

# 대리드 볼스크류 너트내경나사 특수연삭에 관한 연구

## Study on the Special Grinding of High-lead Ball Screw Nut Inner Race

\*하양협<sup>1</sup>, #김현구<sup>2</sup>, 이득우<sup>3</sup>, 이정환<sup>1</sup>, 정원지<sup>4</sup>, 이춘만<sup>4</sup>

\*Y.H. Ha<sup>1</sup>, #H.K. Kim(hkim@hanmail.net)<sup>2</sup>, D.W.Lee<sup>3</sup>, J.H.Lee<sup>1</sup>, W.J.Jeong<sup>4</sup>, C.M.Lee<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 한국기계연구원 부설 재료연구소, <sup>2</sup>티아이씨주식회사, <sup>3</sup>부산대학교 나노메카트로닉스공학과, <sup>4</sup>창원대학교 메카트로닉스공학부

Key words : High-lead ball screw, Nut, Special grinding

### 1. 서론

볼스크류는 위치결정 장비에 필수적인 부품으로 다른 이송기구에 비해 구름저항, 백래쉬, 마멸 특성 등이 우수해서 공작기계 및 정밀측정 장비의 이송시스템에 널리 사용되고 있으며<sup>1</sup>, 최근에는 이송시스템의 정밀도에 대한 연구와<sup>2,3</sup>, 고속화에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.<sup>4,5,6</sup> 볼스크류의 고속화를 이루기 위한 방법 중의 하나로 볼스크류의 피치를 증가시키는 방법이 있는데, 피치가 커지게 되면 스톱 축과 너트의 내경이 간섭을 일으켜 가공이 불가능한 문제와 스톱이 궤도와 간섭을 일으켜서 가공이 궤도의 곡률이 변하여 정격하중이 낮아지는 문제가 발생할 수 있다. 따라서 본 연구를 통하여 통상의 기하학적인 가공방법으로는 불가능한 대리드 볼스크류 너트의 나사홈을 간섭과 정격하중의 변화없이 가공하는 것이 연구의 목적이다.

### 2. 본론

#### 2.1 너트 내경나사 연삭의 문제점

너트의 나사홈 연삭은 Fig. 1에 나타난 것처럼 스톱을 리드각  $\beta_1$  만큼 경사를 주어서 가공을 하게 되는데, 리드각이 크게 되면 스톱축과 너트의 내경 사이에 간섭이 발생한다. 이러한 간섭을 피하기 위해 Fig. 2와 같이 스톱축의 경사각을  $\beta_2$ 로 낮추게 되면 스톱의 측면과 나사홈 사이에 간섭이 발생하여 나사홈의 폭이 넓게 가공이 된다. 이러한 결과로 볼의 접촉각이 낮아져서 정격하중이 작아지는 문제가 발생한다.

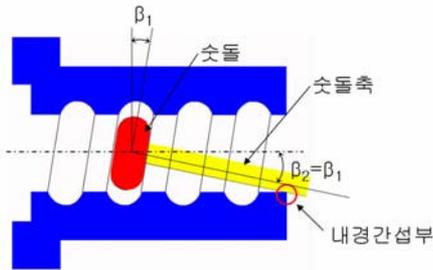


Fig. 1 Interference between grinder shaft and inner diameter part

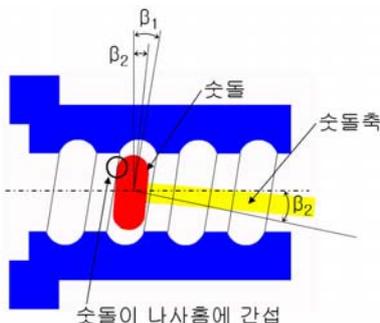


Fig. 2 Interference between grinder and inner race

이러한 문제를 해결하기 위해서는 스톱 축 경사각  $\beta_2$ 를 리드각  $\beta_1$ 보다 작게 할 경우 스톱과 나사홈과의 간섭량에 상당하는 양을 미리 특수한 방법으로 정형하는 드레싱 방법을 적용하거나 현 보유설비 나사연삭기나 드레싱장치를 대폭 개조하거나 새로운 전용기의 제작을 피하고 연삭조건을 만족시키는 가공방법을 개발하여야 한다. 스톱과 나사홈의 간섭량을 3차원으로 계산해서 구하는 것은 대단히 어려우므로, 본 논문에서는 스톱 축이

너트의 내경에 닿지 않는 경사각  $\beta_2$ 를 구하고, 드레싱장치의 경사각  $\beta_3$ 와 드레싱 곡률을 바꿔게 해서 스톱을 정형하고, 나사홈 형상을 측정해서 연삭조건을 정하여 이러한 문제를 해결한다.

