

Laboratorij za procesne parametre odjevnog inženjerstva

Dubravko Rogale¹ i Snježana Firšt Rogale²

¹ Redoviti član, Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, dubravko.rogale@tff.unizg.hr

² Član suradnik, Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, sfrogale@tff.unizg.hr

Sažetak: Opisani su razlozi osnivanja Laboratorija za procesne parametre tijekom 2002. godine pri Zavodu za odjevnu tehnologiju Tekstilno-tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i povijesni počeci samostalnog razvoja mjeriteljske opreme za određivanje vrijednosti procesnih parametara odjevnog inženjerstva još od 80-ih godina prošlog stoljeća. Velik dio opreme laboratorija u ranoj razvojnoj fazi i kasnije nastao je specifičnim vlastitim razvojem mjeriteljske opreme, u pravilu podržane računalima. Kasnije, provedbom brojnih znanstvenih projekata, kupovana je i instalirana tvornički proizvedena oprema ali je do danas zadržana orijentacija razvoja i patentiranja vlastite originalne mjeriteljske opreme na kojoj su izvedena mjerenja za potrebe brojnih objavljenih znanstvenih radova te diplomskih, magistarskih i doktorskih radova kao i radova za industriju.

Ključne riječi: Odjevno inženjerstvo, procesni parametri, laboratorij, mjerne metode, mjerenja procesnih parametara

1. Uvod

Odjevno inženjerstvo počelo se razvijati pojavom industrijske revolucije i s pojavom šivaćih strojeva, a doživljavalo je svoje naknadne razvojne faze i uzlete razvitkom elektrotehnike, elektronike, mehatronike i računalstva. Mjerne metode odjevnog inženjerstva, u početnoj fazi razvoja, su se najviše temeljile na primjeni metoda studija rada i na mjernim metodama drugih struka. Pojavila se potreba za točnijim mjerenjima vremenskih intervala tijekom izvedbi kratkih zahvata u tehnološkim operacijama

proizvodnje odjeće i pojavama koje su vezane uz te intervale, a dostupna tehnika to nije omogućavala. K tome, odjevno inženjerstvo nije imalo dugu mjeriteljsku tradiciju kao neke druge tehničke struke (strojarstvo, elektrotehnika i dr.) pa specijalizirana mjeriteljska oprema nije postojala. Jaz se pokušao smanjiti razvojem elektromehaničkih zapisnih naprava i korištenjem prilagođenih instrumenata. Prve prave mjeriteljske prigode osigurala je pojava mikroprocesora i mikroručunala kasnih 70-ih godina prošlog stoljeća nakon čega se moglo pristupiti konstruiranju i izvedbi primjerenih mjernih sustava.

Stoga se u Zavodu za odjevnju tehnologiju ondašnjeg Instituta za tekstil i odjeću Tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, na početku 80-ih godina prošlog stoljeća, prionulo konstruiranju mjernog sustava s dva mikroručunala. Zamišljeno je da jedno računalo vodi izvođenje tehnološke operacije šivanja i upravlja aktivacijom gazila preko pneumatskog aktivatora, a drugo računalo, opremljeno A/D pretvornikom, služilo je za akviziciju podataka, sl. 1 [1]. Mjerni sustav razvio je i realizirao autor članka koji je napisao i sav upravljački i mjerni softver. Oba računala temeljila su se na ondašnjem vrlo snažnom i poznatom mikroprocesoru Z80A. Kasnije, s pojavom prvih PC računala, sustavom je, zbog znatno veće procesne snage, upravljalo jedno računalo koje je izvodilo upravljačke i mjerne zadatke, a k tome je pohranjivalo, obrađivalo podatke i iscrtavalo dijagrame ovisnosti procesnih parametara, dok je softver je mogao obavljati znatno složenije funkcije, sl. 2 [2].



