

# TEHNOLOŠKA PRIPRAVA NA BRIZGANJA

Andrej Glojek

Celje, 2008

BRIZGANJE

1/32

## *Tehnološka priprava na postopek brizganja*

- 1. PRIPRAVA MATERIALA**
  - SKLADIŠČENJE MATERIALA
  - SUŠENJE
  - MLETJE
  - BARVANJE
  - OZNAČEVANJE
  - TRANSPORT
- 2. PRIPRAVA ORODJA ZA PROIZVODNO DELO**
  - TEMPERATURA ORODJA
  - TOGOST ORODJA ...
- 3. PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO**
  - ČIŠČENJE PLASTIFIKATORJA
  - PARAMETRI BRIZGANJA
    - VELIKOST STROJA
    - SILA ZAPIRANJA
    - PREMER POLŽA
    - TEMPERATURA TALINE
    - TLAK BRIZGANJA
    - HITROST BRIZGANJA
    - NAKNADNI TLAK, ČAS NAKNADNEGA TLAKA
    - PROTITLAK, ŠTEVILO VRTLJAJEV POLŽA, HOD POLŽA
    - ČAS HLAJENJA
    - ČAS CIKLA ...
- 4. PRERAČUN**

BRIZGANJE

2/32

## 1) PRIPRAVA MATERIALA

Priprava materiala predstavlja: manipulacijo z originalnim materialom, mletim materialom ter odvrženimi plastičnimi polizdelki. Vplivnih parametrov priprave materiala na kvaliteto izdelka je veliko, možnih napak zaradi nepravilne priprave pa tudi.

### SKLADIŠČENJE MATERIALA

Skladišče mora biti suho, da se material, ki je dalj časa izven uporabe, ne navlaži. Najbolje je, da je locirano v notranjosti proizvodnega prostora in je s tem suhost zagotovljena. Kljub temu obstaja možnost, da se s časoma navlaži in ga moramo pred predelavo posušiti. Veliko možnosti je, da je že ob prispetju navlažen. Zato je vpeljana praksa, da ves material pred predelavo sušimo (razen nekaterih, kar je v navodilih določeno, PE, PP).



### SUŠENJE (v omarah, silusih)

Večino plastičnih mas lahko predelujemo le, če so popolnoma suhe. Zato jih pred predelavo sušimo. Pri tem veljajo nekatera splošna pravila za sušenje, ki jih dobimo od proizvajalca materiala.



Parametri sušenja:

- temperatura
- čas
- količina zraka
- temperatura rosišča

BRIZGANJE

3/32

## 1) PRIPRAVA MATERIALA - mletje

Mlet material pridobivamo z mletjem plastičnih polizdelkov, ki jih v proizvodnem procesu izločamo kot izmet.

### a) Mletje ob stroju

Ti mlini so zelo tihi, z nizkimi vrtljaji in režejo material brez nastajanja prahu.

### b) Centralno mletje

V prostoru za centralno mletje se zbirajo izmetni izdelki iz vseh proizvodnih oddelkov. Pred mletjem se izdelki kot že rečeno izsekujejo, žagajo, sortirajo ter nato meljejo. Najbolje je, da se za določene materiale uporablja vedno isti mlin. Pri prehodu iz enega materiala na drug material se mora mlin dobro očistiti, da se naslednji material ne onesnaži z ostanki predhodnega materiala.



### Uporabnost mletega materiala

Mlet material je v večini primerov popolnoma uporaben material in se ga pri neproblematičnih izdelkih in materialih lahko uporablja 100%. Na splošno velja, da ga lahko k originalnemu materialu dodajamo 10 do 20 % ne da bi pri tem trpele lastnosti izdelka. Problem regenerata je v glavnem onesnaženje s tujimi primesmi, ki včasih popolnoma onemogočijo uporabo le-tega

### SEPARIRANJE

Separiranje je izločanje metalnih delcev, ki so v mlemem materialu ne glede na to, ali so magnetni ali nemagnetni. (iz mlina v separator, separator v sušilnici material, separator je nameščen direktno na stroju)

BRIZGANJE

4/32

## 1) PRIPRAVA MATERIALA

### BARVANJE

Pri tem postopku gre za dodajanje barvila plastičnemu granulatu, ali mletemu materialu, da dobimo zeleno barvo izdelka. Barvila so zelo različna. Lahko so v obliki granulata ("masterbatch"), drobnih zrnč velikosti pšeničnega zdroba ("Holcobatch"), finega prahu, lahko so tekoča ali v obliki paste.

Doziranje: 1 do 3% za "masterbatch"

0,1 do 0,5% za "holcobatch"

Poznamo ročno barvanje in barvanje z dozirnimi napravami.

### OZNAČEVANJE MATERIALA

V celotnem proizvodnem procesu priprave materiala mora biti zagotovljena sledljivost materiala (v sušilnici, oddelek predelave (na stroju), oddelek za mletje).

### TRANSPORT MATERIALA

Transport, ki se vrši med sušilnico materiala in posameznimi stroji za brizganje (ročni, pnevmacki).



BRIZGANJE

5/32

## 2) PRIPRAVA ORODJA ZA PROIZVODNO DELO

Pred-preizkus (v orodjarni)

- Uravnoteženost orodja
- Delovanje temperirnega (hladilnega) sistema
  - tesnost
  - testni pretok
- Delovanje grelcev vročekanalnega sistema
- Pri vročekanalnega šobah s pnevmatsko igelno zaporo preverimo gibanje
- Pri hidravliki preverimo gibanje in pravilnost vezave končnih stikal

BRIZGANJE

6/32

## 2) PRIPRAVA ORODJA ZA PROIZVODNO DELO

Pri orodjih periodično preverjamo stanje ter dajemo predloge za izvedbo popravil glede na pričakovano funkcionalnost in efikasnost orodja.

Posebna pozornost naj velja sledečim elementom:

- temperaturna regulacija in nadzor temperatur v orodju
- hladilni tokokrogi: učinkovitost in enakomernost hlajenja, ustreznost hitrih priključkov in cevi
- toplotanaini sistem: preverjanje učinkovitosti in enakomernosti delovanja

Funkcionalnost orodja mora biti v analizi razvidna glede na:

- avtomatsko delo brez posluževanja (prosto padanje v zaboj)
- avtomatsko delo s posluževanjem (ena delavec - 1 stroj; ena delavec - 2 stroja)
- polavtomatsko delo

Iz analize naj bo razvidno za kakšno funkcionalno popravilo kalupa gre:

- dodelava v manjšem obsegu za izboljšanje funkcionalnosti
- izdelava novega kalupa zaradi iztrošenosti starega
- izdelava dvojnika zaradi rizičnosti
- opremljanje kalupa za specialne funkcije (hitro vpenjanje kalupa z vsemi energetskimi priključki; regulacija in nadzor temperature v kalupu; nadzor tlak v kalupu ...)

