(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년07월21일
(11) 등록번호 10-2136291
(24) 등록일자 2020년07월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01F 1/66 (2006.01) *G01F 1/74* (2006.01)
G01P 5/24 (2006.01) *G06F 17/10* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01F 1/663 (2013.01)
G01F 1/74 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0081329
(22) 출원일자 2019년07월05일
심사청구일자 2019년07월05일
(56) 선행기술조사문헌
KR101472706 B1
JP2013029423 A

(73) 특허권자
경상대학교 산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
김형범
경상남도 진주시 진양호로239번길 13, 202동 503호 (평거동, 평거하우스토리아파트)
(74) 대리인
특허법인태백

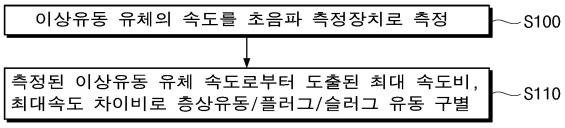
전체 청구항 수 : 총 4 항 심사관 : 김윤선

(54) 발명의 명칭 **이상유동의 유동형태 분류방법**

(57) 요 약

본 발명은, 초음파 측정장치로 수평 파이프 내 기체와 액체가 혼합된 이상유동 유체의 흐름방향 속도를 측정하는 단계, 이상유동 유체의 흐름방향 속도로부터 측정된 한 주기 국부 최대속도, 기체와 액체의 공탑속도를 합한 혼합속도에 의해 산출되는 최대 속도비 및, 이상유동 유체의 흐름방향 속도로부터 측정된 한 주기의 전체 구역 내 최대속도, 한 주기의 국부 최대속도, 기체와 액체의 공탑속도를 합한 혼합속도에 의해 산출되는 최대속도 차이비를 통해 층상 유동과 플러그 또는 슬러그 유동으로 구분하는 단계를 포함하는 이상유동의 유동형태 분류방법을 제공한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G01P 5/24 (2013.01)
G06F 17/10 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2018R1A2B6003623
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 이공분야기초연구사업
연구과제명 수평관내 슬러그 유동의 천이 구조 연구
기 여 율 1/1
주관기관 경상대학교
연구기간 2019.03.01 ~ 2020.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

초음파 측정장치로 수평 파이프 내 기체와 액체가 혼합된 이상유동 유체의 흐름방향 속도를 측정하는 단계와;

이상유동 유체의 흐름방향 속도로부터 측정된 한 주기 국부 최대속도, 기체와 액체의 공탑속도를 합한 혼합속도에 의해 산출되는 최대 속도비 및, 이상유동 유체의 흐름방향 속도로부터 측정된 한 주기의 전체 구역 내 최대속도, 한 주기의 국부 최대속도, 기체와 액체의 공탑속도를 합한 혼합속도에 의해 산출되는 최대속도 차이비를 통해 층상 유동과 플러그 또는 슬러그 유동으로 구분하는 단계;를 포함하는 이상유동의 유동형태 분류방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 초음파 측정장치는,

상기 수평 파이프의 내측 또는 외측에 프로브가 배치되는 초음파 변환기와,

상기 초음파 변환기와 연결하며, 초음파 변환기에서 측정된 초음파 신호를 통해 이상유동 유체의 흐름방향 속도를 산출하는 초음파 도플러 유속계를 포함하는 이상유동의 유동형태 분류방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 최대 속도비(R_{max})는, $R_{max}=U_{max}/U_{mix}$에 의해 산출되며,

상기 최대속도 차이비(R_{diff})는, $R_{diff}=(U_{maxg}-U_{maxi})/U_{mix}$에 의해 산출되고,

여기서, U_{max}는 이상유동 유체의 흐름방향 속도로부터 측정된 한 주기의 국부 최대속도이고, U_{mix}는 기체와 액체의 한 주기의 국부 공탑속도를 합한 혼합속도이며, U_{maxg}는 이상유동 유체의 흐름방향 속도로부터 측정된 한 주기의 전체 구역 내 최대속도, U_{maxi}는 이상유동 유체의 흐름방향 속도로부터 측정된 한 주기의 국부 최대속도인 이상유동의 유동형태 분류방법.

