

13. 제조 공정 설계

13.1 기구 부품 가공 도면

냉장고 크기 이동식 폐식용유 수거 장비의 **기구 부품 가공 도면**은 장비 제작 및 조립의 핵심 기준이 된다. 모든 부품은 **치수, 재질, 표면 처리, 공차**가 명확히 명시되어야 하며, 제작 과정에서의 오류를 최소화하고 장비 신뢰성을 확보할 수 있다.

1) 도면 구성 요소

1. 부품 명칭 및 번호

- 각 부품별 고유 명칭, 도면 번호, BOM(Bill of Materials) 연계

2. 재질 표기

- 예: SUS304, 알루미늄 6061, ABS 플라스틱 등

3. 치수 및 공차

- 길이, 폭, 높이, 구멍 직경, 나사 위치 등
- 일반 공차 $\pm 0.1\sim 0.2\text{mm}$ (정밀 부품), $\pm 0.5\text{mm}$ (구조 부품)

4. 표면 처리

- 도장, 아노다이징, 방청 처리, 내유 코팅 등

5. 조립 방향 및 기준점

- 좌표 기준점, 부품 조립 방향 표시

6. 단면도 및 상세도

- 복잡 부위 단면 표시
- 나사, 베어링, 씰링 부품 위치 명시

2) 주요 기구 부품 예시

부품	주요 가공 포인트	비고
컨베이어 롤러	축 내경, 외경, 베어링 삽입용 치수	내유 코팅 적용
벨트 지지 프레임	용접 위치, 구멍 위치	알루미늄 6061, 표면 산화 처리
저장 탱크	입출구 포트, 레벨 센서 구멍	SUS304, 내식 코팅, 용접 마감
브러시/스크레이퍼 지지대	브러시 장착 홀, 경사 조절 구멍	ABS + 스테인리스 볼트
배관 고정 클램프	나사 위치, 내경 치수	내열/내오일 플라스틱 사용
힌지·조절 레버	축 직경, 회전 반경	내유 그리스 적용

3) 도면 관리 지침

1. CAD 파일 관리

- SolidWorks, Fusion360, AutoCAD 등 표준 CAD 사용
- 버전 관리 및 변경 이력 기록

2. BOM 연동

- 도면 번호와 BOM 부품 번호 매칭
- 가공 수량, 재질, 표면 처리 명시

3. 검수

- 도면 완성 후 제작 전 설계 검토 (DR, Design Review) 수행
- 치수, 공차, 조립 가능성 확인

4. 가공 지시서

- 도면과 함께 가공 순서, 절삭/용접/조립 지침 포함

4) 권장 추가 자료

- 3D 조립 모델: 부품 간 간섭 확인 및 조립 순서 검증
- 단면/투시도: 내부 배관, 센서 장착 부위 확인
- 표준 부품 리스트: 나사, 베어링, O-링, 실리콘 가스켓

13.2 금속 프레임 용접/절곡 공정

냉장고 크기 이동식 폐식용유 수거 장비의 금속 프레임은 장비 구조의 골격을 이루며, 컨베이어, 탱크, 배터리, 펌프 등 모든 부품을 지지한다. 따라서 정밀한 절곡과 강력한 용접 공정을 통해 장비 강성과 내구성을 확보해야 한다.

1) 절곡 공정

1.1 절곡 재질

- 주로 알루미늄 6061 또는 SUS304 스테인리스 사용
- 강도와 내식성 고려

1.2 절곡 방식

- CNC 벤딩 머신 사용
- 곡률 반경 최소치 설정: 재질 두께 3~5 mm 기준
- 복잡한 형상은 다단 절곡 또는 조립 후 용접 설계

1.3 절곡 공차

- 직선부 ± 0.2 mm, 각도 $\pm 1^\circ$
- 프레임 모서리 및 구멍 위치와 일치하도록 설계

1.4 후처리

- 절곡부 버 제거, 모서리 라운딩
- 표면 산화 방지 또는 알루미늄 아노다이징

2) 용접 공정

2.1 용접 방식

- TIG(Tungsten Inert Gas) 용접: 알루미늄, SUS304 용접 적합
- MIG(Metal Inert Gas) 용접: 알루미늄, 강판, 일반 구조용 강재
- 필요한 경우 Spot 용접: 얇은 시트 고정용

