



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년12월16일

(11) 등록번호 10-2339555

(24) 등록일자 2021년12월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B01D 46/44 (2006.01) B01D 46/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
B01D 46/446 (2013.01)  
B01D 46/0086 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-7031412

(22) 출원일자(국제) 2015년05월13일

심사청구일자 2020년05월13일

(85) 번역문제출일자 2016년11월10일

(65) 공개번호 10-2017-0002436

(43) 공개일자 2017년01월06일

(86) 국제출원번호 PCT/FR2015/051257

(87) 국제공개번호 WO 2015/173515

국제공개일자 2015년11월19일

(30) 우선권주장

14 54355 2014년05월15일 프랑스(FR)

(56) 선행기술조사문헌

JP2008157200 A

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 11 항

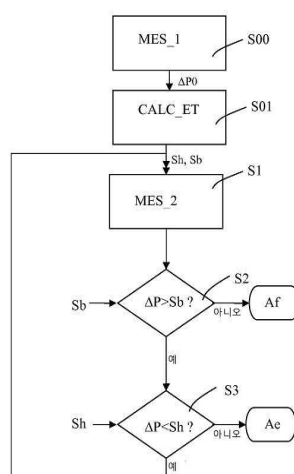
심사관 : 한상현

(54) 발명의 명칭 여과 시스템의 완전성의 인라인 제어 방법

## (57) 요약

적어도 하나의 여과 카트리지를 포함하는 여과 시스템을 통한 가스의 여과를 포함하는 산업 공정 중에 실시되는, 여과 시스템의 완전성의 인라인 제어 방법에 있어서, 상기 방법은 - 여과 시스템(F1; F2)에 의해 야기된 압력 손실을 나타내는 압력차( $\Delta P$ )를 측정하는 것을 수반하는 측정 단계(S1), - 상기 측정치(S1)를 기결정된 상한 임계치( $Sh$ ) 및 기결정된 하한 임계치( $Sb$ )와 비교하여, 측정 단계(S1)에서 측정된 압력차가 상기 상한 임계치( $Sh$ )와 상기 하한 임계치( $Sb$ ) 사이에 위치하는 범위를 벗어날 때 상기 적어도 하나의 여과 카트리지를 비순응성인 것으로 간주하는 것을 수반하는 시험 단계(S2, S3)를 적어도 포함한다.

대표도 - 도5



(56) 선행기술조사문헌  
US03968035 A  
US20120323377 A1  
US20140283682 A1  
W02013049109 A1

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

적어도 하나의 여과 카트리지를 포함하는 여과 시스템(F1; F2)을 통한 가스의 여과를 수반하는 산업 공정에서 실시되는, 여과 시스템의 완전성의 인라인 제어 방법에 있어서,

- 여과 시스템(F1; F2)에 의해 발생된 압력 손실을 나타내는 압력차( $\Delta P_0$ )를 측정하는 측정 단계(S1),
  - 상기 측정 단계(S1)에 의한 측정치를 기결정된 상한 임계치( $Sh$ ) 및 기결정된 하한 임계치( $Sb$ )와 비교하여, 측정 단계(S1)에서 측정된 압력차가 상기 상한 임계치( $Sh$ )와 상기 하한 임계치( $Sb$ ) 사이에 위치하는 범위를 벗어날 때 상기 적어도 하나의 여과 카트리지를 비순응성인 것으로 간주하는 시험 단계(S2, S3)를 적어도 포함하고,
- 상기 적어도 하나의 여과 카트리가 새로운 것일 때 여과 시스템에 의해 발생된 압력 손실을 나타내는 압력차( $\Delta P_0$ )를 측정하는 예비 단계(S01), 및 측정되는 상기 압력차( $\Delta P_0$ )에 따라 상기 상한 임계치( $Sh$ ) 및/또는 하한 임계치( $Sb$ )를 결정하는 연산을 사용하는 교정 단계를 포함하고,

여기서  $\Delta P_0$ 은 상기 적어도 하나의 카트리가 새로운 것일 때 여과 시스템에 의해 발생된 압력 손실이며, 상한 임계치( $Sh$ )의 값은  $1.3 \cdot \Delta P_0$  내지  $3 \cdot \Delta P_0$ 이고, 하한 임계치( $Sb$ )의 값은  $0.7 \cdot \Delta P_0$  내지  $0.95 \cdot \Delta P_0$ 이고,

상기 여과가 살균 여과인, 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상한 임계치( $Sh$ )의 값은  $1.4 \cdot \Delta P_0$  내지  $2 \cdot \Delta P_0$  또는  $1.4 \cdot \Delta P_0$  내지  $1.6 \Delta P_0$ 인, 방법.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

하한 임계치( $Sb$ )의 값은  $0.88 \cdot \Delta P_0$  내지  $0.92 \cdot \Delta P_0$ 인, 방법.

#### 청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

측정 단계(S1) 중에 이루어진 압력차의 측정은 750 파스칼 미만, 300 파스칼 이하, 또는 50 파스칼 내지 200 파스칼의 감도를 가진 압력차 측정 장치에 의해 수행되되, 상기 장치는 여과 시스템의 하류에 제1 압력 연결부(C1) 및 여과 시스템의 상류에 제2 압력 연결부(C2)를 구비하는, 방법.

#### 청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

컴퓨터 수단에 의해 실시되는 단계들로,

- 측정 단계(S1) 중에 측정된 압력차( $\Delta P$ )에 대한 측정치를 포함하는 신호를 방출하는 단계,
- 소정의 시간 간격으로 또는 지속적인 방식으로 컴퓨터 파일에 상기 측정된 압력차 값을 기록하는 단계를 포함하는, 방법.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 측정된 압력차가 상기 상한 임계치( $Sh$ )와 상기 하한 임계치( $Sb$ ) 사이의 상기 범위를 벗어날 때 경고 신호( $Ae$ ;  $Af$ )를 발생시키는 단계를 포함하는, 방법.

#### 청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,

여과 시스템(F1; F2)은 복수의 여과 카트리지를 포함하되, 측정 단계(S1)에서 측정된 상기 압력차는 모든 여과 카트리지들에 의해 발생된 압력 손실을 나타내는, 방법.

#### 청구항 8

제4항에 있어서,

압력차 측정 장치의 측정 감도는 750 파스칼 미만, 300 파스칼 이하, 또는 50 파스칼 내지 200 파스칼인, 방법.

#### 청구항 9

제4항에 있어서,

압력차 측정 장치의 측정 척도는 75,000 파스칼 내지 450,000 파스칼, 75,000 파스칼 내지 300,000 파스칼, 또는 75,000 파스칼 내지 200,000 파스칼의 범위를 포함하는, 방법.

#### 청구항 10

제1항 또는 제2항에 있어서, 산업 공정은 여과 시스템에  $100 \text{ Nm}^3/\text{H}$  초과와 정상 가스 유속을 제공하는 산업 공정인, 방법.

#### 청구항 11

제1항 또는 제2항에 있어서,

산업 공정은 산업 발효 공정이며, 여과 시스템(F1; F2)은 발효 반응조(R), 또는 발효 반응조(R)에 공급되는 재료의 탱크(G1)에 공급되는 공기를 처리하기 위해 사용되는, 방법.

