Proizvodnja automobilskih guma

Murgić, Bruno

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic Nikola Tesla in Gospić / Veleučilište Nikola Tesla u Gospiću**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:107:835090

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Polytechnic Nikola Tesla in Gospić - Undergraduate thesis repository

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

VELEUČILIŠTE „NIKOLA TESLA” U GOSPIĆU

Bruno Murgić

PROIZVODNJA AUTOMOBILSKIH GUMA

PRODUCTION OF CAR TIRES

Završni rad

Gospić, 2020.

VELEUČILIŠTE „NIKOLA TESLA" U GOSPIĆU

Prometni odjel

Preddiplomski stručni studij Cestovnog prometa

PROIZVODNJA AUTOMOBILSKIH GUMA

PRODUCTION OF CAR TIRES

Završni rad

MENTOR

mr. sc. Josip Burazer Pavešković

STUDENT

Bruno Murgić

JMBAG: 0296016829

Gospić, srpanj 2020.

Veleučilište „Nikola Tesla“ u Gospiću

Prometni odjel

U Gospiću, 16.ožujka. 2020.

Z A D A T A K

za završni rad

Brunu Murgiću, JMBAG: 0296016829,studentu preddiplomskog stručnog studija cestovnog prometa izdaje se tema završnog rada pod nazivom:

Proizvodnja automobilskih guma

Sadržaj zadatka :

Istražiti,proučiti i opisati proizvodnju automobilskih guma.

Istražiti razvoj gumenih tvorevina,opisati svojstva i vrste materijala koji se upotrebljavaju u proizvodnji automobilskih guma.

Objasniti gumu kao gotov proizvod,vrste namjene guma,te opisati postupke u proizvodnji automobilskih guma.

Završni rad izraditi sukladno odredbama Pravilnika o završnom radu Veleučilišta „Nikola Tesla“ u Gospiću.

Mentor:mr.sc.Josip Burazer Pavešković zadano: 16.ožujka 2020

Pročelnik odjela: Slađana Čuljat,predavač predati do: 30.rujna.2020

Student: Bruno Murgić primio zadatak: 30.ožujka 2020.

Dostavlja se:
- mentoru
- studentu
- evidenciji studija – dosje studenta

Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, Bruno Murgić izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je moj završni rad naslova ***Proizvodnja automobilskih guma*** isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Gospiću, 1.srpnja 2020. Bruno Murgić

Izjava o pohrani diplomskog rada u Digitalni repozitorij

Odjel: Cestovni prometni odjel

Student/ica: Bruno Murgić

Vrsta rada: završni rad

Ovom izjavom potvrđujem da sam autor/ica predanog završnog rada i da sadržaj njegove elektroničke inačice u potpunosti odgovara sadržaju obranjenog rada.

Slažem se da se rad pohrani u javno dostupnom institucijskom repozitoriju Veleučilišta "Nikola Tesla" u Gospiću i javno dostupnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu (u skladu s odredbama Zakona o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, NN br. 123/03, 198/03, 105/04, 174/04, 02/07, 46/07, 45/09, 63/11, 94/13, 139/13, 101/14, 60/15) i bude u

☒ rad u otvorenom pristupu

☐ rad dostupan nakon _____

☐ rad dostupan svim korisnicima iz sustava znanosti i visokog obrazovanja RH

☐ rad dostupan samo djelatnicima i studentima Veleučilišta „Nikola Tesla" u Gospiću

Student/ica:

U Gospiću,1.srpnja 2020. Bruno Murgić

SAŽETAK

U ovom završnom radu analizirana je proizvodnja automobilskih guma koje su jedne od najvažnijih komponenti cestovnog motornog vozila.Opisana je automobilska guma kao gotov proizvod,od čega nastaje i njezina povijest,opisani su svi tipovi guma,istraženi su i opisani svi postupci u proizvodnji automobilskih guma.Cilj proizvodnje automobilskih guma je napraviti automobilsku gumu koja će pružati najveću moguću sigurnost vozila i imati dobru izvedbu na cesti.Napredak auotomobilskih guma dogodio se razvojem gumenih tvorevina,koje su razvojem postale bolji materijal za upotrebu,a zajedno s time morala se osigurati sigurnost i efikasnost pri vožnji.

Analizom i istraživanjem proizvodnje automobilskih guma,posebno sintetskih pneumatika zaključeno je to da proizvod koji nastane procesima u proizvodnji automobilskih guma mora zadovoljavati sve uvjete i zahtjeve sigurnosti i efikasnosti.Guma mora biti pouzdana,a to znači da automobilska guma u svakom trenutku vožnje mora osiguravati vožnju motornih vozila na siguran način u zavoju ili na ravnici.

Rad je koncipiran u nekoliko cjelina.Opisuje se važnost proizvodnje automobilskih guma,te svaka vrsta namjene automobilske gume.Objašnjen je nastanak gume od prirodnog i sintetskog materijala,te procesi koji pomoću tih materijala pomažu u proizvodnji gume za različite djelatnosti.

Ključne riječi: **proizvodnja automobilskih guma,sintetski i prirodni pneumatik,procesi u proizvodnji automobilskih guma,gumene tvorevine.**

ABSTRACT

The final work refers to the analysis of production of car tires which are one of the most important components of a road motor vehicle. The car tire is also described as a finished product, from which material it is made, historical development, and full description of all car types. The goal of car tire production is to make a tire that will provide the greatest possible vehicle safety and one that will have the best performance on the road.

Advances in car tires have been made with the development of rubber products, which have become better materials for use, and at the same time safety and efficiency have had to be ensured while driving.

Analysis and research of the production of car tires, especially synthetic tires, concluded that the product created by processes in the production of car tires must meet all conditions and requirements of safety and efficiency. The tire must be reliable while driving on every type of road.

The paper is conceived in several parts. It describes the importance of car tire production, and each type of car tire use. The origin of rubber from natural and synthetic materials is explained, and the processes that use these materials to help produce tires for various industries.

Keywords: production of car tires, road motor vehicle, synthetic tires,natural rubber.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
1.1. Predmet i problem istraživanja 1
1.2. Svrha i cilj istraživanja 2
1.3. Struktura rada 2
2. RAZVOJ MOTORNIH VOZILA 4
2.1. Razvoj gumenih tvorevina 5
3. SVOJSTVA GUMENIH TVOREVINA 7
4. PNEUMATICI KOTAČA 8
4.1. Standardi pneumatici 11
4.2. Niskoprofilni pneumatici 13
4.3. Zimski pneumatici 14
4.4. Klase efikasnosti pneumatika 15
4.5. Ravnoteža kotača 16
4.6. Dinamički radijus kotača 17
5. GUME 18
5.1 Obrada kaučuka i proizvodnja gume 20
5.2 Mastikacija 23
5.3. Vrste kaučuka 24
5.3.1. Sintetski kaučuk 25
5.3.2 Stiren-butadienski kaučuk(SBR) 25
5.3.3 Etilen/propilen/dienski kaučuk (EPDM) 26
5.4 Priprema smjese kaučuka 27
5.4.1. Sredstva za vulkanizaciju 27
5.4.2. Sredstva protiv starenja 28
6. SMJEŠAVANJE KAUČUKOVIH SMJESA 28
7. OBLIKOVANJE POLUPROIZVODA PRIJE VULKANIZACIJE 29
7.1. Ekstrudiranje 30
7.2. Kalandriranje 31
8. VULKANIZACIJA 34
8.1. Vulkanizacija u autoklavima 35
8.2. Kontinuirana vulkanizacija 35
8.3. Vulkanizacija uz prešanje 36

9. ZAKLJUČAK 37
10. LITERATURA 38

1. UVOD

Guma je čvrsto,fleksibilno gumeno kućište koje je pričvršćeno na obruč kotača.Gume pružaju zahvatnu površinu za vuču i služe kao jastuk za kotače vozila u pokretu.Mogu se pronaći na automobilima,kamionima,traktorima,industrijskim vozilima i uobičajenim prijevoznim sredstvima koja su potrebna ljudima za svakodnevni život.Gume za većinu vozila su pneumatske što znači da se zrak drži pod pritiskom unutar gume.Donedavno su pneumatske gume imale unutarnju cijev za zadržavanje tlaka zraka,ali u današnje vrijeme pneumatske gume dizajnirane su tako da formiraju tlačnu brtvu s obručom kotača.

Škotski izumitelj Robert Thomson izumio je pneumatsku gumu s unutarnjom cijevi 1845. godine.Njegov dizajn u tom razdoblju bio je poput nečeg neviđenog iz budućnosti pa je pažnja koju je taj izum dobivao bila gotovo nikakva.Pneumatska guma bila je ponovno izumljena 1880.godine od strane još jednog škotskog stručnjaka,Johna Boyda Dunlopa i isti čas je postala popularna među biciklistima i biciklističkim svijetom.

Prirodna guma je je glavna sirovina koja se koristi u proizvodnji automobliskih guma,iako se također koristi sintetička guma.Da bi se razvile ispravne karakteristike snage,elastičnosti i otpornosti na habanje guma se mora tretirati raznim kemikalijama i zatim zagrijati.Američki izumitelj Charles Goodyear otkrio je proces jačanja gume koji je poznat pod nazivom vulkanizacija.Goodyear je taj proces koji je nazvan po Vulkanu,rimskom bogu vatre patentirao 1844.godine i odobrio iskorištavanje svim proizvođačima koji su od vulkanizirane gume počeli proizvoditi i cipele,prsluke za spašavanje i ostalo.

1.1. Predmet i problem istraživanja

Predmet istraživanja je detaljno analizirati proizvodnju automobilskih guma i automobilsku gumu kao gotov proizvod,svrhu i vrijeme korištenja pojedinih vrsta guma,te sve načine proizvodnje gume.

Problem istraživanja je analizirati na koji način se odvijaju svi procesi u proizvodnji gume,te analizirati sredstva koja su upotrebljena kako bi se izvršio pojedinačan proces u proizvodnji.

1.2.Svrha i cilj istraživanja

Svrha ovog istraživanja je primjena svih znanja stečenih tijekom obrazovanja te to znanje iskoristiti kao glavnu polaznicu u analizi proizvodnje automobilskih guma,pri čemu bi se povećalo značenje i poimanje procesa proizvodnje automobilskih guma.

Cilj istraživanja je upoznati studenta s procesom proizvodnje automobilske gume te samom automobilskom gumom kao gotovim proizvodom i njezinom namjenom koja je vrlo značajna za civilizaciju općenito.

1.3.Struktura rada

Završni rad strukturiran je u devet poglavlja u kojima se opisuje analiza proizvodnje automobilskih guma,istražen je razvoj gumenih tvorevina,proučena su njihova svojstva,sve vrste penumatika,obrada kaučuka i svi procesi u proizvodnji gume,te je svaki proces objašnjen pojedinačno.

U prvome,uvodnom dijelu rada prikazani su predmet i problem istraživanja te svrha i cilj ovoga istraživanja.

U drugom poglavlju, pod naslovom *Razvoj motornih vozila,* istražen je i proučen razvoj motornih vozila i razvoj gumenih tvorevina kroz vrijeme.

U trećem poglavlju, pod naslovom *Svojstva gumenih tvorevina*,opisana su svojsta i sadržaj gumenih tvorevina.

U četvrtom poglavlju,pod naslovom *Pneumatici kotača*,proučeni su pneumatici kao gotov proizvod,te istražene i opisane sve vrste pneumatika i njihove namjene.

U petom poglavlju,pod naslovom *Gume*,proučena je guma kao gotov proizvod,istražen način nastanka i proizvodnje gume,opisani procesi u proizvodnji gumenih tvorevina.

U šestom poglavlju, pod naslovom *Smješavanje kaučukovih smjesa,* istražen je proces spajanja elemenata u kaučukove smjese.

U sedmom poglavlju,pod naslovom *Oblikovanje poluproizvoda prije vulkanizacije*,opisan je postupak oblikovanja međuprodukta nastalog prije vulkanizacije.

