

## **Core conductive fibres based ESD protective garments. Contract 7-058-2012**

Director proiect ş.l.dr.ing. Codrin Donciu

**Contractor: Universitatea Tehnică Gh. Asachi din Iaşi**

### **Etapa III. Model experimental. Diseminare**

Activitatea III.1. Tricotare precursor Model experimental

Activitatea III.2. Evaluare ESD

Activitatea III.3. Optimizarea precursorului. Model experimental

Activitatea III.4. Diseminarea rezultatelor

#### **Concluziile etapelor precedente:**

- **Etapa I**

Se constată că proprietăți foarte bune ESD (timp de descărcare electrostatic mic și simultan rezistivitate de suprafață mare) conform cerințelor proiectului sunt întâlnite la firele monofilament de cupru izolate.

- **Etapa II**

Testele referitoare la caracterizarea dielectrică și cele referitoare la rezistivitatea electrică de suprafață relevă un caracter specific materialelor izolatoare pentru toate cele 9 mostre.

Testele referitoare la capacitatea de drenare a sarcinilor acumulate, bazate pe timpul de descărcare stabilesc drept tipologii de tricotare optime Glat și Patent, și Milano Rib

#### **Rezumat etapa III**

Pe baza rezultatele obținute în cadrul etapelor precedente, s-au tricotat doi precursori ai modelului experimental. Tricotarea integrală, continua și neîntreruptă s-a realizat din fir de cupru emailat în paralel cu fir textil. Structura de tricotare a fost una bazată pe glat combinat cu patent, pentru asigurarea stabilității produsului. Precursorii au fost evaluați și pe baza rezultatelor obținute s-a stabilit forma finală pentru modelul experimental.

Investigarea comportamentului ESD al modelului experimental relevă un timp de descărcare electrostatică comparabil cu cel al produselor similare existente pe piață dar o rezistivitate de suprafață net superioară, conferind pe ansamblu un compartament superior din punct de vedere al protecției ESD.

## Cap1. Tricotarea Precursorului și a Modelului experimental

Perfecționarea constructivă a mașinilor rectilini de tricotate și a instalațiilor de proiectare a programelor a făcut posibilă dezvoltarea tehnologiilor de tricotare pentru realizarea pe aceste mașini a unor produse tricotate și încheiate complet sau cu un grad ridicat de asamblare prin tricotare.

Realizarea pe mașini rectilini de tricotate a produselor complet tricotate și încheiate sau cu grad ridicat de asamblare prin tricotare este determinată de necesitatea reducerii consumului de materie primă cât și în scopul creșterii calității produsului și îmbunătățirii aspectului estetic prin eliminarea totală sau parțială a asamblărilor prin coasere.

Cerințele constructiv-funcționale impuse mașinii rectilini de tricotate, indispensabile la realizarea unor astfel de produse se referă la:

1. Selectare individuală a acelor pe toată lățimea fonturii.
2. Sistem de blocare a elementelor vechi la nivelul liniei de aruncare: platine de închidere-aruncare oscilante sau baghetă montată pe sania cu lacăte.
3. Modificarea vitezei de tragere, opririi tragerii tricotelui; posibilitatea rotirii în sens invers a cilindrilor de tragere, posibilitatea deschiderii comandate a tragerii tricotelui.
4. Modificarea vitezei de tricotare în funcție de anumite cerințe tehnologice.
5. Alocarea unor valori diferite ale adâncimii de buclare în cadrul aceluiași rând de ochiuri.
6. Adaptarea permanentă a cursei conducătorilor de fir cu lățimea de tricotare.
7. Repoziționarea automată, cu precizie, a conducătorilor de fir pe lățimea fonturii, fără acționarea acelor de tricotate.
8. Deplasarea laterală a fonturii mobile pe distanțe mari (aproximativ 2'').
9. Pieptene de început acționat automat pentru începerea tricotării pe ace fără elemente vechi.

Părțile componente ale produsului tricotate integral precum și anumite elemente generale privind principiul de tricotare a acestora sunt prezentate în figura 1.

