

## Određivanje adhezije između pletene podloge i naslojenog poliuretana

Petra Šeper\*, doc. dr. sc. Vesna Marija Potočić Matković\*\*

\**Studentica diplomskog studija Projektiranja i menadžmenta tekstila na Tekstilno tehnološkom fakultetu*

\*\* *Zavod za Projektiranje i menadžment tekstila, Tekstilno tehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Prilaz baruna Filipovića 28a, Zagreb 10000.  
e-mail: marija.potocic@ttf.hr*

---

### Sažetak:

Cilj ovog rada je ispitati jačinu adhezije između poliuretanskog nanosa i podloge više naslojenih pletiva, te usto opisati svojstva poliuretana, te tehnološki proces nanošenja poliuretana na pletivo. Ispitivana je adhezija četiri uzorka naslojenog pletiva. To su poliuretanom nasloženo glatko desno- lijevo pletivo, poliuretanom nasloženo interlok pletivo, poliuretanom nasloženo osnovino pletivo power – net, te poliuretanom nasloženo osnovino pletivo voile. Svaki uzorak podvrgnut je ispitivanju adhezije po propisanoj normi. Uzorak sa power-net pletenom podlogom pokazuje najjaču adheziju između nanosa i podloge, najviše istezanje, te najmanju anizotropiju izmjerenih sila i istezanja po redu i nizu pletiva, te ga se može preporučiti za izradu odjevnih predmeta.

**Ključne riječi:** nasloženo pletivo; poliuretan; adhezija; maksimalna sila, istezanje

---

### 1. UVOD

Umjetna koža višeslojna je plošna tvorevina koja ima izgled sličan prirodnoj koži, a sastoji se od nosećeg tekstilnog materijala i u jednom ili više slojeva nanesenog polimernog materijala. Od umjetne se kože izrađuju proizvodi koji mogu biti proizvedeni i od prirodne kože, ali i različiti drugi proizvodi, npr. cerade i pokrovi za zaštitu od sunca. Nakon direktnog postupka naslojavanja razvija se tehnika nanošenja slojeva uvođenjem tzv. prijenosnog postupka i koagulacije. Razvoj suvremene tehnologije na tom području karakteriziran je finom obradbom i oplemenjivanjem površine. Eksperimentira se i novim tipovima tekstilnih podloga, uz tkanine upotrebljavaju se pletiva i najrazličitije netkane tekstilije, a postignuta je velika sličnost s različitim tipovima prirodne kože (Potočić Matković, 2011).

Čvrstoću na trganje i istezanje te otpornost na habanje i udare umjetnoj koži daju različiti slojevi koji leže jedan preko drugoga. Pokrivni je sloj odgovoran za otpornost na habanje i na udare i njime je određen vanjski izgled, dok donji, noseći sloj daje potrebnu čvrstoću i istezanje. Pletiva su se počela primjenjivati nakon uvođenja prijenosnog postupka. Rabe se fina kulirna i osnovina pletiva najrazličitijih konstrukcija, a dobiva se elastična i mekana umjetna koža različite istezljivosti i elastičnosti. Poliuretanski su slojevi otporni na mehanička oštećenja i ekstrakciju otapalima, ali su osjetljivi prema jakim kiselinama, lužinama i duljem izlaganju atmosferilijama. Poliakrilatne se otopine često upotrebljavaju za konačno lakiranje mekih poli(vinil-kloridnih) nanosa, a primjenjuju se na pokrovima za zaštitu od sunčevih zraka. Prednosti poliakrilata: jeftin, izvanredno otporan na atmosferilije. Poliakrilat je osjetljiv na otapala, ograničen na pregibanje te ima slabija mehanička svojstva. Umjetna koža se najviše primjenjuje u proizvodnji automobila za oblaganje unutrašnjosti, putnih kovčega, novčanika, namještaja (Soljačić, 1992).

