Caratterizzazione di materiali compositi a matrice metallica Fe-CO e rinforzo B_4C impregnati di diamante

di Kerim Emre Oksüz[1], Mehmet Simsir[1], Yusuf Sahin[2]
[1] Dipartimento di Ingegneria Metallurgica e dei Materiali, Cumhuriyet University, Sivas, Turchia
[2] Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Gazi University, Ankara, Turchia

Abstract
In questo studio sono stati realizzati utensili da taglio impregnati di diamante (compositi a matrice Fe-Co) con il metodo della metallurgia delle polveri, utilizzando il processo di stampaggio a caldo. In particolare sono stati studiati gli effetti dell'aggiunta di Fe e B_4C sulle proprietà di compositi impregnati di diamante con matrice cobalto. Campioni con e senza rinforzo di B_4C e aventi tre diverse composizioni (diverso rapporto Fe/Co), sono stati pressati a 25 MPa e sinterizzati a 800°C di temperatura. Dopo la sinterizzazione sono state eseguite delle prove di durezza e di usura con configurazione "Pin on Disc". I risultati mostrano che l'aggiunta di Fe ha causato una diminuzione della durezza della matrice mentre l'utilizzo di un rinforzo B_4C ha determinato una maggiore durezza. Si è osservato, inoltre, che la resistenza ad usura dei compositi a matrice metallica Fe-Co con rinforzo B_4C è stata maggiore di quella dei compositi senza rinforzo (B_4C) e dei prodotti commerciali.
Tecniche SEM ed EDS sono state utilizzate per caratterizzare i materiali compositi.

1. Introduzione
I compositi diamantati a matrice metallica (MMC) vengono largamente impiegati per perforazione, molatura, lucidatura e taglio nei settori della pietra naturale e della ceramica grazie all'estrema durezza del diamante [1-3]. L'utilizzo di utensili diamantati da taglio comporta molti vantaggi come, ad esempio, una migliore finitura della superficie, maggiore produttività e costi ridotti.
L'estrema durezza e resistenza ad usura del diamante infatti consentono di mantenere a lungo una buona qualità della superficie nel corso di lunghi cicli di produzione, un controllo costante delle dimensioni e una maggiore vita utile dell'utensile.
Questi tipi di compositi possono essere prodotti usando metodi differenti [4-5]. Essi includono pressatura a freddo e sinterizzazione, stampaggio a caldo e infiltrazione. La scelta di uno di questi processi di fabbricazione si basa principalmente sul raggiungimento delle caratteristiche fisiche richieste dal legante metallico, senza influenzare l'integrità fisica del contenuto di diamante [6]. I metalli (Co, W, Ni e Ti) con un'alta affinità chimica con il carbonio sono stati utilizzati per legare i diamanti

Characterization of Diamond Impregnated B_4C / Fe-Co MMC

by Kerim Emre Oksüz[1], Mehmet Simsir[1], Yusuf Sahin[2]
[1] Department of Metallurgical and Materials Engineering, Cumhuriyet University, Sivas, Turkey
[2] Department of Mechanical Education, Gazi University, Ankara, Turkey

Abstrat
In this study, impregnated diamond cutting tools (Fe-Co matrix composite sockets) are processed by powder metallurgy method using hot pressing technique.
The effects of Fe and B_4C additions on the characteristic of diamond impregnated Co matrix composites have been investigated. Samples reinforced with and without B_4C having three different compositions (different Fe / Co ratio) were produced under 25 MPa pressure and sintered at 800ºC temperature. After sintering, hardness tests were carried out and wear tests were performed by pin-on-disc. The results showed that addition of Fe caused slightly decrease in the hardness of the matrix. However, reinforcing with B_4C increased the hardness of the matrix.
It is observed that wear resistance of B_4C reinforced Fe-Co metal matrix composite was greater than that of composites without reinforcement (B_4C) and commercial sockets. SEM and EDS techniques were used to characterize the composites.

1. Introduction
Diamond impregnated metal matrix composites (MMC) have been widely used for drilling, grinding, polishing and cutting in the natural stone, ceramics industries because of extreme hardness of diamond [1-3]. There are some advantages of using diamond cutting tools, such as; improved surface quality, increased productivity, and reduced cost. Extreme hardness and wear resistance of the diamond cause good surface quality over long production runs, consistent control of dimensions for

