



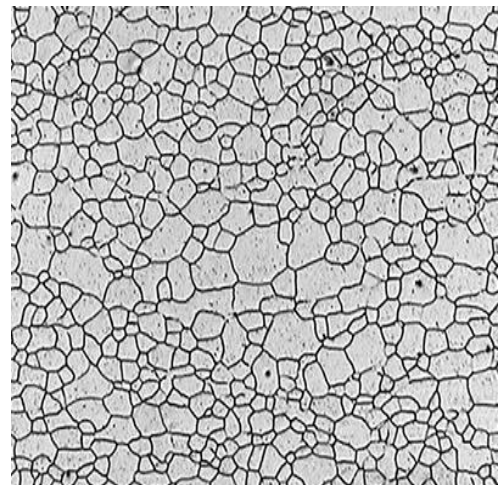
Korngrößenanalyse von Metallen und Legierungen

Einführung in die Korngrößenanalyse von Metallen und Legierungen

Bei metallographischen Untersuchungen spielt die Korngrößenanalyse bei Proben aus Metall und Legierungen, wie Aluminium oder Stahl, im Rahmen der Qualitätskontrolle eine entscheidende Rolle. Die meisten Metalle treten in der Natur in kristalliner Form auf und enthalten innere Korngrenzen. Wenn ein Metall oder eine Legierung verarbeitet wird, ordnen sich die Atome in jedem wachsenden Korn in einem spezifischen Muster an, je nach der Kristallstruktur der Probe. Mit zunehmender Größe beeinflussen sich die Körner gegenseitig und bilden dabei Grenzflächen, an denen sich die Ausrichtungen der Atome unterscheiden. Nachweislich verbessern sich die mechanischen Eigenschaften der Probe mit kleiner werdender Korngröße. Deswegen müssen die Zusammensetzung und Verarbeitung von Legierungen sorgfältig überwacht werden, sodass die gewünschte Korngröße erhalten wird.

Nach der Präparation einer metallographischen Probe werden die Körner einer Legierung, auch als Gefüge bezeichnet, häufig mit einem Mikroskop analysiert, wobei Größe und Verteilung dieser Kornstrukturen im Metall die Integrität und Qualität der Probe anzeigen können.

Diese Prüfung ist in vielen Industriebereichen von größter Bedeutung für die Produktsicherheit. Ein Automobilhersteller untersucht z. B. Korngröße und -verteilung in einer bestimmten Legierung, um festzustellen, ob ein neu entwickeltes Bauteil extremen Bedingungen standhält, da hier schließlich Menschenleben auf dem Spiel stehen. Hersteller von Komponenten für die Luftfahrt wiederum müssen die Eigenschaften des Gefüges von Aluminiumkomponenten, die im Fahrwerk eines Verkehrsflugzeugs verwendet werden, genau prüfen. Zusätzlich zur Trendanalyse von Korngröße und -verteilung müssen Prüfer strenge interne Qualitätskontrollen durchführen und die Ergebnisse gründlich dokumentieren und für zukünftige Vergleichszwecke archivieren.



Mikroskopische Aufnahme des Gefüges in Stahl bei
100-facher Vergrößerung

Herausforderungen bei der Analyse der Gefügestrukturen in Legierungen und Metallen

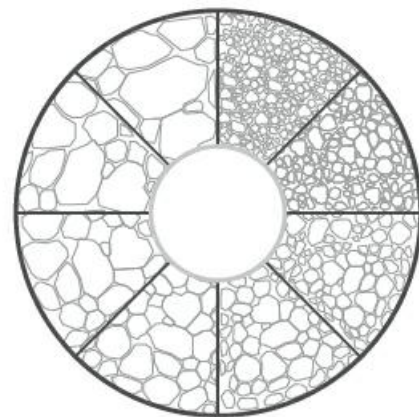
Einige der am häufigsten verwendeten internationalen Standards und Normen für die Korngrößenanalyse sind: ASTM E112 (USA), ISO 643 (international), JIS G 0551 (Japan), JIS G 0552 (Japan), GOST 5639 (Russland), GB/T 6394 (China), DIN 50601 (Deutschland) und ASTM E1382 (USA).

