Ispitivanje mehaničkih svojstava gume

Jovan, Marija

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:078597

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Završni rad br. 442/TGL/2019

Ispitivanje mehaničkih svojstava gume

Marija Jovan, 0753/336

Varaždin, rujan 2019. godine

Odjel tehničke i gospodarske logistike

Završni rad br. 442/TGL/2019

Ispitivanje mehaničkih svojstava gume

Student

Marija Jovan, 0753/336

Mentor

prof.dr.sc. Živko Kondić

Varaždin, rujan 2019. godine

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

UNIVERSITY NORTH

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za logistiku i održivu mobilnost

STUDIJ preddiplomski stručni studij Tehnička i gospodarska logistika

PRISTUPNIK MARIJA JOVAN | MATIČNI BROJ 0753/336

DATUM 09.07.2019. | KOLEGIJ UPRAVLJANJE KVALITETOM,OKOLIŠEM I SIGURNO

NASLOV RADA ISPITIVANJE MEHANIČKIH SVOJSTAVA GUME

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU TESTING OF MECHANICAL PROPERTIES OF RUBBER

MENTOR PROF.DR.SC. ŽIVKO KONDIĆ | ZVANJE REDOVITI PROFESOR

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. prof.dr.sc. Vinko Višnjić, predsjednik povjerenstva
2. prof.dr.sc. Živko Kondić, redoviti profesor, član
3. Veljko Kondić, mag.ing mech,, predavač, član
4. Marko Horvat, dipl.ing, predavač, zamjenski član
5.

Zadatak završnog rada

BROJ 442/TGL/2019

OPIS

U završnom radu potrebno je obraditi:
- U uvodnom dijelu zadatka potrebno je ukratko opisati proizvodni proces gume, opisati vrste guma te oznake koje se postavljaju na gume.
-Navesti i ukratko opisati ispitivanja značajki gume.
-U praktičnom dijelu zadatka potrebno je pripremiti uzorak i provesti praktično ispitivanje mehaničkih svojstava (tvrdoća, čvrstoća i istezanje, otpornost na abraziju, gustoće, odbojne elastičnosti te zaostale trajne deformacije).
-nakon provedenih ispitivanje potrebno je izraditi analizu dobivenih rezultata.
-U zaključku rada potrebno se kritički osvrnuti na rad, ograničenja te dati svoja zapažanja i prijedloge u cilju poboljšanja načina rada.

ZADATAK URUČEN 17.09.2019. POTPIS MENTORA

REPUBLIKA HRVATSKA SVEUČILIŠTE SJEVER KOPRIVNICA

VZ KC MMI

Predgovor

Veliko hvala mentoru, dr. sc. Živku Kondić, na savjetima i prenešenom znanju koje je unaprijedilo kvalitetu ovog rada.

Također, zahvaljujem se tvrtki Gumiimpex – GRP d.o.o., a posebno gospodinu Franji Florijaniću, za ustupljeno vrijeme, znanje i usmjeravanje pri izradi rada.

U radu, riječ ″guma″ odnosi se na pneumatike na vozilima.

Sažetak

Tema ovog rada je ispitati mehanička svojstva automobilskih pneumatika različitih proizvođača, te uspoređivati dobivene rezultate. Ispitivanja su obavljana u poduzeću Gumiimpex – GRP d.o.o. u Varaždinu i Trnovcu Bartolovečkom. U radu se izlaže pojam polimera i njihova podjela, opći podaci o poduzeću Gumiimpex – GRP d.o.o., svojstva guma, metode ispitivanja guma, te se za eksperimentalni dio četiri automobilske gume (pneumatici) uzorkuju i ispituju određenim metodama.

Ključne riječi: Gumiimpex – GRP d.o.o. , kaučuk, ispitivanje, svojstva, metode

Summary

The theme of this work is to study the mechanical properties of car tires from different manufacturers and compare the results. Testing are conducted at the company Gumiimpex – GRP d.o.o. in Varaždin and Trnovec Bartolovečki. The work presents the concept of polymers and their division, general information about the company Gumiimpex – GRP d.o.o., the properties of the tire, the methods of tire testing and for experimental part, from four tires are token samples and reviewed specific techniques.

Key words: Gumiimpex – GRP d.o.o., caoutchouc, testing, properties, methods

Popis korištenih kratica

DOT - Department of Transport

SBR - Stiren – butadeinski kaučuk

BR - Butadienski kaučuk

NR - Prirodni kaučuk

EPDM - Etilen/propilen/dienski kaučuk

NBR – akrilonitrilni kaučuk

ShA – Shore A

Sadržaj

1. Uvod ... 1
2. Obrada zadatka ... 4
   2.1. Gumiimpex – GRP ... 4
   2.2. Proces proizvodnje guma ... 8
   2.3. Vrste guma ... 9
   2.4. Oznake na gumama ... 12
   2.5. Ispitivanje svojstava gume ... 14
3. Praktični dio ... 16
   3.1. Uvod ... 16
   3.2. Priprema uzoraka ... 16
   3.3. Ispitivanje mehaničkih svojstava ... 18
      3.3.1. Ispitivanje tvrdoće ... 18
      3.3.2. Ispitivanje prekidne čvrstoće i istezanja ... 19
      3.3.3. Ispitivanje otpornosti na trošenje (abraziju) ... 20
      3.3.4. Ispitivanje gustoće ... 21
      3.3.5. Ispitivanje odbojne elastičnosti ... 22
      3.3.6. Zaostala trajna deformacija (+70°C) i (-75°C) ... 22
4. Analiza rezultata ... 23
   Ispitivanje tvrdoće ... 23
   Ispitivanje čvrstoće ... 23
   Ispitivanje prekidnog istezanja ... 24
   Ispitivanje otpornosti na trošenje (abraziju) ... 24
   Ispitivanje gustoće ... 24
   Ispitivanje odbojne elastičnosti ... 25
   Ispitivanje zaostale trajne deformacije na 70°C ... 25
   Ispitivanje zaostale trajne deformacije na -75°C ... 25
5. Zaključak ... 26

Literatura ...

Popis tablica ...

Popis ilustracija ...

1. Uvod

Posljednjih nekoliko desetljeća polimeri i polimerni materijali postali su neizostavni dio različitih grana industrije - poljoprivrede, farmacije, medicine, građevinarstva, automobilske industrije, te još u mnogo drugih grana industrije. Razlog tomu njihova je trajnost i čvrstoća, ali i prilagodljivost materijala različitim potrebama uz povoljan odnos cijene i kvalitete.

Polimer dolazi od grčkih riječi *"poli"* što znači mnogo i *"meros"* što znači dio što ukazuje na to da je veliki broj atomskih grupa povezano u lanac. Riječ polimer prvi put je upotrijebio švedski kemičar Jöns Jakob Berzelius 1833. godine kada je polimerima nazvao kemijske spojeve jednakog sastava, a različitih molekulskih masa. Od organskih spojeva u prirodi u polimere se ubrajaju: kaučuk (Slika 1), prirodne smole (Slika 2), celuloza (Slika 3), lignin, polisaharidi, škrob, bjelančevine i nukleinske kiseline, odnosno tvari koje su glavnina suhe tvari biljnog i životinjskog svijeta.[1]

U polimernoj kemiji pod polimere spadaju elastomeri, odnosno visokoelastični materijali koji su još poznati pod nazivom ″gume″. Prirodna guma (prirodni kaučuk) poznata je još od naroda Azteka i Maja koji su skupljali mliječni lateks kaučuka za izradu vodootporne obuće i loptica za igru. Mliječni lateks drva ″Hevea brasiliensis″ dobio je naziv caaoutchouc od strane Indijanaca budući da taj izraz znači ″drvo koje plače″.

