



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년03월26일
 (11) 등록번호 10-1246524
 (24) 등록일자 2013년03월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 8/04 (2006.01) *H01M 8/02* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2007-7017278
 (22) 출원일자(국제) 2005년12월28일
 심사청구일자 2010년08월27일
 (85) 번역문제출일자 2007년07월26일
 (65) 공개번호 10-2007-0091687
 (43) 공개일자 2007년09월11일
 (86) 국제출원번호 PCT/JP2005/024135
 (87) 국제공개번호 WO 2006/077741
 국제공개일자 2006년07월27일
 (30) 우선권주장
 JP-P-2004-00381510 2004년12월28일 일본(JP)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2003017105 A
 WO2002047190 A1
 JP2004031073 A
 JP평성06096789 A

(73) 특허권자
파나소닉 주식회사
 일본 오오사카후 가도마시 오오아자 가도마 1006
 반치
 (72) 발명자
하토 가즈히토
 일본 오사카후 가도마시 오아자 가도마 1006반치
구사카베 히로키
 일본 오사카후 가도마시 오아자 가도마 1006반치
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
제일특허법인

전체 청구항 수 : 총 25 항

심사관 : 양경식

(54) 발명의 명칭 **고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템**

(57) 요약

본 발명의 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템은, 연료 전지(101)와, 연료 전지의 연료 가스의 입구에 연료 가스를 공급하는 연료 가스 공급 장치(101)와, 연료 전지의 산화제 가스의 입구에 산화제 가스를 공급하는 산화제 가스 공급 장치(103)와, 연료 전지의 냉각 유체 경로를 통과하도록 냉각 유체를 흐르게 함으로써 상기 연료 전지를 냉각하는 냉각 유체 공급 장치(104)와, 제어 장치(108)를 구비하고, 제어 장치는, 발전이 행하여질 때에, 연료 가스 및 산화제 가스 중 적어도 어느 하나의 입구(403, 404)에 있어서의 노점 환산 온도를 T1로 나타내고, 냉각 유체의 입구(401)에 있어서의 온도를 T2로 나타냈을 경우에, $T1 \geq T2 + 1^\circ\text{C}$ 의 조건을 만족하도록 냉각 유체 공급 장치를 통해 냉각 유체 입구 온도를 제어한다.

(72) 발명자

다케구치 신스케

일본 오사카후 가도마시 오아자 가도마 1006반치

세키 야스히로

일본 오사카후 가도마시 오아자 가도마 1006반치

특허청구의 범위

청구항 1

고분자 전해질막 및 상기 고분자 전해질막의 양면에 형성된 애노드 및 캐소드를 갖는 MEA와, 상기 MEA의 한쪽에 정면이 상기 애노드에 접촉하도록 배치되고 상기 정면의 상기 애노드에 접촉하는 영역에 흡 형상의 연료 가스 유로가 형성된 도전성 및 열전도성의 판 형상의 애노드측 세퍼레이터와, 상기 MEA의 다른쪽에 정면이 상기 캐소드에 접촉하도록 배치되고 상기 정면의 상기 캐소드에 접촉하는 영역에 흡 형상의 산화제 가스 유로가 형성된 도전성 및 열전도성의 판 형상의 캐소드측 세퍼레이터를 갖는 셀이 복수 적층되어 이루어지는 셀 스택과, 연료 가스의 입구와, 산화제 가스의 입구와, 냉각 유체의 입구와, 냉각 유체의 출구와, 상기 애노드 및 상기 캐소드로 이루어지는 발전 영역을 구비하는 연료 전지와,

연료 가스의 상기 입구에 연료 가스를 공급하는 연료 가스 공급 장치와,

산화제 가스의 상기 입구에 산화제 가스를 공급하는 산화제 가스 공급 장치와,

냉각 유체의 상기 입구, 냉각 유체 경로, 및 냉각 유체의 상기 출구를 통과하도록 냉각 유체를 흐르게 함으로써 상기 연료 전지를 냉각하는 냉각 유체 공급 장치와,

제어 장치를 구비하고,

상기 셀 스택의 내부에, 연료 가스 공급 매니폴드, 연료 가스 배출 매니폴드, 산화제 가스 공급 매니폴드, 산화제 가스 배출 매니폴드, 냉각 유체 공급 매니폴드, 및 냉각 유체 배출 매니폴드가 상기 셀의 적층 방향으로 연장되도록 형성되고,

상기 각 애노드측 세퍼레이터의 상기 연료 가스 유로가 상기 연료 가스 공급 매니폴드와 상기 연료 가스 배출 매니폴드를 접속하도록 형성되고,

상기 각 캐소드측 세퍼레이터의 상기 산화제 가스 유로가 상기 산화제 가스 공급 매니폴드와 상기 산화제 가스 배출 매니폴드를 접속하도록 형성되고,

1 셀마다 또는 2 셀마다, 상기 냉각 유체 유로가, 상기 애노드 세퍼레이터 및 상기 캐소드 세퍼레이터 중 적어도 어느 하나의 배면의, 상기 셀의 적층 방향에서 보았을 때 상기 발전 영역과 접치는 영역에 상기 냉각 유체 공급 매니폴드와 상기 냉각 유체 주배출 매니폴드를 접속하도록 형성되고,

상기 연료 가스 공급 매니폴드의 상류측 끝이 연료 가스의 상기 입구에 연통하며 또한 상기 연료 가스 배출 매니폴드의 하류측 끝이 외부에 연통되고,

상기 산화제 가스 공급 매니폴드의 상류측 끝이 산화제 가스의 상기 입구에 연통하며 또한 상기 산화제 가스 배출 매니폴드의 하류측 끝이 외부에 연통되고,

상기 냉각 유체 공급 매니폴드의 상류측 끝이 냉각 유체의 상기 입구에 연통하며 또한 상기 냉각 유체 배출 매니폴드의 하류측 끝이 냉각 유체의 상기 출구에 연통되고,

상기 연료 가스 유로 및 상기 산화제 가스 유로의 각각의 최상류부와 상기 냉각 유체 유로의 최상류부가 상기 셀의 적층 방향에서 보았을 때 같은 위치에 위치하고, 또한 상기 연료 가스 유로 및 상기 산화제 가스 유로의 각각의 최하류부와 상기 냉각 유체 유로의 최하류부가 상기 셀의 적층 방향에서 보았을 때 같은 위치에 위치하도록 형성되고,

상기 연료 가스 및 상기 산화제 가스의 적어도 어느 하나에 상기 입구에 있어서의 전체 수분량을 노점으로 환산한 온도(이하, 입구 노점 환산 온도)를 T1로 나타내고, 상기 냉각 유체의 상기 입구에 있어서의 온도(이하, 냉각 유체 입구 온도)를 T2로 나타내고, 상기 냉각 유체의 상기 출구에 있어서의 온도(이하, 냉각 유체 출구 온도)를 T3으로 나타내고, T3-T2를 ΔT로 나타내고, 또한 상기 셀 스택에 있어서 적층된 상기 셀의 수를 N으로 나타냈을 경우에, 상기 제어 장치는, 상기 연료 전지의 상기 발전 영역에 있어서 상기 연료 가스와 산화제 가스가 반응하여 발열을 동반한 발전이 행하여질 때, 1 셀마다, 상기 냉각 유체 유로가, 상기 애노드 세퍼레이터 및 상기 캐소드 세퍼레이터 중 적어도 어느 하나의 배면에 형성되어 있을 경우에는, $T1 \geq T2 + 2^\circ\text{C}$ 라는 제 1 조건과, $T3 - T2 \leq 15^\circ\text{C}$ 라는 제 2 조건과, $T1 \geq T2 + (X^\circ\text{C} + Y^\circ\text{C} \times (N-1) \times \Delta T / 8^\circ\text{C})$ 이고, X가 1 내지 2.5 범위의 수치이며, Y가 0.02 내지 0.027 범위의 수치라는 제 3 조건을 동시에 만족하도록, 상기 냉각 유체 공급 장치를 통해 상기 냉각 유체 입구 온도를 제어하고, 2 셀마다, 상기 냉각 유체 유로가, 상기 애노드 세퍼레이터 및 상기 캐소드 세퍼레이터

이터 중 적어도 어느 하나의 배면에 형성되어 있을 경우에는, 상기 제 1 조건과, 상기 제 2 조건과, $T1 \geq T2 + (X \text{ } ^\circ\text{C} + Y \text{ } ^\circ\text{C} \times (N-1) \times \Delta T / 8 \text{ } ^\circ\text{C})$ 이며, X가 2.8 내지 4.2 범위의 수치이고, Y가 0.013 내지 0.033 범위의 수치라는 제 4 조건을 동시에 만족하도록, 상기 냉각 유체 공급 장치를 통해 상기 냉각 유체 입구 온도를 제어하는 것을 특징으로 하는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 연료 가스 및 상기 산화제 가스 중 적어도 어느 하나의 상기 입구 노점 환산 온도를 조정하기 위한 노점 조정 장치를 구비한 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 셀의 적층 방향에서 보았을 때, 상기 셀 스택의 한 쪽 절반의 주연부에, 상기 연료 가스 공급 매니폴드, 상기 산화제 가스 공급 매니폴드, 및 상기 냉각 유체 공급 매니폴드가 형성되고, 또한 상기 셀 스택의 다른 쪽 절반의 주연부에, 상기 연료 가스 배출 매니폴드, 상기 산화제 가스 배출 매니폴드, 및 상기 냉각 유체 배출 매니폴드가 형성되어 있으며,

상기 연료 가스 공급 매니폴드 및 상기 산화제 가스 공급 매니폴드 중 상기 냉각 유체 공급 매니폴드에 가까운 쪽의 매니폴드를 흐르는 가스에 대한 상기 조건에 있어서, X가 1.0 내지 1.5 범위의 수치이며, Y가 0.02 내지 0.027 범위의 수치이고, 또한 상기 연료 가스 공급 매니폴드 및 상기 산화제 가스 공급 매니폴드 중 상기 냉각 유체 공급 매니폴드에 먼 쪽의 매니폴드를 흐르는 가스에 대한 상기 조건에 있어서, X가 2.0 내지 2.5이며, Y가 0.02 내지 0.023인 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 6

삭제

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 셀의 적층 방향에서 보았을 때, 상기 셀 스택의 한 쪽 절반의 주연부에, 상기 연료 가스 공급 매니폴드, 상기 산화제 가스 공급 매니폴드, 및 상기 냉각 유체 공급 매니폴드가 형성되고, 또한 상기 셀 스택의 다른 쪽 절반의 주연부에, 상기 연료 가스 배출 매니폴드, 상기 산화제 가스 배출 매니폴드, 및 상기 냉각 유체 배출 매니폴드가 형성되어 있으며,

상기 연료 가스 공급 매니폴드 및 상기 산화제 가스 공급 매니폴드 중 상기 냉각 유체 공급 매니폴드에 가까운 쪽의 매니폴드를 흐르는 가스에 대한 상기 조건에 있어서, X가 2.8 내지 3.3 범위의 수치이며, Y가 0.013 내지 0.033 범위의 수치이고, 또한 상기 연료 가스 공급 매니폴드 및 상기 산화제 가스 공급 매니폴드 중 상기 냉각 유체 공급 매니폴드에 먼 쪽의 매니폴드를 흐르는 가스에 대한 상기 조건에 있어서, X가 3.7 내지 4.2 범위의 수치이며, Y가 0.013 내지 0.030 범위의 수치인 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 8

삭제

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 발전이 행하여질 때, $T3-T2 \leq 10^{\circ}\text{C}$ 의 조건을 만족하도록 상기 냉각 유체 출구 온도를 제어하는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 10

삭제

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 연료 전지에 공급되는 상기 연료 가스(이하, 공급 연료 가스)와 상기 연료 전지로부터 배출되는 상기 연료 가스(이하, 배출 연료 가스)와의 전열 교환 및 상기 연료 전지에 공급되는 상기 산화제 가스(이하, 공급 산화제 가스)와 상기 연료 전지로부터 배출되는 상기 산화제 가스(이하, 배출 산화제 가스)와의 전열 교환 중 적어도 어느 하나를 행하고, 이에 의해 상기 전열 교환한 가스의 상기 입구 노점 환산 온도를 조정하는 노점 조정 장치를 구비하고 있는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 연료 가스 및 상기 산화제 가스 중 적어도 어느 하나의 상기 입구 노점 환산 온도, 상기 냉각 유체 입구 온도, 및 상기 냉각 유체 출구 온도가, 상기 발전이 행하여질 때, $T2 \leq T1 \leq T3$ 의 조건을 만족하는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 노점 조정 장치가, 상기 발전이 행하여질 때 $T3-T1 \geq 1^{\circ}\text{C}$ 의 조건이 만족되도록 구성되어 있는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 노점 조정 장치가, 상기 발전이 행하여질 때 $T3-T1 \geq 2^{\circ}\text{C}$ 의 조건이 만족되도록 구성되어 있는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 노점 조정 장치는, 상기 공급 연료 가스와 상기 배출 연료 가스와의 전열 교환 및 상기 공급 산화제 가스와 상기 배출 산화제 가스와의 전열 교환 중 적어도 어느 하나를 행하고, 또한 이 전열 교환한 가스와 상기 연료 전지로부터 배출되는 냉각 유체를 전열 교환하고, 이 냉각 유체와 전열 교환한 가스를 상기 연료 전지에 공급하도록 구성되어 있는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 16

제 12 항에 있어서,

상기 노점 조정 장치가, 상기 발전이 행하여질 때 $T3-T1 \geq 4^{\circ}\text{C}$ 의 조건이 만족되도록 구성되어 있는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 17

제 12 항에 있어서,

상기 노점 조정 장치는, 상기 공급 연료 가스와 상기 배출 연료 가스와의 전열 교환 및 상기 공급 산화제 가스

와 상기 배출 산화제 가스와의 전열 교환 중 적어도 어느 하나를 행하고, 또한 이 전열 교환한 gas와 상기 연료 전지로부터 배출되는 냉각 유체를 단지 열 교환하고, 이 냉각 유체와 열 교환한 가스를 상기 연료 전지에 공급하도록 구성되어 있는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 노점 조정 장치는, 상기 공급 연료 gas와 상기 연료 전지로부터 배출되는 냉각 유체와의 전열 교환 및 상기 공급 산화제 gas와 상기 연료 전지로부터 배출되는 냉각 유체와의 전열 교환 중 적어도 어느 하나를 행하고, 이 전열 교환한 가스를 상기 연료 전지에 공급하도록 구성되어 있는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 19

제 1 항에 있어서,

상기 냉각 유체 공급 장치는, 상기 연료 전지의 상기 냉각 유체 경로의 양단에 폐유로를 형성하도록 접속된 냉각 유체 순환 유로와, 상기 냉각 유체 순환 유로 중에 마련되어 상기 냉각 유체를, 상기 폐유로를 통해 순환시키는 냉각 유체 순환기와, 상기 냉각 유체 순환 유로에 상기 냉각 유체 순환기와 상기 연료 전지의 상기 냉각 유체의 출구와의 사이에 위치하도록 마련되어 상기 냉각 유체가 유지하는 열을 방출시키는 방열기를 가지고 있는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 20

제 1 항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 발전이 행하여질 때, 상기 연료 gas 및 상기 산화제 gas 중 적어도 어느 하나의 상기 연료 전지로부터의 출구에 있어서의 전체 수분량을 노점으로 환산한 온도(이하, 출구 노점 환산 온도)를 T4로 나타냈을 경우에, $T4 \geq T3$ 의 조건을 만족하도록 상기 냉각 유체 출구 온도를 제어하는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 21

삭제

청구항 22

제 9 항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 발전이 행하여질 때, $50^{\circ}\text{C} \geq T2 \geq 70^{\circ}\text{C}$ 의 조건을 만족하도록 상기 냉각 유체 입구 온도를 제어하는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 23

제 1 항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 발전이 행하여질 때, $5^{\circ}\text{C} \leq T3 - T2$ 의 조건을 만족하도록 상기 냉각 유체 출구 온도를 제어하는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 24

제 1 항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 발전이 행하여질 때, 상기 발전 영역의 전체 영역에 걸쳐 과가습 또는 완전가습이 되도록 상기 냉각 유체 공급 장치를 통해 상기 냉각 유체의 흐름을 제어하는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 25

제 1 항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 발전이 행하여질 때, 상기 연료 가스 공급 장치를 제어하여, 상기 연료 가스 유로의 출구에 있어서의 상기 연료 가스의 유속이 1.8m/s 이상이면서 또한 4.1m/s 이하가 되도록 상기 연료 가스를 공급하는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 26

제 25 항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 발전이 행하여질 때, 상기 연료 가스 경로의 압력 손실이 2kPa 이상이면서 또한 10kPa 이하가 되도록 상기 연료 가스의 공급을 제어하는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 27

제 25 항에 있어서,

상기 연료 가스 유로는, 복수의 유로 홈으로 구성되어 있으며, 상기 유로 홈의 상당 직경이 0.78mm 이상이면서 또한 1.30mm 이하인 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 28

제 1 항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 발전이 행하여질 때, 상기 산화제 가스 공급 장치를 제어하여, 상기 산화제 가스 유로의 출구에 있어서의 상기 산화제 가스의 유속이 2.8m/s 이상이면서 또한 7.7m/s 이하가 되도록 상기 산화제 가스를 공급하는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 29

제 28 항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 발전이 행하여질 때, 상기 산화제 가스 경로의 압력 손실이 2kPa 이상이면서 또한 10kPa 이하가 되도록 상기 산화제 가스의 공급을 제어하는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 30

제 28 항에 있어서,

상기 산화제 가스 유로는, 복수의 유로 홈으로 구성되어 있으며, 상기 유로 홈의 상당 직경이 0.78mm 이상이면서 또한 1.30mm이하인 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

청구항 31

제 1 항에 있어서,

상기 연료 가스 유로, 상기 산화제 가스 유로, 및 상기 냉각 유체 유로는, 각각 상기 연료 가스, 상기 산화제 가스, 및 상기 냉각 유체가 중력에 거스르지 않고 흐르도록 형성되어 있는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템.

명세서

기술분야

본 발명은, 포터블 전원, 전기 자동차용 전원, 코제너레이션 시스템 등에 사용하는 연료 전지 발전 시스템, 특히 고분자 전해질막을 이용한 연료 전지 발전 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0001]

- [0002] 전형적인 연료 전지로서 고분자 전해질형 연료 전지가 있다. 이 고분자 전해질형 연료 전지에서는 고분자 전해질막을 사이에 두고 애노드와 캐소드가 형성되어 있으며, 애노드 및 캐소드에 각각, 수소를 함유한 연료 가스와 공기 등 산소를 함유한 산화제 가스(이하, 연료 가스와 산화제 가스를 반응 가스라고 총칭하는 경우가 있다)가 공급된다. 그리고 애노드에 있어서, 전극 반응에 의해 연료 가스 중의 수소 원자로부터 전자가 방출되어 수소 이온이 생성되는 동시에 이 전자가 외부 회로(부하)를 통해 캐소드에 도달된다. 한편 수소 이온은 고분자 전해질막을 통과하여 캐소드에 도달된다. 또한 캐소드에 있어서, 수소 이온과 전자와 산화제 가스 중의 산소가 결합하여 물이 생성된다. 그리고 이 반응 시에 전력과 열이 동시에 발생한다.
- [0003] 한편, 고분자 전해질막에는 퍼플루오로카본설폰산계 재료가 사용된다. 이 고분자 전해질막은 수분을 함유한 상태에서 이온 전도성을 발현하기 때문에 통상적으로 반응 가스는 가습하여 연료 전지에 공급된다.
- [0004] 그러나 캐소드에서는 물이 생성되기 때문에 반응 가스를 과잉으로 가습하면 플러딩(flooding)이 발생할 우려가 있다. 한편 전지의 고성능화를 위해서는 고분자 전해질막의 이온 전도도를 향상시킬 필요가 있고, 이를 위해서는 반응 가스를 100%의 상대습도를 가지도록 가습하여 공급하는 것이 바람직하다. 또한 연료 전지의 동작 온도 이하의 노점(露點)을 갖는 반응 가스를 공급하면, 퍼플루오로카본설폰산계 전해질이 분해되어 불화물 이온이 고분자 전해질막으로부터 용출되며, 이에 의해 고분자 전해질막이 열화되는 것으로 판명되었다.
- [0005] 그래서 고분자 전해질막의 열화를 억제하여 연료 전지 수명을 향상시키기 위해, 플러딩을 방지하면서 전지 온도와 같은 온도의 노점을 갖는 반응 가스를 연료 전지에 공급하여 운전하는(이른바 완전가습 운전) 방법을 시도하여 왔다(예를 들면 비특허문헌 1 참조).
- [0006] 또한 각 단전지마다 다른 가스 유로 구조 및/또는 전극 구조를 구비하고, 가습량 등이 같은 반응 가스를 각 단전지에 분배함으로써, 고분자 전해질막의 열화 방지와 플러딩 방지를 도모한 연료 전지 시스템이 알려져 있다(예를 들면 특허문헌 1 참조).
- [0007] 비특허문헌 1: 제 8회 연료 전지 심포지엄 강연 예고집, 제 61 페이지 내지 제 64 페이지(특히 Fig. 3 및 Fig. 4의 캡션에 기재된 운전 조건 참조)
- [0008] 특허문헌 1: 특허 제 3596332 호 공보
- [0009] 발명의 개시
- [0010] 발명이 해결하고자 하는 과제
- [0011] 그러나 비특허문헌 1의 기술에서는 고분자 전해질막의 열화를 충분히 억제할 수 없으며 연료 전지 수명을 충분히 향상시킬 수 없었다.
- [0012] 또한 특허문헌 1의 연료 전지 시스템에서는 단전지마다 다른 가스 유로 구조 및/또는 전극 구조를 구비할 필요가 있어 구조가 복잡해진다.
- [0013] 본 발명은 이러한 과제를 해결하기 위한 것으로서, 단전지마다 가스 유로 또는 전극 구조를 다르게 만들지 않고 고분자 전해질형 연료 전지의 고분자 전해질막의 열화를 충분히 억제함으로써, 연료 전지 수명을 충분히 향상시킬 수 있는 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0014] 과제를 해결하기 위한 수단
- [0015] 본건 발명자들은 상기 목적을 달성하기 위해 예의 검토하였다. 즉, 최근에는 전해질의 열화를 억제하기 위해 전지 온도와 같은 온도의 노점의 가스를 공급하여 운전하는 것이 특히 전지 단체(單體)에서의 시험에서 시도되어 왔다. 전지 단체가 단일 셀인 경우에는, 전지 온도를 면상 히터를 사용하여 일정 온도로 유지하는 경우가 많기 때문에 전지면 내에서의 온도 분포를 논의하기는 어려운 상태이지만, 이러한 경우에는 예를 들면 80℃의 일정 온도로 유지한 전지 온도에 대해 80℃의 노점의 가스를 공급하고, 가스 온도는 노점보다 약간 높은 85 내지 90℃ 정도로 유지하여 시험하여 왔다. 또한 냉각 유체를 이용하여 전지 온도를 제어하는 스택에 있어서는, 예를 들면 냉각 유체의 입구 온도가 80℃, 냉각 유체의 출구 온도가 85℃에 대해, 80℃의 노점의 가스를 공급하는 시도가 행하여져 왔다. 이 경우, 냉각 유체의 플로우 패턴과 공급 가스의 플로우 패턴에 있어서의 유체의 흐름 방향이 거시적으로 동일하면, 냉각 유체의 출구 쪽으로 온도가 상승하도록 온도가 분포되어 있다고 하여도 캐소드 측에서는 발전에 의해 물이 생성되고 애노드 측에서는 반응에 의해 수소가 소비되어 애노드를 통하여 흐르는 가스 전체량은 그 출구를 향하여 감소하므로, 전지 내의 노점은 하류측을 향하여 상승하도록 분포되기 때

문에 그 입구에서 완전가습을 유지하고 있으면, 냉각 유체의 출구 온도를 극단적으로 높이지 않는 한 전지 내의 가스 유로의 전체 영역에서 완전가습을 유지할 수 있다고 생각하였다. 그러나 셀 스택 내부의 온도 분포를 상세히 검토한 결과, 스택으로의 공급 가스는 일반적으로 일단 매니폴드에 공급되며, 매니폴드로부터 균일하게 각 셀에 분배되므로, 일단 매니폴드에 공급되어 매니폴드를 통과하는 사이에 매니폴드 내부에서 전지와 열 교환하고, 실제로 각 셀에 가스가 도입된 시점에서는 이미 1 내지 2℃ 정도 온도 상승이 일어나며, 이 때문에 가스 유로의 전극에 가스가 도입되는 인접 부분에서는 완전가습이 되어 있지 않다는 것을 발견하였다. 한편, 완전가습의 의미에 대해서는 실시형태에서 설명한다.

[0016]

그래서 본 발명의 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템은, 고분자 전해질막 및 상기 고분자 전해질막의 양면에 형성된 애노드 및 캐소드를 갖는 MEA와, 상기 MEA의 한 쪽에 정면이 상기 애노드에 접촉하도록 배치되고 상기 정면의 상기 애노드에 접촉하는 영역에 흡 형상의 연료 가스 유로가 형성된 도전성 및 열전도성의 판 형상의 애노드측 세퍼레이터와, 상기 MEA의 다른 쪽에 정면이 상기 캐소드에 접촉하도록 배치되고 상기 정면의 상기 캐소드에 접촉하는 영역에 흡 형상의 산화제 가스 유로가 형성된 도전성 및 열전도성의 판 형상의 캐소드측 세퍼레이터를 갖는 셀이 복수 적층되어 이루어지는 셀 스택과, 연료 가스의 입구와, 산화제 가스의 입구와, 냉각 유체의 입구와, 냉각 유체의 출구와, 상기 애노드 및 상기 캐소드로 이루어지는 발전 영역을 구비한 연료 전지와, 연료 가스의 상기 입구에 연료 가스를 공급하는 연료 가스 공급 장치와, 산화제 가스의 상기 입구에 산화제 가스를 공급하는 산화제 가스 공급 장치와, 냉각 유체의 상기 입구, 냉각 유체 경로, 및 냉각 유체의 상기 출구를 통과하도록 냉각 유체를 흐르게 함으로써 상기 연료 전지를 냉각하는 냉각 유체 공급 장치와, 제어 장치를 구비하고, 상기 셀 스택의 내부에, 연료 가스 공급 매니폴드, 연료 가스 배출 매니폴드, 산화제 가스 공급 매니폴드, 산화제 가스 배출 매니폴드, 냉각 유체 공급 매니폴드, 및 냉각 유체 배출 매니폴드가 상기 셀의 적층 방향으로 연장되도록 형성되고, 상기 각 애노드측 세퍼레이터의 상기 연료 가스 유로가 상기 연료 가스 공급 매니폴드와 상기 연료 가스 배출 매니폴드를 접속하도록 형성되고, 상기 각 캐소드측 세퍼레이터의 상기 산화제 가스 유로가 상기 산화제 가스 공급 매니폴드와 상기 산화제 가스 배출 매니폴드를 접속하도록 형성되고, 1 셀마다 또는 2 셀마다, 상기 냉각 유체 유로가, 상기 애노드 세퍼레이터 및 상기 캐소드 세퍼레이터 중 적어도 어느 하나의 배면의, 상기 셀의 적층 방향에서 보았을 때 상기 발전 영역과 접치는 영역에 상기 냉각 유체 공급 매니폴드와 상기 냉각 유체 주배출 매니폴드를 접속하도록 형성되고, 상기 연료 가스 공급 매니폴드의 상류측 끝이 연료 가스의 상기 입구에 연통하며 또한 상기 연료 가스 배출 매니폴드의 하류측 끝이 외부에 연통되고, 상기 산화제 가스 공급 매니폴드의 상류측 끝이 산화제 가스의 상기 입구에 연통하며 또한 상기 산화제 가스 배출 매니폴드의 하류측 끝이 외부에 연통되고, 상기 냉각 유체 공급 매니폴드의 상류측 끝이 냉각 유체의 상기 입구에 연통하며 또한 상기 냉각 유체 배출 매니폴드의 하류측 끝이 냉각 유체의 상기 출구에 연통되고, 상기 연료 가스 유로 및 상기 산화제 가스 유로의 각각의 최상류부와 상기 냉각 유체 유로의 최상류부가 상기 셀의 적층 방향에서 보았을 때 대략 같은 위치에 위치하며, 또한 상기 연료 가스 유로 및 상기 산화제 가스 유로의 각각의 최하류부와 상기 냉각 유체 유로의 최하류부가 상기 셀의 적층 방향에서 보았을 때 대략 같은 위치에 위치하도록 형성되고, 상기 연료 가스 및 상기 산화제 가스의 적어도 어느 하나의 상기 입구에 있어서의 전체 수분량을 노점으로 환산한 온도(이하, 입구 노점 환산 온도)를 T1로 나타내고, 상기 냉각 유체의 상기 입구에 있어서의 온도(이하, 냉각 유체 입구 온도)를 T2로 나타내고, 상기 냉각 유체의 상기 출구에 있어서의 온도(이하, 냉각 유체 출구 온도)를 T3으로 나타내고, T3-T2를 ΔT로 나타내며, 또한 상기 셀 스택에 있어서 적층된 상기 셀의 수를 N으로 나타냈을 경우에, 상기 제어 장치는, 상기 연료 전지의 상기 발전 영역에 있어서 상기 연료 가스와 산화제 가스가 반응하여 발열을 동반한 발전이 행하여질 때, 1 셀마다, 상기 냉각 유체 유로가, 상기 애노드 세퍼레이터 및 상기 캐소드 세퍼레이터 중 적어도 어느 하나의 배면에 형성되어 있는 경우에는, $T1 \geq T2 + 2^\circ\text{C}$ 라는 제 1 조건과, $T3 - T2 \leq 15^\circ\text{C}$ 라는 제 2 조건과, $T1 \geq T2 + (X^\circ\text{C} + Y^\circ\text{C} \times (N-1) \times \Delta T / 8^\circ\text{C})$ 이며, X가 1 내지 2.5 범위의 수치이고, Y가 0.02 내지 0.027 범위의 수치라는 제 3 조건을 동시에 만족하도록, 상기 냉각 유체 공급 장치를 통해 상기 냉각 유체 입구 온도를 제어하고, 2 셀마다, 상기 냉각 유체 유로가, 상기 애노드 세퍼레이터 및 상기 캐소드 세퍼레이터 중 적어도 어느 하나의 배면에 형성되어 있는 경우에는, 상기 제 1 조건과, 상기 제 2 조건과, $T1 \geq T2 + (X^\circ\text{C} + Y^\circ\text{C} \times (N-1) \times \Delta T / 8^\circ\text{C})$ 이고, X가 2.8 내지 4.2 범위의 수치이고, Y가 0.013 내지 0.033 범위의 수치라는 제 4 조건을 동시에 만족하도록, 상기 냉각 유체 공급 장치를 통해 상기 냉각 유체 입구 온도를 제어한다.

[0017]

이러한 구성으로 하면, 연료 가스 및 산화제 가스 중 적어도 어느 하나의 입구 노점 환산 온도가, 냉각 유체 공급 매니폴드에 의한 냉각 유체의 온도 상승에 의한 연료 전지의 온도 상승을 기대한 것이 되므로, 연료 전지에 공급되는 당해 가스의 냉각 유체 공급 매니폴드에 의한 냉각 유체의 온도 상승에 의한 건조를 억제할 수 있다. 또한, 발전 영역을 전역에 걸쳐서 완전가습 또는 과가습의 상태로 유지할 수 있다. 또한, 연료 가스 및 산화제

가스의 적어도 어느 하나의 입구 노점 환산 온도가, 냉각 유체 공급 매니폴드의 양단에 있어서의 온도차에 의해 생기는 셀 스택의 양단간에 있어서의 온도차를 기대한 것이 되므로, 각 셀 입구에 있어서의 당해 가스를 완전가습 또는 과가습의 상태로 유지할 수 있다. 과가습의 의미에 대해서는, 실시형태에서 설명한다.

