

가스 측정에 탁월한
고정밀 FN질량유량계와 열질량유량계의
비교 기술제안서
(FN-MASS FLOWMETER)



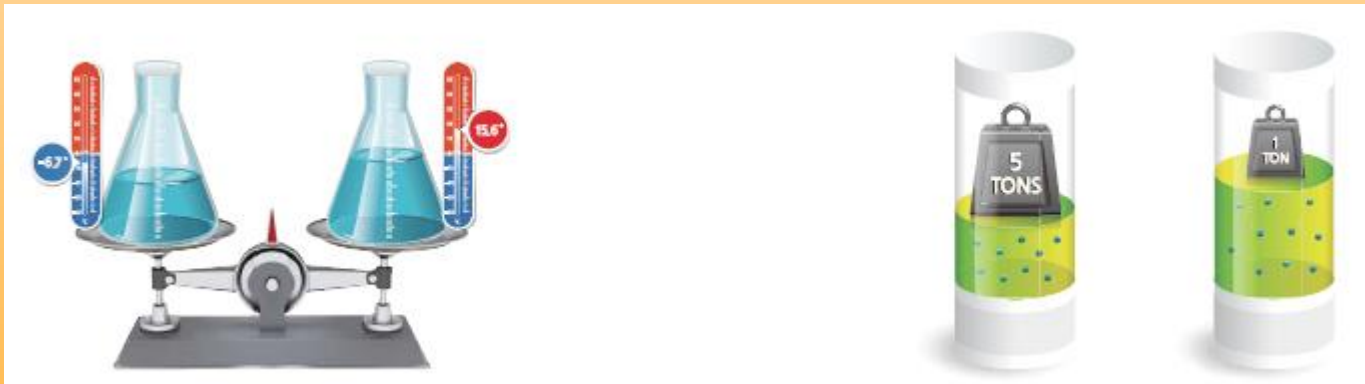
GOLDEN RULES 기술영업부

질량유량과 체적유량의 차이는? (왜 질량유량인가?)

기체와 액체를 포함한 모든 유체는 온도와 압력이 변하게 되면 수축과 팽창을 하게 됩니다.

특별히, 기체는 압축성 유체로서 배관 내에 흘러갈 때 온도와 압력에 따라 밀도가 변하기 때문에 밀도를 고려한 유량을 계측해야 합니다. 밀도를 고려한 단위시간 당 유량을 질량유량이라 하고, 밀도를 제외한 것을 체적유량이라 합니다.

