



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2011 01228**

(22) Data de depozit: **25/11/2011**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/10/2017** BOPI nr. **10/2017**

(41) Data publicării cererii:  
**30/08/2013** BOPI nr. **8/2013**

(73) Titular:  
• **UNIVERSITATEA "DUNĂREA DE JOS"**  
**DIN GALAȚI, STR. DOMNEASCĂ NR. 47,**  
**GALAȚI, GL, RO**

(72) Inventatori:  
• **ANDREI GABRIEL,**  
**STR. ARMATA POPORULUI NR. 10, BL. CL 2,**  
**SC. 2, AP. 24, GALAȚI, GL, RO;**  
• **CÎRCIUMARU ADRIAN, CALEA GIULEȘTI**  
**NR. 22, BL. OD 5, SC. 1, AP. 1, SECTOR 6,**  
**BUCUREȘTI, B, RO;**

• **DIMA DUMITRU, STR. REGIMENT 11**  
**SIRET NR. 19, BL. E 6, SC. 2, AP. 23, GALAȚI,**  
**GL, RO;**  
• **MURĂRESCU MONICA,**  
**STR. DOMNEASCĂ NR. 17, BL. B, SC. 2,**  
**ET. 1, AP. 11, GALAȚI, GL, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**CN 103435972 (A); G. ANDREI, D. DIMA, L.**  
**ANDREI, "LIGHTWEIGHT MAGNETIC**  
**COMPOSITES FOR AIRCRAFT", JOURNAL**  
**OF OPTOELECTRONICS AND ADVANCED**  
**MATERIALS, NO. 2, VOL. 8, PP. 726-730,**  
**([http://joam.inoe.ro/arhiva/pdf8\\_2/Andrei.p](http://joam.inoe.ro/arhiva/pdf8_2/Andrei.pdf)**  
**df); US 7151129 (B2)**

(54) **COMPOZIT POLIMERIC, MULTIFUNCȚIONAL,**  
**CU ARHITECTURĂ MULTISTRAT**



# RO 128729 B1

1           Invenția se referă la un material compozit polimeric multifuncțional, cu arhitectură multistrat, sub formă de placă, cu aplicații în domeniul aeronautic, naval și transporturi.

3           Datorită proprietăților mecanice, termice și electrice, materialul compozit polimeric poate înlocui unele elemente metalice din structura aeronavelor, vehiculelor, ambarcațiunilor, echipamentelor și aparatelor de bord. Caracterul multifuncțional al compozitului polimeric este dat de compoziția și arhitectura multistrat ale acestuia. Conform invenției, compozitul polimeric este format din lamine de țesătură de carbon și carbon-Kevlar, suprapuse alternativ în pachete de câte 3...5 foi de același tip, impregnate cu rășină organică aditivată diferențiat, cu nanotuburi de carbon cu pereți multipli (MWCNT), silicat de magneziu, negru de fum și ferită. Frația volumică a țesăturilor în compozit, după polimerizarea matricei, este de circa 80%. Conform invenției, compozitul polimeric este format din pachete de lamine exterioare, din țesătură de carbon și polimer aditivat cu MWCNT, silicat de magneziu și negru de fum, și pachete de lamine interioare, din țesătură de carbon-Kevlar și polimer aditivat cu pulbere de ferită. Între lamine sunt filme de polimer aditate corespunzător. Compoziția și arhitectura descrise conferă compozitului polimeric proprietăți discret variabile, de la interior spre exterior.

17           Compozitele cu matrice organică și fibre de carbon sunt larg utilizate în industria aviatică și a spațiului, datorită greutateii reduse, valorii excepționale a rezistenței și modulului de elasticitate, rigidității ridicate, durabilității la oboseală și excelentei rezistențe la coroziune. Datorită densității scăzute, proprietăților fizice și mecanice superioare, și costului de fabricare scăzut, aceste materiale au înlocuit metalele, cum sunt aliajele de aluminiu, în multe aplicații. Avioanele de pasageri au numeroase componente din compozite, cum sunt uși, elevatoare, eleroane, spoiler, flapsuri, învelișuri aerodinamice, cârme, în scopul reducerii greutateii, creșterii sarcinii utile și a eficienței combustibilului. În cazul aeronavelor, este posibil să fie utilizate compozite având conductivitatea termică zero în unele structuri, sau având o bună conductivitate termică și electrică, în alte componente. Sunt situații când este nevoie de o capacitate de ecranare electromagnetică adecvată. Ca atare, un efort deosebit se investește pentru a găsi combinația optimă a proprietăților fizice și mecanice ale compozitelor ușoare, folosite în industria aviatică și a spațiului.

