

고속 스피들 시스템의 동특성에 푸쉬-파이프가 미치는 영향

An Effect of Push-pipe in Dynamic Behavior of High Speed Spindle System

김무수* · 이재훈* · 이시복†
Mu-su Kim, Jae-hoon Lee and Shi-bok Lee

1. 서 론

최근 공작기계 산업에서는 생산성 향상과 정밀가공을 위해 고속화 및 고출력화 됨은 물론, 특수 목적의 가공을 위해서 소형화, 복합화되고 있다. 이러한 공작기계의 설계, 특히 스피들 시스템의 설계에 있어서 운전속도의 회피를 위해 고유진동특성 해석은 반드시 고려되어야 하는 과정이다.

흔히 공작기계라 하면 대부분 비교적 덩치가 큰 시스템에 관한 것인데 반해, 본 연구에서 다루고자 하는 대상은 소형 고속화된 스위스형 CNC 복합가공기로서 내장형(built-in) 모터가 주축을 이루며 무인화와 가공재료 공급의 용이 및 리드 타임(lead time)의 단축을 위해 세장비가 큰 가공소재가 이용된다.

아울러 소재의 적킹을 위한 장치로 푸쉬-파이프라는 장치가 이용된다. 이는 주축과는 구분되는 저차 고유진동수를 가지며 주축의 동특성에 유기적인 영향을 미친다.

기존 연구들 중 이 문제에 대한 접근을 시도한 적은 몇 번 있으나, 접촉조건(contact condition)을 제대로 고려하지 않음으로 인해 고유진동해석 시 주축 내부의 푸쉬-파이프가 주축과 겹쳐지는 현상이 나타나는 모드형상(mode shape)이 나타나는 결과를 보였다.

이에 본 연구에서는 여러 요소들이 결합된 연성 회전체의 고유진동해석 시 단순 결합 상태가 아닌 요소별 접촉조건을 고려하여 변형에 경계조건을 부여함으로써 그 영향에 의한 고유진동특성 변화를 확인해보고자 한다.

2. 소형 고속 CNC 복합가공기 스피들

본 연구에서 해석하고자 하는 모델은 최대 가공직경 $\varnothing 7$, 최대회전속도 20,000rpm 급으로 개발된 (주)한화 테크엠의 CNC 복합가공기 스피들이다. Fig.1의 (a)는 상용소프트웨어

인 ANSYS를 통해 모델링한 도면을 나타내었고 Fig.1의 (b)에는 제작된 스피들 시스템의 외형을 나타내었다. 아울러 해석 모델의 사양을 Table 1에 간략히 나타내었다.

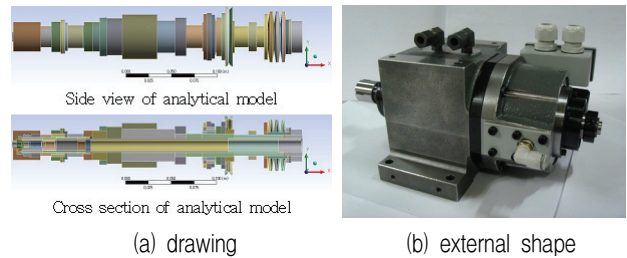


Fig.1 FE model and external shape of spindle system

Table 1 The specification of analysis model

Property	Value
Max. cutting diameter (mm)	$\varnothing 7$
Max. cutting length (mm)	70/40
Through hole diameter (mm)	12
Max. rotating speed (rpm)	20,000
Motor (kW)	0.75/1.1
Division	1(OP)

3. 고속 스피들 시스템의 동특성 평가

3.1 주축 내부 면과 푸쉬-파이프 외부 면 사이의 접촉을 고려하지 않은 경우

다음의 Fig. 2에서 보는 바와 같이 주축과 푸쉬-파이프 간 접촉을 고려하지 않은 상태에서 모드해석을 수행했을 경우, 두 영역 사이의 노드들이 겹치는 현상을 보이게 된다. 다시 말해, 주축에 비해 상대적으로 세장비가 큰 푸쉬-파이프의 변형이 둘 사이의 간격(gap)보다 커짐으로 인해 주축의 내벽을 뚫고 나아가는 것처럼 보인다. 하지만 현실적으로는 이러한 현상이 발생되기 전에 국부적 손상 혹은 파손이 발생하게 되므로 해석이 제대로 이루어졌다고 말할 수 없다. 또한, 실제로 이와 같이 접촉이 발생한다면 접촉에 의한 두 파트 사이의 지지조건 역시 달라지게 될 것이고, 그

† 교신저자; 부산대학교 기계공학부
E-mail : sblee@pusan.ac.kr
Tel : (051)510-2315, Fax : (051)514-7640

