



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0067886
(43) 공개일자 2020년06월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/58 (2006.01) B23K 31/02 (2006.01)
B23K 35/30 (2006.01) C21C 7/00 (2014.01)
C22C 38/42 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C22C 38/58 (2013.01)
B23K 31/027 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7014455
- (22) 출원일자(국제) 2018년05월14일
심사청구일자 2020년05월20일
- (85) 번역문제출일자 2020년05월20일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2018/018480
- (87) 국제공개번호 WO 2019/082427
국제공개일자 2019년05월02일
- (30) 우선권주장
JP-P-2017-206555 2017년10월25일 일본(JP)

- (71) 출원인
닛테츠 스테인레스 가부시키키가이샤
일본국 1000005 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 1쵸
메 8방 2고
- (72) 발명자
에하라 야스히로
일본 도쿄도 1008366 치요다쿠 마루노우치 3쵸메
4반 1고 닛썬 세이쿄우 가부시키키가이샤 내
모리타 카즈나리
일본 도쿄도 1008366 치요다쿠 마루노우치 3쵸메
4반 1고 닛썬 세이쿄우 가부시키키가이샤 내
- (74) 대리인
장훈

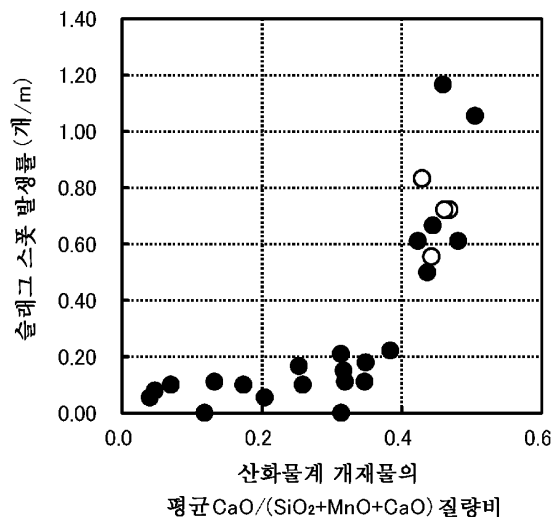
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 슬래그 스폿 발생 억제능이 우수한 스테인리스 강재 및 용접 구조 부재 및 그 제조법

(57) 요약

질량%로, C: 0.005 내지 0.100%, Si: 0.10 내지 3.00%, Mn: 0.10 내지 6.50%, P: 0.001 내지 0.050%, S: 0.0001 내지 0.0200%, Ni: 0 내지 20.00%, Cr: 10.50 내지 26.00%, N: 0.005 내지 0.200%, O: 0.0030 내지 0.0150%이고, 필요에 따라 Mo, Cu, Nb, V, Zr, W, Co, B, Ti, Al, Ca, Mg, REM (Y를 제외한 희토류 원소), Y를 소정 범위로 함유하고, 잔부 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어진 화학 조성을 갖고, 금속 조직 중에 관찰되는 산화물계 개재물의 평균 CaO/(SiO₂+MnO+CaO) 질량비가 0.40 이하, 평균 CaO/MnO 질량비가 15.0 이하인, 아크 용접에 있어서 슬래그 스폿의 발생을 안정적으로 현저히 억제할 수 있는 스테인리스 강재.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

B23K 35/3086 (2013.01)

C21C 7/0006 (2013.01)

C22C 38/42 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

질량%로, C: 0.005 내지 0.100%, Si: 0.10 내지 3.00%, Mn: 0.10 내지 6.50%, P: 0.001 내지 0.050%, S: 0.0001 내지 0.0200%, Ni: 0 내지 20.00%, Cr: 10.50 내지 26.00, Mo: 0 내지 2.50%, Cu: 0 내지 3.50%, Nb: 0 내지 0.500%, V: 0 내지 0.500%, Zr: 0 내지 0.500%, W: 0 내지 0.500%, Co: 0 내지 0.500, B: 0 내지 0.020, N: 0.005 내지 0.200%, Ti: 0 내지 0.050%, Al: 0 내지 0.100%, Ca: 0 내지 0.0010%, Mg: 0 내지 0.0010%, REM (Y를 제외한 희토류 원소): 0 내지 0.050%, Y: 0 내지 0.050%, O: 0.0030 내지 0.0150%, 잔부 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어진 화학 조성을 갖는 스테인리스 강재로서,

Mn을 함유하는 산화물계 개재물이 존재하고, 산화물계 개재물 중의 Si, Mn 및 Ca의 함유량을 각각 SiO₂, MnO 및 CaO의 질량 비율로 환산한 경우의 개재물 조성에서, 금속 조직 중에 관찰되는 산화물계 개재물의 평균 CaO/(SiO₂+MnO+CaO) 질량비가 0.40 이하, 평균 CaO/MnO 질량비가 15.0 이하인 것인, 스테인리스 강재.

청구항 2

제1항에 기재된 스테인리스 강재로 이루어진 아크 용접용 모재.

청구항 3

제1항에 기재된 스테인리스 강재로 이루어진 아크 용접 조관용 강관 모재.

청구항 4

제1항에 기재된 강재를 모재에 사용한 아크 용접 구조 부재.

청구항 5

제1항에 기재된 강재를 모재에 사용한 아크 용접 강관.

청구항 6

제1항에 기재된 스테인리스 강재를 모재에 사용하여, 용가제를 첨가하지 않고 비용극식의 아크 용접을 행하는 용접 구조 부재의 제조법.

