



ELASTOMERI

Ljerka Kratofil Krehula

krehula@fkit.hr

U gume - sadrže C, O i N u polimernom lancu

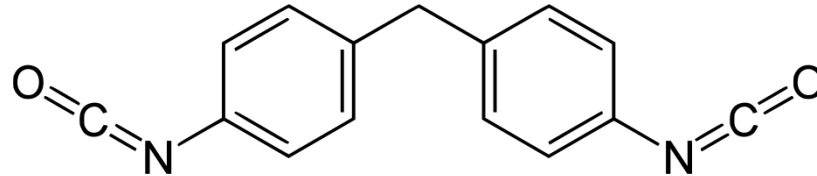
POLIURETANSKE GUME (AU, EU)

POLIURETANSKE GUME (AU, EU)

- poliesterski (AU) i polieterski uretani (EU)

- mnoge su poliuretanske gume bazirane na *difenilmetan diizocijanatu* (MDI) zbog kojeg imaju izuzetnu prekidnu čvrstoću te otpornost na abraziju

difenilmetan diizocijanat



Svojstva

- imaju dobru otpornost na oksidaciju, ozon, alifatska otapala te na goriva i ulja
- osrednja otpornost na povišene temperature
- *fizikalna svojstva poliesterskih uretana bolja su od svojstava polieterskih uretana, ali polieterski uretani imaju bolju kemijsku otpornost i bolju fleksibilnost na niskim temperaturama.*
- poliesterski su uretani skuplji i osjetljiviji na UV degradaciju i oksidaciju
- poliesterski su tipovi osjetljivi na vruću vodu te na kiseline i lužine kao i na napad mikroorganizama

Poliuretan, PU

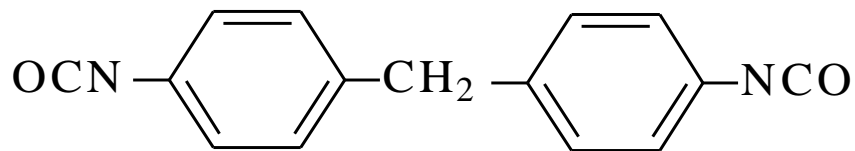
Poliuretani se dobivaju polimerizacijom **diizocijanata** i **dialkohola**. Kako diizocijanat i dialkohol mogu biti različiti po kemijskom sastavu, poliuretani se međusobno jako razlikuju po svojstvima što im omogućava široku primjenu.

Naziv su dobili po uretanskoj grupi u lancu koja ih povezuje.

Skoro su sve komponente za pripremu poliuretana pri sobnoj temperaturi tekućine ili lako taljive čvrste tvari.

1. **Diizocijanati OCN-R-NCO**
2. **Makroglikol (poliol) HO-R'-OH**
3. **Produživač lanca (sredstvo za vulkanizaciju)**
HO (ili NH₂)-R''-OH (ili NH₂)

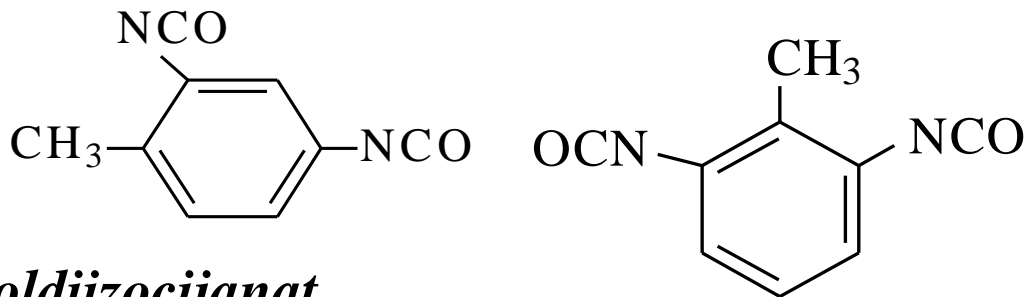
Diizocijanati -koji se komercijalno koriste u proizvodnji:



a) difenilmetan diizocijanat

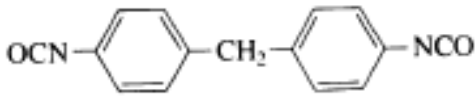
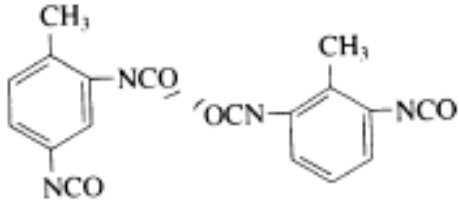
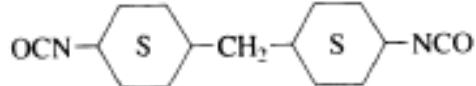
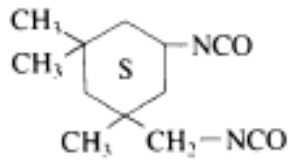


b) heksametilendiizocijanat



c) toluoldiizocijanat

Table 15.2 Some Commercial Diisocyanates Important in Urethane Elastomers.

Abbreviation	Common Chemical Name	Type	Structure
MDI	Methylene bis-(4-phenylisocyanate) (diphenylmethane- <i>p, p'</i> -diisocyanate)	Aromatic	
80/20 TDI	2,4-tolylene diisocyanate (80% wt.) 2,6-tolylene diisocyanate (20% wt.)	Aromatic Aromatic	
H ₁₂ MDI	Methylene bis(4-cyclohexylisocyanate)	Cyclo- ali- phatic	
IPDI	3-isocyanatomethyl-3,5,5-trimethyl- cyclohexyl isocyanate (isophorone diisocyanate)	Cyclo- ali- phatic	
HDI	1,6-hexane diisocyanate (hexamethylene diisocyanate)	Open chain- aliphatic	$\text{OCN}-(\text{CH}_2)_6-\text{NCO}$

Maurice Morton, Rubber technology, Springer Science+ Business Media, Dordrecht, 1999.