#### 청구항 12

삭제

#### 청구항 13

삭제

#### 청구항 14

삭제

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 여과 시스템의 완전성의 인라인 제어 방법에 관한 것이다. 본 발명의 분야는 여과 시스템을 통해 가스를 여과하는 단계를 포함하는 산업 공정의 분야이다.

### 배경 기술

[0002] 본 발명은 예컨대 공기와 같은 가스를 살균하기 위해 여과를 실시하는 산업 공정, 특히 산업 발효 공정에서 특정 응용을 발견할 것이다.

[0003] 발효 분야에서, 발효 반응이 일반적으로 제어된 온도 및 교반 조건에서 일어나는, 이하에 "발효기(fermenter)"로 지칭되는, 발효 반응조를 포함하는 설비가 종래 기술에 알려져 있다. 이러한 설비는, 발효 반응을 제공하도록 의도된 재료와 접촉하거나, 발효 가능 생성물과 접촉하거나, 발효 설비 내에 있는 가스, 이 경우 공기를 운반하는 파이프들 및 압축기들을 포함한다.

[0004] 따라서, 특히 호기성 발효 환경을 추구할 때, 공기는 발효기 용기로 직접 운반될 수 있다. 대안적으로 또는 추

가적으로, 가스는 발효 반응조로 운반되도록 의도된 글루코오스와 같은 탄소-풍부 재료의 공급 수송을 위해 사용될 수 있다. 이 경우, 가스는 저장 탱크로부터 발효기 용기로 재료를 밀어넣는 데에 도움이 된다.

- [0005] 양자의 경우, 가스는 발효기 내의 생성물의 (직접 또는 간접) 오염을 방지하기 위해 살균되어야 한다. 이를 위해, 설비는 현탁액 내에 박테리아를 보유함으로써 가스를 살균하는 기능을 가진 여과 시스템들을 가스 라인 상에 포함한다. 실제로, 이러한 유형의 시스템은 이른바 살균 여과 카트리지를 복수개 수용하는 하우징을 포함한다. 이러한 살균 카트리지들은 대략 1/10 마이크로미터의 입자 크기를 가진 박테리아를 보유하는 능력을 특징으로 한다.
- [0006] 이러한 여과 카트리지들은 소모품이며, 과도하게 파울링될 때 교체되어야 한다. 일부 산업 공정, 특히 발효 공정에서는, 필터 매체가 과도하게 파울링되기 전에 여과 카트리지들을 교체하는 것이 필수적이다. 이러한 심하게 파울링된 카트리지들은 압력 손실과 연관된 유속 손실 및 에너지 손실을 가져온다. 또한, 섬유 탈락 및/또는 오염 위험을 발생시키는 (노화, 압력 서지와 관련된) 필터 열화 전에 여과 카트리지들을 교체하는 것이 필수적이다. 소정의 산업 발효의 경우, 오염의 발생은 용인 가능하지 않으며, 발효기를 비우고 내용물을 폐기한 후, 새로운 생산 작동의 착수 전에 발효 설비를 살균하는 과정을 수반한다. 오염은 상당한 휴지 시간(downtime)을 초래한다.
- [0007] 이와 같은 불편을 방지하기 위해, 완전성 상태를 실제로 유지함 없이, 예방책으로서 여과 카트리지들을 주기적으로 교체하는 것이 일반적이다. 그러므로, 산업 발효의 경우, 본 출원인은 12개월마다 카트리지들을 주기적으로 교체한다.
- [0008] 여과 분야의 숙련자는 필터를 감시하기 위해 사용되는 다양한 시험들, 특히 하기 시험들을 인식하고 있다:
- [0009] 1) 버블 포인트 시험: 이 시험은 필터를 통한 누출을 감지하기 위해 사용된다. 먼저 필터를 물/에탄올 용액에 침지한 후, 기결정된 고정 압력을 가한다. 버블의 관찰은 누출을 나타낸다.
- [0010] 2) 확산 시험: 카트리지를 물/에탄올 용액으로 습윤시켜야 한다. 압력을 가하고, 정밀 측정을 통해 유속을 정량화한다.
- [0011] 3) 압력 유지 시험: 카트리지를 예컨대 물/에탄올 용액으로 습윤시켜야 한다. 압력을 가하고, 주어진 시간에 걸쳐 이 압력의 손실을 관찰한다.
- [0012] 4) 물 침투 시험: 흔히 WIT로 지칭되는 이 시험은 살균 카트리지들을 알코올 없이 물로만 시험할 수 있게 한다.
- [0013] 5) 에어로졸 시험: 이 시험은 0.2 내지 0.3 마이크로미터의 입자의 에어로졸(오일 미스트)의 살포를 요구하고, 다음으로 필터를 통과한 입자들을 토출구에서 레이저 카운팅한다.
- [0014] 이러한 다양한 시험들은 후술하는 단점이 있다:
- [0015] - 이들이 모든 유형의 가스 여과 카트리지들에 항상 실현 가능한 것은 아니다,
- [0016] - 이들은 제조사가 개시할 수 없는 여과 카트리지의 특정 특성에 대한 접근을 요구한다,
- [0017] - 대부분의 시험들은 시험 전에 카트리지들의 전처리(예컨대, 습윤)를 요구한다.
- [0018] 또한, 이러한 모든 시험들은 시험을 이행하기 전에 하우징으로부터 여과 카트리지를 분리할 것을 종종 요구한다. 어쨌든, 상기에 언급된 시험들 중 어느 것도 여과 시스템의 완전성을 인라인으로, 즉 산업 공정에서 사용하기 위한 가스의 여과 중에 감시하게 할 수 없다.
- [0019] 여과 시스템에서 필터의 상태를 판단하는 압력계의 사용이 또한 종래 기술에 알려져 있다. 본 발명자들의 발견에 따르면, 이러한 응용을 위해 사용되는 압력계는 +/-250 밀리바(25,000 킬로 파스칼)의 감도를 가지며, 여과 시스템의 필터들이 최대 압력 손실(여과 카트리지 제조사에 의해 제공된 데이터)에 도달한 것의 관찰만을 가능하게 하고, 파울링, 추가 소비, 유속의 감소, 및 발효의 중단의 위험이 있다.
- [0020] 본 발명자들의 발견에 따르면, 완전성 결함 전에, 심하게 파울링된 여과 카트리지들의 사용은 압력 손실을 발생시키고, 이는 가스를 운반하고 여과를 수행하기 위해 사용되는 압축기들의 추가 전기 소비를 가져온다. 가스 유속(정상 유속)이 통상적으로  $100 \text{ Nm}^3/\text{H}$  초과, 종종 심지어  $1000 \text{ Nm}^3/\text{H}$  초과인 산업 공정에서, 이러한 압력 손실은 전기 소비 비용의 상당한 증가를 초래한다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0021] 본 발명의 목적은, 여과 시스템의 완전성의 인라인 제어 방법을 제공하여, 상기에 언급된 단점들의 전부 또는 일부를 극복함으로써, 여과가 상기 여과 시스템을 통해 일어나는 동안, 상기 산업 공정 중에 여과 시스템의 완전성을 입증하는 것을 가능하게 하는 데에 있다.
- [0022] 특히, 살균 여과 카트리지를 구비한 여과 시스템의 경우, 본 발명의 목적은, 오염이 일어나기 전에, 여과 카트리지를 교체해야 할 필요성을 사용자에게 경고할 수 있는 제어 방법을 제공하는 데에 있다.
- [0023] 본 발명의 다른 목적은, 시스템의 여과 카트리지의 고유한 기술적 특성을 주지함 없이, 유리하게 실시될 수 있는 제어 방법을 제공하는 데에 있다.
- [0024] 본 발명의 다른 목적은, 적어도 일 구현예로서, 여과를 수행하기 위해 사용되는 압축기들의 추가 소비를 방지하기 위해 여과 카트리지를 교체해야 할 필요성을 사용자에게 경고할 수 있는 인라인 제어 방법을 제공하는 데에 있다.
- [0025] 본 발명의 다른 이점들은, 오직 안내서로서 주어지며 본 발명을 제한하려는 의도가 아닌 후술하는 설명 중에 드러날 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0026] 본 발명은, 적어도 하나의 여과 카트리지를 포함하는 여과 시스템을 통한 가스의 여과를 수반하는 산업 공정에서 실시되는, 여과 시스템의 완전성의 인라인 제어 방법에 있어서,
- [0027] - 여과 시스템에 의해 발생된 압력 손실을 나타내는 압력차( $\Delta P$ )를 측정하는 측정 단계,
- [0028] - 상기 측정치를 기결정된 상한 임계치 및 기결정된 하한 임계치와 비교하여, 측정 단계에서 측정된 압력차가 상기 상한 임계치와 상기 하한 임계치 사이에 위치하는 범위를 벗어날 때 상기 적어도 하나의 여과 카트리지를 비준응성(non-compliant)인 것으로 간주하는 시험 단계를 적어도 포함하는, 방법에 관한 것이다.

