

# L'utilizzo di micrometri laser per il controllo del diametro nei processi di trafilatura del filo di rame



**Antonio (Toni) Spizzamiglio,**

*Presidente e Responsabile Commerciale - Aeroel*

**Il mutare delle condizioni di mercato e la crescente competizione obbligano tutte le aziende a un continuo miglioramento per rendere più efficaci ed efficienti tutti i loro processi ed in particolare quello produttivo.**

**L'utilizzo di calibri laser per il controllo del diametro del filo di rame trafilato contribuisce al miglioramento del processo produttivo e consente di ottenere un significativo risparmio di materiale, la riduzione degli scarti e un risparmio di manodopera, permettendo al tempo stesso di fornire ai propri clienti un prodotto di qualità superiore.**

## **“Condannati” al miglioramento continuo**

Nel mondo d'oggi e a maggior ragione nel prossimo futuro, la globalizzazione dell'economia è sicuramente la causa prima del continuo innalzarsi del livello di competitività che riscontriamo ogni giorno nel nostro lavoro.

Se da un lato, grazie all'attenuarsi delle barriere doganali ed alle nuove autostrade infor-

matiche, abbiamo la possibilità di accedere a nuovi mercati che fino a ieri erano preclusi alle nostre piccole e medie imprese, è pur vero il contrario! Molti nuovi concorrenti, spesso situati in aree remote del pianeta, si affacciano sul mercato, offrendo prodotti e servizi competitivi che non solo si oppongono alla nostra espansione in nuovi e lontani mercati ma minacciano le nostre aziende anche sul mercato locale o in aree considerate fino-

ra come "mare nostrum".

Tra le "leve di marketing" che questi nuovi concorrenti utilizzano per "fare la differenza" e creare un vantaggio a loro favore, le più frequenti sono un prezzo inferiore o una miglior qualità o un nuovo prodotto o un servizio innovativo.

Così siamo costretti ad una corsa continua per mantenere le nostre posizioni e per assicurarci possibilità di sviluppo.

Purtroppo non possiamo essere tutti così bravi o fortunati da inventare in breve tempo un prodotto innovativo o applicare una nuova tecnologia produttiva: certamente però possiamo subito migliorare quello che già stiamo facendo! Tutti i processi aziendali devono essere esaminati al microscopio e con un'ottica di miglioramento continuo: anche piccole migliorie e modesti risparmi diventano importanti e possono, sommati assieme, determinare un vantaggio decisivo. Sprechi ed inefficienze che in passato potevano essere considerati "fisiologici" e tutto sommato accettabili, oggi rischiano di diventare una zavorra intollerabile che può contribuire ad affondare l'azienda.

### Misurazioni fondamentali per il controllo di ogni processo

Dobbiamo dunque migliorare e rendere più efficienti i nostri processi, a tutti i livelli: siano essi processi produttivi veri e propri o altri processi aziendali, come la gestione finanziaria, il processo di progettazione, i processi commerciali, l'assi-

### The Use of Laser Micrometers for Controlling Diameter in Drawing Copper Wire

In today's world, and all the more so in the near future, the globalization of economy is certainly the main reason of the continuous increase of the competitiveness among companies.

Many new competitors, which are often placed in remote regions of the earth, present themselves on the market, offering competitive prices and products which not only hinder our spread in new and far market, but are a threaten for our companies in the local market, too. In order to check this phenomenon, all the company processes must be proceed towards a continuous improving: little betterments and moderate savings become important and, added together, can produce a decisive advantage.

As for a company which draws copper wire, both for selling it as end products, and for using it as raw material in other productive processes (i.g. production of electrical cable, enamelled wire, etc.), the use of laser micrometers for controlling the diameter of drawn copper wire contributes to the improvement of the productive process and allows to reach a meaningful saving in material and reduction of scraps. In addition, it allows to supply to the customers a higher quality product.

By using these devices, it is also possible to get a saving in terms of manpower, because it is not necessary to give an operator the task of measuring the diameter: the measurement becomes more accurate and the results absolutely reproducible, with no errors and/or human influence.

The cost of the investment can be amortized just in 4 months, because of the saving in copper so achieved.

stenza tecnica e il service, ecc. Ed è proprio sul controllo dei processi in generale che le nuove norme UNI EN ISO 9001:2000 (Vision 2000) pongono

l'accento (Fig. 1). Secondo un approccio "sistemico" tutta l'azienda è suddivisa in processi, i quali hanno tutti un'identica struttura concet-

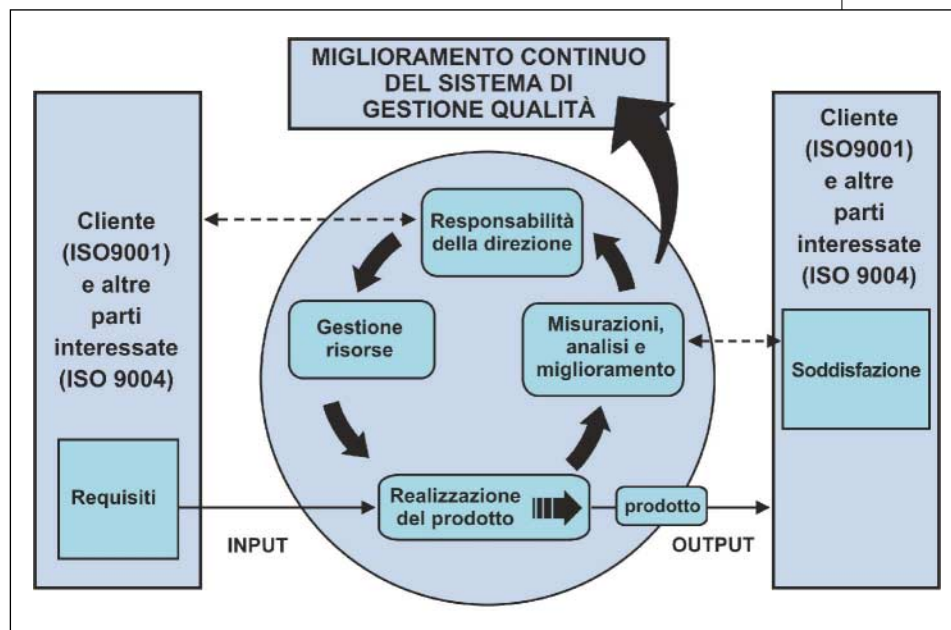


Fig. 1 - Le nuove norme UNI EN ISO 9001:2000 pongono l'accento sul controllo dei processi.

