

DUVANJE KONSTRUKCIONIH TERMOPLASTA

Neki aspekti ekstruzionog duvanja poliamida

Konstrukcioni (inženjerski) termoplasti se uspešno prerađuju na mnogim tipovima mašina za ekstruziono duvanje. Za ovaj tekst su korišćeni podaci koje je dala kompanija DuPont za svoj materijal, poliamid "Zytel". Ovaj konstrukcioni termoplast se odlikuje dobrim svojstvima, kao što su žilavost, hemijska otpornost i zadržavanje svojstava na povišenim temperaturama. Pri ekstruzionom duvanju, parison ima odličnu čvrstoću rastopa i dobro istezanje pri razduvavanju. Neki tipovi su ojačani staklenim vlaknima u cilju poboljšanja svojstava, a svi tipovi su međusobno kompatibilni.

Projektovanje pužnog vijka i cilindra

Projektovanje pužnog vijka je veoma važno usled visokih energetske zahteva. Ovo obično znači da se preporučuje značajan kompresioni odnos sa visokim odnosom L/D. Da bi se postigao stabilan proces, visok kapacitet i homogen rastop, pužni vijak treba da ima idealan L/D od najmanje 24, sa kompresionim odnosom između 2,7:1 i 3,5:1. Kraći pužni vijci mogu da uzrokuju nehomogeno umešavanje, a neodgovarajući kompresioni odnos može da dovede do pregrevanja rastopa ili zarobljavanja vazduha. Poželjan je konusni završetak pužnog vijka. Usled uske zone temperature topljenja je potrebna postepena kompresija i delovanje smicanja, kako bi se izvršilo odgovarajuće topljenje i homogenizacija rastopa. Ovo se najbolje postiže korišćenjem trozonskog pužnog vijka i glatkog cilindra. Cilindre sa nažljebljenom zonom treba izbegavati, a ukoliko se koristi treba povećati temperaturu u zoni žljeba (koja se uobičajeno hladi vodom) i koristiti pužni vijak sa manjim kompresionim odnosom. Nije poželjno primenjivati sekcije za mešanje sa visokom silom smicanja, jer naglo povećavaju lokalnu temperaturu i otežavaju kontrolu temperature rastopa. Sekcije na vrhu pužnog vijka koje obezbeđuju manje smicanje mogu da budu korisne.

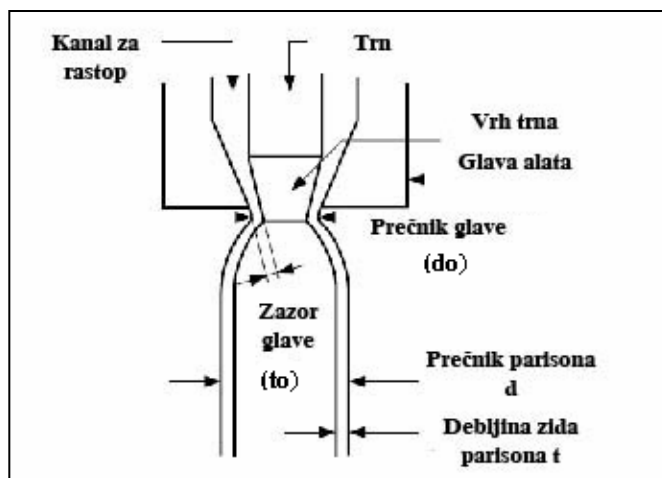
Uopšteno posmatrano, za izradu cilindra i pužnog vijka za preradu nisu potrebni materijali otporni na koroziju, pa se koriste čelici sa nitriranom površinom. Ukoliko se za preradu koriste materijali ojačani staklenim vlaknima, preporučuje se korišćenje ojačanih materijala, jer se nitrirani čelici brzo habaju i ne mogu da izdrže abraziju staklenih vlakana kao sredstva za ojačanje poliamida.

