HYDROXPAND · USER MANUAL

HXD-V1

모듈형 수소 건조기

사용자 매뉴얼



문서번호 HX-MAN-HXDV1-KR-001
판 ver0.2 · 발행일 2026-11-06

최신판
hydroxpand.com/handbook/hxd-v1

주식회사 하이드로엑스팬드 · info@hydroxpand.com

DOCUMENT CONTROL

문서 관리

문서 정보

문서번호	HX-MAN-HXDV1-KR-001
판	ver0.2
발행일	2026-11-06
대상 제품	HXD-V1 · 모듈형 수소 건조기
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
0.1	2026-10-29	최초 발행(웹 핸드북에서 뽑음)
0.2	2026-11-06	제어 앱 장·운전과 정지 장 추가, 출하 전 공장 시험·시운전 합격 판정·기록 추가, 증상 A~D 추가, 알람·운전 상태를 제어 앱과 대조

CONTENTS

목차

01	안전	4
02	받기와 보관	7
03	설치와 HXB-V1 연결	11
04	첫 기동	16
05	작동 원리	19
06	제어 앱	22
07	운전과 정지	26
08	점검과 서비스	30
09	HXB-V1 과 함께 사용하기	32
10	해체와 보관	34
11	사양과 참고	35
	문제 해결	37

01 안전

HXD-V1 · 갱신 2026-11-06

HXD-V1 은 HXB-V1 에서 공급되는 가압 수소의 수분을 제거하고, 교류 전원 히터로 흡착탑을 가열해 재생합니다. 하나의 랙 장비에 압력, 수소, 전기, 열로 인한 위험이 함께 존재합니다.

이 장은 위험 요소와 즉시 취해야 할 안전 조치를 다룹니다. 설치하거나 운전하기 전에 읽으십시오.

위험 요소 **수소 · 압력 · 교류 전원 · 고온** 읽는 시점 **설치 전에 한 번, 처음부터 끝까지**

이 장을 읽는 방법

처음이신 분

모든 절을 빠짐없이 읽으십시오. 설치 전에 한 번 끝까지 읽으십시오.

해보신 분

신호어와 비상 대응을 다시 읽고 현장 안전 규칙과 대조하십시오.

신호어

이 핸드북은 HXB-V1 핸드북과 같은 신호어를 사용합니다. 신호어마다 위험의 심각도가 다르므로 이를 구분해 읽으십시오.

신호어	뜻
위험	피하지 않으면 중상이나 사망에 이르는 상황
경고	피하지 않으면 중상이나 사망에 이를 수 있는 상황
주의	피하지 않으면 가벼운 부상이나 중간 정도의 부상을 입을 수 있는 상황
알림	부상과는 관계없지만 장비 손상이나 성능 저하를 막기 위한 정보

위험 요소

위험

수소는 불이 붙기 쉽고, 운전 중에 벤트로 나옵니다.

- PURGE 와 DEPR. 는 정상 운전 중에도 수소를 배출합니다. 두 벤트 모두 공기 흡입구와 점화원에서 떨어진 실외의 안전한 곳으로 연결하십시오.
- PURGE 와 DEPR. 를 막거나, 마개를 끼우거나, 조이지 마십시오. 벤트가 막히면 재생이 중단되고 압력을 견디도록 설계되지 않은 부분에 압력이 걸릴 수 있습니다.
- DRAIN 에서는 응축수와 함께 수소가 나옵니다. 열린 바닥 배수구로 보내지 마십시오.

경고

가스 계통에는 압력이 걸려 있습니다. 가압 상태에서 이음부를 풀면 튜브가 튀거나 수소가 누설되어 다칠 수 있습니다.

- 표준 운전 압력은 10 barg 입니다. 더 높은 압력으로 설계된 장비는 해당 압력이 명판에 표시되어 있습니다.
- 압력이 걸린 상태에서 피팅을 풀지 마십시오. 수소 공급을 멈추고 먼저 감압하십시오.
- 가스 계통은 릴리프 밸브로 보호됩니다. 릴리프 밸브에서 배출되는 가스도 벤트 포트를 통과하므로 벤트는 항상 열려 있어야 합니다.

경고

장비 내부에는 교류 전원이 공급되며, 가스와 접촉하는 부품에도 연결됩니다. 감전되면 중상이나 사망에 이를 수 있습니다.

- 히터는 흡착탑 내부에 있으며 200-240 V 로 작동합니다. 보호 접지가 된 콘센트에만 연결하십시오. 보호 접지는 필수입니다.
- 덮개를 열기 전에 ON/OFF 스위치를 끄고 전원 코드를 뽑으십시오.

주의

내부 부품이 뜨거워집니다. 맨손으로 만지면 화상을 입을 수 있습니다.

- 재생 중에는 흡착탑 벽면 온도가 약 150 °C 까지 올라갑니다. 흡착탑은 단열되어 있지만 히터 끝부분과 주변 피팅은 뜨거울 수 있습니다.
- 전원을 끈 뒤 몇 시간 동안 냉각한 다음 내부 작업을 하십시오.
- DRAIN 의 응축수에는 수전해 장비에서 유입된 알칼리 성분이 섞여 있을 수 있습니다. 취급할 때는 장갑과 보안경을 착용하십시오.

보호구

> 알림
>
> **현장 규정이 이 문서의 기준보다 엄격하면 현장 규정을 따르십시오.**

일상 운전과 점검	보안경, 발을 덮는 신발, 작업복
피팅과 튜브를 만질 때	보안경과 작업 장갑. 수소 공급을 멈추고 감압한 것을 확인한 뒤에 작업합니다
DRAIN 응축수를 다룰 때	보안경이나 고글, 내알칼리 장갑. 응축수에 알칼리 성분이 섞여 있을 수 있습니다
덮개를 열고 내부를 볼 때	보안경과 작업 장갑. 전원 코드를 뽑고 몇 시간 식힌 뒤에 엽니다

내장 보호 기능

기능	역할
릴리프 밸브	가스 계통의 압력이 설정값을 넘으면 열려 가스를 벤트로 배출합니다

기능	역할
과열 차단	각 흡착탑의 써모스탯이 벽면 과열 시 소프트웨어와 관계없이 히터 전원을 직접 차단합니다
누액 감지	함체 안에 액체가 고이면 감지해 비상 정지합니다
과압 정지	계통 압력이 15 barg 를 넘으면 소프트웨어가 비상 정지합니다
흡착탑 과열 정지	흡착탑 온도가 재생 온도보다 30 °C 이상 높아지면(최대 250 °C) 소프트웨어가 비상 정지합니다
환기 팬 감시	환기 팬 세 개 중 하나라도 멈추면 경고합니다
퓨즈가 내장된 전원 입구	2극 스위치와 퓨즈가 내장된 IEC C14 입구

이 기능들은 장비를 보호합니다. 현장 설계에 필요한 수소 감지, 환기, 비상 정지를 대신하지 않습니다. 누액 감지는 액체를 감지하는 것이며 수소 감지기가 아닙니다.

비상 대응

제어 앱 오른쪽 위의 Emergency STOP 버튼으로 드라이어를 즉시 비상 정지할 수 있습니다. 원인을 확인하고 해결한 뒤 같은 자리의 Release 버튼으로 해제하십시오. 앱을 쓸 수 없거나 연기·화재가 있으면 ON/OFF 스위치나 공급 회로에서 전원을 차단하십시오.

상황	조치 사항
수소 냄새, 가스가 새는 소리, 가스 경보	안전한 거리에서 HXB-V1 의 수소 생산을 멈추십시오. 환기하고 점화원을 멀리 두십시오. 누설 지점을 찾아 보수하기 전에는 다시 가압하지 마십시오.
연기, 타는 냄새, 과열	ON/OFF 스위치나 공급 회로에서 HXD-V1 의 전원을 끄십시오. HXB-V1 을 멈추십시오. 뜨거운 동안에는 장비를 열지 마십시오.
장비 위나 아래에 액체가 있음	계통을 정지하고 전원을 끈 뒤 액체를 알칼리성으로 간주해 취급하십시오. 재기동 전에 DRAIN 배관과 기수분리기를 확인하십시오.
화재	안전하게 할 수 있으면 전원과 수소 공급을 차단하십시오. 수소 공급을 차단한 뒤에는 남은 수소가 모두 연소될 때까지 두십시오. 현장 소방 계획을 따르십시오.

02 받기와 보관

HXD-V1 · 갱신 2026-11-06

출하 구성, 인수 서명 전 확인 사항, 설치 전 보관 방법을 다룹니다. 내부 흡착제는 건조된 상태로 출하되므로, 수령한 날부터 습기 유입을 막는 것이 중요합니다.

형상 **19인치 랙 · 6U** 크기 **482 × 650 × 266 mm**

이 장을 읽는 방법

처음이신 분

수령한 품목을 아래 목록과 대조하고, 포트 마개는 끼운 채로 두십시오.

해보신 분

보관 조건으로 바로 가십시오.

함께 오는 것과 준비하실 것

기본 제공 품목



HXD-V1 본체 (포트에 마개를 끼워 출하합니다)



사용설명서 (전자 파일로 전달합니다)



출하 검사 성적서

주문에 포함하지 않은 품목은 별도로 준비하십시오



랜 케이블과 전원 케이블

현장에서 준비하십시오



제어용 PC 또는 노트북



수소용 1/4인치 스테인리스 튜브와 피팅

사진은 품목을 설명하기 위한 예시입니다. 튜빙 사진 Best Tech Nick 25 (Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0, 배경 제거 등 수정). 수정본도 CC BY-SA 4.0 으로 공개합니다.

- PURGE · DEPR. 를 실외의 안전한 곳까지 연결하는 벤트 배관
- DRAIN 에 연결할 액 트랩
- 본체를 받칠 랙 레일이나 선반
- 노점·순도 분석기. 노점 센서를 주문에 포함하지 않은 경우 노점을 확인하려면 필요합니다

HydroXpand 가 랙 전체를 공급하는 경우 튜브, 피팅, 랙 레일은 랙 통합 범위에 포함됩니다.

출하 전 공장 시험

HXD-V1 은 한 대씩 공장에서 아래 시험을 마치고 출하합니다. 결과는 출하 검사 성적서에 담아 장비와 함께 보내 드립니다. 첫 기동 때 이 값과 비교합니다.

