



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년05월07일
(11) 등록번호 10-2248675
(24) 등록일자 2021년04월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01B 17/74 (2006.01) C01B 17/765 (2006.01)
C01B 17/80 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C01B 17/74 (2013.01)
C01B 17/765 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-7028409
(22) 출원일자(국제) 2014년03월14일
심사청구일자 2019년03월08일
(85) 번역문제출일자 2015년10월12일
(65) 공개번호 10-2015-0131158
(43) 공개일자 2015년11월24일
(86) 국제출원번호 PCT/US2014/029220
(87) 국제공개번호 WO 2014/144699
국제공개일자 2014년09월18일
(30) 우선권주장
61/794,855 2013년03월15일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2002053311 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
엠이씨에스, 인코포레이티드
미합중국 미주리 63017 체스터필드 사우스 아우터
포티 로드 14522
(72) 발명자
베라-카스타네다 에르네스토
미국 63017 미주리주 체스터필드 휘트비 로드
2220
(74) 대리인
양영준

전체 청구항 수 : 총 26 항

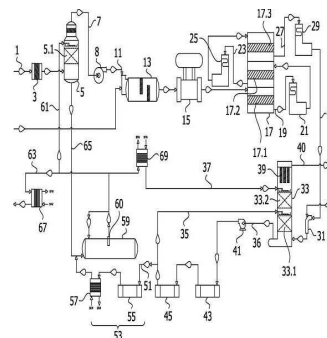
심사관 : 김광철

(54) 발명의 명칭 **삼산화황 흡수열의 회수**

(57) 요약

황산의 제조를 위한 접촉식 공정에서 삼산화황 전환 가스 중의 황산의 증기상 생성열 및 황산 중 SO₃의 흡수열이 흡수 산으로부터 고압 보일러 급수로의 열전달에 의하여 회수되고, 상기 고압 보일러 급수는 이산화황 연소 가스로부터의 열전달에 의하여 스팀이 발생하는 폐열 보일러에 공급된다. 열은 보일러 급수 스트림 및 흡수 산 스트림 모두의 흐름에 대하여 직렬인 열교환기의 배열에서 흡수 산으로부터 보일러 급수 스트림으로 전달되고, 상기 배열에 대하여 흡수 산 스트림 및 보일러 급수 스트림은 향류로 흐른다. 보일러 급수는 보일러 급수 경로 중의 감압 영역에서 플래시되고, 따라서 고압 보일러에 공급되는 물에서 흡수 산으로부터 열을 회수하기 위한 열교환기의 배열 전반에 걸쳐 Δt가 보존된다.

대표도



(52) CPC특허분류
C01B 17/806 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
KR1020120127717 A*
US05118490 A*
US20080226540 A1
EP0521075 A1
US5130112 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

황산 제조 방법이며,

삼산화황을 포함하는 소스 가스를 1차 열회수 흡수 영역에서 액체 황산을 포함하는 삼산화황 흡수 산 스트림과 접촉시키고, 이에 의하여 삼산화황이 소스 가스로부터 흡수 산 스트림에 전달되고 상기 흡수 산 스트림이 흡수 열에 의하여 가열되는 단계;

보일러 급수 스트림 및 흡수 산 스트림 모두의 흐름에 대하여 직렬로 배열된 열교환기에서 열이 상기 흡수 산 스트림으로부터 보일러 급수 스트림으로 전달되고, 상기 배열에 대하여 상기 흡수 산 스트림 및 상기 보일러 급수 스트림이 향류로 흐르는 단계;

상기 보일러 급수 스트림이 상기 직렬 배열 중 2개의 연속적인 열교환기 사이의 보일러 급수 흐름 경로의 감압 영역에서 플래시되고, 이에 의하여 상기 감압 영역에서 스팀이 발생하고 보일러 급수 스트림이 냉각되는 단계;

상기 감압 영역에서 발생한 스팀을 상기 냉각된 보일러 급수 스트림으로부터 분리하는 단계;

상기 감압 영역에서 발생한 스팀으로부터 에너지를 유용한 형태로 회수하는 단계;

상기 냉각된 보일러 급수 스트림을 가압하는 단계;

상기 가압된 보일러 급수 스트림을 보일러 급수의 흐름에 대하여 상기 감압 영역의 하류에 있는 상기 직렬 배열 중의 또 다른 열교환기로 전달하는 단계;

상기 가압된 보일러 급수 스트림을 상기 또 다른 열교환기에서 상기 흡수 산으로부터의 열전달에 의하여 가열하는 단계;

상기 배열의 외부에 있고 보일러 급수의 흐름에 대하여 상기 또 다른 열교환기의 하류에 있는 보일러에서, 가압된 액체 보일러 급수 스트림으로부터 적어도 40 bar 압력의 스팀이 발생하는 단계; 및

상기 흡수 산 스트림이 상기 직렬로 배열된 열교환기로부터 상기 열회수 흡수 영역으로 되돌아 순환되는 단계를 포함하는 황산 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 소스 가스는 수증기 및/또는 황산증기를 추가로 포함하고,

상기 흡수 산은 상기 열회수 영역에서, 그 안에서 기체상으로부터 액체상으로 응축되는 수증기 및/또는 황산의 응축열에 의하여 추가로 가열되고,

상기 열회수 흡수 영역에서 발생한 황산의 증기상 생성열, 흡수열 및 응축열의 적어도 60%가 상기 배열된 열교환기에서 상기 삼산화황 흡수 산으로부터 상기 보일러 급수 스트림으로 전달되고, 상기 보일러에서 발생한 적어도 40 bar의 압력을 가지는 스팀의 형태로 회수되는 황산 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 감압 영역에서 발생한 스팀은 상기 보일러 급수의 공기제거에 의하여 회수되고,

상기 감압 영역에서 보일러 급수의 상기 플래시는 단열적인 황산 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 삼산화황 소스 가스는, 이산화황 및 산소를 포함하는 공급 가스를 촉매의 존재에서 접촉시키고, 이에 의하여 이산화황이 삼산화황으로 산화되는 것을 포함하는 공정에 의하여 생성된 전환 가스를 포함하고,

수증기는 가스의 상당 수증기 함량을, 열회수 흡수 영역에 들어가는 가스 중의 총 상당 삼산화황 가스 함량 몰당 적어도 0.60 몰로 증가시키기에 충분한 비율로, 상기 열회수 흡수 영역의 전환 가스 상류에 도입되는 황산 제조 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

수증기가 상기 전환 가스에 도입되기 전에, 상기 전환 가스는 또 다른 유체로의 열전달에 의하여 냉각되는 황산 제조 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 전환 가스의 냉각은 보일러 급수의 흐름에 대하여 상기 배열된 열교환기의 하류에 있는 이코노마이저에서 보일러 급수로의 열전달을 포함하는 황산 제조 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 감압 영역에서 상기 보일러 급수 스트림으로부터 플래시된 스팀은, 이산화황-오염된 가스 스트림으로부터 이산화황 흡수제를 포함하는 액체 흡수 매질로의 이산화황의 흡수에 의하여 생성된 이산화황 흡수액으로부터 이산화황을 스트리핑하기 위하여 사용되는 황산 제조 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 오염된 가스 스트림은 삼산화황이 황산에 흡수되는 흡수기로부터의 테일 가스를 포함하는 황산 제조 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 삼산화황 흡수기는 상기 열회수 흡수 영역을 포함하는 황산 제조 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 열회수 흡수 영역을 나가는 가스 스트림은 2차 흡수 영역에서 2차 흡수 액체 산 스트림과 접촉하고, 상기 2차 흡수 영역에 들어가는 가스 스트림에 함유된 잔류 SO₃는 2차 흡수 산 중의 황산으로서 회수되는 황산 제조 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

그에 대하여 상기 삼산화황 흡수 산 스트림 및 상기 보일러 급수 스트림이 향류로 통과하는 상기 직렬로 배열된 열교환기는 상기 가압된 보일러 급수 스트림이 적어도 400° F의 온도까지 가열되는 제1 열교환기 및 상기 보일러 급수 스트림이 주위 비등점 위의 온도에서 가열되는, 더 낮은 보일러 급수 압력에서 조업되는 제2 열교환기를 포함하고, 상기 보일러 급수 스트림의 흐름에 대하여 상기 제2 열교환기는 상기 감압 영역의 상류에 있고 상기 제1 열교환기는 하류에 있고, 상기 흡수 산의 흐름에 대하여 상기 제1 열교환기는 상기 제2 열교환기의 상류에 있는 황산 제조 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 배열된 열교환기는 보일러 급수 흐름의 방향에 대하여 상기 제2 열교환기의 상류에 있고 흡수 산 흐름에 대하여 상기 제2 열교환기의 하류에 있는 생성물 산 냉각기를 추가로 포함하고,

상기 제2 열교환기를 나가는 흡수 산은 상기 열회수 흡수 영역으로 재순환되는 1차 흡수 산, 전향 산 흐름 스트림, 및 상기 생성물 산 냉각기에 분할되고,

상기 전향 산 흐름 스트림은, 산이 추가로 냉각되고 상기 생성물 산 냉각기를 나가는 보일러 급수 스트림이 주위 비등점 위의 온도로 가열되는 제3 열전달 시스템에서, 열을 상기 보일러 급수 스트림에 전달하고,

상기 생성물 산 냉각기를 통과하여 상기 제2 열교환기를 나가는 산의 분획은 상기 생성물 산 냉각기에서 냉각되고 차후 생성물 산으로서 공정으로부터 제거되는 황산 제조 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 제3 열전달 시스템으로부터 상기 제2 열교환기로 흐르는 상기 보일러 급수는, 상기 삼산화황 흡수 산이 아닌 다른 유체로부터의 열전달에 의하여 보일러 급수 스트림이 가열되는 상기 배열 외부의 열교환기를 통과하는 황산 제조 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 다른 유체는 이산화황의 회수를 위한 이산화황 흡수액 가열에 의하여 생성된 재생된 이산화황 흡수 매질을 포함하고, 상기 이산화황 흡수액은 이산화황-오염된 가스 스트림으로부터 이산화황 흡수제를 포함하는 액체 흡수 매질로의 이산화황의 흡수를 포함하는 공정에 의하여 생성되는 황산 제조 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 오염된 가스 스트림은 삼산화황이 황산에 흡수되는 흡수기로부터의 테일 가스를 포함하는 황산 제조 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 삼산화황 흡수기는 상기 1차 열회수 흡수 영역을 포함하는 황산 제조 방법.

청구항 17

제12항 내지 제16항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열회수 흡수 영역을 나가는 가스 스트림은 2차 흡수 영역에서 2차 흡수 액체 산 스트림과 접촉하고,

상기 제3 열전달 시스템을 나가는 상기 전향 산 흐름 스트림은 상기 생성물 산 스트림 및 상기 2차 흡수 영역으로 재순환되는 2차 삼산화황 흡수 산 스트림을 제공하도록 분할되고,

상기 2차 흡수 영역으로 들어가는 가스 스트림에 포함된 잔류 SO₃는 2차 삼산화황 흡수 산 스트림에서 황산으로 회수되는 황산 제조 방법.

청구항 18

제1항에 있어서,

상기 보일러는 산소를 포함하는 가스 중의 황 공급원의 연소에 의하여 생성된 연소 가스로부터의 열전달에 의하여 상기 보일러 급수 스트림이 40 bar 초과 압력을 가지는 스팀으로 전환되는 폐열 보일러이고,

상기 연소 가스는 산소를 포함하고, 상기 폐열 보일러를 나간 후 삼산화황으로의 이산화황의 전환을 위한 촉매와 접촉하고, 이에 의하여 삼산화황을 포함하며 상기 1차 열회수 영역에서 상기 삼산화황 흡수 산과 접촉하는

전환 가스가 생성되는 황산 제조 방법.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 삼산화황을 포함하는 전환 가스는 복수의 직렬 촉매 전환 영역을 포함하는 촉매 전환기에서 생성되고, 오직 최종 촉매 전환 영역으로부터의 전환 가스는 이로부터의 삼산화황의 흡수를 위하여 황산과 접촉하고, 상기 열회수 흡수 영역을 나가는 가스는 상기 나가는 가스 중의 잔류 이산화황의 삼산화황으로의 추가의 전환을 위한 어떠한 추가의 촉매 전환 영역에도 보내지지 않는 황산 제조 방법.

청구항 20

제18항 또는 제19항에 있어서,

상기 열회수 흡수 영역을 나가는 가스 스트림에 함유된 이산화황을 포함하는 테일 가스는 이산화황 흡수기에서 이산화황 흡수제를 포함하는 이산화황 흡수 매질과 접촉하고, 이에 의하여 이산화황 흡수액이 생성되고, 상기 이산화황 흡수액은 이로부터의 이산화황 회수를 위하여 가열되는 황산 제조 방법.

청구항 21

제18항에 있어서,

황은 필수적으로 공기로 이루어지는 산소-함유 가스 중에서 연소되고, 상기 방법은 자생 공정열의 전달만으로부터 황산 톤당 적어도 1.45 톤의 ≥ 40 bar 스팀을 생성할 수 있고,

황산의 증기상 생성열, 상기 열회수 흡수 영역에서 상기 흡수 산 중의 삼산화황의 흡수열, 상기 열회수 흡수 영역에서 물의 응축, 및 상기 열회수 흡수 영역에서 황산의 응축의 폐열 보일러 급수로의 전달은 생성된 황산 톤당 상기 폐열 보일러로부터 적어도 0.2 톤 ≥ 40 bar 스팀의 추가된 증분의 생성을 야기하는 황산 제조 방법.

청구항 22

제21항에 있어서, 상기 열회수 흡수 영역은 3 내지 15 psig의 가스 압력에서 조업되는 열회수 용기 내에 포함되는 황산 제조 방법.

청구항 23

황산 제조 방법이며,

삼산화황을 포함하는 소스 가스를 1차 열회수 흡수 영역에서 액체 황산을 포함하는 삼산화황 흡수 산 스트림과 접촉시키고, 이에 의하여 삼산화황이 소스 가스로부터 흡수 산 스트림에 전달되고 상기 흡수 산 스트림이 흡수 열에 의하여 가열되는 단계;

열이 상기 흡수 산 스트림으로부터 보일러 급수 스트림으로 전달되어, 적어도 375° F의 온도로 보일러 급수 스트림을 가열시키는 단계; 및

차후 가열된 보일러 급수를 보일러에 전달하는 단계를 포함하며,

가열된 보일러 급수 스트림으로부터 적어도 40 bar의 압력의 스팀이 발생하고,

상기 열회수 흡수 영역에서 발생한 흡수열의 적어도 75%가 상기 보일러에서 발생한 적어도 40 bar의 압력을 가지는 스팀의 형태로 회수되는, 황산 제조 방법.

청구항 24

제23항에 있어서,

상기 열회수 흡수 영역에서 발생한 흡수열의 적어도 75%가 흡수 산 냉각기에서 보일러 급수 스트림으로 전달되고,

상기 보일러 급수는 상기 흡수 산 냉각기로 들어가기 전에 적어도 40 bar로 가압되는 황산 제조 방법.

청구항 25

제23항에 있어서,

상기 보일러 급수 스트림은 상기 흡수 산 냉각기에서 상기 흡수 산으로부터의 열전달에 의해 적어도 400° F의 온도로 가열되는 황산 제조 방법.

청구항 26

황산 제조 방법이며,

과잉 산소를 함유하는 가스에서 황의 공급원이 연소되어 이산화황 및 산소를 포함하는 연소 가스가 생성되는 단계;

40 bar 초과 압력의 스팀 발생을 위하여, 상기 연소 가스를 보일러 급수 스트림으로의 열전달에 의하여 연소 열이 회수되는 폐열 보일러에 통과시키는 단계;

상기 연소 가스를 삼산화황으로의 이산화황의 전환을 위한 일련의 촉매 전환 영역에서 촉매와 접촉시키고, 이에 의하여 삼산화황을 포함하는 전환 가스가 생성되는 단계;

상기 전환 가스를 열회수 흡수 영역에서 액체 황산을 포함하는 삼산화황 흡수 산 스트림과 접촉시키고, 이에 의하여 삼산화황이 소스 가스로부터 흡수 산 스트림으로 전달되고 상기 흡수 산 스트림이 흡수열에 의하여 가열되는 단계;

열이 상기 흡수 산 스트림으로부터 보일러 급수 스트림으로 전달되는 단계; 및

차후 적어도 40 bar의 압력에서 가열된 보일러 급수 스트림으로부터의 스팀 발생을 위하여, 상기 보일러 급수 스트림이 상기 폐열 보일러로 전달되는 단계, 여기서 상기 열회수 흡수 영역에서 발생한 흡수열의 적어도 75%가 상기 보일러에서 발생한 적어도 40 bar의 압력을 가지는 스팀의 형태로 회수됨; 및

상기 열회수 흡수 영역을 나가는 가스 스트림에 함유된 잔류 이산화황이 삼산화황으로의 이산화황의 전환을 위한 촉매와 추가로 접촉하지 않고 공정으로부터 방출되는 단계를 포함하며,

상기 방법은 삼산화황 흡수 영역을 나가는 가스 스트림이 어떠한 촉매 전환 영역으로도 복귀되지 않는 단일 흡수 시스템에서 실시되는 황산 제조 방법.

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

- 청구항 34
- 삭제
- 청구항 35
- 삭제
- 청구항 36
- 삭제
- 청구항 37
- 삭제
- 청구항 38
- 삭제
- 청구항 39
- 삭제
- 청구항 40
- 삭제
- 청구항 41
- 삭제
- 청구항 42
- 삭제
- 청구항 43
- 삭제
- 청구항 44
- 삭제
- 청구항 45
- 삭제
- 청구항 46
- 삭제
- 청구항 47
- 삭제
- 청구항 48
- 삭제
- 청구항 49
- 삭제

- 청구항 50
- 삭제
- 청구항 51
- 삭제
- 청구항 52
- 삭제
- 청구항 53
- 삭제
- 청구항 54
- 삭제
- 청구항 55
- 삭제
- 청구항 56
- 삭제
- 청구항 57
- 삭제
- 청구항 58
- 삭제
- 청구항 59
- 삭제
- 청구항 60
- 삭제
- 청구항 61
- 삭제
- 청구항 62
- 삭제
- 청구항 63
- 삭제
- 청구항 64
- 삭제
- 청구항 65
- 삭제

청구항 66

삭제

청구항 67

삭제

청구항 68

삭제

청구항 69

삭제

청구항 70

삭제

청구항 71

삭제

청구항 72

삭제

청구항 73

삭제

청구항 74

삭제

청구항 75

삭제

청구항 76

삭제

청구항 77

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 발명의 분야

[0002] 본 발명은 황산 중 삼산화황 흡수열의 회수에 관한 것이고, 더욱 구체적으로는 차후 고압 스팀으로 전환되는 보일러 급수로의 열전달에 의하여 고분율의 흡수열이 회수되는 공정에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 발명의 배경

[0004] 황산 제조를 위한 접촉식 공정은 몇몇의 조업에서 매우 발열성이다. 다량의 반응열이 이산화황 및 산소를 포함하는 가스를 생성하는, 황 공급원, 예를 들어, 원소 황, 황화수소 또는 금속 황화물의 과량의 산소를 사용한 연소에서 발생한다. 추가의 상당한 양의 에너지가 황산의 순 생산을 제공하는 삼산화황으로의 이산화황의 촉매 전

환 및 황산을 포함하는 수성 흡수 액체로의 삼산화황의 흡수에서 발생한다.

