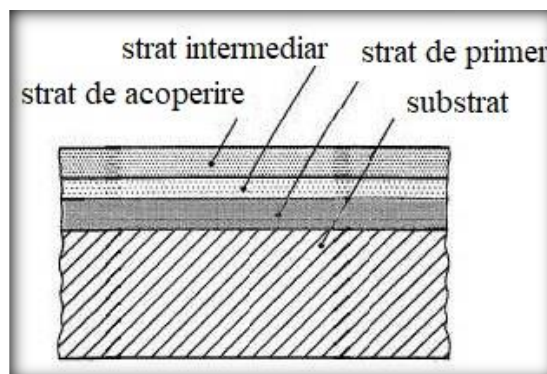


DETERMINAREA GROSIMII ȘI POROZITĂȚII STRATURILOR DE PROTECȚIE ANTICOROZIVĂ APLICATE PE ELEMENTELE PODURILOR METALICE

Laboratorul de Drumuri CESTRIN a demarat la finalul anului 2023, din necesitatea semnalată de C.N.A.I.R. - Direcția RK, Reabilitare, Înlocuire Lucrări de Artă, înființarea unui profil nou care să permită verificarea grosimii și porozității straturilor de protecție anticorozivă aplicate pe elementele podurilor metalice din patrimoniul administrat de C.N.A.I.R., profil în cadrul căruia se vor face teste nedistructive asupra straturilor de primer, straturilor intermediare și a straturilor de acoperire, protecții ale metalului cu grosimi ale peliculei de ordinul zecilor de microni, ce au rolul protejării împotriva coroziunii substratului, fie el magnetic sau nemagnetic (elemente alcătuite din metale feroase sau neferoase).



Pe aceste straturi de protecție anticorozive se pot face o serie de determinări cum ar fi: verificarea grosimii (prin metode adecvate: metoda inducției magnetice, cu ajutorul curentului turbionar, cu ajutorul unui micrometru, cu metode optice și prin metode nedistructive cu bandă continuă), luciul, conformitatea culorii, duritatea vopselei, flexibilitatea și adeziunea vopselei, rezistența la coroziune, rezistența la raze ultraviolete prin metoda accelerată, rezistența la temperatură (îmbătrânirea), rezistența la diferite substanțe chimice (acizi, baze, solvenți), rezistența la deformații severe și rezistența la foc.

Dintre toate acestea este de interes ca după efectuarea lucrărilor să se cunoască grosimea peliculelor și capacitatea acestora de protecție, astfel că Laboratorul de Drumuri CESTRIN așteaptă furnizarea a două echipamente ce utilizează metode nedistructive, una acustică descrisă de standardul de încercare SR EN ISO 2808:2020 *Vopsele și lacuri. Determinarea grosimii peliculei – Metoda 10 Reflectarea undelor ultrasonice*, metodă ce se aplică pentru orice combinație de straturi de protecție și cealaltă este o metodă electrică care utilizează tensiunea înaltă descrisă de standardul de încercare ASTM D 5162-21 *Standard Practic pentru testarea discontinuității straturilor de protecție neconductive. Acoperire pe substraturi metalice - Metoda de testare B Testere de înaltă tensiune*.

Aparatul pentru determinarea grosimii straturilor va permite determinarea grosimilor individuale ale straturilor (nu mai puțin de 8 straturi) prin măsurarea timpilor de propagare a undelor ultrasonice reflectate parțial de interfețele sistemului de protecție care poate fi de tipul acoperirilor polimerice, cum ar fi: vopsele, lacuri și materiale sintetice, precum și acoperiri metalice, ceramică sau de sticlă pe aproape orice tip de substrat, ca de exemplu vopsele pe metal, lacuri pe material sintetic, material sintetic pe lemn, sticlă pe metal, etc.

Aparatul nu este afectat de neomogenitatea straturilor de protecție și de neomogenitatea substratului, respectiv de geometria acestuia (dimensiuni, curburi și rugozitate) și este alcătuit dintr-un senzor ultrasonic care este și transmițător și receptor și grosimea stratului/peliculei se determină pe baza intervalului de timp scurs între intrarea și ieșirea undelor ultrasonice, timp necesar ca ultrasunetele să călătorească prin straturi și înapoi. Configurația senzorului palpator permite măsurarea pe suprafețe curbate și poate stoca un număr de aproximativ 250÷300 de serii de măsurare.

