

COME INTERPRETARE LE MISURE DI DUREZZA: L'ESPERIENZA MATURATA NEL LABORATORIO METALLOGRAFICO DI UN'AZIENDA TOSCANA

AFFIDABILITA' E PRECISIONE DELLE PROVE DI DUREZZA HRC

Presso la STAV di Barberino di Mugello (Firenze), azienda leader nel trattamento termico sottovuoto degli acciai, il collaudo della durezza dei particolari trattati rappresenta una fase cruciale del processo di produzione. Il trattamento termico deve infatti garantire al materiale le idonee caratteristiche meccaniche (tenacità, resistenza alle sollecitazioni ed all'usura) per il corretto funzionamento, e non vi è dubbio che la misura della durezza sia il principale strumento di verifica della buona riuscita del trattamento, dato che ne permette una valutazione rapida, sufficientemente attendibile, e senza rischi di danneggiamento del particolare. È quindi ovvio che anche per la STAV, nelle operazioni di collaudo, la misurazione della durezza dei pezzi trattati rappresenti un aspetto sul quale viene posta grande attenzione.

A questo proposito, la definizione e la applicazione di protocolli standard di misurazione in modo da garantire la migliore accuratezza della stima dei risultati raggiunti col trattamento sono, qui da noi, oggetto di continua ricerca.

L'argomento, come noto, è non certo privo di problemi. Infatti, la prova di durezza Rockwell C (HRC), che certamente è una delle più diffuse all'interno della produzione metalmeccanica, soprattutto nel campo dei trattamenti termici, è anche quella per la quale si hanno molto spesso difficoltà di interpretazione dei risultati. Ma vediamo prima di tutto da cosa dipende la accuratezza di una misurazione.

Il grado di precisione di una misura in generale, e di una misura di durezza in particolare, dipende, in primo luogo, dalla accuratezza con cui si opera: superfici ben preparate, costanza nei tempi di misura, frequenti verifiche dello strumento di misura con provini di controllo attendibili. Ma in ogni caso qualunque misura di durezza, finché realizzata con la massima accuratezza e precisione nelle migliori condizioni ambientali e strumentali da personale esperto, è sempre affetta da errori impliciti determinanti una certa "incertezza" rispetto al cosiddetto "valore vero" della durezza. Stando così le cose, la serietà professionale del trattamentista, avvalorata dal rigore dei sistemi di Controllo della Qualità introdotto dalle più recenti normative in materia, impone chiarezza in merito ai termini che definiscono i requisiti desiderati dal cliente e in merito al criterio utilizzato per valutare la bontà del lavoro eseguito su particolari che spesso hanno un elevatissimo valore. Se quindi si intende mantenere una obiettiva valutazione della realtà, è necessario considerare seriamente che l'incertezza della misurazione rappresenta un

parametro intrinseco allo stesso concetto di misurazione. Se così è, allora, una obiettiva e corretta valutazione della incertezza e la relativa trasparenza informativa nei confronti del cliente contribuisce a migliorare l'accuratezza della stessa misurazione.

La "incertezza" della misura sta ad indicare che il valore di durezza che l'operatore stima mediante lettura sullo strumento è in realtà "più o meno" il "valore vero". Per esempio, 53 ± 1 HRC significa che la misura di 53 HRC rappresenta il "valore vero" della durezza del particolare analizzato salva una "incertezza" di 1 punto HRC in più e di 1 punto in meno. In realtà, il concetto stesso di "valore vero" è di fatto una idealizzazione: se un pezzo misurato fosse perfettamente omogeneo, "l'incertezza" di misura dipenderebbe solo dalla nostra capacità di determinare la durezza esatta del pezzo. Ma non è così. In realtà nessun pezzo è veramente omogeneo, sia a causa della disomogeneità della composizione chimica sia a causa della disomogeneità della struttura presente.

E' evidente come le stesse caratteristiche del particolare trattato costituiscano da sole un fattore di incertezza molto consistente, ma riferiamoci adesso solamente a quei fattori che contribuiscono "all'incertezza" del risultato e che sono dipendenti dalla procedura di misurazione, e che in quanto tali sono "affinabili": potremmo elencare tra i principali:

- la mancanza di ripetibilità degli strumenti di misura della durezza HRC (ripetibilità della misura a breve termine);
- la mancanza di riproducibilità degli strumenti stessi (ripetibilità della misura a lungo termine);
- la risoluzione di targa dello strumento ovvero la sua precisione;
- l'errore dello strumento in condizioni di verifica indiretta, ovvero la differenza fra il valore scritto sul campione certificato e la media dei cinque valori misurati durante la verifica stessa (che possiamo chiamare errore di taratura);
- "l'incertezza" sulla determinazione di questo errore, incertezza intesa non in senso di "non univocità" della definizione ma nel senso che l'errore è determinato da un valore più o meno uno spostamento da questo valore.