Tricotarea integrală a produsului începe pe ace fără elemente vechi cu realizarea unei zone de separare de bordură constituită din rânduri de protecție, rânduri suplimentare și rânduri de

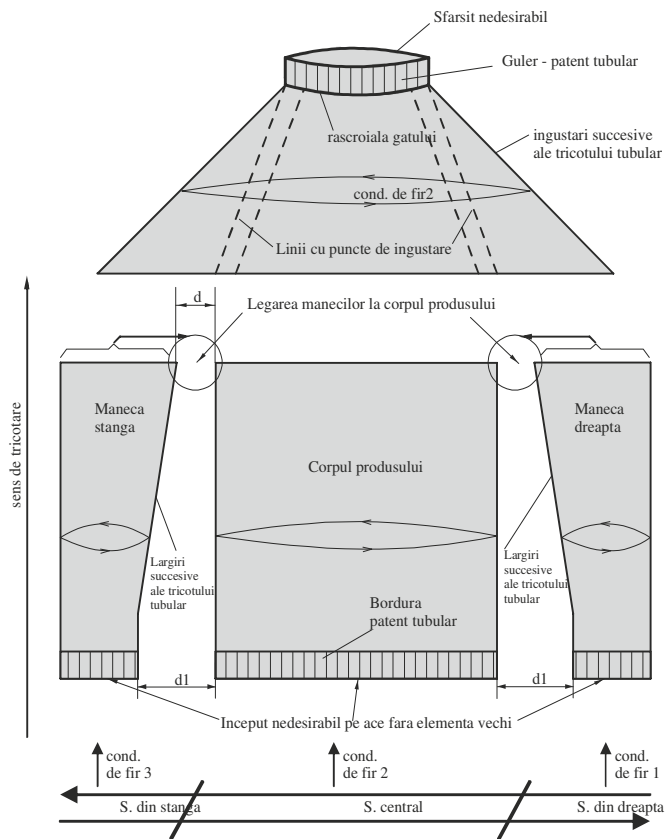


Fig. 1. Arhitectură tricotare integrală

separare. Separarea acestora de bordură se face manual după evacuarea tricotelui din mașină. Buclele de platină din rândul de început vor fi prinse și trase de cârligele pieptenului de început. Pieptenul de început va realiza tragerea în continuare a tricotelui până la tricotarea unei lungimi de tricot suficientă pentru a intra sub acțiunea mecanismului de tragere principal. În acest moment cârligele pieptenului se deschid, eliberează tricotel iar pieptenele se deplasează în poziția de repaus; mecanismul de tragere principal se închide și realizează tragerea cu valoarea specificată în linia de tricotare respectivă.

Se tricotează în continuare bordura în structură patent tubular, zona de trecere și corpul detaliului pentru cele trei părți componente ale produsului. În corpul detaliului pentru cele două mâneci se execută lărgiri succesive ale tricotelui tubular în partea dreaptă pentru mâneca stângă și în partea stângă pentru mâneca dreaptă. După tricotarea mâneclor și corpului produsului se realizează transferul și deplasarea ultimului rând de ochiuri de la mâneci alături de zona cu ace în lucru a corpului produsului. Transferul se realizează prin deplasarea fonturii mobile. Pentru consolidarea legării mâneclor la corpul produsului se încrucișează ochiurile din marginile mâneclor cu ochiurile din marginile corpului produsului.

Conducătoarele de fir 1 și 3 ce au participat la tricotarea separată a mâneclor sunt deplaseate în afara zonei cu ace în lucru a produsului. Tricotarea în continuare a corpului produsului cu mânecile legate continuă cu conducătorul de fir 2 la sistemul central. Îngustarea progresivă a capului de mânecă precum și delimitarea liniei de "asamblare" a mânecii cu corpul produsului se realizează prin îngustări succesive ale tricotelui tubular.

Dimensiunile capului de mânecă, forma liniilor cu puncte de îngustare precum și înclinarea acestora se hotărăsc prin calculul de proiectare a formei. Forma răscoielii gâtului la față se obține prin conturarea în interior a tricotelui tubular, numai pe fontura față; se tricotează rânduri incomplete de ochiuri pe fontura față (cu reținerea ochiurilor pe acele neangajate la tricotare) și rânduri de ochiuri complete pe fontura spate. Încheierea tricotării produsului se face prin aruncare în gol.

