



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2021 00708

(22) Data de depozit: 24/11/2021

(41) Data publicării cererii:  
30/03/2022 BOPI nr. 3/2022

(71) Solicitant:  
• BUNCIANU DOREL,  
STR. JOHANN WOLFGANG GOETHE,  
NR.2, ET.1, AP.12, TIMIȘOARA, TM, RO

(72) Inventatori:  
• BUNCIANU DOREL,  
STR. JOHANN WOLFGANG GOETHE,  
NR.2, ET.1, AP.12, TIMIȘOARA, TM, RO

(54) IZOLATORI ELECTRICI DIN MATERIALE COMPOZITE  
ARMATE ȘI PROCEDURELE DE OBTINERE A ACESTORA

(57) Rezumat:

Invenția se referă la izolatori electrici realizați din materiale compozite armate, utilizați de la liniile de joasă tensiune până la liniile de înaltă tensiune ca izolatori de susținere, de tracțiune, de transfer sau cu altă destinație, și la un procedeu de obținere a acestora. Izolatorii electrici conform invenției sunt constituiți dintr-o tijă (2) de armare la capetele căreia se găsesc capetele (1) de fixare, iar pe corpul tijei (2) sunt amplasate niște rile (3), izolatorii fiind realizați dintr-un amestec conținând următoarele materiale exprimate în procente în greutate: 73% rășină poliesterică, 15% materiale naturale cum este metacaolinul, 8% etanol și 4% întăritor fluid metil - etil - cetonă peroxid. Procedeu conform invenției are următoarele etape:

a) rășina poliesterică fluidă se amestecă cu șarja de metacaolin care în prealabil a fost omogenizată prin malaxare la o turație de 60 rot/min și ținută timp de 72 ore la o temperatură de 100°C în vederea unei deshidratări complete,

b) obținerea amestecului prin adăugarea în rășina poliesterică unei cantități de 4% din întăritorul fluid metil - etil - cetonă și 8% etanol, care au fost malaxate manual timp de 2 minute și adăugarea progresivă a materialului de adaos la temperatură ambientă,

c) turnarea materialului în matrițe se realizează pe o placă vibrantă de 70 Hz - 0, 8 mm amplitudine, timp de 10 minute, pentru eliminarea aerului rezidual din izolatori, urmată de polimerizare la temperatura constantă de 22°C, proporția de metacaolin introdusă ca șarjă de material fiind calculată la o densitate de 2,59 g.cm<sup>-3</sup>, iar după 72 ore de la turnarea materialului în matriță, când materialul va ajunge la o densitate de 1,16 g.cm<sup>-3</sup>, se va realiza demularea izolatorului.

Revendicări: 2

Figuri: 2

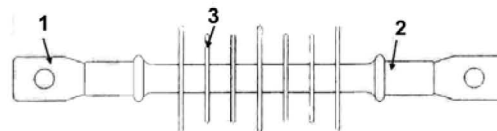


Fig. 1

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).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI Cerere de brevet de invenție Nr. ... a 20 07 08 Data depozit ... 2.4.11.2021...
---

10

## IZOLATORI ELECTRICI DIN MATERIALE COMPOZITE ARMATE ȘI PROCEDUL DE OBTINERE A ACESTORA

### 1. Introducere

Izolatorii electrici se utilizează pe scară largă, de la linii de joasă tensiune, până la linii de înaltă tensiune, iar domeniul de aplicare este unul extrem de variat fiind izolatori de susținere, de tracțiune, de transfer, etc...

Câteva materiale izolante din punct de vedere electric au acaparat practic piața izolatoarelor electrice, iar printre cele mai folosite în acest moment ca fiind porțelanul și sticla.

Evident, materialele electroizolante sunt numeroase, pentru fiecare utilizare punctuală studiindu-se care sunt cele mai optime pentru aplicațiile pentru care au fost selectate.

În contextul prezentat, tema tratată în cadrul acestui brevet este de actualitate și se justifică prin:

- Necesitatea producerii de noi materiale din care să se poată realiza izolatori electrici cu calități superioare electrice și mecanice;
- Obligativitatea reducerii gradului de poluare, foarte ridicat la nivel global, cu consecințe grave asupra umanității, florei, faunei și a echilibrului climatic prin utilizarea unor materiale prietenoase cu mediul înconjurător și care necesită un procedeu de fabricație cu costuri cât mai reduse.

