

알루미늄 빌렛 생산 불량률 감소를 위한 모니터링 시스템 구현

김현석, 강수성, 이충엽, 김성렬*

*금오공과대학교

{zabcd121, susung1107, lcy042000, *sungryul}@kumoh.ac.kr

Implementation of Monitoring System for Reduction of Defect Rate in Aluminum Billet Production

Kim Hyeon Seok, Kang Su Sung, Lee Choong Youp, Kim Sung Ryul*

*Kumoh National Institute of Technology

요약

본 논문은 알루미늄 빌렛 제조 환경의 모니터링 및 관리 시스템을 개발하여 불량 발생 원인을 분석하고 그 결과를 작업자에게 환류하여 공정 불량률을 낮추는 데 목적이 있다. 양품과 불량품의 제조과정에서 관측된 데이터의 통계적 특성 차이를 도출하여 빌렛 주조 공정에 영향을 미치는 요인을 파악하였다. 또한, 기상청에서 제공하는 공공데이터를 활용하여 미처 측정하지 않았던 온습도가 공정에 미치는 영향을 분석하였다. 분석 결과는 공정 환경 개선에 통찰력을 주는 동시에 대시보드와 연계하여 작업자에게 제품 생산 시 주의해야 할 사항을 안내해줄 것으로 기대된다.

I. 서론

4차 산업혁명과 함께 많은 제조 기업들은 구조 고도화 및 경쟁력 제고를 위해 다양한 ICT 기술을 활용하고 있다. 특히 데이터 기반 의사결정이 중요해짐에 따라 제조 공정에서 발생하는 데이터를 효율적으로 저장·관리·분석하는 시스템 도입은 선택이 아닌 필수로 자리 잡았다.[1]

다양한 제조산업 중 알루미늄 사업은 코로나로부터의 일상 회복에 기인한 포장재 수요 증가와 증가하는 전기차 생산 수요로 인해 점차 회복되는 추세다. 순수 알루미늄은 부드러운 금속이므로 일반적으로 구리, 마그네슘 등 부속물을 첨가하여 그 성질을 변화시키고 빌렛이라 불리는 원통형 블록으로 주조하여 고객사에 납품한다. 빌렛 제작과정에는 용해, 열처리, 냉각 등 온습도에 민감한 공정을 포함하고 있으므로 이들이 제품 생산에 미치는 영향을 분석하는 것이 필요하다.

이에 본 연구에서는 경북 구미시 소재 알루미늄 합금 제조업체인 미래금속의 빌렛 주조 작업환경에 부착된 센서로부터 수집된 데이터를 분석하고 작업일지를 웹 기반으로 관리하는 통합 솔루션을 개발하였다. 총 38곳에서 관측된 공정 및 환경 데이터가 서버에 저장되면 이를 일지 데이터와 결합하여 다양한 통계 정보를 도출한다. 또한, 온습도와 같은 환경 데이터를 수집하기 전인 2022년 12월 이전 데이터의 경우, 기상청에서 제공하는 공공데이터로 대체하였다. 특히, 분석을 통해 1) 습도가 높은 8월과 9월에 불량률이 높아지는 것과 2) 알루미늄 용탕의 산화물과 기포를 제거하는 탈가스 공정에서 습도가 미치는 영향이 있음을 유추할 수 있었다. 향후 축적되는 데이터의 양이 많아지면 더욱 다양한 분석이 가능할 것으로 기대한다.

