

용접작업 안전대책



I. 용접의 개념

금속과 금속을 충분히 접근시키면 이들 사이에는 뉴턴의 만유인력에 따라 금속 원자 간에 인력이 작용하여 서로 결합하게 된다. 이 결합을 이루려면 원자들을 10nm 정도 접근시켜야 하는데 이와 같은 일은 평상시에는 일어나지 않는다. 그 이유는 보통 조건에서는 금속표면에 산화막이 존재하여 원자간 결합이 안 되며, 또한 원자 간의 인력이 작용할 만큼 가까이 할 수가 없기 때문이다. 즉 금속표면이 평활하게 보여도 확대해보면 울퉁불퉁하고 공기와 접촉한 면은 산화막으로 덮여있기 때문이다. 이런 방해작용을 줄이고 접근시켜 두 금속을 접합시키는 과정을 넓은 의미의 용접(Welding)이라고 할 수 있다. 따라서 일반적으로 용접이란 접합하고자 하는 두 개 이상의 물체(주로 금속)의 접합부분에 존재하는 방해 물질을 제거하여 결합시키는 과정이라고 할 수 있는데 주로 열로 두 금속을 용융시켜 이 작업을 수행하게 된다.

금속을 접합하는 방법은 크게 두 가지로 기계적 접합과 금속학적 접합법으로 분류한다. 기계적 접합이란 접합면에 국부적인 소성변형(塑性變形)을 주는 것으로 볼트이음, 리벳이음, 가열 끼우기 등이 있으며, 금속학적 방법(또는 야금학적 방법)이란 접합면에 열 같은 에너지를 가하여 국부적으로 용융(용융)

시키던지 또는 금속원자의 열확산을 촉진시키는 방법으로 용접은 대부분 이 방법에 속한다.

용접작업에 필요한 구성요소는 용접의 종류에 다소 차이는 있으나 ①용접대상이 되는 재료(모재), ②열원(가열열원으로 가스열이나 전기에너지를 주로 사용하고 화학반응열, 기계 에너지, 전자파에너지 사용), ③용가재(용합에 필요한 용접봉이나 납 등), ④용접기와 용접기구(용접용 케이블, 홀더, 토치, 기타 공구 등) 등이 필요하다.

II. 용접방법의 종류

1. Arc Welding(AW, 아크용접)

아크용접이란 전극과 모재의 표면 사이에 발생하는 전기적 아크와 열에 의해 두 금속이 접합(Coalescence)하는 과정이다. 아크용접을 이해하기 위해 아크의 개념에 대해 알아보자.

아크란 용접봉과 모재 사이에 전압을 걸고 용접봉 끝부분을 모재에 살짝 접촉시켰다가 떼는 순간에 불꽃 방전에 의해 원호(Arc) 모양의 청백색의 강한 빛을 내는 부분을 말한다. 아크의 중심부에 있는 지름이 작고 백색에 가까운 아주 밝은 부분을 아크중심이라 하며 이 부분의 길이를 아크길이(Arc Length)라 하며, 이 중심부위를 둘러싼 담홍색부분을 아크

기둥(Arc Column)이라 하고 그 외부를 둘러싼 불꽃을 아크불꽃이라 한다.

이 아크를 통하여 강한 전류(약 10~500A)가 흐르며 이 강한 전류가 금속증기나 그 주위의 각종 기체 분자를 해리하여 양이온과 전자로 해리시켜 양이온은 음극으로 전자는 양극으로 끌려가게 된다. 이 아크의 전류는 강한 열(5000℃)을 발생시키고 이 열에 의해 용접봉은 녹아서 금속증기 또는 용적(熔滴, Globule)이 되며, 동시에 모재도 녹아서 용융지(熔融池, Molten Weld Pool)를 형성한다. 용접봉의 금속증기 또는 용적이 용융지에 흡착되어 모재의 일부와 융합하여 용접금속(熔接金屬, Welding Metal)을 형성한다.

따라서 아크용접에서는 모재와 용접봉이 각기 전극의 역할을 하게 되는데 모재와 용접봉 중 어느 것이 각각 양극 또는 음극이 되는가와 모재와 용접봉의 성질에 따라 용접의 성능이 달라진다. 아크용접에 있어서 직류전원을 사용한 경우를 직류용접(DC Arc Welding)이라 하고 교류 전원을 사용한 경우를 교류용접(AC Arc Welding)이라 한다.

아크를 발생시키는 전원은 직류와 교류를 다 사용할 수 있다. 직류인 경우 양극(+)극에 발생하는 열량이 음극(-)에 발생하는 열량보다 훨씬 많다. 그 이유는 전자가 음극에서 양극으로 흐르기 때문(전류는 양극에서 음극으로 흐르고 전자는 이와 반대)에 전자의 충격을 받는 양극에서 발열량이 많다. 따라서 용접봉을 연결할 때 전원을 고려하여야 한다. 그러나 교류인 경우 양극과 음극이 주파수에 의해 바뀌므로 발생하는 열량은 각 극에서 거의 비슷하다.

직류(DC)전원을 사용하는 경우 용접봉을 음극에, 모재를 양극에 연결한 경우를 직류 정극성(直流正極性, Direct Current Straight Polarity, DCSP)이라 하는데 이 경우는 용접봉의 용융이 늦고 모재의 용입(Penetration)이 깊어진다. 반대로 용접봉을 양극에, 모재를 음극에 연결한 경우를 역극성(直流逆

極性, Direct Current Reverse Polarity, DCRP)이라 하는데 이때는 용접봉이 전자의 충격이 더 세므로 용접봉의 용융속도가 빠르고 모재의 용입이 얇아지게 된다. 따라서 극성이 유해물질 발생에 영향을 미치는 한 인자가 된다.

이 아크용접은 전극, 플럭스(Flux), 피복가스, 기타 장비에 의해 여러 가지 종류로 구분된다. 전극은 비피복선(非被覆線, Bare Wire)을 사용하거나 Flux 물질로 약하게 또는 강하게 피복 되어진 것을 사용한다. 비피복 전극(Bare Wire Electrodes)은 가격이 싸나 용접이 잘되지 않고 유지하기가 힘들므로 잘 사용하지 않는다. 때로는 사용 전 산화를 방지하기 위해 flux 대신 용가재(Filler Material)에 구리를 코팅시키기도 한다.

아크용접을 하기 위해서는 다음과 같은 장치가 필요하다.

- ① 용접기 - 아크 용접의 열원으로 직류와 교류용접기가 있다.
- ② 용접용 전선(Welding Cable) - 전원에서 용접기까지 연결하는 1차전선(교류인 경우)과 용접기에서 홀더나 모재까지 연결하는 2차전선이 있다.
- ③ 용접봉 홀더(Electrode Holder) - 용접전류를 케이블에서 용접봉으로 전하는 기구로 용접봉 끝부분을 물게 되어 있다.
- ④ 접지클램프(Ground Clamp)와 커넥터(Connector) - 접지클램프는 용접기와 모재를 접속하는 것으로 저항열을 발생시키지 않도록 해야 한다. 커넥터는 길이가 긴 용접용 전선을 이어서 사용할 때 연결하는 장치이다.
- ⑤ 핸드실드와 헬멧 - 용접작업 중 발생하는 자외선·적외선 및 스파터로부터 눈, 얼굴, 머리를 보호하는 장비로 손잡이가 달려있는 것을 핸드실드(Hand Shield)라 하고 머리에 착용하는 것을 헬멧이라 한다. 이 핸드실드와 헬멧에는

차광렌즈가 끼워져 있다.

- ⑥ 차광렌즈(Filter Lens) : 용접 중 자외선·적외선으로부터 작업자의 눈을 보호하기 위한 것으로 렌즈의 번호가 높을수록 차광량이 많다. 대개 2번은 연납땜에, 3~4번은 경납땜 작업시, 4~6번은 가스용접 및 절단에, 보통 전기용접에는 10~12번이 사용된다. 차광렌즈 바깥쪽에는 차광유리가 스펀더에 의해 손상되지 않도록 유리가 끼워져 있다.
- ⑦ 용접보호 장비로는 슬랙을 제거하기 위한 슬랙해머, 와이어브러쉬, 치수를 재는 용접지그(Welding Jig) 등 여러 장비가 있다.
- ⑧ 작업자를 보호하기 위한 용접장갑, 발땀개, 앞치마 등이 있는데 이들 중에는 석면제품이 많으므로 유의하여야 한다. 인근 작업자를 보호하기 위한 차광막도 필요하다. 또한 국소배기장치가 필요하다.

