

## 롤 포밍 공정에서 커팅 펀치 인선 각도가 제품 절단에 미치는 영향에 관한 연구

정문수<sup>1</sup> · 김세환<sup>1</sup> · 이춘규<sup>†</sup>

공주대학교 금형공학과<sup>1</sup> · 유한대학교 금형설계과<sup>†</sup>

## A Study on the Effects of Products Section by Cutting Punch's Edge Angle during Roll Forming Process

Mun-Su Cheong<sup>1</sup> · Sei-Whan Kim<sup>1</sup> · Chun-Kyu Lee<sup>†</sup>

Department of Mold & Die Engineering, Kongju National University<sup>1</sup>,

Department of Metal Die Design Engineering, Yuhan College<sup>†</sup>

(Received May 13, 2016 / Revised May 24, 2016 / Accepted June 03, 2016)

**Abstract:** The roll forming produces mass products using the continuous production process. Also we need the process that continuous long material or goods cutting into a desired length. Our study uses 3-D driving cutter and roll forming material as SPCC to investigate this. When we cut the material using the process of roll forming, the shear resistance is raised at the cutting punch's edge. The result is remained the trouble about burr and progressive deformation on the material. This study shows the method minimizing the above trouble. The material of punch was considering heat generated on the continuous production process. So we used the type of STD 61 for the material of punch and had the vacuum heat treatment for the surface hardness of HRC 53. The structure of the mold is designed with forming a double cam die at the upper punch and the both sides of central core. We conducted the experiment three times. In the result when had to make V-groove within the angle between 105 and 110 on the punch front end, we could get the minimum shear resistance on the punch front end. Also with the same condition we minimizes the material jams in the continuous production process.

**Key Words:** Cold rolled steel sheet, Roll forming, Shearing, SPCC

### 1. 서 론

최근 전 세계적으로 환경적인 제약이 강화되면서 자동차 업계에서는 유해가스 배출량을 저감하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있다. 유해 가스를 저감하는 많은 방법 중 하나가 차량의 경량화이며, 또한 경량화는 자동차 연비의 개선에 큰 역할을 한다.

자동차의 경량화를 위해 국내외적으로 차체의 재질을 고장력강으로 대체하는 추세이며, 이 재료를 사용하여 롤 성형 공정으로 강도가 높은 차체 부품

을 채용하는 자동차 회사가 늘고 있다. 하지만 고장력강은 낮은 연신율과 높은 항복강도를 가지고 있어 기존의 프레스 가공법(press forming)으로는 성형이 어려움이 많으며, 이를 대체할 성형법으로 롤 포밍(roll forming) 공법이 고려되고 있다<sup>1)</sup>.

일반적으로 롤 포밍 공정은 길고 가는 판재를 연속적으로 배열된 롤에 통과시켜 연속적인 굽힘 공정을 실행하는 것으로, 최종 형상이 나오기까지 각 판재의 단면형상을 점진적으로 성형한다.

형상의 치수정밀도와 성형 량에 따라 롤의 숫자, 배치 등의 사양이 결정된다. 롤 포밍 공정은 스크랩 발생이 거의 없고, 롤 마모가 작고, 단면 형상이 일정하고 길이가 긴 제품을 연속적으로 대량생산할 수 있어 경제적이고 롤 성형 공정 전후에 부가공정

1. 공주대학교 금형공학과

† 교신저자 : 유한대학교 금형설계과

Email : ckt1230@naver.com

의 부착이 용이한 이점이 있다. 또한 고강도강까지 냉간 성형이 가능하므로 자동차부품생산에도 적합하여 많이 적용되고 있다<sup>2,3)</sup>.

절단도구로는 고속 프레스, 3차원 절단기, 가스, 레이저, 워터 잣 등을 이용한 방법이 있는데 본 연구에서는 3차원 주행절단기를 이용한 절단과정에서 절단 펀치의 인선각도가 소재 면과 주행간섭에 미치는 영향에 대해 고찰 하고자 한다.

본 연구에서는 연속적으로 생산되는 롤 포밍의 절단과정에서 절단펀치 선단에 작용하는 전단 저항을 분석하고, 이를 감소시키기 위한 방안을 연구하고, 절단 펀치의 인선 각도가 소재면과 주행 간섭에 미치는 영향에 대하여 연구하고자 한다. 그리고 실험을 통하여 펀치의 마모주기 설정과 펀치의 형상 인선 개선을 통하여 위에서 언급된 문제점에 대한 개선 방향을 찾고자 한다.

