

SINTEZA LUCRĂRII FAZA 1/2007

Studiul corelației structură tricot – formă produs

1. Analiza și reprezentarea tricoturilor din bătătura tridimensională

Metode de reprezentare grafică a structurii tricoturilor din bătătură

Structura tricoturilor este dată de modul de dispunere a elementelor constituente în cadrul sistemului tehnic pe care îl reprezintă tricotul. Reprezentarea grafică a structurii tricotului constă în transpunerea prin desen a poziției firului și a formei elementelor componente (ochiuri normale, elemente cu evoluție modificată, fire suplimentare), din fire cu aceeași culoare sau din fire de culori diferite. În mod curent pentru tricoturile din bătătură (simplu) se utilizează următoarele metode: reprezentarea structurală (analitică); reprezentarea simbolică a secțiunii rândurilor de ochiuri; reprezentarea prin semne convenționale; reprezentarea aspectului desenului. Instalațiile de programare ale mașinilor moderne de tricotat oferă posibilitatea reprezentării analitice a structurii, în etapa de proiectare (alegerea structurii). Astfel, este pusă în evidență nu numai evoluția firului, ci se simulează imaginea tricotului, implicit a desenului, firul fiind reprezentat cu grosime.

Concept și aplicații 3D în tricotaje

Abordarea tridimensională a domeniului tricotajelor a condus la identificarea a 4 direcții în care sistemul 3D își găsește aplicație: produse 3D sau repere conturate spațial, realizate prin tricotare, tricoturi cu structuri tridimensionale, efecte în tricot cu dispunere spațială și reprezentarea tridimensională a ochiurilor.

2. Identificarea aplicațiilor tricoturilor cu dispunerea în relief a ochiurilor, pentru articole de îmbrăcăminte și tehnice

2.1. Produse de îmbrăcăminte

Formarea spațială a produselor de îmbrăcăminte se poate face cu ajutorul penselor realizate prin tricotare: pense cu orientare orizontală și cu orientare verticală. Pensele cu orientare orizontală se utilizează în general la produsele cu sprijin pe umeri pentru modelarea prosusului în zona bustului. Direcția penselor este determinată în raport cu linia de simetrie a corpului, respectiv cu linia de simetrie a reperului tricotat (de ex. reperul față al unei rochii). Realizarea penselor orizontale, prin tricotare, se poate efectua prin mai multe procedee de lucru, care au ca principiu de formare spațială tricotarea de rânduri incomplete. Pensele verticale au în general rolul de a asigura ajustarea produselor de îmbrăcăminte pe linia taliei. Calculul penselor verticale necesită inițial determinarea pe șablon a lungimii și adâncimii, precum și a poziției acestora în raport cu liniile de contur exterior ale reperului.

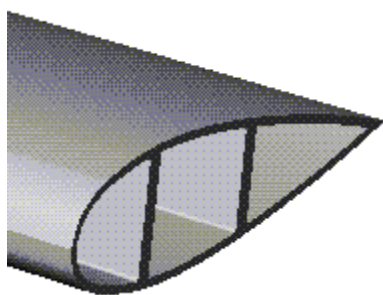
3. Caracterizarea produselor reprezentative pe grupe de destinații

3.1. Aplicații ale tricoturilor 3D în domeniul produselor de îmbrăcăminte

Exemplu: fusta pentru femei, siluetă ajustată pe corp în zona de sprijin și evazată spre linia de terminație.

3.2. Aplicații ale tricoturilor 3D în domeniul textilelor tehnice

Exemplu: preformă pentru aripă de glisor din material compozit, realizată integral prin tricotare (tricot sandwich cu legare prin fire), din fire de sticlă (figura 1).



Definirea profilului



Preforma tricotată



Materialul compozit

Fig. 1. Preformă tricotată pentru material compozit

FAZA 2/2008

I. Cercetări fundamentale privind geometria ochiurilor de tricot din bătătură

1.1. Reprezentarea 3D a ochiurilor de tricot

S-au realizat 2 proiecții bidimensionale ale ochiului de tricot, după care s-a realizat planimetrarea. S-a folosit modelarea tridimensională volumică a ochiului de tricot bazată pe baleerea spațială. Generarea curbei tridimensionale a fost realizată prin planimetri obținând coordonatele carteziene x , y , z a unor puncte situate pe curba în 24 de intervale. Aspectul ochiului de tricot obținut este ilustrat în figura 2.

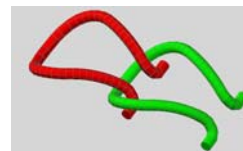
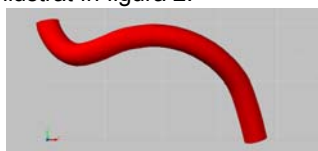


Figura 2. Aspectul curbei 3D definite pentru ochi și aspectul unui ochi de tricot

1.2. Definirea ipotezelor de calcul pentru secțiunea transversală a firului

Toate modelele de calcul a lungimii de fir din ochi se bazează pe dimensiunile ochiului (pas și înălțime) și pe diametrul firului folosit. Din acest motiv este importantă definirea corectă a formei secțiunii transversale a firelor din ochiul de tricot și a dimensiunii acesteia.

1.2.1. Definirea secțiunii firelor simple filate

În cazul firelor simple, secțiunea transversală a firului se consideră a fi circulară, de diametru D . Formula de calcul a a diametrului firului definită în literatura de specialitate este:

$$D = \frac{c_1 \sqrt{T_{\text{tex}}}}{31,6} \quad (1)$$

Unde c_1 = coeficient depinzând de materia primă

ρ = densitatea firului [g/cm^3]

T_{tex} = finețea firului [tex]

Literatura de specialitate indică faptul că pentru firele simple variația tensiunii, a torsiunii fibrelor și a fineții firului determină o modificare a formei secțiunii transversale a acestuia, considerată circulară. De fapt, secțiunea are un contur poligonal neregulat, care poate fi aproximat cel mai bine cu o elipsă cu axe a și b . Relația dintre diametrul proiectat d , axele elipsei și unghiul de rotație al elipsei de-a lungul firului, practic unghiul de torsiune este:

$$d = 2ab \sqrt{\frac{b^2 + a^2 \tan^2 \alpha}{b^4 + a^4 \tan^2 \alpha}} \quad (2)$$

1.3. Elaborarea de modele de calcul în noi ipoteze de dispunere a elementelor ochiului

Legătura lincs se caracterizează prin alteranța **rândurilor** de ochiuri cu aspecte diferite - un rând de ochiuri cu aspect față este urmat de un rând de ochiuri cu aspect spate. Elementul caracteristic care definește **ochiul lincs** în constituie flancurile, plasate într-un plan ce formează un unghi oarecare cu planul tricotului. Pentru stabilirea geometriei ochiurilor lincs, s-a avut în vedere gradul de împachetare pe direcțiile principale, reprezentate de înălțimea ochiurilor și grosimea tricotului. Astfel, au fost identificate 3 ipoteze de dispunere a elementelor specifice:

- Împachetare maximă, caracterizată de valori minime atât ale înălțimii ochiului $B_{\min} = 2F$ cât și ale grosimii tricotului $t_{\min} = 3F$; $\gamma \approx 45^\circ$ (vezi figura 3);
- Împachetare maximă pe direcție longitudinală, caracterizată de valori minime pentru înălțimea ochiului $B_{\min} = 2F$ și valoare maximă pentru grosimea tricotului; $\gamma \approx 30^\circ$ (vezi fig. 4);
- Împachetare medie, caracterizată de valori oarecare pentru înălțimea ochiului și grosimea tricotului; $\gamma \approx 60^\circ$ (vezi fig. 5).