- [0005] 황산의 제조에서, 연소 가스를 폐열 보일러에 통과시켜 황 공급원 연소열을 회수하는 것이 오랫동안 관용적이었다. 연소 가스 온도가 전형적으로 매우 높기 때문에, 예를 들어 40 내지 70 bar의 고압 스팀이 폐열 보일러에서 발생한다.
- [0006] 삼산화황으로의 이산화황 산화열을 회수하는 것이 또한 관용적이었다. 전형적으로, 폐열 보일러를 나가는 연소 가스가 여러 개의 연속적인 전환 단을 포함하는 전환기를 통과하고, 단 각각에서 이산화황 및 산소를 포함하는 가스 스트림이 전환 반응을 위한 촉매를 지나간다. 삼산화황으로의 이산화황 산화열의 회수를 위하여, 촉매 전환기를 나가는 전환 가스는 전형적으로, 폐열 보일러를 위한 보일러 급수를 가열하기 위한 또 다른 폐열 보일러, 스팀 과열기 및/또는 이코노마이저(economizer)를 통과한다. 통상적으로, 다단 전환기의 뒤에서 두 번째 단을 나가는 전환 가스는 인터패스 흡수탑에 보내지고 여기서 가스 중에 함유된 SO₃가 황산에 흡수되며, 이에 의하여 인터패스 흡수기로부터 가스 스트림이 되돌아오는 전환기 단에서, SO₃로의 SO₂의 전환을 위한 추진력이 증대된다. 가스는 인터패스 흡수기에 들어가기 전에 냉각되어야 하고, 이는 앞서 언급한 바와 같이 이코노마이저에서 및/또는 동일한 또는 또 다른 전환기 단을 나가는 가스 스트림으로부터의 열전달에 의하여 인터패스 흡수기로부터 되돌아온 스트림이 재가열되는 가스 열교환기에 가스를 통과시켜 달성될 수 있다. 되돌아온 가스가 되돌아온 전환기 단에서 추가의 전환이 일어날 수 있는 온도까지 재가열된다.
- [0007] 황의 연소 및 삼산화황으로의 이산화황의 산화에 의하여 발생한 열 이외에도, 상당한 증분의 에너지가 SO₃로부터 황산을 제조하기 위한, 전환 가스로부터 황산 스트림으로의 삼산화황의 흡수에 의하여 발생한다. 1980년대까지, 접촉 황산 공정에서 발생한 총 열의 대략 25%를 나타내는 이러한 열의 증분은, 대기로 폐기되거나 지역 난방과 같은 적용에서 단지 낮은 수준으로만 사용되었다. 스테인레스 강으로 구성된 흡수 산 냉각기는 전형적으로 110 ° C 근처, 더욱 전형적으로 약 80° C의 최대 입구 온도에서 조업된다.
- [0008] 미국 특허 제4,576,813호 및 제4,670,242호에는, 흡수기를 나가는 황산 스트림의 강도를 98.5% 이상, 바람직하게는 99% 이상의 농도로 유지하고, 산에 의하여 습윤된 열전달 표면이 적절하게 선택된 Fe/Cr 합금으로 구성된 열교환기에서 흡수열을 회수하여, 냉각 유체를 120° C 이상의 온도까지 가열시키기 위하여 SO₃ 흡수기 및 흡수 산 냉각기가 조업될 수 있는 공정이 기재된다.
- [0009] 미국 특허 제4,576,813호 및 제4,670,242호에 기재된 공정에서, 황은 건조 공기에서 연소되어 과량의 산소를 포함하는 건조 SO₂-보유 가스 스트림을 생성하고, SO₂ 스트림은 전환기를 통과하여 건조 SO₃-보유 가스 스트림을 생성하며, 이는 SO₃의 고온 흡수를 위하여 황산과 접촉하는 흡수탑으로 보내진다. 통상적으로 "열회수탑"으로도 지칭되는 고온탑로부터의 흡수 산은 적절한 Fe/Cr 합금으로 구성된 튜브를 포함하는 외부 셸 앤 튜브 열교환기를 통하여 순환된다. 열교환기에서, 열은 열전달 유체로 전달되고, 유용한 형태로 회수된다. 미국 특허 제 4,576,813 호 및 제4,670,242호에 기재된 공정의 상업적 실행에서, 흡수 산으로부터 전달된 열이 전력 생산 및/또는 대등한 공정 조업에서 유용한 중간 압력 스팀을 발생시킨다.
- [0010] 전형적으로, 고온 흡수기는 인터패스탑(interpass tower)으로서 기능하며, 이로부터 SO₃-고갈 SO₂ 스트림이 추가의 전환기 단으로 되돌아가 추가의 SO₃ 전환 가스 스트림이 생성되고 이는 이후 최종 흡수탑에 보내진다. SO₃ 회수를 최대화하고 황산 미스트를 최소화하기 위하여, 최종 흡수탑은 보통 비교적 온화한 온도, 예를 들어, 약 80 ° C에서 조업된다.
- [0011] 미국 특허 제5,118,490호에는 "습윤 가스"로부터 SO₃ 흡수열을 회수하는 것이 기재된다. 상기 참조문헌은 열회수 흡수 시스템(heat recovery absorption system, HRS) 산으로부터의 열전달에 의하여 보일러 급수를 가열하는 것에 대한 선택사항을 개시한다. 열회수 시스템 보일러(15)를 위한 보일러 급수가 중간압 보일러(15)를 나가는 HRS 산에 의하여 열교환기(19)에서 예열될 수 있다. 이산화황 연소 가스 폐열 보일러를 위한 보일러 급수는, 고온 흡수기를 나가는 산 스트림을 HRS 보일러(15) 및 고압 보일러 급수를 예열하기 위한 또 다른 열교환기(21)에 분할함에 의하여, 고온 HRS 산으로써 가열될 수 있다. HRS 산은 바람직하게는 200° C(392° F) 초과 온도에서 흡수기를 떠나고, 스팀은 바람직하게는 HRS 보일러(15)에서 ≥450 kPa로 발생한다. 다른 구체예에서, '490 특허에는 열교환기들(15 및 21)이 직렬로 조업될 수 있고, 이 경우에 산은 전형적으로 먼저 교환기(21)를 통하여 흐름이 개시된다.
- [0012] 미국 특허 제5,130,112호에는 흡수 이전에 SO₃ 전환 가스 스트림으로 스팀을 주입함에 의하여 SO₃ 흡수 조업으로

부터 회수되는 에너지가 증대되는 공정이 기재된다. 스팀 주입 이후, 전환 가스는 흡수기에 들어가기 전에 바람직하게는 이코노마이저, 더욱 바람직하게는 응축 이코노마이저를 통과한다. HRS 보일러(107)를 나가는 HRS 산의 벌크는 HRS 흡수 영역(133)을 위한 흡수 산으로서 재순환되지만, 분획(137)은 최종 흡수 회로로부터 인출된 생성물 산을 보상하기 위한 메이크업(makeup)으로서 최종 흡수기(157)에 전달된다. 후자의 분획은 열교환기(139 및 141)를 직렬로 통과하고, 이들 각각에서 전향 흐름 산 분획이 보일러 급수로의 열전달에 의하여 더욱 냉각된다. 열교환기(141)에서, HRS 보일러 및 SO₂ 연소 가스 폐열 보일러를 위한 보일러 급수가 131° C(268° F)까지 예열된다. 교환기(141)를 나가는 보일러 급수는 공기제거기(165)를 통과한 다음 HRS 보일러와 폐열 보일러에 분할된다. HRS 보일러로 흐르는 분획은 열교환기(139)를 통과하고 여기서 전향 흐름 HRS 산 분획으로부터의 열전달에 의하여 184° C(363° F)까지 가열된다. 다른 분획(138° C; 280° F)은 분획이 최종 단 전환 가스로부터의 열전달에 의하여 가열되는 열교환기(155)를 통하여 흐른 다음, 분획이 제3 단 전환 가스로부터의 열전달에 의하여 추가로 가열되는 응축 이코노마이저(131)를 통하여 흐른다.

[0013] 미국 특허 제4,996,038호에는 회석수가 순환하는 산, 선택적으로 탑 내의 순환하는 산에 증기로서 첨가될 수 있는 공정이 기재된다. 미국 특허 제4,996,038호 및 미국 특허 제5,538,707호에는 SO₃ 가스 스트림이 최초로 도입되는 1차 흡수 영역 및 가스 스트림이 냉각되고 잔류 SO₃가 회수되는 1차 영역 위의 2차 흡수 영역을 포함하는 흡수탑에서의 열회수가 기재된다. 보일러 급수는 인터패스 공정의 최종 흡수탑을 통하여 순환하는 산으로부터의 열전달에 의하여, 그리고 건조탑을 통하여 순환하는 산으로부터의 열전달에 의하여 비교적 낮은 온도에서 예열된다.

[0014] PCT 출원 WO 2011/139390에는 증가된 분율의 수증기가 고온 흡수기에 들어가는 SO₃ 전환 가스에 도입되고, 이에 의하여 수증기 대 삼산화황의 몰비가 0.40 이상까지 증가하는 황산 제조 공정이 기재된다. 수증기의 도입은 열회수 시스템 보일러를 나가는 흡수 산으로부터의 열전달에 의하여 생성된 황산의 톤당 발생할 수 있는 중간압 스팀의 양을 증가시킨다. 상기 출원은 또한 열회수 시스템 보일러를 나가는 흡수 산을 보일러 급수 가열 및/또는 공기제거를 위한 하나 이상의 보조 열교환기(들)에 보내는 것에 의하여 상기 산으로부터 에너지를 더욱 추출하는 선택사항을 논의한다. 보일러 급수는 전형적으로 180° C(356° F) 범위의 온도까지 가열되지만, 대부분의 흡수열이 열회수 시스템 보일러에서 추출되고, 따라서, 보일러 급수가 보일러의 흡수 산 하류로부터의 열전달에 의하여 가열될 수 있는 정도가 제한된다.

발명의 내용

[0015] **발명의 요약**

[0016] 본 발명의 특정한 그리고 다양한 바람직한 구체예의 목적은 고분율의 황산 중 삼산화황 흡수율을 비교적 고온에서 회수하는 것이고, 더욱 구체적으로, 고분율의 흡수율을 고압 스팀의 형태로 회수하는 것; 및 고온에서 흡수율을 단일 흡수 시스템만을 포함하는 접촉 황산 제조 설비에서 회수하는 것이다.

[0017] 삼산화황을 포함하는 소스 가스(source gas)가 1차 열회수 흡수 영역에서 액체 황산을 포함하는 삼산화황 흡수 산 스트림과 접촉하고, 이에 의하여 삼산화황이 소스 가스로부터 흡수 산 스트림으로 전달되고 흡수 산 스트림이 흡수열에 의하여 가열되는 황산 제조 공정이 본 명세서에 개시된다. 열은 보일러 급수 스트림 및 흡수 산 스트림 모두의 흐름에 대하여 직렬인 열교환기의 배열에서 흡수 산 스트림으로부터 보일러 급수 스트림으로 전달되고, 상기 배열에 대하여 흡수 산 스트림 및 보일러 급수 스트림은 향류로 흐른다. 보일러 급수 스트림은 시리즈 중의 둘의 연속적인 열교환기 사이의 보일러 급수 흐름 경로의 감압 영역에서 플래시되고, 이에 의하여 감압 영역에서 스팀이 발생하며 보일러 급수 스트림이 냉각된다. 감압 영역에서 발생한 스팀은 냉각된 보일러 급수 스트림으로부터 분리되고, 에너지는 감압 영역에서 발생한 스팀으로부터 유용한 형태로 회수된다. 냉각된 보일러 급수 스트림은 가압되고 보일러 급수의 흐름에 대하여 감압 영역의 하류에 있는 시리즈 중의 또 다른 열교환기로 전달된다. 가압된 보일러 급수는 또 다른 열교환기에서 흡수 산으로부터의 열전달에 의하여 가열된다. 증기는 보일러에서 적어도 40 bar의 압력으로 가압된 액체 물 스트림으로부터 발생하고, 상기 보일러는 상기 열교환기의 배열의 외부에 있고 보일러 급수의 흐름에 대하여 또 다른 열교환기의 하류에 있으며; 흡수 산 스트림은 열교환기의 시리즈로부터 열회수 흡수 영역으로 되돌아 순환된다.

[0018] 이산화황을 포함하는 소스 가스가 1차 열회수 흡수 영역에서 액체 황산을 포함하는 삼산화황 흡수 산 스트림과 접촉하고, 이에 의하여 삼산화황이 소스 가스로부터 흡수 산 스트림으로 전달되고 흡수 산 스트림이 흡수열에 의하여 가열되는 황산 제조 공정이 본 명세서에 추가로 개시된다. 열은 흡수 산 스트림으로부터 보일러 급수 스

트림으로 전달되고; 차후 스팀이 적어도 40 bar의 압력에서 가열된 보일러 급수 스트림으로부터 발생한다. 열회수 흡수 영역에서 발생한 흡수열의 적어도 약 60%, 75%, 85%, 90%, 95%, 또는 97%가 보일러에서 발생한 적어도 40 bar의 압력을 가지는 스팀의 형태로 회수된다.

[0019] 삼산화황을 포함하는 소스 가스가 1차 열회수 흡수 영역에서 액체 황산을 포함하는 삼산화황 흡수 산 스트림과 접촉하고, 이에 의하여 삼산화황이 소스 가스로부터 흡수 산 스트림으로 전달되고 흡수 산 스트림이 흡수열에 의하여 가열되는 황산 제조 공정이 또한 개시된다. 열회수 흡수 영역에서 발생한 흡수열의 적어도 60%, 75%, 85%, 90%, 95%, 또는 97%가 보일러 급수 스트림으로 전달되고; 보일러 급수는 적어도 40 bar로 가압된다.

[0020] 삼산화황을 포함하는 소스 가스가 1차 열회수 흡수 영역에서 액체 황산을 포함하는 삼산화황 흡수 산 스트림과 접촉하고, 이에 의하여 삼산화황이 소스 가스로부터 흡수 산 스트림으로 전달되고 흡수 산 스트림이 흡수열에 의하여 가열되는 황산 제조 공정이 추가로 개시된다. 열은 흡수액으로부터 보일러 급수 스트림으로 전달되고, 이에 의하여 상기 보일러 급수 스트림이 적어도 400° F의 온도까지 가열된다.

[0021] 본 개시는 추가로, 황이 과잉 산소를 함유하는 가스 중에서 연소되어 이산화황 및 산소를 포함하는 연소 가스가 생성되는 황산 제조 공정에 관한 것이다. 연소 가스는 폐열 보일러를 통과하고, 여기서 40 bar 초과 압력의 스팀의 발생을 위하여 보일러 급수 스트림으로의 열전달에 의하여 연소열이 회수된다. 연소 가스는 삼산화황으로의 이산화황의 전환을 위한 일련의 촉매 전환 영역에서 촉매와 접촉하고, 이에 의하여 삼산화황을 포함하는 전환 가스가 생성된다. 전환 가스는 열회수 흡수 영역에서 액체 황산을 포함하는 삼산화황 흡수 산 스트림과 접촉하고, 이에 의하여 삼산화황이 소스 가스로부터 흡수 산 스트림으로 전달되고 흡수 산 스트림이 흡수열에 의하여 가열된다. 열은 흡수 산 스트림으로부터 보일러 급수 스트림으로 전달된다. 차후, 보일러 급수 스트림은 적어도 40 bar의 압력에서 가열된 보일러 급수 스트림으로부터의 스팀 발생을 위하여 폐열 보일러로 전달된다. 열회수 흡수 영역에서 발생한 흡수열의 적어도 약 60%, 75%, 85%, 90%, 95%, 또는 97%가 상기 보일러에서 발생한 적어도 40 bar의 압력을 가지는 스팀의 형태로 회수된다. 열회수 흡수 영역을 나가는 가스 스트림에 함유된 잔류 이산화황은 삼산화황으로의 이산화황의 전환을 위한 촉매와 추가로 접촉하지 않고 공정으로부터 방출된다.

[0022] 다른 목적 및 특징은 부분적으로는 명확하고 부분적으로는 이하에 기재될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 실질적으로 모든 SO₃ 흡수열이 고압 스팀의 형태로 회수되는 본 발명의 바람직한 구체예를 실행하는 접촉 황산 공정의 공정 측면 도식 공정계통도이고, 공정계통도는 이산화황 연소 가스 폐열 보일러를 위한 보일러 급수로의 흡수열의 전달을 위한, 열회수 시스템(HRS) 흡수기, 연소 공기 건조탑 및 열교환기의 배열 간의 흡수 산의 순환을 나타내고;

도 2는 도 1의 바람직한 구체예의 보일러 급수 및 스팀 측면 도식 공정계통도이고;

도 3은 도 1 및 2의 공정계통도를 통합하는 도식 공정계통도이고;

도 4는 도 1 및 2의 공정의 변형된 형태의 공정 측면 도식 공정계통도이고;

도 5는 도 5의 바람직한 구체예의 보일러 급수 및 스팀 측면 도식 공정계통도이고;

도 6은 HRS 흡수 시스템에서 발생한 열이 HRS 보일러에서 중간압 스팀의 발생 및 SO₂ 연소 가스 폐열 보일러를 위한 보일러 급수의 가열에 분할되는 본 발명의 대안의 구체예에 대한 도 1과 유사한 공정 측면 도식이고 ;

도 7은 도 6의 공정에 대한 보일러 급수 및 스팀 측면 도식이고; 그리고

도 8은 도 6 및 7의 공정계통도를 통합하는 도식 공정계통도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 바람직한 구체예의 설명

[0025] 본 발명에 따라, 황산 중 삼산화황 흡수열의 고분율이 고온에서, 바람직하게는 예를 들어 40 내지 70 bar의 고압 스팀의 형태로 회수되는 공정이 제공된다.

[0026] 바람직하게는, 공정은 접촉 황산 플랜트에서의 황산 제조를 포함한다. 비록 선행기술 황산 공정이 SO₃ 흡수 에너지의 일부 분율 또는 잔부를 고압 스팀의 형태로 회수하기는 하지만, 선행기술은 HRS 보일러에서 중간압 스팀의

발생에 의한 흡수열의 회수에 초점을 맞춘다.

- [0027] 본 발명의 공정의 바람직한 구체예에서, 흡수열의 대부분이, HRS 보일러에서 스팀의 발생으로부터 가능한 것보다 현저하게 더 높은 온도에서 회수된다. 고온 SO₃ 흡수기에서 달성되는 최대 흡수 산 온도가 전형적으로 450° 내지 500° F 범위이기 때문에, HRS 보일러에서 달성되는 최대 스팀 압력은 전형적으로 9-15 bar 범위이다. 흡수 산의 온도 및 이에 따른 HRS 보일러에서 발생한 스팀의 압력은 흡수열에 의하여, 스팀 주입의 경우에는 산의 흐름에 대한 흡수열, 황산의 증기상 형성열 및 응축열의 합계, 흡수 효율에 의하여, 그리고 잠재적으로는 HRS 보일러 튜브의 강도, 내부식성 및 비용에 의하여 제한된다.
- [0028] 반대로, 황의 연소에서 도달한 온도는 전형적으로 2000° F 초과 범위이고, 40 내지 70 bar 범위의 압력을 가지는 스팀은 연소 가스를 폐열 보일러에 통과시키는 것에 의하여 쉽게 발생한다. HRS 산으로부터 이 또는 다른 고압 보일러를 위한 보일러 급수로의 열전달에 의하여, 흡수열, 황산의 증기상 형성열 및 응축열이 고압 스팀의 형태로 회수될 수 있다. 비록 보일러 급수가 보통 흡수 산으로부터의 열전달에 의하여 400° F-440° F보다 훨씬 더 높은 온도까지 가열될 수 없기는 하지만, 그럼에도 불구하고 이렇게 전달된 열은, 가열된 보일러 급수가 최종적으로 보내지는 보일러에서 발생한, 전형적으로 40 내지 70 bar의 고압 스팀의 형태로 회수된다. 흡수 산으로부터의 열전달에 의하여 제공된 보일러 급수 온도 증가의 결과로서, 폐열 보일러에 대한 현열 부하가 감소되고, 주어진 고압 보일러 열전달 표면 위에서 발생한 스팀의 양이 증가되며, 및/또는 스팀이 주어진 보일러 용수 공급 속도에서 공업적 규모로 발생하는 압력이 증가될 수 있다. 그 결과, 흡수의 에너지, 그리고 스팀 주입의 경우에는 황산의 증기상 형성열 및 응축열이, 중간압 스팀의 발생을 위하여 직접 HRS 산을 사용하여 달성될 수 있는 압력을 훨씬 초과하는 압력에서 유용한 형태로 회수될 수 있다.
- [0029] 본 발명에 따라, SO₃ 흡수열은 바람직하게는 보일러 급수를 적어도 약 400° F까지 온도로 예열하기 위하여 사용되고, 가열된 보일러 급수는 전형적으로, 하나 이상의 SO₃ 전환 가스 스트림으로부터의 열전달에 의하여 추가로 가열되며, 가열된 급수는 최종적으로 스팀이 바람직하게는 적어도 약 40 bar의 압력에서 발생하는 고압 보일러에 도입된다. 더욱 바람직하게는, HRS 산으로부터의 열전달은 보일러 급수를 적어도 약 375° F, 390° F, 400° F, 410° F, 420° F 또는 425° F 400의 온도까지 가열한다.
- [0030] 선택적으로, 보일러 급수는 고압 보일러, 예컨대 SO₂ 연소 가스를 위한 폐열 보일러 및 약 10 bar까지의 압력에서 스팀이 발생하는 종래의 HRS 보일러에 분할될 수 있다. 유리하게는, 모든 보일러 급수가 고압 보일러로 전달된다. 임의의 경우에, 바람직하게는 흡수열의 적어도 60%, 75% 또는 85%가 적어도 약 40 bar의 압력을 가지는 스팀의 형태로 회수된다. 더욱 바람직하게는, 흡수열의 적어도 약 90%, 적어도 약 95% 또는 적어도 약 97%가 적어도 약 40 bar의 압력을 가지는 스팀의 형태로 회수된다. 더욱더 바람직하게는, 흡수열의 적어도 60%, 75%, 85%, 90%, 95% 또는 97%가 ≥ 50 bar, 예를 들어, 50 내지 70 bar의 압력을 가지는 스팀의 형태로 회수된다.
- [0031] 습윤 가스 황산 플랜트에서, 또는 수증기가 열회수 흡수 영역의 SO₃ 전환 가스 상류로 주입되는 임의의 플랜트에서, 흡수 산에서 회수된 에너지의 양이, 열회수 흡수 영역에서 황산의 증기상 형성열 및 기체상으로부터 산상(acid phase)으로 물과 황산의 응축열에 의하여 증가된다. 그러한 조업에서, 본 발명의 공정은 황산의 증기상 생성열, SO₃ 흡수 에너지 및 응축열의 합계의 적어도 약 60%, 75% 또는 85%, 더욱 바람직하게는 적어도 약 90% 또는 적어도 약 95%를 ≥ 40 bar 스팀 또는 ≥ 50 bar 스팀의 형태로 회수할 수 있다. 이러한 에너지의 심지어 더 높은 백분율, 예를 들어, 97% 초과 또는 99% 초과가 ≥ 40 또는 ≥ 50 bar 스팀에 더하여, 아래 기재되는 바와 같이 열회수 흡수 영역에서 또는 이의 상류에서 전환 가스에 주입하기 위한 스팀의 공급원 제공과 같은 유용한 목적에 적용되는 저압 스팀의 성분의 조합으로 회수될 수 있다.
- [0032] ≥ 40 bar 스팀 형태로, 흡수 에너지, 또는 흡수에 더하여 응축 에너지를 최대 회수하는 것의 한 가지 장애는, 산과 고압 보일러 급수 사이의 잠재적으로 부적절한 온도 차이(Δt)이다. 흡수 산이 열회수 흡수 영역에서 도달할 수 있는 최대 온도가 일반적으로 약 500° F 이하, 더욱 전형적으로 약 450° F 이하이므로, 흡수 산으로부터의 열전달에 의하여 보일러 급수를 약 420° F 또는 430° F 초과의 온도로 가열하는 것이 가능하지 않다.
- [0033] 따라서, 흡수열이 보일러 급수로의 전달에 의하여 회수될 수 있는 정도는, 흡수 산이 열회수 흡수 영역에서 도달할 수 있는 최대 온도에 대한 폐열 보일러의 보일러 용수 흐름 부피 요구량에 의하여 제한될 수 있다. 흡수 에너지, 또는 흡수에 더하여 황산 응축 에너지의 발생 속도가 이론적으로 비교적 높은 온도까지 필요 부피의 보일러 급수를 가열하기에 충분할 수 있을 경우, 흡수 효율, 필요 산 흐름, 구성 재료 등의 고려사항이, 이론적으로 도달 가능한 온도의 보일러 급수로 열전달하기 위하여 만족스러운 Δt 를 제공하기에 충분히 높은 온도까지

흡수 산 자체를 가열하는 것을 배제할 수 있다. 이러한 문제점은 특히, SO₃ 흡수 시스템에서 에너지 발생이 수증기 형태의 회석수(SO₃ 반응수) 제공에 의하여 증대되는, 본 발명의 바람직한 구체예에서 심각하다. 예를 들어, 거의 100%의 회석수가 주입된 스팀 또는 주입된 스팀에 더하여 (흡수 산 회로에 통합된 건조탑에서 응축된) 입구 연소 공기로부터의 습기의 형태로 공급되는 도 1에 도시된 공정에서, 황 연소기에서의 열 발생 속도는 HRS 흡수기에서의 열 발생 속도의 대략 두 배이다. 이러한 관계에 기초하여, 모든 흡수열이 폐열 보일러를 위한 보일러 급수의 현열 증가를 위하여 보내질 경우, 급수에서 이론적 온도 상승은 395 화씨 온도 근처이다. 전형적으로, 보일러 급수는 70° 내지 100° F에서 이용 가능하다. 85° F를 가정하면 이는, 모든 HRS 열(흡수 + 응축)이 전달되어 폐열 보일러를 위한 급수의 현열 함량을 증가시킬 경우에, 보일러 급수 온도가 480° F까지 상승될 필요가 있음을 의미하고, 이는 열전달이 수행되는 열교환기(들)의 보일러 급수 출구 근처에서 음의 Δt, 또는 비경제적으로 큰 열전달 표면적에 일치할 기껏해야 매우 작은 양의 Δt를 필요로 할 것이다.

