

TECNOLOGIA COSTRUTTIVA DELLE FIBRE OTTICHE

1. Introduzione

Il materiale base impiegato per la realizzazione delle fibre ottiche è la silice (SiO_2).

Dal punto di vista trasmissivo la silice presenta una regione di bassa attenuazione nell'intervallo di lunghezza d'onda compreso tra 0,7 e 1,7 μm , con un minimo di 0,21 dB/km in corrispondenza a $\lambda = 1,55 \mu\text{m}$.

Nel processo di realizzazione il controllo del profilo dell'indice di rifrazione è ottenuto con l'aggiunta di particolari composti additivi, denominati droganti: i più tipici sono il fluoro, per diminuire il valore dell'indice di rifrazione, e il germanio per aumentarlo.

2. Tecniche di costruzione di una fibra ottica

Le fibre ottiche vengono prodotte mediante tecniche basate sulla deposizione chimica in fase di vapore, indicate con l'acronimo **CVD (Chemical Vapour Deposition)**, le quali consentono di sintetizzare il materiale vetroso con un elevato grado di purezza.

Nell'ambito delle tecniche CVD si sono sviluppati vari processi tecnologici, che possono essere suddivisi nelle seguenti due categorie:

- **IVPO (Inside Vapour Phase Oxidation)**, basata sulla deposizione interna;
- **OVPO (Out Vapour Phase Oxidation)**, basata sulla deposizione esterna.

In entrambi i casi la costruzione della fibra implica due distinte fasi operative:

- 1) la realizzazione della preforma;
- 2) la realizzazione della fibra vera e propria a partire dalla preforma e l'applicazione della protezione primaria.

La preforma, che rappresenta un prodotto intermedio di lavorazione, ha già le caratteristiche ottiche definitive; il core ed il cladding infatti hanno già gli indici di rifrazione uguali a quelli della fibra che si vuole ottenere (stesso valore e stesso profilo). Dalla preforma si ottiene poi la fibra ottica tramite un processo di **filatura** che realizza la riduzione graduale del diametro fino a quello definitivo della fibra, senza alterarne le caratteristiche ottico-geometriche. Successivamente è realizzata la ricopertura primaria, ottenuta mediante rivestimenti plastici, per conferire alla fibra un'adeguata protezione meccanica e renderla così più maneggevole. Nella figura 1 è riportato lo schema con i blocchi essenziali del processo CVD per la realizzazione della preforma.

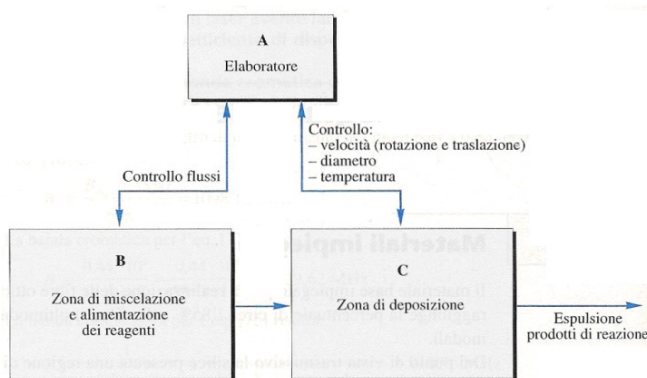


Figura 1 – Schema del processo tecnologico CVD

Si può osservare che tale processo è formato da tre parti fondamentali:

- **la parte elettronica di controllo** (elaboratore) dell'intero processo;
- **la parte chimica** (zona di miscelazione e alimentazione dei reagenti) che determina la corretta miscela dei reagenti che formano il composto vaporizzato con il quale è realizzata la preforma;

- **la parte termomeccanica** (zona di deposizione) che realizza la deposizione del composto vaporizzato.

3. Processo IVPO

Lo schema di principio dell'impianto relativo a tale processo è indicato in figura 2.

Per la realizzazione della preforma viene utilizzato un tubo di vetro di silice in rotazione, avente funzione di supporto, all'interno del quale viene fatta fluire la miscela dei vapori reagenti che si depositano sulle pareti.

