

순 타이타늄과 저탄소강의 이종 마찰점용접 특성에 관한 연구

A study on the dissimilar friction spot welding property of pure Ti and low carbon steel

이 창용*, 이재홍*, 최돈현*, 이원배**, 연 윤도***, 장 응성****, 정 승부*

* 성균관대학교 신소재공학과

** (주)POSCO 기술연구소

*** 수원과학대학 자동화시스템과

**** 포항산업과학 연구원

1. 서 론

2001년에 마찰교반접합법(Friction Stir Welding : FSW)의 원리를 응용한 마찰교반 점용접(Spot Friction Stir Welding: Spot FSW) 기술이 개발되어 자동차 차체용 Al합금을 고상상태로 접합할 수 있는 새로운 점접합기술로서 주목받고 있다. 마찰교반 점용접기술은 접합 틀을 회전시키면서 겹치기 이음부의 상판 및 하판에 삽입시켜 상,하판을 소성유동시킴에 의해 접합계면을 활성화시켜 접합하는 접합법이다. 전력소비가 매우 적고 틀 수명이 길며 환경친화적 점접합기술이라는 장점을 갖고 있어 선진국의 경우, 자동차 패널용 Al합금의 점용접에 적용되어 승용차의 후드, 트렁크, 도어 및 루프 등의 용접분야에서 실용화 되고 있다. 그러나 국내에서는 마찰교반 점용접기술에 관한 보고는 있지만, 매우 미약하고 더욱이 현장 적용에 관한 실예는 전무한 실정이다.

마찰점용접을 이용하여 고융점 재료를 접합하는 것은 내구성을 갖춘 틀, 틀 냉각장치 등이 해결되어야 한다는 연구 결과가 국외 논문 등에서 보고된 바 있다. 하지만 국내에서는 관련 연구가 매우 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 고융점 재료의 마찰점용접 적용

에 대한 기초적인 실험으로 순 Ti 와 저탄소강의 이종 마찰점용접을 실시하였다. 틀 삽입 깊이를 변화시키면서 미세조직과 기계적 특성을 관찰하여 접합특성을 평가하였다.

2. 실험 방법

본 실험에 사용된 Fe 합금과 Ti 합금의 화학적 조성을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Chemical composition of Fe and Ti alloy used in this study

Elements	C	Si	Mn	P	S	Fe
Fe alloy	0.03	0.005	0.096	0.123	0.06	Bal.
wt%	H	O	N	Fe	C	Ti
Ti alloy	0.002	0.09	0.01	0.04	0.01	Bal.

재료는 100mm × 30 mm의 크기, 0.6 mm 두께의 판재로 가공되었으며, 겹치기 점 용접을 실시하기 위해 상부에 Fe, 하부에 Ti를 약 30mm 겹치도록 위치시키고, 크램프를 이용하여 단단히 고정 시킨 후 접합을 실시하였다. 틀의 회전속도는 2500rpm, 삽입속도는 10mm/min., 틀 제거속도는 60mm/min., 삽입 후 유지시간은 2초로 하였으며, 틀의 경사각은 0°로 하였다. 틀의 삽입 깊이에 따른 접합 특성을 조사하기 위해 0.21,

0.24, 0.27, 0.3mm 로 삽입 깊이를 변화시키면서 특성을 관찰하였다. 접합을 위해 사용된 틀은 초경합금을 이용하여 제작하였고, shoulder 부 직경 12.5mm, 하단에 직경 5mm, 높이 0.5mm의 원형돌기가 형성되어 있는 형태이다. 모식도를 Fig. 1에 나타내었다.

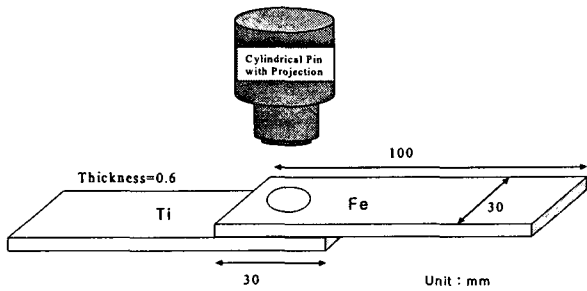


Fig. 1 Schematic diagram of spot friction welding process used in this study

접합 후 광학현미경(OM:Optical Microscope)과 주사전자현미경 (SEM: Scanning Electron Microscope)을 사용하여 모재와 접합부의 미세조직을 관찰하였다. 용접부 내의 상 분석을 위하여 EDS (Energy Dispersive Spectroscopy)를 사용하였다.