Polioli -su druga reakcijska komponenta kod proizvodnje poliuretana, koja sadrži hidroksilne grupe i to su:

- a) dioli (alkoholi)
- b) poliesteri
- c) polieteri
- d) akrilne smole

Poliolna komponenta poliuretanskih elastomera obično je **makroglikol**, molekulske mase oko 500 do 4000 (obično 1000 do 2000), čija bifunkcionalnost dopušta stvaranje dugih, jakih, linearnih lanaca.

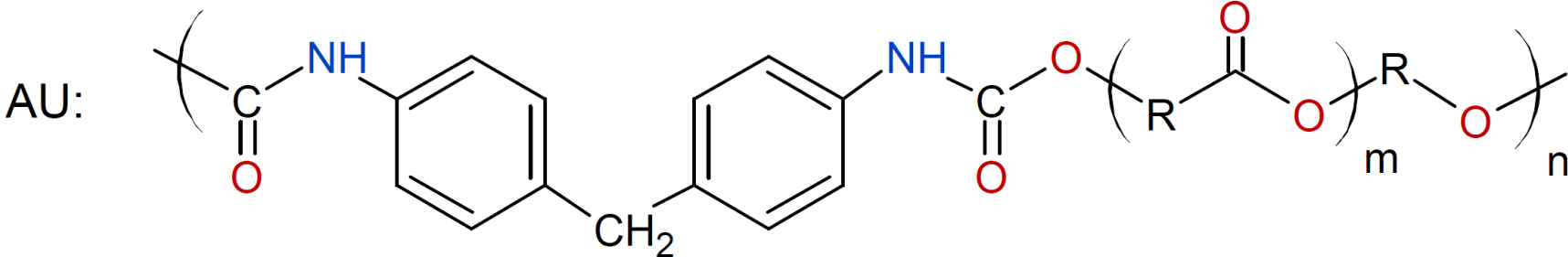
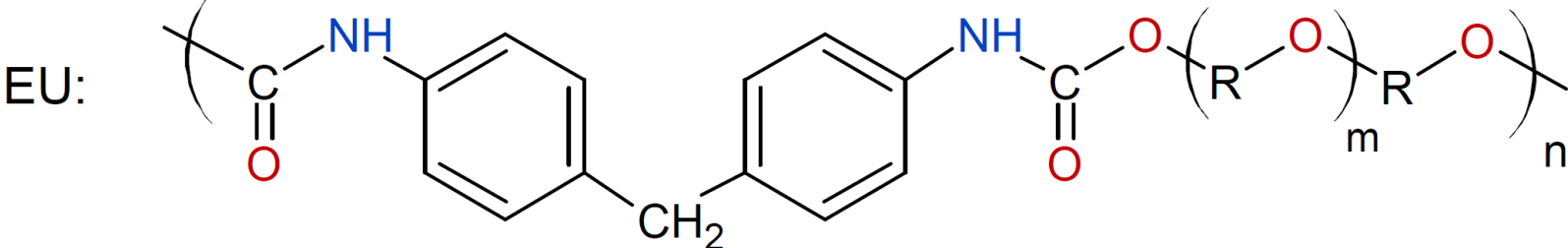
Table 15.3. Some Commercial Polyols Important in Urethane Elastomers.

<i>Abbreviation</i>	<i>Common Chemical Name</i>	<i>Type</i>	<i>Structure</i>
PTAd	Poly(tetramethylene adipate) glycol	Polyester	$\text{HO}[(\text{CH}_2)_4\text{OCO}(\text{CH}_2)_4\text{COO}]_n\text{H} + \text{CH}_2\text{H}$
PCL	Poly(ϵ -caprolactone) glycol	Poly(lactone (polyester)	$[\text{H} + \text{O}(\text{CH}_2)_5\text{CO}]_n\text{O} + \text{CO}(\text{CH}_2)_5\text{O} + \text{H}$
PHC	Poly(hexamethylene carbonate) glycol	Polycarbonate (polyester)	$\text{HO} + (\text{CH}_2)_6\text{OCOO} + (\text{CH}_2)_6\text{OH}$
PTMO	Poly(oxytetramethylene) glycol	Polyether	$\text{HO} + (\text{CH}_2)_4\text{O} + \text{H}$
PPG	Poly(1,2-oxypropylene) glycol	Polyether	$\text{HO} + \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{O} + (\text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) + \text{OH}$
PBDG	Poly(butadiene) glycol	Polyhydro- carbon	$\text{HO} + \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 + \text{OH}^a$

^aAlthough only the 1, 4-polybutadiene structure is shown, it is understood that there is a certain

proportion of 1,2 units $\left(\begin{array}{c} -\text{CH}_2 - \text{CH}- \\ | \\ \text{CH} = \text{CH}_2 \end{array} \right)$ in the chain.

Polieterski uretani (EU)



Poliesterski uretani (AU)

- upotreba u temperaturnom području: od -40 do 90 °C

Svojstvo	
čvrstoća	odlična
otpornost na abraziju	odlična
otpornost na niske temperature	dobra
otpornost na atmosferske utjecaje	dobra
otpornost na ozon	dobra
otpornost na povišene temperature	dobra (osrednja)
otpornost na plamen	slaba

Upotreba

- tamo gdje je potrebna velika otpornost na abraziju, velika čvrstoća i dobra otpornost na ulja/otapala: hidrauličke i klipne brtve, dijafragme, crijeva, transportne trake,

- sportska oprema: kotači na koturaljkama i skateboardima

- za premaze i obloge otporne na habanje

Međutim, u svim primjenama treba razmotriti njihovu podložnost hidrolizi i ograničenu otpornost na puzanje i toplinu.

Glavni proizvođači: Parker

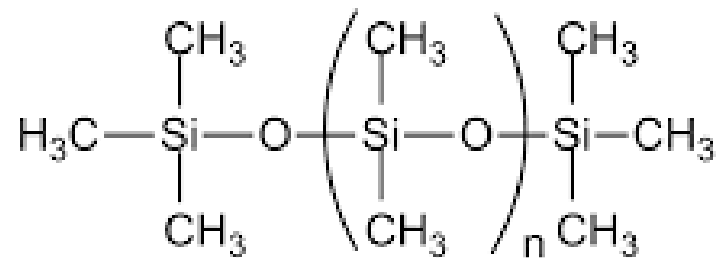
Q gume - Si u polimernom lancu

SILIKONSKE GUME

SILIKONSKI KAUČUK

Prvi se silikonski kaučuk pojavio na tržištu 1945. godine - bio je to dimetil-siloksan

dimetil-siloksan



Današnji se silikonski kaučuk sastoji od poli(dimetil-siloksana) modificiranog različitim supstuentima

Silikonske gume imaju karakteristike organskih i anorganskih materijala: brojne prednosti u odnosu na ostale vrste guma.

