

석탄연소 화력발전소에서 미연탄소분 농도 증가가 보일러 성능에 미치는 영향에 관한 연구

김태형* · 박병철*

Boiler Performance Characteristics Change by UC Contents Increase for Coal Fired Power Plant

Taehyung Kim*[†], Byungchul Park*

ABSTRACT

To operate coal fired power plant efficiently is considered unburned carbon as important factor. But, unburned carbon contents change does not have an impact on Boiler performance simultaneously. we evaluated that unburned carbon contents change had an little influence on unburned carbon loss change for performance side at a real power plant.

Key Words : Unburned Carbon, Boiler Performance, Heat loss, Efficiency, Heat Balance

석탄연소 화력발전소에서 연소에 따른 보일러의 출력은 증기의 발생량이다. 이러한 보일러 출력은 연료 특성 및 운전 등 여러 요인에 의해 영향을 미치게 된다.

이 중 수분, 수소분 등 연료특성에 따른 손실 요인은 제어가 불가능하나, 미연탄소분 및 CO 농도에 따른 손실은 운전적인 측면에서 조정이 가능하다.

따라서, 발전소 현장에서는 최적화된 성능 및 효율적인 운전으로 비용절감을 위해 미연탄소분 관리가 무엇보다도 중요하며, 이를 관리하기 위하여 O₂조정, 미분도 관리, Burner Tilt 운전 변화, 미분기별 부하 관리 등을 하고 있다.

그러나, 이러한 관리가 미연탄소분 농도에 대한 관리만을 하고 있어, 전체적인 보일러 성능에 미연탄소분 손실이 어떠한 영향을 미치는 지에 대한 내용을 살펴보고자 한다.

대상설비(Fig 1)는 1971년 준공된 Down Shot 연소방식의 Drum, 평형통풍방식이 채용된 보일러를 대상으로 하였다.

1. 보일러 성능

보일러 열효율은 보일러의 입력으로 들어가는

에너지 가운데 몇 %가 유효한 에너지로 출력되는가를 나타내는 것으로서, 이의 산정방법은 크게 입출력법 (Input-Output Method)과 열손실법 (Heat Loss Method)의 2가지로 나눌 수 있다.

입출력법에 의한 효율은 보일러에 공급된 총입열에 대한 열흡수량(또는 유효출열)의 비를 백분

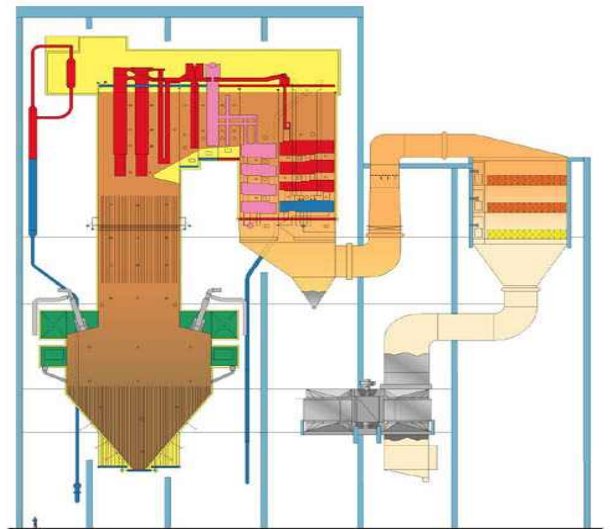


Fig. 1 Selected Power Plant Overview

율로 나타낸 것이며, 열손실법에 의한 효율은 총입열 100%에서 각종 손실을 빼내어 산정하는 것이다. 급변 미연탄소분에 의한 영향 평가는 ASME PTC 4.0에 의한 열손실법에 의한 미연

* 한국남동발전 기술전문원팀

† 연락처자, hyung122@kosep.co.kr

TEL : (070)8898-1883 FAX : (050)-5027-1243

탄소분 손실 평가를 따른다,

1-1. 보일러 손실

열손실법에 의한 보일러 효율 산정을 위한 열손실 항목에는 Fig.2에서 나타낸 바와 같이 건배기 가스 손실, 연료중 수소연소 손실, 연료 중 수분손실, 공기중 수분 손실, 분무증기 손실, 미연탄소 손실, CO손실, 방열손실, 미측정손실로 구분된다.

$$\eta_B = 100 - \frac{(L_T \pm \Delta L)}{H_f + B_e} \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

- η_B : Boiler Efficiency(%)
- L_T : Total Heat Loss from Boiler(kcal/kg)
= $LUC + LG + Lmf + LH + LmA + LZ + LCO + LB + Lum$
- ΔL : Heat Loss Correction(kcal/kg)
- H_f : Heat in Fuel, Higher Heating Value(kcal/kg)
- B_e : Total Heat Credit(kcal/kg)

