

## Modeli recikliranja nezbrinutih tekstilija

Prof. Lihua Lv, PhD<sup>1,2</sup>

Prof. Xiao Wang, PhD<sup>1</sup>

Prof. Chunyan Wei, MSc<sup>1,2</sup>

Prof. Yongzhu Cui, PhD<sup>1</sup>

Oi Zhang, BSc<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Green Applied Fiber Technology Institute, Dalian Polytechnic University

<sup>2</sup>School of Textile and Material Engineering, Dalian Polytechnic University

Dalian, NR Kina

e-mail: lvlh@dlpu.edu.cn

Prispjelo 13.1.2013.

UDK 677.021.151.27

Stručni rad

*Modeli recikliranja nekih nezbrinutih prirodnih vlakana (pamuka, lana i svile) i sintetičkog polipropilenskog vlakna opisani su na temelju njihovog životnog ciklusa koji obuhvaća proizvodnju - potrošnju - prikupljanje i klasifikaciju - recikliranje - vraćanje na tržište nezbrinutih tekstilija. Nezbrinute tekstilije su podijeljene u "neupotrijebljene" i "rabljene" nezbrinute tekstilije. Modeli recikliranja su opisani u radu i oni su vodič za razumno i učinkovito recikliranje nezbrinutih tekstilija. Modeli mogu poboljšati ekonomske koristi cijele tekstilne industrije i biti učinkovit pristup smanjenju zagađenja okoliša. Osim toga, modeli ispunjavaju zahtjeve novog trgovinskog protekcionizma i smanjuju ograničenja resursa.*

**Ključne riječi:** nezbrinute tekstilije, modeli recikliranja, recikliranje, izvedba

### 1. Uvod

Poboljšanjem uvjeta života dolazi i do smanjenja vremena upotrebe tekstilija što rezultira velikim količinama beskorisnih nezbrinutih tekstilija. Nezbrinute tekstilije nakupljaju se u mnogim tvornicama tekstila i odjeće ali i u svakodnevnom životu i predstavljaju opterećenje za okoliš. Također velik i skriven problem je to što lako mogu uzrokovati požar. Način recikliranja ovih nezbrinutih tekstilija predstavlja značajan problem. Stručnim recikliranjem nezbrinutih tekstilija postigle bi se velike ekonomske i društvene koristi i sačuvali vrijedni resursi. Modeli recikliranja nekih nezbrinutih prirodnih vlakana kao što su pamuk, lan i svila te sintetičkog polipropilenskog

vlakna opisani su u ovom radu na temelju njihovog životnog ciklusa, odnosno vijeka trajanja, od proizvodnje - potrošnje - prikupljanja i klasifikacije - recikliranja - vraćanja na tržište.

Karakteristični njemački neprofitabilni medijski sustav DSD korišten je za prikupljanje nezbrinutih tekstilija. Prikupljanje se odvijalo na dva načina: jedno je bilo na ulici, drugo je bio sustav unakrsnog recikliranja [1]. Od 1990-ih godina stupanj razvoja strojeva za recikliranje nezbrinutih tekstilija sve se više poboljšava. Glavni predmeti recikliranja su tehnički tekstil i nezbrinuti tepisi [2]. Prvi automatski stroj za odvajanje i klasifikaciju nezbrinutih tepiha za recikliranje izumljen je u Europi [3]. Prema toj novoj tehnologiji postoji više načina

recikliranja nezbrinutog tekstila, odnosno više vrsta modela recikliranja [4-6]. Xinyuan Cocoon i Silk Group Co.Ltd su za područje svile izradili model recikliranja koji je uglavnom uključivao iskorištenje nusproizvoda tijekom proizvodnje [7]. Nezbrinuta svila se mogla se reciklirati, odnosno iskoristiti za izradu svilenkastog papira. Postignuta su velika poboljšanja svojstava istezanja i savijanja proizvoda povezivanjem svile u kompozit s polibutilen-sukcinatom - PBS (bio-razgradljivim termoplastičnim alifatskim poliesterima) [8].

Nezbrinuti lan je recikliran za izradu papira i kompozitnih materijala od lana i poliolefinskog polimera [9-11]. Proizvodnja, recikliranje i zbrinjavanje PP [12-13] bili su temelj za izradu modela.

