



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년06월07일  
(11) 등록번호 10-1271264  
(24) 등록일자 2013년05월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01F 1/66 (2006.01) G01F 15/00 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2010-7022489  
(22) 출원일자(국제) 2009년02월18일  
심사청구일자 2010년10월11일  
(85) 번역문제출일자 2010년10월07일  
(65) 공개번호 10-2010-0124809  
(43) 공개일자 2010년11월29일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2009/001007  
(87) 국제공개번호 WO 2009/114062  
국제공개일자 2009년09월17일  
(30) 우선권주장  
12/074,843 2008년03월07일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
US3788140 A  
US3686946 A

(73) 특허권자  
카메론 인터내셔널 코퍼레이션  
미국, 77027 텍사스, 휴스턴, 스위트 1700, 웨스트 루프 사우스 1333 (우편주소 : 미국, 77251 텍사스, 휴스턴, 피.오.박스 1212)  
(72) 발명자  
에스트라다 허버트  
미국 메릴랜드 21401 아나폴리스 엠펄 포레스트 로드 514  
브라운 그레거 제이.  
영국 스코틀랜드 케이에이9 1티에프 에어서 프레스트윅 에어 로드 81  
오겐스타인 도날드 알.  
미국 펜실베이니아 15216 피츠버그 웨도우룬 애비뉴 302  
(74) 대리인  
박장원

전체 청구항 수 : 총 15 항

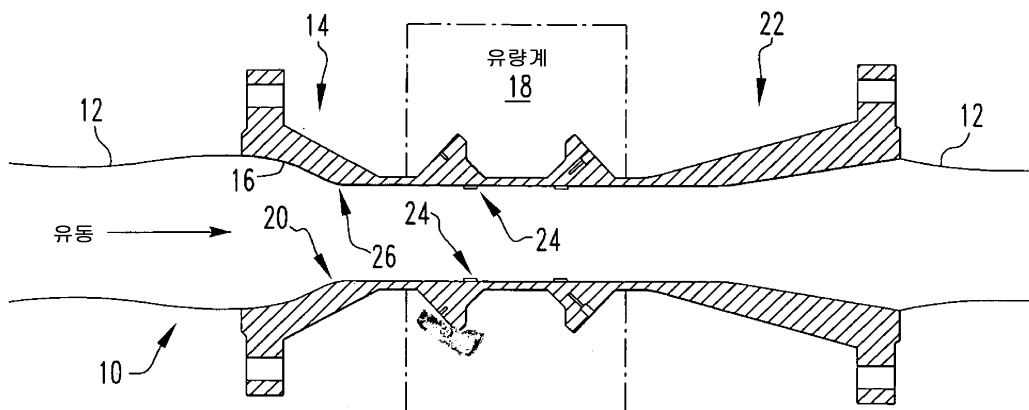
심사관 : 황성범

(54) 발명의 명칭 관 내의 유체 유동을 결정하는 장치 및 방법

(57) 요약

관 내의 유체 유동을 결정하는 장치는, 관과 유체 연통하는 유체 노즐로서, 유체가 이 노즐을 관통해서 유동할 때에 노즐의 표면을 따라서 부압 구배가 발생하는 것을 방지할 수 있도록 하는 윤곽을 갖는 유체 노즐을 포함한다. 이 장치는, 상기 노즐의 하류측에 배치되는 것으로서, 관 내의 유체와 유체 연통하는 적어도 하나의 음파 경로를 채용한 초음파 이동시간차 방식 유량계(transit time ultrasonic flow meter)를, 포함한다. 관 내의 유체 유동을 결정하는 장치. 이 장치는, 관과 접촉하며 복합 입체에 의해 한정되는 윤곽을 갖는, 유체 노즐을 포함한다. 본 발명은, 상기 노즐의 하류측에 배치되고, 관 내의 유체와 유체 연통하는 적어도 하나의 음파 경로를 채용한, 초음파 이동시간차 방식 유량계(transit time ultrasonic flow meter)를 포함한다. 관에 사용하기 위한 노즐. 관 내의 유체 유동을 결정하는 방법.

대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

관 내의 유체 유동을 결정하는 장치에 있어서,

관과 유체 연통하는 유체 노즐로서, 유체가 이 노즐을 관통해서 유동할 때에 노즐의 표면을 따라서 유체에 부압 구배가 발생하는 것을 방지할 수 있도록 하나로 복합된 2개의 타원 회전체에 의해 한정되는 윤곽을 갖는 표면을 구비한 유체 노즐과,

상기 노즐의 하류측에 배치되고, 관 내의 유체와 유체 연통하는 적어도 하나의 음파 경로를 채용한, 초음파 이 동시간차 방식 유량계(transit time ultrasonic flow meter)를 포함하는 것을 특징으로 하는 관 내의 유체 유 동을 결정하는 장치.

### 청구항 2

관 내의 유체 유동을 결정하는 장치에 있어서,

관과 접촉하며, 하나로 복합된 2개의 타원 회전체에 의해 한정되는 윤곽을 갖는, 유체 노즐과,

상기 노즐의 하류측에 배치되고, 관 내의 유체와 유체 연통하는 적어도 하나의 음파 경로를 채용한, 초음파 이 동시간차 방식 유량계(transit time ultrasonic flow meter)를 포함하는 것을 특징으로 하는 관 내의 유체 유 동을 결정하는 장치.

