



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0054975
(43) 공개일자 2020년05월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F28F 27/00 (2006.01) C02F 1/00 (2006.01)
C02F 1/50 (2006.01) C02F 1/66 (2006.01)
F28G 15/00 (2006.01) G01N 17/00 (2020.01)
(52) CPC특허분류
F28F 27/003 (2013.01)
C02F 1/008 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7007679
(22) 출원일자(국제) 2018년09월13일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2020년03월16일
(86) 국제출원번호 PCT/US2018/050841
(87) 국제공개번호 WO 2019/060203
국제공개일자 2019년03월28일
(30) 우선권주장
62/560,595 2017년09월19일 미국(US)

(71) 출원인
에코랩 유에스에이 인코퍼레이티드
미국 미네소타 세인트 폴 에코랩 플레이스 1 (우:
55102)
(72) 발명자
프라카쉬, 아누팜
미국 60503 일리노이 오로라 던로빈 서클 2665
헌터롱, 스티븐 제이.
미국 60115 일리노이 엘빈 클로버 힐 레인 790 더
블유 42
(74) 대리인
특허법인 남앤남

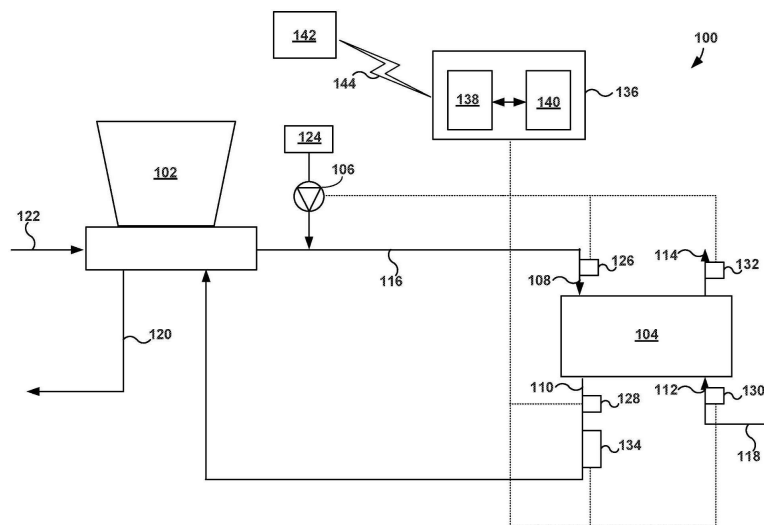
전체 청구항 수 : 총 32 항

(54) 발명의 명칭 냉각수 모니터링 및 제어 시스템

(57) 요약

냉각 타워에서 냉각수 처리를 제어하는 방법은 냉각 타워로부터 냉각수를 수용하는 하나 이상의 다운스트림 열 교환기들의 동작 데이터를 측정하는 것을 수반할 수 있다. 예를 들어, 다운스트림 열 교환기의 고온 및 저온 스트림들의 양자의 유입구 및 유출구 온도들은 선택적으로, 열 교환기를 통과하는 냉각수 스트림의 유량과 함께 측정될 수 있다. 열 교환기를 통과하는 스트림들로부터의 데이터는 열 교환기에 대한 열 전달 효율을 결정하기 위하여 이용될 수 있다. 열 전달 효율은 시간의 주기 상에서 추세화될 수 있고, 추세에서의 변화들은 냉각수 파울링 문제들을 식별하기 위하여 검출될 수 있다. 냉각수 파울링을 감소시키거나, 제거하거나, 또는 아니면 제어하기 위하여 선택되는 화학적 첨가제는 다운스트림 열 교환기에서 검출된 열 전달 효율에서의 변화들에 기초하여 제어될 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

C02F 1/50 (2013.01)

C02F 1/66 (2013.01)

F28G 15/003 (2013.01)

G01N 17/008 (2013.01)

F28F 2200/00 (2013.01)

(72) 발명자

첸, 홍-팅

미국 60504 일리노이 오로라 메도우릿지 드라이브
990

마이어스, 크레이그

미국 60532 일리노이 리슬 선 벨리 로드 2784

굿맨, 월터 에이치.

미국 60532 일리노이 리슬 텔리스 레인 2143

메이어, 다니엘

미국 60565 일리노이 네이퍼빌 레드스타트 로드
104

명세서

청구범위

청구항 1

냉각수 처리를 제어하는 방법으로서,

열 교환기에 진입하는 냉각수 스트림의 온도, 상기 열 교환기를 진출하는 상기 냉각수 스트림의 온도, 상기 열 교환기에 진입하는 프로세스 스트림의 온도, 및 상기 열 교환기를 진출하는 상기 프로세스 스트림의 온도를 적어도 표시하는 복수의 센서들로부터의 데이터를 수신하는 단계;

상기 복수의 센서들로부터의 수신된 데이터에 기초하여, 상기 열 교환기에 대한 열 전달 효율을 결정하는 단계;

시간의 주기 상에서 상기 열 교환기에 대한 열 전달 효율 추세를 확립하는 단계;

상기 열 전달 효율 추세에서의 변화를 검출하는 단계; 및

상기 열 교환기에 대한 상기 열 전달 효율 추세에서 검출된 상기 변화에 응답하여, 상기 냉각수 스트림으로의 화학적 첨가제의 추가를 제어하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 열 전달 효율 추세를 확립하는 단계는 단일 차수 곡선 - 상기 단일 차수 곡선은 기울기를 가짐 - 을 상기 시간의 주기 상에서 상기 열 교환기에 대해 결정된 상기 열 전달 효율에 맞추는 단계를 포함하고, 그리고

상기 열 전달 효율 추세에서의 변화를 검출하는 단계는 문턱 양 이상인 상기 기울기에서의 변화를 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 문턱 양은 1 퍼센트로부터 25 퍼센트까지의 범위인, 방법.

청구항 4

제2항 또는 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 문턱 양은 5 퍼센트로부터 20 퍼센트까지의 범위인, 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 시간의 주기 상에서 상기 열 교환기에 대한 상기 열 전달 효율 추세를 확립하는 단계는 상기 시간의 주기 상에서 일(day) 당 적어도 한 번 상기 열 교환기에 대한 상기 열 전달 효율을 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열 교환기에 대한 상기 열 전달 효율을 결정하는 단계는 수학적식에 따라 상기 열 전달 효율을 결정하는 단계를 포함하고:

$$U\text{-값: } \frac{\dot{m}C_p\Delta T_{\text{water}}}{\Delta T_{\text{LMTD}} \times \text{Heat Tr. Area} \times F_t}$$

U-값은 상기 열 전달 효율이고, $\dot{m}$ 은 단위 시간 당 상기 냉각수 스트림의 질량이고, C_p 는 상기 냉각수 스트림의 비열이고, ΔT_{water} 는 상기 열 교환기를 진출하는 상기 냉각수 스트림의 온도와 열 교환기에 진입하는 상기 냉각수 스트림의 온도 차이이고,

수 스트림의 온도 사이의 차이이고, Heat Tr. Area는 열 에너지가 상기 프로세스 스트림과 상기 냉각수 스트림 사이에서 상기 열 교환기 상에서 전달되는 상기 열 교환기의 표면적의 양이고, F_t 는 상기 열 교환의 기하구조(geometry)에 대응하는 보정 인자이고, ΔT_{LMTD} 는 상기 냉각수 스트림 및 상기 프로세스 스트림이 역류(counter-current) 방향으로 유동될 경우에 다음의 수학적식:

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_{process,in} - t_{water,out}) - (T_{process,out} - t_{water,in})}{\log_e \frac{T_{process,in} - t_{water,out}}{T_{process,out} - t_{water,in}}}$$

을 이용하여 계산되거나,

상기 냉각수 스트림 및 상기 프로세스 스트림이 병류(co-current) 방향으로 유동될 경우에 다음의 수학적식:

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_{process,in} - t_{water,in}) - (T_{process,out} - t_{water,out})}{\log_e \frac{T_{process,in} - t_{water,in}}{T_{process,out} - t_{water,out}}}$$

을 이용하여 계산된, 로그-평균(log-mean) 온도 차이이고,

$T_{Process, in}$ 은 상기 열 교환기에 진입하는 상기 프로세스 물 스트림의 온도이고, $T_{Process, out}$ 은 상기 열 교환기를 진출하는 상기 프로세스 스트림의 온도이고, $t_{water, in}$ 은 상기 열 교환기에 진입하는 상기 냉각수 스트림의 온도이고, $t_{water, out}$ 은 상기 열 교환기를 진출하는 상기 냉각수 스트림의 온도인, 방법.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 시간의 주기는 5일부터 100일까지의 범위인, 방법.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 시간의 주기는 10일부터 45일까지의 범위인, 방법.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 시간의 주기는 세정에 후속하는 서비스 시에 상기 열 교환기가 배치될 시에 시작되는, 방법.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 화학적 첨가제는 상기 열 교환기에 진입하는 상기 냉각수 스트림을 수용하는 상기 열 교환기의 유입구의 업스트림에 있는 냉각 타워에 주입되는, 방법.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 화학적 첨가제의 추가를 제어하는 단계는 상기 화학적 첨가제가 상기 냉각수 스트림으로 도입되는 유량을 증가시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 화학적 첨가제의 추가를 제어하는 단계는, 적어도, 상기 열 전달 효율 추세가 하향 추세로부터 상향 추세의 변곡(inflexion)을 나타낼 때까지 상기 냉각수에서의 상기 화학적 첨가제의 농도를 증가시키는 단계를 포

함하는, 방법.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열 전달 효율 추세에서의 상기 변화를 검출하는 것에 응답하여, 상기 냉각수의 유량을 증가시키는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 14

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉각수에서 존재하는 파울런트(foulant)의 유형을 결정하고, 결정된 파울런트의 유형에 기초하여 상기 화학적 첨가제를 선택하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 15

제1항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열 교환기에 진입하는 상기 냉각수 스트림의 온도, 상기 열 교환기를 진출하는 상기 냉각수 스트림의 온도, 상기 열 교환기에 진입하는 상기 프로세스 스트림의 온도, 및 상기 열 교환기를 진출하는 상기 프로세스 스트림의 온도에 대응하는 데이터를 평활화(smooth)하는 단계를 더 포함하고,

상기 열 전달 효율을 결정하는 단계는 평활화된 온도 값들을 이용하여 상기 열 전달 효율을 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 16

제1항 내지 제15항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 화학적 첨가제는 물때 억제제(scale inhibitor), 부식 억제제(corrosion inhibitor), 살생물제(biocide), 및 이들의 조합들로 구성되는 그룹으로부터 선택되는, 방법.

청구항 17

제1항 내지 제16항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 복수의 센서들로부터 데이터를 수신하는 단계는 상기 냉각수 스트림을 수용하는 다수의 열 교환기들의 각각에 대한 상기 복수의 센서들로부터 데이터를 수신하는 단계를 포함하고,

상기 열 전달 효율을 결정하는 단계는 상기 다수의 열 교환기들의 각각에 대한 상기 열 전달 효율을 결정하는 단계를 포함하고;

상기 열 전달 효율 추세를 확립하는 단계는 상기 다수의 열 교환기들의 각각에 대한 상기 열 전달 효율 추세를 확립하는 단계를 포함하고; 그리고

상기 열 전달 효율 추세에서의 상기 변화를 검출하는 단계는 상기 다수의 열 교환기들 중의 적어도 하나에 대한 상기 열 전달 효율 추세에서의 상기 변화를 검출하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 열 전달 효율 추세에서의 상기 변화를 검출하는 단계는 상기 다수의 열 교환기들의 각각에 대한 상기 열 전달 효율 추세에서의 상기 변화를 검출하는 단계를 포함하고, 그리고

상기 냉각수 스트림으로의 상기 화학적 첨가제의 추가를 제어하는 단계는 상기 다수의 열 교환기들의 각각에 대한 상기 열 전달 효율 추세에서 검출된 상기 변화에 응답하여 상기 냉각수 스트림으로의 상기 화학적 첨가제의 추가를 제어하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 19

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 프로세스 스트림은 원유(crude oil) 또는 이의 파생물을 포함하는, 방법.

청구항 20

제1항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열 교환기는 암모니아 생산 프로세스에 통합되는, 방법.

청구항 21

제1항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열 교환기는 셸 및 튜브(shell and tube) 열 교환기 및 판(plate) 열 교환기로 구성되는 그룹으로부터 선택되는, 방법.

청구항 22

제1항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 프로세스 스트림은 상기 열 전달 효율이 상기 시간의 주기 상에서 감소하게 하는, 상기 열 교환기에서 퇴적되는 파울링 재료를 포함하고, 상기 냉각수 스트림은 상기 열 전달 효율이 상기 시간의 주기 상에서 감소하게 하는, 상기 열 교환기에서 퇴적되는 파울링 재료를 포함하고, 상기 프로세스 스트림에 의해 퇴적된 상기 파울링 재료는 상기 시간의 주기 상에서 상기 열 전달 효율에서의 상기 감소의 적어도 75 %를 야기시키는, 방법.

청구항 23

시스템으로서,

증발 냉각(evaporative cooling)을 통해 냉각수 스트림의 온도를 감소시키는 냉각 타워;

냉각수 유입구, 냉각수 유출구, 프로세스 스트림 유입구, 및 프로세스 스트림 유출구를 가지는 열 교환기;

상기 냉각수 유입구를 통해 상기 열 교환기에 진입하는 냉각수 스트림의 온도, 상기 냉각수 유출구를 통해 상기 열 교환기를 진출하는 상기 냉각수 스트림의 온도, 상기 프로세스 스트림 유입구를 통해 상기 열 교환기에 진입하는 프로세스 스트림의 온도, 및 상기 프로세스 스트림 유출구를 통해 상기 열 교환기를 진출하는 상기 프로세스 스트림의 온도를 측정하도록 위치한 복수의 센서들;

화학적 첨가제를 상기 냉각수 스트림으로 주입하도록 위치한 펌프; 및

상기 복수의 센서들 및 상기 펌프에 통신가능하게 결합되고, 그리고 상기 복수의 센서들로부터 데이터를 수신하고, 상기 복수의 센서들로부터의 수신된 데이터에 기초하여 상기 열 교환기에 대한 열 전달 효율을 결정하고, 시간의 주기 상에서 상기 열 교환기에 대한 열 전달 효율 추세를 확립하고, 상기 열 전달 효율 추세에서의 변화를 검출하고, 상기 열 교환기에 대한 상기 열 전달 효율 추세에서 검출된 상기 변화에 응답하여 상기 펌프를 제어하도록 구성된 제어를 포함하는, 시스템.

청구항 24

제23항에 있어서,

상기 제어기는,

단일 차수 곡선 - 상기 단일 차수 곡선은 기울기를 가짐 - 을 상기 시간의 주기 상에서 상기 열 교환기에 대해 결정된 상기 열 전달 효율에 적어도 맞춤으로써 상기 열 전달 효율 추세를 확립하고, 그리고

문턱 양 이상인 상기 기울기에서의 변화를 적어도 결정함으로써 상기 열 전달 효율 추세에서의 상기 변화를 검출하도록 구성되는, 시스템.

청구항 25

제23항 또는 제24항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어기는 상기 시간의 주기 상에서 일 당 적어도 한 번 상기 열 교환기에 대한 상기 열 전달 효율을 적어도 결정함으로써 상기 시간의 주기 상에서 상기 열 교환기에 대한 상기 열 전달 효율 추세를 확립하도록 구성되는, 시스템.

청구항 26

제23항 내지 제25항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 시간의 주기는 5일로부터 100일까지의 범위이고, 세정에 후속하는 서비스 시에 상기 열 교환기가 배치될 시에 시작되는, 시스템.

