

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet

Kompoziti polidimetilsiloksana

R. Ariati, F. Sales, A. Souza, R. A. Lima, J. Ribeiro. Polydimethylsiloxane Composites Characterization and Its Application: A Review, *Polymers* **2021**, *13*, 4258.

Izradila: Monica Vidotto

Kolegij: Kemijski seminar I

Studij: Poslijediplomski sveučilišni studij Kemije, smjer Fizikalna kemija

Svibanj 2022.

Sadržaj

1	UVOD.....	3
2	POLIDIMETILSILOKSAN (PDMS).....	4
3	KOMPOZITI POLIDIMETILSILOKSANA.....	6
3.1	Vlakna i nanovlakna kao ojačala za PDMS	6
3.2	Čestice kao aditivi PDMS-u	7
3.3	Vosak kao aditiv PDMS-u	8
3.4	Drugi polimeri kao aditivi PDMS-u.....	9
3.5	Drugi dodaci	10
4	ZAKLJUČAK	12
5	REFERENCE.....	12

1 UVOD

Polimeri su velika skupina materijala čija je primjena široka i koriste se u mnogim granama industrije. Sintetiziraju se tako što se manje molekule (monomeri) međusobno kemijski vežu, a ovisno o broju tih malih molekula i njihovim karakteristikama moguće dobiti materijale koji posjeduju različita svojstva. Prirodni polimeri ili biopolimeri su oni koji nastaju kao rezultat prirodnih procesa, a primjeri takvih polimera su polisaharidi i proteini. Sintetički polimeri nastaju u laboratorijima, a većina sirovina koje su potrebne za njihovu sintezu dolazi iz fosilnih goriva. Primjeri takvih polimera u poli(vinil-klorid), polietilen, prolipropilen i mnogi drugi [1].

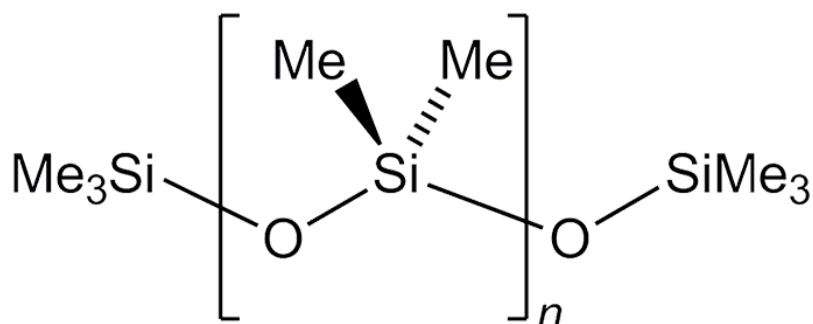
S obzirom na svojstva, polimeri se najčešće dijele na poliplaste i elastomere. Neki poliplasti će s porastom temperature postati mekši, i tada se moći oblikovati, ili će doći do njihove razgradnje. Ukoliko ne dođe do njihove razgradnje, ispod određene temperature T_c tvorit će staklaste mase, a može doći i do njihove kristalizacije [2].

S druge strane, elastomeri su umreženi polimeri i mogu se višestruko i reverzibilno deformirati. U uvjetima sobne temperature i atmosferskog tlaka oni će pokazivati svojstva čvrstog stanja uz neke karakteristike kapljevitog stanja kao što je to mogućnost promjene oblika kao posljedica utjecaja vanjske sile. Raspored lanaca u ovom slučaju nije više nasumičan, oni će se orijentirati u smjeru sile i postat će gotovo paralelni. Zbog prisutnosti točaka umreženja molekule neće samo preći jedna preko druge pri istezanju. Hlade li se, mogu djelomično kristalizirati, a zagriju li se neće se taliti na konvencionalan način zato što, kao u slučaju utjecaja vanjske sile deformacije, prisutne su točke umreženja koja neće dopustiti lancima da slobodno teku jedni preko drugih [2]. Tekstura takvih viskozni materijala je često gusta i ljepljiva, pa svoju primjenu nalaze kao komponente čiji se oblik vraća u početni nakon primijenjene sile deformacije, a to su gume, žilavi materijali i slični [1,2].