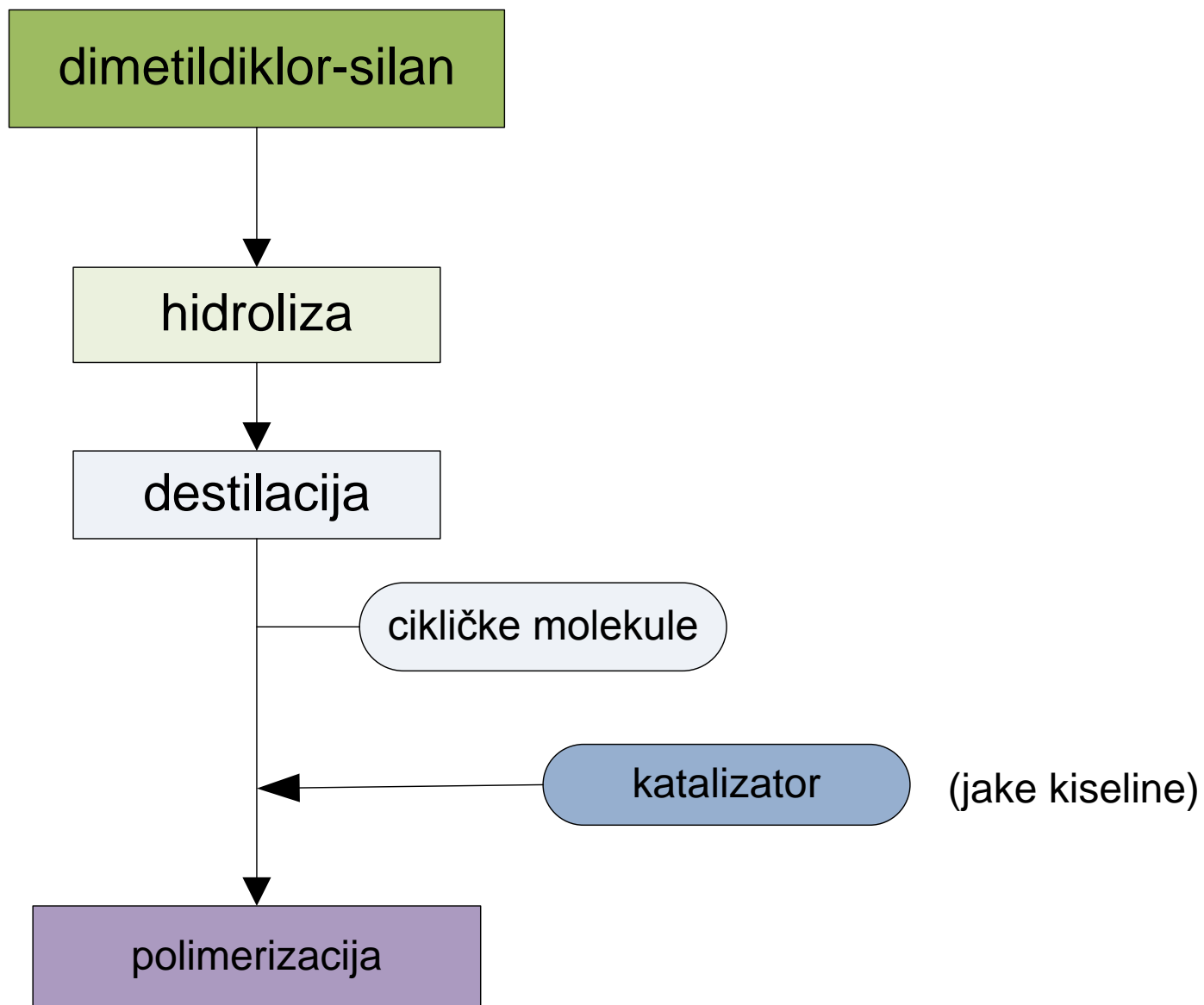
Dobra električna svojstva, dobra kemijska stabilnost, dobra otpornost na gorenje, **superiorna otpornost na niske i visoke temperature.**

Sva se ova svojstva pojavljuju zbog jake stabilnosti veze Si-O.

