



FKITMCMXIX

ELASTOMERI

šk. god. 2024./2025.

Ljerka Kratofil Krehula

krehula@fkit.hr



OBRADA KAUČUKA I PROIZVODNJA GUME

OBRADA KAUČUKA I PROIZVODNJA GUME

Prirodni i sintetski kaučuk materijal je kojemu se oblik može mijenjati.

Kaučuk se mora podvrgnuti mnogim procesima da bi se dobio produkt relativno velike elastičnosti - guma.

Kaučuku se dodaju različita punila i smjesa se podvrgne termičkoj obradi-**vulkanizaciji**.

U procesu proizvodnje gume iz kaučuka razlikuju se sljedeće faze:

1. mastikacija
2. priprema smjese kaučuka i dodataka
3. oblikovanje poluproizvoda
4. vulkanizacija



1. MASTIKACIJA

Mastikacija - operacija kojom se kaučuku povećava plastičnost, a time i mogućnost postizanja veće homogenosti prilikom primješavanja različitih dodataka i punila.

Prirodni i sintetski kaučuk doprema se u tvornice u velikim balama komadima koje je, prije dalje obrade, potrebno smanjiti pomoću posebnih strojeva koji imaju noževe.

Mastikacija - intenzivna mehanička obrada uz istodobno zagrijavanje. Kaučuk (polimer velike molekulske mase) se pri tome razgrađuje.

Mastikacija ima cilj dovesti materijal do potrebne konzistencije za prihvaćanje smjese aditiva i njihovo dobro miješanje. Mastikacija rezultira smanjenjem veličine lanca polimera na prosječnu duljinu lanca reda veličine 10^4 atoma ugljika.

Dugačke lančane molekule cijepaju se i molekulska se masa smanjuje.

Da bi se taj proces mogao provesti, potrebni su **katalizatori - kemijska sredstva za plastificiranje** koji ubrzavaju mastikaciju uz prisutnost kisika (sumporni spojevi: najčešće tiofenoli)

Mastikacija se provodi pomoću posebnih uređaja.

a) dvovaljci

Prvi su u upotrebi bili *dvovaljci*, koji mogu služiti osim za mastikaciju i za primješavanje dodataka kaučuku i za stvaranje homogene smjese prije vulkanizacije. To je uređaj s dva valjka smještena u horizontalnoj ravnini, koji se okreću jedan prema drugome. Promjer valjaka je 0,4-0,6 m, a duljina 1-2m.

Otvor između valjaka postavi se na početku rada tako da rotirajući valjci mogu uhvatiti i povući komade kaučuka. Nakon što komadi prođu između valjaka, radnik koji rukuje uređajem vraća ih i tjera ponovno kroz otvor između valjaka. Pri tome se razmak između valjaka može prema potrebi proširivati.

Nakon nekoliko prolazaka pojedini se komadi združuju i čine jednoliku masu koja stvara prevlaku oko prednjeg valjka te nakupinu materijala pred otvorom valjka. Da bi masa postala što jednoličnija, režu se povremeno dijelovi mase, skidaju s valjaka i ponovno ubacuju među njih.

Na manjem, laboratorijskom uređaju reže se ručno, a na velikim, proizvodnim valjcima rezanje se obavlja automatski i kontinuirano.



Dvovaljci moraju imati *vrlo tvrdu površinu* zbog rezanja traka kaučuka jer tada nož za rezanje upire u površinu valjka.

Valjci se po potrebi hlade vodom ili se zagrijavaju parom, uljem ili, vrlo rijetko, električnom energijom.

Oba se valjka pokreću istim motorom i međusobno su povezani zupčanicima s dugačkim zupcima. Da bi se povećala djelotvornost uređaja, prednji se valjak obično okreće nešto sporije od stražnjeg.

Kada se prerađuje materijal koji izaziva vrlo veliko trenje, svaki se valjak pokreće zasebno.

b) miješalice (mikseri)

Pored rada na dvovaljcima, mastikacija, a također i miješanje smjese kaučuka i dodataka, provodi se u *miješalici (mikseru)*.

Taj se uređaj sastoji od zatvorene komore s dva rotora nepravilnog, kruškolikog oblika. Rotori se okreću jedan prema drugom i tom prilikom tiskaju i miješaju kaučuk između valjaka, ali i između pojedinog valjka i stijenke komore.

Proces se odvija mnogo djelotvornije i u većem prostoru pa je za mastikaciju u miješalici potrebno mnogo manje vremena nego za mastikaciju između valjaka.

Rad miješalice može se mehanizirati i osoblje nije u direktnom kontaktu sa strojem - time se izbjegavaju nesreće.

Da bi se povećala djelotvornost miješanja, rotor se okreću različitim brzinama. Nakon završetka mastikacije, kaučuk se ispušta otvaranjem dna miješalice. Ta se čitava smjesa odvodi u stroj s dvovaljcima koji je homogeniziraju i oblikuju ploče prikladne za daljnju obradu.

- U upotrebi su dvije osnovne vrste miješalice.
 1. miješalice tipa *Banbury* ima rotore koji rotiraju različitim brzinama stvarajući način miješenja poput onog koja se koristi pri rukovanju tijestom za kruh. Postiže se i djelovanje smicanja između rotora i stijenki miješalice.



https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=1_W_v2R_P1s

Rotors

Alloy steel construction for strength; computer designed for optimum performance; precision profile machined for volumetric accuracy, all ensuring the production of uniform compounds and high productivity

Jackets (sides)

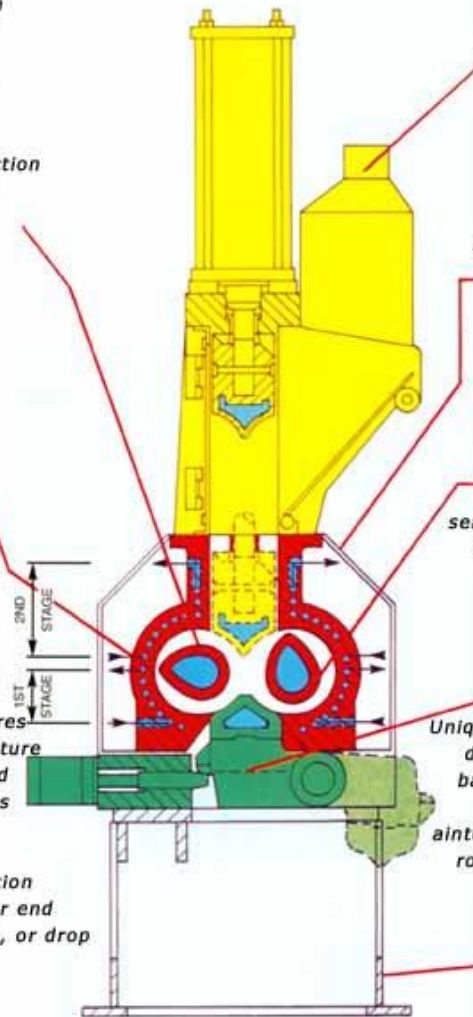
Manufactured in cast steel with massive backbone section. Efficient 2 stage heating / cooling drilled serpentines envelop the mixing chamber and throat areas to ensure excellent heat transfer.

Cooling system

Superb cooling system design and the absence of hot spot points ensures uniform batch temperature control without localised heat build-up situations

Oil Injection

Various oil/liquid injection ports available in either end frames, jackets (sides), or drop door top.



Feed Hopper

Large steep charging area for rapid feeding. Radius bottom floating weight to present maximum cooling and mixing surfaces to the compound charging door pneumatically operated

End Frames

Manufactured in cast steel which are far stronger than meehanite and fabricated types for use under high power, high pressure high rotor speed applications. large dust seal areas for greater maintenance accessibility

Dust seals

sealing areas remote from rotor ends for improved performance under all mixing conditions

Discharge Door

Manufactured entirely in steel for strength. Unique dual section designed door top ensures efficient batch dispersion and temp control. without the aintenance problems with the rotary vane type actuators

Bed Plates

Various steel bedplates designs available to suit new or existing mixer positions

2. miješalica tipa *Shaw Intermix* koristi rotore koji se okreću istom brzinom, miješanje nalikuju miješanju u mlinu.



