

용접 공학 특론 수업

발표: 2011, 06, 13



용접 안전과 위생

발표자:
변의현, 이형준



- 1. 용접의 정의와 구성요소**
- 2. 용접작업의 유해·위험성**
- 3. 용접법의 분류**
- 4. 유해, 위험 요인별 특성 및 안전대책**
- 5. 용접 작업의 건강 장애 요인**
- 6. 용접 작업에 의한 화상과 방지 대책**
- 7. 중독 및 산소결핍 재해 예방 대책**

■ 용접 (Welding)

- 접합하고자 하는 두 개 이상의 물체(주로 금속)의 접합 부분에 존재하는 방해물질을 제거하여 결합시키는 과정

■ 용접 작업의 구성요소

- 용접 대상 (모재)
- 열원 (가스열, 전기에너지, 화학 반응열 등)
- 용가재 (용접봉)
- 용접기와 용접기구 (용접용 케이블, 홀더, 토치 등)



■ 용접작업시 위험 포인트

- 고열, 불꽃에 의한 **화재, 폭발**
- 충전부 접촉에 의한 **감전 재해**
- 용접 흠, 유해가스, 유해광선, 소음, 고열에 의한 **건강 장애**
- 고소작업장소에서의 **추락위험**
- 용접작업에 의한 **화상**
- 유독물 체류장소 및 밀폐장소에서의 **중독 또는 산소결핍 재해**



■ 용접법의 분류

- 용접법은 어느 방법을 사용하여 접합 목적을 달성하느냐에 따라 금속학적으로 크게 용접, 압접, 납땜의 3가지로 분류할 수 있다.



용접법의 분류

■ 고열, 불꽃에 의한 화재, 폭발

– 용접, 용단 시 발생하는 수 천도의 고온과 불꽃은 인접한 위험물질에 직접적인 점화원을 제공하며 화재, 폭발의 대형 사고로 발전될 가능성이 높으므로 작업 안전에 유념해야 한다.

• 용접, 용단 시 불꽃의 특성

가. 작업 시 수 천개가 발생, **비산됨**

나. 용융금속의 점적은 작업장소의 높이에 따라 **수평 방향으로 최대 11m** 정도까지 흩어짐

다. **축열**에 의하여 상당시간 경화 후, 불꽃이 발생되어 화재를 일으키는 경향이 있음.

라. 절단 작업 시 비산되는 불꽃은 **3,000도 이상의 고온체**

마. **산소의 압력, 절단속도, 절단기의 종류 및 방향, 풍속** 등에 따라 불꽃의 양과 크기가 달라짐

바. 발화원이 될 수 있는 불꽃의 크기는 직경이 **0.2~3mm** 정도임

유해, 위험 요인별 특성 및 안전대책

■ 용접 종류별 불꽃의 온도

– 용접 종류별 불꽃의 온도

종 류	최고온도(°C)	종 류	최고온도(°C)
산소-아세틸렌 불꽃	3,200	테르밋	2,300
철 아크	6,000	원자수소	4,000
탄소 아크	5,300	용해금속	2,000

– 절단작업 시 불꽃의 비산거리

높이 (m)	판두께 (mm)	기압의 방향	비산거리(m)				풍속 (m/sec)
			바람을 향할 때		바람을 등질 때		
			1차 불꽃	2차 불꽃	1차 불꽃	2차 불꽃	
8.25	4.5	측방	4.5	6.5	7.0	9.0	1~2
		하방	3.5	6.0	-	-	
11.25	4.5	측방	5.5	7.0	6.0	9.5	1~2
		하방	3.5	6.0	-	-	

유해, 위험 요인별 특성 및 안전대책

■ 용접작업 시 화재, 폭발 예방 대책

– 용접작업 시 사전조치 사항

- 화기작업 허가서
 - 작업장소의 해당부서장 승인, 안전관리부의 승인
- 화기 감시자 배치, 화기작업 완료시까지 상주



– 용접장소에 비치해야 할 소화용 준비물

- 다음의 소화용 준비물을 한 세트로 준비한 후 용접 개시
 - 가. 바닥에 깔아 둘 불반이포 (불연성 재료로써 넓은 면적을 가질 것)
 - 나. 소화기 (제 3종 분말소화기, 2개)
 - 다. 물 통 (양동이 1개에 물을 담은 것)
 - 라. 건조사 (양동이 1개에 마른모래 담은 것)