Dokumenti orodja:

- seznama zahtevane dokumentacije (potrebna tehnološka dokumentacija za orodje)
- zapisnika o pregledu orodja (kakšno opremo ima orodje)
- tehnološki list orodja (priprava orodja za tehnološko delo)

## 2) PRIPRAVA ORODJA ZA PROIZVODNO DELO

### VPLIVI ORODJA IN NJEGOVE PRIPRAVE NA KVALITETO IZDELKA

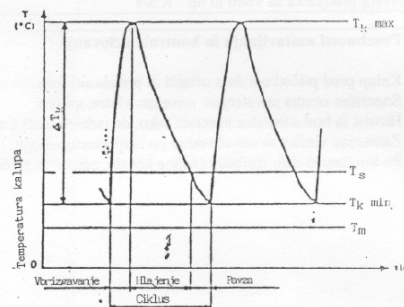
#### TEMPERATURA ORODJA

Temperatura orodja vpliva v veliki meri na izgled površine izdelka na pogoje razkalupljenja izdelka in na splošne pogoje brizganja. Za doseganje dobre kvalitete izdelka mora biti zagotovljena zelo enakomerna temperatura orodja. Nihanje dejanske temperature orodja pri tehničnih izdelkih ne sme biti večje od +/- 1 do 2 °C. To pomeni, da mora imeti temperirna naprava zadostno hladilno in grelno moč.

Temperatura na sami površini kalupne votline se močno spreminja (v dotiku z maso od 5 do 20°C) ob vsakem novem ciklusu brizganja – slika.

Orodje je pravilno temperirano, če se vsa mesta na izdelku ohladijo enakomerno in v istem času. Pravilno temperiranje kalupa nam pomaga pri odpravljanju notranjih napetosti in drugih napak v izdelku, ki so posledica sprememb nekaterih parametrov zaradi spremembe temperature orodja.

V praksi razlikujemo dva načina temperiranja: na osnovi temperature medija in na osnovi temperature orodja.



$T_{kmax}$  - Max. temperatura kalupa  
 $T_{kmin}$  - Min. temperatura kalupa  
 $T_s$  - Temperatura snemanja - izmetavanje  
 $T_m$  - Temperatura medija

### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO

#### IZBIRA STROJA

##### ➤ Zapiralna enota

- Zapiralna sila
- Razdalja med vodili (širina, višina)
- Min/max debelina orodja
- Hod odpiranja

##### ➤ Brizgalna enota

- Premer polža in geometrija
- Volumen brizga
- Tlak brizga

##### ➤ Dodatna oprema

- Stranska jedra
- Sklopka za izmetavanje
- Vročekanalni priključki
- Vročna šoba z igelno zaporo
- Hidravlični priključki
- Pnevmatški priključki
- Konektorji

### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO

Povečana stopnja avtomatizacije je osnovna zahteva pri projektiranju novih tehnoloških procesov - stroji s programskimi možnostmi jo omogočajo. Avtomatiziranost omogoča nerizično obratovanje v treh izmenah.

#### **Neprekinjeno delo nudi veliko pozitivnih učinkov:**

- dobro izkoriščenost dragih strojnih kapacitet,
- lažje doseganje večje kvalitete izdelkov in
- manjšo porabo dragih plastičnih materialov zaradi manjšega števila zagonov.

Za pravilno vodenje procesa brizganja je potrebno dobro poznavanje vseh nastavitvenih parametrov stroja in njihovih vplivov na končne lastnosti izdelka, kot so: izgled površine, fizikalne lastnosti, dimenzije itd.

Poznavanje vplivov posameznih nastavitvenih parametrov je tako važno, kot poznavanje samega delovanja stroja in njegovih programov. pri tem se moramo zavedati, da programiranje in nastavljanje stroja ne more biti uspešno, če niso izpolnjeni osnovni pogoji za normalno proizvodno delo in sicer:

- da je material pravilno izbran in pravilno pripravljen
- da je orodje izdelano upoštevajoč značilnosti določenega materiala
- da so nastavitveni parametri izbrani tako, da so v območju priporočil proizvajalca materiala
- da je dosežena taka medsebojna usklajenost nastavitvenih parametrov, da dobimo optimalen izdelek

Poleg pravilne nastavitve stroja in ureditve delovnega mesta okoli stroja je zelo pomembna tudi priprava in očiščenje cilindra za plastificiranje.

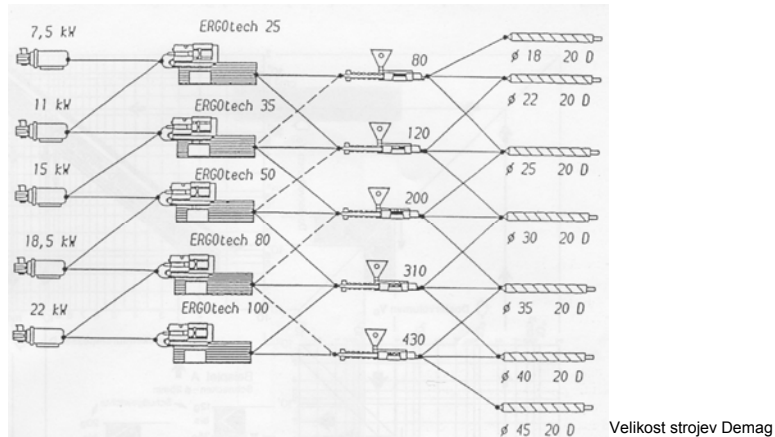
Že najmanjša onesnaženost cilindra se odrazi na površini izdelka v obliki lepnotnih površinskih napak, zaradi katerih gredo izdelki v izmet.

### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO – parametri brizganja

#### VELIKOST STROJA

Velikost stroja se določa glede na velikost orodja ter težo in velikost izdelka.

Velikost stroja je izražena z zapiralno silo in velikostjo brizgalne enote, ki je predstavljena s premerom polža D. Med obema enotama obstaja določena korelacija, pri čemer je za naročnika stroja zelo pomembno, da ima za določeno velikost zapiralne sile na voljo več velikosti brizgalnih enot, katerih vsaka ima običajno po tri velikosti plastificiranih cilindrov oz premerov polža s pripadajočima volumnom in tlakom brizganja. Tlak brizganja je pogojen z vrsto materiala in geometrijo izdelka. S tem lahko velikost stroja optimalno prilagodimo konkretnemu izdelku.