2. PRIPREMA KAUČUKOVE SMJESE

Kvaliteta gotovog proizvoda ovisi o:

- *sastavu*
- *homogenosti kaučukove smjese prije vulkanizacije .*

Osnovni sastojak svake smjese koja se dalje preraduje u gumu je **kaučuk**, ali smjesa mora sadržavati i *sredstvo za vulkanizaciju*, najčešće sumpor te *ubrzivač vulkanizacije i aktivator ubrzivača*.

Pored glavnih sastojaka, smjesa sadrži različite dodatke čija je zadaća olakšavanje prerade, snižavanje cijene gotovog produkta i postizanja željenih svojstava budućeg produkta.

Relativni sastav smjese ne izražava se u postocima, već se količina kaučuka kao glavnog sastojka smjese označuje sa 100, a količina ostalih komponenata u odnosu na tu količinu kaučuka jedinicom *phr* – *parts per hundred*.

a) SREDSTVA ZA VULKANIZACIJU



Kao sredstvo za vulkanizaciju, najčešće se upotrebljava *sumpor* koji mora biti relativno čist ($> 95\%$), bez kiselina te samljeven na određenu veličinu zrna da bi se mogao što jednoličnije razdijeliti u kaučuku.

Pomoću sumpora mogu se vulkanizirati svi kaučuci čije makromolekule sadržavaju *dvostruke veze*.

Ako se kaučuku dodaje samo mala količina sumpora ili se radi s kaučukom u kojem se sumpor teško razdjeljuje, upotrebljavaju se *dispersatori*.

Prednosti vulkanizacije sumporom:

- proces je povoljan s ekonomskog gledišta
- njegova se brzina može relativno lako regulirati dodatkom ubrzivača ili usporivača
- pažljivim vođenjem procesa i doziranjem sumpora može se utjecati na stupanj umreženja kaučuka, a time i na svojstva gotovih produkata.

Vulkanizacija se može provesti i bez sumpora.

To se u prvom redu upotrebljava za kaučuke bez dvostrukih veza. Najpoznatija sredstva za vulkanizaciju te vrste su *peroksidi*.

Kaučuci koji sadrže halogene elemente mogu se umrežavati i pomoću *metalnih oksida*.

Kaučuk se može vulkanizirati i *bez sredstva za vulkanizaciju*. Umrežavanje se tada postiže djelovanjem jakog zračenja, npr. *pomoću gama-zraka*.

U smjesi za vulkanizaciju moraju biti prisutni i *ubrzivači*. Vulkanizacija je bez njih spora, potrebno je mnogo sumpora i visoke temperature, a produkt je slabe čvrstoće i otpornosti prema starenju.

Ubrzivači su uglavnom organski spojevi: *tiazoli*, *sulfonamidi*, *ditiokarbamati* itd.

Ubrzivači vulkanizacije moraju se potaknuti na reakciju pomoću *aktivatora* (cinkov oksid).

Ostala sredstva za umreživanje

a) metalni oksidi

- magnezijev i cinkov oksid u kombinaciji:
 - za umrežavanje nekih vrsta guma, npr. za klorbutadienske gume, klorsulfonirani polietilen, epoksidne kaučuke i fluorirane kaučuke

b) umreživanje smolama

- npr. fenolne smole, epoksi smole, organske kiseline, polifunkcionalni amini.
- smole sadrže različite funkcionalne skupine koje su lako reaktivne - dolazi do umreženja preko tih funkcionalnih skupina.

b) SREDSTVA PROTIV STARENJA

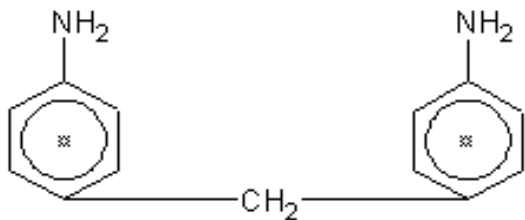
Starenje - podrazumijeva štetne promjene koje se tijekom vremena zbivaju na površini ili u čitavoj gumi.

Radi se o sljedećim utjecajima:

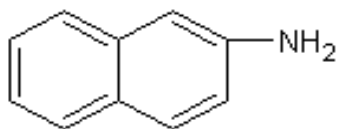
- o djelovanju kisika (samog ili u kombinaciji sa spojevima teških metala)
- o djelovanju ozona, topline, vlage i svjetla
- o umoru materijala

Zbog tih se utjecaja nakon kratkog vremena jako umanjuje upotrebljivost gume i gumenih proizvoda.

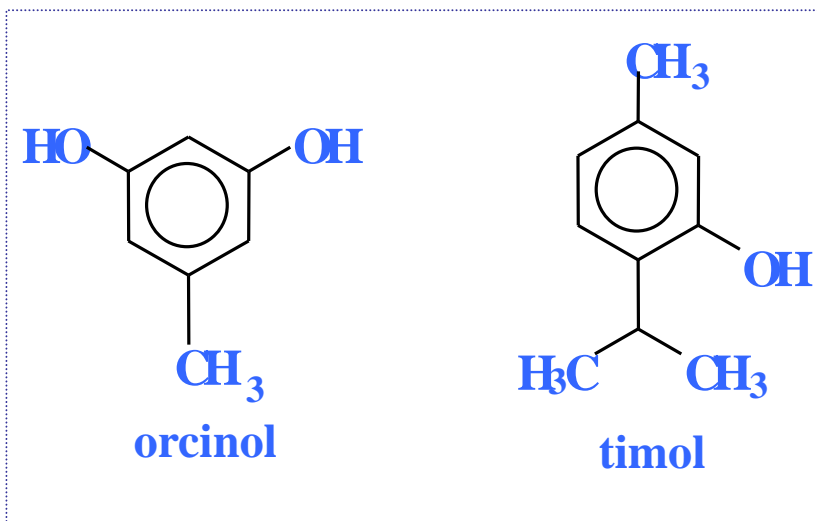
Štetni utjecaji mogu se izbjeći ili smanjiti pomoću sredstava protiv starenja, a to su *antioksidansi* – aromatski amini i fenoli.



benzidin



naftalamin



orcinol

timol

aromatski amini

fenoli

Količina sredstava protiv starenja, koja se dodaje u kaučukovu smjesu prije oblikovanja i vulkanizacije, iznosi **0,5-2,5 phr**

c) PUNILA

Zadaća punila je ne samo da snize udio kaučukove mase, a time i njegovu cijenu, već i da djeluju na svojstva proizvoda .

Njihov je utjecaj na čvrstoću i otpornost prema habanju neobično velik.

Najvažnije punilo kaučukovih smjesa je **čađa**. Izbor čađe, koja se s obzirom na veličinu čestica i na svojstva proizvodi u vrlo mnogo različitih vrsta, ovisi o željenoj kvaliteti i namjeni gumenih proizvoda.

Čađa čini oko **30 %** težine automobilske gume i deseterostruko povećava njeno trajanje.

Osim čađe, kao punila upotrebljavaju se **kaolin, kreda, različiti silikati, metalni oksidi i karbonati** itd.

Ti dodaci mogu biti aktivni, tj. mogu direktno utjecati na svojstva, a mogu služiti i samo kao neaktivna punila.

d) PIGMENTI

Upotrebljavaju se za *bojenje kaučukove smjese* prije vulkanizacije i određuju boju gotovog proizvoda.

Anorganski su pigmenti postojaniji i otporniji od organskih.

Dobar pigment ne smije sadržavati tvari štetne za kaučukovu smjesu, da se tijekom vulkanizacije ne mijenja i da ne utječe na svojstva gotovog proizvoda.

Od bijelih se pigmenata najviše upotrebljavaju pigmenti na bazi **titanijevog dioksida**, a od obojenih **oksidi željeza, kroma, te ultramarin i kadmijevi pigmenti**.



ultramarin



hematit
(željezov oksid)

e) *OMEKŠIVAČI*

Dodaju se kaučukovoj smjesi u prilično velikim količinama.

Njihova je zadaća da:

- djelomično nadomjeste skupi kaučuk
- poboljšaju mogućnost tečenja smjese (lakša prerada i manji utrošak energije)
- omoguće bolje primješavanje i raspodjelu drugih dodataka
- poboljšaju neka fizička svojstva proizvoda

Kao omekšivači upotrebljavaju se *prirodne tvari*, npr. mineralna ulja, masne kiseline, masti i ulja.

Njihov izbor je veći i njihovom se primjenom mogu postići naročito dobra svojstva u proizvodnji specijalnih vrsta guma.

