



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년08월13일
 (11) 등록번호 10-1424979
 (24) 등록일자 2014년07월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 9/32 (2006.01)
 (21) 출원번호 **10-2013-0058755**
 (22) 출원일자 **2013년05월24일**
 심사청구일자 **2013년05월24일**
 (56) 선행기술조사문헌
 JP07113599 B
 KR1019940007731 B1
 JP2008107298 A
 KR100677927 B1

(73) 특허권자
한국기계연구원
 대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
 (72) 발명자
오동욱
 대전광역시 유성구 반석서로 109, 710-403 (반석동, 반석마을7단지아파트)
박장민
 대전광역시 유성구 온천북로33번길 22-33, 401호 (봉명동)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
김중관, 박창희, 권오식

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 박재우

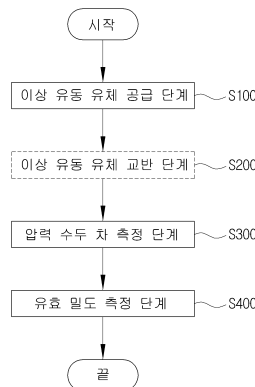
(54) 발명의 명칭 **이상유동 유체의 유효밀도 측정방법 및 기포 함유율 측정방법**

(57) 요약

본 발명에 따른 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법은 이상유동 유체 공급 단계; 압력 수두차 측정단계; 및 수학적 식 1을 이용하여 유효밀도를 측정하는 유효밀도 측정단계;를 포함하여 구성된다.

본 발명에 따른 이상유동 유체의 기포 함유율 측정방법은 유효밀도 측정단계에서 측정된 이상유동 유체의 유효밀도와 수학적 식 3을 이용하여 이상유동 유체의 기포 함유율을 측정한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

이공훈

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 306-502 (전민동, 엑스포아파트)

이정호

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 206동 801호 (전민동, 엑스포아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 M03540

부처명 지식경제부

연구사업명 지경부-산업기술기반조성사업

연구과제명 해양플랜트 다상유동 유동안정성 해석 및 평가 (1/4)

기여율 1/1

주관기관 한국생산기술연구원

연구기간 2012.05.01 ~ 2013.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

액체(liquid)와 기포(bubble)가 혼합된 이상유동 유체를 직경이 제일 큰 구간인 상류부와, 직경이 제일 작은 구간인 조린부를 가진 벤투리 유량계로 공급하는 이상유동 유체 공급 단계;

상기 상류부와 조린부의 압력 수두차(ΔP)를 측정하는 압력 수두차 측정단계; 및

하기 수학적 식 1을 이용하여 이상유동 유체의 유효밀도($\rho_{liquid+bubble}$)를 측정하는 유효밀도 측정단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법.

(수학적 식 1)

$$\rho_{liquid+bubble} = \frac{(1 - \beta^4)(Q_{mass})^2}{2(C_D A_2)^2 \Delta P}$$

단, β 는 상기 상류부의 조린부에 대한 직경비, Q_{mass} 는 이상유동 유체의 유량, C_D 는 방사계수, A_2 는 상기 조린부의 단면적.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법은

상기 이상유동 유체 공급 단계 이후에,

이상유동 유체에 혼합된 액체와 기포를 서로 교반하는 이상유동 유체 교반 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 이상유동 유체 교반 단계는

상기 벤투리 유량계와 연통되며 이상유동 유체가 공급되는 연통관과, 상기 연통관의 내측에 설치되는 회전축과, 상기 회전축의 외주면에 방사상으로 결합되는 교반블레이드를 포함하는 제1교반기를 이용하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 이상유동 유체 교반 단계는

상기 벤투리 유량계와 연통되며 이상유동 유체가 공급되는 연통관과, 상기 연통관의 내측에 설치되는 나선축을 포함하는 제2교반기를 이용하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 이상유동 유체는 액체의 유동 단면에 기포가 고르게 분포하는 기포류인 것을 특징으로 하는 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법.

청구항 6

제1항의 유효밀도 측정단계에서 측정된 이상유동 유체의 유효밀도($\rho_{liquid+bubble}$)와, 하기 수학적 식 3을 이용하여 이상유동 유체의 기포 함유율(ϵ)을 측정하는 것을 특징으로 하는 이상유동 유체의 기포 함유율 측정방법.