### 2. RAZVOJ I PRIMJENA POLIURETANSKOG PREVLAČENJA

Poliuretani (PU) zbog svojih svojstava imaju široku primjenu. U posljednje vrijeme sve se više koriste za tehničke materijale u razne svrhe. Prvi poliuretan koji je plasiran na tržištu bio je poliester poliuretan pretpolimer u otopini, koji je bio umrežen polifunkcionalnim izocijanatom. Drugim riječima, to su bili dvokomponentni PU koji su se većinom upotrebljavali za direktno prevlačenje (Poje-Stella, 2002).

Raznovrsnost PU ključan je čimbenik za uspjeh PU. Druga karakteristika je visoka trajnost, što znači očuvanje materijala, naročito bitno za okolinu. Svojstvo prijanjanja jednokomponentnog PU vrlo je dobro i može se dalje poboljšati dodatkom izocijanatnih umreživača. Mekoća ili tvrdoća može se dobiti varijacijom polimernih struktura bez upotrebe plastizatora. Lomljivost uzrokovana djelovanjem svjetla ili dugotrajnim uskladištenjem može se smanjiti. Prodiranje PU disperzije u vlakno otežava proizvodnju prevlačenja s jednako mekanim opipom kao što je proizvodnja s PU u otapalu, naročito kada se primjenjuje direktno prevlačenje za odjeću. Opip se također može poboljšati predobradom tkanine s vodoodbojnim sredstvima (Poje-Stella, 2002).

Prevlačenjem mehaničkih PU pjena je specijalna metoda primjene PU disperzija. Pjena se postiže mehaničkim uvođenjem zraka u smjesu PU bez dodataka kemijskog agensa. Upotrebom različitih aditiva moguće je postići vrlo mekani opip naslojenog PU. Razvijene su također i specijalne hidrofilne modificirane PU disperzije za kompaktne filmove propusne za vodenu paru, čime je nošenje vrlo ugodno. Nove reaktivne disperzije omogućuju poboljšanje adhezije na supstrat i otpornost na pranje. To su dvokomponentni PU. Takve disperzije mogu ostati stabilne nekoliko mjeseci ako su uskladištene na temperaturi od 50°C, ipak, računajući na ograničenu stabilnost skladištenja, bolje je koristiti dvokomponentni sustav. Izdvaja se voda, ali nanos je još uvijek lijepljiv na oko 140°C, dok se potpuno umrežavanje postiže na oko 160°C. Ova temperatura otvara nove mogućnosti primjene PU disperzije. Moguće su mokra laminacija, suha laminacija i termolaminacija. Dobivena prevlačenja imaju dobru adheziju i relativno su mekana. Primjena takvih disperzija uključuje prevlačenje za konfekciju, tehničke proizvode i radna odjela (Poje-Stella, 2002).

I nakon 40 godina intenzivnog razvoja postoje i dalje novi potencijali za PU tehnologiju na području tekstilnog prevlačenja. Ulažu se naponi da se iskoriste potencijali prema zahtjevima tržišta za visoke kvalitete proizvoda s pojačanim tehničkim svojstvima, nove tehnologije primjene i ekološki povoljni proizvodi i procesi.

### 2.1. OŠTEĆENJA PU NANOSA

Uz sve odlične karakteristike, poliuretani su tijekom upotrebe podložni degradaciji. Dodatkom adekvatnih aditiva degradacija se može smanjiti. Prvenstveno degradacija nastaje oksidacijom. Drugi faktor oštećenja je hidroliza PU. Djelovanje vode katalizirano je kiselinom i lužinom. Voda reagira na estersku vezu, ali isto tako i na uretansku. Produkt reakcije su glikoli i kiseline s kasnijim djelovanjem kao katalizator za narednu reakciju. Hidroliza može prouzročiti ozbiljna oštećenja na prevlačenju. Progresivnim gubitkom mehaničkih i kemijskih svojstava dolazi do otapanja polimera u vremenu ovisno o mediju i tipu polimera. Bakterijski napad na PU je isto moguć, on je općenito povezan s vlažnim medijima, tako da se hidroliza i napad bakterija mogu javiti istovremeno (Poje-Stella, 2002).