Come si può facilmente notare, tutti i fattori di incertezza appena elencati dipendono, direttamente o indirettamente, dalla attendibilità dello strumento, e pertanto, allo scopo di assicurarsi ragionevoli stan-



Pezzi trattati sottovuoto in collaudo

dards di precisione di misura sono necessarie rigorose verifiche periodiche sugli strumenti. Ad esempio, all'interno della STAV, nel reparto collaudi, sono state adottate due procedure di verifica dei durezza: l'una giornaliera, l'altra bimestrale. La verifica giornaliera viene eseguita, secondo quanto riportato dalla norma UNI EN ISO 6508-1/2002 direttamente dal collaudatore all'inizio del turno tramite l'utilizzo di campioni di durezza noti e certificati.

La verifica bimestrale costituisce la cosiddetta "verifica indiretta" definita dalla norma UNI EN ISO 6508-2/2002, e viene effettuata a cura del Responsabile Controllo Qualità tramite l'utilizzo di campioni certificati su tutta la scala di misura Rockwell secondo le procedure stabilite dalla norma stessa. Ma attenzione: la nostra esperienza ci insegna che, paradossalmente, proprio la tolleranza sul valore della durezza dei blocchetti di riferimento certificati (la norma ammette fino a 0,4 HRC di tolleranza) è uno dei principali problemi che incide inevitabilmente sul grado di aleatorietà dell'intera procedura.

Tutti questi fattori di incertezza (non solo, quindi, la disomogeneità intrinseca del materiale) sono comprimibili, riducibili, prevedibili ma certamente non sono eliminabili, perlomeno allo stato attuale della tecnica. Pertanto, dato che alcuni di essi sono molto seri, impongono che la durezza richiesta come risultato del trattamento venga espressa da un intervallo di valori (ad esempio 52-54 HRC). Più ampio è l'intervallo indicato, e maggiore è la probabilità che il "valore vero" sia contenuto al suo interno. Questa probabilità ci permette di introdurre, sempre a livello di principio, l'importante concetto di "livello di confidenza".

Infatti, è necessario chiarire che una misura di durezza

non è univocamente specificata solo "dall'incertezza" del suo valore effettivo, ma anche dal "livello di confidenza" con cui questa incertezza è definita. Ciò significa che in realtà non si ha la certezza assoluta di trovare la durezza effettiva nell'intervallo definito dall'incertezza sulla misura, ma si ha una certa probabilità, sod-

litamente calcolata intorno al 95%, di trovarla in quell'intervallo di valori. Questa probabilità è appunto definita "livello di confidenza" della misura e costituisce un parametro, basato sulla teoria dell'errore, che rappresenta un complemento necessario per definire e identificare una qualsiasi procedura di misurazione. Tor-



Testa di durometro

nando all'esempio precedente, è opportuno che ogni misurazione specifichi sia l'incertezza che il livello di confidenza: "53±1 con un livello di confidenza del 95%". Nella pratica industriale, tuttavia, quest'ultimo parametro viene generalmente sottinteso o anche, talvolta, ignorato per ragioni di semplicità.

Azzardiamo adesso una misurazione complessiva di "incertezza", sempre in linea di principio e senza entrare troppo nello specifico, ipotizzando l'utilizzo di macchine a lettura digitale con risoluzione di targa pari a 0,1 HRC, un errore di taratura degli strumenti non superiore a 0,5 HRC e -ciò che è più importante- l'esecuzione a regola d'arte di tutte le procedure indicate in precedenza. Ebbene, nella nostra esperienza, il calcolo e la combinazione delle incertezze derivanti dai fattori sopra menzionati in conformità alle relazioni fornite dalla "Guida all'espressione dell'incertezza di misura" pubblicata dall'ISO, ci

ha portato alla costruzione delle correlazioni tra valori di incertezza e relativi livelli di confidenza di cui nella tabella seguente:

| Incertezza totale massima | Livello di confidenza |
|---------------------------|-----------------------|
| $\pm 1,0$ HRC | 74,1% |
| $\pm 1,5$ HRC | 97,6% |
| $\pm 2,0$ HRC | 99,8% |

E' probabile che i valori della tabella possano sorprendere buona parte degli "addetti ai lavori". In realtà, riteniamo fermamente che una visione più ottimistica della attendibilità delle misurazioni sia a dir poco virtuale. In ogni caso, non siamo gli unici a pensarla così: la stessa norma UNI EN ISO 6508-1/2002 correla, per la misura di durezza Rockwell C, la incertezza di $- + 1,5$ HRC alla confidenza del 95%, dimostrando una visione della realtà più pessimistica della nostra. Al riguardo, si legga testualmente: "...i valori indicativi della medesima [incertezza, n.d.r.] estesa al 95% di confidenza possono essere considerati uguali all'errore massimo ammissibile riportato nel prospetto 5 della ISO 6508-2:1999 [ovvero $\pm 1,5$ HRC, n.d.r.]".

