

# 오일레스 베어링의 홀 가공을 위한 최적 경로 산출에 관한 연구

## A Study on the Optimal Tool Path for Manufacturing of Oilless Bearing

\*\*박정환<sup>1</sup>, 조현욱<sup>2</sup>, 김재현<sup>3</sup>, 홍국선<sup>4</sup>

\*\*J. W. Park(jwpark@yu.ac.kr)<sup>1</sup>, H. U. Cho<sup>2</sup>, J. H. Kim(kjh@biokhan.co.kr)<sup>3</sup>, K. S. Hong(ks4672@kmtc.co.kr)<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 영남대학교 기계공학부, <sup>2</sup>영남대학교 대학원 기계공학부, <sup>3</sup>바이오칸(주), <sup>4</sup>KM테크

Key words : Oilless Bearing, Oilless Bearing Manufacturing System, Optimal Tool Path

### 1. 서론

일반적으로 기계장치에 있어서, 윤활유의 공급이 곤란한 곳에 오일레스 베어링(oilless bearing)을 설치하게 된다. 오일레스 베어링은 비철로된 중공형의 모체에 소정의 간격을 두고 직경 방향으로 윤활제 매입을 위한 홀들이 있는 형태이다. 오일레스 베어링은 마찰 운동 시 고체윤활제의 미세입자가 운동부위의 미세한 윤활피막을 형성하여 완전 무급유 상태에서도 우수한 자기윤활성과 뛰어난 내마모성을 발휘하는 산업기계 부품이다.

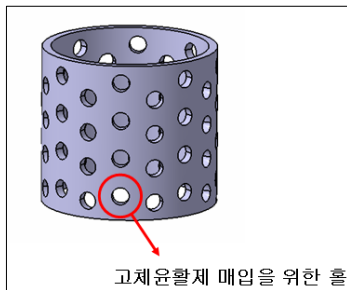


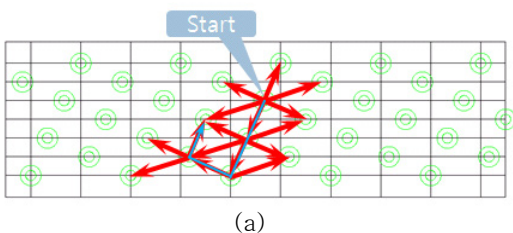
Fig.1 Oilless bearing

일반적으로 Fig.1의 형태를 가진 중공형 오일레스 베어링의 생산성을 높이기 위해서는 가공 시간을 줄이는 것이 중요하다<sup>1</sup>. 가공 시간을 줄이는 한 방법으로써 공구가 홀을 가공하고 다음 가공할 홀로 이동하는 거리를 최소화함으로써 가공 시간을 줄일 수 있을 것이다.

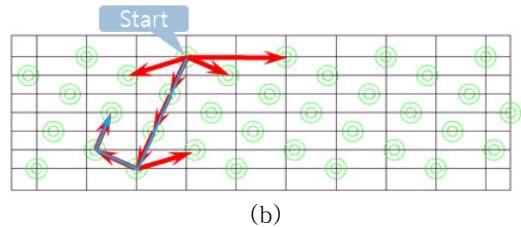
본 연구에서는 가공 시간을 줄이기 위해 홀 배치의 특정한 패턴을 분석하고, 최소한의 비교 연산 과정으로 홀 가공 공구가 최단 거리를 이동하는 가공 경로를 산출 하고자 한다. 또 이 공구 최단 이동 거리를 산출 하는 방법을 OpenCASCADE<sup>2</sup>를 기반으로 제작된 오일레스 베어링 전용 CAD/CAM 프로그램인 OMS (Oilless bearing Manufacturing System)<sup>3</sup>에 적용하고자 한다.

### 2. 최단 경로 탐색의 기본 개념

최단 경로 탐색<sup>4,5</sup>의 기본 개념은 Fig.2의 (a)에서처럼 임의의 시작홀을 선정하고 그 주위의 홀들의 거리를 비교하여 가장 가까운 거리의 홀로 이동하면서 가공한다는 개념이다. 하지만 이러한 방법을 홀을 한번 이동할 때 마다 비교 연산을 해야 하는 단점이 있다. 이러한 연산 수를 줄이기 위해 오일레스 베어링 홀 배치의 패턴을 파악하였다. 가장 중요한 홀 배치 패턴은 일직선상의 홀들은 간격이 일정하다는 것이다. 이 특성을 이용하면 Fig.2의 (b)에서처럼 시작홀을 최상위 홀로 선정하고, 단 2번의 비교 연산을 수행함으로써 최단 경로를 산출할 수 있었다.



