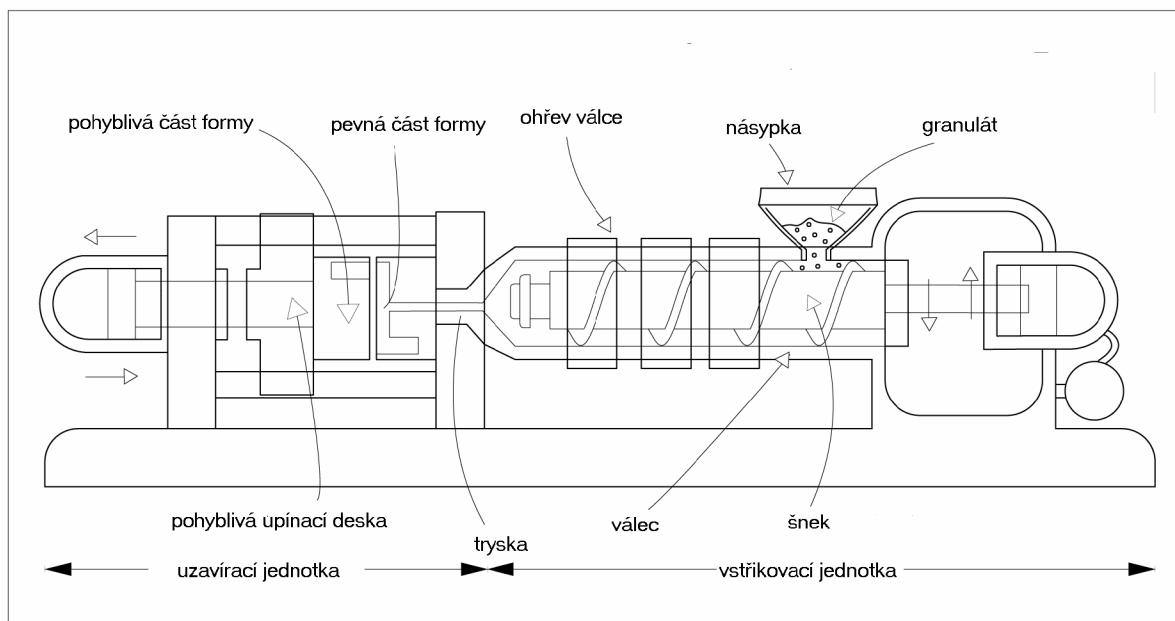
$G$  – modul pružnosti ve smyku [ $\text{N}\cdot\text{cm}^{-2}$ ],  $T$  – teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Obr. 8 Vliv stupně krystalinity na modul pružnosti ve smyku [7]

## 4. VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ

[2] [7] [13] [14]

Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů, jedná se o cyklický proces. Touto technologií se zpracovávají především termoplasty, ale v omezené míře lze vstřikovat i reaktoplasty a kaučuky. Princip vstřikování je připravit z granulátu co nejhomogennější taveninu, kterou působením vstřikovacího tlaku a vstřikovací rychlosti dopravíme do dutiny formy.



Obr. 9 Princip vstřikování [4]

### 4.1. Fáze vstřikovacího procesu [2] [14]

Vstřikovací cyklus je možné rozdělit do několika fází, které při jedné pohonné skupině na sebe navazují a při více pohonných skupinách se mohou překrývat. Za počátek cyklu lze považovat okamžik odpovídající impulzu k uzavření formy.

- 1) Uzavření formy
- 2) Přisunutí vstřikovací jednotky k formě
- 3) Fáze plnění
- 4) Přepnutí ze vstřikovací na dotlakovou fázi
- 5) Fáze dotlaku
- 6) Chlazení výstřiku ve formě a plastikace další dávky
- 7) Odsunutí vstřikovací jednotky od formy
- 8) Otevření formy
- 9) Vyhození nebo vyjmutí výstřiku z formy

Dominantní fáze, které mají největší vliv na kvalitu a vlastnosti výstřiku jsou: Plastikace, plnění, dotlak a chlazení.



## Plastikace

Pro rovnoměrné naplnění tvarové dutiny formy je velice důležitá tepelně a viskozitně homogenní dávka taveniny před šnekem. Nehomogenní tavenina se může projevit zhoršenou kvalitou povrchu výstřiku nebo zhoršenými fyzikálními a mechanickými vlastnostmi. Fáze plastikace je také důležitá pro tvorbu krystalického podílu, neboť se v ní rozhoduje o zachování či rozrušení nukleárních zárodků. Správnou plastikaci ovlivňuje: nastavení teplot na jednotlivých topných částech plastikačního válce, zpětný odpor šneku a otáčky šneku.

*Zpětný odpor šneku* – Programování zpětného odporu šneku je vlastně nepřímé programování teploty taveniny. Viskozitu taveniny můžeme bezprostředně ovlivnit změnou zpětného odporu šneku případně změnou otáček. Praktické zkušenosti ukazují, že zpětný odpor šneku je třeba zvýšit, pro zlepšení homogenity taveniny a při nerovnoměrném zpětném chodu šneku. Zpětný odpor se naopak snižuje, při dočasném přerušení výroby a pro prodloužení doby dávkování.

*Otáčky šneku* - Otáčky šneku mají být voleny tak, aby se obvodová rychlost šneku pohybovala kolem hodnoty  $0,05 - 0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Vyšší obvodové rychlosti mohou způsobovat při zpracování problémy, proto by neměla být překročena obvodová rychlost  $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

## Plnicí fáze

Plnění je ovlivněno velikostí a tvarem dutiny formy, teplotním profilem a termodynamickým stavem taveniny. Nejprve se tvarová dutina plní prakticky bez odporu (objemově), ale při postupném přebírání tvaru dutiny formy, se rychlost plnění zmenšuje a stoupá tlak. Důležité parametry pro plnicí fázi jsou: vstřikovací tlak, vstřikovací rychlost, teplota taveniny a teplota formy.

*Vstřikovací tlak* – Jeho velikost musí zaručit, že v průběhu celého procesu plnění neklesne vstřikovací rychlost pod nastavenou hodnotu. Pokles vstřikovací rychlosti na konci plnicí fáze, svědčí o nízkém vstřikovacím tlaku nebo nastavení příliš vysoké vstřikovací rychlosti.

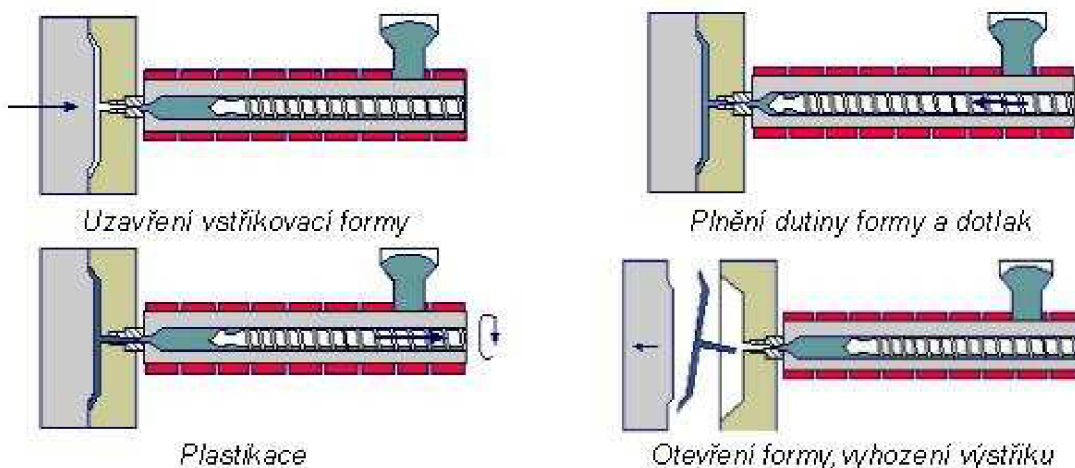
*Vstřikovací rychlost* – Množství taveniny, které proteče otvorem ve vstřikovací trysce za 1s. Cílem je vytvořit takový profil rychlosti vstřikování, aby se dutina formy plnila rovnoměrně. Vysokou rychlost plnění vyžadují výstřiky s malou tloušťkou stěny. Pomalé plnění není žádoucí ani u dílců s většími tloušťkami, jelikož v důsledku smykového namáhání může dojít ke strhávání již ztuhlého polymeru ze stěny do proudícího jádra. Pokud vstřikovací rychlost stroje není dostačující, je nutné použít akumulátoru.

### **Fáze dotlaku**

Následuje po plnění, v jejím průběhu je do formy dodáno ještě asi 10 % objemu materiálu, k vyrovnání smrštění materiálu během ochlazování. Vlivem ochlazování je přísun taveniny do dutiny formy stále složitější. Působením smrštění tlak v dutině klesá až na úroveň okolního tlaku. Fáze dotlaku především ovlivňuje hmotnost a rozměrovou přesnost výstřiku, jeho homogenitu a smrštění. Obecně platí, že při zvyšování dotlaku a doby jeho působení, se zvyšuje hmotnost výstřiku a smrštění je menší. Hodnota dotlaku obvykle bývá 40 – 60 % vstřikovacího tlaku. Příliš vysoká hodnota dotlaku zvyšuje opotřebení formy a energetickou náročnost procesu. Má také za následek vyšší vnitřní pnutí výstřiku a zhoršuje jeho vyformovatelnost. Klíčovým momentem procesu vstřikování je okamžik přepnutí vstřikovacího tlaku na dotlak. Přepnutí lze řídit na základě měření tlaku ve formě nebo v hydraulickém zařízení, případně časově nebo objemově.

### **Fáze chlazení**

Ochlazování ovlivňuje anizotropie struktury výstřiku. Z hlediska formulace nadmolekulární struktury, tvorby a krystalinity výstřiku je velmi důležité správné řízení ochlazování. K ochlazování dochází již po objemovém naplnění dutiny formy a trvá po celou dobu dotlaku. Minimální doba ochlazování závisí na dosažení minimální mezní tuhosti výstřiku, která je potřebná pro bezpečné vyhození z formy. Významným faktorem při výrobě výstřiku je konstantní teplota formy, k temperaci se všeobecně doporučuje používat jednotky s uzavřeným tlakovým okruhem. U výstřiku členitých tvarů je někdy nutné použít dvě temperační jednotky, abychom dosáhli různých teplot v pevné a pohyblivé části formy, pro zlepšení vyhazování z formy.



Obr. 10 Vstřikovací cyklus [7]

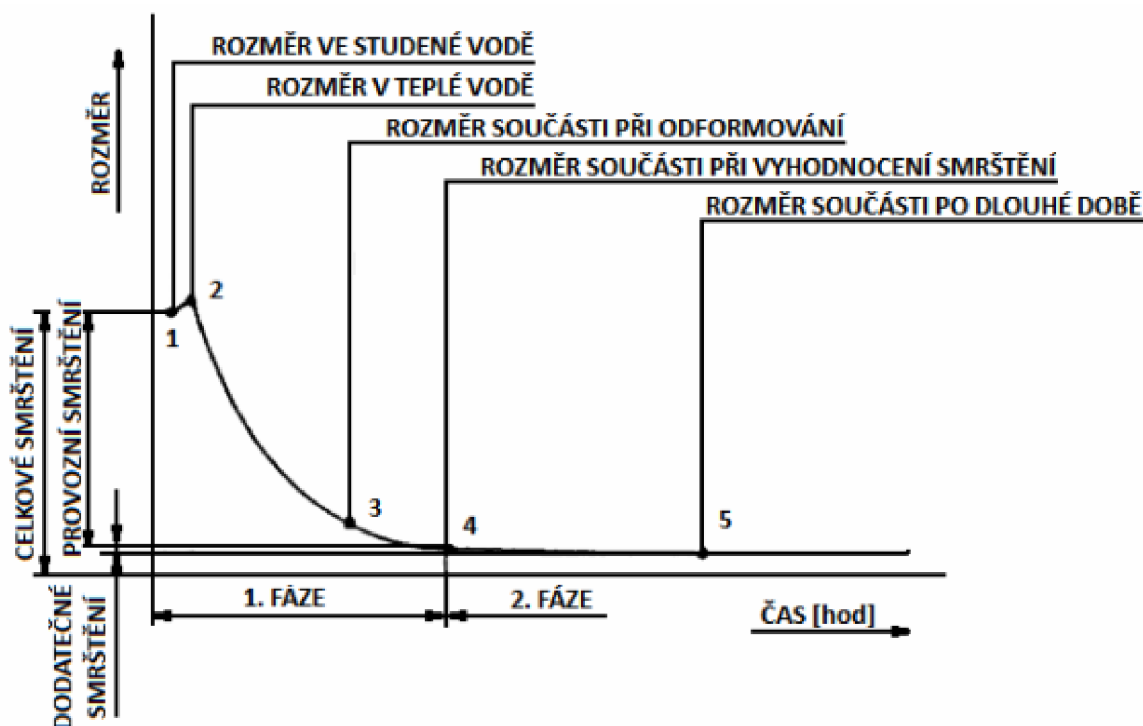
## 4.2. Smrštění termoplastů [2] [13]

Smrštění je vlastnost, která se vyskytuje u všech druhů plastů. Je to objemová změna při tuhnutí polymerních materiálů, jejíž základní příčinou je stlačitelnost, tepelná rozpínavost a kontrakce, u krystalických plastů ještě přistupují krystalizační změny. Rozměry výstřiku po vyhození z formy, jsou rozdílné od rozměrů neměřených po nějaké době od výroby, z tohoto důvodu je třeba vyrobít dutinu formy zvětšenou v určitých místech právě o hodnotu smrštění.

Smrštění se rozděluje do dvou časových fází. Velikost provozního smrštění se stanoví do 24 hodin a představuje až 90% z jeho hodnoty. Zbytek je dodatečné smrštění, které probíhá poměrně dlouho v závislosti na typu polymeru.

Velikost smrštění nemusí být ve všech směrech stejná. Asymetrické plnivo, směr proudění taveniny, orientace makromolekul u semikrystalického plastu apod. způsobují anizotropii smrštění (rozdíl smrštění mezi  $\parallel$  a  $\perp$  směrem).

- Smrštění ovlivňují :
- procesní parametry výroby (teplota, tlak, čas)
  - typ a vlastnosti zpracovávaného termoplastu (amorfní, částečně krystalické, plněné, neplněné, druh a obsah plniva)
  - konstrukce formy (tloušťka stěn výstřiku)



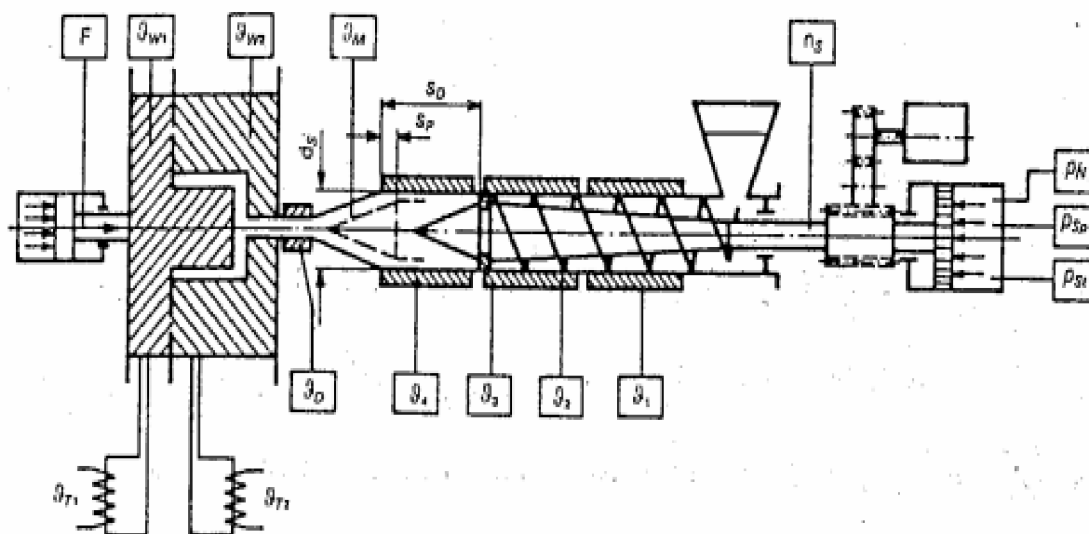
Obr. 11 Průběh smrštění [13]

### 4.3. Vstřikovací stroj [1] [2] [8]

V současné době existuje velké množství vstřikovacích strojů, které se od sebe liší konstrukcí, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností, rychlostí výroby, způsobem obsluhy a cenou. Velmi důležitá je reprodukovatelnost nastavených výrobních parametrů.

Konstrukce stroje je charakterizována :

- vstřikovací jednotkou
- uzavírací jednotkou
- ovládáním a řízením stroje

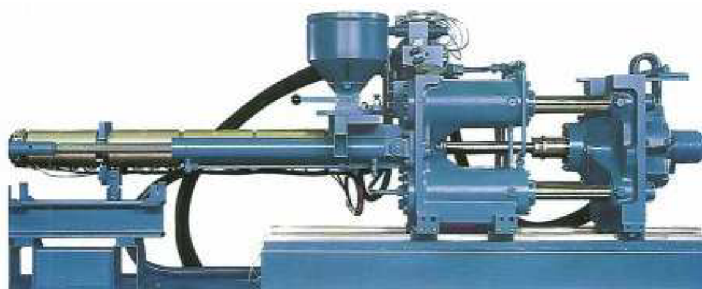


Teplota válce, dýzy - $\vartheta_1, \vartheta_2, \vartheta_3, \vartheta_4, \vartheta_D$	Teplota temperačního zařízení - $\vartheta_{T1}, \vartheta_{T2}$
Teplota taveniny - $\vartheta_m$	Průměr šneku - $d_s$
Teplota formy - $\vartheta_{w1}, \vartheta_{w2}$	Délka polštáře taveniny - $s_p$
Uzavírací síla - $F$	Dotlak - $p_N$
Délka zdvihu šneku - $s_D$	Přítlak trysky - $p_{ST}$
Otáčky šneku - $n_s$	
Vstřikovací tlak - $p_{SP}$	

Obr. 12 Funkční části vstřikovacího stroje [2]

#### Vstřikovací jednotka

Připraví a dopraví požadované množství roztaveného plastu s předepsanými technologickými parametry do formy. Optimální množství by mělo být menší než je vstřikovací kapacita při jednom zdvihu. Příliš malé množství může být příčinou degradace materiálu, jelikož plast setrvává dlouhou dobu ve vstřikovací jednotce. Jako ideální množství se v literatuře uvádí 50 - 80 % vstřikovací kapacity.



Obr. 13 Vstřikovací jednotka [8]

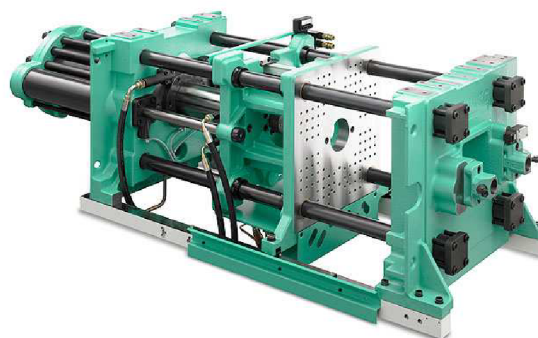
Z násypky je do tavného válce dopravován materiál, který je dále posouván šnekem přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo. Šnek materiál plastikuje, homogenizuje a odtlačuje do zadní polohy, kde ho hromadí. Topný systém tavné komory je nejčastěji rozdělen do tří až pěti pásem (vstupní, střední a pásmo u trysky). Tryska má samostatné topení. Část tepelné energie vzniká disipací materiálu. Tavná komora je zakončena tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou. Tryska má kulové zakončení, aby došlo k přesnému dosednutí do sedla vtokové vložky formy.

Vstřikovací jednotka je zakončena tryskou, ta může být otevřená nebo uzavíratelná. Otevřené se používají u taveniny s větší viskozitou. Uzavíratelné zabraňují samovolnému vytékání při plastikaci. Tryska se otevře při dosednutí do sedla vtokové vložky pomocí jehlového uzávěru.

### Uzavírací jednotka

Zajišťuje dokonalé uzavření, otevření a případné vyprázdnění formy. Velikost uzavírací síly je možné nastavit, měly by být větší než součin vstřikovacího tlaku a plochy průmětu všech dutin ve formě do dělící roviny.

Uzavírací jednotky mohou být mechanicko-hydraulické nebo čistě hydraulické. Mechanicko-hydraulická uzavírací jednotka se nejčastěji používá u strojů malých gramáží, zaručuje vyšší rychlost uzavírání a potřebné zpomalení před uzavřením. Výhodou hydraulické jednotky je nastavení libovolné rychlosti pohybu a hloubky otevření.



