

열분해 용융 소각로 설계인자 도출을 위한 수치해석적 연구

신동훈* · 전병일* · 이진호** · 황정호** · 류태우*** · 박대규****

A numerical study on design parameters of pyrolysis-melting incinerator

Donghoon Shin*, Byungil Jeon*, Jinho Lee**, Jungho Hwang**, Taeoo Ryu***, Daegy Park****

ABSTRACT

The present study discuss about numerical methods to analyze design parameters of pyrolysis-melting incineration system. Various numerical methods of different viewpoint are introduced to simulate the performance of the system.

Process analysis of the overall system is the beginning procedure of basic design process. Heat and material flow of each element are connected and are influential to each other, hence, an appropriate process modeling should be executed to prevent from unacceptable process design concepts that may results in system failure. Models to simulate performance of each elementary facility generate valuable informations on design and operation parameters, and, derive the basic design concept to be optimized. A pyrolysis model derived from waste bed combustion model is introduced to simulate the mass conversion and heat transfer in the pyrolysis process. CFD(Computational fluid dynamics) is an effective method to optimize the thermal reacting flow in various reactors such as combustor and heat exchanger. Secondary air jets arrangement and the shape of the combustor could be optimized by CFD technology.

Key Words : Pyrolysis, melting, incinerator, numerical model, process model, CFD

기 호 설 명

A: Preexponential factor or surface area

Cp: Heat capacity

D: Duct diameter, m

E: Activation energy, kJ/kmole

h: Heat transfer coefficient or enthalpy

k: Reaction kinetic rate

M: Material mass, kg

Q: Heat transfer

R₀: Radius

r: Radial coordinate, m

T: Temperature, K

t: Time, sec

ΔH: Heat of reaction

Greek

α: absorption coefficient

ε: emission coefficient

σ: Plank radiation constant

Subscript

s: solid

g: gas

i: number of process or material

r: reaction number

w: wall

* 연세청정기술연구원

† dhshin@yonsei.ac.kr

** 연세대학교 기계공학부

*** 한국생산기술연구원

**** 포항산업과학연구원

1. 서론

열분해 용융공정은 1970년대 오일쇼크로 인하여 석탄 등 대체에너지 개발에 의해 발달한 저급

Table 1. Waste pyrolysis melting technologies introduced to domestic industry

기술제휴선/국내회사	열분해/가스화 방식	용융기작	2차 반응로 특징	비고
Thermoselect/대우건설	압축수평이동층식	취+산소+LNG, 1600℃	산소주입에 의한 가스화 완성	
R-21/동부건설	회전킬른식	열분해가스+취+공기, 1300~1350℃	선회공기주입에 의한 완전소각 및 용융	
Evvara/효성	기포유동층식, 공기주입 부분산화	열분해가스+취+공기 1300~1450℃	선회공기주입에 의한 완전소각 및 용융	
신일본제철/포스코건설	수직이동층식	코크스+폐기물+공기 1600℃	선회공기주입에 의한 완전소각	

연료의 고급연료화를 위한 열분해 기술과, 제철 산업에서 사용하는 용융기술을 접목하므로써 폐기물의 소각과정에서 환경오염원으로 부각된 다이옥신 및 중금속 문제등을 해결하기 위한 방안으로서 완전 무해화 처리를 목표로 하는 폐기물 처리기술이다. 최근 국내에서는 다이옥신 및 중금속 문제에 의한 소각로 민원이 거세짐에 따라, 열분해 용융공정이 기존 폐기물 소각로의 대체기술로 부각되고 있다. 또한, NO_x와 SO_x를 비교적 쉽게 제거할 수 있는 장점이 있는 등 친환경적인 측면에서의 폐기물 소각과 더불어 에너지 자원회수를 위한 많은 연구가 선진공업국을 중심으로 개발되고 있는 바 상용화를 위해 검증단계를 거치고 있는 과정에서 다양한 열분해 용융소각공정들이 국내에 소개되고 있으며 그 중 활발히 기술도입을 추진하고 있는 업체와 공정의 예가 Table 1에 나타나 있다.

열분해 용융공정의 일반 소각공정과 구분되는 핵심설비는 열분해로와 용융로이다. 열분해로에서는 무산소, 또는 저산소상태에서 폐기물을 가열하여 열분해가스와 열분해취로 분리하고, 열분해가스는 연소실에서 소각하여 폐열을 회수하거나(열분해 용융소각로), 정제하여 합성연료를 제조하며(열분해 용융가스화로), 취와 회분은 용융로에서 반응하여 가스와 용융슬래그로 전환된다^[1].

