

— HYDROXPAND · USER MANUAL

HXS-30

30 kW 스택

사용자 매뉴얼



풀스택 검증이 진행 중입니다(2026 하반기 완료 예정). 수치와 절차는 검증 결과에 따라 개정될 수 있습니다.

DOCUMENT CONTROL

문서 관리

문서 정보

문서번호	HX-MAN-HXS30-KR-001
판	ver1.8
발행일	2026-10-05
대상 제품	HXS-30 · 30 kW 스택
언어	국문

이 매뉴얼에 대하여

이 매뉴얼은 HydroXpand 웹 핸드북을 인쇄용으로 묶은 정식판입니다. 내용은 웹 핸드북과 같습니다.

웹 핸드북이 먼저 갱신됩니다. 인쇄본과 웹 내용이 다르면 웹 핸드북이 최신입니다. 각 장 머리에 그 장의 갱신일이 있습니다.

안전 장을 먼저 읽으십시오. 경고 표시(위험·경고·주의·알림)의 뜻은 안전 장 첫 절에 있습니다.

개정 이력

판	날짜	내용
1.0	2026-10-02	최초 발행(웹 핸드북에서 뽑음)
1.1	2026-10-04	인양점·권장 유량·전압 상한·최소 전류 계산·발열 표·배액 순서 추가
1.2	2026-10-04	발열 예시를 장기구동 실측 일평균(약 360 A, 76.8 → 81.5 V)으로 정정
1.3	2026-10-04	경고문 정비, 해체 시 질소 질식 경고와 벤트 막힘 절 추가
1.4	2026-10-04	경고를 해당 단계 앞으로 이동, 정전기 점화·고온 화상 경고 추가
1.5	2026-10-04	주요 단계에 확인·안 되면 줄 추가
1.6	2026-10-04	포트·DC 단자·인양점 그림과 전해질 루프 그림 추가
1.7	2026-10-05	국문 문장 다듬기
1.8	2026-10-05	전압 추이 읽기 그림 5-1 추가

CONTENTS

목차

01	안전	4
02	받기와 보관	10
03	시작하기	13
04	운전과 정지	21
05	유지보수	26
06	해체와 보관	30
07	사양과 참고	33
	문제 해결	37

01 안전

HXS-30 · 갱신 2026-09-30

HXS-30 은 수소와 산소를 만들며, 수백 암페어의 직류 전류가 흐르고 부식성 전해질이 통과하는 장비입니다. 무게도 사람이 들 수 있는 수준이 아닙니다. 위험의 종류가 다양하므로 안전 규칙도 다양합니다.

스택에는 안전 기능이 내장돼 있지 않습니다. 감지와 인터록, 과압 보호, 비상 정지는 모두 고객이 구성한 계통이 맡습니다.

이 장은 즉시 취해야 할 안전 조치만 담습니다. 원인을 찾는 절차는 「문제 해결」 장에 있고, 그 작업은 현장이 안전해진 뒤 자격을 갖춘 사람이 합니다.

다루는 위험 수소 · 대전류 직류 · 전해질 · 무게 보호구 작업마다 다릅니다 읽는 시점 설치 전에 한 번, 전부

이 장을 읽는 방법

처음이신 분

이 장은 어느 절도 건너뛰지 말고 읽으십시오. 설치 전에 한 번 통독하시고, 비상 대응 절은 장비 옆에 붙여 두십시오.

해보신 분

표시 규칙과 비상 대응만 다시 보십시오. 나머지는 현장 안전 규정과 대조하실 때 쓰십시오.

표시 규칙

이 핸드북은 네 가지 신호어를 씁니다. 강도가 다르므로 구분해서 읽으십시오.

표시	뜻
----	---

 위험	피하지 않으면 중상이나 사망에 이르는 상황입니다
---	----------------------------

 경고	피하지 않으면 중상이나 사망에 이를 수 있는 상황입니다
---	--------------------------------

 주의	피하지 않으면 경상이나 중등도 부상을 입을 수 있는 상황입니다
---	------------------------------------

 알림	사람이 다치는 것과는 직접 관련이 없지만 장비 손상이나 성능 저하를 막는 정보입니다
---	--

이 스택을 쓰는 범위

HXS-30 은 알칼리 전해질로 수소와 산소를 만드는 용도로만 씁니다. 이 핸드북과 데이터시트의 한계 안에서 운전하십시오.

하지 마실 것

- 다른 전해질로 운전하는 것

- 전류·전압·압력·온도 한계를 넘겨 운전하는 것
- 구조를 바꾸거나 승인 없이 분해·수리하는 것

다루는 사람

자체 BoP 와 전력·제어·안전 계통을 설계하는 시스템 통합 담당자와, 그 계통 안에서 스택을 운전하는 교육받은 운전자를 위한 문서입니다. 다음 네 가지를 알고 계셔야 합니다.

- 수소 안전, 그리고 수소·산소 벤트와 환기, 배출 경로
- 대전류 DC 전원 장비와 전기 위험
- 알칼리 전해질 취급과 화학물질 안전 절차
- 중량물 인양과 운반 절차



알림

현지 법규와 현장 안전 규정이 이 핸드북보다 우선합니다.

수소



위험

수소는 폭발 위험이 있습니다.

- 색도 냄새도 없고, 아주 잘 타며, 공기와 넓은 범위에서 폭발성 혼합물을 만듭니다. 밀폐된 공간에서 특히 위험하고 타는 불꽃이 거의 보이지 않습니다.
- HXS-30 은 한 시간에 수천 노멀리터의 수소를 만듭니다. 소량의 누설이라도 수소가 빠르게 축적되므로 환기와 감지를 그 규모에 맞게 설계하십시오.
- 환기를 확보하고 점화원을 치우십시오. 누설은 누설 검지액이나 수소 검지기로 확인하십시오.
- 점화에 필요한 에너지가 아주 작아(약 0.02 mJ) 정전기 불꽃으로도 불이 붙습니다. 수소 배관과 설비를 접지하고, 누설이 의심되는 곳에서는 정전기가 잘 생기는 옷과 플라스틱 도구를 피하십시오.

- 환기가 확보된 곳에서만 운전하거나, 벤트를 설계된 배기 계통에 연결하십시오.
- 점화원을 멀리 두십시오. 스택과 벤트 출구 근처에서 흡연, 화기, 용접, 연마, 불꽃이 나는 작업을 하지 마십시오.
- 수소가 있을 수 있는 구역의 등급에 맞는 전기 기기를 쓰십시오.
- 누설 점검은 수소 감지기처럼 승인된 방법으로 하십시오. 불꽃으로 새는 곳을 찾지 마십시오.
- 수소는 천장과 높은 곳에 모입니다. 환기와 감지기 위치를 정하실 때 이 점을 고려하십시오.

벤트 배관



위험

수소 벤트와 산소 벤트를 절대 합치지 마십시오.

- 각각 별개의 안전한 배출점으로 빼십시오. 벤트 가스가 섞이면 폭발 위험이 있습니다.

- 벤트 배관은 항상 열려 있어야 합니다. 실수로 닫힐 수 있는 밸브나 장치를 닫지 마십시오.
- 벤트를 좁히거나 배압을 만들지 마십시오.
- 응축수가 쌓이면 벤트가 얼 수 있습니다. 현장 조건에 맞게 기울기와 드레인 지점을 정하고, 보온 조치를 하거나 열선을 설치하십시오.
- 산소 농도가 높아진 공기는 화재 위험을 높입니다. 산소 배출 구역 주변에 가연물을 두지 마십시오.

작업 해설

이 스택에서 산소는 전해질과 함께 나옵니다.

- 전해질은 양극 쪽만 순환합니다. 산소는 전해질과 함께 산소·전해질 출구로 나와 탱크로 돌아가고, 거기서 분리됩니다. 그래서 산소 벤트는 스택이 아니라 탱크 쪽에 생깁니다. 그 벤트에도 위 규칙이 그대로 적용됩니다.

전기

위험

감전과 아크 위험이 있습니다.

- HXS-30 은 정격 80 V · 360 A 의 직류를 받습니다. 이 전류에서는 느슨한 접속 하나가 큰 열과 아크를 만듭니다. 통전된 도체에 닿으면 중상이나 사망에 이를 수 있습니다.
- 활선에 닿으면 중상이나 사망에 이릅니다.

- 전기 설치에 자격을 갖춘 사람이 합니다.
- 법규에 맞는 과전류 보호와 차단 장치를 두십시오.
- DC 전원과 연결된 모든 기기를 제대로 접지하십시오.
- 부하가 걸린 상태에서 전원 케이블을 연결하거나 분리하지 마십시오.
- 전기 부품을 건조하게 유지하고 전해질이 닿지 않게 하십시오.

경고

정지한 뒤에도 단자에 전압이 남아 있을 수 있습니다.

