



FKITMCMXIX

ELASTOMERI

ak. god. 2023./2024.

Ljerka Kratofil Krehula
krehula@fkit.hr

OBRADA KAUČUKA I PROIZVODNJA GUME

U procesu proizvodnje gume iz kaučuka razlikuju se faze:

1. mastikacija
2. priprava smjese kaučuka i dodataka
- 3. oblikovanje poluproizvoda**
- 4. vulkanizacija**

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. prostirači)
- gumene cijevi, crijeva
- brtve
- različiti gumeni proizvodi (čepovi, pločice)

Glavni postupci
kojima se oblikuju
poluproizvodi
prije
vulkanizacije

EKSTRUDIRANJE

KALANDRIRANJE

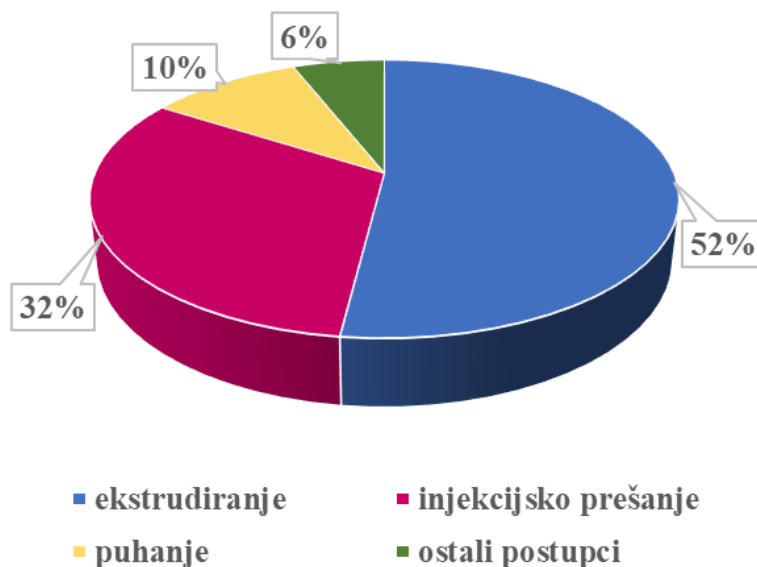
OBLIKOVANJE U
KALUPIMA

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, „špageti”). Ekstruder ima temperaturne zone.

To je najrašireniji postupak prerade polimera.



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



Jednopusžni ekstruder



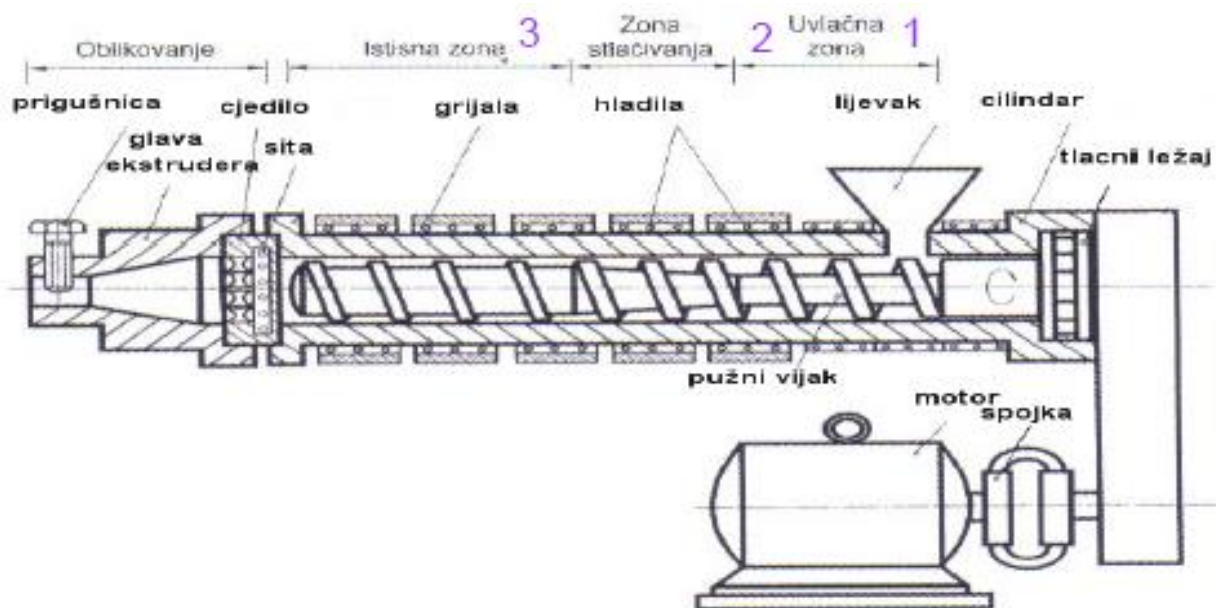
Različiti oblici pusžnih vijaka



Dvopusžni ekstruder



Laboratorijski dvopužni ekstruder, FKIT



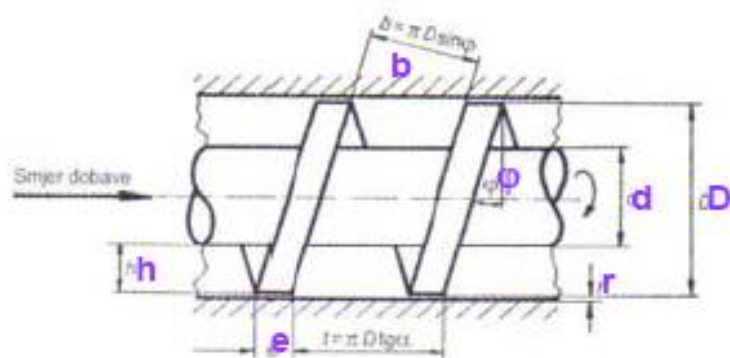
L – dužina cilindra

1. Zona punjenja-
uvlačna zona

2. Zona stlačivanja

3. Istisna zona

Presjek jednopusnog ekstrudera



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

Geometrija pužnog vijka

▫ Proizvodi ekstrudiranja (ekstrudati)



