

— AEM WATER ELECTROLYSIS

HXS-2

스택 통합 가이드

단품 스택으로 BoP 를 구성하는 통합 담당자를 위한 설계 자료입니다. 사이징 근거와 계측·인터록 구조를 다룹니다.

**2 kW · 50 A**

정격 운전

4 L/min

권장 순환 유량

0 / 10 barg

수소측 압력

— SCOPE · DESIGN INPUTS

이 문서의 자리와 설계 입력

HXS-2 는 스택입니다. 전원과 전해질 순환, 가스 처리, 계측과 인터록을 고객이 구성합니다. 이 문서는 그 설계에 필요한 수치와 구조를 담았습니다.

1. 어느 문서를 언제 보나

데이터시트	사양과 실측 성능 곡선. 구매를 검토하는 단계
이 가이드	BoP 사이징 근거와 계측·인터록 설계. 설계하는 단계
사용자 매뉴얼	포트 연결, 시운전 절차, 정비, 문제 해결. 받은 뒤. ver2.1 영문 48쪽
조립 가이드	개봉과 분해, 재조립 볼팅 절차. 영문 8쪽
보증·서비스 정책	보증 범위와 제외, MEA 교체 기준, 처리 절차

2. 설계 입력

권장 · 한계

운전 전류	50 A	최대 80 A
스택 전압	약 40 V (BOL)	최대 50.6 V · 2.2 V/cell × 23셀
전해질	0.3 M KOH in DI water	KOH 순도 95% 이상 · 고정 주기 없음(상태·성능 추이로 판단)
전해질 온도	60 °C	실온 ~ 80 °C
순환 유량	4 L/min	1 ~ 10 L/min
수소측 압력	0 barg	최대 10 barg
급수	ASTM D1193 Type II	1.0 µS/cm 이하 · 보충수 0.42 L/h @ 50 A
셀 · 활성면적	23셀	양극 100 cm ² · 음극 79 cm ²

성능 곡선의 측정 조건은 0.1 M KOH · 50 °C 입니다. 프로젝트별 조건을 따로 드린 경우 최초 시험에는 그 조건을 적용하십시오.