### 2. Materialul compozit pentru realizarea izolatoarelor electrice.

Obținerea unui material compozit optim pentru realizarea izolatoarelor electrice s-a bazat pe studiul unui material compozit pe bază de rășină poliestică încărcată cu diferite șarje minerale de structuri, procentaje și dimensiuni diferite pentru realizarea unor izolatoare electrice destinate aplicațiilor industriale la liniile de medie și înaltă tensiune.

Invenția se referă la un material de turnare pe baza de rășină poliestică pentru izolatoare electrice și la procedeu de obținere al acestora. Materialul utilizat la fabricarea izolatoarelor electrice suport linie, port perie și întrebuințat pentru alte izolații în industria electrotehnică.

Se cunosc procedee și materiale de tip epoxidic cu întărire la cald, având la baza întăritori extrem de toxici pe baza de anhidrida ftalică dar și alte aplicații ce au la baza utilizarea rășini epoxidice și utilizarea unor întăritori pe baza de trietilentetramina, dar care depășesc cu mult

normele actuale de poluare a mediului impuse de Uniunea Europeană.

Procedeul de obținere a materialului de turnare, conform invenției, înlătură dezavantajele prezentate mai sus prin aceea că rășina poliesterică fluidă se amestecă cu umplutura de metacaolin, care în principiu a fost prelucrată mecanic deoarece dimensiunea medie a particulelor de argilă brută este de aproximativ  $15\mu\text{m}$  după realizarea procesului de măcinare grosieră. Adăugarea apei și utilizarea unei centrifuge cu bile ceramice pentru o perioadă de 5 ore, la o viteză de 60 rpm a fost utilizată în vederea diminuării granulometriei particulelor. Granulometria particulelor de argilă a fost determinată utilizând metoda laser a echipamentului Mastersizer 2000, (Malvern). În urma testelor realizate se observă o simetrică repartiție, bimodală în deosebi în jurul unui diametru echivalent de aproximativ 200nm.

Suspensia de argilă este în final introdusă într-un cuptor presetat la o temperatură de  $100^{\circ}\text{C}$ , pentru o perioadă de 72 de ore în vederea eliminării umidității și eliminarea aglomerărilor de material.

Materialul de adaos este utilizat în procent de 15% în amestecul rășină-umplură este introdus progresiv în timpul amestecului realizat în baia ultrasonora (Branson 2510). Materialul obținut a fost turnat în mulajele de aluminiu, pregătite în prealabil prin amorsarea suprafețelor cu spray siliconic în vederea reducerii aderenței materialului. Matrita fiind amplasată pe o masă vibranta setată la o frecvență de 70 Hz – 0.8 mm, în amplitudine pentru o perioadă de 10 minute.

Demularea izolatoarelor obținute se realizează după o perioadă de 72 ore de la finalizarea procesului de turnare.

## 2.1. Rășină Poliesterică

Rășina poliesterică nesaturată 2S furnizată de compania PRESI, Franța, este utilizată în acest studiu. Structura chimică exactă este necunoscută însă este o rășină poliesterică tipică, prezintă grupări de esteri CO-C-C și șituri reactive pe baza de carbon  $\text{C}^* = \text{C}^*$  în cadrul lanțului molecular.

Datorită proprietăților excelente de izolare electrică, a ușurinței în prelucrare, rășina termorezistentă este utilizată în multe aplicații cum ar fi: dispozitivele electrice, panouri utilizate în construcții sau în industria aero-nautică.

Datorită vâscozității remarcabil de scăzute în stadiul incipient al preparării, se poate obține o bună umectibilitate cu particule de materii prime sub formă de materiale naturale. În consecință, concentrația bulelor de aer înglobate în timpul etapei de procesare scade semnificativ. În plus, prezintă multe alte calități, cum ar fi o aderență excelentă și o contracție

scăzută, în timpul procesului de reticulare.

Methyl-etil-cetona peroxid și etanol a fost de asemenea introduse în amestec pentru **a)** activarea polimerizării și **b)** reducerea și mai mult a vâscozității.

## 2.2. Materii prime minerale

Argila este materialul secundar utilizat în faza de dispersare în matricea rășinii și este un material mineral natural (caolin BIP, Imersys, Franta).

Prezența în proporții ridicate a oxizilor și compoziția chimică a fost determinată utilizând ICP (Inducted Coupled Plasma). În urma determinării compoziției chimice se identifică prezența oxidului de fier în cantități reduse (0.26%), ceea ce dă o nuanță roză argilei.