Neben anderen internationalen Standards und Normen ist ASTM E112 (Standard-Prüfverfahren zur Bestimmung der durchschnittlichen Korngröße) die Richtnorm, nach der Gefügestrukturen in Nord- und Südamerika analysiert werden. Labore zur Qualitätskontrolle verwenden die Vergleichsmethode mit ASTM Richtreihe für Korngrößenanalysen. Nach dieser Methode führt der Prüfer eine Einschätzung der Korngröße mit dem bloßen Auge durch, indem er ein Live-Bild unter einem Lichtmikroskop mit einem mikroskopischen Diagramm vergleicht, das häufig an einer Wand in der Nähe des Mikroskops angebracht ist.

Anstatt Vergleiche anhand eines mikroskopischen Diagramms durchzuführen, kann der Prüfer auch Vergleichsplatten mit Bildern vordefinierter Korngrößenmuster direkt in den Strahlengang des Mikroskops einlegen. Auf diese Weise wird der Vergleich direkt im Mikroskop durchgeführt, wobei der Prüfer die zu untersuchende Probe und die Vergleichsplatte gleichzeitig sehen kann.

Da die Korngrößenschätzung durch den Prüfer erfolgt, können mit diesen Methoden ungenaue und nicht wiederholbare Ergebnisse ermittelt werden, die häufig von anderen Prüfern nicht reproduzierbar sind. Zudem müssen Techniker im Rahmen der Qualitätskontrolle die Ergebnisse manuell in eine computergestützte Tabelle oder in einen Bericht übertragen, was eine zusätzliche mögliche Fehlerquelle darstellt.

Diese Herausforderungen werfen folgende Fragen auf: Wie kann ein Qualitätssicherungslabor für metallurgische Untersuchungen eine komplette, vollautomatisierte Lösung zur Kornanalyse bieten, mit der unter Einhaltung von ASTM E112 oder anderen internationalen Normen mögliche Ungenauigkeiten und die Subjektivität des Prüfers vermieden werden? Wie können außerdem Daten automatisch archiviert und Berichte automatisch erstellt werden, um Zeit und Kosten zu sparen?

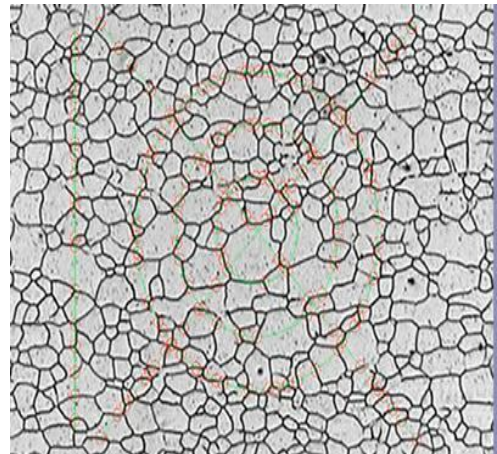


Korngrößenanalyse von Metall mithilfe der Vergleichsplatte mit vordefinierten Korngrößenmustern

Methoden zur Korngrößenanalyse gemäß ASTM E112 und anderen Standards und Normen

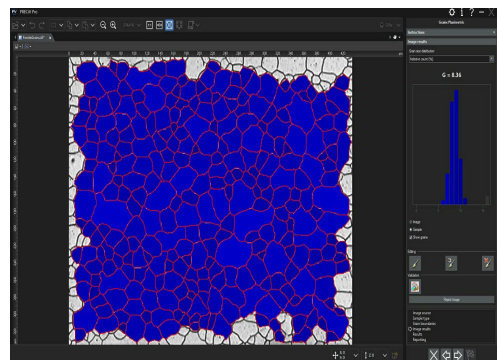
Lernen Sie das moderne digitale Qualitätssicherungslabor für metallurgische Untersuchungen kennen. Dank der Fortschritte bezüglich der Software für metallurgische Mikroskope können Prüfer die Leistung der Bildanalyse zur Korngefügeanalyse gemäß ASTM E112 sowie anderer internationaler Standards und Normen nutzen.