- DC 전원을 끄고 계통에서 분리한 다음, 방전될 시간을 두고 계측기로 단자 전압을 확인한 뒤에 케이블과 단자를 만지십시오. 공구로 단자를 단락시키지 마십시오.
- 전압이 남아 있는 단자에 닿으면 감전되고, 단자가 단락되면 아크로 화상을 입습니다.

전해질

경고

KOH 수용액은 부식성이고 피부와 눈에 심한 화상을 입힐 수 있습니다.

- 보안경과 내알칼리 장갑을 착용하고 다루십시오. 닿으면 즉시 다량의 물로 씻으십시오.

⚠ 주의

운전 중 전해질과 배관, 스택은 최대 80 °C 까지 뜨거워집니다. 맨손으로 만지면 화상을 입습니다.

- 운전 중이거나 정지 직후에는 장갑을 끼고 만지십시오. 배관을 열거나 전해질을 뺄 때는 식은 것을 확인한 뒤에 하십시오.

- SDS 와 현장 절차에 따라 취급하십시오.
- 용기, 배관, 피팅 모두 KOH 에 견디는 재질만 쓰십시오.
- 루프에 든 전해질 양이 많습니다. 흘렸을 때를 대비해 스택과 탱크 아래에 2차 방호를 두십시오.
- 노출됐을 때는 즉시 물로 씻어 내고 필요하면 진료를 받으십시오.
- KOH 를 다루는 자리 근처에 세안 설비와 안전 샤워를 갖추십시오.

보호구

i 알림

현장 규정이 이 표보다 엄하면 현장 규정을 따르십시오.



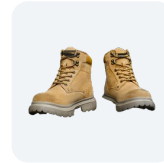
보안경



밀폐형 고글



내알칼리 장갑



발을 덮는 신발

작업	착용
일상 운전과 감시	보안경, 앞이 막힌 신발, 적절한 작업복
전해질 취급	밀폐형 고글이나 안면 보호구, 내알칼리 장갑, 화학용 앞치마나 실험복
인양과 운반	안전화와 작업 장갑, 그리고 현장 인양 절차가 요구하는 보호구
스택에 직접 작업	보안경과 작업 장갑. 전원 케이블과 단자 근처 작업에는 전기 보호구를 더합니다

비상 정지와 대응

⚠ 위험

비상 정지를 미루지 마십시오.

- 이상하거나 위험한 상황에서는 사람의 안전이 최우선입니다. 판단이 서지 않으면 즉시 멈추고 현장 절차에 따라 대피하십시오.

가스나 전해질 누설, 이상한 소리, 연기, 근처의 화재, 눈에 보이는 손상

1

접근이 안전하다면 스택으로 가는 DC 출력을 끄고 그대로 두십시오.

2

주변에 알리고 불필요한 인원을 대피시킨 뒤 접근을 제한하십시오.

3

구역이 안전해지기 전에는 단자, 케이블, 젖은 배관을 만지지 마십시오.

4

현장 비상 대응 계획을 따르고 안전 담당자에게 알리십시오.

5

자격을 갖춘 사람이 원인을 찾아 고치기 전에는 운전을 재개하지 마십시오.

수소 누설이 있거나 의심될 때

 위험

그 자리에서 불꽃을 낼 수 있는 스위치나 기기를 조작하지 마십시오.

- 점화원을 모두 멀리 두고, 현장 절차에 따라 환기를 늘리십시오.
- 권한 있는 사람이 안전하다고 선언하기 전에는 그 구역에 다시 들어가지 마십시오.

벤트가 막혔거나 얼었다고 의심될 때

 위험

과압과 위험한 배출이 생길 수 있습니다.

- 벤트 배출 위치에서 사람이 떨어져 있도록 하십시오.
- 배관을 완전히 감압하고 분리하기 전에는 막힌 것을 제거하려 하지 마십시오.
- 이 작업은 자격을 갖춘 사람이 현장 안전 절차에 따라 합니다.
- 막힌 배관을 함부로 풀면 갇힌 수소와 전해질이 뿔어져 나와 다칩니다.

전해질을 흘렸거나 노출됐을 때

경고

흘린 전해질이 피부나 눈에 닿지 않게 하십시오.

- 현장 누출 대응 절차를 따르십시오. 화학용 보호구를 착용하고 확산을 막아 처리한 뒤 법규에 맞게 폐기합니다.
- 사람이 노출됐으면 즉시 물로 씻고 SDS의 응급 처치를 따르십시오.

02 받기와 보관

HXS-30 · 갱신 2026-09-30

스택을 받아 자리에 놓기까지입니다. 운송과 취급, 보관 조건, 개봉과 검수, 그리고 무엇이 오고 무엇을 고객이 갖추는지를 다룹니다.

연결 절차는 「시작하기」장에 있습니다. 이 장은 그 전까지입니다.

옮기는 방법 **인양 장비로. 손으로 들지 않습니다** 보관 온도 **항상 5 °C 이상** 포트 **캡과 플러그를 끼운 채로**

이 장을 읽는 방법

처음으신 분

받으시기 전에 운송과 취급 절을 읽고 인양 방법을 정해 두십시오. 받으신 날에는 개봉과 검수 절의 절차를 따르십시오.

해보신 분

바로 설치하지 않으실 때의 보관 조건만 보십시오. 결빙과 포트 보호가 핵심입니다.

운송과 취급

⚠ 경고

사람이 손으로 들어 옮기는 무게가 아닙니다.

- 무게는 제품 페이지 사양표에 있습니다. 그 무게에 맞는 정격의 인양 장비와 받침을 쓰시고, 매단 짐 아래에 사람이 들어가지 않게 하십시오.
- 양쪽 엔드플레이트 뒷면의 M12 탭 4개(판당 2개)에 아이볼트를 끼워 4점으로 듭니다. 아이볼트는 고객이 준비합니다. 팔레트에 실린 채 지게차로 옮겨도 됩니다.
- 위쪽으로 솟은 두 판은 DC 단자입니다. 단자 판, 스택 돌레의 체결 볼트, 포트는 인양점이 아닙니다.
- 떨어지거나 넘어지면 깔려 크게 다칩니다.
- 인양점과 DC 단자 위치는 [그림 3-1](#)에 있습니다.

- 운송할 때는 가능한 한 원래 포장을 그대로 쓰십시오.
- 포장에 표시된 취급 기호를 모두 따르십시오.
- 포트, 보호 캡과 플러그, 피팅, 전기 단자나 케이블을 잡고 들거나 받치지 마십시오.
- 떨어뜨리거나 심하게 부딪히지 않게 하십시오. 비와 고인 물, 높은 습도에 노출하지 마십시오.

⚠ 경고

운송 중에 심한 충격이나 기울어짐, 사고가 있었으면 설치하거나 운전하지 마십시오.

- 아래 개봉과 검수를 먼저 하고 결과를 알려 주십시오.
- 운송 중 손상된 스택을 운전하면 수소나 전해질이 새어 화재나 화상으로 이어질 수 있습니다.

바로 설치하지 않으실 때

알림

얼지 않게 하십시오. 항상 5 °C 이상으로 보관하십시오.

- 스택 안에 수분이 남아 있을 수 있습니다. 그것이 얼면 막과 가스켓, 내부 부품이 상합니다.
- 포장 표시대로 놓고, 보관 중에는 원래 포장을 그대로 두십시오.
- 모든 포트의 캡과 플러그를 끼운 채로 두십시오.
- 실내의 건조한 곳, 직사광선이 닿지 않는 곳에 두십시오. 이슬이 맺히는 조건을 피하십시오.
- 심한 진동과 먼지, 부식성 가스를 피하십시오. 포장 위에 다른 짐을 쌓지 마십시오.

개봉과 검수

1

겉포장을 먼저 보십시오.

- 눈에 보이는 손상, 변형, 충격 흔적이 있으면 인도 서류에 적고 사진을 찍어 두십시오. 운송사 클레임에 씁니다.

2

포장을 열고 인양 장비로 스택을 꺼내 평평하고 단단한 자리에 놓습니다.

- 포장을 열 때 칼날을 깊게 넣지 마십시오. 포트 나사와 보호 캡이 상하기 쉽습니다.

3

스택을 눈으로 검수합니다.

- 엔드플레이트와 셀 적층부에 눌린 곳, 균열, 변형이 없는지 봅니다.
- 전해질 입구, 산소·전해질 출구, 수소 출구와 보호 캡·플러그가 상하지 않았고 확실히 끼워져 있는지 봅니다.
- 포트와 피팅 주변, 셀 둘레에 누설 흔적이나 잔류물이 없는지 봅니다.
- DC 단자에 힘이나 손상이 없는지 봅니다.
- 제품 라벨의 모델과 시리얼 번호를 확인하십시오. 나중에 문의하실 때 필요합니다.

경고

손상이나 누락, 이상이 있으면 연결하지 마십시오.

- 상태를 기록하고 사진을 찍어 두십시오. 당사와 운송사에 즉시 알리고 다음 조치를 합의한 뒤에 운전하십시오.
- 원래 포장은 가능한 한 보관하십시오. 옮기거나 정비를 보낼 때 필요합니다.
- 손상된 스택을 연결해 운전하면 수소나 전해질이 새어 화재나 화상으로 이어질 수 있습니다.