Dimensiunea medie a particulelor de argilă brută este de aproximativ 15 $\mu$ m, după realizarea procesului de măcinare grosieră. Adăugarea apei și utilizarea unei centrifuge cu bile pentru o perioadă de 5 ore la o viteză de 60rpm, a fost utilizată în vederea diminuării granulometriei particulelor. Granulometria particulelor de argilă a fost determinată utilizând metoda laser a echipamentului Mastersizer 2000, (Malvern).

După respectarea protocolului de macinare, în urma testelor realizate se observă o simetrică repartiție, bimodală în deosebi în jurul unui diametru echivalent de aproximativ **200 nm**.

Suspensia de argilă este în final introdusă într-un cuptor la o temperatură de 100°C, pentru o perioadă de 72 ore, în vederea eliminării umidității și eliminarea aglomerărilor de material.

După efectuarea unui studiu asupra epruvetelor de încercare ce conțin șarje de material și cele fără șarjă de material s-a remarcat că odată cu introducerea unui procentaj de șarjă controlat obținem o creștere a forței de tracțiune, a modulului de elasticitate, diminuare a alungirii acestor materiale și o îmbunătățire semnificativă a proprietăților electrice.

În Fig.1, atașată în anexă, este prezentată o mostră de caolin care a fost supusă unui tratament termic la diferite temperaturi pentru obținerea metacaolinului. Imaginile prelevate cu ajutorul MEB (Microscop Electronic de Baleiaj) pentru a observa evoluția microstructurii materialului (2).

### 2.1.1. Comportamentul izolatorului în câmp termic

În funcție de temperatura de coacere, microstructura șarjelor de metacaolin și concentrația introdusă, duce la o conductivitate termică și electrică scăzută. Simularea numerică

realizată cu ajutorul programului ABAQUS și OOF2, ne permit observarea fluxului de căldură prin materialul obținut, (Fig.2).

Rezultatele astfel obținute au permis scoaterea în evidență a impactului metacaolinului, dimensiunile particulelor și procentajul de șarjă introdus, asupra proprietăților mecanice și electrice ale rășinilor încărcate. Pentru alegerea procentajului optim de metacaolin, s-au făcut câte 5 teste pentru fiecare procentaj de șarjă, 0% , 5%, 10%, 15%, 20% adăugat.

Protocolul de realizare a testelor a fost respectat pentru toate epruvetele supuse testării, astfel încât rezultatele afișate exprima media rezultatelor pentru procentul de șarjă selectat [2].

### **2.1.2. Comportamentul izolatorului în câmp electric**

Rezistivitatea electrica înregistrează valori diferite in funcție de concentrațiile de material introduse sub forma e șarjă.

Realizarea testelor epruvetelor in câmp electric se realizează pe un număr de 5 probe pentru fiecare procentaj de material de adaos.

Rezultatele încercărilor in câmp electric a materialului folosit in fabricarea izolatoarelor electrice sunt prezentate in articolul publicat conform referințelor bibliografice 4, (fig. 3).

### **2.1.3. Comportamentul izolatorului la încercările mecanice.**

Încercarea cea mai folosita pentru determinarea comportamentului mecanic al unui material este încercarea de tracțiune, însă pentru a realiza un studiu complet, am realizat si studiul comportamentului materialului la testele de impact si de încovoiere.

#### **2.1.3.1. Încercarea la tracțiune**

Încercarea cea mai folosita pentru determinarea comportamentului mecanic al unui material este încercarea de tracțiune. Aceasta încercare este realizata prin introducerea unei epruvete de dimensiuni standard într-o mașină de tracțiune universală (Fig. 6).

Încercările de tracțiune au fost efectuate cu ajutorul unei mașini universale de tip LLOYD EZ20 echipată cu un captor de forță de 5KN și un extensometru. O viteză de deplasare de 2mm/min este aplicată pentru toate probele supuse testării. Aceste încercări au fost efectuate la temperatura mediului ambiant.

