표준인증안전학회지(2018. 12)
제8권 제4호 p.45-52.
http://www.standards-standardization.org

가공 시편을 이용한 오축 머시닝센터 가공 시험 방법의 표준화

김주현*

오축 머시닝센터는 한 번의 공정으로 제품을 가공할 수가 있어서 공정간 공작물 이동이 불필요하다. 이로 인하여 재공품 재고 감소, 준비시간 감소, 리드타임 감소등의 장점이 있다. 또한 한 번의 척킹으로 모든 가공이 가능하므로 가공 정밀도가 향상되고 공간 활용도가 개선된다. 이와 같은 머시닝센터의 정밀도 평가를 위해서는 새로운 기술이 필요한데, 특히 공작기계 기술이 지능화, 다축화, 복합화되어감에 따라 이에 따른 표준 제정의 필요성이 국내뿐만 아니라 세계적으로 증대되고 있다. 또한 고급 기종 및 대형 기종에 대한 수요가 큰 폭으로 증가하고 있기 때문에 오축 머시닝센터에 대한 수요 또한 큰 폭으로 증가하고 있다. 특히 최근에 널리 사용되고 있는 오축 머시닝센터에 대한 경우에는 국가간 이해관계가 첨예하게 대립하고 있기 때문에 이에 맞는 표준 제정의 필요성이 시급한 실정이다.

본 논문에서는 기존의 표준에서 취급하지 않았던 공작물 재료, 공작물 크기에 대응하여 오축 머시닝센터의 정밀도를 측정하는 시스템을 개발하였다. Cone frustrum test method, Truncated square pyramid test method 등을 기존 표준에 추가하면 기존 표준의 개정을 통하여 제안된 표준이 반영될 수 있을 것이다.

주요어: 오축 머시닝센터, 시험 방법, 가공 시편, 가공 시험, 공차

Ⅰ. 서 론

오축 머시닝센터는 동시에 5축을 제어하여 가공하는 머시닝센터로 주로 주축헤드가 선회하는 형태(주축 헤드 선회형), 테이블이 선회하는 형태(테이블 선회형), 헤드와 테이블이 함께 선회하는 형태(혼합형)가 있다. 오축 머시닝센터는 복잡한 동작이 가능하기 때문에 기존에 여러 공정으로 분할되어 있었던 가공 공정을 한 번의 공정으로 집약할 수 있다는 것이 가장 큰 특징이다. 공정이 간소화되면 공정간 대기시간과 가공시간을 단축시킬 수 있고, 공정 변경시 셋업에 따른 오차가 없어지기 때문에 가공정밀도가 향상된다. 또한 가공면에 대해 공구 축을 임의의 각도로 제어할 수 있기 때문에 절삭공구의 가공면에 대한 각도를 일정하게 제어할 수 있어 표면거칠기가 향상되고, 공구의 돌출부분을 짧게 해서 가공할 수 있기 때문에 공구 인선의 강성이 향상되어 가공속도를 고속화할 수도 있다는 장점이 있다.

이처럼 오축 머시닝센터를 사용하면 가공시간 단축

* 국민대학교, 기계공학부, 교수 (kim@kookmin.ac.kr)

과 가공정밀도 향상을 동시에 해결할 수 있지만, 이런 종류의 머시닝센터 시험 평가를 위해서는 기존 방법과 다른 기술이 필요하다. 예를 들면 직선축과 선회축과의 동기 정밀도에 대하여 고려해야 하는 것으로, 3축 머시닝센터의 경우에는 고려할 필요가 없지만 오축 머시닝센터의 고유 정밀도를 확보하기 위해서는 매우 중요하게 고려해야 한다.

현재 국내에서 개발된 머시닝센터는 옵션 형태로 오축가공 기능을 제공하는 형태로 출시되고 있으나 통일되고 제품에 맞는 표준의 미비로 인해 품질 향상에 걸림돌이 되고 있고, 이 분야에 대한 수요가 많아짐에 따라 국내 기업들의 기술 개발이 활발해지고 있지만, 적절한 표준이 통일되어 있지 않아서 생산자뿐만 아니라 사용자까지 제품 품질의 적절성을 평가하지 못하고 있는 실정이다.

