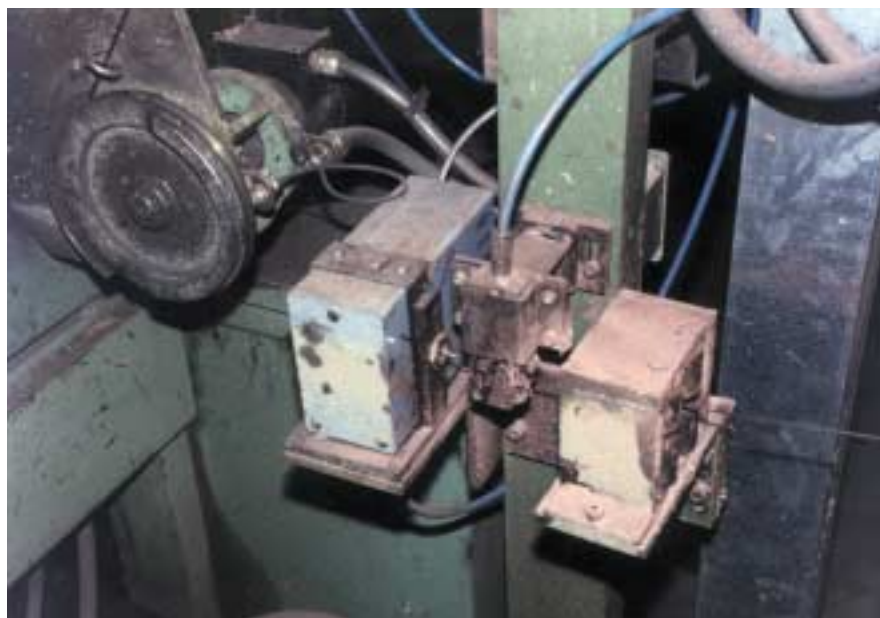


Presentato alla Conferenza Internazionale
WIRE & CABLES - EUROPE
Düsseldorf, 26 - 27 Maggio 1999



La misura in linea del diametro del filo di ferro trafilato : come si possono utilizzare con successo i calibri laser in questo ambiente molto “difficile”.

Sommario

E' risaputo che il maggior ostacolo che si frappono ad un uso esteso della misura di diametro in linea nell'Industria del Filo Metallico è la sensibilità alla polvere della maggior parte degli strumenti ottici oggi disponibili. Il sapone e la polvere di ferro, elementi usuali nel processo di trafilatura a secco, possono influenzare negativamente la precisione di misura e perfino accecare, in breve tempo, qualsiasi misuratore ottico. Questo rapporto illustra lo stato dell'arte della tecnologia laser Aeroel applicata in trafilatura: dieci anni di esperienza sul campo ed un continuo processo di miglioramento hanno portato allo sviluppo di soluzioni applicative efficaci ed affidabili, permettendo infine di risolvere il problema della polvere di trafilatura.

A. Spizzamiglio & E. Zampieri - Aeroel - Italia

1 - Introduzione

È oggi universalmente riconosciuto che la misura in linea del diametro del filo può migliorare notevolmente sia la qualità del prodotto che l'efficienza del processo.

Molti fili di diverso tipo, specialmente quelli in acciaio ad alto contenuto di carbonio, possono trarre grandi vantaggi dal controllo continuo di diametro.

L'usura della filiera può essere verificata in tempo reale misurando il diametro finale del filo: se questo parametro supera i limiti di tolleranza pre-programmati, la trafila può essere fermata immediatamente, evitando di produrre filo fuori specifica. Questa funzione diventa essenziale quando le tolleranze dimensionali, la velocità di trafilatura ed il peso delle bobine di raccolta sono tali che il semplice controllo alla fine di ogni bobina non può dare la certezza che tutto il filo all'interno della bobina sia in tolleranza.

