

베어링 궤도 선삭가공용 총형공구의 형상보정에 관한 연구

문호근*(FAG 베어링코리아), 정재현(FAG 베어링코리아), 문석찬(FAG 베어링코리아),
전만수(경상대학교 기계항공공학부)

Study on Compensation for Shape of Formed Tool for Turning of Bearing Raceway

H. K. Moon(FAG Bearings Korea), J. H. Chung(FAG Bearings Korea), S. C. Moon(FAG Bearings Korea)
M. S. Joun(School of Mecha. Aeros. Eng., GSNU)

ABSTRACT

In this study, the formed tool is used to machine of bearing raceway and a shape compensation scheme is proposed to compensate for shape of it in turning process. It is introduced the conventional design method of the formed tool; a simple depth compensation method and a drawing compensation method. And it is performed to investigate in detail properties of the formed tool about a tool angle and problems of a turning process of bearing raceway using the formed tool. The applicability of the proposed scheme is examined by comparing the experimental results obtained by a new designed formed tool with those obtained by a conventional tool.

Key Words : Rolling Bearing (구름베어링), Turning (선삭), Grinding (연삭), Rake Angle (경사각), Relief Angle (여유각), Formed Tool(총형공구), Shape Compensation Scheme (형상보상기법)

1. 서론

일반적으로 구름베어링의 제작공정은 단조, 전조(ring rolling), 선삭(turning), 열처리, 연삭(grinding) 그리고 조립공정으로 구성된다. 구름베어링의 내외륜(inner race, outer race)은 생산량이 많고, 소재의 가공특성과 기계적 성질, 제품의 수명향상 등의 이유로 대부분 열간단조로 제작되며, 전조공정에 의해 직경을 팽창시킨 후 선삭공정에서 주요 치수형상으로 가공된다. 때문에 선삭공정에서의 잘못된 조건설정은 후속공정의 가공시간을 길게 할뿐만 아니라 부품의 치수정밀도에 치명적인 영향을 미칠 수 있다. Fig. 1 은 구름베어링에서 가장 많이 사용되는 깊은 홈 볼 베어링이다. 깊은 홈 볼 베어링 내외륜의 선삭공정(Fig. 2)에는 여러 가지 형상의 공구(insert)가 사용되지만 내외륜의 궤도(raceway)가공에는 가공시간을 줄이기 위해 총형공구(formed tool)가 많이 사용된다. Fig. 3 에 베어링 궤도 가공용 총형공구의 형상을 나타내었다.

선삭가공에서 총형공구에 의한 2 차원 절삭시,

공구와 가공물의 치수는 동일하지 않다. 이러한 원인으로서는 공구의 여유각(relief angle)과 경사각(rake angle)에 의한 차이, 가공물의 직경에 의한 차이 그리고 가공 시 가공물에 대한 공구의 사용위치 즉, 공구의 중심 높이에 의한 차이가 있다^[1]. 특히, 베어링 내외륜 궤도 반경의 경우 기존의 공구 형상이 좌우 비대칭으로 되어 있어 실제 가공시 선삭품의 궤도는 좌우 비대칭으로 가공 된다. 따라서 이후 연삭공정에서의 가공량을 증가시켜 가공시간을 늘리는 원인이 되고, 가공 중 공구의 편마모를 일으키는 원인이 된다.

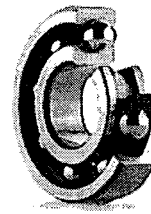


Fig. 1 Deep groove ball bearing

하지만 이러한 원인들과 치수차이에 관한 이론적 해석이 미흡하여 실제 가공 시에는 시행착오를 거쳐 가공물의 허용치수를 만족하는 공구의 형상을 결정하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 기존의 베어링 래도 가공용 총형공구의 설계방법인 단순 깊이 보정 방법, 작도에 의한 보정 방법을 설명하고 기존의 방법에 의해 가공된 제품을 측정하여 설계값과 측정값의 차이 정도를 정량화하여 문제점을 분석하고자 한다. 그리고 공구의 여유각과 경사각에 의한 치수차이의 원인을 분석하고, 가공물의 열처리시 외경의 치수 변화 및 가공시 공구의 중심높이에 의한 치수차이의 영향을 분석하여 연삭공정에서 가공량을 감소시켜 가공시간을 줄이고, 연삭품 품질의 향상을 위해 래도 가공용 총형공구의 형상보정 프로그램을 개발하고자 한다. 개발된 프로그램의 주요 공정흐름도를 설명하고 변수의 입력화면과 출력화면에 대해 설명한다.

