

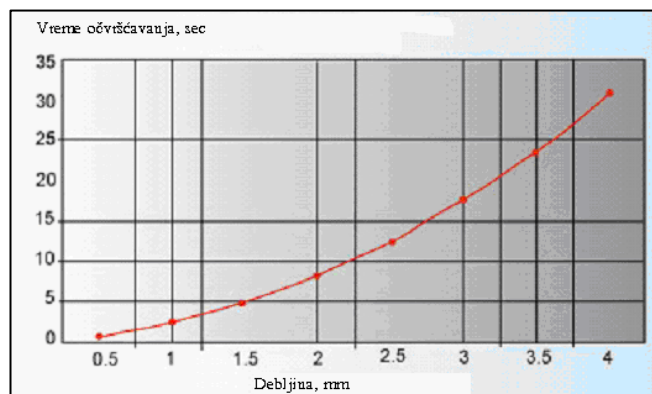
## Kako izbor debljine zida utiče na troškove

**I**zbor debljine zida injekciono presovanih proizvoda se najčešće zasniva na velikom broju pitanja ili, u najboljem slučaju, na pola puta između celih vrednosti brojeva, kao što su 2 mm, 2,5 mm ili 3 mm. Za ovo poslednje ne postoji nikakvo logično objašnjenje. Zašto bi ceo broj ili izabrana slučajna vrednost bili optimalna debljina bilo kog otpreska? Određivanje opšte debljine zidova se često određuje približno, ali treba naglasiti da ova treća dimenzija određuje zapreminu otpreska. Naime, debljina zidova kontrolise troškove proizvoda.

Minimalna debljina zida koja se može postići injekcionim presovanjem je u funkciji viskoziteta polimernog rastopa, pritiska kojim raspolaže jedinica za ubrizgavanje i dužine puta tečenja rastopa. Debljina zida mora biti mnogo veća kod polimera visokog viskoziteta, kao što je polikarbonat, nego što bi bila kod polimera niskog viskoziteta, kao što je poliamid. Optimalna debljina zida je zavisna od tipa polimera i dužine tečenja.

Debljina zida, takođe, određuje ukupnu težinu otpreska. U poređenju sa 3,0 mm, 2,7 mm ne izgleda mnogo drugačije, ali to naravno određuje da će za proizvod biti potrebno 10% manje materijala. Nadalje, zid od 2,7 mm će se ohladiti za 12% brže od zida od 3,0 mm, ako je od polipropilena, a 15% brže, ako je od polietilena visoke gustine. S obzirom da je cena proizvoda dobijenog injekcionim presovanjem zavisna od količine materijala i produktivnosti, ovih 0,3 mm može značiti mnogo sa aspekta troškova.

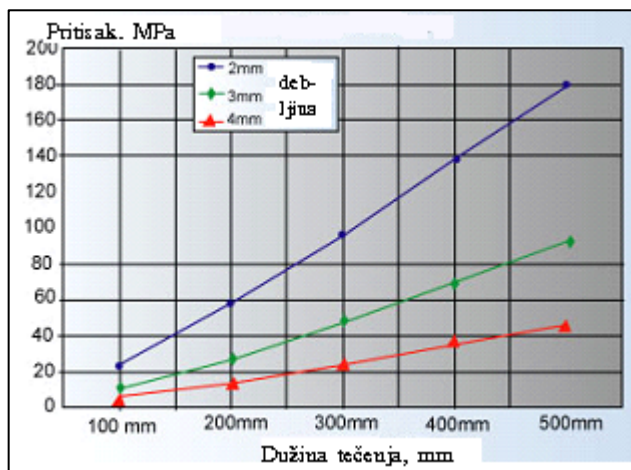
Ne postoji jednostavna kalkulacija kojom se može izračunati optimalna debljina zida bilo kog objekta. Kompiuterske simulacije (CAE), kao što je «Moldflow», omogućuju predviđanje optimalne debljine zidova na bazi pretpostavljenog maksimalnog pritiska injektiranja za skoro sve polimere. Ograničenje pritiska injektiranja zavisi od proizvoda i njegove primene. Za otpreske za koje se očekuje dug rok upotrebe, kao što su automobilski delovi, preporučuje se pritisak 70-90 MPa kao gornja granica za kalupnu šupljinu. Za komponente kojima se planira kraći rok primene, kao što su ambalaža i jednokratni proizvodi, mogu se koristiti viši pritisci, kako bi se debljina zidova smanjila na minimum. Visoki naponi smicanja indukovani visokim pritiscima injektiranja postaju kontrolni faktor, ali je stvarno ograničenje u stvari subjektivno.