Precursorul 1 Precursorul 2 și Modelul experimental au fost realizate pe o mașină rectilinie de tricostat CMS 330 STOLL, de finețe 7E și lățimea fonturii de 127 cm.

Mașina a fost prevăzută cu:

- selectare electronică și comandă prin program de tricotare în limbaj SINTRAL;
- ace cu limbă cu arc în articulație care permit reluarea tricotării pe ace fără elemente vechi;
- cursă variabilă a saniei cu lacăte;
- 3 sisteme de came integrate;
- mecanism de tragere principal cu cilindrii de tragere secționai;
- mecanism de tragere auxiliar cu cilindri rifelați plasați sub fonturi;
- platine de aruncare-închidere oscilante montate alături de dinții de aruncare ficși la partea superioară a fonturilor;
- pieptene de început acționat automat.

Vederea de ansamblu a Precursorilor și a Modelului experimental este prezentată în figura 2. În realizarea/tricotarea acestora s-a urmărit realizarea unei continuități electrice la nivelul întregului material. Obținerea continuității s-a realizat prin tricotarea integrală care permite dezvoltarea de produse fără a fi necesară utilizarea operațiilor de confecționare care implică coaserea părților componente (detalii și semiproduse). Tricotarea s-a realizat prin punerea în paralel cu firul textil a unui fir conductor de cupru emailat de 0.06mm diametru pentru Precursorul 1 și de 0.1mm diametru pentru Precursorul 2. Alegerea cupului emailat drept element conductiv al ansamblului s-a făcut în conformitate cu concluziile etapei I de cercetare. În urma testelor efectuate de evaluare ESD a Precursorilor și prezentate în capitolul următor, s-a stabilit și pentru realizarea Modelului experimental varianta de 0.1mm diametru pentru conductorul de cupru emailat.

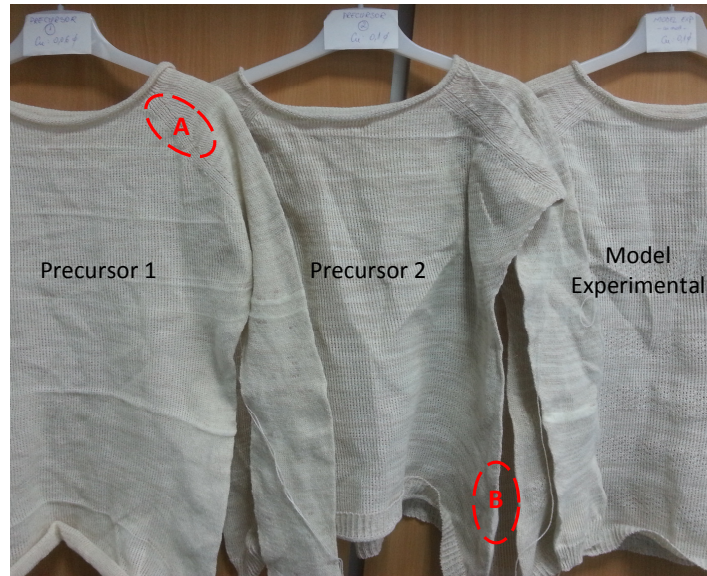


Fig. 2. Precursor 1, Precursor 2 și Model experimental

Detaliile de continuitate sunt prezentate în figura 3 pentru asamblarea mânecii la corpul produsului și în figura 4 pentru asamblarea corpului. Deoarece nu este controlată poziția firului de cupru relativ la firul textil este posibil ca în unele ochiuri de tricot să nu fie vizibil firul conductor, acesta fiind acuns de firul textil.