Obr. 14 Uzavírací jednotka [8]

Hlavní části uzavírací jednotky :

- opěrná deska
- pevná upínací deska
- pohyblivá upínací deska
- vodící sloupky
- uzavírací mechanismus

### Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

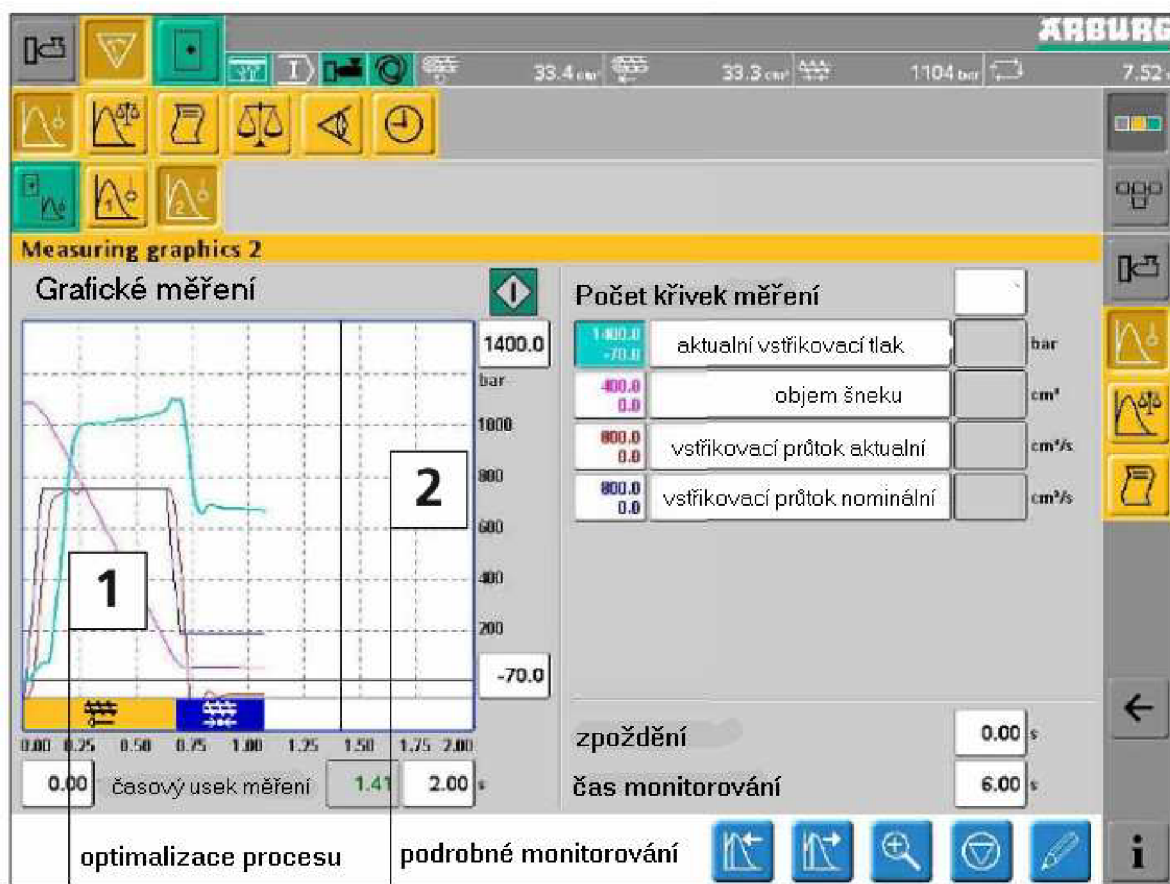
Nejvýznamnějším faktorem je stála reprodukovatelnost, kolísající parametry se nepříznivě projeví na rozměrech a kvalitě výstřiku. Stupeň řízení a snadná obsluha je znakem kvality stroje. Řízení stroje má být zajištěno vhodnými řídicími a regulačními prvky. Z hlediska úrovně řízení dělíme vstřikovací stroje na řízené a regulované. Oproti řízeným mají regulované stroje vstřikovací jednotku vybavenou adaptivní regulací a zpětnou vazbou, která umožňuje určité korekce cyklu v případě kolísání parametrů.

Nové vstřikovací stroje se neobejdou bez výkonné procesorové techniky. Místo obvyklé formy textového nastavování technologických parametrů se využívá nejrůznějších grafických forem řízení pracovního cyklu. Pracovní cyklus je tak snadno kontrolovatelný a případně i upravitelný.



Konceptně je seřízení vstřikovacího procesu rozděleno na:

- definice a nastavení parametrů
- nastavení časového průběhu vybraných technických parametrů
- kontrola procesu



Obr. 15 Řídicí systém vstřikovacího procesu [1]

#### 4.4. Vstřikovací forma [13]

Forma je nástroj, který se upíná na vstřikovací stroj. V průběhu vstřikovacího cyklu je naplněna roztaveným plastem. Po zchladnutí je zhotoven výstřik s požadovaným tvarem a funkčními vlastnostmi

Forma musí splňovat během své životnosti určité požadavky:

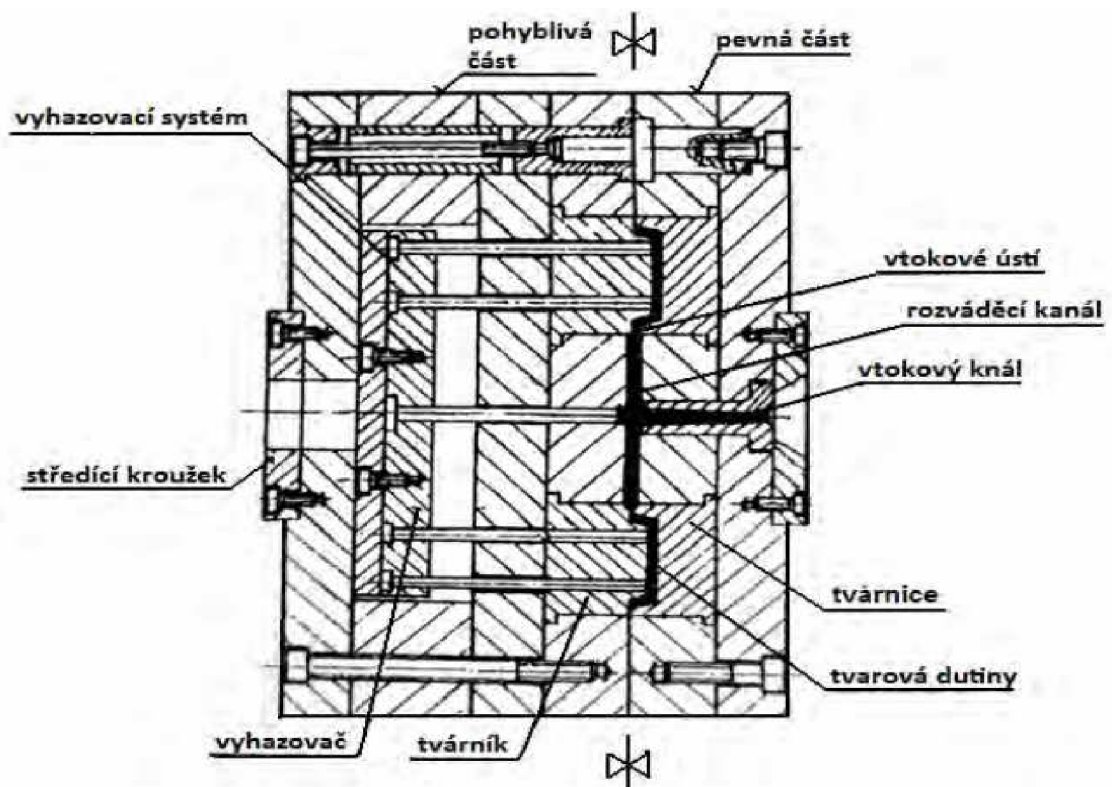
- odolávat vůči vysokým tlakům
- zajistit požadovaný rozměr a kvalitu výstřiku
- snadné vyjmutí výstřiku
- snadná obsluha a automatický provoz
- nízká pořizovací cena
- snadná a rychlá výroba
- vysoké využití zpracovaného platu

Vstřikovací formy lze rozdělit do následujících skupin:

- podle násobnosti (jednonásobné, vícenásobné)
- podle konstrukčního řešení (dvoudeskové, třídeskové, čelist'ové, vytáček'í apod.)
- podle konstrukce vstřikovacího stroje (se vstřikem kolmo na dělicí rovinu a vstřikem do dělicí roviny)

Díly vstřikovací formy lze rozdělit do kategorií:

- prvky vymezující tvarovou dutinu
- temperanční systémy
- vtokové systémy
- upínací a vodící elementy



Obr. 16 Schéma vstřikovací formy [13]

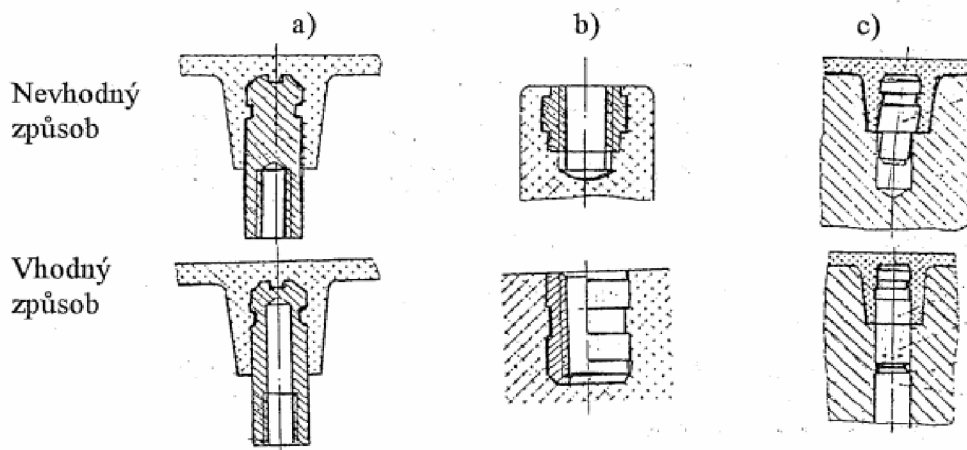
## 4.5. Vstřikování se zálisky [1] [2]

Metodou zastříkávání zálisků se vyrábí tvarové díly, které by například z důvodu integrace různých funkcí v plastovém dílu nebylo možné v některých případech standardním vstřikováním vůbec vyrobit. Hlavním důvodem výroby dílců se zálisky, je spojování různých vlastností dvou materiálů (pevnost, vodivost, izolaci nebo redukce hmotnosti).

Technologie zastříknutí kovových zálisků má však některé nevýhody. Vznikají problémy s automatizací výroby, i pracnost je větší. Z důvodu větší tepelné roztažnosti plastu vůči kovům, vzniká napětí v plastu, které může mít za následek vznik trhlin.

Metody předcházení těmto trhlinám jsou:

- předehřev zálisku
- úprava tvaru zálisku
- zvětšení tloušťky plastového dílce v okolí zálisku
- volbou správného plastu s malým smrštěním a bez sklonu k vnitřnímu pnutí



Obr. 17 Způsoby řešení kovových zálisků [2]



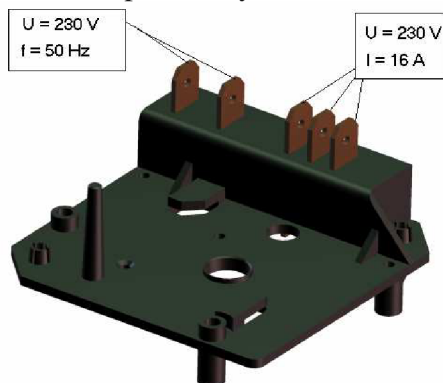
## 5. NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY [1] [2] [3] [7] [10] [11] [13]

### 5.1. Volba vhodného materiálu [2] [7] [10]

Při návrhu vhodného termoplastu pro konstruovanou součást je třeba uvážit konkrétní podmínky jejího provozního zatížení i celkového využití. Zvolený materiál by měl nejen splňovat mechanické a fyzikální vlastnosti, ale také umožnit jednoduchou výrobu s požadovanými rozměry a kvalitou povrchu.

Hlavní požadavky: Dostatečný odpor a průrazová pevnost, samozhášivost, odolnost vůči mechanickému zatížení (zvláště při montáži).

Provozní podmínky :




Svorkovnice tvoří základnu spínacích hodin. Na dvě svorky z levé strany je přivedeno síťové napětí 230 V s frekvencí 50 Hz. Na zbylých třech svorkách je rovněž střídavé napětí 230 V a proud 16 A.

Obr. 18 Napětí a proud na svorkách

Pro součásti typu svorkovnice nebo konektory, zatížené trvale napětím a teplotou, se nejčastěji používají následující termoplasty: PC (polykarbonát), PA 6 (polyamid 6), PA 66 (polyamid66). Vzhledem ke složitějšímu tvaru svorkovnice se jeví jako vhodnější jeden z polyamidů, především kvůli jejich lepším zpracovatelským vlastnostem. Na trhu je mnoho různých výrobců PA6 a PA66 pod různými technickými názvy, jedna z možností je Technyl od francouzské společnosti Rhodia.

Tabulka 1. Porovnání Technylu A a C [10]

Název chemický:	Polyamid 6 (PA 6)	Polyamid 66 (PA 66)		
Název Rhodia:	TECHNYL C	TECHNYL A		
Rozdílné vlastnosti:	menší smrštění	nižší absorpce vlhkosti		
	nižší zpracovatelské teploty	lepší tvarová stálost		
	vyšší rázová odolnost	vyšší tepelná odolnost		
	lepší kvalita povrchu výlisku	vyšší mechanické vlastnosti		
	rychlé snížení mechanických vlastností při vystavení vysokým teplotám	kratší vstřikovací cyklus		
		vyšší chemická odolnost		
Představitel:	Technyl C218 V30	Technyl A20 V25		
Cena:	2,5 [eur/kg]	61 [Kč/kg]	3 [eur/kg]	73 [Kč/kg]

Při porovnání konkrétních materiálů Technyl A20 V25 a Technyl C218 V30, je vhodnější Technyl A20 V25. Výhodou je zejména kratší vstřikovací cyklus, který bude nepříznivě ovlivněn vkládáním zálsků. Jeden z požadavků na materiál je samozhášivost, ta je u zvoleného materiálu vynikající, dle normy ISO 1210/UL 94 materiál patří do skupiny V0.

Tabulka 2. Hodnocení samozhášivosti [7]

Kriteria	V0	V1	V2
Čas hoření pro každý vzorek	≤ 10s	≤ 30s	≤ 30s
Čas hoření pro celou sadu vzorků (5 vzorků, 10 aplikací plamene)	≤ 50s	≤ 250s	≤ 250s
Čas hoření a doutnání po druhém přiložení plamene	≤ 30s	≤ 50s	≤ 60s
Zapálení papíru	NE	NE	ANO
Odhoření vzorku po držák	NE	NE	NE
Vyhodnocení			
V0 – samozhášivý, nejkratší čas hoření, nejvyšší bezpečnost			
V1 – samozhášivý, delší čas hoření, dobrá bezpečnost			
V2 – samozhášivý, delší čas hoření, omezená bezpečnost			

Zvolený materiál: **Technyl A 20 V25 od společnosti Rhodia**

Tabulka 3. Popis Technylu A20 V25 [10]

<i>Název:</i>	TECHNYL A20 V25
<i>Popis:</i>	Polyamid 66 plněný 25% skleněných vláken určený k vstřikování <ul style="list-style-type: none"> <li>- retardéry hoření na bázi fosforu</li> <li>- dobré plnicí vlastnosti</li> <li>- dobré mechanické vlastnosti</li> </ul>
<i>Použití:</i>	Elektronické zařízení: konektory, vypínače, cívky, svorkovnice
<i>Zpracování:</i>	Materiál je dodáván ve vzduchotěsných pytlích. V případě, že nezpracovaný materiál absorbuje vlhkost, musí být vysušen na 0,2% vzduchovým zařízením při teplotě cca 80 °C.
<i>Doporučené vstřikovací podmínky:</i>	Teplota v plnicím pásmu 270 – 275 °C Teplota v plastikačním pásmu 280 – 285 °C Teplota těsně před tryskou 285 – 290 °C Teplota formy 70 – 90 °C

Tabulka 4. Vlastnosti Technylu A20 V25 [10]

Vlastnosti	Hodnoty		Jednotky	Norma
	Suchý materiál	Mat dle ISO 1110		
<b><u>Fyzikální:</u></b>				<b>ISO</b>
Absorpce vody (24h při 23°C)	0,75	-	%	62
Hustota	1,38	-	g·cm <sup>-3</sup>	1183-A
Smrštění	0,5	-	%	Rhodia-EP
<b><u>Mechanické:</u></b>				<b>ISO</b>
Modul pružnosti v tahu	9000	6500	MPa	527 typ1A
Tažnost	2	4,1	%	527 typ1A
Mez pevnosti v tahu	140	105	MPa	527 typ1A
Modul pružnosti v ohybu	7500	6000	MPa	178
Mez pevnosti v ohybu	250	155	MPa	178
Charpyho zkouška s vrubem	7	8	kJ·m <sup>-2</sup>	179/1eA
Charpyho zkouška bez vrubu	35	40	kJ·m <sup>-2</sup>	179/1eU
<b><u>Hořlavé:</u></b>				<b>ISO</b>
UL94 (t = 0,8 mm)	V0	-		1210/UL94
UL94 (t = 1,6 mm)	V0	-		1210/UL94
UL94 (t = 3,2 mm)	V0	-		1210/UL94
Kyslíkový index	30,5			4589
<b><u>Zkouška žhavým drátem (t =1,6)</u></b>				<b>IEC</b>
Index hořlavosti	960	-	°C	60695-2-12
Teplota vzplanutí	725	-	°C	60695-2-13
<b><u>Tepelné:</u></b>				<b>ISO</b>
Teplota tání	263	-	°C	11357
Teplota deformace při zatížení (1,8 MPa)	250	-	°C	75/Af
Koeficient lineární tepelné roztažnosti (23°C do 85°C)	3	-	10 <sup>-5</sup> ·°C <sup>-1</sup>	11359
<b><u>Elektrické:</u></b>				<b>IEC</b>
Relativní permitivita	3,4	4		60250
Disipační činitel	0,02	0,05		60250
Vnitřní odpor	10	0,1	10 <sup>14</sup> ·Ω·cm	60093
Povrchový odpor	0,1	0,01	10 <sup>14</sup> ·Ω	60093
Elektrická pevnost	25	25	kV·mm <sup>-1</sup>	60243
Odolnost proti plazivým proudům A	375	350	V	60112
Odolnost proti plazivým proudům B	350	-	V	60112

Tabulka 3. Vlastnosti Technylu A20 V25

Je zřejmé z popisu Technylu A20 V25, že se používá na aplikace v elektronickém průmyslu např. svorkovnice. Z hlediska výše uvedených vlastností, by měl tento materiál bez problémů splňovat jak funkční tak výrobní požadavky. Vzhledem k poměrně složitějšímu tvaru součásti jsou výhodou jeho dobré plnicí vlastnosti, mechanické a elektrické vlastnosti jsou dostačující a měly by bez problému odolávat předpokládanému zatížení součásti.

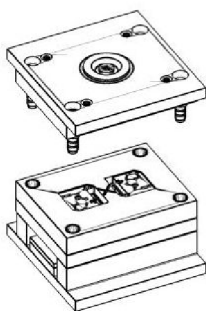
## 5.2. Zaformování výstřiku [2]

Správné zaformování výstřiku a volba vhodné dělící roviny patří k rozhodujícím zásadám konstrukce formy. Umožňuje dodržet tvar a rozměry výstřiku.

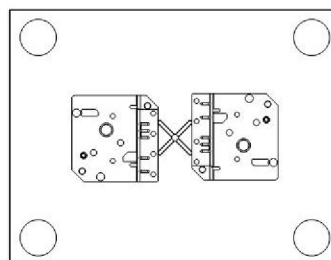
Vzhledem k tomu že se při výrobě svorkovnice jedná o technologii vstřikování s kovovými zálisky, vzniká problém s automatizací výroby. V návaznosti na velikost série se zdá být nejvhodnější poloautomatický výrobní cyklus s ruční obsluhou. Kvůli vyšší bezpečnosti obsluhy se nabízí varianta výroby na vertikálním vstřikovacím stroji, což obsluze usnadní vkládání zálisků.

### Navržený vstřikovací proces:

- poloautomatický výrobní cyklus
- vertikální vstřikovací stroj
- dvojnásobná forma



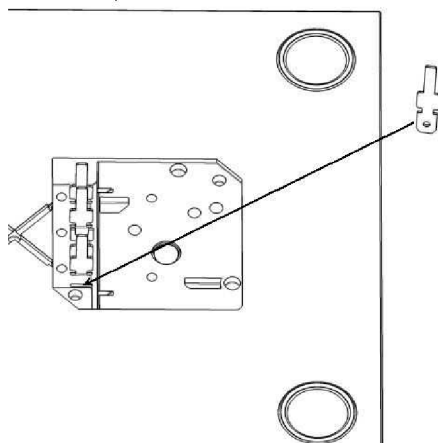
Obr. 19 Uspořádání vstřikovací formy



Obr. 20 Dutiny formy Inventor

Uspořádání formy na vertikálním stroji umožní obsluze pohodlnější vkládání zálisků.

Ve dvojnásobné formě jsou dutiny umístěny zrcadlově.



Obr. 21 Vkládání zálisků Inventor

Do dutiny formy budou zálisky vkládány ručně.

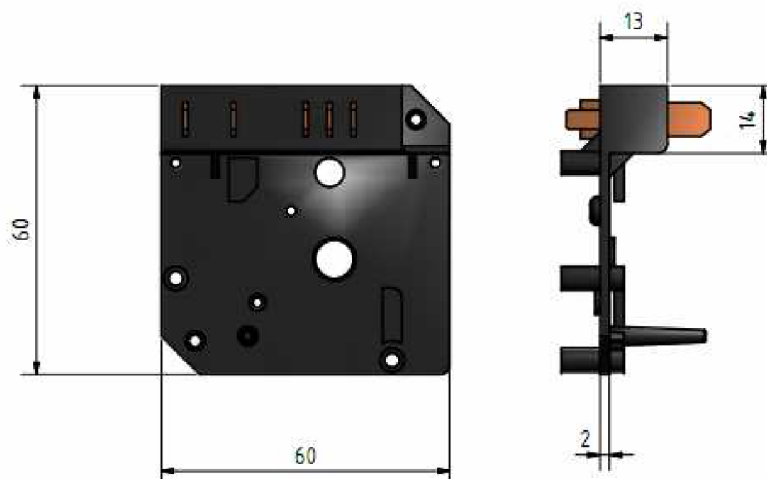
## Tvar a hlavní rozměry výstřiku

Svorkovnice tvoří základnu spínacích hodin, z tohoto důvodu jsou hlavní rozměry a tvary, odvozeny právě od těchto spínacích hodin. Výsledný výstřik by měl zaručovat snadnou montáž a bezchybné propojení elektrického obvodu pomocí mečových kontaktů.

