

일체화 성형용 레이저 용접 튜브 개발

Development of Laser Welding Tubes for Hydroforming

(주)성우하이텍 기술연구소 이문용, 정병훈, 김중섭, 이상재
한국기계연구원 레이저응용시스템그룹 서 정

1. 서 론

최근의 자동차 개발동향은 연비향상, 중량감소, 강도향상, 고 안전성, 편의성 등 다양하면서도 상호 대조적인 조건을 만족시킬 수 있는 차세대 자동차 개발을 목표로 진행되고 있다. 이를 위한 대체 재질의 개발과 신개념 차체 제작 기술 및 조립 기술 등은 이미 선진 자동차 업계를 중심으로 활발히 진행되고 있으며, 국내에서도 이러한 차세대 자동차를 겨냥한 기술 개발이 꾸준히 이루어지고 있다.

차세대 자동차 개발 기술 중 일체화 성형기술은 복잡한 형상의 부품제작을 1회의 공정에 의해 최종형상으로 생산할 수 있는 기술로서 대표적으로 관액압성형(tubular hydroforming)기술을 들 수 있다. 관액압성형의 원재료인 튜브(tube)는 주로 고주파전자저항용접(HF-ERW, High Frequency Electric Resistance Welding)으로 제조하여 사용하고 있으며, 주로 자동차 샤시류에 적용되고 있다. 그 예로 Engine Cradle과 Instrumental Panel Beam 등을 들 수 있다.

향후 일체화 성형기술에 의한 자동차 부품의 개발은 점차 샤시류에서 차체류로 확대될 전망이다. 따라서, 기존 ERW 방식에만 의존하던 튜브 제조방법으로는 박육대경이 요구되는 차체부품 제조에 필요한 튜브 제조가 어렵게 되었다. 더욱이 구조와 기능을 한단계 발전시킨 원추형 튜브(conical tube)와 테일러 튜브(tailored tube) 등을 제조하기 위해서는 기존의 ERW 방식으로는 불가능하며, 따라서 이들 복합형상 튜브 제조를 위해서는 레이저 용접이 필수적이라고 하겠다.

본 연구에서는 레이저 용접 튜브 제조를 위해 크게 pre-welding 공정과 welding공정으로 구분하였다. pre-welding 공정에서는 UO-벤딩, 프레스 벤딩, 다단 롤포밍 및 3-Roll Bending 등의 조관법 상호 비교 검토하여 최적의 성형방법을 도출하였으며, welding공정에서는 前공정에서 성형된 튜브를 용접하기 위한 용접지그 개발, 용접품질 향상을 위한 용접선 추적장치 및 최종 튜브제작을 위한 레이저 용접으로 구분하였다. 본 연구에서 얻어진 튜브의 신뢰성을 확보하기 위해 선진업체에 제작 의뢰한 튜브와 용접부 강도를 비교하여 타당성을 검증하였다.

2. 레이저 용접튜브의 제조

2.1 pre-welding 공정

2.1.1 UO-벤딩

Fig.1은 UO-벤딩 금형을 사용하여 1차 성형한 후 추가적으로 다단 프레스 공정을 통하여 성형한 $\phi 83\text{mm}$ 두께 1.4mm, 길이 2m인 SAPH38(30kgf/mm²급) 튜브 샘플로써, 성형 후 edge 간극은 약 15mm로 레이저 용접에 적합한 수준이나 다단 프레스 공법이 추가됨으로 대량생산에는 불리하며, 길이 2m정도의 튜브를 성형하기 위해서는 약 600~800ton의 프레스가 필요하다.

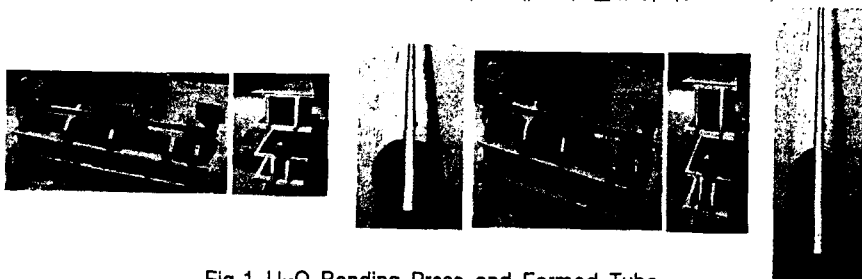


Fig.1 U-O Bending Press and Formed Tube

2.1.2 프레스 벤딩

Fig.2는 프레스 벤딩공법(bending on press brake)으로 5회의 프레스싱으로 성형한 $\phi 80\text{mm}$ 두께 1.6mm 길이 1.2m인 튜브샘플로써, SPRC 35R(35kgf/mm²급) 튜브는 25~30mm의 간극을 가지나, SPFC 590(60kgf/mm²급) 튜브는 스프링 백의 영향으로 간극이 55~60mm이며 SPRC 35R 소재 튜브에 비해 약 2배의 간극을 보였다.

