

실험 계획법을 이용한 하이브리드 병렬 기구형 머시닝 센터의 구조 변형 해석

Structural Deformation Analysis of a Hybrid Parallel Kinematic Machining Center Using the Design Of Experiment

*권진만¹, 조재완¹, #김석일²

*J. M. Kwon¹, J. W. Cho¹, #S. I. Kim,²

¹한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부 대학원, ²한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부

Key words : Structural deformation analysis, Parallel kinematics machining center, Design of experiment

1. 서론

하이브리드 병렬 기구형 머시닝 센터는 3 자유도를 갖는 트라이셉 구조와 2 개의 회전축 구조를 병용하여 5 축 가공을 구현하는 공작 기계이다. 본 논문에서는 작업 자세에 따라서 구조 특성이 달라지는 특징을 가진 하이브리드 병렬 기구형 머시닝 센터의 구조 특성을 분석하기 위하여 작업 자세에 따른 구조 해석 모델을 구축하고, 구조 해석을 통해 작업 자세의 변화가 공구대 선단의 변위 오차에 미치는 영향을 예측하기 위해 실험 계획법을 이용하여 변위 오차의 예측식을 수립하고 예측식의 신뢰도를 평가하였다.

2. 하이브리드 병렬 기구형 머시닝 센터의 구조

본 논문의 해석 대상인 하이브리드 병렬 기구형 머시닝 센터의 기본 구조는 Fig. 1 과

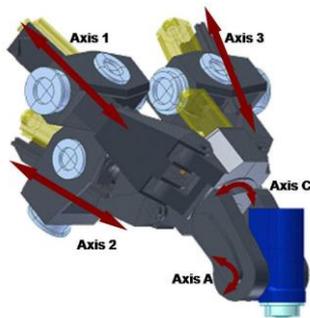


Fig. 1 Structural analysis model of a hybrid parallel kinematic model

같다. 고정 플랫폼, 가동 플랫폼, 그리고 3 개의 링크(축 1, 2 및 3)에 2 개의 회전축(축 4 와 5)이 병합된 형태이다. 따라서 공구 선단부의 위치와 자세는 3 개의 링크들의 길이 방향 변위와 2 개의 회전축들의 회전 각도에 의해서 결정된다. 3 개의 링크들인 축 1, 2 및 3의 길이 범위는 축 1 과 2 가 196 ~ 540 mm 이며, 축 2 는 213.6 ~ 540 mm 사이의 길이 범위를 갖는다.

3. 실험 계획법을 이용한 구조 해석

3.1 구조 해석 모델 및 구조 변형 해석 조건

본 논문에서 구축된 구조 해석 모델은 절점이 301,890 개, 솔리드 요소가 930,983 개, 매트릭스 요소가 225 개이며, 44,872 개의 컨택 요소를 가지고 있다. 또한 해석 모델의 축 1, 2 및 3 에 적용한 볼 스크류의 축 방향 강성을 표현하기 위해 매트릭스 요소를 적용하였고, LM 가이드와 조인트에 대한 접촉면의 강성을 나타내기 위해 컨택요소를 사용하였다. 또한 고정 플랫폼의 지지점을 모두 구속하고, 자중 효과를 고려하였다. 그리고 하이브리드 병렬

Factor	Level				
	-2	-1	0	1	2
1	196	282	368	454	540
2	213.6	295.2	376.8	458.4	540
3	196	282	368	454	540
4	-60	-30	0	30	60
5	-90	-45	0	45	90

Table 1 Independent variable for predicted displacement error

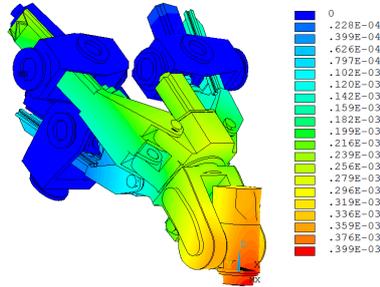


Fig. 2 Structural deformation of the virtual prototype
기구형 머시닝 센터의 구조 변형에 가장 많은 영향을 미치는 변수인 축 1, 2 및 3의 길이와 축 A, C의 각도를 정규화 한 후, 정규화 실험 변수들을 이용하여 중심 합성법에 설계 기반을 둔 반응 표면법을 토대로 구조 해석을 수행하였다.