구분	확인하는 것	기준
외관과 조립	외관, 배선, 가스 피팅 조임	손상, 누락, 풀림 없음
전기 안전	보호 접지 연결, 절연저항(500 V DC)	0.1 Ω 이하, 1 MΩ 이상
센서	온도·압력 센서를 기준 온도계·압력계와 비교	± 2 °C, ± 0.2 barg 이내
통신과 기록	제어 앱 연결, CSV 기록	1초마다 갱신, 모든 채널 기록
기능	흡착탑 전환 밸브, 환기 팬, 히터와 접촉기, 누설 감지 비상 정지	명령대로 동작, 두 히터가 동시에 켜지지 않음
압력	질소 10 barg 누설 시험과 압력 유지, 안전밸브 설정	성적서 누설 없음, 안전밸브 설정 15 barg
수소 운전	HXB-V1 의 수소 10 barg 로 24 h 연속 운전, 두 흡착탑을 한 번씩 재생	재생 온도 도달, 40 °C 이하에서 전환, 출구 노점 -65 °C 이하, 드레인 경고 없음, 수소 누설 없음
출하 상태	재생 설정, 포트	공장 설정(150 °C, 주기 12 h, 가열 6 h), 포트 여섯 개에 마개

> 알림
>
> **공장 시험 유량은 정격보다 낮습니다.**
>
> - 시험용 HXB-V1 한 대가 공급하는 수소로 시험하므로 최대 처리 유량 2.5 Nm³/h 보다 적습니다. 시험한 유량은 성적서에 적습니다.

개봉과 검수

준비물

인수증과 주문 내역, 사진을 남길 기기, 리프팅 보조 도구 또는 함께 들 사람을 준비하십시오.

작업 순서

> ⚠ 주의
>
> **혼자 들지 마십시오. 떨어뜨리면 발을 다치고 포트가 상합니다.**
>
> - 두 사람이 들거나 리프팅 보조 도구를 쓰십시오. 전면 패널의 포트와 피팅을 잡고 들지 마십시오.

1 **겉포장을 먼저 봅니다.**

- 찌그러짐, 충격, 물에 젖은 흔적이 있는지 확인합니다.
- 손상이 있으면 인수증에 적고 사진을 남기십시오. 운송사 배상 청구에 필요합니다.

2 **상자를 조심해서 엽니다.**

- 칼을 깊이 넣지 마십시오. 포트 마개와 피팅이 상할 수 있습니다.

3 **본체를 평평하고 안정된 자리에 옮겨 놓습니다.**

4 **눈으로 검수합니다.**

- 함체와 손잡이에 찌그러짐, 균열, 변형이 없는지 봅니다.
- 가스 포트 여섯 개에 마개가 모두 끼워져 있는지, 전원 입구와 이더넷 포트에 손상이 없는지 봅니다.
- 명판의 모델명과 일련번호를 배송 서류와 대조합니다.

검수 완료 기준

모델명과 일련번호가 주문과 맞고, 함체·포트·피팅에 손상이 없으며, 포트 마개가 모두 끼워져 있어야 합니다.

이상이 있으면

설치하지 말고 사진과 일련번호를 HydroXpand 에 보내 주십시오. 운송 손상이면 인수증 기록과 사진이 함께 필요합니다.

> 알림
>
> **튜브를 연결할 때까지 포트 마개를 빼지 마십시오.**
>
> - 포트가 열려 있으면 흡착제가 실내 공기의 수분을 흡착합니다. 기동 전에 수분을 흡착한 경우 목표 노점에 도달하기까지 더 많은 재생 주기가 필요합니다.

보관

- 실내의 건조하고 동결 우려가 없는 곳에 원래 포장 상태로 보관하십시오.
- 수평으로 두고 위에 다른 짐을 쌓지 마십시오.
- 두 사람이 전면 손잡이와 바닥을 함께 받쳐 들어 올리십시오. 손잡이만으로 본체 전체 무게를 지탱하도록 설계되지 않았습니다.

03 설치와 HXB-V1 연결

HXD-V1 · 갱신 2026-11-06

HXD-V1 은 HXB-V1 에서 공급되는 수소의 수분을 제거하는 모듈형 건조기입니다. HXB-V1 과 같은 19인치 랙 규격으로 같은 랙에 함께 설치할 수 있습니다.

이 장은 HXD-V1 설치 장소, HXB-V1 연결 배관, 벤트와 드레인, 전원과 네트워크를 다룹니다. 여러 대를 한 랙에 설치하는 구성은 「HXB-V1 과 함께 사용하기」 장에, HXB-V1 측 조건은 HXB-V1 의 전·후단 구성 장에 있습니다.

연결 장비 **HXB-V1 10 barg 사양, 최대 다섯 대** 읽는 시점 **발주 전, 늦어도 설치 장소를 정하기 전**

이 장을 읽는 방법

처음이신 분

「설치 전 결정 사항」을 HXB-V1 주문 내용과 대조하고, 포트 표를 참고해 배관을 설계하십시오.

해보신 분

「벤트와 드레인」 절만 다시 확인하십시오. 배관을 변경할 때 고려해야 할 조건은 대부분 이 절에 있습니다.

설치 전 결정 사항

- HXB-V1 의 압력 사양. HXD-V1 은 가압 수소를 공급받도록 설계되었습니다. 입구에 최소 10 barg 가 필요하므로 10 barg 사양 HXB-V1 과 함께 사용하며, 0 barg 사양에는 연결할 수 없습니다. HXB-V1 의 압력은 주문 시 정해지므로 HXB-V1 주문 시 함께 결정하십시오.
- 연결할 HXB-V1 대수. HXD-V1 한 대에 HXB-V1 다섯 대까지 연결할 수 있습니다. 여러 대를 연결하는 배관 구성은 주문 시 함께 결정합니다.
- 사용처의 압력. HXD-V1 의 표준 운전 압력은 10 barg 입니다. 사용처에 더 높은 압력이 필요하면 압축기를, 압력 변동에 민감하면 별도의 조절기를 설치해야 합니다. 더 높은 압력(최대 35 barg)은 협의해 결정합니다.
- 벤트 배출 위치. HXD-V1 은 운전 중 수소가 포함된 가스를 벤트로 배출합니다. 실외의 안전한 방출 지점까지 배관 경로를 먼저 정하십시오.
- 전원과 네트워크. AC 200-240 V 단상 전원 연결부 한 곳과 제어용 이더넷 연결부 한 곳이 필요합니다.

설치 장소

- 환기가 되는 실내 비위험 구역에 설치하십시오. HXD-V1 은 위험 구역(ATEX·IECEx 구역)용 인증을 받지 않았습니다.
- 19인치 랙에서 6U 공간을 차지합니다. 전면 패널부터 후면까지 깊이는 613 mm 이며, 전면에 피팅 30.7 mm 와 손잡이 36.5 mm 가 돌출되어 전체 깊이는 650 mm 이하입니다. 후면 배관과 케이블이 꺾이지 않도록 여유 공간을 확보하십시오.
- 뒤쪽 팬이 함체 안을 환기합니다. 랙 앞뒤의 공기 흐름을 막지 마십시오.
- HXB-V1 과 같은 실내에 동일한 환기 조건으로 설치하십시오. 수소를 취급하는 장비이므로 HXB-V1 의 설치 장소 조건이 그대로 적용됩니다.

랙 고정

전면 패널을 랙 슬롯(465 mm 간격)에 나사 네 개로 고정하십시오. 본체는 랙 레일이나 선반으로 받치십시오. 전면 나사만으로 본체 무게를 지탱하도록 설계되지 않았습니다.

HydroXpand 표준 랙(42U)에서는 HXD-V1 을 맨 아래에, 그 위에 HXB-V1 다섯 대를 설치합니다. 「HXB-V1 과 함께 사용하기」 장을 참조하십시오.

포트와 연결

모든 포트와 단자는 전면 패널에 있습니다. 유체 포트는 여섯 개이며 모두 1/4인치 튜브 벌크헤드입니다. 번호는 외형 치수도의 번호와 같습니다.

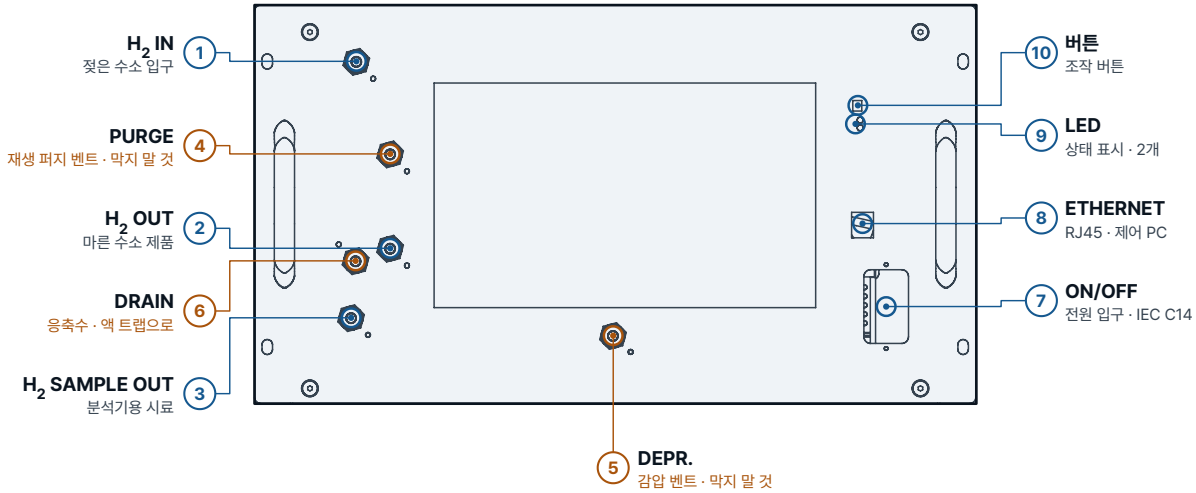


그림 3-1 전면 패널 포트 배치 · 번호는 아래 표와 같습니다

번호	포트	역할	연결 대상
1	H2 IN	습윤 수소 입구	HXB-V1 의 H2 OUT
2	H2 OUT	건조된 제품 수소 출구	사용처, 또는 압축·저장 설비
3	H2 SAMPLE OUT	분석기용 시료 출구	노점계나 순도 분석기. 사용하지 않을 때는 막음 마개 장착
4	PURGE	재생 퍼지 벤트	실외의 안전한 방출 지점. 절대 막지 마십시오
5	DEPR.	감압 벤트	실외의 안전한 방출 지점. 절대 막지 마십시오
6	DRAIN	응축수 드레인	액 트랩을 거쳐 수소 벤트 경로로
7	ON/OFF	전원 입구, 주 스위치, 퓨즈	AC 200-240 V 단상, IEC C14

번호	포트	역할	연결 대상
8	Ethernet	제어와 상태 통신	제어 PC 와 같은 네트워크, RJ45
9	LED	상태 표시등 하나. 색의 뜻은 제어 앱 장	연결 없음
10	버튼	조작 버튼	연결 없음

> 알림
>
> **배관을 제작하기 전에 최신 치수도를 받으십시오.**
>
> - 포트 위치와 깊이는 치수도를 기준으로 확인하십시오. 배관을 절단하기 전에 이 핸드북의 내려받기 목록에 있는 치수도가 최신 판인지 문의해 확인하십시오.

