

LDSS 소재를 적용한 철도차량 루프 블록 제작**Fabrication of Rolling Stock Roof Block Using LDSS**정현승*[†], 임재용*, 김정국*, 서승일**, 원성연***, 최점용***Hyunseung Jung*[†], Jae Yong Lim*, Jeong-Guk Kim*, Sungil Seo**,

Sungyeun Won***, Jeom Yong Choi***

Abstract In this study, a prototype of rolling stock roof block is constructed using LDSS(Lean Duplex Stainless Steel) to check the applicability of this new material to rolling stock structures. Roof block is composed of four components; roof panel, car line, pur line, cant rail. In the fabrication process of roof components, bending forming, roll forming and stretch forming are used. To assemble roof components, seam welding and spot welding is applied. As results, we can find that LDSS has equivalent fabricability and weldability compared to the conventional materials such as STS304 and STS301L.

Keywords : LDSS, Rolling Stock, Roof Block, Fabricability

초 록 본 연구에서는 신규 개발 중인 린듀플렉스 스테인리스강(LDSS) 소재에 대한 철도차량 차체 적용 가능성을 검토하기 위해 실제 차체 생산라인의 제작방식으로 루프 블록 시제품을 제작하였다. 루프 블록은 루프패널, 카라인, 퍼라인, 캔트레일 등의 4가지 부품으로 구성되어 있으며, 루프 부품 제작을 위해 굽힘가공, 롤포밍, 스트레치포밍 등의 가공기법이 적용되었고, 블록 조립을 위해 시임용접, 점용접 등의 저항용접기법이 적용되었다. 시제품 제작 결과, LDSS 소재는 기존 소재(STS304, STS301L)와 비교하여 동등이상의 가공성과 용접성을 가지고 있음을 확인하였다.

주요어 : LDSS, 철도차량, 루프블록, 제작성

1. 서 론

철도차량의 차체 제작에는 연강, 스테인리스강, 알루미늄 등의 소재가 사용되고 있으며 이 중에서 가장 많이 사용되고 있는 소재는 스테인리스강이다. 스테인리스강은 상온 금속 조직상을 기준으로 오스테나이트계, 페라이트계, 마르텐사이트계, 이상계(duplex) 등으로 분류되며, 철도차량에는 오스테나이트계인 STS304와 STS301L이 주로 사용되고 있다[1]. 최근에는 오스테나이트계 스테인리스강의 대체 강종으로 린듀플렉스 스테인리스강(LDSS)이 개발되는 추세이며, LDSS의 철도차량 차체 적용을 위한 기초 연구들이 진행되고 있다[2,3].

† 교신저자: 한국철도기술연구원 신교통연구본부 교통신기술연구실(jhs@krri.re.kr)

* 한국철도기술연구원 신교통연구본부 교통신기술연구실

** 한국철도기술연구원 신교통연구본부

*** POSCO 기술연구원 포항연구소 STS제품연구그룹

본 논문에서는 포스코에서 신규 개발 중인 LDSS의 철도차량 차체 적용성을 검토하기 위해 실제 철도차량 차체 생산라인의 제작방식을 적용하여 루프블록을 제작하여 기존 소재 대비 가공성 및 용접성을 살펴본다.

2. 본 론

2.1 루프블록 제작 개요

본 논문에서는 LDSS 소재로 전동차용 루프 구조체의 일부분인 루프블록을 제작하여 가공성 및 용접성을 살펴보기로 한다. 루프 구조체는 크게 루프패널, 카라인, 퍼라인, 캔트레일 등으로 이루어져 있으며, 제작성 검토를 위해 약 4m 길이의 블록을 시험적으로 제작하였다. Fig. 1은 루프블록의 구성도를 보여주고 있다.

