

◆특집◆ 정밀공작기계를 위한 측정/평가기술

NC선반 조립공정에서 정밀측정기술

김기태\*, 문성준\*\*

Precision Measurement Technology in Assembly Process of NC

Ki Tae Kim\*, Seong Jun Moon\*\*

**Key Words** : High precision(고정밀), Resolution (미소 분해능), Repeatability (반복 정밀도), Machine tool (공작기계), NC lathe (NC 선반)

1. 서론

우리나라의 공작기계 산업은 IMF 이후 높은 성장을 보이고 있다. 뿐만 아니라 조립공정에서의 정밀 측정기술 또한 많은 발전을 거듭해오고 있다. 또한 최근에는 정밀 측정기와 측정기술의 수출향상으로 괄목할 만한 성장을 보이고 있고, 신기술 개발과 연구활동이 활발히 진행되고 있다.

정밀측정기술 수준은 곧 그 나라의 미래 공업 수준을 가늠하는 척도라 할 수 있을 만큼 육성 및 선진화는 시급한 과제라 할 수 있다. 최근 공작기계의 조립공정에서의 정밀측정기술의 발전 동향은 공작기계의 고능률·고정밀화가 일반화 되어가는 추세에 발맞춰 측정기술 또한 고성능·고정밀화 되어가고 있다. 그러나, 아직까지 우리나라의 측정기술은 외국기술 및 외국장비의 의존도가 높고, 기술집약적 부품 및 기술은 거의 수입에 의존하고 있어 국내 산업의 취약성을 보이고 있다.<sup>1,3</sup>

모든 산업분야의 기초가 되고 있는 정밀측정 활동은 생산현장에서 수많은 부품을 조립하거나 시험하는 과정에서 정밀·정확한 측정이나 분석이 이뤄져야만 고품질의 제품이 생산되어 고장 없이 제기능을 유지한 채 장기간 사용될 수 있다. 특히 NC 선반과 같은 고능률·고정밀화가 요구되는 기계에 대해서는 더욱 절실하다. NC 선반의 정밀도는 제품의 품질을 결정 짓는 최상위 항목이기 때문에 조립공정중의 정밀측정기술은 그 회사가 보유하고 있는 핵심 기술이라 할 수 있다.

따라서 본 내용은 우리나라의 정밀측정기술의 현황과, 개발의 필요성, 발전방향을 모색하고, 당사 화천기공(주)에서 보유하고 있는 조립공정중의 정밀측정기술과 측정방법 및 내용과 개발사례에 대해 말하고자 한다.

2. 측정기술의 국내외 동향

2.1 해외 동향

최근 유럽통합에 따라 측정기술의 표준화가 진행되고 있으며, 측정원리 개발과 함께 전산처리, 제어 및 표시 등 소프트웨어의 개발이 활발히 추진되고 있다. 여기에는 대학과 연구소들이 많이 참여하고 있으며 생산기술의 개선을 위한 신기술 아이디어를 제시하거나 공정자동화에 필요한 분석

\* ㈜화천기공 기술개발 연구소

\*\* ㈜화천기공 기술개발 연구소

Tel. 062-950-1660, Fax. 062-950-1675

Email kkt@hwacheon.co.kr

생산 시스템 특히, 가공시스템의 지능화, 자동화, 개방화 분야에 관심을 두고 연구활동을 하고 있다.

기술 개발에 많은 공헌을 하고 있다.

이러한 기술개발과 축척으로 현재 무인측정 시스템을 구축하고 있고, 첨단장비를 활용한 첨단 측정기술로 측정시간을 단축함으로써 제품의 신뢰성 향상, 생산성 증대, 원가절감, 납기단축이라는 효과를 얻고 있다.

일본의 경우 첨단기술의 우위를 지키고 있고, 조립공정중의 측정장비 및 기술수준 또한 유럽미국과 어깨를 나란히 하고 있는 대표적인 나라이다. 일본은 측정시스템 개발 뿐만 아니라, 기술의 첨단화 및 디지털화 하여 편의성과 합리성을 제공하고 있고, 측정기술의 이전 시스템을 구축하여 자원 및 지식 공유가 원활하게 이루어지고 있다. 그리고 NANO 측정기술, MEMS 기반기술을 토대로 신공정 측정기술을 개발하고 있다. 상세내용은 Table 1 과 같다.

