

## PARLIAMO DI CAVI COASSIALI

ARI- Sezione di Roma- Serate tecniche - 14-09-2011

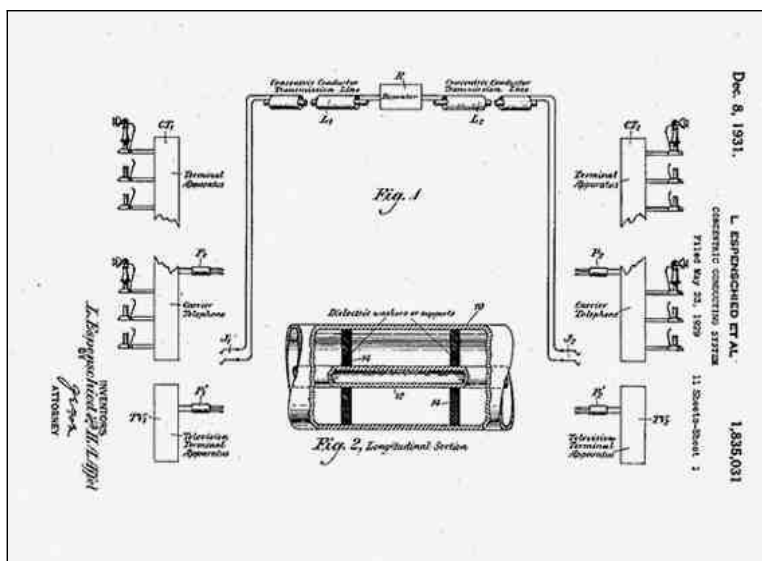
presentazione di Giovanni Paternostro – IOXJ

impaginazione e grafica a cura di Claudio Primerano - IZ0HHH



### CENNI STORICI

Un primo brevetto del cavo coassiale risale al 1880 ed è di **Oliver Heaviside** che ne ebbe l'intuizione, a seguito dei suoi studi sull'effetto "pelle" nei conduttori. L'applicazione era pensata all'epoca, per la telegrafia, ma Heaviside è forse più noto ai radioamatori, per un'altra grande intuizione: la ionosfera che causa la rifrazione delle onde radio, chiamata allora: "strato di Heaviside". Sono noti anche altri suoi studi sull'elettromagnetismo ed in particolare il fatto che abbia coniato i termini di *Impedenza* ed *Induttanza*, che da allora utilizziamo comunemente.



Nel 1931 venne depositato il brevetto, che si vede in figura a cura dei tecnici della Bell. Questo tipo di cavo, costituito da conduttori spazati da dischetti isolanti è stato largamente utilizzato prima per telecomunicazioni analogiche multiplex e TV e poi digitali; in particolare il cavo in figura (con 8 o 16 coassiali, ha costituito l'ossatura della rete italiana) fino agli anni '90, quando sono stati sostituiti dai cavi con fibre ottiche.

Per la trasmissione radio, durante la seconda guerra mondiale, sono stati sviluppati i cavi tipo RG (Radio Guide) a norme MIL, che utilizziamo normalmente per collegare le antenne agli apparati radio.



## Parte 1 – MATERIALI E COSTRUZIONE

### 1.1 - Conduttori in rame

Il rame chiamato OFC (Oxygen Free Copper) cioè rame privo di ossidi, è oggi normalmente utilizzato per tutti gli impegni elettrici, e quindi questo termine ha più una valenza “pubblicitaria”.

Modernamente infatti si utilizzano processi, che evitano il contatto con l’ossigeno dell’aria quando il rame viene lavorato a caldo.