[0034] 이러한 제약에 직면하더라도, 매우 높은 비율의 흡수열, 또는 흡수열에 더하여 증기상 황산 형성열에 더하여 응축열이, 본 발명의 공정에 따라 바람직한 것과 같이 보일러 급수의 가열이 열회수 계획에서 중간압 스팀의 발생에 선행하여 주어질 경우, 고압 보일러 급수에서 회수될 수 있다.

[0035] 그러나, 추가적인 본 발명의 바람직한 구체예에서, 본질적으로 모든 흡수열 및 응축열이 독특하게 설계된 열전달 계획에서 회수될 수 있고, 여기서 열은 보일러 급수 스트림 및 산 스트림 모두의 흐름에 대하여 직렬인 열교환기의 배열에서 흡수 산 스트림으로부터 보일러 급수 스트림으로 전달되고, 상기 배열에 대하여 산 스트림 및 보일러 급수 스트림은 향류로 흐른다. 단독으로 이러한 열교환기의 시리즈가 실질적으로 열전달 과정 전반에 걸쳐 양의 Δt를 유지할 수 있지만, 흡수열, 또는 특히 흡수열 + 응축열의 85%, 90%, 95%, 또는 97%의 전달, 또는 상업적으로 실행 가능한 열전달 표면적에서 그러한 정량적인 전달을 반드시 보장하는 것은 아니다.

[0036] 추가적인 본 발명의 바람직한 구체예에서, 고압 스팀 형태의 흡수 에너지를 회수하기 위한 적절한 Δt는 열교환기 시리즈 중의 둘의 연속적인 열교환기 사이의 보일러 급수 흐름 경로에서, 바람직하게는 실질적으로 단열적으로, 감압 영역, 전형적으로 플래시 탱크 또는 공기제거기에서 보일러 급수 스트림을 플래시시켜 달성될 수 있음이 밝혀졌다. 보일러 급수 플래시는 유용한 목적에 적용될 수 있는 적당한 분율의 스팀을 발생시키고, 플래시 탱크 또는 다른 감압 영역에서 보일러 급수 스트림을 냉각시킨다. 공기제거기, 플래시 탱크 또는 다른 더 낮은 압력 영역에서 유지되는 압력의 적절한 선택에 의하여, 보일러 급수 스트림은, 흡수 또는 (흡수 + 응축) 열이 100%에 가까운 높은 열회수 수준으로 HRS 흡수 산으로부터 보일러 급수로 전달되는 교환기의 배열의 나머지 전반에 걸쳐, 양이고 경제적으로 실행 가능한 Δt를 보존할 수 있는 수준으로 냉각될 수 있다.

[0037] 감압 영역에서 플래시된 스팀은 냉각된 보일러 급수 스트림으로부터 분리되고, 후자는 고압 보일러, 전형적으로 그리고 바람직하게는 스팀이 접촉 황산 설비의 SO₂ 연소 가스로부터의 열전달에 의하여 발생하는 폐열 보일러에 도입되기 전에 가압되어 추가로 가열된다.

[0038] 이러한 구체예에서, 보일러 급수 및 흡수 산이 향류로 흐르는 것의 선호가 열교환기의 배열에 관련됨, 즉, 배열에 포함되는 일련의 열교환기에 대하여 향류 흐름이 존재하는 것이 바람직함이 이해될 것이다. 향류 흐름이 열교환기 각각 내에서 또한 바람직할 수 있지만 이것은 두 번째 고려사항이다. 전형적인 다중-패스 셸 앤 튜브 열교환기에서는, 흐름 패턴이 복잡하고 흔히 향류 또는 병류로 쉽게 분류되지 않는다.

[0039] 전환 가스는 전형적으로 복수의 촉매 전환 단을 직렬로 포함하는 전환기에서 생성된다. 본 발명의 특히 바람직한 구체예에서, 단지 최종 단 전환기 가스만이 흡수기에 보내진다. 그러한 구체예에서, 단지 하나의 흡수 가스 스트림이 존재하고, 열회수 흡수 영역을 나가는 가스는 열회수 흡수 영역을 나가는 가스에 함유된 잔류 이산화황의 삼산화황으로의 추가의 전환을 위한 어떠한 추가의 촉매 전환 영역에도 보내지지 않는다. 대신, 이러한 스트림은 황산 제조 공정에서 직접 또는 최종적으로 제거되는 SO₂-함유 테일 가스(tail gas)가 된다.

[0040] 일반적으로, 열회수 흡수 영역에 보내진 전환 가스 스트림은 적어도 3 부피 퍼센트, 더욱 전형적으로, 적어도 4 부피 퍼센트, 더욱 전형적으로 약 5 내지 약 12 부피 퍼센트의 삼산화황을 함유한다. 열회수 흡수 영역의 고온 조건하에, 약간의 잔류 이산화황이 열회수 영역을 나가는 가스에 잔여하고, 가스는 본질적으로 황산증기로 포화된다. 따라서, 단지 최종 전환기 단 가스만이 흡수를 거치는지, 공정이 단일 흡수 시스템을 포함하거나 인터패스 및 최종 흡수기 양자 모두를 포함하는지 여부에 관계없이, 열회수 흡수 영역을 나가는 가스는 바람직하게는 2차 흡수 영역을 통과하고 여기서 가스는 가스 스트림 냉각, 황산증기 응축 및 흡수에 의한 잔류 삼산화황 회수를 위하여 2차 흡수 산 스트림과 접촉한다. 2차 흡수 영역의 적절한 조업은 공정으로부터의 테일 가스 중의 산 미스트 형성 억제에 추가로 기여한다.

- [0041] 황산 제조 공정로부터의 테일 가스는 불가피하게 약간의 잔류 미반응 이산화황을 함유하고, 이의 허용 가능한 배출은 일반적으로 규제 사항에 의하여 제한된다. 단지 단일 흡수 시스템만이 사용되는 경우에는, 상기 시스템이 단지 열회수 흡수 영역만을 포함하는지 열회수 흡수 영역 및 2차 흡수 영역 모두를 직렬로 포함하는지 여부에 관계없이, 공정로부터의 테일 가스는, 가스가 최종 전환기 단에 들어가기 전에 황산 중의 흡수에 의한 삼산화황의 제거에 의하여 평형 산화 반응이 종결을 향하여 더욱 추진되는 인터패스 공정의 테일 가스보다 약간 더 높은 함량의 이산화황을 함유할 수 있다. 그러나, 공정이 인터패스 흡수기를 포함하는지 단지 단일 흡수 시스템만을 포함하는지 여부에 관계없이, 점차 더 제한적인 규제 제약 내에서 테일 가스의 이산화황 함량을 제어하는 것이 어려울 수 있다. 더욱이, 배출 표준이 충족될 경우라도, 테일 가스 중의 이산화황의 존재는 황에 대한 수율 희생을 나타낸다.
- [0042] 따라서, 본 발명의 다양한 바람직한 구체예에서, 미반응 이산화황으로 오염된 테일 가스가 SO₂ 흡수 및 스트리핑 회로에서 이산화황을 회수하기 위한 공정에 보내진다. 추가로 본 발명에 따라, 삼산화황 흡수 에너지의 고분율이 고온에서, 더욱 구체적으로 고압 스팀의 형태로 회수되는 접촉 황산 제조 설비에서, 이산화황 회수 시스템이 통합될 수 있다. 예를 들어, 열이 흡수 산으로부터 전달되어 SO₂ 흡수액으로부터 SO₂을 스트리핑하기 위한 열의 공급원을 제공할 수 있고, 열이 결과적인 재생된 이산화황 흡수 매질로부터 보일러 급수로 전달될 수 있다. 그러나 고압 스팀의 형태로, 또는 그렇지 않으면 고온에서 에너지의 회수를 최대화하기 위하여, 흡수 산으로부터 SO₂ 회수 시스템으로의 열전달이 선행하는 것이 바람직할 수 있지만, 보일러 급수로의 열전달에 의하여, 예를 들어 SO₂ 스트리핑 컬럼을 나가는 재생된 흡수 매질 냉각에 의하여, SO₂ 회수 시스템으로부터 에너지를 입수하는 것이 유리할 수 있다. 그러한 임무를 위한 열교환기는 열교환기의 배열로 통합될 수 있고, 여기서 열이 흡수 산으로부터, 이산화황 연소 가스로부터의 에너지 회수를 위한 폐열 보일러와 같은 고압 보일러를 위한 보일러 급수로 전달된다. 그러나, 본 명세서에서 정의적인 목적을 위하여, SO₂ 회수 공정 스트림으로부터 보일러 급수로의 열전달을 위한 열교환기가 HRS 산으로부터 보일러 급수로의 열전달을 위한 열교환기의 배열의 일원으로 간주되지 않음에 유념해야 하는데, SO₂ 공정 스트림으로부터 열을 전달하기 위한 열교환기(들)이 HRS 산으로부터 보일러 급수로 열을 전달하기 위한 일련의 열교환기로 완전히 통합될 경우라도, 용어 "배열"이 본 명세서에서 사용되기 때문이다.
- [0043] 도 1에 고온 SO₃ (HRS) 흡수 시스템에서 고압 스팀의 형태로 흡수열 및 응축열을 회수하기 위한 본 발명의 바람직한 공정이 도시된다.
- [0044] 주위 공기(1)는 입구 공기 필터(3)를 통하여, 탑 내의 가스 액체 접촉 영역(5.1)에서 진한 황산과의 접촉에 의하여 공기로부터 습기가 제거되는 공기 건조탑(5)의 하부의 공기 입구로 흐른다. 도 1의 공정에서, 본 명세서에서 아래에 추가로 기재되는 바와 같이, 건조탑을 통하여 순환되는 농축된 산은 HRS 흡수기로부터의 흡수 산을 포함하고, 산은 흡수 산 및 보일러 급수가 교환기의 시리즈에 대하여 향류로 지나가도록 배열된 일련의 열교환기에서 보일러 급수로의 흡수열의 전달에 의하여 냉각된다.
- [0045] 건조탑(5)를 나가는 150-170° F의 온도의 건조 공기(7)가 압축기(8)에 의하여 압축되고 황 연소기(13)에 보내진다. 공기의 압축은 이를 상당히, 즉, 250° 내지 350° F의 온도까지 가열한다. 용융 황이 황 연소기에 분사되고 여기서 황이 압축공기(11)와 접촉하는데 압축 공기는 공기의 산소 성분이 연소기에 들어가는 황 흐름에 대하여 과잉 화학량론인 속도로 흐른다. 황은 공기의 산소와 반응하여 이산화황, 질소 및 미반응 산소를 포함하는 연소 가스를 생성한다. SO₂ 연소 가스는 2150 내지 2250° F에서 황 연소기를 나가고, 차후 폐열 보일러(15)에서 보일러 급수로의 열전달에 의하여 700-820° F의 온도까지 냉각된다.
- [0046] 폐열 보일러(15)를 나가는 연소 가스는 전환기(17)로 흐르고, 제1 전환기 단(17.1)에 들어가고, 그 안에서 가스의 산소 성분과의 반응에 의한 삼산화황으로의 이산화황의 산화를 위하여 촉매와 접촉한다. 삼산화황으로의 이산화황의 산화는 또한 매우 발열성이고, 따라서 제1 전환기 단(17.1)을 나가는 전환 가스(19)는 전형적으로 1100° 내지 1150° F의 온도이다. 제1 단 전환기 가스(19)는, 아래에 기재되는 바와 같이 열이 전환 가스로부터 폐열 보일러로부터의 고압 스팀으로 전달되는 과열기(21)를 통과하고, 이에 의하여 전환 가스가 약 775° 내지 825° F로 냉각된다. 전환열의 회수 이외에도, 가스 냉각은 전환 가스가 과열기(21)로부터 흐르는 제2 촉매 전환기 단(17.2)에서 SO₃으로의 SO₂의 추가의 전환을 위한 더욱 선호적인 평형을 확립한다.
- [0047] 제2 전환 단(17.2)을 나가는 925° 내지 975° F의 온도의 전환 가스(23)는 또 다른 과열기(25)로 흐르고 여기서 열이 아래에 또한 기재되는 바와 같이 가스 스트림(23)으로부터 폐열 보일러로부터의 고압 스팀으로 전달된다.

과열기(25)를 나가는 전형적으로 775° F 내지 825° F의 온도의 제2 단 전환 가스는 SO₃로의 SO₂의 추가의 전환을 위하여 전환기(17)의 제3 및 최종 촉매 전환기 단(17.3)에 보내진다. 또다시, 단(17.3) 앞의 가스 냉각은 SO₃로의 추가의 전환을 위한 더욱 선호적인 평형을 제공한다. 아래에 추가로 기재되는 바와 같이, 제3 단 전환 가스(27)는 전형적으로 820° 내지 860° F의 온도에서 전환기를 나가며, 전환 가스로부터 폐열 보일러를 위한 보일러 급수로 열이 전달되는 이코노마이저(29)를 통과한다. 이코노마이저(29)를 나가는 전환 가스는 열회수 흡수 시스템에 보내진다. 이코노마이저를 통한 전환 가스의 통과는 가스 온도를 약 820° 내지 약 860° F 범위로부터 350 내지 420 화씨 온도만큼, 즉, 약 430° 내지 약 490° F 범위의 온도까지 감소시킨다.

[0048] 열회수 흡수 영역의 만족스러운 조업은 상기 영역에 들어가는 과도하게 뜨거운 전환 가스으로써 달성되기 어렵기 때문에, 최종 전환 단을 떠나는 가스 냉각이 바람직하다. 가스가 과도하게 높은 온도에서 들어갈 경우, 불량한 황산의 기화 및 흡수가 흡수 영역의 가스 입구 말단부에서 일어날 수 있고, 급격냉각(shock cooling) 및 흡수 영역의 산 입구 말단부를 향한 대량의 황 미스트 형성이 이어진다. 이코노마이저(29)에 전달된 에너지는 폐열 보일러(15)에서 고압 스팀의 형태로 회수된다.

[0049] 430° 내지 490° F 및 0.6 내지 0.8 bar 게이지의 최종 단 전환 가스(30)가 스팀 주입 용기(31)에 도입되고, 여기서 저압 스팀이 가스 스트림에, 가장 바람직하게는 약 0.80 내지 약 0.90의, 삼산화황 함량에 대한 화학량론 비로 도입된다. 스팀의 주입은 SO₃와 물의 증기상 반응을 야기하여 황산증기를 발생시킨다. 다른 구체예에서, 전환 가스는 건조하게 유지될 수 있거나, 단지 더 작은 분율의 수증기가 가스에 주입될 수 있다. 그러나, 수증기의 주입이 SO₃ 흡수 시스템에서 회수될 수 있는 에너지의 양, 더욱 구체적으로, 최종적으로 고압 스팀의 형태로, 또는 그렇지 않으면 고온에서 회수될 수 있는 에너지의 양을 현저하게 증가시킨다. 황산 생성에서 SO₃와 물의 반응열 이외에도, 전환 가스로의 수증기 주입이 증기상 황산의 응축열 및 미반응 수증기의 응축열의 회수에 대비한다. 수증기는 가스의 상당 수증기 함량을, 열회수 흡수 영역에 들어가는 가스 중의 총 상당 삼산화황 가스 함량 몰당 적어도 약 0.40 몰로 증가시키기에 충분한 비율로, 열회수 흡수 영역의 전환 가스 상류에 주입되는 것이 일반적으로 바람직하다. 더욱 바람직하게는, 수증기는 가스 스트림의 상당 수증기 함량을, 열회수 흡수 영역에 들어가는 가스의 총 상당 삼산화황 함량 몰당 적어도 약 0.55 몰, 더욱더 바람직하게는 0.60 몰, 더욱더 바람직하게는 적어도 약 0.70 몰, 가장 바람직하게는 적어도 약 0.80 몰로 증가시키기에 충분한 비율로 도입된다.

[0050] 본 명세서에서 사용된, "상당(equivalent) 삼산화황"은 유리 삼산화황 함량에 더하여 삼산화황과 물의 증기상 반응에 의하여 생성된 황산의 합계이고; "상당 수증기"는 유리 수증기 및 삼산화황과 수증기의 증기상 반응에 의하여 생성된 황산의 합계이다.

[0051] 도 1에 도시된 구체예에 대한 전형적인 물질 수지에서, 수증기가 주입되어 삼산화황으로부터 황산을 형성하기 위한 반응수의 85%를 제공하고, 건조탑 산 회로와 흡수 산 회로의 통합이 건조탑(5)에서 연소 공기로부터의 수분 흡수에 의하여 모든 또는 실질적으로 모든 잔여 반응수를 제공한다. 따라서, 거의 100%의 반응수 응축열에 더하여, 황산의 응축열로부터 상당한 부가적 에너지가 회수된다. 아무튼, 도 1의 공정에서, 수증기의 주입 및 SO₃와 수증기의 반응에 의한 결과적인 황산의 증기상 형성이 전형적으로, 주입 용기(31)를 나가는 전환 가스 스트림을 전형적으로 570° 내지 650° F 범위의 온도까지 가열한다. 이 가스 스트림은 열회수 흡수 영역(33.1) 아래의 열회수 흡수탑(33)의 하부 근처의 가스 입구로 도입된다. 열회수 영역(33.1)은 바람직하게는, 기체상과 액체상 간의 물질전달을 촉진하기 위한 수단, 예컨대 패킹(packings) 또는 트레이(tray)를 포함한다. 열회수 흡수 영역에서, 가스 스트림은 열회수 흡수기, 전형적으로 흡수탑에 들어가는 약 370° F 내지 약 450° F의 온도 및 99.0% 내지 99.4%의 농도의 흡수 산(35)과 접촉한다. 흡수 산은 열회수 영역의 상부에 들어가고 가스 스트림에 대하여 향류로 영역을 통하여 하향으로 흐른다. 열회수 영역에서 흡수 산과 가스의 접촉은 액체상으로 SO₃의 흡수, 기체상으로부터 액체상으로 황산증기의 응축 및 기체상으로부터 액체상으로 수증기의 응축을 야기한다. 현열이 또한 기체상으로부터 액체상으로 전달된다.

[0052] 도 1에 도시되는 바와 같이, 열회수탑(33)은 바람직하게는 2차 흡수 영역(33.2)을 또한 포함하고, 여기서 1차(열회수) 흡수 영역을 나가는 가스가, 2차 흡수 영역(33.2)의 상부에 도입되고 상향으로 흐르는 가스 스트림에 대하여 향류로 하향으로 흐르는 2차 흡수 산 스트림(37)과 접촉한다. 2차 흡수 영역은 또한 패킹 또는 산상과 액체상 사이의 물질전달을 촉진하기 위한 다른 수단을 포함한다. 2차 흡수 산(37)은 전형적으로 120° 내지 160° F 범위의 온도에서 2차 흡수 영역으로 들어간다. 2차 흡수 영역에서 1차 흡수 영역을 나가는 가스 스트림과 2차 흡수 산의 접촉은 1차 영역을 나가는 가스로부터 잔류 SO₃의 흡수를 야기하고, 가스 스트림을 냉각시켜, 2차 흡수 산으로 황산증기의 추가의 응축을 야기한다. 2차 흡수 산은 2차 흡수 영역의 하부를 나가고, 바람직하게는

2차 영역의 하부와 1차 영역의 상부 사이의 열회수탑에 들어가는 흡수 산과 조합되어, 열회수 흡수 영역을 위한 1차 흡수 산으로서 기능하는 조합된 산 스트림이 형성된다.