Altri vantaggi derivano dall'aumentato livello di automazione: si pensi solo al risparmio di manodopera, altrimenti dedicata alla misurazione manuale di ogni bobina, ed alla possibilità di disporre in tempo reale dei dati di diametro relativi al 100% della produzione, al fine di garantire la qualità del prodotto e dimostrare la capacità del processo.

Fin dalla loro introduzione sul mercato, si è guardato ai micrometri laser come agli strumenti ideali per svolgere questa funzione, poiché solo una tecnologia di controllo senza contatto può permettere di misurare un prodotto che si muove ad alta velocità e che in molti casi è sottoposto a rilevanti vibrazioni. Sfortunatamente apparve subito evidente che alcuni fattori critici avrebbero condizionato il successo di una tale applicazione. La

precisione di misura, che non deve essere influenzata dalla velocità e dalla vibrazione del filo, ed il costo dello strumento, che deve essere compatibile con il rientro dell'investimento, sono sicuramente due elementi fondamentali che devono essere presi in attenta considerazione. Tuttavia il punto più critico, comune a tutti gli strumenti ottici, si è rivelato essere la sensibilità alla polvere e, più in generale, alla sporcizia che si può depositare sulle superfici ottiche esterne. Quest'effetto di contaminazione è "terribile" sulle trafile a secco, a causa dell'elevata quantità di polvere di sapone, utilizzato come lubrificante per la filiera: durante la trafilatura un misto di polvere di sapone e ferro è proiettato ad alta velocità dalla filiera verso l'uscita della macchina, seguendo il filo in movimento. Questa polvere si appiccica a qualsiasi superficie esposta ed in special modo al calibro laser che si trova proprio sul suo percorso, dovendo essere installato dopo la filiera e prima della bobina di raccolta. Prive di un'adeguata protezione, in poche ore (se non minuti) le finestre di vetro di un qualsiasi misuratore ottico si sporcherebbero ad un livello tale da accecare completamente lo strumento, rendendone impossibile il funzionamento.

2 - L'esperienza ed il Know-How Aeroel nell'Industria del Filo.

Fin dall'inizio degli anni '90 l'Aeroel ha dedicato consistenti risorse per progettare e sviluppare un sistema di misura laser per l'uso specifico nell'industria del filo metallico.

Il risultato è stato il Sistema Wireline, presentato nel 1992 ed immediatamente dimostratosi efficace ed adatto a soddisfare le esigenze dei trafilatori.

La misura in linea del diametro del filo di ferro trafilato: come si possono utilizzare con successo i calibri laser in questo ambiente molto "difficile".



Fig. 1: Il calibro laser biasse ALS13XY è attualmente il cuore del sistema WIRELINE. Questo modello ha rimpiazzato il precedente ALS12XY.

Questo strumento, costruito attorno ad un calibro laser a fasci incrociati modello ALS12XY (Fig. 1), era contraddistinto alcune innovative caratteristiche di progetto e comprendeva anche uno speciale supporto pressurizzabile, concepito allo scopo di proteggere il calibro dalla polvere (Fig. 2). L'alta immunità allo sporco richiesta dalla specifica applicazione è stata ottenuta combinando in modo sinergico tre distinti fattori:

- progetto ottico specifico;
- tecnica di elaborazione elettronica del segnale;
- adeguata protezione pneumatica.

1) Progetto ottico.

Lo schema ottico del calibro è stato disegnato in modo tale da generare un fascio laser a sezione ellittica molto ampia in corrispondenza delle finestre ottiche, pur essendo molto focalizzato nella sezione di misura, dove si trova il filo da misurare. Particelle di polvere o goccioline di emulsione giacenti sulle finestre, essendo di dimensioni molto più piccole dello spot laser, causano solo un'attenuazione parziale del segnale, proporzionale al rapporto tra area della particella e area dello spot laser. Sebbene un gran numero di corpuscoli possa determinare globalmente una considerevole attenuazione del segnale, non ci potranno essere brusche variazioni del segnale durante la scansione, come invece potrebbe accadere se lo spot laser fosse di dimensioni comparabili a quelle delle particelle contaminanti. (Fig. 3)

La misura in linea del diametro del filo di ferro trafilato: come si possono utilizzare con successo i calibri laser in questo ambiente molto "difficile".