HXB-V1 연결

1

HXB-V1 과 HXD-V1 의 전원을 모두 끈 상태에서 작업하십시오. HXB-V1 에 압력이 남아 있으면 먼저 HXB-V1 핸드북의 순서대로 감압하십시오.

2

HXB-V1 의 H2 OUT 과 HXD-V1 의 H2 IN 을 수소용 스테인리스 튜브와 피팅으로 연결하십시오. 전체 운전 압력 범위를 견디는 등급이어야 합니다.

- 이 구간에 압력 조절기나 릴리프 밸브를 넣지 마십시오. HXD-V1 출구의 압력 조절 밸브가 HXB-V1 부터 HXD-V1 까지 계통 전체의 압력을 결정합니다. 전단에 조절기를 추가하면 HXD-V1 이 지정 압력보다 낮은 압력으로 운전되며, 그만큼 수분량이 늘어 건조 성능이 저하됩니다.
- 수동 차단 밸브를 설치하는 경우 운전 중에는 반드시 열려 있어야 합니다. 닫힌 상태로 기동하면 HXB-V1 출구에 배압이 걸립니다.

3

튜브는 HXB-V1 에서 HXD-V1 방향으로 하향 경사를 주거나 수평으로 설치하십시오. 물이 고일 저점을 만들지 마십시오. 저점이 생기면 해당 위치에 드레인을 설치하십시오.

- HXB-V1 에서 공급되는 수소는 수분으로 포화되어 있으며, 전해질 액적이 섞여 나올 수도 있습니다. HXD-V1 은 입구에서 이 액체를 분리해 DRAIN 으로 배출합니다.

4

HXD-V1 의 H2 OUT 을 사용처에 연결하십시오. 분석기를 사용하는 경우 H2 SAMPLE OUT 에 시료 유량 조절용 니들 밸브를 장착해 연결하고, 사용하지 않을 때는 막음 마개를 끼우십시오.

5

모든 이음부를 체결한 뒤 첫 기동 시 저희와 함께 누설 시험을 진행합니다. 「첫 기동」 장을 참조하십시오.

⚠ 경고

HXB-V1 의 O2 OUT 이나 H2 VENT 에 HXD-V1 을 연결하지 마십시오. 산소와 수소가 섞이면 화재나 폭발이 일어날 수 있습니다.

- HXD-V1 에는 HXB-V1 의 H2 OUT 만 연결합니다.

출구 뒤 연결

H2 OUT 에서 나온 건조 수소를 사용처, 압축기, 저장 설비로 보낼 때 지킬 것입니다.

- H2 OUT 뒤의 압력은 운전 압력(표준 10 barg)보다 낮아야 수소가 흐릅니다. 저장 용기를 바로 채우면 용기 압력이 운전 압력에 가까워질수록 유량이 줄어듭니다. 그보다 높은 압력으로 저장하려면 H2 OUT 뒤에 압축기를 두십시오.
- 압축기를 고를 때는 최소 흡입압이 H2 OUT 에서 받을 수 있는 압력보다 낮은지 확인하십시오.
- H2 OUT 뒤 밸브를 닫은 채 운전하지 마십시오. 계통 압력이 올라 15 barg 를 넘으면 비상 정지(ES_05)합니다. 기동 전에 경로가 열려 있는지 확인하십시오.
- 후단 설비와 저장 설비에는 법규와 설계에 맞는 과압 보호를 마련하십시오. 드라이어 안의 보호 기능이 후단 설비를 지켜 주지는 않습니다.

작업 해설

사용점의 노점은 드라이어 출구보다 높게 나오는 것이 보통입니다.

- 배관 내벽에 붙어 있던 수분이 하류에서 빠져나오기 때문입니다. 배관이 길거나 오래 세워 두었던 설비일수록 차이가 큽니다. 품질 규격이 걸리는 곳에서는 사용점에서도 노점을 재고, 출구 노점(H2 SAMPLE OUT 이나 노점 센서)과 함께 기록하십시오.

벤트와 드레인

HXD-V1 은 흡착탑 두 개를 번갈아 사용합니다. 하나가 수분을 흡착하는 동안 다른 하나는 가열해 흡착된 수분을 배출하며, 이때 건조된 수소 일부로 탑을 퍼지해 PURGE 로 배출합니다. 흡착탑을 전환할 때는 DEPR. 로 잔압을 배출합니다. 두 벤트 모두 수소가 포함된 가스를 배출합니다.

⚠ 위험

PURGE · DEPR. · DRAIN 을 막거나 밸브를 달지 마십시오. 압력이 배출되지 않으면 장비가 손상되고 수소가 의도하지 않은 곳으로 누설되어 화재나 폭발이 일어날 수 있습니다.

- PURGE 와 DEPR. 는 개별 배관으로 연결하거나, 어느 쪽에도 배압이 걸리지 않도록 충분한 관경의 벤트 헤더로 모으십시오.
- 벤트 끝단은 실외의 안전한 방출 지점에 설치하십시오. 지붕보다 높은 곳이나 현장 위험성 평가에서 승인된 위치를 선택하되 점화원, 공기 흡입구, 통행 구역과 거리를 두고 빗물 유입 방지 덮개를 설치하십시오.
- DRAIN 에서는 응축수와 함께 수소가 나옵니다. 바닥 배수구나 열린 배수로에 배출하지 말고, 액 트랩으로 물을 회수하고 가스는 수소 벤트 경로로 보내십시오.

- HXD-V1 의 벤트를 HXB-V1 의 O2 OUT 과 합치지 마십시오. HXB-V1 의 H2 VENT 와 합치시려면 먼저 문의해 주십시오. 한쪽의 배압이 다른 쪽 장비로 넘어갈 수 있습니다.
- 벤트 가스에는 수분이 많습니다. 배관에 경사를 주고 저점에 드레인을 설치하십시오. 동결 우려가 있는 곳은 보온하거나 열선을 설치하십시오.

작업 해설

벤트 배관은 짧고 곧게, 내려가는 쪽으로

- 벤트 가스에는 수분이 많아 배관 안에서 물이 맺힙니다. 길고 굽은 배관이나 저점은 물이 고여 배압을 만들고, 겨울에는 얼어서 벤트를 막습니다. 배관을 설계할 때 가장 먼저 볼 것이 이 부분입니다.

전원과 네트워크

- 전원은 AC 200-240 V 단상 50/60 Hz 이며, IEC C14 입구로 공급됩니다. 입구에는 2극 주 스위치와 퓨즈가 내장되어 있습니다. 소비전력은 재생 가열 중 최대 약 300 W 입니다.
- 과전류 보호 회로에 연결된 보호 접지 콘센트를 사용하십시오. 재생 히터는 교류 전원으로 직접 작동합니다.
- 이더넷(RJ45)은 HXB-V1 제어 PC 와 같은 네트워크에 연결하십시오. Modbus TCP 와 MQTT(JSON)를 지원합니다. PLC 연동은 제어 앱 장을 보십시오. 펌웨어는 Wi-Fi 로 업데이트합니다.

첫 기동

배관과 전원 연결을 마치면 저희와 함께 첫 기동을 진행합니다. 준비 사항과 절차는 「첫 기동」 장에 있습니다.

04 첫 기동

HXD-V1 · 갱신 2026-11-06

새로 설치한 HXD-V1 에서 처음 건조 수소가 생산되기까지의 과정을 다룹니다. 최초 기동 시와 배관을 개방했다가 다시 연결한 후 기동 시에는 배관 내부 공기를 배출하고 누설을 확인하는 별도 절차가 있습니다. 이 절차는 저희 엔지니어와 함께 진행합니다.

선행 작업 **설치와 HXB-V1 연결** 담당자 **고객 현장 담당자와 HydroXpand 엔지니어**

이 장을 읽는 방법

처음이신 분

점검표의 모든 항목을 확인하고 조건을 충족하면 일정을 잡을 수 있도록 연락해 주십시오.

해보신 분

배관을 개방했다가 다시 연결한 경우 점검표를 다시 확인하고 연락해 주십시오.

기동 전 점검표

점검 항목	정상 상태
벤트	PURGE 와 DEPR. 가 밸브나 마개 없이 실외의 안전한 곳까지 연결되어 있습니다
드레인	DRAIN 이 액 트랩을 거쳐 벤트 경로로 연결되어 있습니다
가스 배관	H2 IN 과 H2 OUT 이 연결되어 있습니다. 시료 출구는 분석기에 연결하거나 마개를 끼운 상태입니다
전원	보호 접지된 AC 200-240 V 콘센트. ON/OFF 스위치는 꺼져 있습니다
네트워크	이더넷이 제어 PC 와 같은 네트워크에 연결되어 있습니다
수전해 장비	HXB-V1 이 해당 핸드북에 따라 설치되어 기동 준비가 완료된 상태입니다

첫 기동 때 하는 일

- 배관 내부 공기를 배출하고, 운전 압력에서 모든 이음부의 누설을 확인합니다.
- 소프트웨어의 재생 주기 설정을 확인합니다. 저희가 별도로 권장하지 않는 한 공장 설정(주기 12 h, 가열 6 h)을 유지합니다.
- 노점 센서(선택 사양)나 H2 SAMPLE OUT 의 분석기로 출구 노점을 확인합니다. 필요한 노점에 도달할 때까지 제품 수소는 공정에 공급하지 않고 벤트로 배출합니다.
- 기동 날짜, 운전 압력, 첫 노점 값을 기록합니다.