청구항 7

제1항에 기재된 스테인리스 강재인 강관을 모재에 사용하여, 용가제를 첨가하지 않고 비용극식의 아크 용접으로 용접 강관으로 만드는, 용접 강관의 제조법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 아크 용접 비드에 생기는 용접 결함의 일종인 「슬래그 스폿」 또는 「블랙 스폿」으로 불리는 결함을 발생시키기 어려운 스테인리스 강재에 관한 것이다. 또한, 그 강재를 사용한 용접 구조 부재, 및 그 제조법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 스테인리스 강재를 모재(母材)에 사용하여 아크 용접을 행하면, 용접 비드 위에 산화물의 응집체가 점재한 「슬래그 스폿」으로 불리는 결함이 생기는 경우가 있다. 도 1에, 비특허문헌 1에 게재되어 있는 슬래그 스폿이 생긴 용접 비드의 외관 사진을 인용하여 예시한다. 비특허문헌 1의 기재에 의하면, 슬래그 스폿은, 용접 비드 위에 수 mm에서 수 cm 간격으로 섬 형상 또는 점 형상으로 잔류 부상하는 미소한 슬래그라고 한다. 아크 용접시

에 용융지에 침입한 공기 중의 산소가, 강재 중의 미량 성분인 Al, Ca, Ti 등의 활성 원소와 반응하여 슬래그 스폿으로서 잔류한다고 생각되며, 특히, 용융지의 충분한 가스 실드가 어려운 고속도 TIG 용접에서 슬래그 스폿의 발생이 현저해지는 경향이 있다고 한다.

[0003] 도 2에는, TIG 용접에 의해 조관(造管)한 강관(鋼管)의 용접 비드 위에 보인 슬래그 스폿의 외관을 예시한다. 이 강관에 보이는 장경 1.0mm 이상의 크기인 슬래그 스폿의 비드 길이 방향 1m당 개수(이하, 「슬래그 스폿 발생률」이라고 한다)는 0.7개/m이었다.

[0004] 용접 비드에 슬래그 스폿이 다발(多發)하면, 예를 들면 이하와 같은 문제가 있다.

[0005] (i) 용접 비드부의 미관을 손상시킨다. (ii) 제거를 위해 비드 표면 연마 등 번잡한 손질이 필요해지는 경우가 있다. (iii) 용접 강관의 제조에서는, 강관 내면의 용접 비드를 압하여 비드의 높이를 낮게 하고나서 내면 연마를 실시하는 용도도 있다. 슬래그 스폿은 뒤 비드측에도 생기는 경우가 있고, 이 경우에는, 강관 내면의 비드부를 압하였을 때에 슬래그 스폿이 압입되어 비드의 금속면에 함몰이 형성되고, 뒤의 연마 공정에서 연마 잔부(미연마부)가 생긴다. (iv) 슬래그 스폿을 구성하는 이물과 비드의 금속 표면 사이에서 틈새 부식이 생기는 경우가 있다. (v) 용접 강관의 경우, 내면 비드 위에 생성된 슬래그 스폿이 강관 사용 중에 탈락하여, 강관 내를 흐르는 유체로의 이물 혼입의 원인이 될 수 있다. (vi) 아크 용접시에 슬래그 스폿의 원인이 되는 이물이 용융지 내에 응집해 오면, 아크가 불안정해지고, 비드 형상이 흐트러지기 쉽다.

[0006] 따라서, 아크 용접의 모재로서 사용했을 때에 슬래그 스폿의 발생을 현저히 억제할 수 있는 스테인리스 강재의 개발이 기대되고 있다.

[0007] 특허문헌 1, 2에는, 역산화성 원소인 Al, Ti, Si, Ca의 함유량을 최적화한 강 조성으로 조정함으로써 슬래그 스폿(블랙 스폿)의 생성을 저감한 페라이트계 스테인리스강이 개시되어 있다. 그러나, 발명자들의 조사에 의하면, 강 조성의 조정만으로는 슬래그 스폿의 억제 효과는 한정적이며, 새로운 개선의 여지가 남겨져 있다.

[0008] 특허문헌 3에는, 피복관용 오스테나이트계 Fe-Ni-Cr 합금에 있어서, 가공 균열의 기점이 되는 용접부 표면의 이물을 저감하는 것이 기재되어 있다. 용접물 표면에 부착되는 이물은 Al, Ti, Si, Ca, Mg 등의 산화물이나 질화물을 주체로 하는 것이고, 모재 중에 존재하는 비금속 개재물은 일반적으로 고용점이기 때문에, 용접시에 용융하지 않고 용해 금속의 표면에 부상하여 응집하고, 응고할 때, 그대로 표면에 잔존하여 요철을 형성한다고 교시되어 있다(단락 0035). 또한, 용접부 표면에 부착된 이물은, 모재 중에 존재하는 비금속 개재물에 유래하는 것이라고 한다(단락 0038). 특허문헌 3에 개시된 기술에서는, Al, Ti, Si의 양을 최대한 저감하는 것에 더하여, 다른 개재물 구성 원소인 Ca, Mg, N 및 O를 저감함으로써 모재 중에 존재하는 개재물의 개수를 저감하고, 그에 의해 용접 금속 표면에 관찰되는 이물의 저감을 도모하고 있다(단락 0039). 그러나, 발명자들의 검토에 의하면, 스테인리스 강재 중에 존재하는 비금속 개재물의 수를 단지 저감하는 것만으로는, 예를 들면 식품 가공 라인이나 반도체 제조 설비에 사용되는 용접 강관에 요구되는, 매우 이물(슬래그 스폿)이 적은 아크 용접 비드를 안정적으로 얻는 것은 어렵다. 또한, 스테인리스 강재 중에 존재하는 비금속 개재물의 양을 대폭 저감하는 것은, 제강 공정에서의 부하를 증대시켜, 강재 비용의 상승을 초래한다. 따라서, 개재물의 존재량을 저감한다는 수법에 의존하지 않고 슬래그 스폿의 저감을 도모할 수 있는, 새로운 수법의 개발이 요망된다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 일본 공개특허공보 특개2010-202973호
 (특허문헌 0002) 특허문헌 2: 일본 공개특허공보 특개2012-36444호
 (특허문헌 0003) 특허문헌 3: 일본 공개특허공보 특개2014-84493호

비특허문헌

- [0010] (비특허문헌 0001) 비특허문헌 1: 스테인리스 협회편 「스테인리스강 편람 제3판」, 일간공업신문사, 1995년, p. 1030-1031

