



하절기 용접작업자의 건강장해예방

현재 우리나라는 조선수주물량에서 세계 1위를 고수하고 있고 자동차 생산량은 세계 5위이며 철강생산량은 세계 10위권 일정도로 용접의 능력이나 기술면에서도 앞서고 있지만 그만큼 용접작업량 및 용접작업자가 많아 용접작업으로 인한 작업환경 때문에 많은 근로자들이 사고 및 건강장해를 보였고 앞으로도 계속해서 각종 재해 또는 질환에 시달릴 근로자들이 발생될 것으로 예상된다.

특히 기온이 올라가고 습도가 높아지는 하절기에는 모든 근로자들이 작업을 하는데 있어서 많은 어려움을 호소하게 되며 그 중에서 고온의 열이 발생되고 보호구로 온몸을 감싸고 작업해야 하는 용접작업자들에게는 다른 어떤 작업보다도 힘든 작업이 될 수밖에 없다.

온몸이 작업을 시작하지 한 시간도 안 되어 땀으로 젖다 못해 샤워하다 시피 하는 작업강도로 인하여 안전 관리자 및 관리책임자들이 냉조끼, 에어조끼, 냉화채등 갖가지 방법으로 작업자들의 고통을 감소하려 하지만 많은 어려움이 있는 것이 현실이며 이로 인하여 많은 작업자들이 순간의 편리함에 빠져 지켜야 할 안전을 등한시 하고 있는 형편이다.

1935년에 아연도금동판 용접 시에 발생하는 아연 흡을 흡입한 근로자의 금속열 증상 발생보고가 있는 이래 용접흡과 가스에 대한 산업보건학적인 관심이 일어나게 되어 많은 연구가 이루어졌다. 용접작업 시에 발생하는 유해인자로는 용접흡, 유해가스, 유해광선, 소음, 고열 등이다. 용접흡 중에 함유된 철, 망간, 니켈, 규소, 칼륨, 크롬, 티타늄, 칼슘, 나트륨 가운데서 특히 망간은 우리 인체에 폭로되어 파킨슨씨병과 유사한 망간중독을 일으킨 사례가 있다.

진주지역의 K기공에서 용접작업을 하던 K씨에게 전신쇠약, 식욕부진, 근육통증상에 이어 무관심, 감정둔화, 발기불능, 성욕감퇴 현상이 나타났다. 그리고 머뭇거리는 말, 표정이 없고 무감정한 얼굴, 느리고 둔한 행동이 점점 악화되어 걸음걸이가 어려워지고 근육이 강직되고 떨림 현상이 나타나는 등의 증세로 한국산업안전공단 직업병 심의위원회에서 97년 2월 12일 우리나라 최초의 망간중독에 의한 직업병으로 인정을 받았다.

그 이후 제철공장의 협력업체 직원이 1987년 입사한 후 7년간 용접작업

을 하다가 급성천식이 발생되어 주기적으로 치료를 받던 중 2003년 천식으로 사망하자 유족들이 낸 유족보상 신청을 근로복지공단이 받아들여 1억 5천만원의 유족보상금을 지급하였으며, 조선소의 용접공으로 1983년부터 20년간 용접작업을 하던 용접공이 2003년 희귀난치병인 근위축성 측삭경화증(일명 루게릭병)에 걸려 2005년 사망한 노동자에게 법원이 업무상 재해로 인정한 바 있다

이와 같이 용접 시 발생하는 유해인자로 근로자의 건강장해가 심각한 피해를 입을 수 있음에도 대부분의 용접작업자는 감전, 추락, 폭발사고의 위험성만을 인식하고 있으며 그 중에서 하절기에 작업자들의 안전 불감증이 만연하고 있어 이번 주제를 통하여 용접작업자의 건강장해에 대하여 자세히 알고자 한다.

I. 용접의 원리

용접은 2개 이상의 고체금속을 하나로 접합시키는 금속가공기술법이다. 이때 금속의 표면은 실제로 항상 얇은 산화막으로 둘러 쌓여져 있어, 금속의 원자끼리의 인력에 의한 결합으로의 접근을 방해한다. 또한 금속의 표면은 평활하게 보이나 초 현미경적으로 확대해 보면 요철이어서 그대로는 넓은 면적의 금속이 원자간의 인력으로 결합이 어렵게 된다.

그러므로 용접의 원리는 첫째로 산화막을 제거하고 산화되는 것을 방지해야 하며, 둘째로는 표면의 원자들이 서로 접근하도록 해야 한다.

그래서 금속의 접합부에 고압전기나 산소, 아세틸렌 등의 고압폭발성 가스를 이용하여 높은 에너지 열원을 발생시켜 접합하고자 하는 부위를 가열시켜 녹인 후 용접봉이나 용접선을 재료로 사용하여 접합하고자 하는 2개의 금속을 접합시키는 기술이다.

II. 용접의 분류

현재 사용되고 있는 용융법에는 80여종에 달하고 있는데, 그 중 주된 용

접합을 그 원리와 열원에 의하여 분류된다. 또 실용되고 있는 용접법을 크게 나누어 보면 용접, 압접 및 납땜의 3종류로 분류된다.