- [0053] 2차 흡수 및 냉각 영역(33.2)의 상부를 나가는 가스 스트림은 황산 미스트 제거기(39)를 통과하고 테일 가스(40)로서 공정에서 나간다. 선택적으로 이산화황은, 결국 선택적으로 본 명세서에 기재된 SO₃ 흡수열 회수 공정에 통합될 수 있는, 흡수 및 스트리핑 회로를 포함하는 이산화황 회수 공정에서 테일 가스로서 회수될 수 있다. 미스트 제거기(39)로부터의 산은 편리하게 열회수 흡수탑으로 되돌아 흐르고 2차 흡수 산과 혼합될 수 있다.
- [0054] 황산의 증기상 생성열, 흡수열, 응축열, 및 현열 전달로부터, 열회수 흡수 영역을 나가는 농후화된 흡수 산(36)은 약 450° F 내지 약 490° F의 온도까지 가열된다. 열회수 흡수 영역로부터의 뜨거운 흡수 산은, 열이 폐열 보일러(15)를 위한 보일러 급수로 전달되는 열교환기의 배열을 통하여 직렬로 흐른다. 보일러 급수는 일반적으로 또한 교환기의 배열을 통하여 직렬로 흐르고, 흡수 산 및 보일러 급수는 교환기의 시리즈에 대하여 실질적으로 향류로 흐른다.
- [0055] 산 측면에서, 열회수탑(33)의 웰(well) 안으로 열회수 영역(33.1)을 나가는 농후화된 흡수 산(36)은 HRS 산 순환 펌프(41)의 흡인측으로 흐르고 이로부터 먼저 HRS 이코노마이저(43)에 전달되며 여기서 산이 뜨거운 보일러 급수로의 열전달에 의하여 450° 내지 490° F 범위의 온도로부터 400° 내지 440° F 범위의 온도까지, 전형적으로 약 20 내지 약 40 화씨 온도만큼 냉각되고, 이에 의하여 뜨거운 보일러 급수가 대략 주위 비등점(ambient boiling point) 또는 약간 위로부터 420° 내지 460° F 범위의 온도까지, 전형적으로 150 내지 210 화씨 온도만큼 가열된다.
- [0056] 제1 열교환기(이코노마이저)(43)를 나가는, 산 스트림은 제2 HRS 열교환기(45)를 통과하고 여기서 산은 보일러 급수로의 열전달에 의하여 약 400° 내지 약 440° F 범위의 온도로부터 약 370° 내지 약 410° F의 온도까지, 전형적으로 20 내지 약 40 화씨 온도만큼 추가로 냉각되고, 보일러 급수는 이의 주위 비등점에 근접한 온도 범위에서 가열된다.
- [0057] 제2 열교환기(45)를 나가는 산은 1차 흡수 산 재순환 스트림(35) 및 전향 산 흐름 스트림(51)에 분할된다. 전향 산 흐름 스트림(51)은 제3 열전달 시스템 시스템(53)에 보내지고 이는 전형적으로 복수의 열교환기를 포함할 수 있지만, 이들 열교환기 모두가 흡수 산으로부터 보일러 급수로 열을 전달하는 역할을 할 필요가 없으며, 따라서 그렇지 않은 것은 나중의 목적을 위하여 직렬로 배열된 열교환기의 한정된 배열의 외부에 있다. 도 1에 도시되는 바와 같이, 제3 열전달 시스템은 보일러 급수 예열기(55 및 57)를 포함하고, 즉, 이러한 경우에 이들 열교환기 각각이 한정된 배열의 일부이다. 전향 산 흐름 스트림(51)은 먼저 교환기(55)를 통과한 다음 교환기(57)를 통과하는 반면, 보일러 급수는 먼저 교환기(57)를 통과한 다음 교환기(55)를 통과한다. 예열기(55)에서, 산은 370° 내지 약 410° F의 온도로부터 약 190° 내지 약 240° F 범위의 온도까지, 전형적으로 150 내지 200 화씨 온도만큼 냉각되고, 이에 의하여 보일러 급수가 약 175° 내지 약 215° F의 온도로부터 약 220° 내지 약 260° F의 온도까지 가열된다. 열교환기(57)에서, 190° 내지 240° F 범위의 온도의, 급수 예열기(55)를 나가는 산은, 전형적으로 60 내지 80 화씨 온도만큼, 130° 내지 160° F 범위의 온도까지 냉각되고, 이에 의하여 보일러 급수가 약 30 내지 약 50 화씨 온도만큼 약 120° 내지 160° F 범위의 온도까지 가열된다.
- [0058] 제3 열전달 시스템(53)의 하류에서, HRS 산 스트림은 생성물 산 스트림, 2차 흡수 영역(33.2)으로의 재순환을 위한 2차 흡수 산 스트림 및 연소 공기 스트림(1)으로부터의 수분 흡수를 위한 건조탑(5)으로의 순환을 위한 제 3 스트림을 제공하기 위하여 분할된다. 바람직하게는, 공통 저장소, 즉, 건조탑(5)으로부터 되돌아온 건조탑 산을 또한 받아들이는 도 1에 도시된 바와 같은 공통 산 펌프 탱크(59)로의 전향 흐름 스트림(51)의 전달이 HRS 산의 분할에 앞선다. 공통 산 펌프(60)에 의하여 공통 산 펌프 탱크로부터 뽑아낸 것과 같은 결과적인 혼합물은, 열회수 흡수기(33)의 2차 흡수 영역(33.2)으로 되돌아가는 2차 흡수 산 스트림(37), 건조탑으로 보내지는 건조탑 산 공급 스트림(61) 및 공정으로부터 제거되는 생성물 산 스트림(63)을 산출하기 위하여 분할된다.
- [0059] 전형적으로, 공통 펌프 탱크(59)에서 산의 온도는 140° 내지 180° F의 범위이다. 펌프 탱크의 온도의 건조탑 산 스트림(61)은 전형적으로, 건조탑(5)에서 연소 공기로부터의 수증기의 흡수열에 의하여 약 3 화씨 온도만큼 가열된다. 연소 공기로부터의 수증기 흡수에 의하여 희석된 기사용(spent) 건조탑 산(65)은, 도 1에 도시된 구체에서 펌프 탱크에 되돌아간다.
- [0060] 생성물 산(63)은 생성물 산 냉각기(67)를 포함하는 제4 열전달 시스템에서 보일러 급수로의 열전달에 의하여 펌프 탱크 온도로부터 80° 내지 115° F 범위의 온도까지, 전형적으로 약 40 내지 70 화씨 온도만큼 냉각되고, 이에 의하여 보일러 급수가 온도 전형적으로 주위 또는 주위보다 적당히 높은 온도로부터 5 내지 15 화씨 온도 더

높은 온도까지 가열된다.

- [0061] 도 1의 구체예에서, 펌프 탱크로부터 2차 흡수 영역에 되돌아간 2차 흡수 산은, 2차 흡수 산 냉각기(69)를 포함하는 제5 열전달 시스템에서 보일러 급수로의 열전달에 의하여 추가로 냉각된다. 그러한 구체예에서, 2차 흡수 산은 전형적으로, 약 5 내지 15 화씨 온도만큼, 예를 들어, 155° 내지 165° F 범위의 온도로부터 120° 내지 160° F 범위의 온도까지 냉각된다. 그러한 구체예의 실행에서, 흡수 산 흐름은 제4 및 제5 열전달 시스템에 대하여 직렬이기보다는 병렬이다. 그러나 열교환기(67) 또는 열교환기(69) 중 하나가 시리즈로 있는 교환기의 배열의 일부로서 적임이고, 상기 시리즈 각각은 교환기(57, 55, 45 및 43)를 추가로 포함한다. 이러한 중첩하는 시리즈 각각에서 보일러 급수 및 흡수 산의 흐름은 배열을 포함하는 열교환기의 시리즈에 대하여 향류이다.
- [0062] 도 2는 도 1의 유틸리티 측면, 즉, 보일러 급수가 가열되고 보일러 급수로부터 스팀이 발생하는 공정의 측면을 도시한다. 주위 또는 약간 높은 온도, 전형적으로 70° 내지 100° F의 보일러 급수(71)는 저압 보일러 급수 펌프(73)에 의하여 전형적으로 25 내지 100 psig의 압력에서 공정의 유틸리티 측면에 전달된다. 이후 보일러 급수는 이것이 HRS 산으로부터의 열전달에 의하여 전형적으로, 5 내지 20 화씨 온도만큼, 예를 들어, 90° 내지 115° F 범위의 온도까지 가열되는 제4 열전달 시스템의 생물물 산 냉각기(67)를 통과한다. 이후 냉각기(67)를 나가는 가열된 급수는 이것이 HRS 산으로부터의 열전달에 의하여 예를 들어, 5 내지 15 화씨 온도만큼 추가로 가열되는 제5 열전달 시스템의 2차 흡수 산 냉각기(69)에 보내지고, 전형적으로 95° 내지 120° F 범위의 온도에서 교환기를 나간다. 비록 제4 및 제5 열전달 시스템이 공정 도 1에 도시되는 바와 같은 구체예에서 산 측면에서 병렬이기는 하지만, 이들은 도 2에 나타나는 바와 같이 보일러 급수 측면에서 직렬이기도 하다.
- [0063] 이후 2차 흡수 산 냉각기(69)를 나가는 보일러 급수는 제3 열전달 시스템(53)에 들어간다. 위에서 논의한 바와 같이, 시스템(53)은 전형적으로 복수의 열교환기를 포함할 수 있다. 그러나, 유틸리티 측면에서 이들 열교환기 모두가 흡수 산으로부터 보일러 급수로 열을 전달하는 역할을 할 필요는 없다. 예를 들어, 도 1 및 2에 도시되는 바와 같이, 보일러 급수 루프는, 각각 참조로 본 명세서에 명시적으로 포함되는 동시계류 중이고 공동양도된 미국 공개특허번호 US 2012/0107209 A1, 2012년 5월 2일 자 출원의 미국 가출원 제61/641,833호(대리인 사건 번호 ENV 10308) 및 2013년 3월 15일 자 출원의 미국 가출원 제61/793,571호(대리인 사건 번호 ENV 10309)에 기재된 것과 같은 공정에 따른 흡수 및 스트리핑 회로에서, 소스 가스로부터의 이산화황, 예를 들어, 열회수탑(33)로부터의 테일 가스 중의 이산화황의 회수를 위한 공정과 통합될 수 있다. 이러한 공정 각각에서, 소스 가스를 이산화황 흡수제를 포함하는 수성 흡수 매질과 접촉시킴에 의하여, 이산화황은 가스, 예컨대 SO₃ 흡수기 테일 가스 또는 다른 이산화황 공급원으로부터 회수되어 SO₂가 농후화된 흡수액이 생성되고, 흡수액은 차후 SO₂의 탈착 및 회수를 위한 스트리퍼에서 가열된다.
- [0064] 따라서, 도 2에 도시되는 바와 같이, 보일러 급수 및 전향 산 흐름 스트림 양자가 열교환기(57 및 55)를 향류로 통과하지만, 이러한 두 교환기 사이에서, 보일러 급수는 또 다른 (제6) 열교환기(75)를 통과하고, 여기서 보일러 급수는 SO₂ 소스 가스, 예컨대 흡수기(33)로부터의 테일 가스로부터 SO₂를 회수하기 위한 공정에서, 뜨거운 공정 스트림으로부터의 열전달에 의하여 가열된다. SO₂의 회수를 위한 흡수 및 스트리핑 회로에서, 전형적으로 교환기(75)에서 열을 전달하는 공정 스트림은, 전형적으로 SO₂ 스트리핑 컬럼에서 스팀에 대하여 향류로 흐르는 농후화된 흡수액에 직접 증기(live steam)를 주입함에 의하여, 농후화된 흡수액으로부터 SO₂가 스트리핑된 후 SO₂ 흡수기로 되돌아가는 재생된 SO₂ 흡수 매질일 것이다. 이러한 방식으로 스트리핑 스팀에 공급되는 에너지는 최종적으로, SO₂ 회수 공정이 통합되는 황산 제조 설비의 폐열 보일러로부터 고압 스팀의 형태로 회수된다. SO₂ 스트리핑 스팀이 비교적 낮은 압력으로 공급되므로, 이는 회수되는 에너지의 품질에서 추가의 향상을 나타낸다.
- [0065] 비록 열교환기(75)가 보일러 급수가 점진적으로 가열되는 일련의 열교환기 중에 있기는 하지만, 이는 엄밀히 열이 HRS 산으로부터 보일러 급수로 전달되는 직렬 열교환기의 배열의 외부에 있다. 이는 배열의 직렬 배치를 방해하지는 않지만, 보일러 급수 측면에서 시리즈에 또 다른 조업을 단순하게 삽입한다. 지금 논의될 도 2의 구체예에서, 열교환기의 배열 외부의 또 다른 조업이 시리즈 중의 또 다른 둘의 연속적인 열교환기 사이에 도입되고, 고압 스팀의 형태로 높은 비율의 SO₃ 흡수 에너지, 또는 SO₃ 흡수 에너지에 더하여 황산 생성열 및 응축열, 또는 이들 모두에 더하여 SO₂ 스트리핑 스팀을 회수하는 것에 상당하게 기여한다.
- [0066] 아무튼, 보일러 급수는 전형적으로, 열교환기(57)에서 40 내지 70 화씨 온도만큼, 예를 들어, 150° 내지 160° F 범위의 온도까지 가열된다. SO₂ 회수 공정 스트림으로부터의 열전달에 의하여, 보일러 급수는 교환기(75)에서

또 다른 40 내지 70 화씨 온도만큼, 예를 들어, 175° 내지 215° F 범위의 온도까지 추가로 가열된다. 이러한 온도 범위에서 교환기(75)를 나가는 급수는 전형적으로, 교환기(55)에서 주위 비등점보다 약간 내지 적당히 높은, 예를 들어, 220° 내지 260° F 범위의 온도까지 가열된다. 교환기(55) 안의 압력은 바람직하게는 급수를 액체 상태로 유지시키기에 충분히 높게 유지된다.

[0067] 교환기(55)를 나가는 급수는 제2 열교환기(45)에 전달되고 여기서 추가의 열이 HRS 산으로부터 급수로 전달된다. 교환기(45)에서 보일러 급수의 온도 상승은 크지 않다. 보일러 급수 경로의 압력 강하 프로파일에 따라, 적당한 플래시가 열교환기(45)에서 일어날 수 있고, 잠재적으로 제2 열교환기를 통한 통과에서 심지어 약간의 급수 온도 감소를 야기할 수 있다. 예를 들어, 제2 열교환기(45)를 나가는 보일러 급수 또는 2상 물/증기 흐름은 전형적으로 3 내지 15 psig 범위의 압력에서 220° 내지 240° F 범위일 수 있다.

[0068] 제2 열교환기(45)를 나가는 보일러 급수 또는 2상 물 및 스팀 흐름은 공기제거 챔버(77), 바람직하게는 실질적으로 단열적으로 조업되는 공기제거 챔버에 도입되고, 여기서 급수가 플래시되고 제3 열전달 시스템의 교환기(55)를 나가는 보일러 급수의 온도에 비하여 10 내지 15 화씨 온도만큼 냉각된다. 공기제거 챔버(77)에서 급수의 플래시는 보일러 급수로부터 비응축물(non-condensables)을 제거하고, 이는 라인(79)을 통하여 공기제거기로부터 배기되어 스팀 주입 용기(31)로 전달하기 위한 주입 스팀의 공급원을 제공한다. 흡수기(33)를 위한 반응수의 높은 백분율을 나타내는 비율로 수증기를 공급하기 위하여 공기제거기(77)에서 충분한 스팀을 플래시하는 것에 의하여, 공기제거기(77)의 조업은 급수 시스템의 온도 상승이, HRS 흡수 산으로부터 급수 흐름에 대하여 더욱 하류인 보일러 급수로의 에너지 전달에 대한 Δt 를 소멸시킬 수준에 도달하는 것을 방지하고, 이에 의하여 본질적으로 모든 증기상 산 형성, 흡수 및 응축 에너지가 HRS 흡수기로부터 고압 스팀의 형태로 회수되는 것을 허용한다. 전형적으로 공기제거기(77)에 들어가는 보일러 급수의 약 5% 내지 약 10%가 그 안에서 플래시된다.

[0069] 도 1 및 2에 도시되는 구체예에서, 공기제거기를 나가는 저압 스팀이, SO₃와의 증기상 반응을 위한 스팀의 공급원으로서 스팀 도입 용기(31)에 재순환되기 때문에, 어떤 에너지도 고온에서의 회수로부터 손실되지 않는다. 이러한 주입 스팀의 공급원 없이는, 외부 공급원로부터의 에너지가 주입 스팀 발생에 요구될 것이다. 선택적으로, 그러나 보통 덜 바람직하게는, 공기제거기에서 플래시된 스팀은 열회수 흡수기 테일 가스로부터 SO₂를 회수하기 위한 대등한 공정에서 스트리핑 스팀으로서 사용될 수 있다.

[0070] 공기제거기에서 플래시된 스팀을 흡수기(33)로 보내는 것은 또한, 흡수기로부터의 테일 가스로써 보일러 급수로부터 비응축물을 편리하게 배기시켜 스팀의 손실 없이 공정으로부터 제거하는 것을 제공한다. 더욱이, 이는 공기제거기에서 저압에서 플래시된 스팀의 잠재(latent) 에너지가 최종적으로 고압 스팀의 형태로 회수됨을 보장한다.

[0071] 주위 비등점보다 약간 내지 적당히 높은, 예를 들어, 215° 내지 240° F의 온도의, 공기제거기를 나가는 공기제거된 물(81)은 고압 보일러 급수 펌프(83)의 흡인측으로 흐르고 이로부터 급수가 안에서 발생한 스팀의 역압에 대항하여 폐열 보일러에 전달된다. 따라서, 펌프(83)의 방출 압력은 전형적으로 40 내지 70 bar, 더욱 전형적으로 50 내지 70 bar 범위이다. 급수는 펌프(83)에 의하여 이코노마이저(제1 열교환기)(43)로 전달되고 여기서 급수의 온도는 HRS 산으로부터의 열전달에 의하여 전형적으로 175 내지 225 화씨 온도만큼, 예를 들어, 약 420° 내지 약 460° F 범위의 온도까지 증가된다. 이코노마이저(43)로부터 보일러 급수는, 이것이 제3 단 전환 가스(27)로부터의 열전달에 의하여, 전형적으로 70 내지 100 화씨 온도만큼, 예를 들어, 약 490° 내지 약 550° F의 온도까지 추가로 가열되는 이코노마이저(29)를 통과한다.

[0072] 이코노마이저(29)를 나가는 보일러 급수는 폐열 보일러(15)에서 SO₂ 연소 가스로부터의 열전달에 의하여 스팀으로 전환된다. 40 내지 70 bar, 더욱 전형적으로 50 내지 70 bar의 압력의 포화 스팀은 폐열 보일러(15)를 나가고, 포화 스팀의 온도가 전환기(17)의 제2 전환기 단(17.2)을 나가는 전환 가스(23)로부터의 열전달에 의하여 10 내지 20 화씨 온도만큼, 예를 들어, 490° 내지 560° F 범위의 온도까지 증가되는 과열기(25)를 먼저 통과한다. 과열기(25)를 나가는 과열된 스팀은, 이것이 제1 전환기 단(17.1)을 나가는 전환 가스 스트림(19)으로부터의 열전달에 의하여 200 내지 300 화씨 온도만큼, 예를 들어, 700° 내지 900° F의 온도까지 추가로 가열되는 과열기(21)를 통과한다.

[0073] 도 2는 응축물이 낮은 압력 내지 중간 압력 스팀으로 전형적으로 2 내지 5 bar 게이지에서 플래시되는 고압 블로우다운 탱크(87) 및 블로우다운 탱크(87)로부터의 응축물이 대기압에서 부가적인 스팀을 산출하도록 플래시되어 미립자 고체의 제거를 위한 공정으로부터 퍼지되는 잔류 응축물 스트림을 남기는 저압 블로우다운 탱크(89)를 포함하는, 일련의 블로우다운 플래시 탱크에 의하여 미립자 고체 오염물질을 제거하기 위한, 폐열 보일러

(15) 위의 스팀 드럼(85)으로부터의 응축물 블로우다운(blowdown)을 또한 도시한다.

[0074] HRS 산으로부터의 에너지 전달을 위한 열교환기의 배열의 배치 및 관계가 보일러 급수의 흐름 및 HRS 산에 대하여 도 1 및 2의 공정계통도를 조합하는 도 3에 도시된다. 도 3은 SO₃를 위한 HRS 흡수기를 포함하는 접촉식 황산 플랜트와, SO₃ 흡수기를 나가는 테일 가스로부터 SO₂를 회수하기 위한 공정의 통합을 또한 나타낸다. 흡수기(17)의 열회수 흡수 영역(17.2)에서 발생한 HRS 산은 이코노마이저(43), 제2 열교환기(45) 및 열교환기 배열의 제3 열전달 시스템 교환기(55 및 57)를 통하여 직렬로 흐르고, 펌프 탱크(59)를 통과한 후, 최종 생성물 냉각기(69) 및 2차 흡수 산 냉각기(67)를 통하여 병렬로 흐르며, 상기 냉각기 각각은 HRS 산 흐름에 대하여 교환기(43, 45, 55 및 57)와 직렬이다.

[0075] 보일러 급수는 생성물 산 냉각기(67)에서 공정에 들어가고, 열교환기의 배열을 직렬로 구성하는 생성물 산 냉각기, 2차 흡수 산 냉각기(69), 제3 열전달 시스템 산 냉각기(57 및 55), 제2 열교환기(45) 및 이코노마이저(제1 열교환기)(43)를 통하여 직렬로 흐르며, 상기 배열에 대하여 HRS 산 및 보일러 급수가 향류로 흐른다. 교환기(57)와 교환기(55) 사이에서, 보일러 급수는 이것이 도 3에 또한 나타나고 아래에 추가로 기재되는 바와 같이 SO₂ 흡수의 공정 스트림 및 스트리핑 시스템으로부터의 열전달에 의하여 가열되는 열교환기(75)를 통하여 우회한다. 열교환기(75)는 위에서 언급된 제3 열전달 시스템의 일부로 간주될 수 있지만, 한정된 열교환기의 배열의 일부가 아니며, 상기 배열에 대하여 보일러 급수 및 HRS 산이 향류로 직렬로 흐른다.

[0076] 열교환기(45)와 이코노마이저(43) 사이에서, 보일러 급수는 스팀이 비응축물의 제거를 위하여 플래시되는 공기 제거기(77)를 통과한다. 실질적으로 단열인 공기제거기(77)에서의 스팀 플래시는 공정을 통하여 흐르는 보일러 급수에서 온도 상승을 제한하며, 따라서 본질적으로 모든 HRS 시스템의 흡수 및 응축 에너지를 폐열 보일러를 위한 보일러 급수로 전달하기 위한 Δt를 보존하고, 이에 의하여 본질적으로 모든 증기상 산 형성, 흡수 및 응축 에너지를 (이에 더하여 SO₂ 스트리핑 스팀으로부터 회수된 에너지) 폐열 보일러에서 SO₂ 연소 가스로부터의 열전달에 의하여 발생한 고압 스팀의 형태로 회수할 수 있다.

[0077] 2차 흡수 영역(17.2)을 나가는 테일 가스는 이산화황 흡수 컬럼(101)에 공급되고 여기서 가스 스트림 중의 잔류 SO₂가 용매 스트림(103)에 흡수된다. 흡수기(101)로부터의 배기 가스는 실질적으로 질소 및 작은 분율의 미반응 산소를 포함하고, 대기에 방출하기에 적절한 품질이다. 이산화황-농후화 흡수액(105)은 SO₂ 흡수기의 하부를 나가고, 가열된 흡수액으로부터 전형적으로 직접 증기와의 접촉에 의하여 SO₂가 스트리핑되는 스트리퍼(107)로 전달된다. 스트리핑 컬럼(107)을 나가는 스팀 및 이산화황(109)을 함유하는 뜨거운 스트리퍼 가스는 열교환기(75)를 통과하고 여기서 스팀이 스트리퍼 가스(109)로부터 응축되며 열이 SO₂를 가지는 뜨거운 스팀으로부터 보일러 급수로 열교환기(57)와 열교환기(55) 사이를 후자가 통과하는 동안 전달되고, 이에 의하여 보일러 급수의 온도가 증가되고 최종적으로 SO₂ 스트리핑 컬럼(107)에 공급되는 스트리핑 스팀의 잠열의 고압 스팀의 형태로 회수하는 것을 허용한다.

[0078] 도 4에 고온 SO₃ (HRS) 흡수 시스템에서 고압 스팀의 형태로 흡수열, 황산의 증기상 생성열 및 응축열을 회수하기 위한 본 발명의 공정의 대안의 구체예가 도시된다.

[0079] 주위 공기(101)는 입구 공기 필터(103)를 통하여, 탑 내의 가스 액체 접촉 영역(105.1)에서 진한 황산과의 접촉에 의하여 공기로부터 습기가 제거되는 공기 건조탑(105)의 하부의 공기 입구로 흐른다. 아래에 추가로 기재되는 바와 같이, 건조탑을 통하여 순환되는 농축된 산은 HRS 흡수기로부터의 흡수 산을 포함하고, 산은 흡수 산 및 보일러 급수가 교환기의 시리즈에 대하여 향류로 지나가도록 배열된 일련의 열교환기에서 보일러 급수로의 흡수열의 전달에 의하여 냉각된다.

