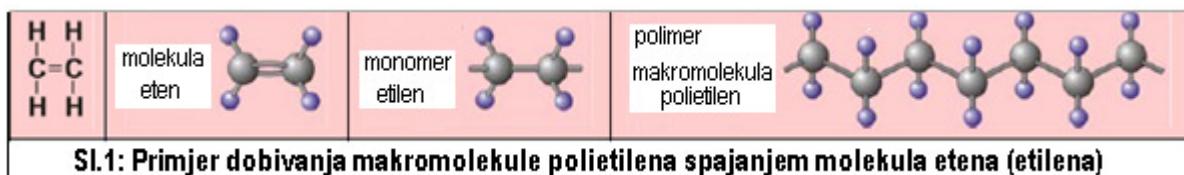


10. ALATI ZA PRERADU PLASTIČNIH MASA

1. Plastične mase (poliplasti, polimeri, umjetne tvari)

1.1 Temeljni pojmovi

Plastične mase su makromolekularni spojevi koji nastaju međusobnim povezivanjem sitnih molekula nemetala po nekom pravilu ponavljanja (C, Cl, H, N, O i S). Sitne molekule nazivaju se **monomeri**, a nastale makromolekule s jakom kovalentnom vezom **polimeri** (**sl.1**).



Dvovalentni monomeri grade **vlaknasti ili lančani niz** molekula (linearni, granati, umreženi), a trovalentni **prostornu mrežu** molekula (sl.2). Nastala struktura može biti **kristalična** - djelomično kristalna ili **amorfna** - molekulsko klupko.

Grada	 linearna Van der Walsove veze	 granata imaju i bočne veze	 umrežena kovalentno vezani lanci i rahlo umreženi	 prostorna mreža 3D - mreža
Glavne skupine	termoplasti	termoplasti	elastomeri	duromeri
Struktura	kristalična	amorfna	amorfna	amorfna

Homomeri su makromolekule sastavljene samo od jedne vrste monomera, a **kopolimeri** su makromolekule nastale povezivanjem različitih monomera. Niihova se svojstva prilagođuju prema funkciji proizvoda.

Glavne skupine masa: termoplasti (kristalične ili amorfne strukture), elastomeri i duromerii.

Podjela masa prema podrijetlu polazne tvari:

- a) potpuno sintetske (nafta, zemni plin, ugljen, vapno, zrak, pjesak, voda)
 - b) polusintetske (celuloza, bjelančevine) i
 - c) prirodne (celuloza, škrob, keratin - koža, svila, vuna, kaučuk..)

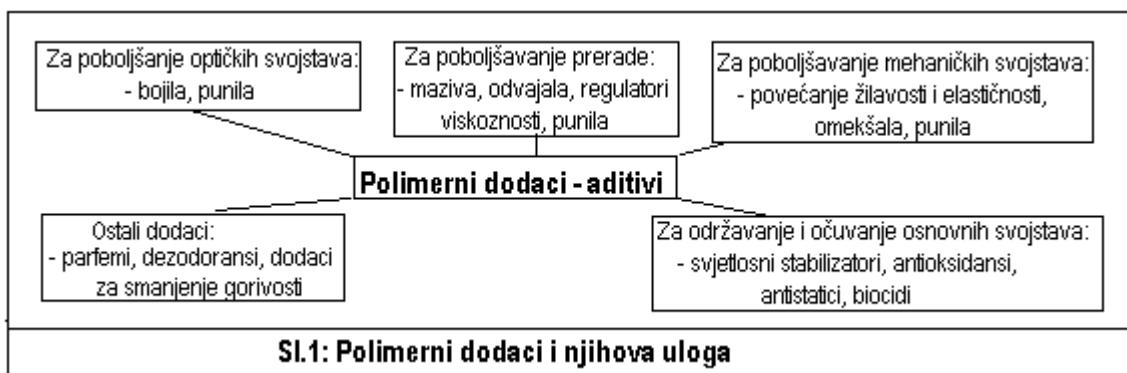
Svojstva polimera: Polazne tvari utječu na nisku gustoću, a struktura na veliko toplinsko istezanje, kemijsku postojanost, malu toplinsku vodljivost i električnu izolaciju.

Ovisno o strukturi makromolekula, vrsti dodataka te mješanju različitih polimera moguće je postići različita svojstva materijala od mekoog i elastičnog do tvrdog i krhkog.

Glavni postupci dobivanja polimera:

- a) **poliadicija** – reakcija razdruživanja raznovrsnih molekula i spajanje atoma u polimere bez izlučivanja nusprodukata (termoplasti – PUR; duroplasti – EP)
 - b) **polikondenzacija** – reakcija zguščivanja i spajanja raznovrsnih molekula uz izlučivanje nusprodukata, npr: voda (pretežno duroplasti MF; PF; SI; UF; UP; termoplasti PA, PC)
 - c) **polimerizacija** – reakcija spajanja istih ili sličnih molekula bez nusprodukata (termoplasti PE; PP; PS; PVC)

Dodaci polimerima služe u svrhu poboljšanja uvjeta prerade ili poboljšanja upotrebine vrijednosti gotovog proizvoda . Mogu biti (sl.1):



Kompoziti su materijali proizvedeni umjetnim spajanjem dva ili više različita materijala sa ciljem dobivanja svojstava koja ne posjeduju niti jedan od njih sam za sebe (sl. 2, 3 i 4).

Sastoje se od: **a) matrice ili osnovnog materijala** (metal MMC, keramika CMC, polimer PMC) i
b) ojačala ili punila u obliku: vlakana,viskera, čestica, slojeva - laminati).

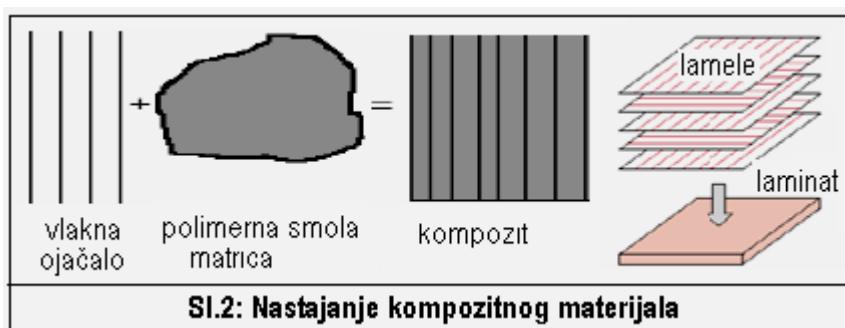
Za polimerske matrice najčešće se koriste: poliester, vinilester i epoksidne smole te PA, PP, ABS, PPS, PEEK i PEI, a pripadajuća ojačala su od staklenih, ugljičnih i aramidnih vlakana.

Općenito:

Polimeri spadaju u važne tehničke materijale. U odnosu na metale su lakši, imaju dobra električna i toplinska izolacijska svostva i otporni su na koroziju. Mnogobrojni su i raznovrsni.

Najčešće se koriste PE, PP, PS i PVC (maseno oko 80%), a zatim slijedi skupina konstrukcijskih polimera PA, PC i ABS. U posljednje vrijeme širi se primjena polimernih smjesa i kompozita.

Područja primjene polimera: ambalaža - 35%, graditeljstvo – 23%, elektrotehnika i elektronika 11%, automob. ind. 6%, namještaj 5%, igračke i sport 4%, kućanstvo 3%, poljoprivreda 3%, strojarstvo 2%...



1.2 Glavne skupine i vrste polimera:

a) **TERMOPLASTI** (plasti, plastomeri) su linearne i granate makromolekule. Lako se oblikuju, pri okolnoj temperaturi su u čvrstom stanju, zagrijavanjem omekšavaju i prelaze u žitko stanje – plastificiraju, a hlađenjem otvrdnjavaju. Proces se može ponavljati više puta (reciklirati).

Termoplasti	Trgovački naziv	Kemijska postojanost	Svojstva	Primjena
CA celulozni acetat CAB, CP	celidor celit, celan trolit	benzin, benzol trikloretilen	tvrđ, žilav, providan, jednobojan, visoka apsorpcija vode, bez mirisa i okusa, zvučni izolator	do 80°C, okvir za naočale, folije, kućišta uređaja, ručke alata
PA poliamid	duretan, rilsan, ultramid, vestamid, najlon, perlon	alkohol, motorno gorivo, ulje, slabe lužine, kiseline, soli	tvrđ, vrlo žilav, djelomično kristalan, otporan na trošenje, prigušuje zvuk i vibracije, postojane mjere	do 100°C postojan oblik, kratko do 150°C, tlačni vodovi, precizna tehnika, vlakna, zupčanici
PC polikarbonat	makrolon, makrofol, lexan	alkohol, benzin, ulje, slabe kiseline	žilav, krut, otporan na udarce, stabilan oblik, providan, sjajan, el. izolacija	do 135°C, udarno žilav do - 100°C, kućišta, prekidači, utičnice, film, lak
PE polietilen	Hostalen, lupolen, vestolen, trolen	lužine, otapala, kiseline, bez upijanja vode, vremen. postojan	mek, fleksibilan (PE-LD) do krut, neslomljiv (PE-HD), djelomično kristalan, proziran do mlječan, bez mirisa	do 80°C (PE-LD), do 100°C (PE-HD), spremnici, brtve, šuplja tijela, folije, izolacioni materijali, cijevi
PI poliamid	kapton, vespel	skoro sva otapala, osim lužina	otporan na trošenje, postojan oblik, vrlo dobra klizna i elektr. svojstva, mala plinopropusnost, postojan kod zračenja	do 280°C trajan, do 480°C kratko, do -240°C postojan na hladnoći, oblikovanje sinteriranjem, brtve, ležaji
PMMA polimetil - metakrilat	degulan, plexiglas, resarit	blage lužine, kiseline, benzin, vremen. postojan	tvrđ, krhak, neraspisan, postojan na starenje, transparentan	do 90°C, modeli, svjetiljke sigurnosno ostakljivanje, uređaji za crtanje
POM polioksid – metilen	delrin, hostaform, ultraform	skoro sva otapala, osim lužina	tvrđ, žilav djelomično kristalan, postojane mjere, malo upija vodu	do 150°C, armature, okovi, ležaji, zupčanici
PP polipropilen	Hostalen PP, luparen, novolen, vestolen P	slično PE	tvrđ, nelomljiv, postojan oblik, djelomično kristalan, bez mirisa i okusa	do 130°C, lomljiv ispod 0°C, kućište baterije, dijelovi uređaja, dijelovi perilice
PS polistirol	hostiron trolitol vestiron	alkohol, lužine, ulje, kiseline, voda	tvrđ, krhak, krut, providan, sjajan, jednobojan, bez mirisa i okusa	do 80°C, izolacione folije, igračke, ambalaža, pribor za crtanje
S/B stirol/butadien (PS otporan na udare)	hostiren, polistirol 400, vestiron 500	kao PS	otporan na udar, teško lomljiv, krhak pod svjetлом i toplinom, inače kao PS	do 70°C, spremnici, elektroinstalacije, dijelovi uređaja i dubokog vučenja
SAN stirol / akril-nitril	luran vestoran	eterična ulja, inače kao PS	dobra udarna žilavost, krut, stabilan, postojan na promjeni temperature	do 95°C, kućište baterije, kućište uređaja, igračke
ABS akrilnitril/ butadien/stirol	novodur terluran vestodur	bolji od ABS	postojan na starenje, inače kao SAN	do 95°C, armature, kućišta baterija, zaštitni šljem
PS-E polistirol pjenasti	stiropor vestipor	kao S/B	mala gustoća, dobra izolacija zvuka i topline	ploče za toplinsku i zvučnu zaštitu, plutajuća tijela, pakiranje
PVC-HD Poli(vinilklorid)	hostalit, trosiplast, vestolit, vinol, vinoflex	alkohol, lužine, kiseline, mineralna ulja	otporan na habanje, rožnato žilav	do 60°C, cijevi, brtve, folije, šuplja tijela, kućišta baterije
PVC-LD poli(vinilklorid)	acela, mipolam, skaj, vestolit	nešto manja nego tvrdi PVC	otporan na habanje, gumasto do kožnat, ne upija vodu	do 80°C, odjeća, podne obloge, folije, el. Izolacija
PTFE Poli(tetrafluor- etilen)	Hostaflon, teflon	bolja postojanost	tvrđ, žilav, djelomično kristalini, ne upija vodu, vrlo dobra klizna i el.svojstva, nije ovlaživ	do 250°C, postojan do -90°C, za sinteriranje i nanošenje, brtve, izol. folije, ležaji

b) DUROPLASTI (duromeri) su obično mrežasto spojeni monomeri. Zagrijavanjem prelaze samo jednom u žitko stanje i to vrlo brzo, a zatim u stalno čvrsto stanje. Ponovnim zagrijavanjem ne omešavaju, već izgaraju (termostabilni). Ne mogu se plastično oblikovati. Izdrže više temperature od termoplasta.

Duroplasti	Trgovački naziv	Kemijska postojanost	Svojstva	Primjena
EP Epoxid (-smola)	araldit, epikot, epoxin, lekuterm, uhu-plus	alkohol, slabe lužine, kiseline, otapala, slabo upija vodu, atm. otp	tvrd, žilav, teško lomljiv, providan i žut, dobro prianjanje i el. svojstva, bez mirisa i okusa	do 130°C, smola za lijevanje, laminiranje, ljepljenje i lakiranje, elektr. izolacija, prekidači, uređaji
PF Fenol-formaldehyd	alberit, bakelit, korefan, lufen, supraplast	slabe lužine, kiseline, otapala, voda	tvrd, krhak, žutosmeđi, jednobojan, dobra el. izolacija	do 100°C, prekidači, kućišta, obloge kočnica i spojki, ležaji, tvrdi papir, sloj. prešano drvo, smola za ljepljenje, laminiranje
PUR poliuretan	desmokol, ykra, moltopren, ultramid, vulkan	slabe lužine, kiselin, otapala, ulje, pogonsko gorivo	tvrd, žilav (duroplast) do mekan, elastičan (elastomer), otporan na habanje, žućkast, dobra prionjivost i atmosf. otpornost	Obloge spojke, ležaji, kotači, remenje, zupčanici, smola za lijevanje i lakiranje, pjenasti dijelovi
UF urea-form (smola) MF melmn-form	hornitex, kaurit, polopas, resamin, resopal urekol	otapala, ulje	tvrd, otporan na udarce, providan, svjetlucav, bez mirisa i okusa	MF do 130°C, Uf do 90°C, ljeplilo za drvo, kućanski i kuhinjski uređaji, slojevit materijali za namještaj
UP nezasićeni poliester	aldenol, laminac, leguval, palatal, vestopal, diolen, trevira	slabe lužine, kiseline, otapala, atmosferski otporan	ovisno o punilu tvrd, žilav do mekan, providan, sjajan, jednobojan, dobra prionjivost i elektr. svojstva	do 120°C, vlakna, tekstil, smola za lijevanje, laminiranje, ljepljenje i lakiranje, umjetni beton od smole

c) ELASTOMERI (termoelasti, elasti) imaju međusobno labavo vezane molekule i bez kristalnih zrnaca. Elastični su pri sobnoj temperaturi i istežu, najmanje, na dvostruku dužinu bez zaostale deformacije