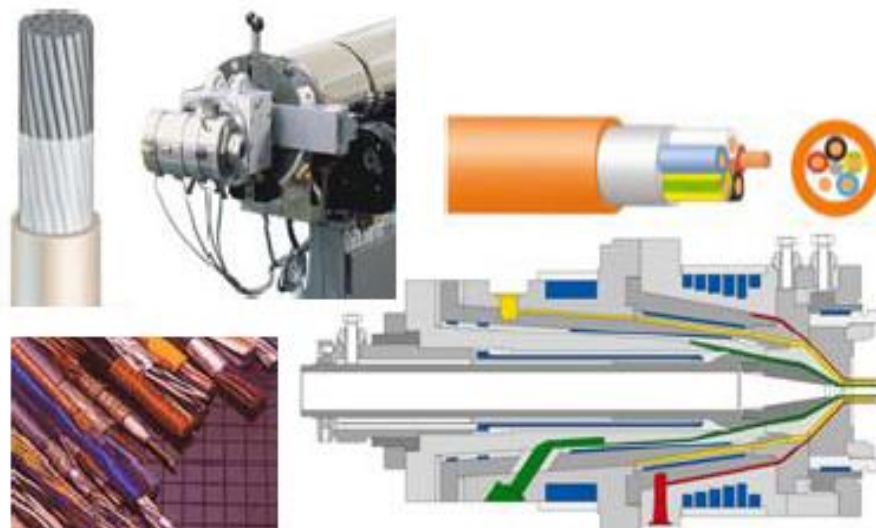
▫ Linija za ekstrudiranje cijevi



▫ Linija za ekstrudiranje plastomernih ploča za toplo oblikovanje



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

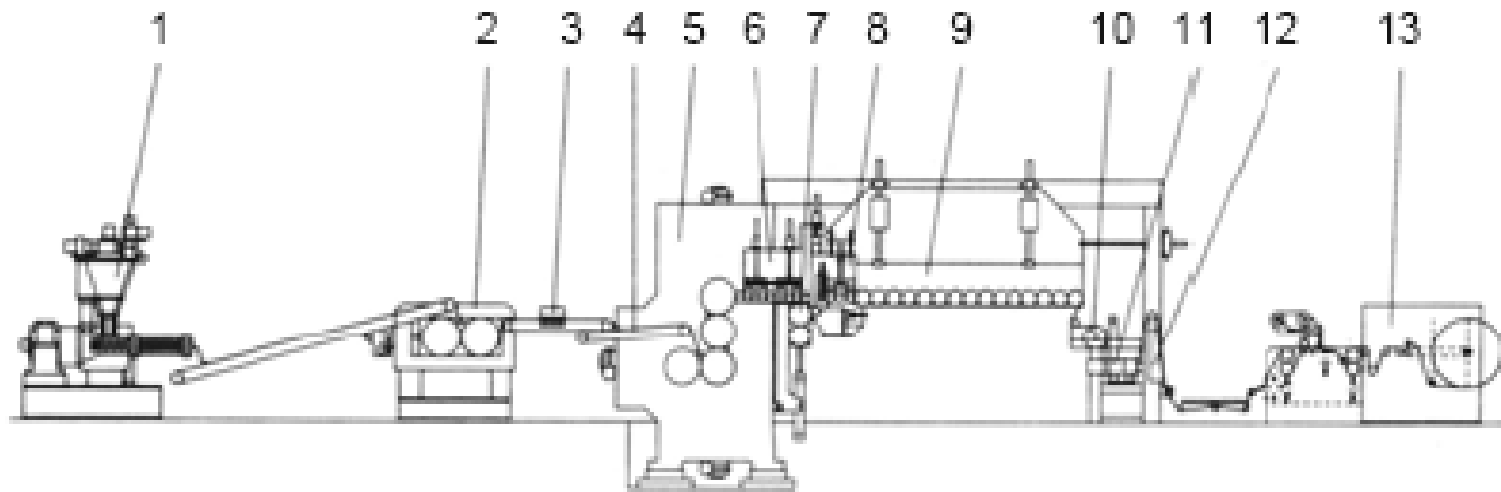


KALANDRIRANJE

- 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 valjaka koji se mogu zagrijavati i hladiti i kojima se međusobni razmaci mogu mijenjati

