

Aušanas tehnoloģijas izmantošana elektrotekstiliju projektēšanā

Inese Parkova, *Riga Technical University, Institute of Textile Materials Technologies and Design*

Kopsavilkums. Aušanas tehnikas izmantošana elektrotekstiliju izstrādē var veicināt jaunu pieeju radīšanu elektronisko elementu integrēšanai tekstilā un elementu starpsavienojumu projektēšanā auduma struktūrā. Pētījuma ietvaros tika izveidoti 8 austas drānas paraugi dažādos pinumos (audekls, saržs, safīns) un ar dažādu audu blīvumu (50, 60, 100, 140, 160, 200 pav./10cm), lai izanalizētu auduma struktūras parametru ietekmi uz auduma elektrovadošo kontaktvirsmu un definētu attiecīgos pielietojumus. Ilustrēti daži no paraugiem katra pinuma veidam.

Atslēgvārdi: aušana, pinums, elektrotekstilijas, elektrovadošie pavedieni.

I. IEVADS

Lai uzlabotu valkājamo e-apģērbu īpašības, sistēmas elektriskajai ķēdei un elementu savienojumiem jābūt kvalitatīviem un izturīgiem, taču tekstila elektriskajai shēmai jāatbilst arī apģērba tradicionālajām komforta īpašībām, t.i., tai jābūt elastīgai un izturīgai pret berzi, lieci, ērti kopjamai utt. Elektroaktīvo tekstiliju attīstība dod iespēju radīt jaunus un pilnveidot esošos inovatīvos un daudzfunkcionālos produktus dažādās sfērās, kas saistītas ar viedapģērbu un viedtekstilu [1]. Elektrotekstiliju struktūra veido pamatni sensoru, elastīgu elektrodu, saules bateriju, sildošo tekstila sistēmu u.c. elektrisko shēmu izstrādei [2]. Aizstājot tradicionālos elektroniskos materiālus ar elektrovadošajiem tekstilmateriāliem, ir iespējams izveidot elastīgas elektrotekstiliju pamatnes, izmantojot dažādas tekstiltehnoloģijas, piemēram, aušanu.

Aušanas tehnikas izmantošana elektrotekstiliju izstrādē var veicināt jaunu pieeju radīšanu elektronisko elementu integrēšanai tekstilijās un elementu starpsavienojumu projektēšanā auduma struktūrā.

Pētījuma ietvaros tika izveidoti austas drānas paraugi dažādos pinumos un ar dažādu audu blīvumu, lai izanalizētu auduma struktūras parametru un mazgāšanas ietekmi uz auduma elektrovadošo kontaktvirsmu un definētu attiecīgos pielietojumus.

II. MATERIĀLI UN METODES

Elektrotekstiliju paraugi N1 – N8 izgatavoti uz industriālajām stellēm, šķēru blīvums 330 pav./10 cm, audu blīvums variējams. Šķēru sistēmā izmantoti izolējošie kokvilnas pavedieni ar rupjumu 36 tex, audos izmantoti elektrovadošie pavedieni. Paraugi N9 veidoti uz rokas stellēm, šķēru blīvums 380 pav./10 cm, audu blīvums 60 pav./10 cm. Šķēru sistēmā izmantoti izolējošie kokvilnas pavedieni ar rupjumu 59 tex, audu sistēmā izolējošiem pavedieniem izmantoti kokvilnas pavedieni ar rupjumu

167 tex, noteiktās vietās ieausti elektrovadošie pavedieni. Elektrovadošo PA/vara pavedienu rupjumu 33 tex x 7, elektriskā pretestība 2,3 omi/m. Paraugu raksturlielumi redzami 1.tabulā, paraugi attēloti 1. - 3.attēlos.

1. TABULA

PARAUGU RAKSTUROJUMS

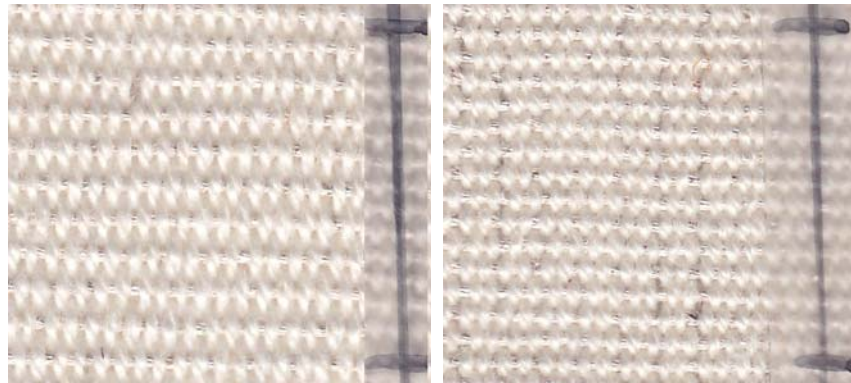
Parauga nr.	Pinuma veids	Audu blīvums (pav./10 cm)	Šķēru blīvums (pav./10 cm)
1.	Audekls	100	330
2.		140	
3.	Saržs 3/3	50	
4.		100	
5.		140	
6.	Safīns 5/2	140	
7.		160	
8.		200	
9.	Audekls	60	380