청구항 27

제23항 내지 제26항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어기는 수학식에 따라 상기 열 전달 효율을 적어도 결정함으로써 상기 열 교환기에 대한 상기 열 전달 효율을 결정하도록 구성되고:

$$U\text{-값: } \frac{\dot{m}C_p\Delta T_{\text{water}}}{\Delta T_{\text{LMTD}} \times \text{Heat Tr. Area} \times F_t}$$

U-값은 상기 열 전달 효율이고, $\dot{m}$ 은 단위 시간 당 상기 냉각수 스트림의 질량이고, C_p 는 상기 냉각수 스트림의 비열이고, ΔT_{water} 는 상기 열 교환기를 진출하는 상기 냉각수 스트림의 온도와 열 교환기에 진입하는 상기 냉각수 스트림의 온도 사이의 차이이고, Heat Tr. Area는 열 에너지가 상기 프로세스 스트림과 상기 냉각수 스트림 사이에서 상기 열 교환기 상에서 전달되는 상기 열 교환기의 표면적의 양이고, F_t 는 상기 열 교환의 기하구조에 대응하는 보정 인자이고, ΔT_{LMTD} 는 상기 냉각수 스트림 및 상기 프로세스 스트림이 역류 방향으로 유동될 경우에 다음의 수학식:

$$\Delta T_{\text{LMTD}} = \frac{(T_{\text{process,in}} - t_{\text{water,out}}) - (T_{\text{process,out}} - t_{\text{water,in}})}{\log_e \frac{T_{\text{process,in}} - t_{\text{water,out}}}{T_{\text{process,out}} - t_{\text{water,in}}}}$$

을 이용하여 계산되거나,

상기 냉각수 스트림 및 상기 프로세스 스트림이 병류(co-current) 방향으로 유동될 경우에 다음의 수학식:

$$\Delta T_{\text{LMTD}} = \frac{(T_{\text{process,in}} - t_{\text{water,in}}) - (T_{\text{process,out}} - t_{\text{water,out}})}{\log_e \frac{T_{\text{process,in}} - t_{\text{water,in}}}{T_{\text{process,out}} - t_{\text{water,out}}}}$$

을 이용하여 계산된, 로그-평균 온도 차이이고,

$T_{\text{process,in}}$ 은 상기 열 교환기에 진입하는 상기 프로세스 물 스트림의 온도이고, $T_{\text{process,out}}$ 은 상기 열 교환기를 진출하는 상기 프로세스 스트림의 온도이고, $t_{\text{water,in}}$ 은 상기 열 교환기에 진입하는 상기 냉각수 스트림의 온도이고, $t_{\text{water,out}}$ 은 상기 열 교환기를 진출하는 상기 냉각수 스트림의 온도인, 시스템.

청구항 28

제23항 내지 제27항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어기는 상기 화학적 첨가제가 상기 냉각수 스트림으로 도입되는 유량을 적어도 증가시킴으로써, 상기 열 교환기에 대한 상기 열 전달 효율 추세에서 검출된 상기 변화에 응답하여 상기 펌프를 제어하도록 구성되는, 시스템.

청구항 29

제23항 내지 제28항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어기는 적어도, 상기 열 전달 효율 추세가 하향 추세로부터 상향 추세로의 변곡을 나타낼 때까지 상기

냉각수에서의 상기 화학적 첨가제의 농도를 적어도 증가시킴으로써 상기 화학적 첨가제의 추가를 제어하도록 구성되는, 시스템.

청구항 30

제23항 내지 제29항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어기는 상기 열 교환기에 진입하는 상기 냉각수 스트림의 온도, 상기 열 교환기를 진출하는 상기 냉각수 스트림의 온도, 상기 열 교환기에 진입하는 상기 프로세스 스트림의 온도, 및 상기 열 교환기를 진출하는 상기 프로세스 스트림의 온도에 대응하는 상기 데이터를 평활화하도록 추가로 구성되고, 그리고

상기 제어기는 평활화된 온도 값들을 이용하여 상기 열 전달 효율을 적어도 결정함으로써 상기 열 전달 효율을 결정하도록 구성되는, 시스템.

청구항 31

제23항 내지 제30항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열 교환기는 셸(shell) 및 튜브(tube) 열 교환기인, 시스템.

청구항 32

냉각수를 모니터링하고 제어하기 위한, 제23항 내지 제31항 중 어느 한 항의 시스템의 용도.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

교차-참조

[0002]

이 출원은 2017년 9월 19일자로 출원된 미국 특허 가출원 제62/560,595호에 대한 우선권을 주장하고, 이의 전체 내용들은 참조에 의해 본원에 편입된다.

[0003]

기술분야

[0004]

이 개시내용은 냉각수 시스템들, 특히, 냉각수 제어 시스템들에 관한 것이다.

배경 기술

[0005]

물 냉각 타워(water cooling tower)들은 정유 공장(oil refinery)들 및 화학적 생산 플랜트(chemical production plant)들에서 발견된 것들과 같은 대용량 열 교환 시스템들에서 이용된다. 냉각 타워들은 냉각 타워에서 냉각재(coolant)의 부분을 증발시킴으로써 순환하는 물 냉각재로부터 흡수된 열을 제거하기 위하여 이용된다. 나머지 냉각재는 펌프에 의해 타워의 기저부에서의 저장소(reservoir) 또는 배수조(sump)로부터 추출될 수 있고, 열 부하(heat load)를 통해 계속적으로 공급될 수 있다. 다량의 물이 이러한 시스템에서 증발하므로, 물때(scale), 슬러지(sludge), 또는 다른 물 오염물질들이 시간 경과에 따라 재순환하는 물에서 축적될 수 있다.

[0006]

파울링(fouling)이 재순환하는 냉각수에 의해 접촉된 표면들 상에서 발생하는 정도를 방지하거나 제한하는 것을 돕기 위하여, 다양한 화학물질들이 냉각수에 추가될 수 있다. 화학물질들은 물로부터의 광물(mineral)들의 침전(precipitation)을 억제할 수 있고, 광물들은 그렇지 않을 경우에, 물에 의해 접촉된 표면들 상에서 물때를 형성할 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 화학물질들은 물에 의해 접촉된 표면들 상에서의 바이오파울링 소스들 및/또는 부식 생성물들의 퇴적을 억제할 수 있다.

[0007]

전형적인 동작 환경에서, 기술자는 냉각수 시스템으로부터 냉각수의 샘플들을 취할 수 있고 샘플들에 대한 화학적 분석을 수행할 수 있다. 기술자는 분석에 기초하여 냉각수에 추가된 화학물질의 유형을 조절할 수 있다. 종종, 기술자는 한 달에 한 번 또는 분기(quarter)에 한 번 등과 같이 제한된 기준으로 냉각수 분석을 수행하기 위하여 설비 현장(onsite)에 있을 수 있다. 그 결과, 설비 프로세스 조건들에서의 변화들은 프로세스 조건들이 변경된 후 일정 시간이 지나야 감지되지 않을 수 있다. 또한, 냉각수 화학작용(chemistry)이 변환된 프로세스 조건들을 설명하기 위하여 변화될 경우에도, 이러한 변화들은 일반적으로, 바람직하지 않은 냉각수 조건들을 방지하기 위한, 예측적이 아닌 반응적인 변화들이다.

발명의 내용

- [0008] 일반적으로, 이 개시내용은 냉각수를 모니터링하고 제어하기 위한 기법들 및 시스템들에 관한 것이다. 일부 예들에서, 냉각수 회로에서의 냉각수의 조건들은 냉각수가 하나 이상의 다운스트림(downstream) 열 전달 유닛들을 통해 운반되는 이러한 하나 이상의 다운스트림 열 전달 유닛들의 열 성능을 평가함으로써 간접적으로 모니터링 및/또는 제어된다. 예를 들어, 열 교환 네트워크는, 다수의 열 교환들에 유체적으로 연결되고 냉각수를 다수의 열 교환들에 공급하는 하나 이상의 냉각 타워들을 포함할 수 있다. 냉각수는 각각의 열 교환기의 하나의 측을 통과할 수 있는 반면, 냉각되어야 할 프로세스 유체는 병류(co-current) 또는 역류(counter-current) 방향의 어느 하나에서 열 교환기의 반대 측을 통과하였다.
- [0009] 일부 예들에서, 열 교환 네트워크에서의 열 교환기들 중의 하나 이상의 열 성능은 열 교환기를 통과하는 프로세스 스트림 및 냉각수 스트림의 양자의 유입구 및 유출구 온도들을 모니터링함으로써 모니터링된다. 냉각수 스트림 및/또는 프로세스 스트림의 유량(flow rate)과 같은 다른 프로세스 파라미터들이 또한 모니터링될 수 있다. 어느 하나의 경우에는, 열 교환기의 열 전달 효율에 대응하는 파라미터가 온도 데이터에 적어도 부분적으로 기초하여 결정될 수 있다. 열 교환기의 열 전달 효율의 추세(trend)는 추세로부터의 미래의 편차들이 기준으로부터 결정될 수 있는 이러한 기준을 제공하기 위하여 확립될 수 있다. 열 교환기의 열 전달 효율은 추후에 모니터링될 수 있고, 열 전달 효율에서의 변화들이 검출될 수 있다. 냉각수 스트림으로 도입된 화학적 첨가제들은 열 교환기에 대한 열 전달 효율 추세에서 검출된 변화들에 기초하여 제어될 수 있다. 그 결과, 냉각수 조건들에 의하여 야기된 열 교환기의 열 전달 효율에서의 비예상된 변화들은 조기에 검출될 수 있고, 조건들이 열 교환기 성능이 실질적으로 제한되는 포인트까지 완전히 열화하였을 때까지 대기하는 것이 아니라, 화학적 첨가제들의 제어를 통해 완화될 수 있다.
- [0010] 실제로, 열 교환기의 열 전달 효율은 열 에너지가 비교적 고온(hot) 프로세스 스트림으로부터 비교적 저온(cool) 냉각수 스트림으로 전달될 수 있는 효율에 영향을 주는 다양한 인자들에 기초하여 변동될 수 있다. 예를 들어, 프로세스 스트림에 의해 접촉된 열 교환기의 표면들 상에서 퇴적된 파울링은 냉각수 스트림으로의 열 전달을 감소시킬 수 있다. 마찬가지로, 냉각수 스트림에 의해 접촉된 열 교환기의 표면들 상에서 퇴적된 파울링은 또한, 냉각수 스트림으로의 열 전달을 감소시킬 수 있다.
- [0011] 다수의 프로세스 환경들에서, 프로세스 스트림은 냉각수 스트림보다 더 파울링하기 쉬운 스트림이다. 그 결과, 열 교환기의 프로세스 스트림 측 상에서의 파울링 축적은 열 교환기의 냉각수 스트림 측 상에보다 상당히 더 클 수 있다. 예를 들어, 동작 조건들에 따라서는, 열 교환기의 프로세스 측 상에서의 파울링 축적은 열 교환기가 깨끗(예컨대, 프로세스 측 및/또는 냉각수 측 상에서 파울링이 없음)할 때와 비교하여, 열 교환기의 열 효율 성능 열화의 75 % 이상을 야기시킬 수 있다. 예를 들어, 열 교환기의 프로세스 측 상에서의 파울링 축적은 열 교환기의 열 효율 성능 열화의 95 % 이상을 야기시킬 수 있다.
- [0012] 프로세스-측 파울링이 열 교환기 열 효율에 대해 가질 수 있는 지배적인 영향에도 불구하고, 일부 응용들에서, 열 교환기 열 효율이 냉각수-측 파울링 조건들에 대한 액션가능한 통찰력들을 여전히 제공할 수 있다는 것이 발견되었다. 예를 들어, (예컨대, 열 교환기를 통과하는 프로세스 스트림의 조성, 온도, 및/또는 유량들에서의 상당한 변화들이 있지 않았을 때) 열 교환기 열 효율 추세들에서의 변화들은 열 교환기의 냉각수 측 상에서의 파울링 조건들에 기인가능할 수 있다. 열 교환기의 냉각수 업스트림(upstream)에서 도입된 화학적 첨가제들은 다운스트림에서 검출된 열 교환기 열 효율에서의 변화에 기초하여 제어될 수 있다. 일부 응용들에서, 실시간 모니터링 및 제어는 열 교환기 열 효율 조건들을 예상외로 열화시키는 것에 대한 급속한 응답을 용이하게 하기 위하여 제공된다. 이 급속한 중재(intervention)는 열 교환기가 파울링된 조건들을 검출하기 전에 완전히 파울링될 경우에 달성가능하지 않은 방법으로, 열 교환기의 서비스 수명(service life)을 다음 물리적 세정(physical cleaning)까지 연장할 수 있다.
- [0013] 하나의 예에서는, 냉각수 처리를 제어하는 방법이 설명된다. 방법은 열 교환기에 진입하는 냉각수 스트림의 온도, 열 교환기를 진출하는 냉각수 스트림의 온도, 열 교환기에 진입하는 프로세스 스트림의 온도, 및 열 교환기를 진출하는 프로세스 스트림의 온도를 적어도 표시하는 복수의 센서들로부터의 데이터를 수신하는 단계를 포함한다. 방법은 또한, 복수의 센서들로부터의 수신된 데이터에 기초하여 열 교환기에 대한 열 전달 효율을 결정하는 단계, 및 시간의 주기 상에서 열 교환기에 대한 열 전달 효율 추세를 확립하는 단계를 수반한다. 방법은 열 전달 효율 추세에서의 변화를 검출하는 단계, 및 열 교환기에 대한 열 전달 효율 추세에서 검출된 변화에 응답하여, 냉각수 스트림으로의 화학적 첨가제의 추가를 제어하는 단계를 추가로 수반한다.

[0014] 또 다른 예에서는, 냉각 타워, 열 교환기, 복수의 센서들, 펌프, 및 제어기를 포함하는 시스템이 설명된다. 냉각 타워는 증발 냉각(evaporative cooling)을 통해 냉각수 스트림의 온도를 감소시킨다. 열 교환기는 냉각수 유입구, 냉각수 유출구, 프로세스 스트림 유입구, 및 프로세스 스트림 유출구를 가진다. 복수의 센서들은 냉각수 유입구를 통해 열 교환기에 진입하는 냉각수 스트림의 온도, 냉각수 유출구를 통해 열 교환기를 진출하는 냉각수 스트림의 온도, 프로세스 스트림 유입구를 통해 열 교환기에 진입하는 프로세스 스트림의 온도, 및 프로세스 스트림 유출구를 통해 열 교환기를 진출하는 프로세스 스트림의 온도를 측정하도록 위치된다. 펌프는 열 교환기의 업스트림(upstream)에서 위치되고, 화학적 첨가제를 냉각수 스트림으로 주입(inject)하도록 구성된다. 제어기는 복수의 센서들 및 펌프에 통신가능하게 결합되고, 그리고 복수의 센서들로부터 데이터를 수신하고, 복수의 센서들로부터의 수신된 데이터에 기초하여 열 교환기에 대한 열 전달 효율을 결정하고, 시간의 주기 상에서 열 교환기에 대한 열 전달 효율 추세를 확립하고, 열 전달 효율 추세에서의 변화를 검출하고, 열 교환기에 대한 열 전달 효율 추세에서 검출된 변화에 응답하여 펌프를 제어하도록 구성된다.

[0015] 하나 이상의 예들의 세부사항들은 동반 도면들 및 이하의 설명에서 기재된다. 다른 특징들, 목적들, 및 장점들은 설명 및 도면들로부터, 그리고 청구항들로부터 명백할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 일 예의 냉각수 모니터링 및 제어 시스템의 개념도이다.

도 2는 도 1에 따른 냉각수 모니터링 및 제어 시스템이 구현될 수 있는 다수의 열 교환기들을 포함하는 일 예의 열 교환기 네트워크를 예시하는 흐름도이다.

도 3은 도 1에 따른 냉각수 모니터링 및 제어 시스템이 구현될 수 있는 일 예의 암모니아 생산 프로세스를 예시하는 흐름도이다.

도 4 내지 도 7은 열 교환기 상에서의 유동 스트림들을 위한 일 예의 원시 및 평활화된 온도 데이터를 도시한다.

도 8은 도 4 내지 도 7에서 예시된 온도 데이터를 제공하는 열 교환기를 위한 일 예의 냉각수 유량 데이터를 도시한다.

도 9는 도 4 내지 도 8로부터의 평활화된 온도 데이터 및 유량 데이터를 이용하여 계산된 일 예의 열 전달 계수들을 도시하는 그래프이다.

도 10은 주기성 마커(periodicity marker)들로 오버레이(overlay)된 도 4 내지 도 8로부터의 평활화된 온도 데이터 및 유량 데이터를 이용하여 계산된 일 예의 열 전달 계수들을 도시하는 그래프이다.

도 11은 도 8에서의 유량 데이터에 대응하는 냉각수 스트림을 위한 일 예의 산화-환원 전위(oxidation-reduction potential; ORP) 값들을 도시한다.

도 12 내지 도 15는 또 다른 예의 열 교환기 상에서의 유동 스트림들을 위한 일 예의 원시 및 평활화된 온도 데이터를 도시한다.

도 16은 도 12 내지 도 15에서 예시된 온도 데이터를 제공하는 열 교환기를 위한 일 예의 냉각수 유량 데이터를 도시한다.

도 17은 도 12 내지 도 16으로부터의 평활화된 온도 데이터 및 유량 데이터를 이용하여 계산된 일 예의 열 전달 계수들을 도시하는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이 개시내용은 일반적으로, 하나 이상의 비교적 고온(comparatively hot) 스트림들과의 열 교환을 위하여 이용된 냉각수 소스(cooling water source)로의 하나 이상의 화학적 제제(chemical agent)들의 추가를 제어하기 위한 시스템들 및 기법들을 포함하는 냉각수 모니터링 및 제어 시스템들에 관한 것이다. 냉각수에 추가된 하나 이상의 화학적 제제들은 파울링이 냉각수와 유체 접촉하는 열 교환 표면들 상에서 퇴적하는 정도를 방지할 수 있거나 최소화할 수 있다. 이것은 제어된 냉각수 화학적 추가를 갖는 열 교환 네트워크가 구현되는 설비의 효율을 개선시킬 수 있다.