2.2 용접 전 준비

- 절곡 및 가공 완료 후 부품 정렬
- 지그(Jig) 사용: 치수 정확도, 평행도 유지
- 표면 오일, 먼지 제거

2.3 용접 시 고려 사항

- 열 변형 최소화: 용접 순서, 간격 조정
- 강도 요구에 따른 용접 비드 크기 및 패턴 설계
- 필수 안전 규격: 화재 위험, 용접 연기 배기

2.4 용접 후 처리

- 용접 비드 그라인딩 및 연마
- 표면 산화 방지: 도장, 분체코팅, 알루미늄 아노다이징
- 구조 강도 확인: 검사 규격 (치수, 직각, 용접 결함 여부)

3) 품질 검사

항목	검사 방법	기준
치수 정확도	캘리퍼스, 레이저 측정	±0.5 mm
직각/평행	직각자, 레이저 레벨	±1°
용접 결함	육안/비파괴 검사(NDT)	균열, 기공 없음
표면 상태	육안	거칠기, 산화, 버 제거 여부

4) 안전 및 작업 지침

- 보안경, 용접 장갑, 방열복 필수
- 용접 환경 환기 필수, 연기/가스 배기 확보
- 절곡 시 CNC 기계 접근 제한, 안전 장치 점검
- 열 변형 방지 위해 부품 간 간격 확보 및 지그 고정

13.3 전장 하네스 제작

냉장고 크기 이동식 폐식용유 수거 장비에서 전장 하네스(Wiring Harness)는 컨베이어, 펌프, 센서, 배터리, MCU 등 전기·전자 부품을 통합 연결하는 핵심 요소다. 올바른 하네스 설계와 제작은 장애 최소화, 유지보수 편의성, 안전성 확보에 필수적이다.

1) 하네스 설계

1.1 배선 구성

- 전원선, 신호선, 통신선(BLE, CAN, I²C 등) 분리
- 고전류선과 신호선 물리적 분리로 간섭 방지
- 케이블 길이: 장비 구조에 맞춰 여유 5~10% 확보

1.2 커넥터 선정

- 방수·방진 등급: IP67 이상 권장
- 탈부착 용이한 락킹 타입
- 전류 및 전압 등급에 맞는 커넥터 사용

1.3 케이블 종류

- 전원: 12~24V LiFePO4, PWM 구동선용 굵기 AWG 14~18
- 신호: 센서/MCU용 AWG 22~24, 쉴드 케이블 사용
- 내유, 내열 케이블 사용 (폐식용유, 주변 온도 고려)

2) 하네스 제작 공정

2.1 절단 및 라벨링

- 각 케이블 길이 정확히 절단
- 양쪽 끝 라벨 부착: 연결 위치, 신호/전원 식별

2.2 단자 압착

- 단자 종류: 링단자, 터미널, JST, Molex 등
- 압착 공구 사용, 전기적 접촉 안정성 확보

2.3 케이블 묶음 및 보호

- 케이블 타이, 슬리브, 나일론 브레이드로 정리
- 굴곡부, 회전부, 이동부에 **보호 튜브** 설치
- 진동, 마찰, 열 손상 방지

2.4 커넥터 장착

- 하네스 커넥터 연결부 위치 확인
- 커넥터 체결 시 **락킹 확인**, 탈착 시 손상 방지

3) 설치 및 배선 경로

- 컨베이어, 펌프, 센서, MCU 연결
- 배터리/전원부에서 MCU 및 드라이버까지 분기
- 배관, 회전부, 컨베이어 롤러 주변 안전 경로 확보
- 배선 과도한 장력 방지: 10~15 mm 여유 확보

4) 검사 및 테스트

항목	방법	기준
연속성	멀티미터 테스트	단선 없음
절연	절연저항 테스트	$\geq 100 \text{ M}\Omega$
커넥터 결합	육안 및 체결 확인	견고히 체결, 풀림 없음
신호/전원 확인	MCU, 센서, 모터 구동 테스트	정상 동작

5) 유지보수 및 관리

- 배선도 및 커넥터 위치도 **문서화**
- 이동식 하네스 사용 시 **탈착 시 표기**
- 손상/노후 케이블 교체 주기: **연 1회 또는 점검 시**
- 고전류 구간 및 배터리 주변 케이블 **정기적 열점 확인**

13.4 배관/펌프 조립

냉장고 크기 이동식 폐식용유 수거 장비에서 **배관과 펌프 조립**은 폐식용유를 안전하고 효율적으로 이동·저장·배출하기 위한 핵심 단계다. 조립 과정에서 **누유 방지**, 펌프 효율, 청소/유지보수 편의성을 고려해야 한다.