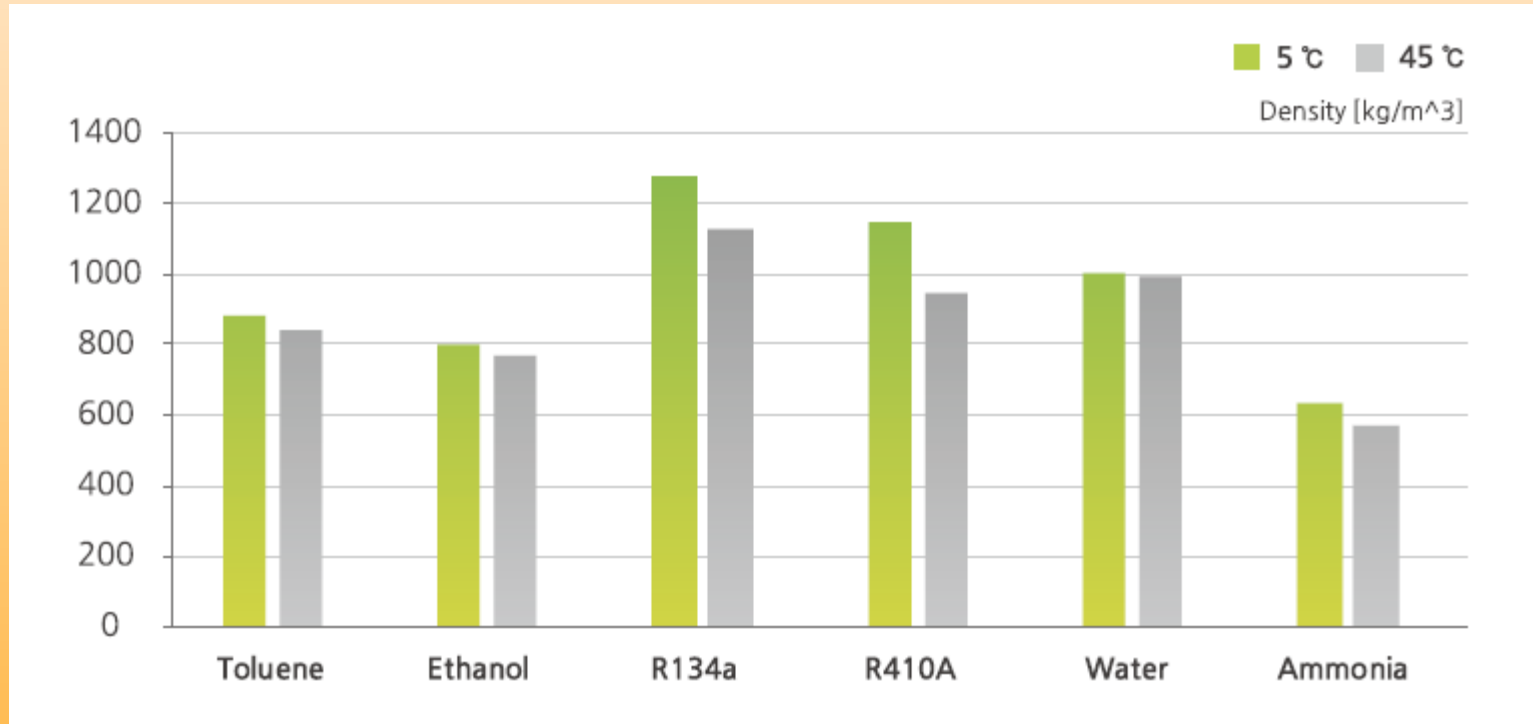
한마디로 체적유량(m^3/s)은 겉보기 유량이고 질량유량(kg/s)은 실유량입니다.



동일한 질량에서 온도와 압력 변화에 의한 체적(부피)의 변화

액체상태에서는 압력의 영향보다 온도가 변하면 체적변화를 일으킵니다. 탄화수소계열이나 냉매에서 이러한 영향은 두드러집니다. 휘발유나 경유를 주유할 때 기온이 차가운 시간에 하면 한낮의 더운 시간보다 경제성이 있을 것입니다.

질량유량과 체적유량의 차이는? (왜 질량유량인가?)



온도 변화에 의한 액체의 부피변화 비교

기체상태에서는 약간의 온도와 압력변화에 의해 체적변화가 쉽게 발생하기 때문에 질량을 측정해서 유량의 환경변화 요인을 제거해야 합니다. 즉, 질량유량을 측정하여 겉보기 유량에 빠지지 않아야 하는데, 이를 해결하는 방법이 기체의 압축계수를 반영한 밀도를 유량계산식에 반영하는 것입니다. 다음 식을 보면 Z 가 압축 계수인데 복잡한 함수를 이루고 있습니다.

차압질량유량계 개요

Term	Real gas	Perfect gas
Equation of state	$pV = ZRT$	$pV = RT$
Compressibility factor	Z	$Z = 1$
Isothermal deviation factor	$Y = \frac{p}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_T = 1 - \frac{p}{Z} \left(\frac{\partial Z}{\partial p} \right)_T$	$Y = 1$
Isobaric deviation factor	$X = \frac{T}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p = 1 - \frac{T}{Z} \left(\frac{\partial Z}{\partial T} \right)_p$	$X = 0$

압축계수(Z)에 따른 실제기체와 이상기체의 상태방정식 비교

질량유량을 측정하는 방식 중 코리올리식과 열식유량계가 있지만, 가장 확실한 방식은 과거로부터 검증된 유체역학적 방법이 가장 좋습니다. 조임기구(오리피스, 플로우노즐)를 사용하는 차압식 유량계는 압축계수(Z)를 반영한 밀도를 적용하여 질량유량을 구하기가 매우 복잡하였지만, **(주)골든룰의 차압질량유량계는 복잡한 압축계수를 반영한 밀도를 유량함수에 적용하여 다양한 기체의 질량유량을 측정할 수 있습니다.** 이러한 독특한 기술은 대한민국 국가기술표준원의 신기술인증(NET)으로 등록되었고, 이 기술을 탑재한 유량계를 제조하고 있습니다.