Slika 1.Kaučuk

Slika 2. Prirodna smola

[1] *Čatić, I.: Uvod u proizvodnju polimernih tvorevina, Društvo plastičara i gumaraca, Zagreb,1990.*

Slika 3. Celuloza

Prirodna guma prvi put je vulkanizirana 1839. godine kada se slučajno našla u dodiru s sumporom, pri čemu je došlo do umrežavanja molekule prirodne gume. Budući da je nakon toga materijal imao miris po vulkanu, proces umrežavanja nazvan je vulkanizacija.

Vulkanizacija je kemijsko-tehnički proces kojeg je 1839. razvio Charles Goodyear. Pri vulkanizaciji se kaučuk pod utjecajem pritiska, vremena i temperature mijenja u gumu koja tako postane otporna na kemijske i atmosferske utjecaje, te mehanička naprezanja. Kod vulkanizacije se pojedine polimerne molekule povezuju s drugim polimernim molekulama, a krajnji rezultat je guma.[2]

Sintetski kaučuk zajednički je naziv mnogim polimernim materijalima sa elastomernim svojstvima. Proizvode se polimerizacijom prikladnih organskih spojeva – monomera. Sintetski kaučuk ima svojstva slična svojstvima prirodnog kaučuka, no nema tako pravilnu molekularnu građu, kao ni tako dobra elastomerna svojstva. Međutim, zbog dostupnosti i niže cijene upotrebljavaju se više nego prirodni kaučuk.

Sintetski kaučuk se može podijeliti u dvije osnovne skupine:

- Univerzalni sintetski kaučuk – rabi se pri proizvodnji pneumatika i masovnih tehničkih proizvoda (npr. SBR, BR),
- Specijalni sintetski kaučuk – rabi se za posebne tehničke primjene (npr. CR, EPM, EPDM,NBR, ACM).

Najzastupljenije kaučukove tvorevine su: NR, SBR, BR, EPDM.

Prirodni kaučuk (NR – Natural Rubber) je viskokopolimerizirani izopren elastomer, koji se dobiva koagulacijom lateksa sa dodatkom razrijeđenih kiselina (mravlje ili octene). Stajanjem nastaje talog kaučuka, koji se najprije odvaja, ispire vodom, obrađuje prolaskom kroz dvovaljke, suši toplim zrakom, te izvlači u vrpce ili preša u bale. Kaučuk je na hladnoći krhki, a na temperaturi višoj od 100°C ljepljiv i mekan poput voska. Prirodni kaučuk se odlikuje

[2]https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=36146&osCsid=3712df5600f98259a8bdc1d9baf202e9

visokim elasticitetom, dobrom otpornošću na udare, malom trajnom deformacijom, te otpornošću na habanje. Primjenjuje se za izradu amortizera, guma, podloga, membrana, mjehova, ventila, čepova, spojnica raznih brtvila i sl.

Stiren – butadeinski kaučuk (SBR) je najrasprostranjeniji sintetski kaučuk koji u pravilu sadrži 23,5 % stirena. Smjese na osnovi SBR kaučuka sadrže punila, omekšavala, umreživala, ubrzavala i ojačavala bez kojih bi gumeni proizvodi imali slaba mehanička svojstva. Većina smjesa na osnovi SBR –a primjenjuju se u proizvodnji pneumatika, a preostali dio se odnosi na npr. brtve, podne obloge, kabelske plašteve.

Butadienski kaučuk (BR) je sintetički kaučuk proizveden primjenom metode polimerizacije otopine butadiena. BR ima izvrsnu otpornost na hladnoću, habanje i elastičnost, te ima dobru otpornost na starenje. Većinom se koristi za proizvodnju guma, a preostali dio se koristi za izradu traka, gumenih cipela, golf loptica i sl.

Etilen/propilen/dienski kaučuk (EPDM) je terpolimer koji je sastavljen od triju monomera: etilena, propilena i diena. Gumeni proizvodi na osnovi EPDM kaučuka postojani su na utjecaj topline, agresivne medije, starenje, imaju dobru elastičnost, a koriste se najčešće za izradu brtvenih profila u automobilskoj industriji, gipkih cijevi, te za izradu kabela.

Guma, koja se odlikuje svojom žilavošću, mehaničkom čvrstoćom, nepropusnosti za vodu i zrak, postojanosti na visokim i niskim temperaturama, materijal je najšire tehničke primjene od čega se izrađuje na tisuće različitih artikala (obuća, brtve, cijevi, kabeli i sl.), ali najveći dio proizvedene gume u svijetu koristi se za izradu pneumatika, odnosno automobilskih guma, te zračnica za različita prometna vozila, i to čak 70 % svjetske proizvodnje.

Smisao ovog rada je, osim osvrta na polimere i opće podjele guma, te njihove karakterizacije, ispitati mehanička svojstva četiri različitih pneumatika, odnosno ispitati tvrdoću, prekidnu čvrstoću i istezanje, otpornost na trošenje (habanje), gustoću, odbojnu elastičnost, te zaostalu trajnu deformaciju na 70°C i -75°C.

2. Obrada zadatka

U nastavku rada biti će opisana tvrtka Gumiimpex – GRP d.o.o., gdje se ispitivanja obavljaju, proces proizvodnje guma, vrste pnematika, oznake koje sadržavaju pneumatici, te naposljetku mehanička ispitivanja automobilskih pneumatika.

2.1. Gumiimpex – GRP

Gumiimpex – GRP d.o.o. započeo je svoju djelatnost 20. travnja 1970. godine, kada je gosp. Rudolf Kirić otvorio ″Obrtničko vulkanizersku radionicu″ u ulici Frana Kurelca u Varaždinu. 1975. godine uslijedilo je preseljenje u vlastiti prostor u Kukuljevićevoj ulici, te je samim time i proširena proizvodnja gumeno – tehničkih proizvoda. Obrtničko vulkanizerska radionica prestaje s radom 5. travnja 1990., kada je registrirano trgovačko društvo Gumiimpex d.o.o. sa sjedištem u ulici Pavleka Miškine 64c u Varaždinu, a 10. ožujka 1993. godine se proširuje sa novim poslovno – proizvodnim prostorom. Tokom 1996. godine dograđeno je 1.500 m^2 proizvodnog pogona i ugrađena nova visokoproduktivna oprema. Nova linija obnove guma za teretna vozila i autobuse prema Goodyear Authorized Retreader(GAR) tehnologiji sagrađena je 2000. godine, te kasnije prerasta u NEXT TREAD Goodyear i NEXT TREAD Dunlop marku obnovljenih guma. 2003. godine završen je novi objekt s poslovnim, proizvodno – skladišnim i prodajnim prostorom ukupne površine 4.800 $m^{2.}$ ISO norme za kvalitetu i okoliš uvedene su u listopadu 2004. godine, a godinu kasnije, 19. listopada 2005. godine otvoren je pogon za reciklažu guma, kao GRP d.o.o. u Slobodnoj zoni Varaždin, prvi takve vrste u Hrvatskoj. 23. travnja 2013. godine otvoren je novi vulkanizerski servis za putnički program u Zagrebu, a 2016. godine mega vulkanizerski servis za teretna vozila na Žitnjaku u Zagrebu. Certificiranje proizvodnog procesa gumenih proizvoda prema normi IATF 16969 uvedeno je 23. listopada 2018. godine.