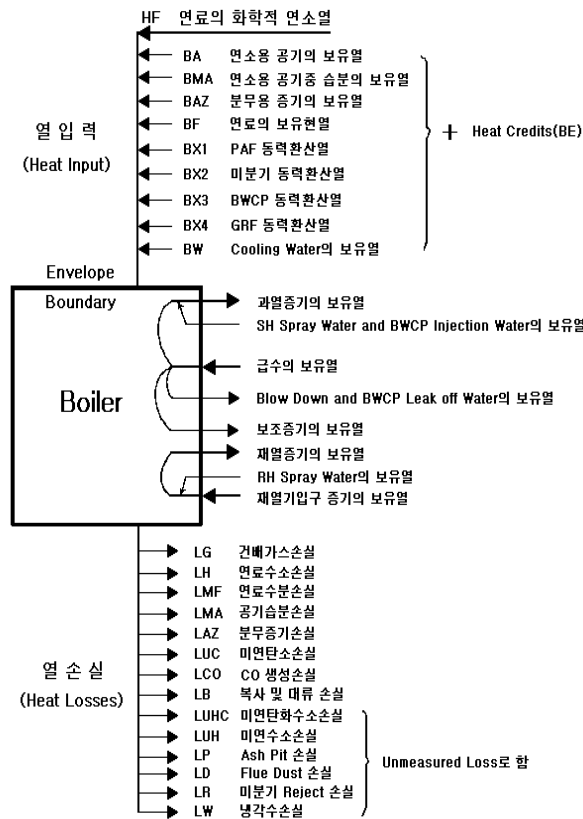


Fig. 2 Boiler Heat Balance

1-1. 미연탄소분 손실

석탄을 연소하고 남은 Refuse 중에 미연소된 탄소분이 얼마정도의 열량을 가지고 있는지를 평가하는 것으로 Refuse중에 탄소는 그 성상에 따라 8,000~8,111 kcal/kg 범위 열량을 가지나, ASME 규격의 적용 예에 따라 평균값인 8,056 kcal/kg 열량 값 적용하여 평가하며, 열량 평가

는 연료 1 kg을 기준으로 한다.

$$LUC = Cu \times 8056 \quad (\text{kcal/kg Fuel}) \quad (2)$$

- Cu ; 연료 1kg당의 미연탄소량= $Wdp \times U$
- Wdp ; 연료 1kg당의 총 Dry Refuse 발생량 = $a / (1 - U/100)$
- a ; 연료 1kg중의 회분 함량
- U ; Dry refuse중의 미연탄소량 백분율
= $\frac{1}{100} \times (Rp \times Up + Re \times Ue + Ra \times Ua + Rd \times Ud)$
- Rp, Re, Ra, Rd ; Ash Pit, 질탄기, AH, 집진기 Hopper의 Refuse 분포율
- Up, Ue, Ua, Ud ; Ash Pit, 질탄기, AH, 집진기 Refuse중의 미연탄소량(%)

2. 미연탄소분 증가 현상 발생

대상 발전설비에서 2014년 8월 8일까지 국내 무연탄 11%, 반무연탄 33%, Sojitz탄 24%, Samsung탄 24%, 우드펠릿 8% 연소시 미연탄소분 15% 수준을 보였으나, 8월 9일 반무연탄 A 33%, 반무연탄B 12%, Sojitz탄 22%, Samsung탄 22%, 우드펠릿 8% 연소시 미연탄소분이 22% 이상 증가현상을 보였다.(Fig 3)



Fig. 3 UB Increase Phenomena

2-1. 미연탄소분에 영향을 미치는 인자

미연탄소분은 부적정한 공연비, 회분함량, 미분도, 수분함량 등에 따라 영향을 받게 된다.

연료 열량에 따른 미연탄소분 변화는 Table 1과 같이 열량이 증가할수록 미연분 농도가 증가하였다.

일자 별	열량	수분	휘발분	우드펠릿	미연탄소분
12.10	5,488	13.56	31.56	8%	27.21
12.12	5,058	18.65	31.28	0	19.8
12.16	5,081	16.32	31.65	8%	12.0
12.18	5,281	16.32	31.55	8%	16.7
12.19	5,281	16.32	31.55	8%	17.5
12.22	5,281	14.97	31.55	8%	19.1
12.23	5,280	17.35	31.67	8%	19.1
12.24	5,280	17.35	31.67	0%	22.2
12.27	5,280	17.35	31.67	0%	21.6

Table. 1 UB Change by HHV

연료 회분함량에 따른 미연탄소분 변화는 Table 2과 같이 회분함량이 증가할수록 미연분 농도가 증가하였다.

