

회전압출다이를 이용한 압출가공에 관한 성형 해석

박승민* · 진인태**

Forming Simulation of the Extrusion Process by Rotating Extrusion Dies

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

Abstract

In the previous experimental study about extrusion of circular product with four helical fins, it was known that product with helical fins may not to be rotated during extruding with rotating extrusion dies in spite of using twisted dies. According to the results of experiments with Plasticin material, it was anticipated that the extrusion load could be reduced if rotating dies could be used, because it needs high pressure in order to twist billet and form fin shape on the surface of product in the case of using conventional fixed helical dies. So, in this paper, according to the extrusion load analyzed by DEFORM-3D software, optimal rotational velocity of rotating dies can be obtained, and the twisting angle of product can be analyzed during extruding product with helical fins in the case of two types of rotating of dies. The results of analysis by DEFORM-3D show that the twisting angle of product can be controlled by twisted angle of extrusion helical dies and the rotational velocity of helical dies.

Key Words : Extrusion, Twisting, Rotating dies, Twisted die Surface, Helical fin, Rotating velocity

1. 서론

압출가공과 비틀림가공을 동시에 할 수 있는 비틀림 압출가공법에 대한 가공변수의 영향을 고려하기 위하여 비틀림 현상을 일으키는 주요 원인이 되는 금형의 비틀림각도, 즉 헬리컬형 금형을 입구에서부터 금형의 출구단면까지 금형 중심축을 중심으로 비틀어진 금형 형상에 의해서 제품의 비틀어짐을 3 차원 비틀림 해석용 동적가공 속도장을 제안하여 상계정리(upper-bound theorem)로 해석한 바 있다.^{1),2)} 또한 고정된 헬리컬 다이를 사용한 해석으로 Yang^{3),4)} 등 및 kiuchi⁵⁾ 등에 의해 연구된 바 있다.

그러나 상기의 연구는 고정된 압출다이를 사용함으로써 헬리컬 치형을 만들 때 치형을 성형

하는 하중과 소재를 회전시키는 하중을 동시에 받기 때문에 압출다이의 표면에 과도한 하중이 걸리게 된다.

이와 같은 문제점을 개선하기 위하여 상기의 비틀어진 원추형 압출다이를 압출 중에 회전시킴으로써 소재를 비틀지 않으면서 소재의 표면상에 헬리컬 치형을 가공할 수 있게 된다. 이에 대해 회전압출다이와 플라스틱인 소재를 사용하여 실험적으로 연구한 것이 연구된 바 있다.⁶⁾ 그러나 실험을 위한 최적의 회전속도를 찾기가 힘들기 때문에 다이를 회전시키는 압출가공에 대해서 시뮬레이션 해석을 통하여 비틀어진 다이를 사용하여더라도 소재가 비틀어지지 않으면서 헬리컬 치형을 성형할 수 있는지 그리고 압출하중을 최소화할 수 있는 최적의 회전속도를 구할 수 있는 지를