- [0018] 상기 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템은, 상기 연료 가스 및 상기 산화제 가스 중 적어도 어느 하나의 상기 입구 노점 환산 온도를 조정하기 위한 노점 조정 장치를 구비하여도 된다.
- [0019] 삭제
- [0020] 삭제
- [0021] 삭제
- [0022] 상기 셀의 적층 방향에서 보았을 때 상기 셀 스택의 한 쪽 절반의 주연부에, 상기 연료 가스 공급 매니폴드, 상기 산화제 가스 공급 매니폴드, 및 상기 냉각 유체 공급 매니폴드가 형성되고, 또한 상기 셀 스택의 다른 쪽 절반의 주연부에, 상기 연료 가스 배출 매니폴드, 상기 산화제 가스 배출 매니폴드, 및 상기 냉각 유체 배출 매니폴드가 형성되어 있으며, 상기 연료 가스 공급 매니폴드 및 상기 산화제 가스 공급 매니폴드 중 상기 냉각 유체 공급 매니폴드에 가까운 쪽의 매니폴드를 흐르는 가스에 대한 상기 조건에 있어서, X가 1.0 내지 1.5 범위의 수치이며, Y가 0.02 내지 0.027 범위의 수치이고, 또한 상기 연료 가스 공급 매니폴드 및 상기 산화제 가스 공급 매니폴드 중 상기 냉각 유체 공급 매니폴드에 먼 쪽의 매니폴드를 흐르는 가스에 대한 상기 조건에 있어서, X가 2.0 내지 2.5이며, Y가 0.02 내지 0.023이어도 된다.
- [0023] 연료 가스 및 상기 산화제 가스의 바람직한 입구 노점 환산 온도는, 연료 가스 공급 매니폴드 및 산화제 가스 공급 매니폴드와 냉각 유체 공급 매니폴드와의 위치 관계에 의해 결정되므로, 이러한 구성으로 하면 각 셀 입구에 있어서의 당해 가스를 더 적절하게 완전가습 또는 과가습 상태로 유지할 수 있다.
- [0024] 삭제
- [0025] 상기 셀의 적층 방향에서 보았을 때 상기 셀 스택의 한 쪽 절반의 주연부에, 상기 연료 가스 공급 매니폴드, 상기 산화제 가스 공급 매니폴드, 및 상기 냉각 유체 공급 매니폴드가 형성되고, 또한 상기 셀 스택의 다른 쪽 절반의 주연부에, 상기 연료 가스 배출 매니폴드, 상기 산화제 가스 배출 매니폴드, 및 상기 냉각 유체 배출 매니폴드가 형성되어 있으며, 상기 연료 가스 공급 매니폴드 및 상기 산화제 가스 공급 매니폴드 중 상기 냉각 유체 공급 매니폴드에 가까운 쪽의 매니폴드를 흐르는 가스에 대한 상기 조건에 있어서, X가 2.8 내지 3.3 범위의 수치이며, Y가 0.013 내지 0.033 범위의 수치이고, 또한 상기 연료 가스 공급 매니폴드 및 상기 산화제 가스 공급 매니폴드 중 상기 냉각 유체 공급 매니폴드에 먼 쪽의 매니폴드를 흐르는 가스에 대한 상기 조건에 있어서, X가 3.7 내지 4.2 범위의 수치이고, Y가 0.013 내지 0.030 범위의 수치이어도 된다.
- [0026] 연료 가스 및 상기 산화제 가스의 바람직한 입구 노점 환산 온도는, 연료 가스 공급 매니폴드 및 산화제 가스 공급 매니폴드와 냉각 유체 공급 매니폴드와의 위치 관계에 의해 결정되므로, 이러한 구성으로 하면 각 셀 입구에 있어서의 당해 가스를 더 적절하게 완전가습 또는 과가습 상태로 유지할 수 있다.
- [0027] 삭제
- [0028] 상기 제어장치는, 상기 발전이 행하여질 때, $T_3 - T_2 \leq 10^\circ\text{C}$ 의 조건을 만족하도록, 상기 냉각 유체 출구 온도를 제어할 수도 있다.
- [0029] 삭제
- [0030] 상기 연료 전지에 공급되는 상기 연료 가스(이하, 공급 연료 가스)와 상기 연료 전지로부터 배출되는 상기 연료 가스(이하, 배출 연료 가스)와의 전열 교환 및 상기 연료 전지에 공급되는 상기 산화제 가스(이하, 공급 산화제

가스)와 상기 연료 전지로부터 배출되는 상기 산화제 가스(이하, 배출 산화제 가스)와의 전열 교환 중 적어도 어느 하나를 행하고, 이에 의해 상기 전열 교환한 가스의 상기 입구 노점 환산 온도를 조정하는 노점 조정 장치를 구비하여도 된다.

- [0031] 이러한 구성으로 하면, 공급 연료 가스 및 공급 산화제 중 적어도 어느 하나의 입구 노점 환산 온도가 냉각 유체의 출구 온도에 연동하여 변화되므로, 당해 입구 노점 환산 온도의 제어가 용이해진다.
- [0032] 상기 연료 가스 및 상기 산화제 가스 중 적어도 어느 하나의 상기 입구 노점 환산 온도, 상기 냉각 유체 입구 온도, 및 상기 냉각 유체 출구 온도가, 상기 발전이 행하여질 때에 $T2 \leq T1 \leq T3$ 의 조건을 만족하여도 된다.
- [0033] 상기 노점 조정 장치가, 상기 발전이 행하여질 때 $T3 - T1 \geq 1^\circ\text{C}$ 의 조건을 만족하도록 구성되어 있어도 된다.
- [0034] 상기 노점 조정 장치가, 상기 발전이 행하여질 때 $T3 - T1 \geq 2^\circ\text{C}$ 의 조건을 만족하도록 구성되어 있어도 된다.
- [0035] 상기 노점 조정 장치는, 상기 공급 연료 가스와 상기 배출 연료 가스와의 전열 교환 및 상기 공급 산화제 가스와 상기 배출 산화제 가스와의 전열 교환 중 적어도 어느 하나를 행하고, 또한 이 전열 교환한 가스와 상기 연료 전지로부터 배출되는 냉각 유체를 전열 교환하고, 이 냉각 유체와 전열 교환한 가스를 상기 연료 전지에 공급하도록 구성되어 있어도 된다.
- [0036] 상기 노점 조정 장치가, 상기 발전이 행하여질 때 $T3 - T1 \geq 4^\circ\text{C}$ 의 조건을 만족하도록 구성되어 있어도 된다.
- [0037] 상기 노점 조정 장치는, 상기 공급 연료 가스와 상기 배출 연료 가스와의 전열 교환 및 상기 공급 산화제 가스와 상기 배출 산화제 가스와의 전열 교환 중 적어도 어느 하나를 행하고, 또한 이 전열 교환한 가스와 상기 연료 전지로부터 배출되는 냉각 유체를 단지 열 교환하여, 이 냉각 유체와 열 교환한 가스를 상기 연료 전지에 공급하도록 구성되어 있어도 된다.
- [0038] 상기 노점 조정 장치는, 상기 공급 연료 가스와 상기 연료 전지로부터 배출되는 냉각 유체와의 전열 교환 및 상기 공급 산화제 가스와 상기 연료 전지로부터 배출되는 냉각 유체와의 전열 교환 중 적어도 어느 하나를 행하고, 이 전열 교환한 가스를 상기 연료 전지에 공급하도록 구성되어 있어도 된다.
- [0039] 상기 냉각 유체 공급 장치는, 상기 연료 전지의 상기 냉각 유체 경로의 양단에 폐유로(閉流路)를 형성하도록 접속된 냉각 유체 순환 유로와, 상기 냉각 유체 순환 유로 중에 마련되어 상기 냉각 유체를, 상기 폐유로를 통해 순환시키는 냉각 유체 순환기와, 상기 냉각 유체 순환 유로에 상기 냉각 유체 순환기와 상기 연료 전지의 상기 냉각 유체의 출구와의 사이에 위치하도록 마련되어 상기 냉각 유체가 유지하는 열을 방출시키는 방열기를 구비하여도 된다.
- [0040] 상기 제어 장치는, 상기 발전이 행하여질 때 상기 연료 가스 및 상기 산화제 가스 중 적어도 어느 하나의 상기 연료 전지로부터의 출구에 있어서의 전체 수분량을 노점으로 환산한 온도를 $T4$ 로 나타냈을 경우에, $T4 \geq T3$ 의 조건을 만족하도록 상기 냉각 유체 출구 온도를 제어해도 된다.
- [0041] 삭제
- [0042] 상기 제어 장치는, 상기 발전이 행하여질 때, $50^\circ\text{C} \geq T2 \geq 70^\circ\text{C}$ 의 조건을 만족하도록 상기 냉각 유체 입구 온도를 제어해도 된다. 입구 노점 환산 온도($T2$)가 70°C 일 때, 산화제 가스의 이용률이 65% 이상이 되지 않으면 냉각 유체의 출구 노점 환산 온도가 80°C (입구 노점 환산 온도($T2$)에 대하여 $+10^\circ\text{C}$)이 되지 않고, 또한 산화제 가스의 이용률이 65% 이상의 운전 조건은 현실적이지 못하기 때문이다.
- [0043] 상기 제어 장치는, 상기 발전이 행하여질 때 $5^\circ\text{C} \leq T3 - T2$ 의 조건을 만족하도록 상기 냉각 유체 출구 온도를 제어해도 된다. 이렇게 구성해야만 연료 전지에 공급하는 연료 가스 또는 산화제 가스를, 연료 전지로부터 배출되는 연료 가스, 산화제 가스, 또는 냉각수와 전열 교환할 수 있다. 또한 냉각 유체가 받아들인 열을 급탕에 이용할 경우, 급탕수의 온도를 60°C 이상으로 유지할 수 있다.
- [0044] 상기 제어 장치는, 상기 발전이 행하여질 때 상기 발전 영역의 전체 영역에 걸쳐 과가습 또는 완전가습이 되도록 상기 냉각 유체 공급 장치를 통해 상기 냉각 유체의 흐름을 제어해도 된다.
- [0045] 상기 제어 장치는, 상기 발전이 행하여질 때 상기 연료 가스 공급 장치를 제어하여, 상기 연료 가스 유로의 출구에 있어서의 상기 연료 가스의 유속이 1.8m/s 이상이면서 또한 4.1m/s 이하가 되도록 상기 연료 가스를 공급해도 된다.

- [0046] 이러한 구성으로 하면, 발전 영역을 과가습으로 유지함에 따른 플러딩 발생을 방지할 수 있다.
- [0047] 상기 제어 장치는, 상기 발전이 행하여질 때 상기 연료 가스 경로의 압력 손실이 2kPa 이상이면서 또한 10kPa 이하가 되도록 연료 가스의 공급을 제어해도 된다.
- [0048] 상기 연료 가스 유로는 복수의 유로 홈으로 구성되어 있으며, 상기 유로 홈의 상당 직경이 0.78mm 이상이면서 또한 1.30mm 이하이어도 된다.
- [0049] 상기 제어 장치는, 상기 발전이 행하여질 때 상기 산화제 가스 공급 장치를 제어하여, 상기 산화제 가스 유로의 출구에 있어서의 상기 산화제 가스의 유속이 2.8m/s 이상이면서 또한 7.7m/s 이하가 되도록 상기 산화제 가스를 공급해도 된다.
- [0050] 이러한 구성으로 하면, 발전 영역을 과가습으로 유지함에 따른 플러딩 발생을 방지할 수 있다.
- [0051] 상기 제어 장치는, 상기 발전이 행하여질 때 상기 산화제 가스 경로의 압력 손실이 2kPa 이상이면서 또한 10kPa 이하가 되도록 상기 산화제 가스의 공급을 제어해도 된다.
- [0052] 상기 산화제 가스 유로는, 각각 복수의 유로 홈으로 구성되어 있으며, 상기 유로 홈의 상당 직경이 0.78mm 이상 이면서 또한 1.30mm 이하이어도 된다.
상기 연료 가스 유로, 상기 산화제 가스 유로, 및 상기 냉각 유체 유로는, 각각 상기 연료 가스, 상기 산화제 가스, 및 상기 냉각 유체가 중력에 거스르지 않고 흐르도록 형성되어 있어도 된다.
- [0053] 본 발명의 상기 목적, 그 외 목적, 특징, 및 장점은 첨부된 도면을 참조하여 이하의 바람직한 실시형태의 상세한 설명에 의해 명백해질 것이다.
- [0054] 발명의 효과
- [0055] 본 발명은 상기한 바와 같이 구성되며, 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템에 있어서, 단전지마다 가스 유로 또는 전극 구조를 다르게 만들지 않고, 연료 전지의 고분자 전해질막의 열화를 충분히 억제함으로써 연료 전지 수명을 충분히 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

발명의 상세한 설명

- [0180] 발명을 실시하기 위한 최선의 형태
- [0181] 이하, 본 발명의 바람직한 실시형태를 도면을 참조하여 설명한다.
- [0182] (실시형태 1)
- [0183] 도 1은 본 발명의 실시형태 1에 의한 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템의 구성을 모식적으로 나타낸 블록도이다.
- [0184] 본 실시형태의 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템(이하, 간략히 연료 전지 발전 시스템이라고 한다)은 고분자 전해질형 연료 전지(이하, 간략히 연료 전지라고 한다)(101)를 구비하고 있다. 연료 전지(101)의, 애노드에 연료 가스를 공급하기 위한 연료 가스 입구(403)에는 연료 가스 공급 유로(109)를 거쳐 연료 가스 공급 장치(102)가 접속되어 있다. 연료 가스 공급 장치(102)는 연료 전지(101)의 애노드에 연료 가스를 공급한다. 연료 가스로는 수소 가스, 탄화수소계 가스를 개질한 개질 가스 등이 이용된다. 연료 가스 공급 장치(102)는 본 실시형태에서 원료 가스로부터 연료 가스로서 개질 가스를 생성하는 수소 생성장치로 구성되어 있다. 원료 가스로서는 여기에서는 천연 가스가 이용된다.
- [0185] 연료 전지(101)의, 캐소드에 산화제 가스를 공급하기 위한 산화제 가스 입구(404)에는 산화제 가스 공급 유로(107)를 거쳐 산화제 가스 공급 장치(103)가 접속되어 있다. 산화제 가스 공급 장치(103)는 연료 전지(101)의 캐소드에 산화제 가스를 공급한다. 산화제 가스로서 여기에서는 공기가 이용된다. 산화제 가스 공급 장치(103)는, 본 실시형태에서 공기 블로어로 구성되어 있다. 연료 전지(101)의 애노드 및 캐소드에 공급된 연료 가스 및 산화제 가스는 여기에서 화학 반응하고, 이 화학 반응에 의해 전력 및 열(이하, 배출열이라고 한다)이 발생한다. 연료 전지(101)의, 애노드로부터 연료 가스를 배출하기 위한 연료 가스 출구(도 1에 도시하지 않음)에는 연료 가스 배출 유로(110)가 접속되어 있어, 상술한 화학 반응에 기여하지 않은 잉여 연료 가스는 애노드로부터 연료 가스 배출 유로(110)로 배출되어 적절히 처리된다. 예를 들면 연료 가스 배출 유로(110)로 배출

된 잉여 연료 가스는, 연료 가스 공급 장치(102)를 구성하는 수소 생성장치의 개질부 가열용 연료로 이용되거나, 전용 버너로 연소 처리되거나, 또는 적절히 회석하여 대기 중으로 방출된다.

[0186] 또한 연료 전지(101)의, 캐소드로부터 산화제 가스를 배출하기 위한 산화제 가스 출구(도 1에 도시하지 않음)에는 산화제 가스 배출 유로(111)가 접속되어 있어, 상술한 화학 반응에 기여하지 않은 잉여 산화제 가스는 캐소드로부터 산화제 가스 배출 유로(111)를 통해 대기 중으로 방출된다.

[0187] 한편, 이 연료 전지 발전 시스템(100)에는, 연료 전지(101)를 통과하도록 냉각 유체 순환 경로로서의 냉각수 순환 유로(112)가 형성되어 있다. 냉각수 순환 유로(112)에는 냉각 유체로서 물(이하, 냉각수라고 한다)이 순환된다. 한편 냉각 유체로서 예를 들면 부동액을 사용해도 된다. 냉각수 순환 유로(112)에는 방열기(105)와 순환 펌프(106)가 설치되어 있다. 이 냉각수 순환 유로(112), 방열기(105), 및 순환 펌프(106)가 냉각 시스템(104)을 구성하고 있다. 방열 장치(105)는, 연료 전지(101)로부터 냉각수에 전달된 열을 냉각수로부터 방출시키는 것이며, 예를 들면 냉각수로부터 배출열을 받아 이 배출열을 이용하는 배출열 이용 시스템, 또는 핀이 형성된 유로벽을 갖는 냉각수 유로와 상기 핀에 송풍하는 송풍기를 갖는 풍냉 장치 등으로 구성되어 있다. 이 냉각 시스템(104)에서는, 순환 펌프(106)에 의해 냉각수를, 냉각수 순환 유로(112)를 거쳐 도 1의 화살표 방향으로 순환시킴으로써 냉각수가 연료 전지(101)로부터 받은 배출열을 방열 장치(105)로 방출한다. 이에 따라 연료 전지(101)가 냉각된다. 이 경우, 방열 장치(105)에서 냉각수의 단위 유량당 방열량을 조정할 수 있고, 한편 냉각수 순환 펌프(106)에서 냉각수의 유량을 조정할 수 있다. 따라서 방열 장치(105) 및 냉각수 순환 펌프(106) 각각이 냉각수의 방열량을 결정할 수 있고, 이들 각각이 냉각수의 온도조절 수단으로서 기능한다.

[0188] 또한, 연료 전지 발전 시스템(100)은 애노드측 전열 교환기(117)와 캐소드측 전열 교환기(118)를 가지고 있다.

[0189] 애노드측 전열 교환기(117)는, 내부에 공급측 연료 가스 유로(117a), 배출측 연료 가스 유로(117b), 및 냉각수 유로(117c)가 형성되어 있다. 그리고 공급측 연료 가스 유로(117a)를 흐르는 가스와 배출측 연료 가스 유로(117b)를 흐르는 가스가 전열 교환이 가능하게 형성되어 있다. 구체적으로, 공급측 연료 가스 유로(117a)의 일부와 배출측 연료 가스 유로(117b)의 일부가 전열 교환막을 사이에 두고 인접하도록 형성되어 있다. 전열 교환막으로 예를 들면 연료 전지(101)에 이용되는 고체 고분자 전해질막이 이용된다. 또한 공급측 연료 가스 유로(117a)를 흐르는 전열 교환후의 가스가 냉각수 유로(117c)를 흐르는 냉각수와 전열 교환이 가능하게 형성되어 있다. 그리고 공급측 연료 가스 유로(117a)가 연료 가스 공급 유로(109)의 도중에 삽입되도록 상기 연료 가스 공급 유로(109)에 접속되고, 배출측 연료 가스 유로(117b)가 연료 가스 배출 유로(110)의 도중에 삽입되도록 상기 연료 가스 배출 유로(110)에 접속되어 있다. 또한 냉각수 순환 유로(112)는 일부가 2개의 분유로(分流路)(112a, 112b)(여기에서는 분유비(分流比) 1:1)로 구성되어 있으며, 냉각수 유로(117c)가 냉각수 순환 유로(112)의 한 쪽 분유로(112a)의 도중에 삽입되도록 상기 분유로(112a)에 접속되어 있다.

[0190] 이에 따라 연료 가스 공급 장치(102)로부터 유출된 연료 가스가, 애노드측 전열 교환기(117)에 있어서, 연료 전지(101)로부터 배출된 연료 가스에 의해 가습 및 가열되고, 또한 연료 전지(101)로부터 배출열을 받아 승온된 냉각수로 가습 및 가열되며, 이에 의해 소정의 후술하는 노점 환산 온도를 갖는 연료 가스가 된다. 그리고 이 소정의 노점 환산 온도를 갖는 연료 가스가 연료 전지(101)의 연료 가스 입구(403)를 거쳐 애노드에 공급된다.

[0191] 한편, 캐소드측 전열 교환기(118)는, 내부에 공급측 산화제 가스 유로(118a), 배출측 산화제 가스 유로(118b), 및 냉각수 유로(118c)가 형성되어 있다. 그리고 공급측 산화제 가스 유로(118a)를 흐르는 가스와 배출측 산화제 가스 유로(118b)를 흐르는 가스가 전열 교환이 가능하게 형성되어 있다. 구체적으로, 공급측 산화제 가스 유로(118a)의 일부와 배출측 산화제 가스 유로(118b)의 일부가 전열 교환막을 사이에 두고 인접하도록 형성되어 있다. 전열 교환막으로 예를 들면 연료 전지(101)에 이용되는 고체 고분자 전해질막이 이용된다. 또한 공급측 산화제 가스 유로(118a)를 흐르는 전열 교환후의 가스가 냉각수 유로(118c)를 흐르는 냉각수와 전열 교환이 가능하게 형성되어 있다. 그리고 공급측 산화제 가스 유로(118a)가 산화제 가스 공급 유로(107)의 도중에 삽입되도록 상기 산화제 가스 공급 유로(107)에 접속되고, 배출측 산화제 가스 유로(118b)가 산화제 가스 배출 유로(111)의 도중에 삽입되도록 상기 산화제 가스 배출 유로(111)에 접속되며, 냉각수 유로(118c)가 냉각수 순환 유로(112)의 다른 쪽 분유로(112b)의 도중에 삽입되도록 상기 분유로(112b)에 접속되어 있다.

[0192] 이에 따라 산화제 가스 공급 장치(103)로부터 유출된 산화제 가스가, 캐소드측 전열 교환기(118)에 있어서, 연료 전지(101)로부터 배출된 산화제 가스에 의해 가습 및 가열되고, 또한 연료 전지(101)로부터 배출열을 받아 승온된 냉각수로 가열되며, 이에 의해 소정의 후술하는 노점 환산 온도를 갖는 산화제 가스가 된다. 그리고 이 소정의 노점 환산 온도를 갖는 산화제 가스가 연료 전지(101)의 산화제 가스 입구(404)를 거쳐 캐소드에 공급된다.

- [0193] 여기에서, 도 1에 있어서, 연료 전지(101) 및 전열 교환기(117, 118)에서의 각 가스 및 냉각 유체의 흐름 방향은 단지 모식적으로 나타낸 것에 불과하며, 각 가스 및 냉각 유체 상호간의 흐름 방향의 관계(예를 들면 소위 평행류, 대향류 등)를 나타낸 것은 아니다. 이는 이후의 도 14 내지 도 17에 있어서도 마찬가지이다.
- [0194] 또한, 연료 전지 발전 시스템(100)은 입구 온도 센서(TS1)와 출구 온도 센서(TS2)와 제어 장치(108)를 구비하고 있다. 입구 온도 센서(TS1) 및 출구 온도 센서(TS2)는 여기에서는 서미스터로 각각 구성되며, 냉각수 순환 유로(112)의 연료 전지(101)(정확하게는 후술하는 셀 스택(1))의 입구(401) 및 출구(402)에 있어서의 냉각수 온도를 각각 검출하여, 그 검출치를 제어 장치(108)에 각각 입력한다. 제어 장치(108)는 마이크로컴퓨터 등의 연산 장치로 구성되며, 연료 전지 발전 시스템(100)의 필요 구성요소를 제어하여 상기 연료 전지 발전 시스템(100)의 동작을 제어한다. 여기에서, 본 명세서에서의 제어 장치란 단독 제어 장치뿐만 아니라, 복수의 제어 장치가 협력하여 제어하는 제어 장치 그룹도 의미한다. 따라서 제어 장치(108)는 반드시 단독 제어 장치로 구성될 필요가 없고, 복수의 제어 장치가 분산 배치되어 있고 그들이 협력하여 연료 전지 발전 시스템(100)의 동작을 제어하도록 구성되어도 된다.
- [0195] 제어 장치(108)는 구체적으로, 적어도 연료 가스 공급 장치(102), 산화제 가스 공급 장치(103), 방열 장치(105), 및 냉각수 순환 펌프(109)를 제어하고, 특히 입구 온도 센서(TS1) 및 출구 온도 센서(TS2)의 검출치에 기초하여 방열 장치(105) 및 냉각수 순환 펌프(109) 중 적어도 어느 하나를 제어하여, 냉각수 온도를 소정의 온도로 조정한다.
- [0196] 다음으로 연료 전지(101)의 구조를 자세히 설명한다.
- [0197] 도 2는 도 1의 연료 전지의 개략적인 구성을 나타낸 사시도, 도 3은 도 2의 III-III 평면에 따른 단면도이다.
- [0198] 도 2에 있어서는 연료 전지에 있어서의 상하 방향을 도면에 있어서의 상하 방향으로 나타내고 있다. 한편, 이것은 후술하는 도 4 내지 도 7에 있어서도 마찬가지이다.
- [0199] 도 2에 도시한 바와 같이 연료 전지(101)는 셀 스택(1)을 가지고 있다. 셀 스택(1)은, 판 형상의 전체형상을 갖는 셀(2)이 그 두께 방향으로 적층되어 이루어진 셀 적층체(201)와, 셀 적층체(201)의 양단에 배치된 제 1 및 제 2 단판(端板)(3A, 3B)과, 셀 적층체(201)와 제 1 및 제 2 단판(3A, 3B)을 셀(2)의 적층 방향에서 체결하는 도시되지 않은 체결구를 가지고 있다. 또한 제 1 및 제 2 단판(3A, 3B)에는 집전 단자가 각각 설치되어 있지만 그 도시를 생략한다. 판 형상의 셀(2)은 연직면에 평행하게 연장되어 있으며, 따라서 셀(2)의 적층 방향은 수평 방향으로 되어 있다.
- [0200] 셀 적층체(201)의 한 쪽 측부(이하, 제 1 측부라고 한다)의 상부에는 상기 셀 적층체(201)를 적층 방향으로 관통하도록 산화제 가스 공급 매니폴드(4)가 형성되어 있다. 산화제 가스 공급 매니폴드(4)의 일단은 제 1 단판(3A)에 형성된 관통 구멍에 연통되고, 이 관통 구멍의 외측 개구(산화제 가스 입구(404))에 도 1의 산화제 가스 공급로(107)를 구성하는 산화제 가스 공급 배관(51)이 접속되어 있다. 산화제 가스 공급 매니폴드(4)의 타단은 제 2 단판(3B)에 의해 폐쇄되어 있다. 또한 셀 적층체(201)의 다른 쪽 측부(이하, 제 2 측부)의 하부에는 상기 셀 적층체(201)를 적층 방향으로 관통하도록 산화제 가스 배출 매니폴드(7)가 형성되어 있다. 산화제 가스 공급 매니폴드(7)의 일단은 제 1 단판(3A)에 의해 폐쇄되어 있다. 산화제 가스 배출 매니폴드(7)의 타단은 제 2 단판(3B)에 형성된 관통 구멍에 연통되고, 이 관통 구멍의 외측 개구(산화제 가스 출구)에 도 1의 산화제 가스 배출로(111)를 구성하는 산화제 가스 배출 배관(52)이 접속되어 있다.
- [0201] 셀 적층체(201)의 제 2 측부의 상부에는 상기 셀 적층체(201)를 적층 방향으로 관통하도록 연료 가스 공급 매니폴드(5)가 형성되어 있다. 연료 가스 공급 매니폴드(5)의 일단은 제 1 단판(3A)에 형성된 관통 구멍에 연통되고, 이 관통 구멍의 외측 개구(연료 가스 입구(403))에 도 1의 연료 가스 공급로(109)를 구성하는 연료 가스 공급 배관(53)이 접속되어 있다. 연료 가스 공급 매니폴드(5)의 타단은 제 2 단판(3B)에 의해 폐쇄되어 있다.
- [0202] 또한 셀 적층체(201)의 제 1 측부의 하부에는 상기 셀 적층체(201)를 적층 방향으로 관통하도록 연료 가스 배출 매니폴드(6)가 형성되어 있다. 연료 가스 배출 매니폴드(6)의 일단은 제 1 단판(3A)에 의해 폐쇄되어 있다. 연료 가스 공급 매니폴드(5)의 타단은 제 2 단판(3B)에 형성된 관통 구멍에 연통되고, 이 관통 구멍의 외측 개구(연료 가스 출구)에 도 1의 연료 가스 배출로(110)를 구성하는 연료 가스 배출 배관(54)이 접속되어 있다.
- [0203] 산화제 가스 공급 매니폴드(4)의 상부 내측에는 셀 적층체(201)를 적층 방향으로 관통하도록 냉각수 공급 매니폴드(8)가 형성되어 있다. 냉각수 공급 매니폴드(8)의 일단은 제 1 단판(3A)에 형성된 관통 구멍에 연통되고, 이 관통 구멍의 외측 개구(냉각수 입구(401))에 냉각수 공급 배관(30)이 접속되어 있다. 냉각수 공급 배관(30)

0)은, 도 1의 냉각수 순환 유로(112)의, 순환 펌프(106)의 토출 포트(도시 생략)와 연료 전지(101)와의 사이 부분을 구성하고 있다. 냉각수 공급 매니폴드(8)의 타단은 제 2 단관(3B)에 의해 폐쇄되어 있다.

[0204] 또한 산화제 가스 배출 매니폴드(7)의 하부 내측에는 셀 적층체(201)를 적층 방향으로 관통하도록 냉각수 배출 매니폴드(9)가 형성되어 있다. 냉각수 배출 매니폴드(9)의 일단은 제 1 단관(3A)에 의해 폐쇄되어 있다. 냉각수 배출 매니폴드(9)의 타단은 제 2 단관(3B)에 형성된 관통 구멍에 연통되고, 이 관통 구멍의 외측 개구(냉각수 출구(402))에 냉각수 배출 배관(31)이 접속되어 있다. 냉각수 공급 배관(31)은, 도 1의 냉각수 순환 유로(112)의, 순환 펌프(106)의 흡입 포트와 연료 전지(101)와의 사이 부분을 구성하고 있다.

[0205] 도 3에 도시한 바와 같이 셀(2)은, 판 형상의 MEA(43)과, MA(43)의 양쪽 주면(主面)에 접촉하도록 배치된 캐소드측 세퍼레이터(10) 및 애노드측 세퍼레이터(20)로 구성되어 있다. 그리고 서로 인접하는 셀(2, 2)에 있어서, 한 쪽 셀(2)의 캐소드측 세퍼레이터(10)의 배면과 다른 쪽 셀(2)의 애노드측 세퍼레이터(20)의 배면이 접촉하도록 셀(2)이 적층되어 있다. MEA(43), 캐소드측 세퍼레이터(10), 및 애노드측 세퍼레이터(20)는 서로 같은 크기의 같은 형상(여기에서는 직사각형)으로 형성되어 있다. 그리고 MEA(43), 캐소드측 세퍼레이터(10), 및 애노드측 세퍼레이터(20)에는, 서로 대응하는 소정 장소에 이들을 두께 방향으로 관통하는, 산화제의 입구 매니폴드 구멍, 산화제의 출구 매니폴드 구멍, 연료의 입구 매니폴드 구멍, 연료의 출구 매니폴드 구멍, 냉각수의 입구 매니폴드 구멍, 및 냉각수의 출구 매니폴드 구멍이 형성되고, 모든 셀(2)에 있어서의 MEA(43), 캐소드측 세퍼레이터(10), 및 애노드측 세퍼레이터(20)의, 산화제의 입구 매니폴드 구멍, 산화제의 출구 매니폴드 구멍, 연료의 입구 매니폴드 구멍, 연료의 출구 매니폴드 구멍, 냉각수의 입구 매니폴드 구멍, 및 냉각수의 출구 매니폴드 구멍이, 각각 연결되어, 산화제공급 매니폴드(4), 산화제 배출 매니폴드(7), 연료 공급 매니폴드(5), 연료 배출 매니폴드(6), 냉각수 공급 매니폴드(8), 및 냉각수 배출 매니폴드(9)가 각각 형성되어 있다.

[0206] 캐소드측 세퍼레이터(10)의 정면 및 배면에는, 각각 산화제 가스 유로(17) 및 냉각수 유로(19)가 형성되어 있다. 산화제 가스 유로(17)는 후술하는 바와 같이, 산화제 가스의 입구 매니폴드 구멍과 산화제 가스의 출구 매니폴드 구멍을 접속하도록 형성되고, 냉각수 유로(19)는 후술하는 바와 같이, 냉각수의 입구 매니폴드 구멍과 냉각수의 출구 매니폴드 구멍을 접속하도록 형성되어 있다. 그리고 캐소드측 세퍼레이터(10)는 정면이 MEA(43)에 접촉하도록 배치되어 있다.

[0207] 애노드측 세퍼레이터(20)의 정면 및 배면에는, 각각 연료 가스 유로(28) 및 냉각수 유로(29)가 형성되어 있다. 연료 가스 유로(28)는 후술하는 바와 같이, 연료 가스의 입구 매니폴드 구멍과 연료 가스의 출구 매니폴드 구멍을 접속하도록 형성되고, 냉각수 유로(29)는 후술하는 바와 같이, 냉각수의 입구 매니폴드 구멍과 냉각수의 출구 매니폴드 구멍을 접속하도록 형성되어 있다. 그리고 애노드측 세퍼레이터(20)는 정면이 MEA(43)에 접촉하도록 배치되어 있다.

[0208] 각 유로(17, 19, 28, 29)는 캐소드측 세퍼레이터(10) 또는 애노드측 세퍼레이터(20)의 주면에 형성된 홈으로 구성되어 있다. 또한 각 유로(17, 19, 28, 29)는, 도 3에서 각각 2개의 유로로 구성되어 있지만, 복수의 유로로 구성되어도 된다. 또한 인접하는 캐소드측 세퍼레이터(10)의 냉각수 유로(19)와 애노드측 세퍼레이터(20)의 냉각수 유로(29)는, 셀(2)이 적층되었을 때 서로 합쳐지도록(접합하도록) 형성되어 있으며, 이 두개가 1개의 냉각수 유로를 형성하고 있다.

[0209] 또한, 캐소드측 세퍼레이터(10)의 배면 및 애노드측 세퍼레이터(20)의 배면에는, 냉각수의 입구 매니폴드 구멍 및 출구 매니폴드 구멍 및 냉각수 유로와, 산화제의 입구 매니폴드 구멍과, 산화제의 출구 매니폴드 구멍과, 연료의 입구 매니폴드 구멍과, 연료의 출구 매니폴드 구멍을, 각각 둘러싸도록 O링 수용 홈이 형성되며, 그 홈에 O링(47)이 각각 배치되어 있다. 이에 의해 상기 매니폴드 구멍 등이 서로 밀봉되어 있다.

