

Prevedere l'invecchiamento degli involucri plastici dell'industria elettromeccanica

RESISTENZA DEI MATERIALI AI RAGGI UV

di Fausto Martin

L'invecchiamento (*ageing*, secondo l'espressione anglosassone) è un problema che investe in special modo le plastiche usate come involucro nei componenti elettrici; esso è dovuto agli effetti della luce, che provoca l'ingiallimento dei materiali plastici e una minor resistenza meccanica.

La luce manifesta un comportamento duale, talvolta energia, talaltra materia, come testimonia la celebre equazione di Albert Einstein:

$$E = m \cdot c^2$$

Il celebre matematico predisse che la velocità della luce al quadrato era la costante di proporzionalità che legava l'energia alla massa, mentre Max Planck intuì che l'energia viaggia in quantità ben determinate, una sorta di "pacchetti"; quindi, ad una radiazione elettromagnetica di una data frequenza, si poteva associare

una determinata quantità di energia secondo la omonima costante ($h = 6,602 \times 10^{-34}$ Js):

$$E = h \cdot \nu$$

Questa espressione afferma che tanto maggiore è la frequenza, tanto più grande sarà l'energia corrispondente a quel "quanto" di energia.

La velocità della luce c è il limite superiore di propagazione della "energia - materia" nell'universo, per cui il prodotto tra una lunghezza d'onda e la sua frequenza non potrà dare altro che il valore di c corrispondente a $2,9979 \times 10^8$ metri al secondo.

Per cui, ad una piccola lunghezza d'onda corrisponderà una frequenza elevata e viceversa:

$$c = \lambda \cdot \nu$$

Quella che chiamiamo luce è solo una porzione dello spettro, avete lunghezza d'onda compresa tra i 380 nanometri (nm) ed i 780 nm; sotto i 380 nm si parla di ultravioletto (UV), sopra i 780 nm di infrarosso (tabella 1).

■ GAMMA LETALE

Al di sotto di una certa lunghezza d'onda, il nostro occhio non è più sensibile e, quindi, non riesce a convertire la radiazione in impulso nervoso; ma ciò non significa che non se ne percepiscano gli effetti. Proprio in virtù della piccola lunghezza d'onda, la frequenza cresce e, con essa, l'energia associata, per cui, oltre gli ultravioletti, si trovano prima i raggi X, poi i raggi Gamma ed, infine, i raggi cosmici.

I raggi X, ad esempio, sono utilizzati per le radiografie, grazie al loro elevato potere di penetrazione, mentre i raggi Gamma sono generati dai processi di fissione nei reattori nucleari e sono temuti per il loro elevato potenziale ionizzante, in grado di indurre alterazioni nelle molecole che incontrano.

I raggi UV sono classificati in UV-A, UV-B e UV-C dalla CIE (Commission Internationale de l'E-



▲ Test comparativo su due coperchi in grigio RAL 7035 dopo una sessione di invecchiamento accelerato

Spettro Elettromagnetico	
Raggi Gamma e X:	< 10 nm
UV-C:	100 ÷ 250 nm - 280 nm
UV-B:	280 ÷ 280 nm - 315 nm
UV-A	315 nm - 400 nm
UV-A II:	315 ÷ 320 nm - 340 nm
UVA-I:	340 nm - 400 nm
Luce Nera:	330 nm - 380 nm
Luce Visibile:	400 nm - 780 nm
Infrarosso:	780 nm - 1 mm
Onde Radio:	> 1 mm

Tabella 1

Dati climatologici Phoenix, Arizona (USA)		
Latitudine	33° 54' Nord	
Longitudine	112° 08' Ovest	
Altezza	610 metri	
Temperatura - massima - minima	Estate 39 °C 24 °C	Inverno 20 °C 8 °C
Umidità Relativa: media annuale	37%	
Precipitazione annua: pioggia	255 mm	
Radiazione Solare: - totale - UV	8.004 MJ/m ² 334 MJ/m ²	

Tabella 2

clairage) in base alle lunghezze d'onda riportate nella tabella 1.