Mazgāšanas tests veikts, vadoties pēc standarta ISO 6330:2012 Tekstilizstrādājumi. Mazgāšanas un žāvēšanas procedūras mājas apstākļos tekstilizstrādājumu testēšanai. Paraugi mazgāti A veida veļasmašīnā, izmantojot 20 g veļaspulvera, 60±3° C temperatūrā, rotācijas ātrums 1000 apgr./min., cikla ilgums (mazgāšana un žāvēšana) 1,4 stundas.

III. ELEKTROVADOŠĀ PAVEDIENA KONTAKTVIRSMĀ

Projektējot elektrotekstilijas, iespējams variēt auduma pinumu, elektrovadošo pavedienu izvietošanu un audu blīvumu, kas ietekmē elektrovadošā pavediena pārstaipi, ko var izmantot elektrovadošajam kontakam. Elektrovadošie pavedieni audumā var būt izvietoti trīs pozīcijās: kā šķēru pavedieni, kā audu pavedieni vai kā šķēru un audu pavedieni. Ja audumā paredzēts izvietot elektrovadošo pavedienu tikai vienā virzienā, lietderīgāk tos izmantot kā audu pavedienus, jo tas atvieglo pavedienu sagatavošanas procesu. Rakstā analizēti paraugi, kad elektrovadošais pavediens ieausts tikai audu sistēmā. Pavediena kontaktvirsmā ir atkarīga arī no auduma uzbūves fāzes, kas raksturo pavediena izliekuma pakāpi auduma struktūrā.

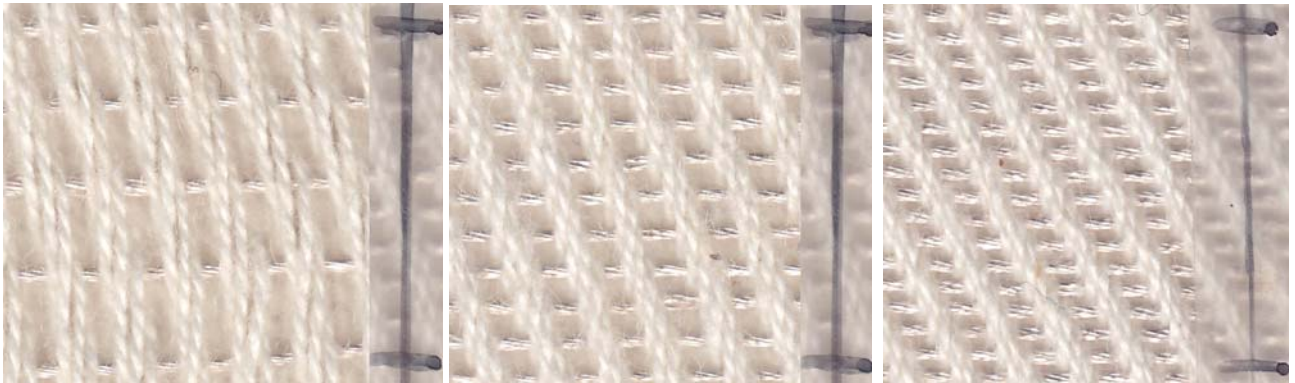
Projektējot elektrotekstilijas konkrētam mērķim, jāizvēlas pinuma un struktūras veids, kas vislabāk nodrošinās vēlamās tekstila īpašības, piemēram, noslēpt elektrovadošo pavedienu tekstilijas struktūrā vai tieši otrādi – izcelt to uz tekstilijas virsmas.



N1

N2

1.att. Audekla pinuma paraugi.



N3

N4

N5

2.att. Sarža pinuma paraugi.



N6

N7

N8

3.att. Satīna pinuma paraugi.

- Pinums

Audekla pinums. Audekla pinums nodrošina maksimālo audu un šķēru pavadīšanu krustošanās skaitu audumā [3], līdz ar to elektrovadošais audu pavadīšana, izvēloties attiecīgu tā nostiepumu, kā arī gadījumā, kad šķēru blīvums daudzkārt lielāks par audu blīvumu, ir vienmērīgi nosegts ar izolējošiem šķēru pavadīšanai no abām auduma pusēm.

