

부울경 제조업 적응 가이드북 — 전자편

손에서 나온 정전기가 불량이 되는 현장

부산·울산·경남에서 전자 일을 시작하는 분께

이름

회사

부서·직무

입사일

2026-08-18 발행 · 약 49쪽 · biz360.kr

차례

1부 · 안전과 권리

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

2부 · 전자부품·반도체 실무

— 전자부품 제조 기초 · 반도체 공정 개요

3부 · 부록

— 현장 용어집

이 책에 대해

안전과 권리 6개 모듈은 한 줄도 줄이지 않고 전문을 실었고, 전자 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:**

- 뺨이 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. 불길이 **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 밀동을 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 — 산업안전보건기준에 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 꺾꺾 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	방지사설 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 봐두세요.

- 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 지연이자(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 근로복지공단**에 신청할 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

전자부품·반도체 실무

PCB 구조와 SMT 공정, 정전기(ESD) 방지, AOI·SPI 자동검사, 그리고 반도체 8대 공정과 클린룸 규칙입니다.

전자부품·반도체 실무

전자 교육 모듈 2개를 전문 그대로 실었습니다.

전자부품 제조 기초

PCB, SMT, 납땜의 세계

배우는 것

- PCB 제조 공정 흐름을 이해한다
- SMT와 DIP 공정의 차이를 안다
- ESD 방지의 중요성을 인식한다

PCB 구조

단면·양면·다층 PCB의 구조, 동박·프리프레그·솔더레지스트의 역할을 학습합니다.

원판을 안 만드는데 왜 구조를 배우나

부울경 전자 업체 대부분은 PCB 원판(베어보드)을 직접 만들지 않아요. 경기·인천이나 중국에서 받아 **부품을 얹는 일(PCBA)** 을 합니다. 창원·김해의 자동차 전장(ECU·센서·모터 드라이버), 부산·양산의 산업기계 제어반, 조선기자재 제어카드가 대표적이에요.

그래도 구조를 알아야 하는 이유가 있습니다.

- 보드가 휘거나 층이 뜨면 **원판 문제인지 우리 공정 문제인지** 가려야 클레임이 정리됩니다.
- 리플로우 온도를 정할 때 **두께와 층 수가 열용량을 결정**합니다. 같은 프로파일이 4층에서는 맞고 8층에서는 냉납이 나요.
- "이 패드는 왜 납이 안 붙나"의 답은 대부분 **솔더마스크와 표면처리**에 있습니다.

PCB는 무엇으로 만들어졌나

구성	재료	역할
동박(Copper foil)	구리	전기가 흐르는 길(패턴)
코어(Core)	경화된 FR-4 판 + 양면 동박	다층의 뼈대
프리프레그(Prepreg)	유리섬유에 수지를 반경화시킨 시트	층과 층을 붙이면서 절연 . 압착·가열하면 녹아 굳음
솔더마스크(솔더레지스트)	감광성 잉크(보통 녹색)	납이 붙으면 안 되는 곳을 덮음. 산화·단락 방지
실크스크린	흰색 잉크	부품 번호(R1, C3), 극성 표시, 회사 마크
표면처리	HASL / ENIG / OSP 등	노출된 패드의 구리 산화를 막고 납땜성 확보

FR-4가 표준입니다

FR-4 = Flame Retardant type 4, 유리섬유 직물에 에폭시 수지를 먹인 난연 소재예요. 일반 표준 두께는 1.6mm이고, 얇은 보드는 0.8~1.2mm를 씁니다.

중요한 숫자가 **Tg(유리전이온도)** 입니다. 이 온도를 넘으면 판이 물러져요.

등급	Tg 대략	쓰는 곳
일반 FR-4	130~140도	소비재, 저층 보드
중 Tg	150~160도	다층, 무연 리플로우
고 Tg	170도 이상	자동차 전장, 다층, 엔진룸 주변

> 무연 납으로 바뀌면서 리플로우 피크가 245도 안팎까지 올라갔습니다. 저 Tg 자재에 무연 프로파일을 태우면 층간 박리(delamination)와 힘이 납니다. 자재 사양서에서 Tg를 먼저 확인하세요.

동박 두께는 oz로 말합니다

1 oz = 1제곱피트에 구리 1온스를 편 두께 = 약 35um
0.5 oz = 약 18um 내층 신호층에 흔함
2 oz = 약 70um 대전류 패턴, 전원부, 모터 드라이버

동박이 두꺼우면 전류를 많이 흘리지만 패턴 간격을 좁히기 어렵고 에칭 정밀도가 떨어집니다. 그래서 아무 데나 두껍게 하지 않아요.

단면·양면·다층

구분	층 수	특징	현장 예시
단면(Single)	1	한쪽 면에만 패턴. 점퍼선으로 교차 해결	단순 LED 보드, 가전 조작판
양면(Double)	2	앞뒤 패턴 + 스루홀 비아로 연결	일반 제어보드, 전원보드
다층(Multi)	4·6·8·10...	내층에 그라운드·전원 플레인 확보	자동차 ECU, 통신 모듈, 고속 회로

층이 늘어나는 이유는 배선 공간 때문만이 아닙니다. 통짜 그라운드 층(GND Plane)을 넣으면 노이즈가 줄고 임피던스가 안정돼요. 그래서 고속·고주파 회로는 층 수가 늘어납니다.

스택업 읽기

4층 1.6mm 보드 스택업 예

L1 Top	동박 35um (1oz)	부품·신호
----- 프리프레그 0.2mm -----		
L2 GND	동박 18um	통짜 그라운드
----- 코어 1.1mm -----		
L3 POWER	동박 18um	전원 플레인
----- 프리프레그 0.2mm -----		
L4 Bottom	동박 35um	신호·일부 부품

절연층 합계 = 0.2 + 1.1 + 0.2 = 1.5mm
동박·도금 합계 = 35 + 18 + 18 + 35 um = 106um = 약 0.1mm
총 두께 = 약 1.6mm

층 번호는 언제나 위(부품면)부터 셉니다. 도면에 L1이라고 적혀 있으면 Top이에요. 원판 업체에 층을 뒤집어 발주하면 전량 폐기입니다.

비아 — 층과 층을 잇는 구멍

종류	구조	특징
관통 비아(PTH)	위에서 아래까지 뚫음	가장 싸고 흔함. 모든 층 공간을 잡아먹음
블라인드 비아	표층에서 내층까지	한쪽에서만 보임. 비쌈
베리드 비아	내층끼리만	겉에서 안 보임. 고밀도 보드
비아 인 패드	패드 한가운데 비아	공간 절약. 반드시 수지 충전 + 도금 뒹기. 안 막으면 납이 구멍으로 빨려 들어가 냉납
서멀 비아	발열 부품 밑에 여러 개	열을 반대면으로 뺌

구멍의 종횡비(Aspect Ratio)에도 한계가 있어요.

