

Postupci recikliranja tekstilnog otpada

Dr.sc. **Mario Krzyk**, univ.dipl.ing.građ.

Prof.dr.sc. **Jože Panjan**, univ.dipl.ing.građ.

Doc.dr.sc. **Darko Drev**, univ.dipl.kem.ing.¹

Sveučilište u Ljubljani, Fakultet građevinarstva i geodezije, Institut za zdravstvenu hidrotehniku

¹Institut za vode Republike Slovenije

Ljubljana, Slovenija

e-mail: mario.krzyk@fgg.uni-lj.si

Prispjelo 2.12.2013.

UDK 677.08

Stručni rad

U komunalnom okolišu i gospodarstvu svake godine nastaje velika količina tekstilnog otpada. Iako se taj otpad klasificira kao biorazgradljiv, takva klasifikacija nije odgovarajuća. Velik dio tekstilnog otpada je biološki slabo razgradljiv (sintetička vlakna, vuna, površinski obrađeni tekstilni materijali, vlaknima ojačani kompoziti itd.). Odlaganje tekstilnog otpada na deponije u posljednje je vrijeme ograničeno. Ako se tekstilni otpad spaljuje radi iskorištavanja topline, tada nastaju za okoliš opasni plinovi. Primjena takve tehnologije je moguća samo u dovoljno velikim postrojenjima za spaljivanje otpada, koja su opremljena učinkovitim napravama za čišćenje dimnih plinova. Stoga se preporučuje upotreba različitih postupaka reciklaže tekstilnog otpada, ovisno o vrsti otpada i proizvoda koje se želi proizvesti recikliranjem. Mogućnosti za upotrebu proizvoda od recikliranog tekstila su u građevinarstvu, automobilskoj industriji, poljoprivredi, obrtu, i sl.

Ključne riječi: tekstil, otpad, recikliranje, izolacija

1. Uvod

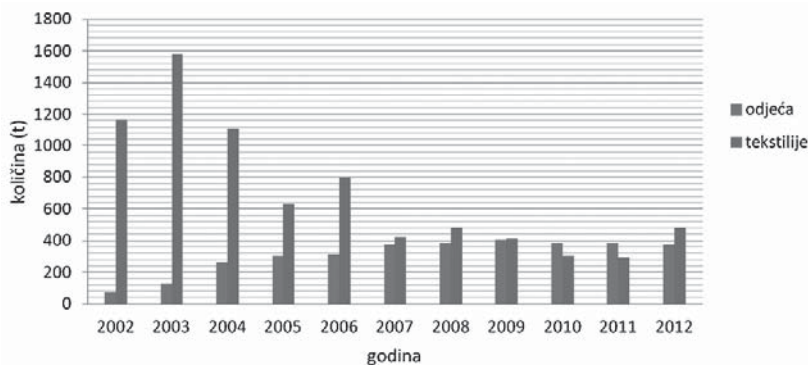
Tekstilni otpad predstavlja važnu svoju otpada, na koju se često zaboravlja u raznim strategijama gospodarenja otpadom. Iako se tekstilni otpad u važećim propisima EU [1] i Slovenije [2-4] klasificira kao biorazgradljivi otpad, takva klasifikacija je samo djelomično opravdana. Biološki lako razgradljiva su u većini samo celulozna vlakna, pa i ta ne smiju biti previše površinsko obrađena različitim polimerima. Gotovo sva polimerna vlakna su slabo biološki razgradljiva (poliamid, poliester, polipropilen, poliuretan itd.). Dakle, daleko je objektivnije tekstilne otpatke od mješavine materijala uvrstiti u biološki slabo razgradljive otpatke.

Pritom se pojavljuje pitanje, koji otpad ubrajamo u tekstilni otpad. Među komunalnim otpadom se pojavljuje otpadna odjeća, otpadna posteljina, otpadne krpe, otpadne zavjese i sl. Neki od tih proizvoda su izrađeni od prirodne ili umjetne kože. Među proizvodima od umjetne kože i tekstila ne može se povući oštra granica. Većina umjetne kože je zapravo tekstil s različitom vrstom nanosa (premaza). Čak je u proizvoda deklariranih kao proizvodi od kože prisutna određena količina tekstila. U izradi većine sportske obuće upotrebljava se tekstil [5]. Slično tome je s tehničkim tekstilijama (tende, cerade, šatori, transportne trake, itd.) i suvremenim tekstilnim proizvodima [6].

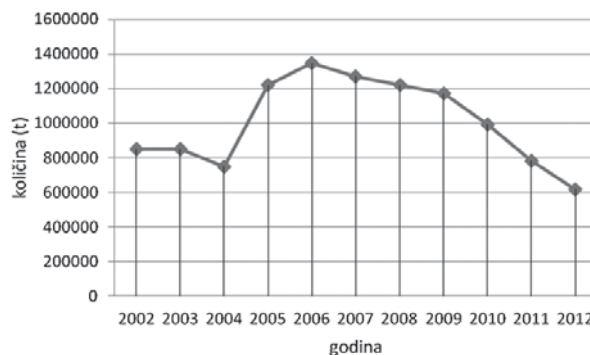
Prema navedenom za navedeni otpad može se razmisliti o upotrebi izraza „tekstilni i njemu sličan otpad“. U tu skupinu otpada bi se osim konvencionalnog tekstila: odjeće, posteljine, stolnjaka, zavjesa, vreća i slično svrstao i otpad tekstilnih proizvoda u nekonvencionalnim primjenama: tekstil primjenjen u građevini (sjenila, tapete, podne obloge), tekstil za agromiju i geotekstil (vreće, mreže konopi, izolacijski pust), te tekstil koji se primjenjuje u industriji i obrtu (tekstilni filteri, transportne trake, presvlake, itd.) [7, 8]. Značajnu skupinu tekstilnog otpada čini otpad pri proizvodnji ili potrošnji tekstilnih proizvoda (ostaci vlakna, ostaci tkanina, pletiva ili netkanih tekstilija