BRIZGANJE

11/32

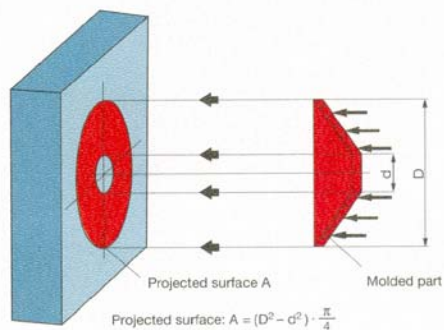
### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO – parametri brizganja

#### ZAPIRALNA SILA

Potrebna sila zapiranja je produkt projicirane površine izdelka in povprečnega tlaka v orodju.

$$\text{ZAPIRALNA SILA} \geq \text{SILE ODPIRANJA ORODJA (kN)} = (\text{projekcijska površina (cm}^2\text{)} \times \text{povprečen tlak v orodni votlini (bar)}) / 100$$

Na zapiralno silo poleg dveh faktorjev v enačbi vplivajo še togost stroja in orodja, oblika izdelka, dovoljeno dihanje - razpiranje, procesni parametri in material.



$$\text{Projected surface: } A = (D^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4}$$

BRIZGANJE

12/32

### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO – parametri brizganja

#### ZAPIRALNA SILA

Potrebna sila zapiranja je produkt projicirane površine izdelka in povprečnega tlaka v orodju.

Kot primer navajamo povprečne tlake v orodju v barih za naslednje Bayerjeve materiale (Izkustvene vrednosti v tabeli so samo priporočila) :

TRGOVSKO IME	OZNAKA	TLAK (bar)	TRGOVSKO IME	OZNAKA	TLAK (bar)
Novodur	ABS	250 do 350	Durethan	PA	250 DO 700*
Makrolon	PC	300 do 500	Pocan	PBT	250 DO 700*
Apec-HT	HT	300 do 500	Desmopan	TPU	300 DO 700*
Bayblend	PC+ABS	<u>250 do 500</u>	Lustran	SAN	250 do 350

\*Opomba: za lahkotekoče materiale se jemlje večja vrednost zaradi preprečitve prelitja

Večja sila zapiranja pomeni:

- ukrep proti prelitju
- ukrep proti pojavu tenkih razpok

Manjša sila zapiranja pomeni:

- boljše zračenje orodja v trenutku polnjenja z maso
- manjša obraba stroja,
- manjša poraba energije

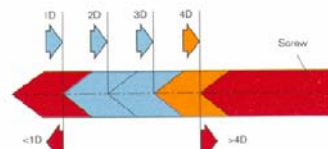
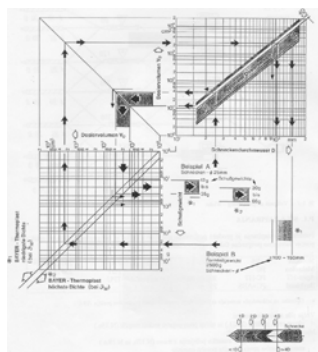
### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO – parametri brizganja

#### PREMER POLŽA

S premerom polža lahko vplivamo na:

- razpoložljivi tlak brizganja (manjši je premer, večji je razpoložljivi tlak)
- razpoložljivi volumen brizganja (manjši je premer, manjši je razpoložljivi volumen brizganja)
- čas zadrževanja mase v cilindru (manjši je premer, krajši je čas zadrževanja mase v cilindru)
- obodna hitrost polža (manjši je premer, manjša je obodna hitrost polža)

Pomembna je tudi korelacija med dozirnim volumnom (hodom polža) oziroma težo izdelka ter premerom polža. Premer izbiramo glede na volumen doziranja tako, da smo znotraj optimalnega hoda doziranja 1D do 3D. Premer polža določimo s pomočjo naslednjega nomograma:

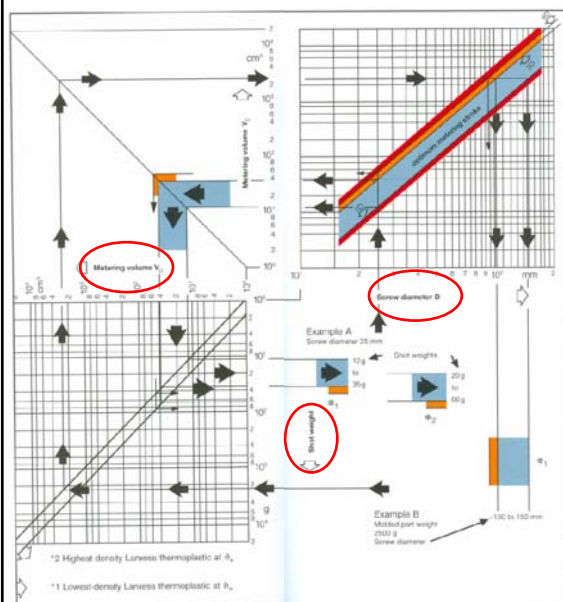


V primeru A izhajamo iz obstoječega premera polža in določimo optimalno težo izdelka.

V primeru B pa glede na določen izdelek izbiramo optimalen premer polža.

Pomožna linija \*1 je za materiale nižje gostote

### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO – premer polža



V primeru A izhajamo iz obstoječega premera polža in določamo optimalno težo izdelka.  
V primeru B pa glede na določen izdelek izbiramo optimalen premer polža.  
Pomožna linija \*1 je za materiale nižje gostote

BRIZGANJE

15/32

### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO – parametri brizganja

#### TEMPERATURA TALINE

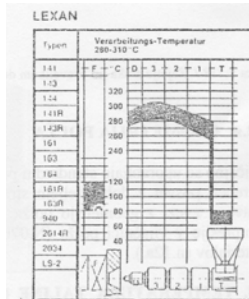
Konstantnost temperature taline je pomemben predpogoj za doseganje primerne kvalitete izdelkov.

Temperaturno stanje neposredno vpliva na tlak polnjenja, le-ta pa vpliva na kvaliteto izdelka.

S spreminjanjem temperature taline se spreminjajo vse termodinamične lastnosti taline kot so: viskoznost, specifični volumen, pa tudi druge veličine kot so: kristaliničnost, molekularna orientiranost, mehanske lastnosti vlitka ter njegov zunanji videz.

Temperaturo taline ne določajo samo grelna telesa cilindra, ki so v enakomernih presledkih razvrščena od vstopne cone materiala do šobe cilindra, ampak še cela vrsta drugih parametrov.