(수학적 식 3)

$$\epsilon = \frac{\rho_{liquid} - \rho_{liquid+bubble}}{\rho_{liquid} - \rho_{bubble}}$$

단, ρ_{liquid} 는 액체의 유효밀도, ρ_{bubble} 는 기포의 유효밀도.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 액체와 기포가 동시에 존재하는 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법 및 기포 함유율 측정방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 벤투리 유량계는 간단한 구조로 높은 유량 측정 정확성을 얻을 수 있어서, 산업계 전반에 걸쳐 널리 사용되고 있다. 벤투리 유량계는 낮은 압력 손실과 다상(multiphase) 유동을 포함한 다양한 유동 조건에도 적용이 가능하다.

[0003] 여기에서 이상유동 유체(two-phase)란 액체와 기포가 혼합된 유체를 말한다.

[0004] 이 때, 이상유동 유체의 유효밀도와 기포 함유율의 측정은 주로 초음파를 이용하여 측정하는 고가의 장비에 의존하고 있었다.

[0005] 이와 관련된 기술로서, 미국공개특허 제2002-0014105호는 마이크로 웨이브를 이상유동 유체로 전파하여 기포 함유율을 측정하는 방법에 있어서, 상기 유체를 통과한 마이크로 웨이브의 위상, 주행 시간, 진폭의 변화를 측정하여 유체의 기포 함유율을 측정하는 것을 특징으로 하는 이상유동 유체의 기포 함유율 측정방법이 제시되어 있다.

[0006] 그러나 종래기술은 이상유동 유체의 기포 함유율을 측정하기 위하여, 마이크로 웨이브를 전파하는 고가의 전파 장비와 마이크로 웨이브의 위상, 주행 시간, 진폭의 변화를 측정하는 고가의 측정 장비가 필요한 문제점이 있다.

[0007] 따라서 상술한 문제점을 해결하기 위한 다양한 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법 및 이를 이용한 이상유동 유체의 기포 함유율 측정방법의 개발이 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 미국공개특허 제2002-0014105호(2002.02.07)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 이상유동 유체의 유효밀도와 기포 함유율을 저가의 장비로 측정할 수 있는 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법 및 기포 함유율 측정방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명에 따른 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법은 액체(liquid)와 기포(bubble)가 혼합된 이상유동 유체를 직경이 제일 큰 구간인 상류부와, 직경이 제일 작은 구간인 조린부를 가진 벤투리 유량계로 공급하는 이상유동 유체 공급 단계; 상기 상류부와 조린부의 압력 수두차(ΔP)를 측정하는 압력 수두차 측정단계; 및 하기 수학적 식 1을 이용하여 이상유동 유체의 유효밀도($\rho_{liquid+bubble}$)를 측정하는 유효밀도 측정단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0011] (수학적 식 1)

$$\rho_{liquid+bubble} = \frac{(1 - \beta^4)(Q_{mass})^2}{2(C_D A_2)^2 \Delta P}$$

[0013] 단, β 는 상기 상류부의 조린부에 대한 직경비, Q_{mass} 는 이상유동 유체의 유량, C_D 는 방사계수, A_2 는 상기 조린부의 단면적.

[0014] 또한, 상기 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법은 상기 이상유동 유체 공급 단계 이후에, 이상유동 유체에 혼합된 액체와 기포를 서로 교반하는 이상유동 유체 교반 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 상기 유동 유체 교반 단계는 상기 벤투리 유량계와 연통되며 이상유동 유체가 공급되는 연통관과, 상기 연통관의 내측에 설치되는 회전축과, 상기 회전축의 외주면에 방사상으로 결합되는 교반블레이드를 포함하는 제1교반기를 이용하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 상기 유동 유체 교반 단계는 상기 벤투리 유량계와 연통되며 이상유동 유체가 공급되는 연통관과, 상기 연통관의 내측에 설치되는 나선축을 포함하는 제2교반기를 이용하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 상기 이상유동 유체는 액체의 유동 단면에 기포가 고르게 분포하는 기포류인 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 상기 방사계수(C_D)는 하기 수학적 식 2에 의해 계산되는 것을 특징으로 한다.

[0019] (수학적 식 2)

$$C_D = \frac{Q_{real}}{Q_{th}}$$

[0021] 또한, 본 발명에 따른 이상유동 유체의 기포 함유율 측정방법은 상기 유효밀도 측정단계에서 측정된 이상유동

유체의 유효밀도($\rho_{liquid+bubble}$)와, 하기 수학적 식 3을 이용하여 이상유동 유체의 기포 함유율(ϵ)을 측정하는 것을 특징으로 한다.

