

## VIŠENAMJENSKI DIFERENCIJALNI KONDUKTOMETAR ZA TEKSTILNE KOMPOZITE I ODJEĆU

Prof.dr.sc. **Dubravko Rogale**, redoviti član HATZ-a; prof.dr.sc. **Snježana Firšt Rogale**, član suradnik HATZ-a;  
doc. dr. sc. Željko Knezić; prof.dr.sc. **Edita Vujasinović**, redoviti član HATZ-a;  
doc. dr. sc. Goran Čubrić; dr. sc. Ivana Špelić

Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, [dubravko.rogale@ttf.hr](mailto:dubravko.rogale@ttf.hr); [sfrogale@ttf.hr](mailto:sfrogale@ttf.hr); [zeljko.knezic@ttf.hr](mailto:zeljko.knezic@ttf.hr);  
[edita.vujasinovic@ttf.hr](mailto:edita.vujasinovic@ttf.hr); [goran.cubric@ttf.hr](mailto:goran.cubric@ttf.hr); [ivana.spelic@ttf.hr](mailto:ivana.spelic@ttf.hr)

**Sažetak:** *Opisan je višenamjenski diferencijalni toplinski konduktometar za tekstilne kompozite i odjeću koji može mjeriti kontaktni otpor prolasku topline kroz tekstilne plošne tvorevine, tekstilne kompozite ili dijelove odjeće, pri čemu može mjeriti debljine navedenih ispitnih uzoraka, kompresibilnost, toplinsku vodljivost pri različitim specifičnim tlakovima i gradijente pada temperature unutar slojeva kompozita ili odjeće.*

### 1. Uvod

Pri tehničkom projektiranju, izradi i tijekom nabave odjeće koja je primarno namijenjena zaštiti od hladnoće (zimski kaputi, vjetrovke, ogrtači, džemperi, puloveri, zaštitna odjeća i sl.), ali i odjeće koja je namijenjena zaštiti tijela od visokih temperatura, još uvijek ne postoji cjelovita egzaktna mogućnost ocjene odjevnog predmeta s aspekta točno izmjenjenog stupnja toplinske zaštite. Sličan je problem tijekom ocjenjivanja i službenog odabira zaštitne odjeće i odora specijalnih službi kad na raspisani natječaj pristignu odjevni predmeti više različitih proizvođača koji koriste različite krojeve odjeće, materijale, sirovinski sastav i kombinacije ugrađenih kompozita (osnovnih tkanina, ojačanja, ljepivih međupodstava i podstava). Niti pri inženjerskom projektiranju novih odjevnih predmeta nije moguće izvesti egzaktno tehničko projektiranje odjeće ukoliko se ne poznaju toplinski parametri ugrađenih slojeva koji sačinjavaju kompozite (jedan ili više slojeva spojenih i/ili ugrađenih različitih tekstilnih i/ili drugih materijala) te uspješnost ugradnje tih kompozita, odabira materijala, njihove debljine, veza, gustoće niti, aperture, potom i kroja odjevnog predmeta kao i uspješnost općenite konstrukcije odjeće i krojeva na završna toplinska svojstva nekog novo projektiranog i proizvedenog odjevnog predmeta. Razlog dosadašnje nemogućnosti određivanja toplinskih svojstava kompozita i odjeće djelomično je riješen pojavom tzv. termalnih manekena, no drugi popratni potrebni mjerni uređaji su još uvijek u fazi razvoja te se zbog toga još ne primjenjuju u većem obimu. Stoga je u sklopu projekta PoC6\_1\_189 Diferencijalni toplinski konduktometar za tekstilne kompozite i odjeću, koji je bio financiran od Svjetske banke i HAMAG BICRO, kroz vremensko razdoblje od 1. 7. 2016. - 30. 10. 2017., izrađena i 27. 10. 2017. predana patentna prijava Državnom zavod za intelektualno vlasništvo koja je dobila oznaku **P20171643A1**.