Polidimetilsiloksan (PDMS) je elastomer koji pripada grupi silikona, a silikoni su materijali koji duž glavnog lanca sadrže skupinu -O-Si-O-, a na silicijevim atomima će se najčešće pojavljivati organski supstituenti. PDMS je jedan od najrasprostranjenijih silikona, a neka od svojstava koja ga krasi su prozirnost, fleksibilnost, biokompatibilnost, kemijska i termička stabilnost, relativno niska cijena itd. Ove karakteristike mu omogućuju široku primjenu u proizvodima kao što su to sintetska vlakna, plastične vrećice, boje, leće, ljepila, medicinski uređaji i mnogi drugi. Ipak, njegova se mehanička svojstva, kao što je to relativno mali modul elastičnosti i čvrstoća, mogla poboljšati. Takvi nedostaci mogli bi se nadoknaditi nekim preinakama PDMS-a, kao što je to dodatak aditiva kojima bi se svojstva mogla dizajnirati ovisno o primjeni. Produkt ovakve preinake bit će kompozit polidimetilsiloksana. Aditivi koji se mogu dodati PDMS-u su raznovrsni i utjecat će na svojstva ovog silikona na različite načine, a u ovom seminaru će naglasak biti na aditivima kao što su to vlakna, čestice, voskovi i drugi polimeri [1].

2 POLIDIMETILSILOKSAN (PDMS)

Polidimetilsiloksan, ili skraćeno PDMS, je anorgansko-organski polimer iz grupe elastomera i, preciznije, pripada skupini silikona. Silikone karakterizira prisutnost siloksanske veze Si-O duž glavnog lanca. U slučaju PDMS-a, supstituenti na atomima silicija su metilne skupine, što je prikazano na **Slici 1**. Kemijska struktura PDMS-a može se izraziti i kao $\text{CH}_3[\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{-O}]_n\text{Si}(\text{CH}_3)_2$, gdje n predstavlja broj ponavljajućih jedinica. Prisutnost metilnih skupina duž svakog lanca ovog polimera kao poljedicu ima veliku hidrofobnost, a njegova je površinska napetost oko 20,4 mN/m. Nadalje, Si-O veze koje se pojavljuju duž cijelog lanca svake molekule PDMS-a su zaslužne za kemijsku i termičku postojanost ovog materijala [1].



Slika 1.: Strukturni prikaz molekule polidimetilsiloksana, preuzeto iz [3].

Prve sinteze ovog polimera su kao početni korak imale hidrolizu i kondenzacijsku reakciju diklorosilana, ali se ubrzo vidjelo da je kontrola nad konačnim molekulnim masama ograničena, pa su svojstva ovakvog produkta bila loša. Kako bi se uspostavila ta kontrola, ova je sinteza zamijenjena anionskom polimerizacijom heksametilciklotrisiloksana koja kao produkt daje polimer gotovo polidispergiranih duljina lanaca. Reakcije kojima se PDMS može umrežiti često uključuju fenilnu ili vinilnu skupinu i mogu u velikoj mjeri utjecati na primjenjivost ovog materijala [1].

Područje u kojem ovaj materijal ima ključnu ulogu je biomedicina s obzirom na njegovu biokompatibilnost i biostabilnost, što znači da PDMS ne uzrokuje neželjene učinke kada dođe u kontakt sa živim tkivima. Ipak, točni mehanizmi ove kompatibilnosti nisu još u potpunosti razjašnjeni. Za sada je samo poznato da su utjecaji proteina i vode ključni parametri koji se mogu povezati s fizičkim i kemijskim svojstvima kao što je to slobodna površinska energija, naboj na površini, krutost i vlaženje. Kod medicinske primjene materijala, bitna je i strukturna kompatibilnost, odnosno mehanička interakcija ugrađenog uređaja i okolnih tkiva. Loša kombinacija mehaničkih svojstava može uzrokovati upale ili dati nepredviđenu i krivu potporu tkivu [1].

Općenito, elastični modul čistog PDMS-a poprima vrijednosti u rasponu 1,32 MPa i 2,97 MPa i vlačnu čvrstoću od 3,51 MPa do 5,13 MPa. Ove vrijednosti u velikoj mjeri ovise o količini sredstva za stvrdnjavanje koje se dodalo materijalu, kao i o temperaturi i samom procesu u kojem je došlo do stvrdnjavanja. Vrijednosti koje su odraz vlačne čvrstoće rastu s porastom temperature do 125 °C, nakon čega dolazi do pada vlačne čvrstoće. Povećanjem količine sredstva za stvrdnjavanje dolazi i do smanjene fleksibilnosti PDMS-a, a time posljedično i smanjenje Youngovog modula. Tvrdooća je najčešće proporcionalna Youngovom modulu [1].

