

MILOŠ VRAČEVIĆ

**PRERADA
PLASTIČNIH MASA
BRIZGANJEM**

SA PRIMERIMA IZ PRAKSE

POLi - biblioteka

Novi Sad, 1997

Miloš Vračević
PRERADA PLASTIČNIH MASA BRIZGANJEM
SA PRIMERIMA IZ PRAKSE

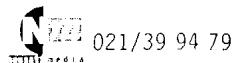
Izdavač
"PCLi"
Novi Sad, Bul. oslobođenja 127/II

Recenzenti
Dr. Dragoslav Stoiljković
Zoran Mudrinić

Za izdavača
Brauka Pilić

Tehnički urednik
Zoran Tadić

Kompiuterska priprema



Štampa
PIPERI
Novi Sad, 021/23 464

Tiraž
500 primeraka

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

678.5.05:621.7.07

ВРАЧЕВИЋ, Милош

Prerada plastičnih masa brizganjem: sa primerima iz prakse/
Miloš Vračević. - [1. izd.] . - Novi Sad: Poli, 1997 (Novi Sad:
Piperi). - 129 str.: graf. prikazi; 21 cm.

a) Пластичне масе - Прерада
0

SADRŽAJ

UVOD.....	7
1. OSNOVNI POJMOVI VEZANI ZA BRIZGANJE.....	9
1.1. BRIZGANJE.....	9
1.2. TEHNOLOŠKI PARAMETRI.....	9
1.3. UTICAJ USLOVA PRERADE NA KVALITET PROIZVODA.....	9
1.4. POJMOVI VAŽNI ZA RAZUMEVANJE BRIZGANJA.....	10
1.5. CIKLUS BRIZGANJA.....	12
2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE POLIMERA NAMENJENIH ZA BRIZGANJE SA PRIMERIMA PRERADE IZ PRAKSE.....	13
2.1. POLIPROPILEN - PP.....	13
2.1.1. Najvažnije karakteristike.....	14
2.1.2. Tehnologija prerade.....	14
2.1.3. Primeri iz prakse za preradu polipropilena "Hipolen".....	14
2.1.4. Polipropilen "Taren".....	27
2.1.5. Polipropilen "Mosten".....	27
2.1.6. Polipropilen "Tipplen".....	29
2.1.7. Polipropilen "Buplen".....	30
2.2. POLIETILEN - PE.....	32
2.2.1. Najvažnije karakteristike.....	33
2.2.2. Polietilen niske gustine - PENG (LDPE).....	33
2.2.3. Polietilen visoke gustine - PEVG (HDPE).....	35
2.3. POLISTIREN - PS.....	38
2.3.1. Najvažnije karakteristike.....	39
2.3.2. Način prerade.....	39
2.3.3. Primeri prerade.....	40
2.4. AKRILONITRIL BUTADIEN STIREN - ABS.....	44
2.4.1. Najvažnije karakteristike.....	45
2.4.2. Način prerade.....	45
2.4.3. Primeri prerade.....	47
2.5. AKRILNI TERMOPLASTI.....	50
2.5.1. Polimetilmetakrilat - PMMA - Najvažnije karakteristike.....	51
2.5.2. Stiren akrilonitril - SAN - Najvažnije karakteristike.....	51
2.5.3. Način prerade.....	51
2.5.4. Primeri prerade.....	52
2.6. POLIACETALI - POM.....	54
2.6.1. Najvažnije karakteristike.....	55
2.6.2. Način prerade i primena.....	55
2.7. CELULOZNI DERIVATI.....	57
2.7.1. Najvažnije karakteristike.....	58

2.7.2.	Način prerade i primena.....	58
2.7.3.	Primer prerade.....	59
2.8.	POLIAMID - PA.....	61
2.8.1.	Najvažnije karakteristike.....	62
2.8.2.	Način prerade i primena.....	62
2.8.3.	Primeri prerade.....	63
2.9.	POLIKARBONAT - PC.....	68
2.9.1.	Najvažnije karakteristike.....	70
2.9.2.	Način prerade i primena.....	70
2.9.3.	Primeri prerade.....	72
2.9.4.	Brizganje polikarbonata - Moguće greške i uzroci nastajanja.....	74
2.9.5.	Uslovi potrebni za brizganje polikarbonata.....	75
2.10.	BRZA IDENTIFIKACIJA POLIMERNIH MATERIJALA.....	77
2.10.1.	Prethodna ispitivanja.....	77
2.10.2.	Ispitivanje gorenja.....	77
3.	KALUP ZA BRIZGANJE TERMOPLASTA - ELEMENTI KOJI IMAJU NAJZNAČAJNIJI UTICAJ NA KVALITET PROIZVODA.....	79
3.1.	SKUPLJANJE U KALUPU I NAKNADNO SKUPLJANJE PROIZVODA.....	79
3.2.	ULIVNI SISTEMI.....	81
3.2.1.	Podela ulivnih sistema.....	81
3.2.2.	Podela ulivnih sistema prema vrsti ulivka.....	87
3.3.	IZVLAKAČI ULIVNOG SISTEMA.....	91
3.4.	SISTEMI ZA VADENJE I IZBACIVANJE PROIZVODA.....	91
3.4.1.	Mehanički sistemi.....	91
3.4.2.	Sistemi za vazdušno izbacivanje otpresaka.....	96
3.5.	SISTEMI ZA CENTRIRANJE I VODENJE KALUPA.....	96
3.5.1.	Kalupi sa paralelnim vodenjem.....	96
3.5.2.	Kalupi sa konusnim vodenjem.....	97
3.5.3.	Kalupi sa bočnim otvaranjem.....	97
3.6.	SISTEM ZA TEMPERIRANJE KALUPA.....	98
3.6.1.	Uslovi od kojih zavisi temperatura kalupa.....	98
3.6.2.	Uslovi od kojih zavisi vreme hladenja kalupa.....	98
3.6.3.	Greške na proizvodu prouzrokovane lošim temperiranjem kalupa.....	99
3.7.	SISTEM ZA ODZRAČIVANJE KALUPA.....	99
4.	BRIZGALICE ZA TERMOPLASTE.....	101
4.1.	ISTORIJSKI RAZVOJ BRIZGALICA.....	101
4.2.	IZBOR MAŠINE.....	101
4.2.1.	Preporuke za izbor polovne opreme.....	102
4.3.	NAČIN OZNAČAVANJA BRIZGALICA.....	103
4.4.	GLAVNI SKLOPOVI BRIZGALICE.....	104

4.5.	JEDINICA ZA BRIZGANJE.....	.....
4.5.1.	Glavne tehničko-tehnološke karakteristike brizgalice vezane za jedinicu za brizganje.....	.....
4.5.2.	Glavni delovi jedinice za brizganje.....	.....
4.6.	JEDINICA ZA ZATVARANJE KALUPA.....	.....
4.6.1.	Glavne tehničko-tehnološke karakteristike brizgalice vezane za jedinicu za zatvaranje kalupa.....	.....
4.6.2.	Pojave u kalupnoj šupljini za vreme ubrizgavanja.....	.....
4.6.3.	Sistemi za zatvaranje kalupa.....	.....
4.6.4.	Kontrola paralelnosti nosača kalupa.....	.....
5.	PRILOZI.....	.....
5.1.	MOGUĆE GREŠKE NA PROIZVODU I NJIHOVO OTKLANJANJE.....	.....
5.2.	EPRUVETE ZA ISPITIVANJE TERMOPLASTA.....	.....
6.	LITERATURA.....	.....

ŠTAMPANJE OVE KNJIGE POMOGLI:

- HIPOL, Odžaci
- ZASTAVA ALATI, Kragujevac
- PERTINI, Beograd
- BANE, Sombor
- ELEKTROTERM, Sopot
- ENERGMONT BEMIND, Banja Luka
- TEMPKO, Nikšić
- SITO PLAST, Ratkovo
- ALING, Gajdobra
- VIPLAST, Odžaci
- ITES LOLA RIBAR, Odžaci
- SPONS, Novi Sad
- SLAVKO LOVRIC, Novi Sad
- ANTIĆ KOSTA, Novi Sad
- FORA, Srbac

UVOD

Gotovo ceo radni vek proveo sam baveći se brizganjem plastike.

Od daleke 1964. god. pa do današnjeg dana često sam se susretao sa problemima za čije rešavanje je trebalo uložiti dosta truda i umešnosti. U to vreme, šezdesetih godina, plastika je kod nas još uvek bila novi materijal, koji je sve više nalazio primenu u različitim oblastima, od industrije do domaćinstva. Radilo se na ručnim brizgalicama, sa klipnom plastifikacijom i vrlo skromnim mogućnostima.

Sa razvojem i usavršavanjem opreme i uvođenjem novih tipova plastike sve više se osećao nedostatak stručnjaka i literature primerene potrebama pogona.

Namena ovog priručnika, pre svega, je da pruži pomoć ljudima koji se najkonkretnije bave brizganjem plastike, bilo kao tehnolozi, konstruktori ili radnici održavanja. Materija je podeljena u tri tematska dela.

U prvom delu su date osnovne karakteristike najčešće korišćenih termoplasta. Na osnovu vlastitih iskustava navedeni su primeri prevade, sa tehnološkim parametrima, korišćenom opremom i ostalim uslovima u proizvodnji različitih proizvoda. Navedeni parametri mogu poslužiti kao orijentacija pri brizganju sličnih proizvoda od navedenih materijala.

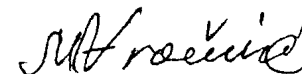
U drugom delu dat je kraći pregled elemenata vezanih za kalup, a koji najviše utiču na kvalitet proizvoda i funkcionalnost kalupa kao celine.

U trećem delu opisana je namena i funkcija najvažnijih sklopova brizgalice, jedinice za ubrizgavanje i zatvaranje kalupa

Veliku zahvalnost dugujem svima koji su mi pomogli u pripremi ovog teksta, a posebno kolegama iz III "Hipol" Odžaci i ing. Dusanu Radoviću.

Odžaci, mart 1997. god.

Autor



1. OSNOVNI POJMOVI VEZANI ZA BRIZGANJE

1.1. BRIZGANJE

Brizganje je uz ekstrudiranje i duvanje najrašireniji tehnološki postupak prerade plastičnih materijala. Ovim postupkom prerađuju se termoplastični, termoreaktivni (termoočvršćavajući) i elastomerni (gumoliki) materijali. Razvoj novih materijala i sve veći zahtevi u eksploataciji proizvoda dobijenih brizganjem usloveli su i razvoj i usavršavanje različitih postupaka brizganja.

Postupak se u principu sastoji od zagrevanja plastične mase u cilindru za topljenje i ubrizgavanja homogenizovanog rastopa u zatvoren kalup, koji se hladi ili greje, zavisno od materijala koji se prerađuje. Nakon određenog vremena rastopljena masa primi oblik kalupa i nakon toga, kalup se otvara i otpresak se izbacuje iz kalupa. Postupak se ciklički ponavlja.

Da bi se dobio proizvod zahtevanih svojstava, mehaničkih, dimenzionalnih, estetskih i ostalih, neophodno je pre svega izabrati odgovarajući materijal i opremu i pažljivo podesiti i kontrolisati parametre prerade. Kod izbora materijala neophodno je poznavanje osobina koje najviše utiču na kvalitet finalnog proizvoda. Uspesnost prerade temelji se na poznavanju osobina materijala, pri čemu su najbitnije toplotne osobine. Prilikom kupovine materijala, naročito za izradu tehničkih artikala, obavezno od dobavljača treba tražiti certifikat o tehničko - tehnološkim karakteristikama materijala, koji sadrži preporuke proizvođača o uslovima prerade. Tehnološki parametri prerade podrazumevaju određene vrednosti temperatura, pritiska, brzina i vremena.

1.2. TEHNOLOŠKI PARAMETRI

Proces brizganja definišu sledeći tehnološki parametri:

- | | |
|--|---|
| 1. Temperatura ubrizgavanja
(temperatura cilindra i mlaznice) | 8. Brzina naknadnog pritiska |
| 2. Temperatura kalupa | 9. Brzina plastificiranja |
| 3. Pritisak ubrizgavanja | 10. Vreme ubrizgavanja |
| 4. Naknadni pritisak | 11. Vreme naknadnog pritiska |
| 5. Pritisak (sila) zatvaranja kalupa | 12. Vreme hladenja |
| 6. Protivpritisak doziranja | 13. Vreme odgode početka
plastificiranja |
| 7. Brzina ubrizgavanja | 14. Vreme dekompresije |

1.3. UTICAJ USLOVA PRERADE NA KVALITET PROIZVODA

Na mehaničke osobine najviše utiču: temperatura cilindra, temperatura kalupa, brzina ubrizgavanja, naknadni pritisak i tok pritiska u kalupnoj šupljini.

Na dimenzionalnu stabilnost najviše utiču: temperatura rastopa, temperatura kalupa, naknadni pritisak, tok pritiska u kalupnoj šupljini, ulivni sistem i debljina zidova otpreska.

Na stanje površine najviše utiču: temperatura kalupa, brzina ubrizgavanja i vlažnost materijala.

Najveći uticaj na kvalitet proizvoda ima temperatura rastopa, brzina ubrizgavanja, temperatura kalupa i tok pritiska u kalupnoj šupljini.

Kod prerade amorfnih termoplasta (PS, SB, SBB, SAN, PMMA, ABS, PC, PES, PEI, PPS), pritisak u kalupnoj šupljini kontinuirano opada sa vremenom, dok kod delimično kristalnih termoplasta (PE, PP, PA, POM, PETP, PBTP, PSU, PPSU, PEEK, TPU, PTFE), pritisak u kalupnoj šupljini ostaje približno konstantan do početka kristalizacije, kada počinje skupljanje materijala i pad pritiska. Zbog toga je kod ovih materijala potrebno duže delovanje naknadnog pritiska.

1.4. POJMOVI VAŽNI ZA RAZUMEVANJE BRIZGANJA

1. **Ubrizgavanje:** proces pri kojem rastop puni kalup, pri određenom pritisku i brzini, koji se podešavaju u zavisnosti od vrste termoplasta.
2. **Intruzijsko ubrizgavanje:** nakon plastificiranja pune doze materijala davanjem komande za ubrizgavanje pužni vijak se nalazi u krajnjem zadnjem položaju, počinje da rotira i transportuje materijal direktno u kalup. Nakon isteka zadnog vremena rotacija prestaje i sledi ubrizgavanje. Koristi se da bi se povećao kapacitet brizgalice kod brizganja debljinskih otpresaka.
3. **Pritisak ubrizgavanja:** pod ovim nazivom se podrazumeva pritisak rastopa u cilindru za topljenje. Često se koristi naziv specifični pritisak ubrizgavanja. Zavisí od pritiska u hidrauličnom sistemu i od prečnika pužnog vijka.
4. **Naknadni pritisak:** Produženo delovanje pritiska u cilindru radi popunjavanja šupljina u nastalih skupljanjem materijala pri hlađenju. Veći naknadni pritisak primenjuje se kod većih otpresaka, kod otpresaka sa nejednakom debljinom zida i kod centralnog ulivnog sistema. Niži naknadni pritisak primenjuje se kod tačkastog ulivnog sistema i kod okruglih i pljosnatih ušća. Treba da bude 60-70% od pritiska brizganja.
5. **Doziranje:** Unošenje određene količine materijala u cilindar za topljenje, potrebne da bi se dobio kompletan proizvod.
6. **Protivpritisak doziranja:** Pritisak koji se suprotstavlja aksijalnom pomeranju pužnog vijka u toku doziranja. Prigušuje se usvareni protok povratnog ulja iz cilindra za brizganje. Povećanjem ovog pritiska sabija se plastificirani materijal u cilindru. Upotrebljava se naziv "suprotan pritisak doziranja".
7. **Dekompresija:** Opuštanje pritiska rastopa u cilindru za topljenje nakon plastificiranja određene doze materijala. Izvodi se aksijalnim pomeranjem pužnog vijka prema nazad, te ne dolazi do curenja iz dizne, a ujedno sprečava degradaciju rastopljene mase u cilindru.
8. **Maksimalna sila zatvaranja:** Najveća sila koju postiže jedinica za zatvaranje nakon potpunog zatvaranja kalupa.

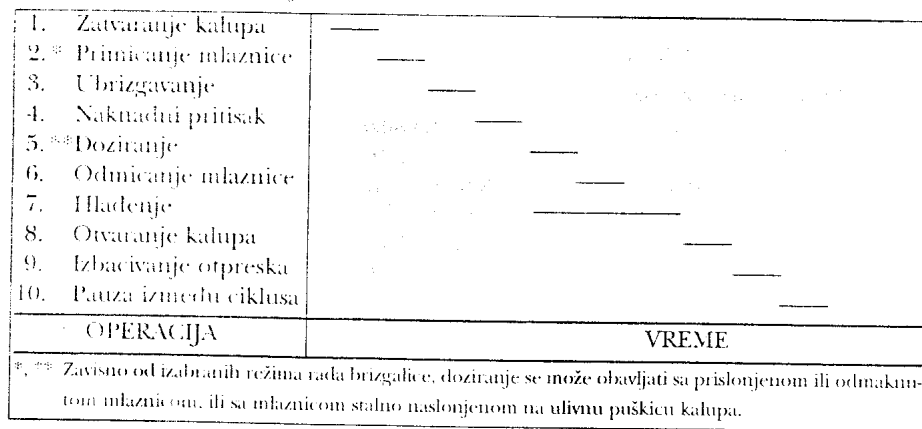
9. **Sila držanja:** Sila kojom jedinica za zatvaranje deluje na zatvoren kalup i sprečava njegovo otvaranje u fazi ubrizgavanja. Između ostalog zavisi i od krutosti kalupa. Sila držanja uvek mora da bude veća od sile ubrizgavanja.
10. **Tok pritiska u kalupnoj šupljini:** merenjem pritiska u kalupnoj šupljini u toku ubrizgavanja i snimanjem dijagrama pritisak - vreme, uočavaju se faze ispunje kalupa, pritiska, prelaza na naknadni pritisak i pečačenja (Sl. 50).
11. **Brzina ubrizgavanja:** Brzina kojom se rastopljeni materijal utiskuje u kalup. Zada je se u zavisnosti od oblika proizvoda i vrste termoplasta. Obično je 0,5 m/s, a može biti maksimalno do 1,5 m/s.
12. **Brzina naknadnog pritiska:** Kod novijih brizgalica sa proporcionalnom hidraulikom mogu se podešiti brzine ubrizgavanja i naknadnog pritiska, tj. zadavati protoci pumpi u zavisnosti od položaja pužnog vijka. Brzine se zadaju u procentima u odnosu na maksimalno moguće. Brzina naknadnog pritiska treba da bude srednja ka nižoj (65-50%) za kristalne termoplaste, dok kod amorfnih termoplasta treba da bude nešto viša, da ne dode do hlađenja mase.
13. **Put ukopčavanja naknadnog pritiska:** Obično se zadaje u vrednosti jedne polovine prečnika pužnog vijka od krajnjeg prednjeg položaja pužnog vijka i u sprezi je sa visinom naknadnog pritiska. Tek kada se kalupna šupljina potpuno ispuní, određuje se put naknadnog pritiska, a zavisi od ulivnih kanala (ušća), vrste materijala koji se preraduje, oblika i dimenzija otpresaka i drugog.
14. **Vreme ubrizgavanja:** Vreme potrebno da pužni vijak utisne rastop u šupljinu kalupa. Za izbegavanje linija spajanja i smanjenje skupljanja u pravcu tečenja, vreme ubrizgavanja treba da iznosi 1/2 ukupnog trajanja ciklusa. Time se dobija bolja stabilnost i tačnost dimenzija proizvoda. Ovo vreme u ciklusu služi i kao osiguranje sistema od preopterećenja u slučaju da iz bilo kog razloga pužni vijak ne može doseći zadani prednji položaj.
15. **Vreme naknadnog pritiska:** Kombinacijom visine naknadnog pritiska i vremena delovanja dobija se kvalitetan otpresak. Zavisí od debljine zida i površine otpreska. Kod tačkastog ulivka treba da bude do 2 sekunde.
16. **Vreme zatvaranja kalupa:** Vreme između početka i kraja operacije zatvaranja, uključujući i razvijanje sile zatvaranja. U ukupno vreme zatvaranja uključeno je i vreme zaštite kalupa.
17. **Vreme zaštite kalupa:** Predstavlja zaštitu kalupa od oštećenja ili loma zbog prisustva stranog predmeta. U zadanom zaštitnom vremenu treba pokretni nosač kalupa da prevali put, koji se podešava graničnim mikroprekiđaćem, do potpunog zatvaranja. Ova radnja se odvija pri sniženim brzinama i pritiscima.

18. **Vreme doziranja:** Vreme potrebno za pripremu rastopa za sledeći ubrizgaj, uključujući i dekompresiju ako je zadata.
19. **Vreme hladenja proizvoda:** Vreme potrebno da se ohladi proizvod u zatvorenom kalupu na temperaturu pri kojoj se izbacuje iz kalupa, a da ne dođe do deformacije. Ovo vreme zavisi od veličine proizvoda i hladenja kalupa, a počinje teći nakon isteka vremena naknadnog pritiska do početka otvaranja kalupa.
20. **Ukupno vreme radnog ciklusa:** Zbir pojedinačnih vremena potrebnih za jedan radni ciklus.
21. **Vreme pauze između radnih ciklusa:** Vreme potrebno za vizuelnu kontrolu i opsluživanje kalupa.

1.5. CIKLUS BRIZGANJA

Tehnološki proces brizganja sastoji se od niza operacija koje se odvijaju automatski (Sl. 1). Za početak ciklusa neophodno je prethodno obaviti radnje kojima se mašina ili sistem za brizganje dovode u radno stanje i početni položaj. Obično se te radnje sastoje od zagrevanja cilindra za topljenje i hidrauličkog ulja na radnu temperaturu, a početni položaj je obično sledeći: otvoren kalup, izbacivač u zadnjem položaju, odmaknuta mlaznica i nadzirani materijal.

Sl. 1. Prikaz ciklusa brizganja



2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE POLIMERA ZA BRIZGANJE SA PRIMERIMA IZ PRAKSE

2.1. POLIPROPILEN - PP

Tab. 1. Tehničke karakteristike

	O	S	O	B	I	N	E	METOD ISPITIVANJA	JEDIN. MERE	POLIPROPILEN HOMOPOLIMER	POLIPROPILEN KOPOLIMER
FIZIČKE	Gustina na 23°C	D 792	g/cm ³	0,90 - 0,91						0,89 - 0,905	
	Upijanje vlage (24h, 23°C, 3 mm)	D 570	%	0,01 - 0,03						0,01 - 0,03	
	Otpornost na habanje	D 1044	g	0,018 - 0,028							
	Temperatura topljenja (ili omekšavanja)		°C	165 - 170							
TOPLJINE	Postojanost prema toploti (konstantna)		°C	195 - 125						85 - 115	
	Linearni koeficijent termičkog širenja	D 696	m/m°C	5,8-10,2 × 10 ⁻⁵						8,9-5 × 10 ⁻⁵	
	Toplotna provodljivost	D 177	W/m°C	0,12						0,08 - 0,17	
	Specifična toplota		J/kg°C	1930						2090	
MEHANIČKE	Tvrdoća po Rockwell-u	D 795	Skala	R 80 - 110						R 50 - 96	
	Prekidna čvrstoća	D 638	N/mm ²	29 - 38						20 - 31	
	Modul elastičnosti kod zatezanja	D 638	N/mm ²	980 - 1520						690 - 1080	
	Čvrstoća na savijanje	D 790	N/mm ²	41 - 55						34 - 48	
ELEKTRIČNE	Modul elastičnosti kod savijanja	D 790	N/mm ²	1180 - 1770						880 - 1370	
	Čvrstoća na pritisak	D 695	N/mm ²	38 - 55						25 - 49	
	Modul elastičnosti kod pritiska	D 695	N/mm ²	1030 - 2060							
	Zarezna čvrstoća izod kod 23°C	D 256	J/m	24 - 108						59 - 980	
HEMIJSKE	Specifični otpor (23°C, 50% relativne vlage)	D 257	Ωm	>10 ¹¹						>10 ¹⁵	
	Dielektrična konstanta (10 ⁶ Hz)	D 150		2,2 - 2,6						2,24 - 2,4	
	Dielektrični faktor gubitaka (10 ⁶ Hz)	D 150		0,005 - 0,002						0,005 - 0,002	
	Samogasivost (otpornost na gorenje)	D 635	cm/min	gori sporo						gori sporo	
TEHNOLOŠKE	Postojanost prema svetlu	D 543		Dobra ako sadrži čad i UV stabilizator							
	Postojanost prema razređenim kiselinama	D 543		Izvršna postojanost							
	Postojanost prema koncentrisanim kiselinama	D 543		Naziraju ga kiseline sa oksid. dejstvom							
	Postojanost prema razređenim alkalijama	D 543		Izvršna postojanost							
TEHNOLOŠKE	Postojanost prema koncentrisanim alkalijama	D 543		Izvršna postojanost							
	Postojanost prema organskim rastvaračima	D 543		Do 70-80°C izvršna postojanost prema alkoholima, ketonima, alifatičnim ugljovodonicima, deterdžentima, uljima i mastima. Slaba prema aromatičnim i hlorisanim ugljovodonicima							
	Sušenje pre prerade		h/°C	Nc treba						Nc treba	
	Temperatura brizganja		°C	200 - 280						180 - 280	
TEHNOLOŠKE	Temperatura kalupa		°C	20 - 65						20 - 65	
	Pritisak ubrizgavanja (specifični)		N/mm ²	78 - 137						78 - 137	
	Skupljanje u kalupu i naknadno		%	1 - 2,5						1 - 2,5	

2.1.1. NAJVAŽNIJE KARAKTERISTIKE

Zahvaljujući izvanrednoj kombinaciji dobrih svojstava, polipropilen ima široku primenu. Od mehaničkih osobina, odlikuje ga velika čvrstoća na istezanje, velika tvrdoća površine i velika otpornost na savijanje. Postojan je na visokim temperaturama, kod 100 °C ne omekšava i zadržava krutost. Ima dobre dielektrične osobine. Oporan je na većinu hemikalija, pa i pri temperaturama gde se drugi obični termoplasti ne mogu koristiti. Vrlo je postojan prema vodi. Od svih komercijalnih termoplasta PP ima najmanju gustinu. Polipropilen je bezbojan i u prirodnom stanju je proziran. Može se bojiti, metalizirati i sterilizovati. Dodavanjem različitih punilaca i stabilizatora razvijen je veliki broj različitih tipova PP za posebne namene.

2.1.2. TEHNOLOGIJA PRERADE

Polipropilen se uspešno preraduje presovanjem, ekstrudiranjem (ploče, šipke, profili, cevi, oblaganje kablova, trake za palete, neorijentisani film, ravni liveni film, mreže, biaksijalno orijentisani film, tekstilna vlakna i filament), kalandriranjem, kaširanjem, termoformiranjem, rotolivenjem, duvanjem (duvana ambalaža i šuplja tela) i brizganjem. Zbog dobrih osobina i lake prerade upotrebljava se za izradu vrlo širokog spektra brizganih proizvoda za sve grane industrije, transportne ambalaže i predmeta za domaćinstvo.

2.1.3. PRIMERI IZ PRAKSE ZA PRERADU POLIPROPILENA "HIPOLEN"

1. Primer prvi: Hipolen P MA-2

Proizvod:	Kofica za pakovanje kockica "Pertini" Beograd (Sl. 2.)
Materijal:	Polipropilen Hipolen P MA-2, Hipol
Brizgalica:	"Belmatik-600/230E", Hrvatska
Dimenzije proizvoda:	Gornja strana Ø 200 mm, dubina 205 mm, konus 5°, debljina zida na boku 1,6 mm, na dnu 1,8 mm
Masa proizvoda:	185 g
Način ulivanja:	Tačkasti ulivak



Sl. 2 Kofica

Uslovi brizganja:

Pritisak zatvaranja kalupa, bar	100
Temperatura cilindra po zonama:	T ₁ =190 °C, T ₂ =185 °C, T ₃ =180 °C, T ₄ =40% (Mlaznica)
Temperatura nepokretnog dela kalupa, °C	60
Temperatura pokretnog dela kalupa, °C	50
Pritisak ubrizgavanja, bar	80
Naknadni pritisak, bar	65
Brzina ubrizgavanja, %	45-50
Vreme ubrizgavanja, s	7
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	2
Vreme hladenja proizvoda, s	30
Protivpritisak doziranja, bar	25
Broj obrtaja puža, o/min	120

Izbacivanje proizvoda je kombinovano, mehanički i vazdušno.

Sa gore navedenim uslovima brizganja dobijen je proizvod visokog kvaliteta, koji u potpunosti odgovara proizvodu dobijenom od ranije korišćenih materijala MA-2CR ili FL-2.

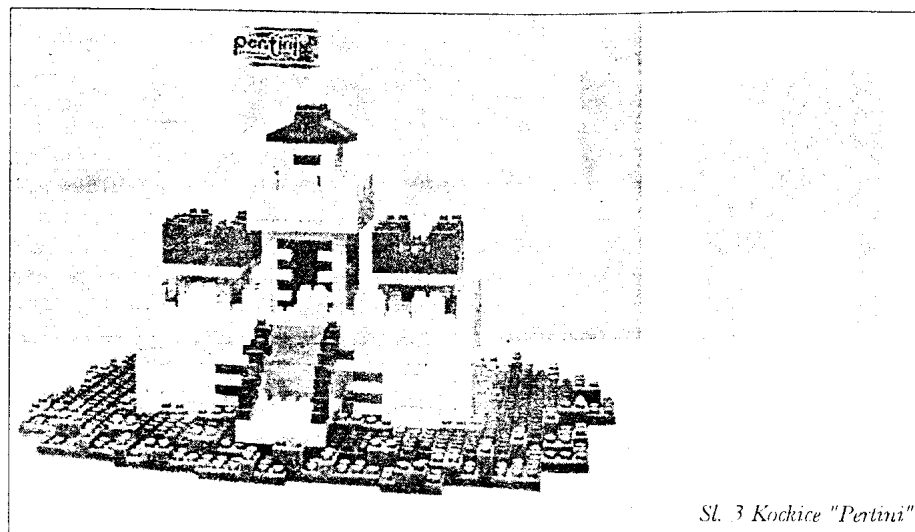
2. Primer drugi: Hipolen P MA-2

Proizvod:	Kockice za slaganje "Pertini" Beograd (Sl. 3.)
Materijal:	Polipropilen Hipolen P MA-2, Hipol
Brizgalica:	"Metalmecanica 200/100", Italija
Masa proizvoda:	24 g, 11 kockica različitih dimenzija u kalupu

Uslovi brizganja:

Pritisak zatvaranja kalupa, bar	80
Temperatura cilindra po zonama:	T ₁ =210 °C, T ₂ =220 °C, T ₃ =185 °C, T ₄ =40% (mlaznica)
Temperatura nepokretnog dela kalupa, °C	60
Temperatura pokretnog dela kalupa, °C	50
Pritisak ubrizgavanja, bar	45-50
Naknadni pritisak, bar	30
Brzina ubrizgavanja, %	55-60
Vreme ubrizgavanja, s	2,5
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	0,5-1
Vreme hladenja proizvoda, s	10-12
Protivpritisak doziranja, bar	25
Broj obrtaja puža, o/min	110
Ulivni sistem	tunelni ulivak
Način izbacivanja	svlakačka ploča za svih 11 komada sa povratnim oprugama.

Ovde je potrebno uraditi kalup od kvalitetnog čelika, dobro postaviti raspored hladenja kalupa, tačno uraditi ulivni sistem i koristiti kvalitetan materijal, kako bi se dobili proizvodi željenog kvaliteta i kako ne bi došlo do problema pri radu, što navodi na zaključak da se pažnja posvećena konstrukciji kalupa višestruko isplati.



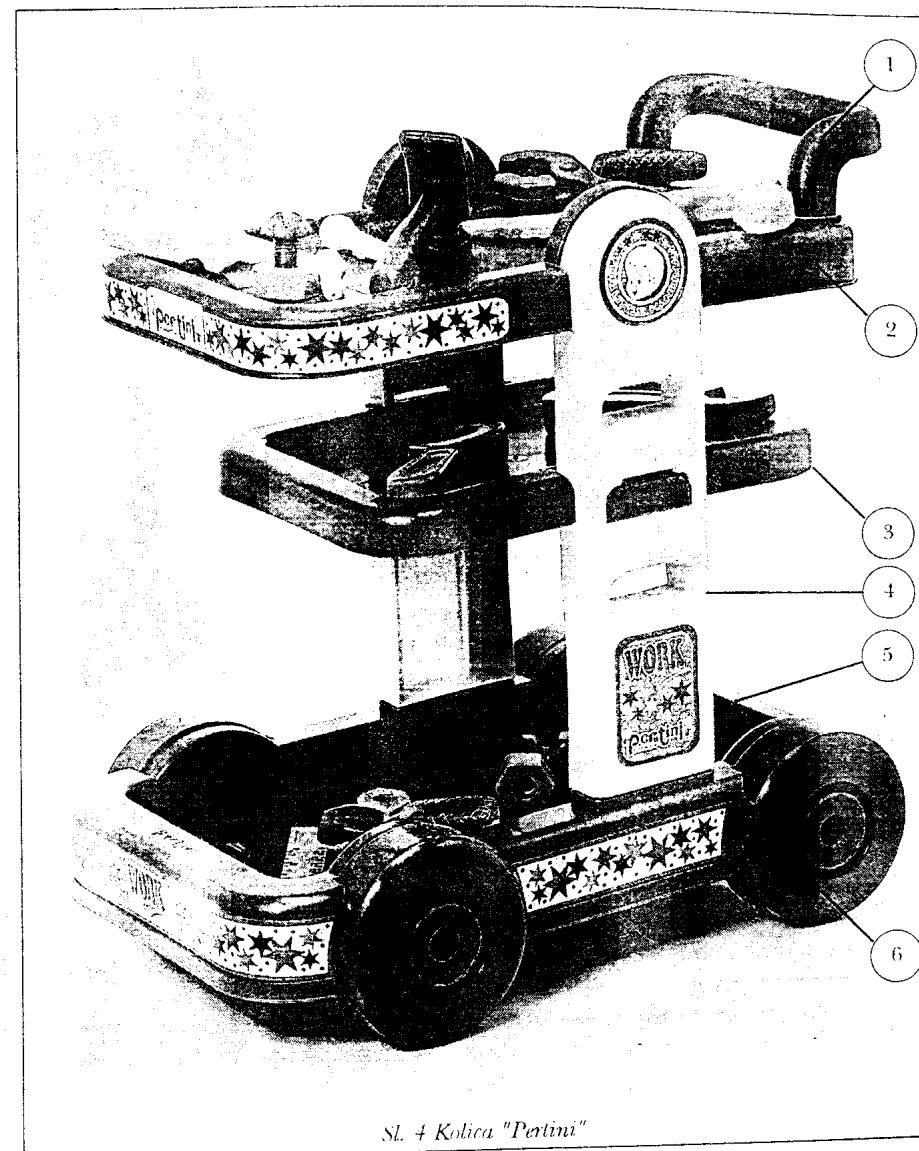
Sl. 3 Kockice "Pertini"

3. Primer treći: Hipolen P MA-2

Proizvod:	Ručica kolica "Pertini" Beograd (Sl. 4 Poz. 1)
Materijal:	Polipropilen Hipolen P MA-2, Hipol
Brizgalica:	"Metalmeccanica 200/100", Italija
Masa proizvoda:	80 g - dve gravure u kalupu
Uslovi brizganja:	
Pritisak zatvaranja kalupa, bar	80
Temperatura cilindra po zonama:	$T_1=200\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=190\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_3=180\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_4=30\%$ (mlaznica)
Temperatura nepokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	50
Temperatura pokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	40
Pritisak ubrizgavanja, bar	80
Naknadni pritisak, bar	65
Brzina ubrizgavanja, %	60
Vreme ubrizgavanja, s	4
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	3
Vreme hlađenja proizvoda, s	20
Protivpritisak doziranja, bar	20
Broj obrtaja puža, o/min	110
Ulivak centralni - lepezasti	

4. Primer četvrti: Hipolen P MA-3 i MA-2

Proizvod:	Gornja polica kolica "Pertini" Beograd (Sl. 4, Poz. 2)
Materijal:	Polipropilen Hipolen P MA-3 i MA-2, Hipol
Brizgalica:	"Belmatik 600/230 E", Hrvatska



Sl. 4 Kolica "Pertini"

Dimenzije proizvoda: dužina 430 mm, širina 240 mm, visina 35 mm.
Proizvod je složenog oblika, sa rebrima za ojačanje, otvorima i žljebovima u obliku lastinog repa za montažu

Masa proizvoda:	300 g
Uslovi brizganja:	
Pritisak zatvaranja kalupa, bar	100

Temperatura cilindra po zonama:	$T_1=190\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=200\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_3=185\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_4=30-45\%$ (mlaznica)
Temperatura nepokretnog kalupa, $^{\circ}\text{C}$	45
Temperatura pokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	35
Pritisak ubrizgavanja, bar	70
Naknadni pritisak, bar	65
Brzina ubrizgavanja, %	60-70
Vreme ubrizgavanja, s	5
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	3
Vreme hlađenja proizvoda, s	30
Protivpritisak doziranja, bar	20
Vreme doziranja, s	7
Broj obrtaja puža, o/min	100
Ulivak direktni	

5. Primer peti: Hipolen P MA-3 i MA-2

Proizvod:	Srednja polica kolica "Pertini" Beograd (Sl. 4, Poz.3)
Materijal:	Polipropilen Hipolen P MA-3 i MA-2, Hipol
Brizgalica:	"Belmatik 600/230 E", Hrvatska
Dimenzije proizvoda:	dužina 320 mm, širina 230 mm, visina 25 mm. Proizvod je složenog oblika, sa otvorima i ležištima za montažu.
Masa proizvoda:	200 g

Uslovi brizganja:

Pritisak zatvaranja kalupa, bar	100
Temperatura cilindra po zonama:	$T_1=190\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=185\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_3=180\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_4=30\%$ (mlaznica)
Temperatura nepokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	45
Temperatura pokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	35
Pritisak ubrizgavanja, bar	80
Naknadni pritisak, bar	65
Brzina ubrizgavanja, %	50-60
Vreme ubrizgavanja, s	3
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	2
Vreme hlađenja proizvoda, s	25
Protivpritisak doziranja, bar	20
Vreme doziranja, s	8
Broj obrtaja puža, o/min	100
Centralni tačkasti direktni ulivak	

6. Primer šesti: Hipolen P MA-4

Proizvod:	Bočne stranice kolica "Pertini" Beograd (Sl. 4, Poz. 4)
Materijal:	Polipropilen Hipolen P MA-4, Hipol
Brizgalica:	"Belmatik 600/230 E", Hrvatska

Dimenzije proizvoda:	dužina 400 mm, visina 30 mm, širina 90 mm, sa rebrima za ojačanje i otvorima za vezu
Masa proizvoda:	2 proizvoda u alatu - 250 g

Uslovi brizganja:

Pritisak zatvaranja kalupa, bar	100
Temperatura cilindra po zonama:	$T_1=190\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=188\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_3=180\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_4=40\%$ (mlaznica)
Temperatura nepokretnog kalupa, $^{\circ}\text{C}$	40
Temperatura pokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	35
Pritisak ubrizgavanja, bar	80
Naknadni pritisak, bar	65
Brzina ubrizgavanja, %	60-70
Vreme ubrizgavanja, s	5
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	3-4
Vreme hlađenja proizvoda, s	30
Protivpritisak doziranja, bar	20
Vreme doziranja, s	10
Broj obrtaja puža, o/min	110
Ulivak lepezasti na dva mesta po strani	

Sa ovim materijalom i uslovima brizganja dobijeni su proizvodi visokog kvaliteta; odličnih mehaničkih osobina i visokog sjaja.

7. Primer sedmi: Hipolen P MA-3 i MA-4 80% i Tipplen K-597 20%

Proizvod:	Donja polica kolica "Pertini" Beograd (Sl. 4, Poz. 5)
Materijal:	Polipropilen Hipolen P MA-3 i MA-4, Hipol, 80% i kopolimer Tipplen K-597TVK, 20%
Brizgalica:	"Belmatik 1250/380 E", Hrvatska
Dimenzije proizvoda:	dužina 430 mm, visina 70 mm, širina 260 mm. Proizvod je složenog oblika, sa rebrima za ojačanje, otvorima i osovinama za montažu i nejednakom visinom stranica
Masa proizvoda:	530 g

Uslovi brizganja:

Pritisak zatvaranja kalupa, bar	100
Temperatura cilindra po zonama:	$T_1=190\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=200\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_3=185\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_4=40\%$ (mlaznica)
Temperatura nepokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	50
Temperatura pokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	45
Pritisak ubrizgavanja, bar	80
Naknadni pritisak, bar	70
Brzina ubrizgavanja, %	60-70
Vreme ubrizgavanja, s	12
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	4
Vreme hlađenja proizvoda, s	45
Protivpritisak doziranja, bar	20

Vreme doziranja, s	14
Broj obrtaja puža, o/min	100
Tačkasti direktni ulivak	

Materijal se odlikuje dobrim mehaničkim osobinama, a 20% kopolimera je dodato da bi se poboljšala otpornost na udar i elastičnost

8. Primer osmi: Hipolen P MA-3

Proizvod:	Točkić za kolica "Pertini" Beograd (Sl.4, Poz. 6)
Materijal:	Polipropilen Hipolen P MA-3, Hipol
Brizgalica:	"Belmatik-600/230E", Hrvatska
Dimenzije proizvoda:	Ø 120 mm, visina 40 mm, sa 4 rebra i rupom Ø 15 mm u sredini, debljina zida 1,7 mm, konus za vadenje proizvoda 1,5°
Masa proizvoda:	4 komada u kalupa 200 g

Uslovi brizganja:

Pritisak zatvaranja kalupa, bar	100
Temperatura cilindra po zonama:	T ₁ =185 °C, T ₂ =185 °C T ₃ =180 °C, T ₄ =40% (mlaznica)
Temperatura nepokretnog dela kalupa, °C	60
Temperatura pokretnog dela kalupa, °C	45
Pritisak ubrizgavanja, bar	80
Naknadni pritisak, bar	70
Brzina ubrizgavanja, %	55-60
Vreme ubrizgavanja, s	6
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	3
Vreme hladenja proizvoda, s	25
Protivpritisak doziranja, bar	25
Broj obrtaja puža, o/min	130

Način ulivanja: tunnelasti bočni ulivak po strani. Vadenje proizvoda sa slakačkom pločom za sva četiri točka. Sa ovim zadanim uslovima brizganja proizvodi su bili odličnog kvaliteta i merenje posle 30 h nakon izrade pokazalo je da nije došlo do većeg skupljanja, osim dozvoljenih 1,2%. Vrlo je bitno da ulivni kanali budu pravilno urađeni i temperatura mase tačno zadana. Ne dozvoliti da nastane veća pauza između ciklusa, jer će doći do pregorevanja mase u cilindru, što dovodi do zalomljenja točka u kalupu, do oštećenja kalupa, pregrevanja i lošeg kvaliteta proizvoda.

