

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

■ 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 경과 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

| 종류 | 최고온도(°C) | 종류 | 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 | - | - | |

■ 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)



유해, 위험 요인별 특성 및 안전대책

■ 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

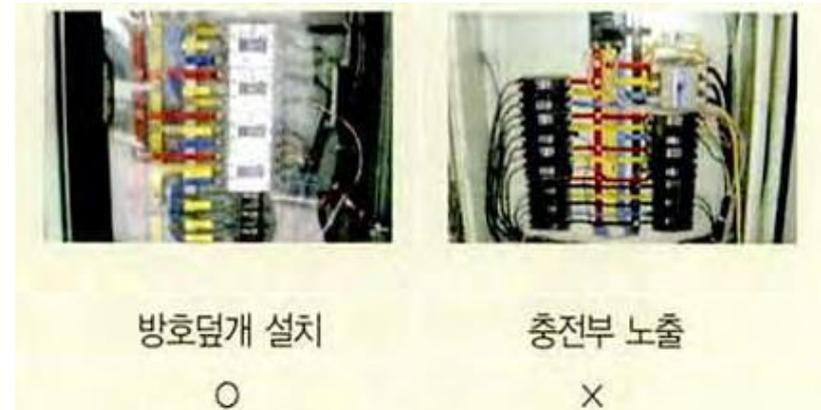
1. 용접봉 끝부분, 피복아크 용접봉의 경우 피복 손상부
2. 용접홀더의 파손된 부분
3. 용접 홀더선의 피복 손상으로 노출된 충전부 및 본체와의 연결부
4. 기타 전원 공급 장치 충전부



유해, 위험 요인별 특성 및 안전대책

■ 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>

| 용접방법 | | 유해인자 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----|------|--------------------|------|-----|-------|------|-----|----|------|-----|-------|------|----|-------|-------|-------|-------|-----|-----|------|------|---|---|
| | | X선 | 자외선 | 가시광선 | 적외선 | 마이크로파 | 전격감전 | 슬러그 | 소음 | 산화철흡 | 합금흡 | 소프라이머 | 플라스마 | 오존 | 이산화질소 | 이산화탄소 | 일산화탄소 | 불활성가스 | 포스켄 | 포스핀 | 불화수소 | 산소결핍 | | |
| 아크용접 | 가 | MIG | ◎ | ◎ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ◎ | ○ | ○ | △ | ○ | △ | △ | △ | | | △ | |
| | 스 | TIG | ○ | ○ | ○ | ○ | | | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | ○ | | | | | | | △ | |
| | 실드 | MAG | CO ₂ | ○ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ | ◎ | ◎ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | |
| | | | Ar+CO ₂ | ◎ | ◎ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | ◎ | ◎ | ○ | △ | ◎ | ○ | ○ | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | ○ |
| | 용 | 서비 | 머지드 | | | ○ | ○ | | | | | | △ | △ | | | | | | | | | | |
| 접 | | 피복아크 | ◎ | ◎ | ○ | | | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | ○ | ○ | ○ | | △ | | △ | △ | ◎ | | | | |
| 기타 | | 전자빔 | ○ | ○ | ◎ | ○ | △ | ○ | | △ | | | ○ | | | | | | | | | | | |
| | | 레이저 | ◎ | ◎ | ○ | | | ○ | ○ | ○ | △ | | ◎ | | | | | | △ | △ | | | | |
| | | 플라즈마 | ○ | ○ | ○ | △ | | ○ | ○ | ○ | △ | | ○ | △ | | △ | ○ | △ | △ | | | | △ | |
| | | 스푸트 | | | ○ | ◎ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | |



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

용접 작업의 건강 장애 요인

1. 용접 흡

용접 시 열에 의해 증발된 금속 물질이 냉각되어 생기는 미세한 소립자

<용접 흙의 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 급속 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 SiO₂ 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 | 비고 |
|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 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 뿔치면서 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>

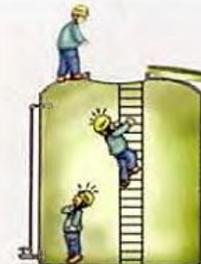
- ① 유독 가스에 의한 중독 재해
- ② 산소 농도 18% 이하 시 산소결핍 현상에 의한 재해

유독 가스에 의한 중독 및 산소 결핍재해 예방

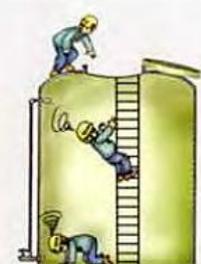
- ① 유독가스 체류농도 측정 후 안전 확인
- ② 산소 농도 측정하여 18% 이상 시 작업
- ③ 급기 및 배기용 팬을 가동하면서 작업



• 산소농도 18%
안전한계이나 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.