[0022] (수학적 식 3)

$$\epsilon = \frac{\rho_{liquid} - \rho_{liquid+bubble}}{\rho_{liquid} - \rho_{bubble}}$$

[0024] 단, ρ_{liquid} 는 액체의 유효밀도, ρ_{bubble} 는 기포의 유효밀도.

발명의 효과

[0025] 이에 따라, 본 발명에 따른 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법은 벤투리 유량계에서 측정된 이상유동 유체의 압력 수두차와 수학적 식 1을 이용하여 이상유동 유체의 유효밀도를 측정함으로써, 이상유동 유체의 유효밀도를 저가의 장비로 용이하게 측정할 수 있는 장점이 있다.

[0026] 또한, 본 발명에 따른 이상유동 유체의 기포 함유율 측정방법은 수학적 식 1에 측정된 이상유동 유체의 유효밀도와 수학적 식 3을 이용하여 이상유동 유체의 기포 함유율을 측정함으로써, 이상유동 유체의 기포 함유율을 별도의 장비를 이용하지 않고 용이하게 측정할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명에 따른 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법을 나타낸 순서도

도 2는 본 발명에 따른 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법을 설명하기 위한 개략도

도 3은 본 발명에 따른 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법의 실험예를 나타낸 그래프

도 4는 본 발명에 따른 이상유동 유체 교반 단계의 실시예 1을 나타낸 개략도

도 5는 본 발명에 따른 이상유동 유체 교반 단계의 실시예 2를 나타낸 개략도

도 6은 본 발명에 따른 이상유동 유체의 기포 함유율 측정방법의 실험예를 나타낸 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하, 본 발명의 기술적 사상을 첨부된 도면을 사용하여 더욱 구체적으로 설명한다.

[0029] 첨부된 도면은 본 발명의 기술적 사상을 더욱 구체적으로 설명하기 위하여 도시한 일예에 불과하므로 본 발명의 기술적 사상이 첨부된 도면의 형태에 한정되는 것은 아니다.

[0030] 본 발명은 액체(liquid)와 기포(bubble)가 혼합된 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법 및 이상유동 유체의 기포 함유율 측정방법에 관한 것이다.

[0031] 도 1은 본 발명에 따른 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법을 나타낸 순서도, 도 2는 본 발명에 따른 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법을 설명하기 위한 개략도이다.

[0032] 도 1 내지 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법은 이상유동 유체 공급 단계(S100), 압력 수두차 측정단계(S300), 유효밀도 측정단계(S400)를 포함하여 구성된다.

[0033] 먼저, 상기 이상유동 유체 공급 단계(S100)에서는 액체와 기포가 혼합된 이상유동 유체를 상류부(110)와, 조린

부(120)를 가진 벤투리 유량계(100)로 공급한다.

[0034] 이 때, 상기 벤투리 유량계(100)는 일정 부분이 다른 부분에 비해 좁게 형성된 원통형관을 포함하여 구성될 수 있다.

[0035] 또한, 상기 상류부(110)는 상기 벤투리 유량계(100)에서 직경이 제일 큰 구간을 의미하며 이상유동 유체가 저장된 이상유동 유체 저장용기(미도시)와 연통될 수 있다.

[0036] 또한, 상기 조린부(120)는 상기 벤투리 유량계(100)에서 직경이 제일 작은 구간을 의미한다.

[0037] 또한, 상기 벤투리 유량계(100)는 상기 상류부(110)와 조린부(120)가 각각 독립적으로 구성될 수 있으며, 이 때, 상기 상류부(110)와 조린부(120)는 서로 탈착 가능하게 나사 결합될 수 있다.

[0038] 또한, 상기 벤투리 유량계(100)는 상기 상류부(110)와 조린부(120)의 압력 수두를 각각 측정할 수 있도록 상기 상류부(110) 및 조린부(120)와 각각 수직하게 연통되는 제1수두부와 제2수두부를 포함하여 구성된다.

