

우드펠릿 혼소율에 따른 연소특성 분석

김진호* · 강기태** · 김규보*** · 전충환*†

Combustion Characteristics for CO-firing of Wood Pellet

JinHo Kim*, Ki Tae Kang**, GyuBo Kim***, ChungHwan Jeon*†

석탄 화력발전소의 주원료로 사용되던 무연탄 및 고급 유연탄은 가격이 지속적으로 상승함에 따라, 아역청탄 및 갈탄과 같은 저급탄을 이용한 발전량이 최근 급속히 확대되고 있는 실정이다. 실례로 국내 연구기관에서는 기존 화력발전소에서의 저급탄 혼탄 비율을 높이기 위한 운전조건 변경 및 최적화와 연소기술 연구에 적극적으로 나서고 있으며 최근 허가되는 신규 발전소 건설 시에는 저급탄 연소에 대비한 설계를 채택하고 있다. 2000년 이후 지속적인 고유가 상황과 최근의 원자력에 대한 사회적 수용성 문제 등으로 인해 석탄 화력발전과 복합발전 등 전통적인 화력발전 방식이 다시 주목받고 있고 RPS(Renewable Portfolio Standard) 의무실시제에 따라 매년 전체 발전량 중 신재생 에너지의 비율을 증가시켜야 하는 상황에서 바이오매스 혼소 등이 급속히 확대되고 있는 실정이다.

바이오매스 석탄연료들은 대부분 고회발분, 고수분, 저발열량의 특성을 가지고 있어 발전용 연료로 주로 사용되고 있는 유연탄과는 상반된 특성을 가지고 있다. 즉, 낮은 연료비(Fuel ratio), 빠른 착화/연소 특성등으로 인해 기존 설비에서의 연소 또는 석탄과의 혼소를 위해서는 연소기술적 측면에서 충분히 고려되어야 한다.

본 연구에서는 우드펠릿 혼소율에 따른 연소특성 분석을 통하여 보일러 연소에 미치는 영향을 파악하기 위해 TGA, PWMR, LFR,을 이용하여 연구를 진행하였다.

본 연구에 사용한 석탄 2종 및 wood pellet성상을 Table 1에 나타내었다. 목재 바이오매스의 경우 석탄에 비해 많은 양의 수분, 휘발분과 산소를 함유하고 있으며 작은 회 함유량을 가지고 있기 때문에 기존의 역청탄 연소와는 다른 경향을 보였다.

Table 1. 석탄 성상표

탄종	역청탄	아역청탄	Wood pellet	
	RIO	KCH		
총수분 (%)	9.90	29.71	4.54	
발열량	건식	6,782	6,392	4660
	인수식	6,111	4,493	4310
	NCV	5,847	4,154	3930
Sulfur	인수식	0.51	0.31	-
공업 분석 (%)	IM	2.5	17	4.54
	VM	31.5	38.79	79.68
	Ash	16.4	5.63	1.297
	FC	49.6	38.58	14.483
연료비		1.57	0.99	0.18
원소 분석 (%)	C	70.30	72.02	47.26
	H	4.60	4.64	6.37
	O	6.13	14.92	44.35
	N	1.60	1.20	0.43
	S	0.56	0.44	0.4
	Ash	16.81	6.78	1.19
회 성분 분석 %	SiO2	67.00	34.90	-
	Al2O3	21.80	19.20	-
	Fe2O3	4.64	15.70	-
	CaO	1.29	12.90	-
	MgO	1.19	5.30	-
	Na2O	0.60	0.23	-
	K2O	0.93	1.52	-
	SO3	1.06	8.10	-
TiO2	1.06	0.68	-	
기타	0.43	1.47	-	
분쇄도 (인수식)		52	42	-
회용점, IDT(°C)		1,390	1,300	1500

Fig. 1에는 5,500, 5,700kcal로 석탄과 우드펠릿을 혼합시킨 연료의 승온율 20°C/min으로 TG/D TG를 보여주고 있다. 초기의 질량감량은 수분의 증발로 인해 발생하며 250°C부근에서 본격적인 탈휘발과정이 시작되며 520°C에서 최대 반응율을 가지며 700°C부근에서 연소가 끝나게 된다.