31           Proprietățile mecanice remarcabile ale nanotuburilor de carbon se datorează rezistenței de legătură ridicată a constituenților carbon-carbon și rețelei cristaline cu o structură aproape perfectă. Aceste observații au condus la creșterea interesului față de polimerii aditivați cu nanotuburi de carbon, ca polimeri structurali ultra-ușori cu excelente proprietăți mecanice. Compozitele ușoare cu proprietăți magnetice și electrice adecvate, utilizate în tehnologia aerospațială, se bazează pe combinarea matricelor polimerice cu pulbere de ferită și nanotuburi, fiind ranforsate cu fibre de carbon, tratate sau acoperite.

37           Compozitele polimerice, pe lângă avantajul că sunt ușoare, rezistente și ieftine, trebuie să manifeste proprietăți mecanice, electrice și termice îmbunătățite. Problema cea mai serioasă este că, din cauza structurii amorfe, conductivitatea electrică și ecranarea electromagnetică a rășinilor sunt extrem de reduse. O soluție atractivă poate fi utilizarea particulelor conductive dispersate în matricea polimerică, peste pragul de percolare. Acest obiectiv se poate realiza prin introducerea în rășină a unor aditivi nanoscopici (nanotuburi de carbon, nanoparticule de carbon și ferită etc.). Conductivitatea electrică a rășinii epoxidice este de ordinul de mărime  $10^{-13}$  S/m, în timp ce conductivitatea electrică a nanotuburilor de carbon este de  $5 \times 10^5$  S/m. Cantități mici de MWCNT și negru de fum introduse în matricea epoxidică, la limita de percolare (aproximativ 2% fracție masică), pot crește semnificativ proprietățile electrice și termice ale compozitelor polimerice. Sunt cunoscute materiale compozite polimerice, stratificate și ranforsate cu țesături din fibre de carbon, Kevlar și carbon-Kevlar.

# RO 128729 B1

În documentul **CN 103435972 (A)** este descris un compozit pe bază de rășină epoxidică-nanotuburi de carbon-ferită de Ni-Zn ce a fost obținut prin acoperirea nanotuburilor de carbon cu ferită, în vederea formării unui compozit pudră (pulbere), care, ulterior, a fost amestecat cu rășină epoxidică. Compozitul obținut prezintă conductivitate magnetică ridicată și constantă dielectrică mare.

Documentul [**G. Andrei, D. Dima, L. Andrei, „Lightweight magnetic composites for aircraft applications”, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, Vol. 8, No. 2, April 2006, pp. 726-730, (accesat la adresa <http://joam.inoe.ro/arhiva/pdf82/Andrei.pdf>)**] se referă la compozite magnetice ușoare, de interes în tehnologia aerospațială, în structura cărora se introduc particule de ferită, în vederea inducerii proprietăților magnetice și creșterii capacității de transfer de sarcină la interfață. În cazul compozitelor ce conțin matrice poliesterică, interfața este afectată semnificativ de prezența aerului atmosferic, care este adsorbit fizic și chimic la suprafața fibrelor de ranforsare, ducând la apariția în fază solidă a unor microbule de aer. Astfel, introducerea particulelor de ferită ca aditiv asigură inducerea proprietăților magnetice, și permite disiparea microbulilor de aer în masa materialului.

Documentul **US 7151129 (B2)** se referă la o rășină cu nanofibre de carbon dispersate în aceasta, impregnată cu fibre laminate de ranforsare.

Documentul **GB 2469662 (A)**, din 27.10.2010, se referă la un material compozit format din cel puțin un strat de țesătură 3D, încorporat într-o matrice polimerică. Materialul poate cuprinde cel puțin două straturi țesute ortogonal, din fibre de urzeală și/sau bătătură care se extind pentru a forma o structură tridimensională. Pot fi utilizate fibre de sticlă, fibre de carbon, de in, fibre naturale sau artificiale. Matricea polimerică poate fi o rășină epoxidică termorigidă. Ca aplicație este descrisă o cadă pentru duș.

Documentul **WO 2006127002 (A1)**, din 30.11. 2006, descrie un semifabricat pentru o piesă din material compozit carbon-carbon, cuprinzând mai multe straturi din fibre de carbon, între care este distribuit un liant polimeric, iar straturile adiacente sunt legate între ele printr-un liant polimeric suplimentar. Semifabricatul prezentat poate fi folosit ca disc de frână al unui sistem de aterizare de la aeronave.