[0080] 건조탑(105)을 나가는 150-170° F의 온도의 건조 공기(107)는 압축기(108)에 의하여 압축되고 공기 예열기(109)에 도입되며 여기서 상기 건조 공기가 아래 기재되는 바와 같이 전환 가스 스트림으로부터의 열전달에 의하여 425° 내지 475° F까지 가열된다. 용융 황이 황 연소기(113)에 분사되고 여기서 황이 가열된 압축공기(111)와 접촉하는데 압축 공기는 공기의 산소 성분이 연소기에 들어가는 황 흐름에 대하여 과잉 화학량론인 속도로 흐른다. 황은 공기의 산소와 반응하여 이산화황, 질소 및 미반응 산소를 포함하는 연소 기체를 생성한다. SO₂ 연소 가스는 2100 내지 2200° F에서 황 연소기를 나가고, 차후 폐열 보일러(115)에서 보일러 급수로의 열전달에 의하여 700-800° F의 온도까지 냉각된다.

[0081] 폐열 보일러(115)를 나가는 연소 가스는 전환기(117)로 흐르고, 제1 전환기 단(117.1)에 들어가고, 그 안에서

가스의 산소 성분과의 반응에 의한 삼산화황으로의 이산화황의 산화를 위하여 촉매와 접촉한다. 촉매 산화 반응의 열로부터, 제1 전환기 단(117.1)을 나가는 전환 가스(119)는 전형적으로 1100° 내지 1150° F의 온도이다. 제1 단 전환기 가스(119)는, 아래에 기재되는 바와 같이 열이 폐열 보일러로부터의 고압 스팀으로 전달되는 과열기(121)를 통과하고, 이에 의하여 전환 가스가 약 775° 내지 825° F로 냉각된다. 전환열의 회수 이외에도, 가스 냉각은 전환 가스가 과열기(121)로부터 흐르는 제2 촉매 전환기 단(117.2)에서 SO₃로의 SO₂의 추가의 전환을 위한 더욱 선호적인 평형을 확립한다.

[0082] 제2 전환 단(117.2)을 나가는 925° 내지 975° F의 온도의 전환 가스(123)는 또 다른 과열기(125)로 흐르고 여기서 열이 아래에 또한 기재되는 바와 같이 가스 스트림(123)으로부터 폐열 보일러로부터의 고압 스팀으로 전달된다. 과열기(125)를 나가는 전형적으로 775° F 내지 825° F의 온도의 제2 단 전환 가스는 SO₃로의 SO₂의 추가의 전환을 위하여 전환기(117)의 제3 및 최종 촉매 전환기 단(117.3)에 보내진다. 또다시, 단(117.3) 앞의 가스 냉각은 SO₃로의 추가의 전환을 위한 더욱 선호적인 평형을 제공한다. 아래에 추가로 기재되는 바와 같이, 제3 단 전환 가스(127)는 820° 내지 860° F의 온도에서 전환기를 나가며, 폐열 보일러를 위한 보일러 급수로 열이 전달되는 이코노마이저(129)를 통과한다. 이코노마이저(129)를 나가는 전환 가스는 가스로부터 연소 공기로 열이 전달되는 공기 예열기(109)를 통과한다. 공기 예열기를 나간 후, 전환 가스는 열회수 흡수 시스템에 보내진다. 이코노마이저를 통한 전환 가스의 통과는 가스 온도를 약 820° 내지 약 860° F 범위로부터 250 내지 320 화씨 온도만큼, 즉, 약 525° 내지 약 575° F 범위의 온도까지 감소시키고, 공기 예열기에서 추가의 냉각은 가스의 온도를 또 다른 170 내지 200 화씨 온도만큼, 즉 온도 전형적으로 320° 내지 400° F 범위의 온도까지 감소시킨다.

[0083] 도 4의 공정에서, 가스가 바로 아래에 기재되는 바와 같이 흡수기의 스팀 주입 상류에서 일어나는 급격한 온도 증가를 수용하기 위하여 별도 온도 증분만큼 공기 예열기(109)에서 냉각된다. 이코노마이저(129) 및 공기 예열기(109)에 전달된 에너지는 폐열 보일러(115)에서 고압 스팀의 형태로 모두 회수된다.

[0084] 320° 내지 400° F 및 0.6 내지 0.8 bar 게이지의 최종 단 전환 가스(127)가 스팀 주입 용기(131)에 도입되고, 여기서 저압 스팀이 가스 스트림에, 가장 바람직하게는 약 0.80 내지 약 0.90의, 삼산화황 함량에 대한 화학량론비로 도입된다. 더욱 광범하게는, 도 4의 공정을 위한 바람직한 스팀 주입 속도는 실질적으로 도 1의 공정에 대하여 위에 기재된 바와 같다.

[0085] 도 1의 공정에서와 같이 도 4에 도시된 구체예에 대한 전형적인 물질 수지에서, 수증기가 주입되어 삼산화황으로부터 황산을 형성하기 위한 반응수의 85%를 제공하고, 건조탑 산 회로와 흡수 산 회로의 통합이 건조탑(105)에서 연소 공기로부터의 수분 흡수에 의하여 모든 또는 실질적으로 모든 잔여 반응수를 제공한다. 따라서, 거의 100%의 반응수 응축열에 더하여, 황산의 응축열로부터 상당한 부가적 에너지가 회수된다. 아무튼, 도 4의 공정에서, 수증기의 주입 및 SO₃와 수증기의 반응에 의한 결과적인 황산의 증기상 형성이 전형적으로, 주입 용기(131)를 나가는 전환 가스 스트림을 전형적으로 525° 내지 625° F 범위의 온도까지 가열한다. 이 가스 스트림은 열회수 흡수 영역(133.1) 아래의 열회수 흡수탑(133)의 하부 근처의 가스 입구로 도입된다. 열회수 영역(133.1)은 바람직하게는, 기체상과 액체상 간의 물질전달을 촉진하기 위한 수단을 포함한다. 열회수 흡수 영역에서, 가스 스트림은 열회수 흡수기, 전형적으로 흡수탑에 들어가는 약 370° F 내지 약 450° F의 온도 및 99.0% 내지 99.4%의 농도의 흡수 산(135)과 접촉한다. 흡수 산은 열회수 영역(133.1)의 상부에 들어가고 가스 스트림에 대하여 향류로 영역을 통하여 하향으로 흐른다. 열회수 영역의 조업은 실질적으로 도 1의 공정의 영역(33.1)에 대하여 기재된 바와 같다.

[0086] 도 4에 도시되는 바와 같이, 열회수탑(133)은 바람직하게는 2차 흡수 영역(133.2)을 또한 포함하고, 여기서 1차(열회수) 흡수 영역을 나가는 가스가 2차 흡수 영역(133.2)에서 2차 흡수 산 스트림(137)과 접촉하며, 이는 또한 도 1의 영역(33.2)에 대하여 실질적으로 위에 기재한 바와 같이 조업된다. 2차 흡수 산은 2차 흡수 영역의 하부를 나가고, 2차 영역의 하부와 1차 영역의 상부 사이의 열회수탑에 들어가는 흡수 산과 조합되어, 열회수 흡수 영역을 위한 1차 흡수 산으로서 기능하는 조합된 산 스트림이 형성된다.

[0087] 2차 흡수 및 냉각 영역(133.2)의 상부를 나가는 가스 스트림은 황산 미스트 제거기(139)를 통과하고 테일 가스(140)로서 공정에서 나간다. 선택적으로, 이산화황은 위에 추가로 기재되는 바와 같이 선택적으로 SO₃ 흡수 열회수 공정과 통합될 수 있는 이산화황 회수 공정에서 테일 가스로부터 회수될 수 있다.

[0088] 황산의 증기상 생성열, 흡수열, 응축열, 및 현열 전달로부터, 열회수 흡수 영역을 나가는 농후화된 흡수 산(136)은 약 400° F 내지 약 480° F의 온도로 가열된다. 열회수 흡수 영역으로부터의 뜨거운 흡수 산은, 열이 폐열

보일러(115)를 위한 보일러 급수로 전달되는 열교환기의 배열을 통하여 직렬로 흐른다. 보일러 급수는 일반적으로 또한 교환기의 배열을 통하여 직렬로 흐르고, 흡수 산 및 보일러 급수는 교환기의 시리즈에 대하여 실질적으로 향류로 흐른다.

- [0089] 산 측면에서, 열회수탑(133)의 웰(well) 안으로 열회수 영역(133.1)을 나가는 농후화된 흡수 산(136)은 HRS 산 순환 펌프(141)의 흡인측으로 흐르고 이로부터 먼저 HRS 이코노마이저(143)에 전달되며 여기서 산이 뜨거운 보일러 급수로의 열전달에 의하여 400° 내지 480° F 범위의 온도로부터 380° 내지 430° F 범위의 온도까지, 전형적으로 약 10 내지 약 40 화씨 온도만큼 냉각되고, 이에 의하여 뜨거운 보일러 급수가 대략 주위 비등점 또는 약간 위로부터 375° 내지 425° F 범위의 온도까지, 전형적으로 150 내지 225 화씨 온도만큼 가열된다.
- [0090] 제1 열교환기(이코노마이저)(143)를 나가는, 산 스트림은 제2 HRS 열교환기(145)를 통과하고 여기서 산은 보일러 급수로의 열전달에 의하여 약 380° 내지 약 430° F 범위의 온도로부터 약 370° 내지 약 400° F의 온도까지, 전형적으로 15 내지 약 30 화씨 온도만큼 추가로 냉각되고, 보일러 급수는 이의 주위 비등점에 근접한 온도 범위에서 가열된다.
- [0091] 제2 열교환기(145)를 나가는 산은 1차 흡수 산 재순환 스트림(147) 및 전향 산 흐름 스트림(151)에 분할된다. 1차 재순환 스트림(147)은 건조탑(105)로부터의 산을 포함하는 산 스트림(149)과 혼합되어 1차 흡수 산 스트림(135)이 제공되고 이는 이후 열회수 흡수 영역(133.1)의 상부로 재순환된다. 전향 산 흐름 스트림(151)은 제3 열전달 시스템 시스템(153) 옆으로 흐르고 이는 선택적으로 복수의 열교환기를 포함할 수 있지만, 이들 열교환기 모두가 흡수 산으로부터 보일러 급수로 열을 전달하는 역할을 할 필요가 없으며, 따라서 그렇지 않은 것은 나중의 목적을 위하여 직렬로 배열된 열교환기의 한정된 배열의 외부에 있다. 도 4의 구체예에서, 산 측면에서 제3 열전달 시스템은 단지 보일러 급수 예열기(155)만을 포함한다. 예열기(155)에서, 산은 370° 내지 약 400° F의 온도로부터 약 130° 내지 약 160° F 범위의 온도까지, 전형적으로 225 내지 270 화씨 온도만큼 냉각되고, 이에 의하여 보일러 급수가 약 175° 내지 약 250° F의 온도로부터 약 220° 내지 약 260° F의 온도까지 가열된다.
- [0092] 열교환기(155)의 하류에서 HRS 산은 생성물 산 스트림 및 2차 흡수 영역(133.2)으로의 재순환을 위한 2차 흡수 산 스트림 양자 모두를 제공하기 위하여 분할된다. 바람직하게는, 공통 저장소, 즉, 건조탑(105)으로부터 되돌아온 건조탑 산 및 선택적으로, 열회수 흡수탑(133)에서 SO₃와의 반응을 위한 보충 희석수로서 기능을 하는 탈염수(170)를 또한 받아들이는 도 4에 도시된 공통 산 펌프 탱크(159)로의 전향 흐름 스트림(151)의 전달이 HRS 산 스트림의 분할에 앞선다. 공통 산 펌프(160)에 의하여 공통 산 펌프 탱크로부터 뽑아낸 것과 같은 결과적인 혼합물은, 열회수 흡수기(133)의 2차 흡수 영역(133.2)으로 되돌아가는 2차 흡수 산 스트림(137), 상대적으로 뜨거운 재순환 스트림(147)과 혼합되어 1차 흡수 산 스트림(135)을 생성하는 냉각된 1차 재순환 스트림(149), 건조탑으로 보내지는 건조탑 산 공급 스트림(161) 및 공정으로부터 제거되는 생성물 산 스트림(163)을 산출하기 위하여 분할된다.
- [0093] 전형적으로, 공통 펌프 탱크(159)에서 산의 온도는 140° 내지 180° F의 범위이다. 펌프 탱크의 온도의 건조탑 산 스트림(161)은 전형적으로, 건조탑(105)에서 연소 공기로부터의 수증기의 흡수열에 의하여 약 3 화씨 온도만큼 가열된다. 연소 공기로부터의 수증기 흡수에 의하여 희석된 기사용 건조탑 산(165)은, 도 4에 도시된 구체예에서 펌프 탱크에 되돌아간다.
- [0094] 생성물 산(163)은 생성물 산 냉각기(167)를 포함하는 제4 열전달 시스템에서 보일러 급수로의 열전달에 의하여 펌프 탱크 온도로부터 80° 내지 115° F 범위의 온도까지, 전형적으로 약 40 내지 70 화씨 온도만큼 냉각되고, 이에 의하여 보일러 급수가 온도 전형적으로 주위 또는 주위보다 적당히 높은 온도로부터 5 내지 15 화씨 온도 더 높은 온도까지 가열된다.
- [0095] 선택적으로, 펌프 탱크로부터 2차 흡수 영역에 되돌아간 2차 흡수 산은, 2차 흡수 산 냉각기(나타나지 않음)를 포함하는 제5 열전달 시스템에서 보일러 급수로의 열전달에 의하여 추가로 냉각된다. 열교환기(167)는 직렬 교환기의 배열의 일부를 차지하고, 배열은 교환기(155, 145 및 143)를 추가로 포함한다. 보일러 급수 및 흡수 산의 흐름은 배열을 포함하는 열교환기의 시리즈에 대하여 향류이다.
- [0096] 도 5는 도 4의 공정의 유틸리티 측면을 도시한다. 주위 또는 약간 높은 온도, 전형적으로 70° 내지 100° F의 보일러 급수(171)는 저압 보일러 급수 펌프(173)에 의하여 전형적으로 25 내지 100 psig의 압력에서 공정의 유틸리티 측면에 전달된다. 이후 보일러 급수는 이것이 HRS 산으로부터의 열전달에 의하여 전형적으로, 5 내지 20 화씨 온도만큼, 예를 들어, 90° 내지 115° F 범위의 온도까지 가열되는 제4 열전달 시스템의 생성물 산 냉각기

(167)를 통과한다. 이후 생성물 산 냉각기(167)를 나가는 보일러 급수가 제3 열전달 시스템(153)으로 들어간다. 위에서 논의한 바와 같이, 시스템(153)은 전형적으로 복수의 열교환기를 포함할 수 있다. 그러나, 유틸리티 측면에서 이들 열교환기 모두가 흡수 산으로부터 보일러 급수로 열을 전달하는 역할을 할 필요는 없다. 예를 들어, 보일러 급수 루프는, 동시계류 중이고 공동양도된 미국 공개특허번호 US 2012/0107209 A1, 2012년 5월 2일 자 출원의 미국 가출원 제61/641,833호(대리인 사건 번호 ENV 10308) 및 2013년 3월 15일 자 출원의 미국 가출원 제61/793,571호(대리인 사건 번호 ENV 10309)에 기재된 것과 같은 공정에 따른 흡수 및 스트리핑 회로에서, 소스 가스로부터의 이산화황, 예를 들어, 열회수탑(133)로부터의 테일 가스 중의 이산화황의 회수를 위한 공정과 통합될 수 있다.

[0097] 따라서, 도 5에 도시되는 바와 같이, 생성물 산 냉각기(167)를 나가는 90° 내지 115° F의 온도의 보일러 급수는 먼저 열교환기(175)를 통과하고 여기서 열은 보일러 급수로 재생된 이산화황 흡수 매질 스트림으로부터 전달되며, 이에 의하여 급수가 전형적으로 25 내지 45 화씨 온도만큼, 예를 들어, 약 120° 내지 약 140° F의 온도까지 가열된다. 재생된 이산화황 흡수 매질의 공급원은 도 2에 대하여 위에 기재된 바와 같다.

[0098] 비록 열교환기(175)는 보일러 급수가 점진적으로 가열되는 일련의 열교환기 중에 있기는 하지만, 이는 엄밀히 열이 HRS 산으로부터 보일러 급수로 전달되는 직렬 열교환기의 배열의 외부에 있다. 이는 배열의 직렬 배치를 방해하지는 않지만, 보일러 급수 측면에서 직렬 열교환기에 또 다른 조업을 단순하게 삽입한다. 도 2의 구체예에서와 같이, 도 5의 구체예는 열교환기의 배열에 대하여 외부의 또 다른 조업, 즉, 시리즈 중의 또 다른 둘의 연속적인 열교환기 사이의 보일러 급수를 위한 공기제거기를 포함한다.

[0099] 열교환기(175)를 나가는 급수는 이것이 전형적으로 140 내지 180 화씨 온도만큼, 예를 들어, 270° 내지 310° F 범위의 온도까지 가열되는 열교환기(155)로 흐른다.

[0100] 교환기(155)를 나가는 급수는 아래에서 추가로 기재되는 바와 같이, 열교환기(155)와 공기제거기(177) 사이에서 급수를 순환시키는 보일러 급수 순환 펌프(182)로부터의 215° 내지 240° F의 공기제거된 물(191)의 일부와 혼합된다. 전형적으로 230° 내지 280° F 범위 온도의 혼합된 스트림은, 이것이 HRS 산으로부터의 열전달에 의하여, 예를 들어, 25 내지 45 화씨 온도만큼 270° 내지 300° F 범위의 온도까지 추가로 가열되는 제2 열교환기에 들어간다. 보일러 급수 경로의 압력 강하 프로파일에 따라, 적당한 플래시가 열교환기(145)에서 일어날 수 있고, 잠재적으로 제2 열교환기를 통한 통과 동안 급수 온도가 증가되는 정도를 제한할 수 있다.

[0101] 제2 열교환기(145)를 나가는 보일러 급수 또는 2상 물 및 스팀 흐름은 바람직하게는 실질적으로 단열인 공기제거 챔버(177)에 도입되고, 여기서 급수가 플래시되고 제3 열전달 시스템의 교환기(155)를 나가는 보일러 급수의 온도에 비하여 15 내지 80 화씨 온도만큼 냉각된다. 공기제거 챔버(177)에서 급수의 플래시는 보일러 급수로부터 비응축물을 제거하고, 이는 라인(179)을 통하여 공기제거기로부터 배기되어 스팀 주입 용기(131)로 전달하기 위한 주입 스팀의 공급원을 제공한다. 흡수기(133)를 위한 반응수의 높은 백분율을 나타내는 비율로 수증기를 공급하기 위하여 공기제거기(177)에서 충분한 스팀을 플래시하는 것에 의하여, 공기제거기(177)의 조업은 급수 시스템의 온도 상승이, HRS 흡수 산으로부터 급수 흐름에 대하여 더욱 하류인 보일러 급수로의 에너지 전달에 대한 Δt 를 소멸시킬 수준에 도달하는 것을 방지하고, 이에 의하여 본질적으로 모든 증기상 산 형성, 흡수 및 응축 에너지가 HRS 흡수기로부터 고압 스팀의 형태로 회수되는 것을 허용한다. 전형적으로 공기제거기(177)에 들어가는 보일러 급수의 약 5% 내지 약 10%가 그 안에서 플래시된다.

[0102] 도 4 및 5에 도시되는 구체예에서, 공기제거기를 나가는 저압 스팀이, SO₃와의 증기상 반응을 위한 스팀의 공급원으로서 스팀 도입 용기(131)에 재순환되기 때문에, 어떤 에너지도 고온에서의 회수로부터 손실되지 않는다. 이러한 주입 스팀의 공급원 없이는, 외부 공급원로부터의 에너지가 주입 스팀 발생에 요구될 것이다. 선택적으로, 그러나 보통 덜 바람직하게는, 공기제거기에서 플래시된 스팀은 열회수 흡수기 테일 가스로부터 SO₂를 회수하기 위한 대등한 공정에서 스트리핑 스팀으로서 사용될 수 있다.

[0103] 공기제거기에서 플래시된 스팀을 흡수기(133)로 보내는 것은 또한, 흡수기로부터의 테일 가스로서 보일러 급수로부터 비응축물을 편리하게 배기시키는 것을 제공한다.

[0104] 주위 비등점보다 약간 내지 적당히 높은, 예를 들어, 215° 내지 240° F의 온도의 공기제거된 물(181)은, 열교환기(145)와 공기제거기 사이의 고부피 펌프(182)에 의하여 순환된다. 순환 펌프(182)의 방출에서, 급수는 열교환기(145)의 보일러 급수 입구로 되돌아 흐르는 재순환 스트림 및 고압 보일러 급수 펌프(183)의 흡인측으로 흐르는 폐열 보일러를 위한 급수로 분할된다. 고압 펌프(183)로부터, 급수는 안에서 발생한 스팀의 역압에 대항하여 폐열 보일러에 전달된다. 따라서, 펌프(183)의 방출 압력은 전형적으로 40 내지 70 bar, 더욱 전형적으로 50

내지 70 bar 범위이다. 급수는 펌프(183)에 의하여 이코노마이저(제1 열교환기)(143)로 전달되고 여기서 급수의 온도는 HRS 산으로부터의 열전달에 의하여 전형적으로 150 내지 200 화씨 온도만큼, 예를 들어, 약 375° 내지 약 425° F 범위의 온도까지 증가된다. 이코노마이저(143)로부터 보일러 급수는, 이것이 제3 단 전환 가스(127)로부터의 열전달에 의하여, 전형적으로 100 내지 140 화씨 온도만큼, 예를 들어, 약 490° 내지 약 550° F의 온도까지 추가로 가열되는 이코노마이저(129)를 통과한다 (도 4).

[0105] 이코노마이저(129)를 나가는 보일러 급수는 폐열 보일러(115)에서 SO₂ 연소 가스로부터의 열전달에 의하여 스팀으로 전환된다. 40 내지 70 bar, 더욱 전형적으로 50 내지 70 bar의 압력의 포화 스팀은 스팀 드림(185)를 통하여 폐열 보일러(115)를 나가고, 포화 스팀의 온도가 전환기(17)의 제2 전환기 단(117.2)을 나가는 전환 가스(123)로부터의 열전달에 의하여 10 내지 20 화씨 온도만큼, 예를 들어, 490° 내지 560° F 범위의 온도까지 증가되는 과열기(125)를 먼저 통과한다 (도 4). 과열기(125)를 나가는 과열된 스팀은, 이것이 제1 전환기 단(117.1)을 나가는 전환 가스 스트림(119)으로부터의 열전달에 의하여 225 내지 325 화씨 온도만큼, 예를 들어, 750° 내지 850° F의 온도까지 추가로 가열되는 과열기(121)를 통과한다 (도 4).

