

스마트폰을 이용한 휴대용 색차계와 입도계 개발

유상규 · 박현민 · 김현구 · 김사염 · 송시몬[†]

Development of Portable Colorimeter and Size Analyzer by Using Smartphone

Sanggyu Yoo, Hyunmin Park, Hyungu Kim, Sayeom Kim and Simon Song[†]

Abstract The purpose of this research is to develop a facile measurement system for colorimetric analysis for zinc powder and size analyzer for zeolite particles in order to reduce the process time for their characteristic analysis. We present facile smartphone-based analysis methods to measure and estimate the size of zinc powder by using colorimetric method and the size of zeolite particles by using ImageJ program which is an open-source program. The results show a possibility of our methods to replace the previous professional analysis processes with them.

Key Words : Size Analyzer(입도계), Colorimeter(색차계), Euclidian Distance(유클리드 거리), Color Space(색공간)

1. 서론

산업 생산 현장에서 아연분말 색 값과 제올라이트 입자 크기 및 분포도 측정을 위해서는 현장 내부가 아닌 연구실까지 운반하여 진행하는 것이 불가피한 요소 중 하나이다. 이 과정에서 생기는 시간적 손해를 방지하기 위해 휴대용 측정 장비를 개발할 수 있는 방법이 있다면 시료들을 연구실에 보내지 않고도 아연 분말과 제올라이트 입자 생산의 불량률을 줄일 수 있고 생산을 향상에 크게 도움이 될 수 있다.

기존 산업 현장에서는 아연 분말의 경우 가공 시간이 길어질수록 입자의 크기가 작아진다.⁽¹⁾ 분말 크기를 측정하기 위해서 분말 크기에 따라

색의 정도가 달라지는 원리를 이용하여 간편하게 분말의 색을 측정하는 색차계를 이용하여 크기를 결정한다. 일반적으로 색차계에서 보여주는 명도값(L값)을 이용하는데, 입자의 크기가 작아지면 분말의 L 값이 낮아지는 것을 이용하여 사람의 육안에 의존하여 가공을 중단하고 연구소로 샘플을 보낸다. 이 과정에서 생산 가공을 잠시 중단해야 하고 결과에 따라 재생산에 들어가지야 한다.

제올라이트 입자의 경우, 가공 시간이 지날수록 입자의 크기가 증가하며 특정 크기 범위에 분포하는 입자들만 사용된다.⁽²⁾ 일반적으로 현장에서는 육안과 촉감으로 입자를 확인하여 가공의 진행 여부를 결정한다. 이 과정에서 수율은 비교적 낮게 나오는데, 그 이유는 측정 장비가 아닌 사람의 촉감을 이용하기 때문이다. 상당량의 입자들은 다시 분쇄하여 재생산에 들어가기 때문에 오차를 줄이면 생산성이 증가한다는 것

[†] Department of Mechanical Convergence Engineering, Hanyang University
E-mail: simonsong@hanyang.ac.kr

을 알 수 있다.

본 논문에서는 현장에서 바로 사용하여 아연 분말이나 제올라이트 입자의 상태를 모니터링 할 수 있는 가시화 장비 개발을 목표로 LED, 압막박스, 스마트폰으로 구성된 시스템을 개발하고자 한다. 기존의 산업현장의 연구실에서 사용되는 정밀장비는 고가의 장비이기도 하며, 전문적 지식을 갖춘 연구원이 사용해야 한다는 단점이 있었다. 본 연구에서는 스마트폰을 이용하여 산업현장의 노동자들이 손쉽게 시료의 상태를 파악할 수 있는 장비 개발을 위한 선행연구를 진행한다. 스마트폰을 통해 분말 또는 입자들을 촬영한 후 이 영상에서 얻은 분말색 정보 및 입자 크기 정보와 기존 정밀장비들의 결과와 연관성을 파악하여, 스마트폰으로 얻은 데이터의 신뢰성을 확보하고자 한다.

2. 실험 방법

2.1 아연분말 분석

입자 크기와 빛의 반사율과의 관계성을 보면 입자가 두꺼워질수록 빛 흡수율이 높아진다. 따라서 입자의 크기 변화를 색 변화를 통해서 관찰 할 수 있다. 색 분석을 위해서는 CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) 색공간을 이용하였다. 기존 업체에서 사용하는 CIE-Lch 색공간은 Fig. 1과 같다. 우리는 ImageJ 프로그램을 이용하여 영상에서 L 값을 얻고 이와 현장에서 많이 사용하는 분광측정계(미놀타 CR-10, 미국)를 이용하여 구한 입자 크기 값의 연관성을 파악하여 분말 입자의 크기를 판별하였다.