Table 1 The present status of measure technology

국가별	측정기술의 현황
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 신기술 도입의 과감한 투자 및 기술 이전의 네트워크와</li> <li>- 법률적인 제도화와 신기술 개발 기관의 투자</li> </ul>
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 선진 측정기술의 개발과 전문인력양성을 통한 측정기술의 기반화</li> <li>- 측정장비의 개발 및 디지털화를 통한 측정기술의 편의성 및 합리성 제공</li> <li>- 기술이전의 신속화 및 다양한 교육정책 진행</li> <li>- NANO 측정기술, MEMS 기반기술, 신공정 측정기술 개발 활발</li> </ul>
EU	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 각 국가간과 유럽연합 주도하에 표준관리기관 설립 운영</li> <li>- 국가간의 기술협약 및 교류 활발</li> <li>- 국가 표준의 확립과 유지</li> <li>- 과감한 기술도입과 투자 및 기술이전의 네트워크 전산망 구축</li> </ul>

## 2.2 국내 동향

국내 정밀측정기술은 산업구조의 고도화에 따라 첨단 측정분석 기술의 수요 증가로 매년 10% 이상의 성장률을 보이고 있는 등 시장이 급속히 확대되고 있으나 아직은 단순기능 분석기기 생산 및

고기능 및 고정밀 분석기기의 국산화 개발단계에 머물러 있다. 그리고 국내시장에서의 기술 및 시장 선도의 영향력도 약한 실정이다. 따라서 국내에서 사용되는 분석기기는 거의 수입에 의존하고 있으며 고가의 첨단분석장비의 도입이 매년 증가함에 따라 무역적자 규모도 크게 개선되지 않고 있다. 그리고 산업현장에서의 측정수준은 아직까지 수동측정기 사용이 일반적으로 행해지는 경우가 대부분이며, 일부 품목에 한에서만 고정밀, 고분해능을 가진 측정기를 통해 수행되어지고 있다.

그러나 최근 산학 연구활동과 기술개발을 통하여 측정기기 및 기술, 표준을 해외에 수출하는 사례가 늘고있어 단계적인 발전을 이루고 있다.

## 3. 측정기술의 개발의 필요성 및 활용효과

### 3.1 측정기술의 개발 및 국산화의 필요성

기술 집약적이고 고부가가치가 있는 NC 공작기계의 측정기기 및 기술의 개발은 기초산업의 발전과 첨단기술을 동시에 발전시킬 수 있고, 기술적, 경제적, 산업적 측면에서 상당한 효과를 얻을 수 있다. 그리고 측정기술 및 장비의 국산화를 통한 제품의 생산성 향상 뿐만 아니라, 국가 경쟁력 또한 강화 할 수 있다. 상세 내용은 Fig.1과 같다.

그리고 공작기계의 조립공정에서의 정밀측정기술 육성 및 선진화, 그리고 국산화를 위해서는 계측기기의 개발 및 품질수준 확보에 따른 기술기반조성자금이나 중소기업 기술혁신자금 등 정책자금지원을 대폭 확대해 집중적인 지원을 아끼지 말아야 할 것이다. 특히 복합·첨단기술이 요구되는 계측기의 경우 산·학·연이 공동연구를 수행할 수 있도록 해야 한다.

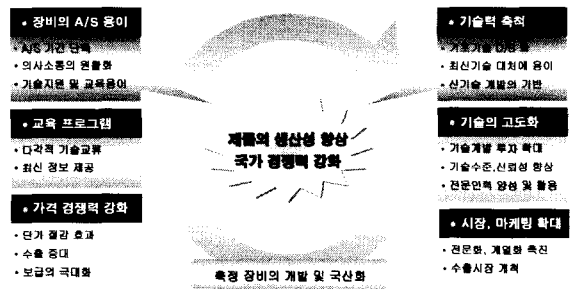


Fig. 1 The development of measurement technology and necessity of localization

### 3.2 측정기술의 활용효과

측정기술의 개발 및 국산화의 활용효과 또한 광범위하다. 위에서 언급한 바와 같이 기술적, 경제적, 산업적 효과를 얻을 수 있는 분야이다. Fig. 2 와 같이 측정기기의 개발은 첨단기술 집약적이기 때문에 기초산업의 발전과 함께 첨단기술의 축척, 응용기술 개발로 산업 경쟁력 강화와 전문성 향상이라는 효과를 얻을 수 있고, 세계화에 대응할 수 있을 것이다.

