

경량구조용 알루미늄 합금의 전자빔 용접특성에 관한 연구 (A Study on Electron Beam Weldability of High Strength Al Alloys for Transportation Applications)

김 성 욱* 이 창 희
한양대학교 금속공학과

1. 서 론

알루미늄합금은 높은 강도/중량비, 내식성, 인성 및 저온특성을 보유하기 때문에 우주, 항공기 부품에서 선박, 자동차 같은 수송장비 등 여러분야에 사용되고 있으며, 그 적용은 해가 갈수록 증가하는 추세이다. 일반적으로 이러한 용도에는 용접성이 우수한 고강도 합금이 사용되며, 종종 용접성과 더불어 가공성, 내식성과 내충격 부식 균열성을 함께 요구할 때가 많다. 그러나 현재까지 상업화된 대부분의 합금은 구조물이 요구하는 모든 특성을 다 만족하지는 못하고 있다. 예를들면, 강도를 만족하는 합금은 용접성이 좋지 못하고, 용접성이 우수한 합금은 강도가 미흡한 상태이다. 이에 기존의 arc용접 등의 열원에 비교해서 energy 밀도가 아주 높고 고밀도의 전자에너지를 정확하게 제어할 수 있는 특징을 가지는 전자빔 용접을 적용함으로써 알루미늄 합금에 대한 용접성을 알아보려고 한다.

2. 실험방법

본 실험에 사용한 재료는 알루미늄 A5083-O합금과 A6061-T6, A7075-T6합금이다. 이들 합금의 화학성분은 Table.1에 나타냈다. 시편의 규격은 10(L)×36(W)×17(T)mm의 적당한 크기로 가공하였고, 알루미늄 표면의 산화피막은 porosity를 유발하므로 wire brushing을 이용하여 제거하였다. 표면에 흡착된 수분이나 기타 오염물질은 아세톤으로 세척하였다. NEC社의 15kW전자빔 용접기를 사용하여 압출방향에 평행하게 bead-on-plate 용접을 실시하였으며, 각 조건은 Table.2와 같다. 용접후 시편편을 bead에 수직하게 절단하여 용접부의 깊이와 폭을 측정하고, 저배율 현미경 및 광학 현미경을 이용하여 용접부 full size와 미세조직을 관찰하였다. 또한, 습식성분검사를 실시하여 용입에 미치는 합금원소의 영향을 살펴보고, fusion zone의 용접부의 기계적 성질을 알아보기 위해 fusion zone의 중심으로부터 HAZ, 모재쪽으로 0.2mm간격으로 미세경도를 측정하여 재료간의 경도 분포를 비교하였다. 균열부 및 기공, dendrite 등을 관찰하기 위해서는 SEM을 이용하였다.

3. 실험결과

Photo.1은 몇 가지 조건에 대한 용접부의 bead형태로서, 크게 3가지로 분류할 수 있는데 (a)모양이 연속적으로 고르게 이어지는 것과 (b)불규칙적인 형태를 가진 것, 그리고 (c) arcing이 발생한 것을 볼 수 있다. Fig.1은 이송속도 변화에 따른 D/W를 나타낸 것으로, 같은 용접조건을 주더라도 재료에 포함된 성분에 따라 용입의 차이가 생김을 알 수 있다. 이것은 각 성분의 증기압 차이에 의한 것으로 Fusion zone의 습식분석 결과로 확인하였다. Photo.2는 bead를 따라 절단한 시편의 단면을 보여주는 것으로 용입깊이가 고르지 못한 전형적인 전자빔의 양상을 나타내고 있으며, arcing으로 인한 갑작스런 penetration이 발생한 것을 보여준다. 전자빔 용접은 큰 용입비를 가지는 혁신적인 용접법이지만 cold shut, root porosity, spiking같은 독특한 결함을 가진다. Photo.3과 photo.4는 같은 조건에 재료만 A5083-O에서 A6061-T6로 바뀐 것으로 합금성분에서의 차이 때문에 용입깊이에서 확연한 차이가 남을 알 수 있다. Fig.2와 3은 각각 120kV일 때 A5083-O와 A6061-T6의 미세경도를 나타낸 것이다. A5083-O합금은 비열처리형이고 base가 annealing조직이기 때문에 fusion

zone과 base가 큰 차이가 없이 일정한 값을 보여주고 있는 반면, 열처리형인 A6061-T6나 A7075-T6의 경우에 열영향이 없는 base가 가장 경하고, 열영향으로 인한 석출물의 조대화가 일어난 HAZ가 보다 낮은 값을 가지며, 석출물이 소멸하여 다시 성장하기에 충분한 유지 시간이 없었던 fusion zone이 가장 낮은 값을 가진다.

