

Primjena pletenih tekstilnih proizvoda u medicini

Prof.dr.sc. **Branislava Lazić**, dipl.ing.

Prof.dr.sc. **Biljana Popović**, dipl.ing.

Visoka tekstilna strukovna škola za dizajn, tehnologiju i menadžment

Beograd, Republika Srbija

e-mail: branislavalazicballa@gmail.com

Prispjelo 4.3.2015.

UDK 677.075:615.4

Stručni rad

Pleteni tekstilni proizvodi, različitih struktura i svojstava, sve više nalaze primjenu u svim područjima medicine - kao neimplantirajući proizvodi, implantirajući proizvodi, izvan tjelesna oprema i proizvodi za zdravstvenu zaštitu i higijenu. Posebna funkcionalna svojstva za određene namjene postižu se odgovarajućom obradom pletiva, ili njihovom ugradnjom u kompozitne materijale. Koriste se oba osnovna tipa pletiva, osnovina i kulirna, u ovisnosti o njihovim svojstvima i primjenjivosti za određene namjene. Posebno su važne pletene mreže, pletiva s prostorno orijentiranim ponašanjem, prostorno oblikovani (trodimenzionalni - 3D) pleteni proizvodi, sendvič strukture i pletiva za integraciju - bešavni pleteni proizvodi izrađeni u jednoj cjelini u obliku gotovom za određenu namjenu. Takve strukture ne treba iskrojivati i šivati što značajno ubrzava proizvodnju i čini je prikladnom za dobivanje kompleksnih oblika koji su vrlo udobni. Pletiva su prikladna za izradu „pametne“ odjeće - za inkorporiranje lake senzorske opreme, koja omogućava konstantan monitoring medicinskih i mikroklimatskih informacija bitnih za nosioca.

Ključne riječi: pletiva, pletene strukture, medicinski tekstil

1. Uvod

Tehnički tekstil obuhvaća različite vrste proizvoda koji se izrađuju od tekstilnih vlakana, a primjenjuju se za tzv. netekstilne, odnosno tehničke svrhe. Od konvencionalnog tekstila razlikuje se i po tome što su za ovu vrstu tekstilnih proizvoda od primarnog značenja tehničke performanse i funkcionalna svojstva, a ne estetske ili dekorativne karakteristike.

Prema namjeni, svrstava se u dvanaest skupina, pri čemu se isti proizvod može naći u više skupina, ovisno o performansama, odnosno funkcionalnim svojstvima i namjeni. Jednu od skupina predstavlja i medicinski tekstil (*Medtech*) koji je, zahvaljujući zapanjujućem tehnološkom razvoju,

postao nezamjenjiv u mnogim područjima medicine i danas se sve više primjenjuje u zaštiti zdravlja i higijeni. U području medicine, tehnički tekstil se primjenjuje ne samo u dodiru s kožom, već i unutar ljudskog tkiva, za mnoge značajne funkcije u tijelu u obliku implantata. U području medicine i higijene, tehnički tekstil nudi izuzetnu zaštitu, udobnost, ugodnost i uštede [1, 2].

Tehnički tekstil za medicinske i higijenske namjene je visokospecijaliziran i biokompatibilan. Zahtjevi svojstava takvih materijala ovise o njihovoj namjeni. Neke primjene zahtijevaju zaštitnu funkciju, odnosno čvrstoću, druge visoku apsorptivnost, nepropustnost itd. Specijalne

antimikrobne obrade, odnosno svojstva sprječavanja rasta i razvoja mikroorganizama su najvažnije svojstvo ovih tekstilnih materijala. Mnogi medicinski proizvodi su za jednokratnu upotrebu, i najčešće se izrađuju od netkanih materijala i na globalnom tržištu sve više potiskuju tekstilne proizvode za višekratnu upotrebu.

Međutim, zbog svojih svojstava (elastičnosti, istezljivosti, voluminoznosti, mekoće i dr.), pletiva i pleteni proizvodi, dobiveni primjenom tehnologija pletenja i različitih obrada sa svrhom postizanja odgovarajućih funkcionalnih svojstava, imaju veliko značenje u svakom od područja tehničkog, posebno medicinskog tekstil-

la, a njihovo značenje sve se više povećava [3].

2. Vrste tekstilnih materijala za primjenu u medicini

Za izradu suvremenog tehničkog tekstila upotrebljavaju se gotovo sve vrste tekstilnih vlakana, a posebno su značajne specijalne vrste vlakana, ciljano razvijene za različite specijalne namjene. Većina tehničkog tekstila, izrađena je od nekonvencionalnih materijala, koji su obično izrađena od sintetskih vlakana odnosno umjetnih, a u mnogim slučajevima razvijeni su specijalni tipovi vlakana za specifične primjene. Metalna vlakna, sama ili s drugim vlaknima, također se koriste u nekim pletivima za tehničke namjene. Međutim i tradicionalni materijali, uključujući prirodna vlakna, imaju važnu ulogu u području medicinskog tekstila.

Različiti oblici medicinskog tekstila proizvode se od različitih vrsta vlakana. Opseg dostupnih vlakana i opseg tekstilnih plošnih proizvoda ili 3D oblika koji se od njih proizvode pruža velike mogućnosti za primjenu u medicini, zaštiti zdravlja i higijeni. Vrsta izabranog tekstila utječe na način prerade kako bi se dobio specifičan set medicinskih ili zdravstvenih primjena. Primijenjeni materijali mogu biti u obliku monofilamentnih, multifilamentnih pređa, tkanina, pletiva, netkanog tekstila i raznih kompozitnih struktura [4, 5].

2.1. Tekstilna vlakna koja se upotrebljavaju u medicini

U medicinske svrhe upotrebljavaju se i prirodna i umjetna vlakna, koja mogu biti biorazgradljiva ili nisu biorazgradljiva (tab.1). Moraju zadovoljavati određene zahtjeve koji ovise o njihovoj namjeni, npr. fleksibilnost, mekoća, apsorptivnost, biorazgradljivost ili kombinacija ovih svojstava [6, 7]. Uz to, vlakna moraju biti netoksična, nealergijska, nekancerogena i trebaju imati mogućnost steriliziranja bez oštećenja, a za određenu primjenu i biokompatibilna, što prije svega

znači da su biološki odgovarajuća te da ne izazivaju negativne reakcije tkiva. Na biološku reakciju se može utjecati u prvom redu površinskim svojstvima tekstila, koja se postižu odgovarajućim materijalima i njihovim obradama.

U ovom području značajnu skupinu čine resorptivna tekstilna vlakna/materijali, posebno razvijeni da zadržavaju svoja mehanička svojstva tijekom specificiranog vremena. Projektiraju se tako da funkcioniraju u zadanom vremenskom razdoblju, nakon kojeg podliježu degradaciji, odnosno razgradnji. Mnoga biomedicinska vlakna sadrže aditive (antimikrobne tvari i lijekove) specifično inkorporirane za određeno djelovanje.

2.2. Tekstilne stukture za biomedicinske primjene

Mnogi različiti tipovi struktura i oblika tekstilnih površina mogu se primijeniti u medicinske svrhe. Struktura utječe na poroznost tekstilne površine, njenu dimenzijsku stabilnost, čvrstoću u određenim smjerovima i mogućnost oblikovanja u različite trodimenzionalne proizvode. Tako se tkanjem proizvode vaskularni implantati (umjetne krvne žile), od tkanih struktura izrađuju flasteri, zavoji, potpore tkiva, kirurška odjeća, bol-

nička posteljina i uniforme. Od pletiva odnosno pletenjem se izrađuju također vaskularni implantati, stentovi, umjetne tetive i ligamenti, komprese, kirurške čarape, a od netkanih tekstilnih materijala: pelene, sanitarna odjeća, zavoji, kirurška odjeća. Za kirurške konce, umjetne ligamente upotrebljavaju se monofilamenti i multifilantne pređe te upletene strukture, a tehnikom vezenja izrađuju se materijali za implantaciju i podloge za obnovu tkiva.

