

# A5083 마찰교반접합(F.S.W)시 이송속도가 기계적 강도에 미치는 영향에 관한 연구

## A study on the influence of the traverse speed on the mechanical strength of friction stir welding A5083

성기완\*, 이준형\*, 오세현\*, 박근형\*, 윤병수\*\*, 민택기\*\*\*

\*충남대학교 기계공학과 대학원생

\*\* 우송공업대학교 교수

\*\*\* 충남대학교 교수

### ABSTRACT

This study deals with friction stir welding of aluminum alloy(A5083). Welding conditions were applied that revolution 2000rpm, friction pressure 25MPa, angle between stir rod section and plate 4°, projection pin diameter 4mm, traverse speed 0.5mm/sec, 1.0mm/sec, 1.5mm/sec. The experimental results as follows;

1. Welding beads were superior in traverse speed 1.0mm/sec and it were formed plenty of flash in traverse speed 0.5mm/sec. Welding beads were rough in traverse speed 1.5mm/sec.
2. The maxium tensile strength was 211MPa in traverse speed 1.0mm/sec, in this case the strength was 85% of A5083 base metal tensile strength.

### 1. 서 론

급속한 산업의 발달은 새로운 소재의 개발과 더불어 더욱 진보된 기계의 생산을 요구하고 있으며 다양한 종류의 재료를 활용한 기계요소의 제작에 대한 연구는 신뢰성이 있고 경제적인 부품의 생산을 가능하게 한다.

우수한 성질을 가진 비철 금속류의 활용 범위가 점차 확대되면서 이들 금속간의 접합의 필요성이 요구되고 있으며 마찰용접은 효율적인 접합을 위한 좋은 수단으로 여겨지고 있다.

마찰용접(Friction)은 용접하려는 두 물체를 상대운동시키고 접촉, 가압하여 접촉면에서 발생하는 마찰열을 이용하여 용접하는 방법으로써 접촉면이 용융되기전 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, 항공기, 선박, 농기계 등, 여러 분야의 부품생산에 활용되고 있다.

일반적으로 용융용접(Fusion welding)으로는 용접하기가 어려운 비철 합금류에 대하여 고상상태용접(Solid welding)의 적용이 숙고되어지고 있으며 특히 마찰용접이 주목을 받고 있다. 그러나 마찰용접은 형상에 제한을 받기 때문에 단면이 원형이어야 하고, 충분한 마찰열을 발생시킬 수 있는 크기를 가져야 하는 단점이 있다.

마찰교반접합은(Friction stir welding)은 마찰용접에서 유래된 기술로 위와 같은 단점을 보완하기 위하여 1991년 영국용접연구소(T.W.I)에 의해 개발된 고상상태(solid state)의 용접이다.

### 2. 관련 이론

#### 2.1 마찰교반접합(F.S.W) 과정

Fig. 1은 마찰교반접합(Friction stir welding) 과정을 보여 주고 있다.

Fig. 1의 A는 맞대기 용접을 하기 위해 용접할 시편(Plate)을 후판(Backing plate)에 올려놓고, 루트 간격이 없이 고정시켜놓는다.

그림 B는 돌기부(Projecting pin)를 부착한 환봉(Stir rod)이 회전하면서 천천히 용접면에 접촉한다. 이 돌기부의 길이는 얻은 용접깊이와 비슷하다. 돌기부가 용접면과 접촉을 할 때 접

축점 끝에 마찰열이 발생한다. 돌기부에 기계적인 힘이 작용되면 돌기부의 깊이 만큼 금속을 밖으로 밀어낸다. 즉 돌기부가 시편의 내부로 삽입된다.

그림 C는 돌기부가 금속 내부로 삽입되었고 환봉의 어깨부(Shoulder of pin)가 시편의 표면과 접촉이 시작된다. 그 후 돌기부와 환봉의 어깨부에서 마찰열이 발생되고 돌기부에 의해 밖으로 나온 금속을 환봉의 어깨부가 용접선안으로 밀어 넣는다. 그림 D는 회전하는 돌기부와 환봉의 어깨부에 마찰열이 발생된 후 돌기부에 의해 소성유동 (Plasticized layer)이 발생된다.

그림 E는 소성유동이 발생된 후 시편이 이송을 하며 마찰교반접합이 된다.