Deci metoda de încercare presupune aplicarea cuplantului pe stratul a cărei grosime urmează a fi măsurată, se plasează palpatorul cu fața plată pe strat și grosimea stratului este calculată cu ajutorul intervalului de timp necesar undeii ultrasonice să traverseze stratul și să se întoarcă.



Ecraanul tabletei la care este conectat senzorul oferă o imagine de ansamblu a rezultatului măsurării, precum și a cursului corespunzător al semnalului ultrasonic, iar software-ul aferent are o structură de date clară, cu generare integrată a rapoartelor de testare, care permite și afișarea histogramei și diagrama tendințelor, care permite stocarea scanărilor individuale pentru utilizări ulterioare (o dată determinată viteza sunetului unui material dat, aceasta poate fi stocată în baza de date și să fie disponibilă pentru măsurători ulterioare), care permite gestionarea datelor/valorilor de măsurare/caracteristicilor/datelor de ieșire în format Excel, crearea de rapoarte complete de măsurare în format .pdf (Adobe Acrobat), integrarea în rapoarte a textelor și fotografiilor aferente datelor de măsurare și crearea de proiecte printr-o structură de proiect definită.



Software-ul încorporat are interfață la internet prin Bluetooth și Wi-fi, măsoară grosimi de straturi individuale de minim 10 μm (în funcție de viteza sunetului materialului de măsurat) cu o rezoluție 0,1 μm , permite calibrarea vitezei sunetului pentru până la 8 straturi și are următoarele funcții statistice: număr de citiri, valoare minimă, valoare maximă, valoare medie, abatere standard, coeficient de variație, statistici global/de grup/de puncte.

Accesoriile aparatului sunt etalonul de control (pentru un strat) și cuplantul/gelul de cuplare care permite etanșarea între palpator și suprafața de măsurare.

Porozitatea este un aspect fizic important al micro și macrostructurii materialelor și este determinată de prezența discontinuităților sau golurilor. Asemenea defecte pot să apară ca efect al micșorării de volum care însoțește solidificarea, sau ca efect al degajării gazelor dizolvate în topitură ori ca efect combinat al ambelor cauze.

Determinarea porozității este în strânsă corelație cu probabilitatea de coroziune în contact cu agenții atmosferici, proces ce trebuie să fie evitat pe cât posibil la structurile de rezistență ale lucrărilor de artă, a parapetilor pietonali sau de siguranță metalici, astfel că,

împreună cu aparatura de determinare a grosimii straturilor de protecție, se poate verifica dacă se va asigura durabilitatea structurală.

Aparatul pentru determinarea porozității straturilor de protecție ce este în curs de achiziție are un control electronic al tensiunii de testare pentru a detecta defecte microscopice ($>20\mu\text{m}$), până la cele mai mici defecte al stratului de acoperire a suprafeței, ca de exemplu crăpături, fisuri, pori produși de bulele de aer sau strat de acoperire aplicat prea subțire.

Aparatul permite reglarea tensiunii de testare, are capacitatea de a testa straturi de acoperire cu grosimi cuprinse între 30 micrometri până la 1,7 mm, testând straturile de acoperire prin determinarea în mod nedistructiv a porozității, pe baza controlului automat al tensiunii de testare specifice grosimii materialului testat.

Substraturile pot fi conductoare, cum ar fi oțel, aluminiu, beton, iar straturi de acoperire neconductoare din email, vopsea, acoperiri de cauciuc și bitum, plastic armat cu fibre de sticlă (GFK) și altele materiale plastice, etc.



Aparatul electronic este alcătuit dintr-o unitate de control complet portabilă cu carcasă cu mâner integrat, cu afișaj digital pentru a indica tensiunea de testare curentă, numărul de pori (0,1 s/por) și grosimea materialului și tastatură pentru controlul unității, la care se conectează printr-un cablu o sondă de înaltă tensiune cu generator de înaltă tensiune integrat și un electrod de testare conectat la aceasta.

