

샌드위치판재를 적용한 자동차 범퍼 빔 개발

김동규¹·유정수¹·박상언¹·이규현¹·김광희²·이문용[#]

Development of Manufacturing Technology for Bumper Back Beam with Sandwich Plate

D. K. KIM, J. S. RYU, S. E. PARK, K. H. 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 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 Front Bumper Beam 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 : Sandwich Plate(샌드위치 판재), Bumper Back Beam(범퍼 백 빔), Stay (스테이), Roll Fomring(롤 포밍), Roll Flower (롤 플라워), Longitudinal Strain(길이방향 변형률), 스트레치 밴딩(Stretch bending)

현대 사회에서는 에너지 고갈 현상에 따라 높은 에너지 효율의 제품에 대한 수요가 증가하고 있고, 환경적인 문제가 크게 대두되면서 관련 규제를 강화하는 등의 방법으로 친환경적인 제품 수준을 요구하고 있는 실정이다. 최근 기계, 자동차, 철강, 중공업 등의 업계에서는 초경량 구조재의 활용에 의해 경량화, 고강성, 고강도, 고내충격성 등을 실현하여 에너지 효율을 높일 수 있고 고강성, 고내충격성 등의 성질은 내구성 및 안전성 향상과 같은 제품 성능 향상을 유도하고 있다.

본 연구는 내부에 대형 구조체를 갖는 샌드위치 판재(sandwich plate) 성형 기술에 관한 연구로서 고강성, 고기능성 스틸 샌드위치 판재를 설계적으로 구현하였다. 이를 바탕으로 샌드위치 판재의 핵심인 심재(Core)의 형상을 반영한 자동차 범퍼 빔 시스템에 적용을 하였고, 유한요소 해석법을 통한 제품 최적화 설계 및 샌드위치 판재의 특성을 감안하여 범퍼 시제품 제작 연구를 추진

하였다. 본 연구에 사용된 공법은 롤 포밍(roll forming) 공법으로 판재(sheet metal)를 다단의 롤 금형을 이용하여 점진적인 소성가공 공정을 통한 성형법으로 샌드위치 판재의 민감한 부분인 심재(Core)의 파손 없이 최종 시제품 성형에 이점이 있는 기술이다.

이러한 고강도 샌드위치 판재를 이용한 성형 기술이 차체 부품에 적용 됨에 따라 보강재(reinforcement)를 삭제한 일체화 부품 제조가 가능하고, 샌드위치 판재의 특징인 소음, 진동 등을 줄일 수 있는 효과를 기대 할 수 있다. 또한 금형 마모도가 낮기 때문에 수명 향상과 제품 정밀도 개선 등의 효과를 기대 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 롤 포밍 기술을 이용하여 차량 충돌시 승객 보호 역할을 수행하는 자동차 범퍼 부품을 제작하였으며, 경량화 및 안전성이 우수한 부품 제작을 목표로 본 연구를 추진하였습니다.

1. 성우하이텍 기술연구소

2. 부경대학교 기계공학과

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

2. 롤 포밍 직선빔 설계

2.1 범퍼 빔 설계 및 공정 설계

본 연구에서는 자동차용 냉연강판이 적용된 샌드위치 판재의 기초 물성과 성형 특성을 파악하여 높은 구조강성과 충돌에너지 흡수율을 갖도록 유도된 Fig.1 형상의 범퍼 빔(bumper beam)을 설계하였다.

샌드위치 판재 성형시 내부 코어의 압괴 및 용접부 탈착에 따른 대책안으로 변형률을 최소화하는 롤 포밍 공법을 적용하여 공정 설계를 진행하였다.

롤 포밍 공정은 점진적인 소성가공을 이용한 판재 성형법으로 소재 특성 및 마찰 특성에 대한 종합적인 해석이 이루어져야 최적 성형이 가능하므로 공정 설계 및 조건 설정이 매우 중요하다. 따라서 최적의 공정 조건 및 롤 금형 설계의 목적으로 table.1의 조건을 부여하여 공정 해석을 진행하였다.

초기 투입되는 소재의 폭은 롤 포밍 특성상 소재가 인장되는 양을 감안하여 191mm로 설정을 하였다.