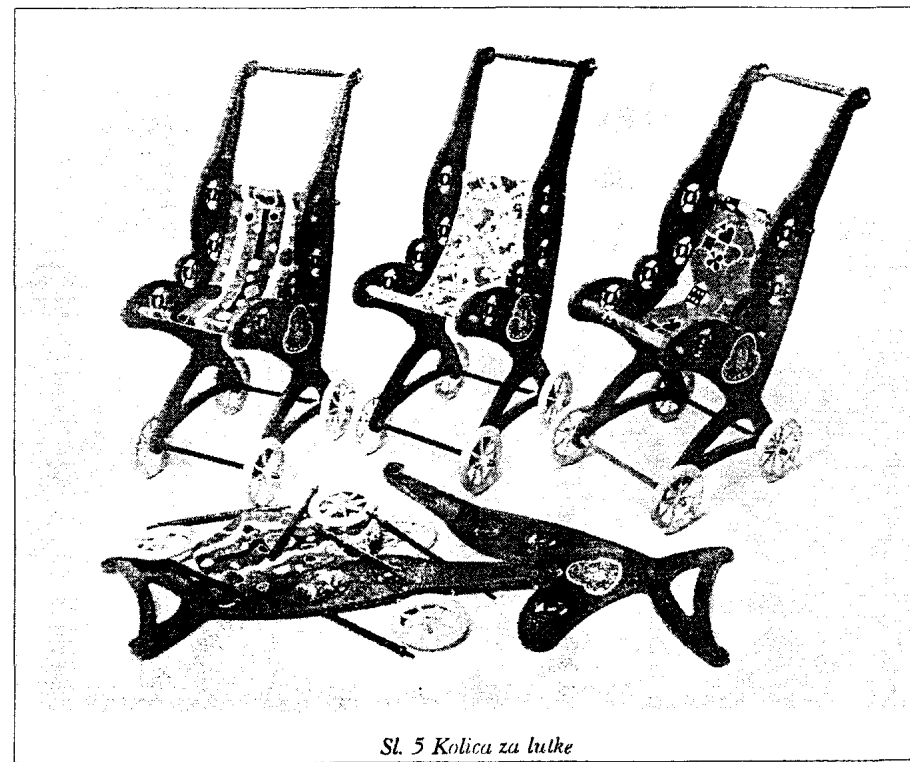
9. Primer deveti: Hipolen P MA-4

Proizvod:	Stranica kolica za lutke "Pertini" Beograd (Sl. 5.)
Materijal:	Polipropilen Hipolen P MA-4 ili FY-6, Hipol
Brizgalica:	"Belmatik-900/185 CNC", Hrvatska
Dimenzije proizvoda:	Dužina 600 mm, širina 250 mm, debljina zida 3 mm, sa okolo ispupčenim vencem 9 mm
Masa proizvoda:	185 g

Uslovi brizganja:

Pritisak zatvaranja kalupa, bar	125
Temperatura cilindra po zonama:	T ₁ =210 °C, T ₂ =218 °C, T ₃ =225 °C, T ₄ =230 °C, T ₅ =85% (mlaznica)
Temperatura nepokretnog dela kalupa, °C	65
Temperatura pokretnog dela kalupa, °C	55
Pritisak ubrizgavanja, bar	100
Naknadni pritisak, bar	76
Brzina ubrizgavanja, %	30-35
Vreme ubrizgavanja, s	5,5
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	3,3
Vreme hladenja proizvoda, s	40
Protivpritisak doziranja, bar	40
Broj obrtaja puža, o/min	114
Način ulivanja: centralni direktni ulivak	

Vadenje proizvoda sa više izbijača većeg prečnika Ø 8 mm. Sa ovakvim izbacivanjem nije došlo do deformacije proizvoda, jer su izbacivači pravilno raspoređeni, na mestima gde su bila ojačanja, a na samom kalupu izvedeni su odgovarajući uglovi za vadenje proizvoda.

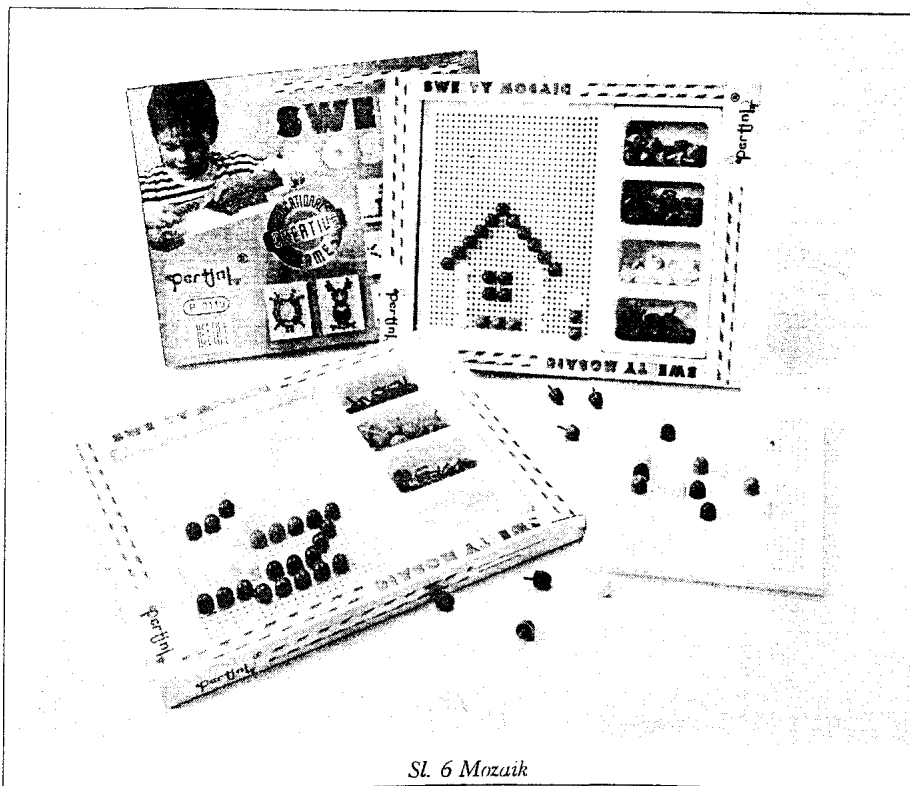


Sl. 5 Kolica za lutke

Kod proizvoda nesimetričnog oblika i nejednake debljine zidova treba voditi računa da temperatura mase i kalupa bude u zadanim granicama, kako ne bi došlo do deformacije.

10. Primer deseti: Hipolen P MA-2 CR

Proizvod:	Ploča mozaika (dečija igra)
Materijal:	Polipropilen Hipolen P MA-2 CR, Hipol
Brizgalica:	"Metalmeccanica 200/100", Italija
Dimenzije proizvoda:	220 x 180 x 3 mm sa 350 rupica Ø 3 mm
Masa proizvoda:	94 g
Uslovi brizganja:	
Pritisak zatvaranja kalupa, bar	100
Temperatura cilindra po zonama:	$T_1=190\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=188\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_3=180\text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatura nepokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	60
Temperatura pokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	50
Pritisak ubrizgavanja, bar	80
Naknadni pritisak, bar	55
Brzina ubrizgavanja: srednja, %	50-60



Sl. 6 Mozaik

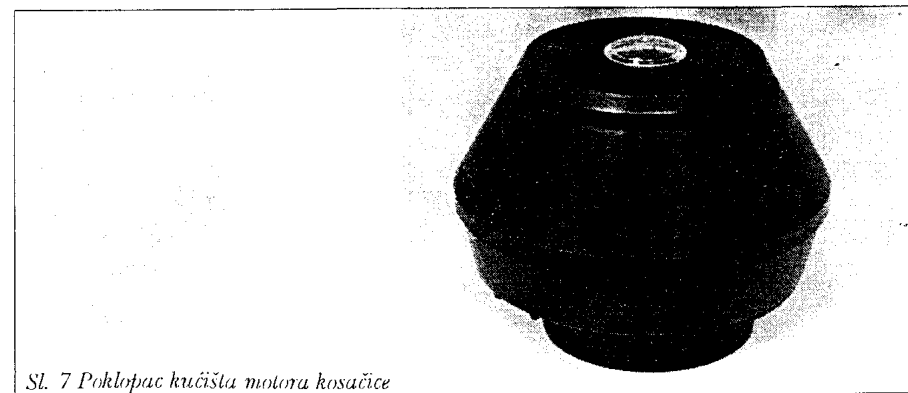
Vreme ubrizgavanja, s	3,5
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	2,5
Vreme hlađenja proizvoda, s	40
Protivpritisak doziranja, bar	15
Broj obrtaja puža, o/min	130
Centralni ulivak u sredini ploče	

11. Primer jedanaesti: PP kompaund Compolen MA-440T, Hipol

Proizvod:	Poklopac kućišta motora kosačice (Sl. 7.)
Materijal:	PP kompaund Compolen MA-440T, Hipol, materijal je punjen sa 40% talka, gustina 1,15-1,20 g/cm ³ . Ovaj materijal je otporan na udar, ima jako dobru dimenzionu tačnost i namenjen je za izradu tehničkih proizvoda; za auto industriju i ostalih delova izloženih niskim temperaturama i udarima.
Brizgalica:	"Belmatik 900/185 CNC", Hrvatska
Dimenzije proizvoda:	prečnik Ø 250 mm, debljina zida 2 mm
Masa proizvoda:	275 g

Uslovi brizganja:

Pritisak zatvaranja kalupa, bar	180
Temperatura cilindra po zonama:	$T_1=210\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=215\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_3=220\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_4=225\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_5=20\%$ (mlaznica)
Temperatura nepokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	60
Temperatura pokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	45
Pritisak ubrizgavanja, bar	100-110
Naknadni pritisak, bar	70
Brzina ubrizgavanja, %	35-40
Vreme ubrizgavanja, s	6,5
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	10
Vreme hlađenja proizvoda, s	25



Sl. 7 Poklopac kućišta motora kosačice

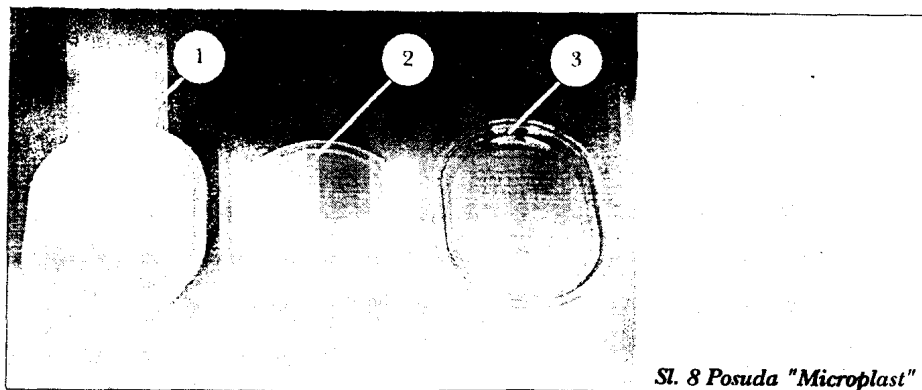
Protivpritisak doziranja, bar	30
Broj obrtaja puža, o/min	138
Centralni direktni ulivak	

Temperatura može odstupati za 10 °C po zonama u plusu ili **minusu, zavisno** od zagrejanosti prostorije.

12. Primer dvanaesti: PP kompaund Compolen MS-320 T-C01, Hipol

Proizvod:	Višenamenska posuda "Microplast", Hipol Odžaci (Sl. 8 Poz.1)
Materijal:	Polipropilen kompaund Compolen MS-320T-C01, Hipol
Brizgalica:	"Belmatik 900/185", Hrvatska
Dimenzije proizvoda:	320 x 220 x 60 mm, elipsastog oblika sa udubljenjem za poklopce
Masa proizvoda:	208,5 g
Uslovi brizganja:	
Pritisak zatvaranja kalupa, bar	180
Temperatura cilindra po zonama:	T ₁ =200 °C, T ₂ =205 °C, T ₃ =206 °C, T ₄ =195 °C, T ₅ =40% (mlaznica)
Temperatura nepokretnog dela kalupa, °C	55
Temperatura pokretnog dela kalupa, °C	50
Pritisak ubrizgavanja, bar	95
Naknadni pritisak, bar	60
Brzina ubrizgavanja, %	45
Vreme ubrizgavanja, s	7,5
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	12
Vreme hladenja proizvoda, s	20
Protivpritisak doziranja, bar	15
Broj obrtaja puža, o/min	122
Ulivni sistem - topli ulivak	

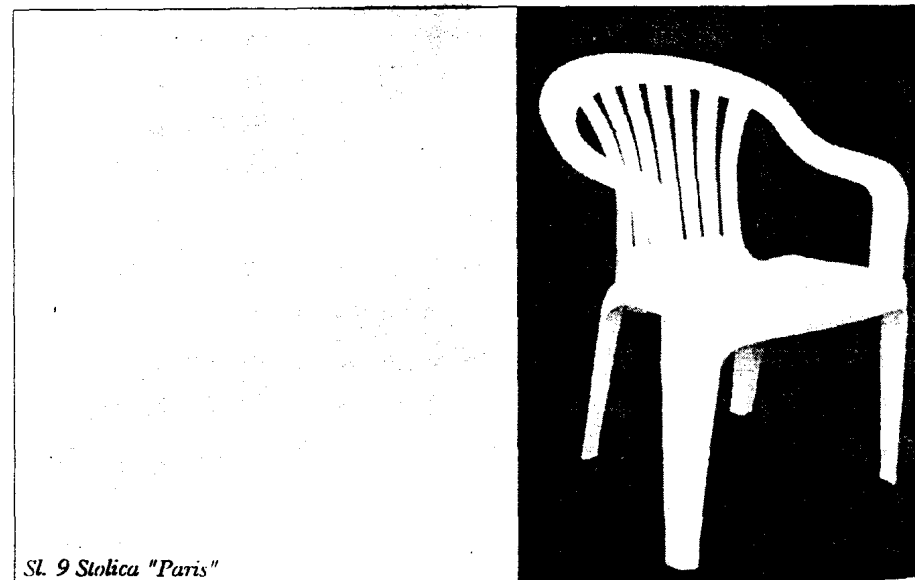
Sa ovim zadanim uslovima brizganjama i odabranim materijalom proizvod je bio visokog kvaliteta.



Sl. 8 Posuda "Microplast"

2.1.3.13. Primer trinaesti: PP kompaund Compolen MS-330K, Hipol

Proizvod:	Stolica za vrtne garniture "Rišelje" i "Paris", Hipol Odžaci (Sl. 9)
Materijal:	PP kompaund Compolen MS-330K, Hipol, i PP kopolimer Tipplen K-597, TVK
Brizgalica:	"Italtech 6000/1200T", Italija
Dimenzije proizvoda:	Kalup: 1000 x 1000 x 1200 Stolica: 800 x 600 x 420
Masa proizvoda:	3200-3350 g
Uslovi brizganja:	
Maksimalni pritisak brizgalice, bar	140
Pritisak zatvaranja kalupa, bar	100
Temperatura cilindra po zonama:	T ₁ =225 °C, T ₂ =222 °C, T ₃ =225 °C, T ₄ =220 °C, T ₅ =215 °C, T ₆ =50% (mlaznica)
Temperatura nepokretnog dela kalupa, °C	40-50
Temperiranje pokretnog dela kalupa, °C	25-30
Pritisak ubrizgavanja, bar	75-80
Naknadni pritisak, bar	50
Brzina ubrizgavanja, %	60-75
Vreme ubrizgavanja, s	18-22
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	4-6
Vreme hladenja proizvoda, s	45
Protivpritisak doziranja, bar	30
Vreme doziranja, s	25
Broj obrtaja puža, o/min	70-80
Ulivni sistem	centralni direktni ulivak



Sl. 9 Stolica "Paris"

Sa ovim zadanim uslovima brizganja i odabranim materijalom proizvod je zadovoljio zahteve za kvalitet i dizajn.

Stolice su radene u tri modela, različitih oblika. Sa proizvodnjom prvih modela nije bilo posebnih problema. Kod uhadavanja proizvodnje trećeg modela (novi alat), došlo je do pojave fleke dimenzija 100 x 35 u jednoj nozi stolice. Fleka u vidu sitnih linija tečenja ukazivala je na izbacivanje punioca iz mase kompaunda. Izmenom parametara i promenom sirovine nedostatak nije potpuno otklonjen. Uzrok je otkriven u nepravilnom izboru mesta ulivka, lepezastog ulaza i njegovih dimenzija. Drugi uzrok istog nedostatka bio je propust u izradi alata, kada je jedno oštećenje u šupljini noge zavareno čelikom koji nije bio isti kao materijal kalupa, što je dovelo do vrtloženja mase polimera. Nepravilnost površine proizvoda otklonjena je odzračivanjem. Otklanjanje navedenih nedostataka na kalupu tako velikih dimenzija predstavlja značajan trošak i gubitak proizvodnje, što navodi na zaključak da se pažnja posvećena konstrukciji kalupa višestruko isplati.

Stolice su radene u više boja. Budući da Hipol raspolaže linijama za proizvodnju obojenih kompaunda, korišćena je u masi obojena sirovina, iako je moguć rad i sa natur materijalom kome se na uobičajeni način dodaje masterbač. Korišćenjem obojene sirovine postiže se visoka ujednačenost boje proizvoda i eliminiše pojava linija tečenja, ali poskupljuje proizvod.

2.1.4. POLIPROPILEN "TATREN"

Proizvođač: "Slovnaft", Slovačka

Ovi tipovi mogu se koristiti za izradu artikala za domaćinstvo: posude, vangle, proizvodi sa tanjim zidovima. Mogu se koristiti u tekstilnoj industriji za vlakna, jer su na bazi kontrolisane reologije.

Tatren MF 501, srednja tečljivost, MFR=10 g/10 min

Tatren MF 502, srednja tečljivost, MFR=10 g/10 min

Tatren TI 902, visoka tečljivost, MFR=31 g/10 min

Preporučuje se tehnologija prerade brizganjem.

Uslovi prerade brizganjem:

Temperatura cilindra, °C 170-250

Temperatura kalupa, °C 30-70

Pritisak ubrizgavanja, bar 50-160

Naknadni pritisak, bar 25-60

Brzina ubrizgavanja srednja ka višoj, % 80-90

Vreme delovanja naknadnog pritiska zavisi od proizvoda

Vreme hladenja proizvoda, s 20

Protivpritisak doziranja, bar 0-10

Broj obitaja puža, o/min 130-150

Teže se boji i pri brizganju izlaze niti iz mlaznice. Koristiti samo masterbač sa oznakom za polipropilen.

2.1.5. POLIPROPILEN "MOSTEN"

Proizvođač: "Chemopetrol", Češka Republika

Ovaj materijal je pogodan za brizganje različitih proizvoda za domaćinstvo: posude, vangle, latori, veće površine sa tankim zidovima. Dosta se upotrebljava za izradu dečijih igračaka. Kalup mora biti dobro ispoliran ili tvrdo hromiran, tako da proizvod ima dobar sjaj. Preporučuje se brzi ciklus, a može se mešati sa čistim regeneratom do 20%. Ovaj polipropilen ima visoku tečljivost i dobru dimenzionu stabilnost. Dobar je za artikle sa dugim i komplikovanim putevima tečenja. Najpogodniji tipovi Mostena su sledeći:

Mosten 52611, srednja tečljivost, MFR=8 g/10 min

Mosten 52612, srednja tečljivost, MFR=8 g/10 min

Mosten 52815, vrlo dobra tečljivost, MFR=17 g/10 min

Mosten 52885, vrlo dobra tečljivost, MFR=17 g/10 min

Mosten 52945, vrlo dobra tečljivost, MFR=25 g/10 min

Preporučuje se tehnologija prerade brizganjem.

Opšti uslovi brizganja:

Temperatura cilindra, °C 170-250

Temperatura kalupa, °C 40-80

Pritisak ubrizgavanja, bar 60-170

Naknadni pritisak, bar 30-70

Brzina ubrizgavanja srednja ka višoj, %	70-85
Vreme delovanja naknadnog pritiska	zavisi od proizvoda
Vreme hladenja proizvoda, s	20
Protivpritisak doziranja, bar	8-12
Broj obrtaja puža, o/min	120-150
Skupljanje proizvoda u kalupu, %	1,5-2

Materijal ne treba sušiti. Koristiti samo masterbač sa oznakom za polipropilen.

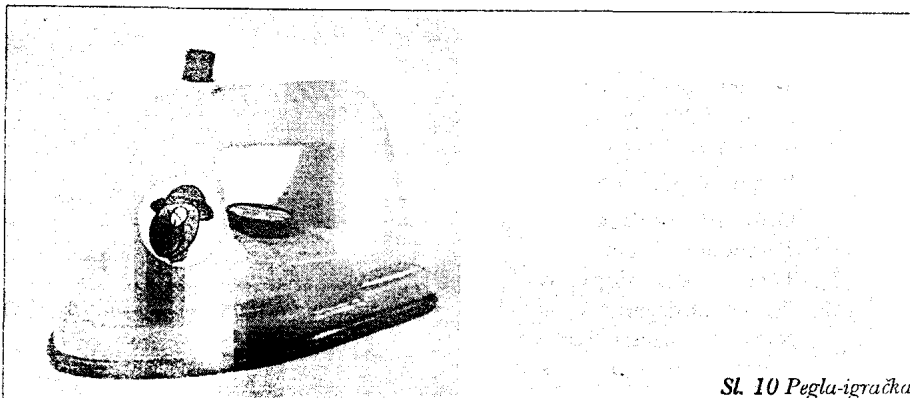
Primer prerade:

Proizvod:	Stranica pegle (igračka) (Sl. 10.)
Materijal:	Polipropilen Mosten 52815 i 52945, Chemopetrol, Češka
Brizgalica:	"Belmatik 425/100 CNC", Hrvatska
Masa proizvoda:	65 g, 2 gnezda u kalupu, reljefni oblik proizvoda sa debljinom zida 1,5 mm

Uslovi brizganja:

Pritisak zatvaranja kalupa, bar	150
Temperatura cilindra po zonama:	$T_1=188\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=195\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_3=200\text{ }^{\circ}\text{C}$, Mlaznica=80%
Temperatura nepokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	60
Temperatura pokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	45
Pritisak ubrizgavanja, bar	84
Naknadni pritisak, bar	53
Brzina ubrizgavanja, %	42
Vreme ubrizgavanja, s	3,5
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	5
Vreme hladenja proizvoda, s	18
Protivpritisak doziranja, bar	10
Broj obrtaja puža, o/min	175
Ulivak centralni-lepezasti	

Sa ovim zadanim uslovima brizganja rađeno je na više brizgalica. Nije bilo većih odstupanja u pritiscima i temperaturi, što se moglo brzo podesiti da proizvod u potpunosti udovolji svojoj nameni.



Sl. 10 Pegla-igračka

2.1.6. POLIPROPILEN "TIPPLEN"

Proizvođač: "TVK", Mađarska

Ova vrsta polipropilena se dosta dobro preraduje brizganjem. Pogodna je za primenu u tekstilnoj industriji, prehrambenoj industriji, za izradu igračaka i delova koji zahtevaju dobar sjaj. Pogodna je za izradu tankih zidova, duže puteve tečenja i dosta su stabilni. Preporučuju se sledeći tipovi za brizganje:

H 116 F, visoka tečljivost, MFR=25 g/10 min

H 145 F, visoka tečljivost, MFR=25 g/10 min

H 263 F, srednja tečljivost, MFR=18 g/10 min

H 284 F, srednja tečljivost, MFR=18 g/10 min

H 384 F, niža tečljivost, MFR=12 g/10 min

Opšti uslovi brizganja:

Temperatura cilindra, $^{\circ}\text{C}$	170-230
Temperatura kalupa, $^{\circ}\text{C}$	30-65
Pritisak ubrizgavanja, bar	70-140
Naknadni pritisak, bar	30-85
Brzina ubrizgavanja, %	60-70
Vreme delovanja naknadnog pritiska	zavisi od proizvoda
Vreme hladenja proizvoda, s	20
Protivpritisak doziranja, bar	5-15
Broj obrtaja puža, o/min	100-140
Skupljanje proizvoda u kalupu, %	1,5-2

Merenje dimenzija proizvoda 24-72 h posle ubrizgavanja. Materijal ne treba sušiti. Nije samogasiv. Koristiti samo masterbač sa oznakom za polipropilen.

Neki tipovi Tiplena imaju sličnosti sa Hipolenima, na primer H 263 F i H 348 F su slični kao MA-3.

Primer prerade:

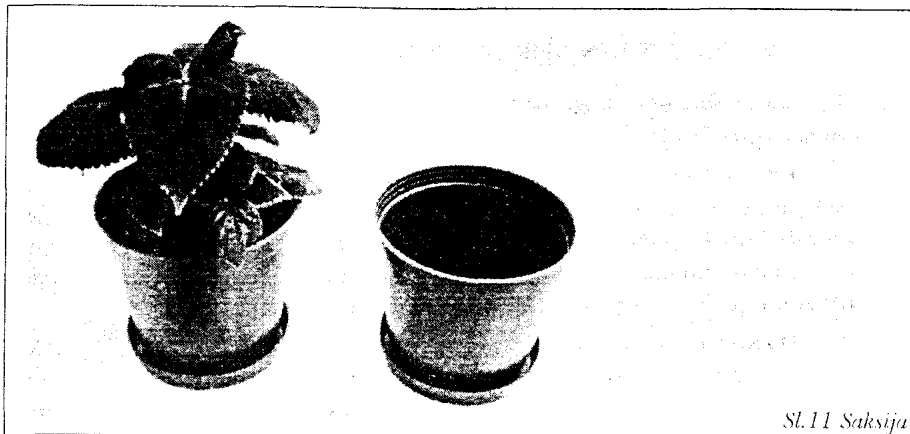
Proizvod:	Ukrasna saksija za cveće (Sl. 11.)
Materijal:	Polipropilen Tipplen H 116 F i H 145 F, TVK, Mađarska
Brizgalica:	"Belmatik 900/185 CNC", Hrvatska
Masa proizvoda:	486 g, debljina zida 2-2,5 mm

Uslovi brizganja:

Pritisak zatvaranja kalupa, bar	185
Temperatura cilindra po zonama:	$T_1=202\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=215\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_3=220\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_4=215\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_5=50\%$ (mlaznica)
Temperatura nepokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	65
Temperatura pokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	50
Pritisak ubrizgavanja, bar	100-105
Naknadni pritisak, bar	75-80
Brzina ubrizgavanja, %	55
Vreme ubrizgavanja, s	4,2
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	6,5
Vreme hladenja proizvoda, s	35

Protivpritisak doziranja, bar	32
Broj obrtaja puža, o/min	155

Ulivak je centralni, mlaznica otvorena S obzirom da navedena brizgalica nije imala dovoljan kapacitet za ovaj proizvod, radili smo sa intruzijskim ubrizgavanjem koje smo vremenski podesili na 7 s. (Intruzija je doziranje plastificiranog materijala direktno u kalup i dopunjavanje kalupa klasičnim ubrizgavanjem pod pritiskom.) Na ovaj način je povećan kapacitet mašine za 10%, a zavisno od proizvoda i materijala moguće je tako povećati kapacitet i za 20-30%.



Sl.11 Saksija

2.1.7. POLIPROPILEN "BUPIEN"

Proizvođač: "Neftochim", Bugarska

Ovi tipovi namenjeni su za brizganje raznih delova većih dimenzija i dobre žilavosti, otpornih na habanje i na udar. Dosta dobro se preraduju brizganjem. Pogodni su za izradu delova u tekstilnoj industriji, auto industriji itd. Najpogodniji tipovi Buplena za brizganje jesu:

- 6531 sporije teče MFR=3-5 g/10 min
- 6321 ima dobro tečenje MFR=8-16 g/10 min
- 6323 ima dobro tečenje MFR=8-16 g/10 min
- 6324 ima dobro tečenje MFR=8-16 g/10 min

Dobro se boje. Mogu se približno uporediti sa Hipolenima MA-4 i MA-3.

Opšti uslovi brizganja:

Temperatura cilindra, °C	180-250
Temperatura kalupa, °C	30-50
Pritisak ubrizgavanja, bar	80-170
Naknadni pritisak, bar	60-85
Brzina ubrizgavanja srednja, %	50-65
Vreme delovanja naknadnog pritiska	zavisi od proizvoda

Vreme hlađenja proizvoda, s	20
Protivpritisak doziranja, bar	10-25
Broj obrtaja puža, o/min	120-150
Skupljanje proizvoda u kalupu, %	1,3-2,1

Materijal ne treba sušiti. Dozvoljeno je mešanje sa čistim regeneratorm do 25%. Koristiti samo masterbač sa oznakom za polipropilen.

Primer prerade:

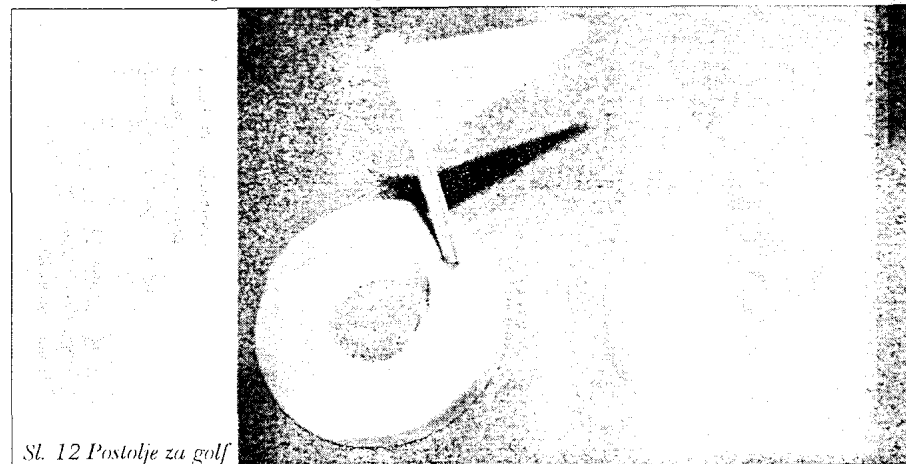
Proizvod:	Postolje za golf (dečija igračka) (Sl. 12.)
Materijal:	Polipropilen Buplen 6331, Neftochim, Bugarska
Brizgalica:	"Metalmeccanica 200/100", Italija
Dimenzije proizvoda:	Prečnik Ø 145 mm, visina 30 mm sa jedne strane i spušta se za 3 mm, otvor u centru Ø 45 mm

Masa proizvoda: 48 g

Uslovi brizganja:

Pritisak zatvaranja kalupa, bar	80
Temperatura cilindra po zonama:	$T_1=180\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=190\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_3=20\text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatura nepokretnog dela kalupa, °C	45
Temperatura pokretnog dela kalupa, °C	35
Pritisak ubrizgavanja, bar	75
Naknadni pritisak, bar	50
Brzina ubrizgavanja, %	50-60
Vreme ubrizgavanja, s	3,5
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	0,5-1
Vreme hlađenja proizvoda, s	20
Protivpritisak doziranja, bar	15-20
Broj obrtaja puža, o/min	15
Ulivak centralni, mlaznica otvorena	

Sa ovim zadanim uslovima brizganja uradena je veća količina, sa vrlo dobrim kvalitetom i dozvoljenim škartom prema normativu.



Sl. 12 Postolje za golf

2.2 POLIETILEN - PE

Tab. 2. Tehničke karakteristike PE

O S O B I N E	METODA ISPITIVANJA	JEDINICA MERE	POLIETILEN NISKE GUSTINE PENG	POLIETILEN VISOKE GUSTINE PEVg	ETILEN VINIL AKRILAT KOPOLIMER EVA	JONOMER
FIZIČKE	D 792 D 576 D 1014	g/cm ³	0,91 - 0,925	0,911 - 0,965	0,92 - 0,95	0,91 - 0,96
		%	< 0,01	< 0,01	0,01 - 0,18	4 - 6
		g	3 - 105 - 115	Ti 180 - 185		0,1 - 1,1
TOPLOTNE	D 606 D 177	°C	3 - 105 - 115	Ti 180 - 185		Omeđena na 72 - 76
		°C	60 - 80	90 - 110	55 - 65	71
		m m°C	10 - 22 x 10 ³		16 - 20 x 10 ³	14 x 10 ³
		W/m ² °C	0,33	0,46 - 0,52		0,24
		J/kg°C	2300	2300		2300
MEHANIČKE	D 795 D 638 D 638	Skala	Rockwell D 11 - 50	Rockwell D 60 - 70	Shore D 17 - 43	Shore D 60 - 63
		N/mm ²	4,9 - 15	22 - 37	9 - 20	27 - 31
		N/mm ²	98 - 274	412 - 1200	15 - 88	137 - 412
		N/mm ²	4 - 16	8,5 - 25		
ELEKTRIČNE	D 695 D 256 D 257 D 150 D 150	J/m	ne kida se	24,5 - 980	ne kida se	206 - 735
		Ωm	> 10 ⁶	> 10 ⁶	10 ⁶	10 ⁴
			2,25 - 2,35	9,80 - 9,95	2,6 - 3,2	2,4 - 2,5
		cm/min	< 0,0005	< 0,0005	0,03 - 0,05	0,001 - 0,003
			Do 60°C	Do 80°C	Do 45°C	Do 45°C
			Do 60°C	Do 80°C	Do 45°C	Do 45°C
			Do 60°C	Do 80°C	Do 45°C	Do 45°C
			Do 60°C	Do 80°C	Do 45°C	Do 45°C
			Do 60°C	Do 80°C	Do 45°C	Do 45°C
			Do 60°C	Do 80°C	Do 45°C	Do 45°C
HEMIJSKE	D 635 D 543 D 543 D 543 D 543	cm/min	Do 60°C	Do 80°C	Do 45°C	Do 45°C
			Do 60°C	Do 80°C	Do 45°C	Do 45°C
			Do 60°C	Do 80°C	Do 45°C	Do 45°C
			Do 60°C	Do 80°C	Do 45°C	Do 45°C
			Do 60°C	Do 80°C	Do 45°C	Do 45°C
			Do 60°C	Do 80°C	Do 45°C	Do 45°C
			Do 60°C	Do 80°C	Do 45°C	Do 45°C
			Do 60°C	Do 80°C	Do 45°C	Do 45°C
			Do 60°C	Do 80°C	Do 45°C	Do 45°C
			Do 60°C	Do 80°C	Do 45°C	Do 45°C
TEHNOLOŠKE	D 543	h/°C	Do 60°C	Do 80°C	Do 45°C	Do 45°C
		°C	190 - 250	200 - 280	100 - 210	170 - 210
		°C	30 - 50 - 80	50 - 70	25 - 40	10 - 15
		N/min	60 - 180	80 - 140	Više mali	0,7 - 1,9
		%	Normalna	Velika	Mala	0,7 - 2,0

2.2.1. NAJVAŽNIJE KARAKTERISTIKE

Poliuretani su netoksični termoplasti, bez mirisa i ukusa, otporni na ulja, masti i mnoge hemikalije. Fleksibilni su i lagani, u tankom sloju prozračni do providni. Imaju veliku žilavost i fleksibilnost i kod relativno niskih temperatura. PENG i PEVg se lako prerađuju i mogu se bojiti. Dobar kvalitet proizvoda se postiže u kalupima sa toplim kanalima, što se posebno preporučuje za jonomere i kopolimere EVA i EEA. Jonomeri zahtevaju duže vreme hlađenja.

2.2.2. POLIETILEN NISKE GUSTINE - PENG (LDPE)

Način prerade: Brizganjem, ekstrudiranjem, duvanjem, vakuumiranjem, roto livenjem, presovanjem.

Primena: Ovaj polimer ima široku primenu: posude (kontejneri) za prehrambene i ostale proizvode, u elektrotehnici, elektronici i građevinarstvu, monofilamenti za mreže i užad, igračke, delovi za hemijsku, automobilsku i tekstilnu industriju, razni kućni aparati; poluproizvodi, okrugli i pljosnati profili, male i velike cevi; filmovi za primenu u poljoprivredi, ambalažne trake, termoskupljajući filmovi.

Dozvoljeno je mešanje sa regeneratom do 25%. Teško se lepi, ima visoku propusnost za gasove, veliko skupljanje, nije samogasiv. Zahteva velike površine kalupa (pritisci koji se stvaraju u kalupnoj šupljini su jako veliki pa naležuće površine isto moraju biti veće). Hlađenje treba da bude ravnomerno raspoređeno. Preporučuje se da težina proizvoda bude najmanje 20% manja od kapaciteta mašine da bi se dobio zahtevani kvalitet proizvoda. Izvrsni proizvodi se postižu u kalupima sa toplim kanalima. Kalup mora biti izrađen od kvalitetnog čelika, dobro ispoliran i sa tehnološki rešenim rasporedom jezgara i ulivnog sistema.

1. Opšti uslovi prerade brizganjem:

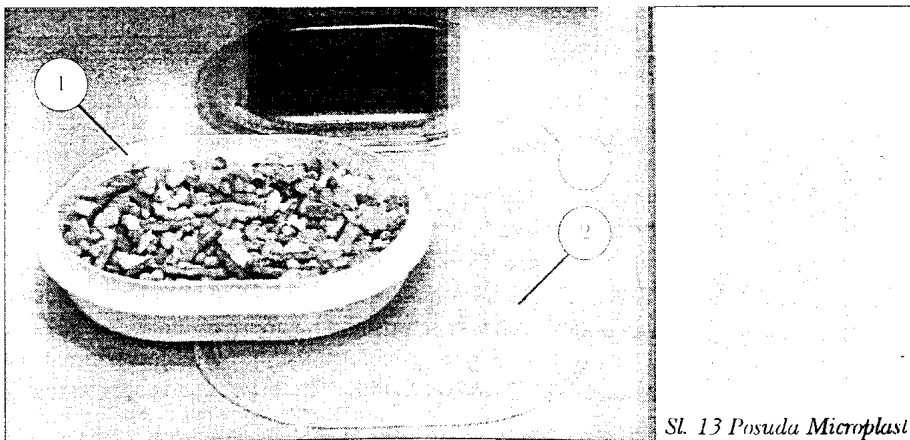
Temperatura cilindra, °C	180-240
Temperatura kalupa, °C	40-80
Pritisak brizganja, bar	80-150
Naknadni pritisak, bar	40-80
Brzina ubrizgavanja srednja ka višoj, %	50-80
Protivpritisak doziranja, bar	15-25
Okretaj puža, o/min	80-120
Mlaznica otvorena ili sa zatvaračem	
Skupljanje proizvoda u kalupu, %	2-4
Dozvoljeno mešanje sa regeneratom, %	do 25

Ne dozvoljava se mešanje sa ostalim materijalima. Može se bojiti samo masterbačem koji je namenjen za polietilen. Da bi se postiglo ravnomerno bojenje potrebno je da bude ispravan puž i da se koriste gore pomenuti uslovi. Merenje i kontrola dimenzija proizvoda vrše se 24-50 h nakon izrade. Za brizganje se preporučuje korišćenje materijala sa oznakom za brizganje, a koji imaju veći MFR.

2. Primer prerade:

Proizvod:	Poklopac posude "Microplast" (Sl.13 Poz.2)
Materijal:	PENG, "HIPTEN 15080", HIP-Petrohemija, Pančevo, gustina 0,915 g/cm ³ , MFR=8 g/10 min
Brizgalica:	"Belmatik-900/185 CNC" Belišće
Dimenzije proizvoda:	Poklopac elipsastog oblika, 320 x 220 x 2,5 mm sa hrpavom talasastom površinom i zubom za zatvaranje na posudu
Masa proizvoda:	80 g
Uslovi brizganja:	
Pritisak zatvaranja kalupa, bar	175
Temperatura cilindra po zonama:	T ₁ =200 °C, T ₂ =225 °C, T ₃ =220 °C, T ₄ =210 °C, T ₅ =8-15% (mlaznica)
Ulivni sistem:	topli ulivak
Temperatura nepokretnog dela kalupa, °C	50-60
Temperatura pokretnog dela kalupa, °C	50-55
Pritisak ubrizgavanja, bar	135-150
Naknadni pritisak, bar	70
Brzina ubrizgavanja, %	28-30
Vreme ubrizgavanja, s	3,2
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	8
Vreme hladenja proizvoda, s	12
Protivpritisak doziranja, bar	10
Broj obrtaja puža, o/min	172

Pri ovim uslovima proizvod je bio strogo ravan i nije se vitoperio. Skupljanje je bilo u granicama skupljanja materijala, mereno posle 50 časova nakon izrade. Način izbacivanja bio je vazdušni.



Sl. 13 Posuda Microplast

2.2.3. POLIETILEN VISOKE GUSTINE-PEVG (HDPE)

Način prerade: Brizganjem, vakuumiranjem, duvanjem, ekstrudiranjem, roto livenjem. Proizvodi i poluproizvodi (profili, cevi) lako se mašinski obrađuju i pogodni su za dalju primenu u industriji.

Način prerade brizganjem: Veoma se lako prerađuje, daje proizvode izuzetnog izgleda površine. Ovaj polietilen ima veoma bitne osobine, kao što su otpornost na udar, otpornost na lom, postojanost na niskim temperaturama, takode na visokim (temperatura omekšavanja 130-135 °C).

Primena: U prehrambenoj industriji, industriji za izradu kućnih aparata, građevinarstvu, tekstilnoj industriji, elektro industriji, u industriji za proizvodnju auto delova, za proizvodnju igračka.

1. Opšti uslovi prerade brizganjem:

Temperatura cilindra, °C	190-280
Temperatura kalupa, °C	50-70
Pritisak brizganja, bar	80-200
Naknadni pritisak, bar	70-95
Brzina ubrizgavanja velika, %	70-90
Protivpritisak doziranja, bar	15-32
Okretaj puža, o/min	80-120
Mlaznica	otvorena i sa zatvaračem
Skupljanje proizvoda u kalupu, %	2-4
Dozvoljeno mešanje sa regeneratom, %	do 25

Ne dozvoljava se mešanje sa ostalim materijalima. Može se bojiti samo masterbačem koji je namenjen za polietilen. Da bi se postiglo ravnomerno bojenje potrebno je da bude ispravan puž i da se koriste gore pomenuti uslovi. Najpogodniji su kalupi sa toplim kanalima. Merenje i kontrola dimenzija proizvoda vrše se 24-72 h nakon izrade. Za brizganje se preporučuje korišćenje materijala sa oznakom za brizganje, a koji imaju veći MFR.

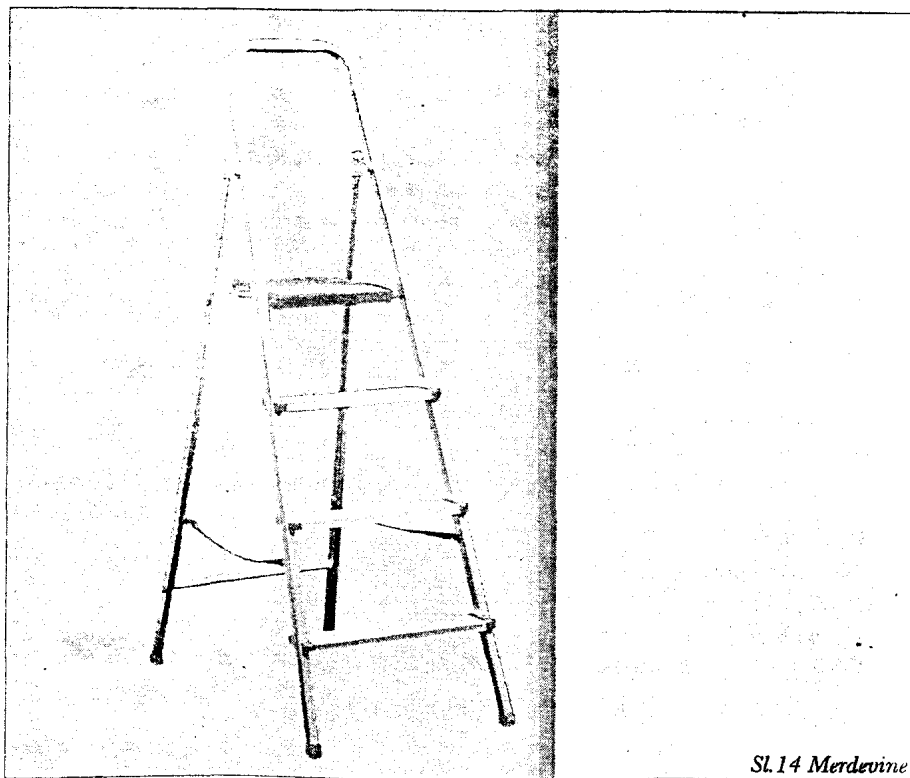
2. Primeri prerade:

2.1. Primer prvi:

Proizvod:	Postolje za merdevine (Sl. 14.)
Materijal:	PEVG, Hipler 6050 i Hipler M 624, HIP-Petrohemija, Pančevo
Brizgalica:	"Metalmecanica-170/200", Italija
Dimenzije proizvoda:	Pravougaona ploča 400x410x3,5 mm sa rebrima za ojačanje
Masa proizvoda:	410 g
Uslovi brizganja:	
Pritisak zatvaranja kalupa, bar	190
Temperatura cilindra po zonama:	T ₁ =205 °C, T ₂ =215 °C, T ₃ =220 °C, mlaznica T ₄ =60% od ostalih grejača

Ulivni sistem:	topli ulivak
Temperatura nepokretnog dela kalupa, °C	50-60
Temperatura pokretnog dela kalupa, °C	30-40
Pritisak ubrizgavanja, bar	160
Naknadni pritisak, bar	80
Brzina ubrizgavanja, %	40-50
Vreme ubrizgavanja, s	10
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	12
Vreme hladenja proizvoda, s	35
Protivpritisak doziranja, bar	15
Broj obrtaja puža, o/min	155

S obzirom da brizgalica nije imala dovoljan kapacitet za ovaj proizvod, radeno je sa intruzijskim ubrizgavanjem, koje je vremenski podešeno na 5 s. (Intruzija je doziranje plastičiranog materijala direktno u kalup i dopunjavanje kalupa klasičnim ubrizgavanjem pod pritiskom.)