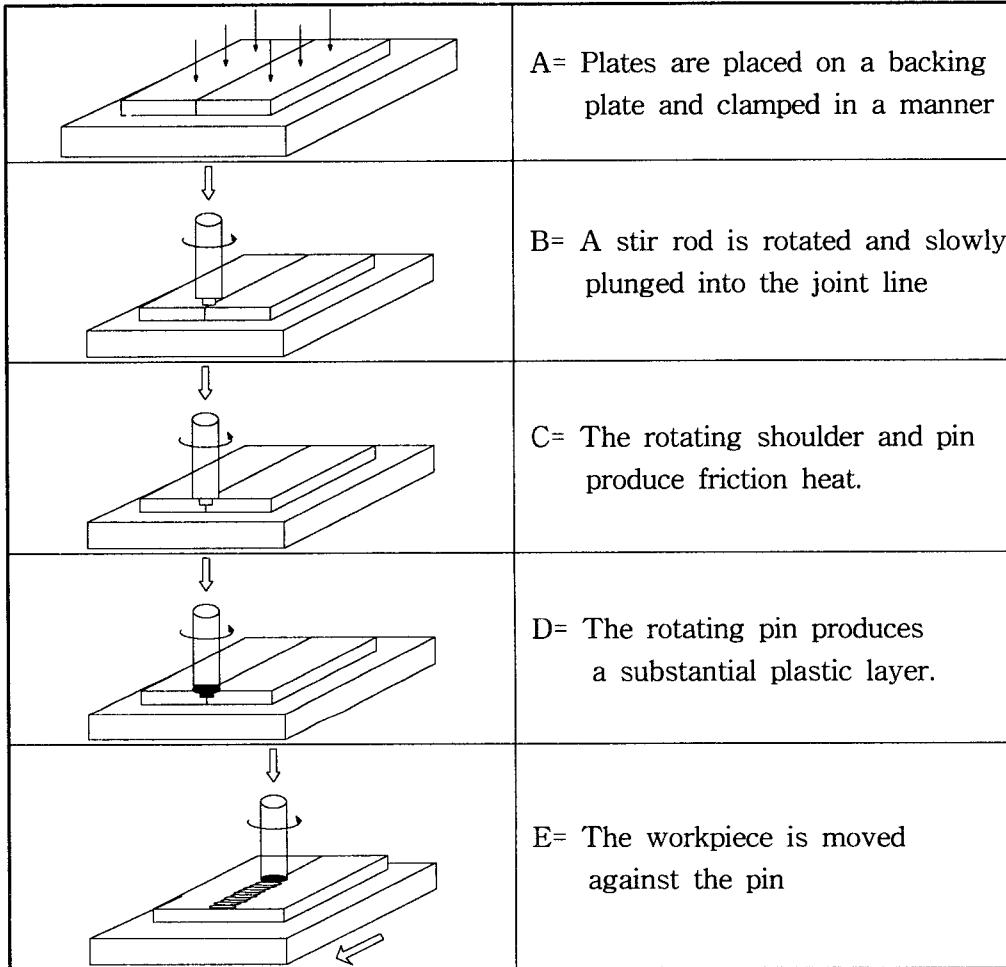


Fig. 1 Friction stir welding operation

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 용접비드

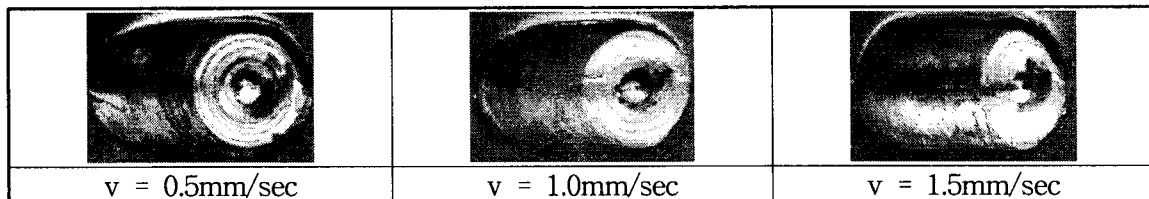


Photo 1 Bead on plate welding

#### 3.2 인장파단면 관찰

Photo2 는 인장시험 후 파단된 시편을 보여주고 있다. Photo 2에서 보는 바와 같이 모두 연성과

단되었다. 이송속도(Traverse speed) 0.5mm/sec와 1.0mm/sec에서는 용접계면으로부터 약 10mm떨어진 부분이 파단되었다.

