

**A5083 同種材의 摩擦熔接 特性에 關한 研究**  
**A Study on the Friction Welding of an aluminum alloy(A5083)**  
**with the same kind of material**

성기완\*, 윤병수\*\*, 민택기\*\*\*

\*충남대학교 기계공학과, \*\*우송공업대 기계공학과, \*\*\*충남대학교 기계공학과

**1. 서 론**

마찰용접은 피용접재에 상대운동과 함께 가압시켜 접촉면에서 발생하는 마찰열을 이용하여 용접하는 방법으로써 접촉면이 용융되기 전 일정한 온도에 도달하였을 때 압력을 가하면 소성변형을 일으키면서 접합되므로 용융상태가 아닌 고상상태에서 접합되는 특성을 갖고 있다<sup>1),2)</sup>. 따라서 마찰용접은 용접품질의 신뢰성이 높고, 낮은 비용(Cost)으로 우수한 용접강도를 얻을 수 있어서 자동차 및 항공기를 비롯한 각종 수송기계, 군수용 기계, 전기, 전자, 화학, 원자로 등의 여러 분야에서 활용되고 있으며, 그 용도가 계속 확대되고 있다.

5000계 알루미늄 합금은 Al-Mg합금으로 내식성이 매우 우수하며, 가공경화에 따라 비교적 높은 강도를 지니고 피삭성, 용접성이 우수하기 때문에 그 용도가 매우 다양하다<sup>3),4)</sup>. Mg의 함유량이 적은 A5005는 가공성, 광휘성(光輝性)이 좋아 저응력부의 차량용 내장, 건축자재, 장식재로 많이 사용되고 있고, Mg의 함유량이 중간 정도인 A5052는 내해수성, 성형가공성이 좋은 중강도재(中強度材)로서 건축, 차량, 선박의 내외장, 고급기물에 주로 이용된다. 그리고 5000계 알루미늄 합금 중에서 Mg 함유량이 가장 많이 포함되어 있는 A5083은 비강도(非強度)가 매우 높고, 내식성이 우수하며, 내해수성 및 저온 특성이 좋아 선박, 차량, 화학 플랜트, 저온용탱크 및 각종 압력용기 등에서 구조용 재료로 많이 사용되고 있으며, 용접 구조용 합금으로 알려져 있다. 그리고 제품 정밀도가 낮으며, 용접공정도 복잡하다. 이러한 단점을 많이 갖고 있는 용융용접으로는 고강도, 고품질, 고정밀도를 요구하는 현대 산업사회에서 그 욕구를 충족할 수 없다. 따라서 용접 구조용 합금으로 알려져 있는 A5083을 마찰용접 함으로써 이를 충족할 수 있을 것으로 기대되어 본 연구를 하게 되었다.

**2. 실험**

**2.1 실험재료**

본 실험에 사용된 재료는 용접구조용 합금으로 널리 사용되고 있는 A5083알루미늄 합금으로 직경 30mm의 환봉을 길이 100mm로 절단하여 선삭하였다. 그리고 시험편의 절단면에 있는 이물질을 제거하기 위해 아세톤으로 세척하였다.

Table 1은 실험재료의 화학 성분을 나타내었고, Table 2는 실험재료의 기계적 성질을 나타내었다.

Table 1 Chemical compositions of materials (Wt %)

Materials	Cu	Fe	Si	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	Ni	Al
A5083	0.01	0.21	0.18	0.67	4.11	0.16	0.12	0.01	0.001	Bal.

Table 2 Mechanical properties of materials

Materials	Material properties		
	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	Hardness (Hv)
A5083	348	12	85

## 2.2 실험방법

용접구조용재인 알루미늄 합금(A5083)을 직경 30mm, 길이 100mm로 절단하고 절단면을 아세톤으로 세척한 다음 Table 3의 용접조건으로 마찰용접하였다. 마찰용접은 마찰시간을 주요 변수로 하였다. 그리고 마찰용접 조건을 설정하기 위해서 다양한 조건으로 예비실험을 수행한 결과 Table 3과 같은 용접조건을 얻었다.

인장시험은 표준시험편으로 가공하여 예비실험한 결과 모재부에서 파단되어 용접강도를 얻을 수 없었다. 따라서 Fig. 1과 같이 노치시험편 R2로 가공하여 실험하였고, 인장시험 후 파단면을 관찰하였다.

용접부의 조직시험은 용접부의 축 단면을 폴리코트(Polycoat)로 마운팅하고, 샌드페이퍼 #200, #800, #1200, #1500을 사용하여 연마한 다음 평균입경 1 $\mu$ m의 산화알루미늄 분말을 이용하여 폴리싱머신으로 습식 연마하였다. 용접부의 조직관찰은 켈러시약(불산1.0cc, 염산1.5cc, 질산2.5cc, 증류수95cc)으로 약 10~20초 동안 부식시킨 후 조직을 관찰하였다.

