

DETERMINAREA NEDISTRUCTIVĂ A CONȚINUTULUI DE UMIDITATE ÎN MATERIALE POROASE: UN STUDIU DE FEZABILITATE

Iuliana BUCURESCU
Asist. univ. arh., Universitatea de Arhitectură și Urbanism „Ion Mincu”, București

Dorel BUCURESCU
CSI dr., Institutul de Fizică și Inginerie Nucleară „Horia Hulubei”, București

Abstract. A method for measuring the moisture within porous materials is briefly presented, with potential for application in constructions and architecture. The method is based on the measuring of the non-coherent (Compton) scattering of gamma radiations on the medium (object) of interest. Being an indirect measurement method, both its advantages and shortcomings are discussed.

Key words: moisture, nondestructive measurement, gamma radiations, Compton scattering

1. Introducere

Majoritatea materialelor de construcții (ciment, cărămidă, piatră, mortar, etc.) sunt poroase, deci absorb și transmit apa prin fenomenul de capilaritate. Structurile construite sunt supuse degradării și îmbătrânirii, majoritatea proceselor care cauzează degradarea lor (fizică, chimică și biologică) fiind mediate de către apă. Ca atare, măsurarea umidității în structurile construite prezintă un interes deosebit. În multe cazuri (de ex., în cazul pereților monumentelor istorice considerate spre restaurare) este de dorit folosirea unor metode de măsură nedistructive, spre deosebire de cazul metodelor directe de măsură a umidității (gravimetrică sau chimică) care necesită prelevarea de probe. În arsenalul metodelor nedistructive, o categorie importantă o formează cele bazate pe sondarea mediului / obiectului investigat cu diferite radiații, printre care și cele nucleare: neutronii, radiațiile gama (Hussein, 2004). Acest articol prezintă o astfel de metodă nedistructivă, bazată pe măsurarea împrăștierii necoerente (Compton) a radiațiilor gama. O prezentare generală a acestei metode a fost făcută în (Bucurescu și Bucurescu, 2010), iar detaliile sale tehnice au fost prezentate în (Bucurescu și Bucurescu, 2011). Această scurtă prezentare se adresează comunității constructorilor și arhitecților, pentru care această metodă poate prezenta un anumit interes.

2. Metode

Interacțiunile radiațiilor gama cu un mediu sunt bine înțelese (Hussein, 2004). Ele sunt radiații de natură electromagnetică, ca și lumina, numai că provenind din nucleul atomic energiile lor sunt mult mai mari (grosier vorbind, de circa un milion de ori mai mari). Ca atare, o caracteristică importantă a lor este o mare putere de pătrundere în orice substanță (pe distanțe de ordinul centimetrilor, depinzând de energia lor). O altă caracteristică este că ele interacționează în principal cu electronii din mediu, deci mărimea unor efecte datorate acestor interacții este practic

proporțională cu densitatea de electroni, care, la rândul ei, poate fi legată de densitatea (masică) mediului respectiv. Cum creșterea umidității unui mediu conduce la o creștere a densității sale aparente, este evident că măsurând procese de absorbție sau împrăștiere a radiațiilor gama, putem pune în evidență aceste variații de densitate. Pentru a traduce efectele respective în valori ale umidității (conținutului de apă) este nevoie însă de o calibrare prealabilă a metodei de măsurare – acest lucru fiind de fapt o caracteristică comună tuturor tipurilor de măsurători indirecte (adică bazate pe măsurarea unei mărimi fizice care se schimbă odată cu adăugarea de apă).

O metodă prin care se poate măsura conținutul de apă utilizând radiațiile gama este cea a transmisiei. Un fascicul de radiații gama de o intensitate cunoscută este trecut printr-o grosime cunoscută de material, intensitatea sa atenuată fiind măsurată cu un detector de cealaltă parte a materialului. Atenuarea constatată se poate traduce în valoarea relativă a umidității. Această metodă necesită ca materialul de măsurat să se afle între sursa de radiații și detector, geometrie care nu poate fi satisfăcută în multe cazuri.

Metoda propusă se bazează pe împrăștierea Compton a radiațiilor gama. Un foton (o radiație) gama interacționează cu un electron al mediului, căruia îi cedează o parte a energiei sale, restul de energie fiind emis sub forma altei radiații gama, într-o direcție care face un unghi bine determinat cu direcția inițială. O asemenea metodă de măsură este mult mai flexibilă, dat fiind că dacă măsurăm la un unghi mai mare de 90° atât detectorul cât și sursa se pot afla de aceeași parte a obiectului investigat. Metoda presupune măsurarea intensității radiațiilor gama împrăștiate, în aceeași geometrie, de către obiectul investigat (umed), și de către un obiect cu compoziția similară, dar uscat – comparația celor două intensități oferindu-ne măsura unui efect care este legat de conținutul de umiditate al obiectului investigat.



