

레이저 용접 튜브를 이용한 자동차 부품 일체화 성형 기술 개발

김성준

Integrated Forming of Automotive Parts using Laser Welded Tube

Sung-Joon Kim

1. 서 론

일체화 성형 기술은 복잡한 형상 또는 여러 개의 부품으로 구성된 제품을 1회의 가공이나 축약된 수의 부품을 이용하여 최종 형상으로 생산할 수 있는 기술로서 생산 공정의 단축, 재료비의 절감, 자원 및 에너지의 절감 등과 함께 경량화를 꾀할 수 있는 차세대 성형 기술이다. 일체화 성형 기술의 대표적인 기술로는 주조와 단조를 들 수 있으나 이 기술들은 2,000년 전부터 개발이 이루어져 온 전통산업이며 어느 정도 성숙의 단계에 이르렀다는 이유로 최근의 연구개발에서는 우선순위에서 뒤로 처진 상태에 있다. 그러나 전통기술의 경우에도 생산성을 향상시키고 자원과 에너지를 절약할 수 있는 친환경적인 신공정들의 개발이 지속적으로 이루어지고 있으며 앞서 언급한 전통기술들과 함께 최근 일체화 성형 기술로서 가장 주목을 받고 있는 기술은 자동차 부품 제조에 활발하게 적용되고 있는 액압성형(hydroforming)과 모듈화 기술이다. 그러나 액압성형과 모듈화 등의 새로운 일체화 성형 기술을 완성시키기 위해서는 레이저 용접 등의 접합기술과 전산모사를 이용한 금형기술, 설계기술, 그리고 성형에 적합한 소재의 개발 등 전통기술과의 접목이 필수적이라 할 수 있다.

본 고에서는 과학기술부 차세대소재성형기술 프론티어사업단에서 지난 2001년 10월부터 수행되고 있는 부품 일체화 성형 기술을 소개하고자 한다. 부품 일체화 성형 기술에서는 액압성형을 위한 원재료 제조 기술, 레이저 용접 튜브를 이용한 액압성형 기술, 자동차 샤시 부품의 모듈화 기술 등을 연구내용을 하고 있으며 궁극적으로는 이들 기술을 이용하여 자동차 부품을 생산하고 국내의 자동차 부품 산업 기술을 한 단계 향상시키는 것을 목표로 하고 있다.

2. 액압성형 원재료 제조 및 부품 개발

일체화 성형의 가장 대표적인 기술로 일컬어지고 있

는 액압성형 기술은 이미 선진 각국의 자동차용 부품에는 일부 적용이 되고 있으며, 앞으로 그 적용 범위가 크게 증가될 전망이어서 많은 기술 개발이 이루어지고 있는 분야이다. 액압성형 부품의 가장 대표적인 예로 engine cradle을 들 수 있는데 기존의 제조 공정에서는 6~8개의 구성 부품을 독립적으로 제작한 후 용접 하였던 것을 최근에는 1개의 튜브를 액압성형하여 제조하는 것이 가능하게 되었다. 이로써 부품 수 절감과 제조공정 시간의 단축은 물론이고 용접부를 없앴으로써 제품의 신뢰도도 향상되고 원 재료비도 상당히 줄임과 동시에 약 15-20%의 부품 경량화가 가능하게 되었다. 본 과제에서 개발중인 원재료의 제조 및 engine cradle 부품 제조 과정을 요약하여 개략적으로 표현하면 그림 1과 같다.

액압성형에 의한 부품 개발을 위해서는 요구되는 형상과 재질에 맞는 원재료의 공급이 매우 중요하나, 아직까지 원재료에 대한 연구개발은 부품의 요구에 대한 수동적인 대응이 고작이었다. 그러나 액압성형용 원재료는 그 자체가 하나의 큰 산업분야로 자리잡을 수 있는 산업영역이며 일체화 성형의 기반기술이므로 차세대 소재성형 기술개발 사업에서도 가장 핵심적인 과제의 하나로 수행되고 있다.

