

코크스 오븐에서 석탄 건류시 압력 거동 및 제어

이운재, 최재훈, 이용국
포항산업과학연구원, 에너지/화성연구팀

Pressure Behavior and Control of Coking Chamber during Carbonization in a Coke Oven

Woon-Jae Lee, Jae-Hoon Choi and Yong-Kuk Lee
Energy/Coal and Chemical Process Research Team, RIST

1. 서론

코크스 오븐은 조업 20년을 전후로 노화가 급격하게 진행되며, 탄화실 연와손상 및 노체 열화에 의한 환경문제 발생으로 이에 대한 법적 규제가 강화되고 있기 때문에 오븐 수명연장 및 노체 관리는 코크스 제조 공정에서 가장 중요한 문제의 하나로 인식되고 있다. 탄화실 연와손상 및 노체 열화의 문제는 오븐에 석탄 장입중 탄화실에서 연소실로의 가스 누출에 의한 연도 흑연발생을 일으키거나, 건류과정에서 탄화실 압력 제어가 적절히 이루어지지 않아 door를 통한 가스누출 및 공기흡입에 노체 열화를 가속화시키게 된다. 야금용 코크스 제조 공정인 코크스 오븐에서 가스누출 문제는 현재와 같은 제조 공정이 시작된 대략 150년 전부터 기술적인 이유로 피할 수 없기 때문에 논쟁의 대상이 되어왔다. 근래에 들어 Clean Air Act와 같은 법적 규제가 강화되었지만, 이것만으로는 가스 누출 문제를 해결할 수 없다. 특히 전세계적으로 환경규제가 강화되고 있고, 또한 코크스 오븐의 수명연장에 대한 요구가 증가하고 있기 때문에 각국의 코크스 공장에서는 건류초기 gas leak를 방지하고, 건류말기 air 흡입에 의한 노체 열화 및 코크스 산화를 방지하기 위해 건류시간에 따른 탄화실 내 압력을 제어하는 방법에 대해 많은 관심과 연구를 수행하여 왔다.

따라서 본 연구에서는 오븐에 석탄 장입 후 건류시간 및 가스 포집관 운전압력 변화에 따른 탄화실 내(상승관 하부, G.C main, oven door) 압력분포 특성을 조사하였으며, 상승관에 탄화실 압력제어 시스템을 설치하여 건류시간에 따른 압력제어 특성을 조사하였다.

2. 실험

코크스 오븐에서 석탄 장입 후 건류시간에 따른 탄화실 내의 압력 거동을 측정하기 위해, 상승관 하부, 가스 포집관(G.C main) 및 오븐 door에 압력측정을 위한 압력탭을 설치하였다.

상승관은 오븐에서 발생하는 가스(COG)가 G.C main으로 넘어가는 통로로서 탄화실 내의 압력 및 G.C main의 압력 변화에 의해 민감하게 변하는 지역이다. 상승관 하부의 압력 변화를 측정하기 위해, 점검구에 1/4" SUS tube를 설치하였다. 오븐에서 발생된 가스는 G.C main에 포집되어 PIC(pressure indication control)를 거쳐 정제공정으로 넘어간다. 통상의 코크스 오븐에서 G.C main 압력은 7mmH₂O로 조절한다. G.C main의 압력 변화는 탄화실 내의 압력에 직접적인 영향을 주기 때문에 건류시간에 따른 G.C main 내의 압력 거동을 측정하기 위해, G.C main 상부에 1/4" SUS tube를 압력탭으로 설치하였다. 오븐 door는 장입된 석탄과 직접 접촉하는 hot face, door 외벽과 연결된 cold face 및 hot face와 cold face 사이의 door gas way로 구성된다. 오븐 door를 통한 탄화실 내부의 압력을 측정하기 위해, door 내의 hot face를 관통하여 door 하부에 압력탭과 door의 높이 방향으로 cold face를 관통하여 door gas way에 압력탭을 설치하였다.

