

SS14 : 세라믹분야 스마트그린 제조혁신 기술

SS14-1 | 세라믹 공정 데이터 수집과 지능화를 통한 스마트그린 플랫폼 개발 및 적용 연구

*한윤수¹, 류성수¹, 김성원¹, 안창의¹, 김형훈¹

¹한국세라믹기술원

본 연구는 두 단계로 진행되며, 첫 단계는 공정 데이터 수집 자동화와 그 관리시스템(MES) 구축에 초점을 맞추었다. 한국세라믹기술원에서는 선행 연구를 통해 공정 데이터 수집 자동화 기술을 확보하고, 이를 기업의 다양한 공정 설비에 적용하며, 구축된 MES는 에너지관리시스템(FEMS)과 연동되어, 자동 수집된 데이터는 각 기업의 엣지서버에 저장된다. 이 데이터는 후속 연구에서 AI 모델 개발에 활용될 예정이다. 첫단계의 마지막 연도에는 AI 기반의 MES-FEMS 시스템을 현장에 도입하고, 그 성능을 검증할 예정이며, 이 시스템은 스마트그린 플랫폼의 초기 버전으로, 데이터의 신뢰성 검토와 현장 문제점의 즉시 해결을 중점적으로 진행될 것이다. 두 번째 단계에서는 스마트그린 플랫폼의 실증 및 확산을 목표로 한다. 참여기업에서는 플랫폼의 도입으로 신제품 개발 시간과 비용의 절감 효과를 검증하고, 최종연도에는 플랫폼의 홍보와 확산을 위해 다양한 지역에서의 홍보 활동을 진행하고, 지속적인 발전을 위한 비즈니스 모델 검증을 수행한다.

SS14-2 | 세라믹소결체에 존재하는 결함의 특성

*김성원¹, 안창의¹, 류성수¹, 한윤수¹

¹한국세라믹기술원

소결체를 제품으로 사용하는 세라믹스의 기계적인 물성에 영향을 미치는 내부와 표면의 결함은 혼합-분무건조-성형-탈지/소결-가공 등의 제조공정 각 단계에서 발생할 수 있다. 특히 세라믹소결체의 기계적 물성에 열화를 가져오는 수습에서 수백 마이크론 크기의 결함은 각 제조공정 단계에서 생겨서 최종 제품에 존재하기도 한다. 본 발표에서는 세라믹스의 제조공정에서 나타나는 결함들이 기계적 물성에 미치는 영향과 이를 제조공정 중이나 파손시에 분석하는 방법들을 살펴보고자 한다.

SS14-3 | 전남테크노파크 세라믹공정 디지털시스템 적용 현황

*최광표¹

¹전남테크노파크

최근 산업 전분야에 디지털 전환은 선택이 아닌 생존을 위한 필수요소로서의 인식이 확대되고 있으며, 이를 위한 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 클라우드 등의 디지털 기술이 급부상하고 있다. 디지털 전환은 변화하는 시장과 소비자 요구사항을 충족하기 위해 디지털 기술을 활용하여 사업 전반에서 새로운 형태의 프로세스 및 고객 경험의 창출을 의미하고 있으며, 단순한 시스템 뿐만 아니라 기업의 경영전략, 내부 조직 구조 및 프로세스, 비즈니스 모델 등 전반적인 영역에서 디지털화가 이루어져 전통적인 사업구조를 디지털 시장과 소비자 니즈에 맞게 재편성하는 것을 의미한다. 일반적으로 제조업의 디지털 전환은 스마트공장 구축으로 인식되고 있으며, 국내 제조업에서도 정책적 지원을

통해 스마트공장의 도입이 빠르게 진행되고 있다. 하지만 현재까지는 제조현장 중심의 전산화(Digitization), 디지털화(Digitalization) 관점으로 집중되어 있으며 디지털 전환까지는 극복해야 할 과제가 많다고 할 수 있다. 특히 세라믹산업 제조현장은 전산화 비중이 낮고 제한된 범위에서의 디지털화가 진행되고 있어 제조경쟁력을 제고를 위한 스마트 제조혁신이 시급한 상황이라 할 수 있다. 이러한 측면에서 전남테크노파크 세라믹산업센터에서는 구축된 인프라를 기반으로 디지털 기술 접목을 통한 세라믹공정의 디지털화 실증을 진행하고 있다. 본 발표에서는 그동안의 적용된 디지털 시스템 사례를 소개하고 이를 구현하는 과정에서 발생된 문제점 및 기술적 한계 등을 살펴보고자 한다. 또한, 이러한 사례 고찰을 통해 세라믹산업 제조현장의 보다 효율적인 디지털화 전략을 모색하고자 한다.