## 2. 롤 포밍의 개요 및 실험 재료 분석

### 2.1. 롤 포밍의 개요

롤 포밍은 연속 생산 공정으로 대량생산이 이루어지는데 원하는 길이로 소재를 생산하거나 제품으로 만들기 위해 절단하는 과정이 필요하다.

전단제품의 절단이 시작되는 입구의 형상은 피가공재료의 종류와 경도, 다이 설계에서 재료의 지지 방법 인선 선단의 형상과 절단 방법 등에 좌우되어 변화 하지만 특히 클리어런스에 따라서 큰 영향을 받게 된다<sup>4)</sup>.

본 연구에서는 시어각의 적용에 대하여 펀치의 형상 부분을 제품 형상과 달리하는 방법과 전단이 이루어지는 포인트를 다르게 적용하였고 실험에 사용하는 펀치 인선의 전단 각을 3가지로 구분하여 실험한 결과 치를 토대로 인선 전단각이 다르게 적용될 때에 제품 전단부에 나타나는 특성을 조사하였다.

롤포밍에서의 절단은 평면에서 이루어지는 공정이 아니기 때문에 소재 절단 과정에서의 전단력 발생이 포인트마다 상이하고 소재가 연속적으로 진행 과정에서 발생되기 때문에 소재의 진행에 따른 소재 안착 정도도 조금씩 달라지는 문제점이 발생될 수 있으나 본 실험에서는 여러 가지 변수들 중에서 펀치 인선부 만을 실험 대상으로 하였다.

롤 포밍에서의 절단 도구로는 고속 프레스, 3차

원 절단기, 가스, 레이저, 워터 잣 등을 이용하는 방법이 있으며, 전단은 일반 프레스 금형에서의 전단 공정과 다른 점이 존재한다. 연속적으로 진행되는 롤 포밍 공정의 특성상 고정된 위치에서 전단이 이루어질 경우 주행 속도와 프레스 금형에서의 상하 운동 사이에서의 트러블이 발생하게 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 주행 절단을 하게 된다.

주행절단기란 Fig. 1에 나타난 것과 같이 롤 포밍 공정에 있어서 소재의 생산 속도와 같은 속도로 절단 금형의 베이스 판이 일정한 속도로 주행하면서 소재를 절단하는 설비를 말한다.

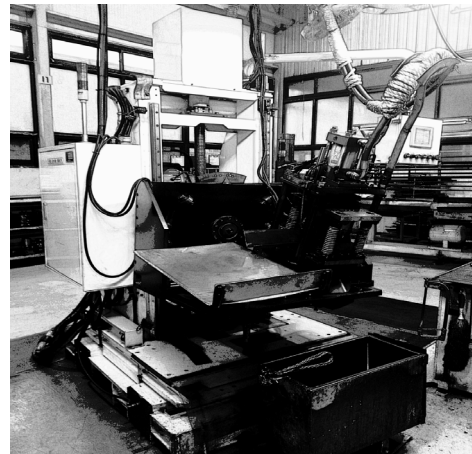


Fig. 1 3D driving cutter

롤 포밍(roll forming)의 제조 공정을 살펴보면 Fig. 2에 나타난 것과 같이 언 코일러(un-coiler)에서 코일(coil)형태의 소재가 공급되면 롤 포밍 머신(roll forming m/c)에서 다단의 공정을 거치면서 소재가 성형이 이루어지게 된다. 성형된 소재는 심 용접(seam welder)을 통해 점 용접되고 유틸리티 다이(utility die)에 의해 r벤딩 과정을 거치면서 원하는 r값으로 벤딩(bending)되고 주행 절단기에 의해 일정한 길이의 소재로 만들어지게 된다.

롤 포밍의 특징은 연속 생산이다. 따라서 연속 생산되는 소재를 다음 작업을 위한 일정한 길이로 절단 과정이 필요하게 되는 데 이 과정에서 절단 변형과 절단시 발생하는 전단 하중 등의 영향으로 인해 소재가 절단기를 거치는 과정에서 걸리게 되어 롤(roll)의 파손이 발생되거나 소재 생산 시 불량 발생의 원인이 되기도 한다.

