

## 전북대 고온플라즈마 설비 구축현황

최성만\* · 신의섭\* · 서용석\*\* · 서준호\*\*\* · 홍봉근\*\*\*

# The Status of the High Enthalpy Plasma Test Facility in Chonbuk National University

Seongman Choi\* · Euisup Shin\* · Youngsug Suh\*\* · Jun-Ho Seo\*\*\* · Bonggeun Hong\*\*\*

### ABSTRACT

The high enthalpy plasma research center in Chonbuk national university is under construction with the support of the ministry of the education, science and technology as a fundamental research project. The project periods are five year and started at July, 1, 2009. The total project budget is about 39,300 million Won. Four types of plasma equipment will be installed in this research center during the project periods. The equipments are 1 set of 0.4 MW class enhanced Huels type plasma equipment, 1 set of 2.4MW class enhanced Huels type plasma equipment, 1 set of 60Kw RF plasma equipment and 1s set of 200 kW RF plasma equipment.

### 초 록

전북대학교 고온 플라즈마 응용연구센터 구축사업은 교육과학기술부의 기초연구사업으로 진행되고 있다. 사업기간은 2009년 7월1일부터 2014년 6월 30일까지 총 5년에 걸쳐 이루어 지고 있으며, 총 사업비는 393억원이다. 플라즈마 응용연구센터에서 구축하고자 하는 장비는 0.4MW급 Enhanced Huels 형 플라즈마 장비 1 set, 2.4MW 급 Enhanced Huels 형 플라즈마 장비 1 set, 그리고 RF 플라즈마 장비 60KW 및 200 KW 각각 1 Set 이다.

Key Words: Chonbuk National University High Enthalpy Plasma Research Center(전북대학교 고온 플라즈마 응용연구센터), Enhanced Huels Plasma(개량홀스형 플라즈마), RF Plasma(RF 플라즈마)

### 1. 서 론

플라즈마는 전자와 이온 및 이온화되지 않은 중성입자들이 혼재된 상태를 지칭하며, 전체적으로는 중성이지만 국부적으로는 전기장과 자기장이 발생하게 된다. 그 생성방법은 전기방전에 의한 방전플라즈마, 연소에 의한 연소 플라즈마, 충격파에 의한 충격파 플라즈마, 레이저에 의한

\* 전북대학교 항공우주공학과

\*\* 전북대학교 전기공학과

\*\*\* 전북대학교 고온플라즈마 응용구축사업단

연락처, E-mail: csman@jbnu.ac.kr

레이저 플라즈마 등이 있다. 이때 플라즈마 중에 존재하는 전자, 이온, 중성입자의 각 온도가 국부적으로 같아 전리반응 평형상태에 있는 경우 국소 열평형 플라즈마(Locally Thermal Equilibrium Plasma)라고 부르며, 전형적인 것은 대기압 중에서 아크 방전에 의해 생성된 열 플라즈마(Thermal Plasmas) 이고, 이와 반대로 전자, 이온, 중성입자의 각 온도가 국부적으로도 달라 전리반응 평형이 이루어지지 않은 상태의 플라즈마를 비평형 플라즈마라고 하며, 대표적인 것은 저압 환경에서 글로우 방전 등에 의한 저온 플라즈마(Cold Plasmas)이다[1].

이 중 열플라즈마의 응용범위는 환경, 에너지, 신소재, 디스플레이, 우주항공 등의 다양한 분야에 적용이 가능하다. 현재 국내에서는 서울대학교, 인하대학교, 철원 플라즈마 산업기술연구원 등에서 300 kW 급 이하의 연구용 열플라즈마 장비를 운영하고 있으며, 환경, 반도체 및 분말소재 등에 대한 연구를 진행하고 있다. 그러나 우주항공, 실증용 환경산업 및 대규모 에너지 사업 등에 본격적인 플라즈마 응용 연구를 위해서는 보다 대용량의 플라즈마 설비를 요구하고 있다. 전북대학교 고온 플라즈마 응용 구축사업단은 최대 2.4 MW 급 플라즈마 장비 및 부대 지원 설비를 구축하여 신소재, 환경, 에너지 및 우주항공 연구에 새로운 기회를 제공하고자 한다. 특히 본 시설장비는 국내 뿐만 아니라 국제 전문가에게 설비를 활용케 하여 상급 분야의 새로운 연구기회를 제공할 것으로 기대된다.

## 2. 구축 현황

### 2.1 개요

전북대학교 고온 플라즈마 응용연구센터 구축사업은 교육과학기술부의 기초연구사업으로 진행되고 있다. 사업기간은 2009년 7월1일부터 2014년 6월 30일까지 총 5년에 걸쳐 이루어지고 있으며, 총 사업비는 393억원으로 이중 296억원은 플라즈마 발생설비의 설계/제작/설치/시험

운용비로 사용될 예정이며, 97억원은 부지/시설비 및 경비로 사용될 예정이다. Fig. 1은 전북대학교 고온플라즈마 응용연구센터의 신축 조감도를 나타내고 있다. 연구센터는 전북 완주군 봉동읍 용암리 일원 34,774 m<sup>2</sup> 부지에 건설될 예정이다.