Jak již bylo uvedeno v teoretické části, při vstřikování s kovovými zálisky, mohou vznikat trhliny vlivem různé teplotní roztažnosti. Z možností jak lze těmto trhlinám předejít, volím zvětšení tloušťky plastového dílce v okolí zálisku. V těchto místech je šířka plastového dílce zesílena z původních 2 mm na 13 mm.

Výsledný tvar výstřiku a rozměry ovlivňují:

- rozměry spínacích hodin
- vstřikování s kovovými zálisky



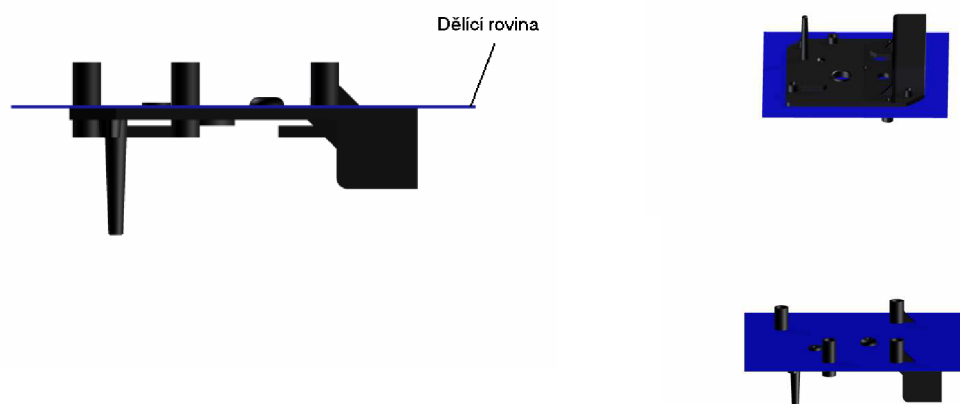
Obr. 22 Hlavní rozměry a tvary

## Určení dělicí roviny

Dělicí rovina bývá zpravidla rovina rovnoběžná s upínáním formy. Může být i šikmá nebo různě tvarovaná, ale je tendence se takovému řešení vyhnout z ohledem na složitost výroby formy. Nepřesnosti v dělicí rovině mohou způsobit nedovření formy během plnění. Následkem nedovření je vznik otřepů nebo zvětšení rozměrů výstřiků.

Dělicí rovina má splňovat:

- snadné vyjímání výstřiku z formy
- snadnou vyrobiteľnosť
- stopa po dělicí rovině nesmí být příčinou závad
- u více dělicích rovin volit koncepci s jejich nejmenším počtem
- její umístění musí splňovat požadavek výroby na přesnost rozměrů, směr technologických úkosů a souosost výstřiku



Obr. 23 Dělicí rovina součásti svorkovnice

### 5.3. Vtoková soustava [2] [7] [13]

Vtokové systémy formy zajišťují vedení proudů roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do dutiny vstřikovací formy. Naplnění dutiny formy má proběhnout co v nejkratším čase a s minimálními odpory. Rozdíly uspořádání vtokových systému jsou dány především konstrukcí forem a jejich násobnostmi.

Vzhledem k jednoduššímu konstrukčnímu provedení a nižší ceně oproti vyhřívané vtokové soustavě volím studenou vtokovou soustavu. Při dané velikosti série by vyhřívaná vtoková soustava výrazně zvyšovala pořizovací náklady formy a tím celkovou výrobní cenu výstřiku.

#### Obecné zásady řešení studených vtokových soustav:

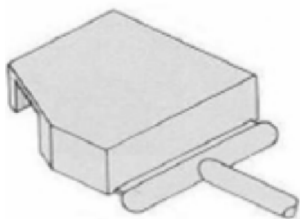
- dráha od vstřikovacího stroje do dutiny formy má být co nejkratší
- rovnovážné plnění má být zajištěno stejnou dráhou vtoku ke všem dutinám
- průřez vtokových kanálů má být dostatečně velký (po vyplnění má být jádro v plastickém stavu, aby umožňovalo působení dotlaku)
- zaoblení všech ostrých hran na  $R = 1 \text{ mm}$
- stanovit úkosy vtoků pro lepší odformování
- průřezy pro krystalické polymery volit zpravidla větší než u plastů amorfních

### 5.3.1. Typ vtokového ústí

Vtokové ústí je zúžená část rozváděcího kanálku. Zúžením se zvýší teplota před vstupem do dutiny formy. Tvar ústí bývá kruhový pro rotační dílce nebo štěrbinový pro ploché výstřiky.

Pro zadaný tvar svorkovnice přichází v úvahu dva typy vtoků, to jmenovitě vtok filmový nebo vícenásobný boční vtok.

#### a) Filmový vtok



Orb. 24 Filmový vtok [7]

Výhodou filmového vtoku je dobré plnění deskovitých výstřiků a příznivá orientace vláken.

Nevýhoda je složitost výroby.

#### b) Vícenásobný boční vtok



Obr. 25 Vícenásobný boční vtok

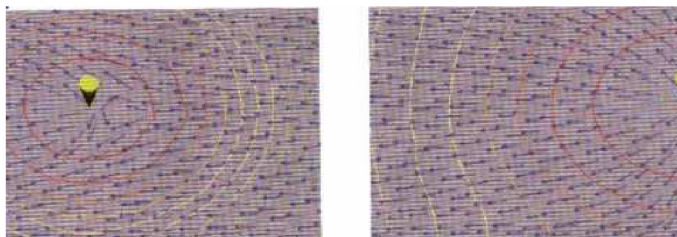
Výhodou je jednodušší vyrobiteľnosť.

Nevýhoda horší orientace vláken a plnění součásti obdélníkového tvaru.

Rozměry zadané svorkovnice jsou poměrně malé a mělo by dojít k přijatelnému naplnění dutiny formy pomocí kombinace dvou bočních vtoků. Není proto nutné použít vtok filmový, který by mohl v důsledku své složitější vyrobiteľnosti nepříznivě ovlivnit cenu formy.

### 5.3.2. Umístění vtokového ústí

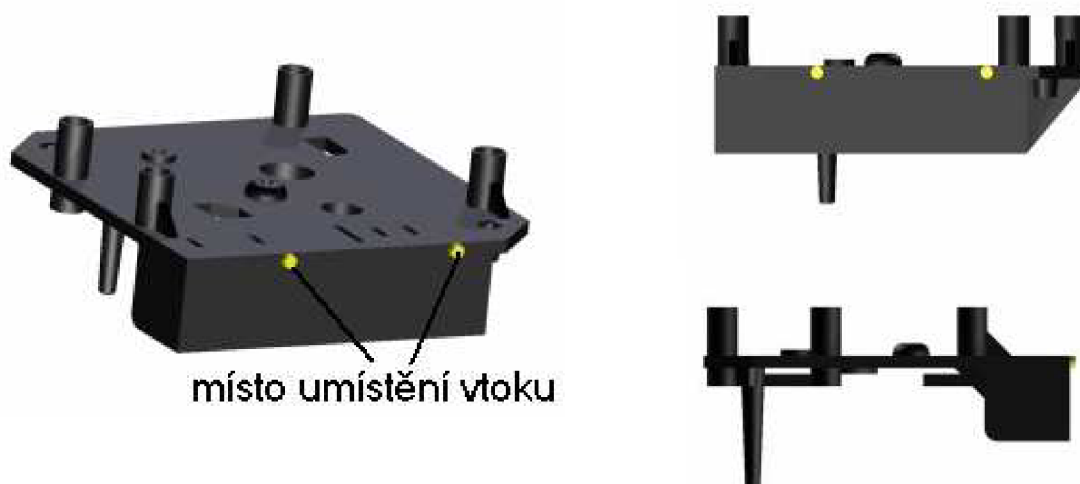
Při vstřikování termoplastů má umístění vtokového ústí podstatný vliv na proudění taveniny ve formě, vytváření studených spojů, orientace makromolekul a plniva, anizotropii vlastnosti.



Obr. 26 Orientace vláken na základě místa vtoku [6]

### Zásady umísťování vtokových ústí:

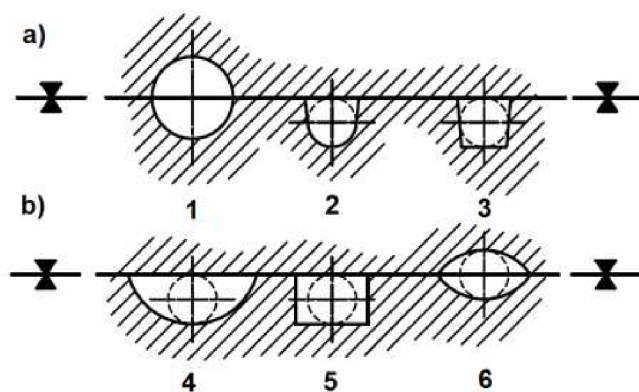
- umísťuje se do nejlustšího místa na výstřiku
- do geometrického středu dutiny
- ve směru orientace žeber
- mimo více namáhaných nebo opticky činných ploch
- u obdélníkových tvarů ve směru delší strany
- tak, aby se zamezilo volnému proudění taveniny
- tak, aby stopa po vtoku neměla vliv na estetickou hodnotu
- tak, aby umožnil únik vzduchu z dutiny



Obr. 27 Umístění vtokového ústí

Pomocí výše uvedených pravidel a zásad na umísťování vtoků, byla vybrána dva místa na výstřiku pro dvojnásobný boční vtok.

### 5.3.3. Volba průřezu vtokového kanálku



- a) funkčně výhodné  
b) funkčně nevýhodné

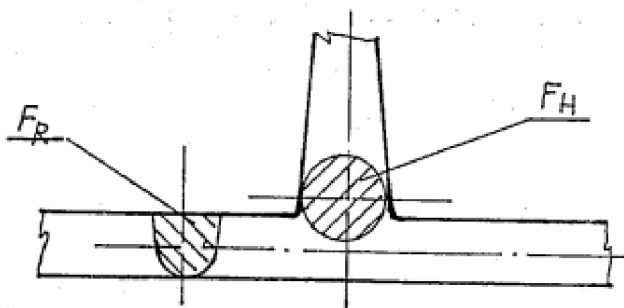
2,3,4,5 – výrobně výhodné  
1,6 – výrobně nevýhodné

Nejvhodnější tvar průřezu je z výrobního a funkčního hlediska číslo 2.

Obr. 28 Typy průřezů vtokových kanálků [13]



### 5.3.4. Určení rozměrů vtokového a rozváděcích kanálků



$$F_H = F_R \cdot K \quad (1)$$

$F_H$  – průřez vtokového kanálu [mm<sup>2</sup>]  
 $F_R$  – průřez rozváděcího kanálu [mm<sup>2</sup>]  
 $K$  – korekční součinitel

Obr. 29 Rozváděcí a vtokový kanál u vícenásobné formy [2]

$$M = m_1(1 + K_1) \quad (2)$$

$M$  – odhad celkové hmotnosti výstřiku [g]  
 $m_1$  – hmotnost výstřiku bez vtokového zbytku [g]  
 $K_1$  – korekční součinitel

$$m_1 = V \cdot \rho \quad (3)$$

$$m_1 = 24,8 \text{ g}$$

$V$  – objem plastové součásti [cm<sup>3</sup>]  
 $\rho$  – hustota zvoleného plastu [g·cm<sup>-3</sup>]

$$M = m_1(1 + K_1) \quad (4)$$

$$M = 24,8(1 + 0,05)$$

$$M = 26 \text{ g}$$

$V = 18 \text{ cm}^3$  (Autodesk Inventor 2011)  
 $\rho = 1,38 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  (Rhodia)

Tabulka 5. Volba velikosti vtokového a rozváděcích kanálků [2]

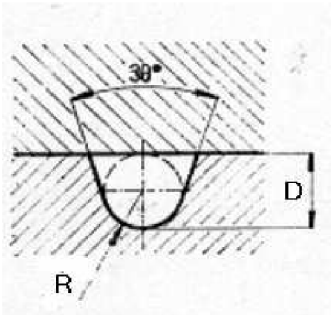
$m_1$	0.5 – 1	1 – 3	3 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 50
$K_1$	0.5 - 0.7	0.4 - 0.5	0.3 - 0.4	0.25 - 0.3	0.15 - 0.25	0.05 - 0.1
Celková hmotnost výstřiku $M$ [g]			$F_R$ [mm <sup>2</sup> ]			
přes	do		4,91			
0	10		7,07			
10	25		9,62			
<b>25</b>	<b>40</b>		<b>12,56</b>			
40	63		15,91			

$$F_H = F_R \cdot K \quad (5)$$

$$F_H = 12,56 \cdot 1$$

$$F_H = 12,56 \text{ mm}^2$$

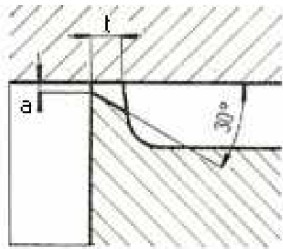
násobnost formy $n$	$K$
2	1
4	0,8
6	0,6



Obr. 30 Rozváděcí kanálek [2]

Zohledněm na plnění dutiny formy dvěma vtoky současně, volím průměr rozváděcích kanálků dle průřezu  $F_R$ .

$$D = 2 \text{ mm}$$

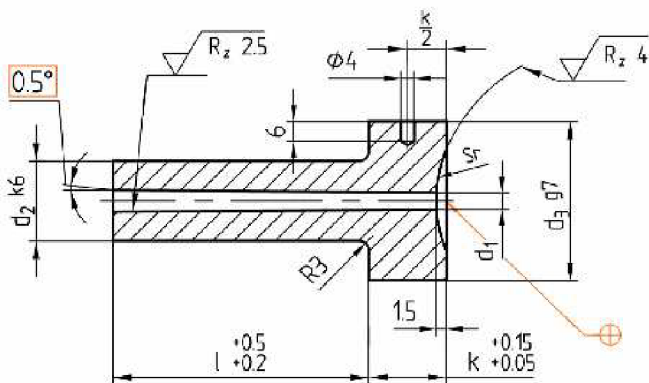


Obr. 31 Tvar bočního ústí [7]

Zvolený tvar a rozměry bočního ústí.

$$a = 0,5 \text{ mm}$$

$$t = 2 \text{ mm}$$



Obr. 32 Vtoková vložka [3]

Vtoková vložka byla zvolena z katalogu HASCO podle průřezu  $F_H$ .

Z50/24x27/3,5

$$d_2 = 24 \text{ mm}$$

$$l = 27 \text{ mm}$$

$$d_1 = 3,5 \text{ mm}$$

$$d_3 = 24 \text{ mm}$$

$$k = 23 \text{ mm}$$

$$s_r = 0 \text{ mm}$$

Kombinací volby tvaru a výpočtů rozměrů jednotlivých částí vtokové soustavy uvedených v předchozích podkapitolách, byla navržena výsledná vtoková soustava. Výhodou této soustavy by měla být poměrně jednoduchá výroba a dostačující plnicí schopnost.

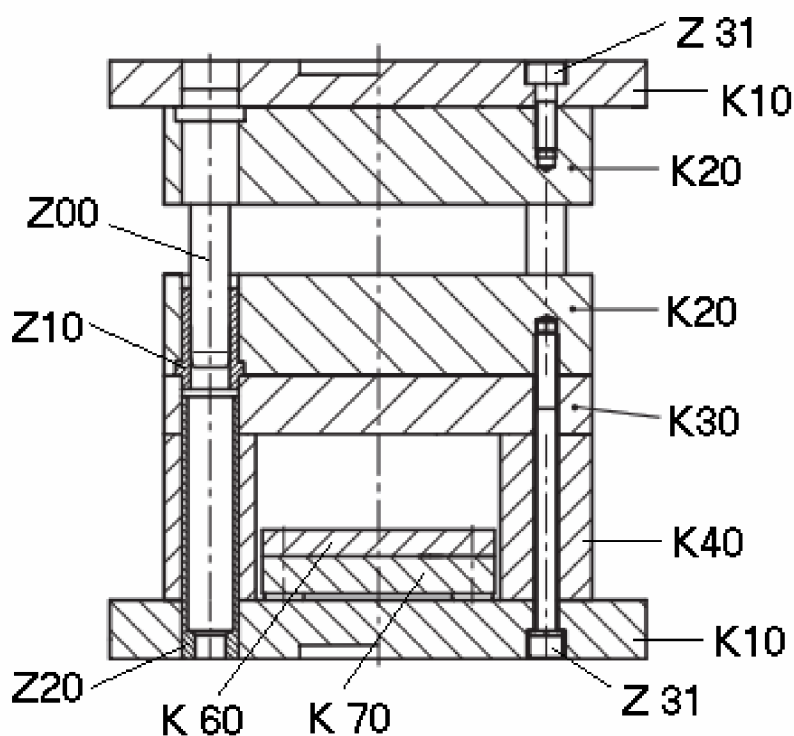


Obr. 33 Výsledná vtoková soustava s výstřiky

## 5.4. Sestava formy [3] [9]

### 5.4.1. Konstrukční návrh sestavy

Z normálí firmy HASCO byla sestavena pomocí programu Autodesk Inventor 2011 sestava vstříkovací formy. Databáze programu umožňuje výběr z různých rozměrů prvků sestavy a různého materiálového provedení. Z šesti základních typů sestav vstříkovací formy K – standard, podle katalogu HASCO, byla vybrána první varianta. Jedná se o dvoudeskovou sestavu.



Obr. 34 Sestava HSCO varianta 1 [3]

K10 – Upínací deska (horní / dolní)

K30 – Mezilehlá deska

K60 – Upínací deska vyhadzače

Z00 – Vodící sloupek

Z20 – Středící pouzdro

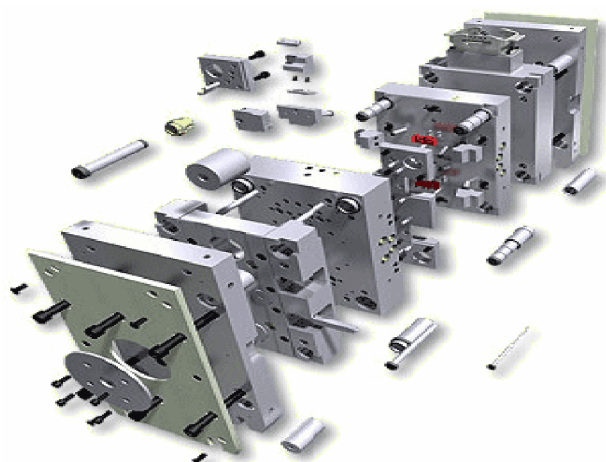
K20 – Formovací deska (tvárník / tvárnice)

K40 – Lišty vyhadzače

K70 – Deska vyhadzače

Z10 – Vodící pouzdro

Z31 – Šroub s válcovou hlavou

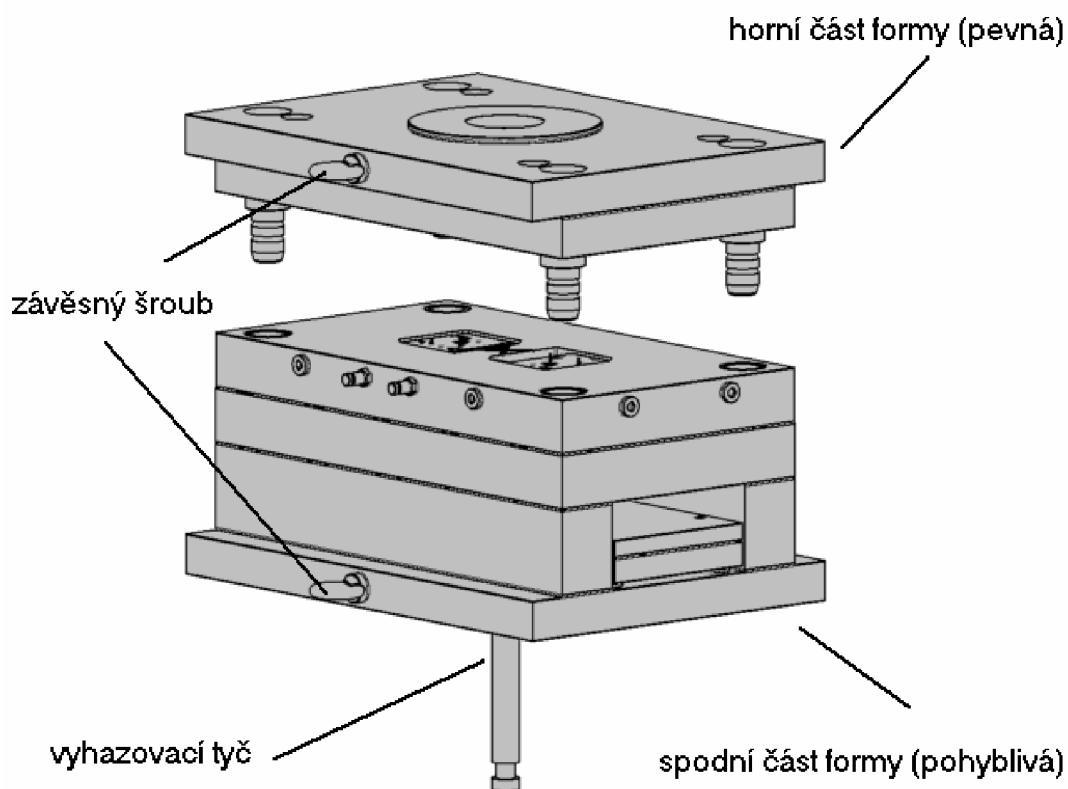


Obr. 35 K – standart HASCO [3]

Tabulka č. 5 Části vstřikovací formy a jejich cena [3]

Označení	Název	Rozměry [mm]	Množství	Cena za 1 kus [Kč]
K10	Horní upínací deska	246 x 346 x 27	1	3400,3
K10	Dolní upínací deska	246 x 346 x 27	1	3400,3
K20	Tvárník	196 x 346 x 27	1	3758,2
K20	Tvárnice	196 x 346 x 36	1	4384,5
K30	Mezilehlá deska	196 x 346 x 36	1	3374,6
K40	Lišta vyhazovače levá	43 x 346 x 56	1	1526,2
K40	Lišta vyhazovače pravá	43 x 346 x 56	1	1526,2
K60/K70	Sada vyhazovače	108 x 346 x 29	1	3106,2
K100	Středící příruba	125 x 8	1	553,5
K 500	Středící příruba	125 x 8	1	505,5
Z 00	Vodící sloupek	24 x 65	4	374,8
Z 10	Vodící pouzdro	36 x 24	4	296,8
Z 20	Středící pouzdro	30 x 100	4	233,9
Z 31	Šroub s válcovou hlavou	M12 x 120	4	46
Z 31	Šroub s válcovou hlavou	M12 x 30	4	11,4
Z50	Vtoková vložka	24 x 27	1	472,8
Z40	Vyhazovač	3 x 80	12	58,6
Z40	Vyhazovač vtoku	4 x 63	1	55,2
Z71	Závěsný šroub	M8	2	24,2
Z81	Připojovací nátrubek	M10 x 1	4	65,8
Z941	Záslepka	M10 x 1	6	108,9
Předpokládaná cena částí vstřikovací formy				30 841,4

Cena normalizovaných částí formy je téměř 31 000 Kč, to je však zlomek celkové ceny vstřikovací formy. Další náklady na obrábění a tepelné zpracování výrazně tuto cenu navýší. Odhad ceny vstřikovací formy dané složitosti a násobnosti se pohybuje v rozmezí 400 000 až 600 000 Kč.