3. Područja primjene tekstila u medicini

Primjena tekstila u medicini nije novost, ali ima tendenciju stalnog povećanja. Zavoji, posebno pamučni zavoji, upotrebljavani su stotinama godina, a s proizvodnjom umjetnih vlakana povećava se primjena tekstila u medicinskoj opremi i sve više se širi.

Tekstilni materijali i proizvodi pogodni su za medicinske i higijenske primjene za koje se zahtijeva kombinacija čvrstoće i fleksibilnosti, a često i propusnosti vlage i zraka, dok se dodatni zahtjevi za određenim funkcionalnim svojstvima postižu odgovarajućim obradama (antimikrobna, antiseptička obrada itd.). Primjena je

Tab.1 Tekstilna vlakna koja se upotrebljavaju u medicini

Tekstilno vlakno	Medicinska primjena
Poliamid (PA)	Zavoji za rane, komprese, kirurški konci, kirurške čarape
Poliester (PET)	Ortopedski zavoji, umjetni bubrezi, kirurški konci, umjetne tetive i ligamenti, kardiovaskularni implantati
Polipropilen (PP)	Ortopedski zavoji, hirurški konci, mehanička pluća
Polietilen (PE)	Zavoji za rane, umjetne tetive i ligamenti, ortopetski implantati
Politetrafluoretilen (PTFE)	Kirurški konci, vaskularni umetci (presadi)
Pamuk (Co)	Zavoji za rane, zavoji
Svila	Zavoji za rane, kirurški konci, umjetne tetive i ligamenti
Kolagen	Kirurški konci, implantati rožnjače
Hitin/hitozan	Njega i liječenje rana, umjetna koža
Alginat (ALG)	Liječenje rana
Ugljikovo (C)	Ortopetske namjene
Viskoza (CV)	Zavoji za rane, zavoji, umjetni bubrezi i jetra

široka i raznovrsna, od kirurških konaca do kompleksnih kompozitnih struktura za umjetne kosti, ili od jednostavnih materijala za brisanje do naprednih barijernih materijala koji se upotrebljavaju u operacijskim salama. Ovi materijali mogu se svrstati u četiri kategorije (tab.2), odnosno u četiri područja specificirana prema primjeni, a u okviru svakog od njih mogu se naći nove skupine primjena, ovisno o svojstvima upotrijebljenih vlakana i provedenim obradama [2, 8].

3.1. Neimplantirajući pleteni tekstilni proizvodi

Neimplantirajući materijali se upotrebljavaju u eksternim primjenama, pri čemu mogu biti u kontaktu s kožom ili ne. Ovi materijali moraju biti: nealergijski, antikancerogeni, antibakterijski, biokompatibilni, propusni za zrak, netoksični, dobrih sorpcijskih svojstava za tekućine, visokih svojstava kapilarnosti i hidroskopnosti (transporta vlage) i pogodni za sterilizaciju.

Postoje mnoge primjene u kojima pletene strukture osiguravaju bolje vrijednosti i performanse u odnosu na druge strukture (sl.1). Različite vrste zavoja (neelastični ili elastični), kirurških čarapa, određeni dijelovi ortopedске opreme (kao što su potpore za



Sl.1 Neimplantirajući pleteni tekstilni proizvodi [40]

Tab.2 Područja primjene tekstilnih materijala u medicini

Proizvodi – područje	Primjena - materijali
Neimplantirajući proizvodi	Materijali za njegu rana, razne vrste zavoja, gaza, flaster, kompresivna odjeća, potpora za kralježnicu, protetičke čarape itd.
Implantirajući proizvodi	Kirurški konac (biorazgradljivi i bionerazgradljivi), umjetne tetive i ligamenti, meki porozni implantati - umjetna hrskavica, vlaknasto tkivo, umjetna koža, mreže za zatvaranje hernije, ortopedski implantati - potpora skeleta, kardiovaskularni implantati, srčani zalisci itd.
Izvantjelesna oprema	Umjetni bubrezi (dijalizatori), mehanička pluća i umjetna jetra
Proizvodi za zdravstvenu zaštitu i higijenu	Posteljina i zavjese, madraci, odjeća, kirurška odjeća, filtri, maske za lice, salvete, zavoji, zaštitni materijali, tupferi za jednokratnu upotrebu, zubni konac, sanitarna odjeća i drugi proizvodi za higijenu - salvete, maramice, ulošci, pelene za djecu i odrasle itd.

koljena, zglobove i laktove te lumbalna potpora) izrađeni su od materijala izrađenih primjenom tehnologije pletenja. Značajan razvoj zamijećen je kod pletiva sa sadržajem metalnih vlakana za proizvodnju „pametnog“ tekstila ili odjeće za zaštitu od elektromagnetskog zračenja, kao i drugih tipova pletene odjeće koja sadrži modakrilna ili ugljikova vlakna za zaštitu od gorenja, ili pletena odjeća s antistatičkim svojstvima od poliestera dodatno obrađenog i antibakterijskom obradom [2, 9, 10].

U ovu skupinu pletenih tekstilnih proizvoda mogu se svrstati: materija-

li za liječenje rana – sloj u dodiru s ranom, razne vrste zavoja - jednostavni elastični/neelastični zavoji, laka potpora, kompresijski i ortopedski zavoji, flasteri, obloge, gaze, kompresijska odjeća, potpora za kralježnicu, protetičke čarape itd.

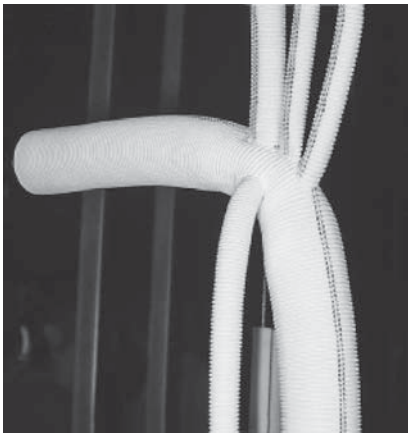
3.2. Tekstilni implantati

Budući da nije uvijek moguće zamijeniti oštećene dijelove tijela, odnosno, organa i tkiva presađivanjem, sve se više radi na razvoju i primjeni umjetnih materijala, posebno biomaterijala. Ovaj razvoj temelji se na vlaknastim materijalima koji se mogu implantirati. Ove vlaknaste strukture su, uglavnom, u obliku monofilamentnih i multifilamentnih pređa, pletiva, tkanina, upletenih i netkanih materijala. Svojstva (posebno svojstva razgradnje) tekstila upotrijebljenog kao implantat određena su njegovim kemijskim sastavom i strukturom vlakana te makrostrukturom. Kirurški materijali i materijali za implantate, koji imaju dobra biološka svojstva, apsorptivnost i razgradljivost, koja se mogu projektirati te na kojima se može provesti proces sterilizacije bez narušavanja projektiranih svojstava, predmet su stalnog istraživanja.

Tekstilni materijali se koriste u različitim rekonstrukcijama i medicinskim zahvatima: za zatvaranje rana (kirurški konci) ili popravak hernije

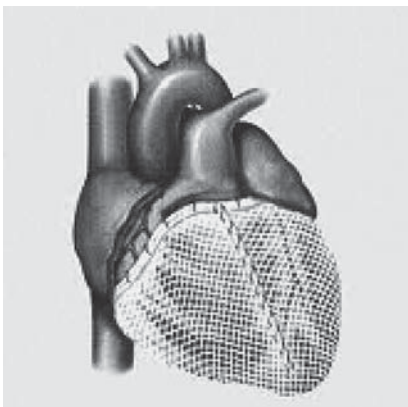
(mreže), za nadogradnju mekih tkiva, krvožilne premostnice i umetke, umjetne tetive i ligamente te za ortopetske implantate. Pleteni proizvodi nalaze posebnu primjenu u izradi umjetnih krvnih žila (koje se mogu izrađivati na kružnopletaćim strojevima ili osnovopletaćim strojevima, odnosno dvoigleničnom rašel stroju), kirurških mreža (izrađuju se na osnovopletaćim strojevima), obloga umjetnih srčanih zalistaka itd. [2].

