

Problemi skupljanja i uvijanja otpresaka



U preradi plastičnih proizvoda tehnikom injekcionog presovanja, rastop se ubrizgava u kalupnu šupljinu. Nakon kompletiranja faze ubrizgavanja i perioda držanja u kalupu, otpresak se hladi na temperaturi izbacivanja iz kalupa tokom perioda hlađenja. Usled fizičkih faktora, plastična komponenta prolazi kroz proces promene dimenzija tokom procesa hlađenja koji je specifičan za vrstu materijala koji se koristi. Ova dimenziona promena je poznata kao skupljanje.

U slučaju neobjačenih amorfnih plastičnih materijala, dolazi do uniformnog skupljanja (izotropno ponašanje) usled morfološke strukture materijala. Kristalasti plastični materijali (tzv. "semi-kristalinični" ili "kristalinični"), ponašaju se anizotropno i kod njih se pojavljuje različito skupljanje u zavisnosti od stepena kristalnosti i njihovog uređenja. Razlike u skupljanju mogu da dovedu do napona u otpresku, što može da uzrokuje uvijanje komponente nakon uklanjanja iz kalupa. Ova promena dimenzija kod otpreska se mora uzeti u obzir pri projektovanju kalupa, tako da se obezbedi pouzdanost dimenzija nakon hlađenja.

Osnovni principi kod skupljanja

Pri preradi termoplasta tehnikom injekcionog presovanja, dimenzije otpreska se menjaju tokom faze hlađenja, što se definiše kao skupljanje. Skupljanje je zasnovano na stišljivosti i termičkom širenju plastičnih materijala. Kako termoplasti podležu skupljanju, zapremina otpreska se menja, a da bi se zadržale željene dimenzije, kalupna šupljina se proširuje za iznos skupljanja materijala. Usled toga, proizvođači kalupa i alata moraju da predvide razlike dimenzija dobijenih skupljanjem i odnosom "kalupna šupljina/otpresak". Ovaj postupak nije jednostavan u mnogim slučajevima, jer je skupljanje određeno mnogobrojnim uticajnim faktorima. Ukoliko projektant kalupa nepravilno proceni skupljanje, rezultat je uvijanje otpreska. Pored varijanti procesne kontrole (pritisak, temperatura), kao i svojstava materijala (struktura, punila, itd.), krutost i debljina zidova otpreska značajno utiču na skupljanje. Iako je skupljanje zasnovano na termičkom širenju, efektivno smanjenje dimenzija nakon uklanjanja iz kalupa je manje nego što bi se očekivalo, posmatrano samo sa ovog aspekta. Postoje i dodatni mehanizmi koji imaju značaj u skupljanju, što dovodi do smanjenja termičkog skupljanja u odnosu na čisto posmatrano termičko širenje. Najvažniji mehanizmi koji na ovu pojavu utiču su:

- Unutrašnji naponi, na koje utiču: temperaturni profil tokom hlađenja; površinska temperatura kalupa u obe polovine kalupa;
- Kristalnost kod kristalastih termoplasta, na šta utiču: temperatura površine kalupa; kriva hlađenja (efikasnost rashladnog sistema);
- Mehaničko ometanje skupljanja, na šta utiču: ograničenja u kalupnoj šupljini.

Nadalje, termičko skupljanje je pod uticajem termodinamičkih procesa koji se dešavaju tokom injekcionog presovanja, posebno od krive kretanja pritiska tokom hlađenja, efikasnosti pritiska držanja i opterećenja smicanja na rastop zavisno od izgleda i lokacije ušća, kao i temperature rastopa i drugih procesnih uslova.

S obzirom da je skupljanje promenljiva u odnosu na vreme, potrebno je odrediti vreme u kome se meri skupljanje nakon uklanjanja iz kalupa, kako bi se obezbedila precizna definicija. Treba napraviti razliku između:

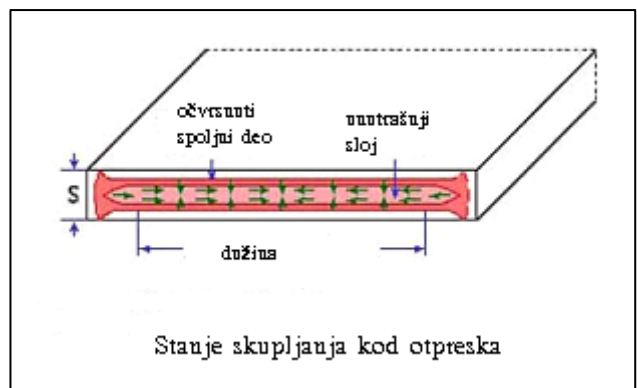
- *Skupljanja pri izbacivanju (Se)*: Meri se odmah nakon izbacivanja otpreska iz kalupa;
- *Skupljanja pri preradi (Sver)*: Meri se približno nakon 16 h skladištenja u normalnim klimatskim uslovima i predstavlja razliku između dimenzija hladnog otpreska i kalupa;
- *Naknadnog skupljanja (Sn)*: Može da dovede do daljih dimenzionih promena nakon dugog perioda skladištenja, posebno pod uticajem temperature.