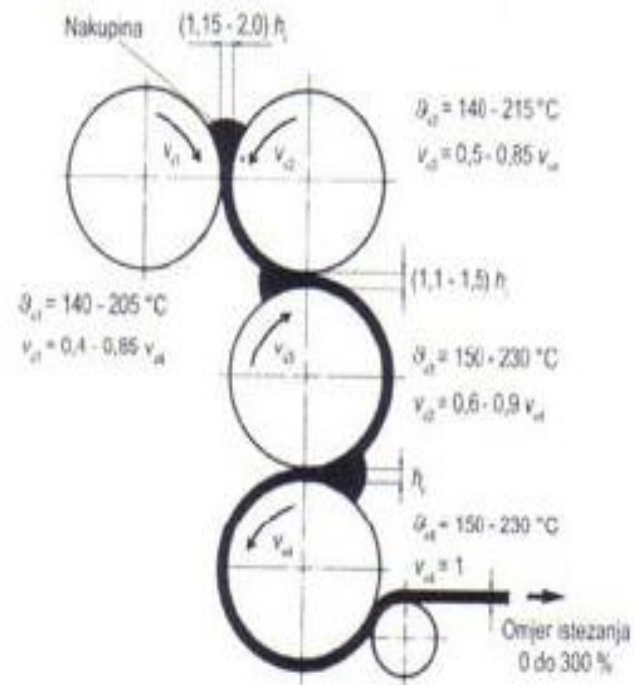
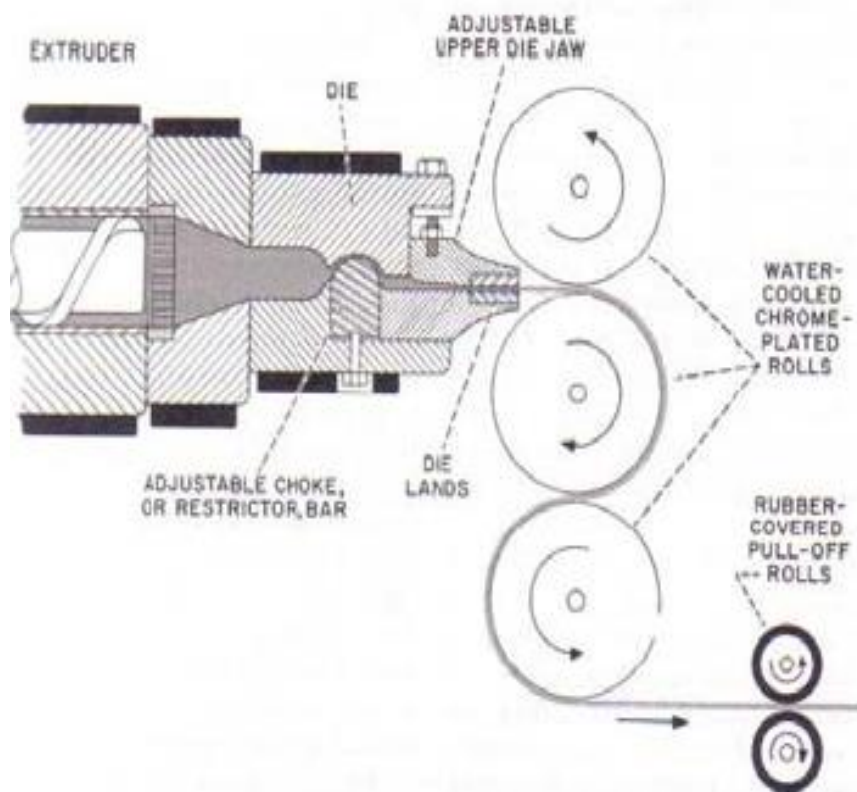


Kalandriranje



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



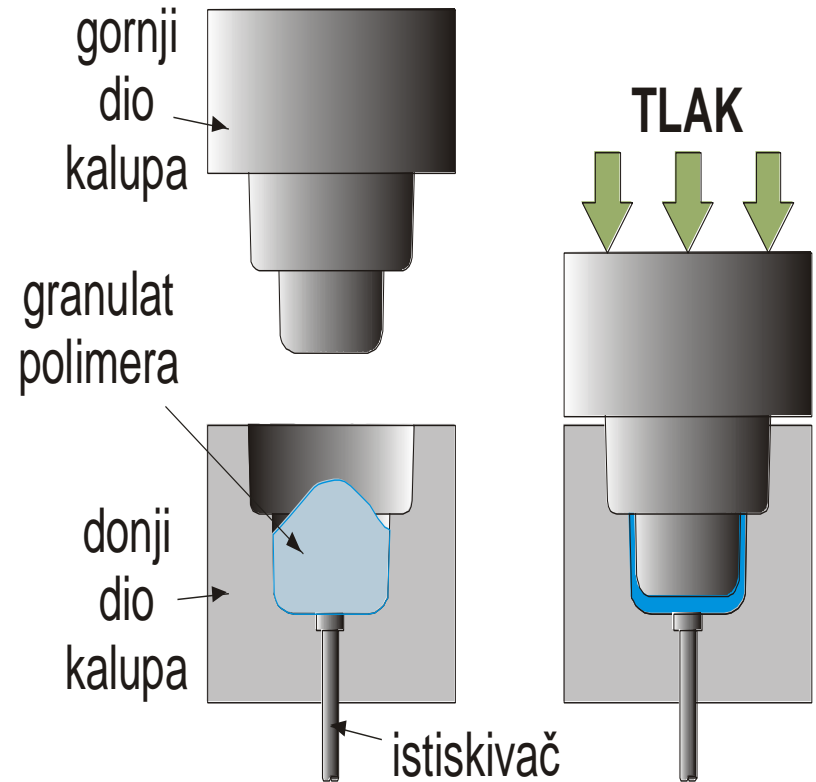
Presjek četverovaljčanog F-kalandera

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

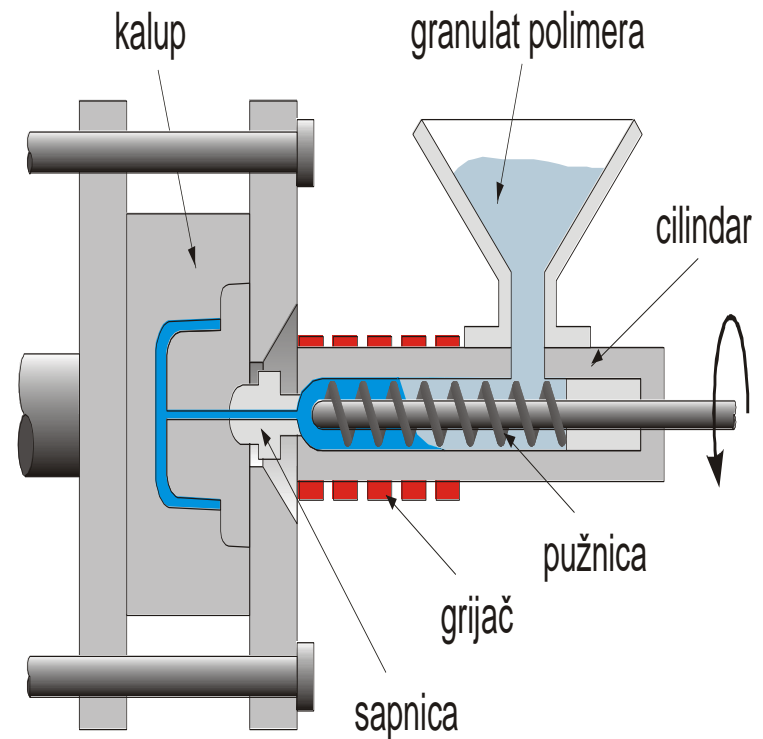
1. Postupak prešanja:

- 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 kalendarima, 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 nepromoćivih ogrtaća, šatora itd.

