



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2016 00613

(22) Data de depozit: 06/09/2016

(41) Data publicării cererii:
30/03/2018 BOPI nr. 3/2018

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
TEXTILE ȘI PIELĂRIE - SUCURSALA
INSTITUTUL DE CERCETARE PIELĂRIE,
ÎNCĂLȚĂMINTE, STR. ION MINULESCU
NR.93, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• SONMEZ MARIA, STR. PLEVNEI NR. 17,
VILA 3, BRAGADIRU, IF, RO;
• NIȚUICĂ MIHAELA, ȘOS. BERGENI NR.
39, BL. 107, SC. A, AP. 31, ET. 5,
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;
• ALEXANDRESCU LAURENȚIA,
CALEA VICTORIEI NR. 128A, AP. 10,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;

• STELESCU MARIA DANIELA,
STR. CÂMPIA LIBERTĂȚII NR. 42, BL. B2,
SC. C, ET. 3, AP. 96, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO;
• GEORGESCU MIHAI, STR. TURDA
NR. 106, BL. 32, SC. 2, AP. 61, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;
• FICAI DENISA, STR. GHEORGHE POLIZU
NR. 1-7, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• FICAI ANTON, STR. GHEORGHE POLIZU
NR. 1-7, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• CONSTANTINESCU DOINA,
STR. GH. CARANFIL NR. 5F, SĂVINEȘTI,
NT, RO;
• CONSTANTINESCU MURARIU BOGDAN,
STR. GH. CARANFIL NR. 5F, SĂVINEȘTI,
NT, RO

(54) **MATERIALE COMPOZITE HIBRIDE PE BAZĂ
DE POLIPROPILENĂ ARMATĂ CU WHISKERSURI
DIN CARBURĂ DE SILICIU ȘI FIBRE DE STICLĂ
FUNCȚIONALIZATE, ȘI PROCEDEU DE OBȚINERE
A ACESTORA**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de obținere a unui material compozit hibrid, utilizat în fabricarea unor produse pentru domeniul auto sau al produselor de larg consum. Procedeu conform invenției constă în omogenizarea, pe un extruder granulator dublu șnecc, cu corotație, a 77...89 părți în greutate (p.g.) polipropilenă homopolimer sau copolimer cu 1...3 p.g. polipropilenă grefată cu anhidridă maleică, 3...10 p.g. carbură de siliciu, fibre de lungime 10 μm și diametru 1, 5 μm, uscate în prealabil, și 3...10 p.g. fibre de sticlă borosilicatică funcționalizată cu 5 p.g. diclordimetilsilan

raportat la 100 g fibre, pe 9 zone de operare 135-139-159-190-173-159-154-150-145°C, la o viteză de rotație a șnecurilor de 50...100 rpm, presiunea în topitură 50...60 bar, urmată de extrudarea amestecului prin filiera sub formă de șnur, răcire, uscare cu aer cald și granulare, rezultând un compozit cu o duritate de 62...85°ShD, rezistență la rupere 19...70 N/mmp, modul Young 1,6...4,7 GPa și o stabilitate termică sub încărcare mecanică de 67...180°C.

Revendicări: 2

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



MATERIALE COMPOZITE HIBRIDE PE BAZĂ DE POLIPROPILENĂ ARMATĂ CU WHISKERSURI DIN CARBURĂ DE SILICIU ȘI FIBRE DE STICLĂ FUNCȚIONALIZATE ȘI PROCEDEU DE OBTINERE A ACESTORA

Invenția se referă la un procedeu de obținere a unui material compozit hibrid pe bază de polipropilenă (PP) armată cu whiskersuri pe bază de carbură de siliciu (SiC_w) și fibre de sticlă de tip E, funcționalizate la suprafață cu diclordimetilsilan (FS-DcDMS), și în prezența polipropilenei grefate cu anhidridă maleică (PP-g-AM), cu rol de compatibilizator.

Materialul compozit obținut pe bază de polipropilenă termoplastică armată cu whiskersuri și fibre de sticlă funcționalizată, este destinat obținerii, unor produse utilizate în diverse ramuri industriale precum: industria chimică - containere, recipiente pentru stocare (ulei de motor, benzină, motorină, etc), industria constructoare de mașini (carcase pentru baterii, baie de ulei, capace pentru acoperire motor, etc) precum și pentru palete pentru ventilatoare industriale, roți dințate, etc.

