

제 10 장 용접 작업



용접이란 접합하고자 하는 두 개 이상의 물체(주로 금속)의 접합부분에 존재하는 방해물질을 제거하여 결합시키는 과정이라고 할 수 있는데 주로 열로 두 금속을 용융시켜 이 작업을 수행하게 됩니다.

금속을 접합하는 방법은 크게 기계적 접합과 금속학적 접합법 및 접착으로 분류할 수 있습니다. 기계적 접합이란 접합면에 국부적인 소성변형(塑性變形)을 주는 것으로 볼트이음, 리벳이음, 가열 끼우기 등이 있으며, 접착이란 접착제를 이용하는 가장 간단한 방법입니다. 금속학적 접합(또는 야금학적 접합, 또는 금속학적 용접접합)이란 접합면에 열 에너지를 가하여 국부적으로 용융(熔融)시키던지 또는 금속원자의 열확산을

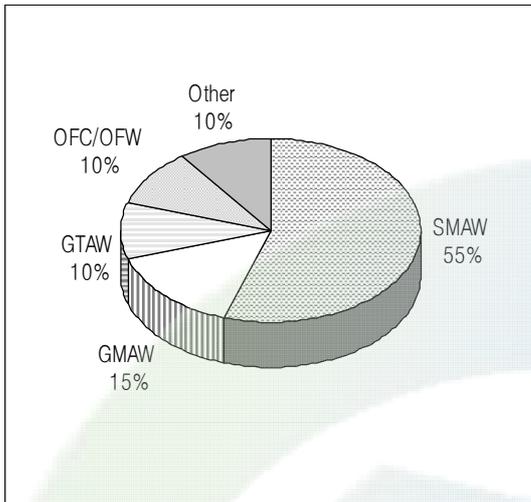
촉진시켜, 재료 상호간에 용해 및 응고, 확산, 소성변성 등의 금속학적 현상을 동반하는 접합 형태로 접합 현상에 따라 용융용접, 고상 용접, 브레이징 및 솔더링(Brazing and Soldering)으로 구분합니다. 용접작업에 필요한 구성요소는 용접의 종류에 다소 차이는 있으나 ① 용접대상이 되는 재료(모재), ② 열원(가열열원으로 가스열이나 전기에너지가 주로 사용되고 화학반응열, 기계에너지, 전자파에너지 사용) ③ 용가재(溶加材; 용합에 필요한 용접봉, 용접와이어나 납 등) ④ 용접기와 용접기구(용접용 케이블, 호울더, 토우치, 기타 공구 등) 등이 필요합니다.

잠깐!! 절단도 용접과 같은 원리가 적용될 뿐 아니라 산업보건측면에서 건강유해요소 거의 동일하므로 같이 취급하여 관리 할 수 있습니다.

용접을 분류하는 방법은 여러 가지가 있는데 용접시의 금속이 고체상이냐, 액상이냐, 또는 가압여부에 따라서 용접(融接; fusion welding), 압접(壓接) 및 납땜으로 분류하는 방법이 있습니다.

용접(融接, 또는 용융용접, fusion welding)	접합하려는 두 금속재료 즉 모재(母材; base metal)의 접합부를 가열하여 용융 또는 반응용상태로 하여 모재만으로 또는 모재와 용가재(filler metal)를 용합하여 접합하는 방법으로 용접이 갖거나 비슷한 금속재료의 접합에 주로 이용합니다.
압접(壓接, 또는 고상용접, pressure welding)	이음부를 용접이하로 가열하고 기계적인 압력을 가하여 큰 소성변성을 주어 접합하는 방법으로 동종 및 이종 금속간의 접합에 주로 이용되며, 냉간압접, 폭발용접 등이 있습니다.
납땜(brazing and soldering)	모재를 용융하지 않고 모재보다도 용융점이 낮은 금속(납의 일종)을 삽입하여 접합하는 방법으로 접합면 사이에 표면장력의 흡인력이 작용되어 접합되며, 납의 용융점이 450 °C이하일때 연납(soft solder)이라 하고 450 °C이상일때를 경납(hard solder)이라고 합니다.

용접은 자세하게 구분하면 80여가지로 구분되지만 일반적으로 많이 사용되는 용접법은 다음 그림과 같습니다.



•Shielded Metal Arc Welding(SMAW); MMA, Stick rod, Stick, Coated electrode
막용접, 수동용접, 피복금속아크용접

• Gas Metal Arc Welding(GMAW); Short arc, MIG, CO₂ welding, 가스용접, 미그용접, 매그용접

• Gas Tungsten Arc Welding(GTAW); Heli arc, TIG, 티그용접

• Oxy-fuel gas cutting or Welding(OFC/OFW);

그림 1. 일반적으로 많이 사용되는 용접방법

1. 주요 관리대상

용접흠(welding fume), 금속(망간, 크롬, 니켈), 용접종류별 유해인자

용접흠은 미세한 금속입자입니다.

용접에서 발생하는 고온은 금속을 녹이게 됩니다. 금속이 녹으면서 증기가 발생하는데, 이 증기는 공기중에서 급속히 냉각됩니다. 이 때 냉각된 증기는 금속으로서 매우 미세한 입자입니다.

용접에서 발생하는 유해인자는 용접의 종류에 따라 다릅니다.

기본적으로 용접 흠이 문제가 되며 용접 종류에 따른 유해인자는 표 1을 참조하시기 바랍니다. 용접 흠의 금속성분으로는 일반적으로 망간이 유해하고, 스테인레스 강에 대한 용접을 할 때는 망간뿐 아니라 발암성 물질인 6가 크롬 화합물, 니켈이 발생됨으로 특별한 관리를 필요로 합니다. 표 2는 같은 용접 종류라 하더라도 대상 금속에 따라 유해인자가 달라지는데 이에 따른 관리 유해인자를 표시하고 있습니다. 기본적인 유해인자는 용접 흠은 작업조건에 따라 다르기는 하지만 용접 종류에 따라 발생량이 어느정도 정해져 있습니다. 표 3은 외국과 우리나라에서 조사된 용접 종류별 흠 발생량을 나타냅니다. 표에서 보듯이 피복금속아크용접의 흠 발생량이 가장 많은 걸 알 수 있습니다.

표 1. 용접의 종류에 따른 주요 관리 유해인자

유해인자	용접의 종류						
	피복금속아크용접		티그용접	매그 및 미그용접	잠호용접	플라스마 용접	가스용접
	일반	저수소계 용접봉					
금속 흡	M-H	M-H	L-M	M-H	L	H	L-M
불화물	L	H	L	L	M	L	L
오존	L	L	M	H	L	H	L
이산화질소	L	L	M	M	L	H	H
일산화탄소	L	L	L	L,H if CO ₂	L	L	M-H
염소계탄화수소 분해산물	L	L	M	M-H	L	H	L
방사선에너지	M	M	M-H	M-H	L	H	L
소음	L	L	L	L	L	H	M

L: 낮은 위험도. M: 중간정도 위험도. H: 고 위험

표 2. 용접방법에 따른 유해인자의 종류

용접의 종류	유해인자
브레이징/카드뮴(용가제)	용접 흡, 카드뮴
산소절단 및 용접	용접 흡, CO, NO, NO ₂
가스용접(매그 및 MIG)/Al or Al-Mg	용접 흡, UV, Ozone
가스용접(매그 및 미그)/스테인레스	용접 흡, Cr(VI), Ni, Ozone
CO ₂ 용접	용접 흡, CO
티그/Al, or Al-Mg	용접 흡, UV
피복금속아크용접/저수소용접봉	용접 흡, Fluorides, UV
피복금속아크용접/철강	용접 흡, iron oxide, UV
피복금속아크용접/스테인레스	용접 흡, Cr(VI), Ni, UV
플라스마컷팅/Al	용접 흡, Noise, Ozone

참고) 자외선(UV)에 대해서는 유해광선 매뉴얼을 참고해 주세요.

