

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. <sup>6</sup> G01F 15/02	(11) 공개번호 특2001-0020975	(43) 공개일자 2001년03월 15일
(21) 출원번호 10-2000-0032063		
(22) 출원일자 2000년06월 12일		
(30) 우선권주장 (71) 출원인	9/385,572 1999년08월30일 미국(US) 제너럴 일렉트릭 캄파니 제이 엘. 차스킨, 버나드 스나이더, 아더엠. 킹	
(72) 발명자	미합중국 뉴욕, 셰빅테디, 원 리버 로우드 위커트토마스에드워드 미국뉴욕주 12065클리프톤파크캠브리지애비뉴35 라자마니라비 미국뉴욕주 12309셰빅터디뷰몬트드라이브1305	
(74) 대리인	김창세	

심사청구 : 없음

(54) 도관을 통과하는 유체의 유량 계산 방법 및 질량 유량결정 방법

요약

본 발명은 압력 차동 장치(pressure differential device)의 유동 수축의 상류의 검출된 압력 및 온도, 및 상기 유동 수축에 인접해 검출된 압력에 근거하여 압력 차동 장치를 이용하여 유체의 유량, 및 압력 차동 장치에서 수행된 유동 보정의 결과로서 계산된 보정 계수를 계산하기 위한 방법을 제공한다. 계산 상에 있어서 유동 보정의 결과를 사용함으로써, 질량 유량을 얻기 위한 비 반복 방법(non-iterative method)이 실현된다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 벤츄리 유량계의 개략도,  
 도 2는 배출 계수 대 레이놀즈수 보정 곡선,  
 도 3은 오리피스 플레이트 압력 차동 장치를 갖는 유체 통과 도관의 개략도,  
 도 4는 유동 노즐 압력 차동 장치를 갖는 유체 통과 도관의 개략도.  
 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

- 10 : 벤츄리
- 110 : 오리피스
- 210 : 노즐
- 12, 112, 212 : 도관
- 14, 114, 214 : 유압 센서
- 16, 116, 216 : 온도 프로브
- 18, 118, 218 : 스톱트
- 20, 120, 220 : 유량 계산기

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 질량 유량의 결정, 특히 벤츄리 유량계와 같은 압력 차동 장치를 사용하여 질량 유량을 계산하는 정확한 비 반복 방법(non-iterative method)에 관한 것이다. 예시적인 실시예에 있어서, 이러한 비 반복 방법은 증기 냉각 시스템내의 각 벤츄리에 대해 증기 유량을 계산하기 위해 복합 사이클 발전 시스템의 제어기내에 제공될 수 있다.

복합 사이클 플랜트용 증기 냉각 시스템은 증기 유량 제어 및 보호를 위해 다수의 벤츄리를 사용한다.

이러한 벤튜리는 시스템의 성공적인 작동을 보장하기 위해 증기 압력 및 온도의 범위에 걸쳐서 정확한 유량 정보를 제공하여야 한다.

도 1을 참조하면, 벤튜리(10)는 도관내에 삽입되고 도관내의 유체의 유량을 결정하기 위해 사용되는 압력 차동 장치이다. 도 1에 있어서 종방향 유동 경로를 갖는 도관(12)이 도시되어 있으며, 이 종방향 유동 경로를 통해 유동 화살표로 표시된 바와 같이 유체가 유동할 수 있다. 상류 압력(P1)은 유압 센서(14)에 의해 감지된다. 온도 프로브(16)는 상류의 유체 온도를 검출하기 위해 제공된다. 압력(P2)은 벤튜리의 스로트(18)내에서 검출된다. 유량 계산기 또는 프로세서(20)는 압력(P1), 압력(P2) 및 온도(T)를 수신한다. 이러한 정보 및 소정의 정보에 근거하여, 프로세서는 유량을 계산한다. 계측은 단지 예시적으로 상류 조건에 대해 기준으로 도시되었다.