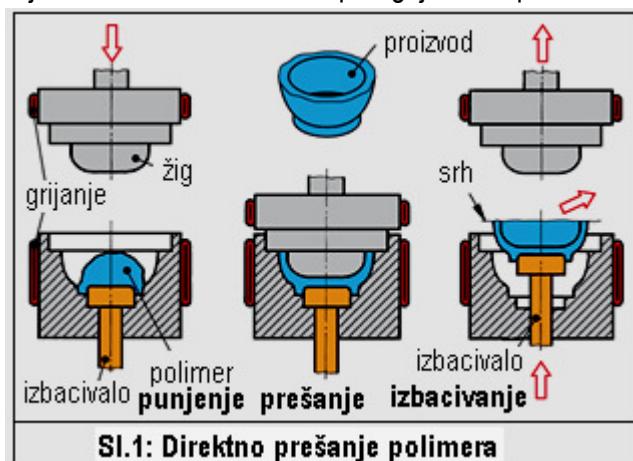
Elastomeri - neojačani	Trgovački naziv	Vl.čvrstoća N/mm ² , lomna istezljivost %, temp. područje °C	Svojstva	Primjena
NR prirodni kaučuk		22 600 -60...+60	visoko otporan	gume na kotačima auta, gumeno-metalne opruge, ležaji
SBR stirol-butadien-kaučuk	buna S	5 500 -30...+60	univerzalni umetci, otporan na ulje	gume auta, hidrauličke brtve, cijevi, kabelske obloge
IIR butil-kaučuk	butil, butinol, eutil	5 600 -30...+120	nepropustan za plin, atmosferski postojan, nepostojan na ulje	brtve, cijevi na vozilu
CR klor-butadien-kaučuk	buna C, kloropren, neopren	10 400 -30...+90	teško zapaljiv, otporan na habanje, atmosferski postojan	vodovi kočnica, brtvene staze, valoviti ili naborani mijeh, odjeća za ronjenje
NBR akrilnitril-butadien-kaučuk	prebunan N	6 450 -20...+110	postojan na ulje i pogonsko gorivo	hidrauličke i pneumatske brtve, jezgre vodova za pog. gorivo i hidrauliku
CSM klorosulfonirani PE	asilon, hipalon, trixolan	20 300 -30...+120	postojan na lužine, kiseline, starenje i atmosferski utjecaj	brtvene staze, unutarnje obloge spremnika
FPM fluor-kaučuk	viton	20 450 -10...+250	kemijski i temperaturno otporan	brtve motora i prigona
AU poli-uretan-kaučuk	vulkolan	20 450 -30...+100	otporan na trošenje, žilav	mehanički opterećene brtve, elastične spojke, zupčanici
SI silikon-kaučuk	silastik	1 250 -80...+200	kemijski i temperaturno otporan	elastična izolacija, brtve, manšete, vodovi

2. Postupci prerade

Obzirom na svojstva plastične mase, veličinu serije i oblik proizvoda razvijeni su različiti postupci prerade i pripadajući alati za oblikovanje proizvoda. Pretežno se koriste sljedeći postupci:

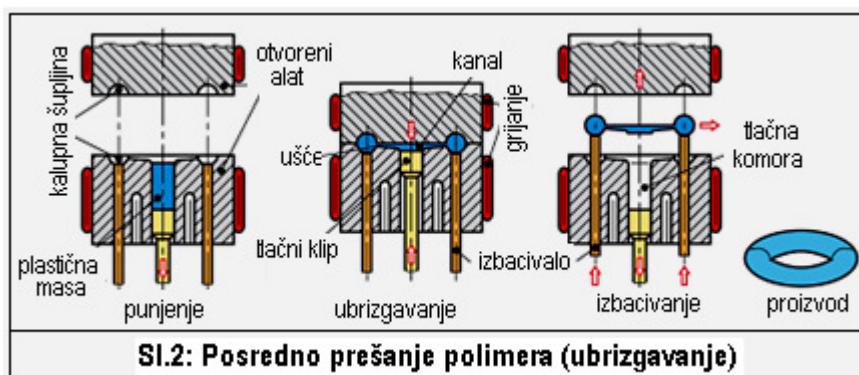
2.1 Direktno prešanje (sl.1)

Plastična masa u obliku praha, granula ili tablete stavlja se **direktno** u otvoreni i predgrijani kalup u kome se, pod pritiskom i povišenom temperaturom, plastificira, oblikuje i očvrste. Faze rada su: punjenje, prešanje i izbacivanje. Temperatura grijanja regulira se cirkulacijom zagrijanog ulja ili pomoću električnih grijaca. Temperatura grijanja je oko 170°C, a pritisak prešanja oko 200 bara. Najčešće se koristi za preradu **duroplasta**, s ili bez punila. Proizvod je uvijek sa srhom koji treba naknadno odstraniti. Količina mase ovisi o veličini proizvoda, a određuje se probom. Volumen mase prije prešanja veći je od volumena proizvoda.



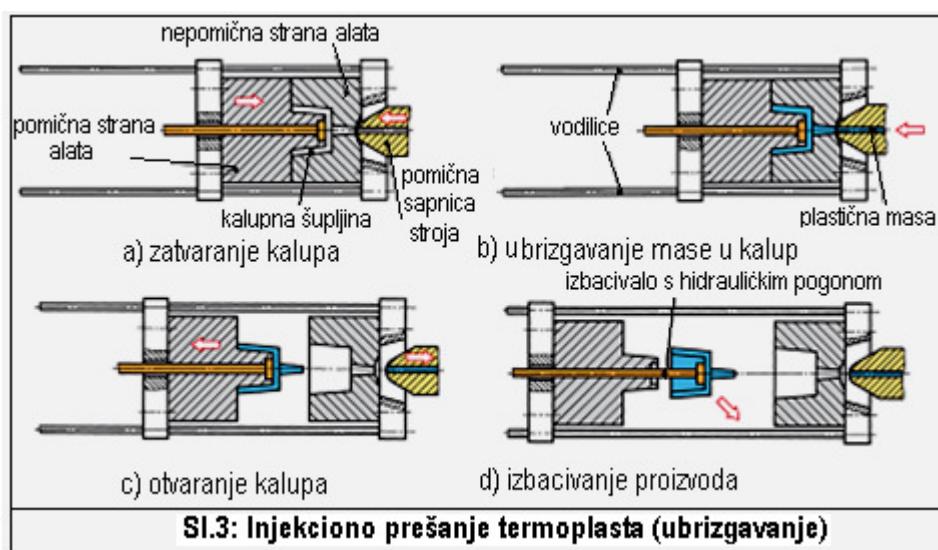
2.2 Posredno prešanje (sl.2)

Plastična masa u obliku granula, najčešće predgrijana, stavlja se u zagrijanu **tlačnu komoru** u kojoj se sabija i plastificira, a zatim ubrizga u kalup sistemom kanala. Najčešće se koristi za preradu **duroplasta** od kondenzacionih smola na bazi fenola ili melamina s punilima. Usljed trenja i smicanja prilikom ubrizgavanja masa se dodatno zagrijava što ubrzava njeno otvrdnjavanje.



2.3 Injekciono prešanje – brizganje, ljevanje (sl.3)

Točno određena količina **termoplasta** (doza) zagrijava se i plastificira u posebnom **cilindru** preše, a zatim ubrizga kroz mlaznicu u zagrijani kalup pod visokim pritiskom do 1600 bara. Nakon hlađenja otvara se alat i izbacuje gotov proizvod. Plastificirana masa treba što prije popuniti kalup, a pritisak i temperatura trebaju biti ujednačeni da se postigne jednaka struktura, smanje napetosti i deformacija proizvoda.



SI.3: Injekciono prešanje termoplasta (ubrizgavanje)

2.4 Ekstruziono prešanje – istiskivanje

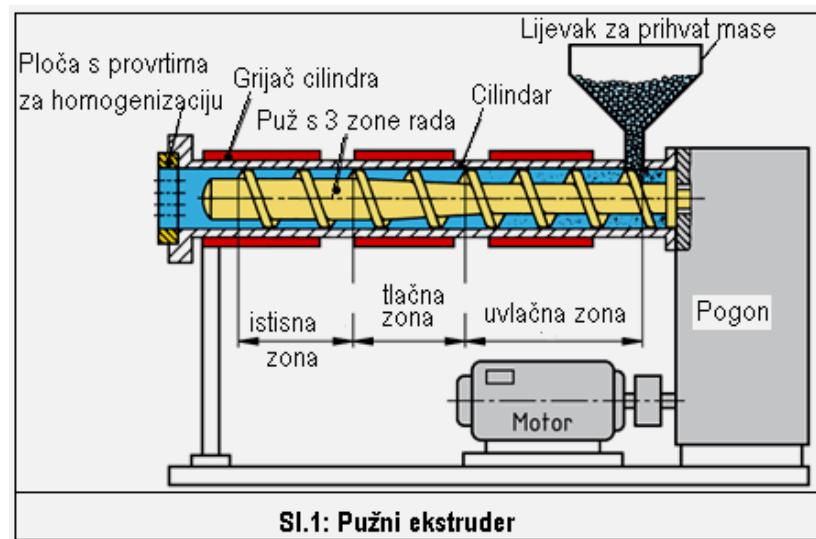
Ekstruzija je postupak prešanja, pretežno termoplasta određene viskoznosti, s kontinuiranim radnim procesom (bezdano prešanje).

Koristi se za izradu cijevi, profila, traka ili slično, a s posebnim uređajem, i za oblaganje izolacije električnih vodova.

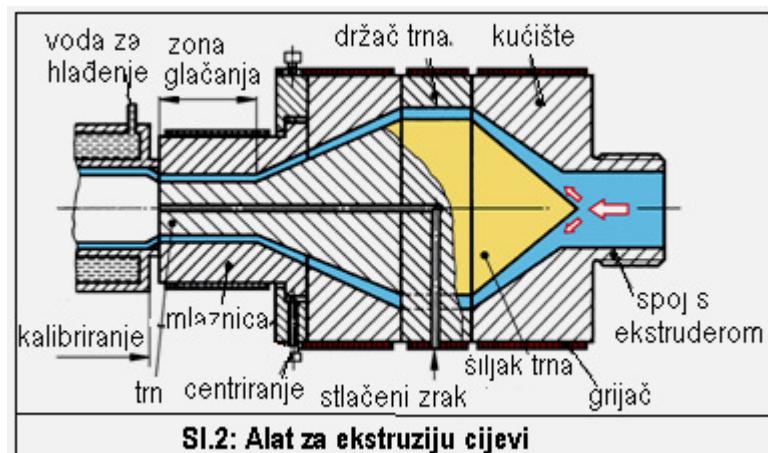
Najčešće se koristi ekstruder s cilindrom i pužem koji pomoću lijevka prihvataju masu u obliku granula ili praha, plastificira je i homogenizira pomoću grijajuća i ploče s provrtima te istiskuje u alat kroz otvor u mlaznici (**sl.1**).

Proizvod s oblikovanim poprečnim presjekom neprekinito izlazi iz alata i hlađi pomoći uredaja s vodom.

Kruti proizvodi (cijevi, **sl.2**) se režu na potrebnu dužinu pomoći pile koja se pomiče zajedno s proizvodom, a savitljivi proizvodi (izolacija vodiča) se namataju na kolut.



Sl.1: Pužni ekstruder



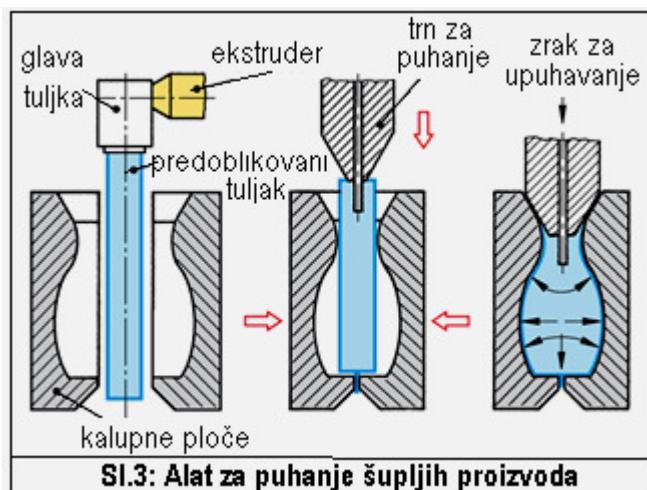
Sl.2: Alat za ekstruziju cijevi

2.5 Puhanje

Puhanje je postupak oblikovanja šupljih proizvoda pretežno od termoplasta (boce, spremnici...).

Pretvorbu oblikovana masa u oblik tuljka (crijivo), još u toplom stanju, dovodi se unutar otvorenog alata (**sl.3**).

Alat se zatvara, a zatim puše zrak u tuljak i širi ga prema stijenkama kalupa te oblikuje željeni proizvod. Nakon hlađenja alat se otvara i vadi proizvod.



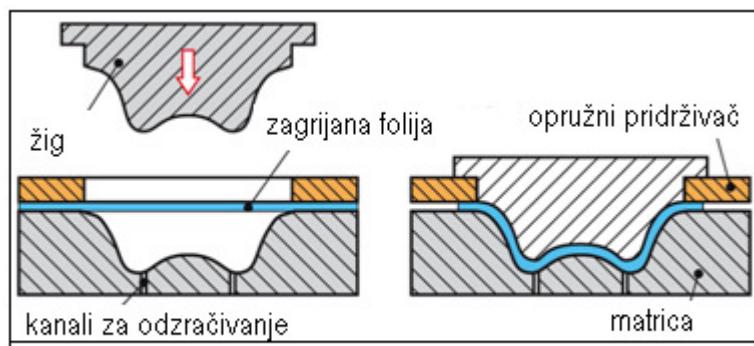
Sl.3: Alat za puhanje šupljih proizvoda

2.6 Termooblikovanje

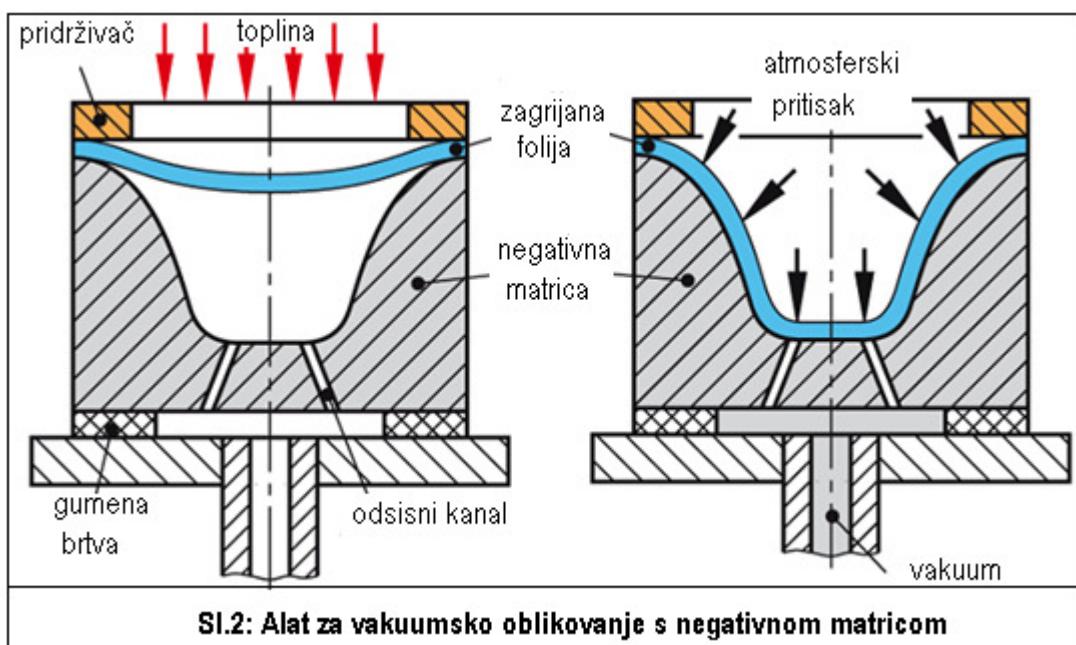
Prethodno oblikovana masa kao poluproizvod (folija, ploča...) zagrijava se pomoću toplog zraka na 110 – 180⁰ C, dovodi u termoelastično stanje, preoblikuje bez pukotina i ravnomjerno hlađi.

