Tribol. Lubr., Vol. 36, No. 2 April 2020, pp. 64~67
Tribology and Lubricants
Short Communication

ISSN 2713-8011(Print) • 2713-802X(Online)
http://Journal.tribology.kr
DOI https://doi.org/10.9725/kts.2020.36.2.64

핀치형 내부로터의 제로터 설계

이성철†
인하공업전문대학 기계과 교수

Design of Gerotor with Pin-tooth Inner Rotor

Sung-chul Lee†
Professor, Dept. of Mechanical Engineering, Inha Technical College
(Received February 27, 2020 ; Revised April 9, 2020 ; Accepted April 9, 2020)

Abstract – In the conventional gerotor design, the circular arc tooth of the outer rotor is first introduced, and then the inner rotor profile is generated by simulating the outer rotor motion while the inner rotor is fixed. The profile generation of tooth meshing exhibits relativity; therefore, the outer rotor profile can be generated by the movement of the inner rotor. In this study, we propose the design of a gerotor with a pin-tooth inner rotor. First, the pin-tooth inner rotor is devised, and then the outer rotor profile is generated. The profile of the inner rotor is simply composed of equally arranged pins along a circle. The root of the inner rotor is designed as a conjugated arc of two pins. The trajectory of the pin center is obtained by the inner rotor operation, and then the outer rotor profile is determined as a parallel curve of the trajectory. In this gerotor design, the inner rotor has a simple configuration, and contact occurs between the pin parts of the inner rotor and the whole profile of the outer rotor. This affects the material selection and machining process. The pin tooth can be used to design the outer and inner rotors, enabling a double gerotor mechanism corresponding to a planetary gear system.

ⓒ Korean Tribology Society 2020. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License(CC BY, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction of the work in any medium, provided the original authors and source are properly cited.

Keywords – gerotor(제로터), pin tooth(핀치형), planetary mechanism(유성기구), Tooth generation(치형창성)

1. 서 론

제로터는 일반적으로 외부로터의 치형으로 원호곡선을 사용하고 내부로터는 외부로터와 물림에서 창성되는 형상으로 설계한다[1-5]. 치형의 창성에서 두 기어의 물림은 서로 상대적인 운동으로 내부로터의 치형으로부터 외부로터의 형상을 설계하는 것도 가능하다.

본 논문에서는 전통적인 제로터의 설계 방법과는 달리 내부로터의 이끝을 핀치형으로 설계하고 내부로터의 운동을 시뮬레이션하여 제로터의 외부로터 형상을 설계하고자 한다. 내부로터의 이끝 부분을 핀으로 사용하면 이뿌리 부분도 인접한 두 이끝의 핀을 접합하는 원호로 설계가 가능하여 내부로터는 원호의 조합으로 구성되는 간단한 형상이 된다. 그리고 외부로터는 핀으로부터 창성되는 형상으로 설계하면 된다. 핀치형의 내부로터를 사용한 제로터는 외부로터가 원호치형인 전통적인 제로터와는 물림 특성도 달라지게 된다.

한편, 이중 제로터에 대한 연구도 발표되어 있는데[6] 핀치형의 내부로터로부터 창성되는 외부로터의 설계 방법을 적용하면 원통형 핀으로만 구성된 요소를 사용하여 외부로터와 내부로터를 동시에 설계하여 이중 제로터 기구를 구현할 수 있다.

†Corresponding author: Sung-chul Lee
Tel: +82-32-870-2134, Fax: +82-32-870-2500
E-mail: inhame@naver.com
https://orcid.org/0000-0002-3399-3825

2. 외부로터의 창성

제로터의 내부로터 이끝을 핀으로 설계하고 외부로터가 고정된 상태에서 내부로터 운동을 시뮬레이션하여 핀의 운동을 중첩시키면 Fig. 1과 같다.

Fig. 1에서 O는 외부로터 중심, E는 내부로터의 중심이다. 내부로터가 시계방향으로 α 회전하면 내부로터의 중심은 반시계 방향으로 $m\alpha$ 회전한다. 따라서 핀 중심의 궤적 곡선 B는 다음과 같이 구해진다.

$$x_b = b_t \sin\alpha - e\sin(m\alpha) \tag{1}$$

$$y_b = b_t \cos\alpha - e\cos(m\alpha) \tag{2}$$

여기서 m은 내부로터의 잇수, e는 편심량이며 b_t는 내부로터 중심에서 핀 중심까지의 거리, b_c는 핀의 반경이다. 내부로터의 잇수가 6인 경우 궤적 곡선 B는 7개의 로브(lobe)로 형성된다.

B점에서의 단위 법선벡터는 다음과 같다.

$$\vec{N} = \frac{1}{\sqrt{(x_b')^2 + (y_b')^2}}(-y_b'\vec{i} + x_b'\vec{j}) \tag{3}$$

따라서 외부로터의 형상 좌표는 다음과 같이 구해진다.

$$x = x_b - \frac{y_b'}{\sqrt{(x_b')^2 + (y_b')^2}} b_c \tag{4}$$

$$y = y_b + \frac{x_b'}{\sqrt{(x_b')^2 + (y_b')^2}} b_c \tag{5}$$

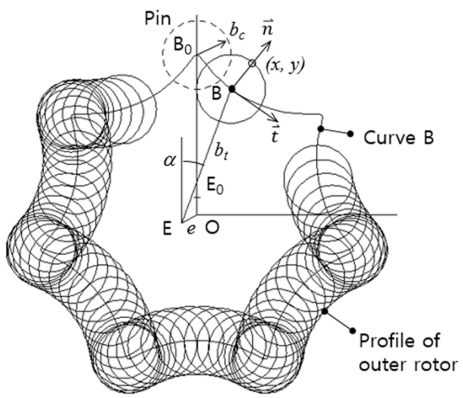

Fig. 1. Operation of a pin-tooth inner rotor.

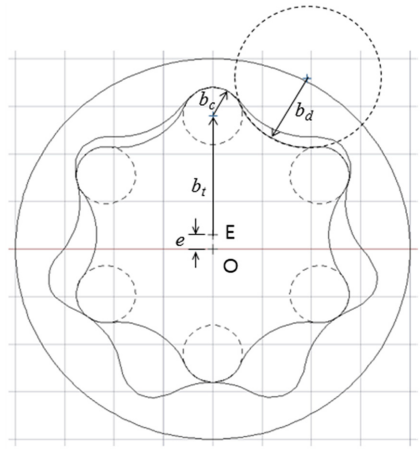

Fig. 2. Gerotor with a pin-tooth inner rotor.

이 식은 핀중심의 궤적 B와 평행한 곡선 식이 되며, 곡선 B를 중심으로 핀을 중첩시켰을 때 바깥쪽에 형성되는 윤곽곡선에 해당한다.

Fig. 2는 내부로터의 잇수 $m = 6$, 편심량 $e = 3$의 제로터를 $b_t = 25$, $b_c = 6$의 치수로 설계한 결과이며, 그림에서 그리드 간격은 10 mm이다. 내부로터의 이뿌리 부분은 두 핀을 접하는 $b_d = 15$의 원호로 설계하였다. 내부로터의 형상은 이끝 부분의 핀치형 원호와 이뿌리 부분 원호로만 구성되어 잇수 6개인 내부로터의 전체 형상은 12개 원호를 조합한 곡선이 된다.

내부로터를 핀치형으로 설계한 제로터를 외부로터가 원호치형인 전통적인 제로터와 비교하였다. Fig. 3은 편심량과 내부로터의 이끝원 크기를 동일하게 하고 기존 방법으로 제로터를 설계한 결과이다.

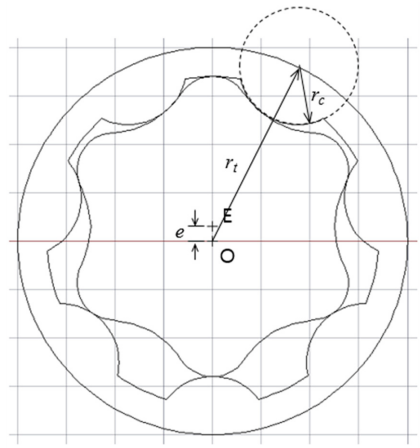

Fig. 3. Conventional gerotor: ($r_t = 40$, $r_c = 12$).

3. 접촉 특성

핀치형 내부로터의 제로터와 기존 제로터에서 내부로터가 π/6 회전하였을 때 제로터의 물림은 Fig. 4 및 Fig. 5와 같다.

Fig. 4의 핀치형 내부로터의 제로터는 내부로터 핀의 원호 부분이 항상 접촉하며, Fig. 5의 기존 제로터에서는 외부로터의 원호 부분이 접촉한다. 핀치형의 내부로터 경우, 내부로터 이뿌리 부분은 전혀 접촉이 발생되지 않으므로 내부로터의 핀 부분이 외부로터에 비해 강성이 떨어진다. 이와 같은 접촉특성은 내부로터와 외부로터의 재료 선정, 가공 및 열처리 등에 유용한 정보로 활용될 수 있다. 가공 측면에서는 기존 제로터의 경우 내부로터의 정밀 가공이 요구되고 핀치형의 내부로터는 외부로터의 형상 정밀도에 중점을 두어야 한다.

4. 제로터 유성기구

제로터의 크기는 편심량과 잇수에 비례한다. Fig. 6과 같이 내부로터와 외부로터의 잇수비 8/9의 대형 제로터에 잇수비 4/5의 소형 제로터를 삽입한 이중 제로터 기구가 Lee에 의해 제안된 바 있다[6].

이중 제로터에서 유성로터에 핀을 사용하면 구조를 더욱 간단하게 만들 수 있다. Fig. 7은 외부로터와 내부로터 사이에 핀을 삽입한 기구로 핀치형으로 외부로터와 내부로터를 설계하여 조합한 것이다. 유성로터는 핀 6개를 원주 상에 등 간격으로 배열한 것이며, 외부로터는 Fig. 2와 동일한 형상이다. 중심부의 내부로터는 핀치형의 유성로터에서 창성된 것이다. 따라서 이중 제로터 유성기구의 잇수는 외부로터 7개, 유성로터 6개, 내부로터 5개로 구성된다.

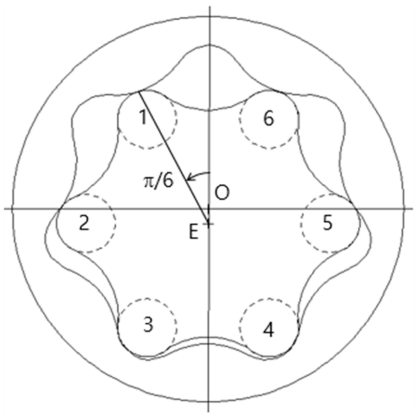

Fig. 4. Meshing of a gerotor with a pin-tooth inner rotor.

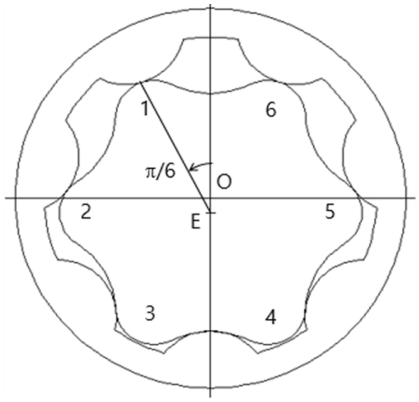

Fig. 5. Meshing of a conventional gerotor.

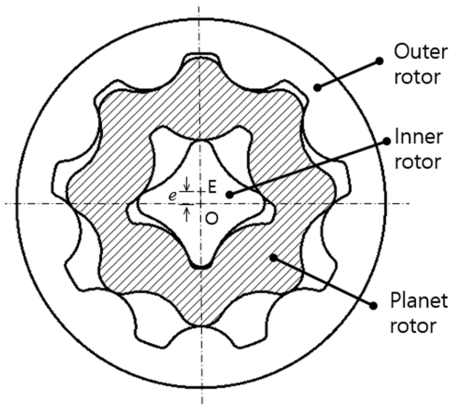

Fig. 6. Double gerotor set.

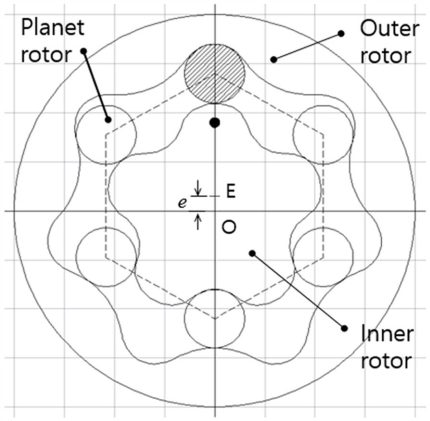

Fig. 7. Pin-type double gerotor set.

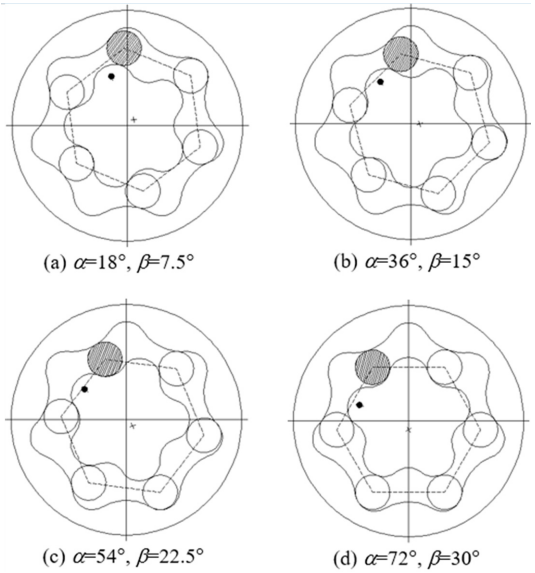

Fig. 8. Operation of a pin-type double gerotor: (α- rotation of inner rotor, β- rotation of planet rotor).

이중 제로터의 작동 특성은 유성 기어장치와 동일하며, 외부로터를 고정하였을 때 내부로터의 회전각 α와 유성로터의 회전각 β의 관계는 다음과 같다[6].

$$\alpha = \frac{m+s+1}{s}\beta \tag{6}$$

여기서 m은 유성로터의 잇수, s는 내부로터의 잇수로 Fig. 7의 모델은 내부로터의 구동에 대해 유성로터는 2.4:1의 감속 회전을 한다.

Fig. 8은 내부로터가 한 잇수 즉, 72° 회전하는 과정에서 이중 제로터의 작동을 나타낸 것으로 컴팩트한 구조로 내부로터의 회전에 대해 유성로터의 회전이 감속되는 것을 알 수 있다.

5. 결 론

제로터의 내부로터에 핀치형을 사용하고 내부로터 운동을 시뮬레이션하여 외부로터의 치형을 창성하는 방법을 제안하였다. 외부로터에 원호 치형을 사용하는 전통적인 설계의 제로터는 외부로터의 원호 부분과 내부로터가 접촉하는데 반하여 핀치형 내부로터의 제로터는 내부로터의 핀 부분만 접촉하고 내부로터의 이뿌리 부분은 물림에 관여하지 않는다. 따라서 기존의 제로터는 외부로터의 가공은 용이하나 외부로터 원호 치형 부분이 상대적으로 강성이 떨어지고 내부로터 형상의 정밀 가공을 요한다. 핀치형 내부로터의 제로터는 내부로터의 가공은 용이하나 내부로터 핀 부분의 강성이 떨어지고 외부로터 형상의 정밀가공을 요한다. 이러한 특성은 내부로터와 외부로터의 재료 선정, 가공 및 열처리 등에 중요한 정보로 활용된다.

핀으로만 구성된 유성로터를 사용하여 이중 제로터 기구를 설계하였으며, 컴팩트한 구조와 적은 잇수로 충분한 감속이 이루어짐을 보였다.

References

[1] Colbourne, J. R., “The Geometry of Trochoid Envelopes and Their Application in Rotary Pumps”, *Mechanism and Machine Theory*, Vol.9, No.1-2, pp.421-435, 1974.

[2] Tsay C. B. and Yu, C. Y., “Mathematical Model for the Profile of Gerotor Pumps”, *J. CSME*, Vol.10, No.1, pp.41-47, 1989.

[3] Lee, S. C. and Lee, S. N., “Design and Analysis of Gerotor for Hydraulic Motors”, *J. Korean Soc. Tribol. Lubr. Eng.*, Vol. 11, No. 2, pp. 63-70, 1995, https://doi.org/10.9725/kstle.1995. 11.2.063

[4] Lee, S. C., “Profile Design of the Inner Rotor of a Gerotor by the Composite Curve of Circular Arcs”, *J. Korean Soc. Tribol. Lubr. Eng.*, Vol. 22, No.2, pp.79-86, 2006, https://doi.org/10. 9725/kstle.2006. 22.2.079

[5] Kwak, H. S., Li S. H. and Kim, C., “Optimal Design of Gerotor with Combined Lobe Profiles”, *Trans. KSME A*, Vol.39, No.12, pp.1237-1244, 2015.

[6] Lee, S. C., “Design and Feasibility Study of Double Gerotor”, *Tribol. Lubr.*, Vol.35, No.4, pp. 215-221, 2019, https://doi.org/10.9725/kts. 2019.35.4.215