Suzhou je uzet kao primjer rasprave o načinu recikliranja nezbrinutih tekstilija [14] kao i model koji je konstruiran u pokrajini Cangnan, pri čemu je pamučno vlakno regenerirano u proizvod koji je opet došao na tržište [15]. Općenito postoje dva načina recikliranja džinsa na temelju boje [16], a razvrstani džins može opet u proizvodnju s pamukom. U školama i tvrtkama kineske pokrajine Fushan istraživana je upotreba regeneriranog vlakna za uniforme [17]. Modeli recikliranja nezbrinutih tekstilija konstruirani su prema postojećoj literaturi kako bi se ispitali proizvodnja nezbrinutih tekstilija i relevantni postupci recikliranja.

## 2. Model recikliranja nezbrinutog pamuka

Glavni izvori nezbrinutih pamučnih vlakana su ostaci u postupcima pređenja, prerade odjeće i tekstila te iznošena i nepotrebna odjeća i tekstil. S obzirom na izvor postoji više načina recikliranja. S proizvođačima (predionicama, tkaonicama, proizvođačima odjeće) kojima u proizvodnji nastaje otpad, odnosno nezbrinute tekstilije, mogu surađivati specijalizirana poduzeća, čime bi se mogao uspostaviti fiksni postupak prikupljanja. Da bi se reciklirale rabljene nezbrinute tekstilije, trebalo bi osnovati mrežu prema raširenosti, količini, složenosti i drugim neodređenim faktorima. Ove nezbrinute tekstilije trebale bi se razvrstavati prema boji, stanju vlakana, građi plošnog proizvoda itd. Nakon toga bi se ove razvrstane nezbrinute tekstilije trebale isporučiti pogonima za recikliranje. U svakom pogonu za recikliranje postoji nekoliko odgovarajućih linija za prikupljanje tako da se različit nezbrinut pamuk zbrinjava na pravilan način.

1. Neke vrste nezbrinutog pamuka se prerađuju u vlasasta vlakna koja se ponovno pređenjem i tkanjem prerađuju u nove tkanine za izradu odjeće. U tom tehnološkom procesu postoje dvije faze. Prva faza je kada se nezbrinut pamuk prerađuje u vlakna

nakon što se izrežu, kidaju i otvore. Druga faza je da se takva vlakna prerađuju u pređu postupcima rotorskog, prstenastog, frikcijskog pređenja i sl. Neke pređe prerađene u prethodno navedenim postupcima mogu se tkati u nove tkanine za izradu odjeće, npr. kao džins.

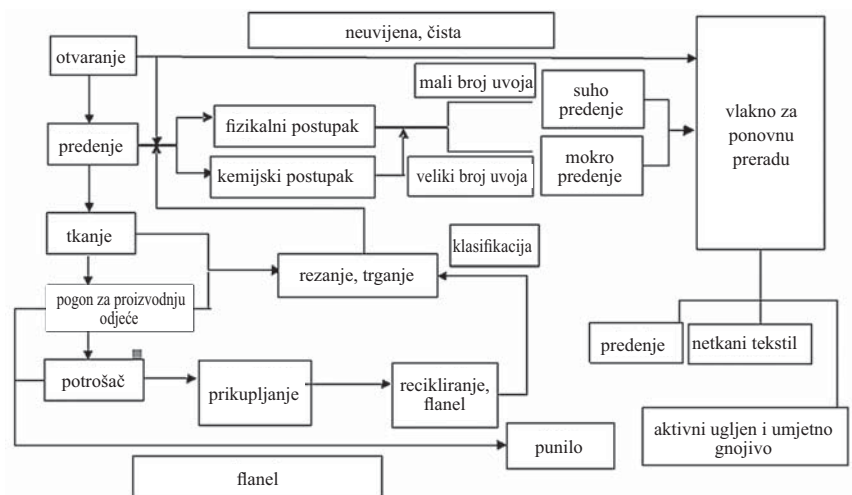
2. Druge vrste nezbrinutog pamuka se prerađuju u vlakna koja se ne mogu prestiti, ali se mogu preraditi u netkani tekstil primjenom tehnologije izrade netkanog tekstila. Osim što se upotrebljavaju kao sredstvo za punjenje, razvijen je novi postupak primjene kao sirovine za aktivni ugljen koji se upotrebljavaju u drugim industrijama. Model recikliranja temeljen na izvoru, postupak recikliranja i upotreba nezbrinutih pamučnih vlakana prikazan je shematski na sl.1.

