

박판 Al 7075-T6재의 점용접시 용접조건변화에 대한 강도특성

Strength Characteristics for Various Spot Welding Conditions
in 7075-T6 Aluminum Alloy Sheets

윤한기*, 김건태, 류인일

동의대 기계공학과, 동의대 산업기술대학원, 부경대 기계·자동차 공학부

Yoon, Han-Ki · Kim, Gun-Tae · Yoo, In-Il

Key Word : Resistance Spot Welding (저항 점용접), Aluminium Thin Sheets (알루미늄 박판재), Tensile Shear Strength (인장전단강도), Optimal Welding Conditions (최적용접조건)

Abstract

With increasing demand of energy saving, many efforts were made to employ aluminium alloys in the automobile industry. Especially, resistance spot welding has been widely used in the steel metal joining process because of its high productivity and convenience.

In this paper, spot weldability of 7075-T6 aluminium thin sheets for various welding conditions were examined by series of experiments. The tensile shear strength and microstructure of welded specimens was observed, and The optimal welding conditions were found for each welding conditions.

1. 서론

최근 자동차 분야의 경량화 재료로서 Al 합금 소재가 강성, 내부식성, 낮은 비중 등의 여러 이점으로 유망한 재료로 주목받고 있다. 특히 차량의 경우 알루미늄 일체형 body 및 골조형의 차체구조가 적용되고 있고¹⁾, 한국의 일부 자동차 생산업체도 알루미늄 차체 시작품을 제작하였으며 엔진블록 등에 실용화되고 있는 실정이다.

또한 알루미늄 박판 구조물의 접합기술로서 저항 점용접²⁾을 이용하면 자동차산업의 경우 경량화뿐만 아니라 기존 강판 저항 점용접의 차체 접합 기술의 이용이 가능할 것이고 기존의 차체 조립라인을 대부분 그대로 이용할 수 있는 경제적인 성과도 얻을 수 있게 된다.

Al 합금의 저항 점용접³⁾은 알루미늄 자체의 열전도율과 전기전도도가 매우 크기 때문에 저항발열이 작고 열의 소산이 쉽게 되어 단시간에 대전류를 적용시키지 않으면 안된다.

국내외적으로 Al 합금 저항 점용접에 대해 연속타점수와 용접강도 및 전극형상과 연속타점수명 전극수명 저하의 원인규명, 교류 및 직류 용

접기에 따른 용접품질, 표면조도와 접촉저항전류 등의 용접성과 용접변수에 대한 연구가 진행되어 왔다.⁴⁾⁵⁾ 또한 접착제를 이용한 접착법⁶⁾, 리벳과 볼트를 이용한 기계적 접합법, 브레이징, 도금 알루미늄판과 철판 용접법, Fe/Al Clad를 인서트재로 사용한 점용접 등 강판과 알루미늄간의 접합도 시도되고 있으나 실제 사용에 있어 생산성 저하와 완전 경량화의 관점에서 많은 문제점이 내재되어 있다. 이와 같은 이유로 최 등⁷⁾은 새로운 저항 용접기술을 개발하고 있으며, 신 등⁸⁾은 알루미늄 박판의 점용접부 피로 거동을 연구하고 있다.

그러나 이들 연구들의 대부분은 알루미늄 박판의 두께가 2mm 이상을 대상으로 하고 있으므로 두께 1mm 이하의 알루미늄 박판을 점용접할 때 이들 용접조건을 그대로 사용하는 것은 다소 무리가 있다.

따라서 본 연구에서는 두께 0.4mm인 Al 7075-T6 박판재의 점용접시 용접전류, 통전시간, 전극 가압력 변화에 따른 인장전단강도 시험을 행한 후, 소재의 인장전단강도에 미치는 용접조건의 최적화를 구하고, 용접부의 경도 변화 특성

을 관찰하였다.

2. 실험 재료 및 실험 방법

2.1. 실험 재료

저항 점 용접 시편제작에 사용된 소재는 미국 Alclad사 제품 Al 7075-T6 (QQ-A-250/13E) 합금을 사용하였으며, Al 7075-T6 합금의 화학적 조성은 Table 1과 같다.

Table 1 Chemical composition of Al 7075-T6 sheet

Element Material	Zn	Mg	Cu	Cr	Mn	Fe	Si	Ti	Al
Al 7075-T6	5.5	2.5	1.6	0.28	0.3	0.5	0.4	0.2	re.