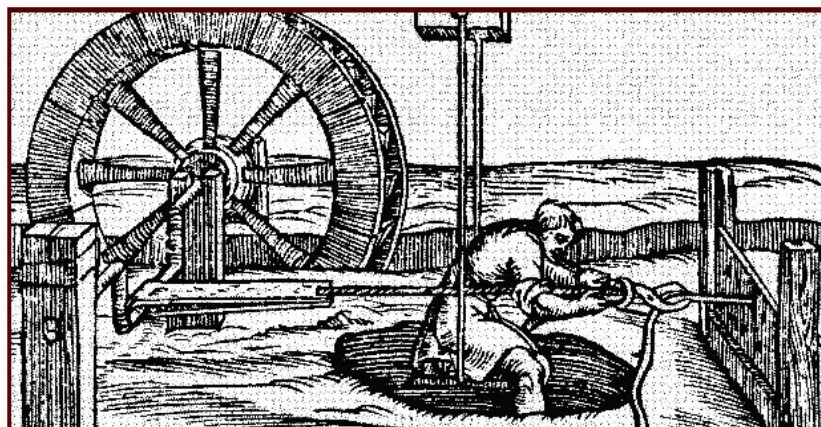
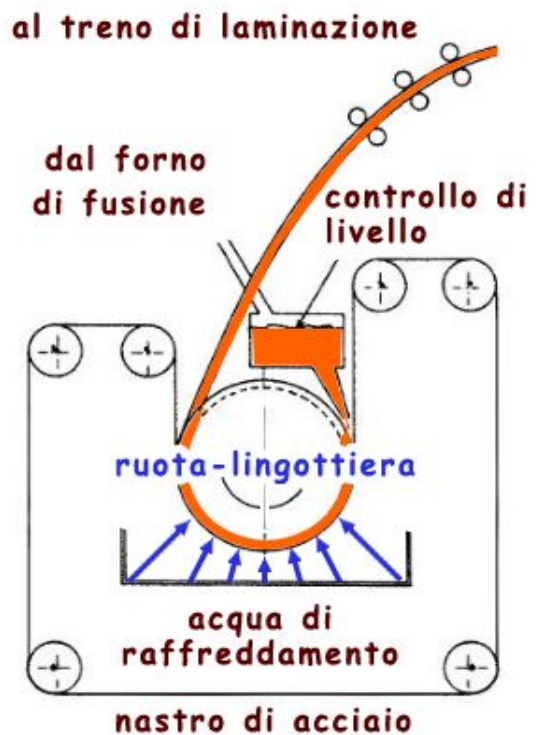
La figura a destra, illustra il processo di colata continua (continuous casting) a partire direttamente da catodi di rame provenienti dalle miniere dove sono ottenuti per elettrolisi dal minerale.

Il rame fuso cola su una ruota scanalata raffreddata e attraverso una serie di rulli di laminazione a caldo si ottiene la “vergella” del diametro di circa 6 mm.

In tutto questo processo di laminazione a caldo, con protezione del vapor d’acqua si evita che l’ossigeno dell’aria venga a contatto con il rame, generando ossidi.

Il processo successivo è la trafilatura , (nota fin dal 1500, come illustra la stampa qui sotto) al diametro voluto, consistente nel far passare i fili attraverso filiere di diametro decrescenti.

Il processo avviene a freddo, e questo provoca un incrudimento del rame, che a sua volta produce un aumento della resistività del materiale.



antica tecnica per la trafilatura dei fili metallici (1540)

Occorre pertanto, una ricottura a caldo, che puo' essere effettuata in forni in atmosfera di azoto, o in linea con la macchina trafilatrice, con riscaldamento elettrico per effetto Joule del filo stesso; il contatto con l'aria viene evitato con getti di vapore acqueo.

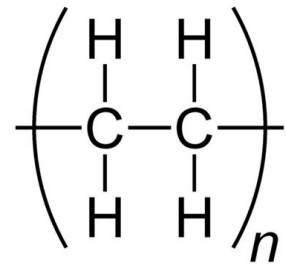
Analoghi processi vengono utilizzati per i nastri di rame, in questo caso si utilizzano appositi sistemi a rulli.