압력탭에서 건류시간에 따른 압력은 pressure transmitter(Green sensor, TP-27S)를 사용하여 측정하였다. 석탄 장입 후 압력데이터는 pressure transmitter를 통해 data acquisition system을 거쳐 일정한 시간 간격으로 PC에 저장하였다.

건류시간에 따른 탄화실 압력제어를 위한 시스템 개략도를 Fig. 1에 나타내었다. 압력제어 시스템은 크게 압력 측정부, 압력제어부 및 압력제어 장치의 세 부분으로 구성된다. 압력 측정부는 door 하부에 설치된 pressure transmitter를 사용하였다. 압력제어부는 압력데이터를 저장하고, 설정하는 컴퓨터와 압력제어 신호를 토대로 압력 제어 장치를 작동하는 PLC로 구성된다. 건류초기에는 안수 유량 제어에 의한 압력제어를 실시하고, 건류후반 damper 개도 조절에 의한 압력제어를 수행하게 된다. 압력제어 장치는 안수 유량 제어 장치와 댐퍼 개도 조절 장치로 구성된다.

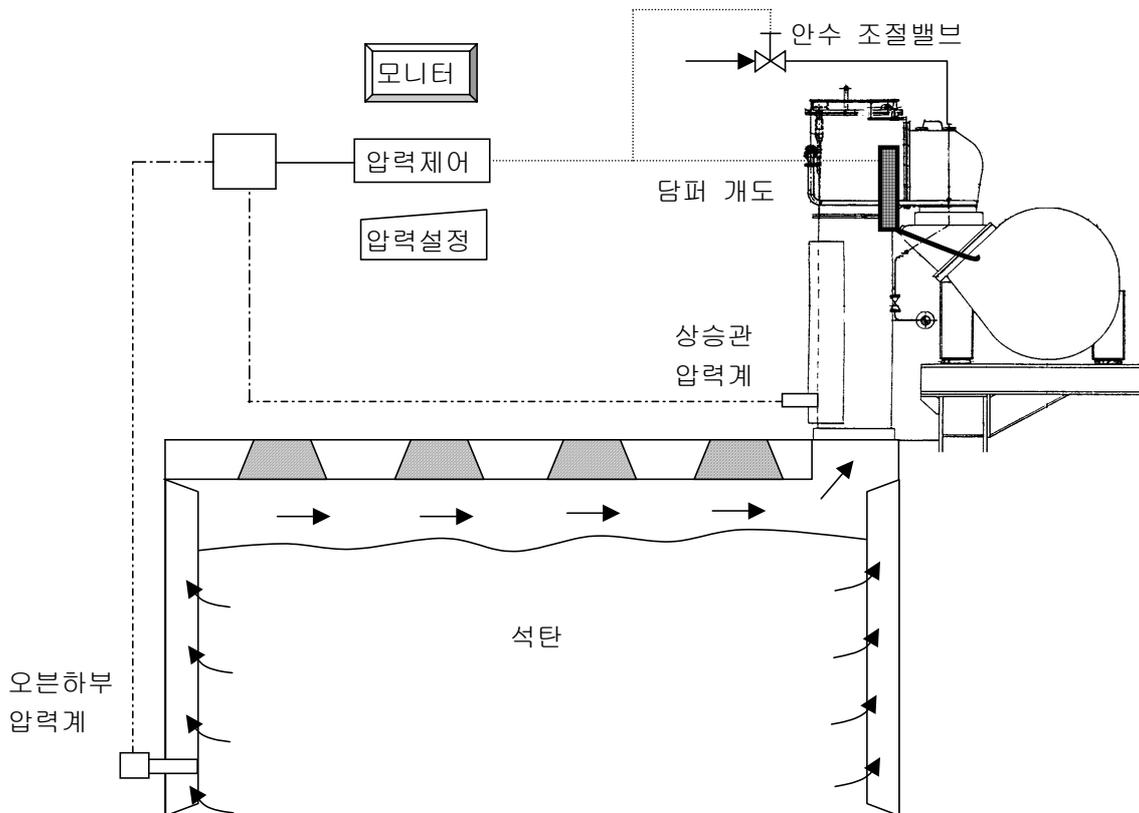


Fig. 1 Schematic diagram of pressure control system for coking chamber with time.