3. Măsurători de laborator

Pentru demonstrația fezabilității metodei, am aplicat-o în condiții de laborator. Radiațiile gama erau emise de către o sursă de ^{241}Am , un izotop radioactiv ce emite o radiație gama mono-energetică, cu energia de 59.5 keV (kiloelectron-volți). Sursa respectivă era plasată într-o cărămidă de plumb (care asigură ecranarea fizică atât față de detector, cât și protecția persoanelor din jur), în care s-a practicat un canal cu diametrul de 5 mm, care definea fasciculul de radiații trimis asupra obiectului investigat. Detectorul de radiații, și el colimat în mod asemănător (sau, în unele cazuri, lăsat chiar necolimat), era plasat astfel încât să măsoare radiații împrăștiate Compton la un unghi mediu de 150° . Dacă detectorul este și el puternic colimat, atunci prin varierea distanței dintre dispozitivul de măsură și suprafața obiectului măsurat se poate obține informație de la o adâncime dată (din micul volum definit de intersecția dintre câmpurile de vedere ale sursei și detectorului). Dacă detectorul nu este puternic colimat, atunci informația obținută este o medie peste un volum mai mare al obiectului.

Au fost investigate un număr de cărămizi pentru construcții (cărămidă roșie ordinară, din argilă arsă), toate din același lot, având o densitate medie de $1,58 \text{ g/cm}^3$. Pentru a fixa ordinul de mărime, precizăm că s-a determinat, printr-un experiment de transmisie, că radiațiile gama de 59.5 keV își reduceau intensitatea la jumătate după trecerea printr-o grosime de 1,73 cm din acest tip de cărămidă. Procedura urmată a fost următoarea: una dintre cărămizi a fost păstrată uscată (la temperatura camerei), într-un număr din restul de cărămizi fiind absorbită apă (lăsate un timp suficient ca apa să se răspândească uniform în masa cărămizii) în cantități determinate U (U fiind raportul dintre masa apei absorbite și masa totală a cărămizii umede). Pentru fiecare din cărămizile umede s-a determinat efectul e (raportul dintre diferența intensităților radiației împrăștiate pe cărămidă umedă și cea uscată, și intensitatea măsurată pe cărămidă uscată). S-au efectuat măsurători lăsând fasciculul gama să iradieze diverse regiuni ale cărămizilor, spre a evita efecte false datorate unor posibile neuniformități ale compoziției.

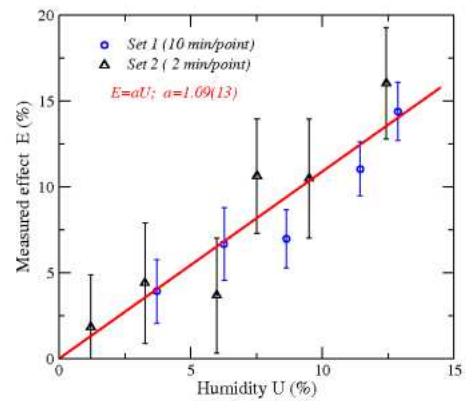


Figura următoare (fotografia din stânga) arată unul din dispozitivele de măsură utilizate (în stânga se vede detectorul și piesa de plumb care conține sursa; cărămidă măsurată se vede, de sus, în partea dreaptă). Graficul din dreapta arată relația dintre efectul măsurat E și umiditatea (cunoscută) U , pentru două seturi independente de măsurători, care constituie calibrarea metodei pentru tipul dat de cărămidă. Se observă o relație ce poate fi bine aproximată de o linie dreaptă $E=1,09 U$, de asemenea înțeleasă pe baza unor estimări teoretice. Detalii ale acestor experimente pot fi găsite în (Bucurescu și Bucurescu, 2010, 2011).

4. Concluzii

Dispozitivul utilizat în aceste măsurători este ușor și compact, pretându-se la aplicații in situ. Metoda prezintă o mare flexibilitate, toate părțile dispozitivului (sursa și detectorul) aflându-se de aceeași parte a obiectului investigat. Una din limitările metodei este faptul că pentru a lega valorile măsurate ale efectului E de umiditatea U , este nevoie ca materialul investigat să aibă o înaltă omogenitate (deoarece orice variație de densitate din alte cauze decât adăugarea de apă ar conduce la constatarea unui efect similar). Probabil că multe din materialele de construcții nu îndeplinesc această cerință. Chiar și așa, metoda poate prezenta interes cel puțin pentru măsurători relative în diverse puncte de pe suprafețe mari (de ex. pereți, sau alte structuri masive), deci poate găsi aplicabilitate în construcții sau restaurările de monumente istorice.

BIBLIOGRAFIE

- Bucurescu D., Bucurescu I. (2011), *Non-destructive measurements of moisture in building materials by Compton scattering of gamma rays*, Romanian Reports in Physics **63**: 61-75.
- Bucurescu I., Bucurescu D. (2010), *A non-destructive method for measurement of moisture in building materials*, Journal of Science and Arts **10(12)**: 267-278.
- Hussein E. M. A. (2004), *Handbook of radiation probing, gauging, imaging and analysis*, Kluwer Academic Publishers, New York.