Najvažniji *sintetski omekšivači*: različiti eteri, tioesteri te esteri fosforne, ftalne, adipinske, sebacinske kiseline itd.

f) FAKTIS

Faktis - produkt djelovanja sumpora na dvostruke veze nezasićenih ulja.

Služi kao nadomjestak za kaučuk i dodaje se kaučukovoj smjesi.

Za pripremu faktisa najviše se upotrebljavaju laneno, ricinusovo i sojino ulje.

S obzirom na postotak sumpora i uvjete rada, razlikuje se smeđi, žuti i bijeli faktis.

Faktis djeluje na svojstva gotovih proizvoda, naročito na otpornost prema toplini te na ponašanje i otpornost površine predmeta.

PRIPREMA SMJESE - strojevi

Smjesa se može pripremiti na istim strojevima koji služe i za mastikaciju. Ponekad to i nisu odvojene operacije, već se kaučuk masticira uz istodobno dodavanje i primješavanje potrebnih komponenata.

Strojevi s valjcima rijetko se upotrebljavaju za pripremu smjesa. Sve velike tvornice guma upotrebljavaju isključivo ***miješalice***.

Pojedine komponente dodaju se automatski i određenim redoslijedom.

U miješalicu se prvo stavlja kaučuk, kratko vrijeme miješa, a zatim slijedi dodatak punila, omekšivača i dodataka za poboljšavanje svojstava gume. Temperatura smjese naglo raste pa se rotori intenzivno hlade vodom.

Rijetko se, zbog opasnosti od prerane vulkanizacije, istodobno dodaju sredstvo za vulkanizaciju, ubrzivač i aktivator.

To se provodi tek nakon što je osnovna smjesa već stvorena, obično na dvovaljcima ili u drugoj miješalici.

3. OBLIKOVANJE PROIZVODA PRIJE VULKANIZACIJE

Dobro izmiješana smjesa kaučuka mora se oblikovati, formirati u predmete ili materijal iz kojeg će nakon vulkanizacije nastati konačni gumeni proizvodi:

- automobilske gume
- izolacija električnih vodiča
- gumene površine (npr. podloge, prostirači)
- gumene cijevi, crijeva
- brtve
- različiti gumeni proizvodi (čepovi, pločice)

Glavni postupci
kojima se oblikuju
poluproizvodi
prije
vulkanizacije

EKSTRUDIRANJE

KALANDRIRANJE

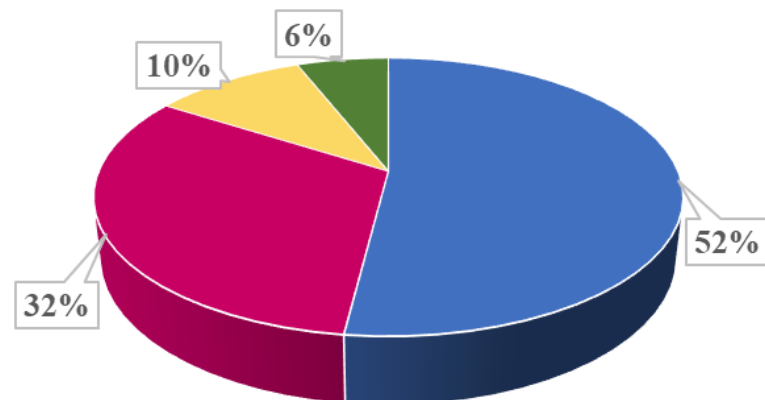
OBLIKOVANJE U
KALUPIMA

EKSTRUDIRANJE

Proces kontinuiranog potiskivanja polimerne taljevine kroz mlaznicu i nastanka zadanog oblika proizvoda (ekstrudata).

Ekstruder se sastoji od pužnog vijka koji rotira u stacionarnom cilindru. Na kraju cilindra je „glava” na koju se mogu staviti različiti profili za postizanje željenog presjeka (cijevi, folije, ploče, niti). Ekstruder ima temperaturne zone.

To je najrašireniji postupak prerade polimera.



- ekstrudiranje
- injekcijsko prešanje
- puhanje
- ostali postupci

- Ekstrudiranje je kontinuirani proces koji se odvija u **jednopusžnom ili dvopusžnom ekstruderu**



Jednopusžni ekstruder



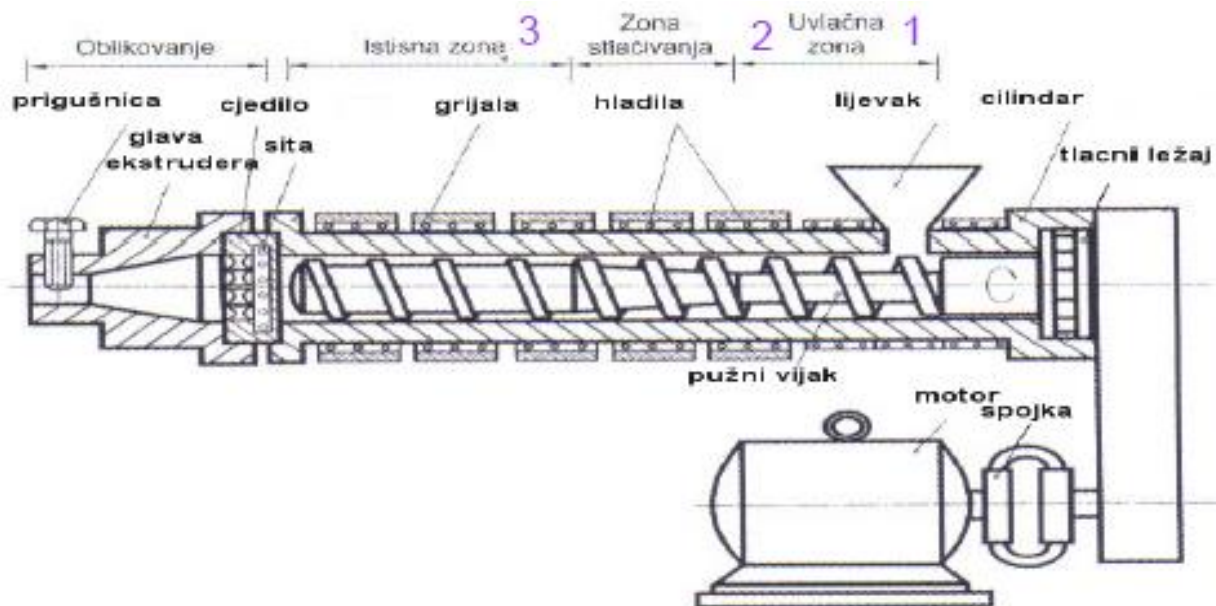
Različiti oblici pusžnih vijaka



Dvopusžni ekstruder

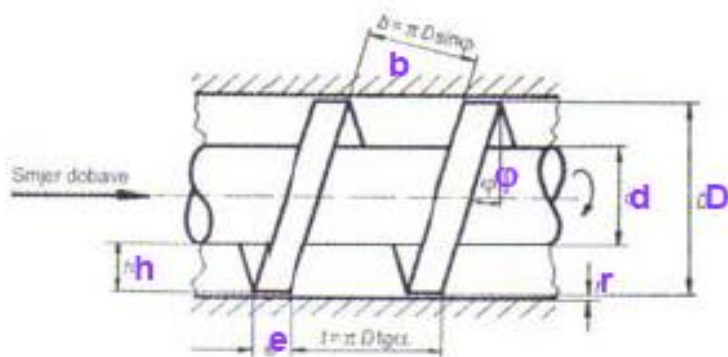


Laboratorijski dvopužni ekstruder, FKIT



- L – dužina cilindra
- 1. Zona punjenja-
uvlačna zona
- 2. Zona stlačivanja
- 3. Istisna zona

Presjek jednopužnog ekstrudera



Geometrija pužnog vijka

- D – promjer pužnog vijka
- d – promjer jezgre pužnog vijka
- h – visina navoja
- e – širina zavojnice
- b – širina navoja
- ϕ - kut uspona
- r – raspor između cilindra za
taljenje i pužnog vijka

▫ Proizvodi ekstrudiranja (ekstrudati)