청구항 4

청구항 1 또는 청구항 3에 있어서,

상기 최대 속도비가 0.95 이하일 경우 층상 유동이며, 최대 속도비가 1.05 이상인 경우 플러그 또는 슬러그 유동이고,

상기 최대 속도비가 0.95와 1.05 사이일 경우에는, 최대속도 차이비가 0.05 초과할 경우 층상 유동이며, 최대속도 차이비가 0.05 이하일 경우 플러그 또는 슬러그 유동인 이상유동의 유동형태 분류방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 수평 파이프 내의 기체와 액체가 혼합된 이상유동 유체의 유동형태를 분류하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로, 이상유동(Two-phase flow) 유체란 액체와 기체가 혼합된 유체를 말한다.

[0003] 특히, 석유나 천연가스와 같은 에너지 자원의 생산 및 처리 공정시 이들 자원은 파이프를 통해 원거리 또는 근거리로 운송된다. 액체(예컨대 석유 또는 물) 및 기체(예컨대 공기 또는 천연가스 등)가 파이프를 통해 동시에 흐를 때, 주어진 조건에 따라 액체 점유율과 압력구배가 달라지게 되는데, 액체 점유율과 압력구배의 정확한 예측은 에너지 자원의 생산량 예측 및 생산 최적화에 중요한 요소이므로 이를 정확히 예측할 필요가 있다.

[0004] 이를 위해 종래부터 운동량 평형에 기반한 모델 및 에너지 평형에 기반한 모델이 각각 연구되고 있다. 운동량 평형에 기반한 모델들은 다상(Multiphase) 유동 해석시 기체 운동량과 액체 운동량을 결합한 결합운동량(Combined momentum) 방정식을 사용하였으며, 이 식은 다수의 실험에 기반한 경험식들을 사용하므로 불확실성을 내포하고 있다.

[0005] 그러나, 에너지 평형에 기반한 다상 유동 해석은 예컨대 아누프 샤르마(Anoop sharma)의 논문("Modeling of oil-water flow using energy minimization concept", International Journal of Multiphase Flow 2011; 37(4):326~335) 등에 개시되었지만, 액체-액체 유동을 에너지 관점에서 해석한 것이고 해의 도출 과정에서 결합운동량 방정식을 사용함으로써 순수하게 에너지만을 고려하지 못하여 기존 방법들의 결과에서 벗어나지 못하는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은, 이상유동 유체의 속도정보만을 기반으로 유동형태를 쉽고 정확하게 분류할 수 있게 하는 이상유동의 유동형태 분류방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명은, 초음파 측정장치로 수평 파이프 내 기체와 액체가 혼합된 이상유동 유체의 흐름방향 속도를 측정하는 단계, 이상유동 유체의 흐름방향 속도로부터 측정된 한 주기 국부 최대속도, 기체와 액체의 공탑속도를 합한 혼합속도에 의해 산출되는 최대 속도비 및, 이상유동 유체의 흐름방향 속도로부터 측정된 한 주기의 전체 구역 내 최대속도, 한 주기의 국부 최대속도, 기체와 액체의 공탑속도를 합한 혼합속도에 의해 산출되는 최대속도 차이비를 통해 층상 유동과 플러그 또는 슬러그 유동으로 구분하는 단계를 포함하는 이상유동의 유동형태 분류방법을 제공한다.

[0008] 또한, 상기 초음파 측정장치는, 상기 수평 파이프의 내측 또는 외측에 프로브가 배치되는 초음파 변환기, 상기 초음파 변환기와 연결하며, 초음파 변환기에서 측정된 초음파 신호를 통해 이상유동 유체의 흐름방향 속도를 산출하는 초음파 도플러 유속계를 포함할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 최대 속도비(R_{max})는, $R_{max}=U_{max}/U_{mix}$에 의해 산출되며, 상기 최대속도 차이비(R_{diff})는, $R_{diff}=(U_{maxg}-U_{maxi})/U_{mix}$에 의해 산출되고, 여기서, U_{max}는 이상유동 유체의 흐름방향 속도로부터 측정된 한 주기의 국부 최대속도이고, U_{mix}는 기체와 액체의 한 주기의 국부 공탑속도를 합한 혼합속도이며, U_{maxg}는 이상유동 유체의 흐름방향 속도로부터 측정된 한 주기의 전체 구역 내 최대속도, U_{maxi}는 이상유동 유체의 흐름방향 속도로부터 측정된 한 주기의 국부 최대속도일 수 있다.