U osmom poglavlju,pod naslovom *Vulkanizacija*,istražen je proces vulkanizacije gumenih tvorevina.

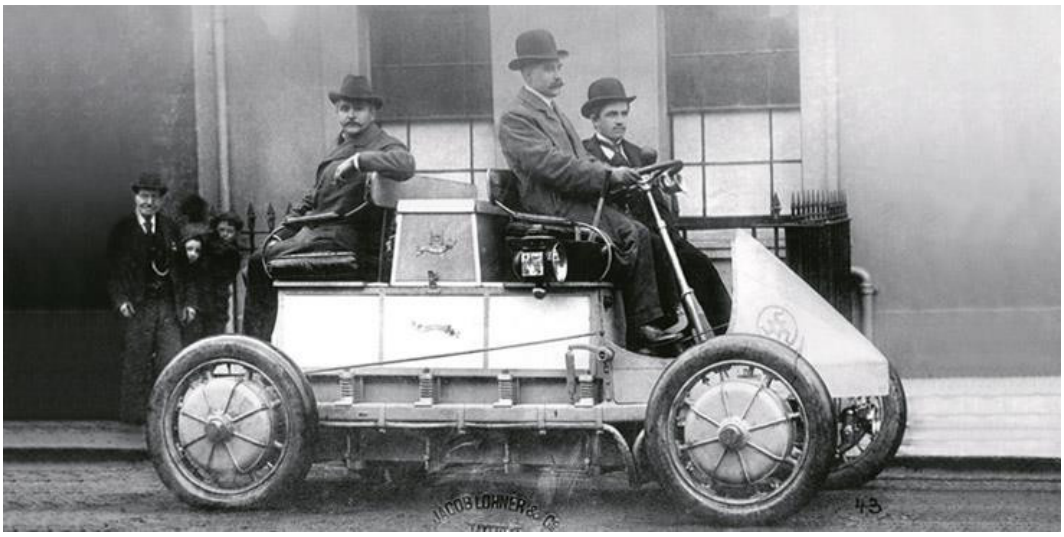
U devetom,zaključnom poglavlju prikazan je zaključak prethodno svega navedenoga.

2. RAZVOJ MOTORNIH VOZILA

Povijest automobilske industrije u usporedbi s ostalim industrijama izazvala je veliki interes zbog utjecaja na ljudsku povijest u dvadesetom stoljeću.Iako je automobil nastao u Europi u kasnom 19-tom stoljeću,Sjedinjene Američke države su potpuno dominirale svjetskom industrijom prvom polovicom 20-tog stoljeća kroz izum tehnika masovne proizvodnje.U drugoj polovici tog stoljeća epicentar događanja bježi u zemlje zapadne Europe i Japan te one tako postaju masovni proizvođači i glavni za izvoz svojih proizvoda u druge zemlje.

Sljedeće godine bile su ključne u razvoju motornih vozila i automobilske industrije:

- **1860.**Francuz Lenoir izradio je prvi motor s unutarnjim izgaranjem.Takav motor imao je karakteristike dvotaktnih dvoradnih plinskih motora.Njihov stupanj korisnosti iznosio je oko 3%,no toliko su tada imali i parni strojevi.
- **1876.**-N.A.Otto konstruira prvi motor s kompresijom smjese goriva.Takav motor imao je karakteristike četverotaktnog motora koji je pogonjen na plin.
- **1884.**-Benz konstruira dvotaktni plinski motor.
- **1886.**-Benz konstruira motorno vozilo s tri kotača i jednocilindarskim motorom.Iste godine Daimler izrađuje vozilo s četiri kotača pogonjeno benzinskim jednocilindarskim motorom.
- **1887.**-Bosch je izumio prekidno paljenje.
- **1893.**-Rudolf Diesel patentirao kružni proces pri kojem se u motoru odvija kompresija čistog zraka i izgaranje teških ulja samozapaljenjem dok Ford u isto vrijeme izrađuje svoj prvi automobil.
- **1897.**-MAN izrađuje prvi motor s kompresijom čstog zraka,a Lohner-Porsche izrađuje prvo električno vozilo.[1]



Slika 1. Električno vozilo sustav Lohner-Porsche [10]

- **1899.**-Velika godina za Italiju i talijansku industriju,utemeljena tvrtka FIAT u Torinu.
- **1913.**-Ford uvodi prvu pokretnu traku u automobilskoj industriji pri izradi modela Tin-Lizy(T-model).
- **1916.**-Osnovana je tvrtka BMW.
- **1923**.-Benz-MAN izrađuju prvi kamion s Dieselovim motorom.
- **1938.**-Osnovana je VW tvornica.
- **1954.**-Mercedes izrađuje prvi serijski autmobilski Ottov motor s izravnim ubrizgavanjem goriva.
- **1970.**-Ugrađuju se sigurnosni pojasevi za vozača i suvozača.
- **1978.**-Ugrađen ABS dok je 1984. ugrađen zračni jastuk.
- **1999.**-Mercedes-Benz ugrađuje BAS u modele serije S i SL.[1]

2.1. Razvoj gumenih tvorevina

John.B.Dunlop je 1887. prvi zamijenio pune gume na biciklu zračnicama te na taj način omogućio bolju vožnju biciklima.Civilizaciji Srednje Amerike guma je bila poprilično poznata,ali pravim „ocem gume“ smatra se Charles Goodyear.Činjenica da je imao slabo znanje iz kemije i uz sve to bio vrlo siromašan,imao velike dugove i proveo godine i godine u zatvoru,ništa od toga njega nije spriječilo u njegovom velikom izumu vulkanizirane

gume.Rođen 1800. godine u mjestu New Haven(savezna država Connecticut),Charles je odlučio postati izumiteljem u dobi od 33 godine u isto vrijeme kad je propao njegov posao u Philadelphiji te se zbog duga prvi put našao u zatvoru. [4]

Prije J.B.Dunlopa,1839. Goodyear je izumio vulkanizaciju prirodnog kaučuka te omogućio multimilijunske zarade raznim tvrtkama diljem svijeta.U svom pravom obliku,guma je gusti sok te se prirodni kaučuk dobiva preradom mliječnog soka,ili lateksa,kaučukovca.Zgrušan dodavanjem kiseline,proizvod je postao dovoljno savitljiv za oblikovanje,ali na niskim temperaturama guma je pucala dok se pri visokim temperaturama topila,za sve se lijepila i jednostavno trulila.Goodyear će uspjeti predmete od gume napraviti korisnijima,ali će te gume također biti i dužeg vijeka trajanja.Te 1839. Goodyear je zaključio da dodavanjem sumpora guma postaje čvršća i elastičnija nego prije(vulkanizacija). [4]



Slika 2. Charles Goodyear, "otac gume" [15]

1860. G. Williams utvrdio je da je prirodni kaučuk sastavljen od izoprena.Sintetički kaučuci praktično sve do godine 1950. nisu postignuli zadovoljavajuće prednosti u vezi opće primjene u proizvodnji pneumatika.Prvi pneumatik koji je izrađen od sintetičke gume upotrebljen je za Kaiserov automobil 1912. godine.U današnjoj proizvodnji pneumatika za cestovna vozila najvažnije mjesto imaju kopolimeri butadien i stiren,akrilonitril-butadienski kaučuk,polikloropren,etilen-propilenski kopolimer,klorbutilni kaučuk,neopren i ostali kemijski sastavi koji su korisni u proizvodnji pneumatika.

Vulkanizacijom nastaju gume koje su najbitnije te osnovne sirovine za izradu pneumatika za sva cestovna motorna vozila. Kvaliteta pneumatika ovisi o kemijskom sastavu kaučukove smjese u kojoj su uz kaučuk sredstvo za vulkanizaciju(sumpor),ubrzivač vulkanizacije i kativator ubrzivača.Klorobutilne gume manje propuštaju plinove te se od njih nakon 1960. godine izrađuju zračnice i unutarnja postava automobilskih guma.U današnje vrijeme sintetički elastomeri koriste se u više od 80% potreba za pneumatikom. [3]

3. SVOJSTVA GUMENIH TVOREVINA

Značajka je gumenih tvorevina široko područje svojstava i mogućnost njihova podešavanja različitim uporabnim zahtjevima. Iz tog je razloga sve veća i njihova primjena za konstrukcijske svrhe.

Svojstva gumenih tvorevina mogu se podijeliti u ove najvažnije skupine:

1. **Mehanička** - pri definiranju mehaničkih svojstava u obzir ćemo uzeti samo neka najvažnija, kao što su tvrdoća, rastezna čvrstoća, prekidno istezanje, otpor paranju i otpornost na trošenje.
2. **Toplinska** - od velikoga broja toplinskih svojstava gumenih tvorevina najvažnija su slijedeća: - toplinska provodnost - toplinska rastezljivost - Jouelov efekt. Za primjenu je važno poznavanje ovisnosti mehaničkih svojstava o temperaturi.
3. **Električna** - Samo su polimeri velike električne otpornosti, npr. od 1015 do 1016 Ωcm, pogodni za električnu izolaciju. Električna svojstva gumenih tvorevina ne ovise samo o vrsti upotrijebljenog kaučuka već i o vrsti i količini dodataka, u prvom redu omekšavala i punila. Pri izboru omekšavala prednost se daje jako viskoznim mineralnim uljima umjesto esterskim omekšavalima

koja znatno snizuju električnu otpornost gumenih tvorevina. Dodatak većih količina poluvodljivih čaña opravdan je samo onda kada se želi načiniti poluvodljiva gumena tvorevina. Poluvodljive gumene tvorevine postižu se i upotrebom polarnih kaučuka, npr. NBR i CR. Porastom temperature opada električna otpornost gumenih tvorevina. [5]

Tijekom uporabe gumene tvorevine mogu biti izložene i utjecaju mikroorganizama i makroorganizama. Starenje gumenih tvorevina karakteriziraju:

- pojava orijentalnih napuklina na površini
- pojava neorijentiranih napuklina i smežuranost površine
- kretanje i gubljenje površinskog sjaja
- ljepljivost površine
- omekšavanje ili otvrdnjavanje
- sniženje prekidne čvrstoće, istezanja i žilavosti i sl.

Sve spomenute promjene izrazitije su u gumenih tvorevina na osnovi kaučuka koji u svom polimernom lancu posjeduju dvostruke veze. [5]

4. PNEUMATICI KOTAČA

Motorna vozila se kreću pomoću kotača. Kotači se sastoje od dva osnovna dijela koji čine naplatka i pneumatika, tzv. felge i gume vozila. Brzina vožnje određuje brzinu vrtnje kotača. Ako vozilo ide brzinom od 120 km/h približan broj okretaja je oko 1000 okretaja u minuti. Masa kotača osobnog vozila iznosi od 10 – 20 kg, a opterećenje po kotaču 200 – 800 kg. [2]. Naplatci vozila mogu biti od lakog metala ili čelika, dok pneumatike djelimo na ljetni, zimski i cjelogodišnji koje karakteriza oznaka M+S i „All season“. Kotači su povezani za glavinu kotača pomoću vijaka ili matica kotača. Matice kotača pričvršćene su na vijke kotača koji su utisnuti u glavinu kotača s pomoću 4 do 5 vijaka.