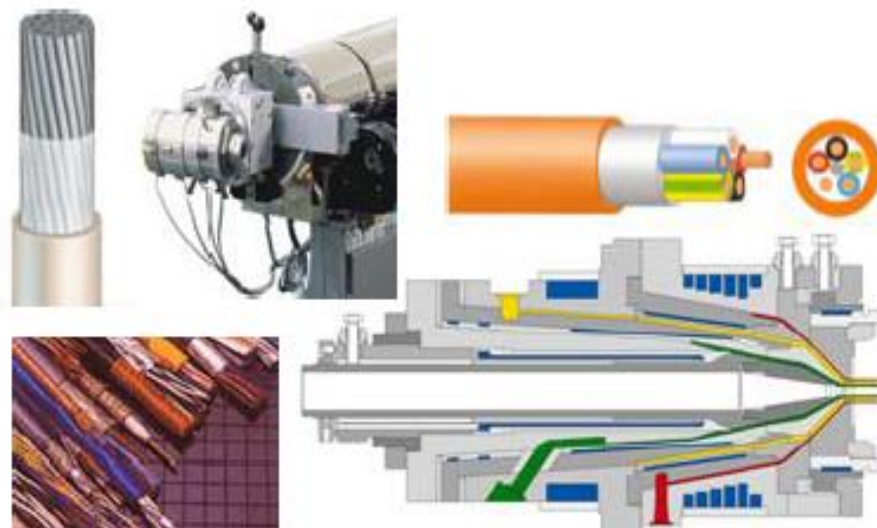
▫ Linija za ekstrudiranje cijevi



▫ Linija za ekstrudiranje plastomernih ploča za toplo oblikovanje



▫ Ekstruzijsko oblaganje (žice, električni kabeli, cijevi, ...)

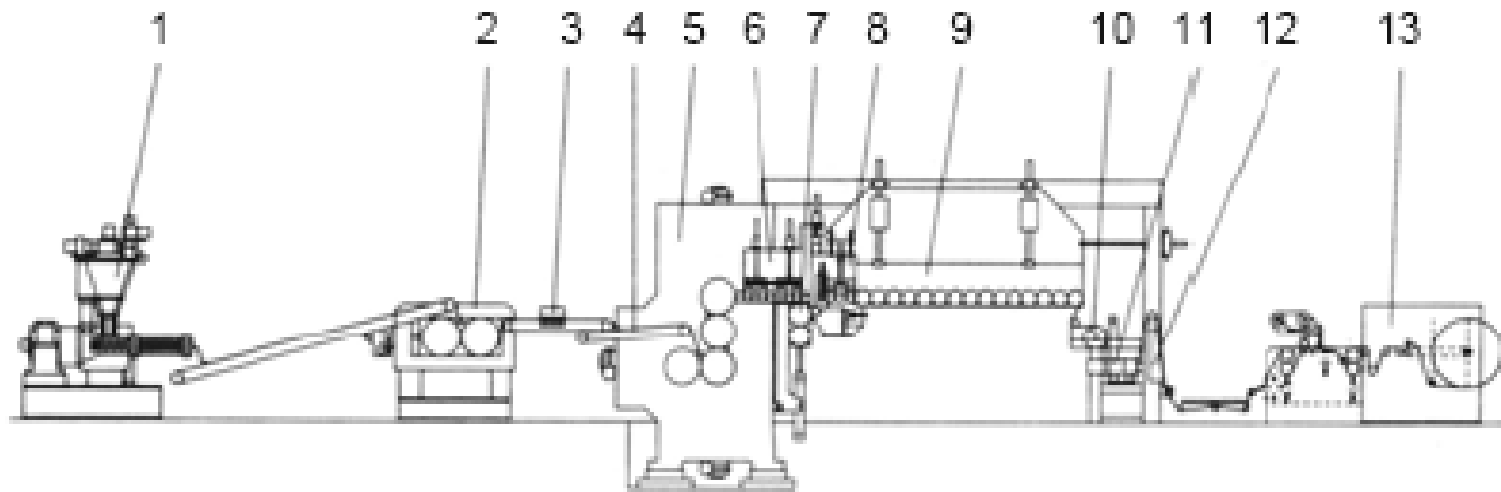


KALANDRIRANJE

- kontinuirani postupak proizvodnje beskonačnih traka provlačenjem omekšane polimerne smjese između parova valjaka i njezinog skraćivanja u zadani oblik proizvoda (kalandrata)
- kalander je stroj koji smjesu kaučuka i dodataka formira u ploče željene debljine
- stroj se sastoji od 2 do 4 valjka koji se mogu zagrijavati i hladiti i kojima se međusobni razmaci mogu mijenjati

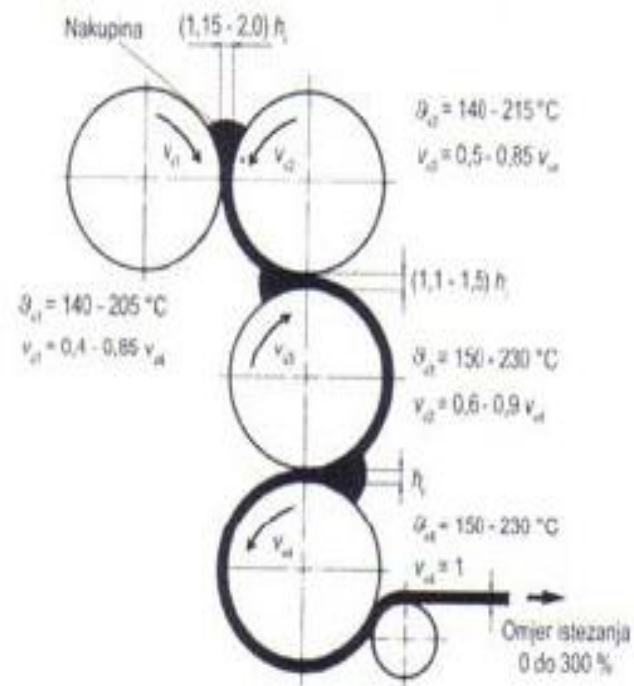
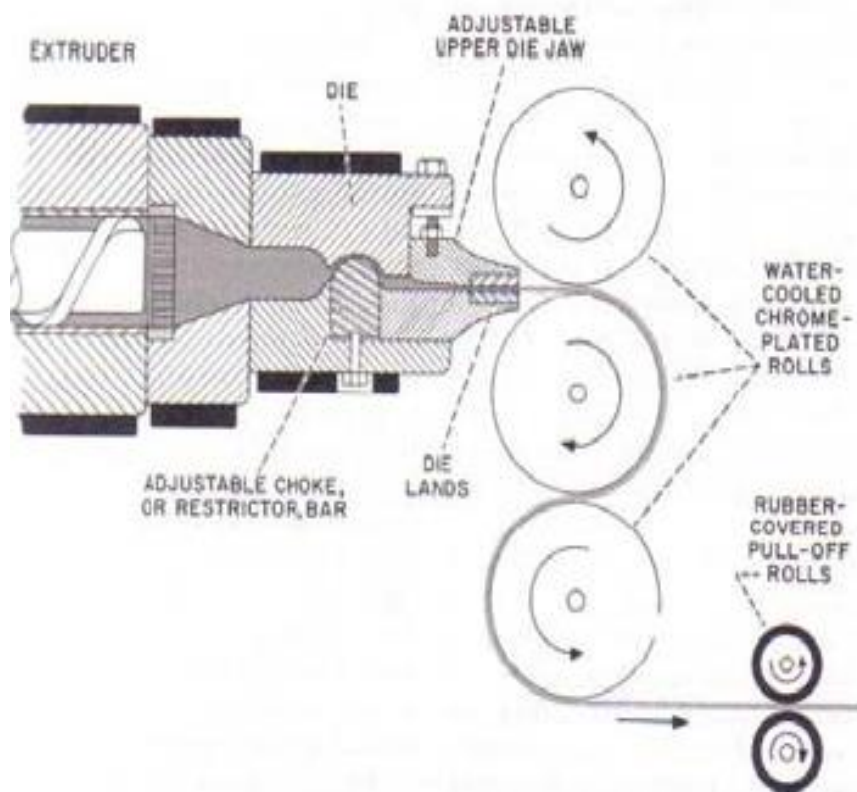


Kalandriranje



Linija za kalandriranje: 1 – ekstruder za pripremu smjese, 2 – dvovaljak za homogeniziranje, 3 – osjetilo metala, 4 – dobavna traka, 5 – kalendar (4L), 6 – izvlačilo, 7 – utiskivalica, 8 – uzdužna rezalica, 9 – staza za hlađenje/temperiranje, 10 – potlačni valjak, 11 – uređaj za mjerenje površinske mase, 12 – uređaj za kontrolu debljine, 13 – namotavalica

