

OBRADA GUME - ELASTOMERA

Uvod

Predmeti od gume proizvode se znatno duže nego predmeti od drugih vrsta polimera.

U IV veku n.e. kaučuk se upotrebljavao u centralnoj i južnoj Americi za izradu loptica. Kaučuk stiže u Evropu u XVIII veku, a početkom XIX veka počinje se sa proizvodnjom predmeta od gume (npr. gumenih rukavica).

Jedan od nedostataka predmeta od gume koji su se proizvodili u to vreme bila je njihova lepljivost na povišenoj temperaturi, što je ograničavalo njihovu upotrebu.

1839. godine Čarls Gudjir otkrio je da se omekšali prirodni kaučuk može zagrevanjem uz prisustvo sumpora prevesti u elastični materijal – gumu. Od tog trenutka počinje kontinualan i brz razvoj prerade kaučuka.

Krajem XX veka potrošnja kaučuka u svetu iznosila je oko 15 miliona tona, pri čemu se 38% odnosilo na prirodni kaučuk, a 62% na različite vrste sintetičkih kaučuka. Nešto više od 50% trošilo se na proizvodnju pneumatika, a ostatak na proizvodnju predmeta od gume koji se primenjuju u medicini i širokoj potrošnji.

Za razliku od drugih polimernih materijala kaučuk se ne isporučuje u stanju spremnom za oblikovanje. Prvo je potrebno napraviti kaučukovu smešu koja se dobija mešanjem kaučuka sa dodacima. Zatim se ta smeša oblikuje nekim od postupaka obrade uz umrežavanje i na taj način se dobija proizvod od gume.

Važno svojstvo gume koje je razlikuje od ostalih materijala je njena elastičnost. Ostale dobre osobine gume su: malo habanje, nepropusnost za vodu i vazduh, postojanost na uticaj kiselina, malo bubrenje u rastvaračima.

KAUČUKOVE SMEŠE

Osnovni sastojak kaučukove smeše je prirodni ili sintetički kaučuk.

Kaučuk se meša sa različitim dodacima i umrežava na povišenoj temperaturi (ređe se primenjuje hladno umrežavanje).

Nakon završetka procesa umrežavanja kaučukova smeša dobija svojstva entropijske elastičnosti kao i ostala mehanička svojstva (tvrdoću, čvrstoću).

Elastičnost kao osobina kaučuka i gumenih materijala može se objasniti molekulskom strukturom.

Polimerni lanci (makromolekuli) kaučuka pre umrežavanja nisu međusobno povezani već se drže zajedno relativno malim intermolekulskim silama.

Polimerni lanci kaučuka zbog međusobne povezanosti čine minijaturne opruge.

Ako se kaučuk zatezno optereti ponaša se elastično, a kada se opterećenje dovoljno poveća dolazi do trajne deformacije.

Kaučuk je samo delimično elastičan, a pretežno je plastičan.

Posledica umrežavanja je stvaranje hemijskih veza između polimernih lanaca, odnosno stvaranje trodimenzionalne mreže, što ima za posledicu malu plastičnu i veliku elastičnu sposobnost deformacije.

Prirodni ili sintetički kaučuk je osnovni sastojak kačukovih smeša.

Kaučuk je neumrežena, ali umreživa polimerna materija sa entropijskim elastičnim svojstvima na sobnoj temperaturi.

Na višim temperaturama i/ili delovanju sile deformisanja kaučuk počinje viskozno da teče i može se pri povoljnim uslovima preoblikovati.

Kaučuk je osnova pri proizvodnji elastomernog materijala – gume.

Kaučuk lateks ili jednostavnije lateks je koloidna disperzija kaučuka u vodi.

Gume su do temperature razgradnje umreženi polimerni materijali koji na niskim temperaturama postaju kruti i krti kao staklo.

Pri povišenim temperaturama ne pokazuju viskozno tečenje. U području sobne temperature pa do temperature razgradnje ponašaju se gumasto-elastično.

Po pojmom umrežavanje podrazumeva se fizičko hemijska promena pri kojoj pretežno plastični kaučuk prelazi u gumasto-elastično stanje.

Umrežavanje se ponekad zamenjuje pojmom vulkanizacija mada vulkanizacija osim umrežavanja podrazmeva i preradu.

Prema DIN-u umrežavanje se definiše kao postupak pri kome se kaučuk zbog promene svoje strukture prevodi u stanje u kojem poseduje elastična svojstva.

Za umrežavanje je potrebno sredstvo za umrežavanje.

Najstarije sredstvo za umrežavanje je sumpor.

Umrežavanje se odvija više sati na temperaturi od 140 do 150°C.

Dodavanjem raznih sastojaka brzina procesa može da se menja i podešava.

Osim sumpora zbog toga se koriste i ubrzivači, aktivatori i usporivači.

