

I tipi di annerimento che affliggono le lampade, le relative cause ed i rimedi adeguati

ANNERIMENTO DELLE LAMPADIE A CATODO FREDDO

di Fausto Martin

2

La lunga vita di cui può fregiarsi una lampada a catodo freddo non la esime dal processo graduale di invecchiamento che inevitabilmente la interessa; il deperimento per "raggiunti limiti di età" non va però confuso con l'annerimento o con le macchie che si manifestano durante le prime ore di funzionamento; mentre alcune di esse rientrano nel prevedibile ciclo di vita della lampada stessa, altre possono essere dovute a determinati stadi di lavorazione avvenuti nel corso del processo produttivo. L'abilità nel discernerne i differenti tipi, uniti ad una conoscenza delle cause, rende possibile correggere le imperfezioni e migliorare la qualità delle lampade stesse. Nel corso dell'articolo cercheremo di descrivere in dettaglio ciascun tipo di annerimento che affligge la lampada, le relative cause ed i rimedi adeguati.

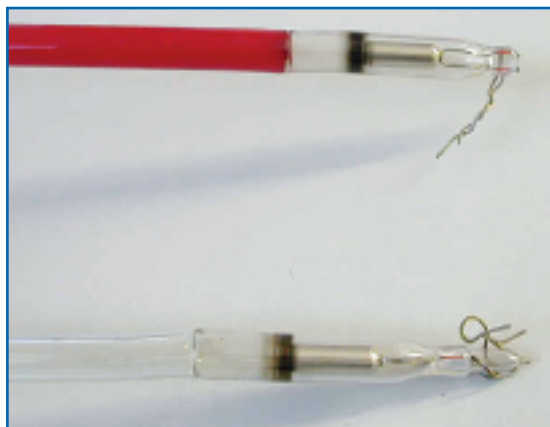
Un tubo, in quanto risultato di diverse fasi operative, può assommare contemporaneamente svariati errori commessi durante il processo di produzione; talvolta, questi errori possono essere riconosciuti distintamente, altre volte, purtroppo, no. La gran parte delle macchie che compaiono sul tubo si manifesta in forma e colore lieve, salvo poi, col tempo, diventare più scura e più ampia. Vecchie macchie di diversa origine

tendono poi a diventare sempre più simili col passare del tempo; per tale motivo è molto più facile risalire alla causa principale quando il tubo è "giovane", rispetto a quando è datato. Per chiarezza, nell'analisi che segue, analizzeremo un solo difetto per volta.

■ ANNERIMENTO NELLE IMMEDIATE VICINANZE DEGLI ELETTRODI

Ci sono almeno tre tipi diversi di annerimento in prossimità degli elettrodi; questi si possono facilmente riconoscere dal colore quando il tubo è recente, mentre diventa più difficile col passare del tempo, in quanto colore e dimensioni della macchia tendono ad alterarsi:

1.1) il primo tipo è chiamato "sputter" e si presenta come un punto o un anello nero proprio davanti all'elettrodo o in altre parti del vetro prospiciente l'elettrodo stesso. Si tratta di un'emissione di particelle metalliche "sparate" dalla cartuccia che costituisce l'elettrodo. Durante la vita del tubo tale annerimento può avanzare verso la parte centrale del tubo estendendosi fino a 5÷8 cm dall'elettrodo, ma può anche retrocedere verso l'estremità chiusa, annerendo tutto il vetro soprastante la cartuccia. Il bordo della zona scura è normalmente ben delimitato. Lo "sputter" può avvenire sia durante, sia dopo il bombardamento; nel primo caso è dovuto ad un eccesso di bombardamento (elettrodi troppo caldi, tempo troppo prolungato, pressione troppo bassa, corrente eccessiva). Qualora si presentasse dopo il bombardamento, ferme restando le cause appena citate, ve ne possono essere di ulteriori: bassa pressione di riempimento; corrente di lampada troppo alta, oltre i valori nominali; uso di elettrodi non trattati o con inadeguata emissione di ioni dei metalli di rivestimento. Mentre va considerato normale riscontrare dello "sputter" nei tubi vecchi, un tubo ben realizzato non dovrebbe mostrare tracce di "sputter" – se non in maniera risibile – durante le prime cento ore di funzionamento;



▲ **Figura 1:** Sputtering dovuto ad una corrente eccessiva è la causa di questo tipo di annerimento