[0210] MEA(43)는, 고분자 전해질막(41)과, 캐소드(42A)와, 애노드(42B)와, 한 쌍의 개스킷(46)을 가지고 있다. 그리고 고분자 전해질막(41)의 가장자리부 이외의 부분의 양면에 각각 캐소드(42A) 및 애노드(42B)가 형성되고, 고분자 전해질막(41)의 가장자리부의 양면에 캐소드(42A) 및 애노드(42B)를 각각 둘러싸도록 개스킷(46)이 배치되어 있다. 한 쌍의 개스킷(46), 캐소드(42A), 애노드(42B), 및 고분자 전해질막(41)은 서로 일체화되어 있다.

[0211] 고분자 전해질막(41)은, 수소 이온을 선택적으로 수송 가능한 재료로 구성되며, 여기에서는 퍼플루오로카본설론 산계 재료로 구성되어 있다. 캐소드(42A) 및 애노드(42B)는, 고분자 전해질막(41)의 서로 반대쪽 주면에 각각 형성된 촉매층(도시 생략)과 이 촉매층 위에 형성된 가스 확산층(도시 생략)으로 구성되어 있다. 촉매층은 백금계 금속촉매를 담지한 카본 분말로 주로 구성되어 있다. 가스 확산층은 통기성과 도전성을 갖는 부직포, 종이 등으로 구성되어 있다.

- [0212] 또한 캐소드(42A)와, 애노드(42B)와, 캐소드측 세퍼레이터(10)에 있어서의 산화제 가스 유로(17)가 형성된 영역 및 냉각수 유로(19)가 형성된 영역과, 애노드측 세퍼레이터(20)에 있어서의 연료 가스 유로(28)가 형성된 영역 및 냉각수 유로(29)가 형성된 영역은, 셀(2)의 적층 방향에서 보았을 때, 서로 실질적으로 전체적으로 겹쳐지도록 배치되어 있다.
- [0213] 다음으로 캐소드측 세퍼레이터 및 애노드측 세퍼레이터에 대해 자세히 설명한다.
- [0214] 도 4는 캐소드측 세퍼레이터의 정면도, 도 5는 그 배면도, 도 6은 애노드측 세퍼레이터의 정면도, 도 7은 그 배면도이다.
- [0215] 도 4에 도시한 바와 같이 캐소드측 세퍼레이터(10)는, 산화제 가스의 입구 매니폴드 구멍(11) 및 출구 매니폴드 구멍(13), 연료 가스의 입구 매니폴드 구멍(12) 및 출구 매니폴드 구멍(14), 및 냉각수의 입구 매니폴드 구멍(15) 및 출구 매니폴드 구멍(16)을 가진다. 세퍼레이터(10)는, 또한 캐소드와 대향하는 면에 매니폴드 구멍(11)과 (13)를 접속하는 가스 유로(17)를 가지고, 배면에는 냉각수의 매니폴드 구멍(15)과 (16)를 접속하는 유로(19)를 가진다.
- [0216] 도 4에 있어서, 산화제 가스의 입구 매니폴드 구멍(11)은 세퍼레이터(10)의 한 쪽 측부(도면 좌측의 측부: 이하, 제 1 측부라고 한다)의 상부에 마련되고, 출구 매니폴드 구멍(13)은 세퍼레이터(10)의 다른 쪽 측부(도면 우측의 측부: 이하, 제 2 측부라고 한다)의 하부에 마련되어 있다. 연료 가스의 입구 매니폴드 구멍(12)은 세퍼레이터(10)의 제 2 측부의 상부에 마련되고, 출구 매니폴드 구멍(14)은 세퍼레이터(10)의 제 1 측부의 하부에 마련되어 있다. 냉각수의 입구 매니폴드 구멍(15)은 산화제 가스의 입구 매니폴드 구멍(11)의 상부의 내측에 마련되고, 출구 매니폴드 구멍(16)은 산화제 가스의 출구 매니폴드 구멍(13)의 하부의 내측에 마련되어 있다. 산화제 가스의 입구 매니폴드 구멍(11) 및 출구 매니폴드 구멍(13), 연료 가스의 입구 매니폴드 구멍(12) 및 출구 매니폴드 구멍(14)은, 연직 방향으로 긴 구멍 형상으로 형성되어 있다. 또한 냉각수 매니폴드 구멍(15, 16)은 수평 방향으로 긴 구멍 형상으로 형성되어 있다.
- [0217] 산화제 가스 유로(17)는 본 실시형태에서 2개의 유로(유로 홈)로 구성되어 있다. 물론 임의의 수의 유로로 구성할 수 있다. 각 유로는, 수평 방향으로 연장되는 수평부(17a)와, 연직 방향으로 연장되는 연직부(17b)로 실질적으로 구성되어 있다. 구체적으로, 산화제 가스 유로(17)의 각 유로는, 산화제 가스의 입구 매니폴드 구멍(11)의 상부로부터 세퍼레이터(10)의 제 2 측부까지 수평으로 연장되고, 거기에서 아래쪽으로 소정 거리 연장되며, 거기에서 수평으로 세퍼레이터(10)의 제 1 측부까지 수평으로 연장되고, 거기에서 아래쪽으로 소정 거리 연장되어 있다. 그리고 거기에서, 상기 연장 패턴을 2회 반복하고, 그 도달점으로부터 산화제 가스의 출구 매니폴드 구멍(13)의 하부에 이르도록 수평으로 연장되어 있다. 그리고 각 유로의 수평으로 연장되는 부분이 수평부(17a)를 형성하고, 아래쪽으로 연장되는 부분이 연직부(17b)를 형성하고 있다. 이에 의해 산화제 가스 유로(17)에서는, 산화제 가스가 수평부(17a)와 연직부(17b)를 교대로 통과하도록 사행(蛇行)하면서 중력에 거스르지 않게 흐르며, 그 결과 플러딩이 억제된다.
- [0218] 한편 각 유로는, 여기에서는 수평부(17a)와 연직부(17b)로 구성되어 있지만, 가스의 흐름 방향을 향하여 수평 또는 내리막 구배(수직을 포함)가 되도록 형성되어 있으면 된다. 다만, 각 유로를 수평부(17a)와 연직부(17b)로 구성하면 산화제 가스 유로(17)를 고밀도로 형성할 수 있다.
- [0219] 도 5에 있어서, 냉각수 유로(19)는 2개의 유로(유로 홈)로 구성되어 있다. 각 유로는, 수평 방향으로 연장되는 수평부(19a)와 연직 방향으로 연장되는 연직부(19b)로 실질적으로 구성되어 있다. 구체적으로, 냉각수 유로(19)의 각 유로는, 냉각수의 입구 매니폴드 구멍(15)의, 산화제 가스의 입구 매니폴드 구멍(11)에 가까운 쪽의 단부로부터 소정 거리 아래쪽으로 연장되고, 거기에서 세퍼레이터(10)의 제 2 측부(도면 좌측의 측부)까지 수평으로 연장되며, 거기에서 아래쪽으로 소정 거리 연장되고, 거기에서 제 1 측부(도면 우측의 측부)까지 수평으로 연장되어 있다. 그리고 거기에서, 상기 연장 패턴을 2회 반 반복하고, 그 도달점으로부터 냉각수의 출구 매니폴드 구멍(16)의, 산화제 가스의 출구 매니폴드 구멍(13)에 가까운 쪽의 단부에 이르도록 아래쪽으로 연장되어 있다. 그리고 각 유로의 수평으로 연장되는 부분이 수평부(19a)를 형성하고, 아래쪽으로 연장되는 부분이 연직부(19b)를 형성하고 있다. 이에 의해 냉각수 유로(19)에서는, 냉각수가 수평부(19a)와 연직부(19b)를 교대로 통과하도록 사행하면서 중력에 거스르지 않고 흐른다.
- [0220] 그리고 여기에서 중요한 것은 이하의 부분이다. 즉, 냉각수의 입구 매니폴드 구멍(15)과 산화제 가스의 입구 매니폴드 구멍(11)이 근접하여 마련되고, 냉각수의 출구 매니폴드 구멍(16)과 산화제 가스의 출구 매니폴드 구멍(13)이 근접하여 마련되며, 또한 세퍼레이터(10)의 두께 방향에서 보았을 때, 냉각수 유로(18)가 산화제 가스

유로(17)와 실질적으로 겹치도록 형성되어 있어, 그 결과 냉각수와 산화제 가스가 세퍼레이터(10)를 사이에 두고 실질적으로 같은 방향으로 흐른다는 점이다. 이와 같이 구성함으로써, 세퍼레이터(10)의 두께 방향에서 보았을 때, 가장 상대습도가 낮아지는 산화제 가스 입구 부분과 냉각수의 입구 부분이 거의 일치하므로, 고분자 전해질막의 건조를 해소할 수 있고, 나아가서는 고분자 전해질막의 내구성을 향상시킬 수 있다.

[0221] 또한, 각 유로는 여기에서 수평부(19a)와 연직부(19b)로 실질적으로 구성되어 있지만, 냉각수의 흐름 방향을 향하여 수평 또는 내리막 구배가 되도록 형성되어 있으면 된다. 다만, 각 유로를 수평부(19a)와 연직부(19b)로 구성하면 냉각수 유로(19)를 고밀도로 형성할 수 있다.

[0222] 도 6에 도시한 바와 같이 애노드측 세퍼레이터(20)는, 산화제 가스의 입구 매니폴드 구멍(21) 및 출구 매니폴드 구멍(23), 연료 가스의 입구 매니폴드 구멍(22) 및 출구 매니폴드 구멍(24), 및 냉각수의 입구 매니폴드 구멍(25) 및 출구 매니폴드 구멍(26)을 가진다. 세퍼레이터(20)는, 또한 애노드와 대향하는 면에 매니폴드 구멍(22)과 (24)를 접속하는 가스 유로(28)를 가지고, 배면에는 냉각수의 매니폴드 구멍(25)과 (26)을 접속하는 유로(29)를 가진다.

[0223] 도 6에 있어서, 산화제 가스의 입구 매니폴드 구멍(21)은 세퍼레이터(20)의 한 쪽 측부(도면 우측의 측부: 이하, 제 1 측부라고 한다)의 상부에 마련되고, 출구 매니폴드 구멍(23)은 세퍼레이터(20)의 다른 쪽 측부(도면 좌측의 측부: 이하, 제 2 측부라고 한다)의 하부에 마련되어 있다. 연료 가스의 입구 매니폴드 구멍(22)은 세퍼레이터(20)의 제 2 측부의 상부에 마련되고, 출구 매니폴드 구멍(24)은 세퍼레이터(20)의 제 1 측부의 하부에 마련되어 있다. 냉각수의 입구 매니폴드 구멍(25)은 산화제 가스의 입구 매니폴드 구멍(21)의 상부의 내측에 마련되고, 출구 매니폴드 구멍(26)은 산화제 가스의 출구 매니폴드 구멍(23)의 하부의 내측에 마련되어 있다. 산화제 가스의 입구 매니폴드 구멍(21) 및 출구 매니폴드 구멍(23), 연료 가스의 입구 매니폴드 구멍(22) 및 출구 매니폴드 구멍(24)은, 연직 방향으로 긴 구멍 형상으로 형성되어 있다. 또한 냉각수 매니폴드 구멍(25, 26)은 수평 방향으로 긴 구멍 형상으로 형성되어 있다.

[0224] 연료 가스 유로(28)는 본 실시형태에서는 2개의 유로(유로 홈)로 구성되어 있다. 각 유로는, 수평 방향으로 연장되는 수평부(28a)와 연직 방향으로 연장되는 연직부(28b)로 실질적으로 구성되어 있다. 구체적으로, 연료 가스 유로(28)의 각 유로는, 연료 가스의 입구 매니폴드 구멍(22)의 상부로부터 세퍼레이터(20)의 제 1 측부까지 수평으로 연장되고, 거기에서 아래쪽으로 소정 거리 연장되며, 거기에서 수평으로 세퍼레이터(20)의 제 2 측부까지 수평으로 연장되고, 거기에서 아래쪽으로 소정 거리 연장되어 있다. 그리고 거기에서, 상기 연장 패턴을 2회 반복하고, 그 도달점으로부터 연료 가스의 출구 매니폴드 구멍(24)의 하부에 이르도록 수평으로 연장되어 있다. 그리고 각 유로의 수평으로 연장되는 부분이 수평부(28a)를 형성하고, 아래쪽으로 연장되는 부분이 연직부(28b)를 형성하고 있다. 이에 의해 연료 가스 유로(28)에서는, 연료 가스가 수평부(28a)와 연직부(28b)를 교대로 통과하도록 사행하면서 중력에 거스르지 않고 흐르며, 그 결과 플러딩이 억제된다.

[0225] 한편 각 유로는, 여기에서 수평부(28a)와 연직부(28b)로 실질적으로 구성되어 있지만, 가스의 흐름 방향을 향하여 수평 또는 내리막 구배(수직을 포함)가 되도록 형성되어 있으면 된다. 다만, 각 유로를 수평부(28a)와 연직부(28b)로 구성하면 연료 가스 유로(28)를 고밀도로 형성할 수 있다.

[0226] 도 7에 있어서 냉각수 유로(29)는, 도 5의 캐소드 세퍼레이터(10)의 배면에 형성된 냉각수 유로(19)와 도면에 있어서의 좌우가 반대가 되도록 형성되어 있다. 즉, 각 유로는, 수평 방향으로 연장되는 수평부(29a)와 연직 방향으로 연장되는 연직부(29b)로 실질적으로 구성되어 있다. 구체적으로, 냉각수 유로(29)의 각 유로는, 냉각수의 입구 매니폴드 구멍(25)의, 산화제 가스의 입구 매니폴드 구멍(21)에 가까운 쪽의 단부로부터 소정 거리 아래쪽으로 연장되고, 거기에서 세퍼레이터(20)의 제 2 측부(도면 우측의 측부)까지 수평으로 연장되며, 거기에서 아래쪽으로 소정 거리 연장되고, 거기에서 제 1 측부(도면 좌측의 측부)까지 수평으로 연장되어 있다. 그리고 거기에서, 상기 연장 패턴을 2회 반 반복하고, 그 도달점으로부터 냉각수의 출구 매니폴드 구멍(26)의, 산화제 가스의 출구 매니폴드 구멍(23)에 가까운 쪽의 단부에 이르도록 아래쪽으로 연장되어 있다. 그리고 각 유로의 수평으로 연장되는 부분이 수평부(29a)를 형성하고, 아래쪽으로 연장되는 부분이 연직부(29b)를 형성하고 있다. 이에 의해 냉각수 유로(29)에서는, 냉각수가 수평부(29a)와 연직부(29b)를 교대로 통과하도록 사행하면서 중력에 거스르지 않고 흐른다.

[0227] 그리고 여기에서 중요한 점은 이하의 부분이다. 즉, 냉각수의 입구 매니폴드 구멍(25)과 연료 가스의 입구 매니폴드 구멍(22)이 함께 세퍼레이터(20)의 상부에 마련되며, 냉각수의 출구 매니폴드 구멍(26)과 연료 가스의 출구 매니폴드 구멍(24)이 함께 세퍼레이터(20)의 하부에 마련되고, 또한 세퍼레이터(20)의 두께 방향에서 보았을 때, 냉각수 유로(29)가 연료 가스 유로(28)와 실질적으로 겹치도록 형성되어 있어, 그 결과 냉각수와 연료

가스는, 수평 방향에서는 세퍼레이터(20)를 사이에 두고 서로 반대 방향으로 흐르지만, 연직 방향에서는 전체적으로 함께 위에서 아래로 같은 방향으로 흐른다는 점이다. 이와 같이 구성함으로써, 가장 상대습도가 낮아지는 연료 가스 유로(28)의 상류 부분이, 세퍼레이터(20)의 연직 방향에 있어서, 냉각수의 입구 부분이 마련되어 가장 온도가 낮은 상부에 위치하므로, 고분자 전해질막의 건조 해소에 기여하고, 나아가서는 고분자 전해질막의 내구성 향상에 기여한다.

- [0228] 또한, 각 유로는 여기에서 수평부(29a)와 연직부(29b)로 실질적으로 구성되어 있지만, 냉각수의 흐름 방향을 향하여 수평 또는 내리막 구배가 되도록 형성되어 있으면 된다. 다만, 각 유로를 수평부(29a)와 연직부(29b)로 구성하면 냉각수 유로(29)를 고밀도로 형성할 수 있다.
- [0229] 상술한 바와 같이, 상기 캐소드측 세퍼레이터(10)와 애노드측 세퍼레이터(20)에 의해 MEA를 사이에 두고 셀이 구성된다. 따라서 인접하는 셀 간에는, 캐소드측 세퍼레이터(10)와 애노드측 세퍼레이터(20)가 이들 냉각수의 유로(19)와 (29)를 마주 보게 배치되어 냉각부가 구성된다. 복수 셀마다 냉각부를 마련하는 경우에는, 상기한 바와 같은 복합 세퍼레이터 대신에, 한 쪽 면이 캐소드측 세퍼레이터, 다른 쪽 면이 애노드측 세퍼레이터로서 작용하는 단일 세퍼레이터가 바람직하게 이용된다.
- [0230] 이상과 같이 구성된 연료 전지(101)에서는 연료 가스, 산화제 가스, 및 냉각수가 이하와 같이 흐른다.
- [0231] 도 1 내지 도 7에 있어서, 연료 가스는 연료 가스 공급 배관(43)을 통해 셀 스택(1)의 연료 가스 공급 매니폴드(5)에 공급된다. 이 공급된 연료 가스는, 연료 가스 공급 매니폴드(5)로부터 각 셀(2)의 입구 매니폴드 구멍(22)에 유입되어, 연료 가스 유로(28)를 흐른다. 그리고 이 사이에, 애노드(42B), 고분자 전해질막(41), 및 캐소드(42A)를 거쳐 산화제 가스와 반응하여 소비되고, 소비되지 않은 연료 가스는 출구 매니폴드 구멍(24)으로부터 연료 가스 배출 매니폴드(6)로 유출되고, 연료 가스 배출 배관(44)을 통해 셀 스택(1)으로부터 배출된다.
- [0232] 한편, 산화제 가스는 산화제 가스 공급 배관(41)을 통해 셀 스택(1)의 산화제 가스 공급 매니폴드(8)에 공급된다. 이 공급된 산화제 가스는, 산화제 가스 공급 매니폴드(4)로부터 각 셀(2)의 입구 매니폴드 구멍(11)에 유입되어, 산화제 가스 유로(17)를 흐른다. 그리고 이 사이에, 캐소드, 고분자 전해질막, 및 애노드를 거쳐 연료 가스와 반응하여 소비되고, 소비되지 않은 산화제 가스는 출구 매니폴드 구멍(13)으로부터 산화제 가스 배출 매니폴드(7)로 유출되며, 산화제 가스 배출 배관(42)을 통해 셀 스택(1)으로부터 배출된다.
- [0233] 또한 냉각수는 냉각수 공급 배관(30)을 통해 셀 스택(1)의 냉각수 공급 매니폴드(8)에 공급된다. 이 공급된 냉각수는, 냉각수 공급 매니폴드(8)로부터 각 셀(2)의 입구 매니폴드 구멍(15, 25)에 유입되어, 냉각수 유로(19, 29)를 흐른다. 그리고 이 사이에, 캐소드 세퍼레이터(10) 및 애노드 세퍼레이터(20)를 거쳐 캐소드 및 애노드를 냉각하는 동시에 이들로부터 열을 받아, 출구 매니폴드 구멍(16, 26)로부터 냉각수 배출 매니폴드(9)에 유출되고, 냉각수배출 배관(31)을 통해 셀 스택(1)으로부터 배출된다.
- [0234] 그리고 이 과정에서 연료 가스 및 산화제 가스는, 각각 연료 가스 유로(28) 및 산화제 가스 유로(17)를 중력에 거스르지 않도록 흐르며, 이에 의해 플러딩이 방지된다.
- [0235] 또한 각 세퍼레이터(10, 20)에 있어서, 냉각수의 입구 부근에, 상대습도가 가장 낮아지는, 연료 가스 유로(28) 또는 산화제 가스 유로(17)의 상류부가 위치하고 있기 때문에 고분자 전해질막의 건조가 방지된다.
- [0236] 다음으로 애노드측 전열 교환기(117) 및 캐소드측 전열 교환기(118)의 구성예를 설명한다.
- [0237] 도 8은 도 1의 애노드측 전열 교환기(117)를 구성하는 전열 교환 셀 스택의 구성을 나타낸 사시도, 도 9는 도 8의 IX-IX 평면에 따른 단면도이다.
- [0238] 도 2, 도 3, 도 8, 및 도 9에 도시한 바와 같이 애노드측 전열 교환기(117)는, 기본적으로 연료 전지(101)의 셀 스택(1)과 동일한 구성을 갖는 전열 교환 셀 스택(301)이 주요부를 구성하고 있으므로, 셀 스택(1)과 비교하면서 그 구조를 설명한다.
- [0239] 전열 교환 셀 스택(301)은, 판 형상의 전체 형상을 갖는 셀(202)이 그 두께 방향으로 적층되어 이루어진 셀 적층체(302)와, 셀 적층체(302)의 양단에 배치된 제 1 및 제 2 단판(203A, 203B)과, 셀 적층체(302)와 제 1 및 제 2 단판(203A, 203B)을 셀(202)의 적층 방향에서 체결하는 도시하지 않은 체결구를 가지고 있다.
- [0240] 셀 적층체(302)에는, 셀 스택(1)의 산화제 가스 공급 매니폴드(4), 산화제 가스 배출 매니폴드(5), 연료 가스 공급 매니폴드(7), 및 연료 가스 배출 매니폴드(6)에 각각 상당하는, 제 1 유체 공급 매니폴드(204), 제 1 유체 배출 매니폴드(207), 제 2 유체 공급 매니폴드(205), 및 제 2 유체 배출 매니폴드(206)가 형성되어 있다. 제 1

유체 공급 매니폴드(204) 및 제 2 유체 공급 매니폴드(205)는, 각각 단판(203A)에 마련된 관통 구멍을 거쳐 제 1 유체 공급 배관(251) 및 제 2 유체 공급 배관(253)에 접속되어 있다. 또한 제 1 유체 배출 매니폴드(207) 및 제 2 유체 배출 매니폴드(206)는, 각각 단판(203B)에 마련된 관통 구멍을 거쳐 제 1 유체 배출 배관(252) 및 제 2 유체 배출 배관(254)에 접속되어 있다. 한편, 셀 스택(1)과 달리 셀 적층체(302)에는 냉각수 공급 매니폴드 및 냉각수 배출 매니폴드는 설치되어 있지 않다.

[0241] 전열 교환 셀(202)은, 유사 MEA(243)와 이를 사이에 둔 제 1 세퍼레이터(210) 및 제 2 세퍼레이터(220)를 가지고 있다. 유사 MEA(243)는, 셀 스택(201)의 MEA(43)에 있어서 애노드(42B) 및 캐소드(42A)가 생략되어 있는 것 이외에는 셀 스택(201)의 MEA(43)와 동일하게 구성되어 있다. 따라서 유사 MEA(243)는 셀 스택(201)의 MEA(43)와 마찬가지로 개체 고분자막을 가지고 있다. 다만 유사 MEA(243)에서 고체 고분자막은 전열 교환막으로서 기능한다.

[0242] 제 1, 제 2 세퍼레이터(210, 220)는, 배면(외면)에 냉각수 유로가 형성되어 있지 않은 것 이외에는 셀 스택(201)의 캐소드측 세퍼레이터(10) 및 애노드측 세퍼레이터(20)와 동일하게 구성되어 있다. 따라서 제 1 세퍼레이터(210) 및 제 2 세퍼레이터(220)의 주연부에, 각각 제 1 유체의 입구 매니폴드 구멍(211, 221), 제 1 유체의 출구 매니폴드 구멍(도시 생략), 제 2 유체의 입구 매니폴드 구멍(212, 222), 제 2 유체의 출구 매니폴드 구멍(도시 생략)이 형성되어 있다. 제 1 유체의 입구 매니폴드 구멍(211, 221)과 제 2 유체의 입구 매니폴드 구멍(212, 222)은, 제 1 세퍼레이터(210) 및 제 2 세퍼레이터(220)의 상부의 서로 반대쪽 측부에 각각 형성되어 있다. 또한 제 1 유체의 출구 매니폴드 구멍과 제 2 유체의 출구 매니폴드 구멍은, 제 1 세퍼레이터(210) 및 제 2 세퍼레이터(220)의 하부의 서로 반대쪽 측부에, 제 1 유체의 출구 매니폴드 구멍이 제 2 유체의 입구 매니폴드 구멍(212, 222)의 아래쪽에 위치하고 또한 제 2 유체의 출구 매니폴드 구멍이 제 1 유체의 입구 매니폴드 구멍(211, 221)의 아래쪽에 위치하도록 각각 형성되어 있다. 그리고 제 1 세퍼레이터(210)의 정면(내면)에는, 캐소드측 세퍼레이터(10)와 마찬가지로, 제 1 유체의 유로(이하, 제 1 유체 유로라고 한다)(217)가 제 1 유체의 입구 매니폴드 구멍(211)과 제 1 유체의 출구 매니폴드 구멍을 접속하도록 형성되어 있다. 제 2 세퍼레이터(220)의 정면(내면)에는, 애노드측 세퍼레이터(20)와 마찬가지로, 제 2 유체의 유로(이하, 제 2 유체 유로라고 한다)(228)가 제 2 유체의 입구 매니폴드 구멍(221)과 제 2 유체의 출구 매니폴드 구멍을 접속하도록 형성되어 있다. 또한 유사 MEA(243)의 주연부에, 제 1 세퍼레이터(210) 및 제 2 세퍼레이터(220)의, 제 1 유체의 입구 매니폴드 구멍(211, 221), 제 1 유체의 출구 매니폴드 구멍(도시 생략), 제 2 유체의 입구 매니폴드 구멍(212, 222), 제 2 유체의 출구 매니폴드 구멍(도시 생략)에 각각 대응하도록, 제 1 유체의 입구 매니폴드 구멍(도시 생략), 제 1 유체의 출구 매니폴드 구멍(도시 생략), 제 2 유체의 입구 매니폴드 구멍(도시 생략), 제 2 유체의 출구 매니폴드 구멍(도시 생략)이 형성되어 있다.

[0243] 그리고 모든 전열 교환 셀(202)에 있어서의 유사 MEA(243), 제 1 세퍼레이터(210), 및 제 2 세퍼레이터(220)의, 제 1 유체의 입구 매니폴드 구멍, 제 1 유체의 출구 매니폴드 구멍, 제 2 유체의 입구 매니폴드 구멍, 제 2 유체의 출구 매니폴드 구멍이 각각 연결되고, 제 1 유체 공급 매니폴드(204), 제 1 유체 배출 매니폴드(207), 제 2 유체 공급 매니폴드(205), 제 2 유체 배출 매니폴드(206)가 각각 형성되어 있다. 한편, 제 1 세퍼레이터(210)와 제 2 세퍼레이터(220)를 하나의 세퍼레이터로 구성하여도 된다.

[0244] 그리고 애노드측 전열 교환기(117)는 이 전열 교환 셀 스택(301)으로 구성된 제 1 전열 교환 셀 스택(301A)과 제 2 전열 교환 셀 스택(301B)을 가지고 있다.

[0245] 제 1 전열 교환 셀 스택(301A)에서는, 제 1 유체 공급 매니폴드(204), 제 1 유체 유로(217), 및 제 1 유체 배출 매니폴드(207)가 애노드측 전열 교환기(117)의 공급측 연료 가스 유로(117a)의 상류측 부분을 구성하고, 제 2 유체 공급 매니폴드(206), 제 2 유체 유로(228), 및 제 2 유체 배출 매니폴드(205)가 애노드측 전열 교환기(117)의 배출측 연료 가스 유로(117b)를 구성하고 있다. 또한 제 1 유체 공급 배관(251)이 연료 가스 공급 유로(109)의 연료 가스 공급 장치(102) 측의 부분(109a)을 구성하고 있으며, 제 1 유체 배출 배관(252)은 이하에 말하는 제 2 전열 교환 셀 스택(301B)의 제 1 유체 공급 매니폴드(204)의 입구에 접속되어 있다. 또한 제 2 유체 공급 배관(254)이 연료 가스 배출 유로(110)의 연료 전지(101) 측의 부분(110a)을 구성하고, 제 2 유체 배출 배관(253)이 연료 가스 배출 유로(110)의 대기측의 부분(110b)을 구성하고 있다.

[0246] 또한 제 2 전열 교환 셀 스택(301B)에 있어서는, 제 1 유체 공급 매니폴드(204), 제 1 유체 유로(217), 및 제 1 유체 배출 매니폴드(207)가 애노드측 전열 교환기(117)의 공급측 연료 가스 유로(117a)의 하류측 부분을 구성하고, 제 2 유체 공급 매니폴드(206), 제 2 유체 유로(228), 및 제 2 유체 배출 매니폴드(205)가 애노드측 전열 교환기(117)의 냉각수 유로(117c)를 구성하고 있다. 또한 제 1 유체 공급 배관(251)이 제 1 전열 교환 셀 스택

의 제 1 유체 배출 배관(252)을 구성하고 있으며, 제 1 유체 배출 배관(252)은 연료 가스 공급 유로(109)의 연료 전지(101) 측의 부분(109b)을 구성하고 있다. 또한 제 2 유체 공급 배관(254)이 냉각수 순환 유로(112)의 분유로(112a)의 연료 전지(101) 측의 부분을 구성하고, 제 2 유체 배출 배관(253)이 냉각수 순환 유로(112)의 분유로(112a)의 방열 장치(105) 측의 부분을 구성하고 있다.

[0247] 이와 같이 구성된 애노드측 전열 교환기(117)에서는, 제 1 전열 교환 셀 스택(301A)에 있어서, 제 1 유체 매니폴드(204)에 연료 전지(101)에 공급되는 연료 가스(이하, 공급 연료 가스라고 한다)가 공급되고, 제 2 유체 매니폴드(206)에 연료 전지(101)로부터 배출된 연료 가스(이하, 배출 연료 가스라고 한다)가 공급된다. 그리고 각 전열 교환 셀(202)에 있어서, 제 1 유체 유로(217)를 흐르는 공급 연료 gas와 제 2 유체 유로(228)를 흐르는 배출 연료 gas가 고분자 전해질막(41)을 통해 전열 교환(열과 수분 쌍방의 교환)을 하고, 이에 의해 공급 연료 gas가 배출 연료 gas에 의해 가습 및 가열된다. 그리고 제 2 전열 교환 셀 스택(301B)에 있어서, 제 1 유체 매니폴드(204)에 제 1 전열 교환 스택에서 전열 교환된 공급 연료 gas가 공급되고, 제 2 유체 매니폴드(206)에 연료 전지(101)로부터 배출된 냉각수(이하, 배출 냉각수라고 한다)가 공급된다. 그리고 각 전열 교환 셀(202)에 있어서, 제 1 유체 유로(217)를 흐르는 공급 연료 gas와 제 2 유체 유로(228)를 흐르는 배출 냉각수가 고분자 전해질막(41)을 통해 전열 교환을 하고, 이에 의해 제 1 전열 교환 스택(301A)에서 전열 교환된 공급 연료 gas가 연료 전지(101)를 통과하여 승온된 배출 냉각수에 의해 또한 가습 및 가열된다. 그리고 이처럼 가습 및 가열된 공급 연료 gas가 연료 전지(101)에 공급된다.

[0248] 다음으로 캐소드측 전열 교환기(118)의 구성을 설명한다. 캐소드측 전열 교환기(118)는 애노드측 전열 교환기(117)와 기본적으로 동일한 구성을 가진다. 즉, 캐소드측 전열 교환기(118)는, 도 8 및 도 9에 도시된 전열 교환 셀 스택(301)으로 구성된 제 3 전열 교환 셀 스택(301C)과 제 4 전열 교환 셀 스택(301D)을 가지고 있다. 그리고 제 3 전열 교환 셀 스택(301C)에 있어서, 제 1 유체 공급 배관(251)이 산화제 가스 공급 유로(107)의 산화제 가스 공급 장치(103) 측의 부분(107a)을 구성하고 있으며, 제 1 유체 공급 매니폴드(204), 제 1 유체 유로(217), 및 제 1 유체 배출 매니폴드(207)가 캐소드측 전열 교환기(118)의 공급측 산화제 가스 유로(118a)의 상류측을 구성하고, 제 1 유체 배출 배관(252)은 제 4 전열 교환 셀 스택(301D)의 제 1 유체 공급 매니폴드(204)의 입구에 접속되어 있다. 또한 제 2 유체 공급 배관(254)이 산화제 가스 배출 유로(111)의 연료 전지(101) 측의 부분(111a)을 구성하고, 제 2 유체 공급 매니폴드(206), 제 2 유체 유로(228), 및 제 2 유체 배출 매니폴드(205)가 캐소드측 전열 교환기(118)의 배출측 산화제 가스 유로(118b)를 구성하며, 제 2 유체 배출 배관(254)이 산화제 가스 배출 유로(111)의 대기측의 부분(111b)을 구성하고 있다.