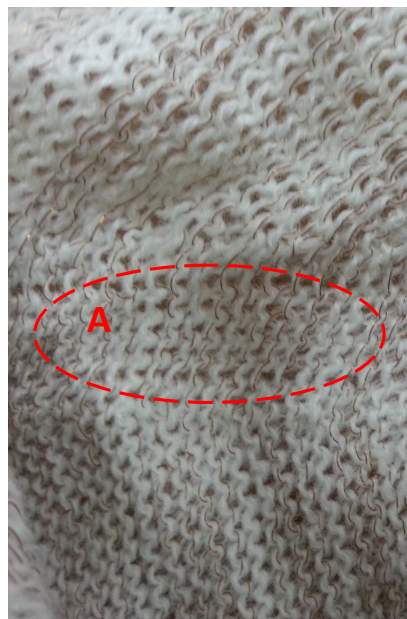


Fig. 3. Detaliu de continuitate electrică a asamblării mânecii la corpul produsului (zona A din figura 2)

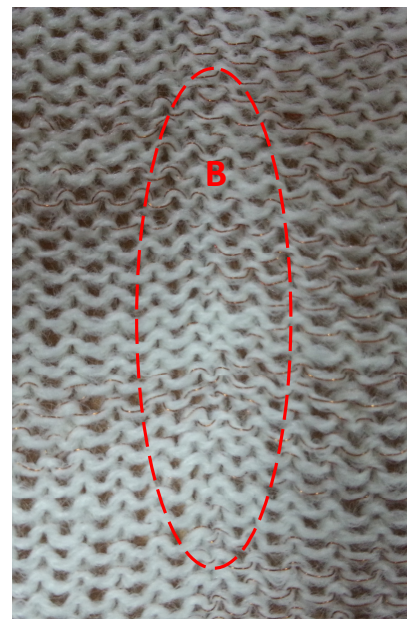


Fig. 4. Detaliu de continuitate electrică a asamblării corpului produsului (zona B din figura 2)

Structură de tricotare a utilizat o combinație de glat (corpul și mânecile produsului) cu patent (extremitățile produsului). Structurile glat și patent au fost selectate în conformitate cu concluziile



etapei II de cercetare. S-a utilizat o combinație de structuri pentru asigurarea unei stabilități macorostructurale.

## Cap. 2. Evaluarea ESD a Precursorilor. Optimizarea Precursorilor și evaluarea ESD a Modelului experimental

Standul de măsurare este realizat dintr-un Charge Plate Monitor (CPM) de tip 268A-1T produs de Monroe Electronics, un electrod de descărcare, un întrerupător electrostatic normal deschis, un osciloscop și un set de elemente izolatoare electrostatic. Tensiune de încărcare 5kV. Descrierea metodei de măsurare și a electrodului de descărcare a fost prezentată în etapa I de cercetare.

Evaluarea timpului de descărcare electrostatică de  $\frac{1}{2}$  ( $TDE_{\frac{1}{2}}$ ), s-a efectuat după următoarele trasee/direcții (figura 5):

- mânecă (0-1)
- mânecă – corp (0-2)
- mânecă – mânecă (0-3)



Fig. 5. Trasee/direcții de măsurare a  $TDE_{\frac{1}{2}}$

În realizarea configurației de măsurare a Precursorilor și Modelului experimental s-a utilizat o prismă de policarbonat pentru a izola electrostatic ansamblul mostră-umeraș (figura 6).



Fig. 6. Izolarea electrostatică a ansamblului mostră-umeraș



Fig. 7. Măsurare  $TDE_{\frac{1}{2}}$  mânecă (0-1)

Configurația de măsurare TDE½ pentru traseul mânecă (0-1) este prezentată în figura 7, pentru traseul mânecă – corp (0-2) în figura 8 iar pentru traseul mânecă – mânecă (0-3) în figura 9.



Fig. 8. Măsurare TDE½ mânecă – corp (0-2)



Fig. 9. Măsurare TDE½ mânecă – mânecă (0-3)

Centralizarea rezultatelor măsurărilor de tip TDE½ pentru cei doi precursori pe direcțiile amintite este prezentată în tabelul următor:

**Precursori / TDE½ / rezistivitate**

Precursor	mânecă direcție (0-1)	mânecă – corp direcție (0-2)	mânecă – mânecă direcție (0-3)	Rezistivitate [ ohms/square]
1	290 ms	430 ms	580 ms	$1.4 \times 10^{14}$
2	240 ms	390 ms	520 ms	$1.4 \times 10^{14}$

Rezultatele obținute din punct de vedere al timpului de descărcare ESD sunt comparabile cu cele ale produselor similare existente pe piață în momentul de față. Materialele utilizate în realizarea echipamentelor de protecție ESD au o rezistivitate de suprafață cuprinsă între  $10^5$  și  $10^9$  ohms/square.

