

부울경 제조업 적응 가이드북 — 화학편

눈에 안 보이는 것을 다루는 일

부산·울산·경남에서 화학 일을 시작하는 분께

이름

회사

부서·직무

입사일

2026-08-18 발행 · 약 43쪽 · biz360.kr

차례

1부 · 안전과 권리

— 산업안전 기초 · 화재 예방과 소방 안전 · 전기 안전 · 환경관리 기초 · 화학물질 안전관리 · 근로자 권리와 노동법

2부 · 화학공정·표면처리 실무

— 화학 공정 안전 · 도금/표면처리

3부 · 부록

— 현장 용어집

이 책에 대해

안전과 권리 6개 모듈은 한 줄도 줄이지 않고 전문을 실었고, 화학 모듈 2개도 전문 그대로 담았습니다. 전입신고(14일 이내)·체류지 변경 같은 정착 행정과 현장 오리엔테이션·5S·도면 읽기는 이 책에 없습니다 — 공통편(biz360.kr/guidebook)에 있습니다. 모든 모듈의 전문과 최신본은 biz360.kr/ojt 에서 무료로 보실 수 있습니다.

법령·기한은 발행일 기준입니다. 안전 수칙은 현장 지시와 사업장 규정이 우선합니다. 이 책은 법률 자문이 아닙니다.

안전과 권리

이 책 한 권만 받은 사람도 있습니다. 그래서 안전과 권리는 어느 판에서나 전문을 씁니다.

안전과 권리

다치지 않는 것이 먼저이고, 받을 것을 받는 것이 그다음입니다.

산업안전 기초

안전은 선택이 아니라 의무입니다

배우는 것

- 산업안전보건법 기본 내용을 이해한다
- 개인보호구(PPE)를 올바르게 착용한다
- 위험 상황 대처법을 익힌다

산업안전보건법 개요

근로자의 권리와 의무, 사업주 안전배려의무, 산업재해 신고 절차, 안전보건교육 이수 요건을 학습합니다.

왜 산업안전보건법을 알아야 하나요?

제조 현장에서 일하는 모든 사람은 산업안전보건법(산안법)의 보호를 받아요. 이 법은 1981년 제정 이후 수십 차례 개정되며 한국 산업 현장의 사고를 줄여왔어요. 신입이라도 입사 첫 주 안에 반드시 알아야 할 핵심 4가지를 짚어볼게요.

1. 근로자의 4대 권리

- **알 권리:** 작업장에서 사용하는 화학물질, 위험 기계, 사고 통계를 알 권리. 회사는 MSDS(물질안전보건자료)와 작업환경측정 결과를 게시해야 해요.
- **참여 권리:** 산업안전보건위원회·노사협의회를 통해 의견을 낼 권리. 50인 이상 사업장은 분기 1회 의무 개최.
- **거부 권리:** 급박한 위험이 있을 때 작업을 거부할 권리. 거부 시 어떠한 불이익도 받지 않아요 (산안법 제52조).
- **건강진단 권리:** 일반 건강진단(연 1회)과 특수 건강진단(소음·분진·유기용제 노출 시 6개월 ~ 1년 1회)을 회사 비용으로 받을 권리.

2. 근로자의 의무

권리만 있는 게 아니에요. 근로자도 다음 의무가 있어요:

- 안전보건교육 이수 (입사 시 8시간, 매월 정기 교육 2시간)
- 보호구(PPE) 착용
- 위험 작업 시 작업 절차 준수
- 사고·아차사고 발생 시 즉시 신고

3. 사업주의 안전배려의무

회사는 단순히 임금 지급만 하는 게 아니라 **안전한 작업 환경을 제공할 의무**가 있어요 (민법 제655조 + 산안법 제5조). 이를 위반해 사고가 나면:

- **산업재해보상보험**으로 근로자 치료비·휴업급여 지급

- 사업주 형사 처벌 (중대재해처벌법 시행 후 사망 사고 시 1년 이상 징역)
- 안전관리비 별도 책정 (공사비의 1.5~2.5%)

4. 산업재해 발생 시 신고 절차

[사고 발생]
↓
즉시 119 + 사내 안전관리자
↓
3일 이상 휴업 → 회사가 1개월 내 산업재해조사표 제출 (고용노동부)
↓
사망·중대재해 → 즉시 (24시간 내) 관할 노동지청 신고 의무
↓
근로복지공단 산재 신청 (근로자 직접 가능)

중대재해 정의 (산안법 시행령 제3조):

- 사망자 1명 이상
- 3개월 이상 요양 부상자 2명 이상
- 동시 직업성 질병자 10명 이상

5. 신입 첫 주 체크리스트

- ☐ 입사 시 안전보건교육 8시간 이수 (이수증 보관)
- ☐ 작업장 비상구·소화기·AED 위치 확인
- ☐ 담당 안전관리자 이름·연락처 메모
- ☐ 보호구 사이즈 측정 및 지급 받기
- ☐ 사내 산업재해 신고 양식 위치 확인

출처: 산업안전보건법 (국가법령정보센터) (<https://law.go.kr/법령/산업안전보건법>) · 한국산업안전보건공단(KOSHA) (<https://www.kosha.or.kr>) · 근로복지공단 산재보험 (<https://www.comwel.or.kr>)

개인보호구(PPE) 종류와 착용법

안전모, 안전화, 보안경, 귀마개, 방진마스크, 안전장갑 등 보호구별 올바른 착용법과 점검 방법을 배웁니다.

PPE 가 마지막 방어선입니다

작업 환경 자체를 안전하게 만드는 게 가장 좋지만(공학적 대책), 그래도 남는 위험은 **개인보호구(Personal Protective Equipment, PPE)** 가 막아요. 보호구는 "있다" 가 아니라 "올바르게 착용하고 있다" 가 중요합니다.

6대 기본 PPE

1. 안전모 (Hard Hat)

- **언제:** 머리 위로 떨어질 위험이 있는 모든 작업장 (조선소·건설현장·창고·공장 입고장)
- **착용 점검:**

- 행이 앞을 향하게 (뒤로 쓰지 않기) - 턱끈 조절 — 손가락 2개가 들어가는 정도 - 헬멧 안 hammock 끈 조정

- **수명:** 제조일로부터 **3년** (충격 후엔 즉시 폐기, 균열·변색·찌그러짐 있어도 폐기)

2. 안전화 (Safety Shoes)

- **종류:**

- **S1:** 일반 작업 (정전기·미끄럼 방지) - **S3:** 못 박힘 방지 + 발등 보호 - **S5:** 절연 (전기 작업)

- **점검:** 발끝 강화재(스틸캡) 변형 없는지, 밀창 마모도, 끈 풀림

3. 보안경 (Safety Glasses) / 보안면 (Face Shield)

- **사용 구분:**

- 보안경: 비산물·먼지 보호 (가공·연마) - 보안면: 강한 충격·화학물질·열 (용접·그라인딩·화학공정)

- **주의:** 일반 안경은 PPE 가 아님! 안경 위에 over-glasses 착용 또는 처방 보안경 별도 구매

4. 귀마개 / 귀덮개 (Hearing Protection)

- **착용 기준:** 소음 **85dB 이상** 작업장 (장시간 노출 시 청력 손실)

- **선택:**

- 귀마개(폼·실리콘): 가볍고 저렴, NRR 25~33dB - 귀덮개(헤드폰형): 탈착 쉬움, NRR 22~30dB - **고소음(110dB+): 귀마개 + 귀덮개 이중 착용**

5. 방진마스크 / 방독마스크 (Respiratory Protection)

종류	용도	등급
방진 1급 (KF80)	일반 분진	80% 차단
방진 2급 (KF94)	미세분진·용접흄	94% 차단
방진 특급 (KF99)	석면·중금속	99% 차단
방독 (정화통)	유기용제·산성가스	가스별 정화통 색상 다름

중요: 수염이 있으면 마스크 밀착 안 됨 → 면도 후 착용

6. 안전장갑 (Safety Gloves)

- **소재별 용도:**

- 면장갑: 가벼운 작업, **회전 기계엔 절대 사용 금지** (말려들어 갈 위험) - 가죽장갑: 용접·열·날카로운 자재 - 니트릴/라텍스: 화학물질·유체 - 절연장갑: 전기 작업 (등급별 1000V~36000V)

착용 순서 ABC

A – Apparel (작업복) 먼저
B – Boots (안전화) 다음
C – Crown (안전모) 마지막
+ 작업별 추가 PPE

일일 점검표 (작업 시작 전 1분)

- ☐ 안전모: 균열·변색·찌그러짐 없음
- ☐ 안전화: 끈 풀림·밀창 마모 점검
- ☐ 보호구: 만료일·오염도 확인
- ☐ 사이즈: 너무 크거나 작지 않음

자주 하는 실수

✗ 더우니까 안전모 벗고 일하기 → 머리 충격 한 번에 사망 사고 ✗ 안전화 끈을 풀고 신기 (편의) → 밀창 빠짐, 발 다침 ✗ 일회용 마스크 한 달 사용 → 차단 성능 일주일이면 90% 감소 ✗ 회전 기계 작업 시 면장갑 → 손가락 빨려 들어감 (실제 산재 사망 원인 상위)

출처: KOSHA 안전보건자료실 — PPE 가이드 (<https://www.kosha.or.kr/kosha/data/safetyAndHealthGuide.do>) · 산업용 안전모 KS 인증 (한국산업표준) (<https://standard.go.kr>)

위험 예지 훈련(KYT)

작업 전 위험요소를 사전에 발견하고 대책을 세우는 4라운드 KYT 기법을 실습합니다.

KYT 가 무엇인가요?

KYT(危険予知トレーニング, Kiken Yochi Training) = "위험 예지 훈련". 일본에서 시작된 사고 예방 기법으로, 작업 시작 전 5~10분간 팀원이 함께 위험을 찾아내고 대책을 결정하는 활동이에요.

한국에서는 **TBM-KY** (Tool Box Meeting + KY) 라는 이름으로 매일 아침 작업조회에서 실시하는 회사가 많아요.

KYT 4라운드 (가장 표준적인 형식)

1라운드: 사실 파악 — "어떤 상황인가?"

작업 사진이나 도면을 보고 **객관적 사실** 만 나열해요. 추측·평가 금지.

예시 (조선소 용접 작업 현장 사진):

- 작업자가 좁은 곡블록 안에서 용접 중
- 산소 농도 측정기는 입구 쪽에 있음
- 용접면 미착용, 안전모 챙이 뒤로 향함
- 바닥에 호스 2개가 놓여있음
- 화기 작업 허가서 미게시

2라운드: 본질 추구 — "위험 요인이 뭐가?"

1라운드의 사실에서 **잠재 위험** 을 추출. "~할 가능성이 있다" 형태로.

- 산소 결핍 → 질식 사고
- 용접면 없음 → 강한 광선에 각막 화상
- 호스 → 발 걸려 넘어짐
- 화기 허가서 없음 → 절차 위반 + 화재 위험

3라운드: 대책 수립 — "어떻게 막을까?"

각 위험에 대해 **구체적인 대책** 을 결정. 실행 가능한 것만.

위험	대책	담당
산소 결핍	작업 시작 전 산소 농도 19.5%↑ 확인, 입구 환기팬 설치	작업자 본인
광선 화상	용접면 즉시 착용, 차광도 #10 이상	작업자 본인
호스 걸림	호스 정리·고정, 통로 확보	조장
화기 허가	작업 전 허가서 발급 + 작업장 게시	안전관리자

4라운드: 목표 설정 — "오늘 우리의 행동 목표는?"

팀이 **함께 외칠 한 줄 슬로건** 을 만들어요. 짧고 구체적으로.

> "좁은 곳 들어가기 전 산소 측정 — 하나, 둘, 셋!" < 팀원 모두 큰소리로

왜 슬로건을 외치나요?

뇌과학적으로 소리내어 말한 정보의 회상률은 목록보다 **35% 높음** (Hopper, 1976). 작업 중 위험 상황에 마주쳤을 때 슬로건이 머릿속에 떠올라요.

TBM-KY 실시 흐름 (매일 아침 5분)

08:55 작업조회 시작



조장이 오늘 작업 내용 공유 (1분)



KYT 4라운드 (3분)



역할 분담 + 슬로건 제창 (1분)



09:00 작업 투입

신입이 KYT 에서 잘하는 법

1. 시각적으로 자주 본 곳을 다시 의심하기 — 익숙해지면 위험을 못 봐요
2. "이게 위험할까?" 질문 우선 — 침묵보다 질문이 생명을 구함
3. 선배의 경험담 듣기 — 과거 사고·아차사고 사례
4. 체크리스트 만들기 — 자기 작업장 위험 5개 적어두고 매일 확인

부울경 산업별 KYT 핵심 위험 TOP 3

- 조선/해양: 밀폐공간 산소 결핍 / 추락 / 화기 작업 폭발
- 자동차부품: 회전기계 협착 / 프레스 양손 미사용 / 운반 중 발등
- 건설/토목: 추락 / 낙하물 / 감전
- 화학/소재: 화학물질 누출 / 정전기 폭발 / 호흡 보호구 미착용

각 산업별 세부 KYT 모듈은 해당 카테고리에서 별도 학습.

출처: KOSHA — TBM-KY 활성화 매뉴얼 (<https://www.kosha.or.kr/kosha/data/safetyAndHealthGuide.do>) · 안전보건교육포털 (<https://www.koshasafety.or.kr>)

응급처치 기초

화상, 절상, 감전, 협착 사고 시 초동대처법과 AED 사용법을 학습합니다.

응급처치의 골든 4분

심정지·심한 출혈 사고에서 **첫 4분이 생사를 가른다** 는 말이 있어요. 119 가 도착하기 전 동료가 어떻게 대처했는지가 결과를 바꿉니다. 신입이라도 4가지 사고는 반드시 알아두세요.