접합부의 기계적 특성을 알아보기 위하여 접합 시편 단면의 경도를 측정하였다. 이 때 하중은 Fe 합금과 Ti 합금에서 각각 100gf, 200gf 로 달리하여 측정하였으며 측정시간은 10초로 하였다. 또한 접합부의 인장특성을 측정하고자 인장전단 시험을 실시하였고 cross head speed는 1mm/min.으로 하였다.

3. 실험 결과

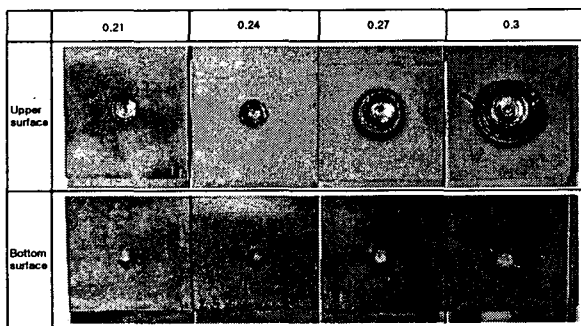


Fig. 2 External shape with pin insertion depth after spot friction welding

Fig. 2에 마찰 점용접 후 상판과 하판의 외관을

관찰하여 나타내었다. 틀이 삽입 된 흔적은 원형의 변색부위로 나타났다. 틀 삽입 깊이가 증가할수록 변색부위의 크기도 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 상부 틀 삽입 흔적을 자세히 관찰한 결과 피접합재 일부가 틀에 점착되어 표면 형상이 변화한 것을 관찰할 수 있었다.

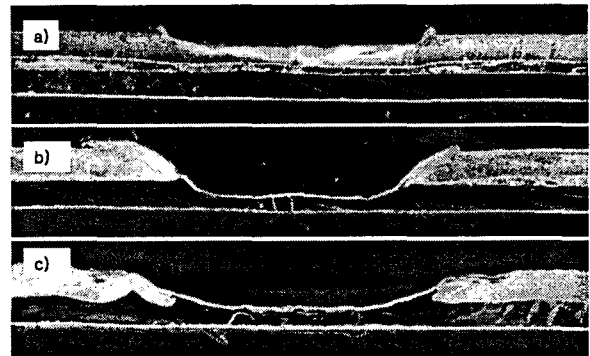


Fig. 3 Cross-sectional macro image of spot friction weld joint with pin insertion depth
a) .024 b) 0.27 c) 0.3

원형 접합부의 정 중량을 절단하여 단면관찰을 실시한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 삽입 깊이가 가장 얇은 0.21mm의 경우 시편 절단 과정 중에 분리되어 단면 관찰이 불가능했다. 0.24mm 삽입한 시편도 완전한 접합부가 형성되지 않고 상판과 하판이 분리되어 있음을 단면 관찰 결과 확인할 수 있었다. 틀 삽입 깊이 0.27 및 0.3mm 시편의 경우 상부의 Fe alloy 부분이 접합부에서 거의 남아있지 않음을 알 수 있었다. burr 형태로 외부로 배출되고, 또한 앞서 기술한 바와 같이 틀과의 점착에 의해 많은 양의 상부 재료가 소모되었기 때문에 사료된다.