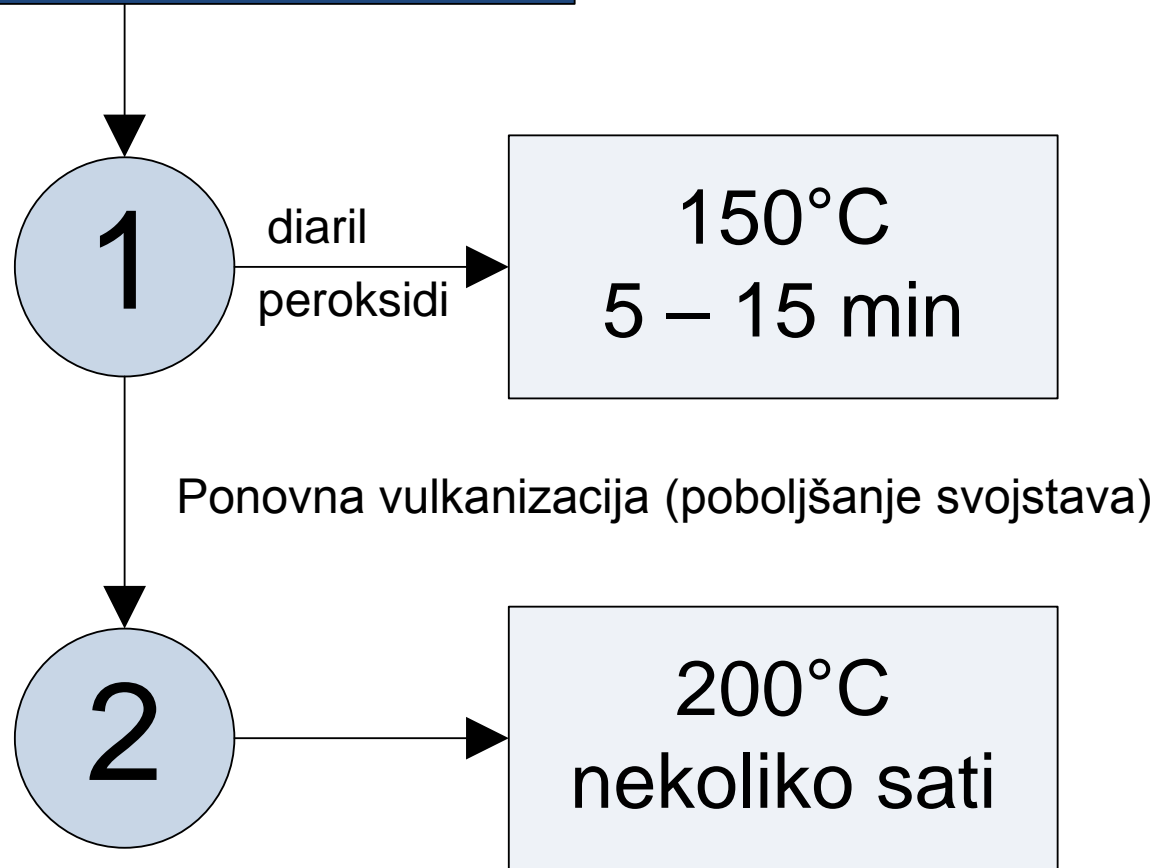
Intermolekularne sile su slabe pa ovaj materijal ima visoku elastičnost.

Metilne grupe smještene s vanjske strane mogu slobodno rotirati pa zato ovaj materijal ima odlična površinska svojstva i dobru otpornost na vodu.

Dobivanje



VULKANIZACIJA



Neke vrste silikonskog kaučuka vulkaniziraju na sobnoj temperaturi.

- radikalska vulkanizacija dibenzoil-peroksidom (DBP)

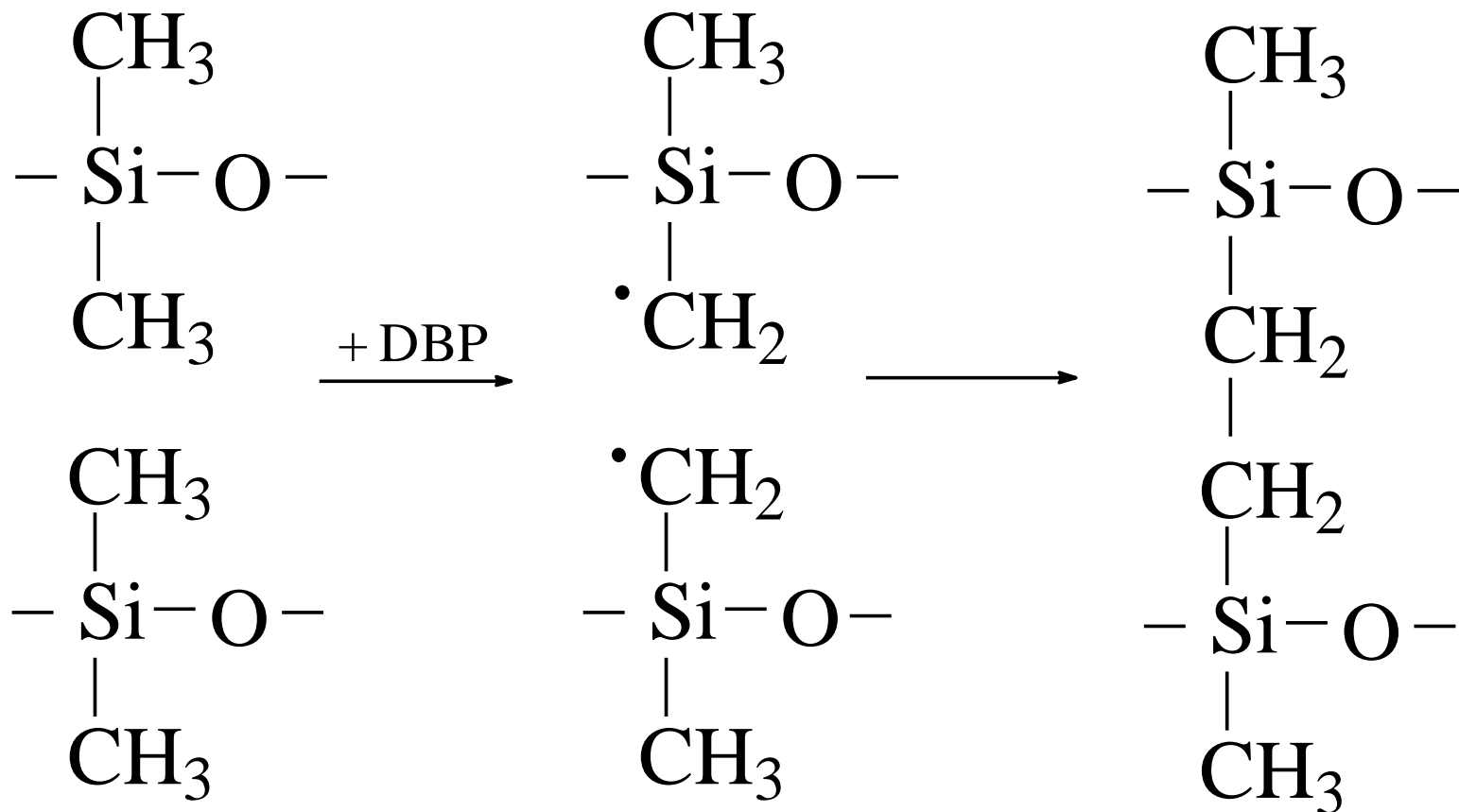


Table 13.3. Types of Silicone Polymers.

