

서보건을 이용한 알루미늄 합금판의 점 용접(I) Spot Welding of Aluminum Alloys using Servogun(I)

장 희석*, 박 승규**, 조 승범**, 임 창식**
*명지대학교 공과대학 기계공학부
**명지대학교 공과대학 기계공학부 대학원

1. 서론

차량경량화를 위한 차체 소재로서 경량이면서 우수한 강도를 가지는 알루미늄 합금판의 점용접에 대한 많은 연구가 진행되었다. 하지만 알루미늄 합금 자체의 고유저항이 작고 열전도도가 기존의 연강판이나 아연도금강판에 비해 약 3배 정도 크기 때문에 현재까지 사용되어온 공기압 작동식 스폿 용접기로 점용접을 하면 점용접 후반부에 발생하는 용융부의 급격한 수축 현상으로 인하여 기공이 많이 발생하기 때문에 용접 불량을 피할 수 없다는 것이 일반적인 견해였다. 따라서 많은 연구에서 점용접 후반부에 전극의 가압력을 급격히 상승시키는 2단 가압의 필요성이 오래 전부터 제기되어 왔다. 본 연구에서는 가압력을 원하는 대로 실시간 제어할 수 있는 서보건을 이용하여 알루미늄 합금의 점용접성을 향상시킬 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 실험

2.1 실험 장치 - 서보 건(Servogun)

본 실험에서 알루미늄 합금의 저항 점용접에 사용된 서보건은 정격용량 50kVA이고, 최대 가압력이 400kgf이며 5kgf 단위로 가압력 제어가 가능하다. 서보건은 1kW AC 서보 모터를 채용한 C Type gun을 자체 제작하여 사용하였다. 서보건의 제어 장치는 80196 micro-processor를 기본으로 제작되었고 기존의 점용접제어장치(T/C)와 서보 모터를 제어하는 서보 드라이버와 실시간 통신을 하며 전극 가압을 위한 상위제어기로 구성되어 있다.(그림 1,2 참조)
전극 팁은 내마모성이 우수한 분산동으로 Dome Type의 두 전극 선단경이 3.5mm/5.5mm 인 것을 사용하였다. 사용된 용접시편은 내식성이 우수하고 경량이면서 기계적강도가 뛰어나 차량구조용으로 적합한 두께 0.8mm의 5754 알루미늄 합금(Al-Mg)을 사용하였다.