2.2 제올라이트 입자 분석

색이 균일한 입자의 경우 입자 영상과 영상 분석 프로그램(Image J)을 이용하여 입자 크기 및 분포도를 측정할 수 있다. 입자 영상을 이진화(binary)하고 여기에 Threshold 값을 이용해 Fig. 2와 같이 배경과 입자를 분리할 수 있다. 적절한 Threshold 값은 현장에서 많이 사용하고 있는 입도분석기인 RS400 장비를 통해 얻는 값과 비교

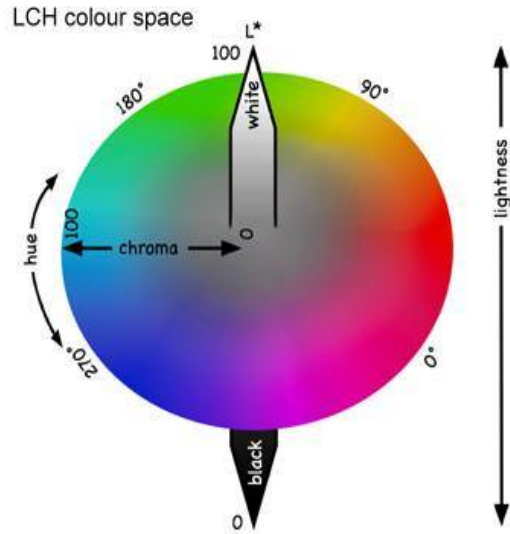


Fig. 1. CIE-Lch Color Space: Each letter in ‘Lch’ indicates the three axes in the sphere. The L axis represents ‘lightness’. The c axis represents ‘saturation or chroma’. The h axis represents ‘hue’.

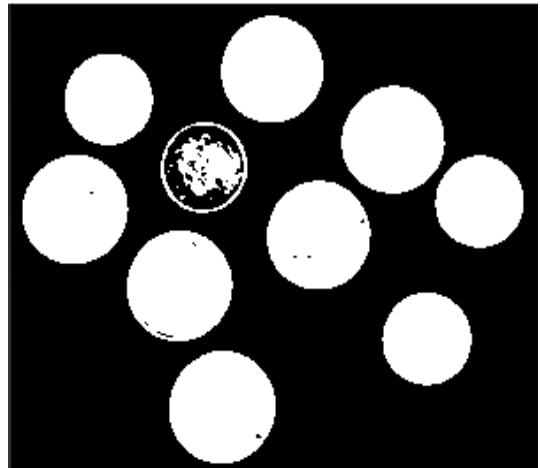


Fig. 2. Threshold Particle

하여 파악하였다. 저 또한 제올라이트 제조 과정에서 수분이 첨가되어 측정 시 입자가 영커 있는 것을 확인하였다. 이렇게 입자가 영커 있어도 이후 단계인 건조과정에서 분해된다. 따라서 모두 유의미한 입자로 계산하여야 하기 때문에 이를 해결하기 위해서 Watershed기능을 이

용하였다. Watershed기능은 한 개의 원형 입자를 EDM(Euclidian Distance Map)으로 지정하여 원의 중심에서 원의 끝 단을 지정하여 한 개의 입자로 보기 때문에 붙어 있는 입자들도 각각 Counting이 가능하다. 이를 이용하여 입자의 크기 측정하고 이를 바탕으로 크기 별 분포도를 제공한다. 이렇게 얻은 값과 현장에서 실제로 사용하는 분체기(AS400 Control, Retsch)를 통해 얻은 값을 비교하여 신뢰성을 확보하였다.

2.3 실험 장치 구성 및 방법

Fig. 3과 같이 아크릴과 알루미늄 프로파일로 카메라 촬영을 위한 부분을 제외한 외부의 모든 빛을 차단할 수 있는 암막 박스를 제작하였다. 또한 시료 측정 시 모든 부위에 일정한 광량을 조사할 수 있도록 암막박스 내부에 LED등을 설치하였다. 시료를 담은 플레이트의 경우 제올라이트와 아연 분말을 다르게 설계하였다. Fig.4에 보이듯이 아연분말은 6개의 시료를 동시에 담을 수 있도록 제작했는데, 실제 현장에서 6개의 장비에서 나오는 분말을 각각 한번에 측정하기 위해서이다. 제올라이트는 시중에 파는 실험접시를 이용하여 입자의 색과 겹치지 않는 색으로 사용하였다.