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 아크 용접 비드의 슬래그 스폿을 저감하는데 유효한 용접법으로서, 용접 와이어를 전극에 사용하는 방법이나, 용가재를 첨가하는 방법을 들 수 있다. 플럭스가 들어간 용접 와이어를 사용하는 것도 유효하다. 한편, TIG 용접 등, 비용극식의 전극을 사용하는 아크 용접도 널리 행하여지고 있고, 용가재를 사용하지 않는 경우도 많다.
- [0012] 본 발명은 용접 와이어나 용가재의 사용에 의존하는 않고, 비용극식의 아크 용접법을 채용한 경우에도, 오스테나이트계, 페라이트계를 막론하고 다양한 스테인리스 강종(鋼種)으로 슬래그 스폿의 발생을 안정적으로 현저히 억제할 수 있는 기술을 제공하자고 하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0013] 발명자들은 상세한 연구 결과, 스테인리스강 모재 중에 존재하는 비금속 개재물의 양을 저감하는 것에 더하여, 특히 산화물계 개재물의 조성을 제어한다는 수법을 채용함으로써, 상기 과제를 달성할 수 있는 것을 지견하였다. 본 명세서에서는 이하의 발명을 개시한다.
- [0014] [1] 질량%로, C: 0.005 내지 0.100%, Si: 0.10 내지 3.00%, Mn: 0.10 내지 6.50%, P: 0.001 내지 0.050%, S: 0.0001 내지 0.0200%, Ni: 0 내지 20.00%, Cr: 10.50 내지 26.00, Mo: 0 내지 2.50%, Cu: 0 내지 3.50%, Nb: 0 내지 0.500%, V: 0 내지 0.500%, Zr: 0 내지 0.500%, W: 0 내지 0.500%, Co: 0 내지 0.500, B: 0 내지 0.020, N: 0.005 내지 0.200%, Ti: 0 내지 0.050%, Al: 0 내지 0.100%, Ca: 0 내지 0.0010%, Mg: 0 내지 0.0010%, REM (Y를 제외한 희토류 원소): 0 내지 0.050%, Y: 0 내지 0.050%, O: 0.0030 내지 0.0150%, 잔부 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어진 화학 조성을 갖는 스테인리스 강재로서, Mn을 함유하는 산화물계 개재물이 존재하고, 산화물계 개재물 중의 Si, Mn 및 Ca의 함유량을 각각 SiO₂, MnO 및 CaO의 질량 비율로 환산한 경우의 개재물 조성에서, 금속 조직 중에 관찰되는 산화물계 개재물의 평균 CaO/(SiO₂+MnO+CaO) 질량비가 0.40 이하, 평균 CaO/MnO 질량비가 15.0 이하인 스테인리스 강재.
- [0015] [2] 상기 [1]에 기재된 스테인리스 강재로 이루어진 아크 용접용 모재.
- [0016] [3] 상기 [1]에 기재된 스테인리스 강재로 이루어진 아크 용접 조관용 강관 모재.
- [0017] [4] 상기 [1]에 기재된 강재를 모재에 사용한 아크 용접 구조 부재.
- [0018] [5] 상기 [1]에 기재된 강재를 모재에 사용한 아크 용접 강관.
- [0019] [6] 상기 [1]에 기재된 스테인리스 강재를 모재에 사용하여, 용가재를 첨가하지 않고 비용극식의 아크 용접을 행하는 용접 구조 부재의 제조법.
- [0020] [7] 상기 [1]에 기재된 스테인리스 강재인 강관을 모재에 사용하여, 용가재를 첨가하지 않고 비용극식의 아크 용접으로 용접 강관으로 만드는, 용접 강관의 제조법.
- [0021] 여기서, 상기의 각 강 성분의 함유량은 강 중에 존재하는 당해 원소의 총 함유량이다. 따라서, 일부가 산화물로서 존재하는 금속 원소나 산소의 함유량은, 산화물로서 존재하는 양을 포함하고 있다. 산화물계 개재물의 평균 CaO/(SiO₂+MnO+CaO) 질량비, 평균 CaO/MnO 질량비는 이하와 같이 하여 구할 수 있다. 아크 용접 구조 부재는 아크 용접에 의해 형성된 용접부를 갖는 부재이다. 마찬가지로, 아크 용접 강관은 아크 용접에 의해 형성된 용접부를 갖는 강관이다. 이들 용접부는 「용가재 무첨가의 용접부」(즉, 용가재를 첨가하지 않고 형성된 용접부)로 할 수 있다.
- [0022] [평균 CaO/(SiO₂+MnO+CaO) 질량비, 평균 CaO/MnO 질량비 구하는 방법]
- [0023] 강재의 단면에 대하여 SEM 관찰을 행하고, 단면 내에 존재하는 산화물계 개재물의 입자에서 무작위로 30개 이상의 입자를 선택하여 EDX(에너지 분산형 X선 분석)에 의해 조성 분석을 행한다. 개개의 입자에 대하여, Si, Mn, Ca, Al, Mg, Ti, Cr 및 Fe의 함유율을 각각 산화물 SiO₂, MnO, CaO, Al₂O₃, MgO, TiO₂, Cr₂O₃ 및 FeO의 질량 비율로 환산하고, 이들 8종류의 산화물에서 차지하는 SiO₂, MnO 및 CaO의 질량비율을, 각각 당해 입자의 SiO₂ 함유

량(질량%), MnO 함유량(질량%) 및 CaO 함유량(질량%)으로 한다. 개개의 입자의 SiO₂ 함유량, MnO 함유량 및 CaO 함유량을 각각 상가 평균함으로써, 전체 측정 입자에 대한 SiO₂, MnO 및 CaO의 평균 함유량(질량%)을 산출한다. 하기 (1)식의 각 산화물의 화학식 부분에, 당해 산화물의 상기 평균 함유량(질량%)의 값을 대입함으로써, 평균 CaO/(SiO₂+MnO+CaO) 질량비가 정해진다. 마찬가지로, 하기 (2)식의 각 산화물의 화학식 부분에, 당해 산화물의 상기 평균 함유량(질량%)의 값을 대입함으로써, 평균 CaO/MnO 질량비가 정해진다.