1. 화상 (Burn)

분류

도수	깊이	증상	대처
1도	표피	빨강고 따가움	차가운 물 15~20분
2도	진피	물집·심한 통증	물집 터뜨리지 말고 수건 덮어 즉시 병원
3도	피하조직	감각 없음·검게 변함	옷 떼지 말고 119

즉시 대처

1. 차가운 흐르는 물 15~20분 (얼음 직접 X — 동상 위험)
2. 시계·반지·금속 제거 (붓기 전에)
3. 옷이 살에 붙어 있으면 **떼지 않음** — 그대로 병원

4. 화학화상 (산·알칼리) 은 즉시 다량의 물로 20분 이상

2. 절상 (Cut, Laceration)

출혈 정도별

- 소량 출혈 (스미는 정도): 깨끗한 수건으로 5분 압박, 소독 후 밴드
- 중간 출혈 (뚝뚝): 압박 + 환부 심장보다 높이, 10분 후에도 안 멎으면 119
- 다량 출혈 (분수처럼): 동맥 손상 가능성. 직접 압박 + 119, 압박대(tourniquet) 는 마지막 수단

절단 사고 (손가락·발가락)

1. 절단된 부위 출혈 압박
2. 절단된 부분을 깨끗한 천 → 비닐 → 얼음물에 띄움 (얼음에 직접 닿지 않게)
3. 6시간 내 봉합 가능 (시간이 생명)

3. 감전 (Electric Shock)

절대 원칙: 전원 먼저 차단

⚠ 감전된 사람을 맨손으로 만지면 같이 감전. 다음 순서:

1. 차단기·콘센트 먼저 끄기
2. 차단 불가능하면 마른 나무 막대·플라스틱 으로 환자에서 전원 분리
3. 환자 의식·호흡 확인
4. 호흡 없으면 CPR (심폐소생술) + 119

CPR 30:2

가슴 압박 30회 (분당 100~120회, 깊이 5~6cm)

↓

인공호흡 2회

↓

반복 (구급차 도착까지)

4. 협착 / 끼임 사고

회전 기계·프레스에 손·옷이 끼었을 때:

1. 즉시 기계 정지 (Emergency Stop) — 모든 기계엔 빨간 비상정지 버튼
2. 끼인 부위를無理하게 빼지 않음 — 더 큰 손상 위험
3. 가능하면 기계 역회전으로 빼냄 (조장·정비 담당 호출)
4. 119 + 의료진이 도착할 때까지 체온 유지, 환자 의식 유지

AED (자동심장충격기) 사용법

부울경 대부분 산업단지·공공시설에 AED 가 비치되어 있어요. 사용은 누구나 가능하고 법적 면책됩니다.

4단계

1. 전원 ON — 음성 안내 시작
2. 패드 부착 — 오른쪽 쇄골 아래 + 왼쪽 갈비뼈 옆 (그림 표시됨)
3. 분석 중 대기 — "환자에게서 떨어지세요" 안내. 모두 환자 미접촉
4. 충격 버튼 — 안내 시 빨간 버튼 누름. 충격 후 즉시 CPR 재개

⚠ 물기·금속·약물 패치 위에 패드 부착 X — 화상·전기 분산 위험

응급처치 후 반드시 할 것

- 사고 시간·상황 메모 (병원 진단·산재 신청 시 필요)
- 안전관리자 즉시 보고
- 작업장 사진 촬영 (현장 보존)
- 산재 신청 가이드 (모듈 1: 산업안전보건법 개요 참조)

사내에서 미리 준비할 것

- ☐ 비상 연락망 (안전관리자·119·근처 응급실) 작업장 게시
- ☐ 응급처치함 위치 + 내용물 점검 (월 1회)
- ☐ AED 위치 모든 직원이 알고 있기
- ☐ 사내 응급처치 교육 이수 (KOSHA 무료 교육 가능)

출처: 대한심폐소생협회 — CPR 가이드 (<https://www.kacpr.org>) · 응급의료포털 (E-gen) (<https://www.e-gen.or.kr>) · KOSHA 응급처치 교육 (<https://www.kosha.or.kr>)

현장에서 해볼 것

- 보호구 착용 셀프 체크리스트
- KYT 4라운드 모의 훈련
- AED 사용 시뮬레이션

화재 예방과 소방 안전

초기 진화가 피해를 90% 줄인다

배우는 것

- 화재 유형별 소화기 선택을 할 수 있다
- 대피 경로를 숙지한다

화재 분류

A급(일반), B급(유류), C급(전기), D급(금속), K급(주방) 화재의 구분과 적합한 소화기를 배웁니다.

불이라고 다 같은 불이 아닙니다

화재는 타는 물질에 따라 등급이 나뉘어요. 등급을 모르고 아무 소화기나 쓰면 불이 꺼지기는커녕 더 커지거나 감전됩니다. 그래서 소화기 몸통에는 반드시 "A·B·C" 같은 적응 화재 표시가 붙어 있어요.

5가지 화재 등급

등급	이름	타는 것	현장 예시	소화기 표시색
A급	일반화재	나무·종이·섬유·플라스틱	포장 박스, 파렛트, 작업복	백색
B급	유류화재	기름·페인트·시너·LPG	절삭유, 세척유, 도료	황색
C급	전기화재	전기가 흐르는 설비	배전반, 모터, 케이블	청색
D급	금속화재	마그네슘·알루미늄 분말	가공 칩(chip), 연마 분진	무색
K급	주방화재	식용유	구내식당 튀김기	—

등급별로 왜 소화 방법이 다른가

- A급은 물이 가장 잘 들어요. 물이 온도를 낮춰 불씨까지 꺼줍니다.

- **B급에 물을 뿌리면 절대 안 됩니다.** 기름이 물 위에 떠서 불이 사방으로 퍼져요. 거품(포)이나 분말로 덮어서 산소를 차단해야 합니다.
- **C급에 물을 뿌리면 감전됩니다.** 전기를 통하지 않는 CO2나 분말을 쓰고, 가능하면 **먼저 차단기를 내리세요.**
- **D급에 물은 폭발입니다.** 금속 분말이 물과 반응해 수소를 만들어요. 전용 금속화재 소화약제(D급 분말)나 마른 모래를 씁니다.
- **K급은 식용유 온도가 발화점보다 높아 잠깐 꺼져도 다시 붙어요.** 전용 K급 소화기로 유면에 막을 만들어야 합니다.

현장에서 가장 많이 보는 소화기

ABC 분말소화기가 표준입니다. A·B·C 세 등급에 모두 쓸 수 있어서 공장 어디에나 비치돼 있어요. 다만 **D급과 K급에는 쓸 수 없다**는 걸 기억하세요. 가공 칩이 쌓이는 기계가공 현장, 튀김기가 있는 구내식당은 **별도 소화기가 따로 있어야 합니다.**

출근 첫 주에 확인할 것

- ☐ 내 작업 구역에서 가장 가까운 소화기 위치 (보통 20m 이내)
- ☐ 그 소화기의 적응 화재 표시(A·B·C 중 무엇인지)
- ☐ 우리 공정에서 날 수 있는 화재 등급 (예: 절삭유 쓰면 B급, 배전반 옆이면 C급)
- ☐ 소화기 압력계 바늘이 **녹색 범위에** 있는지 (빨간색이면 즉시 보고)

출처: 소방청 — 국민재난안전포털 소화기 사용법 (<https://www.safekorea.go.kr>) · 한국소방안전원 — 소방안전교육 (<https://www.kfsi.or.kr>) · 안전보건공단 — 화재·폭발 예방자료 (<https://www.kosha.or.kr>)

소화기 사용법

분말·CO2·포소화기의 사용 방법 "핀→노즐→방사" 3단계를 실습합니다.

소화기는 "쓸 줄 알아야" 소화기입니다

공장에 소화기가 아무리 많아도, 막상 불이 났을 때 손이 얼어붙으면 소용없어요. 실제 화재에서 소화기로 진화 가능한 시간은 **초기 2분 이내**입니다. 몸이 기억하도록 순서를 외워두세요.

기본 4단계 — "안전핀·노즐·손잡이·비질"

1. 안전핀을 뽑는다 — 손잡이를 잡은 채로 뽑으면 안 빠져요. **손잡이에서 손을 떼고** 핀만 잡아당깁니다.
2. 노즐(호스)을 불 쪽으로 향한다 — 노즐 끝을 잡으세요. 몸통만 들고 쓰면 엉뚱한 곳으로 날아갑니다.
3. 손잡이를 힘껏 움켜쥐다 — 살살 쥐면 약제가 안 나와요.
4. 비질하듯 좌우로 쓸어 뿌린다 — **불꽃이 아니라 불의 밀동(연료 표면)** 을 노립니다. 불꽃에 쓰면 약제가 그냥 날아가요.

종류별 주의사항

종류	특징	주의할 점
분말(ABC)	가장 흔함, 방사 시간 10~15초	시야가 하얗게 가려짐 — 뿌리기 전에 대피로를 등지고 서기
CO2(이산화탄소)	잔여물 없음, 전기설·정밀기기용	노즐이 영하 78°C — 뿔대(흔)를 맨손으로 잡으면 동상. 밀폐공간에서 쓰면 질식 위험
포(폼)	유류화재에 강함	전기화재에 쓰면 감전

반드시 지킬 3가지

- **등지고 서세요.** 항상 출입구·대피로를 등지고 불을 마주봅니다. 불을 등지면 퇴로가 막혀요.
- **바람을 등지세요.** 실외라면 바람을 등져야 약제와 열기가 나에게 오지 않아요.
- **2분 안에 안 꺼지면 포기하고 대피하세요.** 소화기 1대의 방사 시간은 15초 남짓입니다. 불길의 **내 키를 넘으면** 이미 소화기의 범위를 벗어난 겁니다.

"불이야"를 먼저 외치세요

혼자 끄려다 늦는 경우가 많아요. 순서는 ① 크게 알린다 → ② 119 신고 → ③ 초기 진화입니다. 주변에 사람이 있으면 역할을 나누세요.

> "OO씨, 119 신고해주세요!" 처럼 **특정인을 지목**해야 실제로 움직입니다.

실습 체크리스트

- ☐ 안전핀을 손잡이 놓고 뽑아봤다
- ☐ 노즐 끝을 잡고 방향을 조준했다
- ☐ 불의 밑동을 좌우로 쓸었다
- ☐ 대피로를 등지고 섰다

출처: 소방청 — 소화기 사용법 안내 (<https://www.nfa.go.kr>) · 한국소방안전원 — 소방시설 실무교육 (<https://www.kfsi.or.kr>) · 안전보건공단 — 사업장 초기대응 매뉴얼 (<https://www.kosha.or.kr>)

대피 훈련

비상구 위치 확인, 대피 경로, 집결지, 소방 비상연락망을 숙지합니다.

연기는 불보다 빠릅니다

화재 사망 원인의 대부분은 화상이 아니라 **연기 질식**이에요. 연기는 1초에 수직 **3~5m**, 수평 **0.5~1m** 속도로 퍼집니다. 계단실을 타고 올라가는 속도가 사람이 뛰는 속도보다 빨라요.

그래서 대피는 "불을 보고 나서" 가 아니라 **경보를 듣는 즉시** 시작해야 합니다.

대피 4원칙

1. **낮은 자세로** — 연기는 위로 뜨기 때문에 바닥 쪽에 신선한 공기가 남아요. 무릎으로 기어서 이동합니다.
2. **젖은 수건으로 코와 입을 막고** — 없으면 옷소매라도 대세요. 유독가스를 조금이라도 거릅니다.
3. **벽을 짚고 한 방향으로** — 연기 속에서는 앞이 안 보여요. 한쪽 벽을 계속 짚고 가면 출구에 닿습니다.
4. **엘리베이터 절대 금지** — 정전되면 갇히고, 승강로가 연기 굴뚝이 돼요. **반드시 계단**입니다.

한 번 나가면 다시 들어가지 않습니다

물건을 두고 왔다고 되돌아가는 순간이 가장 위험해요. 두고 온 것은 포기하세요.

집결지에서 인원 확인

대피의 마지막 단계는 "**전원 나왔는가**" 확인입니다. 집결지에 모여 조/반별로 인원을 세고, 안 보이는 사람이 있으면 **직접 찾으러 가지 말고** 소방대에 위치를 알려주세요.

입사 첫날 반드시 확인할 4가지

- ☐ **내 자리에서 가장 가까운 비상구 2곳** (1곳이 막힐 수 있으니 반드시 두 곳)
- ☐ **집결지 위치** (보통 주차장이나 정문 앞 공터)
- ☐ **경보음이 어떤 소리인지** (사이렌인지 방송인지)
- ☐ **비상연락망** — 안전관리자, 소방안전관리자 연락처

자주 하는 실수

실수	왜 위험한가
비상구 앞에 자재를 쌓아둠	정작 필요할 때 문이 안 열림 — 소방시설법 위반, 과태료 대상
방화문을 열어둠	방화문은 닫혀 있어야 연기를 막아요. 고임목으로 괴어두면 무용지물
경보를 오작동으로 단정	"또 오작동이겠지" 하다 늦습니다. 일단 나가고 나서 확인

> 소방훈련은 연 1회 이상 의무입니다(소방시설법). 형식적으로 참여하지 말고, **실제로 내 동선을 걸어보세요.**

출처: 소방청 — 화재 대피 요령 (<https://www.nfa.go.kr>) · 국민재난안전포털 — 화재 행동요령 (<https://www.safekorea.go.kr>) · 한국소방안전원 — 소방계획서 작성 (<https://www.kfsi.or.kr>)

현장에서 해볼 것

- 소화기 사용 실습
- 비상 대피 동선 확인

전기 안전

감전은 순간, 후유증은 평생

배우는 것

- 감전 사고의 원인과 예방법을 안다
- 전기 작업 안전 수칙을 숙지한다

감전의 위험

인체 감전 경로, 전류량에 따른 위험도(30mA 이상 치명적), 접지의 역할을 학습합니다.

220V도 사람을 죽입니다

"고압만 위험하다"는 오해가 가장 위험해요. 감전 사망 사고의 상당수가 **일반 가정용 220V**에서 발생합니다. 중요한 건 전압이 아니라 **몸에 흐른 전류의 크기와 시간**이에요.

전류량별 인체 영향

전류	몸에 일어나는 일
1mA	찌릿한 느낌 (감지 전류)
5mA	통증, 놀라서 손을 땀
10~20mA	근육 경직 — 손을 땀 수 없음(이탈 불능)
30mA	호흡 곤란, 위험
50mA 이상	심실세동 → 사망
100mA	수초 내 치명적

10mA를 넘으면 스스로 손을 놓을 수 없습니다. 감전된 사람이 전선을 꽂 쥐고 있는 이유가 이것이에요.