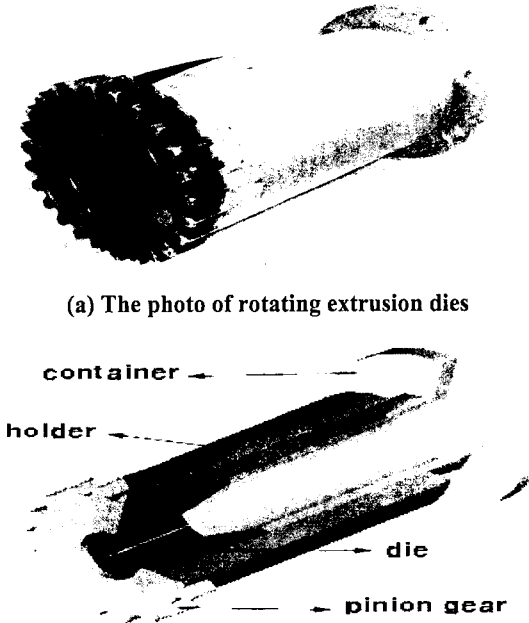
* 부경대학교 대학원 기계공학과

** 부경대학교 기계공학부

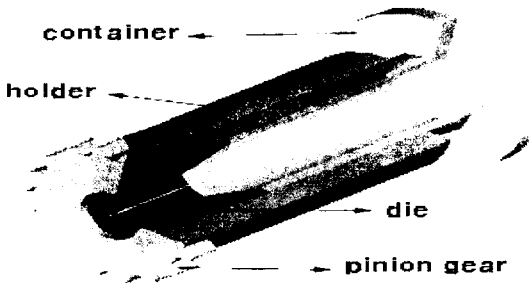
확인하고자 한다.

2. 회전압출가공의 해석 모델

2.1 회전압출기의 형상 및 작동원리



(a) The photo of rotating extrusion dies



(b) The figure of rotating extrusion dies assembly

Fig. 1 The figure of rotating extrusion dies

Fig. 1 (a)는 실제 회전압출가공에 사용되어진 압출다이의 사진이다. 그림(b)는 회전압출다이의 내부구조로서 전면에 피니언 기어가 부착되어있고 그 바로 뒤에는 회전압출다이가 삽입되어 있으며 컨테이너와 직접 연결되어 회전압출 다이를 구성하고 있다. 그리고 이 회전압출다이의 작동원리는 그림(b)와 같이 컨테이너 입구로부터 빌렛이 유입되어져 압출다이의 내면에 성형되어져 있는 헬리컬 경사 표면을 통해 압출되어 질 때 다이의 비틀림 방향의 반대방향으로 다이를 회전시켜 소재를 비틀리지 않게 하여 하중을 줄이게 하는 원리로 되어있다.

2.2 회전압출다이의 내부 구조

Fig. 2는 해석에서 사용된 헬리컬 회전압출다이크로 그림(a)는 압출다이의 솔리드 모델링이며 그림(b)는 그 내부형상의 와이어 프레임(wire-frame)형상이다. 그리고 회전하면서 압출하기 위해서는 입구의 원형에서 출구의 치형을 경사면으로 비틀어지게 등각으로 연결한 곡면을 구성하고 있다.



(a) Solid model

(b) Wire frame model

Fig. 2 The figure of twisted dies

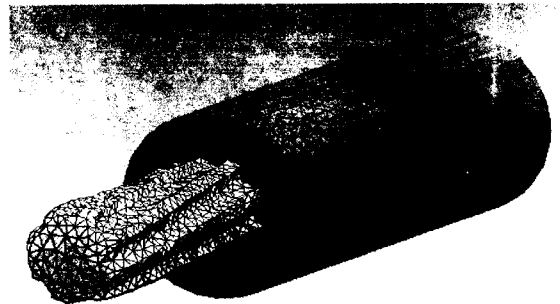


Fig. 3 The simulation of extrusion process using rotating dies

3. 해석결과 및 고찰

3.1 DEFORM-3D 를 이용한 비틀림 해석

Fig. 3 는 회전압출다이와 회전압출 되어져 나온 헬리컬형 제품의 비틀어진 변형 형상이다. 압출다이의 회전으로써 비틀어진 변형 형상의 소재 전체는 회전하지 않고 제품의 헬리컬 치형 부분만 성형 되어진 모양이다. 이 때 압출다이를 회전시키지 않고 압출할 경우에는 소재 전체를 비틀게 함과 동시에 헬리컬 치형 부분을 성형하기 때문에 압출하중이 회전압출다이를 사용한 경우보다 크게 나타남을 Fig 4, Fig. 5 를 통해서 알 수 있다.