Slika 4. Pogon Gumiimpex – GRP d.o.o. u Trnovcu Bartolovečkom

Slika 5. Pogon Gumiimpex – GRP d.o.o. u Varaždinu

Gumiimpex-GRP d.o.o. Varaždin razvio je svoju osnovnu djelatnost na proizvodima od gume, te plasira na domaće tržište automobilske gume za osobna, teretna vozila, autobuse i velike radne strojeve najpoznatijih svjetskih proizvođača guma Michelin, Sava, Goodyear, Bridgestone, Kormoran. Proizvodi više od sedam tisuća različitih gumeno-tehničkih proizvoda, obavlja usluge gumiranja velikih posuda i valjaka i sustavno razvija praćenje novih tehnoloških dostignuća. Pojava novih tehnologija i visoki zahtjevi tržišta potiču ih na nova ulaganja u tehnologiju, znanje i profesionalni razvoj zaposlenika u okruženju koje potiče timski rad jer su upravo oni nezamjenjivi kreativni potencijal.

Vizija poduzeća glasi: ″Biti regionalni lider u gumarskoj branši. Kroz reciklažu guma obrađivati otpadne gume i proizvoditi korisnu sekundarnu sirovinu – gumeni granulat te finalne proizvode od gumenog granulata″, a misija: ″Planirati, postaviti i nadzirati organizaciju poslovanja i pružanje usluga na takav način da se osigura: kvalitetno dugoročno partnerstvo s kupcima i dobavljačima, zadovoljenje potreba kupaca za automobilskim gumama iz osobnog i gospodarskog programa te gumeno tehničkim proizvodima svakojake primjene u gospodarstvu i poljoprivredi, ujednačena visoka kvaliteta gumarskih proizvoda i usluga primjenom najbolje dostupne prakse proizvođača guma i proizvoda od guma, primjena i provedba standarda partnera - Goodyear – Dunlop i Michelin u obnavljanju teretnih guma (kako u proizvodnji i prodaji, tako i u stručno savjetodavnoj ulozi) za funkcionalnu uporabu pouzdanih i visokokvalitetnih obnovljenih guma, obrada svih preuzetih količina otpadnih guma s područja Hrvatske, prerada ove vrste otpada i proizvodnja gumenog granulata kao sirovine za uporabni životni vijek kroz proizvode široke primjene, čime se izravno poboljšava zaštita okoliša na zemlji, sustavno ulaganje u nove tehnologije i znanja uz uvažavanje načela zaštite okoliša, sustavno ulaganje u stvaranje kvalitetnih i kreativnih ljudskih potencijala,

zadovoljstvo svih zainteresiranih strana: kupaca, dobavljača, zaposlenih, vlasnika i lokalne zajednice".[3]

Poduzeće Gumiimpex – GRP d.o.o. ima procesnu organizacijsku strukturu koja je podijeljena na 4 glavna sektora:

- proizvodnja,
- prodaja,
- računovodstvo i financije,
- zajednički poslovi.

U sektor proizvodnje spada proizvodnja gumeno-tehničkih proizvoda i usluga, obnova teretnih auto-guma, servisna radionica na koju se nadovezuje i servisna radionica Zagreb, sakupljanje i reciklaža otpadnih guma – obrada gumenog granulata i niti – proizvodi od gumenog granulata, proizvodnja gumenih smjesa, proizvodnja solarne energije. U sektor prodaje spada veleprodaja, maloprodaja i skladište, nabava i logistika, marketing i kontroling, izvoz, a u sektor računovodstva i financija spada: računovodstvo, financije i fakturni poslovi. U opće zajedničke poslove spadaju: opći poslovi, ekologija i ISO sustav.

Dobro opremljene proizvodne linije omogućuju brzu prilagodbu i realizaciju vrlo široke palete proizvoda prema potrebi korisnika. Izrada velikih serija moguća je injekcijskim prešama velikog kapaciteta, sa silom zatvaranja 250, 400 i 500 tona. Izrada proizvoda izuzetno velikih dimenzija ostvaruje se na velikoj klasičnoj preši sa silom zatvaranja do 1600 tona. Kroz veći broj klasičnih preša, dimenzija 400x400 mm do najveće gabarita 1500x1800 mm, omogućuje se istovremena izrada više serija gumenih proizvoda različitih oblika i primjene. Kalupi se izrađuju u vlastitoj alatnici opremljenoj strojevima za obradu metala. Vulkanizacija u velikom autoklavu promjera 3000 mm i dužine 6000 mm omogućuje vulkanizaciju proizvoda velikih gabarita, a tu je i manji autoklav promjera 1500 i dužine 3000 mm. Praćenjem najmodernije tehnologije i odgovarajući na potrebe tržišta, a koristeći izvanredna svojstva gume kao sirovine, Gumiimpex – GRP d.o.o. danas proizvodi više od 7000 vrsta raznovrsnih gumeno-tehničkih proizvoda na godinu.

Gumiimpex-GRP d.o.o. u partnerskoj suradnji s proizvođačima premium guma Goodyear i Michelin, proizvodi obnovljene gume uz primjenu visoke tehnologije, što ga svrstava u sam vrh europskih proizvođača obnovljenih guma. Gume obnovljene u Gumiimpex – GRP d.o.o. mogu prometovati zemljama Europske unije jer je sustav certificiran međunarodnim standardom ECE R 109. 19. listopada 2005. godine otvoren je pogon za reciklažu guma, prvi

[3] http://gumiimpex.hr/o-nama/vizija-i-misija/

takve vrste u Hrvatskoj. Ponovnim korištenjem vrijednih svojstava guma, kroz inovativnu primjenu proizvoda od recikliranog gumenog granulata postiže se smanjenje štetnog utjecaja na okoliš i očuvanje prirodnih resursa.

Osluškujući potrebe tržišta, Gumiimpex-GRP d.o.o. je uz svoju osnovnu djelatnost gumarstva, proširio ponudu asortimana namijenjenih tehničkom održavanju industrijskih postrojenja te surađuje s renomiranim europskim tvrtkama, kao što su: INA (ulja i maziva), SFK (ležajevi, remenje), Simrit Freudenberg (radijalna osovinska brtvila), Loctite-Henkel (sredstva za osiguranje, brtvljenje, lijepljenj), Habasit i Samla (PVC i modularne transportne trake za laku industriju), Ptibelt i Sava Goodyear (klinasto, varijatorsko i zupčasto remenje).
Uslužna djelatnost vulkanizerskih usluga u Gumiimpex-GRP d.o.o. poznata je više od 45 godina. Praktična primjena stečenih znanja uz pomoć suvremene opreme i primjenom tehnoloških poboljšanja, zaokružuje cjelovitu vulkanizerski uslugu za sve vrste prometnih vozila i radnih strojeva. Nude se i usluge punjenja pneumatika smjesom dušika i plemenitih plinova čime se produžuje vijek trajanja pneumatika, prigušuje šum vožnje, zadržava stalan tlak u pneumaticima i daje više sigurnosti pri većim opterećenjima. Također, nudi se usluga hotela za pneumatike, koji je rješenje problema skladištenja radi manjka vlastitog prostora.

2.2. Proces proizvodnje guma

Guma (pneumatik) je proizvod napravljen mnogo više od samog kaučuka. Vlakna, tekstil i čelični kabel, samo su neki od sastojaka koji pripadaju dijelovima pneumatika. Proizvodnja ovog složenog proizvoda je kompleksna, te zahtijeva najnoviju tehnologiju, tešku opremu, precizne instrumente i što je najvažnije - kvalitetne stručnjake.

Postupak proizvodnje gume sastoji se od nekoliko faza:

- Miješanje,
- Valjanje,
- Proizvodnja,
- Vulkanizacija,
- Kontrola.[4]

Postupak miješanja sastoji se od nekoliko serija, a svaka serija proizvoda sadrži više od 200 kilograma gumene smjese. Stroj korišten u postupku miješanja je mikser. Nadalje, mikser je komad teške opreme s komorom za miješanje, a glavna mu je funkcija razbijanje bala guma, punila i kemikalija, te ih povezati s drugim sastojcima.

