

플라즈마 용사법에 의한 경사 기능성 복합 재료 제조 실험 연구
Experimental Study on the Fabrication of Functionally Gradient Materials
by Plasma Spray Process

안현*, 최신일, 홍상희 (서울대학교 공과대학 원자핵공학과)
 송요승 (항공대학교 재료공학과)

1. 서 론

차세대 열기관 및 극한적인 고온의 산화분위기 대항부품에 적용될 내열피막의 표면 개질 연구는 연료 효율 증대, 완전 연소에 의한 환경오염 방지 및 내연기관의 내구성 증대를 목적으로 꾸준히 진행되고 있다. 이에 본 연구에서는 균질 재료의 한계를 극복하기 위하여, 내열 피막에 요구되는 특성에 따라 상이한 기능을 구현할 수 있도록 세라믹과 금속 재료의 조성을 순차적으로 변화시킨, 5층 구조 내열 경사기능성 복합재를 상압과 저압 플라즈마 용사 공정에 의해 제조하는 기법을 연구하였다.

2. 실험 내용 및 방법

본 실험 연구의 최종 목표로서 최고 성능의 단열성과 온도 낙차를 유지하는 내열 경사기능성 복합재료를 제조하기 위해, 우선 5층의 경사구조를 갖는 경사 복합재를 대상으로 상압 및 저압 플라즈마 용사공정의 최적화를 선행하고, 제반 물성 분석과 공정 분석을 수행하여 피막 특성에 미치는 공정 변수의 영향을 파악하였다.

우선 경사 복합재의 형태를 피막과 성형체로 분류하고, Top coating 으로부터 Bond coating 까지의 경사구조는 세라믹(yttria stabilized zirconia)과 금속(NiCrAlY)의 조성을 순차적으로 변화시켜(100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100), 제조된 복합재가 고온 기체와의 단열성 및 모재와의 접합성을 동시에 보유할 수 있도록 설계하였다. 상압과 저압 플라즈마 용사에 의한 경사 복합재 제조 공정의 최적화를 목표로, 다양한 공정변수(용사기 전원입력, 아크기체 유량, 분말주입위치, 용사거리, 분말 공급량, 모재 이송속도, 용사전류, 진공도)와 광범위한 공정값에 대해 실험 횟수를 최소화하면서 각 공정변수의 영향을 파악할 수 있는 통계적 공정분석법으로 완전임계 부분요인 시험법을 사용하였다.

피막 및 성형체로 제조된 시료에 대한 기본적 물성(기공도, 미세구조) 분석을 통하여 각 공정에 대한 복합재 제조공정의 최적조건을 결정한 후, 다양한 피막특성의 분석을 통하여 공정 최적화를 확인하였다. 최적화된 경사 복합재는 기공도 평가, 미세구조 분석, 부착 강도 및 X선 회절분석 시험과 함께 다양한 열물성 시험을 수행하여 복합재의 특성을 파악하고자 하였다. 특히, 복합재의 단열성과 내구성에 중대한 영향을 미치는 기공도를 제어하기 위해 주요 공정변수인 아크기체의 유량 및 혼합율에 대한 기공도의 변화와 이에 따른 복합재 물성을 평가하였다.

한편, 경사구조의 성형체 제조 연구는 저압 용사에 대해 열충격에 의한 피막 분리법을 사용하였으며, 상압 용사공정에 대해서는 염화나트륨(NaCl) 용사층 용해법을 개발·적용하여 다양한 형상과 두께의 복합재를 손상없이 모재로부터 분리하였다.

3. 연구 결과

용사 공정의 최적화 연구에 의해 경사 복합재의 물성에 영향을 미치는 주요 공정 변수는 상압과 저압공정에서 공통적으로 1차 아크기체(알곤) 유량과 용사기 전원 입력이며, 개별적으로는 분말 주입 위치(상압)와 진공도(저압)로 판명되었다.

기공도 평가 및 미세구조 분석에 의해 확인된 최적 공정 조건에서 제조된 5층구조 경사 복합재는 각종 물성 분석 결과에 의해 8%내외의 기공도, 이종재료의 우수한 혼합상태, 높은 부착강도(500kgf/cm^2)를 가지고 있으며, 열물성 분석 결과에 의해 우수한 단열성 및 내구성을 보유하고 있음을 확인하였다. 또한 2종류의 아크 기체(알곤, 수소) 유량을 변화시켜 복합재의 기공도를 조절하였고, 기공의 분율과 형상이 복합재의 열적 특성에 미치는 영향을 파악하였다.