1. 용접

용접은 용융용접이라고도 하며, 접합하고자 하는 두 금속부재 즉 모재(Base Metal)의 접합부를 국부적으로 가열 용융시켜 이에 제3의 금속 즉 용가재(용접봉, 용접선 등)를 녹여 첨가시켜 융합된다. 보통 사업장에서 사용되는 대부분의 용접방법이다.

2. 압접

압접이란 기압용접이라고도 부르며 접합부를 적당한 온도로 가열 혹은 냉간 상태로 하여, 이에 기계적 압력을 가하여 접합하는 방법을 말한다. 파이프, 덕트 등을 생산하는 방식 또는 나뿌을 연결시키는 방식 등이 여기에 해당된다.

3. 납땜

전자제품 제조사업장에서 많이 사용하는 방식의 납땜이란 접합할 모재보다 용점이 매우 낮은 비철금속, 비철합금 또는 철 금속을 용가재로 사용하여 납땜의 응고 시에 나타내는 분자간의 흡인력을 이용하는 것을 말한다.

III. 용접으로 인한 건강장해

1. 금속흡

가. 흡의 발생

용접 흡이란 용접 시 열에 의해 증발된 물질이 냉각되어 생기는 미세한 소립자를 말한다. 용접흡은 고온의 아크발생 열에 의해 용융금속 증기가 주위에 확산됨으로써 발생된다. 즉, 용접봉의 심선 및 용제 등을 구성하는 물질의 고온증기가 아크발생에 따라 대기 중으로 방출되어, 증기전체가 급속냉각 고화됨과 동시에 금속은 산화되어 극히 미세한 고체입자를 형성하게 되는데 이 미세입자가 흡이다. 이 때 발생하는 흡은 철, 망간, 니켈, 구소, 칼륨, 크롬, 티타늄, 나트륨 등 중금속에서부터 여러 형태의 성분이 있으며 <표 1>과 같이 용접봉이 클수록, 전류가 클수록, 전압이 높을수록, 극성일 때, 용접토치의 경사각이 클 때, 아크 길이가 길수록 흡의 발생량은 커진다.

나. 흡의 특성

용접 흡은 전자현미경으로 관찰하면 직경 0.1 μ m전후의 극히 미세한 구상(球狀)입자인 것을 알 수 있다. 흡의 대부분은 구형의 미세한 입자 상태이며

금속특유의 결정 형태를 가진 것도 있다. 크기도 다양하여 0.02~10 μ m 까지 분포되어 있으나 평균 0.3~0.4 μ m 이다.

일반적으로 공기 중의 무기입상물질이 인체 내에 흡입되면 7 μ m 이상의 입경이 큰 것은 대부분 코털이나 기관지의 섬모에 걸려 제거되며, 0.5 μ m이하의 미세입자는 폐에 들어가도 침착되지 않고 다시 배출된다. 그러나 0.5~7 μ m 크기의 입자가 폐에 들어가 말단의 폐포에 침착하여 여러 가지 영향을 미치게 되며, 특히 용접 흡의 대부분이 이 범위의 크기를 지닌 입자임을 주목하여야 한다.

<표 1> 용접작업별 흡 발생량

용접방법	봉, 와이어지름(mm)	용접전류(A)	흡발생량(mg/min)
피복아크용접	4.0	170	250~400
	5.0	210	350~600
	6.0	300	450~700
	8.0	330	1,000~1,500
무 피복아크	3.2	400	2,000~3,500
CO ₂ 아크용접	Flux있음	1.6	380
	솔리드	1.6	280
Tig용접	1.6	280	50~100

다. 흡의 종류

(1) 카드뮴

보호피복재, 용접전극피복재 또는 합금으로 사용된다. 폐를 자극하여 예민한 반응을 보이며, 폐수종을 유발할 수 있고 만성 영향으로 폐기종과 신장손상을 초래하기도 한다.

(2) 크롬

스테인레스와 고합금강철에 있어 주요합금원료로 사용된다. 불용성 6가 크롬에 대한 과도한 장기폭로는 피부자극과 폐암발생의 위험을 높일 수 있다. 크롬 함유 스테인레스강이나 크롬 함유 용접봉을 사용할 경우 용접 흡이 발생된다.

(3) 철

용접 흡 중의 주요한 오염물질로서 급성영향으로 코, 목과 폐에 과민반응을 일으키며, 주된 만성영향으로는 철폐증이 있다.

(4) 망간

대부분의 탄소, 스테인레스 합금과 용접 전극봉에 소량 포함된다. 노출정





이탈의 안전교실

도에 따라 큰 차이가 있으며, 용접작업자는 보통 위험한 농도까지 노출되지 않으나, 금속 열을 일으킬 수 있다. 장기노출 시 중추신경계에 이상을 초래할 수 있다.

(5) 납

주로 납땜, 황동과 청동합금 그리고 이따금 강재의 초벌 도로 제거 작업에서 발생된다. 고노출시에 급성증상이 나타날 수 있다. 혈중 납 농도분석이 과대 노출의 지표이다. 납독성과 관계된 만성영향으로는 빈혈증, 피로감, 복통과 여성의 생식능력저하(남성의 경우도 포함) 및 신장, 신경손상을 초래할 수 있다.

(6) 아연

청동, 황동 및 납땜 작업 시 발생된다. 아연 흡에 노출 시 나타날 수 있는 유일한 주요증세는 금속 열이다.

