

Tekstilni otpad kao materijal za toplinsku izolaciju

Mr.sc. **Sonja Jordeva**, dipl.ing.¹

Prof.dr.sc. **Elena Tomovska**, dipl.ing.²

Prof.dr.sc. **Dušan Trajković**, dipl.ing.³

Prof.dr.sc. **Koleta Zafirova**, dipl.ing.²

¹Tehnološko-tehnički fakultet Sveučilišta Goce Delčev

Štip, Makedonija

²Tehnološko-metalurški fakultet Sveučilišta Sv. Ćirila i Metodija

Skoplje, Makedonija

³Tehnološki fakultet Sveučilišta u Nišu, Tehnološki fakultet u Leskovcu

Leskovac, Srbija

e-mail: sonja.jordeva@ugd.edu.mk

Prispjelo 6.2.2014.

UDK 677.017.56:536.21

Izvorni znanstveni rad

Toplinsko-izolacijski materijali omogućuju uštedu toplinske energije. Na europskim tržištima prevladavaju klasični izolacijski materijali (kamena vuna i polistiren), a nastojanja istraživača su usmjerena na poboljšanje njihove učinkovitosti i razvitak novih izolacijskih materijala i sustava. Njihova kvaliteta se ocjenjuje s obzirom na njihova fizikalna svojstva, utjecaj na okoliš i čovjeka, lakoću montiranja i cijene. U ovom radu dizajniran je materijal za toplinsku izolaciju krovne konstrukcije i unutarne gips-kartonske pregrade od otpada od krojenja, i ispitana je njegova toplinska vodljivost (W/mK). Rezultati pokazuju toplinsku vodljivost 0,05198 - 0,06032 (W/mK), koja se može usporediti s vrijednostima standardnih izolacijskih materijala i s izolacijskim materijalima od tekstila, odnosno tekstila u vlaknastom stanju.

Ključne riječi: otpad od krojenja, izolacijski materijali, toplinska vodljivost, toplinska izolacija

1. Uvod

Energetska kriza, još od sredine sedamdesetih godina prošlog stoljeća, usmjerila je nastojanja prema konzervaciji i redukciji svakog oblika energije, a istraživanja prema pronalaženju alternativnih izvora energije. U istraživanju mogućnosti uštede toplinske energije, velika pažnja se posvećuje poboljšanju učinkovitosti toplinsko-izolacijskih materijala i konstrukciji novih izolacijskih materijala. Istodobno, razvijaju se nove metode mjerenja toplinskih parametara [1]. Na europskom tržištu prevladavaju

neorganski vlaknasti materijali, kamena i staklena vuna, i organski pjenasti materijali, ekspandirani i ekstrudirani polistiren, sa zastupljenošću prvoga 60 % i drugoga 27 %. Svi ostali materijali zajedno su zastupljeni s 13 % [2]. Kao alternativni materijali za toplinsku izolaciju koriste se vuna, pamuk, materijali za vakuumsku izolaciju i nano-izolacijski materijali [3]. Procjena izolacijskih materijala je problem koji se treba razmatrati s više aspekata: fizikalna svojstva materijala, njihov utjecaj na okoliš i čovjeka, lakoća montaže i cijena [2].

Ipak, najznačajnije svojstvo svakog izolacijskog materijala je koeficijent toplinske vodljivosti - λ (W/mK). Većina klasičnih toplinsko-izolacijskih materijala imaju koeficijent toplinske vodljivosti od 0,030 do 0,045 (W/mK) [3], ali u kategoriju termo-izolacijskih materijala ubrajaju se i drugi materijali s koeficijentom toplinske vodljivosti - λ manjim od 0,1 (W/mK), kao što su pluta, ovčja vuna, slama [1, 4]. Kao sirovina za nove izolacijske materijale koristi se i reciklirani tekstilni otpad. Teoretski, 97 % tekstilnog otpada se može