Primjenjuje se za izradu proizvoda velikih površina i složenog oblika, kao što su kućišta hladnjaka, sanitarni elementi, čamci... ili za izradu masovnih artikala, kao što su ambalaža, pribor za jelo i slično.

Preoblikovanje može biti dubokim vučenjem (sl.1), razvlačenjem i vakuumiranjem (sl.2).

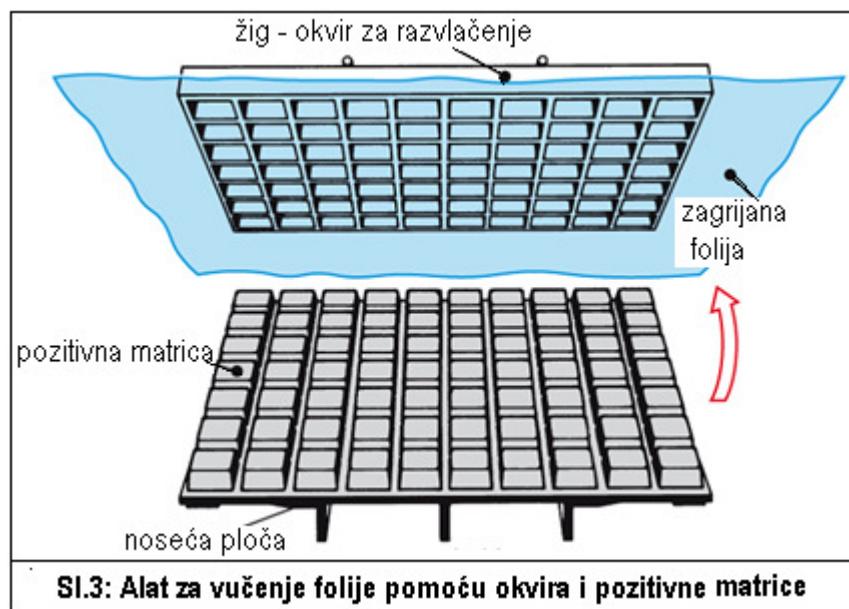


Sl.1: Alat za duboko vučenje s matricom



Sl.2: Alat za vakuumsko oblikovanje s negativnom matricom

Na slici 3 je prikazan alat za termoblikovanje ambalaže za bonbonjere. Okvir se postavlja preko napete folije kako bi se izbjeglo gužvanje.



Sl.3: Alat za vučenje folije pomoću okvira i pozitivne matrice

3 Alati za injekciono prešanje – brizganje

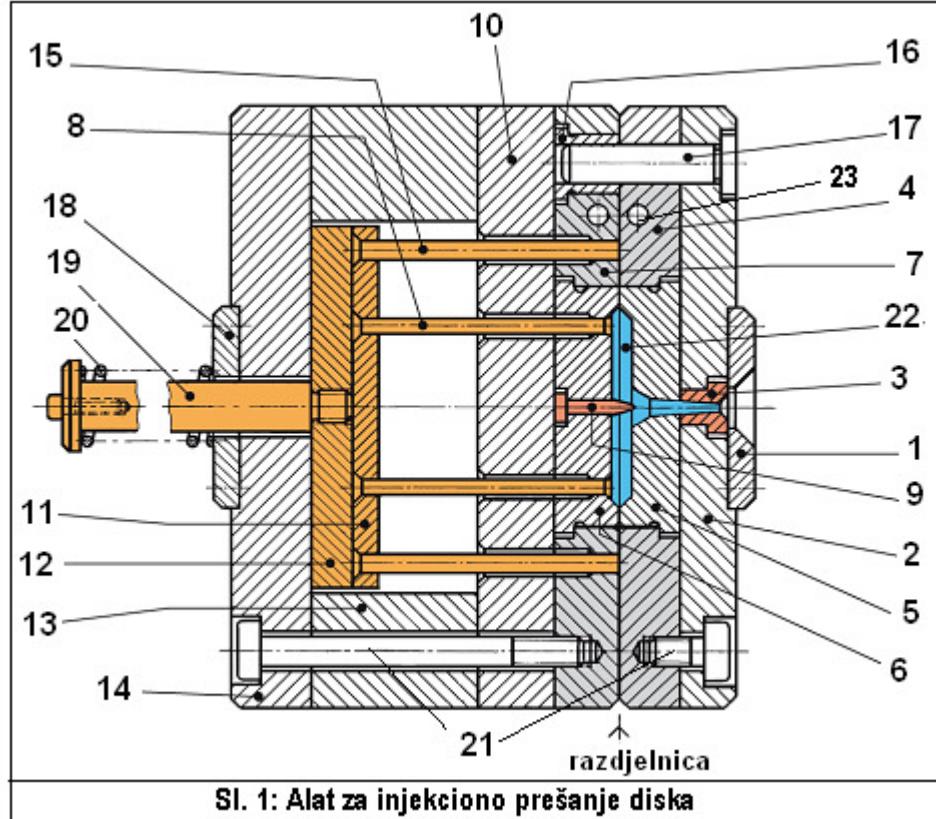
3.1 Zadaci i zahtjevi na alat:

- **tehnološki**: u jednom radnom ciklusu kompletno oblikovati jedan ili više proizvoda te preuzeti žitku masu, razdijeliti je, popuniti šupljine, ohladiti (zagrijavati kod duroplasta i elastomera), prevesti je u čvrsto stanje i izbaciti proizvod.
- **konstrukcijski**: treba preuzeti sile bez deformacija, osigurati potrebna gibanja alata pri otvaranju, zatvaranju i izbacivanju proizvoda te osigurati točno vođenje dijelova alata.
- **funkcionalni**: uljevni sustav, sustav oblikovanja i odzračivanja, temperiranje (hlađenje ili grijanje), izbacivački sustav, vođenje i centriranje, prihvat na prešu, prihvat opterećenja i prijenos potrebnog gibanja

3.2 Podjela alata za brizganje

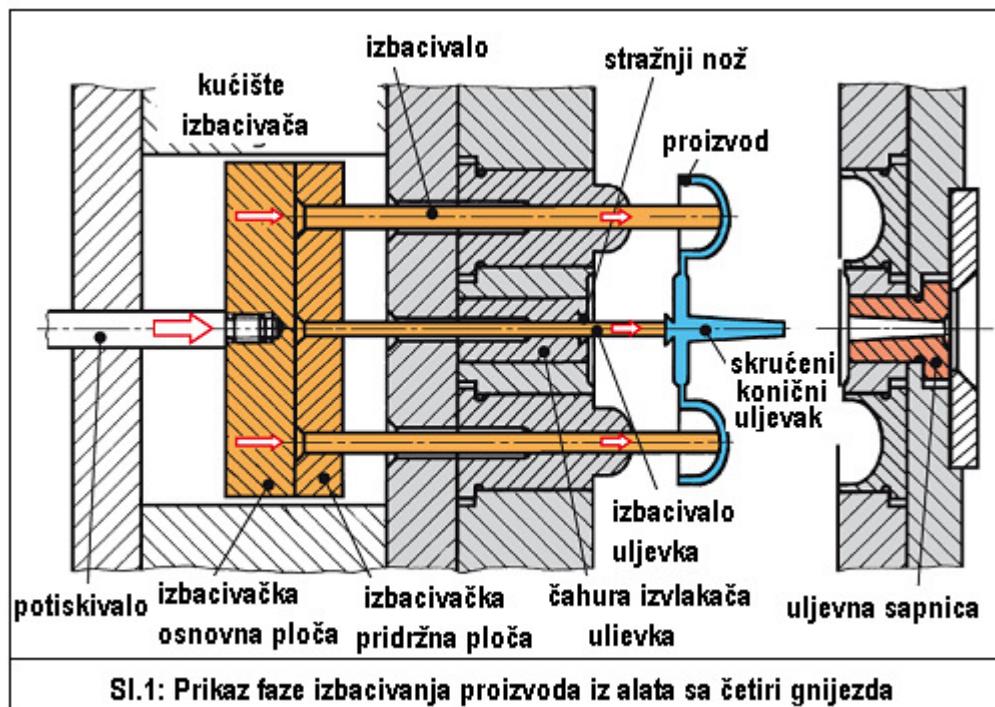
Kriterij podjele	Vrsta alata				
Broj gnijezda (proizvoda) u alatu	s jednim gnijezdom			s više gnijezda	
Vrsta uljevnog sustava	sa skrućenim uljevkom			s ne skrućenim uljevkom	
Broj razdjelnih ploča	s 2 razdjelne ploče		s 3 razdjelne ploče	etažni alat	
Način vadenja proizvoda	izbacivila	strugalo	klizač	čeljusti	vijak

3.3 Elementi alata za brizganje diska s jednim gnijezdom (vođenje pomoću izbacivila, skrućeni uljevak, dvije razdjelne ploče)



1. **Centrirni prsten** – omogućuje pravilno postavljanje i centriranje alata u odnosu na os mlaznice stroja (debljina 12 ÷ 16 mm, vanjski promjer u toleranciji g6)
2. **Nepomična ili uljevna stezna ploča** – služi za pričvršćenje alata na nepomičnu stranu stroja, obično veća radi lakšeg stezanja

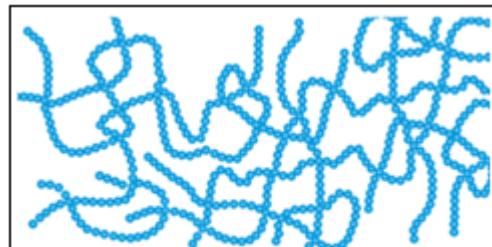
3. **Uljevna sapnica ili tuljac** – sprovodi masu u razvodne kanale i kalupnu šupljinu, čvrsto uprešana
4. **Ploča s matričnim umetkom** – u njoj se izrađuju gnejzda ili uprešavaju umetci, ugrađuje sapnica, izrađuju razvodni kanali i kanali za hlađenje
5. **Matrix – segmentni umetak** – čvrsto uprešan u matričnu ploču (poz. 5), a može biti izrađen u samoj ploči
6. **Žig – segmentni umetak** – čvrsto uprešan u ploču žigova (poz.7), a može biti izrađen u samoj ploči
7. **Ploča s žigovima** služi za smještaj žigova, prolaz izbacivala (poz. 8), protupritisnog svornjaka (poz.15), izvlačila uljevka iz uljevne sapnice ili jezgre za oblikovanje udubine u proizvodu (poz.9)
8. **Izbacivalo** – služi za odvajanje i izbacivanje proizvoda iz gnejzda. Svako gnejzdo treba imati svoje izbacivalo
9. **Jezgra** – oblikuje dio proizvoda
10. **Temeljna ploča** – služi za prihvatanje ploče sa žigovima. O njezinoj debljinama ovisi krutost alata.
- 11./12. **Ploče izbacivačkog sustava** – ploča (poz.11) povezuje izbacivala, izvlačilo i protupritisne svornjake, a ploča (poz.12) prenosi sile za izbacivanje s potiskivala (poz.19)
13. **Odstojnici** – visina odstojnika određuje dužinu hoda izbacivala
14. **Pomična ili izbacivačka stezna ploča** – služi za pričvršćenje alata na pomičnu stranu stroja
15. **Protupritisni svornjak** – preuzima opterećenje
- 16./17. **Vodilica i vodeća čahura** – služe za točno vođenje alata
18. **Centrirni prsten** – za točno centriranje pomične strane
19. **Potiskivalo ili potisni trn** – prenosi silu za pokretanje izbacivačkog sustava. Njegova dužina treba osigurati hod izbacivala
20. **Povratna opruga** – služi za povrat izbacivačkog sustava
21. **Spojni vijci**
22. **Proizvod (otpresak)**
23. **Kanali za hlađenje (temperiranje)** – trebaju biti što bliže kalupu



3.4 Procesi pri injekcionom prešanju – brizganju

Plastificirana masa

Masu treba što brže ubrizgati u kalup da pritisak i temperatura budu svuda isti. Time se postiže ujednačena struktura materijala i ravnomjerno stezanje po cijelom proizvodu bez napetosti i izvitoperenja. U stvarnosti nije tako. Otpor strujanja u sapnici smanjuje pritisak za vrijeme ubrizgavanja. Nejednoliko hlađenje mase u dodiru sa stijenkama kalupa (kavitacija) uzrokuje neravnomjernu strukturu. Povoljnim izborom utjecajnih veličina (režimi rada) moguće je dobiti proizvod s optimalnim svojstvima.

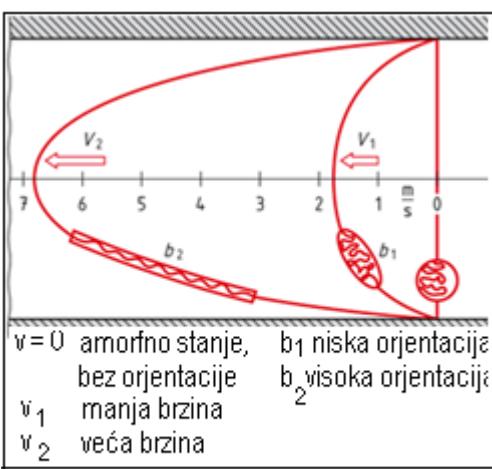


Sl.1: Amorfno stanje makromolekula - bez orijentacije - klupko

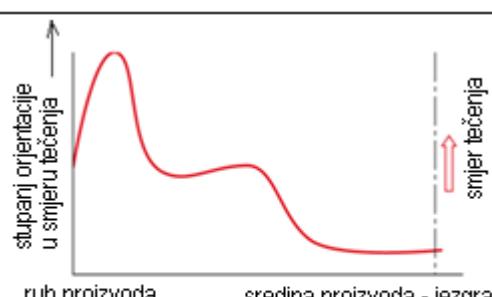
Orijentacija molekula

Molekularni lanci plastificirane mase prije ubrizgavanja su amorfni, dakle bez orijentacije, što znači da su svojstva mase ista na svakom mjestu i u svakom smjeru (sl.1). Čestice i vlaknasta struktura mase pri strujanju kroz sapnicu se zakreću i istežu u smjeru strujanja (sl.2). Ako čestice mase na rubnom području dođu u dodir s relativno hladnjom stijenkama kalupa, snizuje im se temperatura i postaju žilavije. Njihova je brzina strujanja manja u odnosu na brzinu čestica u unutrašnjosti kalupa. Čestice u unutrašnjosti su duže tekuće i brže u odnosu na rubne, što smanjuje njihovo istezanje i smicanje u procesu ubrizgavanja, dopunjavanja i hlađenja.

Kavitacija u unutrašnjosti troši manje topline pa je temperatura tih čestica viša. Duže im je vrijeme skrčivanja i znatno manje napetosti (relaksacija). Orijentacija tih molekula je manja od onih na rubnom području (sl.3). Hlađenje u hladnom kalupu zadržava prethodno orijentirano stanje mase sa zakrenutim i istegnutim česticama. Naknadno nastojanje mase da se vrati u početno amorfno stanje može uzrokovati skupljanje i deformaciju proizvoda te utjecati na njegovu **upotrebnu vrijednost**.



