

KAKO IZABRATI MAŠINU ZA INJEKCIONO PRESOVANJE

Tehničke karakteristike i parametri proizvodnje



Uvod

Proces injekcionog presovanja (brizganja) plastičnih materijala zahteva preciznu kontrolu temperature topljenja, viskozitetu rastopa, brzine ubrizgavanja, naknadnog pritiska ubrizgavanja, vremena ciklusa, itd. Poznato je da različiti materijali poseduju različita svojstva i različita ograničenja u preradi. Stepenn smicanja i napon smicanja utiču na temperaturu rastopa, viskozitet,

gustinu i ponašanje pri tečenju polimera. Neki polimeri su higroskopni, a neki poseduju ograničeno vreme termičke stabilnosti, koja se razlikuje na različitim temperaturama. Promena svakog od parametara ima poseban uticaj na druge parametre. Samim tim, kontrola procesa postaje veoma kompleksna. Sve ovo je razlog za kritičku analizu karakteristika i mogućnosti mašine prilikom njene nabavke.

Pri izboru mašine za injekciono presovanje potrebno je proceniti sledeće elemente, date u tabeli 1.

Maksimalna masa ubrizgaja

Masa koja se ubrizgava u kalup treba da bude manja od maksimalne mase ubrizgaja određene mašine za dati polimer. Maksimalna masa ubrizgaja se može odrediti množenjem gustine polimera na temperaturi brizganja sa maksimalnom zapreminom (cm³) mašine. Karakteristika specifične gustine (cm³/g) u odnosu na temperaturu treba da bude uskladena da bi se dobila gustina na temperaturi prerade. Polimeri koji su osetljivi na smicanje, kao što su poli(oksimetilen), celulozni acetat, poli(metilmetakrilat), poli(fenilen oksid), poliamidi, poli(butilen-tereftalat), stiren/akrilonitril, imaju ograničeno dopušteno vreme zadržavanja u cilindru.

Ako se ukupna zapremina cilindra definiše kao:

$$K = \text{Max. zapremina ubrizgaja}$$

Onda je vreme zadržavanja materijala u cilindru:

$$\text{Vreme zadržavanja} = K \times \text{Max. zapremina ubrizgaja} / \text{Stvarna zapremina ubrizgaja} \times \text{vreme trajanja ciklusa}$$

Gde je: K konstanta koja zavisi od geometrije pužnog vijka. Tada je vreme zadržavanja:

$$\text{Vreme zadržavanja} = K \times \text{vreme ciklusa} \times 100 / \text{procenat iskorišćenja kapaciteta ubrizgavanja}$$

Viši procenat iskorišćenja kapaciteta ubrizgaja može smanjiti vreme zadržavanja i time ga održavati dovoljno ispod dozvoljenog nivoa. U tom slučaju, ako se izvrši procena trajanja vremena ciklusa i poznato je dozvoljeno vreme zadržavanja polimera u cilindru, može se odrediti minimalno iskorišćenje kapaciteta ubrizgavanja:

$$\text{Min. (\%) iskorišćenja kapaciteta ubrizgavanja} = K \times \text{vreme ciklusa} \times 100 / \text{dozvoljeno vreme zadržavanja}$$

Zbog toga, stvarni procenat iskorišćenja kapaciteta ubrizgavanja treba da bude veći od minimalnog procenta iskorišćenja, a dozvoljeno vreme zadržavanja mora biti kraće od vremena termičke stabilnosti polimera.

Hod pri ubrizgavanju (s)

Maksimalni hod pri ubrizgavanju koji poseduje mašina i procenat korišćenja maksimalne zapremine ubrizgaja imaju veliki značaj na rad i kvalitet proizvoda dobijenih tehnikom injekcionog presovanja. Starije mašine konstruisane 80-ih godina prošlog veka su imale hod koji je iznosio 3,5-3,75 od prečnika pužnog vijka, odnosno, odnosa s:D. Početkom 90-ih godina je ovaj odnos povećan na s:D = 4,2. Novije italijanske mašine poseduju odnos s:D koji ide i preko 4,5. Takode, razvijaju se i modeli sa još većim odnosom s:D. Treba napomenuti da povećanje ovog odnosa nije od koristi pri preradi, a čak se pri velikom odnosu pojavljuju određene greške pri radu, kao što su vazdušni mehurići i druge greške na otpresku.