### 도면의 간단한 설명

- [0029] 본 발명은 첨부 도면과 함께 후술하는 설명을 숙독함으로써 더 잘 이해될 것이다:
- 도 1은 본 발명에 따른 제어 방법이 실시되는, 산업 발효 공정을 실시하기 위한 설비의 개략도이다.
- 도 2는 파울링 경고 신호의 유발과 함께, Y축에 측정된 압력차( $\Delta P$ ) 및 X축에 시간을 나타낸 그래프이다.
- 도 3은 누출 경고 신호의 유발과 함께, Y축에 측정된 압력차( $\Delta P$ ) 및 X축에 시간을 나타낸 그래프이다.
- 도 4는 곡선이 이상(예컨대, 막힘제거 또는 누출)으로 해석되는 갑작스런 변동을 보여주는, Y축에 측정된 압력차( $\Delta P$ ) 및 X축에 시간을 나타낸 그래프이다.
- 도 5는 본 발명에 따른 방법의 다양한 단계들, 컴퓨터 수단에 의해 자동 실시될 수 있는 단계들을 도시한 흐름도이다.
- 도 6은 20개의 살균형 여과 카트리지를 수용하는 하우징을 구비한 여과 시스템의 사진이다.
- 도 7은 본 발명에 따른 제어 방법의 적합성을 확인하기 위해 본 출원인에 의해 구축된 시험대(test bench)의 사진이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 본 발명은 산업 발효, 특히 오염-민감성 발효에서 생성물과 접촉하는 가스의 무균성의 보다 나은 감시를 보장하려는 본 출원인의 바람에서 기인하였다.
- [0031] 도 1은 발효기로도 지칭되는 발효 반응조(R)를 포함하는 발효 설비를 개략적으로 도시한다. 발효기는 용기를 포함하는데, 그 내부에서 발효 가능한 생성물의 발효가 제어된 조건에서 일어난다. 이와 같은 발효기는 통상적으로 반응의 온도를 제어하는 교환기들, 및 용기에서 생성물을 교환하는 회전자/고정자 쌍을 포함한다.
- [0032] 설비는 압축 공기 공급원, 및 발효 반응조(R)로 직접 공기를 운반하는 라인을 포함할 수 있다. 발효 가능한 생성물의 오염을 방지하기 위해, 이 공기는 반응조에 들어가기 전에 여과 시스템(F1)을 통해 여과된다. 이와 같은

여과 시스템(F1)은 통상적으로 미여과 가스용 유입구 및 여과 가스용 토출구를 구비한 하우징을 포함한다. 여과 카트리지들의 세트가 이 하우징 내에 착탈 가능하게 놓이는데, 통상적으로 가스를 병렬 여과하도록 배치된다.

