

트라이셉 기반의 하이브리드 병렬 기구형 머시닝 센터의 구조 변형 해석

Structural Deformation Analysis of a Hybrid Parallel Kinematic Machining Center Based on Tricept

*조재완¹, 권진만¹, 김석일²

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

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

Key words : structural deformation analysis, Hybrid parallel kinematics machining center based on tricept

1. 서론

3 자유도를 갖는 트라이셉 구조와 2 개의 회전 축 구조를 병용하여 5 축 가공을 구현하는 트라이셉 기반의 하이브리드 병렬 기구형 머시닝 센터의 활용이 점차 많아지고 있는 추세이다. 트라이셉 기반의 병렬 기구형 머시닝 센터는 작업 자세에 따라서 구조 특성이 달라지는 특징을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 작업 자세에 따른 구조 특성을 분석하기 위해서 구조 해석 모델을 구축하고, 해석을 수행한 후, 작업 자세의 변화가 공구대 선단의 변위 오차에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 트라이셉 기반의 하이브리드 병렬 기구형 머시닝 센터의 구조

본 논문의 해석 대상인 트라이셉 기반의 하이브리드 병렬 기구형 머시닝 센터는 Fig. 1에 제시한 바와 같이 3 개의 링크(축 1, 2 및 3)

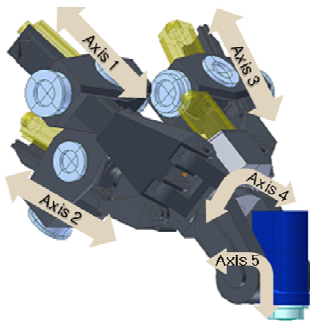


Fig. 1 Structural analysis model of a hybrid parallel kinematic model

에 2 개의 회전축(축 4 와 5)이 병합된 기본 구조로 이루어져 있다. 이때 3 개의 링크는 고정 플랫폼과 유니버설 조인트로 연결되고 이는 가동 플랫폼과 스윙블링 조인트에 의해서 연결된다. 공구대 선단의 위치와 자세는 유니버설 조인트와 스윙블링 조인트에 의해 제한되며, 3 개의 링크들의 길이와 2 개의 회전축들의 회전 각도에 의해서 결정된다.

3. 구조 해석 모델

트라이셉 기반의 하이브리드 병렬 기구형 머시닝 센터의 구조 특성을 평가하기 위해서 Fig. 2 와 같은 구조 해석 모델을 구축하였다. 구축된 구조 해석 모델은 381,868 개의 절점, 1,231,421 개의 솔리드 요소, 30 개의 매트릭스 요소, 그리고 68,663 개의 컨택 요소로 구성되었다. 특히 매트릭스 요소들은 축 1, 2 및 3 에 적용한 볼 스크류의 축 방향 강성을 표현하기 위해 도입되었고, 컨택 요소들은 LM 가이드,

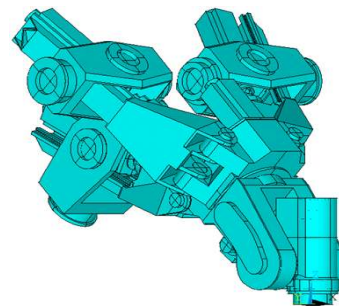


Fig. 2 Virtual prototype of the parallel kinematic machine

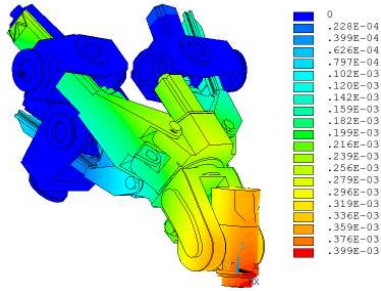


Fig. 3 Structural deformation of the virtual prototype

그리고 유니버설 조인트와 스윙블링 조인트에 사용된 구름 베어링 등에 대한 접촉면의 강성을 나타내기 위해서 사용되었다. 또한 구조 해석에서는 고정 플랫폼의 지지점을 모두 구속하고, 자중 효과를 고려하였으며, 작업 자세에 따른 구조 해석 모델을 각각 구축하여, 구조 해석을 수행하였다.