가. Shielded Metal Arc Welding(SMAW, 피복아크용접)

피복아크용접은 압력을 가하지 않는 용접의 가장 흔한 형태로, 피복금속아크용접, 막대용접(Stick Welding or Stick Rod Welding), 전기용접, 전극용접(Electrode Welding, or Coated Electrode Welding), 또는 수동금속아크용접(Manual Metal Arc Welding)이라 불리기도 한다. 이는 피복제를 바른 용접봉과 모재사이에서 전기아크에 의해 발생되는 열을 이용하여 용접하는 방식으로 용접회로는 전원(직류, 교류 모두 가능), 전극 케이블, 용접봉 홀더, 피복아크 용접봉, 모재(피용접물), 접지케이블로 이루어져 있다. 직류인 경우 전압은 대개 10~50V이며 이 때 전류는 2000A까지 올라갈 수도 있다.

용접봉은 용접 모재 사이의 틈을 채우기 위하여 필요하며 용가재(Filler Metal)라고도 하며 또한 모재와 용접봉사이의 아크를 발생시키는 전극의 역할

을 하므로 전극봉(Electrode)이라고도 한다.

용접봉을 분류하는 방식은 여러 가지다. 모재의 재질에 따라 연강용(탄소강), 저합금강용(고장력강), 스테인레스강용, 구리합금용, 주철용, 특수용도(내마모성용, 내균열성용, 표면경화용)로 구분할 수 있는데 대개 모재와 같거나 비슷한 금속합금으로 되어 있다. 주요 세 종류는 ①셀룰로이계(Cellulosic ; TiO₂, Sand, Magnesium Silicate), ②금홍석계(Rutile ; TiO₂, CaCO₃, Cellulose), ③베이직계(Basic ; CaCO₃와 Fluoride가 고함량)가 있다. 또한 용접부 보호방식에 따라 가스발생식(피복제 성분이 주로 셀룰루스며 연소하여 가스를 발생하여 용접부를 보호), 슬랙생성식(피복제 성분이 주로 규사, 석회석 등 무기물로 슬랙을 형성해 용접부를 보호), 반가스발생식(가스발생식과 슬랙생성식의 중간방식)으로 구분할 수도 있다.

피복 용접봉은 금속심선의 주위에 여러 가지 기능을 가진 유기물, 무기물 또는 그 혼합물을 피복한 것으로 피복제는 적당한 고착제를 사용하여 심선에 도포한다. 피복제는 아크열에 의해 분해되어 아크를 안정하게 하고, 가스(CO₂, CO) 또는 슬랙을 발생시켜 용융 금속이 대기 중의 산소나 질소와 접촉하는 것을 막아 산화 및 질화를 방지하며(중성 또는 환원성 분위기를 만들), 적당한 화학반응에 의하여 용접 금속은 정련 된다. 또한 필요한 합금 원소를 심선이나 피복제에 첨가함으로써 좋은 용착 금속을 얻을 수 있다. 비 피복 용접봉(Bare Electrode)을 사용하면 가스 실드가 형성되지 않으므로 공기가 침투하여 건전한 용착금속을 얻을 수 없고 아크도 안정화되지 않는다.

용접부의 차폐 분위기(Shielding Atmosphere; 통상 '실드'라 함)는 용제(Flux)라고 불리는 피복제의 분해로 인해 생성된다. 용가재는 금속심선(金屬心線, Metal Core Wire) 또는 피복제에 포함된 금속 입자에 의해 공급되어진다.

따라서 아크의 차폐(실드)는 ①아크 속에서의 용융금속과 용융지의 공기접촉을 막고, ②용접금속의 성긴 구조를 정련하기 위한 제거제 또는 항산화제 역할을 하며, ③용융지와 고형화된 용접부에 Slag Blanket을 형성한다. ①, ③ 기능에 의해 공기로부터 산소와 질소의 유입을 막아 산화물과 질화물의 형성을 막는다. 후에 슬랙은 손이나 공기 해머에 의해 제거한다.

피복아크 용접에서 유해인자를 파악하기 위해서는 반드시 용접봉과 피복제의 성분을 확인하여야 한다. 용접봉의 분류는 용접봉에 씌어있는 번호로 한다. 우리나라에서 피복아크 용접봉의 분류는 KS D 7004에 규정되어 있는데 이는 피복제의 종류, 사용 전류, 용접자세에 따라 분류되고 있다.

저 수소 용접봉(Low Hydrogen Electrode)에는 탄소, 망간, 실리콘, 크롬, 니켈, 몰리브덴, 바나듐 등의 금속과 더불어 탄산칼슘-불화칼슘(CaCO_3 - CaF_2)이 첨가되어 있다.

기존의 연구에 의하면 저 수소전극에서 발생하는 흠의 9%가 불소라고 보고되었으며 이 불소 중 10~22%가 수용성이라고 하였다. 다른 연구에서는 피복제의 함량과 심선의 두께에 따라 불소가 총 흠의 20%까지 차지할 수 있다고 하였다. 수용성 불소가 되는 작용은 확실치는 않으나 불화칼슘이 아크 속에서 분해되어 SiF_6 를 형성하고 이것이 수증기가 존재하는 상태에서는 HF가 된다고 추측하고 있다.

나. Gas Tungsten Arc Welding(GTAW, TIG, 가스 텅스텐아크용접)

피복아크용접이 많은 철금속의 용접에 효과적이기는 하지만 알루미늄, 마그네슘이나 다른 반응성이 큰 금속의 용접에는 부적당하다. 이를 위해 1930년대에 아크 환경을 산소나 수소의 침입으로부터 보호하기 위하여(이를 Blanket이라는 용어를 사용하고 있는데 담요로 덮는 것과 같은 역할을 한다고 해서 그런

용어를 사용함) 고온에서 금속과 반응하지 않는 불활성가스(Ar, He 등)를 공급하여 용접하는 방법이 도입되었다. 이 방법을 불활성가스 아크 용접(Inert Gas Arc Welding)이라 하는데 여기에는 ①비소모성 전극인 텅스텐 봉을 사용하는 가스 텅스텐 아크 용접(Gas Tungsten Arc Welding ; GTAW 또는 불활성 가스 텅스텐 아크 용접(Inert Gas Tungsten Arc Welding ; TIG)이라고도 함)과 ②소모성 전극인 비피복 금속 용접봉을 사용하는 가스 금속 아크 용접(Gas Metal Arc Welding ; GMAW), 일반적으로 GTAW는 0.6~3mm의 얇은 판에, GMAW는 3mm 이상의 두꺼운 판에 사용되며 후자가 전자에 비하여 효율이 높다. 이 절에서는 GTAW를 설명하고 다음절에서 GMAW를 설명한다.

가스텅스텐 아크 용접에서는 비소모성인 텅스텐 전극과 모재 사이에 아크가 형성되며 텅스텐 전극주위로 불활성 가스인 알곤(우리나라 많이 사용)이나 헬륨이 주입된다. 용가재는 용접봉의 형태로 불활성 가스 실드 보호막 속으로 별도로 공급된다. 위에 설명한 피복아크 용접에서는 용접봉이 전극의 역할을 하는데 비해 가스텅스텐 아크 용접에서는 텅스텐이 전극의 역할을 하며 용접봉은 단지 용가재의 역할만 하므로 전류가 흐르지 않는다. 이 용접장비에는 전기, 냉각수와 가스가 공급되고 적절히 제어하는 장치가 있어야 한다. 이는 연기 또는 용접 매연이 없어 시야를 가리지 않고 용융지가 깨끗하다.

텅스텐 봉은 순 텅스텐봉과 방사능을 발생할 수 있는 토륨(Thorium)이 1~2%함유된 토륨 텅스텐 봉이 사용되는데 토륨텅스텐 봉은 전극온도가 낮아도 전류용량을 크게 할 수 있다. 산업 보건학적으로 이 전극이 사용될 때 방사선 물질인 토륨이 발생할 수 있는 가능성이 있지만 연구결과 공기 중 농도는 매우 낮은 것으로 조사되었다.

