

Aspen Plus를 이용한 RDF 소각시 발생하는 배가스 처리 공정 모사

이주호*, 정문헌*, 권영현*, 김민철**, 이강우**, 손병현*
*한서대학교 환경공학과, **(주)유성 중앙연구소
e-mail:jjuo@nate.net

Simulation of flue gas treatment section in RDF combustion process using Aspen Plus

Ju-Ho Lee*, Moon-Hun Jung*, Young-Hyun Kwon*,
Min-Choul Kim**, Gang-Woo Lee**, Byung-Hyun Shon*
*Dept. of Environmental Engineering Hanseo university,
**Yoo Sung Co. Ltd. R&D center

요 약

화석에너지 고갈로 인한 유가 상승으로 폐기물 에너지화가 이슈화 되고 있다. 폐기물 고형 연료 RDF는 에너지 문제를 해결하기 위한 대안 중 하나로 수송성, 저장성, 연소안정성이 우수하나 환경오염 물질의 발생이 문제가 된다. 이러한 오염물질을 처리하기 위한 배가스 오염 물질처리를 위한 plant 설비 비용과 시간이 많이 투자된다. Aspen plus는 mass·energy balance와 화학적평형, 열역학을 이용하여 공정 모사를 할 수 있는 프로그램으로 검증되었다. RDF의 삼성분, 원소분석, 발열량을 입력을 통해 HCl, SOx, NOx, CO의 배출량을 예측하고 이에 맞는 SNCR, SDA 등과 같은 반응기를 적용 하므로써 다양한 배가스 처리를 모사 할 수 있다. NOx를 제어하기 위해 urea주입과 SOx와 HCl을 제거하기 위한 CaO를 주입을 모사 하므로써 실제 운영 적용 전 단계에 역할로 유용한 도구로 판단된다.

1. 서론

최근 심각한 에너지난에 따라 대체에너지 개발에 많은 투자를 받고 있다. 그 중 폐기물 고형연료인 RDF(Refuse-Derived Fuel)는 수송성, 저장성, 연소안정성이 우수하나, 불균일한 RDF의 특성과 소각시 발생하는 SOx, NOx, HCl, CO, HF, dioxin, furans, Hg, 입자상 물질 등의 유해물질이 문제가 된다. 이러한 환경적 부하를 줄이기 위한 배가스 처리 시스템 공정(SCR, SDA, SNCR, B/F, CYCLONE, ESP 등)의 설비를 하기 위해서 많은 비용과 시간이 투자되며, 원활한 공정의 선택이 이루어지지 못할 경우 손실이 발생 할 수 있기 때문에 다양한 화학공정 모사를 할 수 있는 프로그램이 필요한 실정이다.

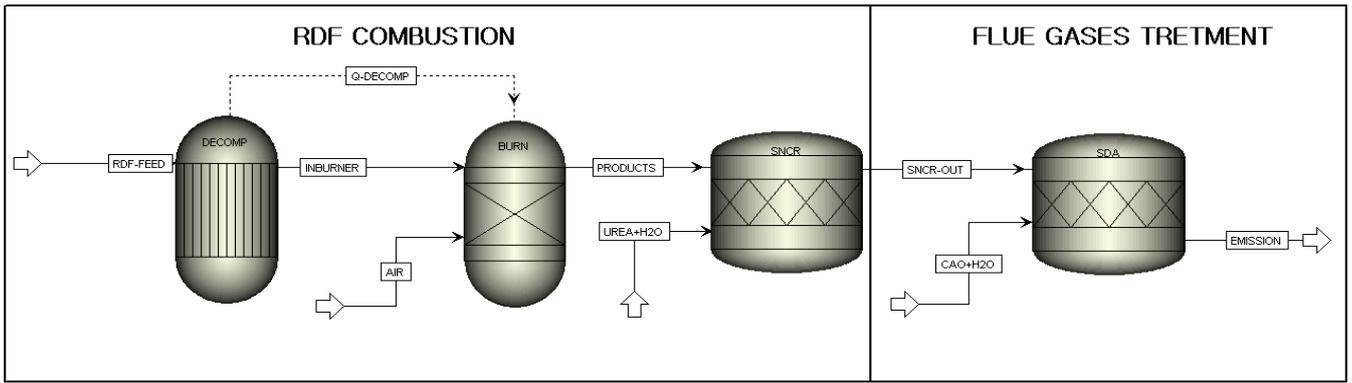
화학공정을 모사 할 수 있는 software로는 PRO/II, HYSYS, ChemCAD등이 있으며, 이 중 ASEPN PLUS는 1,500개 이상의 순수 성분에 대한 데이터

베이스가 내장 되어 있고, 다양한 열역학 모델과 단위조작 장치를 모사할 수 있는 모듈이 내장 되어있다.