경고

공기를 배출하지 않은 상태에서 수소를 공급하지 마십시오. 배관 안에서 수소와 공기가 섞이면 화재나 폭발이 일어날 수 있습니다.

알림

초기 몇 주기에는 목표 노점에 도달하기까지 더 오래 걸릴 수 있습니다.

- 보관이나 설치 중 흡착제가 수분을 흡착했다면 출구 수소가 완전히 건조될 때까지 재생 주기를 한 번 이상 완료해야 합니다.

합격 판정

기동한 뒤 아래를 확인하십시오. 넷 다 맞으면 시운전 합격으로 봅니다. 재생과 전환은 첫 재생 주기(공장 설정 12 h)가 끝나야 확인할 수 있습니다.

수소 누설	운전 압력에서 H2 IN · H2 OUT 피팅과 후단 이음부에 누설 검지액을 바르거나 수소 검지기를 대어 보았을 때 기포나 반응이 없습니다. 검지액과 검지기는 고객이 준비합니다.
압력	입구 압력이 9.5 barg 이상을 지키고 대기(STANDBY)로 넘어가지 않습니다.
재생과 전환	가열 단계에서 흡착탑 온도가 재생 온도(150 °C)에 이르고, 40 °C 이하로 식은 뒤 전환합니다. 고장 정지(FS)나 비상 정지(ES) 알람이 없습니다.
노점	출구 노점이 -65 °C 이하입니다. 노점 센서(선택 사양)나 H2 SAMPLE OUT 의 분석기로 확인합니다.

경고

합격 기준을 맞추기 전에는 제품 수소를 공정에 보내지 마십시오.

- 제품은 벤트로 보내면서 알람과 이벤트를 열어 「문제 해결」 장의 순서를 따르십시오.
- 노점만 못 미치면 재생 주기를 몇 번 더 돌린 뒤 다시 확인하십시오. 처음 몇 주기는 오래 걸릴 수 있습니다.

기록해 두실 것

이때 남긴 값이 나중에 성능이 변했는지 판단하는 기준선이 됩니다. 비교할 기준선이 없으면 몇 달 뒤 재생이 느려졌는지 알 수 없습니다.

- 시운전 날짜와 담당자
- 입구·출구 압력과 제품 유량
- 첫 재생 주기에서 재생 온도에 이르기까지 걸린 시간과 최고 온도
- 출구 노점과 그 노점에 이르기까지 걸린 시간
- 출하 검사 성적서의 값과 비교한 결과

- 시운전 중 뜬 알람이 있으면 그 내용

05 작동 원리

HXD-V1 · 갱신 2026-11-06

운전 중 장비 내부에서 진행되는 과정을 다룹니다. 작동 원리를 알면 측정값을 해석하기 쉽고, 벤트가 항상 열려 있어야 하는 이유를 이해할 수 있습니다.

방식 **2탑 교대 · 히터 퍼지** 재생 수소 손실 **약 90 NL/h**

이 장을 읽는 방법

처음이신 분

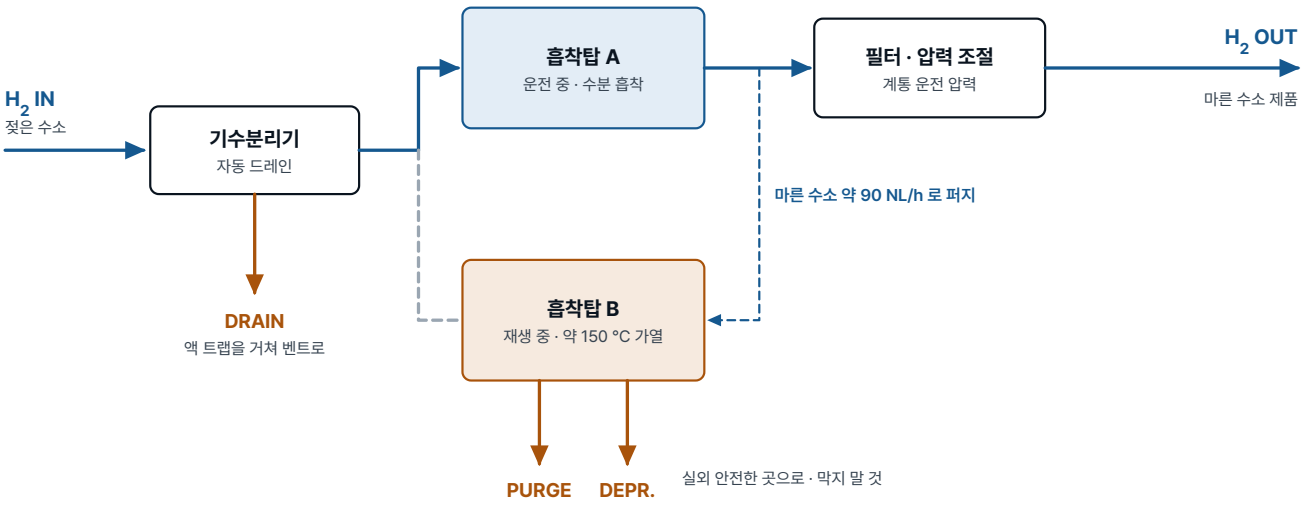
공정 개요와 재생 주기를 읽으십시오.

해보신 분

측정값 절로 바로 가십시오.

공정 개요

습윤 수소는 H2 IN 으로 유입되어 기수분리기, 두 흡착탑 중 운전 중인 탑, 필터와 출구 압력 조절 밸브를 차례로 거쳐 H2 OUT 으로 배출됩니다.



개념도입니다. 두 탑은 재생 주기마다 역할을 바꿉니다. 밸브와 계장은 생략했습니다.

그림 5-1 공정 흐름 · 개념도, 밸브와 계장 생략

단계	역할
기수분리기	수소에 포함된 액적을 모읍니다. 자동 밸브를 통해 DRAIN 으로 배출합니다
흡착탑 A · B	분자체가 충전된 탑 두 개. 하나가 수분을 흡착하는 동안 다른 하나는 재생합니다

단계	역할
필터와 압력 조절 밸브	흡착제 분진을 걸러 내고 계통의 운전 압력을 유지합니다

재생 주기

두 흡착탑이 교대로 작동합니다. 한 탑이 수소를 건조하는 동안 다른 탑은 아래 단계를 거쳐 재생됩니다. 단계 이름은 제어 앱의 상태 표시와 같습니다.

단계	작동 내용
가열 (HEATING)	DEPR. 로 감압한 탑을 내부 히터가 재생 온도(기본 150 °C)까지 가열해 흡착제의 수분을 배출합니다
냉각 (COOLING)	건조된 제품 수소 약 90 NL/h 가 탑을 역방향으로 통과하며 탑을 식히고 수분을 PURGE 로 배출합니다
전환 대기 (IDLE)	재생한 탑이 40 °C 이하로 식을 때까지 전환을 기다립니다
전환 (SWITCHING)	재생한 탑을 운전 압력으로 올린 뒤 운전 탑을 바꿉니다. 전환 중에도 제품 수소는 계속 공급됩니다

작업 해설

재생에 제품 수소를 쓰는 이유

- 가열로 흡착제에서 빠져나온 수분은 탑 안에 머물러 있다가 다시 흡착됩니다. 이미 마른 수소를 조금 흘려 이 수분을 밖으로 실어 내야 탑이 완전히 마릅니다. 그래서 재생 중에는 PURGE 로 늘 수소가 나가고, 이 벤트를 막으면 재생이 끝나지 않습니다.

재생 주기·가열 시간·재생 온도의 기본값과 설정 범위는 운전과 정지 장의 재생 설정에 있습니다.

> 알림
>
> ### 재생에 사용하는 수소량은 HXB-V1 대수와 관계없습니다.
>
> - HXB-V1 이 한 대든 다섯 대든 재생에 약 90 NL/h 를 사용합니다. 운전 대수가 적을수록 전체 생산량에서 재생용 수소가 차지하는 비율이 커집니다.

운전 상태

제어 앱 위쪽의 Status 칸에 장비의 현재 상태가 표시됩니다.

앱 표시	뜻
STOPPED	재생 주기가 멈춘 상태입니다. 정지 후에는 계통이 감압됩니다
STANDBY	입구 압력이 8.5 barg 아래로 내려가 대기 중입니다. 9.5 barg 이상이 되면 자동으로 운전을 이어 갑니다
HEATING	재생 중인 탑을 가열하고 있습니다

앱 표시	뜻
COOLING	재생 중인 탑을 퍼지 수소로 식히고 있습니다
IDLE	재생한 탑이 식기를 기다리며 전환을 미루고 있습니다
SWITCHING	운전 탑을 바꾸고 있습니다
EMERGENCY	비상 정지 상태입니다. 원인을 확인한 뒤 앱의 Release 로 해제합니다
OFFLINE	제어 앱이 장비 데이터를 받지 못하고 있습니다. 전원과 이더넷을 확인하십시오

측정값

작업 해설

노점 숫자는 어느 압력에서 잰는지와 함께 읽으십시오.

- 같은 수분량이라도 재는 압력이 높으면 노점이 높게 나옵니다. 수분 약 5 ppm 은 대기압에서 약 -65 °C, 10 barg 배관 안에서는 약 -47 °C 로 읽힙니다. 이 핸드북의 노점은 대기압 기준입니다. 분석기를 쓰실 때는 그 분석기가 어느 압력 기준으로 값을 내는지 확인하십시오.

측정	용도
입구 압력	HXB-V1 쪽에서 들어오는 압력 확인
흡착탑 입구 가스 온도	운전 중인 탑으로 유입되는 수분량 추적
출구 압력	계통 운전 압력
흡착탑 온도	가열과 냉각 진행 상태
기수분리기 수위	자동 드레인 시작
누액 감지	함체 안 액체 감지 시 정지
출구 노점 (선택 사양)	제품 수소 품질

노점 센서는 선택 사양입니다. 주문에 포함한 경우 제어 PC 에서 출구 노점을 확인하고, 포함하지 않은 경우 H2 SAMPLE OUT 에 연결한 분석기로 확인하십시오. 노점 센서가 있으면 노점이 -70 °C 보다 높아질 때 경고를 띄우고, -65 °C 보다 높은 상태가 10분 이어지면 장비를 멈춥니다.

