

# CNC LATHE 성능개선을 위한 검사방법에 대한 연구

김봉훈 \* 윤재웅 \* 강병한 \* \*

## Study on the Inspection Guidelines for Performance Improvement of CNC Lathe.

(Bong-Hun Kim \*, Jae-Woong Yun \*, Byung-Han Kang \* \*)

**요 약** 본 연구는 공작기계중 대표적인 CNC LATHE의 검사항목에 관한 문헌연구를 통하여 기초 정밀도 개선 부품 적용 및 정적, 동적 정밀도 보정을 위한 기초 자료를 제시 한다. 그리고 공작기계의 기본 성능과 검사항목과의 관계를 정량적으로 연구하여 각 항목별 허용치를 제시함으로써 고품질의 제품을 생산할 수 있는 데이터베이스와 관련 지침을 소개한다.

**핵심 주제어** : 성능개선, 정적·동적 정밀도, 진직도, 평행도, 흔들림, 직각도, 위치결정정밀도

**Key Words** : Performance Improvement, Geometric and Positioning Accuracy, Straightness, Parallelism, Run Out, Squareness, Positioning Accuracy

### I. 서 론

현대 산업사회는 생산기술의 향상으로 인한 고품질 제품이 요구되어지고 있으며 이러한 추세는 공작기계분야에도 그대로 적용되어 지고 있다. 일반적으로 품질은 공작기계의 정밀도에 비례하게 된다. 따라서 고품질화를 위해서는 정밀화에 따른 검사항목 및 방법에 대한 DB 구축이 절실히 요구 된다.

공작기계의 기본적인 성능은 공작물 (또는 tool) 이 회전하여 원하는 형상물을 얻고자 할 때 만족 할 만한 공차 범위 안에서 형상물을 경제적으로 가공하는 것이다. 따라서 본 연구에서는 정도 보정 및 개선부품 교환을 통하여 CNC 선반의 성능개선을 구현하고 이를 측정하기 위한 검사항목<sup>(1)</sup> 및 방법에 대하여 연구하였다. 공작기계를 제조함에 있어서 이러한 검사항목 즉, 정적 동적 정밀도 검사는 설계자 및 검사원의 경험에 의존하는 부분이 대다수이어서 정량적 접근이 필요하다. 궁극적인 목적은 정도보정을 통한 정적 동적 정밀도 검사를

실행하여 각 항목별 허용치를 제시하고자 한다.

### II. 검사 항목 및 방법

#### 2-1. 베드미끄럼면의 진직도

Fig. 1의 그림은 본 연구의 이해를 돕기 위한 보통선반의 간략도이며, 수치적으로 제어되는 모든 기계의 좌표축 및 운동 기호에 대하여 규정<sup>(2)</sup>에 따라 나타내었다.

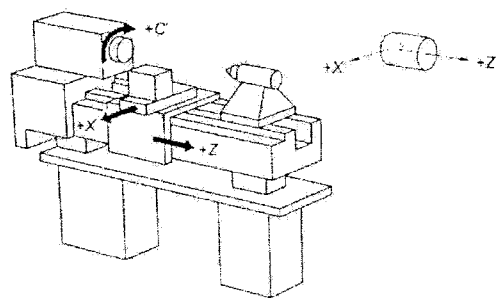


Fig.1 보통선반 간략도

\* 대구대학교 자동차,산업,기계공학부 교수  
\*\* 대구대학교 대학원 기계공학과 석사과정

검사항목으로는 다음과 같이 나뉜다.

- [ aZ축방향(수직면에서)
- bX축방향(수직면에서)

측정방법은 정밀수준기를 베드 미끄럼면 또는 미끄럼 면에 올려놓은 끝은 자위에 놓고, 각각 적어도 중앙 및 양단의 3개소에 있어서의 정밀수준기의 지시 눈금값의 최대치를 측정치로 한다.

상기의 방법에 따르기 힘들 경우에는 정밀수준기를 왕복대 위에 정치하고, 왕복대를 적어도 그 움직임의 중앙 및 양단의 3개소에 놓았을 때의 정밀 수준기의 지시 눈금값의 최대치를 측정치로 한다. 허용치는 aZ 축 방향은 0.03/m bX 축 방향은 0.03/m으로 한다.

### 2-2. 베드 미끄럼면의 평행도

베드 미끄럼면의 평행도의 측정방법은 왕복대에 정치한 테스트 인디케이터를 다른 미끄럼면(예컨대 심압대 미끄럼면)에 대고 왕복대의 온 이동거리 내에 있어서의 테스트 인디케이터의 지시 눈금값의 최대치를 측정치로 한다. 허용치는 0.01로 한다.

