

마찰교반 점 용접법을 이용한 5052 Al 합금의 접합

Spot Friction Stir Welding of 5052 Al alloy

연윤모*, 이창용**, 이원배**, 정승부**

* 수원과학대학 자동화시스템과

** 성균관대학교 신소재공학과

1. 서 론

Al합금을 접합하는 고상접합방법중의 하나인 Friction Stir Welding(FSW)은 회전마찰에 의한 가열 및 재료의 소성유동을 응용한 접합방법으로 용융용접에 비하여 접합온도가 낮고 변형이 매우 적으며 흠, 소음 등이 발생하지 않는 등 환경 친화적 특징이 있어 Al합금의 butt용접에 매우 적합하여 경량화가 요구되는 철도차량, 선박, 항공우주기 등의 수송기기 분야에서 이미 수년 전부터 적용되고 왔다¹⁻²⁾. 그러나, 자동차 차체에 Al을 적용하는 경우, 연비성능향상은 매우 현저하나 재료비가 높고 프레스 성형성 및 용접성이 기존의 강판에 비하여 현저히 낮은 것이 큰 문제로 지적되어 자동차 차체에의 Al적용이 늦어져 왔다. 특히, 이들 기기에 Al합금을 적용하는 경우 Al합금의 Lap용접은 매우 중요하다. 최근, Al합금 스폿용접의 문제점을 획기적으로 해결할 수 있는 Spot Friction Stir Welding(Spot FSW)³⁻⁴⁾이 새롭게 개발되어 자동차 분야의 Al합금 용접에서 주목을 받고 있다. Spot FSW에서는 접합틀을 회전시키면서 겹치기 이음부의 상판 및 하판에 삽입시켜 상하판을 소성유동시킴에 의해 접합계면을 활성화시켜 접합하는 방법이다. 이러한 Spot FSW기술은 선진국의 경우, Al합금 박판 구조물의 Lap용접에 적용되어 자동차분야에서 실용화되고 있다. 그러나, 국내에서는 이에 관하여 거의 연구보고 되지 않고 있다. 따라서, 본 보고에서는 Al-Mg계 5052Al합금에 대해 Spot FSW방법으로 접합하

여 접합부의 조직 및 기계적 특성을 검토하였다.

2. 실험방법

본 실험에 사용된 5052Al합금의 화학성분을 Table 1에 나타낸다. 접합용 tool소재로서는 SKD11을 사용하였다. 접합시의 tool 각도는 0°로 하였으며 겹치기 점접합하고자 하는 면을 밀착시켜 접합용 지그로 고정시킨 후 Spot FSW실험을 행하였다. 핀의 삽입깊이의 영향을 조사하기 위하여 2500rpm의 회전속도하에서 삽입깊이를 1.45-1.65mm로 변화시켰으며 접합시간은 1초로 하였다. Spot FSW 접합부의 경도는 마이크로 비커스 경도 시험기를 사용하여 접합중심부로 부터 1mm간격으로 측정하였으며 시험하중은 100g으로 하였다. Spot FSW 접합부의 인장전단강도 평가에는 90*30*1mm크기의 시편을 사용하여 1.67*10⁻⁵m/sec의 변형속도로 하중을 가하여 시험을 행하였다.

Spot FSW 접합재의 표면 및 이면상태를 카메라로 촬영하여 접합부의 외관상태를 조사하였다. 또한, 접합부조직을 관찰하기 위하여 버후 연마 후 에칭용액(keller용액)으로 약10초간 에칭한 후에 육안현미경으로 Spot FSW접합부 상태, 접합 조직 및 접합결함유무 등을 상세히 관찰하였다.

Table 1 Chemical composition of 5052Al

Mg	Si	Cu	Fe	Cr	Zn	Ti	Mn	Al
2.527	0.139	0.032	0.355	0.174	0.005	0.014	0.041	Bal.

3. 실험 결과

3.1 Spot FSW 접합부조직

틀 회전속도 2500rpm하에서 접합틀 핀의 삽입깊이 변화에 따른 접합부의 외관을 Fig.1에 나타낸다. 핀의 삽입깊이가 증가함에 따라 표면에는 틀압흔이 비교적 깊게 남지만 이면은 평활한 상태를 나타낸다.