Documentul **JP 2001064406 (A)**, din 13.03. 2001, se referă la un material compozit care cuprinde o pluralitate de țesături laminate, dintre care cel puțin una este din fibre de carbon și aderă la țesătura adiacentă printr-un polimer termoplast. Materialul astfel format este apoi înglobat într-o rășină epoxidică.

Majoritatea materialelor compozite organice, ranforsate cu țesături, sunt formate dintr-un singur tip de fibră în matrice polimerică neaditivată sau slab aditivată.

Dezavantajul acestor materiale compozite cu fibre/țesături și polimeri este că sunt dezvoltate pentru aplicații bine definite și, de regulă, nu satisfac mai multe cerințe simultan, neavând un caracter multifuncțional. Mai mult, acestea nu manifestă proprietăți variabile pe direcție normală la suprafață.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în obținerea unui compozit multifuncțional stratificat, cu proprietăți discret variabile pe secțiunea transversală, cu conductivitate termică și electrică superioare față de polimerul pur, în straturile exterioare, și cu rezistență mecanică îmbunătățită, în miezul materialului. Miezul compozitului stratificat este format din 4 lamine din țesătură de carbon-Kevlar, impregnate și legate prin filme de rășină epoxidică aditivată cu ferită. La exterior, sunt dispuse câte două lamine din țesătură de carbon, impregnate și legate cu rășină epoxidică aditivată cu nanotuburi de carbon, silicat de magneziu și negru de fum. Laminele miezului și laminele exterioare sunt legate prin filme polimerice epoxidice, aditivate corespunzător.

# RO 128729 B1

- 1 Compozitul polimeric stratificat multifuncțional, conform invenției, are următoarele  
avantaje:
- 3 - este multifuncțional, satisfăcând simultan mai multe cerințe mecanice, termice,  
electrice și tribologice;
- 5 - are conductivitate termică și electrică mai bune decât polimerul pur;  
- are rezistență mecanică superioară față de alte materiale polimerice;
- 7 - este ușor și are rigiditate ridicată;  
- este rezistent la coroziune;
- 9 - este un material mai ieftin decât aluminiul sau alte aliaje pe care le înlocuiește;  
- tehnologia de obținere este simplă și ieftină.
- 11 Compozitul polimeric multifuncțional, cu arhitectură multistrat (fig. 1 - modelul 3D al  
compozitului cu 8 straturi, și detaliu la scara 2:1, și fig. 2 - vederea laterală a compozitului,  
13 în care se observă dispunerea straturilor), conform invenției, este format din 8 lamine din  
țesătură de carbon **2** și țesătură de carbon-Kevlar **4**, impregnate cu rășină epoxidică aditivată  
15 cu nanotuburi de carbon, silicat de magneziu și negru de fum **1**, respectiv, cu rășină  
epoxidică aditivată cu ferită **3**. Laminele din țesătură de carbon, formate din pachete de câte  
17 2 foi, sunt dispuse pe exterior. Laminele din țesătură de carbon-Kevlar formează un pachet  
de 4 foi dispus în interior, fiind cuprins între cele două pachete cu lamine din țesătură de  
19 carbon. Între lamine sunt filme de rășină epoxidică aditivate corespunzător. Compozitul  
polimeric multifuncțional, cu arhitectură multistrat, conform invenției, prezintă o structură  
21 discret variabilă pe secțiune, care asigură dispunerea diferențiată a proprietăților în volumul  
materialului, și caracterul multifuncțional.
- 23 Pachetele de lamine din straturile exterioare 1 și 2, formate din țesătură de carbon,  
rășină epoxidică, nanotuburi de carbon, silicat de magneziu și negru de fum, conferă  
25 materialului compozit conductivitate termică și electrică superioară față de polimerul pur, și  
comportare îmbunătățită la uzură. Pachetul de lamine din interior, format din țesătură de  
27 carbon-Kevlar, rășină epoxidică și ferită, are ca efect creșterea rezistenței mecanice și a  
capacității de ecranare electromagnetică.
- 29 Etapele de obținere a compozitului multifuncțional stratificat sunt:
- 31 1. Pregătirea țesăturilor de carbon și carbon-Kevlar.  
2. Tăierea țesăturilor la dimensiunile matriței.  
3. Pregătirea rășinii epoxidice și aditivarea acesteia cu anumite concentrații în fracție  
33 masică de nanotuburi de carbon cu pereți multipli (MWCNT), pulbere de ferită, silicat de  
magneziu și negru de fum; dispersia aditivilor în masa rășinii se face prin amestecare  
35 mecanică, pe un agitator mecanic, la o turație și o durată prestabilite.
- 37 4. Formarea plăcii compozite, în matriță, prin stivuirea celor 8 straturi și impregnarea  
succesivă a acestora cu rășina aditivată corespunzător, conform arhitecturii descrise  
anterior.
- 39 5. Polimerizare, pe o durată în conformitate cu recomandarea producătorului rășinii,  
sub acțiunea unui câmp electric de intensitate E.
- 41 6. Coacere în etuvă, la temperatură și durată prestabilite.  
7. Dezbatere din matriță și debavurare.
- 43 Este prezentat, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, sub forma unei  
plăci de ecranare a unui tablou de comandă, obținută din compozit polimeric multifuncțional,  
45 cu arhitectură multistrat, în legătură cu fig. 3, care prezintă imaginea plăcii realizate din com-  
pozit polimeric stratificat, și fig. 8...11. Fig. 8 prezintă imaginile microscopice ale țesăturilor  
47 utilizate, din fibre de carbon (fig. 8a), fibre de carbon-Kevlar (fig. 8b), înainte de tratare  
(imaginea de sus) și după aplicarea tratamentului (imaginea de jos). În fig. 9, este dată