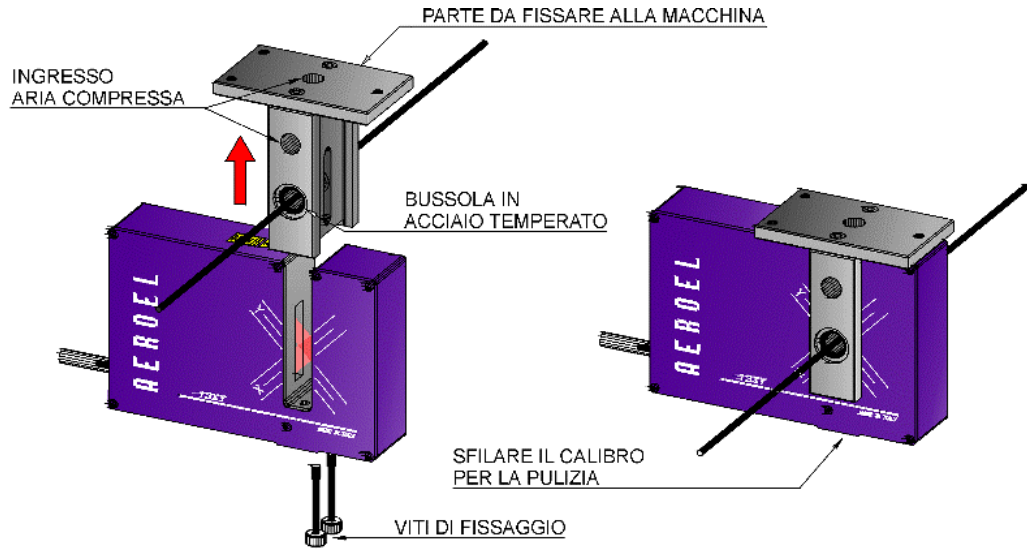


Fig. 2: La protezione pneumatica e meccanica del calibro ALS13XY.

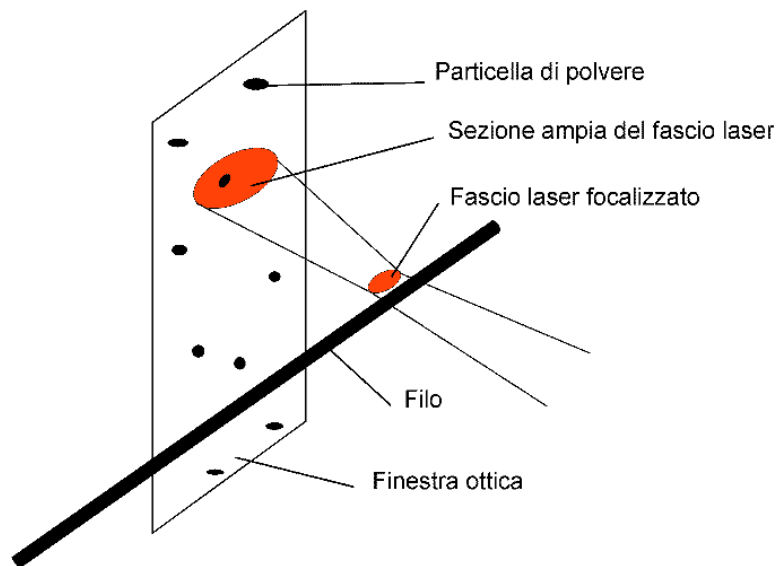


Fig. 3: Lo schema ottico dei calibri laser ALS12XY e ALS13XY.

La misura in linea del diametro del filo di ferro trafilato: come si possono utilizzare con successo i calibri laser in questo ambiente molto "difficile".

2) Elaborazione elettronica del segnale.

