

다단 성형 기술을 이용한 차체 부품 개발

김동규¹ · 한상욱¹ · 전형준² · 천세환³ · 문영훈[#]

The Study of Manufacturing Technology for a Sill Side by Roll Forming

D. K. Kim, S.W. Han, H. J. Jeon, S. H. Cheon, Y. H. Moon

(Received July 25, 2014 / Revised August 18, 2014 / Accepted August 19, 2014)

Abstract

During roll forming a sheet metal is continuously and progressively formed into a product of the required cross-section and longitudinal shape. An example product is a circular tube with a required diameter, wall-thickness and straightness. Roll forming occurs by passing the sheet through a series of forming rolls that are arranged in tandem. Each pair of forming rolls in the roll forming line plays a particular role in obtaining the required cross-section and longitudinal shape in the product. In recent years, that process is often applied to car body parts by automotive industries. In the current study, an optimal model design and proper roll-pass sequences as well as the number of forming rolls and bending angles were used to produce a sill side. The effects of the process parameters on the final shape formed by roll forming defects were evaluated.

Key Word : Roll Forming, Roll Flower, Sill Side, Spring Back, Twist, Over Bending, Strain Limit, Longitudinal Strain, Total Effective Strain

1. 서론

국·내외 자동차업계에서는 연비 개선 및 유해가스 배출량 저감의 목적으로 차량의 중량을 줄이는 동시에 승객의 안전성 강화라는 두 가지 목표를 위해 고강도 소재를 이용한 자동차 부품 개발에 박차를 가하고 있다. 하지만 고강도 소재는 일반 강판 대비 낮은 연신율과 높은 항복강도에 의해 금형 마모, 제품 정밀도 저하 등의 문제점이 발생하고 있다 [3]. 따라서 기존 성형 방식인 스탬핑(Stamping) 방식의 성형 한계로 대체 공법인 다단성형(Roll Forming) 공법이 확대 적용되고 있는 실정이다.

다단성형 공정은 점진적인 소성가공을 이용한 성형법으로 590MPa~1GPa이상의 초고강도 소재까지

성형이 가능하고 금형 마모 및 제품 정밀도가 우수하며, 단면 형상이 일정한 제품을 매우 효율적으로 생산할 수 있다는 이점으로 건축, 선박, 자동차부품 제조 기술에 적용 되고 있다[1]. 또한 자동차 차체 부품인 범퍼레일(Bumper Rail), 도어 프레임(Door Frame), 임팩트 빔(Impact Beam), 기타 멤버류(Cross Member) 등의 제품에 확대 적용되고 있는 추세이다.

이러한 추세에도 불구하고 현재 다단성형 공정에 대한 설계는 설계자의 경험에 의존하는 실정이며, 시행착오에 따른 문제점을 해결하고 공정에 대한 설계 효율성과 신뢰성을 높이기 위해 유한요소 해석을 이용한 최적화 공정 제안이 필요하다[4].

본 연구에서는 다단성형 공법을 적용하여 차량 측면 충돌 시 충돌에너지를 흡수해 승객 보호 역할

1. ㈜디케이솔루션/부산대학교 정밀기계공학
2. 명진테크
3. 트리니티 ENG

Corresponding Author : School of Mechanical Engineering Engineering Research Center for Net shape and Die Manufacturing, E-mail:yhmoon@pusan.ac.kr

을 하는 차체부품인 실 사이드(SILL SIDE) 성형 공정에 적용하는 것으로서 높은 구조 강성과 경량화로 연비 개선 및 승객 안전성이 우수한 차체 부품 개발이 목표이다.

또한 다단성형 공정시 발생하는 길이 방향 변형율(Longitudinal strain), 탄성회복현상(Spring back) 등을 예측하여 최적의 공정 변수 도출 및 시제품 제작이 본 연구의 목적이다

2. 다단 성형 패턴 설계

2.1 시제품 및 성형패턴 설계

본 연구에 사용된 소재는 Table 1의 보론강(Boron steel) 1.2t 소재로 상온 조건에서 항복강도(Yield Strength) 421MPa, 인장강도(Tensile strength) 541MPa, 연신율(Elongation) 31.6%이다.

실 사이드(SILL SIDE) 형상은 충돌 해석 및 상관 부품 간의 조립성 등 국내·외 법규를 감안하여 Fig.1과 같이 설계하였다.