열분해 용융공정의 특징 중 하나는 폐기물의 1차 열분해와 회분의 용융에 필요한 고온의 유지를 위해 다량의 에너지가 요구된다는 점이다. 폐기물 발열량이 높은 경우, 폐기물 발열에너지로 열분해와 용융을 수행할 수 있지만, 발열량이 낮은 경우, 추가적인 에너지를 필요로 한다. 따라서, 용융로의 경제적인 건설 및 운영을 위해서는 에너지 절약형 열분해 용융공정 설계기술 개발이 필요하다.

본 연구는 열분해 용융 소각로의 최적 설계에 기여할 수 있는 다양한 수치해석적 방법들을 소개하고자 한다. 전체 공정 설계에 사용되는 공정모델은 공정이 현실적인가와 다양한 조건 변화에 전체 공정이 적절하게 대응할 수 있는가

를 검토하는데 그 목적이 있다. 공정모델은 많은 요소설비들의 기본적인 열물질 전달 해석으로 요소설비 상호간 미치는 영향을 판단할 수 있도록 개발되며, 전체 공정의 경제적 설계 및 운영을 위한 기본적인 정보를 제공한다. 전체공정의 결정과정 전후에서 복잡한 반응이 발생하는 열분해로와 용융로 등은 기본적인 열물질 전달해석 이외에도, 폐기물 반응기작을 해석할 수 있는 모델을 필요로 하며, 폐기물층 반응모델을 활용하여 해석할 수 있다^[2]. 전산유체역학을 이용한 반응 및 열유동 해석은, 유동장 해석에 뛰어난 정확도를 보이는 고급 해석 도구로서 연소로, 열교환기 등 유체역학적 현상이 중요한 설비의 형상 및 운전조건 최적화등에 활용할 수 있다^[3].

2. 해석 모델

2.1 공정모델

Fig. 1은 본 연구에서 해석 대상으로 설정한 열분해용융로 공정을 보여준다. 본 공정은 공기 예열기에서 공기를 작동유체로 이용하여 연소가스의 폐열을 흡수하여 열분해에너지 및 용융 에너지로 활용하는 공정으로서 폐기물 자체 발열 에너지를 최대한 활용하는 공정이다. 압입팬(FDF)에 의해 주입되는 연소용 공기는 공기에열기에서 연소로 배출 가스와 열교환하며 열분해에 충분한 에너지를 흡수한 후에 열분해로로 투입되어 내부의 폐기물을 열분해시킨다. 그 후 공기는 냉각된 후 용융로와 연소로로 배분되어 투입된다. 연소가스는 공기예열기를 지나 보일러로 진행하여 일반적인 소각공정에서 사용되는 폐열회수 및 배가스 처리공정을 거치게 된다.

전체 공정중 에너지 효율과 관련된 공정은 Fig. 1의 점선으로 표시된 영역이며 그 외 공정은 일반 소각시설과 유사하므로 공정해석 대상에서 제외되었다.

공정모델은 각 요소설비별 열 및 물질전달을 계산하며, 요소설비간 열 및 물질 흐름을 연결하여 상호간 연계하여 개발되었다. 각 요소설비에서의 해석 모델은 다음과 같다.