È stata sviluppata e tradotta in circuito elettronico una nuova tecnica di elaborazione del segnale ottico (segnale "video") che permette di stabilire con precisione la durata dell'ombra prodotta dal filo: in questo modo è stato possibile estrarre con precisione l'informazione di diametro anche a partire da un segnale fortemente attenuato e distorto dalla polvere. Non è qui possibile dilungarsi in una spiegazione dettagliata di questa tecnologia, cosa che peraltro richiederebbe conoscenze elettroniche specialistiche: basta tuttavia osservare le figure 4.3 e 4.4 per comprendere immediatamente come, grazie a questa tecnologia, sia possibile ottenere misurazioni accurate e non influenzate in modo apprezzabile dalla polvere depositata sulle finestre. Questa tecnica inoltre non risente della posizione del filo all'interno del campo di misura, sebbene il fascio laser sia molto focalizzato: grazie a questa caratteristica fondamentale la misura non viene influenzata dalla vibrazione del filo, purché l'ampiezza dell'oscillazione sia inferiore alla larghezza dei fasci laser, all'interno dei quali dev'essere contenuto il prodotto da misurare.

Un'altra rimarchevole caratteristica è il fatto che, grazie a specifiche peculiarità circuitali, anche in presenza di contaminazione eccessiva, il calibro non ha la tendenza a fornire valori erronei, quanto piuttosto a riportare una condizione di errore di misura, che può essere segnalata all'operatore per richiedere la pulizia delle finestre ottiche. Grazie a queste due specifiche caratteristiche, è stato possibile installare i calibri laser su svariate centinaia di trafilati a bagno senza necessità di alcuna protezione pneumatica aggiuntiva, pur garantendo un intervallo di pulizia di 10-20 giorni, senza rischio di errori apprezzabili causati da contaminazione. La

possibilità di lavorare senza l'uso di aria compressa si è rivelata una caratteristica molto importante per l'applicazione su trafilato a bagno, dato l'elevato numero di macchine che di solito devono essere equipaggiate ed i problemi di costo aggiuntivo introdotti dall'uso di barriere pneumatiche, sia in fase di installazione (tubi, filtri, ecc.) che durante il servizio (consumo d'aria, sostituzione delle cartucce filtranti, ecc.). Al contrario, avendo potuto contenere al massimo i costi di installazione e di esercizio, è stato possibile equipaggiare molte centinaia di trafilati a bagno, a partire dal 1992, presso importanti produttori di Steel Cord per pneumatici. Sebbene le caratteristiche costruttive del calibro abbiano permesso di ottenere una ottima resistenza alla polvere, questo non era ancora sufficiente a garantire un funzionamento accettabile su trafilato a secco, dove peraltro le condizioni di lavoro sono molto più gravose.

Per affrontare l'applicazione su questo tipo di macchine, è stata sviluppata una speciale protezione meccanica e pneumatica, per completare il sistema Wireline.

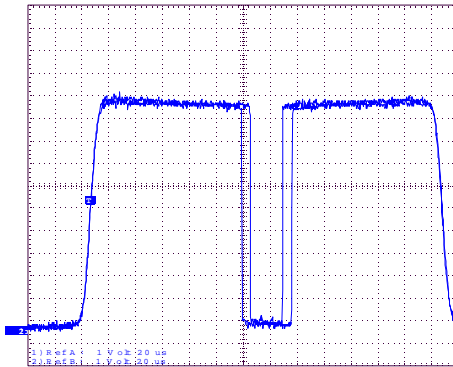
3) Protezione pneumatica.

Un supporto sagomato a "T" viene fissato alla macchina: il filo passa attraverso due fori protetti da bussole in acciaio temperato ed il calibro è semplicemente infilato nel supporto e agganciato con 2 viti. Il supporto è cavo all'interno e viene alimentato con aria compressa, che esce attraverso le due bussole: una leggera sovrappressione crea una barriera pneumatica contro la polvere ed altri agenti contaminanti (Fig. 2).