### 2-3. 주축의 흔들림

주축의 흔들림의 측정방법은 주축의 면판척 등의 부착부에 테스트 인디케이터를 대고, 주축회전 중의 지시 눈금값의 최대치를 측정치로 한다. 허용치 0.005로 한다.

### 2-4. 주축 구멍의 흔들림

검사항목으로는 다음과 같이 나뉜다.

- [ 주축구멍이 테이퍼의 것
- 주축구멍이 원통의 것

주축구멍이 테이퍼의 것의 측정방법은 주축 구멍에 테스트 바아를 끼우고, 그 입구 및 끝에 테스트 인디케이터를 대고, 주축회전 중의 테스트 인디케이터의 지시 눈금값의 최대치를 측정치로 한다. 허용치는 입구 0.005/300위치0.010로 한다.

주축구멍이 원통의 것은 주축 구멍에 테스트 인디케이터를 대고, 주축 회전 중의 지시 눈금 값의 최대치를 측정치로 한다.

허용치는 0.005로 한다.

### 2-5. 주축중심선과 왕복대의 Z축방향의 운동과의 평행도

검사항목으로는 다음과 같이 나뉜다.

- [ aY-Z면내에서
- bZ-X면내에서

측정방법은 주축 구멍에 테스트 로드를 끼우고,

왕복대 위에 정치한 테스트 인디케이터를 이것에 대고 왕복대를 이동시켜, 테스트 인디케이터의 지시 눈금 값의 최대치를 측정치로 한다.

aY-Z면내에서 허용치는 300에 대하여 0.01로 하고 끝 치짐이 없어야 한다.

bZ-X면내에서 허용치는 300에 대하여 0.01로 하고 테스트 바 X축 부의 방향으로 경사가 없어야 한다.

### 2-6. 주축 플렌지 끝면의 흔들림

주축 플렌지 끝 면의 흔들림의 측정방법은 주축 플렌지 끝 면의 바깥둘레 근방에 테스트 인디케이터를 대고 주축 회전 중의 테스트 인디케이터의 지시 눈금 값의 최대치를 구한다.

다음에 테스트 인디케이터를 주축 중심선에 대하여 반대쪽으로 옮겨서 같은 측정을 하여, 지시 눈금 값의 최대 차의 큰 쪽을 측정치로 한다. 허용치 0.008로 한다.

### 2-7. 센터의 흔들림

센터의 흔들림의 측정방법은 주축 구멍 또는 부시구멍에 센터를 끼우고 센터의 원뿔면에 직각으로 테스트 인디케이터를 대고, 주축 회전중의 테스트 인디케이터의 지시 눈금 값의 최대치를 측정치로 한다. 이 사항은 주축용 센터 및 심압축용 회전 센터에 대하여 시행한다. 허용치 0.008로 한다.

### 2-8. 가로 이송대의 운동과 주축 중심선과의 직각도

가로 이송대의 운동과 주축 중심선과의 직각도의 측정방법은 주축에 면판 또는 회전판을 부착하고, 가로 이송대에 테스트 인디케이터를 부착하여, 주축중심선을 포함한 수평면내에 있어서, 중심선에서 일정한 거리에 있어서의 테스트 인디케이터의 지시 눈금 값과, 면판 또는 회전판을 180도 회전하여, 가로 이송대를 이동시켜서 처음에 테스트 인디케이터를 댄 점과 동일한 점에 테스트 인디케이터를 대었을 때의 지시 눈금 값의 차를 측정치로 한다. 허용치는 300에 대하여 0.015로 하고 가로 이송대가 x축의 부의 방향으로 이동할 때 주축대가 멀리 떨어져서는 안 된다.

### 2-9. 로스트 모션 량

로스트 모션 량의 측정방법은

- (1) 미리 정(또는 부)의 방향으로 이동시켜서 정지한 위치를 기준으로 하여 같은 방향에 임의의 지령을 부여하여 이동(1)시켜, 그 위치

로부터 부(또는 정)의 방향에 동일 지령을 부여하여 이동시켰을 때의 정지 위치와 기준 위치와의 차를 측정한다.

- (2) 이 측정을 움직임의 중단 및 양단에 있어서 각각 7회 반복하여서 얻어진 값의 평균치 중의 최대치를 로스트 모션량의 측정치로 한다.
- (3) 로스트 모션량은 X축 방향, Z축 방향 등의 각각에 대하여 측정한다.  
허용치는  $\pm 0.005$ 로 한다.