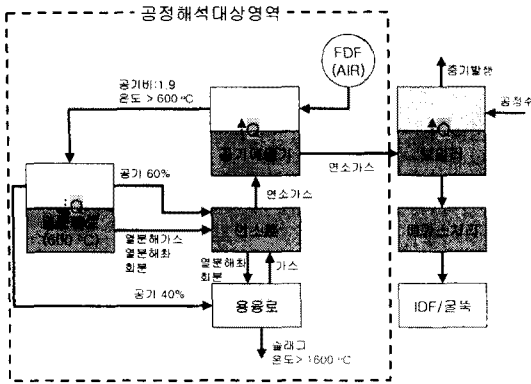


Fig. 1 Energy efficient pyrolysis-melting incineration process

2.1.1 열분해로 공정모델

폐기물의 종류에 따라 적정 열분해온도는 달라지지만, Table 1에 나타난 상용 플랜트에서 열분해로 온도는 대략 600 °C 내외로 유지되고 있다. 일반적으로 폐기물은 수분, 회분 그리고 가연분의 삼성분으로 구분되며 세 물질은 열분해로에서 각각 다른 물리적 특성과 변화과정을 보인다. 상온의 폐기물이 열분해로안으로 투입되어 로내 특정온도까지 가열되고 수분증발과 탈휘발과정을 거치면서 소모하는 열에너지는 Table 2와 같이 수분증발에너지, 가연분 가열에너지, 휘발분 증발에너지, 회분 가열에너지로 구분된다. 수분증발에 소요되는 에너지가 가장 높은 것을 알 수 있으며, 그 다음으로 가연분 가열에너지, 회분 가열에너지, 휘발분 증발에너지 순으로 계산된다. 수분 함량이 열분해 에너지에 절대적인 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

Table 2. Pyrolysis calculation ^[3]

항목	소요에너지 계산식	열분해 에너지 (kJ/kg)*
수분 증발	$Q_{water\ evaporation} = h_{out} - h_{in}$ $Q_{combustible\ heatup} = C_{p,combustible} \Delta T$ $C_{p,combustible} = 3(R/a)g(1200/T) (J/kgK)$ $R = 8314.4 (J/kmole K)$	3620
가연분 가열	$a = \frac{1}{\frac{C}{12} + H + \frac{O}{16} + \frac{N}{14} + \frac{S}{32}}$ $g(z) = e^z / [(e^z - 1)/z]^2$	1409
휘발분 증발	$Q_{out\ heat} = 80 \sim 90 kcal/kg$	356
회분 가열	$Q_{ash\ heatup} = C_{p,ash} \Delta T$ $C_p = 594 + 0.586 T (J/kgK)$	537

*20 °C에서 600 °C로 가열시

Table 3 Thermal parameters for ash melting^[4]

항목	값
고체비열	~0.3 kcal/kg K
용융잠열	~100 kcal/kg
액체비열	~0.6 kcal/kg K

2.1.2 용융로 공정모델

용융로는 고온에서 슬래그 조성에 따라 용융점 및 적정 용융로 온도가 달라지지만, 일반적으로 1600 °C 정도면 원활한 슬래그 유동이 형성된다^[4]. 용융에 필요한 에너지는 Table 3과 같이 새가지로 구분할 수 있다. Table 3의 용융로 인자값들은 고체상태의 회분의 비열, 용융 잠열, 용융후 액체슬래그의 비열을 포함하며, 조성에 따라 다소 변하지만 개략적인 평균값으로 설정한 것이다.

2.1.3 공기에열기 공정모델

공기에열기는 연소가스의 폐열을 연소공기에 전달하여 열분해 에너지를 확보하는 설비로서, 에너지 회수를 위한 중요한 장치이지만, 공기에열기의 재질 문제로 출구 연소공기온도에 제한이 있다. 일반적으로 공기온도를 600 °C 이상 올리는 것은 열교환기 재질이 견디지 못하거나 고가의 재료를 사용해야 하므로, 경제적이지 못한 설계가 될 수 있다. 그밖에 용융로에 장입되는 열분해 생성물의 성상을 고려하여 설정되기도 한다.

Table 4는 공기에열기 열전달 이론식을 보여준다. 열교환기 설계는 Table 4의 열전달계수를 계산한 뒤, Effectiveness/NTU 방법을 이용하여 전열량을 계산하게 된다^[6].

2.1.4 연소로 공정모델

연소로는 열분해가스와 화가 공기와 반응하여 완전연소시키는 것을 목적으로 한다. 고려해야 할 물질로는 열분해가스(CO, H₂, 탄화수소류)와

Table 4 Heat exchanger models

항목	모델식
복사 열전달	$Q = A\sigma \frac{\epsilon_w + 1}{2} [\epsilon_g T_{gas}^4 - \alpha_w T_{wall}^4]$
대류 열전달	$Q = (h_c + h_r)A(T_{wall} - T_{gas}),$ $\frac{h_c D}{k_g} = C Re_D^n Pr_{cc}^{0.36} \left(\frac{Pr_{cc}}{Pr_w} \right)^{1/4},$ $h_r = 5.1 \times 10^{-8} a_g T_{gas}^3 \left[\frac{1 - (T_{wall}/T_{gas})^3}{1 - (T_{wall}/T_{gas})} \right]$

일반적인 연소생성물인 CO₂, H₂O, O₂, N₂ 이며, 각 물질의 물리화학적 성상은 열역학 Data를 활용하여 내적으로 계산한다^[6].