그림 2에서 보는 바와 같이 액압성형이 적용될 것으로 예상되는 자동차 부품은 hollow crank shaft, radiator frame, engine cradle, exhaust system,

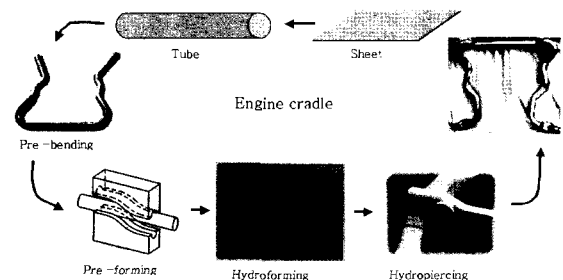


그림 1 Engine cradle 일체화 성형 과정

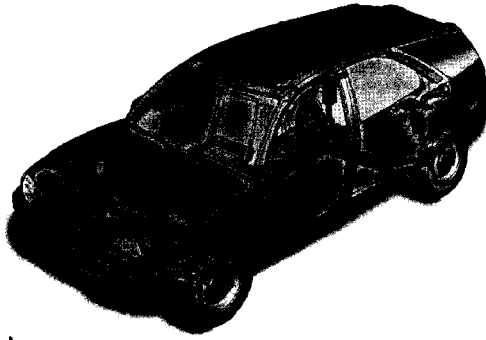


그림 2 액압성형 부품이 적용되는 자동차 부품

drive shaft, front axle tube, space frame, seat frame, rear axle, suspension member 등 아주 다양하며 강도 및 성형성 등의 특성이 향상된 소재의 개발과 박육 고강도 강판에 레이저 용접을 적용한 원재료 튜브의 개발과 함께 보다 더 복잡한 형상의 부품으로 적용을 확대할 수 있을 것으로 예상된다.

본 기술은 부품의 액압성형 가공을 위한 원재료 제조 기술과 부품 액압성형 기술로 대별되며, 원재료 기술은 튜브의 원소재인 강판의 제조기술과 레이저 용접 튜브 제조기술, 그리고 원재료인 튜브재를 평가하는 기술로 구분된다.

현재 튜브 액압성형을 위한 원재료인 튜브재는 주로 HF-ERW (High Frequency Electric Resistance Welding)에 의해 제조되고 있다. 최근 북미에서는 액압성형용 자동차부품의 제조를 위하여 ERW line을 새로이 설치하는 등 (Dofasco, 2000년 5월, 30만톤/년) 액압성형의 상업화에 발빠르게 대비하고 있다. 국내에서도 기존의 ERW line들이 가동되고 있으므로, 액압성형용 자동차 부품의 개발 방향은 주로 ERW에 의한 튜브 원재료를 사용하는 방향으로 진행되고 있다. 이는 ERW 튜브의 용접부 품질이 상당히 안정되어 있으며, 대량 생산도 가능한 저원가형 조관방법이기 때문이다. 그러나 액압성형에 의한 부품의 개발은 이제 점차 사시류에서 차체류로, 즉, 박육대경의 튜브재가 사용되는 추세이며, 또한 도금강판에 대한 튜브의 제조도 요구되고 있고 conical 튜브와 tailored 튜브 등 복잡한 형상의 튜브를 제조하기 위해서는 기존의 ERW 방식으로 제조된 튜브로는 액압성형이 불가능하므로 이들 복합형상 원재료 튜브를 제조하기 위해서 레이저 튜브의 제조가 필수적이다. 이는 ERW 방법으로 두께 2mm 이상의 튜브만 제조가 가능하고 두께가 두꺼운 튜브를 사용할 경우 상당한 가공을 필요로 하는 액압성형시 터짐 또는 주름 등의 결함이 자주 발생하기 때문이다.