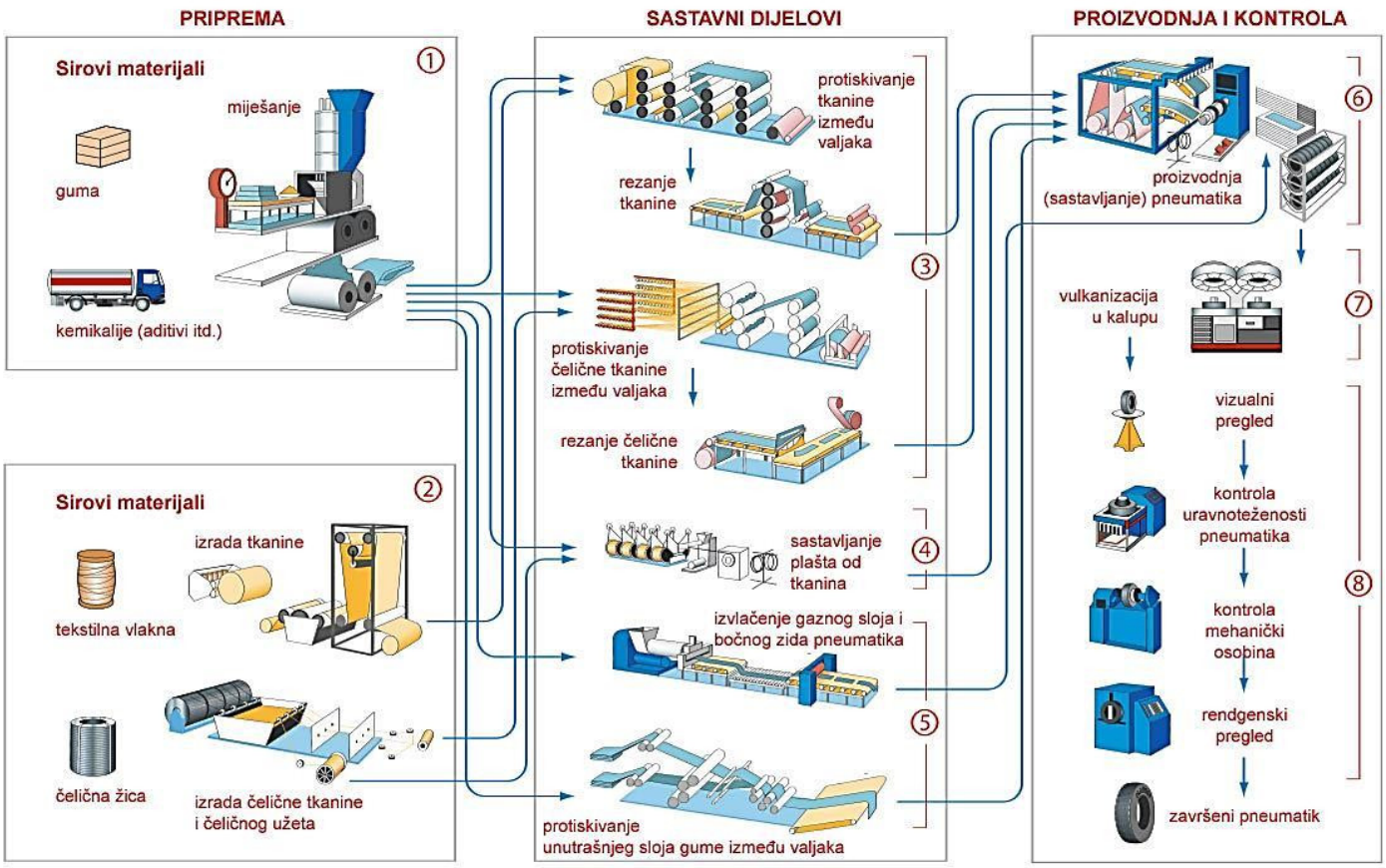


Slika 3. Zimski kotač [10]

Osobna vozila koriste dvije vrste pneumatika: standardne (balon) i niskoprofilni (sportske) pneumatike. Pneumatik je gumirani omotač unutar kojega se pod tlakom nalazi određeni medij (zrak, dušik, CO2). Takva konstrukcija autoguma predstavlja elastičnu pneumatsku oprugu određenih svojstava.

Pneumatici se mogu promatrati višeznačno, najprije kao elementi prijenosa snage radi vuče ili usporenja vozila, zatim kao elementi upravljanja te kao elementi ovjesa. Pneumatici za određeno vozilo određuje se na temelju određenih karakteristika:

- namjene pneumatika (ljeto, zima, cjelogodišnji)
- vrste penumatika (R, D, sa zračnicom ili bez zračnice)
- vanjskog promjera kotača (D)
- nosivosti pneumatika (indeks opterećenja kotača)
- brzine kretanja vozila (v)
- bočne krutosti – standardni ili niskoprofilni profil pneumatika (H/B)
- klasa efikasnoti (kotrljanje, prianjanje i buku) [2]

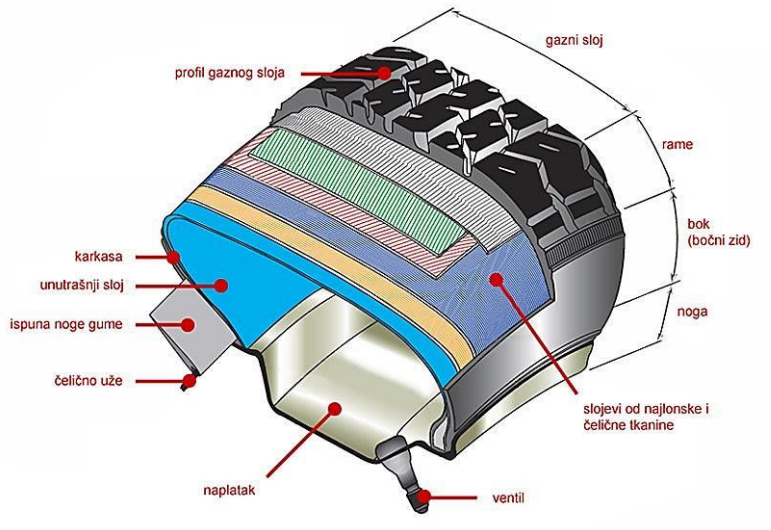


Slika 4. Industrijski proces izrade automobilskog pneumatika [12]

Na svim kotačima vozila koriste se jednaki i homologirani pneumatici, odnosno pneumatici jednakih karakteristika.

4.1. Standardi pneumatici

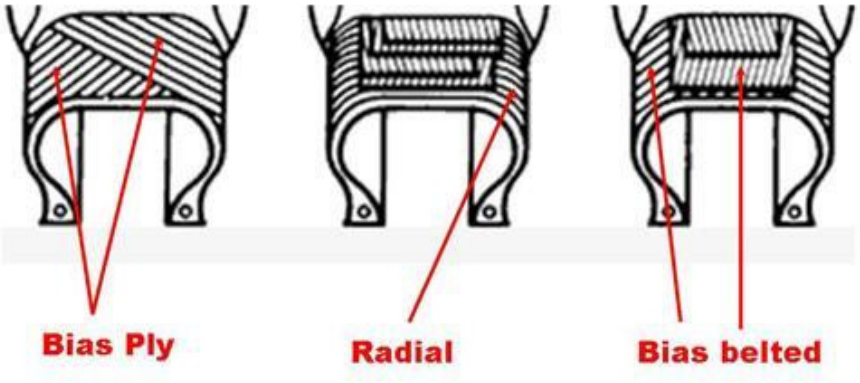
Osnovni dijelovi pneumatika su: armatura, pojas, gazna površina, bočnica i noga gume.



Slika 5. Presjek tubeless prenumatika [12]

Noseči dio pneumatika je armature (karkasa-carcass) koji se sastoji od poprečnih omotača ili slojeva, izrađenih od različitih vrsta vlakana koji mogu biti tekstilna, polimerna, aramidna i čelična. Broj slojeva razlikuje se ovisno o namjeni gume. Za osobna vozila imaju 4 – 6 slojeva, a za teretna vozila 6 – 20 slojeva gumirane tkanine. Armatura prima najveći dio opterećenja pneumatika, koje dolazi do vertikalnih i horizontalnih sila.

Pojas se nalazi inad armature (karkase), a čini više slojeva uloženih aramidnih ili čeličnih vlakana. Taj pojas ukrućuje gazni sloj i sprječava prevelike deformacije gume. Prema položaju nosećih vlakana armature razlikuju se dvije vrste pneumatika. U ovisnosti o veličini kuta koji zatvaraju s uzdužnom osi pneumatika, pneumatici se dijele na radijalne pneumatike I dijagonalne pneumatike. [2]



Slika 6. Shema radijalnog i dijagonalog penumatika [12]

Gazna površina izrađuje se od čvrste gume radi otpornosti na trošenje i prianjanje.Gazni sloj se profilira s ciljem povećanja prianjanja na suhoj i mokroj podlozi. Oblik profila i mješavina gaznog sloja imaju odlučujući utjecaj na otpor kotrljanja, prianjanje i buku. Kod visokokvalitenih guma, gazna površina se izrađuje od dvije ili više mješavina gume. Razlikujemo tri profila gazne površine:

- **Simetrični profil** – simetrični profil gazne površine pneumatika najčešće se koristi, jednakog je izgleda s obiju strana pneumatika
- **Asimetrični profil** – rezultat je kombinacija blokova gazne površine kako bi se povećao otisak gume na površini u mokrim i suhim uvjetima kretanja
- **Usmjereni profil** – ima <V> oblik gazne površine, a takav profil osigurava dobro izbacivanje vode ispod pneumatika

Bočnica (bočna stjenka) zaštićuje armaturu od vanjskih utjecaja i oštećenja. Kod sigurnosnih pneumatika bočna stjena je ojačana. Na bočnici se nalaze bitne oznake pneumatika: dimenzije, konstrukcija, nosivosti, dopuštena brzina i datum proizvodnje.

Noga gume osigurava nasjedanje gume na naplatak i brtvljenje uz naplatak, što osigurava prijenos vučnih, kočnih i bočnih sila. Centrifugalna sila povećava radijus kotača, a noga gume se tome suprostavlja. [2]

4.2. Niskoprofilni pneumatici

Niskoprofilni pneumatici omogućavaju visoke performanse vozila. Obično se koriste kod sportskih vozila. Takvi pneumatici imaju omjer profila **H/B** manji od 60%, 55%, 50%, 45% i niže.

Prednosti niskoprofilnih u odnosu na standarde pneumatike:

- visoka bočna stabilnost u zavojima pri velikim brzinama
- bolje prianjanje (adhezija, grip) na cestama
- manja potrošnja goriva zbog manjih deformacija (manja histereza)
- ugradnja većih i snažnijih kočnih diskova u kotače

Nedostaci:

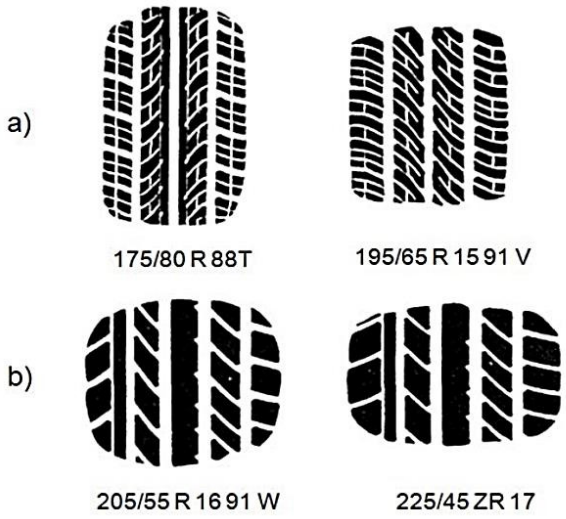
- manja udobnost (tvrda guma, dimanički udari prenose se na elemente ovjesa)
- veći otpor zakretanja kotača
- veća cijena

Dubina kanala -sloj vode-	Brzina vozila	
	60 km/h μ	100 km/h μ
0, suha površina	1	1
<10 µm	0,8	0,7
1,5 mm	0,6	0,4
5 mm	0,5	0,1

Slika 7. Koeficijent prianjanja [2]

Koeficijent prianjanja najviše ovisi o stanju pneumatika (novi, korišteni, tlaku zraka= i stanju površine puta (trošnost, suho, vlažno, mokro). Najviše vrijednosti koeficijenata