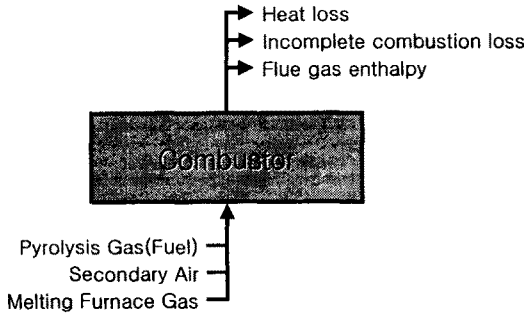


Fig. 2 Heat and mass balance of combustor

Fig.2는 연소로 모델을 보여주는데, 연소로로 들어오는 물질은 열분해가스(연료)와 공기 그리고 용융로로부터 유입되는 연소가스이며, 배출되는 물질은 연소생성물이다. 들어오는 물질의 엔탈피(반응엔탈피포함)와 배출되는 물질의 엔탈피의 차이는 노벽면 열손실과 불완전 연소손실과 같다. 각 열 및 물질정산 항목의 계산은 일반적인 소각로 설계이론을 이용하였다^[6].

2.1.5 전체공정계산

각 요소설비들은 상호간에 영향을 미치는 관계로 단순계산으로 해를 얻을 수 없으며, 행렬계산이나 반복계산을 통해 해를 얻을 수 있다. 각 설비별로 변수가 다르므로 적절한 행렬식을 구성하는 것은 다소 어려운 과정을 거쳐야 한다. 따라서, Fig. 3과 같은 반복계산을 통해 해를 얻으며 수렴조건은 각 설비 출구온도(T_i)의 변동폭 총합이 0.01 °C 이하인 경우로 하였다.

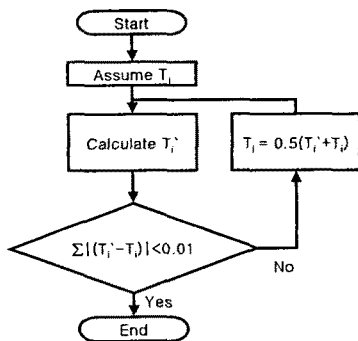


Fig. 3 Numerical iteration process

2.2 폐기물층 열분해 반응모델

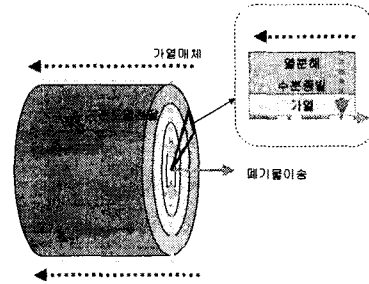


Fig. 4. Moving bed pyrolysis concept

폐기물 반응은 공정모델이나, CFD 해석으로 예측되기 어려운 고체층의 반응 특성으로 별도의 반응모델이 필요하다. Fig. 4는 폐기물 층이 원통형 관내를 이동하면서 열분해되는 과정을 개념적으로 도시한 것이다. 관외부로 가열매체인 고온 공기가 대류 열전달을 발생시키고, 폐기물 층내에서 열은 전도현상에 의해 폐기물 층내부로 침투한다. 폐기물 층은 점차 가열되면서 수분증발, 열분해 과정을 거치게 되는데, 폐기물의 조성에 따라 열분해 반응 계수는 다르다. 일반적으로 도시폐기물의 가연분 조성은 목재를 원료로 하는 물질이 60-70%에 이르고 플라스틱류가 10-20%, 기타 가연분이 10% 이내의 분포를 보이므로 가연분 조성을 나무류와 플라스틱류의 두가지 조성으로 고려하는 방법이 타당하다^[9].

Fig. 5는 나무류와 플라스틱류의 열분해 모델을 도시하고 있다. 나무류의 경우 열분해되면서 휘발분과 촉각 발생하는 것으로 가정하였으며, 플라스틱은 열분해되면서 촉각의 발생은 없고 모두 휘발분으로 전환되는 것으로 가정하였다^[3,10].