06 제어 앱

HXD-V1 · 갱신 2026-11-06

HXD-V1 은 HXB-V1 과 같은 데스크톱 제어 앱으로 감시하고 조작합니다. 앱 2.1.0 부터 드라이어 화면이 들어 있습니다. 이 장은 드라이어를 앱에 등록하는 방법, 화면 구성, 알람 표 읽기, 기록 내보내기를 다룹니다. 매일 켜고 끄는 순서와 운전 중에 볼 값은 [운전과 정지](/handbook/hxd-v1/operation/) 장에 있습니다.

앱 **HXB-V1 과 같은 제어 앱, 2.1.0 이상** 화면 **Home · Dashboard · P&ID · Alarms & Events**

이 장을 읽는 방법

처음이신 분

장비 등록과 프로젝트 절을 따라 한 다음, 화면 구성을 훑어보십시오.

해보신 분

알람과 이벤트 표 읽기 절로 바로 가십시오.

설치와 연결

앱 설치와 제어 PC 의 네트워크 설정은 HXB-V1 과 같습니다. HXD-V1 의 이더넷은 제어 PC 와 같은 네트워크에 연결하십시오. 앱 버전이 2.1.0 보다 낮으면 드라이어 화면이 없으니 최신 버전을 받으십시오.

장비 등록과 프로젝트

1 **앱을 열면 Project Manager 가 나옵니다. Devices 를 누릅니다.**

2 **Device Type 에서 HXD 를 고르고, Device ID 에 장비 라벨의 값을 그대로 넣은 뒤 Add 를 누릅니다.**

3 **New Project 를 누르고 프로젝트 이름을 넣은 뒤, Devices 에서 등록한 HXD-V1 을 골라 Create 를 누릅니다.**

4 **목록에서 프로젝트의 Start 를 누르고 Start Project 로 확인합니다.**

- **확인** 앱 위쪽에 MQTT ONLINE 과 장비 상태(Status)가 표시됩니다. OFFLINE 이면 전원과 이더넷을 확인하십시오.

작업 해설

운전 기록은 프로젝트 단위로 쌓입니다.

- 시험이나 설치 건마다 프로젝트를 따로 만들면, 나중에 기간별 기록을 찾고 비교하기 쉽습니다. 새 프로젝트를 시작하면 실행 중이던 프로젝트는 멈춥니다.

화면 구성

위쪽 표시줄	MQTT 연결, 장비 상태(Status), 기록 여부(Logging), Emergency STOP 버튼
Home	오늘과 현재 세션의 운전 요약, 켜진 알람을 모은 안전 요약
Dashboard	흡착탑 A·B 온도와 H2 IN·H2 OUT 압력 그래프, 기간별 최소·최대·평균
P&ID	계통도 위의 측정값과 밸브 상태, 탑별 재생 단계. 아래쪽에 온도 제어(Temperature Control), 재생 주기 제어(Cycle time control), 흡착탑 전환(Adsorber Switching)
Alarms & Events	알람 목록(코드, 측정값, 한계값, 상태), 보낸 명령 이력, 운전 이벤트

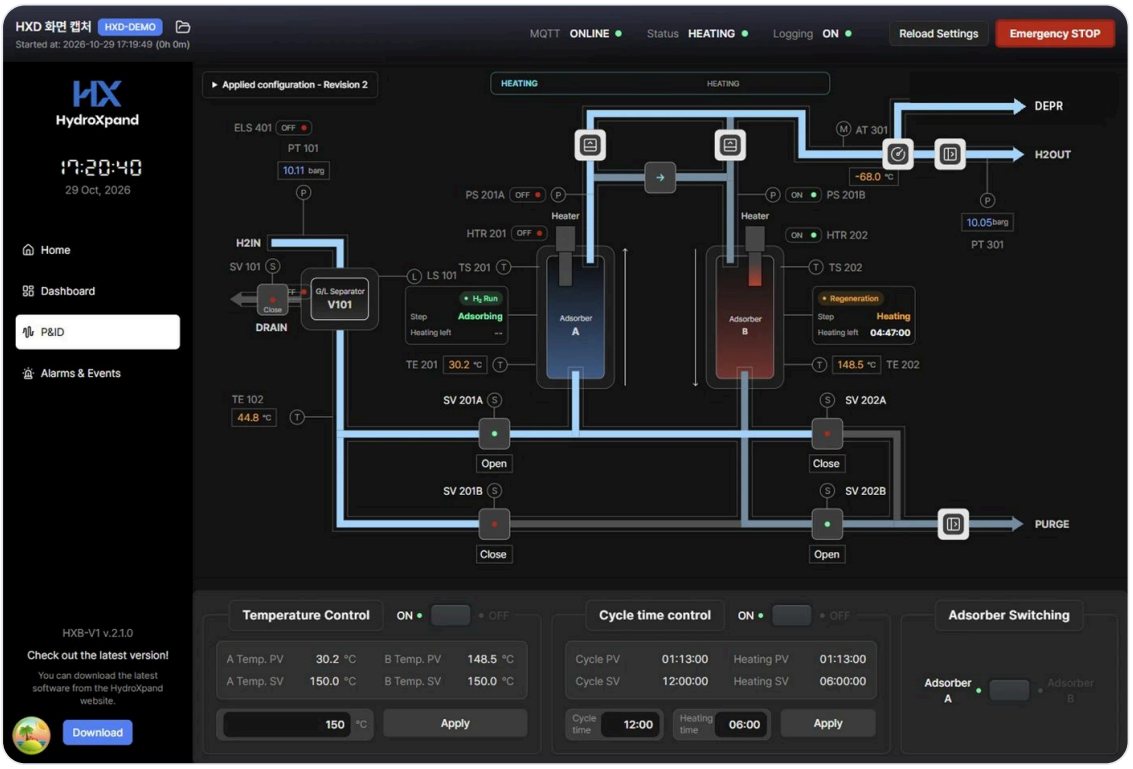


그림 6-1 P&ID 화면 · 예시 값

알람과 이벤트 표 읽기

Alarms & Events 화면 위쪽은 알람 표, 아래쪽은 이벤트 표입니다. 알람은 조치가 필요한 비정상 상태이고, 이벤트는 보낸 명령과 운전 중 일어난 일의 이력입니다. 새로고침 아이콘으로 표를 갱신합니다.

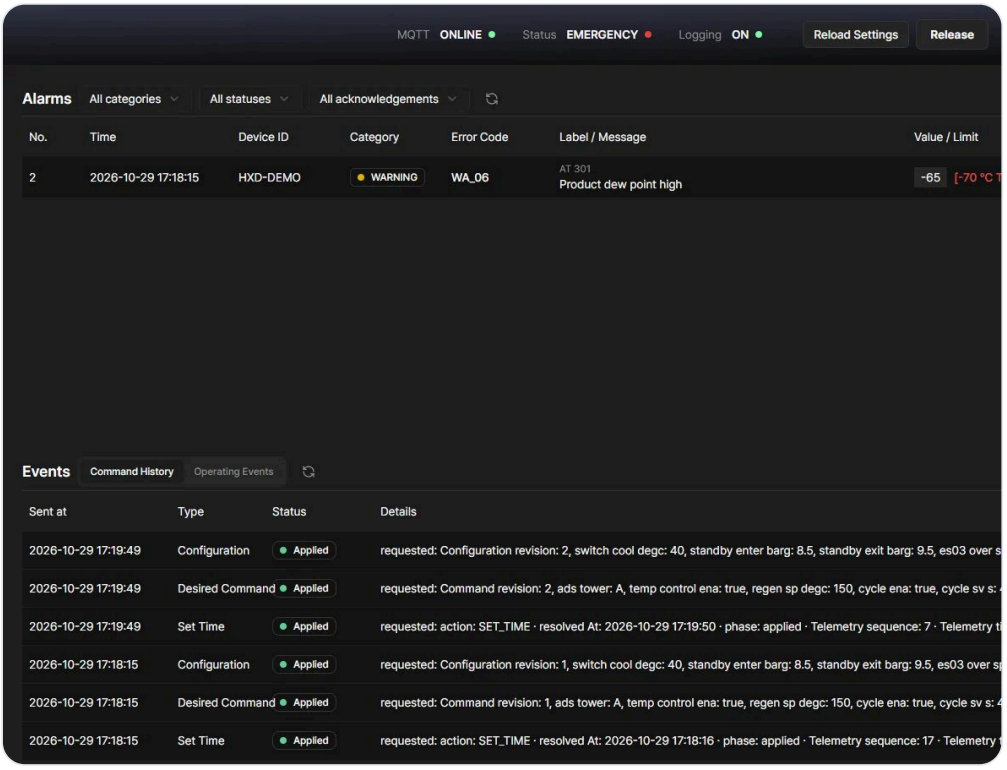


그림 6-2 Alarms & Events 화면 · 예시 값

알람 열	뜻
No.	알람 번호
Time	알람이 난 시각
Device ID	알람을 낸 드라이어. 프로젝트에 장비가 여러 대일 때 구분합니다
Category	단계. 비상 정지(EMERGENCY STOP), 고장 정지(FAULT STOP), 경고(WARNING)
Error Code	ES·FS·WA 코드. 알람 표에서 같은 코드를 찾습니다
Label / Message	위의 작은 글씨는 알람을 낸 센서나 부품의 이름표(P&ID 화면과 같음), 아래는 무엇이 비정상인지입니다
Value / Limit	실제 값과 알람 한계값
Status	지금도 활성(Active)인지, 해소(Resolved)됐는지
Ack	확인 버튼. 누르면 확인한 시각이 남습니다

표 위의 세 목록으로 단계, 상태, 확인 여부별로 걸러 볼 수 있습니다.

> 알림
>
> **Ack 는 알람을 보았다는 기록입니다. 원인을 없애지는 않습니다.**
>
> - 확인한 뒤에도 원인이 남아 있으면 Status 는 Active 로 남습니다. 비상 정지는 원인을 해결한 뒤 앱 오른쪽 위의 Release 로 해제합니다.

이벤트 탭	담는 것
Command History	앱이 보낸 설정과 명령. 보낸 시각(Sent at), 종류(Type), 결과(Status), 내용(Details). 결과는 Sent(보냄), Applied(적용됨), Rejected(거부됨), Timeout(응답 없음)입니다
Operating Events	운전 중 일어난 일. 자동 전환 지연과 완료, 수동 전환 실행과 거부, STANDBY 진입과 복귀 등

작업 해설

설정이 적용됐는지는 Command History 에서 확인합니다.