itd.). Veliki proizvođači takvog otpada su predionice, tkaonice i odjevne tvrtke. Unatoč smanjenju europske tekstilne i odjevne industrije u posljednjem desetljeću, ipak još ima značajno mjesto u industrijskoj proizvodnji. Posebno značajno mjesto unutar tekstilne proizvodnje ima proizvodnja sastavnih dijelova za automobilsku industriju (presvlake sjedišta, unutarnje obloge), te industrija namještaja (tapecirani namještaj). U Sloveniji je prilično razvijena proizvodnja tehničkog tekstila (sanitetski materijali, podne obloge, razne vrste netkanog tekstila, filtri, transportne trake, cerade, mreže, trake, zatvarači, umjetna koža, itd.). Na sl.1 je prikazana količina tekstilnog otpada u Sloveniji, koja je službeno evidentirana [9]. Osim navedenog otpada postoji tekstilni otpad, koji je uključen u druge kategorije (miješani komunalni otpad, građevinski otpad, itd.).

Sastav komunalnog otpada se razlikuje s obzirom na državu, pokrajinu, godišnje doba itd. [7]. U posljednje vrijeme se sve više izvodi odvojeno sakupljanje komunalnog otpada. Pritom se u Sloveniji tekstilni otpaci ne odvajaju na izvoru nastanka (naseljima, gradilištima, poljoprivrednim pogonima i sl.). Glavni razlog tome je vjerojatno to, da u Sloveniji ne postoje pogoni za reciklažu tekstilnog otpada. Osim komunalnog tekstilnog otpada, u gospodarstvu nastaje jednaka (ako ne i veća) količina tekstilnog otpada (sl.1). U suvremenom vremenu tekstilna industrija proizvodi značajno manje otpada nego u prošlosti, međutim ukupna količina tekstilnog otpada koji nastaje u gospodarstvu vjerojatno nije smanjena [10]. Naime, u posljednje vrijeme se povećava količina tekstilnog otpada koji nekada nije bio poznat, u poljoprivredi, u građevinarstvu, obrtu i nekim industrijskim granama [11]. Komunalni otpad, u ukupnoj količini nastalog otpada u Sloveniji, znatno je manji dio od polovice. Iz podataka agencije SURS [9] i ARSO (Agencija Republike Slovenije za okoliš), koji su dostupni na webu, ne



Sl.1 Prikaz količine tekstilnog otpada u Sloveniji od 2002. do 2012. godine [9]



Sl.2 Ukupna količina odloženog otpada na komunalnim deponijima u Sloveniji [9]

može se točno izračunati udio komunalnog otpada u ukupnoj količini otpada.

Na sl.2 su prikazane ukupne količine otpada, koje su bile odložene na svim komunalnim deponijima u Sloveniji od 2002. do 2012. godine. To je velika količina, koju se ne smije zanemariti.

Spaljivanje tekstilnog otpada je moguće, bez većih negativnih posljedica na okolinu, samo na kompleksnim uređajima koji imaju odgovarajući postupak čišćenja ispušnih plinova [12]. Takav uređaj za pročišćavanje mora iz ispušnih plinova odstraniti spojeve halogena (dioksini, HCl, HF, itd.), sumporne spojeve (SO₂), dušikove spojeve (NO_x), itd. Osim toga, sagorijevanjem mogu nastati halogenirani organski spojevi - dioksini. Sagorijevanje se mora provesti na dovoljno visokoj temperaturi, kako bi nastalo što manje problematičnih spojeva. Neke problematične spojeve, koji unatoč svemu nastaju (HCl, HF, SO₂,

itd.), potrebno je odstraniti fizikalno-kemijskim postupcima. Takva tehnologija je skupa i zbog toga ekonomski manje pogodna [1, 9, 13].

Iz Direktive 2008/98/ES Europskog parlamenta i Vijeća od 19. studenog 2008. o otpadu, je očito da je prioritet dan reciklaži, te ako to nije moguće, preostaje spaljivanje tekstilnog otpada. Odlaganje na deponijima je zadnja, najlošija mogućnost. U smislu ispunjenja odredbi Direktive, napisana je Uredba o promjenama i dopunama Uredbe o odlaganju otpadaka na odlagalištima (Službeni list RS, br. 53/2009), koja korjenito ograničava odlaganje biološki razgradljivog otpada na deponije.

