

# PS36(CT) 고온고압 집진용 역세노즐 개발을 위한 수치해석적 연구

## A Elementary Numerical Study on Pulse-Jet Development for High Temperature & High Pressure Dust Removal System

김 장 우 · 송 장 현<sup>1)</sup> · 정 진 도<sup>2)</sup>

호서대학교, <sup>1)</sup>천안 시청, <sup>2)</sup>호서대학교 환경공학과

### 1. 서 문

석유와 천연가스를 주로하는 에너지 자원의 한계를 극복하기 위하여 대체에너지 개발에 세계적인 관심이 고조되고 있다. 석탄의 청정한 이용은 가장 가까운 장래에 활용될 수 있는 시스템의 하나이다. 석탄을 에너지로 이용할 때는 연소시에 발생하는 분진과 NO<sub>x</sub> 및 SO<sub>x</sub> 등의 산성가스에 의한 대기오염이 문제이다. 그외 CO<sub>2</sub>의 방대한 배출량은 지구온난화 문제로 지적되고 있다. 환경공해 문제와 에너지 절약적인 차원에서 석탄을 효율적으로 이용하기 위한 노력은 계속되고 있지만 이들 문제를 해결하지 않고는 석탄 이용에는 큰 제약이 따른다.

가압유동층연소(PFBC)와 석탄가스화복합발전(IGCC)은 차세대의 대표적인 석탄이용 발전시스템이다. PFBC의 경우 고온고압에서 석탄연소가스를 생성하고, 이를 정제한 후 가스터빈을 구동 시킴으로서 전력을 생산한다. 이 경우 700~900℃에서 집진이 이루어져야 한다. 그리고 IGCC의 경우는 고온고압에서 석탄을 가스화하여 정제한 후에 다시 연소하여 고온고압의 가스를 생성한다. 어느 경우나 가스터빈에 유입되기 전에 고온고압에서 집진이 이루어지면 에너지 효율을 높일 수 있을 뿐만 아니라 전체 공정이 간단해 진다. 에너지의 효율향상만큼 환경오염을 줄일 수 있다.

석탄가스화 공정에서 10,000ppmw 이상으로 배출되는 분진을 10ppmw이하로 제거하기 위해서 현재 도입을 검토하고 있는 집진시스템으로는 세라믹필터, 입자충여파기, 전기집진기, 건식 또는 습식스크리버, 그리고 여러가지 Barrier 필터가 있다. 각 시스템은 나름대로 장단점을 가지고 개발상태도 다르다. 세라믹필터 집진기에는 캔들필터, 튜브필터, 그리고 Cross Flow필터의 형태로 나뉘어 개발되고 있다.

고온의 소결 여과체로 구성된 다공성 세라믹 필터 집진기는 적절한 기공의 형성으로 절대적 집진효율을 추구할 수 있는 점에서 많은 잠재력을 갖고있다. 현장에서 집진을 수행할 경우 필터는 고온고압의 반응성가스, 높은 분진부하, 역세와 운전조건의 변화에 따른 열 및 기계적 충격 그리고 필터 고정부에 오는 스트레스 등에 내구성을 지니면서, 높은 여과속도와 낮은 압력손실로 99.9% 이상의 집진효율을 보여야 한다. 따라서 차세대의 개량된 석탄발전 시스템에 성공적으로 사용될 수 있는 필터의 개발과 이를 이용한 집진 시스템의 개발이 시급하다.

본 연구에서는 세라믹 필터에 사용되는 역세노즐의 형태에 따른 Pulse jet 모드실험을 통한 노즐의 기초 개발 연구로 최적의 역세노즐을 개발하기 위하여 기초 수치 해석을 수행하였다.

### 2. 연구 방법

#### 2.1 지배 방정식

일반적으로 다공성 세라믹 필터 내부와 역세노즐 주변의 유동장은 점성의 영향을 받지만, 동반류는 역세점 노즐로부터 분사된 고압기체가 팽창하며 압력이 감소하여, 디퓨저 입구 부근에서 노즐 주위보다 압력이 낮아져 형성되는 것이 주된 요인이므로, 본 연구에서는 점성의 영향을 무시한다. 이 비점성의 유동장은 연속 방정식, 운동량 보존 방정식, 에너지 보존 방정식으로 구성된 Euler 방정식에 의해 지배된다. 또 기체를 상태방정식에 따르는 완전기체로 가정하고, 국부적으로 초음속 유동이 예상되므로 압축성을 고려한다.

## 2.2 수치해석방법

다공성 물질로 구성된 필터로 인해 야기되는 필터 vessel 내의 유동장 변화는 Darcy법칙을 이용하여 경계조건으로써 처리한다. 전체적인 방정식의 수치해법으로 공간 2차 정도의 upwind TVD scheme을 근간으로 하여 연산자 분리법(operator splitting method)을 이용하고, 계산격자는 노즐 팁 부근과 디퓨저 부분에 밀집시켰으며 계산의 효율을 향상시키기 위해 몇 개의 영역으로 나누어 격자를 생성하였다.

## 3. 결과 및 고찰

점성의 영향을 고려하지 않은 비점성 계산에서도 디퓨저의 입구 부근에서 노즐로부터 분사된 기체의 압력에너지가 운동에너지도 변화하는 과정에서 압력이 저하되어 동반류를 형성하고, 디퓨저의 형상에 영향을 받아 운동에너지가 다시 압력에너지로 전환되어 역세정을 하는 과정을 확인하였다. 계산에서는 비점성을 가정하였으므로 필터 내의 속도, 압력 등의 경계조건에 이용되는 점성계수를 온도에만 의존하는 층류 점성계수로부터 구하였기 때문에 필터투과율에 따른 압력의 변화가 온도의 변화에 직접적인 영향을 끼쳐 점성계수의 변화가 심하므로 경계조건의 수치적인 처리에 개선의 필요성을 발견했다. 그러나 전체적인 결과들의 경향은 기존의 연구결과(정재화,1998)와 일치하여 비점성 수치 계산도 역세정 유동해석의 유효한 수단이 됨을 확인하였다.

이것을 기초로 하여 향후 역세 모드에 따른 노즐 개발을 위한 기초 결과를 얻었다.

## 4. 감사의 글

본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 기초전력공학공동연구소 주관으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- 정진도, 최주홍 (1995) 석탄 가스화 및 연소 가스의 집진을 위한 세라믹 필터의 집진 기술 평가, 대한환경공학회 논문집, 제17권 8호.
- 정재화 (1998) 다공성 세라믹 필터 시스템에서의 역세정 유동특성 수치해석, 대한기계학회 추계학술대회 논문집 B, 723-728.
- S. Ito and T. Tanaka (1990) A Study of Optimum Filter Size for Large Scale Filtration Equipment in Equipment in IGCC Power Generation System, Yokosuka Research Laboratory Rep. no. EW91003.