<i>Classification</i>	<i>Uses</i>	<i>Basic Polymer Units</i>
MQ	The first silicone polymer	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{Si}-\text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$
MPQ	The first low-temperature copolymer	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{Si}-\text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n \left[\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ \text{Si}-\text{O} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right]_m$
MVQ	Low-compression-set copolymer	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{Si}-\text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n \left[\begin{array}{c} \text{CH}=\text{CH}_2 \\ \\ \text{Si}-\text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_o$
MPVQ	The first high-strength, low temperature terpolymer	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{Si}-\text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n \left[\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ \text{Si}-\text{O} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right]_m \left[\begin{array}{c} \text{CH}=\text{CH}_2 \\ \\ \text{Si}-\text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_o$
FVQ	Oil-resistant polymer	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{Si}-\text{O} \\ \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CF}_3 \end{array} \right]_n \left[\begin{array}{c} \text{CH}=\text{CH}_2 \\ \\ \text{Si}-\text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_o$

fluorosilikon

Svojstva

Velika elastičnost na niskim temperaturama.

Energija veze Si-O veća je od energije veze C-C i zato je ova vrsta gume stabilnija prema termičkoj i oksidacijskoj razgradnji.

Nije otporan materijal na djelovanje kiselina i baza. Skuplji tipovi materijala.

- **upotreba u temperaturnom području: -70 do 250 °C**

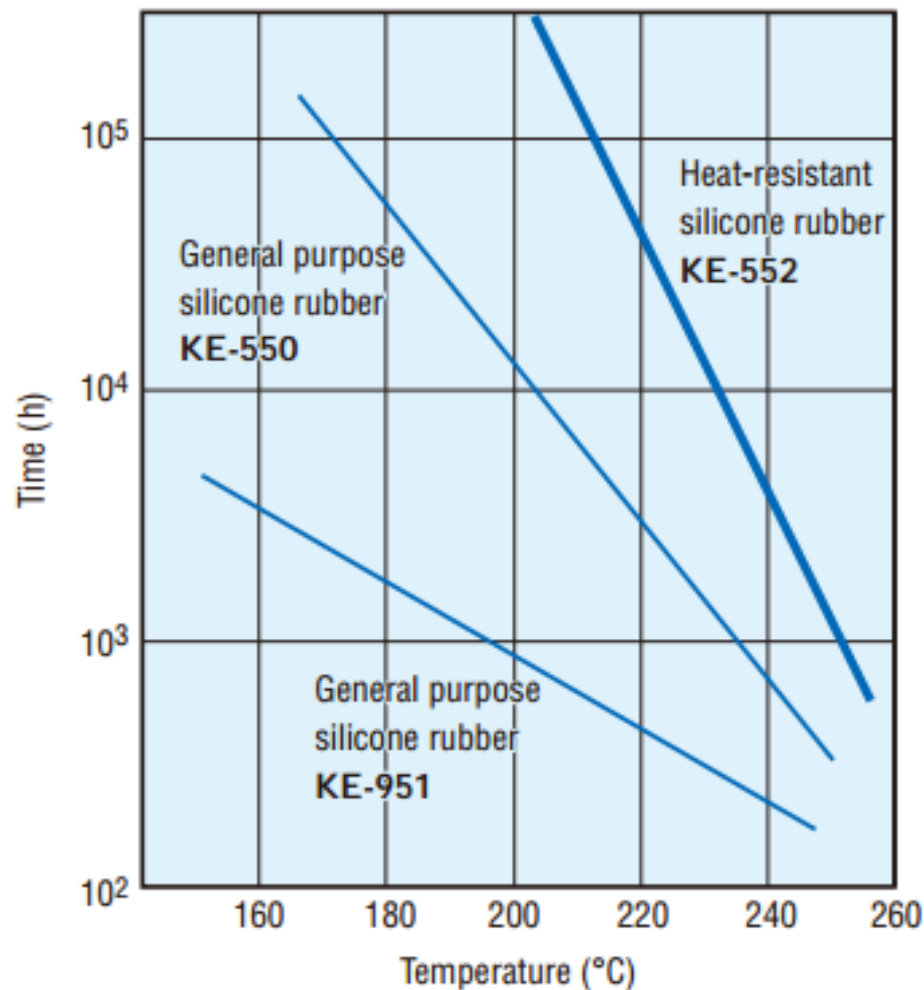
(čak do 500 °C pri kratkoj izloženosti)

Silikonska guma **otporna je na visoke temperature**, permanentno **do 180 °C**, a u kraćem periodu **do 250 °C i više**

- stabilnost silikonske gume na 150 °C: može se jako dugo upotrebljavati na ovoj temperaturi bez ikakve promjene svojstava.
- stabilnost silikonske gume na 200 °C: više od 10000 h
- stabilnost silikonske gume na 350 °C: kraći periodi

Operating life of silicone rubber in high-temperature conditions

(Operating life defined as the time at which elongation at break is 1/2 that of the initial value)



Even among general purpose silicone rubbers, heat resistance varies depending on the rubber formula, curing agent, and other factors.

Silikonska guma **otporna je na niske temperature:**

- većina guma gubi elastičnost na -20 do -30 °C, dok su silikonske gume stabilne u temp. rasponu **od -60 do -70 °C**
- neke vrste silikonskih guma stabilne su u kraćem vremenskom periodu **na -100 °C**
- ima dobru elastičnost na niskim temperaturama
- **silikonska guma ima hidrofobni karakter**, apsorbira vrlo malo vode i ona vrlo brzo ispari, silikonska guma može biti uronjena u vruću vodu dugo vremena bez promjene u mehaničkim svojstvima (stupanj apsorpcije vode iznosi samo 1 %)
- **otporna je na ozon**
- **na povišenim temperaturama i u atmosferi kisika silikonska je guma otpornija na radijaciju od bilo kojeg drugog polimera**

Silikonska guma otporna je na motorna ulja, otapala i razne kemikalije na povišenim temperaturama.

Biološki je inertna i zato se koristi u medicini.

Nema mirisa niti okusa. Zapaljenjem ne postaje toksična.

