



Analisi della dimensione dei grani nei metalli e nelle leghe

Contesto sull'analisi delle dimensioni dei grani nei metalli e nelle leghe

Nel laboratorio metallografico, l'analisi dei grani nei campioni in metallo e in lega, come l'alluminio e l'acciaio, risulta importante ai fini del controllo qualità. In natura la maggior parte dei metalli sono cristallini e possiedono dei contorni interni, denominati comunemente "contorni dei grani". Quando un metallo o una lega viene trattata, gli atomi nell'ambito di ogni grano in crescita si organizzano sulla base di uno specifico modello della struttura cristallina. Durante la crescita, ogni grano alla lunga entrerà in contatto con altri elementi formando un'interfaccia nella quale l'orientazione atomica sarà diversa. È stato determinato che le proprietà meccaniche del campione migliorano al diminuire della dimensione dei grani. Pertanto la composizione e il trattamento delle leghe deve essere attentamente controllato per ottenere la dimensione dei grani desiderata.

In seguito alla preparazione del campione metallografico, i grani in una specifica lega sono spesso analizzati mediante un microscopio, dove la dimensione e la distribuzione di questi grani possono dimostrare l'integrità e la qualità del campione.

Questa ispezione è fondamentale per la sicurezza dei prodotti in numerose industrie. Per esempio, visto che può essere in gioco la vita umana, i produttori di automobili studiano la dimensione e la distribuzione dei grani in una specifica lega per determinare se una nuova componente potrà resistere a condizioni estreme. Allo stesso modo i produttori di componenti aerospaziali devono prestare molta attenzione alle caratteristiche dei grani delle componenti di alluminio usate nei carrelli di atterraggio degli aerei commerciali. Oltre all'analisi degli andamenti della struttura dei grani di metallo, gli operatori, in base alle rigide procedure interne di controllo qualità, potrebbero essere obbligati a documentare i risultati in modo approfondito, archiviandoli per un utilizzo successivo.

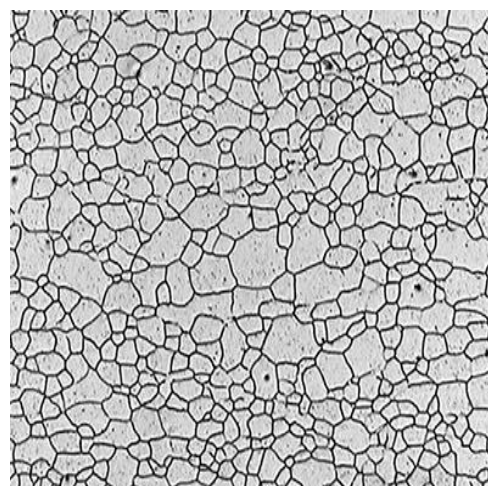


Immagine al microscopio di struttura granulare di metalli nell'acciaio con un ingrandimento di 100X

Criticità nell'analisi delle strutture granulari in leghe e metalli

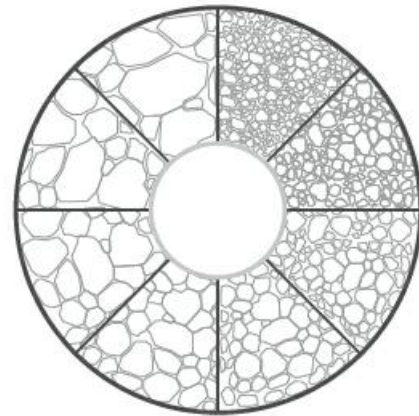
Alcune delle norme internazionali comunemente usate per l'analisi delle dimensioni dei grani sono: ASTM E112 (Stati Uniti), ISO 643 (internazionale), JIS G 0551 (Giappone), JIS G 0552 (Giappone), GOST 5639 (Russia), GB/T 6394 (Cina), DIN 50601 (Germania) e ASTM E1382 (Stati Uniti).

Sebbene esistano numerose norme internazionali, per l'analisi dei grani la norma principale utilizzata in Nord America e Sud America è l'ASTM E112 (metodi di analisi standard per la determinazione della dimensione media dei grani). Per analizzare i grani, i laboratori per il controllo qualità, hanno usato e continuano a usare il metodo di confronto del grafico ASTM. Con questo metodo gli operatori eseguono una stima visiva della dimensione dei grani confrontando un'immagine in tempo reale mediante un microscopio ottico con il grafico di una micrografia spesso posizionato nella parete in prossimità del microscopio.

Invece di procedere con il confronto grafico di una micrografia, l'operatore inserisce un reticolo oculare contenente immagini con predefiniti schemi dimensionali dei grani direttamente nel percorso ottico del microscopio. In questo modo il confronto viene effettuato direttamente nel microscopio, dove l'operatore può vedere simultaneamente entrambi i campioni in questione e l'immagine di base ("golden image").

