미연분 및 NOx배출 특성에 대한 고회분탄의 영향 연구

김상인* · 이병화* · 임 호* · 안기주* · 김만철** · 송주헌* · 전충환*†

Effect of High Ash Coal on Unburned Carbon and NOx Emission

Sangin Kim*, Byunghwa Lee*, Ho Lim*, Keju An*, Mancheol Kim**, Juhun Song*, Chunghwan Jeon*†

ABSTRACT

The effect of high ash coal which has relatively high ash content and low combustibility on unburned carbon and NOx emission was experimentally investigated at several excess air ratio and particle size conditions of four coals containing different ash content in a drop tube furnace. Flue gas was measured by Gas analyzer in order to figure out unburned carbon characteristics. The results show that the higher content of ash makes the higher unburned carbon rate, subsequent changes in NOx emission characteristics was investigated.

Key Words : High ash coal, NOx emission, Unburned carbon, Drop tube furnace

고회분 석탄은 일반적으로 아역청탄이나 갈탄과 같은 저등급의 석탄이 대상이 된다. 고회분탄은 보일러 내 연소 시 높은 회분 함량으로 인한 석탄 자체의 연소성 저하와, 연소 후 연소로 내부에 발생하는 회분으로 인한 슬래깅(slagging), 파울링(fouling) 등의 문제가 심각할 가능성이 높다는 단점을 가지고 있다. 따라서 기존 석탄 화력 발전소에서는 이러한 고회분탄을 발전용 연료로써 선호하지 않는 상황이다. 그러나 불행히도 최근의 빠른 전력수요 증가에 따른 에너지자원의 가격 폭등은 발전연료로써 양질의 연료만을 선택적으로 사용할 수 있는 환경을 제공하지 않고 있다. 따라서 기존에 사용하지 않았던 저등급의 석탄을 이제는 현실적인 연료로써 받아들여 효율적으로 사용할 수 있는 방안을 마련하지 않으면 안되는 상황이 되었다

본 연구는 이러한 고회분 석탄이 가지고 있는 회분의 함량이 석탄의 연소특성에 어떠한 영향을 미칠 수 있는지 평가하기 위해 회분의 함량이 6%, 11%, 17%, 23%인 네 종류의 석탄을 선정하여 각각의 NOx 배출특성과 연소 후 미연 탄소의 함량을 분석하였다. 정확한 회분의 영향을 측정하기 위해 실험에 사용된 네 종류의 석탄은 회분을 제외한 나머지 성분들의 함량이 매우 유사한 탄종으로 선정되었으며 각 탄종의 공업분석 결과를 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Proximate analysis of sample coals

Analysis (%)	Gunvor	Glencore	Noble	ECM
Moisture	9.9	9.32	2.5	2.5
Volatile	35.8	33.03	33.2	29.1
Fixed carbon	48	47.07	47.3	45.8
Ash	6.3	10.58	17	22.6

본 연구에서는 고회분탄의 연소특성을 알아보기 위하여 DTF(Drop Tube Furnace)를 사용하였다. DTF는 균일한 온도를 유지하며 다양한 온도 영역에서 실험을 할 수 있다는 큰 장점을 가지고 있다. Fig. 1은 본 실험에서 사용된 실험 장치의 개략도를 보여준다. 반응로 DTF의 전체적인 구성은 크게 주입부와 반응부, 그리고 포집부의 세 부분으로 나눌 수 있다.

주입부는 연료와 반응 가스를 투입하는 부분으로 이루어져 있으며, 반응 가스는 수송 가스와 주 반응 가스로 나뉜다. 반응로에 직접 주입되는 주 반응 가스의 유량은 산소의 경우 MFC 컨트롤러, 질소의 경우 장비에 장착된 볼 유량계를 통해 제어된다. 수송 가스는 연료공급을 위해 실린더 내로 흐른다. 연료 공급 시스템은 진동기와 실린더, 시린지 펌프(Syringe pump)로 이루어져 있다. 진동기를 통해 진동하고 있는 입자를 수송 가스가 안쪽 튜브를 통하여 반응로 안으로 이동시킨다.