[0106] 도 5는 응축물이 낮은 압력 내지 중간 압력 스팀으로 전형적으로 2 내지 5 bar 게이지에서 플래시되는 고압 블로우다운 탱크(187) 및 블로우다운 탱크(187)로부터의 응축물이 대기압에서 부가적인 스팀을 산출하도록 플래시되어, 미립자 고체의 제거를 위한 공정으로부터 피쳐되는 잔류 응축물 스트림을 남기는 저압 블로우다운 탱크(189)를 포함하는, 일련의 블로우다운 플래시 탱크에 의하여 미립자 고체 오염물질을 제거하기 위한, 폐열 보일러(115) 위의 스팀 드림(185)으로부터의 응축물 블로우다운을 또한 도시한다.

[0107] 도 6은 황산 제조 공정의 공정 측면의 대안의 구체예를 도시하고 여기서 HRS 흡수기의 열회수 영역 및 2차 흡수 영역에서 발생한 에너지의 분율이 HRS 보일러에서 중간압 스팀의 형태로 회수되고, 나머지는 HRS 흡수 산으로부터 고압 보일러, 이 경우에는 열이 SO₂ 연소 가스로부터 회수되는 폐열 보일러를 위한 보일러 급수로의 열전달에 의하여 고압 스팀의 형태로 회수된다. 도 6의 공정의 바람직한 조업 모드에서, 열회수 영역에서 발생한 증기상 황산 형성열, 흡수열 및 응축열의 적어도 60%가 최종적으로 40 내지 70 bar 범위의 압력을 가지는 스팀의 형태로 회수된다. 더욱 바람직하게는, HRS 에너지의 적어도 75%가 그러한 범위의 압력을 가지는 스팀의 형태로 회수된다. 더욱더 바람직하게는, 열회수 흡수기에서 발생한 증기상 산 형성열, 흡수열 및 응축열의 합계의 적어도 약 85%, 90%, 95% 97% 또는 99%가 고압 스팀, 즉, 40 내지 70 bar 범위의 압력을 가지는 스팀의 형태로 회수된다.

[0108] 도 6의 공정에서, 주위 공기(201)는 입구 공기 필터(203)를 통하여, 탑 내의 가스 액체 접촉 영역(205.1)에서 진한 황산과의 접촉에 의하여 공기로부터 습기가 제거되는 공기 건조탑(205)의 하부의 공기 입구로 흐른다. 도 1의 공정에서와 같이, 건조탑을 통하여 순환되는 농축된 산은, 흡수 산 및 보일러 급수가 교환기의 시리즈에 대하여 향류로 지나가도록 배열된 일련의 열교환기를 통과하는 보일러 급수로의 흡수열의 전달에 의하여 냉각되는, HRS 흡수기로부터의 흡수 산을 포함한다.

[0109] 건조탑(205)를 나가는 130-150° F의 온도의 건조 공기(207)는 압축기(208)에 의하여 압축되어 공기가 220° 내지 260° F의 온도까지 가열되고, 공기 예열기(209)에 도입되며 여기서 상기 건조 공기가 아래 기재되는 바와 같이 최종 단 SO₃ 전환 가스로부터의 열전달에 의하여 440-480° F까지 가열된다. 용융 황이 황 연소기(213)에 분사되고 여기서 황이 가열된 공기(211)와 접촉하는데 압축 공기는 공기의 산소 성분이 황 흐름에 대하여 과잉 화학량론인 속도로 흐른다. 황은 공기의 산소와 반응하여 이산화황, 질소 및 미반응 산소를 포함하는 연소 가스를 생성한다. SO₂ 연소 가스는 2150° 내지 2300° F에서 황 연소기를 나가고, 제1 폐열 보일러(215)에서 보일러 급수로의 열전달에 의하여 2000-2060° F의 온도까지 냉각된다.

[0110] 폐열 보일러(215)를 나가는 연소 가스는 과열기(225)를 통과하고 여기서 가스 스트림은, 전형적으로 1200 내지 1400 화씨 온도만큼, 예를 들어, 2000° 내지 2060° F의 온도로부터 700° 내지 800° F의 온도까지 냉각되고, 이는 SO₃로의 SO₂의 촉매 전환을 위한 선호적인 평형을 확립하기에 적절하다. 과열기(225)에서, 가스는 폐열 보일러 시스템에서 발생한 고압 스팀으로의 열전달에 의하여 냉각되고, 이에 의하여 스팀이 약 540 내지 약 550 화씨 온도 범위의 온도로부터 약 650° 내지 약 750° F 범위의 온도까지 가열된다.

[0111] 과열기(225)를 나가는 냉각된 연소 가스는 이것이 가스의 산소 성분과의 반응에 의한 삼산화황으로의 이산화황의 산화를 위한 촉매와 접촉하는 전환기(217)의 제1 촉매 전환기 단(217.1)에 들어간다. 삼산화황으로의 이산화황의 산화는 매우 발열성이고, 따라서 제1 전환기 단(217.1)을 나가는 전환 가스(219)는 전형적으로 1100° 내지 1150° F의 온도이다. 제1 단 전환기 가스(219)는, 아래에 기재되는 바와 같이 열이 전환 가스로부터 폐열 보

일러로부터의 고압 스팀으로 전달되는 과열기(221)를 통과하고, 이에 의하여 전환 가스가 약 775° 내지 825° F 로 냉각된다. 전환열의 회수 이외에도, 가스 냉각은 전환 가스가 과열기(221)로부터 흐르는 제2 촉매 전환기 단(217.2)에서 SO₃으로의 SO₂의 추가의 전환을 위한 더욱 선호적인 평형을 확립한다.

[0112] 제2 전환 단(217.2)를 나가는 925° 내지 975° F의 온도의 전환 가스(222)는 또 다른 이코노마이저(228)로 흐르고 여기서 열이 아래에 또한 기재되는 바와 같이 가스 스트림으로부터 보일러 급수로 전달된다. 이코노마이저(228)를 나가는 전형적으로 775° F 내지 825° F의 온도의 제2 단 전환 가스는 SO₃로의 SO₂의 추가의 전환을 위하여 전환기(217)의 제3 촉매 전환기 단(217.3)에 보내진다. 또다시, 단(217.3) 앞의 가스 냉각은 SO₃로의 추가의 전환을 위한 더욱 선호적인 평형을 제공한다. 아래에 추가로 기재되는 바와 같이, 제3 단 전환 가스(227)는 820° 내지 860° F의 온도에서 전환기를 나가며 전환 가스가 폐열 보일러를 위한 보일러 급수로의 열전달에 의하여 70 내지 100 화씨 온도만큼, 예를 들어, 725° 내지 775° 까지 냉각되는 이코노마이저(229)를 통과한다. 이코노마이저(229)를 나가는 전환 가스는 SO₃로의 SO₂의 추가의 전환을 위하여 제4 및 최종 전환기 단(217.4)에 보내진다. 가스 스트림은 제4 전환기 단(217.4)에서 발생한 발열성 산화열로부터, 단지 적당하게, 예를 들어, 5 내지 20 화씨 온도, 예를 들어, 735° 내지 785° F의 온도까지 가열된다. 단(217.4)로부터, 제4 단 전환 가스는 이것이 전형적으로 750 내지 850 psig 압력의 스팀 발생에 의하여 약 200 내지 250 화씨 온도만큼, 예를 들어, 525° 내지 575° F 범위의 온도까지 냉각되는 제2 폐열 보일러(216)를 통하여 흐른다. 제2 폐열 보일러(216)를 통과한 후, 최종 전환 가스는 이것이 연소 공기로의 열전달에 의하여 전형적으로 195 내지 225 화씨 온도만큼, 예를 들어, 325° 내지 약 360° F의 온도까지 추가로 냉각되는 공기 예열기(209)를 통하여 흐른다. 도 1의 공정에 대하여 위에서 논의한 바와 같이, 스팀 주입 용기에 들어가기 이전 전환 가스의 냉각은, 전환 가스가 열회수 흡수 영역에 들어갈 때 지나치게 뜨거운 것을 방지한다.

[0113] 공기 예열기(209)를 나가는 최종 단 전환 가스는 열회수탑(233)을 포함하는 열회수 흡수 시스템에 보내진다. 열회수탑에 들어가기 전에, 최종 전환기 가스는 스팀 주입 용기(231)를 통과한다. 전환기 가스는 325° 내지 360° F의 온도 및 0.05 내지 0.2 bar에서 주입 용기에 들어간다. 용기(231)에서, 스팀은 바람직하게는 약 0.55 초과, 0.60 또는 0.75, 가장 바람직하게는 적어도 약 0.85, 0.90 또는 0.95 선택적으로 약 0.98인 상당 삼산화황 함량에 대한 화학량론비로 가스 스트림 중의 상당 H₂O 증기 함량을 확립하도록 가스 스트림에 도입된다. 스팀의 주입은 SO₃와 물의 증기상 반응을 야기하여 황산증기를 발생시킨다. 도 6의 공정에서 용기(231)로의 바람직한 최소 스팀 주입 속도는 본질적으로 도 1의 공정에 대하여 위에 기재된 것과 동일하다. 수증기의 주입 및 SO₃와 수증기의 반응에 의한 결과적인 황산의 증기상 형성이 전형적으로, 주입 용기(231)를 나가는 전환 가스 스트림을 550° 내지 600° F 범위의 온도까지 가열한다. 이 가스 스트림은 열회수 흡수 영역(233.1) 아래의 열회수 흡수탑(233)의 하부의 또는 그 근처의 가스 입구로 도입된다.

[0114] 열회수 흡수 영역(233.1)에서, 가스 스트림은 열회수 흡수기, 전형적으로 흡수탑에 들어가는 약 125° F 내지 165° F의 온도 및 99.2% 내지 99.6%의 농도의 1차 흡수 산(235)과 접촉한다. 흡수 산은 열회수 영역(233.1)의 상부에 들어가고 가스 스트림에 대하여 향류로 영역을 통하여 하향으로 흐른다. 열회수 영역에서 흡수 산과 가스의 접촉은 액체상으로 SO₃의 흡수, 기체상으로부터 액체상으로 황산증기의 응축 및 기체상으로부터 액체상으로 수증기의 응축을 야기한다. 현열이 또한 기체상으로부터 액체상으로 전달된다.

[0115] 열회수탑(233)은 바람직하게는 2차 흡수 영역(233.2)을 또한 포함하고, 여기서 1차(열회수) 흡수 영역을 나가는 가스가, 2차 흡수 영역(233.2)의 상부에 도입되고 상향으로 흐르는 가스 스트림에 대하여 향류로 하향으로 흐르는 2차 흡수 산 스트림(237)과 접촉한다. 2차 흡수 영역은 또한 패킹 또는 산상과 액체상 사이의 물질전달을 촉진하기 위한 다른 수단을 포함한다. 2차 흡수 산(237)은 전형적으로 90° 내지 120° F 범위의 온도에서 2차 흡수 영역으로 들어간다. 2차 흡수 영역에서 1차 흡수 영역을 나가는 가스 스트림과 2차 흡수 산의 접촉은 1차 영역을 나가는 가스로부터 잔류 SO₃의 흡수를 야기하고, 가스 스트림을 냉각시켜, 2차 흡수 산으로 황산증기 및 수증기의 추가의 응축을 야기한다. 2차 흡수 산은 2차 흡수 영역의 하부를 나가고, 2차 영역의 하부와 1차 영역의 상부 사이의 열회수탑에 들어가는 흡수 산과 조합되어, 열회수 흡수 영역을 위한 1차 흡수 산으로서 기능하는 조합된 산 스트림이 형성된다.

[0116] 2차 흡수 및 냉각 영역(233.2)의 상부를 나가는 가스 스트림은 황산 미스트 제거기(239)를 통과하고 테일 가스(290)로서 공정에서 나간다. 선택적으로, 이산화황은 이산화황 회수 공정에서 테일 가스로부터 회수될 수 있고, 그러한 이산화황 회수 공정은 도 1에 대하여 위에 기재된 바와 같이 SO₃ 흡수열 회수 공정과 통합될 수 있다.

- [0117] 흡수열, 응축열, 및 현열 전달로부터, 열회수 흡수 영역을 나가는 농후화된 흡수 산은 약 400° F 내지 약 460° F의 온도까지 가열된다. 열회수 흡수 영역으로부터의 농후화된 흡수 산은 폐열 보일러(215 및 216)를 위한 보일러 급수로 전달되는 열교환기의 배열을 통하여 직렬로 흐른다. 보일러 급수는 일반적으로 교환기의 배열을 통하여 직렬로 흐르고, 흡수 산 및 보일러 급수는 교환기의 시리즈에 대하여 실질적으로 향류로 흐른다.
- [0118] 산 측면에서, 열회수탑(233)의 웰 안으로 열회수 영역을 나가는 흡수 산은 HRS 산 순환 펌프(241)의 흡인측으로 흐른다. 순환 펌프의 방출측에서, 흡수 산은 HRS 보일러 산 스트림(240) 및 우회 HRS 산 스트림(242)으로 분할된다.
- [0119] HRS 보일러 산 스트림(240)은 이것이 보일러 급수로의 열전달 및 예를 들어, 120 내지 150 psig의 압력의 중간 압 스팀의 발생에 의하여 30 내지 60 화씨 온도만큼, 예를 들어, 375° 내지 425° F 범위의 온도까지 냉각되는 HRS 보일러(244)를 통하여 흐른다. 우회 HRS 스트림(242)은 배열의 일련의 열교환기 중의 제1 열교환기(243)에 보내지고, 상기 배열을 통하여 HRS 산 및 보일러 급수가 배열에 대하여 향류로 지나간다. 열교환기(243)에서, HRS 산은 고압 보일러 급수로의 열전달에 의하여 약 400° 내지 약 460° F 범위의 온도로부터, 전형적으로 약 5 내지 약 20 화씨 온도만큼, 예를 들어, 약 395 내지 약 440° F의 온도까지 냉각되고, 이에 의하여 고압 보일러 급수가 약 420 내지 약 438° F 범위의 온도까지 가열된다.
- [0120] 제1 열교환기(243)를 나가는 우회 산(242)은 HRS 산의 흐름에 대하여 열교환기(243)의 하류 및 HRS 보일러(244)의 하류에서 HRS 보일러 산(240)과 재조합된다. 조합된 스트림(249)은 열회수 흡수 영역 (233.1)으로 재순환되는 1차 흡수 산 스트림(235)의 주요 성분을 포함하는 스트림(248), 및 추가의 에너지가 보일러 급수로의 열전달에 의하여 회수되는 전향 산 흐름 스트림(251)으로 재분할된다. 흡수기(233)로의 재순환 과정에서, 스트림(248)은 회석기(260)를 통과하고 여기서 회석수(SO₃ 반응수)(292)는 열회수 흡수 영역에 걸쳐 목표 산 농도 프로파일을 유지하기에 필요한 대로 첨가될 수 있다. 아래에 기재되는 바와 같이, 스트림(249)은 회석기에서 공통 펌프 탱크(259)로부터의 재순환 스트림과 혼합되어 1차 흡수 산 스트림(235)을 형성할 수 있다. 도 6의 공정의 바람직한 구제에서, 실질적으로 모든 SO₃ 반응수가 열회수 흡수 영역에 들어가는 전환 가스로의 스팀의 주입에 의하여 또는 스팀 주입 및 건조탑(5)에서 연소 공기로부터 제거된 물의 조합에 의하여 제공되지만, 물 첨가 속도 조절이 회석기(260)에서 탈염수 스트림(292)의 첨가에 의하여 수행될 수 있다.
- [0121] 전향 산 흐름 스트림(251)은 제2 열교환기(245)을 통과하고 여기서 산은 중간압 보일러 급수로의 열전달에 의하여 약 220° 내지 약 240° F 범위의 온도까지, 전형적으로 약 160 내지 약 190 화씨 온도만큼 냉각되고, 이에 의하여 보일러 급수가 약 260° 내지 약 290° F 범위의 온도까지 가열된다.
- [0122] 2차 흡수 산 스트림(251)은 전형적으로 복수의 열교환기를 포함할 수 있는 제3 열전달 시스템 시스템(253) 옆으로 흐른다. 도 6에서 제3 열전달 시스템은 보일러 급수 예열기(255) 및 공통 산 냉각기(257)를 포함한다. 예열기(255)에서, 산은 210° 내지 약 240° F의 온도로부터, 전형적으로 90 내지 120 화씨 온도만큼, 약 120° 내지 약 140° F 범위의 온도까지 냉각되고, 이에 의하여 HRS 보일러를 위한 보일러 급수가 전형적으로 50 내지 70 화씨 온도만큼, 예를 들어, 약 90° 내지 약 110° F의 온도로부터 약 140° 내지 약 160° F의 온도까지 가열된다.
- [0123] 열교환기(255)를 나가는 산은 HRS 산을 위한 저장소로서 기능을 하는 공통 펌프 탱크(259)로 흐르고 상기 산은 최종적으로 네 방면, 즉: (i) 생성물 스트림(263); (ii) 건조탑 산 스트림(261); (iii) 열회수 흡수기(233)의 2차 흡수 영역(233.2)으로의 재순환을 위한 재순환된 2차 흡수 산 스트림(237); 및 (iv) HRS 보일러(244)로부터의 출구 스트림(249)과 조합되어 열회수 흡수 영역(233.1)으로 재순환되는 1차 흡수 산 스트림(235)을 형성하는 스트림(256)으로 분할된다. 그러나, 산 스트림이 최초로 펌프 탱크 밖으로 흐를 때, 산 스트림은 바람직하게는 두 방면으로만 분할되며, 이중 하나는 1차 흡수 산의 성분을 형성하는 스트림인 스트림(256)이다. 편리하게는, HRS 보일러를 나가는 재순환 산 스트림(249) 및 스트림(256)은 회석기(260)에서 혼합되어 1차 흡수 산 스트림(235)을 형성할 수 있고, 이는 회석기로부터 2차 흡수 영역(233.2) 아래 및 열회수 흡수 영역(233.1) 위의 지점에서 흡수기로 되돌아 흐른다.
- [0124] 펌프 탱크를 나가는 산 스트림의 분할에 의하여 형성된 다른 스트림, 즉, 스트림(258)은, 이것이 보일러 급수로의 열전달에 의하여 전형적으로 5 내지 20 화씨 온도만큼, 예를 들어, 135° 내지 160° F 범위의 온도까지 냉각되는 공통 산 냉각기(257)를 통과한다. 공통 산 냉각기의 하류에서, 냉각된 산 스트림은 생성물 산 스트림(263), 건조탑 산 스트림(261) 및 2차 흡수 산 스트림(237)으로 분할된다. 스트림(261)은 들어오는 황 연소기(213)를 위한 연소 공기로부터의 수분의 흡수를 위하여 건조탑(205)에 보내진다. 건조탑을 통한 통과에서, 건조탑 산 스트림은 5 내지 15 화씨 온도만큼, 전형적으로 135° 내지 160° F 범위의 온도까지 전형적으로

가열된다. 기사용 건조탑 산(265)은 다시 공통 펌프 탱크(259)으로 되돌아 흐른다.