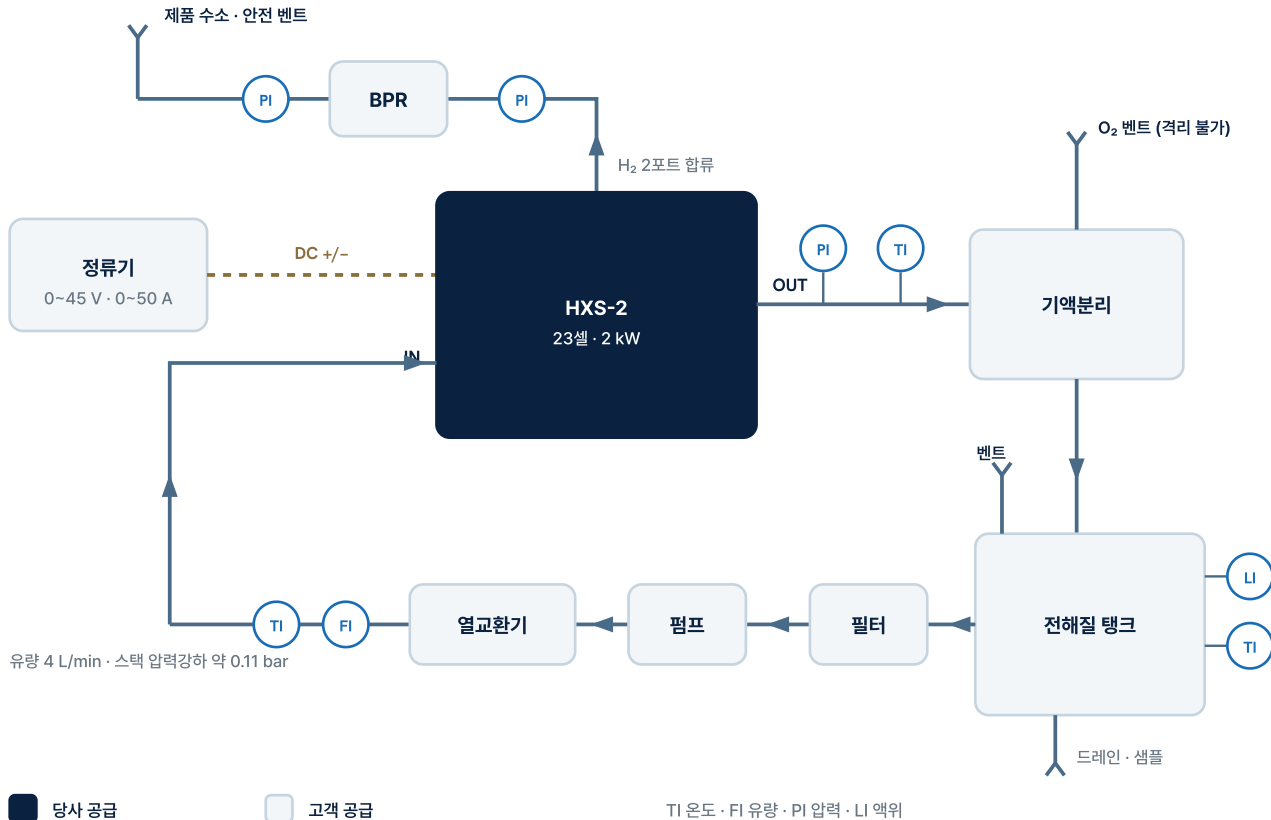
3. 다음 쪽에서 볼 것

3쪽 계통도	전해질 루프와 수소 라인의 최소 구성, 계측기 위치
4쪽 포트와 연결	유체 포트와 DC 단자 도면, 연결 규격과 체결 토크

PROCESS SCHEMATIC

루프 계통도

전해질 루프와 수소 라인의 최소 구성입니다. 개념도이며 P&ID 를 대신하지 않습니다.

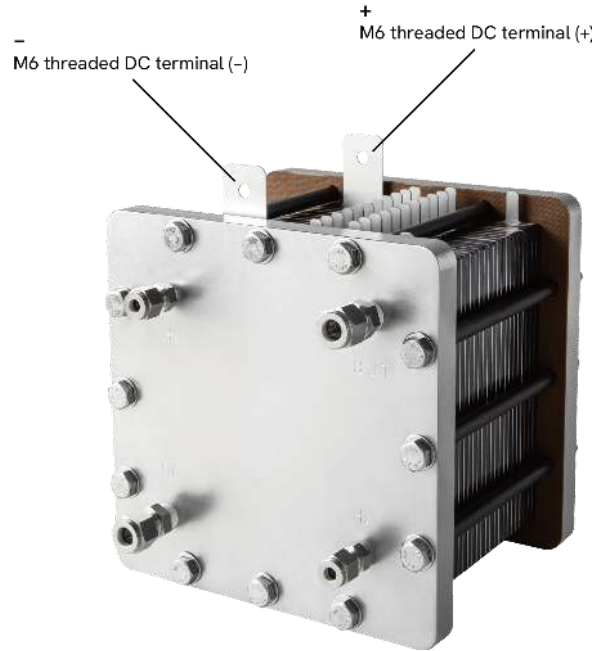
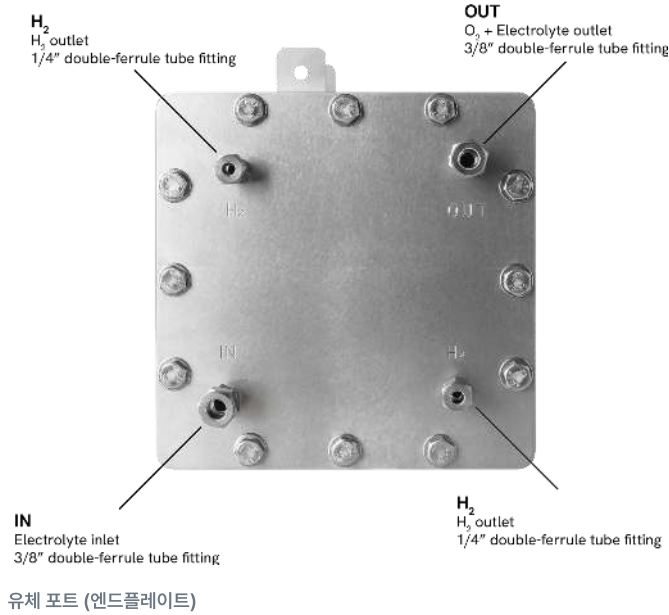