[0018] 도 1은 일 예의 냉각수 모니터링 및 제어 시스템(100)의 개념도이다. 시스템(100)은 냉각 타워(102), 하나 이상

의 열 교환들(104), 및 열 교환 네트워크를 통해 재순환되는 냉각수 스트림으로 하나 이상의 화학적 제제들을 도입할 수 있는 펌프(106)를 포함한다. 동작 시에, 비교적 고온 프로세스 스트림 및 비교적 저온 냉각수 스트림은 열 교환기(104)를 통과하게 될 수 있다. 유체들은 유체들의 혼합을 방지하기 위하여 열 교환기 내의 고체 벽 표면에 의해 분리될 수 있다. 열 에너지는 비교적 고온 프로세스 스트림으로부터 비교적 저온 냉각수 스트림으로 전달될 수 있어서, 프로세스 스트림의 온도에서의 감소 및 냉각수 스트림의 온도에서의 증가로 귀착될 수 있다. 도 1의 일 예의 시스템은 예시의 목적들을 위하여 오직 단일 열 교환기(104)를 포함하지만, 본 개시내용의 개념들을 사용하는 열 교환 네트워크는 냉각수 스트림이 직렬로 또는 병렬로 다수의 열 교환기들을 통해 유동되는 다수의 열 교환기들(예컨대, 열 교환기(104)로서 구성된 각각이 설명됨)을 포함할 수 있다.

[0019] 도 1의 예에서의 열 교환기(104)는 냉각수 유입구(108) 및 냉각수 유출구(110)를 포함한다. 열 교환기는 또한, 프로세스 스트림 유입구(112) 및 프로세스 스트림 유출구(114)를 포함한다. 냉각수 스트림(116)은 냉각수 유입구(108)를 통해 열 교환기(104)에 진입할 수 있고, 열 교환기의 내부의 하나 이상의 분할된 통로들을 통해 유동될 수 있고, 냉각수 유출구(110)를 통해 열 교환기를 진출할 수 있다. 마찬가지로, 프로세스 스트림(118)은 프로세스 스트림 유입구(112)를 통해 열 교환기(104)에 진입할 수 있고, 냉각수 스트림으로부터 분리되는 열 교환기의 내부의 하나 이상의 분할된 통로들을 통해 유동될 수 있고, 프로세스 스트림 유출구(114)를 통해 열 교환기를 진출할 수 있다. 일부 구성들에서, 냉각수 스트림 및 프로세스 스트림은 열 교환기를 통해 병류 방향들에서 유동된다. 다른 구성들에서, 프로세스 스트림에서의 냉각수 스트림은 열 교환기를 통해 역류 방향들에서 유동된다. 일반적으로, 열 교환기(104)는 셸(shell) 및 튜브(tube) 열 교환기, 판(plate) 열 교환기, 또는 다른 유형의 열 전달 디바이스와 같은 임의의 바람직한 유형의 열 교환기 설계를 이용하여 구현될 수 있다.

[0020] 예시된 구성에서, 냉각수 스트림(116)은 업스트림 냉각 타워(102)로부터 열 교환기(104)로 전달되고, 열 교환기를 통과한 후에 냉각 타워로 다시 리사이클링(recycle)된다. 위에서 표시된 바와 같이, 냉각수 스트림(116)은 열 교환기(104)에 진입하기 전의 하나 이상의 열 교환기들, 및/또는 냉각 타워(102)로 복귀하기 전에 열 교환기(104)를 통과한 후의 하나 이상의 열 교환기들을 통과할 수 있다. 냉각 타워(102)에서는, 열 전달 회로를 통해 유동되는 냉각수 스트림으로 전달된 열 에너지가 제거될 수 있고 대기로 배출될 수 있다. 예를 들어, 냉각 타워(102)는 냉각수 스트림을 공기와 직접 접촉하게 할 수 있어서, 증발 냉각을 통한 냉각수 스트림의 온도에서의 감소로 귀착될 수 있다. 냉각수는 인출되고 열 교환 네트워크를 통과하게 되기 전에 배수조 또는 저장소로 전달될 수 있다.

[0021] 증발을 통한 물 손실에 추가적으로, 냉각수는 열 교환 시스템으로부터 주기적으로 제거될 수 있다. 배출 라인(120)은 시스템이 동작하고 있거나, 전형적으로 배수조의 완전한 배수인 "블로우 다운(blow down)"이 수행될 수 있는 동안에 배수조 또는 저장소 물의 부분을 "블리드-오프(bleed-off)"하기 위하여 이용될 수 있다. 어떤 경우에도, "보급" 수 라인(122)은 증발 또는 고의적인 덤핑(dumping)을 통한 물 손실들에 도움이 되기 위하여 신선한 물을 냉각 시스템으로 공급할 수 있다.

[0022] 실제적으로, 다양한 쟁점들은 열 교환기의 냉각수 측으로부터의 열 교환기(104)의 열 성능에 영향을 줄 수 있다. 예를 들어, 냉각수가 높은 레벨의 고체들(예컨대, 토사, 잔해(debris))을 함유할 경우에, 고체들은 열 교환기(104)를 통해 냉각수 유체 통로를 부분적으로 또는 완전히 막을 수 있다. 예로서, 냉각수는 퇴적물들이 냉각수에 의해 접촉된 열 교환기(104)의 내부 표면들 상에서 형성되게 할 수 있다.

[0023] 예를 들어, 냉각수의 증발은 시스템을 통해 리사이클링된 냉각수 스트림에서의 염들(예컨대, 칼슘(calcium), 나트륨(sodium), 마그네슘(magnesium))의 농도로 이어질 수 있다. 이 염들은 냉각수에 의해 접촉된 열 교환기(104)의 표면들 상에서 물때 퇴적물들을 형성할 수 있다. 또 다른 예로서, 냉각수가 유기 재료들 및 미생물(microbe)들을 함유할 경우에, 바이오필름(biofilm)들은 냉각수에 의해 접촉된 열 교환기(104)의 표면들 상에서 퇴적할 수 있다. 또 추가의 예로서, 부식 생성물들은 예컨대, 금속 컴포넌트(예컨대, 철, 알루미늄, 및/또는 아연)의 산화로 인해 냉각수 스트림 내에서 발현될 수 있다. 이 부식 생성물들은 또한, 냉각수에 의해 접촉된 열 교환기(104)의 표면들 상에서 퇴적할 수 있다. 파울링의 메커니즘 또는 원인에 관계 없이, 냉각수에 의해 접촉된 열 교환기(104)의 표면들 상에서의 장벽 층의 축적은 열 교환기를 통한 열 전달의 효능을 감소시킬 수 있다.

[0024] 열 전달 네트워크를 통과하는 냉각수 스트림에서의 잠재적인 파울링 조건들을 감소시키거나 제거하는 것을 돕기 위하여, 하나 이상의 화학물질들은 파울러트(foulant)들의 형성 및/또는 퇴적을 억제하기 위하여 냉각수에 추가될 수 있다. 도 1의 구성에서, 시스템(100)은 화학적 첨가제 저장소(124)에 유체적으로 연결된 펌프(106)를 포함한다. 펌프(106)는 냉각수에 의해 접촉된 표면들 상에서의 파울러트들의 형성 및/또는 퇴적을 억제하기 위하여 선택되는 하나 이상의 화학물질들을 냉각수에 추가하도록 동작할 수 있다. 냉각수로 주입될 수 있는 일 예의

화학적 첨가제들은 폴리머(polymer)(물때 억제제), 아연 폴리포스페이트(zinc polyphosphate), 아연 오르토포스페이트(zinc orthophosphate), 및/또는 아연 유기-인(zinc organo-phosphorous) 화합물과 같은 유기인 화합물(물때 및 부식 억제제들), 및 살생물제(biocide)를 포함하지만, 이것으로 제한되지는 않는다. 추가적으로 또는 대안적으로, 하나 이상의 화학적 첨가제들은 냉각수의 pH를 조절하기 위하여 냉각수로 주입될 수 있다. pH 조절 화합물들의 예들은 광산(mineral acid)들, 유기산(organic acid)들, 및 무기 염기(inorganic base)들을 포함한다.

[0025] 도 1의 예시된 구성에서, 펌프(106)는 화학적 첨가제를 냉각 타워(102)와 열 교환기(104) 사이의 냉각수에 추가하는 것으로서 예시된다. 실제로, 화학적 첨가제는 냉각 타워와 연관된 배수조와 같은 임의의 적당한 위치에서 냉각수 스트림으로 도입될 수 있다. 또한, 도 1에서의 시스템(100)은 단일 화학적 첨가제 저장소(124)에 유체적으로 결합된 단일 펌프(106)를 예시하지만, 펌프(106)는 상이한 화학물질들을 함유하는 다수의 저장소들과 선택적으로 유체 연통할 수 있고 및/또는 시스템(100)은 상이한 화학물질을 냉각수로 도입하도록 각각 구성된 다수의 펌프들을 포함할 수 있다. 위에서 논의된 것들의 일부 또는 전부를 포함하는 다수의 상이한 화학적 첨가제들을 제공함으로써, 냉각수로 도입된 화학물질의 유형은 냉각수의 변화하는 조건들에 기초하여 변화될 수 있다.

[0026] 시스템(100)에서의 냉각수로의 화학적 첨가제의 추가를 제어하기 위하여, 열 교환기(104)의 열 성능이 모니터링될 수 있다. 열 교환기(104)의 열 성능들은 열 에너지가 비교적 고온 프로세스 스트림으로부터 비교적 저온 냉각수 스트림으로 전달되고 있는 효율을 평가하기 위하여 모니터링될 수 있다. 열 교환기(104)의 열 전달 효율은 열 교환기가 초기에 세정될 때에 가장 클 수 있다. 예를 들어, 열 교환기(104)는 교환기의 프로세스 및/또는 냉각 측 상에서의 파울링을 제거하기 위하여 화학적 및/또는 기계적 세정 구현부들을 이용하여 주기적으로 세정될 수 있어서, 깨끗하고 실질적으로 또는 완전히 비파울링된(unfouled) 열 교환기의 열 교환 표면들을 제공할 수 있다. 서비스 중인 시간 상에서, 파울링 퇴적물들은 열 교환기 열 전달 표면들의 프로세스 스트림 측 및/또는 냉각수 스트림 측 상에서 축적될 수 있다. 그 결과, 열 교환기(104)의 열 전달 효율은 하나의 세정으로부터 다음 세정까지의 서비스의 과정 동안에 열화할 수 있다.

[0027] 열 교환기(104)의 열 전달 효율을 모니터링하는 것을 돕기 위하여, 다수의 센서들은 열 교환기의 상이한 동작 양태들을 모니터링하기 위하여 전개될 수 있다. 도 1의 예에서, 시스템(100)은 냉각수 스트림(116)의 온도를 측정하는 온도 센서(126), 및 3개의 열 교환기(104), 및 열 교환기를 진출하는 냉각수 스트림의 온도를 측정하는 온도 센서(128)를 포함한다. 시스템은 또한, 열 교환기(104)에 진입하는 프로세스 스트림(118)의 온도를 측정하는 온도 센서(130), 및 열 교환기를 진출하는 프로세스 스트림의 온도를 측정하는 온도 센서(132)를 포함한다. 온도 센서들은 열 교환기(104)에 바로 인접하게 위치되고 있는 것으로서 개략적으로 예시되지만, 온도 센서들이 열 교환기에 진입하거나 열 교환기를 진출하는 개개의 스트림의 온도의 적당하게 정확한 척도를 제공한다면, 온도 센서들은 열 교환기로부터의 업스트림 또는 다운스트림 위치에서 위치될 수 있다.

[0028] 시스템(100)은 열 교환기(104)의 상이한 동작 파라미터들을 측정하기 위한 추가적인 및/또는 상이한 센서들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 시스템은 냉각수 스트림(116) 및/또는 프로세스 스트림(118)의 유량을 측정하기 위한 하나 이상의 유동 센서들을 포함할 수 있다. 예시된 예에서, 시스템(100)은 열 교환기(104)를 진출하는 냉각수 스트림의 유량을 측정하도록 위치된 유동 센서(134)를 도시한다. 다른 예들에서, 냉각수 스트림(116) 및/또는 프로세스 스트림(118)의 유량들은 펌프 속력들, 또는 열 교환기를 통해 운반된 유체의 양을 표시하는 동작 환경 내에서의 다른 정보에 기초하여 결정될 수 있다. 시스템(100)에서 유용하게 채용될 수 있는 다른 센서들은 (예컨대, 열 교환기에 걸쳐 냉각수 스트림 및/또는 프로세스 스트림의 차압(differential pressure)을 측정하기 위한) 압력 센서들, 냉각수의 ORP를 측정하기 위한 산화-환원 전위(oxidation-reduction potential; ORP) 센서, 냉각수의 pH를 측정하기 위한 pH 센서, 및/또는 냉각수의 전도율을 측정하기 위한 전도성 센서를 포함한다.

[0029] 도 1의 예에서의 시스템(100)은 또한, 제어기(136)를 포함한다. 제어기(136)는 시스템의 전체적인 동작을 관리하기 위하여 시스템(100)의 센서 컴포넌트들 및 제어가능한 컴포넌트들에 통신가능하게 연결될 수 있다. 예를 들어, 제어기(136)는 펌프(106), 냉각수 유입구 온도 센서(126), 냉각수 유출구 온도 센서(128), 프로세스 스트림 유입구 온도 센서(130), 프로세스 스트림 유출구 온도 센서(132), 및 유동 센서(134)에 통신가능하게 연결될 수 있다.

[0030] 제어기(136)는 프로세서(138) 및 메모리(140)를 포함한다. 제어기(136)는, 도 1의 예에서, 유선 연결부로서 예시되는 유선 또는 무선 연결부를 통해 통신가능하게 연결된 컴포넌트들과 통신한다. 제어기(136)로부터 전송되

고 제어기에 의해 수신된 제어 신호들은 연결부 상에서 통행할 수 있다. 메모리(140)는 제어기(136)를 작동시키기 위한 소프트웨어를 저장하고, 또한, 예컨대, 온도 센서들(126, 128, 130, 132) 및 유동 센서(134)로부터의, 프로세서(138)에 의해 생성되거나 수신된 데이터를 저장할 수 있다. 프로세서(138)는 시스템(100)의 동작을 관리하기 위하여 메모리(140)에서 저장된 소프트웨어를 작동시킨다.

[0031] 제어기(136)는 열 교환기(104)를 포함하는 설비 장소에서 위치될 수 있는 하나 이상의 제어기들을 이용하여 구현될 수 있다. 제어기(136)는 네트워크(144)를 통해 하나 이상의 원격 컴퓨팅 디바이스(142)와 통신할 수 있다. 예를 들어, 제어기(136)는, 이 개시내용에서 제어기(136)에 기인한 기능들 중의 임의의 것 또는 전부를 수행할 수 있는 지리적으로 분산된 클라우드 컴퓨팅 네트워크와 통신할 수 있다.

[0032] 네트워크(144)는 디바이스들이 함께 통신하는 것을 가능하게 하기 위하여, 하나의 컴퓨팅 디바이스를 또 다른 컴퓨팅 디바이스에 결합하도록 구성될 수 있다. 네트워크(144)는 정보를 하나의 전자 디바이스로부터 또 다른 것으로 통신하기 위하여 임의의 형태의 컴퓨터 판독가능 매체들을 채용하는 것이 가능하게 될 수 있다. 또한, 네트워크(144)는 로컬 영역 네트워크(local area network; LAN)들, 광역 네트워크(wide area network; WAN)들, 유니버설 직렬 버스(universal serial bus; USB) 포트를 통한 것과 같은 직접 연결부들, 다른 형태들의 컴퓨터-판독가능 매체들, 또는 이들의 임의의 조합에 추가적으로, 인터넷과 같은 무선 인터페이스 및/또는 유선 인터페이스를 포함할 수 있다. 상이한 아키텍처들 및 프로토콜들에 기초한 것들을 포함하는 LAN들의 상호연결된 세트 상에서, 라우터는 LAN들 사이의 링크로서 작동할 수 있어서, 메시지들이 하나로부터 또 다른 것으로 전송되는 것을 가능하게 할 수 있다. LAN들 내의 통신 링크들은 트위스트형 배선 쌍(twisted wire pair) 또는 동축 케이블(coaxial cable)을 포함할 수 있는 반면, 네트워크들 사이의 통신 링크들은 아날로그 전화 라인(analog telephone line)들, 전체 또는 부분적 전용 디지털 라인들, 통합된 서비스들 디지털 네트워크(Integrated Services Digital Network; ISDN)들, 디지털 가입자 라인(Digital Subscriber Line; DSL)들, 셀룰러 및 위성 링크들을 포함하는 무선 링크들, 또는 다른 통신 링크들을 사용할 수 있다. 또한, 원격 컴퓨터들 및 다른 관련된 전자 디바이스들은 모뎀 및 임시 전화 링크를 통해 LAN들 또는 WAN들의 어느 하나에 원격으로 연결될 수 있다.