Umrežavanje sumporom je moguće jer molekuli kaučuka na određenom rastojanju poseduju dvostruke veze koje mogu da se otvore i na tim mestima se vezuje sumpor.

Gume sa udelom sumpora do 5% nazivaju se meke, sa udelom sumpora 5-20% imaju nižu elastičnost dok one sa 25-40% sumpora nemaju svojstva gume, ni elastičnost.

Takav materijal naziva se tvrda guma (ebonit), može da se seče i polira.

MEŠANJE KAUČUKOVIH SMEŠA

Postupak mešanja kaučuka i dodataka u kaučukovu smešu podešava se prema nameni smeše.

Uz osnovni sastojak, kaučuk, smeše sadrže mnogobrojne dodatke npr. ispune, pigmente, sredstva za omekšavanje, dodatke za poboljšanje preradivosti, za sprečavanje starenja, sredstva za umrežavanje, ubrzavanje, usporavanje, aktivatore i dr.

U proseku se svaka kaučukova smeša sastoji od 10-20 dodataka.

Kaučuk može biti prirodni i sintetički.

Prirodni kaučuk se dobija od biljaka, najčešće od drveta *Hevea brasiliensis*.

Lateks dobijen zarezivanjem kore drveta sadrži 35% kaučuka.

Gumeni proizvodi na bazi prirodnog kaučuka postoje su na uticaj vode, alkohola, glikola, silikonskih ulja i masti, a nepostojani su na uticaj mineralnih ulja i masti.

POSTUPCI UMREŽAVANJA KAUČUKOVIH SMEŠA

Kaučukove smeše čine kaučuk i dodaci.

Kaučuk je žilava materija, omekšivači su tečni, dok su ostali dodaci obično praškasti.

Sve ih je potrebno pomešati po unapred određenoj recepturi.

Svojstva kaučukove smeše ne zavise samo od recepture (odnosa sastojaka), već i od postupka mešanja.

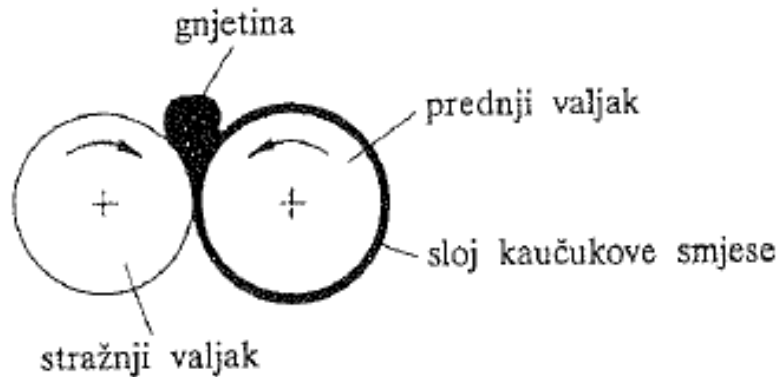
Nakon postupka mešanja dobija se smeša čiji se sastojci ne mogu razdvojiti fizičkim ni mehaničkim putem.

MEŠANJE NA DVOVALJKU

Dvovaljčane mešalice bile su osnovne mašine za pripremu smeše u početnom razdoblju prerade kaučuka.

Dvovaljak se sastoji od dva vodoravno postavljena čelična valjka, jedan iza drugog. Zazor između valjaka može se podešavati.

Valjci rotiraju u suprotnim smerovima, različitim brzinama. Na taj način osigurava se bolje smičuće naprezanje kaučuka u zazoru što ima za posledicu intenzivnije mešanje dodataka u kraćem vremenu.



Mešanje smeše na dvovaljku

Tokom mešanja na dvovaljku odvijaju se tri procesa:

- Masticiranje kaučuka (cepanje molekula kaučuka na manje molekule čime se povećava plastičnost kaučuka)
- Mešanje kaučuka sa dodacima
- Predgrevanje kaučukove smeše pre dalje prerade

Zbog velikog trenja tokom mešanja kaučukova smeša se zagreva pa se valjci moraju temperirati jer temperatura smeše ne sme biti viša od 100°C.

Mešanje obično traje između 30 i 40 minuta, a može i duže.