* 부산대학교 기계공학부

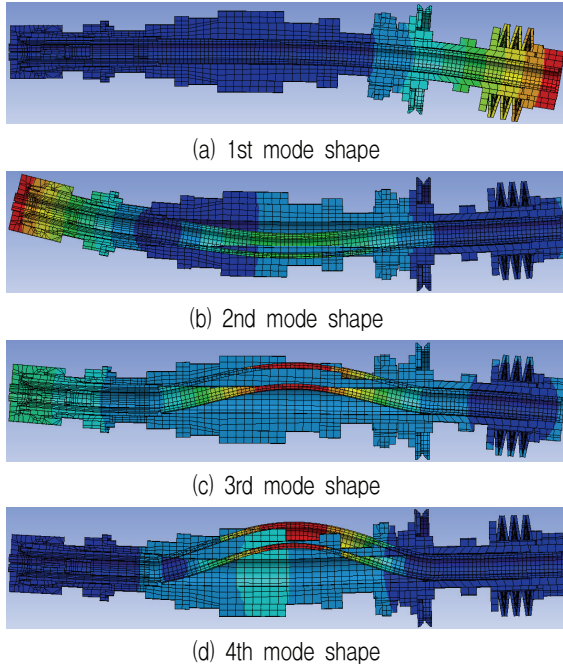


Fig.2 Modal analysis without consideration of contact conditions

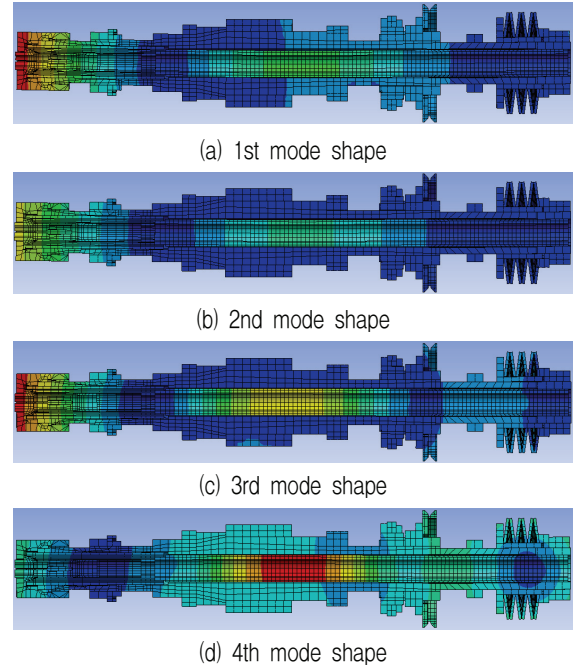


Fig.3 Modal analysis with consideration of contact conditions

결과 내부 경계의 강성값이 달라지는 요인이 되므로 스핀들 시스템의 동특성에 적잖은 영향을 미치게 된다. 아울러 이를 고려한 정확한 해석을 수행하기 위해서는 선형해석이 아닌 비선형해석이 필요함을 알 수 있다.

3.2 주축 내부 면과 푸쉬-파이프 외부 면 사이의 접촉을 고려한 경우

주축의 내부 면과 푸쉬-파이프 외부 면 사이의 접촉조건을 부여한 상태의 해석 결과를 Fig.3에 나타내었다. 예측했던 결과와 마찬가지로, 접촉에 따른 강성 증가로 인한 스핀들 시스템의 고유진동수가 상승하였으며 접촉조건을 부여하기 전의 주파수와 동일 주파수대역에서 이전의 모드형상과는 차이를 보이는 것을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 상용 소프트웨어인 ANSYS를 이용하여 소형 고속 CNC 복합가공기 스핀들 시스템의 동특성에 푸쉬-파이프가 미치는 영향에 대하여 알아보려 하였다. 지금까지의 내용을 요약해 보면 다음과 같다.

1. 스위스형 CNC 복합가공기 스핀들 시스템의 경우, 주축의 내부에 푸쉬-파이프라는 부품이 삽입되어 체결된다.
2. 체결부분의 경계조건, 특히 접촉조건을 명확히 부여하지 않으면 모드형상에서 내부 요소가 외부 요소와 겹치는 현상이 발생된다.

3. 이를 방지하기 위하여 접촉 예상부분에 적절한 경계조건을 부여하여야 하며, 접촉에 의해 지지조건이 추가되는 효과가 있으므로 스핀들 시스템의 강성값이 달라지게 된다.
4. 이는 스핀들 시스템의 동특성에 영향을 미치게 되며 이를 반영한 해석을 수행하기 위해서는 선형해석이 아닌 비선형 해석이 수반되어야 한다.

차후 특정 노드에 대한 시간에 따른 응답을 확인함으로써 내부 요소들의 접촉으로 인해 고유진동수에 어떠한 변화가 발생하는지 확인해보고자 한다. 아울러 회전정밀도 측정 실험 등을 통해 본 연구의 시뮬레이션 결과에 대한 검증이 수반되어야 할 것이며, 가공 소재까지 포함한 시스템을 구성하여 해석함으로써 보다 안정적인 가공기의 설계에 대한 연구를 지속적으로 추진하고자 한다.

후 기

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임