

롤 포밍 공법을 이용한 고강도 차체 부품 제작 기술 개발

김동규¹ · 박상언¹ · 조국래¹ · 이규현¹ · 김광희² · 이문용[#]

Development of Manufacturing Technology for Center Floor Cross Member with Roll Forming Process

D. K. KIM, S. E. Park, K. R. CHO, K. H. Lee, K. H. KIM, M. Y. Lee

Abstract

The roll forming process is often used to manufacture long, thin-walled products such as a pipe. The final cross-section is a comparatively simple open-channel, a closed tube section or a complex profile with several bends. In recent years, that process is often applied to the bumper beam in the automotive industries. In this study, a optimal Center Floor Cross 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 프라워), Center Floor Cross Member(센터 플로워 크로스 멤버), Spring back (탄성회복), Twist (트위스트), Over bending (오버 밴딩)

1. 서 론

롤 포밍(Roll forming)기술은 차체를 성형하는 프레스(Stamp)기술과는 다른 개념으로 한쌍으로 배열된 다수의 성형 롤 금형을 적용하여 점진적인 소성변형을 이용한 성형법으로 높은 강성을 갖는 고강도 강판을 이용한 차체 부품 성형에 유용한 기술이다. 하지만 소재의 특성과 롤 간의 간격(Roll Gap), 롤 금형 간의 스텐드 거리, 성형 속도(Roll velocity), 탄성 회복 성향(Spring back)등의 소재 변형거동에 대한 종합적인 분석이 이루어져야 최적 성형이 가능하기 때문에 고려 인자가 많은 특징을 가진 기술이기도 하다.

롤 포밍 기술은 기존 프레스 제품의 소재 회수율 80%내외에 비해 90%이상의 소재 회수율로 재료비 절감의 효과가 있다. 또한 금형 마모가 낮기

때문에 금형 수명 향상과 제품 정밀도 개선 및 단면이 일정한 제품을 경제적으로 생산할 수 있는 이점으로 최근 건축, 선박, 자동차부품 제조 기술에 확대 적용 되고 있는 추세이다.

본 연구에서 이러한 롤 포밍 기술을 이용하여 차량 충돌시 차체 강성을 증대시켜 보강재(Reinforcement)로서의 역할을 수행하는 차체 언더바디(Underbody) 부의 센터 플로워 크로스 멤버(Center Floor Cross Member) 이하 크로스 멤버(Cross member)가공 기술에 적용하여 높은 구조 강성과 경량화로 연비 개선 및 승객 안전성이 우수한 차체 부품 개발이 목적이며, 롤 포밍 공정 시 발생하는 길이 방향 변형율(Longitudinal strain), 탄성회복현상(Spring back) 등을 예측하여 최적의 공정 변수 도출 및 시제품 제작이 본 연구의 목표로 설정하여 연구를 추진 하였다.

1. ㈜성우하이텍 기술연구소

2. 부경대학교 기계공학부

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

2. 롤 포밍 공정 설계

2.1 시제품 설계 및 해석

본 연구에서는 소재는 Table.1과 같이 두께 0.9mm, 인장강도 980MPa급의 초고강도 소재를 사용하여 Fig.1의 차체 크로스 멤버(Cross Member)모델을 설계를 하였다.

롤 포밍 공정은 소재의 특성, 성형조건, 마찰특성 및 소재의 변형거동에 대한 종합적인 해석이 이루어져야 최적 성형이 가능하므로 공정 설계 단계가 중요하다. 따라서 최적의 금형 형상 및 공정 조건 설정의 목적으로 Table.2의 조건을 적용하여 공정 설계를 진행하였다.

제품의 단면 형상이 좌우 비대칭이고 소재의 연신율(elongation)이 낮고 탄성회복(spring back)이 높은 고강도 강판의 특성으로 롤 포밍 공정시 성형 편차 및 불균일 하중(load) 분포에 따른 비틀림(Twist)현상이 예상되어 시제품 제작시 변형 구배에 대한 확실한 보완책이 필요 하였다. 따라서 Fig.2와 같이 롤 포밍 공정시 길이 방향 변형율을 예측하고 이를 균등하게 분배하여 변형 구배를 최소화 하였고, 이를 기준으로 롤 금형을 설계하였다.