최근의 기술개발 추이에 대응하여 선진국에서는 이미 레이저 튜브를 상업적으로 제작할 수 있는 조관기를 생

산할 수 있는 시스템을 갖추고 있다. 스위스의 Soudronic사와 독일의 Weil사는 전세계적으로 거의 독보적인 레이저 조관기 제조기술을 가지고 있으며, 이미 레이저 조관기를 판매한 실적이 있다. 그렇지만 아직까지 외국에서조차 액압성형용 원재료로 레이저 튜브를 사용하는 것은 초기단계로서, 네델란드의 ATB사 및 독일의 TKS사 등이 레이저 조관기를 각각 Soudronic과 Weil로부터 구입한 것으로 알려져 있다. 또한 그 수준도 현재는 직관형 튜브에 대해서만 제조가 가능한 수준이며, 복합형상에 대한 것은 실험실적으로 제조하는 수준에 머물고 있다. 향후 수년 내에는 직관형 튜브는 물론, conical이나 tailored 튜브와 같은 복합형상형 튜브의 상업제조 기술도 개발될 예정이다.

본 과제에는 철강 판재 및 레이저 튜브 원재료의 개발을 담당하고 있는 POSCO와 POSCO의 원재료를 이용하여 차체 및 사시 일체화 성형 부품을 제조하는 (주)성우하이텍 및 (주)화신이 공동연구기관으로 참여하고 있다. 현재까지 수행된 결과를 간략히 살펴보면 POSCO에서는 인장강도 38kgf/mm^2 , 두께 2mm, 길이 3.5m의 사양을 갖는 레이저 튜브를 결함없이 제조하는데 성공하였으며 이들 튜브들은 engine cradle을 성형하기 위한 원재료로 공급되고 있다. 원재료의 개발을 위하여 POSCO에서는 판재의 정밀 절단을 위한 절단기, 튜브 성형을 위한 U-O 프레스 성형기 등을 자체 제작하였고 CO₂ 및 Nd/YAG 레이저 용접기도 갖추어 성공적인 접합조건을 찾아내었다. 그리고 자동차 부품 개발을 지원하기 위하여 액압성형기를 독일의 SPS사로부터 구입하고 아울러 부대설비인 pre-bending 기계와 pre-forming 기계를 갖추어 일체화 성형 부품 제조를 위한 일관 설비를 구축하였다. 아울러 2003년 10월에는 본 과제에서의 성공적인 기술 개발을 발판으로 액압성형 부품 제조 사업에 본격적인 투자를 결정하여 현재 450억원의 예산으로 생산 설비를 갖추고 있다. 그림 3은 액압성형용 튜브 성형 장비 및 성형된 튜브의 일부를 보여주고 있다.

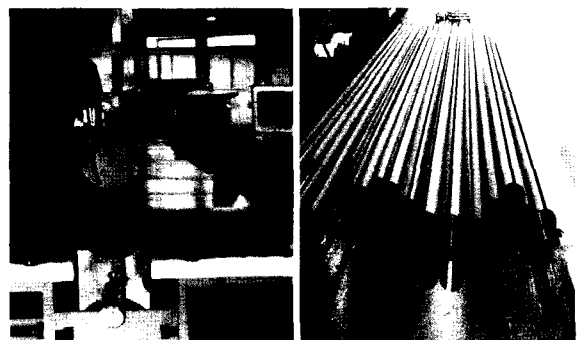


그림 3 성형을 위한 틀 및 성형된 튜브

공동연구기관인 주식회사 화신에서는 중형 승용차용 engine cradle을 자체 설계하고 CAD 및 CAE를 이용하여 구조해석, 성형해석, 피로해석 등 여러 가지 필수적인 해석 과정을 개발하였으며 이러한 해석들을 바탕으로 액압성형을 위한 금형의 설계 및 제작 기술을 개발하고 있다. 컴퓨터를 이용한 여러 가지 해석과 금형 제작이 완료된 이후에는 최종적으로 POSCO에서 보유하고 있는 액압성형기를 이용하여 engine cradle을 성형하고 bracket 등의 조립을 끝낸 후 신뢰성 평가를 실시하고 있다. (주)화신에서 개발중인 부품의 개략도는 그림 4와 같다. 이 부품의 경우 지금까지와 같이 프레스 성형 공정으로 제작하려면 따로따로 성형된 6개의 프레스 성형품을 용접하는 공정이 필요하지만 액압성형 공정을 이용하면 1개의 3.5m 짜리 튜브로 성형이 가능하다. 성형 후 무게는 기존의 방법보다 12%를 줄일 수 있으며 부품의 강도도 향상되기 때문에 신뢰성 평가에서도 강도, 피로 등의 특성이 더 향상되는 것이 확인되었다.