[0010] 또한, 상기 최대 속도비가 0.95 이하일 경우 층상 유동이며, 최대 속도비가 1.05 이상인 경우 플러그 또는 슬러그 유동이고, 상기 최대 속도비가 0.95와 1.05 사이일 경우에는, 최대속도 차이비가 0.05 초과할 경우 층상 유동이며, 최대속도 차이비가 0.05 이하일 경우 플러그 또는 슬러그 유동일 수 있다.

발명의 효과

[0011] 본 발명에 따른 이상유동의 유동형태 분류방법은, 초음파 측정장치로부터 측정된 이상유동 유체의 흐름방향 속도를 기반으로 최대속도비 및 최대속도 차이비를 도출하여, 수평 파이프 내에서 이동하는 이상유동 유체에 대해 층상 유동과 플러그 또는 슬러그 유동 형태를 쉽고 정확하게 분류할 수 있게 한다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이상유동의 유동형태 분류방법을 나타낸 순서도이다.

도 2는 도 1에 나타낸 S110단계를 통한 층상 유동과 플러그 또는 슬러그 유동을 구분하는 흐름도이다.

도 3은 도 1에 나타낸 S100단계시 사용되는 초음파 측정장치의 개략 설치상태도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 이하 첨부된 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명하기로 한다.

[0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이상유동의 유동형태 분류방법을 나타낸 순서도이며, 도 2는 도 1에 나타낸 S110단계를 통한 층상 유동과 플러그 또는 슬러그 유동을 구분하는 흐름도이다. 도 1 및 도 2를 참조하여, 일 실시예에 따른 이상유동의 유동형태 분류방법을 설명하면, 먼저, 초음파 측정장치(100)에서 이상유동 유체의 흐름방향 속도를 측정한다(S100). 즉, 초음파 측정장치(100)는 수평 파이프(10) 내부로 유입된 후 이동하는 기체와 액체가 혼합된 이상유동 유체의 흐름방향 속도를 측정하게 된다. 이렇게, 측정된 이상유동 유체의 흐름방향 속도를 통해 이상유동 유체의 유동형태를 분류할 수 있게 한다. 여기서, 수평 파이프(10) 내부로 유입되는 기체는 수평 파이프(10)의 입구 부분 상부로 공급되고, 수평 파이프(10) 내부로 유입되는 액체는 수평 파이프(10)의 입구 부분 하부를 통해 각각 별도로 공급이 이루어지게 된다.

[0015] 도 3을 참조하면, 상기 초음파 측정장치(100)는, 초음파 변환기(110)와, 초음파 도플러 유속계(120)를 포함한다. 이러한, 초음파 변환기(110)는 신호 분석기(도면미도시)와 프로브(도면미도시)를 구비할 수 있다. 이때, 프로브는 수평 파이프(10) 내측 또는 외측에 배치할 수 있는데, 수평 파이프(10) 내측에 배치시에는 이상유동 유체의 흐름방향과 평행하게 위치시킨 상태에서 기체 영향과 수평 파이프(10) 내측 바닥면으로부터 반사를 피하기 위해 수평 파이프(10)의 내측 바닥면으로부터 9㎜ 높이 상에 위치되게 하는 것이 바람직하다.

[0016] 상기 초음파 도플러 유속계(120)는 초음파 변환기(110)와 연결하여, 초음파 변환기(110)에서 측정된 초음파 신호를 통해 이상유동 유체의 수평 파이프(10) 내 흐름방향 속도를 산출한다.

[0017] 이같이, 상기 초음파 측정장치(100)를 통한 이상유동 유체의 흐름방향 속도를 측정시, 정확도에 대한 검증을 위해 높일 수 있도록 고속카메라시스템(130)을 통한 질적 시각화 자료를 얻을 수도 있다. 이때, 초음파 측정장치(100) 및 고속카메라시스템(130)은 모두 펄스 생성기(140)에 의해 트리거되어 결과를 동시에 얻을 수 있다. 여기서, 도면부호 150은 각각 고속카메라시스템(130)에서 입력되는 영상신호를 통해 이상유동 유체의 속도를 산출하는 컴퓨터이며, 도면부호 151은 초음파 도플러 유속계(120)를 통해 산출된 이상유동 유체의 속도를 통해 이후 설명될 최대 속도비 및 최대속도 차이비를 계산하는 컴퓨터이다.