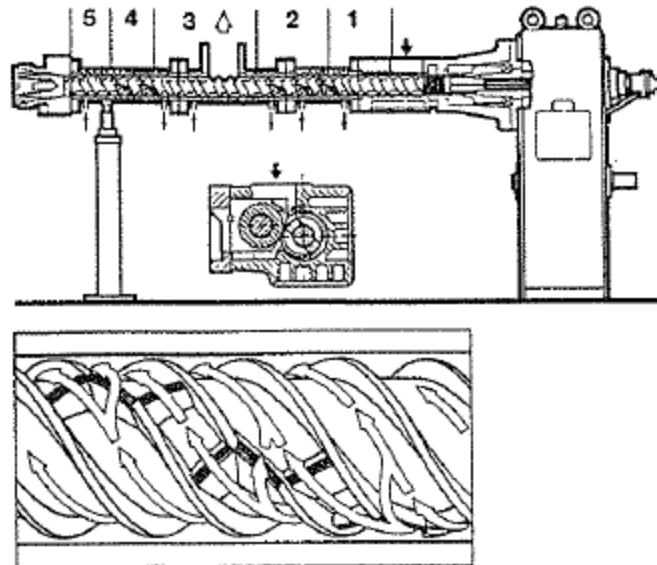
MEŠANJE NA GNJEČILICI

Gnječilice su namenjene za mešanje srednjeviskoznih i visokoviskoznih mešavina. Mogu biti šaržne i protočne gnječilice.

Tokom procesa mešanja materijal se naizmenično sabija (gnječi) i rasterećuje, odakle su i dobile ime. Gnječilica sadrži temperiranu komoru u kojoj u suprotnim smerovima rotiraju dva rotora na kojima se nalaze lopatice.

KONTINUALNO MEŠANJE

Postoji više načina kontinualnog mešanja. Jedan od njih je EVK postupak, tu se radi o ekstruderu za kontinualno mešanje. Puž je smešten u cilindričnu komoru a kaučukova smeša smičuće teče zbog posebnih elemenata koji su raspoređeni duž čitavog puža.



Slika 3.6. EVK ekstruder i detalj pužnog vijka¹⁹

OBRADIVOST KAUČUKOVIH SMEŠA

Uspešnost tehnološkog prelaza iz kaučukove smeše u gumeni proizvod zavisi od njene obradivosti, a faktori koji utiču na obradivost su:

- Svojstva tečenja
- Toplotna svojstva
- Karakteristike umrežavanja

SVOJSTVA TEČENJA

Svojstva tečenja smeše treba da se podese tako da njeno ponašanje bude pretežno viskozno tokom svih predviđenih operacija u njenoj preradi.

Međutim, to vreme je ograničeno pojavom umrežavanja koje sprečava dalje tečenje i oblikovanje smeše, tako da su parametri prerade kompromis dva suprotna zahteva, dovoljno dugog vremena predumrežavanja i što kraćeg ukupnog vremena umrežavanja.

TOPLOTNA SVOJSTVA

Postupci prerade polimera zasnovani su na zagrevanju i hlađenju polimernog materijala. U proračunima izmene toplote treba uzeti u obzir dve veličine: ukupno utrošenu energiju za promenu stanja polimera i brzinu izmene toplote.

Osnovni zadatak pri izmeni toplote je proračun temperatura tokom vremena i njihov raspored unutar posmatranog sistema.

Svi navedeni procesi izmene toplote direktno zavise od toplotnih svojstava polimera.

Toplotna svojstva zavise od temperature i pritiska kao i od udela dodataka u polimernom materijalu.

KARAKTERISTIKE UMREŽAVANJA

Brzina umrežavanja kaučukove smeše jedan je od najvažnijih faktora koji određuju vreme proizvodnje gumenih proizvoda.

Na dijagramu je prikazana zavisnost stepena umreženja kaučukove smeše od vremena.