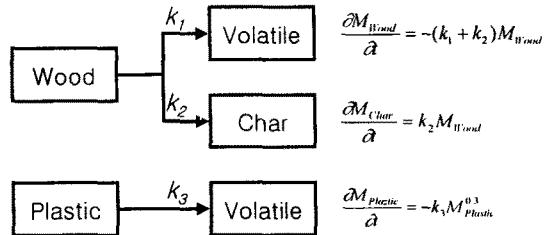


Fig. 5 Pyrolysis model of wood and plastic

Table 5 Reaction kinetics of pyrolysis of wood and plastic^[3,10]

	$k_r = A_r \exp(-E_r / RT)$	
	A_r	E_r/R (K)
k ₁	5.16 × 10 ⁶	10,700
k ₂	2.66 × 10 ¹⁰	12,800
k ₃	1.1 × 10 ¹⁵	29,829

폐기물 층의 이동형태를 원통형 관내를 이동하는 것으로 가정하면 이산화해야 하는 층내 에너지 지배방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial \rho_s C p_s T}{\partial t} = \sum_i \frac{\partial \rho_i}{\partial t} (-\Delta H_r) + k_s \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \frac{\partial T}{\partial r})$$

열분해반응에 필요한 에너지는 Table 2에 나타나 있으며, 계산수행을 위한 외벽면 경계조건은 다음과 같다.

$$k_s \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=r_0} = h(T_{air} - T)$$

이산화 방법은 유한차분법을 이용하였으며, Fig. 3에 나타난 바와 같이 계산 시간단계별로 반복계산을 수행하여 수렴한 이후에 다음 시간단계의 계산을 수행하였다.

2.3 연소로 CFD 해석

CFD를 이용한 연소 및 열유동 해석은 실제현상에 근접한 모사가 가능한 유용한 도구이지만, 복잡한 물리화학적 현상들에 대한 고도의 전공지식을 필요로 하며 계산모델 제작에 많은 노력을 기울여야 하는 어려운 점이 있다. 최근, CFD 프로그램들이 범용화되고 상용화되면서 전문적인 지식이 부족한 상태에서도 결과를 낼 수 있는 수준이 되었지만, 현상에 대한 이해, 정확한 모델 제작, 해석결과의 진위여부 판단 및 적절한 활용에는 전공지식을 충분히 이해하고 있는 전문인이 수행해야 할 필요가 있다.

Table 6 Computational models for combustor simulation^[12]

항목	사용모델
프로그램	FLUENT 6.0
난류	RNG k-ε model
복사	DTRM(Discrete Transfer Radiation Model)
연소	propane-air 2 step reaction Arrhenius/eddy-breakup

연소로에서는 불완전 연소물질이 2차 공기와 만나 완전 연소되는 것을 목적으로 한다. 연소로 설계는 기초적인 사양결정 후 CFD를 활용하여 열유동 최적화를 수행하는 방법이 유용하다. 특히, 2차연소공기 주입방식과 연소로 형상결정에 CFD는 의미있는 정보를 제공한다.

3. 결과 및 토의

3.1 공정해석 결과

검토대상 폐기물은 Table 7에 나타나 있으며 각 폐기물에 대해 공정해석을 수행한 결과중 기초적인 자료로서 폐기물 발열량 대비 열분해 및 용융에 소요되는 에너지의 비율을 계산한 결과를 도시한 것이 Fig. 6이다. 발열량이 낮아질수록 열분해와 용융에 소요되는 에너지 비율이 높아져서 발열량이 1000 kcal/kg 에 가까워지면 열분해와 용융에 필요한 에너지가 폐기물 발열에너지의 70% 이상을 차지하여, 자체 발열에너지만으로 운전하기가 어려워며 보조연료 투입이 필요한 것으로 판단된다.

한편, 이 계산은 열분해 및 용융에너지와 폐기물 연소에너지를 단순비교한 것이며, 공정의 적절성과 재질문제등을 고려해 보면 자체 발열에너지만으로 운영될 수 있는 공정은 더욱 범위가 좁아진다. Fig. 7은 Fig. 1에 나타난 공정을 기준으로 Table 7에 나타난 다양한 폐기물 발열량별 주요 공정온도를 보여준다. 용융로 온도 1600℃, 열분해로 온도 600℃ 이상을 만족시키기 위한 폐기물 발열량은 대략 2000 kcal/kg 이상임을 알 수 있다.