[0033] 동작 시에, 온도 센서들(126, 128, 130, 및 132)은 열 교환기(104)에 진입하거나 열 교환기(104)를 진출하는 개개의 유체 스트림의 온도를 표시하는 데이터를 생성할 수 있다. 마찬가지로, 유동 센서(134)는 열 교환기(104)를 진출하는 냉각수의 유량을 표시하는 데이터를 생성할 수 있다. 제어기(136)는 시스템(100)의 전반에 걸쳐 전개된 센서들로부터 데이터를 수신할 수 있고, 열 교환기(104)의 열 전달 효율을 결정하기 위하여 센서들에 의해 생성된 데이터를 이용할 수 있다. 수신된 온도 정보 및/또는 유량 정보를 열 전달 효율 값들에 관련시키는, 메모리에서 저장된 정보를 참조하면, 제어기(136)는 열 교환기에 대한 열 전달 효율 값들을 결정할 수 있다.

[0034] 일부 예들에서, 제어기(136)는 이하의 수학적 식 (1)을 이용하여 열 교환기(104)의 열 전달 효율을 결정할 수 있다:

[0035] 수학적 식 1:
$$U\text{-값: } \frac{\dot{m}C_p\Delta T_{\text{water}}}{\Delta T_{LMTD} \times \text{Heat Tr. Area} \times F_t}$$

[0036] 위의 수학적 식 (1)에서, U-값은 열 전달 효율이고, $\dot{m}$ 은 단위 시간 당 냉각수 스트림의 질량이고, C_p 는 냉각수 스트림의 비열이고, ΔT_{water} 는 열 교환기를 진출하는 냉각수 스트림의 온도와 열 교환기에 진입하는 냉각수 스트림의 온도 사이의 차이이고, Heat Tr. Area는 열 에너지가 프로세스 스트림과 냉각수 스트림 사이에서 열 교환기 상에서 전달되는 이러한 열 교환기의 표면적의 양이고, F_t 는 열 교환의 기하구조(geometry)에 대응하는 보정 인자이고, ΔT_{LMTD} 은 로그-평균(log-mean) 온도 차이이다. 냉각수 스트림의 비열, 열 교환기(104)의 열 전달 면적, 및 보정 인자와 같은 파라미터들은 메모리에서 저장될 수 있고, 및/또는 메모리에서 저장된 정보에 기초하여 계산 가능하다. 예를 들어, 사용자는 냉각수 스트림의 비열(예컨대, 물의 비열), 및 열 교환기(104)의 기하구조에 대응하는 특성들에 대응하는 정보를 제어기(136)의 메모리(140)에서 저장하기 위하여 사용자 입력 디바이스를 이용할 수 있다.

[0037] 위의 수학적식 (1)에서의 로그-평균 온도 차이는 이하의 수학적식 (2) 또는 (3)을 이용하여 계산될 수 있다.

[0038] 수학적식 2:
$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_{process,in} - t_{water,out}) - (T_{process,out} - t_{water,in})}{\log_e \frac{T_{process,in} - t_{water,out}}{T_{process,out} - t_{water,in}}}$$

[0039] 수학적식 3:
$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_{process,in} - t_{water,in}) - (T_{process,out} - t_{water,out})}{\log_e \frac{T_{process,in} - t_{water,in}}{T_{process,out} - t_{water,out}}}$$

[0040] 수학적식 (2)는 냉각수 스트림 및 프로세스 스트림이 역류 방향으로 유동되는 상황들에서 이용될 수 있다. 수학적식 (3)은 냉각수 스트림 및 프로세스 스트림이 병류 방향으로 유동되는 상황들에서 이용될 수 있다. 양자의 수학적식들 (2) 및 (3)에서, $T_{process,in}$ 은 온도 센서(130)에 의해 측정된 바와 같은, 열 교환기에 진입하는 프로세스 물 스트림의 온도이고, $T_{process,out}$ 은 온도 센서(132)에 의해 측정된 바와 같은, 열 교환기를 진출하는 프로세스 스트림의 온도이고, $t_{water,in}$ 은 온도 센서(126)에 의해 측정된 바와 같은, 열 교환기에 진입하는 냉각수 스트림의 온도이고, $t_{water,out}$ 은 온도 센서(128)에 의해 측정된 바와 같은, 열 교환기를 진출하는 냉각수 스트림의 온도이다.

[0041] 제어기(136)는 시스템(100)에서의 센서들로부터 데이터를 수신할 수 있고, 연속적으로 또는 주기적으로 열 교환기(104)의 열 전달 효율을 결정할 수 있다. 예를 들어, 제어기(136)는 시간 당 적어도 한 번, 분 당 적어도 한 번, 또는 초 당 적어도 한 번과 같이, 일(day) 당 적어도 한 번 열 교환기(104)의 열 전달 효율을 결정할 수 있다. 제어기(136)가 열 교환기(104)의 열 전달 효율을 계산하는 빈도는 시스템(100)에서의 센서들의 샘플링 레이트, 제어기(136)의 프로세싱 용량, 및/또는 열 전달 효율이 계산되어야 하는 빈도를 선택하는 조작자 입력에 따라 변동될 수 있다.

[0042] 실제로, 열 교환기(104)가 열 교환기의 서비스 간격 동안에 높게 유지되는 높은 열 전달 효율을 나타낼 경우에 바람직하다. 그러나, 실제로, 열 교환기(104)의 열 전달 효율은 파울링이 열 교환기의 프로세스 스트림 측 상에서, 및/또는 열 교환기의 냉각수 측 상에서 축적될 때에 시간 경과에 따라 감소할 수 있다. 파울링이 열 교환기 상에서 축적되는 레이트, 및 열 효율이 열 교환기에 대하여 변화하는 대응하는 레이트를 모니터링함으로써, 중재적 액션은 열 효율에서의 변화들을 검출하는 것에 응답하여 냉각수 스트림으로의 하나 이상의 화학적 첨가제들의 추가를 제어하기 위하여, 펌프(106)를 제어함으로써 냉각수 측 상에서 취해질 수 있다.

[0043] 일부 예들에서, 제어기(136)는 시간의 주기 상에서 열 교환기(104)에 대한 열 전달 효율 추세를 확립한다. 열 전달 효율 추세가 시간의 주기 상에서 확립되는 이러한 시간의 주기는 열 교환기가 서비스(예컨대, 새로운 또는 다음의 세정임) 시에 먼저 배치될 때에 시작할 수 있다. 이것은 열 교환기(104)가 파울링될 가능성이 가장 적을 때이다. 대안적으로, 열 전달 효율 추세가 시간의 주기 상에서 확립되는 이러한 시간의 주기는 열 교환기가 시간의 주기에 대하여 서비스 시에 배치된 후에 시작할 수 있다. 예를 들어, 열 전달 효율 추세는 (예컨대, 블로우 다운 후에) 냉각수 스트림에 대해 변화들이 행해지고 및/또는 열 교환기(104)를 통해 유동되는 프로세스 스트림에 대해 변화들(예컨대, 온도, 압력, 조성에서의 변화)이 행해질 때에 시작할 수 있다.

[0044] 열 교환기(104)에 대한 열 전달 효율 추세를 측정하기 위한 시간의 주기가 언제 시작하는지에 관계 없이, 제어기(136)는 열 전달 효율 거동의 통계적으로 합리적인 추세를 제공하기 위하여 효과적인 시간의 주기에 대한 열 전달 효율을 측정할 수 있다. 예를 들어, 제어기(136)는 적어도 10일, 적어도 20일, 또는 적어도 30일과 같은 적어도 5일에 대한 열 교환기(104)의 열 전달 효율을 측정할 수 있다. 일부 예들에서, 제어기(136)는 10일로부터 45일까지와 같은 5일로부터 100일까지의 범위인 시간의 주기에 대한 열 교환기(104)의 열 전달 효율을 측정한다. 일부 예들에서, 제어기(136)는 5일로부터 50일까지의 범위인 진행 주기와 같은, 어떤 수의 선행 일자들 상에서의 롤링 평균(rolling average)으로서 열 전달 효율을 측정한다.

[0045] 제어기(136)는 측정의 주기 동안에 수신된 센서 정보에 기초하여 열 전달 효율 값들을 생성할 수 있다. 제어기(136)는 열 교환기(104)의 열 전달 효율에 대한 추세를 식별하기 위하여 측정의 주기 동안에 결정된 열 전달 효율 값들에 대한 통계적 추세 분석을 추가로 수행할 수 있다.

[0046] 일부 예들에서, 제어기(136)는 그래프의 x-축 상에서 도표화된 대응하는 측정 시간을 갖는 그래프의 y-축 상에서 도표화된 열 전달 효율 값들에 곡선을 맞춤 수 있다. 하나의 예에서, 곡선은 형태 $y=mx+b$ 를 가지는 1차 방

정식(또한, 1차 방정식으로서 지칭됨)이고, 여기서, y 는 열 전달 효율이고, x 는 시간이고, m 은 곡선의 기울기이고, b 는 곡선의 절편(intercept)이다. 곡선 " m "의 기울기는 열 교환기(104)의 열 전달 효율에 대응하는 추세로서, 제어기(136)와 연관된 메모리에서 저장될 수 있다. 다른 예들에서, 더 높은 차수의 다항식 곡선이 데이터에 맞추어질 수 있다.

[0047] 일부 예들에서, 제어기(136)는 열 전달 효율을 계산하기 이전에, 센서들(126, 128, 130, 및 132)로부터 수신된 온도 데이터 및/또는 센서(134)로부터 수신된 유동 데이터를 프로세싱한다. 예를 들어, 제어기(136)는 데이터로부터 잡음 및 이상치(outlier)들을 제거하기 위하여 통계적 평활화 알고리즘(statistical smoothing algorithm)을 이용하여 데이터를 평활화할 수 있다. 제어기(136)는 그 다음으로, 평활화된 온도 값들을 이용하여 열 전달 효율을 결정할 수 있다. 대안적으로, 제어기(136)는 원시 데이터에 대한 열 전달 효율 값들을 계산할 수 있고, 평활화 알고리즘을 계산된 열 전달 효율 값들에 적용할 수 있다. 추후의 추세 분석 및 변화 검출은 평활화된 데이터를 이용하여 수행될 수 있다.

[0048] 제어기(136)는 시스템(100)에서의 센서들로부터 측정들을 수신하는 것, 및 열 전달 효율 추세를 확립한 후에 수신된 센서 데이터에 기초하여 열 전달 효율 값들을 생성하는 것을 계속할 수 있다. 제어기(136)는 열 교환기(104)에 대한 열 전달 효율 정보를, 열 교환기에 대해 결정된 열 전달 효율 추세와 비교할 수 있고, 열 전달 효율 추세에서의 변화가 있는지를 검출할 수 있다. 예를 들어, 제어기(136)는 측정 주기에 대한 열 전달 효율 추세를 결정할 수 있고, 그 추세를 더 이전에-확립된 추세와 비교할 수 있다. 측정 주기는 비교적 짧을 수 있거나(예컨대, 하루 이하) 더 길 수 있다(예컨대, 일주일 이상과 같은 하루 이상). 제어기(136)가 단일 차수 방정식을 열 교환기(104)로부터 수신된 데이터에 기초하여 계산된 열 전달 효율 데이터에 맞추는 응용들에서, 제어기는 측정 주기 동안에 열 전달 효율의 기울기를 결정할 수 있다. 제어기(136)는 측정 주기 동안의 열 교환기(104)의 열 전달 효율 추세의 기울기를 더 이전에-확립된 열 전달 효율 추세의 기울기와 비교할 수 있다.

[0049] 제어기(136)는 측정 주기 동안의 열 전달 효율 추세가 문턱 양(threshold amount) 초과만큼 더 이전에-확립된 열 전달 효율 추세와 상이한지를 결정할 수 있다. 문턱 양은 더 이전에-확립된 열 전달 효율 값의 5% 이상, 더 이전에-확립된 열 전달 효율 값의 10% 이상, 더 이전에-확립된 열 전달 효율 값의 25% 이상, 또는 더 이전에-확립된 열 전달 효율 값의 50% 이상과 같은, 더 이전에-확립된 열 전달 효율 값(예컨대, 기울기)의 1% 이상일 수 있다. 예를 들어, 문턱 양은 5 퍼센트로부터 20 퍼센트까지와 같은, 더 이전에-확립된 열 전달 효율 값의 1 퍼센트로부터 25 퍼센트까지의 범위일 수 있다.

[0050] 열 전달 효율 추세가 더 이전에-확립된 열 전달 효율 추세로부터 이탈하고 있을 경우에, 열 교환기가 더 이전의 동작 동안보다 측정 주기 동안에 더 신속하게 파울링하고 있다는 것이 표시될 수 있다. 미처리된 상태로 남겨질 경우에, 더 급속한 파울링은 열 교환기(104)의 동작 효율을 감소시킬 수 있어서, 다음 스케줄링된 세정 전에 교환기를 세정하기 위하여 고가의 미계획된 섯다운을 잠재적으로 필요하게 할 수 있다.

[0051] 열 전달 효율 추세에서의 검출된 변화에 사전에 응답하는 것을 돕기 위하여, 제어기(136)는 열 전달 효율 추세에서의 검출된 변화에 응답하여, 냉각수로의 화학적 첨가제의 추가를 제어하기 위하여 펌프(106)를 제어할 수 있다. 제어기(136)의 프로세서(138)는 열 전달 효율 추세에서의 변화를, 상이한 효율 추세 변화들을 상이한 첨가제 제어 방식들에 관련시켜서 메모리(140)에서 저장된 하나 이상의 문턱(threshold)들과 비교할 수 있다. 일부 예들에서, 제어기(136)는 펌프(106)를 시작 및/또는 정지시키거나, 냉각수에서의 화학적 첨가제의 농도를 조절하기 위하여 펌프(106)의 레이트를 증가 및/또는 감소시킨다. 펌프(106)를 시작시키거나 펌프(106)의 동작 레이트를 증가시키는 것은 냉각수에서의 화학적 첨가제의 농도를 증가시킬 수 있다. 이것은 검출된 변화가 열 전달 효율 추세가 네거티브(negative)로 이탈하였다는 것을 표시할 경우에 유용할 수 있고, 이것은 열 교환기(104)가 더 이전에 검출된 것보다 더 고속으로 파울링하고 있다는 것을 의미한다. 펌프(106)를 정지시키거나 펌프(106)의 동작 레이트를 감소시키는 것은 냉각수에서의 화학적 첨가제의 농도를 감소시킬 수 있다. 이것은 검출된 변화가 열 전달 효율 추세가 포지티브(positive)로 이탈하였다는 것을 표시할 경우에 유용할 수 있고, 이것은 열 교환기(104)가 더 적은 첨가제가 이용될 수 있도록, 더 이전에 검출된 것보다 더 느리게 파울링하고 있다는 것을 의미한다.

[0052] 냉각수로의 도입을 위하여 이용가능한 다수의 상이한 화학적 첨가제들이 있는 응용들에서, 제어기(136)는 열 전달 효율 추세에서의 검출된 변화에 기초하여, 냉각수로 도입되어야 할 상이한 화학적 첨가제들 중의 하나 이상을 선택할 수 있다. 제어기(136)는 하나 이상의 상이한 화학적 첨가제들을 냉각수 스트림에 유체적으로 결합하는 밸브(들) 및/또는 펌프(들)를 제어함으로써 하나 이상의 상이한 화학적 첨가제들을 선택할 수 있다. 예를 들어, 제어기(136)는 열 전달 효율 추세에서의 검출된 변화에 기초하여, 그리고 임의적으로, 또한, 냉각수의 ORP,

pH, 및/또는 전도율과 같은 다른 센서 데이터에 기초하여, 냉각수로 도입된 화학적 첨가제의 유형 및/또는 화학적 첨가제가 냉각수로 도입되는 레이트를 변동시킬 수 있다.

