



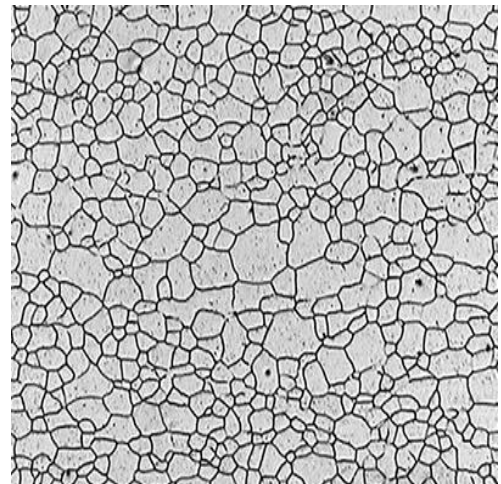
# 금속과 합금의 결정 입도 분석

## 금속과 합금의 결정 입도 분석에 대한 배경 정보

금속조직학 연구실에서는 알루미늄 또는 강철과 같은 금속 및 합금 샘플의 결정 분석이 품질 관리 측면에서 중요합니다. 대부분의 금속은 결정질 속성이며, 흔히 결정 경계라고 알려진 내부 경계를 포함하고 있습니다. 금속 또는 합금을 처리하면 샘플의 결정 구조에 따라 확장되는 각 결정 내 원자가 특정 패턴으로 정렬됩니다. 확장에 따라 각 결정은 결국 다른 결정에 영향을 미치고 원자 방향이 다른 접면을 형성합니다. 결정 입도가 감소함에 따라 샘플의 기계적 속성은 향상되는 것으로 확인되었습니다. 따라서 원하는 결정 입도를 얻으려면 합금 구성 및 처리를 주의 깊게 통제해야 합니다.

금속조직학 샘플 준비 후 특정 합금의 결정은 흔히 현미경을 사용하여 분석합니다. 분석을 통해 샘플의 금속 결정 구조의 크기와 분포를 확인하여 샘플의 무결성과 품질을 알 수 있습니다.

이러한 검사는 여러 산업에서 제품 안전을 유지하는 데 매우 중요합니다. 예를 들면, 인간의 생명이 달린 문제일 수 있으므로 자동차 제조사들은 특정 합금에서 결정 입도 및 분포를 연구함으로써 새로 설계된 자동차 부품이 극한의 상황에서 견딜 수 있는지 확인합니다. 마찬가지로 항공 부품 제조사는 상용 항공기의 착륙 장치에 사용된 알루미늄 구성 요소의 결정 특성에 각별한 주의를 기울여야 합니다. 금속 결정 구조 트렌드를 분석할 뿐만 아니라 검사자는 결과를 철저하게 문서화하고 향후 참조용으로 아카이빙하기 위한 엄격한 내부 품질 관리 절차를 수행해야 할 수도 있습니다.



100배율에서 본 강철 금속 결정 구조의 현미경 이미지

## 합금 및 금속 결정 구조 분석 시 발생하는 문제

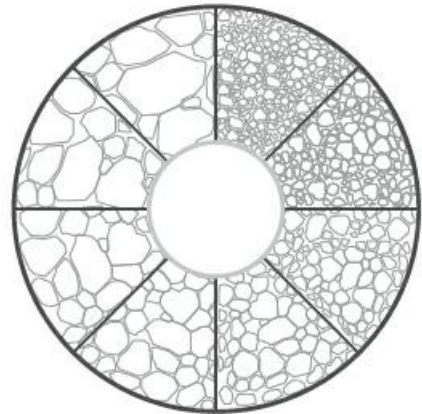
결정 입도 분석에 흔히 사용되는 국제 표준의 예로는 ASTM E112(미국), ISO 643(세계), JIS G 0551(일본), JIS G 0552(일본), GOST 5639(러시아), GB/T 6394(중국), DIN 50601(독일) 및 ASTM E1382(미국)가 있습니다.

다양한 국제 표준이 존재하지만 ASTM E112(평균 결정 입도 결정에 사용되는 표준 시험 방법)가 북미 및 남미에서 결정 분석에 지배적으로 사용되는 표준입니다. 품질 관리 실험실은 결정 분석을 위해 ASTM 차트 비교 방법을 사용해 왔으며 계속 사용할 것입니다. 이 방법을 사용할 경우 작업자는 광학 현미경 아래의 라이브 이미지를 흔히 현미경 근처 벽에 게시되는 현미경 사진 차트와 비교하여 결정 입도를 시각적으로 추정합니다.