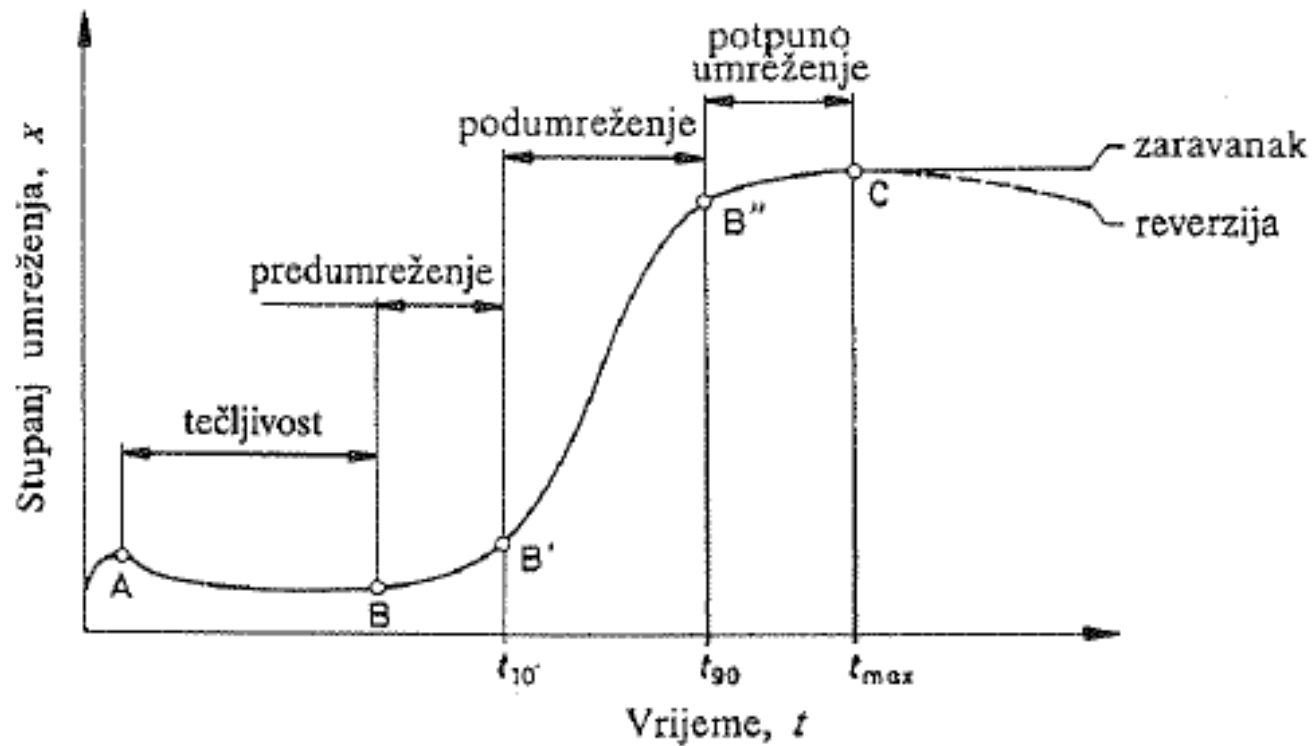
Fazu **tečljivosti** (A-B) karakteriše snižavanje viskoznosti kaučukove smeše i početak njenog tečenja.

Faza **predumrežavanja** (B-B´) je faza u kojoj kaučukova smeša pokazuje početke umrežavanja.

Faza **podumrežavanja** (B´-B´´) je faza u kojoj se povećava stepen umreženja, ali još nije postignuto optimalno umreženje.

Faza **potpunog umreženja** (B´´-C) je faza u kojoj je postignuto optimalno umreženje. Reakcija umrežavanja se usporava i kriva postaje horizontalna.

Reverzija je faza kada se prođe optimalno umreženje i kada kod nekih kaučukovih smeša dolazi do sniženja fizičko-mehaničkih svojstava.



Slika 4.10. Ovisnost stupnja umreženja kaučukove smjese o vremenu²⁹

Idealni tok krive umrežavanja opisuju tri karakteristike:

- Usporeni početak predumrežavanja (duga faza A-B), čime kaučukova smeša u dužem vremenskom periodu ima dobru tečljivost. Time je kod cikličnih postupaka osigurano lagano popunjavanje kalupne šupljine.
- Velika brzina umrežavanja do postizanja optimalnog stepena umrežavanja (kratka faza B-C, što kraće vreme umrežavanja)
- Dugačka poslednja faza u kojoj je kriva horizontalna, zbog čega postoji manja mogućnost reverzije.