imaginea microscopică a unei secțiuni transversale prin placa realizată, unde se pot observa straturile exterioare, cu țesătură de carbon, și straturile interioare, cu țesătură de carbon-Kevlar. Fig. 10 arată fotografia unei plăci din compozitul stratificat, cu marcajul pentru tăierea probelor la mașina cu jet de apă sub presiune.

În fig. 11 este dată fotografia unui grup de 10 probe tăiate din placa de compozit, pentru testele de încovoiere în trei puncte. Placa din compozit multifuncțional stratificat, conform invenției, este formată din 8 lamine din țesătură de carbon **2** și țesătura de carbon-Kevlar **4** (fig. 8), impregnate cu rășină epoxidică aditivată cu nanotuburi de carbon, silicat de magneziu și negru de fum, respectiv, cu rășină epoxidică aditivată cu ferită. Laminele din țesătură de carbon, formate din pachete de câte 2 foi **2**, sunt dispuse pe exterior. Laminele din țesătură de carbon-Kevlar formează un pachet de 4 foi **4**, dispus în interior, fiind cuprins între cele două pachete exterioare cu lamine din țesătură de carbon 2 (fig. 9). Între laminele exterioare sunt filme de rășină epoxidică aditivată cu nanotuburi de carbon, silicat de magneziu și negru de fum. Între laminele interioare sunt filme de rășină epoxidică aditivată cu ferită. Compozitul polimeric multifuncțional, cu arhitectură multistrat, conform invenției, prezintă o structură discret variabilă pe secțiune, care asigură dispunerea diferențiată a proprietăților în volumul materialului multistrat, și caracterul multifuncțional al acestuia.

Pachetele de lamine din straturile exterioare 1 și 2 (fig. 2), formate din țesătură de carbon, rășină epoxidică, nanotuburi de carbon, silicat de magneziu și negru de fum, asigură materialului compozit conductivitate termică și electrică superioare față de polimerul pur. Pachetul de lamine din straturile interioare 3 și 4 (fig. 2), format din țesătură de carbon-Kevlar, rășină epoxidică și ferită, are ca efect creșterea rezistenței mecanice și a capacității de ecranare electromagnetică.

Placa de material compozit polimeric, multifuncțional, stratificat, a fost obținută conform procedurii descris anterior, conform arhitecturii prezentate, prin parcurgerea următoarelor etape:

1. Pregătirea țesăturilor de carbon și carbon-Kevlar.
2. Tăierea țesăturilor la dimensiunile matriței, de formă pătrată, cu latura de 120 mm.
3. Pregătirea rășinii epoxidice și aditivarea acesteia cu 1,5% fracție masică nanotuburi de carbon cu pereți multipli (MWCNT), 3% fracție masică silicat de magneziu și 3% fracție masică negru de fum, pentru straturile exterioare, și 3% fracție masică pulbere de ferită, pentru straturile interioare; dispersia aditivilor în masa rășinii a fost făcută prin amestecare mecanică, pe agitatorul mecanic multifuncțional IKA (Germania), la o turație de 1500 rot/min, timp de 10 min.

4. Formarea plăcii compozite, în matriță, prin stivuirea celor 8 straturi, și impregnarea succesivă a acestora cu rășină aditivată corespunzător, conform arhitecturii descrise anterior.

5. Polimerizare timp de 4 h, pentru obținerea structurii finale a polimerului, sub acțiunea unui câmp electric de intensitate E.