3.2 구조 변형 해석

중심 합성법에 설계 기반을 둔 반응 표면법을 토대로 수행한 해석 결과에서 X 축 방향 공구 선단부의 변위 오차의 범위는 -200.5 μm 에서 221.3 μm 이며, Y 축 방향 공구 선단부의 변위 오차의 범위는 -61.0 μm 에서 223.7 μm 이다. 또한 Z 축 방향 공구 선단부의 변위 오차의 범위는 -586.6 μm 에서 -145.26 μm 이고, total 방향 공구 선단부의 변위 오차의 범위는 262.3 μm 에서 587.4 μm 이다. X 축 방향 공구 선단부의 변위 오차와 Y 축 방향 공구 선단부의 변위 오차에 대한 측정값과 예측값을 각각 수평축 좌표값과 수직축 좌표값으로 활용하여 점들을 Fig. 3에 나타내었고, Z 축 방향 공구 선단부의 변위 오차와 total 방향에 대한 공구 선단부의 변위 오차에 대한 측정값과 예측값을 각

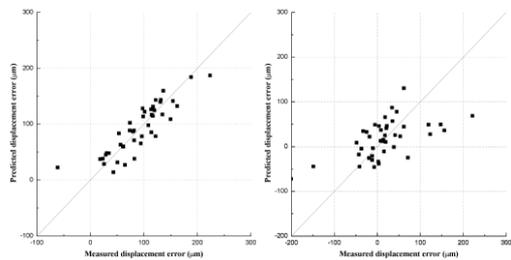


Fig. 3 Relation between measured and predicted displacement error of X-axis and Y-axis

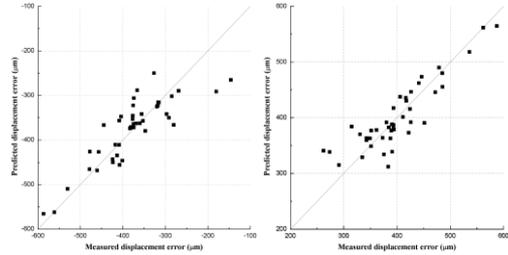


Fig. 4 Relation between measured and predicted displacement error of Z-axis and total

각 수평축 좌표값과 수직축 좌표값으로 활용한 점들을 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 3과 Fig. 4에 나타냈듯이 측정값과 예측값을 활용한 점들이 45°각도에 근접하게 위치하고 있는 것을 볼 수 있는데 측정값과 예측값이 일치할수록 해당 점의 위치는 45°각도의 점선에 근접하게 되는데, 실험계획법을 통해 정한 조건들을 해석한 값들이 45°각도의 점선에 근접하게 분포하고 있다는 사실로 공구 선단부의 변위오차의 예측값의 신뢰도는 매우 높다고 판단된다.

4. 결론

본 논문에서는 하이브리드 병렬 기구형 머시닝 센터 각각의 축의 각도나 길이의 변화로 인한 작업자세의 변화가 공구대 선단의 변위 오차에 미치는 영향을 분석하였다. 특히 중심 합성법에 기반을 둔 반응 표면법을 토대로 변위오차에 대한 예측식을 정립하였고, 예측식은 측정값과 비교하여 비교적 적은 오차를 보이는 것을 확인할 수 있었다.

5. 후기

본 연구는 지식경제부에서 주관하는 “병렬 기구 고유연 머시닝센터 개발” 과제의 지원에 의해서 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. Moon, J.H., Cho, H.Y., and Kim, S.I., “Kinematic Analysis of a Hybrid Parallel Kinematic Machining Center Based on Tricept,” Spring Conference of KSME, 229-230, 2009.