Osim što je optički proziran, relativno jeftin i što se na brz i jednostavan način može koristiti u izradi prototipova, čisti PDMS ima neka ograničenja. Na primjer, visoka hidrofobnost predstavlja problem kod punjenja mikrokanala i to zahtjeva dodatne modifikacije površine tretmanima kao što je to plazma. Drugi problem koji se javlja kod ovog materijala je permeabilnost, što znači da može ometati

processe u staničnim kulturama. Glavni nedostatak čistog PDMS-a je njegova ograničenost i specifičnost ako se primijeni kao komponenta neke strukture. Međutim, njegova se svojstva mogu promijeniti aditivima što može dati raznolike i zanimljive rezultate [1].

3 KOMPOZITI POLIDIMETILSILOKSANA

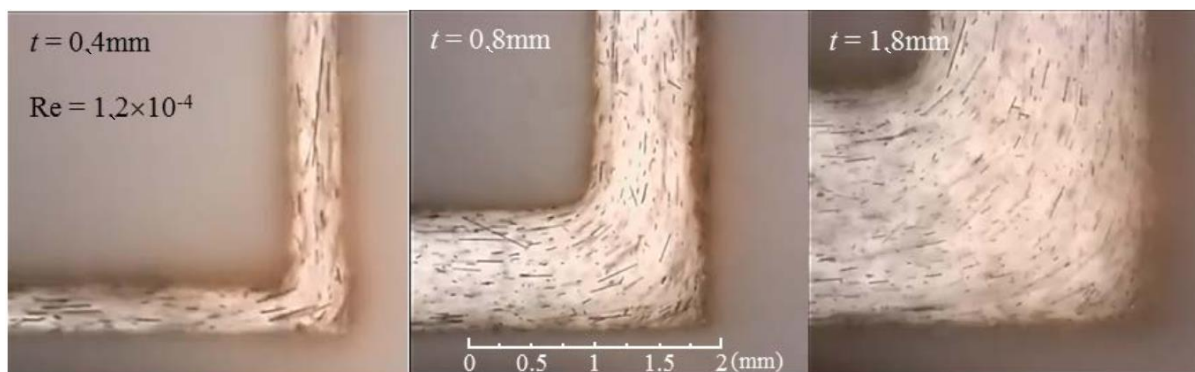
Iako se čisti elastomeri mogu značajno deformirati, punila i ojačala se često koriste kako bi se pripremili kompoziti čija su svojstva poput modula krutosti, žilavosti i vlačne čvrstoće i slično bolja s obzirom na ona čistog materijala. U ovom procesu su volumni udio punila, kao i njegove druge karakteristike poput oblika, veličine i disperzije u materijalu izuzetno važni faktori. Najbitniju ulogu u pripremi kompozita vjerojatno ima konačna interakcija između elastomera i punila koje će povećati stupanj umreženja. Ovo svojstvo se može optimizirati ukoliko su prisutne neke reaktivne skupine na površini punila, a čestice dovoljno male. Iz ovog je razloga većina ojačala koja se koriste kod ovakvih kompozita u obliku nanovlakana ili mikrovlakana i drugih čestica. Nadalje, osim aditiva mogu se dodati i agensi koji će pospješiti disperziju i vezanje komponenti u kompozitu. Takve su molekule bifunkcionalne, to jest kemijski spajaju aditiv i elastomer [1].

Kombinacije PDMS-a s drugim materijalima omogućuju optimizaciju njegovih svojstava, kao i širenje njegove primjene. U poglavljima koja slijede dan je uvid u neke od aditiva koja se koriste u poboljšanju karakteristika PDMS-a.

3.1 Vlakna i nanovlakna kao ojačala za PDMS

Kompoziti ojačani vlaknima jedni su od materijala najšire primjene u različitim granama inženjerstva. Iako se vlakna najčešće koriste kao ojačala matrica poliuretana ili epoksidnih smola, njihova se primjena u elastomerima ne može zanemariti, a primjer takve primjene su fleksibilne komponente i površine zrakoplova. Slično, karbonska punila se koriste u biomedicini kao alternativa metalnim uređajima zato što posjeduju mnoge prednosti kao što su to radiolucijencija (propusnost na rendgensko zračenje) i izvrsna mehanička svojstva. Kompoziti PDMS-a koji sadrže vlakna kao punila ili ojačala nisu još u potpunosti istraženi. Ono što predstavlja problem je distribucija vlakana u materijalu zato što će postojati područja u kojima se stvaraju aglomerati vlakana, a druga će ostati prazna, to jest materijal neće biti homogen. To će se naravno odraziti i na mehanička svojstva koja također neće biti homogena kroz pripremljeni materijal. Pokazalo se da se mehanička i termička svojstva PDMS-a mogu poboljšati ukoliko se materijal pripremi na način da je matrica grafenska pjena s PDMS-om, a materijal se ojača karbonskim vlaknima. Rezultat ovakve pripreme su osjetna poboljšavanja mehaničkih svojstava. Određene kombinacije PDMS-a s karbonskim vlaknima mogle bi se koristiti u proizvodnji fleksibilnih ekrana, baterija, ali i senzora osjetljivih na dodir. Dodatkom karbonskih vlakana može se postići povećanje električne provodnosti za čak 14 redova veličine [1].