(7) 니켈

니켈은 피부자극과 폐암의 위험을 증가시킨다. 정상작업에서는 용접으로 인해서 유해한 농도까지 니켈 흡이 발생되지 않는다. 그러나 스테인레스강이나 합금을 용접할 때에는 고농도의 노출에 대해 주의가 필요하다. 그러므로 적절한 환기와 호흡보호구의 착용은 허용농도 이상으로 노출을 막기 위해 필요하다.

2. 유해가스

가. 유해가스의 발생

유해가스라 함은 용접작업 시 고온의 열에너지에 의하여 발생하는 가스로서 오존, 질소산화물, 일산화탄소, 이산화탄소 등을 말한다.

나. 유해가스의 특성

유해가스는 크게 오존, 질소산화물, 일산화탄소, 분해산물 이 네 가지로 나뉘어지며 이 네 가지 유해가스는 모든 용접작업공정에서 발생한다. 오존, 질소산화물과 일산화탄소는 용접 시 발생하는 가스의 주성분이다. 보통의 농도에서 이러한 가스들은 눈에 보이지 않으며, 일산화탄소의 경우는 냄새도 없다.

유해가스를 좀 더 살펴보면 오존은 허용농도 0.1ppm, 자외선에 의해 생성되어 폐충혈, 폐기종, 폐출혈 등의 급성장애를 일으키며 질소산화물은 허용농도 3ppm으로 대부분 이산화질소를 발생시켜 고농도 노출 시에 폐부종, 폐장해 등을 발생시킨다.

이산화탄소는 허용농도 50ppm으로 아크용접 시 고농도 일산화탄소를

배출하여 고농도 노출 시 의식 단절, 질식사망을 발생시키며 분해산물은 페인트, 피막성분의 열분해로 포스겐, 포스핀 등의 유독가스를 발생시킨다.

다. 유해가스의 종류

(1) 오존(O₃)

대기 중의 산소와 용접 시 발생하는 자외선에 의해 오존가스가 생성된다. 1ppm 미만의 저 농도로 단기 폭로되더라도 두통과 눈의 점막 이상을 초래할 수 있으며 또한 만성폭로 시 폐 기능의 심각한 변화를 초래할 수 있다. 오랫동안 혹은 다량으로 마시게 되면 두통, 메스꺼움, 흉부통증과 목·코 등을 건조하게 하는 등의 증상이 나타나며 노출정도에 따라 결막염, 상기도 기관지 계통의 염증, 화학성 폐렴, 폐수종, 접촉성 피부염, 피부암, 심장 및 순환기계장애, 중추신경장해를 일으킨다.

(2) 질소산화물(NO_x)

오존과 마찬가지로 아크용접 시 자외선에 의해 생성되며 공기 중의 질소가 용접아크작업의 열 효과에 의해 이산화질소를 생성한다.

- 용접작업으로 발생하는 양은 저 농도(1.0 ppm 이하)이지만 가스절단, 플라즈마 용단, 가스버너에 의한 곡직작업 시 고농도의 이산화질소가 발생할 수 있으므로 주의해야 한다. 이산화질소(NO₂)는 10~20ppm의 저 농도에서도 눈, 코와 호흡기관에 자극을 유발한다. 고농도의 경우 폐수종과 기타 폐에 심각한 영향을 줄 수도 있다. 만성폭로 시 폐 기능에 중대한 변화를 초래한다.

(3) 일산화탄소(CO)

아크용접 시 이산화탄소가 일산화탄소로 환원되어 발생하며, 아크용접작업 주위에는 고농도의 일산화탄소가 고밀현상을 일으켜 환기가 어려운 탱크 내부 작업이나 밀폐작업 장소에서 고농도의 일산화탄소가 존재할 수 있다.

전극 붕피복과 용재의 연소와 분해 시 생성되며, 무색, 무취의 화학 질식제이다. 급성영향으로는 두통, 현기증과 정신혼란 등을 유발한다. 만성폭로의 경우에 있어서는 보통 용접 시 발생하는 농도에서는 심각하지 않다.

(4) 포스겐(COCl₂)

트리클로로에틸렌 등으로 파 용접물을 세척한 경우에 남아있는 염화수소(염소계 유기용제)가 불꽃에 접촉되면 맹독가스인 포스겐(COCl₂)이 발생한다. 포스겐은 만성중독은 거의 일어나지 않고 대부분 급성중독으로 주증상은 호흡부전과 순환부전증이다. 호흡기나 피부로 흡수되면 폭로 후 24시간 이내에 나타날 수 있으며 초기증상은 목이 타며, 가슴이 답답하다. 호흡곤

란, 청색증, 극심한 폐부종 등이 나타나며, 마침내는 호흡 및 순환부전증으로 인한 사망을 초래한다. 현행 노동부고시 제91-21 유해물질 허용농도에서는 포스핀의 노출기준을 0.1ppm으로 규정하고 있다.

(5) 포스핀(PH₃)

도장부에서 전처리 공정으로 녹 방지용 인산피막 처리를 한 피 용제를 용접하는 경우 포스핀이 발생하는 것으로 알려지고 있으며, 포스핀의 유해성은 포스겐과 거의 비슷하다. 현행 노동부고시 제91-21 유해물질 허용농도에서는 포스핀의 노출기준을 0.3ppm으로 규정하고 있다.