[0249] 또한 제 4 전열 교환 셀 스택(301D)에 있어서는, 제 1 유체 공급 매니폴드(204), 제 1 유체 유로(217), 및 제 1 유체 배출 매니폴드(207)가 캐소드측 전열 교환기(118)의 공급측 산화제 가스 유로(118a)의 하류측 부분을 구성하고, 제 2 유체 공급 매니폴드(206), 제 2 유체 유로(228), 및 제 2 유체 배출 매니폴드(205)가 캐소드측 전열 교환기(118)의 냉각수 유로(118c)를 구성하고 있다. 또한 제 1 유체 공급 배관(251)이 제 3 전열 교환 셀 스택(301C)의 제 1 유체 배출 배관(252)을 구성하고 있으며, 제 1 유체 배출 배관(252)은 산화제 가스 공급 유로(107)의 연료 전지(101) 측의 부분(107b)을 구성하고 있다. 또한 제 2 유체 공급 배관(254)이 냉각수 순환 유로(112)의 분유로(112b)의 연료 전지(101) 측의 부분을 구성하고, 제 2 유체 배출 배관(253)이 냉각수 순환 유로(112)의 분유로(112a)의 방열 장치(105) 측의 부분을 구성하고 있다.

[0250] 이와 같이 구성된 캐소드측 전열 교환기(118)에서는, 제 1 전열 교환 셀 스택(301C)에 있어서, 제 1 유체 매니폴드(204)에 연료 전지(101)에 공급되는 산화제 가스(이하, 공급 산화제 가스라고 한다)가 공급되고, 제 2 유체 매니폴드(206)에 연료 전지(101)로부터 배출된 산화제 가스(이하, 배출 산화제 가스라고 한다)가 공급된다. 그리고 각 전열 교환 셀(202)에 있어서, 제 1 유체 유로(217)를 흐르는 공급 산화제 gas와 제 2 유체 유로(228)를 흐르는 배출 산화제 gas가 고분자 전해질막(41)을 통해 전열 교환을 하고, 이에 의해 공급 산화제 gas가 배출 산화제 gas에 의해 가습 및 가열된다. 그리고 제 4 전열 교환 셀 스택(301D)에 있어서, 제 1 유체 매니폴드(204)에 제 3 전열 교환 스택에서 전열 교환된 공급 산화제 gas가 공급되고, 제 2 유체 매니폴드(206)에 연료 전지(101)로부터 배출된 배출 냉각수가 공급된다. 그리고 각 전열 교환 셀(202)에 있어서, 제 1 유체 유로(217)를 흐르는 공급 산화제 gas와 제 2 유체 유로(228)를 흐르는 배출 냉각수가 고분자 전해질막(41)을 통해 전열 교환을 하고, 이에 의해 제 3 전열 교환 스택에서 전열 교환된 공급 산화제 gas가 연료 전지(101)를 통과하여 승온된 배출 냉각수에 의해 또한 가습 및 가열된다. 그리고 이렇게 가습 및 가열된 공급 산화제 gas가 연료 전지(101)에 공급된다.

[0251] 한편, 이하의 설명에서는 공급 연료 gas와 공급 산화제 gas를 공급 반응 gas라고 총칭하고, 배출 연료 gas

와 배출 산화제 가스를 배출 반응 가스라고 총칭하는 경우가 있다.

[0252]

다음으로 본 발명의 특징적 구성에 대해 설명한다.

[0253]

도 1 내지 도 3에 있어서 본 발명의 포인트는 이하와 같다. 즉, 반응 가스가, 연료 전지(101)의 온도에 대해 그 상대습도가 100%(정확하게는 다음에 말하는 노점 환산 온도)이 되도록 가습하여 연료 전지(101)에 공급된다. 여기에서, 본 명세서에서는, 반응 가스의 전체 수분량을 노점으로 환산한 온도를 "노점 환산 온도"라고 한다. 이러한 개념을 도입한 것은, 반응 가스의 상대습도가 100%인 상태를 초과하여 반응 가스 중에 수분이 미스트 상태로 존재하는 상태도 포함시켜 반응 가스와 함께 존재하는 전체 수분량을 정의하기 위해서이다. 또한 본 명세서에 있어서는, 반응 가스 중에 열역학적으로 액상수가 존재할 수 있는 상태를 "과가습" 상태라고 하고, 반응 가스의 상대습도가 100%이고 또한 그 속에 열역학적으로 액상수가 존재할 수 없는 상태를 "완전가습" 상태라고 한다. 상기한 바와 같이 반응 가스를 가습함으로써, 연료 전지(101) 내부의, 발전을 위한 전기화학 반응(이하, 발전 반응이라고 한다)이 일어나는 영역이, 그 전체 영역에 걸쳐 상대습도가 100% 이상으로 가습된(완전가습 또는 과가습된) 분위기로 유지된다. 이에 의해 고분자 전해질막(41) 및 애노드(42B) 및 캐소드(42A) 중에 포함된 고분자 전해질의 화학적 열화가 방지되어 연료 전지(101)의 내구성이 향상된다. 또한 연료 전지의 고분자 전해질막으로는 퍼플루오로카본선폰산계 재료가 사용된다. 이 고분자 전해질막은 수분을 함유한 상태에서 이온 전도성을 발현하기 때문에, 연료 전지(101) 내부의 발전 반응이 일어나는 영역을, 그 전체 영역에 걸쳐 완전가습 또는 과가습이 되도록 가습된 분위기를 유지하기 위한 운전 방법을 연료 전지 발전 시스템(100)의 효율을 저하시키지 않는 방법으로 실현한다.

[0254]

<본 발명의 계기가 된 지견>

[0255]

그래서 본 발명자들은, 기본적으로 도 1 내지 도 7에 나타낸 구성을 가지고, 온도 측정용으로 특별히 가공한 세퍼레이터를 이용한 연료 전지를 제작하여 동작시켜, 실제로 발전 반응이 일어나는 영역의 온도 분포를 측정했다. 다만, 연료 가스 및 산화제 가스는 전열 교환기가 아니라 버블러를 이용하여 가습하였다. 여기에서 "발전 반응이 일어나는 영역"(이하, "발전 영역"이라고 부르는 경우가 있다)이란 애노드(42B) 및 캐소드(42A)를 말한다.

[0256]

도 10은 셀 스택의 온도 분포를 측정하기 위해 이용한 세퍼레이터의 구조를 나타낸 모식도이다. 도 10에 있어서, 캐소드측 세퍼레이터(10) 및 애노드측 세퍼레이터(20)는 셀의 두께 방향에서 보았을 때 투시적으로 나타나 있다. 또한 세퍼레이터(10, 20)의 각 유로(17, 19, 28, 29)는 복수의 유로를 하나의 선으로 하여 대표하도록 나타나 있다.

[0257]

도 10에 도시한 바와 같이 이 캐소드측 세퍼레이터(10) 및 애노드측 세퍼레이터(20)에는 주면에 평행하게 작은 구멍(200)이 형성되어 있다. 이 작은 구멍(200)은, 각 세퍼레이터(10, 20)의 단면으로부터 그 중심부를 향하여 연장되도록, 혹은 한 쪽 단면으로부터 반대쪽 단면에 중심을 통과하여 비스듬히 세퍼레이터(10, 20)를 관통하도록 형성되어 있다. 이 작은 구멍(200)에 열전대를 적당한 깊이로 삽입함으로써, 각 세퍼레이터(10, 20)의 5개의 위치 A 내지 E의 온도가 측정되었다. 측정 위치 C는 각 세퍼레이터(10, 20)의 평면에서 보았을 때의 중심이다. 측정 위치 A, B, D, E는, 각각 평면에서 보았을 때 각 세퍼레이터(10, 20)의 캐소드(42A) 및 애노드(42B)에 접치는 영역의, 산화제 가스의 입구 매니폴드 구멍(11)에 가까운 위치, 연료 가스의 입구 매니폴드 구멍(12)에 가까운 위치, 산화제 가스의 출구 매니폴드 구멍(13)에 가까운 위치, 연료 가스의 출구 매니폴드 구멍(14)에 가까운 위치이다. 또한 측정 위치 A 내지 E는, 세퍼레이터(10, 20)의 평면에서 보았을 때 냉각수 유로(19, 29)를 따라 그 상류에서 하류를 향하여 이 순서대로 위치하고 있다.

[0258]

이러한 온도 분포 측정의 결과, 본 발명자들은 이하의 사실을 발견했다.

[0259]

도 11은 1 셀마다 냉각했을 경우에 있어서의 셀 스택의 온도 분포의 일 측정예를 나타낸 그래프이다. 도 11에서 가로축은 셀 번호를 나타내고, 세로축은 셀 스택의 온도를 나타낸다. 또한 흑색 둥근형의 플롯은 도 10에 나타낸 세퍼레이터(10, 20)의 측정 위치 A에 있어서의 온도를, 흑색 마름모꼴의 플롯은 도 10에 나타낸 세퍼레이터(10, 20)의 측정 위치 B에 있어서의 온도를, 흑색 사각형의 플롯은 도 10에 나타낸 세퍼레이터(10, 20)의 측정 위치 C에 있어서의 온도를, 흑색 삼각형의 플롯은 도 10에 나타낸 세퍼레이터(10, 20)의 측정 위치 D에 있어서의 온도를, 백색 마름모꼴의 플롯은 도 10에 나타낸 세퍼레이터(10, 20)의 측정 위치 E에 있어서의 온도를 나타낸다. 셀 번호는, 셀 스택(1)에의 냉각수의 입구(도 2의 단판(3A)의 관통 구멍의 외측 개구)(401)에 가까운 셀(2)부터 순서대로 부여되어 있다. 도 11의 측정예(후술하는 도 27의 실험 번호 1)에서 셀 스택(1)의 셀 수는 40이다.

[0260] 도 11을 참조하면, 셀(2)에 있어서는 냉각수 유로(19, 29)를 따라, 또한 하류를 향하여 높아지도록 온도가 분포되어 있다. 이것은 당연한 것이다. 한편, 이 온도 측정에 있어서는, 셀 스택(1)에의 냉각수의 입구(401)에 있어서 60℃이 되도록 온도를 제어하여 냉각수가 셀 스택(1)에 공급되므로, 냉각수가 그 입구(401)로부터 셀 스택(1)에 유입되어 입구(401)에 가장 가까운 셀(2)(셀 번호 1)의 발전 반응이 일어나는 영역(애노드(42B) 및 캐소드(42A))(정확하게는 당해 영역의 세퍼레이터(10, 20)를 사이에 두고 대향하는 영역)에 도달할 때까지 이미 약 1℃ 온도가 상승하게 된다. 또한 셀(2) 사이에 있어서는 셀 번호가 커질수록 셀(2)의 온도가 높아진다. 즉, 셀 스택(1)에의 냉각수의 입구(401)로부터 멀어짐에 따라 셀(2)의 온도가 높아진다. 셀 스택(1)에의 냉각수의 입구(401)에 가장 가까운 셀(2)(셀 번호 1)과 두 번째로 먼 셀(2)(셀 번호 39)과의 온도차(이하, 셀 스택 양단간 온도차라고 한다)는 약 1℃이었다. 이들 현상은, 본 발명자들에게 예상외의 현상이며 새로운 지견이었다.

[0261] 도 2, 도 3, 및 도 10을 참조하면, 냉각수는, 셀 스택(1)에 공급된 후, 우선 냉각수 공급 매니폴드(8)에서, 소정 수의 셀마다(여기에서는 1 셀마다)에 마련된 냉각수 유로(19, 29)에 분배되며, 냉각수 유로(19, 29)를 흐른 후 냉각수 배출 매니폴드(9)에 모이고, 냉각수 배출 매니폴드(9)에서 셀 스택(1)의 외부로 배출된다. 이 과정에 있어서, 셀 스택(1)에 들어간 냉각수는, 일단 냉각수 공급 매니폴드(8)에 유입되고, 냉각수 공급 매니폴드(8)를 흐르는 사이에 연료 전지(101)(셀 스택(1))와 열 교환하기 때문에, 각 셀(2)에 냉각수가 도달한 시점에서 셀 스택(1)에의 입구(401)에 있어서의 온도보다 온도가 높아지는 것으로 생각된다. 또한 냉각수 공급 매니폴드(8)의 내부에 있어서도, 셀 스택(1)의 적층 방향에 있어서 냉각수의 상류측과 하류측이 존재하고, 냉각수가 냉각수 공급 매니폴드(8) 내를 상류에서 하류로 흐르는 사이에 셀 스택(1)과의 열 교환이 이루어지고, 그 결과 셀 스택(1)의, 냉각수 공급 매니폴드(8)의 상류 끝 근처 부분에 대해, 셀 스택(1)의, 냉각수 공급 매니폴드(8)의 하류 끝 근처 부분 쪽이 고온이 되는 것으로 생각된다. 또, 도 11에 있어서, 셀 스택(1)의 양단이 다른 부분보다 온도가 낮아져 있는 것은 단판의 방열에 의한 것이다. 이는 후술하는 도 12에 있어서도 동일하다.

[0262] 이상의 현상은, 냉각수의 셀 스택(1)에의 입구에 있어서의 온도(이하, 냉각수 입구 온도라고 한다)와, 셀 스택(1)에 공급되는 반응 가스의 노점 환산 온도가 동일할 경우, 발전 반응이 일어나는 영역에서는 셀 스택(1)의 온도가 냉각수 입구 온도보다 1℃ 정도 이상 높아지기 때문에, 반응 가스는 노점으로 환산하여 1℃ 정도는 건조상태가 되는 것을 의미한다. 따라서 실제로는, 반응 가스의 노점 환산 온도를 냉각수 입구 온도보다 적어도 1℃ 높게 하여 반응 가스를 공급하지 않으면, 셀 스택(1) 내의 발전 반응이 일어나는 모든 영역을, 완전가습 또는 과가습 분위기로 유지할 수 없다. 또한 셀(2) 간의 온도차를 고려하면, 반응 가스의 노점 환산 온도를 냉각수 입구 온도보다 적어도 2℃ 높게 하여 상기 반응 가스를 공급하는 것이 더욱 바람직하며, 그렇지 않으면 셀 스택(1)의 발전 반응이 일어나는 모든 영역을 완전가습 또는 과가습 분위기로 유지할 수 없다. 다만, 이 셀 스택 양단간 온도차는, 셀 스택(1)의 셀 수(N)에 의해 변화되므로 이를 고려하면, 반응 가스의 셀 스택(1)에의 입구에 있어서의 노점 환산 온도(이하, 입구 노점 환산 온도라고 하고, T1로 나타낸다)(T1)를 냉각수 입구 온도(이하, T2로 나타낸다)보다 $(1℃ + 0.02℃ \times (N - 1))$ 이상 높게 하는 것이 바람직하다. 이에 대해서는 나중에 자세히 설명한다.

[0263] 그런데, 애노드에서는 발전 반응에 의해 연료 가스가 소비되기 때문에, 연료 가스 유로(28)의 상류일수록 연료 가스의 전체량에 대한 수분량의 비율(이하, 연료 가스의 수분함유 비율이라고 한다)이 적고, 하류일수록 연료 가스의 수분함유 비율이 많아진다. 즉, 연료 가스의 노점 환산 온도는 연료 가스 유로(28)에 있어서 상류에서 하류를 향하여 높아진다. 한편, 캐소드에서도 발전 반응에 의해 물이 생성되기 때문에, 산화제 가스 유로(17)의 상류일수록 산화제 가스의 전체량에 대한 수분량의 비율(이하, 산화제 가스의 수분함유 비율이라고 한다)이 적고, 하류일수록 산화제 가스의 수분함유 비율이 많아진다. 즉, 산화제 가스의 노점 환산 온도는 산화제 가스 유로(18)에 있어서 상류에서 하류를 향하여 높아진다. 한편, 냉각수는 냉각수 입구에서 냉각수 출구를 향하여 흐를수록 셀 스택(1)과의 열 교환량이 많아지기 때문에, 각 셀(2)에서는 냉각수 입구에서 냉각수 출구를 향하여 고온이 되도록 온도 분포가 형성된다.

[0264] 그래서, 각 셀(2)(정확하게는 각 세퍼레이터(10, 20))에 있어서, 반응 가스(연료 가스 및 산화제 가스)의 전체량에 대한 수분량의 비율(이하, 반응 가스의 수분함유 비율이라고 한다)이 가장 낮은 반응 가스 유로(17, 28)의 최상류부와 냉각수의 온도가 가장 낮은 냉각수 유로(19, 29)의 최상류부를 그 두께 방향에서 보았을 때 대략 같은 위치에 위치시키고, 또한 반응 가스 수분함유 비율이 가장 높은 반응 가스 유로(17, 28)의 최하류부와 냉각수의 온도가 가장 높은 냉각수 유로(19, 29)의 최하류부를 그 두께 방향에서 보았을 때 대략 같은 위치에 위치시킴으로써, 셀(2)의 두께 방향에서 보았을 때, 냉각수 유로(19, 29)에 있어서의 최상류부 및 최하류부가, 각각 반응 가스 유로(17, 28)에 있어서의 노점 환산 온도가 가장 낮은 부분 및 노점 환산 온도가 가장 높은 부분이 된다. 그 결과 각 셀(2)에 있어서, 그 두께 방향에서 보았을 때, 대략 냉각수 유로(19, 29)의 최상류 끝에서

냉각수 유로(19, 29)의 최하류 끝을 향하여 온도가 높아지도록 온도 구배가 형성되는 한편, 반응 가스가 거시적으로(전체적으로) 냉각수 유로(19, 29)의 최상류부에서 최하류부를 향하여 흐른다. 따라서 반응 가스의 유로(17, 28)에 있어서, 반응 가스의 노점 환산 온도가 온도와 함께, 대략 최상류에서 최하류를 향하여 높아지도록 분포되고, 이에 의해 반응 가스의 상대습도가 그 유로(17, 28)에 있어서 대략 일정하게 유지된다. 따라서 반응 가스가, 이 셀(2)(정확하게는 각 세퍼레이터(10, 20))에의 입구(입구 매니폴드 구멍(11, 12)에 있어서, 완전가습 또는 과가습 조건(노점 환산 온도가 셀 스택(1)의 온도보다 높을 것)을 만족하면, 그 유로(17, 28)의 전체 길이에 걸쳐 완전가습 또는 과가습의 조건을 만족하게 되고, 셀 스택(1)의 발전 반응이 일어나는 모든 영역을 완전가습 또는 과가습 분위기로 유지하는 것이 가능해진다. 한편, 상술한 "반응 가스 유로(17, 28)의 최상류부와 냉각수 유로(19, 29)의 최상류부를 셀(2)의 두께 방향에서 보았을 때 대략 같은 위치에 위치시키고, 또한 반응 가스 유로(17, 28)의 최하류부와 냉각수 유로(19, 29)의 최하류부를 셀(2)의 두께 방향에서 보았을 때 대략 같은 위치에 위치시키는" 구성을 본 발명에서는 "반응 가스 온도높임 구배 배치"라고 한다.

[0265] 또한 본 실시형태와 같이, 연료 전지(101)의 배출열을 이용하여 공급 연료 가스 및 공급 산화제 가스를 가습 및 가열할 경우, 공급 연료 가스 및 공급 산화제 가스의 노점 환산 온도가 냉각수의 셀 스택(1)으로부터의 출구(도 2의 단판(3B)의 관통 구멍의 외측 개구)(402)의 온도(이하, 냉각수 출구 온도라고 한다)보다 높아지도록 가습 및 가열하는 것은 원리적으로 불가능하지만, 상술한 바와 같이 구성하면, 연료 전지(101)에 공급해야 할 반응 가스의 노점 환산 온도는, 냉각수 출구 온도보다 낮아도 되므로 연료 전지(101)의 배출열을 이용하여 공급 연료 가스 및 공급 산화제 가스를 가습 및 가열하는 것이 원리적으로 가능해진다.

[0266] 다만, 반응에 의해 생성되는 물의 양은 전류 밀도에 의해 결정되고, 셀 스택(1)의 출구에 있어서의 드라이가스 베이스의 연료 가스 및 산화제 가스의 유량은 연료 가스 이용률(Uf) 및 산화제 가스 이용률(Uo)에 의해 결정되기 때문에, (냉각수 출구 온도(T3))-(냉각수 입구 온도(T2))= ΔT 라고 하면, 전류 밀도, 연료 가스 이용률, 산화제 가스 이용률에 의해, ΔT 를 몇 도 이하로 하면 전극(애노드(42B) 및 캐소드(42A))면의 전체 영역(즉, 발전 반응이 일어나는 영역의 모든 영역)에서 완전가습 또는 과가습을 실현할 수 있을지가 산출된다. 실제로는, 애노드(42B)와 캐소드(42A) 사이에서는, 반응에 의한 프로톤 이동에 동반하여 애노드(42B)측에서 캐소드(42A)측으로 물이 이동하는 현상과, 역확산이라고 하는 생성수(生成水)가 캐소드(42A) 측에서 애노드(42B)측으로 이동하는 현상이 동시에 일어나기 때문에, 전류 밀도와, 연료 가스 이용률, 산화제 가스 이용률로부터 산출된 애노드(42B) 및 캐소드(42A)의 전체 수분량의 노점 환산 온도는 계산치에서 약간 괴리된다.

[0267] 그래서, 냉각수 입구 온도를 60℃로 설정하고, 연료 가스 공급 매니폴드(5) 및 산화제 가스 공급 매니폴드(4) 등에 있어서의 열 교환에 의한 온도 상승분을 감안하여, 연료 가스 및 산화제 가스를 모두 노점 환산 온도 64℃, 가스 온도 64℃(상대습도 100%)로 공급했을 경우, 연료 가스 및 산화제 가스의 셀 스택(1)의 출구에 있어서의 노점 환산 온도(이하, 출구 노점 환산 온도라고 한다)가 몇 도가 되는지를 측정했다. 그 결과, 수증기 개질 가스를 연료 가스로 하고, 전류 밀도가 0.2A/cm²이며, 연료 가스 이용률 Uf가 75%이고, 산화제 가스 이용률 Uo가 50%인 경우, 연료 가스 및 산화제 가스의 출구 노점 환산 온도는, 계산상으로는 연료 가스의 출구 노점 환산 온도가 75.8℃, 산화제 가스의 출구 노점 환산 온도가 73.6℃가 되는 것에 반해, 실제 측정에서는 연료 가스의 출구 노점 환산 온도가 79℃, 산화제 가스의 출구 노점 환산 온도가 72.5℃가 되었다. 따라서 ΔT 를 12.5℃ 이하로 하지 않으면, 전극면 내에서 전체면에 걸쳐 완전가습 또는 과가습으로 할 수 없게 되는 것으로 밝혀졌다.

[0268] 또한 상술한 연료 전지(101)에 있어서, 전류 밀도가 0.07A/cm²이며, 연료 가스 이용률 Uf가 70%이고, 또한 산화제 가스 이용률 Uo가 45%인 경우, 연료 가스 및 산화제 가스의 전체 수분량의 출구 노점 환산 온도는, 계산상으로는 연료 가스가 75.4℃, 산화제 가스가 73.1℃가 되는 것에 반해, 실제 측정에서는 연료 가스가 82℃, 산화제 가스가 71℃가 되었다. 따라서 이 경우에는, ΔT 를 11℃ 이하로 하지 않으면, 전극면을 전체면에 걸쳐 완전가습 또는 과가습할 수 없게 된다. 경향적으로는, 전류 밀도가 커질수록 연료 가스의 출구 노점 환산 온도와 산화제 가스의 출구 노점 환산 온도가 같아지는 방향으로 향하고, 연료 가스의 출구 노점 환산 온도와 산화제 가스의 출구 노점 환산 온도의 차이가 클수록 낮은 쪽의 출구 노점 환산 온도 이하의 온도로 냉각수 출구 온도를 낮출 필요가 있기 때문에 ΔT 를 크게 할 수 없게 된다. 이 때문에 연료 가스의 전체 수분량의 출구 노점 환산 온도와 산화제 가스의 전체 수분량의 출구 노점 환산 온도가 같아지는 것이 이상적인 것으로 밝혀졌다.

[0269] 또한 상술한 연료 전지(101)에 있어서, 냉각수 입구 온도를 66℃로 설정하고, 연료 가스 및 산화제 가스를 모두 노점 환산 온도 70℃(상대습도 100%)로 공급하고, 수증기 개질 가스를 연료로 하여, 전류 밀도가 0.7A/cm²이며, 연료이용률 Uf가 75%이고, 또한 산화제 가스 이용률 Uo가 50%인 경우, 계산상의 연료 가스 및 산화제 가스의 전

체 수분량의 출구 노점 환산 온도는 양쪽을 같아지게 했을 경우 약 79℃가 되었다. 따라서 이 경우에도 ΔT를 13℃ 이하로 하지 않으면, 전극면 내를 전체면에 걸쳐 완전가습 또는 과가습으로 할 수 없게 되는 것으로 밝혀졌다. 또한 이 때 산화제 가스 이용률 U_o를 크게 함으로써 출구 노점 환산 온도를 상승시킬 수 있지만, 상술한 조건과 같은 조건에 있어서, 산화제 가스 이용률 U_o를 60%로 했을 경우에는 출구 노점 환산 온도가 약 80℃가 되고, 산화제 가스 이용률 U_o를 70%로 했을 경우에도 출구 노점 환산 온도가 약 81℃가 되며, 이 경우에도 ΔT를 15℃ 이하로 할 필요가 있는 것으로 밝혀졌다.

[0270] 본 실시형태와 같이, 연료 전지 발전 시스템(100)에 있어서 연료 전지(101)의 배출열을 효과적으로 이용하여 반응 가스를 가습 및 가열하여 공급할 경우, 냉각수 출구 온도보다 높은 노점 환산 온도로 반응 가스를 가습 및 가열하는 것은 원리적으로 불가능하기 때문에, 상술한 지점에 기초하여 냉각수 입구 온도보다 2℃ 이상 높은 노점 환산 온도를 갖는 반응 가스를 공급하기 위해서는, ΔT를 가능한 크게 하는 것이 반응 가스의 가습 및 가열의 용이성의 관점에서는 유리하다. 그러나 상술한 바와 같이 전극면 내를 전체면에 걸쳐 완전가습 또는 과가습으로 하기 위해서는, ΔT에 한계가 존재하고, 실제 연료 전지 발전 시스템(100)에 있어서의 온도 제어의 온도 변동폭(예를 들면 ±2℃) 등도 고려하여, 어떤 경우에도 전극면을 전체면에 걸쳐 완전가습 또는 과가습으로 하기 위해서는, 현실적으로는 ΔT를 10℃ 정도 이하로 억제하는 것이 바람직한 것으로 밝혀졌다.

[0271] 또한 연료 전지 발전 시스템(100)에 있어서, 연료 전지(101)의 배출열을 효과적으로 이용하여 연료 전지(101)에 공급되는 반응 가스를 가습 및 가열할 경우, 반응 가스의 유로를 상술한 "반응 가스 온도높임 구배 배치"로 하고, 또한 일정한 조건(가습 및 가열전의 반응 가스 온도, 열 교환 효율 등)을 만족시킴으로써, 냉각수 출구 온도를 T3이라고 하면, T2 ≤ T1 ≤ T3이 되는 것을 알아냈다.

[0272] 여기에서, 반응 가스의 셀 스택(1)로부터의 출구에 있어서의 노점 환산 온도(이하, 출구 노점 환산 온도라고 한다)를 T4라고 하면, 반응 가스의 셀 스택(1)의 출구에 있어서의 온도는 거의 냉각수 출구 온도(T3)와 같아지기 때문에, T4-T3에 상당하는 수분은 결로수로서 배출된다. 이 때문에 공급 반응 가스와 배출 반응 가스의 전열 교환에 의해서만 공급 반응 가스를 가습 및 가열할 경우, 공급 반응 가스의 가습 및 가열을 효율적으로 행하기 위해서는, 결로수를 증발시켜 가습에 이용하기 위한 잠열에 상당하는 열이 여분으로 필요하다. 이 경우, 셀 스택(1)으로부터 배출되는 냉각수(배출 냉각수)가 유지하는 열을 잠열 상당분의 열원으로 이용하면 보다 효율적으로 전열 교환할 수 있다는 것을 본 발명자들이 생각해 냈다.

[0273] 한편, 이처럼 배출 냉각수가 유지하는 열을 이용하지 않고 단지 공급 반응 가스와 배출 반응 가스의 전열 교환에 의해서만 공급 반응 가스를 가습 및 가열하면(후술하는 실시형태 4에 상당), 전열 교환기를 크게 하면 효율은 높아지지만, 실용적인 범위의 전열 교환기의 경우, 열 교환 가능한, 냉각수의 출구 온도(T3)와 반응 가스의 입구 노점 환산 온도(T1)의 온도차(이하, 열 교환가능 온도차라고 한다)는 T3-T1 ≥ 4℃ 정도가 거의 한계인 것을 알아냈다.

[0274] 또한 냉각 유체가 물인 경우, 공급 반응 가스와 배출 냉각수를 직접 전열 교환하는(후술하는 실시형태 3에 상당) 것도 가능하지만, 이 경우에도 열 교환가능 온도차는 T3-T1 ≥ 2℃ 정도가 한계인 것을 알아냈다.

[0275] 또한 공급 반응 가스와 배출 반응 가스를 전열 교환하는 동시에 배출 냉각수가 유지하는 열을 잠열 상당분의 열원으로 이용하여 공급 반응 가스를 가습 및 가열할 경우에(본 실시형태 2에 상당)도, 열 교환가능 온도차는 T3-T1 ≥ 2℃ 정도가 한계인 것을 알아냈다.

[0276] 또한 공급 반응 가스와 배출 반응 가스를 전열 교환에 의해 가습 및 가열하고, 또한 이 가습 및 가열한 공급 반응 가스와 배출 냉각수를 전열 교환하면(본 실시형태에 상당), 열 교환가능 온도차는 T3-T1 ≥ 1℃ 정도까지 한계치를 향상시킬 수 있다는 것을 알아냈다.

[0277] 따라서 연료 전지(101)의 배출열을 효과적으로 이용하여 연료 전지(101)에 공급되는 반응 가스를 가습 및 가열할 경우에는, T2 ≤ T1 ≤ T3, T3-T2 ≤ 10℃, T1-T2 ≥ 2℃, T3-T1 ≥ 1℃의 모든 운전 조건을 만족하는 것이 바람직한 것으로 밝혀졌다.

[0278] 그리고 이 지점을 더 보충한다.

[0279] 반응 가스를 연료 전지(101)의 배출열을 이용하여 가습 및 가열할 경우, 연료 전지 발전 시스템에 의해 최적의 방식을 선택할 필요가 있다. 예를 들면 코제너레이션 시스템과 같이 가능한 양질의 열을 급탕 시스템 등에 이용하고 싶을 경우에는, 공급 반응 가스와 배출 냉각수와의 단순한 전열 교환에 의해 공급 반응 가스를 가습 및 가열하는 방식으로는, 냉각수의 열의 질이 악화되기 때문에 공급 반응 가스와 배출 반응 가스를 전열 교환하는 동시에 이 전열 교환후의 공급 반응 가스를 배출 냉각수와 더 전열 교환하는 방식을 선택하는 것이 바람직하다.

또한 냉각 매체가 물 이외(예를 들면 부동액)인 경우에는, 배출 냉각 매체와 공급 반응 가스를 직접 전열 교환할 수 없기 때문에, 공급 반응 가스와 배출 반응 가스를 전열 교환하는 동시에 이 전열 교환후의 공급 반응 가스를 배출 냉각수와 단순한 열 교환을 더 실시하는 방식을 선택하는 것이 바람직하다.

[0280] 한편 별도로 검토한 결과, 공급 연료 가스에 대해서는, 공급 연료 가스가 수증기 개질 가스인 경우처럼 미리 어느 정도의 수분을 함유하고 있을 경우에는, 기본적으로는 배출 연료 가스와의 전열 교환만으로 충분하지만, 경우에 따라서는 전열 교환후의 공급 연료 가스를 배출 냉각수와 단지 더 열 교환하여, 배출 냉각수의 열만을 잠열분으로 효과적으로 이용함으로써 더욱 더 높은 노점 환산 온도의 연료 가스를 공급하는 것이 가능하다는 것을 알아냈다.

[0281] 다음으로 별도의 관점에 의한 지견에 대해 설명한다.

[0282] 발전 반응이 일어나는 전체 영역에서 완전가습 또는 과가습 분위기를 유지하면 플러딩이 발생할 우려가 커진다. 그래서 반응 가스가 증력에 거스르지 않고 흐르도록 그 유로를 형성함으로써, 생성수나 결로수의 배출에 증력을 효과적으로 이용할 수 있으며, 그 결과 플러딩을 억제할 수 있는 것으로 밝혀졌다.

[0283] 또한 고분자 전해질막(41)의 유리전이온도가 약 90℃이므로, 고분자 전해질막(41)의 내구성, 내크리프성 등을 고려하면 냉각수 출구 온도(T3)는 90℃ 이하인 것이 바람직하고, 또한 내구 시험 결과에서 냉각수 출구 온도(T3)는 80℃ 이하인 것이 더 바람직한 것으로 밝혀졌다.

[0284] 또한 연료 전지 발전 시스템(100)을 가정용 코제너레이션 시스템으로 이용할 경우에는, 공급 반응 가스를 가열하는 열원은 고온일수록 바람직하지만, 내구성, 특히 고분자 전해질막(41)의 내구성 열화의 관점에서는 0℃ 이상이면서도 또한 가능한 저온인 것이 바람직하다. 또한 코제너레이션 시스템을 급탕 시스템으로 열 이용할 경우에는, 온수저장 탱크 내에 있어서의 레지오넬라균 등의 번식을 방지하는 관점에서 저장온수 온도는 60℃ 이상인 것이 바람직하다. 또한, 급탕수를 냉각수와 열 교환함으로써 60℃의 저장온수 온도를 얻기 위해서는 냉각수가 약 63℃일 필요가 있지만, 이 냉각수는 반응 가스와 전열 교환 또는 열 교환하여 온도가 내려가므로, 냉각수 출구 온도(T3)로는 약 3℃ 더 높을 필요가 있으며, 이 점에서 냉각수 출구 온도(T3)는 66℃ 이상인 것이 바람직하다.