### 청구항 3

삭제

### 청구항 4

제2항에 있어서,

상기 2개의 타원 회전체는,  $\{(X - X_0)^2/a^2 + (Y - Y_0)^2/b^2 = 1\}$ , 여기서 a, b는 적도 반경(X와 Y축을 따르는 것임)이고, X, Y,  $X_0$ ,  $Y_0$ 는 그들 각각의 축과 관련된 값으로 하는 형태를 갖는 타원을 회전시켜서 형성된 것임을 특징으로 하는 관 내의 유체 유동을 결정하는 장치.

### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 노즐의 상류측 관의 직경에 대한 상기 노즐의 목부의 직경의 비는 0.7 이하인 것을 특징으로 하는 관 내의 유체 유동을 결정하는 장치.

### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 비가 0.67인 것을 특징으로 하는 관 내의 유체 유동을 결정하는 장치.

### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 유량계의 하류측의 관과 유체 연통하는 확산기를 포함하는 것을 특징으로 하는 관 내의 유체 유동을 결정 하는 장치.

### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 유량계는 레이놀즈수가 1000 내지 5000 범위에 있는 관 내의 유체를 측정하도록 구성된 것을 특징으로 하는 관 내의 유체 유동을 결정하는 장치.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 노즐은 관 직경의 1/2 내지 3배인 길이를 갖는 것을 특징으로 하는 관 내의 유체 유동을 결정하는 장치.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 유량계는, 노즐의 단부의 하류측으로부터 관 직경의 1/2 내지 3배인 위치에 배치된 상류측 구멍을 갖는 것을 특징으로 하는 관 내의 유체 유동을 결정하는 장치.

#### 청구항 11

삭제

#### 청구항 12

관 내의 유체 유동을 결정하는 방법에 있어서,

관과 유체 연통하며 하나로 복합된 2개의 타원 회전체에 의해 한정되는 윤곽을 갖는 유체 노즐을 통해서 유체를 유동시키는 유동 단계와,

상기 노즐의 하류측에 배치되고, 관 내의 유체와 유체 연통하는 적어도 하나의 음파 경로를 채용한, 초음파 이동시간차 방식 유량계(transit time ultrasonic flow meter)로 관 내의 유체를 측정하는 측정 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 관 내의 유체 유동을 결정하는 방법.

#### 청구항 13

삭제

#### 청구항 14

제12항에 있어서,

상기 유동 단계는, 상기 2개의 타원 회전체가,  $\{(X - X_0)^2/a^2 + (Y - Y_0)^2/b^2 = 1\}$ , 여기서 a, b는 적도 반경(X와 Y축을 따르는 것임)이고, X, Y,  $X_0$ ,  $Y_0$ 는 그들 각각의 축과 관련된 값으로 하는 형태를 갖는 노즐을 통해서 유체를 유동시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 관 내의 유체 유동을 결정하는 방법.

#### 청구항 15

제14항에 있어서,

상기 유동 단계는, 상기 노즐의 상류측 관의 직경에 대한 상기 노즐의 목부의 직경의 비가 0.7 이하인 노즐을 통해서 유체를 유동시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 관 내의 유체 유동을 결정하는 방법.

#### 청구항 16

제15항에 있어서,

상기 유동 단계는, 상기 비가 0.67인 노즐을 통해서 유체를 유동시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 관 내의 유체 유동을 결정하는 방법.

#### 청구항 17

제16항에 있어서,

상기 유량계의 하류측의 관과 유체 연통하는 확산기를 통해서 유체를 유동시키는 유동 단계를 포함하는 것을 특

징으로 하는 관 내의 유체 유동을 결정하는 방법.

## 청구항 18

제17항에 있어서,

상기 유동 단계는, 레이놀즈수가 1000 내지 5000 범위에 있는 유체를 상기 유체 노즐을 통해서 유동시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 관 내의 유체 유동을 결정하는 방법.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 관내 유체 유동을 결정하는 장치에 관한 것이다(발명의 상세한 설명에서 사용하는 "본 발명" 또는 "발명"이라 함은 예시적인 실시예에 관한 것으로, 특허청구범위에 의해 포괄되는 모든 실시예들에 관한 것은 아니다). 일례로, 본 발명은 관과 유체 연통되어 있으며 속도 프로파일을 만드는 중에 유체 분리를 피할 수 있도록 선택된 윤곽을 갖고 있는 유체 노즐을 제공한다. 더 상세하게는, 본 발명은 관내 유체 유동을 결정하는 측정 장치에 관한 것이다. 이 예시적인 측정 장치는, 복합 회전 입체에 의해 형성되거나 혹은 선택적으로는 2개의 타원 회전체에 의해 형성된 내부 표면 윤곽을 노즐에 포함시킨 것으로서, 초음파 이동시간차 방식 유량계(transit time ultrasonic flow meter)를 구비하는 것을 예로 들 수 있다.

### 배경 기술

[0002] 이 설명란에서는 본 발명의 태양들과 관련될 수 있는 종래 기술의 여러 태양에 대해서 안내하고자 한다. 아래에서 설명하는 내용들은 본 발명을 더욱 더 잘 이해는 데 도움을 줄 수 있는 정보를 제공하고자 한 것이다. 따라서, 아래의 설명에서 언급하는 사항들은 이와 같은 관점에서 읽어야 하는 것이지 종래 기술을 용인하는 것으로 읽어서는 안 된다.

