



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0090437
(43) 공개일자 2024년06월21일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C21C 7/00 (2014.01) C21C 5/28 (2006.01)
C21C 5/46 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C21C 7/00 (2013.01)
C21C 5/28 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7015910
- (22) 출원일자(국제) 2022년11월11일
심사청구일자 2024년05월13일
- (85) 번역문제출일자 2024년05월13일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2022/042138
- (87) 국제공개번호 WO 2023/095647
국제공개일자 2023년06월01일
- (30) 우선권주장
JP-P-2021-193655 2021년11월29일 일본(JP)

- (71) 출원인
제이에프이 스틸 가부시키키가이샤
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방 3고
- (72) 발명자
가세 히로토
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 지테크자이 산부 나이
- 스기노 도모히로
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 지테크자이 산부 나이
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인코리아나

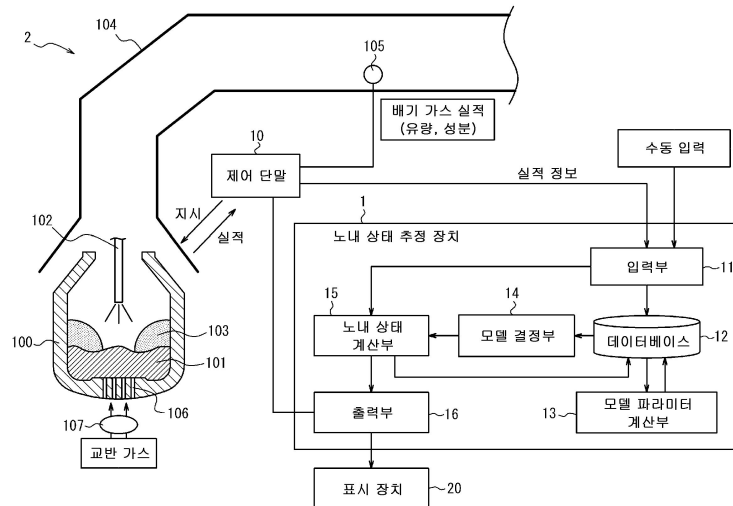
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 노내 상태 추정 장치, 노내 상태 추정 방법 및 용강 제조 방법

(57) 요약

노내 상태 추정 장치 (1) 는, 실적 정보와 정련 처리의 조건이 입력되는 입력부 (11) 와, 취련 반응에 관한 모델의 모델 파라미터와, 실적 정보와, 정련 처리의 조건이 기억되는 데이터베이스로부터 취득한 과거의 모델 파라미터를 사용하여, 대상 차지의 정련 처리에 있어서의 모델 파라미터를 결정하는 모델 결정부 (14) 와, 결정된 모델 파라미터를 사용하여, 용탕의 온도 및 성분 농도 그리고 슬래그의 성분 농도를 포함하는 노내의 상태량을 계산하는 노내 상태 계산부 (15) 와, 대상 차지의 정련 처리의 결과를 포함하는 실적 정보를 사용하여, 정련 처리에 있어서의 특정 기간의 시점에서 종점까지의 노내의 물질 수지 오차 및 열수지 오차를 나타내는 항을 포함하는 평가 함수에 기초하여, 대상 차지의 정련 처리에 있어서의 모델 파라미터를 계산하는 모델 파라미터 계산부 (13) 를 구비한다.

대표도



(52) CPC특허분류

C21C 5/4673 (2013.01)

C21C 2300/06 (2013.01)

(72) 발명자

가와바타 료

일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시키가이샤 지테크자이산
부 나이

기무라 유키

일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방
3고 제이에프이 스틸 가부시키가이샤 지테크자이산
부 나이

명세서

청구범위

청구항 1

정련 설비에 있어서의 정련 처리의 개시 전 또는 처리 중의 용탕의 온도 및 성분 농도 그리고 슬래그의 성분 농도의 계측 결과, 상기 정련 설비로부터 배출되는 배기 가스의 유량 및 성분 농도를 포함하는 정련 설비에 대한 계측 결과를 포함하는 실적 정보와, 상기 정련 처리의 조건이 입력되는 입력부와,

상기 정련 설비에 있어서의 취련 반응에 관한 모델의 모델 파라미터와, 상기 실적 정보와, 상기 정련 처리의 조건이 기억되는 데이터베이스로부터 취득한 과거의 상기 모델 파라미터를 사용하여, 대상 차지의 상기 정련 처리에 있어서의 상기 모델 파라미터를 결정하는 모델 결정부와,

결정된 상기 모델 파라미터를 사용하여, 상기 용탕의 온도 및 성분 농도 그리고 슬래그의 성분 농도를 포함하는 노내의 상태량을 계산하는 노내 상태 계산부와,

상기 대상 차지의 상기 정련 처리의 결과를 포함하는 상기 실적 정보를 사용하여, 상기 정련 처리에 있어서의 특정 기간의 시점에서 종점까지의 상기 노내의 물질 수지 오차 및 열수지 오차를 나타내는 항을 포함하는 평가 함수에 기초하여, 상기 대상 차지의 상기 정련 처리에 있어서의 상기 모델 파라미터를 계산하는 모델 파라미터 계산부를 구비하는, 노내 상태 추정 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 모델 결정부는, 상기 데이터베이스에 기억된 과거의 상기 모델 파라미터 가운데, 상기 대상 차지의 상기 정련 처리의 조건에 유사한 과거의 상기 정련 처리의 상기 모델 파라미터를 평균함으로써, 상기 대상 차지의 상기 정련 처리에 있어서의 상기 모델 파라미터를 결정하는, 노내 상태 추정 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 모델 결정부는, 상기 데이터베이스에 기억된 과거의 상기 모델 파라미터와, 상기 정련 처리에 있어서의 처리 횟수, 처리 일시, 정련 설비의 사용 횟수 중 적어도 하나를 포함하는 정련 처리의 조건과의 관계를 모델화하고, 상기 모델로부터 상기 대상 차지의 상기 정련 처리에 있어서의 상기 파라미터를 결정하는, 노내 상태 추정 장치.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 모델 파라미터는, 상기 노내에 투입되는 탄소량의 특정 기간의 적산량, 노외로 배출되는 탄소량의 특정 기간의 적산량, 상기 노내에 투입되는 산소량, 상기 노외로 배출되는 산소량, 상기 용탕 중의 각종 금속 불순물 산화에 사용되는 산소량 및 상기 노내의 열량 변화에 의한 용탕 온도 변화량의 특정 기간의 적산량 중 적어도 하나를 보정하는 계수 또는 정수항을 포함하는, 노내 상태 추정 장치.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 평가 함수는, 탄소 수지 밸런스를 나타내는 항과, 산소 수지 밸런스를 나타내는 항과, 열수지 밸런스를 나타내는 항의 가중합으로 구성되는, 노내 상태 추정 장치.

청구항 6

노내 상태 추정 장치가 실행하는 노내 상태 추정 방법으로서,

정련 설비에 있어서의 정련 처리의 개시 전 또는 처리 중의 용탕의 온도 및 성분 농도 그리고 슬래그의 성분 농도의 계측 결과, 상기 정련 설비로부터 배출되는 배기 가스의 유량 및 성분 농도를 포함하는 정련 설비에 대한 계측 결과를 포함하는 실적 정보와, 상기 정련 처리의 조건이 입력되는 입력 스텝과,

상기 정련 설비에 있어서의 취련 반응에 관한 모델의 모델 파라미터와, 상기 실적 정보와, 상기 정련 처리의 조건이 기억되는 데이터베이스로부터 취득한 과거의 상기 모델 파라미터를 사용하여, 대상 차지의 상기 정련 처리에 있어서의 상기 모델 파라미터를 결정하는 모델 결정 스텝과,

결정된 상기 모델 파라미터를 사용하여, 상기 용탕의 온도 및 성분 농도 그리고 슬래그의 성분 농도를 포함하는 노내의 상태량을 계산하는 노내 상태 계산 스텝과,

상기 대상 차지의 상기 정련 처리의 결과를 포함하는 상기 실적 정보를 사용하여, 상기 정련 처리에 있어서의 특정 기간의 시점에서 종점까지의 상기 노내의 물질 수지 오차 및 열수지 오차를 나타내는 항을 포함하는 평가 함수에 기초하여, 상기 대상 차지의 상기 정련 처리에 있어서의 상기 모델 파라미터를 계산하는 모델 파라미터 계산 스텝을 포함하는, 노내 상태 추정 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 모델 결정 스텝은, 상기 데이터베이스에 기억된 과거의 상기 모델 파라미터 가운데, 상기 대상 차지의 상기 정련 처리의 조건에 유사한 과거의 상기 정련 처리의 상기 모델 파라미터를 평균함으로써, 상기 대상 차지의 상기 정련 처리에 있어서의 상기 모델 파라미터를 결정하는, 노내 상태 추정 방법.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 모델 결정 스텝은, 상기 데이터베이스에 기억된 과거의 상기 모델 파라미터와, 상기 정련 처리에 있어서의 처리 횟수, 처리 일시, 정련 설비의 사용 횟수 중 적어도 하나를 포함하는 정련 처리의 조건과의 관계를 모델화하고, 상기 모델로부터 상기 대상 차지의 상기 정련 처리에 있어서의 상기 파라미터를 결정하는, 노내 상태 추정 방법.