- 급액은 탱크에서 필터, 펌프, 열교환기를 지나 스택 IN 으로 들어갑니다. 펌프는 탱크 액면 아래에 듭니다.
- OUT 은 산소와 전해질이 함께 나오는 습윤 배출이라 기액분리를 지나 탱크로 돌아옵니다. 애노드 압력과 출구 온도는 이 구간에서 측정합니다.
- 수소는 2포트를 합류시켜 BPR 로 보냅니다. BPR 앞뒤에 압력계를 두고, 뒤쪽은 권장 사항입니다.
- 탱크 벤트와 O₂ 벤트에는 차단될 수 있는 밸브를 두지 않습니다.

— PORTS · CONNECTIONS

포트와 연결

포트 표기는 스택 각인을 따릅니다. 개정에 따라 배치가 다를 수 있으니 실물 각인을 먼저 확인하십시오.



IN	전해질 입구 · 3/8" double-ferrule
OUT	산소와 전해질 습윤 배출 · 3/8" double-ferrule
H ₂ (2포트)	수소 출구 · 각 1/4" double-ferrule
DC 단자	M6 나사 단자 · 체결 토크 4 ~ 6 N·m
정격 배출량	수소 약 500 NL/h @ 50 A. 산소는 그 절반
보충수	약 0.42 L/h @ 50 A
크기 · 무게	190 × 210 × 215 mm · 19 kg

- 배관과 케이블 무게가 포트와 단자에 걸리지 않게 별도로 지지하십시오.
- DC 케이블은 50 A 연속 통전을 기준으로 고르고, 단자 토크 4 ~ 6 N·m 를 지킵니다. 과토크는 단자를 손상시킵니다.
- 스택은 19 kg 입니다. 2인 취급이나 리프트를 쓰십시오.
- 포트 연결과 첫 운전 절차는 사용자 매뉴얼 5장과 6장에 사진과 함께 있습니다.

— ELECTROLYTE LOOP · THERMAL LOAD

전해질 루프와 열부하

루프에서 확정해야 하는 것은 유량과 펌프 양정, 접액부 재질 세 가지입니다.

권장 유량	4 L/min (허용 1 ~ 10 L/min)
스택 압력강하	4 L/min 에서 약 0.11 bar. 스택 단독 실측값
펌프 선정 기준	4 L/min 에서 가용 차압 약 0.3 bar 이상인 가변속 펌프
속도 지령	24 VDC BLDC 에 0~5 V 또는 PWM 이면 충분합니다. 같은 기능의 다른 방식도 됩니다

- 0.11 bar 는 스택만의 값입니다. 필터, 열교환기, 유량계, 밸브, 배관 손실을 더해 최종 양정을 정하십시오.
- 0.3 bar 는 P&ID 와 전체 손실 계산 전의 예비 선정 기준입니다. 최종 양정을 보증하는 값이 아닙니다.
- 펌프는 탱크 액면 아래 flooded suction 으로 돌니다. 애노드 루프를 가압하는 용도로 쓰지 않습니다.
- 접액부 재질은 부품 공급사가 사용 농도와 온도, 고객 설계여유 조건에서 호환성을 확인해야 합니다.
- 전해질은 애노드 공용 매니폴드에서 각 셀로 병렬 분배됩니다. 직렬이 아닙니다.
- 셀 수를 줄여 쓰면 유량도 비례합니다. 23셀 4 L/min 이면 12셀은 약 2 L/min 입니다. 셀당 전류 범위는 그대로입니다.