[0003] 석유 산업에서는 통상적으로는 유량과 이 이외의 여러 유체 특성을 측정하기 위해 일례로 터빈과 초음파 계측기를 사용한다. 이와 같은 계측기들의 정확도는 일반적으로는 축방향 유속 프로파일들의 직면하고 있는 연속성과 안정성에 따라 달라진다. 공간적으로 불연속적인 프로파일들, 또는 시간에 따라서 광범위하게 변화하는 프로파일들은, 예를 들면 상기와 같은 계측기의 눈금들에 있어서 예측할 수 없고 그래서 수용할 수 없는 변동을 초래한다.

[0004] 관과 같은 완전히 폐쇄된 도관 내에서 유동하는 유체와 관련된 축방향 속도 프로파일은 그 유체에 작용하는 힘, 즉 일반적으로는 관성력이나 마찰력으로 분류되는 힘의 상대 크기에 따라 달라진다. 관성력은 유체 입자를 일정한 한 방향에서 정속으로 이동하게 하는 경향이 있고, 유체 점성에 의해서 특성을 보이는 인접하는 유선(flow stream)들 간의 마찰력은 유체의 속도를 낮추는 경향이 있다. 유체 점성은 어떤 경우에는 관 벽에서의 유속을 0 까지 낮추는 경우가 있다. 유체 동역학 분야에서는 속도 프로파일을 특징짓기 위해 레이놀즈수라고 알려져 있는 무차원수인 점성력에 대한 관성력의 비를 종종 사용한다.

[0005] 많은 산업 응용 분야에서는 관성력이 지배적이다. 이러한 경우에서, 레이놀즈수는 5000을 초과하고, 이러한 유체 유동은 "난류(turbulent)"라고 특징짓는다. 평행한 유선들의 운동량은 작은 무작위 소용돌이(eddy)에 의해 자유롭게 교환되고, 그 프로파일은 공간적으로나 시간적으로 변화가 아주 작은데, 평균적으로는 무디고 안정되어 있으며, 터빈 계측기 및 초음파 계측기에 의해서 정확하게 측정된다. 그런데, 최근 수년 동안 여러 응용 분야에서는 레이놀즈수가 500 내지 5000의 범위에 있으며 점성력이 프로파일의 특성을 결정짓는 데 중요한 역할을 하고 있는 아주 무거운 원유의 유동을 측정하는 것을 필요로 하고 있다. 레이놀즈수가 약 1000 이하이면 그 유동 체제(flow regime)는 "층류(laminar)"라고 특징짓고 있는데, 그의 속도 프로파일은 긴 직선 관 내에서는 타원형에 가깝지만 어떤 경우에는 극도로 안정되며 소용돌이가 없다. 이와 같은 층류 유동 체제에서는 온도 구배가 측정 상의 문제를 일으킬 수 있지만, 등온성 제품에서는 초음파 기기로 유동을 측정하게 되면 극복할 수 없는 문제점이 나타나지 않는다. 그런데, 이와 같은 층류 유동 체제에서도 터빈 계측기를 사용하게 되면 더 더욱 문제가 되는데, 그 이유는 터빈 자체가 유동하는 유체와 상호 작용하기 때문이다.

[0006] 레이놀즈수가 약 1000 이상이고 5000 이하인 유동 체제는 "천이(transitional)"라고 특징짓고 있다. 이 범위에서, 유동은 층류가 되는 경향을 보일 수 있기는 하지만, 관 벽의 형태에 있어서나 측정 기기들의 물리적 형상에 있어서의 유체 속도의 작은 교란들은 축방향 프로파일에 있어서 급작스럽고 극적인 변화들을 수반하는 큰 와동

(vortex)들을 촉발할 수 있다. 참고 서적들은 천이류를 유사 층류, 즉 난류 '퍼프(puff)' 및 '슬러그(slug)'를 산재시키며 그 존재 및 빈도수가 관의 레이놀즈수 및 다른 특성(형상, 진동, 등)들에 따라 달라지는 유사 층류라고 설명하고 있다. 난류 퍼프 또는 슬러그 전의 시간 평균 속도 프로파일은 층류 프로파일과 기본적으로 동일하고, 난류 퍼프 또는 슬러그의 중심에서는 난류 프로파일과 기본적으로 동일하다. 난류 퍼프 또는 슬러그의 선수 및 후미 가장자리에서 프로파일은 한 형상에서 다른 형상으로 변동되고, 이 변동은 큰 소용돌이의 발생을 수반한다.

- [0007] 터빈 계측기나 초음파 계측기는 천이 구역에서는 허용 가능한 수준으로 실행하지 못하는데, 이들 계측기들의 눈금은 관리 이전(custody transfer) 및 제품 할당(product allocation)과 같이 정확도를 요하는 석유 응용 분야에서 사용하기에는 그 확인이 너무 어렵고 변동성이 너무 크다. 현재로서 천이 구역에서 사용하기에 적합한 유일한 기기는 능동 변위 계측기인데, 이는 고가이며 빈번한 보수 유지가 필요하다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 초음파 계측기를 층류 체제 이하나 혹은 난류 체제 이상에서도 성능에 손상을 주지 않으면서 천이 구역에서 안정되고 신뢰성 있게 작동할 수 있도록 한 기술을 제공한다.
- [0009] 본 발명자들의 최선의 지식을 토대로 했을 때, 초음파 계측기로 천이 구역에서 속도 프로파일을 측정하고자 하는 특정 목적을 갖는 응용은 종래에는 없었다. 차압 기기들을 갖추고서 질량 유동을 측정하는 데 사용하는 종래 기술의 노즐, 소위 ASME 노즐이라고 하는 노즐은 폭이 넓고 경사진 입구(bluff entry)를 구비하는데, 이는 여기서 설명하는 본 발명에서 사용되는 복합 입체 또는 복합 타원과는 상반되게 단일의 타원에 의해 특징지어지는 것이다. 도 5에 통상적인 종래의 유동 노즐 프로파일을 보이고 있다.

