

Il metallo duro per le filiere di trafilatura

G. Garoli, G. Arrighetti, L. Emanuelli

Lo sviluppo del metallo duro ha origine dalla necessità di sostituire i costosi nuclei di trafilatura in diamante per la produzione di filamenti in tungsteno [1,2]. Grazie alle sue straordinarie proprietà di durezza e resistenza all'usura, l'utilizzo di questo materiale è stato esteso a tutte le applicazioni che coinvolgono lavorazioni meccaniche dove l'usura gioca un ruolo predominante. Nello specifico della trafilatura, il metallo duro è utilizzato nella produzione delle filiere al fine di garantire un'ottima qualità finale del filo trafilato. La composizione chimica e le dimensioni dei carburi del metallo duro sono definite in base al tipo di trafilatura richiesta e quindi delle proprietà volute [1-4]. Infatti, la trafilatura di fili sottili che coinvolge elevate velocità di processo è favorita dall'utilizzo di filiere con basso contenuto di Co e ridotta dimensione dei carburi di tungsteno. Diversamente, laddove è richiesta la trafilatura di fili di grandi dimensioni con una pesante riduzione del diametro e basse velocità di processo, un metallo duro con maggior quantità di Co e dimensione dei carburi favorisce una maggior vita dell'utensile. Ad oggi, la necessità di ottimizzare sempre più il prodotto trafilato riducendo i costi di processo ha portato al continuo sviluppo del metallo duro, del suo processo produttivo e delle geometrie e finiture delle filiere.

PAROLE CHIAVE: FILIERE IN CARBURO PER TRAFILATURA

LA FILIERA PER TRAFILATURA DI FILI METALLICI

La filiera è l'utensile essenziale per l'ottenimento di una qualità del filo perfetta e costante nel tempo [4,5]. Ottenere

un'ottima durata della vita della filiera, accompagnata da una altrettanto ottima lubrificazione, dipende principalmente da tre fattori: la composizione del metallo duro, la geometria e la finitura della filiera.

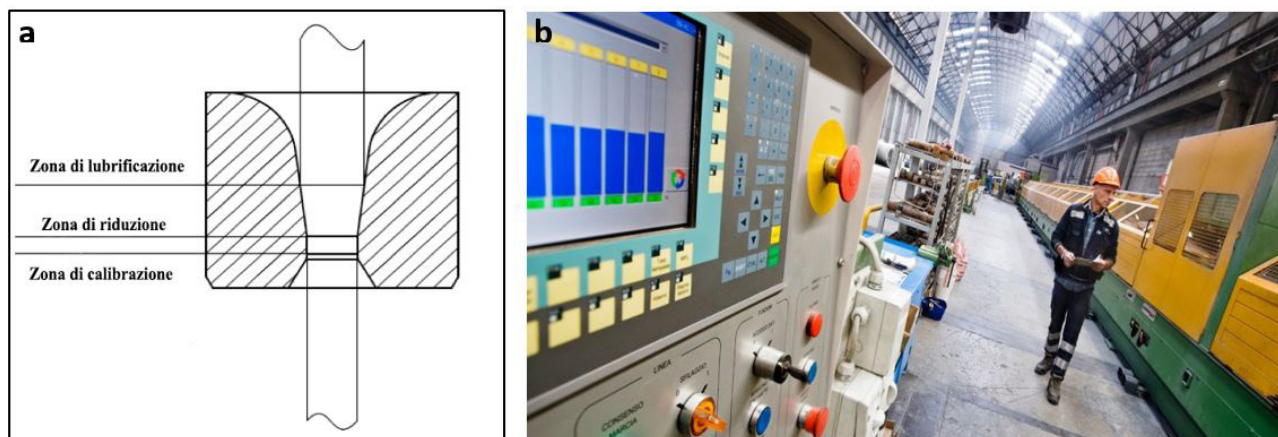


Fig. 1 - Schematizzazione della filiera (a), impianto di processo (b) - Schematization of a nib (a) and an example of a production system (b)

Oggi l'industria della trafilatura ha bisogno di cercare metodi di produzione che forniscano una migliore qualità del filo ad un costo inferiore. Inoltre un maggiore uso del decapaggio meccanico e le velocità più elevate di trafilatura hanno portato alla richiesta di un miglioramento delle filiere in metallo duro. Di conseguenza sono stati necessari cambiamenti nella composizione del metallo duro e nei metodi di sinterizzazione, stampaggio e rettifica finale.

G. Garoli, G. Arrighetti

KONER S.r.l. - TKT group S.r.l.,
Via Fontana, 11 - 20122 Milano

L. Emanuelli

Università di Trento, Dipartimento di Ingegneria Industriale,
via Sommarive, 9 - 38123 Trento

Influenza dei carburi sulla vita della filiera

Per migliorare le prestazioni di resistenza alla frattura, all'usura ed alla corrosione chimica dovuta ai composti presenti nei lubrificanti impiegati nelle operazioni di trafilatura, è necessario intervenire sulla granulometria e sulla composizione dei carburi, inserendo additivi capaci di controllare la crescita del

grano e nel contempo in grado di diminuire la possibilità di aggressione chimica sul sinterizzato come i NbC, VC e Cr_3C_2 [1,6-8] (Figura 2 e 3).