드릴 지름 0.3mm, 보드 두께 1.6mm

종횡비 = 1.6 / 0.3 = 5.3 : 1

일반 양산 한계는 대략 8:1 ~ 10:1

넘어가면 구멍 속 도금이 얇아져 크랙·단선

> **비아 인 패드를 막지 않은 도면**이 신입 설계에서 가장 흔한 사고입니다. SMT 라인에 올리면 페이스트가 구멍으로 빠져 그 부품만 전부 냉납이 나요.

패드와 솔더마스크

패드 주변을 솔더마스크가 어떻게 덮느냐로 두 가지가 나뉩니다.

방식	구조	특징
NSMD (마스크가 패드보다 큼)	구리 옆면까지 납이 감쌘	접합 강도 좋음. BGA에 표준
SMD (마스크가 패드 위를 덮음)	마스크가 패드 경계를 정함	구리 박리에 강함. 대신 마스크 경계에 응력 집중

인접 패드 사이에 남는 가는 마스크 띠를 **솔더마스크 댐**이라고 해요. 파인 피치에서 이 댐이 너무 얇으면 인쇄·리플로우 때 무너져 **브릿지**로 이어집니다.

표면처리 — 납이 붙느냐를 결정합니다

방식	표면	장점	주의
HASL (유연/무연)	납 도금, 은색	싸고 납땜성 좋음, 보관성 우수	표면이 울퉁불퉁 해서 파인 피치-BGA에 불리
ENIG (무전해 니켈 + 침금)	금색, 평탄	평탄도 최고, BGA·파인 피치 표준	비쌘. 공정 이상 시 블랙패드(취성 파단)
OSP	구리 위 유기막, 구리색	저렴, 평탄	막이 얇아 유효기간 짧음 . 재리플로우 반복에 약함
침은 / 침주석	은색	평탄, 중간 가격	보관 중 변색·화산 관리 필요

> **OSP 보드를 창고에 오래 두면 납이 안 붙습니다**. 유효기간(보통 개봉 후 수개월, 사양서 확인)을 라벨로 관리하세요. "재고니까 그냥 쓰자"가 라인 전체 냉납으로 돌아옵니다.

취급 — 여기서 불량률이 만들어집니다

- **맨손으로 패드를 만지지 않습니다**. 지문의 염분·유분이 납땜을 막고, 시간이 지나면 부식합니다. 장갑(ESD 장갑) 또는 보드 가장자리만 잡기.
- 보드를 **검쳐 쌓지 않습니다**. 상판의 부품이 아래 보드 패드를 긁어요. 매거진 액이나 슬립시트를 씁니다.
- 보드는 **습기를 먹습니다**. 진공 포장이 뜯긴 채 오래 방치된 보드는 리플로우에서 층간 박리·부풀음이 납니다. 다층·두꺼운 보드일수록 심해요.
- 정전기 관리 대상입니다. 베어보드 자체는 괜찮지만 **부품이 실장된 보드(PCBA)는 ESD 민감 제품**이에요.

첫 주 체크리스트

- ☐ 우리 라인에서 가장 많이 도는 보드의 **층 수·두께·Tg 등급**
- ☐ 그 보드의 **표면처리 종류**와 유효기간 관리 방법
- ☐ 베어보드 **보관 장소와 포장 상태**(진공 포장 개봉 여부)
- ☐ 보드를 잡는 올바른 방법(가장자리 파지)을 직접 해봤다
- ☐ 도면에서 **L1이 어느 면인지** 확인했다

출처: 국가기술표준원 — KS 표준(인쇄회로기판·전자부품) 열람 (<https://www.kats.go.kr>) · 한국산업기술시험원 — 전자부품 시험·신뢰성 평가 (<https://www.ktl.re.kr>) · 한국폴리텍대학 — 전자·전기 분야 훈련과정 (<https://www.kopo.ac.kr>)

SMT 공정

스크린 프린팅(솔더페이스트) → 부품 실장(마운터) → 리플로우 오븐의 흐름을 배웁니다.

순서를 모르면 불량 원인을 못 찾습니다

SMT 라인에서 불량이 나면 제일 먼저 묻는 말이 "어느 공정에서 만들어진 거냐"예요. 냉납은 리플로우 문제 같지만 절반은 인쇄에서 이미 결정돼 있고, 톱스톤은 마운터 문제 같지만 대개 패드 설계와 페이스트 양 문제입니다.

순서와 각 공정이 무엇을 결정하는지를 알아야 원인을 되짚을 수 있어요.

라인 전체 흐름

[로더] → [인쇄기] → [SPI] → [마운터 1] → [마운터 2] → [리플로우] → [AOI] → [언로더]
스텐실 인쇄 칩부품 이형부품 납 용융 외관
+ 스퀴지 검사 고속 정밀

(양면 보드면 뒷면부터 위 과정을 한 번 더)

↓

[DIP·수삽] → [웨이브 또는 선택티브 솔더링] → [세정] → [ICT / FCT] → [라우터·분판] → [포장]

부울경 중소 라인인 SPI와 실장 후 AOI가 없는 곳도 많아요. 그러면 **불량이 리플로우 뒤에야 발견되고**, 그때는 이미 리워크입니다.

1. 솔더페이스트 인쇄 — 여기서 승부가 납니다

스텐실(금속 마스크)의 뚫린 구멍으로 페이스트를 밀어 넣어 패드 위에 얹는 공정이에요.

인자	대표 조건	틀어지면
스텐실 두께	0.10~0.15mm	두꺼우면 브릿지, 얇으면 냉납
스퀴지 각도	45~60도	각이 서면 페이스트가 개구에 안 채워짐
스퀴지 압력	개구가 깨끗이 긁힐 최소 압력	세면 스텐실 긁힘·페이스트 파냄, 약하면 잔류
스퀴지 속도	20~80mm/s	빠르면 충전 부족
스냅오프	0(밀착 인쇄)이 기본	떨우면 번짐·솔더볼
클리닝 주기	5~20장마다(제품별)	안 하면 스텐실 밀면 오염 → 브릿지

면적비(Area Ratio) — 미세 부품의 생사

개구가 작아지면 페이스트가 개구 벽에 붙어 안 떨어집니다. 이걸 숫자로 판단하는 게 면적비예요.

면적비 = 개구 바닥 면적 / 개구 벽면 면적
= $(L \times W) / (2 \times (L + W) \times T)$

[정상] 개구 0.50 x 0.50 mm, 스텐실 T = 0.12 mm
= $0.25 / (2 \times 1.00 \times 0.12) = 0.25 / 0.24 = 1.04$ OK

[위험] 개구 0.25 x 0.25 mm, 스텐실 T = 0.12 mm
= $0.0625 / (2 \times 0.50 \times 0.12) = 0.0625 / 0.12 = 0.52$ NG

관리 기준 : 면적비 0.66 이상

미달이면 -> 스텐실을 얇게 하거나, 스텝 스텐실 / 나노 코팅 검토

> 01005 같은 초소형 부품을 새로 받았는데 유독 냉납이 잦다면 스텐실 두께부터 계산해보세요. 인쇄기 조건을 아무리 만져도 면적비가 부족하면 안 됩니다.