가스 텅스텐 아크 용접도 직류와 교류 전원 모두를 사용할 수 있으며 직류인 경우 피복아크 용접처럼 정

극성과 역극성이 정의된다. 정극성에서는 전자가 전극에서 모재로 흐르므로 모재에 강하게 충돌하여 깊은 용입을 일으킨다. 전극은 속도가 느린 가스 이온과 충돌하므로 그다지 발열하지 않으며 지름이 작은 전극에서도 큰 전류를 사용할 수 있다. 역극성에서는 전자가 전극으로 흐르고 가스이온이 모재 표면에 넓게 충돌하여 모재의 용입은 넓고 얇게 된다. 이때는 전극이 과열되므로 지름이 큰 전극을 사용한다.

가스 텅스텐 아크용접은 비소모성 전극을 사용하며 불활성 가스만을 사용하므로 비소모성 불활성가스 아크용접(Nonconsumable Inert Gas Arc Welding), TIG(Tungsten Inert Gas Welding) 또는 헬륨아크용접(Helium Arc Welding), 알곤 아크용접(Argon Arc Welding)이란 용어가 사용된다.

가스텅스텐 아크용접 장치는 용접토치, 제어장치, 용접전원, 정류기(Regulator), 가스용기 등이 있으며 수동 작업, 반자동, 자동작업이 가능하다.

다. Gas Metal Arc Welding(GMAW, 가스금속아크 용접)

1940년대에 비소모성인 텅스텐 전극대신에 소모성 전극을 사용하는 가스 금속 아크 용접이 개발되었다. 이는 텅스텐 전극대신 나심선(裸心線)의 지름 1.0~2.4mm의 전극와이어를 일정한 속도로 토치에 송급하여 와이어와 모재사이에 아크를 발생시켜 용접을 하는 방법이다. 초기에는 주로 두꺼운 전도성 판에 용접할 목적으로 개발되었지만 현재는 알루미늄, 구리, 마그네슘, 니켈합금, 티타늄, 강철합금 등 여러 분야에 응용된다.

가스금속아크 용접법은 ①불활성가스인 알곤이나 헬륨을 사용하는 경우에 불활성 가스 금속 아크 용접(Inert Gas Metal Arc Welding 또는 Metal Inert Gas, MIG)이라 하고 ②활성가스인 이산화탄소를 사용하는 경우에는 활성가스 금속 아크(Active Gas Metal Arc Welding 또는 Metal Active Gas,

MAG) 또는 탄산가스(또는 CO₂)용접이라 한다.

가스금속아크 용접법은 전극이 소모성이므로 연속적으로 전극 와이어를 공급해 주어야 한다. 따라서 이들은 가스 및 냉각수 송급장치, 금속와이어를 일정한 속도로 송급하는 장치, 전원장치 및 전극와이어, 전류, 가스 및 냉각수의 송급 속도를 조절하는 제어장치로 되어 있다. 이 장치의 용접토치 중앙으로 전극와이어가 송급되어 아크를 형성하면서 용융지로 녹아 들어간다. 이 전극 주위로 헬륨, 알곤, 이산화탄소, 질소 등의 가스가 흐르게 된다. 전극와이어의 성분은 대개 모재와 같게 만들어져 있으며 전기적 접촉과 녹을 방지하기 위해 구리가 코팅되어 있다. 용가제인 전극와이어는 산화방지제(Deoxidizer)가 들어 있는데 강철 용가제에는 망간, 실리콘, 알루미늄이, 니켈 합금 용가제에는 티타늄, 실리콘이, 구리합금 용가제에는 티타늄, 실리콘, 인이 산화방지제로 포함되어 있다.

라. 탄산가스 아크 용접

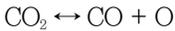
탄산가스아크 용접은 불활성가스대신에 경제적인 탄산가스를 이용하는 용접방법으로 역시 전극은 소모성(용극식, 熔極式)을 주로 사용하며 비소모성 전극(非熔極式)을 사용하는 방법도 있다.

탄산가스는 활성이므로 고온의 아크에서는 산화성이 크고 용착금속의 산화가 심하여 기공 및 그 밖의 결함이 생기기 쉬우므로 Mn, Si 등의 탈산제를 함유한 와이어를 사용한다. 순수한 CO₂ 가스 이외에 CO₂-O₂, CO₂-CO, CO₂-Ar, CO₂-Ar-O₂ 등이 사용되기도 한다.

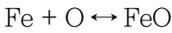
CO₂가스는 고온아크에서 $2CO_2 \leftrightarrow CO + O_2$ 로 되므로 탄산가스 아크 용접의 실드 분위기는 CO₂, CO, O₂ 및 O 가스가 혼합된다. 탈산제가 사용되는 이유는 CO의 기포로 인한 용접결함을 방지하기 위함인데 다음과 같은 작용을 한다.

① 실드 가스인 이산화탄소가 고온인 아크열에

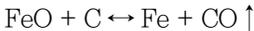
의하여 분해된다.



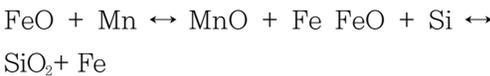
② 위의 산화성 분위기에서 용융철이 산화된다.



③ 이 산화철이 강(鋼) 중에 함유된 탄소와 화학하여 다음처럼 일산화탄소 기포가 생성된다.



④ 그러나 Mn, Si 등의 탈산제가 있으면 아래 반응이 일어나 용융강(熔融鋼)중의 산화철을 감소시켜 기포의 발생을 억제한다.



⑤ 탈산 생성물인 MnO, SiO₂ 등은 용착금속과의 비중차에 의해 슬락을 형성해 용접비드 표면에 떠오르게 된다.

탄산가스 아크 용접은 분위기가 산화성이므로 알루미늄, 마그네슘, 티타늄 등에는 사용하지 않는데 그 이유는 용융표면에 산화막이 형성되어 용착을 방해하기 때문이다.

이중 Flux-Cored Wire(복합와이어)를 사용하는 방법은 속이 빈 와이어에 Mn, Si, Ti, Al 등의 탈산제 및 아크안정제를 넣은 것으로, 아크가 안정되므로 직류뿐 아니라 값싼 교류를 모두 사용 할 수 있다.

자성을 가진 용제를 탄산가스 기류에 공급하는 방법을 유니온 아크 용접법이라고 하는데, 아크가 발생하여 와이어에 전류가 흐르면 와이어 주위에 자장이 형성되고 이로 인해 용제(Flux)가 자성화(磁性化)되어 와이어에 흡착되어 마치 피복용접봉 같은 역할을 하게 된다. 따라서 이 방법을 자성 플럭스방법이라고도 한다. 플럭스를 사용하면 슬락이 발생하게 된다.

순탄산가스 아크용접 중의 와이어에서의 합금원소가 이행할 때 각 성분이 남는 비율은 연강일 경우 C는 일반적으로 산화 감소하여 50~80%, Si는 30~60%, Mn은 40~60%이나 Cr, Ni, Mo는 거의

줄어들지 않는다. 단, Ti는 산화 감소하여 남는 비율이 약 30%에 불과하다.

마. Submerged Arc Welding(SAW, 서브머지드 아크용접)

서브머지드아크용접은 대기로부터 아크를 보호하기 위해 용착부에 입상(粒狀)이나 용융상의 용제(Granular or Fusible Flux)가 호퍼에서 공급관을 통하여 공급하고, 용제 속에 전극와이어를 송급하여 용접봉과 모재사이에 아크를 발생시켜 용접하는 방법이다. 서브머지드(Sumerged)란 아크가 어떤 물질(용제)밑에 잠겨 있다는 뜻으로 아크가 용제에 잠겨져 있어 보이지 않는다.

실상은 전극과 모재사이에 발생하는 아크뿐만이 아니라 Sparks, Spatter, Smoke도 용제 속에 잠겨 있는 형태를 띤다. 흠도 발생하나 다른 용접보다는 적게 발생한다. 용가재는 주로 비피복 와이어전극(Bare Wire Electrode)으로 공급되나 용가재를 와이어 형태로 따로 공급하기도 한다.

서브머지드 아크용접은 용융지가 용제에 의해서 보호(실드)되므로 대기에서 격리되어 산소, 질소, 수분의 침입이 없고 아크열의 열손실이 적어 용입이 큰 높은 능력로 용접을 할 수 있다. 이 서브머지드아크용접은 주로 두께가 두꺼운 것의 용접에 사용되며 탄소강, 합금강 및 스테인레스강 등에 사용되며 비철금속에는 잘 사용하지 않는다.

