

사각단면 금속곡관 제품의 열간압출 굽힘가공에 관한 연구

박대윤* · 윤선홍** · 진인태***

A Study on the Hot Metal Extrusion Bending Process for the Rectangular Curved Tube

D. Y. Park, S. H. Youn, I. T. Jin

Abstract

The bending process for the rectangular curved tube can be developed by the hot metal extrusion machine with the multiple punches moving in the different velocity. The bending phenomenon can be controlled by the two variables, the one of them is the difference of velocity at the die exit section by the different velocity of billets through the multi-hole container. The other is the difference by the different hole diameter. The results of the experiment show that the rectangular curved tube can be formed by the extrusion process and that the curvature of the curved product can be controlled by the velocity of punch and the diameter of container hole and that the defects such as the distortion of section and the thickness change of the wall of tube and the folding and wrinkling of thin tube did not happen after the bending processing by the extrusion bending machine.

Key Words : Extrusion Bending Process(압출굽힘공정), Rectangular Curved Tube(사각곡관)
Multi-hole Container(다구멍 콘테이너), Multiple Punches(다지형 펀치)

1. 서론

종래의 굽힘가공에서의 결점을 제거하기 위하여 편심을 가진 경사형 다이로 수행한 압출가공 연구에서 속도의 편차가 굽힘을 발생시키는 것을 확인하였고^{1),3),4)} 이 편차속도를 이용하는 열간 압출 굽힘기를 제작하여 다이의 편심이 없는 경사형다이와 경사형 플러그를 가진 콘테이너에 가변속도 펀치에 의해 압출가공중에 굽힘방향과 굽힘곡률을 임의로 조절이 가능함을 연구를 통해서 알 수 있었다.^{2),5),6)}

본 연구는 금속압출가공중 유입되는 빌렛의 유입량을 다르게 하기 위하여 콘테이너의 상대 직경의 차이를 이용한 굽힘원리와 상대 편차속도의 차이를 이용한 굽힘원리를 적용하여 사각단면 제품의 굽힘가공에 관한 것이 다.

각각의 굽힘원리에 따라 정사각형과 직사각형의 굽힘곡률을 측정하여 그 결과값을 비교하여 단면형태와 굽힘원리에 따른 굽힘곡률의 상관관계를 실험에 의해서 살펴 보았다.

* 부경대학교 대학원 기계공학과
** 부경대학교 대학원 정밀기계공학과
*** 부경대학교 기계공학부

2. 실험장치

2.1 열간금속압출굽힘기

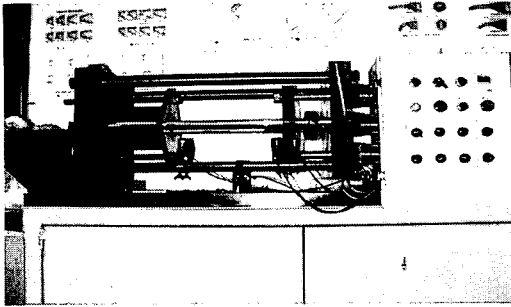


Fig. 1 The photo of hot metal extrusion bending machine

Fig.1은 실험에 사용된 열간 압출 굽힘기로 3개의 일정 속도를 가진 다지형 펀치와 가변속도로 조정 할 수 있는 하나의 가변속도펀치로 구성되어 있고 상대직경이 다른 컨테이너를 사용할 경우에는 4개의 일정한 속도를 가지는 다지형 펀치를 장착 할 수 있도록 되어 있다.

2.2 사각형 단면 경사형 압출 다이의 구조

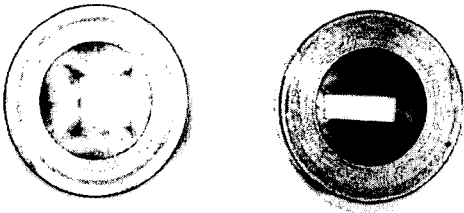


Fig. 2 The figure of rectangular conical die

Fig. 2는 실험에 사용된 경사형 다이로 원형인 다이의 입구에서부터 출구형상이 정사각형과 직사각형 모양의 단면을 가진 다이를 사용하였다.

2.3 사각형 단면 경사형 프러그가 부착된 상대 직경의 차이가 없는 다구멍 컨테이너의 구조



Fig. 3 The figure of rectangular conical plug and multihole container with no difference of hole diameter

Fig. 3은 실험에 사용된 사각형 단면 경사형 프러그가 부착된 상대직경의 변화가 없는 다구멍 컨테이너를 보여 주고 있다.

2.4 경사형 프러그가 부착된 상대직경의 차이가 있는 다구멍 컨테이너의 구조



Fig. 4 The figure of rectangular conical plug and multihole container with difference of hole diameter

Fig. 4는 압출가공 중에 굽힘을 발생시키는 상대직경의 차이가 있는 구멍을 가지고 있는 다구멍 컨테이너로서 $\phi 15\text{mm}$ 구멍 3개와 $\phi 17\text{mm}$ 구멍 하나로 되어있다.