Visto che la dimensione dei grani è stimata dall'operatore, questi metodi possono produrre dei risultati imprecisi e non ripetibili, spesso non riproducibili da diversi operatori. Inoltre i tecnici del controllo qualità devono inserire i propri risultati manualmente in un foglio di calcolo o in un report attraverso un computer, esponendosi a ulteriori rischi di errori.

Queste criticità inducono a formulare le seguenti domande: Come è possibile per un laboratorio per il controllo qualità metallurgico implementare una soluzione di analisi dei grani all'avanguardia e completamente automatizzata, facilitando l'eliminazione di imprecisioni potenziali e la soggettività determinata dal fattore umano, assicurando, allo stesso tempo, una conformità con la norma ASTM E112 o altre norme internazionali? Inoltre come è possibile archiviare i dati e generare i report automaticamente, risparmiando contemporaneamente tempo e riducendo i costi?

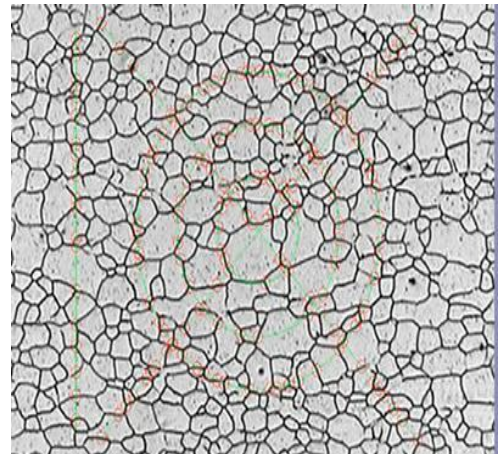


Analisi della struttura dei grani in metallo usando il reticolo oculare contenente pattern di dimensioni di grani predefiniti

Metodi per l'analisi dei grani in conformità con la norma ASTM E112 e altre norme

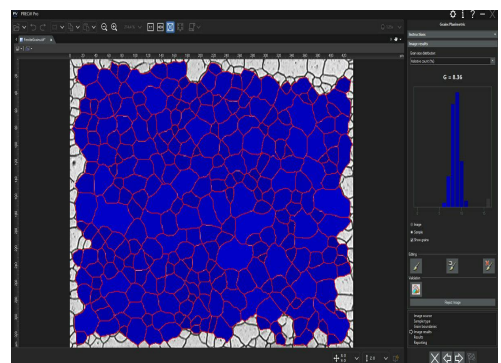
Conoscere il potenziale di un laboratorio del controllo qualità (QC) metallurgico digitale moderno. Grazie ai progressi sui software specializzati per i microscopi metallurgici per la scienza dei materiali, gli operatori possono utilizzare l'analisi delle immagini per analizzare i grani in conformità alla norma ASTM E112 e a altre numerose norme internazionali.

Una comune soluzione digitale usata per realizzare l'analisi delle dimensioni dei grani è nota come metodo dell'intercetta. In questo caso uno schema (cerchi, croci-cerchi, linee, ecc.) viene sovrapposto a un'immagine digitale (in tempo reale o acquisita). Ogni volta che lo schema sovrapposto intercetta un contorno di un grano, un'intercetta viene tracciata nell'immagine e registrata (vedere un esempio delle indicazioni nell'immagine a destra). Tenendo in considerazione la taratura del sistema, il software di analisi delle immagini calcola automaticamente l'ASTM G, o la dimensione dei grani, il numero e la lunghezza media dell'intercetta in funzione del numero di intercette e della lunghezza dello schema.



Analisi dei grani mediante il metodo della intercetta

Un altro metodo diffuso per il calcolo della dimensione dei grani nel laboratorio metallurgico digitale è noto come metodo "planimetrico". Contrariamente al metodo dell'intercetta, il metodo planimetrico determina la dimensione dei grani su un'immagine (in tempo reale o acquisita) calcolando il numero di grani per unità di superficie.



Analisi dei grani mediante il metodo planimetrico.

Visto che i risultati sono calcolati completamente mediante il software di analisi delle immagini, viene annullato il fattore di soggettività attribuito all'elemento umano. In numerosi casi migliora la precisione, la ripetibilità e la riproducibilità generale. Inoltre il software di analisi delle immagini di alcuni microscopi metallurgici può essere configurato per archiviare automaticamente i risultati dei grani in un foglio di calcolo o in un opzionale database integrato.

I report contenenti i dati di analisi importanti e le immagini associate possono inoltre essere generati mediante la pressione di un pulsante, con una formazione minima.