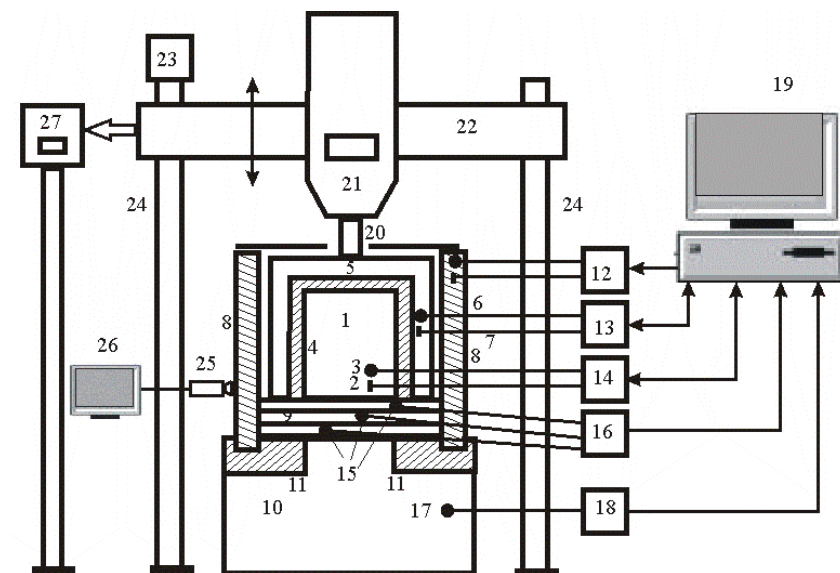
### 2. Opis patentne prijave

Ovaj izum se odnosi na višenamjenski mjerni sustav za određivanje toplinskih svojstava odjeće i tekstilnih višeslojnih materijala (kompozita) koji može mjeriti ukupnu toplinsku vodljivost na pojedinim mjestima odjevnih predmeta ili višeslojnih materijala, njihovu debljinu, kompresibilnost i utjecaj pojedinih slojeva u odjeći ili slojeva u mjernim uzorcima na otpor prolasku topline i to u slobodnom (nestlačenom) stanju i pri djelovanju pritisnih sila koje stlačuju mjerni uzorak (što se događa pri nošenju odjeće i uporabi kompozita), a koji se koristi pri tehničkom projektiranju i izradi odjeće ili određivanju i provjeri toplinskih svojstava gotove odjeće i višeslojnih materijala. Stoga se izum prema međunarodnoj klasifikaciji patenata (MKP) može klasificirati kao G01N 25/20 - ispitivanje stvaranjem topline, tj. kalorimetrijom, npr. mjerenjem toplinskog kapaciteta, mjerenjem toplinske vodljivosti).

Prvi tehnički problem koji se rješava predmetnim izumom odnosi se na mogućnost mjerenja otpora prolazu topline ili toplinske vodljivosti na jednom ili po potrebi na više krojnih mjesta na odjevnom predmetu koji se želi izraditi. Na taj način se testira uspješnost odabira ugradbenih materijala, vrsta i broja slojeva u odjevnom predmetu ili kompozitu koji će se ugrađivati u odjevni predmet. Na nedestruktivan način ovaj izum omogućava i mjerenja na već gotovom odjevnom predmetu kad valja utvrditi toplinska svojstva na točno određenim mjestima. Drugi tehnički problem koji se rješava predmetnim izumom odnosi se na mogućnost mjerenja debljina odjevnih predmeta ili kompozita na različitim mjestima pri čemu se mjerenje debljine može izvoditi u stanju kad se mjerni uzorak optereti određenim specifičnim tlakom (kao i pri normiranim mjerenjima debljina tekstilnih materijala s tzv. predopterećenjem) ili bez njega. Treći tehnički problem koji se rješava predmetnim izumom odnosi se na mjerenja kompresibilnosti mjerenih dijelova odjeće, odnosno stišljivosti dijelova odjeće ili laminata pod određenim silama ili tlakovima te izrada funkcijskih dijagrama promjena debljina odjeće ili laminata s promjenama pritisnih sila, odnosno specifičnih tlakova. Četvrti tehnički problem koji se rješava predmetnim izumom je mjerenje otpora prolasku topline pri različitim vrijednostima stišnjenosti materijala, odnosno njegove debljine, što je čest slučaj pri nošenju odjeće ili predmeta na odjeći (npr. ruksaci). Peti tehnički problem koji se rješava predmetnim izumom je mjerenje diferencijalnih temperatura između

pojedinih slojeva u odjeći u slobodnom i komprimiranom stanju pri čemu konstruktor odjeće dobiva podatke o uspješnosti primjene toplinskih svojstava svakog od projektiranih slojeva u odjeći i o eventualnoj potrebi korekcije.

