

DEFINIZIONE DELLE CURVE DI FATICA DI COMPONENTI MECCANICI

A. Risitano, G. Fargione, D. Tringali, G. Risitano

Dipartimento di Ingegneria Industriale e Meccanica, Università di Catania, Catania (Italy)
E-mail: arisitan@diim.unict.it

SOMMARIO

Un problema di notevole interesse pratico, non ancora risolto in modo soddisfacente, è quello di riuscire a determinare con rapidità e con buona approssimazione il limite di fatica di un componente meccanico in cui generalmente le tensioni non sono monoassiali e i coefficienti di effetto di intaglio sono di difficile valutazione.

Da qualche tempo il mondo scientifico ed industriale ha rivolto le proprie attenzioni alla tecnica termografica favorendo studi e sperimentazioni che hanno rivelato potenzialità, che possono condurre a notevoli passi in avanti nel campo della fatica.

Fra le tecniche di valutazione non distruttiva del danno, la tecnica termografica si rivela estremamente utile per l'individuazione di difetti superficiali e subsuperficiali, prodotti durante il processo di fabbricazione o durante le normali condizioni di servizio di un componente di macchina.

La tecnica è stata utilizzata con successo per la determinazione del limite di fatica e per la definizione della curva a tempo dei materiali [1, 2]. In particolare, essa permette di individuare variazioni di temperatura su tutta l'area sotto osservazione senza la necessità del contatto diretto, variazioni che nel caso di materiali sollecitati a fatica sono legati a microplasticizzazioni superficiali o subsuperficiali individuabili sin dall'inizio del loro formarsi.

Gli Autori, dopo avere per tanti anni adottato la tecnica per lo studio dei materiali, applicano, per la prima volta, al fine di verificarne la potenzialità e la estendibilità, la metodologia a componenti meccanici (braccetti di sospensione). Viene valutata anche il grado di sicurezza del componente in relazione agli altri componenti che nella realtà applicativa fanno parte dello stesso sistema.

E' stato possibile, con tale metodologia, definire, in modo diretto, il limite di fatica e la curva di fatica del componente meccanico senza la necessità di passare attraverso lo studio di fattori di forma o di effetti di intaglio che spesso, nei casi della pratica, costituiscono la parte più complicata e più soggetta ad imprecisioni da valutare.

La metodologia messa a punto e, come prima detto, collaudata per la caratterizzazione a fatica dei materiali, non necessitando di numeri elevati di elementi da provare e potendo operare a frequenza di prova basse risulta di grande aiuto nella fase di prototipazione. Inoltre essendo nella pratica gli elementi che costituiscono un sistema non tutti realizzati ad uguale affidabilità è possibile individuare l'elemento più "debole" del sistema stesso.

Senza entrare nella descrizione della metodologia per cui si rimanda a [1, 2] si ricorda che in presenza di deformazioni plastiche, in materiali omogenei, si notano incrementi di temperatura dovuti al fenomeno di scorrimento viscoso dei cristalli il cui reticolo, in tali condizioni, rimane deformato senza che poi, a carico finito, possano riprendere la condizione iniziale. Se la sollecitazione è variabile nel tempo, ad esempio ciclica, la quantità di calore

prodotto produce una variazione di temperatura rilevabile con una analisi a tutto campo della superficie esterna dell'elemento. L'individuazione del carico per cui si producono le prime microplasticizzazioni e conseguentemente i primi incrementi di temperatura definiscono il limite di fatica del componente sotto esame. Come visto nel caso dello studio dei materiali, portando fino a rottura il componente, è possibile individuare un parametro energetico proporzionale all'energia limite necessaria per portare a rottura quel dato componente. La conoscenza di tale parametro permette di definire tutta la curva a tempo del componente (curva di Wöhler). Il discorso può essere esteso al caso di sistema meccanico per cui, attraverso una analisi a tutto campo del sistema, è possibile individuare prima l'elemento più debole della catena e stimare la vita sotto determinate condizioni di carico (curva di Wöhler del sistema).

Nel presente lavoro è stato esaminato il comportamento termico sotto stress dinamico, di componenti meccanici strutturali in cui per la generica forma è possibile avere in punti della struttura anche sollecitazioni pluriassiali. È stato, altresì, analizzato un sistema nel suo complesso in modo da definire sia il punto debole della catena che il limite di fatica e la curva a tempo del sistema nel suo insieme.

Per la sperimentazione ci si avvalso di apparecchiature termografiche "assistite" da sistemi di analisi d'immagine, capaci di seguire l'evoluzione puntuale della temperatura sulla superficie dell'elemento sollecitato. Per quanto sopra detto, l'indagine è stata effettuata per la definizione del limite di fatica e della curva di fatica del componente meccanico e del sistema di cui esso faceva parte. Le prove sono state eseguite su:

- n° 2 tipi di "braccetti" di sospensioni montati sullo stesso tipo di autovettura;
- n° 1 tipo di braccetto in Ghisa Sferoidale montato su un autoveicolo industriale.