Introducerea unor agenți de armare sub formă de fibre, cu structură chimică diferită într-o singură matrice polimerică, conduce la obținerea materialelor compozite hibride. Agenții de armare modificați sau nemodificați pe suprafață cu substanțe chimice de îmbunătățire a compatibilității, pot fi introduși în matrici polimerice (termorigide sau termoplastice) prin metoda amestecării în topitură, într-un mixer sau extruder-granulator.

În literatura de specialitate, au fost identificate studii cu privire la obținerea materialelor compozite cu matrice metalică (pe bază de aliaj din aluminiu), matrice termorigidă (rășină epoxidică și poliestică), polibutilentereftalat (PBT), poliamide armate cu carbură de siliciu și fibre de sticlă și în prezența altor tipuri de nanoparticule (Al_2O_3 , CaSO_4), destinate utilizării în diverse aplicații industriale cu performanțe ridicate precum, automobile, aerospațială, militară și electrică, datorită în principal proprietăților mecanice și fizice ridicate a unor astfel de compozite.

Mai mult, materialele compozite utilizând ca fază continuă matrici ceramice, metalice și polimerice armate cu carbură de siliciu, au fost rezultatul unor cereri și/sau brevete publicate.

Un astfel de material este studiat în **Brevetul EP2543650 A1, (2013)**, unde este descrisă o metodă de obținere a unui material compozit ceramic armat cu fibre cu densitate ridicată și cuprinde etapele: **1.** Obținerea fibrelor preformate multi-strat, prin acoperire cu carbon pirolitic (utilizând o atmosferă ce conține propan și azot raportul volumic de gaz fiind de 1:10~10:1) și carbură de siliciu (utilizând un amestec de gaze propan și monosilan (SiH_4) raportul volumic fiind de 3:1~1:3); **2.** Impregnarea fibrelor multi strat, cu o suspensie de rășină fenolică (100 părți în greutate) amestecată cu materiale de umplură, inclusiv pulbere de carbon și siliciu metalic (5~40 părți în greutate); **3.** Carbonizarea materialelor compozite plastice armate cu fibre impregnate (de la temperatura camerei până la 1000°C într-o atmosferă de azot); **4.** Tratarea termică într-o atmosferă sub vid a materialului compozit din fibre carbonizate în scopul topirii materialului de umplură și difuzia acestuia în interiorul materialului compozit din fibre carbonizate – reacție primară de sinterizare (la temperatura de 1650°C , timp de 10~60 minute); **5.** Răcirea materialului obținut în faza 4 la temperatura camerei urmată de impregnarea materialului compozit din fibre cu o soluție ce conține un precursor de polimer (polycarbosilanul) pentru producerea carburii de siliciu (SiC); **6.** Aplicarea unui strat de pulbere de siliciu pe suprafața materialului obținut în etapa 5, urmată de topirea pulberii de siliciu metalic într-o atmosferă inertă și difuzia acestuia în interiorul materialului compozit. Această metodă de obținere a materialelor compozite, este puternic limitată pentru a fi aplicată la scară industrială în principal datorită prețului materiilor prime extrem de ridicat, metoda aplicată fiind foarte laborioasă (productivitate scăzută) precum și datorită faptului că implică echipamente și condiții de lucru costisitoare și mari consumatoare de energie electrică.

Un material utilizat pentru producerea plăcuțelor de frână pentru autovehicule a fost studiat în Brevetul US 8980974 B2. Materialul de fricțiune, conform invenției, are următoarea compoziție: 4-6 părți fibre aramidice, 2-2,5 părți de deșeuri din pulberi provenite de la anvelope, 5-6 părți de magneziu, 8-10 părți fibre ceramice, 3,5-5 părți magnetită, 7-8 părți rășină fenolică amestecată cu particule de bor, 15-17 părți whiskers-uri pe bază de sulfat de calciu, 16-18 părți de titanat de potasiu, 15-17 părți de barită, 5,5-7 părți fulgi de grafit, 6-8 părți pulbere de fricțiune ce conține ulei din caju, 6-8 părți de cocs din petrol calcinat, 1,5-2 părți nitrură de bor, 5-7 părți pulbere de aluminiu 0,4-0,5 părți fibre din cupru pur și 0,4-0,6 părți de carbură de siliciu. Cu toate că, un astfel de material prezintă numeroase avantaje cum ar fi: reziliență termică adecvată, rezistență la abraziune, etc; prezintă și numeroase dezavantaje și anume: utilizarea unor cantități destul de însemnate de particule metalice care pot conduce la uzura excesivă a rotorului precum și la procese de coroziune. Mai mult, datorită utilizării titanatului de potasiu, în cantități apreciable în structura compozitului, acesta poate ridica numeroase probleme de siguranță și sănătate publică.