옴의 법칙으로 보는 위험

$$\text{전류(I)} = \text{전압(V)} \div \text{저항(R)}$$

마른 손 저항 약 5,000Ω → 220V ÷ 5,000 = 44mA (위험)

젖은 손 저항 약 1,000Ω → 220V ÷ 1,000 = 220mA (치명적)

> 땀·물기가 있으면 저항이 1/5로 떨어져 위험이 5배가 됩니다. 여름철 감전 사고가 많은 이유예요.

전류가 지나가는 경로가 생사를 가릅니다

- 손 → 반대편 손, 손 → 발: 전류가 심장을 통과합니다. 가장 치명적.
- 손 → 같은 쪽 발: 심장을 비껴가 상대적으로 덜 위험.

그래서 전기 작업 시 **한 손은 주머니에 넣는(one-hand rule)** 습관이 있어요. 양손을 쓰면 심장을 관통하는 경로가 만들어집니다.

접지가 왜 중요한가

설비 내부에서 전선 피복이 벗겨져 금속 케이스에 닿으면(누전), 사람이 만지는 순간 **사람 몸이 전기가 흐르는 길이** 돼요.

접지선은 전기가 **사람보다 훨씬 저항이 낮은 길(땅)**로 흐르게 만들어줍니다. 그래서 접지선이 끊겨 있거나 연결 안 된 설비가 가장 위험해요.

누전차단기(ELB/RCD)

접지와 짝을 이루는 장치입니다. 들어간 전류와 나온 전류가 다르면(= 어딘가로 새면) **0.03초 안에 차단**해요. 정격 감도전류가 **30mA**인 이유가 바로 위 표의 위험 기준입니다.

- **매월 1회 시험버튼(TEST)**을 눌러 정상 작동을 확인하세요.
- 자꾸 떨어진다고 **차단기를 고정하거나 우회하면 절대 안 됩니다.** 누전이 있다는 신호예요.

현장에서 지킬 5가지

- ☐ 젖은 손으로 전기 기기를 만지지 않는다
- ☐ 문어발 배선·피복 손상 케이블을 쓰지 않는다
- ☐ 이동식 전동공구는 **접지형 플러그(3핀)** 사용
- ☐ 누전차단기 시험버튼 월 1회 점검
- ☐ 감전자 발견 시 **맨손으로 절대 잡지 말고, 먼저 전원을 차단**하거나 마른 나무·플라스틱으로 떼어낸다

출처: 안전보건공단 — 감전재해 예방 (<https://www.kosha.or.kr>) · 한국전기안전공사 — 전기안전 정보 (<https://www.kesco.or.kr>) · 국가법령정보센터 — 산업 안전보건기준에 관한 규칙(전기작업) (<https://www.law.go.kr>)

전기 작업 안전

차단기 OFF 확인(LOTO), 검전기 사용, 절연장갑/절연화, 활선작업 금지 원칙을 배웁니다.

"꺾꺾지"가 사고를 만듭니다

전기 사고의 전형적인 패턴은 이래요. A가 차단기를 내리고 작업하러 갔는데, B가 "왜 꺼져 있지?" 하며 다시 올립니다. **정전 확인은 반드시 내 눈과 내 손으로.**

정전 작업 5단계

1. **작업 전 회로 확인** — 도면과 실제 배전반 명판이 일치하는지 확인. 라벨이 틀린 경우가 흔합니다.
2. **차단기 OFF + 잠금** — 개인 자물쇠를 걸고 태그를 붙입니다(LOTO).
3. **검전** — **검전기로 무전압을 직접 확인.** 이 단계를 건너뛰는 사고가 가장 많아요.
4. **잔류전하 방전** — 콘덴서·인버터는 전원을 꺼도 전기가 남아 있어요. 방전봉으로 접지시킵니다.
5. **단락접지** — 고압 작업에서는 오송전에 대비해 접지를 걸어둡니다.

검전기 사용의 철칙 — "확인 3단계"

검전기 자체가 고장 나 있으면 "전기 없음"이라는 잘못된 신호를 줘요. 그래서 반드시:

1. **살아 있는 회로**에 대어 검전기가 반응하는지 확인 (검전기 정상 확인)

2. **작업할 회로**를 검전 → 무반응 확인
3. 다시 **살아 있는 회로**에 대어 검전기가 여전히 정상인지 확인

보호구

보호구	기준
절연장갑	저압용/고압용 구분, 사용 전 공기주입 시험 으로 핀홀 확인
절연화	밀창 손상·물기 확인
절연복·안면보호구	아크 플래시 위험 구간에서 착용
절연 공구	손잡이 피복 손상 시 즉시 폐기

절연장갑은 **6개월마다 정기 절연시험**을 받아야 합니다.

활선작업은 원칙적으로 금지

산업안전보건기준에 관한 규칙은 **정전 작업을 원칙**으로 합니다. 부득이하게 활선으로 해야 한다면:

- 사전에 **작업허가서** 발급
- **감시인 배치** (2인 1조, 단독 작업 금지)
- 절연용 방호구 설치
- 활선 접근 한계거리 준수

> 신입은 **활선작업에 절대 투입되지 않습니다**. 지시받았다면 거부하고 안전관리자에게 알리세요. 이는 산안법이 보장하는 **작업중지권**입니다.

아크 플래시 — 감전보다 무서운 것

배전반에서 단락이 일어나면 순간적으로 **수천 도의 아크**가 발생해요. 감전이 아니라 **화상과 폭풍압**으로 다칩니다.

- 배전반 조작 시 **정면에 서지 말고 옆에서** 조작
- 나일론·폴리에스터 작업복 금지 — 녹아서 피부에 달라붙어요. **면 또는 난연복** 착용

작업 종료 절차

작업이 끝났다고 바로 전원을 올리면 안 됩니다.

1. 공구·자재 회수, 작업자 전원 이격 확인
2. 단락접지 제거
3. **잠금장치는 건 사람이 직접 해제** (남이 대신 풀면 안 됨)
4. 송전 사실을 관계자 전원에게 통보
5. 송전 후 이상 유무 확인

출처: 안전보건공단 — 전기작업 안전보건 기술지침 (<https://www.kosha.or.kr>) · 한국전기안전공사 — 전기설비 안전점검 (<https://www.kesco.or.kr>) · 고용노동부 — 산업안전보건기준에 관한 규칙 (<https://www.moel.go.kr>)

현장에서 해볼 것

- LOTO 절차 시뮬레이션
- 접지 저항 측정 실습

환경관리 기초

폐수·폐기물·대기 관리

배우는 것

- 기본 환경법규를 이해한다
- 폐기물 분리 배출을 할 수 있다

환경법규 개요

환경영향평가, 배출허용기준, 특정수질유해물질, 대기오염물질 규제의 기본을 배웁니다.

환경 위반은 "모르고 했다"가 통하지 않습니다

환경법 위반은 과태료로 끝나지 않아요. **조업정지·허가취소·형사처벌**까지 이어집니다. 특히 사업주뿐 아니라 **실제 배출을 담당한 직원**도 처벌 대상이 될 수 있어요.

제조업이 걸리는 3대 매체

대기

- **대기오염물질 배출시설** 설치 신고·허가 필요 (도장부스, 건조로, 보일러, 집진기 등)
- 먼지, 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx), 휘발성유기화합물(VOCs)이 주요 대상
- **자가측정 의무** — 시설 종별로 반기 1회 ~ 매월

수질

- 폐수배출시설 신고·허가
- **특정수질유해물질**(구리, 납, 크롬, 카드뮴, 시안 등)을 배출하면 규제가 크게 강해집니다. 도금·표면처리 업종이 해당.
- 방류수 수질기준 초과 시 개선명령 → 조업정지

폐기물

- 사업장폐기물 배출자 신고
- **올바로시스템(Allbaro)** 전자인계서 의무

"배출허용기준"은 지역마다 다릅니다

같은 오염물질이라도 **청정지역 / 가지역 / 나지역 / 특례지역**에 따라 기준이 달라요. 부산·울산·경남의 산업단지는 대부분 나지역이지만, 상수원 인근은 훨씬 엄격합니다.

> 우리 공장이 어느 지역 기준을 적용받는지 **환경 담당자에게 반드시 확인**하세요.

신입이 실수하기 쉬운 것

행동	왜 문제인가
세척수를 우수관(빗물관)에 흘림	무단방류 . 우수관은 하천으로 직결됩니다
도장부스 필터 교체 미실시	배출기준 초과 + 화재 위험
집진기 전원을 꺼두고 작업	방지시설 미가동 — 조업정지 사유
폐유를 일반 쓰레기에 버림	지정폐기물 불법처리

우수관과 오수관을 구분하는 것부터 배우세요. 뚜껑 색이나 표시가 다릅니다.

환경영향평가

일정 규모 이상의 사업(산업단지 조성, 대규모 공장 신·증설)은 착공 전 환경영향평가를 받아야 해요. 규모가 작으면 **소규모 환경영향평가**가 적용됩니다.

통합환경허가

대기·수질·폐기물 등 여러 허가를 하나로 묶은 제도예요. **연간 대기·수질 오염물질 배출량이 큰 업종**(발전·정유·화학·비철금속 등 19개 업종)이 대상이며, 5년마다 재검토합니다.

첫 주 확인 체크리스트

- ☐ 우리 공장의 대기·수질 배출시설이 무엇인지
- ☐ 방지시설(집진기·스크러버·폐수처리장) 위치와 가동 상태
- ☐ 우수관 / 오수관 구분 표시
- ☐ 환경 담당자(환경기술인) 누구인지

출처: 환경부 — 환경정책 및 법령 (<https://www.me.go.kr>) · 한국환경공단 — 사업장 환경관리 (<https://www.keco.or.kr>) · 국가법령정보센터 — 대기환경보전법 / 물환경보전법 (<https://www.law.go.kr>)

폐기물 관리

일반폐기물/지정폐기물 구분, 분리 배출, 폐기물 인계서(폐기물관리법)를 학습합니다.

잘못 버리면 배출자가 끝까지 책임집니다

폐기물은 처리업체에 넘겼다고 끝이 아니예요. **배출자 책임 원칙**에 따라, 위탁한 업체가 불법 투기하면 **배출한 회사도 함께 처벌**받습니다. 그래서 위탁업체의 허가증 확인이 중요해요.

사업장폐기물 분류

사업장폐기물
└─ 사업장일반폐기물
| └─ 배출시설계 폐기물 (대기·수질 방지시설에서 나온 것)
| └─ 그 밖의 사업장 폐기물 (사무실 쓰레기, 포장재 등)
└─ 지정폐기물 ← 유해성이 있어 별도 관리

제조 현장에서 나오는 대표 지정폐기물

품목	어디서 나오나
폐유	절삭유, 유압유, 윤활유 교체
폐산·폐알칼리	세척·에칭·도금 공정 (pH 2 이하 / 12.5 이상)
폐유기용제	시너, 세척용 솔벤트
페페인트·페래커	도장 공정, 도장부스 슬러지
폐흡착제·폐흡수제	기름 닦은 걸레, 흡착포, 필터
분진	집진기 포집 분진
폐형광등·폐배터리	조명 교체, 지게차 배터리

> 기름 묻은 장갑·걸레도 지정폐기물(폐흡착제) 입니다. 일반 쓰레기통에 버리면 위반이예요. 이걸 모르는 경우가 정말 많습니다.

보관 기준

- 지정폐기물은 최대 **45일** 보관 가능 (일반은 90일)
- 표지판 부착 의무 — 종류, 보관 가능 용량, 관리책임자, 보관기간
- 바닥은 불침투성 재질, 지붕과 벽으로 바·바람 차단
- 폐유·폐산은 방지턱(방유제) 안에 보관
- 서로 반응하는 폐기물은 분리 (폐산 + 폐알칼리, 폐유 + 산화제)

올바로시스템(Allbaro) 전자인계서

폐기물을 넘길 때 종이가 아니라 **전자적으로 인계·인수**를 기록합니다.

1. 배출자가 인계 정보 입력
2. 운반자가 인수 확인
3. 처리업체가 최종 처리 확인
4. **처리 완료까지 시스템에서 추적**

인계서를 안 쓰거나 허위 입력하면 과태료 대상이에요.

위탁 전 반드시 확인

- ☐ 수집·운반업체의 **허가증** (허가받은 품목에 우리 폐기물이 포함되는지)
- ☐ 최종처리업체의 **허가증과 처리 능력**
- ☐ 계약서에 폐기물 종류·수량·처리방법 명시
- ☐ 차량 등록번호가 허가증과 일치하는지

감량이 최선입니다

처리 비용은 계속 오르고 있어요. 순서는 **감량 → 재사용 → 재활용 → 소각 → 매립**입니다.

- 절삭유는 **정제 재사용**으로 폐유 발생량을 크게 줄일 수 있어요
- 포장재는 **회수형 용기**로 전환
- 분리배출을 잘하면 **재활용 가능 품목이 지정폐기물로 섞여** 비싸게 처리되는 걸 막습니다

현장 실수 사례

실수	결과
폐유 드럼에 걸레·장갑 혼입	처리 거부, 재분류 비용 발생
보관기간 45일 초과	과태료
표지판 미부착	과태료
인계서 미작성	과태료 + 불법처리 의심 조사

출처: 한국환경공단 — 올바로시스템(폐기물 적법처리) (<https://www.allbaro.or.kr>) · 환경부 — 폐기물관리 정책 (<https://www.me.go.kr>) · 국가법령정보센터 — 폐기물관리법 (<https://www.law.go.kr>)

현장에서 해볼 것

- 폐기물 분류 퀴즈
- MSDS 기반 폐기물 처리 경로 결정

화학물질 안전관리

MSDS를 읽고, 위험을 예방하라

배우는 것

- MSDS의 16개 항목을 이해한다
- GHS 경고표지를 읽을 수 있다

GHS 분류와 경고표지

9가지 GHS 픽토그램(폭발, 인화, 산화, 부식, 독성 등)의 의미를 학습합니다.