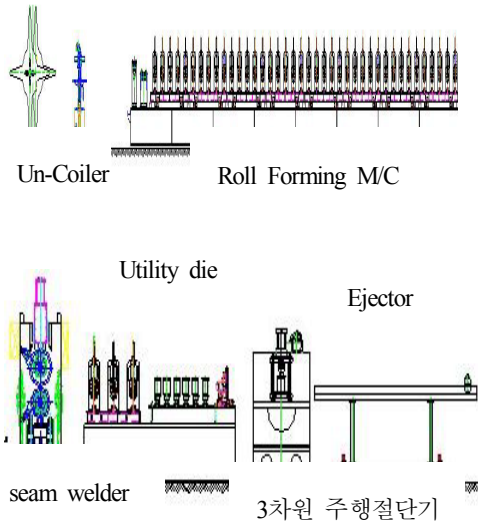


Fig. 2 Roll forming process<sup>3)</sup>

## 2.2. 전단이론

프레스 가공의 경우 보편적으로 금형이 기계 내에 고정되고 프레스 상판이 슬라이드 면을 따라 상하로 이동하고 형 내의 펀치 다이에 의하여 소성 가공이 이루어진다.

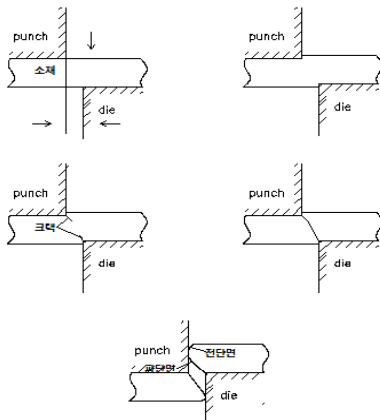


Fig. 3 Shear cutting process

반면 이번 실험에 있어 사용되는 금형의 구조는 양쪽 면에 슬라이드 되는 다이가 존재하고 펀치가 상하 동작을 하게 되는 구조를 이루며 롤 포밍 속도에 따라 금형이 R계적을 따라 주행하면서 롤 포밍된 소재를 절단하게 된다.

소재를 자르는 과정에는 전단력(shearing force)이 작용하게 된다. 전단가공(블랭킹이나 피어싱 또는 슬리팅, 노칭, 트리밍 등)에서 전단력을 계산하여 사용 프레스를 지정 할 때는 최저 20~30%의 여유를 예측해야 한다. 전단력은 인선의 마모, 윤활유의 유무, 클리어런스의 대소, 판 두께의 공차, 재 드로잉 후의 판 두께의 증가, 가공경화 등에 따라서 변화한다.

## 2.3. 실험 재료의 분석

실험에 사용된 원자재 코일은 자동차 차체용으로 사용되고 있는 냉간 압연 강판(SPCC)이다.

열연 코일을 소재로 표면 스케일을 제거 하고 0.15mm~3.2mm 정도까지 압연 한 후 소둔과 조질 압연을 거쳐 생산한다. 냉간 강판은 열연 강판에 비해 두께가 얇고 두께 정도가 우수하며, 표면이 미려하고, 평활하며, 가공성이 우수하다. 이러한 특성에 따라 자동차, 가전기기, 가구, 사무용품, 건축 등에 직접 사용되거나 아연, 알루미늄, 주석, 크롬 등의 도금용 원판으로 사용된다<sup>5)</sup>.

Table 1 Chemical composition of SPCC (wt %)

Material	C	Mn	P	S	Al	Fe
SPCC	0.04	0.25	0.01	0.005	0.05	bal.

Table 2 Mechanical properties of SPCC

Material	Y.S.(Mpa)	T.S. (Mpa)	El (%)
SPCC	165	341	48

## 3. 실험 및 분석

### 3.1. 실험 방법

본 연구에서 인선부의 형상 및 각도에 따른 제품의 절단 과정에서 일어나는 문제점과 특성을 파악하기 위하여 3가지 모델로 실험을 실시하여 그 결과를 비교 분석 하였다.

실험 설비에는 토출 용량이 40 l/min으로 최대 압력은 Max press 70 kg/cm<sup>3</sup>인 베인 펌프(vane pump) 그리고 유압실린더의 사양은 실린더 경 Φ 100, 로드 경 Φ50, stroke 60가 사용 되었다.

### 3.2. 금형의 구조

실험에 사용된 금형의 구조를 살펴보면 상측에 펀치(punch)가 존재하고 하단 중앙에 고정 코어(core)가 위치하여 소재 진행에 따른 위치 결정 역할을 하게 되고 하단 좌우로 캠(cam)에 의해 동작하게 되는 다이(die)가 배치된 구조의 형태이다.

