

Nd-YAG laser에 의한 Fe-Al간 접합

Nd-YAG laser welding of steel and aluminum

주성민*, 김영표*, 방한서**, SEIJI KATAYAMA***

* 조선대학교 대학원 선박해양공학과

** 조선대학교 항공·조선공학부

*** JWRI, Osaka University

1. 서 론

이종재질간의 접합이 갖는 기술적, 경제적 잇점으로 인하여 산업계에서의 요구와 수요는 점차 증가할 것이 분명하다. 이종금속간의 용접에서는 어떠한 용접법에 의한 것이라도 금속간화합물이 생기기 마련이고 연성의 성질을 지니는 금속간화합물도 있으나 반대로 매우 경하고 취성의 화합물역시 존재하므로 일반적으로 금속간화합물은 이종금속간 접합성능 및 가공성에 매우 좋지 않은 영향을 끼친다.

금속간화합물은 열밀도가 높고 용접효율이 좋은 방법에 의할수록 생성되는 층의 두께도 얇고 이것의 조절 역시 용이하여 레이저빔과 같은 고에너지열원에 의한 용접법에 의해서 보다 용이하게 실현될 수 있다.

본고에서는 연속파 Nd:YAG 레이저를 이용하여 이종금속간 용접을 시도하였다. 용접속도를 제외한 나머지 용접변수는 모두 동일하게 고정하고 용접속도별 시편용접(lap joint welding)을 한 후에 인장시험하여 접합강도와 레이저용접시 투과정도 및 그에 따른 금속간 화합물층의 관계를 살펴 보았다.

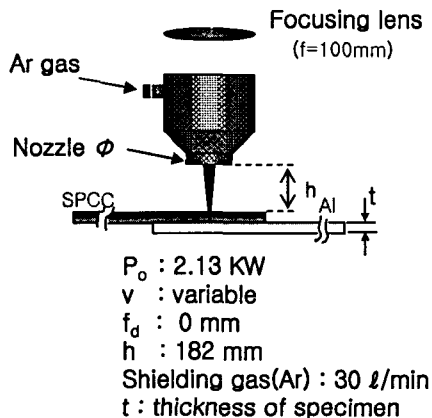


Fig.1 Schematic of weldign process

2. 실험방법 및 내용

실험에서 사용된 재질은 Table 1에 도시한 바와 같이 두께 1mm의 냉연강판(SPCC)과 알루미늄합금(두께 1mm와 2mm의 A1100과 A5052)이며 레이저빔은 Fig.1에보인것과 같이 흡수율이 보다높은 SPCC쪽에 입사되도록 겹침용접 하였다. 이것은 빔의 흡수율 측면에서 유리할 뿐 아니라 사전실험에서 SPCC쪽에 입사되도록 하는 것이 보다 높은 인성의 금속간화합물인 Fe₃Al, FeAl을 발생시키는데 유리하여 인장시험결과가 Al 시편쪽으로 입사시킨 경우에서보다 높은 인장시험 결과를 보여주었기 때문이다.

Table 1 Laser lap-welding specimens

		SPCC 1.0t	
Al 1100			
Al 5052			

보호가스로는 100%의 Ar을 사용하였으며 용접시에 시편표면의 산화막의 제거는 별도로 하지 않고, 단지 용접전에 아세톤으로 표면을 수회 세척하여 표면의 이물질이 용접결과에 좋지 않은 영향을 미치는 것을 방지하였다. 레이저빔의 출력등 모든 파라메타는 동일하게 유지한 채 레이저빔헤드의 이송속도를 비교적 빠른 40mm/sec에서부터 80mm/sec까지 달리하여 겹침용접을 하였으며 용접이 완료된 후에는 1.5mm/min의 하중속도로 인장시험을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

각각의 용접 조건에서의 샘플을 SEM으로 관찰하고 EDX분석을 하였는데 접합부에서의 균열은 관찰되지 않았으며 Fig.2와 같이 SPCC와 Al접합부의 경

계에 금속간화합물층이 존재하는 것을 알 수 있다. 접합된 시편의 상부에서 하부로 경도측정을 한 결과 금속간화합물층에서의 경도값은 SPCC 및 AI 모재의 경도값보다 수배나 크게 측정되어 매우 취성인 성질을 알 수 있다.