Na primjer, vaskularni implantati se primjenjuju za zamjenu oštećenih ar-



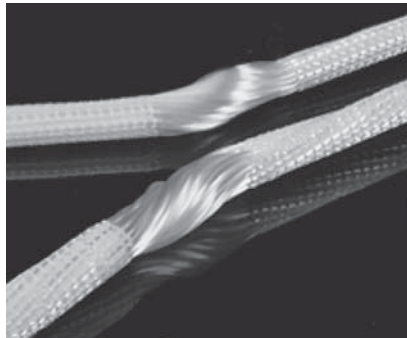
Sl.2 Vaskularni implantati [6]

terija (sl.2). Za njihovu izradu, tehnologijom tkanja ili pletenja, upotrebljavaju se poli(etilen-tereftalatna) vlakna (PET) i poli(tetrafluoretilenska) vlakna (PTFE). Izrađuju se s naborima da bi se spriječilo uvijanje, te se impregniraju kolagenom da bi se spriječilo propuštanje krvi. Površina im je baršunasta što pomaže zarastanju tkiva. Srčana potporna oprema izrađuje se u obliku mrežaste vrećice obično od multifilamentnog PET os-



Sl.3 Srčana potpora

novinog pletiva (sl.3). Ova mrežasta vrećica sprječava proširenje srca kod pacijenata s degenerativnim oštećenjem srca. Umjetni ligamenti i tetive se izrađuju od upletenih materijala (sl.4). Kod hernija se upotrebljavaju mreže, koje osim što zatvaraju defekt, imaju ulogu skeleta, kroz kojeg može rasti novo tkivo. Mnoge vrste mreža za hernije su izrađene od polipropilenskih (PP), poli(etilen-tereftalatnih) (PET) ili poli(tetrafluoretilenskih) (PTFE) vlakana, ili čak kompozita s ugljikovim vlaknima (CF) [8].



Sl.4 Umjetni ligamenti

Glavna svojstva vlaknastih implantabilnih materijala su: biokompatibilnost, poroznost, promjer vlakana, biorazgradljivost ili biostabilnost (ovisno o namjeni) i netoksičnost. Mehanička svojstva također su od velike važnosti za ove materijale, zahtijeva se upotreba vlakana određene čvrstoće i dobre interakcije između implantata i tkiva. Visoku kompatibilnost s ljudskim tijelom pokazuju poliamidna (PA) vlakna i, u manjoj mjeri, PTFE vlakna.

Porozna struktura tekstilnog implantata također je važna zbog toga što ona znatno utječe na brzinu uraštanja novog tkiva i ugradnje implantata. Poroznošću materijala se regulira prijenos i dostupnost nutrijenata tkivu koje raste. Dodatno, kvaliteta upotrijebljenog polimera strogo se kontrolira i ispituje, oni ne smiju sadržavati neželjene aditive, odnosno tvari koje mogu biti štetne za pacijenta [11, 12].

3.3. Izvantjelesna oprema

Izvantjelesnu opremu čine mehanički organi: umjetni bubrezi (dijalizatori),

mehanička pluća i umjetna jetra. Ova oprema također mora zadovoljavati određene zahtjeve, npr. da je antialergijska, antibakterijska i antikancerozna, dobre postojanosti na djelovanje mikroorganizama, propustljivosti za zrak, netoksična i da ima mogućnost sterilizacije. Upotreba određenih vlakana jedan od najutjecajnijih čimbenika funkcionalnosti i svojstava ove opreme.

3.4. Proizvodi za zdravstvenu zaštitu i higijenu

Proizvodi za medicinsku zaštitu i higijenu uključuju širok raspon vlaknastih materijala za različite primjene i imaju zadatak zaštititi pacijenta i medicinsko osoblje od bilo kakvog kontakta s potencijalno kontaminirajućim fluidima. S povećanjem broja infekcija virusom AIDS-a i drugim visoko otpornim virusima, ovim proizvodima pridaje se sve veća važnost. U ovu skupinu proizvoda ubrajaju se i proizvodi za široku potrošnju za higijenske namjene.

Slično drugim vlaknastim materijalima za primjenu u medicini, proizvodi za zdravstvenu zaštitu i higijenu moraju biti: antialergijski, postojani na mikroorganizme, propusni za zrak, netoksični, prikladni za sterilizaciju i nepropusni za tekućine, ili visokoapsorptivni. Dodatno, ovi proizvodi moraju biti ugodni tijekom upotrebe i ne smiju ograničavati ili sputavati pokretljivost nositelja.

Uobičajeni proizvodi za zaštitu zdravlja i higijenu su: posteljina i zavjese, madraci, odjeća, kirurška odjeća, kirurški pokrivači, filtri, maske za lice, zavoji, zaštitni materijali, tpuferi za jednokratnu upotrebu, zubni konac, sanitarna odjeća i drugi proizvodi za higijenu - salvete, maramice, ulošci, pelene za djecu i odrasle itd., pri čemu se mnogi od njih proizvode od pletiva, odnosno primjenom tehnologije pletenja.

4. Pletiva u medicini

Pleteni tekstilni materijali/proizvodi, samostalno ili u kombinaciji s drugim

tekstilnim materijalima, ili kao dio kompozitnih struktura, imaju veliko značenje u primjeni u području medicine, a što je uvjetovano njihovim svojstvima.

Neke od prednosti tehnologija pletenja za proizvodnju tehničkog tekstila su [13]:

- fleksibilnost, posebno u slučaju kulirnog pletiva,
- mogućnost elektronske selekcije igala i primjene CAD-a omogućavaju projektiranje pletiva željenih svojstava i brzo podešavanje stroja,
- zbog specifične strukture pletenih materijala, svojstva, kao što je vlačna čvrstoća (u različitim smjerovima), mogu se postići uvođenjem dodatnih pređa u određenim smjerovima unutar strukture pletiva ili drugom tehnikom (npr. prednaprežanjem),
- pletenje gotovih, oblikovanih pletenih proizvoda (2D ili 3D oblika), što doprinosi smanjenju otpada i poboljšavanju pristalosti pletenih proizvoda,
- sposobnost prilagodbe različitim oblicima i poboljšano drapiranje pletenih struktura čine ih idealnim za izradu kompleksnih dijelova, ili prilagođavanju kompleksnim oblicima u proizvodnji kompozitnih materijala itd.

4.1. Svojstva pletiva

Pleteni proizvodi su vrlo raznovrsni po sirovinskom sastavu, načinu izrade i namjeni, ali općenito imaju sljedeća svojstva: visoku istezljivost, koja je posljedica strukture očica - istežu se u svim smjerovima (po dužini, širini i dijagonali), pri čemu istezljivost ovisi o prepletu i gustoći; velika elastičnost - po prestanku djelovanja sila vraćaju se u potpunosti ili u većoj mjeri u prvobitni oblik; visoku razinu udobnosti; dobra svojstva termoizolacije; veću poroznost u odnosu na tkanine; dobru propusnost zraka; drapiranja, dobru otpornost na gužvanje itd. [14].

4.2. Osnovne vrste pletiva i primjena

Pletiva se izrađuju od sustava pređa, koji može biti horizontalan ili ver-

tikalan, a pređe su savijene u očice, koje se međusobno prepliću. Pletiva se, prema načinu izrade (načinu povezivanja očica), odnosno prema broju i pravcu kretanja niti (pređa), svrstavaju u dvije osnovne skupine: kulirna i osnovina pletiva (sl.5).

Kulirna pletiva se tradicionalno upotrebljavaju za izradu zavoja, a prednosti su im: brza proizvodnja, zbog čega su troškovi proizvodnje niži, mogu biti ravni ili oblikovani, a mogu se pletiti od različitih vrsta pređa. Nedostaci su što se lako paraju i što su nestabilni.

Kulirna pletiva se izrađuju uglavnom na kružnopletaćim strojevima, ali i proizvodnja na ravnopletaćim strojevima nije zanemariva.

Osnovina pletiva imaju veće mogućnosti primjene. Upotrebljavaju se za izradu mreža za zatvaranje hernije, traka za izbacivanje urina, kirurških čarapa, elastičnih zavoja i nekih kardiovaskularnih implantata. Zanimljiv primjer tekstilnih proizvoda od osnovinog pletiva su tzv. biovrećice, koje sadržavaju ličinke, čiji prirodni sekret pomažu proces ozdravljenja. Biovrećice su dizajnirane tako da propuštaju kisik i digestivne tekućine, a ne propuštaju ličinke, one ostaju unutar vrećice.