reciklirati. Sve faze rekonstrukcije tekstilnog otpada u novi proizvod istodobno omogućuju očuvanje životnog okoliša i neobnovljivih prirodnih resursa. Recikliranje tekstilnog otpada, osim ekonomske, ima i ekološku komponentu, a zbog toga u posljednjim desetljećima postaje sve aktualnije [5, 6]. Kao prioritet za razvitak životnog okoliša u zemljama Europske unije postaje stvaranje ekoloških proizvoda s umanjenom štetnošću za okoliš. Ekološko obilježavanje proizvoda u EU započelo je s usvajanjem regulative EEC br. 880/92 Savjeta EU u 1992. godini, koja je donesena sa svrhom motiviranja poslovnog sektora za stvaranje proizvoda koji bi se uklopili u shemu ekoloških proizvoda [7]. Zbog toga se u nekoliko prethodnih desetljeća ulažu napor za proizvodnju ekoloških izolacijskih materijala, u koje se ubrajaju i izolacijski materijali dobiveni od recikliranog tekstila. Inno-Therm, tvrtka iz Velike Britanije, proizvodi izolaciju od recikliranog industrijskog pamučnog materijala (denima) koja je sigurna i ekološki čista izolacija. Materijal je obrađen za zaštitu od gorenja [8]. Francuska tvrtka za recikliranje „Le Relais“, koja godišnje prikupi 45 000 t korištenog tekstila, razvila je proizvod za toplinsku izolaciju nazvan Mettise. On je sastavljen od 70 % pamuka, 15 % vune/akrila i 15 % vezivnog poliestera. Materijal je obrađen tj. zaštićen od gljivica i insekata [9]. U Španjolskoj su eksperimentalno proizvedeni izolacijski materijali u obliku panela dimenzija 200x200x5 mm, od poliesterskog otpada koji ostaje nakon krojenja materijala za donje rublje tvrtke „Selmark“, postupkom taljenja na zagrijanoj ploči na 190 °C pod konstantnim tlakom u trajanju od 15 min. Priprema materijala obuhvaća njegovo usitnjavanje (rezanje uz pomoć sita) u dimenzijama od 4 mm. Paneli su izrađeni s različitim gustoćama. Vrijednost toplinske vodljivosti ovih panela kreće se od 0,041 do 0,053 W/mK [10]. Iz navedenog je vidljivo da korištenje tekstilnog otpada već ima svoju

komercijalnu primjenu kao izolacijski materijal. U tu svrhu se koriste samo otpaci pogodni za mehaničko recikliranje. To je denim tkanina za džins, koja uobičajeno ima površinsku masu od 200 do 400 g/m², a najčešće je od grube pamučne pređe (60-100 tex), koja se lakše može razvlakniti. Pletiva se zbog njihove često rijetke strukture vrlo lako recikliraju mehaničkim postupkom. U odnosu na pletiva, tkanine se teže trgaju, upravo zbog njihove kompaktne strukture. Primjenom veće mehaničke snage kod PES tkanina može doći i do njihovog taljenja. S obzirom na porast potrošnje PES tkanina, ideja je da se otpaci pri krojenju PES tkanina koriste za toplinsku izolaciju u usitnjenom, a ne u vlaknastom stanju. U radu je dizajniran novi izolacijski materijal od tekstilnog otpada nakon krojenja poliesterskih tkanina i ispitana je njegova toplinska izolacija. Cilj ovog rada je utvrđivanje razlike u toplinskoj izolaciji između reciklirane toplinsko-izolacijske strukture dobivene od tekstila u vlaknastom stanju te reciklirane toplinsko-izolacijske strukture dobivene usitnjavanjem otpada od krojenja poliesterske (PES) tkanine.

2. Eksperimentalni dio

2.1. Materijali

Za izradu izolacijske strukture korištena je PES tkanina različite površinske mase i strukture. Usitnjavanje PES tkanine je izvedeno na stroju za rezanje s rotacijskim noževima. Tkanina A, s jedne strane te C i D, s dru-

ge, razlikuju se u strukturnim značajkama. Tkanina D razlikuje se u odnosu na A i C i svojim sirovinskim sastavom, jer sadrži 5 % Lycra® vlakana. Značajke korištenih tkanina prikazane su u tab.1.