표준보다 높은 유량을 검토할 때

유량을 올리면 스택 차압이 커지고 애노드와 캐소드 압력차가 벌어져 crossover 가 올라갑니다. 병목은 스택 내부 유로이며 다채널 형상이라 단일 수치로 환산하기 어렵습니다. 전해질 루프를 분리하는 구성이 대안입니다. 검증된 범위 밖이므로 유량과 성능을 숫자로 약속하지 않습니다.

내부 유로 변경 요청

분리판을 금형으로 만들기 때문에 유로를 바꾸려면 금형을 새로 파야 합니다. 유로 변경은 현실적인 선택이 아닙니다. 필요하면 도면을 공유하며 통화로 검토합니다.

제거할 열

열부하는 입력 전력에서 수소가 가져간 화학에너지를 뺀 값입니다. 아래는 패러데이 법칙과 HHV 로 계산한 값이며 실측이 아닙니다.

정격	50 A · 40 V	입력 2.0 kW · 수소 43 g/h · HHV 환산 1.7 kW
정격 열부하	약 0.3 kW	위 두 값의 차
운전 한계	80 A · 50.6 V	입력 4.1 kW · 수소 69 g/h · HHV 환산 2.7 kW
한계 열부하	약 1.3 kW	열교환기를 1.5 kW 급으로 잡으면 여유가 있습니다

열화로 같은 전류에서 전압이 오르면 열부하도 함께 커집니다. 설계 여유를 전압 상한 기준으로 두십시오.

— GAS HANDLING · PRESSURE READINESS

가스 처리와 가압 준비

저전류 운전이면 히터가 필요합니다

낮은 전류에서는 전해 발열만으로 권장 온도까지 오르지 않습니다. 장시간 저전류 운전을 계획하면 탱크에 KOH 호환 히터를 달고, 온도 감시와 과온 보호를 BoP 에 넣으십시오.

1. 가스 처리와 벤트

- OUT 은 산소와 전해질이 함께 나오는 습윤 배출입니다. 기액분리를 두고 전해질은 탱크로 돌립니다.
- 벤트 라인에는 차단될 수 있는 밸브나 장치를 두지 않습니다. 탱크 벤트도 격리되지 않아야 합니다.
- 드레인과 샘플 포트는 탱크 최저점에 둡니다.
- 폐쇄되거나 가압되는 수소 체적이 있으면 건조 질소 퍼지 연결과 안전 배출 경로를 둡니다. 퍼지 유량과 시간은 배관 체적과 P&ID 를 검토한 뒤 정합니다. 퍼지에 압축공기나 산소를 쓰지 않습니다.

2. 최초 시운전 조건

압력	양측 대기압 또는 대기압에 가까운 상태
수소 출구	개방(unrestricted). 자유 벤트
BPR	완전 개방 또는 바이패스

3. 가압 구성에 반드시 들어가는 것

- 애노드와 캐소드 독립 압력 전송기, 그리고 계산 차압
- 독립된 고압 정지 인터록과 차압 정지 인터록
- 고압 시 제품 가스 자동 격리
- 검증된 안전 배출 또는 감압 경로
- 수동 BPR 은 조정용 부품으로만 씁니다. 단독 압력 제어 장치나 안전장치로 승인하지 않습니다.

— PRESSURE LIMITS · INSTRUMENTATION

가압 한계와 계측

10 barg 를 차압으로 읽지 마십시오

10 barg 는 수소측 최대 운전압력입니다. 허용 차압 10 bar 를 뜻하지 않습니다. 애노드와 캐소드 사이 압력차는 별개 항목이며 아래 미확정 항목을 함께 보십시오.

1. 전부하 가압 운전 실측

관리 기준은 산소 중 수소(H_2 -in- O_2) 2 vol% 입니다. 아래는 별도 10 barg 런에서 가스 분석 기록이 있는 구간의 실측값입니다.

기록 구간	189.5 h	가스 분석 기록이 존재하는 구간
H_2 -in- O_2 평균	1.006 vol%	같은 구간 최대 1.435 vol%
관리 기준	2 vol%	초과 시 정지를 권고합니다

2. 부분부하에서 올라가는 crossover

상압부터 6 barg 까지 49점 실측에서 얻은 배율입니다. 압력과 무관하게 배율이 일관되게 나타났습니다.