표 3. 용접종류에 따른 흡 발생량

공정	흡 발생량(g/min)
플럭스코어드 아크 용접	0.2~1.2
피복금속아크용접	1.0~3.5
가스금속아크용접(강철)	0.1~0.5
가스금속아크용접(알루미늄)	0.1~1.5

참고) 조선업에서 많이 사용하는 플럭스코어드아크용접(보호가스 CO₂)에서 와이어 한 스펴이 다 사용되면 이 중 흡은 얼마 정도일까요? 국내 연구에 의하면 20kg 짜리 와이어 한스플에서 나오는 흡의 총량은 130-172g이고요, 15kg짜리 한 스펴을 다 사용하면 98-129g의 흡이 나옵니다. 즉, 이 만큼의 흡이 공기 중으로 떠다니게 되는 것이죠.

2. 알아두면 도움이 되는 상식

하나, 용접 흠 발생량은 용접전류와 전압이 증가에 따라 증가합니다. 현장에서 생산성을 이유로 전류와 전압을 세게 하고 용접을 하는데 이는 용접 흠의 발생량도 증가시킨다는 것을 명심합시다.

둘, 흠 입자의 크기는 매우 작아서 우리 폐까지 들어오기가 아주 쉽습니다. 그만큼 건강 영향을 주기가 쉽습니다.

셋, 흠은 모재에서 발생되기보다는 용가재(용접봉이나 용접와이어)에서 유래하는 것이 많습니다. 문헌에 의하면 약 85 %의 흠이 용가재에서 기인하고 나머지 15 %정도가 모재에서 기인하는 것입니다.

넷, 페인팅 또는 도금된 강에 용접을 하면 예기치 못했던 다양한 유해인자가 발생합니다. 페인트는 가능하면 그라인더나 적절한 방법으로 벗겨내고 용접을 합니다. 구리나 아연으로 도금된 표면에 용접할 때는 작업 환경측정시 구리나 아연도 측정해야 합니다(도장작업과 도금작업을 함께 읽으면 도움이 됩니다.)

다섯, 염소가 함유된 유기용제를 사용하는 곳에서 용접을 하면 매우 위험합니다. 화재의 위험성뿐만 아니라 치명적인 유독성 가스인 포스젠이 생성됩니다(유기용제 세척작업을 참조하십시오).

여섯, 개인적인 작업습관도 매우 중요합니다. 용접 흠은 발생단계에서 매우 잘 보이는 연기처럼 발생함으로 머리와 코의 위치가 이 연기몽치로부터 떨어지도록 작업하는 습관을 가집시다. 그러나 밀폐공간에서는 흠이 점점 누적됨으로 이 방법이 유용하지 않습니다.

3. 유해인자 정보

용접작업에 존재할 수 있는 여러 유해인자를 아래와 같이 정리하였습니다.

- ◆ 용접흠 및 용접과 관련된 화합물과 금속들의 노출기준 요약 : 표 4
- ◆ 용접 흠 중 각 성분원소(금속중심)의 역할과 건강장해 : 표 5
- ◆ 모재의 종류에 따른 건강위험: 표 6
- ◆ 용가재에는 들어가지 않으나 용접작업에서 발생 가능한 가스상물질 : 표 7
- ◆ 도료나 코팅재료가 열 분해되어 발생할 수 있는 유해물질 : 표 8
- ◆ 용접작업과 관련된 기타 유해인자 : 표 9

여기 수록된 내용은 모든 용접작업에서 발생하는 유해인자와 그로 인한 건강장해를 언급한 것입니다. 각 근로자별로 해당하는 용접작업을 찾아서 거기에 관련 있는 인자를 중심으로 용접과 관련된 인자를 찾아보세요.

용접흡 및 용접과 관련된 화합물의 노출기준

표 4. 용접흡 및 용접과 관련된 화합물과 금속들의 노출기준 요약

오염물질	2009 ACGIH TLV, (mg/m ³)		우리나라 노동부, (mg/m ³)	
	TWA	STEL	TWA	STEL
알루미늄	1, A4	-	5	-
베릴륨	0.00005, A1	-	0.002	-
산화카드뮴(카드뮴)	0.01, A2 0.002, A2	-	0.05	-
일산화탄소	25 ppm	-	50 ppm	400 ppm
크롬(6가 화합물 불용성)	001, A1	-	001, A1	-
크롬금속	0.5, A4	-	0.5	-
크롬(6가 화합물 수용성)	0.05, A1	-	0.05, A1	-
구리(흡)	0.2	-	0.1	-
불화수소, as F	2.5, A4	-	C 2.5	-
산화철	5, A4	-	5	-
납	0.05, A3	-	0.05	-
망간	0.2	-	1	3
수은 alkyl compounds aryl compounds Inorganic forms, including metallic mercury	0.01 0.1 0.025, A4	0.03	0.01 0.1 0.025	0.03
몰리브덴	0.5(수용성) 10(불용성)	-	5(수용성) 10(불용성)	-
니켈 원소/금속 수용성 불용성	1.5 A5 0.1 A4 0.2 A1	-	0.1 0.1 0.5	-
질소산화물(NO ₂)	3 ppm, A4	5 ppm, A4	3 ppm	5 ppm
오존	0.1 ppm (light work),A4 0.08 ppm (moderate work), A4 0.05 ppm (heavy work), A4	-	0.08 ppm	0.2 ppm
주석	2	-	2	-
티타늄, as TiO ₂	10, A4	-	10	-
바나듐, as V ₂ O ₅	0.05(resp.), A3	-	0.05	-
산화아연	2	10	5	10
산화칼슘	2	-	2	-
산화마그네슘	10	-	10	-
NO	25 ppm	-	25 ppm	-
포스겐	0.1 ppm	-	0.1 ppm	-
용접흡	5	-	5	-

참고) A1: 인체에서 발암성으로 확인된 물질, A2: 인체에서 발암성 물질로 의심됨, A3: 동물 발암성, 인체에서는 아직 확인 안됨, A4: 발암성인지 아닌지 모르는 물질, A5: 비 발암성으로 확인된 물질