## 3. Model recikliranja nezbrinutog lana

Budući da se industrija proizvodnje i prerade lana razvija, određene količine nezbrinutih lanenih proizvoda sve su veće. Trenutno se većina lanenih proizvoda zakapa ili spaljuje ili zbrinjava tradicionalnim postupcima, koji ne predstavljaju samo skrivene probleme, već rezultiraju i u zagađenju okoliša. Raspravlja se o ekonomičnijem i ekološki prihvatljivijem postupku, te se očekuje osnivanje cjelovitog industrijskog lanca u industriji prerade lana.

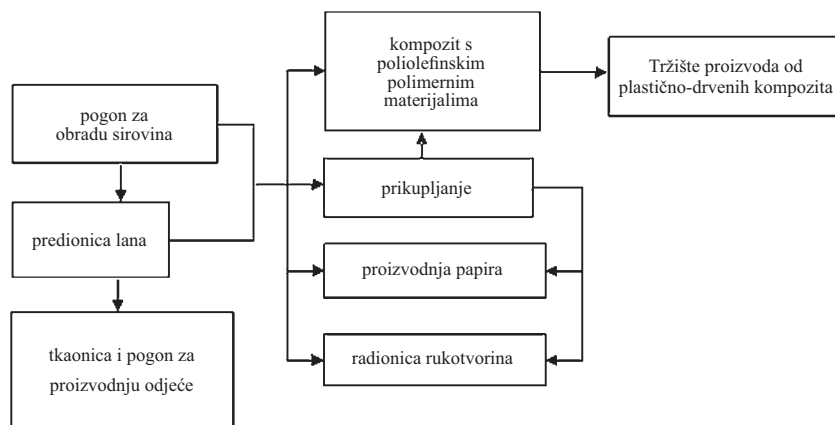
Lan se dostavlja u predionicu nakon košnje i završetka procesa maceriranja. Dakle, tvornice za preradu sirovog lana i predionice lana stvaraju i otpadni lan kao nusproizvod, odnosno proizvode nezbrinuti lan. Što se njih tiče, postoji želja za zbrinjavanjem nezbrinutog lana čak ako to znači dodatni trošak. Centralizirani izvori i niska cijena, te možda i stjecanje dobri su vrlo privlačni pogonima i institucijama za prikupljanje i recikliranje. Međutim, tvrtke za recikliranje mogu direktno surađivati s tvornicama za preradu zbog čega prikupljanje postaje manje značajno zbog centraliziranih izvora.

Nezbrinuti lan se najviše upotrebljava za proizvodnju papira zbog velike potražnje na tržištu i poznate te razvijene tehnologije. Međutim, zbog visokog stupnja zasićenja tržišta i niskih ekonomskih profita te velikog zagađenja okoliša, došlo je do smanjenja proizvodnje papira te dolazi do potrebe za pronalaženjem novog načina zbrinjavanja nezbrinutog lana. Izgleda da je prerada nezbrinutog lana u kompozitne materijale s poliolefinskim polimerima prikladan način rješenja problema, a tehnologija je lakopromjenljiva, jednostavna i pristupačna. U protekla dva desetljeća se proizvodi prodaju kao plastično-drveni kompozitni materijali širom svijeta, a tržišni izgledi su prilično dobri. U posljednje vrijeme drvena građa ima veliku potražnju pa su i



Sl.1 Model recikliranja nezbrinutih pamučnih vlakana

cijene znatno porasle jer svaka država ima politiku zaštite šumskih resursa. Na primjer, Rusija je smanjila svoj izvoz drvene građe da zaštiti svoje šumske resurse. Zato kompozitni materijali izrađeni od nezbrinutih lanenih vlakana i poliolefinskih polimernih materijala mogu ne samo ispuniti prazninu na tržištu plastično-drvenih proizvoda, već mogu donijeti i velike ekonomske i društvene profite. Model recikliranja nezbrinutog lana prikazan je dijagramom na sl.2.