Slika 1: Mjerni sustav za mjerenja procesnih parametara šivanja s dva mikroručunala



Slika 2: Poboľšani mjerni sustav s jednim snažnim PC računalom

Prikazanim sustavom izvođena su brojna mjerenja u laboratorijskim i industrijskim uvjetima pri čemu se pokazala puna opravdanost uvođnja mikroprocesora i mikroručunala u mjerne sustave odjevnog inženjerstva kao i opravdanost razvoja vlastitih konstrukcija i prototipova mjernih sustava. Takva orijentacija pokazala se opravdanom i dovela je do niza uspješno zamišljenih novih mjernih sustava odjevnog inženjerstva koji su patentirani, a poslužili su pri izradi brojnih diplomskih, magistarskih i doktorskih radova te naposljetku i do osnivanja laboratorija za procesne parametre odjevnog inženjerstva.

2. Razvoj vlastite opreme za laboratorij

Mjerni sustav opisan u uvodu je kasnije usavršen na način da je tahogenerator za mjerenja brzine vrtnje glavnog vratila stroja zamijenjen Hallovom sondom, dodani su pasivni i aktivni mikrovalni detektori za označavanje početka i kraja tehnološke operacije, a u softver su dodane numeričke metode deriviranja i integriranja uz standardne statističke pakete za obradu podataka.

Opremu, sl. 3, su patentirali D. Rogale i Z. Dragčević i za nju je odobren patent PK20010694 u travnju 2003. godine [3]. Na sl. 4 prikazan je mjerni sustav u radu u laboratoriju za procesne parametre.



Slika 3: Usavršeni i patentirani mjerni sustav za mjerenja procesnih parametara šivanja

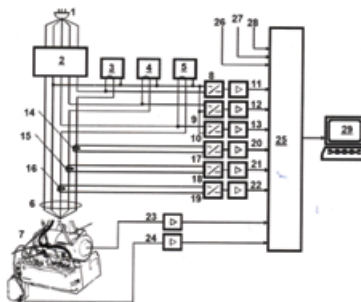


Slika 4: Rad i mjerenja na mjernom sustavu u laboratorijskim uvjetima

Za mjerni sustav energetske stanja pogonskih jedinica šivaćih strojeva patent pod oznakom PK20080068, autora D. Rogalea, je priznat 2010. godine [4]. Mjerni sustav pod nazivom Uređaj za mjerenja i kontrolu procesnih parametara pogonskih sustava šivaćih strojeva, sl. 5, ima više mjernih sklopova pa može mjeriti napone i struje napajanja pogonskih sustava za svaku fazu napajanja, snagu po svakoj fazi i ukupnu utrošenu energiju, a izmjerene vrijednosti pohraniti i analizirati na priključenom PC računalu, sl. 6.



Slika 5: Mjerni sustav za mjerenja procesnih parametara šivanja s dva mikroručunala



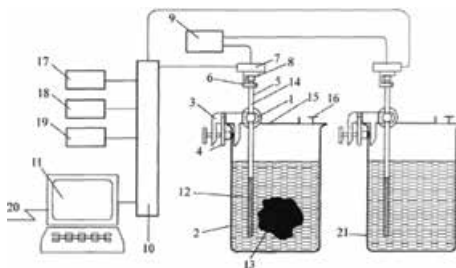
Slika 6: Poboľšani mjerni sustav s jednim snažnim PC računalom

Prikazani sustav, uvezan s prethodno opisanim sustavom za mjerenja procesnih parametara, predstavlja izuzetno vrijednu istraživačku opremu za područje odjevnog inženjerstva pa je njenom primjenom nastalo desetak obranjenih magistarskih radova i doktorskih disertacija.

Godine 2010. priznat je patent oznake PK20070532, autora N. Bogdanović, G. Nikolić, D. Rogale i M. Bartoš pod nazivom Mjerni sustav za mjerenja početnih volumena i automatizirano dugotrajno praćenje promjena volumena mjernih uzoraka, sl. 7. Sustav može pratiti promjenu volumena tekstilnih vlakana, pređa, tkanina, pletiva, netkanog tekstila, odjevnih kompozita i dijelova odjeće tijekom određenog razdoblja [5].



