

연소로 효율증진을 위한 on-line 세정 방법에 관한 연구

한승동**, 장현태*, 이지윤*, 박정희*, 김준호*

*한서대학교 화학공학과

** (주)씨에스글로벌

e-mail:htjang@hanseo.ac.kr

A Study of On-line Cleaning for Increasing of Combustion Efficiency in a Combustor

Seung Dong Han**, Hyun Tae Jang*, Ji Yun Lee*,

Jung Hee Park*, Joon Ho Kim*

*Dept of Chem. Eng., Hanseo University

** C & S Global Inc.

요약

액상 보일러 및 가열로 등에서 발생되어 연소기기 내부에 침적되는 슈트, 슬래그, 크랭커, 회분, 산화물의 on-line 세정을 위한 세정제의 제조에 대한 연구를 수행하였다. 고상, 액상, 기상연료를 사용하는 보일러 및 가열로에 생성되는 슈트, 슬래그, 크랭커, 회분, 산화물을 제거하는 기술은 보일러 및 가열로의 가동 중단 후 작업자들에 의한 기계적인 처리를 통하여 슈트를 제거하는 기술을 대처할 수 있고 보일러의 중단이 없는 상태에서 침적물을 세정할 수 있는 세정제의 최적고성에 대한 연구를 수행하였다. 주 세정제로는 질산암모늄을 사용하였으며, 각종 전이금속에 의한 영향을 연구하였다.

1. 서론

최근 온실가스에 의한 기후 변화에 대응하기 위하여 에너지의 효율적 사용에 대한 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 에너지 이용 효율성 증진은 화석연료를 사용하는 공정의 이산화탄소 발생을 감소시키고 화석연료 사용을 줄이므로써 공정운전 비용의 절감을 이룰 수 있다. 본 연구에서는 정유 및 석유화학공정에서 사용되는 가열로 및 보일러의 내부에 침적되는 soot, 슬래그, 크랭커, 회분, 산화물 등을 제거하므로써 보일러의 효율을 증진시킬 수 있는 방안을 연구하였다. 이전 까지 기술은 보일러 또는 가열로의 조업을 중단하고 보일러 내부에 작업자가 기계적인 방법으로 침적물을 제거하는 방법을 사용하였다. 이러한 방법의 사용은 많은 문제점을

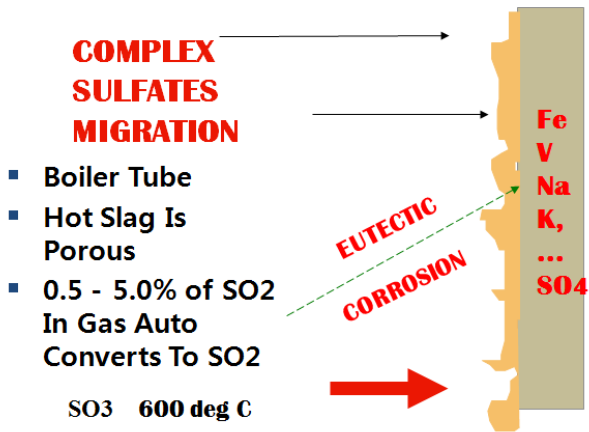
안고 있다. 보일러, 가열로의 조업을 중단하고 내부의 온도가 상온으로 강하할 때까지 방치한 후 작업을 수행하며 이때 보일러 내부에 남아있는 연소가스에 포함되 유해가스의 배출을 완전히 이룬 후 작업을 수행한다. 또한 작업과정에서 보일러 내부에 침적된 FeS가 작업자들이 사용하는 공구의 마찰열로 인하여 인화되어 폭발 및 화재사고가 발생하기도 한다. 따라서 침적물에 의한 효율에 감소가 발생한 상태에서 조업을 계속 유지하므로써 연소효율의 감소에 의한 연료 사용량 증대가 내부 청소비용보다 저렴하므로 침적물이 쌓인 상태에서 연속적인 조업을 수행한다.

