

# 스크류 로터를 가공하기 위한 커터의 치형설계와 가공에 관한 연구

## (Design of Cutter Profile for Screw Rotor)

홍 형 식 \*

Hyoung sik Hong

대한상공회의소 인천직업훈련원

### Abstract

Recently, a symmetric and non-symmetric profile of screw rotor has been designed in the interior. However the processing method of screw rotor and the cutter design for screw rotor were not studied. Therefore we could not make the shape of the screw rotor designed by profile function with computer.

In this study, we have made cutter profile design program, and manufactured cutters for screw rotors using H.S.S. We have machined screw rotors of symmetric 4X6 profile, non-symmetric 4X6 profile with almighty milling machine.

### 1. 서론

스크류 압축기는 밀폐용기 내에 압·수로터가 서로 반대방향으로 맞물려 회전하면서 로터홀과 케이싱 사이에 생기는 공간의 용적이 로터의 회전에 의해서 가스를 연속적으로 흡입·압축·토출하는 진동이 적고 소형이면서 고효율을 유지하기 용이한 압축기이다. 또한 농·수·축산물의 냉동장치, 히트 펌프, 열화수소 헬륨 LNG 등의 가스 압축장치, 약품의 수송, 건축 토목의 유압장치등 여러분야에 사용범위가 넓어지고 있다.

최근 국내에서는 스크류 로터의 기하학적인 특성값인 실라인(seal line)의 길이, 블러우홀(blow hole)의 면적, 용적곡선(volume curve)을 연구 비교함으로써 스크류 압축기의 성능에 중요한 영향을 미치는 스크류 로터 치형을 치형함수의 기하학적인 성질 및 제한사항을 고려하여 대칭형 치형과 비대칭 치형을 설계한 바 있다.

그러나 스크류 로터의 치형은 설계되었으나 스크류 로터의 가공방법 및 로터 가공을 위한 커터설계에 관한 자료를 거의 접할 수 없어서 설계된 스크류 로터 치형을 가공하기가 어려운 실정이다.

본 연구에서는 설계된 스크류 로터의 축직각 단면 좌표값을 이용하여 스크류 로터를 가공할 수 있는 커터의 치형설계 프로그램을 완성하였고 이를 이용하여 대칭형 4X6치형, 5X6치형, 비대칭형 4X6치형, 5X6치형의 스크류 로터의 커터를 설계하였다. 그리고 설계된 커터를 H.S.S를 소재로 하여 와이어(wire)방전 가공기로 제작한 후, 아크릴을 소재로 하여 만능 밀링머머신으로 대칭형 4X6치형과 비대칭형 4X6치형의 스크류 로터를 가공하여 확인하였다.

### 2. 스크류 로터의 치형

#### 2-1 스크류 로터 치형의 수학적 성질

스크류 로터의 치형은 스크류 압축기의 성능에 중요한 영향을 미치는 요소이다. 스크류 로터의 치형 위의 임의의 함수를 결정하여 로터가 회전하는 경우의 포락선을 계산해야 하므로 포락선의 계산방법 및 스크류 로터 치형의 수학적 성질을 유도하자.

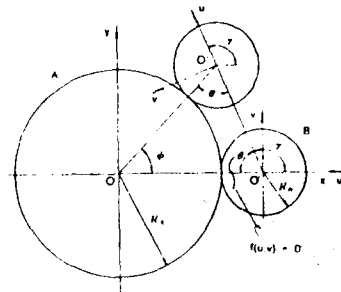


Fig.1 스크류 로터의 좌표계

Fig.1에서와 같이 두개의 로터가 있을때 하나는 로터 A, 다른 로터를 로터 b라 하자. 로터 b위에 임의의 치형함수 f를 정의하고 로터 A와 로터 B를 회전시킨다. 이때 맞물려 회전하는 상대편 로터 A의 치형형상은 함수 f의 포락선으로 결정된다.