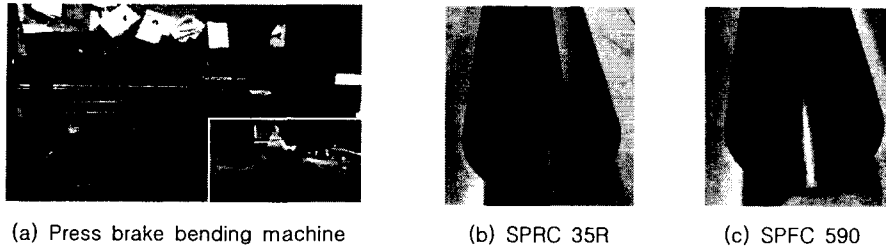


Fig.2 Press Brake Bending Machine and Formed Tubes

2.1.3 다단 롤포밍

Fig.3은 다단 롤포밍 방식을 보여주고 있으며, 강판 코일을 사용하여 연속적인 조관작업이 가능하여, 연속 생산성(동일 두께의 직관형 튜브)에 적합하다. 다단 롤포밍으로 성형된 $\phi 105.4\text{mm}$, 두께 1.4mm, 길이 2m인 SPFC 590 소재 튜브의 간극은 press brake의 성형결과와 유사한 50mm의 간극을 보였으나, 선진업체 의뢰 제품의 간극 20mm보다는 컸다.

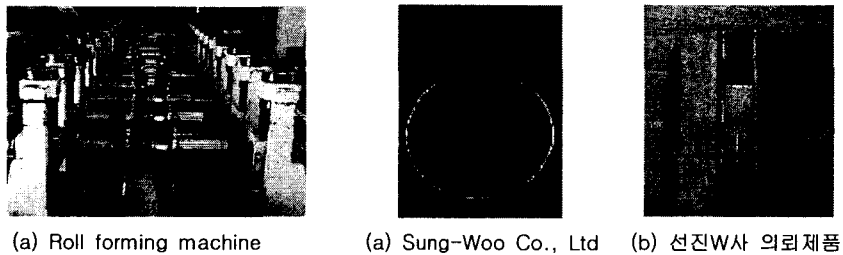


Fig.3 Roll Forming Machine and Tubes

2.1.4 3-Roll Bending

Fig.4는 3 roll bending 장치와 성형된 $\phi 105.4\text{mm}$ 두께 1.5 mm 길이 2m인 튜브를 보여주고 있다. SPRC 35R 소재 튜브는 25mm의 간극을 가지나, SPFC 590 소재 튜브는 스프링 백으로 간극이 57mm로 여전히 큰 값을 유지하였다.

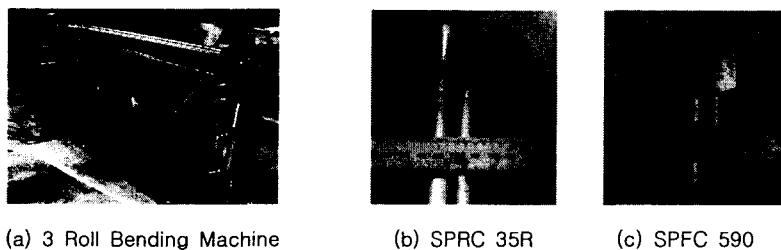


Fig.4 3 Roll Bending Machine and Formed Tubes

2.1.5 조관결과

U-O 벤딩, press brake 성형, 다단 roll forming, 3 roll bending의 4가지 공법을 이용한 SPRC

35R 소재의 튜브 성형에서는 25~30mm의 간극을 확보할 수 있었으며, SPFC 590 소재의 튜브 성형에서는 50~60mm의 간극을 얻었다. SPRC 35R 소재 튜브성형에서의 25~30mm의 간극은 레이저 용접지그에서 충분히 밀착이 가능한 수준이었으며, SPFC 590 소재 성형튜브의 50~60mm의 간극은 좀더 축소되어야 할 것이다. 현재 3 roll bending의 경우, 성형을 가공 및 수정을 통하여 60kgf/mm²급 튜브의 간극을 40mm 수준까지 확보하였다.

2.2 Welding 공정

Pre-welding공정에서 각 성형법에 의해 조관된 튜브는 용접지그로 이송되어 레이저 용접된다. 조관된 튜브의 용접부에 대해 4kW급 CO₂ 레이저 용접을 실시하였다. 보조가스로는 Ar(유량:40 l/min)을 사용하였으며 용저속도는 2.5m/min였다. Fig. 6은 레이저 용접 장면 및 용접된 튜브를 보여주고 있다. 레이저 용접부의 경도분포는 외국 제품과 거의 동등한 경도분포를 보였다.