- 설정을 바꿨는데 값이 그대로인 것 같으면 그 명령의 Status 가 Applied 인지 보십시오. Rejected 나 Timeout 이면 장비가 받아들이지 않은 것입니다.

기록 내보내기

앱 위쪽의 Logging 이 ON 이면 운전 데이터가 프로젝트에 계속 기록됩니다. 기록은 csv 로 내보냅니다.

1 **Project Manager 를 엽니다.**

2 **내보낼 프로젝트의 옵션 메뉴(⋯)에서 Telemetry Only (.csv) 를 고릅니다.**

3 **장비 종류(Device type)는 HXD 를, 기록 간격(Sampling interval)은 1초부터 30분 중에서 고릅니다.**

4 **저장할 곳을 고르면 「프로젝트명-hxd-telemetry-간격s.csv」 파일이 만들어집니다.**

csv 에는 재생 단계와 운전 탭, 재생 설정값, 흡착탑 온도, 입구·출구 압력, 노점, 밸브·히터·팬 상태, 비상 정지 원인, 알람, 펌웨어 버전이 시각과 함께 담깁니다.

작업 해설

문의하실 때는 csv 를 그대로 보내 주십시오.

- 잘라 내거나 평균을 내지 마십시오. 사건 전후가 함께 있어야 원인을 찾을 수 있습니다. 1초 간격으로 내보내 주시면 가장 정확합니다.

07 운전과 정지

HXD-V1 · 갱신 2026-11-06

첫 기동을 마친 드라이어를 매일 돌리는 방법입니다. 전면 LED 의 뜻, 기동과 정지 순서, 재생 설정, 운전 중에 볼 값, PLC 연동을 다룹니다. 앱 화면과 기록 내보내기는 「제어 앱」 장에 있습니다.

켜는 순서 **드라이어 먼저, 그다음 HXB-V1** 재생 기본값 **12 h 주기 · 150 °C**

이 장을 읽는 방법

처음이신 분

전면 LED 와 일상 기동, 두 절만 먼저 읽으십시오. 그 두 개로 매일 돌릴 수 있습니다. 나머지는 필요할 때 찾아보는 참조입니다.

해보신 분

운전 중 감시 표로 바로 가십시오.

전면 LED

전면의 LED 하나가 색으로 장비 상태를 알려 줍니다. 색의 뜻은 HXB-V1 과 같습니다. 자세한 상태는 제어 앱 위쪽의 Status 칸에서 확인하십시오.

상태	색	뜻
정상 운전	초록	재생 주기가 돌며 수소를 건조하고 있습니다
대기	노랑	전원은 켜져 있고 운전하지 않는 상태입니다
비상 정지	빨강	비상 정지가 걸렸습니다. 원인을 확인한 뒤 앱의 Release 로 해제하십시오

일상 기동

드라이어를 먼저 켜고 HXB-V1 을 나중에 기동합니다. 첫 기동은 「첫 기동」 장대로 저희와 함께 합니다.

시작 전 확인

- Alarms & Events 에 Active 인 비상 정지(ES)나 고장 정지(FS) 알람이 없습니다.
- PURGE·DEPR.·DRAIN 벤트가 안전한 방출 지점으로 이어지고 막힌 곳이 없습니다. 벤트에는 밸브를 달지 않습니다.
- H2 OUT 뒤 배관이 열려 있어 제품 수소가 나갈 곳이 있습니다.
- 장비 뒤쪽 공기 구멍이 막혀 있지 않습니다.

순서

1 **HXD-V1 의 ON/OFF 스위치를 켭니다.**

2 **앱에서 드라이어 프로젝트를 시작하고 MQTT ONLINE 을 확인합니다.**

3 **P&ID 화면에서 온도 제어(Temperature Control)를 ON 으로 합니다. 재생 온도가 맞는지 확인합니다.**

4 **재생 주기 제어(Cycle time control)를 ON 으로 합니다.**

- 온도 제어가 꺼져 있으면 주기를 시작할 수 없습니다.

5 **HXB-V1 을 기동합니다. 입구 압력이 오르면 STANDBY 에서 운전으로 넘어갑니다.**

> 알림
>
> **오래 멈췄다가 다시 켤 때는 목표 노점까지 시간이 걸립니다.**
>
> - 출구 수소가 목표 노점에 이르기까지 재생 주기가 한 번 이상 필요할 수 있습니다. 그동안 제품 수소는 벤트로 보내십시오.

재생 설정

드라이어에서 바꿀 수 있는 설정은 아래 세 가지입니다. 설정은 제어 앱 P&ID 화면의 온도 제어(Temperature Control)와 재생 주기 제어(Cycle time control)에서 바꿉니다.

설정	기본값	설정 범위
재생 주기	12 h	1~48 h
가열 시간	6 h	30분 이상, 재생 주기보다 40분 이상 짧게
재생 온도	150 °C	50~200 °C

- HydroXpand 가 따로 권하지 않으면 기본값을 그대로 쓰십시오.
- 재생 주기를 길게 잡으면 운전 중인 탑이 수분을 더 오래 받습니다. 출구 노점이 오르면 먼저 이 설정이 바뀌지 않았는지 확인하십시오.
- 흡착탑 온도가 재생 온도보다 30 °C 이상 높아지면 비상 정지(ES_03)가 걸립니다.

> 알림
>
> **흡착탑 전환(Adsorber Switching)은 수동으로도 할 수 있습니다.**
>
> - 재생한 탑이 아직 식지 않았거나 조건이 맞지 않으면 요청이 거부되고 경고 WA_05 가 뜹니다. 전환 대기(IDLE)가 끝난 뒤 다시 요청하십시오.

운전 중 감시

운전 중에는 P&ID 화면과 Dashboard 에서 아래 값을 봅니다. 정상 범위를 벗어나면 장비가 경고하거나 멈추고, 그때 뜨는 알람 코드는 오른쪽 열과 같습니다.

볼 것	정상	벗어나면
상태 (Status)	HEATING, COOLING, IDLE, SWITCHING 이 차례로 돕니다	STANDBY 나 EMERGENCY 이면 운전 상태 표를 보십시오
입구 압력	9.5 barg 이상 (표준 운전 10 barg)	8.5 barg 아래면 STANDBY, 15 barg 를 넘으면 비상 정지(ES_05)
흡착탑 온도	가열 때 재생 온도(기본 150 °C)까지 오르고, 냉각 뒤 40 °C 이하로 내려와 전환합니다	가열 시간 안에 못 오르면 FS_09, 재생 온도보다 30 °C 이상 높으면 비상 정지(ES_03)
흡착탑 입구 가스 온도	80 °C 이하	넘으면 경고(WA_08)
출구 노점 (선택 사양)	-70 °C 이하	넘으면 경고(WA_06), -65 °C 보다 높은 상태가 10분 이어지면 정지(FS_08)
알람	Active 인 알람이 없습니다	알람 표에서 코드를 찾아 조치합니다

한 번 보는 값보다 추이가 중요합니다. Dashboard 의 온도·압력 그래프와 점검 목록의 매일·매달 항목으로 변화를 지켜보십시오.

정상 정지

멈출 때는 켤 때와 반대로 HXB-V1 을 먼저 멈춥니다. 보관이나 반송을 위해 운전을 끝낼 때는 해체와 보관 장의 정지 절차를 따르십시오.

1. **HXB-V1 의 수소 생산을 멈춥니다.**

2. **재생 주기 제어를 OFF 로 한 다음 온도 제어를 OFF 로 합니다.**
   - 주기가 돌고 있으면 온도 제어를 끌 수 없습니다.

3 **오래 멈출 때는 ON/OFF 스위치를 끕니다. 가열 중이던 탑은 식을 때까지 열지 마십시오.**

> ⚠ 경고
>
> **비상 시에는 앱 오른쪽 위의 Emergency STOP 을 누르십시오.**
>
> - 원인을 확인하고 해결한 뒤 같은 자리의 Release 로 해제합니다. 앱을 쓸 수 없으면 ON/OFF 스위치나 공급 회로에서 전원을 차단하십시오.

PLC·SCADA 연동 (Modbus TCP)

드라이어는 이더넷으로 Modbus TCP 를 지원합니다. 제어 앱 대신 현장의 PLC 나 SCADA 로 운전 상태와 측정값을 받아 설비에 통합할 수 있습니다.

레지스터 맵은 기술 문의로 요청하시면 최신본을 보내 드립니다. 연동 범위는 주문 때 함께 정하십시오.

08 점검과 서비스

HXD-V1 · 갱신 2026-11-06

점검 항목과 주기, HydroXpand 가 담당하는 정비 범위를 다룹니다. 흡착제는 밀봉되어 있어 교체할 필요가 없습니다.

흡착제 **밀봉형 · 교체 불필요** 매일 **누설 · 벤트 · 측정값**

이 장을 읽는 방법

처음이신 분

점검 목록을 현장 점검표에 옮겨 쓰십시오.

해보신 분

HydroXpand 서비스 절로 바로 가십시오.

작업 전에

> 알림
>
> **아래 목록은 기본 점검 항목입니다.**
>
> - 운전 시간과 현장 조건에 맞게 조정해 사용하십시오.

> 경고
>
> **장비 작업 전에 정상적인 절차로 정지하십시오. 잔압이 있거나 전원이 연결되어 있으면 다치거나 감전될 수 있습니다.**
>
> - HXB-V1 을 멈추고, 건조기가 감압되기를 기다린 뒤, ON/OFF 스위치를 끄고 전원 코드를 뽑으십시오.
> - 장비를 열기 전에 냉각하십시오. 흡착탑 주변 부품은 몇 시간 동안 뜨거울 수 있습니다.

점검 목록

매일 또는 교대마다

- 전면 패널 피팅과 튜브에 누설이 없습니다.
- 벤트와 드레인 배관에 손상이나 막힘이 없습니다.
- 출구 노점과 운전 압력이 정상 범위에 있습니다. 활성화된 알람이 없습니다.

작업 해설

노점은 한 번의 값보다 추이가 중요합니다.

- 흡착제가 지치거나 전단에서 물이 더 들어오면 노점은 몇 주에 걸쳐 조금씩 오릅니다. 같은 운전 조건에서 잰 값을 정비 기록표에 남겨 두면, 경고(WA_06)가 뜨기 전에 변화를 알아챌 수 있습니다.

