

WC-Co 초경합금의 항절력 해석 (Transverse Rupture Strength of WC-Co Cemented Carbides)

한국과학기술원 차승일*, 홍순형
한국기계연구원 하국현, 김병기

1. 서론

초경합금은 경도가 높은 WC입자와 연성이 큰 Co합금을 혼합시킴으로써 높은 경도와 동시에 높은 파괴인성을 보이는 고강도 내마모소재로서 1920년대 이후 금속의 가공 및 내마모용 소재로 응용되어 왔다. 가공되는 금속 및 합금소재의 강도가 증가하고, 내마모용 소재의 활용 범위가 확대됨에 따라, 초경합금의 특성을 개선하기 위한 시도가 계속되었으며, 대부분의 경우 TiC, TaC 및 NbC 등의 탄화물을 혼합하여 경도를 개선시키는 연구가 주로 진행되었다. 그러나 이러한 탄화물을 첨가하는 경우, 초경합금의 경도는 향상되지만 항절력이 감소하는 문제점을 나타내고 있다. 따라서 향후 초경합금의 개발은 WC 결정립 크기를 초미립화함으로써 경도와 항절력을 동시에 향상시키려는 방향으로 나아가고 있다. 이러한 노력의 결과 spray conversion process 및 chemical vapor condensation 공정을 이용한 초미립 초경합금이 개발되고 있다. 그러나 초미립 초경합금의 항절력은 기존의 초경합금의 기계적 거동을 설명하는 이론으로는 설명할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 기존의 초경합금과 spray conversion process를 이용하여 제조된 초미립 초경합금의 항절력을 평가하고 이를 파면 해석과 이론적 모델링을 통해 분석함으로써, 초미립 초경합금의 기계적 성질을 해석할 수 있는 이론을 제시하고자 하였다.

2. 실험 방법

WC/Co 초미립 초경합금 분말은 AMT와 $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 를 물에 용해시켜 분무건조시킨 후, calcination 공정과 환원, 침탄 공정을 거쳐 제조되었다. 제조된 분말은 평균 100nm의 크기를 갖는 WC입자가 Co내에 분산되어 있었다. WC/Co 초미립 초경합금 분말 및 기존의 초경합금 분말을 1375°C의 온도와 1mtorr의 압력하에서 1시간 동안 소결하였다. 소결중 WC 결정립의 성장을 억제하기 위하여 TaC, Cr_3C_2 및 VC가 입자성장 억제제로 첨가되었다. 항절력 시험은 ASTM-B528 기준에 따라 시행하였다.

3. 결과 및 고찰

소결 후 WC-10Co 초미립 초경합금의 WC 결정립 크기는 300-700nm의 범위를 가졌으며, 입자성장 억제제의 종류에 따라 결정립 크기가 결정되었다. TaC/VC를 입자성장 억제제로 사용한 경우, 소결 후 WC 결정립 크기가 300nm로 제어할 수 있었으며, Cr_3C_2 를 입자성장 억제제로 사용한 경우, 소결 후 WC 결정립 크기가 500-700nm 범위로 관찰되었다. 초미립 초경합금의 항절력 시험 결과 초미립 초경합금 및 기존의 초경합금은 취성파괴를 나타내었다. 파면 분석 결과 액상소결된 초미립 초경합금의 파괴는 구형의 기공에서 시작되었다. 초미립 초경합금의

파괴시작점은 기존의 이론과 달리 표면보다는 표면에서 약 20-100 μ m내부에 존재하였다. 초미립 초경합금을 HIP공정을 이용하여 기공을 제거하는 경우, Co pool, 석출상등에서 파괴가 시작되었다. 기공이 제거된 초미립 초경합금의 항절력은 기존의 초경합금보다 높게 측정되었다. 초경합금의 항절력과 기공의 크기 및 위치와의 관계를 기공이 표면에 존재하는 경우와 기공이 내부에 존재하는 경우로 나누어 계산한 결과 기공이 표면 보다는 내부에 존재하는 경우 항절력이 최소가 되었으며, 이때의 항절력의 값이 최소가 되는 기공의 위치는 기공의 크기에 따라 일정한 값으로 결정되었다.