

# SRM 스테드 용접 - 아크 스테드 용접의 새로운

대칭적 방사 자장에서 용접이 되는 SRM 스테드 용접에 있어서, 이 방사형 자장은 보호가스와 결합하여 아크가 외부로부터 영향 받지 않도록 해준다. 이는 아크 블로우(자기 쏠림) 문제를 방지하여 반복적으로 높은 수준의 용접품질을 나아준다. 실제로 이는 상당히 저감된 용접 에너지로 스테드와 판재가 대단히 균일하고 일정하게 부분 용융되게 하며, 불똥(spatter)발생이 감소하고 비드(bead) 크기를 작게 하여 주는 것을 의미한다.

아크는 용접 점을 벗어나지 않게 보호차단 된다. 이렇게 보호되지 않으면 아크에 불로우가 생겨 비드가 불완전하게 나오게 한다든가 언더 커팅(under cutting)현상이 생기게 된다.

이렇게 되면 수요가(사용자)는 품질 검사에 다른 비용문제가 따르게 되고 더 나아가 품질관리 기준 (예 : DIN EN ISO 14555)에 따른 정례적 제품검사를 실시해야 할 수도 있게 된다.

대칭적 방사형 자장에서 이루어지는 이 새로운 스테드용접은 기본적으로 블로우(blow)문제가 없는 스테드 용접 효율개선에 중요한 공헌을 할 수 있다.

## 이점을 대 구경 스테드에 적용

SRM 기술을 사용한 아크 용접은 2005 년 직경 10mm 까지의 합금강 스테드에 적용하였던 것이 처음이었다. (1). 2009 년에 독일 Soyer 사는 에센에서 개최된 한 국제 산업전 발표장에서 이 기술을 소개 하였다. 당시 Soyer 사의

이 용접 작업과 용접 접합부에 대한 제반 특성은 원헌 소재 바이에른 연구 재단의 연구 프로젝트에 의하여 정해졌다.

SRM 기술의 이점은 2005 년 우연하게 발견 되었다. 전에는, 자장은 MBP 용접 (그림 1. 자장에 의한 아크이동으로 하는 압력용접)과 유사하게 빈 공간에서 일차적으로 아크를 고르게 움직이게 하는데 사용 되었다. 슬리브 또는 너트 용접에 쓰인 이 기술은 자장과 보호가스를 위한 보조구와 함께 수년간 시장에 사용되며 개선되었다. 용접점을 자장으로 아크의 휨을 방지하여 유지시키는 기술은 이미 수년간 알려져 있었다. 그러나 이 기술은 일부 합금 재료에 대하여만 개별적으로 확립 되어 있었다.

SRM 기술은 일반적인 비 합금 또는 합금 강재의 스테드 용접을 위하여 개발된 드론아크 스테드 용접법의 연장이다. 용접 풀(poor)을 보호가스(알곤 또는 CO2 와의 혼합가스들)와 자장에 의한 아크 제어로 보호관리 한다. SRM 기술은 다음의 장점을 갖는다:

- 비드 표면이 매끄럽고 용접 침투 깊이가 얕으면서도 큰 힘을 받는다.
- 불로우 문제가 거의 없는 용접법이다.
- 성공 재현율이 높다.
- 용접 에너지가 낮으므로 작업물 변형이 거의 없다.
- 어느 방향으로나 용접이 가능하다. (하부, 수평, 상부)

큰 부하를 위한 M12, M16 사이즈의 스테드 용접 기술은 적절한 보호가스 및 자장제어를 위한 치구들이 개발됨으로써 후에 정착 되었다. DIN EN ISO 14555 전류, 굴곡 및 인장시험, 용접 침투 상태에 대한 기준이 수록 되어 있다.

## 손쉬운 치구의 부착

그림 2 는 드론아크 스테드용접 법의 변종으로서 SRM 용접법에 의한 작업 공정을 보여준다.



특허품인 HZ-1 스테드를 같이 사용한 SRM 기술에 의한 용접에 대하여 반응은 긍정적이었다. 그런데 당시 스테드 직경 10mm 이상에 대하여는 용접 실적이 없었는데 이후 수요가의 요구에 따른 기술개발로 M14, M16 사이즈의 스테드에 대하여도 상대적으로 적은 에너지에 의한 작지만 대단히 균일하며 일정한 용접접합이 가능하게 되었다. 이들 크기의 직경에 있어서는 비드중첩, 스파터(불똥) 등으로 인한 재손질 없이 접합부가 시각적으로도 보기 좋은 모양으로 만들 수 있다.