I risultati ottenuti confrontati con i dati ottenuti mediante le prove prescritte dalla normativa per i suddetti componenti, hanno confermato la validità della metodologia applicata a casi reali.

Come esempio si riporta l'elaborazione delle immagini effettuate per il primo braccetto analizzato, ovvero il braccetto Thyssen realizzato con due lamiere d'acciaio opportunamente saldate. In questo caso le boccole dei vincoli inferiori sono coincidenti con quelle del sistema reale montato sul veicolo: ovvero sono entrambe in gomma. La fig.1 riporta il sistema di vincolo e di carico, mentre la fig. 2 illustra una delle immagini termografiche rilevate durante la prova, il cui protocollo è riportato sinteticamente in tab.I.

In fig. 3 è riportata l'elaborazione delle immagini termografiche acquisite durante la prova, che si è conclusa dopo circa 24000 cicli con un carico di 9 kN a causa della rottura dell'armatura interna della boccola del vincolo riportato a destra in fig.1.

Sin dai primi step di carico si è rilevato un elevato incremento di temperature delle due boccole. Si è quindi passati alla determinazione del limite di fatica del sistema. Attraverso il metodo della temperatura di stabilizzazione si è ottenuto un carico limite di 2,24 kN, come si evince dall'esame della fig.4, mentre per con il metodo degli incrementi iniziali di temperatura si è giunti ad un carico limite di 2,53 kN, come riportato in fig. 5.

Portando fino a rottura il sistema è stato possibile individuare l'elemento più debole della catena, ovvero la boccola in gomma, e il parametro energetico Φ , che è proporzionale all'energia limite necessaria per portare a rottura il sistema. La conoscenza di tale parametro ha permesso di definire tutta la curva a tempo del sistema per le suddette condizioni di carico, attraverso l'elaborazione della curva di Wöhler riportata in fig.6.



Figura1: *Prova del braccio oscillante Thyssen.*

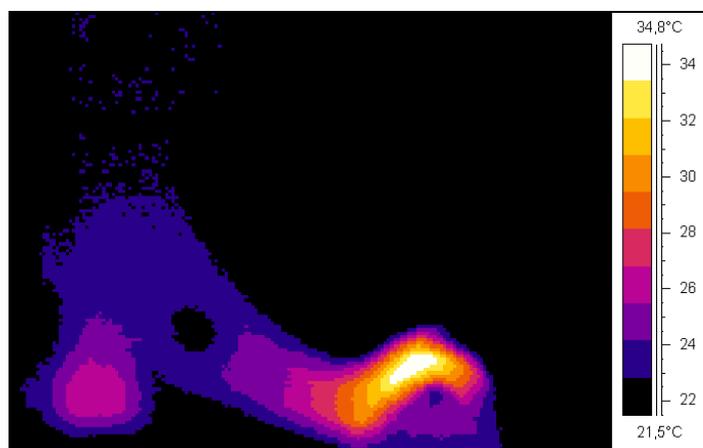


Figura 2: *Immagine termografica braccetto Thyssen (prova 1).*

Tabella 1: *Protocollo prova 1.*

Tipo di sollecitazione	R = -1
Carico iniziale	2 kN
Incremento di carico	1 kN
Numero di cicli per ogni incremento	3000 Cicli
Frequenza	1 Hz
Acquisizione immagine termografica	75 s