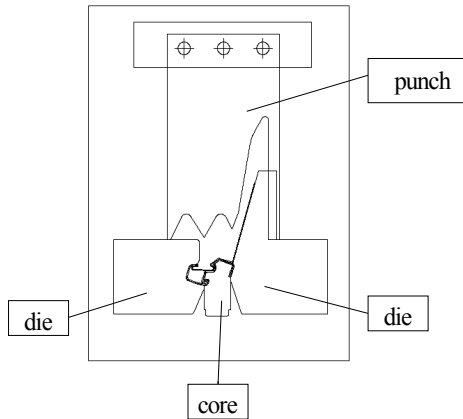
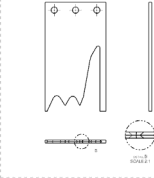
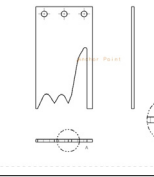
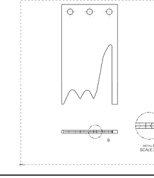


Fig. 4 Structure of the mold

### 3.3. 실험에 사용된 펀치 인선의 특성

Table 3 Comparison of cutting punch

구분	펀치형상	인선부 특성
#1차		재질: STD61 인선부 형상: "0"도 열처리: HRC53 표면처리: 없음
#2차		재질: STD61 인선부 형상: "80"도 열처리: HRC53 표면처리: 없음
#3차		재질: STD61 인선부 형상: "105"도 열처리: HRC53 표면처리: 없음

### 3.4. 실험변수

절단 펀치는 STD 61 종으로 180\*100\*200 으로 블록 가공하여 진공열처리 하여 표면 경도 HRC 58을 기준 블록으로 와이어 컷으로 두께 5mm, 형상은 동일 형상을 취하고 표면처리 없이 와이어 컷팅 면을 연삭하였다. 인선부에 가공은 #1차는 인선부 가공 없이 #2차는 인선 부 기준 80도 #3차는 인선 부 기준120도로 각각 다이아몬드 휠을 사용하여 에어그라인더로 수작업 사상하였다. 인선의 각 선단에서 펀치 인선선단면의 중심선을 기준으로 한 각도 이다.

롤 포밍은 연속 공정으로 롤에서 진행 방향으로 발생 되는 측방력이 절단 금형에 그대로 전달될 수 있다. 이에 관한 문제점을 해결하고자 3차원 주형 절단기를 사용하게 되고 절단기의 주형 속도가 중요한 포인트가 될 수 있으나 금형이 주형속도에 따라 진행함으로 본 실험에서는 연속 생산에서의 주형 속도에 따른 변수 발생 부분은 고려하지 않았다.

### 3.5. 실험방법

본 연구에서 펀치의 인선 부를 다르게 하여 동일 형상의 프로 파일 Fig 5를 절단면과 절단 후 진행에서의 걸림 정도 제품의 변형 펀치의 마모로 구분하여 비교 실험 하였다.

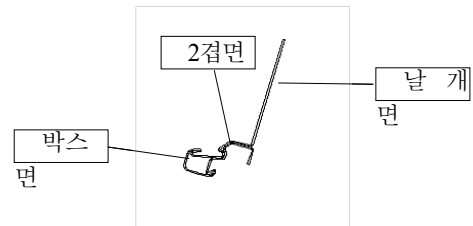


Fig. 5 Cross-sectional profile

실험에 사용된 설비는 3차원 주형 절단기에 프레스 절단기를 설치하여 실험 하였고 작업순서는 롤포밍기는 50단 롤 포밍기 ⇒심 용접 ⇒R 벤딩기 ⇒절단 순서로 진행 되고 실험 단위는 4200ea/Lot로 설정하였다.

## 4. 실험결과 및 분석

### 4.1. 실험결과

본 연구의 실험에서 1차 실험 결과로 전체적으로

버어의 발생이 없이 양호한 절단면을 나타냈으나 Table 4와 같이 #1 조건에서는 걸림이 1회 발생하였고 인선부 가공이 없어 인선의 마모 정도는 양호하였으나 전단 저항의 증가로 변형이 크게 발생하였다. #2의 경우 전단인선에서 치핑현상으로 마모가 심하게 발생되고 그로 인한 소재 걸림이 3회 이상 발생하였다. 인선 탈락 전에는 변형이 가장 적었으나 점차 변형도 증가하는 현상을 보였다. #3의 경우는 전체적으로 4200EA/Lot 내에서는 걸림 현상이 없었고 마모 정도나 변형은 비교적 양호한 상태를 보였다.

