

IGCC 합성가스 냉각기 상부의 열유동 및 입자거동 특성에 대한 전산해석 연구

박상빈* · 예인수* · 류창국*[†] · 김봉근**

Numerical simulations on flow and particle behaviors in the upper part of a syngas cooler for IGCC

Sangbin Park*, Insoo Ye*, Changkook Ryu*[†], Bongkeun Kim**

ABSTRACT

The syngas produced from coal gasification is cooled down for gas cleaning by a syngas cooler that produces steam. Due to the presence of fly slag in the syngas, erosion, slagging and corrosion especially in the upper part of the syngas cooler may cause major operational problems. This study investigates the flow, heat transfer and particle behaviors in the syngas cooler of a 300MWe IGCC plant by using computational fluid dynamics. For various operational loads and geometry, the gas and particle flows directly impinged on the wall opposite to the syngas inlet, which may lead to erosion of the membrane wall. In the evaporate channels inside the syngas cooler, the particle flows were concentrated more on the outer channel where slagging becomes more serious. The heat transfer to the wall was mainly by convection which was larger on the side wall below the inlet level.

Key Words : Integrated gasification combined cycle(IGCC), fly slag, coal, syngas cooler

석탄 가스화란 O₂와 H₂O를 이용한 불완전 연소를 통해 가연성 기체 연료로 전환하는 기술이다. 생성된 합성가스는 복합발전이 바로 활용하거나 메탄, 수소, 수송연료 등을 생산하는데 이용된다. Fig. 1에 나타낸 바와 같이 가스화기에서 생성된 합성가스는 상단의 Transfer duct를 거쳐서 일차적으로 냉각이 되고, 합성가스 냉각기에서 추가적으로 열전달이 이루어지게 된다. 이 때 합성가스 냉각기 상부의 GRC(Gas Reverse Chamber)는 진입한 합성가스를 하부로 진행하도록 유동방향을 전환시켜 증발기 채널에 유입시키는 역할을 한다. 이때 합성가스 내에 포함된 비산 슬래그(fly ash)에 의한 마모와 슬래깅에 의한 채널의 막힘, 열교환기의 부식이 운전상의 심각한 문제를 유발할 수 있다. 따라서, 합성가스 냉각기에서 유동과 입자거동 특성을 파악하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 300MWe급 IGCC 플랜트 공정의 합성가스 냉각기를 대상으로 유동 및 열전달과 입자의 부착 특성을 CFD를 이용하여 평가하였다.

Fig. 2는 해석 대상인 GRC 부분의 구조를 나타낸 것이다. GRC 하부의 증발기는 나선형의 튜브로 이루어진 6개의 채널로서 본 연구에서는 평면의 벽으로 단순화하여 3m 영역까지를 포함하고 나머지 길이에 따른 압력 강하를 porous jump 조건을 이용하여 고려하였다.

해석 대상 조건은 가스화기 부하 100% (L100-C1)에서 최대높이 기준 1/3씩 높이를 낮춘 L100-C2, L100-C3와 부하 75% 및 50%에 대

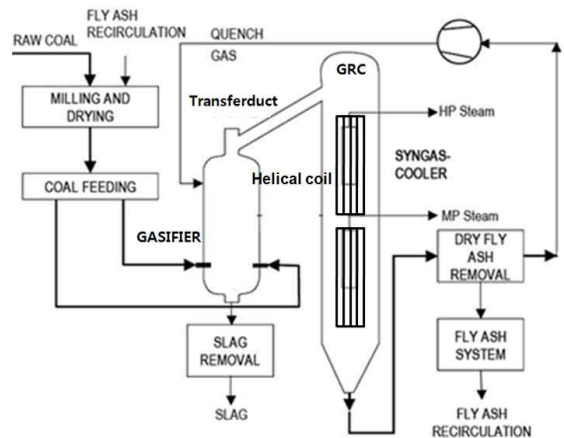


Fig. 1 System of IGCC process

* 성균관대학교 기계공학부
 ** 두산중공업 IGCC 개발팀
[†] 연락처자, E-mail : cryu@me.skku.ac.kr
 Tel : (031)299-4841 Fax : (031)290-5889

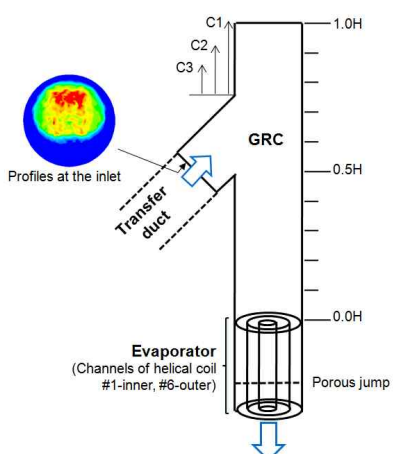


Fig. 2 Geometry of the GRC

한 L50-C1, L75-C1의 총 5가지이다. GRC의 작동압력은 42 bar이며, 입구조건은 transfer duct에 대한 별도의 해석을 통해 구한 속도, 온도 및 입자 분포 결과로 설정하였다. 유동 해석은 Fluent (ver. 6.3)를 이용하고, 난류와 복사열전달은 각각 Realizable $k-\epsilon$ 모델과 구분중좌법을 적용하였다. 석탄과 Flux에 의해 생성된 비산 슬래그 입자의 거동은 Discrete Phase Model을 이용하였다.