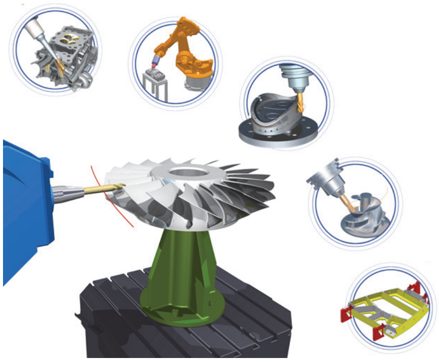
최근 들어 국내 기업들이 표준 제정의 중요성을 인식하고 이 분야에 대한 표준 제정에 대하여 관심을 갖고 전략적으로 대응하려고 하지만 전문인력 부족, 기술개발 역량, 표준 제정에 대한 경험 부족 등으로 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다. 또한 표준과 용어가 전세계적으로 통일되어 있지 않고, 복합가공기가 개발되면서 강성이 부족해지고, 또한 데이터의 대폭 증가로 처리 능력 향상이 필요하게 되어 소프트웨어의 거대화가 문제점으로 나타나고 있다.

5축 머시닝센터는 NC의 등장과 거의 같은 시기에 로켓 제조에 이용되었고, 특수한 분야에서 이용되는 기계로 일반적인 부품가공에 통용되는 기계는 아니었기 때문에 NAS 979(1969)외의 표준 개발은 하지 않았다. 그로부터 23년 후인 1992년이 되어서야 주축헤드·테이블 선회형 5축 머시닝센터의 검사방법이 ANSI B5.54(1992)에 기술되었고, 그 부속서 안에서 볼바를 사용하여 위치결정 정밀도와 테이블의 회전과 그에 평행한 면과의 평행도를 측정하는 방법이 규정되었으나 예시되었을 뿐이며 그 측정 목적을 명확하게 제시하지 않았다.

ISO 10791-1(1998)에서는 주축헤드 선회형 5축 머시닝센터의 정적 정밀도 측정방법이 부속서 B로 규정되었고, 운동 정밀도 측정방법도 ISO 10791-6(1998)의 K6로 규정되었지만, 테이블 선회형을 대상으로 한 측정방법은 규정되지 않았다.

ISO 10791-7(2014)에서 시험편을 이용한 오축 머시닝센터에 대한 표준이 개발되었지만 대형의 공작물의 다양한 형태의 머시닝센터에 대한 대응을 하지 못하였다. 본 논문에서는 대형의 공작물과 다양한 형태, 다양한 공작물 재료에 대응할 수 있는 시험방법 표준들을 제시하고자 한다.