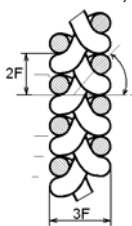


Fig. 3. Împachetare maximă pe ambele direcții

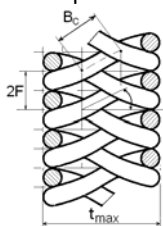


Fig. 4. Împachetare maximă pe direcție longitudinală



Fig. 5. Împachetare medie

Unghiul γ este determinat de flancurile ochiului și a fost aproximat folosind funcția tangent. În practică se întâlnește numai ultima situație. Valoarea unghiului γ este plasată în intervalul $30^\circ \div 60^\circ$. Algoritmul de calcul pentru lungimea de fir a ochiului lincs s-a definit în baza ipotezei gradului mediu de împachetare (vezi fig. 7). Înălțimea convențională a ochiului este:

$$B_c = B / \sin \gamma \quad (3)$$

Lungimea de fir din ochi l se calculează cu una din următoarele relații:

$$l = 1.57(A/2 + F) + 2\sqrt{B_c^2 + F^2} + 3\pi F / 2 \quad (4)$$

$$l = 1.57(A/2 + F) + 2B_c + 3\pi F / 2 \quad (5)$$

II. Cercetări experimentale privind parametrii de structură ai tricoturilor

2.1. Elaborarea programului experimental și măsurarea răspunsurilor

Validarea modelelor definite pentru **lungimea de fir din ochiul lincs** se va face prin compararea valorilor proiectate cu cele determinate pe mostre și interpretarea comparativă a rezultatelor. S-a conceput un program experimental, în care s-au considerat două variabile independente: poziția camei de buclare (adâncimea de buclare) și forța de tragere. Au fost tricotate mostre glăt și lincs 1x1, utilizând două tipuri de fire: fire răsucite, amestec 80% bumbac cardat + 20% PAN, filate clasic, sens de torsiune Z și fire simple, amestec 90% bumbac + 10% PAN. Mostrele de tricot au fost realizate pe mașini rectilinii de tricotat Stoll model CMS 530 TC Multigauge, finețe 12E și model CMS 330 TC, finețe 5E. După relaxarea mostrelor, s-au determinat următorii parametri de structură: desimea pe orizontală și desimea pe verticală; lungimea de fir din ochi și masa unității de suprafață.

2.2. Proiectarea tricoturilor folosind modelele anterioare

Lungimea de fir din ochi se calculează pe tipuri de ochiuri și așa cum s-a menționat se poate stabili în baza unor modele geometrice, care consideră numai geometria firului în ochi și modele mecanice, care iau în considerație forțele și momentele

care apar în ochiul de tricot. S-au luat în considerare următoarele modele: pentru ochiul glat - model Dalidovici plan, model Dalidovici spațial și model Pierce Chamberlain; pentru ochiul linc – model Dalidovici.

2.3. Prelucrarea și interpretarea rezultatelor în vederea validării modelelor

2.3.1. Prelucrarea și interpretarea rezultatelor experimentale

Intervalul de variație ales pentru variabila **viteză/forță de tragere nu prezintă o influență semnificativă asupra parametrilor de structură**. Se poate afirma că tragerea nu introduce deformații suplimentare în fire, acestea rămânând în domeniul elastic. Variabila **poziția camei de buclare** (adâncimea de buclare) **prezintă o influență semnificativă asupra parametrilor de structură**. Atât lungimea de fir din ochi cât și masa unității de suprafață depind de adâncimea de buclare folosită, care se reflectă direct în desimea pe verticală (numărul de rânduri pe unitatea de lungime).

Creșterea desimii pe verticală duce la o scădere a lungimii de fir din ochi. Comparând valorile medii rezultă un interval îngust de variație pentru fiecare din cele două evoluții (fig. 6). O creștere a diametrului firului, corespunzătoare unei fineți mai reduse duce la o creștere a lungimii de fir din ochi. În cazul mașinii de finețe 12E diferența de diametru este mai mică și în consecință valorile sunt extrem de apropiate – diferențele nu depășesc 3,7% pentru glat, iar pentru linc 1x1 sunt și mai mici (până la 2%). În cazul mașinii de finețe 5E, diferența de finețe/diametru a firelor este mai mare și în consecință și intervalul de variație crește, fără însă a depăși 7% pentru ambele tipuri de legături.

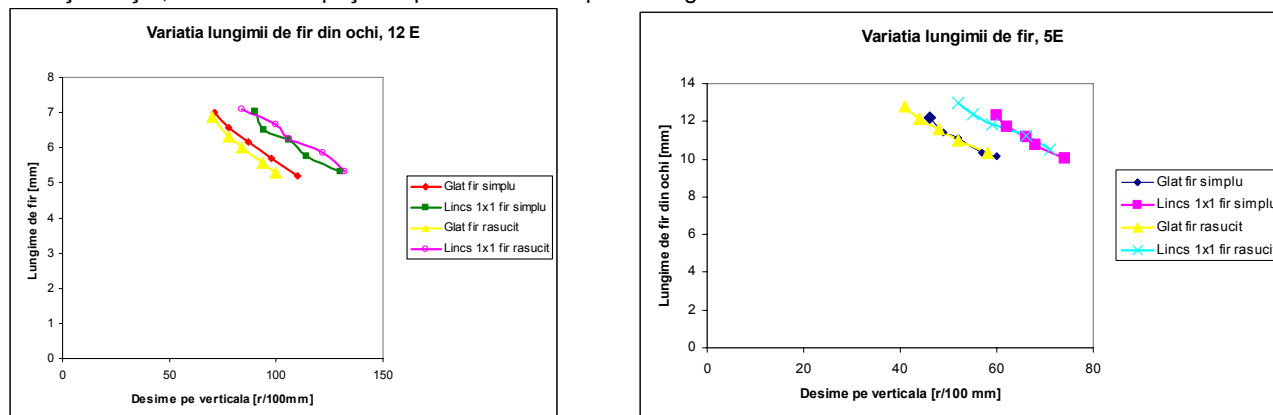


Figura 6. Variația lungimii de fir din ochi, funcție de structură și finețea firului