Ojačala u PDMS-u će imati pozitivan utjecaj na mehanička svojstva, ali najčešće neće doći do pogoršanja optičkih svojstava. Na primjer, dodatkom vlakana silicijevog oksida u volumnom udjelu od 1 %, doći će do povećanja vlačnog modula, čvrstoće i najvećeg istezanja. Optička svojstva elastomera mogu se dalje istraživati kako bi se odredila orijentacija vlakana u procesima kao što je to injekcijsko lijevanje. Na taj način se protok vlakana u procesu može vizualizirati i predvidjeti iz kojih će se početnih uvjeta najbolje konačno pozicionirati. Primjer takvog istraživanja je rad Oha i suradnika koji su pratili protok injektiranog PDMS-a koji sadrži karbonska vlakna u kanalima različitih promjera i to kroz dijelove gdje je kanal ravan, ali i tamo gdje je on koljenast, što je prikazano na **Slici 2** [4].



Slika 2.: Poravnavanje karbonskih vlakana u polidimetilsiloksanu u strujanju kroz koljenasti kanal od 90°, gdje su širine kanala $t = 0,4$ mm, $0,8$ mm i $1,8$ mm. Re je Reynoldsov broj i jednak je za tri kanala. Slika je preuzeta iz [4].

Oh i suradnici su uočili da će većina vlakana pratiti smjer strujanja. U slučaju ravnog kanala, manji broj vlakana koja se nalaze u središtu su nasumično orijentirana, a ona koja se nalaze uz stijenku prate njezin oblik. U koljenima kanala, gibanja vlakana u konveksnom i konkavnom kutu se razlikuju. Predložena tehnika vizualizacije protoka može se primijeniti kako bi se daljnje istražila i razumijela anizotropna fizička svojstva polimernog kompozita koji sadrži vlakna [4].

Postizanje preciznog dizajna kompozita omogućuje kompatibilnost s kompliciranim materijalima kao što su to živa tkiva. Moguće je pripremiti kompozit koji će imati gotovo isti modul elastičnosti pri savijanju kao ljudska kost (14-20 GPa), a on se priprema kombinacijom aromatskih poliamida, PDMS-a, hidroksiapatita i trikalcij-fosfata. S obzirom na mehanička svojstva, ovaj bi materijal mogao biti dobar za zahvate kostiju [1].

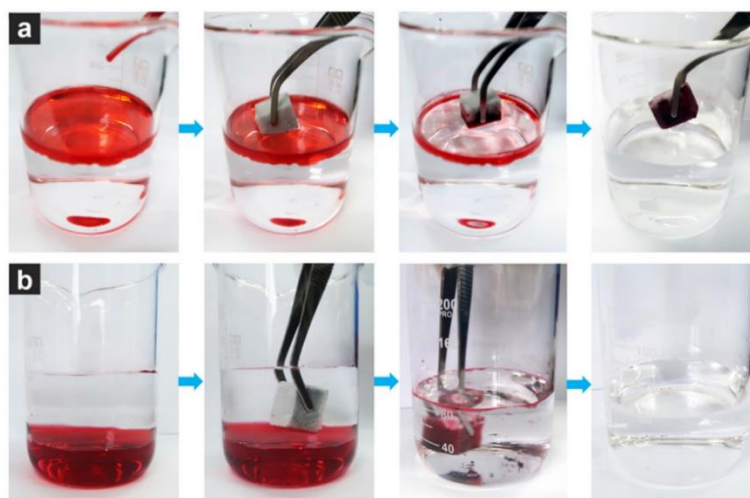
Različiti tipovi vlakana se mogu ugraditi u matricu PDMS-a, a bitno je spomenuti još neke. Dodatkom $K_{0,485}Na_{0,485}Li_{0,03}NbO_3$ (KNLN) dobiva se materijal koji bi mogao zamijeniti piezoelektrične keramike zato što ne sadrži olovo, što ga čini *zelenijim*, i njegova su mehanička svojstva bolja. Što se tiče fleksibilnih elektroničkih komponenti, najlonska vlakna su se pokazala kao dobro ojačalo PDMS-a i povećala čvrstoću za 7 puta [1].

