L'analisi delle superfici lucidate degli acciai mediante microscopia ottica, microscopia elettronica a scansione e microscopia a forza atomica

Nel nostro laboratorio, per rispondere alla necessità di caratterizzare la superficie e le difettosità delle lamiere lucidate con finiture speciali (a specchio o altre finiture estetiche con opacità controllata), abbiamo messo a punto una metodologia di analisi e caratterizzazione basata sull'impiego combinato di tre differenti tecniche di microscopia: microscopia ottica (OM), microscopia elettronica a scansione (SEM) e microscopia a forza atomica (AFM).
Queste tecniche forniscono una caratterizzazione completa coprendo tre aspetti fondamentali: l'aspetto ottico di interazione della superficie con la luce (microscopia ottica), l'aspetto composizionale (SEM) e l'aspetto topografico con risoluzione nanometrica (AFM).
L'impiego del metodo messo a punto trova applicazione ideale per l'analisi dei difetti di lucidatura meccanica (o finiture speciali), permettendo di studiare le dinamiche di generazione del difetto in relazione al processo di finitura e alla microstruttura del materiale.

Laboratorio	NCS Lab
Area di specializzazione	Meccatronica e Materiali
Referenti	Rodrigo Davalli
Keyword	finishing, surface, AFM, failure analysis

"Un nuovo approccio all'analisi delle superfici lucidate"

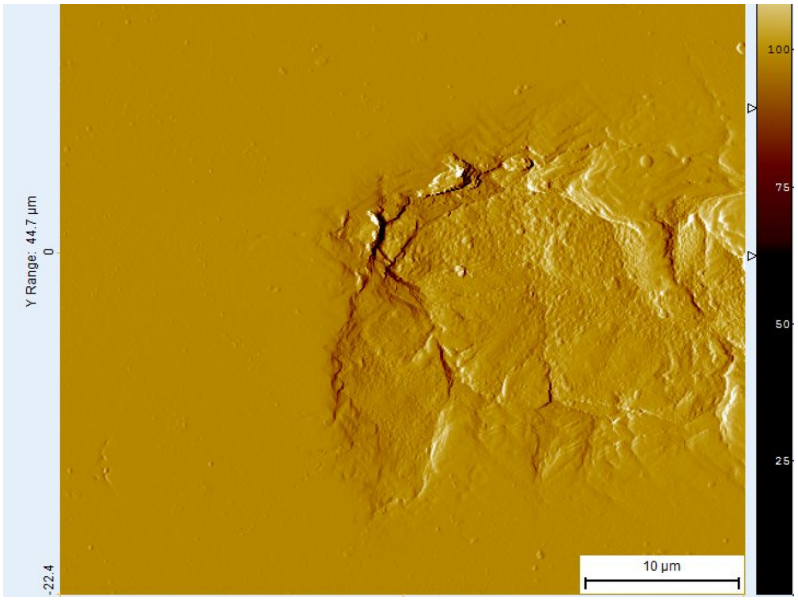


Fig. 1: Topografia AFM difetto di pull-out su lamiera AISI430 lucidata con processo meccanico