(a)



(b)

Fig.2 Basic concept for searching shortest path

### 3. 최단 경로의 산출

Table 1과 Fig.3은 오일레스 베어링을 OMS를 이용한 설계시 입력된 Parameter값이다. 이 입력된 Parameter값을 이용하여 최단 경로 선정하는 비교 연산에 사용될 값을 계산 하였다.

Table 1 Design parameter

내경	베어링 내경
외경	베어링 외경
높이	베어링 높이
La	원주 방향 홀거리
Lb	다음 단 홀거리
HoleD	Drill 홀의 직경
H	홀이 존재하는 높이
Num	홀 기준선의 개수
LHNum	기준선상 홀개수

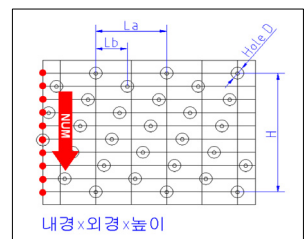


Fig. 3 design parameter

Fig.4는 45×60×60 오일레스 베어링의 2D 도면을 나타낸 것이다. 이 도면상의 La, A, B, C, D, E값들을 비교하여 최단 경로를 산출 하게 된다.

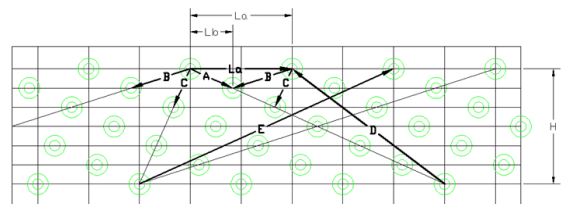


Fig.4 45×60×60 oilless bearing

Table 2는 45×60×60 오일레스 베어링의 설계시 입력된 Parameter값을 아래의 식을 이용하여 A, B, C, D, E값을 계산하였다.

Table 2 Parameter calculation

Num	7
LHNum	5
La	39mm
Lb	16.25mm
H	44mm
A	17.828mm
B	23.903mm
C	16.042mm
D	73.199mm
E	106.97mm

$$A = \sqrt{Lb^2 + \left(\frac{H}{Num-1}\right)^2}$$

$$B = \sqrt{(La - Lb)^2 + \left(\frac{H}{Num-1}\right)^2}$$

$$C = \sqrt{La^2 + (2A)^2 - 4LaLb}$$

$$D = \sqrt{\{A(Num-1)\}^2 + La^2 - 2(Num-1)LaLb}$$

$$E = \sqrt{\{B(Num-1)\}^2 + La^2 - 2(Num-1)La(La - Lb)}$$

위에서 계산된 값들을 Fig.5에서 제시된 순서대로 비교하여 최단 경로를 탐색하게 된다. 비교 연산이 2번 이루어지며, 그 아래에 가공 경로의 방향이 표시되어 있다. 오일레스 베어링의 설계시 입력된 Parameter 값들은 오일레스 베어링 종류에 따라 차이가 있었으며, Parameter 값의 차이에 따라 선정될 수 있는 최단 경로는 총 8가지이다. 45×60×60 오일레스 베어링의 경우 처음 La, A, B, C 값 비교에서는 C 값이 가장 작았으며, 두 번째 A, B 값 비교에서는 A 값이 작은 값으로 선정 되었다.



Fig.5 Tool path search

위의 과정을 거쳐 산출된 최단 경로는 Fig.6에서 나타나 있는 경로이다.

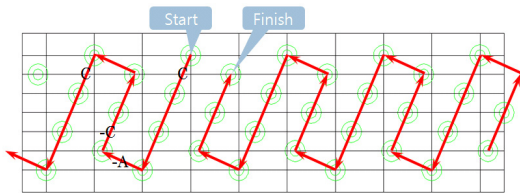


Fig. 6 Shortest path of 45×60×60 oilless bearing

위의 최단 경로 산출 과정은 기준선 수(Num)가 3개 이상인 경우에 적용할 수 있다. 기준선이 2개인 경우는 Fig.5의 과정에서 처음 비교 연산에서 C 값을 제외 시켜 주어야 하며, 두 번째 비교 연산에서는 D 값을 B로, E 값을 A로 바꾸어서 적용하여야 한다. 기준선이 2개인 경우는 6개의 경로 중에서 최단경로가 선택되어 진다.

4. 산출된 최단 경로의 검증

위에서 산출된 경로가 실제 최단 경로인지 검증해 보기 위해 8가지 경로별로 공구 이동 거리를 계산해 보았다. 일단 먼저 각 경로에 따른 홀 간 거리의 합을 계산하는 식은 Table 3에 나타나 있다.