6. Coacere în etuvă, la temperatura de 353°K, timp de 8 h;

7. Dezbatere din matriță și debavurare.

Plăcile de compozit multifuncțional stratificat au fost tăiate la mașina cu jet de apă sub presiune, pentru obținerea probelor necesare testelor mecanice, electrice, termice și tribologice. Suplimentar, morfologia compozitului a fost analizată prin microscopie electronică.

Rezultatele obținute arată că materialele compozite, elaborate și supuse testelor, au dovedit proprietăți electrice superioare rășinii epoxidice, așa cum se poate observa în fig. 4 și 5, în care sunt date rezultatele obținute pe compozite formate sub acțiunea unui câmp

# RO 128729 B1

1 electric de intensitate E. Astfel, în cazul compozitelor multistrat, cu 3% ferită, conductivitatea  
2 electrică a fost de circa 2 S/m, ceea ce este un rezultat foarte bun (fig. 4). De asemenea,  
3 prezența nanoparticulelor de ferită în matricea polimerică, aproape de pragul de percolare,  
4 poate îmbunătăți capacitatea de ecranare electromagnetică a compozitelor. S-a dovedit pe  
5 cale experimentală că tendința de agregare a nanoparticulelor de carbon în masa rășinii  
6 epoxidice poate fi controlată prin adăugarea de silicat de magneziu, care produce o bună  
7 dispersie a nanoparticulelor, în masa rășinii epoxidice. De asemenea, negrul de fum este un  
8 aditiv recomandat atât ca pigment, cât și pentru influența acestuia asupra proprietăților  
9 electrice ale compozitelor cu matrice polimerică.

10 Creșterea rezistenței mecanice se obține prin ranforsarea matricei epoxidice cu  
11 țesături din fibre de carbon, Kevlar și carbon-Kevlar. Încercări mecanice de încovoiere în trei  
12 puncte au evidențiat îmbunătățirea rezistenței mecanice, conform fig. 6, unde sunt date  
13 valorile obținute pentru diferite concentrații de nanotuburi de carbon, și trei direcții de  
14 orientare a țesăturilor (1 - în direcția urzelii, 2 - în direcția bătăturii, și 3 - la 45° față de  
15 direcția câmpului extern aplicat la formarea compozitului multistrat).

16 Studiul proprietăților termice ale compozitelor multistrat a permis evaluarea căldurii  
17 specifice c a acestora prin teste DSC (calorimetrie de scanare diferențială, pe calorimetrul  
18 DSC1 de la Mettler Toledo, cu software dedicat Stare), conform rezultatelor din tabelul 1,  
19 care, în raport cu datele obținute pentru rășina epoxidică (tabelul 2), înregistrează la limita  
20 superioară valori ușor crescute, în cazul ambelor materiale testate (C și D).

Tabelul 1

Valorile căldurii specifice, evaluate prin teste DSC - °C [J/(kgK)]

Temperatura de încălzire	(C) - 1,5% MWCNT + 3% ferită	(D) - 0,5% MWCNT + 3% ferită
Limita superioară	3,9312	4,3903
40-54°C	2,9034	2,5822
74-88°C	3,6029	3,2708
80-130°C	3,6827	3,5609
Limita inferioară	3,5312	3,6114

Tabelul 2

Valorile căldurii specifice pentru componente - °C [J/(kgK)]

Rășină epoxi	Silicat de magneziu	MWCNT	Ferită
3,828	2,606	21,159	1,885

35 De asemenea, evaluarea conductivității termice  $\lambda$  a compozitelor multistrat, prin  
36 prelucrarea datelor obținute pe calorimetrul DSC1, evidențiază creșteri semnificative în cazul  
37 materialelor testate (tabelul 3).

Tabelul 3

Conductivitatea termică -  $\lambda$  [J/m °C]

Material	Epoxi (R)	(C) - 1,5% MWCNT + 3% ferită	(D) - 0,5% MWCNT + 3% ferită
60°C	6,58 E-02	8,11 E-02	8,34 E-02
70°C	9,57 E-02	1,42 E-01	1,32 E-01
80°C	9,19 E-02	1,30 E-01	1,10 E-01
157°C	1,60 E-01	2,31 E-01	1,85 E-01

# RO 128729 B1

Coeficientul de dilatare termică a fost evaluat prin teste pe dilatometrul TMA-SDTA 840, de la Mettler Toledo, pe intervalul de temperatură 50...90°C, obținându-se curbele de dilatare din fig. 7 și valorile din tabelul 4.