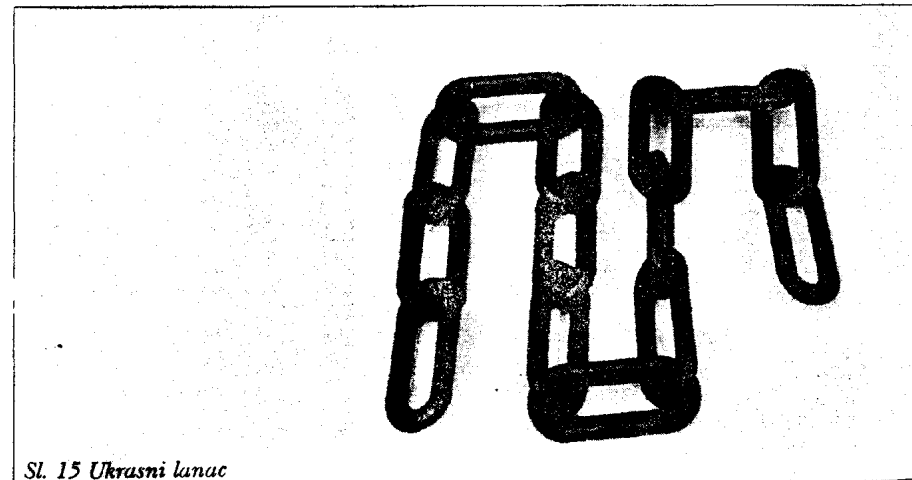


Sl. 14 Merdevine

2.1. Primer drugi:

Proizvod:	Ukrasni lanac (Sl. 15.)
Materijal:	PEVG HipleX M-624 i HipleX EMN 6030, HIP-Petrohemija, Pančevo
Brizgalica:	Klipna sa ručnim upravljanjem, M 10/25
Dimenzije proizvoda:	86 x 40 (Ø alke 10 mm)
Masa proizvoda:	8 g
Uslovi brizganja:	
Temperatura cilindra po zonama:	$T_1=185\text{ °C}$, $T_2=190\text{ °C}$
Ubrizgavanje klipom Ø	16 mm
Mlaznica otvorena Ø	2,5 mm

Ovde je najveću poteškoću predstavljalo pravilno rešenje konstrukcije kalupa. Zatvaranje kalupa je ručno putem polužnog sistema. Ubrizgavanje je ručno, sila se prenosi preko zupčanika i zupčaste letve. Kalup je vezan sa nepokretnim i pokretnim nosačem kalupa preko konusne ploče nagiba 15° , koja sa donje strane ima otvor kroz koji izlazi lanac. Samo jezgro kalupa je iz četiri polutke. Kada je komad ubrizgan, vadi se ručno, rastavlja se i karika lanca se okreće u drugu šupljinu na izlazu jezgra. U sledećem ciklusu ubrizga se nova karika koja je spojena sa prethodnom i na taj način se formira lanac željene dužine. Jedan metar lanca sadrži 16 karika. Lanac je raden u različitim bojama i za različite namene.



Sl. 15 Ukrasni lanac

2.3 POLISTIREN - PS

Tab. 3. Tehničke karakteristike

METOD ISPIHVA	POLISTIREN STANDEKANI	POLISTIREN OTPORAN NA TOPLIČNI UDAR	PS/SB STIREN-BUTADIEN KOPOLIMER	POLISTIREN SAMOGASNI	POLISTIREN SA 20-30% SV
MEHANIČKE					
Čvrstoća na 23°C	D 792 g/cm ³	1,04 - 1,09	0,93 - 1,10	1,08	1,20 - 1,33
Upriljanje vlage (24h, 23°C, 3 min)	D 570 %	0,03 - 0,1	0,19 - 0,39	0,25	0,05 - 0,10
Temperatura topljenja (ili omeškavanja)		°C	Mešna 80 - 90	Mešna 95	Mešna 90 - 100
Postojanost prema toploti (konstantna)		°C	65 - 75	60 - 80	85 - 95
Linearni koeficijent termičkog širenja		1/m°C	6 - 8 x 10 ⁻⁵	3,4 - 11 x 10 ⁻⁵	1,8 - 4,5 x 10 ⁻⁵
Toplotna provodljivost		W/m°C	0,10 - 0,13	0,04 - 0,12	0,1 - 0,13
Specifična toplota		J/kg°C	1340	1340 - 1465	1884 - 2095
MEHANIČKE					
Tvrdoća po Rockwellu	D 795	Skala M 70 - 80	M 40 - 70	M 70	96,3 - 113,0
Prekidna čvrstoća	D 638	N/mm ² 34 - 64	15 - 48	48	M 70 - 95
Modul elastičnosti kod istezanja	D 638	N/mm ² 2744 - 3130	980 - 3130	7,84 - 392	61,7 - 102,9
Čvrstoća na savijanje	D 790	N/mm ² 54,9 - 96	20,6 - 82,3	0,5 - 6,3	5830 - 8820
Modul elastičnosti kod savijanja	D 790	N/mm ² 2744 - 3234	1030 - 3136	274 - 893,2	68,6 - 137,2
Čvrstoća na pritisak	D 695	N/mm ² 78,4 - 107,8	27,4 - 61,7	34,3	3900 - 6860
Modul elastičnosti kod pritiska	D 695	N/mm ² 1 - 2	2,5 - 10	29,4 - 98	93,1 - 132,3
Zarezna čvrstoća izvod na 23°C	D 256	J/m	10 - 20	24,5 - 98	2 - 20
Specifični otpor (23°C, 50% relativne vlage)	D 257	Ωm	> 10 ¹⁰	ne lomiti se	19,6 - 196
Dielektrična konstanta (10 ⁶ Hz)	D 150		2,4 - 3,8	2,5 - 3,4	3,2 x 10 ⁴
Dielektrični faktor gubitaka (10 ⁶ Hz)	D 150		0,0001 - 0,0004	0,001 - 0,003	0,0001 - 0,0003
Otpor električnom luku	D 495	sek	60 - 140	20 - 140	140
Samoglasivost (otpornost na gorenje)	D 685	cm/min	Gori mirno	Gori	Samoglasiv
HEMIJSKE					
Postojanost prema svjetlu	D 513		Požućuje		Gori pulako
Postojanost prema razredjenim kiselinama	D 513		Nem a u t i c a j a		
Postojanost prema koncentrisanim kiselinama	D 513		N a g r i z a j u k i s e l i n e s a o k s i d i r a j u ć i m d e j s t v o m		
Postojanost prema razredjenim alkalijama	D 513		N e m a u t i c a j a		
Postojanost prema koncentrisanim alkalijama	D 513		N e m a u t i c a j a		
Postojanost prema organskim rastvaračima	D 513		R a s t v o r l j i v u a t o m a t s k i m i h l o r i s a n i m u g l j e v o d o n i c i m a		
TEHNOLOŠKE					
Sušenje pri preradi		h/°C	1 sat u sušari sa strujanjem toplog vazduha na 60°C		
Temperatura brizganja		°C	180 - 240	180 - 300	175 - 220
Temperatura kalupa		°C	20 - 30	40 - 60	20 - 50
Pritisak ubrizgavanja (specifični)		N/mm ²	76 - 150	90 - 180	80 - 150
Brzina ubrizgavanja		%	Strednja-velika	Velika	Strednja-velika
Skupljanje u kalupu i naknadno		%	0,3 - 0,6	0,3 - 0,7	0,3 - 0,6

NAPOMENA: Termoplasti otporni na udar, posebno SB kopolimeri, zahtevaju brze cikluse brizganja. Treba izbegavati prekidne u ciklusu prerade, kako bi se izbeglo požucivanje otpreska.

2.3.1. NAJVAŽNIJE KARAKTERISTIKE

Polistiren je bezbojni termoplast koji se odlikuje kristalnom prozirnošću, vrlo dobrim sjajem i izgledom. Pod dejstvom ultraljubičastog svetla požucuje i postaje krhak, pa se ne preporučuje upotreba na otvorenom prostoru. Karakterišu ga izvanredne mehaničke osobine, kao što su visoka čvrstoća na istezanje i dobre dielektrične osobine.

Modifikovani tipovi se odlikuju odličnom otpornošću na udar, dimenzionalnom stabilnošću, otpornošću na povišene temperature i do izvesnog stepena otpornošću na hemikalije.

2.3.2. NAČIN PRERADE

Zahvaljujući odličnim reološkim osobinama, polistiren se prerađuje svim uobičajenim tehnologijama: brizganjem, ekstrudiranjem, roto livenjem, vakuumiranjem. Može se metalizirati, zavarivati ultrazvukom i lepliti.

Materijali otporni na udar, posebno SB kopolimeri, zahtevaju brze cikluse brizganja. Treba izbegavati prekidne u ciklusu prerade, da bi se izbeglo požucivanje proizvoda.

Primena: Ima značajnu primenu u prehrambenoj industriji (razne posude), u sektoru ambalaže, u industriji električnih kućnih aparata, u sektoru igračkaka, u elektronskoj industriji, u rasvetnoj tehnici, u sektoru nameštaja i uređenja stana, u obućarskoj industriji, industriji tiplotne i zvučne izolacije. Najširu upotrebu ima u izradi dečijih igračkaka, jer se lako i dobro oblikuje, ima dobar sjaj i dobro se boji. Može se reći za polistirene da su najviše prisutni u izradi lepih i kvalitetnih delova u svim industrijama.

Opšti uslovi prerade brizganjem:

Temperatura cilindra, °C	180-280
Temperatura po zonama može biti niža do	10 °C
Temperatura kalupa, °C	30-80
Pritisak brizganja, bar	75-180
Naknadni pritisak, bar	50-90
Brzina ubrizgavanja	srednja ka višoj
Protivpritisak doziranja, bar	5-25
Okretaj puža, o/min	80-145
Skupljanje proizvoda u kalupu, %	0,3-0,7
Dozvoljeno mešanje sa regeneratom, %	10-20

Materijal se pre upotrebe suši 1 h do 80 °C. Prozirni materijali se suše u aluminijumskoj tepsiji, debljine sloja 3-4 cm toplim vazduhom. Kod visoko kvalitetnih proizvoda nije dozvoljeno mešanje sa regeneratom. Kod konstrukcije kalupa treba težiti da ulivci budu što kraći i veći, a najbolje je primeniti kalupe sa vrućim kanalima (bez ulivaka), jasno gde je to moguće i ekonomski opravdano. Kvalitet proizvoda zavisi 80% od dobro raspoređenih gnezda u kalupu, dimenzija i dobro ispoliranih ulivnih kanala i uliša.

Odlike puža: Preporučuje se da bude univerzalni puž L=16-20 D. Puž i cilindar moraju da budu ispravni i da se obezbedi zazor između puža i cilindra u granicama tolerancije. Zatvarač na vrhu puža mora da obezbedi nepropusnost za povratni tok mase prilikom ubrizgavanja i naknadnog pritiska. U suprotnom će se vrlo teško dobiti ispravan proizvod.

Mlaznice mogu biti otvorene, a samozatvarajuća sa kalpnim ventilom ima prednost, jer se njome sprečava moguće izvlačenje niti.

Ulivni sistem kod kalupa: Kalupi se mogu uraditi sa uobičajenim ulivnim sistemom, pa i sa pretkomorom i vrućim kanalima. U osnovi važi pravilo da razvodni i ulivni kanali treba da budu što kraći i što većeg preseka, kao i kod ostalih amorfnih termoplasta. Kvalitet površine kalupa ima ogroman uticaj na prozirnost i površinski sjaj proizvoda. Iz tih razloga, kalupne šupljine moraju biti visoko polirane; preporučuje se upotreba čelika topljenih u vakuumu koji se dobro poliraju. Ogrebotine deluju kao podrezi i uzrokuju probleme kod izbacivanja. Potrebno je izvesti na kalupu maksimalno moguće odzračivanje.

2.3.3. PRIMERI PRERADE

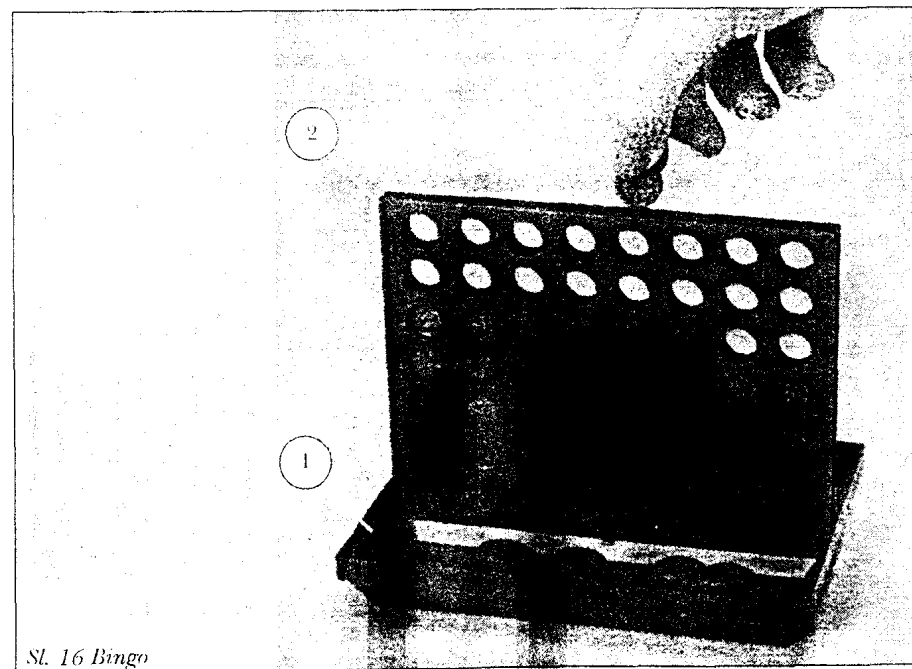
I. Primer prvi:

Proizvod:	Postolje "Bingo"-dečija igra ("Spons" Petrovaradin) (Sl.16 Poz.1)
Materijal:	PS otporan na udar, PS-457 OKI ; Crasten S/B-562 E Ciba Geigy, Bustren BS-793-2 Neftochim
Brizgalica:	"Metalmeccanica 110/190", Italija
Dimenzije proizvoda:	150 x 115 x 21
Masa proizvoda:	80 g
Uslovi brizganja:	
Pritisak zatvaranja kalupa, bar	80
Temperatura cilindra po zonama, °C	$T_1=195$, $T_2=200$, $T_3=215$, $T_4=70$
Temperatura nepokretnog dela kalupa, °C	50
Temperatura pokretnog dela kalupa, °C	40
Pritisak ubrizgavanja, bar	65-70
Naknadni pritisak, bar	36
Brzina ubrizgavanja, %	60-70
Vreme ubrizgavanja, s	2,7
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	1,5
Vreme hlađenja proizvoda, s	14
Protivpritisak doziranja, bar	25
Broj obrtaja puža, o/min	90
Način izbacivanja	svlakačka ploča na pokretnom delu kalupa
Skupljanje u kalupu, %	0,4-0,7

Ulivni sistem je centralni. Ako je materijal suv, nije potrebno sušenje. Nije dozvoljeno raditi sa dekompresijom, jer se pojavljuju srebrne linije oko ulivka. Sa ovim uslovima proizvodi su bili visoko kvalitetni, a urađene su i veće količine bez promena pri merama skupljanja u kalupu.

2. Primer drugi:

Proizvod:	Rešetka "Bingo"-dečija igra ("Spons" Petrovaradin) (Sl.16 Poz.2)
Materijal:	Okrol PS-457, OKI ; Bustren BC-594, Neftochim
Brizgalica:	"Engel 90/50", Austrija
Dimenzije proizvoda:	145 x 110, debljina zida 1,8 mm, 9 rebara visine 5 mm
Masa proizvoda:	50 g
Uslovi brizganja:	
Pritisak zatvaranja kalupa, bar	90
Temperatura cilindra po zonama:	$T_1=180$ °C, $T_2=216$ °C, $T_3=200$ °C, Mlaznica $T_4=40\%$
Temperatura nepokretnog dela kalupa, °C	50
Temperatura pokretnog dela kalupa, °C	35
Pritisak ubrizgavanja, bar	60
Naknadni pritisak, bar	40
Brzina ubrizgavanja, %	50-60
Vreme ubrizgavanja, s	2,5
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	2,8
Vreme hlađenja proizvoda, s	10
Protivpritisak doziranja, bar	20
Broj obrtaja puža, o/min	90
Ulivni sistem:	centralni-direktni ulivak
Mlaznica sa zatvaračem Ø	3 mm



Sl. 16 Bingo

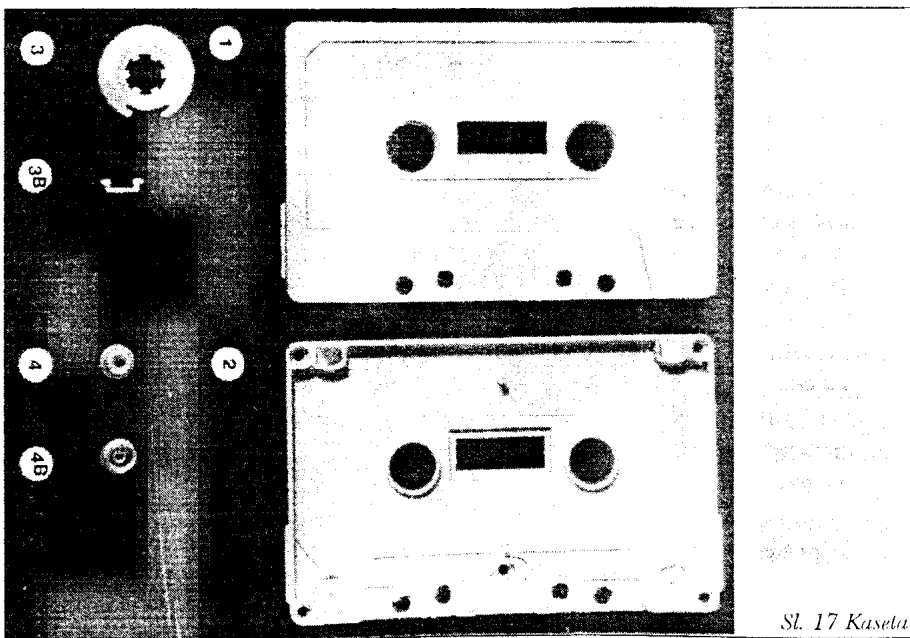
3. Primer treći:

Proizvod:	Kaseta za magnetofon (Sl. 17.)
Materijal:	PS otporan na udar Okiol, OKI; Edistir N 1841, Montedison
Brizgalica:	"Engel 90/50", Austrija
Dimenzije proizvoda:	100 x 64 x 9 mm
Masa proizvoda:	28 g, jedan par - dva proizvoda

Uslovi brizganja:

Pritisak zatvaranja kalupa, bar	90
Temperatura cilindra po zonama:	$T_1=200\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=215\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_3=210\text{ }^{\circ}\text{C}$, Mlaznica $T_4=45\%$
Temperatura nepokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	55
Temperatura pokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	40
Pritisak ubrizgavanja, bar	55-60
Naknadni pritisak, bar	35-45
Brzina ubrizgavanja, %	60-70
Vreme ubrizgavanja, s	2,2
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	1-1,5
Vreme hladenja proizvoda, s	10-12
Protivpritisak doziranja, bar	20
Broj obrtaja puža, o/min	100-120
Ulivak centralni-lepezasti	
Mlaznica sa zatvaračem \varnothing	3 mm

Ako je materijal dobro uskladišten, ne treba ga sušiti. Može se mešati sa regeneratom, ako su kasete u boji. Ako kasete treba da budu prozirne, mešanje nije preporučljivo. Naleganje mlaznice na ulivnu puškicu mora da bude idealno. U suprotnom će doći do zamučivanja prozirnih proizvoda. Kvalitet proizvoda zavisi od precizno podešenih uslova.



Sl. 17 Kasete

2.4. AKRILONITRIL BUTADIEN STIREN - ABS

Tab. 4 Tehničke karakteristike

TIPIZACIJA	OPIS	MEHANIČKE	ELEKTRIČNE	HEMIJSKE	TEHNOLOŠKE
FIZIČNE	Gustina na 23°C	D 792	D 150	D 495	D 513
	Uspijanje vlage (2 ih, 23°C, 3 mm)	D 570	D 150	D 495	D 513
TOPLIOTNE	Temperaturna topljivost (ili omeđivanje)	D 696	D 150	D 495	D 513
	Postojanost prema toplini (konstancija)	D 177	D 150	D 495	D 513
MEHANIČKE	Linearni koeficijent termičkog širenja	D 696	D 150	D 495	D 513
	Toplotna provodljivost	D 177	D 150	D 495	D 513
	Specifična toplota	D 795	D 150	D 495	D 513
	Tvrdoća po Rockwellu	D 638	D 150	D 495	D 513
	Prekidna čvrstoća	D 638	D 150	D 495	D 513
	Modul elastičnosti kod istezanja	D 638	D 150	D 495	D 513
	Čvrstoća na savijanje	D 790	D 150	D 495	D 513
	Modul elastičnosti kod savijanja	D 790	D 150	D 495	D 513
	Čvrstoća na pritisak	D 695	D 150	D 495	D 513
	Modul elastičnosti kod pritiska	D 695	D 150	D 495	D 513
ELEKTRIČNE	Zareznata čvrstoća izvod na 23°C	D 256	D 150	D 495	D 513
	Specifični otpor (23°C, 50% relativne vlage)	D 257	D 150	D 495	D 513
HEMIJSKE	Dielektrična konstanta (10 ¹¹ Hz)	D 257	D 150	D 495	D 513
	Dielektrični faktor gubitaka (10 ¹¹ Hz)	D 257	D 150	D 495	D 513
	Opor električnom toku	D 495	D 150	D 495	D 513
	Samoegrisivost (UL-94)	D 635	D 150	D 495	D 513
	Postojanost prema svedu	D 635	D 150	D 495	D 513
	Postojanost prema razrednim kiselinama	D 513	D 150	D 495	D 513
	Postojanost prema koncentrisanim kiselinama	D 513	D 150	D 495	D 513
	Postojanost prema razrednim alkalijama	D 513	D 150	D 495	D 513
	Postojanost prema koncentrisanim alkalijama	D 513	D 150	D 495	D 513
	Postojanost prema organskim rastvaračima	D 513	D 150	D 495	D 513
TEHNOLOŠKE	Sušenje pre prerade	D 495	D 150	D 495	D 513
	Temperatura brizganja	D 495	D 150	D 495	D 513
	Temperatura kalupa	D 495	D 150	D 495	D 513
	Pritisak ubrizgavanja (specifični)	D 495	D 150	D 495	D 513
	Brzina ubrizgavanja	D 495	D 150	D 495	D 513

2.4.1. NAJVAŽNIJE KARAKTERISTIKE

ABS spada u tzv. tehničke plastike. To su materijali čije osobine su takve da se mogu koristiti kao konstrukcioni elementi kao zamena za metale. Odlikuje ga visoka žilavost i krutost u širokom temperaturnom području, kao i dimenzionalna stabilnost. Žilaviji je od polistirena, ima bolju otpornost na visoku temperaturu i hemikalije. Obično je neprovidan i može se bojiti u masi ili površinski.

2.4.2. NAČIN PRERADE

Prerada ABS-a može se vršiti brizganjem, ekstrudiranjem, duvanjem, vakuumiranjem. ABS se dobro obrađuje struganjem, glodanjem i utiskivanjem; dobro se štampa i lepi odgovarajućim lepilima.

Primena: U hemijskoj, elektro, automobilskoj industriji, u industriji za izradu raznih uređaja i tehničkih delova za radio i TV, telefona, za izradu igraćaka, aparata za domaćinstvo, baterija za kupatilo, hemijskih olovaka i sve tehničke robe, jer ima vrlo dobru toplotnu i mehaničku udarnu žilavost. Udarna žilavost je dobra i kod niskih temperatura.

Opšti uslovi prerade brizganjem:

Temperatura cilindra, °C	180-280
Temperatura kalupa, °C	65-95
Pritisak brizganja, bar	110-180
Naknadni pritisak, bar	60-120
Brzina ubrizgavanja srednja ka višoj, %	80
Protivpritisak doziranja, bar	15-25
Okretaj puža, o/min	90-120
Skupljanje proizvoda u kalupu, %	0.4-0.8
Sušenje materijala	4 h
Mlaznica	otvorena i sa zatvaračem.

ABS vrlo malo apsorbuje vlagu, ali i relativno mali sadržaj vlage otežava preradu, uzrokuje greške na površini proizvoda i otežano doziranje. Zbog toga se preporučuje prethodno sušenje u aluminijumskim tepsijama, toplim vazduhom na temperaturi od 80-90 °C, uz debljinu sloja od 3-4 cm.

Uobičajene temperature prerade su između 200-260 °C. Previsoke temperature cilindra i predugo zadržavanje materijala u cilindru mogu prouzrokovati razgradnju ABS-a.

Proizvodi namenjeni metaliziranju moraju se oblikovati kod temperature od 240-280 °C, sa temperaturom kalupa 40-90 °C, dok brzina ubrizgavanja mora biti što manja.

Dozvoljeno odstupanje temperature po zonama je do 10% (od ulaza ka mlaznici postepeno se povećava temperatura).

Za preradu ABS-a najčešće se koriste otvorene mlaznice, velikog otvora (4,5-12 mm) i male dužine ulivka. Na taj se način sprečava gubitak pritiska i stvaranje mrtvih uglova. Mlaznicu sa iglastim vrhom treba izbegavati.

Konstrukcija kalupa ima veliki uticaj na kvalitet proizvoda. Kalupi moraju biti izradeni od najkvalitetnijeg ĉelika koji se moŹe dobro ispolirati do visokog sjaja. Isto tako, moraju se uraditi odgovarajući uglovi koji omogućuju da se proizvod lakše vadi iz kalupa. Nedovoljan nagib oteŹava vađenje iz kalupa, a posledica toga je stvaranje belog loma na mestu izbacivača. Ugao vađenja treba da bude 0,5-4°, a ulivka 2,5-4°.

Ovi plastomeri zahtevaju pravilno raspoređena i taĉno balansirana gnezda u kalupu.

Ulivni sistem mora biti tehnološki dobro izveden, jer od toga zavisi kvalitet proizvoda. Naroĉito treba obratiti paŹnju na presek i duŹinu ulivnih kanala i ušća. Ulivni kanali moraju biti ispolirani do visokog sjaja. Gde je to moguće, treba da budu cilindriĉni, s tim da je na svakoj strani kalupa polovina ulivnog kanala. DuŹina kanala treba da bude što manja, a presek što veći. U kalupima sa više gnezda ulivni kanali treba da budu što širi. Smeštaj ulaza u jezgro je vrlo bitan i treba da bude izveden tako da ulazi u deo gde je veći presek proizvoda, kako bi rastop tekao od većeg ka manjem preseku. Primenjuju se taĉkasti ili tunelni ulivci. Taĉkasti ulivni kanali moraju da budu izvedeni tako da rastop nakon ulaska u gnezdo udara u zid i od tog mesta popunjava gnezdo.

Kod dugih puteva tećenja treba koristiti kalupe sa toplima kanalima.

Ako se ne mogu izbeći različite debljine zidova proizvoda, prelazi moraju biti što ravnomerniji, da bi se izbegle koncentracije naprezanja na oštrim uglovima i prelazima.

Da bi se spreĉila pojava pregaranja i nastajanje linija spajanja, treba obezbediti dobro odzraĉivanje kalupa. Dubina kanala za odzraĉivanje treba da bude 0,03-0,05 mm, a širina 2-3 mm.

Ako kalup nije dobro uraĉen, doći će do zamućivanja kod prozirnih polimera i pojave mehurića u proizvodu.

Kvalitet proizvoda zavisi 80% od pravilno raspoređenih gnezda u kalupu, dimenzija kanala i ušća i kvalitetnog poliranja.

Pritisaci ubrizgavanja treba da budu od 80-100 bar, a naknadni pritisak što je moguće niŹi i kraći. U praksi se koristi naknadni pritisak koji iznosi jednu trećinu do jedne polovine pritiska ubrizgavanja.

Temperatura kalupa utiĉe na skupljanje i sjaj proizvoda. Viša temperatura daje bolji sjaj i spreĉava pojavu linija tećenja. Najpovoljnija temperatura kalupa je 50-70 °C.

Skupljanje proizvoda u kalupu kod pravilno postavljenih uslova prerade iznosi 0,4-0,7% u smeru tećenja i 0,3-0,5% upravno na smer tećenja. Skupljanje zavisi od parametara prerade: temperature cilindra, naknadnog pritiska, temperature kalupa, ulivka i oblika proizvoda. Više temperature prerade i veći naknadni pritisak smanjuju skupljanje.

Dozvoljava se dodavanje regenerata u maksimalnoj koliĉini 20-25% bez znatnijeg uticaja na mehaniĉke karakteristike proizvoda.

Kvalitet se postiŹe i na taj naĉin što se težina proizvoda mora uskladiti sa kapacitetom brizgalice.

2.4.3. PRIMERI PRERADE

I. Primer prvi:

Proizvod: Ram za ogledalo (u obliku potkovice)
 Materijal: ABS "SICOTLEX-T86", Mazzucchelli, Italija
 Brizgalica: IMI-2000/500T, Italija
 Dimenzije proizvoda: 700x550x40 mm
 Masa proizvoda: 480 g

Uslovi brizganja:

Pritisak zatvaranja kalupa, bar 140
 Temperatura cilindra po zonama: $T_1=205\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=207\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_3=210\text{ }^{\circ}\text{C}$,
 $T_4=208\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_5=210\text{ }^{\circ}\text{C}$, mlaznica=80%

Temperatura nepokretnog dela kalupa, °C 65

Temperatura pokretnog dela kalupa, °C 40

Pritisak ubrizgavanja, bar 85-90

Naknadni pritisak, bar 44

Brzina ubrizgavanja, % 70-80

Vreme ubrizgavanja, s 8

Vreme delovanja naknadnog pritiska, s 10

Vreme hlađenja proizvoda, s 30

Protivpritisak doziranja, bar 7

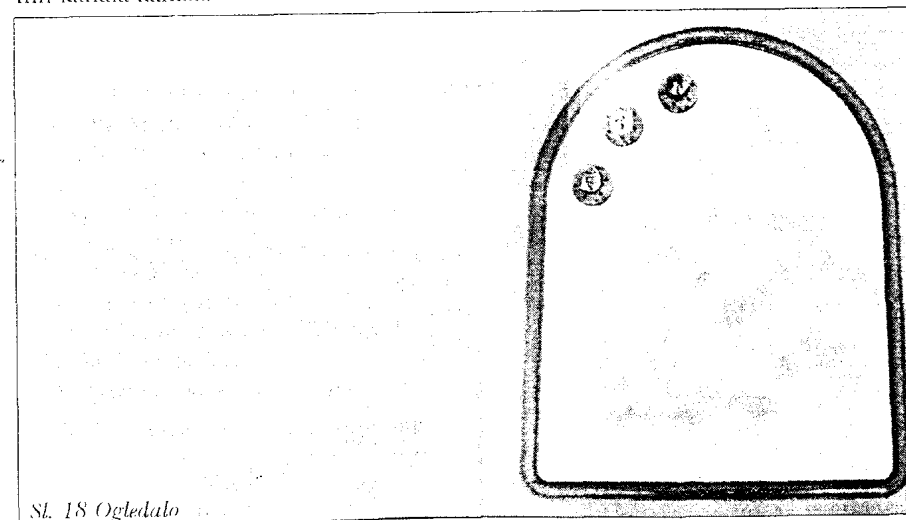
Broj obrtaja puŹa, o/min 80-90

Skupljanje u kalupu, % 0,4-0,8

Sušenje sa toplim vazduhom 4 h, °C 80-90

(u aluminijumskim tepsijama da bi materijal ostao ĉist)

Centralni ulivak je u sredini pa se razvodnim kanalima dovodi do proizvoda, a uliva se sa ušćima lepezastog oblika na 6 mesta. Ulivanje je oteŹano zbog dugih razvodnih kanala kanala.



Sl. 18 Ogledalo

U prostoriji gde se radi ne treba biti prašine. Treba da je ravnomerna temperatura. Dok je proizvod topao, ne sme se udariti, da ne bi došlo do paranja i ogrebotina. Kalup je dobro ispoliran, pa su proizvodi sa ovim parametrima visokog sjaja i kvaliteta. Moralo se voditi računa o vlazi materijala, što je jako važno ako je proizvod bele boje.

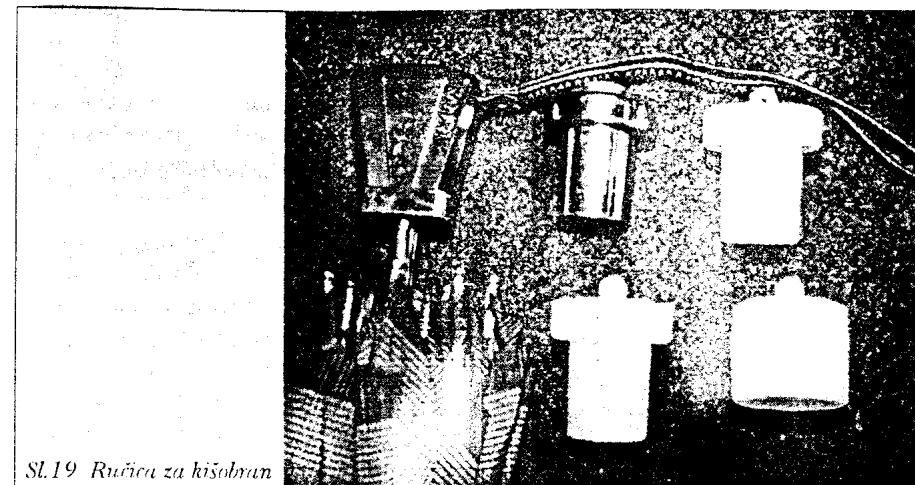
2. Primer drugi:

Proizvod:	Ručica za kišobrane (Sl. 19.)
Materijal:	NOVODUR P2T, Bayer, Nemačka
Brizgalica:	Anker 250/250 40/90, Nemačka
Dimenzije proizvoda:	Nejednaki oblik, širina 40, dužina 55, debljina 20 mm
Masa proizvoda:	14 g
Uslovi brizganja:	
Pritisak zatvaranja kalupa, bar	100
Temperatura cilindra po zonama:	$T_1=190\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=195\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_3=186\text{ }^{\circ}\text{C}$, mlaznica=40%
Temperatura nepokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	65
Temperatura pokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	45
Pritisak ubrizgavanja, bar	80-90
Naknadni pritisak, bar	65-70
Brzina ubrizgavanja, %	65-75
Vreme ubrizgavanja, s	5
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	4
Vreme hladenja proizvoda, s	10-12
Protivpritisak doziranja, bar	7
Broj obrtaja puža, o/min	120-135
Skupljanje u kalupu, %	0,4-0,8
Sušenje sa toplim vazduhom 4 h, $^{\circ}\text{C}$	70-80
Mlaznica otvorena ili sa zatvaračem, \varnothing	3 mm

ABS se može mešati sa regeneratom, samo ga treba osušiti. Ako se gore navedeni parametri pravilno postave i redovno kontrolišu, artikli će u potpunosti odgovarati svojoj nameni.

3. Primer treći:

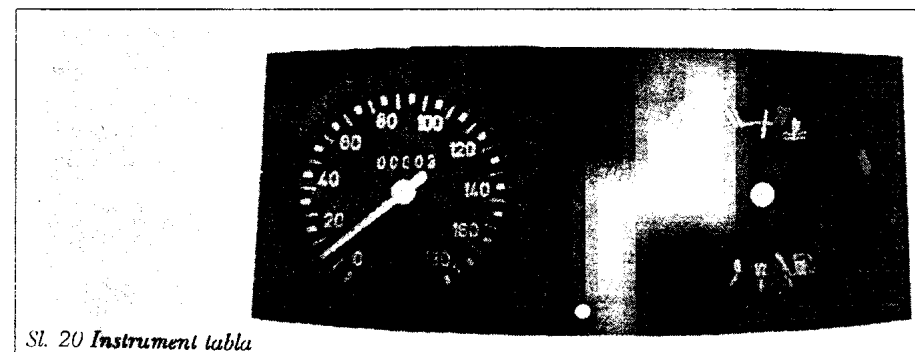
Proizvod:	Prednja maska instrument table Yugo Skala 55 (Sl. 20.)
Materijal:	ABS-"B48S", BASF
Brizgalica:	"Belmatik 250, 130, Hrvatska
Dimenzije proizvoda:	270 x 130 mm
Masa proizvoda:	76 g
Uslovi brizganja:	
Pritisak zatvaranja kalupa, bar	140
Temperatura cilindra po zonama:	$T_1=200\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=205\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_3=210\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_4=204\text{ }^{\circ}\text{C}$, mlaznica=40%



Sl.19 Ručica za kišobran

Temperatura nepokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	60
Temperatura pokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	40
Pritisak ubrizgavanja, bar	84
Naknadni pritisak, bar	70
Brzina ubrizgavanja, %	55-65
Vreme ubrizgavanja, s	7
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	13
Vreme hladenja proizvoda, s	20
Protivpritisak doziranja, bar	20
Broj obrtaja puža, o/min	120
Skupljanje u kalupu, %	0,4-0,8
Sušenje sa toplim vazduhom 4 h, $^{\circ}\text{C}$	80-90
Centralni topli ulivak	

Sa dobro podešenim hladenjem i ujednačenim ciklusom bez prekida, kvalitet artikla je u potpunosti identičan uvoznom artiklu iz Italije, zahvaljujući dobro urađenom kalupu i pravilno odabranim uslovima brizganja.



Sl. 20 Instrument tabla

2.5 AKRILNI TERMOPLASTI

Tab. 5. Tehničke karakteristike

TIPI	METODI IŠTAJ	JEDIN MERE	PMMA STANDARDNI	PMMA UČAR	SAN STANDARDNI	SAN SA 20-33% SV	ASA STANDARDNI
FIZIČKE	D 792	g/cm ³	1,17-1,20	1,11-1,18	1,08	1,20-1,46	1,07
	D 570	%	0,19-0,39	0,1-0,6	0,25	0,20-0,30	0,28-0,42
MEHANIČKE	Temperatura topljenja (ili omekšavanja)						
	Postojanost prema toploti (konstantna)						
	Linearni koeficijent termičkog širenja						
	Toplotna provodljivost						
	Specifična toplota						
	Tvrdoća po Rockwellu						
	Prekidna čvrstoća						
	Modul elastičnosti kod istezanja						
	Čvrstoća na savijanje						
	Modul elastičnosti kod savijanja						
ELEKTRIČNE	Čvrstoća na pritisak						
	Modul elastičnosti kod pritiska						
	Zarazna čvrstoća iznad na 23°C						
	Specifični otpor (23°C, 50% relativne vlažnosti)						
	Dielektrična konstanta (10 ⁶ Hz)						
	Dielektrični faktor gubitaka (10 ⁶ Hz)						
	Otpor električnom luku						
	Samogashivost (UL-94)						
	Postojanost prema svjetlu						
	Postojanost prema razredjenim kiselinama						
HEMIJSKE	Postojanost prema koncentrisanim kiselinama						
	Postojanost prema razredjenim alkalijama						
	Postojanost prema koncentrisanim alkalijama						
	Postojanost prema organskim rastvaračima						
	Sušenje pri preradi						
	Temperatura brizganja						
	Temperatura kalupa						
	Pritisak ubrizgavanja (specifični)						
	Brzina ubrizgavanja						
	Skupljanje u kalupu i nabrdno						
TEHNOLOŠKE	Nagriziva ga						
	Nema uticaja						
	Nema uticaja						
	Nema uticaja						
	Nema uticaja						
	Nema uticaja						
	Nema uticaja						
	Nema uticaja						
	Nema uticaja						
	Nema uticaja						

2.5.1. POLIMETILMETAKRILAT - PMMA - NAJVAŽNIJE KARAKTERISTIKE

PMMA je najprozirniji od svih termoplasta, ima izvrsne optičke osobine, otpornost na atmosferske uticaje i hemikalije, stabilnost boja i dimenzija. Proizvode se tipovi posebno otporni na visoke temperature. Poboljšanje pojedinih osobina ide na uštb drugih koje su slabije. Mehaničke i dielektrične osobine su osrednje.

2.5.2. STIREN AKRILONITRIL - SAN - NAJVAŽNIJE KARAKTERISTIKE

Odlikuje ga odlična prozirnost, otpornost na hemikalije i atmosferske uticaje. Čvrstoća, krutost i tvrdoća površine su mu bolji od normalnih i modifikovanih polistirena. Proizvode se u više tipova koji se razlikuju po sposobnosti tečenja, brzini očvršćavanja i po hemijskim i mehaničkim osobinama. SAN kopolimeri se mogu proizvoditi u širokoj skali boja i nijansi.

2.5.3. NAČIN PRERADE I PRIMENA SAN-A I PMMA

SAN i PMMA se prerađuju brizganjem, duvanjem, ekstrudiranjem. Ploče se lako vakuumiraju. Odličan je za metalizaciju. Može se lepiti i zavarivati ultrazvukom. Lako se obrađuje raznim mehaničkim postupcima. Kod prerade akrilnih polimera i kopolimera, posebno PMMA, koristiti mali broj obrtaja puža.

Primena: Glavna primena im je u izradi prozirnih ploča, nelomljivog stakla, svetlećih reklama i znakova, u prehrambenoj industriji (zbog osobine da su bez mirisa, ukusa i netoksični), za izradu raznih posuda (čša, pribora za jelo), za kupatila, za nameštaj, u vinarstvu, u radio industriji, u izradi ukrasa i tehničkih proizvoda, igraćaka, TV, telefona, delova za hladnjake, delova za automobilsku industriju, medicinske artikle, za naučne instrumente, itd.

Opšti uslovi prerade brizganjem:

Temperatura cilindra, °C	200-250
Temperatura kalupa, °C	60-90
Pritisak brizganja, bar	100-200
Naknadni pritisak, bar	60-110
Brzina ubrizgavanja	srednja ka višoj
Protivpritisak doziranja, bar	20-35
Okretaj puža, o/min	80-120
Skupljanje proizvoda u kalupu, %	0,2-0,8
Gustina kod 23 °C, g/cm ³	1,08-1,18
Tačka omekšavanja, °C	90-100
Postojanost prema toploti, °C	75-105
Modul elastičnosti kod pritiska, J/m	88-132
Sušenje materijala 4 h	75-80 °C
Maksimalna visina sloja, mm	25

Prozirni SAN suši se u aluminijumskim tepsijama sa toplim vazduhom. Ulivni sistem je kao kod ABS-a. Mogu biti sve vrste ulivka zavisno od proizvoda (centralni ulivak, po strani normalan ulivak, tačkasti za kalup sa više šupljina, filmski ulivak, tunelasti, lepezasti).