- [0033] 설비는 탄소-풍부 재료, 통상적으로 글루코오스용 G1 탱크를 추가로 포함할 수 있다. 압축 공기 공급원에 연결되는 다른 가스 라인이 G1 탱크를 연결하며, G1 탱크 내의 재료를 파이프 내로 및 발효 반응조까지 밀어넣는 역할을 한다. G1 탱크에 들어가기 전에, 탄소-풍부 재료의 오염을 방지하기 위해, 이 공기는 다른 여과 시스템(F2)에서 여과된다.
- [0034] 오염을 방지하기 위해, 0.22  $\mu\text{m}$  이하의 기공 직경을 가진 살균 여과 카트리지들이 미생물을 보유하도록 여과 시스템들(F1, F2)에 각각 사용된다. 발효 중에, 오염을 방지하기 위해 카트리지들의 완전성을 감시해야 한다. 오염은 카트리지들이 비완전성(non-integral)일 때 나타난다: 비완전성 카트리는 우선 통과(누출)의 결과일 수 있다. 게다가, 비완전성 카트리는 필터 매체 섬유 탈락의 상당한 위험을 매우 자주 수반하는 과도한 파울링의 결과일 수 있다.
- [0035] 불편을 방지하기 위해, 발명자의 지식에 의하면, 완전성 상태를 정확히 유지함 없이 예컨대 12개월마다 예방책으로서 여과 카트리지들을 주기적으로 교체하는 것이 일반적이다.
- [0036] 공정의 인라인 감시를 달성하길 바라면서, 본 출원인은 살균 여과를 전문으로 하는 다양한 관계자들, 즉 가스 살균 카트리지 및 이와 같은 가스 카트리지용 완전성 시험 기기의 제조사들과 접촉하였다.
- [0037] 이러한 관계자들에 의해 제안된 해결방안은 상기에 언급된 시험 해결방안들, 즉 "버블 포인트 시험", "압력 유지 시험", "확산 시험", "물 침투 시험", 및 "에어로졸 시험"에 제한되었다. 상기에 언급된 단점 및 매우 높은 실시 비용으로 인해 이 해결방안들 중 어느 것도 채택되지 않았다. 또한, 상기에 언급된 시험들 중 어느 것도 여과 시스템의 완전성을 인라인으로, 즉 산업 공정의 필요를 위한 여과 시스템을 통한 가스의 여과 중에 감시하기 위해 사용될 수 없다.
- [0038] 본 출원인은 여과 시스템의 완전성을 인라인으로, 즉 산업 공정 및 이 공정 중에 수행되는 가스의 여과를 방해함 없이 감시할 수 있는, 여과 시스템(F)의 완전성을 제어하는 방법을 독창적으로 설계하였다.
- [0039] 본 발명은 산업 발효에서 실시되는, 특히 도 1에 도시된 유형의 설비에서 실시되는 여과 시스템의 감시에서 특정 응용을 발견한다. 그러나, 완전성을 제어하는 방법은 이러한 산업 공정에 제한되지 않으며, 다른 산업 공정, 특히 여과된 가스에 대한 유사 요건에 직면하는 산업 공정에서 특정 응용을 발견할 수 있다.
- [0040] 본 발명은 또한 적어도 하나의 여과 카트리지, 즉 하나의 여과 카트리지 또는 바람직하게 몇몇 여과 카트리지들을 포함하는 여과 시스템(F1; F2)의 완전성을 제어하는 방법에 관한 것이다. 후자의 경우, 여과 카트리지들은 바람직하게 가스의 여과를 병렬로 제공한다.
- [0041] 이는 여과 시스템(F1; F2)을 통한 공기와 같은 가스의 여과를 포함하는 산업 공정 중에 실시되는 인라인 방법이다. 그러므로, 이러한 시험은, 바람직하게 실질적으로 일정한 유속인 공정의 작동 유속에서, 산업 공정의 필요를 위한 가스의 여과 중에 수행된다. 이 유속(정상 유속)은 100  $\text{Nm}^3/\text{H}$  이상, 또는 심지어 종종 1,000  $\text{Nm}^3/\text{H}$  이상일 수 있다.
- [0042] 여과 시스템(F1; F2)이 복수의 여과 카트리지를 포함하는 경우, 측정 단계(S1)에서 측정된 상기 압력차는 모든 여과 카트리지들에 의해 발생된 압력 손실을 나타낸다.
- [0043] 본 발명은 공정의 작동 가스 유속에서 산업 공정의 필요를 위해 수행되는 여과 중에 여과 시스템에 의해 발생된 압력 손실을 정확히 감시함으로써 여과 시스템의 완전성을 제어하려는 본 발명자의 바람에서 기인한다.
- [0044] 따라서, 본 발명은 발효에 걸쳐 지속적으로 감시하는 것을 가능하게 하고, 작동 중에 시스템의 완전성 및 무균성을 보장한다.
- [0045] 본 발명에 따르면, 상기 방법은 그에 따라 여과 시스템(F1; F2)에 의해 발생된 압력 손실을 나타내는 압력차( $\Delta P$ )를 측정하는 측정 단계(S1)를 포함한다.
- [0046] 이와 관련하여, 여과 시스템의 하류에 제1 압력 연결부(C1) 및 압력 시스템의 상류에 제2 압력 연결부(C2)를 구비한 압력차 측정 장치를 바람직하게 사용한다. 측정되는 압력차( $\Delta P$ )는 제1 연결부(C1)와 제2 연결부(C2) 사이의 압력차이다. 이 측정 장치는 10 밀리바(1,000 파스칼) 이하, 바람직하게 7.5 밀리바(750 파스칼) 미만일 수 있는 측정 감도에 의해 유효 수명의 끝을 나타내기 위해 이와 같은 공정에서 흔히 사용되는 압력계와 구별된다.



- [0047] 여기서, 측정의 감도는 측정 장치가 식별할 수 있는 최소량을 의미하는 것으로 이해된다. 여러 실험 후에, 본 발명자들은 750 파스칼 미만 또는 심지어 300 파스칼 이하의 감도, 또는 심지어 50 파스칼 내지 300 파스칼의 감도를 측정하기 위한 장치가 장치의 비용과 실시될 제어 방법 사이의 양호한 절충을 나타낼 것이라 판단하였다.
- [0048] 실제로, 본 발명자들은 상기 적어도 하나의 여과 카트리지가 새로운 것일 때 이러한 감도가 여과 시스템에 의해 발생된 압력 손실을 나타내는 값( $\Delta P_0$ )의 대략 5%(또는 미만)의 비율이라고 판단하였다. 통상적으로, 복수의 여과 카트리지를 포함하고 수용하는 하우징 여과 시스템에서, 100 밀리바(10,000 파스칼) 인근, 예컨대 50 밀리바(5,000 파스칼) 내지 150 밀리바(15,000 파스칼)의  $\Delta P_0$ 값을 달성하는 것이 일반적이다.
- [0049] 장치의 측정 척도(measurement scale)는 75,000 파스칼 내지 450,000 파스칼, 바람직하게 75,000 파스칼 내지 300,000 파스칼, 더 바람직하게 100,000 파스칼 내지 200,000 파스칼의 범위에 걸쳐 바람직하게 늘어난다. 측정 척도의 범위는 상기 적어도 하나의 여과 카트리지가 새로운 것일 때 여과 시스템에 의해 발생된 압력 손실을 나타내는 증기( $\Delta P_0$ )와 관련하여 본 발명자들에 의해 결정되었다. 이러한 척도의 범위는 적어도  $1.5 \times \Delta P_0$  내지  $3 \times \Delta P_0$ , 바람직하게  $1.5 \times \Delta P_0$  내지  $2 \times \Delta P_0$ 의 상한과 제로 하한( $0 \times \Delta P_0$ ) 사이의 범위에서  $\Delta P$  측정치의 변동을 감시할 수 있도록 바람직하게 결정된다. 예컨대, 척도는 0 파스칼 내지 150,000 파스칼의 범위이다.
- [0050] 방법은 또한 소정의 파울링을 나타내는 기결정된 상한 임계치( $Sh$ ) 및/또는 우선 통과(누출)를 나타내는 하한 임계치( $Sb$ )의 정의를 포함한다.
- [0051] 방법은 상기 측정치( $S_1$ )를 기결정된 상한 임계치( $Sh$ ) 및 기결정된 하한 임계치( $Sb$ )와 비교하여, 측정 단계( $S_1$ )에서 측정된 압력차가 상기 상한 임계치( $Sh$ )와 상기 하한 임계치( $Sb$ ) 사이에 위치하는 범위를 벗어날 때 상기 적어도 하나의 여과 카트리지를 비순응성인 것으로 간주하는 시험 단계를 추가로 포함한다.
- [0052] 몇몇 여과 카트리지들을 포함하는 여과 시스템의 경우, 모든 카트리지들이 비순응성인 것으로 간주된다.
- [0053] 그러므로, 압력차 측정치가 상한 임계치( $Sh$ )에 도달하거나 이를 초과할 때, 상기 적어도 하나의 여과 카트리지는 비순응성인 것으로 간주된다. 따라서, 이를 새로운 카트리지로 교체하는 것이 추천된다. 그럼에도 이러한 상한 임계치는 완전성 여과 카트리지, 특히 완전성 살균 카트리지를 나타내는(몇몇 카트리지들을 구비한 여과 시스템의 경우 완전성 여과 카트리지들의 세트를 나타내는) 값( $\Delta P$ )으로 결정됨을 주목하는 것이 중요하다. 이하에 전개되는 유리한 구현예에 따르면, 이러한 상한 임계치( $Sh$ )는 아울러 여과될 가스의 유동을 발생시키는 압축기들의 추가 전기 소비를 방지하기 위해 충분히 낮게 결정된다.
- [0054] 압력차 측정치가 하한 임계치( $Sb$ )에 도달하거나 그 아래로 내려갈 때, 상기 적어도 하나의 여과 카트리지는 우선 통과(누출)의 위험을 제시한다. 상기 카트리지는 비완전성 및 그에 따라 비순응성인 것으로 간주된다. 몇몇 여과 카트리지들을 포함하는 여과 시스템의 경우, 모든 여과 카트리지들이 비완전성인 것으로 간주된다. 이 세트에서, 여과 카트리지들의 전부 또는 일부가 비완전성일 수 있다. 그러므로, 방법은, 여과 시스템으로부터 분리되면 이 세트에서 비완전성 여과 카트리지(들)를 식별하는 단계로 이어질 수 있다.
- [0055] 일 구현예에 따르면, 방법은 상기 적어도 하나의 여과 카트리지가 새로운 것일 때 여과 시스템에 의해 발생된 압력 손실을 나타내는 압력차( $\Delta P_0$ )를 측정하는 예비 단계를 포함할 수 있다. 유리하게, 방법은 측정되는 상기 압력차( $\Delta P_0$ )에 따라 상기 상한 임계치( $Sh$ ) 및/또는 하한 임계치( $Sb$ )를 결정하는 연산을 특히 사용하는 교정 단계를 포함한다.
- [0056] 그러므로, 상한 임계치( $Sh$ ) 및 하한 임계치는 하기 수식에 의해 정의될 수 있다:
- [0057]  $Sh=f(\Delta P_0)$  및  $Sb=g(\Delta P_0)$ ,  $f$  및  $g$ 는 함수.
- [0058] 예컨대, 일 구현예에 따르면, 상한 임계치( $Sh$ ) 및 하한 임계치( $Sb$ )는 하기 관계식에 의해 쉽게 결정될 수 있다:
- [0059]  $Sh=K_h \times \Delta P_0$ ,  $K_h$ 는 상수.
- [0060] 마찬가지로, 하한 임계치는 하기 수식에 의해 정의된다:
- [0061]  $Sb=K_b \times \Delta P_0$ ,  $K_b$ 는 상수.
- [0062] 또 다른 구현예에 따르면, 도표(또는 대응하는 표)가  $\Delta P_0$ 의 측정된 값에 따라 상한 및 하한 임계치의 값들을 결정하기 위해 사용될 수 있다.
- [0063] 그러므로, 본 발명의 이 유리한 특징에 따르면, 상한 임계치( $Sh$ ) 및 하한 임계치( $Sb$ )의 정의는 시험될 여과 카