tuale e possono essere descritti allo stesso modo definendo gli elementi di ingresso, di uscita ed il meccanismo di gestione del processo stesso (Figg. 2,3). Quest'ultimo si sviluppa secondo 4 fasi (Fig. 4):

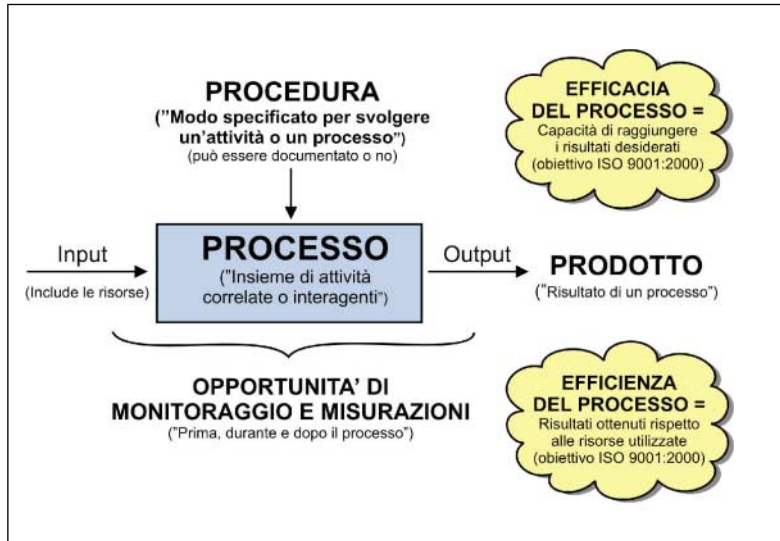
**PLAN** Pianifica, stabilisci gli obiettivi ed i requisiti del processo

**DO** Fai, realizza il processo

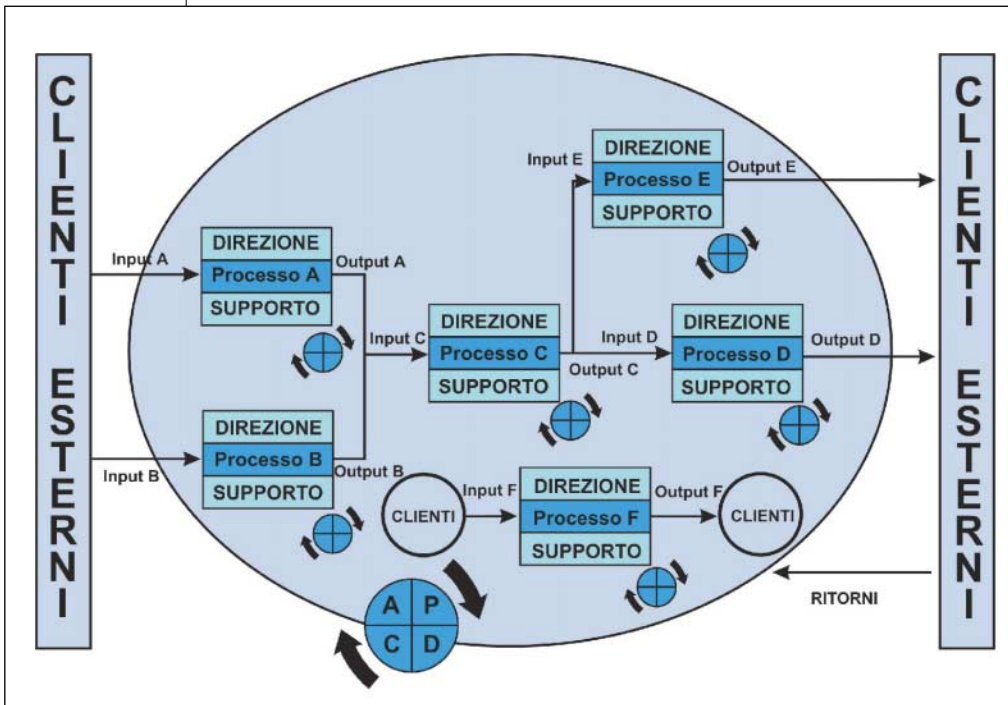
**CHECK** Controlla il processo e misura i risultati

**ACT** Agisci per migliorare il processo

In particolare la fase di controllo richiede di misurare in termini quantitativi i risultati e le variabili del processo, in modo da fornire gli elementi oggettivi che consentiranno di determinare l'efficacia e l'efficienza del processo e di identificare possibili aree di miglioramento, oggetto della successiva fase ACT.



Figg. 2-3 – Secondo un approccio "sistemico" tutta l'azienda è suddivisa in processi, i quali hanno un'identica struttura concettuale.



Efficacia = Capacità di raggiungere i risultati desiderati  
 Efficienza = Risultati ottenuti rispetto alle risorse utilizzate  
 Se ora focalizziamo la nostra attenzione sul processo produttivo di un'azienda che trafila il filo di rame, sia per venderlo come prodotto finito che per utilizzarlo come elemento di ingresso in altri processi produttivi (es. produzione di cavo elettrico, filo smaltato, ecc) possiamo ben capire che l'attuazione della fase di Check implica un utilizzo sempre più esteso di strumenti e sensori per la misurazione delle caratteristiche del filo e delle variabili del processo di trafilatura. Dunque misure, misure ed ancora misure!