3. 기타 유해인자

가. 물리적인인자

(1) 소음

소음은 용접, 아크 흠 가공, 플라즈마 아크용단, 공기탄소 아크용단 및 그라인딩과 같은 공정에서는 70~120dB 정도의 과도한 수준의 소음이 발생된다. 과도한 소음은 결과적으로 연구청력손실을 초래하는 청신경 손상을 발생시키므로 이를 명심하여야 한다. 청력손실은 대부분 단기간에 나타나지 않으나 일단 발생하면 회복될 수 없다.

(2) 고열, 화상

화상은 용접작업에서 분명한 위험요인이다. 두 가지 발생 원인으로 첫째는 뜨거운 금속, 용재비산 또는 뜨거운 공구나 용접전극 봉 취급 시 피부화상이 발생하며 두 번째는 용접 시 발생하는 아크광선으로 대단히 고온이며 강력한 광선을 발한다. 이 광선에는 가시광선과 자외선이 포함되어 있으며, 이 강한 빛은 시신경을 자극시켜 작업을 방해한다. 자외선은 조직을 손상시키는 작용을 하며, 눈에 들어가면 결막, 각막 등에 침투하여 통증을 일으킨다. 용접 시 발생하는 아크광은 눈에 전광성 안염이라 불리는 급성각막 표층염을 일으키며, 대부분 노출된 지 수 시간 경과 후 발생한다.

노출이 심한 경우 각막표층박리, 궤양, 백색혼탁, 출혈, 수포형성이 될 수 있는데, 특히 백내장, 망막황반변성 등 눈에 치명적인 질환을 가져올 수도 있다. 강한 가시광선은 눈의 피로를 가져오며, 자외선에 의해서 생기는 각막과 결막에 대한 급성염증증상은 용접근로자 자신이 느끼는 증상에 의해 쉽게 발견될 수 있다. 적외선에 의해서는 열성 백내장이 발생할 수 있는데, 적외선에 의한 눈의 이상은 늦게 나타나므로 제때 발견하기가 어렵다.

(3) 전기

아크용접 작업에서 감전사고가 발생할 가능성이 있는 것은 교류아크 용

접기에서 용접봉 홀더를 사용해서 수동용접을 행하는 경우이다. 아크용접에서 감전사고 발생 요소로는 용접봉 홀더, 용접봉의 와이어, 용접기의 리드단자, 용접용 케이블 등이 있다. 장비의 불안전한 접지, 닳거나 손상된 전선과 용접홀더, 안전장갑의 미흡 또는 습윤 상태 등은 용접 작업자에게 위험성을 가중시킨다. 기타 위험요인으로는 회로형태, 전압, 신체의 통전경로, 전류의 세기, 접촉시간 등이다. 특히, 몸이 땀으로 젖었을 때나 드림, 보일러 등과 같이 주위가 철판으로 둘러싸인 좁은 장소에서 용접 작업 시는 감전 위험이 증대되므로 주의하여야 한다.

(4) 화재, 폭발

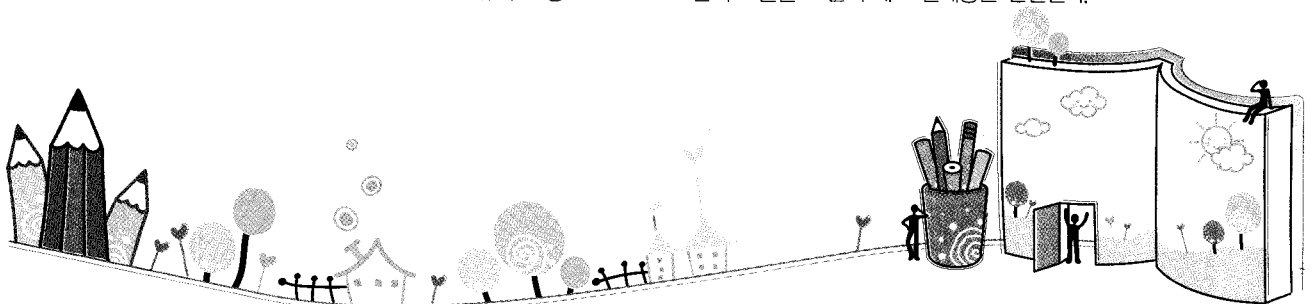
전기용접, 가스절단 등 용접·용단 시에 발생하는 과열된 피 용접물, 불꽃, 아크가 인접한 가연물(기름, 나무조각, 도로, 갈레, 내장재, 전선 등), 폭발성 물질 또는 가연성 가스에 직접적인 점화원을 제공하여 화재·폭발로 인한 대형사고로 발전될 가능성이 높다. 또한, 밀폐장소에서의 작업은 작업 전에 공기질이 좋았다라도 유독성 오염물질의 누적, 불활성이나 질식성 가스로 인한 산소 결핍, 산소 과잉 발생으로 인한 폭발 가능성 등이 생길 수 있다.