Obr. 36 Navržená sestava vstříkovací formy Inventor


Na obr. 36 je znázorněn model vstříkovací formy vytvořen v aplikaci Autodesk Inventor 2011. Model je rozšířen o další prvky, které nejsou viditelné na schématu sestavy HASCO na obr. 34. Jedná se o závěsné šrouby a vyhazovací tyč. Závěsné šrouby Z71 usnadňují manipulaci s jednotlivými částmi formy při montáži a demontáži formy, na vstříkovací stroj. Vyhazovací tyč slouží k připojení vyhazovacího systému na vstříkovací stroj a zajišťuje jeho funkci.

Výkresová dokumentace vstříkovací formy se nachází v příloze.

#### 5.4.2. Materiál hlavních částí formy

Zohledněm na cenu a na předpokládané provozní podmínky vstříkovací formy, byly z katalogu HASCO vybrány dva druhy materiálu ocel 1.2312 (ČSN 19 520) a ocel 1.1730 (ČSN 19 083). Pro nejvíce namáhané části formy, které jsou přímo ve styku s vstříkovaným termoplastem, volím ocel 1.2312. Pro méně namáhané části vstříkovací formy by měla být dostačující levnější varianta nástrojová oceli, to konkrétně ocel 1.1730.

Tabulka č. 6 Nástrojové oceli hlavních částí formy

	Označení	Materiál	
	HASCO katalog	DIN	ČSN
	K10	1.1730	19 083
	K20	1.2312	19 520
	K20	1.2312	19 520
	K30	1.1730	19 083
	K40	1.1730	19 083
	K60/K70	1.1730	19 083

**ČSN 19 083**    DIN 1.1730    C45W

Vlastnosti:

Jedna z nejpoužívanějších nástrojových ocelí. Vyznačuje se vysokou houževnatostí, pevností a odolností vůči rázům. Velmi dobrá obrobitelnost v žíhaném stavu.

Mez pevnosti: 640 – 700 MPa

Tvrdość po kalení: 57 HRC

Použití:

Konstrukční materiál pro formy na plasty. Základové desky a rámy pro stavbu strojů na tváření umělých hmot a tlakové lití. Méně namáhané kalené nože a nůžky, vodící lišty, vedení, sekací a lisovací nástroje, držáky nástrojů. Vhodné pro zemědělské, kovářské a zednické nářadí, jako kladiva, klíče, dláta.

**ČSN 19 520**    DIN 1.2312    40CrMnMoS8-6

Vlastnosti:

Zušlechtěná ocel legovaná Cr - Mn - Mo s obsahem síry zaručující výbornou obrobitelnost i ve zušlechtěném stavu. Výborné mechanické vlastnosti jako houževnatost a rozměrovou stálost. Má dobrou prokalitelnost a pevnost za tepla.

Mez pevnosti: 900 – 1100 MPa

Tvrdość po kalení: 52 HRC

Použití:

Ocel je vhodná na formy a rámy forem pro zpracování plastů a rámy forem pro tlakové lití kovů. Nástroje pro tváření za tepla a tepelně namáhané pomocné nástroje. Strojní součástky vyšší pevnosti s dostatečnou houževnatostí.

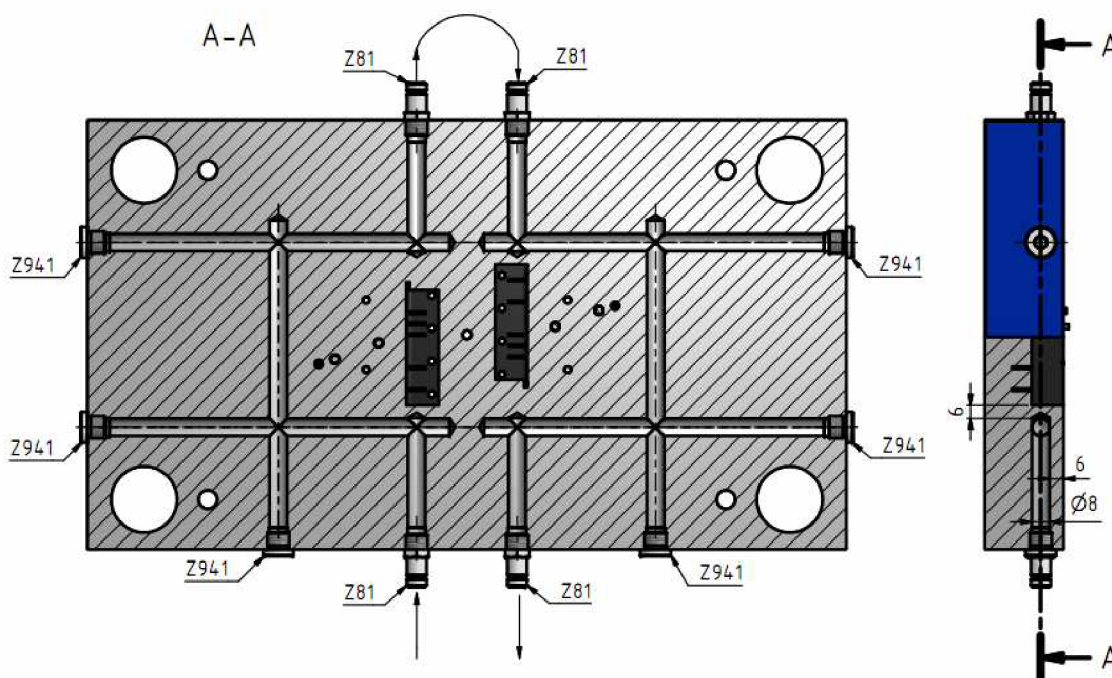
## 5.5. Temperační systém formy [3] [13]

Temperace má zajistit konstantní teplotní režim formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého vstřikovacího cyklu, při dodržení technologických požadavků na výrobu. Vstřikovacím procesem se do dutiny formy přivádí roztavená plastová hmota, ta v dutině chladne, až do momentu kdy je možné vyhození. Temperační systém zajišťuje správné zaplnění formy, optimální chladnutí a tuhnutí plastu. Z formy je potřeba odvést přebytečné teplo, které se zvyšuje v důsledku opakování vstřikovacího procesu.

Různé teploty jednotlivých částí formy, nepříznivě ovlivňují tvarovou a rozměrovou přesnost výstřiku.

Úkoly temperačního systému:

- zajištění optimální teploty, rovnoměrné po celém povrchu dutiny formy
- odvést teplo z dutiny formy tak, aby délka pracovního cyklu byla ekonomická



Obr. 37 Navržený temperační systém

Volba průměru temperačního kanálku, stejně jako vzdálenost kanálku od dělicí roviny a dutiny formy, byly provedeny podle tabulek v příloze 3. Další prvky temperačního systému, jako záslepky a přípojovací nátrubky, byly zvoleny z katalogu HASCO.



Obr. 38 Záslepka Z941 [3]



Obr. 39 Přípojovací nátrubek Z81 [3]



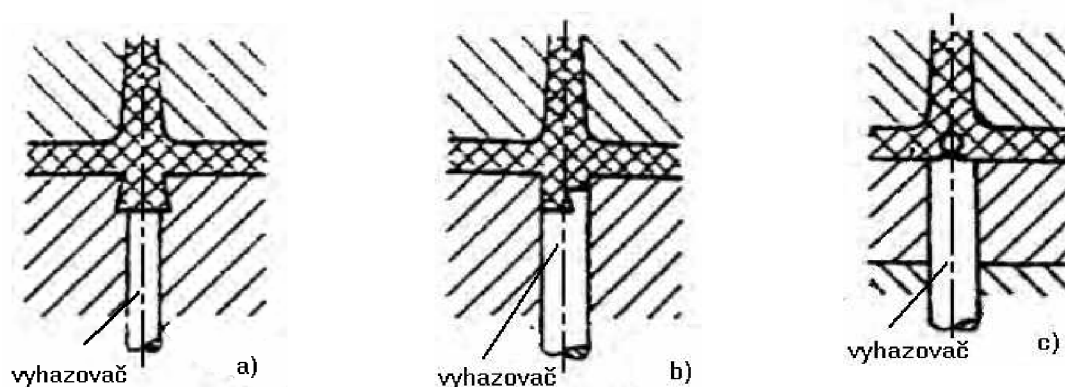
## 5.6. Vyhazovací systém formy [3] [13]

Vyhazovací systém zajišťuje vyhození nebo vysunutí výstřiku, které ulpívají na tvarových částech formy. Kvůli jeho správné činnosti je nutné, aby povrch výstřiku byl hladký a stěny měly úkos minimálně  $0^{\circ} 30'$ . Aby se zamezilo přičení výstřiku a tím vzniku deformací, měl by být výstřik vysouván rovnoměrně. Tvar a rozmístění vyhazovačů závisí na konkrétním tvaru výstřiku. Vyhazovače u hlubokých tvarů výstřiku, umožňují odvodu vzduchu. Pokud vyhazovače zanechávají stopy na výstřiku, které nepříznivě ovlivňují jeho funkci, musí se tyto stopy dodatečně opravit nebo vyhazovače umístit na jinou stranu výstřiku.

Fáze vyhazovacího systému:

- pohyb vpřed (vlastní vyhození)
- pohyb vzad (návrat do původní polohy)

Vyhazovače se používá nejen na vyhození výstřiku, ale také na vyhození vtokového zbytku. Při rozevírání formy je nutné zajistit, aby byl vtokový zbytek přidržen na vyhazovací straně, dokud není bezpečně vytažen vtok z vtokové vložky. Ze tří možností přidržení vtokového zbytku byla zvolena varianta a).



Obr. 40 Varianty přidržení vtokového zbytku [13]

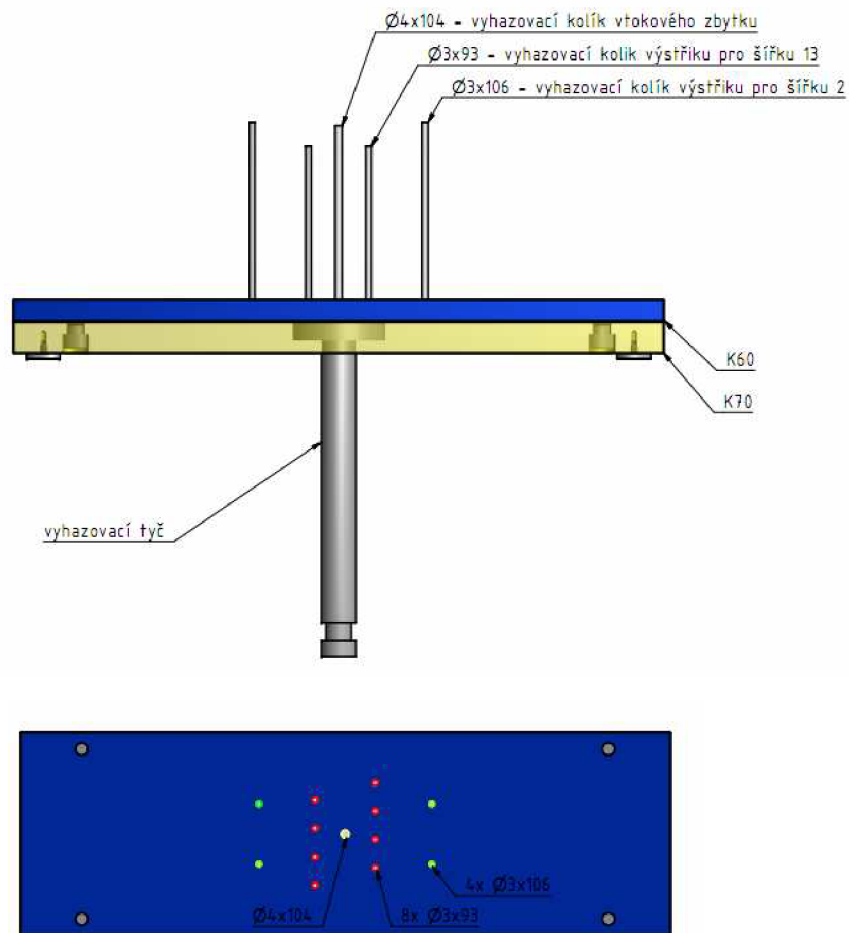
### Mechanické vyhazování

Pro zadaný výstřik bylo navrženo mechanické vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků. Jedná se o nejlevnější a nejčastěji používaný způsob, díky funkčnosti a výrobní jednoduchosti. Kolíky jsou obvykle válcové. Podle požadované funkce a tekutosti plastu se volí uložení, nejčastěji se používá: H7/g6, H7/h6, H7/j6. Pomocí tohoto uložení vznikne potřebná vůle, která zajistí odvodu vzduchu z formy.

Ve vyhazovacím systému jsou využity tři typy vyhazovacích kolíků, které jsou upevněny v desce K60. Vyhazovací systém je spojen se strojem pomocí vyhazovací tyče, která umožňuje jak pohyb vzhůru při vyhazování, tak i pohyb dolů a zasunutí kolíků zpět.

Vyhazovací kolíky Z40 byly zvoleny z katalogu HASCO.

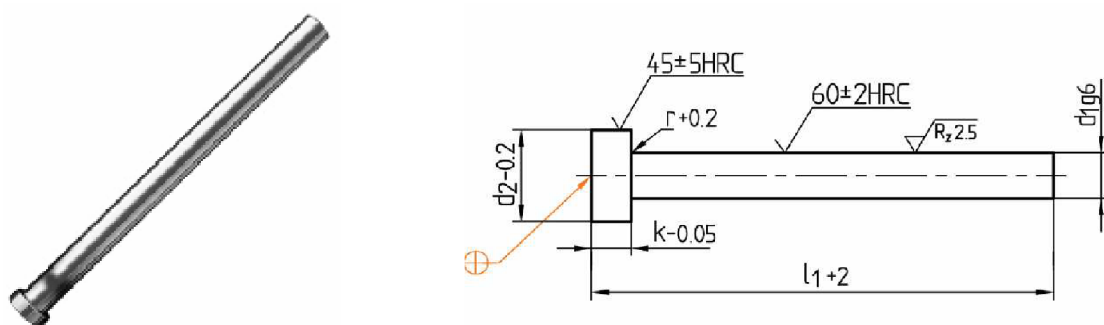




Obr. 41 Návrh vyhazovacího systému

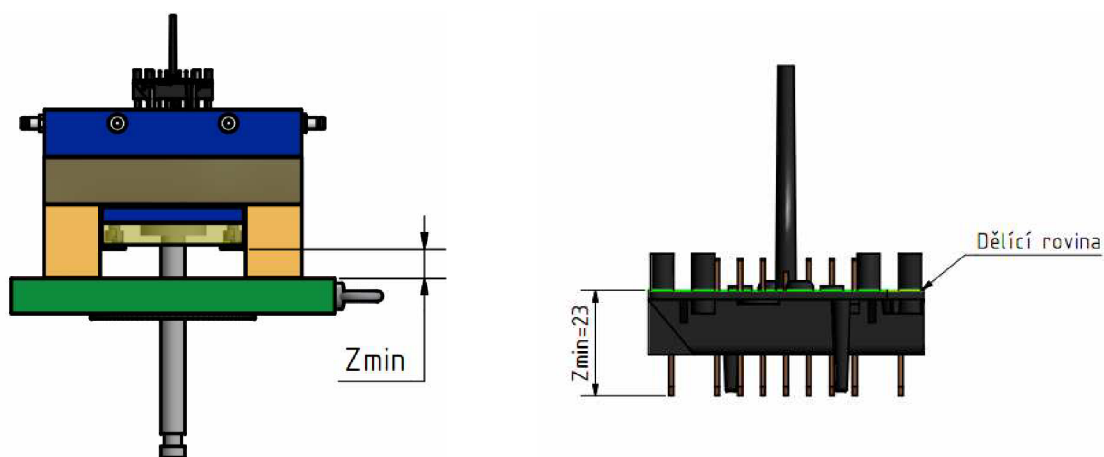
Typy použitých vyhazovacích kolíků:

- kolík Z40  $d_1 = \varnothing 4$  mm délky  $l_1 = 104$  mm pro vyhození vtokového zbytku
- kolík Z40  $d_1 = \varnothing 3$  mm délky  $l_1 = 93$  mm pro vyhození výstřiku ( $s = 13$ mm)
- kolík Z40  $d_1 = \varnothing 3$  mm délky  $l_1 = 106$  mm pro vyhození výstřiku ( $s = 2$  mm)



Obr. 42 Vyhazovací kolík Z40 [3]

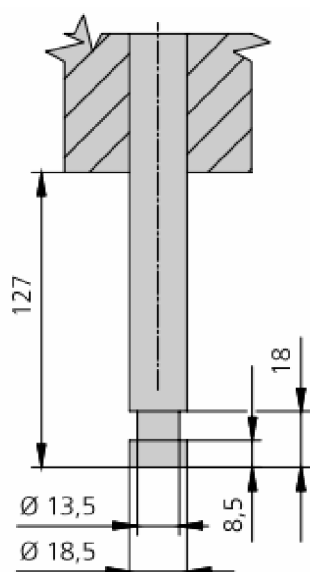
Zdvih vyhazovače:



Obr. 43 Zdvih vyhazovače

K vyhození dochází v okamžiku, kdy všechny tvarové prvky výstřiku opustí dutinu formy. Pro zadanou součást je požadovaný zdvih vyhazovače 23 mm.

Zakončení vyhazovací tyče:



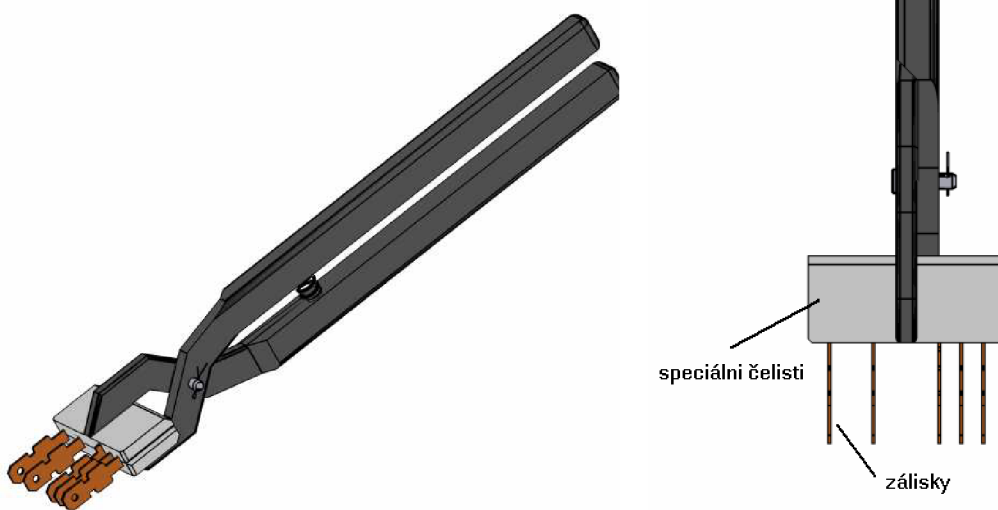
Zakončení vyhazovací tyče je upraveno tak, aby bylo možné jeho upnutí, do hydraulického systému stroje Arburg Allrounder 375V.