*Tabelul 4*

*Coeficient de dilatare termică*

Material	Epoxi (R)	(C) - 1,5% MWCNT + 3% ferită	(D) - 0,5% MWCNT + 3% ferită
$\alpha$ [ $\mu\text{m}^\circ\text{C}$ ]	84,77	208,92	133,37

Testele au relevat că nanotuburile de carbon manifestă coeficienți de dilatare termică negativi, în timp ce nanoparticulele de ferită au coeficienți de dilatarea termică pozitivi. Combinarea celor două tendințe opuse poate influența stabilitatea dimensională a materialului.

Structura descrisă mai sus constituie o arhitectură multistrat care asigură dispunerea discret variabilă a proprietăților în volum, și un caracter multifuncțional al materialului compozit. Placa obținută pe baza modelului structural descris în invenție poate fi folosită ca element de ecranare al unui tablou de comandă din industria aeronautică și navală.

# RO 128729 B1

1

## Revendicare

3

Compozit polimeric multifuncțional, cu arhitectură multistrat, **caracterizat prin aceea**  
5 **că** este alcătuit din 8 lamine din țesătură de carbon (**2**) și țesătură de carbon-Kevlar (**4**),  
7 impregnate cu rășină epoxidică aditivată cu nanotuburi de carbon, silicat de magneziu și  
9 negru de fum (**1**), respectiv, cu rășină epoxidică aditivată cu ferită (**3**), laminele din țesătura  
de carbon fiind grupate în pachete de câte 2 foi, dispuse pe exterior, iar laminele din țesătura  
de carbon-Kevlar formând un pachet de 4 foi dispus în interior, între lamine existând filme  
de rășină epoxidică aditivate corespunzător.



(51) Int.Cl.  
**B82B 3/00** (2006.01);  
**B32B 33/00** (2006.01)

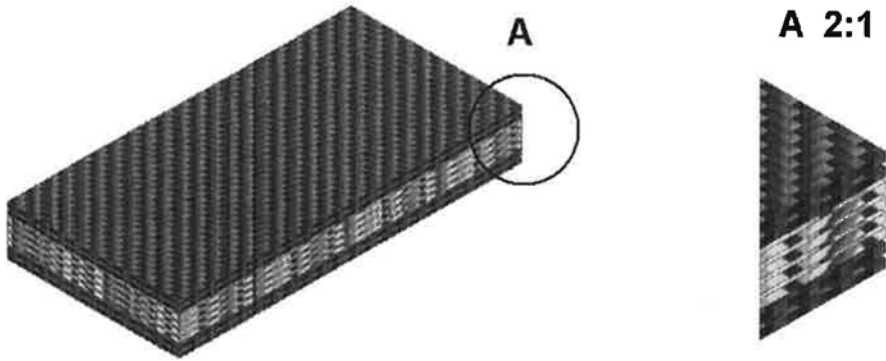


Fig. 1

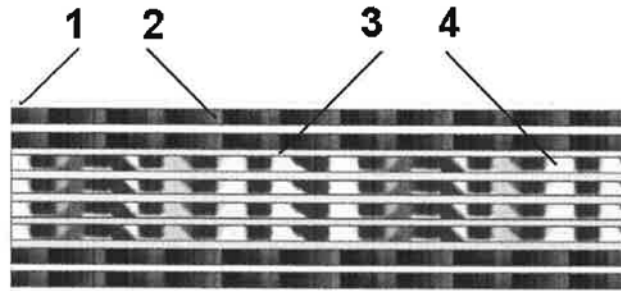
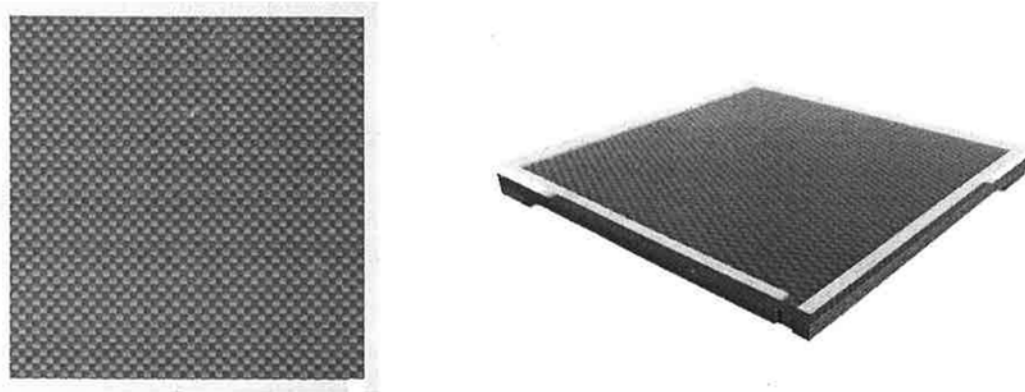
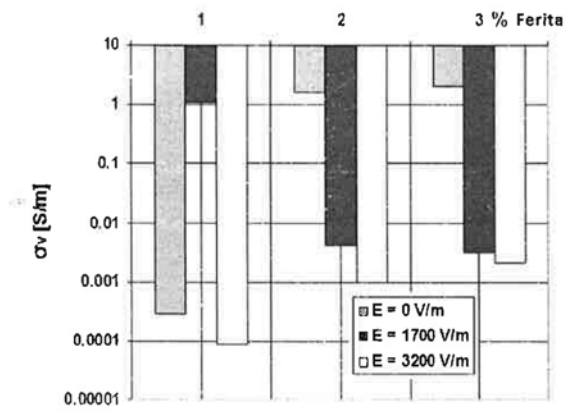