U postupku valjanja, ohlađena guma reže se na trake koje oblikuju osnovnu strukturu gume, te prolaze kroz stroj za valjanje, odnosno valjak.

U postupku proizvodnje, radi se o proizvodnji unutrašnjosti pneumatika. U stroj za proizvodnju gume stavljaju se tekstilni dijelovi, čelično remenje, stope, slojevi, profili, te drugi dijelovi. Rezultat proizvodnje je „zelena guma“ koja počinje sličiti konačnom proizvodu.

Zelena guma zatim se vulkanizira vrućim kalupima u stroju za vulkanizaciju, komprimirajući sve dijelove pneumatika u jedno, i pneumatik dobiva konačan oblik, uključujući i uzorak gaznog sloja, te oznake proizvođača na boku. Gazni sloj je mekano područje pneumatika, gdje se pneumatik spaja sa cestom.

Posljednji korak, ali nimalo zanemariv je kontrola. Obučeni kontrolori svaki pneumatik pažljivo pregledavaju posebnim uređajima, kako bi se otkrila i najmanja pogreška ili nesavršenost prije stavljanja pneumatika u prodaju. Dio pneumatika iz linije se podvrgava rendgenskom pregledu kako bi se utvrdile potencijalne interne slabosti ili pogreške.

[4] https://www.goodyear.eu/hr_hr/consumer/learn/how-tires-are-made.html

2.3. Vrste guma

U svakodnevnom životu motorna vozila imaju sve važniju ulogu i zbog toga je bitna pažnja koju vozači posvećuju pneumaticima na vozilima. Različiti tereni zahtijevaju različite vrste pneumatika. Pneumatici se najčešće razlikuju po obliku i sastavu gazne površine, odnosno o površini preko koje prelaze i temperaturi okoline. Postoje različite vrste pneumatika koje odgovaraju potrebama vozača i uvjetima na cesti, a neke od njih su:

- Tubeless i Tubetype pneumatici,
- Ljetni pneumatici,
- Zimski pneumatici,
- Allseason pneumatici,
- 4x4 pneumatici.

Osnovna razlika između Tubetype i Tubeless pneumatika je zračnica, odnosno Tubetype pneumatici imaju zračnicu između vanjske gume i felge.

Tubetype pneumatik je osjetljiv na oštećenja uslijed prekomjerne topline zbog trenja između zračnice i zida vanjske gume, te je zbog toga i njihov vijek trajanja kraći. Međutim, prednost trenja je što povećava otpor pri rotaciji i smanjuje potrošnju goriva. Nedostatak Tubetype pneumatika je ako dođe do probijanja gume, rupa se brzo širi i može dovesti do eksplozije zračnice pri velikoj brzini.

Slika 6. Oznaka Tubetype

Tubeless pneumatici nemaju zračnicu i pružaju veću sigurnost pri vožnji, jer kod eventualnog probijanja pneumatika ne dolazi do naglog ispusta zraka, jer se napravljena rupa

ne povećava. Većina novijih modela automobila ima Tubeless pneumatike, u kojima se zrak održava između gume i felge. Nedostatak zračnice smanjuje otpor pri rotaciji, ali poboljšava dinamičke sposobnosti, unaprjeđuje upravljanje, ukupne performanse vozila, ekonomičnost i efikasnost automobila.

Ljetni pneumatici namijenjeni su vožnji iznad 7°C, te su dizajnirani da pruže maksimalno prianjanje pri velikim brzinama u suhim uvjetima na cesti. Ljetni pneumatici se mogu koristiti i tokom cijele godine u krajevima sa mediteranskom klimom.

Zimski pneumatici dizajnirani su za hladnije vrijeme i snijeg. Imaju veću gaznu površinu, veće i izraženije ripne od standardnih pneumatika, a sve to da bi se osiguralo maksimalno prianjanje na snijeg i bljuzgu.

Slika 7. Zimski pneumatik

Allseason pneumatici (pneumatici za sve sezone) predstavljaju prosječan tip pneumatika, koji ima pristojne vozne karakteristike tokom svih godišnjih doba. Napravljeni su od tvrđeg i otpornijeg materijala da bi im vijek trajanja bio duži, ali u većini slučajeva traju kraće zbog ekstremnih promjena temperatura u zimi, odnosno ljeti.

Oznaka M+S ne nalazi se samo na allseason pneumatiku. Zimski pneumatici također vrlo često nose tu oznaku. Mud +Snow označava da pneumatik ima izraženije ripne, pa je primjeren u blatu i na snijegu.

Slika 8. Oznaka M+S na pneumatiku

4x4 pneumatici su najčešće na SUV vozilima. Smjesa od koje je napravljen pneumatik nije ni meka ni tvrda, već nešto između te dvije komponente. Takvi pneumatici imaju veliki gazni sloj kako bi osigurale dobro prianjanje na pjeskovitom i blatnom terenu. Na normalnim cestama, takvi pneumatici su veoma bučni, ali se i brže troše zbog prevelikog pritiska pneumatika na asfalt, te sukladno tome, troši se i više goriva zbog dodatnog trenja između pneumatika i asfalta.

Slika 9. Pneumatik za SUV vozilo

2.4. Oznake na gumama

Najčešći čimbenici kod odabira novih pneumatika su dimenzije i cijena. Europskom direktivom propisuju se nove oznake karakteristika pneumatika, koje moraju imati sva osobna i laka dostavna vozila. Prema strogom sustavu, označavanje i testiranje obavezno je za pneumatike proizvedene nakon 1. srpnja 2012. godine. Osim oznaka širine, visine, te konstrukcije pneumatika, na oznakama obavezna su i tri faktora prema kojima se pneumatici uspoređuju:

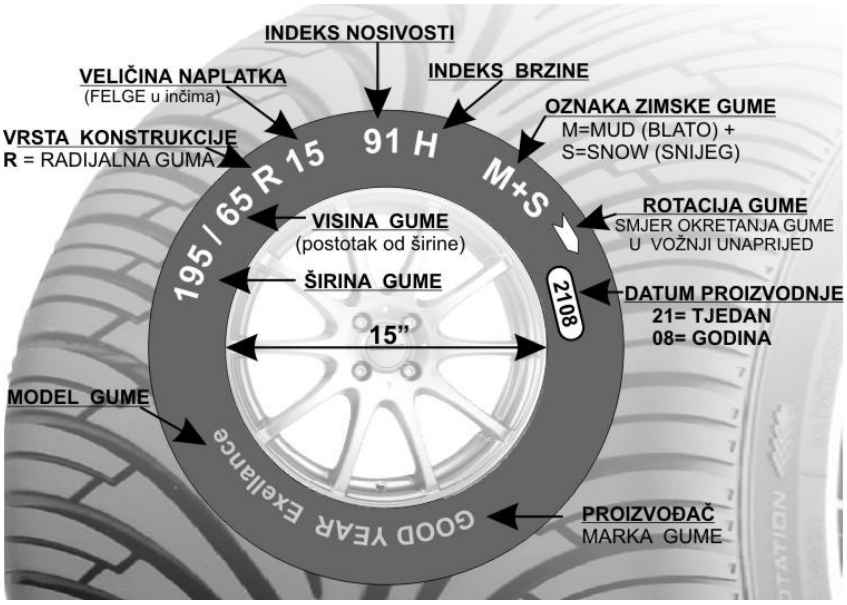
- Štedljivost – potrošnja, odnosno iskoristivost goriva,
- Držanje na mokrome – zaustavni put na mokrom kolniku,
- Buka – vanjska razina buke koju pneumatici proizvode za vrijeme vožnje.

Propis o označavanju pneumatika važan je zbog poboljšanja sigurnosti na cestama, smanjenja potrošnje goriva i emisije CO_2, te smanjenja buke.