시험편에 사용된 소재의 두께는 0.4mm의 얇은 박판이며, 판 표면에 Aclading한 QQ-A-250/13 E로 통용되는 제품으로, T6 처리는 판재를 냉간 가공 후 인공시효 처리한 것이다. 그리고, 이 소재의 기계적 성질은 Table 2와 같다

Table 2 Mechanical Properties of Al 7075-T6

Prop. Mat.	Tensile strength (MPa)	Shear modulus (GPa)	Tensile modulus (GPa)	Failure strain (%)	Density (g/cm ³)	Poisson's ratio
Al 7075-T6	524	23.6	62.8	12	2.79	0.33

2.2. 시험편 제작

알루미늄 점용접 시험편의 형상은 Fig. 1과 같으며, 시험편 치수는 길이 80mm, 폭 25mm, 두께 0.4mm의 알루미늄 박판을 서로 25mm 겹쳐서 점용접 하였다.

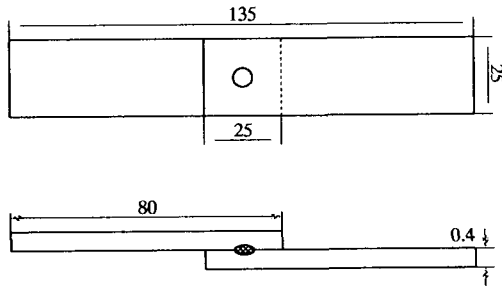


Fig. 1 Configuration of spot welding specimen (unit : mm)

2.3. 용접조건

실험에 사용한 용접 조건은 용접전류를 13.5kA, 14kA, 14.5kA로 변화시키고, 통전시간은 3, 4, 5cycle이었으며, 전극가압력을 882N, 1323N, 1764N, 2450N으로 용접하였다.

2.4. 실험방법

2.4.1. 점용접 시험과 모니터링

본 연구에서 사용된 용접기는 공기압 작동식 저항 점용접기 점용접 모니터링 시스템을 사용하였다. Spot 모니터링 시스템은 단상 교류, 소형 인버터 직류, 대형 인버터 직류, 콘테서 저항 용접기 등에 연결하여 저항용접 장치의 상태에 영향을 미치는 주요인자인 전류, 전압 및 가압력을 동시에 모니터링하여 같은 시간축에서 검토할 수 있도록 설계한 것이며, 이를 이용하여 저항용접 장치의 상태와 용접 진행 상태를 정확하게 평가 하였다.

2.4.2. 인장전단강도 및 미소경도시험

인장전단강도시험은 유압식 피로시험기(MTS model 810, 10tonf)를 사용하여 실험하였고, 각 시험편의 인장전단하중은 인장속도를 0.1mm/min로 하여 KS B 0851 규격에 따라 실시하였다. 그리고, 점용접부 미소경도는 마이크로 비커스 경도기를 이용하여 측정하였다. 경도측정위치는 Fig. 2에 나타내었으며 판간의 경계면에서 0.25mm 떨어진 위치에서 0.5mm 간격으로 측정하는 것을 기준으로 하고 측정하중은 4.9N, 가압 시간은 10초로 하였다.

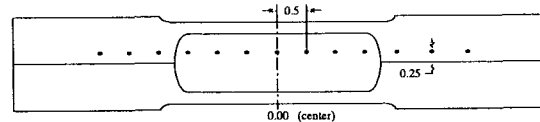


Fig. 2 Position of micro Vickers hardness measurement (mm)

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 인장전단강도 특성에 미치는 용접조건 영향

Fig. 3에서 Fig. 5까지는 0.4mm 박판의 Al 7075-T6합금에서 용접시간을 일정하게 두었을 때 용접전류의 증가에 따른 인장전단강도의 변화를 4가지의 가압력 조건에서 나타낸 것이다.

그림에서 보듯이 가압력이 2450N 일때는 용접전류와 용접시간에 관계없이 다른 3가지 조건에 비해 인장전단강도가 급격히 떨어지므로 이 조건은 Al 7075-T6합금에 적합한 저항 점용접 조건이라고 볼 수 없다.

Fig. 3에서 용접시간이 3cycle일 때, 용접전류가 증가함에 따라 인장전단강도는 가압력이 2450N 일 때를 제외하고는 대체적으로 증가하고 있으며 가압력에 따른 인장전단강도의 차이를 별로 볼 수 없다.