* 부산대학교 기계공학부
 ** 한국남부발전(주)
 *** 부산대 화력발전에너지분석기술센터
 † 연락처, chjeon@pusan.ac.kr
 TEL : (051)510-3051

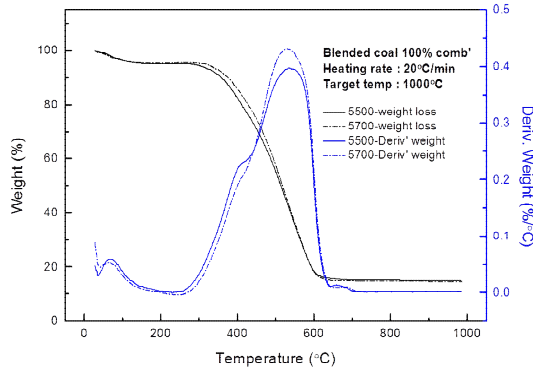


Fig. 1 Blended coal 연소실험 TG/DTG 결과

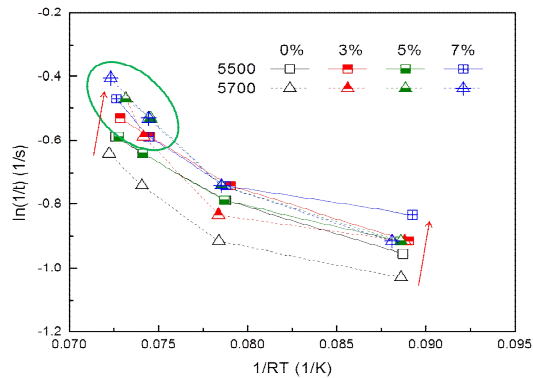


Fig. 2 혼소율-반응온도별 반응성

Fig. 2에 반응온도별 반응시간의 그래프를 나타내었다. 결과를 통해 알 수 있듯이 저급탄 혼소비가 낮은 5,700kcal의 경우, 비교적 낮은 반응성을 보이며 전형적인 고급탄의 연소특성을 보인다. 혼소율이 높아지면서 저온에서의 연소성은 5,500kcal급의 반응성과 흡사해 지는 것을 알 수 있다. 이는 휘발분 연소에 의한 영향으로 사료된다.

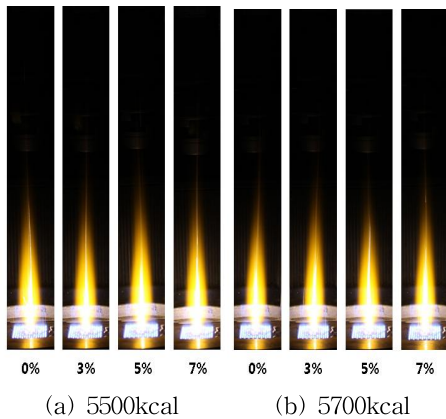


Fig. 3 발열량 및 우드펠릿 혼소율에 따른 화염 이미지

Fig. 3에 발열량 및 혼소비에 따른 화염이미지 측정 결과를 나타내었다. 석탄 입자 내부의 휘발분은 입자가 상승하면서 입자 표면 밖으로 방출되며 이때, 반응기 내부의 산소와 반응하여 점화가 시작된다. 휘발분 연소영역은 석탄입자가 공급되어 휘발분 연소가 시작되고 화염이 더 이상 관측되지 않는 지점에서 종료되는 것으로 정의하였다. 탈휘발 과정이 일어나는 구간의 휘발분 화염을 관찰해보면 발열량 및 우드펠릿의 혼소율에 상관없이 8개의 이미지 모두 비슷한 발광강도, 휘발분 연소 영역의 폭과 길이가 유사한 것을 알 수 있다. 휘발분 연소영역에 가장 큰 영향을 미치는 것은 휘발분의 함량인데 발열량 및 혼소율에 따라 함량의 차이가 매우 적기 때문에 화염이미지에서도 유사한 것을 확인 할 수 있다.

참고 문헌

[1] “A method for source apportionment in biomass/coal blends using thermogravimetric analysis”, J.Anal.Appl.Pyrolysis, 80, pp. 111-117, 2007.
 [2] Vamvuka et al., “Devolatilization and combustion kinetics of low-rank coal blends from dynamic measurements”, Ind. Eng. Chem. Res., 42, pp. 4732-4740, 2003.
 [3] “Studying the mechanism of ignition of coal particles by TG/DTA”, Thermochemica Acta, 1996, pp.149-158
 [4] Y. Kim, J. Kim, B. Lee, J. Song, Y. Chang and C. Jeon, “Experimental Investigation into Combustion Characteristics of Two Sub-bituminous Coals in O2/N2 and O2/CO2 Enviroments”, Energy Fuels, 24(11), 6034-6040, 2010.