

레이저 열원을 이용한 Al합금 표면에 Ti 알루미늄화합물 코팅

Ti Aluminide intermetallic compound coating on the Al alloy using laser heat source

김 성훈*, 한태교*, 이봉근*, 정병훈**, 강정윤*

* 부산대학교 재료공학과

** 성우하이텍 기술연구소

1. 서 론

최근 지구환경문제가 대두되면서, 자동차 산업 등 수송기계 산업분야에서 경량화가 크게 부각되고 있다. 특히 자동차 산업에서는 연비와 차량 중량을 줄이기 위해 비강도가 철강의 2배, 비강성이 철강과 같고 비중이 철의 1/3인 Al합금을 기계구조용 소재로 채용하고 있다. 하지만 철, 및 동합금과 비교하면 경도가 낮고, 내마모성이 불량하기 때문에 이용범위가 제한된다. 또한 내마모성을 확보하기 위하여 합금원소를 다량으로 첨가한 합금이 개발되고 있지만, 주조성이 불량하여 사용빈도가 낮다. 따라서 Al합금을 기계구조용 소재로 사용하기 위해서는 내마모성을 개선할 필요가 있다,

본 연구에서는 Al 합금의 내마모성 개선을 위해 레이저열원을 이용하여 Al 표면에 Ti 알루미늄화합물 형성 반응에 관하여 조사하였다.

2. 실험방법

본 실험에 사용한 재료는 1050계열 Al합금으로 두께 1.8mm의 판재를 사용하였고, 45 μ m의 Ti 분말을 Al 표면위에 도포한 후 레이저를 조사하였다.

레이저 장치는 최대출력 4kW Nd:YAG laser 용접장치를 사용하였다. 레이저 출력 2kw, 3kw 하에서 용접속도를 0.6m/min ~ 6.0m/min으로 변화시켜 반응성을 검토하였다. 모재와 합금층의 조직관찰은 Keller시약(증류수 50ml+HF 5ml+HNO₃ 5ml+HCl 5ml)으로 부식 후 광학현미경(OM) 및 주사식전자현미경(SEM)으로 관찰하였으며, 합금층의 경도는 마이크로 비커스 경도기

를 사용하여 하중 500g, 유지시간 10초로 하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

레이저열원을 이용한 Al합금 표면에 합금층을 형성하기위한 예비실험으로 진공소결로에서 1473 K, 유지시간 1시간 조건으로 반응성 시험을 하였다. 시험편은 알루미늄 버튼형과 Ti(99.9%) 분말을 사용하여 Ti의 조성비를 30, 40, 50, 60wt%의 비율로 반응성을 시험하였다.

Fig. 1은 진공 소결로에서 반응성 시험을 실시한 시험편의 표면을 촬영한 사진이다. Ti 함량이 40, 50, 60wt%에서는 Ti 분말이 원래의 형태로 일부 존재하고, 일부는 Al과 반응하여 새로운 상이 생성된 것을 관찰 할 수 있다. 반면 Ti 함량이 30wt%에서는 모든 Ti이 알루미늄과 전량 반응하여 새로운 상이 생성된 것이 관찰된다. 생성된 반응상의 경도를 측정한 결과 400~700Hv의 값을 보이는데 문헌상의 TiAl, TiAl₃의 경도치와 유사한 것으로부터 상기의 조건에서 Ti와 Al이 반응하여 TiAl 금속간 화합물이 형성되는 것을 알 수 있다.

Fig. 2는 초점거리에 따른 표면비드 및 후면비드의 형상을 나타낸 것이다. 레이저 표면합금화는 표면구역을 국부적으로 용융, 합금화시키고 빔사이즈와 입열량과 깊은 관계를 갖기 때문에 초점거리는 매우 중요한 변수이다. 초점거리 0mm일때 후면비드가 형성되며, 초점 Fd=10mm 일때 후면비드는 형성되지 않는다. 따라서 얇은 층의 표면 합금화를 위해 초점거리를 10mm로 선정하였다.