용접 흡 중 각 성분원소(금속중심)의 역할과 건강장해

표 5. 용접 흡 중 각 성분원소의 역할과 건강장해

원소	관련 용접과 건강장해
철	철은 강의 주성분이며 산화철은 용접작업에 노출되었을 때 발생하는 주요 물질이다. 산화철 흡은 코, 목, 폐에 자극을 일으키며 장기간 노출되면 폐에 산화철이 축적되고 이를 흉부 촬영시 X 선으로 볼 수 있다. 이러한 상태를 산화철폐증(siderosis)이라고 하며 용접 진폐증의 주된 형태이다. 폐암과 관련되어서는 논란이 지속되었으나 현재 지식으로는 관련성이 없는 것으로 알려져 있다.
크롬	스테인레스강과 고합금강의 주요 성분이며, 비중격 천공을 일으키며 비수용성 6가 크롬에 과도하게 노출되었을 경우 피부자극, 폐암의 증가와 관련된다고 알려져 있다. 스테인레스강에 대한 피복금속아 크용접 흡 중 총 크롬의 함량비는 0.5 - 7 %이고 이중 대부분이 6가 크롬(0.5 - 5 %)이다. 6가 크롬은 80 % 이상이 수용성이다. 스테인레스 강에 대한 가스금속아크 용접 흡 중 총 크롬의 함량비는 8-25 %로 높으나 대부분 3가로 존재하고 6가는 0.2-1 %에 불과하다. 그러나 대부분 불용성이다. 스테인레스 강에 대한 플럭스 코어드 아크용접 흡 중 총 크롬의 함량비는 2-5 %이고 이 중 대부분이 수용성의 6가 크롬형태로 존재한다.
니켈	니켈은 모넬(monel), 인코넬(inconel), 인콜리(incoloy)와 같은 합금과 스테인레스 강에서 볼 수 있다. 모넬 합금은 약 75%정도 니켈이 함유되어 있다. 어떤 산업에서는 니켈은 피부자극과 폐암의 위험을 증가시킨다. 정상작업에서는 용접으로 인해서 유해한 농도까지 니켈 흡이 발생되지 않는다. 그러나, 스테인레스 강이나 합금을 용접할 때에는 고농도의 노출에 대해 주의가 필요하다. 그러므로 적절한 환기와 호흡보호구의 착용은 허용농도 이상으로 노출을 막기위해 필요하다.
알루미늄	모든 용가재와 전극을 이용할 경우 공통적으로 발생하며, 0.1 - 1.44 % 정도의 알루미늄이 흡에 존재한다고 보고했다. 현재까지 알루미늄에 의한 급성, 만성적인 건강장해는 알려져 있지 않다.
카드뮴	카드뮴은 용접봉의 보호 코팅제로 이용되거나, 몇 가지 합금의 성분으로 존재할 수 있다. 단기간 고농도(0.5 mg/m ³ 이상)로 노출되면 폐부종의 지연반응과 호흡기계 자극을 일으키며, 저농도 장기간 노출시 폐기종, 신장 장애 등을 유발 할 수 있다. 또한 전신독성의 위험이 있다.
구리	청동, 모넬(monel)과 같이 비철합금, 도금, 용접봉 등에 함유되어 있다. 급성장해로는 코, 목의 자극증상과 메스꺼움(nausea), 금속열(metal fume fever)등을 유발한다.
망간	망간은 탄소강, 스테인레스강 합금, 용접봉의 대부분에 적은 양으로 함유되어 있다. 용접작업 근로자들은 보통 망간흡에 유해한 농도까지 노출되지는 않지만, 금속열을 유발 할 수 있다. 또한 망간에 장기간 노출시 중추신경계 장애를 유발 할 수도 있다. 우리나라에서는 용접작업에서 망간 중독이 직업병으로 인정받기도 하였다.
납	납은 일부 비철합금과 페인트의 구성성분이다. 납이 포함되어 있는 페인트로 칠해진 금속이나 납이 포함된 합금에 용접을 하면 고농도의 납이 공기중으로 발생된다. 납에 만성적으로 노출되면 조혈장애, 신경, 비뇨기, 생식기의 손상을 준다. 납중독의 일반적인 증상은 식욕부진, 입에서의 금속냄새, 불안, 변비, 메스꺼움, 창백한 얼굴, 피로감, 무기력, 근육통, 관절통, 복부산통이 있다. 심한 납중독의 증상은 중추신경계, 신장 손상을 가져오고 빈혈, 근육마비가 일어난다.
몰리브데넘	몰리브데넘은 보통 합금강에 낮은 농도로 함유되어있다. 고농도로 노출시 눈, 코, 목 등의 자극과 호흡장애 증상 등을 나타낸다.
주석	주석은 청동과 몇몇 납땜 합금에서 발견되며, 보통 납과 함께 사용된다. 무기주석 흡은 stannosis로 알려져 있는 양성 pneumoconiosis를 야기하는 것으로 알려져 있다.
티타늄	몇 가지 스테인레스강, 기타 합금강, 플럭스 및 코팅제에서 발견되며, 티타늄 흡에 대한 특별한 건강장해는 알려져 있지 않다.
바나듐	바나듐은 몇 가지 합금강과 전극 피복제의 구성물질이며, 급성 장애로는 눈, 피부, 기관지 자극 등을 유발하고, 만성장애로는 기관지염, 비염, 폐부종 및 폐렴 등이다.
아연	아연은 납땜 용가재에서 주로 발견되며, 가장 중요한 건강장해로 알려져 있는 것은 금속열이다.

☞ 참고) 금속열 발생 금속 ; 아연, 구리, 망간

☞ 참고) 금속열이란? 용접사들이 흔히 경험하는 증상으로 용접후(대개 8시간-12시간후) 생기는 열, 오한, 기침, 근육통을 특징으로 하며 저절로 회복되는 경우가 많습니다.

모재의 종류에 따른 건강위험

다음은 용접되는 모재의 종류에 따른 주요 유해인자를 요약한 것입니다.
 사용하는 모재에 따라 용가재(용접봉이나 와이어)의 구성성분도 어느 정도 결정된다고 할수 있습니다.

표 6. 모재의 종류에 따른 건강위험

용접모재	건강위험	주의사항
저합금강	크롬과 니켈을 거의 함유하고 있지 않은 흠 발생, 지속적인 노출은 기관지의 자극과 기침을 수반	
	플럭스코어드 아크용접과, 고전류를 사용하는 피복금속아크용접(지름이 큰 용접봉 사용시)에서는 흠 발생량이 많음	국소배기장치를 사용하여야 함
	자체보호(self shielded) 플럭스코어드아크용접은 바륨을 포함하고 있는지 확인하여야 함, 바륨은 복통, 기침, 두통, 근육경련을 가져 올 수 있음	바륨이 포함되어 있는 자체보호 플럭스 코어드 아크용접에서는 국소배기장치나 호흡보호구를 반드시 착용
알루미늄	마그네슘이 함유된 와이어를 사용하는 가스금속아크용접에서는 흠 발생량 많으나 오존 생성량은 적음	국소배기장치를 사용하여야 함
	실리콘이 함유된 와이어를 사용하는 가스 금속아크용접에서는 오존 발생량 많음. 오존은 코, 목, 눈을 자극하고 가슴이 답답하거나 흉통을 수반	가능하면 실리콘 함유 와이어를 사용하지 않도록 함,
	티그용접에서는 오존이나 흠 발생량이 적음	
스테인레스강	항상 크롬과 니켈이 발생함. 코피가 나거나 기관지 자극부터 증상이 시작됨 피복금속아크용접이나 플럭스코어드아크용접에서는 6가 크롬 발생함	스테인레스 강에 대한 용접(특히 피복금속아크용접이나 플럭스코어드 아크용접)을 할 때는 항상 주의함 흠에 노출되지 않도록 국소배기나 호흡보호구를 사용
	가스금속아크용접은 흠발생량이 적으나 크롬의 함량은 많으나 대부분은 6가크롬은 아니며, 오존 발생량은 많음	전체환기로 흠 농도가 낮아지지 않으면 국소배기나 개인보호구를 사용
	티그용접에서는 흠과 오존 발생량이 적음	

용접작업에서 발생 가능한 가스상물질

용접작업에서 발생가능한 가스상 물질은 일산화탄소, 질산화물, 오존, 다양한 광화학물질, 할로겐화 탄수화물의 열분해산물 등이 있습니다. 가스의 주요 발생원은 ① 보호가스, ② 피복재나 플럭스의 분해산물, ③ 아크와 공기 구성성분(오염물질 포함)의 반응, ④ 자외선의 방출로 인해 생성된 가스입니다. 보호가스를 사용하는 경우 주된 가스 발생원은 보호가스 자체 또는 그 분해산물이 되는데 예를 들어 CO₂를 사용하는 경우 CO₂, CO가 발생합니다.

표 7. 용접작업에서 발생하는 가스상 물질 I

원소	관련 용접과 건강장해
불소	<p>불소는 플럭스와 피복재에서 발견된다. 노출되면 눈, 코, 목의 자극증상이 나타나고 고농도로 장기간 노출되면 폐부종과 뼈에 손상을 줄 수 있고 또한, 피부발진이 나타나기도 한다. 불화수소(HF) 형태로 노출되며 측정을 할 때는 불소로서 한다.</p> <p>다른 가스상 물질은 용가재 성분이 아니다 불소는 용가재 성분이다.</p>
오존	<p>용접아크광에서 발생하는 175-210 nm의 자외선에 의해 산소분자가 두 개의 산소원자로 유리되어 다른 산소분자와 결합하여 3개의 원자를 가진 오존으로 된다. 가스금속아크 및 가스 텅스텐용접에서, 특히 알루미늄을 모재금속으로 사용할 때 고농도의 오존이 발생한다. 그러나 오존은 220-290 nm의 자외선 조사에 의해 다시 두 분자의 산소로 환원될수 있으나 용접 흡과 공존할 때에는 흡에 의해서 산소로 환원되는 것이 방해받기도 한다. 오존은 폐수축, 부종, 빈혈 등의 급성장해를 일으킨다. 1 ppm 낮은 농도에서는 두통, 안구 점막의 건조를 유발한다. 만성장해로는 폐기능의 유의한 변화를 수반합니다.</p>
질소산화물	<p>오존과 마찬가지로 공기중 산소와 자외선의 반응에 의하여 일산화질소가 생성되고 이가 다시 이산화 질소로 된다. 이산화질소가 대부분이고, 일산화질소도 일부 있다. 이산화질소는 낮은 농도 (10-20 ppm)에서 눈, 코, 호흡기에 자극을 준다. 고농도에서는 폐부종 등의 폐장해를 유발한다. 만성장해로 폐기능의 유의한 변화가 있다. 이산화질소는 피복아크용접, 산소아세틸렌용접, 아크가우징, 가스금속아크용접, 잠호용접, 산소아세틸렌과 산소프로판 절단작업에서 발생한다. 용접작업으로 발생하는 양은 대부분 1.0 ppm이하의 저농도이지만 가스절단, 플라즈마용단, 가스버너를 구부리는 작업 등을 하는 경우는 고농도로 되므로 주의해야 한다.</p>
일산화탄소	<p>일산화탄소는 가스금속아크용접에서 이산화탄소가 환원되어 발생함으로 CO₂용접이나 보호가스중 이산화탄소의 함량이 증가하면 많이 발생한다.</p> <p>De Kretser 등은 가스금속아크용접에서 이산화탄소의 농도가 1400 ppm일 때 일산화탄소의 농도는 300 ppm였다고 보고하였고 Ulfvarson은 스웨덴의 용접작업장에서의 일산화탄소 농도는 가스금속아크용접을 제외한 작업에서는 낮은 수준이라고 보고하였다. 이 연구에서는 조사작업장의 10 %가 일산화탄소 농도가 50 ppm을 초과하였고, 최고 150 ppm이었다. Press와 아크작업주변에는 고농도의 CO₂가 검출되며 멀리 떨어지면 감소한다. 그러나 환기가 불량한 탱크내부작업이나 제한된 공간에서는 고농도가 되므로 주의하여야 한다. 일산화탄소는 질식제이며, 두통, 어지러움, 정신 혼란 등의 급성증상을 일으킨다. ACGIH에서는 일산화탄소의 TWA-TLV를 25 ppm으로 규정하고 있다.</p>