그러기 위해서는 고가의 첨단 분석장비의 도입이 매년 크게 증가하고 있으므로 분석기기 분야에서의 무역규모도 점차 확대될 것으로 예상되고 있어 분석기기의 국산화를 위한 체계적인 기술개발 계획의 수립이 필요하다. 또한 산업의 발전과 변화에 부응하는 분석기기 개발을 위해서는 적극적인 국가 정책적인 지원으로 초정밀 측정, 측정 자동화 및 새로운 원리를 이용한 측정기술 등의 개발이 수반되어야 하고, 측정치의 분석 및 표시와 관련한 software 기술개발도 활성화 되어야 한다.

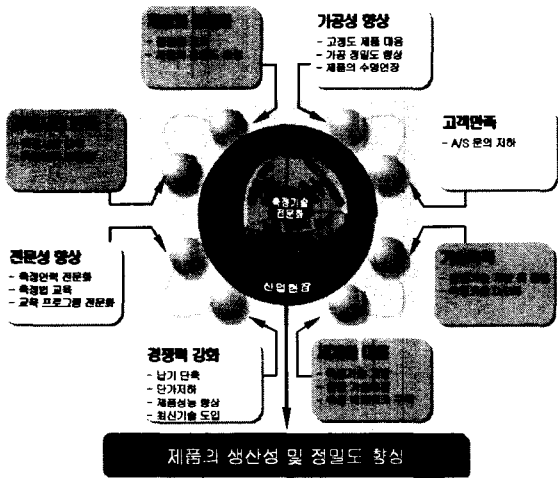


Fig. 2 Applicable effect of measurement technology

### 4. NC 선반 조립공정의 측정방법

다음은 당사 화천기공(주)의 NC 선반기종의 측정방법을 기준으로 조립공정 중의 측정법에 대해 설명한다. 측정 내용은 크게 이송정밀도와 회전정밀도로 나누고, 세부적으로는 평행도, 진직도,

흔들림, 틈새 및 간격, 위치 정밀도를 규정하여 측정하고 정도오차 범위는 평균 10~15 $\mu$ m 으로 정한다. 가장 세부적이면서 정도를 요구하는 이송계 정밀도의 측정방법은 Table 2 와 같다.

Table 2 Measuring method of transfer part

Accuracy	Measuring unit
운동정밀도 (Linear, Angular)	Laser interferometer, Autocollimator, Straight edge
위치결정 정밀도 (Positioning error)	Laser interferometer, Ball bar, Grid
반복 정밀도 (Repeatability)	Laser interferometer, Dial gage, Displacement sensor
미소 분해능 (Resolution)	Laser interferometer, Capacity- Type sensor
진직도 (Straightness)	Laser interferometer, Straightedge Autocollimator
직각도 (Squareness)	Laser interferometer, Ball bar, Square master

### 4.1 BED SET 측정

BED SET 은 부품 가공의 정밀도에 직접적인 영향을 미치는 부분으로 평행도 및 진직도를 아래 Fig. 3 의 항목에 따라 수준기와 인디케이터를 통해 측정한다.

측정시 이물질에 의한 측정불량, 측정방법의 미숙에 의한 오차가 없도록 주의가 요구되며, 그리고 측정기의 정확한 Calibration 을 통해 측정기에 의한 오차가 발생하지 않도록 작업자의 숙련도가 요구된다.

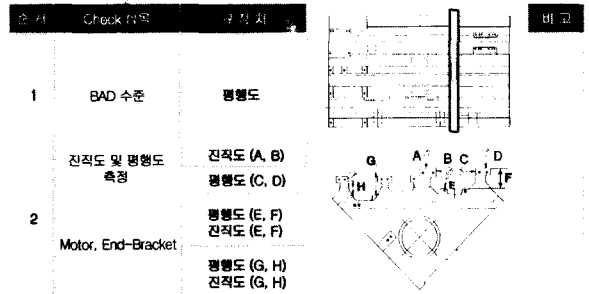


Fig. 3 Measuring method of BED set

### 4.2 HEAD SET 측정

NC 선반 기술의 핵심이라 할 수 있는 HEAD SET 조립에 따른 측정 방법을 Fig. 4 에 나타내었다. NC 선반의 성능평가에 있어서 가장 우선으로 다루는 품목이어서 오차범위의 규정치 또한 5 $\mu$ m 내외로 정의하고 있다.