유량함수 직접계산 방식의 고정밀 FN질량유량계와 열질량유량계 방식 개요

(주)골든룰의 FN MASS FLOWMETER는 질량유량측정을 위하여 별도의 압력게이지 또는 센서의 연결이 필요 없습니다. 그러나 기존의 차압식유량계의 경우 질량유량 출력이 요구된다면 추론적인 질량유량에 대하여 부가적인 판독을 요구하게 됩니다. 본 차압식질량유량계는 절대 압, 차압, 온도 및 점도 판독과 같은 물리적 공정 측정에 따르는 별도의 센서 및 유량컴퓨터를 내장하여 직접질량유량 측정이 가능한 신기술인중 제품입니다.

즉, 열식질량유량계는 압력을 반영하지 못합니다만, FN질량유량계는 실시간으로 압력과 온도를 측정하여 밀도를 반영하게 됩니다. 열식질량유량계는 원리상으로는 밀도에 의해 열전도도의 차이가 생겨 질량을 측정한다고 하지만 실제로 시험하면 반영이 되지 않는 것을 알 수 있습니다. 결론적으로 압력과 온도를 직접 측정하여 밀도를 계산하는 방법이 정확할 수 밖에 없습니다.

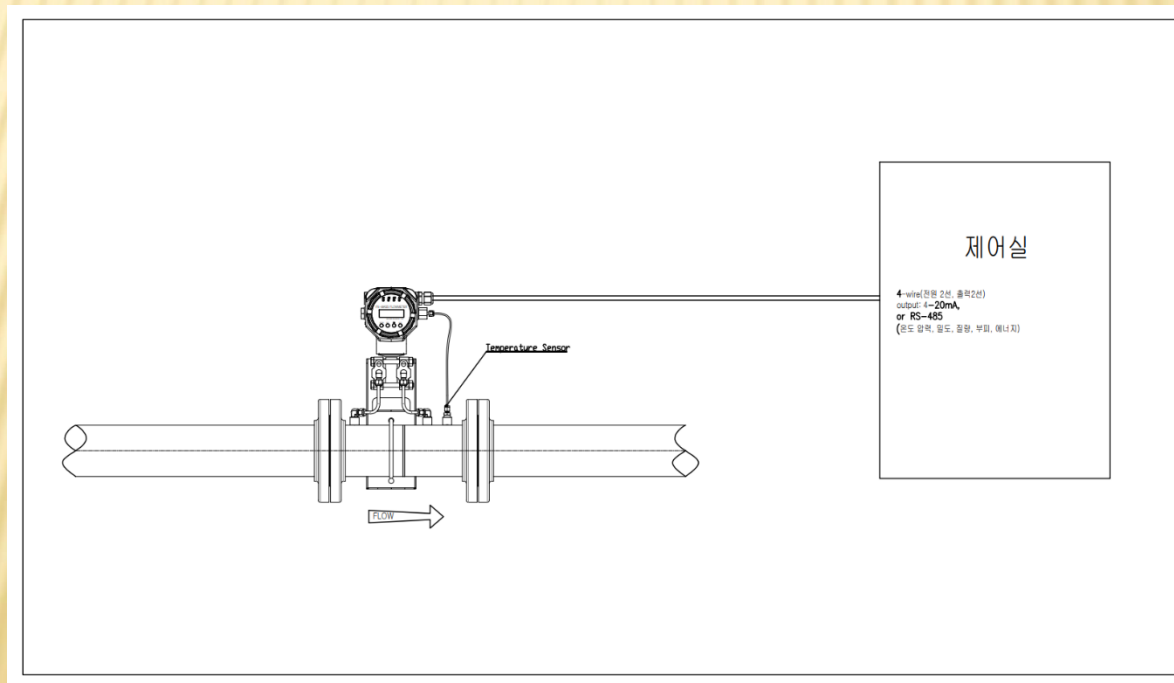
(주)골든룰의 고유한 FN-MASS FLOWMETER는 산업용 유량계의 탁월한 정확도, 견고성 및 신뢰성을 보장합니다. 차압 측정 방식으로 센서는 Orifice(소구경), Flow Nozzle(직관부가 짧거나 턴다운이 높아야 하는 라인) Pitot tube(대구경) 사용하여 압손실을 최소화하면서 자체 특허 기술을 활용한 유량함수 직접계산 방법으로 유량을 측정하는 질량유량계입니다.