Eine beliebte digitale Lösung zur Durchführung der Korngrößenanalyse ist das Linienschnittverfahren. Hierbei wird ein Muster (Kreise, Kreuz-und-Kreise, Linien usw.) mit einem digitalen Bild (live oder aufgezeichnet) überlagert. Jedes Mal, wenn das überlagerte Muster eine Korngrenze schneidet, wird eine Schnittlinie im Bild gezeichnet und erfasst (siehe rechte Abbildung mit Markierungen). Unter Berücksichtigung der Systemkalibrierung errechnet die Bildanalysesoftware die Korngrößenkennzahl G gemäß ASTM automatisch und ermittelt die mittlere Abschnittslänge in Abhängigkeit von der Anzahl der Schnittlinien und der Gesamtlänge der Linien.



Korngrößenanalyse mittels Linienschnittverfahren (Beispiel)

Ein anderes beliebtes Verfahren zur Berechnung der Korngröße mit digitalen Laborsystemen für metallurgische Untersuchungen ist das Flächenauszählverfahren. Im Gegensatz zum Linienschnittverfahren wird mittels des Flächenauszählverfahren die Korngröße anhand eines Bildes (live oder aufgezeichnet) durch Berechnung der Anzahl Körner pro Flächeneinheit bestimmt.



Korngrößenanalyse mittels Flächenauszählverfahren (Beispiel)

Da die Ergebnisse mittels der Bildanalysesoftware errechnet werden, entfällt die Einschätzung durch den Prüfer. In den meisten Fällen verbessert sich so insgesamt die Genauigkeit, Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit. Zudem kann die Bildanalysesoftware einiger Mikroskope für metallurgische Anwendungen so konfiguriert werden, dass Korngrößenergebnisse automatisch in einer Tabelle oder optionalen integrierten Datenbank archiviert werden.

Berichte mit relevanten Analysedaten und dazugehörigen Bildern können auch per Knopfdruck erstellt werden, schon nach minimaler Schulung.

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

Ergebnisse gemäß einer ASTM E112 Analyse

Empfohlene Ausstattung zur Korngrößenanalyse von in Legierungen und Metallen

Eine typische Gerätekonfiguration zur Korngrößenanalyse in Legierungen und Metallen durch eine digitale Bildanalyse besteht aus den folgenden Komponenten:

1. Inverses Mikroskop für metallurgische Anwendungen:

Ein inverses Mikroskop wird normalerweise gegenüber einem aufrechten Modell bevorzugt, da die flache polierte Probe flach auf dem mechanischen Tisch liegt und eine gleichmäßige Fokussierung beim Bewegen des Tisches durch den Prüfer gewährleistet wird.

2. Spezifische Bildanalysesoftware für metallurgische Anwendungen

Die Bildanalysesoftware für materialwissenschaftliche Anwendungen bietet häufig optionale Zusatzmodule für spezifische metallurgische Arbeitsabläufe. Diese Arbeitsabläufe ermöglichen Prüfern u. a. eine Korngrößenanalyse gemäß ASTM E112 und anderen internationalen Normen. Zum Kaufzeitpunkt sollte festgelegt werden, ob das Linienschnittverfahren oder das Flächenausählverfahren verwendet wird.



Typische Gerätekonfiguration: inverses Mikroskop für metallurgische Untersuchungen, 10x Objektiv und eine digitale Mikroskopkamera mit hoher Auflösung.

3. 10X Objektiv für metallurgische Untersuchungen

Dies ist die erforderliche Vergrößerung des Objektivs für die Korngrößenanalyse in Legierungen und Metallen.