## 1.2 - Isolamento

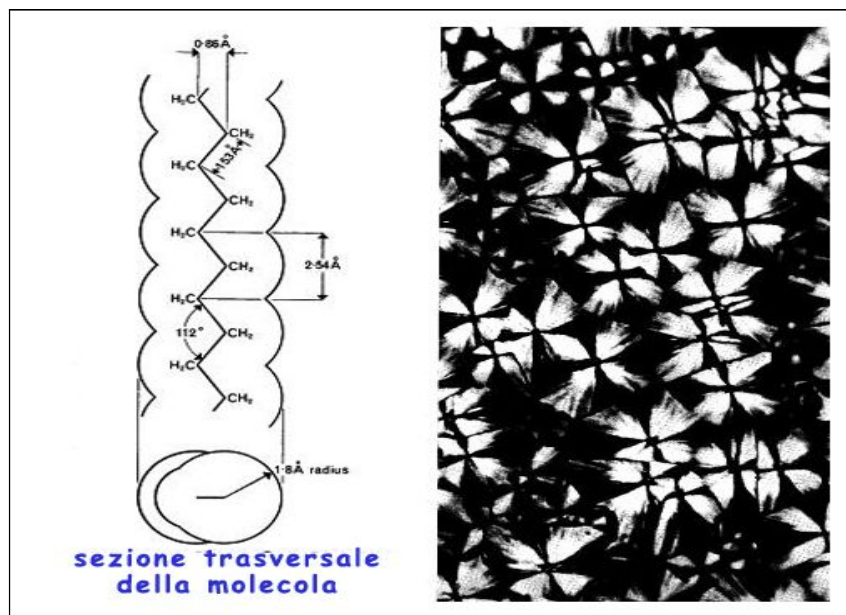
### 1.2.a - Polietilene

É anche conosciuto col nome di Politene; il suo nome si abbrevia con la sigla PE. ma; É il materiale piu' utilizzato e deriva dalla polimerizzazione dell'etilene.

Ricordiamo che l'etilene e' un idrocarburo con formula chimica  $C_2H_4$  (H=idrogeno, C=carbonio).



La molecola del Polietilene ha la struttura qui illustrata (tratta dalla documentazione ICI, ora Zeneca) che sviluppo' il processo descritto nel seguito.



Secondo un processo scoperto negli anni 30 e poi applicato largamente nella seconda guerra mondiale. La polimerizzazione avviene ad una pressione di circa 1000 bar ed a una temperatura di circa 200 gradi°C-. il materiale solidifica a circa 110° e viene tagliato in granuli (simili a chicchi di riso). Negli anni 50-60 venne sviluppato un nuovo processo con l'impiego di catalizzatori, a bassa pressione, ma comunque piuttosto complesso.

### 1.2.b - Politetrafluoroetilene

Il suo nome è così lungo che si usa abbreviarlo con la sigla PTFE, ma quasi tutti lo conoscono col nome di TEFLON.



Possiamo immaginare di sostituire, nella molecola del PE, l'atomo di idrogeno (H) con quella del fluoro (F), ottenendo un materiale con formula:  $n(\text{CF}_2 - \text{CF}_2)$

Poiche' l'atomo del Fluoro è leggermente piu' grande di quello dell' Idrogeno, si ottengono caratteristiche chimiche e fisiche superiori, in particolare la resistenza meccanica ad alte temperature ( $> 300\text{ }^\circ\text{C}$ ).

Questa caratteristica fa si che non si possa estrarre con un procedimento continuo come il polietilene, ma con un'iniezione a pistone, con un processo di sinterizzazione dove il materiale in polvere, dispersa in un solvente, viene applicato sul conduttore ad alta temperatura. I cavi ottenibili con questo processo, quali RG142, UT141, hanno generalmente diametro ridotto.

La fotografia sulla destra, illustra l'impianto PE del petrolchimico di Priolo–Melilli.