실제 유체의 가변 물성 조건에서 고도의 계산으로 유량을 도출하는 신개념의 질량유량전송기입니다. 산업현장의 까다로운 조건의 엔지니어링이 가능하며 국내 독자 기술로 개발되어 산업 손실 최소화안 기술 자유도를 확보할 수 있고, 정확성과 안정성이 우수한 측정기기입니다.

또한, 각종 유체에서 사용 가능하며 수년간에 걸쳐 기존의 차압식유량계의 단점인 직관부를 각종 실험데이터(KOLAS기관과 기술제휴)를 통해 보완하여 짧은 직관부에서도 원하는 정도를 유지할 수 있도록 보완하였습니다.

일체형 고정밀 FN질량유량계 개요도 및 장점

1. 일체형이므로 설치 공사비가 대폭 절감됨.
2. 직접식 질량유량계 이므로 기존의 차압식 보다 정확도가 매우 높음 ($\pm 0.1\%$ F.S)
3. 직접식 질량유량계 이므로 기존의 차압식 보다 턴다운비율이 매우 높음 (50 : 1)
4. 통신출력으로 5개의 데이터(유량,온도,압력,밀도,열량)를 중앙감시반에서 동시 모니터링함
5. 온도/압력센서/유량컴퓨터 일체형 질량유량계 이므로 설치가 간단함



FN질량유량계 개요

일반적인 유량계에서는 부피유량을 측정하고 있습니다. 그러나 이 부피유량은 유체의 온도 및 압력이 변하면 따라서 변합니다. 특히 측정 유체가 기체 및 혼합가스, 압축성 유체, 및 온도가 높은 기체인 경우에는 그 변하는 정도가 매우 심합니다. 이 부피 유량을 질량유량으로 변환하려면 측정 유체의 온도 및 압력을 알아 밀도를 구하여 부피유량에 곱해 주면 질량유량을 구할 수 있는 것입니다.

부피유량을 구하고 온도, 압력의 측정을 통하여 질량유량을 구하는 것은 매우 번거롭습니다. 따라서 질량유량을 직접 구할 수 있다는 것은 매우 편리합니다.

기체의 경우 온도 및 압력만의 보상만으로는 부족합니다.

공기에 수분과 더스트가 포함될 경우나 온도나 압력이 매우 높은 경우에는 온도 및 압력 보상만으로는 충분하지 않으며 소위 팽창계수, 압축계수, 점성계수 라는 3 값을 구하여 추가로 보상에 주어야 합니다. 특히, 기체에는 더스트나 수분이 섞이게 되면 전혀 신뢰할 수 없는 유량값을 나타냅니다.

이에 당사의 신기술인증 제품인 정밀형 차압질량식 FN질량유량계는 축적된 기술을 토대로 KOLAS검교정기관과 협약을 맺고 수년간 반복테스트를 통해 얻은 데이터에 팽창, 압축, 점성계수를 구하여 얻은 매트릭스 상수값을 테이블화하여 알고리즘을 짜서 기술자유도를 구현해낸 세계 최초의 신기술인증 제품입니다.

질량유량계로는 기체&액체용 코리올리스 질량유량계(coriolis mass flow meter)와 FN질량유량계(FN Mass Flow Meter) 그리고 기체전용 열질량유량계가 있습니다.

