



Sulla caratterizzazione meccanica di compositi metallo-ceramici

Gabriella Bolzon, Massimiliano Bocciarelli

Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Politecnico di Milano; bolzon@stru.polimi.it, bocciarelli@stru.polimi.it

RIASSUNTO. Questa comunicazione intende fornire una panoramica delle esperienze acquisite sulla caratterizzazione meccanica di compositi metallo-ceramici, nell'ambito di ricerche condotte nel Network di Eccellenza su 'Knowledge-based Multi-component Materials for durable and safe performance' (KMM-NoE). La formulazione e la calibrazione di modelli costitutivi per questi materiali dal comportamento quasi – fragile non può ovviamente prescindere dalle loro caratteristiche fisico – meccaniche. Le difficoltà ed i costi associati con la produzione e la lavorazione di questi compositi non rendono comunque facilmente disponibili le informazioni sperimentali che solitamente provengono da prove meccaniche tradizionali, che richiedono l'impiego di un numero statisticamente significativo di provini di dimensioni e geometria proibitivi in questo ambito. Per la caratterizzazione meccanica di questi materiali risulta quindi particolarmente indicata la prova di indentazione strumentata. L'interpretazione delle informazioni che si possono dedurre da questa prova non è immediata, ma resa possibile con l'ausilio di tecniche di analisi inversa che combinano l'informazione sperimentale con la simulazione del comportamento del materiale durante la prova.

PAROLE CHIAVE. Compositi metallo-ceramici; Modellazione costitutiva; Frattura quasi – fragile; Caratterizzazione meccanica; Indentazione strumentata; Identificazione parametrica; Analisi inversa.

I compositi metallo-ceramici rappresentano una classe di materiali di interesse crescente per applicazioni in ambiti tecnologicamente avanzati, dalla produzione di energia al campo biomedicale, in cui possono essere impiegati come componenti (di compressori, di blocchi motore) o ricoprimenti (di palette di turbine, di protesi d'anca), eventualmente con una composizione opportunamente graduata al fine di ottimizzarne le proprietà termo-meccaniche. Maggiore stabilità dimensionale, espansione termica ridotta, maggior resistenza all'usura e al danneggiamento derivante dall'esposizione alle alte temperature, resistenza elevata (soprattutto a compressione) sono alcune delle proprietà che rendono questi compositi potenziali candidati a sostituire materiali metallici ad elevate prestazioni [1]. Le loro limitazioni presenti sono gli elevati costi, le difficoltà di produzione (nonostante le tecniche di fabbricazione siano varie) e di lavorazione, l'alta sensibilità ai difetti (uno tra tutti, la mancata adesione tra le componenti), la sostanziale fragilità (per quanto mitigata dalla presenza della fase metallica).

Le caratteristiche meccaniche globali di questi compositi sono fortemente dipendenti dalle caratteristiche microstrutturali e dall'evoluzione dei fenomeni di danneggiamento che li interessano. Per questo, risulta raramente affidabile la stima analitica delle loro proprietà basata, ad esempio, su tecniche di omogeneizzazione [2, 3] e le loro effettive prestazioni meccaniche debbono essere determinate per via sperimentale su un numero statisticamente significativo di campioni. Nel contempo, le difficoltà e i costi associati con la produzione e la lavorazione di questi materiali non rendono facilmente disponibili dei provini assoggettabili a prove meccaniche tradizionali.

In questo ambito, risulta quindi particolarmente vantaggioso l'utilizzo della prova di indentazione strumentata [4-10]. Questa prova, rapida ed economica, non richiede l'estrazione o la preparazione di provini, può essere realizzata su diverse scale direttamente sul componente, eventualmente in situ. L'interpretazione dei suoi risultati non è però immediata, richiede l'ausilio di tecniche di analisi inversa che combinano l'informazione sperimentale con la simulazione della prova e con tecniche di analisi inversa [11].



Questa comunicazione intende fornire una panoramica delle esperienze fin qui acquisite sulla modellazione costitutiva e sulla determinazione delle proprietà di compositi metallo – ceramici [9, 12], con particolare riferimento alla loro caratteristica fragilità [6, 10], in relazione alle ricerche condotte nell'ambito del Network Europeo KMM-NoE (Network of Excellence on Knowledge-based Multi-component Materials for durable and safe performance) [1].

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] www.kmm-noe.org
- [2] R.J. Moon, M. Tilbrook, M. Hoffman, A. Neubran, *J. of the American Ceramic Society*, 88 (2005) 666.
- [3] H.A. Bruck, R.H. Rabin, *J. of Material Science*, 34 (1999) 2241.
- [4] G. Bolzon, G. Maier, M. Panico, *Int. J. of Solids and Structures*, 41 (2004) 2957.
- [5] M. Bocciarelli, G. Bolzon, G. Maier, *Mechanics of Materials*, 37 (2005) 855.
- [6] G. Maier, M. Bocciarelli, G. Bolzon, R. Fedele, *Int. J. of Fracture*, 138 (2006) 47.
- [7] M. Bocciarelli, G. Bolzon, *Materials Science & Engineering A*, 448 (2007) 303-314.
- [8] G. Bolzon, M. Bocciarelli, E.J. Chiarullo, in *Applied Scanning Probe Methods XII Characterization* (B. Bhushan, H. Fuchs, eds), Springer-Verlag, Heidelberg, Ch. 13 (2008) 85.
- [9] M. Bocciarelli, G. Bolzon, G. Maier, *Computational Materials Science*, 43 (2008) 16.
- [10] M. Bocciarelli, G. Bolzon, *Int. J. of Fracture*, 155 (2009) 1.
- [11] G. Stavroulakis, G. Bolzon, Z. Waszczyszyn, L. Ziemianski, in *Comprehensive Structural Integrity* (B. Karahaloo, R.O. Ritchie, I. Milne eds), Elsevier Science Ltd, 3(13) 2003.
- [12] G. Bolzon, E.J. Chiarullo, C. Estournes, P. Egizabal, *Mechanical modelling and characterization of aluminium based composite materials produced by spark plasma sintering*, in preparazione.