다단성형 공정은 소재의 특성뿐만 아니라 성형 조건과 마찰 특성에 민감하게 반응한다[4]. 따라서 공정별 성형량 및 조건 설정에 대한 검증이 중요하다.

Table 1 Mechanical property of materials

Composition	C	Si	Mn	Cr	B
Wt(%)	0.24	0.27	1.14	0.17	0.003

TEMP(℃)	Yield Strength	Tensile strength	Elongation
900	1145	1481	11.7
800	979	1366	10.2
700	466	558	30.6
As received	421	541	31.6

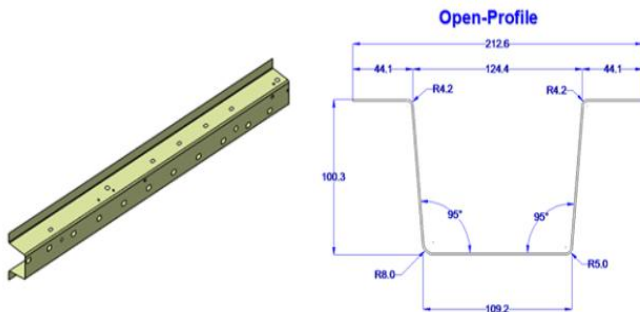


Fig. 1 Schematic diagram of SILL SIDE

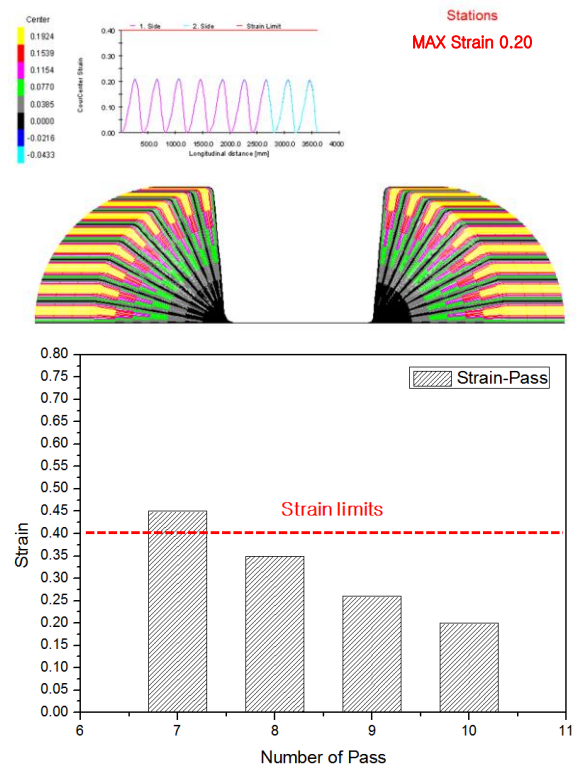


Fig. 2 Effect of roll pass on MAX line strain

최종 설계된 Fig. 1의 실 사이드(SILL SIDE) 단면을 추출하여 성형 패턴에 대한 설계를 실시하여 공정에 대한 가능성 여부를 검토하였다. 또한 성형 이후 탄성회복에 의한 형상 교정 구간이 필요하고, 성형 구배에 따른 비틀림(Twist)에 대한 보완책 등을 성형 패턴 설계(Roll Flower) 및 공정해석[2], [5]을 통해 세워야 한다.

Fig. 2는 다단성형 공정의 성형패턴에 대한 결과를 나타낸 것으로 패턴 수를 7~10Pass의 4가지 조건에 대한 길이방향변형률을 분석하였다.

다단성형 공정의 특성으로 성형패턴 수의 증가는 공정에 대한 안정성을 향상시키지만, 장비 설치 공간 및 투자비용 증대의 문제로 최대한 공정수를 줄이는 것이 중요하다. 또한 생산속도(C/T)와 길이방향 변형률이 비례하는 특성으로 양산속도를 감안하여 한계변형률의 70%이하로 설정하는 것이 중요하다.

다단성형 공정 특성에 따라 7~10Pass의 4가지 조건 기준으로 10Pass에서 가장 안정적인 결과가 나왔다.