Obr. 44 Zakončení vyhazovací tyče [1]

## 5.7. Vkládání zálisků

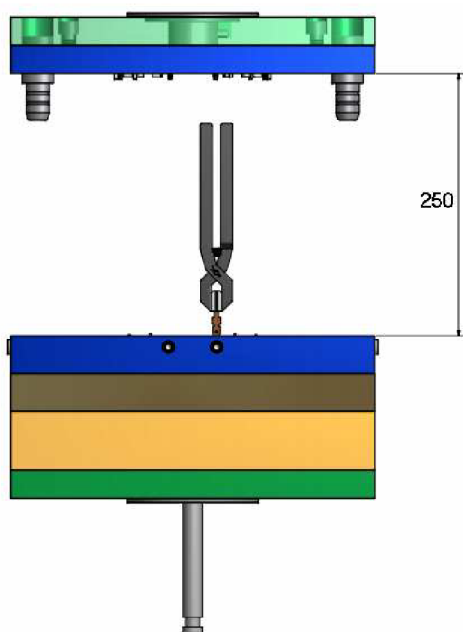
Před každým vstřikovacím cyklem je nutno do dutiny formy vložit celkem deset kusů kovových kontaktů. Při sériové výrobě je toto ruční vkládání značným navýšením celkového výrobního času. Z tohoto důvodu byl navržen přípravek, pro vložení pěti kusů zálisků současně.

Jedná se o klasické kleště s pružinou, které mají navíc speciálně upravené čelisti. Vzdálenosti funkčních otvorů v čelistech odpovídají vzdálenostem otvorů v dutinách formy, tím se zajistí přesné vkládání zálisků. Pružina vyvozuje sílu, která zabraňuje záliskům předčasně opustit čelisti. Obsluha si za probíhajícího vstřikovacího procesu připraví zálisky do přípravku a po jeho ukončení, vloží zálisky pro další vstřikovací proces.



Obr.44 Kleště

### Otevření vstřikovací formy:



Obr. 45 Otevření formy

- Při vkládání zálisků pomocí navrženého přípravku je nutné dostatečně otevřít vstřikovací formu.
- Dostatečný prostor pro vkládání a potřebnou manipulaci by měl zajistit zdvih 250 mm.
- Tento požadavek je třeba zohlednit při volbě vstřikovacího stroje.

## 6. STANOVNÍ TECHNOLOGICKÝCH PARAMETRŮ [6]

### 6.1. Výpočet vstřikovacích parametrů [6]

a) Určení objemu plastového dílce

$$V = 18 \text{ cm}^3 \quad \text{Autodesk Inventor 2011}$$

b) Výpočet hmotnosti plastového dílce

$$m_1 = V \cdot \rho \quad (6)$$

$$m_1 = 18 \cdot 1,38 = 24,8 \text{ g} \quad \rho = 1,38 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

$\rho$  - hustota Technylu A20 V25 [ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ]

$m_1$  - hmotnost jednoho výstřiku [g]

c) Kontrola délky dráhy toku taveniny

Stanovena dle Obr. Pro tvarově složité dílce.

$$L_c = L_{s1} + L_{s2} \quad (7)$$

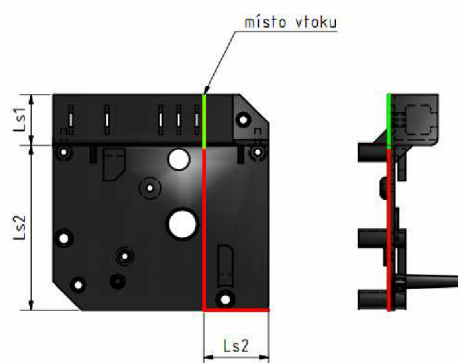
$$L_c = 14,7 + 66,3 = 81 \text{ mm}$$

$$L_1 = k_1 \cdot (1,90682 + 0,12485 \cdot p_v) \cdot s_1^{N_1} \quad (8)$$

$$L_1 = 1,195 \cdot (1,90682 + 0,12485 \cdot 700) \cdot 13^{1,737}$$

$$L_1 = 9186 \text{ mm}$$

Pokles tlaku : 
$$p_2 = p_v \left( 1 - \frac{f_a}{L_1} \right) \quad (10)$$



Obr. 46 Délka dráhy toku taveniny

$$N_1 = (0,93471 \cdot p_v^{0,07085}) \cdot k_2 \quad (9)$$

$$N_1 = (0,93471 \cdot 700^{0,07085}) \cdot 1,1685$$

$$N_1 = 1,737$$

$$p_2 = 700 \left( 1 - \frac{14,7}{9186} \right) = 698,8 \text{ bar}$$

$$L_2 = k_1 \cdot (1,90682 + 0,12485 \cdot p_2) \cdot s_2^{N_2} \quad (11)$$

$$L_2 = 1,195 \cdot (1,90682 + 0,12485 \cdot 698,8) \cdot 2^{1,737}$$

$$L_2 = 355 \text{ mm}$$

$$N_2 = (0,93471 \cdot p_2^{0,07085}) \cdot k_2 \quad (12)$$

$$N_2 = (0,93471 \cdot 698,8^{0,07085}) \cdot 1,1685$$

$$N_2 = 1,737$$

$$L_2 > L_{s2} \quad 355 > 66,3 \quad \Rightarrow \quad \text{Zvolený plast vyhovuje.}$$

$L_{s1}, L_{s2}$  – dílčí úseky dráhy toku taveniny stěnou plastového dílce [mm]

$L_c$  – celková dráha toku taveniny stěnou plastového dílce [mm]

$L_1$  – maximální výpočtová délka dráhy toku taveniny pro tloušťku 13 [mm]

$L_2$  – maximální výpočtová délka dráhy toku taveniny pro tloušťku 2 [mm]

$m$  – koeficient rovnice dráhy toku taveniny plastu [-]

$n$  – exponent rovnice dráhy toku taveniny plastu [-]

$s$  – tloušťka stěny plastového dílce [mm]

d) Stanovení minimálního vstřikovacího tlaku

$$p_f = 3 \cdot K_f \cdot L_c \cdot s^{-1,6} \quad p_f = 3 \cdot 1,7 \cdot 81 \cdot 2^{-1,6} = 136 \text{ bar} = 13,6 \text{ MPa} \quad (13)$$

$K_f$  - faktor schopnosti tečení taveniny plastu [ $\text{bar} \cdot \text{mm}^{-1}$ ]

e) Stanovení doporučeného vstřikovacího tlaku

Pro polyamid 66 plněný skleněným vláknem je doporučený vstřikovací tlak

$$p_v = 65 - 155 \text{ MPa} \quad \text{Z rozmezí volím vstřikovací tlak } p_v = 70 \text{ MPa}$$

f) Stanovení doporučeného dotlaku

Pro polyamid 66 plněný skleněným vláknem je doporučený dotlak

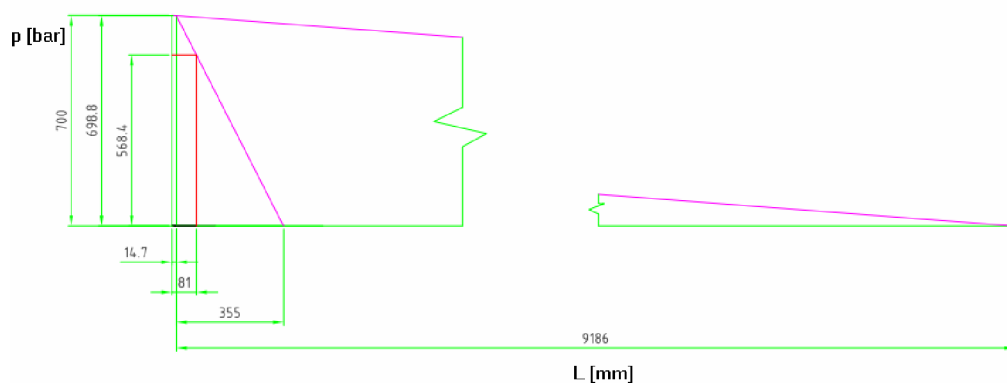
$$p_d = 55 - 105 \text{ MPa} \quad \text{Z rozmezí volím dotlak } p_d = 60 \text{ MPa}$$

g) Stanovení doporučeného zpětného tlaku

Pro polyamid 66 plněný skleněným vláknem je doporučený zpětný tlak

$$p_z = \text{do } 30 \text{ MPa} \quad \text{Z rozmezí volím zpětný tlak } p_z = 10 \text{ MPa}$$

h) Stanovení tvářecího tlaku



Obr. 45 Grafické určení tvářecího tlaku

Tvářecí tlak určený z diagramu  $p_a = 568 \text{ bar} = 56,8 \text{ MPa}$

i) Stanovení plochy průmětu do dělicí roviny

Hodnoty stanoveny pomocí programu Autodesk Inventor 2011

Plocha průmětu 2 vstřiku do dělicí roviny  $A_{\text{proj1}} = 64,13 \text{ cm}^2$

Plocha průmětu vtokové soustavy do dělicí roviny  $A_{\text{proj2}} = 1,75 \text{ cm}^2$

Celková plocha průmětu do dělicí roviny  $A_{\text{proj}} = A_{\text{proj1}} + A_{\text{proj2}} = 65,87 \text{ cm}^2 \quad (14)$

j) Uzavírací síla vstříkovacího stroje

$$F_p = A_{proj} \cdot \frac{p_a + 100}{100} \quad (15)$$

$$F_p = 65,87 \cdot \frac{568,4 + 100}{100} = 440,3 \text{ kN}$$

$A_{proj}$  – plocha průmětu do dělicí roviny [ $\text{cm}^2$ ]  
 $p_a$  – tvářecí tlak [bar]

k) Určení objemu vtokové soustavy

$$V_k = 0,89 \text{ cm}^3 \quad \text{Autodesk Inventor 2011}$$

l) Výpočet celkového objemu

$$V_c = n_t \cdot V + V_k \quad V_c = 2 \cdot 18 + 0,89 = 36,89 \text{ cm}^3 \quad (16)$$

$V$  – objem jednoho dílce [ $\text{cm}^3$ ]  
 $V_k$  – objem vtokové soustavy [ $\text{cm}^3$ ]

m) Celková hmotnost dvou výstřiku a vtokové soustavy

$$G_c = V_c \cdot \rho \quad G_c = 36,89 \cdot 1,38 = 51 \text{ g} \quad \rho = 1,38 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \quad (17)$$

$V_c$  – celkový objem [ $\text{cm}^3$ ]

n) Výpočet velikosti dávky taveniny

$$V_d = \frac{G_c}{K_a} = \frac{51}{1,23} = 41,5 \text{ cm}^3 \quad (18)$$

$K_a$  - faktor navýšení objemu taveniny [ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ]  
 $G$  – celková hmotnost dvou výstřiku a vtokové soustavy [g]

o) Stanovení optimálního průměru šneku vstříkovacího stroje

$$7,5 \cdot \sqrt[3]{V_d} < D_s < 10,5 \cdot \sqrt[3]{V_d} \quad 7,5 \cdot \sqrt[3]{41,5} < D_s < 10,5 \cdot \sqrt[3]{41,5} \quad (19)$$

$$26 < D_s < 36 \quad \Rightarrow \quad \text{volím průměr } D_s = 30 \text{ mm}$$

$D_s$  – průměr šneku

$V_d$  – velikost dávky [ $\text{cm}^3$ ]

p) Stanovení délky dráhy pohybu šneku vstřikovacího stroje

$$L_s = 1273 \cdot \frac{V_d}{D_s^2} \quad L_s = 1273 \cdot \frac{41,5}{30^2} = 58,7 \text{ mm} \quad (20)$$

$$1D_s < L_s < 3D_s \quad 30 < 58,7 < 90 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$L_s$  – délka dráhy pohybu šneku

q) Stanovení otáček šneku vstřikovacího stroje pro plastikaci

$$n_s = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v}{\pi \cdot D_s} \quad n_s = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 0,6}{\pi \cdot 30} = 381,9 \text{ min}^{-1} \quad (21)$$

$$\text{Zvolené otáčky šneku} \rightarrow n_s = 400 \text{ ot/min}$$

$n_s$  – otáčky šneku vstřikovacího stroje

$v$  – maximální obvodová rychlost šneku [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

r) Výpočet doby chlazení

$$t_k = \frac{s_R^2}{\pi^2 \cdot a_{\text{eff}}} \cdot \ln\left(\frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{T_M - T_F}{T_E - T_F}\right) \quad t_k = \frac{3^2}{\pi^2 \cdot 0,088} \cdot \ln\left(\frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{290 - 90}{120 - 90}\right) = 17,5 \text{ s} \quad (22)$$

$s_R$  – redukovaná tloušťka [mm]

$T_E$  – střední vyhazovací teplota výstřiku [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$T_F$  – střední teplota líce tvarové dutiny formy [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$T_M$  – teplota taveniny plastu [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$a_{\text{eff}}$  – měrná teplotní vodivost použitého plastu [ $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ]

s) Celková doba vstřikovacího cyklu

$$t_c = t_1 + t_2 + t_v + t_k + t_3 + t_4 \quad (23)$$

$$t_c = 1,5 + 5 + 1,5 + 0,8 + 17,5 + 1,5 + 20 = 47,8 \text{ s} \cong 48 \text{ s}$$

$t_1$  – uzavření formy... 1,0 – 2,0 s

$t_2$  – přisunutí vstřikovací jednotky ... 5,0 s

$t_3$  – otevření formy a vyhození výstřiku ... 1,0 – 2,0 s

$t_4$  – prodleva + vkládání zálisků ... 20 s

$t_v$  – doba vstřikování... 0,6 – 0,8 s

$t_k$  – doba chlazení ... 17,5 s

$t_c$  – celková doba vstřikovacího cyklu [s]

t) Výpočet vstříkovací rychlosti

$$v_s = \frac{V_d}{t_v} \quad v_s = \frac{41,5}{0,8} = 51,9 \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (24)$$

$V_d$  – velikost dávky [ $\text{cm}^3$ ]

u) Výpočet průchodu materiálu ze stroje do formy

$$\dot{G} = \frac{3,6 \cdot V_d \cdot \rho}{t_c} \quad \dot{G} = \frac{3,6 \cdot 41,5 \cdot 1,38}{47,8} = 4,3 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \quad (25)$$

$t_c$  – celková doba vstříkovacího cyklu [s]

$G$  – průchod materiálu ze stroje do formy [ $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ]

v) Výpočet tepla vneseného taveninou plastu do formy

$$Q = \dot{G} \cdot \Delta h \quad Q = 0,6 \cdot 550 = 330 \text{ kJ} \cdot \text{h}^{-1} \quad (26)$$

$Q$  – teplo vnesené taveninou do formy [ $\text{kJ} \cdot \text{h}^{-1}$ ]

$\Delta h$  – rozdíl entalpií použitého plastu pro teploty  $T_M$  a  $T_E$  [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ]

w) Výpočet minimální vstříkovací kapacity

$$C_v \geq 1,1 \cdot (n_t \cdot V + V_k) \quad C_v \geq 1,1 \cdot (2 \cdot 18 + 0,89) \quad C_v \geq 40,6 \text{ cm}^3 \quad (27)$$

$n_t$  – násobnost formy

$V$  – objem jednoho dílce [ $\text{cm}^3$ ]

$V_k$  – objem vtokové soustvy [ $\text{cm}^3$ ]

x) Výpočet minimální plastikační kapacity

$$C_p \geq \frac{4 \cdot \rho (n_t \cdot V + V_k)}{t_c} \cdot 0,8 \quad C_p \geq \frac{4 \cdot 1,38 (2 \cdot 18 + 0,89)}{47,8} \cdot 0,8 \quad C_p \geq 4,3 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \quad (28)$$

y) Výpočet násobnosti formy

$$n_t = \frac{N \cdot t_c}{\tau_p \cdot R \cdot 3600} \quad n_t = \frac{500000 \cdot 48}{4800 \cdot 0,8 \cdot 3600} = 1,73 \quad (29)$$

Zvolená násobnost formy  $n_t = 2$ .

$n_t$  – násobnost formy

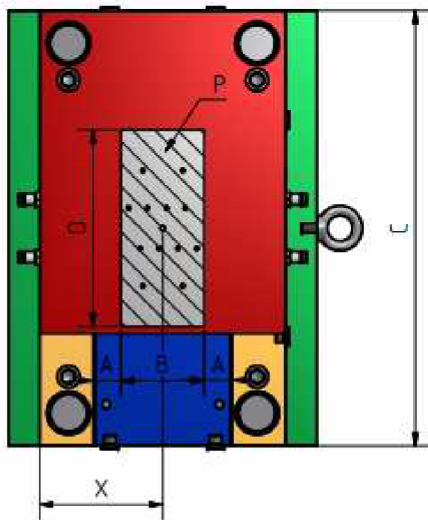
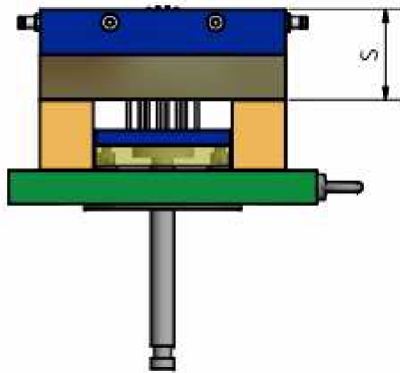
$N$  – velikost série

$R$  – faktor využití času

$\tau_p$  – požadovaný termín dodání [hod]



## 6.2. Výpočet průhybu desky [6]



Vstřikovací tlak

$$P = p_v = 70 \text{ MPa}$$

Plocha průřezu do dělicí roviny

$$A_{proj} \cong 66 \text{ cm}^2$$

Hlavní výpočtové rozměry

$$A_{proj} = B \cdot D \quad B = A_{proj} / D \quad (30)$$

$$A = 25 \text{ mm} \quad B = 60 \text{ mm}$$

$$C = 346 \text{ mm} \quad D = 110 \text{ mm}$$

$$L = B + 2 \cdot A$$

$$L = 60 + 2 \cdot 25 = 110 \text{ mm}$$

$$S = 36 \text{ mm} \quad x = 98 \text{ mm}$$

Výpočet průhybu desky ohybem

$$y_{oh} = \frac{P \cdot D \cdot 12(1 - \mu^2)}{C \cdot E \cdot S^3} \cdot K_3 \quad (31)$$

$$y_{oh} = \frac{70 \cdot 110 \cdot 12(1 - 0,3^2)}{346 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 72^3} \cdot 317790,6 = 9,85 \cdot 10^{-4} \text{ mm}$$

Výpočtový koeficient  $K_3$

$$K_3 = K_4 \frac{x^2}{2} - L \cdot \frac{x^3}{12} + \frac{x^4}{24} - x \cdot \frac{A^3}{6} + \frac{A^4}{24} \quad (32)$$

$$K_3 = 10557 \cdot \frac{49^2}{2} - 110 \cdot \frac{49^3}{12} + \frac{49^4}{24} - 49 \cdot \frac{25^3}{6} + \frac{25^4}{24}$$

$$K_3 = 3177906$$

Výpočet průhybu desky smykem

$$y_{sm} = \frac{P \cdot D \cdot 1,2(1 + \mu)}{C \cdot E \cdot S} \cdot K_4 \quad (34)$$

$$y_{sm} = \frac{70 \cdot 110 \cdot 1,2(1 + 0,3)}{346 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 72} \cdot 588 = 1,35 \cdot 10^{-3}$$

Výpočtový koeficient  $K_4$

$$K_3 = x(L - x) - A^2 \quad (35)$$

$$K_3 = 49(110 - 49) - 49^2 = 588$$

Výpočtový koeficient  $K_4$

$$K_4 = \frac{L^3 + 4 \cdot A^3}{12 \cdot L} \quad (33)$$

$$K_4 = \frac{110^3 + 4 \cdot 25^3}{12 \cdot 110} = 10557$$

$$y_c = y_{oh} + y_{sm} = 9,85 \cdot 10^{-4} + 1,35 \cdot 10^{-3} = 0,0023 \text{ mm} \quad (36)$$

Průhyb vyhovuje

Dovolený průhyb u semikrystalických plastů 0,015-0,02 mm.

## 7. URČENÍ VSTŘIKOVACÍHO STROJE [3] [6]

Volba stroje se provádí, podle vypočtených parametrů vstřikování a rozměrů formy. Nejdůležitějšími parametry jsou: minimální vstřikovací kapacita, minimální plastikační kapacita, uzavírací síla vstřikovacího stroje, průměr šneku, minimální otevření formy.

Tabulka č. 7 Volba vstřikovacího stroje

Parametr	Jednotka	Vypočtená hodnota	Hodnota stroje
Vstřikovací jednotka 100			
Průměr šneku $D_s$	[mm]	30	30
Minimální vstřikovací kapacita $C_v$	[cm <sup>3</sup> ]	40,6	49
Minimální plastikační kapacita $C_p$	[kg·hod <sup>-1</sup> ]	4,3	4,9
Uzavírací jednotka			
Uzavírací síla $F_p$	[kN]	440,3	500
Minimální výška formy	[mm]	209	200 - 300
Otevření uzavírací jednotky	[mm]	250	250
Zdvih vyhazovače	[mm]	23	max.70



Obr. Allrounder 375V [1]

Dle vypočtených parametrů a předpokládaných rozměrů vstřikovací formy, byl zvolen stroj společnosti Arburg. Jedná se o vertikální vstřikovací stroj Allrounder 375 V. Výrobce nabízí tři varianty vstřikovacích jednotek, s označením 100, 170, 290. Pro předpokládaný vstřikovací cyklus je nejvhodnější varianta 100.

## 8. TECHNICKO EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ [6]

### 8.1. Technické zhodnocení

- Technologie výroby: vstřikování s kovovými zálisky, poloautomatický vstřikovací cyklus
- Materiál výstřiku: Techynl A20 V25 (PA 66-25GF), materiál zálisků mosaz
- Vstřikovací forma: dvojnásobná forma, zrcadlové umístění dutin, sestava Hasco
  - Vtoková soustava: studená vtoková soustava, vícenásobný boční vtok
  - Temperanční systém: temperační medium voda
  - Vyhozovací systém: mechanické vyhazování, vyhazovací kolíky, uložení vyhazovacích kolíků H7/g6
- Vstřikovací stroj: Vertikální vstřikovací stroj Allrounder 375V.