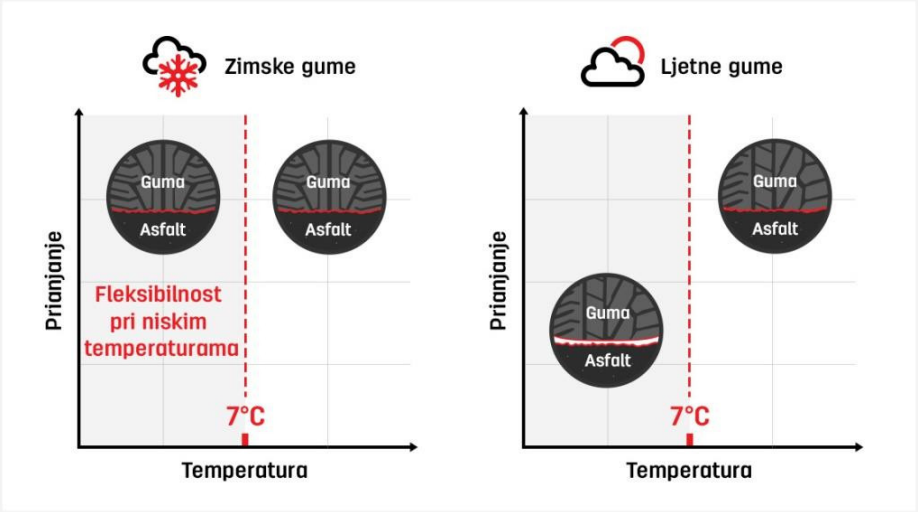
prianjanja postižu se kod djelomičnog proklizavnja kotača koje iznosi između 10 i 30%, tzv. područje gripa u kojemu vozilo može postići najveće performanse kretanja i stabilnosti. [2]



Slika 8. Otisci pneumatika, a) standardni, b) niskoprofilni [2]

4.3. Zimski pneumatici

Zimski pneumatici elastični su i pri niskim temperaturama (do 30°C). Zimske gume razlikuju se od ljetnih guma, ne samo po dizajnu gazećeg sloja, nego i po smjesi od koje je proizveden gazeći sloj, što omogućuje bolje prianjanje u hladnim, vlažnim i snježnim uvjetima. Smjesa gazećeg sloja zimskih guma sadrži više prirodne gume i silike kako bi se smanjio efekt otvrdnjavanja i gubitka elastičnosti, a povećala ljepljivost. Normalna dubina profila zimskih guma iznosi 8 mm, a najmanje dopuštena dubina kanala iznosi 4 mm, što se može provjeriti TWI indikatorom istrošenosti. [2]



Slika 9. Razlike zimske i ljetne gume [14]

Preformanse vozila koje se ocjenjuju na testnim poligonima s obzirom na vrstu pneumatika jesu:

- vuča na snijegu i ledu (vrijeme ubrzanja)
- vučna na mokroj cesti (vrijeme ubrzanja)
- kočenje na suhom (put kočenja)
- kočenje na mokroj cesti (put kočenja)
- upravljanje na suhoj cesti (zanošenje)
- upravljanje na mokroj cesti (zanošenja)

4.4. Klase efikasnosti pneumatika

Prema vrijednosti koeficijenta otpora kotrljanja (f_k) određene su klase efikasnosti kotrljanja pneumatika (A – G). Na temelju koeficijenta prianjanja (μ), određene su klase efikasnosti prianjanja (A – G). Također definira je buka kotrljanja kotača, na bučne, umjerene i tihe pneumatike. [2]

Informacije o podacima pneumatika vidljive sun a etiketi, a sadrže tri klase efikasnosti:

- klasa potrošnje goriva (A – G)
- klasa prianjanja na mokroj podlozi (A – G)
- klasa buke i mjerene vrijednosti buke (valovi buke, dB)



Slika 10. Etiketa označavanja penumatika [16]

4.5. Ravnoteža kotača

Kada se pneumatik montira na naplatak, potrebno je izvršiti njegovo balansiranje. To znači da je nesimetrično podijeljenu masu s obzirom na poprečnu os potrebno uravnotežiti. Ako kotači nisu uravnoteženi, pneumatici uzorkuju nepoželjne vibracije vozila. To se manifestira podrhtvanjem upravljača, povećenom trošenju pneumatika, komponenti ovjesa i cijelog vozila. [2]

Razlikuje se statička i dimanička neravnoteža kotača:

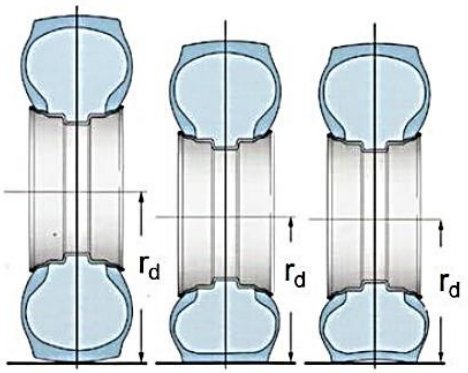
- **Statička neravnoteža** – pojavljuje se kada na pneumatiku postoji mjesto s većom masom (m). Na mjestima s većom masom uslijed vrtnje pojavljuje se centrifugalna sila **(F_c).**
- **Dinamička neravnoteža –** pojavljuje se tijekom vrtnje kotača, kada na jednoj strani ili na objema stranama kotača masa nije ravnomjerno podijeljena, pa se na tim mjestima pojavljue centrifugalna sila **(F_c). [2]**

Kod statičke neravnoteže, kotač se ne kotrlja ravnomjerno već ide gore – dole, uzrokujući poskakivanje. Statičko balansiranje jednolika je raspodjela mase po obodu kotača. Utezi za balansiranje kotača pozicionirani su simetrično na unutarnjoj i vanjskoj strani felge. Dinamička neravnoteža može izazvati trešnju pneumatika s jedne strane na drugu te nemogućnosti držanja pravca vozila.

Osim statičkog i dinamičkog uravnoteženja, neravnotežu kotača može uzrokovati nekvalitetno proizvedena felga i guma. Kod osobnih vozila ekscentričnosti felgi mora biti ispod 1 mm, a iznad toga se osjete vibracije.

4.6. Dinamički radijus kotača

Pri okretanju kotača, deformacija pneumatika i centrifugalna sila uzrokuje promjenu opsega i radijusa kotrljanja kotača. Pri brzinama vozila koje su veće od 60 km/h povećava se dinamički opseg kotača. Pri normalnom opterećenju i propisanom tlaku zraka, otisak pneumatika je ravnomjeran, kao i njegovo trošenje. Veći tlak zraka i veća brzina vrtnje uzrokuje veći radijus okretanja i visinu osovine kotača, ali i veće trošenje središnjeg dijela gume. Manji tlak uzrokuje manji radijus okretanja i veće trošenje bočnih dijelova gume, posebice kod većih brzina. Ukoliko tlak u pneumaticima svih kotača nije ispravan, gume se nejednoliko troše. Trošenje samo lijevog ili samo desnog boka gume upućuje na nepodešenu geometriju kotača. Kotači se opremaju pneumaticima jednakih dimenzija na svim kotačima, bez obzira na pogon 4x2 ili 4x4. [2]



Slika 11. Radijus kotača s obzirom na promjenu tlaka]2]

5. GUME

Guma je neprekinuti pojas odnosno prsten koji pokriva obruč kotača i formira gazno kolo koje se kotrlja po cesti, pripremljenoj stazi ili tlu. Postoje dvije glavne vrste guma, one od metala i gume. Željeznički vagoni, koji voze po glatkim čeličnim šinama, koriste gume od željeza ili čelika za mali otpor kotrljanja. Metalna guma u osnovi je ravni obruč čvrsto smješten preko vanjske strane kotača. Osim niskog otpora kotrljanja, njegova druga svojstva su čvrstoća, izdržljivost i otpornost na habanje. Vozila u slobodnom kretanju, kao što su automobili, kamioni, autobusi, bicikli i zrakoplovi, trebaju više trenja da bi se okrenuli, popeli, ubrzali i kočili, tako da ova vozila koriste gumene gume, koje pružaju i visoko trenje.

Gumene gume se mogu podijeliti u dvije vrste:

1. gume od čvrste ili jastučne gume, u kojima gumeni dio djeluje tako da nosi teret, apsorbira udarce i odolijeva rezanju i habanju.
2. pneumatske gume u kojima se teret prevozi i udarci apsorbiraju uglavnom komprimirani zrak koji puni gumu. Pneumatske gume danas se koriste za gotovo sva vozila koja se slobodno kreću zbog veće sposobnosti oblaganja i drugih prednosti. Gume od pune gume danas se koriste samo na industrijskim i poljoprivrednim kolicima i na vojnim vozilima, gdje se gume mogu rezati ili probijati. [6]



Slika 12. Automobilska Guma [17]

Guma se sastoji od više dijelova koji čine kompaktnu cijelinu koju nazivamo gumom. Tako **sloj** gume čine slojevi tkanine koji čine kostur gume i u većini slučajeva se proizvode od vlaknastih traka koje se pletu i oblažu gumom. Oni omogućuju fleksibilnost gume, a ne elastičnost. Sloj koji se zove karkasa stavlja se izravno iznad unutarnje linije kako bi guma dobila snagu.

- **Stope** su izrađene od snažnog isprepletenog čelika obloženog gumom i stvaraju nepropusno brtvilo između gume i naplatka.
- **Čelični pojasevi** stavljaju se oko gume kako bi pojačali snagu i krutost. Proizvedeni su od isprepletenih čeličnih žica obloženih gumom. Ponekad se dodaju vlakna Kevlar zbog kako bi dobili veću snagu, otpornosti na pucanje i izdržljivosti.
- **Bok gume** su područje dodatne debele gume koja ide od stope do profila i gumi omogućuje bočnu stabilnost.Tu se nalaze svi podatci vezani za proizvođača gume.
- **Rame** su mali ukošen rub u kojem se sastaju gazni sloj i bočni zid. Dizajn tog ruba i struktura čine važnu ulogu u načinu kako se guma ponaša u zavojima.
- **Gazni sloj** je mekano područje gume gdje se guma dodiruje s cestom. Profil omogućuje apsorbiranje i prianjanje, a njegov dizajn i sastav određuju najbitnije značajke izdržljivosti gume.
- Kod **ureza i žlijeba** blokovi gaznog sloja razdvojeni su dubokim žljebovima koji gumi omogućuju raspršivanje vode, snijega i blata. Urezi su manji utori ili rezovi izrađeni u blokovima gaznog sloja koji daju dodatno prianjanje, što je vrlo važno na gumama proizvedenima za snijeg i led.
- **Rebro** ide kroz središte i pruža ojačanje zbog toga što je središte gume njezin najslabiji dio. [7]

5.1 Obrada kaučuka i proizvodnja gume

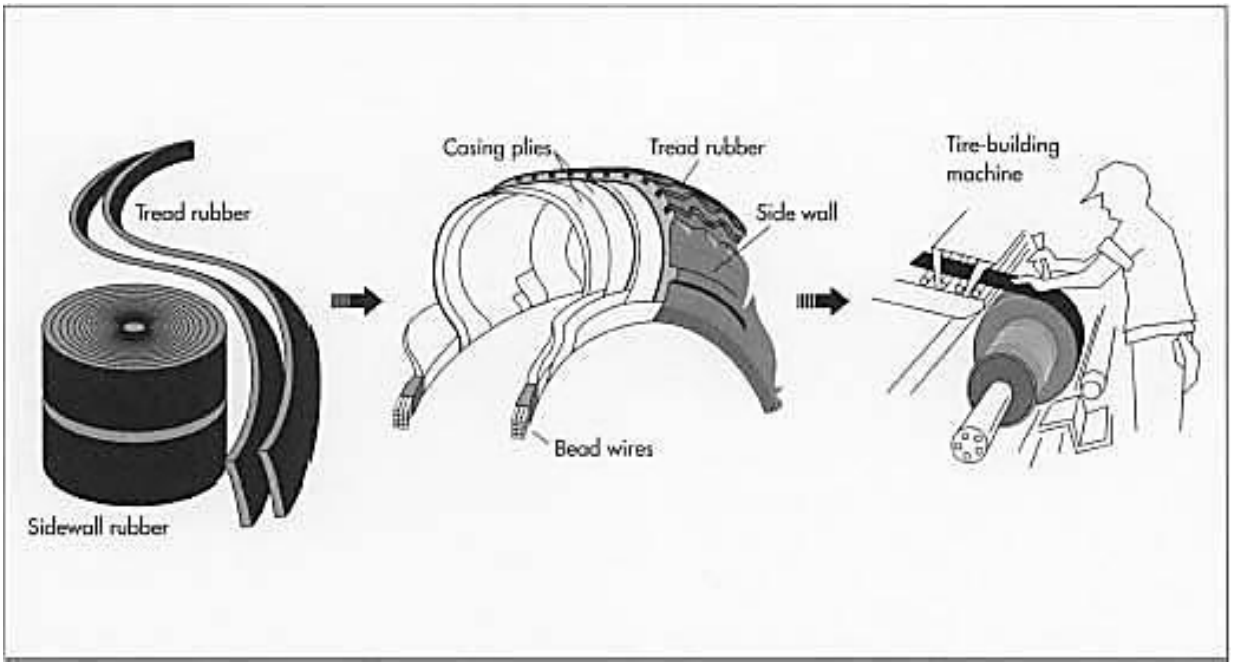
Prirodni i sintetski kaučuk je plastičan materijal koji ima promjenjiv oblik. Kaučuk mora proći kroz mnoge procese kako bi se mogao koristiti.Nakon što završe svi ti procesi, dobije se guma, konačni proizvod, relativno velike elastičnosti. Kaučuk je produkt odnosno međurodukt između procesa izrade gume i gumenih proizvoda.

