



## **IL PASSO PIÙ CRITICO DELLA TERMINAZIONE DELLA FIBRA: PULIRE ALLA PERFEZIONE.**

*Ovvero: come si possono migliorare le prestazioni di rete utilizzando tecniche di pulitura adeguate.*

Non importa come sia stata realizzata: una rete è “buona” come il suo peggior collegamento. Le statistiche dicono che a rendere cattivo un collegamento ottico è quasi sempre il connettore. Se la rete funziona male a causa di una cattiva terminazione del connettore, il costo per trovare il problema e sistemarlo può diventare significativo.

Con l'attuale incremento di banda, che richiede loss budget ridotti, è essenziale che le terminazioni della fibra non influenzino le prestazioni di sistema. Un connettore ben progettato, una buona pratica di terminazione e manodopera esperta diventano inestimabili.

Molti installatori hanno paura di connettere un cavo ottico, principalmente per le tecniche delicate di pulitura e lappatura. In più, poiché il connettore ottico è un componente di elevata precisione con tolleranze dell'ordine di micron (millesimi di millimetro), è cruciale che la fibra non sia solo formata perfettamente per allinearsi in un accoppiatore, ma che sia libera da polvere o sporcizia. Un fallimento a causa di questo può causare perdite d'inserzione elevate, forte riflessione e può contaminare gli apparati a cui i connettori e i patch cord saranno collegati.

La pulizia della fibra è l'ultimo e più critico passo nel processo di connettizzazione. La pulizia rifinisce la zona di contatto del connettore e ne pulisce la superficie, che ha un impatto diretto su tutti i parametri delle prestazioni ottiche, come le perdite d'inserzione, le perdite di ritorno e il bit-error-rate per quanto concerne le prestazioni complessive della rete. Processi di pulitura affidabili sono collegati ad un addestramento appropriato e a un kit di terminazione ottica ben equipaggiato.

### **Il tempo è denaro**

Sono disponibili diverse scelte di connessione, compresi i patch cord (cavi preconnettorizzati o preterminati), connettizzazione in campo e pigtail che richiedono la giunzione a fusione. Ogni metodo e il relativo successo dipendono dal processo di terminazione del connettore e dall'esperienza dell'installatore.

I cavi preterminati, i patch cord o gli insiemi di interconnessione connettorizzati eliminano i processi di terminazione in campo, che consumano tempo e forniscono un'interfaccia verificata e certificata in laboratorio, ma possono anche avere controindicazioni. Le fibre terminate con connettori prelappati possono costare molto di più di quelli terminati in campo con collanti epossidici e necessitano di essere misurati con precisione. Se sono troppo corte, bisognerà sostituirle. Se sono troppo lunghe, si avrà una spesa addizionale e si dovranno affrontare nuovi problemi d'installazione, associati con la gestione della lunghezza ridondante di cavo.

I connettori epossidici/a lappatura, in cui la fibra viene incollata al connettore tramite componenti epossidici (a volte scaldati), forniscono una connessione affidabile con perdite minori di 0,5 dB per accoppiamento di fibre, ma la loro lavorazione richiede tempo per la preparazione e cura nelle operazioni. L'adesivo anaerobico è un prodotto a rapida solidificazione, che sta velocemente rimpiazzando i componenti epossidici, perché ha un processo d'installazione semplice e che non richiede alimentazione. In più, i connettori per adesivo anaerobico hanno tipicamente una perdita d'inserzione minore di 0,3 dB per accoppiamento, che è migliore del massimo specificato dallo standard TIA/EIA-568-B.3, cioè 0,75 dB per accoppiamento.

I connettori stessi cambiano molto in forma e stile. La normativa TIA/EIA-604 sottolinea le specifiche di

interaccoppiamento, noti come documenti FOCIS (Fiber Optic Connector Intermateability Standard: standard di interaccoppiamento dei connettori ottici). Queste specifiche assicurano che connettori di diversi produttori sono accoppiabili con quelli di altri costruttori. I documenti FOCIS includono le specifiche per i connettori più comunemente usati, inclusi SC, LC, FJ, MPO, ST, FC a MTRJ.