[0039] 다음으로, 상기 압력 수두차 측정단계(S300)에서는 상기 상류부(110)와 조린부(120)의 압력 수두차(ΔP)를 측정한다. 여기에서 압력 수두란, 유체의 한 지점에 있어서, 압력 에너지를 수주 또는 수은주로 나타낸 것으로, 압력 1kg/cm²의 압력 수두는 10m에 해당한다.

[0040] 다음으로, 상기 이상유동 유체의 유효밀도 측정단계(S400)에서는 하기 수학식 1을 이용하여 이상유동 유체의 유효밀도($\rho_{liquid+bubble}$)를 측정한다.

[0041] (수학식 1)

$$\rho_{liquid+bubble} = \frac{(1 - \beta^4)(Q_{mass})^2}{2(C_D A_2)^2 \Delta P}$$

[0042]

[0043] 단, β 는 상기 상류부(110)와 조린부(120)에 대한 직경비, Q_{mass} 는 이상유동 유체의 유량, C_D 는 방사계수, A_2 는 상기 조린부(120)의 단면적.

[0044] 이 때, 이상유동 유체의 유량(Q_{mass})은 전자 유량계(100)에서 측정된 값일 수 있으나, 본 발명은 이에 한정되지 아니한다.

[0045] 또한, 방사계수(C_D)는 하기 수학식 2를 이용하여 계산할 수 있다.

[0046] (수학식 2)

$$C_D = \frac{Q_{real}}{Q_{th}}$$

[0047]

[0048] 단, Q_{real} 은 이상유동 유체의 실제 유량, Q_{th} 는 이상유동 유체의 이론 유량.

[0049] 이에 따라, 본 발명에 따른 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법은 벤투리 유량계(100)에서 측정된 이상유동 유체의 압력 수두차와 수학식 1을 이용하여 이상유동 유체의 유효밀도를 측정함으로써, 이상유동 유체의 유효밀도를 저가의 장비로 용이하게 측정할 수 있는 장점이 있다.

[0050] 이하 본 발명에 따른 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법을 아래와 같은 실험예 1에 의거하여 상세하게 설명하

기로 한다.

[0051] <실험예 1-유효밀도 측정>

[0052] 상기 벤투리 유량계(100)에 상온의 물과 기포가 혼합된 이상유동 유체를 공급하고 상기 벤투리 유량계(100)의 상류부(110)와 조린부(120)의 압력 수두차(ΔP)와 상기 수학식 1을 이용하여 이상유동 유체의 유효밀도($\rho_{liquid+bubble}$)를 측정하였다. 이 때, 기포는 기공율이 0.2이고 기공 크기가 50 μ m인 다공성 구조의 실린더를 이용하여 발생시켰으며, 공기 압축기와 질량유량조절기를 이용하여 주입하였다.

[0053] 이 때, 상기 벤투리 유량계(100)는 석영(quartz) 재질이며, 상기 상류부(110)와 조린부(120)에 대한 직경비(β)는 0.7이고, 방사계수(C_D)는 0.991이고, 이상유동 유체의 유량 (Q_{mass})은 10 ~ 25m³/hr, 물의 레이놀즈 수는 7 X 10⁴ - 1.8 X 10⁵이었다.

[0054] 도 3은 본 발명에 따른 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법의 실험예를 나타낸 그래프이다. 여기에서, 도 3에의 X축에는 이상유동 유체의 기포 함유율(ϵ)과, Y축에는 이상유동 유체의 유효밀도(effective density)가 도시되어 있다.

[0055] 도 3에 도시된 바와 같이, 이상유동 유체의 모든 유량 (Q_{mass}) 조건에서 이상유동 유체의 유효밀도($\rho_{liquid+bubble}$)는 이론값으로 표시된 점선과 측정값으로 표시된 실선들이 이상유동 유체의 기포 함유율의 일정값 이상에서 큰 차이를 나타냈다.

[0056] 특히, 이상유동 유체의 기포 함유율이 0.1 ~ 0.15 일 경우에 이론값과 측정값의 불일치가 급격하게 증가하였으며, 이상유동 유체에 있어서, 물층과 기포층이 완벽하게 분리되는 파형류(wavy flow)에서는 유동 천이가 일어나서 이론값과 측정값이 서로 불일치되었으며, 물의 유동 단면에 기포가 고르게 분포하는 기포류(Bubbly flow)에서는 이론값과 측정값이 서로 일치하는 것으로 나타났다.