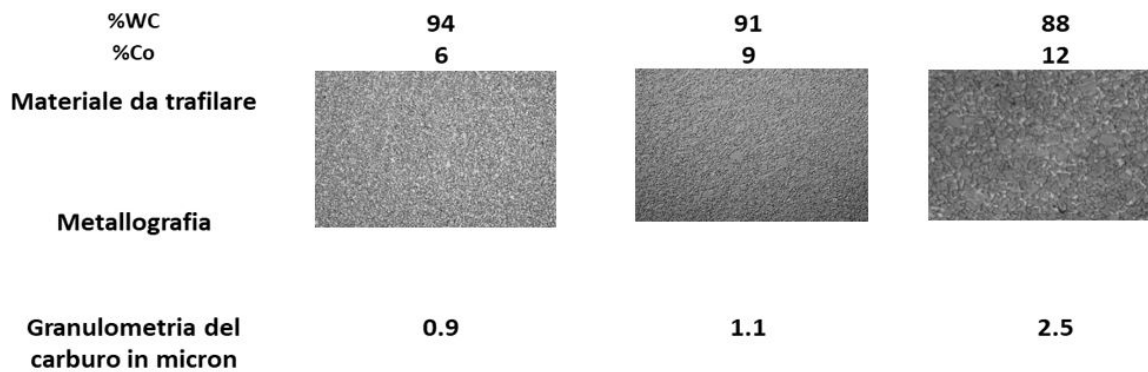


Fig. 2 - Composizione dei carburi convenzionalmente in uso per la produzione di filiere destinate alla trafilatura di fili metallici - *Conventional chemical composition and tungsten carbide grain size for the production of nib for the metal wire drawing*

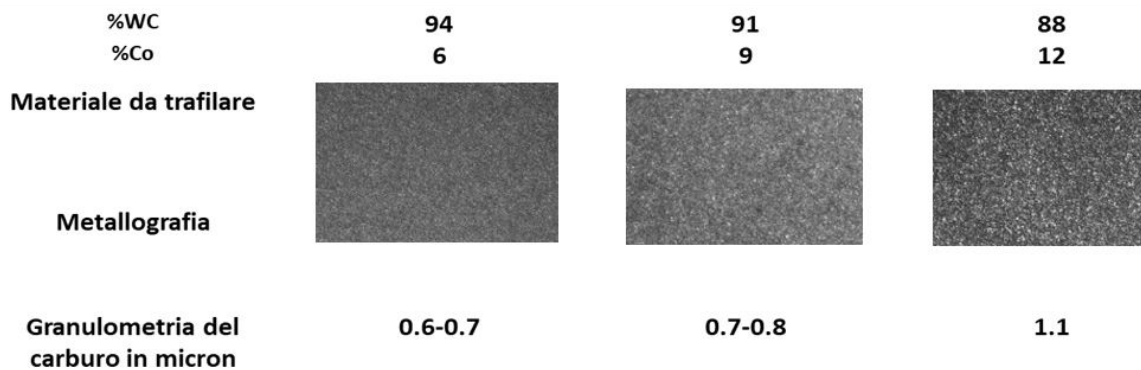


Fig. 3 - Nuova composizione dei carburi con riduzione della dimensione dei carburi per la produzione di filiere per la trafilatura di fili metallici - *New chemical composition and tungsten carbide grain size for the production of nib for the metal wire drawing*

La riduzione dei carburi, a seguito dell'utilizzo di elementi affinanti della grana, permette l'incremento della vita utile dell'utensile, come mostrato nella comparativa tra i campioni 1,2 e 3 riportata di seguito.

A seguito di test di trafilatura, il campione 1, caratterizza-

to da carburi convenzionali di granulometria maggiore di 1 micron, mostra l'insorgere di usura [9,10] all'imbocco della zona di riduzione dopo ridotta vita di utilizzo (Figura 4).