그림만 봐도 위험을 알 수 있게 만든 것이 GHS입니다

GHS(Globally Harmonized System)는 화학물질 분류·표지를 전 세계가 통일한 체계예요. 나라마다 표시가 다르면 수입 화학물질을 다룰 때 위험하니까요.

한국은 **산업안전보건법**과 **화학물질관리법**에서 GHS를 채택하고 있습니다.

9가지 픽토그램

빨간 마름모 테두리 안에 검은 그림이 들어갑니다.

그림	의미	현장 예시
 폭발 터짐	폭발성, 자기반응성	유기과산화물, 경화제
 불꽃	인화성, 자연발화성	시너, 아세톤, 알코올
 원 위의 불꽃	산화성	과산화수소, 질산
 가스실린더	고압가스	산소·아르곤·질소 봄베
 부식	금속·피부 부식	황산, 가성소다
 해골	급성 독성(치명적)	시아나화물, 포름알데히드
 ! 느낌표	자극성, 경미한 독성	일반 세척제
 건강 유해성	발암성, 생식독성, 호흡기 과민	벤젠, 결정형 실리카
 환경	수생환경 유해	중금속 함유 약품

> 해골  와 느낌표 ! 는 둘 다 독성이지만 강도가 달라요. 해골이 붙어 있으면 소량으로도 치명적입니다.

신호어 — "위험" vs "경고"

- **위험(Danger):** 더 심각한 등급
- **경고(Warning):** 상대적으로 낮은 등급

같은 인화성이라도 인화점이 낮으면 "위험", 높으면 "경고"가 붙어요.

경고표지에 반드시 들어갈 6가지

1. 명칭 (제품명)
2. 그림문자(픽토그램)
3. 신호어 (위험 / 경고)
4. 유해·위험 문구 (H-code, 예: H225 고인화성 액체 및 증기)
5. 예방조치 문구 (P-code, 예: P210 열·스파크로부터 멀리 하시오)
6. 공급자 정보 (제조사·수입사, 연락처)

소분 용기에도 표지가 필요합니다

드럼에서 작은 통으로 옮겨 담으면, 그 통에도 경고표지를 붙여야 해요. 이걸 안 지켜서 생기는 사고가 정말 많습니다.

> 페트병에 시너를 담아두는 것은 **절대 금지**입니다. 음료로 착각한 사망 사고가 반복돼 왔어요.

현장 확인 체크리스트

- ☐ 내가 쓰는 화학물질 용기에 경고표지가 붙어 있는가
- ☐ 픽토그램이 몇 개이고 각각 무슨 뜻인지 아는가
- ☐ 신호어가 "위험"인가 "경고"인가
- ☐ 소분 용기에도 표지를 붙였는가
- ☐ MSDS가 작업장에 게시 또는 비치되어 있는가 (법적 의무)

MSDS 핵심 항목

화학제품 식별, 위험·유해성, 응급조치, 취급/보관, 노출방지/보호구 항목을 읽는 법을 배웁니다.

MSDS는 16개 항목이지만, 현장에서 볼 건 5개입니다

MSDS(물질안전보건자료, 최근에는 SDS)는 16개 항목으로 구성돼요. 전부 외울 필요는 없고, **작업 전에 반드시 봐야 할 5개만** 확실히 읽을 줄 알면 됩니다.

16개 항목 전체 구조

항목	내용
1	화학제품과 회사에 관한 정보
2	유해성·위험성 ← 필수
3	구성성분의 명칭 및 함유량 ← 필수
4	응급조치 요령 ← 필수
5	폭발·화재 시 대처방법
6	누출 사고 시 대처방법
7	취급 및 저장방법 ← 필수
8	노출방지 및 개인보호구 ← 필수
9	물리화학적 특성
10	안정성 및 반응성
11	독성에 관한 정보
12	환경에 미치는 영향
13	폐기 시 주의사항
14	운송에 필요한 정보
15	법적 규제현황
16	그 밖의 참고사항

항목별 읽는 법

2번 — 유해성·위험성

픽토그램, 신호어, H문구가 여기 있어요. "**발암성 1A**" 같은 표기가 보이면 특별관리물질입니다. 취급 기록을 30년 보존해야 해요.

3번 — 구성성분

영업비밀로 성분이 가려진 경우가 있어요. 이때도 유해성이 큰 성분은 공개해야 합니다. CAS 번호로 개별 성분을 검색할 수 있어요.

4번 — 응급조치

사고 나고 나서 읽으면 늦습니다. 미리 봐주세요.

- 눈에 들어갔을 때: 보통 **15분 이상 흐르는 물로** 세척
- 피부 접촉: 오염된 옷을 즉시 벗기고 세척
- 흡입: 신선한 공기가 있는 곳으로

7번 — 취급 및 저장

- 함께 두면 안 되는 물질(혼재 금지)
- 보관 온도, 환기 요구사항

- 접지 필요 여부

8번 — 노출방지 및 개인보호구

가장 실무적인 항목이에요.

- **노출기준(TWA, STEL)** — 8시간 평균 / 단시간
- 필요한 **호흡보호구 종류** (방진마스크인지 방독마스크인지, 정화통 종류)
- 장갑 재질 (**니트릴/네오프렌/부틸** — 물질마다 뚫리는 재질이 다릅니다)

> 유기용제에 **라텍스 장갑**을 끼면 몇 분 만에 투과됩니다. 반드시 MSDS가 지정한 재질을 쓰세요.

노출기준 읽기

TWA (시간가중평균) : 8시간 작업 기준 평균 농도 한계
 STEL (단시간노출) : 15분간 노출 가능한 최대 농도
 C (최고노출기준) : 순간이라도 넘으면 안 되는 값

예) 톨루엔 TWA 50ppm / STEL 150ppm

법적 의무 (사업주)

- MSDS를 취급 근로자가 쉽게 볼 수 있는 장소에 게시·비치
- 경고표지 부착
- **MSDS 교육 실시** (물질이 바뀌거나 새로 도입될 때마다)
- 2021년부터 **MSDS 제출·비공개 승인 제도** 운영 (안전보건공단)

신입이 첫날 해야 할 일

- ☐ 내 공정에서 쓰는 화학물질 목록 확인
- ☐ 각 물질의 MSDS 위치 확인 (파일철 또는 게시판)
- ☐ 4번(응급조치)과 8번(보호구) 항목을 읽어두기
- ☐ 세안기(eye wash)·비상샤워 위치 확인 — **30초 안에 도달 가능해야 합니다**

출처: 안전보건공단 — MSDS 검색 시스템 (<https://msds.kosha.or.kr>) · 고용노동부 — 화학물질 관리 안내 (<https://www.moel.go.kr>) · 화학물질안전원 — 화학물질 종합정보시스템 (<https://icis.me.go.kr>)

현장에서 해볼 것

- MSDS 3종 읽기 실습
- GHS 픽토그램 매칭 퀴즈

근로자 권리와 노동법

내 권리를 알아야 지킬 수 있다

배우는 것

- 기본적인 근로 조건을 이해한다
- 부당 처우 시 대응 방법을 안다

근로계약서

근로계약서 필수 기재사항, 근로시간, 휴게·휴일, 연차 유급휴가의 법적 기준을 배웁니다.

계약서를 안 쓰면 손해는 항상 근로자 쪽입니다

일이 급해서, 아는 사람 소개라서, "다음에 쓰자"는 말에 그냥 넘어가서 — 근로계약서 없이 일을 시작하는 경우가 아직도 많아요. 그런데 나중에 임금이나 근무시간을 두고 다툼이 생기면 **말로 한 약속은 증명할 방법이 없습니다**. 조사관도 판단할 근거가 없어요.

근로계약서 작성과 교부는 사용자의 법적 의무입니다(근로기준법 제17조). 쓰기만 하고 회사가 전부 보관하는 것도 위반이에요. **한 부는 반드시 근로자가 받아 가지고 있어야** 합니다.

> 계약서를 못 받았다는 것 자체가 신고 대상이에요. 사진으로라도 찍어두세요. 나중에 임금체불을 다룰 때 가장 먼저 요구받는 서류가 근로계약서입니다.

서면에 반드시 있어야 하는 항목

항목	이렇게 적혀 있어야 정상
임금	구성항목(기본급·수당별 금액), 계산방법, 지급방법·지급일
소정근로시간	시업·종업 시각, 1일/1주 몇 시간인지
휴일	주휴일이 무슨 요일인지, 관공서 공휴일 유급 여부
연차 유급휴가	부여 기준
취업 장소	실제 근무할 공장·사업장
담당 업무	"제조 보조" 같은 뭉뚱그린 표현보다 구체적일수록 좋음

"임금 = 월 000만원" 한 줄만 적힌 계약서는 **부실 계약서**예요. 기본급이 얼마고 연장수당이 얼마인지 나뉘어 있지 않으면, 나중에 연장근로수당을 이미 받았는지 못 받았는지 따질 수가 없습니다.

근로시간·휴게·휴일의 법정 기준

구분	기준
소정근로시간	1일 8시간 , 1주 40시간 이내
연장근로	당사자 합의로 1주 12시간 한도
휴게	4시간 근무에 30분 이상, 8시간 근무에 1시간 이상 — 근로시간 도중에
주휴일	1주 소정근로일을 개근하면 1일 이상 유급휴일
야간근로	오후 10시 ~ 오전 6시

휴게시간은 자유롭게 쉬는 시간이에요. "밥 먹으면서 기계 보라"는 휴게가 아니라 근로시간입니다. 대기 상태로 자리를 못 뜨면 그건 일한 시간이에요.

연차 유급휴가는 이렇게 쌓입니다

[임사 1년 미만]

1개월 개근할 때마다 1일 → 최대 11일

[임사 1년, 전년도 80% 이상 출근]

15일

[3년 이상 계속근로]

최초 1년을 넘는 매 2년마다 1일씩 가산

3~4년차 : 16일

5~6년차 : 17일

7~8년차 : 18일

...

21년차~ : 25일 (한도)

연차는 **근로자가 원하는 날에 쓰는 것이 원칙**입니다. 회사는 사업 운영에 막대한 지장이 있을 때만 시기를 바꿔달라고 할 수 있어요. 못 쓰고 남은 연차는 원칙적으로 **연차수당**으로 정산받습니다(회사가 적절한 사용촉진 절차를 밟은 경우는 예외).

5인 미만 사업장이면 기준이 달라집니다

부울경에는 2·3차 협력사 중 상시근로자 5인 미만인 곳이 적지 않아요. **내 회사가 몇 명인지에 따라 적용되는 조항이 달라집니다.**

제도	5인 미만	5인 이상
최저임금	적용	적용
근로계약서 작성·교부	적용	적용
주휴수당	적용	적용
퇴직금	적용	적용
산재보험	적용	적용
연장·야간·휴일 가산수당(50%)	적용 안 됨	적용
연차 유급휴가	적용 안 됨	적용
주 52시간 한도	적용 안 됨	적용
부당해고 구제신청	적용 안 됨	적용

상시근로자 수는 사장 개인의 말이 아니라 **실제 고용 인원**으로 판단합니다. 헛갈리면 고용노동부 고객상담센터(국번없이 **1350**)에 물어보세요.

누가 내 "사용자"인지 확인하세요

조선소·자동차부품 현장은 원청 안에 사내협력사가 여러 개 들어와 있는 구조가 흔합니다. 근로계약서에 적힌 회사(내 사용자)와, 현장에서 지시하는 사람의 소속이 다를 수 있어요.

- **도급**: 협력사 관리자가 지휘·명령. 정상 구조.
- **파견**: 파견법에 따라 허용 업무·기간이 정해져 있고, 제조업 직접생산공정 업무는 원칙적으로 파견 금지.

원청 직원이 직접 작업 지시를 하고 근태를 관리한다면 불법파견 소지가 있습니다. 판단이 어려운 문제이니, 이상하다고 느끼면 노동청에 상담부터 하세요.

외국인 근로자(E-9)가 추가로 확인할 것

- **표준근로계약서**를 씁니다. 모국어 번역본을 함께 받아 두세요.
- **여권·외국인등록증을 회사가 보관하는 것은 위법**입니다. 본인이 소지하세요.
- 국적을 이유로 임금·근로조건을 차별하는 것은 근로기준법 제6조 위반입니다. 최저임금도 내국인과 **동일하게** 적용됩니다.
- 사업장 변경은 정해진 횟수 안에서 가능하고, **사용자의 근로조건 위반 등 근로자 책임이 아닌 사유**는 그 횟수에 넣지 않습니다. 고용센터에서 확인하세요.
- 외국인력 관련 상담: **1577-0071** (다국어 상담 지원)

서명하기 전 체크리스트

- ☐ 임금이 **기본급·수당별로 나뉘어** 적혀 있는가
- ☐ 시업·종업 시각과 휴게시간이 구체적으로 적혀 있는가
- ☐ 주휴일이 어느 요일인지 적혀 있는가
- ☐ 빈칸이 있는 채로 서명하지 않았는가 (**빈칸 서명 절대 금지**)
- ☐ **서명한 계약서 한 부를 받았는가**
- ☐ 사진을 찍어 내 휴대폰에도 저장해 두었는가

출처: 고용노동부 — 표준근로계약서 서식과 작성 안내 (<https://www.moel.go.kr>) · 국가법령정보센터 — 근로기준법 (<https://www.law.go.kr>) · 고용노동부 민원마당 — 근로조건 상담·민원 신청 (<https://minwon.moel.go.kr>)

임금과 4대 보험

최저임금, 통상임금, 퇴직금, 국민연금·건강보험·고용보험·산재보험의 기본을 학습합니다.

급여명세서를 읽을 줄 알아야 손해를 앎니다

"통장에 들어온 돈이 얼마"만 보면 무엇을 덜 받았는지 알 수 없어요. 임금은 **기본급 + 각종 수당 - 공제(4대보험·세금)** 구조로 되어 있고, 각 항목마다 계산 근거가 있습니다.

2021년 11월부터 사용자는 **임금명세서 교부 의무**가 있어요(근로기준법 제48조). 임금 구성항목, 계산방법, 공제 내역이 적힌 명세서를 급여를 줄 때마다 서면이나 전자문서로 줘야 합니다. 안 주면 과태료 대상이에요.