Fig.2는 롤 포밍 공정 25단의 각 상하 롤 금형을 통과하는 제품의 성형계적을 겹쳐 놓은 것으로 이를 롤 포밍 용어로 롤 플라워(roll flower)라고 한다.

샌드위치 소재가 25단의 롤 포밍 공정을 진행하면서 굽힘 성형을 받게 되면, 이때 롤 금형과 성형량 차이에 의한 마찰력이 초기 공정과 후 공정에서 인장 혹은 압축 하중을 받게 되며, 해당 롤 금형간의 속도차이에 의해 길이방향으로 변형률이 발생하는데 이 변형률을 기초로 롤 포밍 공정을 설계하였고, Fig.2의 성형 그래프와 같이 소재 물성의 성형 한계점 이하에서 설계된 것을 알 수 있다.

Table 1 Process conditions of FE analysis

Tensile strength	780MPa
Young's modulus	1.85×10^5
Thickness	3mm
Roll stand	450mm
Initial strain	0.01
Roll velocity	3m/min
Strain constant	1.62

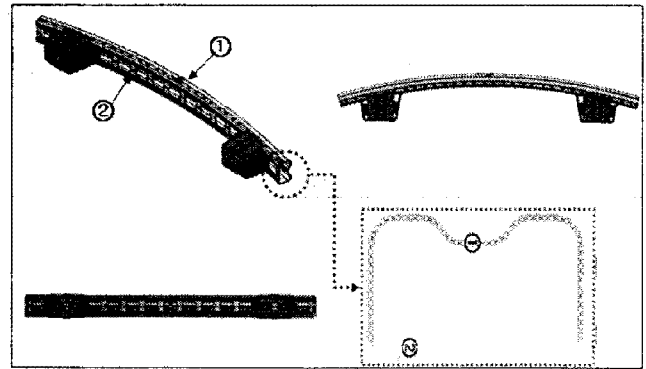


Fig.1 Schematic diagram of Front Bumper

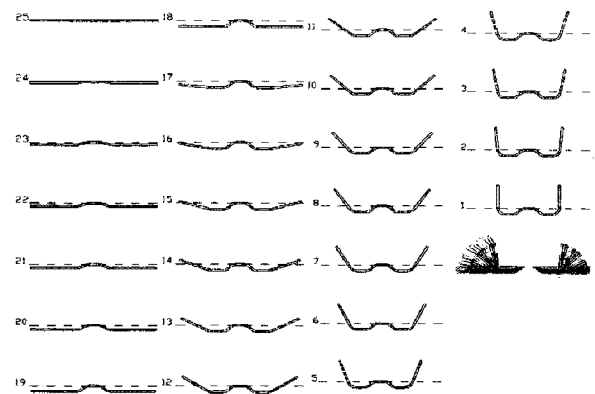


Fig.2 Effect of roll pass on MAX line strain

상업화된 롤 포밍 범퍼 빔의 각 단수별 평균 굽힘 각도는 10~12°로 부여를 하고 있으나, 샌드위치 판재의 특성을 감안하여 3~4°로 설계하였다.

3. 장비 구성 및 시제품 제작

3.1 롤 금형 설계 및 조건 설정

롤 플라워 설계를 기준으로 소재 특성을 감안하여 롤 금형 총 25단을 제작하였다.

롤 포밍 공정의 경우 코일(coil)소재를 언코일러에 장착을 해서 시제품을 생산을 하지만 샌드위치 판재의 소재 특성상 코일(coil)재 형태로 제작이 어렵기 때문에 판재(Sheet metal)형태로 제작을

하였고, 이를 감안하여 롤 구동 속도는 2m/min로 기존 성형 속도의 1/2로 성형시 발생하는 속도에 따른 영향을 최소화시켰다. 또한 성형시 길이방향으로 발생하는 변형을 감소 목적으로 성형시 인장력을 부여하기 위해 롤 금형을 진행 방향으로 1mm씩 증가를 시키는 방식(upper hill)을 적용하여 성형 조건을 개선하였다.