### 과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명은 관 내의 유체 유동을 결정하는 장치 및 방법에 관한 것으로, 본 발명에서는 초음파 이동시간차 방식 유량계(transit time ultrasonic flow meter)와 관련된 유체 노즐을 사용한다. 유체 노즐은 유체 유동을 계량기로 보내서 분석하기 위해서 관으로부터 계량기까지 전이시키도록 한 소망하는 윤곽을 갖춘 내면을 구비한다.
- [0011] 본 발명을 실시하는 양호한 실시예 및 양호한 방법을 본 명세서에 첨부된 다음과 같은 도면에 예시하였다.

### 도면의 간단한 설명

- [0012] 도 1은 본 발명의 장치의 개략적인 단면도이다.
- 도 2는 축소형 노즐의 복합 타원 프로파일을 보이는 도면이다.
- 도 3은 층류, 천이, 난류 체제에서의 전체 구멍형(full-bore) 계량기의 선형성을 레이놀즈수 100,000까지 보인 그래프이다.
- 도 4는 층류, 천이, 난류 체제에서의 본 발명에 따른 구멍 축소형(reduced-bore)(6 x 4) 계량기의 선형성을 레이놀즈수 100,000까지 보인 그래프이다.
- 도 5는 차압에 의해서 유동을 측정하기 위한 종래 기술에 따른 통상의 유동 노즐 프로파일을 보이는 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 전체에 걸쳐서 유사 또는 동일 부분에 동일한 도면 부호를 붙인 도면, 특히 도 1을 참조하면, 관(12) 내의 유체 유동을 결정하는 장치(10)가 도시되어 있다. 유체 유동 결정 장치(10)는 관(12)과 유체 연통하는 유체 노즐(14)을 포함한다. 노즐(14)은 유체 유동에 의해서 부압 구배가 발생하는 것을 방지할 수 있도록 한 윤곽으로 된 표면(16)을 갖는다. 유체 유동 결정 장치(10)는 관(12)과 유체 연통하며 노즐(14)의 하류에 배치되며 적어도 하나의 음파 경로를 채택하고 있는 초음파 이동시간차 방식 유량계(transit time ultrasonic flow meter)(18)를 포함한다. 본 발명의 유체 유동 결정 장치(10)에 있어서 다른 점은 관 내의 유체의 유동 특성을 측정하기 위해서 구멍 축소형(reduced-bore) 초음파 유량계를 제공한다는 것이다.
- [0014] 유체 노즐(14)은 일반적으로는 볼록 형상부와 오목 형상부를 갖는 환형 내면을 포함한다. 오목 형상부, 볼록 형상부, 또는 이들의 임의의 조합을 예를 들자면 타원, 입체, 또는 사인곡선형으로 할 수 있다. 볼록 오목 형상부

와 볼록 형상부를 타원, 입체 또는 사인곡선형으로 할 수 있다.