Konfektioniranjem se naziva postupak kojim se predmeti prije vulkanizacije sastavljaju od više dijelova: ti se dijelovi lijepe uz pomoć razlićitih 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**

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 zagrijevaju 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:

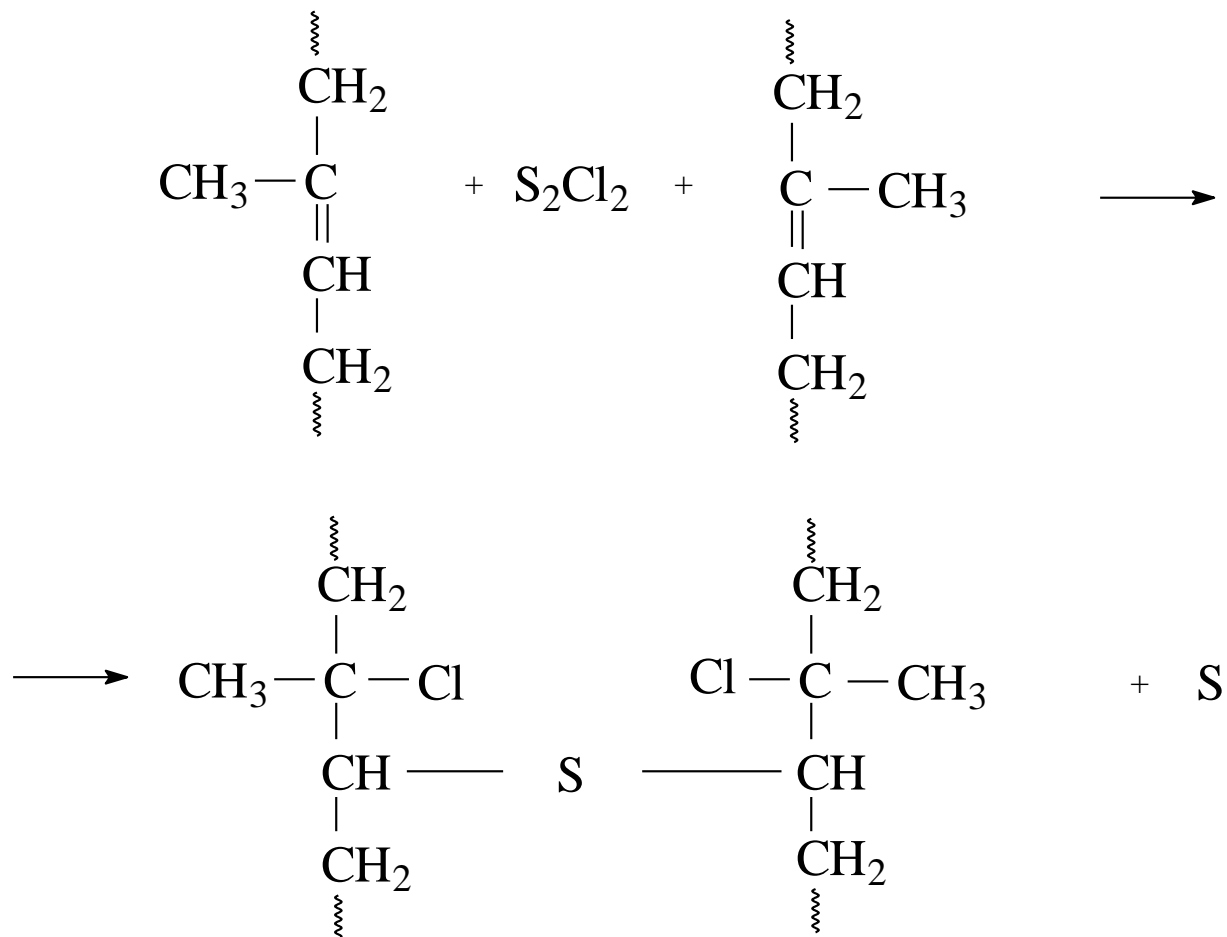
https://www.youtube.com/watch?v=B_fUt9tSL2I