3.2 롤 포밍 시제품 제작

Fig.3은 롤 플라워 설계 및 공정 조건을 감안하여 롤 포밍 머신에 장착하였고, 샌드위치 판재 191mm(폭)×2500(길이) 사이즈의 소재를 장입하여 시제품을 제작하였다

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

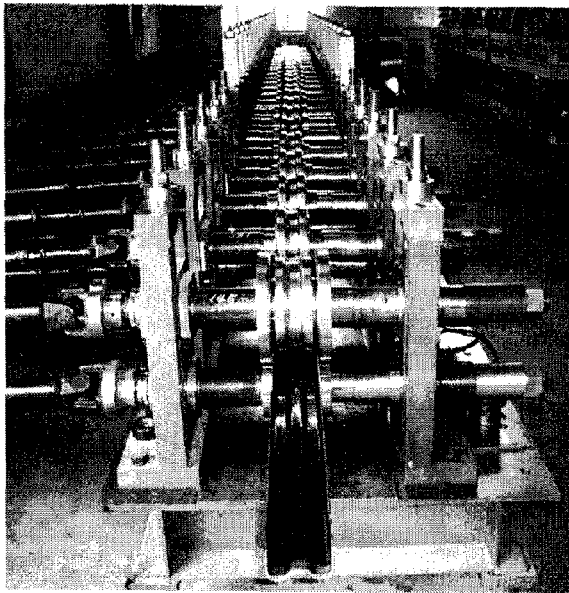


Fig.3 Schematic diagram of forming roll

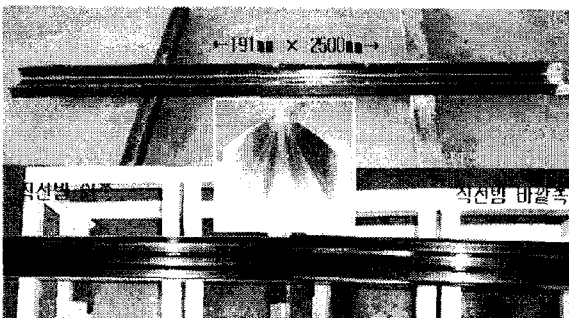


Fig.4 Schematic of bumper back beam

Fig.4는 롤 포밍 공정 이후 시제품으로 샌드위치 판재 내부의 코어의 파손 없이 성형이 이루어진 것을 알 수 있다.

3D 접촉식 측정 장치를 통해 1차 측정을 진행한 결과 자동차에서 요구하는 수치(spec)에 만족하였다.

3.3 시제품 곡률 성형

일반적인 차량 범퍼 커버(플라스틱 사출물로서 내부에 범퍼 빔 시스템을 덮고 있는 외장품)는 일정한 수치의 곡률을 가지고 있는데, 이는 차량의 충돌성능, 디자인, 내부의 범퍼 빔의 곡률 성형한계와 맞물려 최적의 반경을 가지는 형태로 되어 있다.

본 연구에서 개발하는 샌드위치 범퍼 또한 곡률을 반영하여 설계되었고, 롤 포밍 공법을 통해 제작된 범퍼 빔에 2500R 곡률 성형의 목적으로 스트레치 밴딩(stretch bending)공법을 사용하였다.

Fig.5는 스트레치 밴딩 과정으로 일정 곡률을 가지는 금형에 직선 빔을 장입하고, 직선 빔의 양 끝단을 고정 시킨 후 인장과 동시에 압착하여 곡률 성형을 하였다. 이 때 고강도 소재의 경우 롤 포밍 성형 이후 성형부 가공 경화에 의해 스트레치 밴딩시 외력에 대한 변형에 대응을 못하고 취성파단 현상이 발생하므로 성형시 주의가 필요하다. 샌드위치 판재는 외관 성형성이 우수하여 취성파단등의 문제 없이 곡률을 성형하였다.