[0053] 일부 예들에서, 제어기(136)는 열 교환기(104)에 대한 열 전달 효율 추세가 더 이전에-확립된 열 전달 효율 추세와 비교하여 문턱 양 초과만큼 감소하였다는 것을 표시하는 변화를 검출하는 것에 응답하여, 펌프(106)를 시작시키거나, 펌프(106)의 동작 레이트를 증가시킨다. 제어기(136)는 시스템(100)에서의 센서들로부터 데이터를 수신하는 것, 및 냉각수로 도입된 화학적 첨가제를 조절한 후에 열 교환기(104)에 대한 열 전달 효율을 계산하는 것을 계속할 수 있다. 제어기(136)는 열 전달 효율 추세가 대한 변화를 검출하는 것에 응답하여, 화학적 첨가제(예컨대, 유형 및/또는 레이트)에 대해 행해진 변화들 후에, 열 교환기(104)에 대한 열 전달 효율 추세를 모니터링할 수 있다. 제어기(136)는 열 전달 효율 추세가 안정화하는지(예컨대, 실질적으로 일정하게 유지됨), 이전에-확립된 추세를 향해 복귀하는지, 또는 이전에-확립된 추세로부터 추가로 이탈하는지를 결정할 수 있다. 제어기(136)는 열 전달 효율의 지속적인 모니터링에 기초하여, 냉각수로 도입된 화학적 첨가제의 유형 및/또는 레이트를 추가로 수정하기 위하여 시스템(100)을 제어할 수 있다. 예를 들어, 제어기(136)는 적어도, 열 교환기(104)에 대한 열 전달 효율 추세가 변곡 포인트(inflection point)를 나타낼 때까지, (예컨대, 펌프(106)의 레이트를 시작시키거나 증가시킴으로써) 냉각수에서의 화학적 첨가제의 양을 증가시킬 수 있다. 변곡 포인트는 (예컨대, 파울링의 레이트가 증가하고 있다는 것을 표시하는) 열 전달 효율을 위한 하향 추세로부터 (예컨대, 파울링의 레이트가 감소하고 있다는 것을 표시하는) 상향 추세로의 변화에 대응할 수 있다.

[0054] 제어기(136)는 냉각수에서의 화학적 첨가제의 유형 또는 농도를 변화시키기 위하여 펌프(106)를 제어하는 것에 추가하여 또는 그 대신에, 시스템(100) 내에서 다양한 상이한 제어 액션들을 취할 수 있다. 하나의 예로서, 제어기(136)는 열 교환기에 대한 열 전달 효율 추세에서의 변화를 검출하는 것에 응답하여, 냉각수가 열 교환기(104)를 통해 유동되는 레이트를 증가시킬 수 있다. 예를 들어, 제어기(136)가 열 교환기(104)의 열 전달 효율의 절대적인 크기에서의 급작스러운 변화 및/또는 (예컨대, 급속한 파울링을 표시하는) 열 전달 효율 추세에서의 상당한 감소를 검출할 경우에, 그것은 열 교환기가 토사, 잔해, 또는 다른 대형 미립자 물질(particulate matter)로 인해 막히는 것을 표시할 수 있다. 따라서, 교환기를 통과하는 냉각수의 유량을 증가시키는 것은 열 교환기 내에 머무른 미립자 물질을 플러싱(flush)하는 것을 도울 수 있다. 제어기(136)는 열 교환기로의 냉각수 공급의 유량을 제어하기 위하여, 냉각수를 냉각 타워(102)와 연관된 배수조로부터 열 교환기(104)로 공급하는 펌프(도시되지 않음)를 제어할 수 있다.

[0055] 개시내용에 따른 냉각수 모니터링 및 제어 시스템은 열 교환 유체가 열 교환기를 통해 하나 이상의 프로세스 스트림들을 갖는 열 에너지를 전달하기 위하여 이용되는 임의의 프로세스에서 구현될 수 있다. 열 교환기(104)의 고온 측을 통해 유동될 수 있는 일 예의 프로세스 스트림들은 원유(crude oil), 원유의 파생물들(예컨대, 정제된 또는 부분적으로 정제된 원유 생성물들), 및 암모니아 생산 프로세스에서의 중간 또는 최종적인 생성물들을 포함하지만, 이것으로 제한되지는 않는다. 열 교환기(104)의 고온 측을 통해 유동되는 프로세스 스트림들은 일반적으로 액체 상(liquid phase)일 수 있지만, 증기 상(vapor phase), 및/또는 액체-증기 멀티-상 스트림일 수 있다.

[0056] 위에서 간략하게 언급된 바와 같이, 도 1은 오직 단일 열 교환기를 포함하는 일 예의 모니터링 및 제어 시스템을 예시하지만, 일 예의 응용들은 직렬 및/또는 병렬인 다수의 열 교환기들을 포함할 수 있다. 도 2는 개시내용에 따른 냉각수 모니터링 및 제어 시스템이 구현될 수 있는 다수의 열 교환기들을 포함하는 일 예의 열 교환기 네트워크를 예시하는 흐름도이다. 이 예에서 도시된 바와 같이, 다수의 열 교환기들(104A 내지 104D)은 냉각 타워(102)에 의해 공급된 냉각수 스트림에 유체적으로 연결된다. 냉각수는 열 교환기들(104A 및 104B)을 통해 병렬로, 그 다음으로, 냉각 타워로 복귀하기 전에 열 교환기들(104C 내지 104E)을 통해 병렬로 유동된다.

[0057] 네트워크에서의 다수의 열 교환기들이 있는 응용들에서, 열 교환기들의 하나 또는 다수(그리고, 임의적으로, 열 교환기들의 전부)는 도 1에서의 열 교환기(104)와 관련하여 설명된 바와 같은 센서들을 포함할 수 있다. 제어기(136)는 센서들로부터 데이터를 수신할 수 있고, 연결된 열 교환기들의 각각에 대한 열 전달 효율 추세를 결정할 수 있다. 제어기(136)는 모니터링되고 있는 열 교환기들 중의 적어도 하나 및 임의적으로 다수의 열 전달 효율 추세에서의 변화를 검출할 수 있고, 검출된 추세에 기초하여 냉각수 스트림으로의 화학적 첨가제의 추가를 제어할 수 있다. 예를 들어, 제어기(136)는 단일 열 교환기의 (예컨대, 문턱 양을 초과하는) 열 전달 효율 추세에서의 변화를 검출할 시에, 냉각수 스트림으로 도입된 화학적 첨가제의 유형 및/또는 양을 변화시키기 위하여 펌프(106)를 제어할 수 있다. 대안적으로, 제어기(136)는 다수의 열 교환기들의 (예컨대, 문턱 양을 초과하는) 열 전달 효율 추세에서의 변화를 검출할 시에, 냉각수 스트림으로 도입된 화학적 첨가제의 유형 및/또는 양을 변화시키기 위하여 펌프(106)를 제어할 수 있다. 이 후자의 경우에, 다수의 열 교환기들을 위한 변화된 열 전달

효율 추세들의 검출은 하나의 특정한 열 교환기로부터 잘못된 센서 데이터를 수신하는 것과 대조적으로, 파울링 조건들이 실제로 변화하고 있다는 것을 표시할 수 있다.

[0058] 도 3은 일 예의 암모니아 생산 프로세스를 예시하는 흐름도이다. 예시된 예에서 도시된 바와 같이, 일 예의 프로세스는 냉각수가 다수의 냉각수 교환기들을 통해 운반될 수 있는 다수의 냉각수 교환기들을 포함한다. 이 예의 열 교환기들 중의 하나 이상(예컨대, 전부)은 본원에서 설명된 기법들 및 시스템들을 이용하여 모니터링될 수 있고, 냉각수 스트림으로의 화학적 첨가제는 열 교환기 효율 추세들에 기초하여 제어될 수 있다.

[0059] 이 개시내용에서 설명된 기법들은 적어도 부분적으로 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어, 또는 이의 임의의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 설명된 기법들의 다양한 형태들은 하나 이상의 마이크로프로세서들, 디지털 신호 프로세서(digital signal processor; DSP)들, 애플리케이션 특정 집적 회로(application specific integrated circuit; ASIC)들, 필드 프로그래밍가능 게이트 어레이(field programmable gate array; FPGA)들, 또는 임의의 다른 동등한 집적된 또는 개별 로직 회로부 뿐만 아니라, 이러한 컴포넌트들의 임의의 조합들을 포함하는 하나 이상의 프로세서들 내에서 구현될 수 있다. 용어 "프로세서"는 일반적으로, 단독인 또는 다른 로직 회로부와 조합하는 상기한 로직 회로부 또는 임의의 다른 동등한 회로부 중의 임의의 것을 지칭할 수 있다. 하드웨어를 포함하는 제어 유닛은 또한, 이 개시내용의 기법들 중의 하나 이상을 수행할 수 있다.

[0060] 이러한 하드웨어, 소프트웨어, 및 펌웨어는 이 개시내용에서 설명된 다양한 동작들 및 기능들을 지원하기 위하여, 동일한 디바이스 내에서 또는 별도의 디바이스들 내에서 구현될 수 있다. 추가적으로, 설명된 유닛들, 모듈들, 또는 컴포넌트들 중의 임의의 것은 개별적인 그러나 상호동작가능한 로직 디바이스들로서 함께 또는 별도로 구현될 수 있다. 모듈들 또는 유닛들로서의 상이한 특징들의 도시는 상이한 기능적인 형태들을 강조표시하도록 의도되고, 이러한 모듈들 또는 유닛들이 별도의 하드웨어 또는 소프트웨어 컴포넌트들에 의해 실현되어야 한다는 것을 반드시 암시하지는 않는다. 오히려, 하나 이상의 모듈들 또는 유닛들과 연관된 기능성은 별도의 하드웨어 또는 소프트웨어 컴포넌트들에 의해 수행될 수 있거나, 공통적인 또는 별도의 하드웨어 또는 소프트웨어 컴포넌트들 내에 통합될 수 있다.

[0061] 이 개시내용에서 설명된 기법들은 또한, 명령들을 포함하는, 비-일시적 컴퓨터-판독가능 저장 매체와 같은 컴퓨터-판독가능 매체에서 구체화되거나 인코딩될 수 있다. 컴퓨터-판독가능 저장 매체에서 내장되거나 인코딩된 명령들은 프로그래밍가능 프로세서 또는 다른 프로세서로 하여금, 예컨대, 명령들이 실행될 때에 방법을 수행하게 할 수 있다. 비-일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체들은 예컨대, 랜덤 액세스 메모리(random access memory; RAM), 판독 전용 메모리(read only memory; ROM), 프로그래밍가능 판독 전용 메모리(programmable read only memory; PROM), 소거가능 프로그래밍가능 판독 전용 메모리(erasable programmable read only memory; EPROM), 전자적 소거가능 프로그래밍가능 판독 전용 메모리(electronically erasable programmable read only memory; EEPROM), 플래시 메모리, 하드 디스크, CD-ROM, 플로피 디스크, 카세트, 자기적 매체들, 광학적 매체들, 또는 다른 컴퓨터 판독가능 매체들을 포함하는 휘발성 및/또는 비-휘발성 메모리 형태들을 포함할 수 있다.

[0062] 다음의 예들은 개시내용에 따른 냉각수 모니터링 및 제어 시스템들 및 기법들에 대한 추가적인 세부사항들을 제공할 수 있다.

[0063] 실시예들

[0064] 실시예 1 - 암모니아 플랜트(Ammonia Plant)

[0065] 온도 센서들은 열 교환기들의 유동 스트림들의 유입구 및 유출구 온도들 뿐만 아니라, 열 교환기의 유입구를 통한 냉각수의 유량을 측정하기 위하여 암모니아 플랜트에서의 열 교환기 상에 설치되었다. 열 교환기는 냉각수가 열 교환기의 저온 측을 통해 유동되는 동안에, 합성가스(syngas)를 열 교환기의 고온 또는 프로세스 측을 통해 통과시키는 합성가스 냉각기(syngas cooler)였다. 열 교환기는 역류 쉘-및-튜브 교환기였다. 합성가스는 대략 99,000 lb/hr의 타겟 유량에서 열 교환기의 쉘 측으로 공급된 반면, 냉각수는 대략 1,000,000 lb/hr의 타겟 유량에서 공급되었다.

[0066] 냉각수는 대략 80,000 갤론(gallon)/분(minute)의 재순환 레이트를 가졌던 냉각 타워로부터 공급되었다. 냉각 타워는 대략 500,000 갤론의 용량을 가졌고, 12 화씨 도의 온도 격차를 나타내었다. 냉각수는 Cl_2 로서 0.5 ppm의 FRC를 나타내었다. 냉각수는 3개의 화학적 첨가제들: 35 ppm의 농도에서 제공된 부식 억제제(Nalco® 3DT129), 75 ppm의 농도에서 제공된 물때 억제제(Nalco® 3DT191), 및 10 ppm의 농도에서 제공된 황색 금속 억제제(Nalco® 3DT199)의 조합물로 초기에 제어되었다.

- [0067] 열 교환기로부터의 온도 데이터는 0.1의 지속기간(span)을 갖는 국소적 회귀(local regression)를 이용하여 평활화되었다. 도 4는 오버레이된 평활화된 데이터(202)와 함께 원시 측정 데이터(200)를 도시하는, 냉각수 유입구 온도(화씨 도) 대 시간의 그래프이다. 도 5는 오버레이된 평활화된 데이터(206)와 함께 원시 측정 데이터(204)를 도시하는, 냉각수 유출구 온도(화씨 도) 대 시간의 그래프이다. 도 6은 오버레이된 평활화된 데이터(210)와 함께 원시 측정 데이터(208)를 도시하는, 프로세스 스트림 유입구 온도(화씨 도) 대 시간의 그래프이다. 도 7은 오버레이된 평활화된 데이터(214)와 함께 원시 측정 데이터(212)를 도시하는, 프로세스 스트림 유출구 온도(화씨 도) 대 시간의 그래프이다. 도 8은 일 예의 시간의 주기에 대한 냉각수 유량들(분 당 갤론)을 도시하는 그래프이다.
- [0068] 열 전달 효율 값들 및 추세들은 열 교환기 상에 설치된 온도 센서들로부터 생성된 평활화된 온도 데이터를 이용하여 계산되었다. 열 전달 효율 추세들은 냉각수로 도입된 화학적 첨가제들을 포함하는 냉각수 시스템을 제어하기 위하여 이용되었다. 도 9는 일 예의 시간의 주기 상에서 평활화된 온도 데이터를 이용하여 계산된 열 전달 계수들을 도시하는 그래프이다. 이 데이터에서의 예리한 계곡(valley)들은 물 유량이 감소되었을 때에 대응한다.
- [0069] 도 10은 일 예의 날짜들의 범위 상에서 수신된 온도 및 유량 데이터에 기초하여 열 교환기를 위하여 계산된 열 전달 계수들을 도시한다. 도 11은 냉각수에서의 화학적 첨가제의 농도를 표시하는, 동일한 예의 날짜들의 범위 상에서의 냉각수 스트림을 위한 산화-환원 전위(ORP)를 도시한다. 도 10 및 도 11에서의 데이터는 실험적 분석의 5개의 주기들로 섹션화(sectionalize)된다. 제1 주기에서는, 열 전달 효율 추세를 확립하는 데이터가 확립되었다. 데이터는 열 전달 효율에서의 하향 추세를 도시하였다. 제2 주기에서는, 냉각수 유량이 증가되어, 열 교환기에 대한 열 전달 계수에서의 증가가 유량에서의 변화에 비례적인 것으로 귀착되었다. 제3 주기에서는, 열 전달 효율의 추세가 모니터링되었고, 감소하는 것으로 관찰되었다.
- [0070] 특히, 제3 주기의 종료부를 향하는, 열 전달 계수에서의 변화하는 추세는 가속화하는 파울링 조건들을 표시하였다. 따라서, 중재적 액션이 개시되었다. 냉각수는 평가되었고, 미생물 바이오파울러нт(microbial biofoulant)들은 파울링의 원인으로서 제안되었다. 국면 4에서, 살생물제 도시기(biocide dosage)는 냉각수에 대해 증가하여, 열 전달 계수에서의 증가로 귀착되었다. 이 열 전달 개선이 열 전달 계수 또는 일부 다른 인자에서의 변화하는 추세를 검출할 시에 개시된 살생물제 도시기 증가에 응답한 것인지를 이해하기 위하여, 살생물제 도시기는 국면 5에서 감소되었다. 데이터는 열 전달 계수가 다시 감소하였다는 것을 도시한다.
- [0071] **실시예 2 - 비닐 플랜트(Vinyl Plant)**
- [0072] 온도 센서들은 열 교환기로서의 유동 스트림들의 유입구 및 유출구 온도들 뿐만 아니라, 열 교환기의 유입구를 통한 냉각수의 유량을 측정하기 위하여 비닐 플랜트에서의 열 교환기 상에 설치되었다. 열 교환기는 냉각수가 열 교환기의 저온 측을 통해 유동되는 동안에, 열 교환기의 고온 또는 프로세스 측을 통과하는 프로필렌 스트림(propylene stream)을 가졌다. 열 교환기는 역류 쉘-및-튜브 교환기였다. 프로필렌은 대략 270,000 lb/hr의 타겟 유량에서 열 교환기의 쉘 측으로 공급된 반면, 냉각수는 대략 4,600,000 lb/hr의 타겟 유량에서 공급되었다.
- [0073] 냉각수는 대략 85,000 갤론/분의 재순환 레이트를 가졌던 냉각 타워로부터 공급되었다. 냉각 타워는 대략 1,000,000 갤론의 용량을 가졌고, 10 화씨 도의 온도 격차를 나타내었다. 냉각수는 Cl_2 로서 0.5 ppm의 FRC를 나타내었다. 냉각수는 3개의 화학적 첨가제들: 37 ppm의 농도에서 제공된 부식 억제제(Nalco® 3DT177), 28 ppm의 농도에서 제공된 물때 억제제(Nalco® 3DT390), 및 10 ppm의 농도에서 제공된 황색 금속 억제제(Nalco® 3DT197)의 조합물로 초기에 제어되었다.
- [0074] 열 교환기로부터의 온도 데이터는 0.05의 지속기간을 갖는 국소적 회귀를 이용하여 평활화되었다. 도 12는 오버레이된 평활화된 데이터(222)와 함께 원시 측정 데이터(220)를 도시하는, 냉각수 유입구 온도(화씨 도) 대 시간의 그래프이다. 도 13은 오버레이된 평활화된 데이터(226)와 함께 원시 측정 데이터(224)를 도시하는, 냉각수 유출구 온도(화씨 도) 대 시간의 그래프이다. 도 14는 오버레이된 평활화된 데이터(230)와 함께 원시 측정 데이터(228)를 도시하는, 프로세스 스트림 유입구 온도(화씨 도) 대 시간의 그래프이다. 도 15은 오버레이된 평활화된 데이터(234)와 함께 원시 측정 데이터(232)를 도시하는, 프로세스 스트림 유출구 온도(화씨 도) 대 시간의 그래프이다. 도 16은 일 예의 시간의 주기에 대한 냉각수 유량들(분 당 갤론)을 도시하는 그래프이다. 물 유량에서의 스텝 변화는 물 유동에서의 의도적인 감소에 의해 야기되었다.
- [0075] 열 전달 효율 값들 및 추세들은 열 교환기 상에 설치된 온도 센서들로부터 생성된 평활화된 온도 데이터를 이용하여 계산되었다. 열 전달 효율 추세들은 냉각수로 도입된 화학적 첨가제들을 포함하는 냉각수 시스템을 제어하