3. 실험방법

3.1 실험재료

실험에 사용된 재료는 $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 열간 가공에서 연강과 유동특성이 유사한 플라스틱을 이용하였으며 경사형 프러그를 가진 컨테이너에 삽입하기 위해 $\phi 15\text{mm}$ 와 $\phi 17\text{mm}$ 로 재료 내 공기를 뺀 후 사용하였다.

3.2 가변속도 펀치의 상대속도 차이에 의한 압출굽힘원리

Fig. 5의 그림에서 금속곡관의 압출굽힘과정을 보면 가변속도펀치(2)의 속도를 느리게 할 경우 가변속도펀치가 부착된 좌측방향의 가열된 빌렛(7)의 속도가 우측방향의 가열된 빌렛(6)보다 컨테이너 내부에서 느리게 이동하게 되어 경사형다이(4)와 경사형 프러그(5)의 사이를 통과할 때 금속적으로 융합되어 합쳐지게 되면서 좌측방향으로 굽어져 압출되게 된다. 이 때 상하펀치는 상대속도의 차이가 없으므로 상하방향으로는 굽어지지 않고 단지 좌측방향으로 굽어지면서 압출된다.

이와 반대로 가변속도펀치(2)의 속도를 빠르게 할 경우 좌측방향의 가열된 빌렛이 빠르게 이동하면서 상기의 압출굽힘과정의 굽힘 방향이 반대인 오른 쪽으로 굽어지면서 압출되게 된다. 만약 가변속도펀치(2)의 속도를 다지형펀치(1)의 속도와 일치시킬 때는 굽힘이 발생하지 않

으면서 직선형으로 압출되어 종래의 압출가공과 같은 공 정으로 일반적인 직선 관을 가공하게 된다.

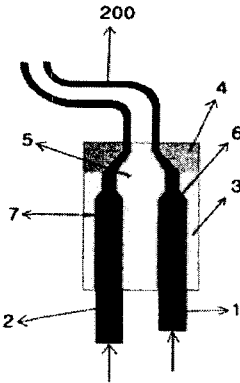


Fig. 5 The Principle of bending process by the difference of relative velocity of the punches

3.3 다구멍 콘테이너의 상대직경 차이에 의한 압출굽힘원리

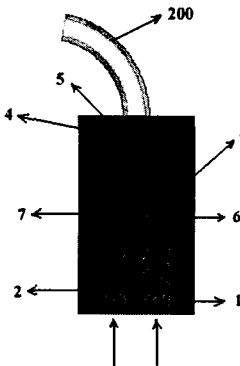


Fig. 6 The Principle of bending process by the difference of relative hole diameter of the container

Fig. 6에서 다구멍 콘테이너의 상대직경이 다른 경우 압 출가공시 굽힘이 발생하는 원리를 보면 가열된 다른 직 경의 빌렛을 다구멍콘테이너에 삽입한 후 상대직경이 다 른 다지형 펀치(1), (2)에 가공하중을 가하면 같은 속도 로 빌렛(6)과 (7)이 챔버로 이동하게 되지만 상대직경의 차이로 챔버에 유입되는 양은 상대직경이 큰 빌렛(6)의 양이 크고 상대직경이 작은 빌렛(7)의 양은 적게 되어서 챔버에 유입되는 양의 차이가 생기게 되고 경사형 다이 (4)와 경사형 프러그(5)의 사이를 지나면서 하나로 합쳐 지면서 유입 량이 적은 좌측방향으로 굽어져서 압출되게 된다. 이때 상하 축의 직경은 일정하게 되어 있으므로 상하방향으로의 굽힘은 발생하지 않게 되고 좌측방향으 로만 굽어지면서 압출된다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 펀치의 상대속도 차이에 의한 굽힘 실험결과 및 고찰

4.1.1 압출 굽힘 가공 제품의 모양



a) Square Tube Product b) Rectangular Tube Product

Fig. 7 The photo of the rectangular curved tube

Fig. 7은 가변속도 펀치의 조절에 의한 정사각형 단면 과 직사각형 단면을 가진 튜브 압출 제품을 보여주는 것 으로 가변속도펀치의 상대속도차이에 의해 굽힘곡률이 다른 제품을 얻을 수 있음을 보여주고 있다.

4.1.2 제품의 곡률과 상대속도

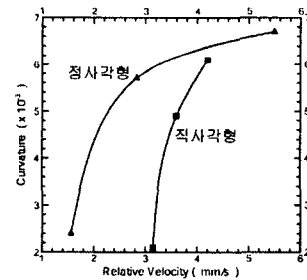


Fig. 8 The relation of relative velocity and curvature

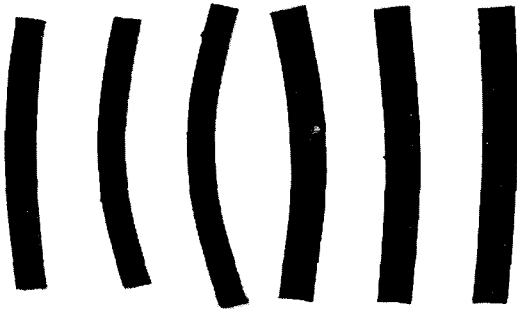
Fig. 8은 가변속도 펀치의 속도 조절에 의해서 얻은 제 품의 굽힘 곡률과 상대속도와와의 관계를 보여 주는 것으 로 직사각형 단면 튜브제품은 작은 상대속도의 차이에도 많은 곡률의 변화를 얻을 수 있음을 알 수 있었고, 정사 각형 단면 튜브 제품은 직사각형 단면 튜브제품의 상대 속도 차이보다 더 커야 비슷한 곡률을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 그리고 두 제품 모두 상대속도 차이가 클수 록 제품의 곡률이 커짐을 알 수 있다.