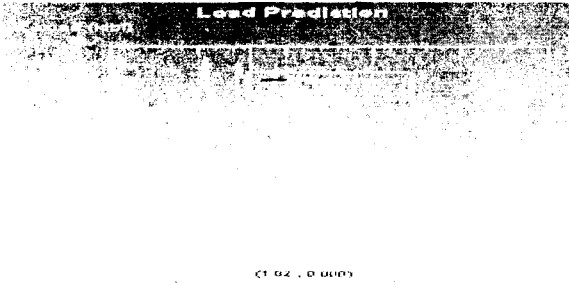


Fig. 4 Extrusion load without rotating of extrusion dies

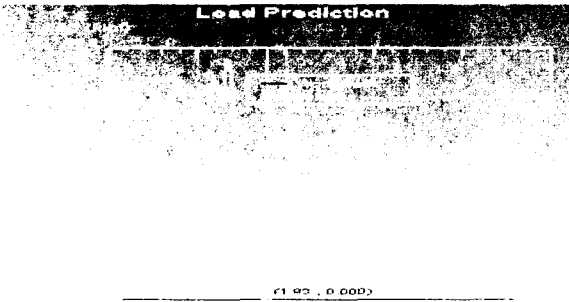
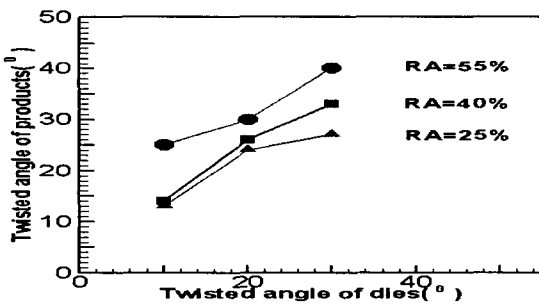


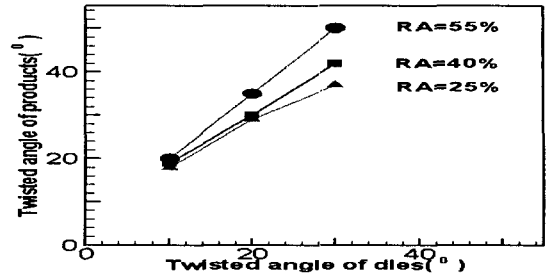
Fig. 5 Extrusion load with rotating of extrusion dies

Fig. 4는 고정다이를 사용한 경우에 압출하중이 약 31klbf이고 Fig. 5에서는 회전다이를 사용한 경우에 압출하중이 27klbf로 회전하는 다이를 사용한 경우에 압출하중이 적게 나타남을 알 수 있다.

3.2 다이의 비틀림각도와 단면감소율에 따른 제품의 비틀림각도



(a) Twisted angle of product without rotating of dies

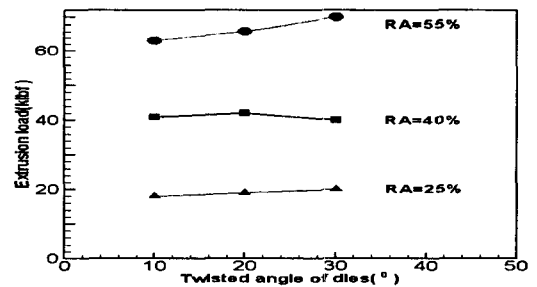


(b) Twisted angle of product with rotating of dies

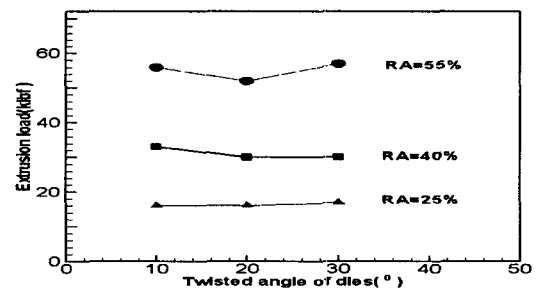
Fig. 6 Result of twisted angle by DEFORM-3D

Fig. 6 (a)와 (b)는 고정된 다이와 회전하는 다이를 DEFORM-3D를 이용하여 서로 다른 단면감소율과 비틀림각을 가질 때의 해석 결과이다. 이 그래프를 통하여 다이의 단면감소율이 일정할 때 비틀림각이 클수록 압출되어진 제품의 비틀림이 더 커지고 다이를 회전시켰을 때 제품의 비틀림각이 더 크게 나타남을 알 수 있다.