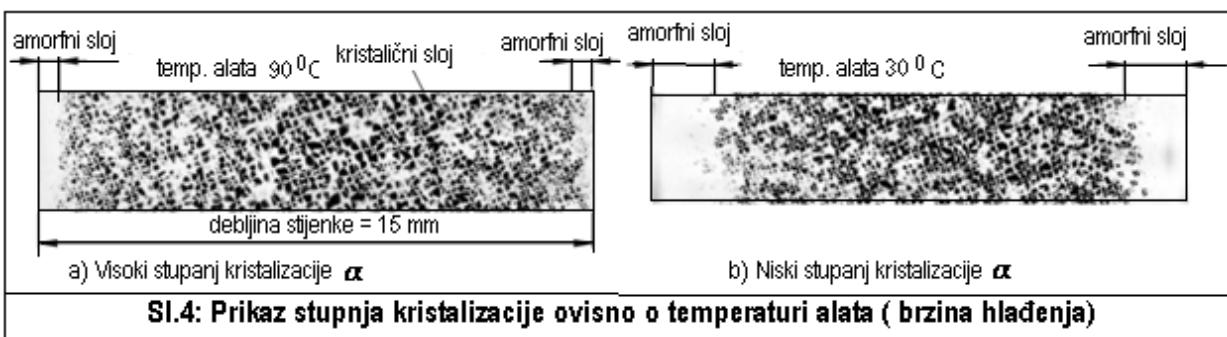
Sl.2: Orijentacija molekula pri strujanju



Sl.3: Prikaz stupnja orijentacije molekula na rubu i sredini proizvoda - štap

Stupanj kristalizacije

Pri brzom hlađenju **djelomično kristaličnih masa** može nastati amorfna struktura u rubnom području, a kristalična u sredini (jezgru) proizvoda (sl.4). Stupanj kristalizacije α izračunava se tako, da se volumen amorfne mase stavi u odnos volumena ukupne mase. Njegova veličina ovisi o molekularnoj strukturi mase i uvjetima rada. Proces kristalizacije se naknadno nastavlja, a moguće je i pri radnoj temperaturi proizvoda. Odlaganje proizvoda na višoj temperaturi (oko 140°C) ubrzava proces kristalizacije (temperiranje).



Sl.4: Prikaz stupnja kristalizacije ovisno o temperaturi alata (brzina hlađenja)

Proces tečenja

U idealnom slučaju plastificirana masa popunjava kalup ravnomernom frontom tečenja – izvorni mlaz (sl.1a).

Prvo se skrućuje vanjski sloj mase u dodiru sa stijenkama kalupa, koji sa svojim izolacionim svojstvom zadržava višu temperaturu i tečnost mase u unutrašnjosti kalupa.

Stvara se **plastična jezgra** koja omogućuje daljnje tečenje mase u istom stanju na duže vrijeme i kvalitetno spajanje (zavarivanje) njenih pojedinih slojeva (sl.1b).

Ako se razbije fronta tečenja, stvoriti će se ubrzani slobodni mlaz (odvojak mase), koji se postavlja popreko na kalup i hlađi. Sprečava kvalitetno zavarivanje nadolazeće mase i stvara slaba mjesta na proizvodu (sl.2).

Utjecajne veličine pri brizganju (režimi rada)

U tablici 1 prikazane su utjecajne veličine na proces injekcionog prešanja i kvalitetu proizvoda (režimi rada).

Proces punjenja ovisi o brzini ubrizgavanja i punjenja kalupa.

Brzina ubrizgavanja je brzina čestica mase pri ubrizgavanju, a ovisi o pritisku ubrizgavanja.

Brzina punjenja je brzina kojom masa popunjava kalup, a ovisi o otporu strujanja unutar kalupa. Što je veći otpor, to je potreban veći pritisak ubrizgavanja.

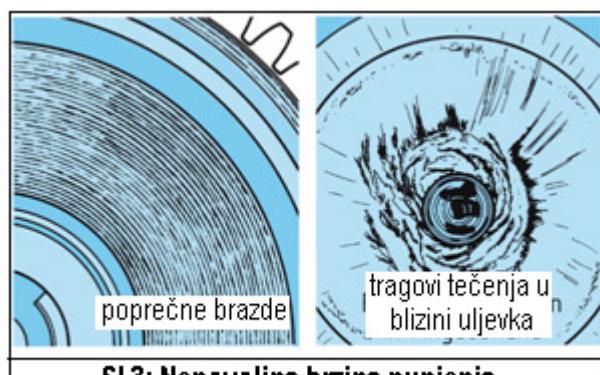
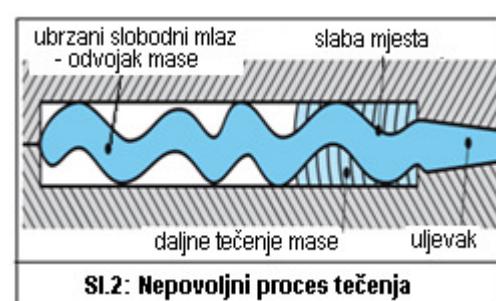
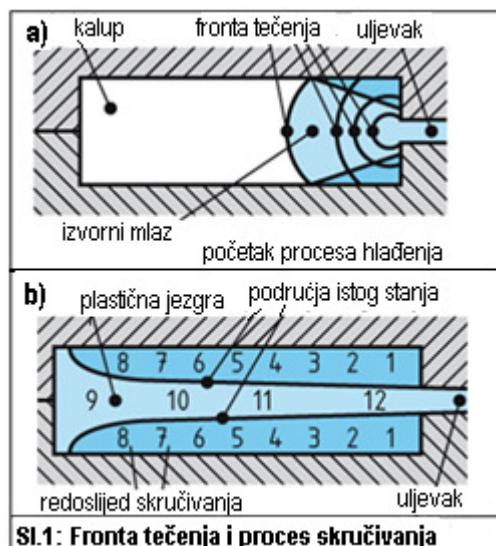
Pri manjoj brzini punjenja nastaju veće temperaturne razlike između prethodno i trenutno ubrizganih dijelova mase.

Hladnija masa ima veću viskoznost i zahtijeva veći pritisak ubrizgavanja. Pukotine već ohlađene mase pri dalnjem ubrizgavanju uzrokuju pomicanje materijala i stvaranje poprečnih brazda okomito na smjer tečenja (sl.3).

Prevelika brzina punjenja uzrokuje oštro skretanje nagle poprečne promjene, a moguća je i pojava krhotina. Temperatura mase je viša pa je moguće njen toplinsko oštećenje.

Pri sporom odzračivanju kalupa za vrijeme ubrizgavanja, komprimira se i znatno zagrije zarobljeni zrak te može prouzročiti izgaranje materijala (dieselefekt).

Stvaranje slobodnog mlaza i dijeljenje struje mase ostavlja tragove tečenja na gornjoj plohi (sl.3).



Sl.3: Nepovoljna brzina punjenja

Utjecajne veličine	Način djelovanja	
Pritisak ubrizgavanja	previsok	pritisak u alatu velik, srh na proizvod
	prenizak	lagano punjenje kalupa, slaba mjesta u i na proizvodu
	djeluje prekratko	lagano punjenje, prelagani proizvod
	djeluje predugo	težak proizvod, napetosti u proizvodu
Brzina ubrizgavanja, odnosno brzina punjenja	previsoka	manja orijentacija molekula, stvaranje slobodnog mlaza, izgaranja na proizvodu
	premala	slabo zavarivanje strujne mase, šupljikavost, velika temperaturna razlika u masi

Tablica 1: Utjecajne veličine na proces brizganja i kvalitetu proizvoda

Raspored pritiska

Pritisak u alatu je niži i vremenski kasni u odnosu na pritisak ubrizgavanja u pužnom predprostoru zbog otpora strujanja u sapnici i kalupu.

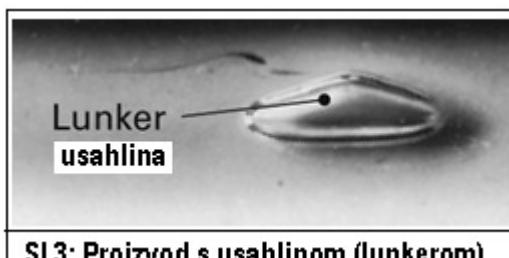
Uz to, popunjavanje kalupa i oblikovanje konture proizvoda odvija se uz kompresiju, odnosno zguščivanje mase (**točka A**).

Maksimalni pritisak u kalupu (**točka B**) ovisi o obliku i kvaliteti proizvoda, vrsti mase i odnosu puta tečenja mase i debljini stijenke proizvoda (sl.2).

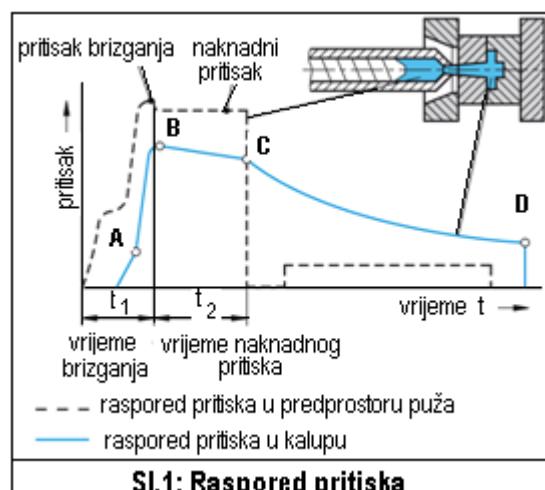
Kad se postigne željeni pritisak u kalupu, smanji se pritisak ubrizgavanja na tkz. naknadni pritisak.

Ovaj pritisak u završnoj fazi služi za punjenje preostale mase i popunjavanje kalupa zbog hlađenja i skupljanja materijala u njemu. Pri tome pritisak u kalupu lagano pada.

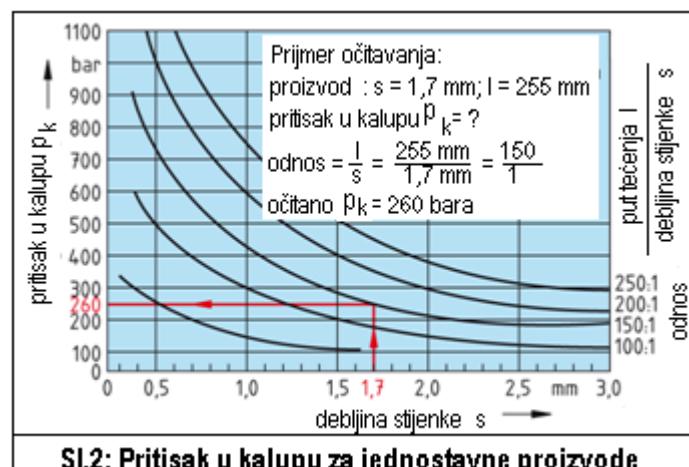
Utjecaj naknadnog pritiska na proces brizganja pokazuje **tablica 1**. Kada se uljevak skruti (**točka C**), pritisak se u kalupu smanjuje zbog hlađenjana na tkz. preostali pritisak (**točka D**). Djelovanje ovog pritiska povećava stabilnost proizvoda da se ne deformira pri izbacivanju iz kalupa.



Sl.3: Proizvod s usahlinom (lunkerom)



Sl.1: Raspored pritiska



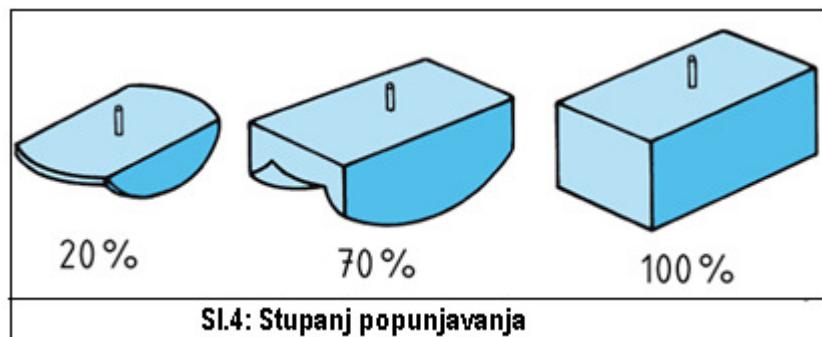
Sl.2: Pritisak u kalupu za jednostavne proizvode

Naknadni pritisak	Način djelovanja	
prenizak	usatline (sl.3), udubljenja	veliko kolebanje odstupanja i skupljanja, manja težina i premali proizvod
prekratko djelovanje	niži stupanj popunjavanja kalupa	
predugo djelovanje	bez djelovanja	neekonomično, velika težina i preveliki proizvod, velike napetosti
previsok	prepunjeno	

Tablica 1: Djelovanje naknadnog pritiska

Stupanj popunjavanja kalupa

Stupanj popunjavanja određuje se pokusom, tkz. studijom punjenja ili nizom ubrizgavanja sa stalnim povećanjem ubrizgane mase, dok se ne postigne proizvod zahtjevane kvalitete (sl.4). Tako dobiveni proizvod može poslužiti za kontrolu ostalih proizvoda uspoređivanjem njihovih težina.



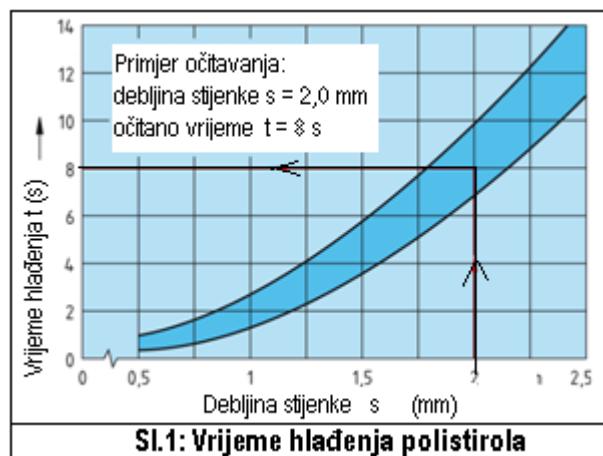
Sl.4: Stupanj popunjavanja

Hlađenje

Brzina kojom će se stabilizirati oblik proizvoda pri hlađenju mase ovisi o temperaturi alata. Ona je određena vrstom mase, zahtjevima proizvoda i debjinom stijenke (sl.1).

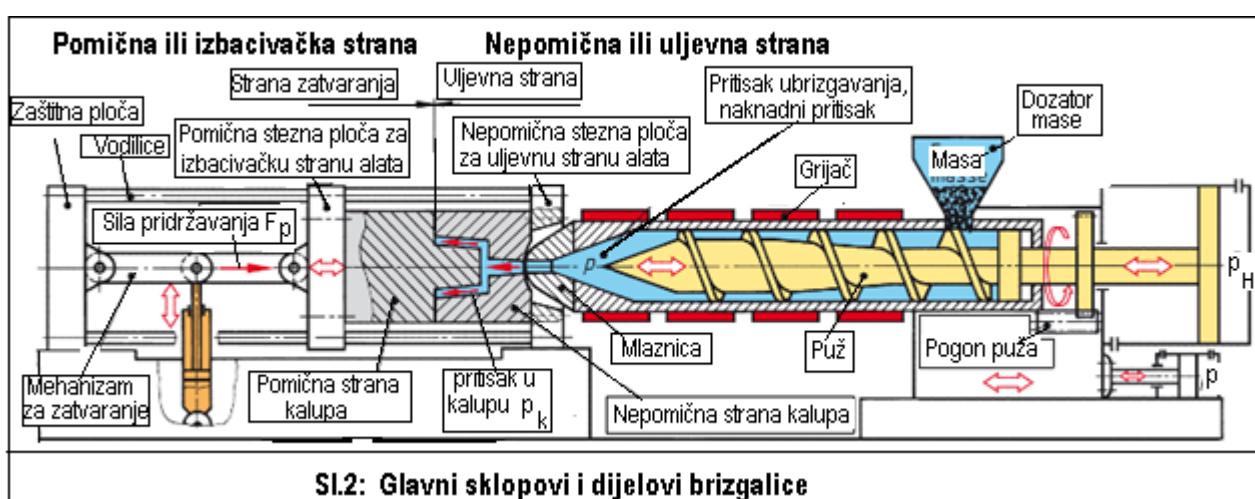
Jetfni i masovni proizvodi hlađe se brzo, temperatura alata je niža, a vrijeme izrade kraće. Njihova je temperatura viša pri izbacivanju iz kalupa, što uzrokuje veće naknadno skupljanje i izvitoperenje. Za zahtjevne tehničke proizvode hlađenje je sporije, a temperatura alata viša. Što je veća debjina stijenke i veća težina proizvoda, to je hlađenje duže.