- 용접작업 시 화재, 폭발 예방
 - 용접작업 장소에 인접한 인화성, 가연성 물질 격리 후 작업
 - 가연성 가스가 체류할 위험이 있는 용기내부 작업 시에는 가스 농도 측정 후 폭발 하한계 1/4 이하일 때 작업
 - 도장작업 장소에서는 동시 작업 절대금지
 - 도장 작업이 된 장소에서는 유기용제에 의한 폭발 위험이 없도록 충분한 건조 후 가스농도가 폭발 하한계 1/4 이하일 때 작업

유기용제의 특성

- 상온 · 상압에서 액체 상태로 존재
- 대부분 휘발성이 높음
- 다른 물질을 쉽게 녹일 수 있음
- 인화점이 대부분 65°C 이하로 화재
- 폭발의 위험

종 류	인화점 (°C)	폭발범위(Vol.%)		비 고
		하 한	상 한	
톨루엔	4.4	1.2	7.0	용적비가 상한과 하한사이에 있을 때 폭발
크실렌	27.2	1.1	7.0	
IPA	11.7	2.0	12.7	
MEK	-4.0	1.8	10.0	
MIBK	18.0	1.2	8.0	

■ 충전부 접촉에 의한 감전 재해

– 아크 용접작업 중 충전부 접촉에 의한 감전 재해가 발생할 수 있는 위험요소가 많이 존재하고 있으므로 항상 감전위험에 유의해야 한다.

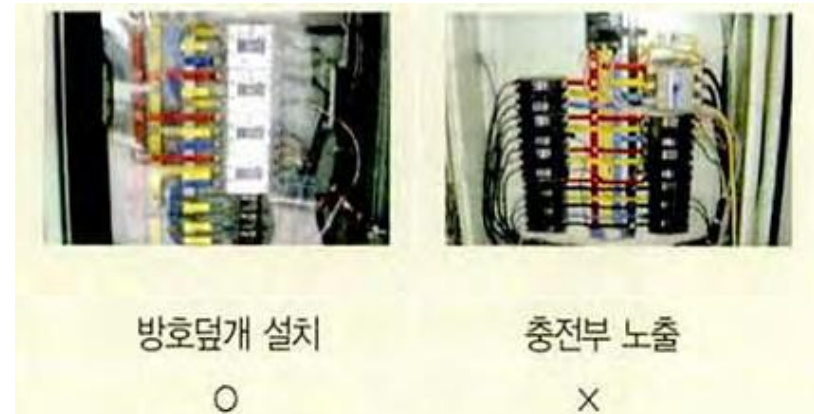
• 아크 용접작업 중 감전 재해 위험점

1. 용접봉 끝부분, 피복아크 용접봉의 경우 피복 손상부
2. 용접홀더의 파손된 부분
3. 용접 홀더선의 피복 손상으로 노출된 충전부 및 본체와의 연결부
4. 기타 전원 공급 장치 충전부



■ 용접작업 시 감전재해 예방대책

- 용접작업 중 용접봉 끝부분 등 충전부에 접촉되지 않도록 특히 유의
- 파손된 용접홀더는 신제품으로 교체하여 사용
- 피복이 손상된 용접 홀더 전선은 절연 테이프로 수리 후 사용하고 손상이 심할 경우는 신제품으로 교체
- 본체와의 연결부는 절연 테이프로 감아서 감전재해 예방
- 교류 아크용접기는 자동 전격방지기를 검정 합격품으로 설치 후 사용
- 전원공급장치는 규정대로 설치
- 감전 사고발생시 응급조치 실시



■ 감전사고의 응급조치요령

– 감전사고 발생시 조치순서

- 가. 사고전원 차단, 사고자 안전장소로 구출, 의식, 외상, 출혈 상태 등 확인
- 나. 인공호흡 등 응급조치 실시와 동시에 **119** 등에 사고발생 신고 등의 조치

– 인공호흡 시 소생율

경과시간(분)	1	2	3	4	5
소생율(%)	95	85	70	50	20

■ 인공 호흡법

– 구강 대 비강 호흡법(입 대 코의 인공 호흡법)

- 환자가 입을 벌릴 수 없거나 구강 주변의 상처가 심할 때는 구강 대 구강 호흡법보다 구강 대 비강 호흡법이 더 적합하다. 한손은 환자의 이마를 누르고 한손은 환자의 턱을 들어올려 환자의 입을 다물게 한다. 그 다음 크게 숨을 들어 마신 뒤 환자의 코를 처치자의 입으로 완전히 덮은 뒤 환자의 가슴이 올라가고 환자의 폐가 확장 되는 것을 느낄 때까지 숨을 불어 넣는다. 환자의 코에서 입을 땀 뒤 환자가 공기를 내 쉬도록 환자의 입을 열어 준다. 호기를 위하여 환자의 입을 열어주지 않으면 위장이 팽만하게 된다.