벤튜리 질량 유량의 계산시 배출 계수는 변수이다. 레이놀즈수는 벤튜리내에서 유동하는 유체에 대해서 관성력 대 점성력의 비의 크기이다. 벤튜리에서 수행된 유동 보정은 배출 계수가 레이놀즈수에 따라 어떻게 변하는 가를 나타낸다. 유동 보정 데이터의 도면이 도 2에 도시되어 있다. 배출 계수는 낮은 레이놀즈수에 대해 매우 급속히 줄어듦을 알 수 있다.

벤튜리 질량 유량을 얻기 위한 현재의 접근 방법은 몇번이고 질량 유량을 반복하는 방법 또는 일정한 배출 계수를 추정하는 방법을 포함한다.

반복 방법에 따르면, 배출 계수 및 레이놀즈수가 질량 유량의 함수이기 때문에, 이는 알려져 있지 않고, 우선 배출 계수에 대해 추측을 한다. 이러한 배출 계수로부터 하기의 수학적 1인 벤튜리 질량 유량의 ASME 정의[예를 들면, ASME MFC-3M-1989 '오리피스, 노즐 및 벤튜리를 사용하여 파이프내의 유체 유량의 측정(Measurement of Fluid Flow in Pipes Using Orifice, Nozzle, and Venturi)'] 참조]를 사용하여 질량 유량(q<sub>m</sub>)이 계산된다.

$$q_m = 0.09970190 C Y_1 d^2 (h_w \rho_f / (1-\beta^4))^{0.5}$$

여기서,

q<sub>m</sub> = 질량 유량(lbm/sec)

C = 벤튜리 배출 계수(무차원)

Y<sub>1</sub> = 상류 절대 정압에 근거한 팽창 계수(무차원)

d = 유동 조건에서 벤튜리 스로트 직경(inch)

D = 유동 조건에서 상류 내측 파이프 직경(inch)

h<sub>w</sub> = 차압(물의 inch)

ρ<sub>f1</sub> = 상류 절대 정적인 조건에 근거한 유동 유체의 밀도(lbm/cuft)

β = 유동 조건에서의 직경비(β = d/D)(무차원)

레이놀즈수(R<sub>d</sub>)는 하기의 질량 유량의 수학적 2로부터 계산된다.

$$R_d = 48 q_m / (\pi d \mu)$$

여기서,

R<sub>d</sub> = d와 관련된 레이놀즈수(무차원)

q<sub>m</sub> = 질량 유량(lbm/sec)

d = 유동 조건에서 벤튜리 스로트 직경(inch)

μ = 상류 온도에 근거한 유동 유체의 절대 점성(lbm/ft-sec)

동일한 참고문헌(ASME MFC-3M-1989)에 있어서, 하류 조건(압력 및 온도)에 근거한 질량 유량에 대한 동등한 표현이 주어진다.

벤튜리 유동 보정이 배출 계수 대 레이놀즈수와 관련한 곡선으로서 나타나기 때문에(예를 들면, 도 2의 보정 곡선을 참조), 새로운 배출 계수는 레이놀즈수로부터 계산될 수 있다. 이러한 새로운 배출 계수로부터 새로운 질량 유량이 수학적 1을 사용하여 계산될 수 있다. 이러한 과정은 일 반복에서 다음 반복까지 계산된 질량 유량에 있어서의 변화가 미미할 때까지 반복된다.

일정한 배출 계수 방법에 따르면, 배출 계수는 일정하다고 가정하며, 이는 반복 과정을 할 필요가 없게 한다. 그러나, 이러한 방법은 특히 배출 계수가 매우 심하게 변할 수 있는 낮은 레이놀즈수 범위에서 질량 유량을 정확하게 계산할 수 있는 능력을 제한한다.

**발명이 이루고자하는 기술적 과제**

압력 차동 유량계를 사용하여 질량 유량을 얻기 위한 비 반복 방법이 본 발명에 의해 제공된다. 특히, 비 반복 루틴은 각 벤튜리에서 직접 계산된 유동 보정의 결과를 사용함으로써 신속하고 정확하게 질량 유량을 계산할 수 있도록 개선되었다.