한편 (주)성우하이텍은 차체 부품 개발을 최종 목표로 하고 있으며 원재료 튜브를 연속 생산하는 기술도 함께 개발하고 있다. 원재료의 레이저 용접전에 우선 판재를 원형 튜브로 성형하는 공정이 매우 중요한데 (주)성우에서는 3-roll 및 2-roll 성형방법과 다단롤 성형방법을 적용하여 고강도의 판재를 연속 성형하는 기술을 개발하고 있다. 소재의 강도가 증가함에 따라 성형 후 back spring이 한층 심해지므로 롤 성형 후 레이저 용접이 가능하도록 형상을 유지시켜 주는 기술이 매우 중요하다. 일례로 강도 600MPa급 강판을 롤 성형하면 대개 약 40-50mm의 간격이 벌어지나 강도 800MPa급 강판을 같은 방법으로 성형하면 약 80mm 이상의 간격이 벌어져 레이저 용접이 불가능해진다. 따라서 성형방법을 개선하여 성형 후 간격이 줄어들게 하는 기술의 개발이 매우 중요하다. 따라서 본 과제에서는 기존의 3-roll 성형방법을 2-roll 성형방법으로 개선하여 성형 후 간격을 50mm 이하로 유지시키는데 성공하였다. 아울러 레이저 튜브 용접을 자동화하기 위한 seam tracking 기술 개발, 용접선 추적장치, 용접부

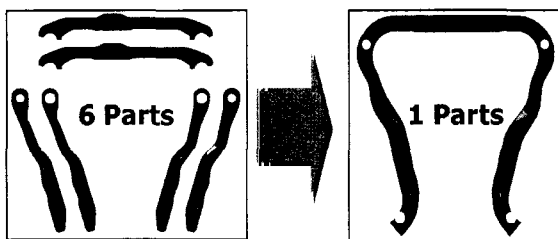


그림 4 액압성형에 의한 engine cradle의 제조

의 특성평가 등을 수행하여 레이저 튜브의 연속 생산이 가능하도록 하였다.

그리고 단순한 직관형 튜브의 개발이 성공적으로 이루어진 후에는 두께가 서로 다른 판재의 레이저 용접과 튜브(tailor welded tube) 성형기술을 개발하고 이들을 이용하여 bumper rail 부품을 제조하는 기술을 개발하고 있다. 본 개발을 통하여 기존의 8.5kg에 달하던 부품의 무게를 6.3kg으로 줄이고 부품의 수도 11개에서 4개로 줄임으로써 무게절감, 생산공정 단축, 충격강성 확보, 그리고 경제성을 한꺼번에 확보할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

3. 관련 기술의 시장규모 및 적용가능 분야

자동차 분야에서의 예측으로는 액압성형에 의한 일체화 성형 부품의 적용이 3-5년 이내에 차량 1대당 8개~10개 부품으로 늘어날 전망이다. 대당 무게로는 약 60kg 정도의 액압성형에 의한 일체화 성형 부품이 사용될 것으로 전망이 되는데, 이는 국내 자동차의 현재 시장규모를 감안하더라도 최소 2000만 유닛의 부품 및 원재료에 대한 요구가 있을 것으로 판단된다. 이중 B-Pillar나 일부 차체 부품 등 레이저 용접으로 제작하여야 되는 튜브의 요구도 전체 액압성형 부품의 약 30% 이상이 될 것으로 전망됨에 따라 강판소재와 관련된 시장규모가 약 180억원/년, 튜브 원재료와 관련된 시장규모가 약 250억원으로 총 시장규모는 약 430억원에 이를 것이라 판단된다 (계산근거: 60kg/대 × 30% × 250만대/년 × 400원/kg, 그리고 튜브 원재료의 경우 55만원/kg 적용).