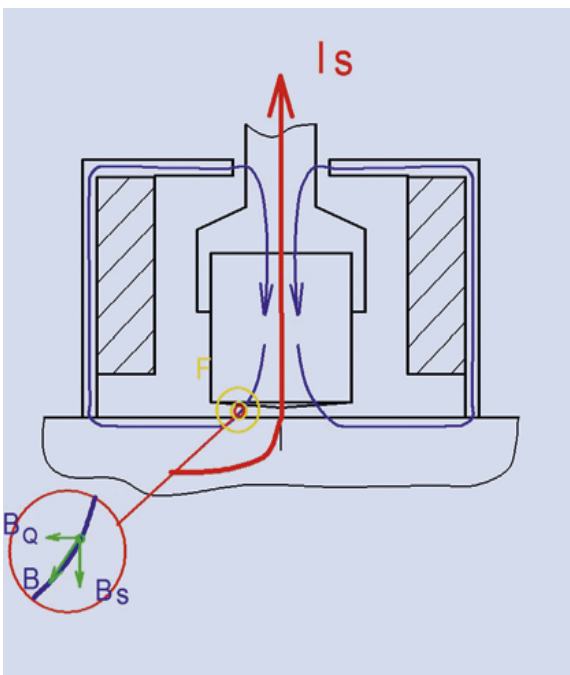


그림 1  
슬리브 또는 너트 용접 그림.

자장의 도움으로 링 형상의 빈 공간에서 아크가 균 일하게 움직인다. 슬리브와 합금 강재 사이의 용접 후 비드가 좋은 모양을 보인다 (위). 용접 포인트가 자장과 보호가스에 둘러 싸여 아크의 움직임이 고르게 된다.

