



Análise de tamanho de grão em metais e ligas

Contexto da análise de tamanho de grão em metais e ligas

No laboratório de metalografia, a análise de grãos em metais e em amostras de ligas, como alumínio ou aço, é importante para o controle de qualidade. A maioria dos metais é de natureza cristalina e possui perímetros internos, conhecidos como perímetros de grão. Quando um metal ou liga é processado, os átomos de cada grão são alinhados em um padrão específico, dependendo da estrutura do cristal da amostra. Com o crescimento, os grãos acabam colidindo uns com os outros e formam uma interface em que as orientações atômicas são diferentes. Foi estabelecido que as propriedades mecânicas da amostra melhoram à medida que o tamanho do grão diminui. Portanto, a composição e o processamento da liga devem ser cuidadosamente controlados para obter o tamanho de grão desejado.

Depois da preparação da amostra metalográfica, os grãos de uma liga específica muitas vezes são analisados por microscopia, onde o tamanho e a distribuição dessas estruturas de grãos de metais podem demonstrar a integridade e a qualidade da amostra.

Esta inspeção é primordial para a segurança do produto em muitas indústrias. Por exemplo, como a vida humana poderá estar em jogo, os fabricantes de automóveis examinam o tamanho e a distribuição dos grãos em uma liga específica para definir se um componente automotivo recém-projetado resistirá em circunstâncias extremas. Da mesma forma, os fabricantes de componentes aeroespaciais precisam prestar muita atenção às características dos grãos dos componentes de alumínio usados no trem de pouso de uma aeronave comercial. Além de analisar as tendências das estruturas dos grãos de metais, os inspetores podem ser solicitados, devido aos rigorosos procedimentos internos de controle de qualidade, a documentar em detalhes os resultados e arquivá-los para futura referência.

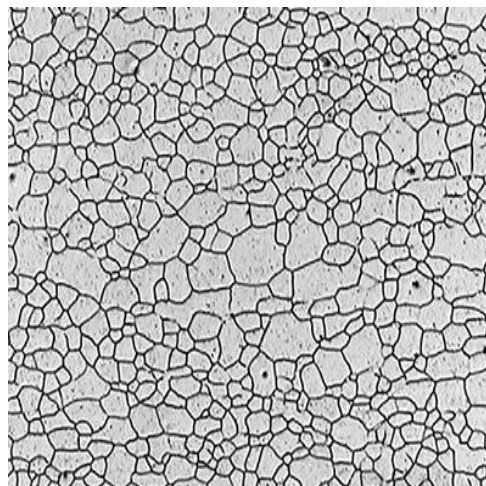


Imagem de microscópio da estrutura do grão de metal em aço com uma ampliação de 100X

Desafios da análise de estruturas de grãos de ligas e metais

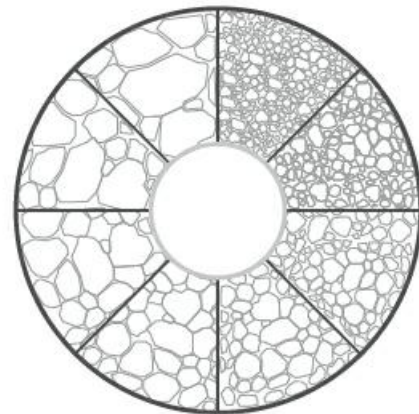
Algumas das normas internacionais comumente usadas para análise de tamanho de grão são ASTM E112 (EUA), ISO 643 (global), JIS G 0551 (Japão), JIS G 0552 (Japão), GOST 5639 (Rússia), GB/T 6394 (China), DIN 50601 (Alemanha) e ASTM E1382 (EUA).

Embora existam várias normas internacionais, a ASTM E112 (métodos de teste padrão para determinar o tamanho médio do grão) é a norma dominante pela qual os grãos são analisados nas Américas do Norte e do Sul. Os laboratórios de controle de qualidade usaram e continuam a usar o método de comparação de gráficos ASTM para análise de grãos. Com esse método, os operadores realizam uma aferição visual do tamanho do grão e comparam com a imagem exibida em tempo real sob um microscópio óptico com um gráfico de micrografia, geralmente colocado na parede próxima ao microscópio.