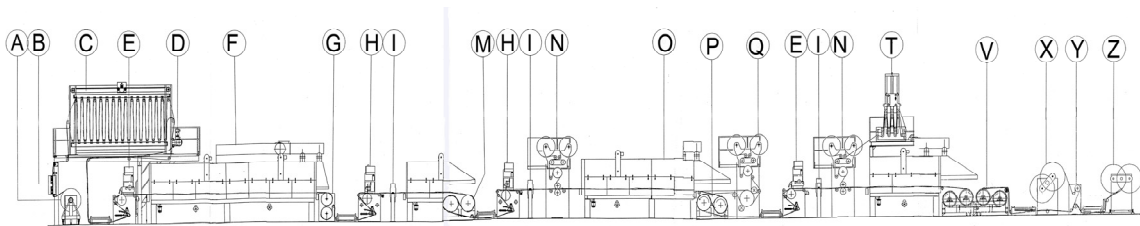
### 3. SVOJSTVA TEKSTILNE PODLOGE

Kao noseći materijali ili podloga za slojeve polimernih materijala upotrebljavaju se tkanine, pletiva ili netkane tekstilije, koji mogu biti izrađeni od pamuka, regenerirane celuloze, poliamida, poliester, polipropilena ili njihovih smjesa. Za posebne svrhe kao nosači upotrebljavaju se materijali od staklenih ili poliuretanskih vlakana. Tkanine se primjenjuju kao podloga za proizvodnju slabo istezljive umjetne kože otporne na trganje. Najčešće se upotrebljavaju keperi, platna i atlas, a masa im je 100-500 g/m<sup>2</sup>. Pletiva su se počela primjenjivati nakon uvođenja prijenosnog postupka. Rabe se kulirna i osnovna pletiva najrazličitijih konstrukcija, a dobiva se elastična i mekana umjetna koža različite istezljivosti i elastičnosti. Površinska je masa pletiva oko 30-300 g/m<sup>2</sup>. Netkane tekstilije, kao nosači, daju umjetnu kožu vrlo sličnu prirodnoj. Pri radu s njima postoji velika mogućnost kombinacija i varijacija vlakana, nanosa slojeva i veziva. Kao veziva primjenjuju se vodene disperzije butadienskih kopolimera, poliakrilata, polivinilnih spojeva ili poliuretana. Za naslojavanje je važno poznavati vrstu veziva u netkanom tekstilu, jer veziva upijaju omekšivač iz nanesenog sloja, pa sloj postane krut i lako puca. Površinska masa netkanih tekstilija iznosi 30-600 g/m<sup>2</sup> (Soljačić, 1992).

### 4. POSTUPAK PROIZVODNJE NASLOJENIH TEKSTILA

Poliuretanska pasta nanosi se pomoću pumpe na papir-nosač. Odabir korištenog papira ovisi o traženom svojstvima, izgledu i opipu gotovog proizvoda. Papir se direktno uvodi kroz cijelu liniju za prevlačenje i služi kao beskonačna traka za nanošenje poliuretana. Nanosi se mogu podesiti nožem, odnosno razmakom između noža na koji se nanosi poliuretanska pasta i valjka ispod noža. Nanijeta poliuretanska pasta s papirom prolazi kroz sušnice s definiranim temperaturama u kojima se odvija postupak sušenja odnosno isparavanja otapala. Na izlazu iz sušnice nalaze se rashladni valjci gdje se suhi poliuretanski nanos ohladi na određenu temperaturu. Nakon toga slijedi ponovno nanošenje

iste poliuretanske paste na prethodno opisani način. Broj nanijetih poliuretanskih nanosa na nosač ovisi o traženim finalnim karakteristikama gotovog proizvoda. Kao završeni nanos nanosi se vezno sredstvo na koje se laminira definirana tekstilna podloga. U sušnici slijedi umrežavanje veziva. Brzina umrežavanja i temperatura u sušnicama određuju brzinu proizvodnje koje se najčešće kreću od 5-15 m/min. Na kraju linije za prevlačenje nalazi se jedinica za odvajanje papira-nosača i gotovog materijala. Papir-nosač ponovno se vraća na početak linije za prevlačenje i služi za novo nanošenje poliuretanske paste (Skenderi, 2010). Gotov materijal ide na završeni pregled i laboratorijsku kontrolu. (slika 1).