최저임금 — 매년 새로 고시됩니다

최저임금은 **매년 8월 초에 다음 해 금액이 결정·고시**되고, **다음 해 1월 1일부터** 적용됩니다. 금액은 해마다 바뀌므로 반드시 **그해 고시액을 확인**하세요. 고용노동부 홈페이지와 사업장 게시판에 공지됩니다.

기억할 원칙은 이것들입니다.

- **1인 이상 모든 사업장에 적용**됩니다. 5인 미만도 예외 없어요.
- **국적과 무관**합니다. E-9 외국인 근로자에게도 동일 금액이 적용돼요.
- 1년 이상 계약을 맺은 근로자의 **수습 3개월 이내**에는 10% 감액이 가능하지만, 고용노동부가 고시한 **단순노무 직종은 감액할 수 없습니다**.
- 최저임금에 산입되는 임금의 범위(정기상여금·복리후생비 포함 여부)는 법 개정으로 단계적으로 바뀌어 왔습니다. 내 임금이 최저임금 위반인지 계산할 때는 **그해 기준으로 확인**하세요.

> 최저임금 위반 여부는 "월급 총액"이 아니라 **시간당 금액**으로 따집니다. 월급을 그달의 소정근로시간으로 나눠서 비교해야 해요.

통상임금과 평균임금 — 쓰이는 곳이 다릅니다

구분	정의	어디에 쓰이나
통상임금	소정근로의 대가로 정기적·일률적 으로 지급하기로 정한 금액	연장·야간·휴일 가산수당, 연차수당, 해고예고수당
평균임금	산정사유 발생일 이전 3개월 임금총액 ÷ 그 기간 총일수	퇴직금, 산재 휴업급여·장해급여, 휴업수당

평균임금이 통상임금보다 적게 나오면 **통상임금을 평균임금으로 봅니다**.

어떤 수당이 통상임금에 들어가는지는 대법원 판례로 계속 정리되어 왔고, 재직조건이 붙은 정기상여금의 취급 등 실무 기준이 바뀐 부분이 있습니다. **회사가 통상임금 범위를 좁게 잡아 수당을 적게 준 사례가 많으니**, 금액이 이상하면 노동청 상담을 받아보세요.

통상시급과 가산수당 계산

주 40시간제에서 월 소정근로시간은 보통 **209시간**으로 계산합니다.

$$\begin{aligned}\text{월 소정근로시간} &= (\text{주 } 40\text{시간} + \text{주휴 } 8\text{시간}) \times 365\text{일} \div 7\text{일} \div 12\text{개월} \\ &= 48 \times 52.14 \div 12 \\ &\approx 209\text{시간}\end{aligned}$$

예) 통상임금에 해당하는 월 급여가 2,090,000원이라면
통상시급 = 2,090,000 ÷ 209 = 10,000원

$$\begin{aligned}\text{연장근로 } 10\text{시간} &\rightarrow 10,000 \times 1.5 \times 10 = 150,000\text{원} \\ \text{야간근로 } 8\text{시간} &\rightarrow 10,000 \times 0.5 \times 8 = 40,000\text{원} \quad (\text{가산분만}) \\ \text{휴일근로 } 8\text{시간} &\rightarrow 10,000 \times 1.5 \times 8 = 120,000\text{원} \\ \text{휴일 } 8\text{시간 초과분} &\rightarrow 10,000 \times 2.0 \times \text{초과시간}\end{aligned}$$

연장이면서 야간(밤 10시 이후 잔업)이면 가산이 겹칩니다. 연장 50% + 야간 50%로 통상시급의 2배가 돼요. 야간작업이 많은 조선·주물 현장에서 이 부분이 자주 누락됩니다.

퇴직금

- 계속근로 1년 이상, 4주 평균 1주 소정근로시간 15시간 이상이면 대상입니다.
- 1인 이상 모든 사업장에 적용됩니다. 5인 미만도 받아요.
- 퇴직일부터 14일 이내 지급이 원칙(합의로 연장 가능).

퇴직금 = 1일 평균임금 × 30일 × (계속근로일수 ÷ 365)

예) 퇴직 전 3개월 임금총액 9,200,000원, 그 기간 총일수 92일

1일 평균임금 = 9,200,000 ÷ 92 = 100,000원

계속근로 1,278일(약 3년 6개월)이면

퇴직금 = 100,000 × 30 × (1,278 ÷ 365)

= 3,000,000 × 3.5014

≈ 10,504,000원

> "월급에 퇴직금이 포함되어 있다"는 계약(퇴직금 분할약정)은 원칙적으로 무효입니다. 퇴직할 때 별도로 청구할 수 있어요.

E-9 외국인 근로자의 퇴직금은 사업주가 가입하는 **출국만기보험**으로 갈음되는 구조입니다. 보험금이 법정 퇴직금보다 적으면 **차액**은 사업주가 지급해야 해요. 금액을 반드시 대조해 보세요.

4대보험 — 부담 주체가 다릅니다

보험	무엇을 보장하나	보험료 부담
국민연금	노령·장애·유족 연금	근로자와 사업주가 절반씩
건강보험	질병·부상 진료비, 장기요양	근로자와 사업주가 절반씩
고용보험	실업급여, 직업능력개발, 육아휴직급여	실업급여분은 절반씩 , 고용안정·직업능력개발 사업분은 사업주 전액
산재보험	업무상 재해 치료·보상	전액 사업주 부담

보험료율은 매년 **고시로 바뀌므로 그해 요율**을 확인하세요. 구조만 정확히 기억하면 됩니다.

산재보험료는 근로자가 한 푼도 내지 않습니다. 명세서에서 산재보험료가 공제돼 있다면 잘못된 겁니다. 그리고 산재보험은 근로자 1인 이상이면 **당연 적용**이라, 회사가 가입을 안 했더라도 재해가 나면 근로자는 보상을 받을 수 있어요.

외국인 근로자의 4대보험

- **건강보험·산재보험**: 적용됩니다.
- **국민연금**: 국가 간 상호주의에 따라 국적으로 적용 여부와 반환일시금 수령 가능 여부가 다릅니다. 본인 국적 기준을 반드시 확인하세요.
- **고용보험**: 체류자격에 따라 당연적용과 임의가입이 갈립니다.
- 이 밖에 외국인 근로자에게는 **출국만기보험, 귀국비용보험, 상해보험, 임금체불 보증보험**이 별도로 있습니다. 누가 가입하는지, 언제 받는지 계약 시점에 확인해 두세요.

급여명세서에서 확인할 것

- ☐ 기본급과 각 수당이 항목별로 나뉘어 있는가
- ☐ 연장·야간·휴일 근로시간이 **실제 일한 시간과** 맞는가
- ☐ 산재보험료가 공제돼 있지 않은가 (있으면 오류)
- ☐ 4대보험 취득신고가 실제로 되어 있는가 (건강보험공단·국민연금공단에서 본인 조회 가능)
- ☐ 매달 명세서를 **파일로 보관**하고 있는가 — 체불 다툼의 핵심 증거입니다

출처: 고용노동부 — 최저임금·임금제도 안내 (<https://www.moel.go.kr>) · 국가법령정보센터 — 최저임금법 / 근로자퇴직급여 보장법 (<https://www.law.go.kr>) · 근로복지공단 — 고용·산재보험 가입과 보험료 (<https://www.comwel.or.kr>)

부당 처우 대응

임금체불, 부당해고, 직장 내 괴롭힘, 산업재해 신고 시 연락처와 절차를 안내합니다.

참는 동안 시효가 흘러갑니다

부당한 일을 당했을 때 가장 흔한 선택이 "일단 참고 보자"예요. 그런데 노동관계 권리에는 **기한**이 있습니다. 임금채권은 **3년**, 부당해고 구제신청은 **3개월**. 이 기간을 넘기면 내용이 아무리 정당해도 다룰 수 없어요.

그리고 신고는 회사를 망하게 하는 일이 아닙니다. 대부분 **시정 지시와 지급**으로 끝나요.

무엇보다 먼저 — 증거를 모으세요

조사가관이 판단할 수 있는 건 기록뿐입니다. 다음을 평소에 남겨두세요.

증거	왜 필요한가
근로계약서 사본	약속한 임금·근로시간의 기준
급여명세서, 통장 입금 내역	실제 지급액
출퇴근 기록 (지문·카드 기록, 작업일보, 본인이 쓴 수기 메모)	연장근로 입증의 핵심
업무 지시 문자·메신저 캡처	지시 내용과 시각
녹음	본인이 대화 당사자인 경우 녹음은 가능합니다

> 손으로 쓴 근무 기록이라도 **매일 그날 적은 것**이면 증거로 인정받는 경우가 많아요. 나중에 몰아서 쓴 건 신빙성이 떨어집니다.

임금체불

임금은 **정해진 날에, 전액, 통화로, 근로자 본인에게** 지급해야 합니다(임금 지급의 4원칙). 퇴직한 경우에는 퇴직일부터 **14일 이내**에 임금·퇴직금 등 모든 금품을 청산해야 해요.

신고 절차

- ① 관할 지방고용노동청(지청)에 진정 제기
 - 온라인: 고용노동부 민원마당에서 "임금체불 진정" 신청
 - 방문·우편도 가능
- ↓
- ② 근로감독관 배정 → 출석 조사 (근로자·사업주 대면 조사)
- ↓
- ③ 체불 확인 시 시정 지시 → 사업주 지급
- ↓
- ④ 그래도 안 주면 → 체불금품확인원 발급
→ 대지급금 청구 / 민사소송 / 사업주 형사처벌

- **관할**: 사업장 소재지 기준입니다. 부울경은 부산지방고용노동청과 산하 지청(부산동부·부산북부·창원·울산·양산·진주·통영)이 담당해요.
- **대지급금**: 회사가 도산했거나 지급 능력이 없을 때 **근로복지공단**이 일정 한도까지 대신 지급하는 제도입니다. 상한액과 신청 기한이 정해져 있으니 공단(**1588-0075**)에 확인하세요.
- **지연이자**: 퇴직 후 14일이 지나도 안 주면 그 다음 날부터 연 20%의 지연이자가 붙습니다(재직 중 체불에는 적용되지 않아요).

부당해고

확인 사항	기준
해고 서면통지	해고 사유와 시기를 서면으로 알려야 유효 (5인 이상). 문자·구두 해고는 무효 소지
해고예고	30일 전 예고 또는 30일분 이상의 통상임금 (해고예고수당). 계속근로 3개월 미만 등은 예외
정당한 이유	5인 이상 사업장은 정당한 이유 없이 해고할 수 없음
구제신청 기한	해고가 있었던 날부터 3개월 이내 지방노동위원회에 신청

부울경은 부산지방노동위원회·울산지방노동위원회·경남지방노동위원회가 사업장 소재지 기준으로 각각 담당합니다(세 곳은 별개 기관이니 접수 전에 관할을 확인하세요). 구제신청에 **비용은 들지 않고**, 일정 요건을 갖추면 국선노무사 지원도 받을 수 있어요.

> "권고사직서에 서명하라"는 요구를 조심하세요. 서명하면 **자진 퇴사**가 되어 부당해고를 다투기 어려워지고 실업급여에도 영향이 갑니다. 납득이 안 되면 **서명하지 말고** 먼저 상담받으세요.

직장 내 괴롭힘

법이 정한 직장 내 괴롭힘은 세 가지가 모두 맞을 때입니다.

1. 직장에서의 **지위 또는 관계의 우위**를 이용해서
2. **업무상 적정범위를 넘어**
3. 신체적·정신적 고통을 주거나 **근무환경을 악화**시키는 행위

정당한 업무 지시나 질책은 해당하지 않아요. 반면 폭언, 따돌림, 일 안 주기, 사적 심부름, 국적을 이유로 한 조롱은 해당할 수 있습니다.

처리 절차

- ① 누구든지 사용자에게 신고 가능 (피해자 본인이 아니어도 됨)
- ↓
- ② 사용자는 지체 없이 조사 의무
- ↓
- ③ 조사 기간 중 피해자 보호 (근무장소 변경, 유급휴가 등)
 - 피해자 의사에 반하는 조치는 안 됨
- ↓
- ④ 확인되면 가해자 징계·근무장소 변경 등 조치
- ↓
- ⑤ 회사가 조사·조치를 안 하면 → 관할 노동청에 진정

> **신고자·피해자에게 해고나 불리한 처우를 하는 것은 형사처벌 대상**입니다. 이 조항이 신고를 가능하게 만드는 핵심이에요. 5인 이상 사업장에 적용됩니다.

산업재해 — 공상처리 권유를 그냥 받아들이지 마세요

다쳤을 때 "산재 넣으면 회사가 곤란해지니 치료비는 우리가 주겠다"는 제안을 받는 일이 흔합니다. 이걸 **공상처리**라고 해요. 문제는 이렇습니다.

- 회사가 주는 돈은 대개 **치료비**까지입니다. 일 못 한 기간의 **휴업급여**, 후유증에 대한 **장해급여**는 빠져요.
- 나중에 후유증이 생겨도 기록이 없어 다시 인정받기 어렵습니다.
- **산재 은폐는 사업주의 범죄**입니다. 근로자가 배려해 줄 일이 아니에요.

산재는 **회사의 승인 없이 근로자가 직접 근로복지공단에 신청**할 수 있습니다. 회사가 확인 날인을 거부해도 신청은 가능해요.

어디에 신고하나 — 한 장 정리

문제	창구	기한
임금체불, 최저임금 위반, 연장수당 미지급, 근로계약서 미교부	관할 지방고용노동청 진정 (온라인 민원마당)	임금채권 3년
부당해고·부당징계	지방노동위원회 구제신청	해고일부터 3개월
직장 내 괴롭힘	회사 신고 → 미조치 시 노동청 진정	—
산업재해	근로복지공단 지사에 요양급여 신청	급여 종류별 3년 또는 5년
위험한 작업 지시, 안전조치 미비	노동청 산재예방 부서 / 안전보건공단	—
일반 노동법 상담	고용노동부 고객상담센터 1350	—
외국인 근로자 상담(다국어)	1577-0071	—

외국인 근로자가 특히 알아둘 것

- 신고했다는 이유로 불리한 처우를 하거나 강제로 출국시킬 수 없습니다.
- 사업주의 근로조건 위반, 임금체불, 부당한 처우 등은 **사업장 변경 사유**가 되고, 이 경우는 변경 횟수에 산입하지 않습니다. 고용센터에 사유를 정확히 신고하세요.
- 여권·외국인등록증 보관 요구, 통장·체크카드 제출 요구는 응하지 마세요.
- 상담은 **1350**(통역 지원)과 **1577-0071**에서 모국어로 받을 수 있습니다.