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

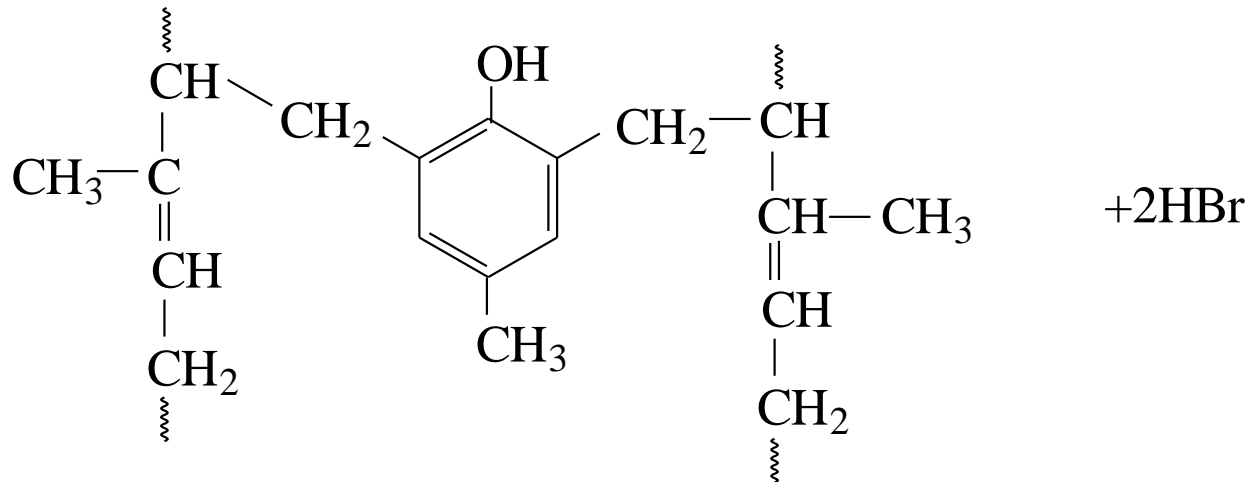
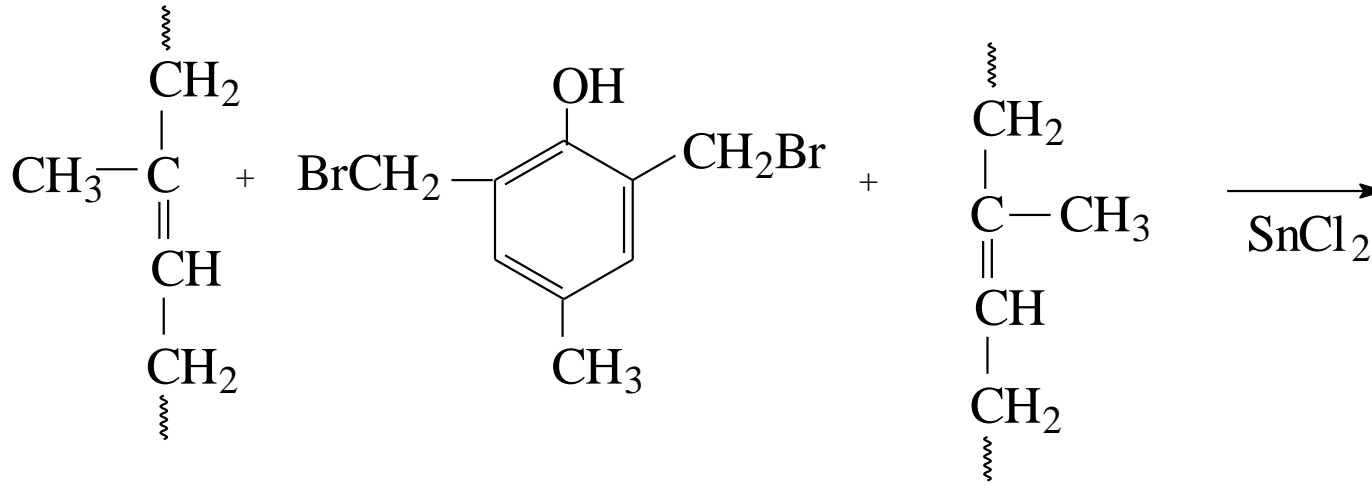
NESUMPORNI VULKANIZACIJSKI SISTEMI

1. Vulkanizacija kaučuka pomoću S₂Cl₂ u CS₂



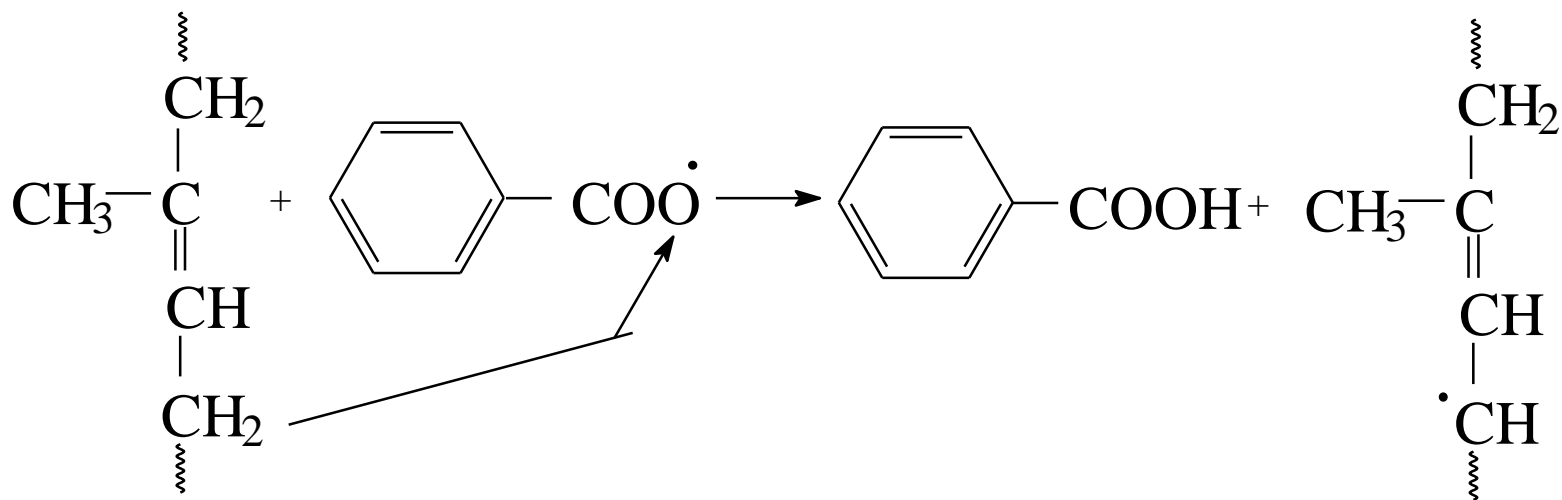
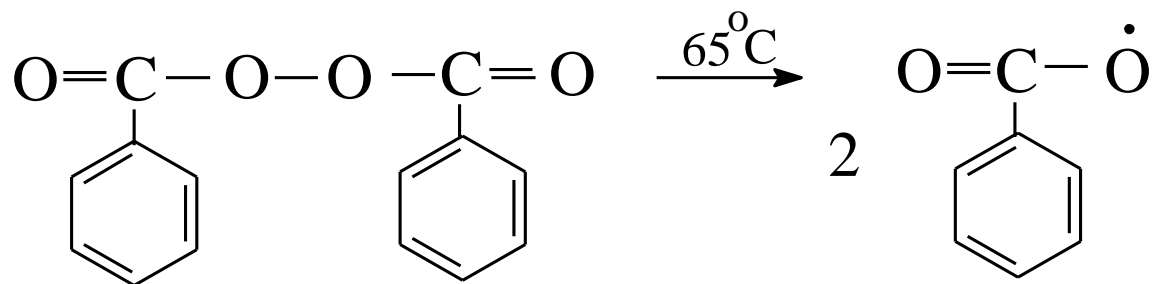
2. Fenolformaldehidne smole