Alternativamente, em vez de comparar com o gráfico de micrografia, o operador insere uma retícula de ocular que contém imagens com os padrões de tamanhos de grãos predefinidos diretamente na trajetória óptica do microscópio. Desta forma, a comparação é realizada diretamente no microscópio, onde o operador pode ver tanto a amostra em questão quanto a imagem “dourada” simultaneamente.

Como o tamanho do grão é estimado pelo operador, esses métodos podem produzir resultados imprecisos e não repetíveis, e não são reproduzíveis por operadores diferentes. Além disso, os técnicos de controle de qualidade são obrigados a inserir manualmente seus resultados em softwares de planilhas ou relatórios, sendo essa mais uma ocasião para inserir erros.

Esses desafios geram as seguintes perguntas: Como um laboratório de controle de qualidade metalúrgica pode implementar uma solução de análise de grão integral totalmente automatizada, ajudando a eliminar as potenciais imprecisões e subjetividades introduzidas pelos operadores estando ao mesmo tempo em conformidade com a ASTM E112 ou outras normas internacionais? Além disso, como os dados podem ser arquivados e os relatórios gerados automaticamente, economizando tempo valioso e reduzindo custos?

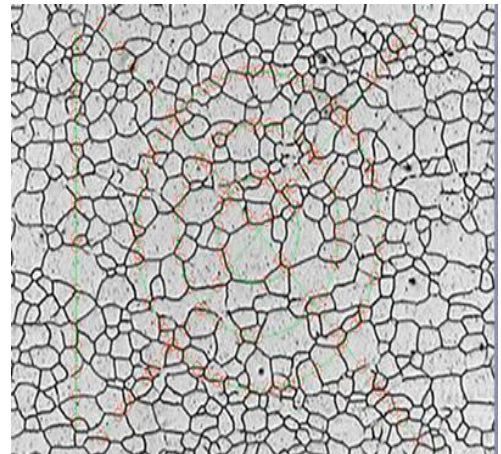


Análise da estrutura do grão de metal usando o retículo da ocular contendo padrões predefinidos de tamanhos de grãos

Métodos para analisar grãos em conformidade com a ASTM E112 e outras normas

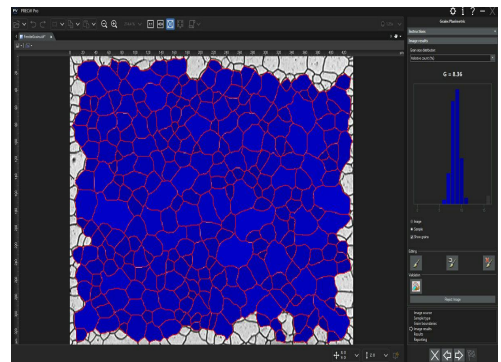
Entre no moderno laboratório digital de controle de qualidade de metalurgia. Graças aos avanços em software de ciência de materiais para microscópios metalúrgicos, os operadores podem aproveitar a análise de imagens para analisar grãos em conformidade com a ASTM E112, assim como com uma grande variedade de outras normas internacionais.

Uma solução digital popular usada para realizar análise de tamanho de grão é conhecida como método do intercepto. Aqui, um padrão (círculos, cruzes e círculos, linhas etc.) é sobreposto na imagem digital (em tempo real ou capturada). Cada vez que o padrão sobreposto intercepta um perímetro do grão, uma interceptação é desenhada na imagem e registrada (veja um exemplo das marcações na imagem à direita). Levando em consideração a calibração do sistema, o software de análise de imagem calcula automaticamente a ASTM G, ou o tamanho do grão, o número e o comprimento médio de interceptação como uma função da contagem de interceptações e comprimento padrão.



Análise de grãos com o método do intercepto

Outro método popular para calcular o tamanho do grão no laboratório digital de metalurgia é conhecido como método planimétrico. Ao contrário do método do intercepto, o método planimétrico determina o tamanho do grão em uma imagem (em tempo real ou capturada) calculando a quantidade de grãos por unidade de área.



