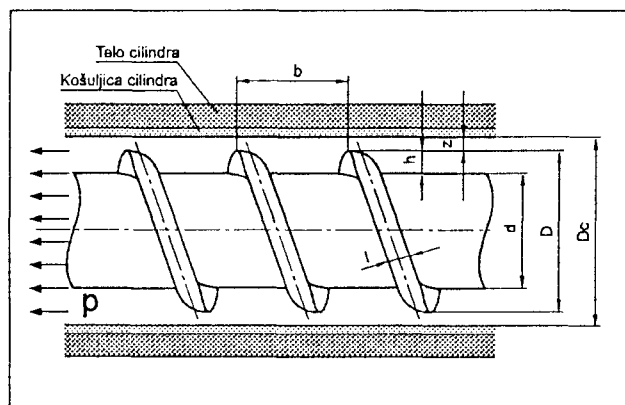


S. MITROVIĆ, Z. CANIĆ

Analiza stanja pohabanosti najugroženijih elemenata TMS-a linija za ekstruziju gume i plastike

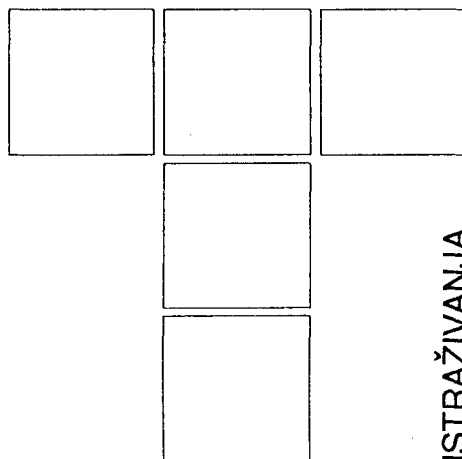
Osnovu svake ekstruzione linije za izradu izolacije i plašteva na provodnicima i kablovima čini ekstruder. To je sklop cilindra i puža prikazan na slici 1. Ovaj sklop, zajedno sa ekstruzionim materijalom predstavlja tribomehanički sistem (TMS) od čijeg stepena pohabanosti zavisi funkcionalnost i proizvodnost ekstruzione opreme kao i kvalitet ekstrudovanog gumenog i plastičnog materijala.

Zadatak sklopa cilindra i puža ekstrudera je da se u njima termoplastični materijal dovede u stanje plastičnosti, tj. stanje najpogodnije za nanošenje na provodnik, a isto-



Sl. 1. Osnovna geometrija TMS-a puž-cilindar

Slobodan Mitrović, dipl.ing.,
PP "MULTICOMP" Kragujevac
Zoran Canić, dipl.ing.,
DD "FEK, HK "KABLOVI", Jagodina



ISTRAŽIVANJA

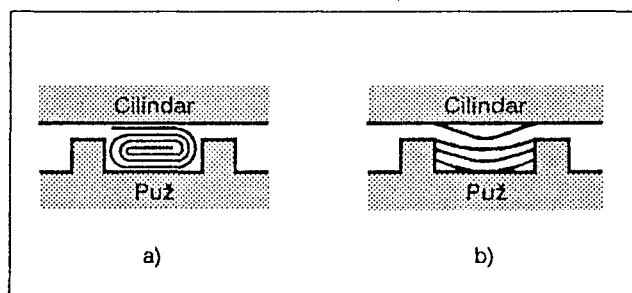
vremeno u takvo stanje homogenosti i umešanosti bez ikakvog prisustva vazduha i vlage (šupljikavosti i isparenja), koji bitno umanjuju otpornost izolacije i plašta na visoke napone i kvare estetski izgled plašta i izolacije na kabl.

U sklopu cilindar - puž odigravaju se vrlo složeni termodinamički procesi termoplastičnog materijala koji se nanosi na provodnik tj. kabl.

Koji su to bitni termodinamički procesi koji se dešavaju?

Posmatrajući kretanje termoplastičnog materijala u samom kanalu puža i cilindra, slika 2, moguća su dva strujanja jako viskoznog fluida.