■ 인공 호흡법

– 구강 대 구강 호흡법(입 대 입의 인공 호흡법)

- 환자의 머리를 뒤로 젖히고 한 손으로 환자의 코를 막는다.
- 숨을 힘껏 들어 마시고 환자의 가슴이 약간 볼록해질 때까지 숨을 불어 넣는다.
- 직접 입을 대기 싫으면 손수건으로 환자의 입을 가리고 숨을 불어 넣으면 된다.
- 환자가 숨을 내쉬는 것을 귀로 듣고 눈으로 가슴을 보아 확인한다.
- 인공호흡 초기에 첫 번째 호흡은 숨통 개통상태를 보기 위해 천천히 불어 넣고 이후 3번 연속해서 강하게 불어 넣는다.
- 이후 5초에 1회씩 반복한다.



용접 작업의 건강 장애 요인

용접 작업 시 발생하는 유해인자

용접은 2개 이상 고체금속을 하나로 접합시키는 금속가공 기술
높은 에너지의 열원이 필요

<용접 작업 방법에 따른 유해 인자>

유해인자 용접방법			X선	자외선	가시광선	적외선	마이크로파	전격감전	슬러그	소음	산화철흄	합금흄	소프라이머	플라스마	오존	이산화질소	이산화탄소	일산화탄소	불활성가스	포스펜	포스핀	불화수소	산소결핍
아크용접	가스	MIG	◎	◎	○	△	○	○	○	○	◎	○	○	◎	○		△	○	△	△			△
		TIG		○	○			○			△	○	○	○				○					△
	실드	M CO ₂		○	◎	○		○	○	○	◎	◎	○	△	○	○	○	○					
		A G Ar+CO ₂		◎	◎	○	△	○	○	○	◎	◎	○	△	◎	○		○	△	△	△	△	○
	서비 머지드					○		○						△	△								
	피복아크			◎	◎	○			◎	○	◎	◎	○	○	○	○		△		△	△	◎	
기타	전자빔		○	○	◎	○	△	○			△				○								
	레이저			◎	◎	○			○		○	○	△		◎					△	△		
	플라즈마			○	○	○	△		○	○	○	○	△		○	△		△	○	△	△		△
	스푸트					○	◎	○															

◎ : 유해성, 독성이 강한 것 ○ : 중등도인 것 △ : 의심스러우나 경미한 것



용접 작업의 건강 장애 요인

1. 용접 흠

용접 시 열에 의해 증발된 금속 물질이 냉각되어 생기는 미세한 소립자

<용접 흠의 생성기구>

- ✓ 아크 용접 시 발생하는 높은 아크 열은 용접봉과 모재를 용융

용접봉의 tip 및 용접부의 표면에서 금속증기 발생
고온의 금속 증기는 차가운 공기와 만나게 되며 금속 냉각에 의한 응축현상

미세한 고체입자를 형성과 동시에 공기중의 산소와 반응하여 산화

- ✓ 산소가 포함된 보호가스를 사용하는 경우, 아크 불안에 의해 산소가 유입되는 경우 산소가 용접봉의 tip 및 용접부 표면의 원소들과 반응하여 산화물 생성