레이저 튜브 기술은 우선 일체화 성형에 의한 자동차 부품을 제작하는데 사용되는 원재료를 만드는데 활용된다. 액압성형에 의한 일체화성형은 부품수가 획기적으로 감소되며, 구조재의 용접부위가 크게 줄어들어 내구성 향상되며 경량화가 가능한 기술로 각광을 받고 있다. 그러나 초기 설비투자비가 매우 크기 때문에 상업화에 어려움이 많은 실정이다. 하지만 현재 1~2개 부품에 대한 신규 설비투자가 진행되고 있어 앞으로는 가일층 상업화가 진행될 것으로 판단된다. 따라서 이러한 일체화 성형기술의 정착을 위해서 요구되는 재질특성을 만족시킬 수 있는 원재료를 제작하고 또 나아가서는 원재료의 재질을 향상시킴에 의해 부품의 강도와 내구성을 향상시키고 더불어 설계의 자유도를 넓힐 수 있는 기술 개발이 필요하다. 앞에서 거론한 바와 같이 일체화성형에 의해 여러 가지 장점을 활용할 수 있어 이에 따라서 적용가능 분야는 크게 증가될 것으로 예상된다.

주요 일체화성형 제품의 연도별 국내의 시장규모 전망
(단위 : 억원)

제품	년도	2004	2006	2008	2010
		액압성형용 Tube 소재	국내 232	282	345
	국외	3,468	4,218	5,155	6,375
액압성형용 Tube	국내	310	380	460	550
	국외	4,590	5,620	6,840	8,250
자동차용 모듈부품	국내	3,000	3,500	4,000	5,000
	국외	40,000	50,000	60,000	70,000
시장규모	국내	3,542	4,162	4,805	5,975
	국외	48,058	57,718	71,995	84,625

산출근거 : 제품사용 증가율 연평균 10% 기준
국외시장규모는 국내시장규모의 평균 10-15배 추정

4. 결론 및 향후 전망

액압성형에 의한 부품개발의 경우 국내에서의 연구개발 현황은 아직까지는 미약한 수준으로 현재 상업화된 부품은 engine cradle과 IP beam등 3개 부품에 머물고 있다. 그러나 부품 수는 빠른 시간 내에 급격히 늘어날 것으로 전망되어, 이에 대한 집중적인 기술개발이 필요하다고 판단되며, 따라서 부품제조를 위한 원재료도 관심을 가져야 할 시점이 되었다. 더욱이 앞으로 차체용 일체성형 부품이 많이 요구되게 되면 냉연강재 및 표면처리 강재의 사용이 크게 증가될 전망이지만, 아직까지 냉연강재 및 표면처리강재의 재질특성에 대한 조

사가 거의 이루어지지 않은 상태이다. 그리고 사용되는 가공방법에 따라서 가공성을 향상시키는 재질인자가 다르기 때문에 액압성형시 가공성을 향상시킬 수 있는 원재료의 제조에 대한 연구가 필요하다.

또한 원재료의 제조가 레이저 방식에 의한 조관으로 이루어지므로, 원재료 제작을 위한 엔지니어링 기술도 요구된다. 레이저 조관기는 설계 및 기기제작의 경험을 토대로 제작될 수 있어, 기술 개발 노력을 기울인다면 국내 기술로 정착될 가능성이 큰 분야이다. 따라서 이 분야에 대해서는 효율적인 기술개발 범위의 설정이 매우 중요한데, 우선 기기설비의 핵심부품에 대한 설계 개념을 확보하는 것은 기기설비의 외국의존성을 크게 완화하는 방법이 될 것으로 판단된다. 이와 더불어 제작기기의 특성에 맞는 운영과 이를 통한 원재료의 제조 기술의 확립은 본 과제를 통하여 해결해야 할 주요 기술 분야이다. 따라서 차세대 소재성형 사업단에서는 향후 일체화 성형 기술의 국내 기반 확립과 독자 기술 확보를 위하여 소재, 원재료, 일체화 성형, 신뢰성 평가 기술 등 체계적인 연구 개발을 수행할 것이다.



- 김성준(金成俊)
- 1957년생
- 한국기계연구원 재료기술연구소
- 철강 신합금 및 공정 개발
- e-mail : sjkim@kmail.kimm.re.kr