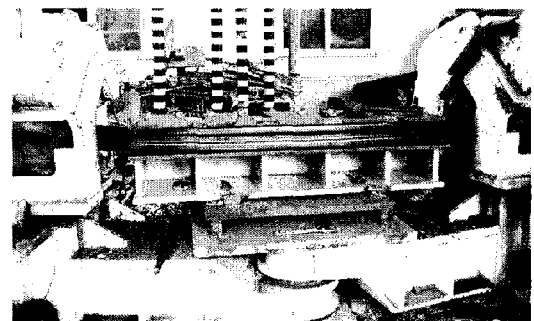


Fig.5 Schematic diagram of stretch bending system

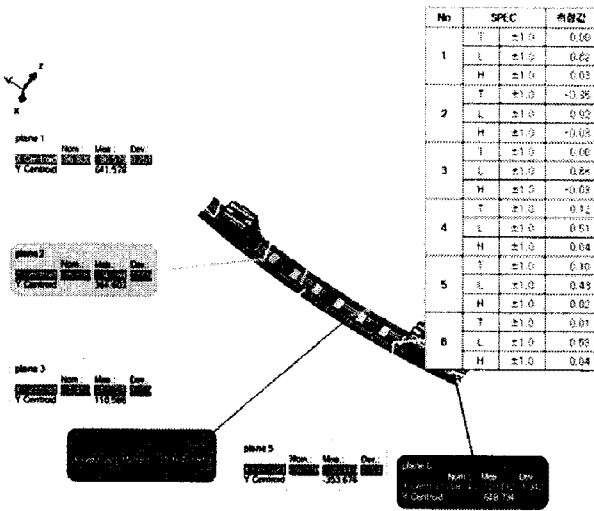
3.4 시제품 측정

시제품 성형 이후 정밀도 측정 및 성형시 발생하는 국부적인 치수 편차를 예측하고 제품에 대한 신뢰성 향상의 목적으로 Fig.6의 접촉식 다관절 치수 측정기로 시제품을 측정 하였다.

측정 원리는 최종 제품 설계 DATA(CATIA V5파일)를 측정 장비에 로드(load)시켜 측정 기준을 정하고, 장비 감지센서를 사용하여 해당 포인터를 인식시켜 줌으로써 설계 DATA와의 오차를 측정/제시하는 원리를 사용하였다.

Table.2는 측정 결과로 6point 모두 허용공차 ± 1.0 기준을 만족하였다.

Table.2 Results of the forming on measure value



4. 결론

본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 공정별 변수를 예측하여 롤 포밍 공정을 설정함으로써 안정성과 경제적인 롤 금형 설계 방식을 제시하였다.
- (2) 샌드위치 판재를 이용한 자동차 범퍼 범 제작 기술을 개발하였다.
- (3) 롤 포밍 공정을 통해 고강도, 경량화 차체 부품 제작 기술을 확립하였다.

후기

본 연구는 산업자원부의 차세대신기술과제 지원에 의해 수행 되었습니다.

참고 문헌

- [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] Y.E.Ling, H.P.Lee, B.T.Cheok., 2005, "Finite element analysis of springback in L-bending of sheet metal" Journal of Materials Processing Technology
- [4] Kevin Sweeney, Ulrich Grunewald., 2003, "The application of roll forming for automotive structural parts," Journal of Materials Processing Technology, pp.9~15
- [5] 최광규, 김낙수, 2001, 대한기계학회, 변형경로를 고려한 판재의 성형한계도 예측, vol.25, pp.1107~1118.

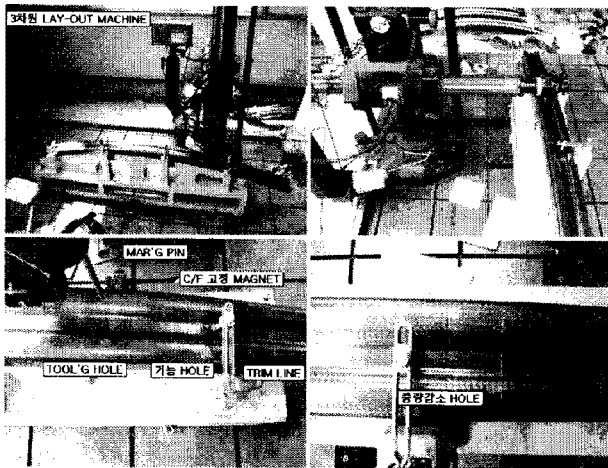


Fig. 6 3D measure machine