Prednosti osnovinih pletiva su također u brzini proizvodnje, zbog čega su troškovi niski, dobra prozračnost/propustljivost, zbog čega su ugodne za nošenje (znoj isparava od tijela i prolazi kroz pletivo), imaju odlično svojstvo drapiranja, a znatno su stabilnija i gotovo se ne paraju.

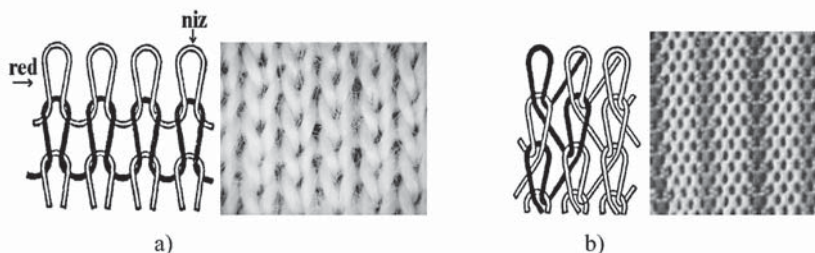
Osnovina pletiva se izrađuju na triko i rašel strojevima te strojevima za kukičanje. Na strojevima se mogu proizvesti gotovi proizvodi, kao što

su mreže ili zavoji, ili pletiva koja služe kao ojačavajuća komponenta u kompozitima, odnosno kao potporni materijal (podloge, navlake) za laminirane ili naslojene materijale.

4.2.1. Mreže

Mreže imaju široku primjenu u gotovo svim područjima tehničkog tekstila, od ribarstva do medicine i higijene. Mogu biti uzlane i bezuzlovne mreže. Zbog svojih prednosti, u medicini se koriste bezuzlovne mreže, koje nastaju različitim postupcima pletenja i preplitanja, a mogu se izrađivati na osnovoprepletaćim strojevima metodom uvijanja i metodom oblikovanja očica. Glavni nedostatak bezuzlovne mreže nastale međusobnim uvijanjem pređa su visoka cijena strojeva i skuplji proces proizvodnje. Načelo izrade bezuzlovne mreže pletene na rašel strojevima zasniva se na tvorbi lančića od jedne ili više pređa, dok se na mjestu gdje se tvori uzao pređe međusobno isprepliću [15]. Mreže pletene na rašel strojevima mogu se proizvoditi (u cjevastom ili ravnom obliku) s velikim brzinama proizvodnje te uz niske troškove. Kod bezuzlovnih mreža nastalih preplitanjem pređa, pređe se strojno prepliću i oblikuju stranice oka, a na mjestima povezivanja mijenjaju smjer. Najveća prednost ovih mreža je da ne sadrže uzlove, što ih čini čvršćim od mreža s uzlovima te boljim za rukovanje, jer se slojevi ne mrse.

Materijali koji se koriste za izradu mreža su različiti i ovise o njihovoj namjeni. Za primjenu u medicini upotrebljavaju se pređe od vlasastih vlakana ili filamenata te vrpčaste pre-



Sl.5 Pletiva: a) kulirno (potkino); b) osnovino (lančano)

de, a za dobivanje elastičnosti upotrebljavaju se i elastomerna vlakna. Širina ravnih pletenih mreža na rašel (*raschel*) ili triko (*tricot*) strojevima može biti i 5 do 6 m, a za izradu užih varijanti (širine do 100-120 cm) dostupni su strojevi za kukičanje (*crochet*). Rašel dvoiglenični strojevi koriste se za proizvodnju širokih cjevastih mreža, a za proizvodnju užih cjevastih mreža (promjera od 1 do 2 cm do oko 20 cm) vrlo učinkovita je upotreba pletaćih strojeva za preplitanje, ali njihov krajnji promjer može se povećati kod primjene ako sadrže elastomerne pređe [2].

4.2.2. Primjena pletiva u kompozitnim materijalima

Primjena pletiva u izradi kompozitnih materijala je od posebnog značenja. U nekim slučajevima radi se o termoplastičnim materijalima ojačanim pletivom zbog smanjenja krutosti termoplastičnih matrica i poboljšanja proizvodnih mogućnosti, npr. oblikovanja toplinom. Kulirna pletiva od ugljikovih vlakana primjenjuju se kao ojačanje za različite termoplastične materijale, npr. PEEK (polietereterketon), PA i PEMA (polietilmetakrilat). Izrađuju se i kompoziti ojačani s više pletenih slojeva različitih vrsta i tipova vlakana, što rezultira visokim volumnim sadržajem vlakana i postizanjem trodimenzionalne raspodjele orijentiranosti vlakana u kompozitu, zbog prodiranja pletenih slojeva u matricu tijekom konsolidacije. Također je smanjena i anizotropija u usporedbi s kompozitima ojačanim s vlaknima. Pri tome, broj slojeva pletiva utječe na mehanička svojstva kompozita. Zbog niske površinske mase pojedinog sloja pletiva, masa kompozita se projektira slaganjem više slojeva pletiva. Pretpostavlja se da se slojevi pletiva međusobno integriraju strukturno i mehanički tako da su rezultirajuća mehanička svojstva kompozita znatno više određena interakcijom slojeva pletiva, nego svojstvima samog pletiva [16, 17]. Promjenom volumnog udjela i rasporeda diskontinuirane faze

unutar kompozita, svojstva implantata mogu se znatno poboljšati i uskladiti s mehaničkim i fiziološkim zahtjevima tkiva domaćina [18].

Ovo je iskorišteno u mnogim medicinskim primjenama: primjena kompozitne potporne konstrukcije kod saniranja oštećenja trbušne stijenke; stent u obliku kompozitnog pletenog materijala podnosi velike sile istezanja i može se primijeniti u zakrivljenim područjima; prozirni kompozitni materijali koji imaju dvostrukog stijenke od pletiva kao ojačanje; nerazgradljivi termoplastični kompoziti, koji se mogu oblikovati pod određenim uvjetima u željeni oblik (npr. kosti) pri kirurškoj intervenciji; za popravke lomova osnovica dugih kostiju kao najbolje rješenje pokazali su se kompoziti na plastomernoj osnovi, npr. PEEK ojačan ugljikovim vlaknima u obliku pletenice; fleksibilni kompozitni materijali PE/PU (polietilen/poliuretan) kao zamjena za membranu bubnjača, kao i kompoziti za brojne druge primjene uključujući vaskularne presade, proteze tetiva/ligamenata, proteze amputiranih dijelova tijela, umjetnu kožu, potpore hernija, umjetni mokraćni mjehur i regeneriranu hrskavicu, razgradljive i nerazgradljive (resorptivne i neresorptivne) polimere i njihove mješavine kao porozne potporne konstrukcije itd. [19-22].

Kompoziti izrađeni od različitih materijala kao što su nehrđajući čelik, legura Co-Cr, PE, silikonska guma (SR), PU, PET/SR i dr. predloženi su za proteze međupršljenskog diska, sami ili u kombinacijama. Međutim, nisu još prihvatljiva za dugotrajnu primjenu. Također, trend u razvoju biomaterijala je uzgoj tkiva u laboratoriju upotrebom stanica odgovarajućeg tkiva i poroznih potpornih struktura, uključujući i pletiva, što rezultira specijalnim tipom kompozitnih materijala, tzv. *vital/avital* kompozita, koji su primjenjivi kao implantati. Istraživanja ovih kompozita ubrajaju se u područja „tkivnog inženjerstva“ (*tissue engineering*), odnosno „stanič-

nog inženjerstva“ (*cellular engineering*) [23, 24].