Table 7 Waste compositions for simulation

구분	1	2	3	4	
삼성분 (W%)	수분	40	43	46	49
	회분	20	23	26	29
	가연분	40	34	28	22
	합계	100	100	100	100
원소분석 (W%)	C	29.38	24.97	20.57	16.16
	H	3.24	2.75	2.27	1.78
	O	0.00	0.00	0.00	0.00
	N	5.37	4.56	3.76	2.95
	S	2.01	1.71	1.41	1.11
	Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
	합계	40.00	34.00	28.00	22.00
LHV	kcal/kg	3034	2526	2019	1511

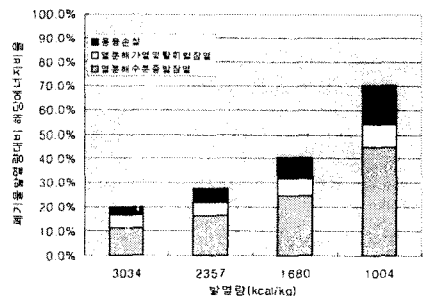


Fig. 6 Rate of pyrolysis and melting energy against waste calorific value

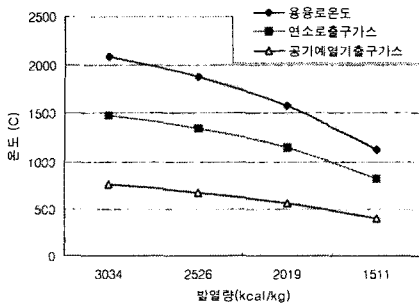


Fig. 7 Process temperature depending on waste calorific value

3.2 폐기물층 열분해반응 해석 결과

Table 8은 본연구에서 해석대상으로 한 폐기물층 열분해로의 사양을 보여준다. 폐기물 조건 1 (발열량 3034 kcal/kg)의 경우를 대상으로 해석을 수행한 결과가 Fig. 8부터 Fig. 11까지이다.

Table 8. Moving bed pyrolysis design condition

항목	세부항목	단위	값
열분해로	직경	m	0.2
	길이	m	4
폐기물	밀도	kg/m ³	500
	투입량	kg/hr	30
가열공기	입구온도	°C	700
	출구온도	°C	400

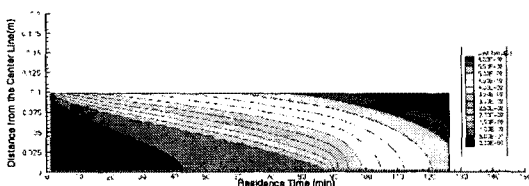


Fig. 8. Calculation result of moving bed pyrolysis (temperature)

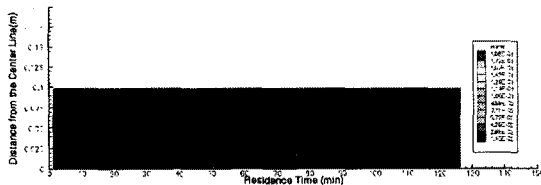


Fig. 9. Calculation result of moving bed pyrolysis (moisture)

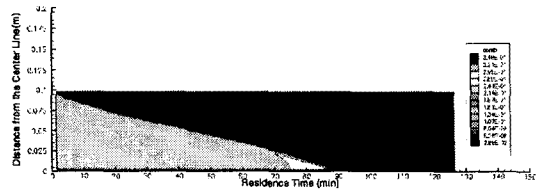


Fig. 10. Calculation result of moving bed pyrolysis (biomass concentration)

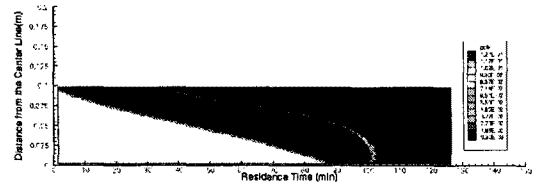


Fig. 11. Calculation result of moving bed pyrolysis (plastic concentration)

이동층 열분해로 내에서 폐기물은 층 가장자리로부터 가열되면서 점진적으로 내부중심으로 반응 영역이 확산된다(Fig. 8). 가장자리는 빠른 속도로 열분해되지만, 중심에서는 열분해로에 투입된 지 90분이 지난 후에야 수분증발이 끝나고 열분해 반응으로 넘어가는 것을 알 수 있다(Fig. 9). Fig. 10에 나타난 목재계열 폐기물은 수분 증발 후 빠른 속도로 열분해 반응을 종료하지만, Fig. 11의 플라스틱 계열 폐기물은 목재계열보다 좀더 높은 온도에서 열분해되기 때문에 반응을 위한 체류시간이 목재계열보다 많이 필요한 것을 알 수 있다.