Fig.6 Laser Welding Tube and Hardness Distribution

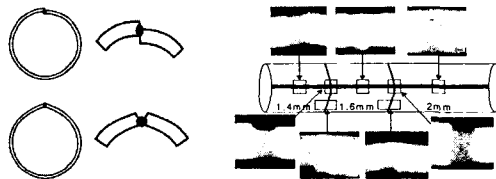


Fig.7 Edge and Welding Problems

레이저 용접 튜브 조인트부의 대표적인 문제점은 Fig.7과 같이 양쪽 edge부의 진원 형성이다. 이러한 조인트 문제점은 성형, 용접지그에서 극복되어야 하므로, 먼저 이를 고려한 튜브 성형장치 및 용접지그 설계가 이루어져야 한다. 용접지그가 연속 롤 포밍장치와 일체화되는 경우, 대량 연속 튜브 제작이 가능하며, 3 roll bending 장치의 경우는 테일러드 블랭크(tailored blank) 튜브와 코니컬(conical) 튜브 생산에 사용되어 질 수 있는 장점이 있다. 튜브 조관후 용접 조인트부를 관찰하면 Fig. 13과 같이 틀어지는 현상이 발생하는데, 이를위해 용접부의 정확한 위치를 검출해야 한다. 레이저 용접 구간에서의 용접선은 직선이어야 하지만, 튜브성형시 특히 강판의 평균성형 외의 국부적인 성형을 변화에 따른 용접edge면의 변화와 소재를 절단할 때 발생하는 절단 오차, 정렬 상태 불량, 조관상태 불량 또는 용접열에 의한 소재 변형 등을 고려하여야 한다. 따라서 용접선의 진직도 오차를 검출하여 레이저 용접 헤드를 움직여 용접선을 추적하는 용접선 추적장치가 필요하다.

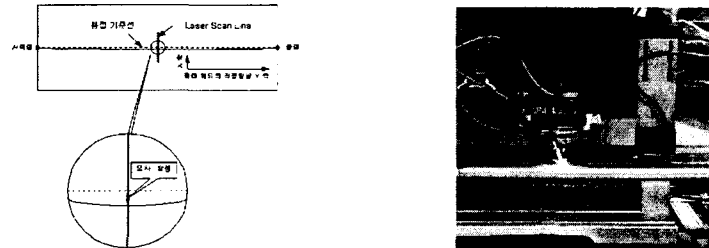


Fig. 13 Schematic Diagram of the Seam Line Gap and Seam Tracker

3. 결 론.

UO-포밍, Press brake Bening, 3 Roll Bending 및 연속 Roll Forming 성형기를 이용하여 성형성을 검토하였으며, 레이저 용접용 지그를 제작하여 일차적으로 CO₂레이저를 이용하여 튜브를 제작한 후 외국 선진업체 제품과 성능을 비교하였다. 또한 용접성능 향상을 위해 용접선 추적장치를 추가하였다. 현재 성형성 향상 및 레이저 용접 튜브를 이용한 범퍼빔의 일체화 성형을 위한 연구가 진행중이며, 원가 절감, 경량화 및 품질향상이 기대된다.

후 기

한국기계연구원 레이저응용시스템그룹과 (주)성우하이텍 기술연구소는 프론티어 연구개발사업인 “차세대소재성형기술개발사업”의 일환으로 냉간고장력강판의 튜브성형(tubing)기술, 레이저 용접기술 및 일체화 성형기술을 개발하고 있으며, 본 논문의 내용은 1차년도 연구를 통하여 확보한 결과를 정리한 것이다.

참 고 문 헌

- 1) 박관홍, 조흥수, 2000, “Hydroforming Intensive 고안전 초경량 철강차체”, 제9회 G7 차세대자동차 기술논문집, pp.233 ~ 241.
- 2) 허승진, 정영섭, 2000, “초경량 철강차체의 전후방 충돌에너지 흡수부재 최적화 설계”, 제7회 G7 차세대자동차기술논문집, pp.361 ~ 366.
- 3) 김영석외 3, 2000, “관재 액압 성형성 평가기술개발 II”, 제9회 G7 차세대자동차기술논문집, pp.242 ~ 257.
- 4) Brad Kinsey, Zhihong Liu, and Jian Cao, 1999, "New Apparatus and Method for Forming Tailor Welded Blanks", SAE.
- 5) Brad Kinsey, Nan Song, and Jian Cao, 1999, "Analysis of Clamping Mechanism for Tailor Welded Blank Forming", SAE.
- 6) 허승진외 3인, 2001, “알루미늄 초경량차체의 충격에너지 흡수부재 설계 및 해석(II)”, 제8회 G7 차세대자동차기술논문집, pp.295 ~ 302.
- 7) LSTC, 1999. “LS-DYNA Keyword User's Manual”.