Proprietățile mecanice sunt calculate folosind relațiile următoare:

- solicitarea axiala  $\sigma$  a epruvetei este obținută prin împărțirea forței axiale la secțiunea epruvetei măsurată înainte de efectuarea încercării.

$$\bar{\sigma} = F/S_0$$

- modulul Young este calculat prin împărțirea forței axiale la deformarea obținută la rupere.

$$E = \bar{\sigma}/\varepsilon$$

- forța la rupere este de obicei identificată ca și tensiunea maximă înregistrată pe toată durata încercării (1),(2),(4),

### 2.1.3.2. Încercarea la impact/soc

Testul de impact poate fi definit ca o sarcină în care o forță acționează asupra unui element de suprafață pentru un timp relativ scurt. Aceasta solicitare induce deformații elastice și plastice în materialul testat, de asemenea și fenomene de rupere care pot ajunge până la forfecarea acestuia. Caracteristicile de impact pot fi foarte variate. Fiecare tip de soc poate fi caracterizat prin evoluția forței aplicate în funcție de timp care depinde uneori de masă și de viteza impactorului, de răspunsul țintei și a suprafeței de contact (geometria impactorului). Evoluția răspunsului la impact a unui material compozit ne ajută în luarea unei decizii și în stabilirea aplicațiilor în care poate fi utilizat. Există trei criterii de care trebuie ținut cont :

- rezistența
- toleranta la impact
- absorbția de energie a structurii

În primul caz vom încerca să determinăm energia necesară apariției unei deformări a suprafeței **E<sub>c</sub>** (energie critică) dar și energia de perforare **E<sub>p</sub>**. Dacă valoarea acestei energii este foarte mare, considerăm că materialul este rezistent. Pe parcursul încercărilor se observă că structura poate suporta șocuri repetitive, de energie inferioară celei critice **E<sub>c</sub>**, care pot da naștere unor deformări invizibile. Pentru acest lucru este necesar să cunoaștem evoluția proprietăților mecanice post-impact, pe care le vom numi toleranțe la impact.

Dispozitivele de încercare la impact cum masă prin cădere sunt prezente în literatura de specialitate. Încercarea la impact cum masă prin cădere este în general instrumentată folosind un traductor de forță și un detector de mișcare (fotocelule). Acestea permit obținerea variației forței în funcție de timp. În majoritatea încercărilor este utilizat un impactor de formă emisferică, dar este posibilă utilizarea unui impactor de formă cilindrică sau alte forme.(8). Reprezintă o încercare la impact cum masă prin cădere.

Aceste încercări pot fi uneori supuse eșecului dacă în corpul epruvetei de încercări avem fisuri care nu sunt vizibile. Energia de impact poate fi modulată în lucru dacă înălțimea de cădere este

variabila si masa constanta, sau masa variabila si înălțimea de contact constanta. Aceste ultime condiții sunt preferate în măsura în care viteza de impact este menținută constantă.

Mașina de încercare la impact pendulara CEAST se bazează pe o robusta si ergonomica structura de metal, care cuprinde toate componentele necesare încercărilor : ciocane, fălci si suport de prindere. Pendula cuprinde un port pentru conectarea directa la o rețea locala, calculator sau la un USB pentru stocarea rezultatelor. Viteza este măsurată electronic cu ajutorul unui cititor magnetic.

Noi spunem ca in caz de cădere liberă, viteza și energia de impact poate fi calculată în funcție de masa și de înălțimea de cădere conform relației următoare :

$$E_{imp} = m \cdot g \cdot h = 1/2 mV^2$$

unde  $m$  este masa încărcăturii,  $g$ - accelerația gravitațională si  $h$  – distanța între impactor în repaus si țintă iar  $V$  – viteza de impact (2), (4).

### 2.1.3.3. Încercarea la încovoiere

Încercările de flexiune în trei sau patru puncte sunt încercări mecanice care permit caracterizarea comportamentului materialelor studiate. Rolul acestor încercări este de a determina capacitatea de deformare a unui material sprijinit pe doi suportți si aplicarea unei forte la distanta mica de acești suportți.

Încercările de flexiune au sunt realizate cu ajutorul unei mașini universale LLOYD EZ20 dotata cu un captor de forță de 5 kN care este asistata de un calculator echipat cu un program de traducere a valorilor.

Rezultatul acestei caracteristici este prezentat in figura 9, unde, din aliara curbei forță-deplasare deducem ca forță variază în prima parte într-o maniera liniara (comportament elastic), înainte de schimbarea aliorii (comportament plastic) pana la valoarea maximala când intervine și ruperea acesteia. (1), (2), (4).

Aceasta încercare este realizata prin introducerea epruvetelor de dimensiuni standard în mașina de tracțiune universală (fig.9).

Pentru șarjele de metacaolin am ajuns la concluzia că o dimensiune a particulei foarte fină determină o bună dispersie în matrice, ce are ca rezultat o îmbunătățire a proprietăților mecanice și în procentaje scăzute de șarjă.