Fig.3은 SPCC와 두께 2mm의 A5052를 용접속도 45mm/sec로 용접한 시편 중 하나의 인장시험 결과이며 횡축의 표점거리는 50mm이다. 종축은 하중을 시편의 단면적으로 나눈 응력단위가 아닌 폭으로 나눈 값으로 여기서는 편의상 S(N/mm)로 칭하였다.

Fig.4에서부터 Fig.7까지는 용접시편의 인장시험 결과와 인장시험 후에 파단면 사진을 나타내었다.

결과에서 알 수 있듯이 용접속도가 낮으면 절단이 되거나 SPCC상부에서 파단이 쉽게 일어나고 반대로 너무 빠른 경우에는 SPCC쪽에서 AI쪽으로 충분한 열전도가 일어나지 않아 접합이 되지 않는다. 두께별 재질별 조합에서 인장강도가 최대가 되는 용접속도는 당연히 다를 수밖에 없는데, 하지만 여기서 공통적인 것은 인장강도가 최대를 나타내는 조건에서의 단면을 보면 SPCC의 AI쪽으로의 용입 깊이나 금속간화합물층의 두께 및 양상이 비슷하고 파단경로역시 유사하다는 것이다. 즉 입열이 적절히 제어되어 용접되었을 때, SPCC의 용융부가 AI에 마치 박힌 못과 같이 작용하여 인장강도가 증가하게 된다.

각 조합별 인장시험 결과들의 단면사진 중 가운데의 것들이 최대인장강도를 나타낸 시편의 사진이다. 이와 같은 조건보다 약간이라도 더 입열이 과하게 되면 Fig.5의 좌측하단의 단면사진과 같이 용접된 시편의 파단은 못(SPCC의 용융부)을 가로질러 파단이 되고 강도는 약해진다. 또한 이보다 입열이 약하면 용입이 불충분하여 강도가 크게 떨어지게 된다.

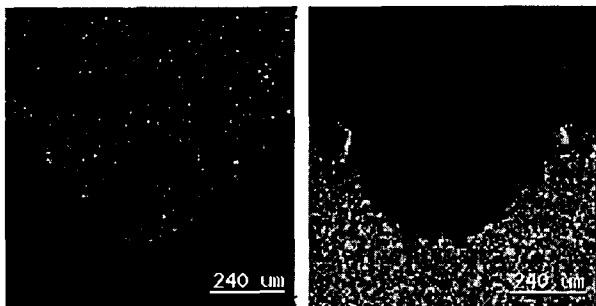


Fig.2 EDX Mapping result of Fe(left) and Al(right)

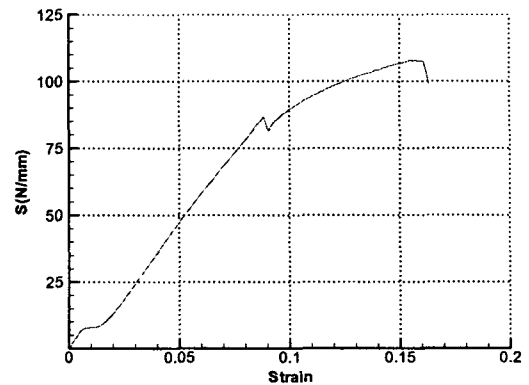


Fig.3 Example of tensile test curve between SPCC and A5052

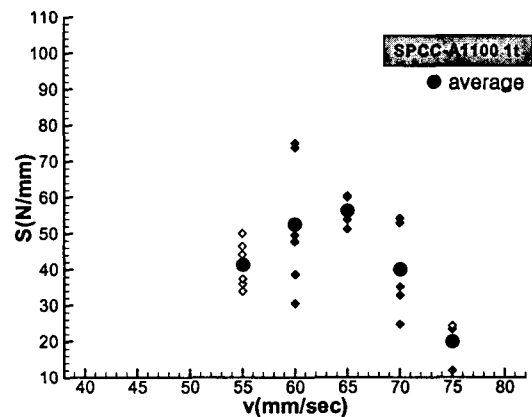


Fig.4 Tensile test results and fracture path of SPCC-A1100(t=1mm)