nei compositi. Nel momento in cui però vengono trattati ad alte temperature, questi metalli tendono ad aggredire la superficie del diamante. Al contrario, metalli come il rame, lo stagno o il bronzo, avendo una minore affinità chimica con il carbonio, possono essere impiegati come metalli d'apporto poiché il diamante non è in alcun modo influenzato dal loro utilizzo nella produzione dei compositi. L'utilizzo di MMC impregnati di diamante dipende da parametri quali le condizioni di produzione, le condizioni di lavoro, la struttura delle pietre naturali. I parametri di produzione degli MMC diamantati dipendono dalla qualità del diamante stesso (granulometria, forma e durezza dei grani), dalla forza del legame tra il grano di diamante e la matrice, dalla concentrazione di diamante nel composito e dalla velocità di usura del diamante e della matrice. Il comportamento meccanico della matrice può essere personalizzato con l'aggiunta di vari elementi di lega. L'interazione del diamante con i leganti metallici si traduce spesso in una reazione tra la superficie del diamante e la matrice metallica circostante. L'entità di questa reazione dipende dalla specifica composizione delle polveri metalliche, dalla dimensione e distribuzione delle particelle, dalla temperatura e dal tempo di lavorazione [7].
Lo scopo di questo studio è di migliorare le proprietà meccaniche degli MMC impregnati di diamante variando la composizione della matrice in termini di rapporto Fe/Co e di aggiunta di polvere B_4C, e anche di indagare il comportamento ad usura dei compositi prodotti con lo stampaggio a caldo.

2. Studio sperimentale

2.1 Preparazione del campione

MMC impregnati di diamante con rinforzo B_4C sono stati prodotti utilizzando tecniche di metallurgia delle polveri. La matrice metallica è il materiale legante che trattiene i diamanti e deve avere un comportamento all'usura sufficientemente buono da non rilasciarli prima che questi abbiano completato la loro vita utile.
Il cobalto è un legante con buona bagnabilità.
Il bronzo (lega Cu-Sn) è generalmente preferito per la fase di riempimento [7-9] e viene utilizzato per ridurre la porosità durante la produzione di materiali compositi.
Il ferro può essere utilizzato per due scopi, sia come elemento legante, che per il riempimento e presenta molti vantaggi, quali la facilità con cui può essere aggiunto alla matrice o il fatto di essere un metallo economico e non pericoloso.
Come materiali di partenza per questo studio sono stati selezionati grani di diamante policristallino 40/50 mesh (LS4750+, Lands), una polvere di ferro carbonile con una dimensione media delle particelle inferiore a 75 μm (Baymet Metal Industry Inc.), una polvere di cobalto

Tab.1 Composizione dei compositi fabbricati e di un prodotto commerciale
Composition of produced composites and commercial product

Composites	Matrix composition, (w/o)			Diamond Concentration C	B_4C
	Fe	Co	Bronze		
C1 (Fe/Co=5)	75	15	10	20	-
C3 (Fe/Co=1.57)	55	35	10	20	-
C5 (Fe/Co=0.64)	35	55	10	20	-
Composite with B_4C					
C1-B_4C (Fe/Co=5)	75	15	10	20	0.15
C3-B_4C (Fe/Co=1.57)	55	35	10	20	0.15
C5-B_4C (Fe/Co=0.64)	35	55	10	20	0.15
Commercial product					
C-commercial	-	75	25	20	-

extended periods and long tool life. These types of composites can be produced using such methods [4-5]. They include cold pressing and sintering, hot pressing and infiltration. Selection of one of these manufacturing methods is based primarily on attaining the required physical properties of the metal bond without affecting the physical integrity of the diamond contained [6]. Metals (Co, W, Ni, and Ti) with high chemical affinity to carbon have been used for bonding diamonds in composites. When diamond impregnated MMCs are heated, these metals affect diamond, whose surface is attacked. However, copper, tin and bronze metals, which have lesser chemical affinity to carbon, are used as a filler metals because diamond is not affected by filler metals in the composites production. Usage of diamond impregnated MMCs depends on such parameters; production conditions, working conditions, texture of natural stones. The parameters in the production of diamond impregnated MMCs depend on the quality of the diamond itself (grain size, grain shape and strength), the strength of the bonding between the diamond grain and the matrix, the diamond concentration in the composite and the wear rates of the diamond and matrix. The mechanical behavior of the matrix can be tailored by the addition of various alloying elements. Processing of diamond in metal bonds often results in a reaction between the diamond surfaces and surrounding metal matrix. The extent of this reaction depends upon the specific composition of metal powders, their particle size and distribution, the processing temperature and time [7]. The aim of this study is to improve the mechanical properties of diamond impregnated MMCs by changing matrix composition in terms of Fe/Co ratio and B_4C powder addition, and also to investigate the wear behavior of composites produced by hot pressing.