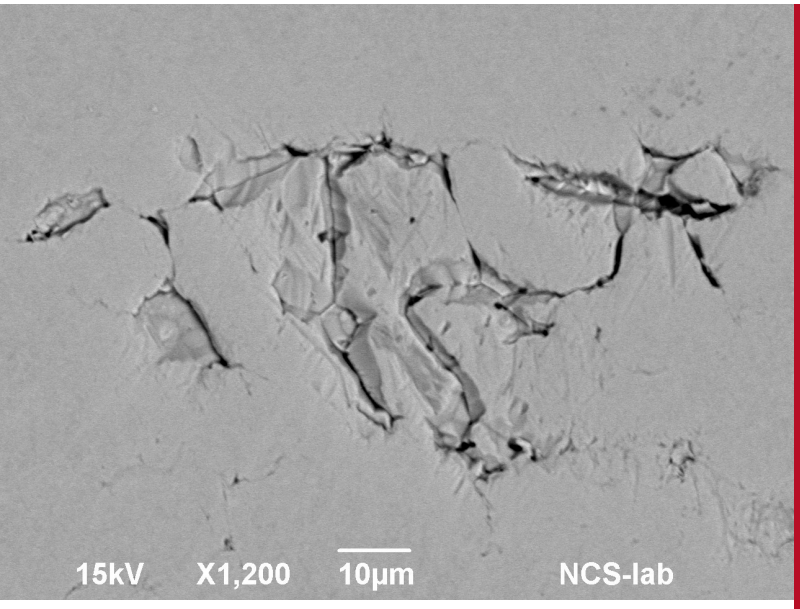


Fig. 2: Immagine SEM (BSE) superficiale di una lamiera AISI430 lucidata a specchio con processo meccanico. Sono visibili difetti di pull-out in stato iniziale.

Descrizione

La caratterizzazione delle superfici lucidate (o con trattamenti speciali) richiede, per essere valutata in modo completo, una analisi di tre fattori fondamentali:
• Fattore ottico (ed estetico)
• Fattore composizionale (composizione chimica e pulizia superficiale)
• Fattore morfologico/topografico (morfologia superficiale, geometria dei difetti)
Per rispondere alla valutazione strumentale di questi tre fattori, abbiamo impiegato in modo complementare ed in ordine di impiego le seguenti tecniche:
• Microscopia ottica in riflessione (campo chiaro e campo oscuro): fornisce una valutazione ottica della superficie, permettendo di valutare l'interazione con la luce (aspetto estetico)
• Microscopia elettronica a scansione (SEM): fornisce una valutazione mediante imaging ad altissima risoluzione e mediante imaging composizionale, permettendo di apprezzare la struttura superficiale, la disposizione delle specie chimiche presenti e le condizioni di pulizia, permettendo di rilevare eventuali contaminazioni e risalire alle relative origini
• Microscopia a forza atomica (AFM): fornisce, mediante scansione di sonda, informazioni topografiche (2D e 3D) estremamente accurate, con risoluzione nanometrica. Lo studio dei difetti e delle imperfezioni con questa tecnica permette di analizzare la failure mode.
Unendo le informazioni raccolte dalle analisi descritte, possiamo studiare le superfici e ottimizzare i processi produttivi, specialmente ove vi siano difettosità.

Aspetti innovativi

L'utilizzo combinato di tre diverse tecniche di microscopia è il principale punto di innovazione. In particolare, l'impiego della microscopia a forza atomica (AFM) nel processo di failure analysis per l'analisi topografica con elevatissima risoluzione permette di fornire la ricostruzione tridimensionale dei difetti con elevatissima quantità di dettagli.
La raccolta di informazioni complementari permette una identificazione rapida e certa dei fattori che generano difetti nei processi di finitura superficiale, rendendo possibile un intervento mirato sul processo di lavorazione.

Applicazioni

La metodologia OM-SEM-AFM è particolarmente indicata per prodotti metallici con finiture superficiali particolari, con una funzione tribologica o estetica.
In particolare, lamiere lucidate a specchio o con opacità controllata, superfici elettrolucidate e superfici rivestite con coating sottili.
Sia per una caratterizzazione del prodotto che per una ottimizzazione e controllo del processo produttivo, le tecniche proposte risultano indicate e capaci di fornire informazioni estremamente utili.