아연분말 색차계는 다음과 같이 구성하여 운영하였다. Fig. 4에 보인 바와 같이 플레이트 6개의 정사각 홀에 분말을 가득 채운 후 표면을 고르게 만든다. 표면 고르기에 따라 신뢰성이 향상되기 때문에 최대한 분말 표면에 금(Crack)이 보이지 않게 해야한다. 그 후 스마트폰으로 대상 이미지 촬영한다. 촬영된 이미지를 분석하여 명도값을 얻은후 동일한 분말에 대해 CR-10을 이용하여 얻는 L값과 비교하였다.

제올라이트 입도계는 다음과 같이 구성하여 운영하였다. 제올라이트용 플레이트에 제올라이트를 채운 후 스마트폰으로 대상 이미지 촬영한다. 이후 촬영된 이미지를 ImageJ 프로그램을 이용하여 분석하여 각 입자별로 지름을 구하고, 이 값들과 네오네 RS400 장비를 통해 얻은 값들을 비교 분석하였다.

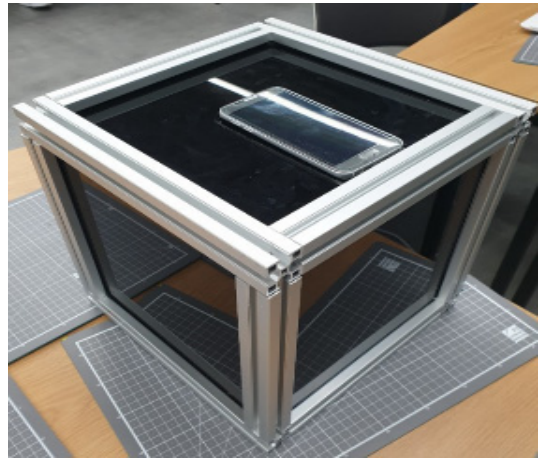


Fig. 3 Black box (top) and LED light (bottom)

3. 결과

아연분말 위치에 따른 영상 차이를 분석하기 위해 같은 양의 다른 아연분말 샘플 3개(A, B, C)를 Fig. 4에 보여진 플레이트의 6개 홀에 두개씩 채우고 영상을 비교 분석하였다. 4번의 실험을 반복한 결과, A의 상대 오차율은 0.28%, B의 상대오차율은 0.33%, 그리고 C의 상대오차율은 0.3% 결과가 나왔다. 이에 대한 평균 오차율은 0.28% 이다. 위 결과는 플레이트 6개의 홀 위치에 따른 영상 분석결과와의 차이가 무시할만큼 작음을 보여주고 있다. 이 결과를 색차계 CR-10의 결과와 비교했을 때 Fig. 5과 같이 약간의 오차가 있으나 오차 범위가 1%이내로 충분히 작음을 알 수 있다. 이는 빛의 세기나 조사되는 각도

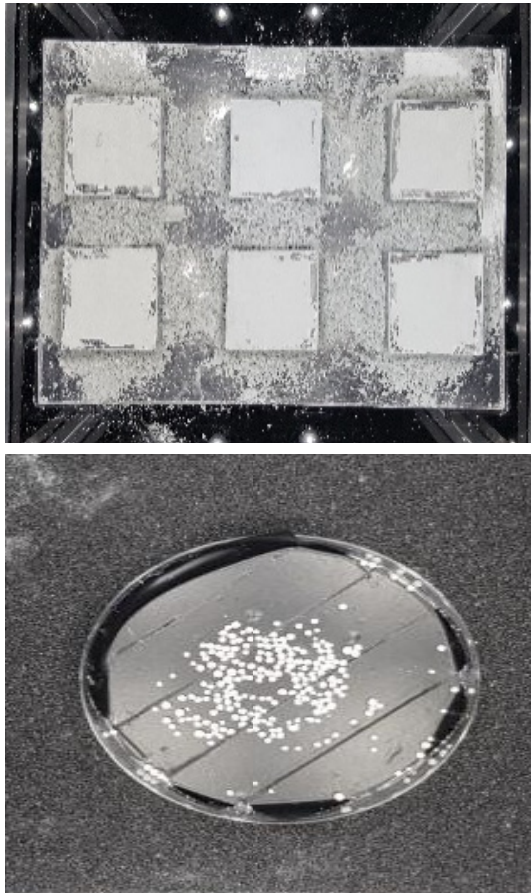


Fig. 4. Plates for zinc powder (top) and zeolite (bottom). The holder dimension for zinc powder is 1 cm square.