2. Experimental study

2.1 Sample Preparation

Diamond and B_4C as reinforcements in MMCs were produced by blending certain metals, using powder metallurgy techniques. Metal matrix is a binder material, which holds the diamonds together and forms chip flow grooves via a rapid wear under cutting conditions.
The Co metal is a binder with a good wet-ability.
The bronze (alloy of Cu-Sn) composition is generally preferred for the filling stage [7-9] and is used to fill the pores formed in the production of a composite materials.
Fe can be used for two purposes. One is for bonding

con una granulometria media di 400 mesh (Umicore), una polvere di bronzo con l'85% in peso di Cu e il 15% in peso di Sn (85/15, Pometon) e una polvere B_4C (HC Starck) con granulometria media inferiore a 10 μm.
La composizione della matrice, la concentrazione di diamante e la quantità di B_4C nei campioni di materiale composito sono riportati in Tab.1.
Per ciascun campione è stata miscelata una quantità di 0,15 g (0,75% in peso) di B_4C.
Sono stati prodotti campioni di composito, con e senza B_4C, aventi tre diverse composizioni (diverso rapporto Fe/Co). La concentrazione dei grani di diamante in questi campioni è stata mantenuta costante a C 20 (data la concentrazione C 100 pari a 4,4 carati/cm^3) per confrontare i compositi (con e senza rinforzo B_4C) e il prodotto commerciale. Parallelamente, sono state confrontate le prestazioni di un prodotto commerciale ottenuto con stampaggio a caldo.
Nella produzione dei campioni di composito, con e senza B_4C, è stata applicata una identica procedura.
Il ferro, la percentuale in peso di Co (15-35-55), il diamante, la polvere di B_4C (quando aggiunta) sono stati miscelati per 45 minuti in un miscelatore Turbula T2F aggiungendo alla mistura alcool con un 2% di glicerina, prima di mescolare, per ottenere una buona omogeneità. I componenti miscelati sono stati posti in stampi di carbonio aventi dimensioni di 24 x 10 x 10 mm e compattati a freddo; quindi i campioni sono stati sinterizzati per mezzo di una pressa per stampaggio a caldo (Dr. Fritsch Sinter DSP 510) in atmosfera di azoto.
I campioni sono stati riscaldati ad una temperatura di sinterizzazione di 800°C, con una pressione di 25 MPa.
Il tempo totale di sinterizzazione (riscaldamento e raffreddamento) ha raggiunto i 14,5 min. Sono stati prodotti 24 campioni per ogni composizione di matrice.
La Fig.1 mostra il ciclo di sinterizzazione.

2.2 *Prove meccaniche*

Prove di durezza Rockwell B sono state eseguite su tre campioni per ogni composizione. Sono stati misurati cinque valori di durezza con carico di 100 kgf per ciascun campione e i relativi valori medi sono riportati in Tab.2. Per la prova di usura è stato impiegato un apparato con configurazione "Pin on Disc" per valutare la resistenza dei compositi. Un disco in acciaio AISI 5190 avente 65 HRC con 12 mm di spessore, e diametro di 160 mm, è stato utilizzato come mezzo rotante.
I perni (pin) ottenuti dai compositi sono stati lavorati per avere una lunghezza di circa 5 mm. Per formare un pin della lunghezza necessa-

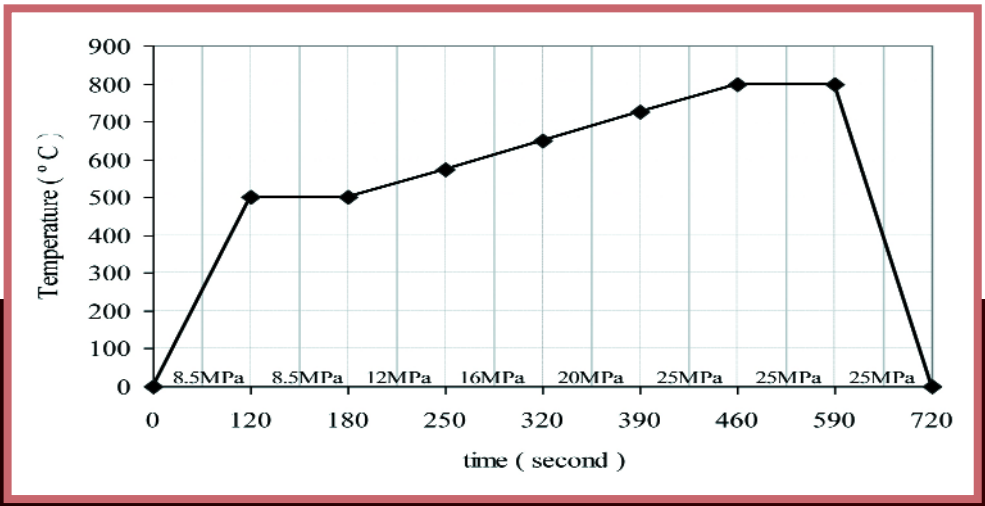


Fig.1 Rappresentazione schematica del ciclo di sinterizzazione applicato ai campioni di materiale composito
Schematic representation of the sintering cycle applied to the composite specimens