Sarža un satīna pinumi. Sarža un satīna pinuma paraugos auduma labajā pusē veidojas lielākas pavadīšanas pārsedzes. Lai nodrošinātu lielāku kontaktvirsmu, jāizmanto pinumi ar garākām audu pārsedzēm. Piemēram, satīns 13/11. Tā kā šādos pinumos šķēri lielākoties atrodas kreisajā pusē, tie kalpo kā daļējs izolācijas slānis no auduma kreisās puses. Savukārt pielietojot satīnam pretēju pinumu – atlasu, elektroaktīvo laukumu iespējams izolēt auduma labajā pusē.

- Pavedienu izliekuma pakāpe auduma struktūrā

Audumu struktūrā tiek izdalītas 9 fāzes, kas raksturo pavadīšanas izliekuma pakāpi. Izliekuma pakāpe ir saistīta ar pavadīšanas deformācijas lielumu, kas ir atkarīgs no audu un šķēru pavadīšanas rupjuma, elastības u.c. struktūras rādītāju attiecības, kā arī no abu pavadīšanas sistēmu nostiepuma aušanas procesa laikā [4].

Izgatavotajos paraugos elektrovadošo audu pavadīšanas rupjāki un stīvāki par nevadošajiem kokvilnas šķēru pavadīšanai, līdz ar to audumam ir raksturīga devītā fāze, kad šķēru pavadīšanas apvij neizliektos audu pavadīšanas. Pavadīšanas izvietojums 9.fāzes auduma struktūrā pie dažādiem pinumiem grafiski parādīts 4.att. Šis stāvoklis ir piemērots gadījumiem, kad elektrovadošo pavadīšanu nepieciešams izolēt. Piemēram, izvēloties audekla pinumu (1.att.). Ar lielāku šķēru blīvumu elektrovadošie audu pavadīšanas var tikt pilnībā nosegti ar nevadošajām cieši blakus izvietotajām šķēru pārsedzēm.

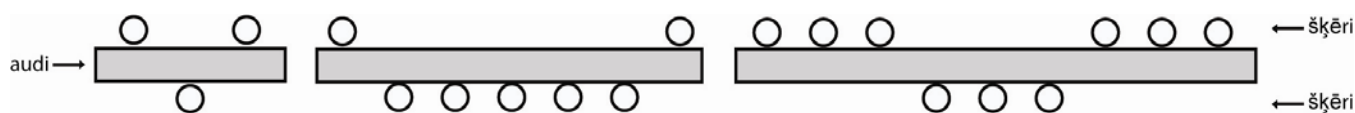
Izmantojot trauslu pavadīšanu vai pavadīšanu, kur nav vēlams izteikta pavadīšanas liece (piemēram, optiskā šķiedra), ieteicams izmantot pinumu, kur pavadīšanas ir pēc iespējas retāk pakļauts izliekumiem [5]. Lai optiskā šķiedra audumā nebūtu pilnībā izliekta, jāizmanto auduma uzbūves devītā fāze, kad neizliektos audu pavadīšanas apliec šķēru pavadīšanas. Bet, ja optiskā šķiedra izvietota šķēru sistēmā, izmantojama ir pirmā fāze, kad neizliektos šķēru pavadīšanas apliec audu pavadīšanas. Satīna pinums piemērots gadījumiem, ja nepieciešams iegūt pēc iespējas lielāku elektrovadošo virsmu, piemēram, projektējot sensorus, elektrodus, mīkstās pogas utt. Šajā gadījumā lielākas elektrovadošās kontaktvirsmas iegūšanai piemērotas ir 1.–5. auduma struktūras fāzes, kad elektrovadošais audu pavadīšanas ir vairāk vai mazāk izliekts, tādējādi vairāk saskaroties ar ārējās vides kontaktvirsmu. Satīna pinums dažādās auduma struktūras fāzēs un tā saskare ar ārējās vides kontaktvirsmu grafiski ir attēlots 5.att.

IV. ELEKTROTEKSTILIJU MAZGĀŠANAS TESTS

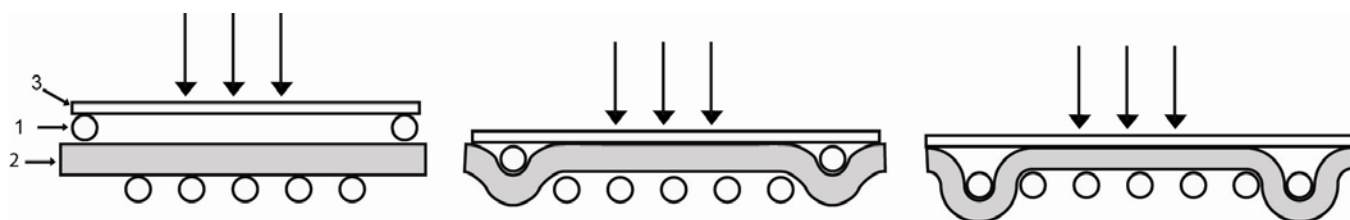
Paraugu mazgāšanas mērķi:

- vairāk izolēt elektrovadošo pavadīšanu;
- satuvināt elektrovadošos pavadīšanas nepārtrauktas elektrovadošās virsmas iegūšanai.

