

## 실용적인 소형 Key 홈 가공기 개발 및 성능평가

조종래\*(창원대 대학원 기계공학과), 고권호(세진산업사), 정윤교(창원대 기계공학과)

### Development and Performance Evaluation of Small and Practical Key Way Machine

J. R. Cho(Graduate School, Changwon Univ.), K. H. Ko(SEJIN), Y. G. Jung(Changwon Univ.)

#### ABSTRACT

When we cut a key way on the axial or on the boss, we generally use a slotter or a broach. To do the key seating, turing operations have to be preceded and then the key on the axial or on the boss can be seated. For this reason, the production process of key way cutting becomes complicated. If is necessary to simplify the process and we have developed a small practical machine for key way cutting. The machine is located on the carriage of the lathe. Using this small and practical key way machine, after operation the turing, you do not have to remove the workpiece from the chuck of the lathe to carry on the key seating process. The developed machine will save cutting time and the cost.

**Key Words** : Key way (키홈), Boss (보스), Key seating (키홈 가공), Slotter (슬로터), Broach (브로치), Turing operations (선삭 가공)

#### 1. 서론

기계요소중의 하나인 키는 축에 치차, 풀리, 풀리 이 휠 등의 회전체를 고정시켜 원주방향의 상대운동을 방지하는 결합용 기계요소이다. 키가 사용되기 위해서는 축과 보스에 키홈을 가공하여야 하는데 축의 키홈은 엔드밀이나 밀링커터를 사용하고, 풀리쪽의 키홈은 브로치나 슬로터로 가공하는 것이 일반적이다.

회전축이 조립되어지는 축구멍이 가공되어있는 공작물에 키홈을 가공하기 위한 종래의 방식은 위에서 언급한바와 같이 선반에서 축구멍을 내면 선삭에 의한 가공한 다음 공작물을 척으로부터 이탈시켜 지전된 장소에 보관 후, 적정한 숫자의 공작물로 산재되어지면, 이를 고가의 키홈전용기나 슬로터로 이동시켜 키홈을 가공한 후 치수검사를 거쳐 출하하는 과정을 거치게 된다. 그러나, 고가의 키홈전용기나 슬로터가 공장의 내부에 준비되어 있는 경우는 비교적 용이하게 가공할 수 있지만, 일반적인 경우는 외주가공을 의뢰하기 때문에 매우 번거롭고, 단가상승

및 불류비용이 과다하게 되는 등 비경제적이다. 이러한 비경제성을 탈피하기 위하여, 본 논문에서는 광범위의 키홈을 가공함과 동시에 일반 범용선반에서 간편하게 탈부착이 가능한 소형 키홈 가공기를 개발함과 동시에 개발되어진 키홈 가공기의 성능을 평가하여, 현장에서 실용화하는 것이 목적이라 할 수 있다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 성능평가의 척도로서 회전오차 및 가공되어진 공작물의 형상오차와 표면조도를 측정하여 개발되어진 키홈 가공기의 성능을 평가하였다.

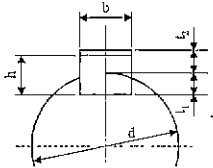
#### 2. Key 홈 가공기의 설계

일반적으로 축구멍에 키홈을 가공하기 위한 공정은 선반에서 축구멍을 내면 선삭한 다음, 척으로부터 공작물을 이탈시켜 키홈가공기로 키홈을 가공하게 되는 2공정으로 이루어진다. 2개의 공정으로 이루어져 있음으로 인해 가공의 정밀도와 제품의 생산성에 악영향을 미치므로 1공정으로 줄일 필요가 있다. 따라서, 본 연구에서는 선반에 부착하여 간편하

계 키홈을 가공할 수 있는 키홈 가공기를 개발하게 되었다.

먼저, 키홈 가공기의 전체적인 크기는 일반적으로 많이 사용되는  $\phi 100$  mm 정도의 공작물에 키홈을 가공할 수 있는 키홈 가공기로 결정하였다. 아래 Table 1의 KS 규격에 의거하여 적용하는 축지름은 100 mm, 키홈의 폭은 28 mm, 키홈의 두께는 10.0 mm의 키홈을 가공할 수 있는 가공기로 결정하였다.