United States Patent no. 0059987 A1, (2013), descrie o metodă de funcționalizare a pulberilor sau a whiskersurilor pe bază de carbură de siliciu precum și a altor tipuri de whiskersuri anorganice, pentru a putea fi încorporate în matrici polimerice (fluoropolimeri, rășinile fenolice, poliesterii, poliuretani, poliiolefine, acilați, polieterimide, poliamide, eter polifenilene, poliketone alifatic, polisulfone, poliesterii aromatici, rășini de tip (novolac, siliconice, epoxidice). Aceste tipuri de particule sau whiskersuri funcționalizate cu organosilani, nu prezintă date asupra principalelor proprietăți pe care le induce carbura de siliciu și anume, rezistența la impact, încovoiere și termice. Mai mult decât atât, formarea legăturilor covalente, între matricea polimerică respectiv gruparea funcțională prezentă pe suprafața carburii de siliciu ca urmare a oxidării suprafeței, nu este dovedită printr-o metodă adecvată de caracterizare, de ex. FTIR.

European Patent no. 2662 401 A1 (2013), descrie un procedeu de obținere a materialelor nanocompozite polimerice utilizând ca fibre de armare whiskersuri pe bază de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ și cel puțin o matrice polimerică selectată din grupul constând din materiale termoplastice, prin metoda amestecării în topitură. Drept matrice polimerică în respectiva invenție s-a utilizat polietilena de înaltă densitate și poliamida 12 în care au fost introduse 10 wt% (procente masice) de whiskersuri pe bază de alumina funcționalizată la suprafață cu o soluție de silisol în apă (conținând 10-70% particule de silice). Fibrele tratate obținute au fost uscate într-o etuvă cu aer cald la temperatura de 80°C timp de 12 ore. Pentru ca astfel de materiale să poată fi utilizate în industria aeronautică, sunt necesare efectuarea și a altor teste precum: rezistența la șoc Izod și determinarea stabilității termice sub încărcare mecanică HDT Vicat.

Problema tehnică pe care o rezolvă prezenta invenție, constă în, realizarea unor materiale compozite hibride pe bază de polipropilenă, polipropilenă grefată cu anhidridă maleică armată cu whiskersuri pe bază carbură de siliciu și fibre de sticlă funcționalizate cu diclordimetilsilan, procesate pe un extruder-granulator dublu șnec și prelucrate în produse finite prin injecție sau prin formare în matrițe la temperaturi și presiuni controlate, care să îndeplinescă acele condiții necesare utilizării în aplicații industriale din domeniul auto și chimice precum: rezistență la tracțiune, încovoiere, alungire, modul, agenți chimici, stabilitate într-un domeniu larg de temperatură, densitate scăzută, contracție redusă la formare, stabilitate la acțiunea factorilor de mediu și la adsorbția de umiditate.

Încorporarea fibrelor anorganice în matrici polimerice, este cunoscută ca fiind o metodă eficientă de a obține materiale compozite cu proprietăți mecanice, chimice și termice îmbunătățite. Acest lucru este deosebit de important, în cazul utilizării acestor tipuri de materiale în aplicații ce implică condiții severe de operare. Mai mult decât atât, prin utilizarea a două tipuri de fibre de armare (cu forma fizică și compoziție chimică diferită) în matricea polimerică de polipropilenă, se va profita de sinergismul lor, în vederea obținerii de

proprietăți noi sau semnificativ îmbunătățite, pentru o aplicație specifică. Materialele compozite armate cu fibre pot să înlocuiască cu succes materialele tradiționale în numeroase aplicații ce implică rezistență, temperaturi de operare ridicate și greutate scăzută. Cu toate acestea, gradul de armare este puternic limitat de numeroși factori, precum, proprietățile componentelor individuale, raportul masic dintre faze, gradul de dispersare, legătura existentă la interfața agent de armare/matrice, forma și dimensiunea agentului de armare precum și proprietățile microstructurale (grad de omogenitate).

