

## MJERNI SUSTAV ZA ODREĐIVANJE STATIČKIH I DINAMIČKIH TOPLINSKIH SVOJSTAVA KOMPOZITA I ODJEĆE

Prof.dr.sc. **Dubravko Rogale**, redoviti član HATZ-a, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet ,  
[dubravko.rogale@ttf.hr](mailto:dubravko.rogale@ttf.hr)

Prof. dr. sc. Gojko Nikolić, Tekstilno-tehnološki fakultet , [gojko.nikolic@ttf.hr](mailto:gojko.nikolic@ttf.hr)

**Sažetak:** Izumom se utvrđuju toplinska svojstva odjeće u statičkim i dinamičkim uvjetima u kojima se grijani odljevak oblika ljudskog tijela, pokreće na način da simulira kretanje hodom pri čemu se protufazno pomiču obje noge i ruke. Izveden je na način da se određivanje toplinskih svojstava obavlja u trenutku uspostave toplinske ravnoteže korištenjem sustava senzora i poznatih podataka s pomoću posebno konstruiranog unutarnjeg mikroračunalnog sklopa za svaki od više desetaka mjernih panela i upravljivih grijanih segmenata. Sustav je smješten u klima komoru s podesivim parametrima utjecaja okoliša.

### 1. Uvod

Pri kupnji odjeće koja je primarno namijenjena zaštiti od hladnoće još uvijek ne postoji egzaktna mogućnost ocjene odjevnog predmeta s aspekta točno izmjerenog stupnja toplinske zaštite. Kupcu stoga preostaje da odjevni predmet kupuje spram svog vizualnog dojma i iskustvene procjene konstrukcije odjevnog predmeta, debljine materijala i njegovog sirovinskog sastava, a da zapravo ne zna stvarne toplinske zaštitne karakteristike. Sličan problem ocjenjivanja i odabira javlja se i pri procjeni karakteristika toplinskih parametara 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). Isto tako, pri inženjerskom projektiranju novih odjevnih predmeta nije moguće izvesti egzaktno tehničko projektiranje odjeće ukoliko se ne poznaju toplinski parametri ugrađenih kompozita (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 i sl., 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 te konvencionalne i inteligentne odjeće je u tome da su uređaji za mjerenja toplinskih svojstava odjeće s pomoću grijanih mjernih panela poznate površine i prateći sustavi mjernih utređaja još uvijek u fazi razvoja, složeni su i skupi te stoga nisu komercijalno dostupni, pa se zbog toga ne primjenjuju u većem obimu. Zato je predmetni izum 2013. godine patentiran pod autorstvom **Rogale D., Nikolić G.**: Mjerni sustav za određivanje statičkih i dinamičkih toplinskih svojstava kompozita i odjeće, a dvije godine kasnije odobren je konsenzualni patent od Državnog zavoda za intelektualno vlasništvo 28.08.2015. pod oznakom **PK20130350** kojim se toplinska svojstva odjeće mjere na potpuno nov način.

### 2. Opis izuma

Predmetni izum objedinjava mjerne sustave za određivanje toplinskih svojstava kompozita i odjeće koji su smješteni u zajedničku klima komoru, a izveden je na način da se određivanje toplinskih svojstava obavlja u trenutku uspostave toplinske ravnoteže korištenjem sustava senzora i poznatih podataka s pomoću posebno konstruiranog unutarnjeg mikroračunalnog sklopa za svaki mjerni panel odljevka ljudskog tijela. Time se izbjegava uporaba velikog broja vanjskih konvencionalnih mjerila električne snage, a određivanje dinamičkih toplinskih svojstava omogućuje pneumatski sustav ugrađen u unutrašnjosti metalnog odljevka u obliku ljudskog tijela. Tim sustavom se izbjegava uporaba nezgrapnih vanjskih pokretačkih mehanizama i njihov negativan utjecaj na točnost rezultata mjerenja.