Il tubo viene poi riscaldato tramite un bruciatore che, agendo su una zona ristretta, si sposta lentamente da una estremità all'altra e viceversa, per ottenere il completo riscaldamento della preforma (fino a raggiungere temperature di $1500 \div 1600 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

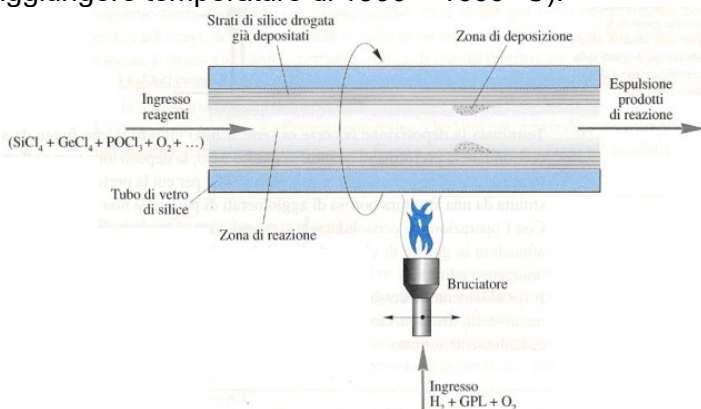


Figura 2 – Schema del processo IVPO: nel tubo di vetro vengono introdotti i vapori reagenti che si depositano sulle pareti interne

Nei vapori reagenti, a causa del riscaldamento, si innesca una reazione di sintesi ossidativa che produce agglomerati di particelle di dimensione di qualche nm le quali, depositandosi sulle pareti interne del tubo immediatamente a valle della zona di reazione, formano una struttura colloidale che viene vetrificata durante la

fase di ritorno del riscaldatore verso la sua posizione iniziale, apportando così nel tubo uno strato di materiale vetroso ad ogni ciclo. Al termine della deposizione, per eliminare il foro residuo che inevitabilmente rimane all'interno del tubo, vengono eseguiti alcuni cicli ad una temperatura di circa 2000 °C. Ciò determina una riduzione della viscosità del materiale depositato fino a provocare il collassamento del tubo cioè la riduzione del diametro sino alla completa eliminazione del foro residuo.

4. Processo OVPO

In questo processo la realizzazione della preforma viene realizzata per deposizione delle particelle di silice e droganti sulla superficie esterna di un tubo cilindrico che funge da supporto di base (figura 3). Anche in questo caso il tubo viene fatto ruotare intorno al proprio asse ed è riscaldato tramite un riscaldatore che si sposta da una estremità all'altra e viceversa. La deposizione avviene in entrambi i sensi di traslazione del sistema, in quanto i reagenti vengono inviati verso il tubo di supporto, in direzione normale al suo asse, direttamente attraverso il riscaldatore.

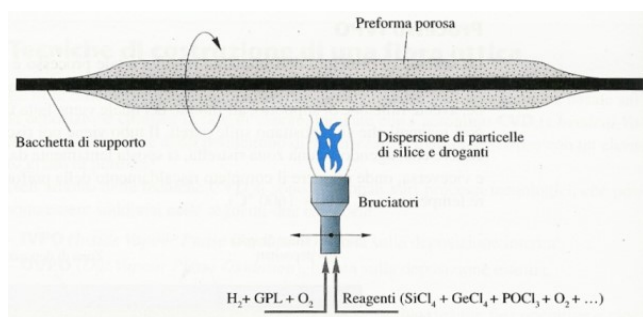


Figura 3 – Schema del processo OVPO: la deposizione avviene inviando le particelle solide di silice e di relativi droganti verso la superficie esterna di un tubo cilindrico

Terminata la deposizione occorre estrarre il tubo cilindrico che funge da supporto e consolidare la preforma in quanto, in questo caso, la deposizione viene effettuata ad una temperatura inferiore rispetto al processo IVPO, per cui la preforma che si ottiene è costituita da una struttura porosa di agglomerati di particelle non vetrificate.

Con l'operazione di consolidamento, eseguita riscaldando la preforma in un forno in cui l'atmosfera è in genere di cloro ed elio, il deposito poroso viene trasformato in un vetro omogeneo e limpido.

Il riscaldamento necessario a ottenere il consolidamento provoca anche il collassamento della struttura cioè la completa chiusura del foro lasciato dal tubo cilindrico precedentemente estratto.