Da bi se dobili kvalitetni proizvodi, potrebno je uraditi sledeće:

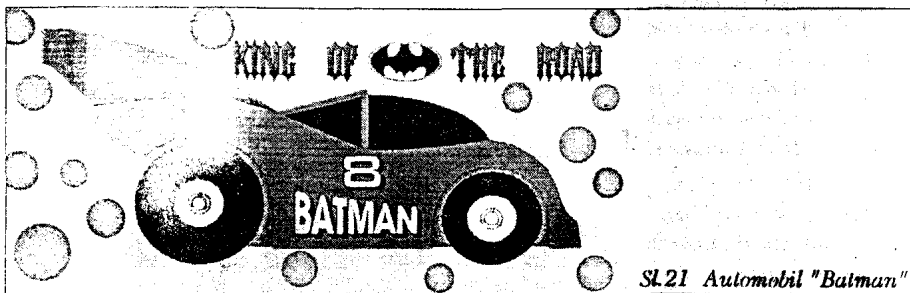
- uraditi kvalitetan kalup od čelika koji se dobro polira
- pravilno postaviti ulivne i razvodne kanale i dobro ih ispolirati
- pravilno rasporediti gnezda u kalupu
- hlađenje proizvoda pravilno rasporediti, da bi se kalup mogao dovesti na odgovarajuću temperaturu
- ugao vođenja proizvoda uraditi sa odgovarajućim stepenom
- odrediti silu zatvaranja ubrizgavalice, za 20% veću od potrebne sile zatvaranja za date proizvode

Ukoliko se ispoštuju sva pravila kod izrade kalupa i tačno postave parametri, kao rezultat dobiće se kvalitetni proizvodi i brži ciklus izrade.

2.5.4. PRIMERI PRERADE

1. Primer prvi:

Proizvod:	Automobil "Batman" (igračka) (Sl. 21.)
Materijal:	SAN "Luran 358N", BASF
Brizgalice:	Metalmecanica 200/100, Italija
Dimenzije proizvoda:	165 x 84 x 40 mm, debljina zida 1,5 mm
Masa proizvoda:	35 g
Uslovi brizanja:	
Pritisak zatvaranja kalupa, bar	100
Temperatura cilindra po zonama:	$T_1=210\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=210\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_3=220\text{ }^{\circ}\text{C}$,
Temperatura nepokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	70
Temperatura pokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	60
Pritisak ubrizgavanja, bar	90
Naknadni pritisak, bar	70
Brzina ubrizgavanja, %	70-80
Vreme ubrizgavanja, s	2
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	1,5
Vreme hlađenja proizvoda, s	15
Protivpritisak doziranja, bar	20
Broj obrtaja puža, o/min	120
Skupljanje u kalupu, %	0,2-0,7
Sušenje sa toplim vazduhom 4 h, $^{\circ}\text{C}$	80



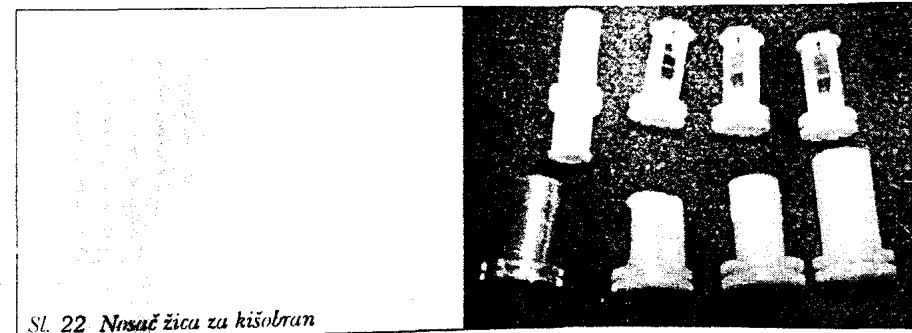
Sl.21 Automobil "Batman"

Ako se pojavljuju srebrnaste pruge, to je znak da materijal nije bio dobro osušen; ako se i dalje pojavljuju pruge, treba podesiti povlačenje dekompresije. Ovaj polimer zahteva strogo naleganje mlaznice na kalup i da vrh mlaznice bude dobro ispoliran. Otvor mlaznice se mora strogo kontrolisati i da mu je prečnik \varnothing 3 mm. Svim kalupima ovakve težine proizvoda odgovaraće ovi uslovi u potpunosti, sa možda manjim odstupanjima.

2. Primer drugi:

Proizvod:	Klizni nosač žica za kišobran (Sl. 22.)
Materijal:	SAN "Luran 358 ili S 757 R", BASF
Brizgalice:	Boy 15, Nemačka
Dimenzije proizvoda:	dužina 35 mm, \varnothing 20, otvor \varnothing 11 mm
Masa proizvoda:	10 g
Uslovi brizanja:	
Pritisak zatvaranja kalupa, bar	110
Temperatura cilindra po zonama:	$T_1=200\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_1=220\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_3=215\text{ }^{\circ}\text{C}$, mlaznica=50%
Temperatura nepokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	60
Temperatura pokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	45
Pritisak ubrizgavanja, bar	85
Naknadni pritisak, bar	70-75
Brzina ubrizgavanja, %	60-70
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	3,5
Vreme hlađenja proizvoda, s	10
Protivpritisak doziranja, bar	20
Brzina doziranja, %	65-75
Broj obrtaja puža, o/min	110-125
Skupljanje u kalupu, %	0,2-0,7
Sušenje sa toplim vazduhom 3 h, $^{\circ}\text{C}$	70-80
Mlaznica otvorena ili sa zatvaračem, \varnothing	3 mm
Centralni direktni ulivak, \varnothing	3 mm

Ako materijal nije u boji, može se mešati sa 20% regenerata, samo ga treba osušiti. Ovi artikli su radeni za servisiranje kišobrana i bili su visokog kvaliteta, bez ikakvih reklamacija.



Sl. 22 Nosač žica za kišobran

2.6. POLIACETALI - POM

Tab. 6. Tehničke karakteristike

MELOD ISPITIV SISTEM	POD HOMOPOLIMER	POD KOPOLIMER	POD HOMOPOLIMER SA 2% SV	POD KOPOLIMER SA 2% SV
FIZI ČNE				
O S O B R I N E				
Gustina na 23°C	1,425	1,41	1,36	1,61
Upijanje vlage (24h, 23°C, 3 mm)	0,25	0,22	0,25-0,29	0,29
Opornost na habanje (S17, 1000 okr.)	0,20		0,040	
Temperatura topljenja (ili omekšavanja)	175	163	175	163
Postojanost prema toploti (konstantna)	95	105	105	105
Linearni koeficijent termičkog širanja	8,1 x 10 ⁻⁵	8,3 x 10 ⁻⁵	3,6 x 10 ⁻⁵	3,1 x 10 ⁻⁵
Toploma provodljivost	0,23	0,23		
Specifična toplota	1,65	1,65		
Tvrdoća po Rockwell-u	M 91 R 120	M 78 - 80	M 75 - 90	M 79
Prekidna čvrstoća	69	60	76	128
Modul elastičnosti kod istezanja	3530	2810	6860	8830
Čvrstoća na savijanje	96	89	103	192
Modul elastičnosti kod savijanja	2830	2590	6040	7550
Čvrstoća na pritisak	118	108	118	113
Modul elastičnosti kod pritiska	4610	3090		
Zarazna čvrstoća Izod na 23°C	68 - 118	54 - 78	47	88 - 98
Specifični otpor (23°C, 50% relativne vlažice)	1 x 10 ¹⁵	1 x 10 ¹⁵	1,2 x 10 ¹²	1,2 x 10 ¹²
Dielektrična konstanta (10 Hz)	3,7	3,7	3,91	3,9
Dielektrični faktor gubarska (10 Hz)	0,0018	0,006	0,005	0,0062
Otpor električnom luku	129	110	136	136
Postojanost prema svetlu				
Postojanost prema razređenim kiselinama				
Postojanost prema koncentrisanim kiselinama				
Postojanost prema razređenim alkalijama				
Postojanost prema koncentrisanim alkalijama				
Postojanost prema organskim rastvaračima				
Sušnje pre prerade				
Temperatura brizganja	220 - 230	210 - 230	230 - 260	220 - 260
Temperatura kalupa	80 - 120	90 - 120	80 - 120	90 - 120
Pritisak ubrizgavanja (specifični)	68 - 137	68 - 137	137	137
Bizina ubrizgavanja	Velika	Velika	Velika	Velika
Skupljanje u kalupu i naknadno	2 - 2,5	2	0,9 - 1,2	0,1 - 0,6
MEHANIČKE				
ELEKTRIČNE				
HEMIJSKE				
TEHNOLOŠKE				

2.6.1. NAJVAŽNIJE KARAKTERISTIKE

Po mnogim mehaničkim osobinama, poliacetali konkurišu lakim metalima. Odlikuju ih izvanredne mehaničke osobine, otpornost na hemikalije, otpornost na habanje i mali koeficijent trenja. Imaju dobra dielektrična svojstva. Lako se boje. Teško se lepe, pa se spajaju zakovicama ili zavarivanjem. Otporni su na visoke temperature i mogu trajno biti izloženi temperaturi do 105 °C.

2.6.2. NAČIN PRERADE I PRIMENA

Način prerade: brizganjem, duvanjem, ekstrudiranjem. Oblikovani predmeti se mogu mašinski obrađivati (doradivati) i ultrazvučno zavarivati.

Mleveni materijal suši se 3-4 h na 90 °C, a potrebno je i zagrevanje levka koje poboljšava kvalitet prerade.

Predmeti oblikovani brizganjem moraju da odstoje 45 minuta na 160±2 °C. Ako se temperatura kalupa održava na 100-120 °C, može se izbeći odstojavanje.

Primena: U elektrotehnici, elektronici, u automobilskoj, tekstilnoj, farmaceutskoj, prehrambenoj i hemijskoj industriji, za izradu igraćaka, kućnih električnih aparata, za visoko precizne tehničke predmete. Izvrsna dostignuća poluproizvoda: ploča i okruglih profila. Odlična klizna svojstva, dobra otpornost na habanje, mali koeficijent trenja i otpornost na hladnu i vruću vodu omogućuju ovom termoplastu primenu za ležajeve, zupčanike i druge složene delove, kao što su:

- samopodmazujući ležajevi i zupčanici za uređaje u prehrambenoj industriji
- vodomeri za hladnu i vruću vodu - delovi i merni mehanizmi
- mehanizmi uređaja za sušenje veša
- jednostruki i dvostruki lančanići
- zupčanici za vremenske prekidače
- kućište membranske pumpe sa zupčastim planetarnim pogonom
- zupčanik planetarnog sistema video rekordera

Za lepljenja POM koriste se specijalna lepila:

- EC 870 - Minnesota Mining
- Adhesive No.4684 - Du Pont
- Adhesive No.4695 - Du Pont

Opšti uslovi prerade brizganjem:

Temperatura cilindra, °C	180-220
Temperatura mlaznice, %	70-90
Temperatura kalupa, °C	80-120
Pritisak brizganja, bar	80-140
Naknadni pritisak, bar	59-90
Brzina ubrizgavanja, %	85
Protivpritisak doziranja, bar	10-20
Okretaj puža, o/min	120-160
Skupljanje proizvoda u kalupu, %	1,5-2
Sušenje materijala 3-4h, °C	90-100
Mlaznica otvorena, Ø min	3 mm

Sušerje je u sušari, strujanjem toplog vazduha. Debljina sloja u tepsiji do 30 mm, poželjno sušenje u aluminijumskim tepsijama, naročito prozirnih materijala.

Negativne osobine: Velika specifična težina, lako gori uz stvaranje otrovnih para formaldehida. Porečno je pažljivo pratiti uslove prerade, da bi se razlaganje polimera svelo na najmanju moguću meru. Ima veliko i neravnomerno skupljanje.

2.7. CELULOZNI DERIVATI

Teb. 7. Tehničke karakteristike

O	S	O	B	I	N	F	METOD IŠPITIV. MERE	C.A. CELULOZNI ACETAT	C.P. CELULOZNI PROPIONAT	C.A.B. CELULOZNI ACETOBTIRAT	C.N. CELULOZNI NITRAT	E.C. EHL. CELULOZA	
FIZIČKE	Gustina na 23°C							1,20-1,32	1,19-1,23	1,16-1,21	1,35-1,40	1,09-1,17	
	Upijanje vlage (24h, 23°C, 3 mm)							2-6	1-3	0,8-2	0,5-1,5	0,5-1,5	
TOPLIOTNE	Temperatura topljenja (ili omekšavanja)							°C	65-105	70-80	max 60	45-80	
	Postojanost prema toploti (konstantna)							°C	48-65	49-73	56-70	45-80	
	Linearni koeficijent termičkog širenja							m/m°C	$10-15 \times 10^{-5}$	$4-8 \times 10^{-5}$	$4-8 \times 10^{-5}$	$4-7 \times 10^{-5}$	
	Toplotna provodljivost							W/m°C	0,01-0,016	0,01-0,016	0,01-0,016	0,01-0,016	
MEHANIČKE	Tvrdoća po Rockwell-u							Skala	R 55-107	R 50-100	R 95-120	K 60-118	
	Pukljava čvrstoća							N/mm ²	20-55	19-51	18-41	41-59	15-49
	Modul elastičnosti kod istezanja							N/mm ²	300-2750	300-1470	490-1180	1370-1570	590-1770
	Čvrstoća na savijanje							N/mm ²	15-98	20-78	15-59	59-78	29-78
	Čvrstoća na pritisak							N/mm ²	15-186	17-117	15-137	147-186	69-180
	Zarezna čvrstoća Izod na 23°C							J/m	20-245	25-510	290-390	215-340	98-390
	Specifični otpor (23°C, 50% relativne vlage)							Ωm	$10^{-8}-10^{-11}$	$10^{-9}-10^{-13}$	$10^{-9}-10^{-13}$	$10^{-9}-10^{-9}$	$10^{-6}-10^{-12}$
	Dielektrična konstanta (10 ⁶ Hz)								4	3-4	3,2-7	6	2,7-1
ELEKTRIČNE	Dielektrični faktor: gubitak (10 ⁶ Hz)								0,01-0,1	0,01-0,05	0,01-0,04	0,06-0,09	0,01-0,05
	Otpor električnom luku							sek	50-300	170-195			60-80
HEMIJSKE	Samogasivost (UL-94)							V-1, V-2	Zadovoljavajuće postojan	Gori mirno	Gori mirno	Gori sporo	Zadovoljavajuća
	Postojanost prema svetlu								Zadovoljavajuće postojan	Zadovoljavajuće postojan	Slaba		
	Postojanost prema razređenim kiselinama								Nije postojan	Zadovoljavajuće postojan			
	Postojanost prema koncentrisanim kiselinama								Zadovoljavajuće postojan	Nije postojan			
TEHNOLOŠKE	Postojanost prema razređenim alkalijama								Zadovoljavajuće postojan				
	Postojanost prema koncentrisanim alkalijama								Nije postojan				
	Postojanost prema organskim rastvaracima								Rastvornjiv u ketonima, estrima, aromatskim i hlorisanim ugljovodoničima, zadovoljavajuće postojan u alifatičnim ugljovodoničima				
Sušenje pre prerade							h/°C	3 sata na 60-80 °C					3 sati na 60°C
Temperatura brizganja							°C	160-230	130-225	180-220			175-230
Temperatura kalupa							°C	30-60	40-70	40-70			60-80
Pritisak ubrizgavanja (specifični)							N/mm ²	78-117	78-147	78-147			78-147
Skupljanje u kalupu i naknadno							%	0,3-0,6	0,3-0,6	0,3-0,6			0,5-0,8

NAPOMENA: Previsoke temperature mogu da prouzrokuju neprovidnost otpreska. Da bi se dobio visok sjaj površine, kalup mora da bude potpuno čist.

2.7.1. NAJVAŽNIJE KARAKTERISTIKE

Celulozne derivate ubrajamo u najstarije termoplaste. Zbog svoje velike prozirnosti i homogene obojenosti nailaze na raznovrsnu primenu u industriji i domaćinstvu. Odlikuje ih velika čvrstoća na udar i savijanje, otpornost prema benzinu i lomu. Dobra postojanost oblika i dobra svojstva tečenja. Postojanost prema benzinu, benzenu, uljima i mastima. Dobra dielektrička svojstva. Lagana naknadna mehanička obrada, vrlo dobar površinski sjaj i niz drugih svojstava omogućuju ovom termoplastu mnogostranu upotrebu. Nemačka firma Bayer već 1910. godine počinje industrijsku proizvodnju i sada proizvodi celu grupu tih derivata, pod trgovačkim imenom Celidor. Tako je u pojedinim grupama proizveden niz tipova koji su prilagođeni pojedinim namenama. Od 1990. ovu proizvodnju ima Albis.

Materijali nose oznake:

Celuloza acetat - Celidor A, S i U;

Celuloza propionat - Celidor CP;

Celuloza acetobutirat - Celidor BSP i B.

Ove materijale kod nas proizvodi "Milan Blagojević" Lučani, a na tržištu imaju komercijalno ime Acetamid - CA. Proizvodi se u više tipova, i to: F1, F2, F3, prema stepenu tvrdoće i esterifikacije.

2.7.2. NAČIN PRERADE I PRIMENA

Način prerade: Brizganjem, duvanjem, rotolivenjem, ekstrudiranjem. Proizvodi se mogu mašinski obrađivati, a poliranje se vrši rastvorom acetona - etilacetata. Filmovi i ploče se dalje prerađuju vakuumiranjem.

Primena: Upotrebljava se u izradi zubnih četkica i izradi ručki volana, ručki za bicikle, drški u automobilima, vetrobrana za motore, drški za razni alat, okvira za naočare, igračkaka, toaletnih proizvoda, delova za telefon, drški za kišobrane. Celidor S - se koristi za fotografski pribor, specijalne svetiljke, slušalice, delove pisanih mašina, signalna svetla, telefonske ormariće, slušalice i dodatne delove, spoljne delove električnih aparata, kalemov i čunjeve, kućišta za male električne motore, itd. Celidor B - za kvake i okvire vrata i prozora, noge za stolove i ormane, mikrofone, kućišta za računare, saobraćajne znakove i delove za semafore. Celidor se proizvodi u četiri stepena tvrdoće: WW - naročito mekan, W - mekan, M - srednje tvrd i H - tvrd.

Celidor H približno odgovara Acetamidu CAF1, koji se takode proizvodi u više stepena tvrdoće: VM- vrlo mekan, M - mekan, N - normalan i VT - vrlo tvrd. Osim što se razlikuje prema stepenu tvrdoće, on se razlikuje i po tri osnovna tipa, F1, F2, F3, što zavisi od višeg ili nižeg nivoa esterifikacije, dok je tip F3 proizvod specijalne kombinacije omekšivača. Celulozni acetat u prahu upotrebljava se za nanošenje zaštitnih prevlaka ("fluid bed"), acetat se takode široko upotrebljava za boje i lakove. Negativne osobine su im slaba otpornost prema sredstvima za rastvaranje, veliko upijanje vode, nije moguće garantovati postojanost oblika (dimenzionalnu stabilnost), delovanje atmosfersalija, brzo stari.

Opšti uslovi prerade brizganjem:

Temperatura cilindra, °C

160 - 230

Temperatura kalupa, °C	40-70 (najpovoljnije 60 °C)
Pritisak brizganja, bar	80-160
Naknadni pritisak, bar	60-80
Brzina ubrizgavanja, %	50
Protivpritisak doziranja, bar	15-20
Okretaj puža, o/min	110-150

Celulozni acetat CA, butirat CAB i propionat CP imaju neznatnu razliku svojstava kod primene. Prerađuju se bez teškoća na mašinama sa pužnim doziranjem rastopljene mase. Osnovni i najvažniji faktori koji utiču na kvalitet oblikovanih proizvoda, a koji se menjaju zavisno od tipa i grupe (CA, CAB, CP), od stepena njegove tvrdoće, različitih tipova mašina, veličine proizvoda i sistema kalupa su temperature cilindra: za CA 150-230 °C, za CAB 170-220 °C, za CP 120-225 °C. Obavezno je sušenje granulata pre prerade, a po mogućnosti i za vreme prerade u levku. Sušenje se vrši u komornoj sušari strujanjem toplog vazduha na 60-80 °C u vremenu od 3-4 sata, kod debljine sloja od 30 mm. Ovim se izbegavaju nedostaci na proizvodu koji bi se bez sušenja pojavili, npr. penušanje, pojava mehura, loš površinski izgled i slaba prozirnost. Sadržaj vlage manji od 0,5% nema nikakvog uticaja na kvalitet i svojstva proizvoda. Mlaznica za ubrizgavanje treba biti otvorena ili samozatvarajuća sa klipom, a nikako ne treba upotrebljavati mlaznicu sa ventilnim zatvaranjem, jer se njome ne postižu zadovoljavajući rezultati. Mlaznica svakako treba da ima grejač i regulator temperature. Kalup treba biti izrađen od kvalitetnog čelika, dobro ispoliran i sa tehnološki rešenim rasporedom jezgara i ulivnog sistema.

2.7.3. PRIMER PRERADE

Proizvod:	Četkica za zube (Sl. 23.)
Materijal:	Celulozni acetat "Celidor A"
Brizgalič:	ES-Engel-150/90, Austrija
Težina proizvoda:	28 g (4 komada u kalupu)

Uslovi brizganja:

Pritisak zatvaranja kalupa, bar	100
Temperatura cilindra po zonama:	T ₁ =178 °C, T ₂ =187 °C, T ₃ =195 °C
Temperatura nepokretnog dela kalupa, °C	60
Temperatura pokretnog dela kalupa, °C	40
Pritisak ubrizgavanja, bar	80
Naknadni pritisak, bar	60
Brzina ubrizgavanja srednja, %	50-60
Vreme ubrizgavanja, s	3
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	4
Vreme hlađenja proizvoda, s	20
Protivpritisak doziranja, bar	15
Broj obrtaja puža, o/min	120
Skupljanje u kalupu, %	0,4-0,8
Sušenje sa toplim vazduhom 3-4 h, °C	80



Sl. 23 Četkica za zube

Sa ovim zadanim parametrima urađena je veća količina proizvoda sa dobrim kvalitetom i vrlo malim procentom škarta. Treba obratiti pažnju kod sušenja da se materijal ne ohladi u levku. To znači da treba sušiti onoliko količinu materijala koliko se može pretaditi da se ne zadržava u levku koji treba da je poklopljen, po mogućnosti obložen grejačima da bi zadržao toplotu materijala.

2.8. POLIAMID - PA

Teb. 8. Tehničke karakteristike

TEHNOLOŠKE	MEHANIČKE	FIZIČKE	FIZIČKE																				
			O	S	O	B	I	N	F	MEJOD ISPLIV ASIM	REDN MERE	PA 66	PA 6	PA 11	PA 610	PA 612	PA 12						
TEHNOLOŠKE	MEHANIČKE	FIZIČKE	Gustina na 23°C																				
			Upijanje vlage (24h, 23°C, 3 mm)																				
			Opipnost na habanje Taber (CS17, 1000 okr, D 1011)																				
			Temperatura topljenja (ili omekšavanja)																				
			Postojanost prema toploti (konstantna)																				
			Linearni koefijent termičkog širenja																				
			Toplota provodljivost																				
			Specifična toplota																				
			Tvrdoća po Rokwellu																				
			MEHANIČKE	MEHANIČKE	FIZIČKE	Prekidna čvrstoća																	
Modul elastičnosti kod istezanja																							
Čvrstoća na savijanje																							
Modul elastičnosti kod savijanja																							
Čvrstoća na pritisak																							
Zareznata čvrstoća Izod na 23°C																							
Specifični otpor (23°C, 50% relativne vlage)																							
Dielektrična konstanta (10 Hz)																							
Dielektrični faktor gubitaka (10 Hz)																							
HEMIJSKE	HEMIJSKE	FIZIČKE				Samogorivost (UL94)																	
			Postojanost prema svetlu																				
			Postojanost prema razređenim kiselinama																				
			Postojanost prema koncentriranim kiselinama																				
			Postojanost prema razređenim alkalijama																				
			Postojanost prema koncentriranim alkalijama																				
			Postojanost prema organskim rastvaračima																				
			Sušenje pre prerade																				
			Temperatura brizganja																				
			TEHNOLOŠKE	TEHNOLOŠKE	FIZIČKE	Temperatura kalupa																	
Pritisak ubrizgavanja (specifični)																							
Brzina ubrizgavanja																							
Skupljanje u kalupu i naknadno																							
Dobara postojanost prema UV stabilizovanju										Slabo otporan													
Nije otporan										Zadovoljavajuće otporan													
Lazna postojanost prema organskim rastvaračima, osim kiselina i mliječje kiseline										Lazna postojanost prema organskim rastvaračima, osim kiselina i mliječje kiseline													
Sveukupna postojanost										Sveukupna postojanost													
Sveukupna postojanost										Sveukupna postojanost													
Sveukupna postojanost										Sveukupna postojanost													

2.8.1. NAJVAŽNIJE KARAKTERISTIKE

PA se odlikuje se izvanrednim mehaničkim osobinama. Staklom ojačani poliamidi imaju visoku žilavost, otpornost na istezanje i dimenzionalnu stabilnost. Ako su punjeni molibdenbisulfidom ili teflonom pogodni su za izradu ležajeva, zbog veoma malog koeficijenta trenja i velike otpornosti na habanje. Vrlo su žilavi i zadržavaju oblik i tvrdoću i kod visokih temperatura (do 150 °C). Osetljivi su i lako se lome nakon zarezivanja. Otporni su na rast bakterija i gljivica i neškodljivi u kontaktu sa hranom. Neobojeni poliamid je mlečno bele boje, može se bojiti. Nema mirisa i ukusa, teško je zapaljiv i samogasiv je. Higroskopan je i sadržaj vlage znatno utiče na njegove osobine. Posebno se PA 66 odlikuje velikom tvrdoćom, dobrom otpornošću na habanje i lakoćom oblikovanja tankih zidova brizganjem i to brzim ciklusima.

2.8.2. NAČIN PRERADE I PRIMENA

Način prerade: Brizganjem, duvanjem, roto livenjem. Ekstrudiranjem se proizvode tekstilna vlakna, filmovi, ploče profili i cevi. Praškasti poliamidi se upotrebljavaju kao lepila i kao sredstva za postizanje nepromočivosti. Poluproizvodi, kao ploče i profili mogu se lako mašinski obradivati.

Poliamid 6 je najekonomičniji tip, lako se preraduje, ima odlična svojstva žilavosti i mekši je od PA 66. I on se mnogo upotrebljavaza izradu prediva.

Poliamid 11 se odlikuje malim upijanjem vode i zbog toga ima dobru postojanost oblika (dimenzionalnu stabilnost), ima manju gustinu (specifičnu težinu) nego PA 6 ili PA 66.

Poliamid 12 vrlo je sličan Poliamidu 11.

Poliamid 610 i 612 upotrebljavaju se veoma mnogo za izradu delova za elektro i elektronsku opremu.

Primena PA 6, 66, 610: Koriste se za izradu naročito tvrdih, čvrstih i na habanje otpornih proizvoda, zupčanika, ležišta, kliznih elemenata, u radio, elektro i telefonskoj industriji za spojnice, podložne pločice za veće pritiske, ventile, zasune, delove za industriju vozila, za mašine za pletenje u tekstilnoj industriji, za creva, profile, folije i druge proizvode ekstruzije. PA 66 koristi se za proizvode visoke čvrstoće i tvrdoće, naročito za delove sklopki u elektro industriji, gde su potrebna česta ukopčavanja i velika otpornost na izlizivanje. Osim već spomenutih primena, PA 610 se koristi za izradu proizvoda visokih tankih zidova, koji zahtevaju otpornost na deformacije i imaju dobru dimenzionu stabilnost.

Primena PA 11, 12, 612: Koriste se za izradu delova visokih zahteva u industriji mašina i uređaja: sferni valjci, vodeći valjci svih veličina, zupčanici, ležajevi, itd. Transportni valjci za prehrambenu industriju, klizači, remenice, vodilice, sita i slično. U elektronici: magnetni zatvarači, stezni prstenovi kućišta bobina.

Svi poliamidi mogu se preradivati uobičajenim postupcima, brizganjem, ekstrudiranjem i duvanjem.

Opšti uslovi prerade brizganjem:
Temperatura cilindra, °C 190-260

Temperatura kalupa, °C	20-120
Pritisak brizganja, bar	70-150
Naknadni pritisak, bar	40-100
Brzina ubrizgavanja srednja ka višoj, %	60-80
Protivpritisak doziranja, bar	15-40
Okretaj puža, o/min	90-145

Mlaznica je sa zatvaračem, isključivo samozatvarajuća i sa iglastim ventilom. Sušenje 4 h na temperaturi 80-85 °C, sa visinom sloja do 30 mm maksimalno. Dodavanje regenerata granulatu dozvoljava se 20-30%, ali se isti mora sušiti 4-5 h na temperaturi od 80 °C. Ovi polimeri zahtevaju izradu kalupa od nerđajućeg čelike, dobro ispolirana gnezda, ulivne i razvodne kanale.

Proizvode nakon brizganja treba staviti u posudu sa silikonskim uljem, na taj način postaju elastičniji, tvrdi, dobijaju bolja klizna svojstva, tako da su otporniji na habanje, to jest postaju samopodmazujući, jer pri hlađenju ulje dospeva u proizvod umesto vazduha.

2.8.3. PRIMERI PRERADE

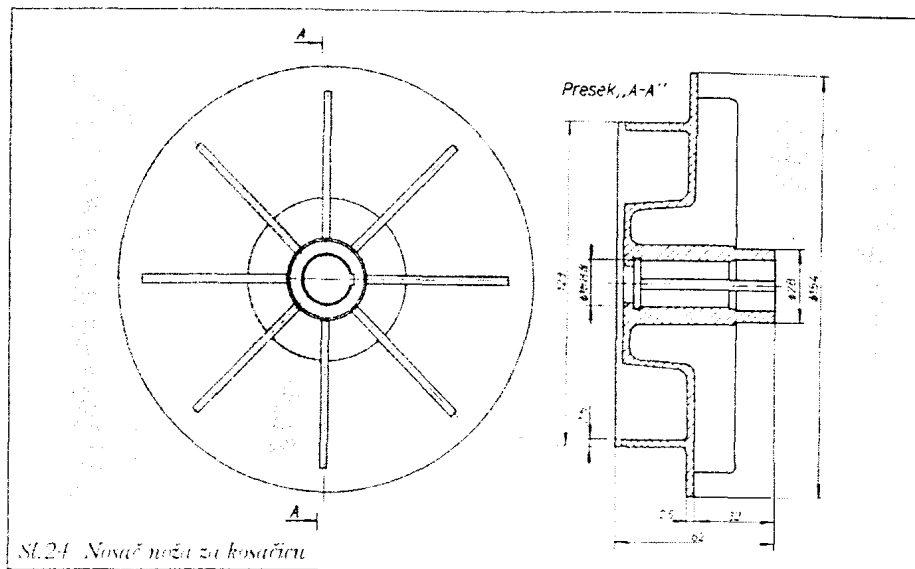
I. Primer prvi:

Proizvod:	Nosač noža za kosačicu (Sl. 24.)
Materijal:	PA 6 "Ultramid B 35", BASF
Brizgalica:	Belmatik-900/135 CNC, Hrvatska
Masa proizvoda:	169 g

Uslovi brizganja:

Pritisak zatvaranja kalupa, bar	195
Temperatura cilindra po zonama:	T ₁ =250 °C, T ₂ =260 °C, T ₃ =260 °C, T ₄ =265 °C, mlaznica T5=80 °C
Mlaznica sa zatvaračem Ø	3,5 mm, suprotan konus 20°
Temperatura nepokretnog dela kalupa, °C	65
Temperatura pokretnog dela kalupa, °C	55
Pritisak ubrizgavanja, bar	120
Naknadni pritisak, bar	30
Brzina ubrizgavanja srednja, %	50-60
Vreme ubrizgavanja, s	6,5
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	24
Vreme hlađenja proizvoda, s	65
Protivpritisak doziranja, bar	35
Brzina doziranja, %	60
Broj obrtaja puža, o/min	89-92
Sušenje sa toplim vazduhom 4 h, °C	80-90

Bitno je da se materijal pre upotrebe dobro osuši. Neobojeni materijal se suši u aluminijumskim tepsijama, uz debljinu sloja od 3-4 cm. Osušeni materijal se mora odmah preraditi, kako ne bi navukao vlagu iz prostorije.



Sl.24 Nosač noži za kosaricu

Radni postizanja boljeg kvaliteta, proizvodi su nakon vadenja iz kalupa držani 30 minuta u silikonskom ulju na 100 °C. Može se vršiti kondicioniranje sa vodom na temperaturi od 90 °C u trajanju od 1 h.

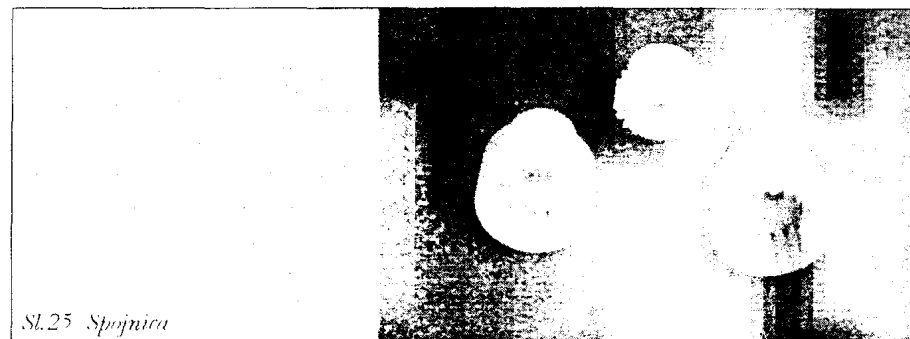
2. Primer drugi:

Proizvod:	Spojnica dve osovine (Sl. 25.)
Materijal:	PA 6 "Maranyl A225", ICI
Brizgalica:	Engel 50/90, Austrija
Dimenzije:	Ø 40 / 26 x 40
Masa proizvoda:	25 g
Uslovi brizganja:	
Pritisak zatvaranja kalupa, bar	100
Temperatura cilindra po zonama:	T ₁ =200 °C, T ₂ =208 °C, T ₃ =210 °C, mlaznica=50%
Temperatura nepokretnog dela kalupa, °C	80
Temperatura pokretnog dela kalupa, °C	40
Pritisak ubrizgavanja, bar	90
Naknadni pritisak, bar	75
Brzina ubrizgavanja, %	60-70
Vreme ubrizgavanja, s	3
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	4
Vreme hladenja proizvoda, s	12
Protivpritisak doziranja, bar	35
Brzina doziranja, %	60
Broj obrtaja puža, o/min	125

Mlaznica zatvorena sa ventilom, Ø	3,5 mm
Sušenje sa toplim vazduhom 4 h, °C	80-90
Skupljanje u kalupu, %	0,8-1,5
Centralni ulivak u sredini rupe Ø	10 mm
Samogasivost, UL-94	V-0

Dozvoljava se mešanje sa 25% osušenog regenerata. Pošto proizvod zahteva visoki kvalitet, posle vadenja iz kalupa stavljan je u silikonsko ulje, pa je pri hladenju uvlačio u pore ulje, a ne vazduh. Ovo je urađeno na osnovu iskustva, jer su ugrađivani i jedni i drugi i pri tom se pokazalo da je ovaj drugi način mnogo bolji i da daje daleko kvalitetnije proizvode.

Ova spojnica spaja dve osovine sa još jednim zupčastikom istog uzubljenja i od istog polimera. Prvi komadi su urađeni pre 12-15 godina i do danas se izrađuju na isti način, dobrog kvaliteta i bez nedostataka.



Sl.25 Spojnica

3. Primer treći:

Proizvod:	Vodič za premotavanje prediva u tekstilnoj industriji (Sl. 26.)
Materijal:	PA 66 "Maranyl A108 i A151", ICI i "Sniamid SSD", Snia
Brizgalica:	Brizgalica ručne izrade 10/25
Oblik proizvoda:	Duguljast sa ispupčenjem koje se kreće po zavojnom vretenu levo-desno i tako vrši namotavanje.
Masa proizvoda:	4 g
Uslovi brizganja:	
Temperatura cilindra po zonama:	T ₁ =200 °C, T ₂ =190 °C
Način ubrizgavanja: klipom Ø	12 mm
Mlaznica zatvorena sa ventilom, Ø	3,5 mm
Zatvaranje kalupa	makazama ručno

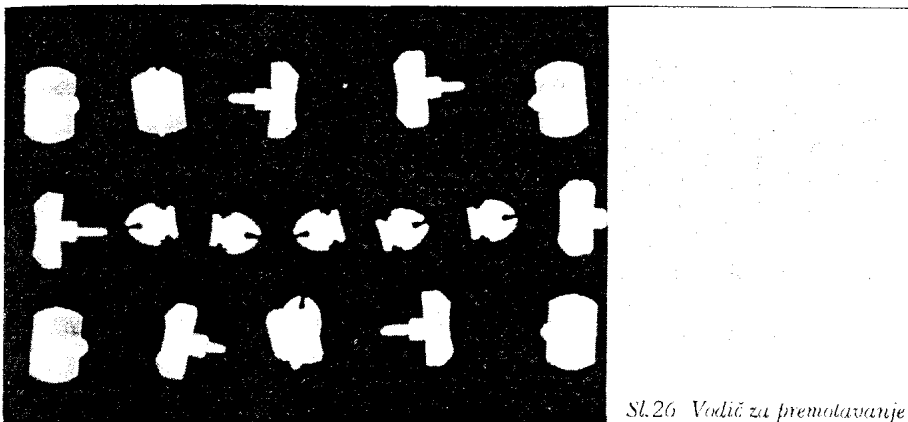
Ubrizgavanje je višeno preko poluge koja pokreće zupčastu letvu, a ona gura klip koji utiskuje rastoplenu masu u šupljinu kalupa kroz otvor ulivne puškice. Pri otvaranju makaza, kalup se vadi ručno i proizvod se sa dva izbijača gurne napred rukom.

Ovde je najvažnije bilo stavljanje keramičke pločice u ležište i da pri zatezanju ne dode do pucanja. To se moralo raditi pažljivo, da keramička pločica više leži na bočnim ivicama nego na vrhu i da se pažljivo zatvori. Sve je to dobro urađeno, na-

ravno uz više ponavljanja izrade ležišta pločice dok se nije postiglo idealno rešenje konstrukcije kalupa. Pločica ima dimenzije 12,5 x 10,5 x 1,5 mm.

Odabran je pravi PA i dobro osušen, 3-4 h na temperaturi od 80 °C. Levak je obložen grejačima i tako mu je obezbeđena stalna temperatura od 45 °C. Proizvod je odmah posle brizganja stavljan u silikonsko ulje, da bi pri hlađenju u pore uvukao ulje, a ne vazduh.

Ovi vodiči su nabavljani iz uvoza sve do 1982. godine. Proizvedena ih je velika količina, a rade se i danas. Vek trajanja im je isti kao i kod uvoznih. Poređenje je vršeno tako što su na vretena postavljani jedan pored drugog, pri čemu se pokazalo da im je radni vek isti.



Sl.26 Vodič za premotavanje

4. Primer četvrti:

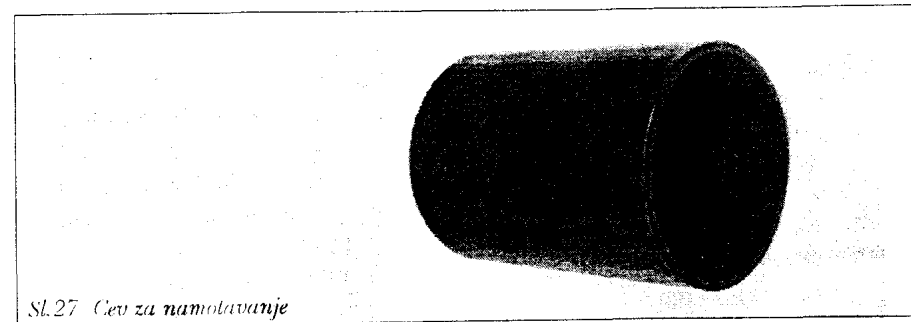
Proizvod: Cev za namotavanje najlona za pecanje (Sl. 27.)
 Materijal: PA 6 "Sniamid", Snia
 Brizgalica: Belmatik 1250/380E, Hrvatska
 Dimenzije proizvoda: Ø 160 / Ø 140 x 215 mm
 Masa proizvoda: 560 g

Uslovi brizganja:

Pritisak zatvaranja kalupa, bar 140
 Temperatura cilindra po zonama: $T_1=240\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=250\text{ }^{\circ}\text{C}$,
 $T_3=250\text{ }^{\circ}\text{C}$, mlaznica=80%
 Temperatura nepokretnog dela kalupa, °C 75
 Temperatura pokretnog dela kalupa °C 55
 Pritisak ubrizgavanja, bar 110-120
 Naknadni pritisak, bar 80-90
 Brzina ubrizgavanja, % 60-70
 Vreme ubrizgavanja, s 7,5
 Vreme delovanja naknadnog pritiska, s 20
 Vreme hlađenja proizvoda, s 60

Protivpritisak doziranja, bar 30
 Broj obrtaja puža, o/min 90

Vrlo je važno da materijal bude dobro osušen. Preporučuje se sušenje u sušari sa toplim vazduhom 4 sata na temperaturi 80-90 °C. Nebojeni granulat se suši u aluminijumskim tepsijama. Debljina sloja je 3-4 cm. Osušeni materijal se mora odmah preraditi, kako ne bi navukao vlagu iz prostorije. Dozvoljeno je mešanje sa regeneratom do 20%. Može se vršiti kondicioniranje sa vodom na temperaturi od 90 °C u trajanju od 1 h.



