

# Gerotor 치형 설계를 위한 자동 프로파일 생성 시스템 개발

## Automatic Profile Generation System Development for a Gerotor Tooth Design

장주섭 · 윤영환

J. S. Jang and Y. H. Yoon

### 1. 서 론

일반적으로 사용되고 있는 정용량형 내접기어 펌프는 기어의 치형과 합성하여 만들어진 스피어 기어나 원형 곡선을 변형하여 사용하고 있다. 임의의 곡선으로 만들어진 몇 개의 로브를 갖는 지로터(gerotor)펌프는 내부로터와 외부로터로 구성되어 있으며, 구조가 간단하고 소결제품의 생산기술 발달로 가공 정밀도가 높아지고 있어 형상이 복잡하더라도 가공이 용이하고 부품수가 적어 조립이 쉽고, 내부로터와 외부로터사이에 상대운동이 적으므로 장기간 사용하여도 체적효율의 변화가 적고, 흡입 성능이 우수하여 피스톤 펌프에 전단부에 결합된 2연 펌프(tandem pump)의 흡입 펌프로 널리 사용되고 있다. 특히 다른 기어펌프에 비하여 소음이 적어 엔진 율활을 위한 율활유 공급원이나 자동변속기에서 유압을 발생시키는 것으로 널리 사용되고 있다. 또한 전체 체적에 비하여 외접기어나 베인 펌프보다 1회전당 토출 유량이 많은 장점을 가지고 있어서 현재 생산되고 있는 승용차에는 지로터 치형을 이용한 펌프가 대부분 적용되어 사용되고 있는 실정이다.

이런 이유로 지로터 치형 설계와 관련된 연구가 최근에도 지속적으로 수행되고 있거나 연구가 진행되고 있다. 그러나 지금까지의 많은 연구는 이론적으로 표현되는 치형 연구에 치중하였고, 설계된 치형의 특징을 확인하는데 다양한 프로그램을 이용하여야 하는 등 설계 현장에서 사용하는데 현실성이 결여되어 있어 설계시 많은 문제점을 내포하고 있다. 본 자료에서는 치형 설계를 위한 이론적인 해석 내용을 나타내었고, 이런 결과를 이용하여 수치해석 등 공학적인 해석에 많이 활용되고 있는 Matlab GUI를 활용하여 율활용 펌프와 구동용 모터에 널리 활용되고 있는 지로터 치형을 편리하게 할 수 있는 자동 치형 프로파일 생성 시스템을 개발하여 상업용으로 시판하고 있으며 설계 개선을 위하여 지속

적으로 노력하고 있다.

### 2. Gerotor Pump의 장점

#### 2.1 경제성

- 단순성: 내부와 외부로터로 구성
- 무게감소와 구동력의 감소
- 주철 등 다양한 재료를 사용하여 가공할 수 있고 특히 분말 재료에 다양한 첨가로 요구에 적합한 제품을 제조

#### 2.2 응용성

- 장착: 내부 로터에 장착된 축에 의해 외부 로터가 구동
- 전문성: 저자는 응용 요구조건에 적합한 로터의 치형을 설계할 수 있다. 즉 보어 직경, 치수 와 공차 등을 조건에 만족시킬 수 있다.

#### 2.3 성능

- 긴수명: 내부로터와 외부로터 사이의 상대속도가 매우 낮다. 예를 들면, 8 lobe 로터가 1800 rpm으로 회전할 때 내부와 외부로터 사이의 상대속도는 단지 200 rpm으로 마멸을 최소화하고 수명이 길다.
- 압축능력: gerotor는 진공 생성에서부터 320 bar 정도의 범위까지 응용되어 사용된다.
- 효율: Self-priming과 체적효율이 저압에서는 종종 95%를 초과한다.
- 고속능력: 입구 포트가 크고, 소형의 gerotor인 경우는 15,000 rpm 이상에서도 작동한다.
- 균형성: 각 부품 요소는 자체의 중심선을 중심으로 회전하기 때문에 고유의 기계적인 불균형이 없다.
- 저소음: pumping pocket의 점진적인 변화로 압력 ripple이 작고 일정한 유동과 정숙한 작동이 된다.

2.4 gerotor 펌프와 다른 rotary 펌프와 비교

2.4.1 gerotor와 spur gear 펌프와 비교

- 1개의 축과 2개의 베어링을 감소시킬 수 있고 체적변화가 완만하므로 소음이 적다.

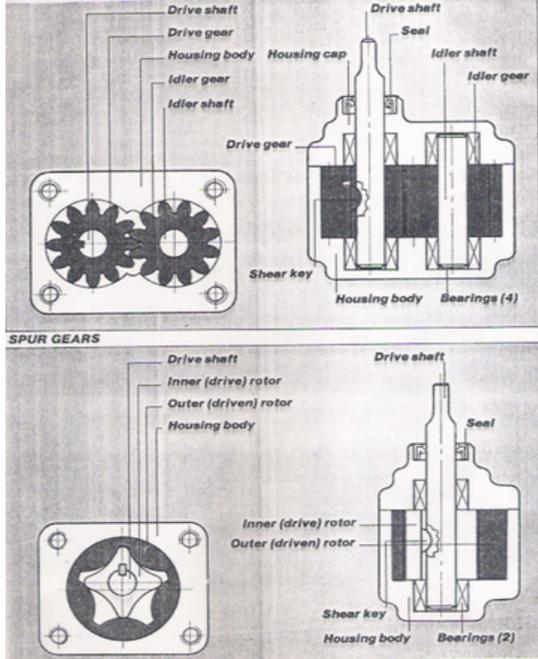


그림 1 gerotor 펌프와 spur gear 펌프와 비교

2.4.2 gerotor와 crescent gear 펌프와 비교

- self sealing 기능에 의하여 부품수가 감소하고 체적의 크기가 작다.
- housing 가공비용이 저렴하고 무게도 가볍다.
- 로터 사이에 접촉 면적이 적고 외부로터의 직경이 작아 적은 동력을 필요로 한다.

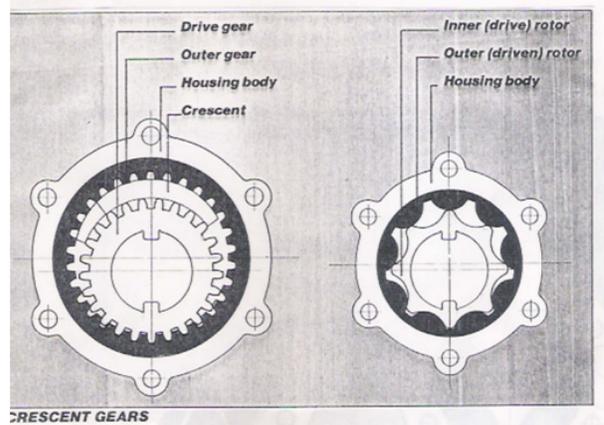


그림 2 gerotor 펌프와 spur gear 펌프와 비교

2.4.3 gerotor와 vane 펌프와 비교

- 단순한 구조로 가격이 저렴하다.
- 고속에서 흡입 및 토출 성능이 우수하고 고속으로 작동시킬 수 있다.

표 1 gerotor 와 다른 rotary 펌프의 성능 비교

항목	type	Gerotor	내접기어	Vane
경제성	Rotor	• 내부와 오비로터로 구성	• 내 치차와 외 치차 및 crescent로 구성	• rotor와 vane으로 구성
		• 소결제작 및 평면연마	• 내·외 치차 소결 제작 후 원통연마 crescent seal의 가공	• rotor의 slotted hole의 연마 가공 vane의 수입 및 연마가공
	Housing	• crescent가 없는 원형으로 가공이 별로 없음	• crescent 부위 가공이 복잡하여 불량률이 많음	• cam ring의 복잡한 형상으로 CNC 또는 NC 선반으로도 상당한 작업량
	조립성	• one step으로 조립	• 2 step으로 조립	• vane 삽입 및 축과 구성 맞춤
성능	흡입 및 토출	• 입구와 출구 포트의 크기가 매우 커서 양호	• 흡입 및 토출부의 크기 제한으로 토출량에도 한계가 있고 back pressure가 큼	• multi-port로 side force계거 및 흡입과 토출 양호
	Wear	• 내부와 외부의 상대운동이 적으므로 장기간 사용해도 효율이 일정	• 내·외 치차와 crescent 사이에 계속적인 미끄럼으로 마멸 발생 및 누설로 효율 감소	• vane의 큰 원심력 및 rotor의 미끄럼으로 vane 마멸 심함 • 장기간 사용시 효율저하
	Priming성능	• 내접 기어식 보다는 priming능력 우수	• 틈새가 매우 큼 priming 능력 약함	• 틈새가 매우 적어 priming 능력은 우수하나 cavitation 가능성 있음
	Noise	• 일반적으로 내접기어나 vane 타입보다는 소음 수준 낮음(port 형상이 관건이 됨)	• 소음이 크다	• noise 발생
	1회전당 토출	• 최대 설계시 내접기어나 vane 보다 많음	• 토출량이 제일 적다.	• cam ring과 rotor간에 vane 높이가 제한으로 적은 편

- 저속영역에서 sealing 성능이 우수하므로 높은 용적효율과 기동성능이 우수하다.
- gerotor의 치형 구조는 vane tip 구조보다 우수한 마멸 성능과 수명을 갖는다.

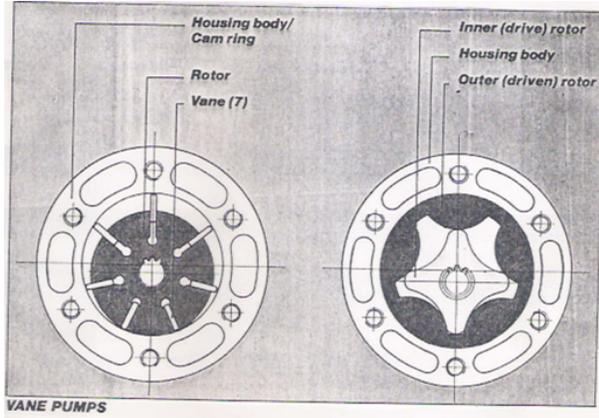


그림 3 gerotor 펌프와 vane 펌프와 비교

### 3. 자동차 및 산업기계 등에 적용사례 및 적용 가능성

- diesel engine 윤활 pump
- diesel engine fuel 전달 pump
- safety brake fluid power pump
- transmission retarder oil coolant pumping
- 자동차용 Engine 윤활 pump
- gasoline fuel pump
- power steering pump
- tandem axle 윤활 pump
- 냉동기의 압축기 윤활 pump
- 유체 transmission charge pump
- gasoline pumping
- boat trim tab power pump
- stern drive 윤활 pump
- 항공기 윤활 및 배기 pump
- 항공기 제빙 pump
- motor cycle engine 윤활 pump
- door opener pump
- 고속 유압 pump
- roller 전동식 아스팔트 기계 등에 사용되고 있다.

### 4. 이론 해석과 모델링 방법

#### 4.1 로터 치형 설계를 위한 해석

윤활용 펌프에 많이 사용되고 있는 지로터 형상

의 펌프로 조립된 형상에 대한 개략도를 그림 4에 나타내었다. 내부로터를 구동시키게 되면 외부로터가 미끄럼 접촉하면서 회전하게 되어 두 치형 사이에서 발생된 공간의 변화로 인하여 흡입과 토출이 발생하는 것으로 두 치형은 항상 접촉한 상태로 회전하게 된다.

내부로터는 그림 5에 나타낸 것과 같이 트로코이드 곡선을 이용하여 설계하게 되고, 이 로터를 기준으로 하였을 때 외부로터의 치형은 그림 6에 나타낸 것과 같이 일반적으로 많이 사용하고 있는 원형형상과 타원(elliptical)형상, 정현(sinusoidal)형상으로 설계하지만 대부분은 설계의 편리성과 가공의 편리성으로 인하여 반경이 일정한 원호형상을 사용하고 있다. 외부로터는 내부 로터보다 로브(lobes)의 수가 1개 더 많고 일정한 편심거리  $e$ 를 가지고 하우스의 중심축을 기준으로 회전하게 되는데, 펌프로 사용되는 경우는 내부로터의 구동력으로, 모터로 사용되는 경우도 대부분은 내로터와 축을 연결하여 동력을 이용할 수 있도록 회전하게 된다.

내부로터를 회전시키면 외부로터의 접촉점이 이동하면서 편심거리에 따라 두 로터사이에는 공간이 점점 크게 발생함으로서 이 공간사이 작동유나 윤활유가 흡인력에 의하여 흡입되고, 시작점을 기준으로  $180^\circ$  이후부터는 공간이 점점 작아지면서 토출축으로 토출 시키게 된다. 두 로터가 상대적으로 미끄러지면서 동시에 회전하기 때문에 체적변화가 적어 유량 맥동이 적어 정속한 작동이 된다.

그림 1에 나타낸 것을 기준으로, 내부로터의 로브수를  $N$ 개라고 하면 외부 로터는  $N+1$ 개가 되고, 내부로터의 생성은 그림 2에 나타낸 것을 기준으로 설명하게 되면 다음과 같다, 기초원의 반경( $R_h$ ) 위를 롤링원( $R_r$ )이 굴러가면서 만들어진 반경을 궤적원의 반경( $R_c$ )이라고 할 때 로브의 수는 다음의 식으로 구해진다.

$$N = \frac{R_h}{R_r} \tag{1}$$

이때 기초원의 회전 각도를  $\theta$ , 롤링원의 회전 각도를  $\phi$ 라고 했을 때 다음과 같은 관계식이 성립하게 된다.

$$R_h \times \theta = R_r \times \phi \tag{2}$$

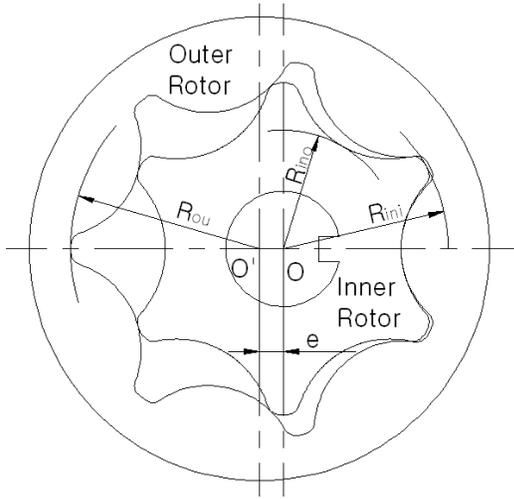


그림 4 조립된 gerotor 치형의 도식도

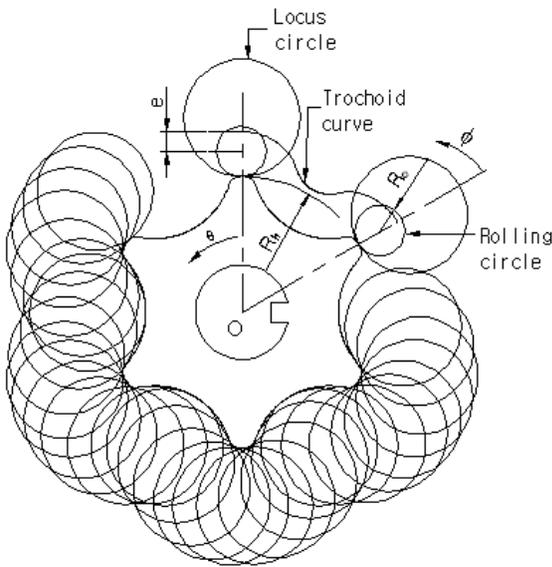


그림 5 이론 해석으로 내부로터의 치형생성

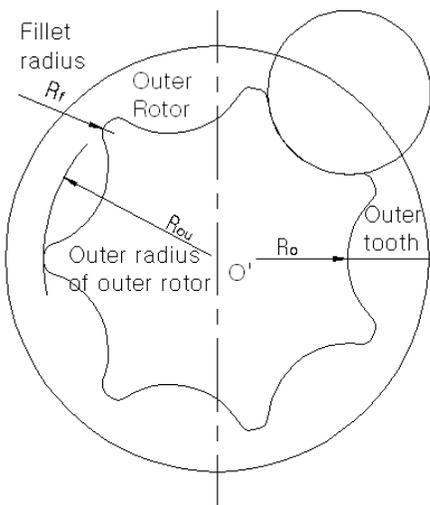


그림 6 외부 로터의 치형 생성

수학적으로 표현할 수 있는 트로코이드 곡선의 궤적 방정식(x,y)은 다음 식과 같다.

$$x = R_r(N+1)\cos\theta - e\cos(N+1)\theta \quad (3)$$

$$y = R_r(N+1)\sin\theta - e\sin(N+1)\theta \quad (4)$$

식(3)과 식(4)는 트로코이드 곡선을 이용하여 그림 2에 나타난 궤적원의 반경에 의해 만들어진 지로터 치형의 곡선을 (x,y)로 나타내면 다음과 같은 원의 방정식으로 나타낼 수 있다.

$$(X-x)^2 + (Y-y)^2 = (R_r)^2 \quad (5)$$

위의 식을 각  $\theta$ 로 양변을 미분하면

$$(X-x)\frac{\partial x}{\partial\theta} + (Y-y)\frac{\partial y}{\partial\theta} = 0 \quad (6)$$

로 되고 이것을 정리하면

$$(Y-y) = -K(X-x) \quad (7)$$

로 나타낼 수 있다. 이때 K는 다음과 같다.

$$K = \frac{-R_r\sin\theta + e\sin(N+1)\theta}{R_r\cos\theta - e\cos(N+1)\theta} \quad (8)$$

위에 나타난 식(5)와 식(7)에서 다음의 식을 얻어 낼 수 있다.

$$X = x + \frac{R_c}{\sqrt{1+K^2}}$$

$$Y = y - \frac{R_cK}{\sqrt{1+K^2}} \quad (9)$$

$$X = x - \frac{R_c}{\sqrt{1+K^2}}$$

$$Y = y + \frac{R_cK}{\sqrt{1+K^2}} \quad (10)$$

위의 식(9)와 식(10)중에서 작은  $X^2 + Y^2$  값을 점 (x,y)의 지로터 곡선 설계에 이용하면 된다.

외부로터는 일반적으로 많이 사용하는 원형형상으로 설계하기 위해서는 기초원의 반경( $R_b$ )과 롤링원의 반경( $R_r$ )의 일직선상에 놓여있는 궤적원의 반경( $R_c$ )으로  $O'$ 를 중심으로  $N+1$ 개를 작도하고, 외부로터의 반경( $R_{ou}$ )과 원의 반경( $R_o$ )이 교차하는 부분에서 해석을 통하여 검증된 필릿 반경( $R_f$ )을 작도하면 모서리가 매끈한 외부로터 설계가 된다.

#### 4.2 작동이 원활한 틈새를 고려한 치형

앞장에서 해석한 이론적인 계산식으로 나타낸 치형 사이의 간극은 접촉하는 것으로 계산되기 때문에 거의 0에 가깝게 되어 있어 회전이 불가능하게 된다. 이런 이유로 틈새(clearance)가 존재하여야 회전할 수 있으므로 두 치형 사이에 간극 조정은 필요하게 된다. 이것은 그림 7와 그림 8에서 내부로터의 반경을 작게 하거나 외부 로터의 반경을 크게 하거나 하여 두 로터가 원활하게 미끄러지면서 작동할 수 있는 틈새의 고려가 필요하다.

이것을 고려하기 위한 관계식을 편심량  $e$ 에 대한 식으로 나타내면

$$e = \frac{R_{ino} - R_{imi}}{2} \quad (11)$$

이 되고 궤적원의 반경( $R_c$ )을 계산하는 것이 가능하기 때문에 내부로터의 반경( $R_{imi}$ )은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_{imi} = N \times R_r + R_r - e - R_c \quad (12)$$

이 식을 다시 궤적원의 반경( $R_c$ )에 대하여 정리하면 다음과 같다.

$$R_c = (N+1)R_r - e - R_{imi} \quad (13)$$

여기에 나타낸 설계변수인 톨링원의 반경( $R_r$ )과 궤적원의 반경( $R_c$ )이 결정되면 나머지도 쉽게 결정되기 때문에 입력 데이터의 구간마다 곡률반경을 구하여 어느 값 이상 되는 적당한 값을 설정하여 설계에 반영하고, 그림 6에 나타난 외부로터의 경우는 외부로터의 반경( $R_{ou}$ )을 크게 하거나 원의 반경( $R_o$ )을 작게 함으로서 적당한 틈새를 얻을 수 있다.

#### 4.3 두 치형 사이의 최소거리와 토출 유량 계산

앞서 이론적인 계산식에서 외부로터와 내부로터의 접촉점에 대한 해석을 실시하였다. 이때 나타낸 식을 활용하면 된다. 즉 직각좌표에서 외부로터의 좌표를  $x'$ ,  $y'$ , 내부로터의 좌표를  $x$ ,  $y$ 라고 하면 수치계산에 의해 최소 거리의 위치에서 다음의 식으로 각각 구할 수 있다.

$$R_1 = \sqrt{x'^2 + y'^2} \quad (14)$$

$$R_2 = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (15)$$

식(14)와 식(15)에서 최소 거리는

$$D_{\min} = R_1 - R_2 \quad (16)$$

로 계산된다.

토출 유량은  $N+1$ 개의 로브를 갖는 외부로터와  $N$ 개의 로브를 가지는 내부로터가 서로 접촉하여 동일한 방향으로 회전할 때 두 치형 사이의 폐곡면에 해당하는 면적에 축 방향의 길이, 즉 로터의 두께를 곱한 값에 해당하는 체적으로, 이것은 수치적인 적분 방법에 의해 구할 수 있다. 이것을 간단하게 표현하기 위해 외부로터 폐곡선이 만드는 면적을  $A_{outer}$ 라고 하고, 내부로터의 폐곡선이 만드는 면적을  $A_{inner}$ 이라하면 토출량  $Q$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Q = t(A_{outer} - A_{inner}) \quad (17)$$

여기서  $t$ 는 로터의 두께이다.

### 5. 지로터 치형 프로파일 자동 생성시스템 개발

#### 5.1 설계시스템의 구성

지로터 치형을 이용하여 제작하는 펌프 및 모터의 개발기간 단축 및 최적의 형상을 갖는 로터 치형에 대하여 화면을 통하여 눈으로 직접 확인하고, 펌프의 작동상태를 동영상으로 구동시켜서 점검할 수 있는 시스템이 요구되고 있고, 또한 펌프나 모터 시스템이 요구하는 치형 설계의 품질을 향상시키기 위해서는 주위에서 일반적으로 많이 사용되고 있는 컴퓨터와 상용 소프트웨어를 이용한 설계와 제작 기술이 더 한층 요구되고 있다. 이에 부응하여 본 연구는 앞장에서 논의된 이론적인 근거를 기준으로 그림 4에 지로터 치형 설계를 위한 입력변수와 계산결과에 따라 화면에 나타낸 치형의 형상을 직접 확인하고 수정할 수 있는 설계 시스템을 구축하였다. 또한 치형 설계를 위해 입력하는 설계 변수는 그림 5에 나타난 Matlab GUI를 이용한 치형 설계 디스플레이 모니터에서 확인할 수 있다. 이때 지로터 치형 설계를 위한 입력 변수는 톨링원의 반경( $R_r$ )과 내부 로터의 로브 수( $N$ ), 내부로터의 기초원 반경( $R_{imi}$ ), 내부로터의 산 치형 반경( $R_{ino}$ ), 외부로터의 골 치형 반경( $R_{ou}$ )과 외부로터의 필릿 반경( $R_f$ )을 입력하면 되고, 별도로 1회전당의 토출 유량을 직접 계산하기 위해 로터의 두께 $t$ 를 입력하면 된다. 그리고 도면을 그릴 때 필요한 출력 값은 기초원의 반경( $R_h$ )과 궤적원의 반경( $R_c$ ), 두 치형 중심사이의

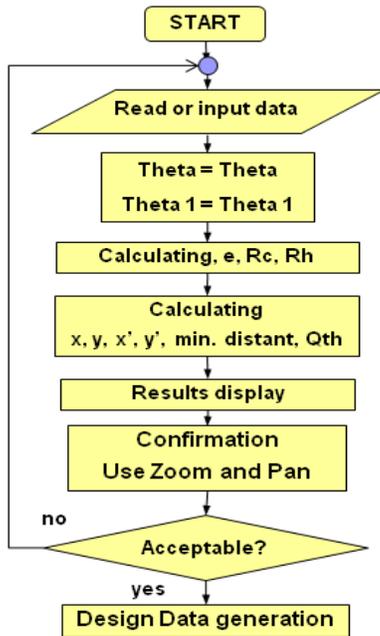


그림 7 gerotor 치형 설계를 위한 flow chart

거리인 편심거리( $e$ ), 토출 유량( $Q$ )과 치형의 형상을 화면에 나타내어 눈으로 즉시 확인할 수 있다. 이때 화면에 나타난 치형의 형상이 사용하기에 일차적이지 않거나 그림 9에 나타난 것과 같이 입력변수가 적절하지 않았을 때 팬(pan)과 줌(zoom)기능을 활용하여 내부로터의 치형 설계가 부정확하게 된 것이 확인되면 다시 설계 치형에 적당한 입력 변수를 수정하여 입력함으로서 설계의 자유도를 높일 수 있도록 구성하였다. 또한 그림 10에 나타난 것과 같이 치형을 일체로 나타낸 솔리드 형상과 그림 11에 나타난 것과 같은 치형의 윤곽(contour)만을 나타내는 형태로 표현이 가능하다.

그리고 설계된 내부로터와 외부 로터 사이의 최소 거리를 확인하기 위하여 그림 8에서와 같이 확대와 축소 기능을 활용하면 설계에서 발생하는 치형 사이의 접촉점과 간섭 상태를 확인 할 수 있다.

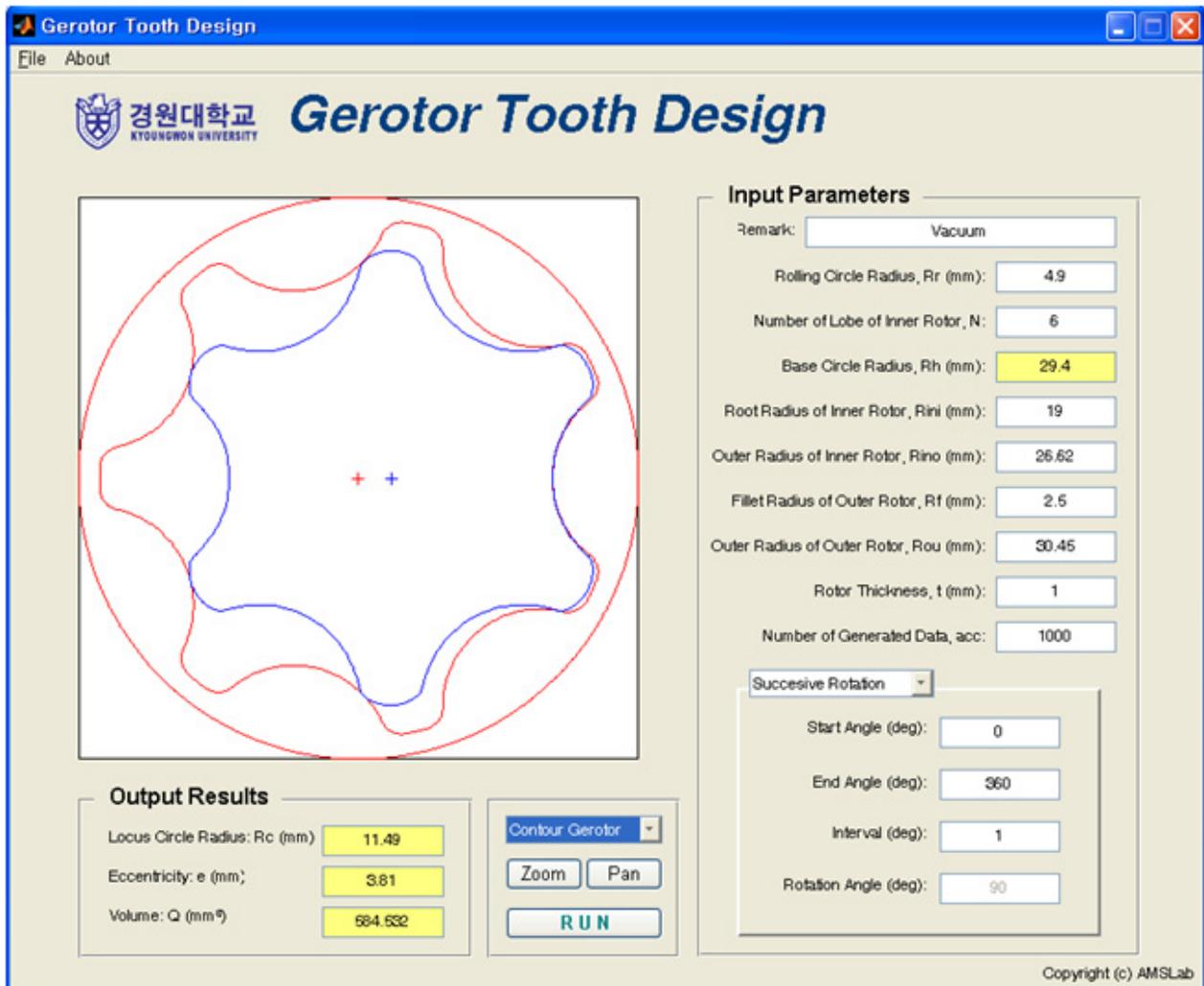


그림 8 gerotor 치형 설계를 위한 입력변수와 출력 결과를 나타내는 화면

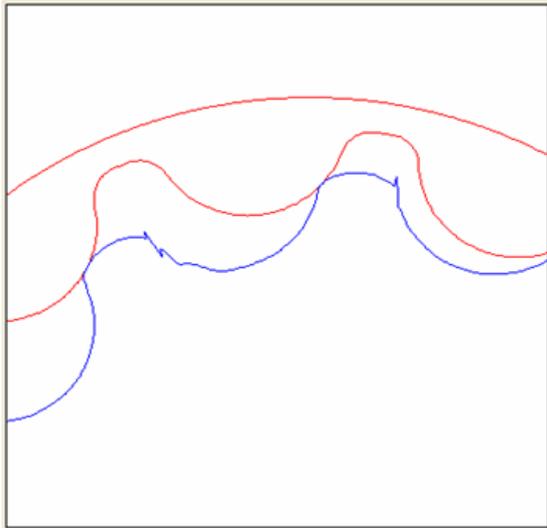


그림 9 잘못 설계된 gerotor 치형

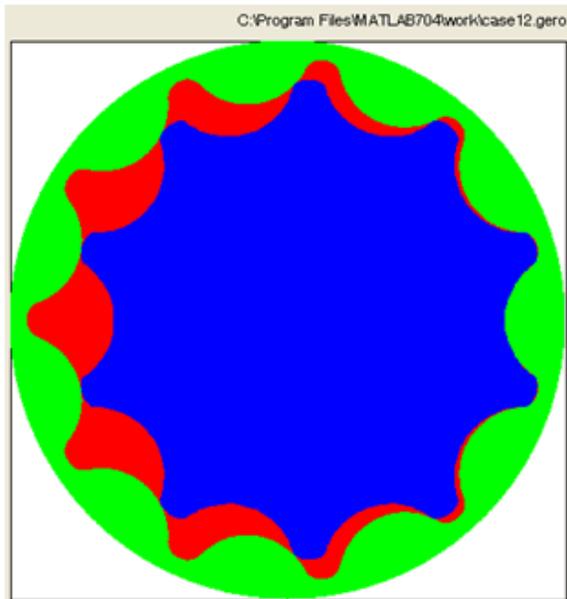


그림 10 gerotor 치형을 고체로 나타냄(10 lobes)

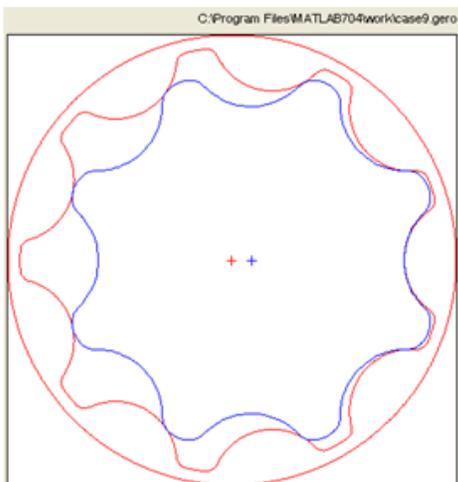
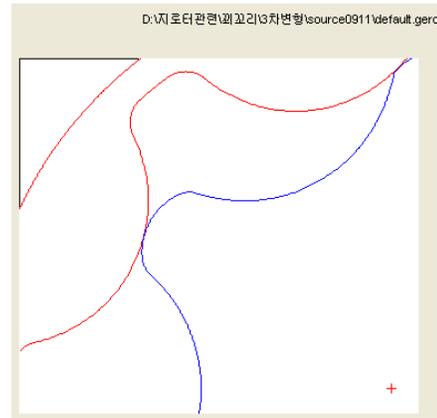
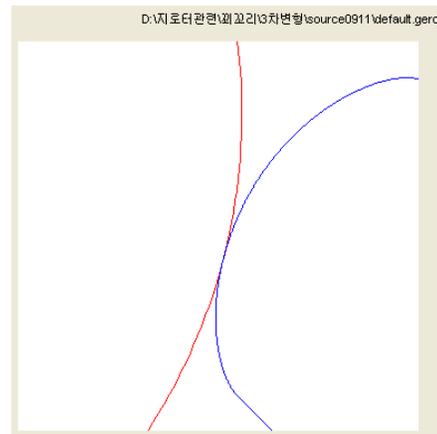


그림 11 gerotor 치형을 궤적으로 나타냄(8 lobes)



(a) zoom in



(b) zoom in

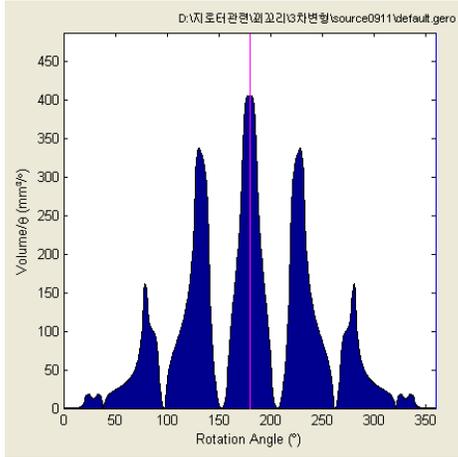
그림 12 줌인과 줌 아웃 기능을 표현

### 5.2 토출 유량 및 맥동해석

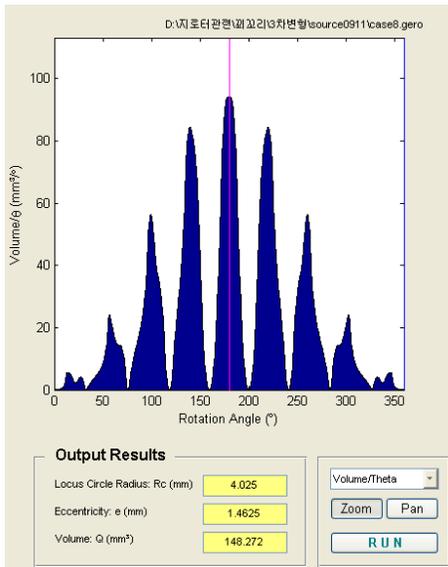
단위 두께당 토출 유량과 유량 맥동의 크기를 그림 13에 나타내었다. 내부로터의 로브수가 짝수인 경우 로터가 회전하게 되면 흡입 포트에서 흡입량은 0°에서부터 서서히 증가하다가 180°에서 최대가 된 후 체적이 서서히 감소하면서 토출측으로 유체를 이송시키게 된다. 이때 로브의 개수가 많은 경우에는 치형 사이의 공간 변화량이 작아서 유량 맥동의 크기가 작게 나타나는 것을 알 수 있다. 따라서 구동토크와 유량 맥동 등 시스템의 특성에 적절한 로브개수를 설정하여야 하고 다양한 치형을 자유롭게 설계를 할 수 있는 설계 시스템이 필요하게 된다.

### 5.3 도면 작성 및 시작품 제작의 예

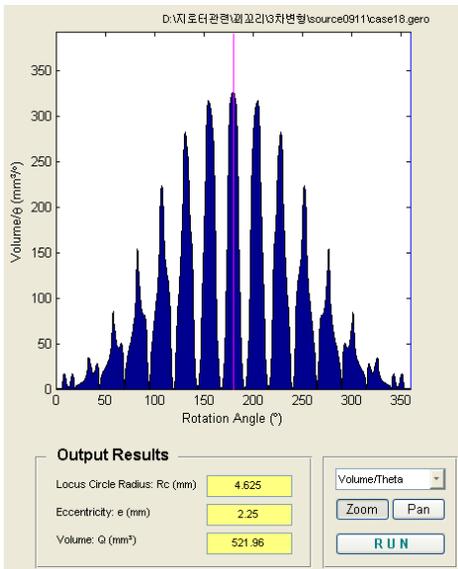
공학용 해석에 널리 이용하고 있는 Matlab GUI를 활용하여 현실성이 있는 내부로터 및 외부로터의 형상을 동시에 설계하고 각각의 변수에 대하여 해석을 실시하고 그 결과를 최종적으로 그림 14에 나



(a) 6 lobes



(b) 8 lobes



(c) 14 lobes

그림 13 gerotor pump의 유량과 유량 맥동해석 결과

타낸 것과 같은 도면을 완성시켜 시험용 샘플을 제작한다. 시험용 샘플은 일반적으로 방전 와이어커팅 장치(EDM)를 이용하여 가공하며, 내부로터를 제작하기 위해서는 최소한 1개 로브 치형에 대한 x, y좌표만 있으면 된다. 이런 방법으로 제작된 샘플의 사진을 그림 15에 나타내었다. 그러나 자동차의 부품으로 사용하는 경우에는 수량이 많고 치형 형상이 복잡하기 때문에 앞서 설명한 방법으로는 가공할 수가 없고, 금형을 제작하여 소결 재료를 이용한 프레스 가공이 일반적이다. 이때 사용되는 재료도 매우 다양하여 시스템에 적절한 사양을 결정하는 것도 매우 중요하리라 판단된다.

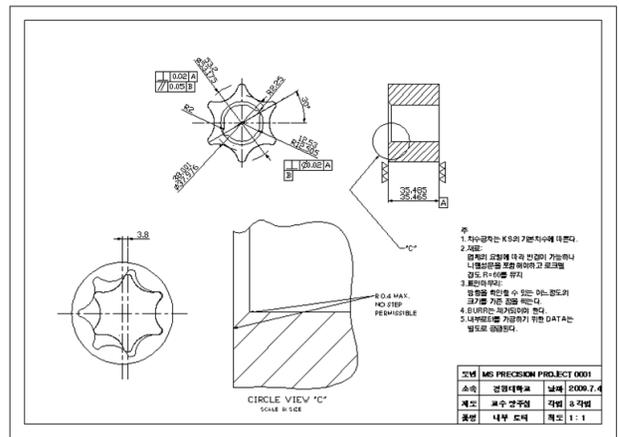


그림 14 내부로터의 도면 작성 예



그림 15 방전가공에 의해 가공된 샘플들

## 6. 결 론

본 자료에서는 유압펌프 및 모터로 자동차나 산업기계 등 많은 부분에서 사용되고 있는 지로터의 특징과 각 산업에 응용되고 있는 분야를 확인하여 보았다. 이와 동시에 내부로터 와 외부로터를 동시

에 설계하는 이론 방정식을 정립하였고, 이렇게 정립된 방정식으로 Matlab GUI를 활용하여 치형 설계를 쉽게 할 수 있는 도구를 개발하게 되었다. 이렇게 개발된 도구는 치형 설계뿐만 아니라 토출 유량과 유량 맥동의 크기, 두 치형 사이의 최소 간극 계산과 팬과 확대 및 축소 기능을 활용하여 치형 사이의 간섭이나 접촉점을 바로 설계 도구 화면에서 확인할 수 있도록 하였다.

본 메트랩 GUI를 활용한 지로터 치형 형상 설계 도구시스템의 특징은 다음과 같다.

1. 외부로터와 내부로터를 동시에 설계할 수 있는 입력 변수를 정립함으로써 설계 및 해석 시간을 단축시킬 수 있고, 최적의 치형 형상을 찾아낼 수 있다.
2. 두 치형 로터 사이의 간극을 조정하여 가공을 위한 치형 곡선 수정방법에 방안을 제시하였다.
3. 설계 변수에 치형과 설계와 동시에 토출 유량, 유량 맥동을 동시에 계산하여 그 크기를 눈으로 직접 확인할 수 있다.
4. 개발된 지로터 치형 설계 도구는 업체의 설계 요구 조건에 적절하게 대응 할 수 있고, 기존에 설계한 자료 DB를 구축하는 것이 쉽기 때문에 다양한 사양을 제시할 수 있을 것이다.

이 시스템을 이용하여 개발된 설계 자료는 물리적인 의미가 명확하기 때문에 설계시간의 단축 및 요구 조건에 맞는 치형을 설계하는데 유용하게 사용될 수 있다. 또한 현재까지 개발된 설계 도구는 상업용으로 판매가 되고 있으며 최적화를 위한 연구는 향후에도 꾸준히 진행하여야 할 필요가 있다.

### 참고 문헌

- 1) J. S. Jang, J. W. Lee, D. C. Han, M. R. Cho, "A Study on the Tooth Design Program Development of Gerotor Pump/Motor", Journal of KSTLE, Vol. 12, No. 3, pp. 100~106. 1996.
- 2) Y. Saegusa, K. Urasshima, M. Sugimoto, M. Onoda, and T. Koiso, "Development of Oil-Pump Rotors with a Trochoidal Tooth Shape," SAE Paper 840454, 1984.
- 3) J. H. Kim, C. Kim, C. H. Kim, "Optimum Design on the lobe shapes of Gerotor Oil Pump", J. Of the KSPE, Vol. 23, No. 4, pp. 124~131. 2006.
- 4) S. M. Kwon, H. C. Nam, L. Lu, J. H. Shin "A Study on Optimal Wear Design for a Gerotor Pump", J. of the KSME-A, Vol. 33, No. 1, pp. 82~88. 2009.
- 5) J. S. Jang, "Modify Method of Trochoid Tooth Profile", Korea have Patented, No. 108753, 1996.
- 6) J. S. Jang, "Design Tool Decvelopments of the Gerotor tooth using Matlab GUI", Proceeding of the KFPS 2010 Spring Conference, pp. 25-32. 2010.
- 7) "Gerotor tooth design software manual", J&F Solution, 2012

### [저자 소개]

#### 장주섭

E-mail: jjs1@gachon.ac.kr

Tel : 031-750-5652

1960년 5월 15일생

1987년 경희대학교 기계공학과 학사, 1989년 동대학원 석사, 2000년 동대학원 박사 졸업, 2004. 2~2005. 2 독일 아헨대학교 IFAS Post. Doc. 1988. 11~1996.



2 만도기계(주) 선임연구원, 1996. 3~현재 가천대학교 기계·자동차공학과 교수, 관심분야는 자동차와 중장비의 유공압 제어시스템, 계측제어분야, 한국자동차공학회 편집이사, 평의원, 다수의 기계관련 학회의 회원, 우리학회 총무이사

### [저자 소개]

#### 윤영환

E-mail : jnfsolution@gmail.com

Tel : 02-6207-9939

1966년 7월 17일생

1989년 부산대학교 기계공학과 학사, 1991년 동대학원 석사, 2002년 경희대학교 기계공학과 박사, 1990~1999년 만도



기계(주) 선임연구원, 1999~2010 신호시스템 상무이사, 2010~현재 제이엔에프솔루션 대표이사, 관심분야는 유공압 부품 및 시스템 설계/해석, Multi-Domain Simulation S/W를 이용한 동역학 해석, MIL/SIL/HIL/EIL Solutions 제공, 우리학회 총무이사