일반적으로 곡선군  $f(u,v) = 0$ 의 포락선은 식(1)의 연립방정식으로 정의된다.

$$f(u, v) = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial}{\partial \phi} f(u, v) = 0$$

Fig.1에서 x-y좌표와 u-v좌표의 관계는 식(2)와 같다.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma \\ \sin \gamma & \cos \gamma \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} + (R_A + R_B) \begin{bmatrix} \cos \phi \\ \sin \phi \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\text{단, } \gamma = \frac{R_A + R_B}{R_B} \phi, \quad \theta = \frac{R_A}{R_b} \phi$$

위의 식(2)를 u-v좌표로 변환하면 식(3)을 얻는다.

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma \\ -\sin \gamma & \cos \gamma \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x - (R_A + R_B) \cos \phi \\ y - (R_A + R_B) \sin \phi \end{bmatrix} \quad (3)$$

로터 B의 임의의 치형함수를  $f(u,v) = 0$ 이라 하면 함수는 식(3)에 의해  $f(x,y,\phi) = 0$ 으로 표시할 수 있다. 식(2)와 식(3)을 식(1)에 대입하여 정리하면 다음과 같다.

$$\left[ \frac{\partial f}{\partial u} \quad \frac{\partial f}{\partial v} \right] \begin{bmatrix} v - R_B \sin\left(\frac{R_A}{R_B} \phi\right) \\ -u - R_B \sin\left(\frac{R_A}{R_B} \phi\right) \end{bmatrix} = 0 \quad (4)$$

식(4)의 연립방정식의 해가 포락선이다. 식(4)의 연립방정식의 해를 식(2)에 대입하면 로터 B위의 임의의 치형함수  $f$ 에 대응하는 로터 A의 치형이 구해진다.

## 2-2 설계된 스크류 로터의 축직각단면

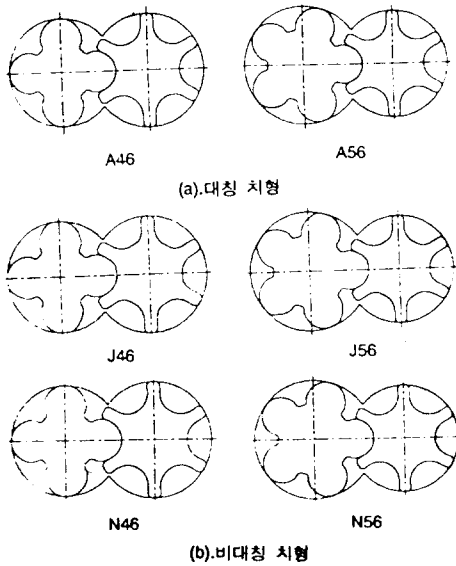


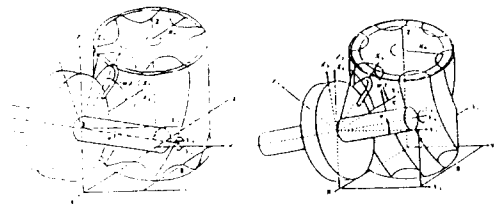
Fig.2 스크류 로터의 치형

Fig.2에서 A type 치형은 대칭치형으로 원들을 치형함수로 사용하여 생성된 치형이고 4X6치형과 5X6치형은 수로터와 암로터의 로브 수에 따라 명명된 것이다. N type 치형은 A type 치형에서 수로터의 로브정점 부근의 형태를 변화시킨 것으로

수로터의 로브정점 부근을 생성하는 암로터의 치형a 함수를 바꾸어 수로터의 로브정점 부근의 곡률을 작게하여 만든 비대칭치형이다. J type 치형은 A type 치형에서 수로터의 로브정점 부근의 형태를 변화시킨 것으로 수로터의 로브정점 부근을 생성하는 암로터의 치형함수를 바꾸어 수로터의 로브정점 부근의 곡률을 크게 해 준 비대칭 치형으로 암로터와 수로터에 작은 포켓(pocket)을 가지고 있는 것이 특징이다.

## 3. 커터의 치형 해석

만능 밀링 머어신을 이용하여 스크류 로터를 가공할 때 커터는 일정한 속도  $w_c$ 로 회전하고 커터의 회전축은 공작물의 중심축과 일정각도  $\phi$ 로 경사진 상태이며 공작물은 일정속도  $v$ 로 수직이동하게 된다. 암로터와 수로터의 helix angle 방향이 서로 반대방향으로 형성되어야 하며, 따라서 커터의 경사각은 이에 따라 방향을 조정해야 한다.



(a) 암로터의 가공 (b) 수로터의 가공

Fig.3 스크류 로터의 가공 개념도

Fig.3은 만능 밀링 머어신을 이용한 스크류 로터의 가공을 해석하기 위한 좌표계를 나타낸 것으로 공작물이 회전하는 좌표계를 X-Y-Z로 표시하고 커터의 좌표계를  $X_1-Y_1-Z_1$ 로 표시한다.

## 3-1 커터의 가공경사각

만능 밀링 머어신으로 스크류 로터를 가공할 때 나선형 치면을 가공하기 위해서는 로터가 고정되어 있는 테이블을 커터축과 임의의 각도로 경사지게 해야 한다.

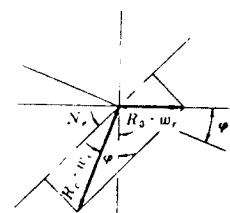


Fig.4 커터축의 경사각

Fig.4는 로터를 가공할때의 속도벡터를 나타낸 것이다. 실제 만능 밀링 머어신에서는 로터의 회전 속도 벡터는 존재하지 않는다( $w_r = 0$ ) 따라서 커터의 가공경사각은 로터의 helix angle과 같은값을 가지게 된다.

$$\phi = N_e - \sin^{-1} \left( \frac{R_0 \cdot w_r \cdot \cos(N_e)}{R_c \cdot w_c} \right) = N_e \quad (5)$$

$X_1 - Y_1 - Z_1$ 좌표계와  $X_2 - Y_2 - Z_2$ 좌표계의 관계는

$$\begin{aligned} X_1 &= X_2 \\ Y_1 &= Y_2 \\ Z_1 &= Z_2 + vt \end{aligned} \quad (19)$$

$X_2 - Y_2 - Z_2$ 좌표계와  $X_3 - Y_3 - Z_3$ 좌표계의 관계는

$$\begin{aligned} X_2 &= X_3 \\ Y_2 &= Y_3 \cos \varphi - Z_3 \sin \varphi \\ Z_2 &= Y_3 \sin \varphi + Z_3 \cos \varphi \end{aligned} \quad (20)$$

$X_3 - Y_3 - Z_3$ 좌표계와  $X_4 - Y_4 - Z_4$ 좌표계의 관계는

$$\begin{aligned} X_3 &= X_4 \cos(\omega_c t) + Z_4 \sin(\omega_c t) \\ Y_3 &= Y_4 \\ Z_3 &= -X_4 \sin(\omega_c t) + Z_4 \cos(\omega_c t) \end{aligned} \quad (21)$$

로터 치면의 좌표계와 커터의 치면 좌표계와의 관계를 유도하기 위해 암로토의 경우와 같이 식(18)~(21)을 식(11)에 대입하고 절삭면에서는  $Z_4=0$ 를 고려하면 다음과 같다.

$$X' \cos \alpha + Y' \sin \alpha - S + X_4 \cos(\omega_c t) = 0$$

$$\begin{aligned} -X' \sin \alpha + Y' \cos \alpha - Y_4 \cos \varphi \\ -X_4 \sin(\omega_c t) \sin \varphi = 0 \end{aligned} \quad (22)$$

단  $a = \frac{\tan N_e}{R_0}$   
 $[-X_4 \sin(\omega_c t) \cos \varphi + y_4 \sin \varphi + vt]$

### 3-3-3 커터 치형과 로터 치면과의 교선곡

앞에서 유도한 식(17)과 식(22)의 각각의 연립방정식을 Newton Method로 풀어서 얻은  $X_4, Y_4$ 가 커터 치형과 로터 치면과의 교선곡이 된다. 즉 가공시 회전하는 커터의 치형 좌표와 로터 치면 좌표가 서로 접하는 교점들이다. 여기서 커터는  $-20 \sim 20^\circ$  만큼 회전하는 것으로 해석했고 커터의 피치 원 반경은 암로터의 경우 58mm로 수로터인 경우에는 50mm로 실행했다.

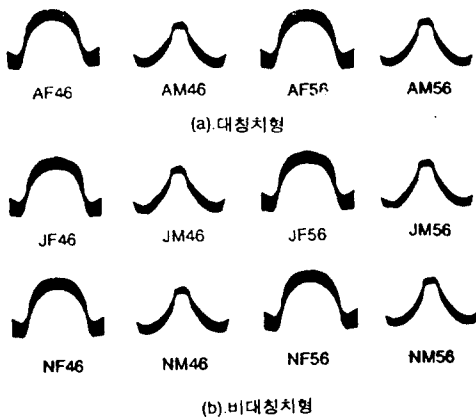


fig.5 커터치형과 로터 치면과의 교선곡

Fig.2에서 보여준 각각의 스크류 로터의 치형에 대한 커터 치형과 로터 치면과의 교선곡은 Fig.5에서 보여준다. 커터의 피치원 반경이 커지면 교선곡의 펼쳐지는 정도가 심해지고 교선곡이 내포락선 안으로 침범하게 되는데 프로그램 실행 결과를 AutoCad의 SCRIPT기능을 이용하여 출력하여 이러한 절삭간섭이 일어나지 않은 최적의 커터 피치원 반경을 결정하여 해석했다.

### 3-4커터의 치형설계

커터 치형은 Fig.5에서 보여준 커터 치형과 로터 치면과의 교선곡에서 내측의 포락선을 얻어서 구해진다. 즉 커터의 회전축과 로터의 중심축이 경사진 상태에서 변화하는 치면사이에서 커터가 지나가야 할 최소한의 공간이 존재하게 되는데 이것이 커터의 형상이 된다.

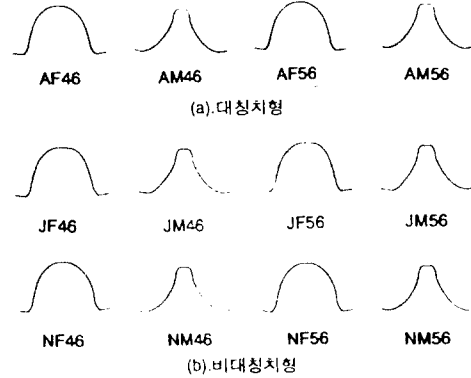


fig.6 커터의 치형

각각의 스크류 로터 치형에 대해 설계된 커터의 치형은 Fig.6에 보여주고 있으며 이는 교선곡을 구할때 입력한 스크류 로터의 치형 좌표수와 같은 수의 좌표점으로 얻어지며, AutoCad의 SCRIPT 기능으로 출력한 것이다.

table 1 커터의 제원

치형		커터의 피치원 반경(mm)	가공경사 각(deg)	커터의폭 [mm]	커터의높이[mm]	
대칭형	4X6	AF46	58	45.1517	37.4047	74.2
		AM46	50	45.1517	41.2654	54.2293
	5X6	AF56	58	45.1517	37.4047	74.2
		AM56	50	45.1517	40.0067	54.2263
비대칭형	4X6	JF46	58	45.1517	37.4047	74.2
		JM46	50	45.1517	40.0951	54.2292
		NF46	58	45.1517	37.4047	74.2
		NM46	50	45.1517	40.2018	54.2293
	5X6	PF46	58	45.1517	37.9024	75.4182
		PM46	50	45.1517	40.6335	52.3148
		JF56	58	45.1517	37.4047	74.2
		JM56	50	45.1517	40.0064	54.2263
	5X6	NF56	58	45.1517	37.4047	74.2
		NM56	50	45.1517	40.0064	54.2263

Table 1은 교선곡의 내포락선을 얻어서 구한 각각의 커터의 제원을 나타내고 있다.

### 3-2 스크류 로터의 치면의 방정식

실제 로터의 치면을 방정식화 해서 커터를 해석하는 것은 너무 복잡해서 곤란하므로 로터의 축직각 단면 좌표치로부터 치면을 방정식화 해서 커터를 해석한다. 로터 치면은  $Z=0$ 인면에서  $Z = R_0 \cdot U/\tan(N_e)$  인 길이 까지 권선각  $U$ 만큼 회전한다.  $X^1, Y^1$ 을 로터의 축직각 단면이라하면 치면의 방정식은 다음과 같이 유도할 수 있다.

#### 3-2-1 암로터 치면의 방정식

Fig.5의 (a)에서  $Z=0$ 인 면에서

$$\begin{aligned} X &= X' \\ Y &= Y' \end{aligned} \quad (6)$$

$Z = R_0 \cdot U/\tan(N_e)$  인 면에서

$$\begin{aligned} X &= X' \cos(U) - Y' \sin(U) \\ Y &= X' \sin(U) + Y' \cos(U) \end{aligned} \quad (7)$$

가 된다.

권선각은  $U = Z \cdot \tan(N_e)/R_0$ 으로 표시되므로 식(7)은 다음과 같이 유도된다.

$$\begin{aligned} X &= X' \cos\left(\frac{Z \cdot \tan N_e}{R_0}\right) - Y' \sin\left(\frac{Z \cdot \tan N_e}{R_0}\right) \\ Y &= X' \sin\left(\frac{Z \cdot \tan N_e}{R_0}\right) + Y' \cos\left(\frac{Z \cdot \tan N_e}{R_0}\right) \end{aligned} \quad (8)$$

위의 식(8)은 스크류 로터에서 1개의 치면에 대한 방정식이다. 로터 가공시 1개의 치면을 완성하고 분할하여 다른 치면을 가공하므로 치면의 방정식은 치면 1개에 대해서만 해석한다.

#### 3-2-2 수로터 치면의 방정식

Fig.5의 (b)에서  $Z=0$ 인 면에서는

$$\begin{aligned} X &= X' \\ Y &= Y' \end{aligned} \quad (9)$$

$Z = R_0 \cdot U/\tan(N_e)$  인 면에서는

$$\begin{aligned} X &= X' \cos(U) - Y' \sin(U) \\ Y &= -X' \sin(U) + Y' \cos(U) \end{aligned} \quad (10)$$

가 된다.

권선각은  $U = Z \cdot \tan(N_e)/R_0$ 로 표시되므로 식(10)은 다음과 같이 유도된다.

$$\begin{aligned} X &= X' \cos\left(\frac{Z \cdot \tan N_e}{R_0}\right) + Y' \sin\left(\frac{Z \cdot \tan N_e}{R_0}\right) \\ Y &= -X' \sin\left(\frac{Z \cdot \tan N_e}{R_0}\right) + Y' \cos\left(\frac{Z \cdot \tan N_e}{R_0}\right) \end{aligned} \quad (11)$$

### 3-3 커터 치형과 로터 치면과의 교선군

Fig.3에서 커터의 절삭면과 로터 치면과의 교선군을 얻기 위하여 로터 치면의 방정식이 있는 X-Y-Z좌표계를 커터의 치형이 있는  $X_4 - Y_4 - Z_4$  좌표계에 좌표 변환한다.

#### 3-3-1 암로터 치면과 커터의 교선군에 대한 이론해석

Fig.3의 (a)에서와 같이 X-Y-Z좌표계와  $X_1 - Y_1 - Z_1$  좌표계의 관계는

$$\begin{aligned} X &= S - X_1 \\ Y &= Y_1 \\ Z &= Z_1 \end{aligned} \quad (12)$$

$X_1 - Y_1 - Z_1$ 좌표계와  $X_2 - Y_2 - Z_2$ 좌표계관계는

$$\begin{aligned} X_2 &= X_3 & X_1 &= X_2 \\ Y_2 &= Y_3 \cos \varphi & Y_1 &= Y_2 \\ Z_1 &= Z_2 + vt & Z_1 &= Z_2 + vt \end{aligned} \quad (13)$$

위의 식(13)에서 공작물의 수직 이송속도를  $v$ 라한다.

$X_2 - Y_2 - Z_2$ 좌표계와  $X_3 - Y_3 - Z_3$ 좌표계의 관계는

$$\begin{aligned} X_2 &= X_3 \\ Y_2 &= Y_3 \cos \varphi + Z_3 \sin \varphi \\ Z_2 &= -Y_3 \sin \varphi + Z_3 \cos \varphi \end{aligned} \quad (14)$$

위의 식(14)에서  $\varphi$ 는 커터의 회전축과 공작물의 중심축과의 경사각, 즉 커터의 가공경사각을 나타내며 앞서 서술한 바와 같이 로터의 helix angle과 같은 값을 갖는다.

$X_3 - Y_3 - Z_3$ 좌표계와  $X_4 - Y_4 - Z_4$ 좌표계의 관계는

$$\begin{aligned} X_3 &= X_4 \cos(w_c t) + Z_4 \sin(w_c t) \\ Y_3 &= Y_4 \\ Z_3 &= -X_4 \sin(w_c t) + Z_4 \cos(w_c t) \end{aligned} \quad (15)$$

위의 식(15)에서  $w_c$ 는 커터의 회전 각속도를 나타낸다. 로터 치면의 좌표계와 커터의 치면 좌표계와의 관계를 유도하기 위해 식(12)~(15)를 식(8)에 대입하여 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} X' \cos \alpha - Y' \sin \alpha - S + X_4 \cos(w_c t) \\ - Z_4 \sin(w_c t) = 0 \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} X' \sin \alpha + Y' \sin \alpha - Y_4 \cos \varphi + Z_4 \cos(w_c t) \sin \varphi \\ + X_4 \sin(w_c t) \sin \varphi = 0 \end{aligned}$$

단

$$a = \frac{\tan N_e}{R_0} [Z_4 \cos(w_c t) \cos \varphi - X_4 \sin(w_c t) \cos \varphi - Y_4 \sin \varphi + vt]$$

절삭면에서는  $Z_4=0$ 이므로 식(16)은 다음과 같이 유도된다.

$$\begin{aligned} X' \cos \alpha - Y' \sin \alpha - S + X_4 \cos(w_c t) = 0 \\ X' \sin \alpha + Y' \cos \alpha - Y_4 \cos \varphi + X_4 \sin(w_c t) \sin \varphi \end{aligned} \quad (17)$$

단

$$a = \frac{\tan N_e}{R_0} [X_4 \sin(w_c t) \cos \varphi - Y_4 \cos \varphi + vt]$$

3-3-2 수로터 치면과 커터의 교선군에 대한 이론해석  
Fig.3의 (b)에서와같이 X-Y-Z 좌표계와  $X_1 - Y_1 - Z_1$  좌표계의 관계는

$$\begin{aligned} X &= S - X_1 \\ Y &= Y_1 \\ Z &= Z_1 \end{aligned} \quad (18)$$

#### 4.스크류로터의 가공

##### 4-1 커터의 제작

커터는 Fig.7에서 보여준 커터 치형 data를 AutoCad의 DXF파일로 출력하여 오메가( $\Omega$ )라는 G code 변환 Cam software를 이용하여 NC code로 변환한 후 wire 방전 가공기를 이용하여 재질은 H.S.S로 제작했다. 그리고 만능 밀링 머어신의 주축에 커터를 장착하기 위해 수로터와 암로터용 커터 몸체를 각각 제작하였다.



Fig.7 가공된 커터

Fig.9는 4X6치형을 갖는 A46, J46, N46, P46의 각각의 암-수로터의 커터의 가공된 후의 형상이다.

Table 3은 커터를 wire 방전 가공기로 제작할때의 가공조건을 나타낸 것이다.

Table 3 커터의 가공조건

커터의 재질	H.S.S
커터의 두께	3.0mm
커터의 여유각	5.0°
wire 직경	0.25mm
wire 이송속도	3.0mm/min
wire 주행속도	8.0m/min
wire의 장력	12.0g
전 압	70.0V
전 류	0.5 ~ 1.0A

##### 4-2 스크류 로터의 가공

스크류 로터는 대형형 4X6치형인 A46과 비대칭 4X6치형인 J46, N46, P46을 선택하였고 재료는 아크릴로 하여 만능 밀링 머어신을 이용하여 가공하였다. 따라서 가공에 있어서 로터의 중심축과 커터의 회전축 경사각은 다이얼 게이지를 이용하여 정밀하게 setting했으며 로터의 직경을 정밀하게 가공하기 위해서는 선반으로 정확히 가공한 소재를 센터를 이용한 설치 방법으로 다이얼게이지를 이용하여 평행하게 중심축이 setting되도록 하였다 커터의 중심선과 소재의 중심선의 교점이 주축과 로터의 회전축의 중심선과의 공통 수직선위에 일치 되도록 했다 그리고 로터의 리이드각은 만능밀링 머신의 차동변속 기어장치의 기어열의 잇수를 계산하여 조정했으며

특히 암-수로터 Helix angle이 서로 반대 방향으로 수로터 가공시 차동 변속기어 장치에 중간기어를 사용해서 역 회전 시켜 가공하였다 그리고 회전 분할판을 이용하여 암수로터의 로브수에 맞게 분할하였다. 로터 가공시 가장 중요한 로터 직경을 결정하는 이높이를 마이크로 미터로 측정하면서 가공조건은 Table3와 같이 하고 주축의 회전수는 커터의 치형을 구하는 시뮬레이션 가공 프로그램의 입력치와 같게했다.

Table 4 스크류 로터의 가공조건

로터의 소재	아크릴	
커터의 경사각	45.1517	
주축의 회전수	1400rpm	
이송속도	0.4mm/rev	
절삭깊이	Roughing	7mm
	Medium Finishing	2mm
	Finishing	0.5mm

Table 4는 스크류 로터의 가공조건을 나타낸 것이다. 주축의 회전수는 커터의 치형을 구하는 시뮬레이션 가공 프로그램의 입력치와 같게 했다.

Fig.8은 만능 밀링 머어신에서 가공되는 스크류 로터를 보여준다.

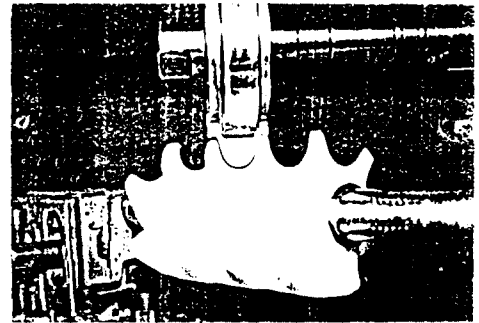


Fig.8 스크류 로터의 가공

##### 4-3 가공된 스크류 로터의 정밀도

가공된 로터의 치면은 임의의 나선 곡선이므로 정밀도 확인의 어려움이 있다 암수로터의 치면중 1개를 3차원 측정기로 측정하여 로터의 축직각 단면 좌표값과 비교함으로써 가공된 로터의 치수 정밀도를 확인했다 암로터의 경우 로브의 홈부분이 Y좌표가 0이 되고 수로터의 Y좌표가 0이 된다 측정은 임의의 높이(Z)측에서 X,Y좌표값을 0.1~0.2mm간격으로 측정했다.

#### 5. 결과 및 고찰

원, 점, 직선, 타원을 이용하여 설계한 스크류 로터의 축직각 단면 좌표치를 이용하여 스크류 로터의 치면과 커터의 치형과의 교선군을 얻을때 커터의 피치원 반경의 크기에 따라 교선군의 형태가 많은 차이를 나타냈다. 즉 커터의 피치원 반경의 크기에 따라 교

선군을 출력했을때 교선군의 펼쳐지는 폭이 변하게 되고 이에따라 교선군이 서로 겹쳐지거나 포락선내로 침범하는 경우가 발생했다. 이는 실제 로터 가공시 원하지 않는 부분의 절삭을 일으키는 절삭간섭을 나타낸다. 또한 실제 로터 가공시 커터의 진직도에 따라 로터의 정밀도가 크게 좌우되게 된다. 커터의 미세한 경사에도 가공결과 큰 절삭간섭을 일으켰다. 이를 해결할 수 있는 커터 몸체 가공이 선행되어야 한다. 1개의 날을 갖는 커터로 로터를 가공했기 때문에 로터 표면의 거칠음을 초래하고 가공시 진동의 원인이 되기도 한다. 따라서 여러개의 커터를 커터 몸체에 부착시켜 가공하거나 커터를 호브(hob)로 제작하여 호빙 머머신으로 가공하면 고정도 스크류 로터를 얻을 것으로 기대된다. 그러나 호브의 치형과 밀링커터의 치형이 다르게 설계되며 밀링 방식의 치형은 연삭숫들의 성형 모델이 기초가 되므로 앞으로 1차가공으로 밀링 방식을 사용하고 2차가공은 설계된 치형을 만능 성형 연삭기로 성형하여 가공하면 고정도의 로터를 가공해 낼수 있을것이다 또한 설계와 가공의 점목은 여러가지 조건과 문제점들이 발생되며 현장에서 가공할수 있는 설계가 되어되며 설계에 의한 커터제작과 스크류 로터 가공결과 0.5~1.0mm 정도의 가공오차가 발생한 것으로 생각되며 이는 앞서 서술한여러가지 문제점들의 복합이며 이문제점들을 해결함이 본연구의 목적이며 의의라 사료된다.

## 6. 결론

설계된 대칭형 및 비대칭형 스크류 로터의 축직각 단면을 가공할 수 있는 커터의 치형설계 프로그램을 완성하였다. 그리고 설계된 커터를 wire 방전 가공기를 이용하여 H.S.S를 소재로 하여 제작한 후, 만능 밀링 머머신을 이용하여 아크릴을 소재로한 스크류 로터를 가공한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 만능 밀링 머머신을 이용하여 스크류 로터를 제작할 수 있는 커터의 치형설계 프로그램을 완성했다.
2. 대칭형 스크류 로터 4X6치형, 5X6치형, 비대칭형 스크류 로터 4X6치형, 5X6치형 7종류에 대해 커터의 치형을 설계하였고 그 형태 정도는 10 $\mu$ m 정도로 확인했다.
3. 설계된 커터를 제작한 후, 만능 밀링 머머신을 이용하여 스크류 로터를 가공한 결과 커터설계 프로그램의 완성도를 확인 할 수 있었다
4. 설계된 커터치형은 고정밀도 가공을 위한 연삭숫들의 모델이 된다

## [참 고 문 헌]

- [1] Alf Lysholm, " SCREW ROTOR MACHINE", United Statue Patent Office, Ser.No,547,pp.383(1967)
- [2] Lysholm,A., "SCREW ROTOR MACHINE", U.S.Patent, No.3, pp.314, April.(1967)
- [3] 咸元植, "스크류 冷凍機", Journal of the S.A.R.E.K., Vol.1, No.2, pp46-53.(1972)
- [4] A.Lundberg, Capacity Control for Partial Load Operation of Screw Compressor Unit, ASHRAE Transactions, Vol.86, Pt1,(1980)
- [5] D.L.Marholis, "Analytical Modeling of Helical screw turbines for Performance Prediction", ASME, VOL.100, PP.482-487, July(1978)
- [6] 김봉, " 스크류 壓縮機 冷凍裝置", Journal of the S.A.R.E.K., Vol.7, No.4, pp282-288, Dec., (1978)
- [7] 최상훈, 윤갑영, "인벌류트-원호 합성 形의 創成에 관한 연구", 대한 기계학회 논문집, 제9권, 제5호, pp.572-578, 1986