[0024] $CaO/(SiO_2+MnO+CaO) \cdots (1)$

[0025] $CaO/MnO \cdots (2)$

발명의 효과

[0026] 본 발명에 의하면, 스테인리스 강재의 아크 용접에 있어서 슬래그 스폿의 발생을 안정적으로 현저히 억제하는 것이 가능해졌다. 이 기술은 오스테나이트계, 페라이트계를 막론하고 다양한 스테인리스 강종에 적용할 수 있고, 특히 용가재를 첨가하지 않고 행하는 TIG 용접에서 효과가 크다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 비특허문헌 1에 게재되어 있는 슬래그 스폿이 생긴 용접 비드의 외관 사진의 인용.
- 도 2는 TIG 용접에 의해 조관한 강관의 용접 비드 위에 보인 슬래그 스폿의 외관 사진.
- 도 3은 산화물계 개재물의 평균 CaO/(SiO₂+MnO+CaO) 질량비와 슬래그 스폿 발생률의 관계를 나타낸 그래프.
- 도 4는 산화물계 개재물의 평균 CaO/MnO 질량비와 슬래그 스폿 발생률의 관계를 나타낸 그래프.
- 도 5는 도 4의 평균 CaO/MnO 질량비가 낮은 영역을 확대 표시한 그래프.
- 도 6은 강재 중의 총 산소 함유량과 산화물계 개재물의 평균 CaO/MnO 질량비의 관계를 나타낸 그래프.
- 도 7은 도 6의 평균 CaO/MnO 질량비가 낮은 영역을 확대 표시한 그래프.
- 도 8은 강재 중의 총 산소 함유량과 슬래그 스폿 발생률의 관계를 나타낸 그래프.
- 도 9는 정련(精鍊)시의 슬래그 염기도와 슬래그 스폿 발생률의 관계를 나타낸 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] [강의 성분 조성]

[0029] 본 발명에서는 오스테나이트계나 페라이트계를 막론하고, 다양한 강종이 적용 대상이 된다. 발명자들의 검토에 의하면, 이하의 조성 범위에서 후술하는 개재물 조성 제어에 의한 슬래그 스폿의 억제 효과를 얻을 수 있다.

[0030] 질량%로, C: 0.005 내지 0.100%, Si: 0.10 내지 3.00%, Mn: 0.10 내지 6.50%, P: 0.001 내지 0.050%, S: 0.0001 내지 0.0200%, Ni: 0 내지 20.00%, Cr: 10.50 내지 26.00, Mo: 0 내지 2.50%, Cu: 0 내지 3.50%, Nb: 0 내지 0.500%, V: 0 내지 0.500%, Zr: 0 내지 0.500%, W: 0 내지 0.500%, Co: 0 내지 0.500, B: 0 내지 0.020, N: 0.005 내지 0.200%, Ti: 0 내지 0.050%, Al: 0 내지 0.100%, Ca: 0 내지 0.0010%, Mg: 0 내지 0.0010%, REM (Y를 제외한 희토류 원소): 0 내지 0.050%, Y: 0 내지 0.050%, O: 0.0030 내지 0.0150%, 잔부 Fe 및 불가피적 불순물.

[0031] 강재 중의 P, S의 함유량은 일반적으로 낮은 쪽이 바람직하지만, 과잉의 탈인(脫磷), 탈황은 제강의 부하를 높여 비경제적이므로, 여기서는 P, S 함유량이 상기 범위의 강을 대상으로 한다. Ni, Mo, Cu, Nb, V, Zr, W, Co, B, Ti, Al, Ca, Mg, REM (Y를 제외한 희토류 원소), Y는 임의 함유 원소이다. 이들은, 강재의 열간 가공성이나 각종 특성을 개선하기 위해서 스테인리스강에 적절히 첨가되는 일반적인 원소이며, 상기 범위 내의 함유량이면, 산화물계 개재물의 평균 CaO/MnO 질량비가 후술하는 소정 범위로 제어되어 있는 한, 아크 용접 비드의 슬래그 스폿 억제 효과를 저해하는 것은 아니다. Ti, Al에 대해서는, 함유량이 과잉이면 개재물 조성에 악영향을 끼치는 경우가 있고, 슬래그 스폿의 발생 원인이 될 수 있으므로, Ti는 0.050% 이하, Al은 0.100% 이하로 각각 제한된다. Ti는 0.010% 미만, Al은 0.007% 이하의 함유량 범위가 되도록 성분 조정하는 것이 보다 바람직하다. Al 함유량을 충분히 저감하기 위해서는, 정련에 있어서 Si 탈산을 행하는 것이 바람직하다.