염화탄화수소물질을 함유한 탈지용액은 용접아크의 자외선과 반응하여 포스겐, 포스핀, 염화수소, 염화아세트산 등의 유해한 가스를 생성합니다. 그 외 다른 유기물이 함유되었을 경우 아크롤레인(acrolein), 포름알데히드, 일산화질소, 아세트알데히드 등이 생성될 수 있습니다. 예를 들어 트리클로로에틸렌은 dichloroacetyl chloride, 포스겐, 염산, 염소로 분해되고, 테트라클로로에틸렌은 trichloroacetyl chloride, 포스겐, 염산, 염소로 분해됩니다. 메틸 클로로포름(1,1,1-트리클로로에탄)은 상대적으로 분해가 적게 일어난다고 알려져 있습니다(제 7 장 유기용제세정작업을 참조하십시오).

표 7. 용접작업에서 발생하는 가스상 물질 II

원소	관련 용접과 건강장해
포스겐	트리클로로에틸렌 등 염소계 유기용제로 세정된 철강재의 용접에서는 화학반응으로 dichloroacetyl chloride 및 포스겐이 생성된다. Ferry, Dahlberg 등은 0.1 ppm 이상의 농도를 측정하였으며 트리클로로에틸렌이 20 ppm인 장소에서 가스금속용접을 할 때 아크에서부터 30 cm되는 측정점에서는 dichloroacetyl chloride가 10.4 ppm, 포스겐이 3 ppm이었다고 보고하였다. 만성중독보다는 급성중독으로 호흡부전과 순환부전증을 유발한다. 호흡기나 피부로 흡수가 되며 초기 증상은 목이 타며 가슴이 답답하다. 호흡곤란, 청색증, 극심한 폐부종이 발생하여 심한 경우 사망을 초래한다.
포스핀	인산염 녹방지 피막처리를 한 철강재의 용접으로 포스핀이 발생한다. 특히 도장부에서 전처리공정으로 인산염 피막처리를 했는지를 주의하여야 한다. 유해성은 포스겐과 비슷하다.



도료나 코팅재료가 열 분해되어 발생할 수 있는 유해물질

Thermoplastic welding (on Teflon)에서는 carbonylfluoride, 불산, perfluoroisobutylene 등이 발생합니다. 이러한 가스에 노출될 때의 증상으로는 눈과 호흡기의 자극, 어지러움, 두통 등이 있습니다. 테플론의 분해가스는 세척, 탈지용액에서와 마찬가지로 매우 유해합니다. Thermoplastic welding에서 흡에 노출되었을 경우 일시적인 감기와 비슷한 증상을 보이는 "폴리머 흡 피버(polymer fume fever)"를 발생한다고 알려져 있습니다
찾아봅시다.

제 9 장 도장작업 : 페인트의 종류와 유해인자에 대해 알아보시다.

제 13 장 합성수지 코팅작업, 제 14 장 플라스틱 성형 및 가공작업 : 어떠한 합성수지가 코팅되어 있는지 알 수 있습니다. 또한 어떠한 문제가 발생할 수 있는지 찾아볼 수 있습니다.

표 8. 페인트된 강을 용접할때 발생 가능한 여러 가지 분해산물

페인트 분류	주요 분해산물
Epoxy paint	Alkylated benzenes ^a , aliphatic alcohols (C ₁ -C ₄) ^a , bisphenol A ^a , phenol, aliphatic ketones (C ₃ -C ₅), acetophenone, aliphatic aldehydes (C ₁ -C ₄), aliphatic/aromatic amines (C ₁ -C ₂), ammonia
Modified epoxy ester	Aliphatic aldehydes (C ₁ -C ₉) ^a , aliphatic acids (C ₅ -C ₉) ^a , methyl methacrylate ^a , butyl methacrylate, phenol ^a , bisphenol A ^a , alkylated benzenes, aliphatic alcohols (C ₁ -C ₄), phthalic anhydride, acrolein, aliphatic hydrocarbons(C ₆ -C ₇)
Epoxy primer	Phenol Bisphenol A Methacrylates
Chlorinate rubber paint	Hydrogen chloride
Ethyl silicate	Aliphatic alcohols (C ₁ -C ₄) ^a , butyraldehyde ^a , butyric acid, aliphatic aldehydes (C ₆ -C ₉), formaldehyde, acetaldehyde, acetic acid
Polyvinyl butyrate paintl	Aliphatic alcohols (C ₁ -C ₄) ^a , butyraldehyde ^a , butyric acid ^a , formaldehyde ^a , acetaldehyde, acetic acid, phenol
Modified alkyd paint	Aliphatic aldehydes (C ₆ -C ₉) ^a , acrolein ^a , phthalic anhydride ^a , aliphatic acids (C ₅ -C ₉) ^a , alkylated benzenes, aliphatic alcohols (C ₁ -C ₄), formaldehyde, benzaldehyde
Modified Alkyd primer	Aliphatic organic acid Aldehydes Phthalic anhydrides
Ethyl silicate paint	Ethanol

^a : 주로 많이 발생하는 성분



용접작업과 관련된 기타 유해인자

용접을 할때 사용되는 연료가스(프로판, 아세틸렌, 수소)는 질식제로 안전상의 문제를 발생시킬 수 있으며 이런 가스의 폭발한계(Lower Explosive Limit)는 매우 낮게 설정되어 있으므로(프로판 2.3 %, 수소 4.1. %, 아세틸렌 2.5 %)밀폐작업에서 주의하여야 합니다. 산소는 가연성이 있으므로 고농도에서 위험을 초래할 수 있으며 보호 가스로 사용되는 아르곤, 질소, 헬륨, 이산화탄소는 제한된 공간에서 사용될 경우 산소결핍 현상을 유발할 수 있습니다.

그 외에도 다양한 유해인자들이 용접과 관련되어 있습니다.

