

약품 공정제어에 적합한 3mm 초음파 미소유량계측 방법

항 상 윤 연구소장 / (주)씨엠엔텍 연구소
envata@naver.com

1. 기술개발의 필요성

산업용 공정 전반에 걸쳐서 약품 투입과 조절을 위해 미소 유량의 계측은 반응시간과 샘플링 시간이 매우 빨라 여기에 대응할 수 있는 전자기술 기반의 약품 유량계 개발이 필요하다. 특히 재질과 유량 측정 반응시간을 위해 구경 3~10mm 수준의 반응속도가 수백 ms 이하로 대응할 수 있어야 한다. 결국 동특성이 우수하여야 약품의 순간적인 혼합과 배합, 그리고 제어가 가능하기 때문이다. 지금까지 이러한 동특성 평가는 중요도가 높지 않게 평가되었으나, 최근의 자동화 공정의 속도제어가 가속화되면서 다양한 화학공정에서 중요한 척도로 대두되고 있다. 그리고 미소유량 흐름의 저항과 왜곡을 최소화할 수 있는 구조도 매우 중요하다. 이는 유체의 흐름이 다양하므로(물성인 점도, 산도, 온도, 압력 등) 이러한 특성에 따른 유체의 다양한 특성에 따라 다양한 성능 변화를 야기할 수 있고, 유체에 따라 잔류물이 남거나 방해되는 경우도 발생할 수 있어 이를 사전에 예방할 수 있도록 고려되어야 한다.

이와 관련 깊은 산업 분야로는 반도체와 디스플레이 분야 등의 약품 공정에서는 매우 중요하고 대량으로 소요되지만, 대다수는 독일과 일본에서 수입 적용되고 있는 실정이다.

2. 기술개발 방향

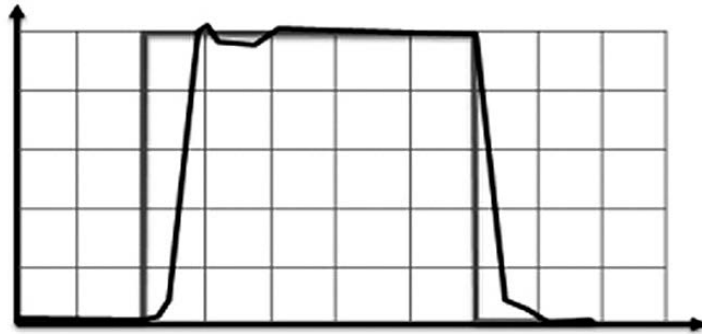
(1) 측정 튜브 설계 방향

개발 유형은 독자적인 국산화를 목표로 시작하였다. 전 세계적으로 초음파 미소유량 계측 기술이 개발되어 판매 중이지만 성능 수준이 저속속에서는 낮아서 정확한 계량 및 공정 제어량 산정에 어려움이 존재하므로 이를 기존 기술과 차별화하여 독자적으로 기술개발하였다. 해외 선진국의 관련 특허의 침해나 방해가 없도록 선행으로 조사한 특허를 실시하였고, 모든 측정 구성요소를 차별화하도록 노력하였다.

개발 형태는 완제품으로 구경 \varnothing 3, 5, 7, 10mm로 구분



약품 공정제어에 적합한 3mm 초음파 미소유량계측 방법



Setpoint : 0% → 100% → 0%
(95%까지 도달하는데 걸리는 시간 : 반응시간)

그림 1. 미소유량 동특성 평가방법

하여 개발하고, 개발 방법은 센서 및 변환기의 일체형과 분리형 모두 가능하고, 콤팩트한 제품으로 씨엠 기술력으로 하였다.

미소유량계의 응답 특성이 매우 우수하도록 측정시간을 매우 짧게 구현하고(200ms 이하), 배관의 재질과 유로 구성은 장애 요소가 거의 없도록 직선화하여야 하고, 내식성을 갖는 다양한 재질에서 구현이 가능하도록 하였다.

(2) 센서 개발 방향

초음파의 발사와 수신에 에너지 소모량을 최소화하기 위하여 직관길이를 최소화하도록 진동자 형상은 방사과 두께 모드를 모두 사용할 수 있도록 구성하여서 유체와 직접 센서가 접촉면을 최소화하였고, 초음파의 발사속도와 응답시간을 조절할 수 있도록 하여 현장에서 용도와 목적에 따라 손쉽게 조절 선택이 가능하게 구성하였다.

초음파 진동자의 크기를 작게 하여야 하지만, 구경이 최소가 3mm이므로 이에 상응하는 진동자의 크기로는 에너지를 효율적으로 공급하고 제어할 수 없으므로 초음파 진동자의 크기는 배관의 직경보다 클 때 입사되는 에너지를 집중화(Focus)하여 집중할 수 있도록 초음파 음향렌즈 기술을 적용하여 이를 해결하였다. 또한, 이

때 빔의 입사각도를 고려하여 투입이 효과적으로 발생할 수 있도록 재질과의 투과 특성의 정합성을 높여 에너지 최적화를 실현, 에너지 전달 경로에 대한 기술개발을 달성하였다. 초음파 미소유량계를 제작함에 있어, 완곡부에서 유체의 유속 및 압력손실을 최소화되도록 형상을 설계하였다.

(3) 시간 측정 방향

초음파 센서를 왕복하도록 대향되게 배치하고, 센서 면에서 수신과 반사가 동시에 발생되게 하고, 이때 대향되는 면에서 전달시간을 수신하거나 반사시켜서 최초 발사면에서 다시 반사되어 되돌아오는 신호를 수신할 때 기존 L 거리 만큼의 전달시간 3L 거리 만큼 전달시간을 증가시키는데, 이는 초음파 빔의 특성은 광선과 같이 매질의 밀도 차이로 경계면에서 거울처럼 반사되는 특성을 가진다. 이는 반대편에 위치한 센서가 수신함으로써 전파시간차를 측정할 수 있게 되므로 매우 정밀한 전파시간 측정을 통해 정밀한 유량 측정과 미소유량 측정이 가능한 기술적 토대를 마련하였다.