IV. 유해인자에 대한 예방관리

1. 허용농도

용접작업은 대부분 수동 작업이기 때문에 직·간접적으로 흠 및 유해가스에 노출되는 경우가 많다. 흠 흡입에 의한 인체장해는 진폐증·유해가스 등으로서 호흡기계 등에 영향을 미칠 수 있다. 아래 표와 같이 대부분의 금속 흠 및 유해가스는 용접작업자의 피부 또는 호흡기를 통한 흡수로 암을 발생 하거나 신경계 또는 심장, 신장, 간 등의 인체 내 주요장기에 심각한 영향을 주어 작업자의 건강악화 뿐만 아니라 사망에까지 이르게 하고 있으므로 사업장 안전 관리자 또는 관리감독자는 아래 표 2와 3과 같이 금속 흠 및 유해가스별 허용농도 기준을 명확히 인식하고 용접작업자들이 기준을 초과하는 작업장에서 작업하는 일이 없도록 철저히 관리해야겠다.

※ 진폐증 : 폐에서 먼지를 포위하는 식세포는 일정한 수명이 다하면 사멸하고 다시 새로운 식세포가 먼지를 포위하며, 이러한 과정은 계속하여 일어난다. 폐에 침착된 입자상 물질의 독성이 높을수록 식세포는 수 시간 또는 수일 내에 사멸한다. 일반적으로 식세포의 수명은 수주일 또는 1개월 이상까지 간다. 식세포가 사멸하면서 생성된 단백 분해효소와 기타 독성 물질은 얇은 폐포벽을 파괴하며, 이러한 과정은 먼지가 폐에 있는 한 계속되므로 먼지 노출을 그친 후에도 진폐증은 진전된다.





〈표 2〉 금속 흡 허용농도 (노동부고시 제 91-2168기준)

금속	허용농도(mg/m ³)	건강장해	비고
비소	0.2	피부염, 피부암, 폐암	발암성물질
망간	1	만성 뇌, 신경장애	파킨슨씨병 유사한 뇌장애
카드뮴	0.05	폐부종, 폐암, 전립선암	고독성, 발암물질
크롬	0.05	호흡기알러지, 폐암	발암성물질
베릴륨	0.002	심장병, 폐암, 골암	호흡보호구, 배기시설필수
납	0.15	수면장애, 고혈압	체내축적
니켈	0.1	피부, 호흡기 신장장해	발암성물질, 변이원성

※ 총 용접 흡 노출기준 : 5.0mg/m³

〈표 3〉 유해가스 허용농도 (노동부고시 제 91-21기준)

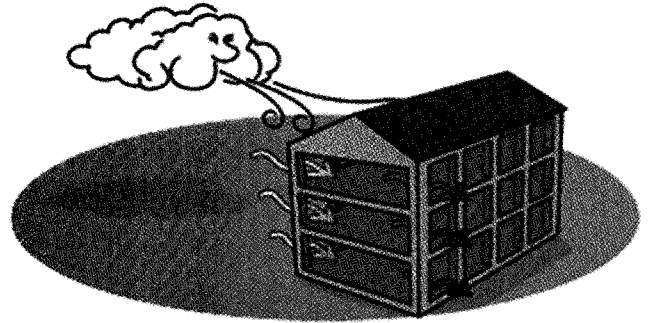
용제	허용농도(PPM)	건강장해	비고
hexan	100	피부자극, 말초신경 손상	고도의 화재 폭발 위험
benzene	10	피부자극, 신장손상, 백혈병, 돌연변이	고도의 화재 폭발 위험
toluene	100	피부자극, 뇌손상, 심장발작	피부흡수, 고도의 화재 폭발 위험
이황화탄소	10	피부자극, 심장장애, 정신착란	피부흡수, 고도의 화재 폭발 위험
diethylamine	100	간장손상, 신장손상, 뇌, 폐 손상 및 암	고도의 화재 폭발 위험

2. 환기

용접 흡 및 유해가스과 같이 그 발생원이 국부적인 경우는 작업장공간에 확산한 다음 대처하는 것보다는 발생원 근방에서 작업자의 주변의 공기를 환기하거나 국소배기장치 등으로 흡인·포집하여 제거하는 것이 보다 효과적이다.

가. 자연환기 방법

흡의 발생농도가 낮고, 용접작업자 2인당 공간이 284m³ 이상이며 실내 공간의 천장높이가 5m 이상인 경우에 적용한다. 흡이 작업자의 호흡영역을 지나가지 않도록 조치한 경우, 밀폐된 공간이 아닌 경우는 자연환기를 사용하여 희석한다.

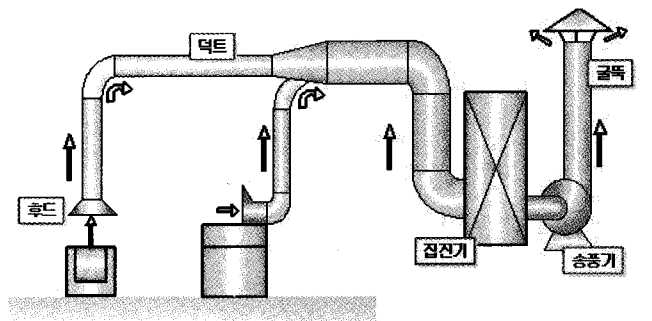


〈그림 1〉 자연환기 방법

나. 국소환기방법

작업공정 및 오염원의 특성에 따라 적절한 형태를 선정하여 설치한다. 새로이 설치하는 경우에는 국소급기와 국소배기가 결합된 국소환기형의 설치를 적극 검토한다. 국소배기장치는 가급적 작업자에 가깝게 설치하는 것이 바람직하며 용접지점에서 가장 먼 장소의 용접범위에 충분하고, 노출기준을 넘지 않는 환기능력을 가져야 한다. 국소배기장치는 흡을 제거하는 방식으로는 가장 유효하나 제어풍속이 너무 커지면 보호가스의 교란에 의해 용접결함을 발생시킬 우려가 있으므로 적정 제어속도를 설정하도록 한다.