표 9. 용접작업과 관련된 기타 유해인자

유해인자	관련 용접과 건강장해
유해광선	유해광선 매뉴얼을 참조하세요.
소음	아크가우징, 플라스마아크절단, 탄소아크절단(gas carbonarc cutting), 연마 등에서는 소음이 많이 발생한다. 플라스마아크 작업에서는 가열된 가스가 노즐의 좁은 부분을 통해 초음속으로 나올 때 큰 소음이 발생한다. 이때의 소음수준은 2,400에서 4,800 Hz의 범위이고 보통 100 dB(A)를 초과한다. 노즐에서의 가스속도를 낮추면 소음수준을 감소할 수 있다. 또한 유도결합플라스마 제트(induction-coupled plasma jet)를 사용하여도 소음수준은 크게 감소한다. 불꽃납땀(torch brazing) 작업에서의 소음수준은 90 dB(A)를 초과한다. 아르곤-수소 혼합가스를 사용할 경우에는 소음수준이 70에서 80 dB(A)로 감소하고, 질소와 질소-수소 혼합가스를 사용할 때에는 소음수준이 100에서 120 dB(A)로 증가한다. 절단재의 두께가 50 mm까지는 소음이 크게 발생하지 않지만, 그 이상의 두께에서는 강한 소음이 발생하므로 청력 보호프로그램이 필요하다.
화상	화상은 용접작업중 열과 방사선에 의해 일어날 수 있다. 열 - 가열된 금속과 slag, 가열된 도구 또는 용접봉에 의해 피부화상을 입을 수 있다. 방사선 - 자외선에 의해 일어날 수 있다(유해광선매뉴얼 참조하세요).
전기	대부분의 용접작업에서는 용융을 하기 위해 전기장치를 필요로 한다. 전원은 직류와 교류를 다 사용할 수 있다. 일반적으로 전류가 높고 용접봉의 직경이 큰 경우에 교류전원을 사용한다. 교류전원은 용접 전류가 높거나 용접봉이 클 경우 발생하는 "arc blow"를 최소화하는 장점이 있다. 교류용접에서는 아크에서의 전압은 약 25 volt이다. 그러나 용접작업을 하지 않을 때와 변압기의 부하가 없을 때는 높은 전압이 생길 수 있다. OSHA (19190.252)에서는 부하가 없을 때의 최고 전압을 80 volt (수동용접/절단), 100 volt (기계용접/절단)로 규정하고 있다. 직류용접에서의 전압을 다소 높은 편이나, 부하가 없을 경우의 전압은 100 volt미만이다. OSHA에서는 용접/절단 작업에서의 부하가 없을 때의 최고 전압을 100 volt로 규정하고 있다. 용접공이 전기쇼크를 받을 수 있는 요인으로는 용접장비가 부적합할 경우, 케이블 또는 용접봉 홀더가 낡거나 손상되었을 경우, 보호장갑의 미착용시, 젖었을 경우(발한 등) 등이 있다. 다른 위험요소로는 (1)회로의 종류, (2)전압, (3)전압이 신체를 통과하는 경로, (4)전류의 level, (5)접촉시간 등이 있다. 교류전원으로 인한 신체영향은 직류전원으로 인한 것의 2배에서 4배정도 된다. 전압이 높을수록 전류를 신체로 보내는 추진력이 커진다. 신체에 미치는 위험은 전류가 몸통(심장/폐/척추)을 통해 들어올 때가 사지(팔/손/다리)에서보다 크다. 60 milliamp의 전류가 몸통으로 흐르면 심장박동에 쇼크를 주어 심실세동(ventricular fibrillation)을 일으킨다. 전기쇼크가 1초 이상 지속될 경우 심장박동주기가 늘어나 심실세동에 충격을 주게 된다. 단시간 쇼크가 심장박동에 민감한 단계에 일어날 경우에도 심실세동이 일어난다.
화재/폭발	화재와 폭발의 위험은 다양한 사업장에서 중대재해를 일으키는 것으로 잘 알려져 있다. 용접작업은 비가연성 환경에서 이루어져야 한다. 가연성 물질은 작업장소에서 멀리하여야 한다.

4. 점검을 위한 체크리스트

이 체크리스트는 용접작업장의 보건관리자나 현장의 근로자가 일상적으로 확인해야 할 내용을 정리해 놓은 것입니다. 만약 여러분의 작업장과 다른 사항이 있다면 맞게 고쳐서 사용하실 수 있습니다. 용접작업에서 위험성을 줄이기 위해서는 관리자(경영자 포함)와 근로자 모두 책임의식을 갖어야 합니다. 관리자는 근로자에게 용접작업의 위험성을 알려주고, 안전한 작업환경을 제공해 주어야 하고 근로자는 정해진 안전 보건상의 조치를 따르고 지정된 개인보호구를 잘 착용하여야 합니다. 다른 작업도 마찬가지이지만 용접 작업에서는 특히 다음 사항을 잘 지켜야 합니다. 이 체크리스트의 구성은 다음과 같습니다. 유해광선과 관련해서는 유해광선 매뉴얼을 참고하시기 바랍니다.

- ♣ 공정 변경 통한 발생 감소화 방안
- ♣ 노출최소화 방안
- ♣ 일반적 용접작업 수칙
- ♣ 물질안전보건자료 활용방안
- ♣ 환기장치의 관리
- ♣ 옥외, 옥내, 밀폐공간에서의 용접작업
- ♣ 용접사의 개인위생관리
- ♣ 안전사항
- ♣ 가스용기의 취급

발생감소화 방안과 노출 최소화 방안은 근로자와 정기적으로 협의하여 달성가능한 항목이 있는지 점검해 주시고 일반적 용접작업 수칙과 물질안전보건자료 활용방안은 근로자와 보건관리자가 생활화 하여야 합니다. 작업장에서 안전과 보건은 별개로 취급되지 않으므로 안전과 가스용기의 취급사항도 항상 점검하도록 합니다. 체크리스트의 질문을 읽고 예와 아니오의 빈 칸 중 해당 칸에 표시(√)하십시오. 만약 이 체크리스트에 표시된 것과 다르게 표시된다면 어떻게 바로잡을 것인지 우측의 개선란에 계획을 적어 넣으시기 바랍니다.

1. 공정변경을 통하여 발생원에서 발생량을 최소화 하는 방안입니다. 근로자와 보건관리자가 정기적으로 토의하여 달성가능한지 점검하십시오			
예	아니오	관리사항	개선/관리방향
√		① 용접 흠 발생량이 적은 용접공정으로 대체할 수 있나요? ☞ 일반적으로 수동용접(피복금속아크용접)과 플러스 코어드아크용접에서 흠 발생량이 많습니다.	
√		② 용접봉 제조회사에서 추천하는 용접조건을 사용하고 있습니까? ☞ 용접이 잘되고 스패터(불똥)가 적은 조건에서 흠 발생량도 적습니다. ☞ 용접이 잘되는 용접기가 용접흠 발생량도 적습니다. ☞ 용접조건은 여러 가지지만 그중 전류와 전압의 적절한 설정이 중요합니다. 작업장에서는 생산성을 높이기 위해 적절한 전류 전압보다 높게 설정하여 사용하는데 이는 흠 발생량도 증가시킨다는 것을 알고 계신가요?	

예	아니오	관리사항	개선/관리방향
✓		③ 용접 흠 발생량이 적은 용가재를 선택하셨나요? 예를 들어 스테인레스 용접시 피복재나 플럭스에 있는 나트륨이나 칼륨을 일부 리튬으로 대체된 용가재를 사용하면 발암성 물질인 6가 크롬의 발생량을 줄일 수 있습니다. 알루미늄에 대한 가스금속이크 용접시 보호가스에 산화질소를 첨가하면 오존량을 줄일 수 있습니다. ☞ 최근에는 저 흠 용접봉 개발이 되고 있습니다.	
✓		④ 용접 재료 선택시 용접봉이나 용접와이어에서 공급하는 것 보다는 모재에서 공급하는 방안을 고려해 보았습니까? ☞ 흠의 발생은 85 %정도가 용접봉이나 와이어에서, 모재에서 15 %정도 발생합니다.	
✓		⑤ 피복재나 플럭스에 독성이 낮은 성분이 함유 된 것을 사용할 것을 검토해 보셨습니까? ☞ 보건관리자는 제조회사에 문의하여 피복재와 플럭스의 구성 성분중 무엇이 독성이 있는지 확인하여야 합니다.	