[0018] 이러한, 상기 수평 파이프(10) 내 이상유동 유체의 흐름방향 속도를 측정한 후에는, 측정된 값을 통해 이상유동 유체의 유동형태, 즉 이상유동 유체가 층상 유동과 플러그(Plug) 유동 또는 슬러그(Slug) 유동인지를 구분하게 된다(S110). 이러한, 이상유동 유체의 유동형태는 이상유동 유체의 흐름방향 속도에 의해 산출되는 최대속도비와 최대속도 차이비를 통해 산출할 수 있다. 이때, 상기 수평 파이프(10) 내 이상유동 유체의 흐름방향 속도는 수평 파이프(10)의 출구 부분에 인접한 위치에서 측정이 이루어질 수 있다.

[0019] 여기서, 상기 최대 속도비(R_{max})와 최대속도 차이비(R_{diff})는 하기의 식에 의해 산출되는데,

[0020] $R_{max}=U_{max}/U_{mix}$

[0021] $R_{diff}=(U_{maxg}-U_{maxi})/U_{mix}$

[0022] 여기서, U_{max}는 이상유동 유체의 흐름방향 속도로부터 측정된 한 주기의 국부 최대속도이고, U_{mix}는 기체와 액체의 한 주기의 국부 공탑속도를 합한 혼합속도이며, U_{maxg}는 이상유동 유체의 흐름방향 속도로부터 측정된 한 주기의 전체 구역 내 최대속도이고, U_{maxi}는 이상유동 유체의 흐름방향 속도로부터 측정된 한 주기의 국부 최대속도이다.

[0023] 이때, 상기 최대 속도비(R_{max})가 0.95 이하일 경우 수평 파이프(10) 내 이상유동 유체의 유동형태는 층상 유동이며, 최대 속도비(R_{max})가 1.05 이상인 경우 수평 파이프(10) 내 이상유동 유체의 유동형태는 플러그 또는 슬러그 유동일 수 있다.

[0024] 만약, 상기 최대 속도비(R_{max})가 0.95와 1.05 사이일 경우에는, 최대속도 차이비(R_{diff})를 통해 이상유동 유체의 유동형태를 분류할 수 있는데, 최대속도 차이비(R_{diff})가 0.05 초과할 경우 수평 파이프(10) 내 이상유동 유체의

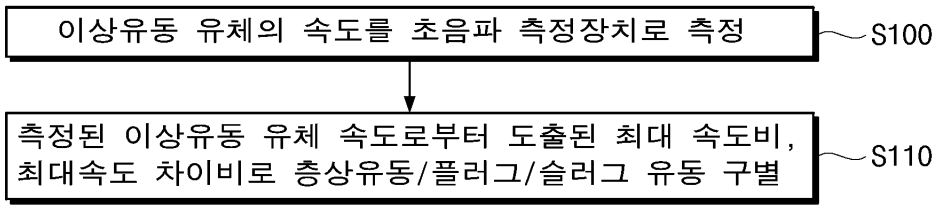
유동형태는 층상 유동이며, 최대속도 차이비(R_{diff})가 0.05 이하일 경우 수평 파이프(10) 내 이상유동 유체의 유동형태는 플러그 또는 슬러그 유동형태일 수 있다.

[0025] 이와 같이, 일 실시예에 따른 이상유동의 유동형태 분류방법은, 초음파 측정장치(100)로부터 측정된 이상유동 유체의 흐름방향 속도를 기반으로 최대속도비 및 최대속도 차이비를 도출하여, 수평 파이프(10) 내에서 이동하는 이상유동 유체에 대해 층상 유동과 플러그 또는 슬러그 유동 형태를 쉽고 정확하게 분류할 수 있게 한다.

