

공작기계 이송기구의 위치정밀도 측정에서의 불확도 산출방법

Estimation of measurement uncertainty for accuracy and repeatability of positioning in the machine tool tests.

*윤상환¹, *이정환¹, *이훈만², *박민철²

*S. H. Yoon¹, #J. H. Lee(cluster8@changwon.ac.kr)¹, #C. M. Lee², #M. W. Park²

¹창원대학교 클러스터사업단, ²창원대학교 메카트로닉스 공학부

Key words : Positional accuracy, Uncertainty of measurement, Laser measurement

1. 서론

측정하는 모든 값에는 오차(error)가 존재한다. 오차는 측정결과에서 측정량의 참값을 뺀 값으로 정의 하는데, 오차는 하나의 이상적인 개념이기 때문에 실제로는 오차를 정확하게 알 수 없다. 그 이유는 참값은 실제로 알 수 없는 양이기 때문이다.

이러한 참값에 대한 측정량의 값에 대한 근사값 또는 추정 값일 뿐이므로, 그 값에 대한 불확도가 함께 명시될 때에 비로서 완전해지기 때문이다. 따라서 측정결과와 신뢰성을 나타내기 위하여 1993년 국제표준화기구(ISO)에서 측정도 불확도 표현 지침서 (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement)가 발행된 후, 이 지침서에 따라서 측정 불확도를 구하고 표현하는 방법이 전 세계적으로 많은 분야에서 확산되어 사용되고 있다.

공작기계관련 이송기구의 위치정밀도를 측정하기 위한 여러 가지 불확도 요인의 분석이 필요하며, 이에 본 논문에서는 이러한 요인들이 측정 불확도에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

2. 측정 불확도

위치정밀도에 대한 측정 불확도는 크게 두 분류로 나눌 수 있다. A-type 측정 불확도의 경우 주어진 환경에서 반복된 실험으로 얻어진 데이터의 측정값을 통하여 A-type 표준불확도 $U(R)$ 의 값을 구할 수 있다.

$$U(R) = 2 \times U_{eve} \tag{1}$$

B-type 측정 불확도 경우는 Table 1 에서 보는 바와 같이 크게 5가지의 불확도 요인을 찾을 수 있으며, B-type 전체 불확도 $U(E)$ 의 값은 아래 식으로 구해진다.

$$U(E) = \sqrt{(U_1)^2 + (U_2)^2 + (U_3)^2 + (U_4)^2 + (1/5 \times (U_5))^2} \tag{2}$$

식(1)과 식(2)를 통하여 위치정밀도의 최종 측정 불확도 $U(A)$ 값은

$$U(A) = \sqrt{(U(R))^2 + U(E)^2} \tag{3}$$

로 산출할 수 있다.

3. 측정방법

본 연구에서 이루어지는 위치정밀도측정은 공작기계의 이송축 중 X좌표의 거리 2 000 mm 이하의 축에 대하여 “KS B ISO 230-2: 2007”의 규격에 따라서 측정 불확도를 평가하였다. 측정에 사용된 장비는 Optodyne Inc. 사의 laser 측정장비를

Table 1 Uncertainty Glossary

	Measurement uncertainty
U(A)	Positional Accuracy
U(R)	A-type
U(E)	B-type
- $U_{device} (U_1)$	Device
- $U_{misalignment} (U_2)$	Misalignment
- $U_{m.machine\ tool} (U_3)$	Machine by measuring the temperature
- $U_{e.machine\ tool} (U_4)$	Mechanical expansion coefficient
- $U_{eve} (U_5)$	Environmental Change

사용하였고, laser 측정기의 사양은 Table 2.와 같으며, 측정장비의 laser는 Fig 1. 와 같은 방식으로 온도 (22.5 ± 2.5) $^{\circ}\text{C}$, 습도(51 ± 5) % R.H에서 시험측정을 하였다.

측정방법은 다음과 같다. 일정한 구간의 포인트를 지정하여 프로그램에 입력을 시킨 뒤 공작기계물의 이송중 laser 장비에서 빛을 발사시켜 Moving reflector 에서 빛을 받아들이고 다시 반사하여 laser 장비에서 읽어들이는 데이터를 통하여 공작기계물 이송거리의 정밀도를 측정하였다. 시험은 5회 반복측정을 하였으며, 총 이송거리는 105 mm, 구간간격 0mm, 20mm, 40mm, 60mm, 80mm, 100mm, 105mm 총 7포인트의 구간을 지정하였고 각 구간간의 거리에서 표준편차값을 구하여 위치정밀도의 측정불확도 값을 산출하였다.

Table 2 Equipment Specifications

Maker	OPTODYNE Inc..
System Accuracy	0.4 ppm
Laser frequency accuracy	0.1 ppm
Resolution	0.01 μm
Max. velocity	10,000 data/sec

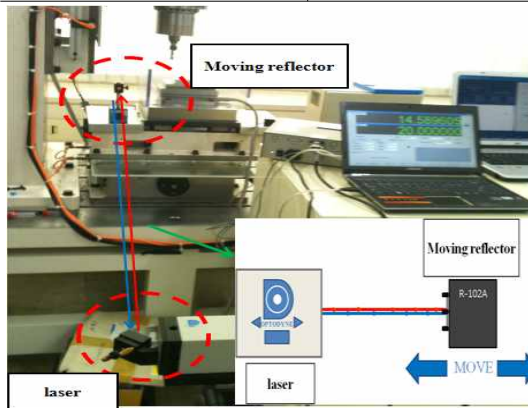


Fig. 1 Estimation of measurement uncertainty tool tests positioning accuracy

4. 측정결과 및 고찰

B-Type 측정 불확도의 요인들을 분석한 결과 기계 팽창계수에 의한 불확도 요인이 B-Type 측정 불확도에 가장 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. (Table 3 참조)

이는 측정하는 장비와 공작기계 재료의 성질, 실험실의 환경과 측정에 따른 장비의 온도변화가 측정 장비와 측정물의 팽창계수에 영향을 끼치는 요인이기 때문에 이에 대응할 수 있는 측정환경 및 공작기계재료의 반응에 대한 연구가 필요하다.

Table 3 Measurement Uncertainty Values

B-type Measurement uncertainty	(μm)
U_{device}	0.24
$U_{\text{misalignment}}$	0.15
$U_{\text{m.machine tool}}$	0.71
$U_{\text{e.machine tool}}$	7.08
U_{eve}	1.02
$U(E)$	7.42

5. 결론

공작기계 이송기구의 위치정밀도는 기계의 정밀도를 결정짓는 매우 중요한 측정항목으로 초정밀 공작기계에서는 수미크론에서 나노미터까지 달성할 수 있으므로 측정 요인에 의한 불확도 산출 방법이 더욱 세밀화 되어야 한다. 본 연구의 결과에서 보는 바와 같이 B-Type 불확도 요인중 측정 중 온도 변화에 따른 측정장비 및 대상 기계의 구조물 재료의 팽창계수에 큰 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 따라서 무엇보다도 측정 환경 변화에 대한 변동 요인을 줄이는 방법이 필요함을 알 수 있었다.

후기

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업 [RTI04-01-03] 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. KS B ISO 230-2: 2007 “공작기계 시험방법-제 3부”, 2007.
2. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 2003.
3. Kb-C-B8(2), “측정결과의 불확도추정 표현을 위한 지침
4. Kb-C-C57(11), “통계학 이론”