입자상 용제는 아크 경로의 앞부분에서 공급되어 소결(燒結, Sinter)되어져 용접금속의 표면에 용융 슬락을 형성한다. 용제는 제조 방법에 따라 용융형 용제(Fused Flux : 광물성원료를 일정한 비율로 혼합하여 아크로에 넣어 1,300℃ 이상으로 가열해서 응고시킨 후 분쇄하여 알맞은 입도(粒度)로 만든 것으로 유리모양의 광택이 남), 소결형 용제(Sintered Flux : 광물성 원료 및 합금분말을 규산나트륨과 같은 점결제(粘結劑)와 더불어 원료가 용해되지 않을

정도의 비교적 저온상태(400~1000℃)에서 일정한 입도로 소결하여 제조한 것)로 분류된다.

용제는 조성상 ①저산화 망간용제 : MnO를 거의 함유하지 않은 것 ②중산화 망간 용제 ; 14~22%의 MnO를 함유한 것 ③고산화 망간 용제 ; 30% 이상의 MnO를 함유한 것으로 분류한다. 이 용제의 역할은 ①아크를 보호하는 역할 ②합금을 제공하는 역할 ③아크를 안정화시키는 역할 ④아크를 용접 비드모양을 결정하는 역할을 한다.

전극와이어로 쓰이는 심선은 비피복선을 코일모양으로 감은 것을 사용하는데 보통 동도금을 하여 사용하며, Mo, Ni, Cr 등이 첨가되어 있다. 망간 함유량과 몰리브덴 함유량에 따라 고망간계, 중망간계, 저망간계 및 Mn-Mo계 와이어로 분류한다.

서브머지드아크용접은 자동금속 아크용접법(Automatic Metal Arc Welding), 잠호용접이라고도 하며 미국 유니온 카바이드사가 발명하여 유니온 멜트 용접법 또는 링컨용접법이라고도 한다.

바. Flux Cored Arc Welding(FCAW)

탄산가스 용접에서 설명한 Flux Core 와이어를 사용하는 방식으로 탄산가스용접에 포함시키기도 한다. 이 용접에서의 실드는 Flux와 실드 가스에 의해 형성된다.

2.가스용접 (Oxygenfuel welding)

가.원리

가스용접은 가연성 가스의 연소열(약 3,000℃)을 이용하여, 금속을 가열하여 용접하는 방법으로 지연성 가스로 산소를 사용하고 가연성 가스로 아세틸렌, 수소, 프로판, 메탄 등이 사용되며 이들 중 산소-아세틸렌 용접이 대부분을 차지한다. 가스 용접은 아크 용접과 같이 용접의 일종이다. 산소-아세틸렌 불꽃의 성질은 토치 내에서의 아세틸렌과 산소의 혼합비에 의하여 환원성 불꽃, 산화성 불꽃, 중성불

꽃으로 된다.

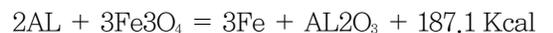
나.가스용접의 용접봉과 용제(Flux)

산소-아세틸렌 가스용접은 산화염이 되기 쉬운데다가 공기 속에 있는 산소를 흡수하여 용융금속이 산화되는 경우가 많다. 이 때문에 용착금속은 산화물을 포함하게 되는데 이를 방지하기 위하여 중성불꽃 혹은 환원불꽃을 사용하며 플럭스를 사용하게 된다. 플럭스는 용접 중에 생기는 금속의 산화물 또는 비금속 개재물을 용해하며, 용제와 결합시켜 용융온도가 낮은 슬락을 만들어 용융금속의 표면에 떠오르게 하여 용착금속의 성질을 좋게 하는 것이다. 플럭스는 건조된 가루, 페이스트 또는 용접봉 표면에 피복한 것 등이 있으며 보통 고체가루를 물 또는 알코올에 개어서 용접 전에 브러시로 용접 흡이나 용접봉에 칠하여 사용한다.

가스용접의 용접봉은 원칙적으로 모재와 같은 용착금속을 얻기 위해서 모재와 조성이 동일하거나 비슷한 것이 사용되지만 용접부는 용접 중에 야금(冶金)적 현상 때문에 성분과 성질이 변하므로 용접봉의 성질과 성분을 보충할 성분을 포함하고 있는 재료를 사용한다.

3.Thermit Welding(테르밋 용접)

테르밋 용접법(Thermit Welding)은 용접 열원을 외부로부터 가하는 것이 아니라, 테르밋 반응에 의해 생성되는 열을 이용하여 금속을 용접하는 방법이다. 테르밋 반응(Thermit Reaction)이란 금속 산화물과 알루미늄 간의 탈산반응을 총칭하는 것으로서, 현재 실용되고 있는 철강용 테르밋제는 다음과 같은 반응을 일으킨다.



미세한 알루미늄 분말과 산화철 분말, 즉 FeO,

Fe_2O_3 , Fe_3O_4 를 약 3~4 : 1의 중량비로 혼합한 테르미트제(Thermit Mixture)에 과산화바륨과 알루미늄(또는 마그네슘) 등의 혼합 분말로 된 점화제를 넣고, 이것을 점화하면 점화제의 화학반응에 의하여, 테르미트 반응을 시작하는데 필요한 약 1,200℃ 이상의 고온이 얻어진다. 이 고온에 의해 강렬한 발열을 일으키는 테르미트 반응으로 되어 약 3,000℃에 달한다. 그 결과 산화철은 환원되어 용융 상태의 순철(純鐵)로 된다.

그러나 실제로는 용접 금속의 품질과 성질을 조정하기 위하여 테르미트제에 다른 합금 원소나 탈산제 등을 배합하여 사용한다. 또 이 용접법에는 용융 테르미트 용접법과 가압 테르미트 용접법이 있는데 주로 용융 테르미트 용접법이 사용되고 있다.

가. 용융 테르미트 용접법

용융 테르미트 용접법은 접합 부재간에 적당한 틈새를 만들고 그 후 주위를 주형(Mold)으로 둘러싸고 주형 밑부분에 있는 예열 구멍으로부터 모재를 적당한 온도까지 예열(동의 경우 800~900℃)한 후, 도가니 속에서 테르미트 반응에 의해 생성된 용융 금속, 슬래그 순으로 도가니 밑부분에서 주입한다. 주입 후 용접 금속이 응고될 때까지 그대로 방치하고, 적당한 온도까지 냉각 후 주형을 해체하고, 탕구, 압탕 등을 제거한다. 필요에 따라서는 용접부의 열처리도 한다.

나. 가압 테르미트 용접법

가압 테르미트 용접법은 일종의 압접으로 모재의 양 단면을 맞대어 놓고 그 주위에 테르미트 반응에 의해서 생긴 슬래그 및 용융 금속을 주입하여 가열시킨 후 센 압력을 가해서 접합한다. 이 방법에서는 우선 모재의 양단면을 청정하고, 주철제 주형으로 둘러싸고, 용융 금속과 슬래그의 비중의 차를 이용하여, 모재와 주평의 내면이 슬래그만으로 둘러싸여, 용융 금속

은 접하지 않게 하여 용융 슬래그로 급가열하여, 모재 양단면간에 센 압력을 가해서 압접을 하는 것이다. 따라서 이 용접에 있어서는 용융 금속은 전연 사용하지 않는다.

테르미트 용접법의 용도는 철강 계통으로는 주로 레일의 접합, 차축, 선박의 선미 프레임 (Stern-Frame) 등 비교적 큰 단면을 가진 구조나 단조품의 맞대기 용접과 보수 용접에 사용되며, 동 계통으로는 주로 전기용품 재료의 이음 분야에 이용되고 있다. 또 동과 철강과의 용접에도 사용된다.

4. 일렉트로슬래그 용접 및 일렉트로 가스(아크)용접(Electroslag Welding and Electrogas Welding)

가. Electroslag Welding

일렉트로용접법(Electroslag Welding)은 전기용접법의 일종으로 아크열이 아닌 와이어와 용융 슬래그 사이에 흐르는 전류의 저항열을 이용하여 용접을 하는 특수용접이다.