4.2.3. Pletiva sa svojstvom orijentiranog ponašanja

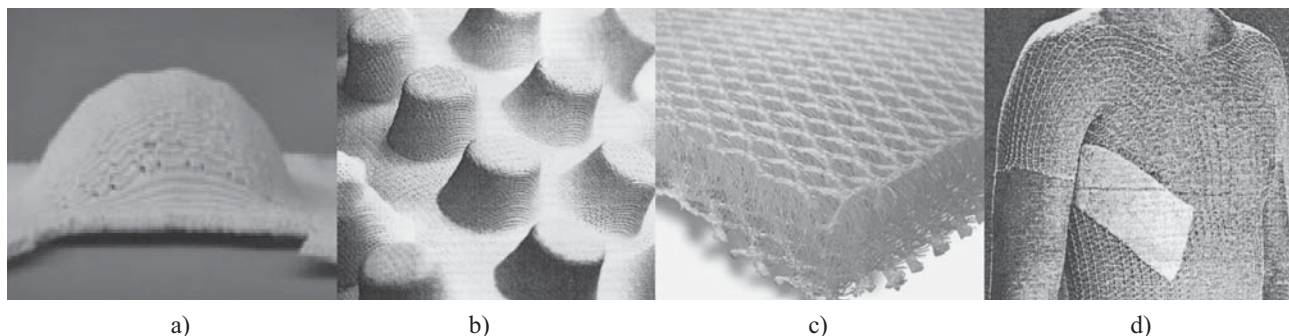
Pletiva orijentiranog (usmjerenog) ponašanja obično se izrađuju polaganjem pređa uzdužno, poprečno i/ili dijagonalno u pletenu tekstilnu površinu. Vezivanje unutar strukture ostvaruje se očicama pletiva. Ovim strukturama se uglavnom smanjuju rastezanja i/ili povećava pokretljivost pletiva u jednom ili više smjerova. Ako se ovaj efekt ostvaruje samo u jednom smjeru (uzdužno ili poprečno), pletivo je monoaksijalno. Ako je ovo ponašanje aktivno u oba smjera (uzdužnom i poprečnom), onda se radi o biaksijalnom pletivu. Multiaksijalna pletiva imaju gotovo jednako ponašanje u svim smjerovima [2, 25].

Pletiva sa strukturom lančića s umetanjem pređe paralelno s potkom (horizontalno), koja je lagana ali dovoljno gusta za namjeravanu upotrebu, pogodna je za kirurške zavoje [17]. Za ortopedsku pomagala, proteze za ruke i koljena i druga medicinska pomagala primjenjuju se multiaksijalne višestruke površinske strukture fiksirane sustavom bodova (primjenom vezenja), koje se sastoje od jednog ili više paralelnih i istegnutih slojeva pređa različite orijentacije. U ova pletiva mogu se integrirati vrpce vlakana, vrpce, pjena ili drugi materijali. Optimalni uvjeti umetanja niti i fiksiranje slojeva omogućuje visoke proizvodne brzine pletaćih strojeva.

4.2.4. Trodimenzionalni (3D) pleteni proizvodi

Trodimenzionalna (3D) pletiva mogu se dobiti različitim tehnologijama i specifičnim tehnikama, kao što su:

- tehnika pletenja nekompletnih redova (prostorno oblikovanje) (sl.6a) [26], koja se primjenjuje za kreiranje trodimenzionalnih ili cjevastih pletiva,
- upotreba uzorkovanih struktura sa 3D efektima (sl.6b) [26, 27],
- pletenje pletiva s odvojenim površinama međusobno povezanih na



Sl.6 3D strukture pletiva izrađene različitim tehnikama na ravnopletaćim strojevima [1, 26-28]

različite načine - sendvič pletiva (sl.6c) [28, 29] i

- integralno pletenje/izrada cijelog predmeta u komadu (sl.6d) [1].

Tako proizvedena pletiva najčešće imaju ciljanu medicinsku primjenu. Širu primjenu imaju sendvič pletiva. Svojstva ovih pletenih struktura (svojstva savijanja i sabijanja, propusnosti zraka, toplinske provodljivosti itd.) umnogome ovise o vrsti sendvič strukture (ravna, cjevasta), vrsti pletiva (osnovina ili kulirna), vrsti pređe (monofilamentne ili multifilamentne), finoći pređe, gustoći očica i konfiguraciji pređa [30].

Ovi proizvodi se, između ostalog, primjenjuju u ortopedskim pomagalicama, u „pametnoj“ odjeći, kao toplinska izolacija ili za oblikovanje kanala za ventilaciju, a upotrebom odgovarajućih pređa, ili primjenom specijalnih obrada, ova pletiva mogu imati antibakterijska svojstva, visoku apsorptivnost, propusnost zraka (ulošci za obuću, medicinski madraci i jastuci, koji apsorbiraju vlagu i brzo se suše) itd. [8, 31, 32]. Značajno područje njihove primjene je i proizvodnja madraca za operacijske stolove i pokretna kolica, a koriste se i kao antidekubitalni pokrivači [33]. Najnovija istraživanja fokusirana su na sendvič pletiva u ortopedskim cipelama za dijabetičare. U medicinsku odjeću mogu se ugraditi senzori pritiska između površina, koji mogu prenositi signale pokretanja i stanja tijela (znojenje, puls, ritam disanja itd.), što se, između ostalog, može primijeniti u praćenju stanja pacijenta u posto-

operativnom/posttraumatskom liječenju [13].

Ova pletiva se mogu prati i ponovo koristiti, što ih čini alternativom proizvodima za jednokratnu upotrebu u medicinskom sektoru, u vremenu kada se posebna pažnja poklanja održivosti i utjecaju na okolinu tekstilnih proizvoda [11, 34].

Funkcionalni zavoji izrađeni od kulirnih pletiva su kompaktniji, zbog čega daju visoku razinu kompresije i potpore. Osnovina pletiva omogućavaju ravnomjernu raspodjelu pritiska i, u ovisnosti o izboru kapilarnosti ili površinskih svojstava vlakana, povećan transport fluida kroz pletivo. Zavoji se upotrebljavaju za tretiranje limfnog edema jer su kao i tradicionalni zavoji učinkoviti, ali sendvič pletiva su znatno ugodnija pri nošenju zbog bolje regulacije mikroklima.

Integralnim pletenjem/izradom cijelog predmeta u komadu povećava se udobnost i postojanost (oblika) kod nošenja. Bešavna odjeća, ortopedska pomagala i medicinske kompresijske čarape mogu se proizvoditi po mjeri [35]. Kod izrade takvih dijelova mora se voditi računa o masi, postojanosti (svojstava kod nošenja), određenoj razini kompresije, izolaciji i antibakterijskoj zaštiti, ukoliko se koristi u oporavku nakon liječenja [32].

4.2.5. *Inteligentna odjeća za zaštitu zdravlja*

Nosivi i mobilni kompjuterski sustavi mogu prikupljati i analizirati fiziološke i ekološke informacije pu-

tem senzora ugrađenih na odjeću. Takvi sustavi su vrlo skupi, a budući da se obično nadograđuju na odjevni proizvod, strukturni integritet im je slab. Također, obično imaju slabu pouzdanost podataka i visoku potrošnju energije, što je u suprotnosti s naporima za uspostavljanje energetske efikasnosti, a uz to nisu estetski i ergonomske atraktivni.

Neki od ovih problema rješavaju se dizajniranjem nosive opreme bazirane na polimernim vlaknima, u koju se može inkorporirati laka elektronička oprema. Senzori se integriraju u strukturu tekstilnog materijala, a ne pričvršćuju na odjeću nakon njene izrade, što odjeću čini značajno fleksibilnijom i udobnijom. Takva odjeća omogućava konstantno praćenje medicinskih informacija kao što su rad srca, respiracijski odnos udisaja i izdisaja i tjelesna temperatura, te može inkorporirati mehanizme odlučivanja koji primjenjuju tehnike prepoznavanja statističkih uzoraka i sustave koji se mogu bežično interagirati s eksternom opremom.

Ovakvi tekstilni mrežasti senzori superiorni su u odnosu na konvencionalne biomedicinske senzorske sustave. Tehnologija 3D pletenja omogućuje proizvodnju bešavne, višeslojne odjeće kao osnove za raspored ovih senzora, te ispunjava zahtjeve potrebne za ostvarenje mehanizama odlučivanja [29, 35].