그 중 휘발성이 높은 SiO 등의 산화물이 용접매연으로 발생

- ✓ 불소를 함유하고 있는 피복제, Flux를 포함하는 용접 시 반응에 의해 생성되는 불화물



용접 작업의 건강 장애 요인

<아크 용접에서 용접 흠 발생량에 미치는 조건 인자>

조건인자	흠 증가의 원인조건
아크전압	전압이 높다
토치각도	경사각도가 크다
봉 극성	(-) 극성
아크 길이	길다
용융지의 깊이	얕다

용접 흠에 대한 건강 보호 대책

국소 배기 장치 - 후드는 작업 방법, 분지의 발산 상황 등을 고려하여 적당한 형식과 크기를 선택

전체 환기 장치 - 작업 특성상 국소배기장치의 설치가 곤란한 경우 설치



용접 작업의 건강 장애 요인

2. 유해 가스

용접 작업 중 보호가스 등에 의해서 발생하는 인체에 유해한 가스

가스	건강 장애	비 고
아르곤(Ar)	산소의 대체	폐쇄공간에서의 작업 위험, 기타 독성 없음
이산화탄소(CO ₂)	질식(산소의 대체로 인함)	폐쇄공간에서의 작업 위험, 기타 독성 없음, 무색 무취의 가스
일산화탄소(CO)	혈액의 산소 운반능력 방해	폐쇄공간에서의 작업 위험, 무색 무취의 가스
헬륨(He)	산소의 대체	폐쇄공간에서의 작업 위험, 기타 독성 없음
질소산화물(NO,NO ₂)	폐부종	노출 중지 수시간 후 발생
오존(O ₃)	눈, 코, 인후, 하기도의 자극, 폐부종, 두통, 피로, 기관지염	
포스겐(COCl ₂)	눈, 코, 인후, 하기도의 심한 자극, 기관지염, 기종	
포스핀(PH ₃)	폐자극, 뇌손상, 오심, 구토, 위통, 폐부종	
스티빈(SbH ₃)	용혈성 빈혈, 뇌손상, 두통, 오심, 쇠약감	

용접 작업의 건강 장애 요인

용접 흠 및 유해 가스 발생 감소 방안

- 용접 흠 발생량이 적은 용접 공정의 선택
- 작업 가능한 최소의 용접전류 및 아크 전압을 선택
- 최적의 용적이행 형태를 줄 수 있는 용접 가스의 선택
- 고순도의 용접봉 사용(표면상태 포함)
- 보호가스 내 산소량의 최적화
- 보호가스 유량의 최적화
- 유독성이 낮은 플럭스의 선택

용접 흠 및 유해 가스 노출 최소화 방안

- 자동 용접에 의한 작업자와 격리된 장소에서 용접작업
- 용접 매연 발생 부위에 근접한 효율적인 국부 배기 장치의 사용
- 토치에 국부 배기장치의 접속
- 개인 방호장비의 사용
- 환기 및 배기 장치의 규칙적인 유지 및 보수

용접 작업의 건강 장애 요인

3. 유해 광선

용접 시 발생하는 아크의 빛은 매우 강력하여 가시광선 뿐만 아니라 동시에 자외선과 적외선도 방사, 이 빛을 육안으로 직접 보거나 반사하여 눈에 들어오면 전광성 안염 발생 가능

<유해 광선의 종류와 피해>

- 가시광선: 급성 망막염을 유발하므로 적절한 차광유리 사용
- 적외선: 적외선은 당장 눈에 피해를 주지 않지만 오랫동안 축적될 시 각막부가 침해 당하여 시력감소하고, 백내장 및 안저가 상하여 시력장애의 요인이 됨
- 자외선: 자외선 방사를 받으면 망막이 자극을 받아 전기성 안염의 증상이 즉시 발생



용접 작업의 건강 장애 요인

<전광성 안염>

전광성 안염은 대부분 폭로된 수 시간이 경과한 후 발생, 폭로가 심한 경우 각막 표층 박미, 궤양, 백색 혼탁, 출혈, 수포형성이 될 수 있으며 특히 백내장, 망막 황반 변성이라는 눈에 치명적인 질환 야기

유해 광선 차단을 위한 대책

- 직접 또는 간접적으로 레이저 광 주시 하지 말 것
- 적당한 보호안경 및 용접 보안면을 사용 할 것
- 우발적인 레이저 발진을 막기 위해 안전회로 설계할 것
- 레이저 장치의 주위에 반사율이 높은 물질을 사용하는 것을 피할 것
- 밝은 장소에서 레이저를 취급 할 것
- 다른 근로자에게 유해광선이 미치지 않도록 차광막을 설치할 것
- 바람을 등지고 작업할 것