3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 가동율 120%, PIC 압력이 7mmH₂O일 때, No. 149 오븐에 대해 건류시간에 따른 C/S 및 P/S door 하부(hot face), 상승관 하부 및 G.C main에서 건류시간에 따른 압력변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이, 오븐 door 하부 압력은 장입 직후 석탄으로부터 급격한 가스 발생으로 장입 후 1~2시간에 58~68mmH₂O의 peak압력을 나타낸 후, 건류시간에 따라 서서히 감소한다. P/S door 하부 압력은 장입 후 8시간이후부터 음압이 나타나며, C/S door 하부 압력은 11.5시간 경과 후부터 음압이 나타난다. 이것은 석탄으로부터 발생하는 가스량은 감소하는데 후공정에서 일정한 압력으로 COG를 suction하기 때문이며, 이때 외부 공기의 흡입으로 인해 코크스 산화 및 국부가열에 의한 노체열화를 초래하게 된다. 상승관 하부와 G.C main 압력은 PIC 압력을 7mmH₂O로 조업하고 있기

때문에 그림에서 보듯이, 거의 일정하게 유지됨을 알 수 있다. 그림에서 석탄 장입후 11 시간에 음압 peak는 인접로(No. 148) 장입에 의한 것이다.

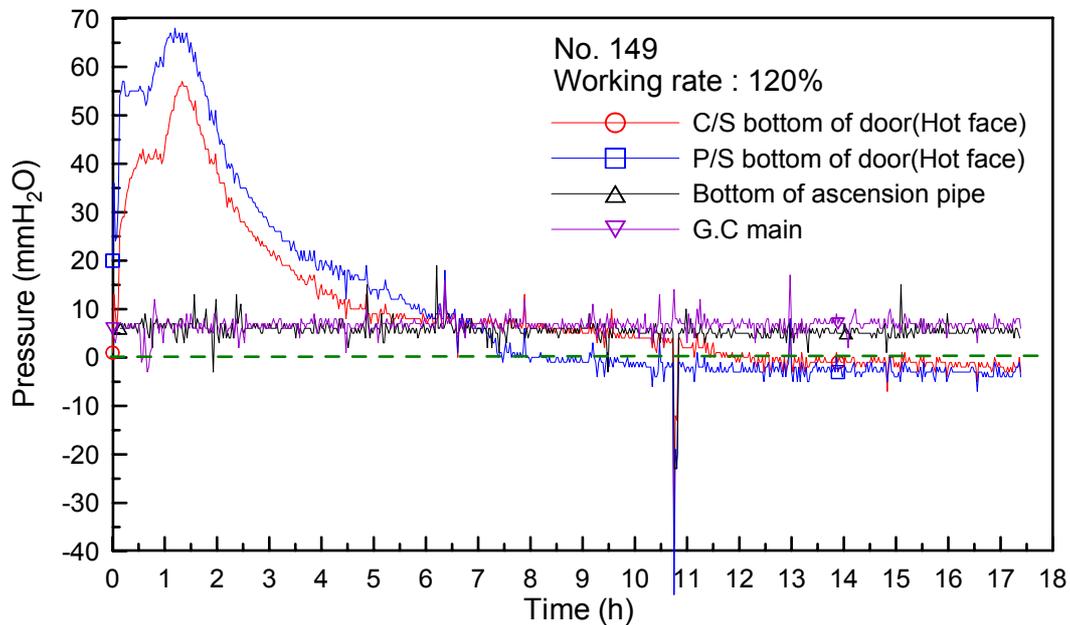


Fig. 2 Typical variation of pressure in coking chamber of 149 oven with coking time.