Nel mercato del cablaggio quelli predominanti nella terminazione in campo sono SC, LC e ST, sia nella versione multimodale che in quella monomodale. Il connettore SC offre costo ridotto, semplicità e durata, insieme a un allineamento accurato della sua ferrula ceramica e alla connessione "spingi-e-tira". Il connettore LC, progettato per applicazioni ad alta densità, è caratterizzato da una ferrula di piccole dimensioni (1,25 mm – la metà dei predecessori), che richiede operazioni di pulizia più precise. Sebbene il metodo di attacco dei connettori alla fibra ottica cambi tra i diversi tipi, i passaggi base della terminazione e della pulizia sono comuni.

### **Gli attrezzi del mestiere**

Gli apparati di pulizia automatica possono fornire rendimenti iniziali elevati e una più consistente qualità di prodotto, ma le tecniche di pulizia manuale sono più comunemente usate per alcuni tipi di connettività. Controllare le procedure in campo tramite procedure di laboratorio emulate in automatico o assemblaggio in fabbrica potrà fornire rendimenti elevati comparabili.

Molti costruttori di connettori da terminare in campo offrono kit di terminazione in campo e adeguato addestramento. Gli standard di interaccoppiamento, come TIA/EIA-604-3 per i connettori SC, definiscono tolleranze e geometria di tutti i parametri di accoppiamento.

Sarebbe ideale che i kit di terminazione dei connettori potessero operare su diversi prodotti di mercato, ma spesso non accade, a causa di attrezzi differenti e variazioni nelle parti di consumo. Un kit di un costruttore potrebbe non essere in grado di terminare un connettore di un altro costruttore, sebbene si tratti dello stesso tipo di connettore. Così, si dovrebbe essere attrezzati con gli attrezzi appropriati, le istruzioni di terminazioni aggiornate e l'addestramento per ottenere la qualità e i livelli di prestazione desiderati.

Il kit di terminazione in campo dovrebbe comprendere acqua distillata (come lubrificante nelle varie fasi del processo di pulitura), adesivo anaerobico (per incollare la fibra all'interno della ferrula), un attrezzo d'incisione (per tagliare la fibra all'altezza desiderata sopra la ferrula), un microscopio portatile (200x minimo) e un kit di pulizia che comprenda un disco di lappatura, piani di supporto e un assortimento di carte abrasive.

Bisogna prendere familiarità con i diversi materiali disponibili in questi kit. I dischi di lappatura, che mantengono in posizione il connettore durante la procedura di pulizia, sono fatti di metallo o plastica con alta resistenza all'abrasione. I costruttori forniscono un disco robusto e preciso, con tolleranze tali da mantenere la ferrula correttamente nel disco e permettere una libera manipolazione. I piani di supporto sono realizzati con materiali diversi, come gomma e plastica rigida, in ragione delle raccomandazioni del costruttore.

### **Vera abrasione**

L'elemento più importante nel kit di pulizia è la pellicola di lappatura, costituita da materiali con particolato abrasivo di diverse dimensioni depositato su un substrato di mylar. Il grado di erosione della fibra in ogni passaggio di pulitura è indicato dalla capacità di abrasione definita della pellicola.

Una pellicola abrasiva particolarmente ruvida rimuove anche l'adesivo in eccesso, mentre una più fine produce una finitura superficiale più corretta per la geometria finale della superficie del connettore. Viene consigliata l'esecuzione di pulitura in passi successivi, impiegando carte di pulizia diamantate, all'ossido di alluminio ( $Al_2O_3$ ) e in silicio ( $SiO_2$ ).



## AREA CULTURALE

## Cabling

Il diamante è il materiale di pulitura più duro, incidendo la ferrula e la sua superficie rapidamente. Ma se non si fa attenzione, può causare danni. Qualsiasi particella libera può, in effetti, potenzialmente causare danni all'interfaccia di accoppiamento. L'ossido di alluminio, tra le carte più diffuse, è ugualmente duro e duraturo, ma può graffiare la ferrula ceramica. La pellicola in silicio lavora sia la ferrula che la fibra ed è impiegata nella finitura.

Altri materiali utilizzati in campo comprendono carburo di silicio (SiC) e ossido di cerio (CeO<sub>2</sub>). La durezza del carburo di silicio si pone tra il diamante e l'ossido di alluminio e può essere usata per rimuovere l'adesivo, ma non per la finitura. L'ossido di cerio è più tenero e viene impiegato solo per la finitura.