## Applicazioni dei calibri laser in trafilatura rame.

Il diametro del filo è sicuramente uno dei parametri fondamentali da misurare in trafilatura

- perché determina la sezione del conduttore e dunque è fondamentale per garantire la conducibilità del filo di rame;
- Perché ne determina il peso ed è dunque direttamente collegato al costo del rame, sicuramente elemento determinante per il costo del prodotto finito (filo trafilato, cavo elettrico, filo smaltato, ecc). Dunque, poiché l'Aeroel produce calibri laser, ovvero strumenti laser per la misurazione del diametro (Fig. 5), nel seguito si esaminerà l'impatto che tali strumenti possono avere sul processo di trafilatura del rame. L'approccio concettuale fin qui usato ha comunque una valenza generale e si presta ad essere utilizzato per analizzare i benefici apportati da un qualsiasi strumento di misura ad un qualsiasi processo produttivo.

## Il calibro laser per il monitoraggio in continuo del diametro finale del filo

Sicuramente l'elemento che più incide sul costo di un semplice cavo per l'edilizia (*building wire*) è il costo del rame impiegato per il conduttore. Stabilire che comunque deve essere garantita la sezione minima che stabilisce la conducibilità elettrica del cavo, è tuttavia pensabile di poter ridurre l'escursione di diametro ammessa in fase di trafilatura prima della sostituzione della filiera. Il processo di trafilatura infatti si basa essenzialmente sul diametro della filiera per garantire il diametro del filo: poiché durante la trafilatura l'usura della filiera fa progressivamente aumentare il diametro del filo, ne consegue che il diametro stesso varia da un valore minimo (diametro iniziale della filiera) fino ad un valore massimo (diametro finale della filiera) prima della sostituzione della filiera stessa. La tolleranza dimensionale stabilisce il diametro iniziale della filiera (diametro minimo) ed il suo limite di utilizzo (diametro massimo) (Fig. 6).

Data la relativamente bassa usura delle filiere in diamante impiegate per la trafilatura del rame, è prassi comune effettuare un controllo di diametro a campione (a fine bobina) per determinare il momento in cui deve essere sostituita la filiera. È ovvio che la tolleranza di lavorazione dovrà essere coerente con le caratteristiche di usura della filiera, il peso delle bobine di raccolta e gli intervalli di controllo ammissibili. Una bassa usura della filiera unita a bobine di piccolo taglio consente di poter tenere sotto con-



Fig. 4 - La gestione del processo si sviluppa secondo le quattro fasi indicate in figura.

trollo piccole variazioni di diametro e dunque di stabilire una tolleranza molto ristretta, viceversa un'elevata usura e bobine di maggior peso obbligano a stabilire una tolleranza più ampia.

Prendiamo in esame un tipico conduttore rigido (monopolare) da 1,15 mm di diametro (1 mm quadro di sezione nominale): una tolleranza tipica è di  $\pm 7 \mu\text{m}$ , ovvero  $14 \mu\text{m}$  totali. Dunque durante il processo di trafilatura il diametro varia da

un valore minimo di  $1,143 \text{ mm}$  fino ad un massimo di  $1,157 \text{ mm}$ , con un valore medio di  $1,15 \text{ mm}$ . Evidentemente questa tolleranza è quanto di meglio si può garantire con un controllo a campione, date le caratteristiche del processo.

Ebbene, se ci ponessimo come obiettivo la riduzione della tolleranza totale da  $14 \text{ mm}$  a  $8 \text{ mm}$  e la garanzia di un identico diametro minimo di  $1,143 \mu\text{m}$ , il diametro massimo diventerebbe  $1,151 \mu\text{m}$  ed il diametro medio  $1,147 \mu\text{m}$ , contro  $1,150 \mu\text{m}$  precedenti.

Dunque avremmo realizzato una riduzione di diametro medio di  $3 \mu\text{m}$  su  $1,15 \mu\text{m}$ , ovvero di  $-0,26\%$  sul diametro (Fig. 7). Dato che l'area  $A$  della sezione è proporzionale al quadrato del diametro  $F$ , ne consegue che la variazione percentuale di area è data dal doppio della variazione percentuale sul diametro, secondo la seguente formula

$$\frac{\Delta A}{A} = 2 * \frac{\Delta \Phi}{\Phi}$$

Fig. 5 - Calibro laser per la misurazione del diametro.



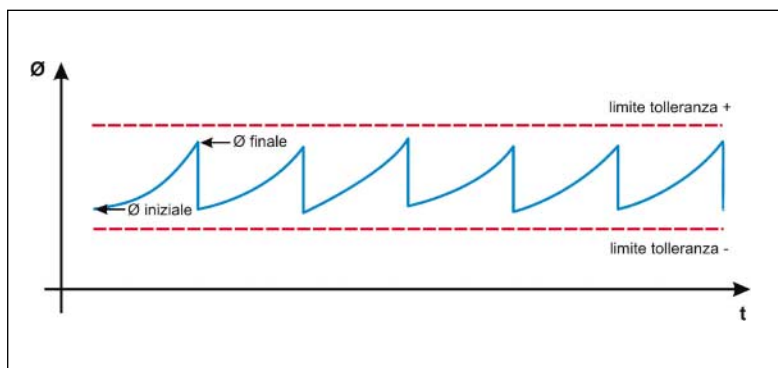


Fig. 6 - La tolleranza dimensionale stabilisce il diametro iniziale della filiera (diametro minimo) ed il suo limite di utilizzo (diametro massimo).

La variazione percentuale di area risulterebbe dunque di -0,52%.

Se consideriamo una linea di trafilatura con una velocità di 20 m/s, la densità del rame di 8,9 gr/cm<sup>3</sup>, 16 ore al giorno di lavoro, 256 giorni lavorativi all'anno ed un'efficienza dell'80% (20% di fermo macchina), è facile calcolare che in un anno, la produzione di un filo di 1,15 mm di diametro corrisponde a circa 2180 tonnellate di rame: un risparmio di rame pari allo 0,52% corrisponde a 11,3 tonnellate di rame, che per un costo di 1500 €/tonnellata si traduce in un risparmio di 16.950 €/anno, Euro più, Euro meno.