인도품과 공급 경계

함께 옵니다 HXS-30 스택 본체.

요청하시면 드립니다 외형과 외장재 기준의 STEP 파일. 내부 부품과 유로는 들어 있지 않습니다.

고객이 갖추십니다 직류 전원(정류기), 전해질 순환과 온도 제어, 냉각, 가스·액 분리와 필요 순도에 따른 건조·정제, 압력·안전 계통, 그리고 전해질과 정제수.

 알림

HXS-30 은 스택 단품입니다.

- 전원·순환·압력 조건을 보내 주시면 연결 사양을 함께 협의합니다. 계약 사양은 견적서와 승인 도면을 따릅니다.

03 시작하기

HXS-30 · 갱신 2026-09-30

스택을 자리에 놓은 뒤 첫 수소를 뽑기까지의 순서입니다. 아홉 단계입니다.

HXS-30 은 46셀 30 kW 스택입니다. 정류기와 전해질 순환, 냉각, 가스 처리, 계측과 인터록은 고객이 구성합니다. 연결 사양은 데이터시트에 있고, 계통 조건을 보내 주시면 연계 사양을 함께 협의합니다.

먼저 있어야 할 것 **외부 BoP 와 DC 전원** 정격 입력 **80 V · 360 A** 권장 조건 **0.1 M KOH · 50 °C** 보호구 **보안경 · 내알칼리 장갑**

이 장을 읽는 방법

처음으신 분

아홉 단계를 순서대로 따라 하십시오. 이 제품은 스택 단품이라 BoP 가 먼저 있어야 합니다. 무엇을 갖춰야 하는지는 1단계에 있습니다.

해보신 분

포트 확인과 루프 연결만 다시 보고 첫 운전으로 넘어가십시오. 운전 범위와 정지 순서는 「운전과 정지」 장에 있습니다.

1. 갖춰야 할 것



DC 전원 1대

정격 운전점은 80 V · 360 A 입니다. 운전 중 스택 전압이 올라가므로 약 92 V 까지 낼 수 있는 전원을 권합니다. 스택 전압 상한(셀 당 2.2 V, 101.2 V)까지 쓰실 계획이면 그만큼 낼 수 있는 전원을 고르십시오. 정전류 모드가 있어야 합니다.



전해질 순환과 온도 제어

탱크, 순환 펌프, 열교환기와 냉각. 재질은 KOH 에 견디는 것이어야 합니다. 냉각 용량은 「운전과 정지」 장의 발열 표를 보고, 운전을 계속할 전압 상한 기준으로 정하십시오.



가스·액 분리와 정제

수소 출구 뒤의 기액 분리와, 필요한 순도에 맞춘 건조·정제 설비.



압력과 안전 계통

수소측은 최대 10 barg, 양극측은 대기압 조건입니다. 그에 맞는 압력 보호와 감지, 인터록, 비상 정지를 갖추십시오.



전해질과 정제수

첫 충전은 정제수에 KOH 를 녹인 0.1 M 전해질, 운전 중 보충은 정제수입니다.

사진은 종류를 보여 드리는 예입니다.

알림

스택만 옵니다.

- 위의 BoP 와 유틸리티는 모두 고객 준비입니다. 무엇이 오는지는 「받기와 보관」 장의 공급 경계 절에 있습니다.

2. 포트 확인

스택에 붙은 라벨을 보고 네 가지를 확인하십시오. 개정에 따라 표기가 다를 수 있으니 받으신 물건의 라벨을 따르십시오.

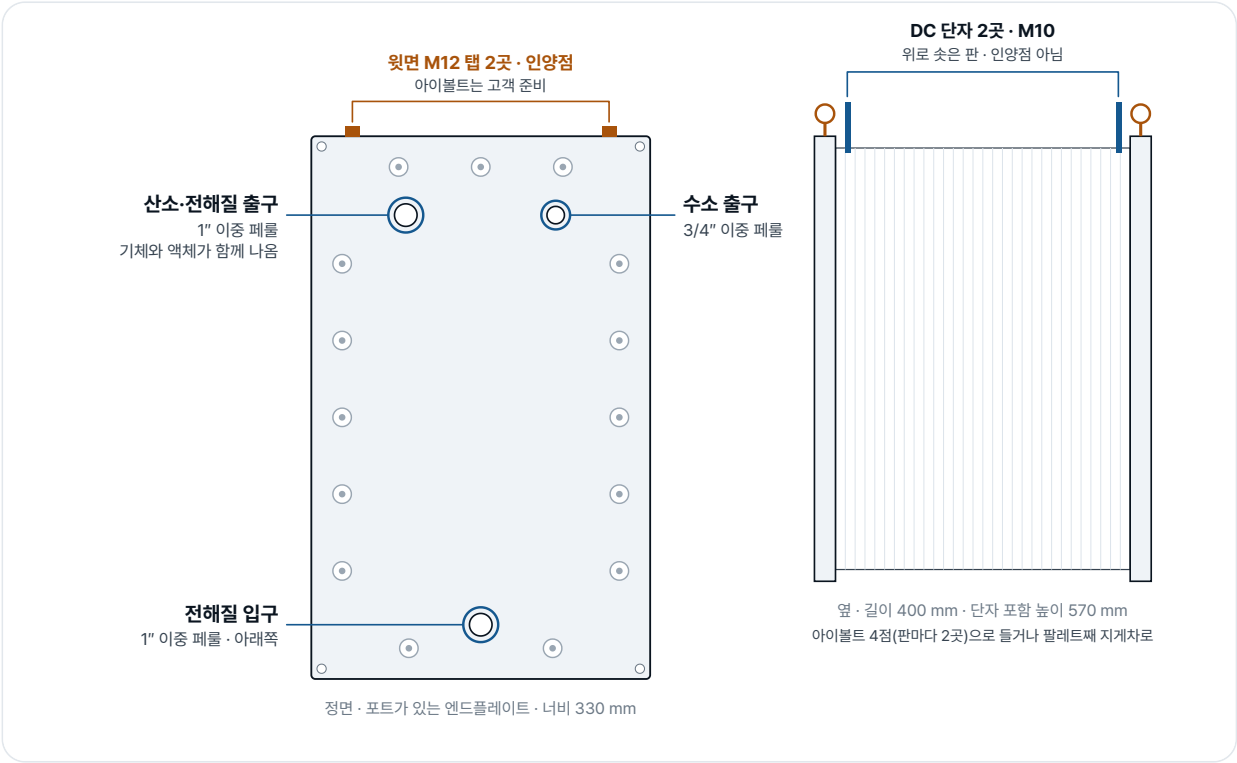


그림 3-1 HXS-30 포트, DC 단자, 인양점. 정면은 엔드플레이트 3D 모델의 좌표로 그렸고, 옆은 셀 적층을 단순화한 개념도입니다. 개정에 따라 다를 수 있으니 받으신 스택의 라벨을 따르십시오.

연결	무엇이 지나가나	규격
전해질 입구	전해질이 들어갑니다	1인치 이중 페룰
산소·전해질 출구	산소와 전해질이 함께 나옵니다	1인치 이중 페룰
수소 출구	수소가 나옵니다	3/4인치 이중 페룰
DC 단자	직류 전원이 들어갑니다	M10

알림

피팅은 두 규격으로 준비하십시오.

- 전해질 쪽 두 포트는 1인치, 수소 출구는 3/4인치입니다. 셋 다 표준 이중 페룰 방식이라 같은 규격의 시중 피팅과 튜브를 그대로 쓸 수 있습니다.
- 외형 치수와 포트 좌표가 필요하시면 외형 STEP 파일을 요청해 주십시오.

작업 해설

산소·전해질 출구는 기체와 액체가 같이 나오는 젖은 출구입니다.

- 산소를 따로 빼는 포트가 없습니다. 산소는 전해질과 함께 탱크로 돌아가 거기서 분리됩니다. 이 배관이 막히거나 꺾이면 되돌림이 불안정해집니다.

3. 전해질 루프 연결

일반적으로 전해질이 탱크에서 나와 탱크로 돌아오도록 배치합니다.