아니면, 현미경 사진 포스터와 비교하는 대신 작업자는 사전 정의된 결정 입도 패턴의 이미지를 포함한 접안렌즈 망선을 현미경의 광학 경로에 삽입합니다. 이러한 방식으로 현미경에서 직접 비교 작업을 수행할 수 있습니다. 이때 작업자는 대상 샘플과 “표준” 이미지를 동시에 확인할 수 있습니다.

이 방법을 사용하면 작업자가 결정 입도를 추정하므로 다른 작업자가 분석 시 재현성이 떨어지는 부정확하고 반복 불가능한 결과가 나올 수 있습니다. 또한 품질 관리 기술자는 컴퓨터 기반 스프레드시트 또는 보고서에 결과를 수동으로 입력해야 하므로 오류의 가능성이 추가됩니다.

이러한 문제는 다음과 같은 질문을 야기합니다. 어떻게 하면 금속 품질 관리 연구실이 완전 자동화된 턴키 방식의 결정 분석 솔루션을 구현하여 ASTM E112 또는 다른 국제 표준을 준수하면서 작업자로 인한 잠재적 부정확성과 주관성을 제거하는데 도움을 줄 수 있을까요? 또한, 어떻게 하면 자동으로 데이터를 아카이빙하고 보고서를 자동으로 생성하여 귀중한 시간을 절약하고 비용을 절감할 수 있을까요?

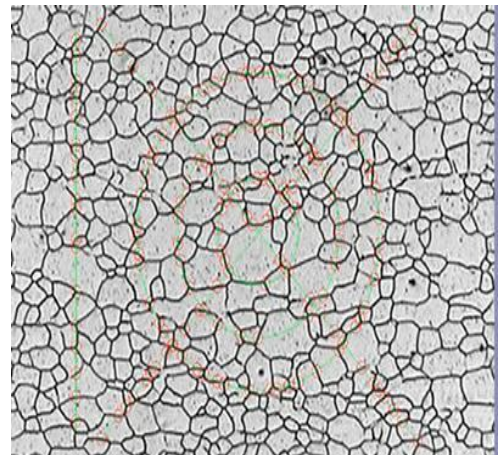


사전 정의된 결정 입도 패턴을 포함한 접안렌즈 삽자선(reticle)을 사용한 금속 결정 구조 분석

## ASTM E112 및 기타 표준을 준수하여 결정을 분석하는 방법

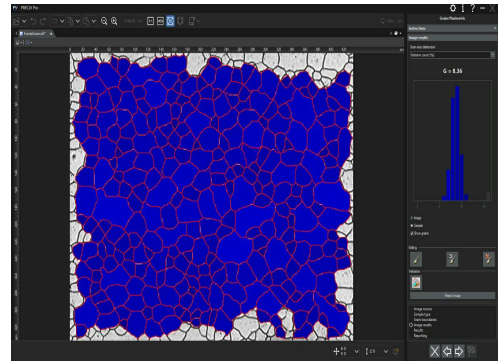
현대적인 디지털 금속 품질 관리(QC) 연구실에 들어가 보십시오. 금속 현미경을 위한 재료 과학 소프트웨어의 발전 덕분에 작업자는 ASTM E112 및 다양한 국제 표준을 준수하여 결정을 분석하는데 이미지 분석을 활용할 수 있습니다.

결정 입도 분석에 널리 사용되는 디지털 솔루션 중 하나는 intercept법입니다. 이 경우, 패턴(원, 십자 및 원, 선 등)이 디지털 이미지(라이브 또는 캡처된 이미지)와 겹쳐집니다. 겹쳐진 패턴이 결정 경계와 교차할 때마다 이미지에 점선이 그려지고 기록됩니다(오른쪽 이미지의 표시 예 참조). 시스템 보정을 고려하여 이미지 분석 소프트웨어는 자동으로 intercept 수 및 패턴 길이의 함수로 ASTM G 또는 결정 입도, 수 및 평균 intercept 길이를 계산합니다.



intercept법을 사용한 결정 분석

디지털 금속 연구실에서 결정 입도를 계산하기 위해 널리 사용하는 또 다른 방법은 planimetric법으로 알려져 있습니다. intercept법과 다르게, planimetric법은 단위 면적당 결정의 수를 계산하여 이미지(라이브 또는 캡처된 이미지)의 결정 입도를 결정합니다.



planimetric법을 사용한 결정 분석

이미지 분석 소프트웨어 내에서 내부적으로 결과가 계산되므로 작업자의 추측성이 제거됩니다. 많은 경우, 전반적인 정확도 및 반복 가능성 그리고 재현성이 향상됩니다. 또한, 일부 금속 현미경의 이미지 분석 소프트웨어는 결정 결과를 자동으로 스프레드시트 또는 선택적 통합 데이터베이스로 아카이빙하도록 구성할 수 있습니다.