Sl.2 Model recikliranja nezbrinutih lanenih vlakana

#### 4. Model recikliranja nezbrinute svile

Svila je prirodno kontinuirano filamentno vlakno koji nastaje tijekom čahurenja gusjenica nekih leptira (svilaca, najčešće dudovog svilca) izlučivanjem iz dvaju otvora na glavi pri čemu nastaju dvije fibroinske niti obavijene sericinom. Svila je prirodno, životinjsko vlakno koje ima široku primjenu. Zbog posebnih svojstava i visoke cijene svile, recikliranje nezbrinute svile ima veliku važnost.

Postoji nekoliko izvora nastanka nezbrinute svile

1. Nezbrinuta svila nastaje kod procesa odmatanja i namatanja vlakana svile iz čahurica lošije kvalitete na namotke. Otpadna svila s vanjske strane čahure, prekinuti filament i otpadna svila mogu se preraditi u vlastita vlakna. Svileni poplun visoke kvalitete može se izraditi od svile iz dvostruke čahurice i drugih čahurica koje se mogu dalje obrađivati. Kraća svila može se koristiti u industriji proizvodnje papira.

2. Nezbrinuta svila može nastati kod procesa izrade svilenih tkanina. Preostali materijali mogu se preraditi u svilene tepihe. Sericin se može upotrebljavati za izradu kozmetike. Na sl.3 prikazan je model recikliranja prema izvoru, postupku recikliranja i upotrebi nezbrinute svile.

#### 5. Model recikliranja nezbrinutog polipropilena (PP)

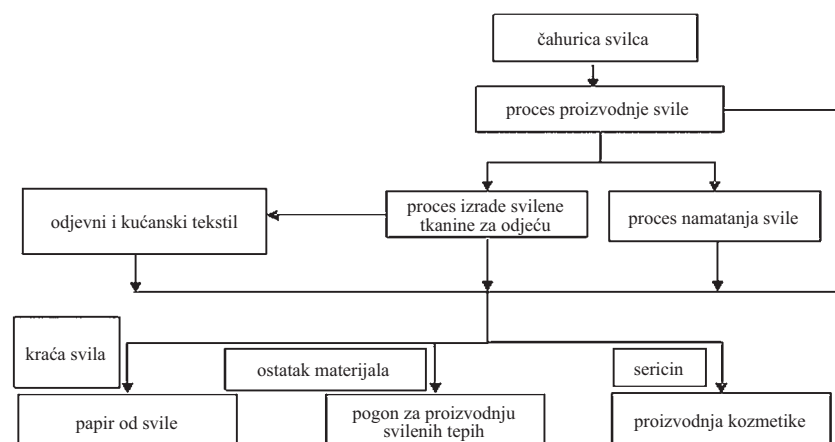
Sintetička vlakna su vlakna kod kojih se polimer dobiva sintezom od mo-

nomera koji se najčešće dobivaju iz nafte, ugljena, prirodnog plina i nekih poljoprivrednih proizvoda i nusproizvoda. Polipropilen je jedno od triju sintetičkih materijala koji bilježi ekstremno povećanje proizvodnje. Posljednjih godina sve veća pažnja se pridaje ekološkim problemima koji nastaju nezbrinjavanjem sintetičnih polimera, odnosno vlakana. PP vlakana imao široko područje upotrebe, glavni proizvodi od polipropilena prikazani su u tab.1 [18].

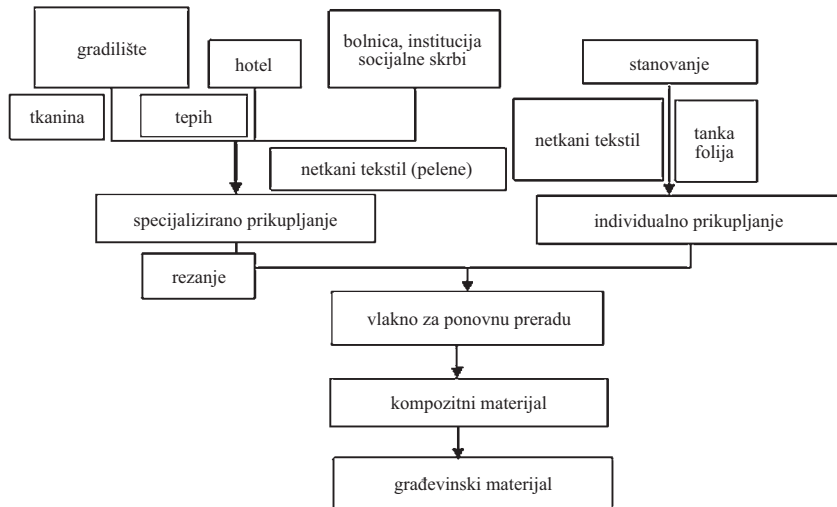
Prema proizvodima i područjima primjene polipropilena, glavni izvori PP su industrijski nezbrinuti tekstili (građevinski tekstil, tepisi itd.) kao i svakodnevni nezbrinuti tekstilni proizvodi (razne fleksibilne vreće za robu i sl.). Industrijski nezbrinuti tekstil je centraliziran i može se lako zbrinjavati s ostalim nezbrinutim proizvodima. S druge strane, svakodnevni nezbrinuti tekstilni proizvodi se moraju prvo klasificirati da bi bili prikladni za prikupljanje.