- 탱크 → 펌프 → 열교환기 → 전해질 입구 → 산소·전해질 출구 → 탱크

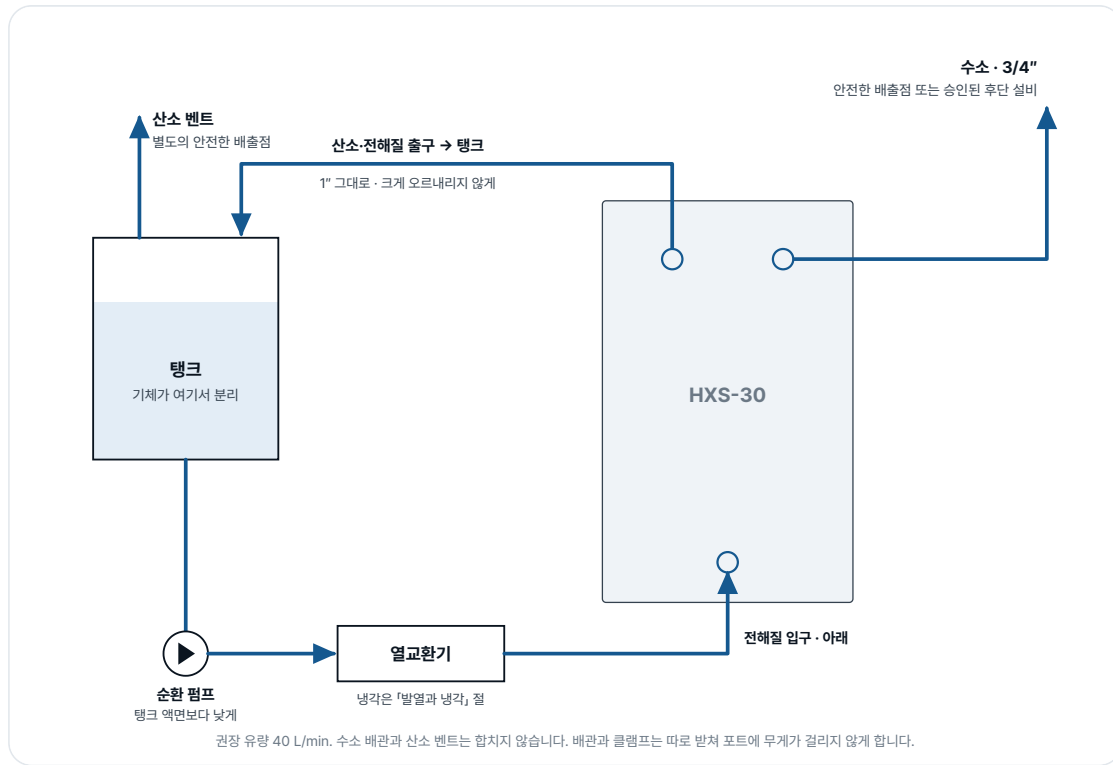


그림 3-2 HXS-30 전해질 루프와 수소 배관. 개념도이며 계측·밸브·인터록은 빠져 있습니다.

⚠ 경고

배관이 스택 포트에 하중을 가하지 않게 하십시오.

- 1인치 배관은 전해질이 차면 무겁습니다. 배관과 클램프를 따로 받쳐 두십시오. 포트에 배관 무게가 실리면 가스켓에서 누설이 발생하기 시작합니다.
- 새어 나온 전해질에 닿으면 화학 화상을 입습니다.

1

탱크 출구를 순환 펌프 입구에 연결합니다.

- 펌프는 탱크 액면보다 낮게 두십시오. 흡입 쪽이 늘 액체로 차 있어야 공기를 빨아들이지 않습니다.
- 펌프로 양극 루프를 가압하지 마십시오. 양극측은 대기압 조건입니다.

2

펌프 출구를 열교환기를 거쳐 스택의 전해질 입구에 연결합니다.

3

산소·전해질 출구를 탱크로 돌아가는 배관에 연결합니다.

- 되돌림 경로에서 유체가 원활하게 흘러야 합니다. 배관을 위로 크게 올렸다면 기체가 갇혀 복귀 흐름이 끊깁니다.

- 되돌림 배관을 포트 규격(1인치)보다 가늘게 줄이지 마십시오.

알림

스택 뒤쪽 배관의 저항이 양극 출구 압력을 올립니다.

- 그 압력이 일정 수준을 넘으면 전해질이 막을 넘어 수소 쪽으로 밀려갑니다. 그래서 출구에서 탱크로 가는 배관이 가장 중요합니다. 양극 압력은 스택 출구 가까이에서 재입시요.

4. 수소 배관 연결

위험

수소 배관과 산소 배출 배관을 절대 합치지 마십시오.

- 각각 별개의 승인된 배출점으로 빼십시오. 섞이면 폭발 위험이 있습니다.
- 불이 붙으면 배관 안에서 폭발해 주변 사람이 크게 다칩니다.

1

수소 출구에 3/4인치 배관을 연결합니다.

2

수소 출구 배관을 환기가 확보된 안전한 배출점으로 빼거나 승인된 후단 설비에 연결합니다.

- 후단에는 기액 분리가 필요합니다. 수소와 함께 수분이 나옵니다.

알림

수소측 압력은 최대 10 barg 입니다.

- 데이터시트의 46셀 실측은 상압에서 한 것입니다. 가압해서 운전하실 계획이면 미리 알려 주십시오. 조건을 함께 확인합니다.

5. 전해질 충전

충전 전에 루프 연결과 피팅 체결을 다시 확인하십시오.

경고

KOH 는 부식성입니다. 피부와 눈에 닿으면 심한 화상을 입습니다.

- 물에 KOH 를 넣으십시오. 반대로 하면 됩니다. 섞을 때와 다룰 때는 보안경이나 안면 보호구, 내알칼리 장갑, 화학용 앞치마를 착용하십시오.
- 눈에 튀면 시력을 잃을 수 있습니다.

1

정제수에 KOH 를 녹여 0.1 M 전해질을 만듭니다.

- KOH 순도는 95% 이상, 물은 ASTM D1193 Type II(25 °C 에서 1.0 μS/cm 이하)를 권장합니다. 허용 상한은 30 μS/cm 입니다.

2

순환 루프에 맞는 수위까지 탱크를 채웁니다.

- **확인** 피팅과 포트 주변에 누설이 없습니다.
- **안 되면** 새면 순환을 멈추고 그 피팅을 다시 조이십시오.

3

순환을 돌려 루프와 스택에서 공기를 빼고, 줄어드는 만큼 탱크를 다시 채웁니다.

작업 해설

권장 조건은 바꿀 수 있습니다.

- 0.1 M KOH · 50 °C 는 데이터시트 성능 곡선의 조건이자 권장값입니다. 다른 농도나 온도로 운전하시려면 그 조건을 알려 주십시오. 무엇이 달라지는지 함께 봅니다.

6. 유량과 온도 설정

1

순환을 시작하고 유량이 안정되는지 봅니다.

- **확인** 유량이 권장값(40 L/min) 근처에서 안정됩니다. 처음에는 공기가 빠지면서 잠시 흔들리는 것이 정상입니다.
- **안 되면** 계속 흔들리거나 오르지 않으면 펌프 흡입 쪽이 액체로 차 있는지, 되돌림 배관에 기체가 갇히지 않았는지 보십시오.

2

전해질 온도를 50 °C 로 제어합니다.

i 알림

권장 유량은 40 L/min 입니다.

- 당사 46셀 장기구동의 운전값입니다. 데이터시트의 첫 구동 실측은 36 L/min 에서 했습니다. 이 값에서 크게 벗어나 운전하시려면 펌프와 배관, 냉각 구성을 알려 주십시오. 함께 정합니다.

i 알림

전해질 온도는 80 °C 를 넘기지 마십시오.

- 80 °C 가 운전 온도 상한입니다. 온도를 올리면 열화가 빨라져 수명이 줄어듭니다.

7. DC 전원 연결

⚠ 위험

감전과 아크 위험이 있습니다.

- 전기 작업은 자격을 갖춘 사람이 합니다. 연결 전에 DC 전원을 끄고 계통에서 분리하십시오.
- 활선에 닿으면 중상이나 사망에 이릅니다.

⚠ 경고

느슨한 단자는 과열과 아크로 이어집니다.

- 부하가 걸린 상태에서 케이블을 연결하거나 분리하지 마십시오. 케이블 무게가 단자에 걸리지 않게 따로 받치고, 단자 주변을 건조하게 유지하십시오.
- 과열과 아크는 화상과 화재로 이어집니다.

1

전원 + 를 스택 + 에, 전원 - 를 스택 - 에 연결합니다.

- 케이블과 러그는 360 A 연속 통전을 기준으로 고르십시오.

2

M10 단자를 확실히 체결합니다.

- 체결 토크는 받으실 때 저희에게 확인하십시오. 과토크는 단자를 상하게 하고, 부족하면 접속부가 과열됩니다.

3

전원을 켜기 전에 극성을 다시 확인합니다.

- **안 되면** 반대로 연결됐으면 전류를 걸지 말고 다시 연결하십시오.

8. 첫 운전

1

전류를 걸기 전에 순환이 돌고 유량과 온도가 안정된 것을 확인합니다.

2

DC 전원을 정전류 모드로 둡니다.

3

전류를 단계적으로 올려 정격 360 A 에 도달하게 합니다.