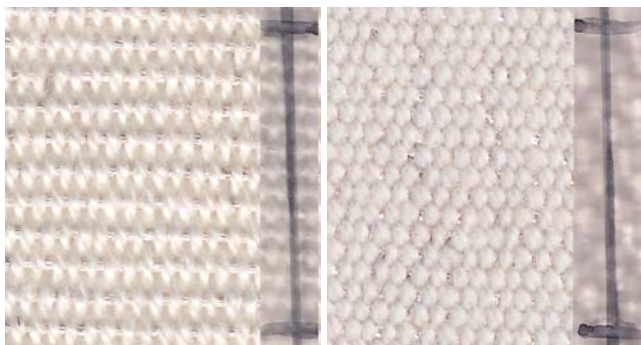
Pēc viena mazgāšanas cikla paraugi šķēru virzienā sarāvās līdzīgi: par 11.1% – satīna pinuma paraugs, par 11.6% – audekla pinuma paraugs, par 15.3% – sarža pinuma paraugs. Audu virzienā paraugi nesarāvās. Paraugu fragmenti pirms un pēc mazgāšanas redzami 6.-8.att.



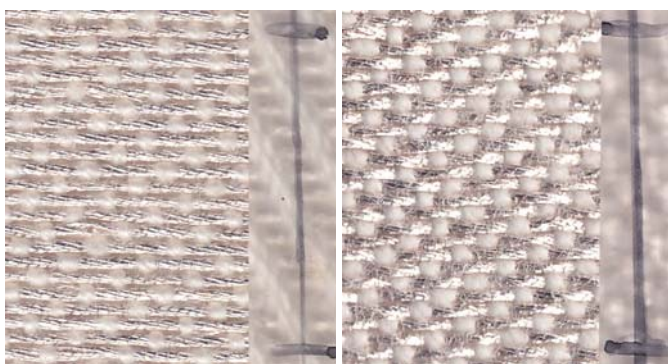
4.att. Pavedienu izvietojums auduma struktūrā 9. fāzē: a – audekls; b – satīns 5/2; sarža – 3/3.



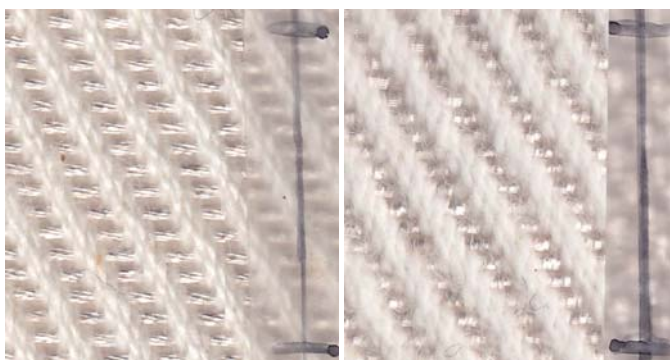
5.att. Satīna pinums dažādās auduma struktūras fāzēs (1: šķēri, 2: audi, 3: virsma kontaktam) – a: 9. fāze; b: 5. fāze; c: 1. fāze.



6.att. Audekla pinuma paraugs pirms un pēc mazgāšanas.



7.att. Satīna pinuma paraugs pirms un pēc mazgāšanas.



8.att. Sarža pinuma paraugs pirms un pēc mazgāšanas.

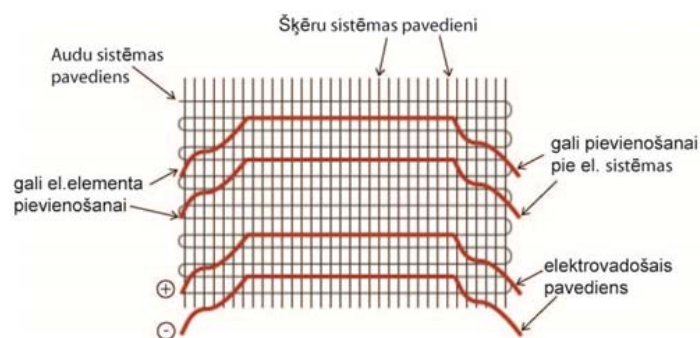
Pēc mazgāšanas kokvilnas šķēru pavedieni veidoja ciešāku auduma struktūru. Līdz ar to audekla pinums nodrošina lielāku izolāciju, vairāk nosedzot elektrovadošos audu pavedienus auduma struktūrā.