이러한 시간과 경비 문제점과 더불어 연소로 및 가열로의 조업 중단에 대비한 예비기의 설치가 요구된

다. 따라서 연속 조업이 이루어져야하는 화학공정에서는 예비기로 1기 이상의 가열로 또는 보일러를 설치하여야 하며, 이에 따른 추가비용이 요구된다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 화학세정제에 의하여 연소로 및 가열로의 중단 없이 on-line으로 세정 작업을 수행 할 수 있는 가열로 및 보일러에 침적되어 연소효율을 감소시키는 soot, 슬래그, 크랭커, 화분, 산화물 등을 제거할 수 있는 화학세정제의 최적 조성에 대한 연구를 수행하였다. 이때 세정효과와 더불어 대기오염을 최소화할 수 있는 조성에 대한 연구를 수행하였다.

1.1. 침적물의 생성과정

그림 1에 침적물의 침적과정을 나타내었다. 연료에 포함된 황성분이 연소시 이산화황과 아황산가스로 전환되고, 연소과정에서 NO_x가 발생되어 연소가스는 산성분위기를 이루게 되므로 연소로내부는 산성상태에 도달된다. 또한 연료에 포함된 전이금속과 중금속이 산성분위기에서 침적을 이룬다. 또한 바나듐의 경우 낮은 녹는점으로 인하여 연소로 내부에 액상형태로 침적되어 다른 침적물의 침적을 증대시키는 현상을 나타낸다.



[그림 1] 보일러 및 가열로 내부 침적물 형성과정

2. 실험장치 및 방법

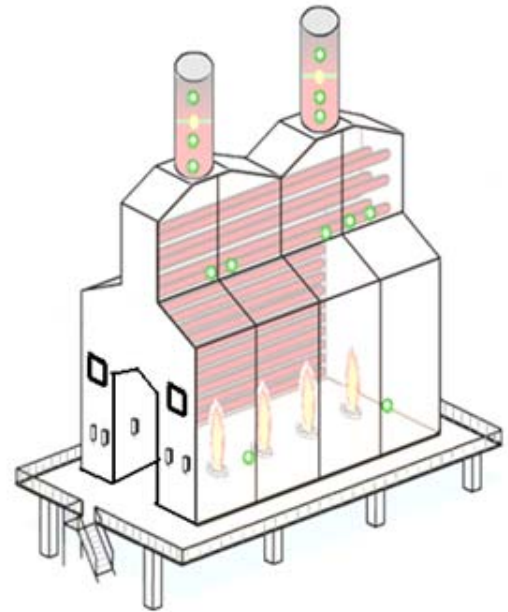
2.1. 세정제 분사법 침적물의 생성과정

그림 2는 가열로의 대표적인 형상을 나타내었다. 그림에서 산부의 전열관이 위치하여 연소열을 회수하며 하부에서 연료가 공급되어 화염이 형성되어 연소가 일어나는 형태로 조업이 이루어진다. 따라서 상부의 전열영역에 설치된 열교환기 표면에 침적되는 soot, 슬래그, 크랭커, 화분, 산화물 등에 의하여

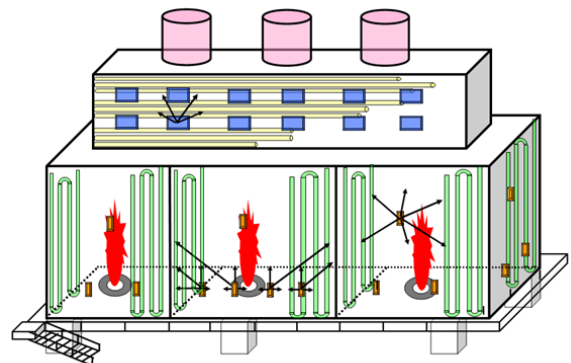
연소효율은 가장 큰 영향을 받게 된다.

이러한 상태에서 본연구의 세정제의 분사방법은 세정효과에 영향을 미치게 되므로 세정제의 분사 노즐의 설치와 분사방향은 그림 3, 4에 나타난 바와 같이 수행하였다.