Na slici 2.a prikazano je složeno strujanje jako viskoznog termoplastičnog materijala sastavljeno od turbolentnog i laminarnog strujanja, a na slici 2.b prikazano je čisto laminarno strujanje.



Sl. 2. Strujanje termoplastičnog materijala:
a) složeno; b) laminarno

Sa gledišta dovođenja plastičnog materijala u stanje najpogodnije za nanošenje na kabl (što se tiče otpornosti na visoke napone i estetike), najpogodniji termodinamički proces je proces prikazan na slici 2.a.

Analizirajući literarno prikazane koeficijente trenja za termoplastične materijale i čelik, koji direktno izazivaju površinsko habanje ekstruzionog puža i cilindra, dolazi se do zaključka da je veći koeficijent trenja kod složenog strujanja jako viskoznog fluida.

Koeficijent trenja za složeno strujanje za slučaj a, α_{ka} (turbulentno + laminarno) moguće je izraziti kao zbir koeficijenata trenja za turbulentno strujanje α_{kt} i za laminarno strujanje α_{kl} , u obliku:

$$\alpha_{ka} = \alpha_{kt} + \alpha_{kl}$$

a koeficijent trenja za slučaj b, strujanje α_{kb} je:

$$\alpha_{kb} = \alpha_{kl}$$

Habanje $H(\alpha)$ puža i cilindra ekstrudera je u direktnoj funkciji od veličine koeficijenata trenja za složeno strujanje u kanalima ekstruzionog puža i cilindra i ima oblik:

$$H(\alpha) = f(\alpha_{kt} + \alpha_{kl})$$

Da bi se ustanovilo stanje pohabanosti ekstruzionih puževa i cilindara i u kojoj meri je prisutno, treba pratiti nekoliko karakterističnih parametara:

- kapacitet ekstrudera koji je smanjen ili se menja u toku rada za stalan broj obrtaja puža $n = \text{const}$:

$$Q = k \frac{p}{\eta(\alpha_{kt})}$$

gde su: Q - zapreminski protok mase kroz glavu ekstrudera (cm^3/min)

p - pritisak mase u glavi ekstrudera (kg/cm^2)

η - efektivna viskoznost mase ($\text{kg s}/\text{cm}^2$)

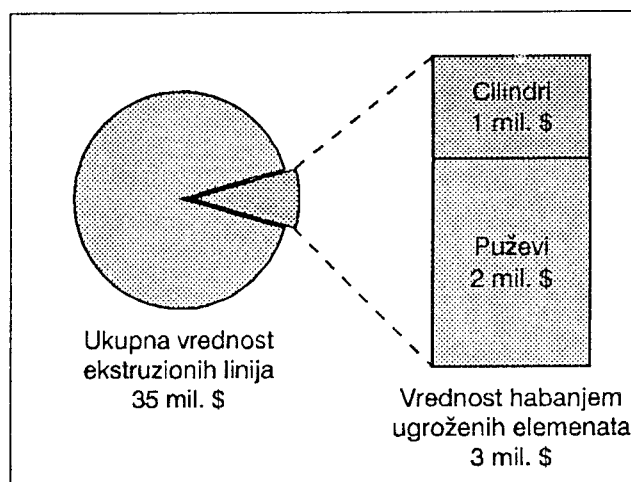
- kvalitet rastopljene mase nije zadovoljavajući za normalno propisane režime prerade, a to se ogleda u neumešanosti mase, što znači da masa nije homogena,
- na izolacijama i plaštevima nanešenim na provodnicima i kablovima pojavljuju se neujednačena zadebljanja tj. javlja se neravnomernost prečnika izolacije provodnika ($d \neq \text{const}$), odnosno, prečnik preko izolacije i plašta je van dozvoljenih odstupanja,
- pojava zrnaca i mehurića po površini izolacije i plašta i
- promena geometrije ekstruzionog puža i unutrašnjeg prečnika cilindra, tj. povećanje zazora između temena navoja puža i unutrašnjeg prečnika cilindra.

