모재/중간층/박막의 H/E ratio 구배에 따른 Cr계 경질 박막의 기계적 특성에 관한 연구

김회근[a,*], 송면규[a], 이상율[a]
[a*]한국항공대학교 항공재료공학과(E-mail:ndkim2@naver.com)

초 록: 천이금속 질화물 코팅은 우수한 기계적 특성들로 인해 공구 코팅으로 많이 사용 되어왔다. 그 중에서도 특히 Cr계 경질 코팅은 높은 경도와 낮은 표면조도, 우수한 마찰특성 등 뛰어난 기계적 특성을 나타내므로 공구 코팅으로의 적용 가능성이 크다. 그러나 최근 공구산업의 발전으로 인해 공구가 더욱 가혹한 환경에서 사용됨에 따라, 공구의 수명을 향상시키고 보호하기 위해 코팅의 높은 밀착력이 요구되고 있으며, 모재와 코팅 사이에 중간층을 합성함으로써 공구의 밀착력을 향상시키는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이전 연구에서 모재/중간층/코팅간의 경도와 탄성계수 비율(H/E ratio)의 구배가 코팅의 밀착력에 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 그러므로, WC 모재와 Cr계 코팅의 중간값의 H/E ratio를 갖는 중간층의 합성을 통해 코팅의 밀착력을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는, 코팅의 밀착력을 향상시키기 위해 다양한 중간층을 증착한 CrZrN, CrAlN 코팅을 비대칭 마그네트론 스퍼터링 장비를 이용하여 합성하였다. 모재로는 디스크 형상의 WC-6wt.%Co 시편을 사용하였고 Cr, Zr, Si, Al single 타겟을 이용하여 Cr, CrN, CrZrN, CrZrSiN 등의 중간층이 증착된 코팅을 합성했다. 코팅의 합금상, 경도 및 탄성계수, 미세조직 및 조성, 표면 조도을 확인하기 위해 X-ray diffractometer (XRD), Fischer scope, field-emission scanning electron microscopy (FE-SEM), energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS), atomic force microscopy를 사용하였고, 코팅의 밀착특성을 분석하기 위해 scratch tester와 optical microscopy (OM)를 이용하였다. 코팅의 내열성을 확인하기 위해 코팅을 furnace에 넣어 공기중에서 500, 600, 700, 800, 900, 1,000℃로 30분 동안 annealing 한 후에 nano-indentation을 사용하여 경도를 측정하였다.

CrZrN 및 CrAlN 코팅을 나노 인덴테이션으로 분석한 결과, 모든 코팅의 경도(33.4-35.8 GPa)와 탄성계수(384.1-391.4 GPa)는 중간층의 종류에 상관없이 비슷한 값을 보인 것으로 확인됐다. 그러나, 코팅의 마찰계수는 중간층의 종류에 따라 다른 값을 보였다. CrZrN 코팅의 경우 CrN 합금상 중간층을 갖을 때 가장 낮은 값을 보였으며, CrAlN 코팅의 경우 CrN/CrZrSiN 중간층을 증착하였을때 마찰계수는 0.34로 CrZrN 중간층을 증착하였을 때(0.41)에 비해 낮은 값을 보였다. 또한, 코팅의 마모율 및 마모폭도 비슷한 경향을 보인 것으로 보아, CrN/CrZrSiN 중간층을 합성한 CrAlN 코팅의 내마모성이 상대적으로 우수한 것으로 판단된다. 코팅의 밀착력의 경우도 마찰계수와 비슷한 경향을 보였다. 이것은 중간층의 H/E ratio가 코팅의 내마모성에 미치는 영향에 의한 결과로 사료된다. H/E ratio는 파단시의 최대 탄성 변형율로써, 모재/중간층/코팅의 H/E ratio 구배에 따라 코팅 내의 응력의 완화 정도가 변하게 된다. WC 모재 (H/E=0.040)와 CrAlN 코팅(H/E=0.089) 사이에서 CrN, CrZrSiN 중간층의 H/E ratio 는 각각 0.076, 0.083 으로 모재/중간층/코팅의 H/E ratio 구배가 점차 증가함을 확인 할 수 있었고, 일정 응력이 지속적으로 가해지면서 진행되는 마모시험중에 CrN과 CrZrSiN 중간층이 WC와 CrAlN 코팅 사이에서 코팅 내부의 응력구배를 완화시키는 역할을 함으로써 CrAlN 코팅의 내마모성이 향상된 것으로 판단된다. 모든 코팅을 열처리 후 경도 분석 결과, CrN/CrZrSiN 중간층을 증착한 CrAlN 코팅은 1,000℃까지 약 28GPa의 높은 경도를 유지한 것으로 확인 되었고, 이는 CrZrSiN 중간층 내에 존재하는 SiNx 비정질상의 우수한 내산화성에 의한 결과로 판단된다.

사사의 글

본 연구는 산업통상자원부가 지원하는 산업기술혁신사업(10047864)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.