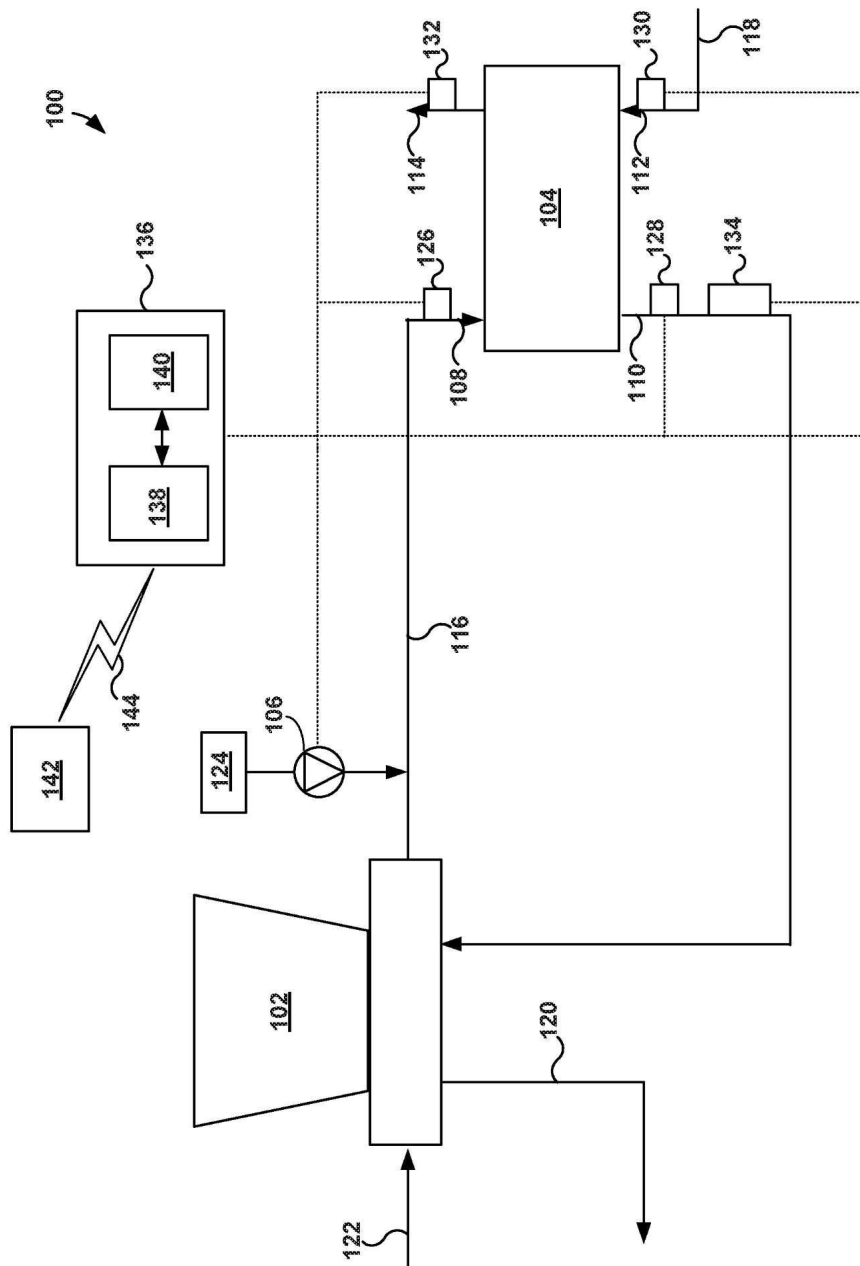
기 위하여 이용되었다. 도 17은 일 예의 시간의 주기 상에서 평활화된 온도 데이터를 이용하여 계산된 열 전달 계수들을 도시하는 그래프이다.

[0076]

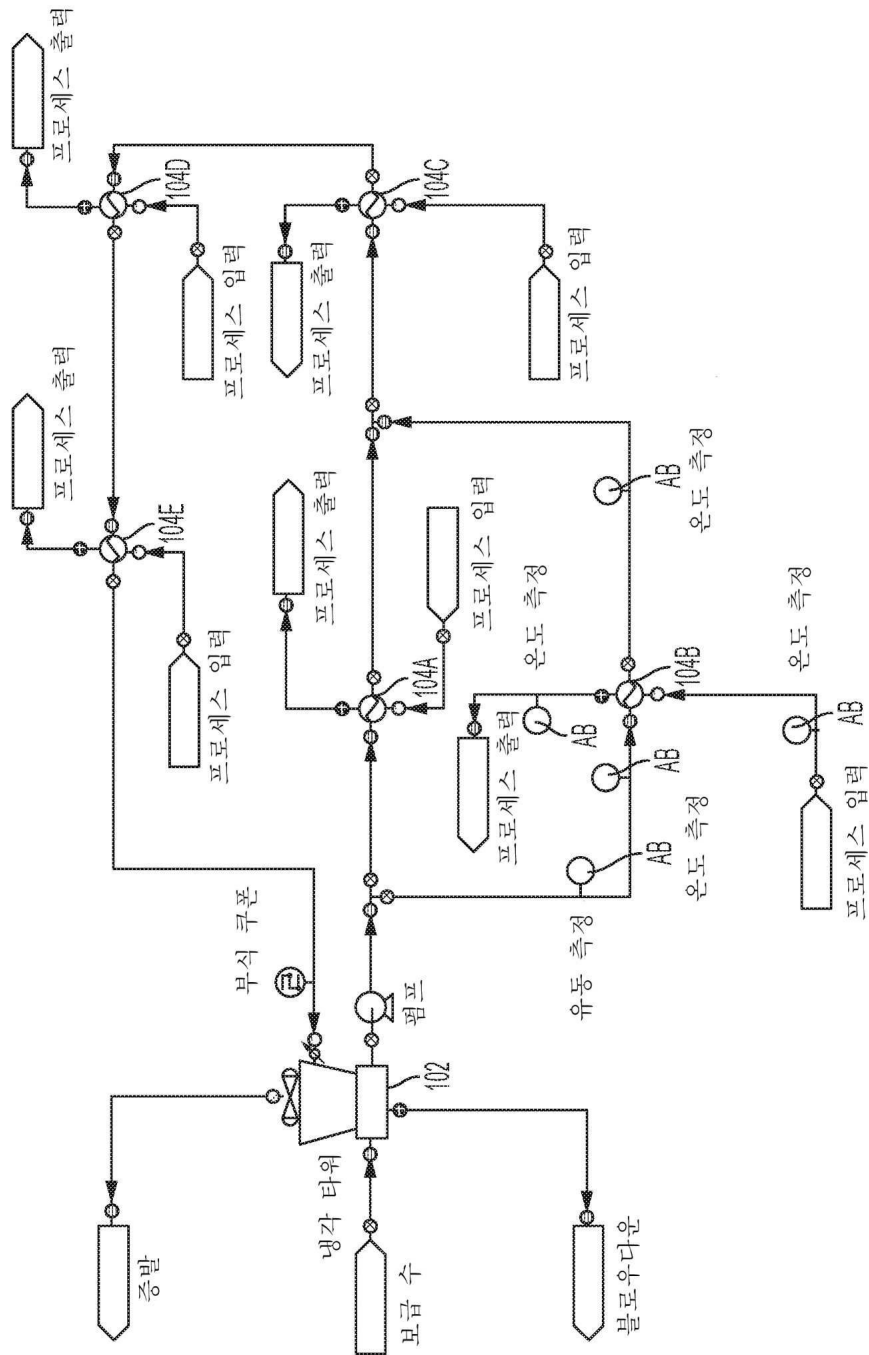
이 예에서, 측정의 주기 동안의 열 전달 계수 추세는 실질적으로 평탄하였다. 그러나, 냉각수 유량들은 모니터링의 주기 동안에 점진적으로 감소하는 것으로 관찰되었다. 이러한 거동의 조합은 단독으로 화학작용 추가를 통해 효과적으로 해결되지 않을 열 교환기에서의 잔해/토사(silting)를 제안하였다. 오히려, 열 교환기의 플러싱 및/또는 교환기 세정은 누적된 잔해/토사를 제거하기 위하여 필요하였다. 데이터로부터의 이러한 결론은 열 교환기가 개방되고 시각적으로 검사될 때에 플랜트 가동중지 동안에 확인되었다.

