

Trattamenti innovativi per il miglioramento prestazionale dell'acciaio AISI 420 (X30Cr13) per applicazioni in campo alimentare

R. Sola, R. Giovanardi, G. Poli, P. Veronesi – Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

G. Parigi – Stav S.r.l.

Riassunto Tesi di Laurea di FRANCESCO STEFANI

Scopo di questo lavoro di ricerca è lo sviluppo e la caratterizzazione di trattamenti massivi e superficiali per il miglioramento prestazionale di una vite di compressione per pasta alimentare, attraverso l'incremento della resistenza a usura e della resistenza a corrosione, preservando i requisiti di alimentarietà previsti dal Decreto Ministeriale del 21/03/1973. Questo progetto nasce dalla collaborazione del Dipartimento di Ingegneria dei Materiali e dell'Ambiente dell'Università di Modena e Reggio Emilia e la STAV S.r.l., azienda specializzata nel trattamento in vuoto di leghe ferrose. I provini di acciaio AISI 420B sono stati sottoposti, presso la STAV S.r.l., a tempra massiva in vuoto con raffreddamento controllato in N_2 e a nitrurazione ionica. Tutti i provini trattati e nello stato di fornitura sono stati caratterizzati, presso il Dipartimento di Ingegneria dei Materiali e dell'Ambiente, mediante:

- tradizionale **caratterizzazione metallografica**: analisi chimica, diffrazione a RX, microscopia ottica ed elettronica, microdurezza Vickers, nanoindentazioni Vickers, rugosimetria superficiale;
- **prove tribologiche**, utilizzando un tribometro in configurazione ball on disk. Questo test ha permesso la valutazione del tasso di usura del materiale, del tasso di usura del pin, dei meccanismi di usura attraverso l'osservazione al microscopio elettronico delle tracce di usura, e l'analisi dell'andamento del coefficiente di attrito in funzione della distanza di strisciamento;
- **prove di corrosione**: curve di polarizzazione in H_2SO_4 , NaCl e Na_2SO_4 e prove di cessione secondo il Decreto Ministeriale del 21/03/1973.

Dai risultati delle prove di **caratterizzazione metallografica** è emerso che:

- a. l'acciaio AISI 420B nello stato di fornitura, bonificato, presenta una microstruttura prevalentemente di tipo martensitico con precipitazione di carburi a bordo grano. Sul materiale temprato si osserva un evidente bandeggiamento: bande chiare con microstruttura esclusivamente martensitica e bande scure caratterizzate dall'estesa precipitazione di carburi (prevalentemente carburi di Cr, confermato da indagini SEM-EDS). A seguito del

trattamento di nitrurazione ionica su tutto il materiale si forma uno strato dei composti dello spessore di $20 \pm 3 \mu\text{m}$ sovrastante lo strato di diffusione di spessore $147 \pm 2 \mu\text{m}$.

- b. Le indagini di rugosità superficiale, eseguite con un profilometro ottico, mostrano che sia il trattamento di nitrurazione ionica che di tempra massiva non variano i valori Ra e Rq rispetto al materiale non trattato. Soltanto il trattamento di nitrurazione ionica modifica in modo rilevante il valore di Rku, presumibilmente perché tale trattamento genera una superficie più irregolare con molti picchi alti e molte valli profonde.
- c. Le valutazioni di microdurezza Vickers superficiale mostrano che il materiale nello stato di fornitura presenta $297.1 \pm 17.1 \text{ HV1}$ di microdurezza superficiale. Con il trattamento di tempra massiva si raggiunge la microdurezza di $648.4 \pm 19.3 \text{ HV1}$ e con il trattamento di nitrurazione ionica la microdurezza di $865.0 \pm 21.2 \text{ HV1}$. Le valutazioni microsclerometriche in sezione mostrano che il provino temprato non varia la durezza lungo il suo spessore, del resto la tempra eseguita è un trattamento massivo, mentre nel provino nitrurato la durezza degrada dalla superficie al cuore del materiale, con andamento conforme alla diffusione dell'azoto nel materiale, raggiungendo $145 \pm 3 \mu\text{m}$ di profondità di indurimento efficace e $190 \pm 5 \mu\text{m}$ di profondità di indurimento totale (valutate secondo normativa UNI 10931:2001).
- d. Sono state eseguite microindentazioni HV1 nelle bande scure e chiare rilevate nel provino temprato e si rileva una sensibile variazione di durezza: $637.6 \pm 6.3 \text{ HV1}$ nelle bande chiare e $651.9 \pm 8 \text{ HV1}$ nelle bande scure. Per caratterizzare in modo più preciso tale disomogeneità microstrutturale e di microdurezza, sulla sezione del provino temprato sono state eseguite 225 nanoindentazioni (organizzate in un matrice di 15×15 e scansionando un'area quadrata di $0.7 \times 0.7 \text{ mm}$), i cui valori di durezza sono stati elaborati statisticamente. Si evidenzia che i valori di durezza Vickers misurati, distribuiti secondo la distribuzione normale, presentano valor medio di 800 HV , deviazione standard 48.8 HV e si discostano rispetto al valor medio di 3σ .