Sustav metalnih valjaka - kalandera



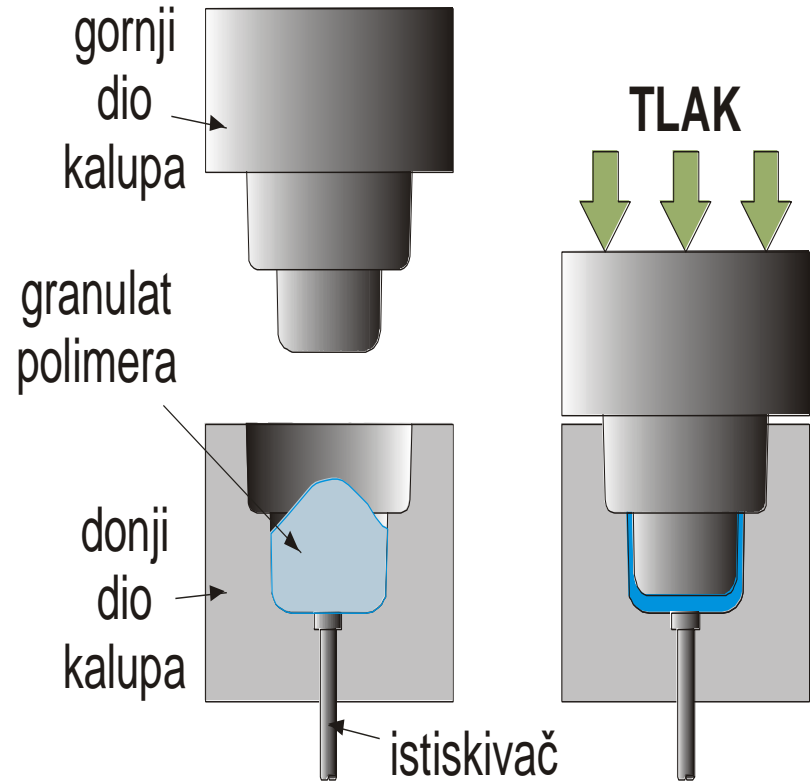
Presjek četverovaljanog F-kalandera

OBLIKOVANJE U KALUPIMA

- u kalupima se izrađuju mnogi gumeni predmeti široke potrošnje, npr. čepovi, brtve, ali i složeniji i veći predmeti kao što su automobilske gume
- postoji nekoliko načina oblikovanja u kalupima i tom se prilikom predmeti odmah i vulkaniziraju; takvi predmeti su uvijek nešto manji od dimenzija kalupa, a uzrok tome je razlika u toplinskom širenju između kaučuka i metala od kojeg je građen kalup

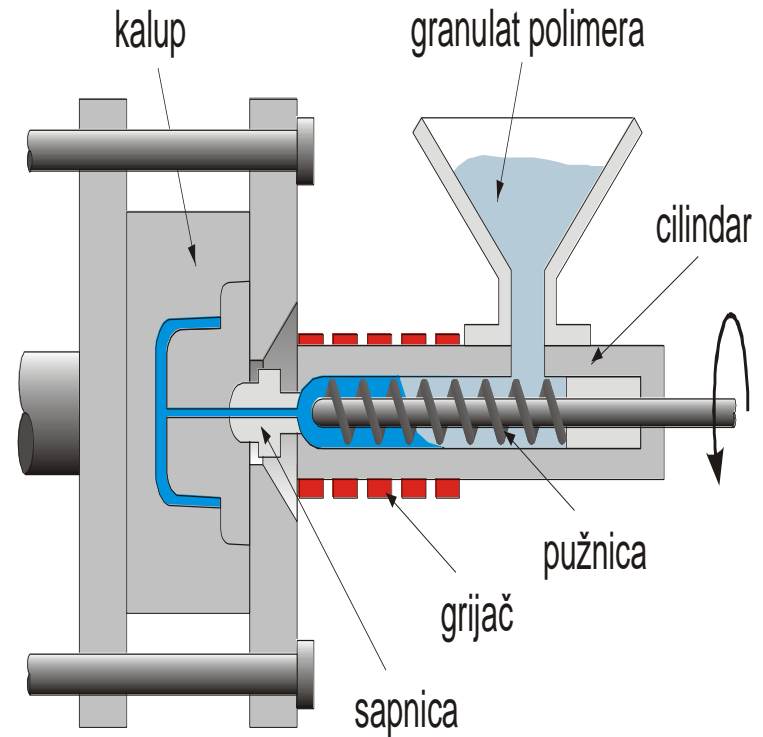
1. Prešanje:

- odmjerena količina polimera, u obliku granulata ili prethodno oblikovanog komada, ubacuje se u zagrijani donji dio kalupa
- nakon punjenja na gornji se dio kalupa djeluje dovoljnim tlakom za ispunjavanje svih dijelova šupljine kalupa polimerom
- formirani proizvod se, nakon otvaranja kalupa, izbacuje istiskivačem



2. Injekcijsko prešanje:

- u zoni grijača, tali se granulat te se rastaljeni polimer, potiskivan pužnicom, utiskuje u hladni čelični kalup
- uslijed hlađenja u kalupu, polimer se skrutne, kalup se otvara i proizvod izbacuje djelovanjem prikladnog istiskivača
- troškovi dobave/instalacije stroja za injekcijsko prešanje visoki su pa se ovaj postupak koristi u proizvodnji većih serija proizvoda



OSTALI POSTUPCI OBLIKOVANJA:

Gumiranje tkanina: osim na kalanderima, tkanina se može gumirati i na posebnim strojevima za gumiranje: na tkaninu, koja prelazi preko valjka, ispušta se kaučukova smjesa u obliku guste otopine u nekom organskom otapalu. Taj se postupak koristi za gumiranje materijala za izradu nepromočivih ogrtača, šatora itd.

Konfencioniranjem se naziva postupak kojim se predmeti prije vulkanizacije sastoje od više dijelova: ti se dijelovi lijepe uz pomoć različitih smola npr. lopte, zračnice, kirurški pribor.

Sitni predmeti posebnog oblika i tankih stijeni (npr. kirurške rukavice, baloni) izrađuju se **uranjanjem** prikladnih metalnih ili staklenih kalupa u otopinu kaučukove smjese ili u lateks. Debljina se može povećati višestrukim uranjanjem i sušenjem.

- pri proizvodnji **spužvaste i pjenušave gume**, u kaučukovu se smjesu dodaju sredstva koja zagrijavanjem razvijaju plinove.
- *spužvasti materijali* - dobivaju se uz pomoć sredstava koja plin otpuštaju *prije vulkanizacije*.
- *penasti materijali* - ako se plin razvija *nakon vulkanizacije*

- **Vrlo tvrda guma** priprema se vulkanizacijom kaučuka koji sadrži više od 25 dijelova sumpora na 100 dijelova kaučuka. Otprilike s 50 dijelova sumpora, dolazi do zasićenja, tj. sve su dvostruke veze kaučuka povezane pomoću sumpora.
- Zbog velike količine sumpora, razvija se za vrijeme vulkanizacije velika količina topline: vulkanizira se pri niskoj temperaturi, ali tijekom dužeg vremena jer u protivnom postoji opasnost od pregrijavanja ili čak od eksplozije.
- Od vrlo tvrde gume, izrađuju se npr. kućišta za baterije i predmeti dobrih izolacijskih svojstava za elektroindustriju.