Veličina pohabanosti usled trenja se ogleda u promeni veličine zazora između puža i cilindra, koji je veći kod ekstrudera koji duže vremena rade. Najpouzdaniji način utvrđivanja veličine pohabanosti puža i cilindra vrši se merenjem međusobnog zazora. Ovako dobijeni zazor predstavlja parametar na osnovu koga se može tačno predvideti ponašanje ekstrudera u proizvodnji, odrediti

režim rada u eksploataciji i utvrditi da li pristupiti reparaciji sklopa TMS-a cilindar - puž ili nabavci novog.

Danas, najveći jugoslovenski proizvođač kablovskih proizvoda, kablovskog pribora, konektora, kablovske konfekcije i lak žice, Holding kompanija "KABLOVI" iz Jagodine, u svoja četiri deonička društva - FEK, TK, REKOVAC i ELMOS, raspolaže sa ukupno 65 linija različitih kapaciteta za ekstruziju svih materijala koji podležu ekstruzionim postupcima prerade.

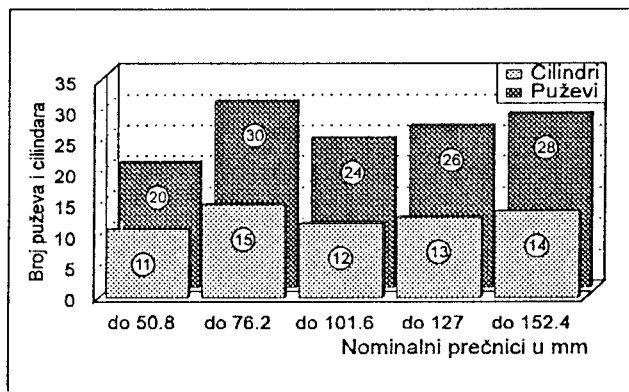
Tržišna vrednost svih instaliranih ekstruzionih linija, u ovoj kompaniji, iznosi cca 35 miliona US\$, slika 3.



Sl. 3. Vrednost ekstruzionih linija i habanjem ugroženih elemenata

Na slici 4 prikazani su ekstruzionni puževi i cilindri u HK "KABLOVI" grupisani prema veličini nominalnih prečnika puževa i cilindara. Poznato je da su u HK "KABLOVI" oko 70% ekstruzionih linija nalaze u grupi većih nominalnih prečnika ($\phi 4 - 6''$), sa većim kapacitivnim mogućnostima. Ostalih 30% ekstruzionih linija se koristi za izolovanje tanjih žila i žice koje rade sa znatno poštrenim režimima rada, u prvom redu sa većim linijskim brzinama oblaganja ($\phi 2-4''$)

Ukupna vrednost habanjem ugroženih elemenata TMS-a iznosi približno tri miliona US\$ od čega dva miliona



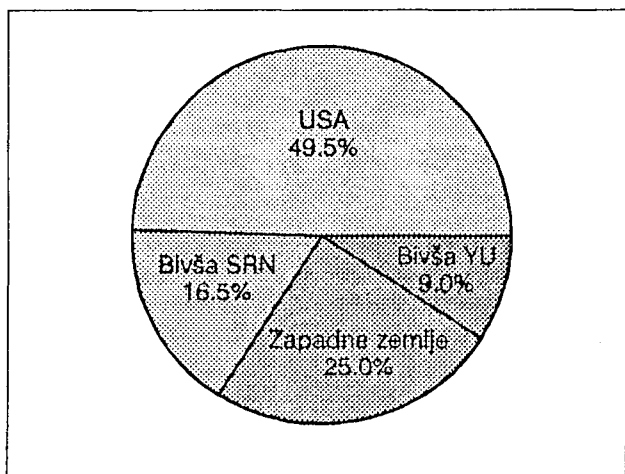
Sl. 4. Identifikovani broj puževa i cilindara u HK "KABLOVI"

US\$ otpada na puževe (ugrađene i rezervne), a jedan milion US\$ investiran je u cilindre.

