

Procena vremena hlađenja otpreska

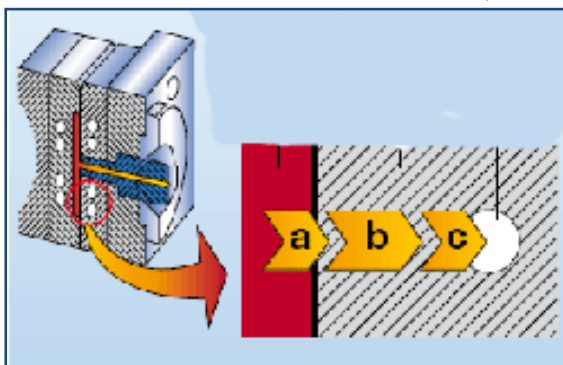
Određivanje trajanja vremena hlađenja otpreska kod injekcionog presovanja jeste jedan od kompleksnih faktora u okviru procene ukupnog vremena trajanja ciklusa. Ovo vreme, čije učešće se kreće i do 75 odsto od ukupnog vremena ciklusa, zavisi od mnogobrojnih parametara materijala, kalupa i forme otpreska. Dalji tekst zasnovan je na analizi koju je sprovedla kompanija BASF i može da posluži za proučavanje vremena trajanja hlađenja

Hlađenje otpreska

Nakon ubrizgavanja rastopa plastičnog materijala u kalupnu šupljinu, potrebno je vreme pre nego što se otpresak ohladi i postane dovoljno krut da bi se omogućilo njegovo izbacivanje. Ovaj period se naziva vreme hlađenja i najčešće čini znatan deo ciklusa injekcionog presovanja.

Postoje dva važna razloga za poznavanje vremena hlađenja. Prvi je pomoć pri projektovanju rashladnog sistema u kalupu. Neophodno je poznavanje efikasnosti sistema za hlađenje, kako bi mogao da otkloni određenu količinu toplotne energije iz polimernog rastopa u zadatom vremenu. Drugi razlog je određivanje cene koštanja pojedinog otpreska. Naime, vreme hlađenja čini deo ukupnog vremena ciklusa na čijem se trajanju zasniva kalkulacija cene proizvoda.

U nastavku teksta opisan je jednostavniji metod proračuna vremena hlađenja. S obzirom da je računica gruba procena, potrebno je shvatiti kakve su pretpostavke i pojednostavljenja uzeta u obzir, kako bi se rezultati mogli odgo-varajuće razumeti.



Transfer toplote: a) transfer toplote iz otpreska u kalup; b) provođenje toplote kroz kalup; c) transfer toplote kroz kalup do rashladnog kanala

Uklanjanje toplote iz kalupa

Kako bi se omogućilo hlađenje i očvršćavanje otpreska, mora se ukloniti toplota iz kalupa. Toplota prelazi put koji je prikazan na slici. Najpre (a) prolazi iz rastopljenog jezgra otpreska do zida kalupne šupljine, a pri tome prolazi i kroz zamrznuti sloj polimera koji je u kontaktu sa zidom kalupne šupljine. Sa zida kalupne šupljine (b) prolazi kroz telo kalupa do rashladnih kanala, a zatim na kraju (c) prelazi u rashladni medijum kojim se transportuje van kalupa kroz rashladne kanale.

Minimalno postignuto vreme hlađenja zavisi od toga koliko se brzo toplota može provesti u svakoj fazi svog kretanja. Najkraće postignuto vreme hlađenja biće zavisno od najsporijeg stepena prolaza. Prva faza predstavlja usko grlo u prenosu toplote, s obzirom da je plastični materijal relativno slab provodnik toplote, a jedini način da se ubrza provođenje toplote jeste snižavanje temperature zida kalupne šupljine. Međutim, ovaj metod nije pogodan jer se, iz razloga kvaliteta, zid kalupne šupljine mora održavati na određenoj temperaturi. Na primer, ukoliko je površina suviše hladna, otpresak će imati loš izgled površine, a u slučaju kristalastih termoplasta doći će do naknadnog skupljanja. Pošto se ništa ne može učiniti da bi se povećala brzina kre-

tanja toplote kroz plastični materijal bez ugrožavanja kvaliteta, jedino što može da se učini

Vreme hlađenja može se proceniti uz pomoć vrednosti poznate kao efektivna toplotna difuzivnost.

Količina toplote koju treba ukloniti sa kalupa opada linearno sa smanjenjem debljine zida, a potrebno vreme hlađenja opada uvećano na drugi stepen sa opadanjem debljine zida.

Kod ekonomične proizvodnje, relativne dimenzije sistema za doziranje rastopa (ulivni i razvodni kanali) moraju biti usklađene s vremenom hlađenja otpreska

kako bi se postiglo minimalno vreme hlađenja jeste da se obezbedi rashladni sistem koji može da ukloni toplotu iz kalupa prema zahtevanoj brzini. Ako to nije moguće, onda sam rashladni sistem postaje usko grlo za prenos toplote i vreme ciklusa nepotrebno se uvećava.