4. 결 론

본 연구결과를 종합해 보면 다음과 같이 결론 지을 수 있다.

1. 구조용 알루미늄 합금의 전자빔 용접에서 문제가 되는 것은 arcing으로써, 본 실험의 조건에서는 빔전류가 20mA, 이송속도가 500mm/min이하, 가속전압이 120kV이상일 때 발생하기 쉬웠다. 특히, 저진공일때보다 고진공일때가 arcing이 쉽게 발생되었다.
2. 같은 용접조건이라도 A5083이나 A7075보다 A6061의 depth가 낮은 것은 Mg나 Zn에 비교하여 증기압이 낮은 Si를 합금성분으로 하기 때문이다.
3. 비열처리형인 A5083-O합금은 용접부 전반에 걸쳐 고른 경도분포를 보이지만 열처리형인 A6061-T6, A7075-T6는 경도에 영향을 미치는 석출물의 분포나 크기 때문에 각 용접부 구간에서 차이를 보인다.

5. 참고문헌

1. 이창희, 조성석 : 고강도 알루미늄 합금 용접부의 고온균열 Mechanism, 대한용접학회지, 14-3 (1996.6), p.192
2. 김환태, 황선호, 남수우 : 고강도 알루미늄 합금의 용접성에 관한 고찰, Proc. of the KWS-KIM Symposium '92 on Advanced Processing and Mechanical Properties of Aluminum Alloys, 1992.10, p.29
3. Donald E.Powers : Electron Beam Welding - An Overview Power Beam Processing, ASM, 1988, p.25
4. J.Norrish : Electron Beam Welding, Advanced Welding Processes, IOP Publishing, 1992, p.199
5. A.Sanderson, K.R.Nightingale : High-Power EBW Equipment and Process Trends, W.J, 1990.4, p.45

Table.1 Chemical composition of specimens. (Unit: wt.%)

재료 \ 성분	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Al
5083-O	0.082	0.167	0.019	0.631	4.472	0.121	0.022	0.037	0.017	bal.
6061-T6	0.615	0.189	0.277	0.022	1.021	0.259	-	0.034	0.022	bal.
7075-T6	0.032	0.084	1.608	0.004	2.667	0.246	-	5.414	0.020	bal.

Table.2 Electron beam welding conditions.

재료	가속전압 (kV)	빔전류 (mA)	진공도 (torr)	α_b	이송속도 (mm/min.)
5083-O	90	10	2×10^{-4} (L.V)	0.98	300
6061-T6	120	15	2×10^{-4} (H.V)		500
7075-T6	150	20			700
			900		



Photo.2 Shapes of various bead.
 (A5083-O, L.V, 700mm/min.)
 (a) 120kV, 10mA (b) 90kV, 20mA
 (c) 150kV, 15mA

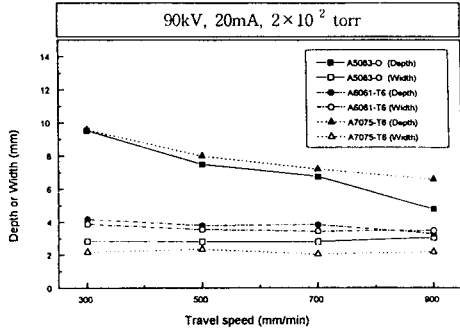


Fig.1 Travel speed vs. depth & width of fusion zone.



Photo.2 Cross section of welds.(A5083-O)



Photo.3 Cross section of weld (A5083-O).



Photo.4 Cross Section of weld. (6061-T6)

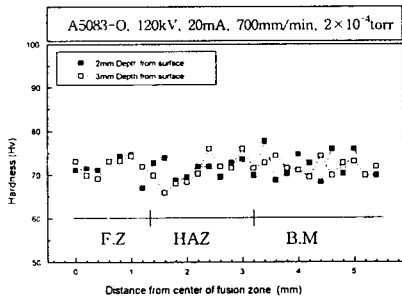


Fig.2 Micro-Hardness distribution (A5083-O)

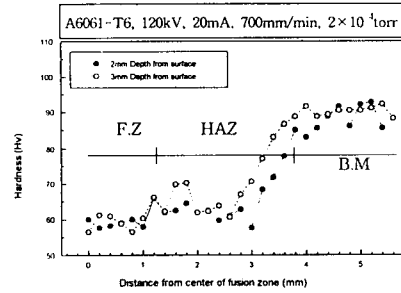


Fig.3 Micro-Hardness distribution (A6061-T6)