EVIDENT		PRECIV Report	
Grain Size according to Intercept Method ASTM E 112-13 (Summary)			
Analysis Summary:			
Reference	Sample 01		
Group			
Sample Comment			
Date	11/7/2023 15:20		
Standard	ASTM E 112-13		
Grain Size Number G	9.05		+/- 0
Mean Intercept Length [µm]			13.90
Average Number of Intercepts			193.00
Number of Intercepts per Unit Length [1/mm]			71.95

Risultati di un'analisi ASTM E112

Apparecchiatura consigliata per l'analisi delle strutture di grani di leghe e metalli

La tipica configurazione di un'apparecchiatura per l'analisi di strutture granulari in metalli e leghe attraverso l'analisi delle immagini digitali è data dalle seguenti componenti:

1. Microscopio metallografico rovesciato:

Un microscopio rovesciato è in genere preferibile rispetto a un modello dritto visto che il campione lucidato e piano può essere sistemato in piano su un tavolino meccanico. Questo facilita una messa a fuoco uniforme mentre l'utente manipola il tavolino di scansione.

2. Software di analisi di immagini dedicato alla metallurgia

I software di analisi delle immagini per le applicazioni delle scienze dei materiali spesso offrono degli opzionali moduli supplementari per specifici flussi di lavoro metallurgici. Questi flussi di lavoro permettono agli utenti di analizzare la struttura dei grani in conformità alla norma ASTM E112 e ad altre norme internazionali. Al momento dell'acquisto l'utente dovrebbe determinare quale metodo è più adatto tra quello planimetrico o dell'intercetta.



Tipica configurazione dell'apparecchiatura: microscopio metallografico rovesciato, obiettivo 10X e fotocamera digitale per microscopio a alta risoluzione.

3. Obiettivo metallografico 10x

Questo rappresenta il necessario ingrandimento dell'obiettivo per l'analisi della struttura granulare di metalli e leghe.

4. Fotocamera per microscopio digitale CCD o CMOS a alta risoluzione

Quando si deve scegliere una fotocamera digitale per l'analisi della struttura granulare di metalli e leghe, si dovrebbe dare la priorità alla risoluzione digitale rispetto alla dimensione dei pixel o alla risultante densità dei pixel. Per assicurarsi che esiste un numero sufficiente di pixel per definire il campione e ricostruire digitalmente il minimo dettaglio, numerosi microscopisti applicano il "Teorema di Nyquist", il quale stabilisce che sono necessari due o tre pixel per definire il minimo dettaglio del campione o la risoluzione ottica. Considerando che l'analisi dei grani viene eseguita con un obiettivo 10X (combinato con un oculare 10X = si ottiene un ingrandimento totale 100X), la risoluzione ottica di un obiettivo di livello medio sarebbe approssimativamente di 1,1 μm . Questo significa che l'attuale dimensione dei pixel tarati deve essere inferiore a 366 nm (assicurando i 3 pixel necessari per definire i dettagli minimi).

Per esempio, una fotocamera da 8,9 MP con la dimensione dei pixel di 3,45 μm produce una dimensione dei pixel tarata di 345 nm (dividendo la dimensione attuale del pixel per l'obiettivo 10X mediante l'adattatore della fotocamera 1X). Dividendo la risoluzione dell'obiettivo (1,1 μm) per la dimensione del pixel tarato (345 nm) si ottiene il risultato di 3,2. In questo esempio, 3,2 pixel permettono di definire il minimo dettaglio del campione, soddisfacendo il criterio di 2-3 pixel di Nyquist. Come regola generale, per l'analisi della struttura granulare di metalli e leghe è consigliato l'uso di fotocamere per microscopi dedicati alla scienza dei materiali di almeno 3 megapixel, considerando la dimensione dei pixel dei più comuni sensori CCD e CMOS.

Visto che l'analisi della dimensione dei grani può essere eseguita in maniera affidabile nella modalità con scala di grigi, attraverso la quale i parametri della soglia sono più semplici rispetto a quelli in modalità di colori, la fotocamera scelta dovrebbe integrare l'opzione della modalità di scala di grigi. Inoltre, la scelta di una fotocamera che può raggiungere una veloce frequenza di aggiornamento in modalità in tempo reale risulta vantaggiosa quando si mette a fuoco o si posiziona il campione.

È consigliato l'uso di un revolver codificato manuale o motorizzato. Il software di analisi delle immagini scelto dovrebbe sempre essere in grado di identificare automaticamente l'ingrandimento dell'obiettivo. Questo assicura la massima precisione di misura visto che la funzione di riconoscimento automatico contribuisce a eliminare il rischio di inserire manualmente l'erroneo ingrandimento dell'obiettivo nel software.