Table 1 Standard of sliding keys and keyways



(단위 . mm)

키호칭 치수 b×h	키홈의 치수			참고 적용하는 축지름 d
	b	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	
25×14	25	9.0	5.4	85초과 95이하
28×16	28	10.0	6.4	95초과 110이하
32×18	32	11.0	7.4	100초과 130이하
(35×22)	35	11.0	12.0	125초과 140이하
36×20	36	12.0	8.4	130초과 150이하

비고 ( )표가 있는 호칭치수는 되도록 사용하지 않는다  
참고 KS B 1313

선반에 간편하게 설치하고, 키홈을 가공할 수 있도록 선반의 왕복대에 설치되는 키홈 가공기를 구상하게 되었다.

모터의 회전방향과 가공기 끝단에 부착될 공구의 회전방향이 직각방향이므로, 베벨기어를 사용하여 회전방향이 바뀌도록 하였다. 그리고, 모터의 토크와 회전속도가 공구에 잘 전달될 수 있도록 베벨기어의 잇수비는 1:1로 하였다

개략적인 개념설계 후, 각각의 부분들에 대한 치수를 결정하고 도시한 그림이 Fig. 1이다. Fig. 1에서 보는바와 같이 직경 100 mm 내외의 공작물을 가공할 수 있도록 키홈 가공기의 전체크기는 65 mm로 하였다. 가공기의 각 부분은 Main shafter, Upper shafter, Body, Upper cap, Side cap으로 이루어져 있다.

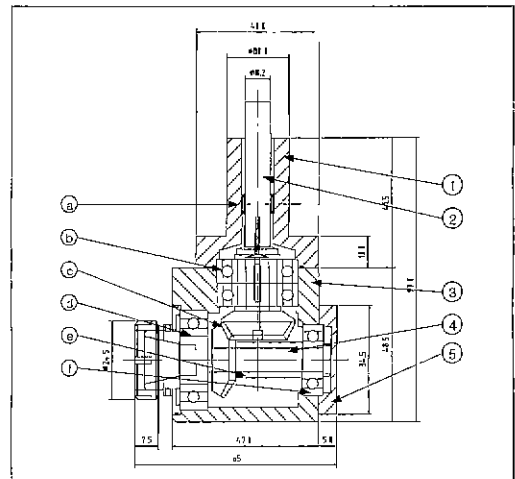
Main shafter와 Upper shafter는 모터로부터의 회전력을 가공기 끝단의 공구에 전달하는 축으로, 직각방향으로의 회전력을 전달하기 위하여 두 개의 베벨기어가 설치되어 있다.

모터로부터의 회전력을 안정적으로 공구로 전달하고, 베벨기어의 안정적인 회전을 위하여 4개의 볼

베어링과 1개의 니들베어링이 사용되었다. 공구의 회전정밀도는 공작물의 가공정밀도와 직결되므로, 공구의 회전정밀도를 높일 수 있도록 Main shaft의 양끝단에 각각 1개의 볼베어링을 설치하여 공구의 떨림을 방지하도록 하였다. 또한 Main shaft의 베벨기어와 볼베어링 사이에 칼라를 두어 베벨기어와 볼베어링의 내륜을 고정함과 동시에 조립시 정밀한 조립이 되도록 하여, 안정적인 회전력을 갖도록 하였다.

다양한 직경의 엔드밀을 탈착할 수 있도록 콜렛 척방식을 사용하였다. 콜렛척에 부착된 엔드밀의 돌출부분이 크면 공구가 떨리기 쉽다. 또한 콜렛척의 크기가 공구에 비해 적어서 공구를 고정하는 힘이 약하므로 강성에 문제가 있을 수 있다. 그래서, 엔드밀의 생크부분의 일부를 절단하여 콜렛척으로부터 돌출길이를 적게 하였다.

Body 내부의 베벨기어는 고속으로 회전하기 때문에 열발생과 더불어 베벨기어가 급속접촉을 하게 되면 파손의 위험이 있으므로 윤활이 필수적이다.



부품 번호	품 명	재 질
1	Upper cap	SM45C
2	Upper shaft	SM45C
3	Body	SM45C
4	Main shaft	SM45C
5	Side cap	SM45C
부품 번호	품 명	비 고
a	Needle bearing	KT 81110
b	Ball bearing	700LDB
c	Bevel gear	
d	Ball bearing	7002
e	Collar	
f	Ball bearing	L2090

Fig. 1 Design of Key way machine

따라서, Body 내부에 그리스를 충전하여 윤활을 하도록 하였다. 또한 충전된 그리스는 누설될 수 있으므로, 누설을 막기 위하여 Body, Upper cap과 Side cap의 접촉부분에는 고무링을 설치하여 누설을 방지하였다.

Fig. 2는 완성된 키홈 가공기의 사진이다.