청구항 9

제 6 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 기재된 노내 상태 추정 방법에 의해 추정되는 상기 용탕의 온도 및 성분 농도 그리고 슬래그의 성분 농도에 기초하여, 상취 산소의 유량 및 속도, 상취 랜스의 높이, 하취 가스의 유량, 석회, 철광석 등의 부원료의 투입량 및 투입 타이밍, 상기 용탕을 샘플링하는 타이밍 그리고 취련을 종료하는 타이밍 중 적어도 하나를 결정하여 정련 조업을 실시하고, 용강을 제조하는 용강 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는, 노내 상태 추정 장치, 노내 상태 추정 방법 및 용강 제조 방법에 관한 것이다. 본 개시는, 특히, 철강업의 정련 설비에 있어서의 용탕 중 및 슬래그 중의 성분 농도를 추정하는 노내 상태 추정 장치, 노내 상태 추정 방법 및 용강 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 제철소에서는, 예비 처리 설비, 전로 및 2 차 정련 설비 등의 정련 설비에 있어서, 고로에서 출선된 용선의 성분 및 온도의 조절을 실시한다. 전로는 노내에 산소를 불어넣음으로써 용탕 중의 불순물 제거 및 승온을 실시하는 프로세스이고, 강의 품질 관리 및 정련 비용 합리화 등의 면에서 매우 중요한 역할을 담당한다. 여기서, 전로에 있어서의 용탕 성분 및 용탕 온도의 제어에서는, 예를 들어 상취 산소의 유량 및 속도, 상취 랜스의 높이, 하취 가스의 유량 등이 조작량으로서 사용된다. 또, 석회, 철광석 등의 부원료의 투입량 및 투입 타이밍, 용탕을 샘플링하는 타이밍, 취련을 종료하는 타이밍 등이 조작량으로서 사용된다. 이들 조작량은, 용탕 온도와 용탕 성분 및 슬래그 성분 등의 노내 상태에 따라 최적화되어야 한다. 노내 상태를 고정밀도로 추정하여 조작량을 적정화하기 위해, 정련 처리 중에 있어서 연속적으로 계측 가능한 배기 가스 계측치를 포함

하는 정련 설비에 대한 계측 정보를 이용하여, 노내의 물질 수지 및 열수지 계산을 실시하는 방법이 제안되어 있다. 이 방법은, 일반적으로, 용탕 온도와 용탕 성분 및 슬래그 성분을 고정밀도 또한 리얼타임으로 추정할 수 있다고 알려져 있다. 그러나, 정련 설비에 있어서의 노내 내화물의 손모, 투입 부원료의 성분 변동, 계측 정밀도의 저하 등의 정련 설비 환경의 변동으로 인해 상태 추정 모델의 정밀도가 종종 열화된다는 과제가 있다.

[0003] 이와 같은 모델의 정밀도를 유지하기 위해서 모델 파라미터를 최적화하는 수법으로서, 예를 들어 특허문헌 1은, 전로의 독립된 모델식에 있어서의 파라미터의 값을, 과거의 실적 정보로부터 처리 조건이 유사한 실적을 추출하여 산출하는 방법을 제안한다.

[0004] 또, 예를 들어 특허문헌 2는, 2차 정련 설비에 있어서의 용탕 온도 추정 모델의 복수의 파라미터를, 열수지가 균형잡히도록 설정한 연립 방정식의 근사해를 구함으로써 결정하는 방법을 제안한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 2005-036289호

(특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 2004-360044호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 여기서, 특허문헌 1은, 모델식으로서, 독립된 물리 반응 모델 또는 1차 결합 모델을 대상으로 한다. 그 때문에, 특허문헌 1의 기술은, 노내의 물질 수지 및 열수지 계산에 기초한 상태 추정 모델과 같이, 노내 반응량 및 승온량이 복잡하게 서로 작용하는 모델에 대한 적용이 어렵다.

[0007] 특허문헌 2에서는, 복수의 모델식과 파라미터가 서로 작용하는 온도 추정 모델식에 대해, 열수지가 균형잡히도록 설정한 연립 방정식의 근사해를 구하는 방법을 제안한다. 그러나, 특허문헌 2는, 노내의 반응량 산출에 있어서, 배기 가스 계측치를 포함하는 계측 정보를 사용한 노내 물질 수지 계산에 대해 기재하고 있지 않다. 그 때문에, 특허문헌 2의 기술은, 열수지에 더해 노내 물질 수지가 서로 작용하는 모델에 대한 적용이 어렵다.

[0008] 그 때문에, 노내의 물질 수지 및 열수지가 복잡하게 서로 작용하는 모델에 대해서도 유효한 모델 파라미터 결정 방법이 요구되고 있다.

[0009] 이러한 사정을 감안하여 이루어진 본 개시의 목적은, 용탕 중 및 슬래그 중의 성분 농도를 고정밀도 또한 연속적으로 추정 가능한 노내 상태 추정 장치, 노내 상태 추정 방법 및 용강 제조 방법을 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0010] (1) 본 개시의 일 실시형태에 관련된 노내 상태 추정 장치는,

[0011] 정련 설비에 있어서의 정련 처리의 개시 전 또는 처리 중의 용탕의 온도 및 성분 농도 그리고 슬래그의 성분 농도의 계측 결과, 상기 정련 설비로부터 배출되는 배기 가스의 유량 및 성분 농도를 포함하는 정련 설비에 대한 계측 결과를 포함하는 실적 정보와, 상기 정련 처리의 조건이 입력되는 입력부와,

[0012] 상기 정련 설비에 있어서의 취련 반응에 관한 모델의 모델 파라미터와, 상기 실적 정보와, 상기 정련 처리의 조건이 기억되는 데이터베이스로부터 취득한 과거의 상기 모델 파라미터를 사용하여, 대상 차지의 상기 정련 처리에 있어서의 상기 모델 파라미터를 결정하는 모델 결정부와,

[0013] 결정된 상기 모델 파라미터를 사용하여, 상기 용탕의 온도 및 성분 농도 그리고 슬래그의 성분 농도를 포함하는 노내의 상태량을 계산하는 노내 상태 계산부와,

[0014] 상기 대상 차지의 상기 정련 처리의 결과를 포함하는 상기 실적 정보를 사용하여, 상기 정련 처리에 있어서의 특정 기간의 시점에서 종점까지의 상기 노내의 물질 수지 오차 및 열수지 오차를 나타내는 향을 포함하는 평가

함수에 기초하여, 상기 대상 차지의 상기 정련 처리에 있어서의 상기 모델 파라미터를 계산하는 모델 파라미터 계산부를 구비한다.