another is for filling element. Furthermore, it has some advantages such as easy to add to the matrix, cheap and not a hazardous metal.
Polycrystalline diamond grits of 40/50 mesh (LS4750+, LANDS), a carbonyl iron powder with an average particle less than 75 μm (Baymet Metal Industry Inc.), a cobalt powder with an average particle size of 400 mesh (Umicore), a bronze powder with 85 wt% Cu + 15 wt% Sn (85/15) (Pometon), and a B_4C (HC Starck) powder with average particle size less than 10 μm were selected as the starting materials for this study. The composition of the matrix, the concentration of diamond and the amount of B_4C in the composite samples are given in Tab.1. 0.15 g (0,75 wt%) of B_4C was mixed for each composite sample.
The composite samples reinforced with and without B_4C, having three different compositions (different Fe/Co ratio) were produced. The concentration of diamond grits in these composite samples was kept constant, and maintained at C 20 concentration (where C 100 concentration of diamond grits was designated as 4.4 carat/cm^3) in order to compare the composites (reinforced with and without B_4C) and the commercial product. The performances of a commercial product prepared by hot-pressing were compared in parallel.
In the production of composite samples with and without B_4C, same procedure was applied. Fe - (15-35-55) wt% Co, diamond, B_4C powders (when added) were blended during 45 min. in a T2F turbula mixture, and alcohol with 2% glycerin was added in mixture before blending in order to obtain good and homogeny mixture.
Mixture per composition was put in carbon molds 24 x 10 x 10 mm dimension were cold compacted, and then hot zone was evacuated to remove the air from the chamber atmosphere and sintered using hot press machine (Dr. Fritsch DSP 510 Sinter machine) under nitrogen atmosphere.
Specimens were heated up to sintering temperature of 800°C under compression load of 25 MPa.
Total sintering time (heating and cooling) was held 14.5 min. Twenty-four samples per composition were produced. Figure 1 show the sintering cycle.

ria per la prova, ogni campione è stato incollato ad un perno di prolungamento in acciaio lungo 50 mm di uguale larghezza, mediante un adesivo epossidico.
Il perno è stato poi montato su un supporto di acciaio della macchina, in modo da essere ancorato saldamente e tenuto perpendicolare alla superficie del disco rotante. I campioni sotto carico sono stati spinti contro il mezzo rotante con l'aiuto di un meccanismo a sbalzo.
Il test di usura è stato eseguito con carichi differenti 10, 20 e 40 N, ad una velocità costante di 1 m/s e con una distanza di strisciamento costante di 3600 m per ciascun campione di composito.
Il pin usurato è stato pulito in acetone prima e dopo il test, e quindi asciugato dopo essere stato pesato su una micro-bilancia con sensibilità di 0,1 mg.
Le prove di usura sono state effettuate su tre campioni per ogni composizione di matrice. È stata calcolata quindi la perdita di volume media. Le superfici dei campioni dei composti sono state esaminate con microscopio ottico e con un microscopio elettronico a scansione tipo SEM-EDX.

3. Risultati e discussione

3.1 Durezza

La durezza è il parametro più utilizzato per determinare la qualità dei compositi diamantati per il taglio della pietra. La Tab.2 presenta i risultati HRB della prova di durezza trovati per i campioni. Va osservato che vi è un aumento lineare della durezza con l'aumento del contenuto di Co (invece una diminuzione di durezza al crescere del contenuto di Fe). I massimi valori di durezza sono stati registrati per campioni di composizione C5, con e senza B_4C. Ciò va attribuito alla presenza di una soluzione solida Co-Fe che rinforza la durezza.
I campioni dei compositi C1 e C1-B_4C hanno il valore di durezza più basso, simile a quello del campione del prodotto commerciale. I campioni di composito C5 e C5-B_4C hanno valori di durezza superiori a quelli del campione del prodotto commerciale.
Si osserva che la durezza del composito a matrice metallica Fe-Co rinforzata con B_4C è quasi uguale a quello del composito senza rinforzo (B_4C).
I valori di durezza dei campioni di composito fabbricati per il test sono stati confrontati con il materiale commerciale. Ciò può essere rappresentativo del grado di densificazione.

3.2 Prova di usura

La Fig.2 presenta i risultati della prova di usura, in termini di perdita di peso dei campioni dei compositi, con e senza B_4C, prodotti con il processo di stampaggio a caldo. Per il campione di composito senza B_4C, si può osservare un aumento della perdita di peso con l'aumento del carico applicato per ciascun campione.
La seconda osservazione è un aumento della perdita di peso con l'aumento del contenuto in Fe dei compositi. La perdita di peso dei campioni sotto un carico applicato di 40 N è stata misurata come 0,0094 g per C5 (35 wt% Fe-55 wt% Co), valore che è 2,13 e 1,65 volte minore della perdita di peso del composito con composizione C1 (75 wt% Fe-15 wt% Co) e del composito con composizione C3 (55 wt% Fe-35 wt% Co),

Tab.2 Valori di durezza dei campioni sperimentali e commerciali. I dati in letteratura sono inclusi per confronto
Hardness values of the experimental and commercial specimens. Literature data are includedfor comparison