트리지의 특정 특성을 주지할 필요가 없다. 또한, 제어 방법과 상한 및 하한 임계치의 정의는 여과 카트리지의 특정의 기술적 특성을 주지함 없이 실시될 수 있다.

- [0064] 공정, 특히 상기 적어도 하나의 여과 카트리지의 순응성에 관한 결정은 컴퓨터 수단의 사용 없이 실시될 수 있다.
- [0065] 대안적으로, 일 구현예에 따르면, 방법은 컴퓨터 수단에 의해 실시되는 하기 단계들을 포함할 수 있다:
- [0066] - 측정 단계(S1) 중에 측정된 압력차( $\Delta P$ )에 대한 측정치를 포함하는 신호를 방출하는 단계,
- [0067] - 소정의 시간 간격으로 또는 지속적인 방식으로 컴퓨터 파일에 상기 측정된 압력차 값을 기록하는 단계.
- [0068] 측정이 시간(t)에 수행됨에 따라, 상기 방법은, 각각의 측정된 압력차 값에 대해, 측정을 나타내는 시간 파라미터(t)를 포함하는 컴퓨터 파일을 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 따라서, 시간의 함수로서 압력차( $\Delta P$ )의 변화를 감시하는 것이 가능하다. 그러므로, 방법은 시간(t) 대비 압력차( $\Delta P$ )의 변화의 대표 곡선의 생성, 및 제어 화면 상의 그 표시를 제공할 수 있다. 통상적으로, t=0에서, 측정된 압력차는 여과 시스템의 카트리지(들)가 새로운 것일 때의 압력차( $\Delta P_0$ )에 대응한다.
- [0069] 컴퓨터 수단의 실시는 상기 측정된 압력차가 상기 상한 임계치( $Sh$ )와 상기 하한 임계치( $Sb$ ) 사이의 상기 범위를 벗어날 때 경고 신호(Ae; Af)를 발생시키는 단계를 추가로 가능하게 한다.
- [0070] 구체적으로 도 5의 흐름도에 따르면, 방법은 컴퓨터 수단에 의해 실시될 때, 상기 상한 임계치( $Sh$ ) 및/또는 상기 하한 임계치( $Sb$ )의 기록 후에 하기 단계들을 포함할 수 있다:
- [0071] - 측정 단계(S1) 중에 측정된 압력차와 상기 하한 임계치(흐름도의 단계(S2)) 및 상한 임계치(흐름도의 단계(S3))의 비교를 포함하는 시험 단계,
- [0072] - 상기 측정된 압력차가 상한 임계치( $Sh$ ) 또는 하한 임계치( $Sb$ )에 도달할 때 경고 신호(Ae; Af)의 발생.
- [0073] 컴퓨터 수단은, 각각의 여과 카트리지 교체 후에, 자동으로 교정 단계(S01)를 수행하고, 그에 따라 자동으로 상한 임계치( $Sh$ ) 및/또는 하한 임계치( $Sb$ )를 생성하도록 추가로 실시될 수 있다.
- [0074] 그러므로, 컴퓨터 수단은 하기 단계들을 수행하기 위해 사용될 수 있다:
- [0075] - MES\_1을 측정하고 압력차( $\Delta P_0$ )를 기록하는 단계(흐름도의 단계(S00)),
- [0076] - 측정된 압력차( $\Delta P_0$ )에 대해 상한 임계치( $Sh$ ) 및/또는 하한 임계치( $Sb$ )를 정의하는 단계(흐름도의 단계(S01)).
- [0077]  $\Delta P_0$ 에 따라 상한 임계치 및 하한 임계치를 결정하는 단계를 위해, 이전에 언급된 관계식들을 사용할 수 있다.
- [0078] 따라서, 완전한 방법은, 도 5의 흐름도에 도시되며 하기 단계들에 대응하는 방법일 수 있다:
- [0079] - 여과 시스템의 카트리지(들)가 새로운 것일 때 압력차( $\Delta P_0$ )를 측정하는 측정 단계(S01; MES\_1),
- [0080] - 압력차( $\Delta P_0$ )에 대해 특히 연산에 의해 상한 임계치( $Sh$ ) 및 하한 임계치( $Sb$ )를 정의하는 교정 단계(S02; CALC\_ET),
- [0081] - 여과 시스템(F1; F2)에 의해 발생한 압력 손실을 나타내는 압력차( $\Delta P$ )를 측정하는 측정 단계(S1; MES\_2),
- [0082] - 단계(S1) 중에 측정된 상기 압력차를 단계(S02) 중에 결정된 하한 임계치( $Sb$ )와 비교하는 시험 단계(S2),
- [0083] - 단계(S1) 중에 측정된 상기 압력차를 단계(S02) 중에 결정된 하한 임계치( $Sh$ )와 비교하는 시험 단계(S3).
- [0084] 이 흐름도에 따르면, 일반적으로,
- [0085] - 단계(S1) 중에 측정된 압력차가 하한 임계치( $Sb$ ) 이하인 경우, "누출" 경고 신호를 발행한다,
- [0086] - 단계(S1) 중에 측정된 압력차가 상한 임계치( $Sh$ ) 이상인 경우, "파울링" 경고 신호를 발행한다.
- [0087] 여과 시스템이 시간에 따라 감시되도록 보장하기 위해, 단계들(S1, S2, S3)을 규칙적인 간격으로 주기적으로 반복한다.
- [0088] 일 구현예에 따르면, 상한 임계치( $Sh$ )의 값은  $1.3 * \Delta P_0$  내지  $3 * \Delta P_0$ , 바람직하게  $1.4 * \Delta P_0$  내지  $2 * \Delta P_0$ , 더 바람직하게  $1.4 * \Delta P_0$  내지  $1.6 * \Delta P_0$ 일 수 있다. 이 경우, 상수( $Kh$ )는 그에 따라 1.3 내지 3, 바람직하게 1.4 내지