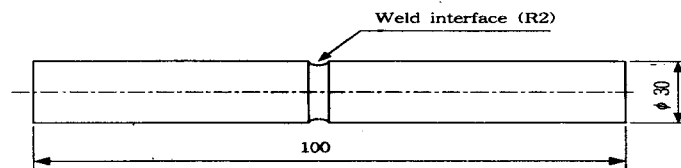


Fig. 1 Specimen of tensile test

Table 3 Friction welding conditions

Spindle revolution N(rpm)	Friction pressure $P_1$ (MPa)	Friction time $t_1$ (sec)	Upset pressure $P_2$ (MPa)	Upset time $t_2$ (sec)
2000	50	0.4	110	6.0
		0.7		
		1.0		
		1.3		

## 3 실험 결과 및 고찰

### 3.1 인장 시험

회전수 2000rpm, 마찰압력 50MPa, 업셋압력 110MPa, 업셋시간 6.0초로 고정하고, 마찰시간을 0.4초에서 1.3초까지 0.3초 간격으로 변화를 주어 마찰용접하고 용접면에 노치 R2로 가공하여 인장시험을 하였다. Fig. 2은 마찰시간과 인장강도와의 관계를 나타내었다. Fig. 2에서 인장강도는 마찰시간이 증가함에 따라 증가하였으며, 최대 인장강도를 얻은 마찰시간 1.0초 이상에서는 인장강도가 감소하였다. 마찰시간 0.4초에서 인장강도가 254MPa로 이것은 모재 인장강도 348MPa의 73%에 해당되는 강도를 얻었고, 마찰시간 0.7초에서는 299MPa로 모재의 86%에 해당되는 강도를 얻었다. 마찰시간 1.0초에서 최대 인장강도인 355MPa를 얻었다. 이것은 모재 인장강도보다 높은 102%에 해당되었다. 마찰시간이 1.0초에서 모재강도보다 높은 102%의 강도를 얻은 것은 높은 업셋압력에 의해 가공경화되었고 또한 용접면의 조직이 조밀해졌기 때문으로 사료된다. 그러나 마찰시간이 가장 긴 1.3초에서는 마찰시간 1.0초에 비해 강도가 떨어지는 309MPa를 얻었고, 이것은 모재 인장강도의 89%에 해당되었다. 마찰시간이 0.4초에서 낮은 인장강도를 얻은 것은 마찰시간이 짧아 마찰열이 충분히 발생하지 못하기 때문으로 사료된다. 그리고 마찰시간이 1.0초인 경우는 적당한 소성유동이 발생하여 접합면의 상태가 적절하게 형성되었기 때문에 인장강도가 높게 나타난 것으로 사료되며, 마찰시간이 1.3초인 경우는 마찰열에 의해 연화한 부분이 플래시로 배출되는 양이 많게 되어 접합면에 도달하는 온도 낮아 결국 부적절한 용접조건으로 되었기 때문에 강도가 감소하는 것으로 사료된다.