Pe măsură ce mărimea particulelor crește, acestea afectează negativ dispersia șarjelor, ducând la formarea unor aglomeranți de material și la obținerea unor rezultate mecanice

nesatisfăcătoare.

Introducerea unui volum de șarjă de 15 % volumice de pudră de metacaolin duce la obținerea valorilor maxime a performanțelor materialului compozit, ceea ce arată că acest procentaj este cantitatea optimă de șarjă introdusă în material.

### **3. Realizarea izolatoarelor electrice din material compozit obținut.**

Utilizarea concretă a materialului obținut și punerea în aplicare a acestuia în industrie a fost fabricarea unui izolator electric din materialul compozit determinat prin studii de laborator și realizarea testelor mecanice și fizice. Pentru a realiza acest deziderat a fost necesară respectarea pașilor de fabricație.

Izolatorii electrice confecționate din materiale compozite prezintă, față de porțelan sau sticlă, o serie de avantaje legate de prelucrabilitate, în vederea realizării unor forme constructive complexe, greutatea redusă și o posibilitate mai facilă de prindere a armăturilor.

Realizarea acestor izolatoare a fost efectuată în trei etape, și anume:

- realizarea matriței necesare turnării materialului compozit;
- introducerea tije în matriță și turnarea materialului compozit;
- demularea izolatorului electric.

Materialele de bază utilizate pentru fabricarea izolatorului electric sunt următoarele:

- Rășină poliestică 2S-PROXI;
- Șarjă de material în procentaj masic de 15% (metacaolin);
- Silicon de amorsare PROXI.

După realizarea amestecului între rășină poliestică și pudră de material în proporție de 15 % din masa materialului și introducerea agentului de întărire, a urmat turnarea acestuia în matriță pregătită de turnare (4).

Înainte de efectuarea turnării se face amorsarea matriței cu silicon, pentru evitarea lipirii materialului compozit de matriță.

După efectuarea turnării materialului compozit în matriță aceasta s-a plasat la uscat o perioadă de minim 72 ore, urmând a se face demularea acestuia.

Datorită greutății mici și a suprafeței reduse pe care izolatorul o opune vântului, scade sarcina de calcul pentru dimensionarea stâlpilor, iar masa redusă a izolatoarelor facilitează operațiile de montaj.



#### 4. Concluzii

Pentru realizarea unui material compozit care să dețină proprietăți mecanice și electrice și să îndeplinească condițiile realizării izolatoarelor electrice au fost necesari mai mulți ani de studiu și cercetări.

Adăugarea de materiale pe baza de argila duce la o diminuare a costurilor de fabricație și la o încurajare în vederea utilizării materialelor naturale în vederea protejării mediului înconjurător. Mai mult decât atât, odată cu introducerea unor șarje de materiale naturale într-o concentrație optimă duce la îmbunătățirea caracteristicilor mecanice și electrice.

Validarea rezultatelor și argumentarea concluziilor sunt realizate prin publicarea numeroaselor articole în jurnale de specialitate recunoscute la nivel internațional. Rezultatele favorabile obținute în urma testelor realizate, au dus la încurajarea realizării acestor tip de izolatoare.

Prin acest brevet se înregistrează un produs ce are calități mecanice și electrice superioare materialelor existente pe piață în momentul acesta și cu un preț de cost al fabricării lor extrem de scăzut.

#### BIBLIOGRAFIE

1. Buncianu, D., *Influenta proceselor industriale de fabricare a materialelor pe bază de caolin asupra proprietăților mecanice și electrice, în relație cu microstructura acestora. Teză de doctorat, Universitatea Politehnica Timișoara.*
2. Buncianu, D., Tessier-Doyen, N., Courreges, F., Absi, J., *Effect of thermal treatment of a clay-based raw material on porosity and thermal conductivity: experimental approach, image processing and numerical simulation.* European Journal of Environmental and Civil Engineering, 2016.
3. Buncianu, D., Jădăneanț, M., *Influenta interfeței șarjă/matrice asupra proprietăților mecanice ale materialelor compozite.* Știință și Inginerie vol. XXIX, Editura AGIR, 2016, pag. 551/558.
4. Dorel Buncianu, Nicolas Tessier-Doyen, Fabien Courrèges, Joseph Absi, Pascal Marchet, et al. *"Mechanical and electrical properties of a polyester resin reinforced with clay-based fillers."* November 2016 Journal of Mechanical Science and Technology 31(3):1151-1156

## Revendicări

1. **Izolatori electrici** din materiale compozite armate, caracterizați prin aceea ca materialele utilizate îndeplinesc condițiile realizării izolatoarelor electrice și este constituit dintr-o tija 2 de armare la capetele căreia se găsesc capetele 1 de fixare și rielele 3, izolatoarii fiind constituiți dintr-un amestec conținând 100% părți în greutate din cu următoarele părți constitutive: 73% rășină poliesterică, 15% materiale naturale cum este metacaolinul, metacaolin, 8% etanol și 4% întăritor fluid metil-etil cetonă peroxid.

