

14. 테스트 및 검증 항목

14.1 컨베이어 동작 성능

냉장고 크기 이동식 폐식용유 수거 장비의 컨베이어 동작 성능은 폐식용유 수거 효율, 장비 안정성, SAF 전환 품질에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 출고 전 장비 설치 및 운용 단계에서 컨베이어 성능을 정확히 확인하는 것이 중요하다.

1) 기본 성능 항목

항목	목표 값	확인 방법
속도 범위	0.05 ~ 0.3 m/s (조절 가능)	속도 센서 및 MCU 제어 테스트
동시 운전 안정성	좌/우 컨베이어 동시 구동 가능	소프트 스타트 및 속도 동기화 확인
적재 용량	최대 10~15 L/min	유체 또는 모의 물질 사용 테스트
경사 조절 대응	$\pm 10^{\circ}$ 범위에서 정상 운전	경사 구조 조절 후 운전 테스트
이물질 처리	망/스크레이퍼/브러시 정상 작동	고체 시뮬레이션 테스트

2) 운전 테스트 절차

2.1 초기 점검

- 전원 및 배선 연결 상태 확인
- 컨베이어 롤러, 벨트, 브러시, 스크린 장착 상태 확인
- EMO 및 안전 장치 정상 작동 여부 확인

2.2 속도 및 방향 테스트

- 저속 → 중속 → 최고속 단계별 운전
- 좌측/우측 컨베이어 단독 및 동시 구동 테스트
- 속도 센서 값과 MCU 제어 값 비교 확인

2.3 적재 테스트

- 모의 폐식용유 또는 물 사용
- 최대 적재량 운반 후 컨베이어 정상 운전 여부 확인
- 이물질 제거 장치 작동 확인

2.4 경사 조절 테스트

- 컨베이어 전면/양측 높낮이 조절
- 경사 각도 변화 시 벨트 이탈, 롤러 마찰, 유체 흘러내림 여부 확인

3) 안전 및 예비 점검

- 비상정지 버튼 작동 확인
- 토크 리미트, 과부하 센서 확인
- 경사, 하중 변화 시 이상 진동 및 소음 확인

4) 성능 기록

- 속도, 부하, 경사, 동시 운전 상태 기록
- 테스트 결과 이상 시 조정 및 재점검
- FAT 보고서에 포함하여 **출고 승인 기준**으로 사용

14.2 실 사용 환경 폐유 테스트

냉장고 크기 이동식 폐식용유 수거 장비의 **실 사용 환경 폐유 테스트**는 장비가 실제 운영 조건에서 안정적으로 동작하고, SAF 전환 품질을 만족하는 폐유를 수거할 수 있는지 확인하는 단계다.

1) 테스트 준비

1.1 폐유 수거 대상

- 식당, 학교, 카페 등 실제 폐식용유
- 다양한 점도, 온도, 부유물 포함

1.2 장비 준비

- 컨베이어, 펌프, 탱크, 센서, 제어 시스템 점검 완료
- 배터리 충전 상태 확인
- 안전 장치(EMO, 경보, 토크 리미트) 작동 확인

1.3 테스트 환경

- 실내 또는 지정 실외 장소
- 주변 환경 안전 확보: 누유 대비 바닥 보호, 화재 대비 소화기 비치

2) 테스트 항목

항목	측정/관찰	기준
유입량	좌/우 컨베이어 적재량 및 속도	목표 L/h $\pm 10\%$
이물질 제거	스크린, 브러시, 필터 작동	고형물 제거 95% 이상
탱크 레벨	레벨 센서 및 중량 센서 확인	센서 오차 $\pm 5\%$
펌프 성능	유량, 압력 센서 값 확인	설계값 $\pm 10\%$

항목	측정/관찰	기준
컨베이어 안정성	벨트 이탈, 과부하, 소음 관찰	이상 없음
온도/점도	탱크 내부 유체 온도	점도 안정 범위 유지

3) 테스트 절차

- 1. 폐유 유입
 - 좌/우 컨베이어를 통해 실제 폐유 투입
 - 초기 적재 및 속도 확인
- 2. 펌프 운전
 - 유입된 폐유를 탱크로 이동
 - 레벨 센서, 유량 센서 정상 작동 확인
- 3. 이물질 제거
 - 망, 브러시, 스크린 기능 확인
 - 불순물 제거 상태 확인
- 4. 탱크 적재 및 배출
 - 탱크 레벨 확인, 오버플로 방지 기능 시험
 - 배출 포트/드레인 정상 작동 확인
- 5. 제어 시스템 검증
 - 자동 속도 조절, 소프트 스타트, 비상정지 동작 확인
 - UI 및 원격 모니터링 데이터 기록