Na osnovi navedenoga slijedi da je reciklaža tekstilnih otpadaka najpovoljnija opcija s ekološkog i ekonomskog gledišta [1], pri čemu reciklaža održava svoj smisao samo u slučaju da su osigurani potrošači proizvedenog recikliranog materijala. Ako nema potencijalnih potrošača

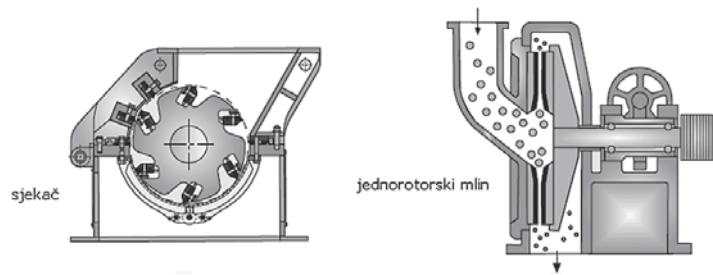
proizvoda od recikliranog tekstila, oni ostaju kao beskoristan proizvod, odnosno otpadak. U nastavku je opširnije opisana moguća reciklaža većeg dijela tekstilnog otpada.

2. Metodologija

Pregledani su podaci o gospodarenju tekstilnim otpadom u posljednje vrijeme u Sloveniji i Njemačkoj, izvori nastanka tekstilnog otpada i njegovo razvrstavanje u različite skupine, te mogući tehnološki postupci reciklaže tekstilnog otpada i karakteristike proizvoda, koji pri tome nastaju. U ovom radu se raspolagalo podacima iz tehnološke prakse i onima objavljenim u literaturi. Prije više od deset godina izvedeni su različiti pokusi reciklaže tekstilnog otpada u laboratorijskim i industrijskim uvjetima u tvrtkama Juteks Žalec i Konus Slovenske Konjice [14, 15]. Rezultati tih pokusa su djelom bili uključeni u razvojne projekte Republike Slovenije. Iskustva tih istraživanja i rezultati upotrijebljeni su za prijedloge mogućih tehnoloških rješenja reciklaže. U tijeku su pokusi izrade izolacijskih ploča od polimernih materijala i tekstilnih otpadaka (CEP, Javni razpis raziskovalni vavčer 2012 - 2013).

3. Porijeklo i sastav tekstilnih otpadaka

Tekstilni otpaci su mješavina različitih pletiva, netkanih materijala, vlakana, kompozitnih materijala, itd. [7, 16]. U navedenim materijalima najveći je udio materijala od pamuka i na bazi celuloze [17]. Osim njih često su prisutni i drugi materijali, opasni za okolinu pri spaljivanju. Na primjer, kod pamučne/PES ili lanene košulje su to puceta, koja su obično izrađena od problematične plastike (PUR, PA, ABS itd.). Vjetrovka ili bunda je najčešće izrađena od umjetnih vlakana i izrazito površinski obrađena. Nešto kvalitetnije vjetrovke imaju polimerni porozni sloj, koji je najčešće izrađen od PTFE ili PUR membrane. Sportska obuća izrađuje se od tekstilnih laminata i polimernog



Sl.3 Prikaz mlinova za rezanje tekstilnih otpadaka na manje komade (izvor: prospektni materijali različitih proizvođača strojne opreme)

potplata [5]. Tehnički tekstil je često izrađen od umjetnih vlakana i izrazito površinski obrađen (podne obloge, sjenila, filtri, transportne trake, itd.). Najmanje problematični su otpaci donjeg rublja jer su većinom izrađeni od pamuka. Međutim i kod tih proizvoda mogu biti prisutna i neka druga vlakna, npr. svila, PA, EL, guma itd). Slično vrijedi i za posteljenu. Za posteljenu se ne koriste samo pamuka, posteljina može biti i od vune, svile, umjetnih vlakana, i dr. Punila za madrace i pokrivače su najčešće od poliestera i perja. Tekstil za upotrebu u automobilskoj industriji je gotovo uvijek od površinski jako obrađenih sintetskih vlakana [18]. To vrijedi i za tekstil koji se koristi u vlakovima, brodovima i zrakoplovima. Slično je i sa tekstilom u koji se primjenjuje u poljoprivredi. Većinom su izrađeni od polietilena, polipropilena, poliestera i poliamida. Prema tome može se utvrditi da je prosječni tekstilni otpad sadržava za okolinu štetne tvari, koje se u prirodi vrlo sporo razgrađuju [16]. Njegovim spaljivanjem nastale bi emisije opasnih plinova.

4. Mogući postupci reciklaže tekstilnih otpadaka

Pri reciklaži tekstilnih otpadaka moguća je upotreba više različitih tehnoloških postupaka. Postupci ovise o vrsti otpada i otencijalnoj upotrebi nastalog reciklata [13]. Pri svakom postupku reciklaže, najprije je potrebno rastrgati pojedine dijelove tekstilnih otpada na manje dijelove, koji su pogodni za daljnju preradu.

4.1. Rezanje komada miješanih tekstilnih otpadaka na manje dijelove

Kada se među tekstilnim otpacima pojavljuju ostaci kože, kompozitnih materijala, te komadi gume, za njihovo rezanje na manje komade opravdana je upotreba mlinova [18, 19]. Na sl.3 su prikazana dva mlina, primjerena za takvu reciklažu. Pored prikazanih, postoje i druga tehnološka rješenja.