Tabulka č. 8 Vstřikovací parametry

<u>Parametr</u>	<u>Hodnota</u>	<u>Jednotka</u>
Vstřikovací tlak $p_v$	70	MPa
Dotlak $p_d$	60	MPa
Velikost dávky taveniny $V_d$	41,5	cm <sup>3</sup>
Vstřikovací rychlost $v_s$	51,9	cm <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>
Minimální plastikační kapacita $C_p$	4,3	[kg·hod <sup>-1</sup> ]
Teplota v plastikačním pásmu	285	°C
Teplota těsně před trsykou	290	°C
Teplota formy	90	°C

#### Technologický postup:

Příprava: Nasypat granulát do násypky, Nastavit vstřikovací parametry

- 1) Plastikace materiálu + zakládání zálisků
- 2) Uzavření formy
- 3) Přisunutí vstřikovací jednotky
- 4) Vstřiknutí materiálu
- 5) Dotlak
- 6) Chlazení výstřiku
- 7) Odsunutí vstřikovací jednotky
- 8) Vyhození výstřiku a vtokové soustavy

Obsluha v průběhu vstřikovacího cyklu umístí zálisky do dvou přípravků. Po otevření formy pomocí přípravku vloží zálisky do vstřikovací formy (2 x 5 zálisků). Vstřikovací cyklus je monitorován, obsluha provádí optickou kontrolu, dále probíhá kontrola hmotnosti a odstínu výstřiku. Výstřik je vyhozen spolu s vtokovou soustavou, ta je následně oddělena na externím dělicím zařízení.

## 8.2. Ekonomické zhodnocení

Při zpracování návrhu výroby pouze na teoretické úrovni, není možné získat přesné hodnoty a cenové relace pro ekonomické zhodnocení. Z toho důvodu, jsou v mé diplomové práci, použity typické hodnoty pro výrobní proces dané složitosti a velikosti série.

Pro převod zahraničních cen položek je použit aktuální kurs 24,2 Kč za 1 €.

Tabulka č. 9 Vstupní hodnoty ekonomického zhodnocení

Velikost série	N	-	<b>500 000 ks</b>
Cena Technylu A20 V25	$T_t$	2,5 – 3,5 €/kg	<b>73 Kč·kg<sup>-1</sup></b>
Cena regenerátu	$T_R$	1,3 – 1,7 €/kg	<b>37 Kč·kg<sup>-1</sup></b>
Hmotnost 2 výstřiku a vtokové soustavy	$G_c$	-	<b>0,051 kg</b>
Celková doba vstřikovacího cyklu	$t_c$	-	<b>48 s = 1,33·10<sup>-2</sup> h</b>
Cena 1 mosazného zálisku	$Z_m$	-	<b>1,5 Kč</b>
Násobnost formy	$n_t$	-	<b>2</b>
Cena vstřikovací formy	$C_f$	400 000 – 600 000 Kč	<b>500 000 Kč</b>
Životnost formy	$Z_f$	-	<b>2 roky</b>
Cena stroje	A	62 000 – 70 000 €	<b>1600 000 Kč</b>
Příkon stroje	$P_s$	-	<b>18 kW</b>
Koeficient opotřebení stroje	$K_o$	-	<b>0,8</b>
Hrubá mzda obsluhy	$M_o$	120 – 150 Kč/h	<b>135 Kč/h</b>
Cena el. Energie	E	-	<b>3,5 Kč·kWh<sup>-1</sup></b>
Pronájem budovy	$P_b$	500 - 700 Kč/m <sup>2</sup> /rok	<b>600 Kč·m<sup>2</sup>·rok<sup>-1</sup></b>
Rozměry haly	$R_H$	-	<b>100 m<sup>2</sup></b>
Počet strojů v hale	P	-	<b>4</b>
Termín splnění dodávky	$\tau_p$	-	<b>4800 h</b>

a) Cena materiálu po přidání regenerátu

Do taveniny se přidává maximálně 20% regenerátu.

$$T_{mr} = 0,80 \cdot T_t + 0,20 \cdot T_R \quad (37)$$

$$T_{mr} = 0,80 \cdot 73 + 0,20 \cdot 37 = 65,8 \cong 66 \text{ Kč} \cdot \text{kg}^{-1}$$

b) Cena materiálu jednoho výstřiku

$$N_{m1} = \frac{G_c \cdot T_{mr}}{n_t} \quad (38)$$

$$N_{m1} = \frac{0,051 \cdot 66}{2} = 1,683 \text{ Kč}$$

c) Náklady na materiál celé série

$$N_m = N_{m1} \cdot N \quad (39)$$

$$N_m = 1,683 \cdot 500000 = 841500 \text{ Kč}$$

d) Požizovací cena záložků pro celou sérii

$$Z_c = Z_m \cdot N \cdot P_z \quad (40)$$

$$Z_c = 1,5 \cdot 500000 \cdot 5 = 3750000 \text{ Kč}$$

e) Celkový čas provozu stroje

$$t_s = \frac{N \cdot t_c}{n_t \cdot R \cdot 3600} \quad t_s = \frac{500000 \cdot 48}{2 \cdot 0,8 \cdot 3600} = 4167 \text{ h} \quad (41)$$

R – faktor využití času

f) Cena provozu jedné hodiny stroje

$$Ns_1 = \frac{P_s \cdot E}{K_o} \quad (42)$$

$$Ns_1 = \frac{18 \cdot 3,5}{0,8} = 78,75 \text{ Kč} \cdot \text{h}^{-1}$$

g) Náklady na provoz stroje po celou sérii

$$N_s = N_{s1} \cdot t_s \quad (43)$$

$$N_s = 78,75 \cdot 4167 = 328152 \text{ Kč}$$

h) Celková pořizovací cena formy

$$C_f = 500000 \text{ Kč}$$

i) Náklady na mzdu dělníka po celou sérii

$$M_c = M_o \cdot t_s \quad (44)$$

$$M_c = 135 \cdot 4167 = 562545 \text{ Kč}$$

j) Náklady na odpis stroje na jednu hodinu

Předpokládaný návrat nákladu investovaných do stroje je  $R_s = 7$  let.

Počet pracovních dní v roce  $P_d = 250$  dní, při 3 směnném provozu je to  $P_{\text{hod}} = 6000$  pracovních hodin.

$$O_s = \frac{A}{R_s \cdot P_{hod}} \quad (45)$$

$$O_s = \frac{1600000}{7 \cdot 6000} = 38,1 \text{ Kč}$$

k) Náklady na odpis stroje po výrobu celé série

$$O_s = \frac{A}{R_s \cdot P_{hod}} \cdot t_s \quad (46)$$

$$O_s = \frac{1600000}{7 \cdot 6000} \cdot 4167 = 158743 \text{ Kč}$$

l) Náklady na pronájem haly na jednu hodinu

$$N_{hl} = \frac{P_h \cdot R_h}{P_{hod} \cdot P} \quad (47)$$

$$N_{hl} = \frac{600 \cdot 100}{6000 \cdot 4} = 2,5 \text{ Kč}$$

m) Náklady na pronájem haly na celou sérii

$$N_h = \frac{P_h \cdot R_h}{P_{hod} \cdot P} \cdot t_s \quad (48)$$

$$N_h = \frac{600 \cdot 100}{6000 \cdot 4} \cdot 4167 = 10418 \text{ Kč}$$

n) Celkové náklady na výrobu celé série

$$N_C = N_m + Z_c + N_s + C_f + M_c + O_s + N_h \quad (49)$$

$$N_C = 841500 + 3750000 + 328152 + 500000 + 562545 + 158743 + 10418 = 6151358 \text{ Kč}$$

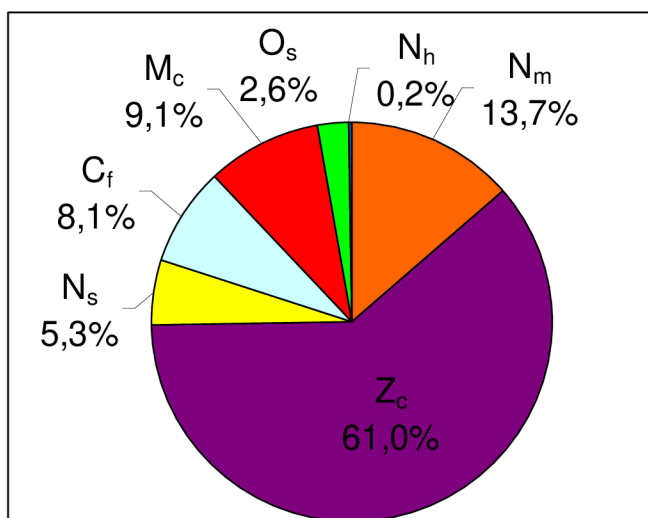
o) Výrobní cena jedné svorkovnice

$$N_{svk} = \frac{N_c}{N} \quad (50)$$

$$N_{svk} = \frac{6151358}{500000} = 12,3 \text{ Kč}$$

Pro kompletní ekonomické zhodnocení zadané problematiky, by bylo nutné do výrobních nákladů, započítat mzdu seřizovače, administrativního pracovníka a výrobní režie (např. osvětlení, vytápění, voda). Tyto hodnoty je však velmi problematické s předstihem stanovit. Z toho důvodu je ekonomické zhodnocení zjednodušené, jeho vypovídající hodnota by však měla být dostačující.

p) Vliv jednotlivých složek na celkovou výrobní cenu svorkovnice



Z<sub>c</sub> – pořizovací cena zálsků

N<sub>m</sub> – náklady na materiál pro celou sérii

M<sub>c</sub> – náklady na mzdu dělníka

C<sub>f</sub> – pořizovací cena vstřikovací formy

N<sub>s</sub> – náklady na provoz stroje

O<sub>s</sub> – náklady na odpis stroje

N<sub>h</sub> – náklady na pronájem haly

Celková výrobní cena svorkovnice je nejvíce ovlivněna pořizovací cenou mosazných kontaktů. Ekonomické zhodnocení je zaměřeno na vstřikovací proces, je ale zřejmé, že výslednou cenu svorkovnice lze výrazně snížit vhodným nákupem, nebo vhodným řešením výroby mosazných zálsků. Dalšími výraznými položkami jsou: náklady na materiál (Technyl A20 V25), náklady na mzdu dělníka a náklady na provoz stroje.

q) Variant u levnějšího materiálu

PA 66 + 20% regenerátu (Technyl A20 V25)	PA 6 + 20% regenerátu (Technyl C218 V30)
$T_{mr} = 0,80 \cdot T_t + 0,20 \cdot T_R$	$T_{mr2} = 0,80 \cdot T_{t2} + 0,20 \cdot T_{R2}$
$T_{mr} = 0,80 \cdot 73 + 0,20 \cdot 37 = 65,8 \approx 66 \text{ Kč} \cdot \text{kg}^{-1}$	$T_{mr2} = 0,80 \cdot 61 + 0,20 \cdot 30 = 64,8 \approx 55 \text{ Kč} \cdot \text{kg}^{-1}$
Cena materiálu jednoho výstřiku	Cena materiálu jednoho výstřiku
$N_{m1} = \frac{G_c \cdot T_{mr}}{n_t} \quad N_{m1} = \frac{0,051 \cdot 66}{2} = 1,683 \text{ Kč}$	$N_{m2} = \frac{G_c \cdot T_{mr2}}{n_t} \quad N_{m2} = \frac{0,051 \cdot 55}{2} = 1,403 \text{ Kč}$
Náklady na materiál celé série	Náklady na materiál celé série
$N_m = N_{m1} \cdot N$ $N_m = 1,683 \cdot 500000 = 841500 \text{ Kč}$	$N_m = N_{m2} \cdot N$ $N_{m22} = 1,403 \cdot 500000 = 701500 \text{ Kč}$

T<sub>mr</sub> – cena materiálu PA 66 + regenerát  
N<sub>m1</sub> – cena materiálu 1 výstřiku z PA 66  
N<sub>m</sub> – náklady na celou sérii z PA 66

T<sub>mr2</sub> – cena materiálu PA 6 + regenerát  
N<sub>m2</sub> – cena materiálu 1 výstřiku z PA 6  
N<sub>m</sub> – náklady na celou sérii z PA 66

Předpokládaná úspora při použití materiálu PA 6 je 140 000 Kč na celou sérii. Možnost konstrukce svorkovnice z levnější varianty materiálu by však vyžadovala podrobnější testování provozních a montážních podmínek. Výrobní cena jedné součásti by se následně pohybovala kolem 12 Kč za kus, místo původních 12,3 Kč.

r) Varianta s použitím robotnického systému

Náklady na mzdu obsluhy a náklady na provoz stroje je možné snížit použitím robotického systému. Vstřikovací cyklus se tak stane plně automatický, dojde ke zkrácení výrobního času a obsluha může mít na starosti více strojů.

Vzhledem k výrobci vstřikovacího stroje, bych pro vkládání zálisků, zvolil robotický systém Multilift od německé společnosti Arburg. Pořizovací cena tohoto zařízení se pohybuje kolem 1500 000 Kč.

Vzhledem k vysokým nákladům na pořízení tohoto zařízení, srovnatelných s nákladmi na zakoupení vstřikovacího stroje, není tato varianta příliš vhodná. Pro nákup robotického zařízení, by musely být známe dlouhodobé plány společnosti a jeho využití v budoucnu.



## 9. ZÁVĚRY

Jako nejvhodnější varianta řešení zadané součásti byla vybrána technologie vstřikování s kovovými zálisky. Pro tuto technologii jsem se rozhodl, z důvodu jednodušší konstrukce formy a snížení pracnosti, spojené z montáží kontaktů do hotového výstřiku. Při použití této metody mohou vlivem různé roztažnosti plastu a kovu vznikat trhliny. Z důvodu tohoto nebezpečí je tloušťka dílce v místě mosazných zálisků zesílena. Další nevýhoda u zvolené technologie, je problém z automatizací. S ohledem na velikost série volím poloautomatický vstřikovací cyklus s ruční obsluhou. V rámci zkrácení výrobního času byl navržen přípravek na vkládání 5 zálisků současně, jeho možná konstrukce je uvedena v kapitole 5.7. Kvůli většímu pohodlí a bezpečnosti obsluhy při ručním zakládání zálisků, bude vstřikovací cyklus probíhat na vertikálním vstřikovacím stroji Arburg Allrounder 375 V. Tento stroj byl zvolen z ohledem na výpočet předpokládaných vstřikovacích parametrů a rozměry vstřikovací formy.

Návrh vstřikovací formy je proveden z normálí společnosti Hasco. Jde o dvojnásobnou formu se studeným vtokovou soustavou a mechanickým vyhazováním. Vtokovou soustavu tvoří vtoková vložka Z50 a dvojice bočních vtoků. Hlavní části vstřikovací formy, které budou v kontaktu z taveninou, jsou zhotoveny z oceli 1.2312. Výkresová dokumentace navržené vstřikovací formy je přílohou této diplomové práce.

Materiál výstřiku je polyamid 66 plněný 25% skleněných vláken od společnosti Rhodia. Tento materiál vystupující pod technickým názvem Technyl A20 V25 je určen pro elektronické aplikace typu konektorů, vypínačů a svorkovnic.

Předpokládaná výrobní cena svorkovnice je podle výpočtů v ekonomickém zhodnocení 12,3 Kč. Velký vliv na tuto cenu má pořizovací cena mosazných kontaktů. Jedná z možností snížení výrobní ceny je volba levnějšího materiálu plastu např. PA 6 nebo PC. Další možnost snížení výrobní ceny součásti, je plně automatický cyklus s použitím robotnického zařízení. Pořizovací cena takové zařízení, je srovnatelná s cenou vstřikovacího stroje, tudíž by bylo nutné znát plány do budoucna a jeho využití v dalších zakázkách.

## Seznam použité literatury

1. *ARBURG* [online]. 2010 [cit. 2011-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.arburg.com/com/COM/de/index.jsp>>.
2. BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů : Vstřikování termoplastů*. Vyd.2. Brno: UNIPLAST Brno, 1999. 214 s.
3. *HASCO* [online]. 2010 [cit. 2011-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.hasco.com/>>.
4. Injection molding. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2011-05-14]. Dostupné z WWW: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Injection\\_molding](http://en.wikipedia.org/wiki/Injection_molding)>.
5. *JKZ Bučovice a.s. : Dodavatel nástrojových a konstrukčních ocelí* [online]. 1999 [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.jkz.cz>>.
6. KANDUS, Bohumil. *Technologie zpracování plastů : Podklady pro cvičení*. 2010.
7. LENFELD, Petr. *Katedra strojírenské technologie, FS, TU v Liberci : Katedra tváření kovů a plastů - Skripta* [online]. 2008 [cit. 2011-05-13]. Technologie II Zpracování plastů. Dostupné z WWW: <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/obsah\\_plasty.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/obsah_plasty.htm)>.
8. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2010 [cit. 2011-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/>>.
9. *Preciz::site* [online]. 2010 [cit. 2011-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.preciz.cz/>>.
10. *Rhodia Group - Specialty chemicals* [online]. 2010 [cit. 2011-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.rhodia.com/>>.
11. *SKD BOJKOVICE* [online]. 2010 [cit. 2011-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.skd-bojkovice.cz/cs/>>.
12. *Technik.iHNed.cz : Technické a technologické novinky pro výzkum, výrobu a trh* [online]. 2010 [cit. 2011-05-13]. Začalo století plastů. Dostupné z WWW: <[http://technik.ihned.cz/c4-10015300-11352820-800000\\_d-zacalo-stoleti-plastu](http://technik.ihned.cz/c4-10015300-11352820-800000_d-zacalo-stoleti-plastu)>.
13. *Ústav strojírenské technologie : Podklady pro cvičení* [online]. 2006 [cit. 2011-05-14]. Odbor technologie tváření kovů a plastů, ÚST, FSI VUT v Brně. Dostupné z WWW: <<http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni.htm>>.
14. ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů*. Vyd.1. Praha : BEN, 2009. 248 s. ISBN 978-80-7300-250-3.

## Seznam použitých symbolů a zkratk

Označení	Název	Jednotka
A	Cena vstřikovacího stroje	[Kč]
$A_{proj}$	Plocha průmětu do dělicí roviny	$[cm^2]$
$A_{proj1}$	Plocha průmětu 2 vstříků do dělicí rovin	$[cm^2]$
$A_{proj2}$	Plocha průmětu vtokové soustavy do dělicí rovin	$[cm^2]$
a	Šířka ústí vtoku	[mm]
$a_{eff}$	Měrná teplotní vodivost použitého plastu	$[mm^2 \cdot s^{-1}]$
$C_f$	Cena vstřikovací formy	[Kč]
$C_p$	Minimální plastikační kapacita	$[cm^3]$
$C_v$	Minimální vstřikovací kapacita	$[kg \cdot h^{-1}]$
D	Průměr rozváděcího kanálku	[mm]
$D_s$	Průměr šneku	[mm]
$d_1, d_2, d_3$	Rozměry vtokové vložky	[mm]
$d_v$	Průměr vyhazovacího kolíku	[mm]
E	Cena elektrické energie	$[Kč \cdot kWh^{-1}]$
$F_H$	Průřez vtokového kanálku	$[mm^2]$
$F_R$	Průřez rozváděcího kanálku	$[mm^2]$
$F_p$	Uzavírací síla vstřikovacího stroje	[kN]
f	Frekvence	[Hz]
G	Modul pružnosti ve smyku	$[N \cdot cm^{-2}]$
$\dot{G}$	Průchod materiálu ze stroje do formy	$[kg \cdot h^{-1}]$
I	Proud	[A]
K	Korekční součinitel	[-]
$K_1$	Korekční součinitel 1	[-]
$K_a$	Faktor navýšení objemu taveniny	[-]
$K_o$	Koeficient opotřebení stroje	[-]
k	Výška hlavy vtokové vložky	[mm]
$L_1, L_2$	Maximální výpočtové délky toku taveniny	[mm]
$L_c$	Délka toku taveniny	[mm]
$L_s$	Délka dráhy pohybu šneku	[mm]
$L_{s1}, L_{s2}$	Jednotlivé úseky délky toku taveniny	[mm]
l	Délka vtokové vložky	[mm]
$l_v$	Dálka vyhazovacího kolíku	[mm]
M	Odhad celkové hmotnosti	[g]
$M_c$	Náklady na mzdu dělníka po celou sérii	[Kč]
$M_o$	Hrubá mzda obsluhy	$[Kč \cdot h^{-1}]$
m	Koeficient rovnice délky toku taveniny	[-]
$m_1$	Hmotnost vstříku bez vtokového zbytku	[g]
N	Velikost série	[-]
$N_c$	Celkové náklady na výrobu celé série	[Kč]
$N_h$	Náklady na pronájem haly po celou sérii	[Kč]
$N_{h1}$	náklady na pronájem haly na 1hod	[Kč]
$N_m$	Náklady na materiál celé série z PA 66	[Kč]
$N_{m1}$	Cena materiálu jednoho vstříku z PA 66	[Kč]
$N_{m2}$	Cena materiálu jednoho vstříku z PA 6	[Kč]
$N_{m22}$	Náklady na materiál celé série z PA 6	[Kč]
$N_s$	Náklady na provoz stroje po celou sérii	[Kč]