(4) 성능평가 방향

성능평가 방법 및 장치는 미소유량계 성능시험장치

환경측정 동향과 정수장의 효율적 관리

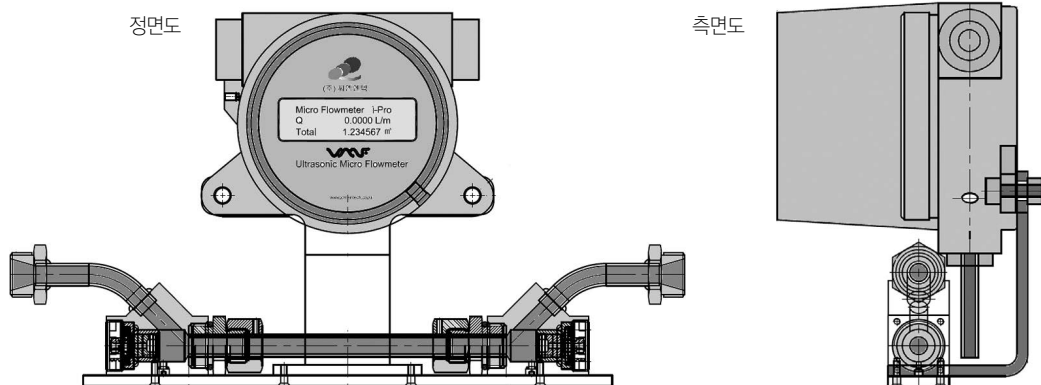


그림 2. 초음파 미소유량계 개발

(약품용 등 다양한 유체환경 반영)를 자체 제작하고, 유체 특성을 다양하게 변동할 때 유량 특성을 평가하였다. 이때 기준을 위해 소규모의(약 500L급)의 저울을 기준으로 활용하였다.

(5) 진단 기능 방향

미소유량 측정에서 특히 배관에 다양한 원인으로 기포가 혼입되면 일시적으로 유량 측정이 실패할 수 있는데, 이는 시작과 끝의 신호 해석과 유속 측정을 바탕으로 진행하는 기포의 크기와 양을 측정할 수 있었다. 특히 기포의 위치에 대해서도 감지할 수 있도록 진단 기

능을 개발하여 보완하고자 한다. 부가적으로 기포 혼입에 따른 제거 기능을 위한 배관 구조와 설치 방향, 그리고 제거 장치에 대하여 개선하고자 한다.

3. 미소유량계측의 결과

초음파 미소유량계측용 측정관 설계(압력손실, 내경 변화 최소화)와 CFD 분석 및 특허조사를 통해 기술 침해가 없도록 설계 개발하여 내경 변화 최소화를 실현하였다.



그림 3. 카트리지 장착한 미소유량계



약품 공정제어에 적합한 3mm 초음파 미소유량계측 방법

성능시험 결과

대 상	KRIS		KTC	
	유 속(%)	성 능(%)	유 속(%)	성 능(±%)
3mm	0.11~2.95	±1.0 이내	0.11~8.15	±1.0 이내
5mm	0.04~1.06	±1.0 이내	0.04~8.08	±1.0 이내
7mm	0.09~1.38	±1.0 이내	0.11~7.99	±1.0 이내
10mm	0.05~0.78	±1.0 이내	0.11~8.14	±1.0 이내

- 유량(유속) 범위 : 0.1~8%
- 정 확 도 : ±1.0% RD 이하
- 배관재질 : 약품 내식성 재질(예 : STS, Teflon, Peek 등)
- 방수인증 : IPX8(검출기 부문의 방수시험만 필요)
- 표시 : 순간유량(1234.5678), 단위 0.0001m³/h = 0.1L/h
적산유량(123456.7890), 단위 0.0001m³ = 0.1L
유속(12.345), 단위 %, 온도(12.34), 단위 °C
아이콘 : 측정 중, 비만관(빈관), 이상(신호, 출력), 자가 진단(오류 1, 오류 2)
- 출력 : 펄스, RS-232(485)
- 개발구경 : Ø10~3mm(O3, O5, O7, 10A형)
- 반응시간 : 100ms 이하(95 % RMS)
- 소모전력 : 1W 이하

4. 결 론

초음파를 이용한 미소유량계측 시 구경이 3mm와 같이 줄어들면 초음파 빔의 구성을 위한 센서와 크기 한계로 신호 측정에 어려움이 발생할 수 있어 개발에 어려움이 있었지만, 해당 요소기술의 자체 개발과 개량을 통해 이를 해결할 수 있었다. 측정 구간 유속에 관계없이 1% 이내의 성능을 얻었다.

특허에 대한 사전 검토와 핵심 기술에 대한 사전 검

토를 통해 개발 과정에서의 시간을 줄일 수 있었다.

폴리머와 같은 약품 다수에서 다양한 성능시험과 평가를 실시하였고, 현장에서도 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 향후 이러한 약품 투입공정을 계량하고 조절할 수 있는 단위 공정을 단순화하여 현장 유지보수와 운영에 적합하도록 제품 상용화에 매진하도록 노력할 예정이다.

※ 본 개발 데이터는 일부는 중소기업청에서 시행한 중소기업 기술개발 사업의 결과(민관공동투자기술개발사업 : 초음파 미소유량계 개발)임을 밝힌다.