Il sole è una sorgente ricca di raggi UV, tanto che l'esposizione a queste radiazioni, associata alla temperatura, all'umidità ed agli inquinanti presenti nell'atmosfera delle nostre città, altera i materiali plastici – così come i colori dei tessuti, degli smalti, delle vernici – attraverso complesse reazioni fotochimiche.

Anche gli esseri umani sono sensibili all'azione dei raggi ultravioletti: in modica quantità, l'esposizione favorisce la formazione della vitamina D, genera l'abbronzatura e sterilizza, grazie alla sua azione battericida. In dosi elevate, un'intensa e prolungata esposizione ai raggi UV può provocare l'insorgenza di eritemi cutanei o disturbi all'apparato visivo, anche permanenti (il Generale Jaruzelski portava sempre gli occhiali scuri in seguito ad una permanenza forzata nelle steppe della Siberia senza alcuna protezione agli occhi).

Le proprietà degli UV dipendono, come visto prima, dalla frequenza: gli UV-A sono responsabili dell'effetto abbronzante, mentre sotto i 330 nm si ha la formazione della vitamina D; tra i 240 nm ed i 320 nm è possibile che insorgano eritemi cutanei.

Gli effetti fotochimici si hanno dai 260 nm in su. L'esposizione alla luce solare sarebbe molto pericolosa, se non fosse che l'atmosfera funge da filtro per la maggior parte di tali lunghezze d'onda, lasciando giungere al suolo solo una frazione, cosa più importante, delle frequenze più basse, quindi meno nocive. Se si andasse deteriorando lo strato di ozono che avvolge la parte esterna dell'atmosfera, questa azione filtrante verrebbe meno.

■ IL "SUN" TEST

Dato il ruolo determinante svolto dall'atmosfera, diventa estremamente aleatorio parlare di riproducibilità di una prova di esposizione ai raggi UV per un determinato materiale, in quanto ogni località vanta differenti caratteristiche di esposizione alla radiazione. Mentre se è vero che al decrescere della latitudine, ovvero con l'avvi-

Media mensile e radiazione UV Totale nell'Arizona Centrale a 34° Sud in MJ/m²

Mese	UV	Totale
Gennaio	20,1	490
Febbraio	19,8	546
Marzo	24,7	633
Aprile	33,3	755
Maggio	38,6	786
Giugno	36,8	770
Luglio	35,1	745
Agosto	32,5	756
Settembre	29,3	711
Ottobre	25,8	705
Novembre	19,2	582
Dicembre	18,3	525
Totale	333,5	8.004

Tabella 3

Dati climatologici Sanary (Francia)

Latitudine	43° 08' Nord
Longitudine	5°49' Est
Altezza	110 metri
Temperatura media	13 °C
Umidità relativa media	76 %
Precipitazioni	700 mm
Radiazione solare:	5,500 MJ/m ²

Tabella 4

cinarsi all'equatore, si va verso il "caso peggiore", va tenuto presente che la maggior parte della popolazione mondiale preferisce le fasce temperate ai deserti e, di conseguenza, anche gli involucri saranno esposti nelle medesime aree. Tuttavia, i deserti che lambiscono zone abitate si rivelano dei siti estremamente adatti per condurre rilevamenti con i cosiddetti "Sun Test". Nelle tabelle 2 e 3 si riportano, a titolo di esempio, i dati climatologici di Phoenix, nello Stato dell'Arizona (USA):

Dati climatologici Hoek van Holland (Olanda)

Latitudine	51° 57' Nord	Tabella 5
Longitudine	4° 10' Est	
Altezza	6 metri	
Temperatura	10 °C	
Umidità Relativa	87 %	
Precipitazioni	800 mm	
Radiazione solare	3,800 MJ/m ²	

Per contro, un caso a noi più vicino, è rappresentato dalla provenzale Sanary (tabella 4), nella Francia meridionale, la quale vanta un clima mediterraneo con 3.000 ore di luce solare l'anno ad una quota di 110 m sul livello del mare e 2.700 ore di tempo piovoso. La vicinanza al mare, soli 4 km, fa sì che diverse ditte provino qui i propri materiali.

