

## 이중 곡률을 갖는 금속 판재를 성형하기 위한 점진적 롤 성형 공정 개발 및 성형 형상 예측

윤석준\*(KAIST 대학원, 기계공학과), 양동열(KAIST, 기계공학과)

주제어 : 이중 곡률 판재(Doubly Curved Sheet), 점진적 성형 공정(Incremental Forming Process), 롤(Roll),  
굽힘 변형(Bending Deformation)

이중 곡률이란, 타원면과 같이 면의 위치에 따라  $x$ 축과  $y$ 축으로 대표되는 평면 상의 두 축 방향으로 곡률이 서로 다르게 생성된 것을 의미한다. 넓은 의미로는 구면도 이중 곡률의 면으로 생각할 수 있으며 나아가서 아주 복잡한 자유 곡면도 이중 곡률을 갖는 면이라 할 수 있다. 이러한 이중 곡률을 갖는 금속 판재들은 성형할 수 있는 공정으로 간단한 펀치와 금형만을 사용하여 비교적 저렴한 비용으로 다양한 형상의 금속 판재를 성형할 수 있는 점진적 성형 공정이 있다.

점진적 성형 공정은 재료를 국부적으로 성형하고 이러한 국부적인 변형을 전 영역에 걸쳐 발생시킴으로써 전체를 성형하는 공정으로 원하는 형상을 비교적 다양하게 제작할 수 있는 유연적 특징을 나타낸다. 그러나 전형적인 점진적 성형 공정은 금형을 완전히 배제할 수 없기 때문에 형상에 따라 간단한 금형을 제작해야 하며, 또 성형 원리가 대부분 전단 응력에 의한 두께 변형이므로 재료의 두께 변형이 심하게 발생하여 찢어짐(tearing) 등의 문제가 발생할 수 있다. 이러한 배경을 바탕으로, 이중 곡률을 갖는 금속 판재를 성형하는데 있어 점진적 성형 공정의 유연적 장점을 살리면서 금형이 필요 없고 두께 변형이 거의 일어나지 않도록 하는 점진적 롤 성형 공정을 제안하였다.

Fig. 1은 점진적 롤 성형 공정의 개략도와 공정의 핵심이 되는 롤셋(roll set)을 나타내고 있다. 롤셋은 금속 판재에 굽힘 변형을 발생시키는 성형 공구로 Fig. 1과 같이 두 쌍의 받침롤(support roll)과 한 개의 중심롤(center roll)로 구성되어 있다. 중심롤은 모터에 의해 구동되면서 고정된 축을 기준으로 회전이 가능하게 설계되어 있어 받침롤 위에 놓여 있는 금속 판재를 중심롤이 누르고 있는 상태에서 회전하게 되면 판재와의 접촉 부분에서 발생하는 마찰에 의해 재료를 이송하게 된다. 이때, 각각의 받침롤은 볼 베어링과 같이 방향성 없이 자유롭게 회전하기 때문에 중심롤의 회전에 의해 이송되는 재료의 움직임을 도울 수 있다. 이와 같이 롤셋을 이용하여 성형함으로써 금속 판재에 국부적인 굽힘 변형을 두 방향으로 동시에 발생시키고 이를 판재의 전 영역에 걸쳐 연속적으로 발생시켜 이중 곡률을 갖는 판재를 성형할 수 있게 된다.

Fig. 2는 점진적 롤 성형 공정으로 성형한 이중 곡률을 갖는 금속 판재의 한 예제이다. 이와 같이 이중 곡률을 갖는 금속 판재를 성형하기 위해 고안한 점진적 롤 성형 공정의 유용성과 향후 개발 방향 등을 확인할 수 있었다.

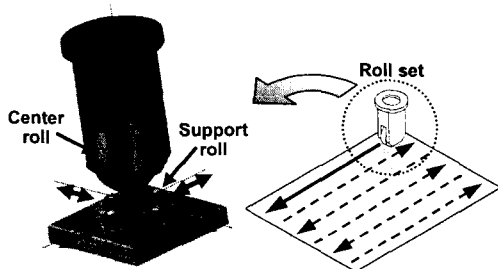


Fig. 1 Schematic diagram of the incremental roll forming process and the roll set

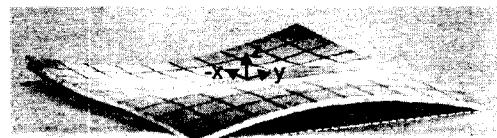


Fig. 2 Experimental result of doubly curved sheet metal