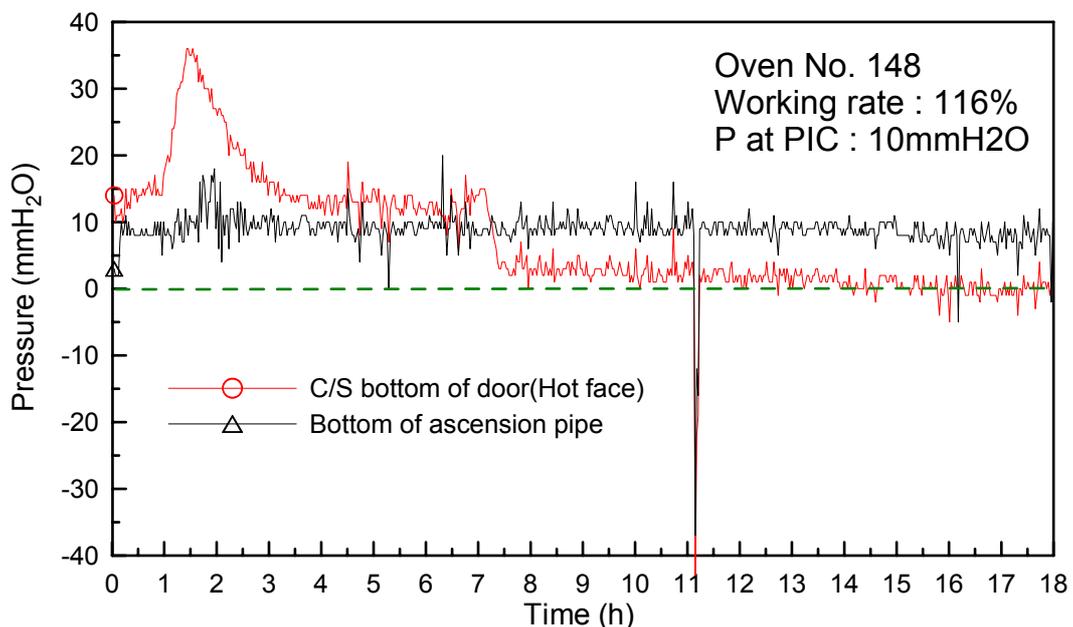


Fig. 3 Typical variation of pressure in coking chamber of 148 oven with coking time.

Fig. 3은 가동율 116%의 No. 148 오븐에 대해 PIC 압력을 10mmH₂O로 조업하였을 때 C/S door 하부(hot face)와 상승관 하부에서 측정한 건류시간에 따른 압력변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이, 오븐 door 하부 압력은 장입 직후 석탄으로부터 급격한 가스 발생으로 인해 장입 후 1~2시간에 36mmH₂O의 peak 압력을 나타낸후, 건류시간에 따라 급격히 감소한다. 대략 장입후 2시간이 경과하면, 오븐 door 하부의 압력은 30mmH₂O 이하로 감소하며, 건류시간에 따라 서서히 감소한다. C/S door 하부 압력은 장입 후 12시간

경과후에 약간의 음압이 나타나며, 음압 발생이후 서서히 감소하지만 건류종료시까지 거의 양압을 유지한다. PIC 압력을 10mmH₂O로 조업하였을 때 건류초기 탄화실 압력 peak도 7mmH₂O 조업시와 큰 차이가 없었으며, 특히 건류후기에서는 탄화실 내의 압력이 미미한 양압을 유지하였다.

