

알루미늄합금 3상 저주파 용접에서 전류와 단조가압의 위상이 용접품질에 미치는 영향
The Effect of Weldabilities by Current and Forge Electrode Force on Three-Phase
Low Frequency Resistance Welding for Al Alloy

김 윤 수*, 이 영 배**, 손 철**, 조 상 명***

* 부경대학교 생산가공공학과 대학원, 부산

** (주)매일 정기, 부산

*** 부경대학교 재료공학부 생산가공공학전공, 부산

1. 서론

알루미늄합금은 열간 및 냉간 가공성이 우수하며 내부식성이 뛰어나 경량화 재료로 많이 사용되고 있다. 하지만 용접시 저항이 낮고 열전도도 및 비열이 큰 성질 때문에 단시간, 대전류로 용접해야 하는 단점이 있다.

특히 알루미늄합금의 저항 용접시에는 용융 후 급냉에 의한 열충격으로 인하여 고온균열이 쉽게 발생한다. 이러한 균열이나 기공은 용접물의 강도 저하와 피로파괴에 큰 영향을 미치므로 용접후반부 이후에 균열 및 기공 발생을 억제하기 위해 전극 가압력을 높여 주는 단조 가압과 용접후 냉각에 따른 용접부의 균열 방지를 위해 용접 후기에 전류를 흘려주는 후열처리가 필요하다. 그러므로 양호한 용접품질을 얻기 위해서 전류와 용접후반부의 2단계가압력 등을 포함한 정밀한 제어가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 용접후반부의 단조가압력의 크기 및 위상을 변화시켜 용접하였을 때 나타나는 현상 및 강도에 관한 영향에 대하여 검토하여 보았다.

2. 실험방법

본 실험에 사용한 재료는 알루미늄합금 A5052-H32이고 인장-전단시험을 위해 40(W)×125(L)×1.5(t)로 제작하였다. Table 1은 피용접재의 화학성분을 나타내었다. Table 2에 용접조건을 나타내었다. 용접조건은 용접전류 47kA(주파수11.9Hz), 용접시간 (168ms)을 일정하게 유지하였다. 가압력은 용접전류가 통전되는 동안은 1단계가압(550kgf)을 가하고 통전이 끝난 후 2단계가압인 단조가압을 0, 0.2, 0.4초로 시작 지점을 달리하였다. 2단계가압력은 1000, 1200kgf로 변화시켜가며 용접을 실시하였다. 실험에 사용된 용접기는 200kVA 3상 저주파식 교류 공압정치식 용접기이고 용접전류와 가압력은 스폿 모니터링 시스템을 사용해 측정했다. 다만 전류와 단조가압력의 위상 관계를 함께 얻기 위하여 로드셀로 가압력을 측정하면서 전류는 바이패스법에 의해 측정하였다. 사용된 전극은 산화알루미늄 분산동으로 외경 16φ R형(150R) 전극을 사용했다. 그리고 용접부의 강도를 평가하기 위해 인장-전단시험을 실시하였고 용접부의 마크로 단면 및 오목자국을 관찰했다. Table 3에 본 실험에 사용된 피용접재의 인장강도와 용접부 인장전단강도의 요구치를 나타냈다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 본 실험에서 적용한 용접시의 전류 및 전압 파형을 나타낸 것이다. Fig. 2는 용접시의 전류와 로드셀에 의한 가압력을 동시에 나타낸 파형이다. 각각 전류의 통전이 끝난 시점에서 0, 0.2, 0.4초 후에 단조 가압이 개시된 것을 알 수 있다. Fig. 3에는 단조 가압 시작시간의 변화에 따른 알루미늄합금 점용접부의 인장-전단강도의 변화를 나타낸 것이다. KS(B-0850) Class A의 요구강도보다 2배 정도 높은 강도를 나타냄을 알 수 있고, 단조 가압

의 범위에서는 강도의 유의차는 없었으나 전체적으로 단조 가압을 하지 않았을 때 보다 강도가 높음을 알 수 있다. 그 이유는 단조 가압을 함으로써 조직이 치밀해지고 결함 및 기공을 방지하여 강도를 안정화 시켰기 때문으로 판단된다. Fig. 4에 인장 전단 시험후의 시험편의 파단형상을 나타내었다. 단조 가압이 없는 경우에는 플러그 파단이, 단조 가압을 하였을 때에는 이상적인 테어 파단이 발생한 것을 볼 수 있다. 따라서 단조가압을 하였을 때 인장전단강도가 더 높아지는 이유는 파단 형상이 플러그 파단에서 테어 파단으로 변했기 때문이라고 판단된다. Fig. 5는 용접부의 마크로 단면사진을 나타낸 것이다. 1단가압 일 때의 너깃직경은 약 8.1mm 이지만 2단가압을 했을 때의 경우는 약 9~9.5mm 정도로 큰 것을 알 수 있다. 그림 (e)는 용접부에서 나타나는 균열로 인장전단강도에는 영향을 미치지 않는 것으로 판명되었지만 과대전류로 인하여 발생된 것으로 추정된다.