Slika 10. prikazuje oznaku Europske Unije za pneumatike. Pneumatici imaju oznake ocjena od A (odličan), do G (loš). Ovaj pneumatik ima B razinu učinkovite potrošnje goriva (pneumatik koji učinkovito troši gorivo treba manje energije za okretanje), A razinu prianjanja na vlažnim podlogama (sposobnost pneumatika da se za vrijeme vlažnih uvjeta zadržava i dobro prianja na podloge, odnosno kolika je izdržljivost pneumatika pri kočenju na vlažnoj podlozi), te razinu buke od 68 dB.

Slika 10. Oznaka Europske unije za pneumatike

Osim naljepnice Europske unije, svaki pneumatik ima oznake na bočnom dijelu. Bok pneumatika sadrži sve potrebne informacije o pneumatiku (Slika 11.).



Slika 11. Oznake na bočnom dijelu pneumatika

Iz slike 11. lako se uočavaju sljedeći podaci:

- **širina pneumatika** – od boka do boka iznosi 195 milimetara,
- **poprečni presjek –** odnosno omjer visine poprečnog presjeka pneumatika i njegove širine iznosi 65, odnosno broj 65 znači da ta visina iznosi 65% širine pneumatika,
- **konstrukcija** – prikazuje kako je pneumatik sastavljen – R označava radijalnu konstrukciju,
- **promjer kotača** – označava širinu kotača od jednog kraja do drugog – promjer ovog kotača je 15 cola,
- **indeks nosivosti –** označava najveće opterećenje u funtama (kilogramima) koje pneumatik podnosi kod pravilnog tlaka zraka, u ovom slučaju 91 – odnosno 615 kg po kotaču,
- **indeks brzine** – označava najveću dopuštenu brzinu vožnje, te se odnosi samo na brzinsku izdržljivost pneumatika – indeks brzine H znači da je dopuštena brzina 210 km/h,
- **oznaka zimskog pneumatika**– M+S - Mud + Snow – nalazi se na zimskim i allseason pneumaticima,
- **rotacija pneumatika** – pokazuje smjer okretanja pneumatika u vožnji unaprijed,
- **datum proizvodnje (DOT)** – znači da pneumatik zadovoljava važeće sigurnosne standarde koje određuje Ministarstvo transporta SAD – oznaka 2108 znači da je pneumatik proizveden u 21 tjednu 2008. godine.

2.5. Ispitivanje svojstava gume

Značajka gumenih materijala jest široko područje primjene i mogućnost njihova podešavanja različitim uporabnim zahtjevima. Svojstva gumenih materijala mogu se podijeliti u tri najvažnije skupine:

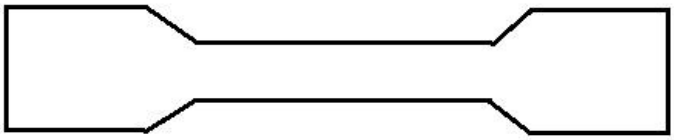
- Toplinska svojstva,
- Električna svojstva,
- Mehanička svojstva.

Toplinska svojstva odnose se na ponašanje materijala u toplinskom pogledu, a to su: specifična toplina, toplinska povodljivost, toplinsko širenje.

Električna svojstva pokazuju električni otpor koji ovisi o vrsti materijala od kojeg je načinjen vodič i magnetni permabilitet.

Mehanička svojstva označavaju ponašanje materijala pod utjecajem djelovanja mehaničkog naprezanja.

Ispitivanje mehaničkih svojstava najčešće se vrši pomoću uzorka koji je u obliku ispitne epruvete (slika 12.)

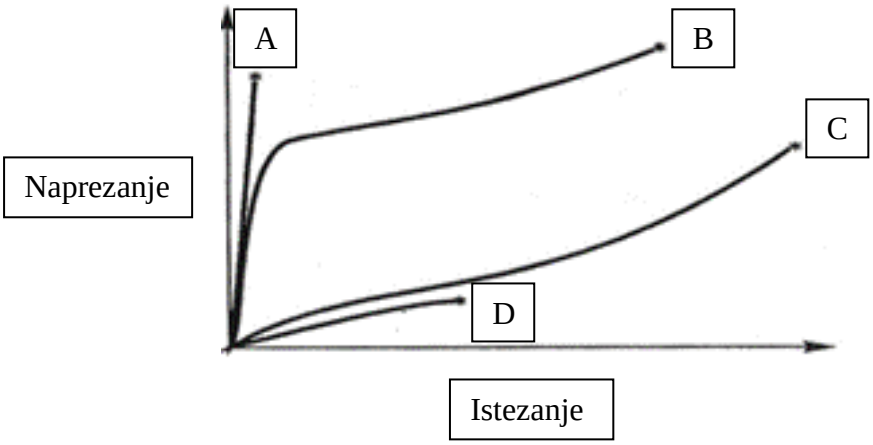


Slika 12. Ispitna epruveta

Kod ispitivanja mehaničkih svojstava, u obzir će se uzeti samo najvažnija, kao što su: tvrdoća, prekidna čvrstoća i istezanje, otpornost na abraziju (habanje), gustoća, odbojna elastičnost, zaostala trajna deformacija.

1. Tvrdoća predstavlja otpor jednog tijela prodiranju drugog tvrdog tijela određenog oblika pri zadanoj pritisnoj sili. Kod ispitivanja tvrdoće, alat mora biti tvrđi od materijala koji si obrađuje. Ispitivanje tvrdoće materijala može se vršiti statičkim ili dinamičkim metodama ispitivanja. Statičko ispitivanje je ispitivanje kod kojeg se na materijal djeluje mirno i polako. Dinamičko ispitivanje je ispitivanje pri kojemu se na materijal djeluje naglo i udarno.
2. Prekidna čvrstoća jest naprezanje koje izaziva prekidna sila na početnu ploštinu presjeka.

3. Istezanje je mehaničko svojstvo materijala da se pod utjecajem djelovanja sile materijal deformira. Definira se kao omjer duljine uzorka u istegnutom i neistegnutom stanju te se dobiveni rezultat množi sa 100 kako bi se istezanje prikazalo u obliku postotka (%). Istezanjem se definira elastičnost nekog materijala.
4. Otpornost na abraziju označava svojstvo materijala da se odupre mehaničkom trošenju površine.
5. Gustoća pokazuje omjer mase tvari i obujma.
6. Elastičnost je sposobnost deformiranog materijala da se nakon rasterećenja vrati u prvobitni oblik.
7. Zaostala trajna deformacija jest deformacija preostala nakon uklanjanja opterećenja na tijelo.



Slika 13. Dijagram naprezanje- istezanje za polimerne materijale

Polimerni materijali mogu biti kruti i krti (krivulja A). Takvi polimerni materijali odlikuju se velikim vrijednostima modula elastičnosti i velikim vrijednostima prekidne čvrstoće te vrlo malim prekidnim istezanjem. Također, materijali mogu biti tvrdi i žilavi (krivulja B) koji imaju srednji modul elastičnosti, veliku granicu razvlačenja i veliku prekidnu čvrstoću. Mekani i žilavi (krivulja C) materijali imaju mali modul elastičnosti, veliko prekidno istezanje i veliku prekidnu čvrstoću, dok mekani i lomljivi (krivulja D) materijali imaju mali modul elastičnosti, nisku prekidnu čvrstoću i umjereno prekidno istezanje.