도면

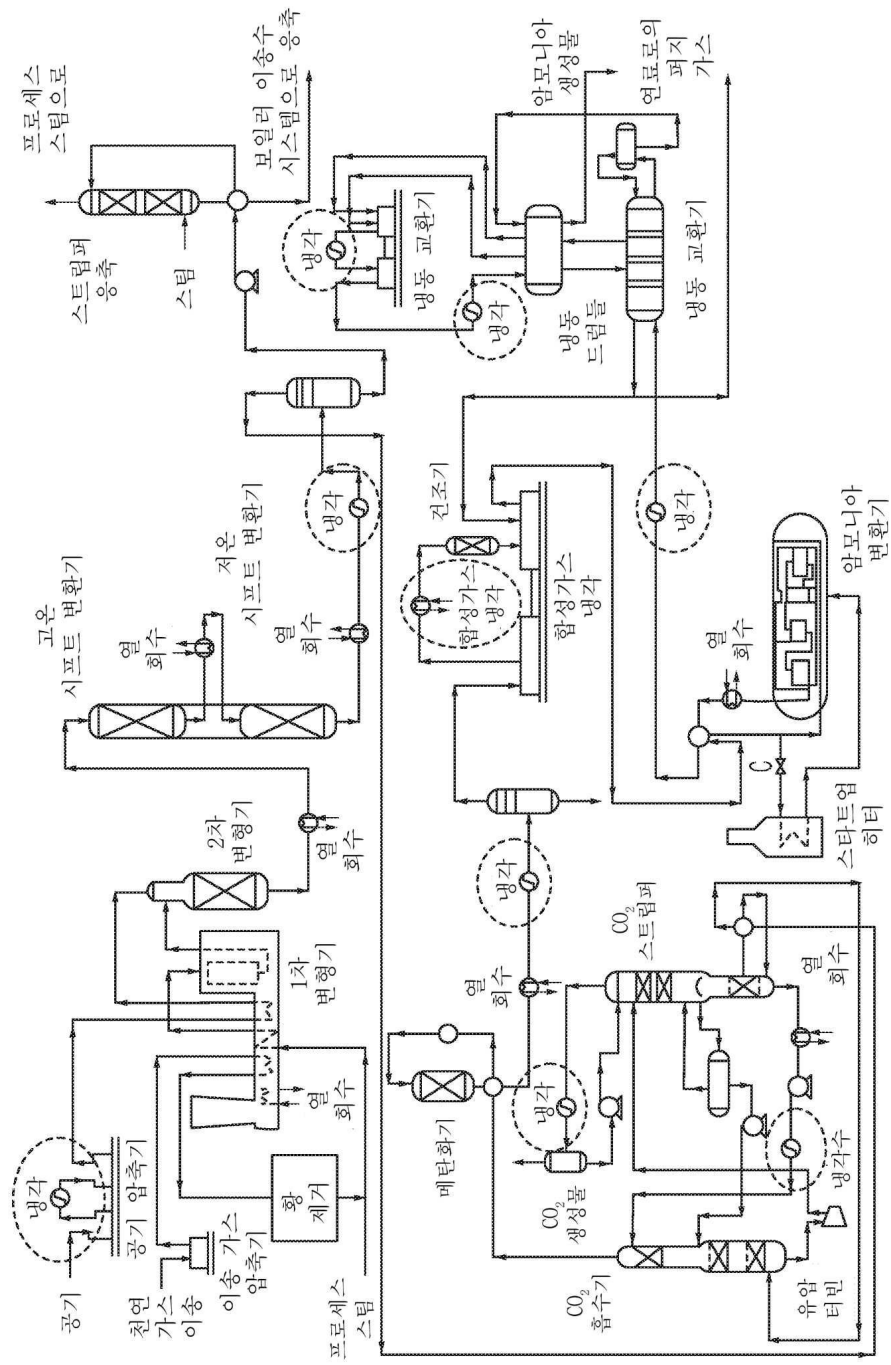
도면1



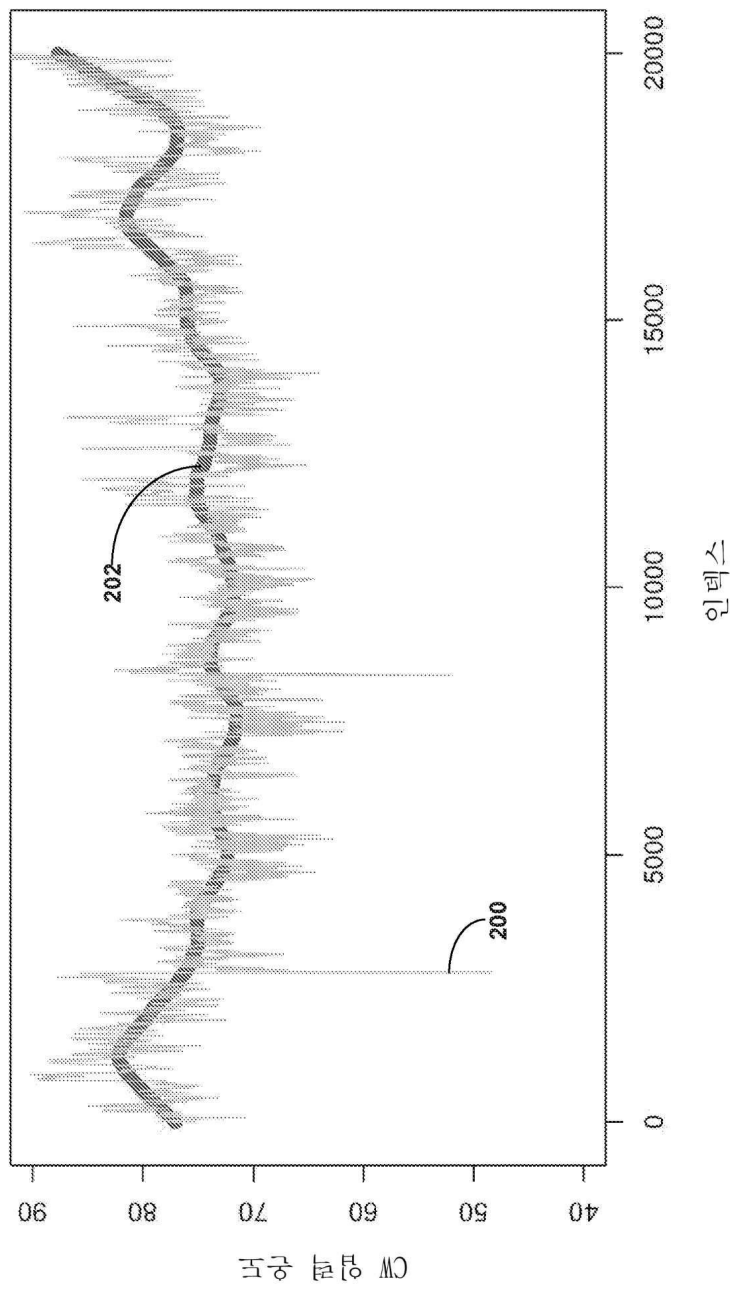
도면2



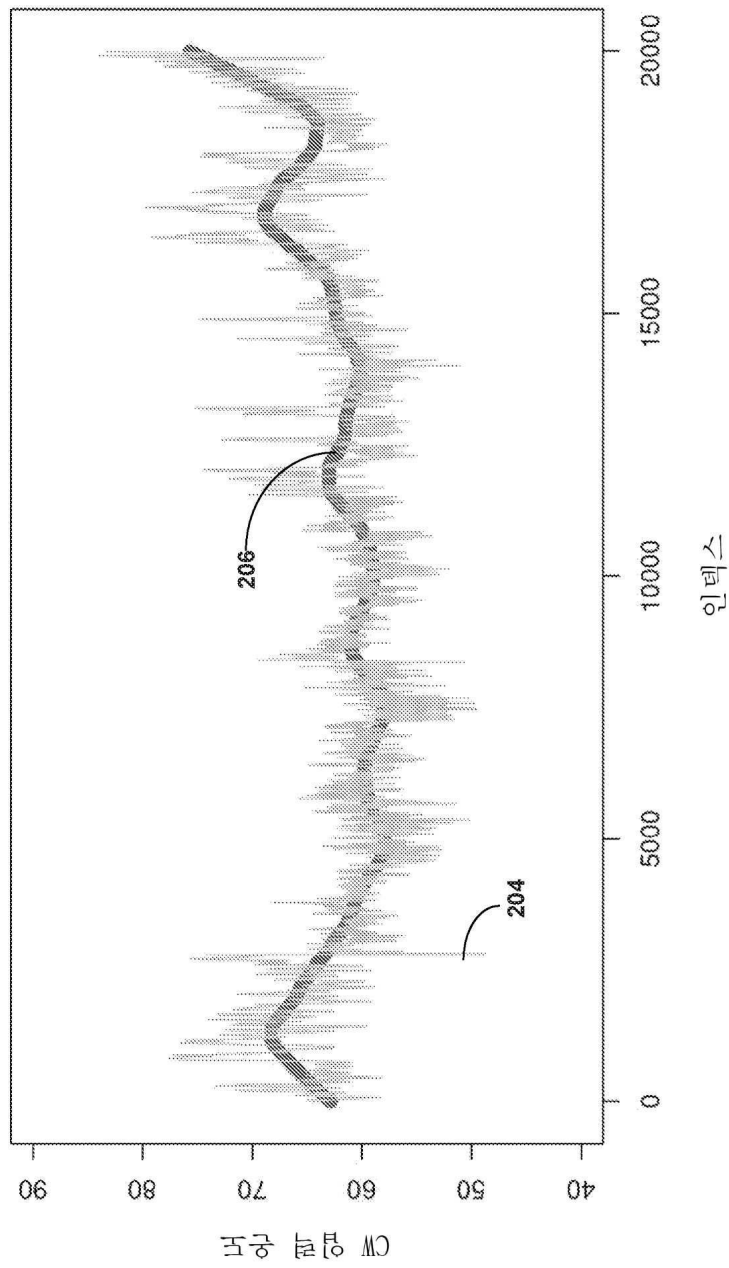
도면3



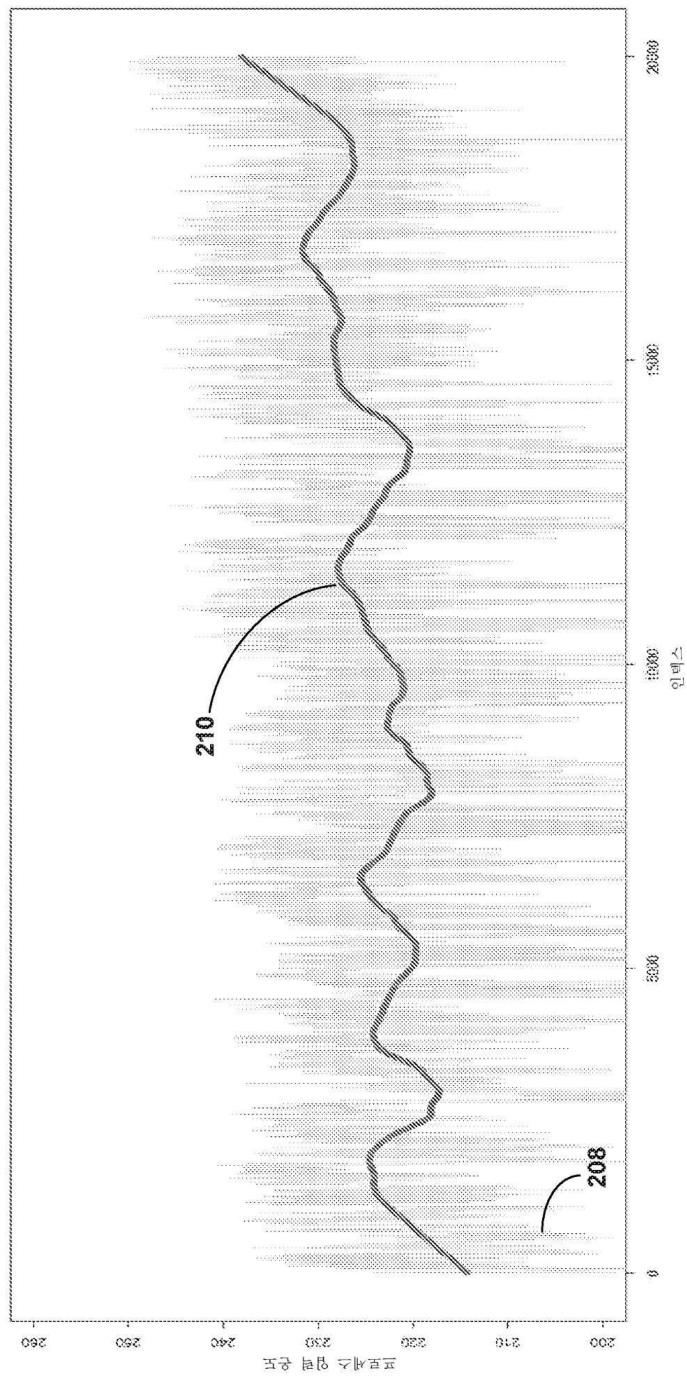
도면4



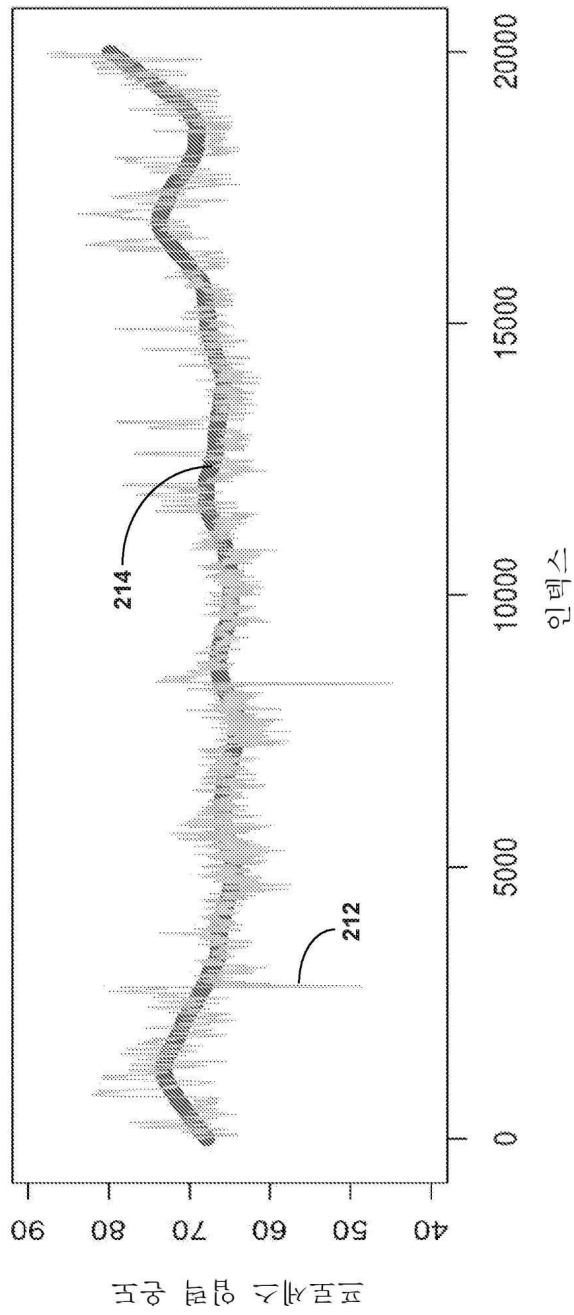
도면5



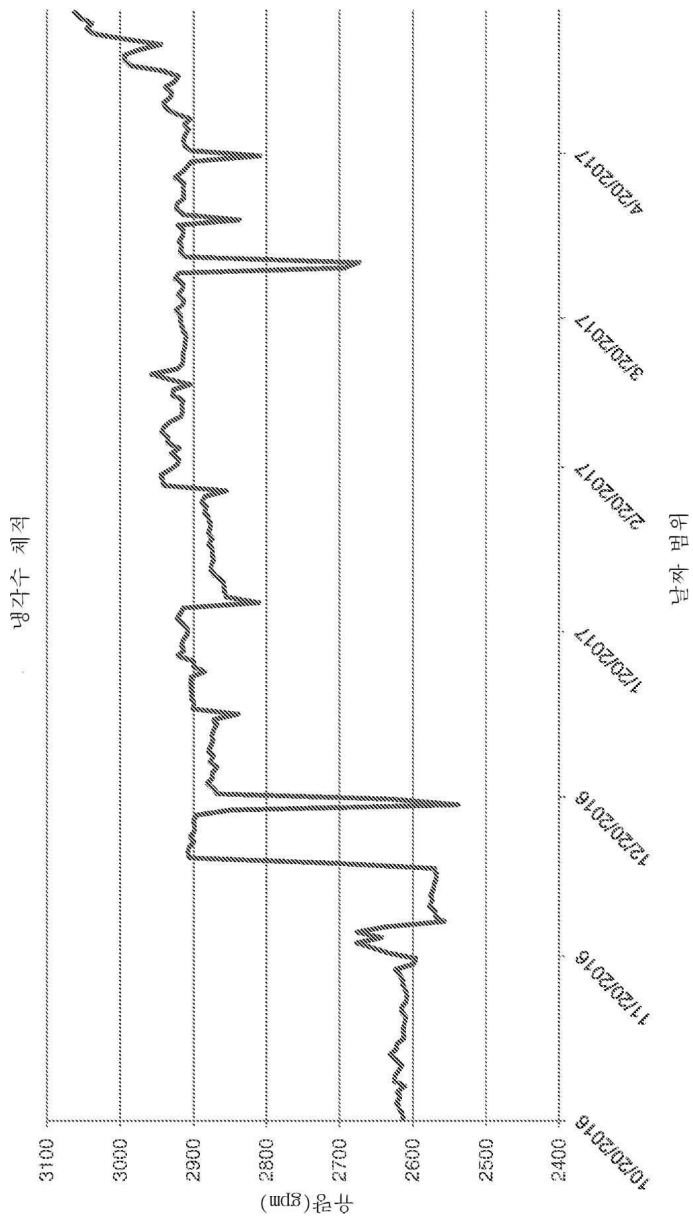
도면6



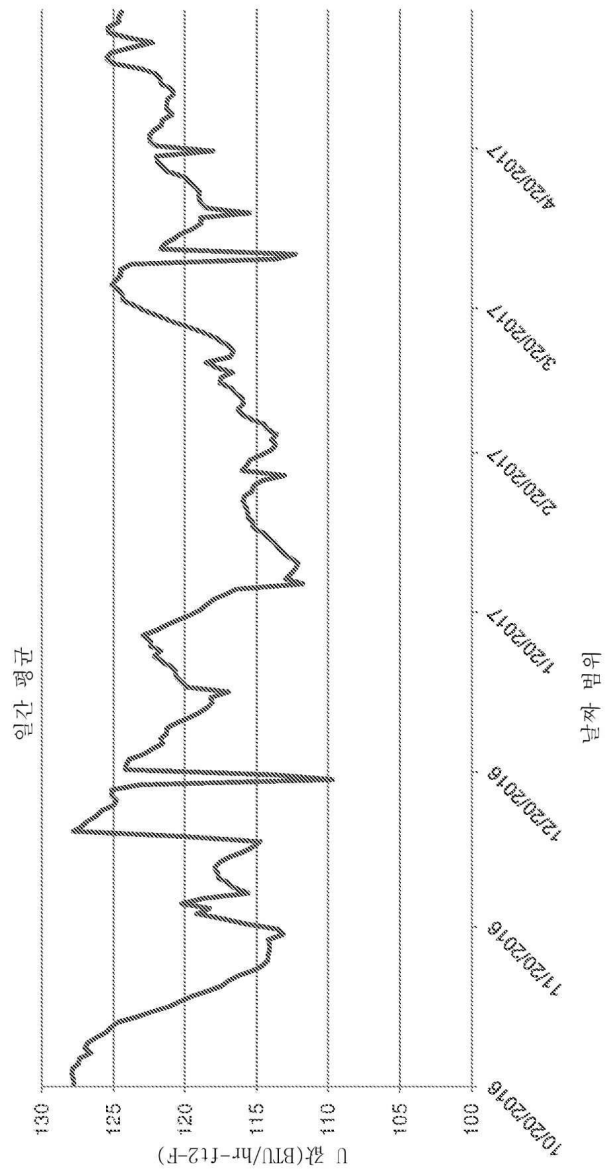
도면7