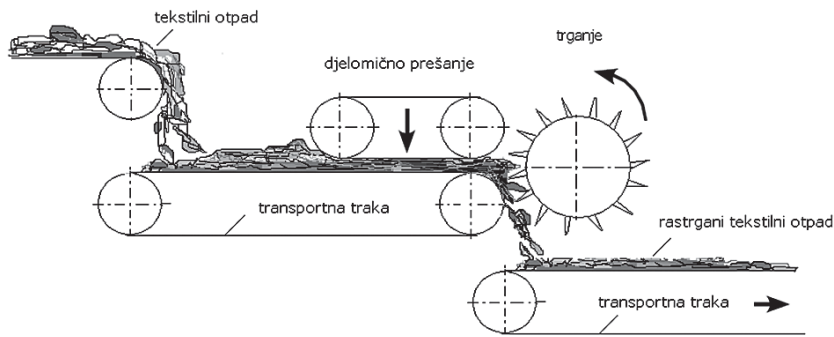
Mlinovi za rezanje miješanih tekstilnih otpadaka su obično povezani u tehnološku liniju, koja osigurava kontinuirano dovođenje otpadaka i kontinuirano odvođenje nastalih proizvoda. Na temelju istraživanja i iskustava iz proizvodnje autora ovog rada, takvi mlinovi su osobito primjereni za tekstilne laminare i kožne otpatke, uključujući i otpadnu obuću.

4.2. Trganje velikih komada tekstilnog otpada na manje komade

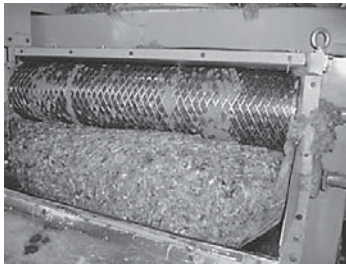
Kada među tekstilnim otpadom nema materijala od kože i kompozitnih materijala, najbolje ih je rastrgati (sl.4). Za to se koristi „tzv. vuk stroj za trganje“ ili neka druga tehnologija [18-20]. Izbor opreme je ovisan o vrsti otpadaka i zahtijevanog proizvoda nakon obrade (sl.5).

4.3. Povezivanje komada tekstilnog otpada u voluminozni izolacijski sloj

Komade tekstilnog otpada može se preraditi u voluminozni izolacijski sloj na različite načine. Na sl.6 je



Sl.4 Trganje tekstilnih otpadaka na manje komade (prijedlog autora)



Sl.5 Prikaz recikliranoga tekstila nakon procesa trganja [21]

prikazan jedan od mogućih tehnoloških postupaka, pri kojem postoji problem mehaničke stabilnosti materijala. Ako materijal nije dovoljno stabilan, poželjno je nanošenje sloja otpada na odgovarajuću mrežu za armiranje, koja je prethodno površinski obrađena vezivom. Vezivo se nanosi

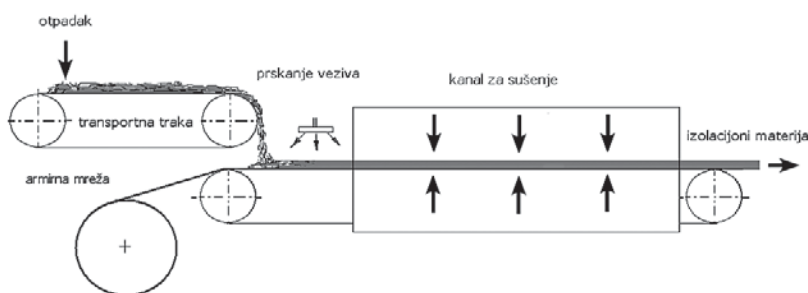
prskanjem, kanalu za sušenje se učvršćuje (suši) nakon čega dolazi do vezivanja sa recikliranim tekstilom.

4.4. Oblikovanje prethodno pripremljenih mješavina tekstilnog otpada u proizvode

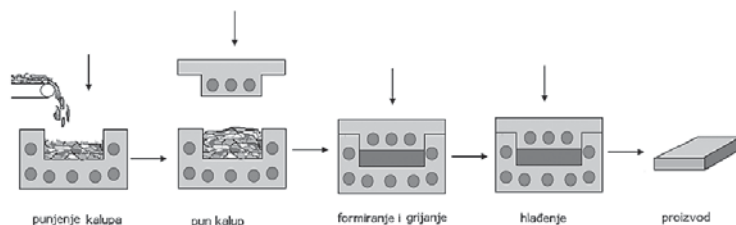
Mješavina tekstilnog otpada (na osnovi istraživanja autora) najčešće sadrže od 20 do 30% termoplastičnih polimera. Najzastupljeniji termoplastični polimerni materijali su: PA, PP, PVC, PES, PUR. Kod nekih polimernih materijala se ne radi o potpunoj termoplastičnosti, npr. PVC topli podovi sadrže omekšani PVC, koji je djelomice termoplastičan. Slično vrijedi i za različite vrste umjetne kože i tapete. Celulozna i mineralna

vlakna nemaju svojstva termoplastičnosti te je njihova primjena u mješavinama koje se toplinski oblikuju ograničena. Ako su ravnomjerno pomiješani različiti komadići termoplastičnih i inertnih materijala, zagrijavanjem i prešanjem može doći do njihovog povezivanja. Nastaje mehanički stabilan proizvod. Na sl.7 je prikazan mogući postupak izrade izolacijskih ploča prešanjem i zagrijavanjem u kalupima. Pokusi izrade takvih ploča su bili izvedeni u tvrtki Konus d.d. od 1987. do 1990. godine.