3. Praktični dio

3.1. Uvod

U laboratoriju tvrtke Gumiimpex – GRP d.o.o. u Varaždinu, provedena su ispitivanja mehaničkih svojstava četiriju korištenih automobilskih pneumatika koji su u pogon tvrtke u Trnovec dovezeni na reciklažu. Važno je napomenuti da su automobilski pneumatici korišteni, odnosno voženi u različitim uvjetima, a ti različiti uvjeti u konačnici utječu i na rezultat ispitivanja. Pri odabiru automobilskih pneumatika, fokus je bio na DOT oznaci, kako bi svi pneumatici bili približnog datuma proizvodnje.

Četiri pneumatika koja su odabrana, karakterizirani su kao: uzorak 1, uzorak 2, uzorak 3 i uzorak 4. **Uzorak 1** je ljetni pneumatik, proizvođača Michelin, DOT oznakom 3416, te širinom/poprečnim presjekom/konstrukcijom/promjerom kotača 225/45 R17. **Uzorak 2** je također ljetni pneumatik, proizvođača Sava, DOT oznakom 1616, te širinom/poprečnim presjekom/konstrukcijom/promjerom kotača 215/45 R17. **Uzorak 3** je zimski pneumatik, proizvođača Sava, DOT oznakom 2716, te širinom / poprečnim presjekom / konstrukcijom / promjerom kotača 195/65 R 15. **Uzorak 4** je cjelogodišnji pneumatik, proizvođača Michelin, DOT oznake 4216, te širinom / poprečnim presjekom / konstrukcijom / promjerom kotača 205/55 R 16.

3.2. Priprema uzoraka

Uzorkovanje je rađeno iz pneumatika koji su došli do kraja svojeg životnog vijeka. Svi uzorci su uzimani iz gaznog sloja pneumatika, odnosno gornjeg dijela pneumatika koji prianja uz cestu. Niti jedan uzorak nije uzet iz bočnica. Uzorkovanje je vršeno tako da se je od svakog pneumatika pomoću pile odrezao jedan dio gaznog sloja veličine otprilike 20 cm x 20 cm. Uzorci su odmah označeni naljepnicama kao uzorak 1/2/3/4.

Daljnja obrada je vršena na ″Water Jet″ uređaju (Slika 14.) gdje su izrezane testne epruvete za:

- **Tvrdoću** - okrugli uzorak debljine 5 mm i promjera 40 mm,
- **Čvrstoću i istezanje** - pločica debljine 2 mm i širine/dužine otprilike 100 x 100 mm (iz pločice se kasnije isjeku ispitne epruvete za kidalicu),
- **Trajnu deformaciju** - čepići debljina 6 mm i promjera 12 mm,
- **Trošenje** - čepići debljina 8mm i promjera 16mm,

- **Odbojnu elastičnost** - okrugli uzorak debljine 12mm i promjera 28mm.

Testna epruveta za **gustoću** nije potrebna, jer se gustoća može ispitivati od bilo kojeg oblika uzorka, odnosno ne mora biti pravilnog ili propisanog oblika. Svi uzorci su dimenzija koji propisuje standard za svako navedeno ispitivanje.

Slika 14. "Water Jet" uređaj

Slika 15. Prikazuje jedan komplet uzoraka za ispitivanje mehaničkih svojstava.

Slika 15. Komplet uzoraka

3.3. Ispitivanje mehaničkih svojstava

U laboratoriju tvrtke Gumiimpex – GRP d.o.o. na uzorcima automobilskih pneumatika provedena su ispitivanja mehaničkih svojstava.

3.3.1. Ispitivanje tvrdoće

Tvrdoća se definira kao sposobnost čvrstog tijela da se odupire ulasku drugog tijela u svoju strukturu, pa se na tome bazira i mjerenje tvrdoće. Uređaj za mjerenje sadrži standardom propisanu iglu, koja se pod određenom silom pritišće u mjernu površinu predmeta. Mjeri se sila otpora koju predmet pruža ulasku igle, te uređaj rezultat prikazuje kao tvrdoću površine predmeta koji se mjeri.

Ispitivanje tvrdoće radi se na uređaju Gibitre Manual Digital Hardness Tester. Uređaj se može koristiti za izravno ručno testiranje ili u kombinaciji s potpornim postoljem. Kod ručne uporabe se na zaslonu pojavljuje kada je ispravna sila približavanja. Uređaj se pokreće automatski kada igla uređaja dođe u kontakt s uzorkom, a završava na kraju određenog vremena ispitivanja. Uređaj mjeri po skali Shore (ShA). Pohranjuje se do 20 vrijednosti, a izračunava se relativna srednja i standardna devijacija. Ispitivanje tvrdoće provodi se prema standardu DIN 53505.

Slika 16 . Gibitre Manual Digital Hardness Tester – uređaj za ispitivanje tvrdoće

3.3.2. Ispitivanje prekidne čvrstoće i istezanja

Ispitivanje prekidne čvrstoće i istezanja provodi se na kidalici Tensor Check Profile. Kidalica je u potpunosti programirana za testiranje zatezanja, ispitivanje mehaničkih karakteristika materijala, uključujući gumu, plastiku, kompozit, ljepilo, kožu i slično. Uređaj omogućuje provođenje ispitivanja vuče, kompresije, ljuštenja, savijanja i smicanja. Na uređaju su obavljana ispitivanja prekidne čvrstoće (N/mm^2) te prekidno istezanje (%). Oba ispitivanja provode se prema standardu DIN 53504.

Slika 17. Kidalica Tensor Check Profile

3.3.3. Ispitivanje otpornosti na trošenje (abraziju)

Ispitivanje otpornosti na trošenje (abraziju) provodi se na uređaju Gibitre Abrasion Tester. Test trošenja daje procjenu otpornosti na trošenje uzoraka izrađenih od vukanizirane gume, plastike, te ostalih različitih materijala. Obrada se vrši na standardnom uzorku, korištenjem certificiranog brusnog papira na rotirajućem bubnju sa standardnim ispitnim ciklusom. Test omogućuje mjerenje gubitka volumena cilindričnog uzorka debljine 6 mm i promjera 16 mm. Na početku mjerenja, uzorak je umetnut u stezaljku za zaključavanje. Tijekom mjerenja, uzorak se s određenom silom pritisne na rotirajući bubanj na kojem je brusni papir. Mjerenje je gotovo kada rotirajući bubanj prijeđe duljinu od 40 metara. Ispitivanje se provodi u skladu sa standardom DIN 53516.

Slika 18. Gibitre Abrasiometre A- uređaj za ispitivanje trošenja

3.3.4. Ispitivanje gustoće

Ispitivanje gustoće temelji se na mjerenju razlike mase uzorka u zraku i mase uzorka u tekućini točno specificirane gustoće. Ta razlika je posljedica različitih uzgona u različitim medijima. Ako su nam poznate gustoće tih medija lako se preračuna i gustoća uzorka. Specifičnost mjerenja je u tome što uzorak može biti bilo kojeg nepravilnog oblika.

Uređaj se sastoji od precizne vage, čaše s tekućinom za uranjanje uzorka i igle na kojoj visi uzorak. Uzorak se nabode na iglu koja se potom pomoću magnetnog držača pričvrsti na stalak i nakon toga uređaj automatski podiže čašu s tekućinom i vrši mjerenje gustoće.

Slika 19. Gibitre Density Check - uređaj za ispitivanje gustoće

3.3.5. Ispitivanje odbojne elastičnosti

Ispitivanje odbojne elastičnosti provodi se na uređaju Gibitre Rebound Check. Uređaj omogućuje utvrđivanje elastičnosti elastomera s tvrdoćom od 30 – 85 točaka po International Rubber Hardness Degrees, odnosno IRHD – u. Mjerenje se izvodi ovisno o kutu odboja čekića nakon udara, a uređaj automatski izračunava srednje i standardno odstupanje u pet testova.