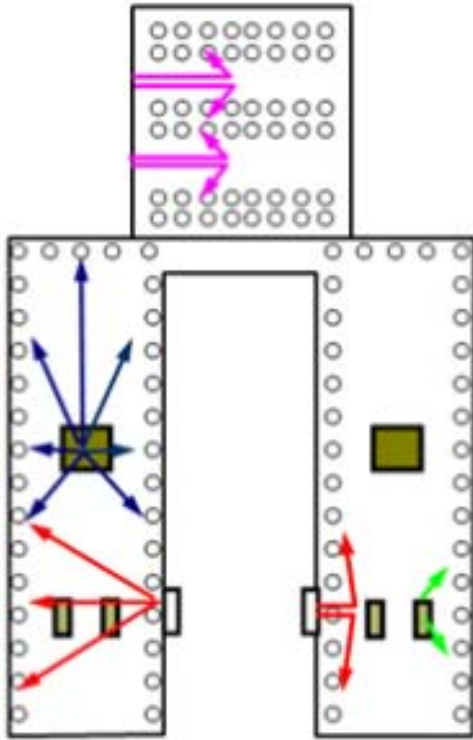
그림 3에 입체적인 형상을 나타내었으며, 그림4에 배면도를 나타내었다. qhsusrn에서 세정실험용 노즐의 설치위치는 보일러 및 가열로의 개조 없이 연소상태를 관찰하기 위하여 설치된 관찰구를 이용하여 노즐을 설치하여 방사하였다. 연소효율에 가장 큰 영향을 나타내는 열교환기에 사가이 없이 분사되도록 측면과 하부에서 분사가 이루어질 수 있도록 설치하여 분사하였다.



[그림 2] 가열로 및 보일러의 대표적 형상



[그림 3] 세정제 분사노즐 설치위치 및 분사 방향



[그림 4] 세정제 분사노즐 설치위치 및 분사 방향(관찰구 이용시)

2.2. 세정제 조성

본 연구에서 사용된 세정제는 주성분은 암모늄계를 이용하였으며, 보조성분으로써 바나듐과 반응 고화시킬 수 있는 알칼리 금속 및 슈트의 연소를 발생시킬 수 있는 전이금속계열 및 암모늄의 사용에 의하여 발생하는 질소화합물을 처리할 수 있는 우레아를 사용하였으며, 자세한 성분과 조성은 결과 및 고찰에 나타내었다.

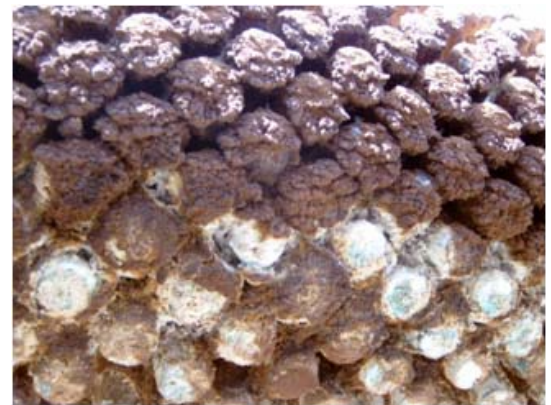
3. 결과 및 고찰

그림 5는 가열로 내부의 전열관의 세정에 따른 변화를 나타낸 그림이다. 그림5의 (가), (나)는 세정전에 전열관 표면이 soot, 슬래그, 크랭커, 화분, 산화물 등으로 오염된 상태를 나타내며, (다)는 세정 후 표면에 침적물이 제거되므로 인하여 산화철이 나타난 형태의 표면을 나타내고 있다. 세정반응기구는 다음과 같이 설명할 수 있다. 주성분을 이루는 암모늄에 의하여 산성화되어 침적된 침적물은 암모늄에 의하여 중화되어 분해되고 분해된 침적물 중 연소가스의 종말속도 이하의 물질은 연소가스와 함께 배출되어 가열로 외부로 배출된다. 이때 사용된 암모늄에 의하여 급격한 질소화합물의 증가가 발생하므로 우레아를 주입하여 질소화합물을 환원 배출시킨다. 또한

soot의 경우 다양한 산화물의 전이금속을 주입하여 가열로 내부에서 soot 산화 촉매로 작용할 수 있게 한다. 또한 바나듐의 경우 낮은 녹는 점으로 인하여 표면에 액상상태로 제거되지 않으므로 알칼리 금속을 주입하여 고상으로 전화 제거 배출시킨다.