Satīna pinuma paraugos audu blīvums bija 200 pav / 10 cm, taču šis blīvums nebija pietiekams, lai iegūtu nepārtrauktu elektrovadošu virsmu – katrs audu pavediens vada elektrību pats par sevi, nesaskaroties ar blakus esošo audu pavedienu. Kaut arī pēc mazgāšanas paraugs sarāvās par 11.1% šķēru virzienā, tādējādi satuvinot blakus esošos elektrovadošos pavedienus, nepārtraukta elektrovadoša virsma joprojām netika iegūta. Iespējams šim mērķim jāizmanto citu auduma struktūras fāzi (1.-5.) vai jāizmanto smalkākus šķēru pavedienus.

Sarža pinumā veidotie paraugi sarāvās visvairāk – par 15.3%. Kaut arī šo paraugu struktūras izmaiņas (sarukums) neatbilst izvirzītajiem mērķiem, to iespējama pielietojums parādīts zemāk.

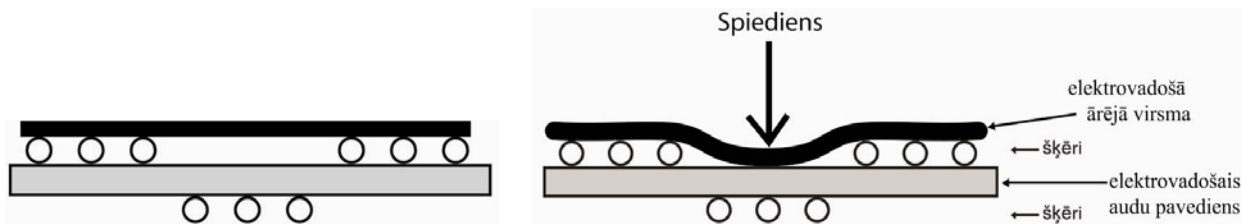
V. ELEKTROTEKSTILIJU PIELIETOJUMS

Audekla pinumu elektrotekstiliju projektēšanā var izmantot arī gadījumos, kad elektrovadošo pavedienu, kā atsevišķu elementu, nepieciešams noslēpt auduma struktūrā. Šeit jāievēro nosacījums, ka šķēru izvietojums ir pietiekami blīvs un tiek izmantota auduma struktūras 9. fāze. Piemēram, veidojot starpsavienojumus, abas elektrovadošā celiņa puses tiek nosegtas ar šķēru pavedieniem, kas rada daļēju izolācijas slāni abās auduma pusēs, tādā veidā neveidojot īssavienojumus ar citiem blakus esošajiem vai nosedzošajiem starpsavienojumiem. Piemērs ir redzams 9. att. 9. paraugs ir veidots uz rokas stellēm, izmantojot kokvilnas pavedienus audos (167 tex) un šķēros (59 tex), atsevišķās vietās audu sistēmā iestrādājot elektrovadošos pavedienus (33 tex x 7), pie kuriem pievienota gaismu izstarojošā diode.



9.att. Audekla pinuma pielietojums starpsavienojumu noseģšanai un izolēšanai.

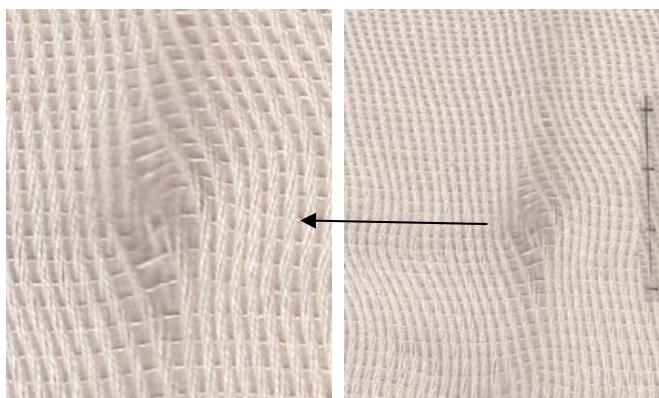
Sarža 3/3 pinuma struktūra veido reljefu virsmu, kad izolējošo un elektrovadošo pavedienu kontaktaukumi ir vienādi nosegti un vienādi atklāti ārējai kontaktvirsmi. Elektrovadošais pavediens pie auduma struktūras 9. fāzes no abām pusēm ir balstīts ar izolējošiem pavedieniem. Šāda struktūra var tikt izmantota, piemēram, spiedienjutīgā sensora projektēšanai, kā tas ir shematiski attēlots 10.att.