4. VULKANIZACIJA

Vulkanizacija se u velikim postrojenjima i tvornicama gume i gumenih proizvoda provodi na nekoliko načina:

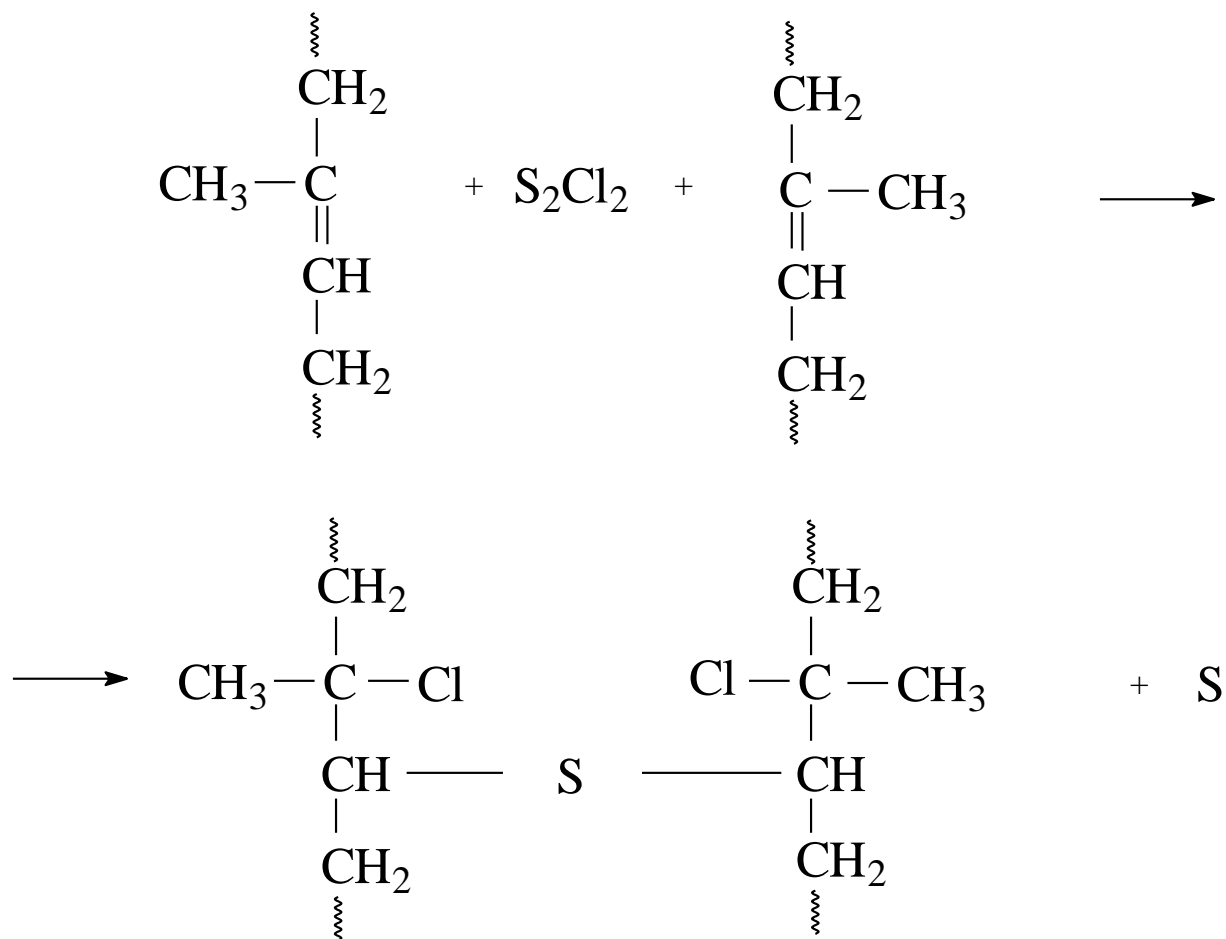
- **vulkanizacija u autoklavima**
- **kontinuirana vulkanizacija**
- **vulkanizacija uz prešanje**

Upotreba sumpora za vulkanizaciju uobičajena je za proizvodnju većine elastomera. Oksidi magnezija i cinka često se koriste za umrežavanje polikloroprena, CR.

Zasićeni materijali, kao što su EPM i fluoroelastomeri, umrežavaju se korištenjem tipičnih organskih sredstava za umrežavanje kao što su peroksidi.

NESUMPORNI VULKANIZACIJSKI SISTEMI ZA OLEFINSKE GUME

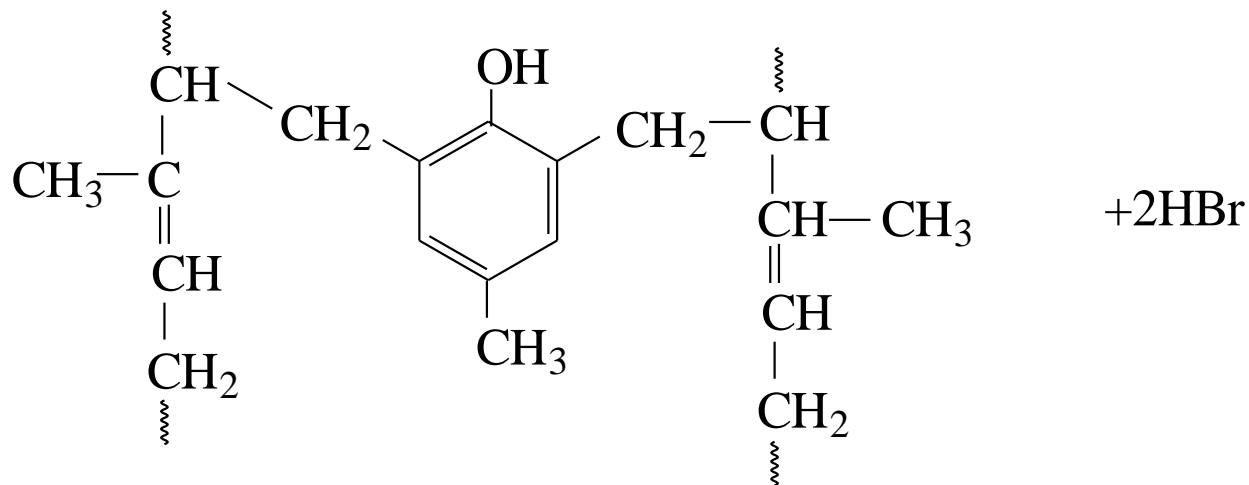
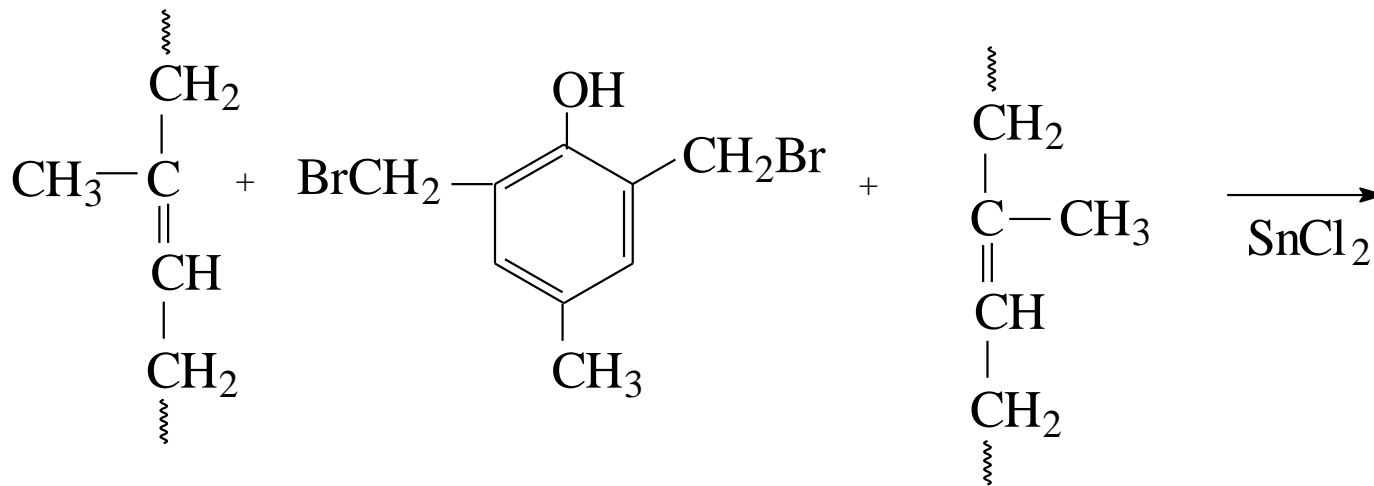
1. Vulkanizacija kaučuka pomoću S₂Cl₂