Table.1 Mechanical property of materials

Material Properties	SPFC980
Young' s Modulus	2.2×10^5
Ultra Tensile Strength	1098MPa
Yield Stress	758MPa
Thickness	0.9mm

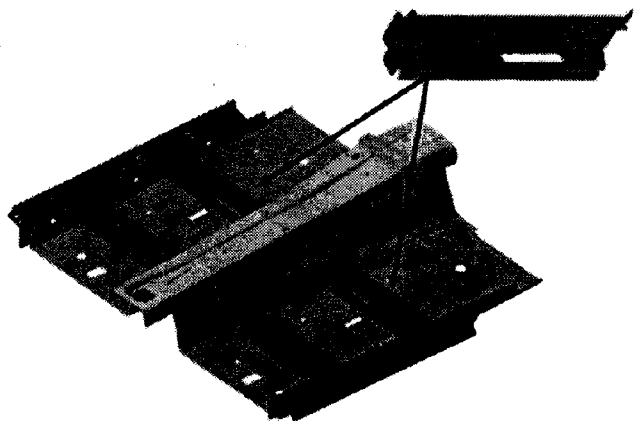


Fig.1 Schematic diagram of Cross Member

Table.2 Mechanical property of materials

Roll stand	450mm
Roll velocity	1m/min
Strain constant	1.62
Initial strain	0.0045

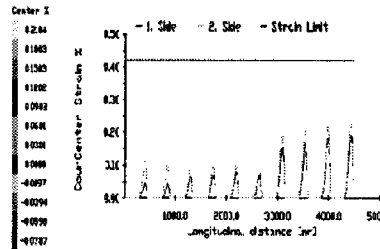


Fig. 3 Results of the roll forming simulation

3. 장비 구성 및 시제품 제작

3.1 롤 금형 제작

공정 해석 결과를 바탕으로 금형을 설계하였고, 시제품 형상 및 소재 물성을 감안하여 총 12 단으로 금형을 제작하였다.

소재의 물성과 형상을 감안하여 롤 구동 속도(roll velocity)를 해석 조건보다 높은 2m/min으로 제어함으로써 변형 구배를 감안한 공정조건을 설정하였다. 또한 성형시 발생하는 길이방향 변형율(Longitudinal strain) 감소의 목적으로 성형 진행 방향 롤 금형의 평균반경을 1mm씩 증가시켜 원주 속도가 증가함으로써 인해 소재에 인장력이 부여되도록 설정하였다.

3.2 시제품 형상 성형

제작된 롤 금형은 Fig. 3과 같이 롤 포밍 머신에 장착하였고, 소재(Coil)를 장입하여 시제품을 제작하였다.

소재가 롤 금형에 잘 유입될 수 있도록 소재의 양 끝단부에 45°도로 모떼기 작업을 하였다.

시제품의 성형 과정에서 변형 구배에 소재가 비틀리는 현상을 보정하기 위해 3°의 각도를 부

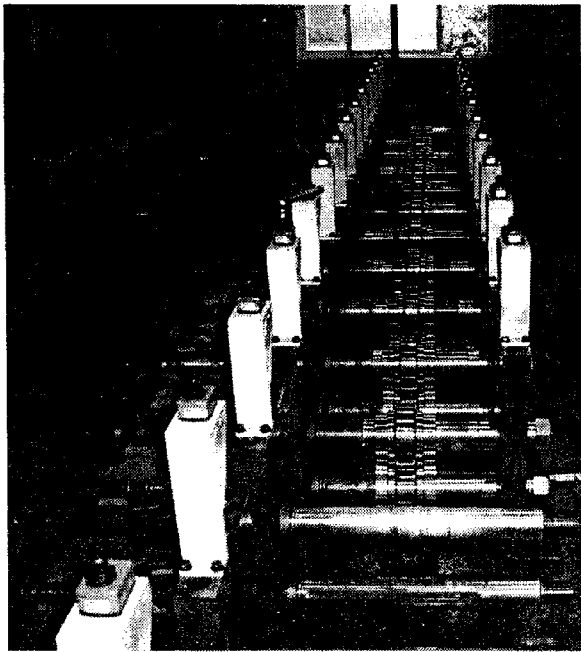


Fig. 3 Schematic diagram of Forming Roll

여 하여 굽힘 성형시 발생하는 관성모멘트를 최소화하여 시제품을 제작하였다.

