

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

A study on Mechanical Strength Effected by Projecting Pin of Friction Stir welding

성기완*, 길남규*, 이준형*, 민택기**, 윤병수***

*충남대학교 기계공학과 대학원

**충남대학교 기계공학과 교수

***우송공업대학교 교수

1. 서론

최근에는 금속재료도 형상기억합금과 여러 가지 합금이 더욱 발전되었다. 이와 같은 금속들은 일반적인 용융용접(Fusion welding)으로는 접합하기가 어렵다¹⁾. 그러므로 고상상태용접(Solid welding)의 적용은 숙고되어지고 있고 그 중에서 특별히 마찰용접은 더욱 주목을 받고 있다. 그러나 일반적인 마찰용접은 형상에 제한을 받기 때문에 원형의 단면이어야되고 또한 충분한 마찰열이 발생할 수 있는 단면의 크기를 가져야한다. 이러한 단점은 마찰용접이 산업현장에서 적용되는데 방해가 되고 있다. 하지만 마찰용접의 한 분야인 마찰교반접합(Friction stir welding)은 이러한 단점을 보완할 수 있고, 점차 적용범위가 확대되고 있다.

2. 마찰교반접합(F.S.W) 과정

Fig. 1는 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. 돌기부가 용접면과 접촉을 할 때 접촉점 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 하면서 마찰교반접합이 된다.

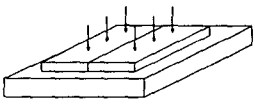
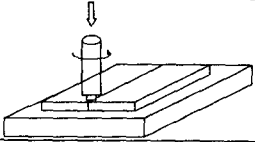
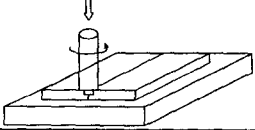
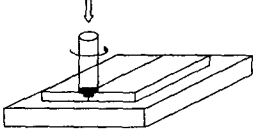
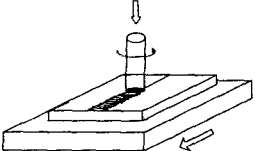
	A=Plates are placed on a backing plate and clamped in a manner
	B=A stir rod is rotated and slowly plunged into the joint line.
	C=The rotating shoulder and pin produce friction heat.
	D=The rotating pin produces a substantial plastic layer.
	E=The workpiece is moved against the pin

Fig. 1 Friction stir welding operation

3. 실험 결과 및 고찰

3.1.1 환봉과 시편의 각도에 따른 비드모양

본 실험에 사용한 마찰교반접합(Friction stir welding) 환봉(Stir rod)은 직경 20mm의 STS304 스테인리스강을 사용하였고, 돌기부(Projecting pin)의 크기는 직경4mm, 길이 5mm로 하였다. 시편은 길이 80mm, 폭 50mm, 두께 6mm의 알루미늄 합금(A5083) 판재를 사용하였으며, 용접조건은 회전수는 2000rpm, 마찰압력은 25MPa, 이송속도(Traverse speed) 1.0mm/sec로 고정하였고 루트간격 없이 실험을 하였다. Fig. 2는 환봉(Stir rod)과 시편의 각도를 보여주고 있다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 용접이 진행되는 방향으로 각도를 주었다. 그 결과 그림의 A부분이 시편과 먼저 접촉을 하게 되어 이송저항을 줄여주고, 용접계면의 조직을 미세하게 하는 작용을 하며, 용접비드의 모양을 향상시키는 역할을 한다고 사료된다. Photo 1은 환봉과 시편의 각도의 변화에 따른 용접비드를 보여주고 있다. Photo 1에서 보는 바와 같이 용접 끝 부분에는 돌기부와 같은 체적의 흠이 발생되었다. 이는 돌기부가 마찰열과 소성유동만 발생시키고 시편과 용접이 되지 않기 때문이며 마찰교반접합(Friction stir welding)시 항상 발생된다²⁾. 환봉(Stir rod)과 시편의 각도가 0°일 때는 마찰압력에 의해서 시편 내부로 돌기부가 과도하게 밀려들어갔고, 용접 끝 부분에서 약 1mm정도 환봉의 어깨부(Shoulder of pin)가 시편 내부로 들어갔다. 그래서 결국 시편에 구멍이 발생되었고, 용접이 진행되는 동안 이송장치에 진동과 소음이 많이 발생되었으며, 플래시가 과도하게 발생되어 용접비드 모양이 양호하지 못했다. 이는 환봉의 어깨부(Shoulder of pin)가 시편 내부로 과도하게 들어가서 이송저항이 많이 발생되었기 때문이라고 사료된다. 환봉과 시편의 각도가 1°일 때는 0.5mm, 각도가 2°일 때는 약 0.35mm, 각도가 3°일 때는 약 0.2mm정도 환봉의 어깨부가 시편의 내부로 들어갔다. 가장 양호하게 나타나는 용접비드는 환봉과 시편의 각도가 4°일 때이었고, 환봉의 어깨부가 시편의 내부로 약 0.1mm정도 들어갔으며, 진동과 소음이 가장 적게 발생되었다. 각도가 가장 큰 5°일 때는 환봉의 어깨부가 시편의 내부로 약 0.15mm정도 들어갔으며 용접비드가 좋지 못했다. 이는 환봉과 시편의 각도가 크기 때문이라고 사료된다.

