

롤 포밍 공법을 이용한 고강도 차체 SILL SIDE 제작 기술 개발

김동규¹ · 손성만² · 이규현² · 이문용[#]

Development of Manufacturing Technology for SILL SIDE with Roll Forming Process

D. K. KIM, S. M. SOHN, K. H. LEE, M. Y. LEE

Abstract

In roll forming process, a sheet metal is continuously progressively formed into a product with required cross-section and longitudinal shape, such as a circular tube with required diameter, wall-thickness and straightness, by passing through a series of forming rolls in arranged in tandem. In this process, each pair of forming rolls installed in a forming machine play a particular role in making up the required cross-section and longitudinal shape of the product. In recent years, that process is often applied to the bumper rail in the automotive industries. In this study, a optimal SILL SIDE manufacturing technology, model deign and proper roll-pass sequences can be suggested by forming number of roll-pass and bending angle. And also effects of the process parameters on the final shape formed by roll forming defects were evaluated.

Key Words : Roll Forming(롤 포밍), Roll Flower(롤 플라워) SILL SIDE(실 사이드), Spring back(탄성회복), Twist(비틀림), Longitudinal Strain(길이방향 변형률), Over Bending(오버 밴딩), Clearance(클리어런스)

1. 서론

자동차 업계에서는 연비 개선 및 안전성 강화라는 상반된 목적을 달성하기 위해 고강도 소재를 이용한 차체(body)부품 적용에 박차를 가하고 있다.

일반적으로 고강도 소재의 적용은 안전성 증대, 두께 축소 및 보강재 삭제에 의해 경량화, 비용 절감 등의 효과를 얻을 수 있다. 그러나 일반 소재에 비해 낮은 연신율, 높은 성형하중, 항복강도, 스프링 백 등의 영향으로 금형 마모, 제품 정밀도 저하, 공수 증가 등의 사항이 발생하기 때문에 기존 성형 방식인 프레스 방식으로는 한계가 있어 대체 성형법인 롤 포밍(Roll forming)공법이 검토되고 있다.

롤 포밍 공법은 박판(sheet metal)소재를 다단의 롤 금형에 통과시켜 점진적인 소성 변형을 이용

한 성형법으로 590MPa 이상의 고강도 제품 성형에 이점이 있는 기술이다.

이러한 고강도 소재 성형 기술이 차체 부품에 적용됨에 따라 보강재를 삭제한 일체화 부품 제조가 가능하고, 프레스 공정의 소재 회수율 70% 내외에 비해 90% 이상의 소재 회수율로 재료비 절감의 효과를 기대할 수 있다. 또한 금형 마모도가 낮기 때문에 수명 향상과 제품 정밀도 개선 및 단면이 일정한 형상의 제품을 경제적으로 생산할 수 있는 이점으로 건축, 선박, 항공, 자동차 등의 여러 분야에 확대 적용되고 있는 추세이다.

본 연구에서는 롤 포밍 기술을 이용하여 차량 측면 충돌시 승객 보호 역할을 수행하는 차체 실 사이드(SILL SIDE) 부품을 제작하였으며, 경량화 및 안전성이 우수한 부품 제작을 목표로 연구를 추진하였다.

1. 성우하이텍 기술연구소

2. 성우하이텍 기술연구소

성우하이텍 기술연구소, E-mail:mylee@swhitech.com

2. 롤 포밍 공정 설계

2.1 시제품 설계 및 해석

본 연구에서는 소재의 두께 1.2mm, 인장강도 1180MPa급의 고강도 소재를 사용하여 Fig.1의 고강도 차체 실 사이드(SILL SIDE) 모델을 설계하였다.

롤 포밍 공정은 소재의 특성, 성형 조건, 마찰 특성 및 소재의 변형 거동에 대한 종합적인 해석이 이루어져야 최적 성형이 가능하므로 공정 설계가 매우 중요하다. 따라서 최적의 공정 조건 및 설계의 목적으로 table.1과 같은 조건을 적용하여 공정 해석을 진행하였다.