2.3.2. Proiectarea tricotelor glat și linc folosind modelele de calcul existente

Pentru verificarea modelelor geometrice de calcul pentru lungimea de fir din ochi s-a luat în considerare numai variația poziției camei de buclare NP la cele cinci nivele. În cazul evoluției glat, modelul Dalidovici 2D a prezentat cea mai mare apropiere față de datele experimentale, urmat de modelul Pierce Chamberlaine și modelul Dalidovici 3D. În cazul evoluției linc 1x1, modelul Dalidovici nu coincide cu valorile medii experimentale, diferențele fiind semnificative. Principala motivație pentru această neconcordanță stă în ignorarea gradului de împachetare al tricotelor linc, ceea ce afectează valoarea reală a înălțimii ochiului. Utilizarea înălțimii B a ochiului se dovedește a defini eronat lungimea flancurilor ochiului linc. Este deci necesară folosirea unui alt model geometric, care să țină cont de gradul de împachetare al ochiurilor linc.

2.3.3. Compararea rezultatelor experimentale cu valorile obținute prin proiectare. Validarea modelelor

Modelul propus pentru lungimea ochiului linc a fost comparat cu valorile reale obținute pentru variantele de tricot. Deoarece modelul pornește de la gradul de împachetare al ochiurilor de tricot, exprimat prin valoarea unghiului γ , folosind în formulă înălțimea convențională a ochiului B_c , stabilirea acestui unghi a fost extrem de importantă. La o primă analiză a datelor experimentale se poate observa că **valorile calculate prin noul model propus sunt apropiate valorilor experimentale pentru lungimea de fir din ochiul linc**. Diferențele sunt în general situate în intervalul $\pm 5\%$, singura excepție fiind întâlnită pentru varianta corepunzătoare nivelelor minime pentru cele două variabile considerate, indiferent de firul folosit. Această diferență este negativă (lungimea de fir reală este mai mică decât cea calculată) indică existența unei limitări în depunerea firului în respectivele condiții tehnologice, ceea ce generează o tensionare suplimentară a firului și deformarea acestuia. Comparând valorile reale cu cele obținute pentru lungimea de fir din ochi folosind modelul Dalidovici și cu cele obținute în baza noului model propus se pot sublinia că **modelul propus prezintă o concordanță mai mare cu realitatea decât modelul Dalidovici**.

FAZA 3/2009

I. Analiza stării de tensiune a tricotelor cu legături de bază

I.1 Determinarea proprietăților mecanice a firelor

S-au determinat caracteristicile fizice și mecanice (rezistență la tracțiune în fir drept și buclă, coeficient de frecare fir-fir) pentru mai multe fire clasice (fire PNA, amestec PNA și lână, amestec PNA și bumbac, fire PES polifilamentare) și fire tehnice (PES de înaltă tenacitate și sticlă).

I.2. Caracterizarea stării de tensiune a tricotelor din bătătură cu legături de bază

Au fost studiate un număr de modele referitoare la starea de tensiune din ochiul de tricot, care pot fi grupate în: modele care realizează o analiză a forțelor și momentelor din fire și modele care analizează deformații. Toate modelele studiate sunt modele teoretice și au la bază ipoteze simplificatoare restrictive. Nici un model nu surprinde deformația reală a tricotelor și nici comportarea acestora

I.3. Determinări experimentale ale stării de tensiune din tricot

Pentru determinarea practice a stării de tensiune în tricot s-a realizat un program experimental care reflectă factorii de influență considerați semnificativi pentru starea de tensiune a ochiurilor. Folosind fire PNA și PES HT au fost realizate mostre de tricot din cele trei legături de bază – glat, patent 1x1 și lincs 1x1. Pentru determinarea rezistenței la solicitarea de tracțiune s-a utilizat o mașină de încercat Tinius Olsen, model H5KS.

În cazul testării pe direcție trasversală, limita de curgere este mai mică decât limita de rupere, în timp la testarea pe direcție longitudinală cele două limite coincid sau au diferențe ne semnificative. Această situație se explică prin nivelul forțelor specifice la testarea pe cele două direcții – pe direcție longitudinală, forțele (definite la limita de elasticitate, curgere și rupere) sunt cel puțin duble față de forțele înregistrate pe direcție transversală. Migrarea de fir în ochi la întindere este mult mai mică pe direcție longitudinală, ceea ce determină fenomenul de blocare (jamming) să apară mai repede, eliminând etapa de curgere. Justificarea valorilor mai mici ale forțelor pe direcție transversală stă în numărul de elemente (fire) din secțiune, care este mai redus, indiferent de structură.

II. Modelarea stării de tensiune din tricoturi

II.1. Stabilirea matricei factorilor care generează stări de tensiune remanente

S-a stabilit matricea experimentală a factorilor care generează starea de tensiune (tabel 1). Din punct de vedere al materiei prime, au fost selectate două tipuri de fire cu proprietăți și utilizare diferite și anume: un fir PNA 100%, răsucite, Nm 28/2/3 și un fir polifimanetar PES de înaltă tenacitate 2x1110/100 dtex, utilizat în aplicații tehnice. Un alt set de variabile au fost considerate la nivelul procesului de tricotare, fiind aleși ca variabile de intrare următorii parametri tehnologici:

1. **poziția camei de buclare** (corespunzător adâncimii de buclare) – acest parametru are cea mai mare influență asupra desimii pe verticală a tricoturilor și implicit asupra compactității acestora.
2. **tensiunea în fir la alimentare** – este un factor determinant în stabilirea lungimii de fir din ochi. Cu cât tensiunea în fir la alimentare este mai ridicată, cu atât lungimea de fir din ochi este mai mică.

Tabel 1. Organizarea experimentului

	Structură	Variabile inițiale					
		Materia primă x1	Poziție camă de buclare NP x2			Tensiune în fir la alim. T _a	
			Minim	Mediu	Maxim	Minim	Maxim
1	Glat	PNA	11.5	-	12.5	11-13	22-24
		PES HT	11.5	12.0	12.5	12-14	32-34
2	Patent 1x1	PNA	9.5	-	10.5	11-13	22-24
		PES HT	9.5	10.0	10.5	12-14	32-34
3	Lincs 1x1	PNA	11.5	-	12.5	11-13	22-24
		PES HT	11.5	12.0	12.5	12-14	32-34

II.2. Elaborarea de modele mecanice

S-a creat un model mecanic care ia în considerație deformațiile tricoturilor din bătătură, utilizând studiul în timp real a comportamentului mecanic al acestor structuri textile. Acest mod de abordare reprezintă o noutate, neexistând până în prezent nici o referire în literatura de specialitate. Obținerea informațiilor privind comportamentul dinamic al structurilor de tricot este posibilă prin utilizarea unui sistem avansat de analiză optică 3D a deformațiilor materialelor, produs de firma GOM. Din motive legate de imposibilitatea procesării informației în cazul analizei deformațiilor la nivelul suprafeței, s-a trecut la analiza optică a deformațiilor prin puncte, folosindu-se **sistemul Pontos**. Sistemul Pontos se bazează pe urmărirea deplasărilor pe durata solicitării a unor markeri speciali, poziționați pe mostra de tricot. Mostrele de tricot corespunzătoare matricii experimentale au fost testate folosind o mașină de încercat la tracțiune Lloyd.