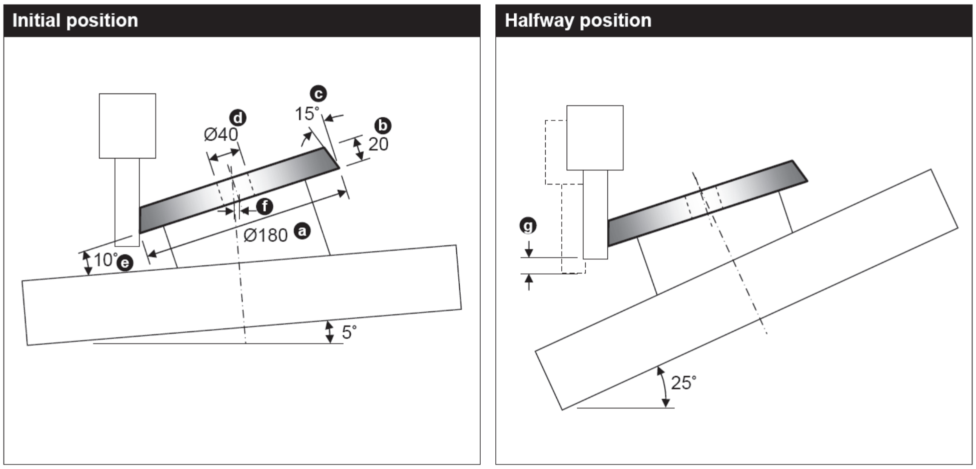
〈그림 1〉 다양한 작업이 가능한 오축 머시닝 센터



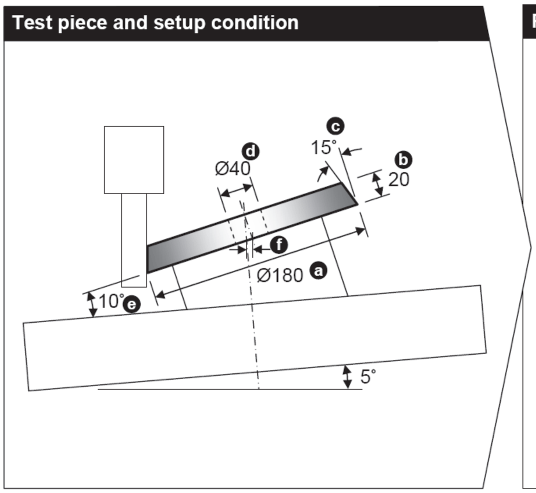
II. Cone frustum test method

원추 모양의 가공 시편을 가공하는 시험 방법으로 가공 시편의 셋업 조건을 그림 2에 나타내었다. 가공 시험을 해보면 직선축 이송거리, 회전축 이송거리가 경사각(inclination angle), 센터 옵셋(center

〈그림 2〉 Cone frustum 시험 방법의 셋업



〈그림 3〉 2가지 종류의 가공 시편



Proposal

	Category 1	Category 2
Diameter of bottom surface **a**	80	180
Thickness **b**	20	20
Half of apex angle **c**	15	15
Diameter of center hole **d**	20	40
Inclination angle **e**	10	10
Center offset **f**	8	18

offset)에 따라 변동하는 것을 알 수 있었다. 센터 옵셋의 영향을 고려하고, 2가지 종류의 시편을 가공하여 그림 3과 같은 2가지 조건을 제시할 수 있다.

공작물 재료는 주철이나 알루미늄을 사용하였고, 구체적인 절삭 조건과 허용값을 그림 4에 나타내었다.

Ⅲ. Truncated square pyramid test method

3개의 직선축과 2개의 회전축을 갖는 오축 머시닝

〈그림 4〉 절삭 조건과 허용값

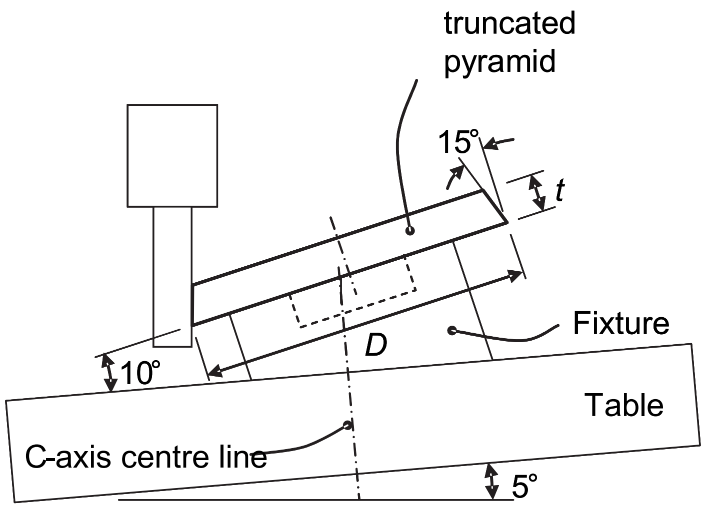
Cutting conditions

- Material: cast iron or aluminum
- Cutter: Diameter 20, 2 flute endmill, hss, right hand helix, maximum length 60
- Cutting speed: 50 m/min (cast iron), 300 m/min (aluminum)
- Feedrate: 1000 mm/min
- Radial direction cutting depth: 0.1mm
- Spindle speed: 1800 rpm
- Rough and finish cut allowed