매달

- 후면 팬이 작동하고 통풍구에 먼지가 없습니다.
- 노점 추이. 몇 주에 걸쳐 서서히 상승하면 HydroXpand 에 연락하십시오.
- 드레인 작동 횟수. 뚜렷이 증가했다면 전단에서 유입되는 물의 양이 늘었다는 뜻입니다.

매년

- 운전 압력에서 모든 연결부의 누설 시험을 실시하십시오.
- 제조사 권장에 따라 노점 센서나 분석기를 기준과 대조하십시오.
- 전원 코드, 접지 연결, 네트워크 케이블을 확인하십시오.

HydroXpand 서비스

필터, 밸브, 센서 등 내부 부품은 HydroXpand 나 저희가 지정한 파트너가 정비합니다. 압력 부품을 열거나 내부 부품을 직접 교체하지 마십시오.

연락하실 때 일련번호, 펌웨어 버전, 운전 시간, 최근 이벤트 기록을 함께 보내 주십시오.

09 HXB-V1 과 함께 사용하기

HXD-V1 · 갱신 2026-11-06

HXD-V1 한 대는 HXB-V1 다섯 대까지의 수소를 건조할 수 있습니다. 이 장은 두 장비를 한 랙에 설치하고 연결하는 방법을 다룹니다.

대수 **HXB-V1 1~5대** 최대 유량 **2.5 Nm³/h** 랙 **42U**

이 장을 읽는 방법

처음이신 분

표준 랙 배치와 대수별 구성을 확인하십시오.

해보신 분

점검표로 바로 가십시오.

표준 랙 배치

HydroXpand 표준 랙은 42U 랙 상단에 HXB-V1 다섯 대(각 6U)를, 맨 아래에 HXD-V1 한 대(6U)를 배치합니다.



그림 9-1 42U 표준 랙 배치 · 개념도

- 각 HXB-V1 의 수소 출구를 매니폴드로 모아 HXD-V1 의 H2 IN 에 연결합니다. 매니폴드 구성은 주문 시 함께 결정합니다.
- HXB-V1 의 산소 배관과 벤트는 건조기 배관과 따로 둡니다. 합치지 마십시오.
- 장비마다 별도의 전원 코드가 있습니다. HXB-V1 핸드북과 이 핸드북에 따라 장비마다 공급 회로를 하나씩 계획하십시오.

- 작업과 공기 흐름을 위해 랙 앞뒤를 비워 두십시오.

대수별 구성

HXB-V1 대수	구성
1~5대	HXD-V1 한 대로 2.5 Nm³/h 까지 처리할 수 있습니다
6대 이상	HXB-V1 다섯 대까지를 한 그룹으로 구성하고, 그룹마다 HXD-V1 한 대를 설치합니다

점검표

- 각 HXB-V1 의 수소 출구가 매니폴드에 연결되어 있고, 매니폴드는 H2 IN 에 연결되어 있습니다.
- HXB-V1 과 건조기의 모든 벤트가 밸브 없이 실외의 안전한 곳까지 연결되어 있습니다.
- 건조기를 켠 뒤 HXB-V1 을 기동하고, HXB-V1 을 정지한 뒤 건조기를 끕니다.

10 해체와 보관

HXD-V1 · 갱신 2026-11-06

일시 정지, 보관, HydroXpand 반송 시 장비의 운전을 종료하는 방법입니다.

순서 **HXB-V1 먼저, 그다음 건조기**

이 장을 읽는 방법

처음이신 분
순서대로 따라 하십시오.

해보신 분
사용 후 보관 절로 바로 가십시오.

정지 절차

1 **HXB-V1 의 수소 생산을 정지하십시오.**

2 **건조기가 벤트를 통해 감압될 때까지 기다리십시오. 제어 PC 에서 출구 압력이 0 인지 확인하십시오.**

3 **ON/OFF 스위치를 끄고 전원 코드를 뽑으십시오.**

4 **튜브를 분리한 뒤 모든 가스 포트에 즉시 마개를 끼우십시오.**

사용 후 보관

- 모든 포트를 마개로 막고 「받기와 보관」 장에 따라 실내의 건조하고 동결 우려가 없는 곳에 보관하십시오.
- 장기간 정지 후 재기동할 때는 출구 수소가 목표 노점에 도달하기까지 재생 주기가 한 번 이상 필요할 것으로 예상하십시오.

반송과 폐기

장비를 반송하기 전에 HydroXpand 에 연락해 주십시오. 흡착제와 전자 부품은 별도로 처리하므로 저희가 장비를 회수합니다.

11 사양과 참고

HXD-V1 · 갱신 2026-11-06

데이터시트 HX-DS-HXDV1 Rev 21 의 사양과 외형 치수도 HX-DRW-HXDV1 Rev 00 의 치수입니다.

데이터시트 **Rev 21 · 2026-10-29** 외형 치수도 **Rev 00 · 2026-10-04**

이 장을 읽는 방법

처음이신 분

현장 계획을 수립할 때 사양표를 활용하십시오.

해보신 분

보유한 데이터시트와 치수도의 개정판을 확인하십시오.

사양

성능

건조 후 순도	99.999%
노점	-65 °C 이하 (대기압 기준)
최대 유량	2.5 Nm³/h (HXB-V1 5대 상당)
운전 압력	10 barg 표준 · 최대 35 barg 협의
재생 수소 손실	약 90 NL/h · HXB-V1 대수와 무관

형상

형상	19인치 랙 마운트 · 6U
크기 W × D × H	482 × 650 × 266 mm

유틸리티와 안전

흡착제	밀봉형 · 교체 불필요
재생 방식	2탑 교대 · 히터 퍼지

전원	AC 200-240 V · 단상 · 50/60 Hz
전원 연결	IEC C14 입구
소비전력	최대 약 300 W
재생 주기	공장 설정 12 h · 가열 6 h · 1~48 h 설정
재생 온도	기본 150 °C · 50~200 °C 설정
안전 기능	과압 릴리프 · 과열 차단 · 누액 감지 · 소프트웨어 비상 정지

인터페이스

H2 입구 · 출구	1/4인치 튜브 벌크헤드
입구 요구 압력	최소 10 barg
통신	Modbus TCP · MQTT/JSON
펌웨어 업데이트	Wi-Fi OTA
노점 센서	선택 사양

- 노점은 대기압 기준이며 수분 약 5 ppm 에 해당합니다. 소비전력은 재생 가열 중 최댓값입니다.

외형 치수

- 정면 482 × 266 mm (6U). 랙 슬롯 간격 465 mm.
- 깊이 최대 650 mm (전면 패널부터 후면까지 613 mm, 피팅 30.7 mm, 손잡이 36.5 mm).

문제 해결

HXD-V1 · 갱신 2026-11-06

자주 발생하는 증상과 우선 확인할 항목, 그리고 제어 앱의 알람 목록입니다. 원인이 분명하지 않으면 계통을 정지하고 HydroXpand 에 연락해 주십시오.

확인 순서

1. **앱 위쪽의 Status 와 MQTT 표시를 봅니다. OFFLINE 이면 전원과 이더넷부터 확인하십시오.**

2. **Alarms & Events 화면에서 켜진 알람의 코드를 확인하고, 아래 「알람」 절에서 같은 코드를 찾아 조치를 따릅니다.**

3. **알람이 없으면 P&ID 화면에서 입구·출구 압력, 흡착탑 온도, 노점을 보고 「증상별로 찾기」 표와 맞춰 봅니다.**

4. **원인이 분명하지 않으면 계통을 멈추고, 「문의 시 전달할 정보」 를 모아 HydroXpand 에 연락하십시오.**

증상별로 찾기

아래 표에서 증상을 찾으십시오. 노점, 압력, 재생 온도, 드레인은 표 다음의 증상 A~D 에서 원인별로 더 자세히 다룹니다.

증상	가능한 원인	조치 사항
기동 후 출구 노점이 높습니다	기동 전에 흡착제가 수분을 흡착했습니다	제품 수소를 벤트로 배출하고 재생 주기를 한 번 이상 완료하도록 하십시오
운전 중 출구 노점이 상승합니다	H2 IN 으로 유입되는 수소의 온도나 수분량이 평소보다 높습니다. 재생 주기가 너무 깁니다	전단 HXB-V1 과 실내 온도를 확인하십시오. 재생 주기 설정을 확인하십시오
압력이 10 barg 에 도달하지 않거나 상태가 STANDBY 입니다	누설이 있거나 HXB-V1 의 수소 생산량이 부족합니다. 입구 압력이 8.5 barg 아래로 내려가면 대기합니다	연결부 누설을 확인하십시오. HXB-V1 을 확인하십시오. 입구 압력이 9.5 barg 이상으로 돌아오면 자동으로 운전을 이어 갑니다
드레인이 자주 작동합니다	전단에서 유입되는 물의 양이 평소보다 많습니다	HXB-V1 과 입구 배관의 저점에 물이 고이는지 확인하십시오
재생 중 PURGE 로 가스가 배출되지 않습니다	벤트 배관이 막히거나 닫힌 상태입니다	계통을 정지하고 벤트 배관의 막힘을 제거하십시오. 벤트에 밸브를 달지 마십시오

증상	가능한 원인	조치 사항
누액 알람으로 정지했습니다	함체 내부에 액체가 고여 있습니다	장비를 정지하고 전원을 끈 상태로 유지하십시오. HydroXpand 에 연락하십시오
히터가 가열되지 않습니다	과열 차단 장치가 작동했거나 히터에 전원이 공급되지 않습니다	냉각 후 다시 확인하십시오. 문제가 반복되면 HydroXpand 에 연락하십시오
이더넷이 연결되지 않습니다	케이블, 네트워크 설정	케이블과 제어 PC 의 IP 설정을 확인하십시오

증상 A. 출구 노점이 높다

기동 직후다

보관이나 정지 중에 흡착제가 수분을 머금은 경우입니다. 제품 수소를 벤트로 보내면서 재생 주기를 한 번 이상 끝내십시오. 그 뒤에도 높으면 아래 항목을 보십시오.

들어오는 수소가 평소보다 따뜻하거나 젖어 있다

흡착탑 입구 가스 온도가 80 °C 를 넘으면 경고 WA_08 이 뜹니다. 전단 HXB-V1 의 운전 온도와 실내 온도, 입구 배관에 물이 고이는 곳이 없는지 확인하십시오.