Termodinamične lastnosti se pri različnih materialih različno spreminjajo glede na temperaturo. Tako velja, da je sprememba viskoznosti amorfni materialov 5 do 20 % / 1°C in sprememba viskoznosti delno kristaliničnih materialov je 1 do 5 % / 1°C. Odstopanje temperatur na regulatorjih mora biti zlasti pri amorfni materialih zelo majhno in sicer ± 2 do 5 °C in ± 4 do 20 °C pri delno kristaliničnih materialih .



Proizvajalci strojev in materialov priporočajo za vsak material tako nastavitve temperatur na posameznih conah cilindra, da je v končni fazi temperatura taline vzdolž aksialne osi cilindra v območju med šobo in zadnjim položajem glave polža čim bolj enakomerna.

- TEMPERATURA ŠOBE
- TEMPERATURA CONE III – SPREDAJ
- TEMPERATURA CONE CILINDRA II – SREDINA
- TEMPERATURA CONE CILINDRA I – ZADAJ
- TEMPERATURA VSTOPNE CONE

BRIZGANJE

16/32



### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO – parametri brizganja

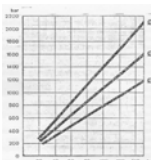
#### TLAK BRIZGANJA – HIDRAVLIČNI TLAK BRIZGANJA

Tlak, ki je potreben za brizganje taline v kalup, nudi hidravlični sistem stroja. Oljna črpalka ustvarja tlak v hidravličnem sistemu v višini 140 do 200 bar (glede na vrsto stroja). Ta tlak deluje na batnico polža. Na sprednjem delu polža - glavi polža se ta **hidravlični tlak poveča** na veliko večjo vrednost in se imenuje **specifični tlak** brizganja. Med hidravličnim tlakom in specifičnim tlakom velja naslednje razmerje:

$$p_{\text{hidr}} \cdot A_1 = p_{\text{spec}} \cdot A_2$$

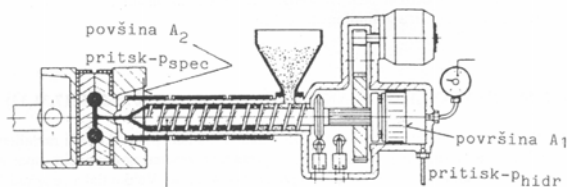
$$p_{\text{spec}} = p_{\text{hidr}} \cdot A_1 / A_2$$

$$p_{\text{spec}} = 100 \text{ bar} \cdot 100 \text{ cm}^2 / 10 \text{ cm}^2 = 1000 \text{ bar}$$



Iz tega sledi, da je pri konstantnem tlaku v hidravliki specifični tlak tem večji, čim manjša je površina preseka oziroma premer cilindra. Pri tem je A najmanjši, C pa največji premer.

Običajno ima vsak stroj za brizganje 3 velikosti cilindrov. Iz enačbe je razvidno, da je pri večjem premeru cilindra specifični tlak manjši. Zato izbiramo velikost cilindra glede na predviden tlak, ki je potreben za brizganje določenega izdelka. Na osnovi diagrama na sliki 3, ki je podan za vsak stroj, lahko ugotovljamo, kateri od razpoložljivih cilindrov je za dani primer optimalen.



BRIZGANJE

17/32

### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO – parametri brizganja

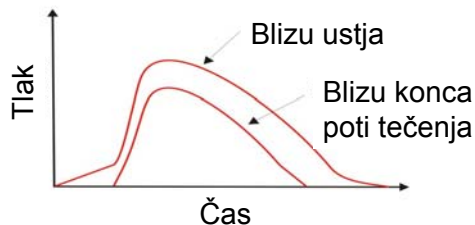
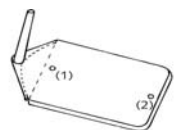
#### TLAK BRIZGANJA V ORODJU

Upori pri tečenju taline drastično zmanjšajo tlak taline v orodju. Padec tlaka je odvisen od:

- razmerja med dolžino tečenja in debelino stene izdelka
- lastnosti tečenja mase
- geometrije izdelka
- temperature orodja in taline

Odrivna sila na delilni ravnini orodja, ki nastane zaradi notranjega tlaka taline v kalupu je merodajna za določanje velikosti stroja. Zapiraina enota stroja mora zdržati to obremenitev, sicer se orodje med polnjenjem razpre in izdelek dobi na delilni ravnini mreno. Lahko pa masa zalije tudi gibljive dele orodja, ki se zaradi te blokade poškodujejo.

Tlak brizganja v orodju merimo s tlačnim senzorjem, ki je vgrajen v kalupni votlini na eni tretjini poti tečenja. Tlak je najvišji pri dolivni odprtini in najnižji na koncu poti tečenja. Za izračun odrivne sile se upošteva povprečni tlak v orodju. Vrednost tlaka v orodju je direktno odvisna od hidravličnega tlaka. Uravnavamo ga s točko preklopa iz brizgalnega na naknadni tlak. Vrednost tlaka v orodju je zrcalo dogajanj pri polnjenju kalupne votline in je lahko orientir za odpravo mnogih napak pri brizganju



BRIZGANJE

18/32

### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO – parametri brizganja

#### HITROST BRIZGANJA

Hitrost in tlak brizganja sta v medsebojni odvisnosti. Ne moremo doseči velike hitrosti pri poljubno majhnem tlaku brizganja. Čelo taline se mora gibati enakomerno hitro. Hitrost čela naj bo 20-200 cm/sek. Pod 20 so znaki ohlajanja, nad 200 pa nastajajo termične poškodbe. Brizgalni časi so običajno zelo kratki, le nekaj desetink sekunde. Več sekundo so le malo kdaj.

Kratki časi brizganja povzročajo velike izgube tlaka zaradi strižnih pojavov.

Dolgi časi brizganja povzročajo hitro zožitev kanalov in velike izgube tlaka.

Izdelki običajno niso ugodno oblikovani. Če material in geometrija izdelka dovoljujeta, potem vbrizgavamo s čim večjo hitrostjo. Masa ne sme priteči v orodje v obliki curka, ampak v obliki mirnega, enakomernega, toda hitrega toka - v nadaljevanju imenovan kot "**mirni tok**".

#### Splošna pravila za določanje hitrosti brizganja:

- **velika hitrost:** Čim tanjši je izdelek, večja mora biti hitrost polnjenja.

- **majhna hitrost:** Pri zelo debelih izdelkih uporabimo manjše hitrosti, pri katerih dosežemo enakomernije pogoje polnjenja in lepšo površino.