다음은 FN질량유량계의 특징을 설명하고 있습니다.

- * 온도, 압력에 대한 보정이 일체형으로 되어 있어 직접 질량유량 측정이 가능합니다.
- * 주로 공기, 가스, 스팀, 액체(조순수, 케미칼액체 등), 오일 등 정밀 측정용으로 많이 사용됩니다.
- * 고온 고압 및 유량 측정시 정확도 높은 것이 장점입니다. (턴다운비율 35:1)
- * 혼합유체의 경우 유량조성비 자동연산기능이 있습니다(옵션: 4-20mA입력 Basic Mode)
- * 응답속도가 매우 빠릅니다. (0.1 초)
- * 삽입식 플랜지 체결방식으로 설치가 간단하며 공사비가 저렴하고 보수, 점검이 쉽습니다.
- * 마이크로프로세서 방식으로 **체적유량, 질량유량, 온도, 압력, 밀도, 에너지 측정이 가능합니다.**
- * 메트릭스 상수값을 알고리즘화하여 요구되는 **직관부 확보가 어려운 경우**에 탁월합니다.

여러 산업분야에서 정확한 유량측정을 위하여 질량 유량계를 사용하는 추세가 급속하게 증가하고 있습니다. 현재 운전비용의 절감이 절실히 필요로 하기 때문에 **Process의 단순화와 정확성 및 저렴한 제품 가격으로** 한층 더 사용자의 요구조건을 충족시키고 있습니다. 현재 산업현장은 기체 질량유량계(공기, 산소, 수소, 질소, 헬륨, 아르곤, 프로판, 도시가스, 바이오가스 등)와 스팀&액체 질량유량계 보급이 더욱 확산되면서 기존의 수입산 대체품으로 산업 현장에 에너지 절감 뿐만 아니라 설치 공사비를 대폭 줄임으로써 지금같은 전례 없는 대 불황을 예고하는 때에 많은 기여와 발전을 도모할 수 있을 것입니다.

열질량유량계와 FN질량유량계의 비교표

구분	열질량유량계	신기술인증 제품인 FN질량유량계
정확도	$\pm 1 \sim 5\%$ F.S	$\pm 0.1\%$ F.S
출력	ANALOG 4-20mA 기본 DIGITAL RS-485, PULSE(옵션)	4-20mA & RS-485 2출력 기본 (유량, 질량, 온도, 압력, 밀도, 열량 6개 통신데이터)
온압보상	자동으로 보정안됨 (특히, 고온, 고압시 별도의 온압보정장치 필요함)	자동으로 보정됨
설치공간	적음	적음
가격	공사비 매우 낮음 / 간단 / 삽입형	낮음 (유량계 일체형으로 부대비용 없음)
오차율	관경이 큰 경우 오차발생 (소구경 저유량 측정에 적합)	매우 낮음 ($\pm 0.1 \sim 0.2$ F.S 이하)
직관부	10~5D (부족시 헌팅발생)	전단 10~5D / 후단 5~2D 이내 (메트릭스 알고리즘 설계방식으로 현장조건 충족: 헌팅 없음)
기능	순시&적산(질량유량 지시) 센서 히팅방식으로 수명이 짧음	순시&적산(질량, 온도, 압력, 밀도, 열량 지시) 차압방식으로 수명이 매우 김
턴다운비율	100:1	50:1 (KOLAS기준 정확도 보장)
오염물질 (수분, 더스트, 파티클)	오차 크게 발생 / 쉽게 고장 발생	오차 거의 없음 / 고장이 없음

국제 공인교정기관(KOLAS) 교정후 납품

골든룰은 국제검교정기관(KOLAS)과 기술협약을 체결해 모든 제품을 검교정기관에서 교정해오므로 교정의 신뢰도를 더 높였습니다. 납품시 KOLAS성적서 요청 가능합니다. 또한 고객의 보다 빠른 업무를 위해 교정대행 업무도 함께 하고 있습니다.

※ (주)골든룰의 질량유량계는 인증기관의 조건에 맞춰 구축한 교정설비로 시험 후 출고 됩니다.