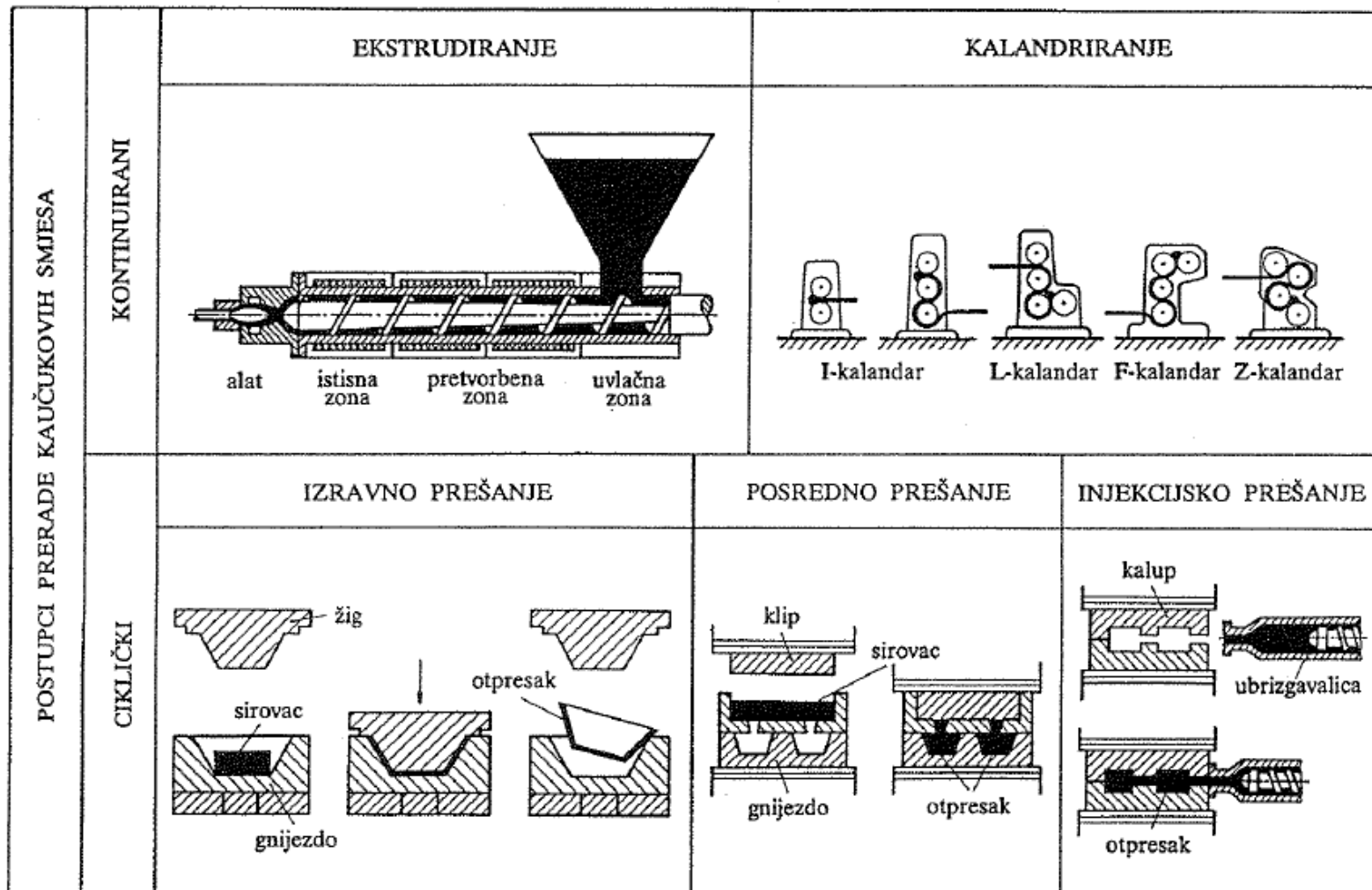
POSTUPCI OBLIKOVANJA KAUČUKOVIH SMEŠA

Postupci oblikovanja kaučukovih smeša kao i postupci oblikovanja ostalih polimera dele se na kontinualne i ciklične.

Postupci se mogu podeliti na sledeći način:

- Postupci oblikovanja uz istovremeno umrežavanje kaučukove smeše
- Postupci oblikovanja u kojima se oblikuju neumreženi poluproizvodi koji se zatim umrežavaju u posebnim procesima u gotove gumene proizvode.

Na slici su prikazani najvažniji kontinualni i ciklični procesi oblikovanja kaučukovih smeša.

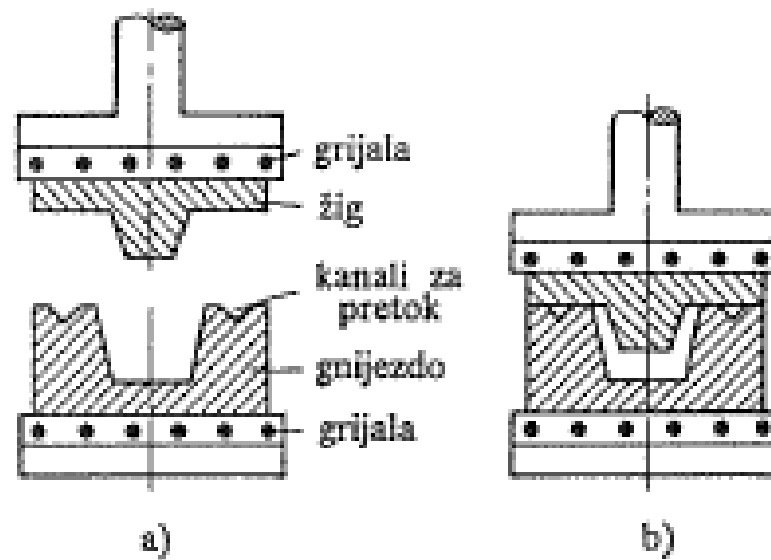


Slika 5.1. Najvažniji postupci praoblikovanja kaučukovih smjesa²⁹

Direktno presovanje kaučukovih smeša

Ovaj proces čine sledeće faze:

- Predgrevanje kaučukove smeše (nije obavezno)
- Ulaganje kaučukove smeše u temperirani kalup
- Postavljanje kalupa u presu i zatvaranje prese delovanjem niskog pritiska
- Oblikovanje pripremka (kalupljenje)
- Odzračivanje kalupa (nije obavezno)
- Umrežavanje pod dejstvom visokog pritiska
- Otvaranje prese i vađenje gumenog proizvoda
- Dorada gumenog proizvoda (uklanjanje srha)