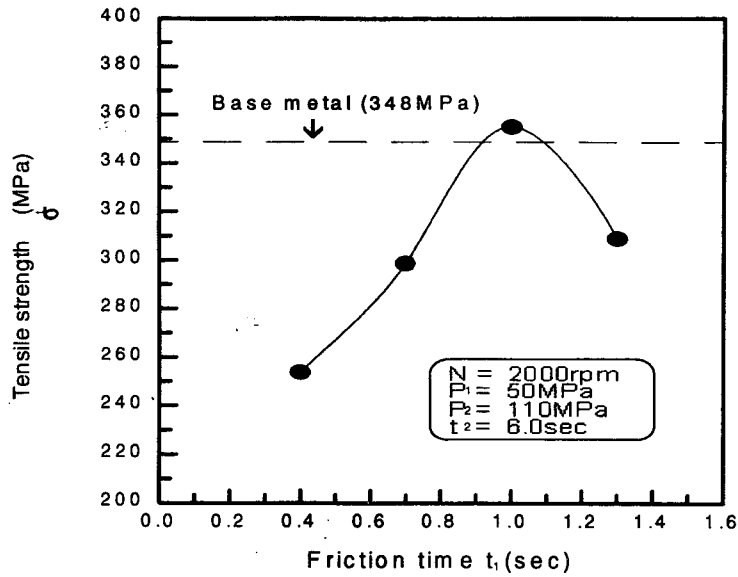


Fig. 2 Relationship between friction time and tensile strength

### 3.2 용접부의 조직

Photo 1은 인장시험 결과 가장 높은 강도를 얻은 조건( $t_1=1.0\text{sec}$ )의 조직사진을 나타내었다. 조직사진에서 나타난 검은 반점은 Mg화합물( $\text{Mg}_2\text{Si}$ )로 사료되며 나머지는 Al기지이다<sup>5)</sup>. (A)는 모재(Base metal)의 조직으로 섬유상조직이 압연방향으로 배열되어 있다. (B)는 소성유동(Plastic flow zone)부분의 조직으로 조직이 외주방향으로 기울어져 배열되어 있다. 이것은 마찰과 가압력에 의하여 소성유동된 부분이 플래시로 배출되는 과정에서 외주부로 재결정된 조직이다. (C)는 열영향부(Heat affected zone)의 조직으로 모재보다 조대화 되었다. (D)는 플래시(Flash zone)의 조직으로 Mg화합물( $\text{Mg}_2\text{Si}$ )이 모재보다 더 많이 나타났다. 이와 같이 Mg화합물이 많이 나타난 이유는 접합면의 불순물이 플래시로 함께 배출되었기 때문으로 사료된다. (E)는 용접계면(Weld interface)의 조직으로 조직이 매우 미세해져 있고, 용접 결합은 발견되지 않았다. 이와 같이 용접계면의 조직이 미세해진 것은 높은 압력에 의한 단점현상으로 강도를 향상시키는 요인으로 사료된다.

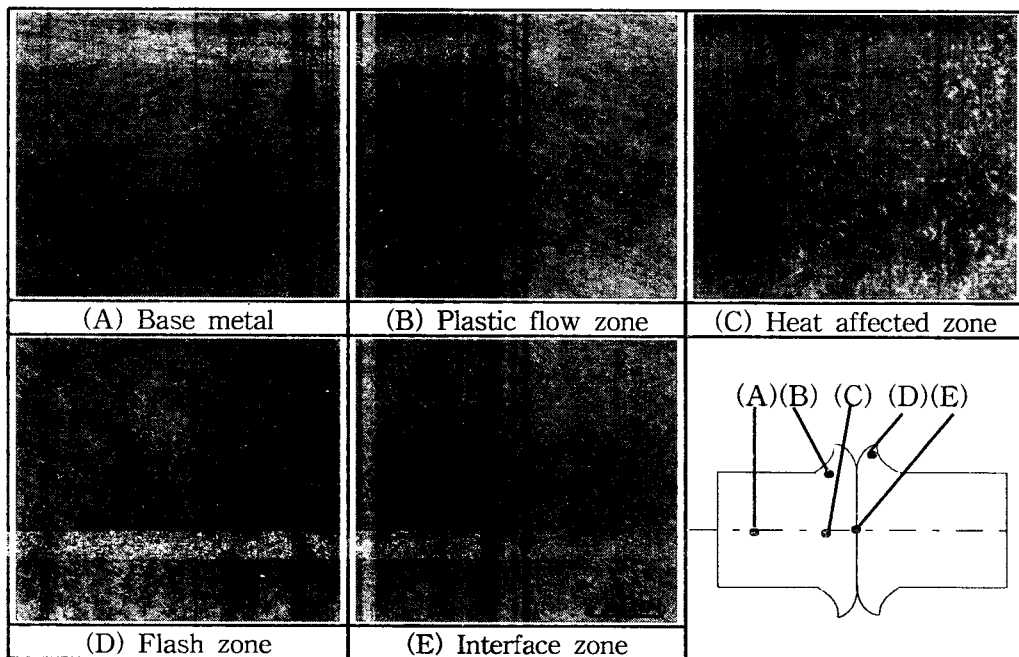


Photo 1 Microstructure of friction weld (Mag. 200)

#### 4. 결 론

본 연구에서는 용접 구조용재인 알루미늄합금 (A5083)의 동종재를 회전수 2000rpm, 마찰압력 50MPa, 업셋압력 110MPa, 마찰시간 1.0sec, 업셋시간 6.0sec로 마찰용접하였고 업셋길이, 인장시험, 인장파단면 관찰, 용접부의 경도시험, 조직관찰을 통하여 용접성을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 최대 인장강도는 355MPa로, 모재인장강도 348MPa의 102%에 해당하는 매우 우수한 강도를 얻었다.
2. 용접부의 조직은 용접계면 부분은 미세한 조직이 나타났고, 플래시부분에서는 Mg화합물(Mg<sub>2</sub>Si)가 모재에서 보다 많이 나타났다.

#### 5. 참고문헌

1. 摩擦壓接協會, “摩擦壓接”, コロナ社, pp. 1~25, 1982.
2. 정 호신, 條田剛, “마찰용접의 이론과 실제의 적용”, 대한용접학회, 제15권, 제6호, pp. 1~7, 1997.
3. 정 운길, “機械工學便覽辭典”, 한국사전연구소, pp. B4-73~B4-76, 1996.
4. 輕金屬協會編, “アルミニウム技術便覽”, 輕金屬出版社, pp. 50~54, 1985.
5. E. D Nicholas, “Radial Friction Welding”, Welding Journal, July, pp. 17~29, 1983.