Projektovanje adaptera i razdelnika

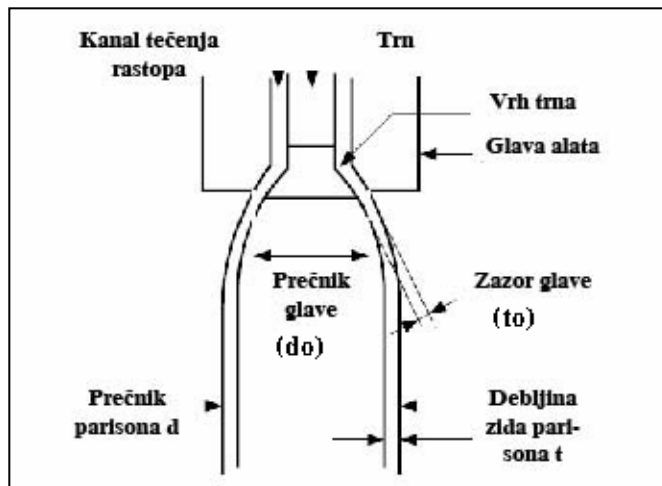
Iza kraja pužnog vijka se nalazi sekcija adaptera mašine gde je potrebno instalirati disk sa otvorima ili sličan uređaj, kako bi ispustio visok pritisak iz sistema. Visok pritisak može da bude prouzrokovan "zamrzavanjem" materijala, degradacijom materijala i ventovanjem, kao i viskozni efektom. Na ovom mestu je potrebno postaviti senzor pritiska kako bi se posmatralo ponašanje ekstrudera, a takođe i aktiviralo automatsko isključenje pogona ekstrudera kada pritisak dođe do granice koju je preporučio proizvođač mašine. Kanali za tečenje rastopa od samog kraja pužnog vijka pa do glave alata treba da budu pažljivo projektovani, tako da se tok tečenja usmerava i da poseduje dovoljno veliku brzinu u odnosu na zidove. Na taj način se minimizuje zadržavanje rastopa na zidovima kanala za tečenje rastopa. Spriječenje tečenja ili mesta predugog zadržavanja mogu da dovedu do degradacije materijala i formiranja naslaga. Odgovarajuće projektovan razdelnik će onemogućiti nastajanje ovakvih problema.

Projektovanje glave alata

Na projektovanje glave alata utiče nekoliko faktora, kao što su: prečnik parisona, bubrenje (povećanje debljine i prečnika), debljina zida parisona i izgled površine parisona. Prečnik parisona se uglavnom definiše preko prečnika glave alata i bubrenja parisona, kao i istezanja parisona pod dejstvom gravitacije. Ostali faktori koji učestvuju u definisanju su temperatura rastopa i druga svojstva materijala, kao i brzina ekstrudiranja i geometrija glave alata. Na narednim slikama je dat primer projektovanja divergentne i konvergentne glave alata, sa efektom prečnika i debljine bubrenja.



Divergentna glava alata kod duvanja



Konvergentna glava alata kod duvanja

Relativni uglovi glave alata i položaja trna će uticati na stepen mogućnosti definisanja parisona.

U narednom pregledu su date tipične vrednosti za prečnik i odnos bubrenja debljine parisona za neke tipove poliamida "Zytel", iako se realno ponašanje pri bubrenju može precizno odrediti probama sa predloženim rešenjem mašine i korišćenog materijala.

Bubrenje debljine parisona $T_s = t/t_0$

Bubrenje debljine parisona $D_s = d/d_0$

Tip poliamida	Divergentni alat		Konvergentni alat	
	T_s	D_s	T_s	D_s
Zytel BM7300T	1,5-2,0	1,1-1,4	1,5-2,0	1,2-1,6
Zytel BM73G25T	1,0-1,2	0,9-1,1	1,0-1,2	1,0-1,2

* Tipovi su ojačani staklenim vlaknima

Osnovni procesni uslovi, uključujući uslove predušenja, dati su u narednoj tabeli. Prikazane su i vrednosti tipičnog skupljanja, iako se preporučuje da se stvarno skupljanje precizno proveriti za upotrebu novih kalupa putem isprobavanja odabranog materijala u sličnom kalupu. Ovo iz razloga što oblik dela, debljina zidova i odnos duvanja mogu značajno da utiču na skupljanje duvanih šupljih tela.



Kao i kod mnogih kristalastih polimera, nizak sadržaj vlage je ključan za dobru kontrolu viskoziteta. To je posebno važno kod poliamida i obavezno se preporučuju vrednosti koje su date kao maksimalni nivo vlage kako bi se dobili dobri rezultati pri proizvodnji duvanih šupljih tela.

Korišćenje regenerata

Rukovanje regeneratom je blisko vezano za efekat vlažnosti. Iz tog razloga je važno da se regenerat upotrebi odmah nakon prerade (na primer u zatvorenom sistemu gde se automatski recikluju odsečeni viškovi materijala i vraćaju u dozirni levak mašine) ili da se pravilno osuši pre upotrebe, ako je ostavljen u dužem periodu. U tabeli su data preporučena temperatura i vremena sušenja za pojedine materijale. Međutim, može da bude neophodno da se regenerat, posebno kod poliamida, suši značajno duže vreme, zavisno od količine vlage koja se sadrži u regeneratu.