따라서, 본 발명은 제 1 유동 통과 면적을 갖는 도관을 통과해 유동하는 유체의 질량 유량을 결정하기 위한 방법으로 구체화되었으며; 제 2 유동 통과 면적을 갖는 유체 통로를 형성하는 유동 수축부를 포함하는 압력 차동 장치를 제공하는 단계와; 유체가 상기 압력 차동 장치를 통과해 유동하도록 하는 단계와; 상기 유동 수축부로부터 원격의 상기 도관내의 제 1 압력 검출 위치에서 유체 압력(P1)을 검출하는 단계와; 상기 유동 수축부의 입구의 하류의 제 2 압력 검출 위치에서 유체 압력(P2)을 검출하는 단계와; 상기 검출된 유체 압력(P1) 및 상기 유체 압력(P2)의 값, 및 상기 유동 수축 부재에서 이루어진 유동 보정에 의해 얻어진 유동 보정 데이터에 의해 결정된 레이놀즈수( $R_d$ )의 함수로서의 배출 계수(C)의 표현에 근거하여 상기 질량 유량을 결정하는 단계를 포함한다. 바람직한 실시예에 있어서, 함수식 표현은 다항식 표현이며, 질량 유량은 다항식 표현의 다항식 계수에 근거하여 결정된다. 또한 바람직한 실시예에 있어서, 도관내의 유체 온도(T)는 검출되며, 이 검출된 온도는 질량 유량을 결정하는데 이용된다.

본 발명의 이러한 및 다른 목적과 장점은 첨부된 도면과 관련하여 주어진 본 발명의 바람직한 예시적인 실시예의 상세한 설명으로부터 알 수 있고 이해될 수 있다.

**발명의 구성 및 작용**

유동 보정은 배출 계수의 부정확 퍼센트를 감소시키기 위해 뱀투리상에서 이루어질 수 있다. 일반적으로 도 2에 도시된 바와 같이 뱀투리 유동 보정의 결과는 배출 계수(C) 대 레이놀즈수( $R_d$ )의 도면으로 나타내진다. 뱀투리 질량 유량을 정확하게 계산하기 위해서, 배출 계수는 레이놀즈수의 함수로서 나타내져야 한다. 표준 회귀 해석(standard regression analysis)(정역학 또는 수치해석 방법, 예를 들면 1978년 뉴욕주 윌레이-인터사이언스 소재의 이.피. 박스 등의 '실험용 정역학' 책 참조)을 사용함으로써, 2차(2차 다항식) 방정식은 유동 보정 데이터에 적합해질 수 있다. 하기에 상술된 방법이 레이놀즈수의 함수로서 배출 계수의 2차식 표현으로 간주되는 반면, 3차식(3차 다항식) 표현에 적용될 수 있다. 그러나, 시험되는 모든 경우에 있어서, 2차식 표현은 레이놀즈수의 함수로서 배출 계수를 충분히 나타낼 수 있다.

C와  $R_d$  사이의 일반적인 2차식 관계는 수학적 3으로 표현된다. 다항식 계수( $a_0, a_1, a_2$ )에 대한 특정 값은 상술한 바와 같이 유동 보정의 회귀 해석으로 결정된다.

$$C = a_2R_d^2 + a_1R_d + a_0$$

수학적 3의 양 변에  $q_m/C$ 를 곱하면,

$$q_m = a_2R_d^2(q_m/C) + a_1R_d(q_m/C) + a_0(q_m/C)$$

수학적 4의 양 변에서  $q_m$ 을 빼면,

$$0 = a_2R_d^2(q_m/C) + a_1R_d(q_m/C) - q_m + a_0(q_m/C)$$

아래의 수학적 6은 수학적 5를 다시 정리하여 얻어진 것이다.

$$0 = (a_2R_d^2/(q_mC))q_m^2 + (a_1R_d/C - 1)q_m + (a_0q_m/C)$$

수학적 6의 해는 2개가 존재하지만, 단지 하나만이 양의 값을 갖는다. 질량 유량은 양의 값을 갖는 해를 선택함으로써 해결될 수 있다.