제품의 단면 형상이 좌우 비대칭이고 소재의 연신율(elongation)이 비교적 낮고 스프링 백(spring back)이 큰 고강도 강판의 특성으로 롤 포밍 공정 시 비대칭 변형 및 불균일 하중(load) 분포로 제품이 꼬이는 트위스트(twist)현상이 발생하기 때문에 시제품 제작시 적절한 각도만큼 회전시켜 변형 구배에 대한 보완을 해야 된다. 따라서 제품 단면의 양끝을 연결하는 선이 수평축과 일치하도록 시계방향으로 18회전을 시켜 변형 구배를 최소화하여 공정해석을 진행 한 결과 Fig.2와 같은 결과 나왔으며, 이를 토대로 롤 금형 및 공정을 설계하였다.

3. 장비 구성 및 시제품 제작

3.1 롤 금형 제작

공정 해석을 바탕으로 금형을 설계하였고, 시제품 형상의 특성을 감안하여 총 17단으로 제작하였다.

소재 물성과 형상을 감안하여 롤 구동 속도(roll velocity)를 1m/min으로 제어함으로써 변형 구배에 대한 영향을 최소화시켰다. 또한 성형시 발생하는 길이방향변형률(longitudinal strain) 감소의 목적으로 성형 진행 방향 롤 금형의 평균반경을 1mm씩 증가시켜 원주 속도가 증가하면서 소재에 인장력이 작용하도록 설정하였다.

3.2 시제품 형상 성형

제작된 롤 금형은 Fig.3과 같이 롤 포밍 머신에 장착하였고, 소재(sheet metal)를 장입함으로써 시제품을 제작하였다.

Table 1 Process conditions of FE analysis

Tensile strength	1180MPa
Young's modulus	2.02×10^5
Thickness	1.2mm
Roll stand	450mm
Initial strain	0.01
Roll velocity	1m/min
Strain constant	1.62

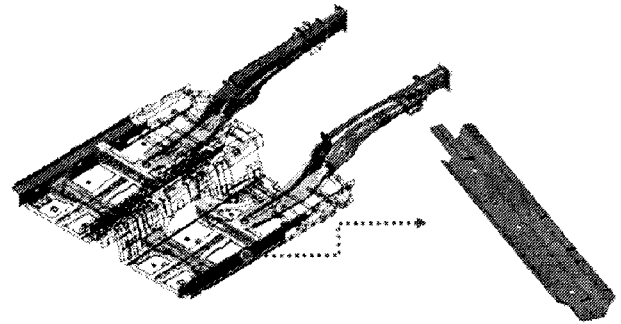


Fig. 1 Schematic diagram of SILL SIDE

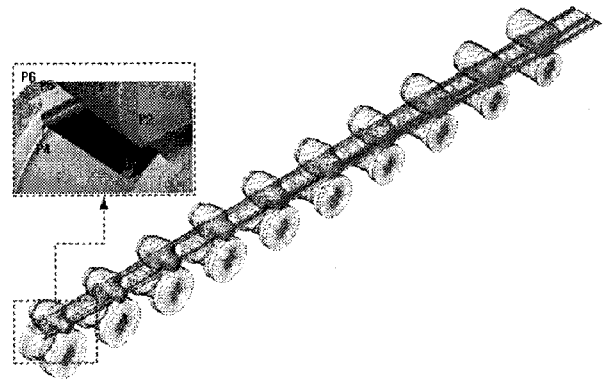


Fig. 2(a) Results of the roll forming simulation

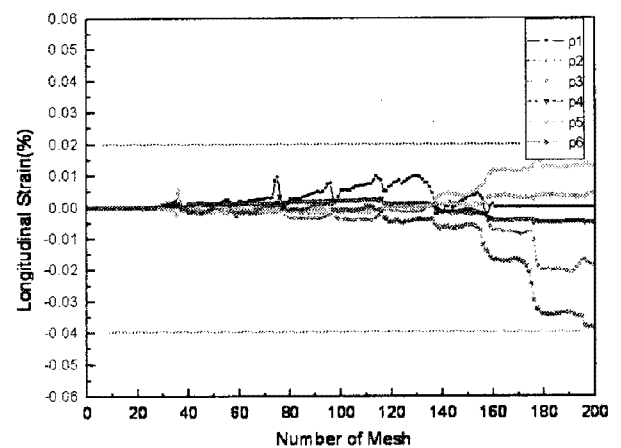


Fig. 2(b) Results of the number of mesh on longitudinal value

소재가 롤 금형에 잘 유입될 수 있도록 소재의 양 끝부분에 45° 각도로 모떼기 작업을 하였다.

