



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00938

(22) Data de depozit: 15/11/2017

(41) Data publicării cererii:  
30/05/2019 BOPI nr. 5/2019

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
OPTOELECTRONICĂ - INOE 2000,  
STR.ATOMIȘTILOR NR.409, MĂGURELE,  
IF, RO

(72) Inventatori:  
• CHELMUȘ IULIAN ALEXANDRU,  
STR.BRĂILEI NR.49, BL.49, SC.1, ET.4,  
AP.14, FOȘANI, VN, RO;  
• RĂDVAN ROXANA,  
STR.CPT.NICOLAE LICĂREȚ NR.4, BL.51,  
SC.1, AP.9, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;  
• GHERVASE LUMINIȚA, STR. BUJORILOR  
NR. 3, BL. B20, SC. 1, AP. 3, MĂGURELE,  
IF, RO

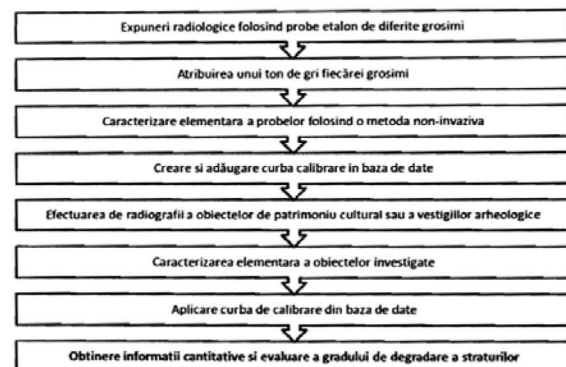
(54) **PROCEDEU DE DETERMINARE A GROSIMII  
ȘI DE EVALUARE A GRADULUI DE DEGRADARE  
A STRATURILOR PRIN CORBORAREA ANALIZEI  
IMAGISTICE CU RAZE X ȘI A SPECTROSCOPIEI  
DE FLUORESCENȚĂ CU RAZE X**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de determinare a grosimii și de evaluare a gradului de degradare a obiectelor arheologice sau de patrimoniu cultural, din radiografii. Procedeu conform invenției are la bază utilizarea a două tehnici nedistructive, și anume: imagistica cu raze X și spectroscopia de fluorescență cu raze X, și observația că tonurile de gri obținute în radiografiile sunt influențate de parametri de achiziție, tipul materialului investigat și grosimea acestuia, astfel încât, folosind parametri ficși de expunere pe probe cu compoziție cunoscută, se poate obține o corelare între grosimea probei și valoarea tonului de gri. Procedeu conform invenției constă într-o etapă de expuneri radiologice folosind probe etalon de diferite grosimi, obținându-se curbe de calibrare pentru diferite materiale, la diferite grosimi și parametri de achiziție, urmată de o etapă de atribuire a unui ton de gri fiecărei grosimi și de adăugare a curbelor de calibrare într-o bază de date, după care se efectuează radiografiile ale unui obiect de investigat, se caracterizează elementar obiectul astfel încât să fie identificat materialul din care acesta este constituit, se aplică o curbă de calibrare din baza de date, selectată în funcție de materialul din care

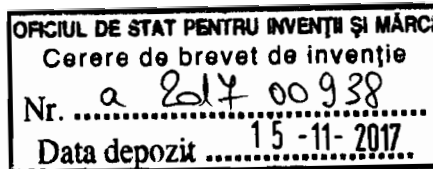
este alcătuit obiectul și de parametri de achiziție utilizați, și se obțin informații privind grosimea și gradul de degradare a straturilor prin compararea tonului de gri din radiografie cu cel din curba de calibrare.

Revendicări: 1  
Figuri: 1



Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, 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).