Kako tokom vremena eksploatacije dolazi do habanja elemenata TMS-a, odnosno puževa i cilindara, to se ovi skupi elementi smatraju potrošnim materijalom. S obzirom da je vek trajanja pomenutog TMS-a relativno dug - kreće se od 8 do 12 godina pri punoj eksploataciji ove opreme, a nadzor nad stanjem pohabanosti ove opreme nedovoljno kontrolisan, dolazi do otkaza koji prouzrokuju dugotrajne zastoje na ekstruzionim linijama.

Danas, u vreme trajanja sankcija u našoj zemlji, ekstruzionna oprema radi sa približno jednočetvrtinskim kapacitetom, pa je ovakve otkaza moguće često izbeći prelaskom na ispravnu istonamensku liniju, dok ekstruzionna linija u otkazu čeka bolja vremena.

Dosadašnja praksa je bila takva da su se pohabani elementi TMS-a nabavljali po potrebi od proizvođača uvozne opreme (49.5% iz USA, 16.5% iz bivše SRN, 25% iz drugih zapadnih zemalja) dok su nabavke iz bivše SFRJ bile pokrivene sa svega 9%, slika 5.



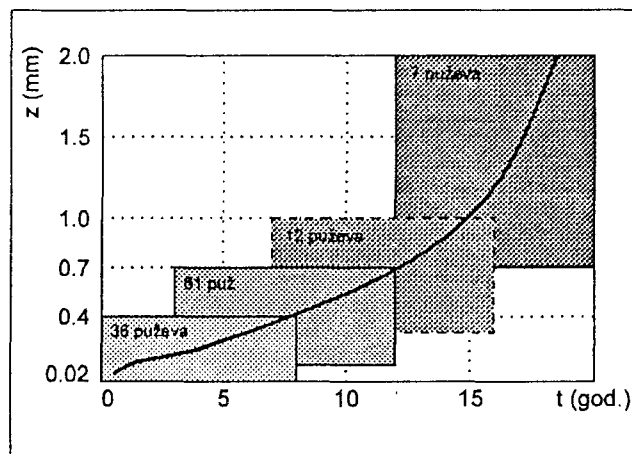
Sl. 5. Nabavka pohabanih elemenata

Kvalitet opreme i samih ekstrudera nije toliko vezan za zemlju isporučioaca, koliko za samog proizvođača. Pokazalo se da je najkvalitetnije ekstruzione puževe i cilindre HK "KABLOVI" dobio od firme "MAILLEFER" iz Švajcarske i "DAVIS STANDARD" iz USA. Dok je npr. proizvođač ove složene opreme iz USA "JOHN ROYLE" isporučivao puževe i cilindre male tvrdoće, što je bitno umanjivalo njihovu otpornost na habanje.

U cilju održavanja ekstruzionih linija u mobilnom stanju, ne čekajući uvoz vitalnih rezervnih delova, pokušaji su da se postojeći puževi i cilindri regenerišu, a i proizvode u domaćim uslovima. Mogućnost regeneracije oštećenih i izrade novih puževa u domaćim uslovima u nekoliko slučajeva potvrdio je Mašinski fakultet u Kragujevcu, koji namerava da, u zajednici sa DD "INSTITUTOM FKS" i DD "FEK" HK "KABLOVI" iz Jagodine i specijalizovanog PP "MULTICOMP" iz Kragujevca, sistematski pride

razrešavanju ovog, za našu kablovsku industriju, važnog problema.

Analizom stanja pohabanosti puževa na nivou HK "KABLOVI" došlo sa do globalne aproksimativne krive habanja, slika 6, koja daje funkcionalnu zavisnost zazora (z) između puža i cilindra u toku vremena eksploatacije (t) izraženog u godinama. Utvrđeno je da se maksimalni dozvoljeni zazor između puža i cilindra, a da kvalitet ekstrudera ostaje u tolerantnim granicama, kreće do 0.7 mm pri prosečnoj eksploataciji ekstruzionih linija od oko deset godina.