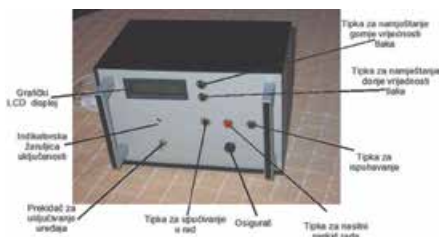
Slika 7: Sustav za mjerenja početnog i kasnijih promjena volumena



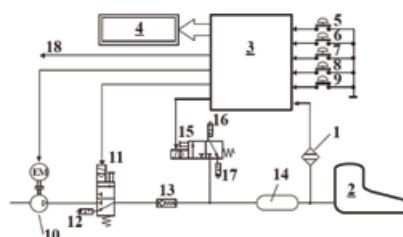
Slika 8: Elementi mjernog sustava s aktivnom i kompenzacijskom posudom te sklopovljem

Prikazani mjerni sustav ima niz kompenzacijskih metoda i sklopova, sl. 8, kako bi se izbjegao utjecaj vrlo dugih mjernih vremena na mjerni sustav.

Uređaj za kontrolirano punjenje, mjerenje i održavanje tlaka zraka u ekspandirajućim komorama obuće i odjeće, sl. 9, autora D. Rogalea, Z. Dragčevića, G. Nikolića i M. Bartoša, oznake P20080011 ima za primarni cilj da se omogući punjenje i pražnjenje ekspandirajućih komora na obući i odjeći do potrebnog tlaka stlačenog zraka ručnim ili automatskim upravljanjem [6].



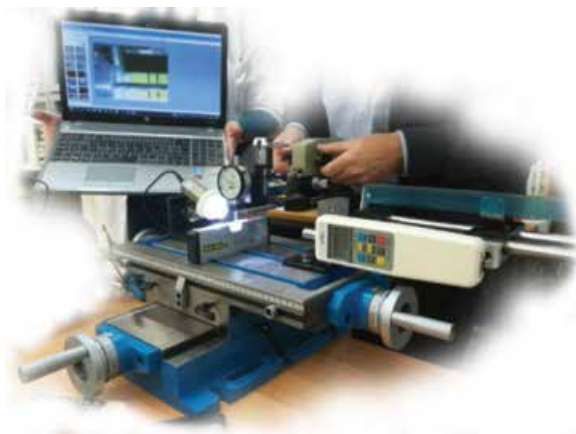
Slika 9: Mjerni sustav za automatizirano punjenje ekspandirajućih komora obuće i odjeće



Slika 10: Sklopovlje mjernog sustava za automatizirano punjenje

Daljnji cilj izuma je mogućnost mjerenja tlaka i prikazivanje njegove vrijednosti na displeju uređaja kao i mogućnost automatskog mjerenja i transfera podataka na osobno računalo te osigurano prikupljanje, pohranjivanje, analiziranje, statističko obrađivanje i vrednovanje ekspanzijskih svojstava komora. Uređaj je realiziran na način da je izvedena smisljena integracija mikrokompresora, elemenata mikropneumatike i senzora tlaka, mikrokontrolerskog sustava s pripadajućim programom, displejom, upravljačkim tipkama i ispravljačem, sl. 10.

U posljednje vrijeme razvijen je mjerni uređaj za istraživanja karakteristika spojeva izrađenih ultrazvučnom tehnikom i tehnikom u visoko frekventnom elektromagnetskom polju, sl. 11, korišten u istraživanjima na HRZZ projektu IP-2018-01-6363 [7]. Za navedeni uređaj predana je patentna prijava. Kao senzor korišten je inovativni sklop kapacitivnog mikrometra, sl. 12, za kojeg je također predana patentna prijava, a korišten je u istraživanjima na HRZZ projektu IP-2018-01-6363.



Slika 11: Uređaj za testiranje ultrazvučnih i VF spojeva dijelova odjeće



Slika 12: Kapacitivni mikrometar za mjerenja istisnutih rubova

Za potrebe mjerenja elektrostatičkih svojstava na konvencionalnoj, radnoj, pametnoj i inteligentnoj odjeći u laboratoriju je razvijen vrlo osjetljiv Q-metar koji može mjeriti vrlo male količine elektrostatičkog naboja nakupljenog na odjeći zbog trenja materijala od kojeg je odjeća načinjena, sl. 13. Navedeni uređaj poslužiti će i pri konstrukciji triboelektričkih generatora na odjeći za napajanje elektroničkih sklopova izraziti male energetske potrošnje.