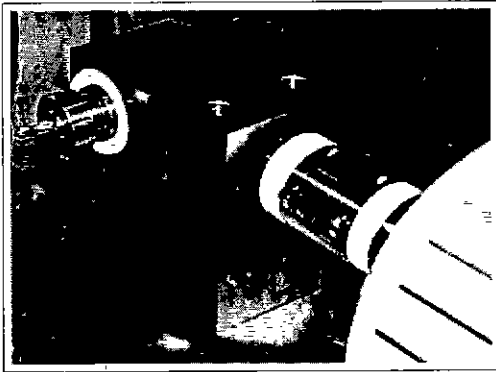


Fig. 2 Photo of Key way machine

### 3. 실험장치 및 방법

개발되어진 키홈 가공기의 성능을 평가하기 위한 실험장치는 Fig. 3과 같이 구성하였다. 키홈 가공기는 치구를 제작하여 범용선반의 왕복대에 설치하였다.

동력이 0.4 kW인 3상 유도전동기를 사용하여 키홈 가공기를 구동하였으며, 인버터를 이용하여 모터의 회전수를 조절하였으며, 인버터에서의 설정회전수와 실제회전수의 차이는 타코메터를 사용하여 확인하고, 보정하였다.

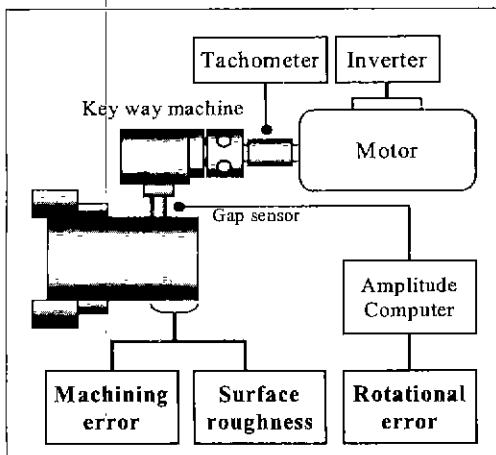


Fig. 3 Experimental setup

회전정도 측정은 갭 센서를 이용하여 측정하였다. 공작물의 표면조도는 Mitutoyo사의 SV-624 접촉식 표면조도계를 측정하였으며, 실험에 사용된 공작물의 직경 25 mm, 길이 70 mm인 SM45C 탄소강을 사용하였다.

실험조건은 Table 2와 같은 조건으로 하였다. 개발되어진 가공기는 공작물의 내면 키홈도 가공할 수 있으나, 공작물의 외주면에 키홈을 가공하는 실험을 하였다.

Table 2 Experimental equipments

Instrument	Specification
Lathe	WL-380B(Hwacheon Co.)
Workpiece	SM45C
Endmill	$\phi 6$
Motor	KM1400K6(LG-OTIS)
Inverter	SV008IG5-4(LG)
Roughness tester	SV-624(Mitutoyo)
Gap sensor	AH-110(KEYENCE)
Gap sensor connector	AS-440-01(KEYENCE)
Gap sensor Amp	RV3-55R(KEYENCE)

Table 3 Experimental conditions

Items	Conditions
Cutting speed	850~1700 rpm
Depth of cut	3.5 mm
Cutting length	15 mm
Coolant	Dry

### 4. 실험결과

#### 4.1 키홈 가공기의 회전정도

일반적으로 회전오차를 측정할 때, 마스터 볼이나 기계자체의 가공된 면을 타겟으로 회전오차를 측정한다. 하지만, 본 가공기에는 타겟으로 할 만한 면이 없으며, 마스터 볼이 없는 관계로 시험편을 제작하여 회전오차를 측정하였다.

키홈 가공기의 콜렛에 직경 5 mm의 시험편을 고정하고, 다양한 회전수로 가공기를 회전했을 때의 회전정도를 측정하였다.

Fig 4와 같이, 시험편에 수평방향으로 갭 센서를

설치하여 회전오차를 측정하였으며, 그림에서와 같이 외접하는 원과 내접하는 원과의 차를 회전오차라 정의하였다.