Tolerances

Test items	Tolerances		Instruments
	80	180	
Center hole			
• Cylindiricity	0.010	0.015	CMM
Cone upper surface (2mm apart from top)			
• Roundness	0.050	0.060	CMM, dial gauge, roundness tester
• Concentricity with center hole	Ø0.015	Ø0.020	CMM, roundness tester
Cone lower surface (2mm apart from bottom)			
• Roundness	0.050	0.060	CMM, dial gauge, roundness tester
• Dimensional difference to upper surface	0.015	0.020	CMM, roundness tester
• Concentricity with center hole	Ø0.015	Ø0.02	CMM, roundness tester

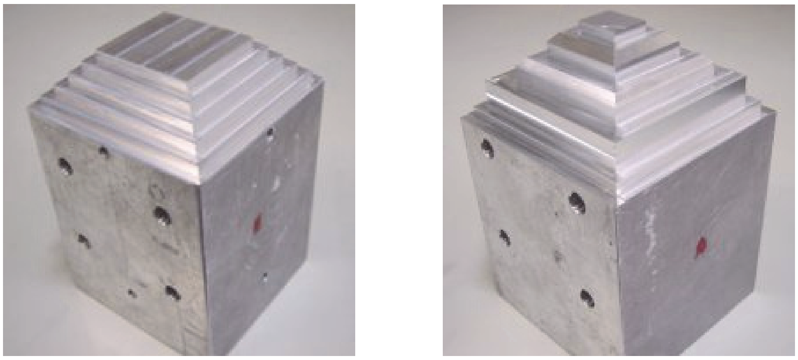
〈그림 5〉 Truncated square pyramid 시험 방법의 셋업



센터는 다음과 같은 시험 방법의 적용이 가능하다. 시험 셋업을 그림 5에 나타내었다. 가공된 시편을 그림 6에 나타내었다.

공차는 기존의 시험 방법과 동일하게 가공 길이 80 mm를 기준으로 할 때 진직도 0.012 mm, 직각도 0.03 mm, 평행도 0.03 mm를 추천할 수 있다.

〈그림 6〉 가공된 시편의 모습



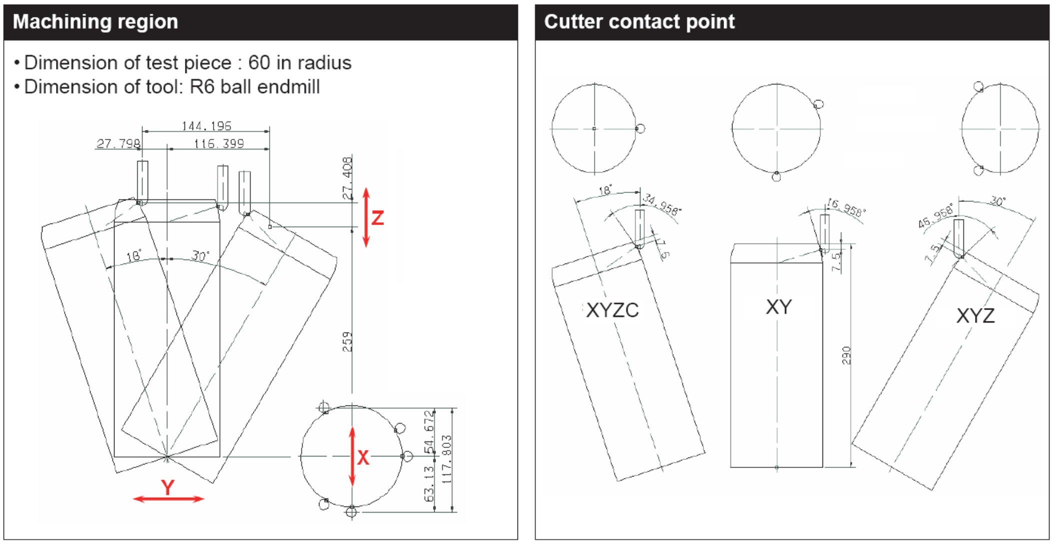
Ⅳ. Sphere test method

볼 엔드밀을 사용하여 구 모양을 가공할 수 있다. 셋업 조건과 가공 방법을 그림 7에 나타내었고, 시험 항목 및 공차를 그림 8에 나타내었다.