1) 조립 준비

1.1 부품 확인

- 펌프 종류 및 사양 확인: 기어 펌프, 다이어프램 펌프 등
- 배관 재질: SUS304, 내유·내열 플라스틱, 실리콘 호스 등
- 연결 부속: 밸브, 역류 방지 장치, O-링, 클램프

1.2 청결 유지

- 모든 배관·펌프 부품 세척 후 먼지, 오일 제거
- O-링 및 패킹에 윤활제(내유 그리스) 도포

2) 배관 조립 순서

1. 펌프 입출구 연결

- 흡입·토출 포트 방향 확인
- 적합한 클램프/플랜지 체결
- 역류 방지 밸브 설치

2. 탱크 연결

- 유입 배관: 탱크 입구에서 펌프 흡입 포트 연결
- 배출 배관: 펌프 토출에서 외부 배출 포트 연결

3. 센서 설치

- 압력, 유량 센서 위치 확보
- 센서 배선 및 하네스 연결

4. 지지 및 고정

- 배관 지지 클램프 설치: 진동 및 이동 시 흔들림 방지
- 경사 조절 구조에 배관 간섭 여부 확인

3) 펌프 설치

- 펌프 베이스에 진동 흡수 패드 설치
- 전원 연결 및 드라이버/MCU 연결 준비
- 회전 방향 및 정격 전압 확인
- 임시 수동 회전 테스트로 이물질 막힘 확인

4) 누유 및 작동 확인

1. 임시 충전 및 공회전 테스트

- 물 또는 안전한 테스트 유체 사용
- 배관, 펌프, 밸브에서 누유 여부 확인

2. 압력·유량 테스트

- 압력 센서 및 유량 센서 값 정상 범위 확인
- 속도 제어, PWM 드라이브 동작 점검

3. 조립 최종 점검

- 모든 클램프 체결 상태 확인
- 배관 지지, 유입/배출 경로, 센서 연결 확인
- 필요 시 배관 라벨링

5) 유지보수 고려

- 배관은 **분해 가능 구조**로 설계: 펌프 교체 및 청소 용이
- O-링, 패킹, 밸브는 **정기 점검/교체 목록** 포함
- 배관 고정 클램프와 배관 마찰부 **윤활/보호**

13.5 품질 검사 및 FAT 테스트

냉장고 크기 이동식 폐식용유 수거 장비의 제작 완료 후 품질 검사 및 FAT은 장비 성능, 안전성, 신뢰성을 확인하는 마지막 단계다. 이 단계에서 문제를 조기에 발견하면 운영 중 장애 예방, SAF 전환 품질 확보가 가능하다.

1) 품질 검사 항목

1.1 기구 부품 검사

- 프레임, 컨베이어, 탱크 등 치수 및 공차 확인
- 용접, 절곡부 결함 여부 확인
- 모서리 버 제거 및 표면 처리 상태 확인

1.2 전기/전자 검사

- 배선 연결, 커넥터 체결 상태 확인
- MCU, 드라이버, 센서 전원 정상 작동 확인
- 배터리 팩, BMS, 전류 센서 점검

1.3 유체 시스템 검사

- 배관 연결 상태 및 클램프 체결 확인
- 펌프 흡입/토출 방향 확인
- O-링, 패킹 누유 여부 확인

- 밸브, 역류 방지 장치 정상 동작 확인

1.4 센서 및 제어 시스템 검사

- 레벨, 압력, 온도, 유량 센서 정상 동작
- 컨베이어, 펌프 속도 제어, 소프트 스타트 기능 확인
- 긴급 정지, 경보, UI 표시 확인

2) FAT(Final Acceptance Test) 수행

2.1 테스트 준비

- 테스트 유체: 안전한 폐오일 대체용 수용액 사용 가능
- 장비 전원, 센서, MCU, 드라이버 연결 확인
- 보호 장치, EMO, 방진/방수 상태 확인