Non riteniamo che allo stato attuale della tecnologia e pur nelle migliori condizioni ambientali, le correlazioni indicate possano essere, mantenendo una visione obiettiva della realtà, migliorabili. Certo, una soluzione per ottenere un miglioramento riducendo il valore della "incertezza" potrebbe essere, specie per i particolari di una certa importanza, quella di aumentare il numero di misure da eseguire per determinare il valore di durezza ottenuta. Tale procedura però influisce solo su alcuni fattori che vanno a comporre l'incertezza complessiva della misura mentre ne lascia inalterati altri (quale, ad esempio, l'errore di taratura) che risultano poi avere, alla fine, un peso consistente sul risultato finale. In tal caso, a fronte di aumenti di precisio-

ne relativamente modesti, il prezzo da pagare in termini di tempi e costi della procedura di misurazione si rileva sproporzionato: qualità e usura (e quindi costo) della strumentazione per via soprattutto del suo alto grado e universalità d'impiego, tempo necessario per la misurazione e elevato grado di attenzione richiesto all'operatore.

Se si dovesse poi misurare il risultato ottenuto col trattamento su serie notevoli, il livello di confidenza potrebbe essere visto come la percentuale di pezzi che effettivamente rientrano nell'intervallo di valori specificato. Anche in questo caso però, analogamente al precedente, il risultato in termini di precisione rischia di non essere proporzionato al suo costo tecnico/economico, salva l'ipotesi in cui non si riesca a ottenere buoni livelli di rapidità di esecuzione mediante impiego di personale non particolarmente qualificato. Alla luce delle precedenti considerazioni, si ritiene che sull'argomento delle misurazioni di durezza il compito informativo e formativo del trattamentista nei confronti dell'utilizzatore debba assumere grande importanza in modo che la richiesta di risultato del trattamento, espressa in durezza, sia formulata considerando un intervallo di misurazione adeguato e coerente con un elevato livello di confidenza, senza la falsa convinzione che un intervallo più ristretto conduca a una maggiore accuratezza: nonostante le apparenze, in realtà l'effetto è esattamente l'opposto! Siamo quindi certi che la evidente presenza di limiti applicativi della procedura di misurazione debba essere adeguatamente tenuta in considerazione mediante una consapevole scelta della opportuna tolleranza di misura.

Ing. Francesco Marini
(Responsabile laboratorio metallografico STAV, Barberino di Mugello, Fi)

Sede legale e Uffici di Firenze:
Via della Cupola, 3
50015 Grassano - Firenze
Tel. 055/642543 r.a.
Fax 055/640724
www.tct.it - Email: info@tct.it

TITANIUM CONSULTING & TRADING S.r.l.

Semilavorati di titanio e leghe per tutte le applicazioni industriali
Attrezzature per galvanica - Viteria standard e su disegno
Lavori speciali - Zirconio e metalli speciali

F.G.F.
di FACCHINI GERMANO

costruzioni conchiglie • fonderia alluminio e leghe leggere

40010 Tavernelle Emilia di SALA BOLOGNESE
Via Steloni, 19/a - Tel. 051 6814043 - Fax 051 6814680

fizeta

UTENSILI INDUSTRIALI DA TAGLIO
PRODUZIONE • COMMERCIO
MANUTENZIONE • ASSISTENZA

www.fizeta.com

FIZETA srl
SALZANO - VENICE - ITALY
Tel. +39 041 482800 ra

TUV

NUOVA ORIA METALTECNICA S.p.A.
TRATTAMENTI TERMICI

Cementazione
Carbonitrurazione
Nitruazione
Bonifica in atmosfera
Tempra minuterie
Tempra in bagno di sale
Trattamento acciai speciali
Tempra ad induzione in alta e media frequenza
Trattamenti per leghe di alluminio
Distensione
Normalizzazione
Ricottura
Raddrizzatura con presse automatiche
Sabbiatura

Laboratorio e controllo qualità

NUOVA ORIA METALTECNICA S.p.A.
TRATTAMENTI TERMICI
Via C. Perivelli, 27-29-31 • Zona Industriale Mancasale (RE) Italy
Tel. +39 0522.278401 r.a.
Fax +39 0522.921262
www.nuovaoria.com
e-mail: info@nuovaoria.com