Može se primetiti da efektivna dužina pužnog vijka (od nepovratnog ventila do ulaznog dela dozirnog levka) postaje sve kraća ukoliko se povećava hod pri ubrizgavanju. Efektivna dužina je maksimalna (kod uobičajenih odnosa

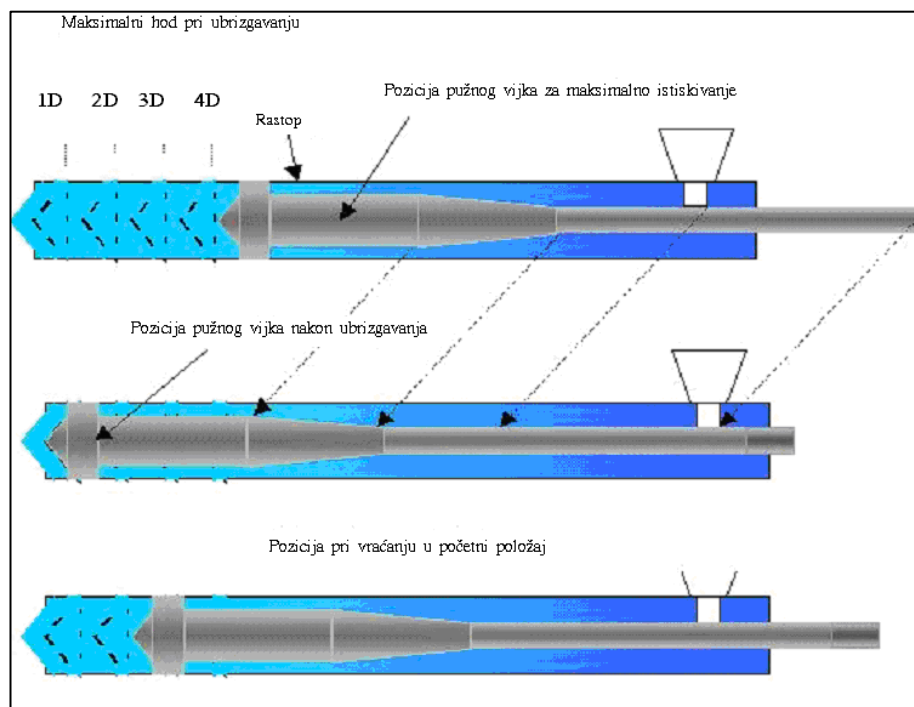
Tabela 1. Pregled bitnih elemenata pri razmatranju mašine za injekciono presovanje

Jedinica za ubrizgavanje	Faktori izbora
Maksimalna zapremina (cm ³) / maksimalna masa ubrizganog materijala (g)	Proračun maksimalnog ubrizgaja za materijal
Maksimalno kretanje pri zatvaranju (mm)	Zavisnost kvaliteta rastopa za konzistentnost u kalupu
Maksimalna brzina ubrizgavanja (g/s) (cm ³ /s)	Kako obezbediti da se rastop ulije u kalup pre očvršćavanja
Maksimalni pritisak ubrizgavanja (kg/cm ²)	Prevazilaženje otpora tečenja za vreme ubrizgavanja, viskozitet
Maksimalna snaga ubrizgavanja (kgcm/s)	Uticaj na teškoće pri izradi proizvoda tankih zidova
Odnos plastifikacije (g/s) (kg/h)	Uticaj na vreme ciklusa
Uređaj za zatvaranje	Faktori izbora
Razmak između vodica i ploča (mm x mm)	Kako se prilagodava kalupu
Maksimalni otvor (mm) i otvor kalupa (mm)	Značaj za izbacivanje krupnijih komada
Minimalna visina kalupa	Odnos sa otvorom kalupa
Sila zatvaranja	Uticaj na pritisak u kalupnoj šupljini

pužnog vijka $L/D=18-23$) kada je vrh pužnog vijka u potpunoj prednjoj poziciji (hod ubrizgavanja je nula) i postaje minimalan kada se dostigne maksimalni hod ubrizgavanja. Naime, granule iz dozirnog levka padaju približno u sredinu zone doziranja pužnog vijka, kada je pužni vijak u početnom položaju hoda pri ubrizgavanju. Ovaj materijal će imati znatno kraći put da dospe do mlaznice kroz kompresiju i zonu istiskivanja. Nasuprot tome, materijal koji se dozira odmah nakon istiskivanja materijala i vraćanja u početni položaj će imati mnogo duži put kroz pužni vijak dok ne dospe do izlaza iz mlaznice pri novom ciklusu ubrizgavanja.