Među mnogo različitih proizvoda, većina se proizvodi prema strogo određenim postupcima. Za veći dio proizvoda takav proces ostaje nepromjenjiv. Mnoge vrste punila se dodaju kaučuku,a zatim se ta nastala smjesa izlaže termičkoj obradi. Imamo sljedeće faze u procesu proizvodnje gume:

- **mastikacija,**
- **priprema smjese,**
- **oblikovanje poluproizvoda,**
- **vulkanizacija.**

Automobilska guma izrađuje se omotavanjem više slojeva posebno formulirane gume oko metalnog bubnja u stroju za proizvodnju guma. Različite komponente gume prenose se u stroj za oblikovanje, gdje vješt monter siječe i postavlja trake kako bi oblikovao različite dijelove gume,a guma dobiva novi naziv "zelena guma" u ovom trenutku. Kad je zelena guma gotova, metalni bubanj se sruši, što omogućuje monteru gume da ukloni gumu. Zatim se zelena guma odvodi u kalup za očvršćivanje.

Prvi korak u procesu proizvodnje guma je miješanje sirovina radi stvaranja gumenih smjesa. Željeznički vagoni isporučuju velike količine prirodne i sintetičke gume, čađe, sumpora i drugih kemikalija i ulja, koja se čuvaju do potrebe. Računalni upravljački sustavi sadrže različite recepte i mogu automatski izmjeriti određene gume i kemikalije za miješanje. Gigantske mješalice, viseće poput vertikalnih miješalica za cement, miješaju gumu i kemikalije zajedno u serijama težine do 1.100 kilograma.



Slika 13. 1 korak u procesu izrade gume[24]

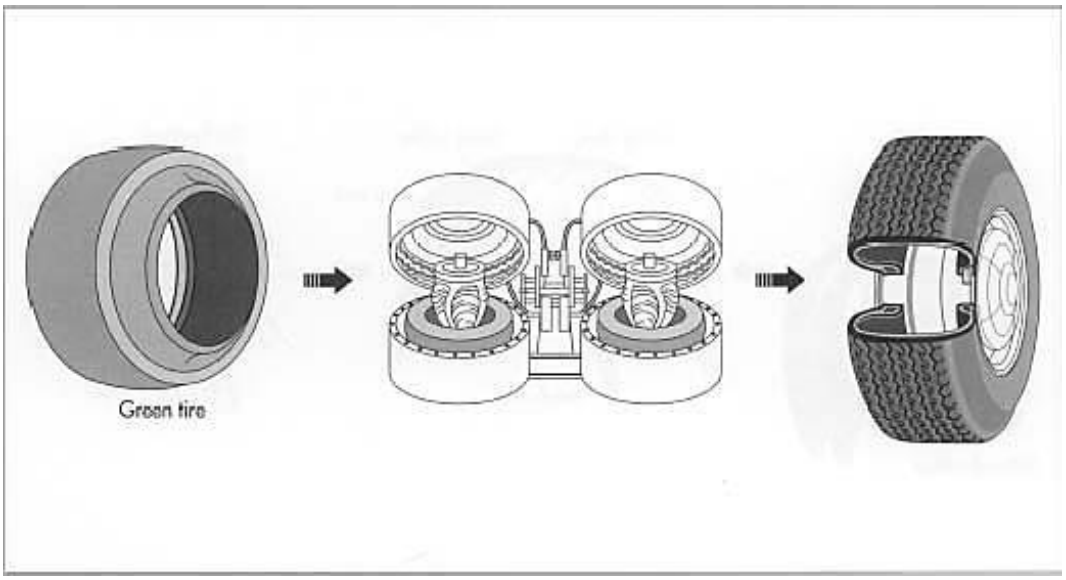
Svaka mješavina se zatim ponovo puni dodatnim zagrijavanjem kako bi omekšala šarža i miješala kemikalije. U trećem koraku šarža ponovno prolazi kroz miješalicu, gdje se dodaju dodatne kemikalije kako bi se dobilo ono što je poznato kao konačna smjesa. Tijekom sva tri koraka miješanja, toplina i trenje se primjenjuju na šaržu kako bi se guma omekšala i ravnomjerno rasporedila kemikalije. Kemijski sastav svake serije ovisi o dijelu gume - određene gumene formulacije koriste se za tijelo, druge formule za zrnce i druge za gazište.

Jednom kada se guma izmiješa, ona prolazi kroz moćne valjačke mlinove koji šaržu stisnu u debele plahte. Ovi listovi se zatim koriste za izradu specifičnih dijelova gume. Na primjer, tijelo gume sastoji se od traka od tkanine nalik tkanini koja je prekrivena gumom. Svaka traka od gumirane tkanine koristi se za stvaranje sloja koji se naziva sloj u tijelu gume. Guma za putnički automobil može imati čak četiri sloja u tijelu. Za perlice gume formiraju se žičani snopovi na stroju za omatanje žica. Snopi se zatim formiraju u prstenove, a prstenovi su prekriveni gumom.

Guma za gazište gume i bočne stijenke putuje od miješalice za šaržu do druge vrste stroj za obradu koji se naziva ekstruder. U ekstruderu se šarža dalje miješa i zagrijava, a zatim se kroz kalup u obliku šupljine - forsira sloj gume. Guma na bokovima prekrivena je

zaštitnim plastičnim limom i valjana. Guma za gazište narezana je na trake i umetnuta u velike, ravne metalne kutije koje se nazivaju knjige.

Rolne gume za bočne stijenke, knjige koje sadrže gumu gaznoga sloja i stalci zrna isporučuju se vještom monteru na stroju za izgradnju guma. U sredini stroja je rotirajući bubanj koji se može saviti, a koji drži dijelove gume. Sastavljač guma započinje izgradnju gume omotavanjem gumenih tkanina u tijelo oko bubnja stroja. Nakon što su krajevi ovih slojeva spojeni ljepilom, zrnca se dodaju i učvršćuju na svoje mjesto pomoću dodatnih slojeva karoserije koji se postavljaju preko perlica. Zatim sastavljač koristi posebne električne alate za oblikovanje rubova slojeva gume. Napokon, ekstrudirani slojevi gume za bočne zidove i gazište zalijepljeni su na svoje mjesto, a sastavljena guma - zelena guma - uklanja se iz stroja za izgradnju guma.



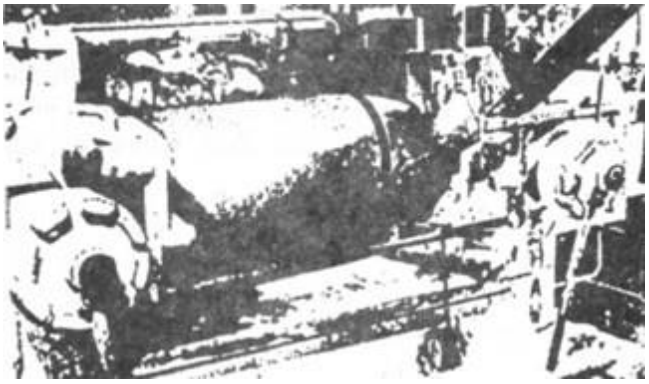
Slika 14. Postavljanje guma u stalak za stvrdnjavanje[24]

U veliku kalupu za proces sušenja postavlja se zelena guma. Kalup za gume oblikovan je poput monstruozne metalne školjke koja se otvara i otkriva veliki, fleksibilni balon nazvan mjehur. Zelena guma se postavlja preko mjehura i, kako se kalup za stisak zatvara, mjehur se puni parom i širi se kako bi oblikovao gumu i prisilio praznu gumu gaznoga sloja na povišenu unutrašnjost kalupa. Tijekom ovog procesa sušenja para zagrijava zelenu gumu do 280 stupnjeva. Vrijeme u kalupu ovisi o željenim karakteristikama u gumi.

Nakon završetka stvrdnjavanja, guma se uklanja iz kalupa radi hlađenja i zatim testiranja. Svaka guma temeljito se pregledava ima li nedostataka poput mjehurića ili praznina u gumi gaznoga sloja, bočne stijenke i unutrašnjosti gume. Zatim se guma postavi na testni kotač, naduva i zavrti. Senzori na testnom kotaču mjere ravnotežu gume i određuju radi li guma u ravnoj liniji. Zbog dizajna i montaže moderne gume, rijetko je odbijena. Jednom kada se guma pregleda i pokrene na testnom kotaču, ona se premješta u skladište za distribuciju.

5.2 Mastikacija

Mastikacija i omekšavanje obično se provodi u serijama. Operacija se izvodi ili u velikim zatvorenim strojevima za miješanje ili na gumenim mlinovima. Istaknuti primjer zatvorenog stroja je mješalica Banbury (registrirani zaštitni znak), koja se sastoji od teških čelika za suprotno kretanje u komori u obliku sata, u kojoj se nalazi do pola tone gume. Gumeni mlinovi imaju dva velika horizontalno suprotstavljena čelična cilindra, udaljena do 3 metra, koja se polako okreću u suprotnim smjerovima i pomalo različitim brzinama. Guma se šiša i omekšava u razmaku između lopatica i stijenke miješalice Banbury i u praznini između dva cilindra u valjaonici. [5]



Slika 15. Uređaj za mastikaciju[5]

Pored rada na dvovaljcima, mastikacija, a također i miješanje smjese kaučuka i dodataka, obavlja se i u mješalicama (mikserima). Taj se uređaj sastoji od zatvorene komore sa dva rotora nepravilnog, kruškolikog oblika. Rotori se okreću jedan prema drugom i tom prilikom pritiskaju i mešaju kaučuk između valjaka, ali i između pojedinog valjka i zida

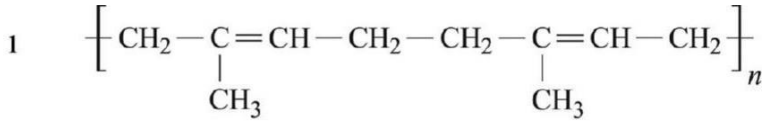
komore. Proces se odvija mnogo efikasnije i u većem prostoru, pa je za mastikaciju u mješalici potrebno mnogo manje vremena nego za mastikaciju između valjaka. Pored toga, rad mješalice se može automatizirati te tada osoblje nije u direktnom kontaktu sa mašinom, čime se izbegavaju mnoge nesreće, koje su česte kada se mastikacija obavlja dvovaljcima. Rotori se prema potrebi mogu hladiti vodom, često se rotori okreću različitim brzinama da bi se povećala efikasnost mješanja. Nakon završene mastikacije ili mješanja, kaučuk se ispušta otvaranjem dna mješalice. Kaučuk koji je izašao iz mješalice nepravilnog je oblika i često odvojen u nekoliko komada. Ta se čitava masa odvodi ili ispušta direktno u mašinu sa dvovaljcima, koji je homogeniziraju i oblikuju u ploče prikladne za dalju preradu. Pohrana mješalice u velikim industrijskim pogonima iznosi i do 250 dm^3. [5]