Interpretarea studiului în timp real a deformațiilor

Analiza optică a deformațiilor tricoturilor din bătătură în timp real și pe întreaga durată a solicitării permite formularea următoarelor observații:

1. se identifică mai multe etape a procesului de deformare a tricoturilor, în raport cu procesul de deformare a firelor (proces considerat avut în vedere de modelele teoretice).

Etapizarea fenomenului de deformare scoate în evidență faptul că până la deformarea firului (care conduce la ruperea tricotului) au loc deformări la nivelul ochiului, în funcție de geometria specifică legăturii.

Tricoturile cu legături de bază pot fi definite din punct de vedere al dispunerii ochiurilor în două grupe:

- tricoturi cu ochiurile dispuse într-un singur plan (corespunzător fonturii pe care sunt realizate) – în această categorie sunt incluse numai tricoturile glat.
- Tricoturi cu ochiurile dispuse în două planuri (față și spate) – tricoturi patent (ochiurile se dispun în două planuri, iar suprapunerea ochiurilor se face pe direcție transversală, la nivelul buclei de platină) și tricoturi lincs (suprapunerea ochiurilor se face pe direcție longitudinală, la nivelul flancurilor).

Funcție de geometria specifică a legăturilor, etapele de deformare premergătoare etapei în care se deformează firul sunt:

- **Modificarea poziției ochiurilor** (eliminarea suprapunerii ochiurilor pe direcție transversală pentru tricoturile patent și longitudinală pentru tricoturile lincs), fără a modifica ochiurile dimensional.
- **Modificarea dimensională a ochiurilor**, prin migrarea de fir din ochi și redistribuirea lui pe direcția de solicitare. Din acest punct de vedere, direcția de solicitare este deosebit de importantă. În cazul solicitării pe transversală, cantitatea de fir care se poate redistribui vine din flancurile ochiului spre bucle și este mai mare decât în cazul solicitării pe direcție longitudinală. La solicitarea pe direcție longitudinală, migrarea firului se face din bucle spre flancuri, ceea ce înseamnă că va migra o cantitate mult mai mică de fir.

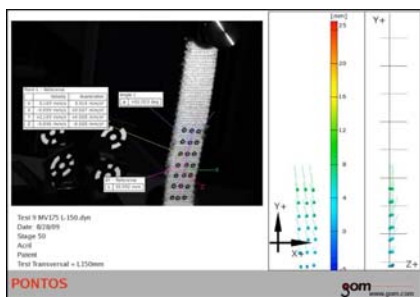


Figura 7. Evidențierea direcțiilor de deplasare a punctelor considerate

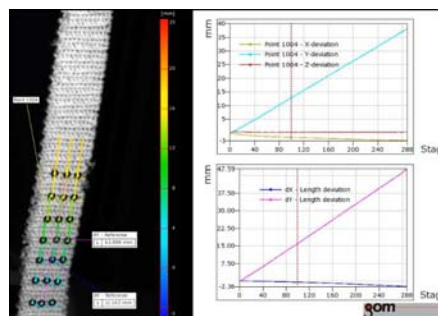


Fig. 8. Deplasările unui punct pe direcția axelor de coordonate și defomațiile considerate în planul xy

Migrarea firului în ochi este condiționată cantitativ și ca durată de valoarea coeficientului de frecare fir-fir. La un moment dat, migrarea de fir nu mai este posibilă datorită fenomenului de jamming (ochiurile s-au redistribuit astfel încât toate firele sunt în contact, sunt strivite, iar forțele de frecare sunt atât de mari încât orice deplasare relativă nu mai este posibilă). Din acest moment deformația ajunge la nivelul firului. Trebuie subliniat că aceste etape de rearanjare și redistribuire a ochiurilor corespund forțelor mici.

2. Etapizarea procesului de deformare este ilustrată de imaginile preluate prin sistemul de analiză optică Pontos în cazul unui tricot patent din fire acrilice. Figura 9 prezintă dinamica deformației tricotului. Observațiile rezultate din analiza testelor conduc la concluzia că deformațiile nu sunt constante pe direcția de testare și nu au o rată constantă. Apare astfel ipoteza că există zone critice pe suprafață în care se pot iniția ruperi de fir.

3. forțele de frecare manifestate în punctele de contact ale ochiurilor se dovedesc a fi esențiale în stabilirea unor modele mecanice (lucru deja indicat în literatura de specialitate), ele influențând decisiv comportarea mecanică a tricoturilor.

4. procesul de deformare se manifestă pe două direcții, reciproc perpendiculare – direcția de solicitare și grosimea tricotului. Pe direcția grosimii se identifică o comprimare de dimensiuni și cu o rată a deformațiilor reduse, care se oprește în momentul apariției fenomenului de jamming (blocarea ochiurilor).

5. comportarea tricoturilor la solicitare de tracțiune a fost unitară, indiferent de natura materiei prime și structură. Această observație permite eliminarea restricțiilor legate de structură din modelele teoretice existente.

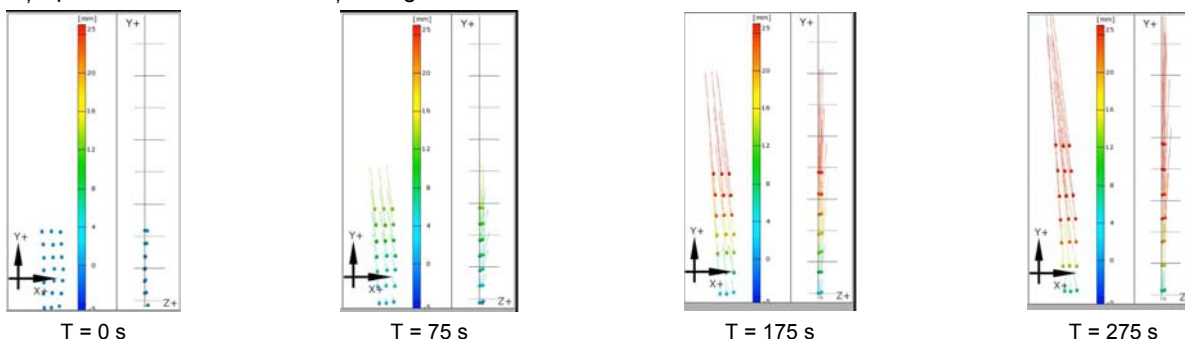


Figura 9. Prezentarea deformațiilor în diferite momente ale testului

II.3. Validarea modelelor

Modelele definite, corespunzătoare matricei experimentale stabilite anterior, sunt comparate cu modelele teoretice cunoscute, prezentate în subcapitolul I.2. Abordarea modelului în timp real prezintă avantajul surprinderii tuturor etapelor de deformare a tricoturilor, arătând interdependența lor, modul de propagare al deformației în tricot și rata deformației.