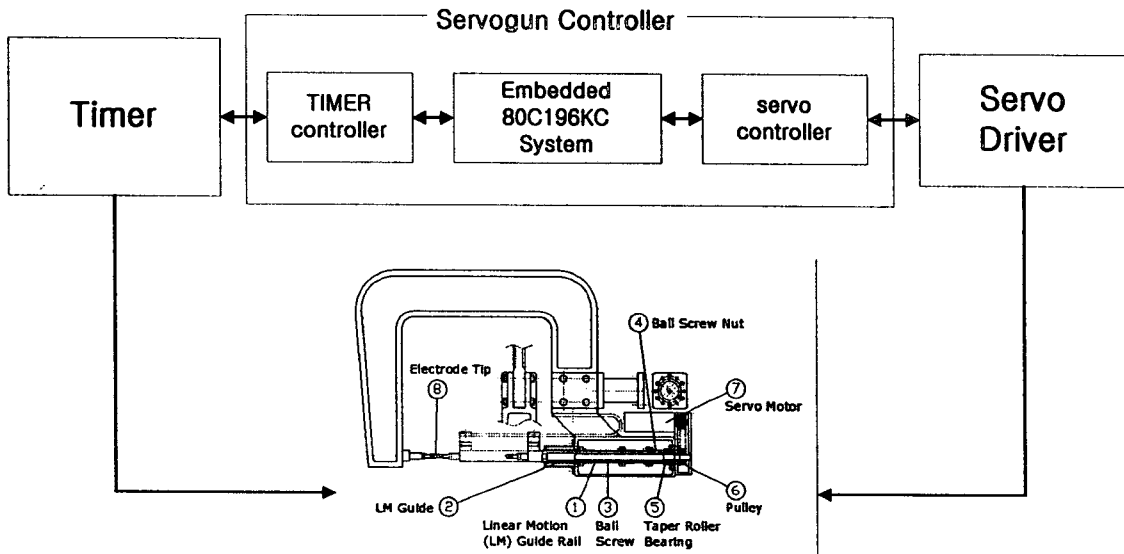


그림 1. 서보 건 전체 시스템 구성도

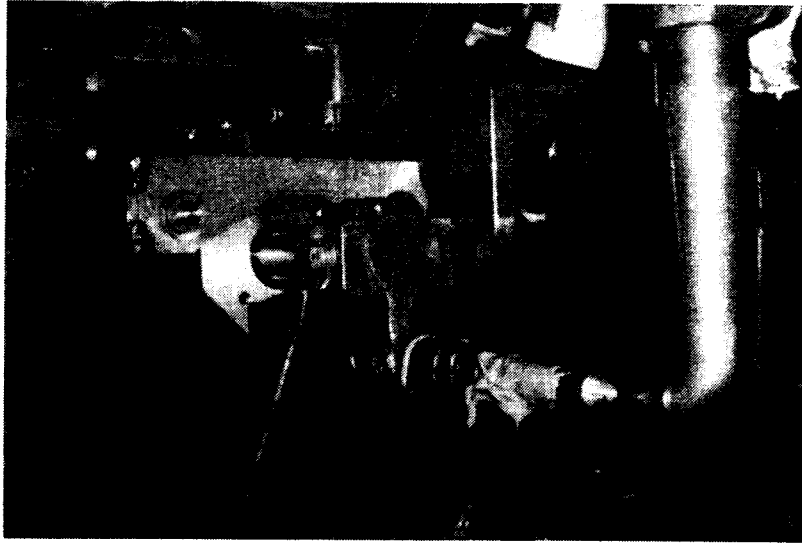


그림 2. 서보건의 가동 전극부

2.2 실험 방법

기존의 1단 가압 방식으로 5754 시편에 대한 최적 용접 조건을 선택하여 용접 시험을 하였다 (Schedule 1). 또한 서보 건을 이용한 2단 가압의 효과를 확인하기 위하여 통전 직후 2단 가압 시간에서 가압치를 3가지로 변화시키며 실험을 하였다(Schedule 2-4). 2단 가압으로 인한 너겟 내 기공 및 균열 발생량 감소 효과를 확인하고자 너겟을 조직검사하였다. 용접 조건은 표 1과 같다.

표 1. 용접 조건

	용접 전류	용접 시간	가압력 조건	
			1단 가압(kgf) / 시간(cycle)	2단 가압(kgf) / 시간(cycle)
schedule1	18kA	8cycle	130/28	
schedule2			130/5	160/23
schedule3			130/5	180/23
schedule4			130/5	200/23

가압력은 가동전극에 부착된 스트레인 게이지(그림 2에서 보호 epoxy가 씌워진 부분)와 스트레인 앰프를 사용하여 측정하였다.

2.3 조직 검사

시편을 용접부의 정중앙을 절단하여 Mounting, Polishing을 거친 후 증류수 100ml와 수산화나트륨 (NaOH) 5mg을 녹인 용액에 시편을 Etching하였다. Etching된 시편은 1,200배 금속 현미경을 사용하여 조직 검사하였다.

3. 실험 결과

본 실험에서 사용한 서보건은 서보 모터의 제어를 통하여 가압력을 제어하게 된다. 따라서 서보건에 인가되는 토크 지령 전압과 실제 가압력의 변화 사이의 상관 관계는 매우 중요하다. 그림 3, 4는 본 실험에서 사용한 서보건의 토크 지령 전압, 토크 모니터 신호, 가압력 변화 곡선을 나타낸 것이다. 그림 3은 2단 가압 방식으로 제어하고자 2단 토크 지령 전압을 주었을 경우 가압력 변화 곡선이고, 그림 4는 임의의 프로파일 토크 지령을 주었을 경우 가압력의 변화를 나타낸 그림이다. 두 그

림에서 볼 수 있듯이 토크 지령 전압의 변화에 따라 토크 모니터 신호 및 가압력 곡선이 선형적으로 제어되고 있음을 확인할 수 있다.