재생 설정이 바뀌었다

재생 주기를 길게 잡았거나 재생 온도를 낮췄으면 탑이 덜 마른 채로 운전에 들어갑니다. 재생 설정의 기본값과 비교하십시오.

재생이 끝나지 않는다

재생 중에는 PURGE 로 늘 수소가 나가야 합니다. PURGE 벤트가 막히면 탑에서 빠져나온 수분을 실어 내지 못합니다. 계통을 멈추고 벤트 배관의 막힘을 없애십시오. 가열이 안 되는 경우는 증상 C 를 보십시오.

분석기 값만 높다

같은 수분량이라도 재는 압력이 높으면 노점이 높게 나옵니다. 수분 약 5 ppm 은 대기압에서 약 -65 °C, 10 barg 에서 약 -47 °C 입니다. 분석기가 어느 압력 기준으로 값을 내는지 먼저 확인하십시오.

증상 B. 입구 압력이 낮거나 STANDBY 가 반복된다

HXB-V1 쪽 수소가 부족하다

입구 압력이 8.5 barg 아래로 내려가면 드라이어는 STANDBY 로 기다리고, 9.5 barg 이상이 되면 스스로 운전을 이어 갑니다. 꺼져 있거나 알람으로 멈춘 HXB-V1 이 없는지 먼저 확인하십시오.

연결부에서 샌다

운전 중인 탑의 압력이 낮으면 경고 WA_07 이 뜹니다. HXB-V1 에서 H2 IN 까지, 그리고 H2 OUT 뒤의 연결부를 누설 검지액으로 확인하십시오.

압력 값이 이상하다

값이 갑자기 튀거나 한 값에 멈춰 있으면 센서를 의심하십시오. 값이 -1~30 barg 범위를 벗어나면 FS_06 으로 멈춥니다. 장비를 멈춘 상태로 두고 HydroXpand 에 연락하십시오.

반대로 압력이 너무 높다

계통 압력이 15 barg 를 넘으면 비상 정지(ES_05)가 걸립니다. H2 OUT 뒤 배관이나 벤트가 막혔거나 밸브가 닫혀 있지 않은지 확인하십시오.

증상 C. 재생 온도가 오르지 않거나 전환이 늦다

가열 시간 안에 재생 온도에 못 이른다

가열 시간이 끝날 때까지 재생 온도에 이르지 못하면 FS_09 로 멈춥니다. 가열 단계인데 히터에 전원이 들어가지 않으면 FS_01 입니다. 장비를 멈춘 상태로 두고 HydroXpand 에 연락하십시오.

과열 차단 장치가 작동했다

과열 차단 장치는 제어와 따로 히터 전원을 직접 끊습니다. 장비를 식힌 뒤 다시 확인하고, 반복되면 HydroXpand 에 연락하십시오. 히터 신호가 한 시간에 10회 이상 끊기면 경고 WA_04 가 뜹니다.

전환 대기(IDLE)가 길다

재생한 탑이 40 °C 이하로 식어야 전환합니다. 탑은 PURGE 로 흐르는 수소로 식으므로, PURGE 벤트가 막히면 냉각이 늦어집니다. 벤트 배관을 확인하십시오.

수동 전환이 거부된다

재생한 탑이 아직 식지 않았거나 조건이 맞지 않으면 경고 WA_05 와 함께 요청이 거부됩니다. 현재 단계를 확인하고 전환 대기가 끝난 뒤 다시 요청하십시오.

증상 D. 드레인이 자주 작동하거나 물 관련 알람이 뜬다

전단에서 넘어오는 물이 많다

기수분리기는 수소에 섞여 온 물을 모아 DRAIN 으로 내보냅니다. 드레인이 평소보다 잦으면 HXB-V1 과 입구 배관의 낮은 곳에 물이 고이지 않는지 확인하십시오.

수위가 높은 상태가 이어진다

기수분리기 수위가 높은 상태가 10분 이어지면 경고 WA_03 이 뜹니다. 드레인 밸브가 명령대로 움직이지 않으면 WA_02 입니다. DRAIN 배관과 액 트랩이 막히지 않았는지 확인하십시오.

함체 안에서 액체가 감지됐다

누액 감지로 비상 정지(ES_01)가 걸린 경우입니다. 전원을 끄고 액체를 알칼리성으로 간주해 취급하십시오. 원인을 찾기 전에는 다시 기동하지 말고 HydroXpand 에 연락하십시오.

알람

알람은 제어 앱의 Alarms & Events 화면과 홈 화면의 안전 요약에 코드, 앱 표시, 측정값과 한계값으로 나타납니다. 비상 정지(ES)와 고장 정지(FS)는 장비를 멈추고, 경고(WA)는 운전을 계속하면서 알립니다. 표의 한계값은 기본 설정값입니다.

비상 정지 (ES)

앱 표시	라벨	뜻	조치 사항
Water leak detected in enclosure	**ES_01** **ELS401**	함체 안에 액체가 감지됐습니다	전원을 끄고 액체를 알칼리성으로 간주해 취급하십시오. 원인을 찾기 전에는 다시 기동하지 마십시오
Heater contactor welded (main contact stuck closed)	**ES_02** **MC401**	히터 접촉기가 붙어 히터 전원을 끊을 수 없습니다	분전반 차단기로 전원을 끊고 HydroXpand 에 연락하십시오
Adsorber bed temperature critical high	**ES_03** **TE201/202**	흡착탑 온도가 재생 온도보다 30 °C 이상 높습니다(최대 250 °C)	장비를 식힌 뒤 HydroXpand 에 연락하십시오. 뜨거운 동안에는 열지 마십시오
System pressure critical high	**ES_05** **PT101** **PT301**	계통 압력이 15 barg 를 넘었습니다	HXB-V1 을 멈추고 H2 OUT 과 벤트 배관이 막히지 않았는지 확인하십시오

고장 정지 (FS)

앱 표시	라벨	뜻	조치 사항
Heater not energized - feedback lost	**FS_01** **HTR201** **HTR202**	가열 단계인데 히터에 전원이 들어가지 않습니다	장비를 정지한 상태로 두고 HydroXpand 에 연락하십시오
Heater contactor not energized	**FS_02** **MC401**	히터 접촉기가 동작하지 않습니다	장비를 정지한 상태로 두고 HydroXpand 에 연락하십시오
Heater contactor auxiliary contact mismatch	**FS_03** **MC401**	히터 접촉기의 보조 접점 신호가 맞지 않습니다	장비를 정지한 상태로 두고 HydroXpand 에 연락하십시오

앱 표시	라벨	뜻	조치 사항
Switching valve feedback mismatch	**FS_04** **SV201A–202B**	흡착탑 전환 밸브가 명령대로 움직이지 않았습니다	장비를 정지한 상태로 두고 HydroXpand 에 연락하십시오
Temperature sensor fault	**FS_05** **TE102** **TE201** **TE202**	온도 센서 값이 -50~400 °C 범위를 벗어났습니다	장비를 정지한 상태로 두고 HydroXpand 에 연락하십시오
Pressure sensor fault	**FS_06** **PT101** **PT301**	압력 센서 값이 -1~30 barg 범위를 벗어났습니다	장비를 정지한 상태로 두고 HydroXpand 에 연락하십시오
Dew point sensor fault	**FS_07** **AT301**	노점 센서 값이 -100~50 °C 범위를 벗어났습니다	장비를 정지한 상태로 두고 HydroXpand 에 연락하십시오
Product dew point out of specification (stop)	**FS_08** **AT301**	출구 노점이 -65 °C 보다 높은 상태가 10분 이어졌습니다	제품 수소를 벤트로 보내십시오. 전단 HXB-V1 과 재생 설정을 확인하고, 반복되면 HydroXpand 에 연락하십시오
Regeneration failed - target temperature not reached	**FS_09** **TE201/202**	가열 시간 안에 재생 온도에 이르지 못했습니다	장비를 정지한 상태로 두고 HydroXpand 에 연락하십시오

경고 (WA)

앱 표시	라벨	뜻	조치 사항
Ventilation fan not running	**WA_01** **FAN401–403**	환기 팬이 돌지 않습니다	뒤쪽 공기 구멍이 막히지 않았는지 확인하십시오. 계속되면 HydroXpand 에 연락하십시오
Drain valve feedback mismatch	**WA_02** **SV101**	드레인 밸브가 명령대로 움직이지 않았습니다	DRAIN 배관과 액 트랩이 막히지 않았는지 확인하십시오
Separator liquid level high persists	**WA_03** **LS101**	기수분리기 수위가 높은 상태가 10분 이어졌습니다	DRAIN 배관과 액 트랩, 전단에서 넘어오는 물의 양을 확인하십시오
Heater feedback dropping frequently	**WA_04** **HTR201** **HTR202**	히터 신호가 한 시간에 10회 이상 끊겼습니다	HydroXpand 에 연락하십시오
Manual adsorber switch rejected	**WA_05**	수동 탑 전환 요청이 조건에 맞지 않아 거부됐습니다	현재 단계를 확인하고 전환 대기가 끝난 뒤 다시 요청하십시오

앱 표시	라벨	뜻	조치 사항
Product dew point high	**WA_06** **AT301**	출구 노점이 -70 °C 보다 높습니다(조기 경고)	노점 추이를 지켜보십시오. -65 °C 보다 높은 상태가 이어지면 FS_08 로 정지합니다
Adsorbing tower pressure low	**WA_07** **PS201A** **PS201B**	운전 중인 탑의 압력이 낮습니다	입구 압력과 연결부 누설을 확인하십시오
Adsorber inlet temperature high	**WA_08** **TE102**	흡착탑 입구 가스 온도가 80 °C 를 넘었습니다	전단 HXB-V1 과 실내 온도, 입구 배관을 확인하십시오
Telemetry not received	**WA_09**	제어 앱이 장비 데이터를 받지 못하고 있습니다	이더넷 케이블과 장비 전원을 확인하십시오
Heartbeat not received by device	**WA_11**	장비가 제어 앱의 신호를 받지 못하고 있습니다	제어 PC 의 앱이 켜져 있는지, 네트워크가 연결돼 있는지 확인하십시오

문의 시 전달할 정보

- 일련번호와 펌웨어 버전
- 증상이 처음 발생한 시각과 당시 운전 압력, 노점 값
- 최근 이벤트 기록
- 연결된 HXB-V1 대수와 배관 사진