Navedenim postupkom mogli bi se izrađivati različiti izolacijski materijali za građevinarstvo, koji bi mogli zamijeniti upotrebu nekih postojećih proizvoda. Ploče od takvih izolacijskih materijala bi se mogle dodatno ojačati pomoću veziva i mreža ili bi se mogle laminirati na neki drugi materijal (krovni pokrov). Tekstilni sloj bi se mogao dodatno ojačati kontinuiranim postupkom, kako je to prikazano na sl.8. Pri toplinskoj obradi nije obavezno dodavanje netkanog tekstila, nego je moguće dodavanje i komada tekstilnog otpada. Ako materijal sadrži dovoljno termoplastičnih komponenti, dovoljno je zagrijavanje i pritisak za proizvodnju stabilnih proizvoda, odnosno izolacijskih ploča, koje se mogu razrezati na manje komade ili namatati na valjak.



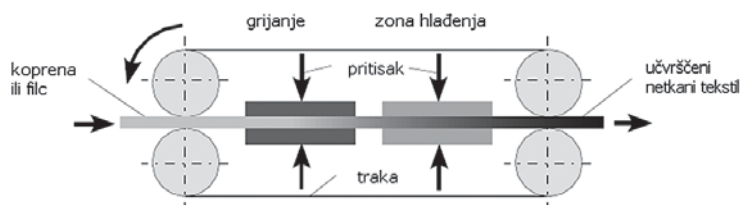
Sl.6 Prikaz mogućeg postupka izrade voluminoznog izolacijskog materijala od tekstilnih otpadaka (prijedlog autora)



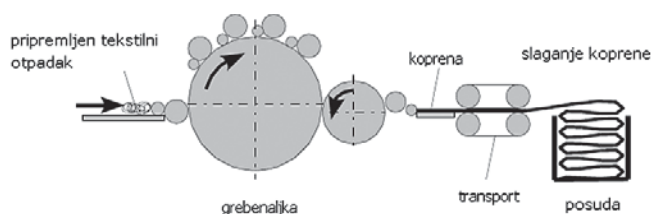
Sl.7 Mogući postupak izrade izolacijskih proizvoda zagrijavanjem i prešanjem u kalupu (prijedlog autora)

4.5. Izrada koprene ili netkanog tekstila od tekstilnog otpada

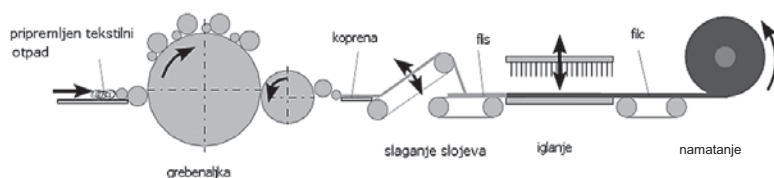
Kada otpad sadrži samo vlaknaste materijale (tkanine, netkani tekstil, zavjese i sl.), moguće je materijal razvlakniti i ponovno ga oblikovati [22]. U tom bi se slučaju najprije upotrijebio „vuk za trganje“, koji je prikazan na sl.4, a potom linija za grubo grebananje iz izradu koprene odnosno netkanog tekstila od recikliranog materijala, prikazane na sl.9 i 10. Proizvod je relativno jednakomjeren tekstilni sloj u obliku koprene ili netkanog tekstila učvršćenog iglanjem.



Sl.8 Shematski prikaz postupka izrade izolacijskih ploča (prijedlog autora)



Sl.9 Shematski prikaz postupka izrade koprene/neučvršćenog netkanog tekstila od pripremljenog tekstilnog otpada (prijedlog autora)

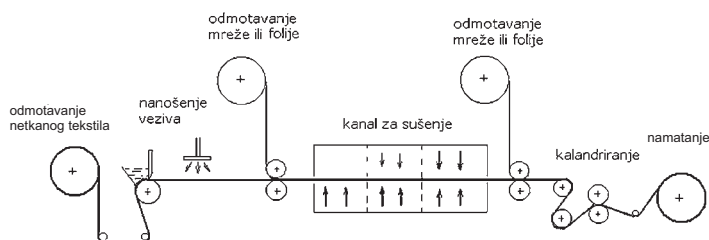


Sl.10 Shematski prikaz postupka izrade netkanog tekstila od pripremljenog tekstilnog otpada učvršćenog iglanjem (prijedlog autora)

4.6. Naknadna obrada koprene i netkanog tekstila

Koprena i netkani tekstili zbog svojih mehaničkih karakteristika imaju ograničnu primjenjuju. Toplinskom obradom koprene ili netkanog tekstila sa sadržajem odgovarajućeg udjela termoplastičnih vlakana, moguća je dobiti izolacijske ploče odgovarajuće mehaničke čvrstoće, sl.8. Kada sadržaj termoplastičnih vlakana nije dovoljan da bi bilo moguće spajanje uslijed taljenja, potrebno je dodati vezivo ili materijal za ojačanje (armiranje), sl.11.