또한 각 사업장에 기 설치되어 있는 국소배기장치 중 덕트파손 등으로 인한 누기(漏氣), 공기정화장치의 관리 불량으로 인한 입력손실의 증가 등을 확인하는 등 철저한 사후관리를 실시하고 작업 중에는 반드시 가동토록 한다.



〈그림 2〉 국소환기 방법

다. 이동식 국소배기장치

선체조립이나 탱크 내 작업과 같은 밀폐된 공간에서 작업 시 사용한다. 송기와 배기가 동시에 이루어지도록 한다. 가급적이면 많이 배치하여 필요 시 항상 가동할 수 있도록 한다. 다른 작업장으로 용접 흡이 배출되는 경우

는 이동식 집진설비를 설치한다.

라. 전체 환기장치

팬, 송풍기 등과 같이 동력을 이용하여 용접작업장 전체를 환기하는 방식으로, 작업장의 용적이 비교적 작은 경우에 유효하다. 정체하고 있는 흠을 제거하기 위해서는 병행류에 의한 푸시풀(Push-Pull)환기방식의 적용을 고려한다. 전체 환기는 각 현장의 특성에 따라 설계하여 설치한다.

3. 보호구

앞에서 이야기한 작업장의 환기로 용접작업 시 발생하는 모든 흠이나 유해가스를 제거하기는 현실적으로 어려움이 있다. 그러므로 근로자 개인별 작업에 맞는 검정 보호구를 착용하여 제거하지 못한 나머지 유해인자로부터 근로자를 보호해야 한다. 하지만 일부 용접작업자의 경우 보호구의 착용을 기피하거나 착용방법을 준수하지 않아 작업장에 배출된 흠 및 유해가스에 직접적으로 노출되어 있다. 하지만 아래 설명을 본다면 모든 작업자가 보호구를 올바르게 착용하리라 생각된다. 작업장에 배출된 용접 흠을 작업자가 호흡기를 통하여 흡입할 경우 흠의 53%가 흡입되고, 호기를 통해서 47%가 배출된다. 흡입된 흠은 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. 이러한 자료를 바탕으로 작업자가 보호구를 착용하지 않고 작업할 경우 용접작업자의 흠 흡수량으로 계산해본다면 1분당 용접 흠 노출기준5mg × 50분 × 8시간 × 체내 흡수량 57% × 배출량 44.2%를 뺀 나머지 흡수량 65.8% 곱하면 대략적으로 1일 흠 흡수량이 7.5g이 나오며 한 달의 경우 주 5일 근무로 하여 22일을 곱하면 165g, 1년의 경우 1.98kg, 25년 만기 근무 시에는 여성 한명의 몸무게와 비슷한 49.5Kg을 흡수한다는 계산이 나오게 된다. 위의 계산은 노동부 고시 기준의 총 용접 흠 노출기준으로 계산한 것으로 실제 작업장에서는 노출기준을 초과하는 사업장이 많은 현실에 비추면 보호구를 착용하지 않고 작업하는 용접 작업자의 용접 흠 흡수량은 더 많아질 것이다.

가. 방진마스크

통풍, 환기가 나쁜 장소에서 용접작업 시 흠용 방진마스크를 착용한다. 사용 후에는 분진의 제거나 건조 등 손질을 자주한다.

※ 흠용 방진마스크란 방진마스크 검정 시 시험용 에어로졸이 식염입자(NaCl) 또는 DOP(Dioctyl Phthalate)로서 99% 이상 분진포집 효율이 있는 것을 말한다.

나. 방독마스크

탱크내부 등 좁은 장소에서 환기가 불충분하면 방독마스크를 착용한다. 차광안경과 병용할 수 있는 구조의 것을 선정하며 방독마스크의 제독작용을 하는 정화통은 대상 유해물에 따라 구분하여 사용한다.

다. 송기마스크

자연대기를 이용한 호스마스크와 압축공기를 이용한 에어라인마스크를 사용하고 있으며, 용접작업에는 보통 에어라인마스크를 사용한다.

4. 작업관리

가. 작업계획수립 및 표준작업관리지침 작성

용접작업에 근로자를 종사하게 하는 경우에는 당해작업 계획 수립 시 용접 흠 등에 의한 유해여부를 우선적으로 고려하여, 다음의 내용을 포함하는 표준 작업관리지침을 마련하여 당해 근로자가 이에 따라 작업하도록 한다.