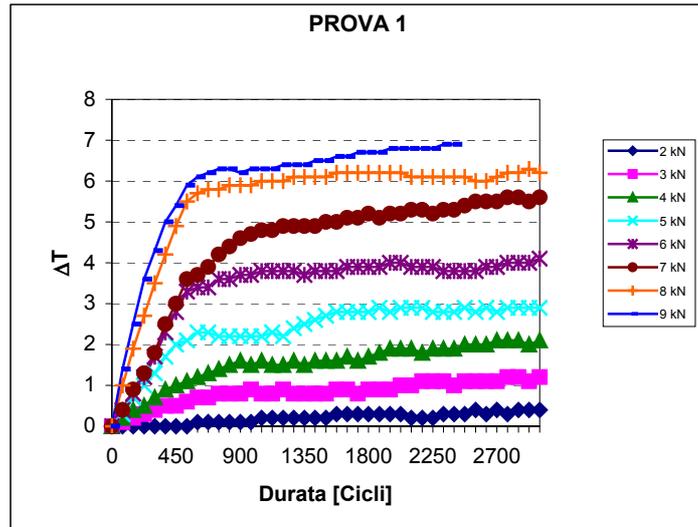


Figura 3: *Andamento della temperatura in funzione del numero di cicli.*

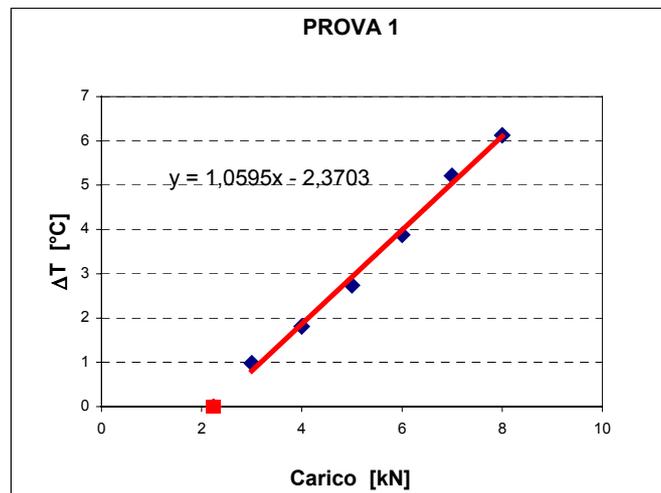


Figura 4: *Limite di fatica (metodo della temperatura di stabilizzazione).*

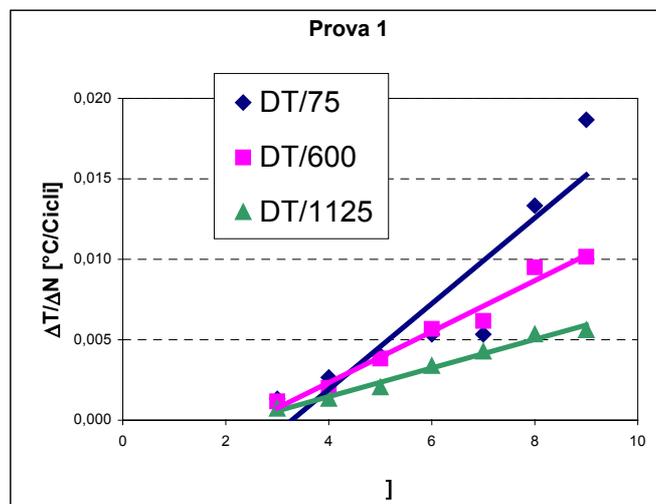


Figura 5: *Limite di fatica (metodo delle pendenze).*

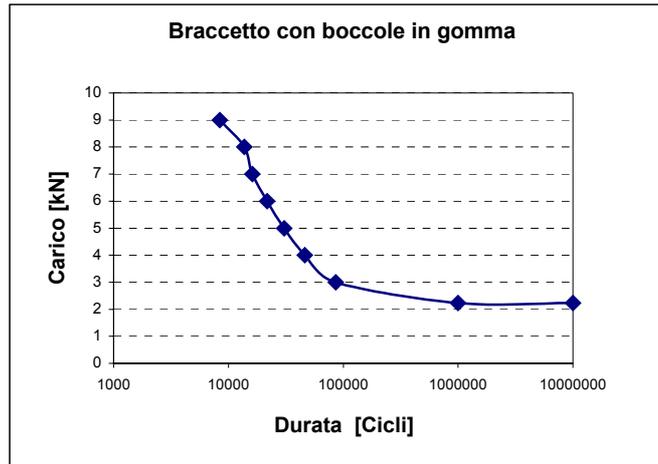


Figura 6: *Curva di Wöhler braccetto Thyssen (prova 1)*

Bibliografia

- [1] La Rosa G., Risitano A. (2000) Thermographic methodology for rapid determination of the fatigue limit of materials and mechanical components. *Int. J. Fatigue*, 65-73.
- [2] Fargione G., Geraci A.L., La Rosa G., Risitano A., (2002) Rapid Determination of the fatigue curve by the thermographic method. *Int. J. Fatigue*, 11-19.
- [3] Atzori B., Dattoma V., Demelio G. (1992) Correlazione tra resistenza a fatica e deformazione locale al piede dei cordoni di saldatura dei giunti a croce. XXI Convegno nazionale AIAS, Genova, 23-26 settembre 1992, 85-92.
- [4] Casavola C., Nobile R., Pappalettere C. (2001) Stima della resistenza a fatica di giunti saldati sottili col metodo della deformazione locale, XXX Convegno nazionale AIAS, Alghero, 12-15 settembre 2001, 305-312.
- [5] Fargione G., Geraci A. L., Maiolino L. Risitano A. (2001) Influenza della storia di carico sull'energia limite a rottura per materiali ad elevato rilascio termico. XXX Convegno Nazionale AIAS, Alghero 2001
- [6] Risitano A., Geraci A.L., Fargione G., Maiolino L., (2000) Evaluation of the limit energy to failure in fatigue testing. *Atti della Accademia Gioena* 2000.