또한 롤 포밍 공정 해석을 통해 굽힘, 탄성회복량, 비틀림 현상 등을 감안한 설계를 통해 금형을 제작하였지만, 자동차 부품이 요구하는 공차 치수 만족의 목적으로 롤 갭(Roll gap) 설정과 최종 성형 구간에 오버 밴딩(Over bending)공정을 추가하여 이를 교정하였다.

4. 시제품 성능 평가

4.1 시제품 성능 평가

제작된 시제품에 대한 치수 정밀도를 측정하여 성형시 발생하는 국부적인 치수 편차를 예측하고 제품에 대한 신뢰성 향상의 목적으로 Fig.5의 3차원 접촉식 시편 측정 장치를 이용하여 정밀 측정을 하였다.

Fig.4는 측정 부위에 대한 도식도를 나타낸 것으로 탄성회복에 의한 비틀림 현상 및 끝단 부에서 발생하는 좌굴 현상은 발생되지 않았다. 하지만 시제품의 끝단에서 탄성회복에 의한 1.0mm 정도의 치수공차가 발생하였다. 이는 추후 프레스(Stamp)공정을 감안했을 경우 충분히 제어될 수 있을 것으로 판단되며, 끝으로 롤 포밍 공법을 통해 자동차 부품이 요구하는 0.5mm

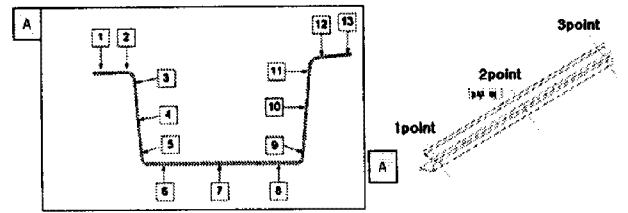


Fig.4 Results of the forming on measure vlaue

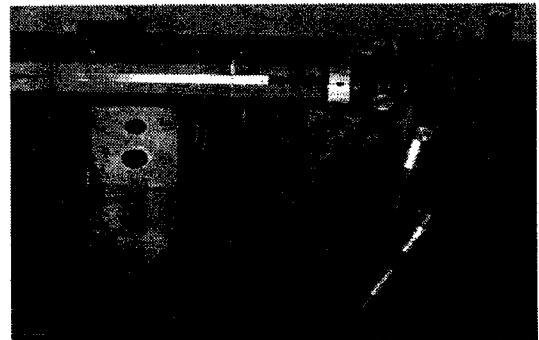
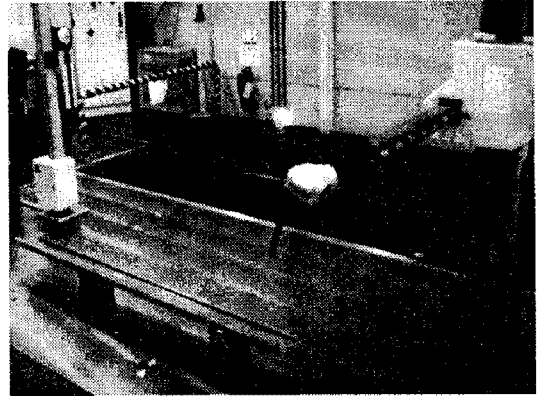


Fig. 5 3D Measure machine

공차를 90%이상 만족하는 제품을 제작을 하였다.

5. 결 론

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 탄성회복 현상 해석 및 제어를 통해 치수 정밀도를 개선하였다.

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

후 기

본 연구는 지식경제부의 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 홍길동, 김길동, 1999, 탄소성 유한요소, 한국소성가공학회지, 제99권, 제99호, pp. 149~150.
- [3] 이승윤, 김낙수, 2002, 대한기계학회, 유한요소해석을 이용한 후속관 틀 포밍에서의 초기소재 에지 형상 예측과 설계, Vol.26,pp.644~652
- [4] 박기철, 전영우, 정기조, 1997, 한국소성가공학회, 박강판 제조공정에서의 소재 굽힘 변형과 잔류잔곡 발생 해석, vol.6,pp.118~135
- [5] 김광희, 1999, 한국해양공학회, 유한요소해석을 이용한 성형 틀 설계, vol.13,pp.75~81
- [6] 최광규, 김낙수, 2001, 대한기계학회, 변형 경로를 고려한 판재의 성형한계도 예측, vol.25,pp.1107~1118.