2. Procedul pentru obținerea izolatoarelor electrice, este caracterizat prin aceea că:

a) rășina poliesterică fluidă se amestecă cu șarja de metacaolin care în prealabil a fost omogenizată prin malaxare la o turație de 60 rot/min, ținută la o temperatură de 100°C timp de 72 ore, în vederea unei deshidratării complete.

b) amestecul a fost realizat prin adăugarea în rășina poliesterică a întăritorului fluid metil-etil-cetona 4% și etanol 8%, care au fost malaxate manual pentru o perioadă de aproximativ 2 min. și adăugarea progresivă a materialului de adaos la temperatura ambientală.

c) turnarea în matrițe se realizează pe o placă vibranta (70Hz – 0.8mm, amplitudine – 10 min), pentru eliminarea aerului rezidual din izolatoare, iar polimerizarea a fost realizată la temperatura ambientală constantă de aproximativ 22°C. Proporția de metacaolin introdusă ca șarjă de material a fost calculată la o densitate de 2.59 g.cm<sup>-3</sup>, iar pentru o mostră de rășină după 72 de ore de polimerizare la o densitate de 1.16 g.cm<sup>-3</sup>, acceptând ca celelalte particule de material nu au efect asupra polimerizării.

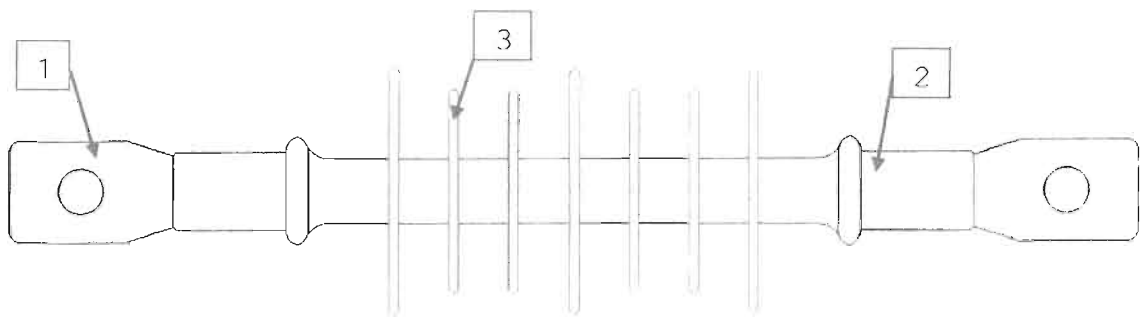


Figura 1.

## Părțile componente

- 1- Cap armare.
- 2- Tija armare.
- 3- Rile.

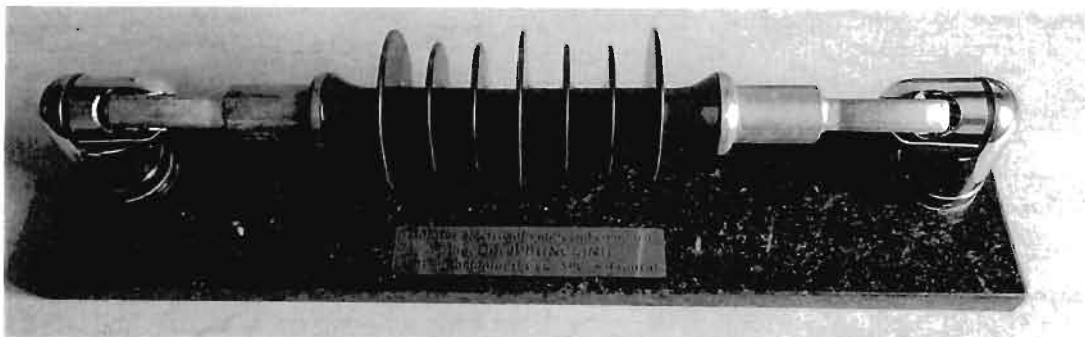


Figura 2. Izolator electric din material compozit.