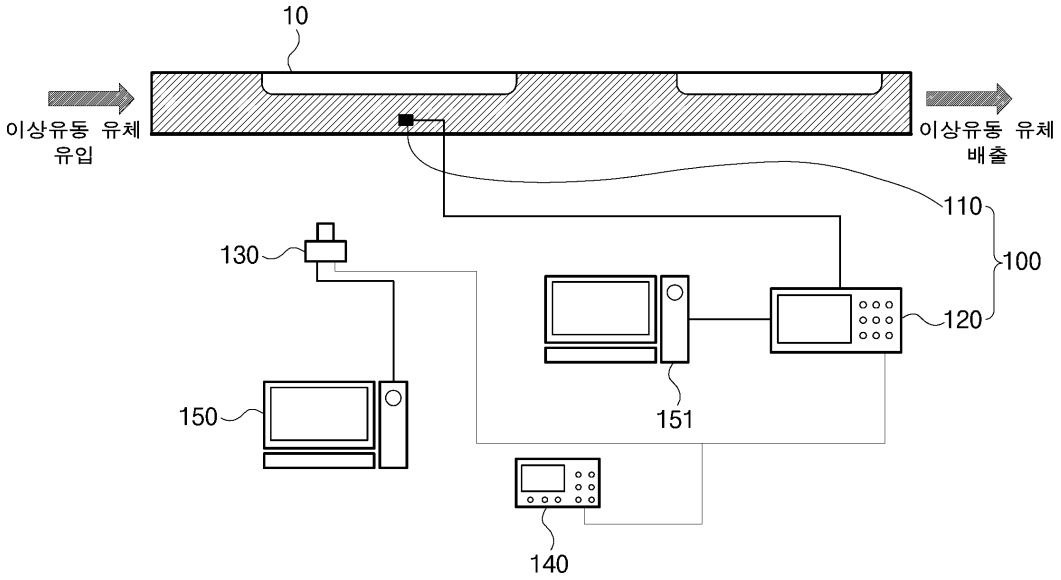
[0026] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

도면

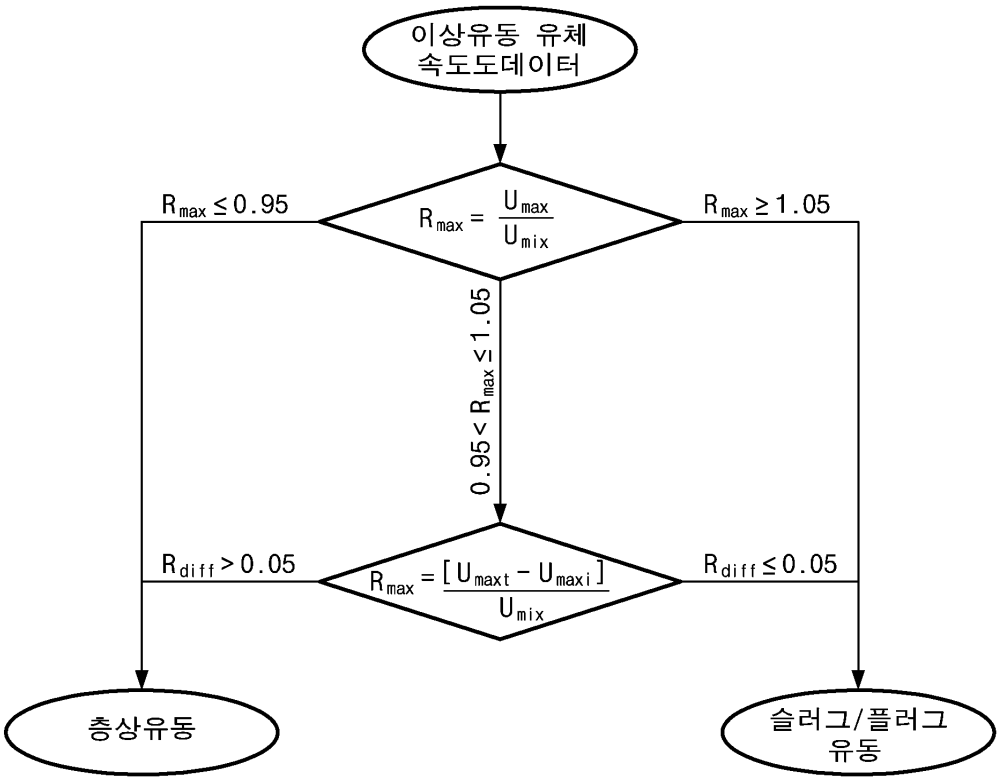
도면1



도면2



도면3


이상유동 유체 속도도데이터
$R_{max} = \frac{U_{max}}{U_{mix}}$
$R_{max} \leq 0.95$
$R_{max} \geq 1.05$
$0.95 < R_{max} < 1.05$
$R_{max} = \frac{[U_{maxt} - U_{maxi}]}{U_{mix}}$
$R_{diff} > 0.05$
$R_{diff} \leq 0.05$
층상유동
슬러그/플러그 유동