- 단계마다 유량과 온도 제어, 전압 응답이 정상인지 확인한 뒤 다음 단계로 올리십시오.
- 전류가 올라갈수록 발열량이 늘어납니다. 발열량 증가에 맞게 냉각이 이루어지는지 확인하십시오.
- **확인** 단계마다 전압이 오르다 안정되고 유량과 온도가 유지됩니다. 첫 구동 실측은 360 A 에서 약 76 V 입니다.

- **안 되면** 전압이 101.2 V(셀당 2.2 V)에 가까워지거나 누설·온도 이상이 보이면 전류를 0 A 로 내리고 「문제 해결」 장을 보십시오.

9. 첫 운전 확인

정격에 도달하여 잠시 유지한 뒤 세 가지를 확인하십시오.

- 스택 포트와 피팅, 셀 둘레에서 전해질이 새지 않는지 눈으로 확인합니다.
- 전해질 유량과 온도가 안정한지 확인합니다.
- 전류에 따라 스택 전압이 정상적으로 올라가는지 확인합니다. 데이터시트의 첫 구동 실측은 362 A 에서 스택 약 76 V(셀당 1.660 V)입니다.

작업 해설

데이터시트 값과 비교하실 때는 조건을 맞추십시오.

- 그 실측값은 0.1 M KOH · 50 °C · 상압 · 전해질 유량 36 L/min 에서 전원 장치에 기록된 값이므로 배선 저항에 의한 전압이 포함되어 있습니다. 온도나 농도, 측정 위치가 다르면 같은 스택도 다른 값이 나옵니다.



경고

이상이 보이면 전류를 낮추거나 즉시 멈추십시오.

- 필요하면 순환은 잠시 더 돌려 식힙니다. 외부 루프 배관과 피팅, 운전 조건을 점검한 뒤에 다시 시작하십시오.
- 이상 상태로 계속 돌리면 누설, 과열, 수소·산소 혼합으로 이어질 수 있습니다.

기록해 두실 것

첫 운전이 안정되면 그날의 값을 한 번 적어 두십시오. 나중에 전압 추이를 읽을 때 이 기록이 출발점이 됩니다.

항목	적을 것
식별	모델과 시리얼 번호. 라벨에 있습니다
운전점	정해 둔 운전점에서의 스택 전류와 전압, 전해질 유량과 입구·출구 온도
셀 전압	재실 수 있으면 셀별 전압과 가장 높은 셀과 낮은 셀의 차이
계측기가 있으면	수소 유량과 압력, 수소 순도, 산소 중 수소
전해질과 물	제조 날짜와 농도, 급수 수질

운전점은 하나로 정해 두고 매번 같은 조건에서 재삽시오.

- 조건이 매번 다르면 추이가 아니라 잡음이 됩니다. 이 표의 항목은 문의하실 때 저희가 요청드리는 것과 같습니다.

04 운전과 정지

HXS-30 · 갱신 2026-09-30

매일 돌리는 방법입니다. 정상 운전에서 무엇을 보는지, 수위와 물 보충, 운전 범위, 낮은 전류에서 달라지는 것, 그리고 정상 정지 순서입니다.

HXS-30 은 첫 구동을 마치고 장기 평가 운전 중인 제품입니다. 이 장에 적지 않은 운전 조건은 저희와 먼저 확인하십시오.

정격 운전점 **360 A · 0.1 M KOH · 50 °C** 온도 상한 **80 °C** 물 보충 **외부 BoP 절차로 고객이 합니다**

이 장을 읽는 방법

처음이신 분

네 절을 순서대로 보십시오. 첫 절이 매일 보는 것이고, 두 번째 절이 가장 자주 놓치는 것입니다.

해보신 분

운전 한계 표와 정상 정지 절만 보십시오.

정상 운전에서 보는 것

순환을 안정하게 유지하고 네 가지를 봅니다.

유량과 온도

유량이 안정한지, 온도가 목표 근처에 있는지(권장 50 °C) 확인하십시오. 냉각 능력이 있는데도 온도가 계속 올라가면 전류를 낮추거나 멈추십시오.

전압

스택 전압을 계속 감시하십시오. 셀별 전압을 재신다면 셀 사이의 차이도 함께 보십시오. 전류가 일정한데 전압이 갑자기 튀거나 흔들리면 전류를 낮추거나 멈추십시오.

누설

포트와 외부 피팅, 셀 둘레를 주기적으로 눈으로 보십시오. 젖어 있거나 흰 결정이 보이면 멈추고 원인을 고친 뒤에 재개하십시오.

젖은 출구 되돌림

산소·전해질 출구에서 탱크로 가는 되돌림이 매끄러운지 보십시오. 기체가 갇히거나 되돌림이 끓기면 배관과 배압을 점검하고 고친 뒤에 계속하십시오.



경고

이상이 보이면 먼저 전류를 낮추거나 운전을 멈추고 그다음에 원인을 확인하십시오.

- 운전 중에 원인을 찾지 마십시오. 확인 순서는 「문제 해결」 장에 있습니다.
- 이상 상태로 계속 돌리면 누설, 과열, 수소·산소 혼합으로 이어질 수 있습니다.

수위와 물 보충

전기분해 과정에서 물이 소모됩니다. KOH 는 소모되지 않습니다. 따라서 탱크 수위가 내려가며, 물 보충은 고객의 절차에 따라 수행합니다. 정격 전류에서의 물 소비량은 제품 페이지 사양표에 있습니다.

1

순환과 냉각에 충분한 수위를 유지하십시오.

2

외부 BoP 절차에 따라 정제수를 탱크에 보충하십시오.

- 30 kW 급에서는 물이 줄어드는 속도가 빠릅니다. 수동으로 보충하신다면 주기를 짧게 잡거나 자동 보충 장치를 설치하십시오.

3

수위가 너무 낮아지거나 순환이 불안정해지면 멈추고 바로잡은 뒤에 계속하십시오.

i 알림

보충이 부족하면 전해질이 진해집니다.

- 물만 빠져나가므로 농도가 올라갑니다. 진해진 전해질은 열화를 빠르게 만듭니다. 수위가 낮으면 냉각에 쓸 수 있는 양도 줄어듭니다.

i 알림

보충수도 첫 충전과 같은 수질 기준을 따릅니다.

- 수질 기준값은 「시작하기」 장의 전해질 충전 절에 있습니다.

운전 한계와 권장값

항목	권장 · 정격	한계와 참고
전류	정격 360 A	정격을 넘는 운전은 문의
스택 전압	정격 80 V	운전 중 올라갑니다. 상한 101.2 V(셀당 2.2 V)
전해질	0.1 M KOH	다른 농도는 문의
전해질 온도	50 °C	최대 80 °C
전해질 유량	40 L/min	크게 벗어나면 협의
수소 압력	상압	최대 10 barg
양극 압력	대기압	가압하지 않습니다



알림

계약 사양에 더 낮은 상한이 적혀 있으면 그 값이 우선합니다.

작업 해설

스택 온도는 전해질 온도로 제어합니다.

- 엔드플레이트나 셀을 따로 가열하거나 냉각하는 기능은 없습니다. 온도를 바꾸시려면 탱크 히터와 열교환기로 전해질 온도를 바꾸십시오.

발열과 냉각

스택에 넣은 전력 가운데 수소로 가지 않은 몫이 열이 됩니다. 셀당 1.48 V(열중성 전압)를 넘는 만큼입니다. 그래서 발열은 스택 전압에 따라 달라지고, 스택이 열화해 전압이 오르면 함께 커집니다.

계산 $\text{발열(kW)} \approx \text{전류(A)} \times (\text{스택 전압(V)} - 68.1 \text{ V}) \div 1000$

360 A 에서 스택 전압

발열

76 V (첫 운전)

약 2.9 kW

80 V

약 4.3 kW

90 V

약 7.9 kW

101 V (셀당 2.2 V 상한)

약 11.9 kW



알림

냉각은 운전을 계속할 전압 상한 기준으로 설계하십시오.

- 처음 전압으로 맞추면 열화가 진행되면서 모자라게 됩니다. 당사 46셀 장기구동에서는 약 360 A 로 6일 동안 스택 전압이 76.8 V 에서 81.5 V 로 오르며 발열도 약 3.1 kW 에서 4.8 kW 로 늘었습니다. 그중 전해질이 가져간 열은 스택 압·출구 온도차로 보면 2.5~3.7 kW 였고, 나머지는 스택 표면으로 빠졌습니다.

저전류·부분부하 운전

전류를 정격보다 낮추면 두 가지가 달라집니다. 전해질이 덜 데워지고, 산소 중 수소 비율이 올라갑니다.

무엇이

왜

대응

전해질 온도

발열이 줄어 권장 온도까지 오르지 않습니다

탱크 히터와 온도 감시, 과열 보호를 외부 BoP 에 넣습니다

산소 중 수소

막을 넘어오는 수소는 전류와 거의 무관한데 산소는 전류에 비례해 나옵니다. 부하를 낮추면 같은 수소가 더 적은 산소에 섞입니다

산소 중 수소를 계측하고 2 vol% 에서 멈추는 인터록을 두십시오. 최소 전류는 아래처럼 정합니다

최소 전류 정하기

최소 전류는 스택마다 다릅니다. 첫 운전 때 정격 360 A 에서 잔 산소 중 수소 값으로 정하십시오. 낮은 전류에서도 1 % (관리 기준 2 %의 절반)를 넘지 않게 하는 전류입니다.

