

Nanoindentation과 유한요소해석을 통한 표면처리강판의 박막 경도 및 탄성계수 측정

고영호*(부산대 대학원 정밀기계공학과), 이정민(부산대 대학원 정밀기계공학과),
김병민(부산대 기계공학부), 고대철(양산대 자동차공학과)

주제어 : Galvanised steel, Nanoindentation, Hardness, Elastic modulus, thin film, Continuous stiffness measurement

박막으로 표면처리한 다양한 강판이 자동차 차체와 부품, 가전제품 등의 제조를 위해 여러 가지 관계 성형공정에 적용되고 있으나, 제품 개발기간과 비용 감소, 성형과정에서 표면 코팅층의 특성 변화로 인해 성형성 열화와 성형불량을 줄이면서, 제품의 고정밀화, 고품질화를 실현하기 위해서는 코팅층에 대한 기계적 특성과 마찰거동을 명확히 규명하는 것이 반드시 필요하다. 현재 나노 마이크로 수준인 코팅층의 기계적 물성치를 측정하기 위해 가장 널리 사용되는 방법은 나노 인덴테이션이다. 수백 nm에서 수 μm 두께의 코팅층에 대한 기계적 특성을 측정하기 위한 가장 유력한 방법중 하나인 나노 인덴테이션(nanoindentation) 시험은 뾰족한 압입자(indentor)를 수 mN 크기의 하중으로 압입하며 박막을 나노미터 스케일로 변형시켜서 박막의 경도와 탄성계수 등의 기계적 특성을 평가하고 스크래치 공정(scratch process)을 이용하여 마찰계수를 측정하는 방법이다. 신뢰성있는 결과를 얻기 위해서 이렇게 측정된 데이터(data)와 압입된 소재의 기계적 물성치의 관계를 이해하는 것은 매우 중요하다. 과거 많은 연구자들이 이론적 혹은 실험적 방법으로 이 문제에 대하여 접근하였다. 하지만 인덴테이션 곡선(indentation curve)에 대한 해석적인 접근을 하지 않고서 측정된 데이터에서 기계적인 물성치의 실제 결과를 평가하기는 매우 어렵다.

본 연구는 압입 깊이에 따른 탄성계수 및 경도 분포를 얻을 수 있는 연속강성측정법(CSM)을 이용하여 실제 사용되고 있는 표면처리강판의 박막 경도 및 탄성계수를 측정하고, 이 결과를 토대로 압입 공정을 유한요소해석하여 탄성회복 및 항복강도를 예측하였다.

Fig. 1. Plots of hardness versus indentation depth for film of galvannealed

Fig. 2. Plots of elastic modulus versus indentation depth for film of galvannealed