[0285] 또한, 연료 가스로서 수증기 개질 가스를 이용할 경우에는, 애노드의 촉매의 내CO 피독 특성의 관점에서, 연료 가스의 노점 환산 온도(T1)는 50℃ 이상인 것이 바람직하다.

[0286] 이상의 지견은 1 셀마다 냉각할 경우에 관한 것이지만, 발명자들은 2 셀마다 냉각할 경우에 대해서도 별도로 검토하였다.

[0287] 도 12는 2 셀마다 냉각한 경우에 있어서의 셀 스택의 온도 분포의 한 측정예를 나타낸 그래프이다. 도 12에서 가로축은 셀 번호를 나타내고 세로축은 셀 스택의 온도를 나타낸다. 셀 스택의 온도 측정은 상술한 1 셀마다 냉각할 경우와 동일하게 실시하였다. 이 검토 결과, 2 셀마다 냉각할 경우에, 전류 밀도가 0.1A/cm² 내지 0.3A/cm² 정도이면 셀 스택 양단간 온도차가 2℃ 정도였지만, 0.3A/cm² 이상의 전류 밀도에서는 온도 분포가 더 커지고, 0.5A/cm²에서는 도 12에 도시한 바와 같이 약 4℃, 1.0A/cm²에서는 약 6℃의 적층 방향에서의 온도 분포가 발생하는 것으로 밝혀졌다. 이 때문에 0.1A/cm² 내지 0.3A/cm² 정도의 전류 밀도 범위에서 연료 전지(101)를 사용했다고 하여도 2 셀마다 냉각하면, 냉각 유체 입구 온도에 대해 약 4℃ 이상 높은 노점 환산 온도의 공급 가스를 공급하지 않으면, 발전 반응이 일어나는 영역의 전체 영역을 완전가습 또는 과가습 분위기로 유지할 수 없는 것으로 밝혀졌다. 한편, 셀 스택 양단간 온도차는 셀 스택(1)의 셀 수(N)에 의해 변화되므로 이를 고려하면, 반응 가스의 노점 환산 온도(T1)를 냉각수 입구 온도보다 (3℃+0.02℃×(N-1)) 이상 높게 하는 것이 바람직하다. 이에 대해서는 이하에서 자세히 설명한다.

[0288] <반응 가스의 바람직한 노점 환산 온도(T1)에 대한 검토>

[0289] 우선, 1 셀마다 냉각할 경우에 대해 검토한다.

[0290] 상기에서는 1 셀마다 냉각할 경우에 노점 환산 온도(T1)는 냉각수 입구 온도(T2)+(1℃+0.02℃×(N-1)) 이상인 것이 바람직하다고 말했는데, 이에 대해 데이터를 보충하여 자세히 검토한다.

[0291] 도 20은 1 셀마다 냉각했을 경우에 있어서의 셀 스택의 온도 분포의 다른 측정예를 나타낸 그래프이다.

[0292] 도 20의 측정예는 셀 스택(1)의 셀 수가 66인 것 이외에는 도 11의 측정예와 동일하다. 한편, 셀 스택(1)의 중

간 정도의 셀의 온도가 표시되어 있지 않는데, 이는 당해 셀의 온도가 셀 스택(1)의 양단부의 셀의 온도와 동일한 경향을 나타내므로 측정을 생략한 것이다.

- [0293] 이들 측정예에 있어서의 측정 조건(실험 조건)은 아래와 같다.
- [0294] 이들 측정예에 있어서, 냉각수 입구 온도(T2)는 60℃, 냉각수 출구 온도(T3)는 68℃, 냉각수 입구 온도(T2)와 냉각수 출구 온도(T3)의 차(ΔT)는 8℃이다.
- [0295] 또한 연료 가스의 이용률 U_f 는 75%, 산화제 가스의 이용률 U_o 는 40%이다.
- [0296] 또한 산화제 가스 유로(17)의 각 유로(유로 홈)의 상당 직경은 0.99mm이며, 연료 가스 유로(28)의 각 유로(유로 홈)의 상당 직경은 0.99mm이다.
- [0297] 연료 가스의 유로 출구에 있어서의 유속은 4.4m/s, 산화제 가스의 유로 출구에 있어서의 유속은 4.5m/s이다.
- [0298] 산화제 가스 유로(17)에 있어서의 압력 손실은 4kPa, 연료 가스 유로(28)에 있어서의 압력 손실은 6kPa이다.
- [0299] 다음으로 노점 환산 온도(T1)가 만족시켜야 할 조건식에 대해 검토한다.
- [0300] 도 11 및 도 20에 있어서, 측정 위치 A 및 측정 위치 B에 있어서의 온도(단위 ℃) T는, 냉각수 입구 온도(T2) (이들 측정예에서는 60℃)를 기준으로 하면, 셀 수(N)에 관해, $T=X^{\circ}C+Y^{\circ}C \times (N-1)$ 라는 직선에 근사할 수 있다.
- [0301] 또한, 셀 스택 양단간 온도차는, 냉각수 출구 온도(T3)와 냉각수 입구 온도(T2)와의 차(ΔT)에 비례하고, 또한 이들 측정예에서 $\Delta T=8^{\circ}C$ 이므로 이를 고려하면,
- [0302] $T=X^{\circ}C+Y^{\circ}C \times (N-1) \times \Delta T/8^{\circ}C$ 라는 직선에 근사할 수 있다.
- [0303] 따라서 노점 환산 온도(T1)가 만족시켜야 할 조건식은,
- [0304] $T1 \geq T2+(X^{\circ}C+Y^{\circ}C \times (N-1) \times \Delta T/8^{\circ}C)$ 가 된다.
- [0305] 이 직선 근사식은 측정 데이터를 통계적으로 처리함으로써 얻을 수 있다. 이 통계적 수법으로, 예를 들면 회귀 법, 최소자승법 등을 들 수 있다. 여기에서는 최소자승법에 의해 처리하였다.
- [0306] 그리고 이 조건식에 있어서의 정수 X 및 계수 Y의 수치를 도 11 및 도 20의 측정예에서 구하였다.
- [0307] 도 27은 1 셀마다 냉각했을 경우에 있어서의 노점 환산 온도(T1)가 만족시켜야 할 조건식의 정수 X 및 계수 Y의 수치를 전류 밀도와 함께 나타낸 표이다.
- [0308] 도 27에 있어서, "캐소드"는 정수 X 및 계수 Y가 측정 위치 A에 있어서의 측정 데이터에 관한 것을 나타내고, "애노드"는 정수 X 및 계수 Y가 측정 위치 B에 있어서의 측정 데이터에 관한 것을 나타내고 있다. 측정 위치 A는 산화제 가스 유로의 입구 부분에 상당하는 위치이며, 측정 위치 B는 연료 가스 유로의 입구 부분에 상당하는 위치이다. 그리고 본 실시형태(본 측정예)에서는, 셀(2)의 적층 방향에서 보았을 때, 셀 스택(1)의 상반분(한 쪽 절반)의 주연부에, 산화제 가스 공급 매니폴드(4), 연료 가스 공급 매니폴드(5), 및 냉각 유체 공급 매니폴드(8)가 형성되고, 또한 셀 스택(1)의 하반분(다른 쪽 절반)의 주연부에, 산화제 가스 배출 매니폴드(7), 연료 가스 배출 매니폴드(6), 및 냉각 유체 배출 매니폴드(9)가 형성되어 있다. 그리고 냉각 유체 공급 매니폴드(8)에 대해, 연료 가스 공급 매니폴드(5) 및 산화제 가스 공급 매니폴드(4) 중 산화제 가스 공급 매니폴드(4) 쪽이 가까우며, 연료 가스 공급 매니폴드(5) 쪽이 멀리 배치되어 있다(도 2 참조). 이 때문에 산화제 가스 유로의 입구 부분에 상당하는 측정 위치 A의 온도가, 연료 가스 유로의 입구 부분에 상당하는 측정 위치 B의 온도보다 높다. 따라서 이렇게 양자를 구별하여 정수 X 및 계수 Y의 수치를 구함으로써, 산화제 가스 및 연료 가스 각각에 대해 노점 환산 온도(T1)가 만족시켜야 할 조건식을 적절하게 설정할 수 있다.
- [0309] 이들 측정예에서는, 산화제 가스(캐소드)에 대해, X가 1.0 내지 1.5 범위의 수치이고, Y가 0.02 내지 0.027 범위의 수치이며, 연료 가스(애노드)에 대해, X가 2.0 내지 2.5이고, Y가 0.02 내지 0.023이다. 따라서 반응 가스(산화제 가스 또는 연료 가스)에 대해서는, X가 1.0 내지 2.5 범위의 수치이며, Y가 0.02 내지 0.027 범위의 수치이다.
- [0310] 이들 측정예에서는, 2개의 측정예에 있어서의 전류 밀도가 모두 $0.160A/cm^2$ (정격)이므로, 정수 X 및 계수 Y의 전류 밀도에의 의존성에 대해서는 확인할 수 없었다. 또한, 정수 X 및 계수 Y의 셀 수(N)에의 의존성은 이론상으로도 측정 데이터상으로도 존재하지 않는다고 생각된다. 이는 후술하는 2 셀마다 냉각할 경우에 있어서도 마찬가지라고 생각된다.

- [0311] 다음으로 2 셀마다 냉각할 경우에 대해 검토한다.
- [0312] 상기에서는, 2 셀마다 냉각할 경우에 노점 환산 온도(T1)는 냉각수 입구 온도(T2)+(3℃+0.02℃×(N-1)) 이상인 것이 바람직하다고 말했는데 이에 대해 데이터를 보충하여 자세히 검토한다.
- [0313] 도 21 내지 도 26은 2 셀마다 냉각했을 경우에 있어서의 셀 스택의 온도 분포의 다른 측정예를 나타낸 그래프이다.
- [0314] 도 21 내지 도 26은, 각각 전류 밀도가 0.300A/cm²인 경우, 전류 밀도가 0.250A/cm²인 경우, 전류 밀도가 0.160A/cm²(정격)인 경우, 전류 밀도가 0.116A/cm²인 경우, 전류 밀도가 0.078A/cm²인 경우, 및 전류 밀도가 0.050A/cm²인 경우의 측정예를 나타낸다.
- [0315] 이들 측정예는 모두 셀 스택(1)의 셀 수가 54인 것 이외에는 도 12의 측정예와 동일하다. 한편, 셀 스택(1)의 중간 정도의 셀의 온도가 표시되어 있지 않는데, 이는 당해 셀의 온도가 셀 스택(1)의 양단부의 셀의 온도와 동일한 경향을 나타내므로 측정을 생략한 것이다.
- [0316] 다만, 이들 측정예에서 셀 번호는, 셀 스택(1)에의 냉각수의 출구(도 2의 단판(3B)의 관통 구멍의 외측 개구)(402)에 가까운 셀(2)부터 순서대로 부여되어 있다(도 12의 측정예와 반대). 또한 도 21 내지 도 26에 있어서의 각 플롯의 표기가 도 12에 있어서의 각 플롯의 표기와 상이하다. 즉, 도 21 내지 도 26에 있어서는, 흑색 마름모꼴의 플롯은 도 10에 나타난 세퍼레이터(10, 20)의 측정 위치 A에 있어서의 온도를, 흑색 사각형의 플롯은 도 10에 나타난 세퍼레이터(10, 20)의 측정 위치 B에 있어서의 온도를, 흑색 삼각형의 플롯은 도 10에 나타난 세퍼레이터(10, 20)의 측정 위치 C에 있어서의 온도를, 흑색 둥근형의 플롯은 도 10에 나타난 세퍼레이터(10, 20)의 측정 위치 D에 있어서의 온도를, 백색 마름모꼴의 플롯은 도 10에 나타난 세퍼레이터(10, 20)의 측정 위치 E에 있어서의 온도를 나타낸다.
- [0317] 이들 측정예에 있어서의 측정 조건(실험 조건)은 아래와 같다.
- [0318] 모든 측정예에서, 냉각수 입구 온도(T2)는 60℃, 냉각수 출구 온도(T3)는 68℃, 냉각수 입구 온도(T2)와 냉각수 출구 온도(T3)의 차(ΔT)는 8℃이다.
- [0319] 도 21 내지 도 23의 측정예에서 연료 가스의 이용률 Uf는 72.5%, 산화제 가스의 이용률 Uo는 52.5%이다. 도 24의 측정예에서 연료 가스의 이용률 Uf는 72.5%, 산화제 가스의 이용률 Uo는 47.5%이다. 도 25의 측정예에서 연료 가스의 이용률 Uf는 67.5%, 산화제 가스의 이용률 Uo는 42.5%이다. 도 26의 측정예에서 연료 가스의 이용률 Uf는 67.5%, 산화제 가스의 이용률 Uo는 42.5%이다.
- [0320] 모든 측정예에서, 산화제 가스 유로(17)의 각 유로(유로 홈)의 상당 직경은 0.99mm이며, 연료 가스 유로(28)의 각 유로(유로 홈)의 상당 직경은 0.99mm이다.
- [0321] 도 23의 측정예에서, 연료 가스의 유로 입구에 있어서의 유속은 4.4m/s, 연료 가스의 유로 출구에 있어서의 유속은 2.2m/s, 산화제 가스의 유로 입구에 있어서의 유속은 4.26m/s, 산화제 가스의 유로 출구에 있어서의 유속은 4.15m/s이다. 또한 도 21의 측정예에서, 연료 가스의 유로 출구에 있어서의 유속은 4.1m/s, 산화제 가스의 유로 출구에 있어서의 유속은 7.7m/s이다. 또한, 도 21의 측정예에 있어서의 연료 가스의 유로 입구에 있어서의 유속 및 산화제 가스의 유로 입구에 있어서의 유속, 및 도 22, 도 24, 도 25, 및 도 26의 측정예에 있어서의 연료 가스의 유로 입구에 있어서의 유속, 연료 가스의 유로 출구에 있어서의 유속, 산화제 가스의 유로 입구에 있어서의 유속, 및 산화제 가스의 유로 출구에 있어서의 유속은, 각 측정예에 있어서의 연료 가스 이용률 Uf 및 산화제 가스 이용률 Uo 및 전류 밀도와, 도 23의 측정예에 있어서의 각 가스 유속으로부터 계산할 수 있으므로 여기에서는 기재를 생략한다. 한편, 도 21 내지 도 26의 측정예에 있어서의 전류 밀도는 도 28에 나타난 바와 같다.
- [0322] 도 21의 측정예에서 셀 스택(1)에 있어서의 연료 가스의 압력 손실 및 산화제 가스의 압력 손실은, 각각 13.8kPa 및 11.4kPa이다. 도 22의 측정예에서 셀 스택(1)에 있어서의 연료 가스의 압력 손실 및 산화제 가스의 압력 손실은 각각 11.9kPa 및 9.7kPa이다. 도 23의 측정예에서 셀 스택(1)에 있어서의 연료 가스의 압력 손실 및 산화제 가스의 압력 손실은 각각 9.6kPa 및 6.0kPa이다. 도 24의 측정예에서 셀 스택(1)에 있어서의 연료 가스의 압력 손실 및 산화제 가스의 압력 손실은 각각 5.9kPa 및 4.9kPa이다. 도 25의 측정예에서 셀 스택(1)에 있어서의 연료 가스의 압력 손실 및 산화제 가스의 압력 손실은 각각 4.6kPa 및 3.7kPa이다. 도 26의 측정예에서 셀 스택(1)에 있어서의 연료 가스의 압력 손실 및 산화제 가스의 압력 손실은 각각 3.6kPa 및 2.7kPa이다.

다.

- [0323] 이들 2 셀마다 생각할 경우의 측정예에 있어서도, 상술한 1 셀마다 생각할 경우의 측정예와 같이, 노점 환산 온도(T1)가 만족시켜야 할 조건식은,
- [0324] $T1 \geq T2 + (X^{\circ}C + Y^{\circ}C \times (N-1) \times \Delta T / 8^{\circ}C)$ 가 된다.
- [0325] 측정 데이터는 1 셀마다 생각할 경우의 측정예와 같이 최소자승법에 의해 통계적으로 처리하였다.
- [0326] 그리고 이 조건식에 있어서의 정수 X 및 계수 Y의 수치를 도 12, 도 21 내지 도 26의 측정예로부터 구하였다.
- [0327] 도 28은 2 셀마다 생각했을 경우에 있어서의 노점 환산 온도(T1)가 만족시켜야 할 조건식의 정수 X 및 계수 Y의 수치를 전류 밀도와 함께 나타낸 표이다.
- [0328] 도 28에 있어서 실험 번호 1 내지 6은, 각각 도 21 내지 도 26의 측정예를 나타낸다. "캐소드" 및 "애노드"의 의미는 도 27과 동일하다.
- [0329] 본 측정예에서는, 산화제 가스(캐소드)에 대해, X가 2.8 내지 3.3 범위의 수치이고, Y가 0.013 내지 0.033 범위의 수치이며, 연료 가스(애노드)에 대해, X가 3.7 내지 4.2 범위의 수치이고, Y가 0.013 내지 0.030 범위의 수치이다. 따라서 반응 가스(산화제 가스 또는 연료 가스)에 대해서는, X가 2.8 내지 4.2 범위의 수치이며, Y가 0.013 내지 0.033 범위의 수치이다.
- [0330] 이들 측정예에서는, 전류 밀도가 증대함에 따라 대략 정수 X가 약간 증대하면서도 계수 Y가 감소한다. 한편 이들 측정예에서는, 실제 운전상 상정되는 한도까지 전류 밀도를 변화시켰으므로, 상술한 수치범위 내에 있어서 전류 밀도를 고려하여 정수 X 및 계수 Y를 적절히 선택함으로써, 노점 환산 온도(T1)가 만족시켜야 할 조건식을 적절하게 설정할 수 있다.
- [0331] <반응 가스의 바람직한 유속 및 압력 손실>
- [0332] 도 29는 가스 유량과 압력 손실과의 관계의 일례를 나타낸 그래프이다.
- [0333] 이 측정예에 있어서 사용한 셀 스택은 셀 수가 54인 것 이외에는 상술한 경우와 동일하다.
- [0334] 도 29에 있어서, "캐소드"는 셀 스택(1)에 있어서의 산화제 가스의 압력 손실을 나타내고, "애노드"는 셀 스택(1)에 있어서의 연료 가스의 압력 손실을 나타낸다. "캐소드" 및 "애노드"에 각각 대응하는 압력 손실 곡선 C 및 압력 손실 곡선 A 각각에 있어서, 각 플롯은 가스 유량이 작은 것부터 순서대로, 정격 출력의 30% 출력인 경우, 정격 출력의 50% 출력인 경우, 정격 출력의 75% 출력인 경우, 및 정격 출력의 100% 출력인 경우를 나타낸다.
- [0335] 정격 출력의 30% 출력인 경우에 있어서는, 전류 밀도가 $0.05A/cm^2$, 연료 가스 이용률 U_f 가 62.5%, 산화제 가스 이용률 U_o 가 37.5%이다. 정격 출력의 50% 출력인 경우에 있어서는, 전류 밀도가 $0.078A/cm^2$, 연료 가스 이용률 U_f 가 67.5%, 산화제 가스 이용률 U_o 가 42.5%이다. 정격 출력의 75% 출력인 경우에 있어서는, 전류 밀도가 $0.116A/cm^2$, 연료 가스 이용률 U_f 가 72.5%, 산화제 가스 이용률 U_o 가 47.5%이다. 정격 출력의 100% 출력인 경우에 있어서는, 전류 밀도가 $0.16A/cm^2$, 연료 가스 이용률 U_f 가 72.5%, 산화제 가스 이용률 U_o 가 52.5%이다.
- [0336] 도 29에서 명백히 나타나 있는 바와 같이 반응 가스의 압력 손실은 반응 가스의 유량에 비례한다. 반응 가스의 유량은 반응 가스의 유속에 비례하므로, 반응 가스의 압력 손실은 반응 가스의 유속에 비례한다. 또한 전류 밀도가 증가함에 따라 반응 가스의 유속이 커지고 또한 반응 가스의 압력 손실이 커지고 있다.
- [0337] 그런데, 본 발명은 발전 영역(42A, 42B)을, 전체 영역에 걸쳐 완전가습 또는 과가습 분위기로 유지하는 것을 특징으로 한다. 따라서 발전 영역(42A, 42B)에 위치하는 유로(17, 28)를 흐르는 반응 가스의 유속이 소정의 값보다 낮으면 플러딩을 발생하여 발전에 지장을 초래한다.
- [0338] 한편, 도 29에 도시한 바와 같이 반응 가스의 유속이 커짐에 따라 셀 스택(1)에 있어서의 반응 가스의 압력 손실이 커지고, 이에 의해 반응 가스를 공급하기 위해 필요한 압력(이하, 공급 압력이라고 한다)이 과대해진다. 그래서 본 실시형태에서는, 연료 가스의 유로(28)의 출구(연료 가스의 출구 매니폴드 구멍(24)에의 접속 부분)에 있어서의 유속(이하, 출구 가스 유속이라고 하는 경우가 있다)이 1.8m/s 이상이면서 또한 4.1m/s 이하로 제어되고, 또한 산화제 가스의 유로(17)의 출구(산화제 가스의 출구 매니폴드 구멍(13)에의 접속 부분)에 있어서

의 유속(이하, 출구 가스 유속이라고 하는 경우가 있다)이 2.8m/s 이상이면서 또한 7.7m/s 이하로 제어된다.

- [0339] 이들 하한치 및 상한치 중 상한치는, 부속품(여기에서는 연료 공급용 펌프 및 산화제 가스 공급용 블로어)의 반응 가스 공급 압력에 관한 성능의 관점에서 경험칙에 기초하여 결정했다.
- [0340] 한편, 이들 하한치 및 상한치 중 하한치는 실험에 의해 구하였다. 이 실험에 있어서는, 상술한 측정에 사용한 셀 스택과 동일한 전체 구성을 가지고, 연료 가스 유로(28) 및 산화제 가스 유로(17)의 구조가 서로 다른 5 종류의 셀 스택을 작성하였다. 그리고 이들 셀 스택에 대해, 연료 가스 이용률 U_f , 산화제 가스 이용률 U_o , 및 전류 밀도를 변화시키므로써 출구 가스 유속 및 압력 손실을 변화시키고, 각각의 경우에 대해 안정적으로 발전할 수 있을지 여부에 의해 플러딩 발생 유무를 판정했다.
- [0341] 도 31은 연료 가스에 있어서의 출구 유속 및 압력 손실과 플러딩 발생 유무와의 관계를 나타낸 그래프이다. 또한 도 32는 산화제 가스에 있어서의 출구 유속 및 압력 손실과 플러딩 발생의 유무와의 관계를 나타낸 그래프이다.
- [0342] 도 31 및 도 32에 있어서, 둥근형의 플롯은 안정적으로 발전이 가능한 것, 즉 플러딩이 발생하지 않는 것을 나타낸다. 삼각형의 플롯은 플러딩 발생에 의해 발전이 불안정한 것을 나타낸다. X 표시의 플롯은 플러딩 발생에 의해 발전이 불가능한 것을 나타낸다.
- [0343] 도 31에서, 연료 가스에 있어서의 출구 가스 유속은 1.8m/s 이상인 것이 바람직하다는 것이 명백하다. 또한 도 32에서, 산화제 가스에 있어서의 출구 가스 유속은 2.8m/s 이상인 것이 바람직하다는 것이 명백하다.
- [0344] 이 경우, 연료 전지(101)가, 연료 가스의 이용률이 60% 이상이며, 산화제 가스의 이용률이 40% 이상이면서 또한 80% 이하이며, 또한 전류 밀도가 $0.15A/cm^2$ 이상이면서 또한 $0.30A/cm^2$ 이하로 운전되는 것이 전제이다. 즉, 이들 가스 유속의 범위는 이 운전 조건하에서 유효하다. 가스 유속은 전류 밀도가 커짐에 따라 커지도록 제어된다.
- [0345] 이 연료 가스 및 산화제 가스의 유속의 제어는 구체적으로 이하와 같이 수행된다.
- [0346] 연료 가스의 유량을 Q_a 로 나타내고, 연료 가스 유로(28)의 단면적을 S_a 로 나타내면, 연료 가스의 유속 V_a 는,
- [0347] $V_a=Q_a/S_a$ 가 된다.
- [0348] 여기에서 Q_a 는, 연료 가스 유로(28)의 출구에 있어서의 미사용 산화제 가스 유량과, 공급된 전체 수분량을 수증기로 산출했을 경우의 가스 유량과, 발전 반응에 의해 발생된 전체 수분량을 수증기로 산출했을 경우의 가스 유량과의 합계 가스 유량이다. 미사용 연료 가스 유량은, 공급된 연료 가스 유량에 연료 가스의 이용률을 곱하여 산출된다. S_a 는, 출구 근처의 연료 가스 유로(28)의 단면적이며, 각 유로(유로 홈)의 단면적의 총 합계이다. 각 유로(유로 홈)는 상당 직경(그 단면적에 등가(等價)인 원의 직경)이 0.78mm 이상이면서 또한 1.30mm 이하가 되도록 형성되어 있다.
- [0349] 또한 산화제 가스의 유량을 Q_c 로 나타내고, 산화제 가스 유로(17)의 단면적을 S_c 로 나타내면, 산화제 가스의 유속 V_c 는,
- [0350] $V_c=Q_c/S_c$ 가 된다.
- [0351] 여기에서 Q_c 는, 산화제 가스 유로(17)의 출구에 있어서의 미사용 산화제 가스 유량과, 공급된 전체 수분량을 수증기로 산출했을 경우의 가스 유량과, 발전 반응에 의해 발생된 전체 수분량을 수증기로 산출했을 경우의 가스 유량과의 합계 가스 유량이다. 미사용 산화제 가스 유량은 공급된 산화제 가스 유량에 산화제 가스의 이용률을 곱하여 산출된다. S_c 는, 출구 근처의 산화제 가스 유로(17)의 단면적이며, 각 유로(유로 홈)의 단면적의 총 합계이다. 각 유로(유로 홈)는 상당 직경이 0.78mm 이상이면서 또한 1.30mm 이하가 되도록 형성되어 있다.
- [0352] 따라서 연료 가스의 유속 V_a 및 산화제 가스의 유속 V_c 는, 제어 장치(108)가, 연료 가스 공급 유량, 연료 가스의 이용률, 산화제 가스 공급 유량, 산화제 가스의 이용률, 및 연료 가스 및 산화제 가스의 노점 환산 온도(T_1)를 제어함으로써 제어된다.
- [0353] 다음으로 반응 가스의 압력 손실에 대해 설명한다.
- [0354] 플러딩을 방지하기 위해서는 반응 가스 유로(17, 28)에 있어서의 압력 손실이 큰 쪽이 바람직하다. 그러나 압력 손실이 과대해지면 반응 가스의 공급 압력이 과대해진다.

- [0355] 그래서 본 실시형태에서는, 셀 스택(1)에 있어서의 반응 가스의 압력 손실이 2kPa 이상이면서 또한 10kPa 이하가 되도록 제어된다.
- [0356] 이 상한치 및 하한치 중 상한치는, 부속품의 반응 가스 공급 압력에 관한 성능의 관점에서 경험칙에 기초하여 정하였다.
- [0357] 한편, 이 상한치 및 하한치 중 하한치는 상술한 실험에 의해 출구 가스 유속과 함께 구하였다. 즉, 도 31에서, 셀 스택에 있어서의 연료 가스의 압력 손실은 3.6kPa 이상인 것이 바람직하다는 것이 명백하다. 또한 도 32에서, 셀 스택에 있어서의 산화제 가스의 압력 손실은 2.0kPa 이상인 것이 바람직하다는 것이 명백하다. 따라서 연료 가스 및 산화제 가스를 반응 가스라는 상위 개념으로 파악하면, 이 압력 손실은 2.0kPa 이상인 것이 바람직하다.
- [0358] 한편, 도 21 및 도 22의 측정예에서는, 반응 가스의 압력 손실이 이 바람직한 범위에서 벗어나 있지만, 이는 셀 스택의 온도 분포의 데이터를 취하기 위해 특별한 과부하 운전을 하였기 때문이며, 코체너레이션 시스템에 있어서는 통상 이러한 과부하 운전은 하지 않는다.
- [0359] 이상과 같이, 반응 가스의 유속 및 반응 가스의 압력 손실을 제어함으로써, 플래딩 발생을 방지하면서, 발전 영역(42A, 42B)을 전체 영역에 걸쳐 완전가습 또는 과가습 분위기로 유지할 수 있다.
- [0360] <연료 전지의 정격에 관한 유효 범위>
- [0361] 상술한 노점 환산 온도(T1)가 만족시켜야 할 조건식에 관한 검토는, 정격 출력이 DC 1.2kW의 연료 전지를 이용하여 실시하였다. 그러나 이 검토 결과는, 이론적으로는 다른 정격 출력의 연료 전지에도 적용할 수 있다(유효하다). 구체적으로, 정격 출력이 DC 0.4kW 내지 2.4kW인 연료 전지에는 거의 확실하게 적용할 수 있다. 또한, 예를 들면 셀 스택에 있어서의 셀의 적층수를 단순히 증가시킴으로써, 정격 출력이 DC 5kW인 연료 전지에도 적용할 수 있다.
- [0362] 이상의 관점에서 연료 전지 발전 시스템의 운전 조건을 정리하면 아래와 같다.
- [0363] 연료 전지 발전 시스템(101)은 그 운전에 있어서,
- [0364] $T1 \geq T2 + 1^\circ\text{C}$ (운전 조건 1)를 만족하는 것이 바람직하다.
- [0365] 또한, $T1 \geq T2 + (X^\circ\text{C} + Y^\circ\text{C} \times (N-1) \times \Delta T / 8^\circ\text{C})$. 단, X=1 내지 2.5이면서 또한 Y=0.02 내지 0.027(운전 조건 2)을 만족하는 것이 바람직하다.
- [0366] 또한 $T3 - T2 \leq 15^\circ\text{C}$ (운전 조건 3), 또한 $T3 - T2 \leq 10^\circ\text{C}$ (운전 조건 4)을 만족하는 것이 바람직하다.
- [0367] 또한 $T2 \leq T1 \leq T3$ (운전 조건 5)을 만족하는 것이 바람직하다.
- [0368] 또한 $T3 - T1 \geq 1^\circ\text{C}$ (운전 조건 6)를 만족하는 것이 바람직하다.
- [0369] 또한 $90^\circ\text{C} \geq T3 \geq 66^\circ\text{C}$ (운전 조건 7), $T1 \geq 50^\circ\text{C}$ (운전 조건 8), 및 $80^\circ\text{C} \geq T3 \geq 66^\circ\text{C}$ (운전 조건 9)를 만족하는 것이 바람직하다.
- [0370] 또한 2 셀마다 냉각 방식을 채용했을 경우에는, $T1 \geq T2 + (X^\circ\text{C} + Y^\circ\text{C} \times (N-1) \times \Delta T / 8^\circ\text{C})$. 단, X=2.8 내지 4.2이면서 또한 Y=0.013 내지 0.033(운전 조건 10)을 만족하는 것이 바람직하다.
- [0371] 이상의 지견에 기초하여 본 실시형태에서는, (운전 조건 1) 내지 (운전 조건 9)를 만족하도록 연료 전지 발전 시스템(100)이 구성되어 있다.
- [0372] 구체적으로, 도 1 내지 도 9에 있어서 캐소드측 세퍼레이터(10) 및 애노드측 세퍼레이터(20)에서는, 반응 가스 유로(17, 28) 및 냉각수 유로(19, 29)가 "반응 가스 온도높임 구배 배치"로 형성되어 있다. 또한 반응 가스의 가습 및 가열에, 공급 반응 가스와 배출 반응 가스를 전열 교환에 의해 가습 및 가열하고, 또한 이 가습 및 가열한 공급 반응 가스와 배출 냉각수를 전열 교환하는 전열 교환기(117, 118)를 사용함으로써, 열 교환가능 온도차(T3-T1)가 1°C 정도로 되어 있다. 또한 냉각수 출구 온도(T3)와 냉각수 입구 온도(T2)와의 온도차가 $T3 - T2 \leq 10^\circ\text{C}$ 의 조건을 만족할 수 있도록, 셀 스택(1)의 최대 발열량에 대한 냉각 시스템(104)의 최대 냉각 능력이 설정되어 있다. 그리고 냉각수 출구 온도(T3)가 $80^\circ\text{C} \geq T3 \geq 66^\circ\text{C}$ 의 조건을 만족하도록 냉각수 온도가 조정된다. 이 때, 구체적인 냉각수 출구 온도(T3)는 연료 전지(101)의 소정의 출력 전류 밀도를 고려하여 결정된다. 이 냉각수의 온도조정은, 제어 장치(108)가 냉각 시스템(104)의 방열 장치(105)의 방열량 및 냉각수 순환 펌프(109)

의 유량 중 적어도 어느 하나를 제어함으로써 수행된다. 또한 이 냉각수의 온도 제어는, 냉각수 입구 온도(T2) 및 냉각수 출구 온도(T3)를 각각 검출하는 온도 센서(TS1) 및 온도 센서(TS2)의 검출치에 기초하여, 제어 장치(108)가 냉각수 입구 온도(T2) 및 냉각수 출구 온도(T3)를 피드백 제어함으로써 수행된다.