Sl.27 Cev za namotavanje

2.9. POLIKARBONAT - PC

Tab. 9. Tehničke karakteristike

TEHNOLOŠKE	HEMIJSKE	ELEKTRISNE	MEHANIČKE	TOPLLOTNE	FIZIČKE	OSOBINE	
						METOD ISPITIV. ASTM	JEDIN. MERE
						PC	PC SA 30% SV
Sušenje pre prerade						h/°C	Preporučuje se sušenje 4 - 6 sati na 120°C i grejani levak
Temperatura brizganja						°C	270 - 320 290 - 330
Temperatura kalupa						°C	80 - 95 80 - 110
Pritisak ubrizgavanja (specifični)						N/mm ²	800 - 2000 800 - 2000
Brzina ubrizgavanja							Velika Velika
Skupljanje u kalupu i naknadno						%	0,5 - 0,7 0,15 - 0,25
Gustina na 23°C					D 792	g/cm ³	1,20 1,42
Upijanje vlage (24h, 23°C, 3 mm)					D 570	%	0,15 0,08
Opornost na habanje					D 1044	g	0,010 - 0,012 0,032 - 0,042
Temperatura topljenja (ili omekšavanja)						°C	220 - 230 220 - 230
Postojanost prema toploti (konstantna)						°C	138 - 145 145 - 152
Linearni koeficijent termičkog širenja					D 696	m/m°C	6 - 7 × 10 ⁻⁵ 3 - 4 × 10 ⁻⁵
Toplotna provodljivost					D 177	W/m°C	0,42 - 0,48 0,48 - 0,54
Specifična toplota						J/kg°C	2800 - 3000 3000 - 3500
Tvrdoća po Rockwell-u					D 795	Skala	M 70 - 78 M 90 - 95
Prekidna čvrstoća					D 638	N/mm	60 - 68 130 - 155
Modul elastičnosti kod istezanja					D 638	N/mm	2200 - 2600 8000 - 9000
Čvrstoća na savijanje					D 790	N/mm	85 - 100 200 - 220
Čvrstoća na pritisak					D 695	N/mm	80 - 90 120 - 130
Zatezna čvrstoća Izod na 23°C					D 256	J/m	100 - 160 80 - 100
Specifični otpor (23°C, 50% relativne vlage)					D 257	Ωm	10 ¹⁶ 10 ¹⁶
Dielektrična konstanta (10 Hz)					D 150		2,8 - 3,0 3,0 - 3,5
Dielektrični faktor gubitaka (10 Hz)					D 150		0,01 - 0,02 0,01 - 0,02
Samogasivost (UL-94)					D 685	cm/min	samogasiv samogasiv
Postojanost prema svetlu					D 543		Menja boju i postaje krt
Postojanost prema razrednim kiselinama					D 543		Slabo nagrizi
Postojanost prema koncentrisanim kiselinama					D 543		Ograničena postojanost
Postojanost prema razrednim alkalijama					D 543		
Postojanost prema koncentrisanim alkalijama					D 543		
Postojanost prema organskim rastvaračima					D 543		Nije otporan na fenole i jako hlorisane rastvarače. Dobra mu je postojanost na masti, ulja i deterdžente

Tab. 10. Polikarbonat: tipovi, osobine i primena

Tipovi	General Electric Plastics Lexan		Bayer Makrolon		Enchem - Anic Sivert		Viskoznost	Samogasivost po UL-94	Gustina g/cm ³	Skupljanje u kalupu i naknadno, %
	Br. Stand.	UV	UV	Stand.	UV	UV				
Neočarani	1	121R	123R	2400	2403	201	vrlo niska	V-2 (1,6 mm)	1,20	0,5-0,7
	2	141	143R	2600	2603	221	niska	V-2 (1,6 mm)	1,20	0,5-0,7
	3	161	163R	2800	2803	251	srednja	V-2 (1,6 mm)	1,20	0,5-0,7
	4	101	103R	3100	3103	271	srednja-visoka	V-2 (1,6 mm)	1,20	0,5-0,7
Samogasivi	920		923	6030	6357		vrlo niska	V-0 (1,6 mm)	1,21	0,5-0,7
	920A		923A				vrlo niska	V-0 (3,0 mm)	1,21	0,5-0,7
	940		943	6185	6557		srednja	V-0 (1,1 mm)	1,21	0,5-0,7
	940A		943A	6870			srednja	V-0 (3,0 mm)	1,21	0,5-0,7
	950		953				srednja-visoka	V-0 (1,1 mm)	1,21	0,5-0,7
	950A		953A				srednja-visoka	V-0 (3,0 mm)	1,21	0,5-0,7
Očarani staklenim vlaknima	500	10% SV	503R		2510		niska	V-0 (1,6 mm)	1,25	0,2-0,5
	1278	20% SV	1278R		9425		niska	V-0 (1,6 mm)	1,25	0,2-0,5
	3412	20% SV	3412R		8325		srednja	V-1 (1,6 mm)	1,35	0,2-0,5
	3414	40% SV	3414R		8345		srednja-visoka	V-1 (1,6 mm)	1,32	0,1-0,3
Specijalni	3522	20% SV	3512	8020	2540		srednja-visoka	V-1 (1,6 mm)	1,33	0,3-0,5
	3523	30% SV	3513	8030	2530		srednja-visoka	V-1 (1,6 mm)	1,42	0,2-0,4
	IF 1130R	velika tečljivost					ekstra niska	V-1 (1,6 mm)	1,20	0,5-0,7
	LS 2	opuštki tip					niska	V-0 (1,6 mm)	1,20	0,5-0,7
Specijalni	FL 900	S penasti (TOS)			AI 100		srednja-visoka	V-0 (1,6 mm)	1,21	0,5-0,7
	ML-3080	ekstruzija ploča					visoka	V-2 (1,6 mm)	1,20	0,5-0,7
	ML-3041	tečljiv, ne rasvara se	1143				ekstra niska	HB	1,20	0,5-0,7
	ML-3042	rasveta, reflektivan					visoka	V-2 (1,6 mm)	1,33	0,7
Specijalni	ML-3045	velika tečljivost					ekstra niska	V-2 (1,6 mm)	1,20	0,5-0,7
	134	prehrana, 131, 133 duvanje	3200		301		visoka	V-2 (1,6 mm)	1,20	0,5-0,7
Specijalni	154	prehrana	3118		303		srednja-visoka	V-2 (1,6 mm)	1,20	0,5-0,7

Napomena: Lexan tipovi su zadijeljeni znamenkom 4 i Makrolon sa 8 imaju acetate za prehranu i medicinu

KSV = kraka staklena vlakna; LVK = lakše varenje iz kalupa

Kod izbora na osnovu viskoznosti pridržavati se sledećih pravila:

- Lexan 121; Makrolon 2400 i Sivert 201 - vrlo niska viskoznost; primeniti za izratke ravnomernih debljina 0,2 - 1 mm
- Lexan 141; Makrolon 2600 i Sivert 221 - niska viskoznost; primeniti za izratke neravnomernih debljina od 0,3 - 2,5 mm
- Lexan 161; Makrolon 2800 i Sivert 251 - srednja viskoznost; primeniti za izratke neravnomernih debljina od 0,5 - 5,0 mm
- Lexan 101; Makrolon 3100 i Sivert 271 - visoka viskoznost; primeniti za izratke neravnomernih debljina od 0,2 - 8,0 mm

2.9.1. NAJVAŽNIJE KARAKTERISTIKE

Glavne osobine polikarbonata su visoka prozirnost (do 90% prozirnosti stakla), visoka otpornost na udar, otpornost na puzanje, mogućnost upotrebe u širokom temperaturnom području, dimenzionalna stabilnost, dobre dielektrične osobine i samogasivost. Vrlo su kruti, otporni na habanje i hemikalije.

2.9.2. NAČIN PRERADE I PRIMENA

Način prerade: Brizganjem, duvanjem, ekstrudiranjem. Film se može proizvoditi ekstrudiranjem, ili iz rastopljene mase, što važi i za vlakna. Takođe se može vakumirati, zavarivati i lepititi. Poluproizvodi se mogu lako mehanički obrađivati, takođe i metalizirati. Ovaj termoplast iz porodice konstrukcionih polimera ima specifične uslove prerade i pripreme pre brizganja, ekstrudiranja i duvanja.

PC ima odlična mehanička i toploma svojstva, kao i dimenzionu stabilnost, ako je ispravna prerada. Od posebne važnosti je sušenje ovog termoplasta i preradivanje u suvom stanju. Čim stepen vlažnosti granulata premaši 0,03%, smanjuje se kvalitet proizvoda. Granulat ne sme biti prašnjav ili prljav.

Sušenje se izvodi u sušari, najmanje 4-6 časova pri temperaturi od 120 °C. Visina sloja u posudi u kojoj se suši granulat ne sme iznositi više od 2,5 cm. Što je manja visina sloja, rezultati sušenja su bolji. Da plastika nakon prethodnog sušenja ne bi opet navukla vlagu, levak i svi otvoreni delovi treba uvek da budu dobro pokriveni. Ako mašina nije snabdevena levkom koji se može zagrevati, tada treba uvek uzeti iz sušare toplog osušenog granulata samo minimalnu količinu koja je potrebna za kontinuiranu proizvodnju i odmah je preraditi.

Čišćenje cilindra: Mašine za brizganje, ekstrudiranje i duvanje u kojima se preraduju drugi materijali, moraju se temeljno očistiti pre i posle prerade polikarbonata. S obzirom da prerada ove plastike zahteva temperaturu u cilindru od 270 °C i više (što je iznad temperaturne granice kod koje se drugi plastični materijali već termički oštećuju), bezuslovno je potrebno cilindar pažljivo očistiti i odstraniti sve tragove druge plastike. Slučajno mešanje sa ostacima razgrađene plastike dovodi do stvaranja sloja crnih tačaka, slabih mesta ili jakih oštećenja mase i do proizvoda koji ne zadovoljavaju izgledom i svojstvima. Za čišćenje puža i cilindra najpogodniji je neobojeni polistiren, polimetilmetakrilat i neobojeni, osušeni otpadni (čist) polikarbonat.

PC ne podnosi dugo zadržavanje u cilindru i potrebno je već kod prekida od 20 min sniziti temperaturu u cilindru.

Prekid rada: Polikarbonat sme preko noći ostati u cilindru, a ako se duže zadržava, treba voditi računa o sledećim smernicama:

1. smanjiti temperaturu cilindra na 150-180 °C
2. ostaviti uključene grejače
3. temperature cilindra ne smanjiti ispod 150 °C
4. kod upotrebe mašine sa pužnim doziranjem rastopljene mase, cilindar puža isprazniti da se izbegne nepotrebno grejanje plastike (čišćenje cilindra za vreme grejanja i hlađenja sprečava da plastika za to vreme ostane u kontaktu sa vrućim zidovima cilindra, čime se izbegava pregrevanje i termička oštećenja).

Temperatura prerade: Zavisi od viskoziteta PC (vrlo niski, nisko-srednji i visoki viskozitet). Kod brizganja su nešto manje temperature, kod ekstrudiranja i duvanja potrebne su veće temperature cilindra nego kod većine ostalih polimera, što je moguće postići na svim konvencionalnim mašinama za brizganje.

Trajanje ciklusa: Trajanje ciklusa ima isto delovanje na svojstva proizvoda kao i kod ostalih plastika. To naročito vredi za pritisak ubrizgavanja, temperaturu mase i kalupa, kao i brzinu ubrizgavanja. Najpovoljnije trajanje ciklusa zahteva bizo punjenje kalupa, vreme naknadnog pritiska dovoljno za stvrdnjavanje proizvoda i kratko vreme hlađenja. Najveća moguća brzina ubrizgavanja preporučuje se za većinu delova, bez obzira radi li se o delovima sa tankim ili debelim zidovima. Kod velikih debljina zidova trebala bi se ova brzina nešto smanjiti. Presudan faktor prilikom određivanja trajanja ciklusa je debljina zidova.

Pritisak ubrizgavanja: Kod brizganja polikarbonata potreban je veći specifični pritisak ubrizgavanja. Dobri rezultati se postižu u području od 1200-2000 bar. Poznato je da se ova plastika odlikuje naročito velikom otpornošću na smicanje. To znači da na viskozitet ne mogu uticati promene pritiska ubrizgavanja, nego samo odgovarajući izbor tipa i temperature.

Za brizganje je najpovoljnija mlaznica koja daje male otpore prolazu mase, jer takve mlaznice (a to su konvencionalne konusne "otvorene" mlaznice) omogućuju maksimalan pritisak na šupljinu. Mlaznica mora biti izvedena tako da bude snabdevena grejačem. Temperatura mlaznice mora odgovarati temperaturi prednje zone cilindra ili mora biti nešto niža.

Poznato je da se tipovi PC-a sa nižim viskozitetom lakše peraduju brizganjem, jer imaju duže puteve tečenja i lakše popunjavaju kalupnu šupljinu. Bez obzir na niski viskozitet, otežano se preraduju proizvodi koji imaju tanke zidove, naročito u slučajevima kada proizvod ima različite debljine zidova.

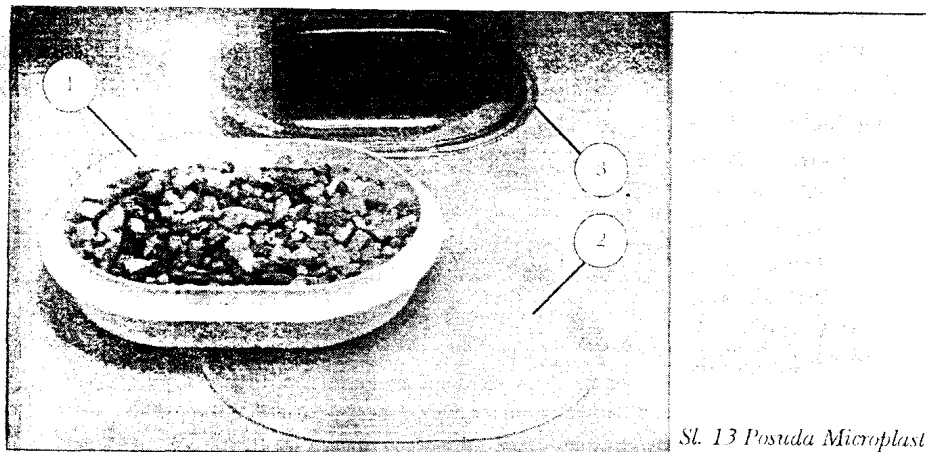
Opšti uslovi prerade brizganjem:

Temperatura cilindra, °C	280-320
Temperatura kalupa, °C	110-120
Temperatura vrha mlaznice, °C	80-100
Pritisak brizganja, bar	150-200
Vreme naknadnog pritiska	što kraće
Naknadni pritisak, bar	80-120
Brzina ubrizgavanja, %	90-100
Otvorena mlaznica	otvor prema veličini proizvoda
Protivpritisak doziranja, bar	10-15
Okretaj puža, o/min	90-150
Temperatura prerade, vrlo niski viskozitet, °C	280-300
Temperatura prerade, nisko-srednji viskozitet, °C	280-310
Temperatura prerade, visoki viskozitet, °C	290-330

2.9.3. PRIMERI PRERADE

Primer prvi:

Proizvod:	Poklopac posude "Microplast" (Sl.28 Poz.3)
Materijal:	PC "Sinvet R 224", Arnic
Brizgalica:	Belmatik-900/135 C.NC, Hrvatska
Dimenzije proizvoda:	320 x 220 x 20 mm, debljina zida 2,5-3 mm
Masa proizvoda:	170 g
Uslovi brizganja:	
Pritisak zatvaranja kalupa, bar	190
Temperatura cilindra po zonama:	$T_1=286\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=290\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_3=287\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_4=290\text{ }^{\circ}\text{C}$, mlaznica $T_5=40\text{-}50\%$
Temperatura nepokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	115-120
Temperatura pokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	110
Pritisak ubrizgavanja, bar	160
Naknadni pritisak, bar	80
Brzina ubrizgavanja, %	95
Vreme ubrizgavanja, s	3,5
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	8
Vreme hladenja proizvoda, s	12
Protivpritisak doziranja, bar	10
Brzina doziranja, %	100
Broj obrtaja puža, o/min	155
Sušenje sa toplim vazduhom 4-6 h, $^{\circ}\text{C}$	120
Vista mlaznice obavezno otvorena	



Sl. 13 Posuda Microplast

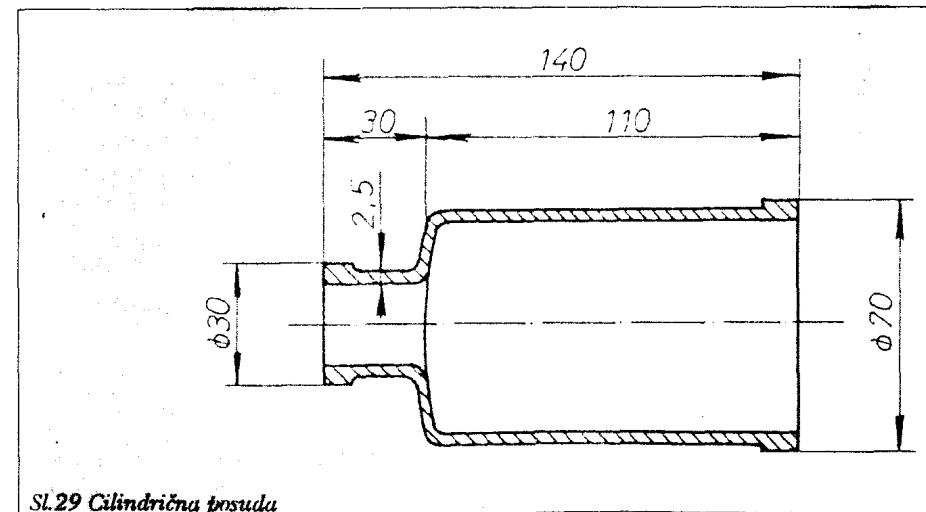
Primer drugi:

Proizvod:	Cilindrična posuda (Sl. 29.)
Materijal:	PC "Makrolon 2600 V-2-1,6", Bayer
Brizgalica:	Metalmeccanica 200/100, Italija

Dimenzije proizvoda:	$\varnothing 70 \times \varnothing 30 \times 140$ mm, debljina zida 2,5 mm
Masa proizvoda:	50 g sa ulivkom
Uslovi brizganja:	
Pritisak zatvaranja kalupa, bar	140
Temperatura cilindra po zonama:	$T_1=245\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=275\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_3=260\text{ }^{\circ}\text{C}$, mlaznica $T_4=50\%$
Temperatura nepokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	110
Temperatura pokretnog dela kalupa, $^{\circ}\text{C}$	100
Pritisak ubrizgavanja, bar	85-110
Brzina ubrizgavanja, %	70-85
Vreme ubrizgavanja, s	3,5
Vreme delovanja naknadnog pritiska, s	4
Vreme hladenja proizvoda, s	12
Protivpritisak doziranja, bar	10
Brzina doziranja, %	100
Broj obrtaja puža, o/min	100-120
Vrsta mlaznice, \varnothing	otvorena 3,5 mm

Sa ovim zadatim parametrima bez prekida je urađena izrazito velika serija, sa dozvoljenim škartom od 1,5%.

Prozirni materijal se suši toplim vazduhom u aluminijumskim tepsijama, uz debljinu sloja od 3-4 cm. Kod tepsija od drugih materijala dolazi do ljuštenja površinskog sloja, što ugrožava čistoću granulata. Kod prozirnih granulata nije dozvoljeno mešanje sa regeneratom. Pri radu nisu dozvoljena nikakva zadržavanja (zastoji), osim koliko traje ukupan radni ciklus, jer bi u suprotnom došlo do pojave crnih mrlja sa tačkicama izgorlosti.



Sl. 29 Cilindrična posuda

2.9.4. BRIZGANJE POLIKARBONATA - MOGUĆE GREŠKE I UZROCI NASTAJANJA

Vrste grešaka i uzroci nastajanja grešaka na proizvodu su:

1. Mehurići na proizvodu

- * nizak pritisak ubrizgavanja
- * niska temperatura kalupa
- * nepravilno odzračivanje kalupa
- * nepravilan prelaz sa tanjeg na deblji zid proizvoda
- * nepravilno sušenje materijala
- * pogrešno odabrana mlaznica na brizgalici

2. Prepaljena masa na površini proizvoda

- * previsoka temperatura cilindra
- * pregrejan materijal usled trenja u cilindru ili ulivku
- * nepravilno odzračivanje kalupa
- * dugo zadržavanje materijala u cilindru
- * pregrejan kalup
- * oštećen cilindar ili vrh mlaznice

3. Srebrne pruge na površini proizvoda

- * visoka temperatura mase
- * trenje koje se stvara usled pregrevanja
- * nepravilno odzračivanje kalupa
- * vlažan materijal
- * pregrejana ulivna puštica kod toplog ulivka
- * nepravilan protivpritisak plastificiranja
- * prevelika masa plastificiranja

4. Linije spajanja na proizvodu

- * niska temperatura materijala u cilindru
- * mala brzina ubrizgavanja
- * niska temperatura kalupa
- * veliki put tečenja materijala
- * nepravilno odabran naknadni pritisak

5. Ulegnuća na proizvodu-deformacije

- * nizak pritisak ubrizgavanja
- * visoka temperatura kalupa
- * visoka temperatura rastopljenog materijala
- * nepravilno odzračivanje kalupa
- * nepravilna dužina ulivnog sistema
- * mali kapacitet brizgalice
- * mali naknadni pritisak
- * kratko vreme trajanja naknadnog pritiska
- * nepravilno vreme hlađenja proizvoda
- * nepravilni prelazi na proizvodu
- * nepravilni sistem za izbacivanje
- * prisustvo stranog materijala

- * pogrešan izbor tipa polikarbonata
- * nejednake debljine zidova proizvoda
- * kratko vreme hlađenja proizvoda
- * nepravilno postavljene temperature po zonama cilindra

6. Krt proizvod

- * visoka temperatura materijala u cilindru
- * mali pritisak zatvaranja kalupa
- * veliki pritisak ubrizgavanja
- * nepravilno vodenje kalupa
- * zaprljana kalupna šupljina
- * nepravilno doziranje materijala
- * nepodešena temperatura kalupa
- * nepravilan izbor sredstva za odvajanje
- * nepravilno sušenje materijala
- * dugo vreme hlađenja proizvoda
- * veliki naknadni pritisak
- * dugo vreme delovanja naknadnog pritiska
- * visoka temperatura kalupa

7. Valovite površine proizvoda

- * zaprljan cilindar
- * niska temperatura kalupa
- * nepravilna brzina ubrizgavanja
- * nepravilan pritisak ubrizgavanja
- * mali naknadni pritisak

8. Cme tačke u i na proizvodu

- * predugo vreme zastoje
- * razgrađivanje materijala usled pritiska
- * zaprljan cilindar
- * povlačenje degradiranog materijala zaostalog u cilindru od prethodnog brizganja

2.9.5. USLOVI POTREBNI ZA BRIZGANJE POLIKARBONATA

1. Prostorija

- * temperatura prostorije mora biti 20-23 °C
- * strujanje vazduha u prostoriji mora biti 1 m/s
- * u prostoriji ne sme da bude prašine
- * vlažnost vazduha u prostoriji mora biti 60%

2. Brizgalica

- * kapacitet brizgalice mora biti 20-30% veći od mase proizvoda
- * pritisak zatvaranja mora biti 40% veći od proračunate vrednosti za uobičajene plastične mase
- * mlaznica mora biti kratka, otvorena, sa otvorom \varnothing 3-8 mm
- * levak za sipanje materijala mora imati sistem za sušenje-grejanje na 50-60 °C sa potrebnom izolacijom

3. Tehnološki uslovi prerade

- * zadržavanje materijala u levku maksimalno 20-30 min
- * temperatura kalupa mora biti 110-120 °C, što se postiže uljnim grejačima pre početka rada
- * za proizvodne proizvode obavezno je sušenje u aluminijskim tepsijama
- * vreme sušenja 6 časova na 110 °C, ili 4 časa na 120 °C
- * debljina sloja pri sušenju 2,5-3 cm
- * pritisak ubrizgavanja 180-220 bar, u zavisnosti od mase proizvoda
- * temperatura cilindra se kreće linearno nadole od levka ka mlaznici
- * temperatura mlaznice je 80-100% od zadnje zone cilindra
- * sistem kalupa mora 100% odgovarati sistemu brizgalice
- * protivpritisak plastificiranja 15-40 bar
- * brzina ubrizgavanja mora biti što veća
- * sadržaj vlage materijala mora biti ispod 0,2%
- * broj obrtaja puža 90-150 o/min

4. Zastoji u radu

- * prekid manji od 10 min ne zahteva promenu režima
- * prekid od 15-120 min: smanjiti temperaturu cilindra na 200 °C
- * prekid iznad 120 min: smanjiti temperaturu cilindra na 150 °C
- * posle svakog dužeg prekida očistiti cilindar polistirenom ili polimetakrilatom

Kod izrade kalupa upotrebiti kvalitetan čelik koji mora imati veću površinsku tvrdoću, da ne bi došlo do oštećenja niti koje propušta mlaznica i vidljivih tragova na proizvodu, a naročito do oštrih ivica na spojevima, ako je površina kalupa meka.

Prilikom erodiranja gnezda koristiti više elektroda i raditi pravilno, da ne bi došlo do grubih površina, jer iste ne možemo da ispoliramo zbog oštrih uglova.

Treba pravilno odrediti preseke ulivnih kanala i iste ispolirati do visokog sjaja. Voditi računa o rasporedu kanala za hlađenje kalupa, jer to utiče na kvalitet proizvoda.

Pri izradi kalupa kod svih tipova materijala treba strogo voditi računa o rasporedu proizvoda po težini, da bi se postiglo dobro balansiranje, jer u suprotnom može doći do težih oštećenja kalupa prilikom izbacivanja proizvoda. Potrebno je prilagoditi težinu proizvoda sili zatvaranja mašine, da ne bi dolazilo do podlivanja.

Kod kalupa koji imaju konusno vodenje mora se vršiti tačan proračun konusnog naleganja, da ne bi došlo do zaribavanje nalegajućih površina, a to se odnosi i na kose i nove i klizače za bočna otvaranja kalupa.

Strogo voditi računa o paralelnosti kalupa i prečnika vodilica na kalupu, da ne bi došlo do deformacije ako vodilica nije odgovarajućeg prečnika.

Preporučuje se da se pri prvoj probi kalupa ubrizgavanje ne vrši u punoj formi proizvoda, već nešto manjoj, i da se postepeno povećava dok se proizvod ne formira u potpunosti. Isto važi i za pritiske: početi sa nižim pritiscima i povećavati sve dok se ne dođe do odgovarajućeg, tj. dok se ne popuni proizvod u celini.

2.10. BRZA IDENTIFIKACIJA POLIMERNIH MATERIJALA

U praksi se često javlja problem određivanja vrste materijala od kojeg je neki proizvod izraden, tj. kako identifikovati materijal. Dodatni problem predstavlja činjenica da mnogi materijali osim osnovnog polimera sadrže različite dodatke, stabilizatore, plastifikatore, punila, pigmente i sl., kojima se poboljšavaju pojedine osobine osnovnog materijala. Za potpunu identifikaciju potrebno je izvršiti niz laboratorijskih ispitivanja, što u pogonskim uslovima većine prerađivača nije moguće. Zbog toga će u daljem tekstu biti navedeni samo postupci ispitivanja koje je moguće izvesti bez specijalne opreme.

2.10.1. PRETHODNA ISPITIVANJA

Ovim ispitivanjima se utvrđuje kojoj osnovnoj grupi polimera pripada ispitivani materijal, tj. da li se radi o termoplastu (plastici), termoočvršćavajućoj smoli ili elastomeru (guma).

1. Namena, izgled i tehnologija proizvodnje

Na osnovu namene i izgleda proizvoda može se odrediti u koju osnovnu grupu pripada materijal. Isto tako se može odrediti kojom tehnologijom je izraden uzorak; brizganjem, ekstruzijom, presovanjem, termoformiranjem i slično. Pri tome se uočavaju linije spajanja i tečenja, ulivna mesta, otisci izbacivača i drugi pokazatelji koji upućuju na tehnologiju izrade

2. Krutost proizvoda

Na osnovu iskustva može se ustanoviti kojoj grupi materijala pripada uzorak. Npr., kaučuk se može savijati i istezati bez loma. Meki termoplasti se takođe mogu istezati, ali nisu elastični. Kruti termoplasti se teže savijaju, pucaju i lome se. Termoočvršćavajuće smole su krte i lome se pri savijanju.

3. Gustina materijala (specifična težina)

Polietileni i polipropilen imaju gustinu manju od 1 g/cm³, lakši su od vode i plivaju na njoj. Svi drugi polimerni materijali (ako nisu penasti) tonu u vodi. Kod ovog ispitivanja uzorak se dobro nakvasi i potopi u vodu. Na taj način se ustanovljava da li materijal tone ili pliva.

4. Ispitivanje uticaja toplote

Mali uzorci materijala (oko 0,1 g) stave se na metalni držač (posudicu) koja se zagreva plamenikom tako da ne dođe do raspadanja materijala. Ako materijal omekša, znači da je termoplast ili ne vulkanizovani kaučuk. Ako ne omekša, radi se o termoočvršćavajućoj smoli ili vulkanizovanom kaučuku. Ako prvo omekša, a zatim otvrdne, verovatno se radi o smoli koja se zagrevanjem umrežava.

2.10.2. ISPITIVANJE GORENJA

Ispitivanje se izvodi tako što se uzorak kratko vreme drži na ivici bezbojnog plamena. Pri tome treba obratiti pažnju na sledeće:

- da li se uzorak dimi i kakva je gustina dima

- da li se uzorak lako pali i kakva je boja plamena
- da li se materijal topi i da li kaplje

Ako nakon desetak sekundi zadržavanja u plamenu ne dođe do zapaljenja ili se uzorak gasi, materijal se privremeno može klasifikovati kao PVC ili neki drugi samogasivi termoplast.

Ako se uzorak brzo zapalio, treba ga odmah ukloniti iz plamena i oprezno inhalacijom odrediti miris dima.

- miris na goruću sveću upućuje na polietilen ili polipropilen. Polipropilen ima blaži miris.
- miris stirena potiče od produkta termičke razgradnje polistirena
- miris rožnjače (govedeg roga) ili gorućeg perja upućuje na poliamid
- miris gorućeg papira i sirćetne kiseline upućuje na celulozni acetat
- oštar miris ukazuje na termoplaste koji sadrže halogene elemente (PVC)
- miris fenola potiče od melamin - formaldehidnih smola

Boja plamena i čađ ukazuju na sledeće:

- vrlo čađav plamen pri sagorevanju potiče od polimera aromatskog porekla (PS, SAN, ABS)
- žuta boja plamena sa plavom bazom ukazuje na polietilen ili polipropilen
- plava boja plamena, sa žutim delom na vrhu, naglo topljenje, kapanje i tendencija gašenja upućuju na poliamid
- Ako uzorak lako gori uz stvaranje zagušljivih para formaldehida, uz oštar miris i intenzivno čađenje, verovatno se radi o POM-u.

Tab. 11 Identifikacija nekih termoplasta

Termoplast	Boja plamena	Miris dima	Gustina	Otpornost na rastvarače	Ostale karakteristike
PE	Žut sa plavom bazom	Na goruću sveću	Pliva u vodi	Nerastvorljiv do 67°C	Topljenjem postaje proziran Voskast opip
PP	Svetlo žut sa plavom bazom	Na goruću sveću, blaži od PE	Pliva u vodi	Nerastvorljiv do 77°C	Topi se pri višim temperaturama od PE
PVC	Žut sa zelenom bazom	Vrlo oštar, kiseo	Tone u vodi	Rastvorljiv u ketonima i estrima	Teško se pali, samogasiv
PS	Intenzivno žut, vrlo čađav	Na stiren	Tone u vodi	Lako rastvorljiv u većini rastvarača	Spaljivanjem daje gust dim i krpice čađi
ABS	Žut, čađav	Na stiren i gumpu, slatkast	Tone u vodi	Teže rastvorljiv od PS-a	Spaljivanjem daje gust dim, ali manje čađi od PS-a
SAN	Žut, čađav	Na stiren, gorak	Tone u vodi	Rastvorljiv u većini rastvarača	Lako se pali
CA	Žut, iskričav	Na gorući papir i sirće, kiselkast	Tone u vodi	Rastvorljiv u ketonima i estrima	Dosta sporo gori
PA	Plav, pri vrhu žut	Na goruću vegetaciju i perje	Tone u vodi	Teško rastvorljiv	Naglo se topi. Plamen nastoji da se ugasi. Izvlače se niti.
POM	Tamno žut, čađav	Jako oštar miris, sličan PA	Tone u vodi	Teško rastvorljiv	Sporo gori

3. KALUP ZA BRIZGANJE TERMOPLASTA - ELEMENTI KOJI IMAJU NAJZNAČAJNIJI UTICAJ NA KVALITET PROIZVODA

U tehnološkom procesu prerade termoplasta brizganjem kalup zauzima centralno mesto. S obzirom da se radi o automatizovanoj serijskoj proizvodnji, svaki element radnog ciklusa mora zadovoljiti određene kriterijume te proizvodnje. Svaka sekunda skraćanja radnog ciklusa je vrlo bitna. Zbog toga je najvažnije da se kod projektovanja i izrade kalupa ne naprave greške koje će kasnije imati negativne posledice na kvalitet proizvoda i produktivnost. Preterana štednja pri projektovanju i izradi kalupa (upotreba manje kvalitetnih čelika, neodgovarajuća termička obrada, loš kvalitet obrade) sigurno će dovesti do neželjenih posledica u proizvodnji.

Namena kalupa za brizganje termoplasta je da prihvati rastop termoplasta iz cilindra brizgalice, da omogući brzo hlađenje rastopa u kalupnoj šupljini, vadenje i izbacivanje proizvoda i cikličko ponavljanje procesa.

Da bi kalup mogao udovoljiti ovoj nameni, mora imati sledeće glavne elemente:

- ulivni sistem
- kalupnu šupljinu
- sistem za vadenje i izbacivanje proizvoda
- sistem za centriranje i vodenje kalupa
- sistem za temperiranje
- sistem za odzračivanje

Konstrukcija kalupa uslovljena je oblikom i dimenzijama proizvoda, materijalom proizvoda i karakteristikama brizgalice.

Na osnovu oblika i dimenzija proizvoda i karakteristika brizgalice određuje se optimalan broj kalupnih šupljina. Zatim sledi određivanje rasporeda kalupnih šupljina, broja podeonih ravni kalupa i približnih dimenzija kalupa. Nakon toga određuju se precizne dimenzije kalupnih šupljina (gnezda), projektuje se ulivni sistem, sistem za temperiranje, sistem za odzračivanje kalupa, sistem za vadenje i izbacivanje proizvoda i sistem za centriranje i vodenje. Na kraju se određuju precizne dimenzije kalupa.

U daljem tekstu će biti posebno istaknuta važnost pojedinih elemenata za funkcionalnost kalupa i dobijanje ispravnih proizvoda u pogledu tačnosti dimenzija, kvaliteta, izgleda površine i mehaničkih svojstava proizvoda.

3.1. SKUPLJANJE U KALUPU I NAKNADNO SKUPLJANJE PROIZVODA

Za proizvode kod kojih se zahteva tačnost dimenzija u uskim granicama tolerancije, najvažnije je kod izrade kalupa ispravno odrediti koeficijent skupljanja termoplasta, u kalupu i naknadno skupljanje (Tabela 12).

Na veličinu skupljanja utiču različiti činioci, od kojih su najvažniji:

- oblik i dimenzije proizvoda
- temperatura materijala
- vrsta ulivnog sistema i mesto ulivanja
- temperatura, pritisak i brzina ubrizgavanja

Tab. 12. Približne vrednosti koeficijenta skupljanja

Skracenica	Hemijski naziv	SKUPljanJE u %					Napomena
		Neojačani tipovi	Ojačani SV (10-40%)	Ojačani talkom (20-40%)	Homopolimerni tipovi	Kopolimerni tipovi	
PS	Polistiren normalni	0,2-0,6	0,1-0,2				SV 20-30%
SB	Stiren-butadien kopolimer (polistiren otporan na udar)					0,1-0,5	
SRB	Stiren-butadien blok kopolimer (proizvni)					0,3-1,0	
ABS	Akilonitil-butadien-stiren	0,1-0,8	0,1-0,2				SV 20-30%
PMMA	Polimetilmetakrilat	0,14-0,8					
SAN	Stiren-akilonitil kopolimer	0,2-0,7	0,1-0,2			0,2-0,6	Kop. PMMA - MS
ASA	Akilonitil-stiren akrilat	0,4-0,8					SV 20-33%
PEng	Polieten niske gustine	1,5-1,0					
PEvg	Polieten visoke gustine	1,5-3,5					
EVA	Etilen-acrilat kopolimer	1,2-1,5					
EEA	Etilen-etilakrilat	1,5-3,0					
Svlyn	Jonomeri	0,7-1,9					
PP	Polipropilen	1,0-2,5	0,6-1,25	0,7-1,5	1,0-2,5	0,8-2,0	SV 20% u homopolimeru
BT	Polibuten-1	1,5-3,0					
PMP	Polimetilpenten	1,5-3,5	1,0-2,0				SV 30%
PA 66	Poliamid 6 6	1,4-2,2	0,3-0,4				SV 30%
PA 6	Poliamid 6	0,8-2,0	0,2-0,5				SV 30%
PA 11	Poliamid 11	1,0-1,5	0,3-0,4				SV 30%
PA 610	Poliamid 6 10	1,2-1,8	0,3-0,5				SV 30%
PA 612	Poliamid 6 12	0,7-1,2	0,3-0,4				SV 30%
POM	Poliacetal (polioksimetilen)	1,8-3,0			1,8-3,0 0,9-1,2 0,3-0,4	1,5-2,0 0,4-0,6	SV 20% Kop. 25% SV 30% - 15% PTFE
CA	Celulozni acetat	0,3-0,6					
CP	Celulozni propionat	0,3-0,6					
CAB	Celulozni acetobutirat	0,3-0,6					
EC	Etil celuloza	0,5-0,8					
PUR	Poliuretani linearni	1,0-2,0					
PFTP	Polietereterifalat	1,8-2,2	0,3-0,5				SV 30%
PRTP	Polietereterifalat	1,5-2,3	0,2-0,4 0,2-0,3				SV 30% SV 50%
PC	Polikarbonat	0,5-0,7					SV 20-30%
Mod.PPO	Modifikovani polietilenoksidi/ polietilene tere	0,5-0,7					
PPE							
PPS	Poliifenilensulfid	0,6-1,0	0,1-0,2				
PPSC/PSU	Poliifenilensulfon/polisulfon	0,7-0,9	0,2-0,4				
PAR	Polirilat	0,9					
PAKSU	Poliarilatsulfon	0,5-0,6	0,3-0,4				SV 20-30%
PES	Polietersulfon	0,6	0,2-0,3				SV 20-30%
PEI	Polieterimid	0,7	0,1-0,5				SV 10-40%
PEK	Polieterketon	0,6-0,7	0,1-0,6				SV 20-30%
PEEK	Polietereterketon	1,0-1,1	0,7-1,4				SV 20-30%
Verlon	Polimeri ojačani dugim staklenim vlaknima		0,1-0,15 0,2-0,6				amorfni kristalni 30-50% DSV zavis od vrste i deb.zida
TPE	Termoplastični elastomeri	0,8-2,0	0,3-1,5				
PTFE	Polieterfluoretilen	1,02-2,5					
FEP	Tetrafluoretilen-heksaflor kopolimer	3,0-4,5					
PCTFE	Poliheptofluoretilen	0,8-1,2					
PVDF	Polivinilidenuooid	2,5-3,0					
PVC	Polivinilchlorid	0,5-0,8					
PVCC	Hlorisan polivinilchlorid	0,3-0,7					
PVDC	Polivinilidenchlorid	0,5-2,0					
PPSU/PSU	Hlorisani poliester	0,4-0,8					

SV - staklena vuna

U zavisnosti od ovih činioca, ustanovljeno je u praksi da za isti materijal skupljanje varira i do 3%. Kod kristalnih termoplasta, kao što su PE, PP, POM, PA, PETP i drugi, pri brzom hlađenju se ne postiže potpuno sredeno (kristalno) stanje molekula, zbog čega dolazi do neravnogrednog skupljanja. Kod amorfni termoplasta, kao što su PS, SB, SAN, ABS, Mod.PPO, PC, PPS, PPSU i drugi, skupljanje je manje i ravnomernije od kristalinih, i ne dolazi do naknadnog skupljanja.

3.2. ULIVNI SISTEMI

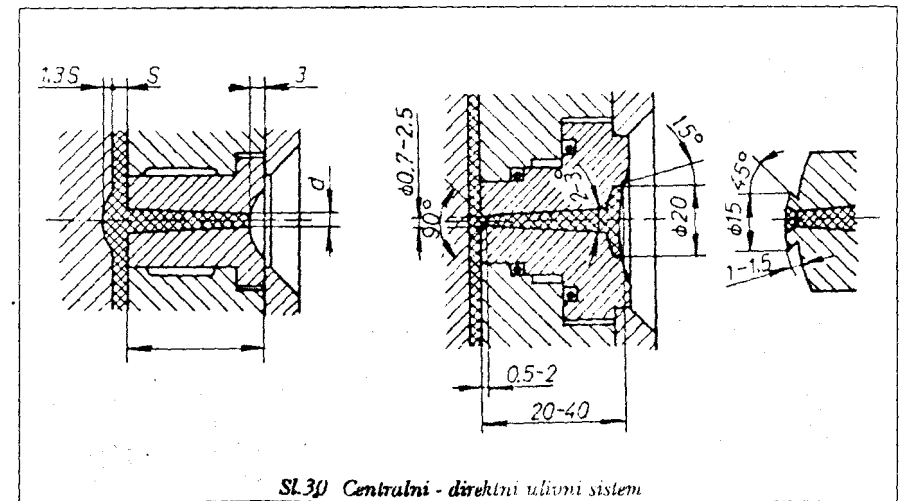
Ulivni sistem kalupa za brizganje termoplasta sastoji se od jednog ili više kanala koji povezuju mlaznicu brizgalice sa kalupnim šupljinama. Namena ulivnog sistema je da omogući što brži protok rastopa, bez pojave turbulencije, i ravnomerno popunjavanje kalupa. Primena i dobra izrada ulivnog sistema ima veliki uticaj na funkcionalnost kalupa, svojstva i kvalitet proizvoda i produktivnost. Greške u dimenzionisanju i izradi ulivnih kanala imaju mnoge negativne posledice u proizvodnji.

3.2.1. PODELA ULIVNIH SISTEMA

Na osnovu mesta ulivka, tj, mesta gde rastop ulazi u kalupnu šupljinu, ulivne sisteme možemo podeliti u tri glavne grupe:

1. Centralni - direktni ulivak

Ovo je sistem bez razvodnih kanala (Sl. 30.). Ulivak se formira u ulivnoj pušnici kalupa. Ovo je najpovoljniji oblik ulivka za termoplaste, ali je njegova primena ograničena na kalupe sa jednim gnezdom, sa jednim mestom ulivanja i za debelezidne proizvode. Preporučuje se upotreba ulivne pušnice, tj treba izbegavati izradu ulivnog kanala direktno u nepokretnoj ploči kalupa. Ulivna pušnica treba da osigura saosnost sa mlaznicom cilindra, dobro naleganje mlaznice i u slučaju potrebe da olakša doradu ili zamenu.

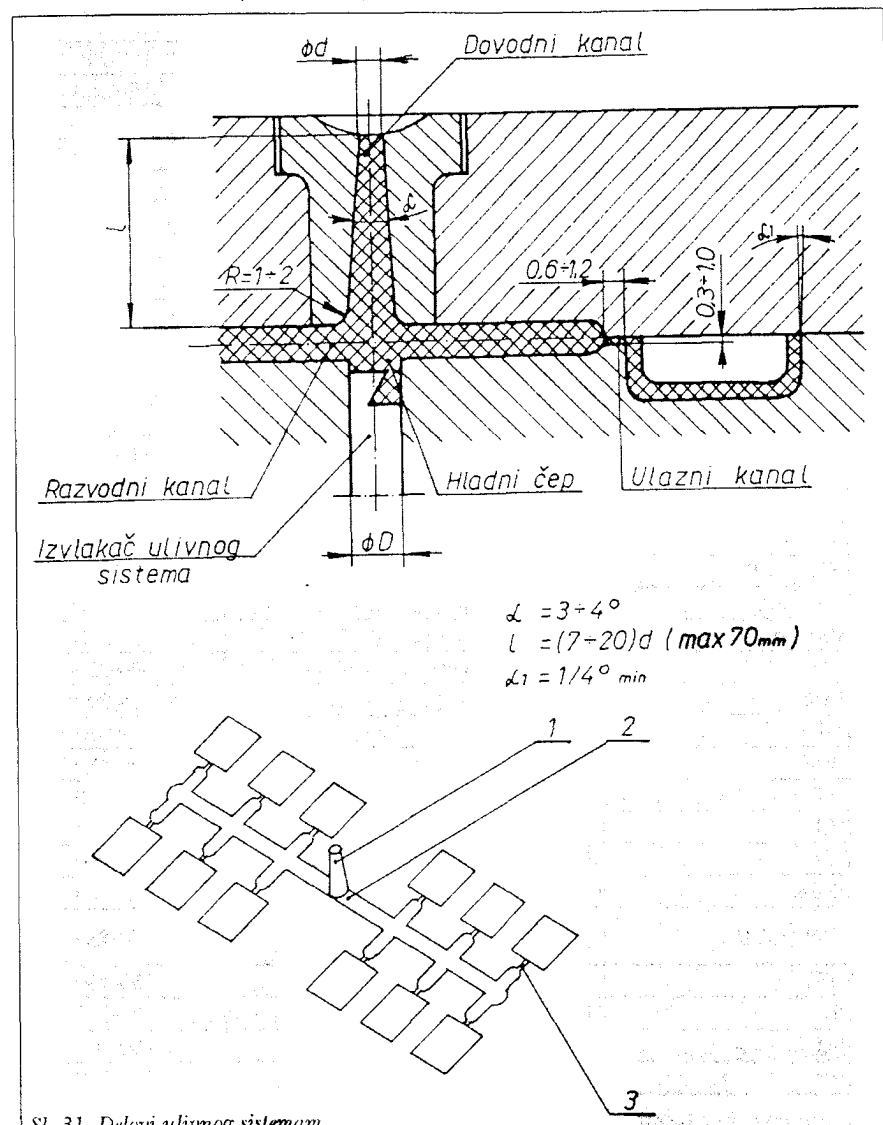


Sl.30 Centralni - direktni ulivni sistem

2. Ulivni sistemi sa razvodnim kanalima

Služe za indirektno ulivanje, koje se najčešće primenjuje kod kalupa sa više gnezda (Sl. 31.). Elementi ulivnog sistema su:

- 1- dovodni kanal
- 2- razvodni kanal
- 3- ulazni kanal (ulivak, ušće)



Sl. 31 Delovi ulivnog sistema

1. Dovodni kanal

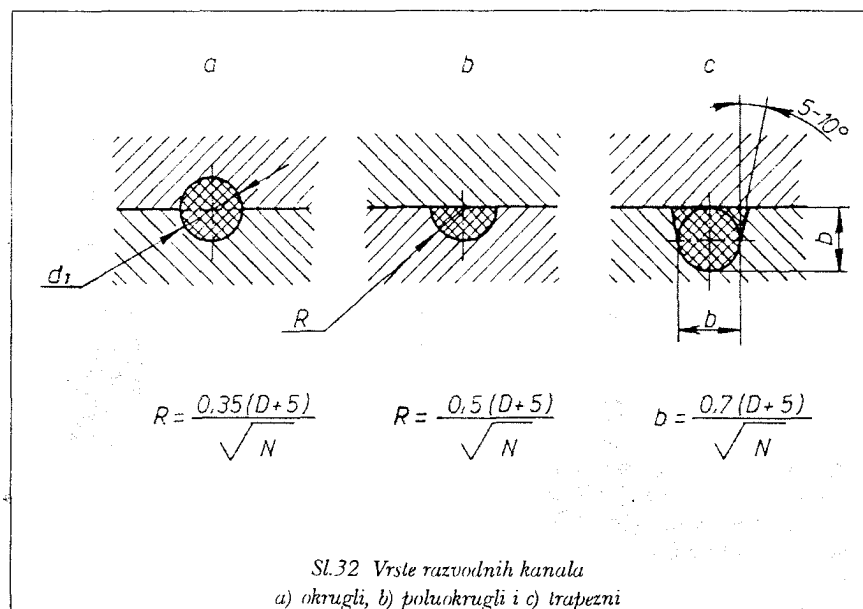
Izvedba i oblik dovodnog kanala slični su kao kod direktnog ulivnog sistema. Dovodni kanal je vrlo bitan deo ulivnog sistema i posebnu pažnju treba posvetiti njegovom dimenzionisanju i izradi.