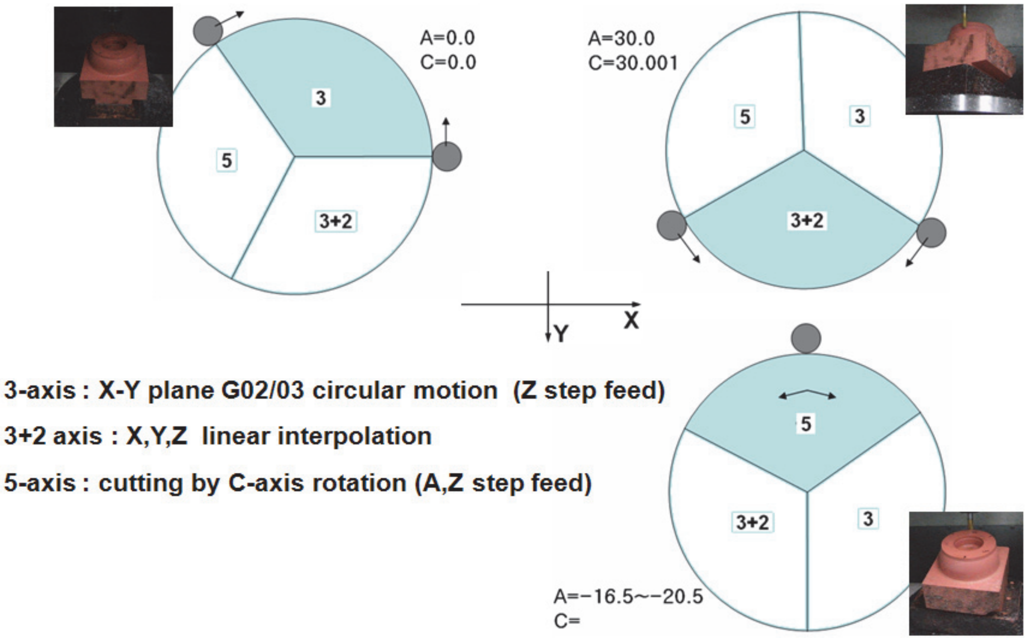
Ⅴ. 결 론

기존의 가공 시편을 이용한 오축 머시닝센터에 대한 시험 방법 표준들이 개발되었지만 대형의 공작물과 다양한 형태의 머시닝센터에 대한 대응을 하지 못하였다. 본 논문에서 제시한 방법들은 다음과 같다.

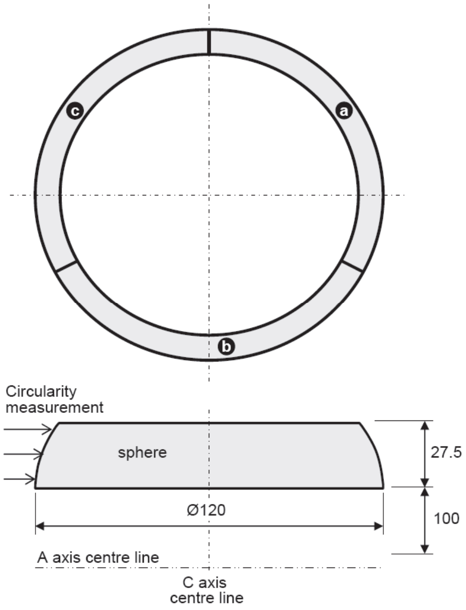
〈그림 7〉 Sphere 시험 방법의 셋업 및 가공 방법



〈그림 7〉 Sphere 시험 방법의 셋업 및 가공 방법 (계속)