Maksimalna količina regenerata, izražena u % težinskih, koja se može dodati čistom materijalu u procesu duvanja šupljih tela zavisi od tipa osnovnog materijala. S obzirom da tokom tehnološkog procesa uvek dolazi do izvesne termičke degradacije materijala, sledi da delimičan gubitak mehaničkih svojstava može da bude posledica prekomernog dodavanja regenerata, što je u zavisnosti od njegovog

Preporuke za preradu poliamida duvanjem

Materijal	Tip	Zahtevi sušenja		Opseg temperatura rastopa (°C) (srednja)	Temperatura kalupa (°C)	Skupljanje (%)	
		Max. vlaga (%)	Temperatura °C, vreme (h)			Podužno	Poprečno
Zytel CFE8005	PA 6.6	0,05	110-120 4-6 h	270-280 (275)	70-120	1,2-1,7	2,3-2,8
Zytel EFE7340	15% s.v.	0,05	110-120 4.6 h	270-280 (275)	70-120	0,0-0,5	1,0-1,5
Zytel BM73G25T	25% s.v.	0,05	110-120 4-6 h	230-240 (235)	20-120	0	0,5-1,0
Zytel BM7300FN	PA 6 blenda	0,05	max. 80 6-7 h	225-235 (230)	20-60	2,4-2,8	2,4-2,8
Zytel BM7300T	PA 6 kruti	0,05	110-120 4-6 h	230-240 (235)	20-120	1,0-1,5	1,8-2,5

kvaliteta u smislu moguće termičke degradacije. Drugo ograničenje količine regenerata dolazi od nepravilnog oblika ovakvog materijala (vrlo nepravilna veličina i oblik), tako da se ne može pravilno dozirati sve dok se ne umeša sa višim stepenom čistog materijala.

Generalno posmatrano, preporučeni maksimalni udeli regenerata za "Zytel" PA 6 i PA 6.6, uključujući materijale ojačane staklenim vlaknima, iznose do 60%. Kod nekih tipova će ponašanje regenerata tokom prerade biti različito u odnosu na čisti materijal, u smislu viskoziteta (čvrstoće rastopa), kao i bubrenja pri izlasku iz glave alata. Iz ovih razloga je važno da se nivo dodavanja regenerata održava konstantnim (% tež.) tokom proizvodnje. Ukoliko je procenjeno tokom proizvodnje da se nivo dodavanja povećava ili smanjuje, potrebno je podesiti parametre mašine u skladu sa novom situacijom.

Projektovanje kalupa

Iako je konstrukcija kalupa u osnovi ista kao i kod standardnih termoplasta (PE), postoje neki elementi na koje treba obratiti pažnju, kao što su zona odsecanja i materijal za izradu, odnos duvanja, dozvoljeno skupljanje i hlađenje. Za izradu kalupa se mogu koristiti razni materijali: čelik (mašinski obrađen ili liven), aluminijum (mašinski obrađen ili liven), legura berilijum/bakar (mašinski obrađena ili livena), kao i punjeni epoksidi ili liveni poliuretani (obično samo za izradu prototipova). Korektan izbor zavisi uglavnom od ekonomskih faktora, očekivanog radnog veka kalupa i brzine izrade kalupa. Treba voditi računa da se kod tipova ojačanih staklenim vlaknima deo za odsecanje obavezno izvede od čelika, kako bi se sprečila šteta i habanje usled abrazivne prirode punila. Čelik je mnogo trajniji i kvalitetniji, posebno kod dugotrajnije primene i mogućeg oštećenja pri uklanjanju delova iz kalupa, jer su konstrukcioni materijali znatno tvrdi od polietilena.

Sa druge strane, usled kristalaste strukture i viših tačaka topljenja, transfer toplote je veoma važan kod konstrukcionih termoplasta. Iz ovog razloga, aluminijumski i berilijum/bakarni kalupi ili umetci imaju prednosti usled ubrzanja ciklusa prerade, odnosno, smanjenja trajanja hlađenja.

Odnos duvanja, ovde definisan kao odnos početne površine parisona u odnosu na razduvanu površinu dobijenog šupljeg tela, kreće se do 4:1, odnosno, 3:1 za materijale ojačane staklenim vlaknima. Ukoliko je odnos duvanja prevelik, može da dođe do lošeg proizvoda sa istanjenim zidovima ili do kidanja parisona tokom procesa formiranja. Odnos duvanja treba minimizirati gde je moguće, a posebno u blizini lokacije odsecanja.

Skupljanje delova je znatno veće kod ekstruzionog nego kod injekcionog duvanja. Tačan iznos skupljanja kod pojedinih materijala zavisi od više faktora. To su: debljina zida (veće skupljanje pri većoj debljini zidova); temperatura rastopa (viša temperatura daje manje skupljanje); temperatura kalupa (viša temperatura dovodi do većeg skupljanja); procesni uslovi, itd.

Od svih faktora, najvažnija je debljina zidova, pa varijacija debljine zida dovodi do uvijanja, a kod poliamida dolazi i do negativnog skupljanja usled apsorpcije vlage od strane gotovog proizvoda.