페이스트 관리

- 냉장 보관(대개 0~10도). 사용 전 밀봉 상태 그대로 4시간 이상 상온에 두어 온도를 맞춥니다. 차가운 병을 바로 열면 결로가 생겨 수분이 섞여요.
- 상온 복귀 후 규정대로 교반합니다. 과교반은 분리와 점도 저하를 부릅니다.
- 스텐실 위 페이스트는 연속으로 굴러야 합니다. 오래 방치되면 용제가 날아가 굳어요. 라인 정지 시 회수 규칙을 정해두세요.

- 개봉일·투입일을 병에 적고 **선입선출**. 회수 페이스트와 신품을 섞는 비율도 규칙으로 정합니다.

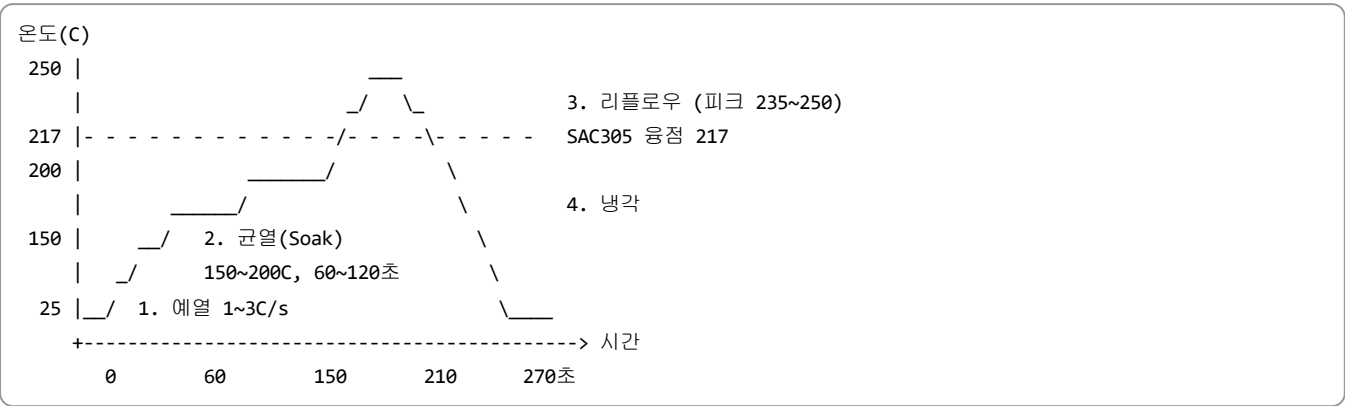
2. 마운터(칩 마운터) — 정확히 그 자리에

요소	하는 일	사고 지점
피더	테이프·트레이·스틱에서 부품 공급	피더 자리(슬롯) 착오 = 오삽. 전량 불량률의 대표 원인
노즐	부품을 흡착	노즐 막힘·마모 → 흡착 실패, 낙하, 틀어짐
비전 카메라	흡착된 부품의 자세·리드 상태 확인 후 보정	조명·라이브러리 부적합 시 무조건 버림(스킵) 반복
고속기 / 정밀기	칩 위주 / 커넥터·BGA 위주	큰 부품을 고속기에 물리면 실장 정밀도 부족

- 부품 교체(릴 교체) 때는 **부품번호·릴 라벨·피더 슬롯 3개를 대조**합니다. 바코드 스캔으로 강제하는 게 확실해요.
- 극성 부품(다이오드·전해 커패시터·IC·커넥터)은 **테이프 안 방향까지** 확인합니다. 재테이핑된 부품은 방향이 뒤집혀 오는 일이 있어요.
- 낙하 부품(바닥에 떨어진 부품)은 **재사용 금지**가 원칙입니다. 주워서 다시 넣지 마세요.

3. 리플로우 — 4구간 프로파일

오븐 안을 지나며 온도가 올라갔다 내려옵니다. 그 곡선을 프로파일이라고 해요.



구간	목적	대표 조건	벗어나면
1. 예열	플렉스 용제를 서서히 날림, 열충격 방지	상온 → 150도, 승온율 1~3도/s	급하면 솔더볼·부품 크랙 , 느리면 플렉스 조기 소진
2. 균열(Soak)	보드 전체 온도 균일화, 플렉스 활성화로 산화막 제거	150~200도에서 60~120초	짧으면 대형 부품 냉납 , 길면 플렉스 소진 → 산화·보이드
3. 리플로우 (Peak)	납 용융과 젖음	피크 235~250도, 용점 217도 이상 유지 (TAL) 30~90초	낮으면 냉납, 높으면 부품·보드 손상, 길면 금속간화합물 과성장으로 취성
4. 냉각	조직을 급게 굳힘	냉각율 대략 2~4도/s	급랭이면 크랙·휨, 서랭이면 결정이 굵어져 강도 저하

무연과 유연은 온도가 다릅니다

합금	조성	용점	피크
SAC305 (무연 표준)	Sn 96.5 / Ag 3.0 / Cu 0.5	217~220도	235~250도
Sn63/Pb37 (유연)	공정 조성	183도	205~225도

> 무연으로 바뀌며 피크가 20~30도 올라갔습니다. 그 대가로 **부품 흡습(MSL)**과 **보드 Tg 문제가 심각해졌어요**. 흡습 문제는 경력편에서 다룹니다.

프로파일은 제품마다 다시 잡습니다

- 열전대를 **보드 가장자리·중앙·대형 부품 옆·소형 부품 옆** 등 3~5점에 붙여 실측합니다. 오븐 설정값이 아니라 **보드 위 실제 온도**가 기준이에요.
- 같은 보드라도 **부품 배치·층 수·구리 면적**이 다르면 곡선이 달라집니다. 신제품·자재 변경·오븐 정비 후에는 반드시 재측정하세요.
- 측정 결과는 부품 제조사 사양서의 허용 프로파일(J-STD-020 계열) 안에 들어와야 합니다.

4. SMT와 DIP는 무엇이 다른가

구분	SMT(표면실장)	DIP(삽입실장)
부품 형태	리드가 짧거나 없음, 보드 표면에 앉음	리드가 길어 구멍에 꽂음
실장	마운터 자동	수삽 또는 자동삽입기
납땜	리플로우(페이스트를 녹임)	웨이브(납물 위를 통과) / 선택티브 / 인두
밀도	높음, 양면 가능	낮음
강도	상대적으로 약함	기계적 강도 우수
현장 예	대부분의 회로	대형 커넥터, 전원 단자, 트랜스, 릴레이

두 방식은 섞여 있습니다. SMT를 먼저 다 끝내고, 큰 커넥터나 전원 부품만 DIP로 붙이는 구조가 일반적이에요.