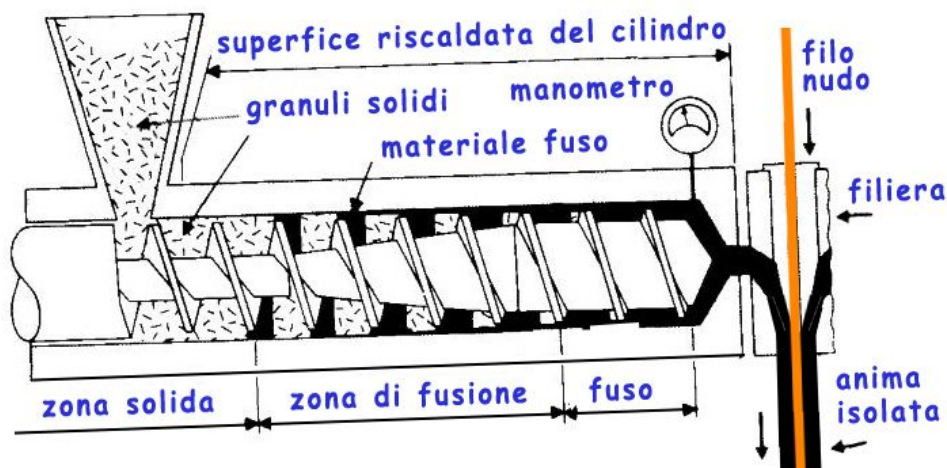
### **1.3 - La costante dielettrica**

Considerando la costante dielettrica *relativa*, rispetto al vuoto o l'aria che quindi è pari a 1 si hanno i seguenti valori (circa) :

per il PE: 2.28 se solido, da 1,3 a 1,5 per il PE espanso, da 1,1 a 1, 4 per il PE semi-aerato e 2 per il PTFE.

### **1.4 - Realizzazione dell'anima isolata**

Si utilizza un apparato di estrusione come schematizzato in figura: una vite riscaldata in varie zone a temperature via via piu' elevate spinge il materiale (in ultimo fuso) verso una testa ad imbuto, dove viene fatto passare il conduttore. All'uscita il materiale viene raffreddato con acqua in apposite vasche, ottenendo la cosiddetta "anima isolata" .



Tramite materiale espandibile miscelato all'interno del PE, oppure iniettando gas (azoto) all'interno della testa di estrusione, si ottiene il polietilene *espanso*, o cellulare (in inglese "*foam*") costituito da piccolissime celle.

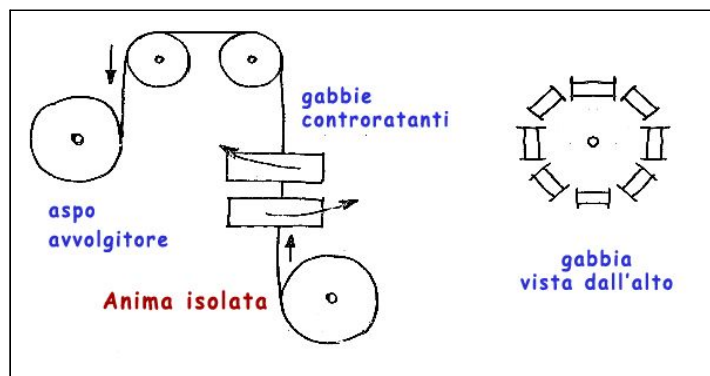
Come vedremo nella 2a parte, i cavi con isolante espanso hanno un'attenuazione inferiore rispetto a quelli con isolante solido. In alcuni casi si applica anche uno strato di polietilene solido (*skin*), che migliora la resistenza meccanica dell'anima isolata.

Il tipo di isolante *semi-aerato* è un altro modo di ridurre l'attenuazione. Si utilizzano spaziatori fatti a spirale più un tubo continuo (ad es nei cavi tipo RG62), oppure isolante a profili particolari a "camere" (Aircomm), a "bambù", etc.

### **1.5 - Applicazione del conduttore esterno (schermo)**

Per i cavi flessibili (quali quelli tipo RG) si applica una treccia (o "calza") costituita da numerosi fili di rame, paralleli e intrecciati tra di loro.

La macchina *trecciatrice* ha lo schema illustrato in figura, con due "gabbie controrotanti", su cui vengono caricate bobine contenenti fili paralleli che andranno a costituire la treccia.