Fig. 1 전북대학교 고온플라즈마 응용연구센터 신축 조감도

플라즈마 센터에는 연구센터동, 시험동, 수배전, 용수공급, 진공펌프, 기체저장, 배기가스 처리장치 등으로 구성될 예정이다.

### 2.2 구축일정

	2010	2011	2012	2013	2014	2015 ~
<b>고온 플라즈마 장비</b>	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
0.4 MW	▶	▶	▶	▶	▶	<b>장차 시범도량형</b> <b>· 소재 부품 산업 활용</b>
2.4 MW	▶	▶	▶	▶	▶	
60/200 kW RF	▶	▶	▶	▶	▶	
공통 지원설비	▶	▶	▶	▶	▶	
<b>건축</b>	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
부지 및 조성 시험/지원 설 비동	▶	▶	▶	▶	▶	<b>2단계 확장</b> - 부지 확보 + 20,000 평 - 연구동, 예종자 지원시설
<b>센터 운영</b>	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	
구축사업단 운영 센터/시험장 관리	▶	▶	▶	▶	▶	

Fig. 2 전북대학교 고온플라즈마 응용연구센터 추진 일정

플라즈마 응용연구센터의 추진일정이 Fig. 2에 제시되어 있다. 2011년까지 건물 및 시설을 완공할 예정이며, 각종 플라즈마 장비들이 2011

년 후반부터 순차적으로 도입 될 예정이다. 도입된 플라즈마 장치의 평가 및 검증 시험을 거쳐 일부 장비는 2012년부터 본격적인 시험 평가 업무를 수행 할 수 있을 것으로 기대되며, 최종적으로는 2014년 말 완공될 예정이다. 현재, 건물의 상세설계 및 부지정리, 그리고 플라즈마 장치에 대한 입찰이 진행 중이다.

### 2.3 구축 장비

플라즈마 응용연구센터에서 구축하고자 하는 장비는 0.4 MW급 Enhanced Huels 형 플라즈마 장비 1 set, 2.4 MW 급 Enhanced Huels 형 플라즈마 장비 1 set, 그리고 RF(Radio Frequency) 플라즈마 장비 60 kW 및 200 kW 각각 1 Set 이다. Enhanced Huels Type 플라즈마 장비의 경우 고온 고속의 열유동에서의 재료의 특성을 연구하기 위한 것으로서 0.4 MW 급은 공기유량 0.01 kg/s에서 13 MJ/Kg 이상의 엔탈피를 요구하며, 2.4 MW 급의 경우에는 공기유량 0.05 kg/s에서 20 MJ/kg 이상의 엔탈피를 요구한다. RF 플라즈마 장비의 경우에는 다양한 분말합성이 가능한 장비로서 Plate Power 기준 60 kW 및 200 kW 급을 구축하도록 한다. Fig. 3에 Enhanced Huels 형 플라즈마 토치의 개념도가 제시되어 있다. Enhanced Huels 형 플라즈마 토치는 양극과 음극 사이에, 전기적으로 절연된 도넛 형태의 간극을 다수 삽입하여, 음극과 양극 사이 간격을 늘임으로써, 전류는 고정된 채, 비례해서 늘어나는 아크 전압을 이용하여 플라즈마 출력을 높일 수 있는 특징을 가진 토치로서, 고출력에도 불구하고 전극 부식에 의한 오염도를 최소화할 수 있고, 도넛 형태의 간극 내경면을 통하여 회전방향으로 제한된 양의 공기 등 플라즈마 발생가스를 주입하고, 간극 내경을 조절함으로써, 주입된 가스와 음극과 양극 사이에 발생한 아크의 접촉을 극대화시켜 일반적인 직류 토치로는 얻을 수 없는 초고엔탈피 플라즈마 열유동을 얻을 수 있도록 설계된 토치를 말한다.

Figure 4는 Enhanced Huels 형 장비를 이용하여 재료시험을 하는 예를 나타 낸 것이다.