- [0015] 부압 구매를 방지하기 위해, 노즐(14)의 표면(16)의 윤곽을 예를 들면 복합 타원으로 할 수 있다. 일례로, 이 표면의 윤곽을 2개의 타원 회전체로 묘사할 수 있다. 상기 2개의 타원 회전체는  $\{(X - X_0)^2/a^2 + (Y - Y_0)^2/b^2 = 1\}$ 인 형태를 갖는 타원을 회전시켜서 형성된 것으로, 여기서 a, b는 적도 반경(X와 Y축을 따르는 것임)이고, X, Y,  $X_0$ ,  $Y_0$ 는 그들 각각의 축과 관련된 값으로 하는 것이다. 이에 대해서는 뒤에서 상세하게 설명한다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예에서 노즐(14)의 상류측의 관(12)의 직경에 대한 노즐(14)의 목부(20)의 직경의 비를 0.7 이하로 한다. 더 구체적으로, 상기 비는 약 0.67로 할 수 있다. 노즐(14)은 관(12)의 직경의 1/2 내지 3배 범위의 길이를 가질 수 있다. 계량기(18)의 상류측 구멍(24)은 노즐(14)의 하류측 단부(26)의 관 직경의 1/2 내지 3배인 위치에 배치할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 유체 유동 결정 장치(10)는 상기 유량계(18)의 하류측에 위치한 관(12)과 유체 연통하는 확산기(22)를 포함할 수 있다. 상기 유량계(18)는 레이놀즈수가 1000 내지 5000 범위에 있는 관(12) 내의 유체를 측정할 수 있다.
- [0018] 본 발명은 관(12)에 사용하기 위한 유체 노즐(14)에 관한 것이기도 한다. 노즐(14)의 내면(16)은, 유체가 이 노즐(14)을 관통해서 유동할 때에 내면(16)을 따라서 유체 내에 부압 구매가 발생하는 것을 방지할 수 있도록 한 윤곽을 갖는다. 노즐(14)은 목부(20)를 포함하고, 상기 목부(20)의 상류측 관(12)의 직경에 대한 상기 목부(20)의 직경의 비는 0.7 이하이다.
- [0019] 본 발명은 관(12) 내의 유체 유동을 결정하는 방법에 관한 것이기도 하다. 본 발명의 방법은 관(12)과 접촉하며 복합 입체 또는 복합 타원에 의해 한정된 윤곽을 갖는 유체 노즐(14)을 통해서 유체를 유동시키는 유동 단계를 포함한다. 본 발명의 방법에는, 상기 노즐(14)의 하류측에 배치되고, 관(12) 내의 유체와 유체 연통하는 적어도 하나의 음파 경로를 채용한, 초음파 이동시간차 방식 유량계(transit time ultrasonic flow meter)(18)로 관(12) 내의 유체를 측정하는 측정 단계도 있다.
- [0020] 상기 유동 단계는, 상기 윤곽이 하나로 복합된 2개의 타원 회전체에 의해 형성된 노즐(14)을 통해서 유체를 유동시키는 단계를 포함한다. 상기 유동 단계는, 상기 2개의 타원 회전체가  $\{(X - X_0)^2/a^2 + (Y - Y_0)^2/b^2 = 1\}$ , 여기서 a, b는 적도 반경(X와 Y축을 따르는 것임)이고, X, Y,  $X_0$ ,  $Y_0$ 는 그들 각각의 축과 관련된 값으로 하는 형태를 갖는 노즐(14)을 통해서, 유체를 유동시키는 단계를 포함한다. 상기 유동 단계는, 상기 노즐(14)의 상류측 관(12)의 직경에 대한 상기 노즐(14)의 목부(20)의 직경의 비가 0.7 이하인 노즐(14)을 통해서 유체를 유동시키는 단계를 포함한다. 상기 유동 단계는, 상기 비가 약 0.67인 노즐(14)을 통해서 유체를 유동시키는 단계를 포함한다. 상기 유동 단계는, 레이놀즈수가 1000 내지 5000 범위에 있는 유체를 상기 유체 노즐(14)을 통해서 유동시키는 단계를 포함한다. 본 발명의 방법에는 상기 유량계(18)의 하류측의 관(12)과 유체 연통하는 확산기(22)를 통해서 유체를 유동시키는 유동 단계도 있을 수 있다.
- [0021] 본 발명의 작동에 있어서, 본 발명의 유체 유동 결정 장치(10)는, 제어하지 않으면 무질서한 유동장을 제어하기 위하여 특화된 특성들을 갖는 축소형 노즐(14)에 의해 생성되는 관성력을, 이용한다. 저속 및 고속에서 속도 프로파일을 제어하는 점성력도 이보다 더 높은 고속이나 더 낮은 저속에서 속도 프로파일을 제어하는 관성력 그 어느 것도 우세하지 않는 천이 구역에서 유체가 유동하는 중에는 무질서가 증가한다. 천이 구역의 속도 프로파일의 안정화는 초음파 이동시간차 방식 유량계(transit time ultrasonic flow meter)(18)를 천이 구역에서 만족스럽게 작동시키는 데에 있어 중요하다. 그러한 안정화는 상기 초음파 유량계(18)의 눈금(계기 계수)을 정확히 확인할 수 있게 하고 반복 재현 가능하게 하며, 그에 의해 여러 가지 유체 유동 특성들로 인해 지금까지 단념케 했던 여러 응용 분야에서의 정확한 유동 측정이 가능해졌다.
- [0022] 본 발명의 유체 유동 결정 장치(10)는 축소형 노즐(14)과, 하나 이상의 음파 경로를 채택하는 초음파 이동시간차 방식 유량계(transit time ultrasonic flow meter)로 구성된다. 유량계는 유체 유동 방향과 함께 이동하며 또한 유체 유동 방향에 거슬러서 이동하는 초음파 에너지의 펄스의 통과 시간으로부터 유체 속도를 산출한다. 체적 유동은 속도 측정치로부터 결정된다. 본 발명을 단면도로 보인 도 1에서, 계량기(18)는 조화롭게 배치된 8개의 경로를 채택하고 있는데, 이 계량기에 의하면 4개의 각 축방향 측정치들이 횡방향 속도 성분에 의한 오차 없이 수치 평균(integrated numerically)될 수 있고, 이에 의해 일례로 단일 음파 경로를 갖는 경우에 비해서 더 높은 정확도로 체적 유동을 측정할 수 있다. 그렇지만, 앞에서 언급한 바와 같이, 본 발명은 음파 경로를 가능한 한 적게 하고 그 음파 경로를 하나로 한 초음파 이동시간차 방식 유량계(transit time ultrasonic flow



meter)에도 적용할 수 있다. 본 발명의 구성은 베타 비가 0.63인 축소형 노즐과, 압력 손실을 회복하기 위한 원주형 확산기를 채용할 수 있다(베타 비는 노즐(14)의 입구 직경에 대한 출구 직경의 비이다).