Această modalitate de abordare a modelării comportării mecanice a tricoturilor oferă un set complet și unitar de informații. Caracterul experimental al studiului presupune validarea implicită a modelului rezultat. În ideea de rigurozitate științifică, se poate compara modelul definit cu modelele teoretice existente, la nivelul ipotezelor de lucru. Specific modelelor teoretice sunt ipotezele simplificatoare, care permit definirea unui aparat matematic cât mai simplu posibil. În acest mod, se amplifică gradul de aproximare al rezultatelor (deformațiilor ochiului). Modelele teoretice consideră un sistem de solicitare la nivelul ochiurilor care conduce la rezultate ce au în vedere deformarea ochiului urmare a solicitărilor. Modelul propus pornește de la deformația ochiului, prin analiza unor puncte dispuse pe suprafața tricotului.

FAZA 4/2010

I. Valorificarea stării de tensiune la realizarea tricoturilor cu dispunerea 3D a ochiurilor, destinate articolelor de îmbrăcăminte

I.1. Proiectarea și realizarea de elemente de produs cu rol funcțional, cu dispunere 3D a ochiurilor

În figura 10 sunt prezentate principalele domenii de utilizare pentru fiecare din principiile de obținere a reperelor cu forme 3D prin tricotare (tehnici de conturare 3D). Sunt vizate atât articole de îmbrăcăminte uzuală cât și produse de îmbrăcăminte funcțională, destinația finală a produsului fiind determinată de poziția în produs a zonelor de conturare 3D, de parametrii de structură ai tricotului, de natura și caracteristicile firelor utilizate etc.

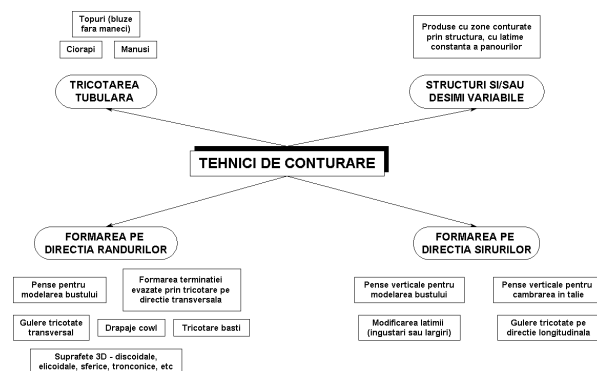


Fig. 10. Principalele tehnici de conturare folosite la realizarea produselor 3D prin tricotare

Produce cu funcții suplimentare speciale

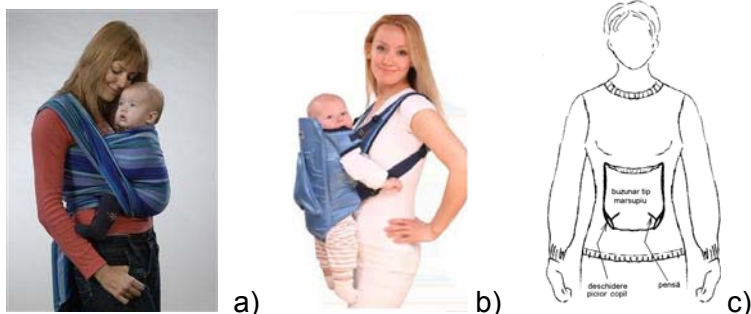


Fig. 11. Produce tip „port-bebe” a) și b) produse clasice; c) pulover cu marsupiu „port-bebe”

Se prezintă un produs original, de concepție proprie, care îndeplinește funcțiile unui port-bebe în condiții de asigurare a unui confort sporit pentru purtătoare. Puloverul „port-bebe” (figura 11.c) are ca element funcțional un buzunar marsupiu tricostat cu pense orizontale pentru modelarea 3D corespunzătoare corpului copilului, buzunar care la partea inferioară prezintă două deschideri pentru picioarele copilului.



Fig. 12. Aspectul final al elementului funcțional tricostat

Pentru realizarea elementului port-bebe s-a folosit tehnica conturării pe rânduri incomplete și tehnica tricotării buzunarelor. Elementul funcțional de produs a fost realizat pe o mașină Soll CMS 530 6.2, fiind programat pe o stație M1. Aspectul final este prezentat în figura 12 (realizat la scară).

I.2. Caracterizarea tricoturilor

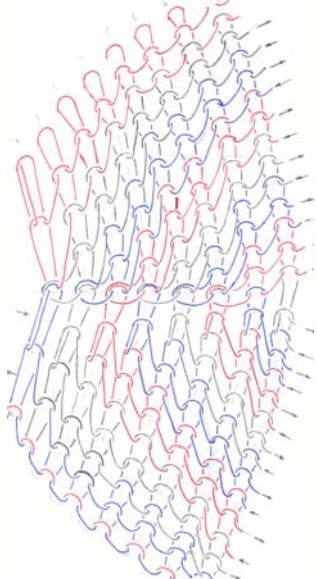


Fig. 13. Modificarea geometriei șirurilor de ochiuri în zona de conturare

În cazul tricoturilor conturate spațial, prin tehnica tricotării pe rânduri incomplete, geometria normală a tricoturilor se modifică, datorită prezenței liniilor de conturare în tricot. Acestea crează zone cu un număr mai scăzut de ochiuri, care sunt tensionate și forțate să ocupe o poziție diferită de cea normală. Șirurile din zona de conturare se dispun curbat, spre interior la scăderea acelor în lucru și spre exterior la introducerea acelor în lucru (figura 13). Efectul final în tricot și geometria specifică zonei de conturare este vizibilă în figura 14, care ilustrează aspectul tricotului conturat spațial.



Fig. 14. Linie de conturare cu increment $\Delta a = 1$ ac și $\Delta r = 1$ rând – aspectul tricotului

II. Valorificarea stării de tensiune la realizarea tricotelor cu dispunerea 3D a ochiurilor, destinate articolelor tehnice

II.1. Proiectarea de tricoteuri cu dispunere 3D pentru aplicații tehnice

Proiectarea tricotelor 3D cu conturare spațială implică definirea geometriei corpurilor 3D care constituie forma finală a acestor structuri. Corelația dintre forma 3D a tricotelor și corpul 3D, ilustrată în figura 15 permite abordarea proiectării acestei grupe de tricoteuri din punct de vedere geometric, considerând geometria formei și din punct de vedere tehnologic, definind modul de lucru, structura și parametrii de structură ai tricotelor.