- (1) 용접 흠 발생 억제조치 설비의 설치
- (2) 작업공정에 사용되는 환기장치의 적절한 가동요령 등에 관한 사항
- (3) 보호구의 착용방법 및 관리방법
- (4) 용접봉, 피복재 및 피용제 등의 MSDS를 활용한 망간 등의 함유량에 대한 사항
- (5) 기타 용접 흠 및 가스, 유해광선 등에 의한 근로자 노출방지를 위한 사항

나. 근로자의 유해인자 노출정도의 측정

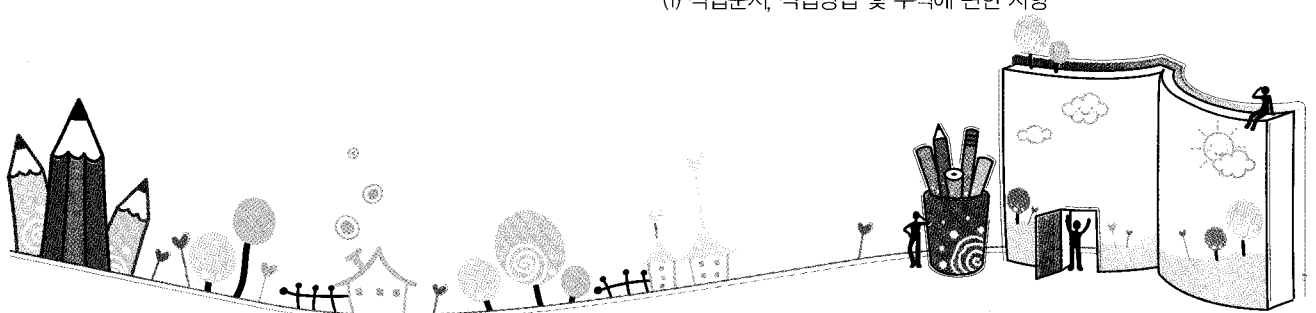
근로자에 대한 유해인자 노출정도를 주기적으로 측정하도록 하고 다음 사항을 준수하여 측정하도록 한다.

- (1) 작업자는 평소와 같은 방법으로 작업에 임하도록 하며 측정자(측정기사가 주지하는 내용 및 협조사항에 대해서 꼭 지키도록 하여 올바른 측정이 이루어지도록 한다.
- (2) 근로자의 유해인자 노출정도의 측정은 정상적인 작업이 이루어지고 있을 때 작업환경측정 유자격자가 개인시로 포집기 등을 작업자에 장착시켜 측정한다.
- (3) 개인시로 포집기는 보안면 안쪽에 장착하여 실시한다.

다. 용접작업자에 대한 특별교육 실시

밀폐된 장소(탱크 또는 환기가 극히 불량한 좁은장소)에서 행하는 용접작업에 대해서는 다음 내용에 대한 특별안전보건교육을 실시한다.

- (1) 작업순서, 작업방법 및 수칙에 관한 사항





- (2) 용접흄·가스 및 유해광선 등의 유해성에 관한 사항
- (3) 환기설비 및 응급처치에 관한 사항
- (4) 보호구착用に 관한 사항
- (5) 관련 MSDS에 관한 사항
- (6) 작업환경점검에 관한 사항
- (7) 기타 안전보건상의 조치 등

라. 근로자의 준수사항

근로자는 다음 준수사항을 준수하여 작업하도록 한다.

- (1) 용접작업 중 가동 중인 국소배기장치 등은 작업자 임의로 정지시키지 않도록 하고 감독자의 지시에 따른다.
- (2) 용접 흄이 최대한 작업장 주변으로 비산되지 않는 방법으로 작업한다.
- (3) 용접 흄에 폭로되지 않도록 주의하면서 작업한다.
- (4) 작업 시 지급된 보호구는 사업주 및 안전·보건관계자 등의 지시에 따라 반드시 착용한다.
- (5) 용접 흄, 가스, 유해광선에 의한 건강장해의 예방을 위하여 사업주 및 안전·보건관계자 등의 지시에 따른다.

마. 관리감독자의 의무

관리감독자는 다음사항을 준수하여 관리하도록 한다.

- (1) 작업량·작업속도 등을 필요 이상으로 올리지 않도록 지도한다.
- (2) 통풍이 불충분한 장소에서의 용접작업 시에는 환기장치를 가동하고 송기마스크, 흡용 방진마스크 등을 착용토록 지도·감독한다.
- (3) 가급적 통풍이 충분한 장소에서 작업토록 하여 용접흄의 흡입이 최소화되도록 작업방법을 정해준다.
- (4) 응급조치요령을 주지시킨다.

바. 건강진단의 실시

- (1) 용접작업 근로자에게는 분진 및 소음(85dB(A) 이상시)에 대한 특수 건강진단을 1년 1회 실시하여야 한다.
- (2) 파용접물 또는 용접봉에 망간(크롬산, 카드뮴) 등이 1% 이상 함유물질에 폭로되는 근로자는 6월에 1회 이상 특수건강진단을 실시한다.
- (3) 사업주는 법령에 의한 건강진단을 실시하고 건강진단 개인표를 송부 받은 때에는 그 결과를 지체 없이 근로자에게 통보하고, 근로자의 건강을 유지하기 위하여 필요하다고 인정할 때에는 작업장소의 변경, 작업의 전환, 근로시간의 단축 및 작업환경개선 등 기타 적절한 조치를 하여야 한다.