**Titlu:** Procedeu de determinare a grosimii și de evaluare a gradului de degradare a straturilor prin coroborarea analizei imagistice cu raze X și a spectroscopiei de fluorescență cu raze X

**Domeniu tehnic:** Radiologie, Spectroscopie

**Stadiul tehnicii:**

Sunt cunoscute și există referințe despre utilizarea razelor X pentru investigarea obiectelor de patrimoniu cultural și al artefactelor arheologice. Aceste tehnici sunt unanim acceptate de către conservatori și restauratori datorită caracterului lor non-invaziv și non-contact, aspecte ce exclud riscul de a degrada obiectul investigat pe durata achiziției datelor. Imagistica cu raze X oferă informații privind starea de conservare, intervenții de restaurare sau identificarea de obiecte/straturi acoperite de un alt material. Prin spectroscopie de fluorescență cu raze X (XRF) se poate afla compoziția materialului[14], în special fiind determinată prezența componentelor anorganice.

Obținerea de informații cantitative în urma expunerilor radiologice este posibilă în cazul utilizării unui computer tomograf, această metodă fiind folosită în special în domeniul medical. Computerele tomograf datorită construcției lor și a modului de funcționare permit achiziționarea unor „felii” în secțiune a obiectelor de interes, putând crea modele 3D de acuratețe ridicată, lucru ce facilitează obținerea unor informații cantitative. În cazul imagisticii 2D cu raze X nu se găsesc prezentate în literatura exemple de obținerea a grosimii unor obiecte pe baza tonurilor de gri din radiografii. La nivel internațional în domeniul patrimoniului cultural și arheologie se dorește aflarea a cât mai multor informații prin tehnici non-invazive, lucru facilitat de prezentul procedeu.

**Dezavantajul principale al tehnicii de investigare folosind imagistica cu raze X așa cum a fost utilizată până acum** este obținerea doar a unor informații calitative privind obiectul investigat, deși este posibilă și obținerea informațiilor cantitative prin efectuarea unei baze de date etalon cu ajutorul căreia tonurile de gri să fie convertite în grosimi. De asemenea, procedeu propus permite evaluarea stării de degradare a straturilor prin comparare tonurilor de gri obținute în urma investigațiilor cu tonuri de gri etalon.

**Problema tehnica** pe care o rezolva invenția este modalitatea de obținerea, în plus față de clasicele informații calitative din radiografii, a unor informațiilor cantitative, pe baza tonurilor de gri. Mai mult, aceste informații pot fi obținute prin metode non-invazive.

**Expunerea invenției:**

Invenția se referă la un procedeu non-invaziv de obținere a informațiilor cantitative (grosime) a unor obiecte arheologice sau de patrimoniu cultural din radiografii. Spre exemplu, acest procedeu poate fi folosit cu succes în cazul unui obiect arheologic, pentru a aproxima cea de a treia dimensiunea a acestuia (grosimea), fără a fi necesară curățarea acestuia, lucru ce reduce riscul de degradare al obiectului investigat. Acest procedeu este constituit din mai multe etape și are la bază utilizarea a doua tehnici ne-distructive, anume Imagistica cu raze X și Spectroscopie de fluorescență cu raze X (XRF).

Tonurile de gri obținute în radiografii sunt influențate de parametrii de achiziție, tipul materialului investigat și grosimea acestuia. Având în vedere repetabilitatea analizelor de imagistica cu raze X, folosind parametrii ficși de expunere pe probe de constituția cunoscută o corelare între grosimea probei și valoarea tonului de gri poate fi obținută. Făcând

astfel de măsurători folosind aceeași parametri pe probe etalon de diferite grosimi, o curbă de calibrare poate fi obținută. Fiecărei grosimi îi este atribuită o nuanță de gri din radiografie. Repetând astfel de expuneri la diferiți parametri și probe din diferite materiale întâlnite în domeniul patrimoniului cultural, o bază de date conținând curbe de calibrare poate fi creată. Această bază de date poate fi folosită pentru a obține informații cantitative din radiografii, prin calibrarea radiologilor.

În continuare sunt prezentate detaliate etapele de realizare ale acestui procedeu, etape prezentate și în Figura 1.