Uređaj koji je konstruiran za te svrhe ima toplinski mjerni valjak smješten unutar zvonolikog tzv. čuvara topline koji usmjerava toplinski tok od mjernog valjka s višom temperaturom na hladnu mjernu bazu i sprječava gubitak topline na plaštu i gornjoj bazi mjernog valjka. Uz zvonolik čuvar topline ima i još jedan vanjski čuvar topline čiji plašt sprječava gubitak topline na bokovima debljih mjernih uzoraka. S obzirom da se debljine odjevnih predmeta i višeslojnih materijala mogu kretati u rasponu od nekoliko milimetara do nekoliko centimetara, bočni gubitak topline poprima velike vrijednosti te je nužno uvesti i taj drugi, vanjski čuvar topline, u obliku plašta koji onemogućava gubitak topline na bokovima debljih mjernih uzoraka, što višestruko povećava točnost mjerenja. Pri tome uređaj omogućava mogućnost mjerenja debljina uzoraka odjevnih predmeta ili kompozita na različitim mjestima pri čemu se mjerenje debljine može izvoditi u stanju kad se mjerni uzorak optereti određenom silom pritiska ili specifičnim tlakom (kao i pri normiranim mjerenjima debljina tekstilnih materijala s tzv. predopterećenjem) što se utvrđuje ugrađenim dinamometrom. Isto tako se mjerenje debljine može izvesti i u opuštenom stanju kad se kontakt s površinom mjernog valjka utvrđuje vizualnim prikazom slike minijaturne video kamere na monitoru. Isto tako se mogu izvoditi mjerenja kompresibilnosti na različitim mjestima odjeće, odnosno stišljivosti dijelova odjeće ili laminata pod određenim silama ili tlakovima te izrada funkcijskih dijagrama promjena debljina odjeće ili laminata s promjenama pritiskih sila, odnosno specifičnih tlakova. Moguće je i istodobno određivanje toplinskih karakteristika mjernih uzoraka pri različitim komprimiranim stanjima, odnosno pri različitim debljinama mjernih uzoraka što ima svoju važnost pri nošenju više slojeva odjeće, nošenju tereta ili pri pritisku tijela na odjeću ili na laminat (npr. sjedenje, naslanjanje u odjeći ili ležanje u vreći za spavanje). Dodatni cilj predmetnog izuma je mjerenje diferencijalnih temperatura između pojedinih slojeva u odjeći u slobodnom i komprimiranom stanju. Općeniti prikaz gradbenih komponenti i ustroj mjernog višenamjenskog diferencijalnog konduktometra za tekstilne kompozite i odjeću dat je na sl. 1.



Sl. 1. Gradbeni elementi konduktometra



Sl. 2 Fizička izvedba

Glavni dio mjernog sustava je mjerni valjak 1, sl. 1. koji u sustavu služi kao izvor topline. Mjerni valjak 1 se uz pomoć neinduktivnih točkastih grijača 2 zagrijava do određene temperature koja se mjeri s pomoću senzora temperature mjernog valjka 3. Plašt i gornja baza mjernog valjka 1 je toplinski izolirana teflonom 4 koji je smješten unutar zvonolikog čuvara topline mjernog valjka 5. Čuvar topline mjernog valjka 5 zagrijava se pomoću točkastih neinduktivnih grijača 6, a dostignuta temperatura mjeri se temperaturnim senzorom 7 čuvara topline mjernog valjka. Mjerni sustav ima još i drugi, vanjski čuvar topline 8, čiji plašt sprječava gubitak topline na bokovima debljih mjernih uzoraka 9. Mjerni uzorci 9 se postavljaju na mjernu bazu 10 na način da jednim dijelom nasjedaju na središnji valjak mjerne baze 10, a po obodu na teflonski prsten 11 koji služi kao toplinski izolator. Spomenuti prsten 11 ima utor u kojeg se smješta cilindar vanjskog čuvara topline 8.

Vanjski čuvar topline 8 ima svoj zaseban mjerno regulacijski sustav 12, a čuvar topline mjernog valjka 5 ima svoj zaseban mjerno regulacijski sustav 13. Mjerni valjak 1 ima složeniji dvofunkcionalni mjerno regulacijski sustav 14 koji mjeri i održava konstantnu temperaturom mjernog valjka i istodobno mjeri potrebnu električku snagu za održavanje te temperature. Minijaturni senzori za mjerenja temperature 15 na granicama između slojeva spajaju se na mjerni sklop

16 za mjerenja slojnih temperatura, a senzor temperature mjerne baze 17 na mjerni sklop 18. Svi mjerni i mjerno regulacijski sklopovi priključuju se na upravljačko i mjerno računalo 19.