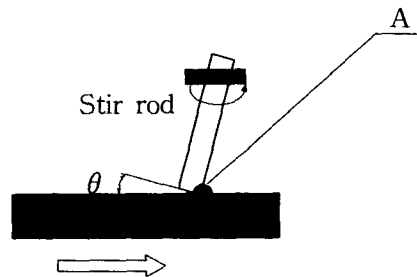


Fig. 2 Angle between stir rod and plate

[20mm]

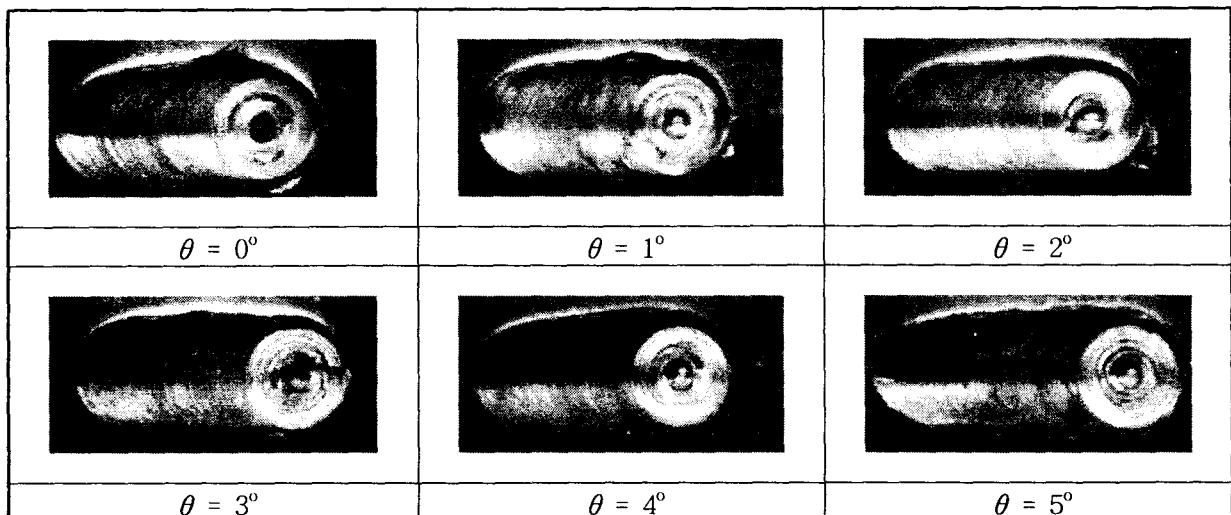


Photo 1 Relationship between angle and bead on plate welding

3.1.2 용접비드

본 실험에 사용한 마찰교반접합(Friction stir welding) 환봉(Stir rod)은 직경 20mm의 STS304 스테인리스강을 사용하였고, 시편은 길이 80mm, 폭 50mm, 두께 6mm의 알루미늄 합금(A5083)판재를 사용하였다. 그리고 회전수 2000rpm, 이송속도(Traverse speed) 1.0mm/sec, 환봉과 시편의 각도 4°로 고정하였고, 두 개의 시편 사이에 루트(Root)간격이 없이 실험을 하였다. Photo 2는 마찰압력을 각각 25MPa, 30MPa일 때 돌기부 직경을 3mm, 4mm, 5mm로 변화를 주어 접합을 한 용접비드를 보여주고 있다. Photo 2에서보는 바와 같이 용접 끝 부분에는 돌기부의 체적만큼 홈이 나타났고, 돌기부의 직경이 커짐에 따라 플래시가 많이 발생되었다. 모든 조건에서 용접비드의 윗 부분 즉 A부분에 플래시가 많이 발생되었는데 이는 환봉(Stir rod)이 시계방향으로 회전하기 때문에 B부분에서 A부분으로 소성유동이 발생되었기 때문이라고 사료된다. 마찰압력이 30MPa일 때는 25MPa보다 플래시가 더 많이 발생되었다. 이는 환봉의 어깨부와 돌기부가 마찰압력에 의해 시편의 내부로 더 많이 들어갔고, 따라서 시편 내부에 환봉이 들어간 체적만큼 플래시(Flash)로 배출되었기 때문이라고 사료된다. 