È necessario un tavolino di scansione XY manuale o motorizzato per manipolare il campione e posizionare l'area di interesse per l'osservazione e l'analisi.

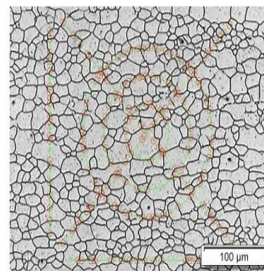
Il computer che si sceglie dovrebbe soddisfare i minimi requisiti di sistema della fotocamera e del software di analisi delle immagini. Inoltre è necessario un monitor a alta risoluzione.

Procedure per l'analisi della struttura granulare di metalli e leghe

Utilizzando la consigliata apparecchiatura di microscopia metallurgica di seguito viene riportata la tipica procedura per eseguire l'analisi di grani:

1. Scegliere l'obiettivo 10X. In condizioni di luce riflessa e campo chiaro manipolare il campione sul tavolino XY per visualizzare l'area d'interesse.
2. Acquisire l'immagine digitale attraverso il software di analisi delle immagini. Nota: Se la piattaforma software che si utilizza offre la capacità di analizzare un'immagine in tempo reale, è possibile visualizzare questo tipo di immagine.
3. Nel software di analisi dei grani, applicare i filtri necessari per assicurarsi che le intercette siano rappresentate con precisione nell'immagine. In numerosi software, questa funzione è fornita interattivamente in modo che l'operatore possa vedere gli effetti sul filtro nelle intercette risultanti.
4. Il software analizza l'immagine in conformità alla norma scelta. I dati dei risultati sono riportati direttamente nel foglio di calcolo nel software di analisi delle immagini.
5. Non è raro che l'analisi dei grani sia eseguita nell'ambito di 5 campi aleatori. Se questo è il caso, ripetere dal punto 1 al punto 4 cinque volte consecutive.
6. In base al modello predefinito dall'utente, viene generato automaticamente un report con i risultati di analisi, supportando le immagini dei grani e i dati significativi.

Grain Size according to Intercept Method ASTM E 112-13
(Image Results)



Sample Information:

Reference: Sample 01
Group:

Image Results:

Image Name	FenteGrains.tif	
Number of Intercepts	193	
Pattern Length	2682.41	
Grain Size Number G	9.05	
Image Comment		

Altri modi per semplificare il processo di analisi dei grani

Contrariamente alle tecniche manuali attraverso le quali gli operatori eseguono una stima visiva della dimensione dei grani o del numero G, il moderno software di analisi delle immagini dedicato alle applicazioni delle scienze dei materiali permette di calcolare la dimensione dei grani, in modo preciso e ripetuto, in quanto l'intervento dell'operatore è minimo.

Numerosi software sono progettati per essere conformi alla norma ASTM E112 e a diverse altre norme internazionali, potendoli implementare con il minimo sforzo. Oltre alla capacità di analisi della struttura di grani di metallo, numerosi software offrono delle pratiche funzionalità di connettività, creazione di report e gestione dei dati per risparmiare tempo. Software con la generazione automatica di report, l'archiviazione-condivisione dei dati e le ricerche veloci delle immagini e dei dati correlati possono rendere il tuo team più efficiente.

Quando si deve valutare una soluzione all'avanguardia per l'analisi automatica di grani, è molto importante relazionarsi direttamente con un esperto produttore di microscopi, in quanto può assistervi in ogni fase del processo, dalla scelta all'utilizzo dell'apparecchiatura.

Bibliografia

Dott. Carmo Pellicciari. Ing. metallurgico

American Society for Testing and Materials (ASTM) E112-13 Standard

ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700,

West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA

"Committee E-4 and Grain Size Measurements: 75 years of progress."

ASTM Standardization News, Maggio, 1991, George Vander Voort

Related Product



MPLFLN-BD

The MPLFLN-BD lens has semi apochromat color correction and is suitable for the widest range of applications. Especially designed for darkfield observation and the examination of scratches or etchings on polished surfaces.

Maggior informazioni ► <https://www.olympus-ims.com/microscope/mplfln-bd/>



GX53

Il microscopio rovesciato GX53 assicura un'eccezionale nitidezza dell'immagine e un'eccellente risoluzione con alti ingrandimenti. Attraverso accessori come un revolver codificato e un software, il design modulare del microscopio facilita la personalizzazione delle tue esigenze.

Maggior informazioni ► <https://www.olympus-ims.com/microscope/gx53/>



PRECiV

Il software PRECiV™, di facile utilizzo, consente di prendere il controllo del proprio microscopio in modo da poter eseguire misurazioni 2D ripetitive durante le operazioni di produzione, controllo qualità e ispezione.

Maggior informazioni ► <https://www.olympus-ims.com/microscope/preciv/>