다단성형 공정은 공정 속도에 따라 Strain 값이 비례하므로 공정 안정성을 기준으로 10Pass 공정이 한계 변형률의 약 60% 정도로 양산공정 적용이 가장

Table 2 Condition of analysis

FEM Program	RF_SHAPE
Material	Boron Steel
Thickness	1.2mm
Yield strength	421MPa
Tensile strength	541MPa
Young's modulus	2.1×10^5 MPa
Roll Stand	400
Number of pass	10

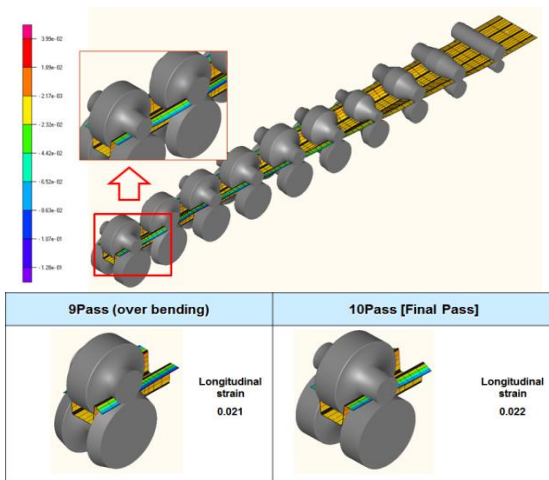
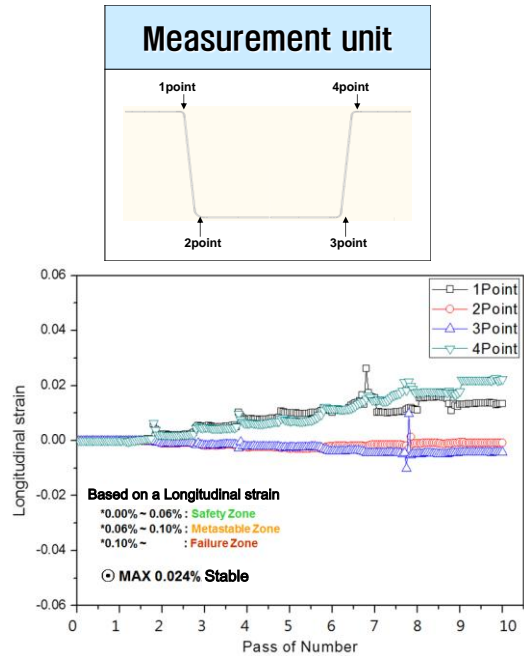


Fig. 3 Schematic diagram of roll forming simulation

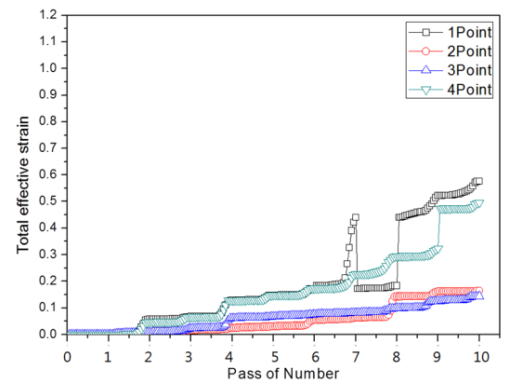
적합할 것으로 판단되며, 10pass의 성형 패턴을 기준으로 Table 2의 조건을 적용하여 공정해석을 진행하였다. 다단성형에 대한 공정 해석은 성형패턴 설계 결과에 대한 신뢰성을 구축하고 공정에 대한 최적화 조건을 부여하는 것이 목적이다.

Fig. 2의 성형패턴 설계에 대한 결과를 바탕으로 금형 형상을 설계 하였고, Fig. 3과 Fig. 4의 결과를 도출하였다.

실 사이드(SILL SIDE)의 주요 성형부 4Point에 대한 길이방향변형률 및 전체 유효 변형률(total effective strain)에 대한 공정 별 변형 추이를 분석한 결과 Fig. 4의 1point와 4point에서 높은 변형 분포가 나타났다. 제품의 높이가 높을수록 변형량이 증가하는 다단성형 공정의 특성[1], [4]에 의한 것으로 초기 장입되는 소재 대비 가장 높은 부위인 1point, 4point에서 높은 변형 분포가 나타났다.



(a) Effect of Roll pass on longitudinal strain



(b) Effect of Roll pass on total effective strain

Fig. 4 Results of the roll forming simulation

Fig. 4의 결과와 같이 각 공정당 길이방향변형률의 상승 폭은 0.008%[2],[5] 이하이고, 최종 변형률은 0.06%[2],[5] 이하인 0.024%로 분포하기 때문에 공정에 대한 안정성이 매우 높다고 판단된다.