2, 더 바람직하게 1.4 내지 1.6일 수 있다. 본 발명자들의 발견에 따르면, 대부분의 경우,  $3 \times \Delta P_0$ 까지 측정된 압력차에서, 상기 적어도 하나의 여과 카트리지는, 특히 살균 카트리지는 여과된 가스가 무균성인 것으로 간주될 수 있다는 점에서 항상 완전성인 것으로 간주될 수 있다.

[0089] 그러나, 상기 적어도 하나의 카트리지의 완전성이 의문을 제기하지 않을지라도, 발생된 압력 손실은 여과를 수행하도록 요구되는 압축기들의 상당한 추가 소비를 초래한다. 이는 더 낮은 값, 특히  $1.4 \times \Delta P_0$  내지  $2 \times \Delta P_0$ , 바람직하게  $1.4 \times \Delta P_0$  내지  $1.6 \times \Delta P_0$ 의 상한 임계치가 바람직한 이유이다. 이와 같은 상한 임계치의 정의는 압축기들의 이러한 추가 전기 소비를 방지하는 것을 가능하게 한다.

[0090] 하한 임계치 값( $S_b$ )에 관한 한, 이는  $0.7 \times \Delta P_0$  내지  $0.95 \times \Delta P_0$ , 바람직하게  $0.88 \times \Delta P_0$  내지  $0.92 \times \Delta P_0$ 일 수 있다. 상수( $K_b$ )는 그에 따라 0.7 내지 0.95, 바람직하게 0.88 내지 0.92일 수 있다.

[0091] 도 2 및 도 3은 인라인 제어되는 여과 카트리지를 위한 다양한 시나리오들의 상이한 대표 곡선들의 제한이 아닌 예를 도시한다.

[0092] 도 2의 예는 여과 시스템의 여과 카트리지의 교환(renewal)에 대응하는  $t=0$ 으로부터, 측정된 압력차( $\Delta P$ )의 변화의 제1 시나리오를 도시한다. 이 예에 따르면, 여과 카트리지의 파울링으로 인해, 단계(S1)에서 측정된 압력차( $\Delta P$ )는  $1.5 \times \Delta P_0$ 으로 정의된 상한 임계치( $S_h$ )에 도달하여 이를 초과할 때까지 점진적으로 증가한다. 이 상한 임계치( $S_h$ )에 도달할 때, 경고 신호( $A_e$ )를 발행한다. 이러한 신호는 과도한 파울링으로 해석된다. 상기 적어도 하나의 여과 카트리를 교체하는 것이 추천된다.

[0093] 도 3의 예는 여과 시스템의 여과 카트리지의 교환에 대응하는  $t=0$ 으로부터, 측정된 압력차( $\Delta P$ )의 변화의 제2 시나리오를 도시한다. 이 예에 따르면, 여과 카트리지의 파울링으로 인해, 단계(S1)에서 측정된 압력차( $\Delta P$ )는 점진적으로 증가한 후,  $0.9 \times \Delta P_0$ 으로 정의된 하한 임계치에 도달하여 그 아래로 내려갈 때까지 감소하기 시작한다. 이 하한 임계치( $S_b$ )에 도달할 때, 경고 신호( $A_f$ )를 발행한다. 이러한 신호는 여과 시스템 내의 우선 통과(누출), 즉 완전성 결함으로 해석된다.

[0094] 도 4의 예는 여과 시스템의 여과 카트리지의 교환에 대응하는  $t=0$ 으로부터, 측정된 압력차( $\Delta P$ )의 변화의 제3 시나리오를 도시한다. 이 예에 따르면, 여과 카트리지의 파울링으로 인해, 단계(S1)에서 측정된 압력차( $\Delta P$ )는 점진적으로 증가한 후, 상한 임계치 및 하한 임계치에 의해 정의된 상한 및 하한 사이에 남아있는 동안 갑자기 감소한다. 시각적인 또는 컴퓨터 연산 수단에 의한 곡선의 분석이 이상을 검출하기 위해 사용될 수 있다. 따라서, 갑작스런 변동 및/또는 해머링의 관찰은 가스 시스템, 특히 여과 시스템 상의 이상으로 해석될 수 있다.

[0095] 시험:

[0096] 본 출원인은 여과 시스템의 압력 손실을 나타내는  $\Delta P$  측정치를 감시함으로써 살균 여과 카트리지의 완전성 제어의 적절성을 검사하기 위해 예비 시험을 수행하였다. 이 시험은 6 cm 직경을 나타내는 여과 카트리지에 수행되었다. 이들은 0.01 미크론 등급 살균 카트리지들이다. 이 여과 카트리지들은 도 6에 제공된 사진에 도시된 여과 시스템에서 사용되는데, 그 하우스는 20개의 여과 카트리를 수용한다.

[0097] 이 여과 시스템은 공기를 살균하도록 설계되고, 공기는 이후 도 1에 도시된 유형의 설비의 회분식 발효 공정에서 사용된다. 이 카트리지들은 PALL CPFR 브랜드 카트리지들 및 PARKER ZCHT 브랜드 카트리지들을 포함한다.

[0098] 도 7의 사진에 도시된 시험대를 추가로 설계하였다. 이 시험대는 시설의 압축 공기 공급원에 연결된다.