Hard metal

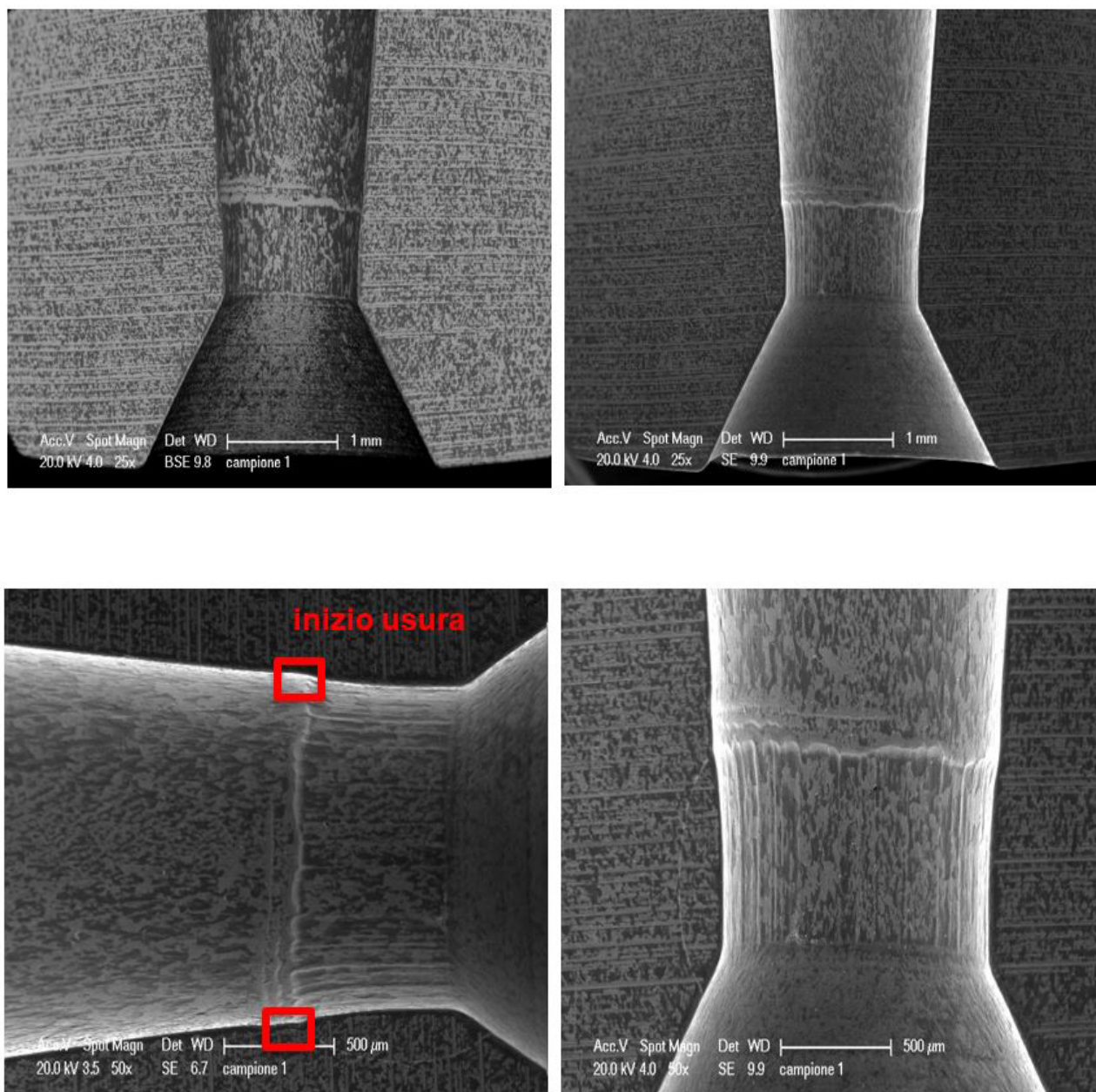
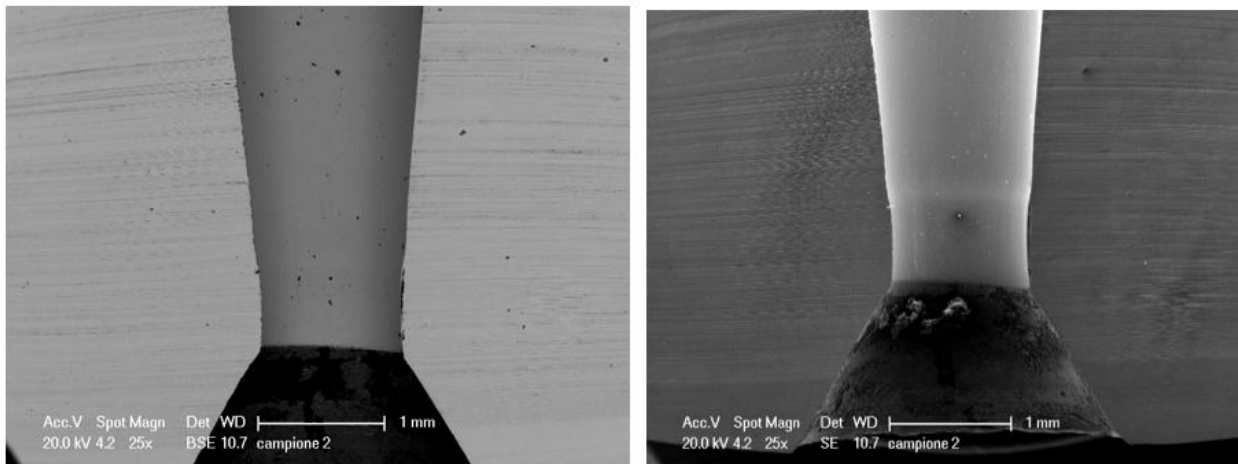


Fig. 4 - Micrografie dell'usura del cono interno del campione 1 - Micrographs regarding the wear of sample 1

Metallo duro

Diversamente, il campione 2, costituito da carburi convenzionali di granulometria 0,8 micron, mostra la tipica usura delle filiere di trafilatura dopo una vita di utilizzo standard (3 Ton). Nella

Figura 5 sono riportate le micrografie relative all'usura del cono del campione 2.