2. 다음은 발생된 용접 흠과 가스상물질의 노출을 줄일 수 있는 방법입니다.
근로자와 보건관리자가 정기적으로 토의하여 달성가능한지 점검하십시오

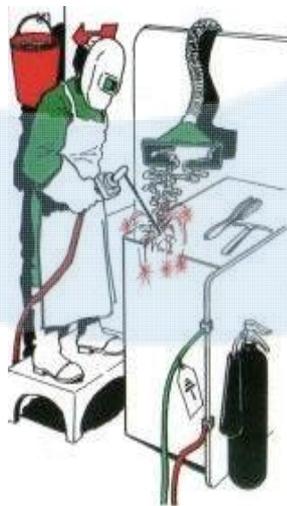
예	아니오	관리사항	개선/관리방향
✓		① 수동용접보다는 반자동 용접, 반자동 용접보다는 자동용접을 하여야 근로자의 노출이 최소화 됩니다. 검토해보셨나요?	
✓		② 용접 작업장에 국소환기장치가 되어 있나요? ☞ 전체환기 보다는 국소환기가 좋습니다. 전체환기로 국소환기장치를 대체할 수는 없습니다. ☞ 선진국에서는 토치에 배기장치가 달린 것도 실용화 되어 있습니다.	
✓		③ 용접작업장의 국소배기 장치 및 전체환기장치는 정기적으로 검사 및 유지 보수를 하고 있나요?	
✓		④ 국소배기장치를 사용하고 있는 경우 공기를 정확하거나 실외로 배출하지 않고, 인근작업장으로 빼내거나 다시 공기가 유입되지는 않은가요? ☞ 특히 조선업에서 밀폐장소에서 용접할 때 송풍기로 인근부서로 공기를 빼내는데 이러한 경우 인근 부서의 다른 작업자가 불필요하게 용접 흠에 노출되게 됩니다.	
✓		⑤ 다른 작업자들이 용접 작업으로 인한 유해인자에 노출되지 않도록 작업장 배치가 되어 있습니까?	
✓		⑥ 개인보호구는 잘 지급되며 보관과 관리는 잘 되고 있습니까?	

3. 용접 작업시 꼭 지켜야 할 10가지 항목입니다. 하나 하나 점검하여 봅시다.
(그림 2를 참조하면서 확인해보세요)

예	아니오	관리사항	개선/관리방향
✓		① 적절한 안면보호구를 착용하고 계십니까?	
✓		② 보호의는 적절한 것을 착용하였습니까? 특히 팔부위는 잘 덮여 있나요?	
✓		③ 용접작업 주위에 불이 붙기 쉬운 물질을 이 그대로 방치되어 있지 않나요?	
✓		④ 용접작업 주위에 신나등 화재나 폭발 가능성이 있는 유기 용제 화학물질이 그대로 방치되어 있는지는 않은지요?	
✓		⑤ 인근작업자가 불필요하게 이크나 흡에 노출되고 있지는 않은가요? ☞ 적절한 차단막을 설치할 생각을 해보셨나요?	
✓		⑥ 화재나 응급상황시 출구나 비상구를 쉽게 이용할 수 있나요? 혹시 비상구 주위에 물건을 적재하고 있지는 않았나요?	
✓		⑦ 용접작업장에 소화기가 비치되어 있나요? 소화기는 용접작업에 적절한 것인가요? ☞ 최소한 모래라도 준비되어 있어야 합니다.	
✓		⑧ 배기장치가 적절히 가동되고 있나요? 이동식 덕트인 경우 불편하더라도 꼭 용접부위에 근접하게 설치하고 작업하십니까?	
✓		⑨ 작업하기전에 용접케이블이 손상되었는지, 단자에 잘 물려 있는지 확인하였나요? 또한 접지를 확인하였나요(필요한 경우)?	
✓		⑩ 용접작업과 도장작업을 동시에 하고 있지는 않은가요? ☞ 우리나라는 용접작업과 도장을 같은 장소에서 하다고 화재 사고가 빈번히 발생하고 있습니다.	



부적절한 용접작업



적절한 용접작업

그림 2. 안전보건상 적절한 용접작업과 부적절한 용접작업의 예

4. 물질안전보건 자료를 잘 이용하고 있습니까?			
예	아니오	관리사항	개선/관리방향
✓		① 지금 사용하고 있는 용접과 관련하여 물질안전보건자료가 비치되어 있습니까?	
✓		② 물질안전보건자료에서 제시한 안전보건조치들을 잘 알고 있습니까?	
✓		③ 사용하는 용접종류에 따른 유해인자에 대하여 근로자 교육이 실시되었습니까?	
✓		④ 개인보호구를 잘 착용하고 있습니까? 보안면에 부착된 차광렌즈는 용접에 알맞은 것입니까?	

잠깐!!! 용접종류에 알맞는 차광렌즈 번호는 'KS P 814I'를 참조하거나 보건관리자에게 문의바랍니다. 또는 유해광선 매뉴얼을 참조하세요
호흡보호구는 보호구 매뉴얼을 참조하세요.

5. 환기장치는 정상입니까?			
<p>용접작업장에서의 국소배기장치는 다음과 같은 성능을 갖고 있어야 합니다. 첫째, 용접 흡을 후드에서 충분히 포집할 수 있어야 합니다. 둘째, 덕트내에서 용접 흡이 쌓이지 않도록 충분한 반송속도를 유지하여야 합니다. 셋째, 공기정화장치를 통과하지 아니한 공기가 작업장으로 재순환되지 않도록 합니다. 넷째, 오염된 공기가 후드로 들어갈 때 작업자의 호흡위치를 통과하지 않도록 하여야 합니다. 이상의 원칙을 가지고 아래 항목을 점검해 봅시다.</p>			
예	아니오	관리사항	개선/관리방향
환기체계			
✓		① 작업공정에 맞는 적절한 후드를 사용하고 있습니까 ?	
✓		② 설치되어 있는 환기 장치는 제대로 작동하고 있습니까?	
✓		③ 후드, 덕트, 송풍기 등은 제대로 되어있습니까?	
✓		④ 후드를 바꾸거나 새로운 후드, 덕트를 덧 붙일 때 송풍기의 용량도 고려하였습니까 ?	
후드			
✓		⑤ 후드의 위치는 발생하는 용접 흡을 최대한 포집할 수 있도록 설계되고 배치되어 있습니까?	
✓		⑥ 공정이 바뀌었는데도 예전 후드를 그대로 사용하고 있지는 않습니까 ?	
✓		⑦ 후드옆으로 비산되는 용접 흡이 있지는 않습니까?	

예	아니오	관리사항	개선/관리방향
덕트			
		⑧ 가동치 않는 공정의 국소배기시설 덕트부위에 배플을 설치하여 잘 운영하고 있습니까? 참고) 가동하지 않는 공정에서도 국소배기시설이 작동되면 다른 공정에서의 효율성을 낮추는 원인이 됩니다.	
		⑨ 덕트를 가볍게 두드려 둔탁한 소리가 나지는 않습니까? 참고) 둔탁한 소리는 분진이 많이 쌓여 있거나 막혀있으므로 청소를 하여야 한다는 신호입니다.	
		⑩ 덕트의 연결부위가 빠져있거나 헐거워지는 않습니까?	
		⑪ 덕트에 부식된 곳은 없습니까? 특히 구부러진 곳을 잘 점검하여야 합니다.	
✓		④ 집진성능을 수시로 점검하여 공기정화장치(예; 집진백)가 깨끗이 유지되는지 송풍기의 팬 벨트가 헐거워지지 않는지, 덕트의 탈락부위는 없는지 수시로 점검하고 있습니까? 참고) 대부분의 공장에서 집진장치의 유지관리에 허술하여 일단 국소배기시설을 설치하고 나면 그것으로 안심하는데 수시 점검이 필요합니다.	

참고) 대부분의 공장에서 집진장치의 유지관리에 허술하여 일단 국소배기시설을 설치하고 나면 그것으로 안심하는데 수시 점검이 필요합니다.

근로자 여러분이 확인하기 어려우면 보건관리자나 작업환경측정시 측정기관에 점검을 요구하십시오.

6. 다음은 용접작업을 옥내, 옥외 및 밀폐공간으로 나누어 관리해보고자 하는 것입니다. 해당되는 작업에서 잘 지켜지고 있는지 점검해 봅시다.

예	아니오	관리사항	개선/관리방향
옥내에서 용접하는 경우			
✓		① 옥내 고정장소에서의 용접이면 국소배기 장치가 설치되어 있습니까? ☞ 용접작업은 행동반경이 크므로 부스식 후드가 적절할 때가 많습니다.	
✓		② 외부식 후드인 경우 작업자의 호흡위치에 용접 흡이 통과할 우려는 없습니까?	
✓		③ 국소배기시설로 용접 흡의 농도가 감소되지 않을 때 전체 환기시설의 설치를 고려해 보았습니까?	
✓		④ 이동 작업이 많을 경우 이동식 팬이나 집진기를 사용하고 있습니까?	
✓		⑤ 이동작업인 경우 귀찮아서 이동식 집진기를 가동하지 않거나 갖고 다니지 않는 경우는 없습니까?	
		⑥ 필요한 개인용 보호구(보안경, 방진마스크, 귀마개)를 잘 착용하고 작업합니까?	
		⑦ 인근작업자를 용접 흡이나 자외선으로부터 보호하기 위한 고려를 하였습니까?	