주(1) 이동은 원칙으로 급속이송으로 하고, 자동가감속을 포함한 거리 이상으로 한다.

- [주] 1. 피치오차 보정장치, 백래시 보정장치 등을 구비한 것은 이것을 사용하여 시행한다.  
2. 어느 1축의 측정시 다른 운동부는 원칙으로 움직임의 중앙 도는 안정된 위치에 놓는다.

### 2-10. 1이동 단위마다의 움직임

- 1이동 단위마다의 움직임의 측정방법은
- (1) 급속 이송으로, 미리 정(또는 부)의 방향으로 이동시켜서 정지한 위치를 기준으로 하여, 같은 방향에 최소 이동단위 마다의 지령을 부여하여 거의 20단위 상당의 거리만큼 움직이고 각 지령마다의 정지위치를 측정한다.
  - (2) 다음에 상기의 최종 측정위치로부터 부(또는 정)의 방향으로 최소 이동단위마다 지령을 거의 기준위치에 복귀할 때까지 부여하여, 각 지령마다의 정지위치를 측정한다.
  - (3) 이 측정은 적어도 움직임의 중앙 및 거의양단의 3개소에서 시행한다.
  - (4) 각각 서로 이웃하는 정지 위치간의 거리와 최소 이동 단위와의 최대차를 구한다.
  - (5) 그 최대치를 측정치로 한다. 최소 이동 단위 이송은 X축방향, Z축방향 등이 각각에 대하여 측정한다.  
허용치는  $\pm 0.005$ 로 한다.

- [주] 1. 피치오차 보정장치, 백래시 보정장치 등을 구비한 것은 이것을 사용하여 시행한다.  
2. 어느 1축의 측정시 다른 운동부는 원칙으로 움직임의 중앙 도는 안정된 위치에 놓는다.

### 2-11. 직선운동의 반복위치 결정 정밀도

검사항목으로는 다음과 같이 나뉜다.

[ X축방향  
Z축방향

측정방법은 왕복대, 공구대 등의 각각에 대하여 임의의 1점에 동일 방향으로부터 원칙으로 급속이송으로 반복 7회의 위치 결정을 해서 정지 위치를 측정하여 그 지시 눈금 값의 최대 차의  $\pm 1/2$ 값을 측정치로 한다.

허용치는 X축 방향  $\pm 0.003$  Z축방향  $\pm 0.005$ 로 한다.

- [주] 1. 최대차란 지정된 측정방법에 의하여 얻어진 최대치와 최소치와의 차를 말한다.  
2. 피치오차 보정장치, 백래시 보정장치 등을 구비한 것은 이것을 사용하여 시행한다.  
3. D는 베드 위의 스윙(mm)를 표시한다.

### 2-12. 바깥지름 원통 절삭 정밀도

바깥지름 원통 절삭 정밀도 측정방법은 공작물을 척에 부착하고, 왕복대를 이송하여 다듬질 절삭을 하고, 축을 포함하여 약 45도의 각도간격을 이루는 4평면내에 있어서 양 끝의 a, C 및 중앙의 b의 3개소에 있어서의 4지름의 최대차를 구하여, 그의 최대치를 진원도의 측정치로 한다.

또한, 각 동일 평면내에 있어서의 3지름의 최대차를 구하여 그의 최대의 것을 원통도의 측정치로 한다.

공작물의 치수(약)는 베드위의 스윙(D)은 500이하, d는 60~100, l는 150, l. 는 15로 한다. 허용치는 진직도 0.005 원통도 0.01로 한다.

- [주] 1. 최대차란 지정된 측정방법에 의하여 얻어진 최대치와 최소치와의 차를 말한다.  
2. 사용공구 공작물의 재료 및 절삭조건은 적당히 정한다. 다만, 최종 다듬질의 절삭 깊이는 0.2mm이하로 한다.

### 2-13. 면 절삭의 정밀도

면 절삭의 정밀도의 측정방법은 공작물을 척 또는 연판에 부착하고, 가로이송대를 이송하여 다듬질 절삭을 한다.

다듬질 면 위에 있어서 서로 직각인 2방향에 대하여 다듬질면과 기준면(예컨대 끝은자)과의 거리의 최대차를 구하여, 그의 큰쪽의 값을 이용하여 공작물 끝면의 중심점으로 환산한 값을 평면도의 측정치로 한다.

공작물의 치수(약)는 베드위의 스윙(D)은 500이하 d는 D~250으로 한다.

허용치는 지름에 대하여 0.015로 한다.