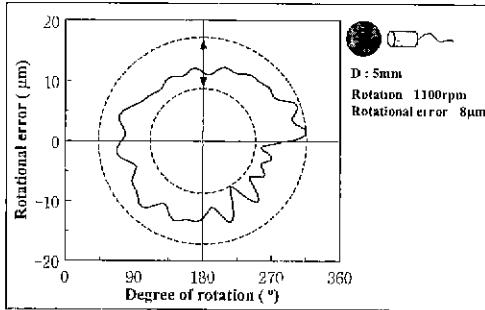


Fig. 4 Measuring method of rotational error

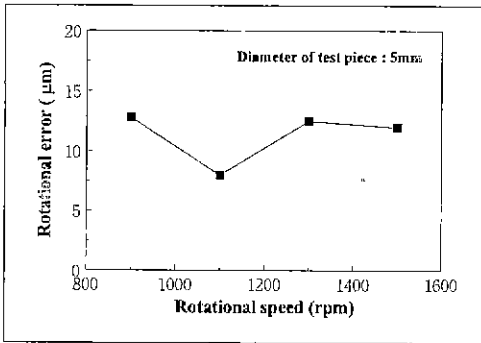


Fig 5 Rotational error for various rotational speed

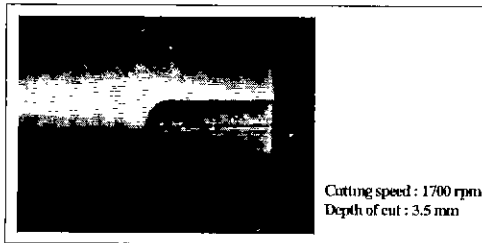


Fig 6 Photo of key way shape

Table 4 Standard of sliding key way

(단위 : mm)

키의호칭 치수b×h	키홈의 치수				참고
	b <sub>1</sub> 의 기준치수	b <sub>1</sub> 의 허용차	t <sub>1</sub> 의 기준치수	t <sub>1</sub> 의 허용차	
6×6	6	+0.030	3.5	+0.10	적용하는 축지름 d 17초과 22이하

참고 KS B 1313

Fig 5는 다양한 회전속도에 따른 회전오차를 나타내는 그림으로, 회전오차는 8~13 $\mu$ m정도를 나타내고 있다. 일반적으로 범용 공작기계의 회전오차는 5 $\mu$ m이내여야 하지만, 제작된 시험편을 대상으로 회전오차를 측정된 것을 감안하면 양호한 회전오차라 할 수 있을 것이다.

#### 4.2 키홈의 형상오차와 표면조도

Fig. 6은 개발되어진 키홈 가공기로 회전속도 1700 rpm, 절삭깊이 3.5 mm의 조건으로 절삭했을 때의 키홈을 나타낸 그림이다. 선반의 왕복대에 소형 키홈 가공기를 설치하여 공작물의 외주를 가공한 다음, 칩으로부터 공작물의 탈착없이 키홈을 가공할 수 있음을 보여주고 있다.

개발된 가공기의 가공성을 평가하기 위하여 Table 4의 키홈의 KS규격에 의거하여, 절삭깊이 3.5 mm, 절삭폭 6 mm로 공작물의 외주면에 키홈을 가공하는 실험을 행하여, 가공폭에 대한 허용오차의 표면조도를 측정하여 가공기의 가공성을 평가하였다.

KS규격에 키홈의 형상오차는 절삭폭과 절삭깊이에 대한 형상오차로 나누어져 있지만, 절삭깊이의 허용오차는 절삭폭에 비하여 큰 값이며, 측정이 곤란하므로 절삭폭에 대한 허용오차만 측정하였다.

Fig. 7은 절삭폭에 대한 허용오차를 나타내는 그림으로, 기준 절삭폭을 초과한 길이를 측정하여 형상오차를 구하였다.

개발되어진 키홈 가공기로 다양한 절삭속도로 키홈을 가공하였을 때, 키홈의 절삭폭에 대한 형상오

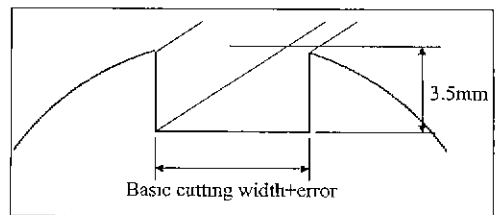


Fig. 7 Definition of shape error

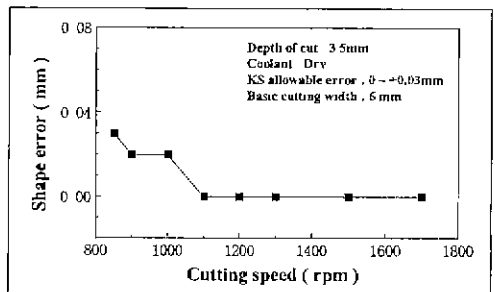


Fig 8 Shape error for cutting speed

차를 나타내는 그림이 Fig. 8이다. 각각의 절삭속도에 대한 절삭폭의 형상오차가 KS규격의 허용오차 0~+0.03 mm 내에 있으므로, 개발되어진 키홈 가공기로 정밀한 키홈을 가공할 수 있음을 보여주고 있다.