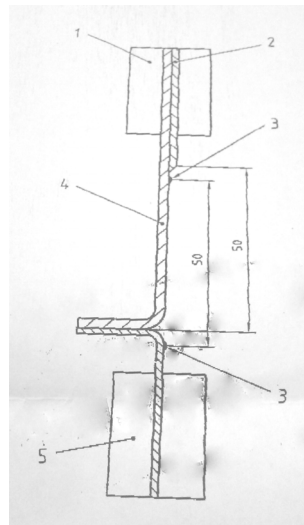
Slika 1. Postrojenje za prevlačenje poliuretana na tekstilni materijal: A-D: jedinica za odmatanje papira nosača; C: akumulator papira nosača; E, H: glave za nanošenje poliuretanske paste; F, O: sušnice; G, M, P, V: sistem rashladnih valjdaka; I: jedinica za automatsku kontrolu težine nanosa; N, Q: jedinice za laminiranje tekstilne podloge; T: akumulator tekstilne podloge; X: jedinica za namatanje gotovog materijala; Z: jedinica za namatanje papira nosača (Recomo, 2002).

## 5. METODA ISPITIVANJA I UZORCI

Adhezija između slojeva poliuretanom naslojenog pletiva ispitivana je prema međunarodnom standardu ISO 2411:2000- Rubber-or plastic-coated fabric-determination of coating. Snaga adhezije između dva sloja važna je jer slaba adhezija rezultira lošijim proizvodom koji se delaminira (razljepljivanje slojeva) u dvije ili više komponenti naslojenih tekstilija.

Uzorci određenih dimenzija izrežu se u smjeru reda pletiva i u smjeru niza pletiva. U svakom smjeru izreže se po pet uzoraka. Dimenzijske karakteristike uzorka su: širina 50 +/- 0,5 mm, dok duljina prema normi ne smije biti kraća od 200 mm. Pri rezanju širine uzorka treba paziti da se ne oštete slojevi tekstila. Svi ispitivani uzorci se kondicioniraju u standardnoj atmosferi, 20°C +/- 2°C, te RH 65% +/- 4%. Nakon toga, uzorci se namoče u metil-etil-ketonu radi lakšeg razdvajanja nanosa i pletene podloge. Pažljivo se odvoji supstrant od nanosa na dovoljnu duljinu te se time omogući da krajevi uzorka učvrste u kelme (stezaljke) dinamometra. Dinamometar se kreće konstantnim pomakom donje stezaljke što omogućuje razdvajanje uzoraka.

Brzina pomicanja stezaljki na dinamometru mora biti 100 +/- 10 mm/min. Pripremljeni uzorak se učvrsti između dvije stezaljke, kao što je prikazano na slici 2. Nakon što je uzorak pravilno stavljen između stezaljki, dinamometar se pokrene te se stezaljke pomiču i kompjuterski se bilježe podaci, promjenjena sila za vrijeme procedure odvajanja. Postupak razdvajanja traje toliko dugo dok se uzorci ne razdvoje 100 mm. Uzorci su razdvajani na dinamometru Statimat M (Šeper, 2013).



Slika 2. Shema namještanja uzoraka: 1. gornja stezaljka, 2. nanos, 3. oznake između kojih se uzorak razdvaja (s razmakom od 50 mm), 4. supstrant (pletena podloga), 5. donja stezaljka

Za istraživanje su odabrane četiri pletene podloge naslojene istim poliuretanskim nanosom, odnosno četiri naslojena pletiva (tab. 1.). S uzorak A označeno je nasloženo poliamidno kulirno glatko desno- lijevo pletivo, a s uzorak B nasloženo poliestersko kulirno interlok pletivo, uzorak C je nasloženo osnovino pletivo power - net, a uzorak D je nasloženo osnovino pletivo voile (tab. 1.).