Uzorak B korišten je za usporedbu. Izrađen je od PES pletiva djelomično u vlaknastom stanju a služi kao materijal za punjenje navlaka od netkanog tekstila sirovinskog sastava 100 % polipropilen. Dobiveni uzorci imaju duljinu i širinu (60x60 cm) i visinu (debljinu) od 50, 70 i 100 mm. Pri projektiranju strukture upotrebjene su komercijalne debljine 50, 70 i 100 mm Tervola®, koji se koristi za unutarnju izolaciju u građevini. Uzorci su pripremljeni za ispitivanje tako da je projektirana gustoća od 115 kg/m³, a volumen uzoraka je bio unaprijed određen - prema dimenzijama netkanog tekstila. Zbog toga se uzimala određena masa tekstilnog otpada, tab.1. U procesu fiksiranja izolacijske strukture provelo se prošivanje, s 4 prošiva po duljini i širini s razmakom od 15 cm (sl.1), pri čemu nastaje promjena visine, a time i promjena gustoće. Načinjeno je 10 uzoraka s različitim načinima pripreme materijala, tab.2.

Debljina uzoraka - *h*, a time i gustoća - ρ se nakon prošivanja mijenja, različito kod različitih uzoraka, ovisno o materijalu za punjenje i njegovoj prethodnoj pripremi, tab.3. S promjenom debljine dolazi do promjene volumena a time i gustoće uzoraka koja predstavlja odnos mase materijala i volumena uzoraka, tab.3.

Tab.1 Strukturne značajke korištenih tkanina

Tkanina	A	C	D
Debljina (mm)	0,16	1,2	1,6
Cv (%)	2,17	1,80	1,38
Površinska masa (g/m ²) Cv (%)	92	245	272
	3,13	1,16	1,38
Gustoća tkanine po osnovi (cm ⁻¹)	74	37	44
Gustoća tkanine po potki (cm ⁻¹)	45	25	28
Finoća osnove (tex)	7,4	36	36
Finoća potke (tex)	7,4	36	36

Tab.2 Značajke i način pripreme ispitivanih uzoraka za toplinsku izolaciju

Oznaka uzoraka	Tip materijala	Sirovinski sastav (%)	Priprema materijala	Količina materijala (kg)	Dimenzije netkanog tekstila (cm)
A ₁	konfekcijski otpad	PES	djelomično rezan, komadi nepravilnog oblika	2,070	60x60x5
A ₂	konfekcijski otpad	PES	sitno rezan, komadi nepravilnog oblika	2,070	60x60x5
A ₃	konfekcijski otpad	PES	u izvornom obliku, bez pripreme	2,898	60x60x7
A ₄	konfekcijski otpad	PES	u izvornom obliku, bez pripreme	4,140	60x60x10
B	djelomično razvlaknjeno pletivo	70/25/5 PES/pamuk/Lycra®	mehaničko recikliranje, razvlaknjivanje	2,070	60x60x5
C ₁	konfekcijski otpad	PES	rezan, komadi prosječnih dimenzija 6x4cm	2,070	60x60x5
C ₂	konfekcijski otpad	PES	rezan, komadi prosječnih dimenzija 8x4cm	2,070	60x60x5
D	konfekcijski otpad	95/5 PES/Lycra®	rezan, komadi prosječnih dimenzija 8x4cm	2,070	60x60x5
ABC	konfekcijski otpad-tkanina A djelomično razvlaknjeno pletivo B konfekcijski otpad-tkanina C		A- rezan, komadi nepravilnog oblika B- djelomično razvlaknjeno pletivo C- rezan, komadi srednjih dimenzija 6x4cm	0,690 0,690 0,690 Σ=2,070	60x60x5
ABD	konfekcijski otpad-tkanina A djelomično razvlaknjeno pletivo B konfekcijski otpad - tkanina D		A- rezan, komadi nepravilnog oblika B- djelomično razvlaknjeno pletivo D- rezan, komadi prosječnih dimenzija 8x4cm	0,690 0,690 0,690 Σ=2,070	60x60x5