대표 불량 4가지

불량	증상	주된 원인	손덜 곳
냉납(Cold Joint)	표면이 거칠고 무광, 필렛이 안 퍼짐, 접착 불량	피크-TAL 부족, 페이스트 양 부족(면적비), 패드-단자 산화, 대형 부품의 큰 열 용량	프로파일 재측정, SPI 체적 하한, 자재 산화 확인
툼스톤(Tombstone)	칩 부품이 한쪽만 서서 묘비처럼 섬	양 끝 패드가 녹는 시점 차이 — 패드 크기·열용량 비대칭, 페이스트 양 편차, 실장 위치 밀림, 한쪽 패드가 큰 구리면에 연결	패드 대칭 설계, 스텐실 개구 조정, 승온율 완화
브릿지(Bridge)	인접 단자끼리 납이 이어짐	페이스트 과다-번짐(스텐실 밀면 오염, 스냅오프 과다), 실장 압입 과다, 부품 틀어짐, 마스크 댄 붕괴	클리닝 주기 단축, 개구 축소, 실장 높이
솔더볼(Solder Ball)	접합부 주변에 작은 납 구슬	예열 급승온으로 용제가 튀, 페이스트 흡습·열화, 인쇄 번짐, 실장 시 눌러 박으로 밀린 페이스트	예열 승온율 낮춤, 페이스트 관리, 인쇄 정렬

> 네 가지 모두 "원인이 한 공정에 있지 않다"는 게 공통점입니다. 냉납이 났다고 오븐만 만지면 다음 로트에서 또 나요. 인쇄 → 실장 → 리플로우 순서로 되짚는 습관을 들이세요.

첫 주 체크리스트

- ☐ 우리 라인의 장비 순서와 각 장비 이름을 순서대로 말할 수 있다
- ☐ 페이스트 냉장고 위치, 상온 복귀 규칙, 개봉일 표기 방법
- ☐ 스텐실 클리닝 주기가 우리 제품에서 몇 장인지
- ☐ 릴 교체 시 부품번호·라벨·슬롯 대조 절차
- ☐ 리플로우 프로파일 기록이 어디에 보관되는지
- ☐ 냉납·툼스톤·브릿지·솔더볼 실물 사진 한도견본을 봤다

출처: 한국생산기술연구원 — 접합·실장 기술 연구 정보 (<https://www.kitech.re.kr>) · 한국산업기술시험원 — 전자제품 시험·평가 서비스 (<https://www.ktl.re.kr>) · 한국산업인력공단 — 전자 분야 국가기술자격 정보 (<https://www.hrdkorea.or.kr>)

ESD(정전기) 방지

정전기 발생 원인, ESD 손상 메커니즘, 손목밴드·이오나이저·접지 관리를 학습합니다.

보이지 않고, 느껴지지도 않는 불량

문고리에서 따끔한 정도는 누구나 압니다. 문제는 사람이 못 느끼는 수백 볼트로도 반도체는 죽는다는 거예요. 라인에서 아무 일 없었던 것처럼 지나가고, 검사도 통과하고, 고객이 쓰다가 몇 달 뒤에 고장 납니다.

자동차 전장 부품이면 그 결과가 리콜이에요. 부울경 전장 협력사에서 ESD 관리를 유난히 엄격하게 요구받는 이유입니다.

정전기는 어떻게 생기는지

발생 방식	설명	현장 예
마찰 대전	다른 두 물질이 스치며 전자가 옮겨감	바닥을 걷기, 옷 스침, 부품을 트레이에 문지름
박리 대전	붙어 있던 것을 떼어낼 때	테이프를 뜯을 때, 비닐 포장을 벗길 때, 릴 커버테이프를 벗길 때
유도 대전	대전된 물체 근처에 있지만 해도 전하가 몰림	대전된 플라스틱 트레이 옆의 보드

박리 대전이 가장 무서워요. **커버테이프를 벗기는 순간 수천 볼트**가 생기는데, 라인에서 하루에 수백 번 일어나는 동작입니다.

사람이 얼마나 대전되나

건조할수록 심해집니다. 아래는 널리 인용되는 참고치예요.

행동	상대습도 10~20%	상대습도 65~90%
카펫 위 걷기	약 35,000V	약 1,500V
비닐 타일 위 걷기	약 12,000V	약 250V
의자에서 일어서기	약 18,000V	약 1,500V
작업대에서 비닐봉투 집기	약 20,000V	약 1,200V
비닐 파일에 든 작업 지시서를 다룸	약 7,000V	약 600V
작업대에 앉아 작업	약 6,000V	약 100V

같은 동작인데 습도만으로 수십 배가 갈립니다. 겨울에 난방을 돌려 습도가 20% 아래로 떨어지는 부울경 공장에서 ESD 불량률이 몰리는 이유예요.

사람은 언제부터 느끼나

약 3,000V 이상 -> 따끔함을 느낌
 약 5,000V 이상 -> 탁 하는 소리가 들림
 약 10,000V 이상 -> 스파크가 눈에 보임

즉, 못 느낀 방전 = 3,000V 미만
 그런데 소자는 100V 대에서도 죽습니다.

> "따끔한 적 없으니 괜찮다"는 근거가 되지 못합니다. 느끼지 못한 방전이 훨씬 많고, 그게 대부분의 ESD 불량이에요.

소자는 얼마에서 죽나

인체대전모델(HBM) 기준으로 자주 인용되는 값입니다.

소자	손상 시작 전압(참고)
MOSFET(파워·소신호)	100~200V
GaAs FET, 고주파 소자	100~300V
EPROM·메모리	100V대
OP 앰프	200~2,500V
CMOS 로직	250~3,000V
쇼트키 다이오드	300~2,500V
박막 저항	300~3,000V
바이폴러 트랜지스터	400V 이상

부품 사양서에는 HBM 등급이 적혀 있어요. 등급이 낮을수록 약합니다.

HBM 클래스	내성 전압	취급
Class 0	250V 미만	가장 취약. 전용 구역·전 항목 관리
Class 1A~1C	250~2,000V	표준 ESD 관리 필수
Class 2	2,000~4,000V	표준 관리
Class 3A~3B	4,000V 이상	상대적으로 강함

진짜 무서운 건 잠재 불량입니다

유형	무슨 일이 벌어지나	언제 드러나나
즉시 파괴(Catastrophic)	접합부가 완전히 끊기거나 단락	라인 검사에서 걸림. 손해는 나지만 유출은 안 됨
잠재 불량(Latent)	접합부가 일부만 손상, 기능은 정상	검사 전부 통과 → 고객이 쓰다가 수주~수개월 뒤 고장

> ESD 관리를 하는 진짜 이유는 잠재 불량입니다. 즉시 파괴는 우리 손해로 끝나지만, 잠재 불량은 **필드 클레임과 리콜**로 돌아와요. 그리고 원인 추적이 거의 불가능합니다.

방어는 세 가지뿐입니다 — 접지·차폐·중화

대상	성질	대책
사람	도체	리스트 스트랩(앉아서 작업), ESD화 + 도전성 바닥 (서서 이동), ESD 가운
공구·작업대·의자·카트·랙	도체	접지
플라스틱 트레이·릴·커버테이프·에어캡·서류 파일	부도체 — 접지 불가	이온나이저로 중화, 또는 아예 반입 금지
이동·보관 중인 제품	—	차폐 봉투(실드백) , ESD 트레이·매거진

부도체는 접지가 안 됩니다. 전하가 표면에 갇혀 흐르지 않기 때문이에요. 그래서 이온나이저가 필요합니다.