Table 3 Sum of the distance Between hole and hole

구분	가공경로의 방향	가공경로에 따른 홀간 거리 합 계산식
1	La, A	La(LHNum-1)Num+A(Num-1)
2	La, B	La(LHNum-1)Num+B(Num-1)
3	+(-)A, La	A(Num-1)LHNum+La(LHNum-1)
4	A, D	A(Num-1)LHNum+D(LHNum-1)
5	+(-)B, La	B(Num-1)LHNum+La(LHNum-1)
6	B, E	B(Num-1)LHNum+E(LHNum-1)
7	+(-)C, -A	C(Num-2)LHNum+A(2LHNum-1)
8	+(-)C, -B	C(Num-2)LHNum+B(2LHNum-1)

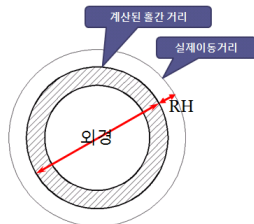


Fig.7 Actual tool path

Table 3에서 나타나있는 식은 Fig.7에서 보는 것처럼 경로에 따른 오일레스 베어링 외경 표면상의 홀 간 거리의 합이다. 실제 공구는 RH(Rapid height) 만큼 떨어져서 이동한다. 그렇기 때문에 실제 공구의 이동거리는 Table 3에 주어진 식에 {1+(2RH/외경)}를 곱해 주어야 한다. RH 값을 10mm으로 가정하고 계산하였을 때, 45×60×60 오일레스 베어링의 가공 경로에 따른 실제 공구 이동 거리는 Table 4에 나타나 있다.

Table 4 Calculation of tool path

구분	가공경로의 방향	가공경로에 따른 홀간 거리 합	실제 공구 이동거리 (RH=10mm으로 가정)
1	La, A	1198.968mm	1598.224mm
2	La, B	1235.418mm	1646.812mm
3	+(-)A, La	690.84mm	920.89mm
4	A, D	827.636mm	1103.239mm
5	+(-)B, La	873.09mm	1163.829mm
6	B, E	1144.97mm	1526.245mm
7	+(-)C, -A	561.502mm	748.482mm
8	+(-)C, -B	616.177mm	821.364mm

Fig.5의 과정으로 선정된 최단 가공 경로가 748.482mm로 8가지 경로 중 최단 거리임이 검증 되었다.

5. 결론

본 연구에서는 오일레스 베어링의 홀 가공에서 최단 가공 경로를 산출하는 방법을 제시 하였다. Fig.8에서처럼 45×60×60 오일레스 베어링의 경우 가공경로에 따라 실제 공구의 이동 거리가 2배 이상 차이나는 경우도 발생하였다. 이 최단 경로 산출 방법을 OMS에 적용하였으며, 가공시간을 줄이고 생산성을 높일 수 있을 것이라 기대된다. Fig.9는 OMS에 이 방법을 적용하여 산출한 35×44×35 오일레스 베어링의 최단 가공 경로(+(-)A, La방향)이다.

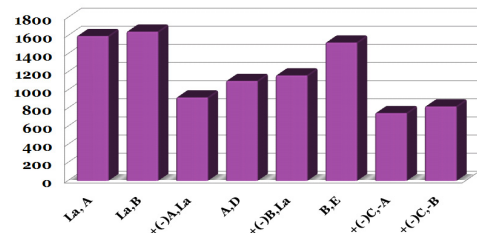


Fig.8 Comparison of tool path

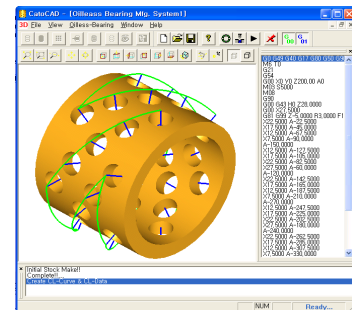


Fig.9 Oilless bearing Manufacturing System

후기

본 연구는 한국학술진흥재단의 지원으로 영남대학교, KM테크가 공동으로 수행하였으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김 강, “절삭가공물의 생산 시간 추정”, 한국공작기계학회논문집 Vol 12 No4, 2003
2. 양정삼, 한순홍, 최 영, 박상호, “OpenCASCAD를 이용한 CAD 모델의 오류 진단 시스템의 개발”, 한국자동차공학회논문집 제10권 제3호, pp.151-158, 2002
3. 양성진, 박정환, 이정근, 조영환, 이상훈, “오일레스 베어링의 홀 가공을 위한 형상 설계 및 가공 데이터 생성 자동화 시스템 개발”, 정밀공학회 추계학술대회 논문집, 2007
4. 류춘우, 김학일, “NC드릴기계의 공구 경로 최적화를 위한 TSP 휴리스틱 알고리즘”, 정보과학회논문지 제4권 제5호, pp. 684-694, 1998
5. 조원혁, 김인택, “유전자 알고리즘을 적용한 최적 경로의 탐색”, 대한전자공학회 학술대회 논문집 제5권, pp. 123-126, 1996