Residui di materiale trafilato

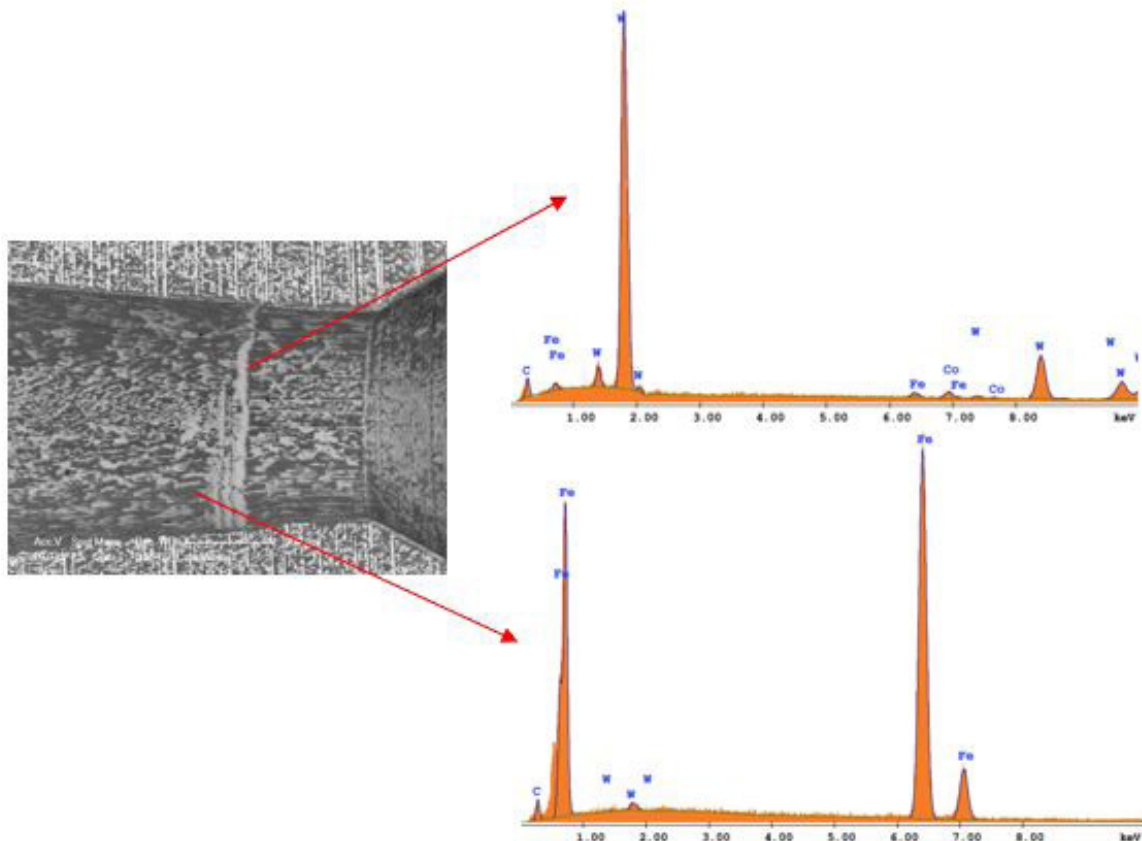
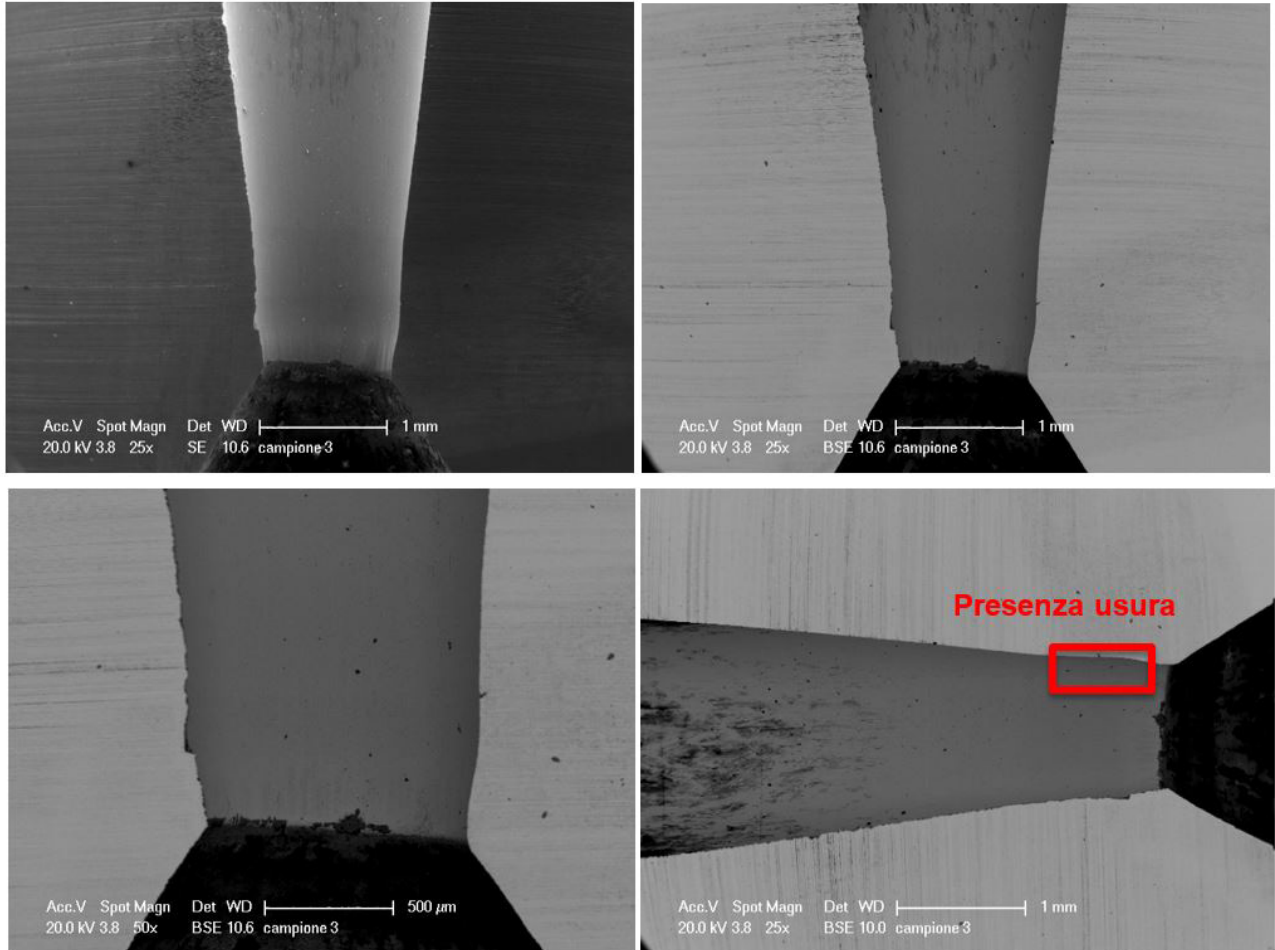


Fig. 5 - Micrografie e analisi EDXS del cono del campione 2 per evidenziare usura e fenomeni di trasferimento con il materiale trafilato - *Micrographs regarding the wear of sample 2 with EDXS analysis of the transferred material*

Hard metal

Infine, il campione 3 (Figura 6), avente i carburi di nuova generazione e granulometria di 0.6 micron, presenta usura

del cono della filiera dopo una vita utile molto alta (10 Ton).