[0057] 본 발명에 따른 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법은 상기 실험예 1에서 설명한 바와 같이, 이상유동 유체의 유효밀도의 이론값과 측정값이 서로 일치할 수 있도록 이상유동 유체 공급 단계(S100) 이후에, 이상유동 유체에 혼합된 액체와 기포를 서로 교반하여 액체의 유동 단면에 기포가 고르게 분포하는 기포류로 변환하는 액체 이상유동 유체 교반 단계(S200)를 더 포함하여 구성될 수 있다.

[0058] 이때, 상기 이상유동 유체 교반 단계(S200)는 다양한 장치로 이루어질 수 있는데, 이에 대해 상세하게 설명하기로 한다.

[0059] 도 4는 본 발명에 따른 이상유동 유체 교반 단계의 실시예 1을 나타낸 개략도이다.

[0060] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 이상유동 유체 교반 단계(S200)의 실시예 1은 이상유동 유체에 혼합된 액체와 기포의 교반이 제1교반기(200)에 의해 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0061] 상기 제1교반기(200)는 연통관(210), 회전축(220), 교반블레이드(230)를 포함하여 구성된다.

[0062] 상기 연통관(210)은 일단이 상기 벤투리 유량계(100)와 연통되며 타단에 이상유동 유체가 공급된다. 이 때, 상기 연통관(210)의 타단은 이상유동 유체가 저장된 이상유동 유체 저장용기(미도시)가 연통되어 이상유동 유체가 공급될 수 있다.

[0063] 상기 회전축(220)은 상기 연통관(210)의 내측 중심축에 설치되며, 구동수단(미도시)에 의해 회전될 수 있다.

[0064] 상기 교반블레이드(230)는 상기 회전축(220)의 외주면에 방사상으로 결합되며, 상기 회전축(220)의 회전에 의해

회전되어 상기 연통관(210)으로 공급되는 이상유동 유체에 혼합된 액체와 기포를 교반하는 역할을 한다.

[0065] 상술한 바와 같이, 상기 유동 유체 교반 단계(S200)는 상기 제1교반기(200)로 이루어질 수 있으며, 상기 유동 유체 교반 단계(S200)에서 액체와 기포가 교반된 이상유동 유체는 액체의 유동 단면에 기포가 고르게 분포하는 기포류로 변환되어 상기 벤투리 유량계(100)로 공급된다.

[0066] 도 5는 본 발명에 따른 이상유동 유체 교반 단계의 실시예 2를 나타낸 개략도이다.

[0067] 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 이상유동 유체 교반 단계(S200)의 실시예 2는 이상유동 유체에 혼합된 액체와 기포의 교반이 제2교반기(300)에 의해 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0068] 상기 제2교반기(300)는 연통관(210), 나선축(320)을 포함하여 구성된다.

[0069] 상기 연통관(210)은 일단이 상기 벤투리 유량계(100)와 연통되며 타단에 이상유동 유체가 공급된다. 이 때, 상기 연통관(210)의 타단은 이상유동 유체가 저장된 이상유동 유체 저장용기(미도시)가 연통되어 이상유동 유체가 공급될 수 있다.

[0070] 상기 나선축(320)은 나선 코일 형태로 형성되어 상기 연통관(210)으로 공급된 이상유동 유체를 와류로 변환하여 이상유동 유체에 혼합된 액체와 기포를 서로 교반하는 역할을 한다.

[0071] 상술한 바와 같이, 상기 유동 유체 교반 단계(S200)는 상기 제2교반기(300)로 이루어질 수 있으며, 상기 유동 유체 교반 단계(S200)에서 액체와 기포가 교반된 이상유동 유체는 액체의 유동 단면에 기포가 고르게 분포하는 기포류로 변환되어 상기 벤투리 유량계(100)로 공급된다.

[0072] 본 발명에 따른 이상유동 유체의 기포 함유율 측정방법은 상기 유효밀도 측정단계(S400)에서 측정된 이상유동 유체의 유효밀도($\rho_{liquid+bubble}$)와, 하기 수학적 식 3을 이용하여 이상유동 유체의 기포 함유율(ϵ)을 측정하는 것을 특징으로 한다.

[0073] (수학적 식 3)

$$\epsilon = \frac{\rho_{liquid} - \rho_{liquid+bubble}}{\rho_{liquid} - \rho_{bubble}}$$

[0075] 단, ρ_{liquid} 는 액체의 유효밀도, ρ_{bubble} 는 기포의 유효밀도.