보통 매우 두꺼운 판과 후판(厚板)의 용접에 사용한다. 이 방법은 용융된 슬래그 풀에 용접봉을 연속적으로 공급하며, 주로 용융 슬래그의 저항열에 의하여 용접봉과 모재를 연속적으로 용융시키는 방법이다. 용접원리는 처음 아크를 발생시킬 때는 모재 사이에 공급된 플럭스(용제)속으로 와이어를 밀어 넣고서 전류를 통하여 순간적으로 아크가 발생되는데 이것은 서브머지드 아크 용접과 같다. 그러나 일렉트로 슬래그용접은 처음 발생된 아크가 꺼져버리고 저항열로 용접이 계속된다는 점에서 서브머지드 아크용접과 다르다. 처음 발생된 아크에 의해 용융된 모재와 용접와이어, 그리고 플럭스가 화합하여 전기 저항이 큰 용융슬래그를 형성하고, 이렇게 되면 발생된 아크는 꺼지면서 슬래그에 의한 저항 열로서 용접이 계속되는 것이다. 용접전류는 주로 교류의 정전압 특성을 갖는 대전류를 사용하고, 피용접물의

두께에 따라 400~1,000[A], 전압은 35~50[V]정도의 것이고, 전극은 서브머지드 아크용접과 거의 같은 계통의 것이 사용되고 있다.

나. 일렉트로 가스(아크)용접

수직전용용접이라는 점에서는 일렉트로 슬랙용접과 같지만, 사용되는 열원이 아크라는 점에서 크게 다르다. 용접의 원리는 수냉동판으로 용접부위를 둘러싸고 그 안으로 CO₂를 집어넣어 보호가스 분위기를 만든 이후에 와이어 가이드 노즐을 통하여 복합(용접)와이어를 송급하여, 복합와이어 끝과 모재간에 발생하는 아크에 의해, 복합와이어와 모재를 용융하여 용접을 진행한다. 보호가스는 모재의 재질에 따라서 사용되며 강(鋼)에 대해서는 주로 CO₂가 사용되지만, CO₂-Ar, Ar-O₂ 등의 혼합가스를 사용할 때도 있다.

5. 전자빔 용접(Electron beam welding)

전자빔 용접은 고진공(10⁻⁴~10⁻⁶mm Hg)중에서 고속의 전자빔을 모아서 그 에너지를 접합부에 조사하여 그 충격열을 이용하는 용접법이다. 진공 중에서 용접이 되므로 높은 순도의 용접이 되지만 X선 피해에 대한 특수 보호장치가 필요하다.

6. 레이저빔 용접

레이저(Light Amplification by Stimulated Emission of Radition)는 유도방사(誘導放射)를 이용한 빛의 증폭기 혹은 발진기(發振器)를 말한다. 여기에서 만들어진 빛은 강한 에너지를 가지고 있으며, 집속성(Coherence)이 강한 단색 광선이다. 이때의 출력을 이용하여 용접을 하는 것이다.

7. 전기저항용접(electric resistance welding)

전기저항용접법은 금속에 전류가 흐를 때 일어나는 Joule열을 이용하여 압력을 주면서 용접하는 방법이다. 용접하고자 하는 2개의 금속면을 서로 맞대어 놓고 적당한 기계적 압력을 주면서 전류를 흐르게 하면 접촉면에 존재하는 접촉저항 및 금속자체의 저항 때문에 접촉면과 부근에 열이 발생하여 온도가 오르게 된다. 그 부분에 가해진 압력 때문에 양면이 완전히 밀착하게 되며, 이 때 전류를 끊어서 용접을 완료하게 된다.

가. 점용접 (spot welding)

겹침 저항 용접법 중에서 점용접법은 접합하고자 하는 판을 2개의 전극사이에 끼워놓고 전류를 통하면 접촉면의 전기저항이 크므로 발열하게 된다. 접촉면의 저항은 곧 소멸하게 되나 이 발열에 의하여 재료의 온도가 상승하여 모재 자체의 저항이 커져서 온도는 더욱 상승한다. 전극의 재질은 전기와 열전도도가 좋고 연속사용 하더라도 내구성이 있으며 고온에서도 기계적인 성질이 유지되어야 한다. 철강을 비롯한 경합금, 구리합금에는 순구리를 구리용접에는 Cr, Ti, Ni 등을 첨가한 구리합금이 많이 쓰이고 있다. 점용접은 저탄소강, 고탄소강, 저합금강, 알루미늄과 알루미늄 합금, 스테인레스강(18Cr-8Ni), 주석도금판 등 각종 금속들에게 사용되고 있다.

나. 프로텍션 용접

점용접과 비슷한 것으로 제품의 한쪽 또는 양쪽에 작은 돌기를 만들어 이 부분에 용접전류와 압력을 가해서, 모재의 접촉저항과 고유저항에 의한 저항열을 이용하여, 용접부를 용융시켜서 압접하는 방법이다.

다. 시임용접 (seam welding)

원형의 전극 로울러를 회전시켜 점용접을 연속적으로 행하는 용접법이다.

라. 업셋 용접

업셋용접법은 맞대기 저항 용접(Upset-Butt Welding)이라고도 하며, 용접재를 세계 맞대고 여기에 대전류를 통해 이음부 부근에서 발생하는 저항 발열에 의해 가열시켜, 적당한 온도에 도달하였을 때 축 방향으로 큰 압력을 주어 용접하는 방법이다. 이 용접법은 고상(固相)압접에 속하며 이음면에서의 슬립변형과 확산에 의해 접합이 완료된다. 압접온도는 용접재의 용점 이하지만 가압력과 관련하여 정해지며, 가압력이 클수록 압접온도는 낮아진다. 용접의 접합부에서는 금속이 녹아 비산하지 않는다.

마. 플래시용접

플래시용접은 업셋용접과 거의 비슷한 용접으로 불꽃용접이라고도 부르며 용접하고자 하는 모재를 약간 띄워서 고정대 이동대의 전극에 각각 고정하고 전원을 연결한 다음 서서히 이동시켜 전진시키고 모재에 가까이 한다. 여기에 대전류를 통하여 접촉점을 가열한다. 접촉점은 과열, 용융되어 불꽃으로 흩어지나 그 접촉이 끊어지면, 다시 용접재를 내보내어 항상 접촉과 불꽃비산을 반복시키면서 용접면을 균일하게 가열하여 적당한 온도에 도달하였을 때에 강한 압력을 주어 압접하는 방법이다.

8. 마찰용접(friction pressure welding)

용접할 재료를 맞대어 놓고서 그 접촉면에 압력을 주면서 서로 간에 상대운동을 시키면 마찰열이 발생하게 되며, 이러한 마찰열을 이용하여 접합부의 산화물을 녹여 내리면서 접합시키는 방법이다. 압력을 사용하는 관계로 맞댄 부분에 돌출부가 생긴다.

9. Brazing(경납땜), Soldering(연납땜)

납땜은 접합하려고 하는 금속을 용융시키지 않고 이들 금속 사이에 모재보다 용융점이 낮은 땜납(Solder)을 용융 첨가하여 접합하는 방법이다.

땜납의 대부분은 합금으로 되어 있으나 단재금속으로도 사용된다. 땜납은 모재보다 용융점이 낮아야 하고, 표면장력이 적어 모재 표면에 잘 퍼지며, 유동성이 좋아서 틈을 잘 메울 수 있는 것이어야 한다. 그 외에도 사용 목적에 따라 강인성, 내식성, 내마멸성, 전기전도도, 색채조화, 화학적 성질 등이 요구된다.

피 접합물질은 저용점의 금속부터 3,000℃ 이상의 용점을 가진 금속, 비금속 또는 반도체 등 여러 가지가 있으며, 땜납은 용점이 50~1,400℃ 정도의 것이 사용되고 있다.

납땜은 땜납의 용점이 450℃ 이하일 때 이를 연납땜(Soldering)이라 하고, 450℃ 이상일 때 경납땜(Brazing)이라고 한다. 미국에서는 용점이 427℃(800°F)를 한계로 한다.

일반적으로 용접용 땜납으로는 경납을 사용한다.

납땜은 분자간의 흡인력에 의한 결합이므로 본드(Bond) 결합이라고도 하며, 이 결합을 만족하게 하기 위하여 피 접착 금속의 접촉 표면을 깨끗이 하고 산화를 방지하며 불순물을 제거하기 위해 여러 가지 용제(Flux)를 사용한다.