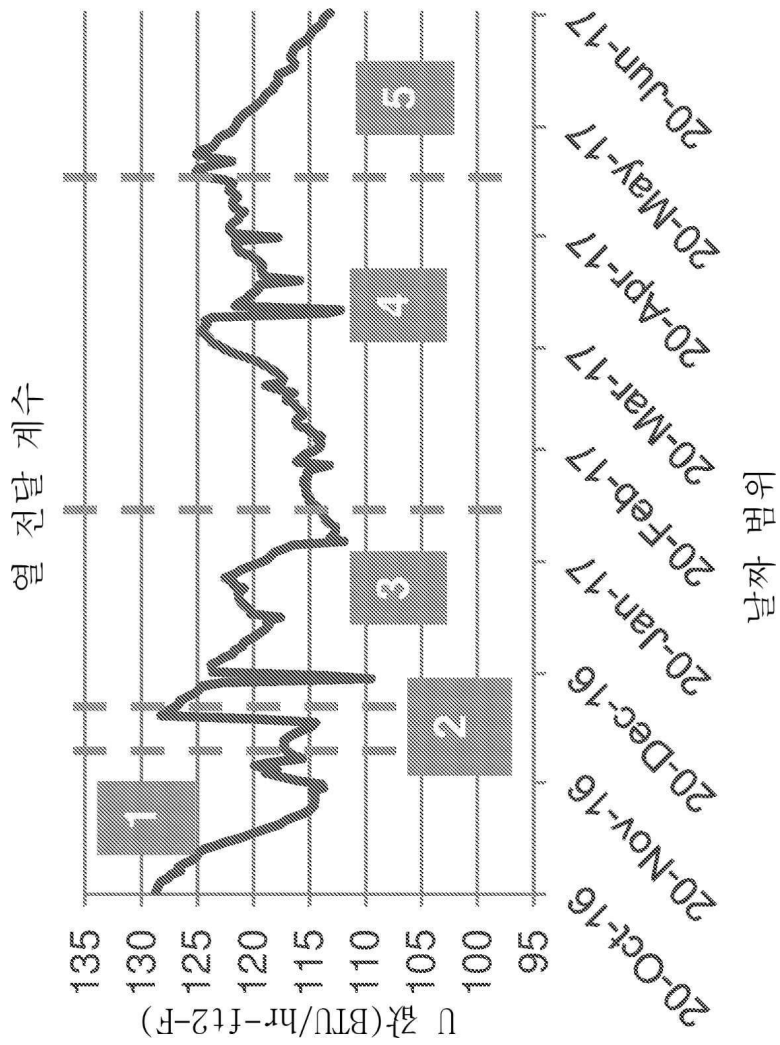
도면8



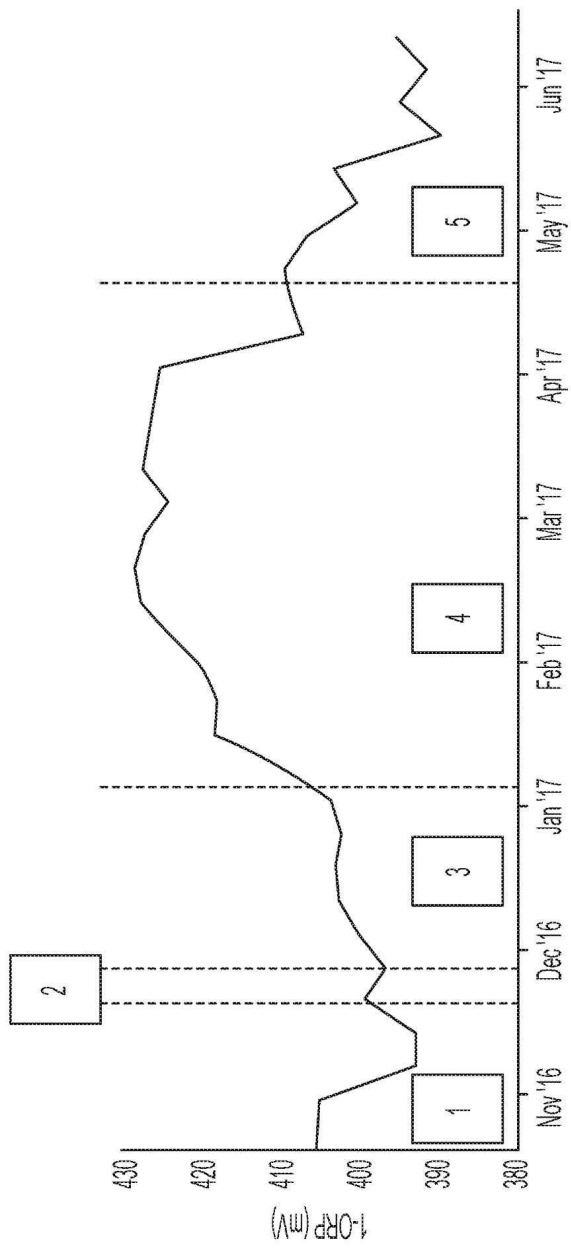
도면9



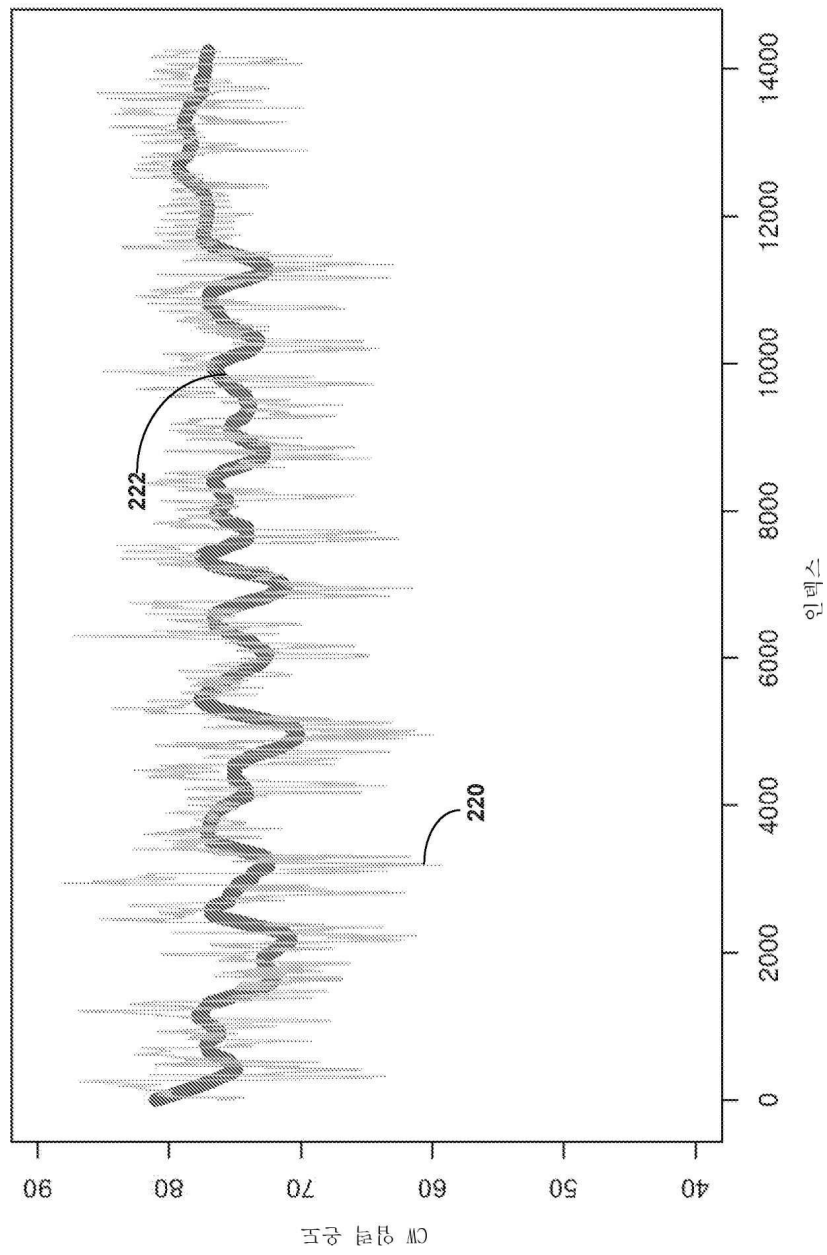
도면10



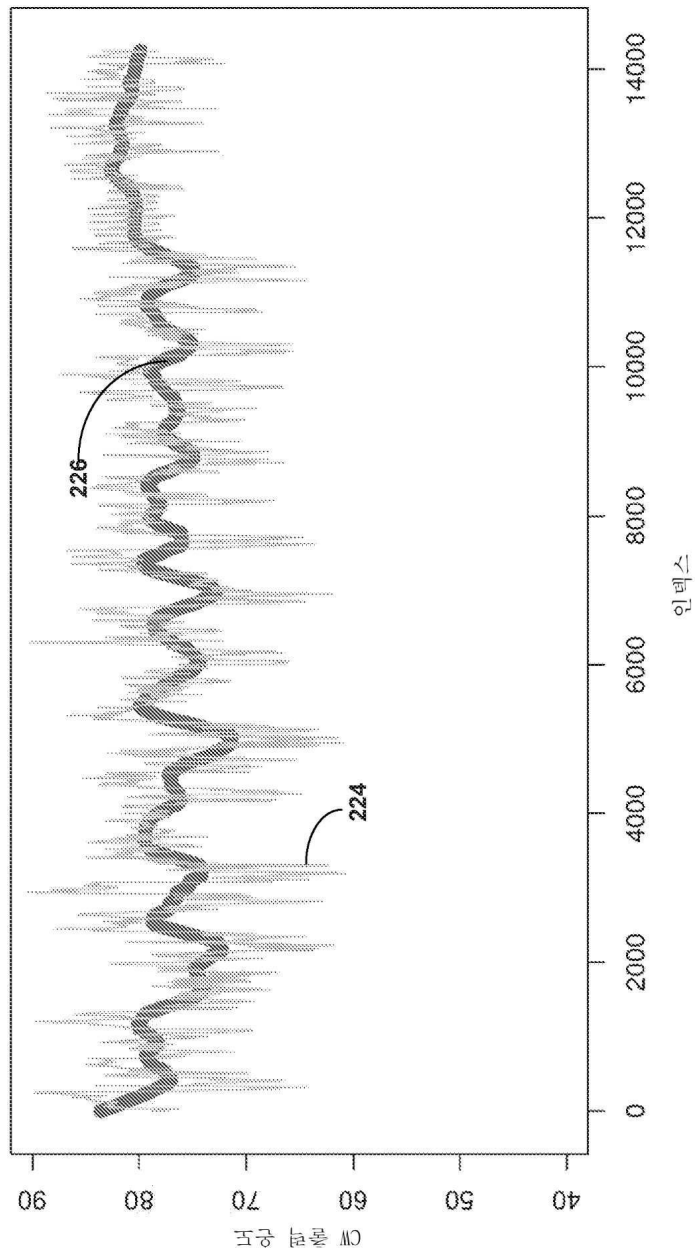
도면11



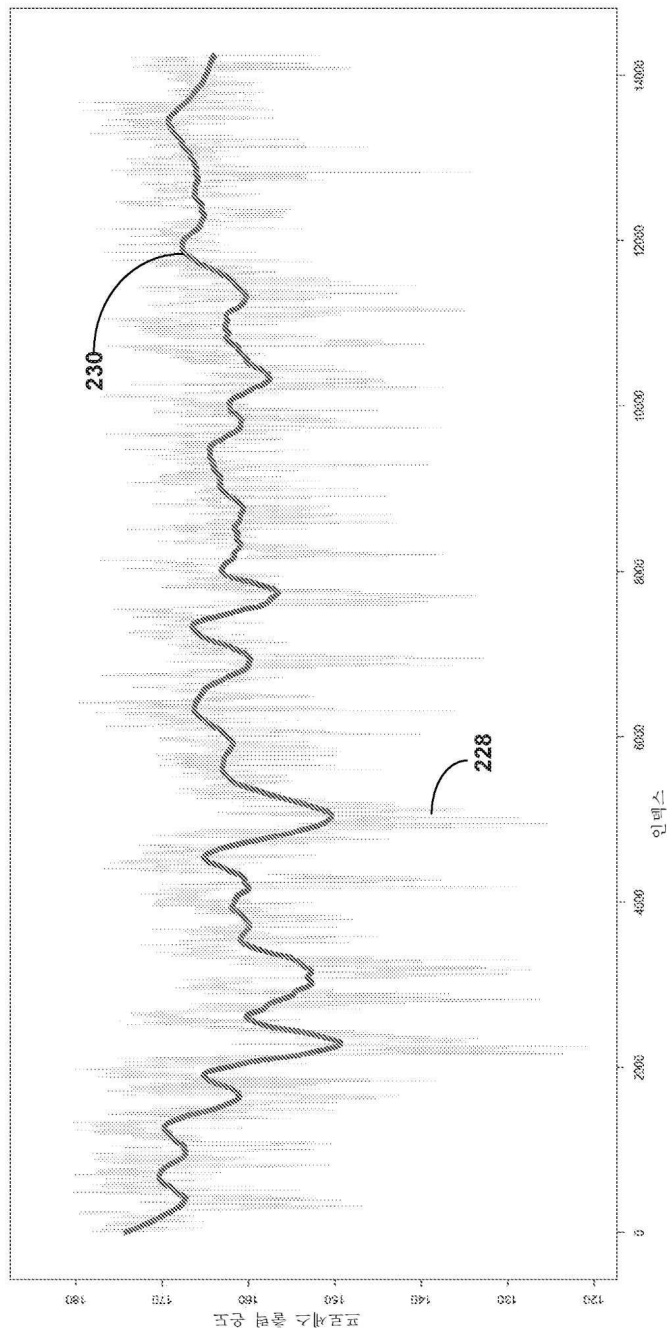
도면12



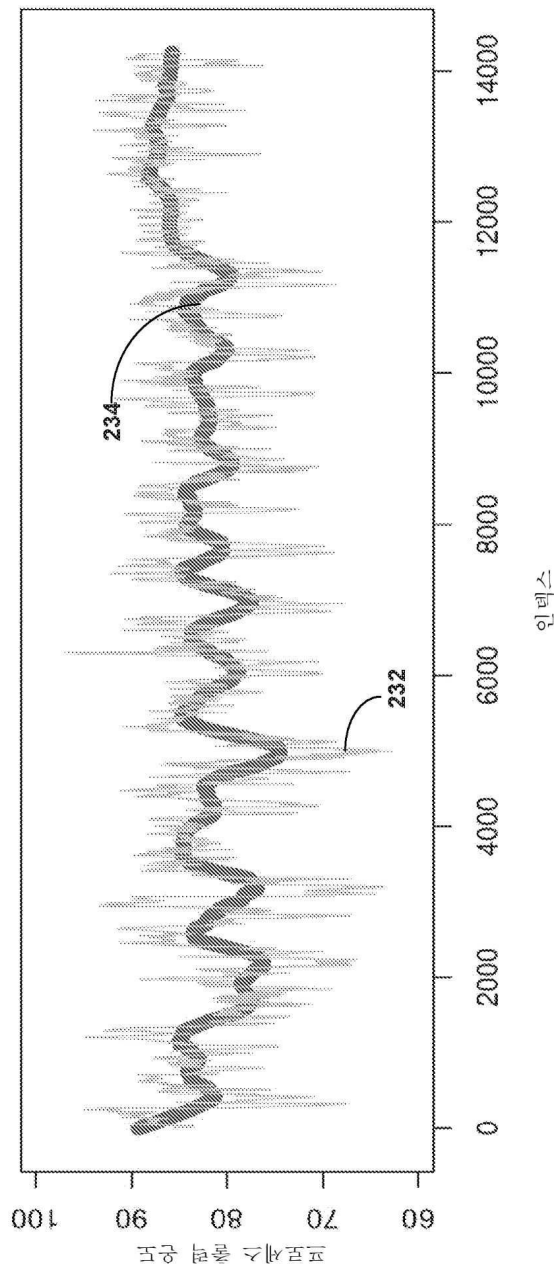
도면13



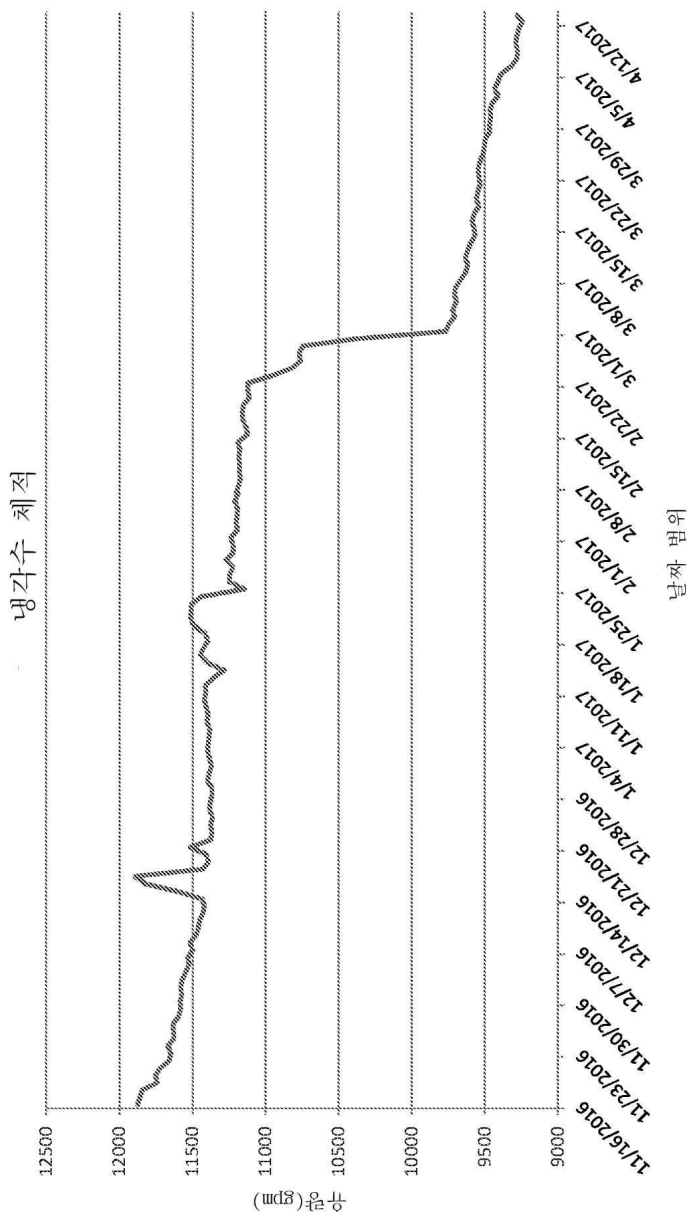
도면14



도면15



도면16



도면17