롤 포밍 공정 해석을 통해 굽힘량, 스프링 백, 트위스트 등을 감안한 설계 및 공정 설정을 하였지만, 자동차 부품이 요구하는 Spec을 만족시키기 위해 Fig.4의 교정 금형을 최종 성형구간에 설치하여 스프링 백 및 트위스트 현상을 교정하였다.

3.3 시제품 절단 공정

롤 포밍 특성은 공정 흐름에 따라 연속적으로 제품이 제작 되기 때문에 효율적인 절단 공정이 필요하다.

고강성인 시제품의 특성으로 기존의 절단 금형 방식으로는 응력집중, 트위스트, 떨림에 의한 제품 끝단부 좌굴 현상이 발생함으로써 치수 정밀도가 낮아졌다. 따라서 Fig.5와 같은 고강도 소재 절단에 적합한 방식의 절단금형 시스템을 본 연구에 적용하여 절단시 발생하는 각종 문제점을 해결함으로써 치수정밀도를 개선시켰다.

3.4 시제품 형상 성형

롤 포밍 공정 이후 스탬프(stamp) 공정을 통해 Fig.6의 최종 시제품을 제작하였다. 일반적으로 590MPa 이상의 고장력 소재에 대한 스탬프 성형은 금형 마모, 수명 단축 및 스프링 백에 의한 치수정밀도 저하 등의 단점을 가지고 있지만, 본 성형은 성형량이 낮기 때문에 스탬프 성형에 무리가 없을 거라고 판단하여 최종 시제품을 제작하였다.

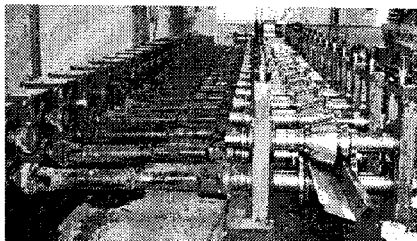


Fig. 3 Schematic diagram of Forming Roll

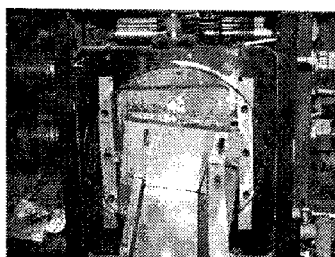


Fig. 4 Schematic of correct roller

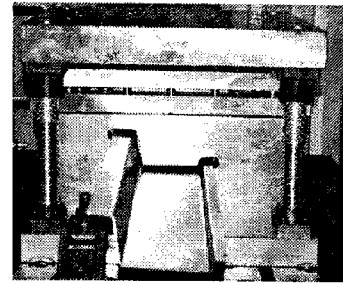


Fig. 5 Schematic of cutting machine

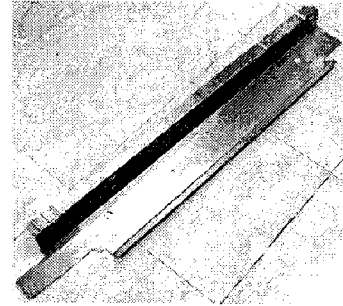
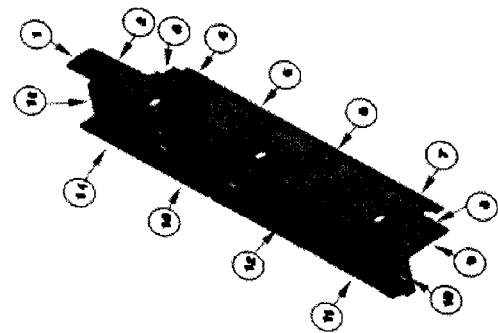