오늘 확인할 것

- ☐ 근로계약서 사본이 내 손에 있는가
- ☐ 최근 3개월 급여명세서와 임금 내역을 보관하고 있는가
- ☐ 출퇴근·연장근로 시간을 **매일** 기록하고 있는가
- ☐ 우리 회사 관할 지방고용노동청이 어디인지 아는가
- ☐ 다쳤을 때 산재 신청은 **내가 직접** 할 수 있다는 걸 아는가

출처: 고용노동부 민원마당 — 임금체불 진정 등 민원 신청 (<https://minwon.moel.go.kr>) · 고용노동부 — 직장 내 괴롭힘 판단 및 예방·대응 안내 (<https://www.moel.go.kr>) · 국가법령정보센터 — 근로기준법(해고·괴롭힘 조항) (<https://www.law.go.kr>)

현장에서 해볼 것

- 근로계약서 주요 항목 체크
- 고용노동부 신고 절차 확인

화학공정·표면처리 실무

단위조작과 공정안전관리(PSM), HAZOP과 비상 대응, 그리고 도금·도장의 품질 관리와 환경 규제를 담았습니다.

화학공정·표면처리 실무

화학 교육 모듈 2개를 전문 그대로 실었습니다.

화학 공정 안전

화학 플랜트의 기본 안전

배우는 것

- 화학 공정의 기본 단위조작을 이해한다
- 화학 사고 예방 체계를 안다

단위조작

증류, 추출, 건조, 여과, 혼합, 반응 등 화학 공정의 기본 단위조작을 학습합니다.

화학 공정은 "설비 이름"이 아니라 "하는 일"로 배웁니다

울산 석유화학단지 안에는 수십 개의 공장이 있지만, 그 안에서 벌어지는 일은 몇 가지 기본 동작의 조합이에요. 이 기본 동작 하나하나를 **단위조작 (Unit Operation)** 이라고 합니다.

단위조작을 알면 처음 가보는 플랜트에서도 "여기는 열을 넣는 곳, 여기는 섞는 곳, 여기는 나누는 곳"이 보입니다. 반대로 모르면 밸브 하나 여는 것도 무슨 일이 벌어질지 예측할 수 없어요.

> 화학 사고 조사 보고서를 보면 "그 조작이 무슨 의미인지 몰랐다"는 문장이 반복됩니다. 단위조작은 안전 교육의 출발점이지 이론 과목이 아니에요.

현장에서 만나는 6가지 기본 조작 — 단위조작 5 + 단위공정(반응) 1

단위조작	하는 일	대표 설비	이 조작 고유의 위험
반응	물질을 화학적으로 바꿈	반응기, 교반기	반응폭주, 과압 파열, 부반응으로 유독가스 생성
증류	끓는점 차이로 분리	증류탑, 리보일러, 콘덴서	고온·고압, 탑 넘침, 진공 붕괴, 응축 실패 시 방출
흡수/추출	용매로 특정 성분만 잡음	흡수탑, 스크러버	흡수액이 소진되면 유해가스가 그대로 대기로 나감
건조	수분·용매를 날림	건조기, 유동층	분진폭발, 용매 증기 축적, 정전기 점화
열교환	열을 주고받음	열교환기, 냉각기	튜브 누설로 두 유체가 섞임, 열충격, 동파
이송/저장	옮기고 담음	펌프, 압축기, 탱크	누출, 과충전, 데드헤드 운전, 정전기

여과·혼합처럼 겉보기에 단순한 조작도 위험을 갖습니다. 여과는 막힘으로 압력이 올라가고, 혼합은 투입 순서를 바꾸면 격렬한 발열이 생겨요.

반응 — 가장 위험한 조작

반응기는 "의도적으로 에너지를 만들어내는 설비"입니다. 발열반응에서 냉각이 조금만 부족해도 온도가 올라가고, 온도가 오르면 반응 속도가 더 빨라져 발열이 더 커집니다. 이 되먹임이 끊기지 않는 상태가 **반응폭주(Runaway)** 예요.

핵심은 이 비대칭입니다.

- 발열은 온도에 대해 지수적으로 늘어난다
- 냉각은 온도차에 대해 선형으로만 늘어난다

그래서 한 번 역전되면 사람이 손쓸 시간이 매우 짧아요.

[예시] 회분식 반응기 - 냉각 여유가 사라지는 순간

반응 최대 발열량 $Q_r = 120 \text{ kW}$
 반응액 온도 65 도
 냉각수 입구 온도 25 도 → 온도차 40 도
 냉각 성능계수 $UA = 3.75 \text{ kW/도}$ (설계값)

냉각 능력 $Q_c = UA \times \text{온도차} = 3.75 \times 40 = 150 \text{ kW}$
 여유율 = $(150 - 120) / 120 = 25 \%$ → 정상

[여름철 냉각수가 35도까지 오르면]

온도차 = $65 - 35 = 30 \text{ 도}$
 $Q_c = 3.75 \times 30 = 112.5 \text{ kW}$
 $Q_c(112.5) < Q_r(120)$ → 초당 7.5 kJ 씩 열이 쌓인다
 → 온도 상승 → 반응속도 증가 → 발열 증가 → 폭주 시작

냉각 여유는 계절에 따라 크게 달라집니다. 냉각탑 출구 수온은 외기 습구온도를 따라가므로 한여름에는 설계 기준(국내 통상 32~33도)에 근접하거나 초과할 수 있습니다. 우리 설비의 냉각수 설계 온도가 몇 도인지, 지난여름 실제 최고 수온이 몇 도였는지를 반드시 대조해 보세요.

증류·흡수 — "분리"는 조건이 무너지면 방출이 됩니다

증류탑은 아래는 뜨겁고 위는 차갑습니다. 냉각이 끊기면 위로 올라간 증기가 응축되지 못하고 압력이 올라가 안전밸브로 나가요. 반대로 스팀을 과하게 넣으면 탑 내부가 액으로 가득 차 넘칩니다.

흡수탑(스크러버)은 더 조용하게 위험합니다. 흡수액의 pH나 농도가 떨어지면 설비는 멀쩡히 돌아가는데 배출가스만 유해해집니다. 계기가 정상이라고 안심하면 안 되고, 흡수액 보충·교체 주기를 관리해야 해요.

열교환·이송 — 가장 자주 사고 나는 곳

- **열교환기**: 튜브에 구멍이 나면 압력이 높은 쪽 유체가 낮은 쪽으로 넘어갑니다. 냉각수 계통에서 유기물 냄새가 나거나 pH가 갑자기 변하면 누설 신호예요.
- **펌프**: 토출 밸브를 잠근 채 돌리는 **데드헤드 운전**은 몇 분 만에 케이싱 온도를 위험 수준까지 올립니다. 캐비테이션(공동현상) 소음(자갈 굴러가는 소리)도 정지 신호입니다.
- **탱크**: 과충전과 정전기가 양대 원인이에요. 인화성 액체를 옮겨 담을 때 **접지선 연결은 선택이 아니라 필수**입니다.

도면으로 내 공정 읽기

화학 공장에서 신입이 가장 먼저 익혀야 할 문서는 **P&ID(공정배관계장도)**입니다. 어떤 배관이 어디로 가고, 어떤 밸브·계기·안전장치가 붙어 있는지 가 다 그려져 있어요.

- ☐ 내 담당 설비가 P&ID의 어디에 있는지 짚을 수 있다
- ☐ 내 설비에 들어오는 물질과 나가는 물질의 이름을 안다
- ☐ 그 물질의 MSDS를 직접 열어봤다 (인화점, 폭발범위, 노출기준)
- ☐ 비상정지 버튼과 긴급차단밸브의 위치를 안다
- ☐ 안전밸브가 터지면 어디로 방출되는지 안다 (플레어인지 대기인지)

신입이 첫 달에 저지르는 실수

실수	어떤 일이 벌어지나
라인업(밸브 배열) 확인 없이 펌프 기동	닫힌 밸브에 대고 가압 → 배관·개스킷 파손, 누출
투입 순서를 바꿈	국부 과열, 격렬 반응. 회분식 공정에서 특히 치명적
"잠깐이니까" 하고 접지 생략	정전기 방전 → 인화성 증기 발화
샘플 채취 후 밸브 완전 폐쇄 미확인	미세 누출이 며칠간 지속
알람을 소음 취급	반복 알람은 해제 대상이 아니라 원인 제거 대상 입니다

> 화학 공정에서는 "일단 해보고 안 되면 되돌린다"가 통하지 않아요. 되돌릴 수 없는 반응이 대부분입니다. 확신이 없으면 손대기 전에 반드시 물어 보세요.

출처: 한국화학공학회 — 화학공학 기술자료 (<https://www.kiche.or.kr>) · 안전보건공단 — 화학설비 안전 기술지침 (<https://www.kosha.or.kr>) · 화학물질안전원 — 화학사고 예방 교육자료 (<https://nics.me.go.kr>)

공정안전관리(PSM)

공정안전보고서, 위험성 평가(HAZOP), 안전운전절차서(SOP)의 역할을 배웁니다.

화학공장 사고는 담장 밖까지 나갑니다

기계 사고는 대개 그 사람, 그 설비에서 끝나요. 화학 사고는 다릅니다. 누출된 가스가 바람을 타고 옆 공장으로 가고, 폭발 압력이 도로 건너까지 갑니다. 울산·온산처럼 공장이 붙어 있는 단지에서는 **한 곳의 사고가 곧 단지 전체의 사고**예요.

그래서 산업안전보건법은 화학설비에 대해서만 별도의 관리 체계를 요구합니다. 그게 **PSM(공정안전관리, Process Safety Management)** 입니다.

법이 정의하는 "중대산업사고"

산업안전보건법 제44조는 중대산업사고를 이렇게 정의해요.

> 대통령령으로 정하는 유해하거나 위험한 설비로부터의 **위험물질 누출, 화재 및 폭발** 등으로 인하여 **사업장 내 근로자에게 즉시 피해를 주거나 사업장 인근 지역에 피해를 줄 수 있는 사고**

핵심 근거 조문은 세 개입니다.

조문	내용
제44조	공정안전보고서의 작성·제출 — 설비 설치·이전·주요 구조 변경 전에 제출
제45조	공정안전보고서의 심사 — 안전보건공단 심사, 적정/조건부적정/부적정 판정
제46조	공정안전보고서의 이행 — 사업주와 근로자 모두 내용을 지켜야 하고, 고용노동부장관이 이행 상태를 평가

중요한 건 "짓기 전에" 낸다는 점입니다. 다 지어놓고 내는 서류가 아니에요. 심사 결과가 나오기 전에 설비를 가동하면 그 자체로 위반입니다.

우리 공장은 PSM 대상인가

두 갈래로 판단합니다.

① 업종으로 걸리는 경우 (시행령 제43조, 7개 업종)

1. 원유 정제처리업
2. 기타 석유정제물 재처리업
3. 석유화학계 기초화학물질 제조업 또는 합성수지 및 기타 플라스틱물질 제조업 (다만 합성수지·기타 플라스틱물질 제조업은 시행령 별표 13 제1호 또는 제2호에 해당하는 경우로 한정) * 제5호도 '복합비료 및 기타 화학비료 제조업(단순혼합 또는 배합에 의한 복합비료 제조업은 제외)'으로 수정
4. 질소화합물, 질소·인산 및 칼리질 화학비료 제조업 중 질소질 화학비료 제조업
5. 복합비료 및 기타 화학비료 제조업

6. 화학 살균·살충제 및 농업용 약제 제조업 (농약 원제 제조만 해당)

7. 화약 및 불꽃제품 제조업

㉔ 물질량으로 걸리는 경우

위 업종이 아니어도, 시행령 별표 13에 정해진 유해·위험물질을 **규정량 이상** 취급하면 대상입니다. 물질이 여러 종류면 각각의 비율을 더해 판단해요.

[규정량 배수 R 계산]

$$R = (\text{물질1 취급량} / \text{물질1 규정량}) \\ + (\text{물질2 취급량} / \text{물질2 규정량}) \\ + \dots$$

$R \geq 1 \rightarrow$ PSM 대상

예) 규정량이 각각 5,000 kg 인 물질 두 종을
3,000 kg + 2,500 kg 취급하는 경우

$$R = 3000/5000 + 2500/5000 = 0.6 + 0.5 = 1.1$$

$\rightarrow 1$ 이상이므로 PSM 대상

> "우리는 석유화학이 아니라 도금·표면처리인데요"라고 넘기다 대상 판정을 받는 경우가 많습니다. 취급 물질 목록과 최대 보관량을 먼저 정리하세요.

공정안전보고서는 4덩어리

구성	담기는 것
공정안전자료(PSI)	취급 물질 정보와 MSDS, 공정 흐름도(PFD), P&ID, 설비 사양, 방폭 지역 구분도, 안전밸브 명세
공정위험성평가서	HAZOP 등으로 도출한 위험요인, 위험도 판정, 개선계획
안전운전계획	안전운전절차서(SOP), 설비 점검·정비 계획, 안전작업허가, 도금업체 관리, 교육, 가동 전 점검, 변경관리, 자체감사, 사고조사
비상조치계획	비상 시 조직·연락 체계, 대피, 방재 장비, 주민 홍보

PSM 12대 요소

실무에서는 위 4덩어리를 다시 **12대 요소**로 쪼개 관리합니다. 이행상태 평가도 이 12개 항목으로 이뤄져요.

