

CT16) Dump 소각기에서 CCL₄ 분해에 대한 수치해석 A Numerical Simulation of CCL₄ Destruction in a Dump Incinerator

채종설 · 전영남 · 엄태인¹⁾ · 신대운

조선대학교 환경공학부, ¹⁾대전산업대학교 환경공학과

1. 서 론

산업의 발달로 인하여 유해폐기물의 양과 종류가 날로 증가하고 있다. 유해폐기물은 고온에서 분해가 어렵고 연소시 인체에 유해한 성분을 생성하는 Chlorinated Hydrocarbons(Gupta,A.K. and Valeiras, H.A,1984)과 Acetonitrile, 연소성을 저해하는 SF₆ 등이 있다. 지금까지 유해폐기물은 처리가격의 저렴성과 기술적 어려움이 적은 매립 및 밀봉등의 방법에 의존해 왔으나, 최근들어 소각에 의한 처리가 증가 추세에 있다. 유해폐기물을 소각처리 하기 위해서는 일반 도시폐기물(MSW)의 소각로와는 달리 고온에서의 체류시간이 충분하고 연소기 자체 연소유지(self-sustaining combustion)를 위한 열보유 능력이 우수한 특성을 가진 소각기의 개발이 요구된다. 본 연구에서는 이러한 요구에 적용될 수 있는 on-site 소각이 가능한 compact한 dump 소각기의 유동 및 연소특성과 유해폐기물 분해율을 파악하여, 소각기의 최적 설계를 하기 위해 수치해석적 연구를 수행하였다. 수치해석에서 사용한 유해폐기물은 Chlorinated Hydrocarbons (CHC_s)의 대표적인 화합물인 CCL₄을 사용하였다.

2. 연구방법

일반적인 3차원 편미분 지배방정식의 해를 얻기 위해서 검사체적에 기초한 유한차분법(control-volume based finite difference method)과 power-law scheme을 이용하여 이산화방정식을 유도하였다. 본 논문에서 사용한 수치해석은 Patankar방법을 사용하였으며 차분화된 운동방정식의 셀-압력의 decoupling을 없애기 위해 엇갈린 격자망(staggered grid)을 사용하였다.

Line-by-line TDMA(tridiagonal matrix algorithm)알고리즘에 의해 해를 구하였으며 압력·속도의 연계는 SIMPLE(Semi-Implicit Methods for Pressure-Linked Equation)알고리즘에서 변형,발전된 SIMPLEST 알고리즘을 사용하였다. 그림1에 본 연구에서 수치해석한 dump 소각기의 형상과 크기를 나타내었다.

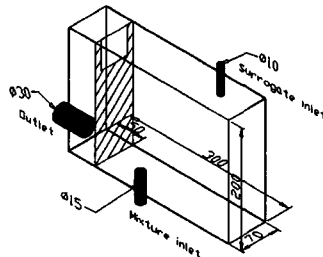


Fig. 1. Schematic diagram of dump incinerator.

3. 결과 및 고찰

그림 2에 소각기내의 유동장을 나타내었다. 연료와 공기가 예혼합되어 연소됨에 따라 dump plane에서 화염이 유지되면서 급격한 팽창이 일어나기 때문에 dump 소각기내에 커다란 재순환 영역이 형성된

다. 소각기 중앙부분에 커다란 재순환영역이 형성됨을 알 수 있다. 본 연구에서 사용한 소각기는 기존의 dump 연소기와는 달리 배출구가 소각기 옆면에 위치하고 주연소영역 좌측에 벽이 존재하기 때문에 배기가스에 의한 대류열손실을 최대한 회수 할 수 있는 구조이다. 또한 주연소영역과 좌측벽면사이 dump plane에 작은 재순환영역이 형성되는데 화염을 안정적으로 유지할 수 있다. Surrogate의 주입속도와 주입 위치는 재순환영역의 형성에 영향을 주지않도록 선정하여야 한다.

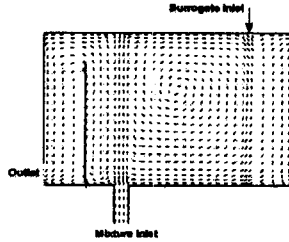


Fig. 2. Velocity vector field in the dump incinerator.

그림3에 유해폐기물인 CCL₄와 보조연료인 메탄의 농도를 나타내었다. 메탄의 농도는 연소에 의하여 주혼합기가 소비되기 때문에 화염 하향류쪽으로 갈수록 농도가 급속히 감소된다. 재순환 영역에서 메탄의 농도는 surrogate가 주입되는 지점에서 가장 높게 나타난다. 연소되지 못한 미연 메탄은 재순환영역으로 유입되어 열교환에 의하여 재반응하게된다. 주연소영역 상단부의 메탄 농도가 높은 것은 미연 메탄중 일부분이 재순환영역으로 유입되지 않고 바로 배기구쪽으로 빠져나가기 때문이다. 그러나 벽면의 열교환에 의해 다시 재반응을 하여 배기구쪽의 농도가 낮게 유지된다. CCL₄의 농도는 Surrogate가 주입되는 지점에서 최고농도를 나타내며 점차 분해된다. 보조 연료로 사용된 메탄은 소각시 필요한 열량 공급과 CCL₄의 화염억제 반응에서 소모된 수소를 공급하는 역할을 하며 CCL₄ 분해에 중요한 역할을 한다. 주연소 영역에서 연소되지 못한 미연 메탄이 재순환영역으로 유입되어 CCL₄ 분해시 필요한 수소를 공급한다. 재순환영역으로 유입되지 못하고 배기구쪽으로 빠져나간 CCL₄는 미연 메탄과 다시반응하여 배기구쪽의 농도는 낮게 유지된다.

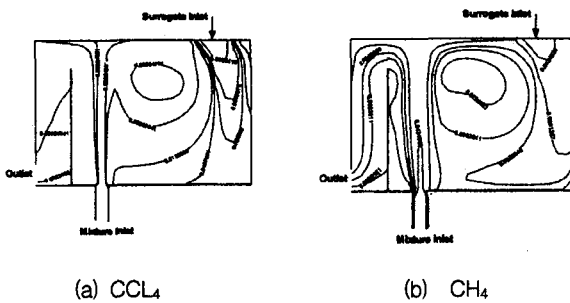


Fig. 3. CCL₄ and CH₄ concentration field in the dump incinerator.

참 고 문 헌

Gupta,A.K. and Valeiras,H.A (1984) Burning velocities of chlorinated hydrocarbon-methane air mixture , Combustion and flame, 55, 245-254.

Willis,J.W., Cadou,C., Mitchell,M., Karagozian,A.R (1994) Destruction of liquid and gaseous waste surrogates in an acoustically excited dump combustor, Combustion Science and Technology, 99, 280-287.