[0023] 도 2는 본 발명에 사용된 유동 노즐(14)의 윤곽을 종단면에서 보이고 있는 것이다. 상기 윤곽은  $\{(X - X_0)^2/a^2 + (Y - Y_0)^2/b^2 = 1\}$ 의 형태를 각각 갖는 2개의 타원을 하나로 복합시킨 것으로, 여기서 a, b는 적도 반경(X와 Y 축을 따르는 것임)이고, X, Y,  $X_0$ ,  $Y_0$ 는 그들 각각의 축과 관련된 값이다. 유동은 좌측에서 들어온다. 표면(16)의 타원 윤곽은 표면(16)을 따르는 유동에 부압 구배가 발생하는 것을 방지한다. 부압 구배를 피하는 것은 경계 층 분리가 야기되는 것을 방지하고 그에 의해 난류를 방지할 수 있기 때문에 유익하다. 도 2에서, 노즐(14)의 입구 직경에 대한 출구 직경이 비(베타 비 혹은  $\beta$ 비라고 함)는 0.67이다. 상기 베타 비는 목부(20)에서의 평균 축방향 속도를 관(12) 내의 평균 축방향 속도의  $(1/\beta^2)$  또는 2.2배와 같게 한다. 목부(20)에서의 유체의 관성력은 축방향 속도의 제곱에 관련되고, 그렇기 때문에 관(12) 내의 축방향 속도보다 어림잡아 5배나 크다. 내경이 작아지기 때문에 점성력도 증가하지만, 점성력에 대한 관성력의 총 비는 노즐(14)의 목부(20)에서 대략 1.5배 정도 증가한다.

[0024] 노즐(14)의  $\beta$ 비를 선택하는 것은 다음과 같은 상반된 두 가지 고려 사항에 의해 좌우된다.

[0025] - 질량 유동을 측정하는 데 있어서, 상류측 주둥이와 목부(20)의 주둥이 사이의 차압을 측정하는 유동 노즐(14)을 사용한 경험에 비추어 보면,  $\beta$ 비가 낮아질수록 반복성이 높아짐이 밝혀졌다(일례로 ASME 출판물인 유체 유량계(Fluid Meters)를 참조할 수 있다).  $\beta$ 비가 0.75보다 큰 노즐(14)의 눈금은 때때로 반복 재현성을 상실하였다.

[0026] - 초음파 유량계(18)의 제작성과 비용 효율성을 고려하면 그 직경을 감소시키게 된다. 직경을 4인치보다 작게 한 이와 같이 몇몇 유량계(18)가 판매용으로 나와 있다. 그래서, 중유를 수송하는 6인치 송유관용으로 최저로 실시 가능한  $\beta$ 비는 아마도 0.67정도가 된다.

[0027] 구멍 축소형 유량계(18)의 노즐(14)은 속도를 증가시킬 뿐만 아니라, 유동이 층류, 난류 혹은 천이류인지와는 무관하게 축방향 속도 프로파일을 편평하게 한다. 프로파일이 편평하게 된다는 것은, 난류 프로파일과 층류 프로파일이 더욱 더 유사성을 띄며 그래서 천이 구역에서의 프로파일의 변동이 감소된다는 것을 의미한다. 또한, 축방향 속도의 증가는 소용돌이 속도의 증가를 수반함이 없이 달성되고, 이에 따라 소용돌이의 충격이 줄어든다. 프로파일이 편평해지는 것은 비교적 가파른 수축으로 얻어지는 이점인데, 극단적으로 긴 수축은 아마도 프로파일을 상당히 납작하게 하지는 않으면서 속도/관성력을 증가시킬 것이다.

[0028] 도 3 및 도 4는 초음파 유량계(18)의 선형성과 반복재현성에 대한 향상된 점이 본 발명에 의해 유래되고 있는 실험 증거를 제공하고 있다. 도 3은 종래의 6인치 4경로 초음파 유량계(18)(관(12)의 내경은 유량계(18)에 걸쳐서 일정하고 노즐의 직경 수축은 채택되지 않음)의 눈금 데이터들 그 관 내의 유체의 레이놀즈수에 대해서 나타낸 그래프이다. 이 도면에서 도시된 바와 같이, 층류에서 완전 난류 범위까지 걸쳐진 1000 ~ 100,000인 레이놀즈수를 얻기 위해, 점성이 다른 2종 유체가 눈금 조정에 필요하다. 레이놀즈수가 낮은 체제는 동점성이 약 220 센티스트로크(centiStroke)인 유체에 의한 것이고, 레이놀즈수가 높은 체제는 동점성이 약 20 센티스트로크인 유체에 의한 것이다. 도 3으로부터 알 수 있는 바와 같이, 천이 구역(관(12)의 평활도 및 유동의 안정성(steadiness)에 따라서 레이놀즈수 2000 내지 5000 사이의 범위에 통상적으로 있게 되며, 레이놀즈수가 1500 정도로 낮거나 7000 정도로 높은 경우에 천이가 발생하게 됨) 위에서, 유량계(18)의 계수 데이터는 조밀하게 밀집하여 있어서 레이놀즈수와 상관계수 파악이 쉽다. 그러나 그 천이 구역 이하에서는 그 계수 데이터가 거의 1%의 범위에 걸쳐져 있어서 레이놀즈수나 다른 변수와의 상관성이 관찰되지 않는다. 이와 같은 특성으로 인해, 상기 종래의 6인치 관통 구멍형 유량계(18)는 레이놀즈수가 약 5000 이하인 천이 구역에서 관리 이전 작업(custody transfer operation)용으로 사용할 수 없게 된다.