(주)골든룰은 유량계 공인교정기관의 KS Q ISO/IEC 17025을 표준으로 하는 기체용 유량계는 소닉노즐을 통해 0.023 ~ 360 m³/h 교정하고, 액체용 유량계는 기준유량계(지멘스)와 비교하여 3.5 ~ 50 m³/h 범위를 교정한다. 비공식적으로 기체는 소닉노즐뱅크를 통해 최대 2500kg/h까지 수행할 수 있습니다.

기체는 압축성 유체로서 배관을 흐르면서 주변의 온도변화와 압력손실의 영향을 받기 때문에 체적유량계 대신 질량유량계를 설치해야 안정적인 생산공정과 장비운용을 실행할 수 있습니다.

유량교정설비는 소닉노즐 즉, 임계상태의 노즐을 사용하여 질량유량(m)을 측정하고 이를 기준으로 피교정기(DUT)를 교정하기 때문에 매우 정확도가 좋은 교정 결과를 도출합니다.

특별히, 기체와 액체의 기준유량계(REF)는 한국표준과학연구원으로부터 정확도 $\pm 0.2\%$ 로 교정받아 신뢰도가 매우 높습니다.

*** 수소충전소 및 수소발생기 측정용 수소질량유량계의 상압조건에서의 교정동영상을 첨부하오니 참고하신후 반영해주시기 바랍니다.

감사합니다^^

FN질량유량계 대표적 납품실적 1

FN질량유량계의 사양

- * 모델 : KC-773OH-FM153BEx (방폭형)
KC-773OH (일반형)
- * 방폭 : 국내방폭인증 (KGS:한국가스안전공사)
Ex d IIC T4 (IP67) & Atex
- * 타입 : 인라인 일체형
- * 출력 : 4-20mA, 4-Wire, 2출력 기본
- * 통신 : RS-485 디스플레이 (순시/적산, 온도, 압력, 밀도, 열량)
- * 전원 : DC 24V, 100mA

[수소충전소 납품실적]

1) 한양테크노컴 : 대전 테크노파크 수소전기차 개발 프로젝트 수행

- * 유체 : H2 Gas
- * 배관경 : 15A (1/2")
- * 유량범위 : 0 ~ 10 Nm3/min
- * 유체압력 : 250 Barg / 700 Barg (승인중)
- * 유체온도 : 20° C
- * 납품수량 : 1 Set

2) 한국에너지기술연구원 : 수소충전소 1~3차 테스트 설비

- * 유체 : H2 Mixed (H2, CO2, CO, CH4, H2O)
- * 배관경 : 50A (2")
- * 유량범위 : 25.2 ~ 252 kg/h
- * 유체압력 : 826 kpa
- * 유체온도 : 26° C
- * 납품수량 : 2 Set

3) 충청도 내포신도시 승인중

- * 수소충전소 15A, 400 BAR (1 Set)

4) 현대자동차 - 현대로템 승인중

- * 200Bar 고압용 15A, H2 Gas, 20~200kg/h, 6~60kg/h (2 set)
- * 400Bar 고압용 15A, H2 Gas, 30~300kg/h, 20~200kg/h (2 set)

FN질량유량계 대표적 납품실적 2

[수소발생기 납품실적]

1) 에너지기술평가원 : 암모니아 분해 수소 생산 정제시스템

- * 유체 : Mixed Gas (NH₃, N₂, H₂)
- * 배관경 : 25A (1")
- * 유량범위 : 0 ~ 50 Nm³/h
- * 유체압력 : 7.43 & 6.93 Barg
- * 유체온도 : 40' C
- * 납품수량 : 2 Set

2) 한국에너지기술연구원 : 신재생에너지 혁신 2Nm³급 알카라인 수전해 BOP 수소유

- * 유체 : H₂ GAS
- * 배관경 : 15A (1/2")
- * 유량범위 : 0 ~ 5 Nm³/h
- * 유체압력 : 1 ~ 5 Barg
- * 유체온도 : 5 ~ 40' C
- * 납품수량 : 1 Set