Inoltre, pochi centimetri prima del calibro, viene installato un anello di soffiaggio, allo scopo di pulire il filo e soffiare all'indietro la polvere di sapone misto a ferro che altrimenti, trascinata dal filo, si depositerebbe sul calibro.

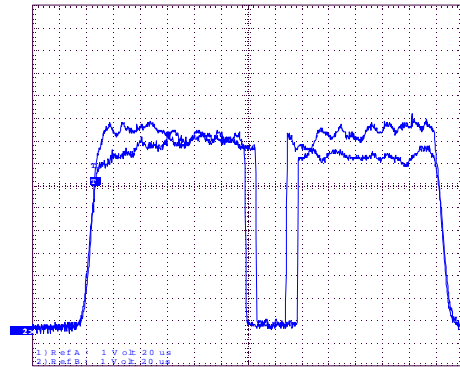
La misura in linea del diametro del filo di ferro trafilato: come si possono utilizzare con successo i calibri laser in questo ambiente molto "difficile".

(1) GIORNO: 0



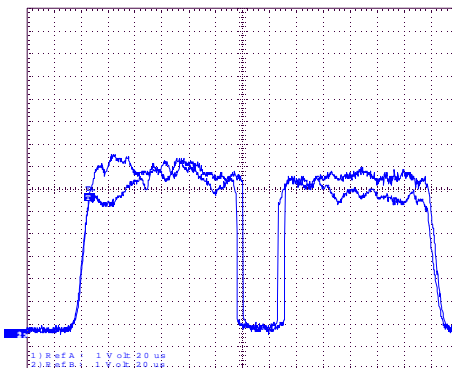
DATA : 11/11/1998
 DX = 2.0000
 DY = 2.0000

(2) GIORNO: +7



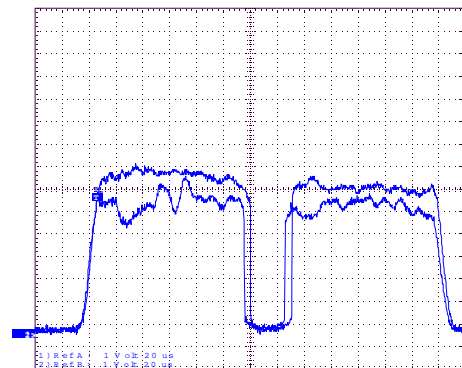
DATA : 17/11/1998
 DX = 1.9993
 DY = 1.9998

(3) GIORNO: +14



DATA: 24/11/1998
 DX = 1.9994
 DY = 1.9992

(4) GIORNO: +35



DATA: 15/12/1998
 DX = 1.9990
 DY = 1.9991

Fig. 4: Regrazioni del segnale video durante un test di lungo periodo effettuato per provare la resistenza alla polvere. E' stata usata la nuova protezione auto-pulente

La misura in linea del diametro del filo di ferro trafilato: come si possono utilizzare con successo i calibri laser in questo ambiente molto "difficile".



Fig. 5: Applicazione del calibro laser ALS12XY su una trafilatura a secco

Oltre che a prevenire la contaminazione del calibro, questo tipo di protezione ha apportato ulteriori notevoli vantaggi:

- Le due bussole di acciaio costituiscono uno schermo meccanico efficace contro possibili danni dovuti alla rottura accidentale del filo.
- Il calibro può essere pulito o assistito molto semplicemente, sfilandolo dalla protezione senza bisogno di fermare la macchina per spostare o rimuovere il filo.
- L'aria che alimenta la protezione è fornita da un ventilatore centrifugo, con una sovrappressione di 150 - 200 mm H₂O per una portata di 20m³/h: il ventilatore aspira aria dall'ambiente ed un semplice ed economico filtro a carta assicura il filtraggio dalla polvere. Un solo ventilatore può alimentare diversi calibri, ripartendone il costo.
- Non si utilizza aria compressa prelevata dalla rete, poiché questa è normalmente mescolata con acqua ed olio ed il suo utilizzo per la pulizia del calibro richiederebbe un filtraggio aggiuntivo, con l'impiego di costosi filtri multistadio a carbone attivo. Inoltre i costi di esercizio risulterebbero proibitivi, a causa dell'elevato consumo d'aria ed alla

periodica sostituzione delle cartucce filtranti.