Vremensko trajanje od jednog do drugog ubrizgavanja naziva se **takt ili ciklus**.

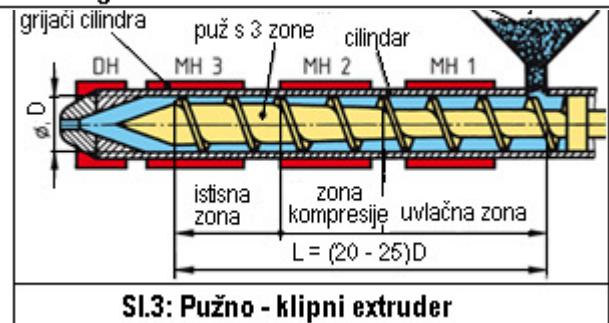


3.5 Strojevi za injekciono prešanje (brizgalice, preše)

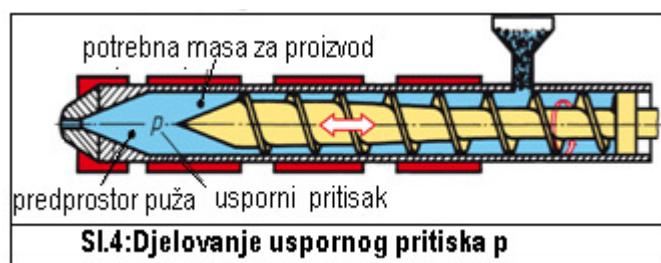
Brizgalica se sastoji od nepomične ili uljevne strane i pomične ili izbacivačke strane (sl.2).



Uljevna jedinka – extruder - Prihvata i transportira masu (granule) te plastificira i ubrizgava u kalup. Puž se okreće i potiskuje masu kroz pojedine zone cilindra do predprostora ispred vrha. Na kraju plastifikacije puž se zaustavi i počne brzo uzdužno gibanje kojim ubrizga masu u kalup (sl.3).



Utjecajne veličine - Broj okretaja puža ovisi o promjeru puža, odnosno obodnoj brzini (tab.1). **Usporni ili akumulacijski pritisak** je otpor mase ispred vrha puža (predprostor). Djeluje tako da, za vrijeme plastificiranja mase, potiskuje i uzdužno pomiče puž prema nazad (suprotno od podešenog hidrauličkog pritiska). Puž se pomiče dok se ne nakupi dovoljno mase u predprostoru za punjenje kalupa (sl.4). Usporni pritisak ovisi o viskoznosti i toplinskoj osjetljivosti mase (tab.1).



Tab.1: Utjecajne veličine	Temperatura mase °C	Obodna brzina v_{max} m/s	Usporni pritisak p bara
PMMA	200 - 250	0,3	80 - 120
PVC	150 - 180	0,08 - 0,1	40 - 80

Temperatura cilindra u $^{\circ}\text{C}$ za PVC u pojedinim zonama:

DH	MH3	MH2	MH1	Lijevak
170 – 210	160 – 190	160 – 170	140 – 160	30 - 40

Jedinka za zatvaranje

Otvara, zatvara i pridržava alat pomoću koljenastog polužnog mehanizma ili potpune hidraulike (sl.1).

Sila zatvaranja F_z nastaje pri procesu zatvaranja i isteže vodilice jedinke, a međusobno pritišće kalupne ploče.

Sila uzgona F_u nastaje pri ubrizgavanju mase uslijed djelovanja njenog pritiska p_k na projiciranu površinu kalupa A_p :

$$F_u = p_k \times A_p.$$

Sila pridržavanja F_p je ukupna sila koja isteže vodilice jedinke za vrijeme ubrizgavanja mase:

$$F_p = F_z + F_u.$$

Ona je uvijek veća od sile zatvaranja, a ograničena je krutošću jedinke i alata..

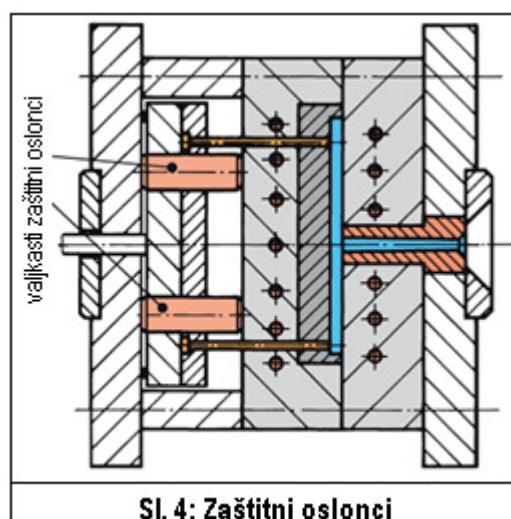
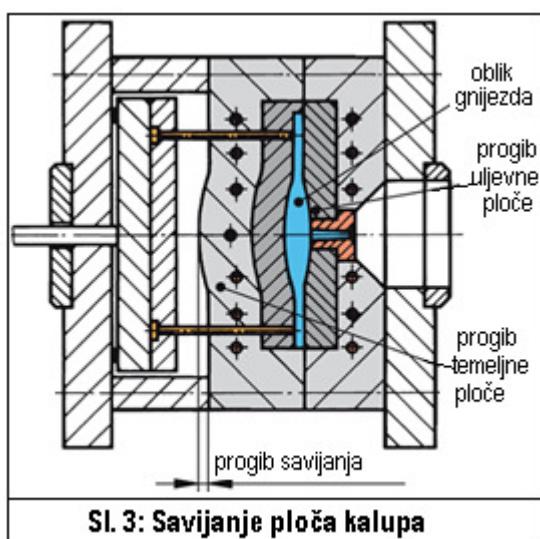
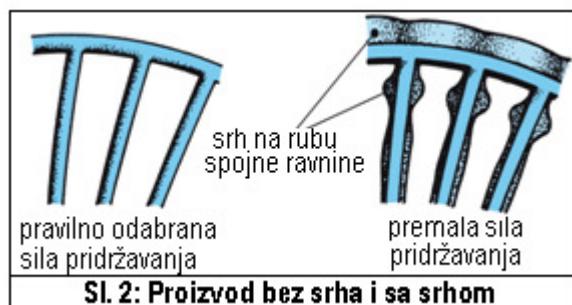
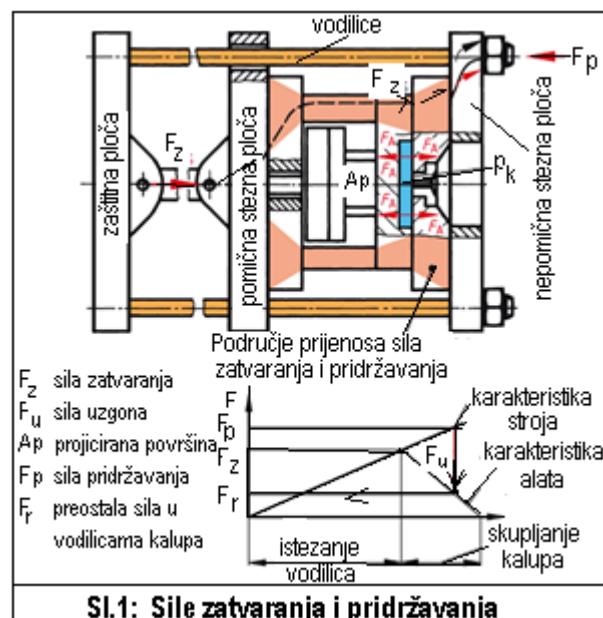
Ako je sila uzgona veća od sile pridržavanja, otvaraju se kalupne ploče i stvara srh na rubu spojne ravnine (sl.2).

Ipak, sila pridržavanja treba biti što manja da se izbjegne savijanje steznih ploča jedinke koje nose i povezuju kalupne ploče (sl.3).

Naime, savijanje nastaje pri ubrizgavanju mase uslijed djelovanja sile uzgona na obje kalupne ploče u području šupljine, dok sila pridržavanja djeluje samo na rubu kućišta alata i izravno se prenosi preko oslonaca između temeljne i pomične ploče alata. Savijanje je veće i zbog smanjenja krutosti ploča u području prvrta za uljevacki ili prvrta za izbacivački sustav.

Ako se stvara srh, a još nije ostvaren dovoljno veliki pritisak ubrizgavanja, potrebno je ugraditi valjkaste zaštitne oslonce u području progiba (sl.4).

Sila zatvaranja treba biti što manja zbog potrebnog odzračivanja kalupne šupljine pri ubrizgavanju.



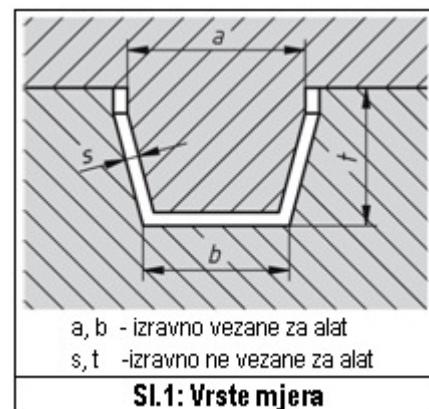
3.6 Oblikovanje proizvoda

Tolerancije mjera

Postignute tolerancije mjera ovise o skupljanju, vrsti mase i vrsti mjera, kao i kvaliteti stroja i alata (sl.1).

Amorfne mase omogućuju manje tolerancije, nego djelomično kristalične.

Nadalje, mjere proizvoda izravno vezane za mjeru na alatu (a,b na sl.1) su točnije u odnosu na mjere koje se postižu zatvaranjem alata (s,t na sl.1).



Tolerancije su određene standardom (DIN 16901), tako što su podjeljene u grupe ovisno o vrsti mase i njegovom skupljanju, vrsti mjere (izravno vezane za alat ili ne) i području nazivne mjere.

Primjer (sl.1): Proizvod od polietilena (grupa tolerancije 150), vezana mjera (oznaka 3) i nazivna veličina $a = 35 \text{ mm}$ (područje 30 – 40 mm) ima opću toleranciju $\pm 0,39 \text{ mm}$.

Smjernice za oblikovanje proizvoda (VDI 2006)

Debljina stijenke mora biti dovoljno velika da se kalup sigurno popuni prije prejakog ohlađenja i otvrđivanja mase.

Zbog toga se **najmanja debljina stijenke** odabire ovisno o putu tečenja mase u kalupu i njenoj tečnosti (sl.2 i str.12, sl.2).

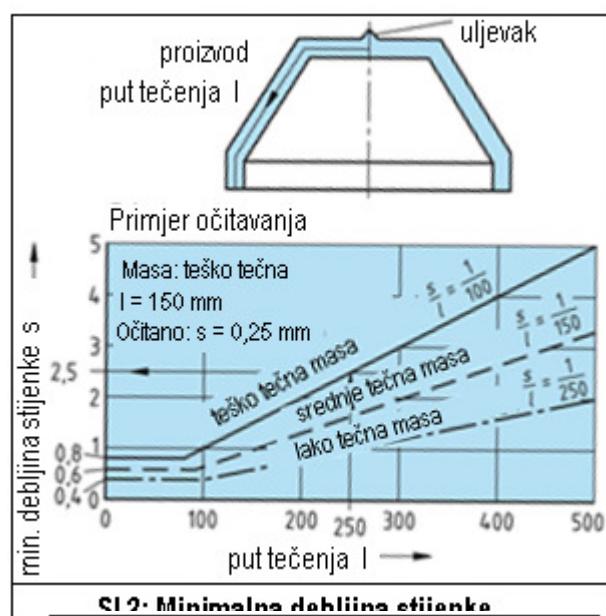
Poželjno je da su debljine stijenke jednake po cijelom proizvodu. Uobičajena debljina stijenke iznosi $1 \div 3 \text{ mm}$, a za veće proizvode $3 \div 6 \text{ mm}$.

Debljine ispod $0,4 \text{ mm}$ i iznad 8 mm postižu se pod posebnim uvjetima (sl 3a i 3b).

Na porzvodu treba izbjegavati mesta s gomilanjem materijala i nagle prijelaze poprečnog presjeka, zbog mogućih udubljenja na površini i usahlina (lunkera) u unutrašnjosti (sl.3d).

Nadalje, razlika u debljini stijenke stvara unutarnju napetost zbog neravnomjernog hlađenja i moguće pukotine na oštrim rubovima i kutovima.

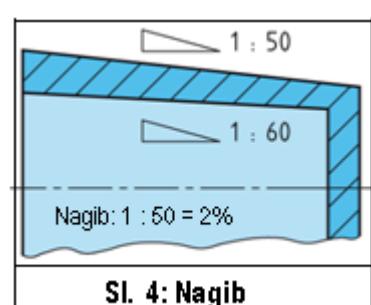
Višu stabilnost moguće je postići rebrastim ukrućenjem proizvoda (sl.3c)



Nagib proizvoda (sl.4)

Sve površine na proizvodu imaju nagib u smjeru otvaranja alata, zbog lakšeg i bržeg odvajanja i izbacivanja.

U tablici 1 (str.16) ponuđene su grube smjernice za veličinu nagiba, koji ne ovisi samo o visini proizvoda, nego i obliku, hrapavosti površine, promjeru i načinu odvajanja.



Skupljanje

Pri određivanju mjera kalupne šupljine treba uračunati skupljanje mase i eventualno naknadno skupljanje proizvoda (**tab.1**). Skupljanje je promjena mjera uslijed stezanja materijala pri hlađenju. To je razlika u mjerama kalupne šupljine i proizvoda. Skupljanje u smjeru tečenja mase i popreko može biti različito.

Naknadno skupljanje je razlika u mjerama proizvoda na sobnoj i nekoj drugoj temperaturi. Proizvod je manji. Brojčane podatke o skupljanju je teško odrediti jer ovise o mnogo faktora. Amorfni termoplasti (polistirol) imaju malo skupljanje, bez obzira na vanjske uvjete. Djelomično kristalčne mase (polietilen) imaju široko područje skupljanja, koje ovisi o pritisku ubrizgavanja i naknadnom pritisku. Što su ovi pritisci veći, to je skupljanje manje. Oblik kalupne šupljine i ušća, također utječe na omjer skupljanja. Nadalje, što je viša temperatura alata povoljnije je stvaranje kristala, ali i veće skupljanje.

UKUPNO SKUPLJANJE je razlika u mjerama kalupne šupljine i proizvoda nakon dugog skladištenja ili upotrebe.

Tablica 1: Režimi rada pri injekcionom prešanju

Masa	pritisak ubrizgavanja p bara	naknadni pritisak bar	temperatura mase °C	temperatura alata °C	skupljanje %	nagib %
Polystyrol	1200 ... 1500	(0,3 ... 0,6) · p	150 ... 280	10 ... 50	ca. 0,45	1,5
ABS	1000 ... 1500	(0,3 ... 0,6) · p	180 ... 240	50 ... 85	0,4 ... 0,7	-
Polyethylen	1200 ... 1500	(0,3 ... 0,6) · p	140 ... 350	20 ... 60	1,5 ... 2	0,2 ... 2
Polypropylen	1200 ... 1800	(0,4 ... 0,8) · p	150 ... 260	20 ... 60	1,2 ... 2,2	1,5
Polycarbonat	1300 ... 1800	(0,4 ... 0,6) · p	230 ... 320	85 ... 120	0,7 ... 0,8	1
Polyvinylchlorid	800 ... 1600	(0,3 ... 0,5) · p	140 ... 210	20 ... 60	0,5 ... 0,7	1,5

3.7 Nepomična ili uljevna strana alata

Nepomična strana omogućuje prihvati i tečenje mase te popunjavanje kalupne šupljine sa što manjim gubitkom pritiska i temperature. Put tečenja od sapnice stroja do ušća u gnijezdo treba biti što kraći, a njegov presjek dovoljan da omogući ravnomjerno punjenje sustava i kalupne šupljine. Sastoji se od uljevka, razdjelnog kanala, dovodnih kanala i ušća u kalupnu šupljinu (**sl.1**).