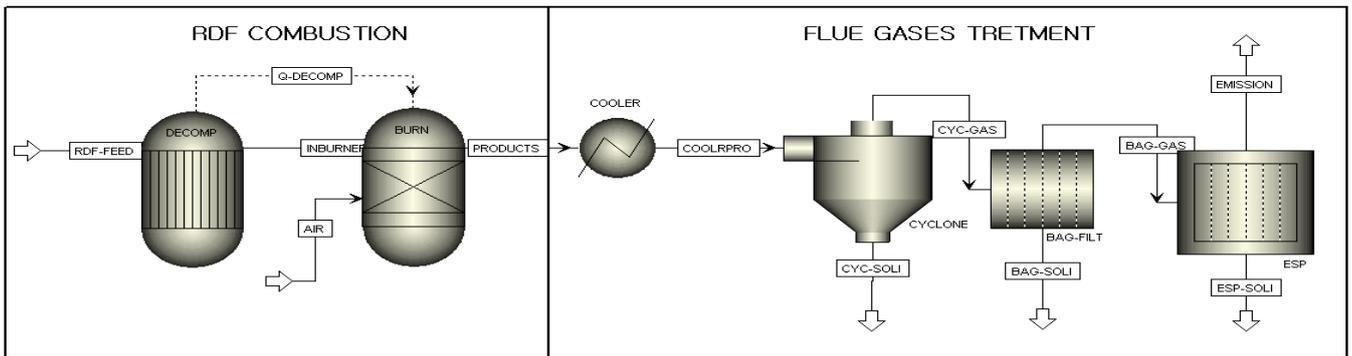
본 연구에서는 ASPEN PLUS를 이용하여 RDF 소각시 발생하는 배가스 처리량을 예측하고, 이에 맞는 공정을 모사하고자한다. 또한 SNCR공정과 SDA을 이용한 배가스 처리공정을 모사하고, 사이클론, B/F, ESP를 이용한 입자상 물질의 처리공정을 모사하고자 한다.

2. 공정 모사

RDF 소각 plant는 시간당 5ton 규모이며, 가스상 물질 제거 공정과 입자상 물질제거 공정모사를 [그림 1]과 [그림 2]에 나타내었다. RDF시료는 Y업체에서 페플라스틱, 폐목재, 폐합성수지류, 폐기유기용제, 기타 협잡물로 제조한 것으로써 [표 1]에 물리·



[그림 1] RDF 소각 배가스 plant 공정도



[그림 2] RDF 소각 입자상 물질 제거 plant 공정도

화학적 특성을 나타내었다.

2.1 가스상 물질의 처리 공정 모사

RDF 배가스 처리공정은 연소부와 배가스 처리부로 나뉜다. RDF연소부는 DECOMP(RYield), BURN(RGibbs), SNCR(RStoic)로 구성되어 있고 산성가스처리부분인 SDA(RStoic)로 구성되어 있다.

2.1.1 RDF 연소

BURN(RGibbs)반응기는 Gibbs의 자유에너지를 최소로 하여 화학적 평형을 이루는 반응기이다. RDF는 Gibbs의 자유에너지를 직접 계산할 수 없기 때문에 DECOMP(RYield)반응기를 통과 시키므로써 RDF를 구성하는 원소로 분해한다. 이 때 발생하는 열은 RDF 연소열을 고려해야하기 때문에 heat stream을 통해 BURN반응기로 전달된다. 분해된 원소는 BURN반응기에 주입되는 공기를 소모하여 연소 생성물이 발생된다.

BURN에서 발생한 연소 생성물은 SNCR(RStoic) 반응기로 보내지고 NOx성분 urea에 의해 제거 된다. NOx의 생성/제거 메커니즘은 매우 복잡하며, 온도, NSR, O2농도 등 많은 변수에 의존한다. 이 연구

에서는 0차원 코드를 이용하여 SNCR을 모사하였고 SNCR에서 urea와 NO의 반응 메커니즘은 다음과 같다.