II. 본론

개발한 솔루션의 기능은 크게 웹 기반 용해/주조일지 관리와 통계분석으로 구분된다. 먼저 대상 기업이 전통적으로 사용하던 엑셀 파일 기반 용해/주조 일지 관리 방식은 데이터 정합성 결여, 구성원의 낮은 접근성, 공정

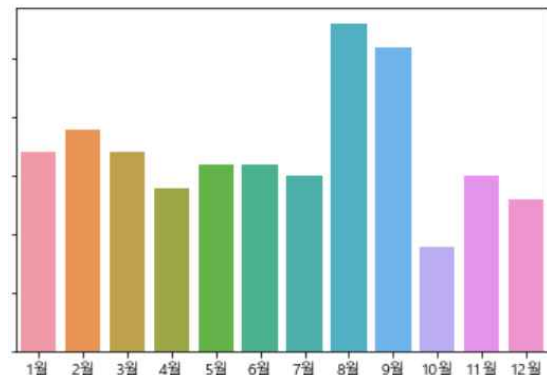


그림 1 2022년 1월부터 12월까지 발생한 불량 건수(발생건수는 대외비이므로 y축 표기하지 않음)

데이터와의 결합(join) 불가능 등 많은 한계점을 가지고 있으므로 이를 관계형 데이터베이스인 마리아DB에 저장하고 웹 페이지에서 조회할 수 있도록 리액트 기반 단일 페이지 애플리케이션을 개발하였다. 먼저 작성되는 용해 일지 데이터 중 주조 일지에도 동일하게 사용되는 필드는 주조 일지에 자동으로 채워 작업자의 일지 작성 피로도를 감소하였으며 데이터 검증을 통해 휴먼에러(Human Error)로 발생하는 데이터 오기입 문제를 완화하였다.

통계분석에 사용된 데이터는 2022년 1월 3일부터 12월 13일까지 작성된 용해/주조 일지이며 총 2067개의 제조 공정 데이터가 포함되어 있다. 주조 일지에 기록된 불량수량이 1 이상인 모든 공정을 양품생산 공정과 구분하여 다양한 통계적 차이를 확인하였으며 두 가지 유의미한 차이를 관측하였다. 우선 그림 1a와 같이 8월과 9월 불량 발생 건수가 다른 달보다 많다. 이는 공정 환경의 높은 주위 온습도가 불량 발생 요인이 될 수 있음을 암시한다. 실제로 온습도가 빌렛 제조에 영향을 미치는지 확인하기 위해 불량 발생 공정에서의 온습도 데이터를 확인코자 했으나 온습도 센서 부

공정	기온	강수량	풍속	습도
장입	14.54	0.09	0.87	59.77
탈가스	14.50	0.09	0.87	60.01
주조	14.50	0.09	0.87	60.04

표 1-1 양품 제조 공정에서 관측된 기상 정보

공정	기온	강수량	풍속	습도
장입	15.24	0.13	0.82	62.76
탈가스	15.02	0.17	0.75	63.78
주조	14.95	0.27	0.79	64.06

표 1-2 불량품 제조 공정에서 관측된 기상 정보

착 및 데이터 수집은 2022년 12월 1일부터 수행되었으므로 이를 활용하기에는 불충분하다.

본 연구에서는 대안으로 기상청에서 제공하는 구미시 공공데이터를 활용하였다.[2] 기상 데이터가 관측된 장소는 경북 구미시 남동동(위도 : 36.13055 경도 : 128.32055)으로 미래금속이 위치한 금전동과 다소 차이는 있으나 온습도와 불량 발생의 상관관계 및 추이를 분석에 용도로는 충분하다고 판단하였다. 표 1-1과 1-2에서 나타낸 바와 같이 불량이 발생할 때 양품을 생산했을 때보다 습도가 높은 것을 확인할 수 있으며 특히 탈가스와 주조 시 습도에 영향이 더 큰 것으로 파악되었다. 따라서 탈가스와 주조 공정 환경 주위에 제습기 설치 등 온습도 제어 설비 구축이 필요한 것으로 판단된다.