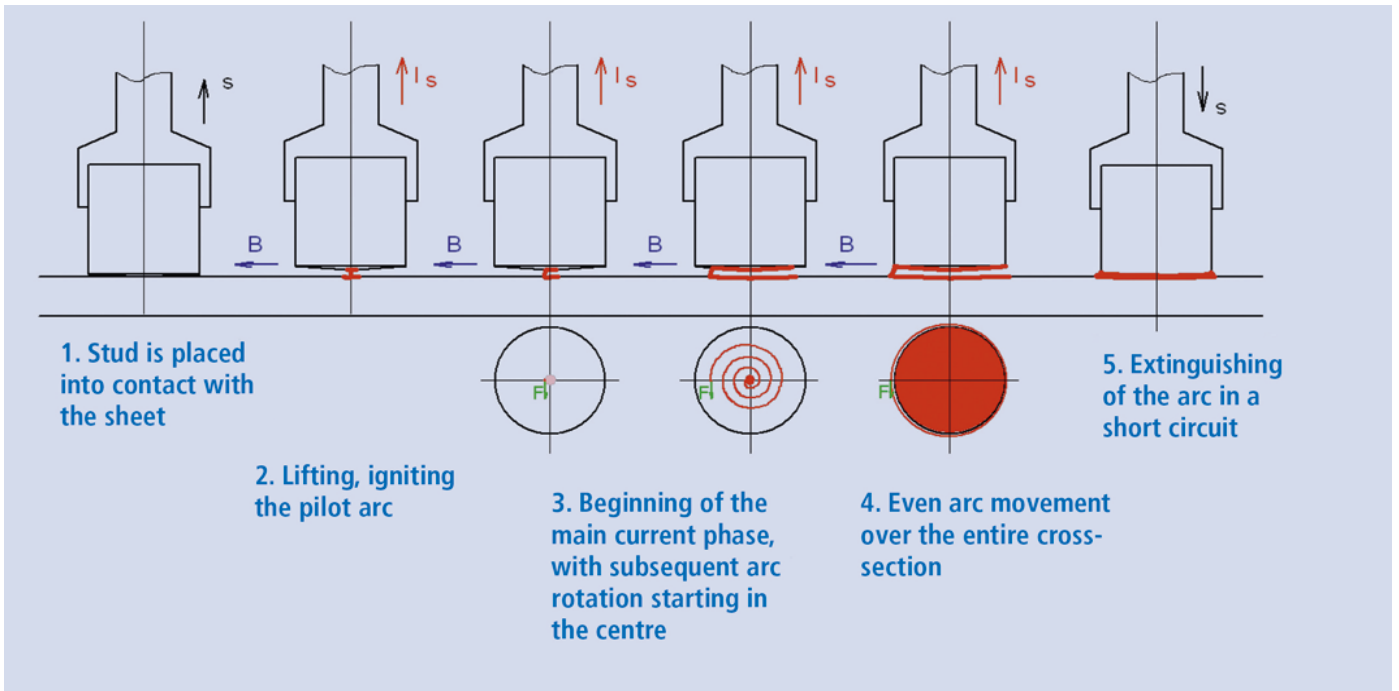


그림 2. 드론아크 용접의 변종으로서의 SRM 용접 공정도, 자장의 아크에 대한 회전 효과영향으로 용접전류 시기에도 용접 전면적이 고르게 부분 용융됨.

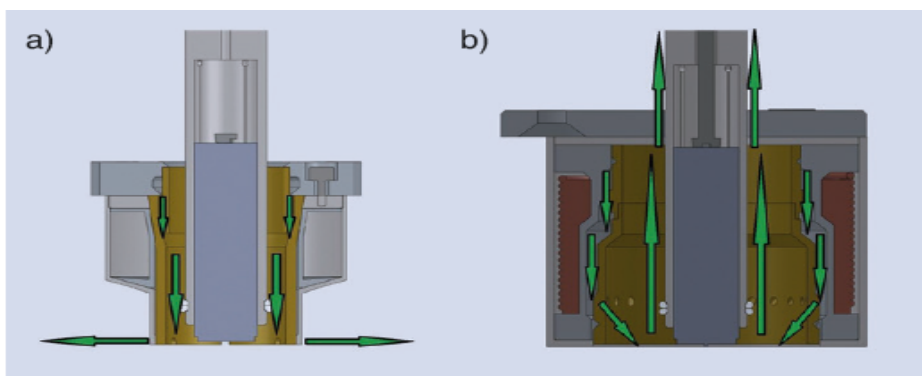


그림 3. 자장 및 보호가스 커버 생성을 위한 추가 치구 : a) M12 까지의 소 사이즈용, b) M16 이상의 대 사이즈용으로 가스흐름 방향이 바뀌지게 되어 있음.



그림 4. M16 스타드용 SRM 용접 건 자장 보호가스 치구가 용접건과 헤드의 지지봉에 부착 되어 있다. 이 연결은 고정 작업으로 탈착이 쉽다.

대칭적 방사 자장을 제외하고 용접공정은 드론아크 용접과 똑같다. 주 전류시기에 앞서 자장이 추가적으로 활성화 되어 스타드와 판재의 아크 생성 시작점으로부터 아크 이동성에 영향을 주어 아크가 단면 전체에 고르게 분포 되게 하여준다. 스타드의 면이 지금까지 알려진 드론 아크 스타드 용접 때보다 더 짧은 시간 내에 고르게 부분적으로 용융된다. 이 시점에 회전 반경이 커지면서 아크가 스타드 축을 중심으로 부분적으로 회전하는 것을 알 수 있다.

SRM 스타드 용접을 위하여 장치를 추가하는 것은 대단히 간단하다. 직경에 따라 M12에 대하여는 PH-3N 용접 건을 M16에 대하여는 PH-4L 용접 건을 사용한다. 단 어느 경우에도 SRM 보호가스 자장치구가 있어야 한다(그림 3)..

M12 스타드 용은 일반보호 가스용 치구보다 거의 크지 않은 치구이다(그림 3a). M16 스타드용은 그림 3b와 같이 보다 크며 가스 방향 전환 및 탈 가스에 대한 것이 고려되어 있다. BMK-16i (M12까지)와 BMK-30i (현재 M16까지)용 Soyer 인버터가 전원으로써 SRM 모듈에 의하여 자장이 활성화 된다. 이 인버터 전원은 SRM 기술에 의한 스타드 용접 전용이다.

SRM 용접은 사용자의 특별훈련을 필요로 하지 않는다. 스타드 용접을 위한 제 조건들은 통상대로 용접건, 용접헤드, 전원부에서 기본적으로 설정된다. 추가하여, SRM 자장을 위한 전류 크기를 마그네틱 코일에 따라 1.5A까지 설정해 주기만 하면 된다.