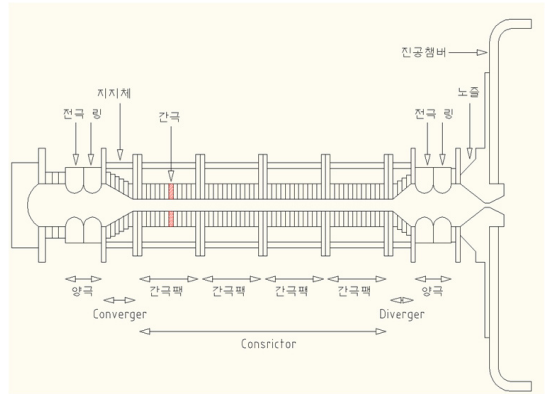


Fig. 3 Enhanced Huels형 플라즈마 토치개념도

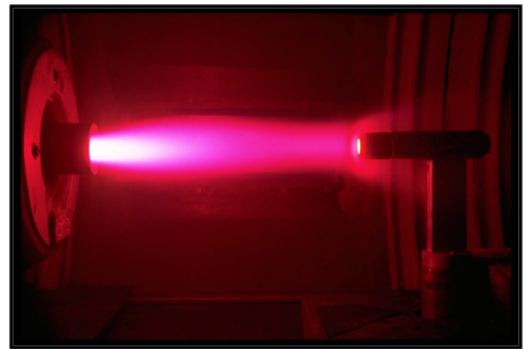


Fig. 4 플라즈마를 이용한 고온 재료시험(IRS)

Fig. 5 에 RF 플라즈마 장치 및 이를 이용한 나노분말 합성에 개략도가 제시되어 있다. 특히, 구축예정인 60 kW 급 RF 플라즈마 장비는, RF 전력 인출이 반대방향으로 이중으로 인출 되고, 각각에 나노분말 합성장치와 코팅 장치가 연결되어 있는 다목적용으로 구성되어서, 한 쪽에서는 수~수십  $\mu\text{m}$  크기의 금속, 세라믹 등 고용점 원료분말 등을 순간적으로 용융, 기화 및 분해시키고 이들 기화 또는 분해된 증기를 급랭시키는 과정에서 대량으로 초미분( $<1\mu\text{m}$ )을 합성하는 방법인 플라즈마 합성법 연구가 가능하도록 고안되어 있다. 반면, 다른 한 쪽에서는 진공챔버 내에서 고온 고속의 RF 플라즈마 불꽃을 형성한 후, RF 플라즈마의 축방향 등으로 반응성 가스 및 코팅 대상 물질을 주입하여 열플라즈마 용사 코팅을 할 수 있다.

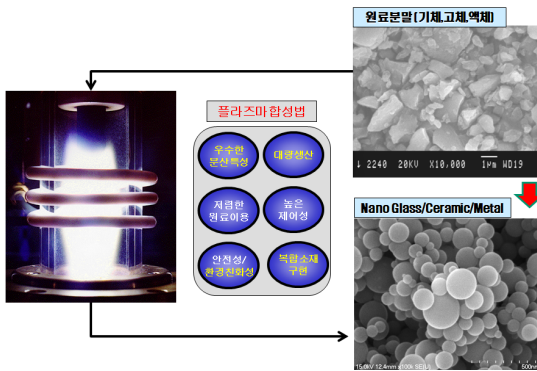


Fig. 5 RF플라즈마를 이용한 나노분말 합성 개략도

Enhanced Huels 및 RF 플라즈마 장비를 작동하기 위해서는 대규모의 공통지원설비가 필요하다. 우선 9.9 MVA 이상의 전력을 인입하기 위한 수배전 설비가 필요하며, 플라즈마 장비 실험시 진공도를 맞추기 위한 900,000 lpm 이상의 대용량의 진공펌프가 필수적이다. 또한 고온 플라즈마 시험시 발생하는 Nox 의 처리를 위한 장치와 플라즈마 장비 냉각을 위한 냉각수 시스템이 필요로 하게 된다. 그리고 플라즈마 장비로 공급되는 공기 및 가스 시설도 필요로 한다. 이들 장비의 개요는 Table 1에 제시되어 있다.

Table 1. 공통지원설비

명칭	내역
냉각수 공급장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 1800 RT 급 냉각탑</li> <li>● 고압 대용량 냉각수 공급장치</li> </ul>
공기/기체 공급장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 공기압축기, 고압탱크</li> <li>● 2,000lpm 이상 공기 및 알곤 공급</li> </ul>
수배전시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 9 MVA 이상</li> <li>● UPS</li> </ul>
플라즈마 진단계측기기	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Enthalpy Probe System</li> <li>● High Speed Visualization System</li> <li>● Heat Flux Measurement</li> <li>● Calorimeter</li> <li>● Pyrometer</li> <li>● Spectroscopy</li> </ul>
진공장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 900 m<sup>3</sup>/min @ 1atm</li> </ul>
배기가스처리장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>● NOx 처리 암모니아 환원+SCR</li> <li>● 50,000ppm → 100ppm 이하저감</li> </ul>

#### 참고 문헌

1. A. Kanazawa, 박동화역 "플라즈마 전열", 인하대학교 출판부, pp17-52, 1999.