[0029] 도 4는 본 발명의 이점들을 보이고 있다. 이 도면은, 도 3과 마찬가지로, 6인치 송유관에 사용한 유량계(18)의 계기 계수를 송유관 내의 유체의 레이놀즈수에 대해 나타낸 그래프로서, 여기의 데이터는 도 1에 도시된 것과 유사한 유량계(18)로부터 얻어진 것인데, 이 경우에서, 4인치 4경로 유량계(18)가 6인치 x 4인치 축소형 노즐(14)의 하류측에 위치되고, 상기 노즐(14)의 프로파일은 도 2의 윤곽과 일치하고, 수두 회복(head recovery) 팽창 률은 도 1에 도시된 바와 같이 하류측에 위치한다. 레이놀즈수가 5000 이상인 난류 구역에서는, 도 3의 관통 구멍형 유량계(through bore meter)(18)의 눈금 데이터와 도 4의 구멍 축소형 유량계(18)의 눈금 데이터는 서로 유사한데, 레이놀즈수에 따라서 유량계(18)의 계수가 점차적으로 증가하고 있다. 이들 두 유량계(18)의 눈금 조

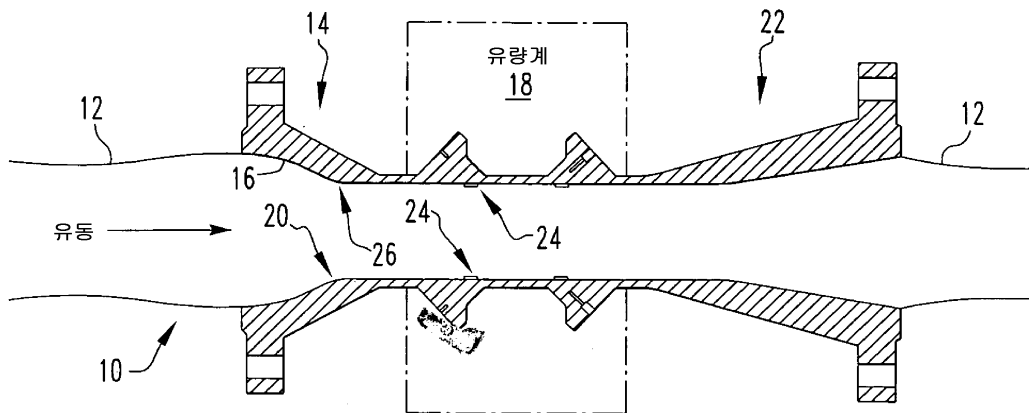
정은, 레이놀즈수에 의거한 유량계(18)의 미가공 계수에 증분 교정치를 가함으로써, 선형화, 즉 넓은 범위의 레이놀즈수에 대해 유량계(18)의 계수를 일정하게 하는 선형화를 쉽게 할 수 있다. 레이놀즈수는 유량계(18) 혹은 다른 수단에 의한 측정치들로부터, 음속과 온도를 곱하여 결정될 수 있다.

한편, 레이놀즈수 5000 이하에서 1000 이상의 천이 구역에서는 도 3과 도 4에 도시한 유량계(18)의 특성들은 극적으로 다르다. 앞에서 언급한 바와 같이, 관통 구멍형 유량계(3)의 눈금 데이터는 혼란스럽고 상관성을 갖지 못하고 있는데, 이 유량계(18)의 천이 구역에서의 눈금은 천이 구역에 있는 관리 이전용이나 기타 고가의 응용 분야용으로는 너무 불확실하다. 반면에, 도 4의 구멍 축소형 유량계(18)의 눈금 데이터는 조밀하게 밀집되어 있고 레이놀즈수 1000 내지 5000 범위에 걸쳐 거의 일정하다. 이 구역에서의 유량계(18)의 눈금은 쉽게 특징지을 수 있는 바, 유량계(18)의 계수는  $0.9770 \pm 0.15\%$ 이고, 그 성능은 천이 구역에 있는 관리 이전 및 기타 높은 정확도의 응용 분야용으로 부합된다. 도 1은 구멍 축소형 초음파 유량계(18)의 단면도이다. 이 구성에서는 베타비가 0.63인 축소형 노즐(14)과, 8 경로 조화 유량계(18)에서 발생하는 압력 손실을 회복하기 위한 원추형 확산기(22)를 채택하고 있다. 도 2는 축소형 노즐(14)의 복합 타원 프로파일이다. 이 노즐(14)에 있어서는, 0.67의 베타비가 채용된다. 유동은 좌측에서 들어간다.

이상에서 설명한 예시를 위한 실시예에서 본 발명을 상세하게 설명하였지만, 그러한 상세 내역은 단지 예시를 위한 것으로, 당해 분야의 숙련인들은 특허청구범위에 기재된 본 발명의 기술 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서 여러 가지로 변경할 수 있다.

