

콘크리트 충전 베드를 적용한 초정밀 무심 연삭기의 구조 특성 해석

김석일* (한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부), 조재완 (한국항공대학교 대학원)

주제어 : 무심 연삭기, 콘크리트 충전 베드, 구조 특성, 구조 변형, 루프 강성

원통 연삭기(cylindrical grinding machine)는 원통형 공작물을 센터나 척으로 지지하면서 연삭 공정을 수행하기 때문에 연속적인 작업이 어렵지만, 무심 연삭기(centerless grinding machine)는 원통형 공작물을 받침판으로 지지하면서 연삭 스톨(grinding wheel)과 조정 스톨(regulating wheel)로 연삭 공정과 축방향 이송을 동시에 수행하기 때문에 연속적인 작업이 가능하다. 특히 고정밀 부품을 작업자의 숙련도와 무관하게 고능률적으로 가공할 수 있는 무심 연삭기는 구름 베어링, 척, 피스톤 핀 등과 같은 고정밀 기계류 부품들을 대량 연삭하기 위한 용도로 많이 사용되어 왔다.

광 통신 정보의 전송 효율과 품질을 좌우하는 초정밀 핵심 부품의 하나인 페룰(ferrule)은 세라믹 재료인 지르코니아(ZrO_2)로 제작되고 있고, 요구 정밀도가 대부분 $1\mu m$ 이하이며, 특히 외경 치수, 원통도, 진원도, 표면 조도 등이 매우 엄격하게 규제되고 있는 관계로 페룰의 마무리 외경 연삭 공정은 전적으로 무심 연삭기에 의존하고 있다. 특히 무심 연삭기의 가공 원리 때문에 페룰의 외경 치수와 원통도는 X축 이송계의 축방향 강성과 이송 정밀도에 의한 영향을 많이 받고, 진원도와 표면 조도는 연삭 스톨 축과 조정 스톨 축의 회전 정밀도에 의한 영향을 많이 받게 된다. 따라서 페룰의 마무리 외경 연삭 공정을 수행하기 위한 무심 연삭기는 일반적인 무심 연삭기에 비해서 기계 구조의 고강성화와 고정밀화가 요구되는데, 그 중에서도 X축 이송계, 연삭 스톨 주축계 및 조정 스톨 주축계에 대한 대책이 중요하다. 이러한 관점에서 설계한 페룰 가공용 초정밀 무심 연삭기는 유정압 안내 방식과 볼 스크류-서보 모터 구동 방식을 적용한 X축 이송계, 유정압 지지 방식의 연삭 스톨 주축계와 조정 스톨 주축계, 연삭 스톨과 조정 스톨의 기상 드레싱 장치, 조정 스톨의 경사각을 조절하기 위한 선회 기구, 내부에 콘크리트를 충전한 강제 용접 베드 등으로 구성되어 있다.

본 연구는 페룰 가공용 초정밀 무심 연삭기의 설계 단계에서 구성 요소들이 구조 변형 및 구조 강성에 미치는 영향을 체계적으로 평가하고, 그 결과로부터 제작 단계에서 요구 성능을 확보하기 위한 구조 특성 정보를 도출하는 데 그 목적이 있다. 초정밀 무심 연삭기의 구조 해석 모델은 상용 유한 요소 프로그램인 ANSYS를 이용해서 구축하였고, 자중, 수평 방향의 연삭력, 수직 방향의 연삭력 등이 초정밀 무심 연삭기의 구조 변형에 미치는 영향을 해석하였다. 특히 연삭력에 의해서 야기되는 연삭 스톨과 조정 스톨 사이의 상대 변위를 토대로 초정밀 무심 연삭기의 수평 방향과 수직 방향 루프 강성들을 도출하였고, 연삭력에 기인한 구성 요소들의 변위를 토대로 실현적으로 파악하기 어려운 루프 강성의 저하 원인을 규명하였다. 특히 강제 용접 베드 내에 콘크리트를 충전한 경우와 충전하지 않은 경우를 비교 분석함으로써 콘크리트 충전 베드의 적용이 초정밀 무심 연삭기의 고강성화 및 고정밀화에 크게 기여한다는 사실을 보여주었다.

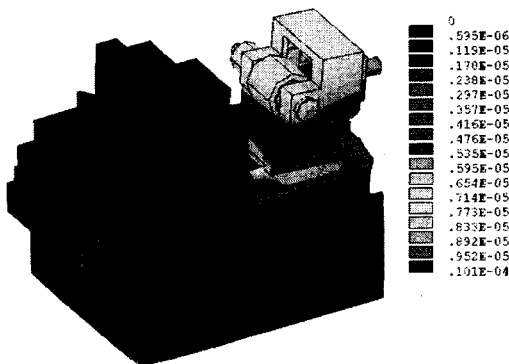


Fig. 1 Structural deformation of centerless grinding machine with steel-concrete bed

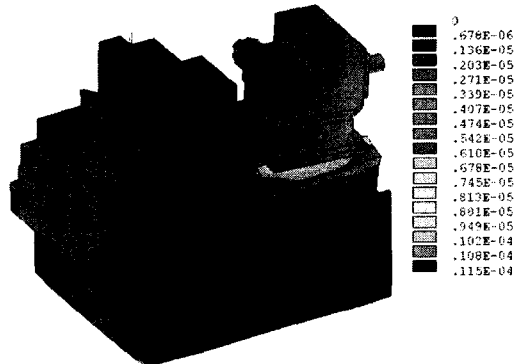


Fig. 2 Structural deformation of centerless grinding machine with steel bed