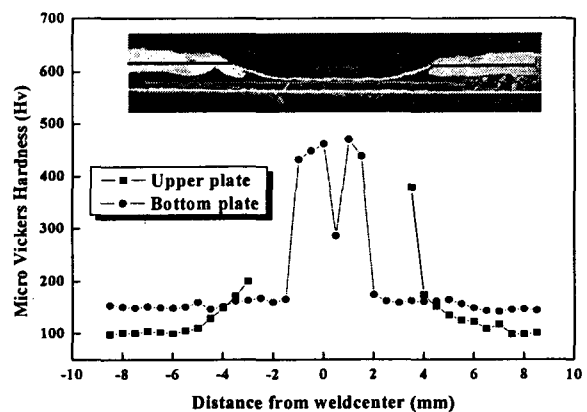


Fig. 4 The hardness distribution of near the

weld zone

Fig. 4에 접합부의 경도분포를 틀 삽입깊이 0.3mm 조건에서 관찰하여 나타내었다. 상판재료는 연강으로 평균 100Hv 정도의 경도값을 나타냈고, 접합부에 가까워 질수록 틀 회전으로 인한 가공의 영향으로 결정립 크기가 미세하게 감소함에 따라 약 200Hv 까지 증가하는 것을 관찰할 수 있었다. 하부 재료인 Ti 는 약 150Hv 정도의 모재 경도를 나타냈고, 접합부에서 입자 미세화에 의한 경도 상승이 400Hv에 달하는 것으로 관찰되었고, 상판과 하판 모두에서 열영향에 의한 경도 감소 영역은 관찰되지 뚜렷하게 관찰되지 않았다.

Fig. 5에 인장 전단 시험 결과를 틀 삽입 깊이에 따라 나타내었다. 틀 삽입 깊이가 가장 깊은 0.3mm 조건에서 가장 높은 5kN 정도의 하중값을 나타냈고, 보다 얇은 조건에서는 상대적으로 매우 낮은 하중 값과 높은 편차를 보였다. 따라서 완전한 접합이 이루어지기 위해서는 0.3mm 즉 상판의 50% 정도의 틀 삽입이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

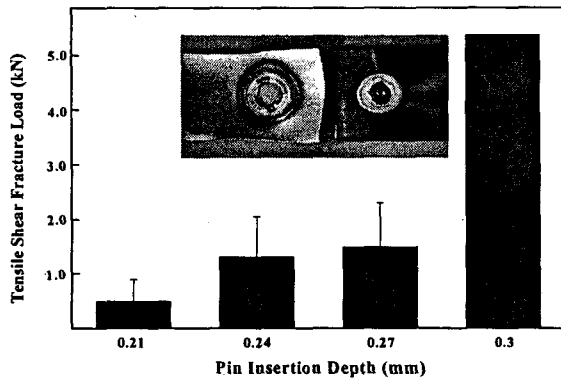


Fig. 5 Effect of pin insertion depth on tensile shear fracture load

4. 결 론

마찰점용접을 이용하여 순 타이타늄과 저탄소강을 이중접합한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 접합 후의 외관 관찰결과 상판과 하판에 변색 부위가 발견되었으며 삽입 깊이가 증가할수록 변색부위의 크기가 증가하였다.
- 2) 단면관찰결과 상대적으로 틀 삽입깊이가 얇은

영역에서는 불완전한 접합이 이루어 졌고, 상판 재료와 틀과의 접촉현상이 발생하였다.

3) 접합부에서 상판과 하판에서 공통적으로 경도가 상승하였고, 특히 하판 재료인 Ti 의 경우 입자 미세화에 의해 약 400Hv 의 경도값을 나타내었다.

4) 인장전단시험 결과 틀 삽입깊이가 가장 깊은 0.3mm에서 가장 높은 약 5kN의 하중값을 나타내었다. 파단위치는 접합부와 모재의 경계 영역으로 관찰되었다.

참 고 문 헌

1. Won-Bae Lee, Chang-Yong Lee, Woong-Seong Chang, Yun-Mo Yeon, Seung-Boo Jung : Microstructural investigation of friction stir welded pure titanium, Materials letters, 59(2005) 3315-3318
2. Z.Feng, M.L.Santella, S.A.David, R.J.Steel, S.M.Packer, T.Pan, M.Kuo, R.S.Bhatnagar : Friction Stir Spot Welding of advanced high-strength steels - a feasibility study, FSW symposium (2005)
3. K.Aota, K. Ikeuti : Spot friction stir welding for low carbon steel, 日本 銲接學會 全國大會 講演概要 (2005) 176-177
4. 연윤모, 이원배, 이창용, 정승부, 송건 : 마찰교반점용접한 A5052 알루미늄 합금판재의 접합부 특성, 대한 용접학회지, 24-1 (2006) 71-76
5. 연윤모, 이창용, 이원배, 정승부, 장용성 : 마찰교반점용접기술 및 Al 접합부 특성, 대한용접학회지, 23-3 (2005) 228-232