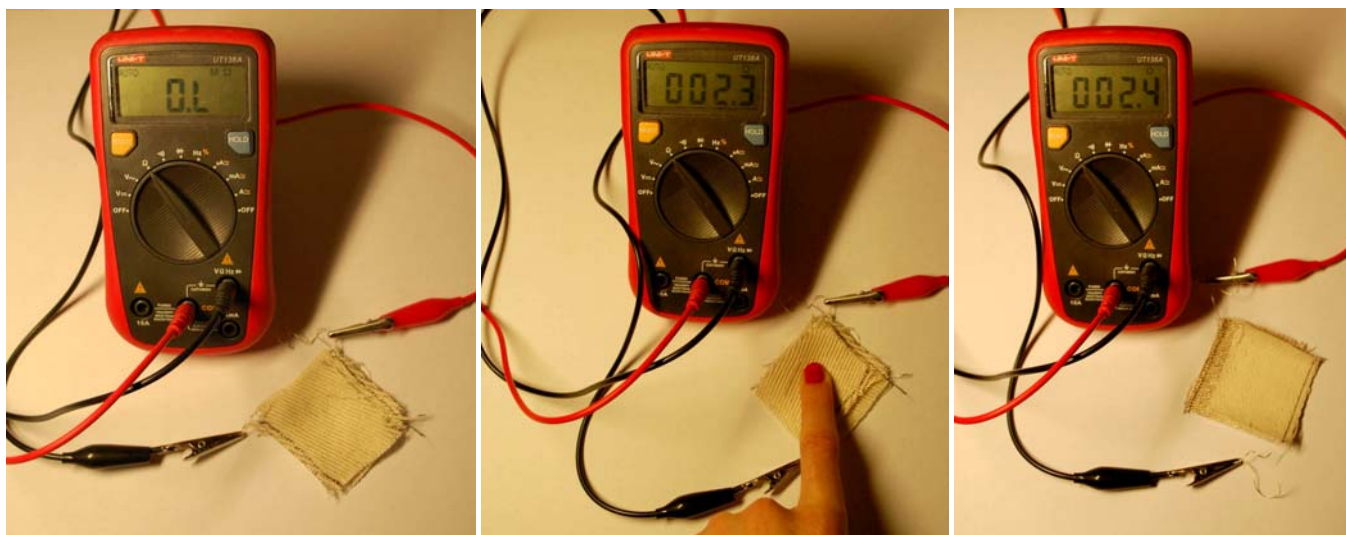
10.att. Sarža pinuma pielietojums spiedienjutīgam sensoram.

Spiedienjutīgā sensora piemērs redzams 11.att. a,b, pielietojot divās kārtās savietotos sarža pinuma 4. parauga (100 pav./10) gabalus. Kā vienu no slāņiem var izmantot arī citas struktūras elektrovadošu materiālu. Satīna pinuma struktūrai ir lielāka kontaktvirsmas, tāpēc 8. parauga divās kārtās savietotās virsmas veido kontaktu bez spiediena pielikšanas (kā tas redzams 11.att.c). Dotajam pielietojumam šādi auduma struktūrai nepieciešams izolējošais papildslānis starp abām elektrovadošajām virsmām.

Bļīvākas struktūras sarža pinuma 5. paraugs (140 pav./10 cm) zem pieliktā spiediena neveidoja kontaktu starp abām kārtām, savukārt sarža pinuma 3. paraugam ar bļīvumu 50 pav./10 cm ir nestabila struktūra un, kā tas redzams 12.att., tas diezgan viegli var deformēties, piemēram, audumu lokot. Šo defektu var izskaidrot ar lielu abu pavedienu sistēmu bļīvumu atšķirību.



12.att. Auduma defekts.



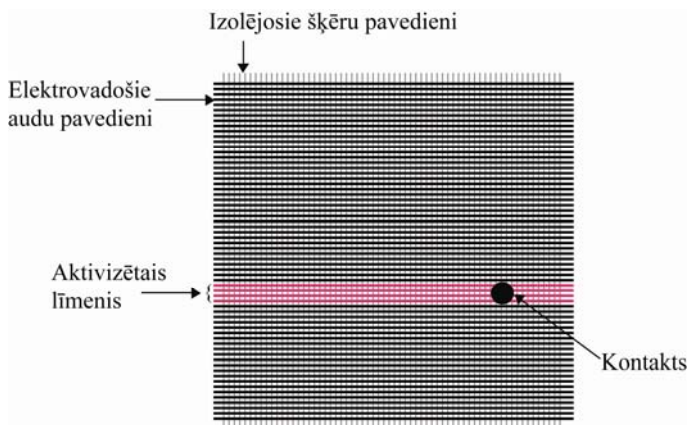
a

b

c

11.att. Spiedienjutīgā sensora piemērs – a: divas sarža auduma kārtas bez spiediena; b: divas sarža auduma kārtas zem spiediena; c: divas satīna auduma kārtas bez spiediena.