[0076] 즉, 본 발명에 따른 이상유동 유체의 기포 함유율 측정방법은 별도의 장비를 이용하지 않고, 수학적 식 3을 이용하여 이상유동 유체의 기포 함유율을 측정하는 것이다.

[0077] 이에 따라, 본 발명에 따른 이상유동 유체의 기포 함유율 측정방법은 수학적 식 1에 측정된 이상유동 유체의 유효 밀도와 수학적 식 3을 이용하여 이상유동 유체의 기포 함유율을 측정함으로써, 이상유동 유체의 기포 함유율을 별도의 장비를 이용하지 않고 용이하게 측정할 수 있는 장점이 있다.

[0078] 이하 본 발명에 따른 이상유동 유체의 유효밀도 측정방법을 아래와 같은 실험예 2에 의거하여 상세하게 설명하기로 한다.

[0079] <실험예 2-기포 함유율 측정>

[0080] 상기 벤투리 유량계(100)에 상온의 물과 기포가 혼합된 이상유동 유체를 공급하고 상기 벤투리 유량계(100)의 상류부(110)와 조린부(120)의 압력 수두차(ΔP)와 상기 수학적 식 1을 이용하여 이상유동 유체의 유효밀도(ρ_{eff})를 측정한다.

$\rho_{liquid+bubble}$)를 측정하고, 상기 수학적 식 3을 이용하여 이상유동 유체의 기포 함유율(ε)을 측정하였다. 이 때, 기포는 기공율이 0.2이고 기공 크기가 50 μ m인 다공성 구조의 실린더를 이용하여 발생시켰으며, 공기 압축기와 질량유량조절기를 이용하여 주입하였다.

[0081] 이 때, 상기 벤투리 유량계(100)는 석영(quartz) 재질이며, 상기 상류부(110)와 조린부(120)에 대한 직경비(β)는 0.7이고, 방사계수(C_D)는 0.991이고, 이상유동 유체의 유량 (Q_{mass})은 10 ~ 25m³/hr, 물의 레이놀즈 수는 $7 \times 10^4 - 1.8 \times 10^5$ 이었다.

[0082] 도 6은 본 발명에 따른 이상유동 유체의 기포 함유율 측정방법의 실험예를 나타낸 그래프이다. 여기에서 도 6에 도시된 X축은 이상유동 유체의 기포 함유율(ε), Y축은 이상유동 유체의 측정된 기포 함유율(Measured ε)을 의미한다.

[0083] 도 6에 도시된 바와 같이, 이상유동 유체의 모든 유량 (Q_{mass}) 조건에서 이상유동 유체의 기포 함유율은 이론값으로 표시된 점선과 측정값으로 표시된 실선 들이 이상유동 유체의 기포 함유율의 일정값 이상부터 큰 차이를 나타냈다.

[0084] 특히, 이상유동 유체의 기포 함유율이 0.1 ~ 0.15 일 경우에 이론값과 측정값의 불일치가 급격하게 증가하였으며, 이상유동 유체에 있어서, 물층과 기포층이 완벽하게 분리되는 파형류(wavy flow)에서는 유동 천이이 일어나서 이론값과 측정값이 서로 불일치되었으며, 물의 유동 단면에 기포가 고르게 분포하는 기포류(Bubbly flow)에서는 이론값과 측정값이 서로 일치하는 것으로 나타났다.