Sonda de înaltă tensiune este utilizată pentru testarea straturilor subțiri (vopsele, emailuri), are un domeniu de funcționare cuprins în intervalul $0,5\text{ kV} \div 7\text{ kV}$, are un indicator vizual de pori (LED roșu) și sonor (de alarmă la depășirea limitei porilor (90 dB), cu ton continuu în caz de scurtcircuit) și un contor de pori.

Aparatul are un manometru pentru ajustarea tensiunii de încercare specifică grosimii și stratului de acoperire, cu 15 setări de sensibilitate și tensiuni de testare specifice prestabilite și indicator de tensiune reziduală, precum și indicator de baterie descărcată.

Sursa de alimentare a aparatului este un acumulator integrat, cu durata de utilizare a bateriei de stocare la tensiune maximă de aproximativ 20 de ore, cu timpul de încărcare al bateriei de stocare de 4 ore la încărcarea rapidă, baterii tip AC (curent alternativ), înlocuibilă și acumulatori alcalini cu 4 celule C (IEC LR 14, 3,5 Ah, NiMH). Alimentarea se face prin cablul de alimentare disponibil. Accesoriile includ și un cablu echipotențial cu lungimea de 5 m, magnet de împământare și clemă de împământare.

Metoda de testare constă în menținerea electrodului sondei în contact cu stratul ce se măsoară pe tot timpul testului. Suprafața trebuie să fie curată, uscată și fără ulei, murdărie și alți contaminanți. Se măsoară nedistructiv grosimea stratului de acoperire cu aparatul pentru determinarea grosimii straturilor. Se reglează aparatul la tensiunea adecvată pentru grosimea stratului de acoperire declarat prin proiect, dacă aparatul nu este programat să o facă automat.

Tensiunile recomandate pentru testarea de înaltă tensiune sunt date în următorul tabel:

Grosimea totală a peliculei uscate		Tensiunea de testare recomandată (volți)
mils	mm	
19.7–23.2	0.500–0.590	2700
23.6–27.2	0.600–0.690	3300
27.6–31.1	0.700–0.790	3900
31.5–35.0	0.800–0.890	4500
35.4–39.0	0.900–0.990	5000
39.4–42.9	1.000–1.090	5500
43.3–46.9	1.100–1.190	6000
47.2–50.8	1.200–1.290	6500
51.2–54.7	1.300–1.390	7000
55.1–58.7	1.400–1.490	7500
59.1–62.6	1.500–1.590	8000
63.0–66.5	1.600–1.690	8500
66.9–70.5	1.700–1.790	9000

În cazul în care trebuie determinată tensiunea, aceasta se calculează cu expresia:

$$V = M\sqrt{T_c}$$

unde:

V – tensiunea de testare, măsurată în volți (V),

T_c – grosimea stratului de acoperire, măsurată în mm

M – constanta dielectrică dependentă de intervalul de grosime și de unitățile de grosime, stabilită de producători, după cum urmează:

Grosimea stratului de acoperire Unitate	Grosimea stratului de acoperire Interval	Valoarea constantei dielectrice M
mm	$\leq 1,00$ (1000 μm)	3294
mm	$> 1,00$ (1.000 μm)	7843
mil	$\leq 40,00$	525
mil	$> 40,00$	1250

Se va atașa firul de împământare și se va deplasa electrodul de explorare pe suprafața stratului uscat cu o viteză de aproximativ 1 ft/s (0,3 m/s) folosind o singură trecere. Aparatul emite un semnal sonor atunci când detectează defectul și acesta este înregistrat. Defectele care necesită reparații trebuie identificate cu un marker care este compatibil cu stratul de reparare sau unul care poate fi îndepărtat ușor, se realizează reparația și se retestează stratul în zonele unde a fost reparat.

Se consideră că cele două aparate în curs de achiziție vor fi solicitate la toate podurile metalice administrate de C.N.A.I.R., iar utilizarea lor vor fi de un real succes pentru evaluarea calității lucrărilor de reparații și reabilitare.