4) 성능 평가 및 기록

- 유입 속도, 처리 용량, 불순물 제거율 기록
- 센서 데이터 및 배터리 소모량 기록
- 테스트 결과 문제 발생 시 조정/재점검 후 재테스트
- FAT 문서에 포함하여 실 사용 환경 성능 검증 완료

14.3 저장 탱크 누유 테스트

냉장고 크기 이동식 폐식용유 수거 장비에서 저장 탱크 누유 테스트는 안전성과 장비 신뢰성을 확인하는 핵심 단계다. 폐유는 점도가 높고 오염 위험이 있으므로, 탱크, 배관, 연결부, 씰링 모두에서 누유 여부를 철저히 검사해야 한다.

1) 테스트 준비

1.1 장비 준비

- 배관, 펌프, 컨베이어 정상 설치 완료
- 레벨 센서, 압력 센서, 배출 밸브 정상 작동 확인
- 배터리 및 전원 연결 확인

1.2 테스트 유체

- 실제 폐식용유 또는 **대체 테스트 유체** (물 + 점도 조절제) 사용 가능
- 유체 온도: 장비 운용 온도 범위 내

1.3 안전 준비

- 바닥 및 주변 보호 (누유 대비)
- 화재 위험 대비 소화기 준비
- 개인 보호구(PPE) 착용: 장갑, 안경, 작업복

2) 테스트 항목

항목	측정/관찰	기준
탱크 바디	용접부, 절곡부, 표면	균열/누수 없음
입출구 포트	연결 부위, 밸브, 클램프	누수 없음
레벨 센서/부착부	센서 체결 및 씰링	정상 밀봉
배관 연결부	펌프, 드레인 포트, 배관 클램프	누수 없음
탱크 씰링	O-링, 가스켓, 실리콘	손상/변형 없음

3) 테스트 절차

3.1 초기 충전

- 탱크를 50~70% 용량으로 채움
- 10~15분 대기 후 누수 여부 육안 확인

3.2 최대 용량 충전

- 설계 최대 용량까지 충전
- 탱크 바닥, 용접부, 포트, 배관 연결부 관찰

3.3 압력 테스트 (필요 시)

- 펌프 가동하여 **정상 작동 압력 범위**까지 유체 압력 가함
- 탱크 및 배관 압력 센서 확인, 누수 여부 확인

3.4 반복 점검

- 컨베이어 유입, 펌프 작동 시 동적 조건에서 누수 확인
 - 배출 및 드레인 작동 후 잔유 유출 여부 확인
-

4) 평가 및 조치

- 누수 발견 시 즉시 원인 분석: O-링, 클램프, 용접 결함 등
- 조치 후 재검사 수행
- 모든 데이터 기록: FAT 문서, 설치 점검 체크리스트 포함
- 누수 없는 상태 확인 시 장비 출고 승인

14.4 이동 플랫폼 진동/하중 테스트

냉장고 크기 이동식 폐식용유 수거 장비에서 **이동 플랫폼 진동 및 하중 테스트**는 장비 구조 안정성과 안전 운용을 보장하기 위해 필수적인 단계다. 폐유 적재 시 무게 변화, 컨베이어 운전, 펌프 작동 등으로 발생하는 진동과 하중을 고려하여 장비가 안정적으로 작동하는지 확인한다.

1) 테스트 준비

1.1 장비 준비

- 배터리, 펌프, 컨베이어, 센서, 배관 설치 완료
- 모든 부품 정상 작동 여부 확인
- 레벨 센서, 배터리, 전원, 제어 시스템 연결 상태 확인

1.2 테스트 환경

- 평평한 실내 바닥 또는 실험용 지지 플랫폼
- 진동 측정 장치, 하중계 설치
- 안전 확보: 주변 장비 및 인원 보호

1.3 적재 준비

- 폐식용유 또는 모의 유체를 탱크에 적재
 - 최대 적재량과 부분 적재량 모두 테스트
-

2) 테스트 항목

항목	측정 방법	목표/기준
정적 하중	탱크, 프레임, 캐스터 지지점	설계 하중 $\pm 5\%$ 허용
동적 하중	컨베이어, 펌프 운전 상태	프레임 변형, 진동 이상 없음
진동 전파	가속도계 측정	센서/전자부 과도 진동 없음
무게 중심 변화	탱크 적재량 변화 시	장비 전복/균형 이상 없음
캐스터/바퀴 반응	하중 분배 및 이동 시	부드러운 이동, 소음/충격 최소