Za određivanje toplinskih karakteristika kompozita koristi se mjerni valjak 1 i mjerna baza 10, sl.1. Kad se uspostave stabilni uvjeti, odnosno stacionarno stanje strujanja topline od mjernog valjka prema mjernoj bazi, očitava se temperatura mjernog valjka 1, mjerne baze 10 i električna snaga privedena mjernom valjku koja je potrebna za održavanje stacionarnog stanja, a potom se izračunava otpor prolazu topline.

Mjerni valjak 1, teflonska toplinska izolacija 4 i zvonoliki čuvar topline mjernog valjka 5 načinjeni su tako da sačinjavaju zajedničku nedjeljivu cjelinu koja je ovješena preko nosača 20 na dinamometar 21. Dinamometar 21 je pričvršćen na konzolu 22 koja se može podizati i spuštati s pomoću ručnog (ili nekog drugog npr. elektromotornog, pneumatskog ili elektromagnetskog) mehanizma za podizanje i spuštanje 23 uz pomoć vodilica 24 koje osiguravaju točnost i okomitost spuštanja, odnosno paralelnost donje baze mjernog valjka 1 i površine mjerne baze 10. Opisana konstrukcija omogućava da se mjerni valjak 1 dovoljno podigne iznad mjerne baze 10, kako bi se nesmetano postavio mjerni uzorak 9, a potom se mjerni valjak 1 spušta do mjernog uzorka 9 do dodirnog kontakta s površinom mjernog valjka 1. Dodirni kontakt se utvrđuje minijaturnom videokamerom 25 i monitorom 26. Pomaci dinamometra 21 s pričvršćenim mjernim valjkom se mjere s pomoću mjerila pomaka 27, (najbolje digitalnog, radi točnosti). Poželjno je da dinamometar 21 ima mogućnost poništavanja sile ovješene mjernog dijela (tzv. nuliranje tare) tako da pokazuje nulu kad je ovješeni mjerni dio iznad mjernog uzorka, odnosno kad nije u kontaktu s njim. Kad se dođe do dodira i tlačenja mjernog uzorka uzrokovanog spuštanjem mjernog valjka s pomoću mehanizma za podizanje i spuštanje, na dinamometru je izravno moguće očitati pritisnu silu, a poznavanjem površine djelovanja mjernog valjka 1, teflonske toplinske izolacije 4 i zvonolikog čuvara topline mjernog valjka 5, moguće je izračunati i specifični tlak na mjerni uzorak 9. Kao i za dinamometar, tako je i za mjerilo pomaka 27 poželjno da se pokazivanje na određenoj visini može nulirati, odnosno postaviti kao nulti položaj od kojeg kreće mjerenje tako da ne pokazuje apsolutnu poziciju, već samo relativni pomak.

### 3. Zaključak

Opisanim ustrojem u patentnoj prijavi i metodološkim djelovanjem takvog ustroja moguće je mjeriti toplinsku vodljivost u opuštenom stanju uzorka (kad na njega ne djeluje pritisna sila i uzorak nije stlačen), a tada je moguće očitati i debljinu mjernog uzorka, kao i tijekom mjerenja odrediti kompresibilnost mjernog uzorka. Također je moguće određivati toplinske karakteristike na komprimiranim uzorcima i očitavati te analizirati tzv. diferencijalne temperature (razlike temperatura na granicama između slojeva u odjeći ili kompozitu) u svrhu i na načine opisanim u poglavlju 2. Diferencijalni toplinski konduktometar za tekstilne kompozite i odjeću će se stoga u velikoj mjeri koristiti na istraživačkom projektu IP-2018-01-6363 Razvoj i toplinska svojstva inteligentne odjeće financiranog od strane Hrvatske zaklade za znanost.

#### **Nagrade za Višenamjenski diferencijalni toplinski konduktometar za tekstilne kompozite i odjeću:**

2017. - Zlatna medalja, 42. Inova/13. Budi uzor- hrvatski salon inovacija s međunarodnim sudjelovanjem, Savez inovatora Hrvatske

2017. - Inova - Grand Prix 2. nagrada, 42. Inova/13. Budi uzor- hrvatski salon inovacija s međunarodnim sudjelovanjem, Savez inovatora Hrvatske

2017. Gold medal, Kaohsung International Invention Exhibition 2017, Taiwan

### Zahvala



Rad je izrađen u sklopu istraživačkog projekta IP-2018-01-6363 Razvoj i toplinska svojstva inteligentne odjeće (ThermIC) financiranog od strane Hrvatske zaklade za znanost.