Residui di materiale trafilato

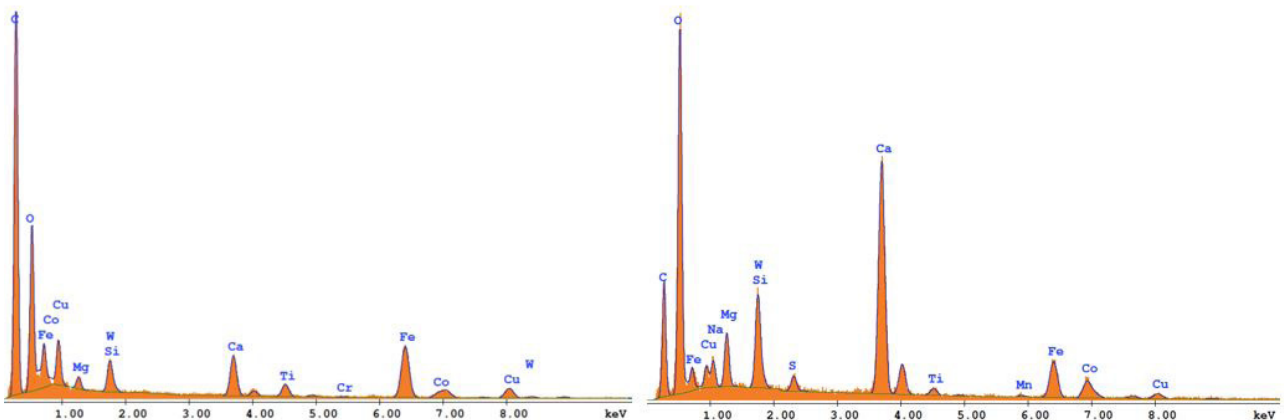


Fig. 6 - Micrografie e analisi EDXS del cono del campione 3 che evidenzia fenomeni di usura e trasferimento con il materiale trafilato
- Micrographs regarding the wear of sample 3 with EDXS analysis of the transferred material

È quindi evidente come la riduzione della granulometria dei carburi, accompagnata da una più uniforme cristallizzazione dopo la sinterizzazione, migliora la resistenza all'attrito della filiera incrementandone la vita utile. In Figura 7 sono riportate le microstrutture del metallo duro tradizionale e del metallo duro di nuova generazione per sottolineare come quest'ul-

timo, grazie alla ridotta dimensione dei carburi ed una più uniforme microstruttura permetta un notevole incremento di vita di lavoro dell'utensile.

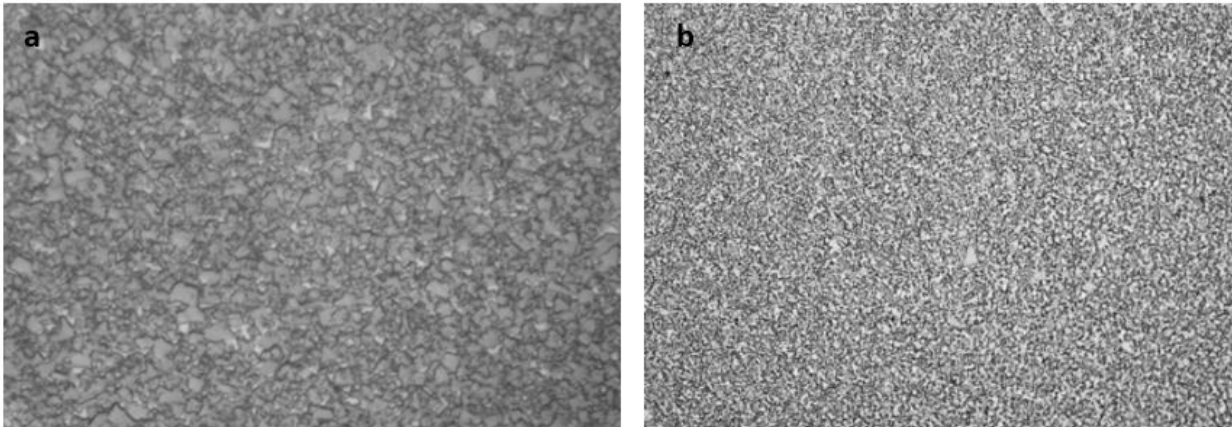


Fig. 7 - Metallo duro tradizionale con cristallizzazione non uniforme e scarsa durata della filiera (a), metallo duro di nuova generazione con cristallizzazione fine ed uniforme e elevata durata della filiera (b) - *Conventional cemented carbide with irregular grain size and inadequate work life (a), new generation cemented carbide with a fine and homogeneous grain size and excellent work life (b)*

Influenza del ciclo di sinterizzazione sulle rugosità della filiera

Al fine di ottimizzare la rugosità superficiale del sinterizzato

e ridurre al minimo la microporosità all'interno del materiale, è necessario intervenire non solo sulla composizione chimica e la dimensioni dei carburi ma anche sul processo di sinterizzazione (Figura 8).