5.3. Vrste kaučuka

Kaučukov zadatak je da ovlaži sve dodatke.Odabir kaučuka određuje svojstva gotovog gumenog proizvoda.Postojanost,starenje,savitljivost na nižim temperaturama te ponašanje pri utjecaju raznih ulja,vode ili otapala.Kaučuk koji iskoristimo određuje i mehanička svojstva kao što s u elastičnost i čvrstoća.Dodavanjem raznih dodataka ta svojstva se mogu promjeniti.Glavna podjela kaučuka se odnosi na prirodni i sintetski kaučuk. [5]

Prirodni kaučuk je osušeni mliječni sok koji je nastao iz određenih biljaka.95% proizvodnje prirodnog kaučuka u svijetu doprinosi biljka Hevea brasiliensis koja se dobiva plantažnim uzgojem.Čisti prirodni kaučuk je viskomolekulni ugljikovodik.Lateks se dobiva urezivanjem kore kaučukovca,odakle on istječe i konstantno se skuplja.Sastav lateksa ovisi o uzgoju,vrsti drveta i sezoni.Njegov osnovni sastojak je cis-1,4-poliizopren,odnosno polimer izoprena koji ima velike lančaste makromolekule,te pri njihovom istezanju se razvlače i nastaju vrlo dugački paralelni snopovi.Ti vrlo dugački snopovi čine osnovu velike elastičnosti proizvoda na bazi kaučuka.

Prije početka smješavanja potrebna se plastičnost prirodnog kaučuka postiže mastificiranjem. Kaučukove smjese na osnovi prirodnog kaučuka sadrže također i punila, pojačala, omekšivače, dodatke za spriječavanje starenja, umreživalo i ubrzavalo.Najveća primjena lateksa je u izradi pjenastih polimernih materijala. [8]



Slika 16. Prirodni kaučuk [18]

5.3.1. Sintetski kaučuk

Sintetički elastomeri se proizvode u industrijskim razmjerima bilo postupcima otopine ili emulzije. (Polimerizacija otopine i polimerizacija emulzija opisana su u članku kemija industrijskih polimera.) Polimeri napravljeni u otopini općenito imaju više linearnih molekula (to jest, manje razgrananje bočnih lanaca iz glavnog polimernog lanca), a imaju i uži raspored molekulske mase (to je veće duljine) i teče lakše. Pored toga, postavljanje monomera u molekulu polimera može se preciznije kontrolirati kada se polimerizacija provodi u otopini. Monomer ili monomeri su otopljeni u ugljikovodičnom otapalu, obično heksanu ili cikloheksanu, i polimerizirani, koristeći organometalni katalizator, poput butillitija. [9]

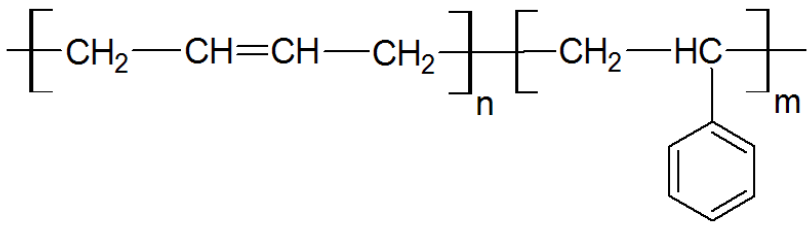
Kod emulzijske polimerizacije, monomer (ili monomeri) se emulgiraju u vodi s odgovarajućim sapunom (npr. Natrijevim stearatom) koji se koristi kao površinski aktivna tvar i katalizator slobodnih radikala topljivih u vodi (npr. Kalijev persulfat, peroksidi, redox sustav) dodaje se da se inducira polimerizacija. Nakon što polimerizacija dosegne željenu razinu, reakcija se zaustavlja dodavanjem radikalnog inhibitora. Oko 10 posto sintetičkog elastomera dobivenog tehnikom emulzije prodaje se kao lateks. Ostatak se zgrušava s zakiseljenom slanom vodom, ispere, osuši i preša u balama od 35 kg. [9]

5.3.2 Stiren-butadienski kaučuk(SBR)

Stiren-butadienski kaučuk (SBR ili stiren-butadien) je sintetička guma koja se sastoji od stirenskih i butadien monomera. Slučajni kopolimer ima karakteristike poput prirodne gume i sadrži:Sadržaj stirena u rasponu od 10-25% pridonosi dobrom trošenju i lijepljenju.

Dok se jedinica butadiena sastoji oko 60 do 70%.

Ključne prednosti SBR-a uključuju otpornost na abraziju,savršenu udarnu snagu,dobru otpornost i visokotlačnu čvrstoću.SBR jedan je od jeftinijih sintetičkih elastomera opće namjene koji se ponekad koristi kao zamjena za prirodni kaučuk (NR). Može se proizvesti polimerizacijom otopinama slobodnih radikala ili emulzijskom polimerizacijom bilo toplom na 30 do 60 ° C (vruća guma) ili hladnom na temperaturama blizu 0 ° C (hladna guma). Emulzija SBR (ESBR) i dalje gubi osnovu za rješenje SBR (SSBR) koje je pogodnije za gume visokih performansi. Ipak, SBR-ove emulzije i dalje čine više od 75% ukupnog svjetskog kapaciteta. Međutim, sve više i više SBR-a nastaje polimerizacijom otopine. [10]



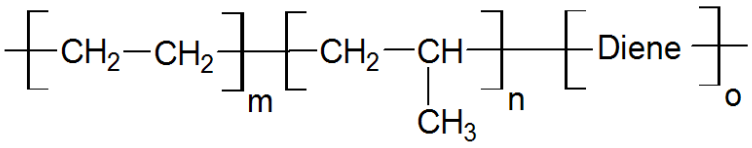
Slika 17. Stiren-butadienski kaučuk [19]

5.3.3 Etilen/propilen/dienski kaučuk (EPDM)

Etilenski propilenski dien monomer (EPDM) je kopolimer etilena, propilena i male količine nekojugiranih monomera diena (3-9%) koji pružaju mjesta umrežavanja za vulkanizaciju. Dijen je obično diciklopentadien, etiliden nobornen, ili 1,4 heksadien. Ti termopolimeri mogu se vulkanizirati tradicionalnim tehnikama.

EPDM elastomeri imaju izvrsnu otpornost na toplinu, ozon / vremenske uvjete i starenje. Oni također pokazuju izvrsnu električnu izolaciju, svojstvo kompresije i niske temperature, ali imaju samo dobra svojstva fizičke čvrstoće. Otpornost na kemikalije

općenito je dobra. Na primjer, EPDM-ovi otporni su na mnoge polarne tekućine, toplu vodu i pare do 200 ° C (u nedostatku zraka). Zapravo, EPDM-ovi su vjerojatno najvodootpornije gume na raspolaganju. Međutim, oni nisu kompatibilni s mineralnim i sintetičkim mazivnim ester mazivima, te ugljikovodičnim gorivima i otapalima. Imaju i slabu otpornost na plamen. [10]



Slika 18.Etilen/propilen-dienski kaučuk [19]

5.4 Priprema smjese kaučuka

Miješanje se provodi na strojevima sličnim onima koji se koriste u mastikaciji, ponekad odmah nakon omekšavanja. Reaktivni materijali, punila, ulja i razne zaštitne kemikalije, kao što je gore opisano, kombinirani su u osnovni elastomer kombiniranim djelovanjem rezanja i miješanja. Zatvorena mješalica tipa Banbury može proizvesti do pola tone miješanog spoja u nekoliko minuta. Spoj se zatim otpusti, premaže sapunom koji se spriječi da se spriječi ljepljenje i pohrani do upotrebe na čeličnim paletama koje mogu sadržavati do jedne tone gume. Proces smješavanja kaučuka i stvari koji se dodaju u kaučukovu smjesu vrlo je kompliciran proces i mora se podesiti prema namjeni kaučukove smjese. Uz osnovni sastojak kaučuk, kaučukove smjese sadrže mnoge dodatke, npr. punila, pigmente,omekšavala, dodatke za poboljšanje preradljivosti, dodatke za sprečavanje starenja, umreživala, ubrzavala, aktivatore, usporavala i dr. U prosjeku se svaka kaučukova smjesa sastoji od 10 do 20 dodataka. [9]

5.4.1. Sredstva za vulkanizaciju

Sumpor je sredstvo koje se najčešće koristi u procesu vulkanizacije. Sve vrste kaučuka koji imaju makromolekule s dvostrukim vezama se mogu vulkaniziriati pomoću sumpora. Za vulkanizaciju mora se koristiti relativno čist sumpor. Za izradu meke gume na 100 dijelova kaučuka dodaje se 0,2 – 5% sumpora. Nedovoljno čvrste gume su one koje imaju 5 do 25% sumpora i one pružaju slabu elastičnost i zbog toga se upotrebljavaju u vrlo malim količinama. Vulkanizacija uz pomoć sumpora ima neočekivane prednosti.Disulfatni spojevi se pokraj sumpora također koriste u ovom procesu vulkanizacije. Oni sumpor otpuštaju samo na višim temperaturama, pa se smjesa može mješati i obrađivati prije vulkanizacije bez opasnosti od prerane vulkanizacije. [5]

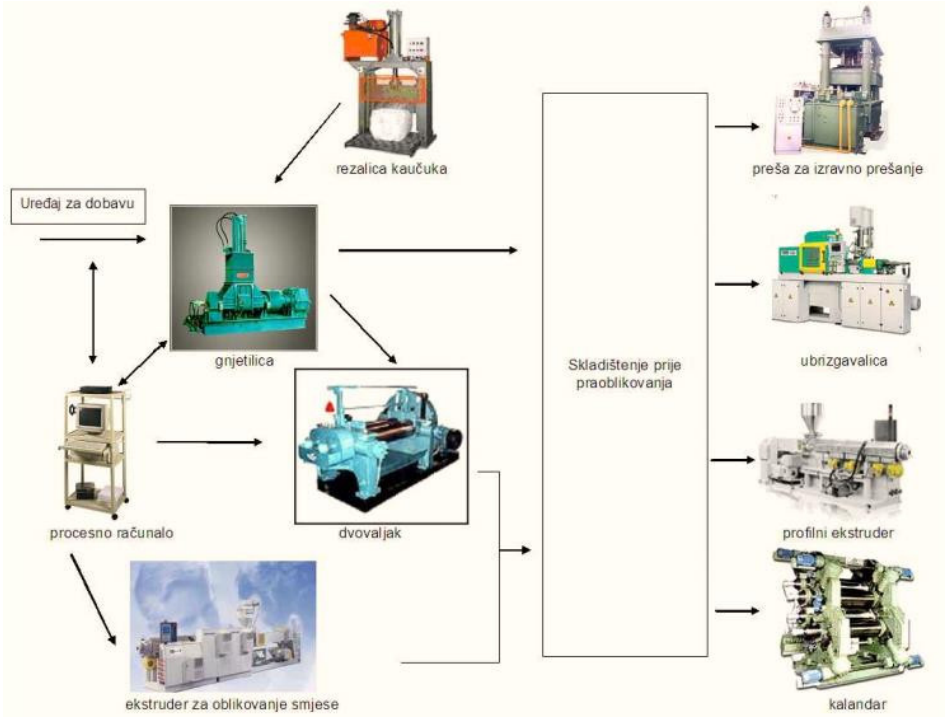
Vulkanizacija se može izvršiti i bez sumpora. Koristi se kaučuk koji nema dvostruke veze .Peroksidi su ključna sredstva u takvom procesu.