[0373] 또한 산화제 가스 유로(17) 및 연료 가스 유로(28)에 있어서의 각 유로(유로 홈)는 상당 직경이 0.78mm 내지 1.30mm 이하가 되도록 형성되어 있다. 또한 제어 장치(108)가, 산화제 가스 공급 장치(103)를 제어하여, 산화제 가스 유로(17)에 있어서의 산화제 가스 유속이 2.8m/s 내지 7.7m/s의 범위가 되고, 셀 스택(1)에 있어서의 압력 손실이 2kPa 내지 10kPa가 되도록 산화제 가스를 공급한다. 또한 제어 장치(108)가, 연료 가스 공급 장치(102)를 제어하여, 연료 가스 유로(28)에 있어서의 연료 가스 유속이 1.8m/s 내지 4.1m/s의 범위가 되고, 셀 스택(1)에 있어서의 압력 손실이 2kPa 내지 10kPa가 되도록 연료 가스를 공급한다.

[0374] 다음으로 이상과 같이 구성된 연료 전지 발전 시스템(100)의 동작을 설명한다. 연료 전지 발전 시스템(100)은 제어 장치(108)의 제어에 의해 동작하고, 기동 모드, 운전 모드, 및 정지 모드를 가지고 있다. 기동 모드에 있어서는 소정의 기동 동작이 순차적으로 수행됨으로써 연료 전지 발전 시스템(100)이 원활하게 기동된다. 운전 모드(발전 운전시)에서는 통상적인 발전이 행하여진다. 정지 모드에서는, 소정의 정지 동작이 순차적으로 수행됨으로써 연료 전지 발전 시스템(100)이 원활하게 정지된다. 본 실시형태에서 기동 모드 및 정지 모드는 주지의 동작이 수행되므로 그 설명을 생략하고, 이하에서는 운전 모드에 대해서만 설명한다.

[0375] 도 1 내지 도 9를 참조하면, 운전 모드에서는 연료 가스 공급 장치(102)로부터 연료 가스(공급 연료 가스)가 연료 전지(101)의 애노드(42B)에 공급된다. 한편, 산화제 가스 공급 장치(103)로부터 산화제 가스(공급 산화제 가스)가 연료 전지(101)의 캐소드(42A)에 공급된다. 그리고 애노드(42B) 및 캐소드(42A)에 있어서 발전 반응이 일어나 전력 및 열(배출열)이 발생한다. 이 발전 반응에 의해 소비되지 않은 미반응 연료 가스(배출 연료 가스) 및 산화제 가스(배출 산화제 가스)는 연료 전지(101)로부터 배출된다. 한편, 연료 전지(101)는 냉각 시스템(104)의 냉각수 순환 유로(112)를 순환하는 냉각수에 의해 냉각된다.

[0376] 이 과정에 있어서 공급 연료 가스는, 애노드측 전열 교환기(117)에 있어서 배출 연료 가스와 전열 교환한 후, 연료 전지(101) 통과후의 냉각수(배출 냉각수)와 더 전열 교환하여, 그 연료 전지(101)의 입구에 있어서의 노점 환산 온도(입구 노점 환산 온도)(T1)가 소정의 값이 되도록 가습 및 가열된다.

[0377] 한편, 공급 산화제 가스는, 캐소드측 전열 교환기(118)에 있어서 배출 산화제 가스와 전열 교환한 후, 배출 냉각수와 더 전열 교환하여, 그 입구 노점 환산 온도(T1)가 소정의 값이 되도록 가습 및 가열된다.

[0378] 또한 제어 장치(108)는, 입구 온도 센서(TS1) 및 출구 온도 센서(TS2)의 검출치에 기초하여, 냉각 시스템(104)의 방열 장치(105)의 방열량 및 냉각수 순환 펌프(106)의 유량을 제어하여, 냉각수 입구 온도(T2) 및 냉각수 출구 온도(T3)를 조절한다. 이 경우, 연료 전지(101)의 발열량에 대한 냉각 시스템의 냉각 능력(방열량)에 따라 냉각수 입구 온도(T2)가 정해지고, 냉각수의 유량에 따라 냉각수 입구 온도(T2)와 냉각수 출구 온도(T3)와의 온도차(ΔT)가 정해진다. 또한 냉각수 출구 온도(T3)가 정해지면, 실질적으로 애노드측 전열 교환기(117) 및 캐소드측 전열 교환기(118)의 열 교환가능 온도차(T3-T1)에 따라, 공급 연료 가스 및 공급 산화제 가스의 입구 노점 환산 온도(T1)가 정해진다. 즉, 냉각 시스템(104)의 방열 장치(105)의 방열량 및 냉각수 순환 펌프(106)의 유량을 제어함으로써, 냉각수 출구 온도(T3), 냉각수 입구 온도(T2), 및 연료 가스 및 산화제 가스의 입구 노점 환산 온도(T1)를 제어할 수 있다. 한편, 연료 전지(101)의 출력 변동에 따라 연료 전지(101)의 배출 열량이 변화되므로, 제어 장치(108)는 이 배출 열량의 변화에 따라 냉각 시스템(104)의 냉각 능력을 변화시키면서 상술한 냉각수의 온도를 제어한다. 이와 같이 제어 장치(108)의 제어에 의해, 운전 모드에 있어서, 연료 전지 발전 시스템(100)이 상술한 (운전 조건 1) 내지 (운전 조건 9)를 만족하도록 운전된다. 이에 의해 연료 전지(101)의 발전이 일어나는 영역이 전체 영역에 걸쳐 완전가습 또는 과가습 분위기로 유지된다. 그 결과, MEA(43)의 고분자 전해질막(41)의 열화가 억제되어 연료 전지(101)의 수명이 향상된다.

[0379] 다음으로 본 실시형태에 있어서의 상술한 특징적 구성에 의한 효과를, 후술하는 실시예에 의한 실험 결과에 기초하여 설명한다.

[0380] 도 13은 연료 전지의 수명 시험의 결과를 나타낸 그래프이다. 도 13에 있어서 가로축은 운전 시간을 나타내고 세로축은 셀 전압을 나타낸다.

[0381] 이 실험에서는, 본 실시형태의 실시예로서, 하드웨어가, 전열 교환기(117, 118)를 제외하고, 본 실시형태를 따라 작성된 연료 전지 발전 시스템(100)을, 운전 조건을 제 1 운전 조건과 제 2 운전 조건 간에 전환하면서 운전하였다. 본 실시예의 연료 전지 발전 시스템(100)에서는, 전열 교환기(117, 118) 대신에 버블러를 이용하여,

이 버블러에 의해 소정의 입구 노점 환산 온도(T1)가 되도록 연료 가스 및 산화제 가스를 가습 및 가운했다. 따라서 연료 가스 및 산화제 가스의 입구 노점 환산 온도(T1)는 본 실시형태(도 1)의 연료 전지 시스템(100)을 동작시키는 경우처럼 적절하게 제어되었다. 한편, 연료 가스 유로(28)에 있어서의 연료 가스 유속이 1.8m/s 내지 4.1m/s의 범위가 되도록 제어되고, 산화제 가스 유로(17)에 있어서의 산화제 가스 유속이 2.8m/s 내지 7.7m/s의 범위가 되도록 제어되며, 셀 스택(1)에 있어서의 산화제 가스 및 연료 가스의 압력 손실이 2kPa 내지 10kPa가 되도록 제어되었다.

[0382] 여기에서 제 1 운전 조건은, $T1 \geq T2 + 1^\circ\text{C}$ (운전 조건 1)를 만족시키지 않는 비교예로서의 운전 조건이며, 구체적으로, 냉각수 입구 온도(T2)가 64°C, 냉각수 출구 온도(T3)가 69°C, 연료 가스 및 산화제 가스의 입구 노점 환산 온도(T1)가 64°C이다. 제 2 운전 조건은, $T1 \geq T2 + (X^\circ\text{C} + Y^\circ\text{C} \times (N-1) \times \Delta T / 8^\circ\text{C})$. 단, X=1 내지 2,5 이면서 또한 Y=0.02 내지 0.027(운전 조건 2(및 운전 조건 1))을 만족하는 본 발명의 운전 조건이며, 구체적으로, 냉각수 입구 온도(T2)가 61°C, 냉각수 출구 온도(T3)가 69°C, 연료 가스 및 산화제 가스의 입구 노점 환산 온도(T1)가 64°C이다.

[0383] 그리고 운전 개시로부터 약 4400시간 경과할 때까지의 기간(P1)에 있어서, (운전 조건 1)를 만족시키지 않는 제 1 운전 조건으로 연료 전지 발전 시스템(100)을 운전했다. 그러자 셀 전압이 서서히 저하되었다. 그 후, 400시간 정도의 기간(P2)에 있어서, (운전 조건 2(및 운전 조건 1))를 만족하는 제 2 운전 조건으로 운전했다. 그러자 셀 전압이 상승(회복)했다. 그 후, 400시간 정도의 기간(P3)에 있어서, 다시 (운전 조건 1)를 만족시키지 않는 제 1 운전 조건으로 운전했다. 그러자 셀 전압이 다시 서서히 저하되었다. 그 후, 운전 개시로부터 약 9400시간 경과할 때까지의 기간(P4)에 있어서, 다시 (운전 조건 2(및 운전 조건 1))를 만족하는 제 2 운전 조건으로 운전했다. 그러자 셀 전압이 다시 회복되고, 운전 개시로부터 약 9400시간 경과해도 그 셀 전압이 유지되었다.

[0384] 이 점에서, 종래의 운전 방법을 이용하면 연료 전지(101)의 성능(셀 전압)이 저하되어 연료 전지(101)의 수명이 짧아지는 것으로 예측되는 것에 반해, 본 발명의 운전 방법(운전 조건 1 및 2를 만족하는 운전 방법)을 이용하면, 일단 저하된 연료 전지(101)의 성능이 회복하여 그대로 유지되어 연료 전지(101)의 수명이 향상됨이 증명되었다.

[0385] (실시형태 2)

[0386] 도 14는 본 발명의 실시형태 2에 의한 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템의 구성을 모식적으로 나타낸 블록도이다. 도 14에 있어서 도 1과 동일한 부호는 동일 또는 상당하는 부분을 나타낸다.

[0387] 도 14에 도시한 바와 같이 본 실시형태에서는, 애노드측 전열 교환기(117) 및 캐소드측 전열 교환기(118)가, 공급 반응 가스를 배출 반응 가스와 전열 교환하고, 이 전열 교환후의 공급 반응 가스를 배출 냉각수와 단지 열 교환하도록 구성되어 있다. 또한 도 2 및 도 3의 셀 스택(1)이 2 셀마다 냉각된다. 그 외에는 상술한 실시형태 1과 동일하다.

[0388] 자세히 설명하면 본 실시형태의 애노드측 전열 교환기(117)는, 도 1에 나타낸 구성에 있어서, 제 2 전열 교환 셀 스택(301B) 대신에 애노드측 대 냉각수 열교환기(303A)를 가지고 있다. 도 14, 도 8, 및 도 9에 도시한 바와 같이 제 1 전열 교환 셀 스택(301A)에 있어서는, 제 1 유체 공급 매니폴드(204), 제 1 유체 유로(217), 및 제 1 유체 배출 매니폴드(207)가 애노드측 전열 교환기(117)의 연료 가스 유로(117a)를 구성하고, 제 2 유체 공급 매니폴드(205), 제 2 유체 유로(228), 및 제 2 유체 배출 매니폴드(206)가 애노드측 전열 교환기(117)의 연료 가스 유로(117b)를 구성하고 있다. 또한 제 1 유체 공급 배관(251)이 연료 가스 공급 유로(109)의 연료 가스 공급 장치(102) 측의 부분(109a)을 구성하고 있으며, 제 1 유체 배출 배관(252)은 애노드측 대 냉각수 열교환기(303A)의 2차측 유로의 입구에 접속되어 있다. 또한 제 2 유체 공급 배관(253)이 연료 가스 배출 유로(110)의 연료 전지(101) 측의 부분(110a)을 구성하고, 제 2 유체 배출 배관(254)이 연료 가스 배출 유로(110)의 대기측의 부분(110b)을 구성하고 있다.

[0389] 또한 애노드측 대 냉각수 열교환기(303A)는, 1차측 유로를 흐르는 유체와 2차측 유로를 흐르는 유체가 열 교환 가능하게 형성된 주지의 구성을 가지고, 1차측 유로가 애노드측 전열 교환기(117)의 냉각수 유로(117c)를 구성하고 있다. 그리고 이 1차측 유로의 양단이 냉각수 순환 유로(112)의 분유로(112a)에 접속되어 있다. 또한 2차측 유로의 입구는 상술한 바와 같이 전열 교환 셀 스택(301)의 제 1 유체 배출 매니폴드(207)에 일단이 접속된 제 1 유체 배출 배관(252)의 타단에 접속되어 있으며, 2차측 유로의 출구는 연료 가스 공급 유로(109)의 연료 전지(101) 측의 부분(109b)에 접속되어 있다. 따라서 이 2차측 유로는 애노드측 전열 교환기(117)의 연료

가스 유로(117a)의 일부를 구성하고 있다.

- [0390] 이와 같이 구성된 애노드측 전열 교환기(117)에서는, 제 1 전열 교환 셀 스택(301A)에 있어서, 제 1 유체 매니폴드(204)에 연료 전지(101)에 공급 연료 가스가 공급되고, 제 2 유체 매니폴드(205)에 연료 전지(101)에서 배출된 배출 연료 가스가 공급된다. 그리고 각 전열 교환 셀(202)에 있어서, 제 1 유체 유로(217)를 흐르는 공급 연료 가스와 제 2 유체 유로(228)를 흐르는 배출 연료 가스가 고분자 전해질막(41)을 통해 전열 교환을 하고, 이에 의해 공급 연료 가스가 배출 연료 가스에 의해 가습 및 가열된다. 그리고 애노드측 대 냉각수 열교환기(303A)에 있어서, 1차측 유로를 흐르는 냉각수와 2차측 유로를 흐르는 공급 연료 가스가 열 교환하고, 이에 의해 전열 교환후의 공급 연료 가스가 연료 전지(101)를 통과하여 승온된 냉각수로 더 가열된다. 그리고 이처럼 가습 및 가열된 공급 연료 가스가 연료 전지(101)에 공급된다.
- [0391] 다음으로 캐소드측 전열 교환기(118)의 구성을 설명한다. 본 실시형태의 캐소드측 전열 교환기(118)는, 도 1에 나타난 구성에 있어서, 제 4 전열 교환 셀 스택(301D) 대신에 캐소드측 대 냉각수 열교환기(303B)를 가지고 있다. 제 3 전열 교환 셀 스택(301C)에 있어서는, 제 1 유체 공급 배관(251)이 산화제 가스 공급 유로(107)의 산화제 가스 공급 장치(103) 측의 부분(107a)을 구성하고 있으며, 제 1 유체 공급 매니폴드(204), 제 1 유체 유로(217), 및 제 1 유체 배출 매니폴드(207)가 캐소드측 전열 교환기(118)의 산화제 가스 유로(118a)를 구성하고, 제 1 유체 배출 배관(252)은 캐소드측 대 냉각수 열교환기(303B)의 2차측 유로의 입구에 접속되어 있다. 또한 제 2 유체 공급 배관(253)이 산화제 가스 배출 유로(111)의 연료 전지(101) 측의 부분(111a)을 구성하고, 제 2 유체 공급 매니폴드(205), 제 2 유체 유로(228), 및 제 2 유체 배출 매니폴드(206)가 캐소드측 전열 교환기(118)의 산화제 가스 유로(118b)를 구성하며, 제 2 유체 배출 배관(254)이 산화제 가스 배출 유로(111)의 대기 측의 부분(111b)을 구성하고 있다.
- [0392] 또한 캐소드측 대 냉각수 열교환기(303B)는, 1차측 유로를 흐르는 유체와 2차측 유로를 흐르는 유체가 열 교환 가능하게 형성된 주지의 구성을 가지고, 1차측 유로가 캐소드측 전열 교환기(118)의 냉각수 유로(118c)를 구성하고 있다. 그리고 이 1차측 유로의 양단이 냉각수 순환 유로(112)의 분유로(112b)에 접속되어 있다. 또한 2차측 유로의 입구는 상술한 바와 같이 전열 교환 셀 스택(301)의 제 1 유체 배출 매니폴드(207)에 일단이 접속된 제 1 유체 배출 배관(252)의 타단에 접속되어 있으며, 2차측 유로의 출구는 산화제 가스 공급 유로(107)의 연료 전지(101) 측의 부분(107b)에 접속되어 있다. 따라서 이 2차측 유로는 캐소드측 전열 교환기(118)의 산화제 가스 유로(118a)의 일부를 구성하고 있다.
- [0393] 이와 같이 구성된 캐소드측 전열 교환기(118)에서는, 제 3 전열 교환 셀 스택(301C)에 있어서, 제 1 유체 매니폴드(204)에 연료 전지(101)에 공급되는 산화제 가스(이하, 공급 산화제 가스라고 한다)가 공급되고, 제 2 유체 매니폴드(205)에 연료 전지(101)에서 배출된 산화제 가스(이하, 배출 산화제 가스라고 한다)가 공급된다. 그리고 각 전열 교환 셀(202)에 있어서, 제 1 유체 유로(217)를 흐르는 공급 산화제 가스와 제 2 유체 유로(228)를 흐르는 배출 산화제 가스가 고분자 전해질막(41)을 통해 전열 교환을 하고, 이에 의해 공급 산화제 가스가 배출 산화제 가스에 의해 가습 및 가열된다. 그리고 캐소드측 대 냉각수 열교환기(303B)에 있어서, 1차측 유로를 흐르는 냉각수와 2차측 유로를 흐르는 산화제 연료 가스가 열 교환하고, 이에 의해 전열 교환후의 공급 산화제 가스가, 연료 전지(101)를 통과하여 승온된 냉각수로 더 가열된다. 그리고 이렇게 가습 및 가열된 공급 산화제 가스가 연료 전지(101)에 공급된다.
- [0394] 또한 도 3에 나타난 셀 스택(1)은, 캐소드 세퍼레이터(10) 및 애노드 세퍼레이터(20)에 냉각수 유로(19, 29)가 형성되어 있는 셀(2)과, 캐소드 세퍼레이터(10) 및 애노드 세퍼레이터(20)에 냉각수 유로(19, 29)가 형성되어 있지 않은 셀(2)이 교대로 적층되도록 구성되어 있다.
- [0395] 또한 제어 장치(108)는, 반응 가스 입구 노점 환산 온도(T1) 및 냉각수 입구 온도(T2)를, $T1 \geq T2 + (3^{\circ}\text{C} + 0.02^{\circ}\text{C} \times (N-1))$ (운전 조건 10)을 만족하도록 제어한다.
- [0396] 이에 의해 연료 전지(101)의 발전 반응이 일어나는 영역의 전체 영역을 완전가습 또는 과가습 분위기로 유지할 수 있다. 그 결과, 고분자 전해질막(41)의 열화가 방지되어 연료 전지(101)의 수명이 향상된다. 또한 애노드측 대 냉각수 열교환기(303A) 및 캐소드측 대 냉각수 열교환기(303B)의 구성이 간소화된다.
- [0397] 한편, 상기에서 연료 전지 발전 시스템(100)은, 애노드측 전열 교환기(117)와 캐소드측 전열 교환기(118)를 모두 구비했지만, 간략화할 경우에는 어느 하나를 생략하여도 된다.
- [0398] (실시형태 3)
- [0399] 도 15는 본 발명의 실시형태 3에 의한 연료 전지 발전 시스템의 구성을 모식적으로 나타낸 블록도이다. 도 15

에 있어서 도 1과 동일한 부호는 동일 또는 상당하는 부분을 나타낸다.

- [0400] 도 15에 도시한 바와 같이 본 실시형태에서는, 반응 가스끼리의 전열 교환에 더하여 반응 가스와 냉각수와의 전열 교환도 하는 도 1의 애노드측 전열 교환기(117) 및 캐소드측 전열 교환기(118) 대신에, 반응 가스와 냉각수와의 사이에서만 전열 교환을 하는 애노드측 전열 교환기(121) 및 캐소드측 전열 교환기(122)를 구비하고 있다. 그 외 부분은 실시형태 1과 동일하다.
- [0401] 구체적으로, 애노드측 전열 교환기(121)는, 실시형태 1의 애노드측 전열 교환기(117)의 제 2 전열 교환 셀 스택(301B)과 완전히 동일한 구성을 가지므로 그 상세한 설명은 생략한다. 이 애노드측 전열 교환기(121)에서는, 공급측 연료 가스 유로(121a)를 흐르는 공급 연료 가스가 냉각수 유로(121b)를 흐르는 배출 냉각수와 전열 교환하여 가습 및 가열된다.
- [0402] 또한 캐소드측 전열 교환기(122)는, 실시형태 1의 캐소드측 전열 교환기(118)의 제 4 전열 교환 셀 스택(301D)과 완전히 동일한 구성을 가지므로 그 상세한 설명은 생략한다. 이 캐소드측 전열 교환기(122)에서는, 공급측 산화제 가스 유로(122a)를 흐르는 공급 산화제 가스가 냉각수 유로(122b)를 흐르는 배출 냉각수와 전열 교환하여 가습 및 가열된다.
- [0403] 이 경우, 애노드측 전열 교환기(121) 및 캐소드측 전열 교환기(122)의 열 교환 가능 온도차는 $T3-T1 \geq 2^{\circ}\text{C}$ 정도가 된다.
- [0404] 이와 같이 구성된 본 실시형태의 연료 전지 발전 시스템에 있어서도, 실시형태 1의 연료 전지 발전 시스템과 동일한 효과를 얻을 수 있다.
- [0405] 한편 간략화할 경우에는, 애노드측 전열 교환기(121) 및 캐소드측 전열 교환기(122) 중 어느 하나를 생략하여도 된다.
- [0406] (실시형태 4)
- [0407] 도 16은 본 발명의 실시형태 4에 의한 연료 전지 발전 시스템의 구성을 모식적으로 나타낸 블록도이다. 도 16에 있어서 도 1과 동일한 부호는 동일 또는 상당하는 부분을 나타낸다.
- [0408] 도 16에 도시한 바와 같이 본 실시형태에서는, 반응 가스끼리의 전열 교환에 더하여 반응 가스와 냉각수와의 전열 교환도 행하는 도 1의 애노드측 전열 교환기(117) 및 캐소드측 전열 교환기(118) 대신에, 같은 반응 가스의 공급측 가스와 배출측 가스와의 사이에서만 전열 교환을 하는 애노드측 전열 교환기(119) 및 캐소드측 전열 교환기(120)를 구비하고 있다. 그 외 부분은 실시형태 1과 동일하다.
- [0409] 구체적으로, 애노드측 전열 교환기(119)는, 실시형태 1의 애노드측 전열 교환기(117)의 제 1 전열 교환 셀 스택(301A)과 완전히 동일한 구성을 가지므로 그 상세한 설명은 생략한다. 이 애노드측 전열 교환기(119)에서는, 공급측 연료 가스 유로(119a)를 흐르는 공급 연료 가스가 배출측 연료 가스 유로(119b)를 흐르는 배출 연료 가스와 전열 교환하여 가습 및 가열된다.
- [0410] 또한 캐소드측 전열 교환기(120)는, 실시형태 1의 캐소드측 전열 교환기(118)의 제 3 전열 교환 셀 스택(301C)과 완전히 동일한 구성을 가지므로 그 상세한 설명은 생략한다. 이 캐소드측 전열 교환기(122)에서는, 공급측 산화제 가스 유로(122a)를 흐르는 공급 산화제 가스가 배출측 산화제 가스 유로(122b)를 흐르는 배출 산화제 가스와 전열 교환하여 가습 및 가열된다.
- [0411] 이 경우, 애노드측 전열 교환기(119) 및 캐소드측 전열 교환기(120)의 열 교환 가능 온도차는 $T3-T1 \geq 4^{\circ}\text{C}$ 정도가 된다.
- [0412] 이와 같이 구성된 본 실시형태의 연료 전지 발전 시스템에 있어서도, 실시형태 1의 연료 전지 발전 시스템과 동일한 효과를 얻을 수 있다.
- [0413] 한편 간략화할 경우에는, 애노드측 전열 교환기(119) 및 캐소드측 전열 교환기(120) 중 어느 하나를 생략하여도 된다.
- [0414] (실시형태 5)
- [0415] 도 17은 본 발명의 실시형태 5에 의한 연료 전지 발전 시스템의 구성을 모식적으로 나타낸 블록도, 도 18은 도 17의 연료 전지 발전 시스템에 이용되는 가습기가 장착된 연료 전지의 구성을 모식적으로 나타낸 측면도, 도 19는 도 18의 가습기가 장착된 연료 전지를 구성하는 세퍼레이터를 도시한 도이며, (a)는 제 1 세퍼레이터의 정면

도, (b)는 제 2 세퍼레이터의 정면도이다. 도 17에 있어서 도 1과 동일한 부호는 동일 또는 상당하는 부분을 나타낸다. 또한 도 18에 있어서 도 2 및 도 8과 동일한 부호는 동일 또는 상당하는 부분을 나타낸다.

- [0416] 도 17에 도시한 바와 같이 본 실시형태에서는, 연료 전지 발전 시스템(100)이 도 1의 연료 전지(101) 대신에 가습기가 장착된 연료 전지(500)를 구비하고 있다. 그 외 부분은 실시형태 1과 동일하다.
- [0417] 가습기가 장착된 연료 전지(500)는, 공급 연료 가스와 배출 연료 가스를 전열 교환하는 동시에 이들 가스와 배출 냉각수를 단지 열 교환하고, 또한 공급 산화제 가스와 배출 산화제 가스를 전열 교환하는 동시에 이들 가스와 배출 냉각수를 단지 열 교환하도록 구성되어 있다.
- [0418] 도 18에 도시한 바와 같이 도 1의 연료 전지(101)의 셀 적층체(201)와 동일한 구성을 갖는 전지부(502)와, 가습부(503)를 가지고 있다. 가습부(503)는 도 8의 전열 교환 셀 스택(302)과 동일한 구성을 가지고 있다. 그리고 전지부(502)에 있어서 셀(2)이 적층되고, 또한 가습부(503)에 있어서 전열 교환 셀(202)이 각각 적층되며, 또한 이 셀(2) 및 전열 교환 셀(202)로 이루어진 적층체의 양단에 한 쌍의 단판(504A) 및 (504B)이 배치되어 전지 및 가습기 일체화 셀 스택((501))이 형성되어 있다.
- [0419] 전열 교환 셀(202)은 본 실시형태에서는, 도 9에 나타난 구성에 있어서, 제 1 세퍼레이터(210) 및 제 2 세퍼레이터(220) 대신에, 도 19(a)에 나타난 제 1 세퍼레이터(510) 및 도 19(b)에 나타난 제 2 세퍼레이터(520)가 설치되어 있다.
- [0420] 도 19(a)에 도시한 바와 같이 제 1 세퍼레이터(510)의 정면에는 공급 산화제 가스 유로(511)와 공급 연료 가스 유로(512)가 형성되어 있다. 도 19(a)에는, 공급 산화제 가스 유로(511) 및 공급 연료 가스 유로(512)가 각각 형성되어 있는 영역(1점 쇄선에 의해 둘러싸인 영역)에 의해 표시되어 있다. 이들 영역은 전열 교환 셀(202)의 두께 방향(적층 방향)에서 보았을 때, 유사 MEA(243)(도 9 참조)의 고분자 전해질막(4)이 노출되어 있는 영역에 겹치도록, 또한 좌우로 간격을 두고 배열되도록 형성되어 있다. 제 1 세퍼레이터(510)의 배면에는, 냉각수 유로(도시 생략)가 도 3의 캐소드측 세퍼레이터(10)의 냉각수 유로(19)와 동일하게 형성되어 있다. 제 1 세퍼레이터(510)의 주연부의 적소(適所)에는, 공급 산화제 가스 유로(511)의 상류단 및 하류단에 각각 접속하는 입구 매니폴드 구멍 및 출구 매니폴드 구멍(도시 생략)과, 공급 연료 가스 유로(512)의 상류단 및 하류단에 각각 접속하는 입구 매니폴드 구멍 및 출구 매니폴드 구멍(도시 생략)과, 냉각수 유로의 상류단 및 하류단에 각각 접속하는 입구 매니폴드 구멍 및 출구 매니폴드 구멍(도시 생략)이 형성되어 있다.
- [0421] 도 19(b)에 도시한 바와 같이 제 2 세퍼레이터(520)의 정면에는 배출 산화제 가스 유로(521)와 배출 연료 가스 유로(522)가 형성되어 있다. 도 19(b)에는, 배출 산화제 가스 유로(521) 및 배출 연료 가스 유로(522)가 각각 형성되어 있는 영역(1점 쇄선에 의해 둘러싸인 영역)에 의해 표시되어 있다. 이들 영역은 전열 교환 셀(202)의 두께 방향에서 보았을 때, 유사 MEA(243)(도 9 참조)의 고분자 전해질막(4)이 노출되어 있는 영역에 겹치도록, 또한 좌우로 간격을 두고 배열되도록 형성되어 있다. 또한 배출 산화제 가스 유로(521) 및 배출 연료 가스 유로(522)는, 전열 교환 셀(202)의 두께 방향에서 보았을 때, 제 1 세퍼레이터(510)의 공급 산화제 가스 유로(511) 및 공급 연료 가스 유로(512)와 실질적으로 겹치도록 형성되어 있다. 제 2 세퍼레이터(520)의 배면에는, 냉각수 유로(도시 생략)가 도 3의 애노드측 세퍼레이터(20)의 냉각수 유로(29)와 동일하게 형성되어 있다. 제 2 세퍼레이터(520)의 주연부의 적소에는, 배출 산화제 가스 유로(521)의 상류단 및 하류단에 각각 접속하는 입구 매니폴드 구멍 및 출구 매니폴드 구멍(도시 생략)과, 배출 연료 가스 유로(522)의 상류단 및 하류단에 각각 접속하는 입구 매니폴드 구멍 및 출구 매니폴드 구멍(도시 생략)과, 냉각수 유로의 상류단 및 하류단에 각각 접속하는 입구 매니폴드 구멍 및 출구 매니폴드 구멍(도시 생략)이 형성되어 있다.
- [0422] 그리고 전지 및 가습기 일체화 셀 스택(501) 전체에 있어서는, 가습기부(503) 및 전지부(502)를 관통하도록, 공급 연료 가스를 공급하는 공급 연료 가스 공급 매니폴드(도시 생략), 공급 연료 가스를 배출하는 공급 연료 가스 배출 매니폴드(도시 생략), 배출 연료 가스를 공급하는 배출 연료 가스 공급 매니폴드(도시 생략), 배출 연료 가스를 배출하는 배출 연료 가스 배출 매니폴드(도시 생략), 공급 산화제 가스를 공급하는 공급 산화제 가스 공급 매니폴드(도시 생략), 공급 산화제 가스를 배출하는 공급 산화제 가스 배출 매니폴드(도시 생략), 배출 산화제 가스를 공급하는 배출 산화제 가스 공급 매니폴드(도시 생략), 배출 산화제 가스를 배출하는 배출 산화제 가스 배출 매니폴드(도시 생략), 냉각수를 공급하는 냉각수 공급 매니폴드(도시 생략), 및 냉각수를 배출하는 냉각수 배출 매니폴드(도시 생략)가 형성되어 있다. 이들 각 매니폴드는, 상술한 매니폴드 구멍을 포함하는, 각 매니폴드에 대응하는 매니폴드 구멍이, 가습기부(503)의 제 1 세퍼레이터(210), 유사 MEA(243), 및 제 2 세퍼레이터(220), 및 전지부(502)의 캐소드측 세퍼레이터(10), MEA(43), 및 애노드측 세퍼레이터(20)에 형성되고, 이들이 연결되어 형성되어 있다.