- L'anello di soffiaggio, alimentato con normale aria compressa, migliora la pulizia del filo e quindi la precisione di misura.

Grazie a questa soluzione è stato possibile equipaggiare centinaia di trafilature a secco, assicurando un intervallo tipico di pulizia compreso tra 1 e 5 giorni, variabile in funzione del tipo di macchina, del diametro del filo, della velocità di trafilatura e della posizione del calibro (Fig. 5 e Fig. 6).

3 - Il fattore umano

Dall'esperienza acquisita in trafilatura è emerso chiaramente che un altro elemento può influenzare la performance degli strumenti di misura, determinando in ultima analisi il successo di un'applicazione: è quello che si può definire "il fattore umano". Sebbene la tecnologia insita negli strumenti possa essere considerata come la condizione "sine qua non", ovvero assolutamente necessaria per rendere possibile l'applicazione, è evidente che, dato l'ambiente gravoso in cui operano, i calibri non possono essere semplicemente installati e dimenticati: prima o poi sarà necessario provvedere ad una minima manutenzione per pulire gli strumenti.

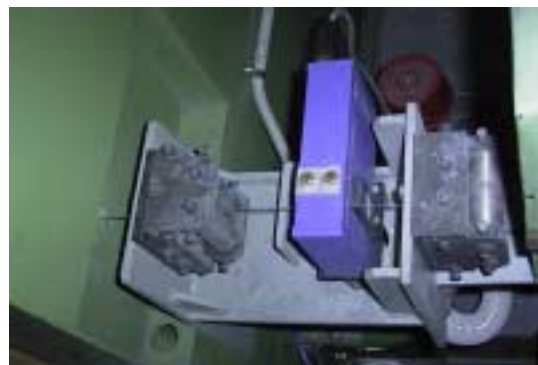


Fig. 6: Applicazione del calibro laser ALS13XY su una trafilatura a secco

La misura in linea del diametro del filo di ferro trafilato: come si possono utilizzare con successo i calibri laser in questo ambiente molto "difficile".

La tecnologia adeguata e l'esperienza applicativa possono grandemente attenuare quest'esigenza; tuttavia fin dall'inizio, già durante l'installazione e l'avvio degli strumenti, il personale addetto alla macchina dev'essere addestrato a pulire periodicamente il calibro, per prevenire eventuali problemi che potrebbero altrimenti compromettere il funzionamento del sistema. Si raccomanda di instaurare procedure formali, che definiscano tempi, modalità e responsabilità per la pulizia periodica: solo in questo modo sarà possibile trarre il massimo vantaggio dall'investimento ed assicurare il pieno successo dell'applicazione.

4 - Gli ultimi sviluppi

Sebbene nel corso degli anni passati, utilizzando la protezione pneumatica precedentemente descritta ed effettuando una pulizia periodica, sia stato possibile installare con successo i calibri anche sulle trafilate a secco, in alcuni casi l'applicazione si è rivelata particolarmente difficile e critica. In certe situazioni, a causa dell'effetto concomitante di alcuni fattori negativi come l'alta velocità, l'elevato diametro, l'inadeguato guidaggio del filo o la sfavorevole posizione del calibro, determinata dal particolare tipo di macchina, l'intervallo di pulizia si è ridotto a sole poche ore. In questi casi naturalmente i clienti ci hanno spinto a trovare una soluzione più efficace per migliorare la resistenza alla polvere e per alleviare la necessità di pulizia periodica. Un'attenta analisi sul campo dei casi più critici ha messo in luce alcuni punti deboli e le limitazioni insite nel tradizionale sistema di protezione.