Análise de grãos com o método planimétrico

Como os resultados são calculados internamente no software de análise de imagens, o trabalho de previsão atribuído ao operador é removido. Em muitos casos, a precisão e a repetibilidade geral, assim como a reprodutibilidade, melhoram. Além disso, o software de análise de imagens de alguns microscópios metalúrgicos pode ser configurado para arquivar automaticamente os resultados de grãos em uma planilha ou banco de dados integrado opcional.

Relatórios que contêm dados de análise e imagens associadas também podem ser gerados apertando apenas um botão, todos com pouco tempo de formação.

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	

Resultados de uma análise ASTM E112

Equipamentos recomendados para a análise de estruturas de grãos de ligas e metais

Uma configuração típica de equipamento para análise de estruturas de grãos de ligas e metais por meio de análise de imagem digital consiste nos seguintes componentes:

1. Microscópio metalúrgico invertido:

Um microscópio invertido normalmente é preferível em comparação com um modelo vertical, pois a amostra plana e polida fica plana na platina mecânica. Isso ajuda a garantir um foco consistente à medida que o usuário manobra a platina de escaneamento.

2. Software de análise de imagens específico para metalurgia

O software de análise de imagens para aplicações de ciência dos materiais muitas vezes oferece módulos complementares adicionais para fluxos de trabalhos metalúrgicos específicos. Esses fluxos de trabalho permitem que os usuários analisem a estrutura do grão em conformidade com a ASTM E112, bem como com várias normas internacionais. No momento da compra, o usuário deve determinar qual dos métodos é o mais apropriado, do intercepto ou planimétrico.



Configuração típica do equipamento: microscópio metalúrgico invertido, lente objetiva de 10X e uma câmera digital de alta resolução para microscópio

3. Lentes objetivas metalúrgicas de 10X

Esta é a ampliação da objetiva necessária para a análise de estruturas de grãos de ligas e metais.

4. Câmera digital para microscópio CMOS ou CCD de alta resolução

Ao considerar uma câmera digital para análise de estruturas de grãos de ligas e metais, você deve priorizar a resolução digital em comparação com o tamanho do píxel ou densidade de píxeis resultantes. Para garantir que existam píxeis suficientes para exibir e reconstruir digitalmente os mínimos detalhes, muitos microscopistas usam o teorema de Nyquist, que afirma que são necessários de 2 a 3 píxeis para obter o menor dos detalhes, ou resolução óptica. Considerando que a análise de grãos é realizada com uma lente objetiva de 10X (acoplada com oculares de 10X equivale a ampliação total de 100X), a resolução óptica de uma lente objetiva de grau médio típica seria de aproximadamente 1,1 μm . Isso significa que o tamanho real calibrado do píxel deve ser menor que 366 nm (fornecendo os 3 píxeis necessários por menor característica distinguível).

Por exemplo, uma câmera de 8,9 megapíxeis com tamanho de píxel de 3,45 μm produz um píxel calibrado de 345 nm (dividindo o tamanho real do píxel pela lente objetiva de 10X com um adaptador de câmera de 1X). Dividir a resolução da lente (1,1 μm) pelo tamanho do píxel calibrado (345 nm) é igual a 3,2. Neste exemplo, 3,2 píxeis estão presentes para testar a menor característica distinguível, atendendo aos critérios de Nyquist de 2 a 3 píxeis por característica distinguível. Em geral, as câmeras para microscópio para ciência dos materiais com uma classificação de 3 megapíxeis ou mais (considerando o tamanho do píxel dos sensores de CCD e CMOS mais comuns) são recomendadas para a análise das estruturas de grãos de ligas e metais

Como a análise de tamanho de grão pode ser executada de maneira confiável no modo de escala de cinza (em que a configuração dos parâmetros de perímetro é mais simples do que no modo colorido), a câmera escolhida deve ter a opção de modo de escala de cinza. Além disso, escolher uma câmera que possui uma taxa de atualização rápida no modo de tempo real será vantajosa quando você estiver focando ou posicionando a amostra.