- [0032] [산화물계 개재물의 조성]
- [0033] 스테인리스 강재를 모재에 사용한 아크 용접 비드에 생기는 슬래그 스폿의 발생 요인으로서, 이하의 패턴을 생각할 수 있다.
- [0034] (패턴 1) 모재 중의 역산화성 원소(Al, Ca, Ti 등)가, 가스 실드가 불충분했던 부분에서 산화물을 형성하여 비드 위에 잔류한다.
- [0035] (패턴 2) 모재 중에 존재하는 해리 온도가 높은 비금속 개재물이 아크의 소인(掃引; Sweep)에 수반하여 응집 부상하고, 어느 정도 응집 입자가 커지면 아크의 소인에서 남겨져 비드 위에 잔류한다.
- [0036] 발명자들의 검토에 의하면, 가스 실드를 충분히 행한 경우라도 슬래그 스폿은 발생하기 때문에, 슬래그 스폿의 발생을 안정적으로 현저히 억제하기 위해서는 상기 패턴 2의 발생 요인을 극복하는 것이 필요하다. 상기 패턴 1의 발생 요인에 대해서는 모재의 강 조성에 있어서 역산화성 원소 등의 함유량을 상술한 범위로 제한함으로써 해소할 수 있다.
- [0037] 상기 패턴 2의 발생 요인 대책으로서 모재 중의 개재물 제어가 중요하다. 비금속 개재물 중, 슬래그 스폿의 원인이 되는 것은 해리 온도가 높은 산화물계 개재물이다. 상술한 강 조성을 갖는 스테인리스강의 경우, 강재 중에 존재하는 산화물계 개재물의 대표적인 구성 성분으로서 SiO_2 , MnO , CaO , Al_2O_3 , MgO 등을 들 수 있다. 이들 중, CaO 는 해리 온도가 높기 때문에 용접시에도 환원되지 않고 산화물인채로 존재한다. 이것이 아크의 열로 용융한 금속 중에서 응집 합체하면, 냉각 후에 슬래그 스폿으로서 나타난다. 한편, MnO 나 SiO_2 는 해리 온도가 비교적 낮기 때문에, 산화물을 구성하는 Mn이나 Si는 용접시에 환원되어 금속이 되고, 용해 금속 중에 용해되기 쉽다. 그러므로, MnO 나 SiO_2 는 슬래그 스폿의 발생 요인은 되기 어렵다.
- [0038] 발명자들은 상술한 강 조성 범위에 어느 다양한 스테인리스 강종에 대하여, 강재 중에 포함되어 있는 산화물계 개재물의 조성을 상세하게 조사하였다. 그 결과, 일반적인 스테인리스 강재 중에 존재하는 산화물계 개재물의 대부분은, SiO_2 및 CaO 의 함유량이 많은 타입의 것임을 알았다. 또한, 정련 조건을 바꿈으로써, 개재물의 CaO 함유량을 감소시키고, 대신에 MnO 함유량을 증가시킨다는 개재물의 조성 제어가 가능한 것도 확인할 수 있었다. 또한, 개재물 조성에서 SiO_2 , CaO 와 공존하는 MnO 의 함유량을 증가시켜 가면, CaO 가 존재하고 있음에도 불구하고, 슬래그 스폿의 발생이 현저히 억제되는 것이 명확해졌다. 이하에서, SiO_2 및 CaO 의 함유량이 많은 일반적인 타입의 산화물계 개재물을 편의상 「 SiO_2 - CaO 타입」이라고 부르고, 개재물의 조성 제어에 의해 Ca 농도의 감소 및 Mn 농도의 증가를 도모한 타입의 산화물계 개재물을 편의상 「 SiO_2 - MnO - CaO 타입」이라고 부른다.
- [0039] 금속 산화물은 온도가 상승하면 일반적으로 금속과 산소로 해리된다. 예를 들면 엘링 햄 다이어그램에 있어서 산소 분압을 10^{-12} atm으로 가정한 경우의 해리 온도를 어림잡으면, SiO_2 : 약 1530°C , MnO : 약 1380°C , CaO : 약 2100°C , Al_2O_3 : 약 2020°C 가 된다. SiO_2 - CaO 타입의 개재물을, 가능한 한 SiO_2 - MnO - CaO 타입으로 바꾸는 것, 즉 개재물의 조성을 상대적으로 SiO_2 - MnO - CaO 타입 우위로 하는 것이, 슬래그 스폿의 억제에 유리하다. 또한, Al_2O_3 은 해리 온도가 높지만, 상술한 강 조성으로 조정되어 있는 강재에서는 Al_2O_3 의 존재량이 적기 때문에, 슬래그 스폿의 발생 요인은 되기 어렵다.
- [0040] 개재물 조성에서의 SiO_2 - CaO 타입과 SiO_2 - MnO - CaO 타입의 상대적인 우위성을 정량적으로 나타내는 지표로서, 본 발명에서는 「평균 CaO/MnO 질량비」를 채용한다. 이 값이 작을수록, 상대적으로 SiO_2 - MnO - CaO 타입 우위의 개재물 조성이라고 평가할 수 있고, 슬래그 스폿의 발생 억제에 유리하다. 평균 CaO/MnO 질량비는 상술한 방법으로 구할 수 있다. 상세한 검토 결과, 강 조성이 상술한 범위로 조정되어 있는 스테인리스강에 있어서, 평균 CaO/MnO 질량비가 15.0 이하일 때, 종래의 스테인리스 강재와 비교해 슬래그 스폿의 현저한 저감 효과가 인정된다. 평균 CaO/MnO 질량비가 10.0 이하인 것이 보다 바람직하고, 6.0 이하로 관리해도 좋다.
- [0041] 한편, 산화물계 개재물 중의 MnO 함유량이 높은 경우에도, CaO 함유량이 과도하게 높으면, 슬래그 스폿의 발생 억제 효과를 충분히 얻을 수 없다. 검토 결과, 평균 $\text{CaO}/(\text{SiO}_2+\text{MnO}+\text{CaO})$ 질량비가 0.40 이하인 개재물 조성으로 하는 것이 바람직하다. 평균 $\text{CaO}/(\text{SiO}_2+\text{MnO}+\text{CaO})$ 질량비는 상술한 방법으로 구할 수 있다.