To znači da će količina toplote koju apsorbira materijal usled delovanja grejača i sile smicanja u zoni kompresije biti različita, a da će se kretati od maksimalnog do minimalnog. Ovo će usloviti različitost temperature i pritiska rastopa duž osovine pužnog vijka, a krajnji rezultat će biti nehomogenost rastopa koja prouzrokuje probleme u kvalitetu otpreska kada hod pri ubrizgavanju pređe odnos od 4D.

Zbog toga, uprkos mogućnosti maksimalne količine ubrizgaja koja odgovara hodu pri ubrizgavanju od 4D ili



Slika 1. Kretanje i položaji pužnog vijka tokom procesa ubrizgavanja

više, treba uzeti u obzir samo maksimalne veličine ubrizgaja zasnovane na hodu od 3-3,5D kada se vrši izbor mašine. Za osnovni proračun, kako bi se preračunala navedena težina ubrizgaja u primenjivu masu ubrizgaja, može se koristiti sledeća formula:

$$\text{Primenjiva masa ubrizgaja} = (3 / s:D)$$

Kretanje i položaji pužnog vijka pri hodu ubrizgavanja, odnosno, pozicije pri kretanju iz početnog u krajnji položaj, dati su na slici 1.

Vreme ubrizgavanja i hlađenja

Vreme ubrizgavanja je u korelaciji sa brzinom ubrizgavanja (cm^3/sec) i brzina ubrizgavanja treba da bude dovoljno velika da onemogući hlađenje rastopa tokom faze punjenja kalupne šupljine.

Veće brzine ubrizgavanja ne utiču na termički stabilne visokotonažne polimere, kao što su PE-HD, PE-LD, PE-LLD, PP, PS, itd. Veće brzine mogu da budu ograničene usled osetljivosti materijala na smicanje prilikom prolaska i tečenja kroz uzane elemente, što je posebno slučaj kod konstrukcionih termoplasta. Sa aspekta dužine trajanja vremena hlađenja, može se uzeti da je ono jednako trećem stepenu minimalne debljine zida otpreska. Odnosno,

$$T_h = d^3$$

Takođe, generalno posmatrano, vreme ubrizgavanja je proporcionalno drugom stepenu debljine zida otpreska.

$$T_u = d^2$$

Maksimalna brzina ubrizgavanja

Savremena rešenja mašina za injekciono presovanje su opremljena različitim višestrukim rešenjima pumpi koje su sposobne da isporuče dovoljno ulja u hidraulični cilindar da bi se postiglo najbrže moguće punjenje kompletne kalupne šupljine.

Takođe, veće brzine ubrizgavanja se mogu postići korišćenjem hidrauličnog akumulatora, koji se obično nudi kao opcija pri isporuci. Veće brzine ubrizgavanja dovode do potiskivanja rastopa u najdalje delove kalupne šupljine u kraćem vremenu, pre nego što počne očvršćavanje rastopa (usled povećanja viskoziteta polimernog materijala) na račun nižih temperatura kalupa.

Tokom faze punjenja kalupa, potrebno je da brzina ubrizgavanja bude pod kontrolom, bez ometanja podešenog pritiska. Usled toga, podešeni pritisak treba da bude veći od stvarnog pritiska, kako se ne bi aktivirao sigurnosni ventil. Ukoliko bi došlo do aktiviranja sigurnosnog ventila, izgubila bi se kontrola nad brzinom samog ubrizgavanja.

Plastični proizvodi široke primene sa tankim zidovima se mogu injekciono presovati sa velikim brzinama ubrizgavanja. Konstrukcioni termoplasti, osetljivi na smicanje, često se pregrevaju na račun smanjenja smicanja, čime se reguliše viskozitet rastopa. Usled toga, brzine ubrizgavanja su ograničene i podešene prema

svojstvima polimera. Brzina ubrizgavanja se može i podešavati u više uzastopnih koraka, sa kontrolom do 10 različitih brzina.

Maksimalni pritisak ubrizgavanja

Pritisak ubrizgavanja je potreban kako bi se prevazišao otpor rastopa da teče i uliva se u kalupnu šupljinu. On je u zavisnosti od viskoziteta rastopa, odnosa tečenja i temperature kalupa.

Potrebno je podesiti pritisak na veću vrednost u odnosu na stvarni pritisak tokom faze punjenja. Sigurnosni ventil se aktivira kada se dostigne podešeni pritisak tokom faze presovanja.

Nastavak u Biltenu 1/2009