Composites	HRB Avg.
C1 - 75wt%Fe+15wt%Co+10wt%bronze, 20 conc.	90
C3 - 55wt%Fe+35wt%Co+10wt%bronze, 20 conc.	92
C5 - 35wt%Fe+55wt%Co+10wt%bronze, 20 conc.	95
C1-B_4C -75wt%Fe+15wt%Co+10wt%bronze, 20 conc, 0.15 g B_4C	91
C3-B_4C - 55wt%Fe+35wt%Co+10wt%bronze, 20 conc,0.15 g B_4C	93
C5-B_4C - 35wt%Fe+55wt%Co+10wt%bronze, 20 conc, 0.15 g B_4C	95
C-commercial - 70wt%Co+25wt%bronze, 20 conc.	91
95 wt%(Co-W)+5 wt% (Cu/Sn–Fe), 20 conc.	98 [10]
80 wt% (W–Co)+20 wt% (Cu/Sn–Fe), 20 conc.	86 [10]
100 wt% Co	93 [6]
95 wt%Co + 5wt%Sn	103 [6]

2.2 Mechanical Tests

Rockwell B hardness tests were performed in three samples for each composition. Five hardness values were measured under a load of 100 kg-f for each sample, average values will be reported. For wear test, a pin-on-disc type apparatus was employed to evaluate the wear characteristics of composites. AISI 5190 steel disc having 65 HRC with 12 mm thick, and 160 mm diameter was used to serve as the adhesive medium.
The pin specimens made from the composites were machined to approximately 5 mm in length. To form a pin of the necessary length, each sample was bonded adhesively to a 50-mm long steel extension pin of the same crossection using an epoxy adhesive. The pin was then mounted in a steel holder in the wear machine so that it was held firmly perpendicular to that of the flat surface of rotating counter disc. The samples were loaded against the adhesive medium with the help of a cantilever mechanism. Wear test was performed under varied loads such as; 10, 20 and 40 N and at a constant speed of 1 m/s and a constant sliding distance of 3600 m for each composite sample. After the test, the wear pin was cleaned in acetone prior to and after the wear tests, and then dried after being weighed on a micro-balance with 0.1 mg sensitivity. Wear tests were carried out for three samples per composition. Average of amount of weight loss was calculated and is presented.
Surfaces of the composite samples were examined with optical and scanning electron microscopes (SEM) with attachment of energy dispersive X-ray (EDX).

3. Results and discussion

3.1 Hardness

Hardness is the most used parameter to determine the

rispettivamente. Osservazioni analoghe valgono anche per i campioni di composito con B_4C.
Infine, i campioni di composito senza B_4C hanno una perdita di peso superiore ai campioni di composito con B_4C, per tutte le composizioni. B_4C contribuisce alla resistenza ad usura del composito grazie alla sua elevata durezza. Il prodotto commerciale è stato testato nelle stesse condizioni. La Fig.2 mostra i risultati del test di usura del prodotto commerciale. Come si vede, la perdita di peso del campione di prodotto commerciale è stata inferiore a quello dei campioni di composito con e senza B_4C per carichi di 10 e 20 N. Tuttavia, quando il carico aumenta a 40 N nella prova di usura, i campioni compositi C3-B_4C, C5-B_4C e C5 hanno perdite di peso inferiori rispetto al prodotto commerciale.

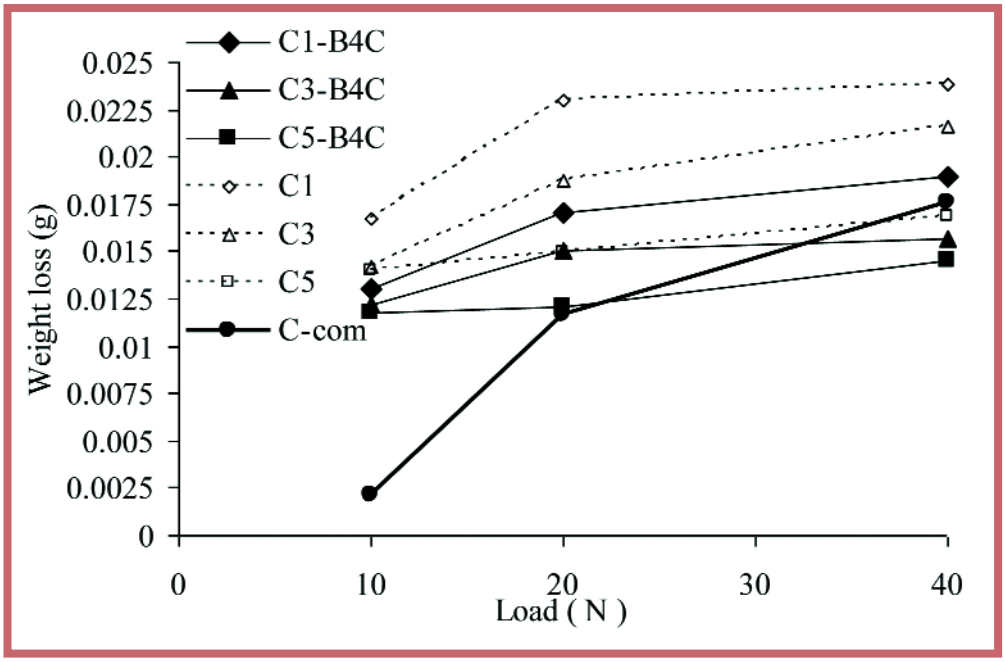


Fig.2 Curve della perdita e della forza normale dei campioni compositi con e senza B_4C. È incluso anche il prodotto commerciale / *Weight loss vs Normal force curves of the composite samples with and without B_4C. Commercial product is also included*