$$q_m = (-b - (b^2 - 4ac)^{1/2})/2a$$

여기서,

$$a = a_2R_d^2/(q_mC) = a_2(R_d/q_m)(R_d/q_m)(q_m/C)$$

$$b = a_1R_d/C - 1 = a_1(R_d/q_m)(q_m/C) - 1$$

$$c = a_0(q_m/C)$$

수학적 7은 반복 과정없이 계산될 수 있는 질량 유량( $q_m$ )을 나타낸다. 수학적 7에서 3개 변수(a, b, c)는 알려진 또는 예측된 변수로부터 직접 계산된다. 뱀투리 유동 보정 계수( $a_0, a_1, a_2$ )는 뱀투리상에서 수행된 유동 보정 및 그 후의 회귀 해석의 결과로서 알려지며, ( $q_m/C$ ) 및 ( $R_d/q_m$ )에 대한 값은 각기 하기의 수학적 8 및 수학적 9로 나타내진 측정된 변수로부터 계산될 수 있다. 수학적 8 및 수학적 9는 수학적 1 및 수학적 2의 간단히 재구성된 형태이다.

$$(q_m/C) = 0.09970190 Y_1 d^2 (h_w \rho_f / (1 - \beta^4))^{1/5}$$

$$(R_d/q_m) = 48 / (\pi d \mu)$$

여기서,

- $q_m$  = 질량 유량(lbm/sec)
- $R_d$  =  $d$ 와 관련된 레이놀즈수(무차원)
- $C$  = (뱅크리) 배출 계수(무차원)
- $a_0, a_1, a_2$  = 뱅크리 유동 보정 계수(lbm/sec)
- $D$  = 유동 조건에서 상류 내측 파이프 직경(inch)
- $d$  = 유동 조건에서 유동 수축 최소 (뱅크리 스톱트) 직경(inch)
- $Y_1$  = 상류 절대 정압에 근거한 팽창 계수(무차원)
- $h_w$  = 차압(물의 inch)
- $\rho_{f1}$  = 상류 절대 정적인 조건에 근거한 유동 유체의 밀도(lbm/cuft)
- $\beta$  = 유동 조건에서의 직경비 ( $\beta = d/D$ )(무차원)
- $\mu$  = 온도에 근거한 유동 유체의 절대 점성(lbm/ft-sec)

도 1을 참조하면, 참조부호(10)로 도시된 뱅크리는 도관(12)내에 위치되어 도시되었다. 상류 압력(P1)은 참조부호(14), 즉 뱅크리에 의해 형성된 유동 수축의 상류에서 검출된다. 또한, 압력(P2)은 수축된 통로에 대해 입구의 하류에서 검출된다. 유동 수축 장치는 뱅크리이며, 압력(P2)은 스톱트 통로(18)에서 검출된다. 온도 프로브(16)는 도관(12)을 통과해 유동하는 유체의 온도(T)를 측정하기 위해 제공된다. 일반적으로, 온도 변화에 의해 야기되는 밀도 및 점성의 변화로 인해 그러한 온도 프로브가 포함될 수 있음을 알 수 있다. 각각의 검출된 온도에 대한 밀도 값 및 점성 값은 저장된 데이터 또는 상술된 계산을 사용한 다른 적절한 방법에 의해 결정될 수 있다. 예를 들면, 검출된 압력(P1, P2)은 차압( $h_w$ )을 계산하기 위해 사용된다. 상류 내측 파이프 직경 및 뱅크리 스톱트 직경과 같은 유량을 확인하기 위해 사용되는 다른 변수는 사전 결정된다. 사전 결정된 정보, 측정된 데이터(P1, P2) 및 온도(T) 뿐만 아니라 뱅크리 유동 보정 계수( $a_0, a_1, a_2$ )에 근거하여, 프로세서(20)는 상술된 바와 같이 유량을 계산할 수 있다.