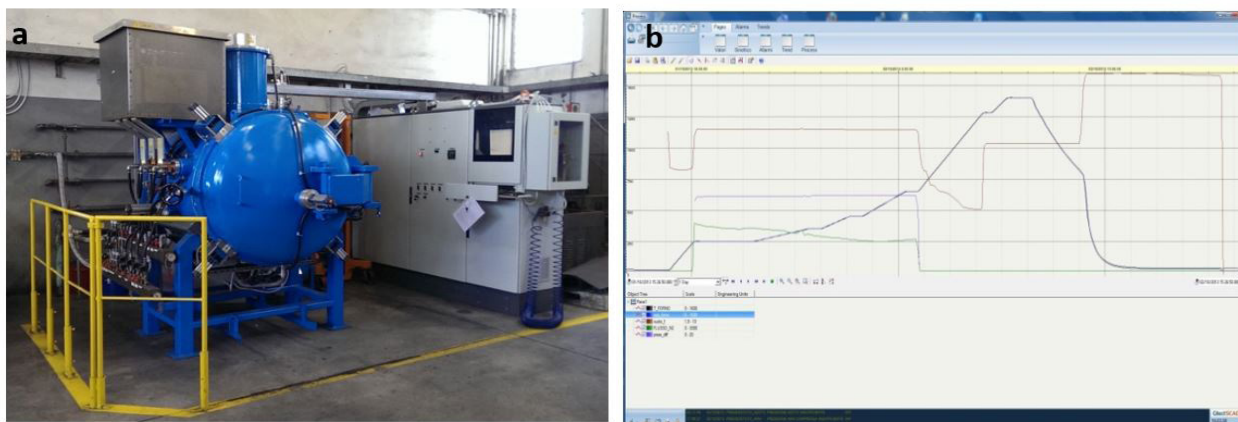


Fig. 8 - Esempio di un forno di sinterizzazione (a) e di un ciclo di sinterizzazione (b) - *Sintering furnace for cemented carbide production (a) and an example of a sintering cycle (b)*

Hard metal

I test di laboratorio sulla rugosità dei nuclei grezzi evidenzia un notevole miglioramento con l'ottimizzazione del ciclo di

sinterizzazione come mostrato in Figura 9.

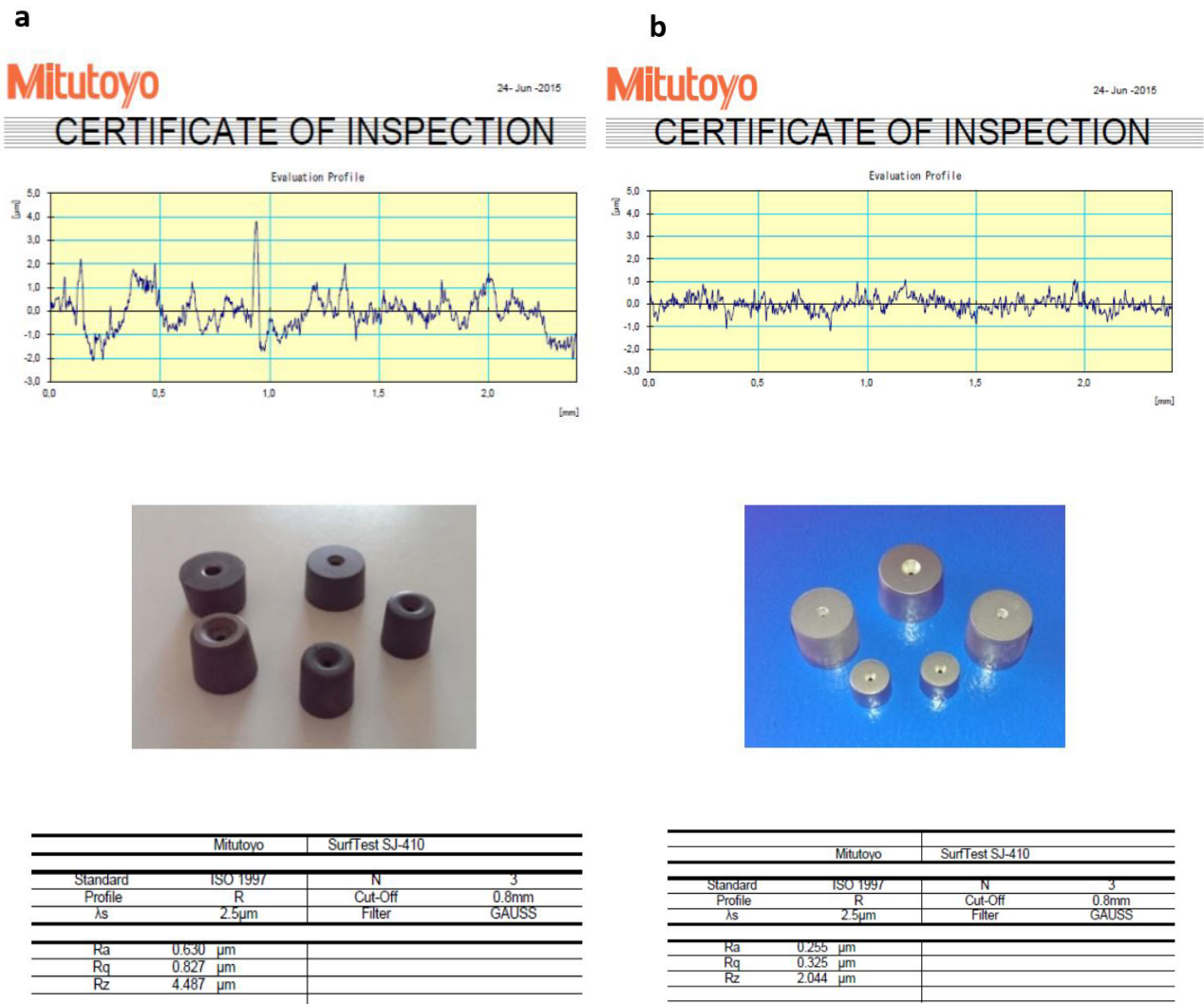
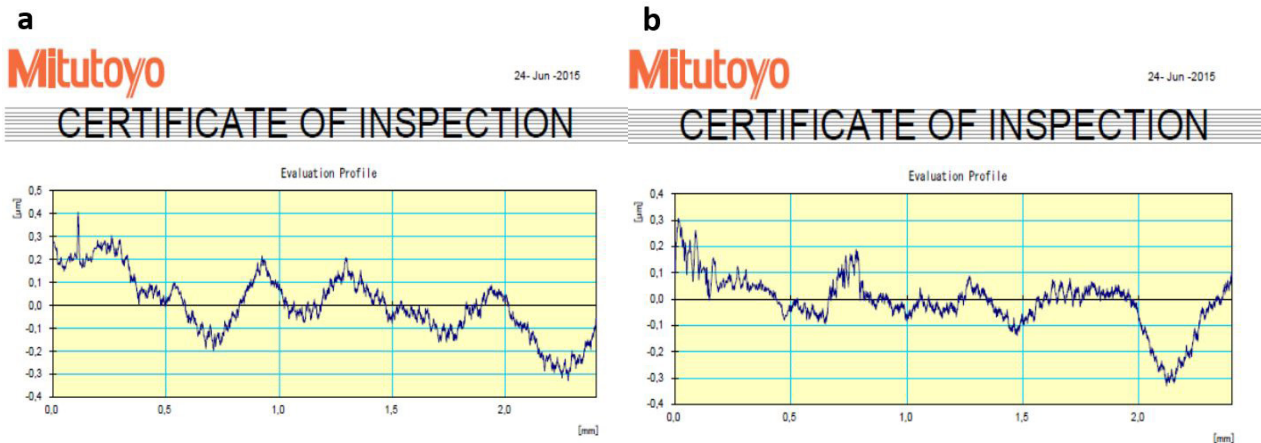


