

# 합금철 전기 환원로 폐가스 재활용을 위한 가열로 설계

최중근\* · 정태용\* · 신동훈\*†

## Design of Heating Furnace to Reuse Exhaust Gas of Electric-Reduction Furnace for Ferro Alloy

Chonggun Choi\*, Tae-young Chung\*, Donghoon Shin\*\*†

합금철은 철강 재료 생산 공정에서 합금 성분 조절을 위해 필수적으로 사용하는 원천소재이다. 하지만, 고에너지 비용 시대 및 친환경 녹색 경영 시대에 대응하기 위해 새로운 합금철 제조기술 개발이 필요하다. 합금철 제조 사업은 철강 산업과 유사하게 에너지 소비 및 CO<sub>2</sub> 배출 사업이다. 따라서 에너지의 효율적 이용을 통한 저에너지 소비형 제조 공법 개발이 요구되며, 포스트 교토 협약에 따른 탄소 배출권 등을 고려할 때 전력 및 코크스 사용량을 저감할 수 있는 친환경 공법의 개발이 필요한 실정이다.[1,2]

기존의 전기로는 반밀폐형으로 상부가 일부 개방되어 있어 분진과 열손실이 발생하고 공기의 유입으로 코크스 사용량 증대되는 문제가 있다. 또한, 폐가스를 이용하지 않고 바로 배출함에 따라 폐가스가 갖고 있는 에너지를 사용 못하며, 폐가스에 포함된 다량의 CO를 배출하고 있다.

밀폐형 전기로 공정은 반밀폐형 전기로에서 활용하지 못한 폐가스의 열에너지와 CO를 활용하기 위해 개발 중인 공정으로 그림 1과 같다. 폐가스를 이용하여 일차적으로 환원과정을 거친 원료가 밀폐형 전기로에 유입되는 공정이며, 이때 전기로 폐가스를 환원가스로 활용하기 위해 필요한 열을 공급하는 설비가 필요하다. 이에 본 연구에서는 폐가스를 환원 가스로 재활용하기 위해 폐가스에 열을 가해주는 환원가스 가열로를 설계를 하였다. 밀폐형 전기로에서 유입되는 가스는 이론적으로는 CO와 CO<sub>2</sub>로만 구성된 가스이다. 환원제로써의 조건은 간접환원 반응이 가능한 환원가스를 포함하는 것과 직접환원을 유도할 수 있는 1000°C 온도 이상을 만족하는 것이다. 폐가스, 보조연료(LNG), 공기의 연소를 통해 생성되는 가스를 잘 제어해서 환원로에 투입하기 위해 연소방식과 투입위치를 변수로 가열로에 대한 설계를 진행하였다. 설계는 전산 열유체 해석을 통

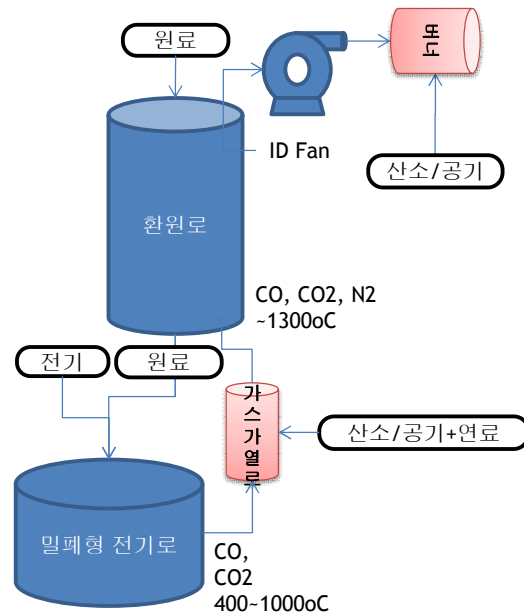


Fig. 1 밀폐형 전기로 공정도

해 로 내부의 열 유동과 출구 가스의 온도 및 조성 변화를 살펴보았다. 전산열유체 해석을 위해 상용코드인 Ansys Fluent 14.0을 사용하였으며, 화학반응 해석은 19개의 화학종과 46개의 반응식을 포함한 Smooke 모델을 사용하였다.[3] 난류모델은 고속의 제트유동에 대한 해석을 고려해 realizable k-ε 모델을 사용하였다.[4] 폐가스의 유입 위치는 고정하고 보조연료와 공기의 투입위치를 변경하여 해석 가능하도록 아래와 같이 구성된 연소로에 대해 해석을 진행하였다. 전산해석은 시간단축을 위해 periodic 조건을 갖는 1/4면으로 진행하였다.

