

용접흠에 관하여 (상)

부산 산업보건센터 산업위생과
측정기사 신 통 원

1. 서 언

용접은 물질에 적당한 온도를 가함으로써 연결 물질로 합쳐지는 과정으로 정의를 내릴 수 있다. 용접과정은 미국 용접 협회 (American Welding Society) 에 따르면 용접공정은 pressure, nonpressure, brazing 작업으로 구분할수 있는데 Oxygen cutting 과 metallizing 같은 용접 과정이 다수를 이루고 있으며 이들은 중요한 산업보건학적 의미를 함축하고 있다. 용접에 있어 base metal

의 본질은 물질흠 폭로 평가에 있어 확실히 중요하며 가끔 그것은 다른 지역에도 영향을 미친다. 그러한 중대한 영향이 미칠때 금속흠 (metal fume), 가스과 증기, 전리방사선 등의 폭로에 관한 잠재적인 건강장해에 대해 논의했고 그리고 특수용접 과정에서 다른 배출원들의 유해성에 관한 잠재적인 건강 장해가 논의 되었다. 그 유해성을 요약해 보면 아래와 같다.

< Table 1 > 용접으로 부터 건강장해

Hazard	process					
	Shielded Arc	Low Hydrogen	Gas Metal Arc, Gas Tungsten Arc Welding	Submerged Arc Welding	Plasma Arc Welding	Gas Welding
Metal fumes Gases	Low NO ₂ in enclosures ; negligible CO ₂ , CO, O ₃	Low Coating contains 9% F; fumes contain 10-12% F, 50% is water soluble, HF	High O ₃ > 2000Å; A > He ; Al > Fe; CO ₂ → CO; NO ₂ > 5ppm (N ₂ - H ₂)	Low F, HF	Very high High O ₃ ; high NO ₂	High NO ₂ , CO
Radiation	UV, flash burns	UV, flash burns	UV, 10-20× conventional arc; A > He ; Al > Fe ; erythema effect ; clothing damage ; C ₂ HCl ₃ → HCl, Cl, COCl ₂	Nil	Rich UV; ultra-soft X-ray	-
Other hazards	-	-	Troia 1-2% in tungsten electrode	-	Noise > 110 dbA	Flux: Cl, F, Br compounds

Hazard is assigned based on mild steel welding.

분진중 인체에 대해서 장해를 일으키는 것 중의 하나가 용접흄 분진인데 이것을 흡입함으로써 발생하는 직업병이 용접폐증, 철폐증으로 이들 용접과 그와 관련되는 부분에 종사하는 근로자들이 오래동안 폭로되어서 용접폐증이나 철폐증, 만성기관지염 등과 같은 직업병이 발생되고 있다. 따라서 언급된 바와 같이 작업과정에 따른 특정유해인자와 관련되는 용접흄이나 유해광선의 폭로에 따른 직업병의 발생 예방을 위해 용접흄과 유해광선의 발생실태, 측정방법등을 논의하고자 한다.

2. 용접의 종류에 따른 유해성

1) 전기용접 (Arc Welding)

① Shield Metal Arc Welding

가장 보편화된 아크용접 (Arc Welding) 과정으로 “ Stick Welding ”이라 불려지며 Electrode은 저부금속 (base metal)과 동일한 것을 사용한다.

Electrode 들은 특유한 혼합 합금물질로 되어 있고 용해된 물질에 가스 슬러지 (Slag) 방지를 대비하여 과립상의 알맹이가 코팅 (Coating) 되어 있으며 Electrode 의 피폭물에는 TiO_2 (Titanium Dioxide), Calcium Carbonate , 셀룰로즈 (Cellulose) , 점토 Talc 및 석면 (Asbestos) 등이 포함되어 있다 (피폭물과 Wike Alloy의 구성물은 National Electric Manufacturer's Association American Welding Society 것임).

가장 큰 금속흡의 노출은 연강이나 Steel-based Alloy 의 용접 혹은 Oxygen Cutting 중 생성되는 산화철 (Iron Oxide)로 인한 노출이다. 용접공의 폐에는 산화철흡의 많은 축적물이 쌓여 있을 수 있는데 불활성 미세입자 (산화철)의 축적으로 인하여 진폐증 (Pn-

emumoconiosis)을 일으키게 된다. 용접폐는 섬유화 세포증식 (Fibrous Tissue Proliferation) 현상은 일으키지 않으나 폐기능 무기력 현상의 가능성은 미해결 문제로서 논쟁의 대상이 되고 있다.