Carbura de siliciu (SiC) este un material semiconductor important format printr-o legătură covalentă între Si și C, cu rezistență mecanică, termică, stabilitate chimică și oxidativă în medii corozive ridicate.

O prima problemă care apare în realizarea unor astfel de compozite armate cu fibre anorganice, este dispersia lor uniformă în substratul de polimer urmată de îmbunătățirea interacțiunii la stratul de interfață faza dispersa/polimerică. Datorită diferențelor de solubilitate și polaritate dintre polipropilenă și fibrele anorganice, acestea necesită compatibilizare. O altă problemă secundară inevitabilă a procesului de producție a compozitelor armate cu fibre este conținutul mare de goluri (datorat prezenței sau eliberării moleculelor de apă de pe suprafața materialului dispers în timpul procesului de formare sau datorită incompatibilității dintre faze), deoarece acestea pot forma fisuri în timpul deformării, și reduce rezistența mecanică a compozitului. Un alt efect nedorit, frecvent apărut în cazul utilizării fibrelor ca agenți de armare, este reprezentată de aglomerarea lor, ceea ce conduce la scăderea rezistenței mecanice și a proprietăților de interes a compozitului, datorită creșterii dimensiunilor particulelor și a slabei rezistențe în sine a aglomeratelor. Restructurarea moleculară a matricii polimere, este un fenomen des întâlnit în cazul utilizării unor cantități ridicate de fibre în matrici polimerice, ceea ce se reflectă în creșterea vâscozității amestecului și implicit la temperaturi și eforturi de forfecare mari. Acești doi factori inițiază, procese de degradare în matrice, concretizate, în particular, într-o variație a distribuției maselor moleculare ale matricii în timpul procesului de formare. Copolimerii grefați ai polipropilenei, sunt utilizați pe scară largă ca și compatibilizatori în amestecurile compozite pe bază de polimeri termoplastici nepolari (PP) armate cu fibre. Îmbunătățirea compatibilității dintre faze poate fi realizată fie prin funcționalizarea suprafeței agentului de armare cu diferiți agenți chimici, fie prin adăugarea unui cantități scăzute de polimeri grefați sau prin combinarea ambelor metode. Raportul masic dintre faze este deosebit de important din punct de vedere al proprietăților mecanice și al proprietăților microstructurale.

Cu toate acestea, una dintre problemele principale rămase până în prezent, o constituie alegerea agenților de compatibilizare capabili să asigure atât formarea de legături chimice cu matricea polimerică cât și cu suprafața fibrelor anorganice. Acest lucru este foarte important, în cazul în care se dorește obținerea, de produse de înaltă calitate din compozitele armate cu fibre anorganice.

În prezenta invenție, s-a selectat ca matrice continuă termoplastică polipropilena datorită rezistenței la agenți chimici agresivi, uleiuri pentru motor și benzine, iar ca agent de compatibilizare polipropilena grefată cu anhidridă maleică (datorită proprietăților termomecanice, precum și a faptului că, optimizează adeziunea prin scăderea concentrărilor de tensiune la limita de separație dintre faze, ceea ce conduce la o mai bună dispersare și umectare a fibrelor anorganice) armate cu fibre de sticlă funcționalizate cu diclorodimetilsilan și whiskersuri pe bază de carbură de siliciu, pentru obținerea materialelor compozite cu proprietăți performante și anume: rezistența la tracțiune, încovoiere, temperatură, chimică, contracție și vâscozitate scăzută în timpul formării.

Mai mult decât atât, fibrele de sticlă, au fost funcționalizate cu diclorodimetilsilan, în scopul îmbunătățirii suplimentare a adeziunii dintre faze, creșterea hidrofobicității, îmbunătățirea umectabilității și implicit posibilitatea de a îngloba cantități mai ridicate de

fibre anorganice. De asemenea, funcționalizarea fibrelor de sticlă cu diclordinetilsilan crește suplimentar rezistența termică și chimică a compozitului.