Posebno je značajan deo dovodnog kanala koji služi kao hladni čep ili hladni nalivak. Ubrizgavanje je ciklični postupak, kod koga jedan deo rastopa uvek ostane u mlaznici do sledećeg ubrizgaja. Taj deo rastopa je obično malo hladniji, što može da prouzrokuje probleme zbog začepljenja ulivnih kanala. Funkcija hladnog čepa je da prihvati taj hladniji deo rastopa. Pored toga, druga veoma značajna funkcija je izvlačenje dovodnog kanala prilikom otvaranja kalupa i izbacivanje ulivnog sistema.

2. Razvodni kanali

Koriste se kod kalupa sa jednim gnezdom, ali sa više mesta ulivanja i kod kalupa sa više gnezda. U praksi se primenjuje nekoliko vrsta razvodnih kanala, s obzirom na profil poprečnog preseka, a najčešći su (Sl. 32.):

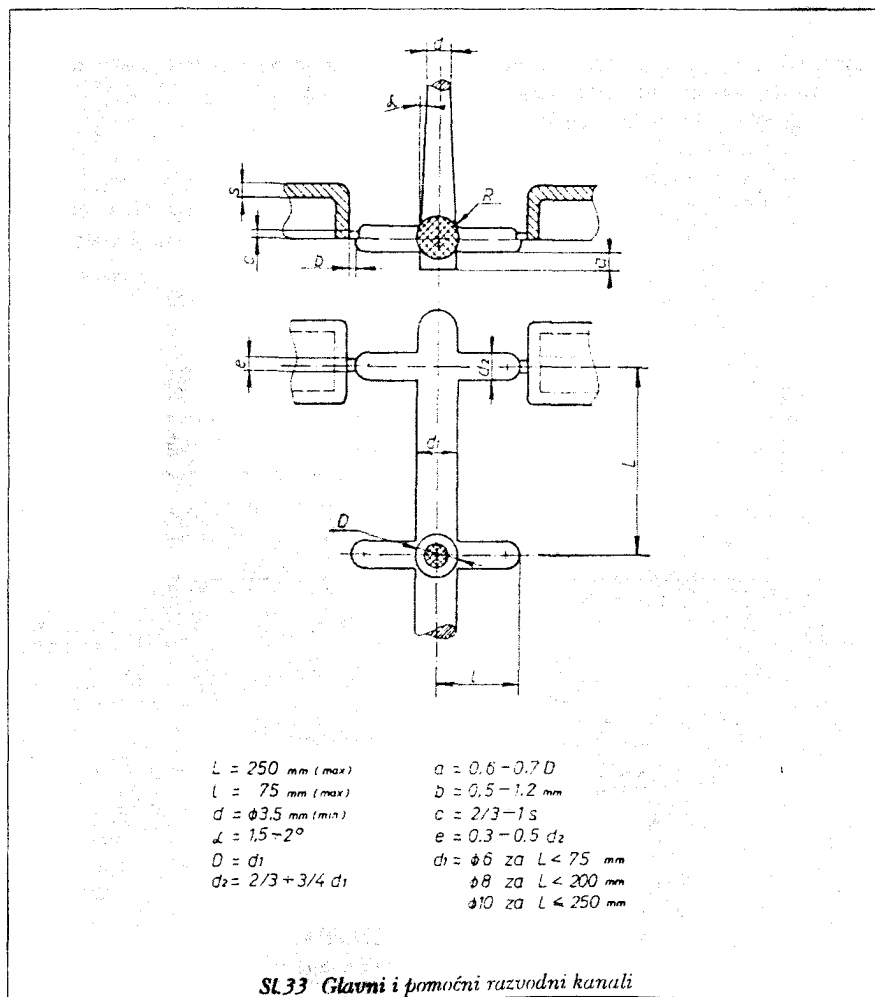
- a) okrugli razvodni kanali
 - b) poluokrugli razvodni kanali
 - c) trapezni razvodni kanali
- a) Okrugli oblik je najpovoljniji, jer kod iste površine preseka pruža najmanji otpor tečenju. Težak je za izradu, s obzirom da se radi u pokretnoj i nepokretnoj ploči kalupa.
- b) Poluokrugli oblik je lakši za izradu. Primenjuje se kod brizganja PS, PE, PVC i CA.
- c) Trapezni oblik se često primenjuje zbog lakše izrade.

Sl. 32 Vrste razvodnih kanala
a) okrugli, b) poluokrugli i c) trapezni

Dimenzionisanje razvodnih kanala vrši se na osnovu praktičnih iskustava, a treba se pridržavati sledećih preporuka:

- razvodni kanali treba da budu što kraći i treba izbegavati skretanje toka rastopa
- kod dugačkih kanala treba izvesti produžetke za hladne čepove (Sl. 31)
- razvodni kanali treba da budu istog prečnika po celoj dužini
- površine kanala treba polirati u smeru tečenja, da bi se smanjio otpor tečenju
- presek glavnog razvodnog kanala treba da bude jednak ili veći od sume preseka pomoćnih kanala
- smeštaj gnezda treba da bude simetričan u odnosu na osu kalupa

Primer dimenzionisanja razvodnih kanala je dat na slici 33.



Najveći uticaj na izbor vrste i dimenzija razvodnih kanala ima vrsta termoplasta koji se brizga. Najuticajnije svojstvo je sposobnost tečenja materijala (Tabela 13.).

Tab. 13 Put tečenja (okvirne vrednosti) kod debljine zida 2 mm

Skraćenica	Hemijski naziv	Put tečenja u mm
PS/SB	Polistiren	200-300
ABS	Akrilonitril-butadien-stiren	150-300
PMMA	Polimetilmetakrilat	100-250
CA, CAB CP	Celulozni derivati	150-300
PEvg/PEng	Polietilen visoke i niske gustine	200-450
PP homo- i kopolimer	Polipropilen homo- i kopolimer	150-300
PA6	Poliamid 6	250-320
PA66	Poliamid 66	150-190
PA610	Poliamid 610	200-330
PA11 i 12	Poliamid 11 i 12	150-300
POM	Poliacetal (polioksimetilen)	150-250
PBTB	Polibutilentereftalat	200-350
PC	Polikarbonat: vrlo niski viskozitet niski viskozitet srednji viskozitet viši viskozitet	150-400 150-350 150-320 140-290
Mod. PPO i PPE	Modifikovani polifenilenoksid i polifenileneter	200-450
PC/ABS	Smesa (blend) plastike	150-400
PC/PBTP	Smesa (blend) poliestera	150-300
PPO/PA	Smesa (blend) plastike	150-250
ASA/PC	Smesa (blend) plastike	200-350
PPS	Polifenilensulfid	150-250
PAR	Poliarilat	100-200
PSU	Polisulfon	150-300
PPSU	Polifenilensulfon	180-350
PES	Polietersulfon	150-300
PEI	Polieterimid	150-300
PEK	Polieterketon	100-250
PEEK	Polietereterketon	150-300
SOP (LC-P)	Samoojačavajući tekući kristalni polimeri	200-450
TPE	Termoplastični elastomeri	150-450
PI	Poliamidi	100-250
PAI	Poliamidimid	150-300
PVC	Polivinilhlorid	100-250

Napomena: Put tečenja kod konstrukcionih i drugih polimera zavisi od pritiska i temperature prerade.

Kod osetljivih delova, naročito onih koji imaju tanke zidove treba zatražiti detaljne podatke proizvođača polimera.

3. Ulazni kanali

Ulazni kanal ili ulivak ili ušće je deo ulivnog sistema na kojem se razvodni kanal spaja sa kalupnom šupljinom, tj. mesto u kojem rastop počinje da puni kalupnu šupljinu. Poprečni presek ulaznog kanala znatno je manji od preseka razvodnog kanala i to zbog više razloga:

- pri tečenju kroz ulivni sistem rastop se hladi i lepi uz zidove, tako da se tečenje odvija samo kroz centralni deo kanala
- manji presek sprečava ulaz hladne mase u kalupnu šupljinu
- manji presek sprečava gubitak pritiska i toplote
- omogućava lakše odvajanje ulivnog sistema od proizvoda uz manji uticaj na estetski izgled proizvoda

Dimenzije ulaznog kanala, kao uopšte i kompletnog ulivnog sistema, zavise od više faktora, od kojih su najznačajniji:

- vrsta i karakteristike termoplasta (viskoznost, put tečenja)
- debljina zida, oblik i težina proizvoda
- tehnološki parametri; temperatura, pritisak i brzina ubrizgavanja

Kod izbora ulaznih kanala treba se pridržavati sledećih preporuka:

- rastop koji ulazi u kalupnu šupljinu treba da udara direktno u zid kalupa ili jezgro, da bi se sprečilo stvaranje slobodnog mlaza rastopa
- rastop mora da teče u pravcu otvora za odzračivanje, da se spreči zarobljavanje vazduha
- ušće se mora nalaziti uvek na najdebljem zidu proizvoda
- ispravnim izborom položaja ušća može se sprečiti pojava linija spajanja
- ušća ne stavljati na mesta na proizvodu gde se očekuju najveća opterećenja u eksploataciji
- treba omogućiti što lakše odvajanje ulivnog sistema

U praksi se primenjuju različiti oblici ulaznog kanala, a u principu treba birati oblik identičan razvodnim kanalima. Pri tome važe prednosti i nedostaci kao kod razvodnih kanala.

Na osnovu iskustva, može se dati formula za izračunavanje približnih dimenzija preseka ulaznih kanala:

- krugli poprečni presek: $A = 0,3 \times G \times F$
- pravougaoni poprečni presek: $A = 0,45 \times G \times F$

gde je:

A - površina poprečnog preseka (mm^2)

G - masa proizvoda

F - faktor tečenja termoplasta:

1,0 - PS normalan; 1,2 - PS otporan na udar; 2,5 - PMMA;
1,5 - PP; 1,6 - PA; 1,0 - AC; 0,8 - PC; 0,6 - PE

Od velike važnosti je i ispravno dimenzionisanje dužine ulaznog kanala. Zbog prevelike dužine ulaznog kanala u praksi često dolazi do problema. Treba se pridržavati preporuke da ova dužina bude od 0,5 do 1,2 mm.

U Tabeli 14 date su preporuke za izbor dimenzija ulaznog kanala zavisno od mase proizvoda.

Masa proizvoda po gnezdu (gram)	Prečnik dovodnog kanala \varnothing (mm)	Tačkasti direktni ulazni kanal \varnothing (mm)	Bočni ulazni kanal - pravougaoni (mm)
do 10	2,5 - 3,5	0,6 - 0,8	2,0 x 1,0 - 3,0 x 2,0
10 - 20	3,5 - 4,5	0,8 - 1,2	2,5 x 1,5 - 3,5 x 2,5
20 - 40	4,0 - 5,0	1,0 - 1,8	3,0 x 2,0 - 3,5 x 2,5
40 - 150	4,0 - 6,0	1,2 - 2,5	3,5 x 2,5 - 4,5 x 3,5
150 - 300	4,5 - 7,5	1,5 - 2,6	
300 - 500	5,0 - 8,0	1,8 - 2,8	

Tab. 14 Preporuke za dimenzionisanje ulaznih kanala

Kod prerade termoplasta kao što su PC, PBTP, PPS, PSU i ostalih koji teže teku, treba primeniti 30-50% veće ulivne kanale. Isto važi i za termoplaste ojačane staklenim vlaknima ili drugim punilima.

3.2.2. PODELA ULIVNIH SISTEMA PREMA VRSTI ULIVKA

Prema primenjenom ulivnom kanalu, najčešći ulivni sistemi su:

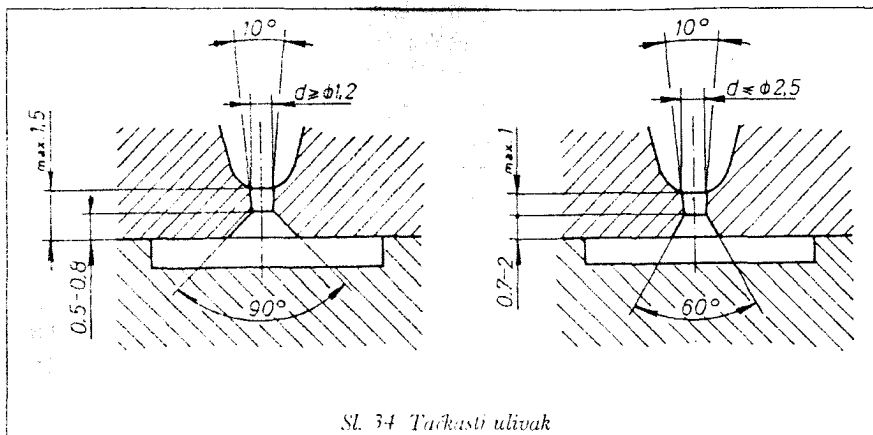
1. Tačkasti ulivak

Ova vrsta ulivog sistema (Sl. 34.) se najčešće primenjuje kod kalupa sa više gnezda i to kod izrade proizvoda tankih zidova i velike površine.

Prednosti ovog sistema se očituju u sledećem:

- potrebna je manja sila ubrizgavanja zbog dodatnog zagrevanja rastopa usled trenja prilikom prolaska kroz suženi presek ušća.
- proizvod se ravnomerno hladi bez pojave unutrašnjih naprezanja.
- primenom ovog ulivka omogućava se automatski rad, pošto obično nije potrebno ručno odvajanje ulivnog sistema
- postiže se dobar estetski izgled proizvoda

Dimenzije tačkastog ulivka zavise od debljine zida, površine proizvoda i termoplasta koji se prerađuje. Prečnik ulivnog kanala ne treba da bude veći od polovine debljine zida proizvoda, uz izuzetke kod ekstremno malih i velikih proizvoda. Za termoplaste kao što su PS, PVC, SB, CA uzimaju se minimalne dimenzije prečnika od 0,5 mm, dok se za ostale, zavisno od debljine zida, površine i oblika proizvoda uzima maksimalno \varnothing 2,5 mm. Neke opšte preporuke za dimenzije tačkastog ulivka date su na slici 35.



Sl. 34 Tačkasti ulivak

G (gr)	∅ d (mm)	a (mm)	b (mm)
0 - 10	0,6 - 0,8	max 0,5	0,3 - 0,6
10 - 20	0,8 - 1,2	max 0,6	0,3 - 0,6
20 - 40	0,8 - 1,8	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8
40 - 150	1,2 - 2,5	0,5 - 1,0	0,5 - 0,8
150 - 300	1,5 - 2,6	0,7 - 1,5	max 1
300 - 500	1,8 - 2,8	0,7 - 2	max 1

Sl. 35 Preporuke za dimenzionisanje tačkastog ulivka

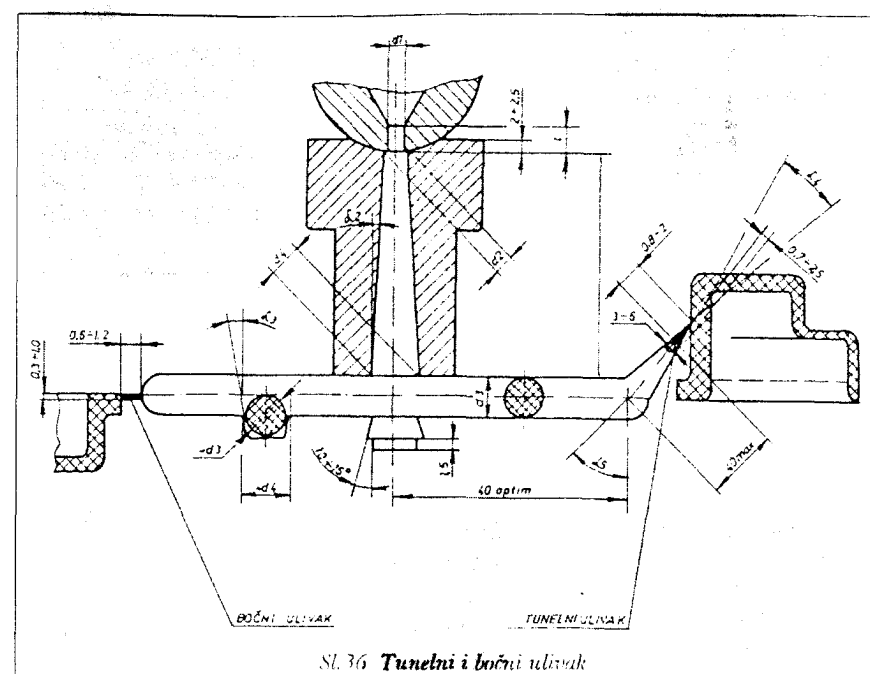
2. Bočni ulivak

Zbog dobrih rezultata koji se postižu primenom ovog ulivka (Sl. 36.) kod kalupa sa više gnezda, ovaj ulivni sistem se vrlo često koristi. Izbor tipa ulaznog kanala kod bočnog ulivka vrši se prema obliku razvodnog kanala. Kod ove vrste ulivka odvajanje ulivnog sistema od proizvoda je ručno.

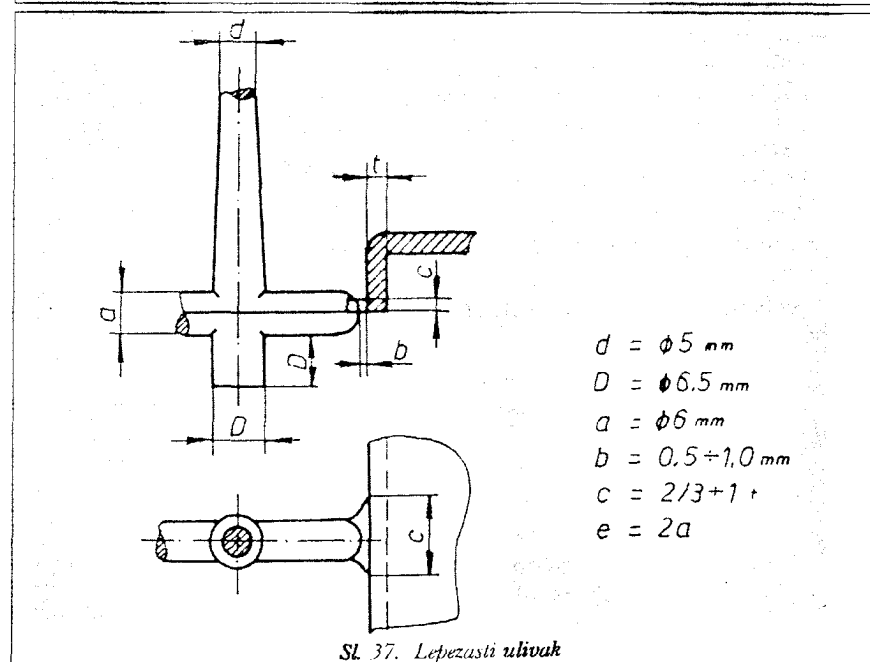
3. Tunelni ulivak

Sa ovom vrstom ulivka (Sl. 36.) postiže se automatizovan rad i prednosti kao kod tačkastog ulivka. Nedostatak je nešto skuplja izrada. Može se koristiti kod svih tipova termoplasta, osim mekog PVC, Peng, mekog PUR i proizvoda sa dugim i tankim zidovima.

Na Sl.36 date su orijentacione dimenzije za sve tipove termoplasta, osim za materijale kao što su PA, ABS, PC, PMMA, PPSU, PPS, kod kojih treba primeniti nešto veće kanale.



Sl. 36 Tunelni i bočni ulivak



Sl. 37. Lepezasti ulivak

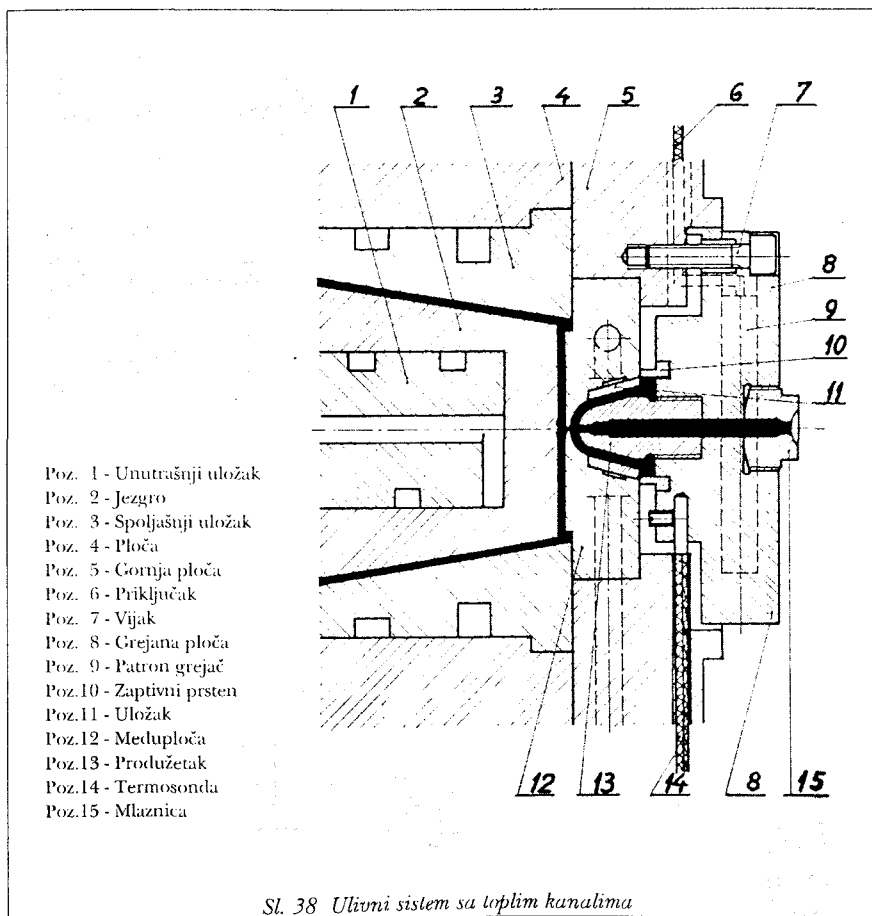
4. Lepezasti ulivak

Lepezasti ulivak (Sl. 37.) se koristi kod izrade ravnih i tankih proizvoda, pravougaonog i pljosnatog oblika. Postavlja se centralno ili bočno u odnosu na proizvod. Ušće usmerava protok u kalupnu šupljinu i povoljno utiče na eliminaciju linija tečenja.

5. Ulivni sistem sa toplim kanalima

Ova vrsta ulivnog sistema (Sl. 38.) je najpogodnija sa ekonomskog i tehničkog stanovišta za kalupe sa više gnezda i kod velikih serija. Može se primeniti kod svih termoplasta osim PVC i PUR. Kod ovog sistema nema ostataka ulivka, što omogućava veću produktivnost i bolji estetski izgled proizvoda.

U praksi se primenjuje nekoliko vrsta ulivaka, a preporučuje se upotreba tačkastog ulivka.



Sl. 38 Ulivni sistem sa toplim kanalima

3.3. IZVLAKAČI ULIVNOG SISTEMA

Izvlakači ulivnog sistema imaju namenu da pri otvaranju kalupa odvoje ohlađeni materijal koji se nalazi u ulivnom kanalu od mlaznice cilindra za topljenje i u sledećoj fazi da izvuku ulivak iz ulivne puške. Najviše se primenjuju kod automatskog rada i kalupa sa više gnezda, gde se primenjuju izvedbe za automatsko odvajanje proizvoda od ulivnog sistema.

U praksi se primenjuju različite izvedbe, od kojih su najčešće prikazane na slici 39.

Varijanta prikazana na Sl. 39.a je najčešće korišćena. Kod ovog izvlakača vrh je obraden u obliku slova "Z" i pogodan je za poluautomatske kalupe.

Varijanta pod Sl. 39.b primenjuje se kod krutih materijala kao što su PS, SAN, PMMA i PC, a Sl. 39.e kod automatskih kalupa.

Kod izvedbe pod Sl. 39.c, na vrhu izbacivača urezano je nekoliko cilindričnih žljebova. Primenjuje se kod elastičnih i žilavih materijala, kao što su PE, POM, PP, PA.

Na Sl. 39.e prikazana je izvedba kod koje koso izbušeni otvor na kraju razvodnog kanala ima ulogu izvlakača. Primenjuje se za PENG.

Na Sl. 39.f je prikazan sistem izvlačenja ulivka koji se primenjuje kod velikih serija i brzog ciklusa. Rad je potpuno automatski. Izvlakači se izrađuju od srebrnog čelika (Č.6840, Č.4141, Č.4150). Kale sa na 56 do 58 HRC, zatim se bruse na odgovarajući prečnik i toleranciju, tako da omogućuju duži i kvalitetniji vek primene.

3.4. SISTEMI ZA VAĐENJE I IZBACIVANJE PROIZVODA

Za vađenje i izbacivanje proizvoda iz kalupa primenjuju se mehanički i pneumatski sistemi, a u poslednje vreme u automatizovanoj proizvodnji primenjuju se manipulatori (roboti).

3.4.1. MEHANIČKI SISTEMI

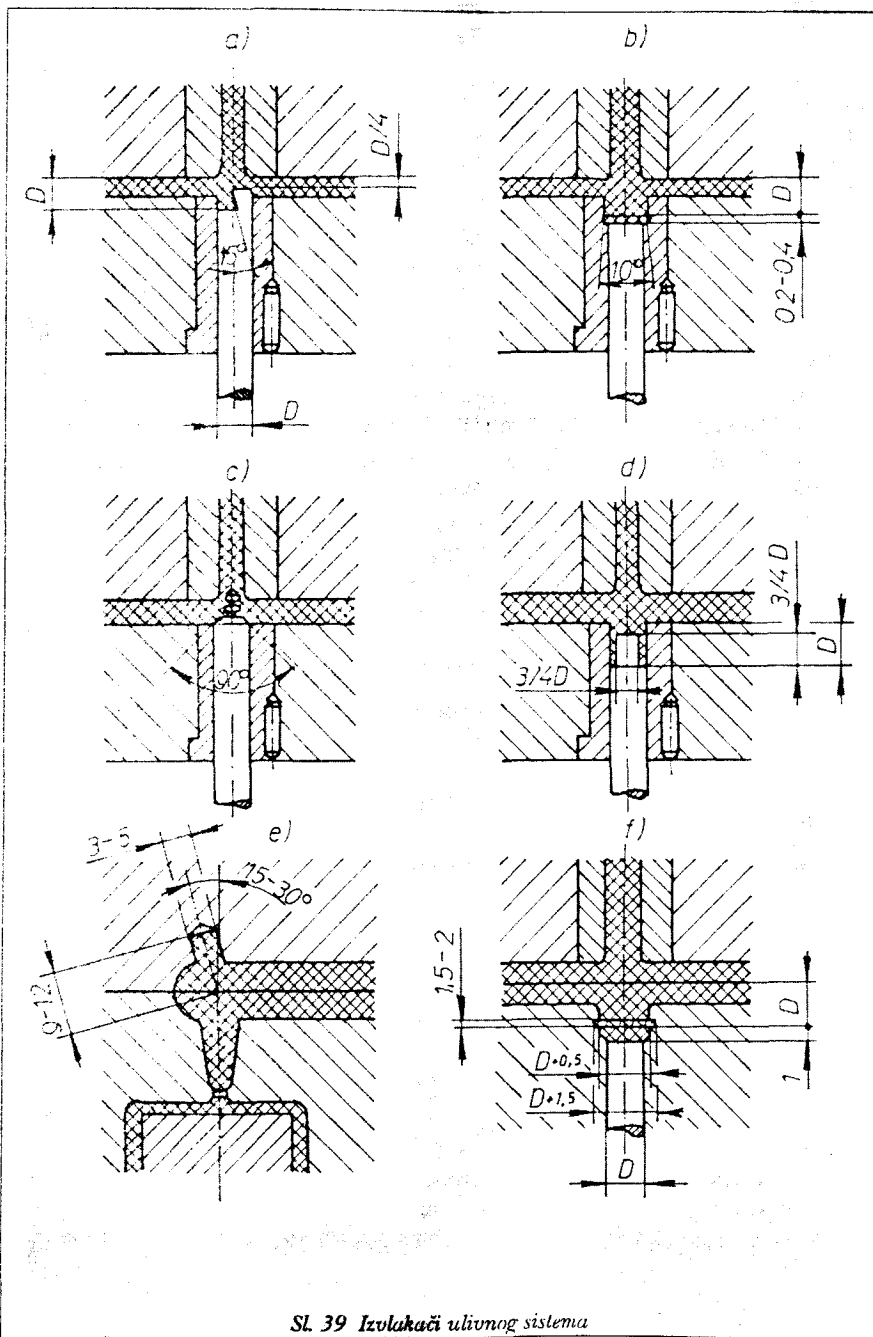
Mehanički sistemi koji su najčešće u upotrebi mogu se podeliti na:

1. Izbačke igle
2. Cevni izbacivači
3. Prstenasti ili pločasti izbacivači (svlakaće ploče)

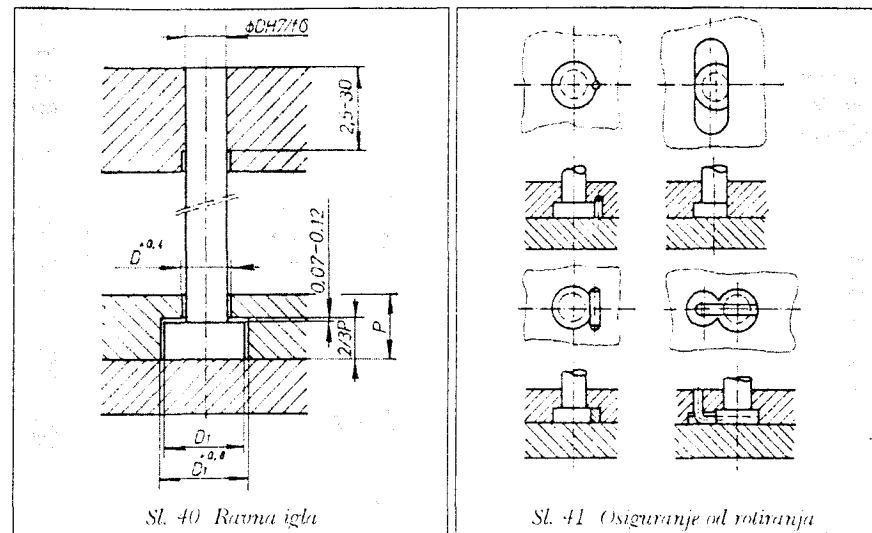
1. Izbacivačke igle dele se na:
 - a. ravne ili paralelne igle
 - b. igle sa istanjenim vrhom
 - c. igle sa ravnom stranicom, ili "D" igle

- a. Ravne igle

Ravne igle su najjednostavnije i treba ih primenjivati gde god je moguće. Na slici 40. prikazan je način ugradnje i osnovne dimenzije ravne igle. Da ne bi došlo do zaribavanja i aksijalnog pomeranja, igle se osiguravaju kako je to prikazano primerima na slici 41.



Sl. 39 Izolakači ulivnog sistema

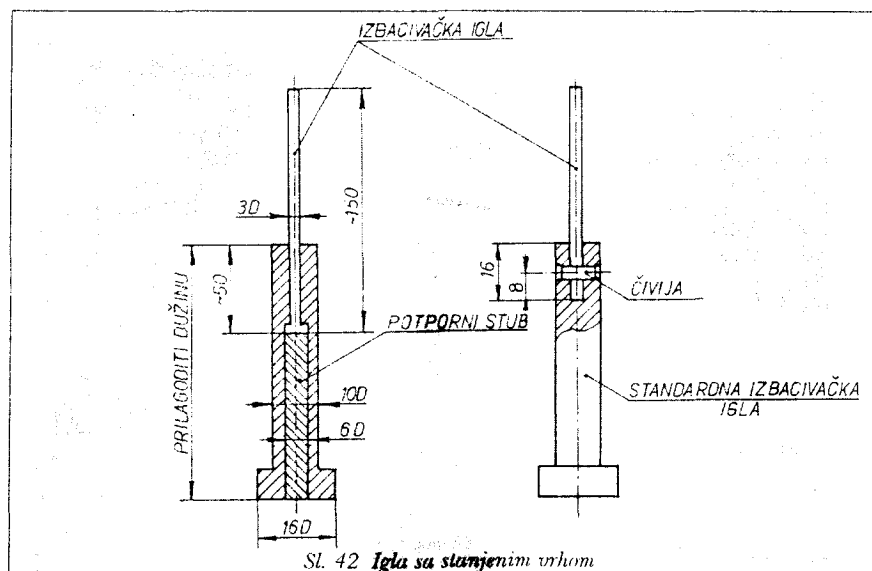


Sl. 40 Ravna igla

Sl. 41 Osiguranje od rotiranja

b. Igle sa istanjenim vrhom

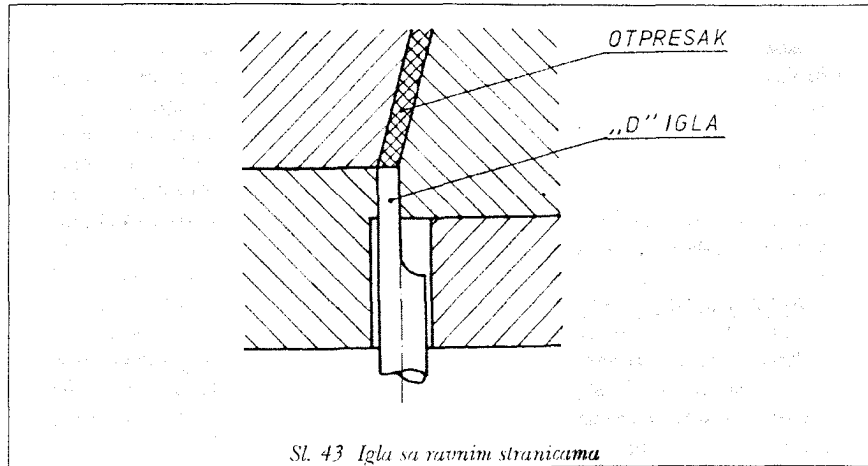
To je u stvari specijalna vrsta ravne igle, čiji prečnik je smanjen na strani izbacivanja (Sl. 42.). Manji prečnik je potreban u slučaju da izbacivačka igla mora proći kroz suženi deo proizvoda. Nije preporučljivo da se manji prečnik izvodi do izbacivačke ploče, jer može doći do savijanja igle. Neophodno je osigurati krutost igle, što se postiže dobrim vodenjem.



Sl. 42 Igle sa istanjenim vrhom

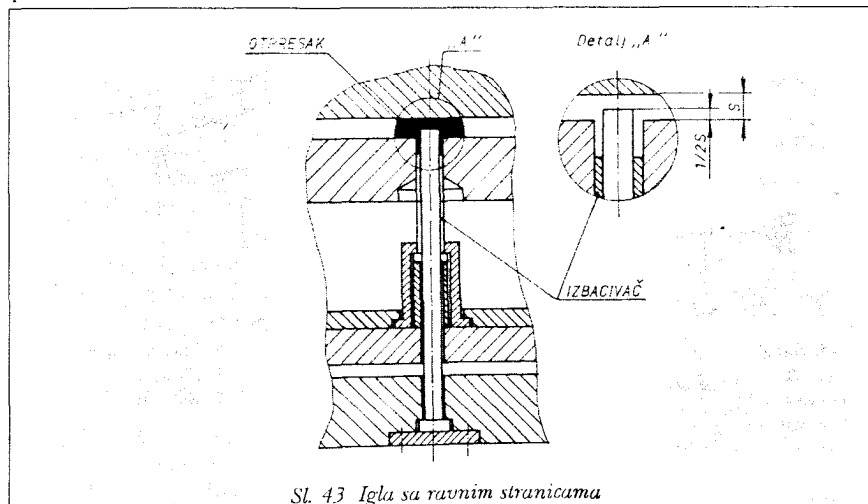
c. Igle sa ravnom stranicom, ili "D" igle

Ova vrsta igala (Sl. 43.) primenjuje se za izbacivanje proizvoda po ivici, ispod zida proizvoda. Uglavnom se primenjuju kada deo proizvoda ulazi duboko u kalup i tamo gde je onemogućena primena ravnih igala, kao npr. tamo gde je prečnik ravnih igala premalen i ne osigurava dovoljnu dodirnu površinu.



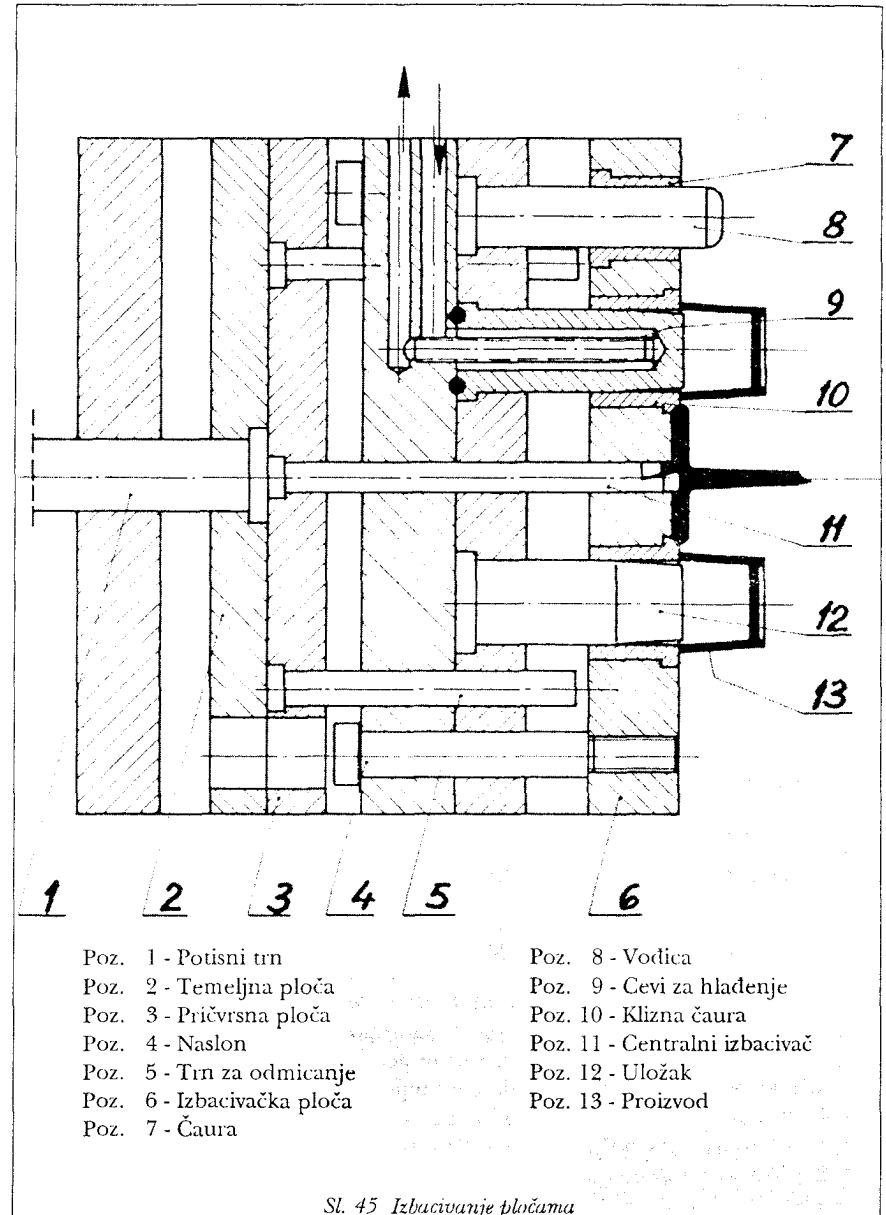
2. Cevni izbacivači

Primenjuju se uglavnom kod proizvoda cilindričnog preseka. Njihovom primenom proizvod se ravnomerno izbacuje i time se izbegavaju deformacije i oštećenja proizvoda.



3. Izbacivački prstenovi, ili pločasti izbacivači

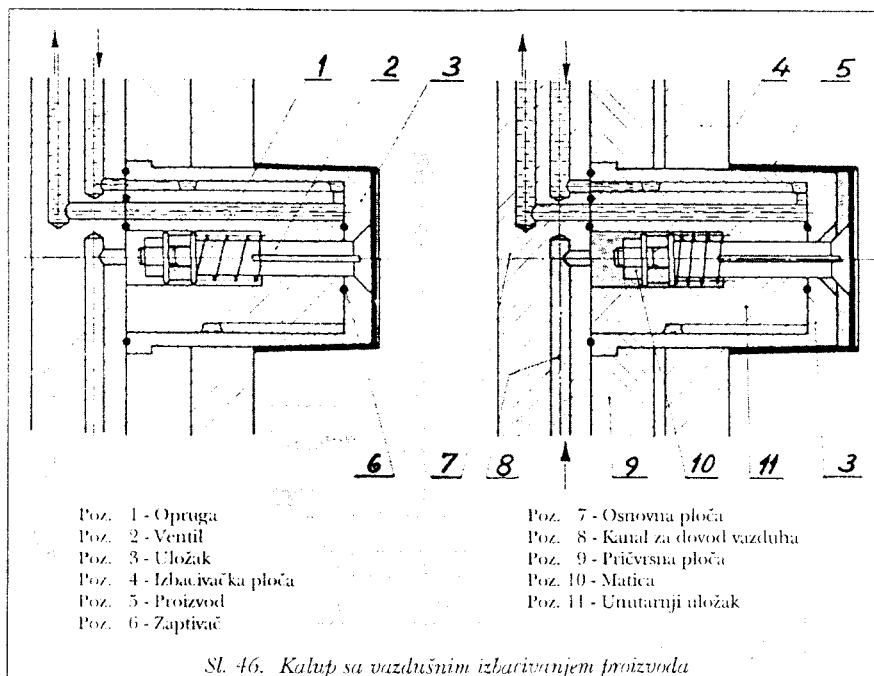
Primenjuju se tamo gde su površine za izbacivanje male i gde ne sme doći do oštećenja estetskog izgleda proizvoda izbacivačkim iglama (Sl. 45.).



3.4.2. SISTEMI ZA VAZDUŠNO IZBACIVANJE PROIZVODA

Ovaj sistem izbacivanja proizvoda (Sl. 46.) koristi se za duboke proizvode oblika kofe, kutije, čaše, saksije i slično, kod kojih dolazi do problema u izbacivanju zbog delovanja vakuuma koji se stvara između zida proizvoda i jezgra kalupa. Sila koju stvara vakuum može deformisati proizvod, a izbacivačke igle mogu da oštete ili probuše zid proizvoda.

Ovaj sistem se najčešće primenjuje u kombinaciji sa klasičnim izbacivačima, koji u početnoj fazi imaju zadatak da pomognu odvajanje proizvoda od jezgra.