Tablica 1. Svojstva naslojenih pletiva

Uzorak naslojenog pletiva	Preplet podloge	Sirovinski sastav podloge	Masa podloge ( $\text{gm}^{-2}$ )	Debljina podloge (mm)	Masa PU nanosa ( $\text{gm}^{-2}$ )	Debljina PU nanosa (mm)
Uzorak A	glatki desno- lijevi	PA	110	0,68	77	0,16
Uzorak B	interlok	PES	109	0,5	77	0,16
Uzorak C	power-net	PES	47	0,26	77	0,16
Uzorak D	voile	PES	60	0,32	77	0,16

Poliuretan je na pletivo nanošen transfer postupkom na liniji za naslojavanje. Poliuretanska pasta je nanošena pomoću pumpe na papir-nosač. Nanesena poliuretanska pasta sa papirom prolazi kroz sušnice gdje je temperatura bila podešena na 80°C. Poliuretanski nanosi nasloženi su dva puta na transfer papir, treći nanos je poliuretansko ljepilo na koje je laminirana pletena podloga. Ljepilo se sušilo na 160°C.

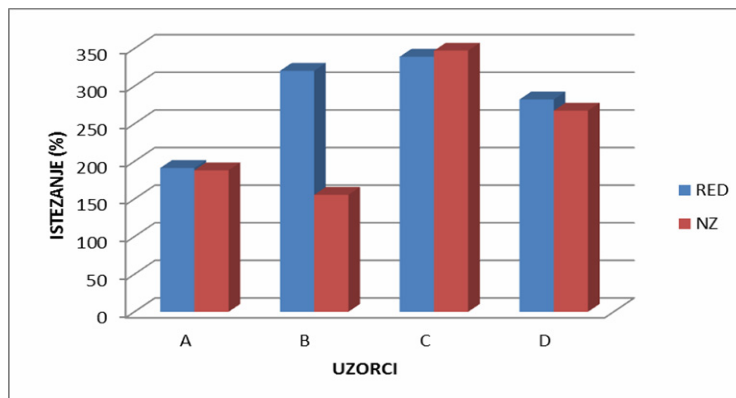
## 6. REZULTAT I DISKUSIJA

Istezanje po nizu uzorka A u rasponu je od 85 - 380 %, dok je po redu izmjereno istezanje od 85 - 287 %. Srednja vrijednost istezanja po nizu je 188 %, po redu je 191%. Maksimalna sila izmjerenja pri razdvajanju nanosa od podloge po nizu pletiva uzorka A u rasponu je od 17 – 20 N, a po redu od 7-9 N. Srednja maksimalna sila po nizu je 18 N, dok je srednja maksimalna sila po redu 8 N (sl. 3, sl.4).

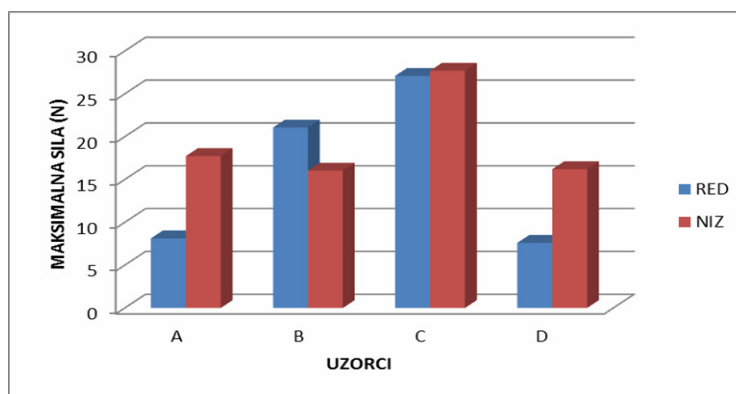
Istezanje po nizu uzorka B u rasponu je od 60 - 221 %, dok je po redu izmjereno istezanje od 180 - 420 %. Srednja vrijednost istezanja po nizu je 155 %, po redu je 320%. Maksimalna sila izmjerena pri razdvajanju nanosa od podloge po nizu pletiva uzorka B u rasponu je od 25 – 30 N, a po redu od 23 - 29 N. Srednja maksimalna sila po nizu je 27 N, dok je srednja maksimalna sila po redu 26 N (sl. 3, sl.4).