본 발명에 따른 질량 유량의 계산이 뱅크리 질량 유량을 계산하기 위한 참고로 자세히 상술되었지만, 이러한 루틴은 오리피스 및 노즐 질량 유량을 정확하게 계산하기 위해 사용될 수 있다. 이러한 점에서, 오리피스 및 노즐 압력 차동 장치가 각기 도 3 및 도 4에 도시되어 있으며, 도 1에 도시된 것과 동일한 구성요소 또는 다른 구성요소는 대응하는 참조번호에 100 및 200을 각기 붙였지만, 본원에 자세히 상술되지 않았다. 뱅크리(10)와 마찬가지로, 오리피스(110) 및 노즐(210)은 도관내에 삽입될 수 있으며 도관내에서 유동하는 유체의 질량 유량을 결정하도록 사용될 수 있는 압력 차동 장치이다. 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이 오리피스(110) 또는 노즐(210)을 통과하는 유량을 계산하기 위한 표준 방정식은 각기 상술된 수학적 1과 동일하다. 따라서, 오리피스 질량 유량 및 노즐 질량 유량의 결정은 뱅크리 질량 유량에 대한 상술된 설명에 대응한다.

상술된 상세한 설명과 매우 유사하게 질량 유량은 장치의 하류에서 측정된 압력 및 온도에 근거하여 계산될 수 있다. ASME 참조문헌(ASME MFC-3M-1989)은 상술된 수학적 1에 대응하는 하류 조건에 대한 질량 유량을 위한 표현으로 참조될 수 있으며, 이로부터  $q_m/C$ 의 표현이 유도된다. 그런 후 상기 표현 및  $R_d/q_m$ 에 대한 표현은 상술된 바와 같은 반복없이 질량 유량을 결정하도록 사용된다.

본 발명은 가장 실제적이고 바람직한 실시예와 관련하여 상술되었지만, 본 발명은 상술된 실시예에 한정되지 않고 그와 반대로 첨부된 특허청구범위의 정신 및 범위내에서 각종 변형 및 동등한 구성이 이루어짐을 알 수 있다.

**발명의 효과**

본 발명은 압력 차동 유량계를 사용하여 반복과정 없이 각 뱅크리에서 직접 계산된 유동 보정의 결과를 이용하여 신속하고 정확하게 질량 유량을 계산할 수 있도록 한다.

**(57) 청구의 범위**

**청구항 1**

- 도관을 통과하는 유체의 유량을 계산하는 방법에 있어서,
- 상기 도관내에 유동 수축 부재를 제공하는 단계로서, 상기 유동 수축 부재는 사전 선택된 유동 면적의 유체 통로를 형성하는, 유동 수축 부재 제공 단계와,
- 유체가 상기 유동 수축 부재를 통과해 유동하도록 하는 단계와,
- 상기 유동 수축 부재로부터 원격의 제 1 압력 검출 위치에서 유체 압력(P1)을 검출하는 단계와,
- 상기 유동 수축 부재의 입구의 하류의 제 2 압력 검출 위치에서 유체 압력(P2)을 검출하는 단계와,
- 상기 검출된 유체 압력(P1) 및 상기 유체 압력(P2)의 값, 및 상기 유동 수축 부재에서 이루어진 유동 보정에 의해 얻어진 유동 보정 데이터에 의해 결정된 레이놀즈수( $R_d$ )의 함수로서의 배출 계수(C)의 표현에

근거하여 반복없이 상기 질량 유량을 결정하는 단계를 포함하는  
도관을 통과하는 유체의 유량 계산 방법.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 유동 보정 데이터를 얻기 위해 상기 유동 수축 부재상에서 유동 보정을 수행하는 단계 및 상기 유동 보정 데이터로부터 레이놀즈수( $R_d$ )의 함수로서 배출 계수(C)의 표현을 결정하는 단계를 더 포함하는

도관을 통과하는 유체의 유량 계산 방법.