- [0042] [개재물의 조성 제어]
- [0043] 산화물계 개재물의 평균 $\text{CaO}/(\text{SiO}_2+\text{MnO}+\text{CaO})$ 질량비, 및 평균 CaO/MnO 질량비가 적정화된 상술한 스테인리스 강재는, 일반적인 스테인리스강의 용제 설비를 이용하여 제조할 수 있다. 대표적으로는 VOD 프로세스 및 AOD 프로세스를 들 수 있다. 어느 것에서도, 우선 Cr 함유 용철에 산소를 불어넣은 탈탄을 실시하고, Cr 산화물 함유 슬래그를 탕면(湯面) 위에 갖는 용강(C 함유량은 예를 들면 0.20% 이하)을 상법으로 제조한다. 이 단계의 용강은 산소를 불어넣는 탈탄을 끝낸 용강이기 때문에, 역산화성 원소 Si, Ti, Al, Ca, Mg 등은 용강 중에서 산화 제거되어 있다. 즉, 용강 중에는 Si, Ti, Al, Ca, Mg은 거의 존재하고 있지 않다. 또한, 용강 중에 다량으로 포함되는 Cr도 그 일부가 산화되고, Cr 산화물로서 용강의 탕면 위에 슬래그를 형성하고 있다. 한편, 용강 중에는 탈탄을 위해 불어넣은 산소가 다량으로 용존하고 있다. 그러므로, 주조 전에는 탈산을 행할 필요가 있다. 탈산제로서 Al이 아니라 FeSi 합금을 사용하여, 최종적인 성분 조정을 행한다.
- [0044] 산화물계 개재물의 평균 $\text{CaO}/(\text{SiO}_2+\text{MnO}+\text{CaO})$ 질량비를 0.40 이하로 유지하면서 평균 CaO/MnO 질량비를 충분히 저감하기 위해서는, 탈산 및 최종적인 성분 조정을 행할 때에, 예를 들면 이하의 3가지를 충족시키도록 정련을 행하는 것이 매우 유효하다는 것을 알았다.
- [0045] (1) 강 중의 산소 함유량(산화물로서 존재하는 산소도 포함시킨 총 산소 함유량)이 0.0030%(30ppm) 이상이 되도록 정련을 행한다. 산소 함유량이 0.0030%를 밑돌면 평균 CaO/MnO 질량비를 안정적으로 15.0 이하로 하는 정련이 어려워진다. 평균 CaO/MnO 질량비를 10.0 이하, 또는 6.0 이하로까지 크게 저감시키고 싶은 경우에는 산소 함유량을 0.0040%(40ppm) 이상이 되도록 조정하는 것이 보다 바람직하다. 다만, 산소 함유량이 지나치게 많아지면 Cr 산화물 함유량이 많은 개재물이 다량으로 생성되고, 제품 품질의 저하를 초래하는 요인이 된다. 산소 함유량은 0.0150%(150ppm) 이하로 제한되고, 0.0100%(100ppm) 이하로 하는 것이 보다 바람직하다. 0.0060%(60ppm) 이하로 관리해도 좋다.
- [0046] (2) Ca 함유량이 예를 들면 0.20% 이하의 고순도 FeSi 합금을 사용하여 Si 탈산을 행한다.
- [0047] (3) 슬래그 염기도 CaO/SiO_2 를 1.20 내지 1.60의 범위로 조정한다.
- [0048] **실시예**
- [0049] VOD 프로세스를 이용하여 표 1에 나타낸 스테인리스강을 용제하고, 연속 주조 슬라브를 얻었다. 최종적인 정련 과정에서, 강 중의 총 산소 함유량, 탈산제의 FeSi 합금의 종류, 및 슬래그 염기도(CaO/SiO_2)의 조건을 바꾸어, 개재물 제어를 시험해 보았다. 표 2 중에 각각의 조건을 표시해 놓았다. 표 2 중의 산소 함유량은 표 1의 값을 재계산한 것이다. 탈산제인 FeSi 합금으로서는, 불순물량이 적은 고순도품과, 통상품을 사용하였다. 고순도품은 Ca 함유량이 0.20질량% 이하로 저감된 것이다. 통상품의 Ca 함유량은 약 0.5 내지 1.5질량%이다. 슬래그 염기도는 슬래그에서 채취한 샘플을 분석하여 구하였다.
- [0050] 얻어진 연속 주조 슬라브를 사용하여 열간 압연, 냉간 압연을 포함하는 공정에서 판두께 0.5 내지 1.5mm의 냉연 소둔 강판을 얻었다. 이 냉연 소둔 강판의 압연 방향 및 판두께 방향으로 평행한 단면(L 단면)에 대하여 SEM(주사형 전자 현미경) 관찰을 행하고, SEM에 부속의 EDX(에너지 분산형 X선 분석)로 산화물계 개재물의 조성 분석을 행하였다. 무작위로 선택한 30개의 산화물계 개재물의 측정값에 기초하여 상기 기재한 「평균 $\text{CaO}/(\text{SiO}_2+\text{MnO}+\text{CaO})$ 질량비, 평균 CaO/MnO 질량비 구하는 방법」에 따라, 평균 $\text{CaO}/(\text{SiO}_2+\text{MnO}+\text{CaO})$ 질량비 및 평균 CaO/MnO 질량비를 구하였다. 결과를 표 2 중에 나타내었다.
- [0051] 각 냉연 소둔 강판을 소재에 사용하여, TIG 용접으로 통상의 조건에서 용접 강판을 제조하였다. 관의 외경은 25 내지 51mm의 범위에 있다. 용접시에 용가제는 첨가하지 않는다. 얻어진 강판 제품에서 무작위로 샘플을 빼내어, 연속하는 길이 50m 이상의 용접 비드에 대하여 슬래그 스폿의 발생을 조사하였다. 장경(입자의 가장 긴 부분의 직경)이 1.0mm 이상인 슬래그 스폿의 수를 카운트하고, 1m당 상기 슬래그 스폿의 발생 개수를 슬래그 스폿 발생률(개/m)로 하였다. 상기 사이즈의 슬래그 스폿 발생률이 0.30개/m 이하이면, 종래보다 대폭 슬래그 스폿의 발생이 억제되어 있다고 평가할 수 있다. 따라서, 슬래그 스폿 발생률이 0.30개/m 이하인 것을 합격으로 판정하였다.
- [0052] 이들의 결과를 표 2에 나타낸다.