Sve ovo rezultira u ukupnom skupljanju, koje se sastoji od skupljanja pri preradi i naknadnog skupljanja. Ukoliko se razmatraju ukupna pitanja vezana za skupljanje, mogu se razmotriti četiri glavna uticajna faktora, i to: materijal, procesni uslovi, projekat proizvoda i tehnologija kalupa.

Materijal

Različito ponašanje pri skupljanju amorfnih i kristalastih plastičnih materijala je posledica različitosti strukture. Nasuprot amorfnim materijalima, kod kristalastih plastičnih materijala do kristalizacije dolazi u slučaju hlađenja kada temperatura otpreska padne ispod temperature kristalizacije. U ovom procesu se formira skoro idealna uredenost, što rezultira značajnim skupljanjem materijala. Ponašanje pri kristalizaciji zavisi od temperature i vremena. U slučaju sporog hlađenja, postiže se visok stepen kristalnosti i tada dolazi do porasta skupljanja. Ukoliko je pad temperature brži, dolazi do manjeg stepena kristalizacije, a time i do manjeg procesnog skupljanja. Međutim, može da dođe do naknadne kristalizacije pod dejstvom temperature, što dovodi do nepoželjnog naknadnog skupljanja.

Punila utiču na ponašanje pri skupljanju usled njihove manje mogućnosti širenja. Dok punila okruglog oblika generalno smanjuju skupljanje, staklena vlakna stvaraju razlike u skupljanju, zavisno od orijentacije. U tom slučaju, skupljanje se smanjuje u većem iznosu podužno, nego poprečno, u odnosu na slojeve staklenih vlakana. Ovo ponašanje se mora uzeti u obzir pri projektovanju sistema ušća, s obzi-

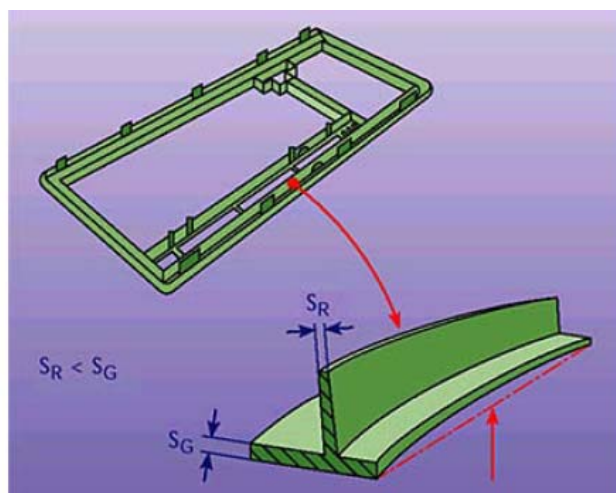


rom da formirana razlika u skupljanju može da dovede do krivljenja u slučaju nepovoljnog pozicioniranja staklenih vlakana u kalupu.

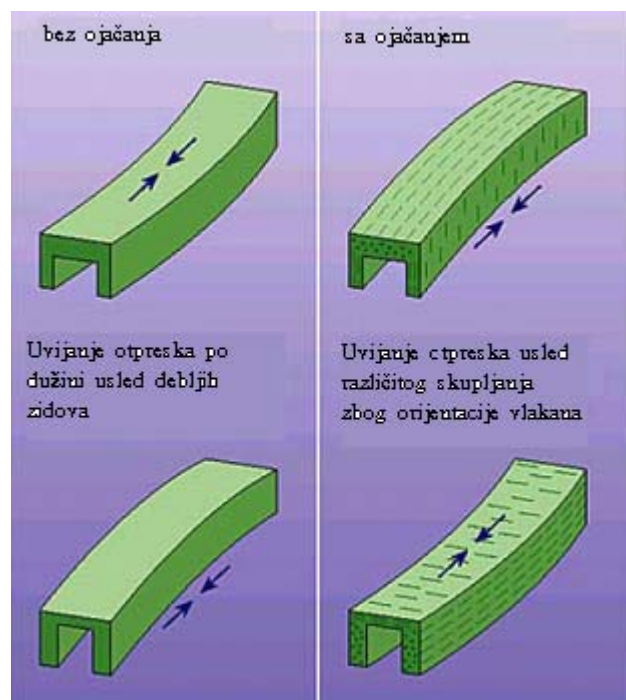
Dizajn komponenata

Pored zahteva za kvalitetom površine, plastične komponente moraju isto tako da ispune i mehaničke zahteve. Kako bi se postigla funkcionalnost, često su neophodna rebrasta ojačanja i drugi strukturni dodaci. Da bi se izbegle nepravilnosti na površini otpreska, ova rebrasta ojačanja se projektuju sa malom debljinom zidova. Međutim, razlike u debljini zidova mogu da dovedu do različitog ponašanja pri skupljanju, koje može biti manje ili veće u zavisnosti od korišćenog plastičnog materijala. U slučaju primene kristalastih materijala, velika debljina zidova rezultira sporijim hlađenjem koje zatim dovodi do većeg skupljanja.