1.2) il secondo tipo di annerimento in prossimità dell'elettrodo si caratterizza come un alone verdognolo quando il tubo è acceso. Può essere anche tendente al giallo come al marrone quando il tubo è spento ed inizia all'estremità aperta dell'elettrodo, mentre si estende verso il centro del tubo in maniera sfumata. Col passare del tempo l'alone diventa più scuro, si espande verso il centro della lampada, coprendo il rivestimento ed inibendo l'effetto fluorescente. In alcuni casi si possono vedere tubi completamente anneriti. Questo tipo di annerimento è dovuto all'emissione delle sostanze che rivestono l'elettrodo e non avviene mai con elettrodi che non abbiano subito trattamento di "attivazione". Elettrodi senza la giusta quantità di metalli destinati all'emissione sono particolarmente difficili da bombardare e producono questo tipo di macchia. Viceversa, rivestimenti adeguati, che siano regolarmente trattati, non producono questo tipo di effetto a meno che non siano contaminati da impurità. Le condizioni per le quali il rivestimento produce questo effetto sono:

- incompleta attivazione delle sostanze durante il bombardamento;
- insufficiente riscaldamento e/o incompleto trattamento della cartuccia durante il bombardamento;
- presenza di sostanze inquinanti sul rivestimento della cartuccia o assorbimento di impurità gassose derivanti da:
 - a) creazione del vuoto in modo inadeguato;
 - b) presenza di vapore acqueo;
 - c) tubo non sufficientemente riscaldato;
 - d) contaminazione del tubo o delle pompe di vuoto;

questo tipo di annerimento è il più frequente e la soluzione risiede principalmente nella revisione del processo di bombardamento;

1.3) il terzo tipo di annerimento si presenta sotto forma di macchie a forma di "nuvolette" grigie verso la zona centrale del tubo. Questo fenomeno è dovuto a del mercurio che vaporizza lontano dall'elettrodo e che si condensa sulla superficie fredda più prossima formando macchioline grigie. Per questo motivo, il mercurio non deve mai entrare in contatto con l'elettrodo caldo; facendo rotolare del mercurio dentro e fuori dall'elettrodo, si può causare una striatura nera di mercurio contaminato sulla superficie interna del tubo. Le macchie grigie possono sparire o spostarsi quando il tubo è acceso.

■ ANNERIMENTO A POCA DISTANZA DAGLI ELETTRODI

Esistono quattro tipi di macchie che possono comparire in questo tratto, tre sono rilevanti, la quarta è di carattere più lieve:

2.1) il primo tipo in esame è associato al collare ceramico degli elettrodi e prende la forma ed il colore di quanto descritto al punto 1.2. L'unica differenza riguarda una zona pulita tra



◀ **Figura 2:**
Si noti annerimento in prossimità degli elettrodi della lettera A



◀ **Figura 3:**
Insegna dismessa: si notano diversi tipi di macchie

la macchia e l'elettrodo che si manifesta nei primi tempi. Con l'invecchiamento della lampada, la macchia si estende in entrambe le direzioni, riducendo la distanza dall'elettrodo. Il bordo della macchia dal lato opposto all'elettrodo è sfumato; le cause ed il rimedio sono le stesse descritte al punto 1.2.

Apparentemente, agli inizi del fenomeno, pare che la ceramica sia responsabile della dislocazione della macchia più lontana dall'elettrodo rispetto a quanto avviene in assenza di collare;

2.2) il secondo tipo di macchia compare a circa 5 centimetri dall'elettrodo e può allungarsi fino a 15÷20 cm fino a raggiunge le estremità, in alcuni casi. Può annunciarsi come una perdita di colore e può, ma non sempre, annerirsi col tempo. Esiste una chiara linea di demarcazione tra questa macchia e la zona pulita adiacente l'elettrodo, mentre il bordo opposto all'elettrodo non è determinabile con chiarezza. Questa macchia è causata da sporcizia nel tubo o nel sistema di pompaggio;

2.3) il terzo tipo appare simile in qualche modo alla precedente ed è causato da piccole quantità di aria nel tubo. Questo tipo di macchia ha un bordo ben definito da entrambi i lati. Può spostarsi da un'estremità all'altra fino a scomparire. In questo caso conviene ricercare la perdita d'aria nel sistema di vuoto. Va ricordato che grandi quantità d'aria causano il surriscaldamento del tubo e, successivamente, l'annerimento;