[0099] 이 시험대는:

[0100] - 유량계(2),

[0101] - 시험될 여과 카트리를 수용하도록 설계되는 하우스(3),

[0102] - 다이얼 상의 측정 척도가 0에서 15 킬로 파스칼까지 늘어나는 압력차 측정 장치(1), 이 경우 MAGNEHELIC 차동 압력계,

[0103] - 유동 제어 밸브(4),

[0104] - 차단 밸브(5).

[0105] 이러한 시험대는 하기 단계들을 포함하는 시험 프로토콜의 실시를 가능하게 한다:

[0106] 1) 차동 압력계의 영점이 정확히 조정되도록 보장한다,

- [0107] 2) 하우징(3) 내에 새로운 카트리지를 배치한다,
- [0108] 3) 밸브들(4, 5)을 폐쇄한다,
- [0109] 4) 시설의 네트워크의 공기 공급 밸브를 개방한다,
- [0110] 5) 차단 밸브(5)를 개방한다,
- [0111] 6) 결정된 시험 유속을 유량계 상에서 관독할 수 있을 때까지 유동 제어 밸브(4)를 개방하여 조정한다,
- [0112] 7) 장치가 이 카트리지를 위해 결정된 참조값( $\Delta P_0$ )을 정확히 나타내는지 확인한다,
- [0113] 8) 차단 밸브(5)를 폐쇄한다,
- [0114] 9) 새로운 카트리지를 (동일한 유형의) 제어될 카트리지로 교체한다,
- [0115] 10) 차단 밸브(5)를 개방한다,
- [0116] 11) 차압( $\Delta P$ )을 관독한다.
- [0117] 이 시험대는 특히, 산업 발효 공정에서 사용되는 공기를 여과하기 위한 1년 반(1.5년)의 사용 후에, 상기에 언급된 PALL CPFR 여과 카트리지를 제어하기 위해 사용되었다.
- [0118] 이 시험을 실시하기 위해, 유속, 압력차( $\Delta P_0$ ), 상한 임계치( $S_h$ ), 및 하한 임계치( $S_b$ ) 값들은 다음과 같다:

카트리지		+/-5 Nm <sup>3</sup> /h 에서의 시험 유속	압력 (1KPa=10mb)		
유형	길이		$\Delta P_0$ (참조값)	하한 임계치	상한 임계치
CPFR	20P	180 Nm <sup>3</sup> /h	95 mb	70 mb	150 mb

- [0119]
- [0120] 본 발명과 유사한 방식으로 이러한 시험에 따라 후술하는 내용을 고려한다:
- [0121] a) 프로토콜의 단계(11)에서 측정된  $\Delta P$ 가 하한 임계치( $S_b$ ) 이하이면, 여과 카트리는 비완전성이다,
- [0122] b) 프로토콜의 단계(11)에서 측정된  $\Delta P$ 가 정확히 하한 임계치( $S_b$ )보다 높고 정확히 상한 임계치보다 낮으면, 카트리는 완전성 및 순응성인 것으로 간주된다.
- [0123] c) 측정된  $\Delta P$ 가 상한 임계치 이상이면, 카트리는 파울링되고, 교체가 추천된다; 이와 같은 카트리가 반드시 비완전성인 것으로 간주되는 것은 아니다.
- [0124] 상기에 언급된 사용된 여과 카트리지를 이 프로토콜에 따라 시험하였다. 순응성인 것으로 간주된,  $\Delta P$ 가 하한 임계치와 상한 임계치 사이에 있는 카트리지는 유지되었다.
- [0125] 순응성인 것으로 간주된 5개의 카트리지가 종래의 완전성 시험, 즉 제조사에 의해 승인된 에어로졸 시험을 위해 제조사에 반환되었는데, 이는 "Flowstar IV" 완전성 시험 기기 상에 파커 하니핀사(PARKER HANNIFIN Company) 및 폴사(PALL Company)에 의해 "Valairdata II type WVA203FFV" 장치를 사용하여 수행되었다.
- [0126] 시험 프로토콜에 따라 순응성인 것으로 간주된 모든 카트리가 제조사에 의해 완전성인 것으로 간주되었다.

### 부호의 설명

- [0127] 1 압력차 측정 장치
- 2 유량계(시험대)
- 3 하우징(시험대)
- 4 유동 제어 밸브(시험대)
- 5 차단 밸브(시험대)
- Ae 파울링 신호

Af 누출 신호

C1 제1 압력 연결부

C2 제2 압력 연결부

F1; F2 여과 시스템

R 발효 반응조

Sh 상한 임계치

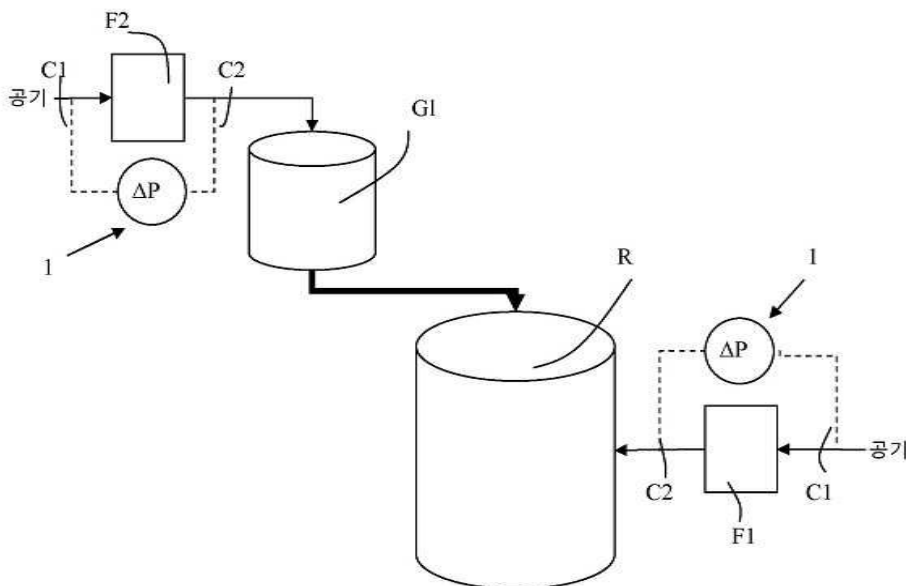
Sb 하한 임계치

$\Delta P$  압력차(단계(S1))