4. CCD oder CMOS digitale Mikroskopkamera mit hoher Auflösung

Soll eine Digitalkamera für die Korngrößenanalyse in Legierungen und Metallen in Betracht gezogen werden, sollten die digitale Auflösung mehr Gewicht beigemessen werden als der Pixelgröße oder der daraus resultierenden Pixeldichte. Um sicherzustellen, dass genügend Pixel verfügbar sind, um die kleinsten Details abzutasten und digital zu rekonstruieren, folgen viele Mikroskopiker dem Nyquist-Shannon-Abtasttheorem, wonach 2 bis 3 Pixel oder eine optische Auflösung für das Abtasten kleinster Details erforderlich sind. Unter Berücksichtigung, dass die Korngrößenanalyse von Gusseisen mit einem 10x Objektiv (zusammen mit 10X Okularen = 100X Gesamtvergrößerung) durchgeführt wird, beträgt die optische Auflösung eines typischen Objektivs mit mittlerer Vergrößerung ungefähr 1,1 μm . Dies bedeutet, dass die tatsächliche kalibrierte Pixelgröße weniger als 366 nm betragen muss (mit Verfügbarkeit der erforderlichen 3 Pixel pro kleinstes erkennbares Merkmal).

Beispielsweise liefert eine 8,9-MP-Kamera mit einer Pixelgröße von 3,45 μm eine kalibrierte Pixelgröße von 345 nm (tatsächliche Pixelgröße dividiert durch das 10X Objektiv unter Verwendung eines 1x Kameraadapters):
Objektivauflösung (1,1 μm) dividiert durch die kalibrierte Pixelgröße (345 nm) = 3,2. In diesem Beispiel sind 3,2 Pixel vorhanden, um das kleinste unterscheidbare Merkmal abzutasten, was die Anforderungen der Nyquist-Shannon-Kriterien von 2 bis 3 Pixeln pro erkennbares Merkmal erfüllt. Nach einer allgemeinen Faustregel werden Mikroskopkameras für die Materialwissenschaft mit einer Auflösung von 3 MP oder höher (unter Berücksichtigung der Pixelgröße der meisten gängigen CCD- und CMOS-Sensoren) für die Korngrößenanalyse in Metallen empfohlen.

Da die Korngrößenanalyse im Graustufenmodus (bei dem das Einstellen von Schwellenwerten einfacher ist als im Farbmodus) durchgeführt werden kann, sollte die ausgewählte Kamera Bilder sowohl im Graustufenmodus als auch im Farbmodus aufnehmen können. Mit der Auswahl einer Kamera, die im Live-Modus eine schnelle Bildwiederholfrequenz erzielt, wird sich auch das Fokussieren oder Positionieren der Probe als vorteilhaft erweisen.

Es wird ein codierter manueller oder motorgesteuerter Objektivrevolver empfohlen. Die gewählte Bildanalysesoftware sollte jederzeit die Vergrößerung des Objektivs automatisch ablesen können. Dies gewährleistet eine Messgenauigkeit auf höchstem Niveau, da aufgrund der automatischen Erkennung die Möglichkeit einer falschen, per Hand eingegebenen, Vergrößerung durch das Objektiv entfällt.

Es wird ein manueller oder motorgesteuerter XY-Abtasttisch benötigt, um die Probe und die Position im gewünschten Bereich für die Beobachtung und Analyse zu manipulieren.

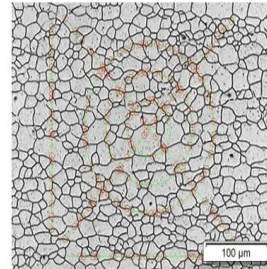
Der ausgewählte PC sollte die Mindestsystemanforderungen der Kamera und der Bildanalysesoftware erfüllen. Ein Bildschirm mit hoher Auflösung wird ebenso benötigt.