2.2 FAT 테스트 항목

1. 컨베이어 및 유입 테스트

- 좌측/우측 컨베이어 유입 및 동시 운전 확인
- 이물질 제거 장치(망, 브러시) 정상 동작

2. 유체 이동 테스트

- 펌프 가동 후 배관, 탱크, 밸브 정상 운용
- 레벨 센서, 유량 센서 측정값 정상

3. 제어 시스템 테스트

- 자동 속도 조절, 중지, PWM 제어 기능 확인
- 원격 모니터링 및 UI 표시 정상

4. 배터리 및 전력 테스트

- 전류, 전압, 발열 모니터링
- 절전 모드, 자동 Sleep 정상 작동

5. 안전 장치 테스트

- 긴급 정지, 인터록, 경보 기능 시험
- 방수·방진(IP 등급) 점검

2.3 성능 기록

- 모든 테스트 결과 기록: 정상/불량 여부, 수치 데이터
- FAT 통과 시 장비 출고 승인 문서 작성

3) FAT 후 조치

- 발견된 문제는 즉시 조치 후 재검사
- 테스트 데이터와 사진 기록 보관
- 장비 운용 매뉴얼, 유지보수 매뉴얼과 연동

13.6 대량 생산 고려사항

냉장고 크기 이동식 폐식용유 수거 장비를 소량 제작에서 대량 생산으로 전환할 때는 설계, 공정, 부품, 품질 관리 측면에서 다양한 고려사항이 필요하다. 대량 생산 단계에서 제작 효율, 비용 절감, 품질 일관성을 확보하는 것이 목표다.

1) 설계 표준화

1.1 모듈화 설계

- 컨베이어, 펌프, 배관, 배터리, 센서 등 모듈 단위 조립 가능
- 교체·유지보수 용이, 생산 속도 향상

1.2 표준 부품 활용

- 나사, 볼트, 클램프, 커넥터 등 표준 규격 사용
- 특수 부품 최소화로 조달 용이, 비용 절감

1.3 호환성 확보

- 좌측/우측 컨베이어, 펌프, 탱크 등 반복 부품 동일 설계
- PCB, 하네스, 센서 연결 규격 통일

2) 생산 공정 최적화

2.1 절곡·용접

- CNC 벤딩, TIG/MIG 용접 등 자동화 가능 공정 도입
- 용접 지그 표준화로 공차 및 용접 품질 일관성 유지

2.2 배관/펌프 조립

- 모듈 단위 사전 조립 → 최종 조립 현장 설치
- 반복 공정 매뉴얼화, 작업자 교육

2.3 전기/전자

- 하네스, PCB, 센서 사전 테스트 후 조립
- 커넥터, 케이블 길이, 배선 경로 표준화

3) 품질 관리

- **FAT(Test) 표준화:** 컨베이어, 펌프, 센서, 제어 시스템 점검 항목 통일
- **샘플링 검사:** 생산량 대비 표본 검사, 누락 방지
- **공정 기록 관리:** 부품 LOT 번호, 제작 일자, 검사 결과 기록

4) 부품 조달 및 재고

- 대량 생산 대비 안정적 공급망 확보
- 소모품, 필터, 브러시, O-링 등 예비 부품 확보
- 장기 재고 관리: 배터리 수명, 재질 변형 방지

5) 생산 비용 및 시간 관리

- 반복 생산 설계 → 제작 시간 단축, 인건비 절감
- 자동화 장비 활용 → 절곡, 용접, 하네스 조립 속도 향상
- 표준화 부품 → 구매 단가 절감, 조달 안정성 확보

6) 안전 및 규제 준수

- 대량 생산 시 모든 장비 산업안전 규격 준수
- CE, ISO, IP 등급 설계 기준 통합
- 배터리, 전기부, 유체부 안전 점검 절차 표준화

7) 문서화 및 매뉴얼

- 생산 공정, 조립, 검사 매뉴얼 표준화
- 장비 설계 변경 시 버전 관리
- 유지보수, 장애 대응 매뉴얼과 연동