(가) 세정전 전체 형상



(나) 세정전 확대 형상



(다) 세정후 표면 형상

[그림 5] 세정제 분사에 따른 전열관 표면 세정사진

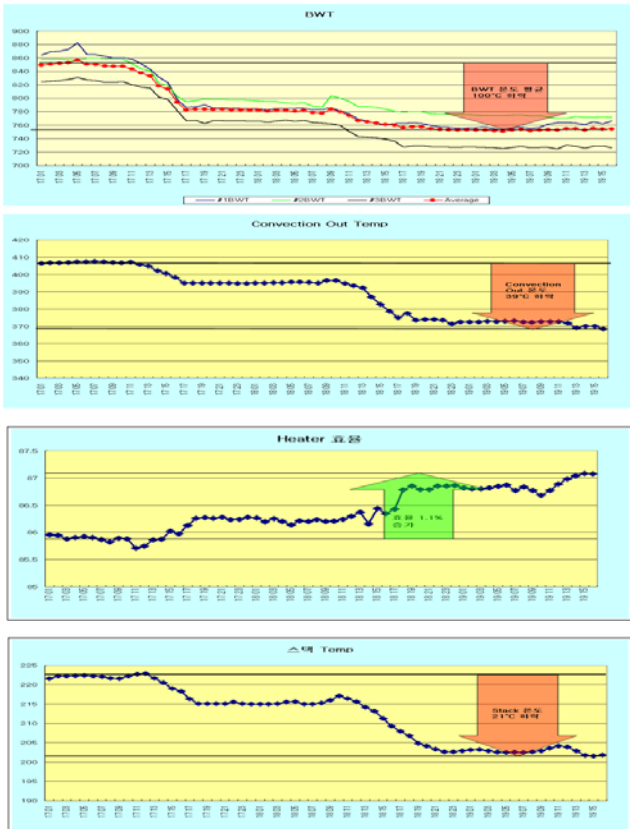
이러한 암모늄계와 전이금속, 알칼리 금속, 우레아 혼합물에 의하여 표면에 침적된 soot, 슬래그, 크랭커, 화분, 산화물 등이 제거된다. 또한 알칼리 금속과 전

이금속이 표면에 존재하므로써 세정 후 새로운 침적물 침적속도를 감소시킬 수 있었다. 또한 그림 6은 세정제의 주입 후 가열로 내부 각 부분의 온도를 나타낸 것으로 세정제의 세정 효과를 잘 나타내고 있으며, 그림 7은 본 세정법에 의한 에너지 절감 효과를 나타내고 있다.

제거를 연소과정중에서 on-line으로 이룰 수 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

[1] Linak, W. P., and Wendt, J.O.L., "Trace metal transformation mechanisms during coal combustion", *Fuel Process. Technol.*, V39(2), p 173-198, 1994.
 [2] Lin, W. Y., and Biwas, P., "Metallic particle formation and growth dynamics during incineration", *Combust. Sci. Technol.*, V101, p 29-43, 1994.
 [3] Lee, C. C., "A model analysis of metal partitioning in a hazardous waste incineration system", *JAPCA*, V38(7), p 941-945. 1988.
 [4] 일본특허 JP04283299
 [5] 미국특허 US4235585 B
 [6] 미국특허 US4396434 B



[그림 6] 세정에 따른 가열로 온도변화 곡선

	#1BWT(°C)	#2BWT(°C)	#3BWT(°C)	Con. Out(°C)	Stack(°C)	효율(%)
SOR 온도	770	735	725	350	197	87.5
Cleaning 직전	870	858	826	407	222	85.9
Cleaning 후	761	771	726	368	201	87.1
Cleaning 효과	-109	-87	-100	-39	-21	1.2
SOR 대비 회복율	109%	71%	99%	68%	84%	75%

Fuel 단가 : 158,537 원/FOEB (2008.08 가격)
 Heater 에너지 사용량 : 1097 FOEB
 Fuel Saving : 7.57 FOEB/Day
 Energy Saving : 1199414 원/Day Cleaning 비용: 25650000 원
 Pay Out 기간 : 21.4 Day

[그림 7] 세정에 따른 가열로 효율 증대

4. 결론

주성분으로 암모늄계와 보조성분으로써 바나듐과 반응 고화시킬 수 있는 알카리 금속 및 슈트의 연소를 발생시킬 수 있는 전이금속계열 및 우레아의 혼합 사용에 의하여 가열로 내부에 침적된 침적물의