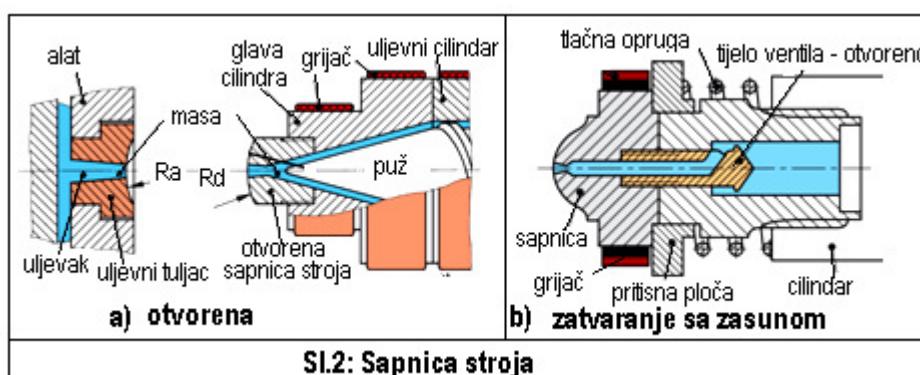
Sl.1: Uljevni sustav sa četiri gnijezda

Sapnica stroja – mlaznica

Treba osigurati nepropusni spoj između uljevnog cilindra stroja i alata, po mogućnosti, sa što manjim gubitkom pritiska i temperature mase. Hladi se u dodiru s hladnjijim alatom te može smanjiti toplinu zaostale mase u sapnici. Zbog toga se ugrađuje grijач sapnice ili se ona udaljava od alata nakon svakog ubrizgavanja i isteka djelovanja naknadnog pritiska.

Otvorena sapnica (**sl.2**) se koristi za mase s većom viskoznošću. Zbog ravnih kanala mali su gubici pritiska i temperature. Osim toga, lakše se čiste i ispiru. Opasnost od izlaza mase smanjuje se s manjim otvorom sapnice (3 – 8 mm).

Sapnica sa zatvaranjem otvora (**sl.2**) se koriste za vrlo tečne mase. Nakon svakog ubrizgavanja zatvara se otvor sapnice i sprečava nepoželjni izlaz mase.



Sl.2: Sapnica stroja

Izravni uljevak

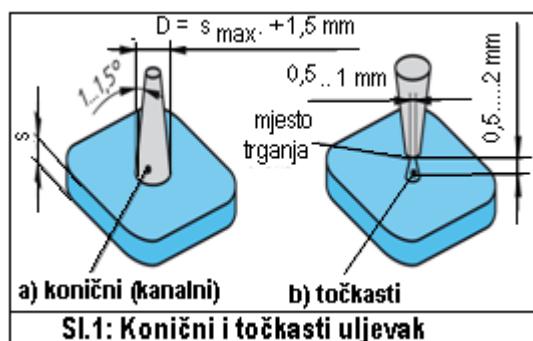
Put tečenja mase svodi se samo na konični provrt u uljevnom tuljcu alata (sapnica) koji je izravno spojen s kalupnom šupljinom.

Uljevak može biti kanalni u obliku konusa i točkasti (sl.1).

Konični uljevak koristi se pretežno za rotaciono simetrične i teške proizvode. Uljevak se naknadno odrezuje piljenjem ili glodanjem.

Zbog tragova odvajanja nije dobro da se uljevak nalazi na vidljivoj površini proizvoda.

Promjer **D** treba odrediti tako da skrućivanje uljevka uvijek traje duže od samog proizvoda (sl.1a i sl.2).



Točkasti uljevak se trga pri odvajanju na mjestu najmanjeg poprečnog presjeka, a na proizvodu ostaje samo uljevni čunjic - šiljak (sl.1b i sl.3).

Izostaje naknadno odrezivanje i nema optičkog oštećenja površine.

Osim toga, masa uljevka ostaje u predkomori za daljnje brizganje.

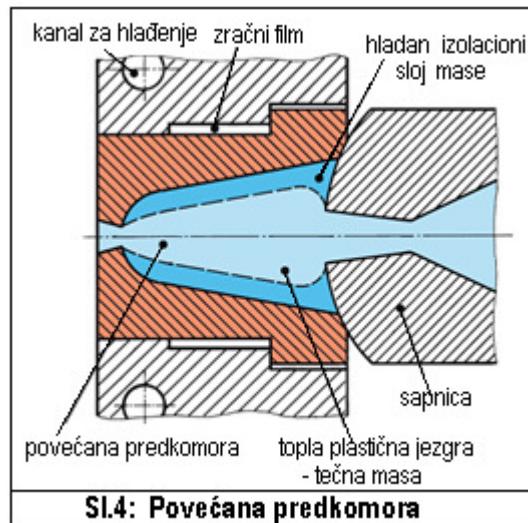
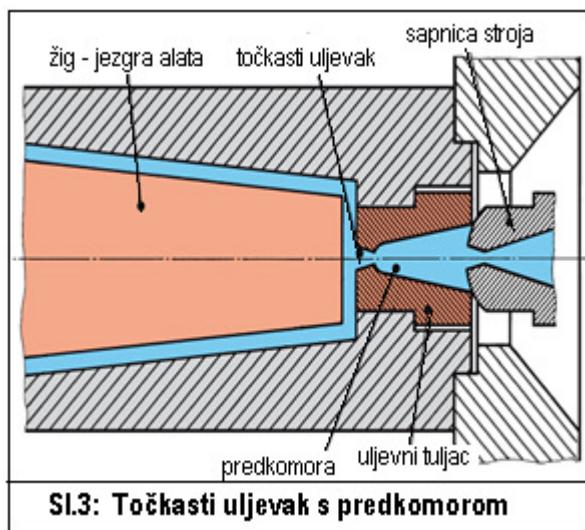
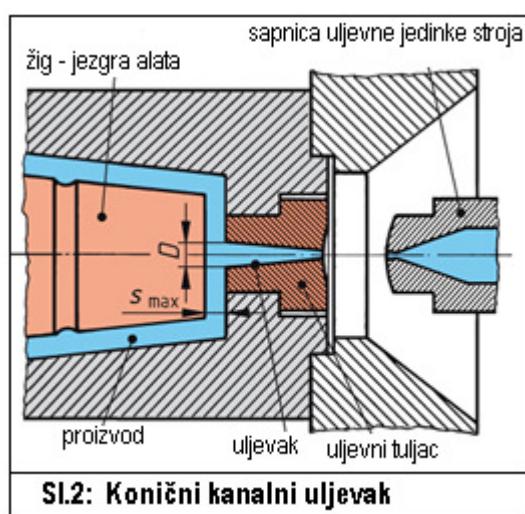
Pretežno se koristi za izradu malih i masovnih proizvoda na alatima s jednim ili više gnijezda, kao i za velike proizvode koji zahštjevaju više ušća.

Što je manji otvor točkastog uljevka, to je lakše odvajanje trganjem.

Ako se ohladi masa u predkomori uslijed presporog punjenja kalupa, biti će potrebno naknadno ručno vađenje uljevka.

Potrebno je uskladiti debljinu stijenke, viskoznost i temperaturu mase.

Zbog navedenih poteškoća, izrađuju se povećane i produžene predkomore, tako da se na njihovim stijenkama stvara hladniji sloj mase koji, kao toplinski izolator, sprečava daljnje hlađenje mase i omogućuje tečenje kroz jezgru uljevka (sl.4). Daljnja mogućnost da se spriječi hlađenje mase je ugradnja specijalnih grijачih patrona u predkomoru.

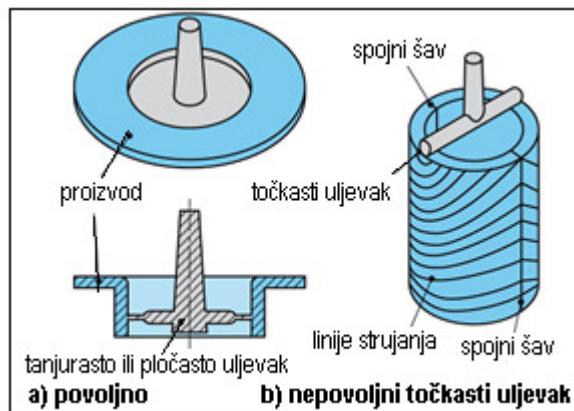


Tanjurasti ili pločasti uljevak

Ovaj uljevak je predviđen za prstenaste proizvode (sl.1a).

Ako bi se umjesto ovog uljevka koristio jedan točkasti ili dva međusobno povezana, onda bi se stvarala spojna linija mase duž cijelog proizvoda – spojni šav (sl.1b).

Što je masa hladnija pri spajaju, to će čvrstoća šava biti manja.

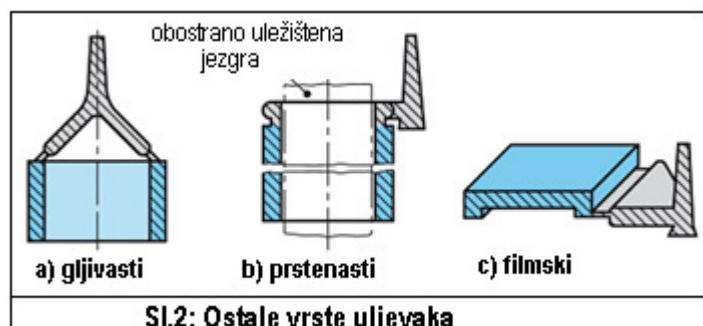


Glijivasti, prstenasti i filmski uljevak

Glijivasti uljevak se koristi za izradu kratkih šupljih proizvoda (sl.2a).

Prstenasti uljevak se koristi za cijevaste proizvode na alatu s ugrađenom jezgrom, koja je uležištena na obje strane (sl.2b).

Filmski uljevak je u obliku uljevne trake i koristi se za izradu ravnih proizvoda velikih površina (sl.2c).

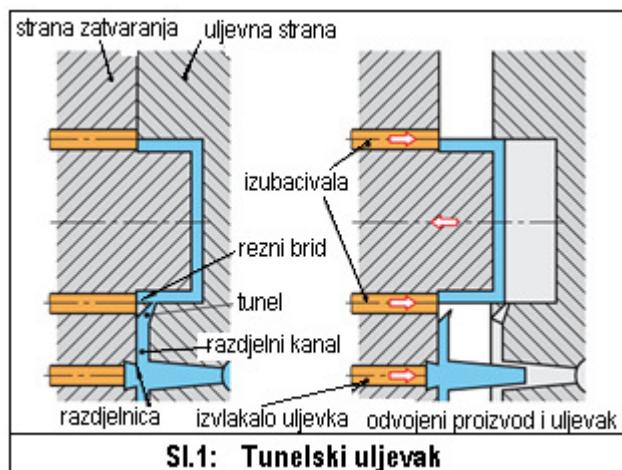


Tunelski uljevak

Tunelski uljevak se postavlja bočno na proizvod ili na neko drugo manje vidljivo i osjetljivo mjesto, a odvaja se automatski od proizvoda prilikom otvaranja kalupnih ploča (sl.1).

Razdjelni kanal ide duž razdjelnice i prije kalupne šupljine, skreće pod nekim kutom i ulazi u nju kao konični tunel.

Otvarenjem pomične kalupne ploče povlači se proizvod i uljevak. Pri tome se odrezuje uljevak na mjestu tunelskog ušća i odvaja od proizvoda. Pri kraju otvaranja izbacivački sustav izbacuje proizvod i uljevak iz kalupne ploče.



Da se sprijeći eventualno trganje uljevka prije odrezivanja preko reznog brida, potrebno je predvidjeti njegovo slobodno savijanje i odabrati pravilan konus tunela.

Masa treba biti žilavo-elastična ili nepotpuno skrućena.

Zbog velikog gubitka pritiska tunelski uljevak se koristi za izradu jednostavnijih i sitnih proizvoda na alatima s više gnijezda.

Izvedbe uljevanja u više gnijezda

Alati s više gnijezda izrađuju više proizvoda jednim ciklusom ubrizgavanja. Ako su gnijezda postavljena na razdjelnici kalupnih ploča, tada se masa dovodi pomoću razdjelnih kanala – razdjelnik (**sl.1**).

Zvezdasti razdjelnik se koristi za gnijezda koja su centrično postavljena oko uljevnog konusa.

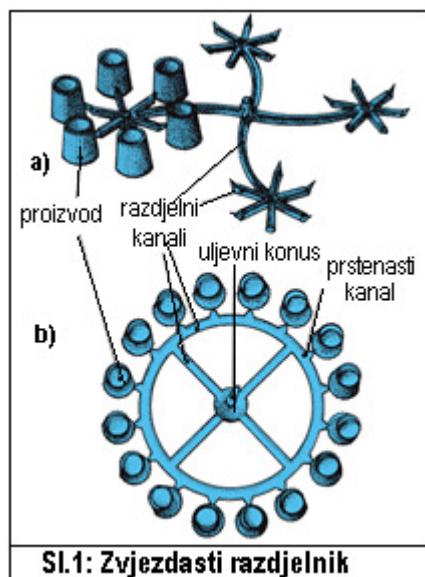
Kod razdjelnika prema **sl.1a** dužine putova tečenja mase biti će jednake za sva gnijezda.

Prednost prstenastog razdjelnika (**sl.1b**) je u tome što je ukupna dužina putova tečenja kraća.

Redni razdjelnik ima različite dužine putova tečenja što može smanjiti kvalitetu proizvoda, odnosno neravnomjerno popuniti gnijezda (**sl.2**). Ovaj nedostatak se može otkloniti izradom kanala s različitim poprečnim presjecima.

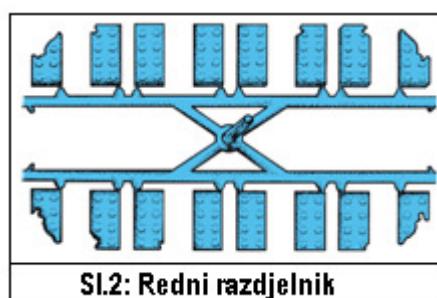
Prednost rednog razdjelnika je u mogućnosti izrade više proizvoda s jednim ciklusom ubrizgavanja.

Ako se proizvodi i uljevni sustav istovremeno skrute i ostanu povezani nakon izbacivanja, potrebno ih je naknadno odvojiti.



Oblici razdjelnog kanala i ušća

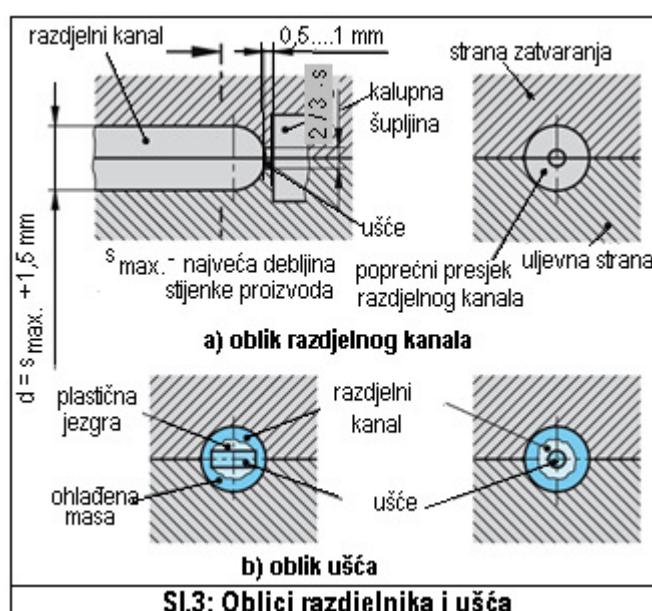
Poprečni presjek razdjelnog kanala trebalo bi kružno zaobliti da se postigne što manja površina, a time i manje hlađenje mase (posebno kod velikih presjeka kanala).