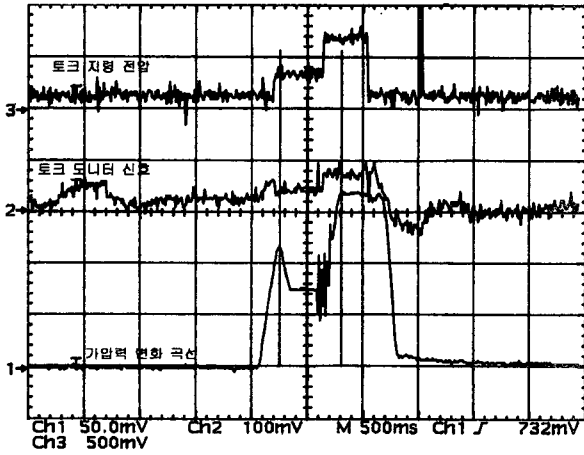


그림 3. 서보건의 2단 가압 제어

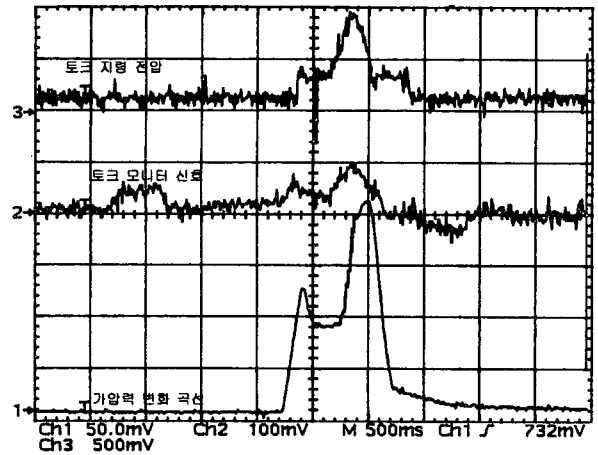


그림 4. 서보건의 프로파일 가압 제어

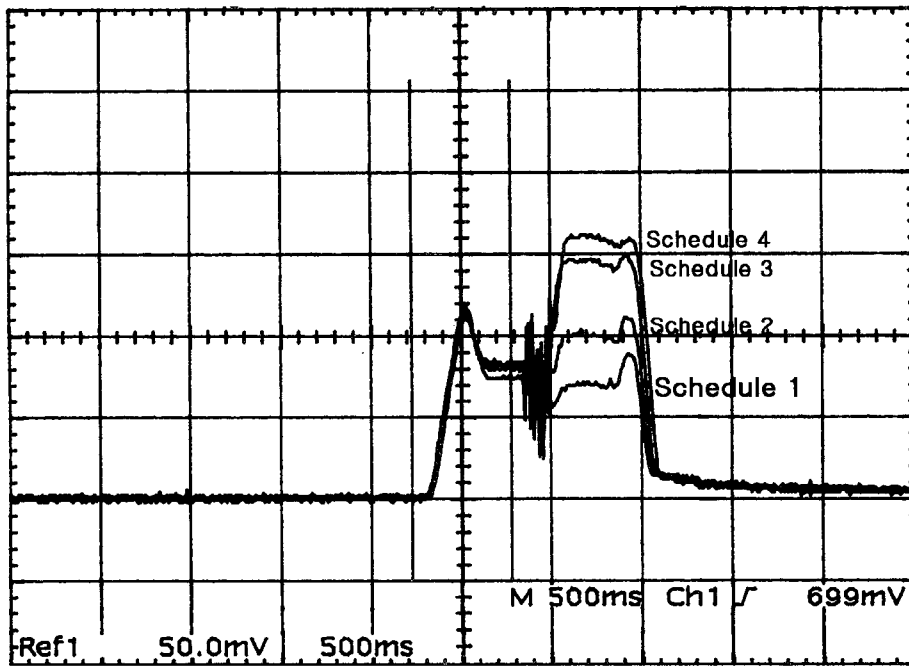


그림 5. 용접 조건에 따른 가압력 변화 곡선

그림 5 는 앞에서 선정한 용접 조건에 대한 용접 실험 과정에서 측정된 가압력 변화 곡선이다. 모재와의 초기 접촉 후 가압력이 안정화되고 통전 직후 설정한 대로 2단 가압력이 상승함을 볼 수 있다. Schedule 1은 1단 가압(130kgf)을 나타낸 것이고, Schedule 2는 2단 가압(130kgf/160kgf), Schedule 3은 2단 가압(130kgf/180kgf), Schedule 4는 2단 가압(130kgf/200kgf)을 나타내고 있다. 가압 곡선을 좀 더 자세히 살펴보면 초기 접촉 후 가압력이 안정화됨에 따라 시편의 산화피막이 파괴된다. 이후 기동 입력에 따라 통전되고 모재에 공급되는 열 입력은 증가한다. 또한 모재에 용융부가 확산되고 소성역에 도달한 용융부 주위의 연화된 조직이 더 이상 전극 가압력을 지탱하지 못하고 전극이 용접시편 속으로 밀려드는 함입(Indentation) 현상이 일어나며 이후 너겟부가 냉각되면서 수축하여 가압력 곡선이 급격히 하강함을 볼 수 있다. 또한 통전 직후 2단 가압에 의한 가압력 상승을 확인할 수 있다.



그림 6(a)



그림 6(b)

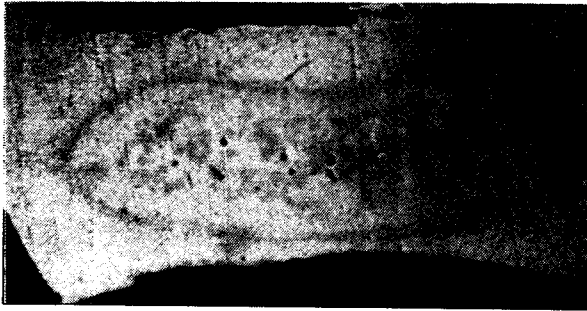


그림 6(c)

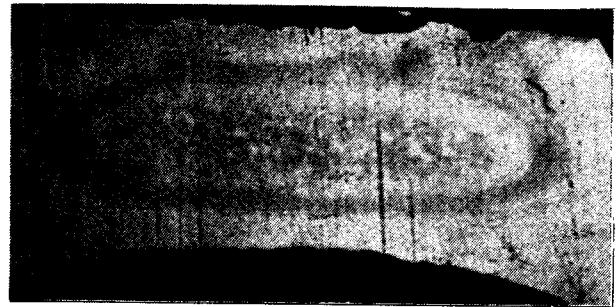