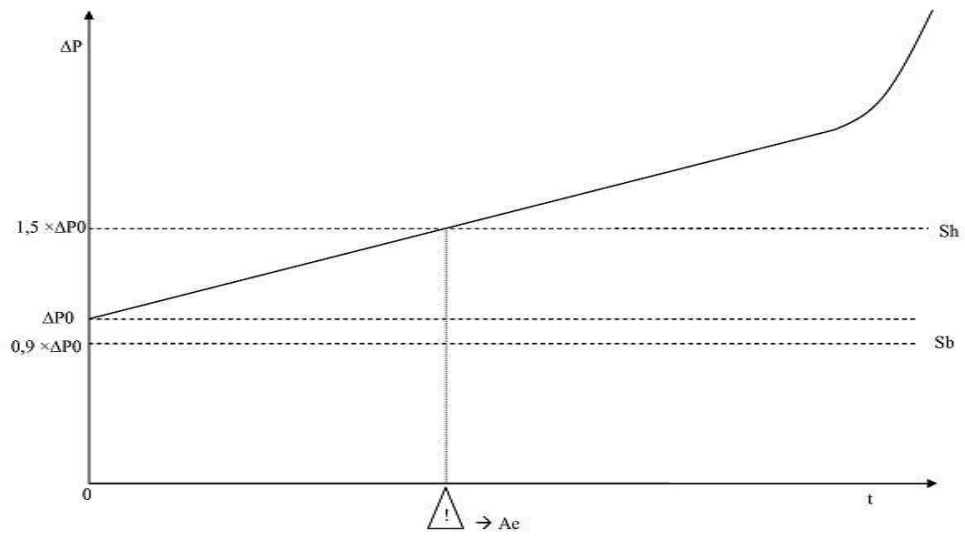
$\Delta P0$  압력차(새로운 카트리지(들)를 구비한 여과 시스템)

도면

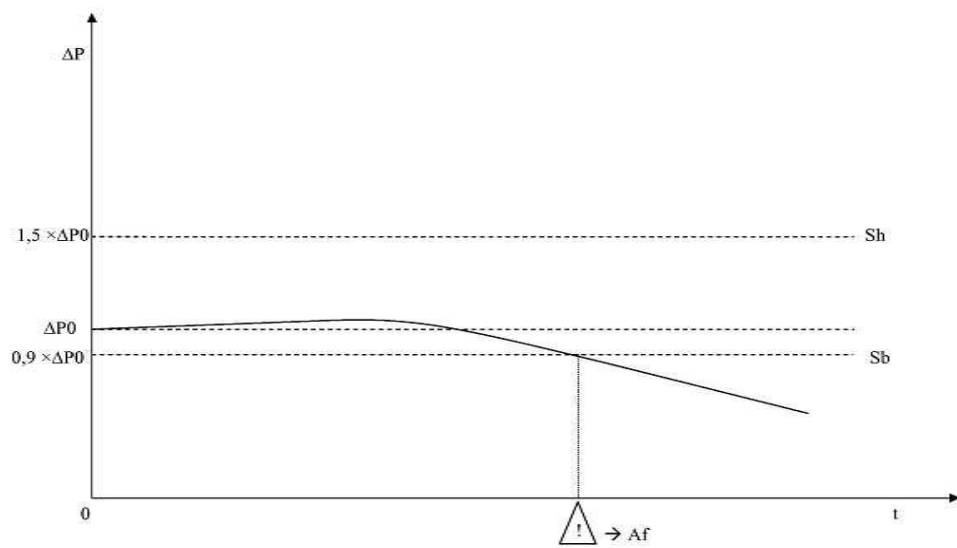
도면1



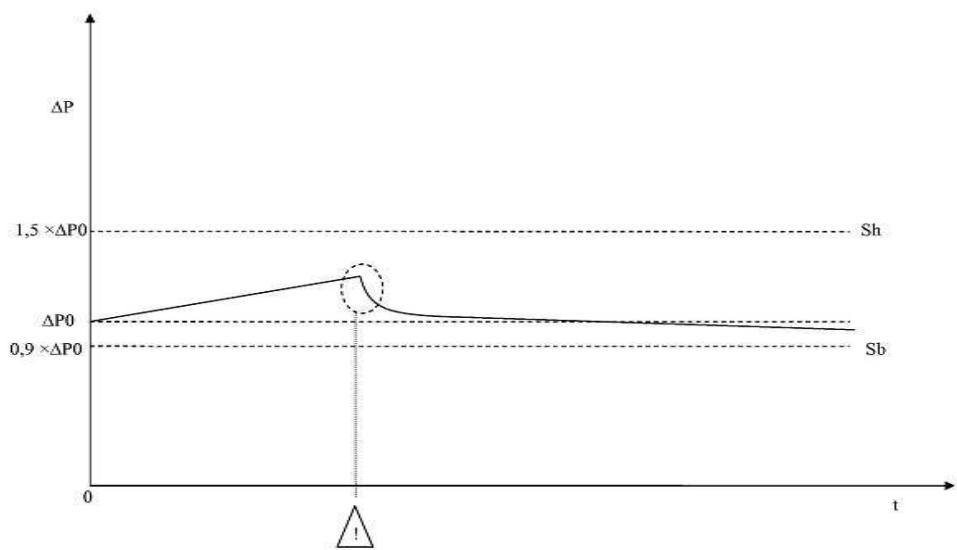
도면2



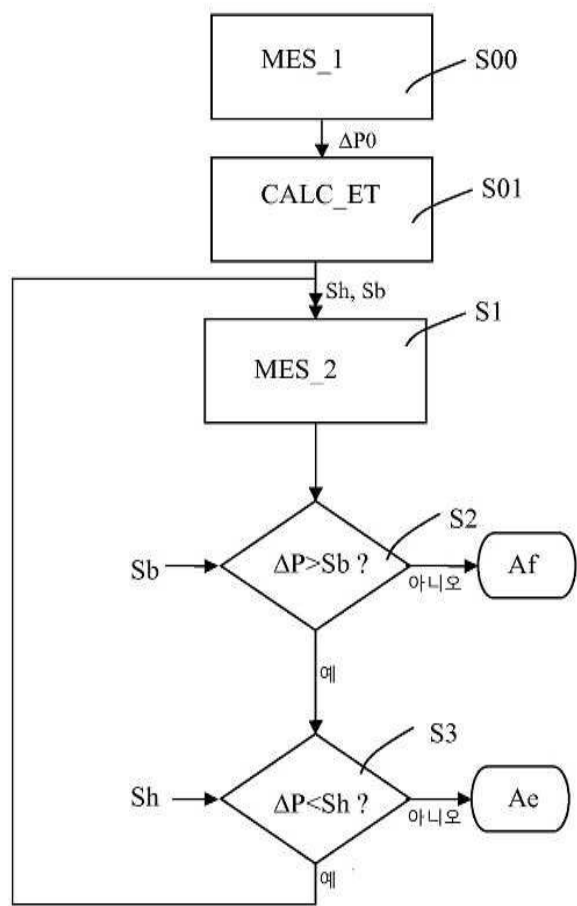
도면3



도면4

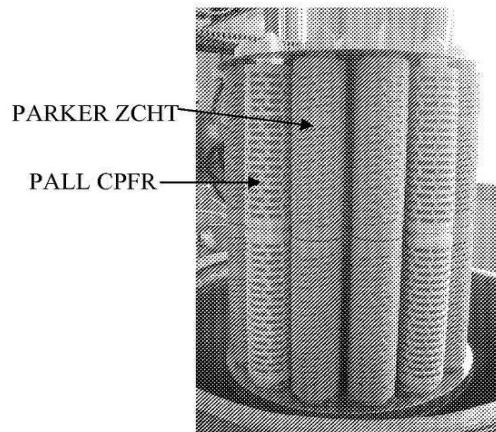


도면5





도면6



도면7