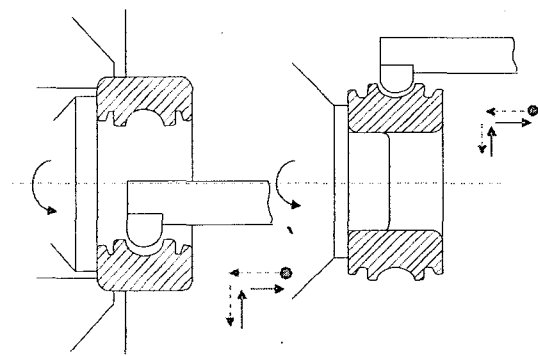


Fig. 2 A turning process of the bearing outer ring(a) and inner ring(b) raceway

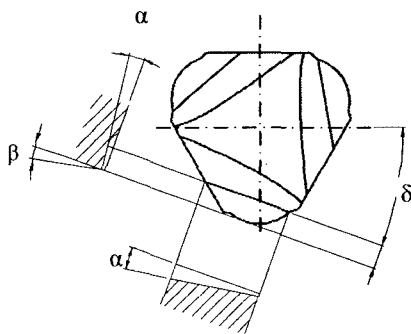


Fig. 3 Relief angle(α), rake angle(β) and rotation angle(δ) of the formed tool

2. 총형공구의 형상보정기법

2.1 단순 깊이 보정법

이 방법은 초기 깊은 홈 볼 베어링 선삭가공용 총형공구 설계에 사용된 것으로 선삭 가공시 발생하는 총형공구와 공작물의 치수차이의 원인중 총형공구의 여유각과 경사각을 고려하여 치수를 보정한 것이다. Fig.4 에서 \overline{AB} 는 공작물의 가공길이를 나타내며, \overline{AP} 는 초기 절삭날의 길이(Pt)가 경사각과 여유각에 의해 변화된 절삭날의 길이를 나타낸다. T 는 절삭날의 길이와 공작물의 가공길이의 차를 나타내며, 바이트 설계시 보정량이다.

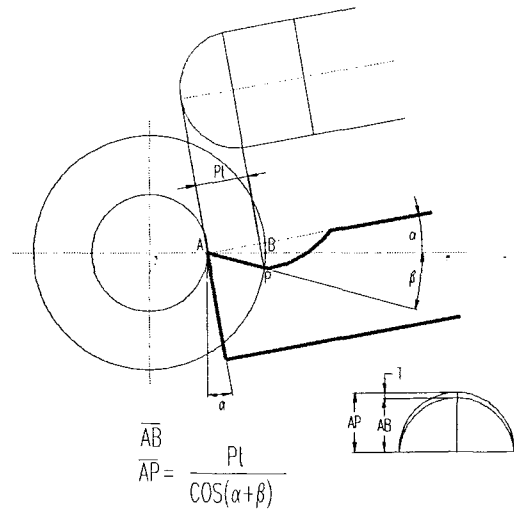


Fig. 4 The effect of formed tool angle(α, β)

2.2 작도에 의한 보정법

다축선반에 사용되는 Fig.5와 같은 원형 총형공구에서 공작물의 중심과 총형공구의 중심을 일치시켰을 때 C 점에서의 α 값(여유각)이 0° 가 되어 가공이 되지 않는다. 따라서 전면여유각을 (+)값을 가지게 하기 위해 공구의 중심위치를 공작물보다 높게 설계한다.

원형 총형공구의 설계순서는 다음과 같다.

- 1) 공작물의 형상을 설계한 후 중심높이를 u 만큼 올려 공작물의 중심선과 평행하게 선을 긋는다.
- 2) 총형공구의 중심 B 에서 C 점을 지나는 반지름 $D1/2$ 인 원을 작도한다.
- 3) C 점에서 상면경사각(γ)만큼 절삭날 부분을 설계한다. 이때 공작물 $d1, d2$ 와 만나는 점 $S1, S2$ 점을 구한다.
- 4) $S1, S2$ 점에서 B 점을 중심으로 하는 반지름 $D2/2, D3/2$ 인 원을 작도하면 정확한 총형공구의 형상을 얻을 수 있다.

그림에서 총형공구의 외경과 공작물의 외경이 직경에 따라 차이가 있음을 알 수 있다.