설계에 적용된 연소 방식은 크게 무화염 연소를 응용한 고속제트 유동을 갖는 형태와 유동을 통해 스웰을 만들어 혼합을 유도하는 형태를 고려하였다. 설계 결과에 대한 평가는 출구온도, 가스 조성, 로내 온도의 균일성을 고려했다.

\* 국민대학교 일반대학원 기계공학과

† 연락처자, d.shin@kookmin.ac.kr  
TEL : (02)-910-4818 FAX : (02)-910-4839

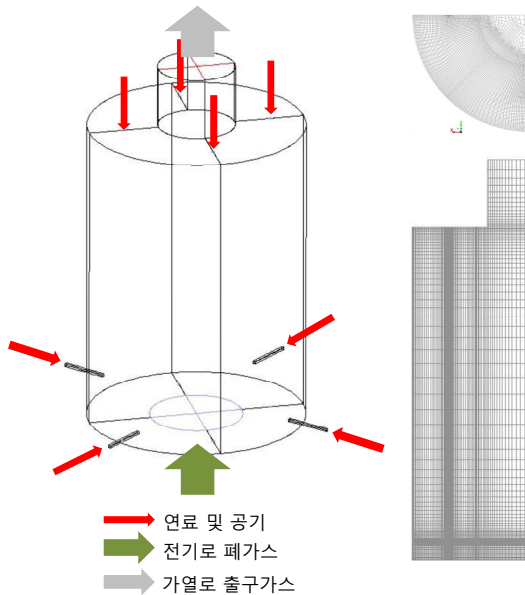


Fig. 2 환원가스 가열로의 형상 및 전산해석 격자

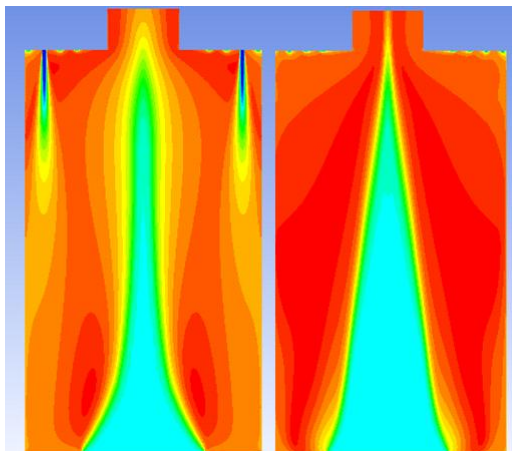


Fig. 3 무화염 연소기술을 적용한 환원가스 가열로의 온도분포

설계 결과를 살펴보면 무화염 연소를 이용한 연소방식은 로 중심으로 공급되는 폐가스와의 혼합 속도가 느린 것으로 나타났다. 이는 폐가스가 넓은 면적을 통해 공급되며 빠르게 공급된 이유로 나타난 것으로 판단하고 있다.

반면에 스웰을 유도하는 연소방식은 상대적으로 빠르게 로 중심을 지나는 폐가스와의 혼합이 이루어 졌다.

본 연구는 제철분야의 자원재활용을 위해 시도되는 과제의 일환으로 시스템의 효율을 높이고, 자

원 재활용을 위한 필요한 설비를 설계해 본 것에 그 의의가 있다. 추후 진행될 현장 실험을 통해 폐가스를 재사용하기 위한 가열로에 고려해야 하는 부분에 대한 데이터를 추가적으로 확보하고자 한다.

## 후 기

본 연구는 산업통상자원부의 에너지인력양성사업(20134040200580) 및 산업소재핵심기술개발사업(10033389)의 지원을 받아 수행되었습니다.

## 참고 문헌

- [1] D. Ni, Z. Peng and T. Yu, "Assessment of energy saving technologies in Chinese integrated steel plant", Water Resource and Environmental Protection, 2011, pp. 2880-2882.
- [2] H. Nogami, J. Yagi, S. Kitamura and P. Austin, "Analysis on Material and Energy Balances of Ironmaking Systems on Blast Furnace Operations with Metallic Charging, Top Gas Recycling and Natural Gas Injection", ISIJ International, Vol. 46, 2006, pp. 1759-1766.
- [3] Smooke M., Puri I., Seshadri K., "A comparison between numerical calculations and experimental measurements of the structure of a counterflow diffusion flame burning diluted methane in diluted air," Proc Combust Institute, Vol. 21, 1986, pp. 1783-1792.
- [4] Danon B., Cho E., Jong W., Roekaerts D., "Numerical investigation of burner positioning effects in a multi-burner flameless combustion furnace," Applied thermal engineering, Vol. 31, 2011, pp. 3885-3896.