옥외에서 용접하는 경우			
√		⑧ 용접작업자 자신은 물론 인근 근로자가 용접 흠에 노출되지 않도록 풍향을 고려하여 용접하고 있습니까 ? ☞ 바람을 등지고 용접하는 것이 좋습니다.	
√		⑨ 인근 근로자나 일반 시민이 용접 흠이나 자외선에 노출되지 않도록 차단막이나 차광펜스를 설치하였습니까.	
√		⑩ 필요한 개인용 보호구(보안경, 방진마스크, 귀마개)를 잘 착용하고 작업합니까 ?	

밀폐공간에서 용접하는 경우 - 제 장 밀폐공간 매뉴얼을 참조하세요.

√		⑪ 작업전에 산소농도를 측정하여 18 % 이상이 될 경우에만 작업을 하도록 하고 있습니까 ? ☞ 수시로 밀폐 장소의 산소농도를 측정하여 18 % 이하의 상태인지 여부를 점검하여야 합니다.	
√		⑫ 급기 및 배기용 팬을 가동하면서 작업하고 있습니까 ?	
√		⑬ 필요한 개인용 보호구(보안경, 호흡보호구, 귀마개)를 잘 착용하고 작업합니까 ?	
√		⑭ 긴급사태에 대비할 수 있는 조치(외부 연락, 비상용 사다리, 로프)를 확인하였습니까 ?	

7. 다음은 용접사 개인의 위생관리에 대한 내용입니다. 잘 지키고 있습니까 ?

예	아니오	관리사항	개선/관리방향
√		① 용접 작업 수행시 항상 적절한 개인보호구를 착용하고 있습니까 ?	
√		② 개인 보호구는 사용전 청결상태를 확인하고, 사용후에는 불순물을 제거하여 청결한 장소에 보관합니까 ?	
√		③ 개인 보호구는 주기적으로 또는 교체하며 보관장소도 적절합니까?	
√		④ 용접 작업장에서 음식을 먹거나 흡연을 하고 있지는 않습니까 ?	
√		⑤ 식사전에 손이나 얼굴을 깨끗이 씻고 별도의 장소에서 식사를 합니까 ?	
√		⑥ 작업이 끝나고 용접관련 장비 및 소모품을 모두 제자리에 정돈하였습니까?	
√		⑦ 작업이 끝나면 샤워를 합니까 ? 적어도 손, 얼굴, 머리를 깨끗이 닦아야 합니다.	
√		⑧ 작업이 끝나고 평상복을 입고 출퇴근 합니까 ?	
√		⑨ 용접장소와 격리된 곳에 휴게시설이 있어 이용할 수 있습니까 ?	
√		⑩ 용접 작업자를 위한 세면, 목욕, 탈의, 세탁 및 건조 시설, 개인보호구 보관함 등이 있습니까?	
√		⑪ 작업장내 음료수 특히 식수를 비치하지 않도록 하고 있습니까 ?	

8. 다음은 가스용기로부터 재해를 방지할 수 있는 안전사항 수칙입니다.			
☞ 모든 압축용기는 잠재적인 재해의 위험을 갖고 있습니다.			
☞ 항상 갑작스런 밸브의 파손으로 인한 가스의 누출과 안전사고를 염두에 두어야 합니다.			
예	아니오	관리사항	개선/관리방향
√		① 가스 및 전원을 잘 확인 하였습니다습니까?	
산소용기의 취급			
√		② 산소용기, 밸브, 조정기, 고정구는 기름이 묻지 않게 관리 하고 있습니까?	
√		③ 다른 가스에 사용한 조정기, 호스 등을 그대로 사용하고 있지는 않습니까?	
√		④ 산소와 아세틸렌 용기는 각기 별도로 저장하고 있습니까?	
√		⑤ 산소용기주변으로부터 전도성이나 충격을 줄 물건이나 가 능성을 모두 제거했습니까?	
√		⑥ 산소용기를 크레인 등으로 운반할 때 로프나 와이어로 매고 있지는 않습니까. ☞ 위험합니다. 반드시 철제 상자등 견고한 상자에 안전하게 넣어 운반하십시오.	
√		⑦ 산소용기속에 다른 가스를 혼합해서 사용하고 있지는 않습 니까? ☞ 위험합니다. 반드시 지정된 용기를 사용하십시오.	
아세틸렌 용기의 취급			
√		⑧ 아세틸렌 용기가 누어진 상태로 사용하고 있지는 않습니 까? ☞ 눕혀서 사용하면 용기속의 아세톤이 가스와 같이 유출됩니 다.	
√		⑨ 산소용기주변으로부터 전도성이나 충격을 줄 물건이나 가 능성을 모두 제거했습니까?	
√		⑩ 압력조정기와 호스등의 접속부에서 가스가 누출되는지 자 주 검사합니까? ☞ 조사할때는 비눗물을 사용하십시오.	
√		⑪ 용기에 불꽃과 화염 등의 접근 가능성을 모두 제거하였습 니까? ☞ 사용하지 않을때는 항상 밸브를 잠가두며 공병은 빨리 반 납하도록 합니다.	
√		⑫ 용기가 보관된 장소, 또는 사용중이 장소의 온도가 높거나 높게 올라갈 가능성을 모두 제거하였습니까?	

5. 납품업체에 점검하고 요구할 사항

여러분이 사용하는 용접재료(주로 용접봉이나 와이어)는 복잡한 것이 많이 생겨나고 있습니다. 지금 사용하는 용접재료에 대한 유해성에 대하여 납품업체에 요구할 사항이 있습니다.

☞ 읽어봅시다. ‘제 1 장 관리의 계획수립’ 중 ‘납품업체와 함께 할 일’ (15 쪽)

유해물질이 있는지 확인해야 합니다.

우선 물질안전보건자료를 읽어보십시오. 그런데 성분이 자세하게 나와있지 않은 경우가 많습니다. 그럴 때는 직접 납품업체에 확인하십시오.

특히 용접재료에 크롬(스테인레스 강 용접재료), 불소(피복제나 플럭스), 망간, 카드뮴 같은 독성이 큰 금속의 함량을 잘 확인하여야 합니다.

용접재료의 흡발생량에 관한 자료를 요구하십시오

현재 우리나라의 용접재료(용접봉이나 용접와이어) 제조회사에서 흡 발생량 자료를 제공하는 곳은 한군데도 없습니다. 그러나 사용하는 현장에서 지속적으로 요구하면 이런 자료를 만들어 낼 것입니다. 지속적으로 요구하여 구매단계에서 흡 발생량이 적은 용접재료를 사용할 수 있도록 합시다.

☞ 1999년도 산업자원부에서는 공업기반 기술 개발사업의 일환으로 흡 발생량 측정장치의 개발과 평가기술에 대한 연구를 수행(수행기관 : 한국생산기술연구원)하였고 이에 따라 한국산업규격(KS D 0062)에 아크 용접에서의 총 흡 및 원소별 흡 발생량 평가법에 대한 개정안을 제안하였습니다. 국내에서 정확히 흡 발생량을 측정할 수 있는 장치와 이에 대한 평가기술이 확립되어 있음으로 현장에서 지속적으로 요구하면 각 용접재료 제조회사는 용접재료의 생산과 관련된 항목뿐 아니라 흡 및 금속 성분에 대해 자료를 구축해 나갈 것입니다.

6. 작업환경 측정시 확인할 사항

측정 대행 기관과 함께 평상시 문제가 있다고 여긴 곳에 대하여 확인하고, 안내해주는 것은 중요합니다. 측정 기관에서 용접의 종류와 재료를 이해하지 못하면 일반적인 것(용접 흡)만 측정하고 다른 중요한 유해인자를 간과하게 될 염려가 있습니다. 용접의 종류에 따라 유해성분이 매우 다르기 때문에 측정기관과 상세한 정보교환이 필요합니다. 기본적으로 용접 흡 이외에 다음 인자가 누락되지 않도록 해야 합니다. 위 표 2에 나와 제시되어 있는 항목은 누락되지 않도록 하여야 합니다.