계산	최소 전류 $\approx 360 \text{ A} \times (\text{정격에서 잔 산소 중 수소 \%} \div 1 \%)$
당사 예	46셀 장기구동 시작 때 360 A 에서 0.22 % $\rightarrow$ 약 80 A
다시 켤 때	스택이 열화하면 크로스오버가 늘 수 있습니다. 정격에서 산소 중 수소를 주기적으로 다시 재고 최소 전류를 고치십시오

알림

수소 쪽 약 1.4 bar 운전 기준입니다.

- 수소 쪽을 가압해 운전하면 크로스오버가 커져 이 계산이 맞지 않습니다. 가압 운전은 미리 알려 주십시오.

작업 해설

여러 대를 운전하신다면 모든 스택의 전류를 낮추지 말고 일부 스택을 정지하십시오.

- 필요한 수소가 줄면 모든 스택을 저전류로 내리는 대신 스택 단위로 차례로 정지하십시오. 돌고 있는 스택은 정격 가까이 두는 편이 산소 중 수소 관리에 유리합니다.

정상 정지

1

전류를 단계적으로 0 A 까지 내립니다.

2

DC 출력을 끕니다.

3

필요한 만큼 순환을 더 돌려 식힙니다.

4

식은 뒤에 순환을 멈춥니다.

5

탱크 히터를 쓰셨으면 끄고, 현장 절차에 따라 계통의 안전을 확보합니다.

6

포트와 피팅 주변을 눈으로 훑어 누설을 확인합니다.

순환을 먼저 끄지 마십시오.

- 전류가 0 이 되어도 스택에는 열이 남아 있습니다. 전해질 순환으로 그 열을 제거합니다. 순서를 뒤집으면 국부 과열이 생길 수 있습니다.

05 유지보수

HXS-30 · 갱신 2026-09-30

점검 목록, 전해질을 언제 바꾸는지, 세척 방법, 그리고 스택 전압 추이를 읽는 법입니다.

여기 적은 주기는 지침입니다. 실제 빈도는 운전 시간과 부하 패턴, 주변 조건, 전해질 상태에 따라 달라집니다.

전해질 교체 고정 주기 없음. 상태로 판단합니다 최소 기록 항목 전압 · 전류 · 유량 · 온도 작업 전 전류 0 A · DC 전원 분리

이 장을 읽는 방법

처음이신 분

점검 목록 절을 인쇄해 두시고, 전해질 교체 절의 판단 기준 세 가지를 기억하십시오.

해보신 분

성능 추이 읽기 절을 보십시오. 기록을 저희와 대조하는 방법이 거기 있습니다.

시작하기 전에

 경고

어떤 정비든 전기분해를 멈추고 전류를 0 A 로 내리고 DC 전원을 분리한 뒤에 하십시오.

- 통전 중에 연결부를 만지면 감전되거나 아크로 화상을 입습니다.

 알림

스택을 직접 열지 마십시오.

- 엔드플레이트 둘레의 볼트가 스택을 압축하는 체결 볼트입니다. 배관이나 케이블 작업 중에 이 볼트를 풀지 마십시오. 풀면 스택이 열리고, 대면적 셀은 설비 없이 제대로 다시 닫을 수 없습니다.
- HXS-30 은 MEA 를 교체하는 구조입니다. 성능 회복이 필요하면 스택을 보내 주십시오. MEA 를 바꾸고 주요 하드웨어는 다시 씁니다. 조건은 문의해 주십시오.

점검 목록

일상 또는 교대마다

- 스택과 외부 루프를 눈으로 훑습니다. 포트와 피팅, 셀 둘레에서 전해질이나 물, 가스가 새지 않는지 봅니다.
- 포트와 피팅 주변에 흰 결정이 없는지 봅니다. 마른 KOH 일 수 있습니다.
- 전해질 유량과 온도가 목표 근처에서 안정적인지 확인합니다.
- 설정한 전류에서 스택 전압이 안정적인지 확인합니다.
- 수소 출구와 산소·전해질 되돌림 배관이 막히지 않았고, 두 경로가 섞이지 않았는지 확인합니다.

주간

- 운전 기록과 추이를 봅니다. 전류에 대한 스택 전압, 셀 사이의 차이, 유량과 온도의 안정성, 반복되는 이상 사건입니다.
- 배관과 피팅, 배관 지지대를 봅니다. 마모, 변색, 결정 잔류물, 스며 나오는 누설, 포트에 걸린 하중이 없어야 합니다.
- DC 케이블 배치와 단자 주변에 변색이나 과열 흔적, 느슨함, 부식이 있는지 확인합니다.

월간

- 전해질 상태를 봅니다. 다음 절의 기준에 해당하면 교체하십시오.
- 정비와 운전 기록을 정리합니다. 운전 시간, 기동·정지 횟수, 전해질 교체 날짜, 관찰한 것과 취한 조치입니다.

전해질 교체

KOH 는 전기분해로 소모되지 않습니다. 소모되는 것은 물이고, 그것은 운전 중에 보충합니다. 그래서 전해질은 정해진 주기가 아니라 상태와 성능 추이를 보고 바꿉니다. 다음 중 하나가 보이면 교체를 검토하십시오.

- 같은 전류에서 셀 전압이 이전 운전보다 계속 올라갑니다.
- 셀별 전압을 재고 계신 경우, 셀 사이의 차이가 시간이 갈수록 벌어집니다.
- 전해질 색이나 투명도가 변하거나, 탱크나 루프에 침전물이 보입니다.

작업 해설

농도부터 재십시오.

- 같은 전류에서 전압이 오르면 스택 성능이 저하된 것처럼 보이지만 전해질 농도가 떨어진 경우가 많습니다. 전도도계나 적정으로 농도를 측정해 보고 처음 넣은 농도에서 눈에 띄게 벗어났다면 교체하십시오. 교체해도 농도가 다시 떨어지면 KOH 가 어딘가로 새고 있으니 누설 경로부터 찾으십시오.



경고

산소 중 수소가 2% 를 넘으면 멈추고 점검하십시오.

- 이것은 교체 기준이 아니라 정지와 점검 조건입니다. 원인이 확인되기 전에 재시작하지 마십시오.
- 산소 쪽에 수소가 쌓이면 배관과 분리기 안에서 폭발할 수 있습니다.

교체 절차

1

정상 정지를 하고 현장 기준에 맞는 안전한 온도까지 식힙니다.

2

외부 루프를 감압하고, 내알칼리성 재질로 된 라벨이 부착된 용기에 루프와 탱크의 전해질을 배출합니다.

3

폐전해질을 법규와 현장 절차에 맞게 폐기합니다.

4

새 0.1 M 전해질을 만들어 탱크를 채우고 루프의 공기를 뱉니다.

5

순환을 다시 시작하고 모든 피팅과 포트에서 누설을 확인한 뒤에 전기분해를 재개합니다.

i 알림

묵은 전해질과 새 전해질을 섞지 마십시오.

- 모든 용기에 내용물과 농도, 날짜를 적어 두십시오.

세척

i 알림

강한 용제나 고압 분사를 쓰지 마십시오.

- 겉면은 깨끗한 물에 적신 부드러운 천으로 닦습니다.
- 흰 결정은 물에 적신 천으로 닦아 냅니다. KOH 는 물에 녹습니다. 그다음 깨끗한 물로 한 번 더 닦고 말립니다.
- 흘린 전해질은 현장 누출 대응 절차에 따라 처리하십시오.

i 알림

피팅을 조이고 교체했는데도 누설이 되풀이되거나 셀 둘레에서 새면 멈추고 연락해 주십시오.

성능 추이 읽기

스택 전압은 시간이 지나면서 올라갑니다. 추이를 보는 목적은 완만한 변화와 조건이 틀어져 생긴 비정상 변화를 구분하는 것입니다.

- 하나 이상의 고정된 운전점에서 스택 전압을 주기적으로 기록하십시오. 조건이 매번 다르면 추이가 아니라 잡음이 됩니다.
- 셀별 전압을 재실 수 있으면 셀 사이의 차이도 함께 남기십시오. 평균이 같아도 분포가 넓어지는 것은 따로 보아야 합니다.
- 운전 시간, 기동과 정지 횟수, 설정값, 이상 사건을 함께 남기십시오.

보이는 것

읽는 법

전류가 일정한데 전압이 계단처럼 톱

비정상입니다. 「문제 해결」 장의 확인 순서부터 보십시오.