전기용접에서의 고에너지 전극은 질소를 질소산화물로 전환시킬 능력이 있으며 부적당한 통풍위치에서는 중대한 농화현상이 관찰되고 있으나 적당한 통풍하에서는 크게 문제되지 않는다.

일산화탄소 (CO)와 이산화탄소 (CO_2)는 Cellulose Electrode Corer로부터 발견될 수 있으나 그 농도는 무시할 정도이다. 오존 (O_3)은 작업장에서 주의해야 한다. 그러나 그것은 고 농도가 아니라면 크게 문제되지 않는다. 아크용접은 광범위한 스펙트럼 전리방사선 폭로가 예상되는데 적외선 (8,000 ~ 13,000Å), 가시광선 (3,500 ~ 8,000Å) 및 자외선 (2,900 ~ 3,000Å)이 발생된다. 특히 2,800 ~ 3,000Å의 파장 범위의 분광은 눈에 심한 자극을 일으키는데 이것을 용접공은 “flash burn ” “ Arc eye ” 또는 “ Sand in the eye ”라고 부른다. 아크용접시 적외선의 유해성은 위험치에 달하지 않는다.

② Low Hydrogen

Shielded arc Welding 과정의 특수변법으로 이 과정은 Stainless Steel과 또다른 합금류를 사용하여 만들어졌고 슬러지 (Slag)안쪽에 확실한 Nonferrous Oxide을 얻기 위하여 CaF_2 (Calcium Fluoride)와 같은 불소화합물을 이용하는 것으로 코팅 (Coating)되어졌다. 코팅은 불화물류가 9%이상 포함되어 있고 흡 (Fume)에는 10~20% 불소류가 포함되어 있는데 대개 발생된양의 반정도는 용해성불소 (Soluble Fluoride)

이다. 불화수소 (HF)는 저농도로 존재한다. Low Hydrogen Welding 으로 인한 흡 (fume)의 폭로는 코와 목의 자극, 만성비출혈 (Chronic Nosebleeds)을 촉진한다. 이러한 것은 불화수소 폭로에 의한 Systemic Fluorosis 증상만은 아니며 Monitoring 은 시료포집과 뇨중의 불소 측정으로 알 수 있다.

③ Gas Metal Arc Welding

이 방법은 He, CO₂, Ar 또는 이들 가스의 혼합물과 같은 불활성가스의 흐름이 가능하도록 되어 있어 이로인해 고농도의 금속흡이 발생된다. 이 공정은 전류의 밀도 Shielding Gas, 모금속에 좌우되는 중요한 UV 폭로가 존재하며 이 공정은 재래식 Stick Welding 보다 10 배~20 배 정도 더 강렬한 U.V 스펙트럼을 발생한다. 이 영향으로 피부 및 눈의 장애와 모직물 및 면직물 옷의 손상을 가져올 수 있으며 특히 질소-헬륨 불활성가스의 사용시 오존 (O₃), 이산화질소 (NO₂)의 발생이 예상되고 용접장소에 트리클로로에틸렌 (Trichloro Ethylene)의 증기가 존재할 때에는 가스의 유해성은 더 높아진다.

U.V 방사선에 의한 증기의 분해로부터 발생된것을 연구한 결과는 포스젠 (Phosgene) 염화수소, 그리고 염소가 일반적이라고 보고되고 있다.

④ Submerged Arc Welding

이 용접은 아크를 가용성 불소화합물을 함유하는 입자상 물질로 덮여짐으로써 Shielding의 효과를 얻을 수 있으며 이 용접법은 U.V의 폭로를 배제하고 금속흡의 발산을 감소시키지만 불화수소를 방출하게 된다.

유해인자는 Low Hydrogen Welding 에서 서술한 것과 비슷하다.

⑤ Plasma Arc

이 방법은 기계적 전자장력의 복합된 상호작용으로 60,000 °F 의 온도까지 상승하며 이 기술은 용접 절단 등에 활용된다. 이 공정의 유해요소는 고소음의 노출 (110~120 dB(A)), 산화질소, 오존 (O₃), 고농도의 금속흡에 폭로된다.