Questo obiettivo è facilmente raggiungibile con l'installazione in linea, all'uscita della filiera, di un calibro laser di elevata precisione che tenga continuamente sotto controllo il diametro del filo ed avvisi l'operatore nel momento in cui il diametro esce dal limite superiore e dunque quando la filiera deve essere sostituita.

Si noti che, poiché il diametro viene misurato quale parametro che determina l'area del filo (che è la vera variabile da controllare), è necessario utilizzare una misurazione biassiale, lungo 2 assi incrociati e considerarne il diametro medio: solo così infatti si cancella l'errore che potrebbe essere intro-

dotto da una eventuale (anche piccola) ovalizzazione del filo. Si potrebbe dimostrare che il diametro medio misurato da un calibro laser a fasci incrociati rimane costante anche quando un filo leggermente ovalizzato ruota attorno al proprio asse e che tale diametro medio è esattamente il parametro che consente di calcolare l'area della sezione.

Il costo dell'investimento poi è tale da consentire un rientro dell'investimento in appena 4 mesi, dato il risparmio di rame precedentemente calcolato.

Inoltre una riduzione dell'escursione di diametro del conduttore consente a chi estrude il cavetto di ottenere un altro importante vantaggio, in termini di risparmio di materiale isolante.

Il processo di estrusione infatti ricopre il conduttore nudo con del materiale isolante (es. PVC) ed eventualmente anche con una sottile guaina protetti-

va (es. Nylon) in modo da garantire comunque lo spessore minimo dell'isolante specificato dalle caratteristiche del cavo.

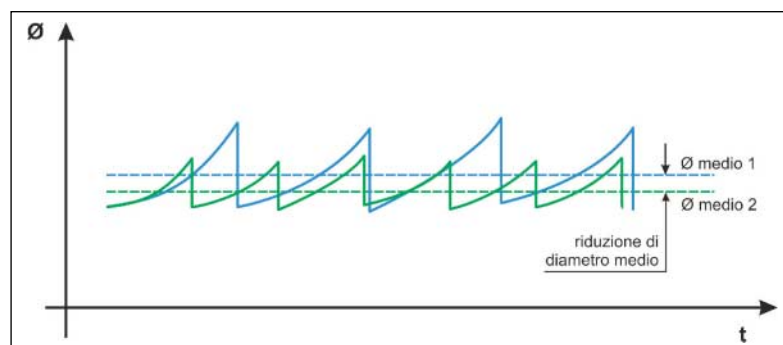
Durante il processo di estrusione, un calibro laser misura il diametro esterno e regola automaticamente l'estrusore in modo da mantenere costante il valore del diametro esterno. Ovviamente il diametro esterno minimo è determinato dallo spessore minimo dell'isolante e dal massimo diametro del conduttore di rame.

È chiaro che laddove il diametro del conduttore è inferiore al massimo viene utilizzato un eccesso di isolante, semplicemente per "riempire" il cavo e rendere uniforme il diametro esterno; dunque una maggior uniformità del diametro del conduttore significa un risparmio di materiale isolante per chi produce il cavo (Fig. 8).

Ma non solo, un minor diametro medio del conduttore, richiede, a pari spessore di isolante, un minor volume di isolante stesso, data la minor circonferenza lungo la quale deve disporsi (Fig. 9).

Dunque sia la miglior uniformità di diametro che il minor diametro medio del conduttore contribuiscono a far risparmiare materia prima al cliente cavista che utilizza il conduttore trafilato: quindi si può offrire un prodotto con specifiche migliori, che offre reali vantaggi competitivi al cliente.

Fig. 7 - Grafico relativo alla riduzione di diametro medio.



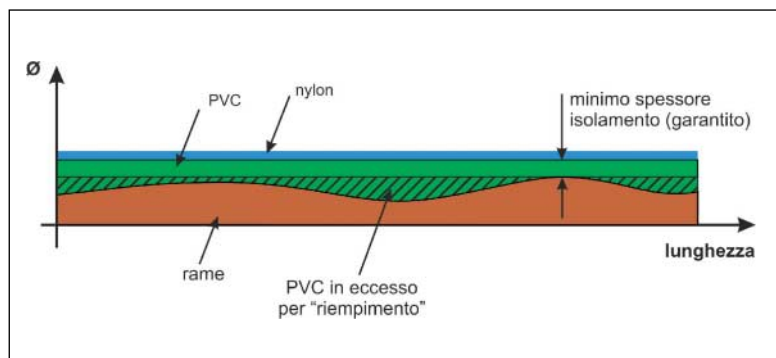


Fig. 8 – Una maggiore uniformità del diametro del conduttore si traduce in un risparmio di materiale isolante per chi produce il cavo.

### Il calibro laser come elemento attivo per il controllo del processo.

Nell'esempio precedente il calibro laser è considerato come un elemento passivo, che ha il solo scopo di controllare il diametro finito e di allertare l'operatore quando quest'ultimo esce dai limiti di tolleranza impostati: l'intervento sul processo (cambio filiera o regolazione della macchina) è poi sempre manuale (Fig. 10).

Il vantaggio derivante dall'uso del calibro (rispetto ad un semplice controllo a campione a fine bobina) consiste nel fatto che un controllo in linea, al 100% e in tempo reale, consente di abbassare con maggior tranquillità i limiti di tolleranza imposti al processo. In altre parole non si deve demandare all'operatore la misurazione del diametro: la misura diventa più accurata ed i risultati assolutamente riproducibili, esenti da errori e/o influenze umane. Ma è possibile fare ben di più! In realtà in una linea di trafilatura rame il diametro finale del prodotto non è legato unicamente al diametro della filiera di finitura, ma dipende anche dal grado di ricottura che si vuol dare al rame dopo la trafilatura e dalla tensione del filo sul "ballerino" finale. Poiché infatti le successive trafilature incrudiscono il rame è

necessario ricuocerlo per dare al cliente un materiale sufficientemente duttile ed adatto alle successive lavorazioni; ricuocendo il filo in linea, subito dopo la trafilatura si possono variare le sue caratteristiche meccaniche e variare il suo allungamento a rottura. Il filo in pratica viene riscaldato per effetto Joule, facendovi passare una corrente elettrica: variando opportunamente la corrente elettrica, tenendo conto del diametro e della velocità del filo, si può variare la temperatura del filo e dosare il "grado di ricottura" in modo da ottenere un prodotto con un ben defini-

to valore di allungamento a rottura (Fig. 11).