Fig. 6 Schematic of SILL SIDE

Table.2 Results of the forming on measure value



구 분	LH		RH	
	GAP	FLUSH	GAP	FLUSH
1	-0.5	0.5	0.5	0.3
2	-0.2	0.3	-0.2	0.3
3	1.0	0.5	-0.3	0.2
4	-0.1	0.3	0.5	0.2
5	0.1	0.5	0.3	0.3
6	-0.3	0.5	0.3	0.5
7	0.5	0.3	0.3	0.3
8	0.5	-0.3	0.6	0.5
9	0.4	-0.3	0.1	-0.3
10	1.0	0.2	0.4	-0.2
11	0.1	-0.5	-0.1	-0.5
12	-0.5	-0.5	-0.1	-0.3
13	0.3	-0.5	0.01	-0.3
14	-0.3	-0.2	-0.1	0.5
15	-0.2	-0.3	1.0	0.5

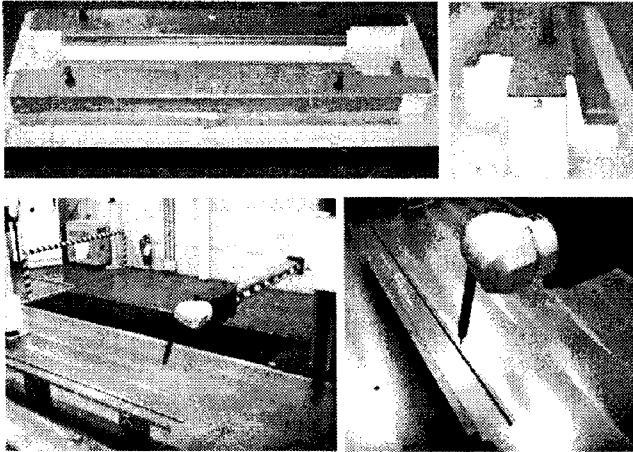


Fig. 7 3D measure machine & C/F

4. 제품 치수 정밀도 평가

4.1 시제품 치수 정밀도 측정

최종 시제품에 대한 치수 정밀도를 측정하여 성형시 발생하는 국부적인 치수 편차를 예측하고, 제품에 대한 신뢰성 향상을 목적으로 Fig.7과 같은 검사구 및 3차원 측정 장치를 사용하여 치수 정밀도를 측정하였다.

Table.2는 측정 결과를 나타낸 것으로 스프링 백에 의한 트위스트 및 절단 공정시 발생하는 끝단 좌굴 현상은 없었으며, 자동차 부품이 요구하는 $\pm 0.5\text{mm}$ 공차를 90%이상 만족하는 제품을 제작하였다.

4. 결론

본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 유한요소해석을 통해 각 공정별 변수를 사전에 예측하여 최적의 롤 포밍 공정을 설계함으로써 안정성과 경제적인 롤 금형 설계 방식을 제시하였다.

(2) 판재 성형시 발생하는 스프링 백 해석 및 제어를 통해 치수 정밀도를 개선하였다.

(3) 신 개념의 절단금형 시스템을 적용하여 절단 공정시 발생하는 스프링 백, 트위스트, 시제품 끝단부 좌굴 현상을 제어하였다.

(4) 롤 포밍 공정을 통해 고강도, 경량화 차체 부품 제작 기술을 확립하였다.

후 기

본 연구는 산업자원부의 지역중점기술개발사업 지원에 의해 수행 되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] A. Alsamhna., I. Pillinger., P. Hartely., 2004, "The development of real time re-meshing technique for simulating cold-roll-forming using FE methods," *Journal of Materials Processing Technology*, PP.1~9.
- [2] Tsutao K., Masahiro H., Masahiro S., Keizo N., Hidekazu T., 2004, "Effect of material internal pressure in curing process of SMC roll forming," *Journal of Materials Processing Technology*," pp.1577~1582.
- [3] 이승윤, 김낙수, 2002, 대한기계학회, 유한요소 해석을 이용한 후육관 롤포밍에서의 초기소재 에지 형상 예측과 설계, Vol.26,pp.644~652
- [4] 박기철, 전영우, 정기조, 1997, 한국소성가공학회, 박강판 제조공정에서의 소재 굽힘변형과 잔류잔곡 발생 해석, vol.6,pp.118~135
- [5] 김광희, 1999, 한국해양공학회, 유한요소해석을 이용한 성형 롤 설계, vol.13,pp.75~81
- [6] 최광규, 김낙수, 2001, 대한기계학회, 변형경로를 고려한 판재의 성형한계도 예측, vol.25,pp.1107~1118.