Slika 1. Poređenje vremena očvršćavanja pri različitim debljinama ("Makrolon 2405" PC)

Na slici 1 je dato poređenje vremena očvršćavanja (zamrzavanja) polikarbonata pri različitim debljinama zida otpresaka. Tako se može videti da pri porastu debljine zida sa 2 na 3 mm, dolazi do povećanja vremena očvršćavanja više od dva puta, odnosno sa 8 na 18 sekundi.

Na slici 2 je dat odnos dužine puta tečenja u kalupnoj šupljini i pritiska injektiranja, a za različite debljine zidova otpreska. Zavisnost je data za isti tip materijala, odnosno za polikarbonat «Makrolon 2405».



Slika 2. Odnos dužine tečenja i pritiska injektiranja za različite debljine zidova

Postavlja se pitanje da li se debljina zida sekcije otpreska može tek tako smanjivati na minimalnu koja se može uraditi. Odgovor je verovatno ne, jer treba razmotriti efekat koji će tanji zid proizvoda imati na zahteve vezane za čvrstoću i krutost finalnog otpreska.

Određivanje optimalne debljine zidova je kombinacija zahteva mogućnosti izrade otpreska i krutosti. Najveći broj otpresaka kod injekcionog presovanja su tanke strukture u obliku školjke, tako da smanjenje debljine zida od 10% može da poveća mogućnost krivljenja, posebno kod ravnih površina. Ukoliko otpresak ima krivine i postiže ukrućenje putem svog oblika, onda je smanjenje debljine zidova retko. U praksi nije uobičajeno da se zahtevi krutosti definišu u početku projektovanja. Sve strukture se deformišu pri opterećenju, a zadatak u toku projektovanja je da se odredi kolika deformacija je prihvatljiva za zadato opterećenje.

Kada je potrebno izprojektovati proizvod krute strukture, najčešće se na proizvod dodaju rebra kao ojačanja. Skoro uvek se rebra dodaju bez ikakve analize napona. Rezultat toga je manje ili više rebrastih ojačanja nego što je stvarno potrebno, a greške u datim ojačanjima daju posledice. Previše rebara stvara mnogo više problema koje treba rešiti. Kada se izvrši analiza napona, najčešće se ustanovi da je najveći deo rebrastih ojačanja suviše visok, tako da dolazi do rizika krivljenja, ili je isuviše kratak da bi imao predviđenu funkciju. Rebra se često dodaju na unutrašnju, odnosno spolja nevidljivu stranu otpreska, sa namerom da izvrše ukupno ukrućenje proizvoda. Ova situacija dovodi do mogućnosti formiranja znakova uleguća na vidljivoj strani, nasuprot rebrima. Iz straha da ne dođe do vidljivih oznaka na proizvodu, rebra se često projektuju sa suviše malom debljinom, odnosno, previše su tanka, što dovodi do problema prilikom punjenja ovog dela kalupne šupljine i nedovoljnog ubrizgavanja. Za punjenje tankih rebara su potrebni viši pritisci, što znači da je i ostatak kalupa podvrgnut višem pritisku, a tada su potrebne i veće sile zatvaranja kalupa. Posledice ovoga mogu biti veći zaostali naponi i problemi sa krivljenjem otpreska.

Graham Webster