5.4.2. Sredstva protiv starenja

Starenje podrazumijeva štetne promjene koje se događaju tokom vremena na površini ili čitavoj masi gume.Takve promjene nastaju djelovanjem kisika,ozona,topline,vlage,svijetla ili zamora materijala.Zbog toga se već nakon kratkog vremena smanjuje upotrebljivost gume i gumenih proizvoda.Sredstva protiv starenja su neki aromatski amini i fenoli,često je potrebno i više različitih sredstava da bi se neki proizvod zaštitio.Izbor tih sredstava ovisi o uvjetima u kojima se gumeni proizvod koristi te onih uvjeta koji će tek nastati.0,5-2,5% je količina sredstava za zaštitu koja se dodaju u smjesu. [8]

6. SMJEŠAVANJE KAUČUKOVIH SMJESA

Kaučukovu smjesu čini kaučuk i niz dodataka. Pri tome je kaučuk u obliku viskozne tvari, omekšavala su pretežno kapljevita ili pastozna, dok su ostali dodaci uobičajeno praškasti. Sve se to smješava prema unaprijed zadanoj recepturi. Svojstva kaučukove smjese, međutim, ne ovise o recepturi, već i o postupku smješavanja.



Slika 19. Tok smješavanja kaučukovih smjesa [5]

Prije smješavanja potrebno je odvagnuti potrebne količine kaučuka i svih dodataka ovisno o recepturi. Usprkos tome što je nužno odvagnuti i dozirati pojedine sastojke kaučukove smjese, ipak odlučujući utjecaj na kvalitetu kaučukove smjese ima postupak smješavanja na dvovaljku odnosno gnjetilici.

Nakon završetka postupka smješavanja kaučukova se smjesa skida s dvovaljka i u obliku i u obliku listova i hladi na zraku ili u vodi. Nakon završetka procesa hlañenja, najčešće nakon 24 sata, uzimaju se uzorci kaučukove smjese zbog laboratorijskog ispitivanja njenih preradbenih svojstava. Tek po obradi rezultata ispitivanja kaučukova se smjesa ovisno o rezultatima ispitivanja, dalje prerañuje ili ne prerañuje. Samo takav postupak omogućuje osiguranje tražene kvalitete gumenih tvorevina. [5]

7. OBLIKOVANJE POLUPROIZVODA PRIJE VULKANIZACIJE

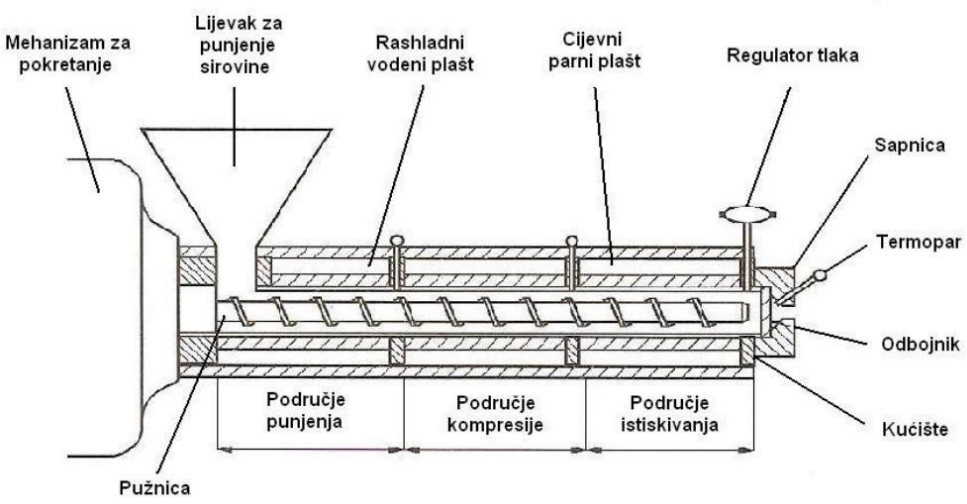
Kako bi nastao konačni gumeni proizvod, izmješana smjesa kaučuka i potrebnih dodataka mora se oblikovati i samim tim formirati u predmet ili materijal iz kojeg će nastati npr. automobilska guma, tkanine impregnirane gumom, auto tepisi, gumene cijevi i sl. Postupci kojima se oblikuje poluproizvod su: ekstrudiranje, kalandiranje i oblikovanje u kalupima.

7.1. Ekstrudiranje

Ekstrudiranje je proces kontinuiranog potiskivanja polimerne taljevine kroz mlaznicu i njezinog skraćivanja u zadani oblik proizvoda. U proizvodnji raznih gumenih cijevi I profila koriste se ekstruderi. Smjesa za ekstrudiranje može se dovoditi ručno ili automatski u ekstruder sa mašine sa valjcima. Pod pritiskom se u skuplja zrak i veliki dio vlage, koji je potrebno ukloniti jer bi u protivnom finalni proizvod ili materija nakon vulkanizacije mogao biti porozan, tj. nevidljivo šupljikav i pun malih otvora. Nakon izlaska proizvoda iz otvora ekstrudera smjesa obično može malo promijeniti oblik ili čak nabubriti što se treba uzeti u obzir pri formiranju otvora za ekstrudiranje. [4]

Proces ekstrudiranje je kontinuirani proces koji se može odvijati u jednopužnom ili dvopužnom ekstruderu. Ekstruderi se sastoje od 3 osnovne zone:

- zone uvlačenja (napajanja)
- zone kompresije (prijelaza),
- zone istiskivanja

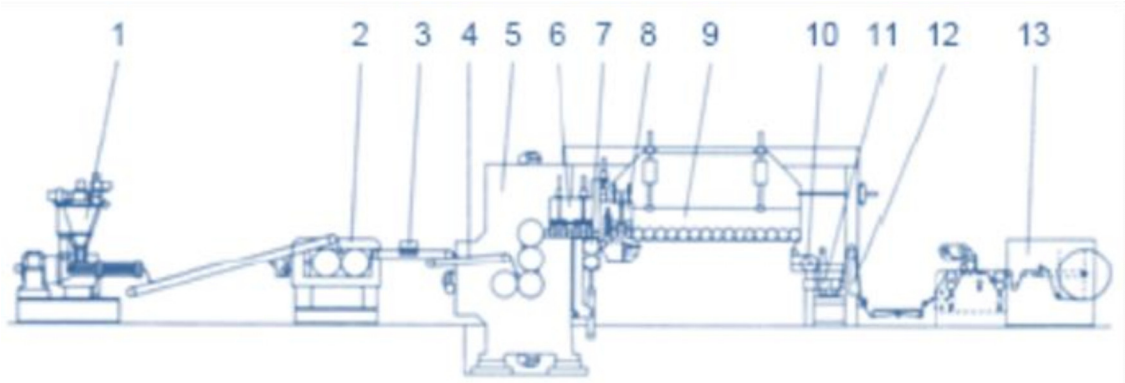


Slika 20. Presjek jednopužnog ekstrudera s odgovarajućim zonama [8]

Ekstrudiranje služi i za izoliranje žica. Metalna žica prolazi obično kroz poseban dio i izlazi iz ekstrudera zajedno sa smjesom. Smjesa se iz ekstrudera može istiskivati kroz rešetkastu ploču s namjenom da se iz smjese prije daljnje obrade uklone eventualne prisutne nečistoće, npr. komadi metala, drveta itd. [4]

7.2. Kalandriranje

Kalander je mašina koja smjesu kaučuka i dodataka formira u ploče željene debljine. Upotrebljava se i za gumiranje raznih vrsta tkanina. Mašina se sastoji od 2 do 4 valjka koji se mogu zagrijavati ili hladiti, a i međusobni razmaci mogu mjenjati. Kalander sa 2 valjka upotrebljava se za izradu ploče debljine od 0,3 do 2 mm, iako se više koriste kalanderi sa 3 valjka.



Linija za kalandriranje: 1 – ekstruder za pripremu smjese, 2 – dvovaljak za homogeniziranje, 3 – osjetilo metala, 4 – dobavna traka, 5 – kalandar (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

Slika 21. Kalandriranje [21]

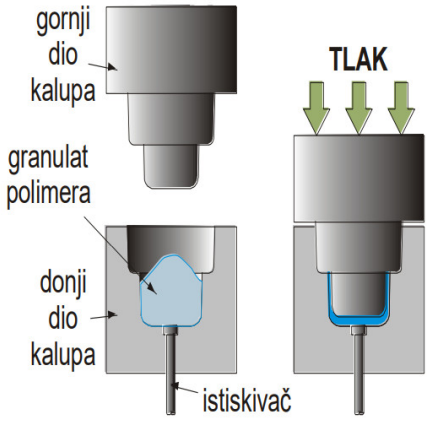
U proizvodnji ploča, treći valjak može služiti za hlađenje već kalandirane ploče. U kalanderima sa tri valjka direktno se pomoću motora pokreće srednji valjak, a ostala dva su vezana s njim preko prijenosnika i mogu se primicati ili odmicati od srednjeg valjka. Valjci se mogu okretati istom brzinom da bi se povećalo trenje, različitim brzinama. Važno da smjesa i valjci kalandera budu prije kalandriranja zagrrijani na potrebnoj temperaturi. Niska temperatura prouzrokuje nejednolikost i hrapavost materijala, a na previsokoj temperaturi stvaraju se mjehuri. Za uspešno kalandriranje, tj. za izbor najpovoljnije temperature, brzine okretanja i trenja među valjcima, potrebno je veliko iskustvo.
Za gumiranje tkanina upotrebljavaju se kalanderi sa tri ili četiri valjka. Njihov položaj i način rada može biti vrlo različit. [21]

6.3. Oblikovanje u kalupima

U kalupima se izrađuju mnogi gumeni predmeti široke potrošnje, npr. čepovi, brtve, ali i složeniji i veći predmeti poput 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.

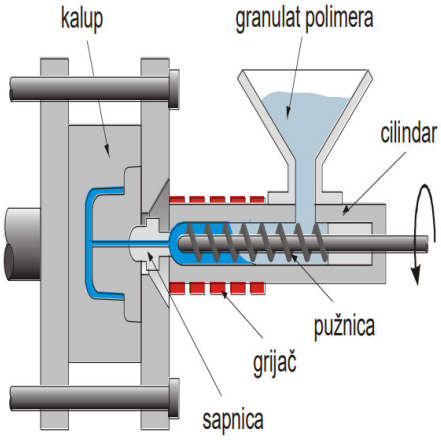
Postupci kod oblikovanja u kalupima su:

1. **Postupak prešanja** - Odmjerena se količina polimera, u obliku granulata ili prethodno oblikovanog komada, ubacuje u zagrijani donji dio kalupa. Nakon punjenja na gornji se dio kalupa djeluje dovoljnim tlakom za ispunjavanje svih dijelova šupljine kalupa polimerom. Formirani izradak se po otvaranju kalupa izbacuje istiskivačem. [21]



Slika 22. Postupak prešanja [21]

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 izradak izbacuje djelovanjem pogodnog istiskivača. Troškovi nabave/instalacije stroja za injekcijsko prešanje visoki su pa se ovaj postupak koristi u proizvodnji većih serija izradaka. [20]

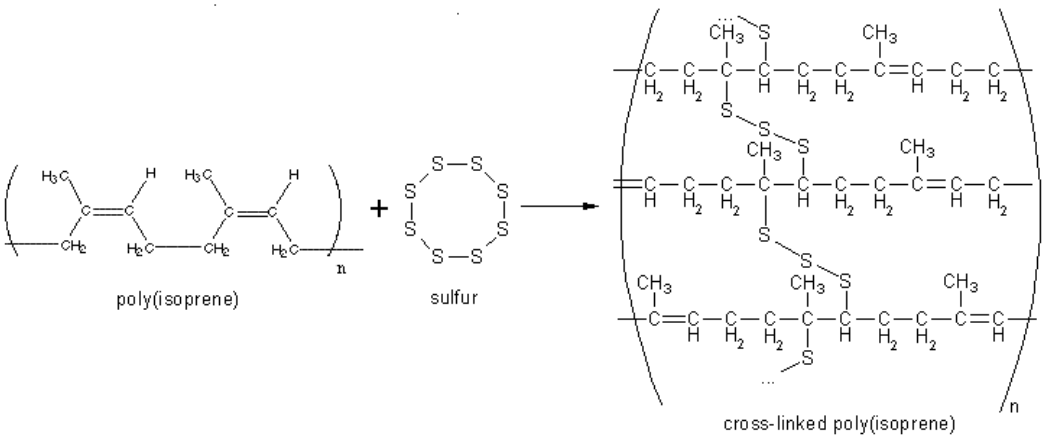


Slika 23. Injekcijsko prešanje [21]

3. **Ostali postupci oblikovanja** - 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. [20]

8. VULKANIZACIJA

Vulkanizacija je kemijsko-tehnički proces kojeg je 1839. razvio **Charles Goodyear**. Ona označava pretvaranje kaučuka pod utjecajem pritiska i temperature u gumu koja postaje otporna na kemijske i atmosferske utjecaje te mehanička naprezanja. Proces vulkanizacije dobio je ime po Vulkanu – rimskom bogu požara i vatre. Zbog toga ni ne čudi da se proces vulkanizacije izvodi na temperaturi od 130 do 150°C. [23]



Slika 24. Prikaz kemijske reakcije vulkanizacije [23]

Prednosti vulkanizirane gume su: rastezljivost, izdržljivost, ne upija vodu, **otporna je na oksidaciju i ogrebotine**, bolji je električni izolator, otpornija je na masti i otapala te visoke i niske temperature. Vulkanizacija guma ne utječe na mogućnosti recikliranja, jer osim mjesta za odlaganje guma, postoje i sigurni načini recikliranja kojim se stare gume pretvaraju u gorivo.