접지 저항 관리값

넌리 쓰이는 관리값입니다(IEC 61340-5-1 계열). 사업장 기준서에 명시된 값을 우선하세요.

항목	관리값
리스트 스트랩 시스템(사람 + 밴드 + 코드)	3.5 x 10 ⁷ Ω 미만
ESD화 + 바닥 시스템 (사람 포함)	3.5 x 10 ⁷ Ω 미만, 인체 전압 100V 미만
작업대 표면 → 접지	1 x 10 ⁹ Ω 미만
바닥재 → 접지	1 x 10 ⁹ Ω 미만
의자·카트·선반	1 x 10 ⁹ Ω 미만

> 리스트 스트랩 코드 안에는 **1MΩ 직렬 저항**이 들어 있습니다. 감전 방지용이에요. 저항을 빼거나 코드를 접지선에 직접 물리면 **정전기는 잘 빠지지** **만 사람이 위험**해집니다. 절대 개조하지 마세요.

측정은 매일 합니다. 밴드 자체는 멀쩡해 보여도 코드 내부 단선이 흔해요. 입실 전 데일리 체커로 손목·신발을 찍고 통과해야 문이 열리는 구조가 가장 확실합니다.

이온나이저 관리 — 켜두기만 하면 되는 게 아닙니다

점검 항목	기준(예)	왜
오프셋 전압(밸런스)	±35V 이내 (사업장 기준에 따라 ±50V)	한쪽으로 치우치면 이온나이저가 오히려 대전 시킵니다
감쇠 시간	1,000V → 100V까지 걸리는 시간 측정	기준 초과 = 성능 저하 신호
에미터 핀 청소	정해진 주기로	먼지가 끼면 이온 발생이 급락. 가장 흔한 방지 항목
풍향·거리	설치 사양대로	각도가 틀어지면 바람이 부품에 안 닿아 무용지물

습도 관리가 가장 값싼 대책입니다

- 라인 상대습도 **40~60%** 유지가 목표예요.
- 겨울 난방으로 20% 아래로 떨어지면 대전 전압이 열 배 이상 됩니다.
- 온습도 기록계를 라인에 두고 **일별 기록**을 남기세요. 불량이 몰린 날과 습도 그래프를 겹쳐보면 원인이 바로 보입니다.

자주 하는 실수

실수	결과
리스트 스트랩을 옷소매 위에 착용	피부에 안 닿아 저항 무한대. 차고 있으나 마나
답답하다고 코드를 뽑아둠	밴드만 차고 접지는 안 됨
ESD화를 신고 슬리퍼로 갈아 신음	바닥 접지 경로 끊김
일반 투명 테이프·비닐봉투·에어캡을 라인에 반입	강한 부도체. 근처 부품이 유도 대전
차폐 봉투를 잘라 재사용	차폐층이 끊겨 봉투 기능 상실
보드를 맨손으로 커넥터 핀 부위 파지	그 핀에 붙은 IC가 직격
데일리 체크를 동료 것으로 대신 찍음	기록만 남고 관리는 없음

외국인 동료와 함께 일할 때

부울경 SMT 라인은 E-9-F-4 인력 비중이 높습니다. ESD는 **눈에 안 보이고 즉시 결과가 안 나오기 때문에**, 이유를 설명하지 않으면 반드시 안 지켜져요.

- 왜 하는지를 **실물로 보여주세요**. 정전기 측정기로 본인 몸의 전압을 찍어 숫자를 보게 하면 태도가 바뀝니다.
- 표지는 **그림 + 모국어 병기**. 글로만 붙은 규정은 읽히지 않습니다.
- 말로 지키게 하지 말고 **설비로 막으세요**. 데일리 체크 연동 출입문, 스트랩 미착용 시 컨베이어 정지 같은 구조가 훨씬 확실합니다.

첫 주 체크리스트

- ☐ 내 자리의 **리스트 스트랩**을 데일리 체크로 측정해봤다
- ☐ 밴드를 **맨 피부**에 닿게 차는 법을 배웠다
- ☐ 내 작업대 매트가 **접지선으로 연결**돼 있는지 눈으로 확인했다
- ☐ ESD **차폐 봉투**와 **일반 봉투**를 구분할 수 있다
- ☐ 라인에 **반입 금지 물품**(일반 테이프·비닐·스티로폼)이 무엇인지 안다
- ☐ 이온라이저 위치와 **바람이 닿는 범위**를 확인했다
- ☐ 오늘 라인의 **온습도 수치**를 읽었다

출처: 안전보건공단 — 정전기 재해예방 기술자료 (<https://www.kosha.or.kr>) · 국가기술표준원 — KS C IEC 61340 계열 정전기 표준 열람 (<https://www.kats.go.kr>) · 한국산업기술시험원 — 정전기-EMC 시험 서비스 (<https://www.ktl.re.kr>)

현장에서 해볼 것

- SMT 공정 흐름도 작성
- ESD 테스트 키트 체험

반도체 공정 개요

웨이퍼에서 칩이 되기까지

배우는 것

- 반도체 8대 공정의 흐름을 이해한다
- 클린룸 행동 규칙을 안다

반도체 8대 공정

웨이퍼 제조 → 산화 → 포토리소그래피 → 에칭 → 증착 → 이온주입 → 배선 → 패키징 흐름을 배웁니다.

부울경 현장에서 왜 반도체 공정을 배우나

부울경에 대형 반도체 일관 공장(팹)이 있지는 않아요. 그런데 창원·김해의 정밀가공 업체가 반도체 장비 부품을 깎고, 울산 화학단지에서는 공정용 화학·가스를 다루는 곳이 있습니다. 자동차 전장부품(ECU·센서)과 의료기기 조립 라인도 이미 클린룸에서 돌아가고요.

즉 **팹에 들어가지 않더라도 반도체 공정 언어를 아는 사람이** 필요합니다. 고객사가 "이 부품 파티클 스펙이 어떻게 되냐", "챔버 내부 조도(粗度) 요구가 있다"고 물었을 때 무슨 뜻인지 알아야 견적도 나가고 감사도 통과해요.

웨이퍼 한 장이 칩이 되기까지

큰 그림은 딱 두 덩어리입니다.

[전공정 - Fab]	[후공정 - Assembly & Test]
웨이퍼 위에 회로를 만든다 클린룸, 수백 단계, 2~3개월	칩으로 잘라 포장하고 검사한다 다이싱·본딩·몰딩·테스트

8대 공정 한눈에

순서	공정	하는 일	쉽게 말하면
1	웨이퍼 제조	실리콘 잉곳 성장 → 절단 → 연마해 거울면 원판 제작	도화지 만들기
2	산화(Oxidation)	고온에서 산소·수증기를 흘려 실리콘 표면에 절연막(SiO ₂) 성장	밀칠하기
3	포토리소그래피	감광액 도포 → 빛으로 마스크 패턴 전사 → 현상	설계도 인쇄
4	식각(Etching)	감광액이 안 덮은 부분을 깎아냄 (건식=플라즈마 / 습식=약액)	조각하기
5	증착(Deposition)	CVD·PVD·ALD로 절연막·금속막을 얇게 쌓음	덧칠하기
6	이온주입	붕소·인 등 불순물을 가속해 박아 넣어 전기적 성질 부여	성질 주기
7	금속배선	구리·알루미늄으로 소자끼리 연결, 여러 층으로 쌓음	전선 깔기
8	EDS·패키징	웨이퍼 상태 전기검사 → 절단·조립 → 최종 검사·출하	검사하고 포장

가장 중요한 사실 — 3~7번은 반복됩니다

신입이 가장 많이 하는 오해가 "8단계를 한 번씩 순서대로 지나간다"는 거예요. 실제로는 **한 층(layer)을 만들 때마다 포토 → 식각 → 증착 → (필요하면 이온주입)이 한 세트**로 돌고, 이 세트가 수십 번 반복됩니다. 최신 로직 칩은 금속배선만 10층이 넘어요.