* 부산대학교 기계공학부
** 한국남부발전(주) 하동화력본부
† 전충환, chjeon@pusan.ac.kr
TEL : (051)510-3051 FAX : (051)582-9818

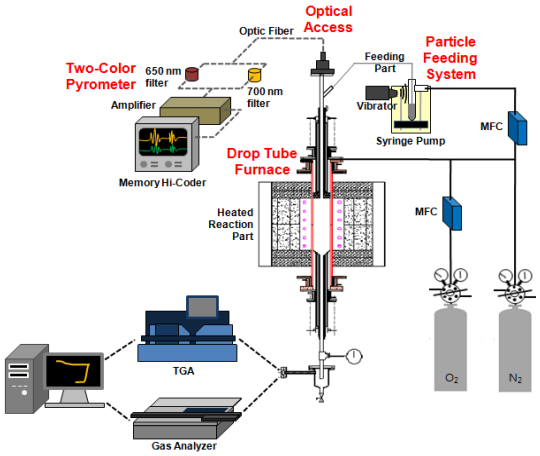

Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

또한, 시린지 펌프를 이용하여 실린더를 일정한 속도로 상승시킴으로써 실린더 내의 시료와 튜브의 간격을 유지시켜 안정적인 공급률로 시료를 공급한다.

반응부는 연료와 반응 가스가 만나 화학반응이 일어나는 곳이다. SiC heater를 사용하여 일정한 온도를 유지하게 되며, 최대 1600℃까지 온도 상승이 가능하다.

포집부는 연소 후의 시료를 포집하는 부분으로 냉각수가 흐르면서 입자가 더 이상의 추가적인 반응을 일으키지 않도록 차단한다. 또한 배기가스는 Gas Analyzer를 통해 분석이 이루어진다.

기본적으로 미연탄소분을 측정하는 방법은 Ash traced method를 채택하였다. DTF에서의 반응에서는 반응된 입자를 포집할 때에 반응로나 포집부분에서 생기는 입자의 손실이나 입자의 부착현상으로 인하여 포집된 촤의 양을 실제 산화반응 후의 양이라고 생각할 수 없다. 그래서 이 방법에서는 반응 전후 시료의 소량을 TGA로 분석하여 각각의 공업분석 결과로 각각의 회 성분의 함량이 변하지 않는다는 것을 이용하여 산화반응한 고정탄소의 질량과 미연탄소분의 질량을 도출해 낼 수 있다.[1]

본 연구에서는 회분 함량이 각기 다른 네 종류의 석탄을 입자크기, 과잉공기비를 바꾸어 가며 서로 다른 연소조건에서 실험을 진행하였다. 또한 공기다단방식을 적용하여 그에 따른 미연탄소 및 NOx를 측정하였다. 각각의 실험 조건을 Table 2에 나타내었다.

먼저 동일한 과잉공기비 및 온도조건에서 입자크기 180-150μm, 150-90μm, 90-75μm, 75-45μm의 네 가지 경우에 따른 미연분 및 NOx 특성분

Table 2 Experimental conditions in DTF

Temperature	1300℃	
Residence time	1.5 sec	
Sample size (μm)	180-150, 150-90, 90-75, 75-45	
Excess air ratio (λ)	1.1, 1.16, 1.19, 1.24	
Air ratio zone	1-zone (λ)	2-zone (λ)
	1.1	1.16
	1	1.16
	0.85	1.16
	0.7	1.16

석을 진행하였으며, 이후 입자크기를 고정하고 과잉공기비를 바꾸어가며 미연분 및 NOx 배출량을 측정하였다. 또한, 공기다단방식의 적용을 위해 DTF 연소로 내부 영역을 두 부분으로 나누어 서로 다른 과잉공기비를 조성하여 회분 함량에 따른 시료의 Fuel rich영역과 Fuel lean영역이 미연분 및 NOx 특성에 끼치는 영향을 분석하였다.

후 기

본 연구는 한국남부발전(주)의 지원으로 수행되었으며 이에 관계자분들께 감사드립니다.

참고 문헌

[1] B.H. Lee, J.H. Song, G.T. Kang, Y.J. Chang and C.H. Jeon, "Determine of Char Oxidation Rates with Different Analytical Methods", *KSME-B*, Vol. 33, No. 11, 2009, pp. 876-885.