Il North Sea Corrosion Test Centre (N-SCTC) è, invece, il sito Europeo di riferimento per i test di corrosione marina, riconosciuta dall'European Coil Coating Association (ECCA). Situata in una zona industriale del porto di Rotterdam, nel mare del Nord, dove l'infelice miscela di pioggia acida, radiazione solare, aria salmastra e inquinamento industriale fornisce uno scenario severo per le prove di resistenza dei materiali (tabella 5).

Ed Est si trova, invece, Soci, sul Mar Nero (Sochi, secondo la grafia anglosassone), nota per il suo clima subtropicale e le calde acque marine, che vanta dati climatologici non dissimili (tabella 6). Questi dati sono sufficienti per stabilire una grossolana corrispondenza tra mega joule al metro quadro e radiazione solare. Per passare alla si-

Dati climatologici Soci (Russia)

Latitudine	43° 27' Nord	Tabella 6
Longitudine	39° 57' Est	
Altezza	30 metri	
Temperatura	14 °C	
Umidità Relativa	77 %	
Precipitazioni	1390 mm	
Radiazione solare	4,980 MJ/m ²	

Potenza specifica

Località	Potenza specifica mensile [W/cm ²]	Tabella 7
Phoenix (USA)	1.059	
Sanary (F)	691	
Hoek van Holland (NL)	510	
Soci (RUS)	628	
Canton (Cina)	564	
Hainai (Cina)	615	
Choshi (JPN)	637	
Okinawa (JPN)	644	
Singapore	742	
Dharan (Arabia)	913	
Melbourne (AUS)	672	
Townsville(AUS)	938	

mulazione in laboratorio dobbiamo convertire il dato espresso in energia annua in termini di potenza specifica per centimetro quadro.

La tabella 7 fornisce l'entità della radiazione che investe la superficie del materiale in oggetto; disponendo di opportune camere dotate di apposite fonti, è possibile ricreare artificialmente le condizioni avverse che causano il deperimento del materiale o del pigmento in esame.

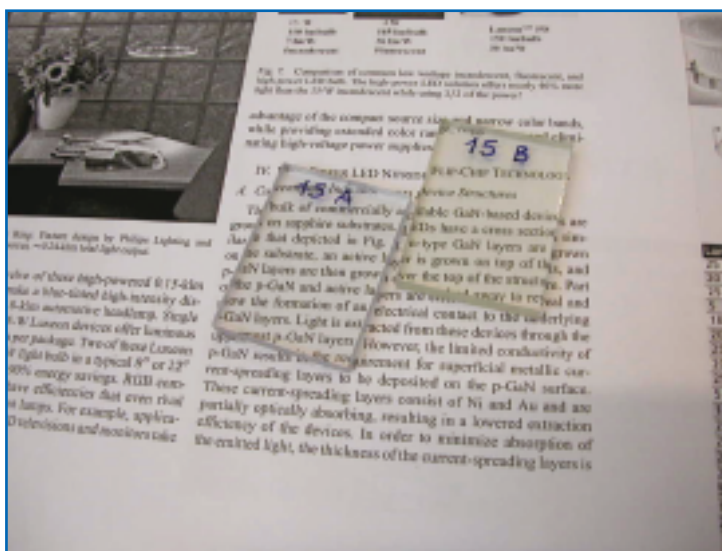
I test accelerati di invecchiamento artificiale sono oggi un'ulteriore possibilità per conoscere, in brevissimo tempo, il comportamento dei materiali.

Per le ragioni viste sopra, peraltro, è conveniente effettuare dei test comparati tra materiali collaudati dalle caratteristiche note e materiali ignoti di cui si vuol prevedere la resistenza agli agenti atmosferici in vista di eventuali sostituzioni.

■ AUTORE:

Fausto Martin

Ingegnere Elettrotecnico, opera come consulente libero professionista; componente del SC 34 C del CEI, presiede il Comitato Tecnico della European Sign Federation (www.faustomartin.com).



▲ Si noti l'ingiallimento del campione di Metacrilato 15 B; un'attenta osservazione evidenzia anche una perdita di trasparenza