#	요소	한 줄 정의
1	공정안전자료(PSI)	물질·설비·도면의 정확한 최신본 유지
2	공정위험성평가	HAZOP 등으로 위험을 미리 찾아 없애기
3	안전운전절차(SOP)	어떻게 운전할지 문서로 정하고 그대로 하기
4	설비 점검·검사·유지(기계적 무결성)	안전밸브·배관·회전기계의 상태를 주기적으로 확인
5	안전작업허가	화가·밀폐공간·정전 작업 전 허가서 발급
6	도금업체 안전관리	협력업체 선정·교육·작업 감독
7	근로자 교육훈련	공정별 위험과 절차를 반복 교육
8	가동 전 안전점검(PSSR)	새 설비·변경 설비를 돌리기 전 최종 확인
9	변경요소관리(MOC)	바꾸기 전에 검토하고 승인받기
10	자체감사	12요소가 실제로 돌아가는지 스스로 점검
11	공정사고조사	아차사고 포함, 근본원인까지 파고들기
12	비상조치계획	사고가 났을 때 누가 무엇을 하는지

> 12개 중 **5(안전작업허가)**, **9(변경관리)**, **8(가동 전 점검)** 세 개가 무너져서 나는 사고가 특히 많습니다. 셋 다 "정상 운전"이 아니라 **정비·변경 상황**을 다루는 요소예요.

SOP를 읽는 법

안전운전절차서(SOP)는 그냥 매뉴얼이 아닙니다. 반드시 아래 상황이 다 들어 있어야 해요.

- 최초 시운전 / 정상 운전 / 정상 정지
- **비상 시 운전과 비상 정지**
- 정비 후 운전 재개
- 각 운전변수의 **안전운전 범위**(정상값, 상한, 하한)와 벗어났을 때의 **결과·조치**

신입이 SOP에서 가장 먼저 볼 곳은 마지막 항목입니다. "이 온도가 몇 도를 넘으면 무슨 일이 생기고, 나는 무엇을 해야 하는가"가 거기 적혀 있어요. 적혀 있지 않다면 그 SOP는 미완성입니다.

이행상태 평가

보고서를 내고 심사를 통과했다고 끝이 아니에요. 고용노동부는 실제로 지키고 있는지를 정기적으로 평가합니다(법 제46조).

- 최초 확인 후 **1년이 지난 날부터 2년 이내에** 실시하고, 이후 **4년마다** 실시
- 필요하다고 인정되거나 사업주가 요청하면 **1년 또는 2년** 주기로 앞당길 수 있음
- 결과는 **P(우수, 90점 이상) / S(양호, 80점 이상 90점 미만) / M+(보통, 70점 이상 80점 미만) / M-(불량, 70점 미만)** 4개 등급으로 부여

등급이 낮으면 재평가 주기가 짧아지고 감독·기술지도가 잦아집니다. 반대로 등급이 높으면 점검 부담이 줄어요. **원청이 협력업체를 평가할 때 PSM 등급을 보는 경우도 늘고 있습니다.**

부울경 현장에서 특히 조심할 것

- **협력업체 정비 인력**이 원청 SOP를 모른 채 투입되는 일이 잦습니다. 12요소 중 6번(도급업체 안전관리)이 형식적으로 운영되면 사고는 협력사 근로자에게 집중돼요.
- **외국인 근로자**가 많은 사업장은 경고표지·MSDS 요약본·비상 방송이 모국어로도 전달돼야 합니다. "교육했다"의 기준은 서명이 아니라 **이해**입니다.
- **대정비(TA) 기간**에는 평소 없던 화기작업·밀폐공간 작업이 한꺼번에 몰립니다. 이 시기에 허가서 발급이 형식화되면 가장 위험해요.

첫 달 체크리스트

- ☐ 우리 사업장이 PSM 대상인지, 어떤 사유로 대상인지 안다
- ☐ 내 공정의 P&ID와 SOP가 어디 있는지 안다
- ☐ 내 담당 설비의 안전운전 범위(상·하한)를 외우고 있다
- ☐ 안전작업허가가 필요한 작업이 무엇인지 구분할 수 있다
- ☐ 비상정지 절차와 최초 신고 대상(누구에게, 어떤 번호로)을 안다

출처: 국가법령정보센터 — 산업안전보건법 제44~46조 및 시행령 별표 13 (<https://www.law.go.kr>) · 안전보건공단 — 공정안전관리(PSM) 자료실 (<https://www.kosha.or.kr>) · 고용노동부 — 공정안전보고서 제도 안내 (<https://www.moel.go.kr>)

현장에서 해볼 것

- HAZOP 시트 작성 연습
- 방독마스크 착용 실습

도금/표면처리

부품의 마지막 옷, 표면처리

배우는 것

- 주요 표면처리 방법을 이해한다
- 도금 품질 검사를 할 수 있다

도금 종류

전기도금(니켈, 크롬, 아연), 무전해도금, 양극산화(아노다이징)의 원리와 용도를 배웁니다.

표면처리는 부품의 마지막 공정입니다

가공도 열처리도 다 끝난 부품이 마지막에 도금을 받습니다. 여기서 불량이 나면 **앞 공정에 들인 비용이 전부 날아가요**. 재도금을 하려면 기존 피막을 벗겨내야 하는데(박리), 그 과정에서 소재가 상하거나 치수가 빠져 아예 폐기되는 경우도 많습니다.

부울경 현장은 도금을 사내에 두는 회사가 드물어요. 김해·양산·창원의 도금 임가공 업체에 맡기고 받아오는 구조입니다. **맡기는 쪽이 원리를 모르면 불량 원인을 못 찾고, 클레임도 못 겁니다.**

도금은 왜 하는가

목적	설명	대표 예
방청(내식)	녹을 막는다	볼트·너트 아연도금
내마모	표면을 단단하게	유압 로드 경질크롬
외관	광택·색상	장식 크롬, 흑색 처리
전기적 성질	도전성·납땀성	단자 주석·은 도금
치수 회복	마모된 축을 다시 키움	수리용 경질크롬

전기도금의 원리

전해액(도금액) 속에 제품을 넣고 전류를 흘리면, 액 속의 금속 이온이 제품 표면에 달라붙어 금속층이 자랍니다. 제품은 **음극(-)**, 금속판이 **양극(+)** 이에요.

두께는 결국 **전류 × 시간**으로 결정됩니다.

아연도금 두께 추정 (알칼리 아연욕, 전류효율 75% 가정)

전류밀도 2 A/dm²

도금 시간 30분 (0.5 h)

아연 전기화학당량 1.22 g/(A·h)

아연 밀도 7.14 g/cm³

석출량 = 2 A/dm² × 0.5 h × 1.22 g/(A·h) × 0.75
= 0.915 g/dm² (1 dm² = 100 cm²)

두께 = 0.915 g ÷ 7.14 g/cm³ ÷ 100 cm²
= 0.00128 cm
= 12.8 μm

→ 사양이 "최소 8 μm"면 여유 있음

→ 단, 이건 평균값. 오목한 곳은 이보다 훨씬 얇습니다

> **전류는 뾰족한 곳에 몰립니다.** 모서리·돌출부는 평균의 2~3배로 두껍고, 구멍 안쪽·깊은 홈은 1/3도 안 나올 수 있어요. 이 성질을 균일전착성이라고 합니다.

종류별 정리

종류	방식	통상 두께	주 용도	부울경 예시
전기아연도금	전기	5~15 μm	방청, 실내·경부식 환경	자동차 브래킷, 볼트
용융아연도금(HDG)	용융 침지	50~100 μm	옥외 강구조물	조선 의장품, 철골, 난간
니켈도금	전기	5~30 μm	내식 + 외관, 하지층	밸브류, 가구 금물
장식 크롬	전기	0.1~0.3 μm	광택·변색 방지	니켈 위 얇게
경질 크롬	전기	20~200 μm	내마모·치수 회복	유압 실린더 로드
무전해 니켈(Ni-P)	화학	5~50 μm	균일 두께, 복잡 형상	유압 밸브 블록, 금형
아노다이징	양극산화	5~100 μm	알루미늄 전용	압출 프로파일, 방열판

아연도금 — 가장 흔하고, 가장 오해가 많은 것

아연은 철보다 먼저 부식되는 금속이에요. 그래서 피막에 상처가 나도 주변 아연이 대신 녹으면서 철을 지켜줍니다. 이것 **희생방식**이라고 해요. 니켈·크롬은 이 성질이 없어서, 피막이 깨지면 그 자리부터 철이 바로 녹습니다.

크로메이트(후처리)를 반드시 합니다

아연 도금만 하고 끝내면 며칠 만에 **백청**(흰 가루 같은 아연 부식물)이 핍니다. 그래서 도금 직후 크로메이트 피막을 입혀 아연 자체를 보호해요.

크로메이트	겉모습	특징
3가 청색(백색)	은백색·푸른빛	가장 흔함. 외관 우선
3가 유색	황금빛·무지개빛	청색보다 내식성 높음
흑색	검정	외관·비반사 용도
6가 크로메이트	진한 황색	RoHS·ELV 금지 . 지금은 쓰면 안 됨
탐코트(실런트)	무색	크로메이트 위에 추가 — 내식성 크게 상승

> 크로메이트 피막은 **열에 약합니다**. 6가는 흔히 60°C 부근부터 탈수·균열로 내식성이 떨어진다고 보고, 3가는 종류에 따라 한계가 더 높은 제품도 있어요. **정확한 허용 온도는 액 공급사 사양과 고객 규격을 확인**하세요. 어느 쪽이든 도금품을 임의로 열처리하거나 고온 세척하면 안 되는 이유입니다.

무전해 니켈 — 전기를 쓰지 않는 도금

화학 환원 반응으로 니켈을 석출시킵니다. 전류를 안 쓰니 **전류가 물리는 현상도 없어요**. 그래서 구멍 안, 깊은 홈, 나사 골까지 거의 같은 두께로 입혀 집니다.

- 유압 밸브 블록처럼 내부 유로가 복잡한 부품에 표준처럼 쓰입니다
- 인(P) 함량으로 성질이 갈립니다: 저인은 경도, 고인(10% 이상)은 내식성과 비자성
- 도금 후 **열처리(약 300~400°C)** 하면 경도가 크게 올라 경질크롬 수준까지 갑니다
- 단점: 액 관리가 까다롭고 단가가 비쌉니다. 액이 늙으면(부하 누적) 특성이 변해요

아노다이징 — 도금이 아니라 "키우는" 것

알루미늄 전용입니다. 도금은 표면에 다른 금속을 **덮는 것**이지만, 아노다이징은 소재 자신을 산화시켜 산화알루미늄 피막을 **자라게** 합니다.

막의 절반은 소재 안쪽으로 파고들고, 절반은 바깥으로 자랍니다. 그래서 20 μm 피막이면 **면마다 바깥으로 자라는 건 10 μm** 입니다. 지름으로 환산 하면 축은 +20 μm , 구멍은 -20 μm , 즉 **피막 두께만큼** 변해요. 전기도금의 "지름 $\pm 2t$ "를 그대로 적용하면 두 배로 틀립니다. 이것 모르고 치수를 잡으면 조립이 안 됩니다.

종류	두께	특징
황산 아노다이징(일반)	5~25 μm	가장 흔함. 염색 가능
경질 아노다이징	25~100 μm	저온·고전압. 회색~흑색, 매우 단단함
광택 아노다이징	5~15 μm	화학연마 후 처리, 외관용

- **봉공처리(실링)를 반드시 합니다.** 아노다이징 피막에는 미세 구멍이 뚫려 있어요. 끓는 물이나 니켈아세테이트로 막아야 염색이 빠지지 않고 내식성이 나옵니다
- **아노다이징 피막은 전기가 안 통합니다.** 접자·도통이 필요한 자리는 반드시 마스킹 지시를 도면에 넣으세요
- 합금 계열에 따라 색이 다르게 나옵니다. 6000계는 잘 나오고, 실리콘이 많은 주물(ADC12 등)은 거뭇하게 얼룩집니다

전처리가 품질의 8할입니다

도금이 벗겨졌다는 클레임의 대부분은 **도금 조건이 아니라 전처리 문제**예요.

탈지 → 수세 → 산세 → 수세 → 활성화 → 수세 → 도금 → 수세 → 후처리 → 건조

- 탈지 : 알칼리액·전해로 가공유·방청유를 뺀다
- 산세 : 염산·황산으로 녹과 스케일을 벗긴다
- 활성화 : 도금 직전 얇은 산화막을 제거해 표면을 깨운다
- 수세 : 각 단계 사이, 여기를 대충 하면 앞 탱크의 약품이 다음 탱크로 끌려가(드래그아웃) 액을 오염시킨다

물 끓임 시험 — 현장에서 바로 할 수 있는 확인

수세 후 제품을 들어올렸을 때 **물이 표면 전체에 얇게 퍼져 있으면 합격**입니다. 물이 방울로 뭉치거나 특정 부위만 물이 끓기면 그 자리에 기름이 남은 것이고, 도금하면 그 부분이 벗겨집니다.

> 산세를 과하게 하면 소재 표면이 거칠어지고 치수가 빠집니다. 특히 **정밀 부품과 고강도 부품**은 산세 시간이 곧 품질이에요. "녹이 안 지워지네" 하고 오래 담그는 게 가장 흔한 실수입니다.

신입이 자주 하는 실수

실수	결과
가공유 묻은 채 상자에 방치	녹 발생 → 산세를 세게 → 소지 손상·치수 미달
맨손으로 만짐	지문 자리에 얼룩·미도금
철과 스테인리스를 한 바구니에	전처리 조건이 달라 양쪽 다 불량
도금 두께를 치수에 안 넣음	축은 굵어지고 구멍은 좁아져 조립 불가
도금 후 바로 겹쳐 쌓음	크로메이트 피막이 긁혀 백청 조기 발생

치수는 이렇게 변합니다

전기도금 두께 t 일 때

축(외경) : 지름 $+2t$
구멍(내경) : 지름 $-2t$
나사 유효경 : $+4t$ 정도 (플랭크 양쪽에 불기 때문)

예) M8 볼트(피치 1.25)에 아연 $10\ \mu\text{m}$

→ 유효경 약 $+0.04\ \text{mm}$ 증가

그런데 도금 전 나사를 6g로 깎아두면

유효경 여유(하편차)가 약 $0.028\ \text{mm}$ 뿐입니다

→ $0.04\ \text{mm}$ 성장을 못 받아 도금 후 게이지가 안 들어갑니다

대책

- 도금 전 공차대를 6f(약 $0.043\ \text{mm}$)·6e(약 $0.063\ \text{mm}$)로 내리거나
- 너트 쪽 여유를 확보하거나
- 도금 두께 사양을 낮춘다

기준은 ISO 4042(체결부품 도금)와 도면 지시를 따릅니다

※ 아노다이징은 계산이 다릅니다 (축 지름 $+t$, 구멍 지름 $-t$)

첫 주 체크리스트

- ☐ 우리 회사 제품에 들어가는 표면처리 종류 3가지 확인
- ☐ 도면의 표면처리 지시란 찾아 읽기 (종류·두께·색상)
- ☐ 도금 나가는 부품의 포장·방청 방법 확인 (녹 상태로 보내면 그대로 불량)
- ☐ 도금 입고품을 맨손으로 만지지 않는 규칙 확인
- ☐ 도금 후 치수가 얼마나 커지는지 담당자에게 물어보기

출처: 국가기술표준원 — 금속 표면처리 KS 규격 정보 (<https://www.kats.go.kr>) · 한국산업기술시험원 — 표면처리 피막 시험·평가 (<https://www.ktl.re.kr>) · 한국생산기술연구원 — 표면처리·뿌리기술 지원 (<https://www.kitech.re.kr>)

도장과 코팅

분체도장, 전착도장, PVD/CVD 코팅의 차이와 적용 사례를 학습합니다.

