

GMAW에서의 트윈 용접의 원리 및 적용 사례

[TWIN ARC WELDING IN GMAW]

이 상진, 김 덕원, 문 효식
대우중공업(주)

I. 서론

용접 구조물의 대량 생산 공정에서 능률의 문제는 전체 원가(COST) 절감을 위해 항상 연구되는 문제이다. 이제는 용접 공정의 발전에 따라 SMAW 공정에서 보다 고능률 공정인 GMAW 공정으로 이행되고 있고, GMAW 공정에서 좀더 효율적인 능률 향상 즉, 고용착 용접 공정과 품질향상을 위한 여러 방안들이 모색되어 지고 있다.

그러나 GMAW에서는 고능률과 외관 품질의 개선 여지가 있음에도 불구하고, 이것이 가지는 아크(TRANSFER MODE)의 특성상 임계 전류치 용접을 하게 되면 아크 이행 형태가 ROTATING SPRAY MODE로 변화되면서 산란 현상이 생겨 제어가 불가능하며 이로 인해 SPATTER가 증가되는 등 용접 공정의 제어가 어려워 적용하기 힘들었다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해 보호가스로써 다원화 가스를 이용하는 TIME PROCESS가 개발되었으나, 혼합 가스의 가격이 고가이고, 다원 가스의 배합 정도가 미치는 영향이 큼으로 실제 다양한 용접선을 가지는 용접 구조물의 양산 제품에는 적용이 어렵다.

또 다른 대안으로 두개의 와이어를 TANDEM방식으로 용접하여 능률을 높이는 방안이 있으나, 이것 또한 기술적인 난관을 가지고 있었다. 그런데, 최근에 기술적 난관을 극복한 두 개의 나선 와이어를 사용하는 TWIN ARC SYSTEM이 개발되었다. 따라서 본 내용에서는 최근 개발된 트윈 아크 용접 기술의 원리와 당사에서 실제 용접 공정에 적용된 사례를 소개하고자 한다.