Može se vezati na mnoge materijale: staklo, keramiku, metale te na ostale polimerne materijale.

Dobra postojanost prema ozonu, djelovanju vrućeg zraka i ultraljubičastog zračenja.

Postojanost prema kemikalijama - može se poboljšati uvođenjem supstituenata koji sadrže fluor: fluorosilikoni.

Svojstvo	
čvrstoća	dobra
otpornost na abraziju	slaba
otpornost na niske temperature	odlična
otpornost na atmosferske utjecaje	odlična
otpornost na ozon	odlična
otpornost na povišene temperature	odlična
otpornost na plamen	dobra

Primjena

- izrada brtvi za hladnjake i zamrzivače, sušionike, transformatore
- za brtvljenje prozora i vrata aviona
- proizvodnja cijevi za vrući zrak i kisik
- izolacija žica i kabela
- industrija medicinske opreme i uređaja (dijelovi injekcija, cijevi za transfuziju krvi, maske za kisik)

Glavni proizvođači: Wacker, Dow Corning, Momentive, Shin-Etsu, Evonik, and BlueStar.



Oil and chemical resistance of common methyl vinyl silicone rubber

	Type of oil/chemical	Immersion conditions	Change in properties					
		°C x h	Hardness points	Weight %	Volume %	Tensile strength %	Elongation %	
Oil	ASTM #1 oil	150 x 168	-10		+10	-10	-10	
	ASTM #3 oil	150 x 168	-25		+40	-20	-20	
	GM Hydramatic Fluid	94 x 70	-35		+35	-40	-5	
	Ford Brake Fluid	150 x 72	-20		+15	-60	-40	
	Diesel Fuel	50 x 168	-30		+105	—	—	
	Gasoline	23 x 168	-20		+165	—	—	
	Skydrol 500A Fluid	70 x 168	-5		+10	-10	+5	
	Motor oil (SAE #30)	175 x 168	-8		-8	-70	-65	
Chemical	Acid	Conc. Nitric acid	25 x 168		+10	+10	-80	30
		7% Nitric acid	25 x 168		< 1	< 1	-50	-30
		Conc. Sulfuric acid	25 x 168		Dissolves	Dissolves	Dissolves	Dissolves
		10% Sulfuric acid	25 x 168		< 1	< 1	0	0
		Acetic acid	25 x 168		+3	+4	-20	+10
		5% Acetic acid	25 x 168		+2	+2	-20	+10
		Conc. Hydrochloric acid	25 x 168		+3	+4	-40	-20
		10% Hydrochloric acid	25 x 168		+2	+2	-50	-50
	Alkali	10% Sodium hydroxide solution	25 x 168		-2	-1	-10	0
		2% Sodium hydroxide solution	25 x 168		< 1	< 1	0	0
		Conc. Ammonia water	25 x 168		+2	+1	-30	+10
		10% Ammonia water	25 x 168		+2	+2	-20	0
	Other	Water	25 x 168		< 1	< 1	0	0
			100 x 70		< 1	< 1	-10	-10
			70 x 168		+1	< 1	-10	+10
		3% Hydrogen peroxide solution	25 x 168		< 1	< 1	0	+20

USPOREDBA GUMA

Otpornost prema niskim temperaturama

Oko temperature staklastog prijelaza (T_g) guma postane tvrda i staklasta

- T_g - ovisi o kemijskoj strukturi polimera
 - vulkanizacijom se povećava za nekoliko stupnjeva
 - omekšivačima se može povećati i za nekoliko desetaka stupnjeva, a i više
- nisku T_g imaju nepolarni, nesupstituirani polimeri (cis-BR) i simetrično supstituirani polimeri (dimetil siloksan)
- porast T_g : asimetrično supstituirani polimeri
 - prisutnost veze C=O, C≡N, C-S, C-F

polimer	Tg /°C
polidimetilsiloksan	-123
Cis-1,4-polibutadien	-114
poliizobuten	-70
SBR	-60
NBR, 30 % akrilonitrila	-38
EPDM	-58
Polistiren (atactic)	+100
FKM, CFM	-20

- prisutnost 10 % vinilnih grupa u polibutadienu povećava mu T_g za 7°C
- **T_g otprilike karakterizira otpornost polimera prema niskim temperaturama** i indirektno određuje neka druga svojstva
 - izduženje gume povećava se kako raste razlika između temperature prerade i temperature staklišta
 - razlika u elastičnosti različitih guma pri niskim T (-20°C) je velika, a na povišenim T ($+50^\circ\text{C}$) je manja

Otpornost na toplinu

Gume otporne na toplinu

1. Potpuno zasićeni polimeri s malim udjelom ugljikovodične komponente (FKM, CFM, Q)
2. Zasićeni polimeri (CSM)
3. Polimeri s niskim udjelom nezasićenja (EPDM)

Niska otpornost prema toplini: nezasićeni polimeri, kopolimeri diena

Otpornost prema toplini povećava se dodatkom prikladnih vulkanizacijskih sredstava i aditiva.

Otpornost prema ozonu

Otpornost raste u nizu: SBR, NR, CR, EPDM, FKM.

- otpornost NBR-a raste dodatkom PVC-a
- dodatak antiozonanta važan je u proizvodnji guma

Cijena

guma	Cijena
SBR	1
BR	1.1
IR	1.05
EPDM+EPM	1.2
CSM	2.2
AU, EU	3-6
T	3-5
Q	15-17

Svojstvo	
čvrstoća	odlična IR, BR, AU, EU
otpornost na abraziju	odlična IR, BR, SBR, AU, EU
otpornost na niske temperature	odlična IR, BR, Si
otpornost na atmosferske utjecaje	odlična EPDM, FKM, CSM, TM, Si
otpornost na ozon	odlična EPDM, FKM, CSM, ECO, TM, Si
otpornost na povišene temperature	odlična EPDM, FKM, Si
otpornost na plamen	odlična FKM, CR