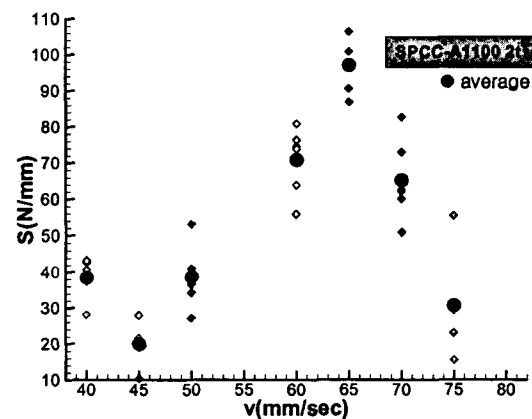


Fig.5 Tensile test results and fracture path of SPCC-A1100(t=2mm)

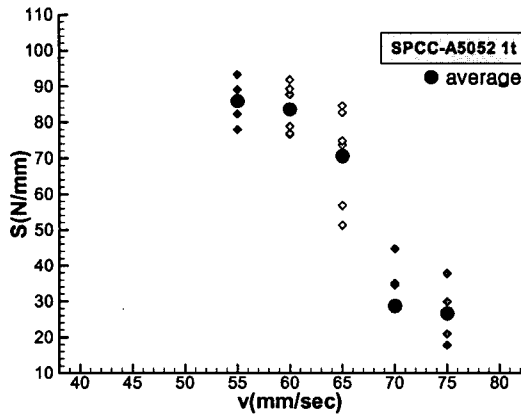


Fig.6 Tensile test results and fracture path of SPCC-A5052(t=1mm)

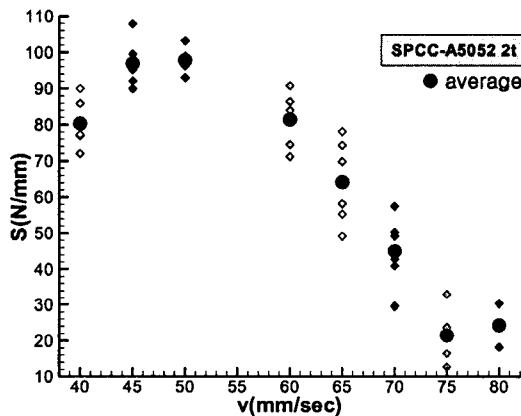


Fig.7 Tensile test results and fracture path of SPCC-A5052(t=2mm)

속간 접합은 입열을 증가하여 접합면을 증가시키는 것보다 적절한 용입이 일어날 수 있는 열량만을 투입하는 것이 인장강도향상면에서 유리하며 인장시험결과로부터 인장강도가 최대가 되는 입열조건(용입깊이)이 존재하는 것을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 2002년도 두뇌한국 21사업에 의하여 지원되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Seiji KATAYAMA, Masami MIZUTANI and Akira MATUNAWA : Laser Welding of Aluminum and Steel, IIW Doc.IV-814-02, June, 2002
2. E.Schubert, et al.: Proc.ICALEO '98, Vo.:85, section G (1988), pp.111-120

4. 결 론

1) 연속파 YAG레이저빔을 이용하여 SPCC-AI의 이중금속간 lap joint에 대하여 균열이 없는 용접결과를 얻을 수 있었다.

2) 용접속도가 낮아서(또는 용접입열이 과대하여) 용입깊이가 깊어지게 되면, 금속간화합물층이 두껍게 발달하여 균열이 발견되었으며 인장강도가 저하하였다.

3) 레이저빔과 같은 고밀도열원에 의한 이중금