Table 4 Comparison of experimental result

구분	버어	걸림	마모	변형
#1	양호	1회	小	大
#2	양호	3회	大	小
#3	양호	0회	中	中

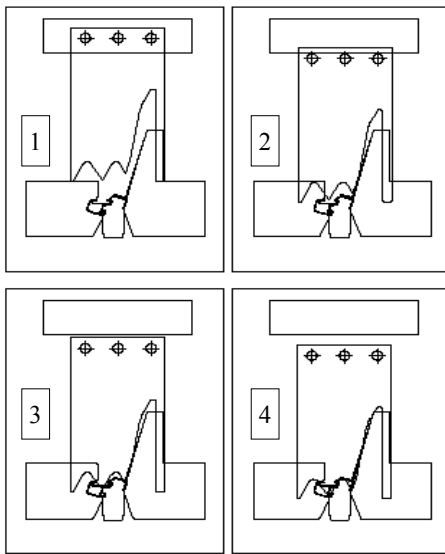


Fig. 6 Profile cutting process

#### 4.2. 소재의 전단과정

전단과정을 순차적으로 분석하면 Fig 6. 과 같다. 자른다는 표현 보다는 찢는다는 표현이 적합한데 롤 포밍의 특성상 평면상의 제품이나 소재를 절단하는 것이 아니고 특정한 형상이고 좌우가 대칭 하

지도 않은 소재를 절단 하는 경우가 많다. 이번 실험에 사용된 단면도 Fig 6. 중앙에 박스 면에는 중공부가 존재 하는 단면인데 중공부분은 다이가 형성될 수 없고 우측의 날개 부분은 좌우가 대칭 하지 않는다. Fig. 6에서 살펴보면 날개 면에서 1차 접촉과 전단이 이루어지고 2점 면을 눌러서 제품이회전하지 않도록 설계 되었다. 전체적인 힘이 중앙 core에 집중되지 않고 좌우로 분산되어 하강하는 펀치에 의해 순차적인 전단이 일어나고 있는 것을 확인 할 수 있다.

#### 4.3. 투영단면의 비교

투영단면을 비교해 보면 출구 측에서는 v홈을 가공하는 경우 버어(burr)가 중공 부에 밀려들어 가는 경향을 보인다. 입구 측은 버어(burr)가 중공 측에 발생 되지 않는다. 출구측은 주행과정에서 절단 금형을 벗어나는 죽을 말하고 입구측은 절단 금형 안으로 들어오는 방향적이다. 중공 측 안의 버는 상황에 따라 조금씩 다른 양상을 보이며 간헐적으로 없게도 된다.

Table 5 Comparison of sectional projection

구분	출구 측	입구 측
#1		
#2		
#3		

## 5. 결론 및 토의

본 논문은 롤 포밍 절단 금형의 인선 모양과 각도의 변화를 주고 실험하였다.

1) 펀치 절입부의 인선 모양은 전단 과정에서의 부하를 줄이기 위해서는 선단에 인선 각도를 주는 것이 필요 하지만 #2에서와 같이 과도한 인선 부가공을 하는 경우에는 오히려 펀치의 마모가 빨라지거나 치핑 현상의 발생으로 인해 역 효과가 나타나는 것을 알 수 있었고 #1과 같이 인선각도를 가공하지 않는 경우 전단면에 걸리는 부하량이 증대되어 금형과 설비 전체에 부하를 주고 있음이 확인되었다. 현재까지의 실험 결과로는 선단에 v홈을 가공하되 인선을 110~120° 이내의 각도로 가공하는 것이 소재의 결립 없이 비교적 양호한 전단 변형의 결과물이 나오는 것을 확인 할 수 있었다.

2) 펀치 인선부의 인선 수정 주기는 생산 Lot에 따라 달라질 수 있지만 기본 4200~6500/Lot에서 수정 하는 것이 연속생산 과정에서 바람직하다.

3) 롤 포밍의 특성 상 연속 공정의 한 부분에서의 문제점은 생산 공정 전체에 영향을 주고 전단 과정에서의 불량은 후 공정에서의 문제점을 발생 시킨다는 점에서 매우 중요한 작업이므로 이에 대한 연구와 개발이 앞으로도 계속 되어야 할 것으로 본다.

## 참고문헌

- 1) 정동원, “롤포밍 공정을 이용한 고장력강 재질의 범퍼보강 차체판넬 개발에 관한 연구”, 한국기계 가공학회 춘추계학술대회 논문집, Vol. 2011, No. 11, p. 33, 2011.
- 2) 류빈희, “롤 포밍 금형의 5-축 가공에 관한연구”, 경일대, 석사학위논문, 2014.
- 3) 권순철, “자동차용 채널의 롤 성형 공정에 관한 연구”, 울산대, 석사학위논문, 2009.
- 4) 김세환, “프레스금형 설계공학”, 대광서립 pp. 79-83, 2012.
- 5) 자동차 용어사전 편찬회, 자동차 용어사전, 일진사, 2012.