SS14-4 | 세라믹 분말 공정에서의 Vision AI 기술

*정의현¹

¹안양대학교

세라믹 분말 공정에서 분말 품질을 측정하기 위해서는 분말의 형상과 크기 분포를 확인할 수 있어야 한다. 기존에는 분말 공정 후에 전문가의 육안을 통한 판별만이 주요한 방법이었는데, 정확도와 효율 면에서 많은 개선이 필요했다. 세라믹 분말 제조공정을 스마트 그린 지능형 공정으로 변화시키기 위해서는 기계가 자동으로 분말의 형상과 크기를 파악해주는 인공지능 기술의 적용이 매우 중요하다. 그러나 분말 과립 사진은 조도, 카메라 성능, 포커스 등의 외부 조건에 의해서 불균일한 품질을 갖기 때문에 단순한 Vision AI 기술의 적용으로는 원하는 성능을 얻기 어렵다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 Super Resolution, YOLOv8, Segment Anything 등의 최신 Vision AI 기술을 적용하여 분말 제조공정 중의 세라믹 분말의 사진에서 자동으로 분말 과립을 인식하여 과립의 형상을 파악하고, 형상 분포를 계산하는 기술을 개발하고 있다. 본 발표에서는 최신 Vision AI 기술들의 특징과 불균일한 품질을 가진 분말 과립 사진에 어떻게 이 기술들을 적용할 것인지에 대한 방안을 살펴보고자 한다.

SS14-5 | 세라믹소재부품 주요공정의 시뮬레이션 및 인공지능 기반 디지털전환 기술 소개

박진화¹, 류가애¹, *현상일¹, 한윤수¹

¹한국세라믹기술원

세라믹소재부품에 대한 스마트 제조그린 기술 구현을 위해 세라믹 분말성형, 소결 등 세라믹 주요 제조공정에 대해 디지털전환 기술들이 다양한 형태로 개발되고 있다. 제조데이터에 기반한 스마트 제조를 위해서는 대량의 제조공정 데이터가 필수적인데, 실제로는 연구 및 산업 현장에서 넓은 범위에서 대량의 필요한 데이터를 구하기가 쉽지 않은 실정이다. 이를 대체하기 위해서 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 가상 제조공정 모델을 도입하고, 이로부터 인공지능기술 적용을 위한 가상의 제조공정 데이터를 생성하는 기술이 대안으로 도입되고 있다. 또한 인공지능 기술과 시뮬레이션 기술을 연계하여 가상공정 모델을 구현할 경우, 시물

레이션만으로 구현하는 가상공정에 비해 매우 빠른 공정 해석이 가능하여 실시간 시각화 및 제조공정 최적화에 효과적으로 활용될 수 있다. 본 발표에서는 스마트 제조그린사업을 통해 개발되고 있는 세라믹 가상공정 모델과 이를 활용한 사례들을 소개하고자 한다.

SS14-6 | 세라믹산업 DX를 위한 클라우드기반 자율학습 범용 서비스플랫폼 기술개발

*오현우¹

¹한국전자통신연구원

첨단 세라믹 제조 공정 중에 대표적인 4대 공정으로써, 불밀공정, 분무건조, 성형공정, 소결공정을 대상으로 공정조건을 찾는데 소요되는 시간의 문제, 제품 또는 반제품의 불량 발생되었을 때 어떤 단위공정에서 어떤 조건에 의해 불량이 발생되었는지를 분석하는 문제, 새로운 품질 또는 물성을 요구하는 바이어의 요구에 대해 조성과 공정조건을 찾는데 소요되는 실험횟수와 시간의 문제 등, 상기 3가지 문제점을 해결하기 위한 솔루션으로써, 인공지능 기술을 활용한 클라우드 기반의 자율학습 범용 서비스플랫폼 개발을 다룬다. 해결해야 하는 문제점을 단위공정별로 학습데이터셋의 구성방법과 적용하고자 하는 AI 모델을 소개한다. 특히, 데이터셋의 확보가 어려운 세라믹 분야의 특성을 고려하여 가상데이터셋을 어떻게 생성하여 활용할 것인지에 대한 개발 방안을 소개한다. 해당 플랫폼은 클라우드 기반으로 모델을 학습하고 학습된 모델을 엣지서버에 내려서 현장의 실데이터와 맞물려 운영되도록 하는 구조를 갖고 있으며, 현장 데이터의 변화 및 배포된 모델의 정확도가 떨어질 경우에는 재학습에 대한 트리거링이 자동으로 이루어지며, 현재까지 축적된 학습데이터셋을 기반으로 재학습과 재배포를 자동으로 이루어지도록 하는 기술을 소개한다. 또한, 클라우드 기반의 서비스는 4대 공정 전용 서비스, 4대 공정 범용 서비스, 장비의 특성 변화에 따른 가상 시뮬레이션 서비스, 자율학습 기반의 범용서비스 등을 지원 하는 서비스 플랫폼을 소개한다.