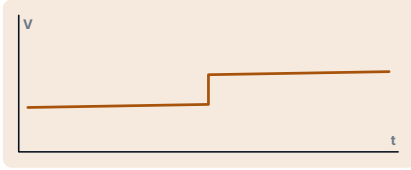
짧은 시간에 빠른 전압 변화

올라가든 내려가든 비정상입니다. 온도가 함께 움직이면 물 보충과 농도, 냉각을 먼저 의심하십시오.

셀 하나의 전압만 다른 셀보다 크게 높아짐

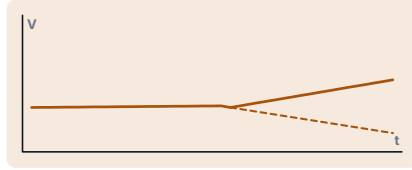
비정상입니다. 운전을 멈추고 기록과 함께 연락해 주십시오.

같은 운전점(같은 전류·온도·유량)에서 젤 스택 전압의 차이



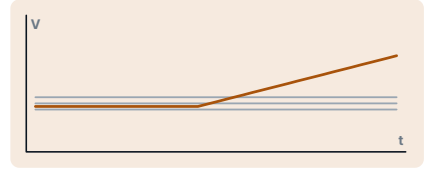
전류가 일정한데 계단처럼 튜

비정상입니다. 「문제 해결」
장의 확인 순서부터



짧은 시간에 빠른 변화

올라가든 내려가든 비정상.
온도가 함께 움직이면 물 보충과
농도, 냉각을 먼저 의심



셀 하나만 크게 높아짐

비정상입니다. 운전을 멈추고
기록과 함께 연락해 주십시오.

HXS-30의 정상 열화 기준값은 아직 공개하지 않습니다. 기록을 보내 주시면 저희 운전 기록과 대조해 드립니다.

그림 5-1 전압 차이 읽기. 위 표의 줄을 모양으로 보인 개념도이며 축에 수치는 없습니다.

알림

HXS-30의 정상 열화 기준값은 아직 공개하지 않습니다.

- 첫 구동을 마치고 장기 평가 운전 중이기 때문입니다. 기록을 보내 주시면 저희 운전 기록과 대조해 정상 범위인지 판단해 드립니다.

06 해체와 보관

HXS-30 · 갱신 2026-09-30

스택을 계통에서 분리할 때의 순서입니다. 장기간 사용하지 않으실 때, 자리를 옮기실 때, 정비를 위해 보내실 때 모두 이 절차를 씁니다.

누가 자격을 갖춘 사람만 순서 정지 → 감압 → 배액 → 마감 보관 온도 항상 5 °C 이상

이 장을 읽는 방법

처음이신 분

세 절의 절차를 순서대로 수행하십시오. 잔류 전압이나 잔압이 있는 상태에서 배관을 열지 마십시오.

해보신 분

배액 절차와 보관 조건만 보십시오.

안전 정지와 전기 분리

 위험

통전 중이거나 압력이 남아 있는 스택을 해체하지 마십시오.

- 전원이 살아 있으면 감전되고, 압력이 남아 있으면 배관을 풀 때 수소와 전해질이 뿜어져 나와 화재나 화상으로 이어집니다.

1

전류를 0 A 로 내리고 전기분해를 멈춥니다.

2

DC 출력을 끄고, 그다음 외부 차단기를 끕니다.

3

순환을 돌려 식힌 뒤 펌프와 온도 제어 장치를 끕니다.

4

바로 DC 케이블을 빼지 마십시오.

- 충분한 방전 시간을 두고 계측기로 단자 전압을 확인한 뒤에 공구로 분리하십시오.

가스 경로 감압

⚠ 경고

연결된 배관에 가연성 가스가 남아 있을 수 있습니다.

- 운전 중에 쓰던 정상 벤트 경로로 대기압까지 감압하십시오. 피팅을 풀어서 가스를 빼지 마십시오.
- 수소측을 가압해서 쓰셨다면 압력 표시로 잔압이 없는 것을 확인하십시오.
- 피팅을 풀면 남은 수소가 새어 나와 불이 붙을 수 있습니다.

전해질 배출과 마감

⚠ 경고

스택과 배관에 전해질이 남아 있습니다.

- 보호구를 착용하고 「안전」 장의 전해질 절을 따르십시오. 양이 많으므로 2차 방호를 두십시오.
- 닿으면 화학 화상을 입습니다.

⚠ 경고

질소로 밀어낼 때는 환기된 곳에서 하십시오. 질소가 고인 곳에서 숨을 쉬면 질식할 수 있습니다.

- 질소는 색도 냄새도 없어 산소가 모자란 것을 느끼지 못합니다.
- 배출 기체가 실내에 고이지 않게 환기하십시오. 건조 공기를 쓰면 이 위험은 없습니다.

1

내알칼리성 재질로 된 라벨이 부착된 용기를 배출점 아래에 놓습니다.

2

순환을 멈추고, 루프의 가장 낮은 곳에서 전해질을 뺍니다.

- 위쪽 산소-전해질 출구를 대기로 열어 두면 스택 안의 전해질이 아래쪽 전해질 입구로 흘러 나옵니다.

3

남은 액은 위쪽 산소-전해질 출구에 저압 질소나 건조 공기를 넣어 아래 입구로 밀어냅니다.

- 압력은 0.3 bar 이하로 하십시오. 이는 평소 운전에서 양극 쪽 압력이 수소 쪽 압력보다 높아지는 차압 범위 이내입니다. 0~1 bar 게이지가 달린 레귤레이터를 쓰십시오.
- 아래 입구에서 기포만 나올 때까지 합니다.
- 수소 쪽은 출구가 위에 있어 액이 빠지지 않습니다. 전해질이 순환하지 않는 쪽이라 남은 것은 넘어온 물 정도이므로 그대로 막아 둡니다.
- 손으로 기울여 빼지 마십시오. 무게 때문에 위험합니다.

분리하고 막습니다.

- 전해질 입구와 산소·전해질 출구, 수소 출구의 외부 배관을 분리하고 모든 포트를 캡이나 플러그로 막습니다.
- DC 케이블을 분리하고 단자에 접촉하거나 수분이 닿지 않도록 보호하십시오.

모든 포트가 확실히 막혔고 누설이 없는 것을 확인합니다.**i 알림****배액한 뒤에도 얼지 않게 하십시오.**

- 막과 전극이 젖어 있고 내부 유로에 잔액이 남습니다. 항상 5 °C 이상으로, 포트를 막은 채로 보관하십시오.

i 알림**정비를 위해 보내실 때는 사전 확인이 필요합니다.**

- 먼저 연락해 반송 승인과 포장 안내를 받으십시오. 누설 상태로 도착한 것은 안전상 수령을 거절할 수 있습니다.

07 사양과 참고

HXS-30 · 갱신 2026-09-30

HXS-30 이 무엇에 쓰는 스택인지, 겉모습, 사양, 이 핸드북에 나오는 용어를 정리했습니다.

용도

HXS-30 은 46셀 30 kW AEM 수전해 스택 단품입니다. 고객의 직류 전원, 전해질 순환, 기액 분리, 안전 계통에 통합해 수소를 만듭니다. 스택 앞뒤의 설비는 고객 설계 범위입니다.

알림

플스택 장기 검증이 진행 중입니다.

- 수치와 절차는 검증 결과에 따라 개정될 수 있습니다. 최신 내용은 웹 핸드북을 보십시오.

경고

이렇게 쓰지 마십시오.

- 전해질 순환 없이 전류를 흘리는 것
- 권장 조건 밖(전해질·온도·전류·압력)에서 미리 확인 없이 운전하는 것
- 수소 배관과 산소 벤트를 하나의 배관이나 용기에 함께 연결하는 것
- 허가 없이 스택을 분해하는 것
- 이렇게 쓰면 화재·폭발·감전·화학 화상으로 이어지거나 장비가 손상될 수 있습니다.

외관



그림 7-1 HXS-30. 실제 외관은 개정에 따라 다를 수 있습니다.

사양

아래 사양은 제품 페이지·데이터시트와 같은 값입니다. 별도로 명시하지 않으면 개시(BOL) 값입니다.