돌기부(Projecting pin)의 직경이 3mm일 때는 마찰압력이 25MPa과 30MPa에서 양호한 용접비드가 나타났다. 플래시는 마찰압력이 25MPa일 때는 거의 나타나지 않았다. 이는 돌기부의 직경이 작았고 또한 마찰압력이 작아서 마찰열이 충분하게 발생되지 못했기 때문에 플래시가 적게 발생되었다고 사료된다. 돌기부(Projecting pin)의 직경이 4mm에서도 직경이 3mm일 때와 같이 두 조건 즉, 마찰압력 25MPa과 30MPa에서 모두 양호한 용접비드가 나타났고 돌기부의 직경 3mm일때 보다 플래시가 더 많이 발생되었다. 이는 돌기부의 직경이 커서 회전각속도가 증가했고, 따라서 마찰열이 많이 발생되어 소성유동이 활발해 졌기 때문이라고 사료된다. 돌기부의 직경이 5mm에서는 그림에서 보는 바와 같이 용접비드가 좋지 못하게 나타났다. 이는 돌기부의 직경이 커서 마찰열과 플래시가 과다하게 발생되었기 때문이라고 사료된다. 이 경우 용접비드가 나쁘게 나타난 가장 큰 원인은 이송속도가 빠르기 때문인 것 같다. 왜냐하면 돌기부의 직경이 클 경우에는 이송속도를 느리게 해야 소성유동이 양호하게 발생하는데 이 용접조건에서는 이송속도가 빨랐다고 사료된다.

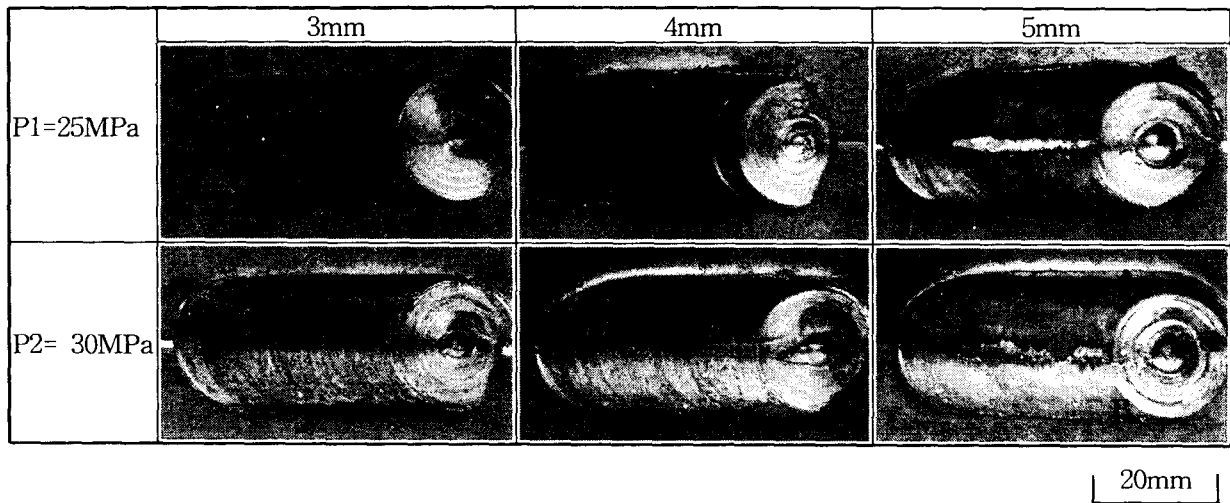


Photo 2 Surface appearance of bead on plate welding

4.참고문헌

1. Shinoda T. Kondo Y, "Friction stir welding of aluminum plate", Welding International, Nov, pp. 179~184, 1997
2. Tomas, "Advance Materials and Process", Welding International, (1993)