- [주] 1. 최대차란 지정된 측정방법에 의하여 얻어진

최대치와 최소치와의 차를 말한다.

2. 사용 공구, 공작물의 재료 및 절삭조건은 적당히 정한다. 다만, 최종 다듬질의 절삭 깊이는 0.2mm 이하로 한다.

### III. 정도 보정 및 성능 TEST 결과

#### 3-1. 기초정도 보정 및 결과

각 이송축의 방향 정도보정으로 진직도, 평행도 등을 보정하여 그 값을 Table 1과 같이 공작기계 허용치 이상의 값으로 만든다.

[주] 1) 측정은 100mm 간격으로 측정하여 보정한다.

\* BALL SCREW 예압량은 (일반적으로) 0.03 정도로 한다.

Table 1 보정 결과

NO.	측 정 항 목		허용치		측 정 치 $\mu\text{m}$			
			KS	기업	B/K 축	중앙	MO TO R 축	최종치
1	Z, X-축 진직도	기준면 (앞쪽)	10	10	0	4	6	6
		종축면	10	10	0	4	4	4
2	평행도 (정면) 앞쪽 기준		10	10	0	2	4	4
3	BALL SCREW 처짐량	수직면	15	10	0	2	4	4
		수평면	15	10	0	2	6	6
4	BALL SCREW 양단 흔들림		10	10	0	-	-	7

#### 3-2. 정적 · 동적 정밀도 보정

정적 정밀도<sup>(3)</sup> 정도 보정은 공작기계를 구성하는 중요 부분의 직선 또는 평면의 모양, 위치 또는 운동에 관계하는 다음 5항목을 보정하는 방법으로 공작기계 허용치 이상의 값으로 보정 한다.

- 진직도
- 평면도
- 평행도, 등거리도 및 일치도
- 직각도
- 회전 정밀도<sup>(4)</sup>

동적 정밀도 정도 보정은 공작기계의 이송시 각축의 이송상태 및 작동상태에 관계하는 다음 3항목을 보정하는 방법으로 Table 2와 같이 공작기계 허용치 이상의 값으로 보정한다.

- 최소이송단위
- 위치결정도<sup>(5)</sup>
- 반복정밀도

Table 2 보정 및 허용치

NO	측정항목		허용치		측정치 $\mu\text{m}$
			KS	기업	
1	BED 미끄럼면 진직도	Z 방향	40	30	→20
		X 방향	40	30	↑10
2	BED 미끄럼면 평행도		20	10	10
3	주축의 흔들림		15	7	2
4	주축 구멍의 흔들림	입구	10	6	2
		300 구간위치	20	10	6
5	주축중심선과 공구대의 Z축 방향의 운동과의 평행도	수직면내	10	10	4
		수평면내	10	10	4
6	주축플렌지 끝면의 흔들림		15 /200	2~6/ 125	2
7	센터의 흔들림		15	8	2
8	가로이송대의 운동과 주축 중심선과의 직각도		20 /125	2~6 /125	4
9	로스트 모션량		10	5	3
10	1이동 단위마다의 움직임		10	5	2
11	직선운동의 반복위치 결정 정밀도		6	2	0.5
12	바깥지름 원통 절삭 정밀도		8	7	5
13	면 절삭의 정밀도		8	7	4

#### 3-3. 성능 TEST 결과

성능평가를 위한 대표적인 시험법으로 직접절삭 즉 부하운전 시험으로 성능을 평가할 수 있다. 다음은 부하운전 TEST 방법<sup>(6)</sup> 및 결과는 Table 3-5과 같이 절삭 부하실험 결과를 나타내었다.

Table 3 부하 운전 시험

번호	공작물		절삭 조건			
	지름(D) (mm)	길이(L)	이송량(S) (mm/rev)	절삭깊이 (mm)	절삭 속도 (m/min)	N (rev/min)
1	120	150	0.125	4.2	120	318
2	115.8	150	0.25	4.2	120	330
3	111.6	150	0.313	4.2	120	342
4	107.4	150	0.4	4.2	120	356
5	103.2	150	0.5	4.2	120	370

- [비고] 1. 공구 초경바이트(KSB 3202) 31형 OR 32형  
2. 공작물 SM45C(KSD3752) 척 작업-  $\phi 120$ -

- 135 (D/4)
3. 절삭조건
- 1) 이송량(s)  $\approx$  0.125, 0.25, 0.313, 0.4, 0.5mm/rev
  - #전력량 check 과부하시 중지
  - 2) 절삭깊이(t)  $\approx$  500/120 = 4.2mm
  - 3) 절삭속도(v)  $\approx$  120m/min