- [0015] (2) 본 개시의 일 실시형태로서, (1)에 있어서,
- [0016] 상기 모델 결정부는, 상기 데이터베이스에 기억된 과거의 상기 모델 파라미터 가운데, 상기 대상 차지의 상기 정련 처리의 조건에 유사한 과거의 상기 정련 처리의 상기 모델 파라미터를 평균함으로써, 상기 대상 차지의 상기 정련 처리에 있어서의 상기 모델 파라미터를 결정한다.
- [0017] (3) 본 개시의 일 실시형태로서, (1)에 있어서,
- [0018] 상기 모델 결정부는, 상기 데이터베이스에 기억된 과거의 상기 모델 파라미터와, 상기 정련 처리에 있어서의 처리 횟수, 처리 일시, 정련 설비의 사용 횟수 중 적어도 하나를 포함하는 정련 처리의 조건과의 관계를 모델화하고, 상기 모델로부터 상기 대상 차지의 상기 정련 처리에 있어서의 상기 파라미터를 결정한다.
- [0019] (4) 본 개시의 일 실시형태로서, (1) 내지 (3) 중 어느 하나에 있어서,
- [0020] 상기 모델 파라미터는, 상기 노내에 투입되는 탄소량의 특정 기간의 적산량, 노외로 배출되는 탄소량의 특정 기간의 적산량, 상기 노내에 투입되는 산소량, 상기 노외로 배출되는 산소량, 상기 용탕 중의 각종 금속 불순물 산화에 사용되는 산소량 및 상기 노내의 열량 변화에 의한 용탕 온도 변화량의 특정 기간의 적산량 중 적어도 하나를 보정하는 계수 또는 정수(定數) 항을 포함한다.
- [0021] (5) 본 개시의 일 실시형태로서, (1) 내지 (4) 중 어느 하나에 있어서,
- [0022] 상기 평가 함수는, 탄소 수지 밸런스를 나타내는 항과, 산소 수지 밸런스를 나타내는 항과, 열수지 밸런스를 나타내는 항의 가중합으로 구성된다.
- [0023] (6) 본 개시의 일 실시형태에 관련된 노내 상태 추정 방법은,
- [0024] 노내 상태 추정 장치가 실행하는 노내 상태 추정 방법으로서,
- [0025] 정련 설비에 있어서의 정련 처리의 개시 전 또는 처리 중의 용탕의 온도 및 성분 농도 그리고 슬래그의 성분 농도의 예측 결과, 상기 정련 설비로부터 배출되는 배기 가스의 유량 및 성분 농도를 포함하는 정련 설비에 대한 예측 결과를 포함하는 실적 정보와, 상기 정련 처리의 조건이 입력되는 입력 스텝과,
- [0026] 상기 정련 설비에 있어서의 취련 반응에 관한 모델의 모델 파라미터와, 상기 실적 정보와, 상기 정련 처리의 조건이 기억되는 데이터베이스로부터 취득한 과거의 상기 모델 파라미터를 사용하여, 대상 차지의 상기 정련 처리에 있어서의 상기 모델 파라미터를 결정하는 모델 결정 스텝과,
- [0027] 결정된 상기 모델 파라미터를 사용하여, 상기 용탕의 온도 및 성분 농도 그리고 슬래그의 성분 농도를 포함하는 노내의 상태량을 계산하는 노내 상태 계산 스텝과,
- [0028] 상기 대상 차지의 상기 정련 처리의 결과를 포함하는 상기 실적 정보를 사용하여, 상기 정련 처리에 있어서의 특정 기간의 시점에서 종점까지의 상기 노내의 물질 수지 오차 및 열수지 오차를 나타내는 항을 포함하는 평가 함수에 기초하여, 상기 대상 차지의 상기 정련 처리에 있어서의 상기 모델 파라미터를 계산하는 모델 파라미터 계산 스텝을 포함한다.
- [0029] (7) 본 개시의 일 실시형태로서, (6)에 있어서,
- [0030] 상기 모델 결정 스텝은, 상기 데이터베이스에 기억된 과거의 상기 모델 파라미터 가운데, 상기 대상 차지의 상기 정련 처리의 조건에 유사한 과거의 상기 정련 처리의 상기 모델 파라미터를 평균함으로써, 상기 대상 차지의 상기 정련 처리에 있어서의 상기 모델 파라미터를 결정한다.
- [0031] (8) 본 개시의 일 실시형태로서, (6)에 있어서,
- [0032] 상기 모델 결정 스텝은, 상기 데이터베이스에 기억된 과거의 상기 모델 파라미터와, 상기 정련 처리에 있어서의 처리 횟수, 처리 일시, 정련 설비의 사용 횟수 중 적어도 하나를 포함하는 정련 처리의 조건과의 관계를 모델화하고, 상기 모델로부터 상기 대상 차지의 상기 정련 처리에 있어서의 상기 파라미터를 결정한다.
- [0033] (9) 본 개시의 일 실시형태에 관련된 용탕 제조 방법은,
- [0034] (6) 내지 (8) 중 어느 하나의 노내 상태 추정 방법에 의해 추정되는 상기 용탕의 온도 및 성분 농도 그리고 슬

래그의 성분 농도에 기초하여, 상취 산소의 유량 및 속도, 상취 랜스의 높이, 하취 가스의 유량, 석회, 철광석 등의 부원료의 투입량 및 투입 타이밍, 상기 용탕을 샘플링하는 타이밍 그리고 취련을 종료하는 타이밍 중 적어도 하나를 결정하여 정련 조업을 실시하고, 용강을 제조한다.

발명의 효과

[0035] 본 개시에 의하면, 용탕 중 및 슬래그 중의 성분 농도를 고정밀도 또한 연속적으로 추정 가능한 노내 상태 추정 장치, 노내 상태 추정 방법 및 용강 제조 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0036] 도 1 은, 본 개시의 일 실시형태인 노내 상태 추정 장치의 구성을 나타내는 모식도이다.
 도 2 는, 데이터베이스의 구성예를 나타내는 도면이다.
 도 3 은, 본 개시의 일 실시형태인 노내 상태 추정 방법의 처리를 나타내는 플로 차트이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 이하, 도면을 참조하여 본 개시의 일 실시형태에 관련된 노내 상태 추정 장치, 노내 상태 추정 방법 및 용강 제조 방법이 설명된다.

[0038] [노내 상태 추정 장치의 구성]

[0039] 도 1 은, 본 개시의 일 실시형태에 관련된 노내 상태 추정 장치 (1) 의 구성을 나타내는 모식도이다. 본 실시형태에 있어서, 노내 상태 추정 장치 (1) 는, 철강업에 있어서의 용강을 제조하는 설비의 일부로서 사용된다. 용강을 제조하는 설비는, 정련 설비 (2) 와, 노내 상태 추정 장치 (1) 를 포함하는 취련 제어 시스템을 구비한다.

[0040] 도 1 에 나타내는 바와 같이, 정련 설비 (2) 는, 전로 (100), 랜스 (102) 및 덕트 (104) 를 구비하고 있다. 랜스 (102) 는, 전로 (100) 내의 용탕 (101) 상에 배치되어 있다. 랜스 (102) 의 선단으로부터 하방의 용탕 (101) 을 향하여 고압 산소가 분출된다. 이 고압 산소에 의해 용탕 (101) 내의 불순물이 산화되어 슬래그 (103) 내에 도입된다 (정련 처리). 덕트 (104) 는, 배기 가스 도연용의 연도 설비로서, 전로 (100) 의 상부에 설치되어 있다.

[0041] 덕트 (104) 의 내부에는, 배기 가스 검출부 (105) 가 배치되어 있다. 배기 가스 검출부 (105) 는, 정련 처리에 수반하여 배출되는 배기 가스의 유량 및 성분 농도 (예를 들어 CO, CO₂, O₂, N₂, Ar 등의 농도) 를 검출한다. 배기 가스 검출부 (105) 는, 배기 가스 계측으로서, 예를 들어 덕트 (104) 내에 형성된 벤투리관의 전후의 차압에 기초하여 덕트 (104) 내의 배기 가스의 유량을 계측한다. 또, 배기 가스 검출부 (105) 는, 배기 가스 계측으로서, 배기 가스 중의 각 성분의 농도 [%] 를 계측한다. 배기 가스의 유량 및 성분 농도는, 예를 들어 몇 초 주기로 계측된다. 배기 가스 검출부 (105) 의 검출 결과를 나타내는 신호는 제어 단말 (10) 에 보내진다.

[0042] 전로 (100) 내의 용탕 (101) 에는, 전로 (100) 의 저부에 형성되어 있는 통기공 (106) 을 거쳐 교반 가스가 불어넣어진다. 교반 가스는, Ar 등의 불활성 가스이다. 불어넣어진 교반 가스는, 용탕 (101) 을 교반하고, 고압 산소와 용탕 (101) 의 반응을 촉진한다. 유량계 (107) 는, 전로 (100) 에 불어넣어지는 교반 가스의 유량을 계측한다. 취련 개시 직전 및 취련 후에는, 용탕 (101) 의 온도 및 성분 농도의 분석이 실시된다. 또, 용탕 (101) 의 온도 및 성분 농도는, 취련 도중에 한 번 또는 복수 회 계측되고, 계측된 온도 및 성분 농도에 기초하여 고압 산소의 공급량 (송산량) 및 속도 (송산 속도) 그리고 교반 가스의 유량 (교반 가스 유량) 등이 결정된다.

[0043] 취련 제어 시스템은, 제어 단말 (10), 표시 장치 (20) 및 노내 상태 추정 장치 (1) 를 주된 구성 요소로서 구비하고 있다. 제어 단말 (10) 은, 퍼스널 컴퓨터 또는 워크스테이션 등의 정보 처리 장치에 의해 구성되기도 된다. 제어 단말 (10) 은, 용탕 (101) 의 온도 및 성분 농도가 원하는 범위 내가 되도록 송산량, 송산 속도 및 교반 가스 유량을 제어함과 함께, 송산량, 송산 속도 및 교반 가스 유량의 실적값의 데이터를 수집한다. 표시 장치 (20) 는, 예를 들어 액정 디스플레이 (Liquid Crystal Display) 또는 CRT (Cathode Ray Tube) 디스플레이에 의해 구성되기도 된다. 표시 장치 (20) 는, 노내 상태 추정 장치 (1) 로부터 출력된 계산 결과 등

을 표시해도 된다.