$N_{s1}$	Cena provozu 1h stroje	[Kč]
$N_{svk}$	Výrobní cena jedné svorkovnice	[Kč]
$n$	Exponent rovnice délky toku taveniny	[-]
$n_s$	Otáčky šneku vstřikovacího stroje	[ot·min <sup>-1</sup> ]
$n_t$	Násobnost formy	[-]
$O_s$	Náklady na odpis stroje	[Kč]
$P$	Počet strojů v hale	[-]
PA 6	Polyamid 6	[-]
PA 66	Polyamid 66	[-]
PC	Polykarbonát	[-]
$P_d$	Počet pracovních dní v roce	[den]
$P_h$	Cena pronájmu budovy	[Kč·m <sup>-2</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]
$P_{hod}$	Počet pracovních hodin v roce	[h]
$P_s$	Příkon stroje	[kW]
$p_a$	Tvářecí tlak	[MPa]
$p_d$	Dotlak	[MPa]
$p_f$	Minimální vstřikovací tlak	[MPa]
$p_v$	Vstřikovací tlak	[MPa]
$p_z$	Zpětný tlak	[MPa]
$Q$	Vnesené teplo taveninou do formy	[kJ·h <sup>-1</sup> ]
$R$	faktor využití času	[-]
$R_h$	Rozměry haly	[m <sup>2</sup> ]
$R_s$	Předpokládaný návrat investice do stroje	[rok]
$s$	Tloušťka plastového dílce	[mm]
$s_r$	Vstupní rádius vtokové vložky	[°]
$s_R$	Redukovaná tloušťka dílce	[mm]
$T$	Teplota	[°C]
$T_E$	Střední vyhazovací teplota výstřiku	[°C]
$T_F$	Střední teplota líce tvarové dutiny formy	[°C]
$T_M$	Teplota taveniny plastu	[°C]
$T_R$	Cena regenerátu	[Kč·kg <sup>-1</sup> ]
$T_T$	Cena Technylu A20 V25	[Kč·kg <sup>-1</sup> ]
$T_f$	Teplota viskózního toku	[°C]
$T_g$	Teplota zesklnění	[°C]
$T_m$	Teplota tání	[°C]
$T_{mr}$	Cena materiálu PA 66 + 20% regenerátu	[Kč·kg <sup>-1</sup> ]
$T_{mr2}$	Cena materiálu PA 6 + 20% regenerátu	[Kč·kg <sup>-1</sup> ]
$T_z$	Teplota degradace	[°C]
$t$	Délka ústí vtoku	[mm]
$t_c$	Celková doba vstřikovacího cyklu	[s]
$t_k$	Doba chlazení	[s]
$t_v$	Doba vstřikování	[s]
$t_s$	Celkový čas provozu stroje	[h]
$t_1$	Doba uzavření formy	[s]
$t_2$	Doba přisunutí vstřikovací jednotky	[s]
$t_3$	Doba otevření formy a vyhození výstřiku	[s]
$t_4$	Doba prodlevy + vkládání zálisků	[s]
$U$	Napětí	[V]
$V$	Objem jednoho dílce	[cm <sup>3</sup> ]
$V_c$	Celkový objem 2 výstřiku a vtokové soustavy	[cm <sup>3</sup> ]

$V_d$	Velikost dávky	$[\text{cm}^3]$
$V_k$	Objem vtokové soustavy	$[\text{cm}^3]$
$v$	Maximální obvodová rychlost šneku	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$
$v_s$	Vstřikovací rychlost	$[\text{cm}^3\cdot\text{s}^{-1}]$
$y_c$	Celkový průhyb desky	$[\text{mm}]$
$y_h$	Průhyb desky ohybem	$[\text{mm}]$
$y_{sm}$	Průhyb desky smykem	$[\text{mm}]$
$Z_m$	Předpokládaná cena 1ks zálisku	$[\text{Kč}]$
$Z_{min}$	Zdvih vyhazovače	$[\text{mm}]$
$Z_c$	Požizovací cena zálisků pro celou sérii	$[\text{Kč}]$
$\Delta h$	Rozdíl entalpií plastu pro teploty $T_M$ a $T_E$	$[\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}]$
$\varepsilon$	Relativní prodloužení	$[\%]$
$\rho$	Hustota	$[\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}]$
$\sigma$	Mez pevnosti v tahu	$[\text{MPa}]$
$\tau_p$	Požadovaný termín dodání	$[\text{h}]$

## Seznam příloh

Příloha č. 1 – Materiálový list nástrojové oceli 1.1730	[5]
Příloha č. 2 – Materiálový list nástrojové oceli 1.2312	[5]
Příloha č. 3 – Volba rozměrů temperačního systému	[13]
Příloha č. 4 – Technické parametry stroje Allrounder 375 V	[1]
Příloha č. 5 – Tabulka materiálových hodnot vybraného plastu	[6]

## Seznam výkresů

Výkres č. SVK – 00 – 2011.....	SESTAVA FORMY
Výkres č. SVK – 01 – 2011.....	SVORKOVNICE
Výkres č. SVK – 02 – 2011.....	TVÁRNICE – DESKA
Výkres č. SVK – 03 – 2011.....	TVÁRNÍK – DESKA

# Nástrojová ocel 1.1730 [5]

Ocel nástrojová pro práce za studena W. Nr. 1.1730

**W. Nr.:** 1.1730

**DIN:** C45W

**ČSN:** 19 083

## Charakteristika

Uhlíková nástrojová ocel vyznačující se dostatečnou tvrdostí základné vrstvy, vysokou houževnatostí a velmi značnou necitlivostí na kalící trhliny. Dále se ocel vyznačuje dobrou tvárností za tepla a dobrou obrobiteľnosť v žíhaném stavu.

## Vhodnost použití

Pro zámečnické a montážní nářadí, na nástroje k obrábění dřeva, kalené součásti forem např. základové desky, pouzdra, sloupky, dorazy, pružící součástky a výrobky apod. Dále je ocel vhodná na zemědělské, kovářské a zednické nářadí.

## Chemické složení oceli W.Nr. 1.1730

Značka oceli	Chemické složení v %										Tvrdost ve stavu			
	C	Mn	Si	Cr	W	Mo	V	Ni max	Co	P max.	S max.	Žíh. na měkko HB max.	Zušlechťeném HRC min.	
DIN	0,40-0,5	0,60-0,8	0,15-0,4								0,035	0,035	190	57
C45W	0	0	0											
ČSN 19 083	0,40-0,5	0,60-0,8	0,15-0,4								0,035	0,035	190	56

## Tepelné zpracování oceli W.Nr. 1.1730

Způsob Kování	Teplota [°C]	Postup
	1050-800	Pomalou ochlazovat na klidném vzduchu nebo lépe např. v suchém popelu nebo v jiném tepelně izolačním materiálu
Žíhání normalizační	840-860	Ochlazovat na vzduchu
Žíhání na měkko	680-710	Několik hodin prohřát (podle velikosti předmětu), většinou stačí 4 hodiny a pomalu ochlazovat v peci
Žíhání ke snížení pnutí	600-650	1 až 2 hodiny prohřát a pomalu ochlazovat v peci
Kalení	ve vodě 790-820 v oleji 800-830	Velké a jednoduché předměty
Popouštění	180-300	Tenké průřezy tl. do 5 mm Ochlazovat na vzduchu nebo ve vodě, stupeň popouštění se řídí tvrdostí a houževnatostí nástroje dle popouštěcího diagramu

## Poznámka

- Průřezy tlustší než 5 mm při kalení do oleje mají základnou vrstvu nepravidelnou a jsou na povrchu měkčí.
- Po kalení do oleje se dosáhne tvrdosti asi 50 HRC.

## Tabulka popouštěcích hodnot v závislosti na tvrdosti

°C	100	200	300	350
HRC	58	55	48	44

# Nástrojová ocel 1.2312 [5]

Ocel nástrojová pro výrobu forem W. Nr. 1.2312

**W. Nr.:** 1.2312

**DIN:** 40CrMnMoS86

## Charakteristika

Chrom - mangan - molybdenová ocel ke kalení na vzduchu nebo v oleji s velmi dobrou prokalitelností a dobrou pevností za tepla. Je dobře tvárná za tepla a díky zvýšenému obsahu síry dobře obrobitelná jak ve stavu žíhaném na měkko, tak i ve stavu zušlechtěném. Ocel má dobrou leštitelnost, lze ji cementovat v lázni nebo plynu i nanášet tvrdochrom.

## Vhodnost použití

Nástroje pro zpracování umělých hmot jako jsou velké a střední formy, formovací rámy pro lití plastických hmot a kovů pod tlakem. Pro méně náročné nástroje možnost používat ocel ve zušlechtěném stavu na 950 až 1100 N/mm<sup>2</sup> bez již dalšího tepelného zpracování.

## Chemické složení oceli W.Nr. 1.2312

Značka oceli	Chemické složení v %										Tvrдость ve stavu			
	C	Mn	Si	Cr	W	Mo	V	Ni max	Co	P max.	S max.	Žíh. na měkko HB max.	Zušlechtěném HRC min.	
DIN	0,35-0,4	1,40-1,6	0,30-0,5	1,80-2,0		0,15-0,2					0,030	0,05-0,1	235	51
40CrMn MoS86	5	0	0	0		5						0		
ČSN není														

## Tepelné zpracování oceli W.Nr. 1.2312

Způsob Kování	Teplota [°C]	Postup
	850-1050	Pomalou ochlazovat v suchém popelu nebo silné průřezy v peci
Žíhání na měkko	760-780	Několik hodin prohřát (podle velikosti předmětu), většinou stačí 4 hodiny a pomalu ochlazovat v peci
Žíhání ke snížení pnutí	600-650	1 až 2 hodiny prohřát a pomalu ochlazovat v peci
Kalení	840-880	Ochlazovat v oleji nebo na vzduchu 180-220 °C
Popouštění	640-680	Ochlazovat na vzduchu, stupeň popouštění se řídí tvrdostí a houževnatostí nástroje dle popouštěcího diagramu

## Poznámka

Tabulka popouštěcích hodnot v závislosti na tvrdosti:

°C	100	200	300	400	500	600	700
HRC	51	50	48	46	42	36	28
N/mm <sup>2</sup>	1730	1670	1570	1480	1330	1140	920

## Graf



## Volba rozměrů temperačního systému

[13]

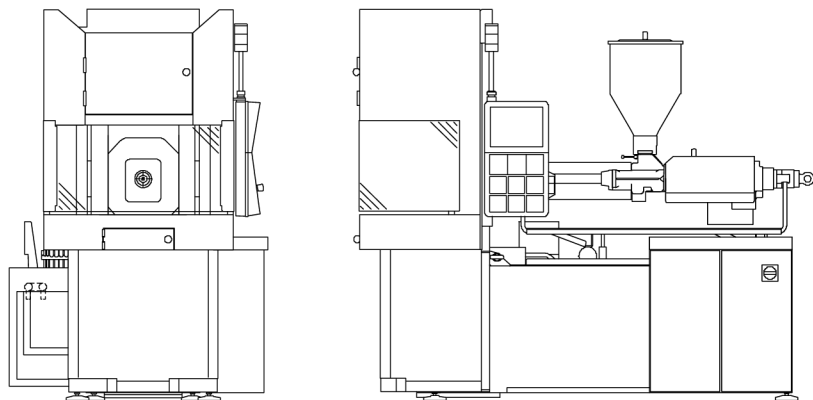
Průměr temperačního kanálku

výstřik [g] rám [mm]	1	3	5	8	10	15	20	30	50	100	200	300	500	800	
	1	3	5	8	10	15	20	30	50	100	200	300	500	800	1000
160x160	6	6	6	6	6										
160x230		6	8	8	8	8	8	8	8						
230x230		8	8	8	8	8	8	8	8	8					
230x300			8	8	8	8	8	8	8	8	10				
300x300			8	8	8	8	8	8	8	8	10	10			
300x370				8	8	8	8	8	8	8	10	10	10		
370x370				8	8	8	8	8	8	8	10	10	10	10	
370x440					8	8	8	8	8	8	10	10	10	12	12
440x440					8	8	8	8	8	10	10	12	12	12	12
440x510						8	8	8	10	10	10	12	12	12	12
510x510						8	8	8	10	10	10	12	12	12	12
510x650							8	8	10	10	12	12	12	12	12

Vzdálenost temperačních kanálků od dutiny formy

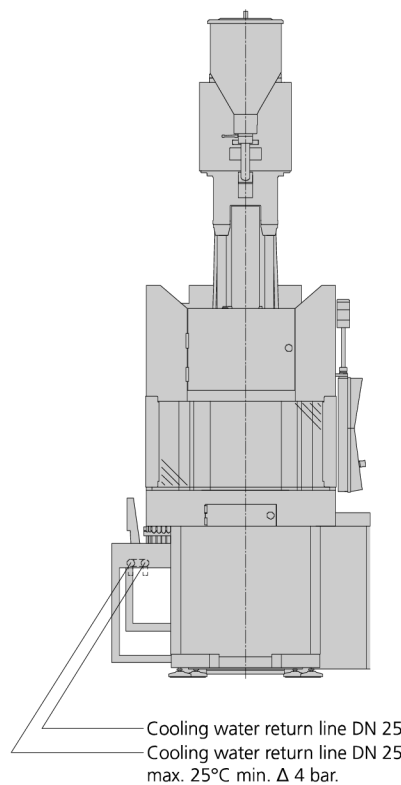
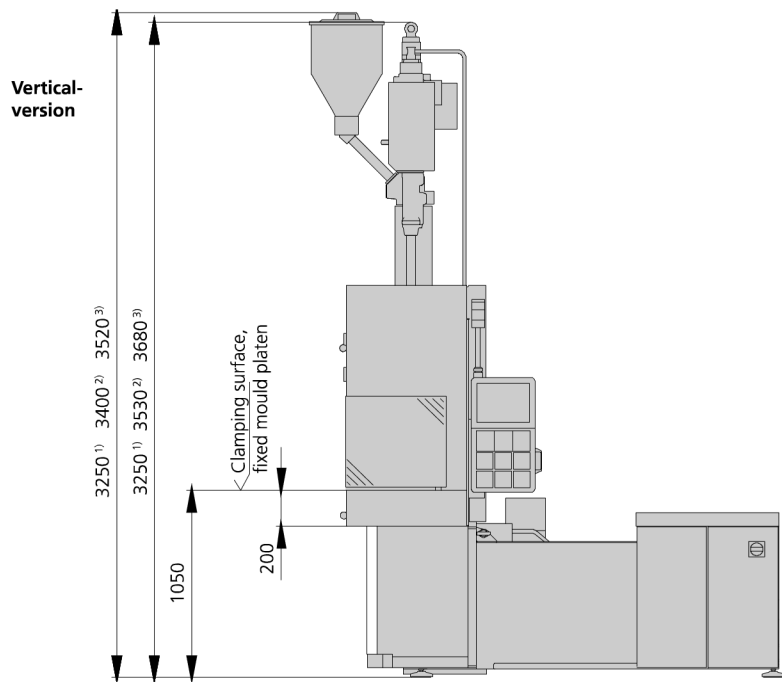
	$\phi d$ [mm]	6	8	10	12	14	16	18	20
	$s$ [mm]	4	6	8	12	15	20	25	30
	$t$ [mm]	10	14	17	20	24	27	30	34
	$b$ [mm]	4	5	7	8	10	11	12	14

## Technické parametry stroje Allrounder 375 V [1]

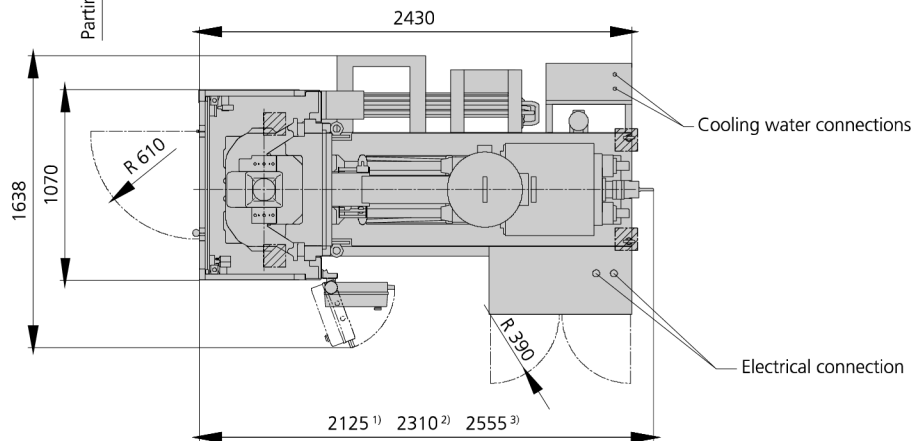
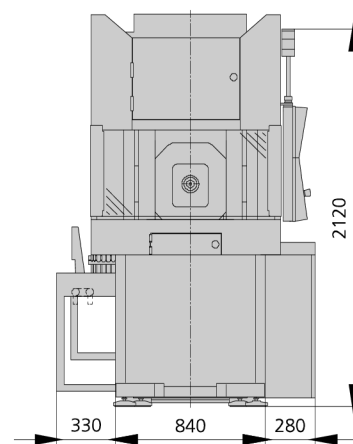
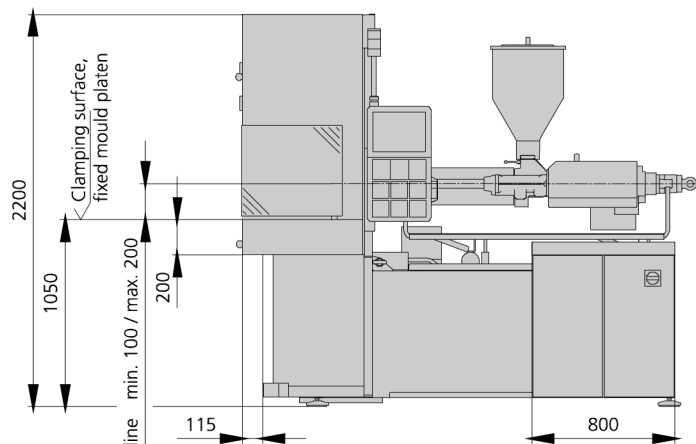
**ALLROUNDER 375 V**

Technical data

**Vertical free-space system****Clamping force: 500 kN****Injection unit (acc. to EUROMAP): 100, 170, 290****ARBURG**



**Horizontal version**



- 1) Dimensions for injection unit 100
- 2) Dimensions for injection unit 170
- 3) Dimensions for injection unit 290

Machine model		375 V	375 V	375 V
EUROMAP size indication <sup>1)</sup>		500-100	500-170	500-290
<b>Clamping unit</b>				
Clamping force	max. kN	500	500	500
Closing force	max. kN	40	40	40
Opening force	max. kN	35	35	35
Opening stroke	max. mm	250	250	250
Mould height	min. mm	200-300	200-300	200-300
Daylight	max. mm	450-550	450-550	450-550
Weight of mov. mould half <sup>6)</sup>	max. kg	230	230	230
Ejector force	max. kN	30	30	30
Ejector stroke	max. mm	70	70	70
<b>Hydraulics, drive, general</b>				
Drive power of the hydraulic pump	kW	11	11	11
Dry cycle time for opening stroke <sup>5)</sup>	s-mm	3,0-240	3,0-240	3,0-240
Total connected load <sup>2)</sup>	kW	18	22	20
Colour: plastic coated, structure light gray / mint green / canary yellow				
<b>Control cabinet</b>				
Safety standard according to		DIN EN 60204	DIN EN 60204	DIN EN 60204
Socket combination (1 single phase, 1 three-phase)		1 x 16 A	1 x 16 A	1 x 16 A
<b>Injection unit</b>		100	170	290
Screw diameter	mm	20 / 25 / 30	25 / 30 / 35	30 / 35 / 40
Effective screw length	L/D	25 / 20 / 16,7	24 / 20 / 17	23,3 / 20 / 17,5
Screw stroke	max. mm	100	120	150
Calculated injection volume	max. cm <sup>3</sup>	31 / 49 / 71	59 / 85 / 115	106 / 144 / 188
Shot weights	max. g PS	29 / 45 / 65	54 / 77 / 105	97 / 132 / 172
Material throughput <sup>4)</sup>	max. kg/h PS	5,5 / 8 / 9,5	10 / 13,5 / 16	17 / 20,5 / 24,5
	max. kg/h PA 6.6	2,8 / 4 / 4,9	5 / 7 / 8	8,5 / 10,5 / 12,5
Injection pressure <sup>3)</sup>	max. bar	2500 / 2000 / 1390	2500 / 2000 / 1470	2500 / 2000 / 1530
Injection flow <sup>3)</sup>	max. cm <sup>3</sup> /s	64 / 100 / 146	66 / 96 / 132	102 / 140 / 182
Back pressure positive/negative	max. bar	350 / 200	350 / 200	350 / 200
Circumferential screw speed	max. m/min	28 / 35 / 42	35 / 42 / 49	46 / 54 / 62
Screw torque	max. Nm	120 / 150 / 180	210 / 250 / 290	320 / 380 / 430
Nozzle contact force	max. kN	50	50	60
Nozzle retraction stroke	max. mm	180	210	240
Installed cylinder heating power / heating zones	kW	4,3 / 4	8,8 / 4	5,8 / 4
Installed nozzle heating power	kW	0,6	0,6	0,6
Material hopper capacity	l	25	25	25
<b>Machine dimensions and weights of the basic machine</b>				
Oil capacity	l	160	160	160
Net weight	kg	3300	3350	3400
Electrical connection <sup>2)</sup>	A	63	63	63

1) 1st figure: clamping force (kN), 2nd figure: max. dosage volume (cm<sup>3</sup>) x max. injection pressure (kbar)

2) Values refer to 400 V/50 Hz. The load is symmetrically distributed on three phases (observe phase loading when installing new equipment).

3) A combination of max. injection pressure and max injection flow (max. injection capacity) can be mutually exclusive, depending on the equipment-related motor output.

4) Deviations are possible depending upon process settings and material type

5) According to EUROMAP for basic machine.

6) Restriction only applies to vertical injection units

The shown specifications reflect the state at the time of printing. In the interest of a continuous development of our products, we reserve the right to modify specifications.