3) 하이젠테크솔루션 통해서 납품

- * 유체 : H₂ GAS
- * 배관경 : 10A (3/8")
- * 유체압력 : 3 ~ 5 Barg
- * 유체온도 : 24' C
- * 납품수량 : 2 Set

3-1) 한전 전력연구원 대전

- * 유량범위 : 15 ~ 150 NL/min

3-2) 해성디에스 창원공장

- * 유량범위 : 20 ~ 200 NL/min

FN질량유량계 승인 진행중 3

4) SK : ㈜지원테크 통해서 수소발생기 ~ 2 Set

- * 유체 : H2 Gas
- * 배관경 : 10A (3/8")
- * 유량범위 : 2 ~ 40 Nm3/h
- * 유체압력 : 8.2 Barg
- * 유체온도 : 20' C

5) 현대자동차 : ㈜광명전기 통해서 수소연료전지 ~ 1 Set

- * 유체 : H2 Gas
- * 배관경 : 15A (1/2")
- * 유량범위 : 55 ~ 1520 SLPM
- * 유체압력 : 17 ~ 302 Barg
- * 유체온도 : 20' C

6) 현대자동차 : ㈜가스로드 통해서 수소 장비 ~ 3 Set

- * 유체 : H2 Gas
- * 배관경 : 10A (3/8")
- * 유량범위 : 300 ~ 5,000 SLPM
- * 유체압력 : 40 Barg
- * 유체온도 : -50 ~ 95' C

7) 한전 : ㈜하이젠테크솔루션 통해서 수소발생기 승인중 ~ 3 Set

- * 유체 : H2 Gas
- * 배관경 : 20A (3/4")
- * 유량범위 : 0 ~ 100 Nm3/h ~ 1 set
0 ~ 30 Nm3/h ~ 1 set
- * 유체압력 : 9.7 Barg
- * 유체온도 : 40 ~ 50' C

- * 배관경 : 15A (1/2")
- * 유량범위 : 0 ~ 140 Nm3/h ~ 1 set
- * 유체압력 : 200 Bar
- * 유체온도 : 0 ~ 100' C

FN질량유량계 대표적 납품실적 4

[한양이엔지(주)]와 현대중공업을 통해 KAI에 2020년 12월 수입대체품으로 납품될
영중도 이전 Big Project 설계 진행중

1) 한국항공우주산업 경남사천 [납품실적 : 12 Set]

한국형전투기 KF-21 연료계통 통합리그 시험장치

- * 유체 : JP-5
- * 배관경 : 100A * 유량범위 : 10. 6 ~ 104 m3/h
- 100A * 유량범위 : 10. 5 ~ 103 m3/h
- 15A * 유량범위 : 0.06 ~ 0.6 m3/h
- * 유체압력 : 0.52 Mpa.g
- * 유체온도 : AMB ~ 110' C
- * 납품수량 : 3 SET

- * 유체 : JP-5
- * 배관경 : 15A * 유량범위 : 0.05 ~ 0.53 m3/h
- * 유체압력 : 0.2 Mpa.g
- * 유체온도 : AMB ~ 150' C
- * 납품수량 : 2 SET

- * 유체 : JP-5 / 유압유 / 윤활유
- * 배관경 : 20A * 유량범위 : 0.26 ~ 2.5 m3/h
- 20A * 유량범위 : 0.52 ~ 5 m3/h
- 20A * 유량범위 : 0.52 ~ 5 m3/h
- * 유체압력 : 0.52 Mpa.g
- * 유체온도 : AMB ~ 110' C
- * 납품수량 : 6 SET

- * 유체 : AIR
- * 배관경 : 32A * 유량범위 : 6.7 ~ 74 m3/h
- * 유체압력 : 0.25 Mpa.g
- * 유체온도 : AMB ~ 100' C
- * 납품수량 : 1 SET