4. 구조 해석 모델의 작업 자세에 따른 구조 특성 관계 분석

구조 해석 모델의 작업 자세의 변화에 따른 공구대 선단의 변위 오차를 Table 1에 나타내었다. 이 때 X축: 0 mm, Y축: 0 mm로 이뤄진 기준 위치를 pose. 1, X축: -150 mm, Y축: 0 mm인 경우를 pose. 2, X축: 150 mm, Y축: 0 mm인 경우를 pose. 3, X축: -150 mm, Y축: 300 mm인 경우를 pose. 4, 그리고 X축: 150 mm, Y축: 300 mm인 경우를 pose. 5로 정의하였다. pose. 1의 경우 공구대 선단의 변위 오차는 X축 방향, Y축 방향, 그리고 Z축 방향에 대하여 각각 83.8 μm , 186.1 μm 및 -354.2 μm 이고, 총 변위 오차는 -399.2 μm 로 나타났다. pose. 2의 경우 공구대 선단의 변위 오차는 X축 방향, Y축 방향, 그리고 Z축 방향에 대하여 각각 192.1 μm , 124.3 μm 및 -365.4 μm 이고, 총 변위 오차는 418.1 μm 로 나타났으며, pose. 3의 경우 공구대 선단의 변위 오차는 X축 방향, Y축 방향, 그리고 Z축 방향에 대하여 각각 -200.2 μm , 126.8 μm 및 -369.3 μm 이고, 총 변위 오차는 426.3 μm 로 나타났다. pose. 4의 경우 공구대 선단의 변위 오차는 X축 방향, Y축 방향, 그리고 Z축 방향에 대하여 각각 165.1 μm , 102.4 μm 및 -342.3 μm 에, 총 변위 오차는 385.4 μm 로 나타났으며, pose. 5의 경우 공구대 선단의 변위 오

Table 1 displacement error at tool post

Pose	Displacement(μm)			
	X-axis	Y-axis	Z-axis	Total
1	83.8	186.1	-354.2	399.2
2	192.1	124.3	-365.4	418.1
3	-200.2	126.8	-369.3	426.3
4	165.1	102.4	-342.3	385.4
5	-167.2	102.8	-348.1	387.2

차는 X축 방향, Y축 방향, 그리고 Z축 방향에 대하여 각각 -167.2 μm , 102.8 μm 및 -348.1 μm 이고, 총 변위 오차는 387.2 μm 로 나타났다. 이러한 결과로부터 X축 방향, Y축 방향, 그리고 Z축 방향의 변위 오차들의 최대 편차는 각각 284.0 μm , 83.7 μm , 그리고 40.9 μm 로 나타남을 알 수 있다. 특히 Y축의 위치가 같은 경우 공구대 선단의 X축 방향 변위 오차가 대칭에 가까운 결과를 나타내는 것을 볼 수 있는데 이는 트라이셉 기반의 하이브리드 병렬 기구형 머시닝 센터가 좌우 대칭의 구조를 가지고 있기 때문에 나타나는 현상으로 판단된다. 또한 트라이셉 기반의 하이브리드 병렬 기구형 머시닝 센터의 공구대 선단의 Y축 및 Z축 방향 변위 오차의 최대 편차가 모두 축 2의 길이 변화에 영향을 받는 사실로부터 트라이셉 기반의 하이브리드 병렬 기구형 머시닝 센터의 구조 강성을 향상시키기 위해서는 축 2의 고강성화 설계가 이루어져야 한다는 사실을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 트라이셉 기반의 하이브리드 병렬 기구형 머시닝 센터의 작업 자세의 변화가 공구대 선단의 변위 오차에 미치는 영향을 해석하기 위하여 공구대 선단의 위치를 이동시켜 각각의 구조 해석을 수행하였으며, 구조 강성을 향상시키기 위해서는 축 2의 고강성화 설계가 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1. Moon, J.H., Lee, W.J., Lee, H.D., and Kim, S.I., "Structural Characteristic Analysis of a Hybrid Parallel Kinematic Machine," Autumn Conference of KSPE, 563-564, 2009.