### Passo dopo passo

Il processo di pulitura può cominciare dopo che l'adesivo anaerobico ha reagito e la fibra è stata incisa. Per ottenere migliori risultati nell'incisione, si raccomanda un attrezzo di incisione in carburo con una punta angolata di 30°. La fibra così incisa dovrebbe essere levigata "in aria" (non appoggiando la pellicola di levigatura al supporto), per rimuovere l'eccesso di fibra che sporge dalla punta del connettore. Questa operazione riduce la pressione sulla fibra quando questa va in contatto con la pellicola di lappatura.

Si raccomanda l'impiego di una pellicola all'ossido di alluminio, con un grado di abrasione tra 5 e 12 micron (µm), formando figure "a otto" finché non si avranno più graffi sulla pellicola. L'altezza ottimale della fibra è di 100 µm sopra la ferrula.

Ad ogni stadio bisogna aver cura di non pulire in eccesso, perché la cosa può creare problemi che portano a ulteriore, anti-economica lavorazione e sostituzione del prodotto. E l'asportazione di particelle dalla pellicola può provocare difetti nel vetro, per cui diventa necessario pulire la fibra con acqua distillata ad ogni passo di pulitura.

L'azione successiva, la sgrossatura, rimuove l'eccesso di adesivo anaerobico dalla fibra. Viene consigliata una carta di pulitura all'ossido di alluminio da 5 µm, da appoggiare al supporto.

Altre pellicole possono potenzialmente creare buche sulla superficie della fibra.

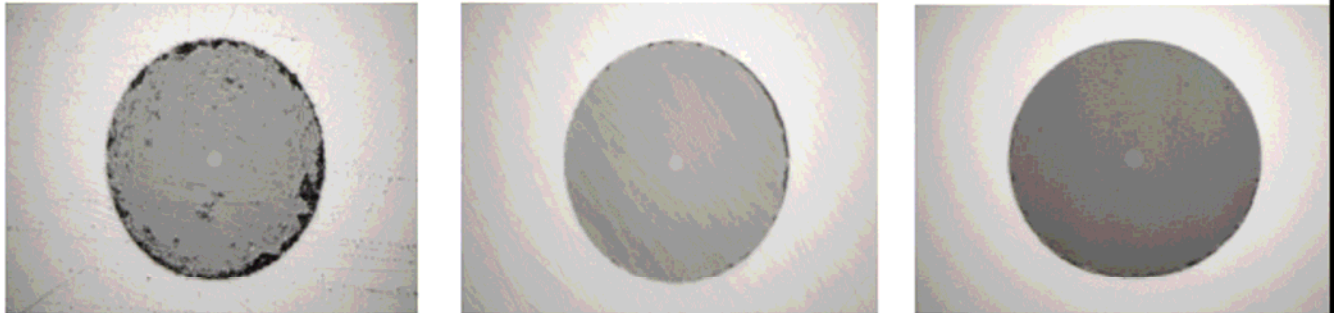
La raccomandazione è di utilizzare il disco e il piano di lappatura e di eseguire un congruo numero di figure "a otto".

Il passo successivo è la finitura, usando una carta a grana fine, per esempio quella diamantata da 1 µm. La quale è più cara, ma può essere riutilizzata diverse volte rispetto ad altre. Durante questo processo, applicare acqua distillata per mantenere la carta umida.

Dopo la pulitura fine, visionare la fibra con un microscopio adatto (minimo 200x), per visualizzare con precisione qualsiasi rottura, buca o danno. A questo punto, la fibra può essere verificata con una sorgente luminosa, come un visual fault locator. L'attenuazione d'inserzione tipica per i connettori SC-SC o LC-LC può essere di 0,25 dB per coppia; i costruttori raccomandano 0,5 dB per coppia di connettori.

La perdita di ritorno, che è causata dalla riflessione nel punto di contatto dei due connettori, dipende dal metodo di finitura e può raggiungere i 35 dB usando carta diamantata. Un'ulteriore livello di finitura viene raccomandato per ottenere valori di perdita di ritorno superiori a 55 dB. Questo è particolarmente critico per gli attuali sistemi ad altissima velocità su fibra monomodale, basati su laser.