Izrada takvih kanala je skupa, a posebno što se moraju raditi u obje kalupne ploče (**sl.3**). Zbog toga se rade trapeznog oblika i samo u jednoj ploči.

Okruglo ušće radi se na isti način u obje ploče. Ako se odabere pravokutno ušće treba paziti da njegova širina bude manja za cca. 2 mm od promjera razdjelnog kanala (**sl.3**).

Ušće treba odrediti i postaviti tako da samo topla masa u području plastične jezgre ima pristup kalupnoj šupljini. Ohlađene čestice mase zadržavaju se na stijenkama razdjelnog kanala. Položajem ušća određuje se i smjer ubrizgavanja mase u kalup.



Uljevak za visoke proizvode – posude

Na alatima za visoke proizvode ugrađuju se jezgre (umetnuti žigovi) za izradu unutarnjeg oblika proizvoda. Ako se uljevno ušće postavi bočno na jezgru u razdjelnoj ravnini, tada pritisak mase može saviti jezgru. Taj progib jezgre stvara različite debljine stijenke i uzrokuje neravnomjerno punjenje kalupa. Osim toga, masa prvo popunjava dio kalupa uz razdjelnu ravninu i pri tome zatvara kanale za odzračivanje. Zarobljeni zrak se stlači i pregrije, a masa izgara na tim mjestima. Ovaj se problem rješava pomoću alata s 3 razdjelne ploče (str. 20) i uljevanjem preko dna posude.

Uljevac za visoke proizvode na alatima s 3 razdjelne ploče

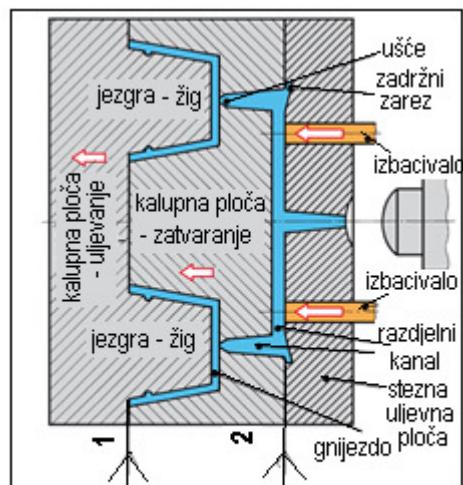
Ovi alati omogućuju centralno ulijevanje mase preko dna proizvoda. Tada nema bočnog pritiska na jezgre i njihova savijanja.

Na alatu su dvije razdjelne ravnine (1 i 2). Prva ravnina zatvara i oblikuje gnijezdo proizvoda, a druga razdjelne kanale (sl.1).

Otvaranjem alata proizvod se odvaja od ušća i skida s jezgre, a uljevni sustav odvaja od uljevne kalupne ploče i izbacuje iz uljevne stezne ploče.

Centralnim ulijevanjem kroz dno postiže se simetrično popunjavanje kalupa i vrlo dobra kružna točnost proizvoda.

Za pravilano funkcioniranje alata pri odvajajući i izbacivanju potrebno je predvidjeti razne zupce, zapinjače, negativne nagibe ili slične zadrživače na proizvodu i uljevku.



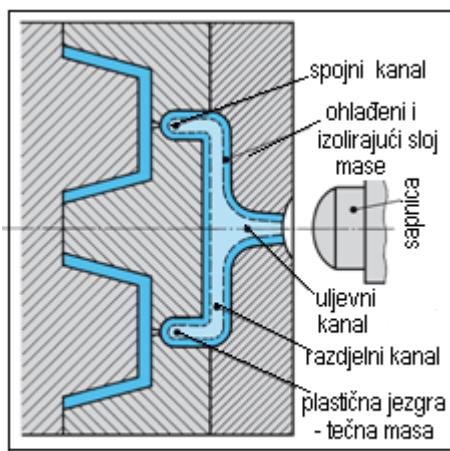
Sl.1: Alat s tri razdjelne ploče i dvije razdjelne ravnine

Uljevac s izolacijskim kanalima

Kod ovog uljevka je povećan promjer razdjelnika i dovodnih kanala.

Na stijenkama kanala skruti se tanki sloj mase koji svojom toplinskom izolacijom sprečava hlađenje prema unutrašnjosti kanala i tako osigura tečnu jezgru mase u kanalu (sl.2).

Na ovaj se način štedi na odvajajući uljevak, a masa zadržana u njemu se koristi za daljnju preradu (neskrućen uljevak).

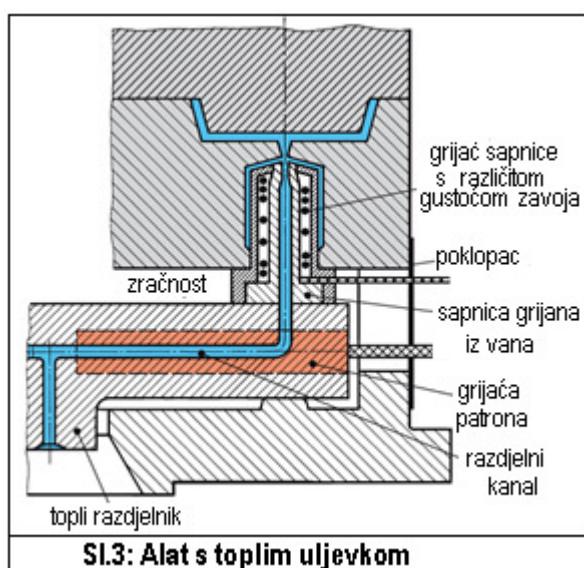


Sl.2: Alat s izoliranim kanalima

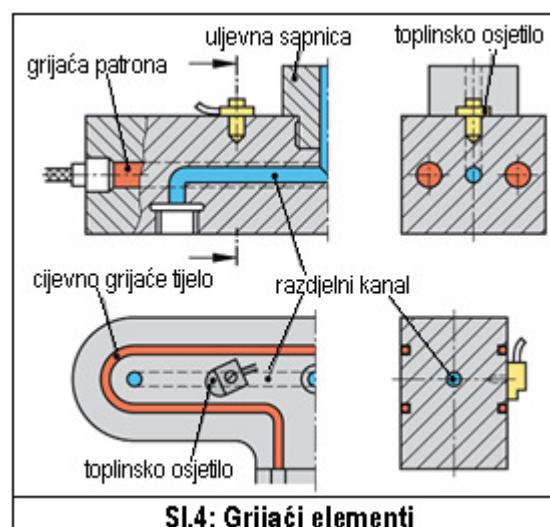
Topli uljevac s grijачem

Ugradnja grijajuće patrona ili cijevnog grijajućeg usporava hlađenje i održava potrebnu temperaturu mase u razdjelnom kanalu (sl.3 i 4). Pri ugradnji razdjelnog kanala ostavlja se zračnost da se izbjegne izravni dodir sa znatno hladnjim alatom.

Može se ugraditi i reflektirajući lim koji povratno usmjerava toplinu na razdjelnik.



Sl.3: Alat s topelim uljevkom



Sl.4: Grijajući elementi

Hlađenje alata - temperiranje

Hlađenjem alata odvodi se toplina mase i dovoljno ohladi proizvod, tako da se bez deformacije izbaci iz kalupa.

Vrijeme hlađenja, ovisno o uvjetima rada, treba biti što kraće (sl.1).

Hlađenje je rashladnom tekućinom (najčešće vodom) koja se provodi sustavom rashladnih kanala (sl.2).

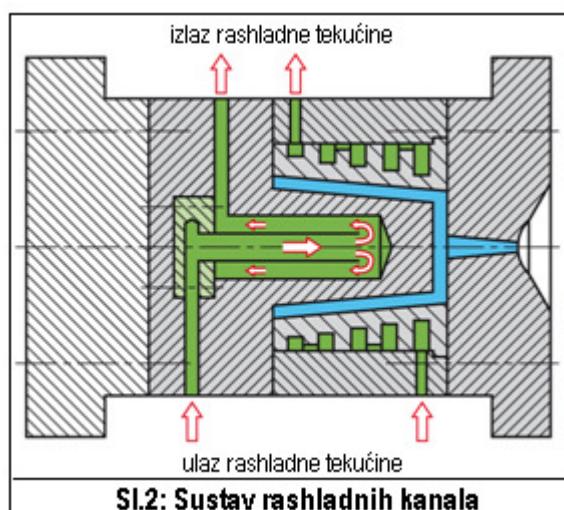
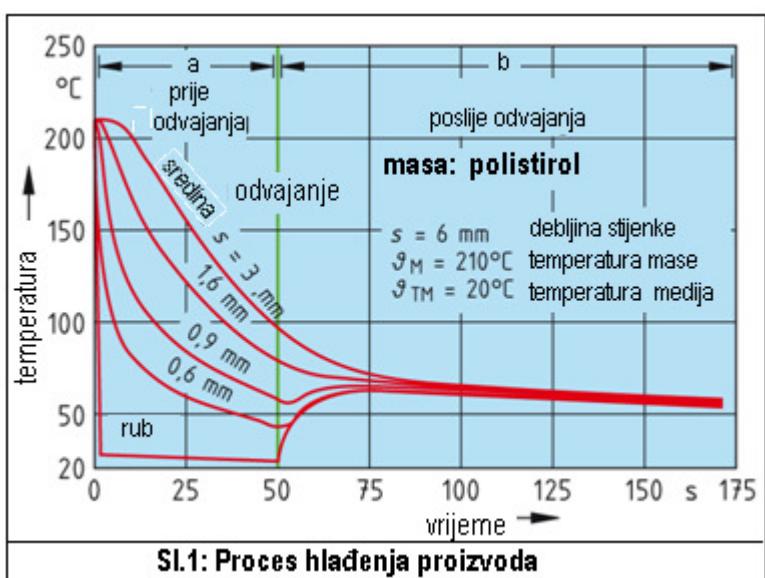
Raspored kanala treba prilagoditi različitim temperaturnim zonama koje se moraju brzo i jednakoholaditi.

Posebno treba paziti na čvrste ili uprešane spojeve zbog mogućeg različitog toplinskog istezanja.

Pri postavljanju kanala treba postići što bolje hlađenje, a s druge strane ne oslabiti krutost kalupnih ploča. Zbog jednostavnosti se izrađuju bušenjem pa su kružnog poprečnog presjeka.

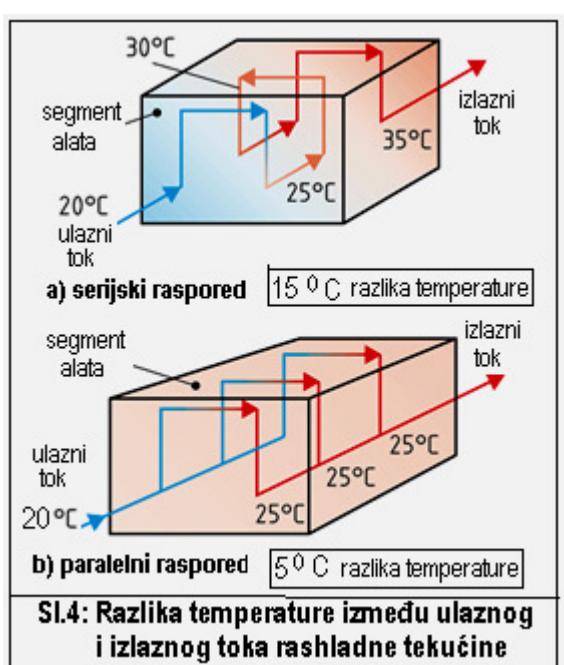
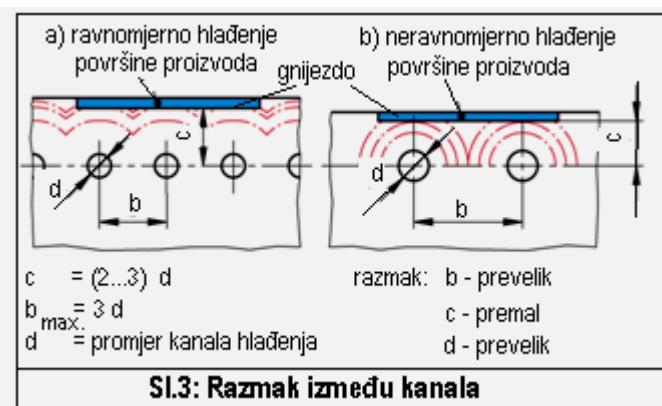
Promjer kanala ovisi o debljini stijenke proizvoda (Tab.1).

Tab.1: Promjer rashladnih kanala	
Debljina stijenke proizvoda (mm)	Promjer d (mm)
2	8...10
4	10...12
6	12...15



Pri određivanju razmaka između kanala treba uzeti u obzir ravnomjerno hlađenje površine proizvoda (sl.3).

Na slici 4 je prikazan serijski i paralelni raspored rashladnih kanala te postignuta razlika temperature između izlaznog i ulaznog toka.



3.8 Pomična ili izbacivačka strana alata

Pomična strana služi za zatvaranje i otvaranje kalupa te vađenje, odnosno odvajanje proizvoda (**sl.1**). Pri otvaranju alata proizvod mora ostati na pomičnoj kalupnoj ploči.

Vađenje proizvoda pomoću izbacivala

Vađenje proizvoda je pomoću izbacivačkog sustava koji se sastoji od osnovne i pridržne ploče, izbacivala, izvlakala i potisnog trna (**sl.1**).

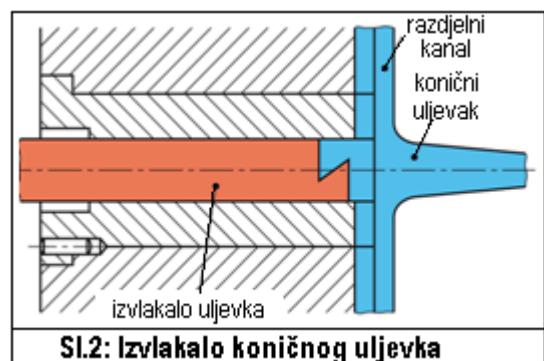
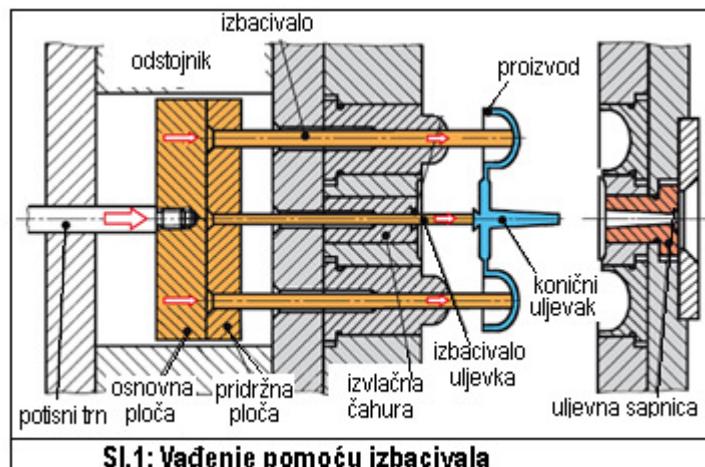
Za vrijeme otvaranja alata potisni trn najde na graničnik i zaustavi izbacivački sustav. Pošto se kalupna ploča i dalje pomiče, izbacivala se izvlače iz nje i izbacuju proizvod (**sl.1**).

Pri određivanju položaja izbacivala treba voditi brigu o ravnomjernom vađenju proizvoda.

Dužinu izbacivala i oblik čela treba prilagoditi kalupnoj šupljini (gnijezdu). Presjek izbacivala treba biti dovoljno velik da na proizvodu ne ostaje otisak ili da se ne ošteći neka njegova vidna i funkcionalna ploha.