그림 4는 PH-4L 용접 건에 자장 보호가스 치구가 장착되고 이에 자장 코일 전력이 연결된 것을 보여준다. 이는 용접 헤드로 정지 작업을 할 때에도 또한 가능하다. 보호가스는 순수 알곤 또는 CO<sub>2</sub> 25%, 10%, 또는 18% 혼합 가스를 사용한다. Ar + 10% CO<sub>2</sub> 혼합 가스는 비드 모양이 좋고 접합강도가 높은 것이 요구될 때 유용한 것으로 증명되고 있다.

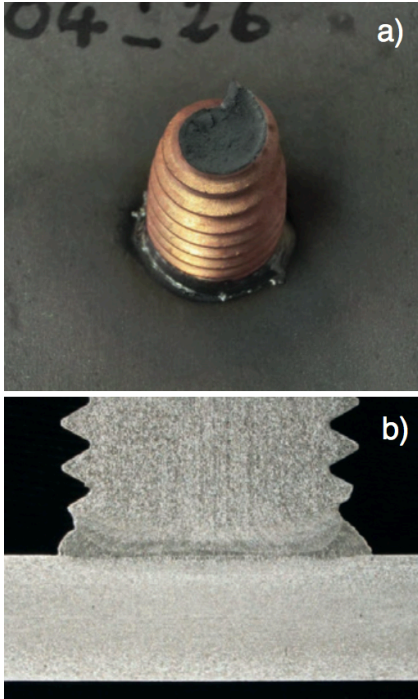


그림 5. S235 재 (안정등급 5.8) M12 스테드의 SRM 사진 및 용융층 형상: a) 용접 비드의 외관과 인장시험시 스테드가 절단된 단면. 절단 인장력 50.5kN. b) 용접 부 종단면 : 판재에 용접 용융깊이가 낮게 고르게 분포 되어 있고 결함이 안보임.

**우수한 M12 용접 품질 (M16 스테드 용접결과도 유사)**

SRM 아크 용접에 있어 아크영향은 용접 용융층을 낮고 고르게 형성 시키는데 효과적인 것이 분명하다. 낮으면서 고르게 용융되는 것은 캐파시터 방전식 스테드 용접시 판재에 용접 깊이가 아주 낮게 되는 것과 대단히 유사하다. 용접 접합부의 강도는 현상 굴곡시험 또는 DIN EN ISO14555 규격의 인장 시험에서 확인된다.

그림 5 는 인장 강도 560MPa 안정도 등급 5.8 인 S235 소재의 M12 스테드가 SRM 용접된 외관과 용접 부 침투 상태를 보여준다. 그림 5a 에서는 스테드의 절단면도 볼 수 있다. 이는 DIN EN ISO14555 규격에 의한 인장 시험으로 절단 된 것이다. 이 경우 절단은 나사 부분이 수축 되다가 50.5kN의 인장력에서 끊어졌다. 그림 5b 의 용접 부 종단 사진에서는 스테드와 판재가 아무 흠 없이 고르게 얇게 용융 결합된 것을 확실하게 볼 수 있다. 여기서 용접 용융 침투 깊이는 0.5mm 이다. 비드 부분의 용접 풀의 길이는 약간 커진다. 스테드 용접에 적합한 비 합금강이 사용될 경우 이 용접 침투부에 기공이나 크랙이 생길 가능성은 거의 없다.

스테드가 용접 풀에 담겨질 때 소량의 용융물이 넘쳐 나와 거의 필렛 용접 형태의 매끈한 비드 표면을 형성 시켜준다.

그림 6 은 M12 스테드로 같은 조건에서 시행된 SRM 용접, 세라믹 링 용접, 보호가스 용접간의 비교 자료이다. 스테드 재질은 S235 로 두께 10mm 의 S355 판재에 각각 20 회 시험용접을 한 결과이다. 어느 경우에도 절단이 일어난 곳은 스테드 쪽이었다. 그림에서 시험 인장력은 49- 50kN, 평균으로 50.3- 50.6 kN 임을 알 수 있다.

그림 7 은 각 용접법 별로 용접결과 자료를 담고 있다. 이는 그림 6 에서처럼 용접외관과 침투단면도 보여준다. 이 시험에서 같은용접을 하는데 SRM 에서는

4kJ 의 에너지가 쓰인데 비하여 세라믹 링 용접은 6kJ, 보호가스용접은 5kJ 의 에너지가 되었다.