관련 분석 데이터를 포함한 보고서와 관련 이미지 또한 최소한의 교육을 받고 버튼을 눌러 생성할 수 있습니다.

**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

ASTM E112 분석 결과

## 합금 및 금속 결정 구조 분석을 위한 추천 장비

디지털 이미지 분석을 통해 합금 및 금속 결정 구조를 분석하기 위한 일반적인 장비는 다음과 같은 요소로 구성됩니다.

### 1. 독립 금속 현미경:

납작한 연마 샘플은 기계식 스테이지에 납작하게 배치되므로 일반적으로 독립 현미경이 정립 현미경보다 선호됩니다. 이를 통해 사용자가 스캐닝 스테이지를 사용할 때 일관적인 초점을 유지할 수 있습니다.

### 2. 금속-특정 이미지 분석 소프트웨어

재료 과학 응용 분야용 이미지 분석 소프트웨어는 특정 금속 워크플로를 위해 선택적 애드온 모듈을 제공하는 경우가 많습니다. 이러한 워크플로로 사용자는 ASTM E112 및 다양한 국제 표준을 준수하여 결정 구조를 분석할 수 있습니다. 사용자는 구매 시 intercept법 또는 planimetric법 중 어느 것이 더 적절한지 결정해야 합니다.



일반적인 장비 구성: 도립 금속 현미경, 10배율 대물렌즈 및 고해상도 디지털 현미경 카메라

### 3. 10배율 금속 대물렌즈

합금 및 금속 결정 구조 분석에 필수적인 대물렌즈 배율입니다.

### 4. 고해상도 CCD 또는 CMOS 디지털 현미경 카메라

합금 및 금속 결정 구조 분석을 위한 디지털 카메라를 선택할 때 픽셀 크기 또는 결과적으로 얻어지는 픽셀 밀도보다 디지털 해상도를 우선적으로 고려해야 합니다. 샘플에 충분한 픽셀을 제공하고 미세한 세부 사항도 디지털 방식으로 재구성하기 위해 많은 현미경 사용자는 Nyquist의 정리를 따릅니다. 이 정리는 가장 작은 세부 사항을 표본화하는 데 2~3픽셀 또는 광학 해상도가 필요하다고 명시하고 있습니다. 결정 분석이 10배율 대물렌즈(10배율 접안렌즈가 함께 사용되면 총 100배율이 됨)로 수행되는 것을 고려하면 일반적인 중간급 대물렌즈의 광학 해상도는 약 1.1 $\mu$ m가 될 것입니다. 이는 실제 보정된 픽셀 크기가 366nm 미만이어야 함을 의미합니다(가장 작은 구분 가능한 특징당 필요한 3픽셀 제공).

예를 들어, 3.45 $\mu$ m 픽셀 크기를 가진 8.9메가픽셀 카메라는 345nm의 보정된 픽셀 크기를 제공합니다(1배율 카메라 어댑터를 사용하여 10배율 대물렌즈로 실제 픽셀 크기를 나눔). 렌즈 해상도(1.1 $\mu$ m)를 보정된 픽셀 크기(345nm)로 나누면 3.2가 얻어집니다. 이 예에서는 가장 작은 구분 가능한 특징을 표본화하기 위해 3.2픽셀이 존재하므로 구분 가능한 특징당 2~3픽셀이라는 나이퀴스트 기준을 충족합니다. 일반적으로 (가장 흔한 CCD 및 CMOS 센서의 픽셀 크기를 고려하여) 3메가픽셀 또는 그 이상의 평가를 받은 재료 과학용 현미경 카메라가 합금 및 금속 결정 구조 분석에 추천됩니다.

결정 입도 분석은 (컬러 모드보다 임계값 매개변수를 설정하기가 더 간편한) 그레이스케일 모드에서 안정적으로 수행될 수 있으므로 선택된 카메라에는 그레이스케일 모드 옵션이 있어야 합니다. 또한 라이브 모드에서 빠른 화면 재생률을 달성할 수 있는 카메라를 선택하면 샘플의 초점을 맞추거나 위치를 지정할 때 유리할 것입니다.

코딩된 수동 또는 전동식 회전식 대물렌즈 노즈피스가 권장됩니다. 선택된 이미지 분석 소프트웨어는 항상 자동으로 대물렌즈 배율을 읽을 수 있어야 합니다. 자동 인식을 통해 소프트웨어에 잘못된 렌즈 배율을 수동으로 입력할 위험을 제거할 수 있으므로 이러한 기능은 측정 정확도를 최고 수준으로 유지하는 데 도움이 됩니다.