에 따라 영상에 보이는 색의 값이 바뀔 수도 있어 여러 각도에서 일정한 빛을 받을 수 있도록 LED 등을 설치하여 결과가 안정적으로 도출된 것으로 판단된다.

제올라이트 입자들은 4개의 독립된 샘플을 준비하여 영상을 얻고 이를 분석하였다. Fig. 6에 보인 바와 같이 입자의 크기가 1.40 ~ 2.36 mm 인 경우가 가장 많았고, 이를 정밀 장비 RS400 와 비교해보면 약 3~8% 범위의 오차를 보였다. 이 결과는 스마트폰으로 얻은 입자 영상 분석으로도 입자 크기를 정밀하게 추정할 수 있음을 확인해 주고 있다. 이 결과에서 사용된 입자 크기의 범위는 현장에서 필요로 하는 입자의 범위이다.

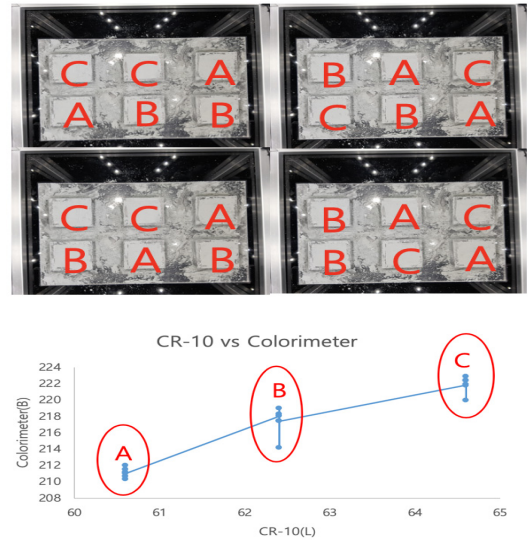
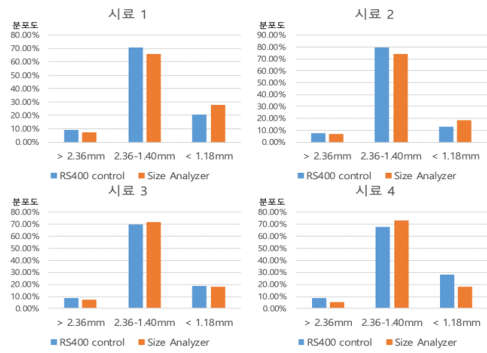


Fig. 5. Optical images of powder arrangement (top) and comparison of the results between CR-10 and our colorimeter (bottom) where the 'colorimeter B' in the vertical axis indicates 'Brightness.'



RS400CONTROL VS SIZE ANALYZER

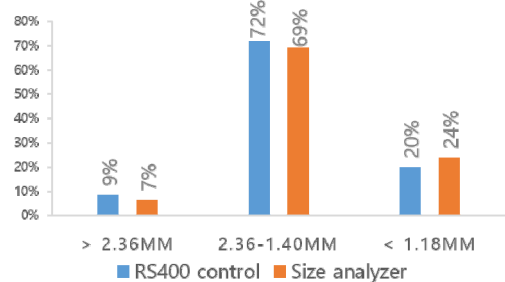


Fig. 6. Comparison of zeolite particle sizes measured by RS400 and our size analyzer: 4 samples (top) and their average (bottom).

4. 결 론

본 실험은 산업 생산 현장에서 만들어지는 아연분말과 제올라이트의 특성을 가시화 장비를 이용하여 간편하고 빠르게 분석할 수 있는 기술을 개발하기 위해 실시되었다. 두 샘플 모두 기존 정밀 장비를 이용해 분석한 특성들과 이 실험에서 개발된 장비를 이용해 분석한 결과가 비교적 적은 오차 범위내에서 일치하였다. 본 실험 결과는 스마트폰 기반 색차계 및 입도분석기의 신뢰성이 현장에서 사용하기에 큰 문제가 없을 것이라는 가능성을 보여주었다.

REFERENCE

- 1) Choonho Park, Myoung-Ock Cho, Donghee Lee, Jung Kyung Kim, 2012, Analysis of Blood Cell Images Using Smartphone-based Mobile Smartscope, JKSV, v10, No. 2, pp. 25~31.
- 2) Gwang Mook Choi, Hong Jun Chae, 2019, Reflectance Characteristics of Al-Si based Alloys according to Powder Size and Composition, Journal of Korean Powder Metallurgy Institute, v26, No. 1, pp22-27.