세라믹 링 스테드 용접과 보호가스 스테드 용접에서 4kJ 의 전력으로 용접을 실시하면 용접에 결함이 생기는 일이 자주 발생 하였다. 이 소량 에너지 개념은 비드가 작게 생기게 하거나 용접 풀의 깊이가 낮아야 할 경우에 의미가 크다. 또 굴곡시험 인장 강도 시험의 결과 및 작업성과 품질 안정도를 종합할 때 SRM 스테드 용접법은 종래의 스테드 용접법(세라믹링 또는 보호가스 사용 스테드 용접)에 비하여 혁신적인 것임을 알 수 있다.

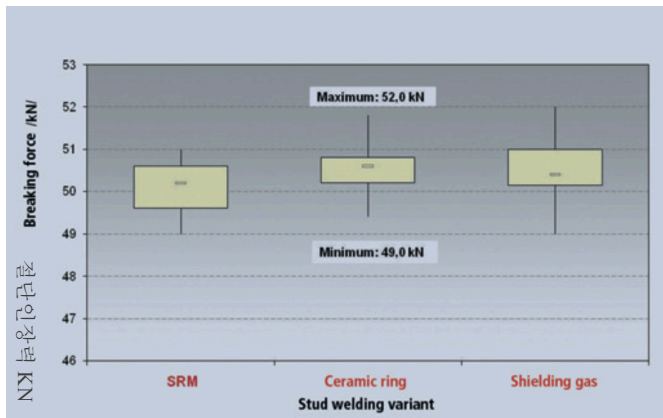


그림 6. M12 스테드 용접 절단 시험 결과 비교. SRM 용접, 세라믹링 용접, 보호가스 용접을 각 20 회씩 실시함. 스테드는 S235 소재로서 같은 용탕에서 생산된 것임. 용접결과는 그림 7 참조. SRM 용접의 작업성, 신뢰도는 일반 스테드 용접에서와 동일함

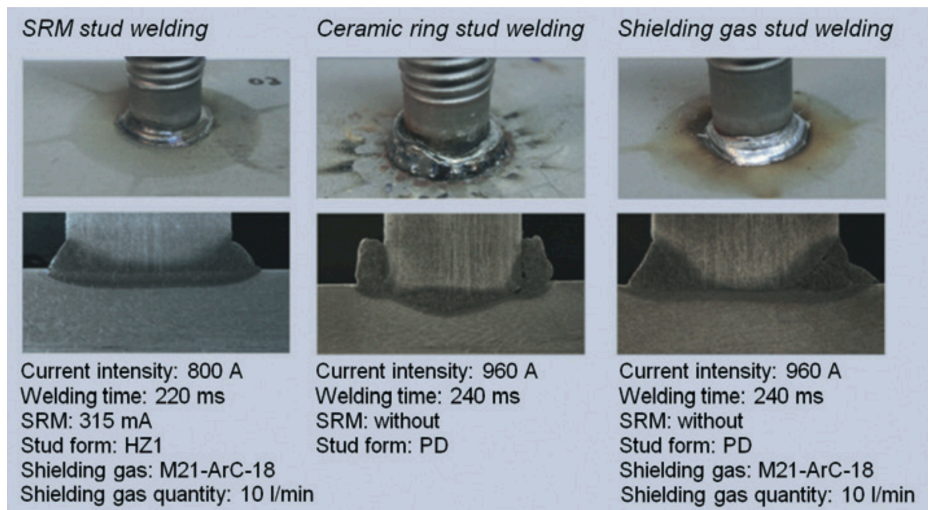


그림 7. S235 소재 스테드를 10mm 두께의 S355 판재에 서로 다른 드론아크 스테드 용접법으로 용접한 비교자료. 상기 방법외의 다른 용접에서는 결과 불량으로 시험편이 파손됨. 용접시 작업물 표면을 깨끗한 금속표면이 되게 하고 보호가스 조절을 잘 하고 제 용접조건을 잘 설정 하는 것이 중요함. 주의하지 않으면 SRM 스테드 용접에서도 용접 결함이 발생하는 것을 배제 할 수 없다.

**M16 스테드 용접결과**

용접을 제 조건을 맞추어 실시 하였을 경우 M16 스테드의 SRM 스테드 용접

굴곡시험은 문제가 없다. 그림 8 은 S235 소재 M16 스테드를 6kJ 의 에너지로 용접한 외관과 단면을 보여준다. 용접시간은 직경이 적은 것 보다 꼭 길지 않아도 된다. 국부적 용융을 위하여 전류를 900A 로부터 1200A 로 조금 증가시킨다. 이는 좀 더 큰 SRM 발생기의 코일 전류를 1.1A 로 증가시킨다. 세라믹 링 스테드 용접에서 같은 직경의 스테드 용접을 한다면 18kJ 의 에너지가 필요하다.