Slika 20. Gibitre Rebound Check – uređaj za ispitivanje odbojne elastičnosti

3.3.6. Zaostala trajna deformacija (+70°C) i (-75°C)

Zaostala trajna deformacija je izrazito bitno svojstvo za elastomerne materijale, pogotovo za one koji se koriste kao sredstva za brtvljenje. U teoriji, 100% elastični materijal ima i 100% reverzibilnu deformaciju kada na njega prestane djelovati sila. U praksi, elastomerni materijali imaju i jedan dio plastične deformacije.

Mjerenje se provodi tako da se ispitna epruveta nakon mjerenja dimenzija, stisne u aparaturi u određenom postotku. Tako stisnuti uzorak se zajedno s aparaturom kondicionira na određenoj temperaturi / tlaku / mediju u zadanom vremenu. Nakon kondicioniranja, uzorak se izvadi iz aparature i relaksira se, te se ponovno mjere dimenzije. Zaostala trajna deformacija izražava se kao postotak deformacije koja je zaostala nakon relaksacije, odnosno onaj dio deformacije koji nije povratan do početnih dimenzija.

4. Analiza rezultata

Tablica 1. Podaci o uzorcima

Broj uzorka	Vrsta pneumatika	Proizvođač	Širina/Poprečni presjek/Konstrukcija/ Promjer kotača	DOT oznaka
1	Ljetni pneumatik	Michelin	225/45 R17	3416
2	Ljetni pneumatik	Sava	215/45 R17	1616
3	Zimski pneumatik	Sava	195/65 R15	2716
4	Cjelogodišnji pneumatik	Michelin	205/55 R16	4216

Ispitivanje tvrdoće

Tablica 2. Rezultati ispitivanja tvrdoće

	Tvrdoća // ISO 868			*Prosjek*
Uzorak 1	63,4	63,0	63,2	63,2
Uzorak 2	66,4	66,0	66,7	66,4
Uzorak 3	61,9	60,8	61,2	**61,3**
Uzorak 4	68,3	68,1	68,0	**68,1**

Prilikom ispitivanja tvrdoće pneumatika jasno je vidljivo da su ljetni/cjelogodišnji pneumatici nešto tvrđi od zimskog pneumatika. Konstrukcijski je to i očekivano, zimski pneumatici su zamišljeni tako da bolje funkcioniraju na nižim temperaturama, te su smjese od kojih se proizvode mekše.

Ispitivanje čvrstoće

Tablica 3. Rezultati ispitivanja čvrstoće

	Čvrstoća // DIN53504			*Prosjek*
Uzorak 1	22,1	22,9	22,4	**67,4**
Uzorak 2	20,1	20,9	21,2	62,2
Uzorak 3	19,9	20,3	21,3	61,5
Uzorak 4	19,1	18,8	19,0	**56,9**

Čvrstoća kao osnovno mehaničko svojstvo koje karakterizira kvalitetu gumene smjese je očekivano nešto viša u ljetnim pneumaticima nego u zimskim. Neočekivano je da cjelogodišnji pneumatik pokazuje najniže vrijednosti čvrstoće.

Ispitivanje prekidnog istezanja

Tablica 4. Rezultati ispitivanja prekidnog istezanja

	Istezanje // DIN53504			***Prosjek***
Uzorak 1	526	530	562	539,3333
Uzorak 2	500	499	502	**500,3333**
Uzorak 3	599	602	571	**590,6667**
Uzorak 4	520	499	531	516,6667

Prekidno istezanje mora se pratiti kao svojstvo vezano uz čvrstoću. Zimski pneumatik pokazuje najviše vrijednosti istezanja, dok ljetni pneumatik pokazuje najniže maksimalno istezanje.

Ispitivanje otpornosti na trošenje (abraziju)

Tablica 5. Rezultati ispitivanja trošenja (abrazije)

	Habanje // DIN53516			***Prosjek***
Uzorak 1	101	107	115	**107,6667**
Uzorak 2	120	121	114	118,3333
Uzorak 3	139	140	121	**133,3333**
Uzorak 4	115	110	121	115,3333

Vrijednosti trošenja su približno iste za sva četiri uzorka. Ljetni pneumatici pokazuju nešto bolje vrijednosti trošenja od zimskih i cjelogodišnjih pneumatika. Bolje vrijednosti su i očekivane, jer je trošenje funkcija i tvrdoće, koja je niža u zimskim pneumaticima.

Ispitivanje gustoće

Tablica 6. Rezultati ispitivanja gustoće

	Specifična težina // ISO 2781			***Prosjek***
Uzorak 1	1,21	1,22	1,21	1,213333
Uzorak 2	1,19	1,21	1,20	**1,2**
Uzorak 3	1,29	1,28	1,21	1,26
Uzorak 4	1,31	1,32	1,36	**1,33**

Gustoća je gotovo ista za prva tri uzorka, dok uzorak cjelogodišnjeg pneumatika pokazuje dosta veću gustoću. Veća gustoća upućuje na to da će i pneumatik biti znatno teži za isti konstruirani volumen.

Ispitivanje odbojne elastičnosti

Tablica 7. Rezultati ispitivanja odbojne elastičnosti

	Odbojna elastičnost //			*Prosjek*
Uzorak 1	32	33	35	33,33333
Uzorak 2	28	27	31	**28,66667**
Uzorak 3	35	37	35	**35,66667**
Uzorak 4	29	30	33	30,66667

Rezultati odbojne elastičnosti su ujednačeni kroz sve uzorke i nema većih odstupanja od očekivanih vrijednosti.

Ispitivanje zaostale trajne deformacije na 70°C

Tablica 8. Rezultati ispitivanja zaostale trajne deformacije na 70°C

	Compression set // ISO 815			*Prosjek*
Uzorak 1	19,2	18,9	19,9	19,33333
Uzorak 2	17,3	17,6	17,0	17,3
Uzorak 3	15,4	15,9	15,8	**15,7**
Uzorak 4	28,1	27,4	29,1	**28,2**

Ispitivanje zaostale trajne deformacije na -75°C

Tablica 9. Rezultati ispitivanja zaostale trajne deformacije na -75°C

	Compression set // ISO 815			*Prosjek*
Uzorak 1	45,1	49,3	48,1	47,5
Uzorak 2	52,1	52,3	54,1	**52,83333**
Uzorak 3	34,1	39,1	36,1	**36,43333**
Uzorak 4	47,7	46,1	50,1	47,96667

Velika odstupanja u rezultatima između uzorka zimskog i ljetnog pneumatika su očekivana. Zimski pneumatik pokazuje znatno bolje rezultate trajne deformacije, a posebno je to izraženo prilikom ispitivanja na niskoj temperaturi (-75°C).

Cjelogodišnji pneumatik pokazuje loš rezultat i na visokoj temperaturi i na niskoj.

5. Zaključak

Potrebno je napomenuti, prije donošenja bilo kakvih zaključaka, da nisu ispitivani novi nekorišteni pneumatici, nego pneumatici koji su došli do krajnje točke svog životnog vijeka. Pneumatici su izvoženi, istrošeni i dovezeni su u Gumiimpex – GRP d.o.o. na reciklažu. Dobiveni rezultati predstavljaju usporedbu četiri nasumično odabranih starih pneumatika, a nikako usporedbu novih pneumatika. Nemoguće je znati u kakvim je uvjetima pneumatik vožen, koliko je kilometara napravio koji od ispitivanih pneumatika i kako su ti kilometri utjecali na dobivene rezultate.