Fig. 3은 Case L100-C1에 대해 중앙 단면(열유속은 벽면)에서의 주요 결과이다. 진입한 가스 유동이 입구 맞은편 벽면에 직접 충돌한 후 아래쪽의 증발기 채널로 진행되는 형태를 가지므로 이로 인한 수냉벽의 마모 문제가 발생할 가능성이 있다. 반면 벽면 열유속의 경우 입구에서 양측벽으로 유동이 확장되는 위치에서 가장 높게 나타난다. 이와 같은 경향은 모든 경우에서 유사하였다.

Fig. 4는 벽면의 각 구간별 열유속 분포를 나타낸 것이다. 부하 100%인 경우 유속이 크기 때문에 입구 높이를 기준으로 열유속이 높은 부분이 넓게 나타난다. 입구 위쪽의 높이가 변화하는 경우에도 동일한 형태가 나타나므로 이에 따른 열유동 측면의 영향은 없다고 판단된다. 부하가

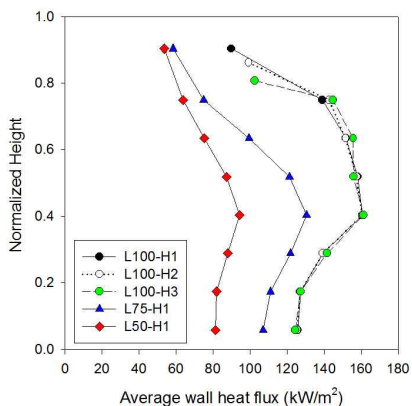


Fig. 4 Average heat flux on the wall

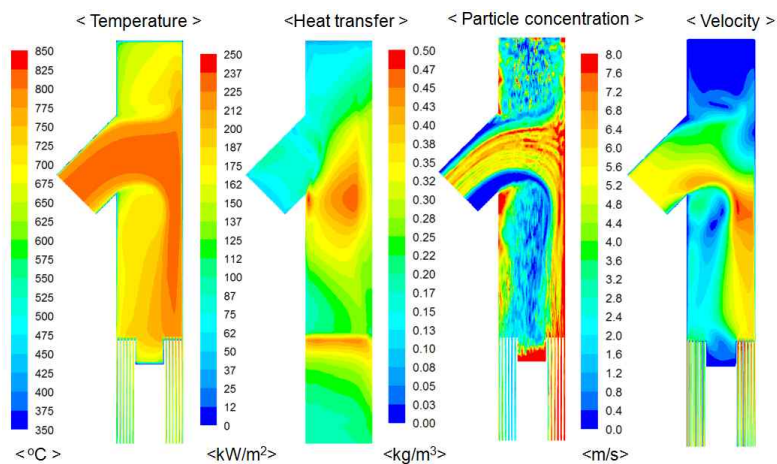


Fig. 3 Simulation results for Case L100-C1

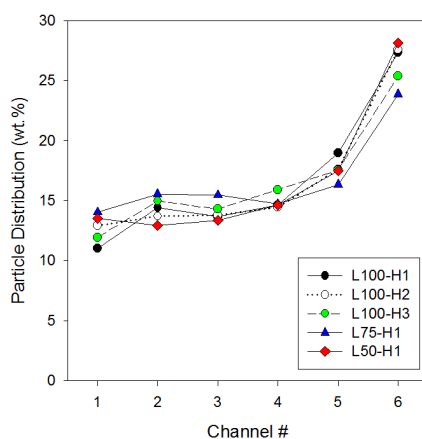


Fig. 5 Particle distribution in each channel of the evaporator

75%와 50%로 감소하면 유속이 약해져 벽면에 충돌하는 경향이 줄어들어, 입구 높이보다 약간 낮은 $H=0.4$ 부분에서 최대 열유속이 나타난다. 이 때 복사열유속은 $10-40 \text{ kW/m}^2$ 수준으로서 대류열전달의 영향이 매우 크다.

Fig. 5는 증발기 내 각 채널별로 진입하는 입자의 유량을 총 유량에 대한 비를 구한 것이다. 부하별로 유속이 다르지만 채널별로 입자의 분포는 유사하게 나타난다. 특히 벽면에 가까운 6번 채널로 전체 유량의 25% 내외가 진입하므로 이 채널에서 슬래깅이 가장 심각할 수 있다. 반면 1~4번 채널은 비슷한 수준으로 나타났다. 따라서 고압 질소를 이용한 Soot blower를 설치할 경우 6번 채널에서의 유량을 증가시키는 것이 필요하다.

후 기

본 연구는 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행하였습니다(한국형 300MW급 IGCC실증 플랜트 기술개발 사업, No.2011951010001A).