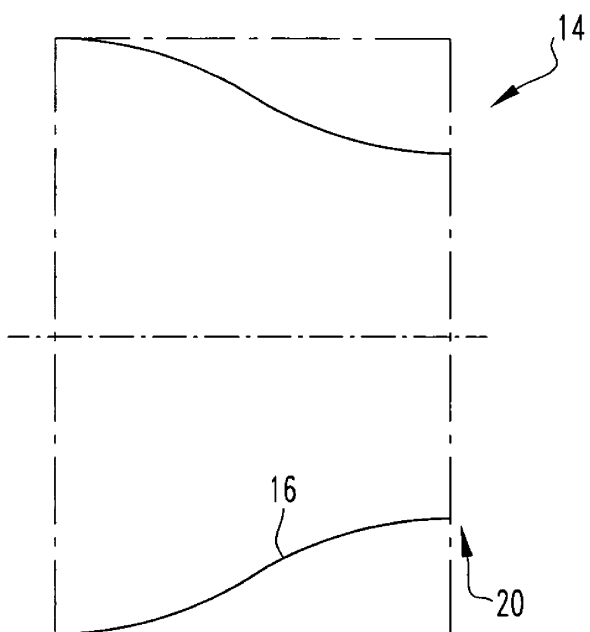
도면

도면1

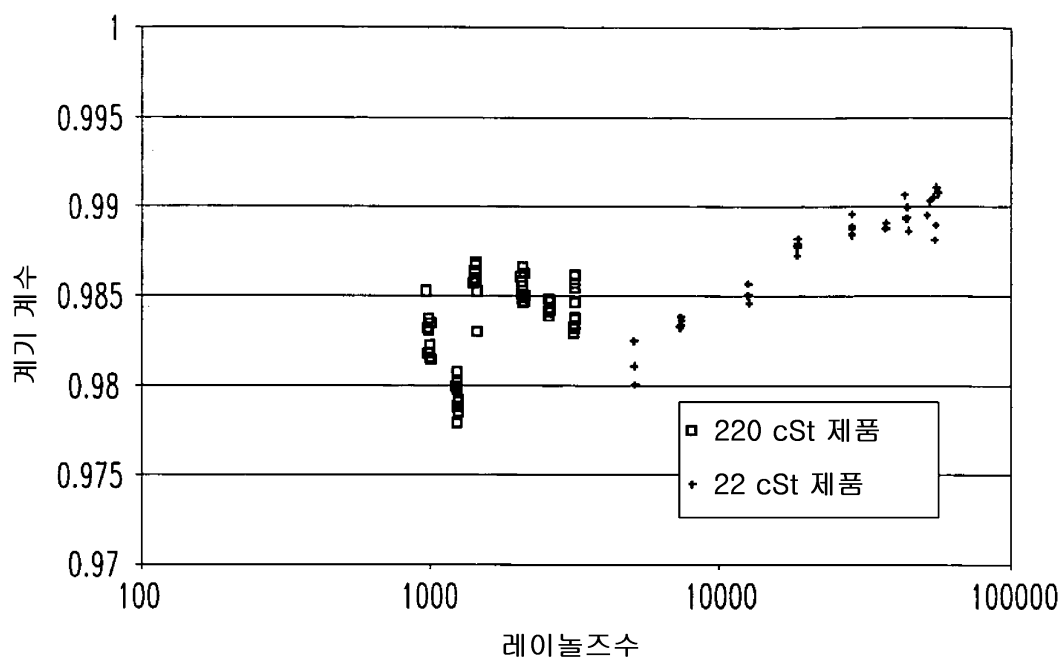




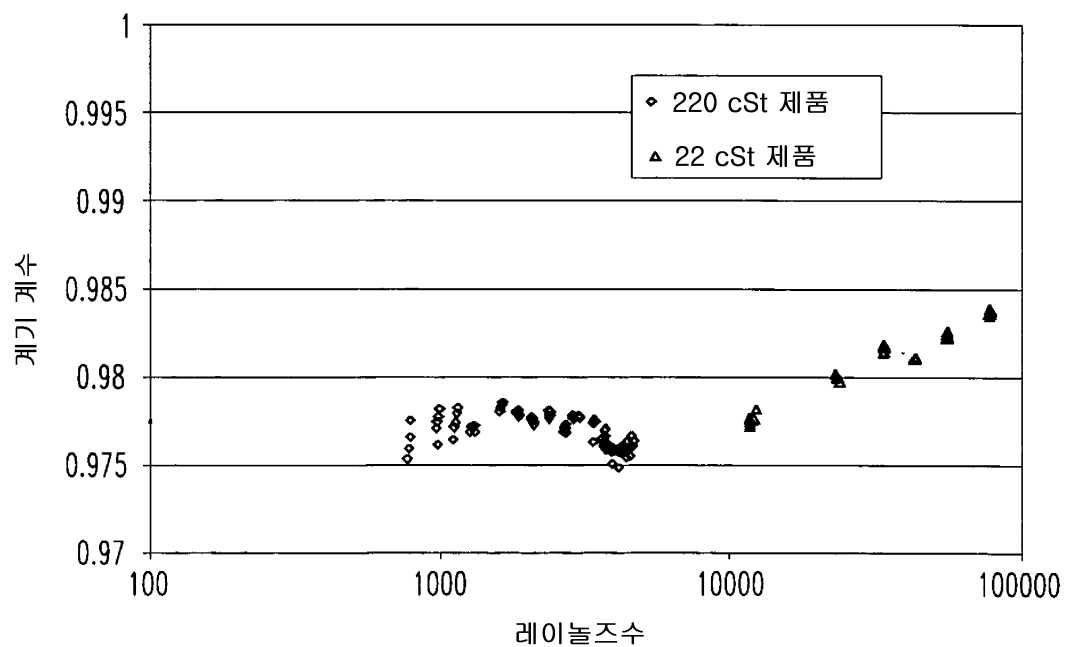
도면2



도면3



도면4



도면5