4. 결론

본 연구에서는 용접후반부의 단조 가압력의 크기 및 위상을 변화시켜 용접하였을 때 나타나는 현상 및 강도에 관한 영향에 대하여 검토한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 저항 점용접중의 전류 및 가압력의 파형을 바이패스법에 의해 동시에 계측함으로써 보다 정확한 용접 스케줄을 제어할 수 있었다.
- 2) 전류 통전 후 단조가압을 하지 않았을 때보다 단조가압을 실시하면 용접부 인장전단강도는 높아졌다. 그러나 본 연구에서의 단조가압 변화 범위에서는 1000kgf 일 때 보다 1200kgf 일 때가 더 높은 강도 특성을 보였다.
- 3) 전류 통전 후 단조가압을 주는 시간을 늦게 할수록 용접부 강도는 낮아지는 경향을 보였다.
- 4) 용접부에 대한 인장전단 시험 결과, 단조 가압이 없는 경우에는 플러그 파단이, 단조 가압을 하였을 때에는 테어 파단이 발생하였다

Table 1. Chemical composition of base metal

Material	Chemical composition (Wt%)								
	Si	Mn	Ni	Cr	Mg	Zn	Cu	Fe	Al
A5052-H32	0.12	0.04	0.007	0.24	2.43	0.02	0.007	0.32	Bal.

Table 2. Welding condition for experiment

Thickness (mm)	Welding current (kA)	Welding time (ms)	Welding electrode force (kgf)	Condition of forge force	
				Force (kgf)	Start time after current off (sec)
1.5	47	168	550	1000	0, 0.2, 0.4
				1200	0, 0.2, 0.4

Table 3. Tensile strength of base metal and required(KS B0850) tensile shear strength of spot welds

Materials	Obtained tensile strength of base metal	Required tensile shear strength of spot welds(Class-A)
A5052-H32	23kgf/mm ²	340kgf

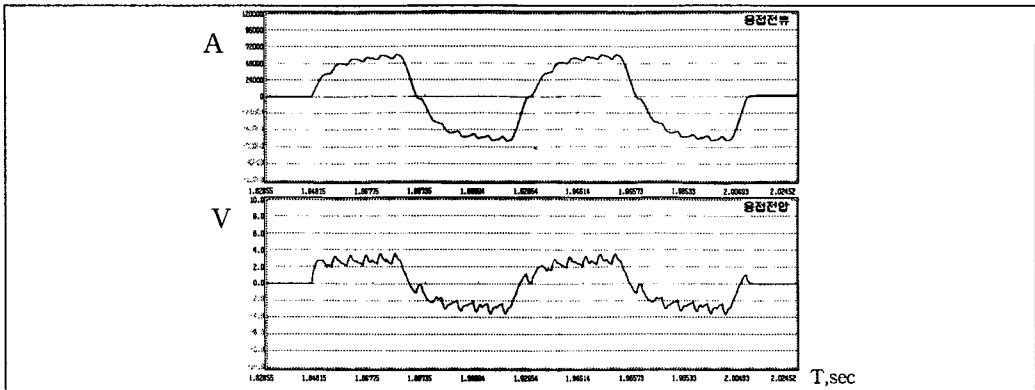
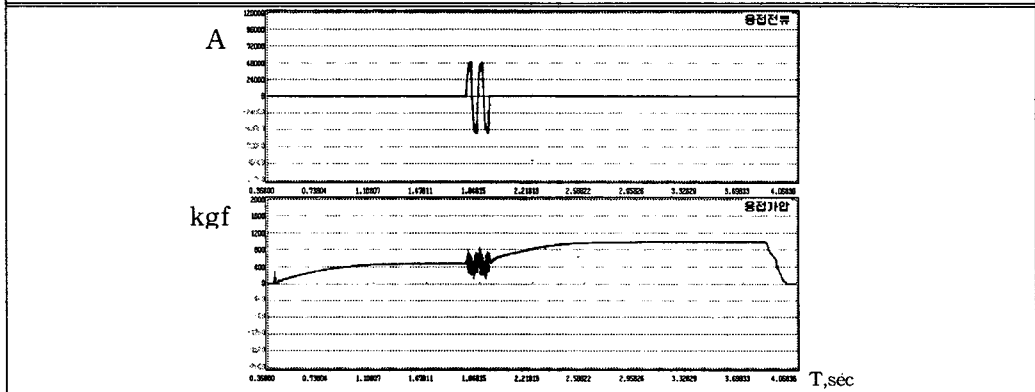
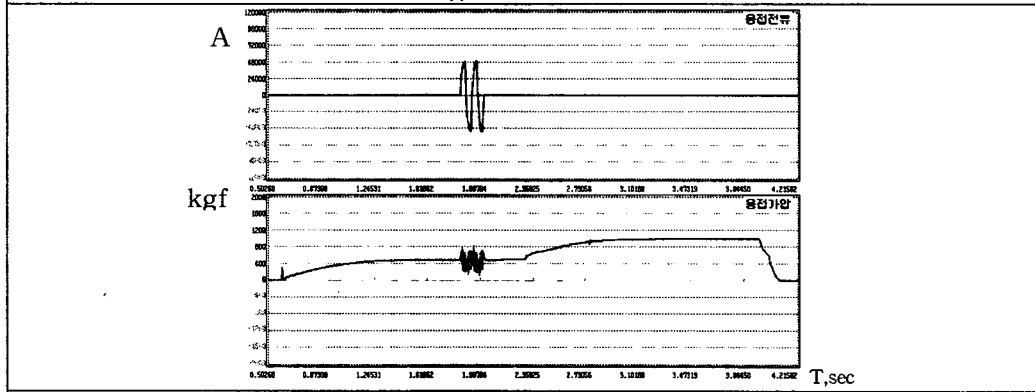