그래서 웨이퍼 한 장이 팹에 들어가서 나오기까지 **두 달 이상** 걸립니다. 중간에 한 단계만 잘못돼도 그동안 들어간 모든 비용이 날아가요. 이게 반도체 현장이 유난히 절차에 엄격한 이유입니다.

포토리소그래피가 왜 핵심인가

8대 공정 중 하나만 꼽으라면 **포토**입니다. 이유는 단순해요.

- 선편(회로 굵기)을 결정하는 유일한 공정.** 식각·증착은 포토가 그려놓은 패턴을 따라갈 뿐이에요.
- 층 수만큼 반복되므로 **웨이퍼 가공 비용과 소요 시간에서 차지하는 비중이 가장 큼**니다. (단계 '개수' 자체는 증착·식각·세정이 훨씬 많지만, 비용과 사이클타임의 병목은 포토입니다.)
- 노광 장비는 팹에서 가장 비싼 설비입니다. 그래서 포토 장비가 서면 라인 전체 가동률이 떨어져요.

해상력을 결정하는 식

얼마나 가는 선을 그릴 수 있는지는 레일리(Rayleigh) 식으로 정리됩니다.

$$\text{해상력 } R = k1 \times \lambda / NA$$

λ = 빛의 파장 (짧을수록 유리)

NA = 렌즈의 개구수 (클수록 유리)

$k1$ = 공정 계수 (기술력으로 낮춤, 이론 하한 0.25)

[ArF 이머전] $\lambda=193\text{nm}$, $NA=1.35$, $k1=0.3$

$$R = 0.3 \times 193 / 1.35 = 42.9\text{nm}$$

[EUV] $\lambda=13.5\text{nm}$, $NA=0.33$, $k1=0.3$

$$R = 0.3 \times 13.5 / 0.33 = 12.3\text{nm}$$

파장을 줄이는 것이 가장 확실한 방법이라, 노광 광원은 계속 짧아져 왔습니다.

세대	광원	파장	특징
i-line	수은 램프	365nm	지금도 후공정-구형 라인에서 사용
KrF	엑시머 레이저	248nm	레거시 공정 주력
ArF	엑시머 레이저	193nm	현재 가장 널리 쓰임
ArF 이머전	ArF + 물 매질	193nm	렌즈와 웨이퍼 사이를 물로 채워 NA를 1 이상으로
EUV	극자외선	13.5nm	진공 필요, 반사식 광학계, 최선단 전용

노광 장비는 "스테퍼"에서 "스캐너"로

웨이퍼 전체를 한 번에 찍지 않아요. **샷(shot)** 단위로 조금씩 옮겨가며 반복 노광합니다. 초기에는 멈춰서 찍고 이동하는 스테퍼(Stepper)를, 지금은 마스크와 웨이퍼를 반대 방향으로 동시에 움직이며 훑는 스캐너(Scanner)를 씁니다.

선폭 숫자에 대한 오해

"5nm 공정"의 5nm는 실제로 측정되는 물리적 치수가 아니라 세대를 가리키는 이름입니다. 도면의 치수처럼 자로 재서 나오는 값이 아니에요. 실무에서 관리하는 건 **CD(Critical Dimension, 임계치수)** 라는 실측값입니다.

> 한계를 넘기 위해 한 층을 두 번에 나눠 그려는 **멀티 패터닝**을 씁니다. 공정 수가 늘어나는 만큼 비용과 불량 기회도 늘어나요. "미세화가 곧 원가 절감"이 아닌 이유입니다.

포토 공정 내부 순서

단계	하는 일	놓치면 생기는 일
세정	표면 이물-유기물 제거	패턴 결손
HMDS 처리	표면을 소수성으로 바꿔 감광액 밀착 향상	현상 중 패턴이 떨어져 나감
PR 도포	웨이퍼를 고속 회전시켜 감광액을 균일하게(스핀코팅)	두께 편차 → 선폭 편차
소프트베이크	용제 날리기	끈적임, 마스크 오염
노광	마스크 패턴을 빛으로 전사	노광량 틀리면 선폭 전체가 벗어남
PEB	노광 후 베이크로 반응 완결	선폭 산포 확대
현상	반응한(또는 안 한) 부분을 녹여냄	잔막, 패턴 붕괴
검사	CD 측정 + 오버레이(층간 정렬) 확인	층이 어긋나면 배선 단선

오버레이는 선폭보다 더 **빡빡하게** 관리합니다. 아무리 선을 가늘게 그려도 아래층과 어긋나면 회로가 안 이어져요.

식각·증착·이온주입 비교

공정	방향	대표 방식	현장에서 중요한 것
식각	깎아낸다	건식(플라즈마 RIE), 습식(약액 침지)	이방성(수직으로 깎기), 선택비(원하는 막만 깎기)
증착	쌓는다	CVD(화학반응), PVD(스퍼터링), ALD(원자층 단위)	두께 균일도, 단차 피복성
이온주입	박아 넣는다	이온을 가속해 주입 후 열처리로 활성화	도즈(양)와 에너지(깊이)

습식 식각에는 **불산(HF)** 계열 약액이 쓰입니다. 산화막을 녹이는 데 아주 효과적인 만큼, 사람에게도 대단히 위험해요.

> 불산은 피부에 묻어도 당장은 아프지 않을 수 있습니다. 몇 시간 뒤 극심한 통증과 함께 뼈까지 손상되고, 넓은 면적에 닿으면 저칼슘혈증으로 사망할 수 있어요. "따끔하지 않으니 괜찮다"가 가장 위험한 판단입니다. 자세한 대응은 클린룸 규칙 단원에서 다룹니다.