Fig. 3은 보호가스에 따른 시편의 내부기공 유

무를 나타낸 것이다. 초점거리 10mm, 출력 3kw, 조사속도를 2.4m/min로 고정한 후, 보호가스를 사용하지 않은 시편에서는 기공이 많이 관찰되는 반면 보호가스를 사용한 시편에서는 내부기공이 현저히 줄어든 것을 볼 수 있다. 따라서 이후 실험에서는 보호가스를 사용하여 반응성을 조사하였다.

Fig. 4는 초점거리 10mm, 출력 3kw, 조사속도를 0.6m/min~4.8m/min으로 변화시켜 실험한 시편의 단면조직을 나타낸다. 조사속도 0.6~3.6m/min에서는 합금화층이 형성되고, 4.8m/min에서는 형성되지 않은 것을 볼 수 있다. 합금화층이 형성된 조사속도구간에서는 기공은 발생하지 않으며, 합금화층은 Al 판재의 약 100~200 μ m 정도 상부에 형성된 것이 특징이다.

Fig. 5는 3kw, 초점거리 10mm에서의 SEM조직을 나타낸 것이다. 조사속도 0.6m/min, 1.8m/min에서는 Al 응고조직으로 생각되는 조직만 관찰되는 반면, 2.4m/min, 3.6m/min에서는 Al 응고조직이외에 작은 크기의 흰색 원형상이 다량 분산분포되어 있음을 볼 수 있다. 합금화층의 경도를 측정된 결과 0.6m/min반응층은 약 50Hv, 1.8m/min반응층은 80Hv를 나타내며, 2.4m/min~3.6m/min반응층은 약 500Hv를 나타낸다. 따라서 2.4m/min~3.6m/min에서 관찰되는 작은 크기의 흰색원형상은 Ti 알루미늄아이드로 생각된다.

4. 결 론

1. 진공 소결로에서 Ti의 무게비에 따른 반응 여부를 조사한 결과 Ti가 30wt%미만 인 경우 Al과 반응하여 금속간화합물을 형성하였다.

2. 레이저 출력 3kw, 초점거리 10mm, 조사속도 0.6~3.6m/min구간에서 반응층이 형성되었다.

3. 레이저 출력 3kW, 초점거리 10mm, 조사속도 2.4~3.6m/min 구간에서 경도 500Hv를 갖는 금속간화합물이 형성되었다.

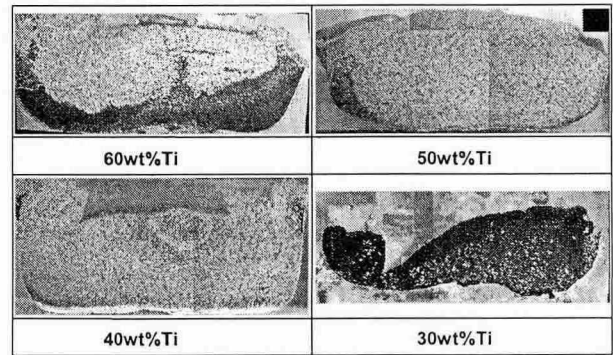


Fig. 1 Product of Ti powder/Al button in vacuum furnace with 1473K×1hr

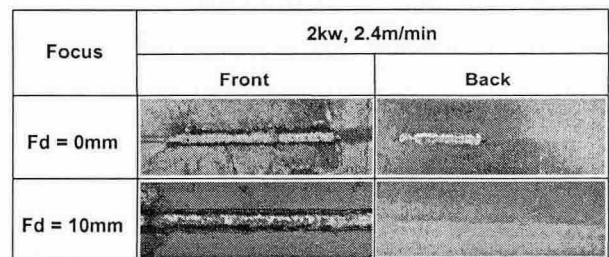


Fig. 2 Font or back bead with different focal distance(Fd)