### **1. Expuneri radiologice folosind probe etalon de diferite grosimi**

Achiziția datelor se va face pe filme digitale reutilizabile ce asigură o rezoluție mare a imaginilor obținute. Pentru a putea crea curbe de calibrare sunt utilizate probe de referință din aceeași material, dar de grosimi diferite. Parametrii de achiziție ce pot fi schimbați în cazul generatoarelor de raze X sunt tensiunea, curentul tubului și timpul de expunere, însă o curbă de calibrare trebuie formată prin utilizarea aceluiași parametri. După efectuarea radiografiilor pentru toate probele la anumiți parametri, se poate face un alt set de expuneri la alți parametri astfel obținându-se curbe de calibrare pentru un material la diferiți parametri.

### **2. Atribuirea unui ton de gri fiecărei grosimi**

Radiografiile obținute în urma expunerilor cu raze X sunt scanate digital fără a fi procesate, lucru ce permite procesarea datelor brute utilizând programe specializate, fără a fi afectate tonurile de gri. Utilizând un program de procesare a imaginilor valoarea tonului de gri din radiografie poate fi măsurată, selectând o zonă de aceeași dimensiune pentru fiecare probă, situată în centrul probei pentru a evita erorile ce pot apărea datorită fenomenului de penumbră. Nuanță de gri fiind influențată de grosimea materialului, vor fi observate atâtea tonuri de gri câte probe. Culoarea gri poate varia de la 0 până la 255, putând fi identificată o variație de ordinul sutimilor în cazul utilizării oricărui program de procesare de imagini. Cunoșcând grosimea probei pentru care se măsoară tonul de gri, tonului de gri obținut i se atribuie grosimea respectivă.

### **3. Caracterizare elementară a probelor folosind o metodă non-invazivă**

Folosind o metodă non-invazivă de caracterizare elementară, precum Spectroscopie de fluorescență de raze X, materialul constituent al probei poate fi identificat fără a se degrada. Această informație va fi trecută în detaliile curbei de calibrare, asigurând astfel selectarea curbei potrivite pentru a face conversia tonurilor de gri din radiografie în grosime.

### **4. Creare și adăugare curba calibrare în baza de date**

Având dependența dintre tonurile de gri și grosimea probelor utilizate, o curbă de calibrare poate fi construită, precizia acesteia fiind influențată de numărul de puncte disponibile (grosimi disponibile ale probelor). La adăugarea curbei în baza de date, tipul materialului și parametrii utilizați la expunerea cu raze X trebuie atribuiți acesteia, pentru a putea fi folosită fără erori. Curbă de calibrare poate fi folosită doar pentru materialul și parametrii pentru care a fost creată. Spre exemplu, în cazul unei curbe de calibrare obținute pe probe din bronz de diferite grosimi expuse la o tensiune de 80 kV, o intensitate a curentului de 5mA și o durată de expunere de 30 secunde, aceasta poate fi folosită doar pentru obiecte de patrimoniu din

bronz investigate prin imagistica cu raze X la parametri specificați. Baza de date poate fi completată continuu cu diferite materiale (lemn, bronz, argint, fier, pământ, etc. ) sau folosind combinații de materiale ce pot fi întâlnite în patrimoniu cultural și arheologie.

#### **5. Efectuarea de radiografii a obiectelor de patrimoniu cultural sau a vestigiilor arheologice**

Folosind parametri potriviți în funcție de cazuistica se vor obține radiografiile digitale ale obiectului de patrimoniu cultural sau a vestigiului arheologic. Acestea vor fi scanate digital, ca și în cazul radiografiilor efectuate pe probele etalon, nu vor fi utilizate filtre pentru a nu fi modificate tonurile de gri.

#### **6. Caracterizarea elementară a obiectelor investigate**

După obținerea radiografiilor digitale se vor efectua și investigații folosind spectroscopie de fluorescență cu raze X (XRF) ale obiectului de patrimoniu sau artefactului arheologic, astfel fiind identificat materialul constituent al obiectului de interes. Această etapă este necesară pentru a putea alege din baza de date curba de calibrare potrivită în funcție de material.