용접 용융층이 얇고 고르므로 작업물의 변형도 최소화 된다. M16 스테드 인장 시험에서 알곤 또는 알곤+18%CO<sub>2</sub> 가스를 사용한 용접 결과는 약 560kN 이다. 이상의 실험에서 SRM 스테드 용접법은 M12 보다 큰 직경의 스테드 용접에 대해서도 경제적이 될 수 있다고 하겠다.

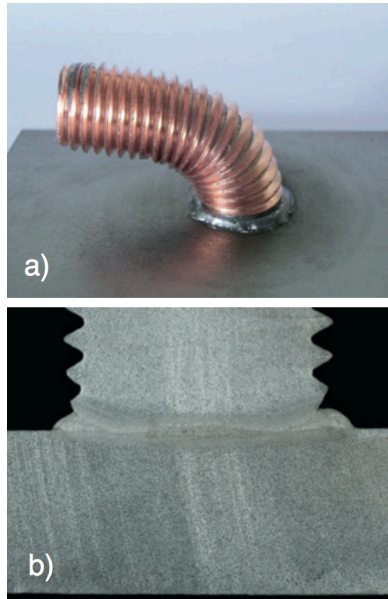


그림 8. S235 소재 M16x60 스테드의 SRM 용접결과  
 a) 60° 이상의 굴곡 시험에서 이상없음.  
 b)얇은 용융층을 보여줌.  
 중앙부가보호가스 영향으로 약간 증가함.  
 용접조건 : 전류 1.170A, 용접시간 220ms, 리프트 2.8mm, 침투깊이 0.6mm, SRM 자장 1100mA, 용접에너지 6.0 KJ, 보호가스 M21- ArC- 18

**높은 신뢰도. 천정용접. 수평용접 모두가능**

SRM 용접법의 특별한 이점은 특히 수직 벽 같은 곳에도 가능하다는 것이다.

그림 10 은 M16 스테드를 M21- ArC- 18 보호가스 사용 SRM 스테드 용접한 사진들 이다. 그림 10a 에서 SRM 으로 상부의 용접 비드 형성이 잘 되어 있는 것을 본다. 굴곡 시험도 합격이다. 그러나 그림 10b 는 SRM 자장 없이 다른 조건은 같게 하여 용접한 결과로서 상부의 비드 형성이 불안전함을 보여 준다. 이는 굴곡 시험을 통과 할 수 없다. 용접부 절단면에서 언더컷팅을 볼 수 있다.