La finitura richiede carta con grana da 0,3 µm o più piccola. Da preferirsi quelle in silicio, in ossido di alluminio e ossido di cerio, da usarsi sempre con acqua distillata in un procedimento umido. La situazione finale della superficie della ferrula sarà determinata dalla carta, dal supporto, dalla pressione, dal numero di figure "a otto", oltre che dall'ampiezza del movimento di lappatura.



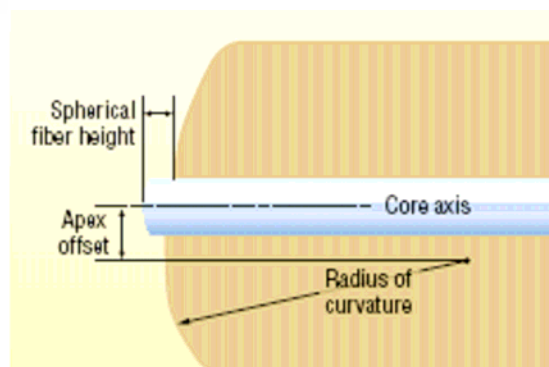
*Fasi di lavorazione di un connettore a lappare: nell'immagine a sinistra il risultato della sgrossatura a secco con una carta in ossido di alluminio da  $5\ \mu\text{m}$ . Nella figura centrale lappatura eseguita con pellicola diamantata da  $1\ \mu\text{m}$ . A destra finitura eseguita con carta in ossido di silicio da  $0,05\ \mu\text{m}$ .*

### **Molto più che una superficie “ben riuscita”**

L'affidabilità e l'integrità della connettività di una fibra ottica dipende dal grado di controllo impiegato durante le procedure di pulitura – un contributo significativo per un'ottima geometria superficiale. Con un raggio di curvatura troppo piccolo, la fibra potrebbe rompersi prematuramente. Un raggio troppo grande introduce la possibilità di riflessioni, che daranno luogo a elevata riflettività; vale a dire perdite di ritorno troppo basse.

Esistono delle specifiche che definiscono la forma del connettore e della sua superficie di contatto. I tre parametri principali sono la deviazione dell'apice (apex offset, AO), il raggio di curvatura (radius of curvature, ROC) e l'altezza sferica della fibra (spherical fiber height (SpH)). Si ha deviazione dell'apice quando la punta geometrica della ferrula pulita non corrisponde con il centro del nucleo della fibra. È ammissibile una deviazione fino a  $50\ \mu\text{m}$ . Il raggio di curvatura della ferrula dovrebbe essere non meno di  $25\ \text{mm}$ , poiché il contatto fisico della superficie della fibre potrebbe risentirne. Lo standard specifica che l'altezza della fibra deve essere inferiore di  $50\ \text{nm}$ .

Essendo poco pratico utilizzare in campo strumenti di laboratorio sofisticati e ingombranti, è difficile verificare nel dettaglio la geometria della superficie terminale. Perciò diventano essenziali corrette tecniche di pulitura. I metodi approvati, precedentemente citati, sono stati verificati in laboratorio e realizzati in campo. Questi metodi dovrebbero essere replicati in campo per ottenere margini di alta qualità e perdite contenute.





## AREA CULTURALE

## Cabling

### **Alternative alla lappatura in campo**

Una buona pulizia del connettore ottico in campo può essere ottenuta attraverso gli attrezzi richiesti, i prodotti di consumo, le linee guida appropriate e la necessaria capacità dell'operatore. Ma la lappatura in campo è solo un tipo di terminazione per i connettori ottici. Connettori ottici prelappati, che possono essere terminati in campo, sono caratterizzati da un unico spezzone di fibra prelappato inserito nel connettore. Tale spezzone di fibra offre prestazioni comparabili con i benefici aggiuntivi dati dall'eliminazione del tempo di pulizia in campo, riducendo così tempo e costo d'installazione.

I connettori prelappati forniscono un'alternativa di terminazione rapida ai connettori lappati in campo. Hanno una superficie terminale lappata in fabbrica che soddisfa i requisiti geometrici critici di cui sopra, eliminando la lappatura in campo. Questi connettori permettono anche la terminazione in campo in un tempo che può essere anche la metà di quello dei connettori a lappatura in campo. Essendo riterminabili, sono in grado di avere un grado di efficienza del 100%.