- [0044] 노내 상태 추정 장치 (1) 는, 정련 설비 (2) 로 처리되어 있는 용탕 (101) 의 온도 및 성분 농도 그리고 슬래그 (103) 의 성분 농도를 추정하는 장치이다. 노내 상태 추정 장치 (1) 는, 퍼스널 컴퓨터 또는 워크스테이션 등의 정보 처리 장치에 의해 구성되어 있다. 노내 상태 추정 장치 (1) 는, 입력부 (11), 데이터베이스 (12), 모델 파라미터 계산부 (13), 모델 결정부 (14), 노내 상태 계산부 (15) 및 출력부 (16) 를 구비하고 있다.
- [0045] 입력부 (11) 는, 정련 설비 (2) 에 관한 각종 계측 결과인 실적 정보 (실적 데이터) 등이 입력되는 입력용 인터페이스이다. 입력부 (11) 는, 예를 들어 키보드, 마우스, 포인팅 디바이스, 데이터 수신 장치 및 그래픽컬 유저 인터페이스 (GUI) 등 중 적어도 하나여도 된다. 본 실시형태에 있어서, 입력부 (11) 는, 실적 정보, 파라미터 설정치 등을 외부로부터 수취하고, 그 정보의 데이터베이스 (12) 에 대한 기록 및 노내 상태 계산부 (15) 에 대한 송신을 실시한다. 입력부 (11) 에는, 제어 단말 (10) 로부터 실적 정보가 입력된다. 실적 정보는, 배기 가스 검출부 (105) 에 의해 계측된 배기 가스의 유량 및 성분 농도에 대한 정보, 송산량 및 송산 속도의 정보, 교반 가스 유량의 정보, 원료 (주원료, 부원료) 투입량의 정보, 용탕 (101) 의 온도 및 성분 농도 그리고 슬래그 (103) 의 성분 농도 등이 포함된다. 이들 정보는, 후술하는 도 2 의 실적 정보에 있어서의 항목 1 ~ 항목 M 에 대응한다. 또, 입력부 (11) 는, 예를 들어 정련 설비 (2) 의 오퍼레이터 등에 의한 수동에서의 데이터 입력 (수동 입력) 이 가능해도 된다. 수동 입력에 의해, 모델식 (이하, 간단히 「모델」 이라고도 칭해진다) 의 파라미터 설정치가 입력될 수 있다. 본 실시형태에 있어서, 입력부 (11) 는, 후술하는 정련 처리의 조건 및 조작량 정보도 수취한다. 또, 입력부 (11) 는, 정련 처리의 개시 전 또는 처리 중 또는 처리 종료 후에 실적 정보 등을 취득해도 된다.
- [0046] 데이터베이스 (12) 는, 정련 설비 (2) 에 있어서의 취련 반응에 관한 모델의 정보, 정련 처리의 실적 정보 및 노내 상태 추정 장치 (1) 의 계산 결과를 기억한다. 데이터베이스 (12) 는, 예를 들어 메모리 및 하드 디스크 드라이브 등의 기억 장치로 구성된다. 기억 장치는 추가로 컴퓨터 프로그램을 기억해도 된다. 데이터베이스 (12) 는, 취련 반응에 관한 모델의 정보로서, 모델식 및 모델식의 파라미터 (이하 「모델 파라미터」) 를 기억하고 있다. 모델 파라미터는 모델 파라미터 계산부 (13) 에 의해 계산된다. 또, 데이터베이스 (12) 에는, 입력부 (11) 에 입력된 각종 정보, 노내 상태 계산부 (15) 에 의해 계산된 취련 실적에 있어서의 계산·해석 결과가 기억되어도 된다.
- [0047] 도 2 는, 데이터베이스 (12) 의 구성예를 나타내는 도면이다. 본 실시형태에 있어서, 데이터베이스 (12) 는, N 회 (N 차지) 의 정련 처리에 있어서의, 조건, 실적 정보 및 계산 결과인 모델 파라미터를 차지의 식별 번호와 관련지어 기억한다. N 은 예를 들어 2 이상의 정수이다. 도 2 의 예에 있어서, 가장 왼쪽의 란은 차지의 식별 번호를 나타낸다. 예를 들어 N 회째의 정련 처리에 있어서, 데이터베이스 (12) 는, 과거의 N-1 회의 정련 처리에 있어서의 실적 정보 및 모델 파라미터를 기억하고 있다. N 회째의 정련 처리에 있어서, 모델 결정부 (14) 가 후술하는 바와 같이 모델 파라미터를 결정하는 경우에, 데이터베이스 (12) 에 기억된 과거의 N-1 회분의 정련 처리의 정보가 후보로서 사용된다. 또, N 회째의 정련 처리가 종료되면, N 회째의 정련 처리에 있어서의 실적 정보 및 계산 결과가 데이터베이스 (12) 에 추가된다 (도 2 의 굵은 테두리 부분 참조). 그 후에, N + 1 회째의 정련 처리에 있어서, 모델 결정부 (14) 가 모델 파라미터를 결정하는 경우에, 데이터베이스 (12) 에 기억된 과거의 N 회분의 정련 처리의 정보가 후보로서 사용된다.
- [0048] 모델 파라미터 계산부 (13), 모델 결정부 (14) 및 노내 상태 계산부 (15) 는, 예를 들어 CPU 등의 연산 처리 장치로 구성된다. 모델 파라미터 계산부 (13), 모델 결정부 (14) 및 노내 상태 계산부 (15) 는, 예를 들어 연산 처리 장치가 컴퓨터 프로그램을 읽어들이 실행함으로써 실현되어도 된다. 또, 모델 파라미터 계산부 (13), 모델 결정부 (14) 및 노내 상태 계산부 (15) 는 전용의 연산 장치 또는 연산 회로를 갖고 있어도 된다.
- [0049] 모델 파라미터 계산부 (13) 는, 노내의 물질 수지 및 열수지에 기초하여, 수지 오차가 최소가 되도록 취련 반응에 관한 모델의 모델 파라미터를 계산하고, 데이터베이스 (12) 에 기억한다. 모델 파라미터 계산부 (13) 는, 1 회의 정련 처리가 종료되고 나서, 그 정련 처리의 결과인 실적 정보를 사용하여 물질 수지 및 열수지의 계산을 실시한다.
- [0050] 물질 수지 계산은, 전로 (100) 내에 대한 각 성분의 투입량 및 전로 (100) 로부터의 각 성분의 배출량을 계산하는 것이다. 각 성분의 투입량은, 전로 (100) 에 대한 주원료 및 부원료 투입량, 랜스 (102) 로부터의 공급 산소 및 전로 (100) 밖으로부터의 혼입 공기량으로부터 계산된다. 각 성분의 배출량은, 배기 가스 유량 및 배기 가스 성분 농도로부터 계산된다.

- [0051] 열수지 계산은, 전로 (100) 의 노내에 있어서의 입열량 및 배출 열량을 계산하는 것이다. 입열량은, 전로 (100) 에 삽입되는 주원료의 현열, 노내에서 일어나는 반응에 의한 반응열, 전로 (100) 에 투입되는 부원료의 용해열 등으로부터 계산된다. 배출 열량은, 노체 표면으로부터의 방열, 노구부로부터의 복사열, 교반 가스에 의한 발열 (拔熱), 노외로 배출되는 슬래그 (103), 배출 가스의 현열 등으로부터 계산된다.
- [0052] 모델 결정부 (14) 는, 데이터베이스 (12) 에 기억되어 있는 과거의 모델 파라미터를 취득한다. 모델 결정부 (14) 는, 과거의 모델 파라미터를 사용하여, 노내 상태 계산부 (15) 에서 이용하는 모델 파라미터를 결정하고, 노내 상태 계산부 (15) 에 송신한다.
- [0053] 노내 상태 계산부 (15) 는, 모델 결정부 (14) 에서 결정된 모델 파라미터, 입력부 (11) 가 수집한 실적 정보 및 파라미터 설정치 등에 기초하여, 용탕 (101) 의 온도 및 성분 농도 그리고 슬래그 (103) 의 성분 농도를 포함하는 전로 (100) 내의 상태량을 계산 (추정) 한다. 추정된 전로 (100) 내의 상태량은, 출력부 (16) 에 송신된다.
- [0054] 출력부 (16) 는, 노내 상태 추정 장치 (1) 에 의해 계산된 전로 (100) 내의 상태량을 제어 단말 (10) 에 송신한다. 정련 처리에 있어서, 노내 상태 추정 장치 (1) 로부터 출력된 계산 결과에 기초하여 각종 조작량의 결정 및 조업 조건의 변경이 실시된다. 또, 출력부 (16) 는, 노내 상태 추정 장치 (1) 로 계산된 정보를 표시 장치 (20) 에 송신하는 기능도 갖고 있어, 노내 상태 추정 장치 (1) 로부터 출력된 계산 결과를 표시시키는 것이 가능하다.
- [0055] 이와 같은 구성을 갖는 노내 상태 추정 장치 (1) 는, 이하에 설명하는 노내 상태 추정 방법의 처리를 실행함으로써, 용탕 (101) 중의 온도 및 성분 농도 그리고 슬래그 (103) 중의 성분 농도 등을 포함하는 전로 (100) 내의 상태량을 정밀도 높게 추정한다. 이하, 도 3 에 나타내는 플로 차트를 참조하여, 노내 상태 추정 방법을 실행할 때의 노내 상태 추정 장치 (1) 의 동작이 설명된다.
- [0056] [노내 상태 추정 방법]
- [0057] 도 3 은, 본 개시의 일 실시형태에 관련된 노내 상태 추정 방법의 처리를 나타내는 플로 차트이다. 도 3 에 나타내는 플로 차트는, 정련 처리가 개시되기 전의 임의의 타이밍에 개시된다. 요컨대, 정련 처리가 개시되기 전의 임의의 타이밍에, 노내 상태 추정 처리는 스텝 S1 의 처리로 진행된다.
- [0058] 스텝 S1 의 처리에서는, 입력부 (11) 가 정련 처리의 조건을 취득한다. 본 실시형태에 있어서, 정련 처리의 조건은, 정련 형태, 부원료 투입 예정량, 용탕 (101) 및 슬래그 (103) 의 성분 농도 및 온도의 목표치, 처리 횟수, 처리 일시, 노, 랜스 및 계측 기기를 포함하는 설비의 사용 횟수 등을 포함한다. 입력부 (11) 는, 취득한 정련 처리의 조건을, 데이터베이스 (12) 및 노내 상태 계산부 (15) 에 송신한다. 이로써, 스텝 S1 의 처리가 완료되고, 노내 상태 추정 처리는 스텝 S2 의 처리로 진행된다. 스텝 S1 은 「입력 스텝」 의 일부에 대응한다. 스텝 S1 에 있어서 입력된 데이터는, 모델 결정부 (14) 의 처리에서 사용된다.
- [0059] 스텝 S2 의 처리에서는, 모델 결정부 (14) 가, 데이터베이스 (12) 에 기억되어 있는 과거의 모델 파라미터를 사용하여, 정련 처리의 조건에 기초하여, 노내 상태 계산부 (15) 에서 이용하는 모델 파라미터를 결정한다. 스텝 S2 는 「모델 결정 스텝」 에 대응한다. 상세하게 서술하면, 스텝 S2 의 처리에서 결정되는 모델 파라미터는, 이미 데이터베이스 (12) 에 기억되어 있는 과거의 정련 처리에 대응하는 모델 파라미터에 기초하여 계산 또는 선택에 의해 얻어진다. 상기와 같이, 예를 들어 N 회째의 정련 처리에 있어서, 모델 결정부 (14) 는, 데이터베이스 (12) 에 기억된 과거의 N-1 회분의 정련 처리의 정보를 사용하여 모델 파라미터를 결정한다. 정련 처리 결과가 취득될 때까지 시간이 걸리는 등, 과거의 N-1 회분의 모델 파라미터 또는 정련 처리의 조건의 데이터가 갖추어지지 않은 경우에, 필요한 모델 파라미터 또는 정련 처리의 조건의 데이터가 갖추어진 실적 정보를 추출하여 모델 파라미터가 결정되어도 된다. 이 예의 경우에 있어서의 N 회째의 정련 처리 즉 현재 실행 중인 정련 처리를, 대상 차지의 정련 처리라고 칭하는 경우가 있다.
- [0060] 모델 결정부 (14) 는, 예를 들어 데이터베이스 (12) 에 기억되어 있는 모델 파라미터 가운데, 정련 처리의 조건이 대상 차지의 조건과 유사한 것을 추출하고, 추출한 모델 파라미터를 평균함으로써 결정한다. 모델 결정부 (14) 는, 최근의 소정수의 차지에 있어서의 모델 파라미터만을 추출하고, 즉 오래된 모델 파라미터를 추출 대상으로부터 제외하고, 평균화를 실시해도 된다. 대상 차지의 정련 처리에 있어서의 조건과 과거 실적의 유사도 (Ds) 는, 예를 들어, 이하의 식 (1) 에 나타내는 바와 같이 유클리드 거리를 계산함으로써 평가할 수 있다.