La trecciatura (immagine a destra) è, di fatto, un'operazione lenta, la produzione è di circa 1 km di anima schermata per un turno di 8 ore.

Oltre alla semplice schermatura a treccia, possiamo avere cavi con doppia a treccia o calza (ad esempio il tipo RG223)- Ricordo una battuta di un collega udita per radio molti anni fa: un cavo con due calze è un cavo "femmina" ...(HI).

Un'altra modalità consiste nell'applicare un sottile nastro di rame longitudinalmente, a "sigaretta" sotto una treccia che può essere più rada in quanto, oltre alla schermatura ha anche la funzione meccanica di tenere chiuso lo schermo a nastro e consentire il cablaggio nei connettori nel modo consueto.



Per i cavi professionali si utilizza uno schermo spesso di rame, saldato ad arco longitudinalmente. Nella testa porta elettrodi si immette un mix di gas inerti in modo da proteggere il rame nel momento della saldatura. Il tubo liscio, di diametro leggermente più grande dell'anima sottostante, viene corrugato per renderlo flessibile portandolo a diametro. La figura seguente illustra la macchina di formazione del nastro a tubo e saldatura continua. La corrugazione è ottenuta con un eccentrico rotante.

Nei cavi di dimensioni maggiori anche il conduttore centrale è costituito da un tubo corrugato.

Infatti, a causa dell'effetto "pelle" la corrente a radio frequenza viaggia solo nello strato esterno del conduttore.

La figura (tratta da un catalogo RFS) illustra due cavi di questo tipo. All'estero, in particolare per la distribuzione TV, viene utilizzato per ragioni di economia anche uno schermo in alluminio longitudinale, e non corrugato visto che l'alluminio è più flessibile del rame.

In questo caso si applica un nastro "a sigaretta" con sormonto, che viene incollato tramite un rivestimento sull'alluminio di materiale termofusibile.

Generalmente le dimensioni sono tali (ad es. 12,7 mm, pari a 1/2 pollice) che non c'è praticamente differenza nell'attenuazione con il corrispondente cavo in rame.

E' possibile talora trovare nel surplus delle quantità di questo cavo, ma occorre prestare attenzione perchè in generale l'impedenza è 75 ohm.



### **1.6 - Guaina esterna**

Il materiale più utilizzato è il PVC (Polivinilcloruro). La molecola di base, (detta Vinil cloruro), ha formula chimica simile a quella dell'etilene, ma al posto di un atomo di idrogeno (H) vi è un atomo di cloro (Cl).

La polimerizzazione avviene in fase liquida con un processo relativamente semplice, ciò fa sì che il PVC sia una delle materie plastiche più utilizzate. Per rendere la guaina flessibile vengono addizionati oli plastificanti e per la protezione contro i raggi UV, nerofumo cioè carbone finemente disperso, che ne migliora anche la resistenza meccanica.

Nelle nuove specifiche dei cavi tipo RG viene prescritto che i plastificanti del PVC siano del tipo "non migrante" e cioè non migrino nel tempo attraverso la treccia nell'isolante. La foto mostra l'isolamento di un cavo tipo RG8 in cui anche il nerofumo è stato trasferito nell'isolante annerendolo, dopo circa 30 anni di permanenza sul tetto. Da notare che all'esterno la guaina di PVC si presenta perfettamente integra.

Una maniera economica di ridurre la migrazione è di usare nastri di materiali plastici meno permeabili agli oli, soluzione molto usata nei cavi tipo TV dove il problema è anche più sentito per i cavi con isolamento espanso, in quanto il PVC è più permeabile del PE al vapore d'acqua, che può andare ad inquinare le celle vuote, aumentando le perdite a radio frequenza.

Il problema non si pone nei cavi che dispongono di uno schermo metallico saldato, e molto meno per quelli con schermo metallico sormontato.



*Continua nella 2a parte - Caratteristiche elettriche/ trasmissive e relative formule*