Fig. 4는 가동율 136%의 No. 146 오븐에 대해, 장입직후 탄화실 압력제어를 시작하였을 때, 건류시간에 따른 C/S door 하부와 상승관 하부에서 측정된 압력변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이, 오븐 door 하부 압력은 건류초기 안수 유량 제어에 의해 설정압력인 30mmH₂O로 유지되고 있으며, 건류 3시간 이후 압력은 서서히 감소한다. 건류 9시간 이후 탄화실 압력은 0mmH₂O 근처에 도달하며, 9.8시간 이후 damper 제어가 시작되었으며, 탄화실 압력은 설정압력인 0mmH₂O에 가깝게 조절되는 것을 알 수 있다. 대략 건류 15시간 이후 탄화실 압력이 음압으로 되는 것은 석탄으로부터의 가스 발생량의 급격한 감소와 G.C main에서 일정한 압력으로 suction을 행하기 때문이다.

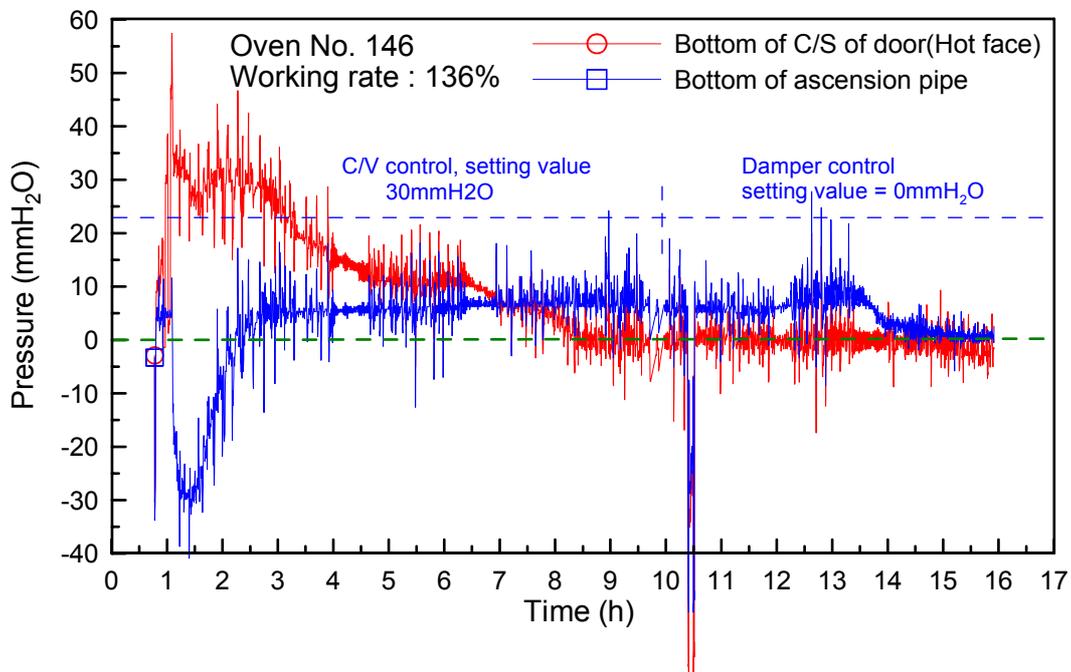


Fig. 4 Variation of pressure in coking chamber during control with coking time.

4. 결론

건류시간에 따른 오븐 door 하부의 압력은 건류초기 peak 압력을 나타낸 후 급격하게 감소하였으며, 장입후 11~12시간이 경과하면 음압이 발생하였다. 가스 포집관 압력을 높게 조업하였을 때, 건류초기 압력 peak는 큰 차이가 없었으나, 음압발생 시간은 훨씬 늦게 나타났다. 건류초기 안수 유량에 의한 압력제어와 건류후기 댐퍼 개도 조절에 의한 압력제어에 의해 탄화실은 일정 압력으로 조절 가능하였다.

5. 참고문헌

1. Giertz, J., Huhn, F. and Hofherr, K., Ironmaking Conf. Pro., 439(1995).
2. Spitz, J., Hofherr, K., Giertz, J. and Huhn, F., 3rd Int. Cokemaking Cong., 173(1996).
3. McRiddle, R., Stone, G. and Davies, B., 2nd Int. Cokemaking Cong., 361(1992).