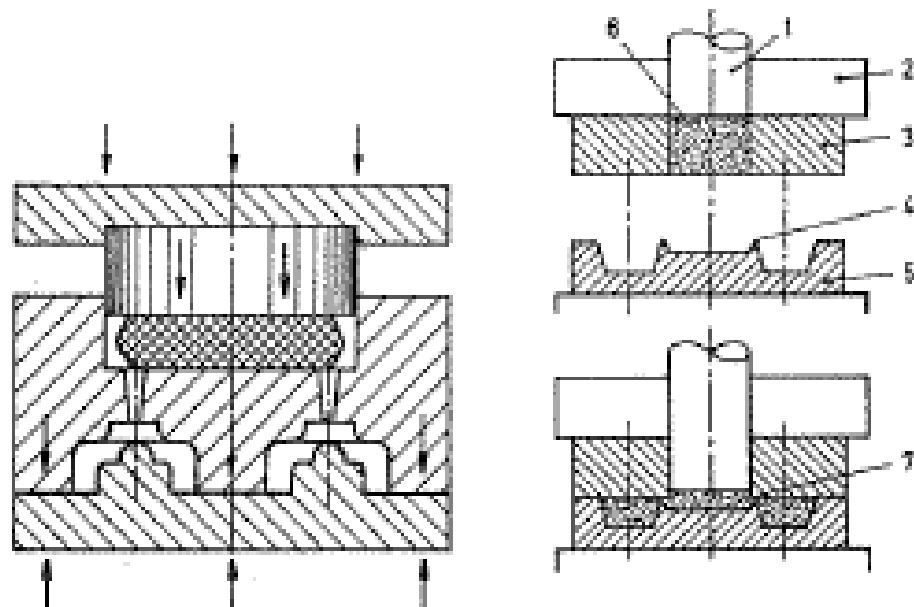
Slika 5.5. Katup za izravno prešanje kaučukovih smjesa; a-otvoren, b-zatvoren¹⁴

Indirektno presovanje kaučukovih smeša

Indirektnim presovanjem postižu se bolja svojstva i dimenziona stabilnost otpresaka uz skraćenje ciklusa presovanja.

U ovom postupku odmerena količina kaučukove smeše, obično već predgrejana, stavlja se u komoru za ubrizgavanje smeštenu u kalupu gde omekšava i postaje pogodna za ubrizgavanje klipom kroz ulivni sistem.

I kod ovog postupka se gubi deo materijala koji ostaje ispred klipa i u ulivnom sistemu.

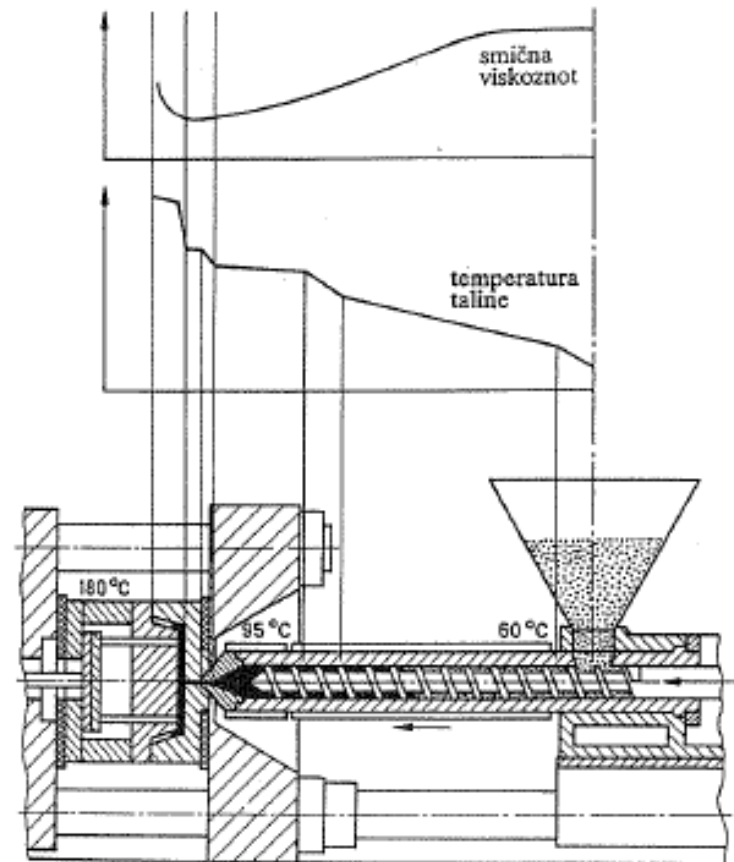


Slika 5.6. Kalup za posredno prešanje kaučukovih smjesa; 1 - klip, 2 - ploča preše, 3 - žig, 4 - uljevni kanal s ušćem, 5 - gnijezdo, 6 - strovac, 7 - grozd¹³

Injekciono presovanje kaučukovih smeša – tok procesa

Kaučukova smeša u obliku granulata ili trake dostavlja se u uvlačnu zonu cilindra za topljenje na ubrizgavalici.