2. Fenol-formaldehidne smole

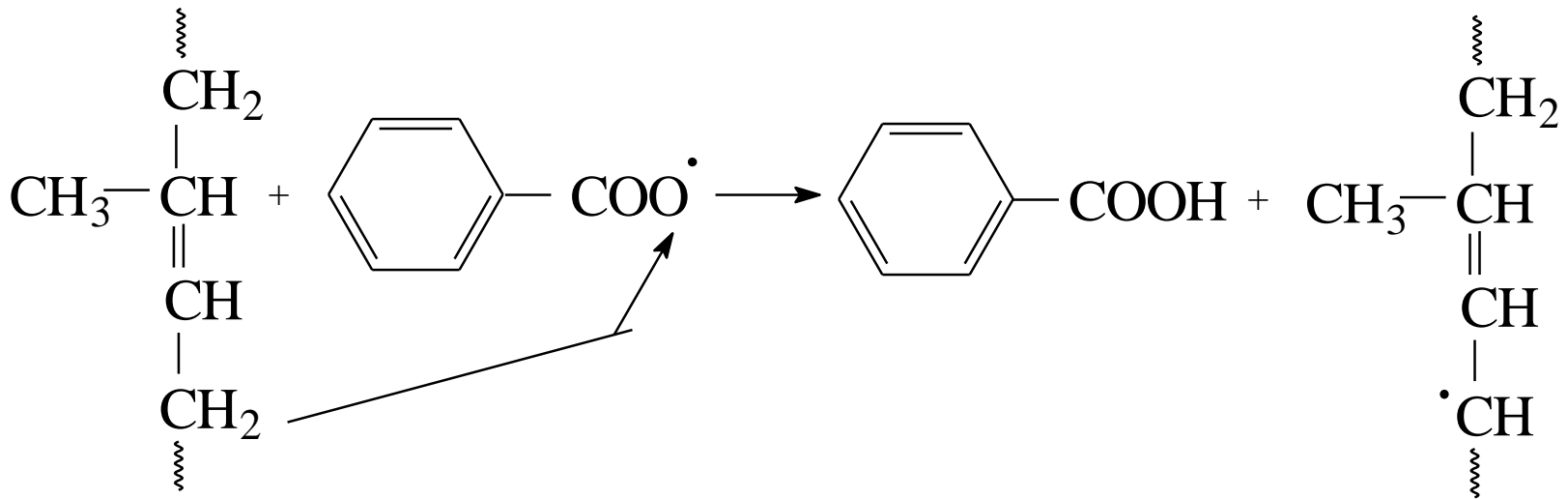
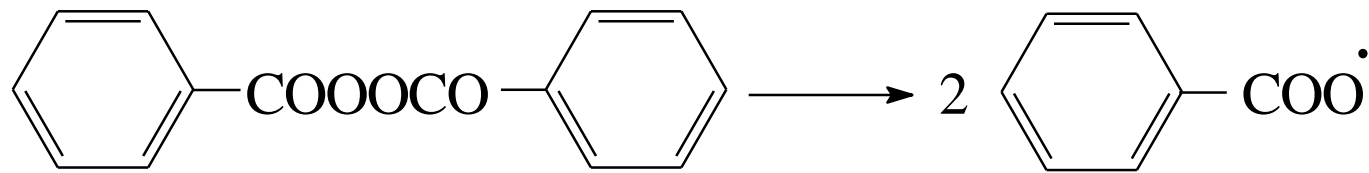
Služe za vulkanizaciju olefinske gume uz ubrzivač SnCl_2 .

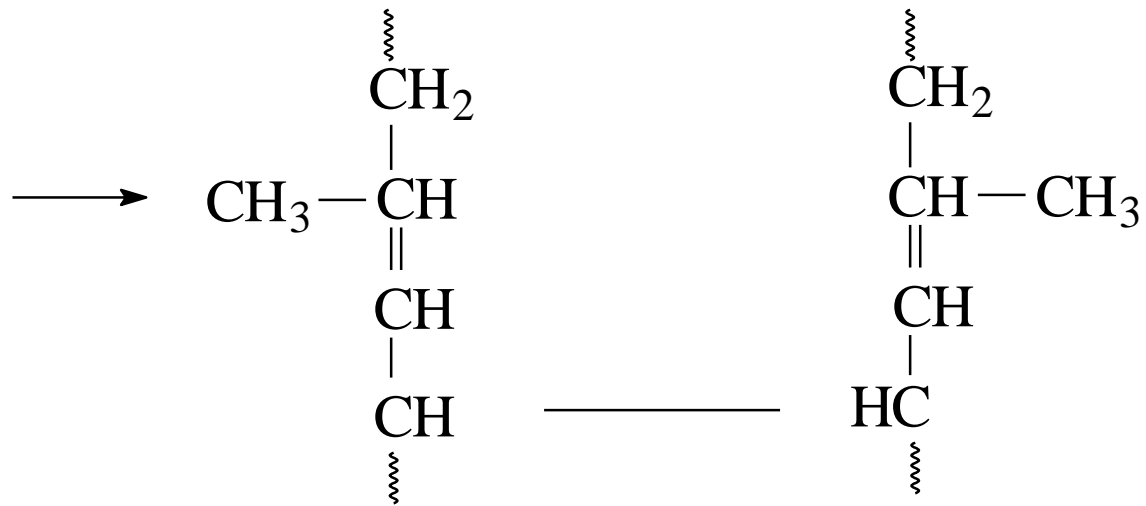
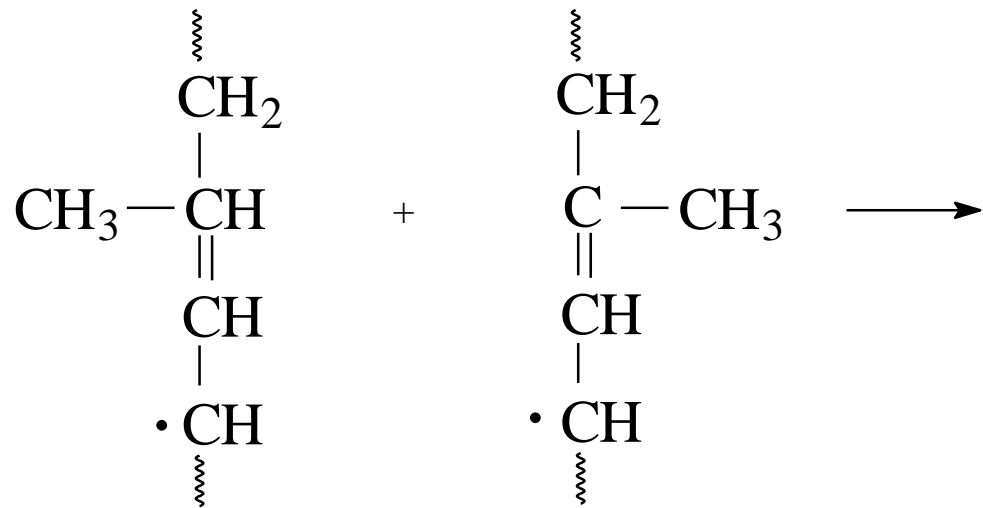
Često se koristi i halogenirana smola.



3. Vulkanizacija peroksidom

Vulkanizacija se odvija toplinskim raspadom u slobodne radikale, koji uklanjaju vodikove atome iz lanaca kaučuka.