순서	Check 항목	규정치	비고
1	Spindle & Bearing 끼워 맞춤	S/P 외경	
		B/R 내경	
		FRAME 내경	
2	Frame 과 B/R 공차	BEARING 외경	A
		HOUSING 내경	B
		BEARING 외경	B
		TAPER 내경	A
3	HEAD 원조립 후 조립정도 CHECK	면 정도	B
		주축 정도	C
		FLANGE 예압확인	D

Fig. 4 Measuring method of HEAD set

### 4.3 SADDLE SET 측정

축의 이송을 담당하는 조립부로서 진직도, 흔들림, 틈새간격, Flange 예압을 위주로 측정한다. 이송계의 가장 중요한 Ball Screw 의 정도는 모터부와 끝단부와의 흔들림 차이를 10 $\mu$ m 으로 규정하고 있고, 작업자의 세심한 측정기술을 요구하는 부분이기도 하다. 그리고 공작기계 제조회사마다 규정치와 측정방법의 차이가 있을 수 있다.

측정 방법은 아래 Fig. 5 에 도시 하였다.

순서	Check 항목	규정치	비고
1	SADDLE 면에 대한 B/S A,B 틈새	흔들림 측정 (A)	
		흔들림 측정 (B)	
2	B/S 조립후 흔들림 측정	흔들림 측정 (A)	
		흔들림 측정 (B)	
3	COUPLING 조립	MOTOR 축 20 $\mu$ m	
		B/S 축 20 $\mu$ m	

Fig. 5 Measuring method of SADDLE set

### 4.4 CHUCK SET 측정

CHUCK SET Part 는 공작물의 회전운동으로 전환하는 조립품으로써 Fig. 6 에 나타난 부위의 흔들림과 접촉률을 중심으로 측정한다. 흔들림의 규정치는 10 $\mu$ m 이며, 접촉률은 60%로 정의한다.

Saddle set 과 마찬가지로 공작기계 제조회사마다 규정치와 측정방법의 차이가 있을 수 있다.

순서	Check 항목	규정치	비고
1	CHUCK (A)	면 흔들림	
		면 흔들림	
2	CHUCK FLANGE (B)	외경 흔들림	
		C/F 외 SPINDLE NOSE 부 틈새	
		C/F 외 내경TAPRT 부 접촉률	
3	CYLINDER (C)	면 흔들림	
4	CYLINDER FLANGE (D)	외경 흔들림	

Fig. 6 Measuring method of CHUCK set

## 5. 적용 사례

### 5.1 열변위 측정기 개발

공작기계 제조회사에서는 열변위 문제를 가장 심각하게 생각할 뿐만 아니라 아직까지 완벽하게 열변위 문제를 해결하지 못하고 있는 것이 현실이다. 그리고 공작기계가 고속화로 발전 하면서 열에 대한 문제를 크게 다루고 있고, 현재까지 보상 및 제어방법 등으로 개발하고 있다.

공작 되어진 각 공작기계의 열변위 특성을 파악하고 문제를 해결하기 위해서는 열변위량을 정확하게 파악하고, 분석을 해야만 한다. 이전의 열변위 측정기술은 수동방식으로 인디케이터를 이용하여 작업자가 수작업으로 기입하는 측정방식을 사용해왔다. 그러나 불편한 측정방법으로 인한 측정시간 지연과 부정확한 데이터의 획득으로 제품의 성능저하의 문제 뿐만 아니라, 신뢰성 저하라는 문제를 가져왔었다.

현재 이러한 문제점을 해결하기 위해 당사(화천기공㈜)에서는 Fig. 7 과 같이 고성능 센서를 이용한 열변위 측정장치와 Software 를 자체적으로 개발하여 적용하고 있다. 그 결과 쉬운 조작과 빠른 성능으로 측정시간을 단축시키고, 정확한 데이

터의 획득과 분석으로 통해 문제점을 빠르게 대처, 보완 할 수 있을 뿐만 아니라, NC 선반 기종과 Machining Center 를 동시에 측정할 수 있다.