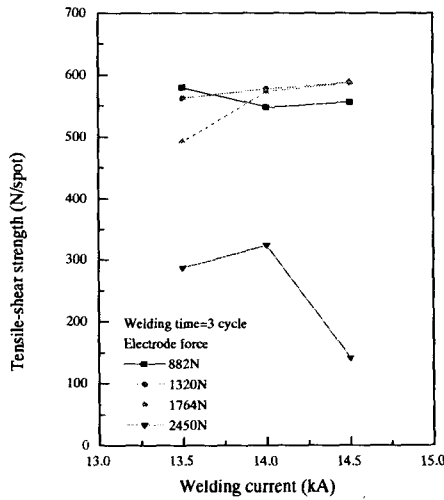


Fig. 3 Relation between welding current and tensile shear strength with electrode force at 3 cycle

Fig. 4는 용접시간이 4cycle에서 가압력의 변화에 따른 인장전단강도는 용접전류가 14kA까지는 증가하다가 더욱 더 전류가 증가하면 다소 떨어짐을 알 수 있다.

Fig. 5에서 용접시간이 5cycle일 때는 용접전류가 증가함에 따라 인장전단강도는 감소하는 경향이 있으며 용접전류가 13.5kA일 때 2450N의 가압력을 제외한 나머지 가압력 조건에서 600N 이상의 인장전단강도를 보였다.

이상에서 보는바와 같이 인장전단강도를 Al 7075-T6합금의 저항 점용접의 용접성을 평가하는 기구로 보았을 때, 600N 이상의 강도를 보인 최적용접조건은 용접시간이 4cycle이고 용접전류가 14kA, 가압력이 1764N인 경우와 용접시간이 5cycle이고 용접전류가 13.5kA, 가압력이 882, 1320, 1764N인 경우였다.

3.2. 점용접부 경도변화 특성

Fig. 6과 Fig. 7은 용접전류 및 가압력의 변화에 따른 시험편의 경도분포를 나타내며 너깃 중심부로 갈수록 경도가 낮아지고, 이것은 모재보다 용융부의 경도가 훨씬 큰 강(steel)⁹⁾ 점용접부의 경도변화와 비교된다.

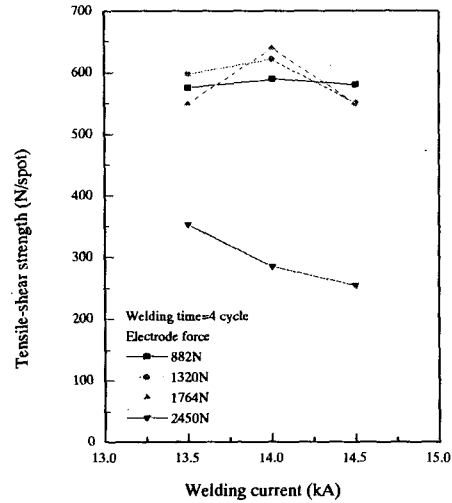


Fig. 4 Relation between welding current and tensile shear strength with electrode force at 4 cycle

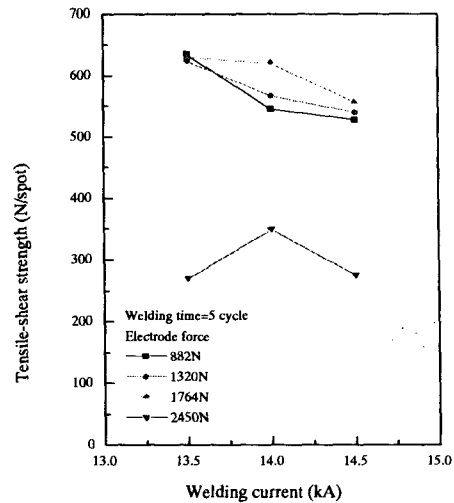


Fig. 5 Relation between welding current and tensile shear strength with electrode force at 5 cycle

이러한 Al 7075-T6 합금의 점용접부 경도 저하는 알루미늄 기지상에 미세하게 석출되어 있던 제2상이 저항발열과 급랭으로 인하여 용체화 현상¹⁰⁾과 석출 가공경화된 조직의 재결정으로 연

화된 결과로 판단된다.

Fig. 6은 가압력이 1323N이고 통전시간이 3 cycle로 일정할 때, 용접전류의 변화에 따른 용접부의 경도변화를 나타낸 것이다. 여기서 용접전류가 클수록 경도분포가 높게 나타나는 것을 알 수 있고, 이것은 동일 전극경에 대해 전류가 큰 경우 저항 발열량이 증가하여 냉각이 늦어진 결과로 판단된다.