3.3 Microstruttura

La microstruttura del composito è stata esaminata mediante microscopia ottica. Dopo la rettifica e la lucidatura, i campioni compositi sono stati incisi con una soluzione di 10 g di $(NH_4)_2S_2O_3$ in 90 ml di acqua distillata.

quality of diamond impregnated composites for stone cutting. Table 2 presents results of HRB hardness test found for the composite samples. It was observed that there is a linear increase in hardness with increasing Co content (decreasing Fe content). Maximum hardness values were measured from C5 composition samples with and without B_4C. This is attributed to presence of a Co-Fe solid solution which causes strengthening.
C1 and C1-B_4C composite samples have the lowest hardness value which is similar to that of the commercial product sample. The C5 and C5-B_4C composite sample have higher hardness values than that of C-commercial product. It is observed that hardness of B_4C reinforced Fe-Co metal matrix composite was almost the same as that of composite without reinforcement (B_4C).
The hardness values of the produced composite samples were compared with commercial material. This can be representing the densification degree.

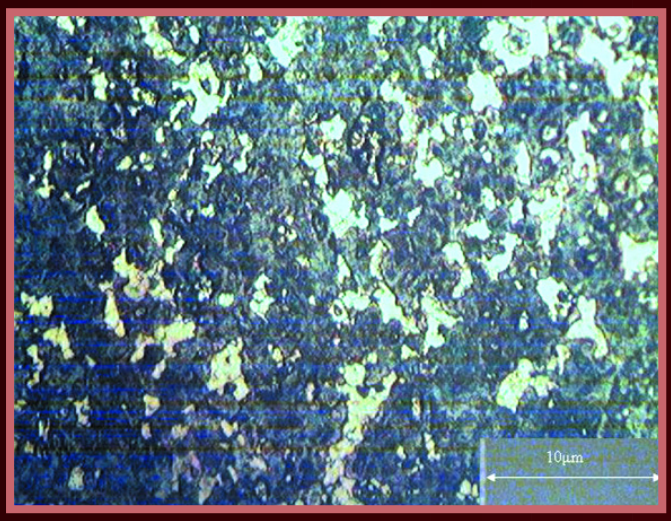


Fig.3 Microstruttura del campione di composito C5-B_4C
Microstructure of composite sample of C5-B_4C

3.2 Wear test

Fig.2 presents results of wear test in terms of weight loss of the composite samples with and without B_4C produced by hot pressing technique. For the composite sample without B_4C, one can observe increase in weight loss with increasing applied load for each sample.
Second observation is increase in weight loss with increasing Fe content in composites. The weight loss of composite samples under 40 N applied load was measured as 0.0094 g for C5 (35 wt% Fe-55 wt% Co), and that is 2.13 and 1.65 times lesser than weight loss for the composite with C1 (75 wt% Fe-15 wt% Co) composition and for the composite with C3 composition (55 wt% Fe-35 wt% Co), respectively.
Similar observations are valid for the composite samples with B_4C. Finally, the composite samples without B_4C have higher weight loss than the composite sample with B_4C

La Fig.3 mostra la microstruttura della matrice. Come si può vedere, sotto il microscopio ottico, il bronzo compare con il colore giallo brillante, il Co grigio chiaro e il Fe con il colore nero. Il B_4C ha grani di dimensione molto fine (<10 micron) e anche la loro concentrazione è troppo piccola per essere rilevata con microscopia ottica. Tuttavia, un picco di boro (B) è stato osservato con l'analisi EDX.

La Fig.4 mostra l'analisi EDX del campione di compositi C5-B_4C.

La ritenzione del diamante nella matrice è altrettanto importante. Il legame tra matrice e diamante deve essere forte in quanto proprio questa caratteristica influenza le proprietà ad usura.

La Fig.5a mostra una visione generale del diamante nella matrice per un campione di composito C5.

La superficie di questo campione è stata lavorata utilizzando una mola.

La Fig.5b mostra la superficie del campione di composito dopo la pesante deformazione. È necessario che venga evitato il fenomeno del pull-out del diamante dalla matrice metallica.