#### **7. Aplicare curbă de calibrare din baza de date**

Radiografia digitală obținută în urma expunerii obiectului la raze X va fi procesată prin folosirea unei curbe de calibrare în vederea obținerii informațiilor cantitative. Această etapă este îndeplinită prin utilizarea unui program de procesare a imaginilor. Curba este selectată din baza de date în funcție de materialul din care este alcătuit obiectul investigat și ai parametrilor de achiziție utilizați. Calibrarea făcută astfel va atribui fiecărei nuanțe de gri o grosime. Alegerea unei curbe de calibrare nepotrivite va duce la obținerea unor informații eronate, de aceea este importantă coroborarea datelor obținute prin imagistica cu raze X cu a celor obținute prin spectroscopie de fluorescență cu raze X.

#### **8. Obținere informații cantitative și evaluare a gradului de degradare a straturilor**

După calibrarea radiografiei/radiografiilor ale obiectului de interes, în programul de procesare al imaginilor utilizat, prin selectarea unui punct va fi afișată grosimea acelei zone pe baza tonului de gri. De asemenea, acest procedeu poate fi folosit pentru a evalua gradul de degradare, însă este necesară cunoașterea grosimii obiectului investigat. Obținerea unei astfel de informații presupune compararea valorii tonului de gri obținut în radiografie cu a celui din curba de calibrare aferent grosimii obiectului, o diferență între cele două valori indicând degradări.

#### **Prezentarea avantajelor:**

Un prim avantaj al acestui procedeu este faptul că implică utilizarea unor tehnici nedistructive pentru efectuarea investigațiilor. Radiația X utilizată nu pune în pericol integritatea fizică, cromatică sau compoziția chimică a obiectului.

Un alt avantaj îl reprezintă faptul că prin coroborarea celor două tehnici de investigare pot fi identificate informații cantitative și calitative privind vestigiile arheologice și obiectele de patrimoniu cultural. De asemenea, prin compararea cu valorile etalon se poate evalua gradul de degradare al straturilor.

Încă un avantaj, îl reprezintă efectuarea unui baze de date complexe, ce poate fi actualizată în funcție de necesități, respectiv diverse materiale sau parametri de achiziție.

Aplicarea acestui procedeu nu induce efecte secundare asupra suprafeței investigate.

**Revendicare:**

Procedeu de aflare a informațiilor cantitative și evaluare a gradului de degradare din radiografii digitale cu aplicații în patrimoniul cultural și arheologie **caracterizat prin aceea că** permite conversia diferitelor tonuri de gri în grosime prin utilizarea unei baze de date. Aceste investigații nu afectează starea de conservare a obiectelor investigate datorită caracterului non-contact, non-invaziv și non-distructiv al sistemului.

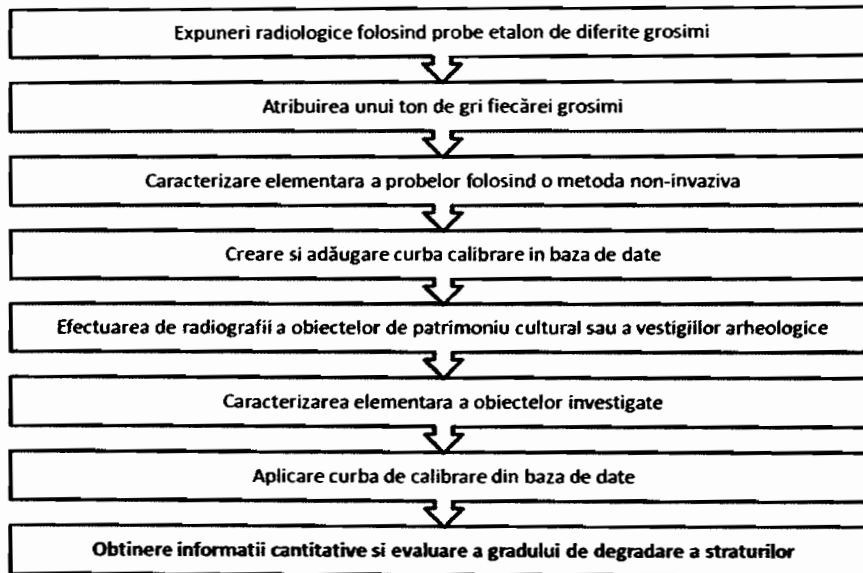


Figura 1 Etapele procedului propus