그림 6(d)

그림 6(a)~(d)은 알루미늄 합금의 저항 점용접시 용융부 중앙 절단면을 촬영한 사진이다. 그림 6(a)는 1단 가압(130kgf) 방식으로 용접한 사진이다. 너겟 중앙부에 존재하는 기공을 관찰할 수 있는데, 이러한 기공은 용융부 응고시 급속한 냉각으로 인하여 생성되며 이로 인하여 용접물 강도의 저하와 피로파괴에 큰 영향을 미치게 된다.

그림 6(b)는 2단 가압(130kgf/160kgf) 방식으로 용접한 사진이다. 1단 가압에서 얻은 사진과 비슷한 너겟 형상을 관찰할 수 있으며, 기공이 다소 감소함을 관찰할 수 있다. 이는 2단 가압의 가압력이 단조가압 효과를 얻기에 불충분하기 때문인 것으로 판단된다.

그림 6(c)는 2단 가압(130kgf/180kgf) 조건으로 용접한 사진이다. 그림 6(a), 6(b)에 비해 너겟부에 존재하던 기공이 현저히 감소하였으며, 2단 가압으로 인한 단조 가압의 효과를 확인할 수 있다.

그림 6(d)는 2단 가압(130kgf/200kgf) 조건으로 용접한 사진이다. 너겟 내부의 기공 및 균열이 존재하지 않는 것을 확인할 수 있다

4. 결론

서보건의 2단 가압 기능을 활용하여 알루미늄 합금의 저항 점용접을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 통전 직후 2단 가압을 가하게 되면 너겟 중심부에서 형성되는 기공과 균열을 효과적으로 방지할 수 있음을 확인할 수 있었다.
- 2) 실험을 통하여 너겟의 크기가 보장되고 2단 가압을 통한 기공·균열 감소 효과를 얻을 수 있는 최적의 용접 조건을 설정하면 신뢰할 수 있는 알루미늄 합금의 점 용접부를 얻을 수 있을 것이다.