이는 환봉의 끝 부분 즉, 외주부로 마찰압력이 거의 작용하지 않고 오히려 회전 각속도가 크기 때문에 마찰열만 많이 발생하여 조직이 연화되었기 때문이라고 생각된다.

이송속도 1.5mm/sec에서는 용접계면(Weld interface)에서 파단되었다. 이는 이송속도가 빨라서 소성유동이 양호하게 발생되지 못했기 때문이라고 생각된다.

### 3.3 경도 시험

Fig. 2는 인장시험 결과 최고의 강도를 얻은 이송속도(Traverse speed) 1.0mm/sec의 시편을 측면으로 가공하여 용접면 비드에서 1mm떨어진 부분을 0.5mm 등 간격으로 200g의 하중으로 경도를 측정된 결과를 나타내었다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 용접부내에서 최대 경도는 용접부의 중심에서 나타났고 이때의 경도는 Hv70으로 모재 경도 Hv87의 80%에 해당하는 경도가 나타났다. 최소 경도는 Hv52이었으며 용접부 중심에서 양쪽으로 10mm 떨어진 부분에서 나타났다.

용접부가 연화된 것은 탄소함유량이 적어서 마찰열에 의해 연화되었다고 생각된다. 용접부의 중심은 용접부내에서 경도가 약간 높게 나타났는데 이는 마찰압력에 의해 조직이 조밀해졌기 때문으로 생각된다. 용접중심부에서 양쪽으로 10mm 떨어진 부분에서 최소 경도가 나타났는데 이유는 환봉(Stir rod)의 반경이 10mm이기 때문에 마찰열은 많이 발생되었지만 마찰압력은 거의 작용을 하지 못해서 조직이 미세해지지 못했고 오히려 열영향부 즉, 연화역(Soft zone)이 증가되었기 때문이라고 사료된다.

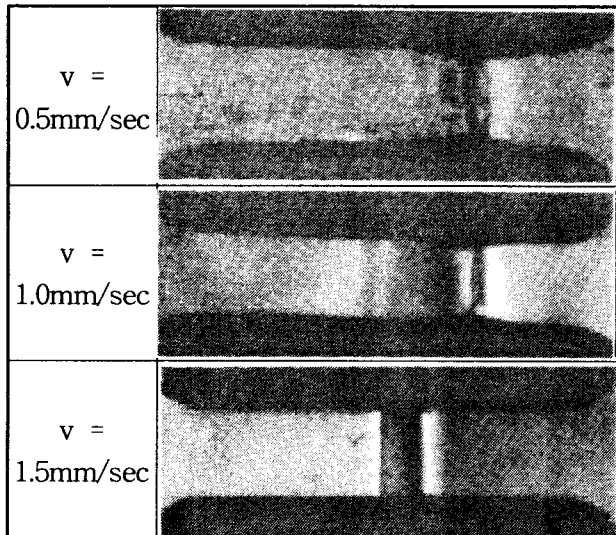


Photo 2 Tensile fracture specimens

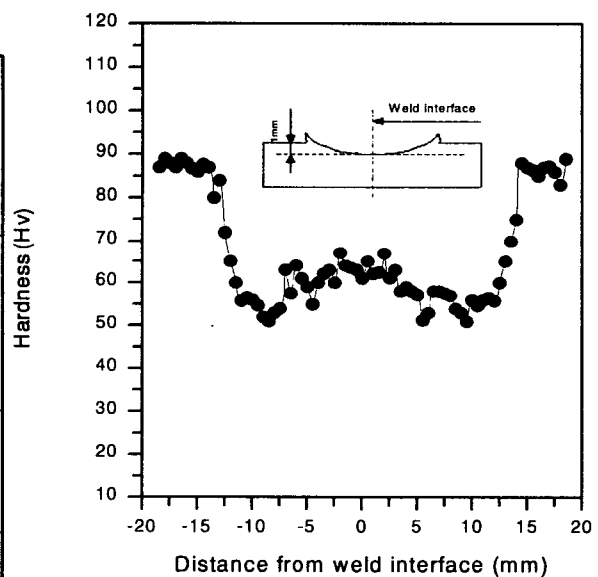


Fig. 2 Hardness distribution of friction weld