

저압화학기상증착법에 의한 C/SiC 경사기능재료의 증착온도에 따른 특성  
(Effect of Deposition Temperature on the Properties of C/SiC Functionally Graded Material Prepared by Low Pressure Chemical Vapor Deposition)

연세대학교 김정일, 최두진  
한국원자력연구소 김원주, 박지연, 류우석

경사기능재료(Functionally Graded Material, FGM)란 재료를 사용 조건에 적합하도록 의도적으로 조성, 열팽창계수, 열전도도, 미세구조 등 재료의 구성요소를 한 재료에서 다른 한 재료로 연속적으로 변화시킴으로서 두 재료를 접합했을 때 발생하는 응력이나 기타 기능을 제어할 수 있도록 시도하는 방법으로 금속/세라믹의 접합이나 세라믹/세라믹의 접합 등, 특히 재료의 내열성 향상을 위한 분야에 많은 응용이 되고 있다.

세라믹재료 중 탄소-탄소복합체는 고온에서의 내산화성 문제만 해결된다면, 다른 재료에 비해 낮은 밀도와 높은 고온강도를 가져 항공우주산업이나 원자력산업분야 등에서 많은 응용을 기대할 수 있는 재료이다. 이의 해결을 위하여 탄소-탄소복합체의 표면에 pack cementation이나 용융침투법, 화학기상증착(CVD)법 등으로 SiC를 코팅하는 연구가 활발히 행해지고 있지만, 두 재료간의 열팽창계수 차이로 인한 열응력 때문에 SiC층에 균열이 발생하는 문제는 아직 해결하지 못하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 탄소-탄소복합체와 SiC 코팅층 사이에서 발생하는 열응력을 최소화 할 수 있는 경사기능재료를 만들고자 알루미늄 튜브가 삽입된 수평로에서 저압화학증착(Low Pressure Chemical Vapor Deposition, LPCVD)법을 이용해 탄소-탄소복합체 위에 열분해탄소(Pyrolytic carbon)와 SiC의 경사기능재료를 증착하였다. SiC와 열분해탄소의 증착을 위해 MTS(Methyl Trichloro Silane)와 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>을 사용했고, 운반 및 희석가스로 H<sub>2</sub>를 사용했다. 원하는 조성의 경사기능재료를 효과적으로 얻기 위해 먼저 열역학적으로 가장 안정한 상을 예측하는 SOLGASMIX-PV를 사용하여 증착 조건을 계산하였다. 경사기능재료의 증착은 1300℃와 1100℃의 증착온도에서 MFC를 이용해 MTS를 0에서 100sccm으로 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>를 100에서 0sccm으로 각각 점차적으로 변화시켜가며 증착하였다. 증착두께는 한 조성당 약 40μm씩 5층의 경사기능재료 200μm를 증착한 후 그 위에 SiC 100μm를 증착하여 총 300μm로 하였으며, 경사기능재료 조성구성의 최적 조건을 알아보기 위해 경사층의 조성을 non FGM, 선형적, SiC rich 및 탄소 rich로 각각 증착하여 각 조건에서 발생하는 균열거동과 산화거동을 살펴 보았다. 또한 위 각 실험 조건의 경사기능재료에서 발생하는 응력들을 유한요소법(Finite Element Method, FEM)으로 계산하였다.

저압화학기상증착법을 이용하여 치밀하고 각 상이 균일하게 분포된 C/SiC 경사기능재료를 증착할 수 있었으며 증착되는 각 층들의 조성을 EDS로, 상을 XRD로 측정하였고, 미세구조를 SEM, TEM으로 관찰하였다.