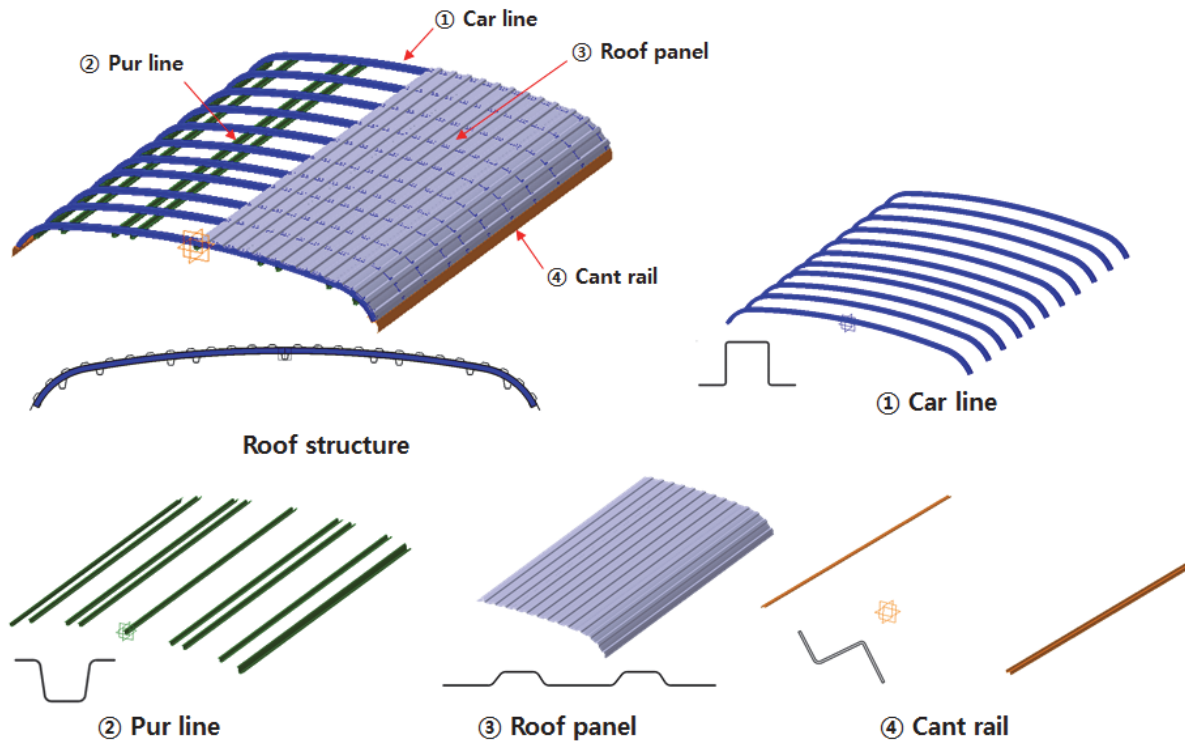


Fig. 1 Roof block and its components

스테인리스 철도차량 차체 제작에는 굽힘가공, 롤포밍, 스트레치포밍 등의 가공기법과 점용접, 시임용접 등의 접합기법이 사용되고 있다[4]. 루프패널은 코일강판을 롤포밍하여 주름판 형상으로 가공하고, 폭 방향으로 여러 장의 주름판을 시임용접하여 제작한다. 카라인은 강판을 롤포밍하여 1차 성형한 후 스트레치포밍으로 곡선부를 2차 성형한다. 퍼라인과 캔트레일은 롤포밍 혹은 굽힘가공으로 제작한다. 제작된 부품들을 점용접하여 루프블록을 조립한다. Fig. 2는 루프블록 제작과정을 보여주고 있다.

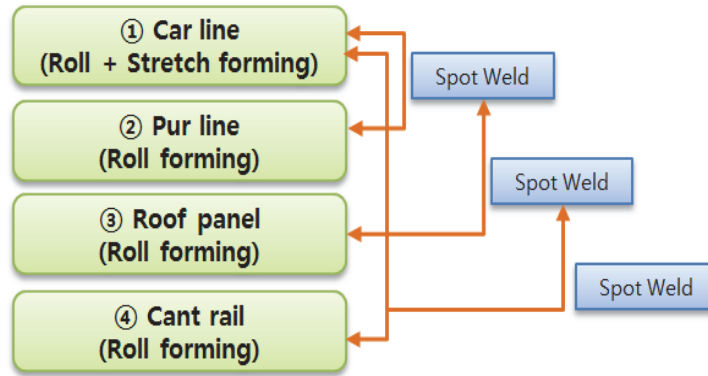


Fig. 2 Manufacturing process of roof block

2.2 루프부품 제작

2.2.1 루프패널

루프패널에 사용되는 주름판을 제작하기 위해서는 롤포밍 성형 공정이 필요하다. 롤포밍 성형은 판재, 스트립, 코일재료로부터 균일한 단면의 형상을 성형하는 공정으로 일련의 두 롤 사이로 재료를 순차적으로 이송시켜 연속적인 굽힘공정에 의해 요구하는 단면 형상을 얻는 공정이다. Fig. 3은 루프패널 제작에 사용된 롤포밍 장비와 롤포밍 과정을 보여주고 있다. 소재의 기계적 특성에 따라 롤포밍 성형과정에서 뒤틀림, 국부적인 좌굴, 스프링백, 표면균열 등의 현상이 발생하기도 하나, 본 연구에서 사용된 LDSS 소재의 경우에는 이러한 문제점이 발생하지 않았고 설계된 형상대로 제작이 잘 되었다.

롤포밍으로 주름판을 제작한 후 차체 폭방향으로 주름판을 접합하여 루프패널을 만든다. 루프패널 주름판의 접합에는 시임용접이 사용된다. 시임용접은 점용접과 원리적으로는 동일한 저항용접이나, 전극팁 대신에 전극 롤러에 의해 연속적으로 너겟이 형성되어 접합이 이루어지는 점에서 차이가 있다[4]. 루프패널 제작에 사용된 LDSS 소재의 경우, 시임용접 시 특별한 문제점이 발견되지 않았다.