### Control system and control cabinet

- SELOGICA direct control system (touchscreen user interface for direct data access)
- Available in different languages
- Language change
- Operator authorisation via chip card
- Cycle sequence programming with symbols
- Cycle step display in sequence diagram
- Cycle time diagram
- Swivelling monitor unit, central on the operator's side, with colour monitor
- Process graphics for injection speed, screw stroke and injection pressure
- Quality assurance program with fault evaluation and monitoring chart
- Optimisation and user help, follow-up functions at program end, for freely programmable parameter pages, selectable units
- Modular control cabinet design with self-recognition of plug-in circuit board system
- Operating modes:
  - Set up
  - Freely programmed test run
  - Reconfiguration
  - Automatic purging and dosing
- Equipment for switchover to holding pressure via injection pressure, material pressure with different pressure transducers, or via external switch signal
- Data record management via Compact Flash
- Visual warning signal (warning lamp)
- Visual/audible warning signal (flashing light/siren)
- Printer interface for hard copy, data record and quality protocol
- Port for PC keyboard
- Interfaces for: plotter, robotic system in accordance with EUROMAP 67, host processor, AQC, ALLROUNDER@web, colouring unit, LSR dosing system, INJESTER, container change, THERMOLIFT, hot runner control unit and temperature control units for moulds and cylinder
- Socket combination 1 CEE, 1 Schuko 230 V
- Socket combination 1 CEE, 1 Schuko or 3 CEE, 3 Schuko 230 V with external supply line
- 1 additional electric heating regulation circuit for the nozzle
- Electric heating regulation circuits for moulds (adaptive) (3, 6); 10 A fuse for mould heating
- Fuses for mould heating 16 A
- 4 or 8 freely programmable inputs/outputs
- Core pull programs in many versions integrated in the SELOGICA control system
- Special processes such as compression injection moulding, mould venting, etc.
- Monitoring: Freely-programmable position monitoring

### Machine base and hydraulic system

- Free standing machine base on anti-vibration pads
- Guarding, down stroking, adjustable in the mould parting line
- Space for peripheral devices within floor space
- The hydraulic system operates with an energy-saving variable displacement pump and a servo valve for pressure and speed regulation
- Monitoring of oil level, oil temperature and oil filter contamination
- Fine mesh oil filter in the return line
- Mechanical regulation of hydraulic oil temperature
- Electronic regulation of hydraulic oil temperature. Display and monitoring via screen
- Hydraulic oil preheating program to reduce start-up time
- Manually adjustable, machine-related cooling water circuits with 2 free mould connections
- Programmable, mould-related cooling water circuits
- 4 free cooling water circuits, manually adjustable
- 1 or 2 central shut-off valves for cooling water (supply and/or return)

### Clamping unit

- Clamping unit with free-space system
- Centrally applied, fully hydraulic clamping system. Fixed mould platen positioned at the bottom

- Movement profiles for the mould clamping unit are programmable and regulated. They are serially driven using energy-saving one-circuit pump technology (Technology stage 1)
- Closing and opening profiles are 4-stage programmable
- Intermediate stop possible when closing and opening
- Regulated hydraulic mould protection with monitoring of mould protection time. Follow-up functions: Open or stop after 1 or 2 activations of mould protection
- Extended mould protection (e.g. for spring moulds). Freely-programmable start and end
- Automatic ramp course during switchover to a lower speed and during stopping of machine movements
- Hydraulic ejector integrated into the clamping system
- Hydraulic ejector: Forces and speeds, multiple stroke (up to 10) and ejector advanced at end of cycle are programmable
- Mould monitoring via plate safety mechanism
- Hydraulic core pulls with rapid connect couplings, connections to hydraulic manifold
- Hydraulic core pull movement profiles programmable and regulated
- Core hold on pressure manually adjustable
- Programmable core hold on pressure

- Power-operated safety gate
- Mould blow unit with pressure relief valve
- Mechanical mould closing protection
- Rotary table with servo-electric rotary drive

## Injection unit

- Modular injection unit as complete assembly group
- vertical injection unit
- Device for horizontal injection into the parting line
- Injection unit lifting device for parting line injection
- Plasticising module with universal screw, central coupling and adaptive temperature regulation, available in different diameters
- Thermoplastic cylinder with universal screw in wear resistant execution
- Thermoplastic cylinder, in highly wear resistant version
- Plasticising module for processing thermoset, elastomer and silicone materials
- Thermoplastic screws for special applications, e.g. self-dyeing (mixing section), PVC (shear-sensitive), POM, PA (semi-crystalline)
- Programmable nozzle speeds (advance 2, retract 1 stage) and advance and retract delay
- Monitored nozzle contact
- Continuous nozzle contact possible during the entire cycle
- Programmable nozzle contact force

- Regulated injection speed profile, 5-stage programmable with injection delay
- Position-regulated screw (forced movement of injection axis)
- Injection process control with external sensor
- Measurement, display and monitoring of the injection time, switchover volume and switchover pressure
- Switch over to holding pressure as a volume or time dependent function
- Material cushion monitoring
- Holding pressure profile regulated via polygon with 10 base points
- Programmable delay times for all movements
- Screw circumferential speed display
- Positive and negative programmable back pressure
- Dosage time display with programmable dosage time monitoring
- Dosage possible before or after nozzle retraction
- Material decompression with programmable decompression speed, before and after dosage
- Dosage with electro-mechanical servo drive, energy-saving
- Nozzle contact force relief for continuous nozzle contact
- Open nozzle with screw-in tip
- Needle type shut off nozzle, spring force actuated

- Needle type shut off nozzle, hydraulically actuated
- Zone-dependent monitoring of heating circuits for continuity, short circuit and defective sensors
- Temperature monitoring with release tolerance range and zone-dependent monitoring tolerance
- Automatic temperature reduction can be selected in case of fault or after automatic switch off
- 25 litre corrosion-proof stainless steel material hopper movable to shut off and discharge position
- Granulate feed zone temperature programmable and regulated with monitoring

## Extended functions

- Extended monitoring of the mechanical mould and machine sequence for complex applications
- Extended machine movements: Increase in the number of movement stages, intermediate stop functions and extended locking force program
- Production control with nominal temperature value control, programmable alarm cycles, programmable switch-on/switch-off sequences as well as time-controlled automatic switch-on/off in second programming level for follow-up batch

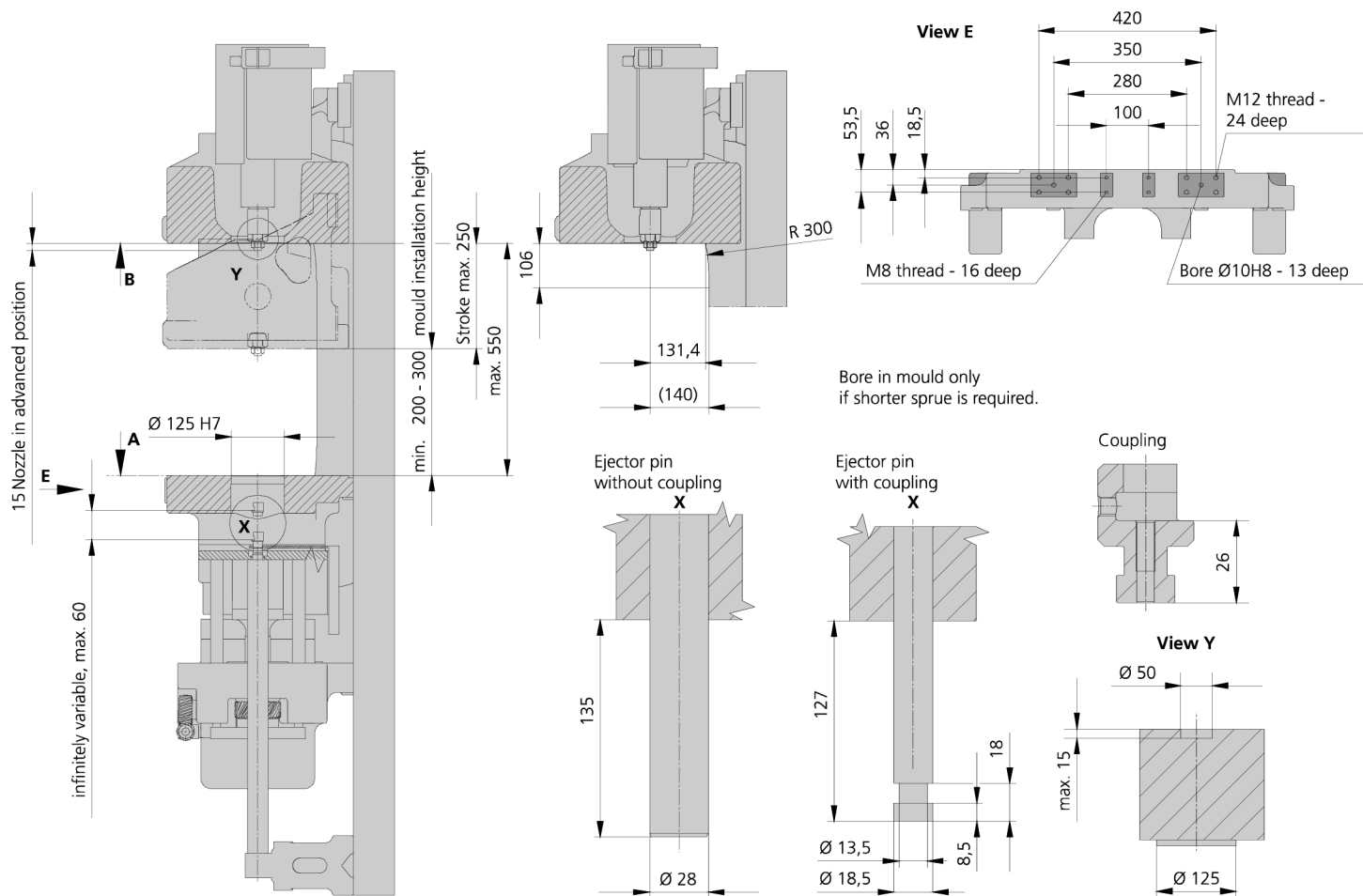
## Regulated parameters

- Control cabinet temperature
- Hydraulic oil temperature
- Plasticising cylinder temperature (adaptive)
- Screw rotation speed
- Injection flow or injection speed
- Holding pressure
- Movements and force of mould, nozzle and ejector
- Ramp course for movement of mould, ejector and nozzle to end position
- Back pressure
- Electrical mould heating circuits (adaptive)
- Mould cooling circuits
- Internal cavity pressure or screw chamber pressure (external sensor)
- Screw position
- Granulate feed zone temperature

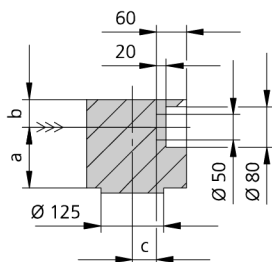
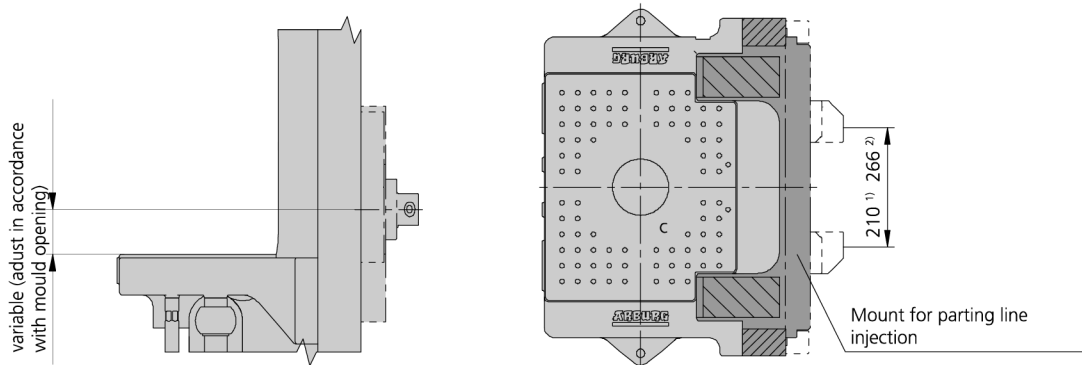
## Robotic systems

- MULTILIFT V: versatile robotic system with three servo-electrically driven axes
- Six-axis robotic system with SELOGICA user interface: Fully integrated, flexible part management

- Basic machine
- Options



Mould installation dimensions for parting line injection



Injection positions	with hydraulic nozzle	
a min.	100	100
a max.	200	200
b min.	100	100
c min.	98	76

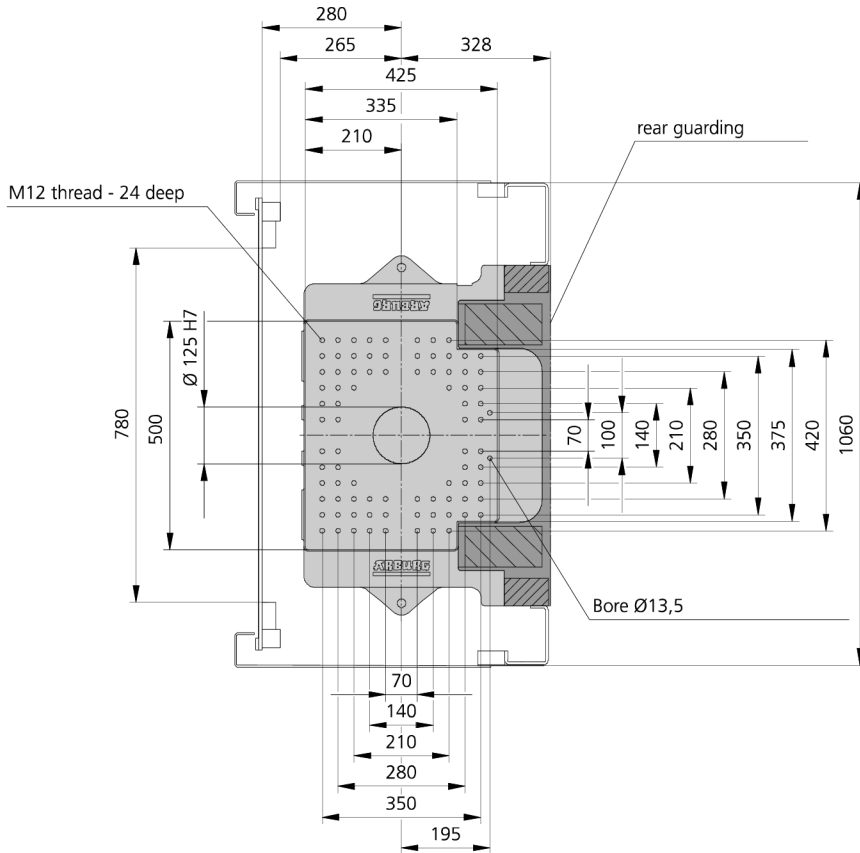
Bore in mould only if shorter sprue is required. Dimensions in conjunction with hydraulic nozzle upon request

1) Dimensions for injection unit 100  
2) Dimensions for injection unit 170 and 290

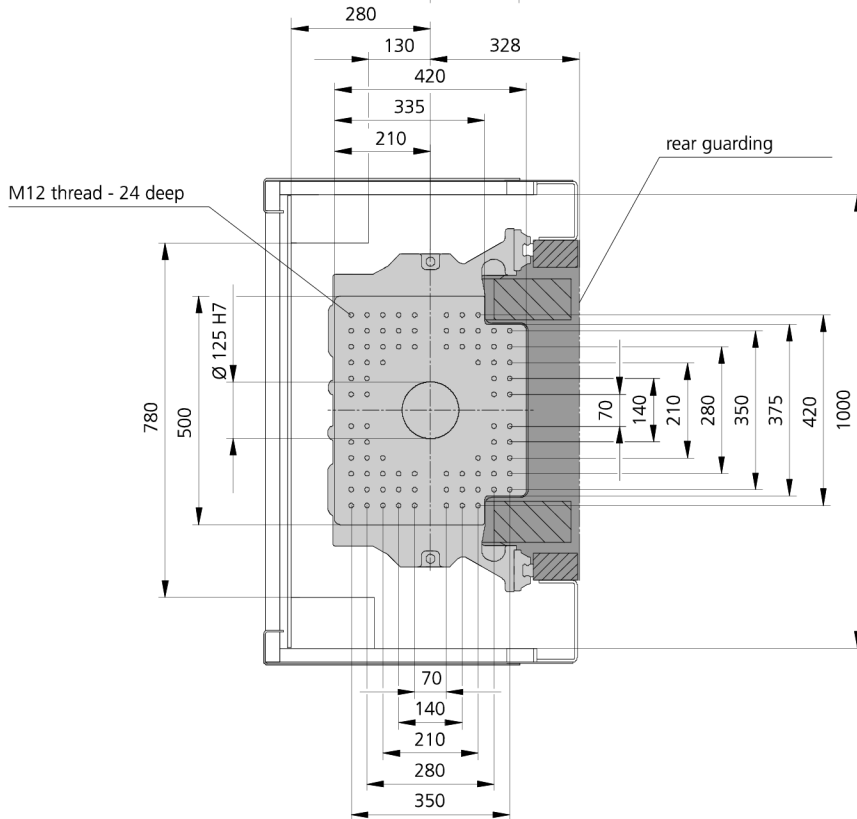
# Mould and platen layout

375 V

Fixed platen  
View A



Movable platen  
View B





Maximum theoretical shot weights for the most important injection moulding materials (in grams)										
Injection units according to EUROMAP		100			170			290		
Screw diameter	mm	20	25	30	25	30	35	30	35	40
Polystyrene	PS	29	45	65	54	77	105	97	132	172
Styrene heteropolymerizates	SB	28	44	63	53	76	103	95	129	168
	SAN, ABS <sup>1)</sup>	27	43	62	52	74	101	93	126	165
Cellulose acetate	CA <sup>1)</sup>	32	50	73	61	87	119	109	148	194
Celluloseacetobutyrate	CAB <sup>1)</sup>	30	47	68	56	81	110	101	138	180
Polymethyl methacrylate	PMMA	30	46	67	56	80	109	100	136	178
Polyphenylene ether, mod.	PPE	27	42	60	50	72	98	90	122	160
Polycarbonate	PC	30	47	68	57	81	111	102	139	181
Polysulphone	PSU	31	49	70	58	84	115	105	143	187
Polyamides	PA 6.6, PA 6 <sup>1)</sup>	28	44	64	53	77	104	96	131	171
	PA 6.10, PA 11 <sup>1)</sup>	26	41	60	50	72	98	90	122	160
Polyoximethylene (Polyacetal)	POM	35	55	80	66	96	130	120	163	213
Polyethylene terephthalate	PET	34	53	77	64	92	126	115	157	205
Polyethylene	PE-LD	22	34	49	41	59	80	73	100	130
	PE-HD	22	35	50	42	60	82	76	103	134
Polypropylene	PP	23	36	51	43	62	84	77	105	137
Fluoropolymerides	FEP, PFA, PCTFE <sup>1)</sup>	46	72	103	86	124	169	155	211	276
	ETFE	40	63	91	76	109	148	136	185	242
Polyvinyl chloride	PVC-U	35	54	78	65	94	127	117	159	208
	PVC-P <sup>1)</sup>	32	50	72	60	87	118	108	147	192

1) average value

#### ARBURG GmbH + Co KG

Postfach 11 09 · 72286 Lossburg · Tel.: +49(0)7446 33-0 · Fax: +49(0)7446 33-3365 · www.arburg.com · e-mail: contact@arburg.com

**With locations in | Europe:** Germany, Belgium, Denmark, France, United Kingdom, Italy, Netherlands, Austria, Poland, Switzerland, Slovakia,

Spain, Czech Republic, Turkey, Hungary | **Asia:** People's Republic of China, Indonesia, Malaysia, Singapore, Thailand, United Arab Emirates | **America:** Brazil, Mexico, USA

For more information, please go to [www.arburg.com](http://www.arburg.com).

© 2010 ARBURG GmbH + Co KG

The brochure is protected by copyright. Any utilisation, which is not expressly permitted under copyright legislation, requires the previous approval of ARBURG.

All data and technical information have been compiled with great care. However, we are unable to guarantee its correctness. Individual illustrations and information may deviate from the actual delivery condition of the machine. The relevant valid operating instructions are applicable for the installation and operation of the machine.



**ARBURG GmbH + Co KG Quality:**

DIN EN ISO 9001 + 14001 certified

Tabulka materiálových hodnot vybraného plastu [6]  
Pa 66 GF

Název	Jednotka	Označení	Hodnota
Pojivo a jeho podíl	%	-	25
Struktura	-	-	K
Hustota	$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	$\rho$	1,29
Teplota měknutí dle Vicata	$^{\circ}\text{C}$	-	250
Viskozita při smykové rychlosti $1000\text{ s}^{-1}$ při teplotě taveniny $290\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\text{Pa}\cdot\text{s}$	$\eta$	124
Faktor schopnosti tečení	$\text{bar}\cdot\text{mm}^{-1}$	$K_f$	1,7
Koeficient rovnice dráhy toku	-	m	120
Exponent rovnice dráhy toku	-	n	1,77
Teplota materiálu	$^{\circ}\text{C}$	$T_M$	290
Teplota formy	$^{\circ}\text{C}$	$T_F$	90
Teplota doformování	$^{\circ}\text{C}$	$T_E$	120
Max. obvodová rychlost šneku	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	v	0,6
Faktor navýšení objemu taveniny	$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	$K_a$	1,23
Efektivní teplotní vodivost	$\text{mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$	$a_{\text{eff}}$	0,088
Rozdíl entalpií	$\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\Delta h$	550
Vstřikovací tlak	bar	$p_v$	450-1550
Dotlak	bar	$P_d$	550-1050
Zpětný tlak	bar	$P_d$	40-80