3.3 고정된 다이와 회전하는 다이의 비틀림각도와 단면감소율에 따른 압출 하중



(a) Extrusion load without rotating of dies



(b) Extrusion load with rotating of dies

Fig. 7 Result of extrusion load by DEFORM-3D

Fig. 7 (a)와 (b)는 DEFORM-3D를 이용한 서로 다른 단면 감소율과 비틀림각을 가진 회전압출다

이의 압출하중 해석결과이다. 이 그래프를 통하여 다이의 단면감소율이 클수록 압출하중이 더 커지고 다이를 제품의 비틀림 반대방향으로 회전시켰을 때 압출하중이 작아진 것을 알 수 있었다.

3.4 회전압출다이의 회전속도에 따른 압출하중

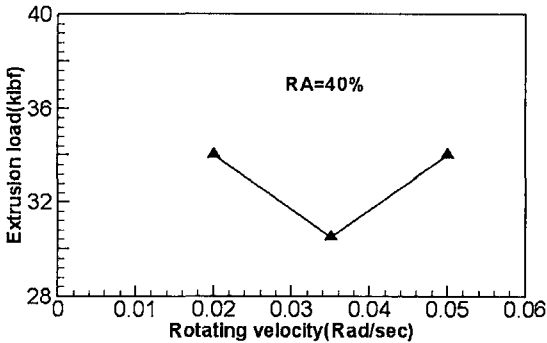


Fig. 8 Result of rotating velocity by DEFORM-3D

Fig. 8는 회전압출다이를 사용하였을 때 일정한 다이 비틀림 각도와 단면감소율에 따라서 압출하중을 최소화 할 수 있는 최적의 회전속도를 나타낸 것이다. Fig. 8에서와 같이 최적의 회전속도로 다이를 회전시키게 되면 다이의 회전속도가 느리거나 빠른 것보다 다이와 소재에 미치는 하중이 낮아지므로 비틀어지는 압출다이의 최적 회전속도를 찾을 수 있게 된다.

4. 결론

금형 출구단면 형상이 사각단면의 헬리컬 치형이고 비틀어진 금형 표면을 가진 회전하는 압출다이를 사용한 압출성형 해석을 DEFORM-3D를 이용하여 해석하였다. 가공 중 발생하는 제품의 비틀림과 다이에 미치는 하중을 해석한 결과는 다음과 같다.

회전하지 않는 압출다이를 사용한 해석결과는

소재를 비틀면서 헬리컬형 제품을 가공함으로써 가공하중을 증가시킴을 알 수 있으나 회전하는 압출다이를 사용한 경우에는 비틀어진 다이를 사용하더라도 소재의 비틀어지는 방향과 반대로 압출다이를 회전시키기 때문에 소재는 비틀어지지 않으면서 헬리컬 치형을 성형하기 때문에 압출하중을 줄일 수 있다.

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

참고문헌

- (1) 김한봉, 진인태, “원형빌렛으로부터 나선형 사다리 풀핀을 가진 제품의 비틀림 압출가공법에 관한연구”, 한국소성가공학회지 Vol.8, No2, 1999, pp.143~151.
- (2) 박대운, 진인태, “상계해법에 의한 원형빌렛으로부터 인블루트 헬리컬핀을 가진 제품의 비틀림 압출가공법에 관한연구”, 한국소성가공학회지 Vol.10, No.4, 2001, pp.302~310.
- (3) 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.6 95.
- (4) YangD.Y "Analytical and Experimental Investigation Into Lubricated Three-Dimensional Extrusion of General Helical Sections" CIRP, 1986, Vol.15/1, pp.169~172.
- (5) Toshihiro Imai, Manabu Kiuchi, Tsuyoshi Muramatsu, “Analyses of Helical Shaped Extrusion1”, Journal of the JSTP, Vol.32, No. 370, 1991, p.1403.
- (6) 박승민, 진인태, 2004, “회전압출다이를 이용한 헬리컬 핀볼이 원형단면 압출가공에 관한 연구”, 한국소성가공학회, 2004, 춘계학술대회 논문집, pp. 31~34.