[0061] [수학식 1]

$$Ds = \sqrt{\sum_k \frac{(CA_k - CP_k)^2}{G_k^2}} \dots (1)$$

[0062]

[0063]

단, k 는 정련 처리의 조건수이다. CA_k 는 과거의 실적에 있어서의 조건을 나타낸다. CP_k 는 대상 차지의 정련 처리에 있어서의 조건을 나타낸다. G_k 는 각 정련 처리 조건의 가중을 하기 위한 파라미터이다.

정련 처리의 조건으로는, 예를 들어, 정련 처리 일시, 장입 용선 중량, 장입 스크랩 중량, 용선 온도, 용선 중의 C, Si, Mn, P 를 비롯한 성분 농도, 정련로 및 상취 랜스의 사용 횟수 등을 들 수 있다. 또, 예를 들어 직전에 실시된 정련 처리에 있어서의 처리 후의 용탕 온도 및 처리 후로부터의 경과 시간, 미루어지는 슬래그 중량 및 성분, 정련 처리 개시 전에 투입되는 부원료 품목마다의 투입 중량, 스크랩 품목마다의 투입 중량 등을 들 수 있다. 이들 조건은, 도 2 의 정련 처리의 조건에 있어서의 항목 1 ~ 항목 L 에 대응한다. 또, 유사도를 평가하는 경우에, 사용되고 있는 정련로의 형태, 상취 랜스의 형태, 하취 노즐의 형태 등이 일치한 실적만이 대상으로 되어도 된다. 여기서, 유사도는 식 (1) 에 나타내는 유클리드 거리로 한정되지 않고, 시티블록 거리, 민코프스키 거리, 마할라노비스 거리, 코사인 유사도를 비롯한, k 차원 벡터간의 거리를 평가하는 수법에 의해서도 평가할 수 있다. 여기서, 유사도가 높은 것은, 계산한 k 차원 벡터간의 거리가 짧은 것과 동일한 의미이다. 과거의 정련 처리의 실적의 추출은, 계산한 유사도가 설정한 임계값보다 높은 실적이 추출되어도 되고 또는 유사도가 높은 상위 임의수의 과거 실적이 추출되어도 된다. 또, 유사 실적의 추출 방법으로서, 정련 처리의 조건 k 각각의 항목에 대해, 계산 대상 처리의 조건과 과거 실적의 조건의 차를 계산하고, k 개의 차가 각각 설정한 임계값보다 작은 실적을 추출하는 방법이어도 된다.

[0064]

또, 모델 결정부 (14) 는, 데이터베이스 (12) 에 기억되어 있는 모델 파라미터와, 정련 처리에 있어서의 처리 횟수, 처리 일시, 노, 랜스 및 계측 기기를 포함하는 정련 설비의 사용 횟수 등을 포함하는 정련 처리의 조건과의 관계를 모델화해 두어도 된다. 그리고, 모델 결정부 (14) 는, 대상 차지의 정련 처리 조건 입력값으로부터 모델 계산에 의해 최적인 파라미터를 산출해도 된다. 모델 결정부 (14) 는, 결정한 모델 파라미터를 노내 상태 계산부 (15) 에 송신한다. 이로써, 스텝 S2 의 처리가 완료되고, 노내 상태 추정 처리는 스텝 S3 의 처리로 진행된다.

[0065]

스텝 S3 및 스텝 S4 의 처리는, 1 회의 정련 처리가 개시하는 타이밍에 개시되고, 정련 처리 중에 임의의 주기로 반복 실시된다. 스텝 S3 의 처리에서는, 입력부 (11) 가 정련 처리의 조작량 정보 및 전로 (100) 에 있어서의 계측 정보를 취득한다. 조작량 정보는, 예를 들어, 랜스 (102) 의 높이, 송산 속도, 교반 가스 유량, 부원료의 투입량 등과 같은 조작량의 정보이다. 계측 정보는, 예를 들어 배기 가스의 유량 및 성분 농도 등의 계측치이다. 여기서, 계측치는, 계측된 값 그 자체로 한정되지 않고, 분석 후의 결과 (분석치) 도 포함해도 된다. 조작량 정보, 계측 정보는 임의의 주기로 수집된다. 조작량 정보와 계측 정보의 사이에 큰 시간 지연이 있는 경우에는, 그 지연을 고려하여 데이터를 작성한다. 또, 계측 정보가 노이즈를 많이 포함하고 있는 경우에는, 이동 평균 계산 등의 평활화 처리를 실시한 값으로 계측치를 치환해도 된다. 스텝 S3 은 「입력 스텝」의 일부에 대응한다. 스텝 S3 에 있어서 입력된 데이터는, 노내 상태 계산부 (15) 의 처리에서 사용된다.

[0066]

스텝 S4 의 처리에서는, 노내 상태 계산부 (15) 가, 입력부 (11) 가 취득한 정보 및 모델 결정부 (14) 가 결정된 모델 파라미터를 갖는 모델을 사용하여, 전로 (100) 내의 상태량을 계산한다. 상태량은, 예를 들어 용탕 (101) 중의 탄소 농도, 슬래그 (103) 중의 Fe_2O_3 농도 등을 들 수 있다. 스텝 S4 는 「노내 상태 계산 스텝」에 대응한다.

[0067]

용탕 (101) 중의 탄소 농도는, 예를 들어 전로 (100) 내에 잔존하는 탄소량을 계산함으로써 구해진다. 전로 (100) 내에 투입되는 탄소량 및 전로 (100) 외로 배출되는 탄소량은 각각 이하에 나타내는 식 (2) 및 식 (3) 과 같이 나타낼 수 있다. 투입 탄소량으로부터 배출 탄소량을 감산한 전로 (100) 내에 잔존하는 탄소량을, 용탕 (101) 중의 탄소량에 상당한다고 가정함으로써, 용탕 (101) 중의 탄소 농도를 계산할 수 있다. 여기서, 용탕 (101) 의 입출 탄소량은 전체 장입량과 비교하여 미소하다고 가정하였다. 또, 이후 언급이 없는 한, 「%」 및 각종 유량은 「mass%」 및 유량 원단위를 나타낸다.