II. 본론

1. 트윈 아크 용접 기술의 원리

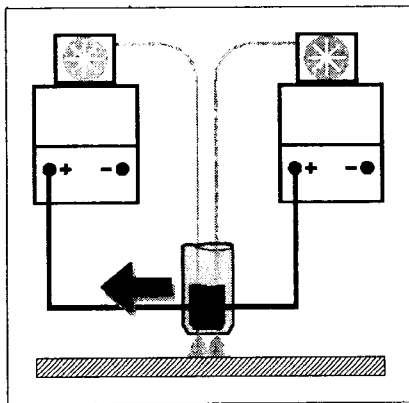


Fig. 1a : Twin-wire with one tip

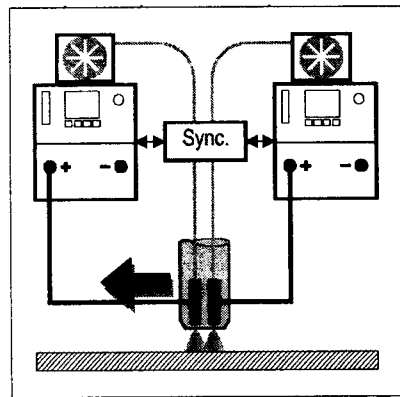


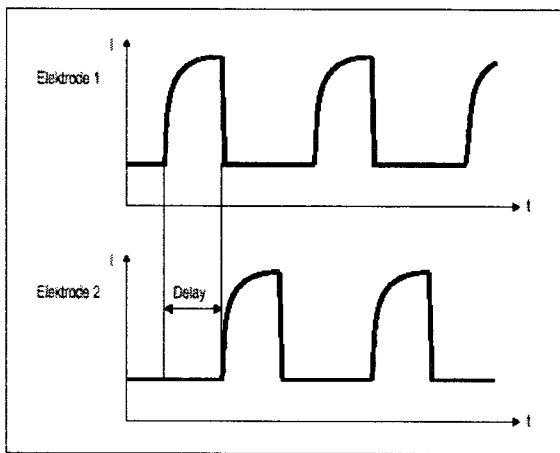
Fig. 1b : Twin-wire with each tip

초기의 두 와이어를 한 개의 용접 토치에서 공급하여 용착 효율을 높이려는 시도는 두 와이어에 용접 전류를 공유하여 각각의 아크를 이용하려는 것으로써 요구하는 효과를 얻는데 실패하였다. 즉, 아크 상호간 자기장의 충돌과 아크의 간섭으로 인해 한쪽의 와이어 전극과 용융풀 사이에서 단락(SHORT-CIRCUIT)이 계속되었고, 이러한 단락은 다른 편의 아크를 소멸시키는 결과를 초래하였다. 이렇게 되면 처음에 단락을 일으켰던 와이어 쪽에서는 전류 밀도가 높아짐에 따라 매우 빠르게 단락 상태를 깨게 되지만, 결국 상당한 량의 스파터를 발생시키고 양측의 아크 모두가 불

안정하며 아크 길이에 있어 용접중 상당한 변화를 초래하였다.

비록 아크 길이를 증대시킴으로써 용접중 스파터 발생과 아크 불안정성을 감소시킬 수 있었으나, 이것 역시 용접 속도의 감소로 인해 소기의 성과를 거둘수 없었다.

이 문제를 해결하기 위해 두개의 서로 절연된 접촉 팁을 사용하는 방식이 사용되었다. 즉, 각각의 전력원과 와이어 송급 장치(일반 와이어 송급보다 정밀한 송급 모터)를 동기화된 콘드를 시스템으로 금속 이행의 시점이 매우 정밀하게 조정될 수 있도록 하였다. 여기서 아크 상호간의 간섭을 배제키위해 용접 전류 제어에 있어서는 스파터가 거의 없고 1 펄스당 1용적의 금속 이행 현상을 행할 수 있는 펄스 제어 방식이 적용되었다. 펄스 기술은 아크의 전력에 관계없이 실질적으로 일정한 크기의 용적을 만드는 것을 가능하게 해준다. 따라서, 펄스 아크는 비철금속 용접에서만 아니라 일반 용접에서 용적(DROPLET)의 제어가 가능하여 스파터가 거의 없는 깨끗한 비드의 형성, HEAT INPUT 저감 측면에서 널리 적용되고 있다. 각각의 와이어에 펄스를 적용하는 트윈 아크 용접에서는 아크의 발생과 소멸이 각각 분리되어 조절될 수 있으므로 두 아크를 짧게 유지할 수 있고, 아크의 길이를 독립적으로 조절할 수도 있다. 따라서 아크가 짧을 때는 용융풀의 크기가 작으므로 유용한 에너지의 나머지는 용접속도로 변환될 수 있다.



마이크로프로세서로 두 와이어 전극의 각각의 펄스를 Base 전류와 Peak 전류가 상호 엇갈리게 발생토록 제어되는 트윈 아크 용접을 촬영한 고속 사진을 비교해 보면 아래 그림과 같다.

Fig. 2 : Adjustable metal transfer from Electrode1 and Electrode2 in pulsed-arc mode