가. 땜납재

(1) 연납(Soft Solder)

용점이 450℃ 이하인 땜납재를 연납이라 한다. 연납은 일반적으로 주석(Sn), 주석-납(Sn-Pb) 합금, 납(Pb) 또는 필요에 따라 안티몬(Sb), 은(Ag), 비소(As) 및 비스무트(Bi) 등을 함유한다. 연납 중에서 가장 많이 사용되는 것은 주석-납 합금이며(주로 주석-납 합금을 ‘땜납’이라고 한다.), 알루미늄, 특수강, 주철 등의 일부 금속을 제외하고는 철강, 동, 니켈, 납, 주석 및 이들 합금의 접합에 널리 쓰인다. 연납은 경납(Hard Solder)에 비해 기계적 강도가 낮으므로 강도를 필요로 하는 부분에는 부적당하다. 그러나 용융점이 낮고 납땜(Soldering)이 용이하기 때문에 전기부품의 접합이나 기밀(氣密), 수밀(水密)을

필요로 하는 곳에 널리 사용된다. 보통 연납은 62% Sn-38% Pb에 가까운 조성의 것을 사용하나, 납관 접합용에는 용해 온도 구역이 넓은 성분이 쓰인다. 자기용 땀납에는 주석-납-아연(Sn-Pb-Zn) 합금이 쓰이며, 납-카드뮴(Pb-Cd)계, 아연-카드뮴(Zn-Cd)계도 있다. 또 저용점 납땀으로는 비스무트-카드뮴-납-주석(Bi-Cd-Pb-Sn) 합금은 용점이 60-100℃의 것도 있다. 그러나 다른 땀납에 비해 강도가 작고 취약하다. 주로 전기부품의 납땀에 쓰인다. 대규모 일 때에는 토치 램프(Torch Lamp)나 가스 토치 등을 사용하고 땀납의 형상으로는 봉 모양, 선 모양, 실 모양 등이 있으며, 특별한 것은 중공(中空)으로 된 선재 내부에 용제를 꽉 채운 것과 입자상의 땀납재에 용제를 혼합한 페이스트(Phaste) 모양의 것이 있다.

(2) 경납(Hard Solder)

용점이 450℃ 이상인 땀납재를 경납이라 한다. 경납은 연납에 비하여 용융점이 높고, 기계적 강도도 좋으므로 강도를 필요로 하는 장소든지 내열성, 내식성, 내마멸성을 필요로 하는 장소 또는 색채 등을 가능한 한 충족시키는 곳에 사용된다.

경납은 모재의 종류, 납땀 방법 또는 용도에 따라 여러 가지가 있다. 경납의 종류로는 은납, 황동납, 인동납, 알루미늄납, 니켈납 등이 있으며, 기타 특수 용도의 납이 몇 종 있다. 경납의 형상에는 선 모양, 세편상, 분말모양, 페이스트(Phaste) 모양이 있고, 알루미늄-규소계의 납은 피복 모양으로 된 것을 사용하고 있다.

① 은납(Silver Solder)

은납은 은-구리-아연(Ag-Cu-Zn) 합금 또는 카드뮴(Cd), 니켈(Ni) 및 주석(Sn)을 합금한 은 합금으로 경납 중 비교적 용융점이 낮아 작업이 쉽다. 또한 유동성이 좋고 강도 및 연신율이 우수하다. 알루미늄 및 마그네슘을 제외한 비철합금과 철강과 동, 동합금 등의 납땀에 널리

사용된다.

② 황동납(Brass Solder)

황동납은 구리(Cu)와 아연(Zn) 60% 이하를 합금한 동합금이며, 동, 동합금과 일부 철강 등의 납땀에 널리 사용된다. 용점은 850~1050℃ 정도이다. 황동납의 결점은 전기 전도도가 낮고, 진동에 대한 저항이 적으며, 전해 작용을 받기 쉽다. 또한 아연의 증기압이 높으므로 납땀 작업 중 과열하면 아연이 증발하여, 이음부에 공공이 생겨서 이음부의 강도가 낮아진다. 따라서 1,000℃ 이상으로 가열하면 안 된다.

③ 인동납(Phosphorus Copper Solder)

인동납은 구리(Cu)에 인(P) 또는 구리(Cu)에 인(P)과 은(Ag)을 합금한 동합금이며, 동이나 동합금의 납땀에 널리 사용된다.

이음부의 전기 전도도 및 기계적 성질이 좋고 황산 등에 대한 내식성도 우수하나, 철강 또는 니켈을 10% 이상 함유한 합금의 땀납에 사용하면 취약하므로 주의해야 한다.

동과 동을 납땀할 때에는 용제가 필요 없으나 동합금에는 용제를 사용하며, 용점은 705-925℃ 정도이다.

④ 양은납(German Silver Solder)

양은납은 구리-아연-니켈(Cu-Zn-Ni) 합금이며, 니켈(Ni) 함유량이 많을수록 용점이 높고 색깔이 희게 된다. 보통 성분은 47% Cu - 11% Zn - 42% Ni이며, 용점이 높고 강인하므로 동, 황동, 니켈 합금 철강 등의 납땀에 널리 사용된다.

⑤ 알루미늄납(Aluminum Solder)

알루미늄납은 알루미늄(AL)을 주성분으로 하고 규소(Si), 구리(Cu) 등을 합금한 알루미늄 합금이며, 용점은 600℃ 정도이며, 모재와의 용점의 차이가 작으므로 납땀 작업의 온도관리를 주의해야 한다. 고력 알루미늄 합금은 용점이

낮으므로 납땀을 할 수 없다. 따라서 이들 합금은 보통 아연계 합금 등의 알루미늄 땀납이 사용된다.

⑥ 내열 합금용 납

내열 합금용 납에는 니켈-크롬(Ni-Cr)계, 은-망간(Ag-Mn)계, 구리-금(Cu-Au)계 등이 있으나, Ni-Cr계 납이 가장 좋으므로 많이 사용된다. 니켈 및 코발트계는 내열, 내식재료인 제트 엔진, 가스 터빈, 스텐레스강 등의 납땀에 사용된다.

가. 용제(Flux)

용제는 용가제 및 모재 표면의 산화를 방지하고, 가열 중에 생성되는 금속 산화물을 녹여서 액상화하며, 땀납을 이음면에 침투시키는 역할을 한다. 따라서 용점이 땀납보다 낮고, 용제가 산화물로 되었을 때 땀납보다 가벼우며, 슬랙의 유동성이 좋고 또한 모재 및 땀납을 부식 시키지 않는 것이 좋다. 용제는 이음면을 깨끗이 하고 이음면과 그 근처에 골고루 뿌리던가 또는 페이스트(Phaste)로 만들어 칠한다. 또한 납땀 후 잔류 용제나 슬랙은 깨끗이 닦아내지 않으면 이음면의 부식을 촉진시킨다.

(1) 용접용 용제

① 염화아연(ZnCl₂)

가장 많이 사용되는 염화 아연액을 만들려면 염산은 사기그릇에 넣고 그 속에 아연을 넣어서 포화 용액으로 한다.

② 염산(HCl)

진한 염산을 물로 희석시킨 것이며, 아연 도금 강판의 납땀에 사용된다.

③ 염화암모늄(NH₄Cl)

산화물을 염화물로 만드는 작용이 있으며, 염화아연에 혼합하여 사용된다. 이 외에 송진, 인산, 페이스트 등도 사용된다.

(2) 경납용 용제

① 붕사(NaB₄O₇ · 10H₂O)

용점이 낮은 경납용 용제로 사용되며, 그 용점은 760℃정도이다. 붕사는 높은 온도로 가열하면 유리 모양으로 되는데, 이것은 금속 산화물을 용해, 흡수하는 성질을 지닌다.

용해 후의 점성이 비교적 높은 결점이 있으므로, 이밖에 식염, 붕산, 탄산나트륨 등과 혼합하여 사용된다. 알루미늄, 마그네슘, 크롬, 베릴륨 외에는 흔히 사용되고 있다.

② 붕산(H₃BO₃)

붕산은 백색 결정체로서 용점은 875℃정도이며, 산화물의 제거 능력이 약하기 때문에 일반적으로 붕산 70%에 붕사 30% 정도를 혼합하여 철강에 주로 사용한다.

③ 3NaF · AlF₃

알루미늄, 나트륨의 불화물이며, 불순물의 용해력이 강하다.

④ Cu₂O

붕사와 혼합하여 주철 납땀에 쓰인다. 이것은 탈탄제로 작용하며, 주철면의 흑연을 산화시켜서 납땀을 쉽게 한다.