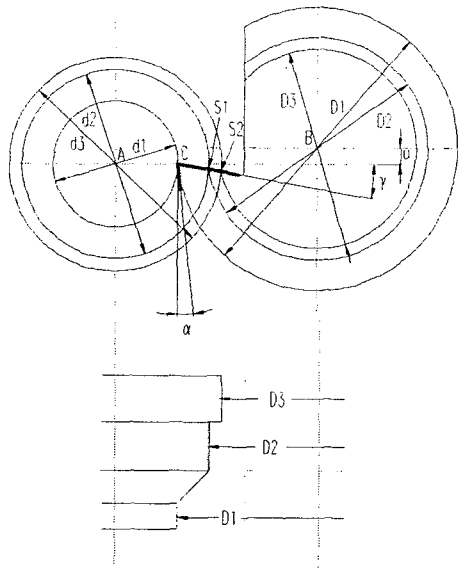


Fig. 5 Compensation method of circular formed tool of a multi-shaft turning machine

2.3 깊은 홈 볼 베어링 궤도반경 선삭용 바이트 설계 프로그램 개발

깊은 홈 볼 베어링 내·외륜의 궤도 선삭가공시 좌우 대칭 형상인 바이트를 사용하면 내·외륜의 궤도가 좌우 비대칭 형상으로 가공되어 후가공인 연삭가공시 가공여유를 증가시킨다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 선삭가공시 발생하는 총형공구와 공작물의 치수차이를 보정할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

개발된 프로그램은 AutoCAD 에서 입·출력이 가능하도록 하였으며, Visual Basic 으로 작성되었다. 그리고 선삭가공시 치수차이를 유발하는 원인 즉, 공구의 여유각(relief angle)과 경사각(rake angle), 가공물의 직경 및 가공물에 대한 공구의 사용위치(공구의 중심 높이) 등을 고려하여 할 수 있도록 하였으며, 궤도형상을 분할하여 표시할 수 있도록 하였다.

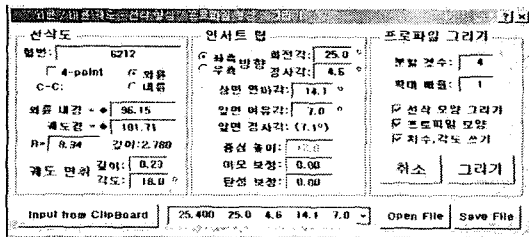
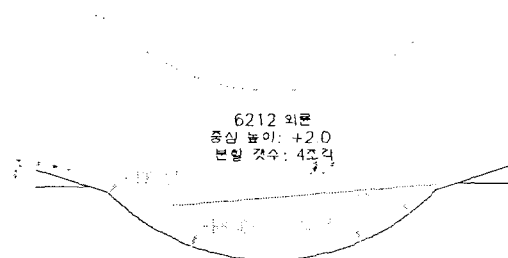


Fig. 6 Input data window of the developed program

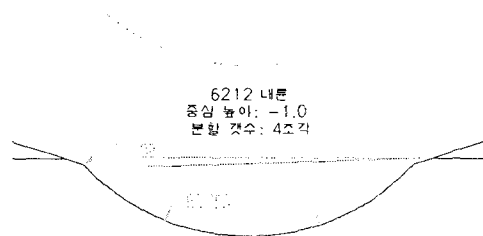
Fig. 6 은 개발된 프로그램의 입력창을 나타낸다. 입력창은 선삭도 관련 치수, 공구의 주요 치수 및 공구형상의 출력방법으로 크게 구성되어 있으며 선삭도 관련 치수에는 베어링 내·외륜 구분, 궤도직경 및 반경치수, 궤도면취 치수 등을 입력하도록 되어 있으며, 공구의 주요 치수에는 공구의 회전방향과 회전각, 상면경사각, 앞면 여유각, 앞면 경사각 및 공구의 중심높이를 입력하도록 되어 있다. 공구형상의 출력에는 궤도반경의 분할 개수 및 치수쓰기 기능이 있다. Fig. 7 은 6212 볼 베어링 내·외륜의 궤도반경 선삭가공용 공구의 프로파일을 보여준다.



6212 외륜
중심 높이: +2.0
분할 개수: 4조각

외륜 내경 = $\phi 96.15$	좌측 회전각: 25.0°
궤도반경 = $\phi 101.71$	좌측 경사각: 4.6°
R=8.34 길이: 2.780	상면 면마각: 14.1°
궤도 면취깊이: 0.23	앞면 여유각: 7.0°
궤도 면취각도: 18.0°	앞면 경사각: (7.1°)

(a) 6212 tool profile of outer ring



6212 내륜
중심 높이: -1.0
분할 개수: 4조각

내륜 외경 = $\phi 76.59$	좌측 회전각: 0.0°
궤도반경 = $\phi 70.82$	좌측 경사각: 2.0°
R=8.17 길이: 2.885	상면 면마각: 10.0°
궤도 면취깊이: 0.21	앞면 여유각: 7.0°
궤도 면취각도: 18.00°	앞면 경사각: (3.0°)

(b) 6212 tool profile of inner ring

Fig. 7 Output tool profile of 6212 ball bearing

Table 1 에 각각의 보정방법에 고려된 영향변수를 나타내었다. 표에서 방법 1 은 단순 깊이 보정법, 2 는 작도에 의한 보정법, 3 은 개발된 보정기법을 나타낸다. 표에서 단순 깊이 보정법은 앞면 경사각만 고려되었으며, 작도에 의한 보정법은 앞면 여유각이 고려되지 않았다. 새롭게 개발된 보정 프로그램은 경사각과 여유각, 공구의 중심높이 및 공작물의 직경을 고려할 수 있다.