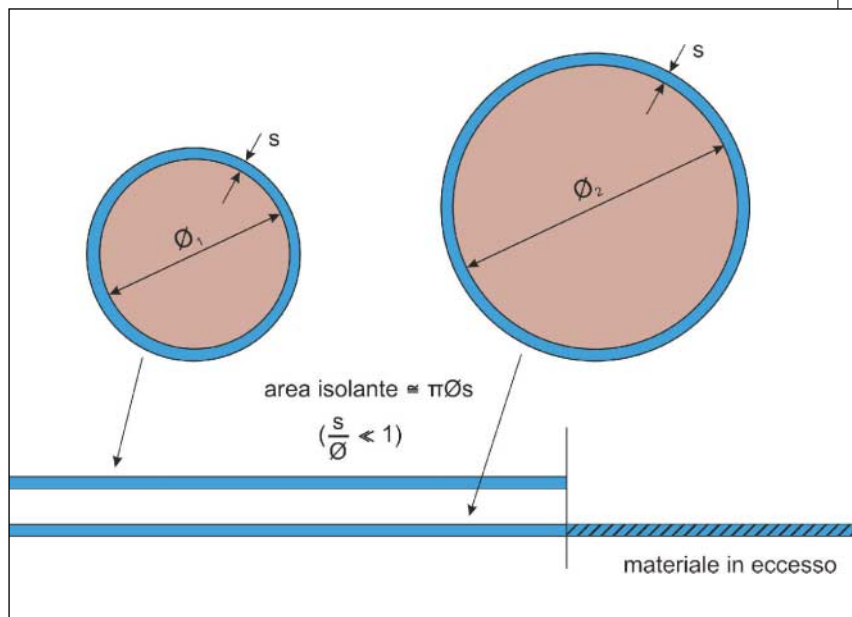
La successiva tensione del filo, ottenuta sul ballerino, applicata ad un prodotto molto tenero e dunque di facile snervamento, può allungare facilmente il filo e ridurne il diametro.

Dunque sia la corrente (o la tensione elettrica) del ricottore che la forza di tiro applicata dal ballerino devono essere opportunamente regolate per ottenere un prodotto di caratteristiche desiderate, sia in termini di diametro che di allungamento a rottura.

Normalmente, come sul diametro, è concessa una certa tolleranza anche sul valore di allungamento, per esempio valori tipici sono da 18 a 25% per conduttori da 0,2 a 0,5 mm destinati a building wire flessibile oppure da 36 a 40% per un filo ottenuto all'uscita di uno sbozzatore.

Se analizziamo la variazione di diametro del filo indotta dal suo allungamento, vediamo che, dovendosi conservare il volume  $V$ , valgono le seguenti relazioni tra variazione di sezione, allungamento e varia-

Fig. 9 – Un minor diametro medio del conduttore richiede, a pari spessore di isolante, un minor volume di isolante stesso.



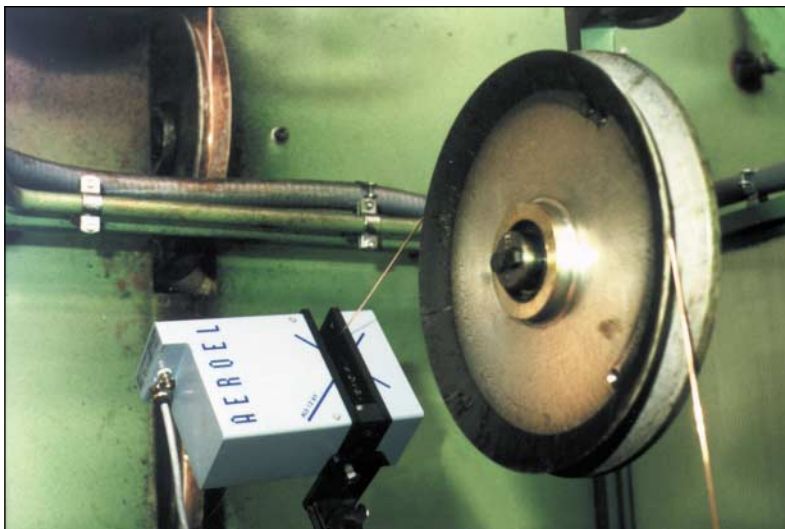


Fig. 10 – Un controllo in linea al 100% e in tempo reale consente di abbassare con maggior tranquillità i limiti di tolleranza imposti al processo.

zione di diametro

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta L}{L} = 0$$

$$\frac{\Delta A}{A} = -\frac{\Delta L}{L} = 2 \frac{\Delta \Phi}{\Phi}$$

Essendo  $\Delta L/L$  l'allungamento del filo

Dunque, un allungamento dell'1% determina una riduzione di diametro dello 0,5% ed una riduzione di area dell'1%.

Considerato che possiamo sfruttare una certa parte dell'intervallo di tolleranza di allungamento e lasciare a disposizione del cliente un allungamento residuo ancora accettabile, è pensabile di variare la tensione del ballerino in modo da variare il diametro o in alternativa, variare il grado di ricottura in modo che la tensione (costante) del ballerino provochi un allungamento del filo tale da ridurre il diametro al valore desiderato, nell'ambito ben si intende di qualche frazione o punto percentuale di variazione.

Misurando in continuo, con un calibro laser il diametro del filo

all'uscita della macchina siamo in grado di effettuare questa regolazione in modo Automatico e di realizzare un controllo in feedback del diametro, seppur entro piccoli intervalli di variazione (Fig. 12).

