

## 고강도 차체부품 제작 기술에 대한 연구

박상언<sup>1</sup>· 김동규<sup>1</sup>· 이규현<sup>1</sup>· 김광희<sup>2</sup>· 이문용<sup>#</sup>

### The Study of Manufacturing Technology for Front Side Member Lower

S. E. Park, D. K. KIM, Y. J. Lee, K. H. KIM, 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 recent years, that process is often applied to the bumper rail in the automotive industries. In this study, a optimal front side member 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), Front side member lower(프론트 사이트 멤버 로어), Spring back (탄성회복), Stretching bending(스트레치 벤딩), Over bending(오버 벤딩)

#### 1. 서 론

최근 자동차 산업이 국가 경제에 없어서는 안 될 기간 사업으로 인식되고 있으며, 대다수의 선진 국가들도 자국의 자동차 산업을 지키기 위해 자국 자동차 산업에 대한 끊임없는 지원을 하면서 타국 자동차에 대한 배타적인 자세를 취하고 있다. 이에 각국의 자동차 안전에 대한 법규가 대폭 강화되고 있을 뿐만 아니라, 수입차에 대한 다양한 법규 내용을 만족하도록 요구하는 실정이다. 물론 승용차 개발초기 단계에서 주요 관심사는 경량화, 저연비를 유지하면서 고강성, 고안정성을 만족하는 차체개발을 목표로 하고 있다. 특히 충돌 안전성 시험은 가장 적극적인 자국 산업 및 국민 보호 수단으로 자리 잡고 있으며, 산업 선진국인 유럽 및 북미 국가들은 이러한 취지 아래 충돌

법규 및 상품성 시험을 개발하여 시행하고 있는 실정이다.

본 연구는 이러한 자동차 추세를 감안한 고강도 차체 성형 기술의 일종인 롤 포밍(roll forming) 기술을 이용하여 차량 충돌 시 충격 에너지 흡수 및 차량의 엔진과 구동부를 지지하는 역할의 프론트 사이트 멤버 (front side member) 개발에 대한 연구로서, 유한요소 해석법을 통한 제품 최적화 설계 및 소재 특성을 감안한 사이트 멤버 시스템 제작을 진행하였다.

또한 단면 롤 플라워 분석과 성형 해석 결과를 바탕으로 롤 포밍 공정 구축 및 3 차원 스트레치 공정(stretching bending)을 적용하여 높은 구조강성 및 공정 수 축소를 통한 연비 개선, 안정성이 우수한 프론트 사이트 멤버 로어(front side member lower)용 차체 부품 개발을 하고자 한다.

1. ㈜성우하이텍 기술연구소

2. 부경대학교 기계공학부

# 교신저자: ㈜성우하이텍, E-mail: mylee@swhitech.com

## 2. 본문

### 2.1 시제품 설계

사이드 멤버 로어의 형상은 소재의 특성 및 성형 공법을 감안하여 1 차 설계를 진행하였고, 구조 분석 및 충돌 특성을 분석하여 Fig.1 과 같이 최종 설계안을 도출하였다. 사이드 멤버 로어(side member lower)에 적용한 소재는 Table.1 의 두께 1.4mm 인장강도 980MPa 급의 초고장력 강을 사용하였고, 공정 특성에 대한 신뢰성 개선의 목적으로 Fig.1 의 시제품 단면에 대해서 롤 포밍 전용 해석 tool 인 RE\_COPRA 와 RE\_SHAPE 를 이용하여 금형 설계 및 공정 조건 설정을 하였다.

### 2.2 롤 포밍 공정 해석

롤 포밍 공법은 금형 설계 및 공정 조건 설정이 최적 성형에 큰 비중을 가지고 있다. 또한 금형 형상 및 공정 조건은 소재의 물성에 의해 좌우되며, 경제성과 안정성을 위해서는 공정 해석이 필수적이라고 할 수 있다. 따라서 롤 포밍 성형에 대한 패턴 설계 tool 을 이용하여 금형 패턴을 설계하였고, 이 결과를 기초로 공정 해석을 진행하였다.

Fig.2 는 롤 포밍 전용 해석 Tool(RF\_COPRA, RF\_SHAPE)을 이용하여 롤 플라워 설계 및 공정 해석 결과를 나타낸 것으로 성형 패턴 및 공정 해석을 예측하여 최적의 공정 설계를 실시하였다.

