

전북대 고온플라즈마 설비 구축 및 응용연구 소개

최채홍* · 이미연* · 김민호* · 홍봉근* · 서준호*

Development Status of High Enthalpy Plasma Equipment

Cheahong Choi* · Miyun Lee* · Minho Kim* · Bongguen Hong* · Junho Seo*

ABSTRACT

The high enthalpy plasma research center in Chonbuk national university is under construction for four types of plasma equipments. The equipments are 1set of 0.4 MW class enhanced Huels type plasma equipment, 1 set of 2.4 MW class enhanced Huels type plasma quipment, 1 set of 60 kW RF plasma equipment and 1 set of 200 kW RF plasma equipment. 60kW RF plasma system is R&D and pilot scale production equipment of nano powder synthesis and plasma spray coating. 200kW RF plasma system is mass production equipment with high power capacity of nano powder synthesis. 0.4MW plasma system can be applied to the ground test facility for material testing under re-entry conditions for space vehicles.

초 록

전북대학교 고온플라즈마 응용연구센터 구축사업단에서는 0.4MW/2.4MW급 Huel type 플라즈마 장치 및 60kW/200kW급 RF 플라즈마 장치 구축을 목표로 건축 및 장비 지원설비가 센터 부지에 설치되고 있으며 플라즈마 장치의 구축이 완료되면 분말합성, 용사코팅, 지구 재진입 환경 모사 등 일련의 과정을 모두 한자리에서 처리할 수 있을 것으로 예상된다.

Key Words: High Enthalpy Plasma(고온플라즈마), Thermal Protection system(내열 시스템)

1. 서 론

플라즈마는 기체에 높은 에너지를 공급하여 전자 및 이온, 중성 입자들이 혼합된 상태를 말하며 플라즈마 생성 방법은 전기방전, 연소, 충격파, 레이저 등이 있다[1]. 이중 전기방전에 의해 생성되는 열플라즈마는 2000K 이상의 초고

온, 고엔탈피 환경을 모사할 수 있어 우주항공재료 개발, 금속 용해 기술, 금속 정련, 고기능성 복합 나노분말 소재의 합성 및 가공, 용사코팅 등 기초·첨단 연구 분야에 대표적으로 사용된다. 전북대 고온플라즈마 응용연구센터에서는 교육과학기술부의 지원을 받아 0.4/2.4MW DC 토치와 60/200kW RF Type 토치 등 대용량 플라즈마 장치를 구축하여 향후 소재개발 및 극한환경 분야 연구 등에 활용함과 동시에 선진국 위

* 전북대학교 고온플라즈마응용연구센터 구축사업단

† 교신저자, E-mail: jhseo@jbnu.ac.kr

주로 집중된 고온플라즈마 장치설계 능력 및 유동해석, 진단계측, 내삭마 예측 기술 등 원천기술을 확보하고자 한다.

2. 고온플라즈마 응용연구센터 구축현황

2.1 건축

대용량 플라즈마 장치 및 이를 지원하는 공동 지원설비를 설치하기 위하여 시험동 및 수배전반동, 기체저장동 등 건물을 구축하고 있다. Fig. 1에 고온플라즈마 응용연구센터의 조감도를 나타내었으며 2011년 12월 준공을 목표로 건축이 진행 중에 있다.



Fig. 1 High-enthalpy Plasma Research Center

2.2 60/200kW RF 플라즈마 시스템

60/200kW RF 플라즈마 시스템의 빠른 열전달 능력과 결합된 급속냉각 공정은, 기계적 분쇄와 같은 재래식 방법으로는 더 이상의 미분화가 힘든 금속 및 세라믹 분말을 순간 가열을 통하여 액적화 및 기화한 후 급속도로 응축하여 초미분화 공정에 유용하게 쓰일 수 있다. 또한, 빠른 비산 속도를 이용한 용융/기화된 입자의 용사를 통해 치밀한 후막 코팅이 가능하며, 고온 열차폐용 재료 개발을 위한 내산화성, 내식성 및 내열성 코팅에 적용될 수 있다. 특히, RF 플라즈마 토치는 직류 토치에 비해 전극에 의한 오염이 없을 뿐만 아니라, 축 방향 주입이 가능하고 속도가 느려서 반응물이 오랫동안 고온 플라즈마

환경에 머물러 더욱 효과적인 열전달이 일어날 수 있기 때문에, 나노 분말 합성, 용사 코팅 등 신소재 개발에 널리 활용되고 있다. Fig. 2에 플라즈마 장치를 이용한 나노 소재 합성 및 가공공정을 나타내었다.



Fig. 2 Nano Powder Synthesis Process

Figure 3에 60kW RF 플라즈마 시스템을 나타내었다. 60kW RF 플라즈마 시스템은 동일한 시스템에서 두 개의 토치를 이용하여 나노파우더 생산과 나노파우더 용사 코팅이 모두 이루어지도록 되어있다. 이 시스템은 시간당 200g이상의 원재료를 처리하여 100nm크기의 구형 파우더를 생산할 수 있으며 초당 모재를 50mm 이동하며 코팅을 할 수 있다.