Tab.1 Proizvodi i područja primjene polipropilena

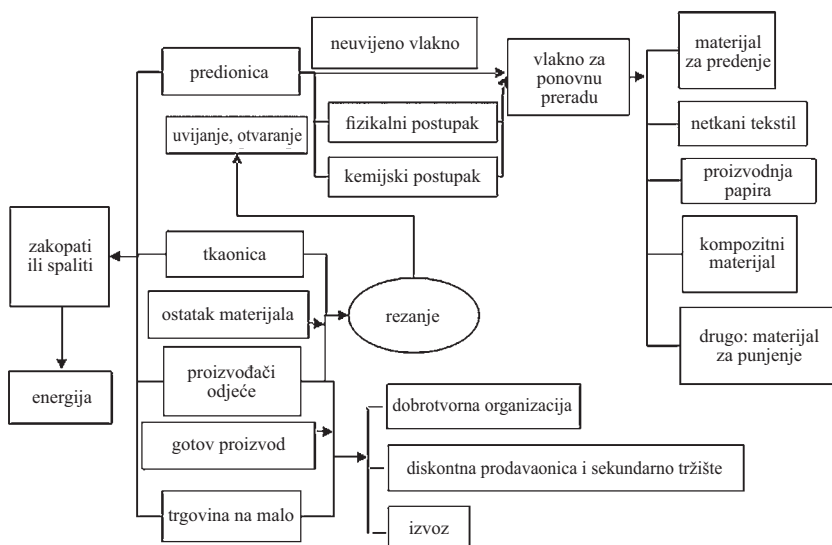
Proizvodi	Područje upotrebe
Tepisi	Unutarnje uređenje
Građevinski materijal	Građevinarstvo
Netkani tekstil (pelene)	Bolnica, domovi i sl.
Fleksibilne vreće	Sve tvornice
Tanka folija	Sva pakiranja



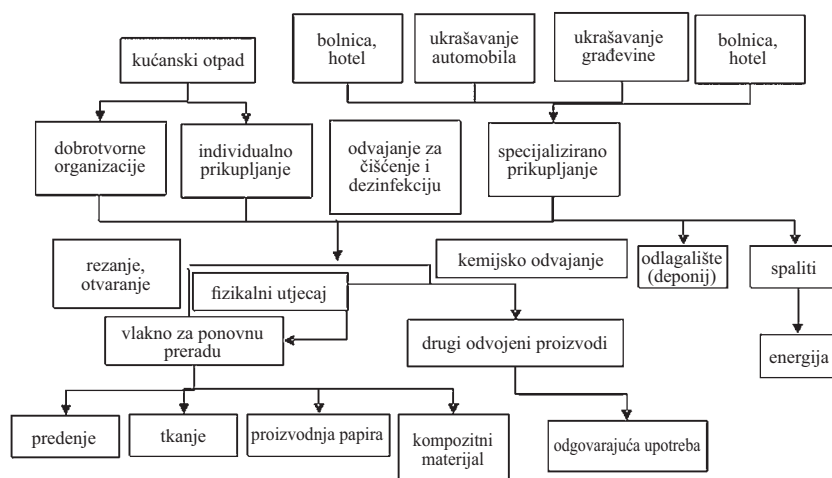
Sl.3 Model recikliranja nezbrinute svile



Sl.4 Model recikliranja nezbrinutog polipropilena (PP)