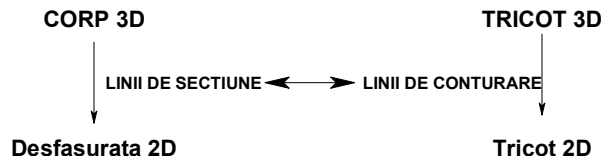


Fig. 15. Corelația dintre corpul 3D și tricote

II.1.2.1. Definierea corpurilor 3D și posibilități de obținere a suprafețelor desfășurate

Un **corp geometric** este un corp mărginit de fețe plane și/sau curbilini definite geometric. Din acest punct de vedere, corpurile 3D pot fi împărțite în 2 grupe:

- corpuri tridimensionale regulate, a căror desfășurată și arie laterală se cunosc – poliedre și corpuri de rotație
- corpuri tridimensionale neregulate, a căror desfășurată se poate determina. Suprafața laterală este determinată prin definirea liniei de contur. Liniile de contur curbe sunt definite prin curbe spline și prin suprafețe parametrizate.

1.2.2. Definierea corelației corp 3D – desfășurata 2D a tricotelor; limitări impuse prin tricotare

Figura 16 ilustrează corelația dintre forma 3D a produsului și desfășurata 2D a tricotelor. Esențial pentru procesul de proiectare a formei este sensul de tricotare în raport cu forma 3D. Abordarea tricotelor pe direcția transversală sau longitudinală a formei produsului dictează: modul de lucru, aspectul desfășuratei și mai mult, comportarea tricotelor în produs. În unele cazuri este posibilă doar o singură direcție de tricotare în raport cu forma, cealaltă opțiune fiind neviabilă din punct de vedere al procesului.

1.2.2.1. Definierea liniilor de conturare în tricote

Liniile de conturare se definesc ca fiind zone din tricote în care tricotarea se face pe un număr descrescător de ace, iar apoi pe un număr crescător de ace. Dacă se pleacă de la tricote (desfășurata 2D), liniile de conturare definesc suprafața în care se tricotează pe un număr variabil de ace și care ulterior se va dispune tridimensional. Liniile de conturare prezintă două componente, corespunzătoare scoaterii din lucru a acelor și apoi introducerii în lucru a acestora (figura 17). În structura tricotelor, cele două componente se unesc, generând linia de conturare propriu-zisă. Forma tridimensională finală a tricotelor este dată de poziționarea liniilor de conturare pe suprafața desfășuratei acestuia.

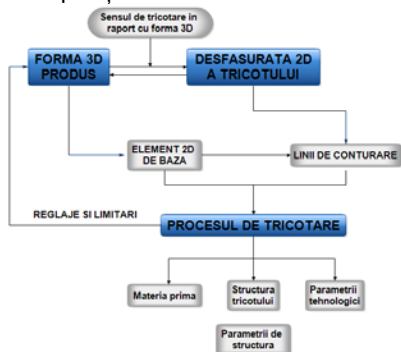


Fig. 16. Corelația între forma 3D a produsului și desfășurata 2D a tricotelor

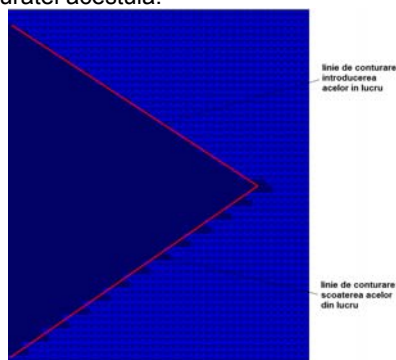


Fig. 17. Aspectul unei linii de conturare în tricote

Liniile de conturare pot fi exprimate în funcție de o serie de parametri, care sunt utilizați în proiectarea tricotelor conturate spațial. Din punct de vedere al programării tricotelor, o linie de conturare poate fi caracterizată prin **incrementul liniei** – numărul de ace scoase din/introduse în lucru pe durata curselor variabile ale saniei Δa , respectiv numărul de rânduri la care se variază cursa saniei Δr . Incrementul liniei (figura 18), repetat de un număr de ori determină dimensiunea liniei (numărul de ace și de rânduri implicate în definirea liniei de conturare).

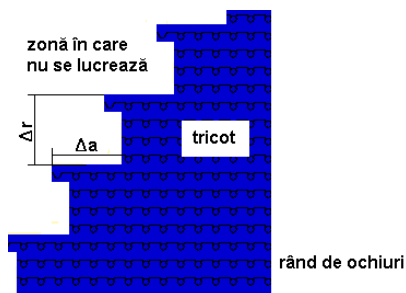


Fig. 18. Definierea incrementului unei linii de conturare

II.1.2.3. Corelarea desfășurată 2D a corpului 3D cu desfășurata 2D a tricotului

Având în vedere specificitățile tricotelor, liniile de conturare se formează prin varierea numărului de ochiuri dintr-un rând oarecare al liniei. Această discretizare particulară a liniei de conturare face ca trecerea de la linia de secțiune a corpului 3D (continuă) la linia de conturare (formată din segmente de dreaptă și de curbă) să necesite o aproximare a erorilor generate. Aproximarea liniei de secțiune permite practic definirea elementelor constructive ale liniei de conturare din tricot, adică incrementul acesteia pe orizontală Δa și pe verticală Δr . Incrementul liniei de conturare este necesar ulterior în etapa de proiectare a liniei.

Metode de aproximare a erorii la trecerea la linia de conturare

Aplicarea metodei de aproximare a erorilor prezentată mai sus în cazul liniilor de conturare a tricotelor 3D se poate face în două moduri: prin metoda dreptunghiurilor - cea mai folosită metodă de calcul a aproximării erorii, care folosește înlocuirea integralei definite cu suma integrală și prin metoda trapezelor.

II.1.2.4. Proiectarea liniilor de conturare din tricot

Pentru a putea defini o linie de conturare în tricot este necesară definirea din punct de vedere matematic a acesteia. În cadrul structurii tricotelor, linia de conturare trebuie exprimată în funcție de rândurile Δr și de șirurile de ochiuri Δa din incrementul liniei, deoarece tricotul nu reprezintă o suprafață continuă, așa cum e definită suprafața 3D. Acest lucru face ca linia de conturare continuă dată de desfășurata plană a suprafeței tridimensionale să devină o linie poligonală ce urmărește conturul dat de ochiuri. Din punct de vedere geometric, linia de secțiune a unui corp 3D poate fi dreaptă sau curbă, ceea ce face ca definirea matematică a liniei de conturare să se facă în două cazuri:

- **linie de secțiune dreaptă**, care conduce la o linie de conturare dreaptă, cu increment constant. Liniile de conturare drepte se întâlnesc în principal în cazul corpurilor 3D de tip poliedre.
- **linie de secțiune curbă**, care determină o linie de conturare curbă, cu increment variabil care poate fi aproximată în totalitatea ei sau pe porțiuni cu arce de elipsă, arce de cerc sau segmente de dreaptă. O astfel de linie de conturare este specifică corpurilor 3D de rotație sau cu contur neregulat.