2) 가스용접 (Gas Welding)

이 용접에는 용접 절단 및 Metallizing 작업에 사용되는 Torch Flame 을 일으키는데 여러 가지 Oxygen Fuel System이 활용된다. 금속흡의 유해성은 산소절단시에도 나타날 수 있으며 Nonferrous Metal 사용시 filler rod 와 가스류, 증기류, 금속흡이 나타날 수 있다.

가스용접의 변형법인 Brazing 에서는 위험한 카드뮴 (cd) 분진이 발생할 수 있다. 산화물 (Oxide)을 제거하기 위하여 Mg, Al 이 사용되는 Fluxes 는 일반적으로 리튬 (Lithium), 칼륨 (Potassium), 나트륨 (Sodium), 마그네슘 (Magnesium)의 할로젠 화합물, 염류로 이루어져 있어 주된 유해요소로 밀폐된 장소에서 가스-산소용접을 할 때 NO₂의 노출로 인한 사망예가 기록된바 있으며 20 m³의 공간내에서 15분 이내에 치사농도의 NO₂ 가스 (1 시간동안 20 ppm)가 발생할 수 있다. 일반적인 합금류 (Alloys)와 금속코팅으로부터의 위험을 나타내는 것으로 이들에 대한 폭로는 각종 Base Metal Alloys 및 Electrode Coating 에 기인한다. 그의 용접과 관련되는 공정으로 절단 작업 등이 있으나 그들 작업에 수반되는 유해성은 상술한 바와 유사하다.

< Table 2 > **Hazards from Common Metal Coatings and Alloys**

Coatings and paints
 Zinc, galvanized steel
 Cadmium plating
 Mercury fungicidal paints
 Lead paint
 Alloying metals
 Lead
 Nickel
 Chromium
 Manganese
 Beryllium

< Sources : Patty's Industrial Hygiene & Toxicology >

< Table 3 > 용접, 절단시 발생하는 흡성분의 허용기준농도 (TLV)

Element of Substance	TLV mg/m^3
Beryllium	0.002
Cadmium Oxide fume	0.05
Cobalt metal fume and dust	0.1
Copper fume	0.2
Ferro vanadium dust	1.0
Manganese and compounds	5.0
Lead fumes and dusts	0.15
Molybdenum	5.0
Nickel and compounds	1.0
Platinum (soluble salts)	0.1
Rhodium (metal salts)	0.1
Silver metal	0.01
Tellurium	0.1
Vanadium fume	0.05
Zinc Oxide fume	5.0

< Source : King Magid Industrial Hazard and Safety Handbook >

위의 표 3은 용접이나 절단시 발생하는 금속흡 성분의 허용기준농도를 나타낸 것이다.

3. 측정과정

1) 시료채취 (Sampling)

① 샘플링 헤드 (Sampling Head)

Sampling Head는 프라스틱 스텔레스강, 알루미늄과 같은 오염이 잘되지 않는 적당한 물질로 구성하는 것이 바람직하며 지름이 3.7 cm인 여지를 삽입하고 제거하기에 적당한 오리피스 (Orifice)관이 달린 (관지름 6 mm dia) 것을 사용한다.

② 표본의 취급과 평량

공여지 또는 흡표본을 운반할 때도 운반도중 손상을 피하기 위해 표본이 되어진 물질이 떨어지는 것을 방지하기에 적당하게 설계된 용기안에 넣어서 운반한다. 여지 (기공크기: $0.8\mu m$)는 끝이 편편한 핀셋으로만 취급해야 하며 대기습도의 흡수에 의한 필터 평량 (filter weighing)상의 오차를 줄이기 위하여 각여지를 평량을 행하기 전에 여지를 건조시키는 것이 필요하다. Cellulose Ester Membrane Filter의 경우에 있어 드라이 오븐 (Dry Oven)안에 $70^{\circ}C$ 에서 1시간동안 가열시키고 데시케이터의 저장에 따라서도 주어진 결과가 재현됨을 알 수 있다. 또한 평량하는 동안에 오차를 유발하는 정전기의 방해에 주의를 해야하며 용접흡 중량을 평량할 때에는 정밀천평을 사용한다.

③ 포집과정

포집은 개인시료채취기 (Personal Air Sampler)로 펌프는 용접작업자 핵대에 착용하고 헤드 (head)는 작업자 호흡기 위치에 착용시켜 유량 $1.8 \sim 2.2 l/min$ 로 최소한 1시간 이상 포집하며 포집 전후에 유량은 반드시 점검되어야 한다. (다음호에 계속)