Vezivo se može dodavati na više načina. Na sl.11 je prikazano nanošenje veziva nožem i prskanjem. Mogući su i postupci nanošenja veziva pomoću valjka, sita, fularom i dr. Postoji više načina toplinske obrade. Na tehnološkoj shemi je prikazan kanal za sušenje s upuhivanjem vrućeg zraka. Postoje i drugi postupci sušenja, toplinskog spajanja i učvršćivanja (vrući valjci, IR zračenje itd.). Moguća je kombinacija više različitih postupaka, ovisno o vrsti materijala (koprene, netkani tekstil, veziva, mreže, folije). Ovisno o vrsti veziva, može se upo-



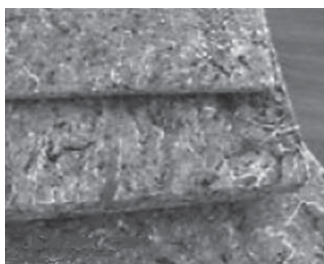
Sl.11 Prikaz mogućeg postupka prerade recikliranog netkanog tekstila u kompozitni materijal (prijedlog autora)

trijebiti sušenje ili toplinsko aktiviranje ili pak kombinacija oba postupka. Obično se koristi kombinacija postupaka. Ako se npr. kao vezivo nanosi u obliku vodene disperzije, u prvoj fazi će toplina djeluje na isparavanje vode. U drugoj fazi povećanjem temperature polimerni materijal počinje omekšavati. Povećanjem temperature može se pokrenuti umrežavanje ili geliranje vezivnog sredstva, ovisno o vrsti upotrijebljenih veziva. Ako se ne dodaju veziva, u sušioniku će se termoplastični materijal djelomice smekšati, a uz pritisak se može oblikovati kompaktnija struktura. Jakost vezivanja ovisi o vrsti materijala, temperaturi i pritisku. Pritom valja uvažavati činjenicu da se neki termoplastični polimeri slabo toplinski povezuju. Za neke polimere je temperatura omekšanja relativno visoka, a za druge niska. Zbog toga se neki polimeri, pri temperaturi pri kojoj se drugi polimeri tek počinju omekšavati, mogu toplinski razgraditi. U završnoj fazi je opravdano materijal kalandrirati ako se želi da je konačni proizvod što ravnomjerniji i da se različiti materijali još međusobno povežu, iako se time gubi voluminoznost i djelomice izolacijsko svojstvo. U slučaju da u tekstilnoj kopreni/netkanom tekstilu nema dovoljno termoplastičnih vlakana pomoću kojih bi se materijal mogao učvrstiti, mogu se dodati odgovarajuća (ekološki prihvatljiva) veziva, koja bi ga učvrstila. Moguće je i kaširanje na armirajuću mrežu ili foliju, odnosno dodatak materijala za ojačanje strukture.

5. Mogući načini upotrebe proizvoda izrađenih od tekstilnih otpadaka

Materijali, izrađeni od otpadnog tekstila, imaju suženo područje primjene [5, 13, 23]. Najčešće imaju dobra svojstva toplinske i zvučne izolacije [24, 25]. Kvantifikacija tih svojstava je još u fazi istraživanja. Najveća mogućnost upotrebe postoji u građevinarstvu i automobilske indus-

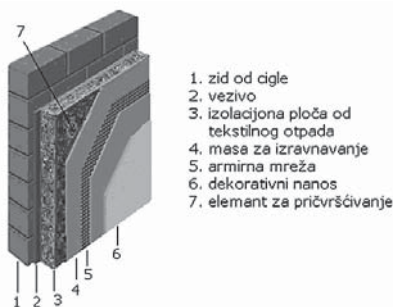
striji, gdje se upotrebljavaju velike količine različitih izolacijskih materijala. Mogu se upotrebljavati za podnu izolaciju, izolaciju zidova ili krova. Ploče od tekstilnog otpada mogu biti direktna zamjena za termo izolacijske ploče od pjenastog poliestera, pjenastog betona ili za ploče od mineralnih vlakana [18], sl.12. Pritom je vrlo važno da su vlakna i dijelovi tekstilnog materijela dobro međusobno povezani, čime ploče dobivaju odgovarajuću mehaničku čvrstoću [26]. Ako su lošije međusobno povezani, ploče nemaju potrebnu mehaničku čvrstoću i mogu se koristiti samo kao izolacioni materijal, što vrijedi i za mineralna vlakna i pjenasti poliestar. Tekstilni otpad se može upotrebljavati i u mješavinama s drugim materijalima (cement, gips, polimerne smole itd.).



Sl.12 Netkani tekstil iz regeneriranih vlakana (prerađeni tekstilni otpad)

Za tržišnu prepoznatljivost i upotrebu izolacijske i mehaničke karakteristike tekstilnih izolacijskih ploča moraju biti slične konkurentnim proizvodima od npr. pjenastog poliestera, drvenih otpadaka, mineralnih vlakana ili pjenastog betona. Moguća primjena izolacijskih ploča od recikliranog tekstila u građevinarstvu prikazana je na sl.13.

Proizvodnja izolacijskih ploča od tekstilnog otpada na svjetskom tržištu nije česta [27]. Upotreba recikliranog tekstilnog otpada je značajnije prisutna u automobilskoj industriji. Trend ponovne upotrebe tekstilnih i plastičnih otpadaka od istrošenih dijelova automobila se nastavlja [18, 25]. Na sl.14 prikazan je unutarnji dio automobila, gdje je moguća upotreba



Sl.13 Prikaz moguće upotrebe izolacijske ploče od tekstilnog otpada u građevinarstvu

tekstilnog otpada. Takav proizvod može biti izrađen postupkom prikazanom na sl.9 ili odgovarajuće obrađenog netkanog tekstila. Za njegovo toplinsko oblikovanje vlakna moraju biti obrađena termoplastičnim vezivom. Takvo vezivo se nanosi na vlakna prskanjem ili fulardiranjem. Naime, nanošenje veziva nožem, valjkom ili sitom, ne omogućava prodiranje veziva dovoljno duboko u unutrašnjost strukture.