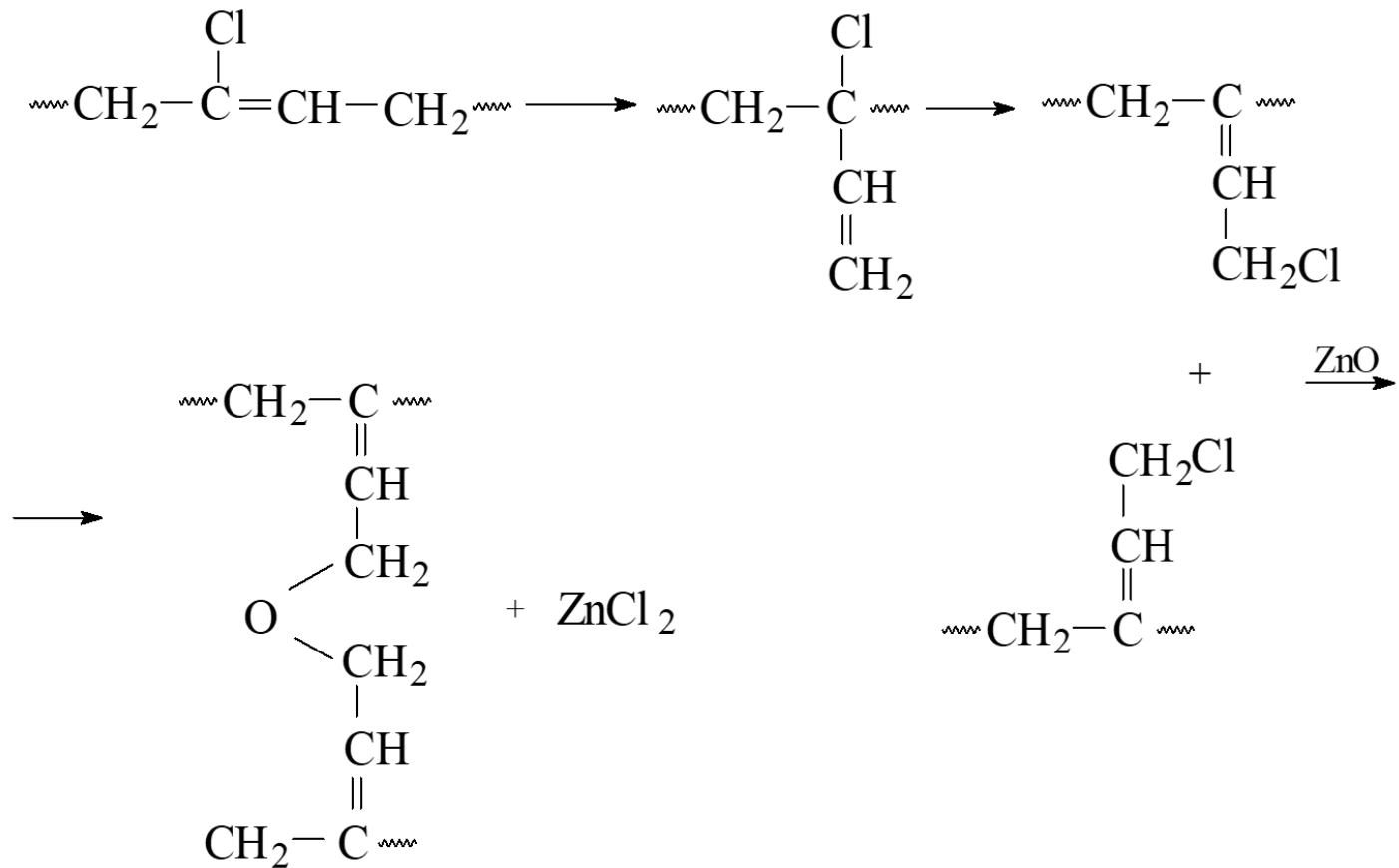




NESUMPORNI VULKANIZACIJSKI AGENSI ZA NEOLEFINSKE GUME

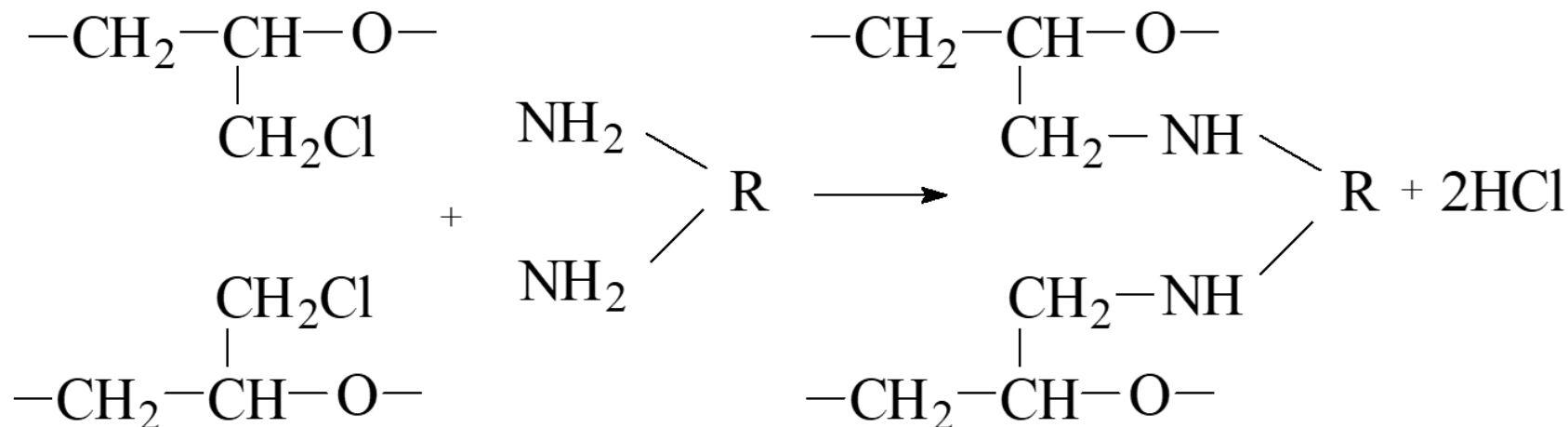
1. Metalni oksidi

Polikloroprenska guma, nije moguća vulkanizacija sumporom radi prisustva klora.



2. Polifunkcionalni amini

Za epiklorhidrin polimere koji sadrže klometilnu grupu koja može reagirati s *diaminima*, ureom itd.



a) VULKANIZACIJA U AUTOKLAVIMA

- **Vulkanizacija vodenom parom** provodi se obično u cilindričnim autoklavima koji mogu biti **vertikalni** ili **horizontalni**. Prednost vulkanizacije pomoću vodene pare: ne postoje hladniji dijelovi ili površine pa se predmeti zagrijavaju vrlo jednoliko
- **Vulkanizacija vrućim zrakom** također se provodi u autoklavima, ali je negativna strana tog postupka što kaučuk na zraku lako oksidira pa se vulkanizacija vrućim zrakom koristi samo kad nije moguća vulkanizacija vrućom parom ili kada se vulkanizacija može provesti u vrlo kratkom vremenu



Autoklavi: vulkanizacija guma za automobile ili druge tipove vozila

Proizvodnja automobilskih guma:

<https://www.youtube.com/watch?v=dLwsoM3WnuQ>

b) KONTINUIRANA VULKANIZACIJA

Najčešće se nadovezuje na ekstrudiranje ili kalandriranje:

- npr. proizvodnja cijevi, raznih profila itd.
- proizvodnja kaučukom izoliranih žica: ekstruder se puni prije umiješanom kaučukovom smjesom koja prolazi kroz ekstruder, u ekstruderu se ta smjesa tali i prevlači metalne žice. Nakon izlaska iz ekstrudera ili kalandera, proizvodi se kontinuirano provode kroz uređaj za vulkanizaciju
- **Vulkanizacija vrućim zrakom:** provodi se u tunelima, ali rijetko se upotrebljava zbog malog prijelaza topline i zbog moguće deformacije ekstrudiranih profila i proizvoda
- **Vulkanizacija vrućom parom:** provodi se u tunelima, omogućuje kontinuiranu vulkanizaciju izoliranih metalnih žica

- **Vulkanizacija etilen-glikolom:** provodi se u kupki relativno je jednostavna, ali nezgodna jer se isparavanjem gubi puno etilen-glikola iz kupke, a dosta ga i ostaje na materijalu. Nije prikladna ni zato što se proizvodi nakon vulkanizacije moraju temeljito prati.
- **Vulkanizacija rastaljenim metalima:** provodi se u kupki, nije prikladna za vulkanizaciju zbog čestih deformacija proizvoda i štetnih pojava koje metali uzrokuju na površini proizvoda

- **„Fluid bed” vulkanizacija** - postupak pri kojem se proizvodi ili profili provode kroz zagrijanu kupku punjenu staklenim kuglicama promjera oko 0,2 mm

Kroz takvu se kupku s donje strane puše zrak, dušik ili para pa se zbog toga kuglice ponašaju kao tekući medij. Prijelaz topline u tom je mediju mnogo veći nego u plinu, vulkanizacija je brza, a deformacija proizvoda minimalna.

Postupak kontinuirane vulkanizacije:

https://www.youtube.com/watch?v=B_fUt9tSL2I

c) VULKANIZACIJA UZ PREŠANJE

- sastoji se od oblikovanja proizvoda u kalupima prešanjem uz istodobno zagrijavanje
- uglavnom se provodi u jakim hidrauličnim prešama
- kalupi se u prešama zagrijavaju najčešće vodenom parom, a za vulkanizaciju na visokim temperaturama i električnom energijom