3.5. SISTEMI ZA CENTRIRANJE I VOĐENJE KALUPA

3.5.1. KALUPI SA PARALELIM VOĐENJEM

U toku rada kalupa neophodno je da se osigura održavanje tačnog položaja pokretnih i nepokretnih delova kalupa. U suprotnom će u najboljem slučaju doći do oštećenja proizvoda, a vrlo je verovatno da dođe do zaribanja i loma kalupa. Zadatak vodećih stubova i klizne čaure je da centriraju i osiguraju paralelnost hoda unutar ravni otvaranja, pre nego što gnezda kalupa dođu jedno do drugog. Vodeći stubovi ne smeju biti opterećeni bočnim silama. Broj vodećih stubova određuje se na osnovu veličine kalupa, a takođe i prečnik i obično je od 20 do 80 mm. Dužina vodećeg stuba mora biti dovoljna da osigura sigurno zahvatanje i ulazanje u puškicu za vođenje pre

nego što jezgro kalupa dođe u zahvat. Dužina vodeće puškice obično se daje 1,5 - 2 prečnika vodećeg stuba. Materijal za izradu vodećeg stuba i puškice je alatni čelik, termički obraden na tvrdoću 58 - 60 Hrc za stub i 56 - 58 Hrc za puškicu. Neophodno je u toku rada obezbediti dobro podmazivanje

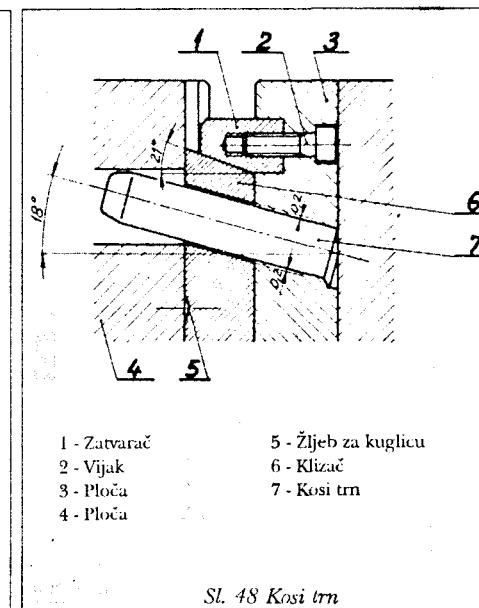
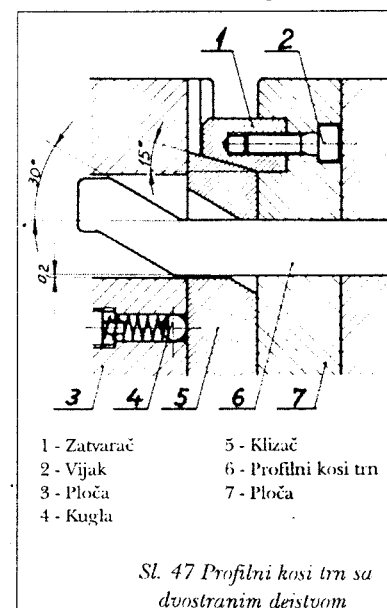
3.5.2. KALUPI SA KONUSNIM VOĐENJEM

Kod proizvoda sa dugim tankim zidovima i cilindričnog oblika, pritisak u kalupnoj šupljini nastoji pomaknuti jezgro u jednu stranu. Usled toga može doći do ekscentričnosti, nejednakih debljina zidova i u težim slučajevima do prekida protoka i nedolivenih proizvoda. Najbolje rešenje kod takvih kalupa je konusno vođenje. Ovo vođenje ima prednost u odnosu na vođenje stubnim vodičima, jer je površina naleganja konusnih stranica veća. Osim toga, konusi su bliži proizvodu od stubova. Ugao konusa se daje od 10-30°, a najpogodniji je 15°. Visina konusa zavisi od veličine kalupa, ali ne treba da bude manja od 13 mm.

3.5.3. KALUPI SA BOČNIM OTVARANJEM

Kod proizvoda složenijeg oblika koji imaju bočne žljebove, provrte, negativne uglove nagiba, navoj i sl., potrebno je osigurati bočno otvaranje kalupa, kako bi se otkrask oslobodio i izbacio iz kalupa. Odmicanje bočnih klizaca (uložaka, jezgri) može se izvesti na više načina:

- profilnim kosim trnom s dvostranim dejstvom
- kosim trnom
- hidrauličkim ili pneumatskim cilindrima



Profilni kosi trnovi sa dvostranim dejstvom (Sl. 47.) izvode se u slučajevima kada je put kliznog elementa relativno kratak. Prednost ovog sistema je u lakoj regulaciji, koja se izvodi tako da se nagib za odmicanje postavi na većem ili manjem razmaku od nepomičnog dela kalupa. Izvedba sa kosim trnom (Sl. 48.) češće se upotrebljava, zbog lakše i jeftinije izvedbe. Upotrebljava se za relativno duže puteve otvaranja. Hidraulični i pneumatski cilindri se ugrađuju gde je potreban duži hod kliznog otvaranja kalupa. Zato je potrebno da brizgalica u svom programu ima ugrađen hidraulični i električni sistem, koji se može ugraditi i kod starijih brizgalica.

3.6. SISTEM ZA TEMPERIRANJE KALUPA

Temperirati kalup znači održavati određenu temperaturu kalupa u granicama dozvoljenih odstupanja. Temperatura kalupa ima velik uticaj na kvalitet proizvoda i na ukupno vreme trajanja ciklusa, tj. na produktivnost. Sve veći zahtevi koji se postavljaju u smislu sužavanja dozvoljenih odstupanja mera, mehaničkih osobina i estetskog izgleda proizvoda traže da se posebna pažnja posveti regulaciji temperature kalupa. Rastopljena masa pri ubrizgavanju prenosi toplotu na zidove kalupne šupljine i u relativno kratkom vremenu zagreva kalup. Nasuprot tome, odvođenje toplote rashladnim medijem traje znatno duže. Kao medijem za temperiranje služi voda, najčešće iz vodovodne mreže ili iz zatvorenog sistema za hlađenje gde se voda pothlađuje. Pored vode, koristi se i ulje, a ređe vazduh. Temperiranje je optimalno kada zidovi forme kalupa dostignu potrebnu minimalnu temperaturu tek pred početak novog punjenja. Različiti termoplasti zahtevaju različite temperature kalupa, npr. kod prerade polikarbonata preporučuje se temperiranje kalupa uljem temperature 100 - 140°C, a kod termoplasta koji zahtevaju temperaturu kalupa iznad 60°C često je potrebno izvesti zagrevanje kalupa.

3.6.1. USLOVI OD KOJIH ZAVISI TEMPERATURA KALUPA

Temperatura kalupa zavisi od sledećih uslova:

1. Od vrste termoplasta; toplotne provodljivosti rastopa, područja otvrdnjavanja rastopa i moguće temperature izbacivanja iz kalupa
2. Od proizvoda; od veličine i oblika proizvoda, dužine puta tečenja rastopa, od debljine zidova proizvoda i razlike u debljini, od zahtevane tačnosti dimenzija, zahtevanih mehaničkih osobina i kvaliteta površine proizvoda.
3. Od kalupa; od predviđenog vremena eksploatacije - broja proizvoda, položaja ulivaka i sistema za ulivanje, od sposobnosti odvođenja toplote materijala kalupa i izvedbe i dimenzija sistema za hlađenje.
4. Od tehnoloških parametara; temperature rastopa, brzine i pritiska ubrizgavanja i naknadnog pritiska

3.6.2. USLOVI OD KOJIH ZAVISI VREME HLAĐENJA KALUPA

Vreme hlađenja kalupa zavisi od:

1. Veličine aktivne površine kalupne šupljine
2. Broja gnezda

3. Rasporeda i preseka kanala za hlađenje
4. Ulazne temperature sredstva za hlađenje

Kanali za hlađenje treba da budu u kalupu geometrijski ravnomerno raspoređeni i što većeg preseka. Položaj treba da im bude takav da sredstvo za hlađenje može što bolje temperirati kalup; tj. da su smešteni što bliže kalupnoj šupljini.

3.6.3. GREŠKE NA PROIZVODU PROUZROKOVANE LOŠIM TEMPERIRANJEM KALUPA

1. Proizvodi (naročito oni sa većim presecima zida, ili na zadebljanjima ili punim profilima) imaju vidljive linije tečenja i spajanja. Uzrok je previše intenzivno hlađenje. Zbog loše vodljivosti toplote, rastop ubrizgan u hladnu kalupnu šupljinu, ne može se ravnomerno hladiti po celom preseku, što uzrokuje probleme u tečenju. Ovaj problem se rešava regulacijom temperature u području razvodnih kanala; ponekad treba potpuno zaustaviti hlađenje zone oko razvodnih kanala. Sledeća preporuka je da se prošire razvodni i ulazni kanali, da se poveća pritisak ubrizgavanja. Moguće rešenje može biti i grejanje kalupa, kako se rastop ne bi prebrzo hladio. Preporučljivo je i da se poveća vreme delovanja naknadnog pritiska. Prebrzo hlađenje može prouzrokovati i unutrašnje napetosti u proizvodu, koje dovode do deformacija, a moguće je i lom proizvoda.

2. Previsoka temperatura zone tačkastog ulivka može prouzrokovati hrapavu, poroznu i ljuskastu površinu. Ovaj problem se najlakše rešava povećanjem protoka rashladne tečnosti, ili povećanjem kanala za hlađenje.

3.7. SISTEM ZA ODZRAČIVANJE KALUPA

Pri ubrizgavanju u kalup rastop iz kalupne šupljine potiskuje vazduh. Ukoliko vazduh ne može da izade iz kalupne šupljine, dolazi do kompresije i povećanja temperature vazduha. To se može negativno odraziti na kvalitet proizvoda.

Indikacije su najčešće sledeće: pojava pregrejanih linija ili vazdušnih rupa, lokalno pregaranje i degradacija materijala proizvoda; površina proizvoda je neravna i prekrivena sitnim mehurićima.

Do ove pojave najčešće dolazi na mestima spajanja linija tečenja rastopa, na mestima najdebljeg preseka ili rebrima, na krajnjim delovima kalupne šupljine suprotno od mesta ulivanja.

Ove greške se mogu ukloniti na dva načina:

- rekonstrukcijom ulivnog sistema
- primenom sistema za odvod vazduha - odzračivanja

Sistem za odzračivanje kalupa može biti izveden na više načina:

- između razdelnih ravni kalupa
- oko izbacivačkih igala
- kroz specijalne igle

Najčešće se izvodi sistem odzračivanja između razdelnih ravni kalupa, na način da se na mestima gde se predviđa zarobljavanje vazduha urežu žljebovi za odzračiva-

nje. Dubina žljebova je od 0,05 - 0,12 mm i treba voditi računa da ne budu preveliki, kako ne bi došlo do curenja rastopa.

Često se žljebovi izrađuju nakon prve probe kalupa, kada se ustanovi gde je došlo do zadržavanja vazduha. Drugi način je da se uradi više žljebova na razdelnoj površini, na mestima gde se pretpostavlja da će doći do zarobljavanja vazduha, ali se ti žljebovi ne spajaju sa kalupnom šupljinom, već se to izvodi nakon probe kalupa ili u toku eksploatacije.

Sistem za odzračivanje oko izbacivačkih igala izvodi se tako da se izbacivačka igla uzdužno malo obrusi.

4. BRIZGALICE ZA TERMOPLASTE

Prerada termoplasta brizganjem naročito je pogodna za velikoserijsku i masovnu proizvodnju. Razvoj inženjering termoplasta i sve oštriji uslovi primene brizganih proizvoda zahtevaju odgovarajuću opremu, od koje centralno mesto zauzima brizgalice.

Brizgalice je složena mašina koja u tehnološkom procesu mora da osigura održavanje radnih uslova u uskim granicama. Pored visokih radnih pritisaka i temperatura, mašina mora zadovoljiti uslove visoke produktivnosti uz što manju potrošnju energije po jedinici proizvoda.

4.1. ISTORIJSKI RAZVOJ BRIZGALICA

Prvi patent postrojenja za brizganje prijavljen je 1872. godine. Oko 1920. god. u Berlinu su proizvedene prve brizgalice sa klipnom plastifikacijom materijala, a serijsku proizvodnju klipnih brizgatica počela je 1926. god. firma "Eckert-Ziegler". Godine 1956., firma "Anker-Werke" iz Nürnberga počela je proizvodnju brizgatica sa pužnom plastifikacijom materijala i taj princip se u usavršenom obliku primenjuje i danas. Princip klipne plastifikacije se zbog niza nedostataka u odnosu na plastifikaciju pužnim vijkom danas zadržao jedino kod brizgatica za proizvodnju vrlo malih proizvoda.

4.2. IZBOR MAŠINE

U toku svog dosadašnjeg razvoja, mašine za brizganje plastike nisu pretrpele neke revolucionarne izmene osnovnih principa, konstrukcionih rešenja i načina rada. Razvoj se uglavnom bazirao na usavršavanju autromatske regulacije i vođenja procesa, štednji energije i primeni automatizacije u rukovanju materijalom i proizvodom, čemu je značajan doprinos dao brzi razvoj primene mikroprocesora.

Prilikom izbora opreme, preradivač treba jasno da definiše zahteve s obzirom na proizvodni program i da na osnovu toga izabere odgovarajuću opremu.

Osim tehničkog rešenja koje odgovara za određene proizvodne zadatke, mora se voditi računa i o svim troškovima koji opterećuju cenu proizvoda i tu naći kompromis.

1. Automatizacija

Za velikoserijsku i masovnu proizvodnju optimalno rešenje je potpuna automatizacija. U tom slučaju treba imati na umu da je brizgalice samo jedan od elemenata unutar međusobno povezanog proizvodnog sistema.

Automatizovana proizvodnja zahteva ne samo visok stepen pouzdanosti i produktivnosti mašine, već i odgovarajuću automatizaciju ostalih elemenata u proizvodnom lancu, pripremi i transportu sirovina, odgovarajuće kalupe, manipulaciju, kontrolu i pakovanje proizvoda.

2. Proporcionalna i digitalna hidraulika

Do pre desetak godina, brizgalice su bile opremljene klasičnom hidraulikom, što je zahtevalo ručno podešavanje hidrauličkih parametara (pritisci i protoci - brzine), direktno na ventilima za regulaciju. Kod svake izmene kalupa trebalo je uvek iznova optimirati radne parametre, što je često dovodilo do poteškoća i pojave škarta.

Današnje stanje tehnike omogućuje digitalno zadavanje pritisaka, brzina, temperatura i vremena sa centralnog mesta, tastature upravljačkog uređaja. Jednom usvojeni i provereni parametri za neki proizvod pohranjuju se u memoriju.

Digitalno podešavanje hidrauličkih parametara na kontrolnoj tabli zahteva odgovarajuće elektro - hidrauličke komponente. Zavisno od ugrađenih komponenata, može se birati proporcionalni, digitalni ili servo - hidraulički sistem.

Praktična iskustva sa proporcionalnom hidraulikom pokazala su da je to odgovarajuće tehničko rešenje za veliko područje primene, naročito za brizgalice manjeg i srednjeg kapaciteta, iako proporcionalna hidraulika ne postiže preciznost digitalne hidraulike.

3. Mikroelektronika

Upotrebom mikroprocesora u upravljačkom i kontrolnom sistemu brizgalice neće se poboljšati kvalitet proizvoda, niti skratiti vreme radnog ciklusa.

Razlika u odnosu na konvencionalnu upravljačku jedinicu je u ogromnoj uštedi u broju komponenata i žičanih spojeva i u visokom stepenu pouzdanosti.

Mikroprocesori, zahvaljujući svom velikom kapacitetu "skladištenja" podataka koji se unose preko centralne tastature, omogućuju slobodno programiranje i memorisanje svih radnih parametara, kao i opštih podataka o mašini, kalupu, materijalu, pomoćnoj opremi, standardima kontrole kvaliteta itd.

4.2.1. PREPORUKE ZA IZBOR POLOVNE OPREME

Svaka mašina ima radni vek u kome proizvođač garantuje deklarisanе karakteristike i osigurava servisiranje. Prosečan radni vek brizgalice je pet do sedam godina, za rad u dve smene.

Neminovno je da u toku rada dolazi do trošenja radnih elemenata mašine, što se odražava na tehničko - tehnološke karakteristike. To ne znači da brizgalica starija od deset godina neće dati zadovoljavajuće rezultate u proizvodnji određenih artikala, naročito ako se prethodno ne izvrši kvalitetan remont vitalnih sklopova. Odgovarajuću opremu treba birati na osnovu definisanog proizvodnog programa.

Kod nabavke polovne opreme, treba voditi računa o sledećem:

1. Izbegavati kupovinu opreme bez odgovarajuće tehničke dokumentacije, naročito ako se radi o manje poznatom proizvođaču koji nije tradicionalno prisutan na ovim prostorima. U suprotnom će doći do velikih problema prilikom servisiranja. Ukoliko ne poznajete dovoljno opremu koju kupujete, korisno je prethodno se informisati kod kolega koji imaju iskustva.

2. Oprema sa konvencionalnom hidraulikom i upravljačkom jedinicom je pogodnija za servisiranje sa stanovišta nabavke rezervnih delova i ne zahteva angažovanje specijalista kod servisnih intervencija.

3. Naročitu pažnju obratiti na stanje sledećih sklopova:

- Cilindar i pužni vijak: kontrolisati stvarni kapacitet i pritisak ubrizgavanja. Plastificirati maksimalnu dozu materijala, izbrizgati i izmeriti težinu. Proveriti da li prilikom ubrizgavanja u kalup dolazi do rotacije pužnog vijka. Zatvoriti mlaznicu i dati komandu za ubrizgavanje. Kontrolisati brzinu pomeranja (propadanja) pužnog vijka. Kontrolisati jednoličnost plastifikacije i reagovanje na različite pritivpritiske doziranja.
- Hidraulički sistem: kontrolisati kako hidraulična pumpa reaguje na različite pritiske i protoke. Ukoliko je pumpa prebučna, proveriti kvalitet hidrauličnog ulja i filtere. Proveriti funkciju elektromagnetnih razvodnika, regulatora pritiska i protoka (brzine) i hlađenje hidrauličnog ulja. Provere vršiti pri radnoj temperaturi ulja od 40-45°C.
- Sistem termoregulacije: kontrolisati odstupanje stvarne temperature od zadane. Za većinu masovnih termoplasta, odstupanje 2-3°C u praksi neće imati većeg uticaja.
- Nosači kalupa: kontrolisati paralelnost kalupnih ploča - nosača kalupa merenjem razlike po dijagonalama ploča u otvorenom - neopterećenom i zatvorenom stanju - kod maksimalno dozvoljenog pritiska zatvaranja.
- Kontrola svih funkcija pri različitim režimima rada i kontrola zaštitnih sistema.
- Potrošnja energije u odnosu na instalisanu snagu.

4.3. NAČIN OZNAČAVANJA BRIZGALICA

Proizvođači koriste različite sisteme označavanja modela mašina. Obično se daje ime modela i broječne oznake koje imaju različito značenje. Najčešće su to najvažnije tehničko - tehnološke karakteristike, kao kapacitet ubrizgavanja, sila zatvaranja, razmak između vodilica i slično.

Primeri:

- "Belmatik - 600/230 E" označava model mašine sa zapreminom ubrizgavanja 600 cm³ i maksimalnom silom zatvaranja 230 t, sa elektronskim upravljanjem.
- "Krauss Maffei KM 500 BM" označava model mašine sa maksimalnom silom zatvaranja 500 t.
- "Arburg - Allrounder 270 M" označava model mašine sa razmakom vodilica od 270 x 270 mm.

Ovakav način označavanja brizgalica ne daje mogućnost neposrednog upoređivanja karakteristika i brze identifikacije. Da bi se uvela standardizacija i u ovo područje, Evropsko udruženje proizvođača mašina za preradu plastičnih masa i gume - Euromap - donelo je preporuku o načinu označavanja brizgalica. Po tom sistemu, (Euromap -1, januar 1983. god.) oznaka modela sadrži maksimalan pritisak zatvaranja kalupa (kN) i proizvod zapremine ubrizgavanja (cm³) i specifičnog pritiska ubriz-

gavanja (kbar). Podaci se uzimaju za standardni prečnik pužnog vijka. Prema tom sistemu, "Belmatik - 600/230 E" ima oznaku: "Belmatik 2250 H - 640", gde slovo H označava horizontalnu izvedbu mašine.

4.4. GLAVNI SKLOPOVI BRIZGALICE

Bez obzira na razlike u konstrukciji, sve brizgalice se sastoje od sledećih glavnih sklopova:

1. Jedinica za brizganje
2. Jedinica za zatvaranje kalupa
3. Hidraulično-pogonska jedinica
4. Upravljačko-kontrolna jedinica
5. Sistemi za zaštitu rukovaoca i opreme

4.5. JEDINICA ZA BRIZGANJE

Zadatak jedinice za brizganje je da pripremi određenu količinu (dozu) materijala i da ga pod visokim pritiskom zadanom brzinom ubrizga u zatvoren kalup.

4.5.1 GLAVNE TEHNIČKO-TEHNOLOŠKE KARAKTERISTIKE BRIZGALICE VEZANE ZA JEDINICU ZA BRIZGANJE

- Prečnik pužnog vijka (mm)

Bitna karakteristika od koje zavisi kapacitet mašine i specifični pritisak ubrizgavanja. Uobičajeno je da proizvođači daju opcije sa tri ili četiri različita prečnika pužnog vijka, pri čemu se označava koji se isporučuje kao standardna oprema mašine.

- Zapremina ubrizgavanja (cm³)

Zavisi od izbora prečnika pužnog vijka i hoda plastifikacije. Daju se računске vrednosti, bez gubitaka.

- Maksimalna masa ubrizgavanja (g)

Zavisi od prečnika pužnog vijka pri maksimalnom hodu doziranja. To je ustvari proizvod maksimalne zapremine cilindra za topljenje i specifične težine materijala, pri čemu se kao standard uzima vrednost za polistiren (PS) specifične težine 1,05 g/cm³. Ako nisu uzeti u obzir gubici, računsku vrednost treba umanjiti za 15 - 20%.

- Pritisak ubrizgavanja (specifični)

Predstavlja maksimalni pritisak rastopa u cilindru za topljenje. Zavisi od prečnika pužnog vijka. Određeni materijali zahtevaju vrlo visoke pritiske ubrizgavanja i na osnovu toga treba birati prečnik pužnog vijka. Veći prečnik daje manji pritisak i obrnuto.

- Maksimalna brzina ubrizgavanja (cm³/s)

Zavisi od izbora prečnika pužnog vijka. Da bi se povećala brzina ubrizgavanja, brizgalice se opremaju hidrauličkim akumulatorima, čime se štedi na kapacitetu pumpi i instalisanoj pogonskoj snazi.

- Maksimalni kapacitet plastifikacije (g/s)

Zavisi od prečnika pužnog vijka pri maksimalnom broju obrtaja

- Maksimalni hod pužnog vijka (mm)

Predstavlja maksimalan hod doziranja i obično se kreće od 3 do 5 prečnika pužnog vijka.

- Broj obrtaja pužnog vijka

Uobičajen pogon pužnog vijka je hidromotorom, sa mogućnošću precizne regulacije, u dijapazonu koji je više nego dovoljan za sve tehnološke zahteve.

- Maksimalni obrtni moment

Zavisi od maksimalne snage pogonskog hidromotora za dati prečnik pužnog vijka

- Odnos aktivne dužine zavojnice i prečnika pužnog vijka L/D

Ova karakteristika značajna je sa stanovišta tehnologije, s obzirom da taj odnos označava dužinu puta plastifikacije materijala od levka do mlaznice. U pravilu se odnos L/D kreće oko 20, što zadovoljava za većinu materijala.

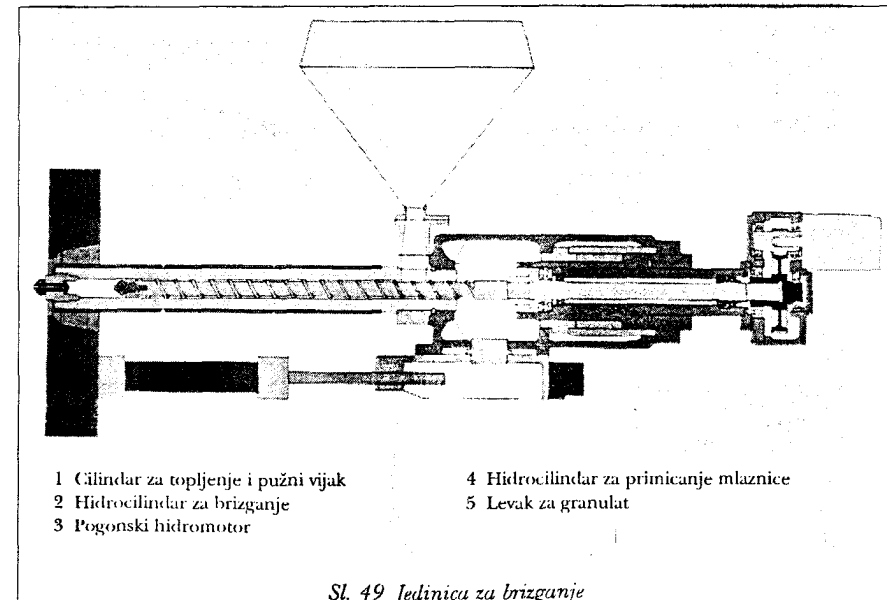
- Sila prislanjanja mlaznice na ulivnu puškicu kalupa (kN)

- Maksimalni hod odmicanja mlaznice (mm)

- Ukupna instalisana snaga električnih grejača cilindra (kW)

- Broj nezavisnih zona termoregulacije

4.5.2. GLAVNI DELOVI JEDINICE ZA BRIZGANJE



Sl. 49 Jedinica za brizganje

S obzirom na funkciju koju obavljaju u procesu prerade, cilindar i pužni vijak su najvažniji delovi brizgalice (Sl. 49.).

1. Cilindar za topljenje

Cilindar ima više namensku funkciju, kao centralni deo - nosač u kojem je smešten pužni vijak i mlaznica, a spolja električni grejači, termosonde i priključci za hlađenje.

Proizvođači mašina obično za jedan model mašine daju kupcu mogućnost izbora između tri ili četiri prečnika cilindra, od kojih je jedan (srednji), standardna oprema brizgalice.

Izborom većeg prečnika povećava se kapacitet ubrizgavanja, ali se istovremeno smanjuje specifični pritisak ubrizgavanja. Ovaj pritisak se kreće od 1200 - 2500 bar. Ovaj tehnološki parametar je vrlo bitan, naročito za tehničke termoplaste, pa i to treba uzeti u obzir kod nabavke opreme. Isto tako treba voditi računa o optimalnom korišćenju kapaciteta mašine, koji se kreće od 1/3 do 2/3 maksimalnog. U slučaju da se kapacitet koristi ispod 1/3, što je slučaj kada kapacitet kalupa ne odgovara kapacitetu mašine, predugo je vreme zadržavanja rastopljenog materijala u cilindru, što može dovesti do degradacije. Takođe može doći do problema u preciznosti podešavanja doze materijala. Kod korišćenja kapaciteta iznad 2/3, može doći do nejednolike plastifikacije i nehomogenosti rastopa.

Za proces plastifikacije i ubrizgavanja vrlo je bitan zazor između cilindra i pužnog vijka. U zavisnosti od nazivnog prečnika, ovaj zazor se kreće od 0,001-0,005 D. U toku eksploatacije, cilindar i pužni vijak su izloženi visokim pritiscima i temperaturama, abrazivnom i hemijskom delovanju materijala koji se prerađuje. Usled toga, neminovno je da vremenom dolazi do oštećenja i povećavanja zazora iznad tolerisanih granica. Oštećenja nisu jednaka po celoj površini i obično su najveća u kompresionoj zoni. Kada zazor u apsolutnoj vrednosti premaši 0,3 mm, pojavljuju se problemi kod plastificiranja i ubrizgavanja, nejednake brzine i pritiskci ubrizgavanja i nedolinevi proizvodi. Tehnički najbolje rešenje je zamena oštećenih delova. U pojedinim slučajevima, zadovoljavajući rezultati se postižu prepravkom koja se može izvesti na različite načine: razbušivanjem cilindra po celoj dužini, honovanjem i nitriranjem, ili razbušivanjem cilindra i upresavanjem čaure samo u kompresionoj zoni.

Cilindri i pužni vijci se izrađuju od čelika za nitriranje (Č.4739, Č.4531, Č.4734, Č.4738, Č.4784), a dobri rezultati se postižu i upotrebom čelika za poboljšanje (Č.4732, Č.5430), uz jonsko nitriranje. Nitriranje se vrši na tvrdoću 800 - 1100 HV i dubinu nitriranog sloja 0,3 - 0,5 mm. Kod prerade PVC-a, cilindar i pužni vijak treba da budu tvrdo hromirani. Za specijalne namene koriste se bimetalni cilindri, kod kojih se centrifugalnim livenjem u cilindar ubacuju košuljice od CrNiCo legure otporne na habanje.

2. Pužni vijak

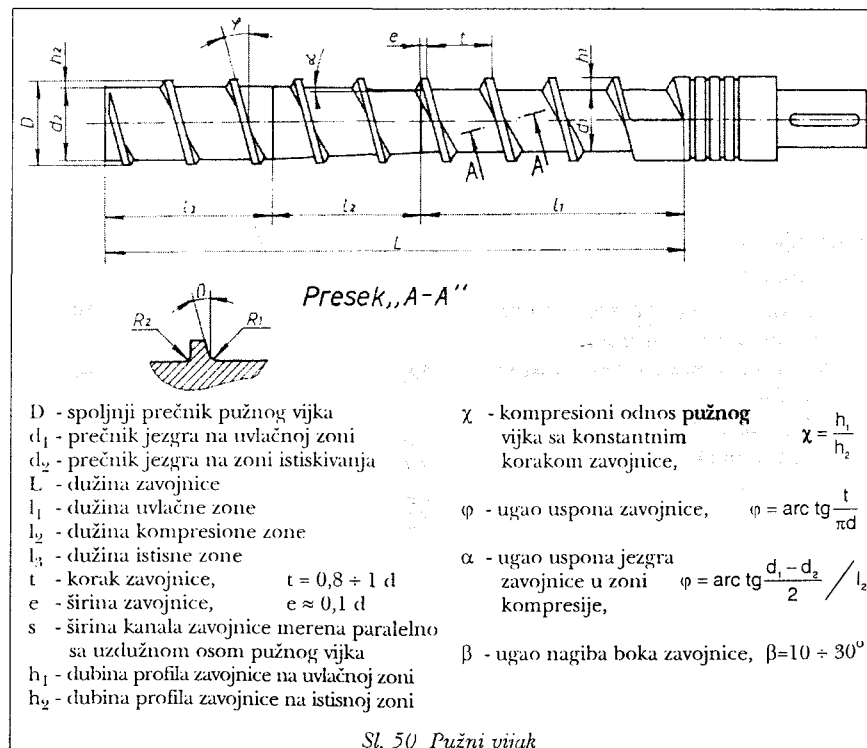
Osnovna funkcija pužnog vijka je plastifikacija i homogenizacija određene doze materijala i ubrizgavanje rastopa u kalup.

Dimenzije i geometrijski oblik zavojnice pužnog vijka zavise od materijala koji se prerađuje (Tabela 14.). Ne postoji univerzalni pužni vijak za sve tipove termoplasta. Na Sl. 50 prikazana je izvedba tzv. trozonskog pužnog vijka, kod kojega je ukupna dužina zavojnice L podeljena u tri zone. Zavisno od materijala koji se prerađuje, primenjuju se i dvozonski pužni vijci i pužni vijci sa progresivnim jezgrom. Kao standardna oprema brizgalice, obično se isporučuje trozonski pužni vijak sa kratkom zonom kompresije ($L_2 = 1-2 D$). Za brizganje PS, PP, CA, mekog PVC-a preporučuju se trozonski pužni vijci sa dugom zonom kompresije ($L_2 = 5-7 D$).

Radi dobijanja što homogenijeg rastopa primenjuju se pužni vijci sa dodatnom zonom za homogenizaciju (mešač). Kod ovih puževa, na kraju zone istiskivanja, na dužini 2-3 D glodanjem je unakrsno obrađena zavojnica, da bi se dobili segmenti u obliku trapezoida, kvadrata ili pravougaonika.

Svaka zona pužnog vijka ima posebnu funkciju.

Zona uvlačenja ima zadatak da materijal koji u obliku granula dolazi iz levka mašine prihvata i transportuje do zone kompresije. Materijal se postepeno zagreva usled delovanja spolja dovedene toplote i usled unutarnjeg trenja. Ova zona treba da ima najnižu temperaturu, pošto materijal ne sme na ulazu u cilindar da se otopi, da ne bi došlo do pada pritiska u cilindru i problema u doziranju.



Sl. 50 Pužni vijak

U zoni kompresije postepeno se povećava prečnik jezgra pužnog vijka, materijal se komprimira i prevodi u kompaktno viskozno rastop. Kompresija može da se postigne i promenom koraka zavojnice, ali se obično menja prečnik jezgra zbog jednostavnijeg izvođenja i lakše izrade.

Tal. 14. Preporuke za konstrukciju pužnog vijka (Oznake su date na Sl. 50.)

TERMOPLAST	L/D	l_1	l_2	l_3	t	e	h_1	h_2	f
PA, ABS, PMMA, PE, PEEK, LCP	20	12-15 D	1 D	4-5 D	1 D	0,1 D		0,04-0,05 D	2-3
PP, PS, CA, TPE, PVC-meki	20	7-10 D	6-8 D	4-5 D	1 D	0,1 D		0,04-0,05 D	2-4
PVC-čvrsti	20	4-6 D	14-16 D		1 D	0,1 D		0,04-0,05 D	

3. Mlaznica

Zadatak mlaznice je da dovede u vezu cilindar za topljenje i kalup i da omogući protok rastopa iz cilindra u kalupnu šupljinu.

Na kvalitet proizvoda veliki uticaj ima brzina ubrizgavanja. Brzina ubrizgavanja zavisi od tečljivosti rastopa, pritiska ubrizgavanja i preseka otvora mlaznice. Za manje tečljive materijale i veće proizvode potreban je veći presek otvora mlaznice i obrnuto. Mala brzina ubrizgavanja uzrokuje opadanje pritiska u kalupnoj šupljini i gubitak toplote, a ako je brzina prevelika, može doći do pregrevanja rastopa zbog trenja. U praksi često dolazi do problema zbog primene neodgovarajuće mlaznice i pogrešno dimenzionisanog otvora mlaznice i ulivne puškice kalupa. U Tabeli 15. su date preporuke za izbor mlaznice u zavisnosti od vrste termoplasta. Mlaznica se obično montira na cilindar uvrtaajem. Pri demontaži i čišćenju treba izbegavati montažu hladne mlaznice na vruć cilindar, jer može doći do zaribavanja navoja. Kod montaže i podešavanja mora se postići saosnost mlaznice i ulivne puškice kalupa.

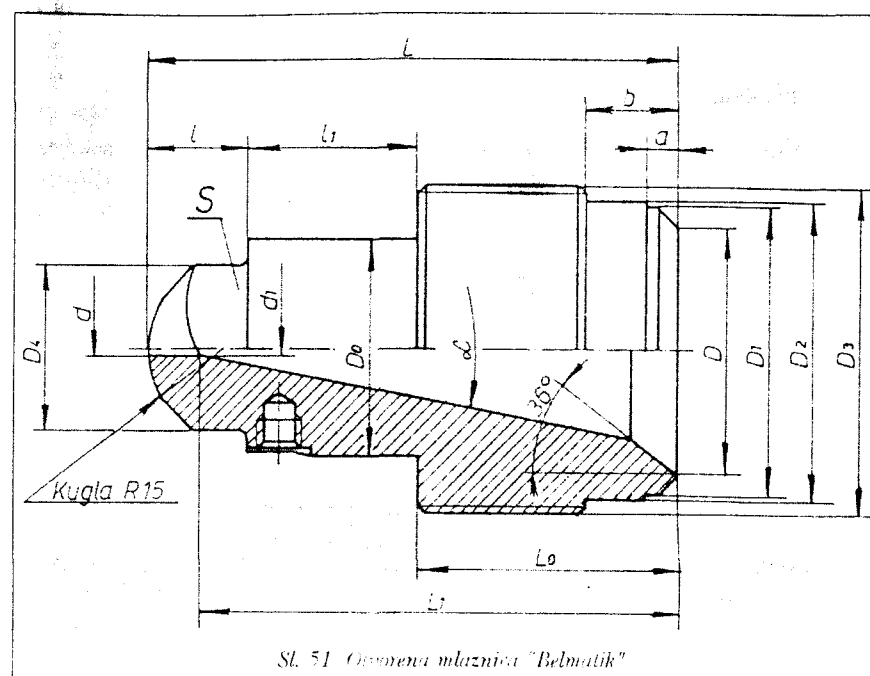
Vrste mlaznica

Bez obzira na različite konstruktivne izvedbe, mlaznice se u principu mogu biti:

- Otvorena mlaznica
- Automatska mlaznica sa klipnim zatvaranjem
- Mlaznica sa iglastim ventilom
 - sa opružnim zatvaranjem
 - hidraulički upravljana

a.) Otvorena mlaznica

Otvorena mlaznica je najjednostavniji i najpovoljniji tip mlaznice (Sl. 51.). Treba je upotrebljavati gde god to uslovi dozvoljavaju, tj. kod materijala koji u rastopljenom stanju nisu sklorni nekontrolisanom isticanju iz cilindra. Obavezno je treba koristiti kod prerade materijala koji razvijaju gasove i gde postoji opasnost od eksplozije (npr. PVC). Kod korišćenja ovih mlaznica preporučljivo je da mlaznica bude stalno naslonjena na kalup, ili da se doziranje viši pri naslonjenoj mlaznici. Nakon doziranja treba izvršiti dekompresiju rastopa.



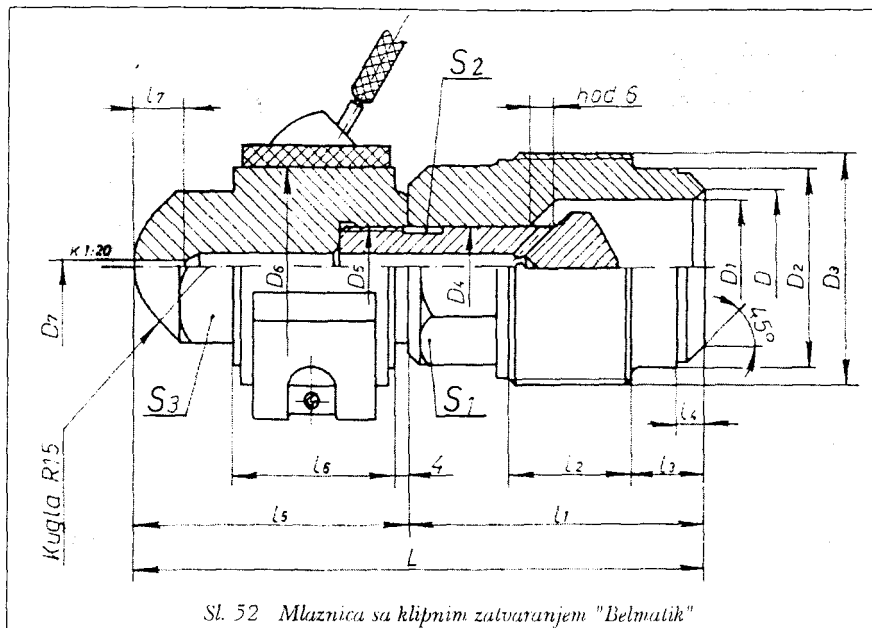
Sl. 51. Otvorena mlaznica "Belmatik"

Dimenzija (mm)	Nazivni prečnik pužnog vijka						
	ø 30	ø 35	ø 40	ø 45	ø 60	ø 75	
D	ø	30	35	40	45	60	75
D ₁	ø	38	43	48	53	68	83
D ₂	ø	40	45	50	55	70	85
D ₃	M	45 x 2	48 x 2	56 x 3	60 x 3	76 x 3	90 x 3
D ₄	ø	30	30	30	30	36	36
D ₀	ø	40	40	40	40	50	50
d ₁	ø	2,7	2,7	2,7	2,7	4,4	4,4
d	ø	3,2	3,2	3,2	3,2	5	5
L		90,5	94,5	98	102,5	119	129
L ₁		80,5	84,5	88	92,5	107	117
L ₂		28	32	35	39,5	46	56
l		19,5	19,5	20	20	23	23
l ₁		33	33	33	33	38	38
a		6	6	6	6	6	6
b		14	15	15	18	18	20
a		19,24	20,5	20,5	20,5	26	30
s		30	30	30	30	36	36

b.) Automatska mlaznica sa klipnim zatvaranjem (Sl. 52.)

Kod ove izvedbe mlaznica mora biti prislonjena na ulivnu pušticu kalupa da bi se klipni zatvarač pomorio u zadnji položaj i time omogućio protok rastopa iz cilindra. Doziranje se obavlja kada se mlaznica odmakne od kalupa, pri čemu plastificirani materijal potisne klipni zatvarač u prednji položaj i time zatvori mlaznicu. Prednost ove

mlaznice je sprečavanje nekontrolisanog curenja rastopa, čime se omogućuje doziranje pri odmaknutoj mlaznici od kalupa. Nedostatak je dugačak put tečenja rastopa, potrebno je podešavanje položaja mlaznice, u toku rada dolazi do habanja pokretnih delova mlaznice i curenja mase.



Sl. 52 Mlaznica sa kljpnim zatvaranjem "Belmatik"

Dimenzija (mm)		Nazivni prečnik pužnog vijka					
		Ø 30	Ø 35	Ø 40	Ø 45	Ø 60	Ø 75
D	Ø	30	35	40	45	60	75
D ₁	Ø	28	28	28	28	36	36
D ₂	Ø	40	45	50	55	70	85
D ₄	M	45 x 2	48 x 2	56 x 3	60 x 3	76 x 3	90 x 3
D ₁	Ø	16	16	16	16	20	20
D ₂	M	16	16	16	16	20	20
D ₃	Ø	40	40	40	40	50	50
D ₇	Ø	3,2	3,2	3,2	3,2	5,2	5,2
L		114	118	121	126	153	163
l ₁		59	63	66	71	88	98
l ₂		24	27	30	32	39	47
l ₃		14	15	15	18	18	20
l ₄		6	6	6	6	6	6
l ₅		55	55	55	55	65	65
s ₁		36	36	40	46	55	70
s ₂		13	13	13	13	17	17
s ₃		30	30	30	30	36	36
l ₆		33	33	33	33	39	39
l ₇		15	15	15	15	17	17

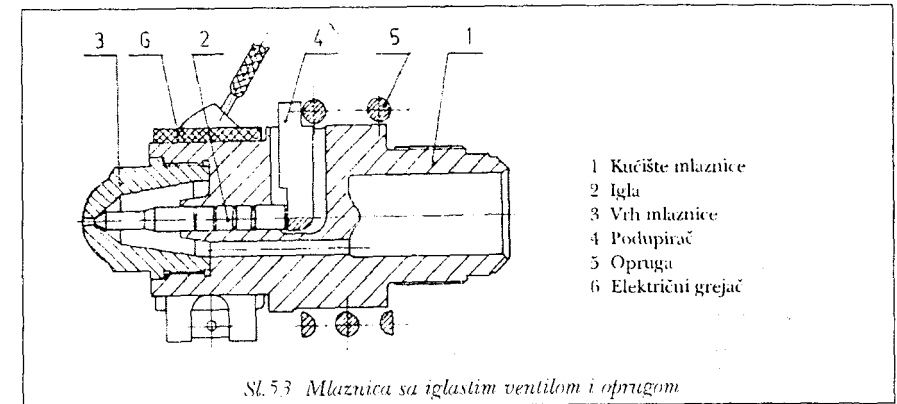
c.) Automatska mlaznica sa iglastim ventilom

1. Zatvaranje oprugom

Prilikom montaže mlaznice na cilindar delimično se sabija opruga koja preko podupirača potiskuje iglu i zatvara mlaznicu (Sl. 53.). Kada pritisak rastopa u cilindru poraste, rastop potiskuje iglu prema nazad, savladuje silu opruge i mlaznica se otvara. Mlaznica se automatski zatvara kada pritisak u cilindru opadne i sila opruge potisne iglu.