Vorgehensweise für die Korngrößenanalyse in Legierungen und Metallen

Dies ist das typische Verfahren zur Durchführung einer Korngrößenanalyse unter Verwendung der empfohlenen Mikroskoppausrüstung für metallurgische Untersuchungen:

1. Wählen Sie das 10X Objektiv aus. Verschieben Sie die Probe unter Auflicht- und Hellfeldbedingungen auf dem XY-Tisch, um den gewünschten Bereich anzuzeigen.
2. Erfassen Sie das digitale Bild mit der Bildanalysesoftware. Anmerkung: Falls die verwendete Softwareplattform die Möglichkeit bietet, ein Live-Bild zu analysieren, kann stattdessen das Live-Bild betrachtet werden.
3. In der Software zur Korngrößenanalyse wenden Sie die erforderlichen Filter an, um zu bestätigen, dass die Schnittlinien richtig im Bild dargestellt werden. Viele Software-Pakete sind interaktiv, sodass der Prüfer die Effekte der Filter an den resultierenden Schnittlinien sehen kann.
4. Die Software analysiert das Bild gemäß der ausgewählten Norm. Die daraus resultierenden Daten werden direkt in eine Tabelle der Bildanalysesoftware übertragen.
5. Es ist nicht ungewöhnlich, dass die Kornanalyse über 5 zufällige Felder erfolgt. Wenn ja, wiederholen Sie die Schritte 1 bis 4 fünfmal hintereinander.
6. Basierend auf einer von dem Prüfer vordefinierten Vorlage wird ein Bericht mit Analyseergebnissen, Bildern zu Korngefügestrukturen und relevanten Daten automatisch erstellt.

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	2682.41	
Grain Size Number G	9.05	
Image Comment		

Weitere Möglichkeiten zur Optimierung des Kornanalyseprozesses

Anders als bei manuellen Verfahren, bei denen eine Schätzung der Korngröße oder der Korngrößenkennzahl G gemäß ASTM mit dem bloßen Auge erfolgt, ermöglicht eine moderne Bildanalysesoftware für Anwendungen in der Materialforschung, die speziell für ein bestimmtes Mikroskop entwickelt wurde, eine genaue und wiederholbare Korngrößenanalyse mit minimal erforderlichem Eingriff durch den Prüfer.

Viele Softwarepakete erfüllen die Anforderungen gemäß ASTM E112 und vieler internationaler Normen und können mit minimalem Aufwand integriert werden. Darüber hinaus bieten viele Softwareprogramme, zusätzlich zur Analyse der Metallkornstruktur, praktische Konnektivitäts-, Berichts- und Datenverwaltungsfunktionen, um Zeit zu sparen. Software mit automatischer Berichtserstellung, Archivierung und Freigabe von Daten sowie schneller Bildsuche mit dazugehörigen Daten kann Teams effizienter machen.

Wenn Sie eine Komplettlösung für eine automatisierte Korngrößenanalyse benötigen, ist die direkte Zusammenarbeit mit einem erfahrenen Mikroskophersteller entscheidend, der Sie bei jedem Schritt, von der Geräteauswahl bis zur Anwendung, unterstützen kann.

Literaturachweise

Dr. Eng. Carmo Pellicciari, Metallurgical Consultant

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, May, 1991, George Vander Voort



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.

Mehr erfahren ► <https://www.olympus-ims.com/microscope/mplfln-bd/>



GX53

Das metallurgische Inversmikroskop GX53 bietet außergewöhnlich klare Bilder und hervorragende Auflösung bei starker Vergrößerung. Mit seinem modularen Design und Zubehör wie einem Objektivrevolver und Software lässt sich das Mikroskop auf einfache Weise an Ihre Anforderung anpassen.

Mehr erfahren ► <https://www.olympus-ims.com/microscope/gx53/>



PRECiV

Die benutzerfreundliche PRECiV Software gibt Ihnen die volle Kontrolle über Ihr Mikroskop, sodass Sie während der Produktion, Qualitätskontrolle und Prüfung präzise, wiederholfähige 2D-Messungen durchführen können.

Mehr erfahren ► <https://www.olympus-ims.com/microscope/preciv/>