일자 별	열량	회분	미연탄소분	비고
12.10	5,488	12.56	27.21	
12.12	5,058	14.50	19.8	
12.16	5,081	14.79	12.0	
12.18	5,281	13.31	16.7	
12.19	5,281	13.31	17.5	
12.22	5,281	13.31	19.1	
12.23	5,280	13.20	19.1	
12.24	5,280	12.5	22.2	
12.27	5,280	12.5	21.6	

Table. 2 UB Change by Ash Contents

연료 공연비 변화 따른 미연탄소분 변화는 Table 3과 같이 큰 변화가 없었다.

일자 별	열량	회분	Eco O ₂	미연탄소분	비고
12.10	5,488	12.56	1.7	27.21	
12.12	5,058	14.50	1.9	19.8	
12.16	5,081	14.79	1.8	12.0	
12.18	5,281	13.31	1.8	16.7	
12.19	5,281	13.31	1.7	17.5	
12.22	5,281	13.31	1.5	19.1	
12.23	5,280	13.20	1.4	19.1	
12.24	5,280	12.50	1.4	22.2	
12.27	5,280	12.50	1.5	21.6	

Table. 3 UB Change by O₂ %

연료중 Ash 성분 함량 대비 연소후 재처리 시간에 따른 분석 결과 회분함량이 높은 경우 재처리시간이 짧게 걸리고, 회분함량이 낮은 경우 재처리 시간이 길게 걸리므로 Ash 함량이 증가할수록 연소후 재(Ash) 발생이 많아 짐을 알 수 있다.

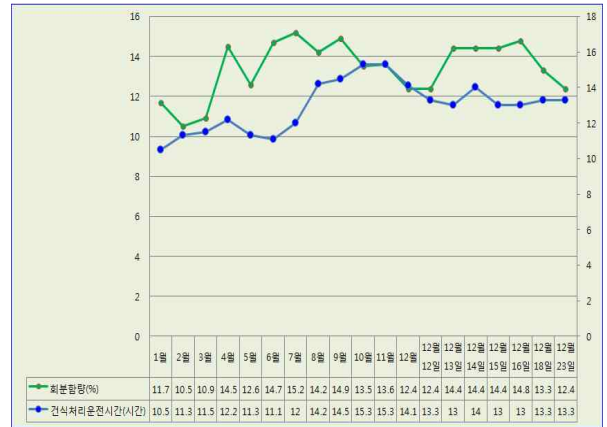


Fig. 4 Ash Contents vs Ash Treatment time

3. 미연탄소분 농도 변화에 따른 보일러 성능 분석결과 25.33 %와 29.27 %의 미연탄소분 농도 차이가 발생하는 2014년 12월 11일 연료와 12월 25일 연료와 동일한 운전조건에서의 보일러 효율을 비교해 보았다.

날짜	소비식 발열량 [kcal/kg]	수분 (%)	회분 (%)	휘발분 (%)	O ₂ (AH in) (%)
12.22	5,652	12.83	13.88	28.87	250
12.25	5,383	19.71	10.47	31.81	200

Table. 4 Test fuel Characteristics

날짜	HR η (%)	마분 손실 (%)	마분 농도 (%)	석탄 사용량 (kg/h)	회 발생 (kg/h)	마분 발생량 (kg/h)
12.22	81.33	5.97	25.33	5236	9,006	2,320
12.25	81.21	5.41	29.27	5789	6,954	2,095

Table. 5 Boiler Performance Calculation Result

3. 결론

미연탄소분은 열량이 낮음에 따라 회분이 증가하고 Ash 발생량이 증가함에 따라 미연분 농도가 낮게 보이고, 열량이 높음에 따라 회분이 감소하고 Ash 발생량이 감소함에 따라 미연분 농도가 높게 나타난다. 따라서 작은 회발생량에서 일정 수준의 미연탄소분 농도는 높게 나타나고, 높은 회발생량에서 일정 수준의 미연탄소분 농도는 낮게 나타난다.

그러나, 보일러는 효율적으로 증기를 발생시키는 기기로 보일러 효율의 미연탄소분 손실은 미연탄소분 농도의 증감에 관계없이 일정함을 알 수 있었다.

석탄을 연소하는 보일러 운영측면에서 미연탄소분 농도와 동시에 성능측면의 미연탄소 손실을 고려해서 연소상태를 평가해야 할 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 한국남동발전 영동화력발전처 미연탄소분 증가관련 해결 TF활동 일환으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] ASME, PTC 4.0, Steam Generator, 1998
- [2] KEPRI, Fossil and Combined Cycle Power Plant Performance Test Guideline, 2007
- [3] Hitach, Boiler Providing Contract, 1971