Fig. 7은 용접전류가 13.5kA이고 통전시간이 4 cycle로 일정할 때, 가압력을 변화시킨 경우로 너깃중심에서 경도차이가 나타나고 882N일 때 경도가 가장 낮다. 이는 가압력외의 용접조건이 같은 경우 전극 가압력이 낮아 가압효과가 낮은 쪽에서 내부결합 발생이 많고 특히 냉각수에 의한 냉각효과가 큰 용융부 중심부위에는 응고수축 균열이 발생하기 쉬우므로 이러한 내부결합 존재 차이가 용융부의 경도차이를 가져온 것으로 판단된다.

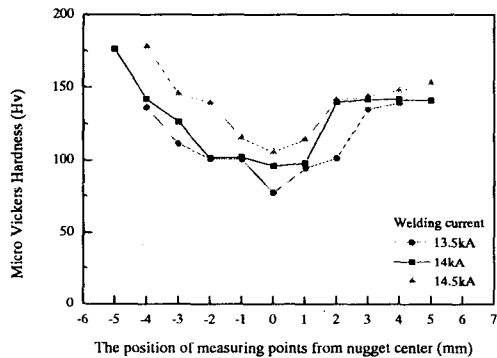


Fig. 6 Micro Vicker's hardness distribution by various welding current

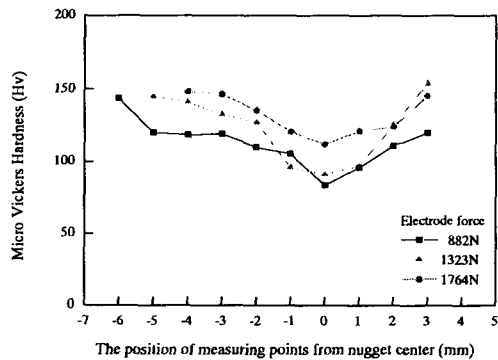


Fig. 7 Micro Vicker's hardness distribution by various electrode force

4. 결 론

박판 Al 7075-T6재의 저항 점용접시 용접조건 변화에 따른 인장전단강도시험을 하여 용접 최적조건을 구하고, 용접부의 경도변화를 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Al 7075-T6 박판재의 최적용접조건은 용접시간이 4cycle이고 용접전류가 14kA, 가압력이 1764N인 경우와 용접시간이 5cycle이고 용접전류가 13.5kA, 가압력이 882, 1320, 1764N인 경우였다.
2. 점용접부 중 너깃부의 경도는 모재에 비해 낮게 나타났으며, 가압력과 통전시간이 동일한 경우 용접전류가 클수록 경도분포가 높게 나타났고, 용접전류와 통전시간이 동일한 경우 가압력이 높을수록 경도가 높게 나타났다.

5. 참고문헌

- 1) 이영훈, "자동차의 알루미늄화 기술", 자기연정보, Vol.2, No.3, pp.20-42, 1993
- 2) 中材孝 其他2人, "抵抗容接(容接全書8)", 産報出版, pp.75-84, 1979
- 3) 笹部 誠二, "アルミニウム合金の抵抗スポット容接", 溶接技術, pp. 68-74, 1993. 3
- 4) 한용섭, "알루미늄 합금의 점용접에서 용접전류 형태가 용접성에 미치는 영향", 대한용접학회지, Vol. 15, No. 2, pp. 157-167, 1997
- 5) 강성수, "알루미늄 합금의 저항용접 기술의 현황과 전망", 대한용접학회지, Vol. 15, No. 2, pp. 19-23, 1997
- 6) P. C. Wang, G. Banas, "The role of failure mode, resistance spot weld and adhesive on the fatigue behavior of Weld-bonded Aluminum", Welding Journal, Vol. 74, No. 2, pp.41-47, 1995
- 7) 최민환, 박은희 "저항 용접가의 종류와 신개발 동향", 대한용접학회지, Vol. 12, No. 1, pp. 11-18, 1994
- 8) 신현일 外 2人 "5182 Al 합금판의 전기저항 점용접부 피로거동에 관한 연구", 大韓容接學會誌 第 16卷 第 2號, pp. 127-135, 1998
- 9) 佐藤次彦 其他 2人, "多点スポット溶接継手の疲勞強度の評價について", 溶接學會志, Vol. 50, No. 5, pp.496-503, 1981
- 10) Craig R.Barret etc, "The principles of engineering materials", Prentice Hall, 1995