U uvlačnoj zoni puž zahvata kaučukovu smešu i topi je do potrebne smičuće viskoznosti. Na slici su prikazane promena smičuće viskoznosti i temperature rastopljenog materijala duž cilindra. Ciklus presovanja je isti kao kod plastomera, samo što je najčešće potrebno dopunsko vreme umrežavanja, odnosno produžava se vreme ciklusa.



Slika 6.4. Raspodjela smične viskoznosti i temperature taljevine uzduž cilindra za taljenje i kalupa⁷⁹

Kalandriranje kaučukovih smeša

Osnovni zadata kalandra je da delovanjem pritiska razvalja na potrebnu debljnu materijal koji je prethodno omekšao.

Prema broju valjaka mogu biti dvovaljčani do petovaljčanih, a za kaučukove smeše se najčešće koriste trovaljčani i četvorovaljčani.

POSTUPCI UMREŽAVANJA KAUČUKOVIH SMEŠA

Proces umrežavanja odvija se u dve faze:

- Zagrevanje priprema na potrebnu temperaturu umrežavanja
- Održavanje tako postignute temperature do završetka hemijske reakcije

Medijum za prenos toplote može biti: para, gas, tečnost.

Koji će se medijum za prenos toplote i postupak umrežavanja koristiti zavisi od: vrste kaučuka, sredstva za umrežavanje, traženih upotrebni svojstava proizvoda od gume, izgleda proizvoda itd.

Za proizvodnju profila pogodnim su se pokazali postupci: sona kupka, mikrotalasi, smičuća glava, topli vazduh, infracrveno zračenje.

Za kontinualnu proizvodnju gupkih cevi upotrebljava se: para, sona kupatila sa povišenim pritiskom, vrtložna komora.

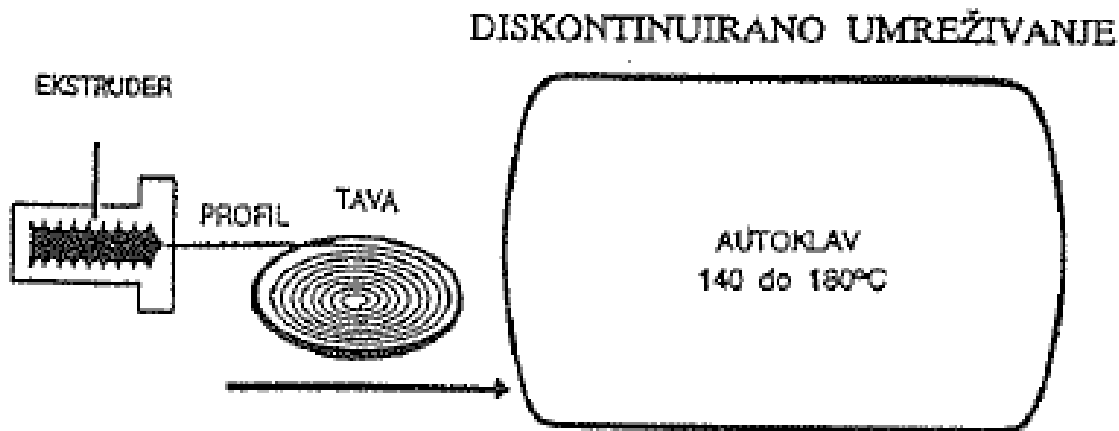
U industriji kablova najčešće se upotrebljavaju: para, sona kupatila sa povišenim pritiskom, topli gas, infracrveno zračenje, energijsko jonizujuće zračenje.

Umrežavanje u vodenoj pari – autoklav

To je najstariji način umrežavanja.

Prvi korak u ovom postupku čini oblikovanje kaučukove smeše u ekstruderu i njen transport.

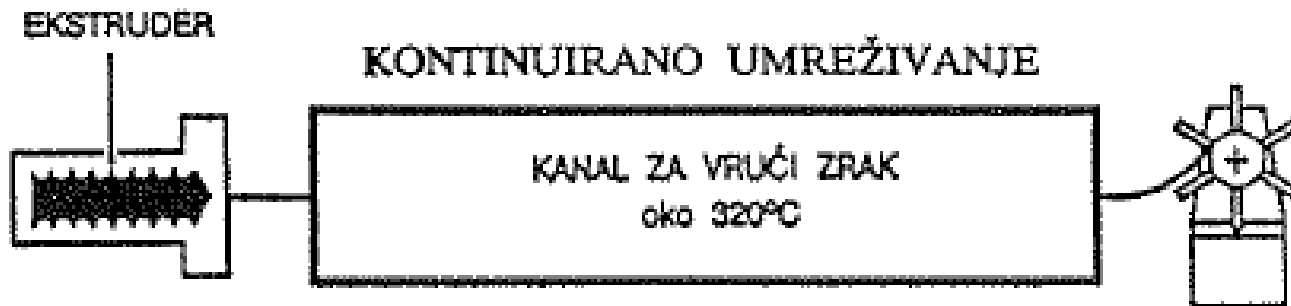
Drugi korak je umrežavanje na povišenoj temperaturi u vodenoj pari ili toplom vazduhu.