Za ugradnju u pametnu i inteligentnu odjeću razvijaju se vlakna, pređe i tekstilne plošne tvorevine koje kontrolirano mijenjaju svoja svojstva upravljanjem primjenom električnog napona ili struje. U tekstilna vlakna mogu se ugrađivati električni vodiči

ili se u tekstilne plošne tvorevine ugrađuju električni vodljive metalne folije. Primjena vodljivih vlakana i folija može biti u vidu prijemnih i emisionih antena u odjeći. Vodiči unutar tekstilnih vlakana mogu poslužiti i za izvođenje vrlo laganih, tankih i nevidljivih električnih i elektroničkih sabirnica za napajanje svih ugrađenih uređaja i za prijenos podataka između njih. Električni vodljiva vlakna i folije mogu se koristiti i kao električni grijači ugrađeni izravno u niti tkanina ili pletiva. Protjecani električnom strujom, zbog svog omskog otpora, vodljiva vlakna i folije mogu razvijati toplinu, koja se podešavanjem vrijednosti napona može regulirati te tako pomoći održavanju tjelesne temperature u hladnijim uvjetima okoliša. Za mjerenje električnog otpora i produženja niti pri opterećenju određenom silom, u sklopu HRZZ projekta IP-2018-01-6363, konstruiran je inovativan mjerni sustav prikazan na sl. 14. Mjerni sustav se sastoji od mehaničke naprave za ostvarivanje napetosti elektrovodljive niti s digitalnim dinamometrom, digitalnog instrumenta za mjerenje produljenja elektrovodljive niti uslijed djelovanja određene sile, laboratorijskog digitalnog mjernog instrumenta za mjerenje vrijednosti električnog otpora elektrovodljivih niti stegnutih u električki izoliranim stezaljkama dinamometra i računala za pohranu i obradu izmjerenih podataka te računalna podrška u radu s kamerom.



Slika 13: Mjerilo količine elektrostatičkog naboja na odjeći



Slika 14: Sustav za mjerenja karakteristika elektrovodljivih konaca i pređa

U laboratoriju su razvijeni i drugi pomoćni uređaji i naprave, a neki su još u fazi razvoja tako da nije primjereno prerano isticati njihova buduća svojstva.

3. Kupljeni strojevi i oprema za laboratorij

Tijekom razvoja inteligentne odjeće s adaptivnom regulacijom termoizolacije u Zavedu za odjevnju tehnologiju Tekstilno-tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, istraživački tim je utvrdio da inteligentnu odjeću nije moguće realizirati isključivo

vom uporabom konvencionalnih metoda spajanja korištenih u odjevnom inženjersvu. Konvencionalne metode spajanje dijelova odjeće korištenjem metode šivanja se mogu koristiti, u manjoj mjeri, za izradu vanjske školjke inteligentnog odjevnog predmeta, njegove podstave i samo ponekih ugradbenih elemenata. U nekim je slučajevima metoda spajanja šivanjem potpuno nepraktična. Iz tog razloga potrebno je primijeniti nove suvremene metode spajanja dijelova inteligentne odjeće kao i mnogih ugradbenih komponenti (senzori, izvršne naprave, mikrokontrolersko sklopovlje, baterije, displeji, prekidači, mikropneumatski dijelovi, ožičenja i sl.).