3.2 Čestice kao aditivi PDMS-u

Čestice su još jedni od korištenijih aditiva PDMS-u. Riječ je o nanokompozitima ako su čestice veličina koje su manje od 100 nm, a ako su njihove dimenzije reda veličine mikrometra, govorimo o mikrokompozitima. Primjeri čestica koje se koriste su SiO_2 i TiO_2 , ali i neke metalne čestice magnetskih svojstava koje se mogu koristiti za defleksije magnetskih polja ili kod manipulacije kapi u kemijskim i biološkim laboratorijima. Neke od čestica koje se mogu dodati PDMS-u su ugljikove nanocjevčice, neki silikati i grafen. Ovakvi materijali se istražuju zato što su pokazali efikasnost u apsorpciji određenih kapljevina iz otpadnih voda, a svojstvo koje im to omogućuje je njihova poroznost, visoka hidrofobnost (kontaktni kut je često veći od 150 °) i netoksičnost. Tako pripremljeni uzorci se mogu koristiti više puta zato što se mogu stisnuti, a da ne dođe do njihove trajne deformacije. U svim slučajevima vrijedi da su poroznost i apsorpcija vode obrnuto proporcionalni veličini čestica, ali se veće čestice bolje vežu za PDMS, što treba držati na umu kod pripreme ovakvih uzoraka kako bi se veličina čestica optimizirala [1].

Zhai i suradnici su pripremili spužve (engl. *sponges*) PDMS-a u čiju su matricu ugrađene nanočestice SiO_2 i mikročestice WS_2 i namijenjeni su za primjenu u uklanjanju ulja iz vode. Te su spužve prikazane

na **Slici 3** i to za dva slučaja: n-heksan je model ulja koje pluta na vodi, dok je kloroform model ulja koje je veće gustoće od vode [5].



Slika 3.: PDMS/SiO₂/WS₂ spužva koja bi se koristila u separaciji ulja i vode a) n-heksan u crvenoj boji je model ulja koje pliva na vodi, a b) kloroform u crvenoj boji je model ulja čija je gustoća manja od gustoće vode. Slika je preuzeta iz [5].

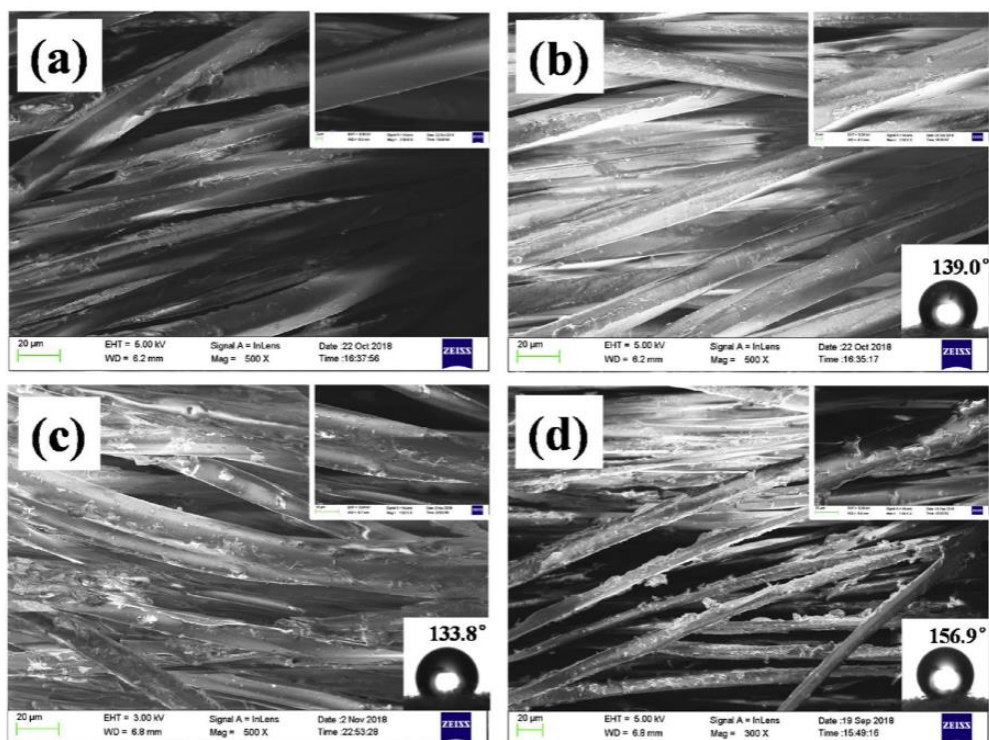
Ova je grupa odredila da ovakve spužve mogu adsorbirati količinu ulja koja je 21-112 puta veća od njihove mase, a efikasnost separacije dviju faza u modelnim otopinama je dosegla vrijednost od čak 99,85 % [5].