Npr. senzori inkorporirani u tekstilu mogu se koristiti za učenje ljudi korektnom načinu kretanja, kako bi se smanjio njihov rizik od povređivanja

(sl.7). Također, pletene strukture s električki vodljivom jezgrom prikladne su kao definirano podesivi odvodni vodiči električnih naboja ili kao nemetalni vodiči struje na elektroničkim aparatima, a električki vodljivi celulozni filamenti kao vrpčasti senzori mogu se ugraditi u inteligentni tekstil [36]. Primjena odjevne računalne matične ploče kod starijih osoba i osoba krhkog zdravlja može poboljšati komunikaciju takve osobe i njezinog liječnika. Također se može koristiti kao oprema za pacijente koji se upućuju kući nakon operacije, tako da liječnici mogu stalno pratiti najvažnije vitalne funkcije, a može biti korisna i za pacijente u ruralnim područjima koja su udaljena od medicinskih središta, kao i za pacijente s mentalnim oboljenjima za koje je potrebno stalno motrenje ili za motrenje ponašanja i stanja novorođenčadi [37].



Sl.7 Pametna „nogavica“ za koljeno

Za izradu „pametne“ medicinske odjeće često se koriste pletiva impregnirana sa sredstvima s promjenom faza (PCM - *Phase Change Materials*) radi dobivanja termo-regulacijskih svojstava [37, 38].

Primjenom elastičnih kompresijskih pletiva s ugrađenim filamentima Nitinola (legure izrađene od nikla i titana, koje imaju svojstvo prisjetljivosti oblika i superelastičnosti, a ubrajaju se u „pametne“ materijale), ubrzava se liječenje i/ili ublažavaju teškoće pacijenata koji boluju od krvožilnih oboljenja. Elastične kompresijske čarape se prilagođavaju opterećenjima i bolje prijanjaju uz nogu - zadržavaju konstantnu kompresiju. Na rašel plećnim strojevima uspješno je izrađeno

kulirano pletivo za krvožilne umetke (stentove), sa Nitanolom kao potkom [39].

Kategorija „pametnih“ vlakana uključuje i biološki aktivna ili bioaktivna vlakna, kojima se kontrolira razmnožavanje potencijalno štetnih bakterija i gljivica, čime se tekstilni proizvod zaštićuje od neugodnih mirisa, ružnih mrlja i konačno gubitka kvaliteta, a razvijene su i tekstilije za kontrolu količine prašnih grinja, koje sprječavaju emisije štetnih alergena tih štetočina u okoliš. Npr. antimikrobni zavoji su antiseptička zaštita za rane i porezotine i pomažu sprječavanju zagađenja i infekcije rana [38].

4.3. Obrada pletiva za primjenu u medicini

U medicini, kao i u ostalim područjima tehničkog tekstila, mogu se primjenjivati razne vrste pletiva obrađene različitim tehnikama i primjenom širokog spektra sredstava za obradu i oplemenjivanje te njihovim kombinacijama za postizanje određenih svojstava, ovisno o namjeni. Neki primjeri obrada pletiva su sljedeći [4, 17]:

- obrade za postizanje vodonepropusnosti, protiv plijesni i gljivica, za postizanje postojanosti na abraziju, za lako održavanje (pletiva za različite namjene u medicini);
- antiseptične obrade (zavoja i dr.);
- naslojavanja za postizanje vodonepropusnosti, obrada srebrom za postizanje zaštite od zračenja i antibakterijskog svojstva, elektrovodljivosti i sl. (pletiva za zavoje za rane);
- laminiranje termoplastičnim poliuretanom (TPU), naslojavanje PU ili polivinilkloridom (PVC) za postizanje zrakopropusnosti i vodonepropusnosti, antimikrobnosti, fleksibilnosti, postojanosti na naprezanja i piling, obrade za zaštitu od gorenja i protiv gorenja, za zaštitu od UV zračenja (pletiva za pakiranja za toplo/hladne medicinske tretmane i druga pletiva za primjenu u medicini);
- laminiranje PVC filmom pletenih obloga medicinskih madraca i za pletiva za zaštitne pokrivače te osta-

le namjene u zdravstvu, obrada za postizanje svojstava zaštite od gorenja, antimikrobnosti, sprječavanja nakupljanja elektrostatičkog naboja, obrade protiv prljanja, suzbijanja neugodnih mirisa, postojanosti na tekućine, za antialergijska svojstava (bez toksičnih primjesa ili iritirajućih komponenata, bez sadržaja teških metala i njihovih spojeva);

- obrade protiv gorenja i za postizanje otpornosti na plamen (od posebne važnosti za zavjese i paravane u bolnicama i drugim zdravstvenim ustanovama s visokom frekvencijom ljudi);
- obrade za postizanje postojanosti na djelovanje bakterija i plijesni, otpornosti na prljavštinu i ulje, s eliminacijom neugodnih mirisa te obrade protiv nakupljanja elektrostatičkog naboja (antistatičnost) (izuzetno su važne za medicinsku opremu, posebno madrace).

Vrsta obrada ovisi o specifičnosti vrsti i primjeni pletiva. Tako npr. pletiva s prisjetljivošću oblika (tzv. memorijska pletiva) koja se primjenjuju u medicini i za toplinsku izolaciju često podliježu obradi za postizanje otpornosti na gorenje, antistatičnosti, postojanosti na habanje i istezanje i sl. Periva pletiva za medicinsku njegu obrađuju se ekološki prihvatljivim sredstvima za brzo sušenje, za apsorpciju vlage i sprječavanje širenja neugodnih mirisa nakon apsorpcije.

3D sendvič pletiva (pletiva s dvije razmaknute površine povezane sa sustavom niti) također podliježu sličnim procesima oplemenjivanja. Primjenjuju se zaštitna sredstva na bazi kopolimera ugljikovodika i akrila. Antimikrobna svojstva i vodoodbojnost na izabranim materijalima mogu se postići bez značajnih promjena njihovih svojstava udobnosti.

Također se provode impregnacije pletiva sa sredstvima koja sadrže ekstrakte nekih biljaka za postizanje antibakterijskih svojstava i svojstva njege i liječenja [40].

4.4. Biorazgradljivi tekstilni materijali

Pletiva izrađena od biorazgradljivih materijala sve više se primjenjuju u medicini, pri čemu se, osim izbora pogodnog biorazgradljivog materijala, posebna pažnja posvećuje razvoju strukture pletiva za različite medicinske namjene [41-44]. Njihova se primjena kreće od farmaceutskih do kirurških materijala, implantabilnih matrica i rekonstrukcije organa. Obično se primjenjuju kao biozavoji, za kliničke implantacije, za rekonstrukcije krvnih žila, potporne strukture, kao materijali za vezivanje kostiju, u obliku ravnih, vezivnih i oblikovanih elemenata za implantate u regenerativnom tretmanu oštećenja kostiju, a sve više i u području tkivnog inženjerstva, za unutrašnje primjene u procesu terapije mekih organa itd. [45, 46].

Prednost upotrebe biorazgradljivih potpornih struktura je njihova degradacija *in vivo*, čime se izbjegava dugoročno prisustvo stranih materija u tijelu, dok se ne razvije dovoljno stanica za izgradnju novog tkiva. Termoplastični biorazgradljivi polimeri, koji pokazuju elastomerno svojstvo, pogodni su za regeneraciju mekih tkiva i druge medicinske primjene [47].

Istraživanja su pokazala da poli(esteramidi), dobiveni iz prirodnih aminokiselina, imaju velike mogućnosti kao biorazgradljivi materijali za biomedicinske primjene, posebno kao nosioci antimikrobnih sredstava, u inženjerstvu mekih tkiva i krvnih žila, kao potporni elementi, za kontrolu doziranja lijekova itd. [48]. Poli(laktidna kiselina) (PLA) i poli(glikolna kiselina) (PGA), kao i njihovi kopolimeri, zahvaljujući biorazgradljivosti i kompatibilnosti njihovih razgradnih proizvoda s ljudskim tijelom, često se primjenjuju u razne medicinske svrhe: kao implantati i potpore, sustavi za doziranje lijekova, strukture za fiksiranje prijeloma, ligamenata, i u tkivnom inženjerstvu (za regeneraciju/rekon-

strukciju oštećenih organa i tkiva). Za ove svrhe posebno su pogodna pletiva kao sastavni dio kompozitnih materijala. U primjenama kao što je rekonstrukcija mokraćnog mjehura, pletiva su najbolji potporni materijal [49]. Osim PLA i PGA, za izradu stentova primjenjuje se i POD (polidioksan), koji osigurava brojne prednosti kao što su fleksibilnost i elastičnost, brzina apsorpcije, biokompatibilnost itd., a prednost se daje stentovima od kulirnog pletiva [43].