Table.1 Mechanical property of materials

Material	SPFC980
Young' s modulus	$2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$
Tensile strength	980MPa
Thickness	1.4mm

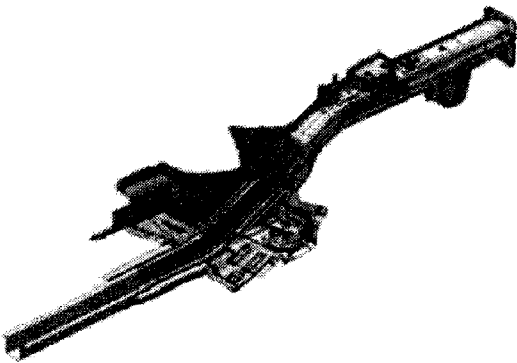


Fig.1 Schematic diagram of Front Side member

### 2.3 롤 포밍 공법을 이용한 시제품 제작

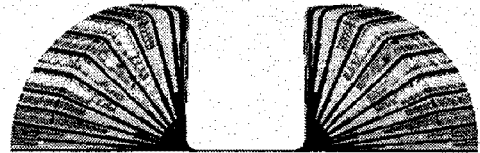
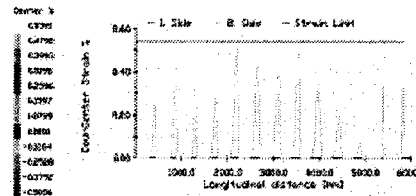
시제품을 제작하기 위해 필요한 롤 금형은 총 12단으로 구성되었지만, 판재 성형시 발생하는 탄성회복(spring back)현상에 대한 개선 방안으로 2단의 오버벤딩(overbending)공정을 추가하였고, Fig.3 과 같이 총 14단의 금형을 제작하였다.

시제품을 제작하기 위한 롤 금형은 총 14단이며, 초기 공정시 소재의 원활한 공급과 소재 이탈 방지의 목적으로 평탄 롤을 설치하였다.

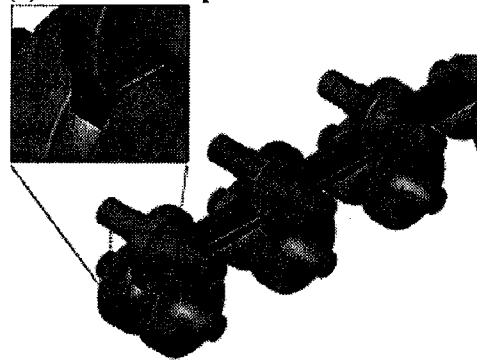
또한 시제품의 물성이 980MPa급의 초고강도 소재임을 감안하여 롤 속도는 2m/min으로 설정을 하였다.

Table.2 Process conditions of FE analysis

Roll stand	450mm
Thickness	1.4mm
Initial strain	0.0045
Number of roll pass	12
Strain constant	1.62
Roll velocity	2m/min



(a) Effect of roll pass on MAX line strain



(a) Schematic of roll forming process

Fig.2 Results of the roll forming simulation

원활한 소재 성형을 위하여 진행 방향 롤 금형의 평균 반경을 1mm씩 증가시켜 원주 속도가 점차 증가됨에 따라 소재에 인장력이 부여 되어 길이 방향 변형율이 낮아지도록 설정 하였다.

Fig.4의 Pilot 롤 포밍 설비에 소재(coil)를 장입하고, 초기 1단에 소재가 금형으로 잘 유입이 될 수 있도록 양끝 부분에 45°각도로 모떼기 작업을 하였다. 시제품 성형 과정에서 소재 장입시 반발력에 의한 소재 이탈 현상을 보정하기 위해 금형 설정을 실시간으로 진행하였다.

또한 시제품 길이가 2m임을 감안하여 성형 이후 자중에 의한 처짐 현상 개선의 목적으로 보정 장치를 제작하여 적용하였다. 최종 성형 시제품은 간이 검사 치구 및 3차원 접촉식 측정 장비를 이용하여 실시간으로 측정 제어 함으로서 자동차에서 요구하는 차체 부품 공차인  $\pm 0.5\text{mm}$ 를 만족하는 품질의 시제품을 제작하였다.

#### 2.4 시제품 곡률 성형

롤 포밍 공정에서 제작된 시제품에 곡률을 부여 하기 위해 Fig.5의 3차원 스트레칭 벤딩 장치를 이용하여 곡률 성형하였다.