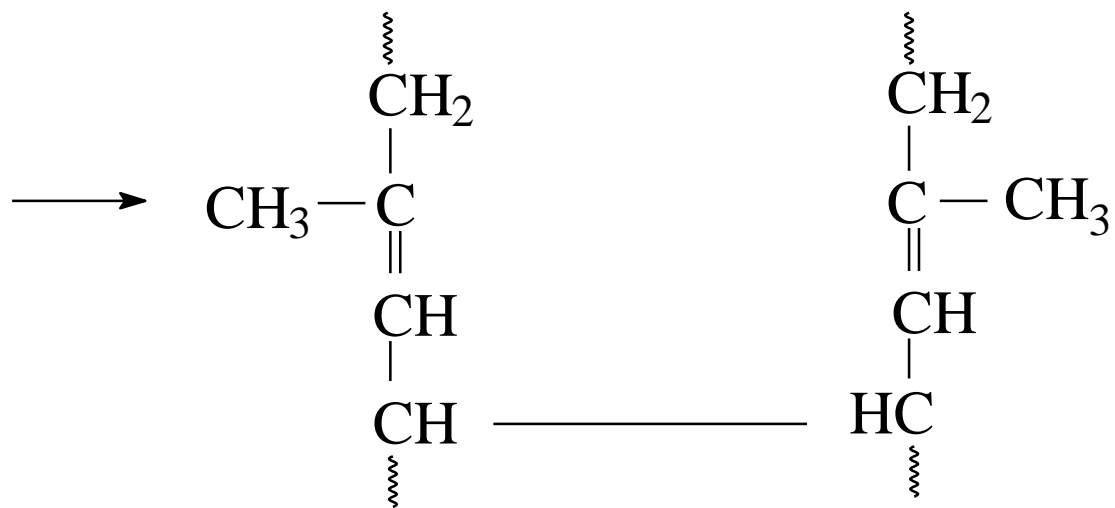
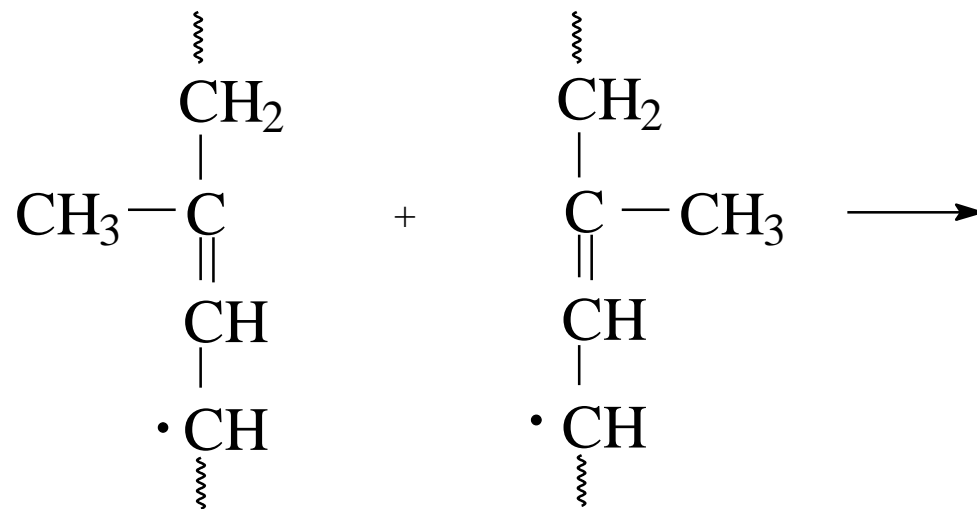
Služe za vulkanizaciju olefinske gume uz akcelerator SnCl_2 . Često se koristi halogenirana smola.



3. Vulkanizacija dibenzoil peroksidom

Vulkanizacija se odvija termičkim raspadom u slobodne radikale, koji uklanjaju aktivne vodikove atome iz molekula gume.