이상의 폐기물층 열분해로 모델은 다양한 운전조건의 영향을 평가할 수 있는 도구를 제공하는데, 폐기물 조성, 폐기물층 밀도, 열분해로 방식등의 설계변수 영향을 검토하는데 유용하게 사용될 수 있다. 또한, 화 연소와 용융반응까지 고려하면 용융로의 해석모델로도 활용할 수 있다.

3.3 연소실 열유동 해석

본 연구에서 해석대상으로 한 연소로의 사양은 Table 9와 같다. Fig. 12는 연소로내 열유동 해석 결과를 보여준다. CFD 해석은 연소로내 연소 및 열유동 현상을 실제에 근접하게 해석할 수 있는 고급 공학 도구로서 연소로 해석에 유용하다. Fig 12(a)는 연소로 형상을 보여주는데, 열분해로 출구와 용융로 출구가 아랫부분에 위치하고 2차공기 주입노즐이 중심방향에서 수평으로 5도 기울어져 있는 원통형 연소로이다. 계산 격자는 2차공기 주위에 조밀하게 격자를 구성하여 2차공기의 혼합효과를 적절하게 모사할 수 있도록 하였다. Fig.12(b)의 유동 흐름도를 보면 용융로에서 상승하는 가스가 2차공기와 만나면서 급격한

난류유동을 보이고 2차공기의 선회주입의 영향으로 연소로내에서 1.5~2회전한 후에 배출되는 것을 보여준다. Fig.12(c,d)의 온도분포와 산소농도는 2차공기이후 빠른속도로 연소로내 혼합이 발생하는 것을 보여준다. 연소로 설계시 중요 인자는 연소실내 온도와 가스 체류시간, 그리고 혼합 정도로서 특히 혼합의 최적화는 공해물질 제어에 중요하다^[3].

Table 9 Dimension of combustion chamber

항목	단위	값	
폐기물 처리용량	kg/hr	30	
연소로	내경	m	0.6
	높이	m	2.5
	노즐직경	m	0.04
2차공기	개수	개	4
	중심축방향각도	도	5
열분해로출구수력직경	m	0.12	
용융로 출구직경	m	0.25	

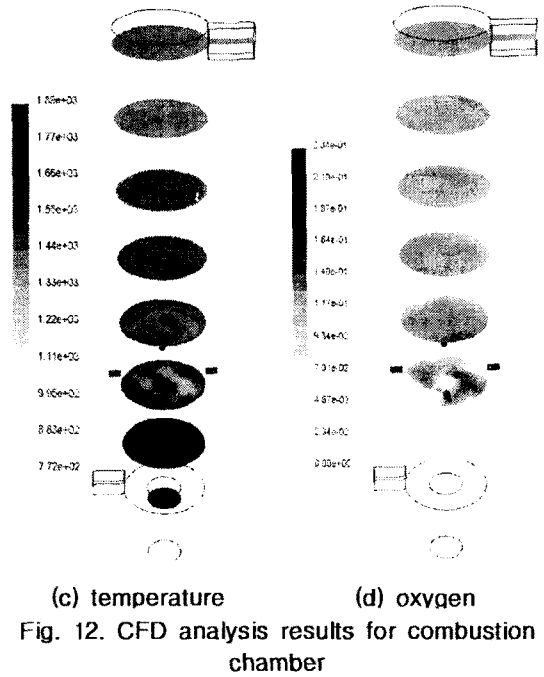
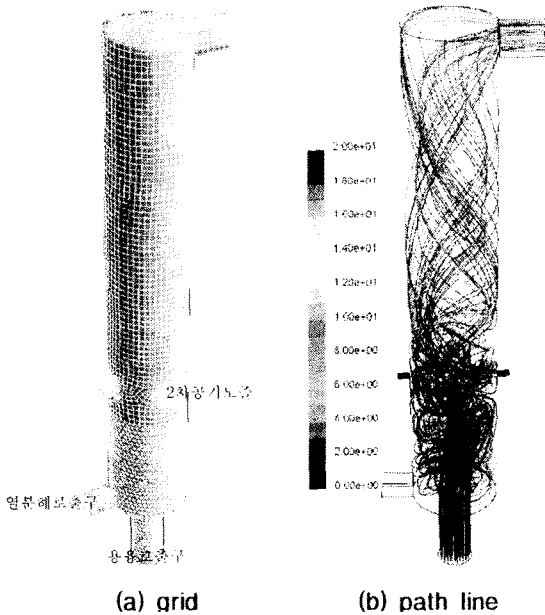