Fig.3 Schematic diagram of roll die

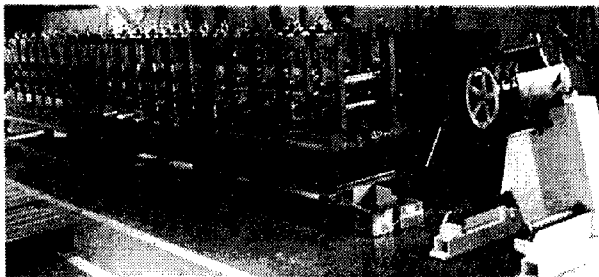


Fig.4 Roll forming machine

일반적으로 형상이 단순하고 대칭인 제품의 경우 롤 포밍 공법을 이용하여 곡률을 성형하지만, 본 연구에서는 시제품 형상 특성에 의해 스트레칭 벤딩 장치를 이용하여 곡률을 성형하였다.

금형 장치는 시제품의 형상을 감안하여 3차원의 시제품 곡률을 복측 성형방식을 이용하여 크게 4단계로 분류함으로서 단계별 성형을 진행하였고, 성형시 발생하는 높은 하중을 감안하여 유압 실린더 4개를 장치에 적용하였다. 또한 성형시 발생하는 탄성회복 현상을 감안하여 6% 정도의 오버 벤딩량을 금형에 부여하였다.

Fig.6는 최종 3차원 벤딩 공정 이후의 시제품으로 자동차에서 요구하는 품질 성능 만족의 목적으로 벤딩 속도 및 각도 등을 적절하게 제어하여 최종 980MPa급의 초고강도 프론트 사이드 멤버 로어를 제작하였다.

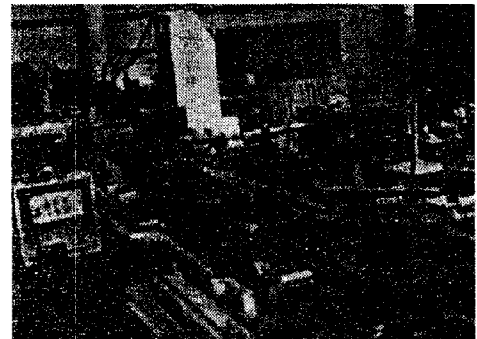


Fig.5 Stretching bending machine

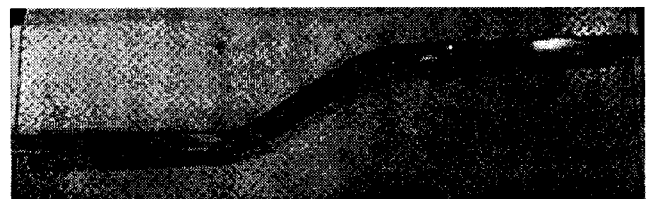


Fig.6 Front side member lower

### 3. 결 론

본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 유한요소해석을 통해 각 공정별 변수를 예측하여 롤 포밍 공정 패턴 설계를 진행함으로써 안정성과 경제성을 감안한 금형 설계 방식을 제시하였다.

(2) 3차원 형상을 가지는 차체 부품에 대한 성형 기술을 확립하였다.

(3) 롤 포밍 공정을 통한 고강도, 경량화 차체 부품 제작 기술을 확립하였다.

(4) 980MPa급의 초고강력 소재를 이용하여 프론트 사이드 멤버 로어를 제작하였다.

### 후 기

본 연구는 지식경제부의 중기거점개발사업지원에 의해 수행 되었습니다.

### 참 고 문 헌

- [1] Han Z. W., Liu C., Lu W. P., Ren L. Q., Tong J., 2004. , " Experimental investigation and theoretical analysis of roll forming electrical resistance welded pipes" *Journal of Materials Processing Technology*, pp.311~316
- [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] 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.
- [4] Park K. C., Jeon Y. W., Jeong K. J., 1997, "Analysis of Deformation and residual curvature of steel sheets in strip process lines," *Journal of the KSTP*, Vol. 6, No. 2, PP.118~135.
- [5] Kim K. H., 1999, "Design of forming rolls using finite element analysis," *Journal of the KSOE*, Vol. 13, No.4 PP.75~81.
- [6] Lee S. Y., Kim N. Y., 2002, "Prediction and design of edge shape of initial strip for thick tube roll forming using finite element method," *Journal of the KSME*, Vol. 26, No. 4, pp.664~652.
- [7] Hong S. M., Kim N. S., 2001, " Study on scratch defect of roll forming process," *Journal of the KSME*, Vol. 25, No. 8, pp.1213~1219.
- [8] Kang B. S., Kim N. S., 2003, "A study on roll wear in the roll forming process," *Journal of the KSME*, Vol. 27, No. 11, pp.1881~1888.