In questo caso è stata osservata un'ottima ritenzione

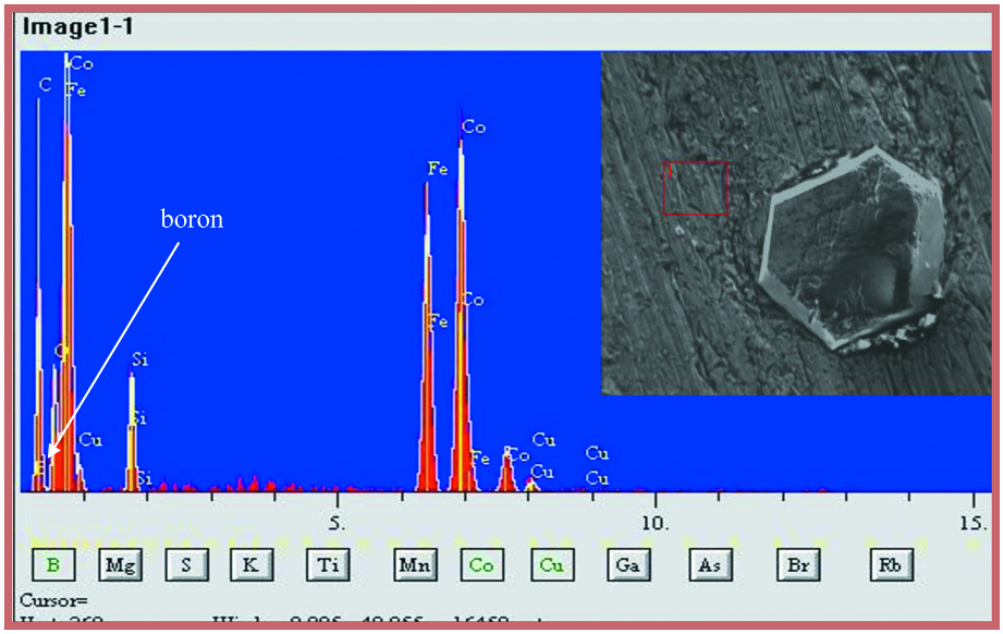


Fig.4 Analisi EDX del campione di composito C5-B_4C
EDX analysis of composite sample of C5-B_4C

for all the compositions. B_4C contribute to the wear resistance of the composite due to high hardness of B_4C material.

Commercial product was tested in the same conditions. Figure 2 shows wear test results of commercial product. As it is seen, the weight loss of the commercial product sample was lower than that of the composite samples with and without B_4C for 10 N and 20 N loads.

However, when the load is increased to 40 N in the wear test, the composite samples C3-B_4C, C5-B_4C and C5 have lower weight losses than the commercial product.

3.3 Microstructure

The microstructure of the composite was examined using optical microscopy. After grinding and polishing, the composite samples were etched with a solution of 10 g

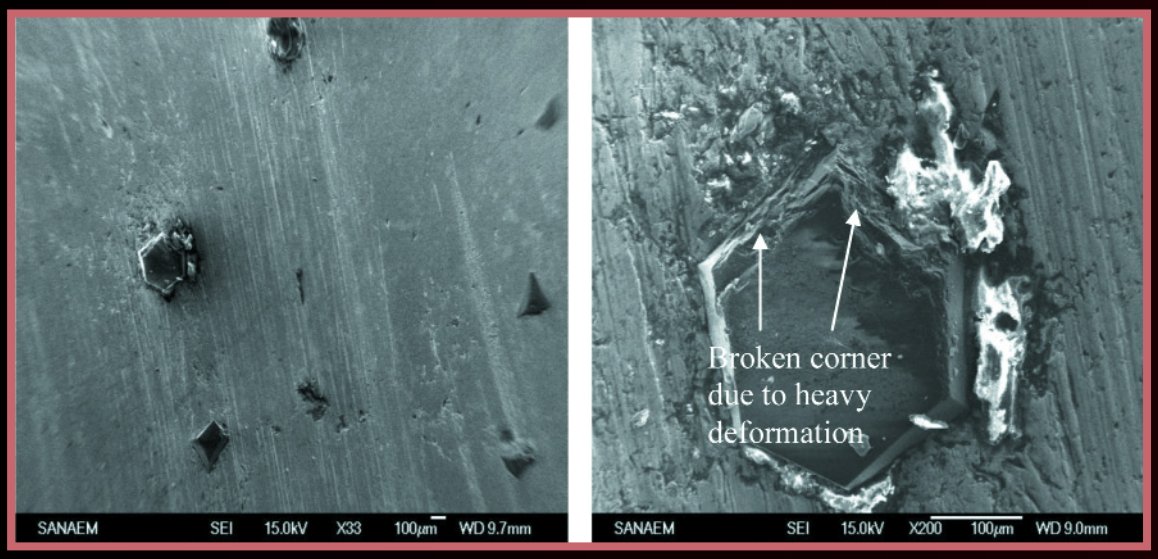


Fig.5
a) Vista generale del diamante nella matrice Fe-Co dopo una pesante deformazione
b) Dopo la deformazione si ha la rottura di un angolo del diamante
a) *General view of diamond in Fe-Co matrix after heavy deformation*
b) *After heavy deformation broken of a corner of diamond*

dei diamanti dal momento che non si è verificata nessuna perdita di cristalli, nonostante la pesante deformazione.