Fig. 3 Roll forming machine and roll forming of a LDSS roof panel

2.2.2 카라인, 퍼라인 및 캔트레일

카라인은 루프구조의 횡방향 프레임이고 퍼라인 및 캔트레일은 종방향 프레임으로 롤포밍 혹은 굽힘가공으로 제작된다. Fig. 4는 카라인 부재의 롤포밍 과정을 보여주고 있다. 롤포밍으로 제작된 카라인 부재는 길이에 맞게 절단한 후 곡선으로 성형하기 위한 스트레치 포밍 공정을 거치게 된다. 단순 굽힘가공으로 곡선을 성형하는 경우 압축응력을 받는 부분에서 국부적인 좌굴이 발생할 수 있다. 스트레치포밍은 부재 전체가 인장응력을 받는 상태가 되도록 인장력을 가하면서 금형 위에서 곡선으로 성형하는 방법이다. Fig. 5는 1차로 롤포밍된 카라인 부재를 2차로 곡선 성형하는 스트레치포밍 공정을 보여주고 있다.

기존 STS304 및 STS301L 소재 부품 제작라인을 그대로 사용하여 LDSS 소재로 제작한 카라인, 퍼라인 및 캔트레일 부재를 살펴본 결과 뒤틀림, 국부적인 좌굴, 과도한 스프링백, 표면 균열 등 가공 공정에서 발생할 수 있는 문제점들은 발견되지 않았다.



Fig. 4 Roll forming of a LDSS car line



Fig. 5 Stretch forming of a LDSS car line

2.3 루프블록 조립

루프블록은 루프패널, 카라인, 퍼라인 및 캔트레일을 점용접으로 접합하여 제작한다. 먼저, 횡방향 부재인 카라인에 종방향 부재인 퍼라인과 캔트레일을 점용접하여 루프블록의 골조를 만든다. 이후 루프골조의 카라인과 루프패널을 점용접으로 접합하여 루프블록을 완성한다. LDSS 소재는 철도차량 차체에 요구되는 점용접성을 만족하고 있어[3], 기존 생산설비로 루프블록을 제작하는 것이 용이하였다.

Fig. 5는 완성된 루프블록의 외관을 보여주고 있는데 외관 용접부 표면 얼룩, 압흔 등 차체 외관 상태가 양호함을 확인하였다. Fig. 6은 루프블록의 내부 모습을 보여주고 있다.



Fig. 5 External appearance of a LDSS roof block

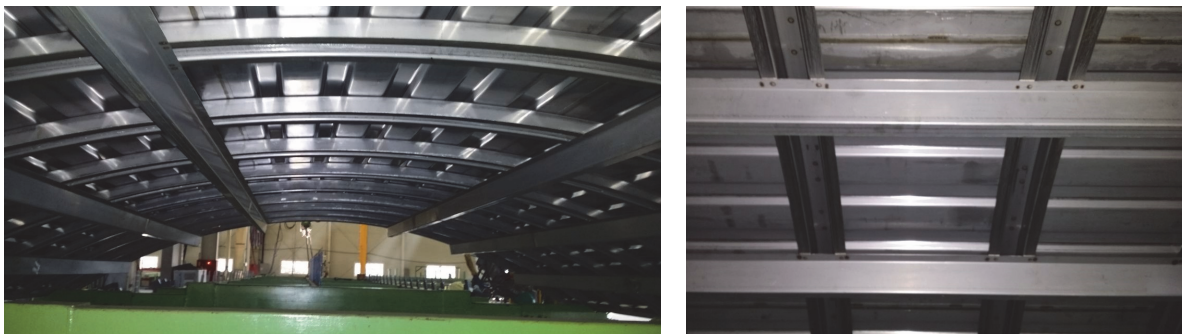


Fig. 6 Internal appearance of a LDSS roof block

3. 결론

본 연구에서는 신규 개발 중인 LDSS 소재의 철도차량 차체 적용 가능성을 검토하기 위해 실제 차체 생산라인의 제작방식으로 루프블록 시제품을 제작하였다. 루프블록 부품 제작을 위해 굽힘가공, 롤포밍, 스트레치포밍 등의 가공기법이 적용되었고, 블록 조립을 위해 심용접, 점용접 등의 저항용접기법이 적용되었다. 시제품 제작 결과, LDSS 소재는 기존 소재(STS304, STS301L)와 비교하여 동등이상의 가공성과 용접성을 가지고 있음을 확인하였다. 신규 개발 중인 LDSS 소재가 철도차량에 성공적으로 적용된다면 차체의 경량화 및 가격경쟁력 확보가 가능할 것으로 전망된다.

참고문헌

- [1] S.I. Seo (2004) Carbody structure design technology of stainless railway vehicle, *Railway Journal*, Korean Society for Railway, 7(2), pp. 39-47.
- [2] J.G. Kim et al. (2014) KS revision plan for the employment of new stainless steel to railway carbody, *Proceedings of the Korean Society for Railway Annual Spring Conference*.
- [3] J.Y. Lim et al. (2014) Spot-welding evaluations of three LDSSs for future railway applications, *Proceedings of the Korean Society for Railway Annual Spring Conference*.
- [4] S.I. Seo (2004) Review on carbody structure manufacturing process of stainless railway vehicle, *Railway Journal*, Korean Society for Railway, 7(3), pp. 34-42.