2.2. Određivanje toplinske izolacije

Da bi se izmjerio koeficijent toplinske vodljivosti - λ korišten je instrument Heat flow meter FOX600, proizvod tvrtke Lasercomp. Instrument radi po standardima ASTM C518, ISO 8301 i koristi računalni program WinTherm 32 Version 2.30.21 (sl.2). Načelo rada Heat flow metara FOX600 temelji se na jednodimenzionalnom Fourierovom zakonu (1), gdje je:

$$q = -\lambda \left(\frac{dT}{dx} \right) \quad (1)$$

q - toplinski fluks koji prolazi kroz uzorak (W/m^2),
 dT/dx - temperaturni gradijent kroz ravnu površinu,
 λ - koeficijent toplinske vodljivosti (W/mK).

Uzorak se postavlja između dviju ploča s različitim temperaturama i pričekava se stabilizacija temperaturnog polja.

Instrument automatski mjeri debljinu uzoraka, a temperaturni gradijent se određuje razlikom između temperatura tople i hladne ploče $\Delta T = T_i - T_h$ i debljine uzoraka Δh , gdje je T_i temperatura tople ploče (K), a T_h temperatura hladne ploče (K). Prije početka mje-

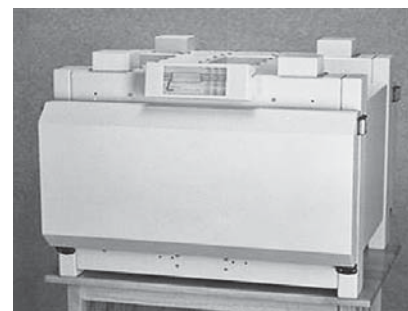


Sl.1 Nova izolacijska struktura

renja instrument se treba kalibrirati s uzorkom, koji ima poznatu toplinsku vodljivost. Električni signal iz pretvornika Q (μV) je proporcionalan s toplinskim fluksom q (2):

$$q = \frac{\lambda_{cal}(T_{cal})\Delta T_{cal}}{\Delta h_{cal}} = S_{cal}(T_{cal})Q \quad (2)$$

Fizikalna svojstva pretvornika mijenjaju se s temperaturom te je zbog



Sl.2 Heat flow meter FOX600

toga neophodno izvršiti kalibraciju instrumenta, čime se dobiva faktor kalibracije, *Scal*. Dimenzije ovog faktora su $Wm^{-2}\mu V^{-1}$ ili $Wm^{-2}mV^{-1}$. Svaki od ovih dvaju pretvornika ima vlastitu temperaturu i zbog toga se javljaju dva kalibracijska faktora. Kalibracijski faktori (S_{cal} , T_{cal}) su značajke samog instrumenta. Oni se koriste za proračun toplinske vodljivosti - λ (3) dok traje mjerenje:

$$\lambda_{test} = \frac{S_{cal}(T_{test})Q\Delta h}{T_{test}} \quad (3)$$

Svaka ploča ima svoju temperaturu. Kalibracijski faktori se trebaju proračunati za zadane temperature i time se dobivaju dvije vrijednosti za λ . Srednja vrijednost od dviju vrijednosti za toplinsku vodljivost λ je krajnji rezultat testa [11]. Na temelju izmjerene vrijednosti koeficijenta toplinske vodljivosti λ i jednadžbe (4) određuje se vrijednost toplinske izolacije uzoraka R (4) [12].

$$R = \frac{h}{\lambda} \quad (m^2K/W) \quad (4)$$

gdje je: h - debljina (m), λ - koeficijent toplinske vodljivosti (W/mK). Rezultati mjerenja toplinske vodljivosti, vrijednosti toplinske izolacije te debljina i gustoća uzoraka prikazani su u tab.3.