Fig. 9 - Test di rugosità su nuclei grezzi in metallo duro ottenuto con ciclo convenzionale (a) e del metallo duro ottenuto con un ciclo di sinterizzazione ottimizzato (b) - *Roughness of the sintered nib obtained with conventional sintering cycle (a) and with optimized sintering cycle (b)*



Valore di rugosità (0.109) – filiera standard



Mitutoyo		SurfTest SJ-410	
Standard	ISO 1997	N	3
Profile	R	Cut-Off	0.8mm
λs	2.5µm	Filter	GAUSS
Ra	0.109 µm		
Rq	0.132 µm		
Rz	0.438 µm		

Valore di rugosità (0.069) – nuova filiera



Mitutoyo		SurfTest SJ-410	
Standard	ISO 1997	N	3
Profile	R	Cut-Off	0.8mm
λs	2.5µm	Filter	GAUSS
Ra	0.069 µm		
Rq	0.093 µm		
Rz	0.352 µm		

Diminuzione della rugosità Ra del 37% (da 0.109 to 0.069)

Fig. 10 - Test di rugosità su nuclei rettificati e lappati in metallo duro ottenuto con ciclo convenzionale (a) e del metallo duro ottenuto con un ciclo di sinterizzazione ottimizzato (b) - *Roughness of the sintered nib after grinding obtained with conventional sintering cycle (a) and with optimized sintering cycle (b)*

Anche dopo rettifica e lappatura, la superficie del cono del nucleo ottenuto con ciclo di sinterizzazione

ottimizzato è caratterizzata da rugosità inferiore come mostrato in Figura 10.

La geometria e finitura della filiera

La geometria della filiera è l'elemento principale per avere una deformazione a freddo costante e uniforme, con filo di costanti caratteristiche di plasticità dopo il trattamento di trafilatura. Spesso il problema della rettifica delle filiere è sottovalutato ricercando esclusivamente il minor costo per la rettifica con il risultato di operare con filiere di geometria errata. Conseguenza di ciò è il decadimento delle presta-

zioni della macchina trafilatrice, della durata della filiera e della qualità del filo. In Figura 11 sono schematizzati i coni di trafilatura nel caso di rettifica corretta ed errata. La rettifica corretta del cono della filiera (Figura 11a) deve rispettare le proporzioni di lunghezza del cilindro in funzione del diametro della filiera. Diversamente, una rettifica errata, come mostrato in Figura 11b, permette di ridurre i tempi di esecuzione ma porta ad una lunghezza finale del cilindro fuori specifica.

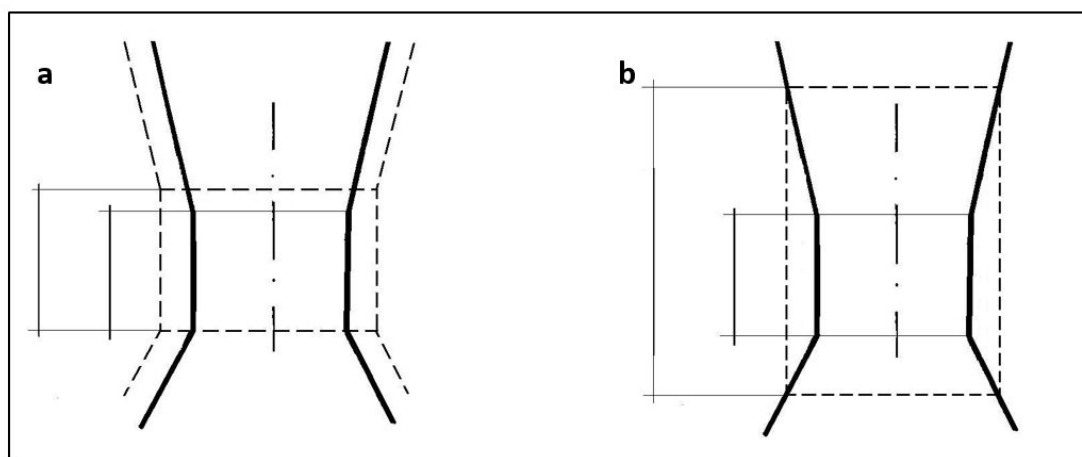


Fig. 11 - Schematizzazione della rettifica (linea tratteggiata) in caso di rettifica corretta (a) e rettifica errata (b) - Schematization of a correct grinding (a) and wrong grinding (b)