신입이 흔히 하는 착각 3가지

착각	실제
"반도체는 깨끗한 일이라 안전하다"	강산·극독성 가스를 다룹니다. 제조업 중에서도 화학 위험이 높은 축
"장비가 다 알아서 한다"	알람 판단, 파티클 관리, 이상 감지는 사람의 몫
"내 공정만 잘하면 된다"	두 달치 공정이 쌓인 웨이퍼입니다. 마지막 단계 실수가 앞의 전부를 날려요

첫 주 체크리스트

- ☐ 우리 라인이 **전공정인지 후공정인지**
- ☐ 내가 맡을 공정이 8대 공정 중 **몇 번인지**, 앞뒤 공정은 무엇인지
- ☐ 우리 공정에서 쓰는 **화학물질·가스 목록과 MSDS 위치**
- ☐ 우리 라인의 **관리 대상 파라미터**(막두께·CD·도즈 중 무엇인지)
- ☐ 로트(Lot)와 웨이퍼 ID를 읽는 법, 이력 조회하는 시스템

출처: 한국산업인력공단 — 반도체장비유지보수 국가기술자격 정보 (<https://www.hrdkorea.or.kr>) · 한국폴리텍대학 — 반도체 분야 직업훈련 과정 (<https://www.kopo.ac.kr>) · 국가기술표준원 — 반도체 분야 KS 표준 정보 (<https://www.kats.go.kr>)

클린룸 규칙

클린룸 등급(Class 100/1000), 방진복 착용, 행동 수칙, 파티클 관리를 학습합니다.

신입이 가장 먼저 배우는 것이 클린룸 규칙인 이유

기술을 배우기 전에 **들어가는 법**부터 배웁니다. 규칙을 모르는 사람이 한 번 들어갔다 나오면, 그날 그 구역에서 돌던 웨이퍼 전량이 위험해지기 때문이에요.

크기 감각부터 잡아봅시다.

대상	크기
사람 머리카락 굵기	약 70~100 μ m
눈에 보이는 한계	약 40~50 μ m
담배 연기 입자	약 0.01~1 μ m
관리 대상 파티클	0.1μm 이하까지

눈에 보이는 이물은 이미 재앙 수준이라는 뜻입니다. 현장에서는 회로 선폭의 **1/3~1/2보다 큰 입자**를 배선을 끊거나 단락시키는 치명 결함(킬러 디펙트)으로 봅니다.

그리고 클린룸은 반도체 전용이 아니에요. 부울경에서도 자동차 전장부품(ECU·센서), 의료기기, 정밀 광학 조립 라인이 클린룸을 씁니다. **여기서 배우는 규칙은 그 현장들에 그대로 적용됩니다.**

ISO 14644 청정도 등급

국제 표준은 ISO 14644-1이고, **1m³의 공기 안에 특정 크기 이상 입자가 몇 개까지 허용되는가**로 등급을 매깁니다. 숫자가 작을수록 깨끗해요.

ISO 클래스	0.1µm 이상	0.5µm 이상	구 미연방규격(FS 209E)	주로 쓰이는 곳
ISO 1	10	—	—	연구·특수 구역
ISO 2	100	—	—	최선단 공정
ISO 3	1,000	35	Class 1	포토 등 핵심 구역
ISO 4	10,000	352	Class 10	확산·포토
ISO 5	100,000	3,520	Class 100	일반 전공정 구역
ISO 6	1,000,000	35,200	Class 1,000	팹 서비스·주변 구역
ISO 7	—	352,000	Class 10,000	후공정 조립
ISO 8	—	3,520,000	Class 100,000	전장부품·의료기기 조립

* 위 값은 현행 ISO 14644-1:2015 기준입니다. ISO 1~2의 0.5µm 항목은 통계적 유효성 문제로 2015년 개정 때 삭제되었습니다. 예전 자료 (1999년판)에서 ISO 2를 '0.5µm 4개'로 표기한 표를 보더라도 현행 기준이 아니라는 점을 알아두세요.

> **단위 함정:** 예전 미연방규격의 "Class 100"은 **1ft³당 0.5µm 이상 100개**이고, ISO는 **1m³ 기준**입니다. 숫자를 그대로 비교하면 안 돼요. Class 100 ≡ ISO 5, Class 1,000 ≡ ISO 6으로 외워두면 됩니다.

또 하나, 등급은 **"어떤 점유 상태에서 측정했는가"에 따라 다릅니다**. 장비도 사람도 없이 시설만 완공된 상태(As-built), 장비는 설치·가동되지만 작업자는 없는 상태(At-rest), 작업자가 실제로 일하는 상태(Operational)의 세 조건이 있습니다. 어느 상태로 판정할지는 발주자와 합의해 정하며, 반도체 팹은 보통 At-rest로 등급을 인증하고 Operational 상태는 상시 파티클 모니터링으로 따로 관리합니다. 그래서 "우리 라인은 ISO 5"라는 말을 들으면 **어느 상태 기준인지**를 같이 확인해야 해요.

클린룸이 깨끗한 원리

요소	원리
HEPA/ULPA 필터	천장 전면에 깔려 초미세 입자를 걸러냄
수직 층류	공기가 천장 → 바닥으로 곧게 흐르며 발생한 입자를 아래로 밀어냄
바닥 그레이팅	구멍 뚫린 바닥으로 공기를 회수해 순환
양압 유지	클린룸 > 갱의실 > 복도 순으로 압력이 높아, 문을 열면 공기가 밖으로 나감
온습도 관리	감광액 특성과 정전기 때문. 너무 건조하면 정전기, 너무 습하면 결로·부식

그래서 **제품 위쪽을 몸이나 물건으로 가리면 안 됩니다**. 층류가 막히면 내가 만든 입자가 바로 아래 웨이퍼로 떨어져요.

가장 큰 오염원은 사람입니다

클린룸에서 나오는 입자의 대부분은 장비가 아니라 사람에게서 나옵니다.

- 떨어져 나가는 **피부 각질**
- 머리카락, 눈썹, 수염
- 말할 때 나오는 **침방울**
- 화장품 분말, 향수, 헤어제품
- 일반 의류의 **섬유 부스러기**

그리고 발진량은 **정지 < 팔 움직임 < 천천히 걷기 < 빠르게 걷기 < 뛰기** 순으로 급격히 늘어납니다. 클린룸에서 뛰지 말라는 규칙이 예의 문제가 아니라 **품질 문제**인 이유예요.

> 방진복은 **나를 보호하는 옷이 아니라 제품을 나로부터 보호하는 옷**입니다. 화학물질로부터 나를 지키는 건 방진복이 아니라 별도의 내화학 보호구예요. 이 둘을 혼동하면 위험합니다.

입실 절차

준비 단계 (탈의실 전)

- ☐ 화장·파운데이션·마스카라 제거, 향수·헤어스프레이 사용 안 함
- ☐ 손톱은 짧게, 매니큐어 제거
- ☐ 반지·시계·귀걸이·목걸이 전부 사물함에
- ☐ 감기·기침 증상이 있으면 **입실 전에 보고** (재채기 한 번이 수천만 개의 입자)

갱의 단계

1. **사복과 개인 물품을 사물함에 보관.** 휴대폰은 회사 규정에 따라 반입 여부 확인
2. **클린룸 전용 실내화로 교체.** 오염구역과 청정구역을 나누는 벤치 선을 넘을 때, **신발을 바꿔 신고 넘어갑니다.** 한 발씩 넘기는 순서를 지켜주세요
3. **손 세정 후 완전 건조.** 물기가 남으면 장갑 안에서 습기가 차요
4. **착용 순서 — 위에서 아래로, 오염이 적은 것부터**

헤어캡 (내피 두건)
↓
마스크
↓
후드 (머리·목·어깨를 덮는 두건)
↓
방진복 (상하 일체형) – 후드 자락을 안으로 넣어 덮기
↓
방진화 / 부츠
↓
이너 글러브
↓
아우터 글러브 – 소매를 손목 위로 확실히 덮기
↓
고글 / 보안경

1. **전신 거울 확인** — 머리카락이 빠져나왔는지, 목·손목에 피부가 노출됐는지
2. **점착 매트**를 밟아 신발 바닥 이물 제거
3. **에어샤워** — 양팔을 벌리고 **천천히 한 바퀴 돌면서** 전신에 바람을 맞춥니다. 시간이 끝나기 전에 문을 열지 마세요
4. 입실

> 신입이 가장 많이 틀리는 지점은 **에어샤워를 빨리 나가려고 하는 것과 아우터 글러브로 소매를 안 덮는 것**입니다. 손목 틈은 발진이 가장 심한 부위예요.