Za istovremeno vađenje proizvoda i mreže razvodnih kanala s uljevkom potrebno je ugraditi izvlačnu čahuru i izbacivalo (**sl.1**) ili izvlakalo (**sl.2**).

Izvlačenje uljevka je pomoću negativnog kuta na čelu čahure ili izbacivala.



Vađenje proizvoda pomoću strugala

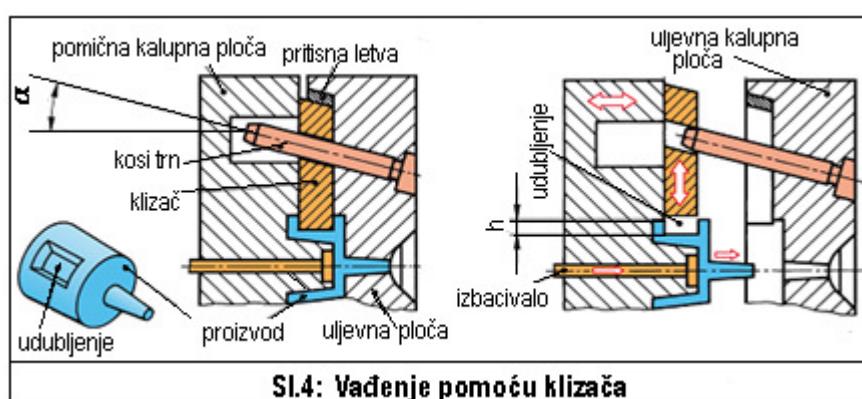
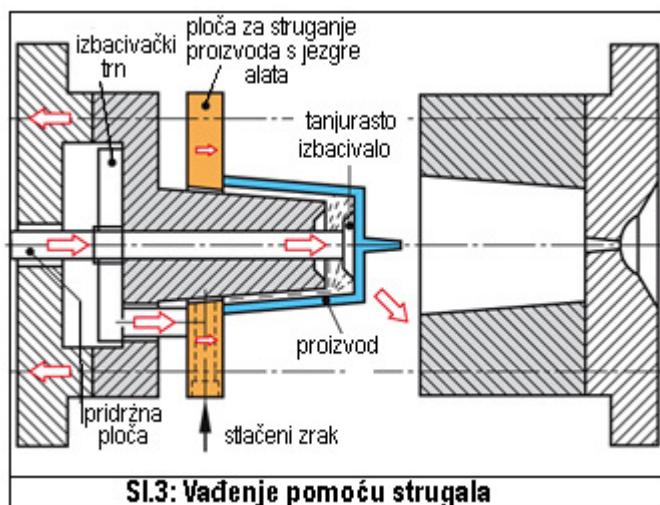
Ako nije moguće vađenje pomoću izbacivala, tada se ugrađuje ploča za struganje proizvoda s jezgre alata (**sl.3**).

Dodatno se može koristiti i stlačeni zrak, ako postoji opasnost od pojave vakuma između jezgre alata i proizvoda te njegove deformacije. Kod alata s ograničenim hodom strugala zrak može poslužiti i za završno izbacivanje proizvoda.

Vađenje proizvoda pomoću klizača

Ako se na jednoj strani vanjske ili unutarnje površine proizvoda nalazi neko udubljenje (negativni kut), tada se ugrađuju klizači koji oblikuju taj dio površine (**sl.4**).

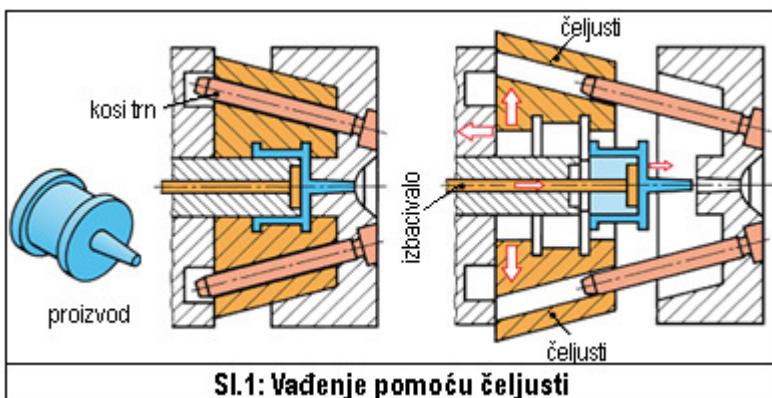
Klizači se pomiču pri otvaranju i zatvaranju alata pomoću koso postavljenih trnova (rogova).



Vađenje proizvoda pomoću čeljusti

Ako se na cijelom opsegu proizvoda s vanjske ili unutarnje strane nalazi udubljenje, tada se ugrađuju pomicne čeljusti koje oblikuju to udubljenje (sl.1).

Vodilice čeljusti mogu biti plosnate ili u obliku lastinog repa.

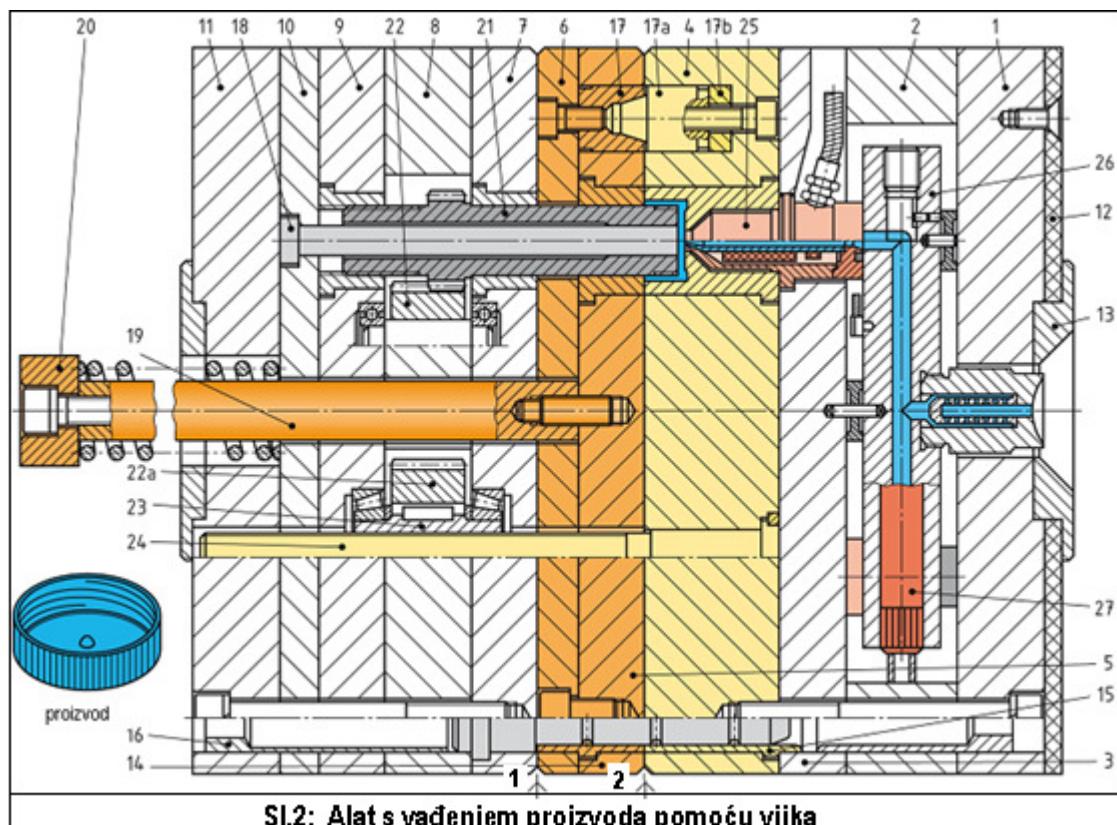


Sl.1: Vađenje pomoću čeljusti

Vađenje proizvoda pomoću vijka

Vađenje pomoću vijka se koristi pri

izradi proizvoda s navojem (sl.2). Za vrijeme otvaranja alata prisilno se okreće jezgra s navojem (poz.21) preko para zupčanika (poz. 22 i 22a) i vretena sa strmim navojem (poz.24) te izvlači s unutarnjeg navoja na proizvodu. U završnoj fazi otvaranja pomici će se ploča za struganje (poz.5) preko izbacivačkog trna (poz.19) i odstranjuje eventualno zaostali proizvod na jezgri alata. Pri zatvaranju alata vraća se ploča za struganje (poz.5) u krajnji položaj pomoću tlačne opruge. Istovremeno, vreteno sa strmim navojem (poz.24) okreće i pomici jezgru alata (poz.21) u početni položaj. Pri zatvaranju alata centriraju se kalupna ploča (poz.4) i ploča za struganje (poz.5) pomoću konusa (poz.7).



Sl.2: Alat s vađenjem proizvoda pomoću vijka

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Materijal	Poz.	Naziv dijela	Kom.	Materijal
1	Stezna ploča	1	Č1540	14	Vodilica	4	C4321
2	Okvirna ploča	1	Č1540	15	Vodeća čahura	8	C4321
3	Međuploča	1	Č1540	16	Centrirna čahura	8	Č4321
4	Kalupna ploča	1	C4742	17	Centrirni konus	4	Č4321
5	Ploča strugala	1	C4742	18	Srednja jezgra	2	C4742
6	Temeljna ploča strugala	1	C4742	19	Potisni trn	1	C1220
7	Međuploča	1	Č1540	20	Pridržna podloška	1	Č1540
8	Okvirna ploča	1	Č1540	21	Jezgra s navojem	2	X45NiCrMo4
9	Međuploča	1	Č1540	22	Zupčanik (čelnik) - ~Č4732	1	2C45
10	Međuploča	1	Č1540	23	Matica sa strmim navojem	1	45S20
11	Stezna ploča	1	Č1540	24	Vreteno sa strmim navojem	1	45S20
12	Izocaciona ploča	1	Umetna smola	25	Visokoučinska sapnica	2	FeCuNi
13	Centrirni prsten	1	Č1540	26	Razdjelnik	1	40CrNiTi1810
				27	Grijaća patrona	4	X6CrNiTi1810

3.9 Materijali

Alatni čelici trebaju ispuniti brojne zahtjeve obzirom na različite mase i postupke prerade. Traži se laka obradljivost, posebno dobro poliranje i postojanost mjera pri toplinskoj obradi. Nadalje, potrebna je otpornost površine na pritisak i trošenje, kao i dovoljna antikorozivna otpornost obzirom na utjecaj agresivnih masa i rashladne tekućine.

Kalupne ploče i umetci se rade od čelika za cementiranje Č4321 (21MnCr5), a za veće alate od poboljšanog alatnog čelika Č4742 (40CrMnMoS86) koji se dobro obrađuje, a kaljenje nije potrebno.

Za visokopolirane kalupe koristi se specijalni čelik za cementiranje X19NiCrMo4 (~Č5420). Za velike površinske pritiske i posebno opterećene kalupe koristi se prokaljivi čelik za rad u topлом stanju Č4751 (Utop Mo1, X38CrMov51).

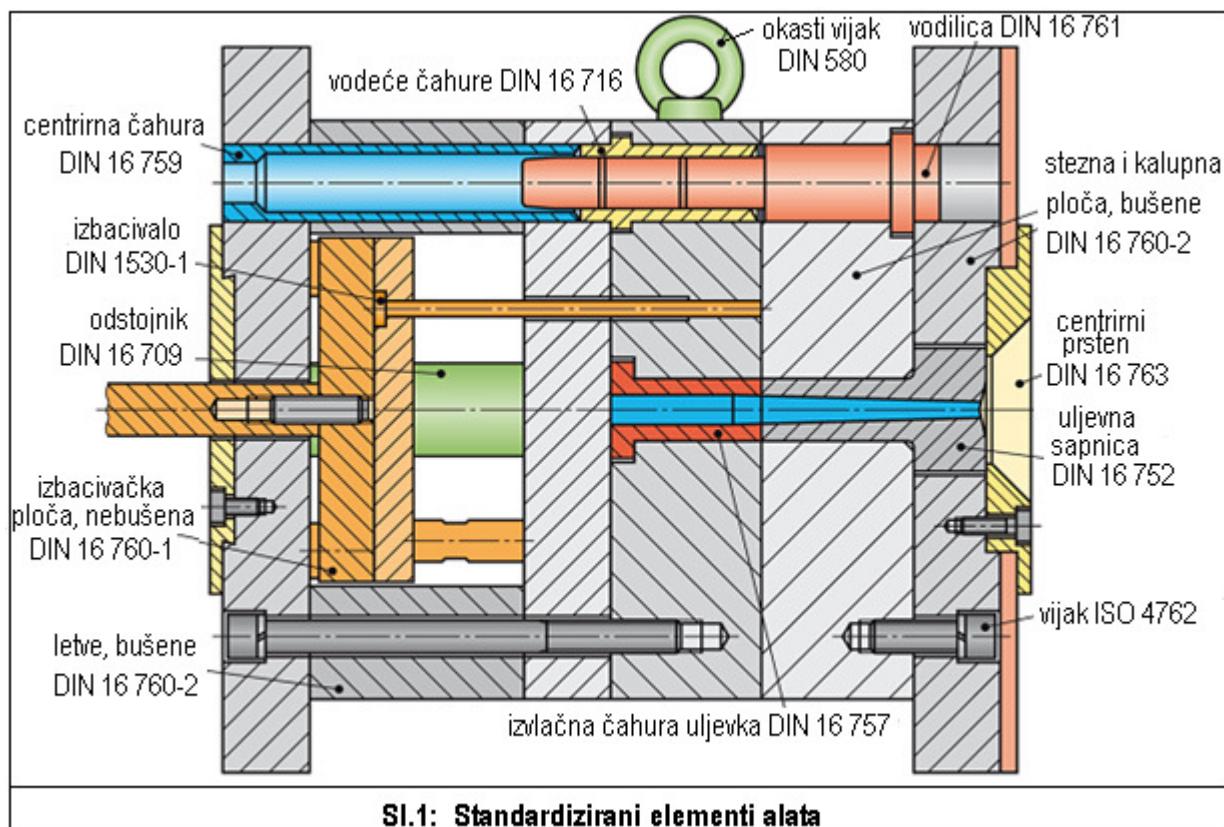
Za izradu kalupa i umetaka otpornih na koroziju koriste se nehrđajući i kemijski postojani čelici Č4175 (prokron 4 extra, X2Cr13) ili X36CrMo17 (~ prokron 5, Č4770). Za izradu kućišta i ostalih dijelova koristi se nelegirani alatni čelik Č1540 (C45W3 - nekaljen).

3.10 Standardizirani i tipizirani dijelovi alata

Skoro svi alati za injekciono prešanje se sastoje od gotovo istih osnovnih elemenata. Oni su pojednostavljeni i tipizirani po obliku i mjerama od strane velikih proizvođača alata i mogu se kupiti gotovi na tržištu (pr: Hasco). Izrađuju se u velikim količinama, posebno su precizno izrađeni i relativno jeftini.

Posebna prednost je u tome što se skraćuje vrijeme izrade i isporuke alata. Alatničar se može koncentrirati samo na izradu jezgri, gnijezda, izbacivačkog sustava i montažu alata (**sl.1**).

Poznati proizvođači razvili su tzv. baukasten sustav elemenata u CAD-tehnici crtanja, tako da se iz kataloga odabire konkretni element i ugrađuje u konstrukciju alata (Copy-Paste) te automatski memorira u sastavnicu materijala. Baukasten sustav obuhvaća stezne ploče, kalupne ploče, kućište izbacivačkog sustava i izbacivala, vodilice i vodeće čahure, a može se proširiti i na ostale elemente.



3.11 Prikaz nekih alata, sklopova i dijelova