용접 작업의 건강 장애 요인

3. 소음

용접 작업의 특성에 따라 소음이 발생

특히 플라즈마 아크 용접 및 아크 가우징 용접 시 강한 소음이 발생

<소음에 의한 난청>

- 일시적 난청:
소음에 폭로된 직후 발생, 고 음역대(3,000~4,000Hz)에서 강한 장애가 발생하며, 대개 10~40dB의 청력 손실을 초래
폭로 시간에 비례하여 서서히 회복되며 보통 48시간 이후에 회복
- 영구적 난청:
소음에 지속적으로 폭로될 경우 감각 수용기 및 이에 관여하는 청신경 말단에 불가역적인 변성이 생기며 영구적 난청 발생 가능

소음 차단을 위한 대책

- 소음이 95dB 이상 시 귀마개 및 귀덮개 등 개인 보호구를 착용



용접 작업에 의한 화상과 방지 대책

화상

아크 용접 및 가스 용접 등 용접 작업 중 발생

- 아크 용접:

용접작업 중 스파터가 튀거나 용접 후 슬러그 해머로 슬러그를 떼어내는 작업 중 뜨거운 슬러그 파편이 날아 피부에 접촉되면 화상을 입을 수 있으며, 용접부 및 그 부근의 모재에 직접 접촉 되는 경우 화상 발생 가능

- 가스 용접:

용접작업 중 화구에 불을 붙이는 순간 화염이 뿜치면서 화상을 입을 수 있고 착화 취관의 조정을 잘못하여 손이 흔들려서 또는 취관으로 부터 새어 나온 아세틸렌에 작업 중 착화하여 화상 발생 가능

- 레이저 광선:

레이저 광선이 피부에 조사되면 그것의 강한 에너지로 인해 피부에 상해를 입을 수 있으며, 조사되는 에너지의 밀도에 따라 경미한 화상으로 부터 심한 화상 발생 가능



용접 작업에 의한 화상과 방지 대책

용접작업에 의한 화상의 방지

화상을 방지하기 위해 용접 작업자 자신 및 주변 작업자의 피부를 노출시키지 않도록 하고, 차선책으로 작업조건에 맞는 보호구를 사용하여야 함

- (1) 적당한 차광도를 가진 보호 안경을 착용하여 스파터 및 슬러그 조각이 눈으로 튀어 들어오는 것을 방지
- (2) 가죽 장갑을 착용하면 손 부위의 화상방지가 가능하며, 장갑 틈 사이로 스파터 등이 날아드는 것을 막기 위해 팔 덮개를 사용
- (3) 앞치마를 착용하면 작업자의 가슴부터 무릎까지 보호하는 역할을 하며 앞치마는 가죽제가 바람 직함
- (4) 발 덮개를 사용하여 작업화의 상부에 뜨거운 스파터가 들어가는 것을 방지
- (5) 목 주위를 수건 등으로 보호하는 것은 스파터나 슬러그 뿐만 아니라 방사선 등으로 부터 화상을 방지



중독 및 산소결핍 재해 예방 대책

유독물 흡입에 의한 중독 및 산소결핍 재해

유독물이 저장되었던 장소 내부에서의 용접작업 시 잔류가스에 의한 중독 및 저장창고 내부, 폐수처리시설 등에서 산소결핍의 재해 위험성이 있음

<유독물 체류 장소 및 밀폐장소의 위험성>

- ① 유독 가스에 의한 중독 재해
- ② 산소 농도 18% 이하 시 산소결핍 현상에 의한 재해

유독 가스에 의한 중독 및 산소 결핍재해 예방

- ① 유독가스 체류농도 측정 후 안전 확인
- ② 산소 농도 측정하여 18% 이상 시 작업
- ③ 급기 및 배기용 팬을 가동하면서 작업



• 산소농도 18%
안전한게이나 연속환기가 필요



• 산소농도 16%
호흡, 맥박의 증가, 두통, 매스꺼움



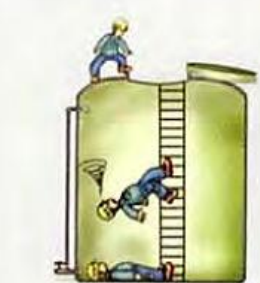
• 산소농도 12%
어지럼증, 토할것 같음, 근력저하, 체중 지지 불능으로 추락(죽음에 이른다.)



• 산소농도 10%
안면창백, 의식불명, 구토(토한 것이 기도를 폐쇄 하여 질식사)



• 산소농도 8%
실신혼절 7~8분 이내에 사망



• 산소농도 6%
순간에 혼절, 호흡정지, 경련, 6분 이상이면 사망

Thank you for your attention.