Procedeele de obținere a materialelor compozite hibride cuprind, funcționalizarea fibrelor de sticlă cu diclordinetilsilan, tratamentul de preuscare la care sunt supuse whiskersurile din carbură de siliciu urmată de: dozare materii prime, obținere compozit hibrid prin extrudare, realizare epruvete prin metoda presării într-o matriță de formare în presa electrică cu platane, caracterizare fizico-mecanică, morfologică și structurală a produselor finite și ambalare.

Produsele finite obținute sunt sub formă de granule, cu proprietăți fizico-mecanice, termice și chimice performante, densități peste 1g/cm^3 , etc.

Produsele obținute conform invenției, elimină dezavantajele menționate, **prin aceea ca** sunt compozite polimerice hibride pe bază de polipropilenă compatibilizată cu polipropilenă grefată cu anhidridă maleică armată cu whiskersuri pe bază de carbură de siliciu și fibre de sticlă funcționalizate cu 5% diclordinetilsilan, prelucrabile în produse finite prin metoda formării în matriță, injecție și extrudare, cu aplicații în domeniul auto, chimic și a bunurilor de larg consum.

Datorită structurii whiskersurilor de carbură de siliciu de cristal aproape perfect precum și datorită introducerii în amestec a PP-g-AM și a diclordinetilsilanului pe suprafața fibrelor de sticlă, compozitele obținute sunt omogene și prezintă compatibilitate maximă la interfață ceea ce se reflectă în proprietățile finale determinate.

Datorită acestor agenți de compatibilizare și prezenței carburii de siliciu, aceste materiale compozite prezintă proprietăți fizico-mecanice, termice, structurale și morfologice superioare comparativ cu compozitele polimerice necompatibilizate și ranforsate cu umpluturi convenționale sau nanoparticule.

Prin aplicarea invenției se obțin următoarele avantaje competitive:

- Grad ridicat de întrepătrundere matrice polimerică/fază dispersă;
- Rezistență la tracțiune, sarcină la rupere, încovoiere, alungire la rupere și modul ridicat;
- Stabilitate termică sub sarcină ridicată;
- Densitate scăzută;
- Rezistență chimică;
- Con tracție la formare scăzută;
- Vâscozitate în topitură optimă;
- Tehnologie de obținere cu grad ridicat de productivitate și consum energetic scăzut.

Descrierea detaliată a invenției

În cele ce urmează, se prezintă un exemplu de obținere a materialului compozit hibrid pe bază de polipropilenă armată cu fibre de sticlă scurte funcționalizate și carbură de siliciu.

Exemplu

Se omogenizează pe un extruder granulator dublu șneccu cu corotație, prevăzut cu 2 guri de alimentare, 77-89 părți în greutate polipropilena homopolimer sau copolimer cu 1-3 părți în greutate polipropilenă grefată cu anhidridă maleică, 3-10 părți în greutate whiskersuri pe bază de carbură de siliciu ($L=18\mu\text{m}$, $d=1.5\mu\text{m}$) supuse procesului de preuscare într-o etuvă cu aer cald la temperatura de 80°C timp de 3 ore și 3-10 părți în greutate fibre de sticlă de tip E – borosilicatică ($L=4,5\text{ mm}$ și $d=13\mu\text{m}$) funcționalizată cu 5 părți în greutate diclordinetilsilan raportat la 100 g fibre la următorii parametri de omogenizare, pe cele 9 zone de operare ale extruderului-granulator: 135-139-159-190-173-159-154-150-145⁰ C, viteza de rotație a șneccurilor ~ 50-100 rpm, viteză dozator șneccu de alimentare: 8,2-10 rpm, presiune axială: 4,5-5,5 kN, presiune în topitură: 50-60 Bar, intensitate curent de alimentare: 24 A, urmată de extrudarea amestecului prin filiera sub formă de șnur, răcire într-o baie cu apă, uscare cu aer cald, granulare și ambalare. Fibrele de sticlă funcționalizate cu diclordinetilsilan, se introduc

prin gura de alimentare 2 al extruderului, situat în partea mediană a șnecului în vederea evitării deteriorării lor prin rupere.