Najveći dio spomenutih ugradbenih elemenata nije moguće ugraditi i trajno pričvrstiti u odjevni predmet metodom šivanja. Naprotiv, suvremene metode spajanja koje se koriste u tehničkom-znanstvenom području pokazale su se izvrsnima za spomenute namjene. To se osobito odnosi na tehnike spajanja termoplastičnih polimernih materijala toplinskim učincima uz primjenu efekta kondukcije i konvekcije, ultrazvučnim učincima, te pri djelovanju visokofrekventnih elektromagnetskih polja. Dijelovi inteligentnog odjevnog predmeta izrađeni od umjetnih polimernih materijala mogu se spajati toplotnim spajanjem primjenom kondukcije i konvekcije na način da se zagrijavaju do temperature omekšavanja, a potom se, pod djelovanjem sile pritiska, trajno spajaju. Kod ove vrste spajanja posebni problem predstavlja niska toplinska vodljivost polimernih materijala koji se brzo ugriju na površini a unutrašnjost im ostaje hladna. Češće se koriste za navarivanje adhezivnih traka na šavove koji su izvedeni pomoću konvencionalnih strojnih šivaćih uboda s primjenom igle i konca, kako bi se dobili vodonepropusni ili zrakonepropusni šavovi. Na sl. 15 prikazan je korišteni specijalni stroj za toplotno spajanje primjenom kondukcije (vrućeg klina) i konvekcije (vrućeg zraka), tt. PFAFF Weldchampion 8304-020.

Polimerni materijali se spajaju strojem, sl. 16, ultrazvučnom sonotrodom koja radi na frekvenciji od 35 kHz, a ultrazvučne vibracije prenosi na rotirajući disk od slitine aluminija i titana, promjera 105 mm i širine u rasponu od 2 – 10 mm.



Slika 15: Stroj za toplotno spajanje termoplastičnih polimernih



Slika 16: Stroj za ultrazvučno spajanje termoplastičnih polimernih materijala

Brzina spajanja može iznositi od 0,6 – 13,6 m/min. Debljina spojenog kompozita materijala mora biti u rasponu od 50 μm do 2 mm. Raspon između sonotrode i protuvaljka može se mijenjati s točnošću od 20 μm uz silu spajanja od 0 - 800 N. Stroj je opremljen procesnim mikroročunalom koje izračunava i podešava kontinuiranu gustoću ultrazvučne energije spajanja pri nejednolikim brzinama spajanja čime se postiže vizualna jednoličnost spajanja i čvrstoća ultrazvučnog spoja.

Strojevi za visokofrekventno (VF) spajanje su prilagođeni specifičnoj tehnici koja se koristi za spajanje umjetnih polimernih materijala. Razlog tome je što se materijal za spajanje od umjetnih polimernih tvari sastoji od makromolekula s izraženom polarizacijom tako da na nekim svojim dijelovima ima izražene električne naboje. Takve molekule se u električnom polju polariziraju u smjeru silnica tog polja. Mijenjanjem smjera silnica započinje i promjena položaja polarizirane molekule. Ukoliko se postigne dovoljno brza promjena električnog polja orijentacija molekula postaje dovoljno brza da dolazi do pojave disipacije topline unutar materijala koji se nalazi u promjenjivom električkom polju. To je razlog što strojevi za visokofrekventno spajanje koriste visokofrekventne oscilatore s pojačalima snage, a najčešća frekvencija rada im je 27,12 MHz. Efekt pojave topline u dielektriku je inače nepoželjna pojava u elektrotehnici koja je zamijećena pri izvirgavanju kondenzatora s lošijim izolatorom visokofrekventnim naponima i naziva se dielektričkim gubicima. Međutim, takva pojava može se učinkovito iskoristiti pri visokofrekventnim spajanjima dijelova odjeće načinjenih od umjetnih polimernih materijala, najčešće od tzv. plastičnih folija.

Na sl. 17 prikazan je stariji stroj za VF spajanje s vakuumskom triodom i ručnim vođenjem, a na sl. 18 novi stroj s keramičkom tetrodom i mikroročunalnim vođenjem, čija je nabava financirana iz sredstava HRZZ projekta IP-2018-01-6363.



Slika 17: Stroj za visokofrekventno spajanje umjetnih polimernih materijala, Siatem



Slika 18: Stroj za visokofrekventno spajanje umjetnih polimernih materijala Depta, Zemat

Oba prikazana stroja koriste se za spajanje dijelova inteligentne odjeće u laboratoriju i ugradnju električkih i elektroničkih komponenti u nju.