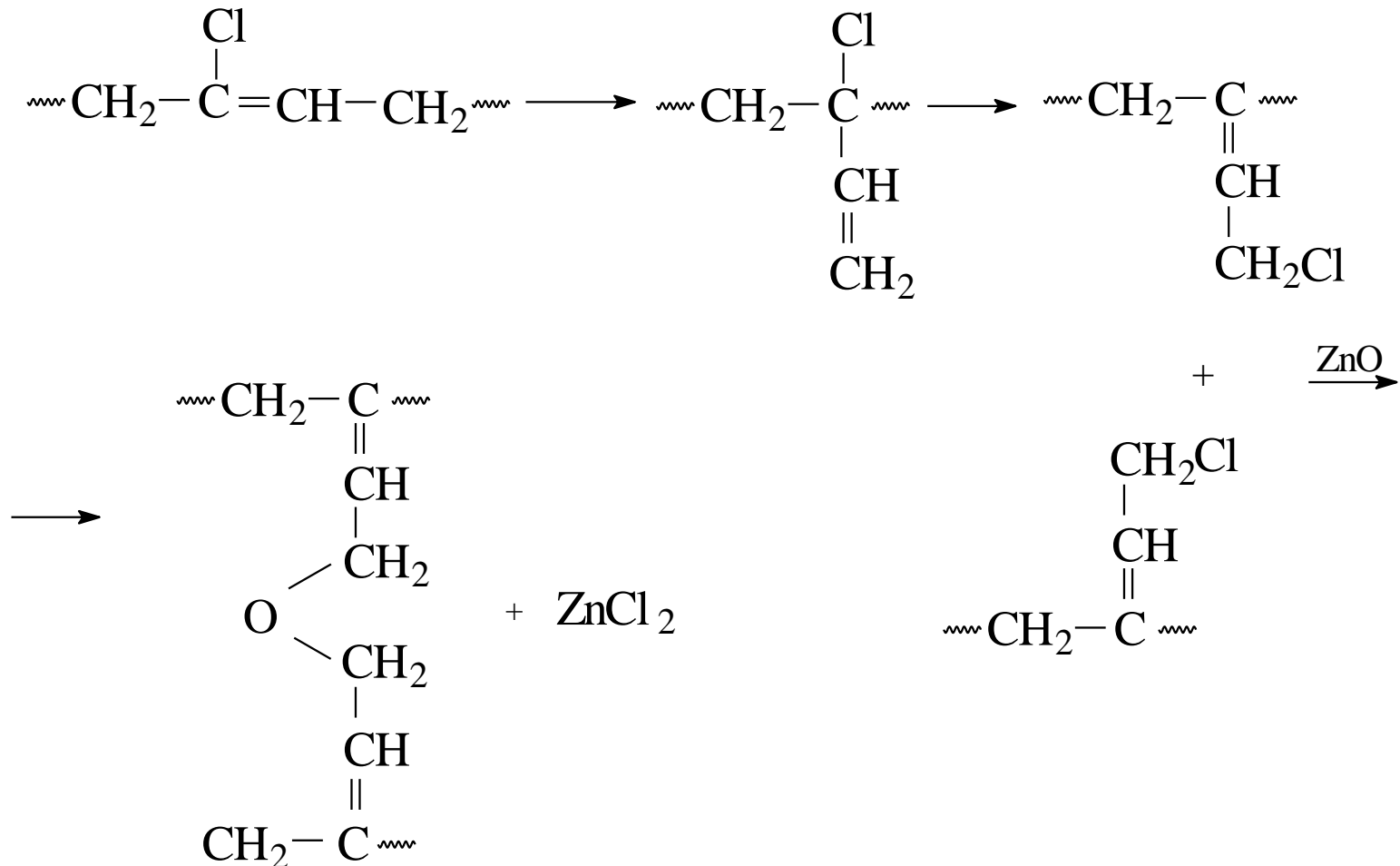




4. metalni oksidi

Primjer: polikloropren (nije moguća vulkanizacija sumporom radi prisustva klora).

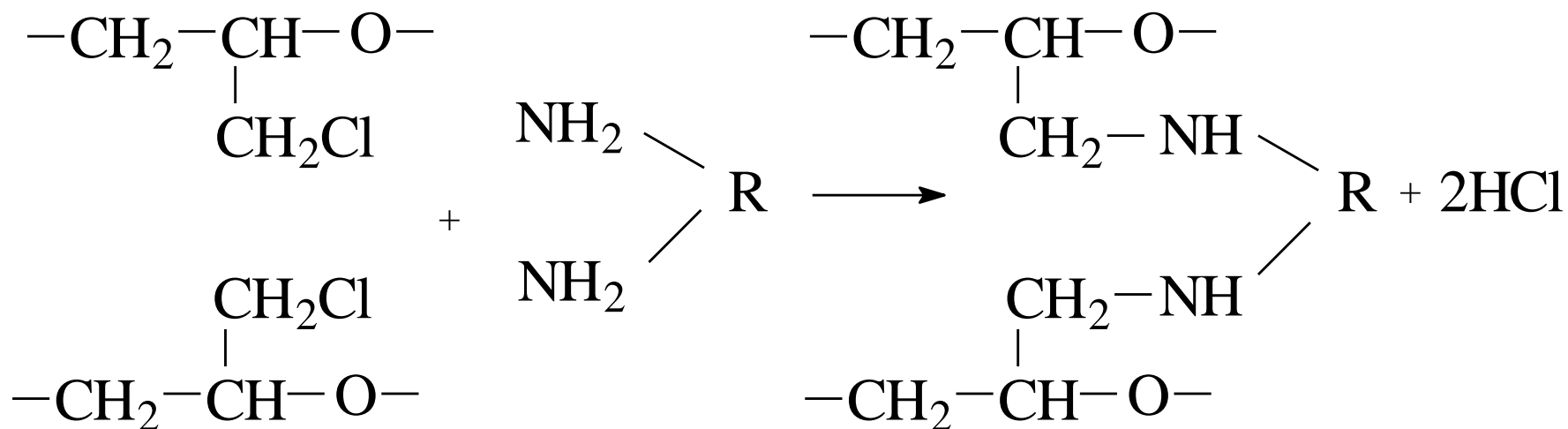
Dolazi do preuređenja polimerne jedinice i uklanjanja klora.



