

알루미늄 용접을 위한 보호가스

Douglas Steyer* · 전 배 수*†

*프렉스에어 미국, 프렉스에어 코리아

Shielding Gases for Welding Aluminum

Douglas Steyer* and Baesoo Jun*†

*Praxair USA, Praxair Korea

†Corresponding author : Baesoo_Jun@praxair.com

Abstract

In the welding of aluminum, it is important to provide a stable gas shield to exclude not only oxygen, but any sources of hydrogen, from the arc environment. Common sources of hydrogen are humidity in the air around the arc, moisture in the shielding gas, and residual lubricants on the surface of the welding consumable. Since molten aluminum can absorb seventy times more hydrogen than solid aluminum, as the aluminum cools, it releases hydrogen that then becomes trapped in the form of hydrogen bubbles in the solidifying metal

Key Words : Hydrogen, Ionization tendency, activated gas

1. 서 론

알루미늄은 일반적으로 탄소강보다 용접작업이 어려운 편이다. 하지만, 알루미늄의 특별한 특성을 이해한다면, 성공적이고 효과적으로 용접하는데 도움이 될 것이다.

알루미늄의 특별한 성질 때문에 알루미늄 용접시 나타나는 불연속부나 결함은 일반적인 강재 용접의 결함과는 다소 상이하다. 대부분 보호가스는 용접의 불연속부에 대한 규모나 발생빈도에 많은 영향을 미치지만 또한, 용접 불연속부를 최소화하기 위해서는, 용접 전후에 청결상태 유지, 적절한 보호가스의 선택(품질, 구성비), 용접봉 그리고 적절한 용접기의 선택도 충분히 고려되어야만 한다.

용접 시 고온에서 보호가스는 용융지가 산소, 질소 그리고 수분에 노출되는 것을 막아준다. 가스 메탈 아크용접(GMAW) 또는 가스 텅스텐 아크용접(GTAW)에서 보호가스의 주요한 기능 및 영향력은 아래와 같다.

- (1) 용융지를 대기로부터 보호
- (2) 아크 플라즈마(arc plasma)의 생성

(3) 아크 안정화와 금속이행(GMAW)

(4) 생산성

2. 보호가스의 중요성

알루미늄 용접에서는 아크 상태에서 발생하는 수소뿐만 아니라 산소에 노출되는 것을 막아주는 적절한 보호가스의 역할이 상당히 중요하다. 수소발생은 흔히 아크 주위의 습기나 보호가스의 속에 포함되어 있는 수분, 그리고 용접소재 표면에 남아 있는 윤활제 등에 의해 발생된다. 고열에 의해 녹아있는 알루미늄은 고체상태일 때보다 약 70배 더 수소를 흡수하므로, 알루미늄이 용융된 후 다시 응고 및 냉각 될 때 수소는 고체화된 알루미늄 안에서 기포형태로 남게 된다.

2.1 보호가스의 유동 - 층류와 난류

보호가스의 유량은 아크 주위를 둘러싸고 있는 대기로부터 용융지를 보호할 수 있는 충분한 양이 유지되어야 한다. 보호가스의 공급이 적은 유량인 경우는 유체의 속도가 느리게 되고 이 때 가스의 흐름은 질서정연한데 이를 층류(laminar flow)라고 한다. 가스유량이

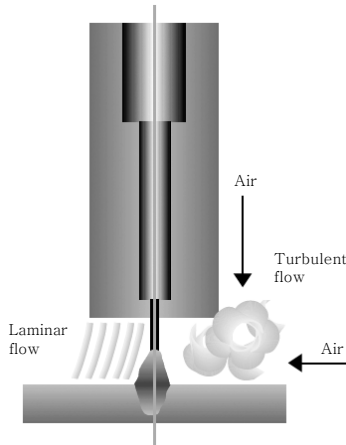


Fig. 1 Laminar and turbulent flow

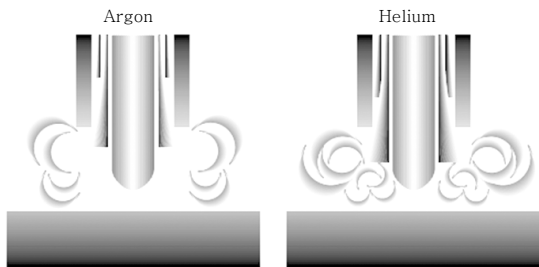


Fig. 2 Flow requirements for argon and helium

크게 되면 유체의 흐름이 혼란스럽게 되어 대기와 섞이게 되는데 이것을 난류(turbulent flow)라고 부른다. 층류와 난류의 형태를 Fig. 1 과 같이 나타내었다.