FN질량유량계 대표적 납품실적 5

[LNG & O2 & N2 & AIR, STEAM 납품실적 : 48 Set] 거래용 가스, R&D

1) 포스코 포항 : 스텐레스3제강 가스절단기 / 질소가스 정제시스템

- * 유체 : LNG, O2, N2
- * 배관경 : 25A / 150A(N2) / 50A(Air)
- * 유량범위 : LNG : 10 ~ 60 Nm3/min
O2 : 30 ~ 300 Nm3/min
N2 : 510 ~ 5100 Nm3/h
Air : 40 ~ 630 Nm3/h
- * 유체압력 : LNG : 6 Barg
O2 : 20 Barg
N2 : 7~8 Barg
Air : 800 Kpa
- * 유체온도 : 20° C / 25° C / 40° C
- * 납품수량 : 8 Set

2) 도레이첨단소재 구미공장

- * 유체 : O2 Gas
- * 배관경 : 65A
- * 유량범위 : 50 ~ 500 kg/h
- * 유체 : N2 Gas
- * 배관경 : 32A
- * 유량범위 : 10 ~ 100 kg/h
- * 유체압력 : 6.5 ~ 7 Barg
- * 유체온도 : 20° C
- * 납품수량 : 2 Set

3) 한국에너지기술연구원 : 열교환기 테스트용

- * 유체 : AIR
- * 배관경 : 25A / 40A / 50A(3EA) / 65A / 100A / 150A
- * 유량범위(25A/40A) : 50 ~ 500 SLM / 500 ~ 5000 SLM
- * 유량범위(50A/65A/100A/150A) : 50 ~ 500 Nm3/h / 120~1200 kg/h / 300~3000 kg/h / 760~7600Nm3/h
- * 유체압력 : 105~110 Kpa
- * 유체온도 : 40~60° C
- * 납품수량 : 8 Set

FN질량유량계 대표적 납품실적 6

4) LG전자 청주공장 스팀 Main Line 측정용 ~ 3대

2019년 8월 납품

- 계기사양1 : DC 24V, DC 4 - 20mA 4 - Wire, 온도, 압력, 밀도 지시, RS-485 INLINE FLOW BODY - SUS304
- 공정사양2 : 스팀, 7.9 Bar, 179.5°C / 100A, 200 ~ 2000 kg/h / 125A, 250 ~ 2500 kg/h / 200A 1500 ~ 15000 kg/h

5) LS전선 구미공장 ~ 6대

- 유체 : LNG
- 운전온도 : 40°C
- 운전압력 : 10KPA
- 배관경 : 80A
- 유량범위 : 16~160Nm³/h

6) 리튬플러스 전기차 배터리 2차연료전지 수산화리튬 장비 PILOT PLANT ~ 17대

수산화 리튬 양산을 위한 장비의 Batch Control System

스팀용 차압질량유량계 KC-7730S(증발기)
스팀 200A, 125A, 80A ~ 7대

액체용 차압질량유량계 KC-7730L(원심분리기)
액체 25A, 40A, 65A ~ 10대

7) LG에너지솔루션 청주공장 질소Main Line 정밀 측정용 ~ 1대

100A, 70 ~ 1200 Nm³/h, 25°C, 8.3 Bar

8) 에코프로연구소 ~ 블로워 공기 정밀 측정용 ~ 1대

Air, 300A, 0 ~ 130 m³/min, 20°C, 95 ~ 101kPa

9) 수자원공사 횡성 ~ 분리막필터 블로워 공기 정밀 측정용 ~ 1대

Air, 300A, 0 ~ 8,000 Nm³/h, 60°C, 8,000mmAq

10) 울산하수처리장 스팀유량 정밀 측정용 ~ 1대

50A, 0 ~ 10Ton/h, 200-205°C, 16-17BAR, 220VAC, JIS 20K RF, 316SS

FN질량유량계 대표적 납품실적 7

II) 포스코광양 스팀 Main Line 정밀 측정용 ~ 1대

Steam, 100A, 7,000 kg/h, 190°C, 7 Bar

포스코광양 1소결 스팀유량 정밀 측정용 ~ 1대

Steam, 250A, 8 ~ 80 Tonh, 193°C, 8 Bar

포스코포항 공기 Line 정밀 측정용 ~ 5대

Air, 50A, 630 Nm³/h, 40°C, 800 Kpa