- **stopnjevana hitrost:** Uporabimo jo za odpravo raznih napak zaradi ostrih robov, različnih debelin, neenakomernih sten itd, kar povzroča zdrse taline, madeže, žarke lise in ožige na površini izdelka.

Začetek brizganja je počasen, da se pri mirnem toku taline ustvari dober kontakt med maso in površino, nato pa hitrost pospešimo, da nam masa ne zamrzne predčasno. Stopnjevana hitrost se uporablja v večini primerov in so pri novejših strojih za to na razpolago široke programske možnosti.

Najpogostejši profil hitrosti je **počasi – hitro – počasi**. Končna upočasnitev je potrebna zaradi preprečitve Diesel efekta, zaradi boljšega odzračevanja plinov in zaradi ohladitve prevroče taline v primerih, ko je hitrost polnjenja zelo visoka.

BRIZGANJE

19/32

### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO – parametri brizganja

#### NAKNADNI TLAK

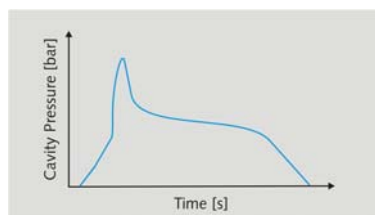
Z naknadnim tlakom kontrolirano zapolnjujemo preostali del kalupne votline, ki jo ni do konca zapolnil tlak brizganja.

Ves čas dopolnjujemo tudi prazen prostor, ki nastaja kot posledica ohlajanja in krčenja vroče taline.

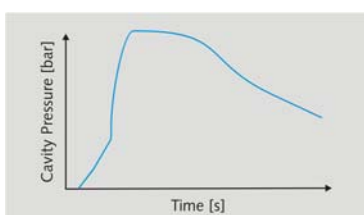
Naknadni tlak naj bo čim manjši. Le tako bomo dobili izdelek z minimalnimi notranjimi napetostmi, ki so posledica molekularne orientiranosti.

Velik naj bo le toliko, da preprečimo pojav posedenosti, nezalitosti in vakuol. Višina naknadnega tlaka je običajno 200 do 800 barov. Le pri nekaterih tehničnih izdelkih kot so zobnički iz POM je običajno višji in znaša 900 do 1200 bar.

Značilno za fazo naknadnega tlaka in časa delovanja naknadnega tlaka je, da se v tej fazi odloča o kvaliteti površine, merski stabilnosti in mehanskih lastnostih izdelka.



Prenizek naknadni tlak



Previsok naknadni tlak

BRIZGANJE

20/32

### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO – parametri brizganja

#### NAKNADNI TLAK

**Naknadni tlak je učinkovit le, če so dani naslednji osnovni pogoji:**

Dolivna odprtina mora biti dovolj velika, da predčasno ne zamrzne.

Blazinica mora biti dovolj velika (2 do 5 mm), da je pred konico polža na razpolago dovolj mase za dokončno zapolnitev kalupa.

Vse to vpliva tudi na stopnjo kristaliničnosti pri kristaliničnih materialih.

Pravilno morajo biti izbrani: **velikost naknadnega tlaka, čas delovanja naknadnega tlaka, točka preklopa na naknadni tlak ter temperatura orodja in taline.**

**previsok naknadni tlak povzroča:**

večje notranje napetosti, večje deformacije pri toplotnih obremenitvah,

pokanje pri snemanju, posebno pri amorfnih masah

večje dimenzije, večja teža, mreine, poškodbe orodja

**prenizek naknadni tlak povzroča:** posedenost, nezalitost, mehurčki, manjše dimenzije, večji skrček, manjša teža  
velika nihanja od ciklusa do ciklusa

BRIZGANJE

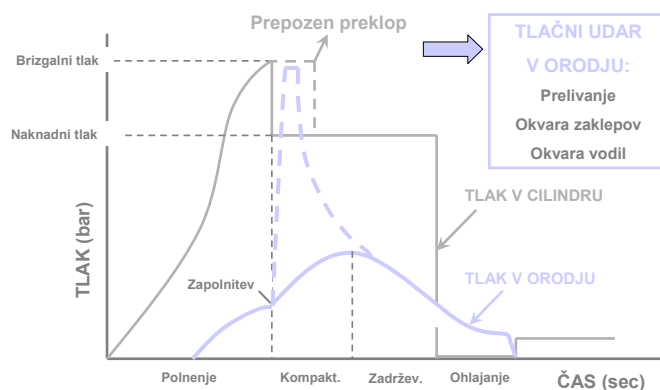
21/32

### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO – parametri brizganja

#### PREKLOP IZ BRIZGALNEGA NA NAKNADNI TLAK

Preklop na naknadni tlak mora biti pravočasen. Najprej izvedemo študijo polnjenja tako, da nastavimo vrednost naknadnega tlaka na 0. Ko dosežemo z brizgalnim tlakom stopnjo zapolnitve 95 do 98% (večja vrednost je za tanjše izdelke), začnemo povečevati naknadni tlak do končne zapolnitve.

#### Brizgalni cikel:



BRIZGANJE

22/32

### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO – parametri brizganja

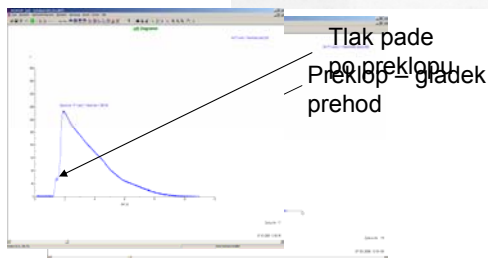
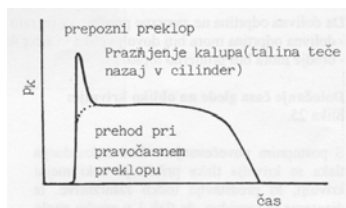
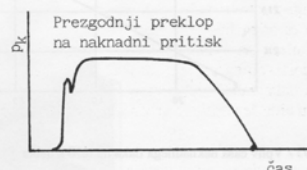
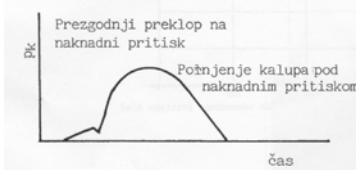
#### VPLIVI PREKLOPA TLAKA NA VELIKOST TLAKA V KALUPU

##### Preklop je prezgoden:

- Veliko mase moramo vbrizgati pod nizkim naknadnim tlakom in pri majhni hitrosti.
- Nezadostna napolnitev kalupa
- Lahki in nekvalitetni izdelki

##### Preklop je prepozen:

- Prelitje
- Izdelek z napetostmi
- Nevarnost poškodb orodja



BRIZGANJE

23/32

### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO – parametri brizganja

#### ČAS NAKNADNEGA TLAKA

Čas naknadnega tlaka naj bo le toliko dolg, da dolivna odprtina zamrzne, da masa ne uide nazaj v cilindri. Vsak čas daljši od te zamrznitve nima več nobenega vpliva. Odvisen je torej od dolivne odprtine in seveda od debeline izdelka.