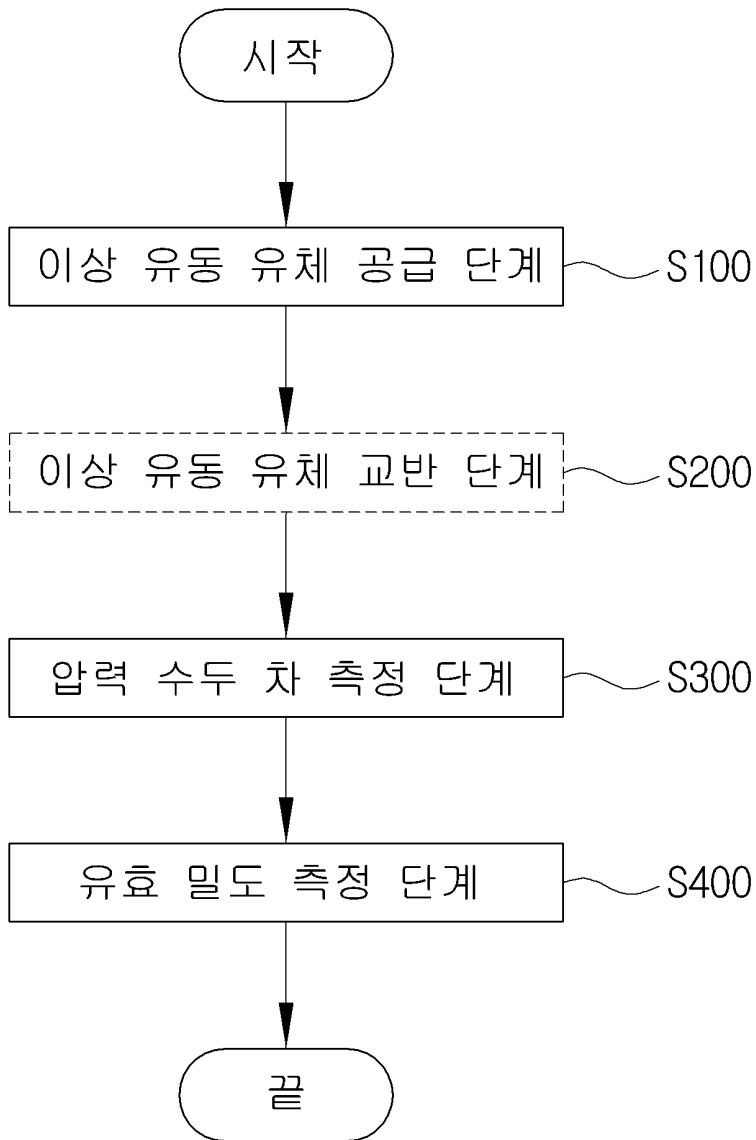
[0085] 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이다.

부호의 설명

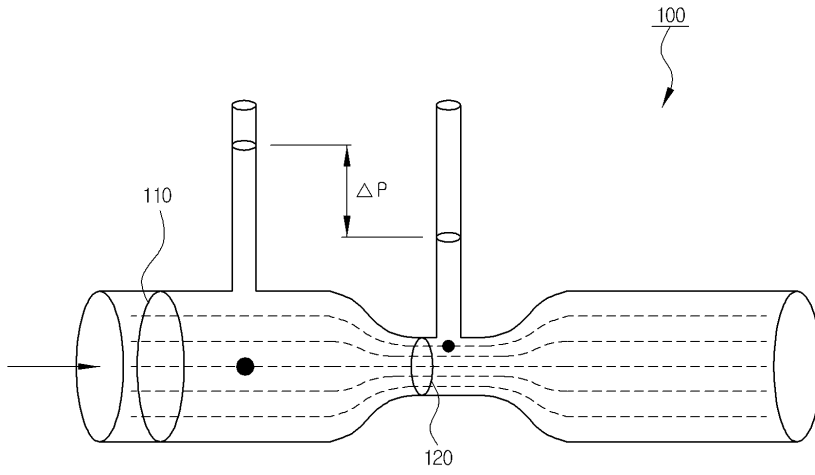
- [0086]
- 100 : 벤투리 유량계
 - 110 : 상류부
 - 120 : 조린부
 - 200 : 제1교반기
 - 210 : 연통관
 - 220 : 회전축
 - 230 : 교반블레이드
 - 300 : 제2교반기
 - 310 : 연통관
 - 320 : 나선축