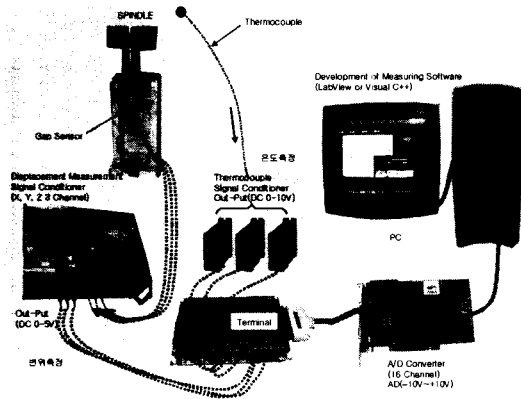


Fig. 7 Measuring unit of thermal deformation

## 6. 결론

NC 선반의 조립 공정에서의 정밀측정기술은 고도의 기술을 요구하기 때문에 숙련된 측정자가 신속하고 정확한 측정을 해야만 한다. 그러기 위해서는 측정기술의 소프트웨어적인 부분과 우수한 장비의 하드웨어적인 부분이 복합적으로 성립이 되어져야 한다. 특히 고정도를 필요로 하는 공작 기계의 장비는 제품의 성능과 품질을 결정짓는 요인이기 때문에 더더욱 절실하다.

NC 선반의 측정기준은 크게 회전운동정밀도와 이송운동정밀도로 나눌 수 있다. 그 중에서 이송운동정밀도는 가장 민감한 측정부위이기도 하고 다른 요인에 의해 오차가 발생할 수 있어 세심한 측정기술이 요구된다. 측정인자로는 진직도, 위치오차, 반복오차, 분해능을 들 수가 있는데, 이러한 요인은 가공, 조립, 치수오차가 발생되어 나타날 수 있는 요인들이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 우수한 설계기술과 조립기술, 그리고 높은 정밀도의 이송기구(Ball Screw)를 사용해야 한다. 뿐만 아니라, 측정기구의 선진화를 통해 신속하고 정확한 측정으로 오차발생시 문제점을 파악, 예측하여 빠르게 대처함으로써 고품질의 제품을 생산하여 사용자들에게 제공해야 하는 의무가 있다.

앞에서 언급한 바와 같이 측정기술의 발전은 그 나라의 기술발전을 판가름 할 수 있는 척도라고 했다. 그러나 우리나라의 기술발전은 선진국과 비교해 아직 미흡한 것 같다. 국내의 실정에 적합한 분석기기 산업의 육성전략을 수립하여 국내에서의 자체개발 체제를 조기에 구축하고, 수출전략 산업화를 위한 세부적인 방향을 제시해야 한다.

마지막으로 이제까지의 개별적이고 산발적인 계획을 체계적으로 제시하여 효과적이고 실질적인 육성전략에 핵심을 두어야 할 것이다. 그리고 국가적인 차원에서 측정기술의 발전을 위해서는 분석기기 산업의 중장기 발전전략 수립·추진, 측정분석 기술 수준 고도화 사업의 추진, 산업계 기술개발 투자에 대한 우대 및 지원확대, 수요 지향적 기술개발과제 도출 및 연구 협력체계의 강화 등이 필요로 한다. 위의 조건을 모두 만족한다면, 공작 기계 사업 뿐만 아니라, 국내 생산 및 개발 업체에서는 고정도·고효율·고생산 이라는 이점을 얻을 수 있을 것이고 전반적인 국가발전의 기초가 될 뿐만 아니라 고객만족이라는 최대의 이념을 창출할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

1. Ramey, D.G., Harold, P.F., Maddox, H.A., Starnes, R.B., Knickerbocker, J.L., "Measurements of Torsional Dynamic Characteristics of the San Juan No. 2 Turbine-Generator." J. of Eng. Power, ASME. pp.378 - 384. 1997.
2. Wei Gao, Satoshi Kiyono, "A new error separation method for measuring angular motion of a spindle", ASPE, Vol. 16, pp.57 - 60, 1997.
3. Cecil M. Daniel, John W. Sutherland and Walter W. Olson, "A model of the tracking errors of a machine tool slideway", ASPE, Vol. 16, pp. 65 - 68, 1997.