반입 금지 물품

금지 품목	이유	대체
일반 종이·노트	셀룰로스 섬유가 계속 떨어짐	클린룸 전용지
연필·지우개	흑연 가루, 고무 가루	클린룸용 볼펜
골판지 상자·나무 파렛트	분진 덩어리	플라스틱 용기·파렛트
화장품·향수·헤어제품	미세 분말과 실리콘 성분이 웨이퍼에 붙음	미착용
매니큐어	조각으로 벗겨져 떨어짐	제거
반자·시계·귀걸이	웨이퍼·장비 스크래치, 틈새 발진	사물함 보관
음식·음료·껌	부스러기, 당분, 미생물	지정 휴게실에서만
일반 테이프·포스트잇	접착제 아웃가스 오염	클린룸용 라벨
라이터·성냥	가연성 가스가 있는 구역 — 화기 엄금	반입 절대 금지
개인 휴대폰·이어폰	표면 오염, 작업 집중 저하	승인된 기기만

클린룸 안에서의 행동 수칙

- **천천히 움직입니다.** 뛰지 않고, 팔을 크게 젓지 않아요
- **웨이퍼나 캐리어(FOUP) 위로 몸을 기울이거나 그 위에서 말하지 않습니다.** 침방울이 바로 떨어져요
- 제품 위쪽에 손·팔·물건을 두어 **충류를 막지 않습니다**
- 기침·재채기가 나올 것 같으면 **몸을 돌리고, 반복되면 밖으로 나갑니다**
- 장갑 낀 손으로 얼굴·머리·방진복을 만지지 않습니다. **찢어지거나 오염되면 즉시 교체**
- 바닥에 떨어진 것은 임의로 줍지 말고 **절차와 지시에 따릅니다**
- 문을 두 개 동시에 열지 않습니다 (인터록·양압이 깨짐)
- **알람은 절대 무시하지 않습니다.** 특히 가스 감지 알람은 확인하러 가는 게 아니라 **즉시 대피**입니다

클린룸은 "안전한 곳"이 아닙니다

깨끗해 보이는 것과 안전한 것은 완전히 다릅니다. 클린룸에서 다루는 물질을 보세요.

구분	대표 물질	위험
강산·식각액	불산(HF) , 황산, 인산, 질산	심각한 화학 화상, 전신 독성
산화·세정액	과산화수소, 암모니아수	고온 반응, 자극성 증기
특수가스	실란, 아르신, 포스핀 등	자연발화, 극독성
유기용제	감광액·시너류, 현상액	인화성, 피부 흡수

> **불산 대응은 반드시 외우세요.** 피부에 닿아도 **즉각적인 통증이 없을 수 있습니다.** 불소 이온이 피부를 뚫고 들어가 체내 칼슘과 결합하면서 몇 시간 뒤 심한 통증과 조직·뼈 손상을 일으키고, 넓은 면적이면 저칼슘혈증으로 심정지에 이를 수 있어요. > ① **오염된 장갑·의복을 즉시 벗기면서 동시에 대량의 물로 15분 이상 세척** → ② **2.5% 글루콘산칼슘 겔을 보호장갑 낀 손으로 마사지하듯 도포(통증이 가라앉아도 계속)** → ③ **통증 유무와 관계없이 즉시 병원 이송하고, 의료진에게 반드시 "불화수소(HF) 노출"임과 농도·접촉 부위·시간을 알릴 것** → ④ **보고.** > "안 아프니까 나중에 말하죠"가 사망 사고로 이어집니다.

화학물질을 다루는 구역에서는 방진복 위에 **내화학 앞치마·장갑·안면보호구**를 추가로 착용해야 하고, 세척 설비(비상 샤워·세안기) 위치를 입사 첫날 확인해야 합니다.

외국인 근로자가 함께 일하는 라인이라면

부울경 조립·후공정 라인에는 외국인 근로자 비중이 높습니다. 클린룸 규칙과 화학물질 경고는 **말이 안 통하면 그대로 사고**가 돼요.

- 입실 절차·금지 물품은 **그림·픽토그램**으로 게시
- 가스 알람과 대피 방향은 **소리와 색, 손동작 신호**로 약속을 정해둘 것

- MSDS와 비상 대응 절차는 **해당 언어 버전**을 비치
- "알았어요"라는 대답만으로 이해했다고 판단하지 말고, **동작으로 재연**시켜 확인

입실 전 최종 체크리스트

- ☐ 화장·향수·액세서리 제거했다
- ☐ 방진복 착용 순서를 지키고 거울로 노출 부위를 확인했다
- ☐ 아우터 글러브가 소매를 덮고 있다
- ☐ 에어샤워를 끝까지 받았다
- ☐ 반입 금지 물품이 주머니에 없다
- ☐ 비상 샤워·세안기, 대피구, 가스 알람 위치를 안다

출처: 국가기술표준원 — KS B ISO 14644 청정실 관련 표준 정보 (<https://www.kats.go.kr>) · 안전보건공단 — 반도체·전자산업 화학물질 취급 안전보건자료 (<https://www.kosha.or.kr>) · 화학물질안전원 — 사고대비물질(불화수소) 대응 정보 (<https://www.nics.me.go.kr>)

현장에서 해볼 것

- 8대 공정 순서 암기 테스트
- 클린룸 입실 절차 시뮬레이션

부록

현장에서 자주 나오는 말들입니다. 못 알아들었을 때 찾아보세요.

현장 용어집

제조 현장 공통 용어와 전자 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. 가용시간 ÷ 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.

SMT Surface Mount Technology

표면실장기술. PCB 표면에 부품을 직접 실장하는 공정. DIP(삽입형)보다 소형화에 유리.

ESD Electrostatic Discharge

정전기 방전. 전자부품을 손상시킬 수 있어 접지, 손목밴드, 이온나이저로 방지한다.

클린룸 Clean Room

공기 중 먼지 입자 수를 일정 수준 이하로 유지하는 청정실. Class 100은 1m³당 100개 이하.

수율 Yield

전체 생산량 중 양품의 비율. 반도체에서는 웨이퍼당 양품 칩 수로 계산한다.

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.