

실험계획법에 의한 플라즈마침적 공정변수 영향분석

(Analysis of Process Variables on Plasma Deposition by Experimental Design)

정인하, 박희성, 이철용, 강권호, 문제선, 배기광, 양명승

한국원자력연구소

요약 핵연료 펠렛제조공정의 단순화를 위하여 분말을 플라즈마로 용융시킨 후 이를 펠렛물더에 직접 침적시키는 방법으로 핵연료를 제조하고자 하였다. 침적물의 밀도에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 쉬스가스 조성, 플라즈마 동력, 챔버내부압력 및 분말 공급량, 입자크기, 분사관 위치, 분사거리 및 쉬스가스조성 등을 변수로 하였다¹⁾. 실험으로 얻어진 결과는 ANOVA(Analysis of Variance)의 통계적 방법으로 각각의 인자가 밀도에 미치는 영향의 크기뿐만 아니라, 두 가지 이상의 인자가 조합되어 나타나는 영향에 대해서도 분석하였다.

실험장치 및 실험방법 20%의 yttria가 함유된 yttria stabilized zirconia(YSZ, AMDRY146, SULZER, Wohlen, Switzerland)를 사용하였다. 플라즈마 기체로 Ar을 사용하였으며, 쉬스가스는 H₂와 N₂를 Ar과 혼합하여 사용하였다. 침적시편은 가로 및 세로 2.5cm, 높이 4cm의 직육면체 graphite holder를 이용하여 제조하였다. 실험 조건에 따라 20초 내지 1시간 동안 용융분사하여 만들어진 시편을 1시간 정도 Ar 분위기의 챔버 내에서 서서히 냉각시켰다. 시료표면 및 용융분말의 관찰은 광학현미경(Leitz METALLUX 3) 및 SEM(Jeol JSM 840A)을 이용하였다. 밀도는 한 시료에 대하여 서로 다른 세 군데 부위를 임의로 선정하여 측정하였다.

실험결과 및 토의 플라즈마 동력 80kW, 챔버 내부압력 200Torr 등의 조건에서 분말용융의 구형화 실험결과, 모든 조건에서 -45μm의 분말이 가장 용융정도가 높았으며, 분말의 크기가 클수록 용융정도는 감소하였다. 또 쉬스가스 중 H₂가스의 유량이 높은 조건에서 용융정도가 높았으며 같은 쉬스가스 조성에서는 분사관의 위치가 높을수록 용융정도는 증가하는 경향을 나타내었다. ANOVA분석 결과, 분말크기, 분사관 위치, 쉬스가스 조성 중의 H₂유량을 나타내는 A, B, C 세 요인이 독립적으로 또는 상호조합하여 결과에 영향을 미치고 있다는 모델이 99.9% 신뢰성이 있음을 나타내었다. 요인처리 강도에 대한 오메가제곱값(omega-square: ω^2)에 대해서는 C요인의 영향이 약 32% 정도로 가장 높았다. 또, 분말의 크기에 따른 차이에 대하여 Duncan검정을 한 결과, -45μm와 -90μm, -75μm와 -90μm의 분말간에는 용융정도에 차이가 있었으나, -45μm와 -75μm 사이에는 서로 차이가 없는 것으로 분석되었다.

결론 유도 플라즈마에 의한 분말의 용융은 입자크기 및 쉬스가스 조성이 크게 영향을 미쳤다. 또, -75μm 이상 크기의 분말의 경우, 단일변수로서는 입자 크기, 분사거리 순으로 침적물의 밀도에 영향을 미쳤으며, -75μm 이하 분말의 경우에는 쉬스가스 조성, 분사거리 등의 순으로 침적밀도에 영향을 미쳤다.

감사 본 연구는 과학기술부의 원자력연구 개발사업의 일환으로 수행되었음.

참고 문헌

1. T. Ishigaki, J. Jurewicz, and M.I. Boulos, ISPC-10, Bochum, Germany, August 14-18, 1 (1991).