5. Processo di filatura e di ricopertura primaria

Una volta realizzata con uno dei due metodi precedentemente analizzati, la preforma viene sottoposta ad un processo di filatura che ne riduce gradualmente il diametro fino a quello definitivo della fibra, senza generare nessuna alterazione ottico-geometrica della struttura della preforma stessa.

L'operazione di filatura viene eseguita riscaldando in una piccola zona l'estremità della preforma a temperature intorno a 2000 °C. In tale zona si raggiunge infatti una viscosità tale da consentirne il tiraggio, senza provocare alterazioni sulla struttura ottica originaria (figura 4), fino ad ottenere la fibra ottica definitiva.

È importante osservare che le dimensioni e il profilo termico della zona riscaldata devono essere rigorosamente controllati, allo scopo di evitare che eventuali brusche variazioni possano alterare le caratteristiche meccaniche, geometriche e ottiche della fibra prodotta.

La velocità di tiraggio e l'avanzamento della preforma sono regolate da un sistema di controllo automatico, che misura il diametro della fibra, in modo da mantenere entro limiti prestabiliti le sue variazioni rispetto a quelle nominali.

La fibra così ottenuta è molto fragile e non è in grado di sopportare sollecitazioni meccaniche le quali, anche se di modesta intensità, potrebbero provocare microfratture con conseguente alterazione delle sue caratteristiche.

Occorre pertanto apportare un'adeguata ricopertura, denominata **protezione primaria**, in modo da conferire alla fibra la necessaria resistenza meccanica.

La ricopertura primaria è effettuata con resine, che vengono prima deposte sulla fibra e poi indurite generalmente mediante un forno a essiccazione o a raggi ultravioletti.

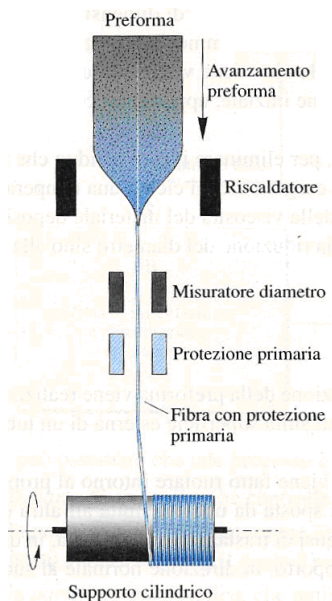


Figura 4 – Schema di principio del processo di filatura

6. Protezione secondaria

Anche con la protezione primaria, le fibre ottiche non sono idonee ad essere cablate per realizzare i cavi in quanto soggette a deformazioni e rotture in caso di stress meccanici (curvature accentuate e sollecitazioni relativamente elevate).

Occorre pertanto munire la fibra di un'ulteriore ricopertura, denominata **protezione secondaria**, che può essere realizzata secondo le seguenti due modalità:

- **protezione aderente;**
- **protezione lasca.**

La protezione aderente è strettamente solidale alla fibra ed è formata da una guaina termoplastica a doppio strato, di cui il primo strato è realizzato con gomma siliconica morbida avente la funzione di smorzare le sollecitazioni trasversali ed il secondo con materiale plastico più duro per attenuare le sollecitazioni assiali.

Con questo tipo di protezione però la fibra è soggetta alle tensioni che si possono generare a causa delle differenze tra i coefficienti di dilatazione termica della fibra e del rivestimento.

La protezione lasca invece è realizzata impiegando un tubetto di materiale plastico ad elevato modulo di elasticità con di diametro interno largamente superiore a quello della fibra (normalmente 5 – 10 volte superiore). Al suo interno la fibra si dispone in modo lasco così da risultare sufficientemente isolata dalle sollecitazioni esterne sia meccaniche che termiche come mostrato in figura 5.

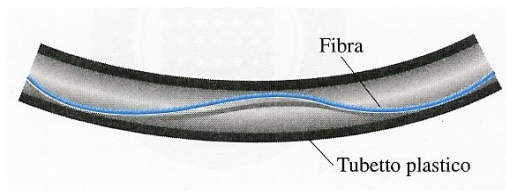


Figura 5 – Protezione secondaria di tipo lasco