Sl. 6. Globalna kriva habanja puževa u HK "KABLOVI"

Pošto je vreme (t) rada ekstrudera u direktnoj sprezi sa veličinom pohabanosti (veličinom zazora z), sa gledišta stepena pohabanosti ekstrudera u HK "KABLOVI" možemo svrstati u nekoliko grupa:

- ekstrudere koji su u eksploataciji proveli do 8 godina (sa gledišta habanja - vreme optimalnih eksploatacijskih karakteristika),
- ekstrudere koji su u eksploataciji do 12 godina (sa gledišta habanja - vreme još uvek zadovoljavajućih eksploatacijskih karakteristika),
- ekstrudere koji su u eksploataciji do 16 godina (sa gledišta habanja - ove mašine treba ozbiljno preispitati s obzirom na veličinu izmerenog zazora (z) i na probleme koji zbog toga prate proizvodnju), i
- ekstrudere koji su se zadržali u eksploataciji do 20 godina (sa gledišta habanja - ne zadovoljavaju kapacitivne niti kvalitativne proizvodne zahteve).

U optimalan vek rada puža i cilindra spadaju svi oni ekstruderi kod kojih izmereni zazor (z) ne prelazi 0.4 mm, a njih s obzirom na broj ekstruzionih linija ima malo, oko 36.

Najveći broj ekstruzionih puževa i cilindara su oni koji zadovoljavaju osnovne proizvodne zahteve, ukupno 61. Zazori kod njih se kreću do 0.7 mm, što se smatra još uvek zadovoljavajućim.

Praktično svi ekstruzionni puževi i cilindri kod kojih su zazori veći od 0.7 mm su nepogodni za upotrebu, ali

situacija u kojoj se nalazi današnja privreda, primorava na rad sa njima, s tim da treba vrlo ozbiljno razmišljati o obnavljanju istih.

Sve to ukazuje da je potrebno preduzimanje mera oko dovođenja puževa i cilindara u stanje, čiji se zazori kreću u granicama od 0.4 do 0.7 mm.

LITERATURA

- [1.] Fenner, R. T., "Extruder Screw Design", London, Iliffe book LTD., 1970.
- [2.] Tadmor, Z., Klein, I. "Engineering Principles of Plasticating Extrusion", Robert E. Krieger publishing Co., Florida, 1982.

Analysis of Wear Status of The Most Endangered Elements of The TMS Lines for The Rubber and Plastics Extrusion

It is well known that the central parts of every extrusion line for manufacturing the isolation and coatings on conductors and cables consist of an assembly of worm with cylinder. These assemblies, together with the extrusion material represent the Tribo Mechanic Systems (TMS) on which degree of wear depend both functionality and productivity of the extrusion equipment, as well as the quality of the extruded rubber and plastic materials.

By analysis of the wear status of worms at the level of the HK "CABLES" Company, we came up with the global approximate wear curve, which gives the functional relation of tolerance (z) between the worm and the cylinder during the exploitation time (t) expressed in years. It was established that the maximum allowed tolerance between the worm and the cylinder, with keeping the extruder quality within permissible limits, is up to 0.7 mm, at the average exploitation of the extrusion lines of about ten years.

Анализ состояния изношенности наиболее уязвимых элементов ТМС - линий для экструзии резины и пластмассы

Известно, что важнейшими частями каждой экструзионной линии для изготовления изолирующих покрытий и слоёв проводников и кабелей, являются червячные узлы с цилиндрами. Эти узлы вместе с экструзионным материалом представляют собой трибо-механическую систему (ТМС), от состояния изношенности которой зависит работа и производительность экструзионного оборудования, как и качество вытеснённой резины и пластмассы.

Анализируя состояние изношенности червячков на Заводе "КАБЛОВЫ" авторы установили общие аппроксимативные кривые изнашивания, дающие функциональную зависимость зазора (z) между червяком и цилиндром от времени эксплуатации (t), выраженного в годах. Установлено, что для качественного процесса экструзии, максимально допустимый зазор должен быть до 0.7 мм, при среднем времени эксплуатации линии лет десять.