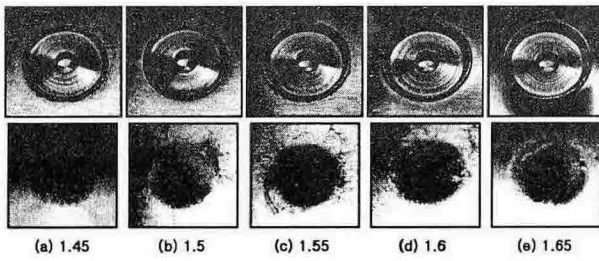


Fig.1 Appearance of spot FSW joints

핀의 삽입깊이 변화에 따른 접합부의 단면 마크로 조직을 Fig.2에 나타낸다. 핀의 삽입깊이가 증가함에 따라 핀이 있었던 주위의 교반영역이 비교적 넓어지면서 상하판의 계면이 소멸되어 있다. 또한, 솔더부와 접하는 상판부의 Al합금의 두께는 얇아지면서 버의 양이 증가함을 알 수 있다.

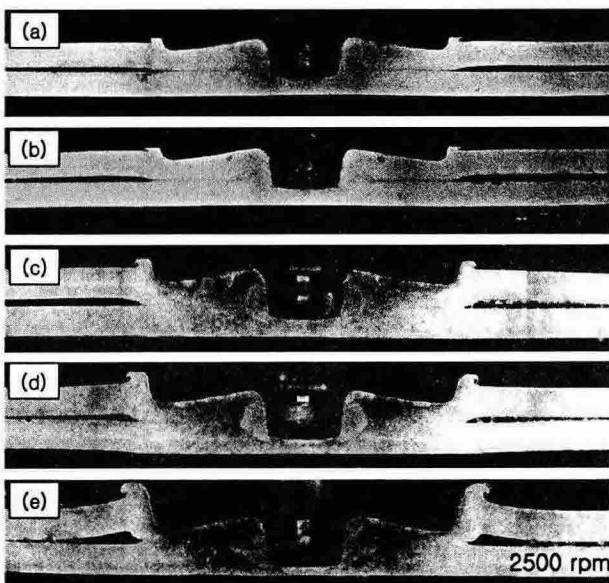


Fig.2 Cross sections of spot FSW joints

(a)1.45 (b)1.5 (c)1.55 (d)1.6 (e)1.65 mm

Fig.3에 모재 및 교반영역의 마이크로조직을

나타낸다. 모재(a)의 경우에 비해 핀주위의 교반영역(b)에서는 미세화경향을 나타내는데 이는 FSW의 경우에서와 같은 동적재결정에 기인된다고 사료된다.

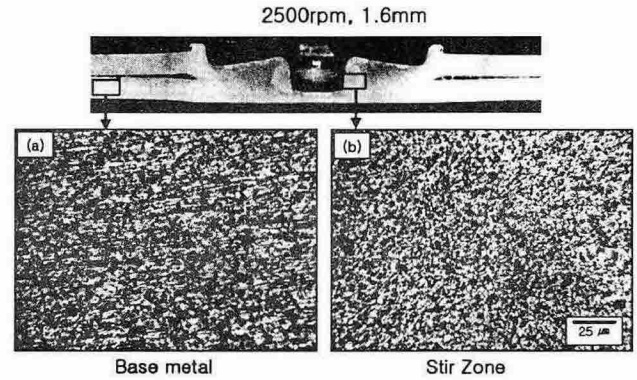


Fig.3 Microstructures of spot FSW joint

3.2 접합부의 기계적 특성

Fig.4는 핀의 삽입깊이 변화에 따른 접합재의 인장전단시의 파단하중을 나타낸다. 파단하중은 핀 삽입깊이가 증가함에 따라 증가하여 1.6mm의 삽입깊이에서 최대값(평균 3351N)을 나타내었으며 삽입깊이가 더 깊어지면 약간 저하하였다.

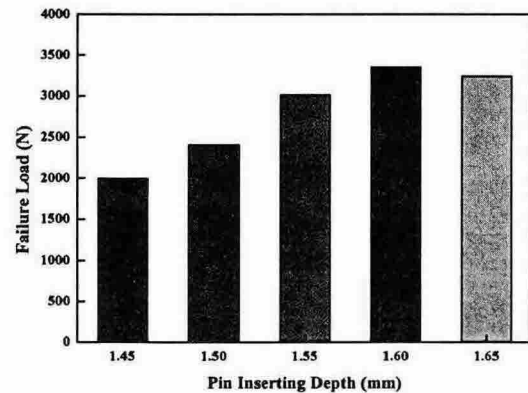


Fig.4 Relation between tensile shear failure load and pin inserting depth

Fig.5는 인장전단시험후의 파단상태를 나타낸다. 인장전단시 파단하중이 낮았던 핀 삽

입깊이 1.45mm의 경우는 Fig.5(a)에 나타내듯이 핀선단 압흔부에서 파단되었으며 솔더 압흔부는 거의 접합되어 있지 않았다. 그러나 Fig.5(b)에 나타내듯이 인장전단파단하중이 높았던 핀 삽입깊이 1.6mm의 경우에는 솔더 압흔 주변부에서 파단되었다.