직경16mm 노즐의 400 A 용 용접토치를 이용하여 여러 번 시험한 결과 보호가스 유량이 14~33 L/min 에서 층류 형태의 보호가스 유동이 나타난다. 가스 유량이 33 L/min 이상일 때 난류형태의 유동이 나타나고 주위 공기와 섞이는 현상이 나타난다. 가스유량이 14 L/min 이하일 경우에는 아크를 보호하기에는 보호가스의 양이 불충분하다.

보호가스와 공기가 불규칙하게 혼합된 상태에서 용접한 경우 외관상으로는 용접비드가 양호하게 보이지만, 모재 표면 아래에 기공이 발생할 수 있다. 일반적으로 용입깊이와 가스유량은 비례하지만, 가스 메탈 아크용접에서 대부분 알곤 가스를 위주로 해서 사용하고, 가스유량이 16~21 L/min 일 때 보호가스에 공기가 혼합되는 것을 막아준다. 아르곤가스에 헬륨가스를 혼합하면 가스유량은 5~7 L/min 더 증가시켜야 한다. 헬륨가스는 아르곤가스 보다 훨씬 가볍기 때문에 용융지를 효과적으로 보호하기 위해서는 보다 더 많은 가스유량을 필요로 한다. (Fig. 2)

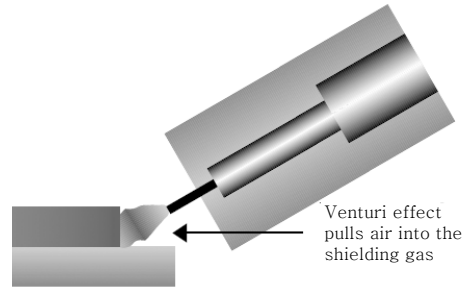


Fig. 3 Air aspiration by the venturi effect can contaminate the shielding gas

2.2 오염(Contamination)

노즐 내에 장착된 팁(Tip) 주위 가스가 확산되는 부분에 스패터가 있다면 보호가스는 분산될 수 있다. 노즐로부터 층류를 만들기 위해서는 가스를 고르게 분포해야 하는데 만약 스패터가 가스의 확산되는 부분 위에 쌓여지면 노즐을 막을 수 있고 가스 유량을 상당하게 줄이게 되며, 또한 노즐로부터 층류가 생성되지 않을 수 있다. 이 문제는 보호가스층에 공기를 흡입시킬 수 있으며 잠정적으로 기공의 원인이 될 수 있다. 노즐의 위치가 적절하지 않을 경우(Fig. 3) 보호가스에 영향을 끼쳐 오염이 될 수도 있으며 용접결함이 발생할 수도 있다.

가스공급장치를 사용하지 않는 동안(휴식시간, 교대 시간 등) 그리고 가스라인에 통기구멍(leak)이 있을 경우 가스배관이 오염이 되어 용접 비드에 기공이나 표면 산화가 발생할 수 있다(Fig. 4)

호스나 배관에서 빠르게 흐르는 가스는 통기구멍 부위를 지날 때 압력이 떨어지는 원인이 되며, 이는 공기를 가스 배관이나 호스에 유입시킬 수 있는데, 공기가 유입되면 보호가스는 오염될 수 있다.

3. 아크 플라즈마

보호가스는 아크 플라즈마(Arc Plasma)를 생성하는데 도움을 주며, 모재와 전극 사이에 용접전류를 운반하는 전자나 이온화된 원자 등 전하(electric charge)의 발생에 도움을 준다. (Fig. 5)