표 1

표 1

화학 조성(질량%)

구분	예 No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Nb	N	Ti	Al	Ca	Mg	O	기타
본 발명예	1	0.061	0.50	0.93	0.032	0.0085	8.09	18.24	0.24	0.32	0.016	0.025	0.002	0.001	0.0000	0.0000	0.0065	-
	2	0.071	0.34	0.75	0.031	0.0061	0.15	12.21	0.09	-	0.022	0.010	0.001	0.002	0.0000	0.0001	0.0054	-
	3	0.013	0.51	0.29	0.027	0.0039	4.65	24.59	1.73	0.09	0.009	0.125	0.003	0.001	0.0001	0.0002	0.0058	-
	4	0.010	0.53	0.29	0.029	0.0032	0.25	18.64	0.05	0.48	0.399	0.013	0.002	0.002	0.0002	0.0000	0.0049	-
	5	0.048	0.75	1.08	0.019	0.0030	19.19	25.04	-	0.05	0.009	0.018	0.005	0.001	0.0001	0.0000	0.0058	-
	6	0.086	2.78	0.22	0.026	0.0041	8.34	13.70	2.21	0.26	-	0.069	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0051	-
	7	0.079	0.58	6.05	0.029	0.0008	2.06	17.23	0.18	2.18	0.020	0.175	0.001	0.001	0.0000	0.0000	0.0046	-
	8	0.018	0.64	1.11	0.029	0.0072	12.07	17.16	2.11	0.33	0.013	0.011	0.001	0.004	0.0002	0.0002	0.0050	-
	9	0.016	0.32	1.72	0.032	0.0045	8.03	17.04	0.21	3.19	0.014	0.012	0.007	0.003	0.0003	0.0001	0.0039	-
	10	0.055	0.52	0.89	0.030	0.0080	8.05	18.21	0.10	0.25	0.010	0.031	0.001	0.001	0.0002	0.0002	0.0061	V:0.25
	11	0.049	0.51	0.91	0.032	0.0035	8.01	18.35	0.15	0.31	0.011	0.029	0.001	0.010	0.0004	0.0001	0.0042	Zr:0.11
	12	0.048	0.55	0.95	0.029	0.0061	8.08	18.21	0.09	0.11	0.016	0.028	0.001	0.002	0.0003	0.0001	0.0055	W:0.13
	13	0.060	0.51	0.85	0.031	0.0025	8.03	18.19	0.05	0.35	0.025	0.025	0.001	0.001	0.0004	0.0002	0.0040	Co:0.10
	14	0.051	0.50	0.89	0.031	0.0105	8.04	18.60	0.11	0.21	0.009	0.031	0.002	0.001	0.0001	0.0000	0.0074	B:0.004
	15	0.052	0.53	0.97	0.035	0.0095	8.07	18.53	0.06	0.41	0.011	0.032	0.005	0.011	0.0001	0.0001	0.0088	REM:0.15
	16	0.050	0.59	0.91	0.029	0.0051	8.10	18.35	0.07	0.23	0.012	0.028	0.008	0.012	0.0003	0.0002	0.0052	Y:0.11
비표예	21	0.067	0.55	1.14	0.035	0.0021	8.02	18.87	0.30	0.48	0.035	0.032	0.011	0.004	0.0004	0.0003	0.0038	-
	22	0.057	0.48	0.83	0.030	0.0026	8.08	18.51	0.21	0.25	0.022	0.022	0.004	0.001	0.0003	0.0001	0.0031	-
	23	0.095	0.59	0.96	0.033	0.0025	7.00	16.95	0.26	0.25	0.031	0.033	0.003	0.003	0.0004	0.0001	0.0030	-
	24	0.065	0.50	0.94	0.035	0.0043	8.37	18.30	0.30	0.42	0.031	0.028	0.008	0.002	0.0004	0.0002	0.0026	-
	25	0.067	0.51	1.06	0.035	0.0024	8.32	18.51	0.25	0.36	0.030	0.031	0.007	0.003	0.0006	0.0003	0.0025	-
	26	0.019	0.75	1.18	0.030	0.0037	12.53	18.61	2.39	0.37	0.18	0.012	0.003	0.008	0.0009	0.0004	0.0019	-
	27	0.019	0.70	1.34	0.030	0.0029	13.30	17.53	2.29	0.38	0.021	0.012	0.003	0.006	0.0005	0.0001	0.0051	-
	28	0.018	0.71	1.16	0.029	0.0031	16.06	17.73	2.12	0.33	0.024	0.012	0.003	0.006	0.0006	0.0002	0.0058	-
	29	0.081	0.59	0.54	0.030	0.0027	0.42	16.27	0.12	0.07	-	0.020	0.014	0.018	0.0004	0.0002	0.0060	-
	30	0.073	0.65	0.51	0.031	0.0019	0.19	16.26	0.10	0.08	0.001	0.023	0.020	0.021	0.0003	0.0001	0.0047	-