- [0125] 생성물 산 스트림(263)은 생성물 산 냉각기(267)를 통과하고 여기서 상기 스트림은 보일러 급수로의 열전달에 의하여, 전형적으로 50 내지 100 화씨 온도만큼, 예를 들어, 약 90° 내지 약 160° F의 온도까지 냉각되고, 이에 의하여 보일러 급수가 90° 내지 약 120° F 범위의 온도까지 가열된다.
- [0126] 2차 흡수 산 스트림(237)은 공통 산 냉각기(257)로부터 열회수 흡수기(233)으로 흐르고 2차 흡수 영역(233.2)의 상부에 들어간다. 2차 흡수 산은 영역(233.2)을 통하여 하향으로 흐르고, 이에 의하여 열회수 흡수 영역(233.1)의 상부를 나가는 가스로부터 잔류 SO₃가 제거되고, 가스 스트림이 냉각되고, 황산증기가 가스 스트림으로부터 응축된다. 열회수 흡수기(233)의 1차(열회수) 흡수 영역(233.1)의 상부에서, 2차 흡수 영역을 나가는 2차 흡수 산은 재순환된 산 스트림(235)과 조합되어 1차 흡수 영역을 위한 흡수 산이 형성된다.
- [0127] 2차 흡수 영역(233.2)를 나가는 가스는 바람직하게는 공정 테일 가스로부터 잔류 황산 미스트를 제거하기 위한 미스트 제거기 요소(239)를 통과한다.
- [0128] 선택적으로, 부가적인 회석수(294)의 공급원이, 예를 들어 재순환 스트림(296)으로의 주입에 의하여 공통 펌프 탱크(259)에 도입될 수 있다
- [0129] 도 7은 도 6에 도시된 공정을 위한 유틸리티 측면 공정계통도를 도시한다. 전형적으로 70° 내지 110° F의 보일러 급수(271)는 저압 보일러 급수 펌프(273)의 흡인측에 전달된다. 펌프(273)의 방출로부터, 보일러 급수는 먼저 이것이 HRS 산으로부터의 열전달에 의하여 전형적으로 20 내지 50 화씨 온도만큼, 예를 들어, 90° 내지 약 120° 범위의 온도까지 가열되는 생성물 산 냉각기(267)를 통하여 흐른다.
- [0130] 열교환기(267)를 나가는 급수는 공통 산 냉각기(257) 및 HRS 예열기(255)를 직렬로 포함하는 제3 열전달 시스템(253)으로 흐른다. 공통 산 냉각기(257)에서, 보일러 급수는 HRS 산으로부터의 열전달에 의하여 전형적으로 60 내지 90 화씨 온도만큼, 예를 들어, 150° 내지 약 180° 범위의 온도까지 가열된다. 공통 산 냉각기(257)를 나가는 급수는 이것이 HRS 산으로부터의 열전달에 의하여 전형적으로 90 내지 110 화씨 온도만큼, 예를 들어, 260° 내지 약 290° 범위의 온도까지 가열되는 열교환기(255)로 흐른다. 공통 산 냉각기(255)를 나가는 급수는 이것이 플래시되고 제3 열전달 시스템의 교환기(255)를 나가는 보일러 급수의 온도와 비교하여 10 내지 15 화씨 온도만큼 냉각되는 공기제거기(277)로 흐른다. 공기제거 챔버(277)에서 급수의 플래시는 비응축물을 제거하고, 이는 라인(279)을 통하여 공기제거기로부터 배기되어 스팀 주입 용기(231)로 전달하기 위한 주입 스팀의 공급원을 제공한다. 흡수기(233)를 위한 반응수의 높은 백분율을 나타내는 비율로 수증기를 공급하기 위하여 공기제거기(277)에서 충분한 스팀을 플래시하는 것에 의하여, 공기제거기(277)의 조업은 보일러 급수 시스템의 온도 상승이, HRS 흡수 산으로부터 보일러 급수로의 에너지 전달에 대한 Δt를 소멸시킬 수준에 도달하는 것을 방지하고, 이에 의하여 높은 백분율의 흡수 및 응축 에너지가 흡수기로부터 고압 스팀의 형태로 회수되는 것을 허용한다. 전형적으로 공기제거기(277)에 들어가는 보일러 급수의 약 5% 내지 약 10%가 그 안에서 플래시된다. 도 7에 나타나는 구체예에서, 공기제거기 HRS 보일러(244)로부터 공기제거기의 스팀 분획의 분할에 의하여 촉진된다.
- [0131] 공기제거기에서 플래시된 스팀을 삼산화황 흡수기로 보내는 것은 또한, 흡수기로부터의 테일 가스로서 보일러 급수에서 비응축물을 편리하게 배기시켜 스팀의 손실 없이 공정으로부터 제거하는 것을 제공한다. 더욱이, 이는 공기제거기에서 저압에서 플래시된 스팀의 잠재(latent) 에너지가 최종적으로 고압 스팀의 형태로 회수됨을 보장한다.
- [0132] 주위 비등점보다 약간 내지 적당히 높은, 예를 들어, 215° 내지 240° F의 온도의, 공기제거기를 나가는 공기제거된 물(281)은 보일러 급수를 HRS 보일러에 제공하는 중간압 보일러 급수 펌프(282) 및 병렬로 보일러 급수를 고압 폐열 보일러에 제공하는 고압 보일러 급수 펌프(283)의 흡인측으로 흐른다.
- [0133] 중간압 보일러 급수 펌프(282)의 방출측에서, 급수 스트림은 필요한 대로 분할되어 HRS 회석기(260)을 위한 회석수 스트림(292)을 제공할 수 있다. 전형적으로 7 내지 15 bar 압력의, 보일러 급수의 방출측 흐름의 나머지는 이것이 전형적으로 120 내지 150 화씨 온도만큼, 예를 들어, 약 345° 내지 375° F 범위의 온도까지 가열되는 HRS 가열기(245)를 통과한다. HRS 가열기(245)로부터, 중간압 보일러 급수 흐름은 이것이 흡수기(233)의 열회수 흡수 영역(233.1)을 나가는 HRS 산으로부터의 열전달에 의하여 전형적으로 7 내지 15 bar, 잠재적으로 25 bar 이상의 스팀으로 전환되는 HRS 보일러(244)로 흐른다.
- [0134] 고압 보일러 급수는 전형적으로 약 240 내지 약 260° F의 온도 및 약 700 내지 약 800 psig의 압력에서 급수 펌프(283)로부터 방출되고, 이것이 전형적으로 40 내지 60 화씨 온도만큼, 전형적으로 약 470° 내지 약 510° F

범위의 온도까지 추가로 가열되는 제1 열교환기(243)를 통과한다. 제1 열교환기(243)를 나가는 보일러 급수는, 이것이 전형적으로, 전환기(217)의 제3 전환기 단(217.3)을 나가는 전환 가스로부터의 열전달에 의하여 120 내지 160 화씨 온도만큼, 예를 들어, 380° 내지 420° F 범위의 온도까지 가열되는 이코노마이저(229) 및 이후 이것이 전형적으로, 전환기(217)의 제1 전환기 단(217.1)을 나가는 전환 가스로부터의 열전달에 의하여 110 내지 140 화씨 온도만큼, 예를 들어, 약 490° 내지 약 520° F 범위의 온도까지 가열되는 이코노마이저(228)를 직렬로 통과한다.

[0135] 이코노마이저(228)로부터, 보일러 급수는 스팀 드럼(218)으로 흐르고, 이는 제1 폐열 보일러(215) 및 제2 폐열 보일러(216)에 공통이다.

[0136] 제1 폐열 보일러(215)에서 SO₂ 연소 가스로부터 그리고 제2 폐열 보일러(216)에서 최종 단 전환 가스로부터 열전달에 의하여 발생한 증기는 스팀 드럼(218)을 나가고 직렬로 과열기(225)를 통과하며, 여기서 증기는 전형적으로, 제1 폐열 보일러(215)와 제1 전환기 단(217.1) 사이를 흐르는 가스로부터의 열전달에 의하여 170 내지 200 화씨 온도만큼 예를 들어, 약 680° 내지 약 700° F 범위의 온도까지 가열되고, 이후 증기는 과열기(221)를 통과하고, 여기서 증기는 전환기(217)의 제1 전환기 단(217.1)을 나가는 전환 가스로부터의 열전달에 의하여 전형적으로 90 내지 110 화씨 온도만큼, 예를 들어, 870° 내지 약 900° 범위의 온도까지 추가로 가열된다.

[0137] 고압 블로우다운 탱크(287) 및 저압 블로우다운 탱크(289)는 도 2의 블로우다운 탱크(87 및 89) 및 도 5의 블로우다운 탱크(187 및 189)에 대하여 위에 기재된 방식으로 조업된다.

[0138] HRS 산으로부터 보일러 급수로의 에너지 전달을 위한 열교환기의 배열의 배치 및 관계가 보일러 급수의 흐름 및 HRS 산에 대하여 도 6 및 7의 공정계통도를 조합하는 도 8에 도시된다. 흡수기(217)의 열회수 흡수 영역(217.1)에서 발생한 HRS 산(236)은 HRS 보일러(244) 및 제1 열교환기(243)로 병렬로, 그리고 제1 열교환기(243), 제2 열교환기(245) 및 제3 열전달 시스템 열교환기(255) 간에 직렬로 흐른다. 열교환기(255)를 나가는, HRS 산은 공통 펌프 탱크(259)로 흐른다. 펌프 탱크(259)로부터 인출된 산은, 공통 산 냉각기(257)에 보내지는 스트림 및 회석기(260)에서 (도 6; 도 8에 나타나지 않음) 스트림(248)과 조합되어 1차 흡수 산 스트림(235)을 제공하는 재순환 스트림(256)을 제공하기 위하여 즉시 분할된다. 스트림(258)은 공통 산 냉각기(257)를 통하여 직렬로, 차후 생성물 산 냉각기(267)와 건조탑(205) 간에 병렬로 흐른다. 산의 분획은 펌프 탱크 산 농도를 제어값으로 유지시키기 위하여 공통 산 냉각기와 펌프 탱크 사이에 순환된다. 따라서, 열교환기(243, 245, 255, 257 및 267)는 HRS 산 흐름에 대하여 직렬로 정렬된다.

[0139] 보일러 급수(271)는 생성물 산 냉각기(267), 공통 산 냉각기(257), 제3 열전달 시스템 열교환기(255) 및 공기제거기(277) 간에 직렬로 흐르고, 그 후 제2 열교환기(245)를 통과하는 중간압 보일러 급수 스트림 및 제1 열교환기(243)를 통과하는 고압 보일러 급수 스트림으로 분할된다. 따라서, 열교환기(267, 257 및 255)는 보일러 급수 흐름에 대하여 직렬로 정렬되고 이러한 열교환기의 조합은 교환기(245 및 243)에 대하여 추가로 직렬로 정렬되며, 후자의 둘은 보일러 급수 측면에서 서로에 대하여 병렬이다. HRS 산 및 보일러 급수는 교환기(243, 255, 257 및 267)를 포함하는 열교환기의 배열에 대하여 향류로 흐르고, 중첩되는 열교환기의 배열(245, 255, 257 및 267)에 대하여 또한 향류로 흐른다.

[0140] 점진적으로 보일러 급수를 가열하기 위하여 점진적으로 HRS 열을 추출하기 위한 열교환기의 이러한 향류 배치와 조합하여, 공기제거기(277)는 에너지를 추출하고 이는 중간압 및 고압 스팀의 형태로 HRS 증기상 산 형성열, 흡수열 및 응축열의 최대 회수를 보장한다. 더욱이, HRS 보일러(244) 및 제1 열교환기(245) 사이의 HRS 산 스트림(236)의 배분을 제어하여, 도 6-8의 공정은 중간압 대 고압 스팀의 형태로 회수되는 HRS 에너지의 상대적 비율을 제어하도록 조업될 수 있다. 열교환기(243)에 보내진 HRS 산의 비율이 HRS 보일러(244)에 보내진 비율에 대하여 증가됨에 따라, 고압 스팀의 형태로 회수되는 흡수 및 응축 에너지의 비율이 상응하여 증가되고, 도 6-8의 공정의 조업의 효과가, 도 1-5에 나타나는 공정의 조업에서 달성된 효과인 한계에 다가간다.

[0141] 필수적으로 공기로 이루어진 산소-함유 가스 중에서 황이 연소되는 접촉 황산 설비에서, 본 발명의 공정은 단위 황산 제조당 실질적으로 증대된 양의 고압 스팀을 발생시킬 수 있다. 예를 들어, 스팀이 SO₂ 연소 가스 냉각에 의하여 발생하는 폐열 보일러(들)를 위한 보일러 급수 가열에서 적어도 60%의 HRS 열이 회수되는 경우, 황산 톤당 적어도 약 1.45, 더욱 전형적으로, 적어도 약 1.55, 및 1.7, 톤의 ≥40 bar 스팀이 보일러 급수 가열 및 고압 스팀 발생을 위하여 단지 자생 공정열만을 이용하여 생성된다. 이러한 관계의 목적을 위하여 그리고 본 명세서에서 달리 사용되는 대로 "자생 공정열"은 다음을 포함한다: (1) 산소-함유 가스 중 황의 연소열; (2) SO₃로의 SO₂의 전환열; (3) 황산 중 SO₃의 흡수열; 및 (4) 수증기가 열회수 흡수 영역 안에서 또는 이의 상류에서 전

환 가스로 도입되는 구체예에서: (a) 수증기와 삼산화황의 반응에 의한 황산의 증기상 생성열; (b) 열회수 흡수 영역에서 황산의 응축열; 및 (c) 열회수 흡수 영역에서 수증기의 응축열. 비록 영향이 비교적 크지 않기는 하지만, 자생 공정열은 (5) 도 1 및 4에 나타나는 구체예에서와 같이 흡수 산 회로로 건조탑 산 회로가 통합되는 건조탑에서 연소 공기로부터 수분의 응축을 또한 포함한다. "HRS 열"은 자생 공정열의 요소 (3), (4) 및 (5)를 포함한다.

[0142] HRS 열의 적어도 60%가 폐열 보일러(들)를 위한 보일러 급수 가열에서 회수되는 경우, 황의 연소열에 더하여 HRS 열(즉, SO₃로의 SO₂의 전환열을 제외한 모든 자생 공정열)로 이루어진 자생 공정열의 성분의 전달만으로부터 황산 톤당 적어도 1.45 톤의 ≥40 bar 스팀이 생성되고; 공기에서 황의 연소열, 1차 열회수 흡수 산에서 흡수열, 황산의 증기상 생성열, 열회수 흡수 영역에서 물의 응축, 및 열회수 흡수 영역에서 황산의 응축(즉, 황 연소열에 더하여 건조탑 열을 제외한 모든 HRS 열)으로 이루어진 자생 공정열의 성분의 전달만으로부터 황산 생성물 톤당 적어도 1.45 톤의 ≥40 bar 스팀이 생성된다.

[0143] 심지어 열회수 흡수 영역 내에서 또는 이의 상류에서 전환 가스로의 수증기의 주입이 없이도, 공기 중의 황의 연소열 및 1차 열회수 흡수 산 중의 흡수열로 이루어진 자생 공정열의 성분의 전달만으로부터 황산 생성물 톤당 적어도 1.45 톤의 ≥40 bar 스팀이 생성된다.

[0144] 도 1 내지 3에 대하여 기재된 바와 같은 공정의 구체예는 SO₃로의 SO₂의 산화열의 일부 또는 전부를 제외하는 자생 공정열의 성분으로부터의 스팀의 최적 발생에 근접하고, 보일러 급수의 흐름에 대하여 상기 열교환기의 배열의 이코노마이저 하류에서 보일러 급수의 추가적인 가열을 위하여 및/또는 고압 스팀에 과열량을 부여하기 위하여 상기 에너지 성분의 전부 또는 부분이 보존된다. 이러한 도면에 나타나는 구체예에서, 여기서 예를 들어, 저압 스팀을 도 1의 공정의 스팀 주입 용기(31)에 도입하는 것에 의하여 높은 백분율의 SO₃ 반응수가 수증기의 형태로 공급되고, 단지 공기 중의 황 연소, 흡수열, 황산의 증기상 생성열, 황산 응축열, 물 응축열 및 건조탑에서 수분의 응축열에서만 기인한 자생 공정열의 성분으로부터 황산 생성물 톤당 적어도 1.4 톤, 더욱 전형적으로 적어도 약 1.5 톤, 또는 1.6 톤의 ≥40 bar 스팀이 발생할 수 있고, SO₂ → SO₃ 반응열이 고압 스팀 과열을 위하여 전적으로 보존된다. SO₃로의 SO₂의 산화열의 처분 이외에, ≥40 bar 스팀 톤당 약 0.2 내지 약 0.4 톤의 증분이, 이 경우에 ≥40 bar 스팀의 형태로 증기상 황산 형성열, SO₃ 흡수 및 황산 응축 에너지의 회수에 기여할 수 있다.

[0145] 본 명세서에 기재된 고압 스팀 발생 속도는 SO₃로의 SO₂ 산화열의 임의의 회수뿐만 아니라, 열회수 흡수 영역의 전환 가스 상류로의 주입을 위하여 저압 스팀을 발생시키는 외부 공급원으로부터 입수된 임의의 열의 순계(net)를 배제한다. 그러한 외부 공급원에 의존하기보다는, 본 발명의 공정은 바람직하게는, 흡수 산으로부터의 열 전달에 의하여 최초로 가열된 보일러 급수를 위한 공기제거기에서 주입 스팀을 발생시킨다.

[0146] 바람직하게는, 40 내지 70 bar의 압력을 가지는 적어도 1.45 톤 ≥40 bar 스팀, 또는 약 1.55 내지 약 1.65 톤 스팀이, 스팀 주입 구체예의 실행에서 연소, 흡수, 황산 응축 및 물 응축으로부터 황산의 톤당 생성될 수 있다. 사실상 도 1 내지 3 또는 4 및 5에 도시되는 바와 같은 공정에서 황산 생성물 톤당 적어도 1.4의 ≥50 bar 스팀, 또는 1.4 내지 약 1.65 톤 ≥50 bar 스팀이 생성될 수 있다. HRS 보일러(244)를 통과하는 HRS 산의 분율을 최소화하고 열교환기(243, 244, 255, 257 및 267)를 통과하는 전향 산 흐름 분획을 포함하는 HRS 산의 분율 으리 최대화하여 유사한 생산성이 도 6-8의 공정에서 달성될 수 있다.

[0147] 본 명세서에 기재된 공정은 습윤 가스 또는 건조 가스 황산 제조 설비에서 실행될 수 있다. 건조 가스 모드에서의 조업은 상당한 장점을 제공하고 바람직하다. 건조 가스 공정은 일반적으로 습윤 가스 공정보다 더 강건하고 신뢰할 만하다. 습윤 가스 공정에서는, 예를 들어, 덕트 벽, 용기 벽 또는 열교환기 튜브 상의 차가운 지점의 존재로 인하여, 또는 전원 중단 등으로 인한 계획되지 않은 섯다운에서 기인하여, 매우 부식성인 비교적 묽은 황산이 가스 흐름 트레인을 따라 금속 표면에 응축할 수 있는 위험이 항상 존재한다.

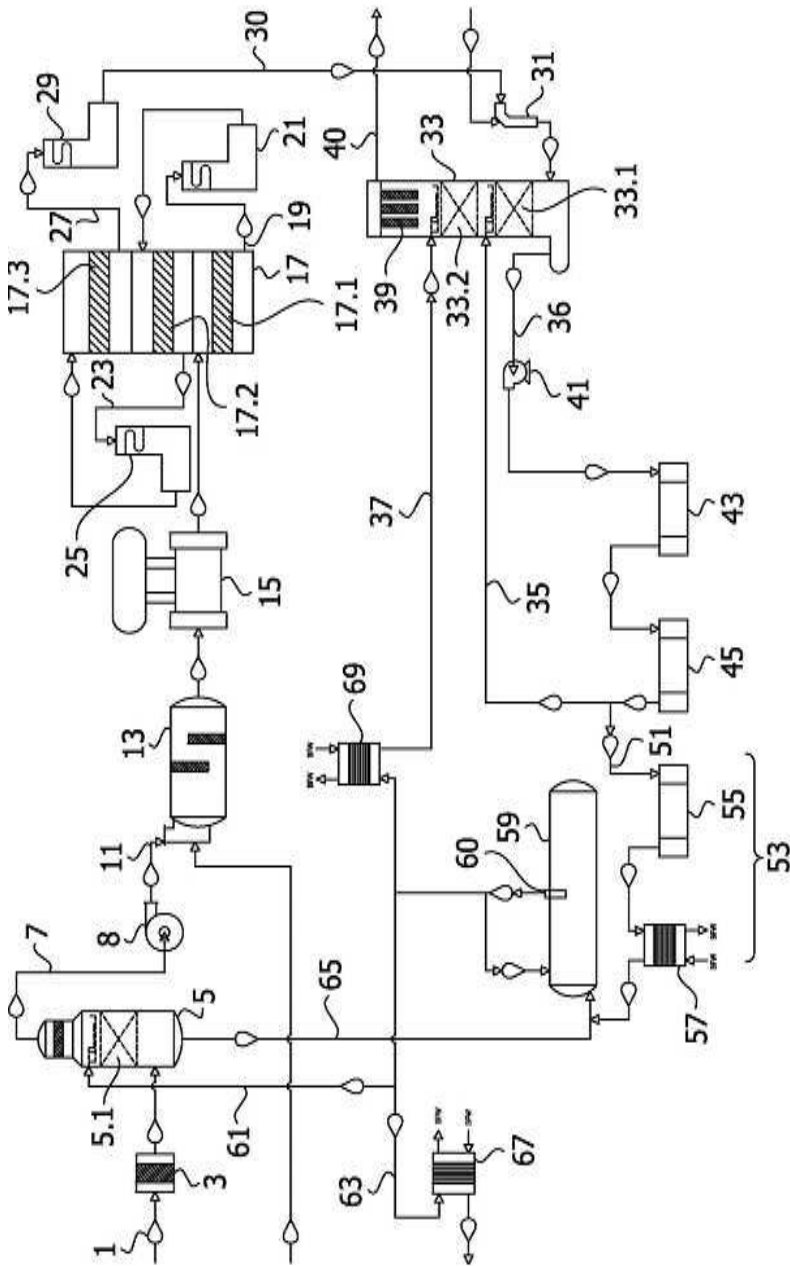
[0148] 건조 가스 조업에서는, 열이 다중 공급원으로부터 회수되고, 따라서 전력 또는 화석 연료의 소모가 최소화된다. 건조된 연소 공기는 주위 공기로부터 수증기의 응축열, 또한 건조된 공기가 황 연소기의 압력까지 상승될 때 발생하는 압축열을 수집한다. 열회수 시스템 흡수 산으로부터, 보일러 급수는 SO₃와 주입된 물의 반응, 황산의 응축열 및 열회수 흡수 영역에 들어가는 전환 가스 중의 미반응 SO₃의 흡수열에 의하여, 황산의 증기상 형성으로부터 유도된 현열을 수집한다. SO₃로의 SO₂의 전환열의 일부는 교환기의 배열을 나간 보일러 급수를 추가로 가열함

에 의하여 이코노마이저에서 회수되고, 상기 배열에서 보일러 급수는 열회수 흡수 산으로부터의 열전달에 의하여 가열된다. 이러한 다양한 공급원으로부터 예를 들어 900 psig의 고압 보일러 급수로의 열의 전달에 의하여, 모든 공급원으로부터의 에너지가 고압 스팀의 형태로 회수된다. SO₃로의 SO₂의 전환열은 스팀을 과열시키기 위하여 사용된다.