- L'anello di soffiaggio installato a monte del calibro non è sempre in grado di bloccare

e respingere il 100% della polvere trascinata dal filo, specialmente quando la velocità supera i 15-20 m/s.

- La barriera pneumatica creata dall'aria uscente dalle bocche della protezione, sebbene adeguata ad impedire l'ingresso di polvere in sospensione nell'ambiente, si è rivelata insufficiente a respingere le particelle di sapone e ferro che, dotate di elevata velocità, riescono a superare l'anello di soffiaggio. Inoltre la vibrazione del prodotto fa sì che in molti casi le particelle contaminanti si stacchino dal filo proprio all'interno della protezione, dove la barriera pneumatica è inefficace.
- Alcuni effetti collaterali, come la turbolenza determinata dall'aria di soffiaggio o le operazioni di ripristino dopo una rottura del filo, rendono possibile l'ingresso accidentale di polvere all'interno della protezione.

Tutti questi fattori determinano il progressivo depositarsi di polvere sulle finestre ottiche del calibro, polvere che rimane poi all'interno della protezione, che non è stata concepita per provvederle l'evacuazione. Naturalmente la velocità di accumulazione dipende dalle caratteristiche applicative e dalla posizione del calibro, ma tuttavia è chiaro che prima o poi quest'effetto determinerà l'acceccamento del calibro e la necessità manutenzione per la pulizia delle finestre.

Per superare questi inconvenienti, durante lo scorso anno, un nuovo sistema di protezione pneumatica è stato studiato e sperimentato con successo in applicazioni che erano state in precedenza classificate come "critiche".

- Si è adottato un nuovo anello di soffiaggio, basato sull'effetto "Venturi": in tal modo si

La misura in linea del diametro del filo di ferro trafilato: come si possono utilizzare con successo i calibri laser in questo ambiente molto "difficile".

è aumentata la velocità dell'aria e l'efficienza dell'azione di pulizia ed arresto della polvere, riducendo nel contempo il consumo d'aria compressa.

- La protezione meccanica è stata riprogettata, per ottenere un'azione di auto-pulizia: l'aria proveniente dal ventilatore è stata convogliata in modo da fluire tangenzialmente rispetto alle finestre del calibro, nella direzione di moto del filo, per poter continuamente rimuovere la polvere che tende ad accumularsi sulle superfici ottiche. Tutte le altre caratteristiche meccaniche, che hanno reso particolarmente pratico l'uso della protezione, sono rimaste inalterate (Fig. 7).

Le prove di validazione effettuate sul campo, installando il sistema su trafilato a secco (Fig. 4), hanno subito messo in luce l'eccellente funzionalità di questa nuova soluzione, al di là di ogni più ottimistica aspettativa. Il sistema ha lavorato correttamente, senza necessità di pulizia del calibro, per l'intera durata del test,

ovvero 43 giorni di funzionamento ininterrotto! La cosa più interessante è emersa dall'analisi della registrazione del segnale video in funzione del tempo (Fig. 8): il diagramma mostra chiaramente che, dopo un periodo transitorio di stabilizzazione, l'ampiezza del segnale si stabilizza ad un livello costante, che permette il corretto funzionamento del calibro.



Fig. 7: Applicazione del calibro ALS13XY completato con la nuova protezione auto-pulente.