〈그림 8〉 Sphere 시험 방법의 시험 항목과 공차



	Region **a**	Region **b**	Region **c**
Main cutting motion	XY circular interpolation	XYZ linear interpolation	C rotation* (XYZC interpolation)
Rotary axes			
A axis	0˚	30˚	Indexing at a small step with each uni-directional rotation of C axis min 5 degrees of total indexing range
C axis	0˚	30˚	Continuously variable
Linear axes			
X axis	Continuously variable	Continuously variable	Continuously variable
Y axis	Continuously variable	Continuously variable	Continuously variable
Z axis	Step feed with each cutting path	Step feed with each cutting path	Step feed with each cutting path
Circularity tolerance	0.050		

비교적 큰 공작물에 대한 시험 방법을 위하여 Cone frustum 시험 방법을 제시하였다. 공작물 크기에 따라 센터 옵셋의 크기를 다르게 하여야 한다.

3개의 직선축과 2개의 회전축을 갖는 오축 머시닝 센터는 Truncated square pyramid 시험 방법을 제시하였다. 센터 옵셋을 갖지 않고 가공 시편을 피라미드 형태로 가공하여 가공 시편의 형상 정밀도를 측정한다.

볼엔드밀을 사용하는 시험 방법을 위하여 Sphere 시험방법을 제시하였다. 이를 위하여 셋업 조건, 가공 방법, 시험 항목들을 결정하였다.

오축 머시닝센터의 종류는 매우 많기 때문에 다양한 가공 시편을 준비하여 각 공작기계에 적절한 가공 조건, 시험 항목을 개발해야 한다. 기존의 시험 방법들에 대한 표준에 추가하여 개정하면 오축 머시닝센터의 성능을 적절하게 평가할 수 있을 것이다.

현재 공작기계 관련 KS 표준은 대부분 ISO 표준을 그대로 번역한 부합화 표준을 사용하기 때문에 일단 ISO 표준 제정을 제안한 다음에 채택되면 국내 KS 표준으로 제정하는 것이 바람직할 것이다.

참고문헌

NAS 979(1969). Uniform cutting tests - NAS series metal cutting equipment specifications.

ANSI B5.54(1992). Methods for performance evaluation of computer numerically controlled machining centers.

ISO 10791-1(1998). Test conditions for machining centres - Part 1: Geometric tests for machines with horizontal spindle(horizontal Z-axis).

ISO 10791-6(1998). Test conditions for machining centres - Part 6: Accuracy of feeds, speeds and interpolations.

ISO 10791-7(2014). Test conditions for machining centres - Part 7: Accuracy of finished test pieces.

논문접수일 : 2018. 11. 14
1차수정본접수일 : 2018. 11. 29
게재확정일 : 2018. 12. 12

표준인증안전학회지(2018. 12) JOURNAL OF STANDARDS, CERTIFICATION AND SAFETY
제8권 제4호 p.45-52.

The Standardization of Test Methods for 5-axis Machining Centers by Using Finished Test Piece

Kim, Joo Hyun*

Abstract

5-axis machine tools have been rapidly accepted in the world-wide machine tool market, and have been recognized as one of main forces for machine tool builders. By using 5-axis machine tools, it is possible to reduce setup time, fixturing and tooling costs, and finishing operations with increased accuracy. In the machining by using a 5-axis machine tool, various error sources in each of rotary and linear axes impose complex effect on the geometric accuracy of the machined workpiece. As a result, it is a common recognition in today's industry that the machining accuracy of a 5-axis machine tool cannot be as good as that of a conventional 3-axis machine tool.

The results of the cutting test present comprehensive quality characteristics of a machine tool. A variety of combination of axes can be considered to different test piece shapes. Cutting test purposes the presentation of the comprehensive performance of machine tools in the form of physical object, accuracy evaluation based on real-cut surfaces, overall quality measures to machine tools, acceptance criteria for users, and trial for new cutting items.

Cone frustum test method, truncated square pyramid test method, and sphere tes method are suggested. For these test methods, test setup, cutting conditions, cutting method, test purpose, and tolerances are determined.

※ Key Words: 5-axis machining center, test method, test piece, cutting test, tolerance

* Professor, Department of Mechanical Engineering, Kookmin University (kim@kookmin.ac.kr)