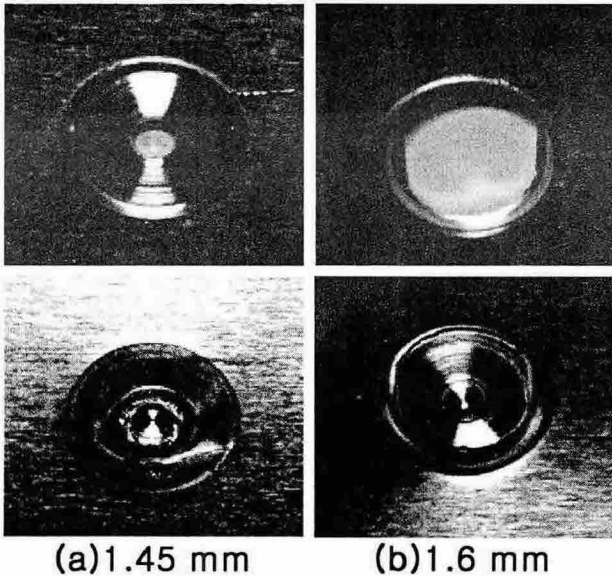


Fig.5 Fractured surface of spot FSW joints

핀 삽입깊이 1.45mm의 경우, Fig.6에 나타내듯이 겹치기 접합면상에 미접합부로 추정되는 계면이 잔존함을 알 수 있다. 이러한 미접합부가 인장전단파단하중을 저하시키는 것으로 사료된다.

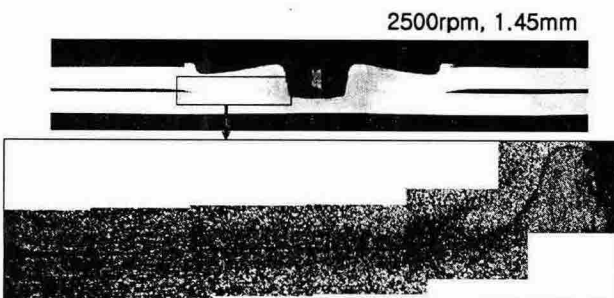


Fig.6 Cross section of spot FSW joint

4. 결 론

본 실험에서 접합될 핀의 삽입깊이를 변화시켜 5052 Al합금 Spot FSW접합부의 특성을 조사한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1)핀의 삽입깊이가 증가함에 따라 표면에는 툴 압흔이 약간 깊게 나타나지만 이면은 어떠한 핀 삽입깊이에서도 평활한 상태를 나타내었다.
- (2)핀의 삽입깊이가 증가함에 따라 핀 주위의 교반영역이 비교적 증가되고 솔더부와 접하는 상판부의 Al합금의 두께는 얇아지면서 버의 양이 증가하였다.
- (3)핀 주위의 교반영역에서는 모재의 조직에 비해 미세화되는 경향을 나타내었다.
- (4)인장전단강도는 핀 삽입깊이가 증가함에 따라 증가하여 1.6mm의 삽입깊이에서 최대를 나타내었으며 솔더 압흔부 외주의 모재부에서 파단되었다.
- (5)핀 삽입깊이가 비교적 얇은 1.45mm의 경우, 중앙부에서는 핀의 교반작용에 의해 상판과 하판의 접합은 이루어지나 그 접합력이 약하여 인장전단파단하중이 비교적 낮게 나타난다고 사료된다.

참고문헌

1. C.J.Dawes : Welding & Metal Fabrication, 63(1995), pp.13-16
2. C.J.Dawes, W.M.Thomas : Welding J., 75-3(1996)pp.41-45
3. R.Sakano, K.Murakami, K.Yamashita, T.Hyoe, M.Fujimoto, M.Inuzuka, Y.Nagao, H.Kashiki: Friction Stir Welding, third international symposium, Kobe(2001,9)
4. 坂野 律男, 加藤 喜久生: 溶接技術(2004-2), pp.99-103