Jasno je vidljivo da zimski pneumatici pokazuju drugačija svojstva od ljetnih i cjelogodišnjih pneumatika. Teško je govoriti pokazuju li bolja ili lošija svojstva, primjerenije bi bilo reći da pokazuju svojstva primjerena zimskim uvjetima na cestama. Očekivano su zimski pneumatici konstruirani tako da gumena smjesa bude mekša, jer je tvrdoća funkcija temperature, i da bi pneumatik zadržao elastična svojstva i pri negativnim temperaturama smjesa mora biti mekanija. Kako je cjelogodišnji pneumatik zamišljen da dobro radi u svim uvjetima na cesti, očekuje se tvrdoća između zimskog i ljetnog pneumatika. Naprotiv tome, cjelogodišnji pneumatik je pokazao najveću tvrdoću (68 ShA) što je, iako je pneumatik najmlađi gledajući datum proizvodnje (DOT), vjerojatno posljedica težih uvjeta starenja prilikom eksploatacije pneumatika.

Čvrstoću i maksimalno istezanje pneumatika moramo pratiti kao dva vezana svojstva pneumatika koja nam direktno govore o kvaliteti gumene smjese. Također i otpornost na trošenje direktno zavisi od kvalitete pneumatika. Veće vrijednosti čvrstoće i istezanja znače i kvalitetniji pneumatik, dok manje vrijednosti trošenja znače pneumatik koji je otporniji na trošenje. Ljetni pneumatici često pokazuju bolja mehanička svojstva poput istezanja i čvrstoće, što je i logično jer se pred njih postavljaju veći dinamički zahtjevi poput jačeg ubrzanja i kočenja te većih brzina, dok ih se s druge strane ne opterećuje zahtjevima da moraju raditi na vrlo niskim temperaturama kao što to moraju zimski pneumatici.

Posebno su zanimljivi rezultati ispitivanja trajne deformacije na visokim i niskim temperaturama, jer nam to svojstvo direktno govori o primjerenosti pneumatika za korištenje na visokoj ili niskoj temperaturi. Ljetni pneumatici pokazuju dobru otpornost na zaostalu deformaciju pri visokim temperaturama (+70°C) dok se na niskoj temperaturi ne pokazuje kao najbolje rješenje. Zimski pneumatik pokazuje dobru otpornost na visokoj temperaturi, a

veoma dobru na niskoj temperaturi (-75°C). Cjelogodišnji pneumatik na ovom testu pokazuje loše rezultate otpornosti na zaostalu deformaciju i pri visokim i pri niskom temperaturama, što ćemo ipak pripisati starenju pneumatika.

Sveučilište
Sjever

SVEUČILIŠTE
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, MARIJA JOVAN *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/~~diplomskog~~ *(obrisati nepotrebno)* rada pod naslovom ISPITIVANJE MEHANIČKIH SVOJSTAVA GUME *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Marija Jovan
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, MARIJA JOVAN *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/~~diplomskog~~ *(obrisati nepotrebno)* rada pod naslovom ISPITIVANJE MEHANIČKIH SVOJSTAVA GUME *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Marija Jovan
(vlastoručni potpis)

Literatura

[1] Čatić, I.: *Uvod u proizvodnju polimernih tvorevina*, Društvo plastičara i gumaraca, Zagreb,1990.

[2] Pacheco, E. B. A. V., Visconte, L. L. Y., Furtado, C. R. G., Neto, J. R. A. *Recycling of rubber: Mechano-chemical Regeneration*

[3] Bilješke sa predavanja - kolegij Tehnička dokumentacija

[4] http://gumiimpex.hr/o-nama/povijest-tvrtke/, dostupno 17.01.2019.

[5] http://gumiimpex.hr/o-nama/, dostupno 17.01.2019.

[6]https://www.goodyear.eu/hr_hr/consumer/learn/how-tires-are-made.html#,dostupno 6.5.2019.

[7] https://hr.wikipedia.org/wiki/Automobilske_gume#Vrste_guma, dostupno 17.7.2019.

[8] http://www.edijelovi.hr/index.php/zanimljivosti/oznake-na-gumama/, dostupno 17.7.2019.

Popis tablica

Tablica 1. Podaci o uzorcima……..23
Tablica 2. Rezultati ispitivanja tvrdoće……...23
Tablica 3. Rezultati ispitivanja čvrstoće ……...…..23
Tablica 4. Rezultati ispitivanja prekidnog istezanja…….....24
Tablica 5. Rezultati ispitivanja habanja ……...…...24
Tablica 6. Rezultati ispitivanja gustoće…….....24
Tablica 7. Rezultati ispitivanja odbojne elastičnosti …….....25
Tablica 8. Rezultati ispitivanja zaostale trajne deformacije na 70°C ……....25
Tablica 9. Rezultati ispitivanja zaostale trajne deformacije na -75°C ……...25

Popis ilustracija

Slika 1. Kaučuk ……1
Slika 2. Prirodna smola ……1
Slika 3. Celuloza ……..1
Slika 4. Pogon Gumiimpex – GRP d.o.o u Trnovcu Bartolovečkom ……..4
Slika 5. Pogon Gumiimpex – GRP d.o.o u Varaždinu…….……....5
Slika 6. Oznaka Tubetype ……9
Slika 7. Zimska guma…….……10
Slika 8. Oznaka M+S na gumi …….....……...11
Slika 9. Guma za SUV vozilo ……....11
Slika 10. Oznaka Europske Unije za gume…….....12
Slika 11. Oznake na bočnom dijelu gume……...13
Slika 12. Ispitna epruveta ……...14
Slika 13. Dijagram naprezanje-istezanje za polimerne materijale ……15
Slika 14. „Water Jet“ uređaj ……...17
Slika 15. Komplet uzoraka …….…18
Slika 16. Gibtre Manual Digital Hardness Tester – uređaj za ispitivanje tvrdoće……..19
Slika 17. Kidalica Tensor Check Profile…….....20
Slika 18. Gibtre Abrasiometre A – uređaj za ispitivanje habanja……...21
Slika 19. Gibitre Density Check - uređaj za ispitivanje gustoće…….21
Slika 20. Gibtre Rebound Check – uređaj za ispitivanje odbojne elastičnosti……22

IZVORI ILUSTRACIJA

1. https://www.podovi.org/wp-content/uploads/2015/03/2015_br_26_931-mala-fotkica.jpg
2. http://dobarsavjet.info/wp-content/uploads/2014/06/smola-sa-drveta.jpg
3. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8d/Cotton.JPG/290px-Cotton.JPG
4. https://solvis.hr/wp-content/uploads/2019/03/3-13.jpg
5. http://gumiimpex.hr/web/wp-content/uploads/2013/07/Solarna_elektrana_-_Natpis_-_PhotobyGodar_converte-9.jpg
6. https://www.kupindo.com/Delovi/36195803_Spoljna-guma-za-motor-2-50-18
7. https://inch.hr/wp-content/uploads/2018/09/0645652_CONTINENTAL-205-55-R16-WINTERCONTACT-TS860-91T_600.jpg

8. https://storage.radiosarajevo.ba/image/342001/1180x732/zimske_gume.jpg
9. https://www.kemoimpex.com/upload/tires/43171.jpg
10. http://www.antenam.net/uploads/1/6/d/16d0cd6c32a37211e49fa6b441daae30.jpg
11. https://www.autopraonica-vulkanizer-extreme.com/wpcontent/uploads/2015/09/oznake_na_gumi.jpg
12. Izradila autorica
13. https://slideplayer.gr/slide/15664591/
14. https://www.indiamart.com/proddetail/water-jet-cutting-machine-12581638288.html
15. Izradila autorica
16. https://www.gibitre.it/page_sin.php?ProdottoN=DuroMa
17. https://www.gibitre.it/page_sin.php?ProdottoN=Dinamo
18. https://www.gibitre.it/page_sin.php?ProdottoN=Abrasi
19. https://www.gibitre.it/page_sin.php?ProdottoN=DensPc
20. https://www.gibitre.it/page_sin.php?ProdottoN=Reboun