2.4) il quarto tipo di macchia presso gli elettrodi è un anello nero, solitamente abbastanza stretto. Esso compare a 2÷4 cm dalla giuntura dell'elettrodo, da altre giunte o dalle pieghe. La macchia che compare sulle giunture o sulle pie-

► **Figura 4:**
Si noti
l'annerimento
in vicinanza
del
supportino e
nella giuntura



ghe sarà descritta nel prossimo paragrafo. Nei tubi contenenti silicato di calcio (rosa), l'anello ha un colore anch'esso rosa. Nei tubi verdi esso può essere di un verde più chiaro rispetto al resto del tubo. Normalmente è grigio scuro. Questo scolorimento in sé è quasi innocuo e non peggiora col tempo. Questi anelli sono prodotti dal riscaldamento locale di impurità e dai prodotti della combustione che penetrano nel tubo. Il numero di anelli può essere considerevolmente ridotto eseguendo le pieghe su tubi ben asciutti ed attaccando gli elettrodi solo dopo la sagomatura: gli anelli spariranno semplicemente preservando il tubo dalla sporcizia.

■ CURVE E GIUNTE ANNERITE

Pieghe e giunte possono dar luogo ad uno scolorimento che appare inizialmente grigio, per poi virare verso il nero. In casi estremi, l'annerimento può apparire prima del pompaggio, ma normalmente appare quando il tubo è formato. Solo la zona di piega o di giuntura per circa un centimetro per lato è interessata. Ciò avviene in tubi contenenti tungsteno (polvere blu) oppure fosfati (polveri bianche), in pratica anche per tubi blu e bianchi (questi ultimi contengono entrambe le sostanze). Per anelli scuri in vicinanza delle pieghe si veda quanto descritto al punto 2.4.

Questo scolorimento è causato da surriscaldamento del vetro durante la lavorazione. Una temperatura inferiore è sufficiente a prevenire questo inconveniente. Il vetro deve essere riscaldato quanto basta per effettuare una buona giunzione senza arrivare alla fusione, appena quanto serve ad effettuare curve senza incrinature.

Lo scolorimento sulle pieghe e sulle giunte può essere eliminato facendo scorrere dell'acqua pulita entro il tubo prima che l'elettrodo sia attaccato. Pochi minuti di acqua corrente sono sufficienti; si ricordi che, per contro, troppa acqua può staccare i fosfori dal tubo. Il tubo deve essere poi immediatamente asciugato, prima di attaccare gli elettrodi. L'asciugatura in forno può essere una buona soluzione a patto di ricordare che, se è sporco, piccole macchie possono apparire sulla superficie interna. La pulizia con l'acqua riduce la lucentezza dei tubi ricoperti con alofosfati ed è perciò consigliato solo nei casi in cui un eccesso di riscaldamento sia previsto.

■ ANNERIMENTO CHE RICOPRE TUTTO IL TUBO

In questo caso l'intero tubo può apparire grigio, marrone, giallognolo o nero. Lo scolorimento può essere uniforme per tutta la lunghezza del tubo o ci può anche essere un'area di luminosità normale verso il centro (vedi 2.3). Questo annerimento talvolta appare come se vi fosse una insufficienza dovuta alla scarsità dei vapori di mercurio. Questa ipotesi si può verificare riscaldando un piccola porzione con la torcia e controllando se avviene un cambiamento di luminosità. Se la sola zona calda si ravviva, allora si tratta di macchia, altrimenti se la maggior emissione interessa una zona più ampia, si tratta di mancanza di mercurio. L'annerimento del tubo può tuttavia essere confuso con altre condizioni di scarsa emissione luminosa. Se questo fenomeno interessa tutto il tubo, senza macchie evidenti, la causa può semplicemente essere la "vecchiaia" del tubo stesso. Talvolta, tubi che funzionano con una corrente superiore alla nominale appaiono semplicemente scuri o macchiati quando sono alimentati correttamente. Se il problema consiste in un annerimento o in una macchia che si estende per la totale lunghezza del tubo, le cause possono essere svariate. Esse sono, in ordine di probabilità decrescente, le seguenti:

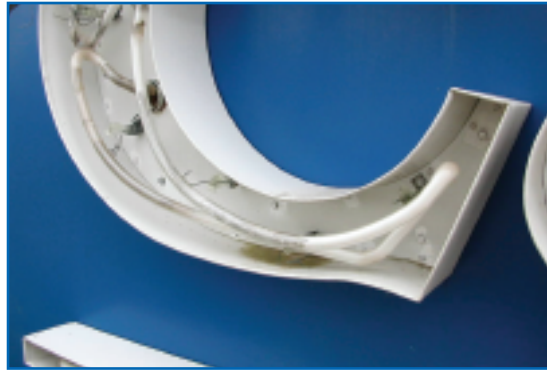
- 1) condizione di scarso vuoto; anche una vuotatura lenta o una grande perdita d'aria del collettore (manifold) possono causare questo tipo di macchia. Tubi bagnati, abbassamento della pressione o contaminazione dei fosfori possono essere le altre cause;
- 2) riscaldamento degli elettrodi inadeguato;
- 3) tubo non riscaldato a sufficienza durante la fase di vuoto; fatto, questo, particolarmente rilevante quando non si utilizza il forno;
- 4) tempo di vuoto e di bombardamento troppo brevi;
- 5) impurità nel mercurio;
- 6) impurità presenti nel tubo.

■ CHIAZZE SCURE DI FORMA IRREGOLARE

Un annerimento di questo tipo assume la forma di macchie diverse in forme e dimensioni, di colore e disposizione irregolari. Questo genere di chiazze normalmente non copre l'intera circonferenza del tubo dove sono localizzate. Esse sono causate da materiale estraneo presente nel tubo:

- 1) schegge di gomma generano piccole macchie rotonde con il centro scuro. Spesso sono gialle;
- 2) polveri fluorescenti in granuli appaiono come piccole chiazze irregolari. Generalmente sono gialle o grigie ma se si staccano pezzi molto caldi diventano blu;
- 3) l'olio può causare forme e colori sia regolari, sia irregolari. Può anche essere la causa di una macchia giallastra che interessa tutto il tubo nella sua lunghezza; è frequente che annerisca. L'olio può provenire dai cannelli, dalla pompa a diffusione, dal lubrificante delle valvole o dal manometro;

- 4) il mercurio si raccoglie attorno a punti freddi del tubo, come in vicinanza dei supporti e forma piccole ma spiacevoli zone scure. I suoi effetti sulle polveri del rivestimento interno sono descritti nel punto 8;
- 5) la polvere nel tubo può formare alcune strane striature. Esse sono normalmente strette e sono le stesse descritte nel punto 2.4. Qualora siano sottili sono molto dannose;
- 6) il mercurio, contaminato dal contatto con un elettrodo surriscaldato all'eccesso oppure semplicemente molto caldo, può produrre un certo numero di sottili striscette lunghe fino a qualche decina di centimetri, generalmente non dannose. Quando la larghezza è di 5÷6 mm ci possono essere consistenti effetti estetici in quanto chiaramente visibili;
- 7) macchie a forma di mezzaluna in prossimità degli elettrodi sono causate da un processo di bombardamento termoionico eccessivamente lungo. Talvolta possono diventare un problema serio;
- 8) consistenti agglomerati di mercurio, talvolta simili a grosse gocce, appaiono a causa di un eccessivo bombardamento. Le gocce di mercurio, peraltro, sono l'aspetto meno rilevante quando la concentrazione di mercurio è elevata: in tal caso possono persino rimuovere i fosfori del rivestimento e lasciare zone del tubo senza rivestimento. Questo è un elenco non esaustivo delle principali macchie che affliggono i tubi a ca-



◀ **Figura 5:** Annerimento e distacco delle polveri in questo dettaglio; sono presenti anche macchie in prossimità degli elettrodi

todo freddo; altri tipi sono stati notati occasionalmente, la cui natura non è facilmente identificabile. In generale, va detto che le macchie possono essere prevenute in quanto l'annerimento è una questione prevalentemente di "soffieria" che riguarda il trattamento del tubo durante i processi di piegatura, di giunzione o le modalità di vuotatura, nonché la pulizia delle macchine e degli strumenti utilizzati.

■ AUTORE

ing. Fausto Martin

Laureato in Ingegneria Elettrotecnica presso l'Università di Padova opera come consulente industriale nel settore illuminotecnico ed è editorialista per alcune testate specializzate; fa parte dei SC 34 C e D del CEI ed è delegato presso i BT TF 60-2 del CENELEC di Bruxelles (www.faustomartin.com).