3.3 Vosak kao aditiv PDMS-u

Voskovi koji se koriste kao aditiv PDMS-u utječu na njegova svojstva tako što poboljšaju u prvom redu hidrofobnost, ali i termička i optička svojstva, pa ovim materijali mogu pronaći svoju primjenu kao superhidrofobni premazi, ali i kao komponente senzora. Na primjer, PDMS se može funkcionalizirati parafinom, a pripremljeni materijal će biti fleksibilan, a što je veći udjel parafina to će osjetljivost ovog materijala na promjenu temperature biti veća. Osjetljivost se manifestira kao promjena u prozirnosti materijala uzrokovana taljenjem parafina, a ovo se svojstvo može koristiti kao vizualno upozorenje porasta temperature. Moguća primjena ovakvog kompozita je u premazima za stakla čija će se prozirnost mijenjati ovisno o temperaturi. Drugi premaz koj se dobiva dodavanjem pčelinjeg voska i ugljikovih nanocjevčica PDMS-u mogao bi pronaći primjenu u uređajima za fototermalnu konverziju zbog izvrsne apsorpcije Sunčevog zračenja. Prednosti ovog premaza, osim hidrofobnosti, su održavanje koje je olakšano zbog hidrofobnosti materijala i relativno niska cijena, kao i jednostavna priprema. Nadalje, kompozit karnauba voska i PDMS-a pokazao se kao materijal s velikom perspektivom u biomedicini: idealan je za primjenu u sustavima u kojima se separiraju krv i njezine komponente, ali i kao premaz za kute koje nosi medicinsko osoblje zato što bi olakšalo njihovo pranje i održavanje [1].

Zhao i suradnici su pripremili kompozit parafinskog voska i PDMS-a i pručili potencijal njegove primjene kao dodatak poliesterskom tekstilu. Hidrofobnost materijala su prije svega usporedili s netretiranim poliesterskim tekstilom, a zatim i poliesterskim tekstilom koji je funkcionaliziran posebno samo parafinskim voskom i samo PDMS-om, a zatim s oba materijala. Kao što je prikazano na **Slici 4**, promjene u tim uzorcima vidljive su već i na slikama dobivene elektronskim mikroskopom i mjerenjem kontaktnih kutova između tih materijala i kapi vode. Iz slike se vide različitosti u površini materijala, a vrijednosti kontaktnih kutova govore o njegovom povećanju, a time i povećanju hidrofobnosti. Netretirani uzorak nije hidrofoban, postaje hidrofoban funkcionalizacijom parafinskim voskom ili

PDMS-m, ali najhidrofobniji od ispitanih uzoraka je upravo onaj kojem su dodani i parafinski vosak i PDMS. Uzorci su dodatno karakterizirani mikroskopijom atomskih sila, infracrvenom spektroskopijom i elektronskom spektroskopijom [6].



Slika 4.: Slike dobivene elektronskim mikroskopom (uvećane 500 puta) a) netretiranog poliesterskog tekstila, b) poliesterskog tekstila s dodatkom parafinskog voska, c) s dodatkom PDMS-a i d) s dodatkom parafinskog voska i PDMS-a. Slike prikazuju i pripadajuće kutove. Slika je preuzeta iz [6].

Poliesterski tekstil kojem su dodana oba spoja je dalje analiziran. Pokazalo se da ima dobru otpornost na mehaničku i kemijsku koroziju, lako se čisti i mogao bi se koristiti za selektivno odvajanje komponenti iz sustava ulje-voda, a ostaje postojan čak i nakon tjedan dana u vodi. Ispitana je i njegova apsorpcija ulja od kikirikija, cikloheksana, n-cikloheksana, dizela i sirove nafte i u svakom je slučaju apsorpcija bila iznad 80 %, a za neke od navedenih spojeva i preko 90 % [6].

3.4 Drugi polimeri kao aditivi PDMS-u

Istraživanje materijala koji su ekološki prihvatljiviji i koji bi se koristili kao membrane za odvajanje određenih plinova iz zraka postaje sve atraktivnije, a fokusi takvih ispitivanja su niska cijena i primijenjivost u određenoj grani industrije. Takve membrane su često napravljene od kompozita elastomera i plastomera, na primjer PDMS-a i poli(vinil klorid-ko-vinilacetata) koji se pokazao učinkovitim u separaciji plinova CO₂, CH₄ i N₂ na različitim temperaturama, s trendom pogoršanja tih svojstava s porastom temperature. Postoje i druge membrane koje sadrže PDMS i koje su se pokazale vrlo efikasnim u uklanjanju hlapljivih organskih spojeva iz otpadnih voda. Kao i većina kompozita PDMS-a, i ovi su u velikoj većini slučajeva hidrofobni [1].