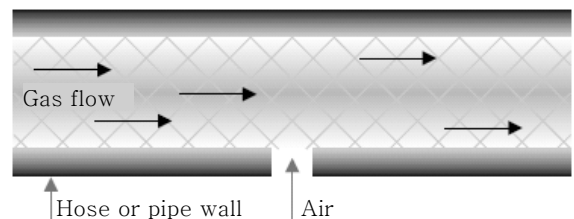


Fig. 4 The Venturi effect

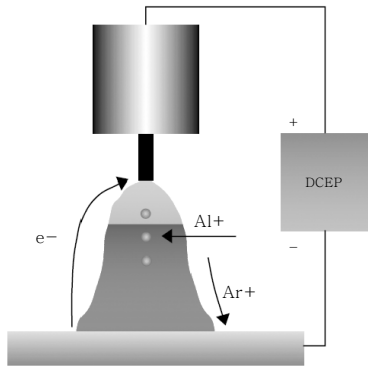


Fig. 5 Transfer of current across the arc plasma

Table 1 Selected shielding gases and ionization potentials

Gas	Characteristics	Ionization Potential (ev)
Ar	Totally inert	15.76
He	Totally inert	24.59
O ₂	Highly oxidizing	13.62
CO ₂	Oxidizing	13.77
N ₂	Generally inert	14.50

이온화된 가스는 정상적인 가스와 다른 면을 보인다. 특히 전류를 운반할 수 있으며, 아크 주위를 둘러싸고 있는 자기장에 의해 영향을 받는다. 보호가스는 또한 아크 플라즈마의 안정성에 영향을 끼친다.

이온화 경향이 큰 알곤가스는 쉽게 아크를 발생하는데 도움을 주며, 매우 안정적인 아크를 생성하게 한다.

아르곤가스보다 상대적으로 이온화 경향이 어려운 헬륨가스는 아크를 발생시키기 위해 많은 에너지를 필요로 하게 되며 결국에는 모재에 전달되는 아크 안에 있는 총 에너지량을 증가시키게 된다. 용접에 주요하게 사용되는 보호가스에 대한 특성 및 이온화 경향에 대해서는 Table 1과 같다.

4. 보호 가스

4.1 아르곤

순수 아르곤가스는 TIG와 MIG s알루미늄 용접에서 가장 많이 사용되는 보호가스이다. 아르곤가스를 사용하게 되면 아크 발생이 용이하며 아크 안정성이 우수하며 비드가 생성되는 모양을 조절할 수 있다. 하지만, 열전달이 매우 부족하기 때문에 아르곤가스로 알루미늄 용접을 할 때 몇 가지 심각한 문제가 발생할 수 있다. 그 중 가장 심각한 문제는 기공과 용입부족 현상이 발

생하는 것이다. 아르곤가스로 기공의 발생을 억제하여 양호한 용접결과를 내기 위해서는 아르곤가스의 순도는 최소 99.995% 이상 되어야 한다. 그리고 가스 호스나 공급 장치에 아무런 통기구멍이 없어야 하며, 아르곤가스 전용 설비를 갖추는 것이 좋다. 보호가스의 오염으로 발생하는 대부분의 품질 문제는 호스나 배관의 통기구멍에서 흡입되는 수분에 의해 발생된다.

4.2 아르곤-헬륨 혼합가스

아르곤가스의 효과를 더 증가시키기 위해서 흔히 헬륨가스를 아르곤가스에 혼합한다. 아르곤-헬륨 혼합가스는 아르곤가스의 낮은 열전달율을 보완하여 열전달율이 상승되게 한다. 열전달율이 상승되면 아크 에너지가 증가되어 알루미늄과 6mm 이상되는 두께의 알루미늄 합금 용접에 이상적인 보호가스가 된다. 열전달율이 상승됨으로 얻을 수 있는 중요한 장점은 천천히 냉각되기 때문에 기공발생이 감소하며, 용입부족 결함이 감소 그리고 용융지가 더 묽기 때문에 잠정적으로 용접속도가 증가 된다. MIG 용접 시, 보호가스로 아르곤가스만 사용하다가 아르곤-헬륨 혼합가스로 변경할 경우 작은 방울 형태로 용융지를 채워나가는 용접이 되어 스패터를 발생시키지 않는 스프레이(Fig. 6) 이행 용접을 가능하게 한다. 여기서 주의할 점은 아크를 지속적으로 안정되게 유지하기 위해서는 아크 전압과 가스 유량을 높여 주어야 한다.