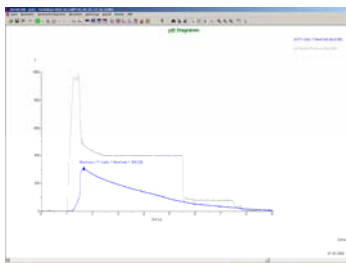
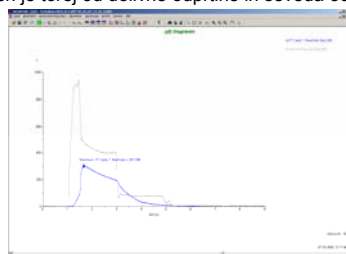
Efektivni čas določamo s pomočjo:

- teže vlitka
- mejne krivulje tlaka v orodju

##### Določanje časa s tehtanjem:

Pri določanju optimalnega časa naknadnega tlaka za majhne izdelke potrebujemo tehtnico z odčitkom 0,01 do 0,001 g. Čas naknadnega tlaka povečujemo po vsakem petem brizgu. Čas, pri katerem teža doseže svoj maksimum, je optimalni čas naknadnega tlaka. Šele po tem času sme dolivna odprtina zamrzniti. Ko izdelek doseže maksimalno težo, je tudi skrček konstanten.

Tehtaj vedno samo izdelek - ne celotni odpreseki!



BRIZGANJE

24/32

### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO

	AMORFNI	DELNO KRISTALINIČNI
naknadni tlak	časovno padajoč	konstanten
ustje	zaprto po končanem dinamičnem polnjenju	odprto do konca kristalizacije
čas naknadnega tlaka	kratek	dolg
napake	prenapolnjenost napetostne razpoke posedenost	zvitost votla mesta

#### PROTITLAK

Protitlak je nastavljen tlak v aksialni smeri polža, ki preprečuje, da bi se polž med plastificiranjem nekontrolirano pomikal nazaj. Zaradi tega tlaka se dovedena masa med plastificiranjem zgoščuje, vključki zraka pa se iztisnejo in ne povzročajo motenj pri brizganju.

Da se doseže od ciklusa do ciklusa vedno enak dozorni volumen in homogeno maso, moramo proti tlak nastaviti tako, kot najbolj ustreza določeni masi. Ta tlak je običajno 50 do 250 bar specifičnega tlaka, le pri PA masah je do 50 bar.

### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO

#### ŠTEVILO VRTLJAJEV POLŽA

Optimalno število vrtljajev in vrtilni moment je odvisno od posameznega materiala. Če je možno stopenjsko programiranje vrtljajev, naj bo zadnja stopnja nizka, da ob znižanem protitlaku ublažimo nekontroliran sunek polža nazaj po končanem plastificiranju.

#### nizko št. vrtljajev pomeni:

- homogeno maso
- majhno frikcijsko toploto
- majhno temperaturno diferenco v povezavi s hodom polža

#### visoko št. vrtljajev pomeni:

- visoko sposobnost plastificiranja veliko frikcijsko toploto
- večjo tempo diferenco v povezavi s hodom polža. večjo porabo toka

### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO

#### ČAS HLAJENJA

Čas hlajenja je čas, ki je potreben, da se talina v kalupu ohladi in strdi do stopnje, da je možno izdelek izvreči iz orodja brez poškodb in deformacij in da so dosežene zahtevane mere izdelka. Potek hlajenja je zelo pomemben za lastnosti izdelka, saj je od hitrosti hlajenja zelo odvisna struktura mase.

Hlajenje poteka v dveh fazah:

- hlajenje pod delujočim naknadnim tlakom
- hlajenje od zaključenega časa naknadnega tlaka do dokončne ohladive izdelka

Seštevek obeh časov je čas hlajenja.

Na čas hlajenja vpliva v veliki meri temperatura kalupa, izvedba sistema temperiranja, enakomernost temperiranja glede na asimetričnost izdelka. Pravilno ali nepravilno določen čas hlajenja nam potrjuje vizuelni izgled izdelka in pa razni preizkusi na izdelku.

#### vplivi prekratkega časa hlajenja:

prevelika končna temperatura izdelka, vtisi snemalcev, velik skrček in naknadni skrček, veliko zvijanje, deformacija pri snemanju.

#### dolg čas hlajenja pomeni:

dolg čas ciklusa in dolgo zadrževanje mase v cilindru.

#### velika hitrost hlajenja pomeni:

razlika med skrčkom v vzdolžni in prečni smeri je večja. zamrznjene notranje napetosti in orientacija nastajanje majhnih kristalov - večja trdnost, večja transparenta-(pri kristaliničnih materialih)

#### majhna hitrost hlajenja pomeni:

relaksacija notranjih napetosti in zmanjšanje orientiranosti tvorba velikih kristalov večja stopnja kristaliničnosti

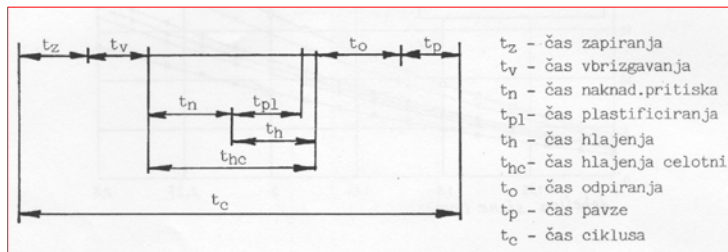
BRIZGANJE

27/32

### 3) PRIPRAVA STROJA ZA PROIZVODNO DELO

#### ČAS CIKLUSA

Čas ciklusa je seštevek vseh časov delovanja posameznih funkcij stroja, ki si v zaporedju sledijo v enem delovnem taktu stroja. Časovno-funkcijski prikaz enega ciklusa nam predstavlja slika:



BRIZGANJE

28/32

#### 4) PRERAČUN – tabela podatkov

oznaka		ABS	ABS/PC	CA	LCP	PA6	PA6GF	PA6.6	PA6.6GF	PBT	PBTGF	PC	PCGF	PC/PBT	PE/HD	PE/LO	PEI	PES	PETGF	PMMA
PROJEVAJALEC		BAKER	BAKER		EFFERT	BAFF	BAFF	BAFF	BAFF	BAKER	BAKER	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
TRGOVSKO IME		Wacstor	Kathcel	ZEKITE	Hiwan	Hiwan	Hiwan	Hiwan	Hiwan	Polan	Polan	Lucan	Lucan	Lucan	Lucan	Lucan	Lucan	Lucan	Lucan	Lucan
TIP		224-AT	701	110P	KA	800P	200	200P	800P	800P	101	301R	CL101	CL102	1000	1000	2010	6001-01	TF	Prizma
% POLNIL	%			30GF		35GF		35GF		30GF		30GF		30GF						30
STRUKTURA		A	Blend	A	TLK	TLK	TLK	TLK	TLK	TLK	TLK	A	A	Blend	TLK	TLK	A	A	TLK	A
GOŠTOTA (pri 23°C)	G/cm <sup>3</sup>	1,05	1,13	1,28	1,67	1,13	1,41	1,13	1,41	1,3	1,65	1,2	1,44	1,22	0,957	0,917	1,27	1,37	1,56	1,19
TEMP. STEKLASTEGA PREHODA	°C	115	-	110	335	220	220	260	260	225	225	145	145	225	130	108	217	225	254	110
VČAS. TEMP. MEHČANJA	°C	95	118	277	204	220	250	250	180	210	144	147	155	71			211	215	226	103
VISKOZNOST PRI STRŽNI HITROSTI 1000 S <sup>-1</sup>	Pa s	208	242	247	110	123	130	105	124	414	382	576	421	391	156	80	478	315	168	196
IN TEMP. MASE		220	280	200	340	260	280	290	290	250	250	300	300	280	240	210	375	360	280	240
FAKTOR SPOSOBNOSTI TEČENJA	K, bar/mm	2,3	2,6	2,6	1,6	1,7	1,7	1,5	1,7	3,9	3,7	5,2	4,0	3,8	1,9	1,2	4,4	3,2	2,0	2,2
POY TEČENJA PRI 1 mm / 2 mm debeline	mm	90/370	80/330	80/320	130/540	120/510	120/500	130/560	120/510	50/220	50/230	40/160	50/210	50/230	100/440	170/720	50/190	60/270	100/420	90/390
TEMPERATURA BREZGANJA	T <sub>g</sub> , °C	220	240-260	190	350-360	250-270	270-290	280-300	280-300	250	250	290	290	255-270	190-280	180	360	340	260-300	220
TEMPERATURA ORODJA	T <sub>o</sub> , °C	60-90	70-100	60-90	65-110	40-80	80-90	40-80	80-90	80-100	80-100	80-120	80-120	40-80	20-40	20-40	140	140	110	60-90
MAKS. OBODNA HITROST POLZA	v, m/s	0,2	0,2	0,3		0,8	0,8	0,8	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,9	0,9	0,5	0,6	0,6	0,3
TEMPERATURA SUŠENJA	°C	80	100-110	70	150	80	80	80	80	120	120	120	120	110-120			150	120	120	90
ČAS SUŠENJA	h	2	3-4	2	1	5-10	5-10	5-10	5-10	2-3	2-3	2-4	2-4	2-4			4-6	4	4	4-6
ŠIRIVNI FAKTOR	K <sub>v</sub> , g/cm <sup>3</sup>	0,92	0,95	0,97	1,38	0,96	1,15	0,96	1,15	1,07	1,36	1,04	1,30	1,04	0,72	0,7	1,2	1,2	1,28	1,04
EFEKTIVNA TEMP. PŘEVODNOST	α <sub>eff</sub> , mm <sup>2</sup> /s	0,08	0,092	0,06		0,083	0,088	0,083	0,088	0,09	0,123	0,11	0,11	0,1	0,092	0,09	0,1	-	-	0,073
MAKS. TEMP. ZMETAVANJA (sredina izdelka)	T <sub>f</sub> , °C	100	115	90	280	200	200	200	200	160	180	125	125	130	110	80	195	-	-	80
SPREMEMBA ENTALPIJE	ΔH, kJ/kg	340	345			550	550	550	550	370	370	350	350	380	650	550	-	-	440	301
ŠKRČEK v smeri / pravokotno na tok	%	0,5/-	0,6/0,6	0,6		0,9/-	0,25/0,75	1,0/-	0,25/-	1,9/1,9	0,3/1,2	0,5/0,7	0,1/0,4	0,7/1,1	2,4	2,6/-	0,5/0,7	0,6/0,7	0,2/0,9	0,2-0,5
NAVLAŽITEV	%		0,2		0,002	3	2	2,8	1,6	0,2	0,1				0,01	0,01	1,25	0,7	0,2	0,6