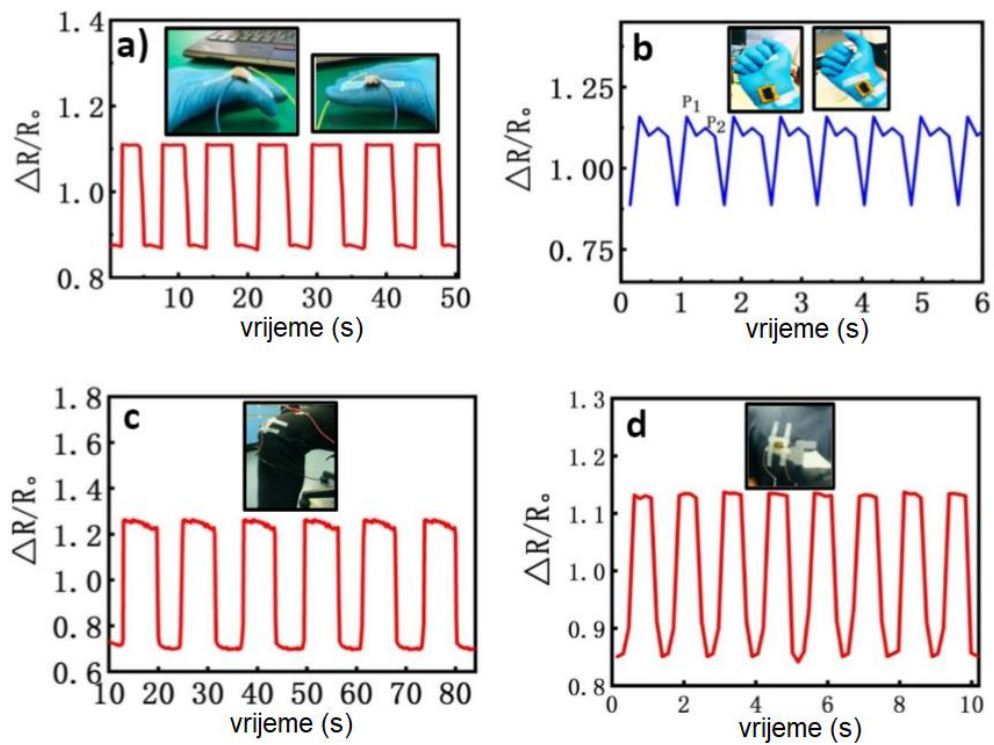
PDMS je biokompatibilni, netoksični, prozirni materijal dobrih termičih i mehaničkih svojstava što mu otvara mnoge mogućnosti u različitim područjima biomedicine, a jedna od potencijalnih primjena je u intraokularnim lećama nakon operacije katarakte. Riehle i suradnici su se bavili problemom odabira prikladne molekularne mase PDMS-a koju treba dodati polisiloksan-ureja (PSU) elastomerima kako bi

najbolje imitirale ljudsku leću. Parametri koje je trebalo provjeriti i optimizirati su mehanička svojstva, prozirnost i provjeriti ako je konačni materijal citotoksičan. Pokazalo se kako je transmitivnost PSU elastomera za valnu duljinu od 750 nm veća od 90 % i spektri tog materijala su se mogli usporediti s onima komercijalno dostupnih interokularnih leća u rasponu valnih duljina od 500 nm do 750 nm. Vidjeli su da uzorci postaju značajno manje prozirni ako je molekularna masa PDMS-a iznad 18000 g mol⁻¹ zato što se meki i tvrđi segmenti sve teže miješaju. Optimalni raspon molekularnih masa PDMS-a u opisanom materijalu od 15000 do 18000 g mol⁻¹ daje najbolja mehanička svojstva, njegov indeks loma pri temperaturi od 37 °C iznosi 1,4346 što je usporedivo s indeksom loma leće ljudskog oka koji iznosi 1,433. Osim toga, ispostavilo se da ovako proizvedene leće nisu citotoksične i cilijalni mišić ljudskog oka bi ju mogao deformirati [7].