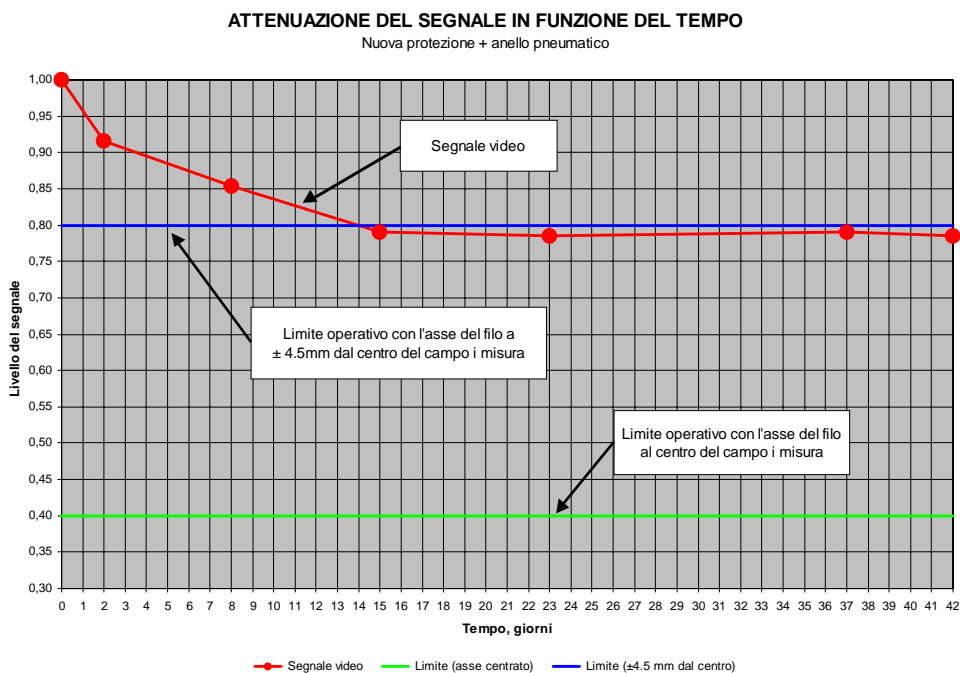


Fig. 8: Il diagramma mostra l'andamento del segnale video in funzione del tempo operativo. Durante il test non è servita nessuna pulizia. E' stata usata la nuova protezione auto-pulente

La misura in linea del diametro del filo di ferro trafilato: come si possono utilizzare con successo i calibri laser in questo ambiente molto "difficile".

Un primo strato di polvere si deposita sulle finestre, ma questo può essere tollerato grazie alle caratteristiche ottiche ed elettroniche del calibro: da qui in poi il continuo flusso d'aria impedisce che altra polvere aumenti il deposito sulle lamine ottiche. Si è infatti osservato un effetto di "auto-lubrificazione", che impedisce ad ulteriori particelle di polvere di aderire al primo strato depositatosi sul vetro, facilitandone quindi la rimozione, a patto che si utilizzi un adeguato soffio d'aria. Questo dimostra che il concetto di "auto-pulizia" funziona e che probabilmente il sistema potrebbe lavorare per un periodo molto più lungo, addirittura indefinito, fino a quando un evento accidentale non determini un improvviso aumento del livello di contaminazione e la conseguente necessità di intervento manuale per la pulizia.

5 - Conclusioni

Il considerevole know-how specifico nell'Industria del Filo Trafilato, derivante da una lunga esperienza e dai continui miglioramenti suggeriti dal contatto costante con i clienti, pone oggi Aeroel in una posizione di leadership tra i vari costruttori di calibri laser.

Questo si traduce in pratica nella possibilità reale, da parte di Aeroel, di fornire sistemi per la misura di diametro del filo che si sono dimostrati efficaci, affidabili e realmente capaci di lavorare in linea, perfino in un ambiente molto difficile come quello tipico delle trafilate a secco.

6 - Bibliografia

"The continuous measurement of the diameter of the steel wire intended for steel-cord "
Wires&Cables International Conference -
Florence 4-5 October 1995

7 - Ringraziamenti

Ci preme ringraziare in modo particolare le seguenti Società:

Mario Frigerio Spa, Lecco, Italy, Costruttore di Macchine, per averci continuamente stimolato alla ricerca di soluzioni adeguate all'impiego su trafilate a secco.

ITA Spa, Calolziocorte (Lecco), Italy - Produttore di Filo Ferroso, per averci gentilmente concesso di sperimentare e mettere a punto la nuova soluzione sulle proprie macchine.