4.5. Ekološki aspekti primjene pletiva u medicinske svrhe

Primjena pletiva u medicinske i higijenske svrhe povlači niz pitanja vezanih za ekološku prihvatljivost takvih proizvoda, od proizvodnje sirovina, njihove prerade i dorade u tekstilne proizvode željenih performansi, odnosno funkcionalnih svojstava za određenu namjenu, njihovog utjecaja na korisnike i životnu sredinu tijekom same upotrebe, kao i na kraju životnog ciklusa.

Sama primjena uvjetuje upotrebu sirovina koje nemaju štetni utjecaj na korisnike, njihovu preradu i doradu najboljim raspoloživim tehnologijama (engl. Best Available Technology - BAT), upotrebu sredstava koja nisu štetna za nositelja i okolinu, niti tijekom primjene i održavanja proizvoda, niti nakon primjene kada izgube svoja funkcionalna svojstva [50]. Kao što je navedeno, u ovisnosti o namjeni, pletiva primijenjena u medicini i higijeni mogu se u velikoj mjeri upotrebljavati:

- trajno ili u određenom programiranom roku (trajni implantati, bioreorptivni implantati itd.), pri čemu se mora voditi računa da ne predstavljaju opasnost za zdravlje i okolinu,
- višekratno, tj. mogu se više puta prati ili na drugi način održavati ili tretirati na odgovarajući propisan način (bolnička odjeća, posteljina, zavjese, komprese itd.), pri čemu se mora voditi računa o ekološki prihvatljivim performansama [51], ili
- jednokratno (zavoji, tupferi, pelene itd.), pri čemu se mora voditi računa

o ekološki prihvatljivom načinu odlaganja otpada.

U svakom slučaju, mora se voditi računa o humanoj ekologiji [12]. Nakon gubitka funkcionalnih svojstava pleteni proizvodi predstavljaju otpadni materijal, a svoj životni ciklus završavaju prema jednom od navedenih načina:

- ako, zbog specifične dorade ili svojstava/kontaminacije koje steknu tijekom upotrebe, postaju medicinski/opasan otpad, onda se tako i tretiraju te se njima upravlja prema relevantnoj regulativi;
- u određenoj mjeri mogu se reciklirati, ali samo na propisan način i putem ovlaštenih institucija;
- u ovisnosti o vrsti primijenjenih tekstilnih vlakana, mogu se spaljivati sa svrhom iskorištenja energije, također na zakonom propisan način i putem ovlaštenih institucija;
- manji dio, posebno onaj koji se primjenjuje u području higijene, ne može se kontrolirati i završava kao komunalni otpad.

5. Zaključak

Tekstilni materijali određenih i posebno projektiranih svojstava sve se više primjenjuju u medicini. Ovi se materijali svrstavaju u četiri skupine popodručju primjene: neimplantirajući proizvodi, implantirajući proizvodi, izvantjelesna oprema i proizvodi za zdravstvenu zaštitu i higijenu. Zbog svojih svojstava, pletiva, kao samostalni pleteni proizvodi ili u sastavu kompozita, dorade u cilju postizanja odgovarajućih funkcionalnih svojstava, imaju vrlo značajnu ulogu u svakom od ovih područja primjene medicinskog tekstila, a njihovo značenje sve više se povećava. Europska tekstilna industrija na razvoju i primjeni tehnologije pletenja u području medicine temelji strategiju održivosti ove industrijske grane.

Literatura:

- [1] Horrocks A.R., S.C. Anand: Handbook of Technical Textiles, Cambridge, (2000.) 407-423

- [2] Lázár K.: Application of knitted fabrics in technical and medical textiles, 45th International Congress IFKT, Ljubljana 2010., <http://www.lazarky.hu/58pub/IFKT2010.pdf> (pristup 13.11.2013.)
- [3] Srdjak M.: Pletena struktura – temelj tehničkog tekstila, *Tekstil* 51 (2002.) 1, 1-6
- [4] Bagherzadeh R. et al.: Evaluation of comfort properties of polyester knitted spacer fabrics finished with water repellent and antimicrobial agents, *Fibers and Polymers* 8 (2007.) 4, 386-392
- [5] Mazrouei-Sebdani Z. et al.: Improvement in hydrophobicity of polyester fabric finished with fluorochemicals via aminolysis and comparing with nano-silica particles, *Colloid and Polymer Science* 289 (2011.) 9, 1035-1044
- [6] <http://www.fibrenamics.com/en/areas/medicine/page/implantable-materials> (pristup 18.11.2013.)
- [7] Delkumburewatte G.B., T. Dias: Porosity and capillarity of weft knitted spacer structures, *Fibers and Polymers* 10 (2009.) 2, 226-230
- [8] Mather R.: Medical applications of polymer textile fibres, *Medical Polymers 2006.*, 5th International conference focusing on polymers used in the medical industry, Cologne, Germany (2006.) paper 14
- [9] Saihi D. et al.: Nylon 6.6 knitted fabrics with antibacterial properties, In: *Medical Textiles and biomaterials for healthcare*, Ed. Anand S. C. et al, Woodhead Publishing in Textiles, USA (2006.) 144-150
- [10] Çeken F. i sur.: Svojstva zaštite od elektromagnetskog zračenja pletiva od bakrenih i nehrđajućih čeličnih žica, *Tekstil* 60 (2011.) 7, 321-328/329-337
- [11] Lazić B., B. Popović: Ekologija u tekstilu, Beograd (2009.) 163-166
- [12] Lazić B., B. Popović: Ekologija u tekstilu: Humana ekologija, VIII simpozijum sa međunarodnim učešćem „Savremene tehnologije i privredni razvoj“, Leskovac (2009.) 192
- [13] de Araújo M. et al.: Modelling and simulation of the mechanical behaviour of weft-knitted fabrics for technical applications, Part IV: 3D FEA model with a mesh of tetrahedric elements, *AUTEX Research Journal* 4 (2004.) 2, 72-80
- [14] Huang Y.T. et al.: Manufacturing technique and application evaluation of health-care elastic knitted fabrics, *proceedings of ATC-11* (2011.)
- [15] Tomljenović A., K. Rusak: Ribarske mreže – vrste, značajke i karakterizacija, *Tekstil* 63 (2014.) 5-6, 179-194
- [16] *Materials in Medicine*, Ed. Speidel M.O., P.J. Uggowitzer, vdf Hochschulverlag AG, ETH Zürich (1998.) 90-92
- [17] <http://www.karlmayer.com/internet/en/textilmaschinen/22.jsp> (pristup 13.11.2013.)
- [18] Brkić S.: Primjena polimernih kompozita u kirurgiji, *Polimeri* 34 (2013.) 1, 21-23
- [19] Pu F. et al.: The use of flow perfusion culture and subcutaneous implantation with fibroblast-seed PLLA-collagen 3D scaffolds for abdominal wall repair, *Biomaterials* 31 (2010.) 15, 4330-4340
- [20] Chen X. et al.: Ligament regeneration using a knitted silk scaffold combined with collagen matrix, *Biomaterials* 29 (2008.) 27, 3683-3692
- [21] Ramakrishna S.: Development of flexible knitted fabric reinforced composites for soft tissue replacements, *The Japanese Journal of Artificial Organs* 26 (1997.) 4, 61
- [22] Huang Z.M., S. Ramakrishna: Development of knitted fabric reinforced composite material for prosthetic application, *Advanced Composites Letters* 8 (1999.) 6, 289-294
- [23] Ramakrishna S. et al.: Biomedical applications of polymer-composite materials, *Composites Science and Technology* 61 (2001.) 9, 1189-1224
- [24] Wang X. et al.: Application of knitted mesh fabrication techniques to scaffolds for tissue engineering and regenerative medicine, *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* 4 (2011.) 7, 922-932
- [25] Demboski G., G. Bogoeva-Gaceva: Textile structures for technical textiles, II Part: Types and features of textile assemblies, *Bulletin of the Chemists and Technologists of Macedonia* 24 (2005.) 1, 77-86
- [26] Ionesi D. et al.: Three-dimensional knitted fabric with technical destination, *Bulletin of the Politechnic Institute Iasi, t. LVI (LX), f. 3* (2010.) 29-37
- [27] <http://leabalducci.blogspot.com/2010/12/3d-tex-pes-pp-khf.html> (pristup 31.01.2014.)
- [28] <http://www.baltex.co.uk/spacerfabrics/> (pristup 31.01.2014.)
- [29] Gotipamul R.L., M.K. Vittopa: Recent development trends in medical textiles – Part 1, *Technical Textiles* 56 (2013.) 2, E56-E58
- [30] Bruer S.M.: Three-dimensionally knit spacer fabrics: A review of production techniques and applications, *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management* 4 (2005.) 4, 1-31
- [31] Davies A., J. Williams: The use of spacer fabrics for absorbent medical applications, *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics* 1 (2009.) 4, 321-330
- [32] Ciobanu A.-R., M. Blaga: Double-layer knitted fabrics for arms protection, *Smartex Research Journal* 1 (2012.) 1, 111-116
- [33] Yip J., S.-P. Ng: Study of three-dimensional spacer fabrics: Physical and mechanical properties, *Journal of materials processing technology* 206 (2008.), 359-364
- [34] Lazić B., B. Popović: Održivi razvoj tekstilne industrije, Prvi naučno stručni skup sa međunarodnim učešćem „Tendencije razvoja u tekstilnoj industriji: dizajn, tehnologija, menadžment“, Beograd 2008, 188-192; *Tekstilna industrija* 55 (2008.) 7-9, 29-32
- [35] http://www.stoll.com/technical-textiles/mecial-textiles/4_1 (pristup 22.10.2013.)
- [36] Vorbach D, F.G. Niemz: Električki vodljiva liocelna vlakna za uske