- (4) 또한 사업주는 산업안전보건위원회 또는 근로자대표의 요구가 있을 때에는 직접 또는 건강진단을 실시한 기관으로 하여금 건강진단 결과에 대한 설명을 하여야 한다.
- (5) 건강 상담 및 건강진단실시에 따른 자각증상 호소자에 대하여 질병의 이환여부 또는 질병의 원인 등을 발견하기 위하여 임시건강진단을 실시하여야 한다.

사. 근로자 개인위생관리

(1) 용접작업 근로자는 용접흄에 의한 직업성질환의 발생을 예방하기 위하여 다음 사항을 준수하여야 한다.

- ① 용접이 실시되고 있는 작업장 내에서는 음식물을 먹지 않는다.
 - ② 용접작업 후 식사를 하는 경우에는 손이나 얼굴을 깨끗이 씻고, 별도의 장소에서 식사한다.
 - ③ 용접작업장에서는 보호구를 착용한 후 작업에 임하도록 하고 사용한 보호구는 불순물 및 감염물을 제거한 후 청결한 장소에 보관한다.
 - ④ 비상시 사용한 호흡용 보호구는 적어도 1개월 또는 사용 후마다 소독하여 보관한다.
 - ⑤ 작업을 종료한 경우에는 샤워시설 등을 이용하여 손, 얼굴 등을 씻거나 목욕을 실시한다.
 - ⑥ 퇴근 시에는 작업복을 벗고 평상복으로 갈아입는다.
- (2) 용접작업장소와 격리된 장소에 근로자가 이용할 수 있는 휴게시설을 설치한다.
- (3) 용접작업장 근로자의 건강보호를 위하여 세안, 세면, 목욕, 탈의, 세탁 및 건조시설 등을 설치하고 옷장, 보호구보관함 등 필요한 용품 및 용구를 비치한다.
- (4) 오염된 피부를 세척하는 경우에는 피부에 영향을 주지않는 비누 등을 사용한다.
- (5) 하절기 근로자들의 소비량이 큰 식음료 등은 작업장 내에 비치하지 않는다.

5. 아크에 의한 안전대책

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

〈표 4〉 용접종류에 따라 권장되는 차광도 번호

용접종류	차광도 번호
산소-아세틸렌용접	4~5
파복아크용접	10~12
가스금속아크용접	11~12
가스텅스텐아크용접	12
플렉스코어드아크용접	11~12

6. 감전재해의 안전대책

가. 전기용접작업 시 주의사항

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

나. 용접용 가죽장갑

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

다. 절연형 홀더

절연형 홀더는 작업장 주변의 자재, 공구 등으로 인하여 파손되기 쉬우므로 사용 전 파손유무를 점검하고 파손 시 홀더를 교체하여야 한다.

라. 자동전격방지기

자동전격방지기는 항상 작동되도록 그 기능을 유지하여야 하며 안전 관리자는 작업자가 임의로 그 기능을 정지하는 일이 없도록 관리 하여야 한다.

7. 폭발·화재에 대한 안전대책

가. 폭발·화재

(1) 밀폐장소에서의 안전대책

- ① 작업자가 밀폐공간에서 작업 시 반드시 사전허가를 받는 시스템을 확립한다.
 - ② 밀폐공간에 연결되는 모든 파이프, 덕트, 전선 등은 작업에 지장을 주지 않는 한 연결을 끊거나 막아서 작업공간내로 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 산소농도를 검사한다.
 - ⑤ 용접에 필요한 가스 실린더나 전기 동력원은 밀폐 공간 외부의 안전한 곳에 배치한다.
 - ⑥ 밀폐 공간 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 개인보호 장비와 구조장비를 갖춘다.
 - ⑧ 밀폐공간에 출입하는 작업자는 안전대, 생명줄 그리고 보호구를 포함하여 적절한 개인보호 장비를 갖춘다.
- (2) 폭발·화재의 안전대책
 - ① 가스용기는 열원으로부터 멀리 떨어진 곳에 세워서 보관하고 전도방지 조치를 한다.
 - ② 산소밸브는 기름이 묻지 않도록 한다.
 - ③ 가스호스는 꼬이거나 손상되지 않도록 하고 용기에 감아서 사용하지 않는다.
 - ④ 안전한 호스연결기구(호스클립, 호스밴드 등)만을 사용한다.
 - ⑤ 검사받은 압력 조정기를 사용하고 안전밸브 작동 시에는 화재·폭발 등의 위험이 없도록 가스용기를 연결시킨다.
 - ⑥ 가스호스의 길이는 최소 3m 이상 되도록 한다.
 - ⑦ 호스를 교체하고 처음 사용하는 경우, 사용 전에 호스내의 이물질을 깨끗이 붙어낸다.
 - ⑧ 토치와 호스연결부 사이에 역화방지를 위한 안전장치를 설치한다.
 - ⑨ 가연물을 격리시키기 어려울 경우에는 불꽃비산방지 조치를 하는 등 기타 폭발화재 등이 일어나지 않도록 조치하고 근처에 소화기를 준비하도록 한다.
 - ⑩ 드럼통, 탱크, 배관 등의 용접수리 작업 시 내부에 인화성액체나 가연성가스, 증기가 존재할 경우 구조물 내 모든 가연성 물질 제거하고, 압력축적을 막기 위해 구조물 내 환기를 실시한다. 또한, 용접부위에 국소적으로 물을 넣거나 불활성 기체(질소등)로 내부를 청소한다. ☹