Cazul I – linie de conturare dreaptă (increment constant)

Datorită faptului că linia poligonală poate fi considerată o compunere de segmente de dreaptă cu pantă 0 sau infinit, ecuația acesteia fiind dată de paritatea segmentului. În cazul segmentelor impare, ecuația dreptei este:

$$\begin{cases} x_i = x_{i-1} & , i=2k+1, \\ y_i = y_{i-1} + \Delta r \end{cases} \quad (6)$$

Unde: Δr = incrementul vertical al liniei de conturare.

i = numărul de pași al liniei de conturare

În cazul segmentelor de dreaptă pare, ecuația dreptei este:

$$\begin{cases} x_i = x_{i-1} + \Delta a & , i=2k+1, \\ y_i = y_{i-1} \end{cases} \quad (7)$$

Unde: Δa = incrementul orizontal al liniei de conturare

În momentul definirii ecuației liniei de conturare trebuie ținut cont de paritatea punctelor pe care le unește (figura 19). Dimensiunile liniei de conturare pot fi reglate prin valoarea incrementului vertical și orizontal al liniei de conturare din desfășurata tricotelor.

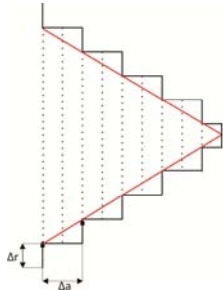


Fig. 19. Linie de conturare dreaptă, cu increment constant

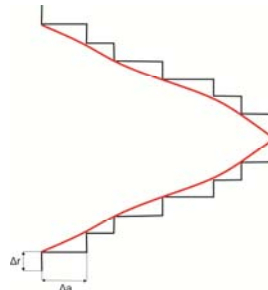


Fig. 20. Linie de conturare dreaptă, cu increment variabil

Cazul II – linie de conturare curbă (increment variabil)

În cazul liniilor de conturare cu increment variabil, linia de secțiune este o linie frântă ce nu are o evoluție uniformă, ci variabilă, ascendentă sau descendentă, după caz. Linia de conturare va fi formată din arce de elipsă sau de cerc cu amplitudine variabilă și din segmente de dreaptă (figura 20). Ecuația liniei de conturare, în cazul în care aceasta este curbă, este dată de suma segmentelor constituente.

Exprimând excentricitatea arcului de elipsă funcție de incrementul segmentului i al liniei de conturare, se obține următoarea ecuație:

$$L_{arc} = 2\pi\Delta a_i \left[1 - \left(\frac{1}{2} \right)^2 \sqrt{1 - \frac{\Delta r_i^2}{\Delta a_i^2}} - \left(\frac{1 \times 3}{2 \times 4} \right)^2 \frac{\sqrt{1 - \frac{\Delta r_i^2}{\Delta a_i^2}}^4}{3} - \left(\frac{1 \times 3 \times 5}{2 \times 4 \times 6} \right)^2 \frac{\sqrt{1 - \frac{\Delta r_i^2}{\Delta a_i^2}}^6}{5} - \dots \right] \quad (7)$$

II.2. Realizarea tricoturilor proiectate pe masini rectilinii de tricostat

S-a realizat un volum semnificativ de mostre, în care s-a urmărit dezvoltarea tricoturilor conturate spațial, având în vedere: forma finală (corp 3D regulat, simplu sau compus, corp 3D neregulat), direcția de tricotare în raport cu forma finală, tehnica de conturare (2D sau 3D), structura tricotului (glat, tricot sandwich), tipul liniei de conturare (increment, mod de evoluție). Mostrele au fost tricotate pe mașini rectilinii de tricostat Stoll, model CMS 330 TC, 5E și CMS 530 6.2E, fiind programat pe o stație M1.



Formă finală – poliedru, paralelipiped, tricot sandwich



Formă finală – corp de rotație, sferă, tricot glat



Formă finală – corp neregulat, tricot glat

Fig. 21. Exemple de tricoturi 3D pentru destinații tehnice

II.3. Caracterizarea tricoturilor

Caracterizarea comportamentului mecanic al tricoturilor tridimensionale prin modelare cu elemente finite pe modele 3D și simulare de evenimente

Având în vedere că prin tema impusă se urmărește să se definească modalități de obținere a unor structuri tricotate complexe 3D care pot avea diferite forme este foarte important a se cunoaște cum pot influența acești parametri modul în care tricotelul se va dispune spațial. Astfel, primul pas care trebuie realizat este studiul comportamentului firului. Finalitatea studiilor experimentale a fost crearea unei baze de date cu proprietățile firului și comportamentul lui în sarcină. Aceste proprietăți sunt studiate considerând firul ca o structură omogenă. Extrapolarea acestor date către tricoturi în mod direct nu poate fi realizată deoarece structura de tip tricot este complexă și introduce în sistem o serie de variabile care influențează în mod direct comportamentul firului. Pe de altă parte nu se poate să se studieze în mod direct și să se extragă un set de proprietăți fizico-mecanice ale structurii de tip tricot deoarece aceasta este o structură complexă neomogenă.

O altă restricție care vine să îngreuneze realizarea unei analize cu elemente finite pe tricoturi este impusă de dimensiunile geometrice ale firului în raport cu tricotelul. Astfel, diametrul firului este foarte mic în raport cu lungimea lui utilizată în construirea modelului. Având în vedere că pentru a nu introduce distorsiuni matematice în modelul numeric realizat pe baza elementului finit trebuie respectată condiția pe elementul finit ca raportul dintre latura cea mai mare și cea mai mică să fie de maxim 10 rezultă ideea că pentru a construi un model cu elemente finite plecând de la fir este necesar a se utiliza un număr foarte mare de elemente finite cu consecințe negative asupra volumului de calcul, a timpului afectat acestui calcul și implicit al costurilor ce rezultă. Mai mult puterea calculatoarelor pe care se derulează analiza fiind limitată există posibilitatea de a nu se realiza fizic această analiză.

Plecând de la aceste idei se consideră că ar fi necesar să se creeze o structură omogenă care să înclocuiască structura tricotată și care să se considere ca un material cu *proprietăți echivalente* structurii tricotate. În acest caz se ridică o nouă problemă aceea de a determina aceste proprietăți fizice echivalente ale structurii.