⑤ 식염 NaCl

용점이 낮고 단독으로는 못쓴다. 또한 부식성이 강하므로 혼합제로 소량 사용된다.

(3) 경금속용 용제

알루미늄, 마그네슘과 그 합금의 납땀에서는 모재 표면의 산화물이 대단히 견고하기 때문에 용제는 산화물을 용해하여 슬랙으로 제거하기 위해서는 강력한 산화물의 제거작용이 필요하다. 대표적인 용제의 성분에는 염화리튬, 염화나트륨, 염화칼륨, 불화리튬, 염화아연 등이 있으며, 이것을 적절히 배합하여 사용한다.

다. 납땀 부위의 차폐 분위기 : 가스 실드

(Shielding Atmosphere)

적절한 가스 실드에서 납땜을 하게 되면 산화방지 또는 산화물의 환원 작용에 의해 땜납의 흐름이 좋아져서 용제를 사용하지 않아도 납땜을 할 수 있다. 이것은 부품의 형상이나 성질상 용제를 사용할 수 없을 때 또는 땜납 후에 잔류 용제의 제거 처리를 할 수 없을 때 이용된다. 가스 실드로는 불활성 가스, 질소 가스, 도시 가스, 해리 암모니아 가스, 수소 가스 및 진공 등이 사용된다. 도시 가스는 고온에서 산화물의 환원이 불충분하므로 산화물이 그다지 문제가 되지 않는 연강, 저합금강의 납땜에만 이용된다. 해리 암모니아가스(75 % H₂ + 25 % N₂) 및 수소 가스는 환원 작용이 강하고, 용제가 필요 없는 스텐레스강의 납땜에도 가능하다. 티타늄, 지르코늄 등과 같은 활성 금속의 납땜에는 진공 납땜이 이용된다.

라. 납땜 방법

납땜 작업은 이음면의 청정, 조립, 가열 및 후처리로 이루어진다. 이음면은 미리 탈지, 솔질, 약품 청정 등으로 전처리를 하여 깨끗이 하고 적당한 용제를 도포한 후, 미리 선정된 가열 방법을 이용하여 소정 온도로 일정 시간 유지하여 납땜을 한다. 또, 부식성 용제를 사용하였을 때는 납땜 후에 잔류 슬락을 제거하여야 한다. 그리고 납땜용 가열 장치를 선택할 때는 납땜하는 이음의 형상, 치수, 수량, 신뢰성 등에 대해서 종합적 견지에서 검토할 필요가 있다. 납땜 작업은 그 가열 방법에 따라서 분류된다.

(1) 인두납땜(soldering iron brazing)

일반적으로 저온의 연납땜에 널리 사용되는 가장 간단한 장치며, 가열된 인두에서의 열전도에 의해 모재를 가열하고 땜납을 용융하여 납땜하는 방법이다. 납땜 온도가 높은 경납땜이나 열용량이 너무 큰 피용접물 등에는 부적당하다.

땜인두는 대부분 순동을 사용하며, 특수한 것은 소량의 티타늄(Ti), 규소(Si)를 함유한 동합금 또는

니켈(Ni)이나 철(Fe) 등으로 도금하여 내식성 내구성을 좋게 한 것도 사용된다.

(2) 가스 납땜(Gas Brazing)

토치램프, 산소-아세틸렌 불꽃, 산소-프로판 불꽃 등으로 가열하여 납땜하는 방법이다. 일반적으로 가스 불꽃은 약간 환원성의 것이 좋으며, 용제는 이음면과 땜납의 양쪽에 도포하여 사용된다. 이음에는 불꽃의 외측을 대고 속불꽃은 닿지 않게 한다. 또 부품의 치수, 형상 및 열용량에 따라서 예열도 한다. 너무 과열하면 납땜의 확산 및 산화를 초래하기 쉬우며, 용제의 녹는 정도를 보고 이음의 온도를 추정할 수 있다.

(3) 저항 납땜(Resistance Brazing)

납땜할 이음부에 용제를 바르고, 납땜재를 삽입하여 저항열로 가열하는 방법이다. 구조상 두 종류가 있으며 하나는 전극에 탄소 또는 흑연을 사용하여, 전극에 발생한 저항열로 납땜부를 가열하는 간접가열법과 전극에 텅스텐, 동합금 등을 사용하여 납땜부의 저항열을 이용하여 납땜하는 직접가열법이 있다. 이 방법에서는 스폿 용접이 곤란한 금속의 납땜에 적당하다.

Ⅲ. 재해의 유형 및 용접의 유해성

1. 재해의 유형

아크용접, 가스용접 및 용단작업 중에 발생하는 재해의 유형은 매우 다양하며, 발생원인도 복잡 다양하다. 감전, 폭발, 화상, 중독 등 여러 재해의 종류로 사망 등 중대재해를 유발시킨다.

2. 용접의 유해성

용접작업에서 발생하는 용접흄 또는 유해가스, 유해광선, 고열환경 등으로 나타나게 되며, 특히 좁고 폐쇄된 작업장에서 아크용접을 하는 경우 용접작업

자들은 용접과정에서 발생하는 용접흄 등에 의한 질식 재해, 진폐증, 망간중독, 피부화상 등의 재해가 있다.

IV. 용접작업의 안전대책

1. 용접흄에 의한 안전대책

가. 용접흄이란

용접흄은 용접시 열에 의해 증발되는 물질이 냉각되어 생기는 미세한 소립자로, 고온의 아크 발생열에 의해 용융금속 증기가 주위에 확산됨으로써 발생된다. 이때 발생하는 흄은 철, 망간, 니켈, 규소, 칼륨, 크롬, 티타늄, 나트륨 등 중금속에서부터 여러 형태의 성분이 있고, 크기 또한 0.02~10 μm 까지 다양하나 일반적으로는 0.5~7 μm 정도이다. 공기 중의 무기입상물질이 인체 내에 흡입되면 7 μm 이상의 크기는 대부분 코털이나 기관지의 섬모에 걸려 제거되며, 0.5 μm 이하의 미세입자는 폐에 들어가도 침착되지 않고 다시 배출된다. 그러나 대부분의 용접흄의 크기와 같은 0.5~7 μm 크기의 입자는 폐에 들어가 말단의 폐포에 침착하여 여러가지 영향을 미치게 된다.

나. 용접흄이 신체에 미치는 영향

용접작업으로 흡입된 흄은 53%가 흡입되고, 호기를 통해서 47%가 배출된다. 흡입된 흄은 시간의 경과에 따라 비인두(10%), 기관지(8%), 폐(35%) 등을 거쳐 가래 또는 변으로 44.2%가 배출되고 혈류, 임파 등에 각각 7.05%, 1.75%씩 흡수된다.

따라서 흄을 흡입하였을 경우 진폐증·유해가스 등으로 호흡 계통 등에 영향을 미칠 수 있음에 유의해야 한다.

다. 안전대책

흄 발생량은 용접의 종류에 따라 차이가 많으며

용접 조건에 따라서 양과 성분이 변함으로 흄발생량과 화학성분을 고려하여 국소배기장치, 전체환기 대책 등을 세워 용접 작업자가 고농도의 흄을 흡입하지 않도록 배려해야 한다.

또한, 고농도의 흄을 직접 흡입하지 않도록 풍향을 고려하여 신체의 방향을 잡고, 차광면으로부터 흄류를 피하는 등 작은 배려로부터 작업자를 보호해야 한다.

(1) 환기

용접흄과 같이 그 발생원이 국부적인 경우는 흄이 작업장 공간에 확산된 다음 대처하는 것보다 발생원 근방에서 국소배기장치로 흡인·포집하여 제거하는 것이 효과적이다. 환기방법으로는 다음과 같다.

- ① 자연환기방법
- ② 국소환기방법
- ③ 이동식 국소배기장치
- ④ 전체 환기장치

(2) 기타

최근 복합외이어나 피복아크용접봉 중에는 흄발생 저감 목적으로 개발된 것도 있으므로 적절한 용접재료의 선택으로 흄 발생을 감소할 수 있다. 또한 자동용접시에는 작업자가 아크에서 상당히 떨어진 위치에서 감시하는 것이 가능하고, 이 위치에서의 흄류는 이미 상당히 희석되어 있어 흄류에서 안면을 피하는 것도 용이하다. 따라서 용접의 자동화 또는 로봇트화는 용접작업자의 방호 효과에서 볼 때 유효한 수단의 하나가 될 것이다.