Sl.5 Model recikliranja nerabljenih nezbrinutih tekstilija



Sl.6 Model recikliranja rabljenih nezbrinutih tekstilija

Trenutno je spaljivanje glavni postupak za recikliranje PP zbog svog vi-

sokog stupnja izgaranja. Međutim, budući da se tehnologija usavršava i

postoje inovacije modificiranja tehnologije za zbrinjavanje PP otpada. Postoje velike mogućnosti njegove primjene za građevinske materijale. U isto vrijeme tržište građevinskog materijala pomaže u prikupljanju nezbrinutog PP. Na sl.4 prikazan je model recikliranja polipropilena. U modelu recikliranja nezbrinutih tekstilija prikazan je izvor, recikliranje i upotreba nezbrinutih tekstilija:

1. Izvor - Prema različitim izvorima, nezbrinute tekstilije se mogu podijeliti u nerabljene nezbrinute tekstilije (ostaci materijala i sl.) i rabljene nezbrinute tekstilije. Nerabljene nezbrinute tekstilije mogu se dalje podijeliti na poluproizvode (proizvedeni kod prerade) i gotove nezbrinute tekstilije (neprodane tekstilije).

2. Različito područje proizvodnje može uzrokovati neke razlike kod prikupljanja. Tvornice bi mogle prikupljati nerabljene nezbrinute tekstilije i zajedno ih zbrinjivati. Međutim, nezbrinute tekstilije nastale potrošnjom teško se mogu prikupljati i potrebno je osnovati mrežu za prikupljanje.

3. Prikladan načini recikliranja nezbrinutih tekstilija – Nezbrinute tekstilije proizvedene tijekom prerade vlakana mogle bi se reciklirati direktno za daljnju obradu; međutim, broj takvih čistih i slabo uvijenih vlakana vrlo je malen pa se većina nezbrinutih tekstilija mora opet otvarati. Druge nezbrinute tekstilije proizvedene kod proizvodnje odjeće i tekstilija kao što su niti i krajevi tkanine i sl. moraju se rezati i kidati kako bi se vratile u stanje vlakana.

Sve u svemu, nerabljene nezbrinute tekstilije ne bi se trebalo poslati samo u dobrotvorne organizacije, već bi se mogle prerađivati u odjevne predmete, kućanske i automobilske dekoracije itd. Rabljene nezbrinute tekstilije iz svakodnevnog života mogle bi se zbrinuti fizikalnim i/ili kemijskim postupcima za ponovnu preradu u vlakna koja bi se mogla vratiti na tržište ne samo s novim svojstvima, već i u novom stanju kao rezultat pređenja, proizvodnje netkanog tek-

stila, proizvodnje papira ili kompozita. Također bi i neki stari odjevni predmeti i tekstilije mogle doći na tržište sekundarnih proizvoda.

Prema iznijetim podacima mogu se prikazati dva modela recikliranja: recikliranje nerabljenih nezbrinutih tekstilija (sl.5) i rabljenih netkanih tekstilija (sl.6).

## 6. Zaključak

U radu se opisuju modeli recikliranja nekih vrsta nezbrinutih prirodnih i sintetičkih vlakana kao što su pamuk, lan, svila i polipropilen, i to na temelju sljedećih procesa: proizvodnja, potrošnja, prikupljanje i razvrstavanje, recikliranje i povratak na tržište nezbrinutih tekstilija. Ovisno o podjeli nezbrinutih tekstilija, na nerabljene i rabljene, opisuju se modeli recikliranja koji omogućuju njihovo prikladno i učinkovito recikliranje. Modeli mogu poboljšati ekonomske koristi cijele tekstilne industrije i omogućiti učinkovit pristup smanjenju zagađenja okoliša. Oni zadovoljavaju potrebu za novim tržišnim protekcionizmom i smanjuju potrošnju prirodnih resursa. (Preveo M. Horvatić)