#### 2.2 특수 드레싱 방법

나사홈 형상은 Fig. 3과 같이 고딕아크(Gothic Arc)형상으로 볼 접촉각은  $45^\circ$ 를 이룬다. 로타리 다이아도 같은 형상의 나사홈으로 제작되어 있다. 로타리 다이아 경사각  $\beta_3$ 를 리드각  $\beta_1$ 과 같이 한다면 스톱 경사각  $\beta_2$ 가 변화되어도 필요한 형상으로서의 정형이 가능하다. 로타리 다이아의 나사홈은  $\phi 90$ 의 원통형상의 외주면에 정형되고 한쪽 방향의 너트의 나사홈은 내경 내면에 가공되지만 로타리 다이아의 직경보다 일반적으로 작기 때문에  $\beta_3$ 를 리드각( $\beta_1$ )과 같게 연삭해도 스톱의 좌우 측면이 나사홈에 간섭이 되어서 원하는 형상이 나오지 않는다.

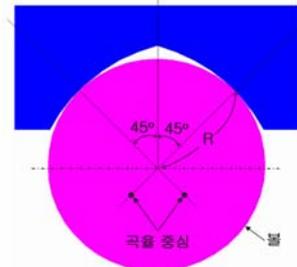


Fig. 3 Contact shape of a ball and nut race

Fig. 4는 스톱과 로타리 다이아의 정형궤적을 나타낸 것이다. 이 그림으로부터 나사홈 곡률 R의 선정과 로타리 다이아 경사각  $\beta_3$ 의 선정으로 나사연삭이 가능하며 스톱의 직경(d)의 범위를 구할 수 있다.

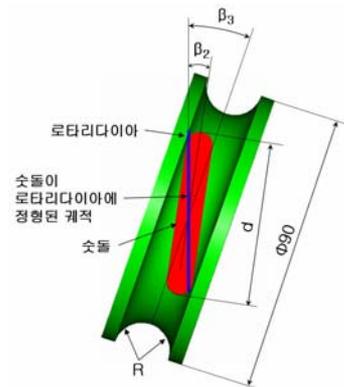


Fig. 4 Orbits of grinder and rotary diameter

### 3. 실험

#### 3.1 실험 조건

Table 1의 조건으로 실험을 수행하였으며 너트 나사홈을 형상 측정기로 측정해서 볼 접촉각과 스톱 마멸량을 구해서 그 특성을 비교하였다.

Table 1 Conditions of the test

실험 조건	값
시험편크기	축경 $\phi 20$ , 리드 20
재질	SCM420H, 침탄열처리
숫돌	WA8018V ( $\phi 18 \times w4$ )
리드각	$\beta_1 = 16.86^\circ$
숫돌축경사각	$\beta_2 = 8.5^\circ$ (약 $\beta_1$ 의 1/2)
드레스경사각	$\beta_3 = 15^\circ$
숫돌회전수	20,000 rpm
너트회전수	10 rpm
볼 직경	5/32 " ( $\phi 3.969$ )
로타리 다이아 홈치수	1/8 " ( $\phi 3.175$ )
연삭여유	0.5 mm
숫돌절입량	0.02 mm / 경x12회

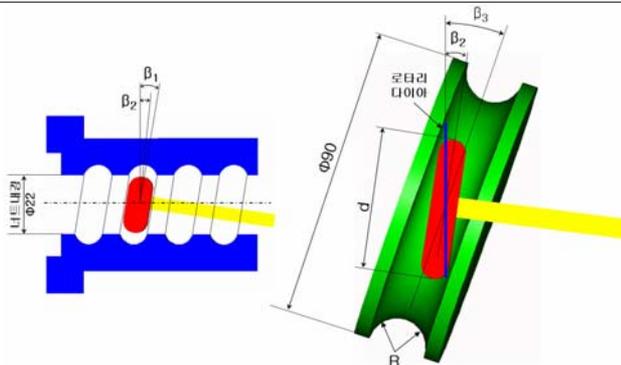


Fig. 5 Test condition

3.2 실험 결과

Fig. 6은 드레스경사각의 변화에 따른 숫돌직경과 접촉각의 변화를 나타낸다. 드레스경사각을 15°로 연삭한 경우, 숫돌의 직경이 17mm 이상이 되면 간섭량이 크고 볼 접촉각이 급격히 낮아진다. 또한 좌우의 접촉각의 편차가 발생한다. 이것은 너트와 숫돌의 중심점에서 연삭점이 벗어나기 때문이며, 이 경우 드레싱 장치의 수정이 필요하다는 것을 알 수 있다. 드레스경사각을 16.5°로 연삭한 경우, 숫돌의 직경 17.2mm ~ 16.8mm 사이에서는 접촉각이 42° ~ 45°가 나오며, 그 변화는 거의 직선적이다. 이 접촉각 범위로 기본동정격하중(Ca)의 94% 이상은 확보가 가능하게 된다.