전부하	기준 1배	관리 기준은 H_2 -in- O_2 2 vol%
60% 부하	1.25 ~ 1.43배	
40% 부하	1.67 ~ 1.94배	40~50% 이하에서는 2 vol% 가 실질 설계 한계

대응은 최소부하 제한, 저부하에서 감압, 2 vol% 인터록 중 하나 이상을 넣는 것입니다.

아직 확정하지 않은 것

단품 HXS-2 에 대해 정상과 과도 상태를 모두 포괄하는 수치 차압 한계는 아직 없습니다. 가압 풀스택 검증이 진행 중입니다. 트립 설정값은 전송기 범위와 응답시간, 밸브 폐일 위치, 릴리프 구성, 밀폐 가스 체적을 P&ID 로 검토한 뒤 프로젝트별로 확정합니다. 시스템(HXB-V1) 알람값을 단품 스택 차압값으로 옮기지 마십시오.

3. 위치별 최소 계측

탱크	액위, 온도, 격리되지 않는 벤트, 최저점 드레인·샘플
스택 입구	열교환기 후단 온도, 유량
스택 출구	출구 온도, KOH 호환 애노드 압력
수소 출구	스택 직후이자 레귤레이터·밸브 전단의 캐소드 압력. BPR 후단 2차 압력을 권장합니다
외부 제어기	유량, 양측 압력, 스택 전류·전압, 탱크·입구·출구 PT100, 액위·누설·비상정지·밸브 피드백, 펌프와 전원 지령, 격리·벤트 출력, 하드와이어 비상정지

HXS-2 에는 온보드 PLC 나 표준 통신 인터페이스가 없습니다. 위 기능은 외부 제어기가 제공합니다.

— COMMISSIONING · MAINTENANCE

시운전과 정비 경계

1. 시운전 순서

각 단계의 상세 절차와 첫 운전 확인 항목은 사용자 매뉴얼 6장에 있습니다.

1

양측 대기압 확인

수소 출구 개방, BPR 개방 또는 바이패스 상태를 확인합니다.

2

전해질 충전과 누설 확인

탱크를 채우고 순환시켜 이음부를 확인합니다.

3

유량과 온도 설정

4 L/min 으로 맞추고 권장 온도를 확인합니다. 저전류 운전이면 히터를 켜줍니다.

4

DC 연결 후 저전류부터 상승

전압과 온도를 보며 단계적으로 올립니다.

5

첫 운전 확인

전압 거동, 누설, 온도, 가스 배출을 확인합니다. 매뉴얼 6-5 절의 항목을 따릅니다.

2. 정비와 분해의 경계

- MEA 교체는 반송 서비스입니다. 스택을 보내주시면 MEA 만 교체해 돌려보냅니다. 엔드플레이트, 분리판, 셀프레임, 체결 부품은 재사용합니다.
- 직접 분해하려면 유압 프레스 5톤이 필요합니다. 볼팅 절차는 조립 가이드에 있습니다.
- 분해한 뒤의 성능과 누설은 보증하지 않습니다. 보증·서비스 정책을 함께 보십시오.
- 전해질은 고정 교체 주기를 두지 않습니다. 운전 중 소모되는 것은 물이고 KOH 자체는 소모되지 않습니다. H₂-in-O₂ 가 관리 기준을 넘거나 전해질 상태와 성능 추이가 달라지면 정지 후 점검하고 교체하십시오. 그 밖의 정기 점검 항목은 매뉴얼 7장에 있습니다.

3. 함께 보실 자료

데이터시트	HXS-2 사양과 실측 성능 곡선
사용자 매뉴얼	ver2.1 · 영문 48쪽. 포트 연결부터 문제 해결까지
조립 가이드	영문 8쪽. 개봉과 재조립 볼팅 절차
보증·서비스 정책	보증 범위와 제외, MEA 교체 기준

문의

주식회사 하이드로엑스팬드 · info@hydroxpand.com · hydroxpand.com

이 문서는 설계 참고용입니다. 개별 계약의 사양이 이 문서와 다르면 계약이 우선합니다.