4.2 다구멍 콘테이너의 구멍 크기의 차이에 의한 굽힘 실험결과 및 고찰

4.2.1 압출 굽힘 가공 제품의 모양

Fig. 9는 다구멍 콘테이너의 구멍 크기의 차이로 얻은

정사각형 및 직사각형 단면을 가진 튜브 제품으로 콘테이너의 상대직경의 차이로도 곡률을 가진 제품을 얻을 수 있음을 보여주고 있다.



a) Square Tube Product b) Rectangular Tube Product

Fig. 9 The photo of the rectangular curved tube

4.2.2 제품의 곡률

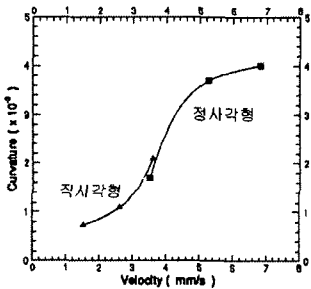


Fig. 10 The relation of difference velocity and curvature

Fig. 10은 상대직경의 차이에 따른 다지형 편칭의 속도 변화에 의한 정사각형 및 직사각형 단면을 가진 튜브제품의 곡률을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 직사각형 제품이 낮은 속도에서도 더 잘 굽어짐을 알 수 있었고 상대 직경 차이가 있는 경우에도 압출속도의 변화로 원하는 제품의 곡률을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

5. 결론

임의의 단면을 가진 금속곡관을 압출가공과 동시에 굽힘이 발생하도록 하는 새로운 열간압출굽힘장치를 이용하여 압출가공한 단면의 변화와 표면의 주름이 없는 사각단면 금속곡관을 플라스틱을 사용한 실험으로써 가공할 수 있었고 다음의 결과를 얻었다.

(1) 압출굽힘기에서 각각의 압출편칭의 상대속도를 제어 함으로써 압출제품의 곡률 및 굽힘 방향의 조절을 통

하여 사각형 단면을 가진 압출제품의 곡선화가 가능함을 실험을 통하여 확인 할 수 있었다.

(2) 압출시의 압출편칭의 상대 속도를 제어하는 방법 뿐 아니라 상대직경을 변화시켜 유입 량을 다르게 함으로써도 압출 제품의 곡선화가 가능함을 알 수 있었다.

(3) 상대속도차를 이용한 압출방법에서는 상대속도차가 클수록 제품의 곡률이 커짐을 확인 할 수 있었고, 정사각형 튜브제품 보다 직사각형 튜브제품이 작은 속도편차에서 많이 굽어짐을 알 수 있었다.

(4) 상대직경을 이용한 압출 방법에서도 직사각형 튜브제품이 정사각형 튜브제품 보다 잘 굽어 지는 것을 알 수 있었고 속도가 증가할수록 굽힘 곡률 또한 증가함을 알 수 있었다.

이상과 같은 결과로 상대속도차를 이용한 방법과 상대직경을 이용한 압출굽힘방법으로 정사각형과 직사각형 같은 굽히기 힘든 사각형단면 튜브제품을 하나의 압출굽힘 공정으로 원하는 곡률을 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

참고 문헌

- (1) 진인태, 1995, "원형제품의 압출가공시 제품의 굽힘 현상에 관한 연구", 부산공업대학교 논문집, 제37집, pp.371~380,
- (2) 木内 學, 陳 仁泰, 新谷 賢, 1996, "壓出しT形の曲がり豫測", 塑性と加工, vol.37, No.426, pp.711~716.
- (3) 진인태, 최재찬, 1997, "사각형 단면의 편심압출시 제품의 굽힘현상에 관한 연구", 한국소성가공학회지, Vol.6, No.1, pp.46~52,
- (4) 김진훈, 진인태, 1998, "편심압출굽힘가공법에 의한 사각형 단면을 가진 중공 튜브제품의 U형굽힘가공에 관한 연구", 한국소성가공학회지, Vol7, No5, 49 6~504,
- (5) 김민규, 진인태, 정영득, 하만경, 2001, "포트홀 다이를 이용한 중공튜브 압출 제품의 다이 챔버 형상에 따른 결합력에 대한 연구", 한국소성가공학회 2001 춘계학술대회논문집, pp.110~114,
- (6) 박대운, 진인태, 2001. "다지형 압출편칭의 상대이동 속도 차이에 의한 금속 곡관의 열간금속 압출굽힘가공에 관한 연구", 한국소성학회 2001 춘계학술대회 논문집, pp.102~105.