- tkanine, *Tekstil* 52 (2003.) 9, 474-477
- [37] Rogale D. i sur.: Nove tehnologije u proizvodnji inteligentne odjeće, *Tekstil* 52 (2003.) 8, 380-390
- [38] Macken C.: Bioaktivna vlakna – blagodat za čovječanstvo, *Tekstil* 52 (2003.) 9, 477-481
- [39] Šalej A. i sur.: Primjena legula nikla i titana (NiTi-NOL) u pametnim tekstilijama i odjeći/Application of Nickel-Titanium alloys (NiTi-NOL) in smart textiles and clothes, *Tekstil* 60 (2011.) 4, 123-131/132-141
- [40] Chinese herbal medicine finishing method of knitted fabric, CN 102953263 A: 2013
- [41] Pinar A. et al.: New generation of knitted fabrics from degradable synthetic yarns, *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 21 (2013.) 5 (101), 97-104
- [42] Haverich A. et al.: Histopathological evaluation of woven and knitted Dacron grafts for right ventricular conduits: a comparative experimental study, *The Annals of Thoracic Surgery* 37 (1984.) 5, 404-411
- [43] Li G. et al.: Biodegradable weft-knitted intestinal stents: Fabrication and physical changes investigation in vitro degradation, *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 102 (2014.) 4, 982-990
- [44] Saito Y. et al.: Usefulness of biodegradable stents constructed of poly-L-lactic acid monofilaments in patients with benign esophageal stenosis, *World Journal of Gastroenterology* 13 (2007.) 29, 3977-3980
- [45] Uretzky G. et al.: Long-term evaluation of a new selectively biodegradable vascular graft coated with polyethylene oxide-poly(lactic acid) for right ventricular conduit, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 100 (1990.) 5, 769-776
- [46] Implantable medical devices with anti-microbial and biodegradable matrices, US 8192481 B2, 2012., <http://www.google.com/patents/US8192481> (pristup 05.01.2015.)
- [47] Fernández J. et al.: A new generation of poly(lactide/e-caprolactone) polymeric biomaterials for application in the medicine field, *Journal of Biomedical Materials Research A*, 102 A (2014.) 10, 3573-3584
- [48] Drug-eluting/biodegradable stents, *Gastrointestinal Endoscopy* 74 (2011.) 5, 954-958
- [49] Krucińska I. et al.: Technologies of bioresorbable medical products developed within the framework of the project „Biodegradable fibrous products“, *CHEMIK* 68 (2014.) 8, 672-678
- [50] Lazić B., B. Popović: Ekologija u tekstu: Primena čistijih tehnologija u tekstilnoj industriji, *Drugi naučno stručni skup sa međunarodnim učešćem: Tendencije razvoja u tekstilnoj industriji: dizajn, tehnologija, menadžment*, Beograd, 2010., 246-250
- [51] Lazić B., B. Popović: Ekologija u tekstu: Ekologija performansi, *Tekstil i praksa* 47 (2010.) 2, 3-13

SUMMARY**Application of knitted fabrics for medical purposes***B. Lazić, B. Popović*

Knitted textile products, with different structures and properties, are increasingly used in all areas of medicine - as non-implantable products, implantable products, extracorporeal devices and products for healthcare and hygiene. Particular functional properties for specific purposes are achieved by appropriate finishing of knitted fabrics, or by their incorporation into composite materials. For these purposes both types of basic knitted fabrics, warp and weft, are using taking into account their properties and applicability for intended purposes. Of particular importance are networks, knitted fabrics with spatially oriented behavior, spatially shaped (three-dimensional - 3D) knitted products, especially sandwich/spacer knitted products, as well as integrated knitted fabrics - seamless knitted products made in one piece, in the required form for a particular purpose, without cutting and sewing, which significantly accelerates production and makes it flexible for obtaining complex shapes that are very comfortable. Knitted fabrics are also suitable for the production of „smart“ clothes - for light sensor equipment incorporation, which enables constant monitoring of medical and microclimate information relevant to the clothing wearer.

Key words: knitted fabrics, knitted structures, medical textiles

The College of Textile – Design, Technology and Management

Belgrade, Republic of Serbia

e-mail: branislavalazicballa@gmail.com

Received March 4, 2014

Anwendung von Maschenwaren für medizinische Zwecke

Gestrickte Textilerzeugnisse unterschiedlicher Strukturen und Eigenschaften werden zunehmend in allen Bereichen der Medizin eingesetzt - als nichtimplantierfähige Produkte, implantierfähige Produkte, extrakorporale Geräte und Produkte für Gesundheitspflege und Hygiene. Spezielle Funktionseigenschaften für bestimmte Zwecke werden durch entsprechende Behandlung von Strickwaren oder deren Einbau in Verbundstoffe erreicht. Zu diesem Zweck dienen die beiden Grundtypen von Maschenwaren, Kettenwirkware sowie Kulierware unter Berücksichtigung ihrer Eigenschaften und Eignung für bestimmte Zwecke. Von besonderer Bedeutung sind Netze, Maschenwaren mit räumlich orientiertem Verhalten, räumlich geformte (dreidimensional - 3D) Maschenwaren, insbesondere Sandwich-Maschenwaren, sowie integrierte Maschenwaren - aus einem Stück nahtlos gestrickte Produkte, in der gewünschten Form für einen bestimmten Zweck, ohne Schneiden und Nähen, womit man die Produktion deutlich beschleunigt und sie flexibel zur Gewinnung von komplexen und bequemen Formen macht. Maschenwaren sind auch für die Herstellung von intelligenter Kleidung geeignet, in die leichte Komponenten wie Sensoren oder Kleinst-Computer eingebettet sind, um konstante Überwachung medizinischer und mikroklimatischer und für den Anwender wichtiger Informationen zu ermöglichen.