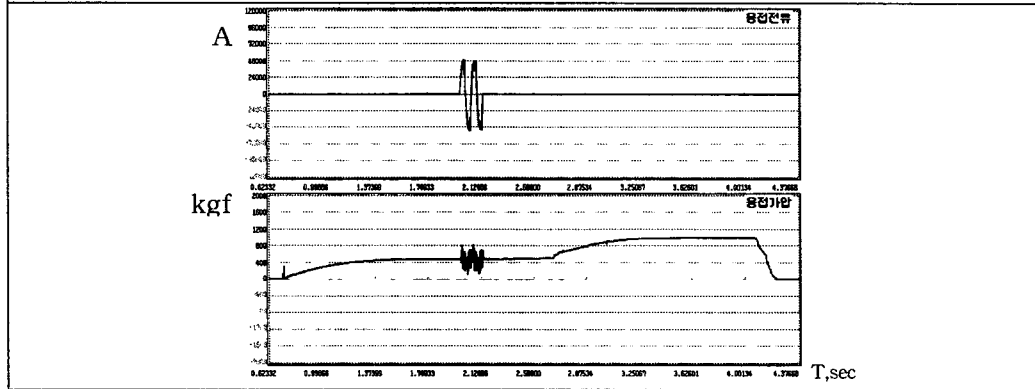
Fig. 1 Waveform by Welding current, voltage



(a) Forge force after 0sec



(b) Forge force after 0.2sec



(c) Forge force after 0.4sec

Fig. 2 Waveform by forge force

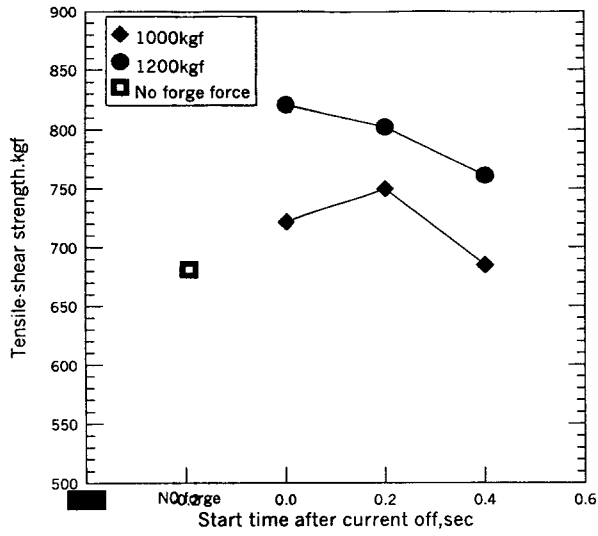


Fig. 3 Tensile shear strength of spot welds to start time of forge force after current