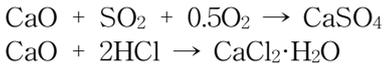


[표 1] RDF 물리·화학적 특성

Proximate analysis(wt%)	
Moisture	2
Volatiles	43
Fixed carbon	10.4
Ash	10.4
LHV(kcal/kg)	7,101
Ultimate analysis(wt%)	
Carbon	65.9
Hydrogen	6.7
Nitrogen	0.9
Chlorine	1.46
Sulphur	1.1
Oxygen	13.54
Ash	10.4

2.1.2 배가스 처리

반건식 반응탑(SDA, RStoic)에서는 CaO를 슬러리 상태로 주입하여 SO₂와 HCl을 제거 한다. 다음 반응식은 SO₂와 HCl의 처리 메커니즘을 나타낸 것이다.



2.2 입자상 물질 처리 공정 모사

RDF 입자상 물질 처리 공정은 연소부와 입자상 물질 처리부로 나뉘며, 연소부는 연소가스처리 공정과 동일하고, 입자상 물질 처리부는 사이클론, B/F, ESP로 구성된다. PSD(Particle Size Distribution)와 공정변수 입력을 통해 모사한다.

3. 결과 및 고찰

5ton/hr 규모의 RDF소각 plant의 모사를 위해서는 RDF 공급량과 화학적 성분 및 저위발열량, 단위 공정 모델의 변수, 입자상 물질 포집을 위한 PSD, interval, weigh fraction을 입력한다. SNCR에 주입되는 urea의 농도는 9.3%로 설정하였다. SNCR의 일반적인 효율은 30~70%이나 최대 80%정도의 효율을 얻을 수 있어 fractional conversion은 0.8로 하였다. SDA에서 CaO에 의한 SO₂의 fractional conversion을 0.8로하고 HCl의 fractional conversion은 0.7로 설정하였다. B/F와 사이클론, ESP는 design mode를 선택하였고 집진기별 효율 및 maximum pressure drop등을 입력하였다. [표 2]와 [표 3]은 위에 나타낸 데이터를 입력하여 모사 실시 후 결과를 나타낸 표이다.

[표 2] stream별 배가스량 및 입자상 물질 포집량

Stream	Products	Emission
mass flow	kg/hr	kg/hr
H ₂ O	3,010.08	5,304.59
N ₂	38,819.53	38,993.65
O ₂	2,753.12	2,681.91
SO ₂	107.58	21.52
HCl	73.57	22.07
CO ₂	0.950	0.950
NO	233.13	46.63
CO	11,728.01	11,864.78
CaSO ₄	-	182.88
CaCl ₂	-	91.103

[표 3] stream별 입자상 물질 포집량

Stream	CYC-SOLI	BAG-SOLI	Emission
mass flow	kg/hr	kg/hr	kg/hr
ASH	407.68	92.96	8.69

4. 결론

폐기물 고형연료는 대체에너지 자원으로써 수송성, 저장성, 연소의 안정성이 뛰어나 주목 받고 있으

나, 연소시 발생하는 배가스가 문제발생에 따른 처리공정의 선택은 매우 중요하다.

ASPEN PLUS는 mass·energy balance와 화학적 평형, 열역학을 이용하여 공정 모사를 할 수 있는 프로그램으로 많은 연구를 통해 검증되었다. ASPEN PLUS를 이용한 RDF 소각 plant 공정 모사를 실시 하므로써 배출되는 배가스량을 예측하고, 그에 맞는 적당한 공정을 선택 할 수 있다. 또한 다양한 공정변수 변화를 통해 공정 모사를 실시하므로써 설비비용 저감과 처리 효율성을 높일 수 있다.

사사

본 연구는 국토해양부 지역기술혁신 연구개발사업의 연구비지원(과제번호 08지역기술혁신B-03)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Aspen Plus User Guide, Aspen Technology Inc
- [2] E. Jannelli, M. Minutillo, "Simulation of the flue gas cleaning system of an RDF incineration power plant" Waste Management, vol 27, 684-690, 2007.
- [3] Silvano Cimini, Marrina Prisciandaro, "Simulation of a waste incineration process with flue-gas cleaning and heat recovery sections using Aspen Plus", Waste Management, vol 25, 171-175, 2005.
- [4] M. Tayyeb Javed, Naseem Irfan, B.M. Gibbs, " Control of combustion-generated nitrogen oxides by selective non-catalytic reduction", Journal of Environmental Management, vol 83, 251-289, 2007.
- [5] Miroslav Radogevic "Reduction of nitrogen oxides in flue gases", ENVIRONMENTAL POLLUTION, vol 102, 685-689, 1998.