- [0423] 이상과 같이 구성된 가습기가 장착된 연료 전지(500)에서는, 가습기부(503)의 전열 교환 스택(202)에 있어서, 제 1 세퍼레이터(510)의 공급 연료 가스 유로(512)를 흐르는 공급 연료 가스가 제 2 세퍼레이터(520)의 배출 연료 가스 유로(522)를 흐르는 배출 연료 가스와 고분자 전해질막(4)(도 9 참조)을 통해 전열 교환된다. 또한 제 1 세퍼레이터(510)의 공급 산화제 가스 유로(511)를 흐르는 공급 산화제 가스가 제 2 세퍼레이터(520)의 배출 산화제 가스 유로(521)를 흐르는 배출 산화제 가스와 고분자 전해질막(4)(도 9 참조)을 통해 전열 교환된다. 그리고 이 때, 제 1 세퍼레이터(510)의 냉각수 유로 및 제 2 세퍼레이터(520)의 냉각수 유로(도시 생략, 양쪽이 하나의 냉각수 유로를 형성)를 흐르는 배출 냉각수에 의해 공급 연료 가스 및 공급 산화제 가스가, 배출 연료 가스 및 배출 산화제 가스와 함께 가열된다.
- [0424] 이러한 본 실시형태에 의하면, 배출 냉각수에 의해 배출 연료 가스 및 배출 산화제 가스도 가열하는 만큼 배출 냉각수에 의한 공급 연료 가스 및 공급 산화제 가스의 가열 효율이 실시형태 1에 비해 약간 저하되지만, 전지부(502)로부터 배출되는 수분 및 배출열을 효과적으로 이용하여 공급 연료 가스 및 공급 산화제 가스를 가습 및 가열할 수 있다. 더욱이, 가습기부(503)가 전지부(502)와 일체화되어 있으므로 연료 전지 발전 시스템을 소형화할 수 있다.
- [0425] (실시형태 6)
- [0426] 도 30은 본 발명의 실시형태 6에 의한 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템의 구성을 모식적으로 나타낸 블록도이다. 도 30에 있어서 도 1과 동일한 부호는 동일 또는 상당하는 부분을 나타낸다.
- [0427] 도 30에 도시한 바와 같이 본 실시형태에서는, 애노드측 전열 교환기(117)가, 도 1에 나타난 구성에 있어서, 제 2 전열 교환 셀 스택(301B) 대신에 애노드측 대 냉각수 열교환기(303A)를 가지고 있다. 그 외에는 상술한 실시형태 2와 동일하다.
- [0428] 이러한 구성에 의하면 애노드측 전열 교환기(117)에서는, 공급 연료 가스가 배출 연료 가스와 전열 교환되며, 이 전열 교환된 후의 공급 연료 가스가 배출 냉각수와 단지 열 교환된다. 한편 캐소드측 전열 교환기(118)에서는, 실시형태 1과 같이, 공급 산화제 가스가 배출 산화제 가스와 전열 교환되며, 이 전열 교환된 후의 공급 산화제 가스가 배출 냉각수와 전열 교환된다.
- [0429] 그런데, 실시형태 2와 같이 애노드측 전열 교환기(117) 및 캐소드측 전열 교환기(118)를, 공급 반응 가스를 배출 반응 가스와 전열 교환하고, 이 전열 교환후의 공급 반응 가스를 배출 냉각수와 단지 열 교환하도록 구성하면, 배출 반응 가스에 의해 가열되어 승온된 공급 반응 가스를 배출 냉각수의 현열로 더 가열하기 때문에, 공급 반응 가스 중의 수분(액상수의 분량)이 적으면, 공급 반응 가스를 배출 냉각수와의 전열 교환에 의해 상기 배출 냉각수의 현열과 잠열 쌍방으로 가열하는 경우에 비해, 배출 냉각수에서 공급 반응 가스로의 열전달량, 즉 가열 능력이 저하된다. 여기에서, 연료 가스의 이용률은 높으므로, 배출 연료 가스는 겉로수를 다량 함유하고 있으며, 이 배출 연료 가스와 전열 교환한 공급 연료 가스도 수분을 많이 함유하고 있다. 따라서 공급 연료 가스를 배출 냉각수와 단지 열 교환하여도 배출 냉각수에 의한 가열 능력이 저하되는 일은 없다. 한편 산화제 가스의 이용률이 낮으므로, 배출 산화제 가스는 수분이 적고, 이 배출 산화제 가스와 전열 교환한 공급 산화제 가스도 수분이 적다. 그러나 공급 산화제 가스는 배출 냉각수와 전열 교환되므로 배출 냉각수에 의해 충분히 가열된다.
- [0430] 따라서 본 실시형태에 의하면, 반응 가스에 대한 배출 냉각수에 의한 가열 능력의 저하를 초래하지 않고, 애노드측 및 캐소드측 중 한 쪽 전열 교환기(117)의 구성을 간소화할 수 있다.

실시예

- [0431] 본 발명의 실시형태의 실시예로서, 도 1 내지 도 9에 나타난 구성을 갖는 연료 전지 발전 시스템을 제작하였다.
- [0432] 도 1 내지 도 9에 있어서 여기에서는, 연료 전지(101), 애노드측 전열 교환기(117), 및 캐소드측 전열 교환기(118)에 대해서만 구체적 구성을 나타낸다. 그 외의 부분은 주지한 바와 같이 구성되어 있다.
- [0433] 우선, 애노드(42B) 및 캐소드(42A)(이하, 전극이라고 한다)의 제작 방법을 설명한다.
- [0434] 아세틸렌 블랙 분말에, 평균입경 약 30A인 백금 입자를 25중량% 담지시킨 것을 촉매로 이용했다. 이 촉매 분말을 이소프로판올에 분산시킨 용액에, 퍼플루오로카본술폰산을 에틸알코올에 분산시킨 디스퍼전 용액을 혼합하여 촉매 페이스트를 작성하였다.

- [0435] 한편, 가스 확산층을 구성하는 바깥치수 12cm×12cm, 두께 220 μ m의 카본 클로스(TORAY제품 TGP-H-090)를 발수 처리하였다. 이 카본 클로스의 촉매층을 형성하는 쪽의 면에, 카본블랙 분말(전기화학공업주식회사 제품 DENKA BLACKFX-35)과 PTFE의 수성 디스퍼전(다이킨 제품 D-1)과의 혼합물을 도포하여, 400℃에서 30분간 소성하여 발수층을 부여했다. 이 카본 클로스의 발수층을 부여한 쪽의 면에, 촉매 페이스트를 스크린 인쇄법을 이용하여 도포하여 촉매층을 형성하였다. 그리고 이 촉매층이 형성된 카본 클로스를 전극으로 이용하였다. 이 촉매층이 형성된 전극 중에 포함된 백금량은 0.3mg/cm²이며, 퍼플루오로카본술폰산의 양은 1.0mg/cm²이었다.
- [0436] 다음으로 고분자 전해질막(41)으로서, 바깥 치수가 20cm×20cm인 퍼플루오로카본술폰산막(DUPONT 제품 Nafion112(등록상표))을 이용하였다. 이 고분자 전해질막(41)의 양면에, 한 쌍의 전극을 촉매층이 고분자 전해질막(41)에 접하도록 핫프레스로 접합하여 MEA(43)을 제작하였다. 여기에서는, 고분자 전해질막으로 퍼플루오로카본술폰산을 30 μ m 두께로 박막화한 것을 이용하였다.
- [0437] 다음으로 평균입경 100 μ m의 인조 흑연 분말 80wt%와 카본블랙 5wt%와 열 경화 전의 페놀 수지 15wt%를 혼합하여 컴파운드를 제작하였다. 이 컴파운드를, 세퍼레이터의 형상을 전사한 형상의 금형에 투입하여, 180℃에서 핫프레스함으로써 페놀 수지를 경화시키고, 이에 의해 도 4 내지 도 7에 나타난 도전성의 성형 세퍼레이터(10, 20)를 제작하였다. 도 4 및 도 6은 세퍼레이터(10, 20)의 정면(내면)에 형성된 가스 유통용 홈의 형상을 나타낸 것이다. 세퍼레이터(10, 20)의 크기는 20cm×20cm, 두께는 3mm이며, 반응 가스의 유로(17, 28)는 폭 1.2mm 이고 깊이 0.7mm의 홈 형상으로 형성되어 있다.
- [0438] 이어서 세퍼레이터(10, 20)에, 산화제 가스의 매니폴드 구멍(21, 23)과 연료 가스의 매니폴드 구멍(22, 24)을 형성하였다.
- [0439] 또한 도 5 및 도 7은 냉각수 유로(19, 29)의 형상을 나타낸 것이며, 도 4 및 도 6에 나타난 세퍼레이터(19)의 배면(외면)에 형성한 것이다. 냉각수 유로(19, 29)는 깊이 0.7mm의 홈 형상으로 형성되어 있다.
- [0440] 다음으로 MEA(43)의 고분자 전해질막(41)에, 냉각수, 연료 가스, 및 산화제 가스 유통용 매니폴드 구멍을 형성하고, MEA(43)의, 중앙부의 전극부분의 주위와 각 매니폴드 구멍(11 내지 16)의 주위에, 바이톤제 0링 형상의 유체 밀봉 부재를 접합하여 개스킷으로 하였다.
- [0441] 이와 같이 작성한 애노드측 세퍼레이터(20)와 캐소드측 세퍼레이터(10)로 MEA(43)을 사이에 끼워 셀(2)을 작성하였다. 이 셀(2)을 40개 적층하여 셀 적층체(201)를 작성하였다. 그리고 셀 적층체(201)의 양단에, 구리 표면에 금도금한 집전판과, PPS제의 절연판과, SUS를 절삭 가공하여 작성한 단판(3A, 3B)을 배치하고, 이들을 체결 막대로 고정하였다. 이 때 체결압은 전극의 면적당 10kgf/cm²로 하였다. 이렇게 하여 연료 전지(101)(셀 스택(1))를 작성했다.
- [0442] 또한 애노드측 전열 교환기(117) 및 캐소드측 전열 교환기(118)를 상술한 연료 전지(101)와 동일한 제조 방법으로 작성하였다.
- [0443] 이렇게 제작한 본 실시예의 연료 전지 발전 시스템(100)을 이용하여 실시형태 1에서 도 13에 기초하여 설명한 수명 시험을 실시하였다.
- [0444] 그 결과, 실시형태 1에서 기술한 바와 같이 연료 전지(101)의 수명을 향상시킬 수 있었다.
- [0445] 한편, 상기 실시형태 1 내지 3에서는, 연료 전지(101)로부터 배출되는 반응 가스 및 냉각수 중 적어도 어느 하나와의 전열 교환에 의해, 반응 가스를 소정의 입구 노점 환산 온도를 가지도록 가습 및 가열하였지만, 이것을 버블러 등의 일반 가습기를 이용하여 실시하여도 된다.
- [0446] 또한 상기 실시형태 1 내지 3에서는, 애노드측 전열 교환기(117, 119, 121)와 캐소드측 전열 교환기(118, 120, 122)를 별체(別體)로 하였지만 이들을 일체화하여도 된다. 또한 이들을 셀 스택(1)과 일체화하여도 된다. 이 경우, 애노드측 전열 교환기(117, 119, 121)와, 캐소드측 전열 교환기(118, 120, 122)와, 셀 스택(1)과는 기본적인 구성이 동일하므로 이들을 용이하게 일체화할 수 있다.
- [0447] 또한 실시예 1 및 2에서는, 애노드측 전열 교환기(117, 121)와 캐소드측 전열 교환기(118, 22)를 냉각 시스템(104)의 냉각 순환 유로(112)에 병렬로 접속했지만, 애노드측 전열 교환기(117, 121)와 캐소드측 전열 교환기(118, 22)를 냉각 시스템(104)의 냉각 순환 유로(112)에 직렬로 접속하여도 된다.
- [0448] 또한 상기 실시형태 1 내지 3에서는, 냉각수 유로(19, 29)를 1 또는 2 셀마다 마련했지만 이것을 3 이상의 셀마

다 마련하여도 된다.

[0449] 상기 설명으로부터, 당업자에게 있어 본 발명의 다양한 개량이나 다른 실시형태가 명백하다. 따라서 상기 설명은 예시로서만 해석되어야 하며 본 발명을 실시하는 최선의 실시형태를 당업자에게 교시하는 목적으로 제공된 것이다. 본 발명의 정신을 벗어나지 않고 그 구조 및/또는 기능의 상세를 실질적으로 변경할 수 있다.

산업상 이용 가능성

[0450] 본 발명의 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템은, 포터블 전원, 전기 자동차용 전원, 코제너레이션 시스템 등에 사용하는 연료 전지 발전 시스템으로 유용하다.

도면의 간단한 설명

[0056] 도 1은 본 발명의 실시형태 1에 의한 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템의 구성을 모식적으로 나타낸 블록도이다.

[0057] 도 2는 도 1의 연료 전지의 개략적인 구성을 나타낸 사시도이다.

[0058] 도 3은 도 2의 III-III 평면에 따른 단면도이다.

[0059] 도 4는 캐소드측 세퍼레이터의 정면도이다.

[0060] 도 5는 캐소드측 세퍼레이터의 배면도이다.

[0061] 도 6은 애노드측 세퍼레이터의 정면도이다.

[0062] 도 7은 애노드측 세퍼레이터의 배면도이다.

[0063] 도 8은 도 1의 애노드측 전열 교환기를 구성하는 전열 교환 셀 스택의 구성을 나타낸 사시도이다.

[0064] 도 9는 도 8의 IX-IX 평면에 따른 단면도이다.

[0065] 도 10은 셀 스택의 온도 분포를 측정하기 위해 이용한 세퍼레이터의 구조를 나타낸 모식도이다.

[0066] 도 11은 1 셀마다 냉각했을 경우에 있어서의 셀 스택의 온도 분포를 나타낸 그래프이다.

[0067] 도 12는 2 셀마다 냉각했을 경우에 있어서의 셀 스택의 온도 분포를 나타낸 그래프이다.

[0068] 도 13은 본 발명의 실시형태 1에 의한 연료 전지의 수명 시험의 결과를 나타낸 그래프이다.

[0069] 도 14는 본 발명의 실시형태 2에 의한 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템의 구성을 모식적으로 나타낸 블록도이다.

[0070] 도 15는 본 발명의 실시형태 3에 의한 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템의 구성을 모식적으로 나타낸 블록도이다.

[0071] 도 16은 본 발명의 실시형태 4에 의한 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템의 구성을 모식적으로 나타낸 블록도이다.

[0072] 도 17은 본 발명의 실시형태 5에 의한 연료 전지 발전 시스템의 구성을 모식적으로 나타낸 블록도이다.

[0073] 도 18은 도 17의 연료 전지 발전 시스템에 이용되는 가습기가 장착된 연료 전지의 구성을 모식적으로 나타낸 측면도이다.

[0074] 도 19는 도 18의 가습기가 장착된 연료 전지를 구성하는 세퍼레이터를 도시한 도이며, (a)는 제 1 세퍼레이터의 정면도, (b)는 제 2 세퍼레이터의 정면도이다.

[0075] 도 20은 1 셀마다 냉각했을 경우에 있어서의 셀 스택의 온도 분포의 다른 측정예를 나타낸 그래프이다.

[0076] 도 21은 2 셀마다 냉각했을 경우에 있어서의 셀 스택의 온도 분포의 다른 측정예를 나타낸 그래프이다.

[0077] 도 22는 2 셀마다 냉각했을 경우에 있어서의 셀 스택의 온도 분포의 다른 측정예를 나타낸 그래프이다.

[0078] 도 23은 2 셀마다 냉각했을 경우에 있어서의 셀 스택의 온도 분포의 다른 측정예를 나타낸 그래프이다.

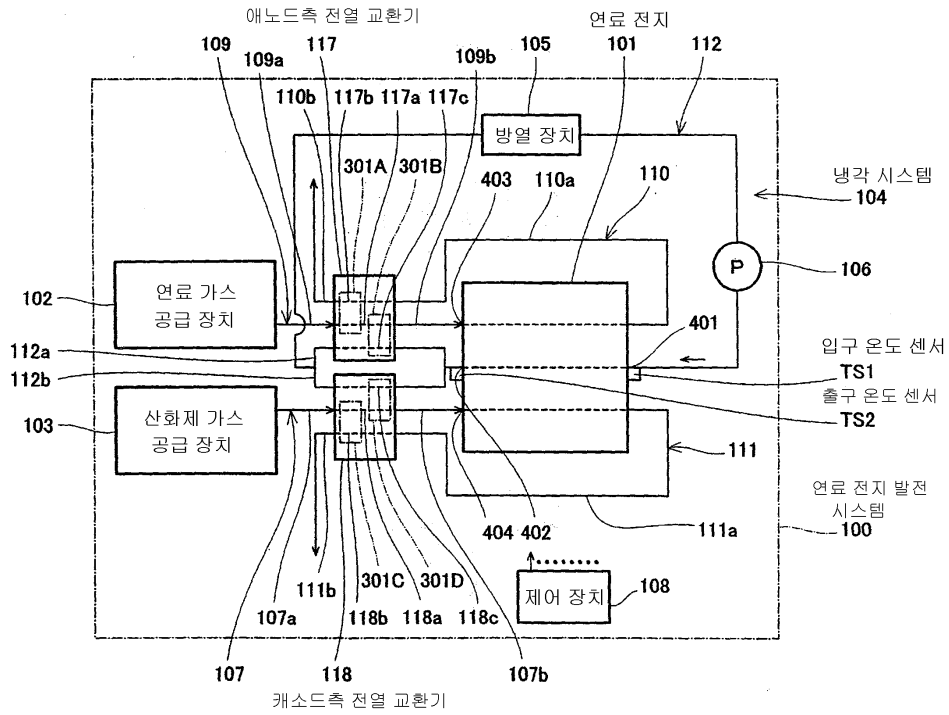
- [0079] 도 24는 2 셀마다 냉각했을 경우에 있어서의 셀 스택의 온도 분포의 다른 측정예를 나타낸 그래프이다.
- [0080] 도 25는 2 셀마다 냉각했을 경우에 있어서의 셀 스택의 온도 분포의 다른 측정예를 나타낸 그래프이다.
- [0081] 도 26은 2 셀마다 냉각했을 경우에 있어서의 셀 스택의 온도 분포의 다른 측정예를 나타낸 그래프이다.
- [0082] 도 27은 1 셀마다 냉각했을 경우에 있어서의 노점 환산 온도(T1)가 만족시켜야 할 조건식의 정수 X 및 계수 Y의 수치를 전류 밀도와 함께 나타낸 표이다.
- [0083] 도 28은 2 셀마다 냉각했을 경우에 있어서의 노점 환산 온도(T1)가 만족시켜야 할 조건식의 정수 X 및 계수 Y의 수치를 전류 밀도와 함께 나타낸 표이다.
- [0084] 도 29는 가스 유량과 압력 손실과의 관계의 일례를 나타낸 그래프이다.
- [0085] 도 30은 본 발명의 실시형태 6에 의한 고분자 전해질형 연료 전지 발전 시스템의 구성을 모식적으로 나타낸 블록도이다.
- [0086] 도 31은 연료 가스에 있어서의 출구 유속 및 압력 손실과 플러딩 발생 유무와의 관계를 나타낸 그래프이다.
- [0087] 도 32는 산화제 가스에 있어서의 출구 유속 및 압력 손실과 플러딩 발생 유무와의 관계를 나타낸 그래프이다.
- [0088] 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명
- [0089] 1: 셀 스택
- [0090] 2: 셀
- [0091] 3A, 3B: 단판
- [0092] 4: 산화제 가스 공급 매니폴드
- [0093] 5: 연료 가스 공급 매니폴드
- [0094] 6: 연료 가스 배출 매니폴드
- [0095] 7: 산화제 가스 배출 매니폴드
- [0096] 8: 냉각수 공급 매니폴드
- [0097] 9: 냉각수 배출 매니폴드
- [0098] 10: 캐소드측 세퍼레이터
- [0099] 11, 21: 산화제 가스의 입구 매니폴드 구멍
- [0100] 13, 23: 산화제 가스의 출구 매니폴드 구멍
- [0101] 17: 산화제 가스 유로
- [0102] 20: 애노드측 세퍼레이터
- [0103] 12, 22: 연료 가스의 입구 매니폴드 구멍
- [0104] 14, 24: 연료 가스의 출구 매니폴드 구멍
- [0105] 15, 25: 냉각수의 입구 매니폴드 구멍
- [0106] 16, 26: 냉각수의 출구 매니폴드 구멍
- [0107] 19, 29: 냉각수 유로
- [0108] 28: 연료 가스 유로
- [0109] 30: 냉각수 공급 배관
- [0110] 41: 고분자 전해질막
- [0111] 42A: 캐소드

- [0112] 42B: 애노드
- [0113] 43: MEA
- [0114] 46: 개스킷
- [0115] 48: O링
- [0116] 51: 산화제 가스 공급 배관
- [0117] 52: 산화제 가스 배출 배관
- [0118] 53: 연료 가스 공급 배관
- [0119] 54: 연료 가스 배출 배관
- [0120] 55: 냉각수 배출 배관
- [0121] 100: 연료 전지 발전 시스템
- [0122] 101: 연료 전지
- [0123] 102: 연료 가스 공급 장치
- [0124] 103: 산화제 가스 공급 장치
- [0125] 104: 냉각 시스템
- [0126] 105: 방열 장치
- [0127] 106: 냉각수 순환 펌프
- [0128] 107: 산화제 가스 배출 유로
- [0129] 108: 제어 장치
- [0130] 109: 연료 가스 공급 유로
- [0131] 110: 연료 가스 배출 유로
- [0132] 111: 산화제 가스 배출 유로
- [0133] 112: 냉각수 순환 유로
- [0134] 117: 애노드측 전열 교환기
- [0135] 118: 캐소드측 전열 교환기
- [0136] 202: 전열 교환 셀
- [0137] 203A, 203B: 단판
- [0138] 204: 제 1 유체 공급 매니폴드
- [0139] 205: 제 2 유체 공급 매니폴드
- [0140] 206: 제 2 유체 배출 매니폴드
- [0141] 207: 제 1 유체 배출 매니폴드
- [0142] 210: 제 1 세퍼레이터
- [0143] 211, 221: 제 1 유체의 입구 매니폴드 구멍
- [0144] 213, 223: 제 1 유체의 출구 매니폴드 구멍
- [0145] 217: 제 1 유체 유로
- [0146] 220: 제 2 세퍼레이터
- [0147] 212, 222: 제 2 유체의 입구 매니폴드 구멍

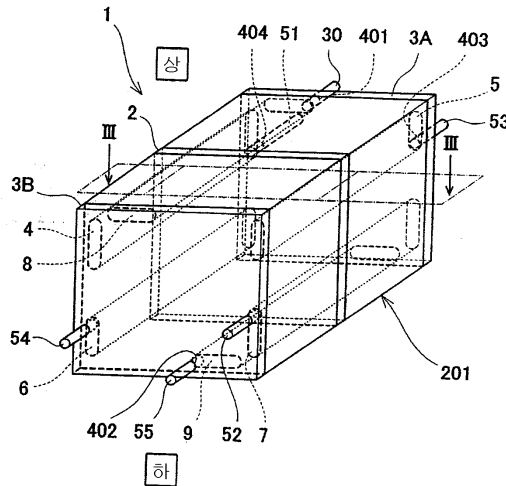
- [0148] 214, 224: 제 2 유체의 출구 매니폴드 구멍
- [0149] 228: 제 2 유체 유로
- [0150] 243: 유사 MEA
- [0151] 251: 제 1 유체 공급 배관
- [0152] 252: 제 1 유체 배출 배관
- [0153] 253: 제 2 유체 공급 배관
- [0154] 254: 제 2 유체 배출 배관
- [0155] 301: 전열 교환 셀 스택
- [0156] 301A: 제 1 전열 교환 셀 스택
- [0157] 301B: 제 2 전열 교환 셀 스택
- [0158] 301C: 제 3 전열 교환 셀 스택
- [0159] 301D: 제 4 전열 교환 셀 스택
- [0160] 302: 전열 교환 셀적층체
- [0161] 303A: 애노드측 대 냉각수 열교환기
- [0162] 303B: 캐소드측 대 냉각수 열교환기
- [0163] 401: 냉각수 순환 유로의 연료 전지에의 입구
- [0164] 402: 냉각수 순환 유로의 연료 전지로부터의 출구
- [0165] 403: 연료 가스 입구
- [0166] 404: 산화제 가스 입구
- [0167] 500: 가습기가 장착된 연료 전지
- [0168] 501: 가습기 및 연료 전지 일체화 스택
- [0169] 502: 전지부
- [0170] 503: 가습기부
- [0171] 504A, 504B: 단판
- [0172] 510: 제 1 세퍼레이터
- [0173] 511: 공급 산화제 가스 유로
- [0174] 512: 공급 연료 가스 유로
- [0175] 520: 제 2 세퍼레이터
- [0176] 521: 배출 산화제 가스 유로
- [0177] 522: 배출 연료 가스 유로
- [0178] TS1: 입구 온도 센서
- [0179] TS2: 출구 온도 센서