도금으로 안 되는 일을 도장이 합니다

도금은 금속막이라 색을 자유롭게 못 내고, 두껍게 올리기도 어렵고, 큰 구조물에는 비용이 감당이 안 됩니다. 색상·두께·면적이 필요하면 도장이요.

부울경에서는 이 차이가 뚜렷합니다. 볼트·소물 부품은 도금으로, 건설기계 프레임·배전반 함체·선박 블록은 도장으로 갑니다. 같은 회사 안에서도 부품은 외주 도금, 완성품은 사내 도장인 경우가 많아요.

분체도장 vs 액상도장

분체는 가루를 정전기로 붙여 오븐에서 녹여 굳히는 방식이고, 액상은 액체 도료를 뿌려 말리는 방식입니다.

항목	분체도장	액상도장
1회 도막두께	60~100 μm	20~40 μm (여러 번 겹침)
경화 방식	180~200°C × 10~20분 소부	상온 건조 ~ 120°C 강제건조
VOC(유기용제)	거의 없음	많음 — 대기·화학 규제 대상
과분무 회수	가능 (재사용)	불가
열에 약한 소재	불가 (플라스틱·조립품·전장품)	가능
색 교체	부스 청소 필요, 번거로움	쉬움
보수(터치업)	현장 보수 어려움	쉬움
대형물	오븐 크기 제약	제약 적음
현장 예시	배전반 함체, 건설기계 커버, 프레임	선박 블록, 플랜트 구조물, 보수도장

> 분체도장 부품을 나중에 용접하거나 열을 가하면 그 자리가 타서 검게 변합니다. 도장은 반드시 모든 열가공이 끝난 뒤입니다.

전착도장 — 방청의 기본기

수용성 도료 탱크에 제품을 담그고 전기를 걸면, 도료 입자가 제품 표면에 끌려와 도막을 만듭니다. 전기도금과 원리가 비슷해요.

- **음극전착(CED)** 이 표준입니다. 자동차 차체·부품 하도에 거의 예외 없이 씁니다
- 담그기 때문에 **구멍 안, 박스 구조 내부, 모서리까지** 도막이 들어갑니다. 스프레이로는 절대 안 되는 부분이에요
- 두께 15~25 μm 정도의 얇은 하도. 이 위에 중도·상도를 얹습니다
- 두께가 어느 정도 오르면 도막이 절연층이 되어 전류가 끊기므로 **스스로 두께가 균일해집니다**
- 울산·창원 자동차 부품 협력사는 전착 라인을 갖췄거나 전착 전문 업체에 외주를 줍니다

도장 전처리 — 화성처리

도장도 전처리가 밀착을 결정합니다.

탈지 → 수세 → 표면조정 → 인산아연 피막(화성처리) → 수세 → 순수 수세 → 건조 → 도장

인산아연 피막 : 표면에 미세 결정을 만들어

- ① 도료가 물릴 자리를 주고(밀착)
- ② 도막이 깨져도 녹이 옆으로 번지는 걸 늦춘다(방청)

최근에는 인산아연 대신 지르코늄계 무린 화성처리로 바꾸는 곳이 늘고 있다 (슬러지·인 배출 저감)

> 화성처리를 건너뛰고 도장하면 초기에는 멀쩡해 보입니다. 문제는 몇 달 뒤 현장에서 통째로 벗겨지면서 터져요. 전처리 라인 상태 점검이 도장 품질 관리의 절반입니다.

PVD / CVD 코팅

도금·도장과는 완전히 다른 영역입니다. 진공 속에서 아주 얇고 단단한 세라믹 막을 입혀요. **공구와 금형의 수명을 늘리는 것**이 주 목적입니다.

구분	PVD	CVD
원리	진공 중 금속 증발·스퍼터링	가스의 화학반응으로 석출
온도	200~500°C	800~1000°C
두께	2~5 μm	5~20 μm
소재 영향	열처리품에 그대로 가능	소재가 연화 — 재열처리 필요
형상	시선이 닿는 면 위주	복잡 형상·내부까지
대표 피막	TiN(금색), TiAlN, CrN, DLC	TiC, TiN 다층, 알루미늄
용도	엔드밀·드릴·편차·사출금형	인서트 팁, 내마모 부품

- **TiN** 금색이 가장 눈에 익은 코팅입니다. 색으로 코팅 종류를 대충 구분할 수 있어요
- **DLC**(다이아몬드 라이크 카본)는 검고 마찰이 매우 낮아 미끄러짐이 필요한 부품에 씁니다
- 재연마한 공구는 **기존 코팅을 벗기고(스트리핑) 다시 코팅**합니다. 그냥 덧입히면 밀착이 안 나와요

도막두께 측정

대상	측정기	원리
철 소지 위 도막·도금	전자기(자성)식	자속 변화 (ISO 2178 계열)
알루미늄·스테인리스 위 도막, 아노다이징	와전류식	와전류 감쇠 (ISO 2360 계열)
도장 직후 (미건조)	습도막 게이지(빗살형)	젖은 상태 두께

건조 도막두께는 습도막에 도료의 고형분 비율(체적)을 곱한 값에 가깝습니다.

건조 도막두께 추정

습도막 두께 150 μm, 도료 고형분 40 vol%

→ 건조 후 = 150 × 0.40 = 60 μm

사양이 "DFT 60 μm 이상"이면
 도장 중에 습도막 게이지로 150 μm를 확인하면 됩니다
 (건조까지 기다렸다가 미달을 발견하면 재작업)

부착력 — 크로스컷 시험

도막에 격자로 칼집을 내고 테이프를 붙였다 떼서 박리 정도를 봅니다. 가장 널리 쓰는 현장 시험이에요.

크로스컷 시험 (ISO 2409 / KS M ISO 2409)

칼집 간격 결정

도막 60 μm 이하 → 1 mm 간격 (연질 소지는 2 mm)

도막 61~120 μm → 2 mm 간격

도막 121~250 μm → 3 mm 간격

절차

① 가로 6줄, 세로 6줄 칼집 (소지까지 닿게)

② 부스러기를 솔로 털어냄

③ 규정 점착테이프 부착, 손가락으로 문질러 밀착

④ 5분 이내에 60° 각도로 단번에 떼어냄

판정

분류 0 : 박리 없음 (0%)

분류 1 : 교차점 부근 미세 박리, 5% 이하

분류 2 : 5~15%

분류 3 : 15~35%

분류 4 : 35~65%

분류 5 : 65% 초과

자동차·건설기계 부품 통상 합격선 : 분류 0 또는 1

> 도막이 두꺼운 분체도장에 1 mm 간격으로 칼집을 내면 **없는 불량**이 생깁니다. 두께에 맞는 간격을 쓰세요. 이걸 틀려서 멀쩡한 로트를 반품하는 일이 실제로 있습니다.

흔한 도장 불량

현상	겉모습	주 원인
오렌지필	굴껍질처럼 우글거림	점도 과다, 분무 거리 부적정
흐름(새김)	아래로 흘러내린 자국	1회 도포량 과다, 점도 낮음
크레이터링	동그란 분화구 자국	표면에 기름·실리콘 잔류
핀홀	바늘구멍	용제 급속 휘발, 소지 기공, 압축공기 수분
백화(블러싱)	뿌옇게 흐려짐	고습도에서 용제 증발로 결로
미경화	손톱에 긁힘, 용제에 녹음	소부 온도·시간 부족

> 크레이터링이 갑자기 늘면 **도장 부스 근처에서 실리콘 스프레이나 이형제를 쓴 사람이 있는지** 확인하세요. 공기를 타고 부스로 들어옵니다. 도장장 인근 실리콘 사용 금지는 어느 공장이나 있는 규칙이에요.

체크리스트

- ☐ 우리 제품이 분체인지 액상인지, 왜 그 방식인지 확인
- ☐ 도면의 도막두께 사양(DFT)과 색상 코드 확인
- ☐ 도막두께계가 우리 소지(철/알루미늄)에 맞는 방식인지 확인
- ☐ 크로스컷 칼집 간격을 도막두께에 맞게 쓰고 있는지
- ☐ 도장 전 소재에 기름·실리콘이 닿지 않도록 하는 규칙 확인

출처: 한국건설생활환경시험연구원 — 도료·도막 시험 및 인증 (<https://www.kcl.re.kr>) · 국가기술표준원 — 도료 및 도막 KS 규격 정보 (<https://www.kats.go.kr>) · 한국화학연구원 — 도료·코팅 소재 연구 (<https://www.kRICT.re.kr>)

현장에서 해볼 것

- 도금 두께 측정 실습
- 불량 사례 사진 분석

부록

현장에서 자주 나오는 말들입니다. 못 알아들었을 때 찾아보세요.

현장 용어집

제조 현장 공통 용어와 화학 용어를 함께 실었습니다. 반장·선임에게 그대로 보여줘도 됩니다.

라인 Production Line

제품이 순서대로 가공·조립되는 직선형 생산 흐름. 컨베이어벨트로 연결된 경우가 많다.

셀 생산 Cell Manufacturing

U자형 등으로 배치하여 1명 또는 소수 작업자가 여러 공정을 담당하는 생산 방식.

택트타임 Takt Time

고객 수요를 맞추기 위해 제품 1개를 만들어야 하는 시간 간격. $\text{가용시간} \div \text{일 수요량}$.

사이클타임 Cycle Time

한 공정에서 제품 1개를 처리하는 데 실제 걸리는 시간.

잔업(OT) Overtime

법정 근로시간(주 40시간)을 초과하여 근무하는 것. 통상임금의 150%를 지급한다.

교대근무 Shift Work

24시간 공장 가동을 위해 2교대(주간·야간) 또는 3교대로 나누어 근무하는 체계.

호렌소(보·연·상) Ho-Ren-So

보고(報告)·연락(連絡)·상담(相談)의 일본어 줄임말. 제조 현장 커뮤니케이션의 기본 원칙.

5S 5S

정리·정돈·청소·정결·습관화. 현장 개선의 기본이 되는 5가지 활동.

적카드 Red Tag

5S 활동에서 불필요한 물건에 붙이는 빨간 태그. 일정 기간 후 폐기/이동 판단 기준이 된다.

다기능공 Multi-skilled Worker

2개 이상의 공정을 수행할 수 있는 작업자. 유연한 생산 대응이 가능하다.

제3각법 Third Angle Projection

정면도 기준으로 위에 평면도, 오른쪽에 측면도를 배치하는 투상법. 한국/미국 표준.

공차 Tolerance

허용되는 치수의 최대·최소 차이. 예: $50 \pm 0.1\text{mm}$ 이면 공차는 0.2mm.

GD&T Geometric Dimensioning & Tolerancing

기하학적 형상 허용차를 체계적으로 표시하는 국제 규격. 위치도, 진원도 등 14가지 기호 사용.

데이텀 Datum

GD&T에서 기하공차의 기준이 되는 면, 축, 점. A, B, C로 표기한다.

Ra Arithmetic Average Roughness

표면거칠기의 산술평균값. 숫자가 작을수록 매끄러운 표면이다.

PPE Personal Protective Equipment

개인보호구. 안전모, 안전화, 보안경, 귀마개, 방진마스크 등 작업자를 보호하는 장비.

KYT Kiken Yochi Training

위험예지훈련. 작업 전 위험요소를 발견하고 대책을 세우는 4라운드 기법.

TBM Tool Box Meeting

작업 시작 전 도구함 주변에서 하는 짧은 안전미팅. KYT와 함께 실시.

LOTO Lock Out / Tag Out

설비 정비 시 에너지를 차단하고 잠금장치와 경고표지를 붙이는 안전 절차.

MSDS Material Safety Data Sheet

물질안전보건자료. 화학물질의 위험성, 응급조치, 보관법 등 16개 항목으로 구성된 안전 정보 문서.

GHS Globally Harmonized System

화학물질 분류·표시에 관한 국제 조화 시스템. 9가지 픽토그램으로 위험을 표시한다.

아차사고 Near Miss

사고로 이어질 뻔했지만 부상이 없었던 상황. 하인리히 법칙에 따르면 300건의 아차사고 뒤에 1건의 중대재해가 있다.

PSM Process Safety Management

공정안전관리. 화학 플랜트에서 중대산업사고를 예방하기 위한 종합 관리 체계.

HAZOP Hazard and Operability Study

위험과 운전성 분석. 가이드워드(No, More, Less 등)를 사용해 체계적으로 위험을 도출.

이 책을 만든 곳

BIZ360 은 부산·울산·경남 제조업의 채용과 교육을 돕는 서비스입니다. 강소기업 2,000곳의 현장정보, 직무별 교육자료 50개 모듈, 부울경 정착 가이드를 무료로 운영합니다.

웹 biz360.kr

정착 가이드 biz360.kr/live

교육자료 전문 biz360.kr/ojt

문의 biz360.kr/contact

2026-08-18 발행. 법령·기한·제도는 발행일 기준이며 이후 바뀔 수 있습니다. 안전에 관한 사항은 사업장 규정과 현장 지시가 우선합니다. 이 책은 법률 자문이 아닙니다. 내용을 그대로 복사해 사내 교육에 쓰셔도 됩니다.