관찰 및 분석을 위해 샘플을 조작하고 관심 영역의 위치를 지정하려면 수동 또는 전동식 XY 스캐닝 스테이지가 필요합니다.

선택한 PC는 카메라 및 이미지 분석 소프트웨어의 최소 시스템 요구 사항을 충족해야 합니다. 고해상도 모니터도 필요합니다.

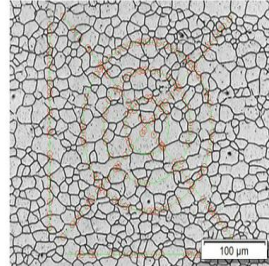


## 합금 및 금속 결정 구조 분석 절차

추천 금속 현미경 장비를 사용하여 결정 분석을 수행하는 일반적인 절차는 다음과 같습니다.

1. 10배율 대물렌즈를 선택합니다. 반사광 및 명시야 조건에서 XY 스테이지의 샘플을 조작하여 관심 영역을 봅니다.
2. 이미지 분석 소프트웨어를 통해 디지털 이미지를 캡처합니다. 참고: 소프트웨어 플랫폼이 라이브 이미지를 분석하는 기능을 제공할 경우 라이브 이미지를 대신 관찰해도 됩니다.
3. Intercept가 이미지에서 정확하게 표현되었는지 확인하려면 결정 분석 소프트웨어 내에서 필요한 필터를 적용합니다. 많은 소프트웨어 패키지에서 이 기능은 대화형으로 제공되므로 작업자는 필터가 절편에 주는 영향을 확인할 수 있습니다.
4. 소프트웨어는 선택한 표준에 따라 이미지를 분석합니다. 결과적으로 생성된 데이터가 이미지 분석 소프트웨어 안의 스프레드시트에 직접 작성됩니다.
5. 결정 분석은 5개의 무작위 필드에 걸쳐 수행되는 경우가 많습니다. 그런 경우에는 1~4단계를 연속해서 5회 반복하십시오.
6. 사용자가 사전에 정의한 템플릿을 기반으로 분석 결과, 보조 결정 이미지 및 관련 데이터를 포함하는 보고서가 자동으로 생성됩니다.

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		

## 결정 분석 프로세스를 간소화하는 다른 방법

작업자가 육안을 사용하여 결정 입도 또는 G 수치를 시각적으로 평가했던 수동 기법과 다르게, 현대의 재료 과학 응용 분야용 이미지 분석 소프트웨어는 작업자의 개입을 최소화하며 정확하게 반복적으로 결정 입도를 계산합니다.

많은 소프트웨어 패키지는 ASTM E112과 다양한 국제 표준을 준수하도록 설계되어 있으며, 최소의 노력으로 구현할 수 있습니다. 많은 소프트웨어 프로그램은 금속 결정 구조 분석 범위에서 더 나아가 편리한 연결성, 보고 및 데이터 관리 기능을 제공하여 시간을 절약합니다. 자동 보고서 생성, 데이터 아카이빙 및 공유, 빠른 이미지 및 관련 데이터 검색 기능을 갖춘 소프트웨어는 팀의 효율성을 높일 수 있습니다.

턴키 방식의 자동 결정 분석 솔루션을 선택할 때는 장비 선택부터 전체 배포에 이르기까지 이 프로세스의 각 단계에서 도움을 줄 수 있는 경험이 풍부한 현미경 제조사와 직접적으로 협력하는 것이 매우 중요합니다.

**참고 자료**

Carmo Pellicciari, 공학박사, 금속 컨설턴트

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

## Related Product



### MPLFLN-BD

MPLFLN-BD 렌즈는 세미 아포크로맷 색상 보정 기능을 제공하며, 광범위한 애플리케이션에 사용 가능합니다. 특히 암시야 관찰 및 광택 표면의 굽힘이나 에칭의 검사를 위해 특별히 설계되었습니다.

더 알아보기 ▶ <https://www.olympus-ims.com/microscope/mplfln-bd/>



### GX53

GX53 도립 현미경은 탁월한 이미지 선명도와 고배율에서 우수한 해상도를 갖췄습니다. 코딩된 회전식 노즈피스, 소프트웨어를 포함한 액세서리로 현미경의 모듈식 설계가 사용자의 요구 사항에 맞게 쉽게 사용자 정의됩니다.

더 알아보기 ▶ <https://www.olympus-ims.com/microscope/gx53/>



### PRECiV

PRECiV™ 소프트웨어는 사용하기 간편하며 현미경을 제어하여 생산, 품질 관리 및 검사 작업 중 반복적인 2D 측정을 수행할 수 있도록 해줍니다.

더 알아보기 ▶ <https://www.olympus-ims.com/microscope/preciv/>