Deosebirea esențială a precursorilor realizați (Precursor 1 și Precursor 2) față de produsele similare existente pe piață îl reprezintă comportamentul de tip izolator al suprafeței acestora, în condițiile unui TDE½ similar.

**Produse similare existente pe piață (testate în condiții similare cu precursorilor) / TDE½ / rezistivitate**

Producător	mânecă direcție (0-1)	mânecă – corp direcție (0-2)	mânecă – mânecă direcție (0-3)	Rezistivitate [ ohms/square]
X1	270 ms	400 ms	560 ms	$1.7 \times 10^9$
X2	210 ms	380 ms	510 ms	$1.4 \times 10^7$

Precursorii dezvoltati ating cele două cerințe contradictorii ale echipamentului ESD ideal, impuse prin general al proiectului:

- conductibilitate ridicată a materialului pentru a facilita procesul de disipare a sarcinilor electrostatice (pentru a preveni acumularea de sarcini);

- rezistivitate de suprafață ridicată a materialului pentru a preveni disiparea rapidă cauzatoare de transfer ridicat de energie către dispozitivele protejate.

Dezavantajul utilizării firului de cupru emailat în realizarea produselor textile tricotate integral îl reprezintă percolul intreruperii conducției electrice. În cazul în care traseul firului conductor este întrerupt eficiența drenării sarcinilor acumulate scade (funcție de gravitatea accidentului) dar nu este influențat comportamentul de izolator al suprafeței externe.

În figura 10 este prezentat un defect multiplu de întrerupere a continuității firului conductiv.



Fig. 10. Defect multiplu

### Optimizare macrostructurala a Precursorilor.

Observațiile referitoare la comportamentul Precursorilor în timpul purtării de către operatorii umani relevă o ușoară deformare plastică la nivelul corpului produsului. Pentru creșterea flexibilității s-a stabilit introducerea unor ochiuri de tricot realizate în structură dublu glat la nivelul corpului Precursorilor, sub formă de benzi de model. Un detaliu al inserării structurii glat cu ochiuri duble este prezentat în figura 11.

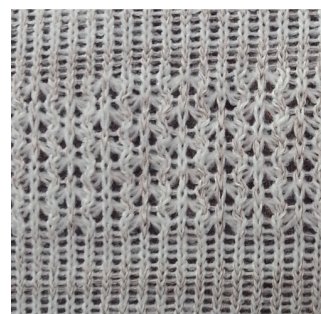


Fig. 11. Bandă ochiuri duble glat

S-a ales Precursorul 2 pentru optimizare, acesta având cea mai bună comportare ESD. Tricotarea Modelului experimental obținut prin optimizarea Precursorului 2 s-a realizat conform capitolului 1.

În tabelul următor sunt prezentate rezultatele testelor ESD asupra Modelului experimental:

#### Model experimental. Timpul de descărcare electrostatică de ½ (influența ochiurilor duble)

	mâneacă direcție (0-1)	mâneacă – corp direcție (0-2)	mâneacă – mâneacă direcție (0-3)
Model experimental	240 ms	400 ms	520 ms

### Concluzii:

- În cadrul acestei etape s-a dezvoltat un model experimental de echipament de protecție ESD.
- Comparativ cu produsele existente pe piață modelul experimental prezintă o mai bună rezistivitate de suprafață în condițiile păstrării performanțelor referitoare la timpul de descărcare electrostatică.
- În realizarea modelului experimental s-au utilizat fire din cupru emailat drept element conductor, cu rol de drenare a acumulării sarcinilor electrostatice. **Conducția** electrică la nivelul întregului echipament de protecție a fost asigurată prin tricotarea integrală a firelor de cupru iar **rezistivitatea** ridicată de suprafață a materialului a fost asigurată de izolația (emailul) firului de cupru.