Fig. 2

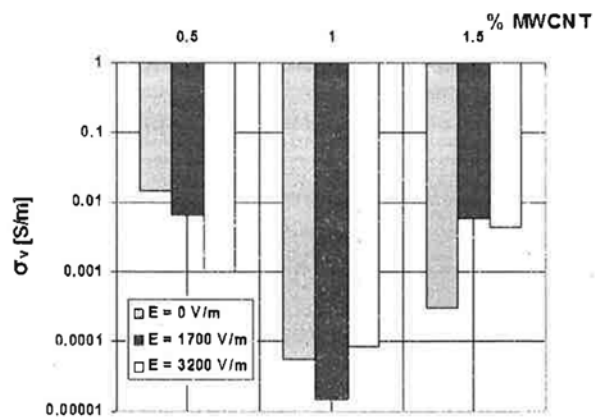
(51) Int.Cl.  
**B82B 3/00** (2006.01),  
**B32B 33/00** (2006.01)



**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**

(51) Int.Cl.  
*B82B 3/00* (2006.01);  
*B32B 33/00* (2006.01)

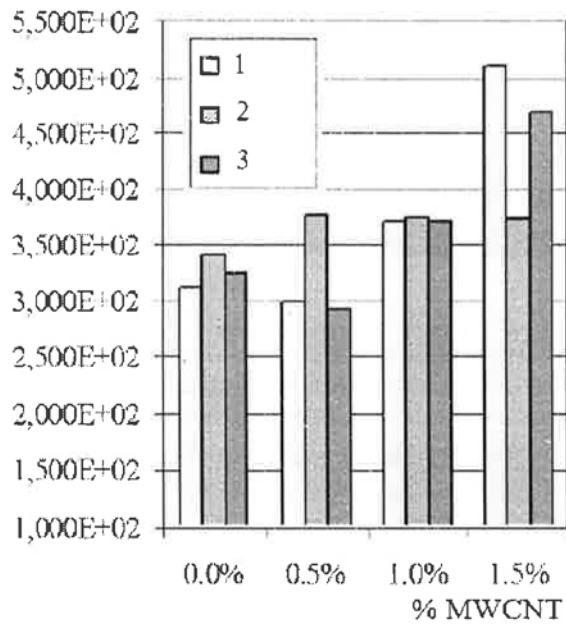


Fig. 6

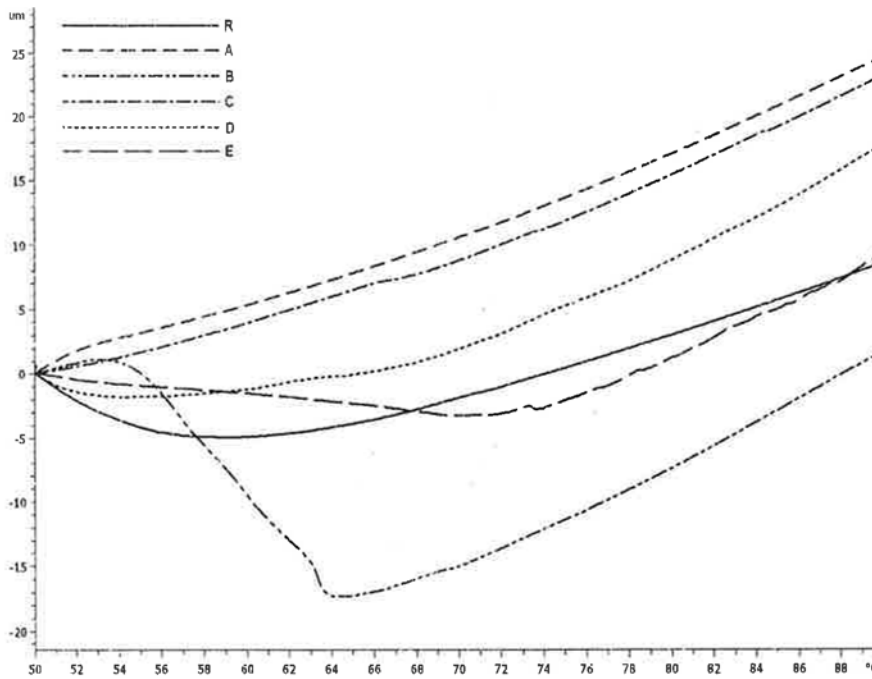