Kao dobra tehnika za ugradnju senzora i drugih manjih elektroničkih komponenti pokazala se tehnika tzv. ukrasnog veza na numerički vođenim (NC) šivaćim strojevima. Takvim strojevima mogu se izvoditi složeni oblici VF antena ugrađenih u odjeću koje potom mogu poslužiti kao antene komunikacijskih radio uređaja ili pak kao minijature antene za komunikaciju inteligentne odjeće s drugim sustavima u njenom okolišu. Kao vodiči u takvim koncima služe elektrovodljive niti načinjene od metalnih filamenata ili srebrom naslojeni polimerni filamenti. Tehnikom ukrasnog veza mogu se na pametnoj i inteligentnoj odjeći realizirati upravljački gumbi ugrađenih elektroničkih sklopova ili strujne sabirnice. Na sl. 19 prikazana je starija varijanta takvog stroja, a na sl. 20 najsvremenija varijanta, čija je nabava financirana iz sredstava HRZZ projekta IP-2018-01-6363.

Starija varijanta može raditi s devet, a novija s 10 različitih konaca, uz veće brzine i znatno složenije geometrijske oblike. Stoga se preko računalnog programa mogu odabirati različite boje veza radi estetskog efekta ili se biraju vodljive niti koje imaju različita električka svojstva (vodljivost, otpor, najveća dozvoljena struja i sl.).

Spajanje šivanjem izvodi se i konvencionalnim šivaćim strojem prikazanim na sl. 21.



Slika 19: Numerički vođen šivaći stroj za ukrasni vez, BAS-412-A, Brother

Spomenuti stroj opremljen snažnim procesnim mikroračunalom širokog spektra automatiziranih funkcija šivanja, a karakterističan je po tome što nema uobičajeno uljno podmazivanje jer su mu ležajevi načinjeni od PTFE materijala. Ta osobitost omogućava ugradnju mnogih senzora ispod ubodnice bez opasnosti od zaprljanja ili oštećenja uljem.

Uz spomenute strojeve za spajanja tehnikom šivanja ili vezenja za podešavanje optimalnih radnih parametara u laboratoriju koristi se tenziometar Towa, sl. 22.

Za ručna spajanja i rezanja materijala koristi se i priručna ultrazvučna tehnika. Na sl. 23 prikazan je ultrazvučni generator snage 400 W koji se u laboratoriju koristi za spajanja punktiranjem i za rezanje plošnih tekstilnih tvorevina s pomoću uređaja za ultrazvučno rezanje, sl. 24.



Slika 20: Suvremeni numerički vođen šivaći stroj za ukrasni vez, 1010, Ricoma



Slika 21: Univerzalni šivaći stroj, Pfaff 1053



Slika 22: Tenziometar za mjerenje napetosti



Slika 23: Ultrazvučni generator tt. Sonic



Slika 24: Uređaj za ultrazvučno rezanje

Kod uobičajenog rezanja uređajima s čeličnim oštrocima javljaju se nepravilni rubovi koji se resaju (izvlače se dijelovi potke i osnove, pređe ili tekstilnih vlakana), no kod ultrazvučnog rezanja materijala od umjetnih polimera ili mješavina, rubovi se zataljuju pa se resanje rubova materijala ne pojavljuje.

Spojeve načinjene nekom od suvremenih metoda spajanja valja ispitati na čvrstoću spoja, elastičnost, zrakopropusnost i vodopropusnost. Stoga u laboratoriju postoji više vrsta uređaja za takva ispitivanja. Dinamometrima vodoravnog sl. 25. i okomitog tipa, sl. 26.



Slika 25: Vodoravni dinamometar, Sauter



Slika 26: Okomiti dinamometar, Sauter



Slika 27: Oprema za ispitivanje čvrstoće spoja frontalno fiksirane tkanine tt. Kannegiesser