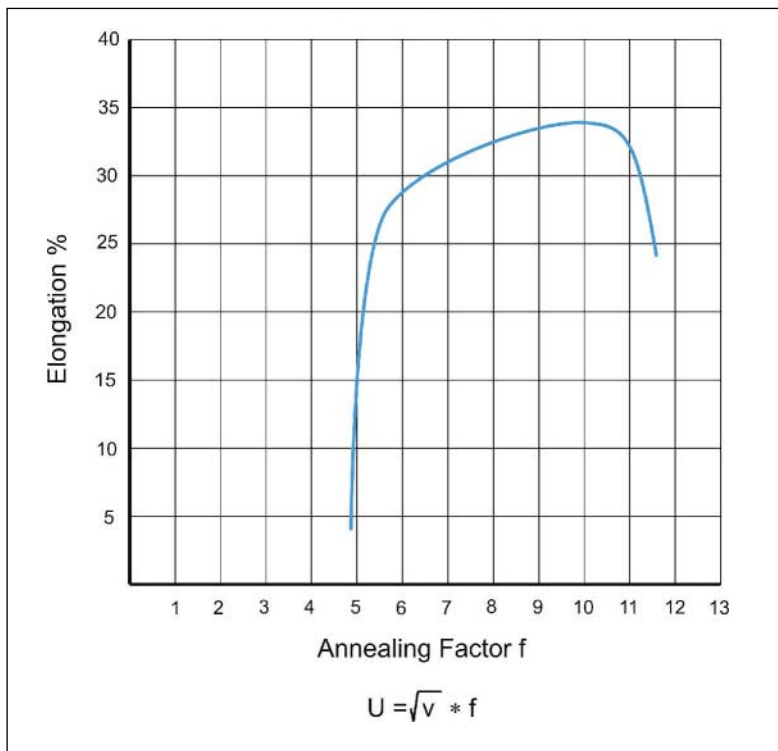
Considerata l'elevata produttività delle linee di trafilatura ed

il costo del rame, è facile capire che anche lo 0,5% di riduzione del diametro medio e dunque l'1% di risparmio di materiale, si traduce in un notevolissimo vantaggio economico, senza considerare ulteriori vantaggi determinati dalla maggior uniformità dimensionale del filo o dalla sorveglianza continua del processo.

Una linea di trafilatura che lavora ad una velocità di 30 m/s, su 3 turni (24 ore), con un'efficienza di 0,8 e per 265 giorni all'anno produce circa 500.000 Km di filo all'anno.

Nel caso di uno sbizziatore che produce filo da 1,8 mm ad esempio, questo si traduce in un peso di rame di 11.000 tonnellate all'anno: una riduzione di diametro di solo lo 0,5% (pari a 9 mm) si traduce in un risparmio dell'1% sul peso pari a 110 t/anno, corrispondente ad un guadagno di 165.000 €! Ma ammettiamo anche di essere stati troppo ottimisti e di

Fig. 11 – Variando opportunamente la corrente elettrica, tenendo conto del diametro e della velocità del filo, si può variare la temperatura del filo e dosare il "grado di ricottura".



aver trascurato il fatto che questo prodotto è destinato ad ulteriori trafilature e dunque il suo peso è tutto sommato poco importante.

Ebbene in tal caso consideriamo la quantità enorme di bobine da 1000 Kg (per esempio) prodotta in un anno: trattasi di 11.000 bobine!

Sicuramente nell'arco di un anno è probabile che si verifichino degli incidenti (filiere montate storte, processo momentaneamente fuori controllo per distrazione degli operatori, problemi di lubrificazione, ecc) che determinano la non conformità del prodotto. In questi casi il solo controllo a campione, a fine bobina obbliga a scartare l'intera bobina; invece un controllo continuo in linea riconosce ed identifica immediatamente il problema. Prima di produrre lo scarto e dunque consente una produzione a Zero Difetti. In termini economici, una riduzione di scarti di sole 4 bobine all'anno, pari a circa 6.000 € di rame, consente di recuperare interamente l'investimento necessario per installare un controllo laser in linea. Siamo personalmente convinti che oggi si parli di ben più di 4 bobine su 11.000, come di un valore accettabile di scarto...

Ancor più interessante è il caso di trafilatura di filo di rame per cavetto telefonico, in tandem con la linea di estrusione. In questo caso il filo di rame, per esempio di 0,7 mm di diametro, subito dopo la trafilatura passa nell'estrusore, dove viene ricoperto con l'isolante. Tutti i risparmi ottenuti sulla materia prima rame si traducono in guadagno netto, poiché il rame trafilato così prodotto viene subito impiegato per produrre cavo, e il cavo viene venduto a lunghezza (Fig. 13). Nelle stesse condizioni dell'esempio precedente, la lun-

ghezza di filo prodotta in un anno è di circa 500.000 Km, ma il peso di rame, dato il diametro di 0,7 mm, è di circa 1700 t/anno. Una riduzione del diametro medio dello 0,5% corrisponde a - 3,5 µm e produce un risparmio di circa 17 tonnellate di rame all'anno, pari a circa 25.500 €: questa cifra da sola è sufficiente a giustificare l'installazione di un controllo attivo di diametro, che in questo caso si ripaga in soli 3 mesi!

Ma si possono anche ottenere altri vantaggi molto importanti:

- Un diametro medio inferiore comporta, a pari spessore, un

diametro del conduttore nudo (all'ingresso dell'estrusore), trasmessa al controllo di diametro del cavo ricoperto, consente di calcolare il diametro nominale minimo necessario a garantire lo spessore minimo dell'isolante.

Dunque il diametro esterno si "adatta" automaticamente al diametro del conduttore, pur mantenendo lo stesso spessore di isolante (Fig. 14).