Fig. 12. CFD analysis results for combustion chamber

4. 결론

최근 국내 폐기물 소각로 산업계에서 활발히 거론되고 있는 열분해 용융 소각로의 설계인자 도출을 위한 수치해석적 도구들에 대한 검토를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 열분해 용융 소각로의 핵심요소인 열분해로, 용융로 및 연소로는 상호간 연계되어 전체성능에 영향을 미치므로 상호관계를 분석할 수 있는 종합적인 해석이 필요하다.
- (2) 공정해석 모델은 요소설비간 복잡하게 얽혀 있는 상호간 영향인자를 도출해 낼 수 있는 도구로서, 설계자가 작성한 공정설계가 실제 가능한지 여부와 다양한 운전조건 변화에 적절한지 여부 등을 검토할 수 있는 공학적인 정보를 제공한다.
- (3) 열분해로 및 용융로등 핵심시설과 특수한 반응이 발생하는 반응로는 적절한 모델을 개발하여 설계 및 운전인자를 도출하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 폐기물 층반응 모델을 이용하여 열분해로에서의 폐기물 반응거동을 예측하였으며, 본 모델은 차후 다양한 열분해로에 대한 모델개발과 용융로 모델개발에 활용될 수 있다.
- (4) 연소로에서는 연료와 산화제인 공기가 효과적으로 혼합되고, 열유동 형태가 균일한 것이 바람직하다. CFD 해석방법은 연소실내 연소, 난류, 반응, 열전달현상등에 대하여 현실에 근접한 해석결과를 제공하므로 설계시 유용하게 사용된다.



(a) grid

(b) path line

2차공기가 연소실내 열유동장에 미치는 영향이 지대하므로 설계시 최적의 혼합과 열유동형태를 구현하기 위한 2차공기 설계가 중요하다.

후 기

본 연구는 2003년도 환경부 차세대핵심환경기술 개발사업-유해폐기물 처리·처분기술분야의 일환으로 수행되었다.

참고문헌

- [1] 임연정: 열분해용융소각기술의 동향, 한국소각기술협의회 기술Workshop, 5월 16일, 한국과학기술회관, 2003
- [2] D. Shin and S. Choi.: The Combustion of Simulated Waste Particles in a Fixed Bed, Combustion and Flame, Vol. 121, pp. 167-180, 2000
- [3] 신동훈: 스토커식 도시 폐기물 소각 연소실의 저공해화를 위한 설계 최적화에 관한 연구, 한국과학기술원 기계공학과 박사학위논문, 1998.8.
- [4] 신동훈, 전병일, 이진호, 황정호, 류태우, 박대규, "산소과잉공기를 이용한 열분해 용융 소각로의 설계변수 해석연구," 한국열분해용융공학회 추계학술대회, pp. 263-271, 2003
- [5] Hottel, H.C., "Radiation from carbon dioxide, water vapor and soot," American Flame Committee, 1985
- [6] Frank M. White, "Heat Transfer," Addison-Wesley Publishing Company, Inc, pp. 542-558, 1984
- [7] Boilers, evaporators, and condensers, edited by Sadik Kakac, John Wiliey & Sons, Inc, 1991
- [8] 도시형 저공해 소각로 종합 시스템 개발 연구-파일럿플랜트 기본설계서, 산자부 G-7 과제, 1994년 7월
- [9] 환경부 홈페이지, www.me.go.kr
- [10] Cozzani, V., Nicoletta, C., Rovatti, M., Tognotti, L., "Modeling and Experimental Verification of Physical and Chemical Processes During Pyrolysis of a Refuse-Derived Fuel," Industrial & Engineering Chemistry Research, Vol. 35, No.1, pp. 90-98 (1996)
- [11] Robert W. Hornbeck, "Numerical methods," QPI Series, Quantum Publishers, Inc., 1975
- [12] FLUENT Users Guide 6.0