Pentru a verifica această variantă de modelare s-a propus următorul mod de lucru care nu a mai fost aplicat până acum și reprezintă o noutate: se va realiza un model cu elemente finite al structurii considerate continui, omogene apoi se va realiza un model finit al structurii care să aibă în vedere structura reală a ochiurilor și al firelor. Cele două modele cu elemente finite se vor analiza în condiții identice și se vor determina diferențele care apar între cele două modele. Se va realiza apoi în condiții de laborator unul sau mai multe teste care să confirme pe cale experimentală comportamentul structurii. În cele din urmă se va determina un coeficient de corecție a modelului continuu și omogen astfel încât să ne apropiem de valorile reale. Se vor executa aceste studii pentru mai multe tipuri de încărcări și mai multe variante de structuri ale tricoturilor bazat totul pe o matrice experimentală.

În acest scop s-au creat trei modele: două modele bazate pe mediul continuu și un model care considera structura reală a tricotelului.

Primul model (figura 22) a fost încărcat cu forțe concentrate. Dispunerea forțelor, variația lor și valorile au fost determinate de comportamentul structurii în realitate și de nevoia de a simula acest comportament. În acest caz proprietățile fizico-mecanice au fost considerate ca fiind echivalente. Deformația structurii este prezentată în figura 23. În figurile 24 și 25 se prezintă câmpul deplasărilor și eforturile unitare longitudinale generale sub acțiunea încărcării.

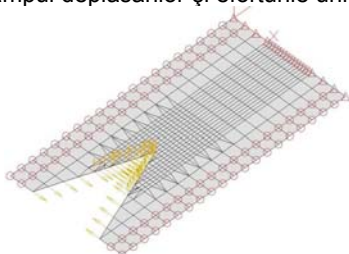


Fig. 22. Modelul continuu

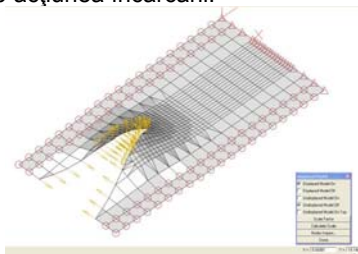


Fig. 23. Modelul continuu deformat

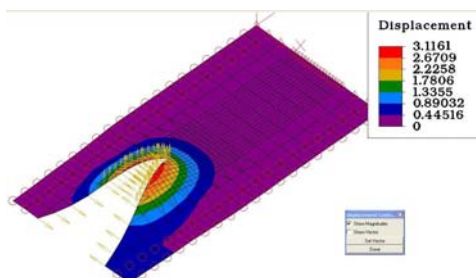


Fig. 24. Câmpul deplasărilor

Al doilea model propus ia în considerare cazul real al firului și a structurii 3D a tricotului (fig. 26).

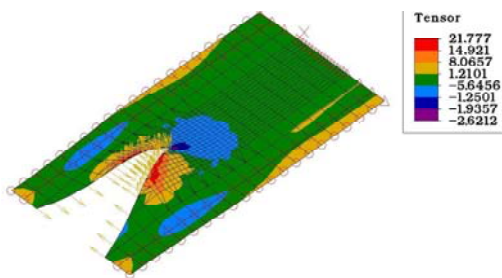


Fig. 25. Câmpul eforturilor unitare normale σ_y

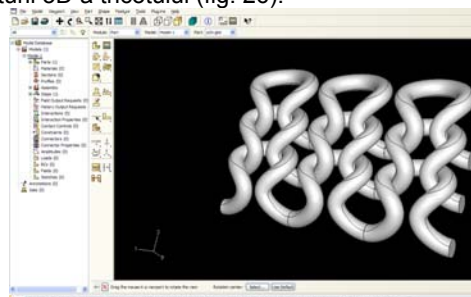
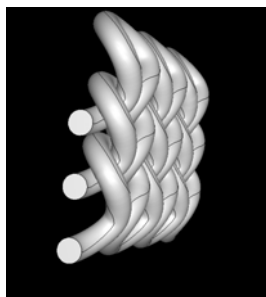
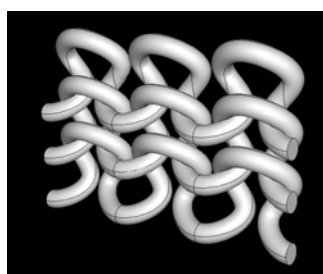


Fig. 26. Geometria firului în tricot – vedere spate, laterală și față

Structura propusă a fost discretizată cu ajutorul a peste 41000 de elemente de tip brick față de 1246 de elemente de tip plate în cazul modelului anterior (figura 27). Se face mențiune că acest model prezentat este necesar a se studia comportamentul structurii de tip tricot la tracțiune. După obținerea rezultatelor, acestea au fost comparate ca valori și comportament cu rezultatele obținute pe cale reală. Structura discretizată este prezentată în figura următoare. Încărcarea structurii și condițiile pe contur sunt prezentate în figura 28.

Pasul trei a fost realizarea pe baza acestui model structura tricotată din care se scot ochiurile și care are aceleași dimensiuni cu modelul în care structura este considerată ca un continuu. Această structură urmează a fi evaluată.

Pasul patru constă în compararea rezultatelor și adoptarea unui coeficient de corecție modelului în care se consideră proprietăți echivalente și mediu continuu. Pasul cinci este refacerea analizei luând în calcul corecția, iar pasul șase presupune verificarea și validarea modelului prin comparare cu valorile obținute pe cale experimentală

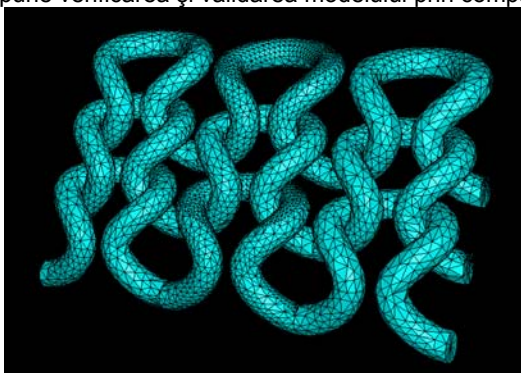


Fig. 27. Model tricot discretizat

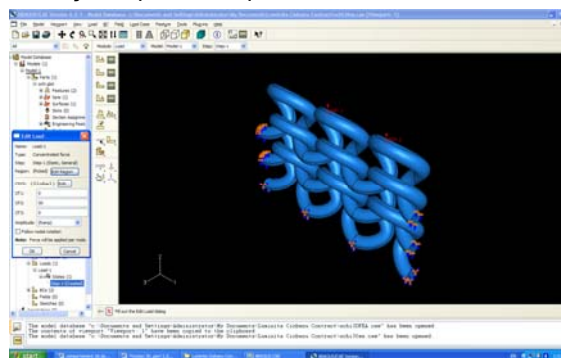


Fig. 28. Încărcarea modelului și condițiile pe contur

Director proiect,
S.I. dr. ing. Luminita Ciobanu