Una corretta geometria della filiera, studiata per il tipo di filo da trafilare, genera una determinata energia sulla superficie del filo che conseguentemente agisce sulla fusione del lubrificante in filiera. È quindi evidente come, al variare degli angoli di trafilatura e di lunghezza del tratto cilindrico, sia messa a rischio la lubrificazione e, di conseguenza, la qualità del filo finale e la produttività della linea di trafilatura. Il nuovo siste-

ma di stampaggio impiegato in Koner permette un costante ritiro tra esterno e interno del nucleo. La nuova attrezzatura di stampaggio garantisce un perfetto centraggio tra cono, cilindro ed esterno del nucleo di trafilatura. Il miglioramento della rettifica e della lucidatura della parte utile della filiera, aumenta la vita della filiera e permette di ottenere una qualità elevata e costante del filo finito (Figura 12).

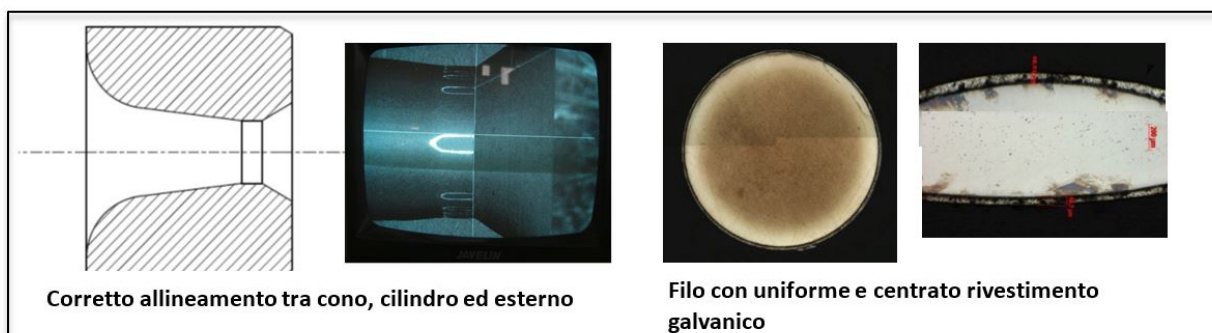


Fig. 12 - Immagini del centraggio e della finitura del filo finito - Images of the centering process and of the final wire finishing

BIBLIOGRAFIA

- [1] Upadhyaya, G.S., Cemented Tungsten Carbides: Production, Properties, and Testing. 1998, New Jersey: Noyes Publications.
- [2] Brookes, K.J.A., Hardmetals and other Hard Materials. 1992, United Kingdom: International carbide data.
- [3] Santhanam, A.T., P. Tierney, J.L. Hunt, Properties and Selection: Non-ferrous Alloys and Special Purpose Materials, 1990. ASM International. The Materials Information Company.
- [4] Shemenski, R.M., Ferrous wire handbook. 2008, Guilford, Connecticut, USA: The wire association international, Inc.
- [5] Dieter, G.E., Mechanical metallurgy. 1988, London, UK: McGraw-Hill Book series in materials and science and engineering.
- [6] Huang, S.G., R.L. Liu, L. Li, O. Van der Biest, J. Vleugels, NbC as grain growth inhibitor and carbide in WC-Co hardmetals. Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 2008. 26 (5): p. 389-395.
- [7] Poetschke, J., V. Richter, R. Holke, Influence and effectivity of VC and Cr₃C₂ grain growth inhibitors on sintering of binderless tungsten carbide. Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 2012. 31: p. 218-223.
- [8] Zackrisson, J., B. Jansson, G.S. Uphadyaya, H.O. Andr en, WC-Co based cemented carbides with large Cr₃C₂ additions. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 1998. 16 (4-6): p. 417-422.
- [9] Kim, T.H., B.M. Kim, J.C. Choi, Prediction of die wear in the wire-drawing process. Journal of Materials Processing Technology, 1997. 65: p. 11-17.
- [10] Takada, M., H. Matsubara, Y. Kawagishi, Wear of cemented carbide dies for steel cold wire drawing. Materials Transactions, 2013. 54 (10): p. 2011-2017.

Cemented carbide for the production of nib in the wiredrawing industry

In the wiredrawing, the cemented carbide is used in the production of the nib in order to guarantee a final excellent wire quality. The chemical composition and the microstructure of the cemented carbide play a fundamental role in the final properties of the nib and, consequently, on the wire quality. Indeed, considering the drawing of thin wires, are preferred nibs with a low Co content and carbide grain size. Differently, for large wires, the most common grades are with a high Co content and grain size. The necessity to optimize always more the final product of the drawing and to reduce the production process cost leads to the continuous development of the cemented carbide working on the chemical composition, tungsten carbide grain size and on the sintering process. In this work, some solutions to optimize the mechanical properties of the cemented carbide nib are summarized.

KEYWORDS: CEMENTED CARBIDE; NIB; WIREDRAWING