[0068] [수학식 2]

$$C_{in} = \frac{(\rho_{pig} \times W_{pig} + \sum_i (\rho_i^{Cscr} \times W_i^{scr}) + \sum_j (\rho_j^{Caux} \times W_j^{aux}))}{W_{charge}} \dots (2)$$

[0069]

[0070] [수학식 3]

$$C_{out} = \left(\frac{V_{CO}^{OG}}{2} + \frac{V_{CO_2}^{OG}}{2} \right) \times (12/11.2)/10 \dots (3)$$

[0071]

[0072] 여기서, 투입 탄소량인 C_{in} [%] 은, 주원료 중의 탄소량과 투입 부원료 중의 탄소량의 합의 용탕 (101) 중의 농도 환산치이다. ρ_{pig} [%] 는 장입 용선 중의 탄소 농도이다. ρ_i^{Cscr} [%] 는 장입 스크랩 (품목 i) 중의 탄소 농도이다. ρ_j^{Caux} [%] 는 투입 부원료 (품목 j) 중의 탄소 농도이다. W_{pig} [t] 는 장입 용선 중량이다. W_i^{scr} [t] 는 장입 스크랩 (품목 i) 의 중량이다. W_j^{aux} [t] 는 투입 부원료 (품목 j) 의 투입 적산 중량이다. W_{charge} [t] 는 전로 (100) 에 장입된 용탕 중량이다. 장입 스크랩의 품목 i 및 투입 부원료의 품목 j 에 있어서의 탄소 농도 (ρ_i^{Cscr} , ρ_j^{Caux}) 는 데이터베이스 (12) 에 기억되어 있고, 노내 상태 계산부 (15) 는, 대상 차지에서 이용되는 품목에 대한 정보를 취득한다. 배출 탄소량인 C_{out} [%] 는, 배기 가스 중에 포함되는 탄소량의 용탕 (101) 중의 농도 환산치이다. V_{CO}^{OG} [Nm³/t], $V_{CO_2}^{OG}$ [Nm³/t] 는 각각 배기 가스 중의 CO, CO₂ 의 계산 시각까지의 적산 유량이다.

[0073] 슬래그 (103) 중의 Fe₂O₃ 농도는, 투입 산소량으로부터 배출 산소량을 감산한 양이 전로 (100) 내에 잔존하는 산소량에 상당한다고 가정하여 계산할 수 있다. 예를 들어, 전로 (100) 내에 투입되는 산소량 및 전로 (100) 외로 배출되는 산소량을 각각 이하에 나타내는 식 (4) 및 식 (5) 와 같이 나타낼 수 있다.

[0074] [수학식 4]

$$O_2^{in} = V_{O_2}^{blow} + \sum_i (\rho_i^{Oscr} \times W_i^{scr}) + \sum_j (\rho_j^{Oaux} \times W_j^{aux}) + \frac{21}{79} \times (V_{rem}^{OG} - V_{bot}) \dots (4)$$

[0075]

[0076] [수학식 5]

$$O_2^{out} = \frac{V_{CO}^{OG}}{2} + V_{CO_2}^{OG} + V_{O_2}^{OG} \dots (5)$$

[0077]

[0078] 여기서, 투입 산소량인 O_2^{in} [Nm³/t] 은, 랜스 (102) 로부터의 상취 산소 적산량 $V_{O_2}^{blow}$ [Nm³/t], 투입 부원료 중의 산소 적산량 및 전로 (100) 외에서 노내로 혼입되는 공기 중의 산소 적산량의 합이다. ρ_i^{Oscr} [%] 는 장입 스크랩 (품목 i) 중의 산소 함유량의 환산치이다. ρ_j^{Oaux} [(Nm³/t)/t] 는 투입 부원료 (품목 j) 중의 산소 함유량의 환산치이다. 장입 스크랩의 품목 i 및 투입 부원료의 품목 j 에 있어서의 산소 함유량 (ρ_i^{Oscr} , ρ_j^{Oaux}) 은 데이터베이스 (12) 에 기억되어 있고, 노내 상태 계산부 (15) 는, 대상 차지에서 이용되는 품목에 대한 정보를 취득한다. ρ_i^{Oscr} [%] 및 W_j^{aux} [t] 에 대해서는, 전차지로부터 미룬 슬래그 (103) 의 성분 및 중량에 대한 분석치 또는 계산치가 포함되어도 된다. 또, 투입 산소량의 계산에 있어서, 예를 들어 본 실시예와 같이, 배기 가스 계측으로서 N₂ 농도, Ar 농도가 얻어지지 않는 경우에, 혼입되는 공기 중의 산소량은 식 (4) 의 제 4 항과 같이 계산해도 된다. 여기서, 식 (4) 의 제 4 항에서는, 배기 가스 중의 O₂, CO, CO₂ 이

외의 미분석 배기 가스량인 V_{rem}^{OG} [Nm³/t] 로부터 하취 가스의 유량인 V_{bot} [Nm³/t] 를 감산한 양이 혼입되는 공기 중의 N₂, Ar 에 상당한다고 가정하고 있다.

[0079] 배출 산소량인 O_2^{out} [Nm³/t] 는 배기 가스 중에 포함되는 산소량으로부터 계산된다. $V_{O_2}^{OG}$ [Nm³/t] 는 배기 가스 중의 O₂ 의 계산 시각까지의 적산 유량이다. V_{CO}^{OG} [Nm³/t], $V_{CO_2}^{OG}$ [Nm³/t] 는, 식 (3) 과 동일하다.

투입 산소량으로부터 배출 산소량을 감산한 양이 전로 (100) 내에 잔존하는 산소량이다. 전로 (100) 내에 잔존하는 산소는 용탕 (101) 중의 Si, Mn, P 등의 금속 불순물의 산화 및 철의 산화에 사용된다. 그 중에서 금속 불순물의 산화량에 대해서는, 데이터베이스 (12) 에 기억되어 있는 모델 중 불순물 금속의 산화 반응 모델을 사용하여 계산된다. 예를 들어 용탕 (101) 중의 Si 산화에 사용되는 산소량인 $V_{O_2}^{Si}$ [Nm³/t] 는, 이하에 나타내는 식 (6) 과 같이 나타낸다.

[0080] [수학식 6]

$$V_{O_2}^{Si} = \frac{\rho_{pig}^{Si} \times W_{pig} + \sum_i (\rho_i^{Siscr} \times W_i^{scr}) + \sum_j (\rho_j^{Siaux} \times W_j^{aux})}{W_{charge}} \times \exp(-K_{Si} \times V_{O_2}^{blow}) \times (22.4/28) \times 10 \dots (6)$$

[0081]

[0082] 여기서, ρ_{pig}^{Si} [%] 는 장입 용선 중의 Si 농도이다. ρ_i^{Siscr} [%] 는 장입 스크랩 (품목 i) 중의 Si 농도이다. ρ_j^{Siaux} [%] 는 투입 부원료 (품목 j) 중의 Si 농도이다. K_{Si} 는 Si 의 산화 반응 속도 정수이다.

또, 식 (6) 과 마찬가지로, Mn, P 등의 용탕 (101) 중의 각종 금속 불순물의 산화에 사용되는 산소량을 계산할 수 있다. 여기서, Si, Mn, P 등의 용탕 (101) 중의 각종 금속 불순물의 산화에 사용되는 산소량의 합계가, $V_{O_2}^{met}$ [Nm³/t] 이라고 한다. 슬래그 (103) 중의 Fe₂O 량은, 투입 산소량으로부터 배출 산소량을 감산한 양으로부터 추가로 $V_{O_2}^{met}$ 를 감산한 양에 상당한다고 가정하여 계산할 수 있다.

[0083] 1 회의 정련 처리 (상기 대상 차지의 정련 처리) 가 종료되는 타이밍에 스텝 S3 및 스텝 S4 의 처리가 종료되고 (스텝 S5 의 Yes), 노내 상태 추정 처리는 스텝 S6 의 처리로 진행된다. 1 회의 정련 처리가 종료되어 있지 않은 경우에 (스텝 S5 의 No), 노내 상태 추정 처리는 스텝 S3 및 스텝 S4 의 처리로 되돌아간다.

[0084] 스텝 S6 의 처리에서는, 입력부 (11) 가, 정련 처리의 결과를 실적 정보로서 취득한다. 본 실시형태에 있어서, 정련 처리의 결과는, 용탕 (101) 의 온도 및 성분 농도, 슬래그 (103) 의 성분 농도 그리고 배기 가스의 유량 및 성분 농도를 포함한다. 입력부 (11) 는, 취득한 정련 처리의 결과를, 데이터베이스 (12) 에 기억한다. 이로써, 스텝 S6 의 처리가 완료되고, 노내 상태 추정 처리는 스텝 S7 의 처리로 진행된다. 스텝 S6 은 「입력 스텝」 의 일부에 대응한다. 스텝 S6 에 있어서 입력된 데이터는, 모델 파라미터 계산부 (13) 의 처리에서 사용된다.