엔드밀의 절삭속도가 고속일 때, 허용오차가 작은 것은 절삭속도가 클수록 공구의 동적 안정성이 커지기 때문이라 생각된다.

Fig. 9은 표면조도의 측정할 위치를 나타내는 그림으로 키홈의 바닥면과 측면에서 표면조도를 측정하였다. KS규격에서 키홈의 호칭치수가 6×6일 때, 키홈의 표면조도는 Ra 6.3 $\mu$ m 이내이다.

Fig. 10, 11은 키홈의 바닥면과 측면의 표면조도를 나타내는 그림으로, 바닥면과 측면의 표면조도가 각각의 회전속도에 대해 KS규격 내에 있음을 알 수 있다.

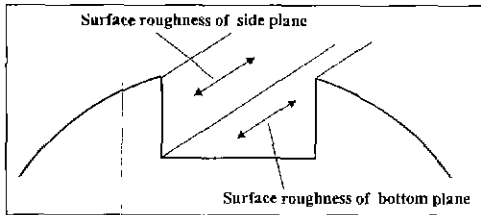


Fig. 9 Position of surface roughness

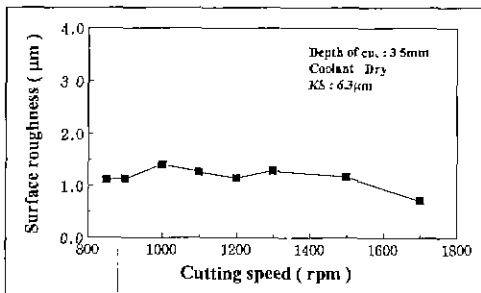


Fig. 10 Surface roughness of bottom plane

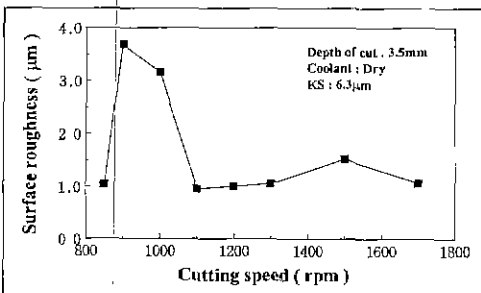


Fig. 11 Surface roughness of side plane

실용적인 소형 키홈 가공기로 공작물의 외주면에 다양한 회전속도로 키홈을 가공하였을 때, 양호한 키홈을 가공할 수 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구를 통해 개발된 가공기는 실용적으로 사용될 수 있을 것이다.

## 5. 결론

본 연구는 실용적으로 사용할 수 있는 소형 키홈 가공기를 개발하고 KS 규격에 맞추어서 성능평가 실험을 행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 선반의 왕복대에 설치하여 간편하게 사용할 수 있는 키홈 가공기를 설계·제작하였다.
2. 키홈 가공기의 회전오차를 측정된 결과, 비교적 양호한 회전오차를 나타내었다.
3. 개발된 키홈 가공기로 실험한 결과, 키홈의 허용오차나 표면조도가 양호하고, KS규격 내에 있음을 알 수 있었다.
4. 개발된 키홈 가공기로 현장에서 실용적으로 키홈을 가공할 수 있음을 확인할 수 있었다.

## 후기

본 논문은 창원대학교 산업기술연구소의 지원에 의한 것입니다. 관계자에게 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 최종근, 양민양, "엔드밀 가공중 절입깊이의 실시간 추정을 이용한 가공오차 예측", 한국정밀공학회지, 제15권, 제2호, pp. 114-123, 1998.
2. 이상규, 고성림, "상향절삭에 의한 깊은 홈 가공시 정밀도 향상에 대한 연구", 한국정밀공학회지, 제16권, 제4호, pp. 220-228, 1999
3. 이상규, 고성림, "엔드밀 가공시 표면형성 예측을 통한 정밀가공에 관한 연구", 한국정밀공학회지, 제16권, 제4호, pp. 229-236, 1999
4. 小栗富士雄, 小栗達男, "표준 기계설계도표판람", 대광서림, 1999
5. 김동원, "기계공작법", 청문각, pp. 484-488, 1991
6. "工作機械用 情密輪がり軸受・精機製品", 光洋精工株式會社, 1994.