U velikim tvornicama gume I gumenih proizvoda, vulkanizacija se provodi na više načina:

- vulkanizacija u autoklavima

- kontinuirana vulkanizacija
- vulkanizacija uz prešanje

8.1. Vulkanizacija u autoklavima

Ovaj oblik vulkanizacije izvodi se pomoću vodene pare u cilindričnim autoklavima koji mogu biti: horizontalni i vertikalni. Prije i poslje vulkanizacije, materijali ili predmeti za vulkanizaciju stavljaju se u autoklav na određeni način kako bi se ujedno i uštedjelo vrijeme. Veliki autoklavi obično su horizontalni kako bi bilo lakše stavljanje i vađenje predmeta za vulkanizaciju. [23]

Nakon što se zatvore vrata autoklava, parom se izbacuje vazduh koji se nalazi unutar njega, zatvori se izlaz, a zatim se održava određeni pritisak pare. Da bi se sprječila moguća šteta na predmetu vulkanizacije, autoklav se prije vulkanizacije zagrijava električnim putem ili pomoću pare između dvostrukih zidova. Prednosti vulkanizacije pomoću vodene pare u autoklavu:

- Ne postoje hladni djelovi površine
- Predmeti se zagrijavaju ravnomjerno

8.2. Kontinuirana vulkanizacija

Ovaj oblik vulkanizacije najčešće se nadovezuje na ekstrudiranje ili kalandriranje. Vulkanizacija se izvodi pomoću pare koja prolazi kroz kanale u pločama preše. Za vulkanizaciju na višim temperaturama preše se zagrijavaju električnim putem.

1. **Vulkanizacija u tunelima s vrućim zrakom -** rijetko se provodi zbog malog prijelaza topline i zbog moguće deformacije ekstrudiranih profila i proizvoda.
2. **Vulkanizacija u tunelima s vrućom parom -** omogućuje kontinuiranu vulkanizaciju kablova i izolirane žice.
3. **Vulkanizacija u kupki s etilen-glikolom -** relativno je jednostavna, ali nezgodna jer se isparavanjem i odnošenjem s materijalom gubi puno etilen-glikola iz kupke i što se proizvodi nakon vulkanizacije moraju temeljito prati.

4. **Vulkanizacija u kupki s rastaljenim metalima -** nije prikladna za vulkanizaciju zbog čestih deformacija proizvoda i štetnih pojava koje metali uzrokuju na površini proizvoda.
5. **Fluid bed vulkanizacija -** postupak pri kojem se proizvodi ili profili provode kroz zagrijanu kupku punjenu malim staklenim kuglicama promjera oko 0,2 mm. [23]

8.3. Vulkanizacija uz prešanje

Sastoji se od oblikovanja proizvoda u kalupima prešanjem uz istodobno zagrijavanje, a uglavnom se provodi u jakim hidrauličnim prešama. Kalupi se u prešama zagrijavaju najčešće vodenom parom, a za vulkanizaciju na visokim temperaturama i električnom energijom. Izbor tlaka u prešama prilikom vulkanizacije vrlo je važan za kvalitetu vulkanizata. Automobilske gume se nakon sastavljanja od različitih vrsta kaučuka, gumirane tkanine i čelične jezgre oblikuju i vulkaniziraju u specijalnim automatskim prešama s aluminijskim kalupima koji se direktno ili indirektno zagrijavaju parom. [23]

9. ZAKLJUČAK

U ovome završnom radu pod naslovom *Proizvodnja automobilskih guma*,istraženi su svi procesi u proizvodnji automobilskih guma kao i automobilska guma te od kakvih materijala je njezin sastav.

Razvoj automobila i automobilske industrije znatno utječe na razvoj gumenih tvorevina i namjene gume za sva vozila.C.Goodyear koji je nazvan "ocem" gume svojim raznim pokusima i eksperimentima dolazi na trag vulkanizacije prirodnog kaučuka što automobilskoj industriji omogućuje veliku zaradu.Vulkanizacija je proces kojim nastaju gume kao najbitnije sirovine za izradu pneumatika.Kotači automobila se sastoje od dva osnovna dijela kao što su felge i gume vozila(pneumatik).Pneumatike dijelimo na ljetne,zimske i cjelogodišnje.Dodatne karakteristke se također određuju za sva vozila(namjena pneumatika,vrsta,vanjski promjer,nosivost,brzine kretanja vozila,bočna krutost,kasa efikasnosti).Gumene gume dijelimo na dvije vrste kao što su gume od čvrste gume i pneumatske gume.Gumu čine stopa,čelični pojasevi,bok guma,rame,gazni sloj,urez i žlijeb te rebro.Glavne faze u proizvodnji gume su mastikacija,priprema smjese,oblikovanje poluproizvoda i vulkanizacija.

Glavne vrste kaučuka koji se upotrebljava za izradu gume je prirodni kaučuk i sintetski(SBR,EPDM).Miješanje kaučukovih smjesa se provodi na strojevi te se uglavnom svaka smjesa sastoji od 10 do 20 dodataka. Kako bi nastao konačni gumeni proizvod, izmješana smjesa kaučuka i potrebnih dodataka mora se oblikovati i samim tim oblikovanjem se stvara materijal iz kojeg će nastati npr. automobilska guma.Kod oblikovanja tih poluproizvoda imamo proces ekstrudiranja i kalandiranja.

U današnjoj proizvodnji automobilskih guma prvo mjesto zauzimaju sintetski kaučuci.Procesi u izradi guma ostali su gotovo isti samo s promjenom tehnologije i napretkom čovječanstva mnoge stvari se mjenjaju.Dolaskom kompjuterizacije,čovjek gubi svoju ulogu u mnogim procesima izrade te ga mijenja računalo.

Student:

…….

(Bruno Murgić)

10.LITERATURA

1. KNJIGE I PREDAVANJA:

[1] Vadjon V., Tehnika motornih vozila, Zagreb, Tiskara Zelina d.d., 2017.

[2] Dinko Mikulić, Motorna vozila – teorija kretanja i konstrukcija, Veleučilište Velika Gorica, 2014.

[3] R.B. SEYMOUR: Počeci razvoja duromera – Leo Baeklnad (1863-1944), Polimeri 4 (1983), 239-239

[4] Lovrić T: Ekstruzija (Ekstruzijsko kuhanje). U Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inženjerstva. Hinus, Zagreb, 2003.)

2. INTERNET:

[5] http://repozitorij.fsb.hr/412/1/17_11_2008_Diplomski_Davi_Burcar.pdf, pristupljeno: 28.05.2020.

[6] https://www.britannica.com/technology/tire/Tire-materials, pristupljeno: 28.05.2020.

[7] https://www.goodyear.eu/hr_hr/consumer/learn/how-tires-are-made.html, pristupljeno: 28.05.2020.

[8] https://repozitorij.ptfos.hr/islandora/object/ptfos%3A1028/datastream/PDF/view, pristupljeno: 01.06.2020.

[9] https://www.britannica.com/science/rubber-chemical-compound/Synthetic-rubber-production, pristupljeno: 10.06.2020.

[10] https://autogaraza.hr/novosti/porsche-preuzima-udio-u-rimac-automobili/, pristupljeno: 20.06.2020.

[11] https://gumiimpex.com/blog/zimske-gume-najpovoljnije-cijene-21/, pristupljeno: 25.06.2020.

[12] https://www.autonet.hr/aktualno/tehnika/skola/kotaci-i/, pristupljeno: 01.06.2020.

[13] http://vulkanizerduras-dubrovnik.hr/moto-gume/, pristupljeno: 20.06.2020.

[14] https://www.uniroyal.hr/auto/servis-i-znanje/poznavanje-guma/sto-su-to-zimske-gume, pristupljeno: 10.06.2020.

[15]https://en.wikipedia.org/wiki/Charles_Goodyear#/media/File:Charles_Goodyear.png, pristupljeno: 20.06.2020.

[16] https://www.moonstarprint.com/, pristupljeno: 01.06.2020.

[17] www.kupigume.hr, pristupljeno: 10.06.2020.

[18] https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=30938, pristupljeno: 25.06.2020.

[19] http://polymerdatabase.com/Elastomers/SBR.html, pristupljeno: 25.06.2020.

[20] https://www.seminarskidiplomski.co.rs/TEHNOLOSKI%20SISTEMI/Guma.html, pristupljeno: 28.06.2020.

[21]https://www.fkit.unizg.hr/_download/repository/2_predavanje_ljetni_semestar.pdf) , pristupljeno: 28.06.2020.

[22]https://hr.wikipedia.org/wiki/Vulkanizacija#/media/Datoteka:Vulcanisation.GIF, pristupljeno: 28.06.2020.

[23] https://zir.nsk.hr/islandora/object/gfv%3A308/datastream/PDF/view, pristupljeno: 28.06.2020.

[24] http://www.madehow.com/Volume-1/Tire.html,pristupljeno: 27.06.2020

POPIS SLIKA

Redni broj	NAZIV SLIKE	Broj str.
1.	Električno vozilo sustav Lohner-Porsche	5.
2.	Charles Goodyear, "otac gume"	6.
3.	Zimski kotač	9.
4.	Industrijski proces izrade automobilskog pneumatika	10.
5.	Presjek tubeless prenumatika	11.
6.	Shema radijalnog i dijagonalnog pneumatika	12.
7.	Koeficijent prianjanja	13.
8.	Otisci pneumatika, a) standardni, b) niskoprofilni	14.
9.	Razlike zimske i ljetne gume	15.
10.	Etiketa označavanja penumatika	16.
11.	Radijus kotača s obzirom na promjenu tlaka	17.
12.	Automobilska Guma	18.
13.	Postavljanje guma u stalak za stvrdnjavanje	21.
14.	Uređaj za mastikaciju	23.
15.	Prirodni kaučuk	25.
16.	Stiren-butadienski kaučuk	26.
17.	Etilen/propilen-dienski kaučuk	27.
18.	Tok smješavanja kaučukovih smjesa	29.
19.	Presjek jednopužnog ekstrudera s odgovarajućim zonama	31.
20.	Kalandriranje	32.
21.	Postupak prešanja	33.
22.	Injekcijsko prešanje	33.

23.	**Prikaz kemijske reakcije vulkanizacije**	**34.**