Ovakvo ponašanje je više naglašeno kod kristalastih materijala, nego što je to slučaj kod amorfni termoplasta. Postignute razlike u skupljanju otpreska dovode do unutrašnjih napona u komponentama koje se izrađuju, a ti naponi se apsorbuju kroz samu krutost strukture ili se umanjuju putem specijalnih procesnih uslova.



Uvijanje otpreska usled različitih debljina ojačanja

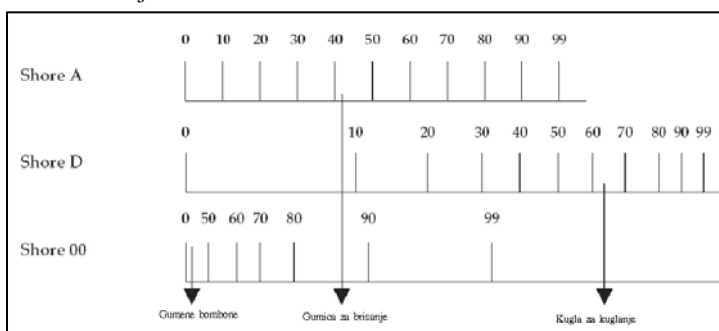


Uvijanje neojačanih i ojačanih komponenata

Ultra-meki materijali

Ako niste nikada čuli za skalu tvrdoće Shore 00, stručnjaci iz firme GLS u narednom tekstu daju pojašnjenje za ovu relativno nepoznatu skalu. Razvijena je za merenje materijala u "gel" stanju, a takođe i ultra-meki termoplastični elastomeri (TPE) spadaju u ovu kategoriju. Naime, svi proizvodi na bazi TPE se karakterišu tvrdoćom, koja se definiše kao otpor materijala na prodiranje ili urezivanje. Za merenje tvrdoće materijala po Shore metodi koristi se Shore durometar, koji koristi zarez za prodiranje u uzorak, a stepen prodiranja određuje tvrdoću materijala, odnosno, što je veće prodiranje, manja je tvrdoća.

Postoje tri različita Shore durometra (D, A, 00), koji se obično koriste za merenje tvrdoće polimernih materijala. Shore D durometar se koristi za merenje veoma tvrdih plastičnih materijala; Shore A za fleksibilne materijale i TPE; a Shore 00 za ultra-meke plastične materijale. Svaka skala tvrdoće po Shore metodi je označena od 0 do 100, gde 0 označava potpuno prodiranje, a 100 da ne postoji prodiranje. S obzirom da je svaka od skala pouzdana između 20 i 90, očitavanja izvan ovih vrednosti treba prebaciti u drugu, višu ili nižu, odgovarajuću skalu. Kao rezultat toga, pojavljuje se blago preklapanje sve tri skale tvrdoće, što je dato na narednoj slici.



U slučajevima kada je tvrdoća Shore A veća od 90, pogodniji za primenu je Shore D durometar. Za materijale koji imaju tvrdoću Shore A manju od 20, može se koristiti Shore 00. Materijal koji spada u ovu zonu tvrdoće ima svojstva kao što ih npr. imaju gumene bombone.

Tvrdoća se često meša sa modulom elastičnosti ili koeficijentom trenja. Modul elastičnosti je mera otpornosti materijala na savijanje, dok je **koeficijent trenja** mera stepena otpornosti klizanja po površini. Dva termoplastična elastomera mogu da imaju istu tvrdoću, ali dva potpuno različita osećaja površine (gumoliko u odnosu na svilenasto glatko), kao i drugačije vrednosti modula elastičnosti.

Najveći broj TPE-a dobijenih ranijih godina je imao ograničenja u postizanju tvrdoće. Mekši termoplastični elastomeri, manje tvrdoće od Shore A = 45, koji uz to imaju dobra svojstva i preradljivost, bili su teži za dobijanje i proizvodnju. Poslednjih godina, proizvode se TPE sa malom tvrdoćom koja ide ispod Shore A = 30, pa do vrednosti od 3 po istoj skali. Materijali su potpuno prilagođeni rešenjima tehnika prerade, pa se kao granulati koriste na mašinama za injekciono presovanje.