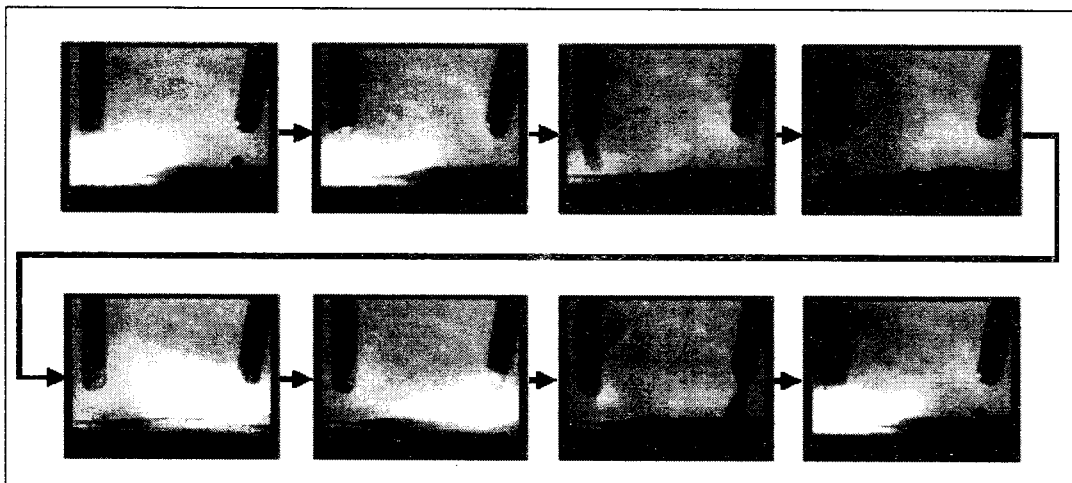


Fig. 3 : Controlled metal transfer in the Twin arc process

통상적인 트윈 와이어 용접에서는 접촉 팁을 공유하므로 전류 분포에 대한 제어가 불가능하므로, 각각의 전극에서 1펄스당 1용적의 금속이행 현상을 보증할 수 없고 하나의 용적을 분리하는데 수회의 펄스가 사용되는 경우도 종종 발생한다. 이것은 결국 용적의 크기를 매우 증대시키며,

불규칙한 금속이행 형태와 스패터량의 증가로 나타나게 된다.

이 트윈 아크 용접에서는 이러한 현상은 나타나지 않는다. 정확한 용적 분리 주기로 인해 일정한 용적 크기를 얻게 되며, 결과적으로 스패터가 적은 용접과 높은 공정 안정성을 확보할 수 있다.

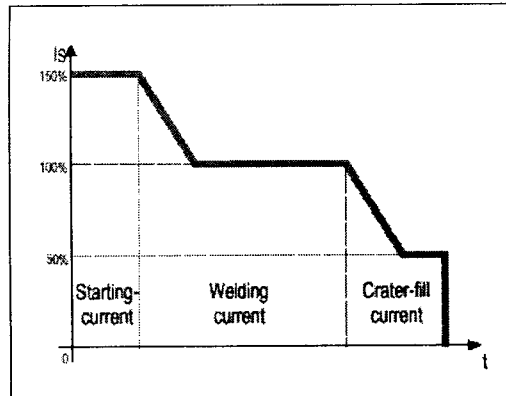


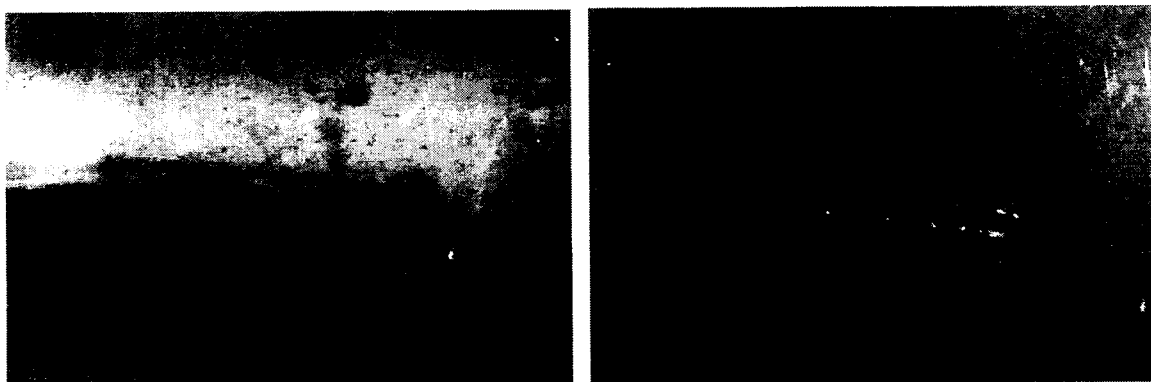
Fig. 4 : Welding program for preventing lack of fusion at the start