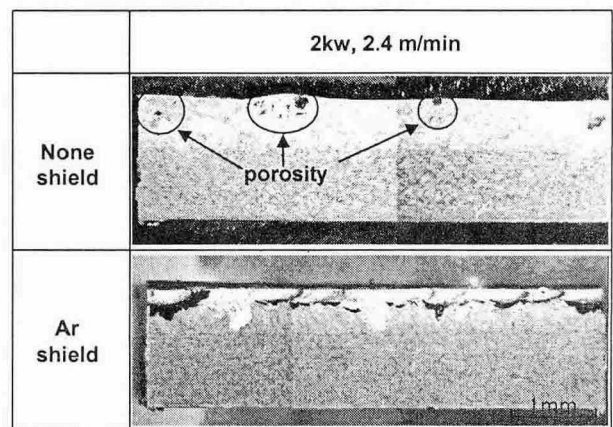


Fig 3 Longitudinal sections with or without shield gas

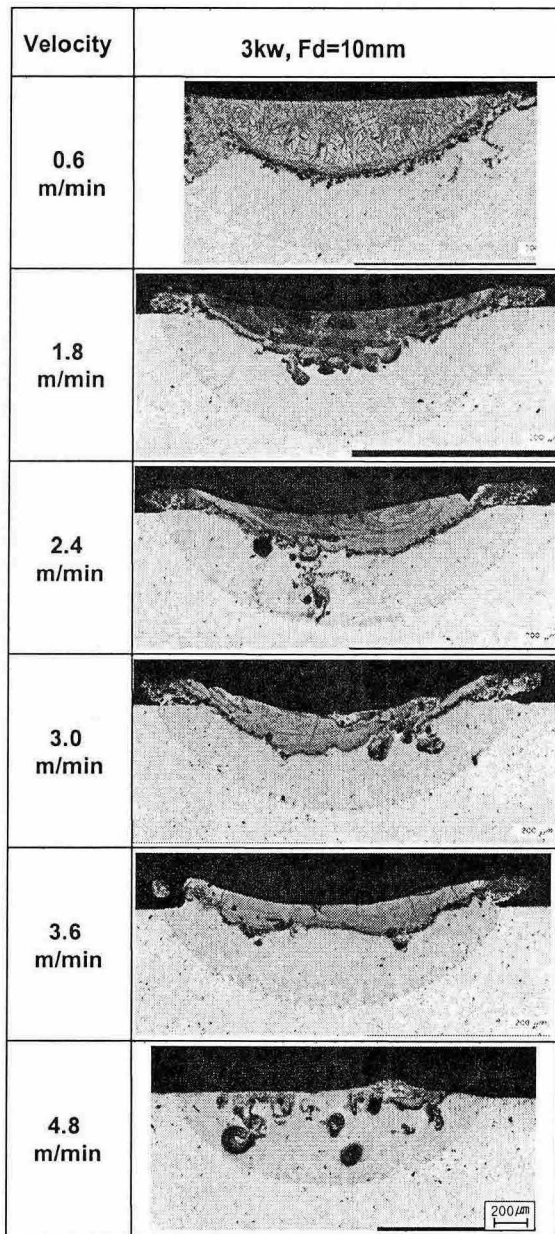


Fig. 4 Change of reaction layer with a welding speed under 3kW

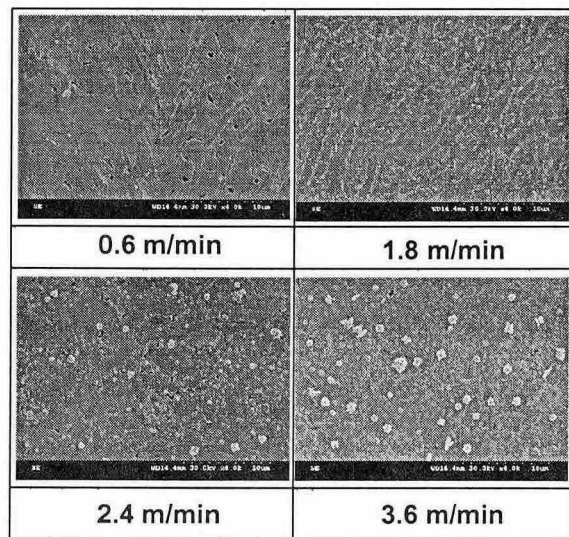


Fig. 5 Change of SEM micrographs with a welding speed under 3kW