아르곤가스에 혼합하는 헬륨가스의 양은 일반적으로 헬륨가스의 부정적인 영향(아크 발생 저하, 스프레이 이행 성질 저하)으로 제한된다. MIG 용접에서는 헬륨가스의 성분이 금속이행을 일정하지 않게 함에 따라 대량의 스패터를 발생 시킬 수 있다. 일반적으로 용접풀이 더 뜨겁고 묽어 짐에 따라 용입이 보다 더 깊게 되지는 않지만 넓게 용입이 될 수 있다.(Fig. 7)

헬륨가스는 일반적으로 TIG 용접에서 아크의 안정성

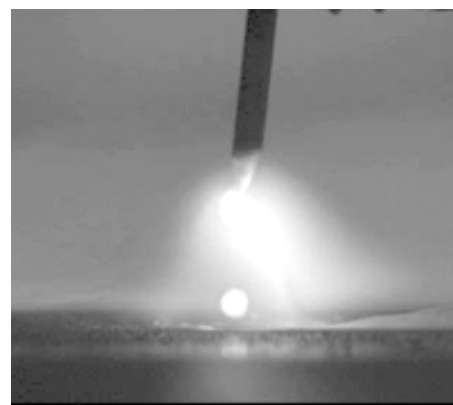


Fig. 6 Spray metal transfer

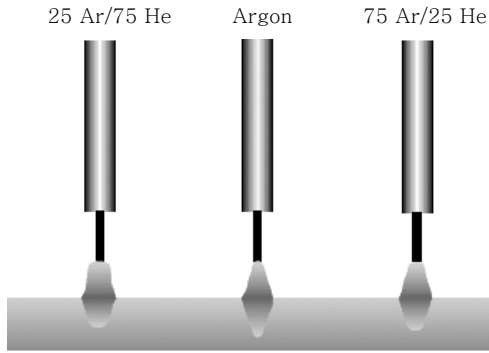


Fig. 7 Effect of helium on weld penetration

을 떨어뜨리며, 아크 생성이 용이하지 않게 한다. 이러한 문제들은 특별히 AC 용접기를 사용할 때 더 많이 발생한다. 비용과 이익을 고려한다면, 알루미늄 용접용 보호가스로 가장 일반적인 혼합가스는 아르곤가스에 헬륨가스를 25~30% 섞어주는 것이다.

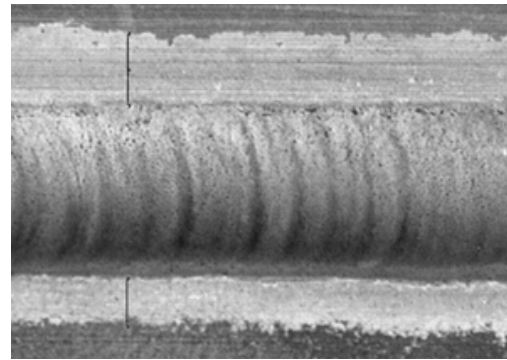
4.3 첨가 보호가스 - 질소화합물

한 실험에서 순수 아르곤가스에 첨가하여 알루미늄 용접의 효과를 개선시킬 수 있는 가능한 가스는 N₂, NO, NO₂ 등이 발표되었다. 이런 혼합가스에서 제일 먼저 볼 수 있는 효과는 TIG 알루미늄 용접에서 교류(AC) 아크를 안정시킬 수 있는 것이다. 200~400 ppm 이나 그 이상의 질소 성분은 아크의 안정성을 개선시키며 청정영역(cleaning zone)을 감소시키고 그리고 일반적으로 용입을 개선시킨다.

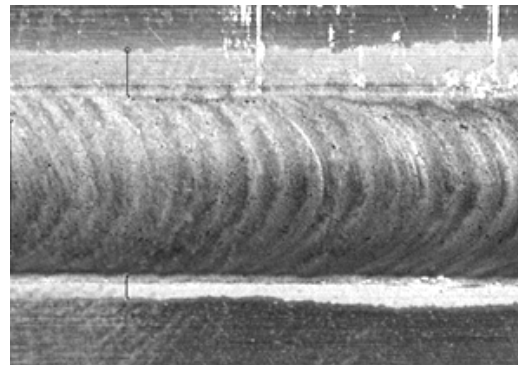
Fig. 8에는 순수 아르곤 가스와 질소가 첨가 된 혼합가스를 사용했을 때의 용접 비드로써 각 가스의 차이점을 볼 수 있다. 펄스 MIG 용접에서도 똑같은 아크 안정성 개선을 볼 수 있다.

TIG나 MIG 용접에서 ppm 단위의 질소성분을 첨가하여 얻을 수 있는 이점은 아크 안정성, 열집중력 향상, 얇고 부드러운 비드형성, 깊은 용입, 기공발생 감소 그리고 텅스텐 전극용 수명 연장이다. 어떨 때는 질소 첨가물의 효과는 헬륨가스와 비슷하다. 전반적으로 용입이 증가되고, 기공이 감소되며 뿐만 아니라 불완전용융(Fig. 9) 이 줄어든다. 하지만 헬륨가스는 아크안정성을 오히려 개선시키지 못한다.

