

중간층 증착에 의한 CrAlN 코팅의 기계적 물성 및 내열성 향상에 관한 연구
Enhanced Mechanical Properties and Thermal Stability of CrAlN Coatings
by Interlayer Deposition

김희근*, 라정현, 송면규, 이상을

한국항공대학교 표면기술응용센터 (E-mail:sylee@kau.ac.kr)

초 록 : 물리기상증착방법 (Physical vapor deposition)에 의하여 합성된 천이금속 질화물 박막은 경도, 내마모성 등 절삭공구의 성능을 향상시키며, Ti-Al-N, Ti-Zr-N, Zr-Al-N, Cr-Si-N 등의 3원계 경질 박막에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 이중에서도 CrAlN 코팅은 높은 경도, 낮은 표면 조도 등의 우수한 기계적 특성 이외에 고온에서 안정한 합금상 형성으로 인하여 우수한 내열성을 보유하여 공구 코팅으로의 적용 가능성이 크다. 그러나 최근 공구사용 환경의 가혹화로 인하여 코팅의 내마모성 및 내열성 등의 물성 향상을 통한 공구의 수명 향상이 필요시 되고 있으며, 코팅에 적합한 중간층을 합성함으로써 공구 코팅으로의 적용 가능성을 높이는 연구들이 진행되고 있다. 본 연구에서는 CrAlN 코팅의 물성을 향상시키기 위해 CrAlN 코팅과 WC-Co 6wt.% 모재 사이에 CrN, CrZrN, CrN/CrZrSiN 등의 다양한 중간층을 합성하였으며, 중간층을 포함한 모든 코팅의 두께는 3 μm 로 제어하였다. 합성된 코팅의 미세조직, 경도 및 탄성계수, 내모성을 분석하기 위해 field emission scanning electron microscopy(FE-SEM), nano-indentation, ball-on-disk 마모시험기 및 α -step을 사용하였다. 코팅의 내열성을 확인하기 위해 코팅을 furnace에 넣어 공기중에서 500, 600, 700, 800, 900, 1,000 $^{\circ}\text{C}$ 로 30분 동안 annealing 한 후에 nano-indentation을 사용하여 경도를 측정하였다.

CrAlN 코팅을 나노 인텐테이션으로 분석한 결과, 모든 코팅의 경도(35.5-36.2 GPa)와 탄성계수(424.3-429.2 GPa)는 중간층의 종류에 상관없이 비슷한 값을 보인 것으로 확인됐다. 그러나, 코팅의 마찰계수는 중간층의 종류에 따라 다른 값을 보였으며, CrN/CrZrSiN 중간층을 증착한 CrAlN 코팅의 마찰계수는 0.34로 CrZrN 중간층을 증착한 CrAlN 코팅의 마찰계수(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. 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 응력 구배를 완화시키는 역할을 함으로써 CrAlN 코팅의 내마모성이 향상된 것으로 판단된다. 모든 코팅을 열처리 후 경도 분석 결과, CrN/CrZrSiN 중간층을 증착한 CrAlN 코팅은 1,000 $^{\circ}\text{C}$ 까지 약 28GPa의 높은 경도를 유지한 것으로 확인 되었고, 이는 CrZrSiN 중간층 내에 존재하는 SiN_x 비정질상의 우수한 내산화성에 의한 결과로 판단된다.

사사의 글

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