[0085] 스텝 S7 의 처리에서는, 모델 파라미터 계산부 (13) 가 노내의 물질 수지 및 열수지에 기초하여, 수지 오차가 최소가 되도록 취된 반응에 관한 모델의 모델 파라미터를 계산하고, 데이터베이스 (12) 에 기억한다. 스텝 S7 은 「모델 파라미터 계산 스텝」 에 대응된다. 상기와 같이, 노내 상태 계산부 (15) 가 모델 결정부 (14) 에 의해 결정된 모델 파라미터를 사용하여, 대상 차지의 정련 처리에 있어서의 전로 (100) 내의 상태량을 추정하고 있다. 모델 파라미터 계산부 (13) 는, 노내 상태 계산부 (15) 가 사용한 모델 파라미터를, 대상 차지의 정련 처리의 결과 (실적 정보) 를 사용하여 보정한다. 그리고, 모델 파라미터 계산부 (13) 는, 보정 후의 더욱 정확한 모델 파라미터를, 데이터베이스 (12) 에 기억한다. 환언하면, 대상 차지와 관련지어져 데이터베이스 (12) 에 기억되는 모델 파라미터는, 노내 상태 계산부 (15) 가 계산 (추정) 에 사용한 모델의 모델 파라미터가 아니다. 대상 차지와 관련지어져 데이터베이스 (12) 에 기억되는 모델 파라미터는, 모델 파라미터 계산부 (13) 에 의해 대상 차지의 정련 처리의 실적 정보에 기초하여 계산 (보정) 된 모델 파라미터이다.

[0086] 모델 파라미터 계산부 (13) 는, 보정을 위한 계수를 모델 파라미터로서 계산해도 된다. 보정을 위한 계수는, 예를 들어 배기 가스의 유량의 예측치의 보정 계수 A, 배기 가스의 성분 농도의 예측치의 보정 계수 B 를 포함해도 된다. 보정을 위한 계수는, 예를 들어 용탕 (101) 의 성분 농도의 예측치의 보정 계수 ΔC, 용

탕 (101) 의 온도의 예측치의 보정 계수 D, 장입 스크랩의 노내 반응의 수율에 관한 정수 E, 투입되는 부원료의 노내 반응의 수율에 관한 정수 F 를 포함해도 된다. 보정을 위한 계수는, 용탕 (101) 중의 성분의 산화 반응, 슬래그 (103) 중의 성분의 환원 반응, 부원료의 용해 등의 노내에 있어서의 각종 반응에 수반되는 승열 및 흡열량에 대한 계수 H 를 포함해도 된다. 또, 보정을 위한 계수는, 가스 및 슬래그 (103) 의 현열, 노구 및 노체로부터의 방열량 등의 열로스에 대한 계수 I 를 포함해도 된다.

[0087] 모델 파라미터 계산부 (13) 는, 예를 들어 식 (7) 과 같은 평가 함수의 변수로서, 상기와 같은 계수를 삽입하고, 평가 함수를 최소화하는 모델 파라미터를 구해도 된다. 여기서, 본 실시형태에 있어서 모델 파라미터 계산부 (13) 는 평가 함수를 최소화하지만, 적합한 모델 파라미터의 경우에 최대화하는 평가 함수가 이용되어도 된다. 요컨대, 모델 파라미터 계산부 (13) 는, 평가 함수를 최소화 또는 최대화하는 모델 파라미터를 구해도 된다.

[0088] [수학식 7]

$$J = \frac{\{C_{in} - C_{out} - [C]\}^2}{\sigma_C^2} + \frac{\{O_2^{in} - O_2^{out} - V_{O_2}^{met} - V_{O_2}^{FetO}\}^2}{\sigma_{O_2}^2} + \frac{\{T_{fin} - (T_{ini} + D) - \Delta T\}^2}{\sigma_T^2} \dots (7)$$

$$C_{in} = \frac{(\rho_{pig} \times W_{pig} + \Delta C_C + \sum_i (E_i \times \rho_i^{Cscr} \times W_i^{scr}) + \sum_j (F_j \times \rho_j^{Caux} \times W_j^{aux}))}{W_{charge}}$$

$$C_{out} = A \times B \times \left(\frac{V_{CO}^{OG}}{2} + \frac{V_{CO_2}^{OG}}{2} \right) \times (12/11.2)/10$$

$$O_2^{in} = V_{O_2}^{blow} + \sum_i (E_i \times \rho_i^{Oscr} \times W_i^{scr}) + \sum_j (F_j \times \rho_j^{Oaux} \times W_j^{aux}) + \frac{21}{79} \times \left(A \times V_{rem}^{OG} - V_{bot} + 2 \times A \times (1 - B) \times \frac{V_{CO}^{OG} + V_{CO_2}^{OG}}{2} \right)$$

$$O_2^{out} = A \times B \times \left(\frac{V_{CO}^{OG}}{2} + V_{CO_2}^{OG} \right) + A \times V_{O_2}^{OG}$$

$$V_{O_2}^{Si} = \frac{\rho_{pig}^{Si} \times W_{pig} + \Delta C_{Si} + \sum_i (E_i \times \rho_i^{Sisscr} \times W_i^{scr}) + \sum_j (F_j \times \rho_j^{Siaux} \times W_j^{aux})}{W_{charge}}$$

$$\times \exp(-K_{Si} \times V_{O_2}^{blow}) \times (22.4/28) \times 10$$

$$\Delta T = \sum_m (H_m \times \Delta R_m) - \sum_n (I_n \times \Delta L_n)$$

[0089]

[0090]

C_{in} 은 전로 (100) 내에 투입되는 탄소량의 특정 기간의 적산량이다. C_{out} 은 배기 가스 등에 의해 전로 (100) 외로 배출되는 탄소량의 특정 기간의 적산량이다. O_2^{in} 은 전로 (100) 내에 투입되는 산소량이다.

O_2^{out} 은 배기 가스 및 슬래그 (103) 의 배출 등에 의해 전로 (100) 외로 배출되는 산소량이다. $V_{O_2}^{met}$ 는

Si, Mn, P 등의 용탕 (101) 중의 각종 금속 불순물 산화에 사용되는 산소량이다. ΔT 는 전로 (100) 내의 반응에 의해 일어나는 반응열, 노외로 배출되는 배기 가스 및 슬래그 (103) 등에 의한 발열 그리고 노체로부터의 방열 및 노구로부터의 복사 방열 등을 포함하는 전로 (100) 내의 열량 변화에 의한 용탕 온도 변화량의 특정 기간의 적산량이다. T_{ini} 는 정련 처리에 있어서의 특정 기간의 시점에서의 용탕 (101) 의 온도의 예측치이다.

또, $[C]$, $V_{O_2}^{FetO}$, T_{fin} 은 각각, 정련 처리에 있어서의 특정 기간의 종점에서의 용탕 (101) 중의 탄소량 예측치, 슬래그 (103) 중의 Fe_2O 량 예측치로부터 계산되는 Fe_2O 생성에 사용된 산소량, 용탕 (101) 온도 예측치이다. σ_C^2 , $\sigma_{O_2}^2$, σ_T^2 는 임의로 설정 가능한 정수이다. 또, A ~ I 및 ΔC 는 도 2 의 제 1 파라미터 ~ 제 K 파라미터에 대응한다. 본 실시형태에 있어서, 모델 파라미터는, 식 (7) 에서 사용되는 상기 적산량 및 산소량 중 적어도 하나를 보정하는 계수 또는 정수항을 포함한다.