Granulele obținute pe extruder-granulator sunt utilizate în fază inițială pentru determinarea indicilor de fluiditate precum și pentru realizarea epruvetelor pentru determinări fizico-mecanice (încovoiere, rezistență, modul, alungire, sarcină la rupere) și temperaturii de deformare sub sarcina HDT, prin presare într-o matriță de formare cu dimensiunea de 100x10x4 mm și la următorii parametri optimi stabiliți, în scopul evitării formării golurilor datorită utilizării unor temperaturi mult prea ridicate și anume, temperatura platanelor: 170-175⁰C, timp de prîncălzire: 10-15 min, timp de presare: 10-15 min, timp de răcire: 12-15 min, forța de presare: 150-300 kN. Epruvetele în urma testelor fizico-mecanice sunt supuse determinărilor morfologice (în fractură sau zona de rupere), stucturale și pentru determinarea stabilității termice prin DSC-TG.

Caracteristicile fizico-mecanice și termice determinate pentru compozitele hibride sunt următoarele: Duritate: 62 – 85⁰ShD; Rezistență la rupere: 19 – 70 N/mm²; Densitate: 0,69-1,4 g/cm², Rezistența la încovoiere: 34-76 MPa, Sarcina la rupere: 50-136 N, Modul Young: 1,6-4,7 GPa, Indici de fluiditate – MFR (175⁰C, forță de apăsare – 5 kg): 38-88 g-10 min, Stabilitatea termică sub încărcare mecanică - HDT: 67-180⁰C.

Spectroscopia FTIR evidențiază benzile caracteristice polipropilenei (2800-3000cm⁻¹) dar și a celorlalte componente carbură de siliciu (764-904cm⁻¹) și fibre de sticlă funcționalizate cu diclordimetilsilan (banda caracteristică acestora este de intensitate slabă în regiunea 1000-1100cm⁻¹, datorită unei bune adeziuni dintre faze – polipropilena practic încastrează fibrele de sticla). Buna adeziune dintre componente, este confirmată de asemenea prin SEM și prin imaginile de microscopie FTIR, și se observă depunerea unei cantități însemnate de agent de funcționalizare pe suprafața fibrelor de sticla, o buna întrepătrundere a fibrelor de sticlă cu matricea de polipropilenă, structura alungită a whiskersurilor pe bază de carbură de siliciu precum și o foarte bună omogenitate a amestecului.

Revendicări

1. Compozitele polimerice hibride realizate conform invenției **caracterizate prin aceea că** sunt pe bază de polipropilenă compatibilizată cu polipropilenă grefată cu anhidridă maleică armată cu whiskersuri pe bază de carbură de siliciu și fibre de sticlă funcționalizate cu 5% diclordimetilsilan, prelucrabile în produse finite prin metoda formării în matriță, injecție și extrudare, cu aplicații în domeniul auto, chimic și pentru palete pentru ventilatoare industriale, roți dințate etc., și reprezintă un amestec cu următoarea compoziție: 77-89 părți în greutate polipropilena homopolimer sau copolimer cu 1-3 părți în greutate polipropilenă grefată cu anhidridă maleică, 3-10 părți în greutate whiskersuri pe bază de carbură de siliciu ($L=18\mu\text{m}$, $d=1.5\mu\text{m}$) supuse procesului de preuscare într-o etuvă cu aer cald la temperatura de 80°C timp de 3 ore și 3-10 părți în greutate fibre de sticlă de tip E – borosilicatică ($L=4,5\text{ mm}$ și $d=13\mu\text{m}$) funcționalizate cu 5 părți în greutate diclordimetilsilan raportat la 100 g fibre.

2. Compozitele polimerice hibride conform revendicării 1, sunt **caracterizate prin aceea că**, se procesează pe un extruder granulator dublu șnec cu corotație, prevăzut cu 2 guri de alimentare la următorii parametri de omogenizare, pe cele 9 zone de operare ale extruderului-granulator: 135-139-159-190-173-159-154-150-145⁰C, viteza de rotație a șnecurilor ~ 50-100 rpm, viteză dozator șnec de alimentare: 8,2-10 rpm, presiune axială: 4,5-5,5 kN, presiune în topitură: 50-60 Bar, intensitate curent de alimentare: 24 A, urmată de extrudarea amestecului prin filiera extruderului sub formă de șnur, răcire într-o baie cu apă, uscare cu aer cald, granulare și ambalare. Fibrele de sticlă funcționalizate cu diclordimetilsilan, se introduc prin gura de alimentare 2 al extruderului, situat în partea mediană a șnecului în vederea evitării deteriorării lor prin rupere.