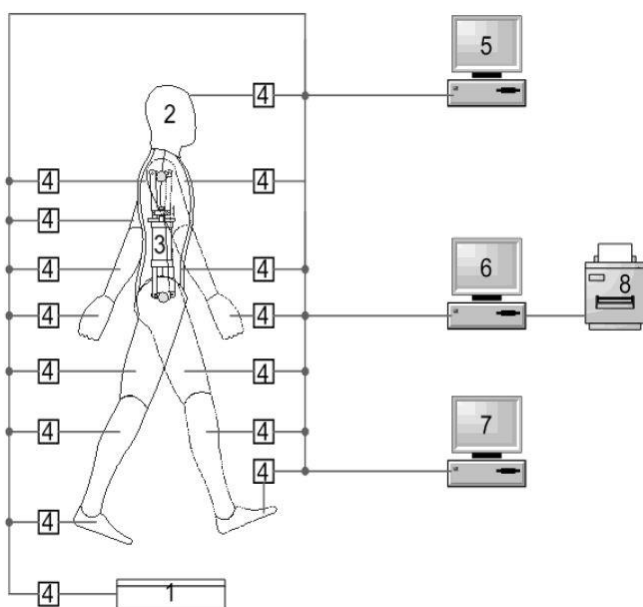
Primarni cilj izuma je da se s pomoću horizontalne ravne grijane ploče i odljevka ljudskog tijela dobre toplinske vodljivosti, opremljenih s potrebnim sensorima i dodijeljenim unutarnjim mikroračunalnim sklopovima s upravljačkim, regulacijskim i mjernim mogućnostima, egzaktnim mjerenjima određuju toplinska svojstva tekstilnih plošnih proizvoda i kompozita koji su namijenjeni ugradnji ili su već ugrađeni u odjeću kao i gotovih odjevnih predmeta.

Originalna rješenja odnose se na načine objedinjene regulacije i mjerenja za koja nije potrebno koristiti brojne vanjske termostate kao ni brojna vanjska mjerila snage. Isto tako, prema prikazanim rješenjima, nije više potrebno koristiti glomazne vanjske sustave za pokretanje udova koji utječu i na točnost mjeriteljskih rezultata.

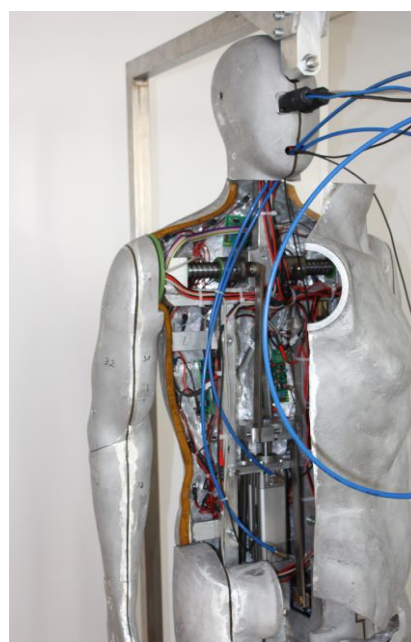
Mjerenjem toplinskih vrijednosti ovim uređajem omogućava se temeljem dobivenih podataka jednostavniji, jeftiniji, pouzdaniji i točniji znanstveni i tehnički pristup projektiranju, konstruiranju i dizajnu konvencionalne i inteligentne odjeće za koju je bitno da mora imati izraženu komponentu toplinske zaštite tijela.

Navedeni cilj predmetnog izuma se ostvaruje pomoću segmentiranog metalnog odljevka, koji ima više desetaka upravljivih grijanih segmenata površina oblikovanih prema ljudskom tijelu, izvode mjerenja i matematički izračuni u cilju određivanja toplinskih svojstava gotovih odjevnih predmeta u stacionarnim uvjetima, pri čemu odjevni predmet miruje, a mogu se mijenjati uvjeti u okolišu (npr. temperatura zraka, brzina strujanja zraka, relativna vlažnost zraka) smještanjem mjernog sustava u zajedničku klima komoru.

Općeniti prikaz gradbenih komponenti i ustroj mjernog sustava za određivanje statičkih i dinamičkih svojstava kompozita i odjeće dat je na sl. 1. i sl. 2. Mjerni sustav za određivanje statičkih i dinamičkih svojstava kompozita i odjeće sastoji se od uređaja s grijanom horizontalnom ravnom metalnom pločom (1), sl. 1. za određivanje toplinskih svojstava kompozita, te metalnog odljevka ljudskog tijela (2) s više razdijeljenih grijanih površina za određivanje toplinskih svojstava odjevnih predmeta, sl.1.



Sl. 1. Gradbene komponente mjernog sustava za određivanje toplinskih svojstava



Sl. 2. Odljevak ljudskog tijela i izgled unutrašnjosti s mikrokontrolerskim i pneumatskim sustavima