2. 아크에 의한 안전대책

가. 아크의 영향

용접아크는 대단히 고온이며 강력한 광선을 발한다. 이 광선에는 가시광선과 자외선이 포함되어 있으며, 이는 시신경을 자극시켜 작업을 방해한다. 자외선은 조직을 손상시키는 작용을 하며, 눈에 들어

가면 결막, 각막 등에 침투하여 통증을 일으킨다. 용접시 발생하는 아크광은 눈에 전광성 안염이라 불리는 급성각막표층염을 일으키며, 대부분 노출 된지 수 시간 경과 후 발생한다. 노출이 심한 경우 각막표층박리, 궤양, 백색혼탁, 출혈, 수포형성이 될 수 있는데, 특히 백내장, 망막황반변성 등은 눈에 치명적인 질환을 가져올 수도 있다. 강한 가시광선은 눈의 피로를 가져오며, 자외선에 의해서 생기는 각막과 결막에 대한 급성염증 증상은 용접근로자 자신이 느끼는 증상 외 쉽게 발견될 수 있다. 적외선에 의해서는 열성 백내장이 발생할 수 있는데, 적외선에 의한 눈의 이상은 늦게 나타나므로 제때 발견하기가 어렵다. 또한 자외선과 방사선은 피부를 붉게 하고 살갓을 태우며 피부의 화상을 유발할 수 있다. 또한 아크와의 거리가 가까울수록 그 영향은 크다.

나. 안전대책

용접아크로부터 발산하는 유해광선을 차단하여 눈을 보호하기 위해서는 가시광선을 적당한 밝기로 조절하여 작업을 용이하게 하기 위한 차광보호구를 사용한다. 아크광의 각 스펙트럼에 따라 조도에 맞는 차광도번호의 차광안경을 사용해야 하며, 용접 작업장의 차광용 커튼의 설치도 고려되어야 한다.

- ① 보호안경 : 보통안경형, 사이드실드형, 아이캡형
- ② 보안면 : 안면전부를 덮는 구조로서 헬멧장착형이나 핸드실드형

〈표1〉 용접종류에 따라 권장되는 차광도 번호

용접종류 차광도	번호
산소-아세틸렌용접	4~5
피복아크용접	10~12
가스금속아크용접	11~12
가스텅스텐아크용접	12
플럭스코어드아크용접	11~12

- ③ 용접작업 중 불꽃 등에 의하여 화상을 입지 않도록 방화복이나 가죽앞치마, 가죽장갑 등의

보호구를 착용한다.

3. 폭발·화재에 대한 안전대책

가. 폭발·화재

전기용접, 가스절단 등 용접·용단시에 발생하는 과열된 피용접물, 불꽃, 아크가 인접한 가연물(기름, 나무조각, 도료, 걸레, 내장재, 전선 등), 폭발성 물질 또는 가연성 가스에 직접적인 점화원을 제공하여 화재·폭발로 인한 대형사고로 발전될 가능성이 높다.

또한, 밀폐장소에서의 작업은 작업 전에 공기질이 좋았더라도 유독성 오염물질의 누적, 불활성이나 질식성 가스로 인한 산소 결핍, 산소 과잉 발생으로 인한 폭발 가능성 등이 생길 수 있다.

나. 안전대책

(1) 밀폐장소에서의 안전대책

- ① 작업자가 밀폐공간에서 작업시 반드시 사전허가를 받는 시스템을 확립한다.
- ② 밀폐공간에 연결되는 모든 파이프, 덕트, 전선 등은 작업에 지장을 주지 않는 한 연결을 끊거나 막아서 작업공간 내로 유출되지 않도록 한다.
- ③ 작업 중 지속적으로 환기가 이루어지도록 한다.
- ④ 가연성, 폭발성 기체나 유독가스의 존재 여부 및 산소결핍 여부를 작업 전에 반드시 점검하고, 필요시는 작업 중 지속적으로 공기 중 산소 농도를 검사한다.
- ⑤ 용접에 필요한 가스실린더나 전기동력원은 밀폐 공간 외부의 안전한 곳에 배치한다.
- ⑥ 밀폐공간 외부에는 반드시 감시인 1명을 배치하여 눈이나 대화로 확인하고, 작업자의 입·출입을 돕거나 구조 활동에 참여한다.
- ⑦ 배치된 사람은 작업자가 내부에 있을 때는 항상 정위치하며, 필요한 개인 보호장비와 구조장비를 갖춘다.
- ⑧ 밀폐공간에 출입하는 작업자는 안전대, 생명줄

그리고 보호구를 포함하여 적절한 개인보호장비를 갖춘다.

(2) 폭발·화재의 안전대책

- ①가스용기는 열원으로부터 멀리 떨어진 곳에 세워 보관하고 전도방지 조치를 한다.
- ②산소밸브는 기름이 묻지 않도록 한다.
- ③가스호스는 꼬이거나 손상되지 않도록 하고 용기에 감아서 사용하지 않는다.
- ④안전한 호스연결기구(호스클립, 호스밴드 등)만을 사용한다.
- ⑤검사받은 압력조정기를 사용하고 안전밸브 작동시에는 화재·폭발 등의 위험이 없도록 가스용기를 연결시킨다.
- ⑥가스호스의 길이는 최소 3m 이상 되도록 한다.
- ⑦호스를 교체하고 처음 사용하는 경우, 사용 전에 호스내의 이물질은 깨끗이 불어낸다.
- ⑧토치와 호스연결부 사이에 역화방지를 위한 안전장치를 설치한다.
- ⑨가연물을 격리시키기 어려울 경우에는 불꽃비산방지 조치를 하는 등 기타 폭발화재 등이 일어나지 않도록 조치하고 근처에 소화기를 준비하도록 한다.
- ⑩드럼통, 탱크, 배관 등의 용접수리 작업시 내부에 인화성액체나 가연성가스, 증기가 존재할 경우 구조물 내 모든 가연성 물질을 제거하고, 압력축적을 막기 위해 구조물내 환기를 실시한다. 또한, 용접부위에 국소적으로 물을 넣거나 불활성 기체로 내부를 청소한다.

4. 감전재해의 안전대책

가. 아크용접시 감전재해

아크용접 작업에서 감전사고가 발생할 가능성이 있는 것은 교류아크용접기에서 용접봉 홀더를 사용해서 수동용접을 행하는 경우이다. 아크용접에서 감전사고 발생 요소로는 용접봉 홀더, 용접봉의 와이

어, 용접기의 리드단자, 용접용 케이블 등이 있다. 장비의 불완전한 접지, 닳거나 손상된 전선과 용접 홀더, 안전장갑의 미흡 또는 습윤 상태 등은 용접 작업자에게 위험성을 가중시킨다. 기타 위험요인으로서는 회로형태, 전압, 신체의 통전경로, 전류의 세기, 접촉시간 등이다. 특히, 몸이 땀으로 젖었을 때나 드럼, 보일러 등과 같이 주위가 철판으로 둘러싸인 좁은 장소에서 용접 작업시는 감전위험이 증대되므로 주의하여야 한다.

나. 감전재해의 예방

(1) 전기용접작업시 주의사항

- ①물 등 도전성이 높은 액체가 있는 습윤장소 또는 철판·철골 위 등 도전성이 높은 장소에 사용하는 용접기에는 감전방지용 누전차단기를 설치한다.
- ②습윤 장소, 철골조, 밀폐된 좁은 장소 등에서의 용접 작업시에는 자동전격방지기를 부착하고, 주기적 점검 등으로 자동전격방지기가 항상 정상적인 기능이 유지되도록 한다.
- ③용접기의 모재 측 배선은 모재의 대지전위를 상승시켜 감전위험성을 증가시키므로 모재나 정반을 접지한다.
- ④용접기 외부상자의 접지, 1차측 전로에 누전차단기 설치, 케이블 커넥터, 절연커버, 절연테이프 등을 사용한다.
- ⑤기타 전기 시설물의 설치는 전기담당자가 취급토록 조치한다.

(2) 용접용 가죽장갑은 실리콘 수지로 처리한 장갑을 사용하며, 방수성도 좋고 절연 저항이 높아야 한다.

- (3) 절연형 홀더의 사용
- (4) 자동전격방지기의 사용
- (5) 적절한 케이블 사용
- (6) 작업정지시 전원차단