Slika 28: Mikroskop 40x-1600x, Bresser

Dinamometrima se ispituje čvrstoća i elastičnost linijskih spojeva djelovanjem vlačne sile, a postoji i oprema od 9 cjelina (poz. 1 do 9), sl. 27, za uzimanje uzoraka i provedbu mjerenja čvrstoće spoja frontalno fiksirane tkanine. Vizualni pregled spojeva, osobito detalja, može se ispitati instaliranim mikroskopom s povećanjem od 40 do 1600 puta, sl. 28. Mikroskop je optičkog tipa, sliku prikazuje na LCD monitoru u boji, a može se prenijeti izravno u računalo. U laboratoriju postoji i prijenosna mikroskopska kamera Digital Microscope Camera 2.0 Scale tt, Toolcraft koja omogućuje povećanje od 20 do 200 puta koja se također može spojiti izravno na računalo. Uz kameru je instaliran i kalibracijski listić tako da se može izvesti umjeravanje sustava i izvoditi točna mjerenja zanimljivih detalja spoja u cilju analiza utjecaja procesnih parametara na svojstva spoja.

Istraživanja spojeva na zrakopropusnost može se izvesti uređajem za takva mjerenja, prikazanom na sl. 29.



Slika 29: Uređaj za ispitivanje zrako-nepropusnosti spojeva



Slika 30: Uređaj za ispitivanje vodonepropusnosti spojeva

Ispod kružne brtve se pod ispitivani spoj upuhuje stlačeni zrak čiji se tlak očitava na manometru do određene vrijednosti. Pad tlaka nakon definiranog vremena upućuje na zrakopropusnost spoja. Na sličan način radi i uređaj za ispitivanje vodonepropusnosti spojeva, sl. 30, samo se u ovom slučaju kao ispitni medij koristi voda. Ovaj uređaj ima pridodane regulatore tlaka i druge pokazne naprave.

Za mjerenja zrakopropusnosti tekstilnih materijala i odjevnih kompozita u laboratoriju je instaliran uređaj oznake TF164B, tvrtke Testex, sl. 31, koji mjeri zrakopropusnost prema svim relevantnim normama ASTM D737, ISO 9237/7231 i BS 5636. Uređaj je nabavljen iz sredstava HRZZ projekta IP-2018-01-6363, a služi za spomenuta mjerenja na konvencionalnoj, pametnoj i inteligentnoj odjeći.

Na više mjesta spomenuto je da se akvizicija podataka izvodi primjenom računalne tehnike, no u laboratoriju postoje i dodatna dva neovisna sustava za računalnu akviziciju podataka National Instruments i RedLab. Akvizicija podataka prema tt. National Instruments izvodi se primjenom utičnih mjernih modula u sklopu DAQ sustava, a od tt. RedLab koriste se namjenski moduli A/D pretvornika i moduli za mjerenja primjenom termoelemenata s aktivnom kompenzacijom hladnog kraja.

Osim spomenute opreme u Laboratoriju za procesne parametre nalazi se i više računala sa skenerima i tiskalima te više elektroničkih instrumenata (osciloskopi, univerzalni mjerni instrumenti, generatori funkcija, ispravljači, signal generatori, mjerni mostovi i dr.) te mnoštvo različitih vrsta senzora. Uz to postoje i ručni alati za strojarške, elektrotehničke i elektroničke potrebe.

Na temelju svega iznesenog vidljivo je da je Laboratorij za procesne parametre dobro opremljen mjernim uređajima koji su razvijeni za vlastite potrebe, umjereni i patentirani, kao i kupljenim suvremenim mjernim uređajima i napravama. Osim toga laboratorij je opremljen i strojevima za visokotehnološke načine spajanja dijelova konvencionalne, pametne i inteligentne odjeće te sa nizom mjernih uređaja za ispitivanja karakteristika takvih spojeva.



Slika 31: Uređaj za mjerenja zrako-
propusnosti tekstilnih materijala i
odjevnih kompozita



Slika 32: Sustavi za računalnu
akviziciju podataka National
Instruments i RedLab

Računalno podržani sustavi za akviziciju podataka u zajednici s dostupnom senzoričkom, omogućavaju dopunska mjerenja na strojevima i opremi kako bi se istraživali i utvrđivali optimalni procesni parametri odjevnog inženjerstva. Zahvaljujući dobroj opremljenosti laboratorija, u njemu je izvedeno desetak magistarskih i doktorskih disertacija, više diplomskih i mnoštvo znanstvenih radova, a izvedeno je nekoliko mjerenja i demonstracija rada strojeva i uređaja za potrebe hrvatske odjevne industrije. Osim toga, u njemu se održava i nastava diplomskog i poslijediplomskog stupnja.

