

## Pužni vijci za ekstrudiranje termoplastičnih kompozita

Postoje dve različite oblasti kod projektovanja pužnih vijaka za termoplastične kompozite. Naime, postoji projektovanje za potrebe izrade termoplastičnih kompaunda i projektovanje pužnih vijaka koji se koriste za preradu kompaundiranih termoplasta. U ovom tekstu, čiji je autor Timothy W. Womer iz firme Xaloy Inc. uglavnom se raspravlja o drugom slučaju, mada se mnoge stvari odnose na obe oblasti. Primena različitih punila i aditiva koji se dodaju termoplastima sve više dobija na značaju poslednjih godina. Dodavanje različitih vrsta punila, kao što su talk, liskun, kalcijum-karbonat i nano-čestice kaolina, može da poveća krutost i jačinu različitih plastičnih materijala. Ova punila, takođe, imaju efekat na karakteristike i radni vek opreme na kojoj se vrši prerada.

**N**ajveći broj pužnih vijaka koji se primenjuju kod ekstrudiranja termoplastičnih materijala ima za primarno zadatak da izvrši doziranje, topljenje i istiskivanje materijala, a što je vezano za projektovanje pužnog vijka.

**Doziranje polimera.** U sekciji doziranja pužnog vijka, gde dolazi do transporta čvrstih materijala, mehanizam doziranja za termoplastične kompozite može biti sasvim drugačiji od onog za iste termoplastične polimere bez prisustva punila. Kod transportne funkcije pužnog vijka za čvrste materijale, najkritičnija je pojava relativnog koeficijenta trenja polimera. U zoni doziranja postoje tri različita koeficijenta trenja koja deluju, i to: koeficijent trenja između granula i zida cilindra, koeficijent trenja između granula i osovine pužnog vijka i koeficijent trenja između granula međusobno. Iako se određeni polimer može veoma uspešno dozirati u čistom ili nepunjenom stanju, dodatak punila često prouzrokuje značajne promene u koeficijentu trenja, a time i karakteristike transporta granula u čvrstom stanju. Na primer, uvek kada se kao punilo koriste liskun ili aditivi na bazi tog materijala, koeficijent trenja se značajno povećava. Usled toga se može javiti potreba da pužni vijak ima dužu napojnu sekciju sa konstantnom dubinom navoja, kako bi se razvio dovoljan pritisak transporta pre nego što materijal pređe u sledeću sekciju pužnog vijka. Takođe, da bi se poboljšao transport čvrstih čestica takvog materijala, može biti neophodno da se izmeni temperaturni profil u cilindru putem podizanja temperature u prvoj zoni cilindra, kako bi se povećao koeficijent trenja između granula i zida cilindra. Time bi se postigla lepljivost polimera na zid cilindra, čime bi bio potiskivan napred.

**Topljenje polimera.** Najznačajniji aspekt geometrije pužnog vijka koji utiče na topljenje polimera je volumetrijski kompresioni odnos. On je određen promenom zapremine kanala koji se nalazi u transportnoj zoni pužnog vijka, a koji se nalazi lociran direktno iza sekcije doziranja u ekstruder. Kada se punila dodaju polimernom materijalu, dolazi do povećanja njihove specifične mase. Na primer, čist ili nepunjeni polipropilen sa MFR=2 ima specifičnu masu od  $0,92 \text{ kg/m}^3$ , dok isti polimer sa dodatkom 40% punila u obliku talka ima specifičnu masu od  $1,24 \text{ kg/m}^3$ . Time dolazi do povećanja gustine od oko 35%, a takođe i do smanjenja količine polimera od oko 40% kojeg je potrebno istopiti tokom procesa prerade. S obzirom da punilo zauzima zapreminu u kanalima pužnog vijka i da se ne topi, mora se izvršiti kompenzacija u projektovanju pužnog vijka. Kao što je napomenuto, pošto kod punila ne dolazi do sabijanja



i promene zapremine usled promene temperature, kod projektovanja dubine kanala se ovo mora uzeti u obzir. Na primer, pužni vijak za nepunjeni polipropilen ima obično kompresioni odnos u opsegu 3,5-3,75:1, u odnosu na PP punjen talkom u iznosu od 40%, gde je kompresioni odnos 2,75-3,25:1, zavisno od veličine pužnog vijka. U slučaju pužnog vijka barijernog tipa, za termoplastične kompozite, pri projektovanju

se mora uzeti u obzir ne samo dubina kanala, već i zazor između cilindra kod barijernih elemenata. Kod barijernog tipa pužnog vijka se mora omogućiti slobodno tečenje rastopa pored zida cilindra. S obzirom da kompozitni polimer sadrži nestišljiva punila u matrici, barijerni zazor mora biti veći kako bi se omogućilo slobodno tečenje materijala. U suprotnom slučaju, može da dođe do visoke razlike pritiska u kanalima kroz koje prolaze čvrsti delovi i kanala rastopa, što dovodi do podizanja temperature cilindra i pregrevanja u srednjoj zoni.

**Istiskivanje materijala.** Istiskivanje rastopa kod pužnog vijka za ekstrudiranje je veoma kritična operacija, s obzirom da ima veliki uticaj na stabilnost procesa. Nasuprot injekcionom presovanju, gde pužni vijak istiskuje rastopljeni polimer kroz nepovratni ventil kako bi se akumulirao rastop za sledeći ubrizgaj, proces ekstrudiranja zahteva stalno, stabilno i ravnomerno istiskivanje. Zato treba naglasiti da je važno ravnomerno doziranje materijala i uniformno topljenje, ali se u sekciji istiskivanja pužnog vijka obezbeđuje ključna faza procesa, a to je stabilnost i stalnost potiskivanja rastopa. Uobičajeno je da polimeri koji sadrže punila poseduju viši viskozitet od istog polimera bez prisustva punila. Povećani viskozitet realno pomaže istiskivanje, ali isto tako i stvara više pritiske u glavi alata, ukoliko glava za ekstrudiranje nije adekvatno projektovana za viskozniji polimerni kompaund.

**Pregrevanje cilindra.** Ako se pužni vijak projektovan za čist materijal koristi za preradu punjenog materijala, sam proces prerade može teći na prihvatljiv način, ali se unutar cilindra dešavaju neželjeni efekti. Obično je prvi znak za postojanje problema pregrevanje, odnosno, povećanje temperature u zonama cilindra. Ovo se dešava usled nestišljivosti samog punila. Uzrok porasta temperature je obično činjenica da u pojedinim zonama cilindra dolazi do većeg grejanja, čime se ceo cilindar pregreva. Osnovni uzrok je stanje materijala koji je suviše viskozian ili nedovoljno rastopljen da bi mogao da se kreće glatko kroz kanale pužnog vijka.

*Nastavak u broju 2/2008*