### Controllo delle filiere

Nella trafilatura del rame si fa un uso massiccio di filiere al diamante (naturale o sinteriz-

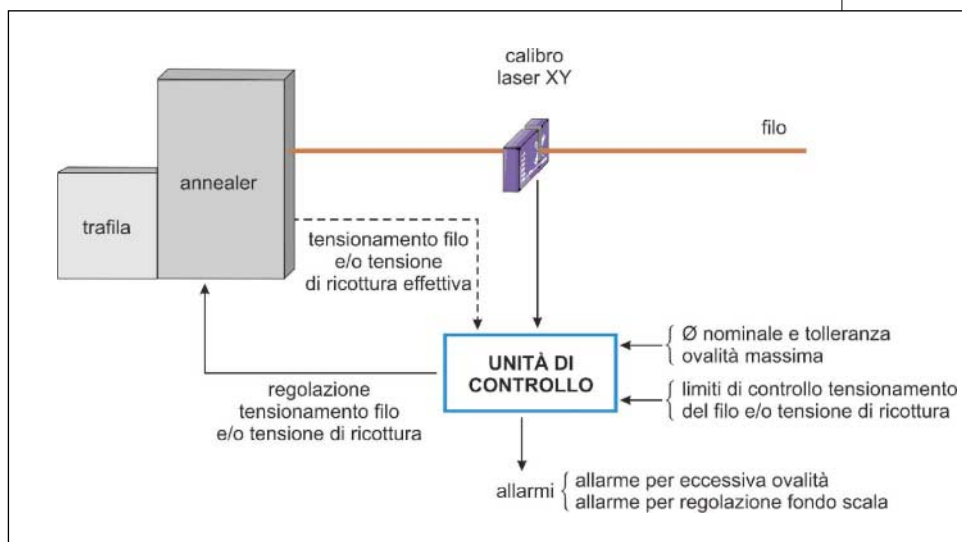


Fig. 12 – Misurando in continuo con un calibro laser il diametro del filo all'uscita della macchina è possibile realizzare un controllo in feedback del diametro, seppur entro piccoli intervalli di variazione.

minor impiego di isolante.

- La misura di diametro a fasci incrociati consente di tenere sotto controllo

l'ovalizzazione del conduttore e migliorare le caratteristiche di centratura rispetto al diametro esterno.

- La maggior uniformità di diametro del conduttore significa anche una maggior uniformità nelle caratteristiche del cavo (capacità, induttanza, banda passante, ecc)
- L'informazione relativa al

zato): basti pensare che in una trafila multifilo a 28 fili e 27 passi di riduzione si impiegano ben 756 filiere.

Quando le filiere di finitura, di diametro più piccolo, si usurano oltre il limite ammesso (in genere di eccessiva ovalizzazione) esse vengono "rigenerate" attraverso un processo di rettifica che, allargandone il diametro, le rende idonee per il reimpiego in uno stadio di trafilatura (riduzione) a monte della finitura.



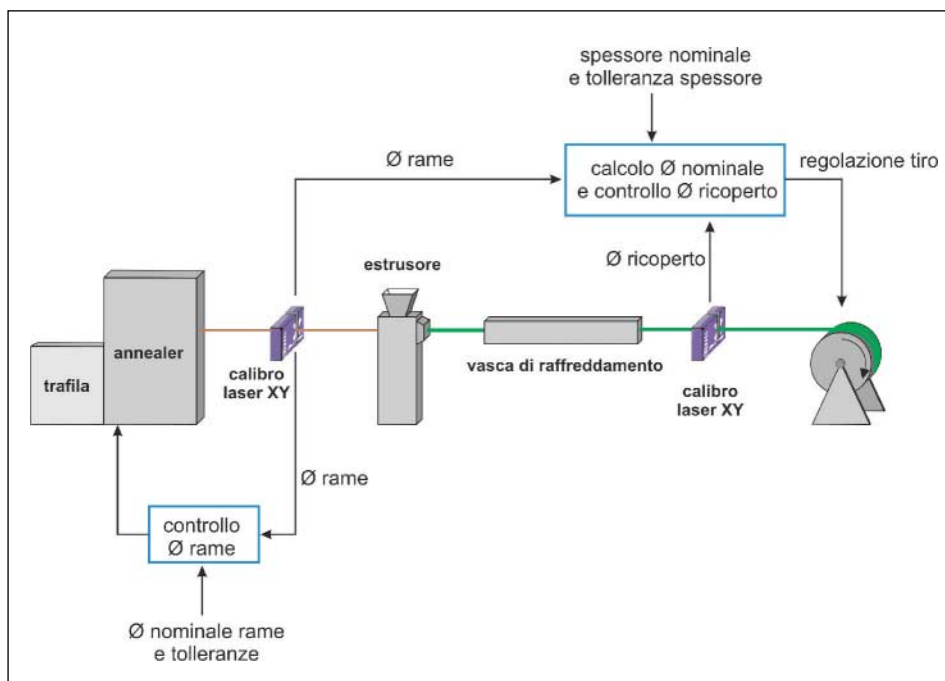


Fig. 13 - Rappresentazione schematica della trafilatura di filo di rame per cavi telefonici in tandem con la linea di estrusione.

Il controllo del diametro e dell'ovalizzazione del foro è fondamentale per "guidare" l'operazione di rettifica della filiera ... poiché è normalmente richiesta una tolleranza di pochissimi micron sul diametro del foro dopo la rettifica. Oggi l'unico sistema veloce ed economico per il controllo del foro di una filiera consiste nella misurazione del diametro di un filo trafilato dalla stessa filiera (normalmente rame incrudito); altri sistemi di misurazione diretta delle dimensioni della filiera si sono rivelati estremamente costosi, lenti e

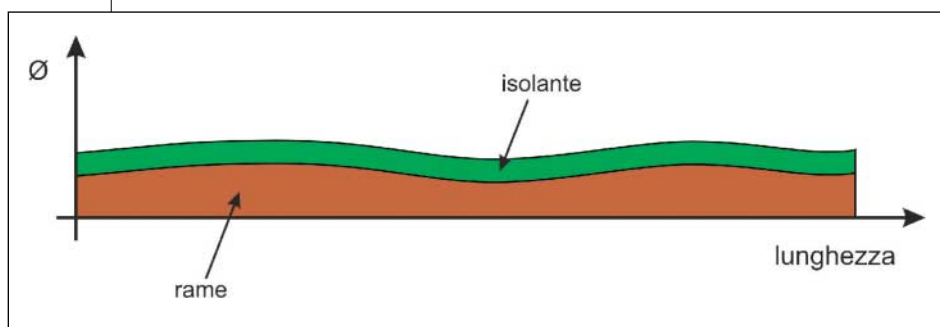
difficolti.