4. Zaključak

Na temelju brojne vlastite razvijene opreme i na temelju kupljenih strojeva i opreme tijekom realizacija znanstvenih projekata, na poticaj autora članka, prišlo se osnivanju laboratorija za procesne parametre pri Zavodu za odjevnu tehnologiju Tekstilno-tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu tijekom 2002. godine, posebno potaknutim uspješnim istraživanjima provedenim još od 80-ih godina prošlog stoljeća. Na temelju 35 godina uspješnih istraživanja, Laboratorij se tijekom proteklih 20 godina uspješno razvija i stalno dopunjava novom mjeriteljskom opremom, strojevima i uređajima tako da danas predstavlja akademsku ustrojbenu jedinicu sa praktički naj-suvremenijim tehnikama spajanja dijelova odjeće i mjernim sustavima za mjerenja procesnih parametara tehnoloških operacija odjevnog inženjerstva. U laboratoriju su

se dosad izvodila istraživanja za potrebe desetak magistarskih radova i doktorskih disertacija, za objavu više desetaka zapaženih izvornih i znanstvenih radova i istraživanja za industriju. Osim toga, laboratorij se koristi i za nastavu na diplomskom i poslijediplomskom studiju Tekstilno-tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Pri tome valja istaknuti i činjenicu da je laboratorij započeo i nastavio se razvijati na vlastito razvijenoj istraživačkoj opremi što je i jedna od intencija sveučilišnog obrazovanja: razvoj na temeljima vlastitih istraživanja i ingenioznosti.



Rad je izrađen u sklopu aktivnosti na istraživačkom projektu IP-2018-01-6363 Razvoj i toplinska svojstva inteligentne odjeće (ThermIC) financiranog od Hrvatske zaklade za znanost

Literatura

- [1] Knez, B.; Rogale, D.; Dragčević, Z.: Utjecaj strukture strojnog vremena na stupanj iskorištenja šivaćih strojeva, *Tekstil*, Vol (34) 8, 551-557
- [2] Vuljanić, N.: Tekstilno-tehnološki fakultet, *Tehnički fakulteti 1919.-1994*. Sveučilište u Zagrebu, ISBN 953-6002-00-0, Zagreb, (1994), str. 595
- [3] Rogale, D., Dragčević Z.: Sustav za automatska mjerenja procesnih parametara i struktura tehnoloških operacija proizvodnje odjeće, odobren konsensualni patent od Državnog zavoda za intelektualno vlasništvo 30.travnja 2003. pod oznakom PK20010694
- [4] Rogale, D.: Uređaj za mjerenja i kontrolu procesnih parametara pogonskih sustava šivaćih strojeva, Državni zavod za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske, odobren konsensualni patent od Državnog zavoda za intelektualno vlasništvo 31. svibnja 2010. pod oznakom PK20080068
- [5] Bogdanović, N., Nikolić, G., Rogale, D., Bartoš, M.: Mjerni sustav za mjerenja početnih volumena i automatizirano dugotrajno praćenje promjena volumena mjernih uzoraka, odobren konsensualni patent od Državnog zavoda za intelektualno vlasništvo 31. ožujka 2010. pod oznakom PK20070532
- [6] Rogale, D., Dragčević, Z., Nikolić, G., Bartoš, M.: Uređaj za kontrolirano punjenje, mjerenje i održavanje tlaka zraka u ekspandirajućim komorama obuće i odjeće, odobren konsensualni patent od Državnog zavoda za intelektualno vlasništvo 30. studenog 2010. pod oznakom PK20080011
- [7] Rogale, D., Knezić, Ž.: Uređaj i metoda za ispitivanje karakteristika spojeva nastalih visokotehnološkim tehnikama spajanja polimernih materijala, Patentna prijava, Državni zavod za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske, 9. 7. 2021., klasa: 381-03/2021-010/1094; ur.br. 533-21-001 pod oznakom P20211094A