수소 생산량	6,900 NL/h (15 kg/일 · 설계)
출력 압력	수소측 최대 10 barg
효율 (HHV)	46셀·30 kW 풀스택 설계 84% · 약 47 kWh/kg-H ₂
권장 운전 조건	0.1 M KOH · 50 °C (변경 가능)
운전 온도	최대 80 °C
DC 입력	80 V · 360 A (28.8 kW)
물 소비	6.1 L/h 실측 (360 A · 2026년 9월 22~23일 18.5시간 연속 구동 · 생산가스 수분 반출 포함) · 전기분해 이론값 5.6 L/h
46셀 연속 운전	360 A 정전류 · 무중단 93.6 h (2026년 9월 26일 13:08 기준 · 최신 기록은 46셀 기술 노트)
셀 수	46

전극 면적 · 기준 활성면적	양극 전극 면적 600 cm ² · 음극 활성면적 512 cm ²
크기	570 × 400 × 330 mm
무게	120 kg
구조	양극측 전해질 순환
측정 장비 교정	유량·가스 측정기 KOLAS 교정
엔드플레이트	SUS316L
분리판	니켈계 금속판
재질 변경	가능 · 적용 조건과 검증 범위를 함께 확인합니다

용어

용어	뜻
AEM	음이온 교환막(Anion Exchange Membrane). 수산화 이온(OH ⁻)만 통과시키는 막입니다.
KOH	수산화칼륨. 전해질로 0.1 M 수용액을 씁니다.
정제수	이온을 걸러 낸 물. 전도도로 수질을 봅니다(25 °C 기준 μS/cm).
MEA	막-전극 접합체. 전극과 막을 겹친 셀의 핵심 부품입니다.
BoP	스택 밖의 주변 설비. 전원, 펌프, 탱크, 열교환기, 배관, 센서, 제어입니다.
barg	대기압 기준 게이지 압력(bar).
NL/h	표준 상태(0 °C, 1 atm)로 환산한 시간당 기체 부피(L).
개시(BOL)	운전을 시작할 때의 성능. 별도로 명시하지 않으면 사양은 개시 값입니다.
SDS	물질안전보건자료. KOH 를 다루기 전에 확인합니다.

제조사

제조사	주식회사 하이드로엑스팬드 (HydroXpand Inc.)
주소	경기도 화성시 동탄산단6길 59, 3층 (우 18487), 대한민국

문제 해결

HXS-30 · 갱신 2026-09-30

스택에 이상이 보일 때 무엇부터 확인하는지입니다. 원인은 대개 스택이 아니라 외부 루프와 운전 조건에 있습니다.

외부 BoP 부품의 수리와 교체는 고객 책임입니다. 당사는 스택 거동을 해석해 스택 정비가 필요한지 판단해 드립니다.

먼저 할 것 위험 수준 판단, 그다음 안전 확보 한 번에 조치 하나씩 하고 다시 확인 재시작 저전류부터

이 장을 읽는 방법

처음이신 분

「확인 순서」절을 먼저 보십시오. 증상 절로 바로 뛰어들면 안전 확보를 건너뛰게 됩니다.

해보신 분

「증상으로 찾기」표에서 보이는 증상의 줄을 찾으십시오.

확인 순서

⚠ 경고

이 작업 중에는 통전부와 수소, 부식성 전해질에 노출될 수 있습니다.

- 「안전」장을 따르시고, 현장의 에너지 차단과 재통전 방지 절차를 먼저 적용하십시오.
- 감전, 화재, 화학 화상으로 이어질 수 있습니다.

1

멈추고 위험 수준을 판단합니다.

- 수소 누설 징후, 화재, 아크, 타는 냄새, 심한 과열, 통제되지 않는 전해질 누설이 있으면 「안전」장의 비상 정지와 대응을 따르십시오.

2

만지기 전에 안전하게 만듭니다.

- 전류를 0 A 까지 내리고 DC 출력을 끈 뒤, DC 전원을 스택에서 분리하십시오.
- 벤트와 릴리프 배관이 막히지 않았는지 확인하고, 남은 압력과 전해질을 현장 절차에 따라 처리하십시오.

3

발견 당시의 상태를 기록합니다.

- 스택 전류와 전압, 전해질 유량과 온도는 반드시 남기십시오. 재셨다면 셀별 전압과 산소 중 수소도 남기십시오.

4

가능성이 큰 외부 원인부터 봅니다.

- 유량과 열: 밸브가 열려 있는지, 배관이 막히지 않았는지, 공기가 갇히지 않았는지, 탱크 수위가 충분한지, 냉각이 되는지.

- 산소·전해질 출구와 배압: 되돌림 배관에 유동을 제한하는 부분이나 꺾임이 없는지 확인합니다.
- 전기: 케이블과 단자가 조여져 있는지, 변색이나 과열 흔적이 없는지.

5

조치를 한 번에 하나만 합니다.

- 하나 바꾸고 나아지는지 확인한 뒤에 다음 것을 바꾸십시오. 다시 시작하실 때는 저전류에서 출발하십시오.

6

작업을 중단해야 할 시점을 판단합니다.

- 문제가 계속되거나 반복되거나 하드웨어 손상이 의심되면 운전을 멈추고 연락해 주십시오.

증상으로 찾기

보이는 증상의 줄을 찾아 첫 조치를 하십시오. 위에서 아래로 심각한 순서입니다.

보이는 것	먼저 의심할 것	첫 조치
수소 누설 징후, 화재, 아크, 타는 냄새, 심한 과열	—	즉시 멈추고 현장 비상 절차를 따릅니다
산소 중 수소가 2% 를 넘는다	막을 넘는 가스 이동, 낮은 부하	전기분해를 멈추고 정상 정지합니다. 원인을 확인하기 전에 재시작하지 않습니다
단자나 케이블이 변색되거나 뜨겁다	느슨한 접속, 단면적이 작은 케이블	멈추고 분리한 뒤 접속부와 케이블 규격을 확인합니다
셀 하나의 전압이 다른 셀보다 크게 높다	그 셀의 이상	멈춥니다. 재기동을 반복하지 말고 기록과 함께 연락합니다
같은 전류에서 전압이 빠르게 오른다	온도가 낮음, 전해질이 묽음, 유량 부족	전류를 낮추거나 멈추고 온도·농도·유량을 봅니다
같은 전류에서 전압이 빠르게 내려간다	온도가 높음, 전해질이 진함	전류를 낮추거나 멈추고 온도와 농도, 수위를 봅니다
냉각이 되는데 온도가 계속 오른다	순환 부족, 냉각 능력 부족	전류를 낮추거나 멈춥니다
포트나 피팅, 셀 둘레가 젖거나 흰 결정이 있다	풀린 피팅, 포트에 걸린 배관 하중, 셀 실링	멈추고 피팅과 받침을 고칩니다. 셀 둘레에서 새면 연락합니다
되돌림이 꾸르륵거리거나 끊긴다	배관 굴곡, 배압, 갇힌 기체	배관 경로와 배압을 고친 뒤 계속합니다
펌프 소리가 이상하거나 유량이 흔들린다	탱크 수위가 낮음, 루프에 공기	멈추고 수위를 바로잡은 뒤 공기를 뺍니다

보이는 것	먼저 의심할 것	첫 조치
전해질 농도가 교체 뒤에도 다시 떨어진다	KOH 가 어딘가로 빠져나감	누설 경로를 먼저 찾습니다. 교체만 반복하지 않습니다
유량을 올리면 펌프 소리가 커지거나 유량이 흔들린다	흡입·되돌림 배관이 좁거나 지름이 급히 바뀌는 구간	굵은 배관을 쓰고, 지름이 바뀌는 지점은 탱크 가까이 둡니다

전압이 이상할 때

같은 전류에서 전압이 빠르게 변하면 변화 방향을 먼저 확인하십시오. 전압이 오르면 전해질 농도가 낮거나 온도가 낮은 경우이고, 내리면 전해질 농도가 높거나 온도가 높은 경우입니다.

원인	확인	조치
온도가 낮다	온도 표시값과 히터 동작	권장 50 °C 로 되돌립니다
온도가 높다	냉각과 순환	온도를 제어할 수 없으면 멈추고 냉각 설비를 정비합니다
전해질이 묽다	최근 보충 이력과 농도	새 0.1 M 전해질로 교체합니다
전해질이 진하다	탱크 수위와 정제수 보충	현장 절차로 0.1 M 으로 되돌립니다
유량이 부족하다	펌프, 밸브, 막힘, 공기	유동을 제한하는 원인을 제거하고 유량을 회복합니다



경고

외부 원인을 모두 해소했는데도 전압이 비정상이면 운전을 멈추십시오.

- 막 손상이나 내부 크로스오버는 현장에서 해결할 수 있는 것이 아닙니다. 전류-전압 추이와 수위, 보충 이력을 기록해 연락해 주십시오.
- 막이 상한 채 운전하면 수소와 산소가 섞여 화재 위험이 생깁니다.

문의하실 때

아래를 갖춰 연락해 주시면 진단이 빨라집니다. 「시작하기」장 끝의 기록을 남겨 두셨다면 절반은 이미 있습니다.

목록	내용
식별	모델(HXS-30)과 시리얼 번호
그때의 운전 조건	스택 전류와 전압, 전해질 유량과 온도, 농도. 재셨다면 셀별 전압과 산소 중 수소, 수소 압력
증상	무엇이 보였는지, 그리고 기동 중, 전류를 올리는 중, 정상 운전 중, 정지 중 어느 때였는지
설치	루프 구성, 배관 경로와 벤트 경로, DC 전원과 케이블

목록	내용
증거	사진과, 사건 전후의 전류·전압·온도·유량 기록

i 알림

점검이나 정비 반송은 사전 확인 후에 진행합니다.

- 반송을 확정하기 전에 자료를 더 요청하거나 원격으로 먼저 확인할 수 있습니다. 확인 없이 발송하지 마십시오.