Dalle prove tribologiche emerge che:

- a. il coefficiente di attrito nel provino temprato è mediamente superiore rispetto al provino non trattato. I nitruri e carbonitruri presenti sulla superficie nitrurata svolgono una debole azione anti-attrito, garantendo, nei primi metri di strisciamento, un coefficiente di attrito mediamente inferiore rispetto al provino non trattato.
- b. Sia il trattamento di tempra massiva che di nitrurazione ionica promuovono un notevole incremento della resistenza a usura rispetto all'acciaio non trattato, determinando una diminuzione del tasso di usura anche di un ordine di grandezza. Tra i provini trattati, grazie alla maggiore durezza superficiale, la migliore resistenza a usura è esibita dal nitrurato.
- c. L'indagine al microscopio elettronico delle tracce di usura conferma quanto già osservato dalle analisi dei tassi di usura: i trattamenti di tempra massiva e di nitrurazione ionica promuovono la transizione da una usura severa, dell'acciaio nello stato di fornitura, a una usura moderata, prevalentemente di tipo abrasivo con una limitata componente tribossidativa.

Dalle prove di corrosione risulta che:

- a. le curve di polarizzazione evidenziano che in tutti gli ambienti testati (H_2SO_4 ambiente acido, NaCl ambiente neutro ma con cloruri e Na_2SO_4 ambiente debolmente acido) la tempra non peggiora, anzi sensibilmente migliora la resistenza a corrosione del materiale rispetto all'acciaio non trattato. La nitrurazione, invece, peggiora talvolta anche in modo rilevante la resistenza a corrosione rispetto al 420 nello stato di fornitura.
- b. Le prove di cessione, a breve termine e a lungo termine, condotte in accordo con il Decreto Ministeriale del 21/03/1973, confermano quanto emerso dall'analisi delle curve di polarizzazione: il provino temprato cede una quantità di Cr e Ni notevolmente inferiore, superiore ad un ordine di grandezza, rispetto all'acciaio non trattato. L'acciaio nitrurato cede Cr e Ni in quantità di tre e quattro ordine di grandezza superiore rispetto al 420 non trattato e temprato rispettivamente.

Infine, a seguito delle prove di caratterizzazione metallografica, a usura e a corrosione si può concludere che:

- il trattamento di tempra, migliorando notevolmente resistenza a usura e resistenza a corrosione rispetto al 420 non trattato, potrebbe essere utilizzato per componenti sottoposti ad una usura severa ed impiegati in ambienti aggressivi;
- il trattamento di nitrurazione ionica, migliorando la resistenza a usura ma determinando un peggioramento della resistenza a corrosione rispetto all'acciaio non trattato, potrebbe essere destinato per componenti che devono garantire eccellenti prestazioni a usura, ma in ambienti debolmente aggressivi.

Dott. Ing. Ramona Sola

Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

Dipartimento di Ingegneria dei Materiali e dell'Ambiente

Tel.: +39 059 2056224

Fax: +39 0592056243

email: ramona.sola@unimore.it