Kā jau tika minēts, saīna pinuma paraugiem ir vislielākais kontaktaukums, taču tie neveido nepārtrauktu elektrovadošo virsmu šķēru virzienā. Šāda veida struktūru iespējams izmantot pozīcijas uzraudzībai, fiksējot konkrētu līmeni (elektrovadošo pavadīnu audu virzienā), kā tas attēlots 13.att.



13.att. Saīna pinuma elektrotekstilijas pielietojums pozīcijas uzraudzībai.

VI. SECINĀJUMI

Attīstot un izstrādājot viedās tekstilijas ar integrētiem elektrovadošajiem pavadīniem, ir jāizprot tekstila struktūru un ģeometriskās īpašības. Projektējot elektrotekstiliju konkrētam mērķim, attiecīgā pinuma pielietojums var tekstilam piešķirt noteiktu īpašību. Piemēram, noslēpt elektrovadošo pavadīnu tekstilijas struktūrā vai tieši otrādi – izcelt to uz tekstilijas virsmas. Pavediena elektrovadošā kontakta virsma ir atkarīga arī no auduma uzbūves fāzes, kas raksturo pavediena izliekuma pakāpi auduma struktūrā. Ja elektrotekstilijas struktūrā ir pavadīni ar tieksmi pēc mazgāšanas sarauties (piemēram, kokvilna), šo faktoru var izmantot, lai satuvinātu elektrovadošos pavadīnus drānas struktūrā. Piemēram, audekla pinuma drāna pēc mazgāšanas vairāk nosedz elektrovadošos audu pavadīnus auduma struktūrā, tādējādi veidojot lielāku izolāciju.

VII. KOPSAVILKUMS

Elektroaktīvo tekstiliju attīstība dod iespēju radīt jaunus un pilnveidot esošos inovatīvos un daudzfunkcionālos produktus dažādās sfērās, kas saistītas ar viedapģērbu un viedtekstilijām. Aušanas tehnikas izmantošana elektrotekstiliju izstrādē var veicināt jaunu pieeju radīšanu elektronikas elementu integrēšanai tekstilijās un elementu starpsavienojumu projektēšanā auduma struktūrā.

Pētījuma ietvaros tika izveidoti 8 austas drānas paraugi dažādos pinumos (audekls, saržs, saīns) ar vienādu šķēru blīvumu (330 pav./10cm) un ar dažādu audu blīvumu (50, 100, 140, 160, 200 pav./10cm), lai izanalizētu auduma struktūras parametru ietekmi uz auduma elektrovadošo kontakta virsmu un definētu attiecīgos pielietojumus.

Projektējot elektrotekstilijas konkrētam mērķim, jāizvēlas pinuma veids, kas vislabāk nodrošinās vēlamās tekstila īpašības. Pavediena kontakta virsma ir atkarīga arī no auduma uzbūves fāzes. Rakstā analizēts dažādos pinumos projektēto paraugu pavadīnu izvietojums auduma struktūrā un iespējamās variācijas attiecīgā pielietojumam. Veikts mazgāšanas tests, lai iegūtu ciešāku elektrovadošo pavadīnu izvietojumu audumā. Ilustrēti daži no paraugiem katra pinuma veidam: audekla pinuma pielietojums starpsavienojumu noseigšanai un izolēšanai, sarža pinuma pielietojums spiedienjutīgā sensoram un saīna pinuma elektrotekstilijas pielietojums pozīcijas uzraudzībai.

PATEICĪBA

Autore izsaka pateicību zinātniskajai vadītājai Ausmai Viļumsonei.

Darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā «Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai».

Elektrotekstilijas izstrādātas Smart Textiles Design laboratorijā Zviedru Tekstiliskolā (Burosa, Zviedrija).

LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Kirstein, T., Cottet, D., Grzyb, J., Tröster, G. Wearable computing systems – electronic textiles. *Wearable Electronics and Photonics*. 2005. March, pp.177-197.
2. Janietz, S., Gruber, B., Schattauer, S., Schulze, K. Integration of OLEDs in Textiles. *Journal Advances in Science and Technology*. 2012, September, vol 80, pp. 14-21. <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AST.80.14>
3. Catrysse, M., Puers, R., Hertleer, C., Van Langenhoveb, L. et al. Towards the integration of textile sensors in a wireless monitoring suit. *Sensors and Actuators A* 114. 2004, p 302–311. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sna.2003.10.071>
4. Ataman, C., Kinkeldei, T., Vasquez-Quintero, A. et al. Humidity and Temperature Sensors on Plastic Foil for Textile Integration. *Procedia Engineering*. 2011, vol 25, p 136-139. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2011.12.034>
5. Gordon, P., Torah, R., Beeby, S., Tudor, J. The development of screen printed conductive networks on textiles for biopotential monitoring applications. *Sensors and Actuators A* 206. 2004, p 35–41.
6. Yamashita, T., Takamatsua, S., Miyake, K., Itoh, T. Fabrication and evaluation of a conductive polymer coated elastomer contact structure for woven electronic textile. *Sensors and Actuators A* 195. 2013, p 213–218. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sna.2012.09.002> Yi, W., Huaiyu, Z., Jian, H., Yun, L., Shushu, Z. Wet-laid non-woven fabric for separator of lithium-ion battery. *Journal of Power Sources* 189. 2009, p. 616–619.
7. Humphries, M. Fabric Reference (4th Edition). *Institute of Textile Science*. Prentice Hall, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpowsour.2008.09.078>
8. Buzov, A.B., Modestova, T.A., Aljimenkova. *Materialovedenije svejnogo proizvodstva*. Moskva: Legkaja industrija, 1978.
9. *Integration of fibre optic sensors and sensing networks into textile structures in Wearable electronics and photonics*, revised by Ed. Xiaoming, T.. England, Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2000, p. 105 – 135.



Inese Parkova. Riga Technical University, Institute of Textile Materials Technologies and Design, Mg.sc.ing, 2010. Fields of study: optical fibre fabric integration into textile products. Scientific Assistant, Institute of Textile Materials Technology and Design, RTU, Azenes 14, Riga, Latvia. garment technologist, *LLC Solution*. assistant of project leader, Institute of Transport Vehicle Technologies, RTU. Werner von Siemens Excellence Award 2011; Inclusion into RTU Zelta fonds 2010 best student list; Current Doctoral research: electronic systems integration into clothing, innovative textile

materials, smart clothing.

Address: Riga Technical University, Institute of Textile Materials Technologies and Design, Azenes Str. 18, Riga, LV-1048, Latvia

E-mail: inese.parkova@rtu.lv

Inese Parkova. Weaving as a Tool for Electrotexile Design

Development of electrotexiles gives opportunities for creation and improvement of new innovative products in different fields related to smart clothes and smart textiles. The use of the weaving method in the electrotexile creation can stimulate a new approach for the intergration of electronic elements into textile and for electronic elements interconnections design in textile structure.

During the research 8 samples of woven fabric were constructed in different weaves (plain, twill, satin) with different weft density (50, 100, 140, 160, 200 yarns/10 cm). The aim of this study was to analyze the influence of fabric structural parameters on electrically conductive contact area of fabric and to define appropriate applications.

Projecting electro-textile for specific purpose, a proper weave should be chosen which could ensure necessary properties of e-textile. Contact area of conductive yarn depends on fabric's structural phase too. In the paper yarn position in fabric structure of different weave samples was analyzed and several possible applications were pointed out. The washing test was done to get a denser location of conductive yarns in fabric structure. Several examples were demonstrated for each weave type: plain weave application for covering and insulation of electrotexile interconnections, twill weave application for pressure sensor development and satin weave electrotexile for position monitoring application.

Инесе Паркова. Использование ткачества для проектирования электротекстиля

Развитие электротекстиля создает возможность для реализации и совершенствования новых инновационных продуктов в различных областях, связанных с умной одеждой и умным текстилем. Использование ткацкого процесса в электротекстиле может стимулировать создание нового подхода интеграции электронных элементов в текстиль и проектирование соединений электронных элементов в структуре ткани.

В рамках исследования были созданы 9 образцов ткани в разных переплетениях (полотняное, саржевое, сатиновое) с разной плотностью основы (50, 100, 140, 160, 200 нити/10см) с целью проанализировать влияние параметров структуры ткани на электропроводную контактную поверхность ткани и определить соответственно применение.

Проектируя электротекстиль для конкретных целей, нужно выбрать тип переплетения, который мог бы обеспечить его необходимые свойства. Контактная поверхность нити зависит также от фазы строения ткани. В работе анализируются расположения нити в структуру ткани в образцах различных переплетений и возможные вариации конкретного применения. Выполнен тест мытья с целью получить ткани с более плотным размещением электропроводящих нитей. Проиллюстрировано несколько образцов каждого вида переплетения: применение полотняного переплетения для покрытия и изолирования соединений, применение плетения саржи для датчика давления и применение переплетения сатина в электротекстиле для наблюдения позиции.