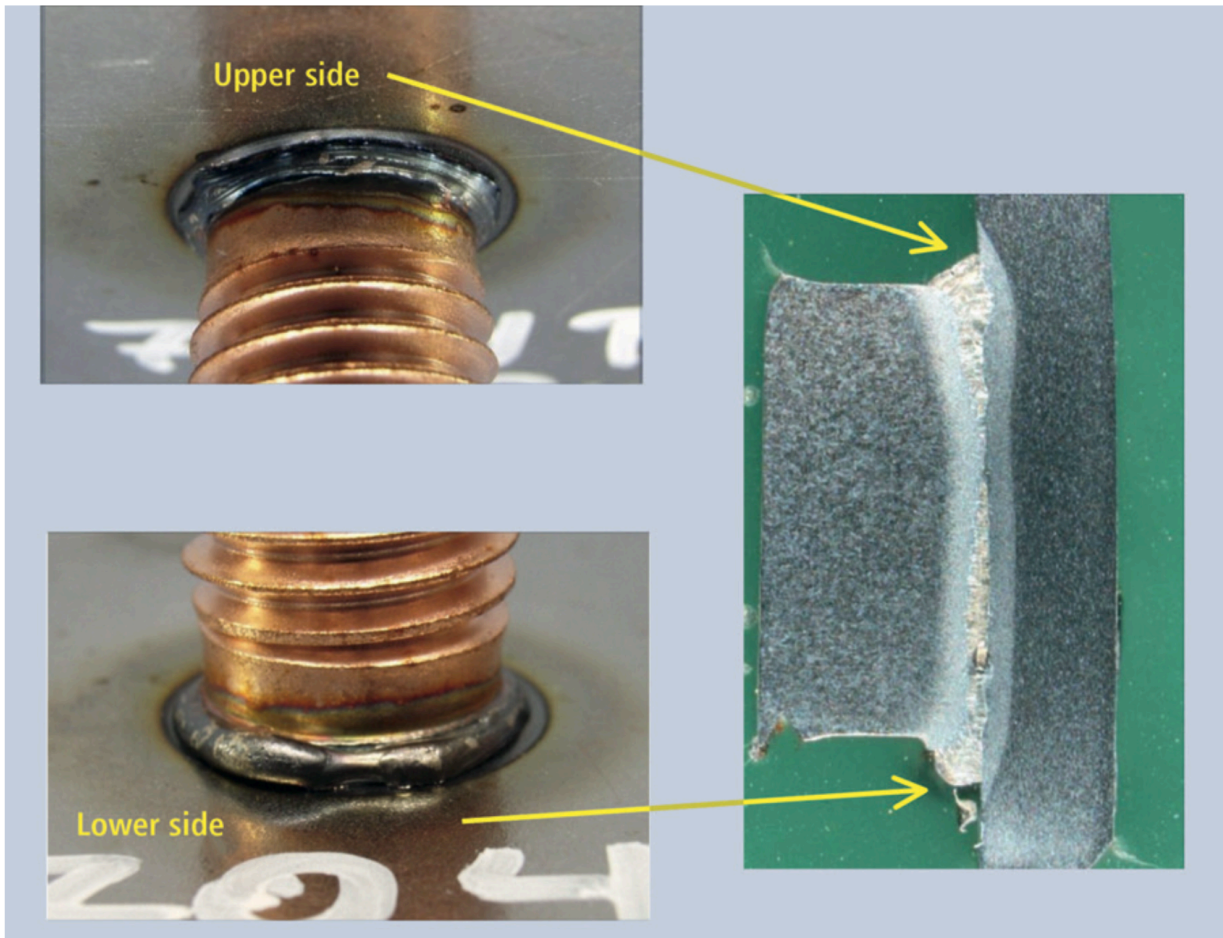


그림 9. M12 스테드를 수평으로 SRM 스테드 용접한 외관 및 단면이다. M21. ArC- 18 가스와 자장치구가 사용되었다. 판재는 비합금 강판. 그림 9 에서 위 와 아래 비드가 유사하게 완전하게 형성 되었음을 본다. 단면에서도 수평용접 이기 때문에 하방 수직용접과 상이점이 있는 것을 발견할 수 없다.