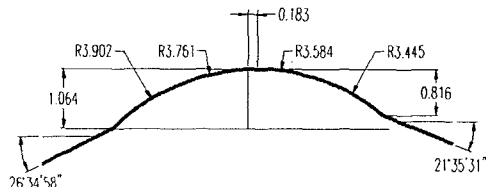
Table 1 Comparison of compensation methods

No	rake angle	relief angle	center height of tool	workpiece diameter
1	O	X	X	X
2	O	X	O	O
3	O	O	O	O

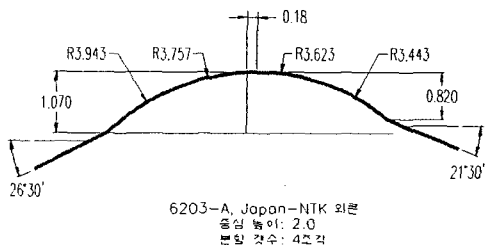
3. 실험결과 및 고찰

3.1 개발 프로그램의 신뢰성 검토

개발된 프로그램의 신뢰성을 검증하기 위하여 최근 일본 NTK 공구의 설계도면과 비교하였다. 비교결과를 Fig. 8 에 나타내었다. 비교결과 거의 유사한 공구형상을 얻을 수 있었다. NTK 에서 어떠한 방법으로 보정 프로그램을 작성하였는지 알 수 없으나 개발된 프로그램과 데이터를 바탕으로 단순비교 하면, 거의 유사한 보정방법임을 알 수 있다.



(a) 6203 outer ring tool profile made by FBK



(b) 6203 outer ring tool profile made by Japan-NTK

Fig. 8 Comparison of tool profile

3.2 실험결과 및 고찰

개발된 프로그램에 의해 설계된 공구형상을 바탕으로 공구를 제작하여 6212 볼 베어링의 외륜 및 내륜 궤도 가공을 수행하였다. 외륜의 경우, 개선전 궤도 대칭도와 평행도의 합이 0.20mm 였으며, 개선 후 0.14mm 로 줄어 들었다. 궤도반경은 8.26mm 에서 8.34mm 로 변경 되었다. 내륜의 경우, 개선전 궤도 대칭도와 평행도의 합이 0.21mm 였으며, 개선 후 0.17mm 로 줄어 들었다. 궤도반경은 8.13mm 에서 8.17mm 로 변경 되었다. 새롭게 제작된 공구에 의

해 가공된 내·외륜을 조사한 결과 궤도 비대칭현상은 발생하지 않았으며, 연삭가공시 기계 가공여유가 줄어 들어 가공시간을 줄일 수 있었으며, 지식의 편마모 현상이 없어졌다.

4. 결론

개발된 프로그램을 바탕으로 베어링 궤도 가공용 총형공구를 제작하였다. 제작된 총형공구에 의해 가공된 제품을 측정하여 설계값과 비교하였다. 비교결과 측정값이 설계값과 잘 일치함을 알 수 있었으며, 연삭 가공량과 가공시간을 줄일 수 있었다. 또한 개발된 프로그램의 타당성을 검증할 수 있었다.

후 기

본 논문은 NURI, BK21, 지식기반기계 부품 소재 연구개발 클러스터, 경남지역 메카노 21 사업의 지원을 받아 수행하였습니다.

참고문헌

1. 정재현, "선삭 가공시 총형공구와 공작물의 치수 차이에 관한 연구," 한국종합기계 베어링 기술 7호, pp. 59-65, 1989.
2. 김병희, 주종남, "엔드밀의 형상이 가공특성 및 절삭시간에 미치는 영향에 관한 연구," 한국 정밀공학회, '94 춘계학술대회 논문집, pp. 52-57.
3. 이희관, 김연술, 김도형, 노사흠, 양균의, "미세구조물 금형가공을 위한 총형공구에 관한 연구," 한국 기계가공학회지, 제 2 권, 제 4 호, pp. 5-10, 2003.
4. 노상협, 이희관, 김연술, 김도형, 양균의, "총형공구를 이용한 베어링 Rubber Seal 금형가공에 관한 연구," 한국 정밀공학회지, 제 21 권, 제 2 호, pp. 21-26, 2004.