Glavni razlog relativno malog udjela upotrebe tekstilnog otpada su (još uvijek) povoljne cijene drugih, "čišćih" materijala (sirovih vlakana). Drugi razlog relativno niskog stupnja reciklaže tekstila je i taj da ga se do sada moglo odlagati na deponije bez ograničenja.



Sl.14 Prikaz upotrebe recikliranih tekstilnih otpada u automobilskoj industriji

Značajne količine tekstilnog otpada se koriste i u spalionicama s toplinskim iskorištenjem [12], budući da imaju visoku ogrjevnu vrijednost, te su s tog gledišta, primjereni za toplinsko iskorištavanje. U komunalnom otpadu, po ogrjevnoj vrijednosti, ub-

rajaju se u istu skupinu kao i otpadna plastika. Tekstilni otpad se može preraditi s ostalim gorivim komunalnim otpadom u materijale za toplinsko iskorištenje. Takvi materijali ne mogu biti nadomjestak ugljenu ili drvenoj biomasi, jer sadrže tvari koje su opasne za okolinu pri oslobađanju u dimnim plinovima, zbog čega je problematičan takav način njihovog iskorištavanja.

6. Zaključak

Ukupna količina tekstilnog otpada znatno je veća od tekstila komunalnom otpadu budući da se znatne količine tekstilnog otpada nastaju tijekom industrijske proizvodnje tekstila i odjeće, te nakon primjene u drugim industrijskim granama, u građevini, u poljoprivredi i sl. U srodne otpad ubraja se otpadna umjetna koža, obuća i slični materijali. Novi propisi izrazito ograničavaju odlaganje biološki razgradljivog otpada, u koji se ubraja i tekstil. U "Uredbi o promjenama i dopunama Uredbe o odlaganju otpadaka na odlagalištima (Službeni list RS, br. 53/2009) " tekstilni otpad se ubraja u skupinu biološki razgradljivog otpada. Međutim, u prosječnom uzorku tekstilnog otpada najmanje 20 do 30% je biološki jako slabo razgradljivih materijala. No, bez obzira na to, ocjenjuje li se tekstilni otpad kao dobro ili slabo biološki razgradljiv, za njega vrijedi ograničenje pri odlaganju na deponije.

Osim odlaganja na deponije, preostaju još dvije mogućnosti kako postupati s otpadnim tekstilom. To su spaljivanje i reciklaža. Sa gledišta Direktive 2008/98/ES Europskog parlamenta i Vijeća od 19. studenog 2008. o otpacima i poništenju nekih direktiva, očito je da je prioritet dat reciklaži, te se u slučaju da to nije moguće, predviđa spaljivanje tekstilnog otpada. Pri tome smisao spaljivanja nije radi uništenja tekstilnog otpada nego njegovo toplinsko iskorištenje. Toplinsko iskorištenje pri spaljivanju tekstilnih otpadaka je vrlo zahtjevan i

skup postupak jer je potrebno osigurati djelotvorno čišćenje dimnih plinova. To se često zaboravlja jer je po gruboj ocjeni, u ukupnoj količini otpada, 10 do 20% takvih materijala, kod kojih pri izgaranju nastaju problematični plinovi. Teškoće uzrokuju proizvodi na osnovi vune i svile, a najviše proizvodi na bazi polimernih vlakana (poliamid, poliuretan, polivinil-klorid, itd.) i gotovo sve površinske obrade tekstilnih materijala, te različiti gumeni dodaci.

Budući da je odlaganje tekstilnog otpada ograničeno, a spaljivanje vrlo zahtjevan postupak, najpovoljnija opcija je njegova reciklaža. Za reciklažu je potrebno poznavati odgovarajuće tehnološke postupke kao i postupke proizvodnje različitih proizvoda iz recikliranih vlakana. Proizvodi od recikliranog tekstila mogu naći svoju upotrebu prije svega u građevinskoj i automobilskoj industriji te agronomiji.

Literatura:

- [1] European Commission, Directive 2008/98/EC on waste and repealing certain Directives, Official Journal of the European Union, L 312/3
- [2] Republika Slovenija, Uredba o odlaganju otpadkov na odlagališčih (Uradni list RS, št. 32/06, 98/07, 62/08, 53/09 in 61/11)
- [3] Republika Slovenija, Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Uradni list RS, št. 62/08, 61/11 in 99/13)
- [4] Republika Slovenija, Uredba o odpadkih (Ur.l. RS, št. 103/2011, 16. 12. 2011)
- [5] Rahimifard, S., et al: Recycling of Footwear Products, Centre for Sustainable Manufacturing and Reuse/recycling Technologies (SMART), Loughborough University (2007)
- [6] Pavunc M., E. Vujasinović: Recikliranje visokoučinkovitih pametnih tekstilija, *Tekstil 62* (2013.) 1-2, 45-53
- [7] Caulfield K.: Sources of Textile Waste in Australia, discussion paper, Apical International Pty Ltd. (2009)
- [8] Tisch A.: Abfallvermeidung und –verminderung im bereich Technischer Textilien – Hemmnisse und Lösungskonzepte, Dissertation, Technische Universität Berlin (2002)
- [9] Statistični urad Republike Slovenije, <http://www.stat.si/kontakt.asp>
- [10] Pavunc M. i sur.: Tekstil u kontekstu održivog razvoja, *Tekstil 63* (2014.) 5-6, 195-203
- [11] ...: Razgovor s gosp. Anđelkom Švaljekom, direktorom Regeneracije d.o.o., *Tekstil 62* (2013.) 1-2, 68-73
- [12] European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration, August 2006
- [13] Umwelt Bundes Amt: Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU), »Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken für Abfallbehandlungsanlagen«, German Federal Environmental Agency (2006)
- [14] Đuranović B., D. Drev: Razvoj tehnoloških sistemov za izdelavo in plemenjenje tehničnega tekstila : oprema za premazovanje in plemenjenje. Ljubljana; Senovo: Metalna TGS (1991)
- [15] Đuranović B., D. Drev: Tehnični tekstil : nove tehnologije in izdelki. Ljubljana; Senovo: Metalna TGS (1991)
- [16] IÖW: Integrierte Produktpolitik (IPP) am Beispiel der Textil Kette, Abschlussbericht zum Pilotprojekt, Baden-Württemberg (2004)
- [17] International Cotton Advisory Committee, 69th Plenary Meeting, Lubbock, Texas, September 20 - 25, 2010
- [18] Jody B.J. et al.: End-of-Life Vehicle Recycling: State of the Art of Resource Recovery from Shredder Residue, Center for Transportation Research, Energy Systems Division, Argonne National Laboratory (2010)
- [19] Gsteu M.: Recycling von textilen Abfällen nach den Dref Friktionsspinnverfahren –Teil 1, Textilmaschinenfabrik Dr. Ernst Fehrer AG, Linz/Austria, Spinnerei, mittex 1/00
- [20] Gsteu M.: Recycling von textilen Abfällen nach den Dref Friktionsspinnverfahren –Teil 2, Textilmaschinenfabrik Dr. Ernst Fehrer AG, Linz/Austria, Spinnerei, mittex 2/00
- [21] Vončina B., M. Pintar: Textile waste recycling, Proceedings of the 10th International Conference on Environmental Science and Technology, Kos island, Greece, 2007
- [22] Witt F.: Einblicke in die aktuelle Forschung und Entwicklung der Vliesstofftechnologie des Wavmaker, Eine vielversprechende Technologie, Santeg AG (2005)
- [23] Pezelj E. i sur.: Ulazna kontrola u preradi tekstilnih regenerata, *Tekstil 58* (2009.) 11, 554-566
- [24] Jordeva S. i sur.: Tekstilni otpad kao materijal za toplinsku izolaciju / Textile waste as a thermal insulation material, *Tekstil 63* (2014.) 5-6, 168-173/174-178
- [25] ...: Proizvodi SoundTex tvrtke Freudenberg Technical Nonwovens Division – udovoljava visokim zahtjevima upotrebe u području apsorpcije zvuk, *Tekstil 57* (2008.) 4, 175-177
- [26] Loredos Reis J. M.: Effect of Textile Waste on the mechanical Properties of Polymer Concrete, *Materials Research 12* (2009) 1, 63-67
- [27] Rahul A.D.: State-Of-The-Art Insulation Materials: A Review, *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, Volume 2, Issue 6, December 2012, 97 - 102

SUMMARY

Procedures of textile waste recycling

M. Krzyk, J. Panjan, D. Drevl

A large amount of textile waste is produced in municipal environment and the economy each year. Although the textile waste is classified as biodegradable waste, such classification is not appropriate. A large amount of textile waste components is biologically poorly degradable (polymer fibers, wool, surface treated materials, fiber-reinforced composites, etc.). Disposal of textile waste to landfill is lately confined. If textile waste is burned for heat utilization, thereby results in environmentally hazardous gases. The application of such technology is only possible in sufficiently large waste incineration plants, which are equipped with efficient devices for flue gas purification. Therefore the use of different procedures of textile waste recycling depending on type of wastes and products that are to be produced by recycling is recommended. Possibilities for use of products made from recycled textiles are in construction industry, automotive industry, agriculture, crafts, etc.

Key words: textile, waste, recycling, isolation

University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering

¹Institute of Water of the Republic of Slovenia

Ljubljana, Slovenia

e-mail: mario.krzyk@fgg.uni-lj.si

Received December 2, 2013

Recyclingverfahren von textilen Abfällen

In den Gemeinden und der Industrie entstehen große Mengen an verschiedenen Arten von Textilabfällen. Obwohl Textilabfälle als biologisch abbaubare Abfälle eingestuft werden, ist die bestehende Zuordnung nicht geeignet. Eine große Menge an Textilkomponenten ist nämlich biologisch nur sehr schlecht abbaubar (Polymer-Fasern, Wolle, Oberflächen der behandelten Materialien, etc). Abfalllagerung auf Deponien wird zunehmend eingeschränkt. Wenn Textilabfälle für Abwärmenutzung verbrannt werden, entstehen dabei umweltschädliche Gase. Die Anwendung dieser Technologie ist sinnvoll nur im Falle großer Müllverbrennungsanlagen, da sie über die entsprechend wirksame Reinigungsanlagen verfügen. Deshalb empfiehlt sich die Verwendung verschiedener Abfallrecyclingverfahren, je nach Art der Abfälle und Produkte, die durch Recyceln entstehen sollen. Möglichkeiten für den Einsatz von Produkten aus recycelten Textilien sind in der Bauindustrie, Automobilindustrie, Landwirtschaft, Handwerk, etc.