Recomenda-se um porta-objetiva manual codificado ou motorizado. O software de análise de imagem escolhido deve ser capaz de ler automaticamente a ampliação da lente objetiva em todos os momentos. Isso garante o mais alto nível de precisão de medição, pois o reconhecimento automático elimina o risco de inserção manual de ampliação incorreta da lente no software.

A platina de escaneamento XY, manual ou motorizada, é necessária para manipular a amostra e posicionar a área de interesse para observação e análise.

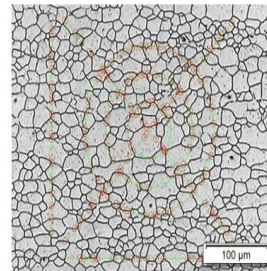
O computador escolhido deve atender aos requisitos mínimos do sistema da câmera e do software de análise de imagem. É preciso usar um monitor de alta resolução.

Procedimento para analisar estruturas de grãos de ligas e metais

Usando o equipamento de microscópio metalúrgico recomendado, veja a seguir o procedimento típico para realizar a análise:

1. Selecione a lente objetiva de 10X. Sob as condições de luz refletida e campo claro, manobre a amostra na platina XY para visualizar a área de interesse.
2. Capture a imagem digital através do software de análise de imagem. Observação: se a plataforma de software que você utiliza oferece o recurso de análise de imagem real, você poderá observar a imagem real.
3. No software de análise de grãos, aplique os filtros necessários para confirmar que as interseções sejam representadas com precisão na imagem. Em muitos pacotes de software, esse recurso é fornecido de forma interativa para que o operador possa visualizar os efeitos do filtro nas interseções resultantes.
4. O software analisa a imagem de acordo com a norma escolhida. Os dados resultantes são registrados diretamente em uma planilha no software de análise de imagens.
5. Não é incomum que a análise de grãos seja realizada em 5 campos aleatórios. Nesse caso, repita as etapas 1 a 4 cinco vezes consecutivas.
6. Com base no modelo predefinido de um usuário, um relatório é gerado automaticamente, incorporando os resultados da análise, com suporte para imagens dos grãos e dados relevantes.

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



Sample Information:

Reference: Sample 01
Group:

Image Results:

Image Name	FerriteGrains.tif	
Number of Intercepts	193	
Pattern Length	2082.41	
Grain Size Number G	9.05	
Image Comment		

Outras formas de otimizar o processo de análise de grão

Diferentemente das técnicas manuais em que os operadores estimam visualmente o tamanho do grão, ou número G, a olho nu, o software de análise de imagens moderno para aplicações de ciência dos materiais permite que o tamanho do grão seja calculado com precisão repetidamente, assim a intervenção do operador é reduzida.

Muitos pacotes de software são projetados para atender à norma ASTM E112 e uma ampla variedade de normas internacionais, e podem ser implementados com o mínimo esforço. Muitos programas de software vão além do escopo da análise da estrutura do grão de metais e oferecem recursos práticos de conectividade, geração de relatórios e gerenciamento de dados para poupar tempo. Um software com geração automática de relatórios, arquivamento e compartilhamento de dados e pesquisas rápidas de imagens e dados relacionados pode tornar a sua equipe mais eficiente.

Ao considerar uma solução integral para análise automática de grãos, trabalhar diretamente com um fabricante

experiente em microscopia é de extrema importância, pois ele pode ajudá-lo em todas as etapas do processo, desde a seleção do equipamento até a implantação.

Referências

Carmo Pelliciar, Dr. Eng.º, Consultor Metalúrgico

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

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, Maio de 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.

Saiba mais ► <https://www.olympus-ims.com/microscope/mpfln-bd/>



GX53

O microscópio invertido GX53 apresenta excepcional clareza de imagem e excelente resolução em grandes aumentos. Com acessórios que incluem um revólver porta-objetivas giratório codificado e software, o design modular do microscópio facilita a personalização de acordo com suas necessidades.

Saiba mais ► <https://www.olympus-ims.com/microscope/gx53/>



PRECiV

O uso fácil do software PRECiV™ coloca você no controle do seu microscópio para realizar medições 2D repetíveis durante a produção, o controle de qualidade e as operações de inspeção.

Saiba mais ► <https://www.olympus-ims.com/microscope/preciv/>