실 사이드(SILL SIDE) 제작 공정에 대한 최종 분석 결과 10Pass 공정 적용 시 각 공정당 길이방향변형률의 상승폭이 0.006% 이하로 구성되고[5] 공정별 길이방향변형률의 산포가 20% 이하로 구성되므로 엣지 웨이브(Edge wave), 포켓 웨이브(Pocket wave) 및 소재의 끝단 부위에서 주름(Wrinkle)이 발생하는 현상은 없을 것이라 판단되며, 최종 10Pass 공정으로 안정적인 성형이 가능할 것이라 판단된다.

3. 시제품 제작

3.1 시제품 제작 및 공정 조건 설정

다단성형 공정해석을 통해 설계된 금형 및 공정 조건을 바탕으로 실 사이드 시제품을 제작하였다. 소재는 블랭킹(Blanking) 된 길이 3000mm 판재 상태로 장입하였다. Sheet 상태의 소재 장입 시 초기 장입부 100mm 구간과 끝단부 100mm는 치수정밀도가 떨어지는 문제점으로 Fig. 5의 장비를 이용하여 절단 후 측정 장치를 이용하여 제품 형상 및 치수 정밀도를 측정하였다.

측정 결과 본 연구의 1단계 목표인 ± 1.0 공차를 만족하는 실 사이드를 제작하였다.



Fig. 5 Schematic diagram of the cutting process

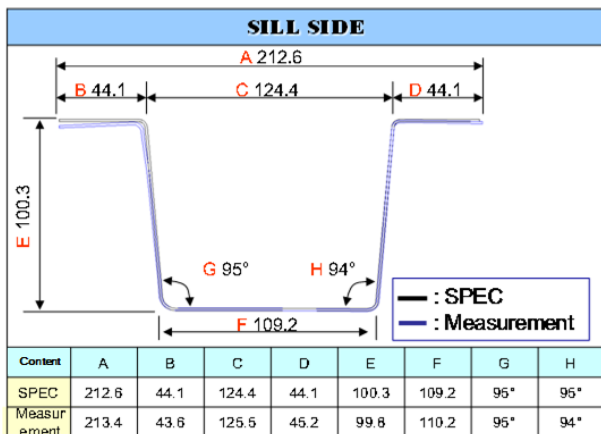


Fig. 6 Results of the forming on measure

4. 결론

본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다

- (1) 각 공정별 성형 각도 및 성형량 분배에 따른 영향도 예측을 통하여 성형 패턴에 대한 설계 표준을 제시하였다.
- (2) 다단성형 공정시 발생하는 길이방향변형률을 예측하여 차체 주요 부품인 실 사이드 제품 성형에 대한 공정 조건을 제시하였다.
- (3) 유한요소해석으로 다단성형 패턴 공정 해석을 통해 안정과 경제성을 감안한 공정 설계 방식을 제시하였다.

후 기

본 연구는 지식경제부의 부품소재산업경쟁력향상 사업에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

- [1] K. Tsutao, H. Masahiro, S. Masahiro, N. Keizo, T. Hidekazu, 2004, Effect of Material Internal Pressure in Curing Process of SMC Roll Forming, J. Mater. Process. Technol., Vol.155-156, pp. 1577~1582
- [2] S. Y. Lee, N. Y. Kim, 2002, Prediction and Design of Edge Shape of Initial Strip for Thick Tube Roll Forming Using Finite Element Method, Trans. Kor. Soc. Mech. Eng., Vol. 26, No. 4, pp. 664~652.
- [3] K. C. Park, Y. W. Jeon, K. J. Jeong, 1997, Analysis of Deformation and Residual Curvature of Steel Sheets in Strip Process Lines, Trans. Mater. Process., Vol. 6, No. 2, pp. 118~135.
- [4] K. H. Kim, 1999, Design of Forming Rolls Using Finite Element Analysis, J. Ocean Eng. Technol., Vol. 13, No.4, pp. 75~81.
- [5] B. S. Kang, N. S. Kim, 2003, A Study on Roll Wear in the Roll Forming Process, Trans. Kor. Soc. Mech. Eng., Vol. 27, No. 11, pp. 1881~1888.