도면

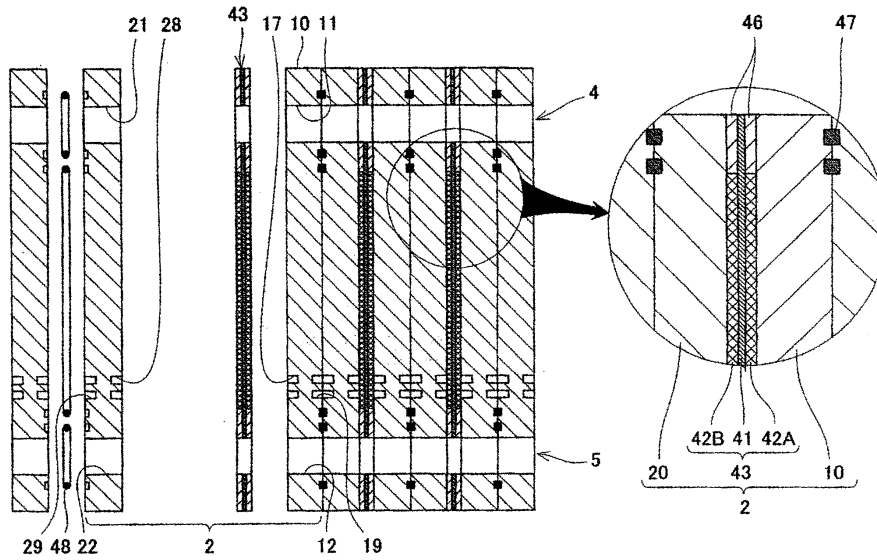
도면1



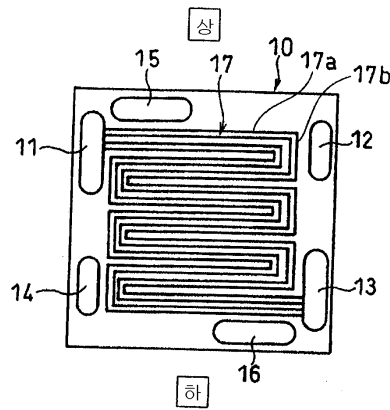
도면2



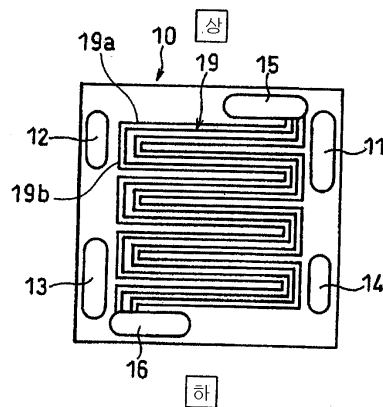
도면3



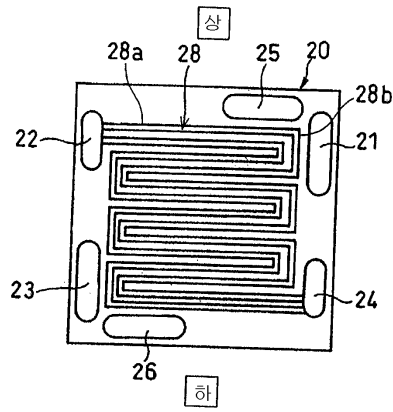
도면4



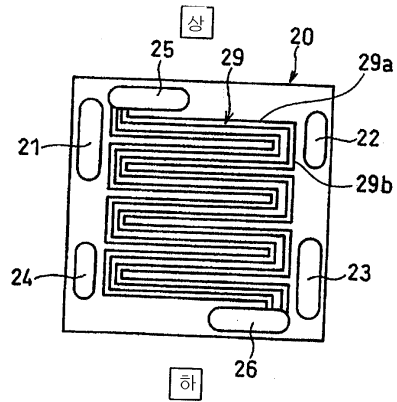
도면5



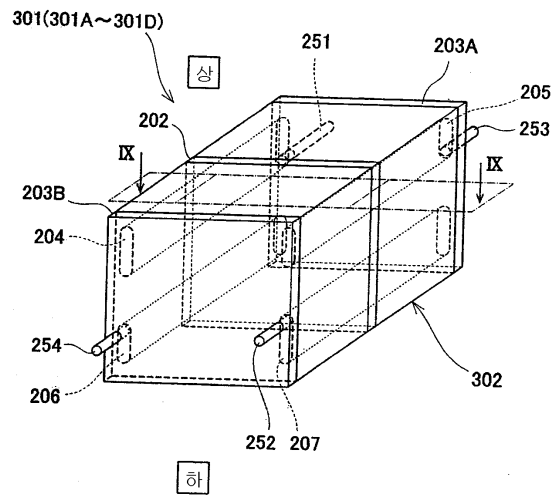
도면6



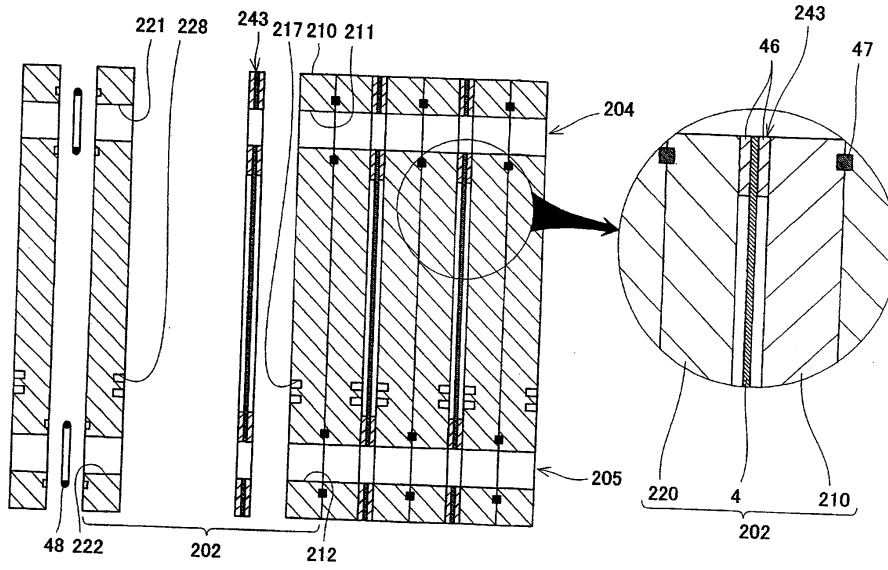
도면7



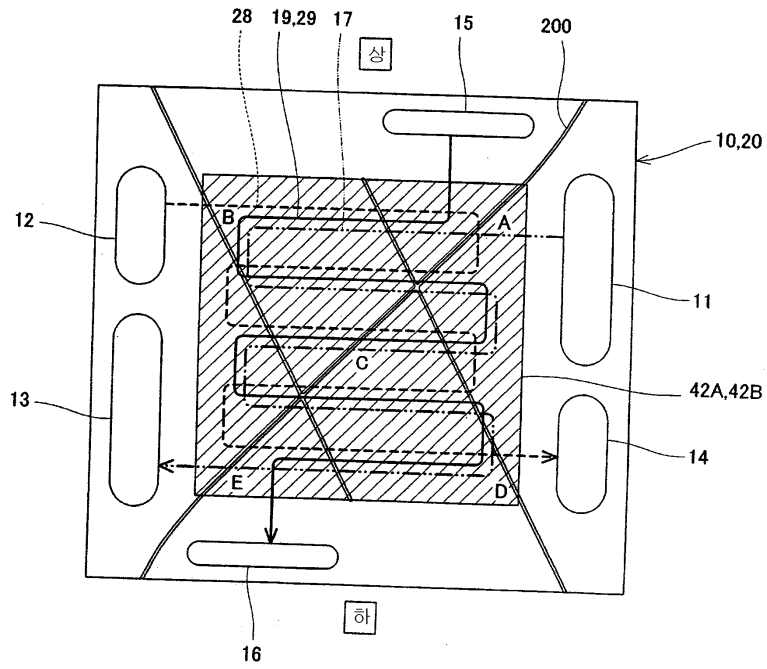
도면8



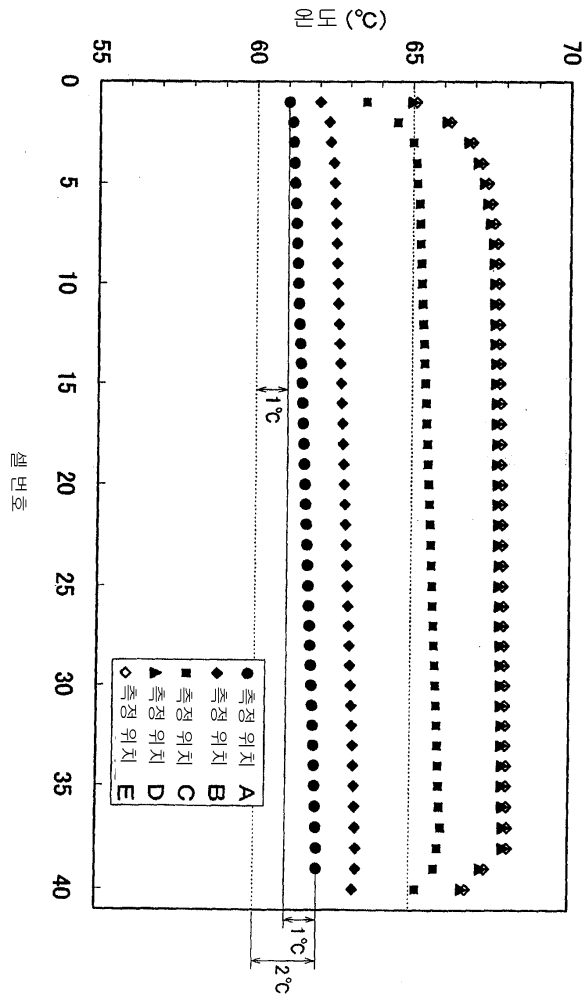
도면9



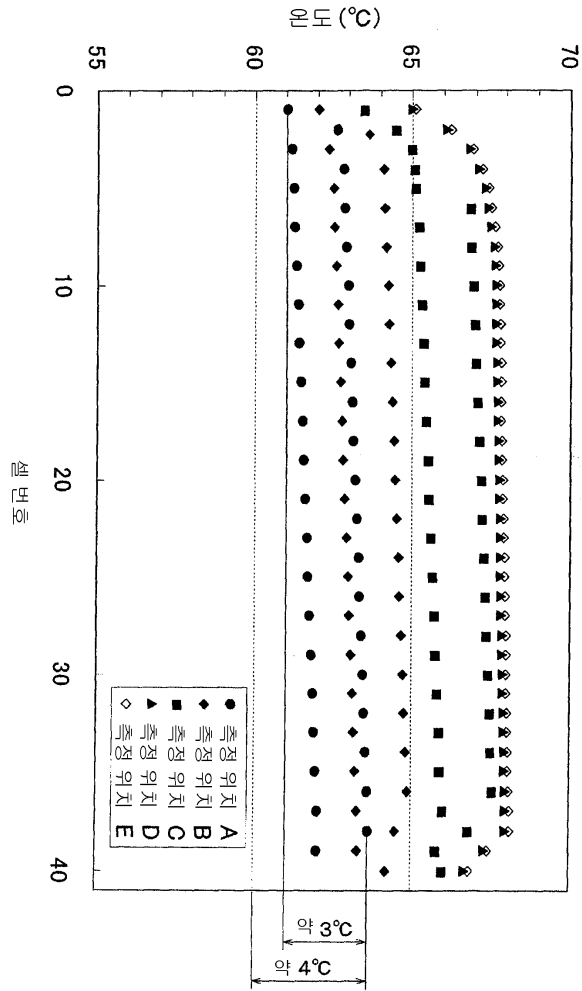
도면10



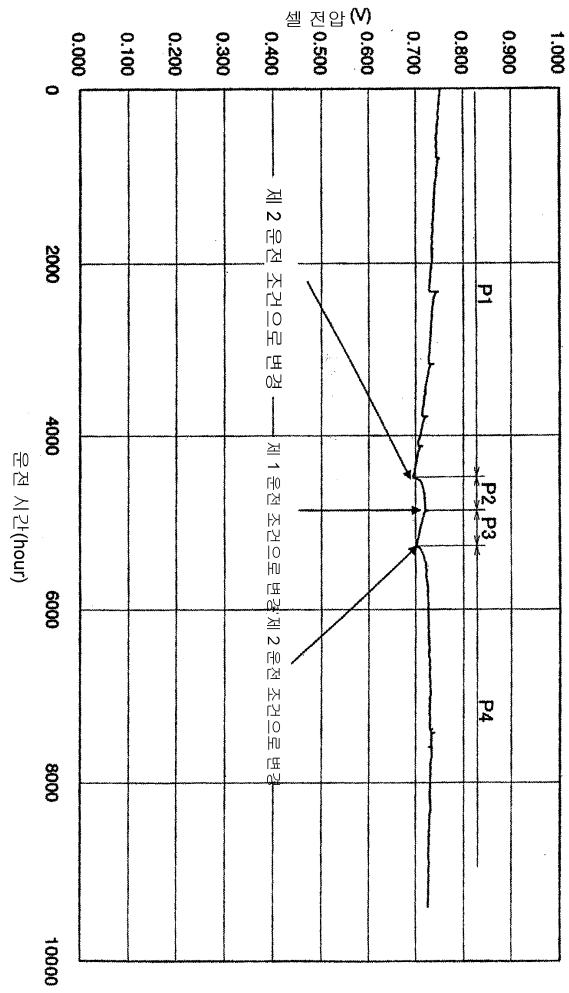
도면11



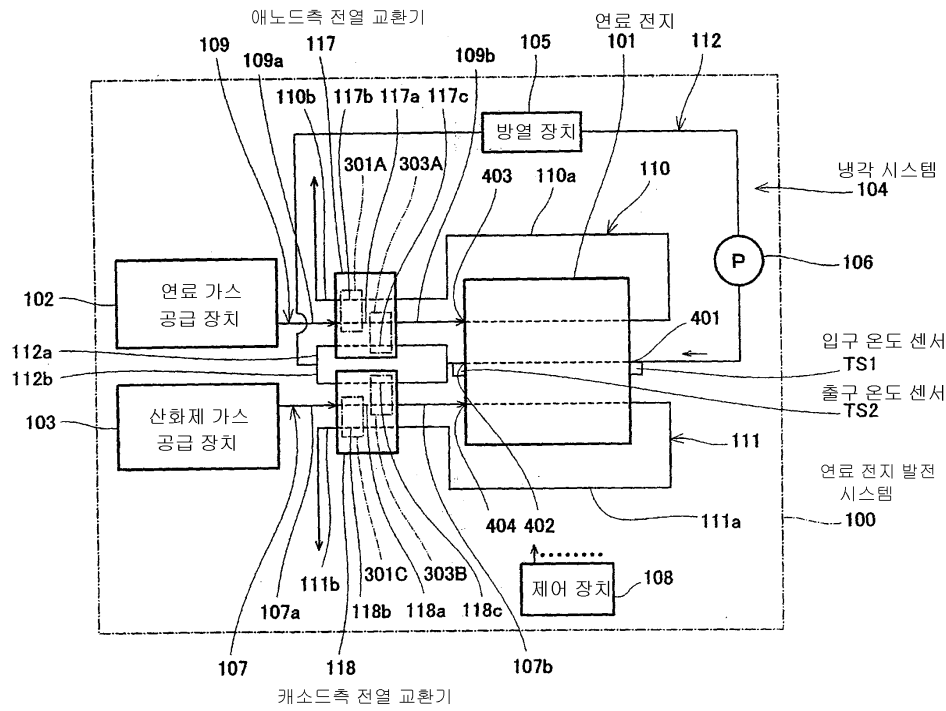
도면12



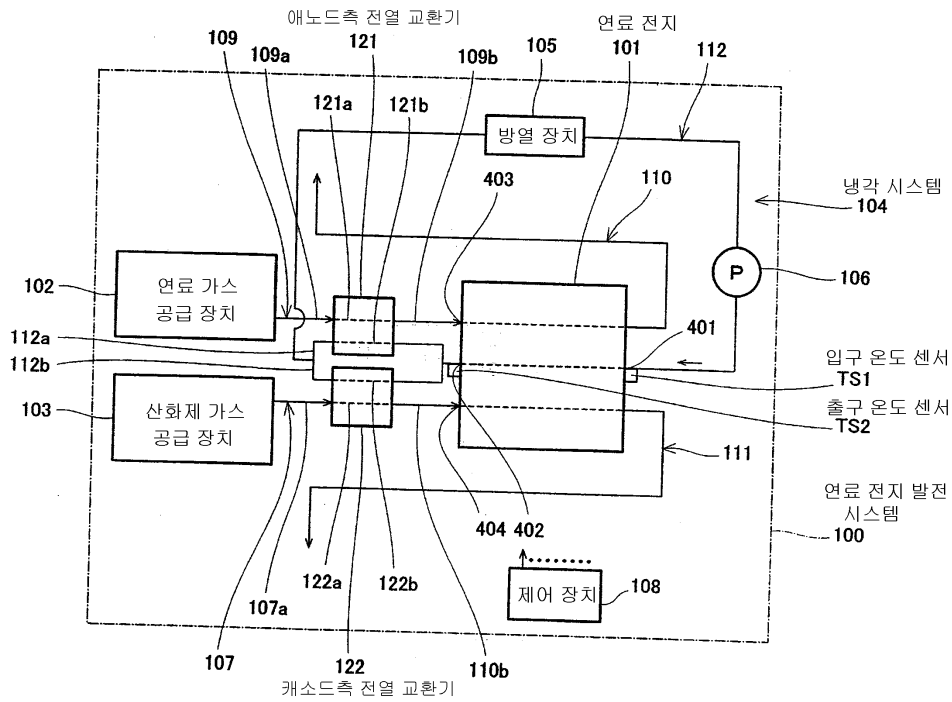
도면13



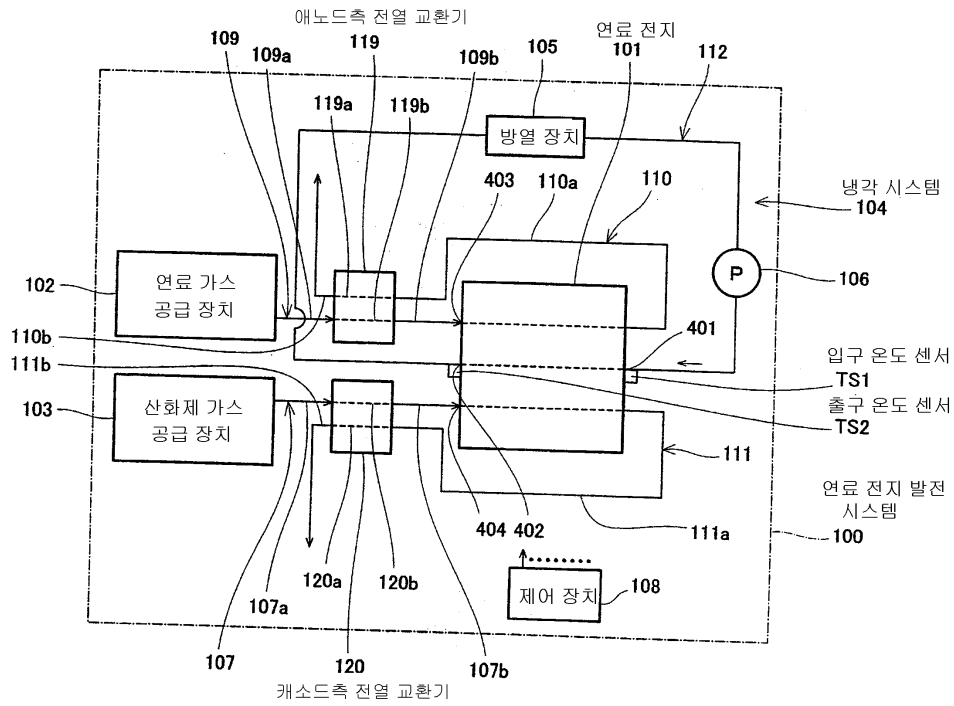
도면14



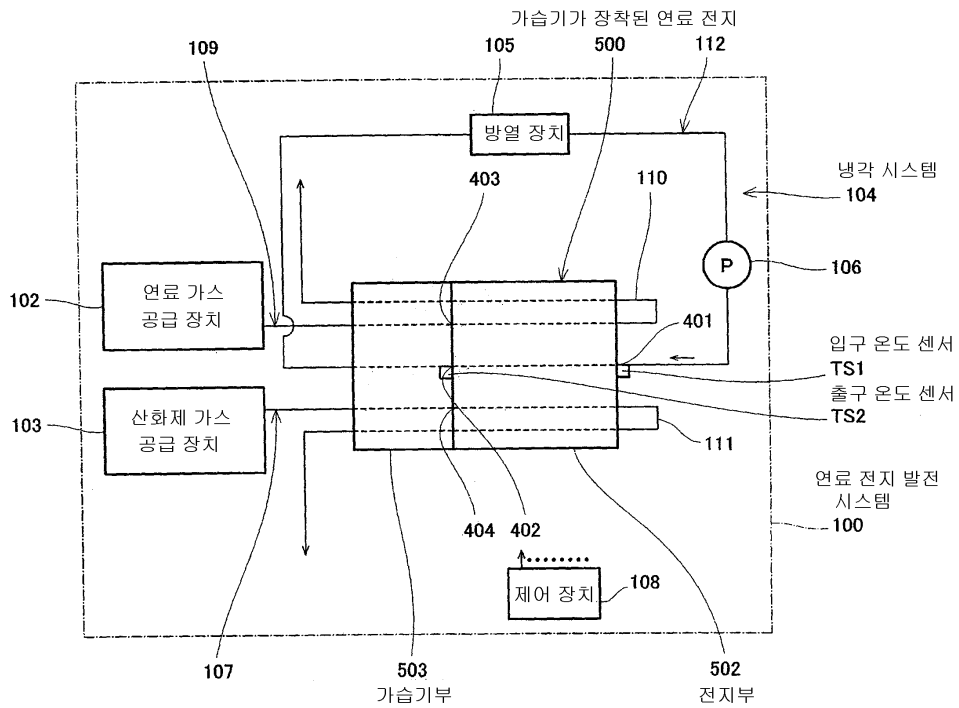
도면15



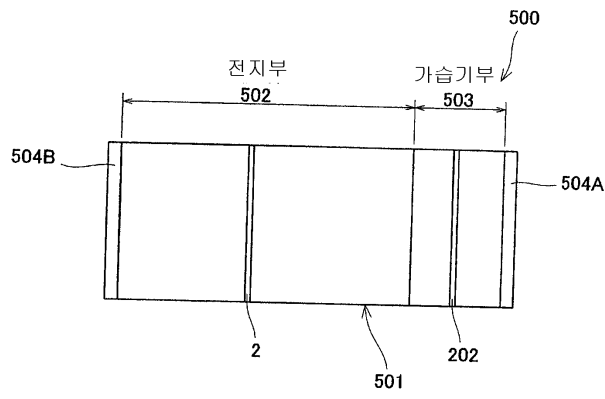
도면16



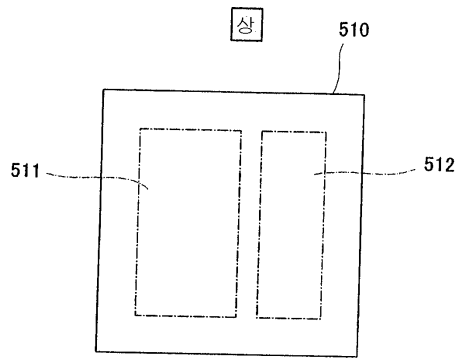
도면17



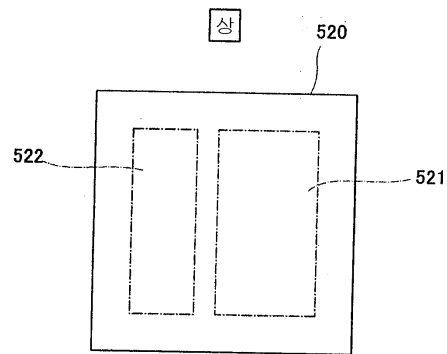
도면18



도면19

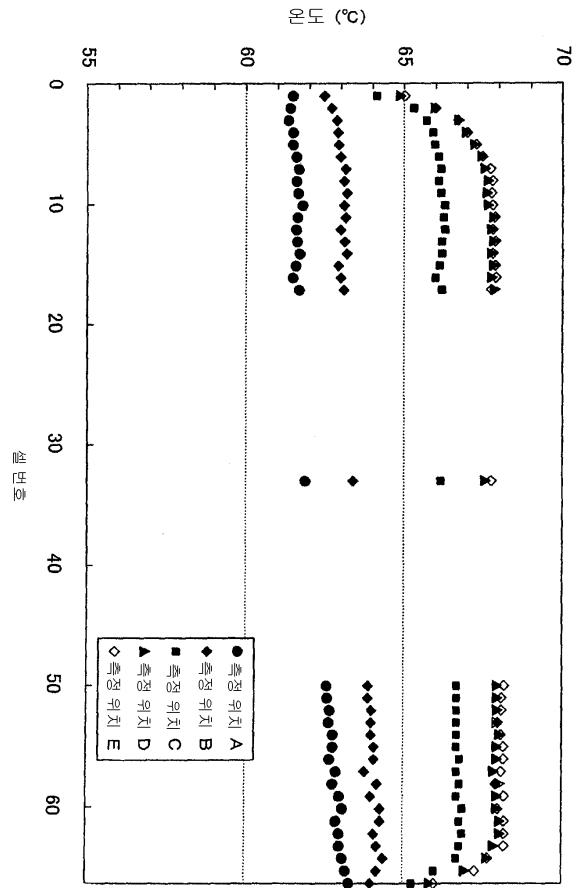


하 (a)

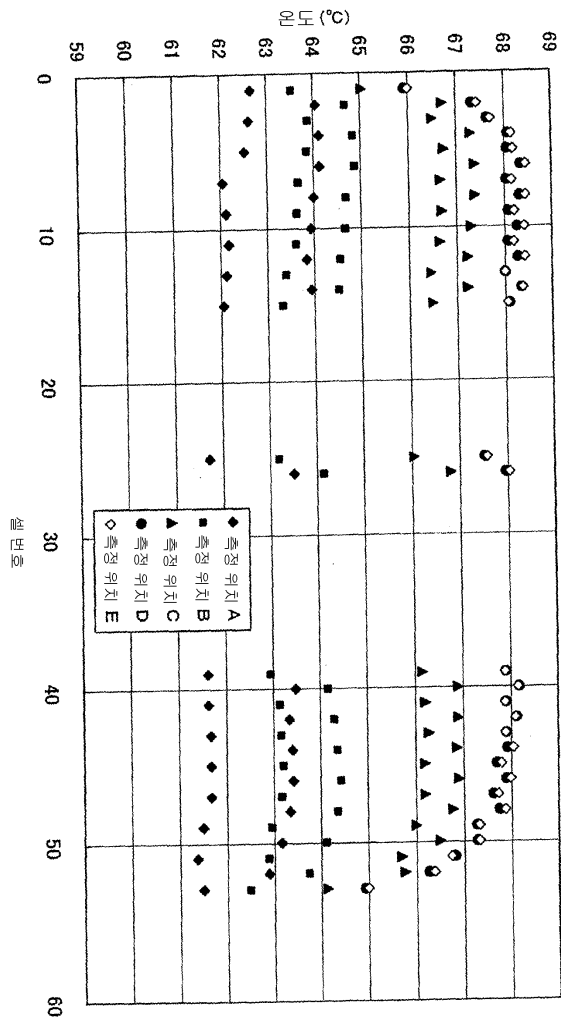


하 (b)

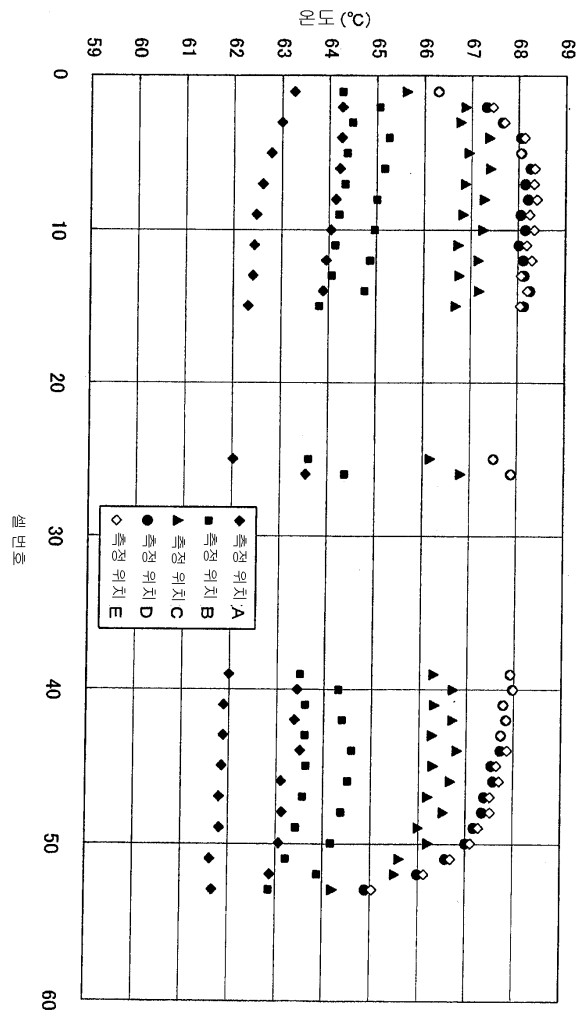
도면20



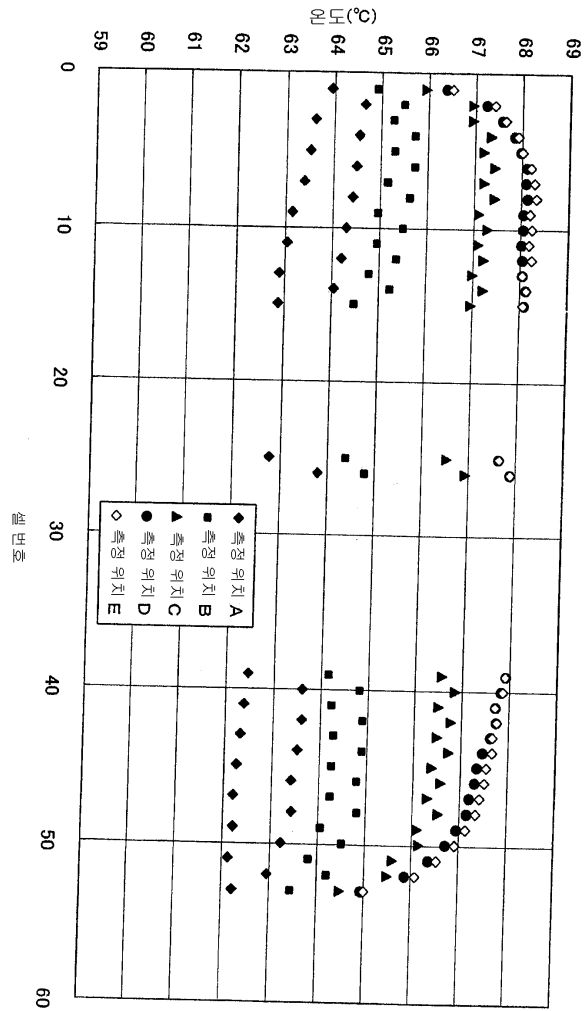
도면21



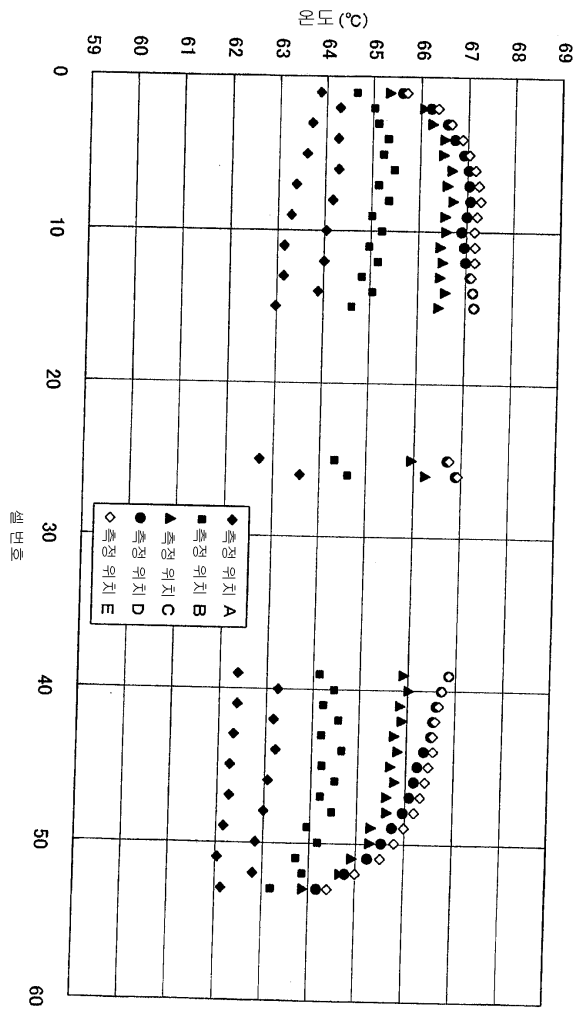
도면22



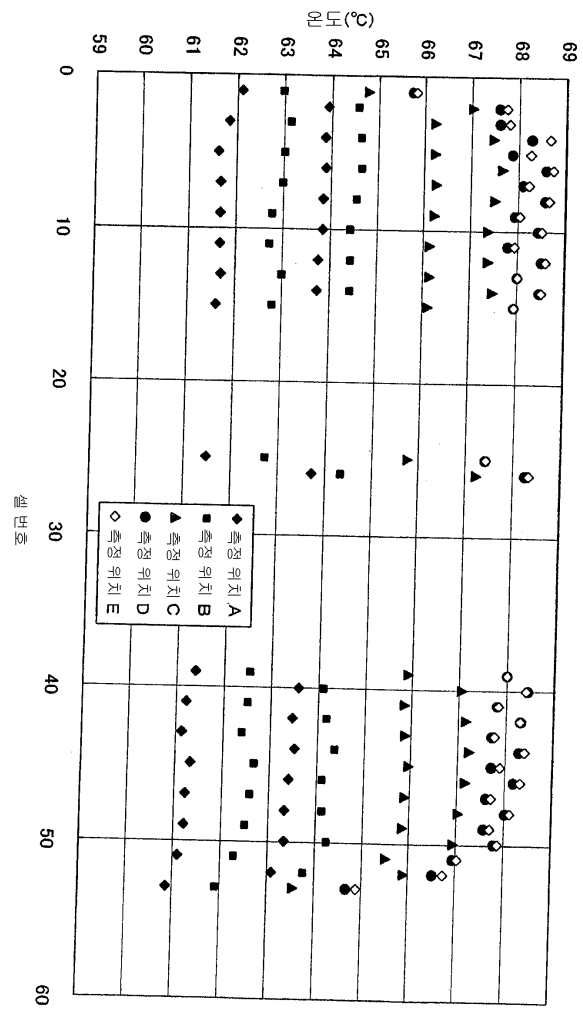
도면23



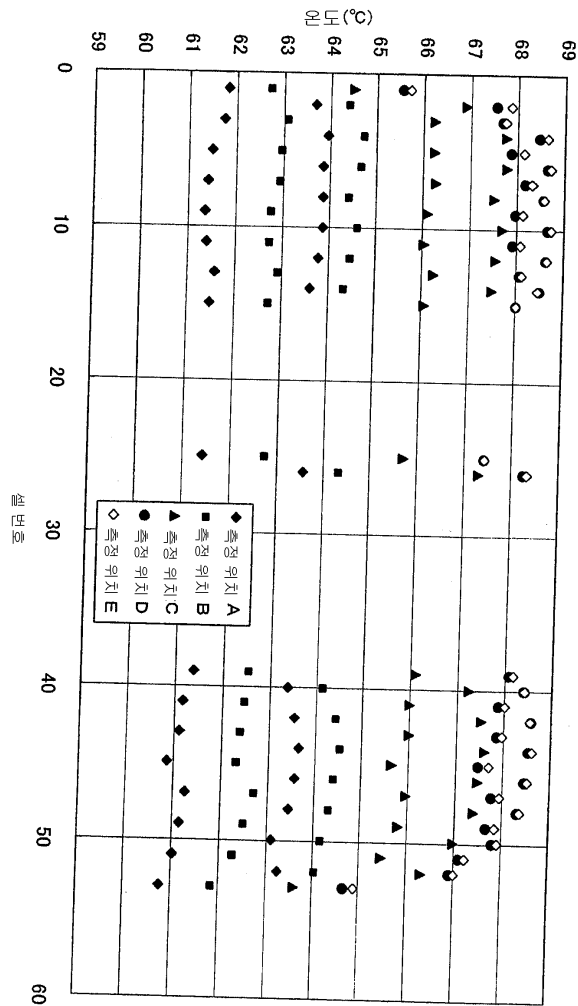
도면24



도면25



도면26



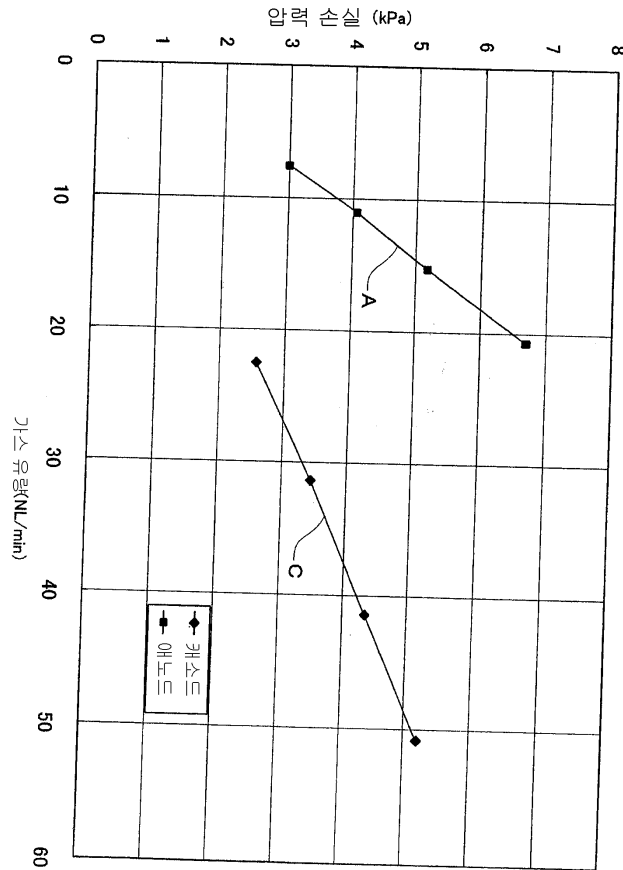
도면27

측정예	전류 밀도 A/cm ²	X		Y	
		캐소드	애노드	캐소드	애노드
도 11의 측정예	0.160	1.0	2.0	0.020	0.020
도 20의 측정예	0.160	1.5	2.5	0.027	0.023

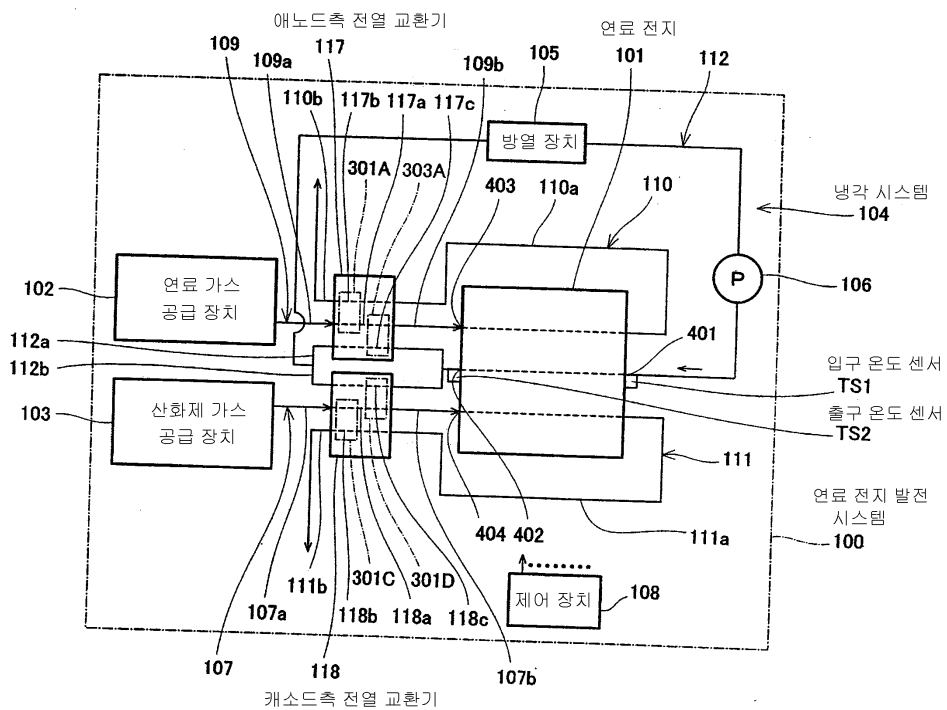
도면28

측정예	전류 밀도 A/cm ²	X		Y	
		캐소드	애노드	캐소드	애노드
도 11의 측정예	0.180	2.8	3.8	0.020	0.025
도 21의 측정예	0.300	3.3	4.1	0.013	0.013
도 22의 측정예	0.250	3.1	3.8	0.015	0.015
도 23의 측정예	0.160	2.9	3.7	0.022	0.0185
도 24의 측정예	0.116	2.9	3.9	0.033	0.022
도 25의 측정예	0.078	3.0	4.2	0.031	0.030
도 26의 측정예	0.050	2.8	3.9	0.028	0.028

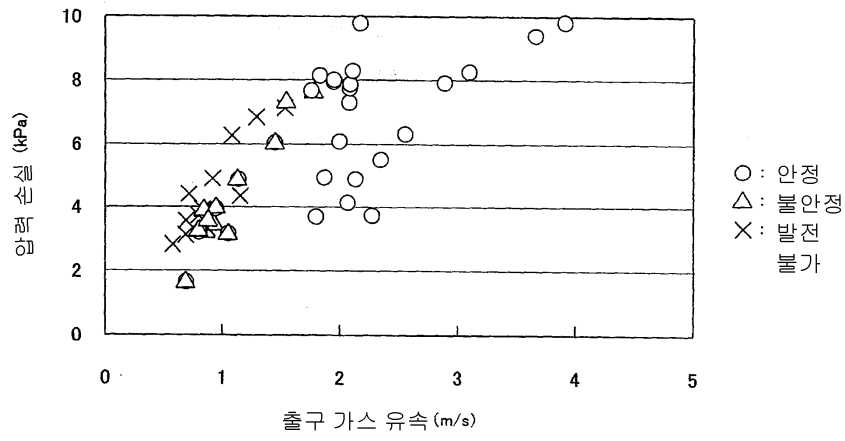
도면29



도면30



도면31



도면32

