

다층 금속-세라믹 복합재를 위한 니켈-알루미나 FGM(경사 기능 재료) 접합 및 3차원 해석

박종하, 류새희, 이선영[†], 이재철^{*}, 안성훈^{*}, 좌용호

한양대학교 재료화학공학부; ^{*}서울대학교 기계항공공학부
(sunyonglee@hanyang.ac.kr[†])

FGM(Functionally Graded Materials), 즉 경사기능재료는 서로 다른 재료를 중간층 조성의 연속적인 변화를 주어 접합하는 방법으로, 잔류 응력을 최소화 할 수 있다. 최근 FGM은 다층구조, 고온재료, 에너지-흡수재료, 생체재료, 전자재료 및 구조재료 등 넓은 범위에서 사용되고 있다. 또한, 금속, 세라믹, 레진 등과 같이 다른 특성을 가진 다양한 재료를 접합할 수 있는 방법으로 응용된다.

본 연구에서는 powder processing을 이용해 Nickel(금속)과 Al₂O₃(세라믹)의 crack-free FGM을 제작하였다. 서로 다른 금속 및 세라믹의 열팽창계수 차이에 의한 크랙을 최소화하기 위해 시편의 층 수 및 용량을 최적화해 주었다. (조절하였다) 기공의 감소를 위해 Nickel과 Al₂O₃의 분말 사이즈를 달리 하여 섞어주어 green body의 밀도를 증가시켰으며 소결 공정중 발생하는 수축을 최소화 할 수 있었다. 또한, 혼합 층제조 시 분산과 건조를 동시에 시켜줌으로써 밀도 차가 나는 분말을 효율적으로 혼합(분산)시켜 줄 수 있었다.

그 결과, 10층의 crack-free Ni-Al₂O₃ FGM 샘플을 얻을 수 있었다. 또한, ANSYS 시뮬레이션을 이용해 시편의 크랙 거동을 계산하였고 각 층의 hardness 및 modulus를 측정해 층 별 경사 거동을 이론값과 비교해보았다. 측정 결과는 시뮬레이션을 통해 계산된 결과와 일치하였으며 이 분석 방법은 잔류 응력을 실험적으로 측정하기 어려울 때 유용하게 쓰일 수 있다.

Keywords: FGM, Ni-Al₂O₃ joining, FEM, porosity, dispersion, CTE, powder processing

폴리타이포이드 경사 방식으로 접합된 이중 세라믹간의 적층 수의 최적화 및 잔류응력 해석에 대한 연구

류새희, 박종하, 이선영[†], 이재철^{*}, 안성훈^{*}, 홍현정^{**}, 류도형^{**}

한양대학교 재료화학공학부; ^{*}서울대학교 기계항공공학부; ^{**}요업기술원
(sunyonglee@hanyang.ac.kr[†])

실리콘 나이트라이드-알루미나가 고용체인 SiAlON 폴리타이포이드를 경사재료 방식을 이용하여 중간층에 도입함으로써 15개 층으로 크랙 없이 접합되었다. 앞선 연구에서, 500 μ m 두께의 20층으로 FGM의 핫 프레스 소결이 성공적으로 제작되었던 바 있다. 본 연구에서는, FGM 층 수를 최적화 하기 위해 20층에서 15층으로 줄였다. 시편은 1650 $^{\circ}$ C에서 38MPa의 압력으로 핫프레스 하여 제작되었고, 소결동안의 잔류응력을 최소화 하기 위해 2 $^{\circ}$ C/min으로 천천히 냉각하였다.

또한, 크랙 없는 FGM 접합적층 수의 최적화 및 저감을 위해 최대 주응력 이론과 최대 인장응력 바탕으로 FEM(finite element method) 프로그램을 사용하였다. 시편의 2차원 축대칭 모드에서 3차원 원통형으로 변환시킴으로써 계산된다. 결과적으로, 계산된 탄성계수와 열팽창계수를 이용한 열 응력 계산을 통해 시편의 파괴를 예측하고 예방할 수 있었다. 또한 이러한 경사재료 층 계면의 강도를 Oriented Vickers 시험을 통해 측정해 본 결과 Indentation 크랙이 층 방향으로 기울어 지지 않아 층간 계면의 접합이 잘 되었음을 알 수 있었다.

Keywords: Si₃N₄-Al₂O₃ joining, FGM(functionally graded material), polytypoid, FEM(finite element method), hotpress, Oriented Vickers indentation test