3. Rasprava

Istraživanje je provedeno u više smjerala. Osnovni cilj je utvrditi kakva je toplinska izolacija strukture sastavljene od isjeckanih komada tekstilnog otpada u odnosu na standardne izolacijske strukture (neorganska vlakna i pjenaste strukture), kao i u odnosu na izolaciju od tekstilnih struktura u obliku vlakana. Nadalje, istraživao je utjecaj stupnja usitnjenosti tkanine, (rezanjem) njezine strukture i sadržaja elastana (Lycra®) na toplinsku izolaciju izolacijske strukture.

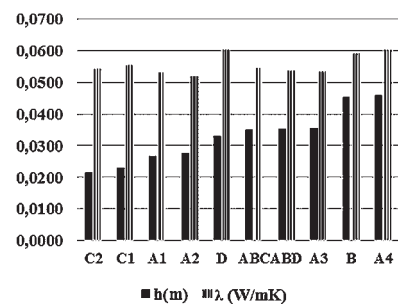
Izmjerene vrijednosti koeficijenta toplinske vodljivosti uzoraka s različitim visinom i gustoćom su u granicama od 0,0520 do 0,0603 W/mK. Dobivene vrijednosti λ su bliske vri-

Tab.3 Rezultati mjerenja ispitivanih uzoraka - debljina - h , gustoća - ρ , toplinska vodljivost - λ i toplinska izolacija - R uzoraka

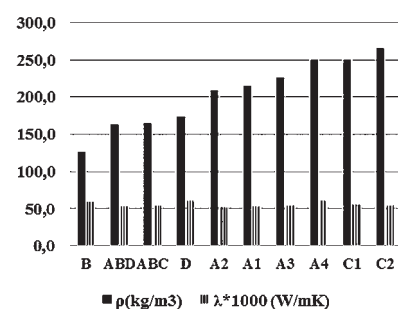
Uzorak	h (mm)	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)	R (m ² /WK)	R^* (m ² /WK)
A ₁	26,5620	215,6	0,0529	0,5017	1,889
A ₂	27,6350	209,1	0,0520	0,5316	1,924
A ₃	35,5410	226,4	0,0546	0,6505	1,830
A ₄	45,9990	249,4	0,0601	0,7654	1,664
B	45,2370	127,0	0,0592	0,7641	1,689
C ₁	22,9550	249,4	0,0553	0,4151	1,808
C ₂	21,6150	265,4	0,0543	0,3981	1,842
D	33,0640	173,9	0,0603	0,5483	1,658
ABC	34,9400	164,3	0,0536	0,6519	1,866
ABD	35,3000	163,0	0,0533	0,6623	1,876

jednostima standardnih izolacijskih materijala $\lambda=0,030-0,045$ W/mK, kao i vrijednostima komercijalnih izolacijskih struktura od tekstila u vlaknastom stanju, kod kojih je toplinska vodljivost od 0,039 do 0,041 W/mK. Neki od uzoraka imaju bolju toplinsku izolaciju od izolacijskih poliesterskih panela dobivenih termičkim recikliranjem, kod kojih je $\lambda=0,041-0,053$ W/mK. Visina, odnosno debljina uzoraka se određuje automatski na instrumentu Heat flow meter FOX600 pri standardnom opterećenju, što je karakteristika instrumenta. Iz tab.3 je vidljivo da visina uzoraka nakon prošivanja trpi znakovitu promjenu i kreće se od 21,61 do 45,99 mm, dok gustoća iznosi 127,0 do 265,4 kg/m³. Na sl.3 i 4 je prikazana promjena toplinske vodljivosti s promjenom debljine i gustoće na svakom od uzoraka. Ne primjećuje se značajniji odnos između toplinske vodljivosti - λ i debljine - h , odnosno gustoće - ρ . Toplinska vodljivost uzoraka se kreće od 0,0520 W/mK kod uzorka A₂ do 0,0601 uzorka A₄, dok su vrijednosti toplinske izolacije 1,658 m²/WK za uzorak D do 1,924 m²/WK za uzorak A₂. Koeficijent varijacije toplinske izolacije između uzoraka iznosi 5,44 %. Za određivanje toplinske izolacije od prvenstvenog je značenja visina, tj. debljina uzoraka. Na sl.5 je prikazana ovisnost toplinske izolacije o debljini uzoraka.