도면

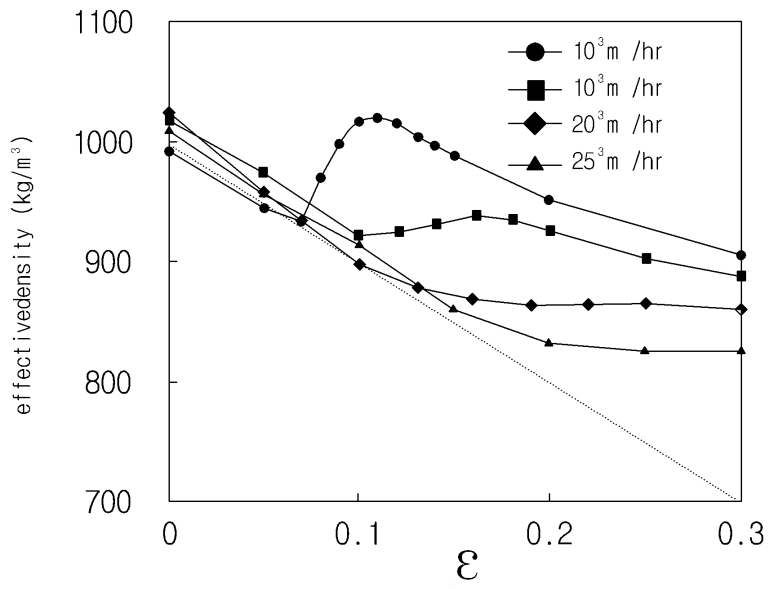
도면1



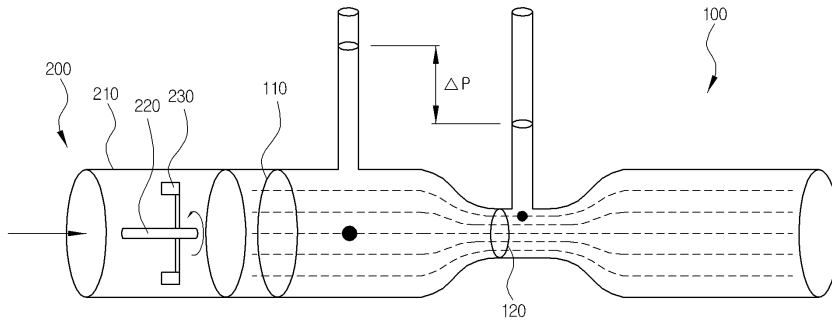
도면2



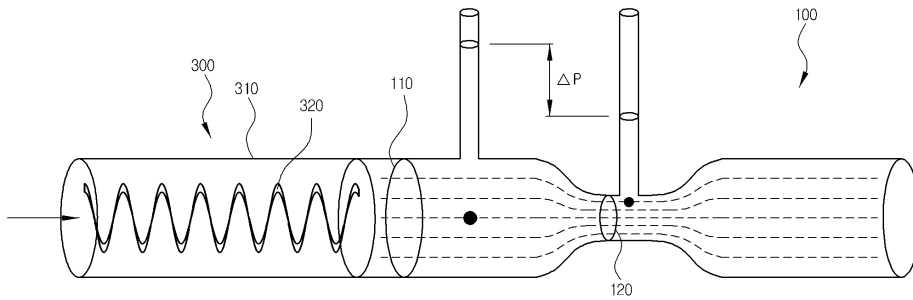
도면3



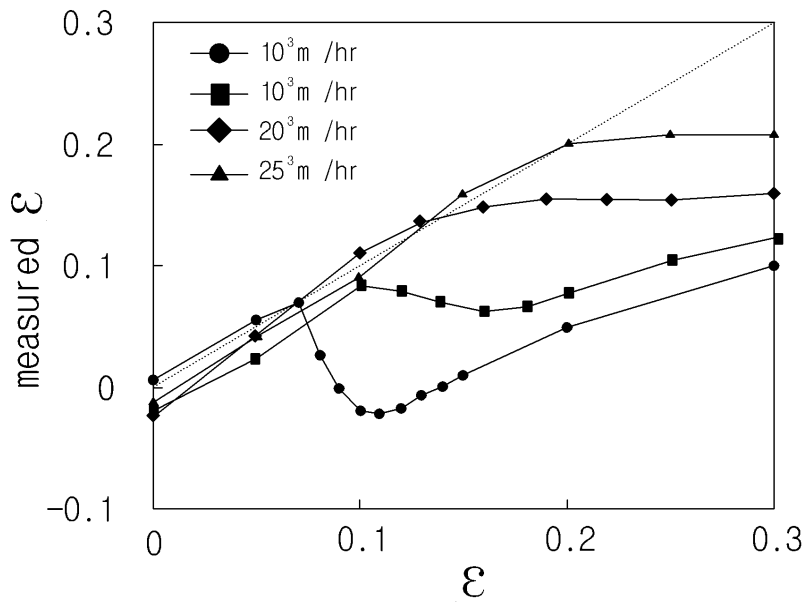
도면4



도면5



도면6



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제1항

【변경전】

상류부와 조린부에 대한 직경비

【변경후】

상류부의 조린부에 대한 직경비