Istezanje po nizu uzorka C u rasponu je od 336 – 369 %, dok je po redu izmjereno istezanje od 286 - 363 %. Srednja vrijednost istezanja po nizu je 347 %, a po redu 339 %. Maksimalna sila izmjerenja pri razdvajanju nanosa od podloge po nizu pletiva uzorka C u rasponu je od 22 – 32 N, a po redu od 24-29 N. Srednja maksimalna sila po nizu je 27 N, dok je srednja maksimalna sila po redu 27 N (sl. 3, sl.4).

Istezanje po nizu uzorka D u rasponu je od 215 – 379 %, dok je po redu izmjereno istezanje od 200 – 390 %. Srednja vrijednost istezanja po nizu je 267 %, po redu je 282 %. Maksimalna sila izmjerenja pri razdvajanju nanosa od podloge po nizu pletiva uzorka D u rasponu je od 15 – 17 N, a po redu od 7 – 8 N. Srednja maksimalna sila po nizu je 16 N, dok je srednja maksimalna sila po redu 7 N (sl. 3, sl.4).



Slika 3. Usporedba srednje vrijednosti istezanja uzoraka po redu i nizu pletiva



Slika 4. Usporedba srednje vrijednosti maksimalnih sila adhezije po redu i nizu pletiva

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom radu ispitivana je adhezija četiri uzorka naslojenog pletiva. To su poliuretanom nasloženo glatko desno- lijevo pletivo (uzorak A), poliuretanom nasloženo kulirno interlok pletivo (uzorak B), poliuretanom nasloženo osnovino pletivo power – net (uzorak C), te poliuretanom nasloženo osnovino pletivo voile (uzorak D).

Uzorak C, sa power-net pletenom podlogom, pokazuje najveće istezanje, te najviše maksimalne sile adhezije. Također pokazuje najmanje razlike između izmjerenih istezanja po redu i nizu pletiva, kao i najmanje razlike maksimalnih sila po redu i nizu pletiva, odnosno uzorak C pokazuje najmanju anizotropiju.

Između izmjerenih uzoraka naslojenih pletiva može ga se preporučiti za izradu odjevnog predmeta.

*LITERATURA*

- Potočić Matković V. M., Skenderi Z., Jaklin J. i Vitez D. (2011). Utjecaj pletene podloge na kompozit od pletiva i poliuretana, *Zbornik radova Tekstilna znanost i gospodarstvo*. Zagreb, 105-108
- Soljačić I. (1992). *Umjetna koža*, u Tehnička enciklopedija, svezak 13. Leksikografski zavod „Miroslav Krleža“, Zagreb
- Poje-Stella M. (2002.) Razvoj i primjena poliuretnskog prevlačenja za specijalne svrhe, *Tekstil* **51**, 470 – 477
- Skenderi Z., Potočić Matković V. M., Jaklin J., Vitez D. (2010). Kompoziti od pletiva i poliuretana, *Zbornik radova: 3. međunarodno znanstveno-stručno savjetovanje Tekstilna znanost i gospodarstvo*. Zagreb, 121-124
- Instruction manual Recomo. (2002). Recomo S.P.A. Sorizzo, Italija  
ISO 2411:2000- Rubber-or plastic-coated fabric-determination of coating
- Šeper P. (2013). Određivanje adhezije između pletene podloge i naslojenog poliuretana. Završni rad, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb