

## 회전압출다이를 이용한 헬리컬 핀붙이 원형단면 압출가공에 관한 연구

박승민\* · 진인태\*\*

### A Study of the Extrusion Process of Circular Section Products with Helical Fins by Rotating Extrusion Dies

S. M. Park, and I. T. Jin

#### Abstract

A new extrusion process of the circular section product with helical fins could be developed by using rotating extrusion dies. The twisting of extruded product is caused by the twisted conical die surface connecting the die entrance section and the die exit section linearly. But, until now, because the process has used fixed extrusion dies, it needs high pressure in order to twist billet and form fin shape on the surface of billet. So, during extruding billet, in order not to twist billet, the extrusion dies is needed to rotate itself instead of twisting billet. And in order to rotate dies, the shape of inside contour of extrusion dies must have conical type with twisted inclined die surface connecting the die entrance section and the die exit section linearly. The results of experiments show that, in spite of using twisted extrusion dies, twisting of the billet should not happen because of rotating dies in the opposite direction of twisting direction of billet during extruding billet, and, from the results, it shows that it can decrease the power of extrusion pressure and could prevent crack of teeth for fin forming.

**Key Words** : Extrusion(압출), Twisting(비틀림), Rotating Dies(회전다이), Conical Dies(원추형다이), Twisted Die Surface(비틀림 다이면), Helical Fin(헬리컬 핀)

#### 1. 서론

압출가공과 비틀림가공을 동시에 할 수 있는 비틀림 압출가공법에 대한 가공변수의 영향을 고려하기 위하여 비틀림 현상을 일으키는 주요 원인이 되는 금형의 비틀림, 즉 헬리컬 핀을 가진 금형을 입구에서부터 금형의 출구단면까지 금형 중심 축을 중심으로 비틀어진 금형형상에 의해서 압출가공 되어진 제품의 비틀어짐을 3차원 비틀림해석용 동적가속도장을 제안하여 상계정리(upper-bound theorem)로 해석한 바 있다<sup>6),7)</sup>

상기의 해석 내용은 먼저 원형의 금형입구 단면에서 인볼루트 헬리컬곡선 핀을 가진 금형출구 단면까지 비틀어진 금형형상에 의한 비틀림 압출 해석을 통해 비틀림 현상과 각각의 가공변수인 금형의 비틀림각, 금형의 길이, 랜드부의 길이, 마찰상수, 단면 감소율 등의 변화에 따른 제품의 압출압력과 회전각속도의 관계에 대하여 연구한 것이다.

그러나 상기의 연구는 고정된 압출다이를 사용함으로써 헬리컬 핀을 만들 때 핀을 성형하는 하중과 소재를 회전시키는 하중을 동시에 받기

\* 부경대학교 대학원

\*\* 부경대학교 기계공학부

때문에 압출다이의 표면에 과도한 하중이 걸리게 된다. 이와 같은 문제점을 개선하기 위하여 상기의 비틀어진 원추형 압출다이를 압출중에 회전시킴으로써 소재를 비틀지 않으면서 소재의 표면상에 헬리컬 핀을 가공할 수 있게 된다. 따라서 다이를 회전시키는 압출장치를 구성하여 회전압출시험을 통하여 비틀어진 다이를 사용하더라도 소재가 비틀어지지 않으면서 핀을 성형할 수 있는지를 실험을 통하여 확인하고자 한다.

## 2. 실험장치

### 2.1 플라스틱신 회전압출 가공기

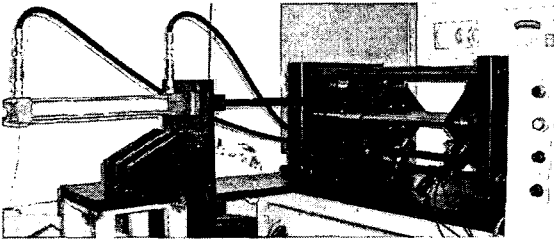
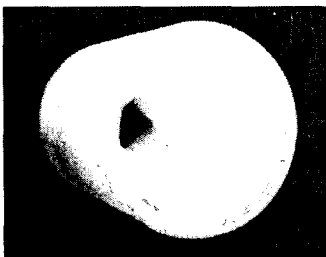


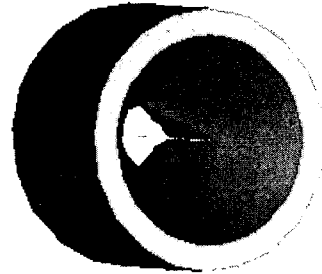
Fig. 1 The photo of plasticine extrusion machine

Fig.1은 본 실험에서 사용된 플라스틱신 회전압출기로 일정속도를 가진 한 개의 펀치와 헬리컬 핀붙이 원형단면을 가진 회전압출다이의 소재의 회전방향에 반대방향으로 회전시켜주는 회전장치로 구성되어 있으며 회전압출다이의 각도에 따라 압출다이 회전장치의 속도를 가변시킴으로써 소재의 비틀림을 조절할 수 있다. 본 실험에서는 회전압출다이를 이용하여 소재를 압출함과 동시에 소재의 비틀림 각속도와 같게 압출다이 회전장치를 회전시켜 소재의 비틀림 없이 헬리컬 핀붙이 원형단면형 제품을 가공할 수 있는 장치이다.

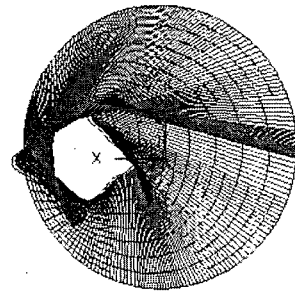
### 2.2 회전압출가공기의 회전압출다이의 구조



(a) Photo of dies



(b) Figure of dies



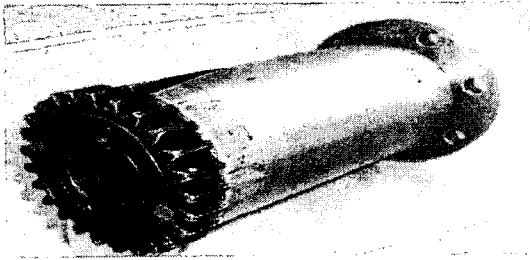
(c) Surface of dies contour

### Fig. 2 Rotating twisted extrusion dies

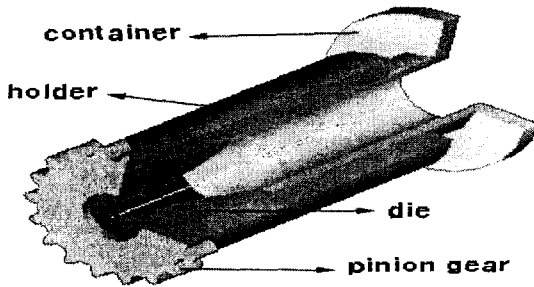
Fig.2는 실험에 사용된 나선형 회전압출다 이로써 하나의 빌렛으로 소재가 유입될 때 펀치의 직선 운동 속도와 회전압출다이의 회전속도를 조정하여 소재가 비틀림 없이 압출 될 수 있다. 이 다이의 특징은 소재가 유입하는 입구측의 원형단면과 헬리컬 핀을 가진 원형단면을 원추형으로 연결한 곡선을 중심축을 기준으로 비틀어서 만든 다이 내부의 곡면으로 되어있다. 일반적으로 이 곡면의 가공은 5축와이어컷트에 의해서 가공되어야 하나 여기서는 플라스틱신을 소재로 사용하는 실험이기 때문에 급속조형기(Rapid Prototyping)에 의하여 가공하여 사용하였다.

### 2.3 회전압출가공기의 다이홀더의 구조

Fig.3 회전하는 다이 홀더 내부에 압출다이가 삽입고정되어 있으며 피니언 기어가 다이홀더에 부착되어 회전할 때 다이가 돌도록 되어있다. 이때 컨테이너는 컨테이너 홀더에 고정되어 회전하지 않으며 소재가 다이에 유입되는 순간 회전하는 다이에 의해서 소재가 비틀어지지 않도록 하는 구조이다.



(a) Rotating die holder and container



(b) Figure of die and container holder

Fig. 3 Rotating die holder and container

### 3. 실험방법

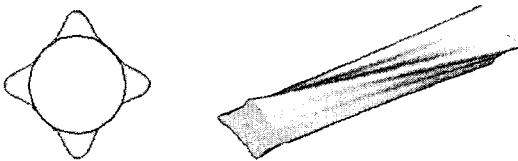
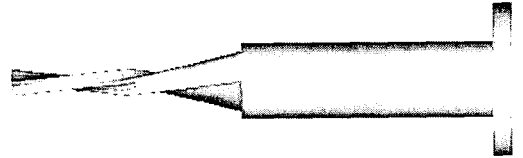


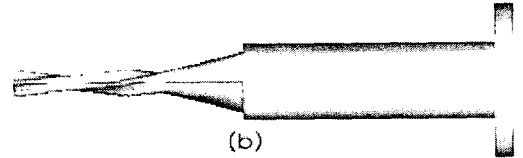
Fig. 4 Extruded product

Fig.4 압출하고자 하는 단면의 형상과 비틀어진 형상을 나타내고 있다.

Fig.5에서 (a),(c)는 압 출가공시 회전장치의 사용없이 고정된 압출다이 만을 이용하여 압출하는 그림이다. 다이내부의 소재흐름을 비교하여 보면 (a),(c) 그림에서처럼 고정된 다이를 사용하는 경우 비틀어진 다이형상 때문에 소재가 비틀어져 나오는 것을 나타내며(b),(d) 그림은 다이를 회전시켰을 때 비틀어진 다이를 사용하더라도 소재가 비틀어지지 않고 압출되어 지는 것을 나타낸다.



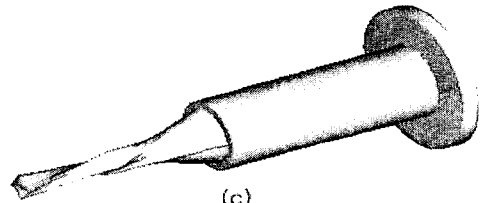
(a)



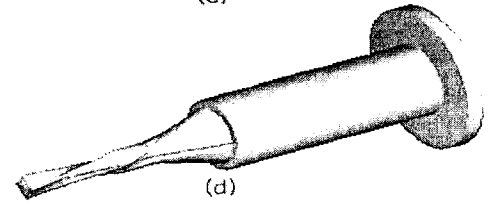
(b)

(a) Side view of twisted without rotating of dies

(b) Side view of twisted with rotating of dies



(c)



(d)

(c) Iso-view of twisted without rotating of dies

(d) Iso-view of twisted with rotating of dies

Fig. 5 Twisted shape of billet material

### 4. 실험결과 및 고찰

#### 4.1 고정된 압출다이를 사용한 실험결과

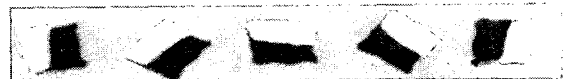


Fig.6 Section of extrusion bar without rotating

Fig.6과 같이 회전장치를 사용하지 않았을 때 소재가 회전다이에 의해 비틀어지는데 내부의 단면이 외부 형상과 같이 비틀어졌음을 알 수 있다.

#### 4.2 회전하는 압출다이를 사용한 실험결과



Fig. 7 Section of extrusion bar with rotated billet

Fig.7는 회전장치를 사용하여 압출한 제품의 단면으로 소재의 단면 형상은 비틀어 졌으나 내부단면의 소재는 좌우대칭 형상으로서 비틀림이 없는 것을 알 수 있다.

#### 4.3 비틀어진 압출제품

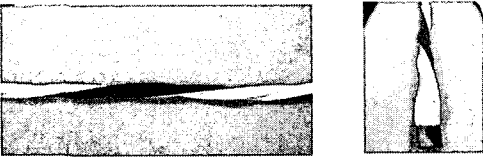


Fig. 8 Extruded product with rotating dies

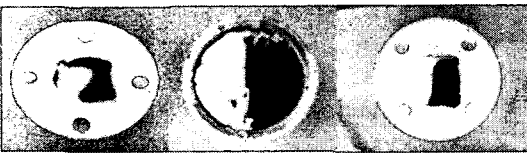


Fig. 9 Section on dies exit and entrance

Fig.8는 실제 플라스틱신을 이용하여 회전압출다리로 압출한 제품의 사진이다.

Fig.9의 좌측 그림은 회전하는 다이의 출구에서의 그림이며, 우측 그림은 회전하지 않는 다이의 출구단면이고 중앙은 다이 입구에서의 소재단면이다.

### 5. 결 론

금형 출구단면 형상이 헬리컬 핀을 가진 원형 단면이고 비틀어진 금형 표면을 가진 회전하는 압출다이를 가지고 회전압출실험을 통하여 압출가공중 발생하는 제품의 비틀림에 대하여 관찰한 결과는 다음과 같다.

회전하지 않는 압출다이를 사용한 실험결과는 소재를 비틀면서 헬리컬 핀을 가공하는 것을 알 수 있으나 회전하는 압출다이를 사용하는 경우에는 비틀어진 다이를 사용하더라도 소재의 비틀림 어지는 방향과 반대로 압출다이를 회전시키기 때문에 소재는 비틀어지지 않고 헬리컬 핀을 소재의 표면에만 성형함을 알 수 있었다.

이와 같이 회전하는 다이를 사용하게 되면 기존의 고정된 비틀림 다이를 사용하여 비틀림 압출가공 할 때 발생하는 소재의 비틀림 하중을 줄일 수 있음을 알 수 있다.

### 참 고 문 헌

- (1) Yang,D.Y., Kim,M.U. & Lee,C.H., "An Analysis for extrusion of helical shapes from round billet", Int. J.Mech. Sci., 20, 1978, p.695
- (2) YangD.Y "Analytical and Experimental Investigation Into Lubricated Three-Dimensional Extrusion of General Helical Sections" CIRP, 1986, Vol.15/1, p.169~172
- (3) Manabu Kiuchi, In-Tai Jin, Ken SHINTANI, "Prediction of Curvature of Extruded T-Shape Products", Journal of the JSTP, Vol.37, No.426, 1996, p.711~716
- (4) Manabu Kiuchi, Michihiko Hoshino, Shigeo Iijima, 1989, "Simulation of Unsteady Flow of Workpiece in Non-Axisymmetric Extrusion Process", Journal of the JSTP, Vol.30, No.336, p.43~506
- (5) Toshihiro Imai, Manabu Kiuchi, Tsuyoshi Muramatsu, "Analyses of Helical Shaped Extrusion", Journal of the JSTP, Vol.32, No.370, 1991, p.1403
- (6) 김한봉, 진인태, "원형빌렛으로부터 나선형 사다리꼴핀을 가진 제품의 비틀림 압출가공법에 관한연구", 한국소성가공학회지 Vol.8, No2, 1999, p.143~151
- (7) 박대운, 진인태, "상계해법에 의한 원형빌렛으로부터 인볼루트 헬리컬핀을 가진 제품의 비틀림 압출가공법에 관한연구", 한국소성가공학회지 Vol.10, No.4, 2001, p.302~310