그림 2는 앞서 언급한 기능 수행을 위해 구축한 솔루션의 구성도를 나타낸다. 먼저 작업환경에 설치된 다양한 센서는 TCP 서버로 1분 주기로 데이터를 전송하면 TCP 서버는 매일 오전 1시에 전날 축적한 모든 데이터를 지정한 경로에 엑셀파일로 저장한다. 관리자는 현장 작업자가 작성한 용해/주조 일지를 웹으로 입력할 수 있다. 이를 수신한 프론트 서버는 RestAPI 서버로 데이터 저장 및 수정 데이터를 전달한다. 참고로 프론트 서버와 API 서버는 각각 리액트와 스프링부트를 이용하여 개발되었다. API서버는 이를 관계형 데이터베이스인 마리아 DB에 저장하며 이때 JPA(Java Persistence API)를 이용하여 데이터베이스 프로그래밍의 효율성을 높이고 있다. 세션 관리는 JWT(JSON Web Token)을 통해 이루어지며 사용자 요청으로부터 전달받은 JWT는 redis에 저장된다. 분석을 담당하는 딥러닝 서버의 경우 파이썬 기반 백엔드 개발 프레임워크인 Flask로 구현했으며 데이터베이스에서 조회한 데이터는 pandas 패키지에서 제공하는 Dataframe으로 관리된다. Dataframe을 이용할 경우 다양한 통계 정보를 손쉽게 추출할 수 있으며 특히 describe 메소드를 통해 기본적인 통계 정보를 한 번에 확인할 수 있는 장점을 있다. 또한, 기존에 구축된 TCP 서버 프로그램과의 구분을 위해 도커를 사용하여 독립된 배포환경을 구축하였다. 이를 통해 프론트 및 RestAPI, 딥러닝 서버의 유지보수가 좀 더 용이할 것으로 기대한다.

III. 결론

본 논문에서는 빌렛 제조 불량률 감소를 위한 데이터 통합 관리 시스템을 개발하였다. 수기로 기록된 데이터에서 발견된 결측치(missing value), 타입 및 포맷 에러 등을 보정하여 데이터의 정합성 및 무결성을 확보하고 이를 기반으로 다양한 통계적 분석을 수행하였다. 또한, 미처 수집되지 못한 온습도 데이터는 기상청에서 제공하는 공공데이터로 대체하였으며 이를 통해 유의미한 분석 결과를 도출하였다.

현재는 통계적 특성에 기반한 분석을 수행했으나 향후 적재되는 데이터 양이 많아지면 다양한 인공지능 기술을 접목할 수 있을 것으로 기대한다.

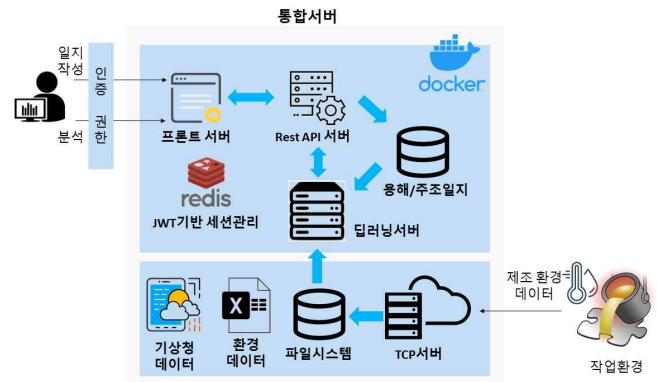


그림 2 개발한 솔루션의 구성도

또한, 제조할 빌렛과 날짜를 입력하면 과거 불량이 발생했던 공정/환경 데이터 및 유의사항을 대시보드에 표시하여 현장 작업자에게 알리는 생산 공정 관리 시스템으로 확장할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2020R1G1A10133231351382070670103)

참 고 문 헌

- [1] 이용귀, 강현철, 임상규, 손지연. "중소제조공장의 스마트화를 위한 초정량 생산공정 및 안전관리 기술," 정보과학회지, vol.40, no.2, pp. 17-26, Feb. 2022.
- [2] 기상자료개방포털, <https://data.kma.go.kr/cmmn/main.do>