3) 테스트 절차

3.1 정적 하중 테스트

- 탱크를 최대 적재량까지 채움
- 플랫폼 및 프레임 하중 측정
- 구조 변형, 용접부, 절곡부 확인

3.2 동적 하중 테스트

- 컨베이어 운전, 펌프 작동 시 장비 진동 측정
- 최대 유입량 및 펌프 속도에서 변형 여부 확인

3.3 이동 테스트

- 장비를 이동하며 바퀴/캐스터 상태 확인
- 불균형, 좌우 흔들림, 소음, 진동 전파 관찰

3.4 반복/장시간 테스트

- 장시간 운전 후 진동/하중 변화 확인
- 구조적 피로, 배관/전선 손상 여부 점검

4) 평가 및 조치

- 기준 초과 진동, 과도한 변형 발견 시 구조 보강 필요
- 캐스터, 서스펜션, 프레임 설계 조정
- 모든 테스트 데이터 기록: FAT 보고서, 설치 점검 체크리스트 포함
- 장비 안정성 확인 시 출고 승인

14.5 전기·전력 품질 테스트

냉장고 크기 이동식 폐식용유 수거 장비에서 **전기·전력 품질 테스트**는 배터리, 모터, 펌프, 컨트롤러 등 모든 전기·전자 부품이 안정적으로 동작하는지 확인하는 핵심 단계다. 전력 품질이 불안정하면 장비 장애, 센서 오동작, 배터리 손상 등이 발생할 수 있다.

1) 테스트 준비

1.1 장비 준비

- 모든 전기·전자 부품 설치 및 연결 완료
- 배터리 팩 충전 완료, BMS 정상 작동 확인
- 하네스, PCB, 센서 연결 상태 점검

1.2 테스트 장비

- 멀티미터, 오실로스코프, 전류 센서, 전압 센서
- 데이터 로깅 장치 및 원격 모니터링 시스템

1.3 안전 조치

- EMO(긴급정지) 버튼 확인
- 과전류, 단락 보호 장치 점검
- 작업자 PPE 착용

2) 테스트 항목

항목	측정/관찰	기준
배터리 전압 안정성	부하 변화 시 측정	$\pm 5\%$ 범위 내 유지
전류 피크	모터/펌프 구동 시 측정	설계값 이하
전력 소비	전체 시스템 운전 시	설계 전력 $\pm 10\%$
전압 강하	장거리 배선/하중 시	허용 한계 이하
전자기 간섭(EMI)	센서·MCU 데이터 오차	이상 없음
BMS 동작	과전류, 과충전, 과방전	정상 차단 및 알람 작동

3) 테스트 절차

3.1 무부하 테스트

- 장비 구동 전 전원 공급 안정성 확인
- 배터리 전압 및 센서 신호 정상 확인

3.2 부하 테스트

- 컨베이어, 펌프, 센서 모두 작동
- 전류, 전압, 전력 소비 측정
- 배터리 및 BMS 동작 확인

3.3 변동 부하 테스트

- 컨베이어 속도 변화, 펌프 PWM 조절, 유입량 변화
- 전압 강하, 전류 피크, 센서 신호 이상 여부 기록

3.4 장시간 테스트

- 장시간 운전 후 발열, 전압/전류 변동 확인
- 배터리 및 전원부 안전성 확인

4) 평가 및 조치

- 전압/전류 이상 시 배선, 하네스, 드라이버 점검
- EMI 발생 시 신호선 분리, 쉴딩 추가
- 배터리 발열 과도 시 BMS 설정 조정 또는 배터리 교체
- 모든 데이터 기록: FAT 보고서, 설치 점검 체크리스트 포함

14.6 열 안정성 테스트

냉장고 크기 이동식 폐식용유 수거 장비에서 **열 안정성 테스트**는 장비 내부 온도 상승, 배터리 발열, 펌프 및 컨베이어 구동에 따른 열 부하를 평가하여 **장비 안전성과 폐유 품질 안정성**을 확보하는 단계다. 폐유 점도 변화와 SAF 전환 품질에도 직결되는 중요한 시험이다.