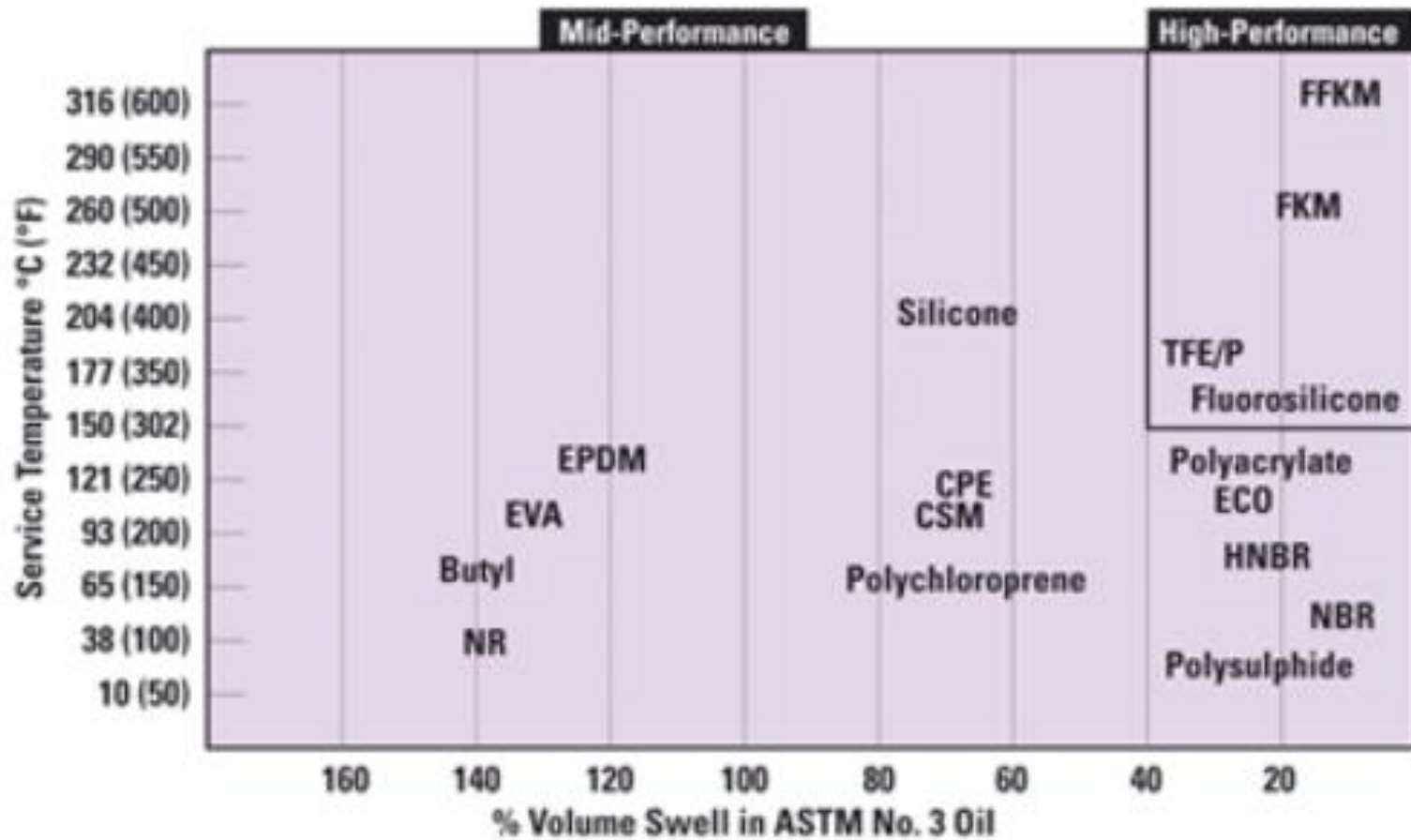
Usporedba svojstava pojedinih vrsta guma

<https://www.phelpsgaskets.com/useful-resources/general-properties-of-elastomers>

Kemijska otpornost guma

<https://www.customadvanced.com/chemical-resistance-chart.html>

<http://www.dupontelastomers.com/autofocus/a3/chooseRight.html>



Kemijski procesi recikliranja guma

RAZLIČITI TEHNOLOŠKI POSTUPCI RECIKLIRANJA GUME

- **Lancaster-Banbury proces** - jedan od najstarijih procesa
 - gumeni otpad, oslobođen od vlakana, miješa se sa sredstvom za oporavak (neke vrste ulja ili asfalt) i melje velikom brzinom kod visokih tlakova.
 - materijal dostiže temperature od 250 °C za 3-12 minuta, potom se hladi, očisti i profiltrira (ocijedi)
- **Toyota** je razvila proces kojim se nevulkanizirana guma, mljevena guma, plastifikacijsko ulje i sredstvo za oporavak pomiješaju u omjeru 100:30:10:1 te se zajedno mastificiraju u mlinu ili ekstruderu - dobije se mješavina koja sadrži **devulkaniziranu gumu**

Guma se dodaje u ekstruder i to 10 kg/h, zatim se hladi u vodenoj kupelji, brzina rotacije vijaka je 100-400 rpm, a temperatura od 50 do 400 °C

- **De-Link proces** podrazumijeva miješanje fino mljevenog gumenog praha s tzv. De-Link smjesom kemikalija u mlinu ili mikseru kod sobne temperature - **devulkanizacija**

Čvrstoća i otpornost na kidanje materijala dobivenog miješanjem 30 % tako reciklirane gume s originalnom gumom jednaka je onoj koja se dobije iz originalne gume, ali su neka druga svojstva nešto više narušena u odnosu na originalnu gumu

Postupci kemijske devulkanizacije- miješanje gumenog praha sa **sredstvom za oporavak** (peptizer) - najčešće korištena sredstva za oporavak su: disulfidi; arildisulfid (difenildisulfid, tiofenol i njihove cinkove soli i merkaptani).

- sredstvo za oporavak koristi se za cijepanje umreženja,

- metoda se kombinira s toplinskom i/ili mehaničkom energijom zbog ubrzanja procesa

- **Nedostatak** kemijske devulkanizacije - toksičnost kemikalija koje se upotrebljavaju kao i uvjeti kod kojih se devulkanizacija provodi – zahtjevni i skupi procesi (visoke temperature, tlakovi, snaga za pokretanje opreme).