트윈 아크 용접에서는 용접 시작부에서의 융합 불량(lack of fusion) 현상을 막기 위해서 더 높은 전력을 투입하고 일단 용융풀에 충분한 열이 발생된 후에는 용접 전력이 원상태로 회복되게 한다. 또한 용접 끝단부에 다다르게 되면 열량의 투입이 누적되면서 과잉의 용융풀에 의해 흘러 넘침 현상이 발생할 수 있으므로, 다시 용접 전력을 좀 더 낮은 상태로 만들어 준다.

이를 위해서는 펄스 용접 전류의 Base 전류, Peak 전류, 주기등을 정밀히 제어할 수 있는 controller가 필요하다.

2. 당사 적용 사례

당사에서 오스트리아 IGM 및 FRONIUS사의 트윈 아크 용접 SYSTEM을 산업차량 CHASSIS 용접에 적용해본 사례는 다음과 같다.



(Before welding)

(After welding)

Fig. 9 : Fillet weld after seal weld in horizontal position on chassis of fork lift truck

위 용접 조건은 다음과 같으며

모재: JIS G3101 SS400, 판두께: 12t(상), 20t(하)

용가재: AWS ER70S-6, 보호가스: Ar 82%, Co₂ 18%

이때 트윈 아크 용접과 일반 용접의 실제 적용 용접 조건을 비교해보면 아래표와 같다.

Table 1. Comparison of welding parameters between twin arc welding and the others

구분	트윈 아크 용접		일반 용접		비고
	ELECTRODE 1	ELECTRODE 2			
와이어 직경	Φ1.2	Φ1.2	Φ1.2	Φ1.4	
와이어 송급 속도	10m/min	8m/min	12m/min	12m/min	
사용 전압	31V	30V	32V	35V	
사용 전류	225A	200A	256A	380A	
이론 용착량/h	9.59Kg/h		6.39Kg/h	8.70Kg/h	

위의 표에서 트윈 아크 용접을 일반 용접 조건과 비교해보면 와이어 직경 Φ1.2로 용접을 했을 때보다 단위 시간당 용착량이 약 50%가, 와이어 직경 Φ1.4로 용접을 했을 때보다 단위 시간당 용착량이 약 10%가 많은 결과를 볼 수 있다.

그러나 트윈 아크 용접에서는 TORCH의 SIZE가 크고 단순하지 않아 APPROACH에 좋지 않고, ROBOT WELDING에서 SEAM SENSING을 위한 WEAVING시 용접 진행 방향에 제한이 있으며, 용융풀에서의 두 와이어의 간격과 STICK-OUT이 상호 영향을 미칠 수 있는등의 풀어야할 과제 도 함께 갖고 있다.

III. 요약

트윈 아크 용접 프로세스는 GMAW에서 용접 속도를 증대시키는 하나의 이상적인 방법이라 할 수 있다. 이 프로세스에서는 두 개의 전기적으로 분리된 접촉 팁에서 나오는 두 와이어 전극이 하나의 보호가스 분위기에서 하나의 용융풀에 투입되며, 금속 이행 행태와 아크 길이는 각각의 와이어에 대해 독립적으로 제어되어야 한다. 이 프로세스는 용접 조건에 다소 민감한 편이지만 높은 용접 속도(고능률)를 사용하면서도 안정하여, 스파터가 적고 미려한 외관을 가진 용접선을 만들 수 있다. 향후 트윈 아크 용접 프로세스는 자동차 산업, 조선 산업, 엔지니어링 산업, 철도 차량 산업, 보일러 및 용기 제작 산업 등 다양한 용도에 적용될 수 있을 것이다.

IV. 참고 문헌

1. <http://www.fronius.com>(Heinrich Hackl)