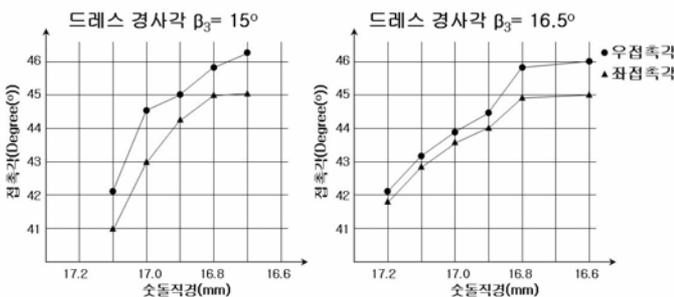


Fig. 6 Test condition

(c) 나사홈 형상의 평가

Fig. 7은 접촉각 42°의 나사홈 형상을 나타낸다. 너트의 내경측에 최대 0.01mm의 숫돌 간섭이 발생하였다. 곡률반경과 중심점 거리는 Table 1에 나타난 값과 같다. 기본동정격하중(Ca)은 893 kgf가 나오는 것으로, 이론값(접촉각 45°)인 950 kgf에 비교했을 때 수명에는 크게 영향이 없는 것으로 나타난다. 또 좌우의 접촉각의 편차가 0.25° 이내이므로 실 사용상에 문제는 없는 것으로 판단된다. 이러한 문제는 연삭점에 걸리는 숫돌 중심의 흔들림을 수정하면 편차는 충분히 보정이 가능하다.

Table 2 Comparisons of calculated datum and measured datum

	계산값	측정값
볼 접촉각(°)	45	42
볼 직경(“)	5/32(3.969mm)	5/32(3.969mm)
곡률반경(mm)	2.183	2.50
중심점거리(mm)	0.281	0.300
기본동정격하중(kgf)	950	893

(축경  $\phi 20$ , 리드 20, 1.5권 1열)

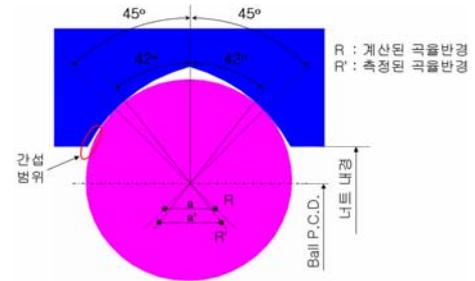


Fig. 7 Ideal contact point and real contact point

4. 결론

실험을 통하여 숫돌 축의 경사각( $\beta_2$ )을 리드각( $\beta_1$ )의 1/2인 경우에도 로타리 다이아의 R형상과 드레스 경사각의 조정으로 숫돌을 특수 정형해서 원하는 형상으로 나사홈의 연삭이 가능하다는 것을 알 수 있었다. 또한 fig. 6의 연삭 결과로부터 숫돌의 직경 17.2mm ~ 16.8mm 구간에서 볼 접촉각이 42° ~ 45°가 얻어지는데, 이 접촉각은 볼스크류의 회전이 가장 원활하고 부하지능력 변화에 영향이 적어서 볼스크류의 운동 특성이 가장 안정된 범위이다.

후기

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업(RTI04-01-03) 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 이응숙, 김재구, 제태진, 황경현, “연마재함유 휠브러쉬에 의한 볼스크류 연마기술”, 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, 1049-1052, 2007
2. 조규재, 홍성오, 이승철, “선반 볼스크류의 예상력과 열변위량의 관계에 관한 연구” 한국기계가공학회 춘계학술대회논문집, 320-324, 2008
3. 박천홍, 황주호, “정밀공작기계용 이송시스템의 성능평가 사례”, 한국정밀공학회지, 21권 8호, 2004
4. 최영휴, 홍진현, “볼스크류 이송계의 진동 최소화를 위한 이송 속도 최적화”, 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, 962-966, 2004
5. 은인용, 이춘만, 정원지, “고속 이송계의 열변형특성 및 보정”, 한국정밀공학회지, 19권 5호, 13-18, 2002
6. 박동근, 김현구, 이춘만, “엔드캡 형의 볼스크류 개발에 관한 연구”, 한국정밀공학회지, 25권 12호, 13-19, 2008