- [0091] 단, ΔR_m 은, 용탕 (101) 중의 성분의 산화 반응, 슬래그 (103) 중의 성분의 환원 반응, 부원료의 용해 등의 노내에 있어서의 각종 반응 m 에 대한 반응량이다. ΔL_n 은 가스 및 슬래그 (103) 의 현열, 노구 및 노체로부터의 방열량 등의 용탕 (101) 에 있어서의 열로스 경로 n 에 대한 열로스량이다.
- [0092] 식 (7) 에 나타내는 평가 함수 J 는, 이하의 3 개의 항의 가중합으로 되어 있다. 평가 함수 J 에 있어서, 제 1 항 및 제 2 항이 물질 수지 오차를 나타내는 항으로서, 제 3 항이 열수지 오차를 나타내는 항이다. 제 1 항은, 투입 탄소량으로부터 배출 탄소량을 감산한 전로 (100) 내에 잔류하는 탄소량과, 용탕 (101) 중의 탄소량 계측치의 차의 2 승 값이다. 이 항이 0 이 되는 것은 전로 (100) 내에서 탄소 수지 균형이 유지되고 있는 것을 나타낸다. 제 2 항은, 투입 산소량으로부터 배출 산소량 및 불순물 금속 산화 사용 산소량을 감산한 양과 슬래그 (103) 중의 Fe_2O_3 계측치로부터 계산되는 용탕 (101) 중의 철산화에 사용되는 산소량의 차의 2 승 값이다. 이 항이 0 이 되는 것은 전로 (100) 내에서 산소 수지 균형이 유지되고 있는 것을 나타낸다. 제 3 항은, 정련 처리에 있어서의 특정 기간의 시점에서 종점까지의 용탕 (101) 온도 변화량 계측치와, 전로 (100) 내의 반응열 및 발열 등으로부터 계산되는 용탕 (101) 온도 변화량 계산치의 차의 2 승 값이다. 이 항이 0 에 가까워지는 것은, 전로 (100) 내에서 열수지 균형이 유지되고 있는 것을 나타낸다. 상기 식 (7) 에 관한 설명에 있어서의 「특정 기간」 은, 3 항의 각각에서 상이한 기간을 설정해도 된다.
- [0093] 평가 함수 J 의 각 항의 분모에 있는 가중 인자 (σ_c^2 , σ_o^2 , σ_T^2) 는 예를 들어 유저에 의해 설정된다. 평가 함수 J 를 제약 조건하에서 최소화하는 비선형 계획 문제에는 다종의 알고리즘이 제안되어 있고, 공지된 수법에 의해 모델 파라미터를 구하는 계산이 실행되어도 된다.
- [0094] 모델 파라미터 계산부 (13) 에 의해 계산된 모델 파라미터는, 데이터베이스 (12) 에 기억되고, 다음 번 이후의 정련 처리에 있어서의 노내 상태 추정 처리에 사용된다. 이로써, 스텝 S7 의 처리가 완료되고, 노내 상태 추정 처리는 정련 처리에 있어서의 처리를 완료한다.
- [0095] 상기 노내 상태 추정 방법의 처리에 의해 추정되는 용탕 (101) 의 온도 및 성분 농도 그리고 슬래그 (103) 의 성분 농도에 기초하여, 조작량을 결정하고, 정련 조업이 실시되어, 양호한 용강이 제조된다. 조작량으로서, 최적인 상취 산소의 유량 및 속도, 상취 랜스의 높이, 하취 가스의 유량, 석회, 철광석 등의 부원료의 투입량 및 투입 타이밍, 용탕을 샘플링하는 타이밍 그리고 취련을 종료하는 타이밍 중 적어도 하나가 결정된다. 이와 같이, 상기 노내 상태 추정 방법에 의해 계산된 노내 상태에 기초하여, 양호한 용강 제조 방법을 실현할 수 있다.
- [0096] 이상과 같이, 본 실시형태에 관련된 노내 상태 추정 장치 (1), 노내 상태 추정 방법 및 용강 제조 방법은, 상기 구성 및 공정에 의해, 노내의 물질 수지 오차 및 열수지 오차를 나타내는 항을 포함하는 평가 함수에 기초하여 모델 파라미터를 최적화하고 나서 데이터베이스 (12) 에 기억한다. 그리고, 정련 처리에 있어서의 노내 상태 추정에 있어서, 데이터베이스 (12) 에 축적된 과거의 최적화된 모델 파라미터를 사용할 수 있기 때문에, 용탕 (101) 의 온도 및 성분 농도 그리고 슬래그 (103) 의 성분 농도 등의 추정 정밀도를 향상시킬 수 있다.
- [0097] 본 개시의 실시형태에 대해, 제반 도면 및 실시예에 기초하여 설명해 왔지만, 당업자이면 본 개시에 기초하여 여러 가지의 변형 또는 수정을 행하는 것이 용이하다는 것에 주의를 바란다. 따라서, 이들 변형 또는 수정은 본 개시의 범위에 포함된다는 것에 유의해 주기 바란다. 예를 들어, 각 구성부 또는 각 스텝 등에 포함되는 기능 등은 논리적으로 모순되지 않게 재배치 가능하고, 복수의 구성 부 또는 스텝 등을 하나로 조합하거나, 혹은 분할하거나 하는 것이 가능하다. 본 개시에 관련된 실시형태는 장치가 구비하는 프로세서에 의해 실행되는 프로그램 또는 프로그램을 기록한 기억 매체로도 실현될 수 있는 것이다. 본 개시의 범위에는 이들도 포함되는 것으로 이해받고자 한다.
- [0098] 예를 들어, 결정하는 모델 파라미터의 종류 및 모델 파라미터의 수, 최소화하는 평가 함수의 형태는 상기 실시형태에서 든 것으로 한정되지 않고, 노내의 물질 수지 오차 및 열수지 오차를 최소화 가능한 형태이면 동일한 효과를 발휘한다. 또, 모델은, 상기 실시형태에서 식 (2) ~ 식 (6) 과 같이 예시한 것으로 한정되지 않고, 용탕 온도 추정 모델, 스크랩 용해 모델, 부원료 용해·수율 모델, 탈탄 효율 모델, 탈인 모델, Fe_2O_3 의 생성 환원 모델 등이 이용되어도 된다. 또, 본 실시형태에서는 전로 (100) 를 대상으로 한 노내 상태 추정 장치 (1) 및 노내 상태 추정 방법을 나타냈지만, 2 차 정련 설비 또는 예비 처리 설비에 있어서도, 노내의 물질 수지 및 열수지를 기초로 계산되는 모델 파라미터 계산에는 유효하다.

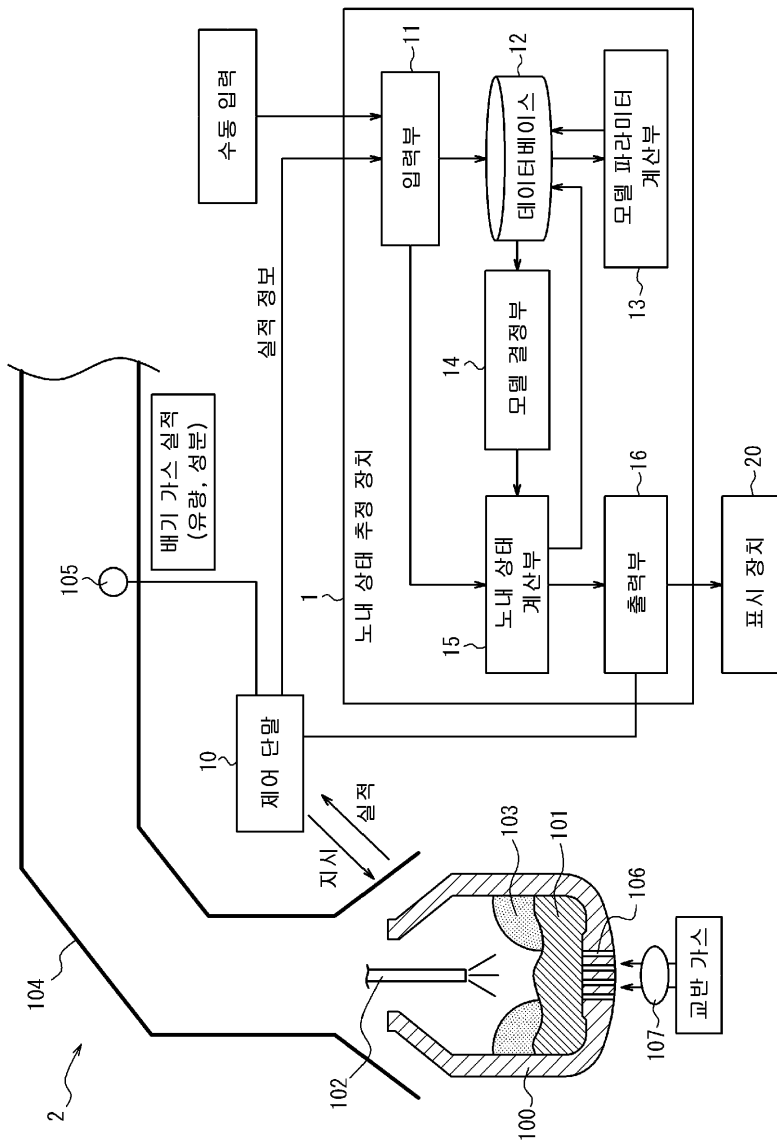
부호의 설명

[0099]

- 1 : 노내 상태 추정 장치
- 2 : 정련 설비
- 10 : 제어 단말
- 11 : 입력부
- 12 : 데이터베이스
- 13 : 모델 파라미터 계산부
- 14 : 모델 결정부
- 15 : 노내 상태 계산부
- 16 : 출력부
- 20 : 표시 장치
- 100 : 전로
- 101 : 용탕
- 102 : 랜스
- 103 : 슬래그
- 104 : 덕트
- 105 : 배기 가스 검출부
- 106 : 통기공
- 107 : 유량계

도면

도면1



도면2

차지	정련 처리의 조건			실적 정보			모델 파라미터		
	항목 1	...	항목 L	항목 1	...	항목 M	제 1 파라미터	...	제 K 파라미터
1	XXXX	...	XXXX	XXXX	...	XXXX	XXXX	...	XXXX
2	XXXX	...	XXXX	XXXX	...	XXXX	XXXX	...	XXXX
3	XXXX	...	XXXX	XXXX	...	XXXX	XXXX	...	XXXX
4	XXXX	...	XXXX	XXXX	...	XXXX	XXXX	...	XXXX
5	XXXX	...	XXXX	XXXX	...	XXXX	XXXX	...	XXXX
...
N-1	XXXX	...	XXXX	XXXX	...	XXXX	XXXX	...	XXXX
N	XXXX	...	XXXX	XXXX	...	XXXX	XXXX	...	XXXX

도면3