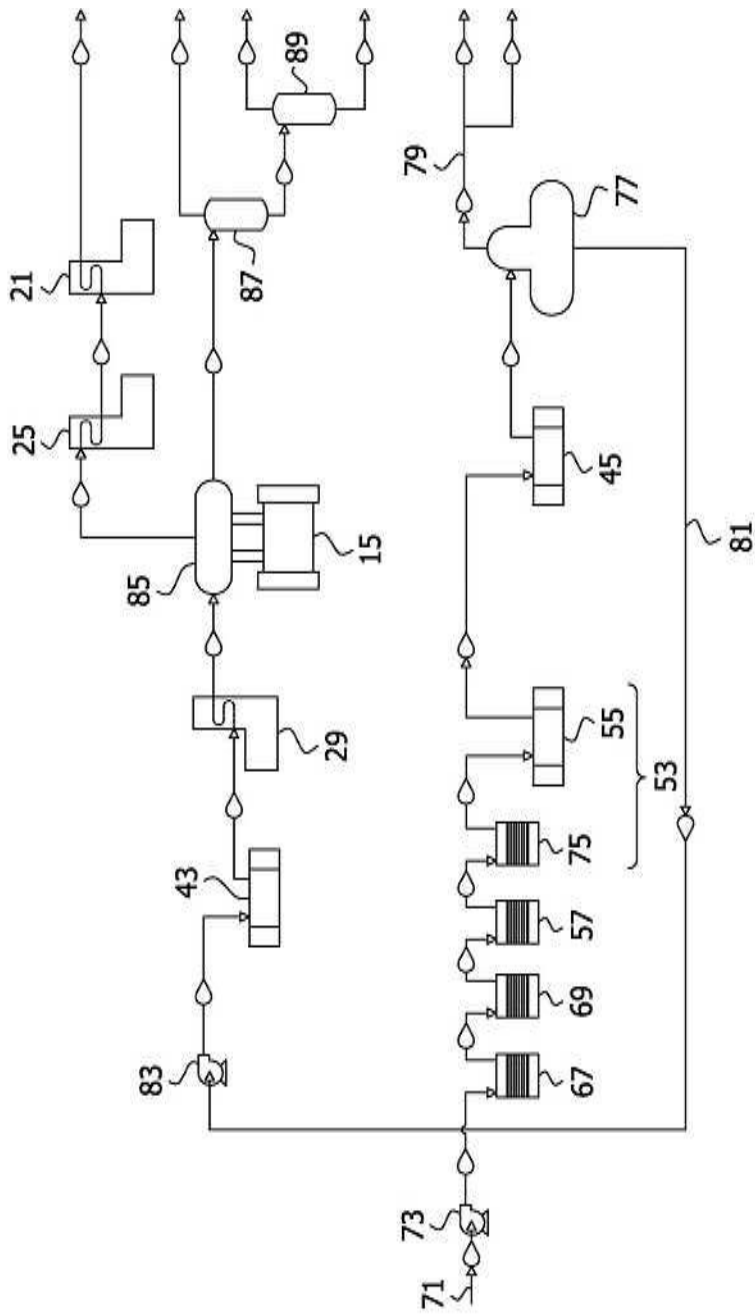
- [0149] 열회수 흡수 산으로부터 보일러 급수로의 점진적인 열전달을 위하여 일련의 열교환기를 주의깊게 배열하여, 양의 Δt가 시리즈 전반에 걸쳐 보존되고, 보일러 급수는 고압 스팀에 일치하는 압력, 예를 들어, 900 psig에서 끓는점에 가깝게 된다.
- [0150] 공정에서 발생한 고압 스팀은 황산 플랜트가 위치한 설비 내에서 사용되거나, 상업적 전력망으로 보내질 수 있는 전기의 생산을 위한 터빈 구동에 사용될 수 있다.
- [0151] 공정의 특정한 바람직한 구체예의 또 다른 주요 장점은 전환 가스로부터의 SO₃ 흡수를 위하여 단지 단일 흡수 시스템만을 사용하는 것이다. 따라서, 위에 기재된 바와 같이 열회수 흡수 영역 및 선택적으로 2차 흡수 영역을 포함하는 열회수 흡수 시스템을 나가는 가스는, 또 다른 촉매 전환 영역을 통과하기 위하여 전환기로 가스를 되돌리지 않고 공정으로부터 제거된다. 즉, 본 명세서에 기재된 신규한 공정의 이러한 바람직한 구체예에 인터페이스 흡수 단계가 존재하지 않는다. 이는 인터페이스 흡수탑에서 자본 투자를 회피하고, 고온의 농후화된 흡수 산의 최대 부피가 SO₃ 흡수열 및 황산 응축열을 고압 보일러 급수로 전달하기 위하여 이용 가능하도록 한다. 이는 일반적으로, 고압 보일러 급수로의 열전달을 위하여 사용되는 교환기의 배열의 열교환기의 시리즈 전역에서 바람직한 로그 평균 Δt를 보장한다.
- [0152] 인터페이스 흡수 제거는 공정으로부터 테일 가스의 이산화황 함량을 근소하게 증가시킬 수 있다. 그러나, 위에 기재된 바와 같이, 테일 가스의 SO₂ 함유물은, 예를 들어 각각 명시적으로 본 발명에 참조로 포함되는 2010년 10월 20일 자 출원의 미국 가출원 제61/408,420호, 2012년 5월 2일 자 출원의 미국 가출원 제61/641,833호(대리인 사건 번호 ENV 10308) 및 2013년 3월 15일 자 출원의 미국 가출원 제61/793,571호(대리인 사건 번호 ENV 10309)에 기초한, 동시계류 중이고 공동양도된 공개특허 US 2012/0107209 A1에 다양하게 기재된 흡수 및 스트리핑 공정에 따라, 가스가 SO₂ 흡수기를 통과하고 결과적인 흡수액으로부터 SO₂를 스트리핑하는 것에 의하여 제거되고 회수될 수 있다. 본 명세서에 기재된 바와 같은 단일 삼산화황 흡수 시스템만을 가지는 접촉 황산 공정이 미국 가출원 제61/641,833호 또는 제61/793,571호(대리인 사건 번호 ENV 10308 또는 ENV 10309)에 기재되는 바와 같은 이산화황 회수 공정과 결합될 경우, 매우 높은 에너지 효율 및 낮은 SO₂ 방출이 모두 달성된다. 외부 에너지 요구량이 실질적으로 없을 수 있고, 냉각수 필요량도 거의 그러하다. 단지 시스템으로부터 주위로의 물질 에너지 손실만이 스트리핑 응축물에서 발생한 오버헤드에 대한 응축기에 존재하고, 상기 스트리핑 응축물은 접촉 황산 공정과 통합된 SO₂ 흡수 및 스트리핑 시스템에서 회수된 SO₂ 스트림으로부터 응축된다.
- [0153] 본 발명의 추가의 바람직한 구체예에서, 일반적으로 위에 기재된 공정, 더욱 구체적으로 도 1 내지 8에 대한 공정은, HRS 흡수 시스템이 압력하에 가동되는, 즉, 열회수 영역이 열회수 용기, 전형적으로 압력하에 조업되는 흡수탑 내에 포함되는 공정에서 실시될 수 있다. 바람직하게는, 압력 조업은 1차 흡수 영역을 나가는 가스 스트림이 냉각 및 회수 출구 가스 스트림으로부터의 잔류 SO₃ 회수를 위하여 2차 흡수 산과 접촉하는 2차 흡수 영역을 추가로 포함하는 열회수 용기에서 수행된다. 바람직하게는, 열회수 용기 내의 압력은 3 내지 15 psig, 더욱 바람직하게는 약 5 내지 약 15 psig, 가장 전형적으로 약 10 내지 약 15 psig 범위이다. 이는 실질적으로 가스 흐름 부피를 저하시키고, 시스템을 통하여 적당하게 증가된 압력 구배의 조절을 허용하며, 이들 두 가지가 열회수 영역 및 2차 흡수 영역을 포함하는 비싼 합금 흡수 컬럼의 필요 크기를 줄이는 작용을 한다.

도면

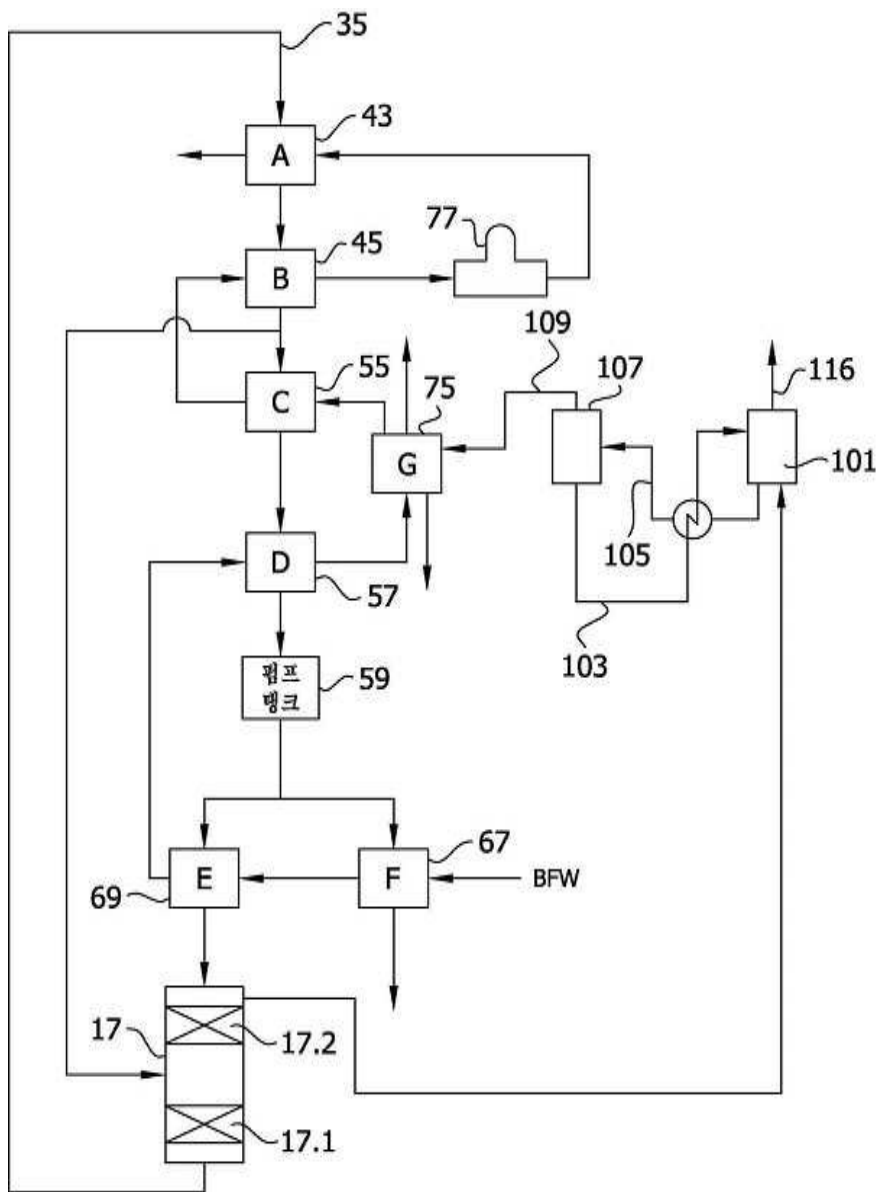
도면1



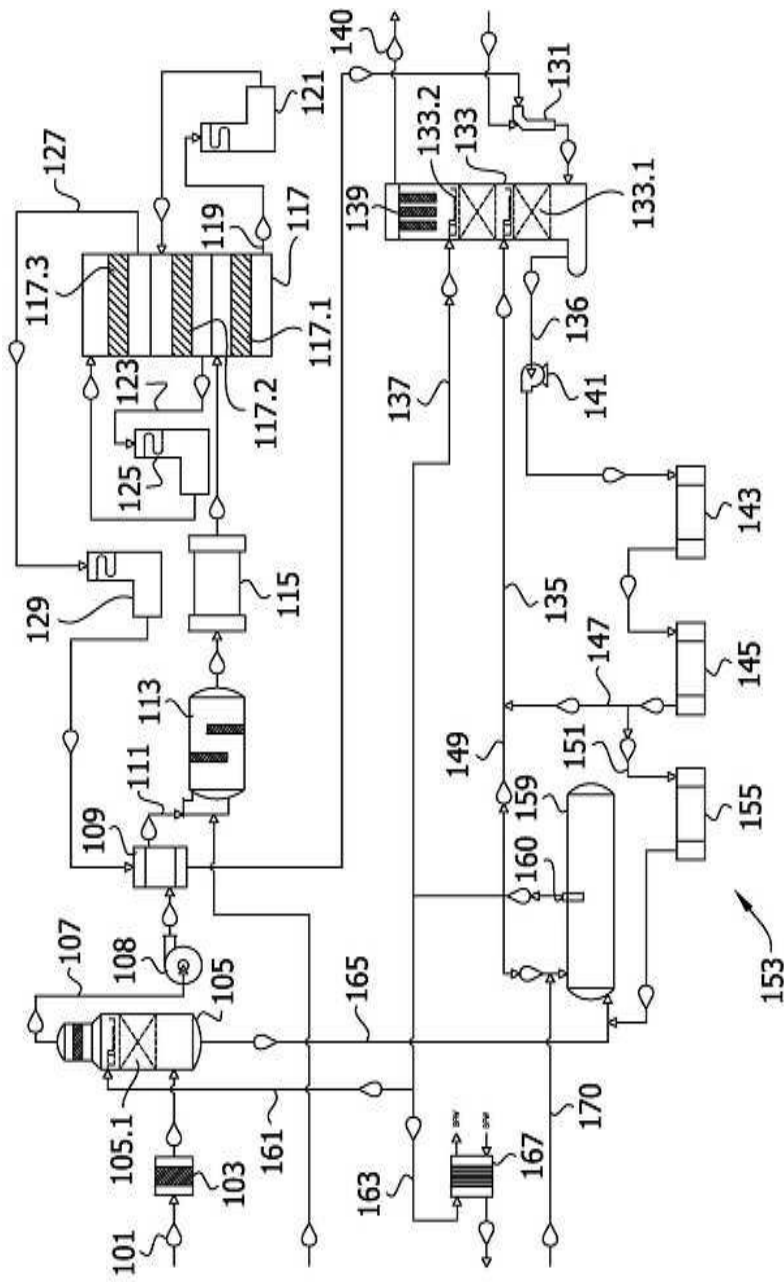
도면2



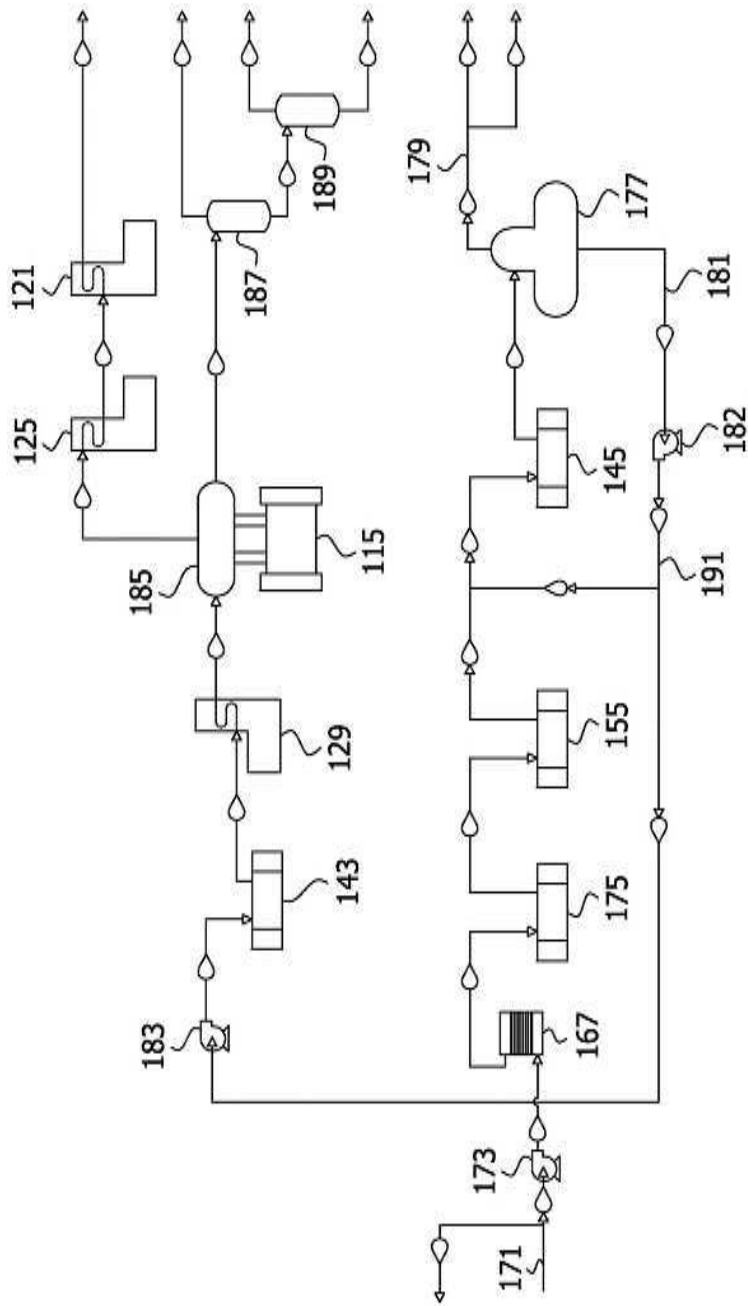
도면3



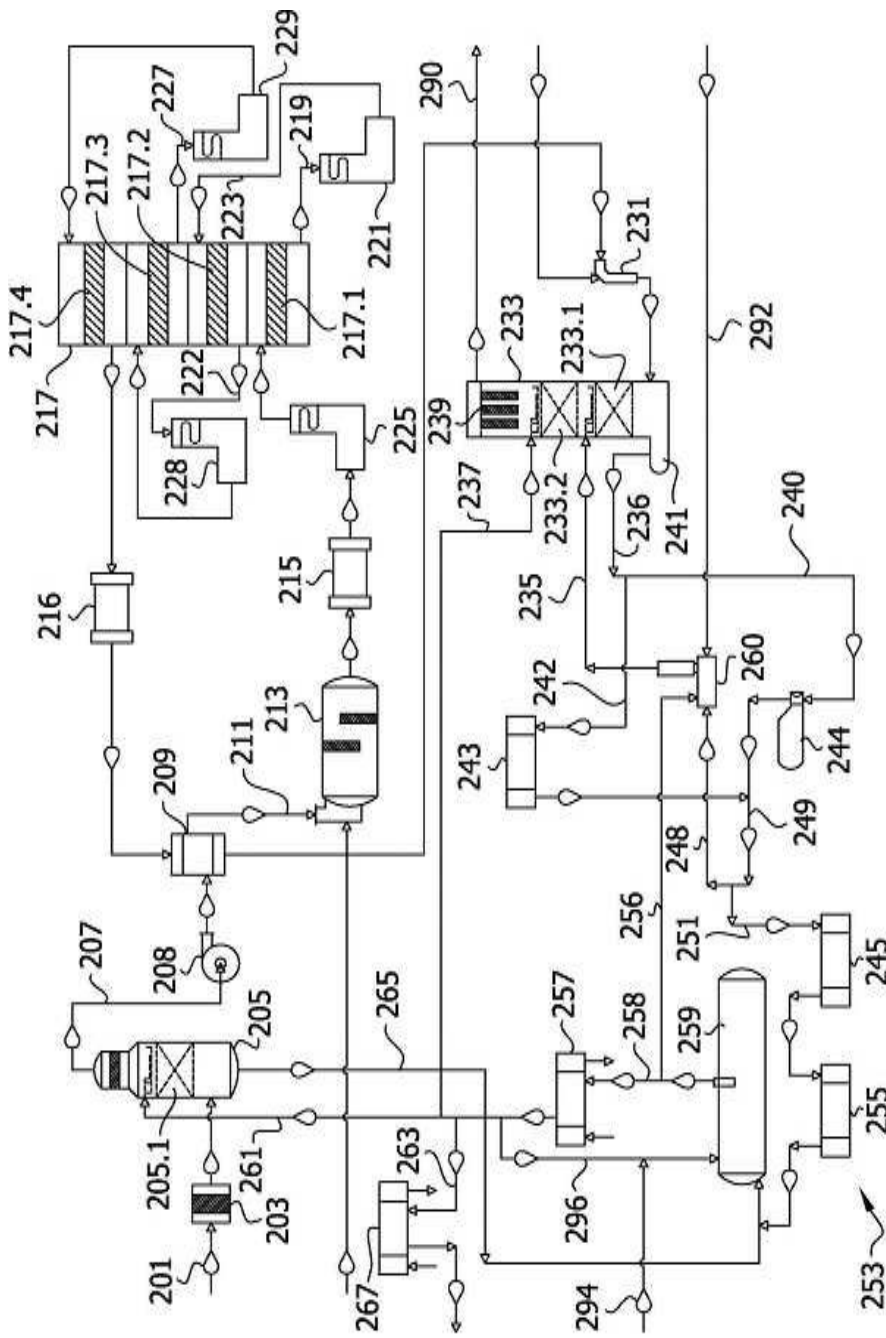
도면4



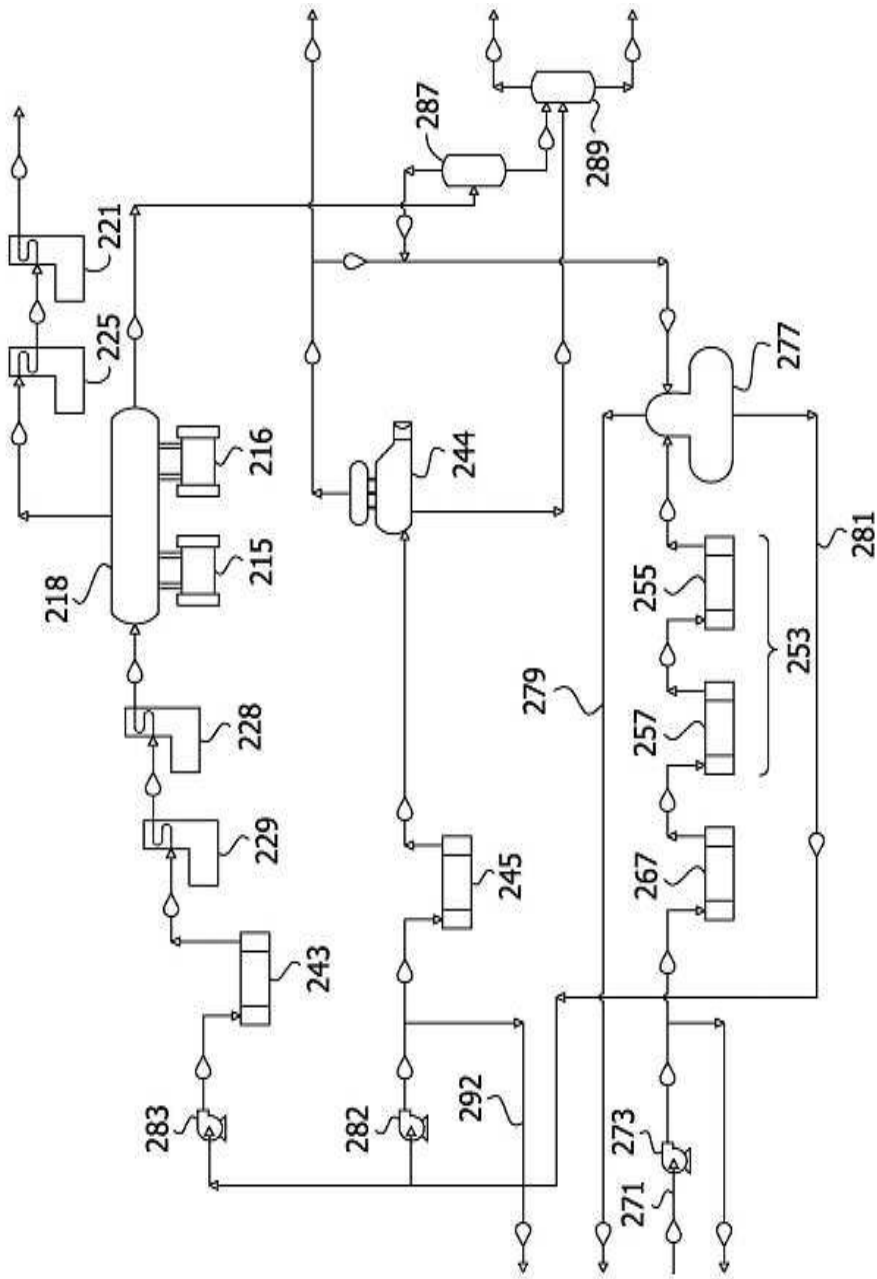
도면5



도면6



도면7



도면8