U odljevak (2) smješten je pneumatski sustav (3) za simulaciju hodanja protufaznim pomicanjem ruku i nogu. Ravna ploča i svaki segment odljevka tijela predstavljaju upravljive ispitne panele koji ispod svoje površine imaju više trajno pričvršćenih točkastih neinduktivnih grijača za ravnomjerno zagrijavanje površine. Imaju i po dva senzora temperature površine kojima se izvodi regulacija temperature površine uz pomoć upravljačkog, regulacijskog i mjernog sustava ispitnog panela (4). Glavni dio upravljačkog, regulacijskog i mjernog sustava ispitnog panela (4) je mikrokontroler koji preko komunikacijskog protokola (poput RS485) komunicira s glavnim upravljačkim računalom (5) i glavnim mjernim računalom (6). On također aktivira/deaktivira dodijeljeni mu ispitni panel, pamti vrijednost zadane postavljene temperature, te automatski regulira zadanu temperaturu s pomoću PWM (Pulse-width modulation) impulsa kojim napaja točkaste neinduktivne grijače, te prati dostignutu temperaturu preko senzora ugrađenih u ispitni panel. Po uspostavi i stabilizaciji željene temperature ispitnog panela, potom u određenim vremenskim intervalima izvodi mjerenja i izračun prosjeka trenutačne temperature ispitnog panela, napona na grijačima panela, postotka aktivnog dijela PWM impulsa, te izračunava električnu snagu potrebnu da ispitni panel održava u ravnotežnom toplinskom stanju. Te podatke prosljeđuje glavnom mjernom računalu (6). Računalo (7), crtež 1, za upravljanje i mjerenje okolišnog stanja, održava i mjeri parametre (temperaturu, relativnu vlažnost, i brzinu strujanja) okolišnog zraka u mjernom sustavu (klima komori) i podatke predaje glavnom mjernom računalu (6) koje na temelju svih prikupljenih podataka iz aktiviranih ispitnih panela i okoliša izvodi statističku obradu, izračun toplinskih karakteristika i sa cjelovitim protokolom mjerenja tiska ih na računalnom tiskalu (8).

Pomoću predmetnog izuma određuju se toplinska svojstva odjeće u skladu s međunarodnim standardom ISO 15831, a ostvaruje se pomoću segmentiranog metalnog odljevka oblikovanog prema ljudskom tijelu na kojem izvode mjerenja i matematički izračun u cilju određivanja toplinskih svojstava gotovih odjevnih predmeta u stacionarnim uvjetima ili dinamičkim uvjetima. Pri tome odjevni predmet miruje ili se pokreće u skladu sa simulacijom hodanja istodobnim

protufaznim pomicanjem ekstremiteta. Kada je mjerni sustav smješten u klima komori podešavanjem parametara mijenjaju se i uvjeti u okolišu (npr. temperatura zraka, brzina strujanja zraka, relativna vlažnost zraka).

Nakon izvedenog zadanog broja uzastopnih mjerenja, rad uređaja se automatski zaustavlja, izvodi se izračun i statistička analiza, te se otiskuje protokol mjerenja s izmjerenim i izračunatim vrijednostima.

### **3. Zaključak**

Prema ovom izumu se utvrđivanje toplinskih svojstava odjeće u dinamičkim uvjetima izvodi na način da se spomenuti odljevak pokreće s ispitnim odjevnim predmetom tako da simulira kretanje hodom nositelja odjevnog predmeta, pri čemu se protufazno pomiču obje noge i ruke nositelja, također u stalnim ili promjenjivim uvjetima okoliša simuliranim u klima komori. Pokretanje ekstremiteta izvodi se pomoću pneumatsko-polužnog sustava ugrađenog u tijelo odljevka. Ugradnjom sustava za pokretanje u tijelo odljevka postiže se bolja točnost mjerenja jer nema „curenja“ zraka kroz otvore napravljene na odjeći namijenjene povezivanju priključnih poluga za pokretanje udova ili pak sprečavanje unutarnje cirkulacije zraka, ako se spajanje poluga izvodi obujmicama postavljenim preko dijelova odjeće. Zbog toga je mjerenje na odjeći nedestruktivno, budući da nema uništavanja odjeće koja je predmet mjerenja. Brzina gibanja ekstremiteta se može mijenjati brzinom kretanja klipa cilindra u širokom rasponu s točnim namještanjem prigušenja na jednosmjerno prigušnim ventilima tako da se npr. može ostvariti brzina pokretanja ekstemiteta od  $45 \pm 2$  dvostruka koraka/min i  $45 \pm 2$  dvostruka pokreta rukama/min kod hoda, što odgovara normi HRN EN ISO 15831. U unutrašnjosti odljevka smješteno je 14 upravljačko/mjernih mikrokontrolerskih sustava koji su povezani s tri vanjska PC računala za mjerenja i obradu rezultata.

### **4. Nagrade na domaćim i međunarodnim izložbama izuma**

2014. - Silver medal, 17th Moscow International Salon of Inventions and Innovation Technologies Archimedes 2014

2014. - Silver medal, 6th European exhibition of creativity and innovation EUROINVENT 2014

2014. - Zlatna medalja, 39. Inova/10. Budi uzor 2014 - hrvatski salon inovacija s međunarodnim sudjelovanjem, Savez inovatora Hrvatske

2014. - Silver medal, Macau International Innovation and Invention Expo 2014

2014. - Silver medal, International Invention Show & Technomart, INST, Taipei

2015. - Zlatna medalja, 13. međunarodna izložba inovacija ARCA 2015, međunarodna izložba inovacija, Udruga inovatora Hrvatske