Table 4 부하 운전 시험(진동시험)

번호	공작물		절삭조건			
	지름(D) mm	길이(L)	이송량(S) mm/rev	절삭폭 W	절삭속도 m/min	N rev/min
1	100	133	0.1	3	100	318
2	100	130	0.1	4	100	318
3	100	126	0.1	5	100	318
4	100	121	0.1	6	100	318
5	100	115	0.1	8	100	318

- [주] 1. 공구 초경합금(KSD 6013) 고속도강 불임날  
바이트(KSB 3204 31형-절단바이트)
2. 공작물 KSD3752(SM45C)  
 $d \approx D/5 = 500/5 = \phi 100$   
길이 L  $\approx d = 100+33$  (물림부길이)
3. 절삭조건
- 1) 절삭속도 V  $\approx$  100m/min
  - 2) 이송량 S  $\approx$  0.1(mm/rev)
  - 3) 절삭폭 W  $\approx$  3mm 부터 시작하며 점차 증가시킨다.

Table 5 부하 운전 시험(절삭 토크 시험)

번호	공작물		절삭조건			
	지름(D) (mm)	길이(L)	이송량(S) (mm/rev)	절삭깊이 (mm)	절삭속도 (m/min)	N (rev/min)
1	125	158	0.17	8.3	17	43
2	116.7	158	0.34	8.3	17	46
3	108.4	158	0.68	8.3	17	50
4	100.1	158	0.85	8.3	17	54
5	91.8	158	1.07	8.3	17	59
6	83.5	158	1.36	8.3	17	65
7	75.2	158	1.7	8.3	17	72

- [주] 1 공구 초경바이트 KSB3202 31형.  
고속도강 불임날 BITE
- 2 공작물 SM45C  
 $d \approx D/4 \sim D/2 = 500/4 \approx \phi 125\text{mm}$   
L  $\approx D/4(\text{mm})$ 이하 = 125L + 물림부(33L)
- 3 절삭조건
- 1) 이송량 S  $\approx$  0.125, 0.25, 0.5, 0.625, 0.794, 1.0, 1.25 mm/rev

- 소정의 TORQUE에 달하면 시험 중지한다.
- 2) 절삭깊이 T  $\approx$  500/60 = 8.3 mm
  - 3) 절삭속도 V  $\approx$  17 m/min

#### IV. 결론

본 연구에서는 공작기계에서 가장 널리 사용되는 CNC LATHE의 검사항목 및 방법에 대한 문헌을 연구하여 각 항목별 정도보정 및 개선부품을 적용하여 기본성능을 개선하고자 실험한 결과는 다음과 같다.

1. L/M 가이드, BALL SCREW 개선 부품 적용으로 베어링 마모로 인한 백래쉬 보정 및 강성을 증가시켜, 기초 정도 및 정적, 동적 정밀도를 초기 백분의 단위로 정도 이상을 보이던 장비에 적용 보정 후 제작 장비 규격 범위 (KS & 공작기계제작 기업)의 이상 범위의 보정 값이 나타났다.
2. 정적, 동적 정밀도를 보정한 값으로 성능 개선을 위한 장비의 검사 허용치를 제시할 수 있었다.
3. 기초정도가 개선된 부품을 적용하고, 각축의 베어링 예압 조정 및 주축 흔들림 정밀도 보정 후 가공 TEST한 결과 떨림 현상과 진동현상이 최소화 할 수 있었다.
4. 주축의 베어링 예압 조정 및 이송축의 강성 및 텐션조정은 소음과 진동을 최소화 되었으며 절삭 동력 또한 양호한 흐름으로 나타났다.

#### 참고 문헌

1. 한국 공작기계 공업협회 단체규격 총람, KOMMA1-A1602-1996 수치제어 갱형 선반 시험 및 검사방법. pp.207-240, 1996
2. 수치제어 공작기계 - 좌표축과 운동기호, KS B ISO 841, 2003
3. 공작기계 검사 방법- 제1부 : 무부하나 정상 조건하에서 작동하는 기계의 정적 정밀도, KS B ISO 230-1, 2002
4. 수치제어에 의한 원운동 정밀도 시험 방법 통칙, KS B ISO 230-4, 2003
5. 공작기계 - 수치 제어에 의한 위치 결정 정밀도 시험 방법과 통칙, KS B ISO 230-2, 2002
6. 공작기계 - 운전 시험 방법 및 강성 시험 방법 통칙, KS B4001, 2006