**청구항 3**

제 1 항에 있어서,

상기 유동 수축 부재로부터 원격의 유체 온도(T)를 검출하는 단계로서, 상기 질량 유량을 결정하는 단계는 상기 검출된 유체 온도의 값에 더욱 기초하는, 유체 온도 검출 단계를 더 포함하는

도관을 통과하는 유체의 유량 계산 방법.

**청구항 4**

제 1 항에 있어서,

상기 유체 압력(P1)은 상기 유동 수축 부재의 상류에서 검출되는

도관을 통과하는 유체의 유량 계산 방법.

**청구항 5**

제 4 항에 있어서,

상기 유동 수축 부재로부터 상류의 유체 온도(T)를 검출하는 단계로서, 상기 질량 유량을 결정하는 단계는 상기 검출된 유체 온도의 값에 더욱 기초하는, 유체 온도 검출 단계를 더 포함하는

도관을 통과하는 유체의 유량 계산 방법.

**청구항 6**

제 1 항에 있어서,

상기 유동 수축 부재를 제공하는 단계는 유동 수축 오리피스를 갖는 장치, 유동 노즐을 갖는 장치, 및 밴튜리 스포트 통로를 갖는 장치중 하나를 제공하는 단계를 포함하는

도관을 통과하는 유체의 유량 계산 방법.

**청구항 7**

제 1 항에 있어서,

상기 함수 표현은 2차식  $C = a_2R_d^2 + a_1R_d + a_0$ 인

도관을 통과하는 유체의 유량 계산 방법.

**청구항 8**

제 4 항에 있어서,

상기 함수 표현은 2차식  $C = a_2R_d^2 + a_1R_d + a_0$  이며, 상기 질량 유량은 일반적으로 하기의 수학식에 의해 결정되는

도관을 통과하는 유체의 유량 계산 방법.

수학식 7

$$q_m = (-b - (b^2 - 4ac)^{0.5})/2a$$

여기서,

$$a = a_2R_d^2/(q_mC) = a_2(R_d/q_m)(R_d/q_m)(q_m/C)$$

$$b = a_1R_d/C - 1 = a_1(R_d/q_m)(q_m/C) - 1$$

$$c = a_0(q_m/C)$$

수학식 8

$$(q_m/C) = 0.09970190 Y_1 d^2 (h_w \rho_{f1} / (1 - \beta^4))^{0.5}$$

수학식 9

$$(R_d/q_m) = 48/(\pi d \mu)$$

여기서,

$q_m$  = 질량 유량(lbm/sec)

$R_d$  =  $d$ 와 관련된 레이놀즈수(무차원)

$C$  = 배출 계수(무차원)

$D$  = 유동 조건에서 상류 내측 파이프 직경(inch)

$d$  = 유동 조건에서 유동 수축 최소 직경(inch)

$Y_1$  = 상류 절대 정압에 근거한 팽창 계수(무차원)

$h_w$  = 차압(물의 inch)

$\rho_{fl}$  = 상류 절대 정적인 조건에 근거한 유동 유체의 밀도(lbm/cuft)

$\beta$  = 유동 조건에서의 직경비( $\beta = d/D$ )(무차원)

$\mu$  = 온도에 근거한 유동 유체의 절대 점성(lbm/ft-sec)

**청구항 9**

제 1 유동 통과 면적을 갖는 도관을 통과해 유동하는 유체의 질량 유량을 결정하기 위한 방법에 있어서,  
제 2 유동 통과 면적을 갖는 유체 통로를 형성하는 유동 수축부를 포함하는 압력 차동 장치를 제공하는 단계와,

유체가 상기 압력 차동 장치를 통과해 유동하도록 하는 단계와,

상기 유동 수축부로부터 원격의 상기 도관내의 제 1 압력 검출 위치에서 유체 압력(P1)을 검출하는 단계와,

상기 유동 수축부의 입구의 하류의 제 2 압력 검출 위치에서 유체 압력(P2)을 검출하는 단계와,

상기 검출된 유체 압력(P1) 및 상기 유체 압력(P2)의 값, 및 상기 압력 차동 장치에서 이루어진 유동 보정에 의해 얻어진 유동 보정 데이터에 의해 결정된 레이놀즈수( $R_d$ )의 함수로서의 배출 계수(C)의 다항식 표현의 다항식 계수에 근거하여 상기 질량 유량을 결정하는 단계를 포함하는

도관을 통과하는 유체의 질량 유량 결정 방법.