그간 우리나라 작업환경측정기관에서는 대부분 흡만을 측정하고 몇 개 기관은 추가로 금속을 측정하고 있습니다. 위 용접 종류에 따라 지금까지 측정하지 못한 항목을 추가로 측정하여 관리할 수 있도록 해야 합니다.

7. 관리계획 세우기

제 1 장에서 다룬 '관리의 계획 수립'을 참고하여, 우리 사업장에서 용접작업에 대한 관리 계획을 세워봅시다. 이 계획을 서면을 작성하여 정기적으로 점검하는 것이 무엇보다 중요하다는 것은 잊지 않으셨지요? 보건 관리자, 노동조합의 산업안전보건 담당자, 그리고 현장의 근로자 여러분 모두가 토론해서 참여하는 관리계획을 세웁시다.

1) 관리의 목표를 설정합니다.

목표는 구체적으로 설정하는 것이 좋습니다. 아래와 같은 내용을 참고하여 여러분의 상황에 맞는 목표를 세우십시오.

① 용접과 관련한 관련 유해인자 목록 작성

- 목표달성기간 1개월

- 방법

- 우리 사업장이 하고 있는 모든 용접종류, 공정 파악
- 각 용접 종류별로 용가재(용접봉, 용접와이어), 모재, 보호가스의 성분 파악
- 각 용접별로 용접량(용가재 소모량 이나 생산량), 용접 인원 인근 작업자 파악
- 매뉴얼을 참조하여 용접방법별 유해인자 목록 완성
- 유해성이 높고 해당 작업자 및 인근작업자가 많은 공정별로 관리우선순위 결정

② 용접 작업공정에서 사용되는 환기 장치의 유지관리 방안 진행

- 목표달성기간 3개월

- 방법

- 용접작업에 관련된 국소배기 장치 및 전제 환기 시스템 점검
 - 위 체크 리스트 이용
- 문제가 있는 부위의 유지 보수
- 국소배기장치의 유지관리 매뉴얼 작성
- 각 국소배기장치마다 담당자 선정
- 매뉴얼에 따른 담당자 교육
- 국소배기 담당자가 책임지고 유지관리하도록 함

③ 용접 흠 및 유해광선 억제 조치 및 설비의 설치

- 목표달성기간 6개월

- 방법

- 체크 리스트 1번을 이용한 각 항목별로 가능한 수단 확보
- 체크 리스트 2번을 이용한 각 항목별로 가능한 수단 확보
- 체크 리스트 3번을 이용한 각 항목별로 가능한 수단 확보
- 체크 리스트 5번을 이용한 각 항목별로 가능한 수단 확보

2) 전체적인 관리의 책임자를 세웁시다.

전체 공장의 책임자
부서의 책임자

3) 세부책임자를 세웁시다.

용접을 행하는 근로자가 해야 할 일이 있고, 보건관리자가 해야 할 일이 있으며 그 외에도 각각 서로 해야 할 일이 있습니다. 무엇을 해야 할지 파악한 후 각각의 책임을 나누어 분담합니다.

물질안전보건자료의 성분확인
환기시설의 확인 점검
용접 전후의 정리정돈

4) 모두가 참여하는 관리 체계의 계통도를 작성하여 봅시다.

전체 책임자와 세부 책임자의 의사소통, 회의, 점검 등을 위한 체계의 계통도를 작성하고, 그리고, 언제, 어디서, 어떻게 회의할 것인지 정해 봅시다.

5) 보다 나은 관리를 위하여 더 알아야 할 내용은 무엇일까요? 교육계획도 잡아봅시다.

용접 작업에서 발생하는 유해인자의 인식에 대한 교육
작업순서, 작업수칙에 대한 교육
국소배기시설 및 전체 환기시설의 중요성 및 유지관리에 대한 교육
개인 보호구 선정, 착용, 유지, 보관에 관한 교육
관련 MSDS접근, 이용 방법에 대한 교육
기타 안전보건상의 조치에 대한 교육

8. 용접작업과 관련된 KS규격

KS D0061 용접작업 환경의 분진농도 측정방법
KS D0062 피복아크 용접봉의 전체 흡량 측정방법
KS P 8141 차광보호구
KS P 8142 용접용 보호면

9. 도움이 되는 책과 자료

용접 공정 일반에 대한 자료

강인찬 : 현대 용접공학. 서울; 도서출판 구민사, 1995. pp. 12-17.

대한용접학회: 용접·접합 편람. 서울; 대한용접학회, 1998. pp. 531- 575.

박종우 : 정밀 용접공학. 서울; 일진사, 1997. pp. 15-60.

엄기원 : 최신용접공학. 서울; 동명사, 1996. pp. 1-5.

용접에서의 유해인자에 관한 자료

대한용접학회 : 용접 편람, 대한용접학회, 1998. pp.516-680, 825-863

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) : Chromium. In *documentation of TLV*. Cincinnati, U.S.; ACGIH, 1996.

American Industrial Hygiene Association(AIHA) : *Welding and health and safety-Resource manual*. OH; AIHA, 1984. pp. 5-33.

Burgess, W. A. : Chapter 10. Welding. In *recognition of health hazards in industry*. 2nd edition, New York; John Wiley & Sons, Inc., 1995. pp. 167-204.

National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH) : *Criteria for a recommended standard welding, brazing, and thermal cutting*. Cincinnati, OH; NIOSH, 1988. pp. 17-18.

Orr, J. L. : *Effects of welding on health VIII*. Miami, FL; American Welding Society, 1993. pp. 1-23.

Palmer, W. G. : *Effects of welding on health IV*. Miami, FL; American Welding Society, 1983. pp. 1-10.

Palmer, W. G., J. C. Eaton : *Effects of welding on health IX*. Miami, FL; American Welding Society, 1994. pp. 19-29.

Stern, R. M. : Process-dependent risk of delayed health effects for welders. *Environ. Health Perspect.*, 41:235-253 (1981).

Voitkevich, V. : Chapter 2. Welding fume properties. In *welding fumes-formation, properties and biological effects*. England; Abington Publishing, 1995. pp. 18-77.

(참고) 용어설명

용가재(filler metal): 용착부를 만들기 위하여 녹여서 첨가하는 금속, 따라서 용접봉은 용가재에 속한다.

용극(consumable electrode) : 각종 아크 용접 및 아크 절단에서 아크중에서 아크 중에서 용융하여 소모되는 전극

용접금속(weld metal) : 용접부의 일부이며, 용접하는 동안 용융되었다가 응고된 금속

용접부(weld zone) : 용접 금속 및 그 근처를 포함한 부분의 총칭

용착부(weld metal zone) : 용접부안에서 용접하는 동안에 용융 응고한 부분

용착금속(deposited metal) : 용접 작업에 의하여 용가재로부터 모재에 용착한 금속

용착비드(weld bead) : 용접을 할 때 1회의 패스(지나감)에 의하여 나타난 용착금속
용융(fusion) : 두 개의 금속을 용융하여 완전히 하나가 되게 하는 것

용융지(molten weld pool, puddle) : 아크 또는 불꽃 등의 열원 부근에서 금속의 일부가 용해하여 만들

어진, 용융 금속이 고여 있는 곳으로 용가재(즉 용접봉)의 금속과 용접하고자 하는 모재가 같이 녹아 용융지를 형성한다.

용제(welding flux) : 용접을 할 때 산화물, 기타 해로운 물질을 용융 금속에서 분리하고 제거하기 위하여 쓰이는 것

용제 함유 와이어 전극(flux cored wire electrode) : 용접용 와이어나 파이프 모양으로 되어 있어 그 내부에 아크의 안정화, 탈산등의 목적으로 용제가 가득차 있는 것

스페터(spatter)현상 : 아크용접에서 용접봉 또는 용융지에서 작은 입자의 용적들이 비산되는 현상으로 이것이 지나치면 용착손실과 용접상태 불량, 청소작업이 필요하다.

슬래그(slag) :용착부에 나타난 비금속 물질