1) 테스트 준비

1.1 장비 준비

- 모든 전기·전자 부품, 컨베이어, 펌프, 배관 설치 완료
- 배터리 팩 및 BMS 점검 완료
- 열 감지 센서, 온도 센서 설치 확인

1.2 테스트 환경

- 실내 또는 지정 실외 환경
- 온도계, 열화상 카메라, 데이터 로거 준비
- 안전 장치 점검: EMO, 과열 차단, 환기 상태

1.3 유체 준비

- 폐식용유 또는 점도 유사 대체 유체
- 탱크 내부 초기 온도 기록

2) 테스트 항목

항목	측정/관찰	기준
배터리 발열	전류 피크 시 온도 측정	45°C 이하
모터·펌프 발열	장시간 구동 시 측정	설계 허용 범위 내
탱크 내부 온도	유입·펌프 운전 시 측정	점도 안정 범위 유지
컨베이어 주변	벨트, 롤러, 브러시 온도	50°C 이하
주변 환경 영향	실외 온도 상승 시 장비 영향	정상 운전 가능

3) 테스트 절차

3.1 무부하 열 테스트

- 전원 공급 후 컨베이어 및 펌프 구동
- 초기 10~15분 동안 온도 상승 관찰

3.2 부하 운전 열 테스트

- 유입량 최대 조건, 펌프 및 컨베이어 동시 운전
- 배터리, 모터, 펌프, 탱크 내부 온도 측정
- 열화상 카메라로 고온 구간 확인

3.3 장시간 테스트

- 2~4시간 연속 운전 후 온도 변화 기록
- 탱크 내 폐유 점도 변화 관찰
- 과열 시 자동 차단, 냉각 시스템 작동 확인

3.4 경사/운동 조건 테스트

- 컨베이어 경사, 이동 플랫폼 하중 변화 시 온도 영향 확인
- 배터리 및 전자부 과열 여부 점검

4) 평가 및 조치

- 과열 발생 시: 펌프 운전 속도 조절, 배터리 방열 개선, 열 차폐 보강
- 탱크 내부 유체 점도 불안정 시: 히터/냉각기 제어 로직 최적화
- 모든 온도 데이터 기록: FAT 보고서, 설치 점검 체크리스트 포함
- 기준 내 안정성 확인 시 **장비 출고 승인**

14.7 지속 운전 테스트(24h 운전)

냉장고 크기 이동식 폐식용유 수거 장비에서 **24시간 지속 운전 테스트**는 장비의 내구성, 안정성, 센서·제어 시스템의 신뢰성을 검증하는 최종 단계다. 장시간 운전 조건에서 발생할 수 있는 **발열, 진동, 누유, 센서 오작동, 전력 소모** 등을 확인하여 실제 운영 환경에서 문제 없이 작동할 수 있는지 평가한다.

1) 테스트 준비

1.1 장비 준비

- 배터리, 컨베이어, 펌프, 탱크, 센서, 배관 등 모든 부품 설치 완료
- FAT, 열 안정성, 하중 테스트 통과 상태 확인
- 모든 안전 장치(EMO, 토크 리미트, 경보) 정상 작동 확인

1.2 테스트 환경

- 안전 확보된 실내 또는 실외 운용 공간
- 누유 방지 바닥, 소화기 등 화재 대비
- 원격 모니터링 및 데이터 로거 준비

1.3 테스트 유체

- 실제 폐식용유 또는 모의 폐유 사용
- 초기 탱크 레벨 및 점도 기록

2) 테스트 항목

항목	측정/관찰	기준
컨베이어 및 펌프	24h 연속 구동	이상 진동, 벨트 이탈 없음
탱크 누유	육안 및 센서 확인	누수 없음
레벨/유량/온도 센서	지속 측정	±5% 오차 내 유지

항목	측정/관찰	기준
배터리/전력	연속 운전 시 전압, 전류, 온도	설계 범위 내
구조 안정성	프레임, 캐스터, 배관	변형·손상 없음
제어 시스템	자동 속도 조절, 긴급정지	정상 동작

3) 테스트 절차

3.1 초기 점검

- 장비 모든 연결 상태 확인
- 센서, UI, 원격 모니터링 정상 확인
- 배터리 및 BMS 상태 기록

3.2 연속 운전

- 컨베이어 좌/우 동시 운전
- 펌프, 배관, 탱크 레벨 자동 제어 활성화
- 원격 모니터링으로 데이터 실시간 기록

3.3 중간 점검

- 6h~12h 간격으로 장비 상태 육안 점검
- 누유, 과열, 진동, 전력 소비 이상 여부 확인

3.4 종료 후 점검

- 장비 정지 후 모든 센서, 배관, 전기부 상태 확인
- 배터리 잔량, 발열, 구조 변형 기록

4) 평가 및 조치

- 이상 발생 시 원인 분석 후 설계 수정 또는 부품 교체
- 연속 운전 후 모든 데이터 기록: FAT 보고서, 유지보수 매뉴얼 반영
- 테스트 통과 시 장비 최종 출고 승인