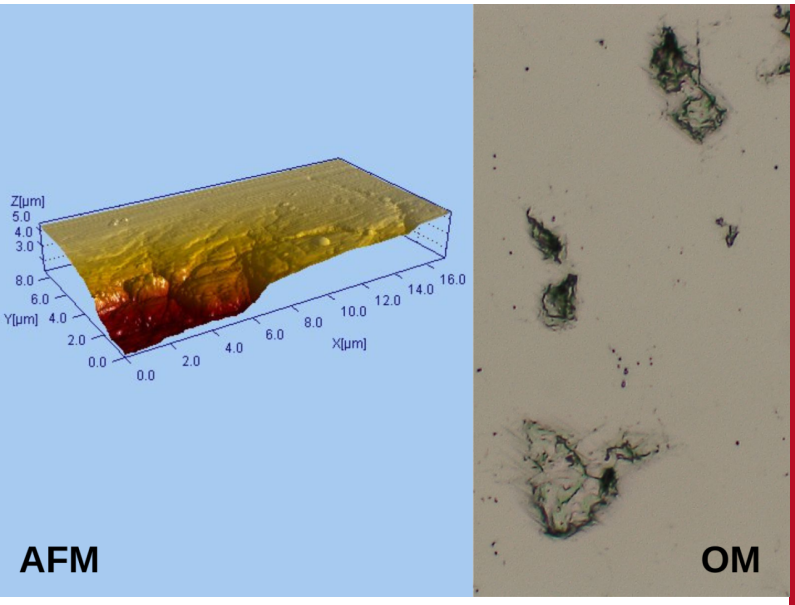


Fig. 3: Difetto di pull-out su superficie lamiera in AISI430 lucidata, osservato in AFM ed in microscopia ottica (OM, 1500X)

Esempio di applicazione

Lamiera AISI 430 "super-lucidata" con finitura a specchio specifica per applicazioni architettoniche.
Questo materiale presenta una finitura, a striature, non perfettamente lucida, mostrando opacità non idonee all'applicazione. Il processo produttivo del materiale prevede, a valle della laminazione, una lucidatura meccanica con abrasivi.
L'obbiettivo dell'analisi è l'indagine della difettosità che produce un effetto ottico non idoneo, al fine di comprendere i fattori che causano l'anomalia.

• Analisi in microscopia ottica (OM): la tecnica evidenzia la presenza di difettosità superficiali che diffondono la luce, con disposizione allineata lungo il senso di laminazione della lamiera.
• Analisi in microscopia elettronica (SEM): la valutazione composizionale e morfologica dei difetti indica chiaramente, in particolare nei difetti di minor dimensione, l'esposizione dei bordi grano della microstruttura e la presenza di particelle intergranulari. Mediante osservazione con detector a elettroni retrodiffusi (BES) e microanalisi EDS, tali particelle risultano corrispondenti a precipitazione intergranulare di carburi di cromo.
• Analisi in microscopia a forza atomica (AFM): potendo osservare i difetti (aree fino a 42 x 42 µm) con estrema risoluzione in 3 assi (acquisizione 3D) appaiono evidenti le topografie tipiche del fenomeno di pull-out, specialmente nei difetti a maggior dimensione.
Unendo le osservazioni condotte con le tre tecniche, in ordine di capacità di risoluzione, è stato possibile spiegare la difettosità come fenomeno di pull-out avvenuto durante la lucidatura meccanica, ove questa ha interagito con i carburi di cromo presenti nella microstruttura dell'acciaio. Scalzando i carburi di cromo (fasi dure e incoerenti nella microstruttura), si origina prima una discontinuità, che cresce di dimensioni e profondità man mano che il processo di lucidatura avanza.

Partner coinvolti	Aziende del settore industriale specializzate nella lavorazione delle lamiere con finiture speciali Studi tecnici di progettazione
Tempi di realizzazione	6-8 giorni o meno
Livello di maturità tecnologica	TRL 9 - sistema reale testato in ambiente operativo
Valorizzazione applicazione	La metodologia proposta è stata impiegata più volte nel nostro laboratorio, condividendola con successo con i nostri partner. L'impiego nei processi industriali di finishing permette una rapida risoluzione delle anomalie di processo, operando in modo critico e scientificamente significativo.

NCS Lab

NCS Lab è un laboratorio di eccellenza specializzato in ricerca industriale e failure analysis. Grazie a un team di esperti e a una strumentazione all'avanguardia, forniamo soluzioni innovative per analisi dei materiali, sviluppo di nuove tecnologie e ottimizzazione dei processi industriali. Collaboriamo con aziende leader in vari settori per migliorare la qualità, l'affidabilità e la sicurezza dei loro prodotti. Il nostro impegno verso l'innovazione e la precisione ci rende il partner ideale per affrontare le sfide più complesse nel campo della ricerca applicata.



Sito web	https://ncs-company.com/material-lab/
Direttore	Elena Varini
Data pubblicazione	18/10/2024