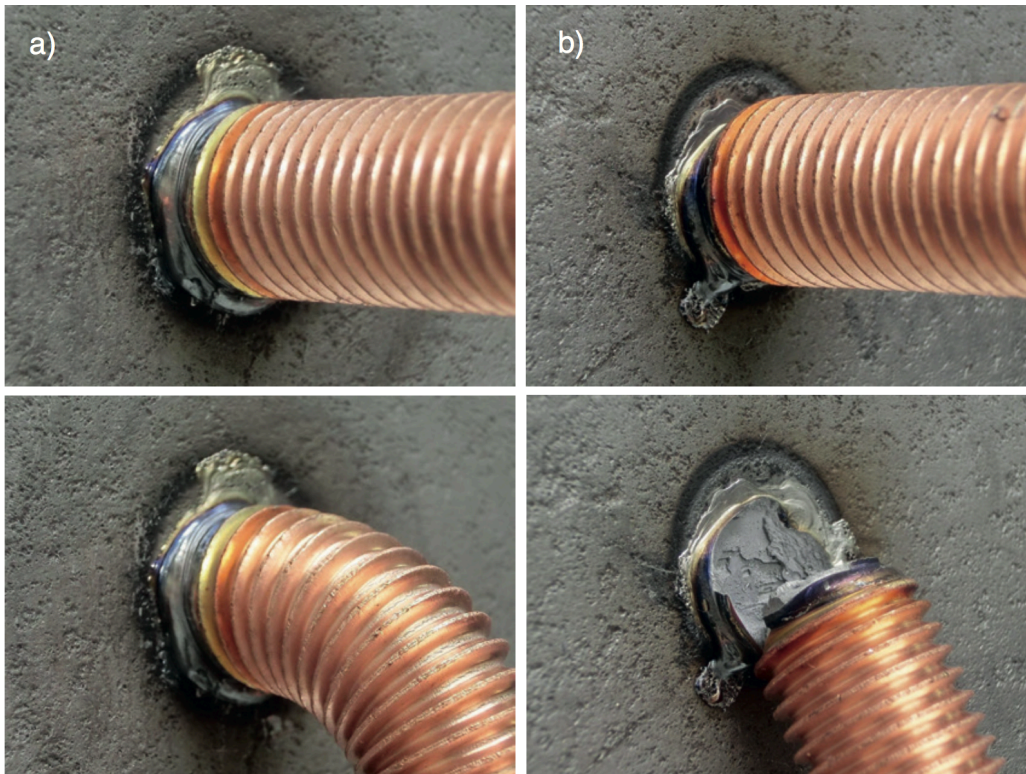


그림 10. S235 소재 M16 스테드를 S355 판재에 수평으로 SRM 스테드 용접한 사진. M21- ArC- 18 가스사용.

a) SRM 사용으로 상부와 하부 모두 비드가 양호함. 60°이상으 굴곡 시험 합격 b)SRM 없이 용접한 경우임. 상부의 비드가 불 완전함. 굴곡 절단부에서 위쪽에 언더컷팅이 있었음을 알 수 있음. 전류 1.380A, 용접시간 200ms, 리프트 2.7mm, 보호 가스 M20- ArC- 10

SRM 용접법은 아크 블로우가 아주 적으므로 작업율이 좋다는 우수성이 있다. 이는 접지를 한쪽으로만 연결해 보는 것으로 확인 할 수 있다.

SRM 스테드 용접법은 그 신뢰성에 있어 기존 스테드 용접법과 같이 사용될 수 있는 기술이다. 자동차 조립에 이를 사용한 초기 수요가 들이 이 기술의 우수한 신뢰성을 입증한다.

**끝없는 기술 발전노력**

스테드 용접에 적합한 비합금 또는 합금 소재의 M12 및 M16 스테드의 우수한 SRM 스테드 용접 작업성은 DIN EN ISO 14555 의 제 규격 조건을 만족 시키고 있다. 이는 굴곡시험, 인장시험, 금속조직으로 증명 되고 있다.

SRM 스테드 용접은 저 에너지 용접 이므로 비드가 고르고 용접 용융층이 고르게 얇게 되는 특징을 갖는다. 대칭 방사 자장은 효과적으로 아크의 블로우 에펙트를 방지 시키고 다양한 용접 방향을 가능하게 하여준다. 보호가스는 순 알곤으로부터 18% CO<sub>2</sub> 까지의 혼합 가스로 M16 까지 SRM 스테드 용접이 가능하다. (비합금 강).

SRM 스테드 용접은 효율적 자장 보호가스 와 그 치구가 있어야 하지만 동시에 제반 용접 조건을 주의 깊게 잘 맞춰야 소기의 목적을 달성 할 수 있다.

SRM 스테드 용접용 치구의 장착은 기존 용접인버터를 사용 하면서도 가능한 경우가 많다. 용접건 또는 헤드에 붙이는 자장보호 가스 치구는 기존 보조 장비에 문제 없이 장착 가능하다.

SRM 기술은 이미 수많은 상을 수상한 혁신적 스테드 용접기술이나 계속 발전해 가야 한다. 보다 큰 구경의 스테드 용접에 대한 연구외에 현재 반복적 부하에 대한 피로 강도 및 진동 부하에 대한 내진 강도에 초점이 맞춰져 있다. SRM 스테드 용접 기술개발 연구는 원천 소재 바이에른 연구 재단의 지원으로 추진되고 있다.

**Literature**

[ 1 ] Cramer, H.; Jenicek, A.: Hubzündungs- bolzenschweißen – neues Verfahren re- duziert Fehler. Metallbau 16 (2005), no. 9, pp. 40- 43.

[ 2 ] N. N.: Research report no. 5105/2000: Schweißen zylindrischer Hohlkörper auf ungelochte und gelochte Bleche mittels magnetisch bewegtem Lichtbogen. Schweißtechnische Lehr- und Versuch- sanstalt SLV München, subsidiary of GSI mbH, Munich 2000.

[ 3 ] N.N.:Researchreportno.5124/2003: Licht- bogenschweißen von zylindrischen Hohlkörpern (Buchsen, Muttern, etc.) mit magnetisch bewegtem Lichtbogen an Alu- miniumwerkstoffen, AiF project no. 12.753. Schweißtechnische Lehr- und Versuch- sanstalt SLV München, subsidiary of GSI mbH, Munich 2003.