**청구항 10**

제 9 항에 있어서,

상기 유동 보정 데이터를 얻기 위해 상기 압력 차동 장치상에서 유동 보정을 수행하는 단계 및 상기 유동 보정 데이터로부터 레이놀즈수( $R_d$ )의 함수로서 상기 배출 계수(C)의 다항식 표현을 결정하는 단계를 더 포함하는

도관을 통과하는 유체의 질량 유량 결정 방법.

**청구항 11**

제 9 항에 있어서,

상기 압력 차동 장치로부터 원격의 유체 온도(T)를 검출하는 단계로서, 상기 질량 유량을 결정하는 단계는 상기 검출된 유체 온도의 값에 더욱 기초하는, 유체 온도 검출 단계를 더 포함하는

도관을 통과하는 유체의 질량 유량 결정 방법.

**청구항 12**

제 9 항에 있어서,

상기 유체 압력(P1)은 상기 압력 차동 장치의 상류에서 검출되는

도관을 통과하는 유체의 질량 유량 결정 방법.

**청구항 13**

제 12 항에 있어서,

상기 압력 차동 장치로부터 상류의 유체 온도(T)를 검출하는 단계로서, 상기 질량 유량을 결정하는 단계는 상기 검출된 유체 온도의 값에 더욱 기초하는, 유체 온도 검출 단계를 더 포함하는

도관을 통과하는 유체의 질량 유량 결정 방법.

**청구항 14**

제 9 항에 있어서,

상기 압력 차동 장치를 제공하는 단계는 유동 수축 오리피스를 갖는 장치, 유동 노즐을 갖는 장치, 및 벤츄리 스포트 통로를 갖는 장치중 하나를 제공하는 단계를 포함하는 도관을 통과하는 유체의 질량 유량 결정 방법.

**청구항 15**

제 9 항에 있어서,

상기 다항식은 2차식  $C = a_2 R_d^2 + a_1 R_d + a_0$ 인

도관을 통과하는 유체의 질량 유량 결정 방법.

**청구항 16**

제 12 항에 있어서,

상기 다항식은 2차식  $C = a_2 R_d^2 + a_1 R_d + a_0$  이며, 상기 질량 유량은 일반적으로 하기의 수학식에 의해 결정되는

도관을 통과하는 유체의 질량 유량 결정 방법.

수학식 7

$$q_m = (-b - (b^2 - 4ac)^{0.5})/2a$$

여기서,

$$a = a_2 R_d^2 / (q_m C) = a_2 (R_d / q_m) (R_d / q_m) (q_m / C)$$

$$b = a_1 R_d / C - 1 = a_1 (R_d / q_m) (q_m / C) - 1$$

$$c = a_0 (q_m / C)$$

수학식 8

$$(q_m / C) = 0.09970190 Y_1 d^2 (h_w \rho_{f1} / (1 - \beta^4))^{0.5}$$

수학식 9

$$(R_d / q_m) = 48 / (\pi d \mu)$$

여기서,

$q_m$  = 질량 유량(lbm/sec)

$R_d$  =  $d$ 와 관련된 레이놀즈수(무차원)

$C$  = 배출 계수(무차원)

$D$  = 유동 조건에서 상류 내측 파이프 직경(inch)

$d$  = 유동 조건에서 유동 수축 최소 직경(inch)

$Y_1$  = 상류 절대 정압에 근거한 팽창 계수(무차원)

$h_w$  = 차압(물의 inch)