U istraživanju ovisnosti debljine uzoraka h i toplinske izolacije R dobiven je visok stupanj korelacije (0,96).

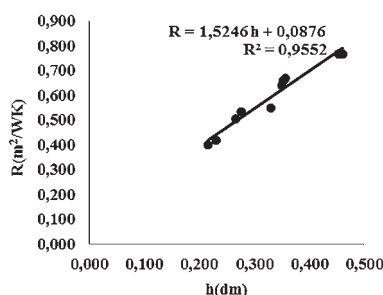


Sl.3 Vrijednosti toplinske vodljivosti - λ i debljine uzoraka - h



Sl.4 Vrijednosti toplinske vodljivosti - λ i gustoće uzoraka - ρ

Da bi se moglo ocijeniti utjecaj stupnja usitnjenosti otpada, mase tkanina i sadržaja Lycra® vlakana u otpadu, ispitivani uzorci moraju biti iste debljine. Zbog direktne proporcionalnosti toplinske izolacije s debljinom, debljina je svedena na 100 mm za sve uzorke. Toplinska izolacija uzoraka za debljinu 100 mm označena je s R^* . Uzorci s oznakom A načinjeni su od otpada iste tkanine, ali s različitim stupnjem usitnjenosti tkanine. Najusitnjenija tkani-



Sl.5 Korelacija vrijednosti toplinske izolacije - R i debljine uzoraka - h

na A_2 pokazuje veću toplinsku izolaciju $R^*=1,924$ m²/WK u usporedbi s uzorkom A_4 , načinjenim od nerezanog otpada, $R^*=1,664$ m²/WK.

Uzorci oznake A, za koje je upotrijebljena tkanina s najmanjom masom, pokazuju neznatno bolju toplinsku izolaciju u odnosu na uzorke C i D, gdje je upotrijebljena tkanina veće površinske mase. Također, primjećuje se da sadržaj vlakna Lycra® u otpacima umanjuje toplinsku izolaciju kod uzoraka B i D, dok kod uzorka ABD ne dolazi do izražaja zbog sastavnice A koja ne sadrži vlakno Lycra®. Kombinirani uzorci od pletiva djelomično u vlaknastom stanju i rezanog otpada ABC i ABD imaju vrlo bliske vrijednosti toplinske izolacije (za ABC $R^*=1,866$ m²/WK, a za ABD $R^*=1,876$ m²/WK), što znači da prisustvo jedne trećine različnih sastavnica C i D nema značajan utjecaj na toplinsku izolaciju.

4. Zaključak

Otpad od krojenja poliesterskih tkanina se uobičajeno baca, što je gubi-

tak vrijednog resursa, a istodobno zagađuje i okoliš. Umjesto toga, može se iskoristiti za izradu materijala za toplinsku izolaciju. Tehnologija izrade je jednostavna: rezanje otpada na sitne komade i konsolidaciju strukture, u ovom slučaju tehnikom prošivanja. Dobivena struktura je niske cijene i ima dobra toplinsko-izolacijska svojstva. Vrijednosti toplinske izolacije su usporedive s vrijednostima komercijalnih izolacijskih materijala, s tom razlikom da je za podjednaku izolaciju s novom strukturom od otpada poliesterskih tkanina potrebna veća gustoća, tj. veća količina tkanine. S obzirom na to da se koriste otpaci, ovo nije problem, već povoljna prilika za umanjivanje zagađenja okoliša i dobivanja ekološki čiste izolacije za pregradne zidove u zgradama.