- *Heater/Pan proces* utjecaj topline u kombinaciji s kemijskim sredstvima gdje se cijepaju umreženja i dolazi do plastifikacije gumenog otpada – termokemijski proces

Mljevena guma podvrgava se tlaku para kemikalija 48 sati, uz dodatak sredstva za oporavak koji taj proces skraćuje na 5-10 sati, na temp. od 180 °C

Ovaj proces može oporaviti veliki broj različitih vrsta guma, no zapravo je predugačak za praktičnu primjenu

- *Digester ili alkalni proces* vrlo je važan jer omogućuje recikliranje ojačanog gumenog otpada (gumeni otpad s vlaknima) – termokemijski proces

Vlakna iz ojačanog gumenog otpada prvo se uklanjaju miješanjem u alkalnoj vodenoj otopini ili plastifikacijskom ulju.

Mješavina se zagrijava uz miješanje u autoklavu na temperaturi od 180 do 210 °C, 5-24 sata,

Nedostatak ovog procesa - duljina trajanja i onečišćenje koje pritom nastaje uslijed upotrebe kemikalija

Proces recikliranja guma uz primjenu mikrovalova

- **mikrovalovi se mogu primijeniti za devulkanizaciju guma**

Materijal se zagrijava u mikrovalnoj komori gdje apsorbira mikrovalove preko dipolnih rotacija ili ionske vodljivosti.

Dipolna rotacija vrlo je važna za zagrijavanje polarnog materijala kao što su nitriline i polikloroprenske gume.

Zagrijavanje nepolarnih materijala kao što je EPDM i SBR primjer je indirektnog procesa zagrijavanja preko čađe.

Prisutna čađa u nepolarnim gumama omogućuje apsorpiranje mikrovalne energije.

Energijsko recikliranje otpadnih guma

Zbrinjavanje heterogenog polimernog otpada.

Energijsko se recikliranje provodi kada mehaničko ili kemijsko recikliranje nije tehnički izvedivo ili isplativo te u slučajevima kada otpadni polimerni materijali imaju razna ograničenja: slaba kvaliteta, onečišćenost.

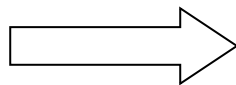
Ovako se mogu reciklirati: termoplasti, termoseti i elastomeri.

Energijsko recikliranje polimernih materijala prikladan je postupak i njime se dobiva energija: za grijanje naselja i za primjenu u industriji.

- otpadne gume mogu poslužiti kao dobar izvor energije: imaju kalorijsku vrijednost oko 32 MJ/kg
(drvo: oko 15 MJ/kg, prirodni plin: oko 43 MJ/kg)
- **u cementnim pećima** - temperatura plamena: oko 2200 °C, tada je temperatura materijala 1400–1500 °C; a pepeo (ostatak nakon gorenja, anorganski dio) koristi se u građevini.
- Osigurava se **kontrolirano i potpuno izgaranje** na tako visokim temperaturama.
- Mogu se spaljivati samo elastomerni materijali (kada postoji izvor velike količine otpadnih guma i njihova kontinuirana doprema), ali je češće spaljivanje miješanog polimernog otpada.

Tijekom spaljivanja otpada stalno i nekontrolirano se mijenja:

- sastav
- oblik
- gustoća
- zapaljivost i
- energijska vrijednost



**Nehomogen i promjenljiv
miješani otpad**

- **Postrojenje za energijsko recikliranje izuzetno je mehanički, toplinski i kemijski opterećeno.**

Spaljivanje otpada u rotacijskim pećima za proizvodnju cementnog klinkera sve je više korišten način za zbrinjavanje otpadnih materijala, a posebno je važan postupak za zbrinjavanje polimernih materijala kao što su gume i ambalaža: nema potrebe za odvajanjem, usitnjavanjem, pranjem i sušenjem otpada.

Rotacijske su peći primjerene za kruti, kašasti i tekući otpad, a nekada se za potpuno izgaranje primjenjuje kombinacija s roštiljem i/ili komorom naknadnog izgaranja.

Biološki proces obrade otpadnih guma

- Biološka devulkanizacija (biorazgradnja) vrlo je zanimljiva i bila bi ekološki vrlo prihvatljiva, no potrebno je uložiti puno truda da se nađu odgovarajući mikroorganizmi za takav proces.
- **Mikroorganizmi** za devulkanizaciju gume prvenstveno su testirani za prirodnu i stirenbutadiensku gumu:

bakterije *Nocardia* i *Thiobacillus*

Devulkanizacija je primijećena samo na površini gume i svega je 4,7 % ukupnog sumpora oksidirano u sulfat za 40 dana.

Proces je još uvijek daleko od industrijske primjene.

Informacije o drugom kolokviju:

- *ponedjeljak, 16. prosinca 2024. - Zagrepčanka, Vijećnica 2*
- 5 pitanja, svako po 10 bodova

- 1. grupa: od 13:15 do 14:15, abecednim redom: od 14 do 26**
- 2. grupa: od 14:30 do 15:30, abecednim redom: od 1 do 13**

Studenti koji nisu pristupili prvom kolokviju i koji nemaju pozitivnu ocjenu iz prvog kolokvija (60 %), polažu ispit iz kolegija Elastomeri na nekom od ispitnih rokova.

Raspored po grupama nalazi se na sljedećim stranicama.

(ponedjeljak, 9. prosinca: nema predavanja, tjedan za učenje)

1. grupa: od 13:15 do 14:15, abecednim redom: od 14 do 26

14.	0125168889
15.	0125168873
16.	0125168415
17.	0125168847
18.	0125168392
19.	0125168735
20.	0125168457
21.	0125168574
22.	0125167080
23.	0125166821
24.	0125169914
25.	0125171428
26.	0125167215

2. grupa: od 14:30 do 15:30, abecednim redom: od 1 do 13

Rbr.	JMBAG
1.	0125168499
2.	0125168665
3.	0125166816
4.	0125168777
5.	0125168670
6.	0125168569
7.	0125162586
8.	0125167007
9.	0125168483
10.	0125166751
11.	0125168387
12.	0125168436
13.	0125167306