5. polifunkcionalni amini

Primjer: epiklorhidrin polimeri

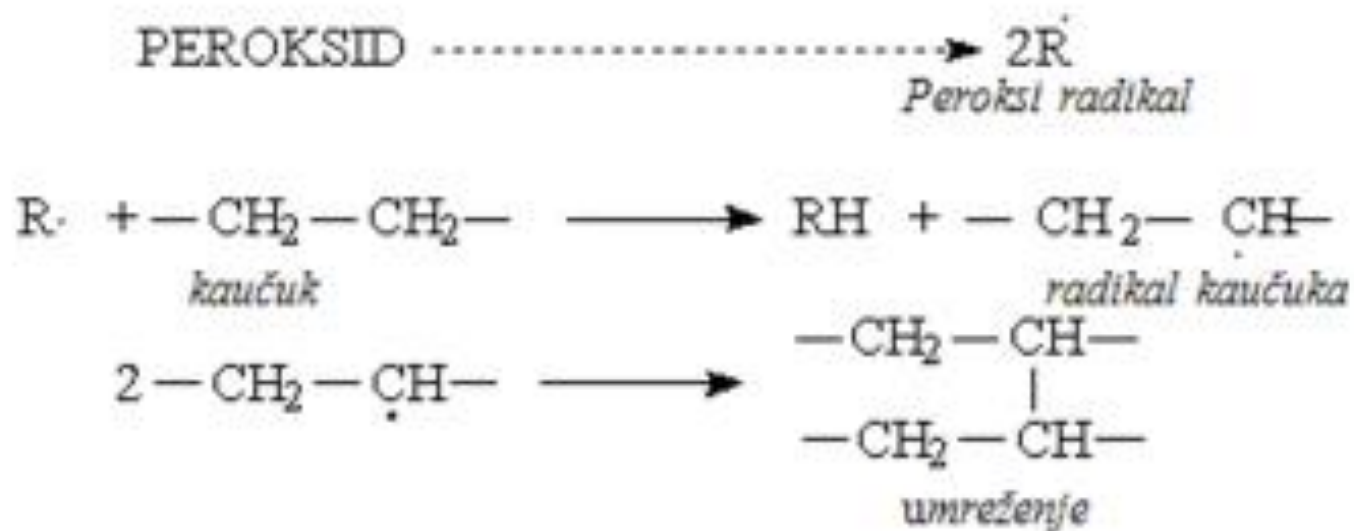
Oni sadrže klormetilnu grupu koja može reagirati s diaminima, ureom itd.



6. peroksidi za vulkanizaciju zasićenih elastomera

Primjer:

Mehanizam umrežavanja zasićenih elastomera peroksidima



SINTETSKE GUME

- Gume za normalnu upotrebu
 - obične gume
- Gume za specijalnu upotrebu
 - specijalne gume

Gume za normalnu upotrebu (obične gume)

- Polimer koji ima preradbena i mehanička svojstva koja ispunjavaju zahtjeve proizvoda
- Moraju biti dovoljno niske cijene
- Nije potrebna povećana otpornost na bubrenje u nepolarnim tekućinama (ulja i benzin)

Gume za specijalnu upotrebu (specijalne gume)

- posjeduju jedno ili više svojstava kojima nadmašuju obične gume
 - većina ih sadrži u lancu N, O, S, Si, Cl, Br i F atome

Najvažnije podgrupe:

- gume otporne na toplinu
- gume otporne na bubrenje u uljima i ostalim tekućinama

Klasifikacija guma i njihovo označavanje

Standard ASTM D1418 – opća klasifikacija guma

Gume se klasificiraju prema kemijskom sastavu polimernog lanca u sljedeće kategorije (klase):

- M - zasićeni polimetilenski lanac
- N - sadrže N u polimernom lancu
- O - sadrže O u polimernom lancu
- R - nezasićeni ugljikov lanac
- Q - sadrže Si u polimernom lancu
- T - sadrže S u polimernom lancu
- U - sadrže C, O i N u polimernom lancu
(poliuretanske gume)
- Z - sadrže P i N u polimernom lancu

Chemical Name	Abbreviation		Trade Name
	ASTM D1418	ISO/DIN 1629	
M-class (rubbers having a saturated chain of the polymethylene type)			
Polyacrylate Rubber	ACM	ACM	-
Ethylene Acrylate	AEM	-	Vamac®
Chlorosulfonated Polyethylene Rubber	CSM	CSM	-
Ethylene Propylene Diene Rubber	EPDM	EPDM	-
Ethylene Propylene Rubber	EPM	EPDM	-
Fluorocarbon Rubber	FKM	FPM	Viton®
Tetrafluorethylene Propylene Copolymer	FEPM	FEPM	-
Perfluorinated Elastomer	FFKM	-	Kalrez®
O-class (rubbers having oxygen in the polymer chain)			
Epichlorohydrin Rubber	CO	CO	-
Epichlorohydrin Copolymer Rubber	ECO	ECO	-
R-class (unsaturated hydrogen carbon chain)			
Butadiene Rubber	BR	BR	-
Chloroprene Rubber	CR	CR	Neoprene
Isobutene Isoprene Rubber (Butyl Rubber)	IIR	IIR	-
Isoprene Rubber / Natural Rubber	IR	IR	-
Nitrile Butadiene Rubber (BUNA-N)	NBR	NBR	-
Styrene Butadiene Rubber (BUNA-S)	SBR	SBR	-
Hydrogenated Nitrile	HNBR	-	-
Q-class (with Silicone in the main chain)			
Fluorosilicone Rubber	FVMQ	FMQ	-
Methyl Vinyl Silicone Rubber	VMQ	VMQ	-
U-class (with carbon, oxygen and nitrogen in the main chain)			
Polyester Urethane	AU	AU	-
Polyether Urethane	EU	EU	-

<https://practicalmaintenance.net/wp-content/uploads/Information-on-Elastomers.pdf>