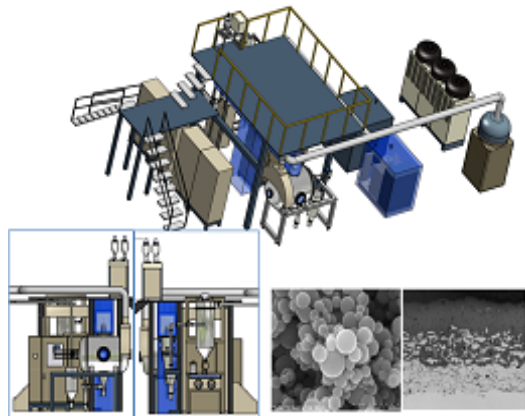


Fig. 3 Multi Purpose 60kW RF Type Plasma System

Figure 4에는 200kW RF 플라즈마 시스템을 나타내었다. 이 시스템은 시간당 600g 이상의 원 재료를 처리하여 100nm크기의 구형 파우더를 생산할 수 있다.

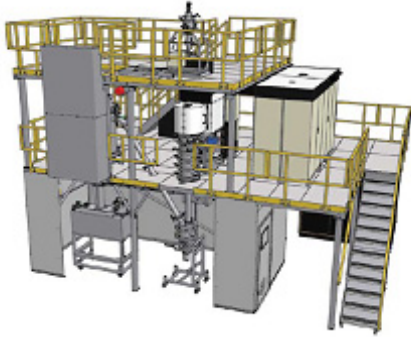


Fig. 4 200kW RF Type Plasma System

2.3 0.4MW DC 플라즈마 시스템

그림 5에는 0.4MW DC 플라즈마 시스템을 나타내었다. 이 시스템은 지구 재진입 상태를 모사하기 위하여 10~20MJ/kg의 대열량 및 Mach 3 이상의 초음속 유동을 생성하게 된다. 이를 위해 1.2MW Power supply 및 970 m³/min의 능력을 가진 진공펌프 등이 적용되었으며 진단계측 시스템과 시편이 설치할 수 있도록 Manipulate를 설치하였다. 0.4MW DC 플라즈마 시스템을 통해 획득한 데이터 및 설계 능력 등을 토대로 하여 향후 2.4MW DC 플라즈마 시스템 구축에 활용할 계획이며 TPS 재료 기초실험 및 초음속 플라즈마 유동 진단계측 방법 연구 등 우주항공 분야와 밀접한 관계가 있는 흥미로운 연구를 수행하게 될 것이다.

2.4 공통지원설비

플라즈마 장치는 고전압 대전류를 사용하며 매우 높은 에너지가 집중되기 때문에 충분한 냉각이 이뤄질 수 있도록 하여야 하므로 플라즈마 시스템의 주변설비인 공통지원설비가 매우 중요하다. 본 센터에서는 이를 위해 수변전설비 및 가스공급설비, 냉각수공급설비, NOx제거용 후처리 설비 등을 설치하였으며 Table 1에 공통지원설비의 사양을 나타내었다.

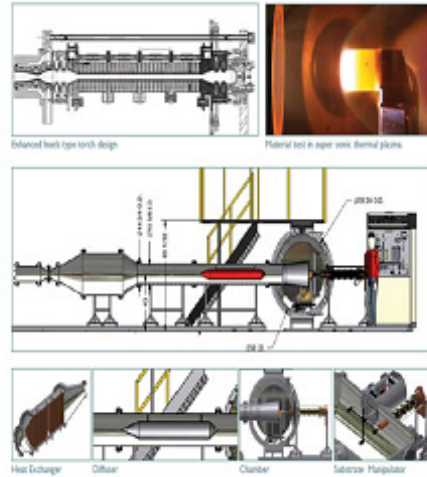


Fig. 5 0.4MW Enhanced Huels Type Plasma System

Table 1. Specifications of Assistant Plasma Equipments

비고	항목	요구조건
가스 공급 설비	최대유량	0.2 kg/s
	압력조절범위	20~350 bar
	공기저장탱크	10 Nm ³
냉각수 공급 설비	최대유량	5600lpm
	냉각탑 용량	1800 RT
	비저항	15 M
NOx 제거용 후처리 설비	NOx 제거방식	요소수 환원+SCR
	유입 가스 유량	최대 88 g/s -50,000 ppm
수변전 설비	총 용량	3상 3선식 22.9kV 5.5MW TR 설치

참고 문헌

1. Maher I. Boulos, Pierre Fauchais, Emil Pfender, "Thermal Plasmas", Plenum Press·New york and London, 1994