Literatura:

- [1] Horga G. et al.: Investigation on determining the coefficient of thermal conductivity to textile materials recoverable used for thermal protection of hot pipelines, *Tekstil ve Konfeksiyon* 23 (2013) 2, 94-99
- [2] Papadopoulos A.M. et al.: Composite insulating materials as a tool for the reduction of cooling loads, *International Conference, Passive and Low Energy Cooling, Santorini, Greece* (2005), 807
- [3] Papadopoulos A.M.: State of the art in thermal insulation materials and aims for future develop-

ments, *Energy and Buildings* 37 (2005) 77-86

- [4] <http://www.ravago.hr/products/toplinske-izolacije/> (accessed: 27.12.2012.)
- [5] Jordeva S. et al.: Investigation on apparel waste management in Macedonia, In:10th Symposium Novel technologies and economic development, 22-23 Oct. 2013, Leskovac, Serbia
- [6] Jordeva S. i sur.: Kvalitativna i kvantitativna analiza konfekcijskog otpada u Makedoniji, *Savremene tehnologije* 2 (2013) 1, 82-88
- [7] Ministerstvo za životna sredina i prostorno planiranje na R. Makedonija, Fizibiliti studija za donesivanje na nacionalni kriteriumi za dodeluvanje na ekološka oznaka za tekstil, 2008.
- [8] <http://www.recovery-insulation.co.uk> (accessed: 27.11.2012.)
- [9] www.lerelais.org/Isolant-Metisse (accessed: 27.11.2012.)
- [10] Valverde C. et al.: Development of new insulation panels based on textiles recycled farics, *Waste and Biomass Valorization* 4 (2013.) 1, 139-146
- [11] <http://www.lasercomp.com/Tech%20Papers/Methods/Heatlow%20Meter%20Theory%20of%20test%20%20method.pdf> (accessed: 27.12.2012.)
- [12] Oglakcioglu N., A. Marmarali: Thermal comfort properties of some knitted structures, *Fibres&Textiles in Eastern Europe* 15 (2007) 5-6, 94-96

SUMMARY

Textile waste as a thermal insulation material

S. Jordeva¹, E. Tomovska², D. Trajković³, K. Zafirova²

Thermal insulation materials provide thermal energy savings. Classic insulation materials (stone wool and polystyrene) dominate the European market, but researchers' efforts are aimed towards improving their efficiency and developing new insulation materials. They are evaluated according to their physical properties, effect on people and the environment, installation difficulty and price. In this paper a material for thermal insulation of roof construction and internal walls has been designed from apparel cutting waste and its thermal conductivity – λ (W/mK) has been determined. The results show a thermal conductivity of 0.05198–0.06032 (W/mK), comparable to the conductivity of standard insulation materials and insulation materials in the form of textile fibers.

Key words: cutting waste, insulation material, thermal conductivity, thermal insulation

¹*University Goce Delčev, Technological-technical Faculty
Štip, Macedonia,*

²*Ss. Cyril & Methodius
University in Skopje, Faculty of Technology and Metallurgy
Skopje, Macedonia*

³*University of Niš, Faculty of Technology,
Leskovac, Serbia*

e-mail: sonja.jordeva@ugd.edu.mk

Received February 6, 2014

Textilabfall als ein thermischer Isolierstoff

Thermische Isolierstoffe ermöglichen Wärmeenergieeinsparung. Die weit verbreitetsten Isolierstoffe auf den europäischen Märkten sind Steinwolle und Polystyren, und die Bemühungen der Forscher werden auf die Verbesserung ihrer Effizienz und die Entwicklung von neuen Isolierstoffen gerichtet. Ihre Qualität wird in Bezug auf ihre physikalischen Eigenschaften, die Auswirkungen auf die Umwelt und Menschen, die einfache Montage und Kosten beurteilt. In diesem Artikel wird dargestellt, wie ein Material für die Wärmedämmung der Dachstruktur und der Gipskartontrennwände aus Abfällen gestaltet und thermische Leitfähigkeit (W/mK) geprüft werden. Die Ergebnisse zeigen eine Wärmeleitfähigkeit von 0,05198 bis 0,06032 (W/mK), was mit den Werten der Standardisierstoffen und mit Isolierstoffen aus Textilien oder Textilien in einem Faserzustand vergleichbar ist.