Slika 7.13. Diskontinuirano umreživanje u vodenoj pari ili vrućem zraku¹⁷⁾

Kontinualno umrežavanje u vrućem vazduhu

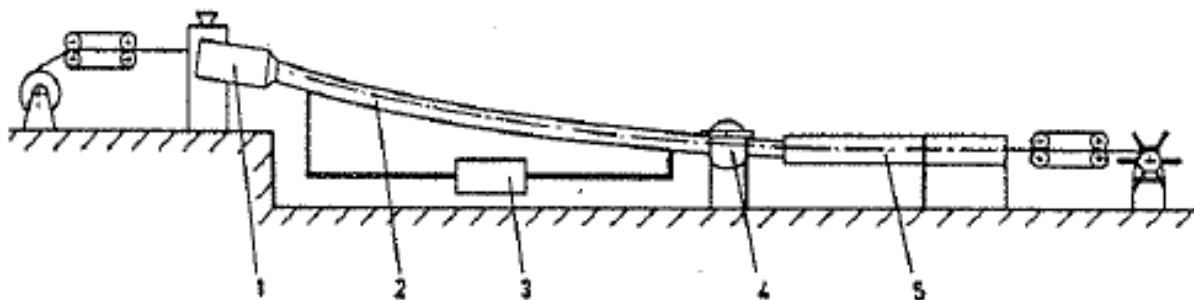
Vazduh se zagreva na temperaturu 300-350°C i provodi brzinama do 300 m/min kroz kanal u smeru u kom se pomera i ekstrudat. Zbog malog iskorišćenja energije najčešće se koristi za umrežavanje ekstrudata malog preseka.



Slika 7.15. Kontinuirano umreživanje u vrućem zraku¹⁷⁷

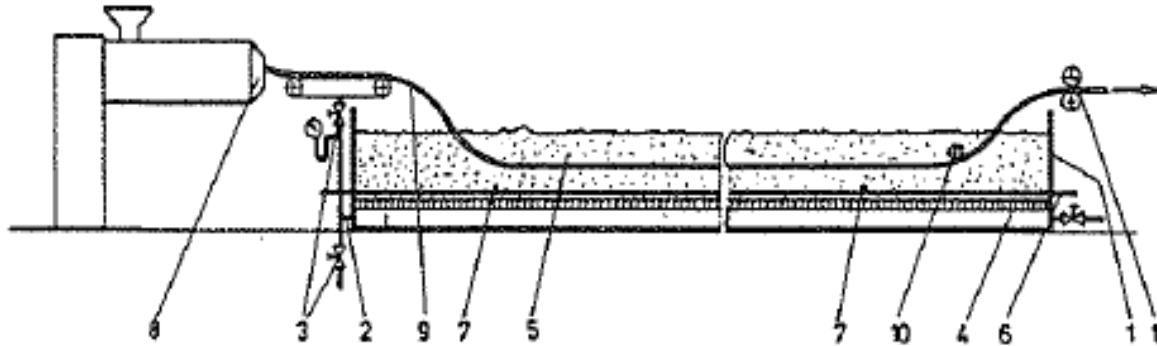
Umrežavanje u cevi sa vodenom parom

Ovaj postupak se koristi kod umrežavanja gumenih creva i kablova, kao i izolacija. Najčešće se umrežavanje izvodi zasićenom vodenom parom uz pritisak od 25 bara i temperaturu od 233°C



Slika 7.17. Umreživanje u cijevi s parom; 1 - ekstruder, 2 - vodena para, 3 - proizvodnja pare, 4 - autoklav, 5 - hladilo¹⁷⁶

Umrežavanje u vrtložnoj komori



Slika 7.21. Umreživanje u vrtložnoj komori¹⁷⁶

Vrtložnu komoru čini toplotno izolovana čelična kada na koju su postavljeni električni grejači i kanali za vruć vazduh ili paru. Kada je napunjena staklenim kuglicama malog prečnika (0,1 do 0,2 mm). Kroz ventile smeštena na donjoj strani u kadu ulazi smeša toplog vazduha i pare zagrejanih na temperaturu od 250°C. Zbog toga staklene kuglice počinju da lebde i da se ponašaju kao tečnost. Tokom umrežavanja kuglice se lepe na površinu ekstrudata.