## Literatura:

- [1] Gan J.Q., J.Y. Shao, Q.Y. Zhou: Analysis of circular economy development strategy of Textile and Garment Industry, *International Textile Leader* 8 (2009) pp.79-82
- [2] Zhuo Z.: Situation of recycling textiles domestic and overseas, *Textile technology overseas* 2 (2001) pp.37-39
- [3] T.ward J., Z. Zhong: Waste to fiber, *Textile information weekly* 37 (2001), pp. 16
- [4] Qiu Y.F.: Utilization of abandoned textiles, *Jiansu textile* 6 (2007) pp. 68-70.
- [5] Dai Y.J.: Green technology--Air laying technology, *Non-woven* 17 (2009) 45-47
- [6] Beichun H.X.: Reuse of non-woven fabrics, *Nonwovens Rev* 9 (2010) pp.2-5
- [7] Gong H.E.: Taking off of China leading silk company with circular economy -Legend of Xinyuan cocoon and silk group Co. Ltd., *Venture capital* 6 (2008) pp.64-71
- [8] Song R.Y.: Papermaking from abandoned textiles - Silk and its application as reinforcement of green composite, *Journal of textile engineering* 56 (2010) pp. 71-76
- [9] Tang L.J., Y.M. Gui: The reuse of the linen waste yarn, *Heilongjiang textile* 6 (2001) pp.25
- [10] Liu Q.Y.: Senior cigarette paper made from abandoned flax, *International paper* 14 (1995) pp.4-7
- [11] Ren N.: Development and prospect of abandoned flax, *Shanghai textile science and technology* 36 (2008) 11-12
- [12] Schmenk B.: Development of PP: properties, utilization and recycle, *Textile technology overseas* 9 (2003) pp.8-13
- [13] 13.[http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/data/research/h18fy/180403-87\\_cjc/180403-87\\_b.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/data/research/h18fy/180403-87_cjc/180403-87_b.pdf)
- [14] Mo H.P., Z.G. Wen, J.N. Chen: China's recyclable resources recycling system and policy: A case study in Suzhou, *Resources, Conservation and Recycling* 53 (2009) pp. 409-419
- [15] Sang S.H., X.D. Yu: Legend of turning waste (cotton) to treasure - Record of reprocessing cotton in Cangnan county, *Zhejiang economic* 25 (2010) pp.46-47
- [16] Lin L.X., G.M. Liu: Technology of recycling waste jeans, *Textile dyeing and finishing* 32 (2010) 6, pp.24-26
- [17] Shangyuan X.H.: The usage of used plastic renewable fiber for sports clothing", *Toyama University of International Studies* 3 (2003) pp. 93-133

## Life recycle models of abandoned textiles

*L. Lv<sup>1,2</sup>, X. Wang<sup>1</sup>, Ch. Wei<sup>1,2</sup>, Y. Cui<sup>1</sup>, O. Zhang<sup>1</sup>*

Life recycle models of some abandoned natural fibers and synthetic fibers including cotton-flax-silk and PP were designed in this paper on the basis of the process of their producing, which was the production → consumption → collection and classification → recycling → returning to market of the abandoned textiles. These abandoned textiles were divided into "unused" and "consumed" abandoned textiles. The life recycle models were designed in this paper, which offer the academic guidance to reasonable and effective recycling of abandoned textiles. The models are good to improve the economic benefits of the whole textile industry and effective approaches to reduce environment pollution. Furthermore, the models meet the demand of new trade protectionism and remit the resource restraint.

**Key words:** abandoned textiles, life recycle models, recycle, design

<sup>1</sup>Dalian Polytechnic University, Department of Textile Engineering

<sup>2</sup>Green Applied Fiber Technology Institute, Dalian Polytechnic University

Dalian, China

e-mail: lvlh@dlpu.edu.cn

Received January 13, 2013

## Wiederverwertungsmodelle der unentsorgten Textilien

Wiederverwertungsmodelle einiger unentsorgter Naturfasern und synthetischer Fasern einschließlich Baumwolle, Flachs, Seide und PP wurden in diesem Artikel aufgrund des Prozesses derer Herstellung gestaltet: von Herstellung → Verbrauch → Sammlung und Klassifikation → Wiederverwertung → Rückkehr zum Markt der unentsorgten Textilien. Diese unentsorgten Textilwaren wurden in „unbenutzte“ und „gebrauchte“ Textilien eingeteilt. Die Wiederverwertungsmodelle, die eine Grundlage für die vernünftige und effektive Wiederverwertung von unentsorgten Textilmaterialien anbieten, wurden gestaltet. Die Modelle sind so angemessen, dass sie den wirtschaftlichen Nutzen der ganzen Textilindustrie und die effektiven Ansätze verbessern, um Umweltverschmutzung zu verringern. Außerdem befriedigen die Modelle die Anforderung des neuen Handelsprotektionismus und setzen die Ressourcenbegrenzung herab.