알루미늄 용접에서 아르곤-헬륨 혼합가스에 질소-산소 성분이 추가 된 보호가스에서 또 다른 개선되는 효과를 볼 수 있다. 아르곤-헬륨 혼합가스를 사용하여 알루미늄 용접을 할 경우 아크 안정성이 떨어지는데, 여기에 200~500 ppm 정도의 질소-산소 성분을 첨가시켜주면 아크 안정성 문제를 개선시킬 수 있다. 더욱이, 용입 집중도도 개선된다. 아르곤 가스에 30~50% 헬



(a) Argon



(b) Nitrogen added mixture

Fig. 8 Cleaning zone

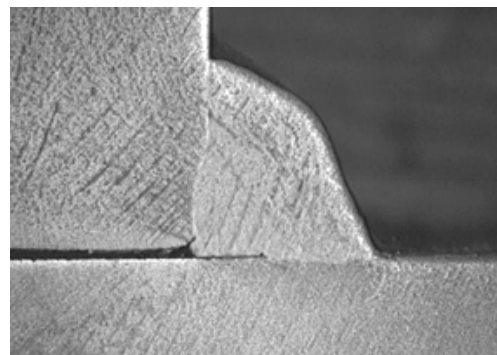


Fig. 9 Example of lack-of-fusion

륨가스 그리고 150~300 ppm 질소-산소 성분 첨가된 혼합가스는 질소성분이 첨가되지 않은 혼합가스를 사용할 때 보다 약 20% 정도 용접속도가 빨라지고 용접품질은 비슷하거나 더 나은 결과를 볼 수 있다..

4.4 첨가 보호가스 - 활성 가스

산소(O₂)나 이산화탄소(CO₂)와 같은 반응성 가스들도 가스 메탈 아크 알루미늄 용접용으로 아르곤가스에 첨가될 수 있다. 약1000 ppm(0.1%) 까지 알루미늄 용접에서 사용되는데, 1000 ppm정도 첨가 되었을 때,

가스 텅스텐 아크용접 시, 텅스텐 전극봉의 침식이 염려되지만, 주로 용접전류에 의해서 텅스텐 전극봉의 침식이 발생된다. 최근에, MIG 알루미늄 용접에 300~500 ppm 산소를 아르곤이나, 아르곤-헬륨 혼합가스에 첨가하는 것이 사용되고 있다. 이 혼합가스는 아크 발생 용이, 아크 안정성 개선 그리고 기공 감소 및 용접결함 감소의 효과를 볼 수 있다. 특히, 아르곤-헬륨-300ppm 산소 혼합가스는 아크 안정성이 뛰어나며 손가락(finger)모양의 용입현상을 평탄(flat)한 비드모양으로 형상을 개선시킨다. 또한 틈새 연결(gap bridging) 능력도 좋아진다.

순수 알루미늄에 직류(DC) 가스 텅스텐 아크용접을 할 경우 산소, 이산화탄소 또는 NO 가스를 첨가하면 용입증가 및 안정성 개선에 탁월한 효과를 볼 수 있다.



- Douglas Steyer
- 1961년생
- Director of Praxair Welding Center
- Metal Transfer with shielding gas
- e-mail : douglas_steyer@Praxair.com

300 ppm 정도의 산소나 이산화탄소를 첨가할 때 용접품질은 좋아지고, 텅스텐 수명에도 부정적인 영향을 끼치지 않는다.

5. 요약

보호가스의 성분구성은 특별한 적용대상이나 목표로 하는 용접결과를 위해 선택해야 한다. 모재의 종류, 두께, 요구되는 비드 모양, 용접속도, 그리고 요구되는 용접품질 등 이 모든 것이 혼합가스 성분 구성의 선택에 영향을 미친다.

적절한 가스 공급 장치와 적절한 가스 유량으로 공급되는 최적 품질의 보호가스는 용접품질이 뛰어나며 용접결함을 발생시키지 않게 된다.



- 전배수
- 1974년생
- Welding Engineer of Praxair Korea
- Cost Saving with CO₂/Ar mix
- e-mail : Baesoo_Jun@Praxair.com