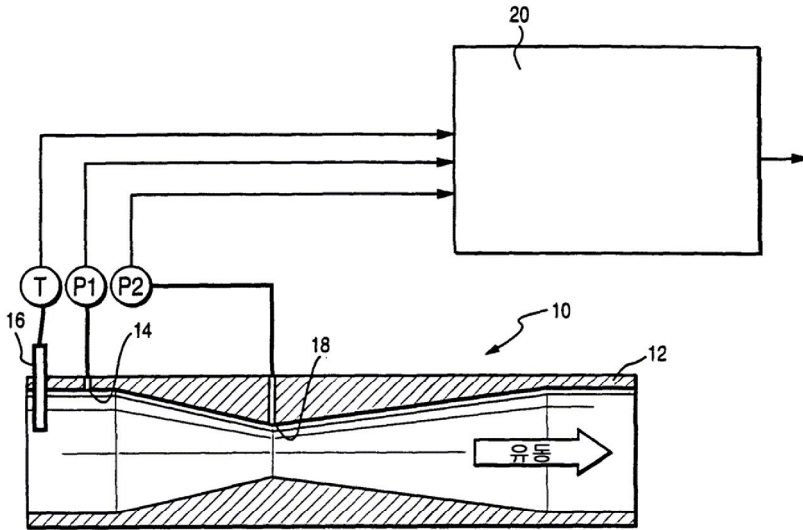
$\rho_{f1}$  = 상류 절대 정적인 조건에 근거한 유동 유체의 밀도(lbm/cuft)

$\beta$  = 유동 조건에서의 직경비( $\beta = d/D$ )(무차원)

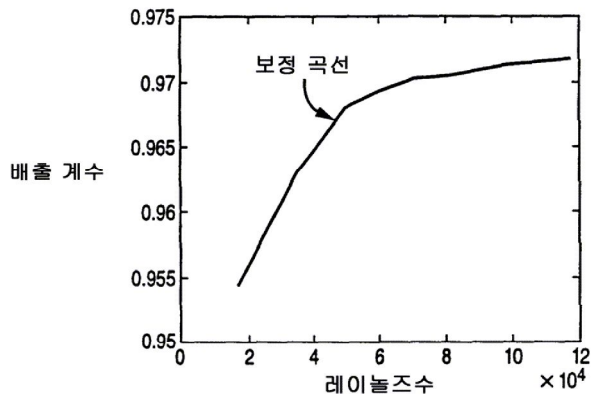
$\mu$  = 온도에 근거한 유동 유체의 절대 점성(lbm/ft-sec)

**도면**

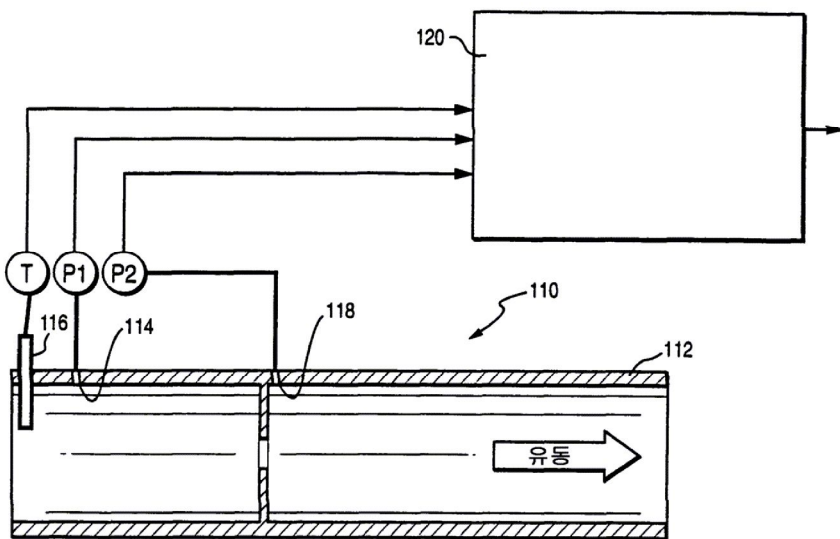
도면1



도면2



도면3





도면4