Dobre osobine ove mlaznice su da sprečava nekontrolisano isticanje rastopa iz cilindra, omogućuje plastificiranje i izbrzgavanje u svim položajima mlaznice.

Nedostatak je što se mlaznica otvara tek kada pritisak rastopa postane veći od sile opruge. Opruga mora biti od specijalnog materijala, otpornog na visoke temperature. Izrada mlaznice je komplikovana i skupa.



Sl. 53 Mlaznica sa iglastim ventilom i oprugom

2. Hidraulički upravljana mlaznica

Izvedba mlaznice u principu je ista kao kod mlaznice sa oprugom, samo što se upravljanje iglom vrši putem hidrauličkog cilindra (Sl. 64.).

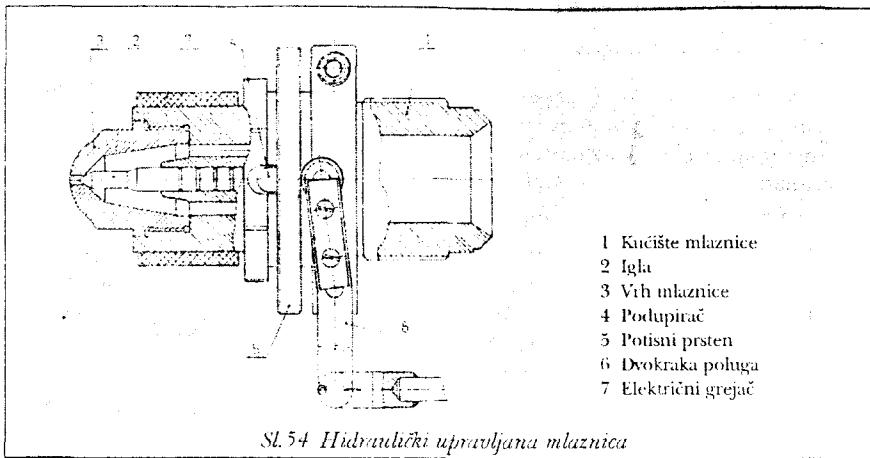
Prednosti ove mlaznice su u tome što je otvaranje i zatvaranje upravljano spolja, nezavisno od pritiska u cilindru i položaja u odnosu na kalup, a nedostatak je komplikovana i skupa izrada.

4. Vrh pužnog vijka sa zatvaračem

Sklop se sastoji od vrha pužnog vijka, konusnog prstena i zapornog prstena (Sl. 55. i 56.).

Vrh pužnog vijka ima namenu da u toku faze plastificiranja doze materijala dodatno homogenizuje rastop. Pored toga služi i kao nosač konusnog i zapornog prstena.

Konusni i zaporni prsten imaju zadatak da u fazi ubrzgavanja onemogućavaju vraćanje rastopa na zavojnicu pužnog vijka. U fazi doziranja zaporni prsten je slobodan i rastop ga pomakne napred i nasloni na vrh pužnog vijka i time se omogućuje prolaz rastopa u prednju zonu cilindra.



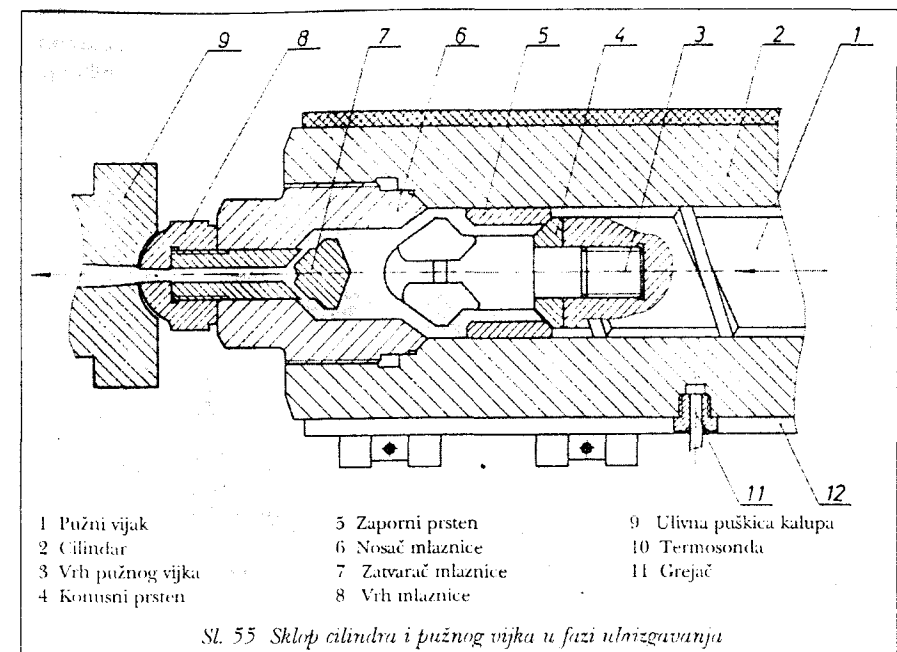
Sl. 54 Hidraulički upravljana mlaznica

- 1 Kucište mlaznice
- 2 Iгла
- 3 Vrh mlaznice
- 4 Podupirač
- 5 Potisni prsten
- 6 Dvokraka poluga
- 7 Električni grejač

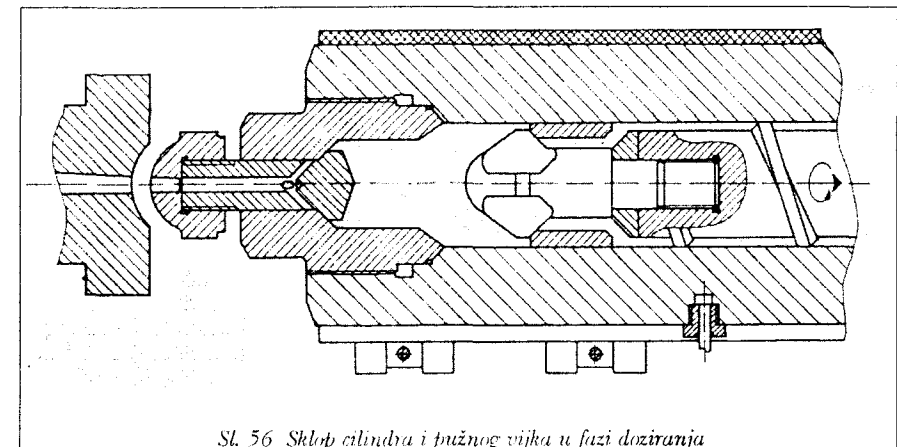
Tab. U5 Preporuke za izbor mlaznice

Termoplast	VRSTA MLAZNICE		
	Otvorena	Sa zatvaračem	Sa iglastim ventilom
PE	-	-	-
PP	-	-	-
PVC	x	-	-
PA	-	-	x
ABS	-	-	-
POM	x	-	-
PMMA	-	-	-
PC	x	-	-
PETP	-	-	x
PCR	-	-	-
PS	-	-	-
SB	-	-	-
SBB	-	-	-
SAN	-	-	-
mod. PPO	x	-	-
ASA	-	-	-
EVA	-	-	-
BT	-	-	-
CA	-	-	-
CP	-	-	-
EC	-	-	-
PPS	x	-	-
PFS	x	-	-
PEK	x	-	-
PEEK	x	-	-
TPE	x	-	-
PTFE	-	-	-
FEP	-	-	-
PVDF	-	-	-
PEI	x	-	-

Legenda: x Obavezna upotreba; • Može se upotrebiti; - Ne upotrebljavati



Sl. 55 Sklop cilindra i pužnog vijka u fazi ubrizgavanja

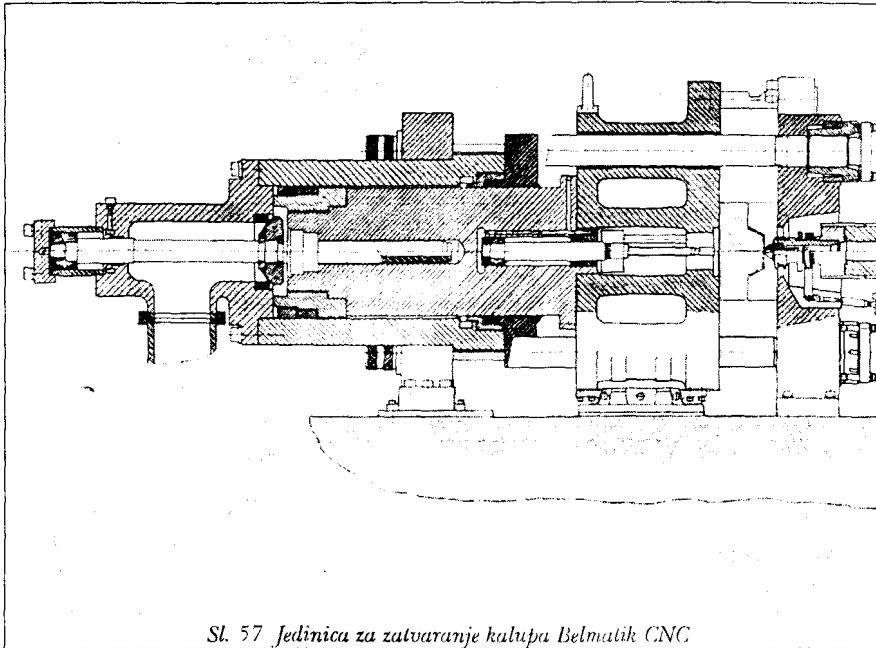


Sl. 56 Sklop cilindra i pužnog vijka u fazi doziranja

Na početku rada mora se obratiti pažnja da se ne uključuje doziranje ako nisu postignute zadane temperature svih zona cilindra. U protivnom može doći do loma vrha pužnog vijka. Ukoliko se to desi ili zaporni prsten ne zatvara dobro, doći će do nedobrizganih proizvoda, a može se primetiti da se materijal vraća na zavojnicu puža i rotira ga u toku ubrizgavanja.

4.6. JEDINICA ZA ZATVARANJE KALUPA

Jedinica za zatvaranje kalupa (Sl. 57.) ima namenu da zatvori pomični i nepomični deo kalupa i da toku ubrizgavanja i naknadnog pritiska drži kalup zatvoren, silom koja mora da bude veća od sile ubrizgavanja, da ne bi došlo do otvaranja kalupa i pojave podlivanja. Sledeća funkcija je otvaranje kalupa i izbacivanje proizvoda iz kalupa.



Sl. 57 Jedinica za zatvaranje kalupa Belmatik CNC

4.6.1. GLAVNE TEHNIČKO-TEHNOLOŠKE KARAKTERISTIKE
BRIZGALICE VEZANE ZA JEDINICU ZA ZATVARANJE KALUPA

- Sila zatvaranja kalupa (kN) - ovde se u pravilu misli na silu držanja, iako se radi o dva različita pojma, što će biti obrazloženo u daljem tekstu.
- Sila otvaranja kalupa (kN) - bitna je karakteristika, naročito kod brizganja proizvoda složenog oblika, kod kojih je razdvajanje kalupa otežano zbog stvaranja vakuuma i velikog trenja (oblik kante, kutije i sl.)
- Dimenzije nosača kalupa (mm)
- Razmak između vodilica (mm)
- Maksimalni hod otvaranja (mm)
- Visina (debljina) kalupa: min - maks (mm)
- Sila hidrauličkog izbacivača (kN)
- Hod hidrauličkog izbacivača

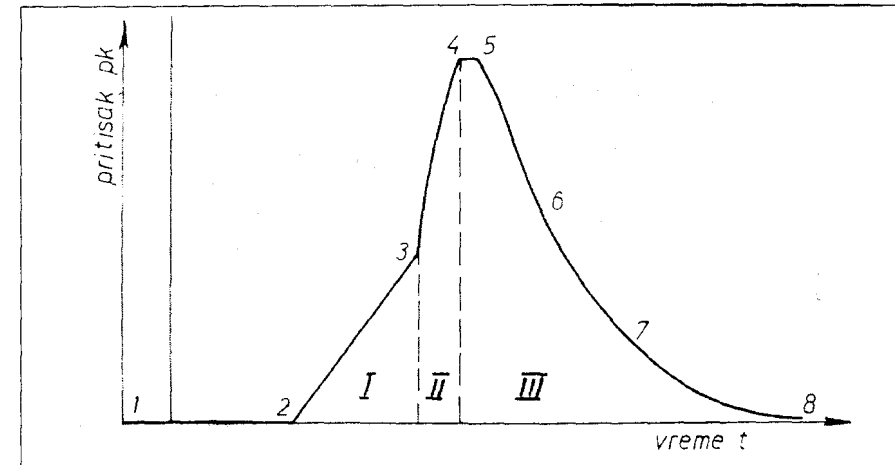
4.6.2. POJAVE U KALUPNOJ ŠUPLJINI ZA VREME UBRIZGAVANJA

Za pravilno određivanje radnih parametara i kvalitet proizvoda, neophodno je poznavanje pojava koje se dešavaju u kalupnoj šupljini od početka ubrizgavanja do kraja hlađenja i izbacivanja proizvoda iz kalupa.

Nakon pripreme određene doze materijala u cilindru za topljenje, sledi zatvaranje kalupa i razvijanje sile držanja. Rastop velikom brzinom ispunjava kalupnu šupljinu. Ispunjavanjem kalupne šupljine raste pritisak rastopa, kako je prikazano na dijagramu (Sl. 58.).

Na dijagramu se mogu uočiti tri faze, i to:

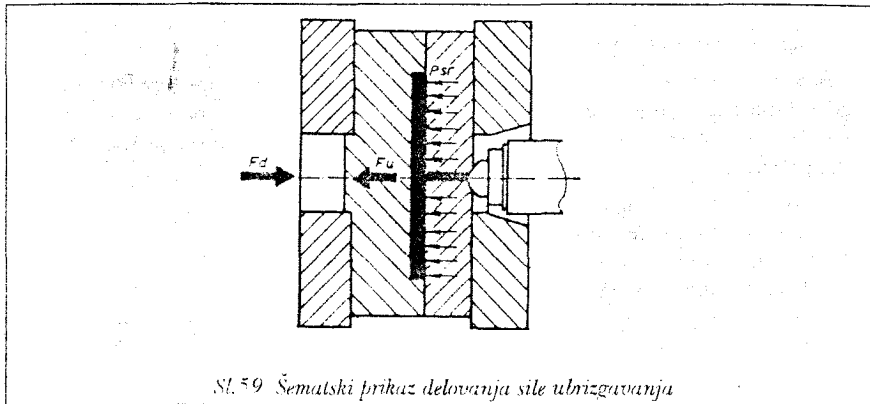
- I faza: Punjenje kalupne šupljine
- II faza: Kompresija rastopa
- III faza: Delovanje naknadnog pritiska



Sl. 58 Tok pritiska u kalupnoj šupljini

- 1 Početak ubrizgavanja
- 1 - 2 Vreme potrebno da rastop stigne do kalupne šupljine
- 2 - 3 Punjenje kalupne šupljine. Prateće pojave: toplotno i mehaničko naprezanje rastopa koje utiče na izgled površine proizvoda, orijentaciju i kristaličnost mase.
- 3 - 4 Rast pritiska. Prateće pojave: popunjavanje kalupne šupljine, moguće stvaranje srha i prelivanje zbog male sile držanja ili grešaka kalupa.
- 4 - 5 Održavanje maksimalnog pritiska
- 5 - 6 Delovanje naknadnog pritiska. Prateće pojave: Delovanje na ukupnu masu proizvoda (težinu), skupljanje proizvoda, greške oblika, vitoperenje, teškoće pri vadenju proizvoda, orijentacija i stepen kristalnosti.
- 6 - 7 Snižava se pritisak. Preoizvod se hladi i steže. U tački 7 dolazi do zamrzavanja rastopa i prestaje dotok mase iz cilindra. To je tačka pečaćenja.
- 7 - 8 Dalje snižavanje pritiska, da bi se tački 8 izjednačio sa atmosferskim.

Pritisak u kalupnoj šupljini deluje na površinu proizvoda i nastoji da otvori kalup (Sl. 59.).



Sl. 59 Šematski prikaz delovanja sile ubrizgavanja

Iz poznatog obrasca da je sila jednaka proizvodu pritiska i površine, dobije se:

$$F_u = A_0 \cdot p_{sr} \quad \text{gde je:}$$

F_u - sila ubrizgavanja (daN)

A_0 - projekcija površine proizvoda zajedno sa ulivnim kanalima na dodirnu ravninu kalupa (cm^2)

p_{sr} - srednji pritisak u kalupnoj šupljini (bar)

Delovanju sile ubrizgavanja suprotstavlja se sila držanja kalupa F_d , koja mora da bude veća da ne bi došlo do otvaranja kalupa.

$$F_d \geq F_u$$

U praksi je vrlo važno određivanje potrebne sile držanja za konkretan kalup, kako bi se moglo proveriti da li karakteristike mašine zadovoljavaju. Problem se javlja kod određivanja stvarnog pritiska u kalupnoj šupljini, pošto u praksi na većini serijski proizvedenih brizgalica ne postoji mogućnost tačnog merenja. Za merenje pritiska u kalupnoj šupljini potrebna je dodatna oprema (firma "Kistler", Švajcarska), što obično nije na raspolaganju, pa je potrebno na neki drugi način odrediti pritisak.

Tok pritiska u rastopu zavisi od više činioca, od kojih su najvažniji temperatura i viskoznost. Rastop termoplasta je strukturno viskozna tečnost, kod koje porastom temperature opada viskoznost, a povećava se sposobnost prenošenja pritiska. Zbog neravnomernosti prenosa, pritisak u kalupnoj šupljini je niži od pritiska u cilindru za topljenje. U toku popunjavanja zapremine kalupa dolazi do hlađenja rastopa, slojevi uz zid kalupa su hladniji od unutrašnjih. Dolazi do opadanja pritiska rastopa, što zavisi od oblika i dimenzija proizvoda, debljine zida proizvoda, dužine puta tečenja, vrste materijala, viskoznosti i drugih činioca.

Probama na pojedinim vrstama termoplasta izrađeni su dijagrami iz kojih se na osnovu dužine puta tečenja, debljine zida i odnosa dužine puta tečenja i debljine zida može odrediti približna srednja vrednost pritiska rastopa u kalupu.

Za termoplaste kao što su PP, PE, PS pritisak u kalupu se kreće od 150 - 400 bar.

Za tehničke termoplaste, kao što su PA, POM, PETP, ABS, SAN, PMMA, PBTP, mod. PPO, PPE pritisak se kreće od 300 - 500 bar, a za PC, PPS, PAR, PSU, PES, PEI, PEK, PEEK od 400 - 700 bar.

Primer izračunavanja sile držanja:

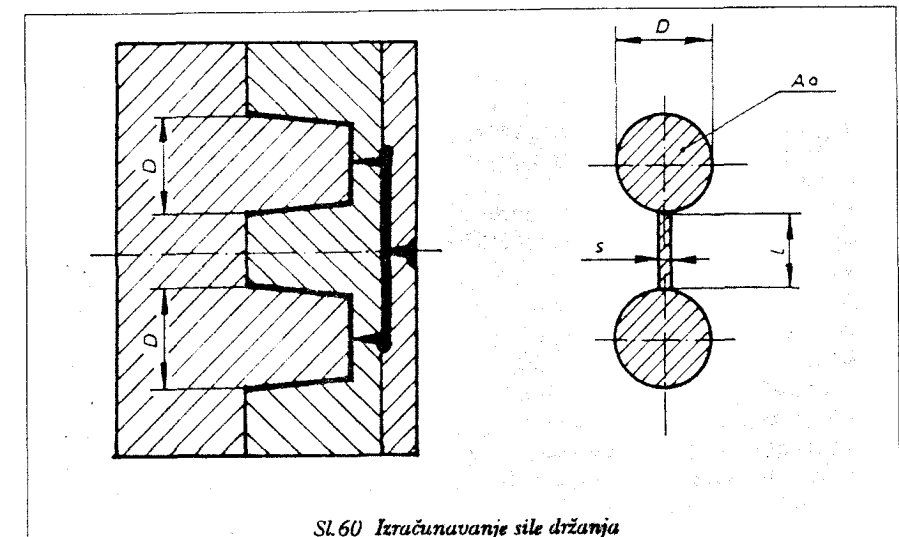
Proizvod: Saksija prema skići (Sl.60)
Materijal: PP
Broj gnezda: 2
Pritisak u kalupu: 300 bar (iskustveni podatak)

$p_{sr} = 300$ bar
 $D = 120$ mm
 $l = 80$ mm
 $s = 4$ mm

$$A_0 = 2 \frac{D^2 \Delta p}{4} + L \times s = 2 \frac{12^2 \times 0,4}{4} + 8 \times 0,4 = 229 \text{ cm}^2$$

$$F_d \geq A_0 \times p_{sr} = 229 \times 300 = 68700 \text{ daN} \approx 70 \text{ t}$$

4.6.3. SISTEMI ZA ZATVARANJE KALUPA



Sl.60 Izračunavanje sile držanja

ma za zatvaranje kalupa:

e sistemom kolenastih poluga (makaza), a
ndrom.

ie kalupa

e može uočiti razlika između sile zatvaranja
a mehanički sistem za zatvaranje kalupa u

o da se pri ispruženim polugama pokretni i
ovisini razdvajanja ($L_p = L_{kp} + l_k$), elementi
ovom slučaju sila zatvaranja $F_z = 0$.

maka primakne uporna ploča i smanji raz-
utku dodira pokretnog i nepokretnog dela
ati neispružene, pod nekim uglom a, kako

= 0), što je obavezno kod podešavanja vi-
ilikom ubrizgavanja, doći će do deformaci-
dužinu Δ_p , a kalup sabiti za dužinu Δ_k .

ru svih sila koje deluju na vodilice. U ovom
ja, $F_d = F_c$.

ajji; potrebna je manja količina ulja u

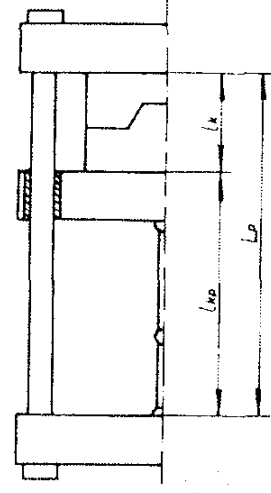
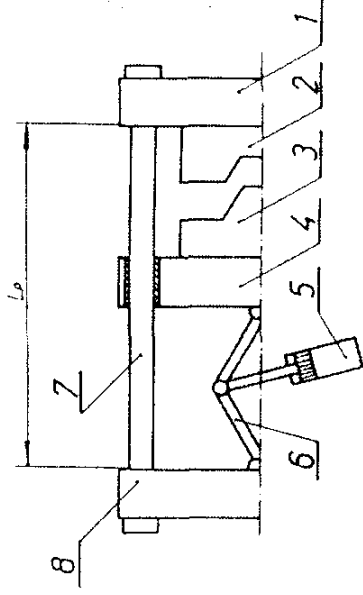
ćava jednostavniju promenu brzine kretanja

avanja razmaka kalupa prema visini kalupa
ati sila zatvaranja i držanja

i nosača kalupa

nogućnosti delovanja, jer poluge
no ispruže, već razvijaju veliku silu

u zbog visokih specifičnih pritisaka
sistema kod preliivanja, naročito u slučaju
na vodilicama.

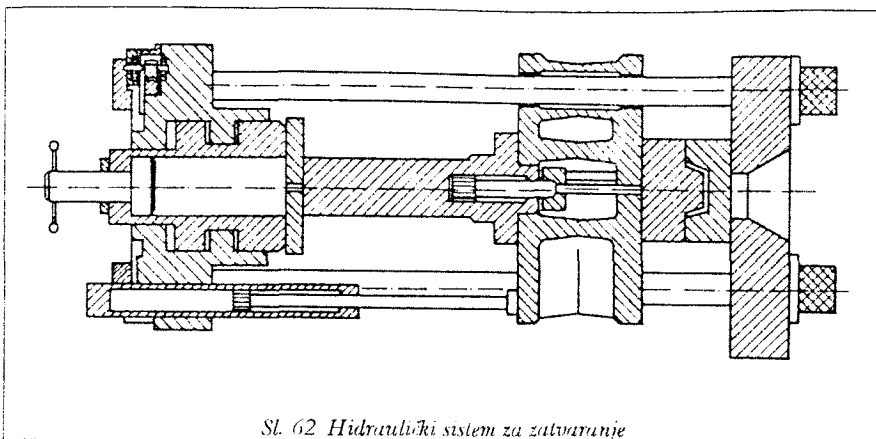


- L_p - dužina između uporne ploče i nepokretnog dela
- L_{kp} - dužina poluga
- L_k - visina kalupa
- 1 - uporna ploča
- 2 - vodilica
- 3 - nepokretna kalupna ploča
- 4 - pokretna kalupna ploča
- 5 - kolenaste poluge
- 6 - pokretni deo kalupa
- 7 - nepokretni deo kalupa
- 8 - hidraulički cilindar za zatvaranje i otvaranje kalupa

Sl. 61 Mehanički sistem

2. Hidraulički sistem

Kod hidrauličkog sistema, zatvaranje hidrauličkih cilindara. Delovanjem pritiska na klipove hidrocilindara posužu se različiti različite izvedbe jedinica za zatvaranje s prikazane na Sl.62, pomoćni cilindri služe za pa. Nakon potpunog zatvaranja kalupa, klip hidrosistemu, zatvara se brava, nakon čega na klip glavnog cilindra i na taj način se rad preko brave i stuba hidrauličkog izbacivača. tarnog prenosnika.



Sl. 62 Hidraulički sistem za zatvaranje

Prednosti hidrauličkog sistema:

- brzo i jednostavno podešavanje razmaka nosača prema visini kalupa
- nije potrebna preciznost u podešavanju razmaka kao kod mehaničkog sistema
- jednostavnije podešavanje brzine hoda pokretnog nosača kalupa
- manja mogućnost preopterećenja sistema za zatvaranje ako dođe do podlivanja
- jednostavno podešavanje i kontrola sile zatvaranja i držanja, što omogućava efikasnije delovanje sistema za zaštitu kalupa
- veća mogućnost montaže kalupa različitih visina

Nedostaci hidrauličkog sistema:

- brzine hodova pokretnog nosača kalupa su sporne u odnosu na mehanički sistem
- veće dimenzije jedinice za zatvaranje i potrebe za većom količinom hidrauličkog ulja u sistemu
- za postizanje većih brzina potrebno je u sistem ugraditi dodatni rezervoar za punjenje glavnog cilindra.

3. Kombinovani sistem

Primenom različitih varijanti kombinovanog sistema zatvaranja kalupa koriste se prednosti i mehaničkog i hidrauličkog sistema. Primenom kolenastih poluga postiže se brzina i smanjuju dimenzije jedinice za zatvaranje, a hidraulični cilindar za visoki pritisak ostvaruje silu zatvaranja i držanja koja se može podešavati.

4.6.4. KONTROLA PARALELNOSTI NOSAČA KALUPA

Sila zatvaranja i držanja koju ostvaruje jedinica za zatvaranje kalupa brizgalice prenosi se na kalup preko nosača kalupa. S obzirom da se radi o vrlo velikim silama, važno je da se sila ravnomerno prenese na površinu kalupa, jer u suprotnom može da dođe do otvaranja kalupa i podlivanja u toku ubrizgavanja i nejednagog opterećenja vodilica. Nejednako raspoređeno opterećenje vodilica može prouzrokovati lom i

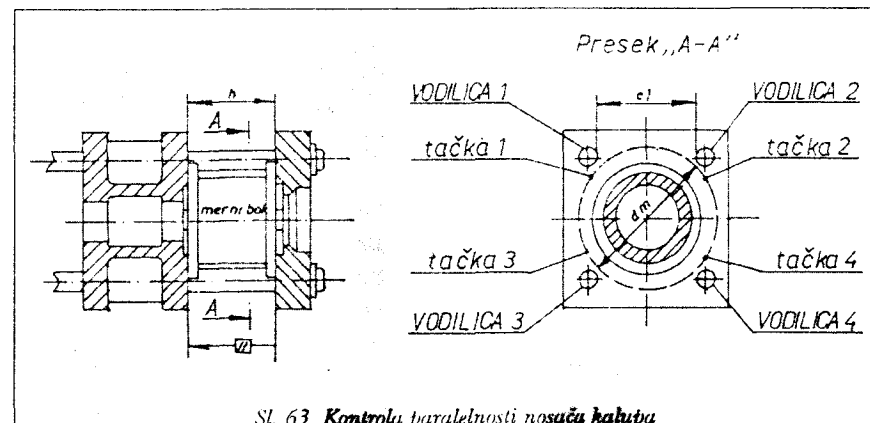
oštećenje elemenata jedinice za zatvaranje. Zbog toga je vrlo važno da se podesi i održava paralelnost nosača kalupa. Merenje paralelnosti definisano je standardom Euromap 7. Meri se razmak između nosača kalupa na četiri jednako udaljene tačke na krugu prečnika d_m , prema SI 63. Merenje se obavlja mikrometrom na sledeći način:

- Pri zatvorenom kalupu i kada je sila zatvaranja jednaka nuli, $F_z = 0$, poluge kod mehaničkog sistema treba da budu potpuno ispružene.
- Pri maksimalnoj sili zatvaranja, $F_z = \text{maks}$

U Tabeli 16. dati su podaci o dozvoljenim odstupanjima za brizgalice "Belmatik", na osnovu preporuka Euromap 9. Podaci se mogu koristiti i za druge brizgalice približnih dimenzija nosača kalupa.

Tabela 16. Dozvoljena odstupanja za nosače kalupa za brizgalice "Belmatik"

Model brizgalice	Razmak između vodilica e_1 (mm)	Merni krug d_m (mm)	Visina mernog bloka h (mm)	Dopušteno odstupanje bloka (mm)	Dopušteno odstupanje	
					$F_z = 0$	$F_z = \text{maks}$
B - 140/32 CNC	276	410	250	0,015	0,25	0,12
B - 250/63 CNC	320	410	250	0,015	0,25	0,12
B - 425/100 CNC	360	515	315	0,020	0,30	0,15
B - 630/140 CNC	420	515	315	0,020	0,30	0,15
B - 900/185 CNC	480	650	400	0,020	0,30	0,15
B - 1250/250 CNC	560	820	500	0,020	0,40	0,20
B - 2600/420 CNC	710	1050	630	0,025	0,40	0,20
B - 6000/650 CNC	820	1210	630	0,025	0,40	0,20
B - 9500/1000 CNC	1050	1350	800	0,025	0,50	0,25
B - 12500/1250 CNC	1200	1700	1000	0,025	0,50	0,25
B - 50/28 R	250	315	225	0,015	0,25	0,12
B - 100/50 E	280	410	250	0,015	0,25	0,12
B - 150/80 E	320	460	280	0,015	0,25	0,12
B - 250/130 E	365	525	320	0,020	0,30	0,15
B - 600/230 E	485	710	430	0,020	0,30	0,15
B-1250/380 E	610	900	540	0,025	0,40	0,20



Sl. 63 Kontrola paralelnosti nosača kalupa

5. PRILOZI

5.1. MOGUĆE GREŠKE NA PROIZVODU I NJIHOVO OTKLANJANJE

PROBLEM	MOGUĆI UZROCI	SUGESTIJA MOGUĆEG NAČINA OTKLANJANJA
proizvod nepotpuno oblikovan	<ul style="list-style-type: none"> vazduh u kalupnoj šupljini nedovoljan pritisak nedovoljna temperatura nedovoljno doziranje materijala kalup hladan, kod starta hladna dizna nedovoljan kapacitet brizgalice dolivni kanali nisu urađeni po zahtevima sirovine i proizvoda 	<ul style="list-style-type: none"> izraditi kanale za odzračivanje povećati pritisak produžiti ciklus ili povisiti temperature povećati doziranje (startovati bez naknadnog pritiska, tako da 1/2D mase puž ne istisne) povećati temperaturu kalupa (smanjiti cirkulaciju vode) kapacitet brizgalice se računa na PS. Za PP je cca 30% manji. Eventualno dodati sredstvo za ekspanziju povećati otvor mlaznice polirati kalupna gnezda i dolivne kanale povećati presek ulivnog ušća po tehnološkim zahtevima proizvoda konsultovati stručnjake
vadenje komada otežano	<ul style="list-style-type: none"> nedovoljno hlađenje, komad ostaje u kalupu komad ostaje na muškom delu kalupa otežano izbacivanje, neadekvatna distribucija ili neusklađeni rad izbacivača, ostaju otisci nedovoljno očvršćivanje ubrizganog materijala suviše dodatog materijala 	<ul style="list-style-type: none"> kasnije otvarati kalup, primeniti hromiranje ili poliranje ženskog dela kalupa otvoriti kalup što pre, muški i ženski deo različitno temperirati modifikovati ili reperirati kalup (srediti, polirati, centrirati jezgro) produžiti hlađenje dela zatvorenog kalupa, produžiti ukupno vreme radnog ciklusa smanjiti dodavanje materijala
vidljive linije tečenja na proizvodu	<ul style="list-style-type: none"> spoljašnje pruge maglovite kružne pruge oko uliva loš spoj 	<ul style="list-style-type: none"> povećati temperaturu mase i kalupa povećati pritisak a smanjiti brzinu ubrizgavanja smanjiti brzinu doziranja na 40-70% vreme trajanja ubrizgavanja treba da je najmanje polovina ukupnog ciklusa protivpritisak doziranja svesti na 5-8 bar, (maks 20 bar) osušiti materijal broj obrtaja puža svesti na 120-140 o/min proveriti ulivna ušća i odzrake kalupa sniziti temperaturu rastopa osušiti kalup i materijal vidi "proizvod nepotpuno oblikovan" suviše sredstva za podmazivanje

vitoperenje proizvoda nakon izbacivanja iz kalupa	<ul style="list-style-type: none"> nedovoljno hlađenje u kalupu nedovoljno popunjavanje prepunjen kalup loše odabrana sirovina loša konstrukcija kalupa 	<ul style="list-style-type: none"> produžiti hlađenje, proveriti ravnomernost temperature kalupa nakon izbacivanja iz kalupa, proizvod pada u ledenu vodu povećati naknadni pritisak povećati doziranje materijala dimenziona stabilnost se postiže sa dugim ciklusom i visokim temperaturama rastopa u toplom kalupu smanjiti naknadni pritisak promeniti sirovinu dolivni kanali predugi i presek nepravilan (korekcija posebno kod više gnezda) forma kalupa ne sme imati u području udubljenja zone sa različitim temperaturama (odmaći kanale za hlađenje)
nedovoljna čvrstoća proizvoda	<ul style="list-style-type: none"> vidi "proizvod nepotpuno oblikovan" materijal pregrejan nedovoljan naknadni pritisak vlažna sirovina neadekvatna sirovina nedovoljno odzračivanje 	<ul style="list-style-type: none"> smanjiti temperaturu rastopa i povećati temperaturu kalupa smanjiti temperature cilindra ili ubrzati cikluse (za neke samogasive materijale prilikom zastoja izbaciti masu iz brizgalice) naknadni pritisak treba da je za 40% niži od pritiska ubrizgavanja osušiti sirovinu promeniti sirovinu napraviti ili povećati odzračivanje kalupa
proizvodi imaju tamne pruge ili tačke	<ul style="list-style-type: none"> nedovoljno odzračivanje visoka temperatura mlaznice oštećena oprema kontaminacije pregrejan rastop polimera 	<ul style="list-style-type: none"> napraviti ili povećati odzračivanje kalupa smanjiti temperaturu mlaznice mlaznica je oštećena, nema dobro naleganje na "puškicu" kalupa vrh puža i zaporni prsten su oštećeni oštećeni puž ili cilindar očistiti puž i cilindar, proveriti sirovine zaprljan ili vlažan granulat smanjiti temperaturu mase
mehuri u proizvodu	<ul style="list-style-type: none"> nedovoljno materijala vlažan granulat nizak pritisak brizganja visoka temperatura rastopa ulivni otvor suviše mali loša linija spajanja 	<ul style="list-style-type: none"> povećati hranjenje osušiti granulat povećati naknadni i pritisak brizganja sniziti temperaturu rastopa proširiti ulivni otvor premestiti ulivni otvor na drugo mesto instalirati ventilaciju preko igle za izbacivanje za više gnezda u kalupu, nije dobro ugrađen raspored ulivaka ili gnezda

proizvodi su kruti i ljušte se	<ul style="list-style-type: none"> • materijal teče između očvrstnutih spoljnih površina • prisutni gasovi • greška u kalupu • zaprljane sirovine 	<ul style="list-style-type: none"> • temperaturu rastopa i kalupa povećati - smanjiti intenzitet pritiska i naknadnog pritiska - vreme trajanja naknadnog pritiska svesti na 30-40% od vremena trajanja pritiska ubrizgavanja - skratiti vreme hlađenja - srednja brzina ubrizgavanja - broj obrtaja puža svesti na 100-135 o/min - osušiti polimer • poboljšati odzračivanje kalupa - povećati otvor mlaznice • ulivne kanale dobro ispolirati - proveriti raspored kanala za hlađenje, debljine zidova i položaj ulivka, da li se masa neravnomerno hladi ili neravnomerno teče. Reparirati ili modifikovati kalup • osušiti sirovine - očistiti postrojenje - proveriti kvalitet sirovina (ako se dodaju razni tipovi koncentrata, regenerata i sl.)
proizvod ima ulegnuća	<ul style="list-style-type: none"> • preveliko skupljanje materijala (saugovanje) • neodgovarajući put tečenja • neodgovarajući uslovi prerade 	<ul style="list-style-type: none"> • povećati pritisak ubrizgavanja - smanjiti temperaturu rastopa - produžiti delovanje i intenzitet naknadnog pritiska (a možda i dodavanja materijala) - produžiti radni ciklus (masa nije zamrzla) - smanjiti temperaturu kalupa - broj obrtaja puža svesti na 130-140 o/min - promeniti sirovinu - dodati ekspandent • dolivna ušća nisu pravilno raspoređena - kanali su premaleni i nisu polirani - predugo tečenje mase u ulivnim kanalima - kod većih proizvoda treba upotrebiti direktan ulivak (da deluje naknadni pritisak) • brzina ubrizgavanja od srednje ka višoj - podesiti temperature kalupa u zavisnosti od debljine zida na: 40 - 80 °C za tanje zidove 30 - 60 °C za deblje zidove

5.2. EPRUVETE ZA ISPITIVANJE TERMOPLASTA

Termoplastični materijali koriste se u veoma različitim oblastima primene. Pritom se podrazumeva da oni imaju odgovarajuće mehaničke, hemijske, termičke, reološke, električne, estetske i ostale karakteristike. Samo pravilno odabrana sirovina kojoj su usklađene sve potrebne karakteristike može da da kvalitetan proizvod. Ipak se može reći da su za većinu oblasti primene najbitnije mehaničke karakteristike.

Najvažnije mehaničke karakteristike termoplasta su modul elastičnosti, tvrdoća, udarna žilavost i jačina na istezanje. Svaki proizvođač termoplasta obavezno i redovno vrši kontrolu ovih karakteristika i njih smatra suštinski važnim za ocenu završne kvaliteta. Metode ispitivanja su precizno definisane standardima koji su ujednačeni i međunarodno prihvaćeni. Istim standardima definisan je i oblik u koji treba dovesti uzorak materijala da bi ispitivanje bilo pravilno. Standardno oblikovani uzorak termoplastičnog materijala pripremljen za ispitivanje naziva se ispitna epruveta, ili kraće, epruveta. Za svaku metodu ispitivanja propisani su oblik i dimenzije epruvete. Izuzetno je važno da epruvete budu ispravne, jer samo tako ispitivanja mogu da daju tačan rezultat.

Ispitivanja mehaničkih karakteristika termoplasta vrše svi proizvođači, ali se pritom ne pridržavaju svi međunarodnog sistema mernih jedinica. Proizvođači termoplasta iz SAD, Velike Britanije i njenih nekadašnjih kolonija skoro redovno koriste anglo-američke merne jedinice koje su evropskim prerađivačima teško razumljive (funte po kvadratnom inču, stopa-funte po inču i slično). Takođe se vrlo često dešava da prerađivač ne može da sazna mehaničke karakteristike materijala, naročito ako ga kupuje preko posrednika. Zbog toga se i mnogi veći prerađivači termoplasta odlučuju da sami vrše ispitivanja.

Standardi precizno definišu kakva epruveta treba da bude za određenu metodu ispitivanja, ali ne daju uputstva kako to ostvariti. Zbog toga u praksi postoji mnogo različitih načina izrade epruveta, za koje je zajedničko samo to da su dobijene brizganjem i da imaju iste dimenzije. Pritom je i kod naizgled vrlo precizno izbrizgane epruvete moguća pojava neujednačenosti strukture materijala, što naravno dovodi do netačnih rezultata ispitivanja.

U praksi su prihvaćeni neki osnovni principi izrade epruveta, kako sa stanovišta tehnologije brizganja, tako i kod konstrukcije i izrade kalupa.

Brizgalica na kojoj se brizgaju epruvete treba da ima 50% veći kapacitet od ukupne težine proizvoda. Ako materijal zahteva sušenje, ono mora biti obavljeno na propisan način. Da bi se održala temperatura osušenog materijala, levak brizgalice takođe mora da bude zagrejan. Temperatura radne prostorije treba da bude 20-23°C, a vlažnost vazduha oko 60%. Radne temperature treba da budu prilagođene vrsti i tipu materijala. Temperatura kalupa takođe treba da bude optimalna. Protivpritisak treba da bude manji od 5 bara. Veći protivpritisak bi mogao da prouzrokuje dehomogenizaciju rastopljene mase u cilindru, što se direktno odražava na kvalitet proizvoda.

Epruvete za sva ispitivanja jednog uzorka materijala brizgaju se zajedno, u istom kalupu. Pritom se nužno pojavljuju velike razlike u debljini proizvoda, što komplikuje projektovanje alata. Zbog toga je potrebna dobra saradnja između projektanta i tehnologa i visok stepen preklapanja njihovih znanja o kalupima i karakteristikama materijala. Mnoge velike firme ovaj problem rešavaju tako što u jednom kalupu brizgaju samo jedan tip epruvete, obično sa četiri gnezda u kalupu. U svakom slučaju treba posebnu pažnju posvetiti ulivnom sistemu. Dovodni i razvodni kanali i ušća treba da budu što robustniji. Razvodni kanali treba da budu okrugli ili trapezasti sa ukomponovanim okruglim presekom. Ušća treba da budu lepezasta i po mogućnosti čeonu postavljena. Poliranje razvodnih i ulaznih kanala vrši se u pravcu tečenja mase. Na ulazu kalupne šupljine ne sme biti oštih ivica. Kalup mora da bude dobro odzračen.

Ispitivanje mehaničkih karakteristika materijala vrši se 72 h posle brizganja epruveta.

Na slikama 64. i 65. prikazani su praktični primeri različitih rešenja ulivnih kanala za ispitne epruvete.

6. LITERATURA

1. Nad M., "Polimerni materijali, prerada injekcijskim prešanjem, puhanjem i ekstrudiranjem", ZPZ, Zagreb, 1978.
2. Nad M., "Polimerni materijali, plastomeri i elastomeri", Multigraf, Zagreb, 1991.
3. Perošević B., "Kalupi za injekciono presovanje plastomera (termoplasta)", Naučna knjiga, Beograd, 1995.
4. Pejak M., "Polipropilen, svojstva i prerada", HI Hipol, Odžaci, 1994.
5. Šimon D., ITS 4, 13 - 16 (1982.) Belišće
6. Vidaković B., "Alati za plastične mase", Tehnička knjiga, Beograd, 1975.
7. Eles-Ljubić V., Lazar T., Akrapović I., "Termoplastične mase; osnovne karakteristike materijala, konstrukcijske i tehnološke upute", Plamas, Ljubljana, 1971.
8. Prospektni materijali HI Hipol, Odžaci
9. Prospektni materijali Tvornice strojeva Belišće
10. Prospektni materijali Pertini, Beograd
11. Prospektni materijali „Tatren”
12. Prospektni materijali „Tipplen”
13. Prospektni materijali „Mosten”
14. Prospektni materijali „Buplen”