SS14-7 | 기계학습의 회귀와 분류 모델을 적용한 세라믹 공정 및 품질 관리 기술

*김현중¹, 오현우¹

¹한국전자통신연구원

최근 전기차, 드론과 같은 미래 모빌리티 시장이 확장하면서 관련 반도체, 이차전지, 디스플레이 등과 같은 첨단 제조업이 성장하면서 세부 공정에서 세라믹 부품이 필수적으로 요구된다. 이런 산업 구조의 변화로 현대 생활에서 파인 세라믹스의 응용 분야는 매우 중요한 위치를 차지하게 되었으며 그 분야는 전기/전자 세라믹스, 생활/환경 세라믹스, 기계/구조 세라믹스, 바이오 세라믹스 등으로 크게 4종류로 구분된다. 국내 세라믹 소재산업이 글로벌 경쟁력을 갖추기 위해서는 최적의 물성을 가진 세라믹 소재를 빠른 시간 내에 최적의 소재 합성법을 탐색하여 소재를 개발하는 것이 중요하다. 일반적으로 새로운 물성의 세라믹 소재를 개발하기 위해서는 여러 원료를 혼합하고 여러 복잡한 공정을 거쳐 합성한 후 소재의 성능을 확인하게 되는데, 대부분의 세라믹

소재를 합성할 때 원료의 물성뿐만 아니라 공정 조건에 따라 소재의 물성이 민감하게 변화한다. 이런 문제를 해결하기 위해 산업계/학계/연구기관은 다양한 방법을 시도하고 있으며, 최근 빅데이터를 기반한 AI 모델(기계학습 및 딥러닝)을 활용한 소재 개발 시스템 개발에 집중하고 있다. 미래차용 유전소재 개발을 위해 원료 조합, 조성, 공정 조건, 물성 경우의 수 조합이 최대 67,620번의 실험을 수행하여야 하며, 이런 반복 실험은 수많은 시간과 막대한 비용 손실을 유발한다. 미래차용 유전소재의 최적 조성과 공정 탐색을 위한 실험 조건은 최대 67,620 경우가 되며 실험 1회당 소요 시간을 1시간으로 가정한다면 모든 실험을 수행하는데 소요되는 기간은 7년을 훌쩍 넘게 된다. 이런 문제를 해결하기 위해 우리는 다양한 조건을 입력으로 세라믹 소재 물성을 예측(forward)하고, 이와 반대로 요구 물성이 주어질 경우 이를 만족하기 위한 원료 조성 및 공정 조건을 추론(backward)할 수 있는 방법론을 설계하고 유전소재 실험 데이터를 이용하여 그 가능성을 실험하였다. 우리는 세라믹 공정을 불밀, 분무건조, 성형, 소결로 크게 4개의 공정으로 단순화하고 각 공정에서 고려되는 품질 및 물성 관련 데이터를 정리하였다. 불밀 공정은 원료를 혼합하여 슬러리를 만드는 과정으로 혼합 비율, 불밀 회전 속도, 혼합 시간 등이 중요한 인자이다. 슬러리는 분무건조 공정을 거쳐 분말로 변형되는데 이 과정에서는 슬러리 유동도, 아토마이저 회전 속도, Inlet/Outlet 온도가 소재 물성에 중요한 영향을 미친다. 성형 공정에서는 제품의 밀도와 연관된 탭 밀도, 성형 압력, 압력 유지 시간 등이 품질과 상관성을 갖으며, 소결 공정에서는 제품의 수축에 영향을 미치는 승온 속도, 온도 유지 시간, 유지 온도 등이 중요 입력 데이터로 고려되었다. 우리는 AI 모델 도입으로 세라믹 소재의 물성 예측 및 제조 공정 조건 추론 방법론을 설명하고 제안 방안의 가능성을 실험하였다. 우리는 소재 물성과 관련된 다양한 입력 특성을 갖는 데이터를 성능이 입증된 회귀/분류 기계학습 모델에 적용하여 물성 예측과 공정 조건 최적 선택 모델을 개발하였다. 소재 물성 예측 및 요구 물성 조건 추론 모델의 정확도는 90%이상으로 소재 개발 기간을 대폭 줄일 수 있을 것으로 예상된다.