Anche in questo caso l'utilizzo di un calibro laser per la misura del diametro e dell'ovalizzazione del filo campione trafilato (Fig. 15) si è dimostrato molto proficuo ed ha ormai soppiantato altri sistemi classici (micrometri a contatto).

I principali vantaggi sono:

- Accuratezza di misura fino a qualche decimo di micron
- Riproducibilità dei risultati, che sono indipendenti dall'abilità dell'operatore
- Semplicità d'uso
- Rapidità: il controllo si effettua in pochi secondi

Fig. 14 - Il diametro esterno si "adatta" automaticamente al diametro del conduttore, pur mantenendo lo stesso spessore di isolante.



Anche in questo caso i vantaggi derivanti dall'uso del laser si traducono immediatamente in maggior efficienza ed efficacia del processo di rettifica

- Efficienza: grazie alla semplicità d'uso ed alla velocità di misura si riducono i tempi di controllo
- Efficacia: la maggior precisione di misura, sia intrinseca sia in termini di riproducibilità, consente di verificare

con minor incertezza intervalli di tolleranza più ristretti e dunque di restringere i limiti di tolleranza a specifica.

## Considerazioni sulla scelta degli strumenti per il controllo di diametro

Da quanto precedentemente esposto risulta evidente che la funzione fondamentale di un calibro laser in trafileria rame è quella di consentire risparmi di rame o verificare tolleranze molto ristrette, corrispondenti a solo qualche micron. Si è visto che una variazione di diametro di pochissimi micron corrisponde ad importanti quantità di rame e si traduce in significativi risparmi economici.

Dunque lo strumento da utilizzare deve essere estremamente accurato, con un'incertezza di misura pari ad almeno un decimo dell'intervallo di tolleranza da verificare/controllore. Si parla dunque di incertezze dell'ordine di qualche decimo

di micron.

Esistono oggi sul mercato alcune aziende (tra le quali ovviamente Aeroel) che offrono calibri laser che sulla carta, secondo le specifiche fornite, sono in grado di soddisfare le esigenze di precisione di cui sopra.

È tuttavia di estrema importanza verificare che l'incertezza di misura specificata sia assicurata in reali condizioni di impiego, e non in condizioni ottimali (sala metrologica).

I seguenti punti devono essere attentamente considerati

- Misura lungo due assi, per misurare il diametro medio del filo (direttamente riconducibile all'area della sezione) e verificarne al tempo stesso l'ovalizzazione, molto importante per controllare l'usura della filiera.

- Insensibilità alla vibrazione ed alla velocità del filo, poiché la misurazione deve essere fatta in linea.

- Possibilità di lavorare in prossimità della macchina, in presenza di polvere, emulsione di lubrificante, vibrazioni, ecc.

- Insensibilità alle variazioni di temperatura ambiente; escursioni di temperatura da 15 a 35 °C almeno sono normali nei reparti di produzione.

- Taratura permanente, poiché non sarebbe tollerabile fermare la linea per effettuare la taratura periodica del calibro.

- Elevata affidabilità e facile manutenzione: ogni guasto del calibro si traduce immediatamente in arresto macchina. Tempi di riparazione e/o sostituzione del calibro troppo lunghi significano perdita di denaro.

Senza le condizioni di cui sopra si rischia di vanificare completamente l'investimento e peggio, di non cogliere le opportunità che oggi la tecnologia laser può concretamente offrire per migliorare l'efficienza e l'efficacia del processo produttivo.



Fig. 15 - L'utilizzo del calibro laser per la misura del diametro e dell'ovalizzazione del filo campione trafilato si è dimostrato molto proficuo ed ha oramai soppiantato altri sistemi classici.

## Il controllo di diametro in-process aumenta la competitività delle aziende

Riassumendo, nei casi in esame, introducendo il controllo laser nelle varie fasi del processo di trafilatura, si migliora sia l'efficienza che l'efficacia del processo.

L'efficienza aumenta poiché viene impiegata una minor risorsa di materia prima costosa, vengono ridotti (annullati?) gli scarti e ridotto il carico di lavoro degli operatori (grazie al controllo automatico o alla maggior semplicità/velocità di misura); si noti che questo vale anche nel caso in cui il filo trafilato venga venduto a peso, anziché a lunghezza. Infatti, riducendo il diametro medio, a pari peso di rame, si fornisce al cliente una maggior lunghezza di prodotto.

L'efficacia aumenta perché si produce un prodotto con migliori caratteristiche (tolleranza dimensionale) che consento-

no all'utilizzatore di realizzare significativi risparmi di isolante e di ottenere un prodotto di qualità superiore.

Alla fine si è aumentata la nostra competitività sul mercato, essendo in grado di offrire un prodotto ad un prezzo inferiore (grazie all'aumentata efficienza del processo) e di migliori caratteristiche (grazie all'aumentata efficacia del processo).

### Ringraziamenti

Desideriamo ringraziare per i preziosi consigli, le informazioni ed i suggerimenti ricevuti le seguenti persone:

Sig. Carlo Rizzotto - Sampsistemi  
 Sig. Roberto Dal Lago - Veneta Trafili  
 Sig. Francese - ReDiam

### Riferimenti bibliografici

[www.uni.com/vision2000](http://www.uni.com/vision2000)

Relazione presentata al Convegno: "Tecnologie del filo e del cavo", organizzato da Tecniche Nuove Congressi. Erba (CO), 8 novembre 2002.