Kao što će kasnije biti reči, što su tanji zidovi otpreska potreban je efikasniji sistem za hlađenje, ako se želi skratiti vreme hlađenja. Jedan od razloga za nedovoljno kratko vreme hlađenja može da bude kompleksna geometrija otpreska, što čini teškim postavljanje kanala za rashladni medijum. Drugi razlozi mogu da budu neodgo-varajuće projektovan sistem za hlađenje, kao i pojava korozije ili zapušanja koji mogu da nastanu u kanalima sistema za hlađenje.



Pravilno projektovanje sistema za hlađenje uslov je za postizanje minimalnog vremena hlađenja otpreska

Izbacivanje iz kalupa

Kako bi se sprečilo uvijanje, otpresci moraju da budu ohlađeni i dovoljno kruti u trenutku kada se izbacuju iz kalupa. Ovo vreme je dostignuto kada izbacivači prestanu da formiraju stalne oznake ili neprihvatljiva naprezanja otpreska. Bilo koja deformacija ili naprezanja koja se dogode tokom izbacivanja iz kalupa zavise od geometrije otpreska, mehanizma za izbacivanje, veličine skupljanja i trenja između otpreska i zidova kalupa.

Definisanje vremena izbacivanja na bazi dozvoljenog uvijanja i naprezanja veoma je komplikovano i nema praktičnu upotrebu. Umesto toga, dovoljno merilo očvršćavanja otpreska može biti temperatura izbacivanja iz kalupa zasnovana na Vicatovoj temperaturi u slučaju amorfni termoplasta i temperatura dobijena DSC merenjima rastopa tokom hlađenja u slučaju kristalastih materijala.

Ovakvi kriterijumi daju samo grubu procenu tačke kada se može bezbedno izbaciti otpresak.

Alternativno, temperatura izbacivanja iz kalupa može se definisati i razmatranjem krutosti materijala preko merenja modula uvijanja. Primena ovog metoda često vodi ka višim temperaturama izbacivanja, nego što bi bio slučaj da se radi na ohlađenim uzorcima.

Korišćenje vrednosti temperature kao kriterijuma za izbacivanje iz kalupa predstavlja najveću slabost u proceni vremena hlađenja iz razloga što ne uzima u obzir geometriju otpreska, skupljanje, silu trenja, geometriju izbacivača ili krutost materijala. Takođe, ponekad je moguće izbaciti iz kalupa otpreske debelih zidova na bezbedan način, a bez čekanja na njihovo potpuno očvršćavanje. Iz ovih razloga veoma lako se može preценiti potrebno vreme u ovakvim slučajevima.

Da bi se znatno pouzdanije odredila temperatura otpreska pri izbacivanju mogu se sprovesti i probe pri radu. Treba imati u vidu da se dobijeni rezultati mogu primeniti samo na otpreske koji su veoma slični onima sa kojima je vršeno ispitivanje. Posebno treba imati u vidu da, iako je otpresak dovoljno krut da bi bio izbačen,

često se malim produženjem vremena hlađenja smanjuje krivljenje uzrokovano neravnomernom raspodelom temperature u kalupnoj šupljini. Korišćenje jednostavnog kriterijuma pri izbacivanju, kao što je temperatura, sigurno ne uzima u obzir i ovakve moguće situacije.

Procenjivanje vremena hlađenja

Radi pojednostavljenja, pretpostavljeno je da hlađenje počinje onda kada je kalupna šupljina u potpunosti popunjena. Takođe, pretpostavljeno je i da rastop ima istu temperaturu kroz celu kalupnu šupljinu na početku hlađenja i da temperatura zida kalupne šupljine ostaje stalna tokom celog procesa hlađenja.

Sam proces hlađenja može se opisati sledećom jednačinom u skladu sa Fourierom:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (1)$$

gde je a , kao vrednost toplotne difuzivnosti, definisana kao:

$$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c_p} \quad (2)$$

Toplotna difuzivnost je promenljiva pošto su λ , ρ i c_p (toplotna provodnost, gustina i specifični toplotni kapacitet) u zavisnosti od temperature i, u izvesnoj meri, od brzine hlađenja. Međutim, kako bi se gornja diferencijalna jednačina rešila, pretpostavljeno je da je toplotna difuzivnost konstantna vrednost.

Vrednost toplotne difuzivnosti ne izvodi se iz jednačine (2), već se bira tako da se izračunato vreme hlađenja uklapa sa onim dobijenim prilikom proba pri injekcionom presovanju. Time se uzima u obzir efekat temperature i brzine hlađenja na toplotnu difuzivnost. Izabrana vrednost se naziva efektivna toplotna difuzivnost, kako bi se razlikovala od pojma koji je definisan u jednačini (2).

(Nastaviće se)

Borko Mijucić