4. Conclusione

In questo studio sperimentale sono stati indagati gli effetti di aggiunte di Fe e carburo di boro (B_4C) in compositi a matrice Co. I compositi a matrice Fe-Co impregnata di diamante sono stati prodotti a 800°C, ad una pressione di 25 MPa, con metallurgia delle polveri, mediante stampaggio a caldo.
Si può concludere che i campioni di composito di tipo C5 e C5-B_4C possono essere utilizzati nella segagione della pietra naturale in funzione delle proprietà del materiale lapideo. La durezza e il consumo ad usura dei compositi prodotti sperimentalmente sono stati confrontati con quelli di un prodotto commerciale e i migliori risultati si ottengono nei compositi sperimentali. L'aggiunta di Fe ha causato una diminuzione di durezza della matrice. Si è osservato che la resistenza ad usura di un composito a matrice metallica Fe-Co con rinforzo di B_4C è stata maggiore di quella del composito senza rinforzo (B_4C).

5. Bibliografia / References

[1] M. Jennings, D. Wright, "Guidelines for Sawing Stone", Ind. Dia. Rev., 1989, vol. 49, pp. 70-75.
[2] M. Meszaros, K. Vadasdi, "Process and equipment for electrochemical etching of diamond containing Co-Wc tools and recovery of diamond from used steel tools", Int. J. Refract. Met. Hard Mater. 1996, vol. 14, pp.229-234.
[3] F. Frehn, A.T. Notter, "Grinding hardenable steel bonded carbide alloys with diamond wheels", Ind. Dia. Rev., 1979, vol. 39, pp. 195-202.
[4] F.V. Lenel, Powder Metallurgy Principles and Application, First Edition, 1980, Metal Powder Industries Federation, Princeton, New Jersey.
[5] R.M. German, Powder Metallurgy Science, First Edition, 1984, Metal Powder Industries Federation, Princeton, New Jersey.
[6] Y.S. Liao, Y. Luo, "Effects of Matrix Characteristics on Diamond Composites", Journal of Materials Science, 1993, vol. 28, no. 5, pp. 1245-1251.
[7] S. Karagöz, M. Zeren, "The Property optimization of diamond-cutting tools with the help of microstructural characterization", Int. J. Refract. Met. Hard Mater., 2001, vol. 19, pp. 23–26.
[8] R. Unal, E. A. Gurcay, "Matrix composition effect on the wear behavior of diamond segments", Mater. Sci. Forum 2007, vol. 534–536, pp. 1113–1116.
[9] S. Karagöz, M. Zeren, "Sintering of polycrystalline diamond cutting tools", Mater. Des., 2007, vol. 28, pp. 1055–1058.
[10] I. Ucun, K. Aslantas, I. S. Büyüksagis, S. Tasgetiren, "An investigation on the effect of diamond concentration and matrix material composition in the circular sawing process of granites", Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 2010, vol. 1, pp. 1-11.

$(NH_4)_2S_2O_3$ in 90 ml distilled water. Fig.3 shows the microstructure of the matrix. As it is seen that bronze metal is shown as bright yellow, Co metal is shown light grey and Fe metal is shown as black color under optical microscope.
B_4C has very small particle size (<10 μm) and also the concentration of it is too little amount to be detected under optical microscopy. However, peak of boron (B) was observed EDX analysis. Fig.4 shows the EDX analysis of C5-B_4C composite sample.
Retention of diamond by the matrix is so important. Bonding between matrix and diamond is desired excellent since wear properties are determined by the strength of the bonding. Figure 5a shows the general view of diamond in matrix for C5 composite sample. The surface of this composite sample was deformed using a grinding wheel. Fig 5b shows surface of the composite sample after heavy deformation.
Diamonds must not be pulled out from a metal matrix. It was observed really good retention since pull out of diamond was not observed after heavy deformation.

4. Conclusion

In this experimental study, the effects of Fe and boron carbide (B_4C) additions in Co matrix composites have been investigated. Diamond impregnated Fe-Co matrix composites (socket) were produced at 800°C, under 25 MPa by Powder Metallurgy using hot pressing.
It can be concluded that C5 and C5-B_4C type composite samples can be used in the sawing of natural stone depending on the properties of natural stone.
Hardness and wear loss of the produced composites are compared with that of a commercial product and better results are obtained in the produced composites.
Addition of Fe caused decreasing in the hardness of the matrix. It is observed that wear resistance of B_4C reinforced Fe-Co metal matrix composite was greater than that of composite without reinforcement (B_4C).

This article is based on a paper presented at Euro PM Congress et Exhibition 2011 held in Barcelona, Spain in October 2011 and is printed with kind permission of EPMA, European Powder Metallurgy Association, and Authors.