3.5 Drugi dodaci

Ostali dodaci se ne uklapaju u prethodna poglavlja zato što najčešće nisu kemijski vezani za PDMS, već mehanički. Na primjer, pripremljena je mješavina poli(etilen glikola) (PEG) i PDMS-a tako što su mehanički pomiješani. Što je više PEG-a bilo u mješavini, to je Youngov modul bio manji. Slično, grafen je umetnut u spužvu PDMS-a čime je postignuta bolja hidrofobnost uzorka brzom i jednostavnom metodom. Drugi materijali koji su se dodavali na sličan način PDMS-u su kolesterični tekući kristali, grafenov oksid i drugi. [1]

Fleksibilni senzori se primjenjuju u raznim područjima tehnike i u različite svrhe. Takvi senzori se koriste u medicini, na primjer, kao umjetna koža. U radu Al-Handarish i suradnika, predložena je jednostavna, isplativa metoda za izradu piezorezistivnih senzora osjetljivih na dodir, čiji je ključni dio dielektrični sloj. Predloženi senzor je dizajniran s jednostavnim "potapanjem" PDMS-a u homogenu sinergijsku vodljivu mrežu čađe i ugljikovih nanocjevčica. Dobiveni senzor je elastičan i ima izvrsna električna svojstva pri kompresiji. Osjetljivost ovog senzora dosegla je 15 kPa⁻¹ s dobrim vremenom odziva od 100 ms, a materijal je ostao mehanički postojan i nakon 1000 ciklusa deformacije. Ovakav je materijal temelj za praćenje ljudskih fizioloških signala kao što su to otkucaji srca, puls, savijanje koljena i disanje, što je prikazano na **Slici 5** gdje je odziv senzora u vremenu prikaz kao relativni otpor.



Slika 5.: Senzor osjetljiv na dodir koji detektira četiri različita signala: a) otkucaji srca se određuju postavljanjem senzora na prst, b) detekcija pulsa na zapešću, c) detekcija savijanja koljena i d) detekcija ritma disanja. Slika preuzeta iz [8].

4 ZAKLJUČAK

Polidimetilsiloksan (PDMS) je materijal koji posljednjih godina privlači posebnu pažnju znanstvenika, a raspon njegove primjene je širi iz godine u godinu. Taj rast je odraz velikog broja radova i istraživanja koja su posvećena ne samo PDMS-u već i njegovim kompozitima koji mu dodatno šire spektar svojstava i primjena. Ovaj seminar posvećuje pažnju aditivima i dodatnim svojstvima koja oni daju PDMS-u, od kojih valja izdvojiti mehanička, električna i optička svojstva čime se otvaraju nove mogućnosti i primjene ovog materijala. Predviđa se da će se istraživanja već dokazano dobrih aditiva s ciljem usavršavanja takvih kompozita nastaviti, ali će doći i do pripreme sasvim novih kombinacija PDMS-a i drugih materijala, što je u osjetnoj mjeri olakšano njegovom relativno niskom cijenom.

5 REFERENCE

- [1] Ariati R., Sales F., Souza A., Lima R. A., Ribeiro J. Polydimethylsiloxane Composites Characterization and Its Application: A Review, *Polymers* **2021**, 13, 4258.
- [2] Janović, Z. Polimerizacije i polimeri, 1997., Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa, Hrvatska.
- [3]<https://www.acs.org/content/acs/en/molecule-of-the-week/archive/p/polydimethylsiloxane.html> (9.5.2022.)
- [4] Oh D. W., Park J. Y. Simulation of Fiber Alignment during the Injection Molding Process by Using Short Carbon Fiber and Pdms Mixture; Department of Mechanical Engineering, Chosun University, International Committee on Composite Materials: Gwangju, Korea, 2017.
- [5] Zhai G., Qi L., He W., Dai J., Xu Y., Zheng Y., Huang J., Sun D. Durable super-hydrophobic PDMS@SiO₂@WS₂ sponge for efficient oil/water separation in complex marine environment. *Environ. Pollut.* **2021**, 161, 493-502.
- [6] Zhao Y., Liu E., Fan J., Chen B., Hu X., He Y., He C. Superhydrophobic PDMS/wax coated polyester textiles with self-healing ability via inlaying method. *Prog. Org. Coat.* **2019**, 132, 100-107.
- [7] Riehle N., Thude S., Götz T., Kandelbauer A., Thanos S. Tovar G.E., Lorenz G. Influence of PDMS molecular weight on transparency and mechanical properties of soft polysiloxane-urea-elastomers for intraocular lens application. *Eur. Polym. J.* **2018**, 101, 190-201.
- [8] Al-Handarish Y., Omisore O. M., Duan W., Chen J., Zebang L., Akinyemi T., Du W., Li H., Wang L. Fabrication of 3D Porous Sponges Coated with Synergistic Carbon Black/Multiwalled Carbon Nanotubes for Tactile Sensing Applications. *Nanomaterials* **2020**, 10, 1941.