Fig. 7

(51) Int.Cl.  
**B82B 3/00** (2006.01);  
**B32B 33/00** (2006.01)

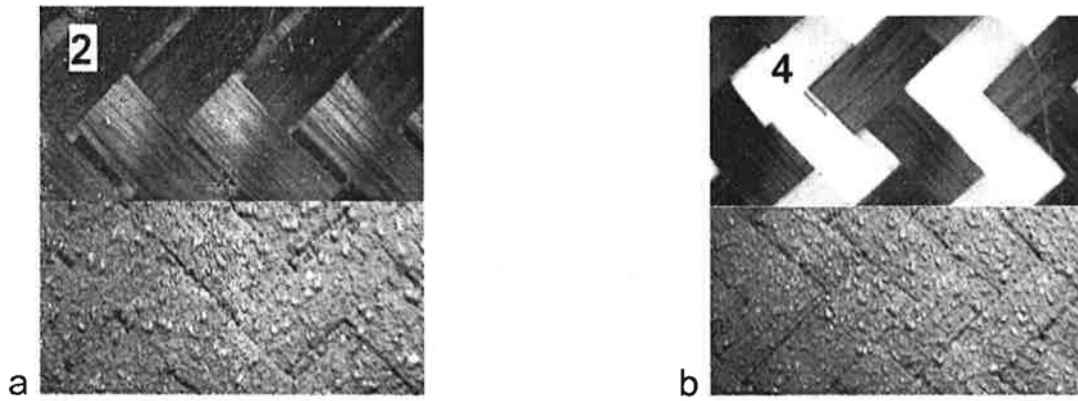


Fig. 8



Fig. 9

(51) Int.Cl.  
*B82B 3/00* (2006.01);  
*B32B 33/00* (2006.01)

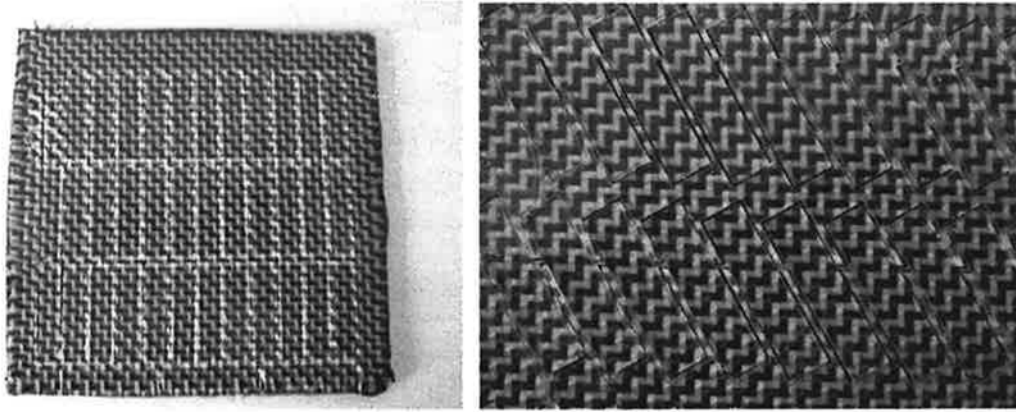


Fig. 10

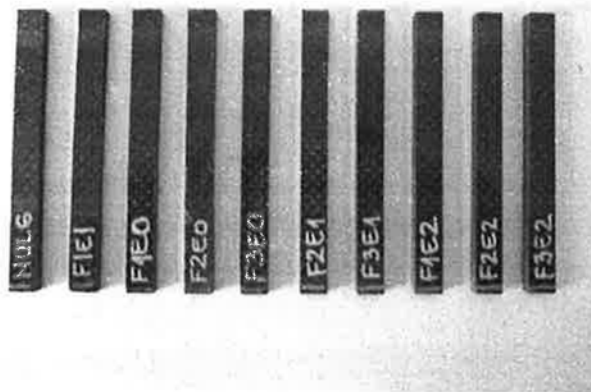


Fig. 11