#### 4) PRERAČUN – tabela podatkov

oznaka		POM	PP	PP	PPT	PP	PP/PA	PPS	PS-HE	PS	PSU	PVC-U	SAN	TPE A	TPE E	TPE O	TPE S	TPE S	TPE U	TPE V		
PROJEVAJALEC		DIFF-DAT	FAP	FAP	FAP	FAP	SE	TICOM	BAFF	BAFF	BAFF		BAFF	ARCORNA	DAFON	ARI	KRANJIS	FR	BAKER	AEI		
TRGOVSKO IME		Daltec	Bonolit	Bonolit	Bonolit	Bonolit	Nim	Fosfor	Fosfor	Fosfor	Stress 5		Luise	Folan	Nitel	Hydral	Thermolite	Thermolite	Thermolite	Sanplast		
TIP		800G-10	FEZ 30S	431N1	FI40T20	SL7812A	91094	1160A	678A	140E	2010		308R	4031H01	406	9118N	10MAZ	19690R	30A	20173		
% POLNIL	%				20T			40GF												30		
STRUKTURA		TLK	TLK	TLK	TLK	TLK	TLK	TLK	A	A	A	A	A	TLK						Polyolefin	TLK	Polyolefin
GOŠTOTA (pri 23°C)	g/cm <sup>3</sup>	1,42	0,905	0,905	1,04	0,905	1,1	1,65	1,05	1,05	1,24	1,43	1,08	1,01	1,16	0,9	1,2	1,19	1,2	0,97		
TEMP. STEKLASTEGA PREHODA	°C	177	167	165	165	165	260	280-285	90	85	188	80		160	150	165		150			180	
VČAS. TEMP. MEHČANJA	°C	160	64	84	89	72	190		90	84	180		106	132	107						80	
VISKOZNOST PRI STRŽNI HITROSTI 1000 S <sup>-1</sup>	Pa s	224	138	111	128	35	158	378/408,5	89	73	285	480	155	188	272	80	41	60	420	78		
IN TEMP. MASE		215	230	230	230	230	300	316	230	230	360	210	245	230	210	215	205	200	200	205		
FAKTOR SPOSOBNOSTI TEČENJA	K, bar/mm	2,5	1,8	1,6	1,7	1,0	1,9	3,6	1,4	1,3	2,9	4,5	1,9	2,2	2,8	1,3	1,0	1,2	4,0	1,3		
POY TEČENJA PRI 1 mm / 2 mm debeline	mm	80/350	110/490	130/540	120/500	200/970	100/440	60/240	140/610	160/670	70/290	40/190	100/450	90/390	70/300	150/640	190/830	170/720	50/210	150/650		
TEMPERATURA BREZGANJA	T <sub>g</sub> , °C	180	200-260	200-280	210-270	200-270	280-310	300-340	180-260	180-260	330	180	220-270	200	180	165-260	190-220	200-220	190	190-230		
TEMPERATURA ORODJA	T <sub>o</sub> , °C	40-100	30-50	30-50	30-50		80-120	140-145	40-60	10-60	120	40-60	40-80	20-40	40	15-60	25-40	25-40	20-50	20-60		
MAKS. OBODNA HITROST POLZA	v, m/s	0,4	0,9	0,9	0,9	0,9	0,4	0,4	0,9	0,9	0,6	0,3	0,6	0,6	0,4	0,6	0,8		0,2	0,6		
TEMPERATURA SUŠENJA	°C	85	n.n.	n.n.	80	n.n.	100-110	140	80	80	120		85	65	100	60-70	n.n.		100	80		
ČAS SUŠENJA	h	4	n.n.	n.n.	3	n.n.	2-3	2-4	1-2	1-2	4		2-4	6-8	2-3	br4	n.n.		1-2	4		
ŠIRIVNI FAKTOR	K <sub>v</sub> , g/cm <sup>3</sup>	1,15	0,73	0,73	0,87	0,73	0,92	1,45	0,92	0,92	1,1	1,12	0,96	0,89			1,08	0,98	0,99	0,72		
EFEKTIVNA TEMP. PŘEVODNOST	α <sub>eff</sub> , mm <sup>2</sup> /s	0,057	0,067	0,067	0,07	0,067	0,095	0,13	0,08	0,08		0,072	0,0855							0,08		
MAKS. TEMP. ZMETAVANJA (sredina izdelka)	T <sub>f</sub> , °C	150	65	80	80	65	150	225	80	80		70	110			40-60	85	40-60		40-80		
SPREMEMBA ENTALPIJE	ΔH, kJ/kg	490	520	520	520	520	420		320	320		225	340							170,6		
ŠKRČEK v smeri / pravokotno na tok	%	1,7/1,7	1,2/1,3	1,2/1,3	0,6/1,05	1,2/1,3	1,2/1,6	0,2/0,8	0,56/-	0,45/-	0,4/0,6	0,4	0,5	0,4/1,1	0,6/0,7	1,1/0,7	2,0/1,0	1,7/0,6		2,4-2,3		
NAVLAŽITEV	%		0,92	-0,1	-0,1	-0,4	-0,1	3,5	0,01	-0,1	-0,1	0,2			6,17	0,8	0,2/0,8			0,2/0,1		

#### 4) PRERAČUN – enačbe

**Volumen brizga**  $V = \frac{m}{K_a} [cm^3]$

**Tlak brizganja\***  $p_f = K_f \cdot K_s \cdot f_w [bar]$

**Zapirna sila**  $F_s = A_{proj} \cdot \frac{p_A + 100}{100} [kN]$

**Čas hlajenja**  $t = \frac{s^2}{\pi^2 \cdot a_{eff}} \cdot \ln\left(\frac{4}{\pi} \cdot \frac{T_m - T_w}{T_e - T_w}\right) [s]$

**Vrtljaji polža**  $n = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_s} [U/min]$

**Odvod toplote**  $Q = \dot{m} \cdot \Delta H [kJ/h]$

#### KRATICE

- m **Masa brizganca (g)**
- $K_a$  **Širitveni faktor (g/cm<sup>3</sup>)**
- $f_w$  **Pot tečenja (mm)**
- $p_f$  **Tlak polnjenja (bar)**
- $A_{proj}$  **Projekcijska površina (cm<sup>2</sup>)**
- $F_s$  **Zapirna sila (kN)**
- s **Debelina stene (mm)**
- $p_A$  **Tlak v orodju (bar)**
- t **Čas hlajenja (s)**
- $D_s$  **Premer polža (m)**
- $\dot{m}$  **Pretok materiala (kg/h)**

\*Potreben tlak brizganja za volumsko zapolnitev kavitete brez dollva

faktor debeline stene		$K_s$	
s [mm]	$K_s$	s [mm]	$K_s$
0,4	11,9	1,4	1,5
0,5	9,2	1,6	1,1
0,6	7,3	1,8	0,9
0,8	4,5	2,0	0,7
1,0	3,0	2,5	0,5
1,2	2,1	5,0	0,5

- Füllstoffe**
- GF Glasfaser
  - T Talkum
- Struktur**
- A Amorph
  - TLK Teilkristallin

- Thermoplastische Elastomere**
- TPE-A Polyamid - Typen
  - TPE-E Polyester Typen
  - TPE-O Polyolefin - Typen unvernetzt
  - TPE-S Styrol - Typen
  - TPE-U Polyurethan - Typen
  - TPE-V Polyolefin - Typen vernetzt

#### 4) PRERAČUN – tlak v orodju

ENGEL

Formteilstuppe	Material	Qualitätsanforderungen		Wand-dicke [mm]	Fließweg-Wand-dicken-Verhältnis	Werkzeugaufreibdruck p <sub>A</sub>	
		Mäß- genauigkeit	Oberflächen- güte			bestimmt durch	[bar]
Flächige Teile	PE, PP, PS, ABS	-	o	2,0 - 3,5	< 100 : 1	x	200 - 350
Flächige dünne Teile	PP, PE, PS	-	o	1,0 - 2,0	< 100 : 1	x	350 - 450
Sichtteile mit Rippen	PP, ABS, PA, PMMA	o	+	1,5 - 3,0	< 100 : 1	x	450 - 600
Techn. Teile	PA, POM, PBT, PC	+	o	1,5 - 5,0	< 100 : 1	x	450 - 600
Behälter	PP, PE, PS	o	o	0,4 - 1,5	150 - 300 : 1	x	600 - 900

o : mittel    - : niedrig    + : hoch