표 2

예 No.	구분	산화물계 개재물	슬래그 염기도 CaO/SiO ₂	탄산제 FeSi 합금 의 종류	산화물계 개재물	슬래그 스폿 발생률 (개/m)				
							산화물계 개재물			평균 CaO/MnO 질량비
							SiO ₂ (%)	MnO (%)	CaO (%)	
1	본 발명예	0.0065	고순도품	1.24	76.26	19.81	3.93	0.04	0.2	0.06
2		0.0054	고순도품	1.35	67.66	20.58	11.76	0.12	0.6	0.00
3		0.0058	고순도품	1.38	63.44	23.37	13.19	0.13	0.6	0.11
4		0.0049	고순도품	1.51	69.26	10.37	20.37	0.20	2.0	0.06
5		0.0058	고순도품	1.41	61.16	13.59	25.25	0.25	1.9	0.17
6		0.0051	고순도품	1.44	60.46	8.21	31.33	0.31	3.8	0.00
7		0.0046	고순도품	1.48	59.82	8.30	31.88	0.32	3.8	0.11
8		0.0050	고순도품	1.49	59.22	6.10	34.68	0.35	5.7	0.11
9		0.0039	고순도품	1.52	57.23	4.42	36.36	0.38	8.7	0.22
10		0.0061	고순도품	1.25	64.07	18.61	17.32	0.17	0.9	0.10
11		0.0042	고순도품	1.51	62.11	6.21	31.68	0.32	5.1	0.15
12		0.0055	고순도품	1.28	67.07	7.11	25.82	0.26	3.6	0.10
13		0.0040	고순도품	1.55	65.65	3.09	31.26	0.31	10.1	0.21
14		0.0074	고순도품	1.23	70.91	22.14	6.96	0.07	0.3	0.10
15		0.0088	고순도품	1.26	66.08	29.26	4.66	0.05	0.2	0.08
16		0.0052	고순도품	1.31	54.13	11.04	34.83	0.35	3.2	0.18
21	비교예	0.0038	고순도품	1.75	55.39	2.33	42.28	0.42	18.1	0.61
22		0.0031	고순도품	1.85	53.75	2.63	43.62	0.44	16.6	0.50
23		0.0030	고순도품	1.78	53.69	1.88	44.44	0.44	23.7	0.67
24		0.0026	고순도품	1.89	53.83	0.30	45.87	0.46	153.9	1.17
25		0.0025	고순도품	1.95	51.56	0.37	48.07	0.48	130.2	0.61
26		0.0019	고순도품	2.05	49.30	0.25	50.45	0.50	201.4	1.06
27		0.0051	통상품	1.42	55.13	1.99	42.88	0.43	21.5	0.83
28		0.0058	통상품	1.31	51.43	1.79	46.78	0.47	26.1	0.72
29		0.0060	통상품	1.41	53.21	2.57	44.22	0.44	17.2	0.56
30		0.0047	통상품	1.58	52.30	1.61	46.08	0.46	28.6	0.72

[0054]

[0055]

강 조성이 본 발명 규정 범위를 충족시키고, 또한 산화물계 개재물의 평균 CaO/(SiO₂+MnO+CaO) 질량비 및 평균 CaO/MnO 질량비가 본 발명 규정 범위로 제어된 본 발명예의 것은, 슬래그 스폿의 발생이 상당히 적다.

[0056]

이에 대하여, 비교예인 No. 21 내지 23은 정련시의 슬래그 염기도가 높았으므로 산화물계 개재물의 평균 CaO/MnO 질량비가 높아지고, 슬래그 스폿의 발생이 많았다. No. 24 내지 26은 강 중의 총 산소 함유량이 지나치게 낮고, 또한 정련시의 슬래그 염기도가 높았으므로 산화물계 개재물의 평균 CaO/MnO 질량비가 다른 예보다 현저히 높아지고, 슬래그 스폿의 억제 효과는 얻을 수 없었다. No. 27 내지 30은 탄산제인 FeSi 합금에 「통상품」을 사용했으므로 원하는 개재물 제어가 불가능하고, 산화물계 개재물의 평균 CaO/MnO 질량비가 높아져서 슬래그 스폿의 발생이 많았다.

[0057]

도 3에, 각 예에 대하여 산화물계 개재물의 평균 CaO/(SiO₂+MnO+CaO) 질량비와 슬래그 스폿 발생률의 관계를 나타낸다. 검은색 환형 플롯은 탄산제의 FeSi 합금으로서 「고순도품」을 사용한 예, 흰색 환형 플롯은 「통상품」을 사용한 예이다(이하의 도 4 내지 도 9에서 마찬가지). 또한, 도 4, 도 5에, 각 예에 대하여 산화물계 개재물의 평균 CaO/MnO 질량비와 슬래그 스폿 발생률의 관계를 나타낸다. 도 5는, 도 4의 평균 CaO/MnO 질량비가

낮은 영역을 확대 표시한 것이다. 산화물계 개재물의 평균 $\text{CaO}/(\text{SiO}_2+\text{MnO}+\text{CaO})$ 질량비를 0.40 이하, 또한 평균 CaO/MnO 질량비를 15.0 이하로 제어함으로써, 슬래그 스폿 발생 억제 효과가 현저히 향상되는 것을 알 수 있다.

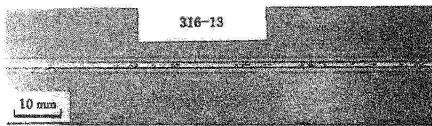
[0058] 도 6, 도 7에, 각 예에 대하여 강제 중의 총 산소 함유량과 산화물계 개재물의 평균 CaO/MnO 질량비의 관계를 나타낸다. 도 7은, 도 6의 평균 CaO/MnO 질량비가 낮은 영역을 확대 표시한 것이다. 산소 함유량을 0.0030% 이상으로 하는 것이 산화물계 개재물의 평균 CaO/MnO 질량비를 낮게 제어하는데 매우 유효한 것을 알 수 있다.

[0059] 도 8에, 각 예에 대하여 강제 중의 총 산소 함유량과 슬래그 스폿 발생률의 관계를 나타낸다. 탈산제의 FeSi 합금에 「고순도품」을 사용하고, 산소 함유량을 0.0030% 이상으로 하는 것이 슬래그 스폿의 발생 억제에 효과적인 것을 알 수 있다.

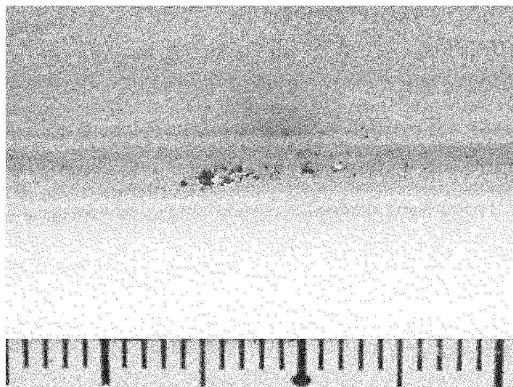
[0060] 도 9에, 정련시의 슬래그 염기도와 슬래그 스폿 발생률의 관계를 나타낸다. 탈산제의 FeSi 합금에 「고순도품」을 사용하고, 슬래그 염기도를 1.20 내지 1.60의 범위로 조정하는 것이 슬래그 스폿의 발생 억제에 효과적인 것을 알 수 있다.

도면

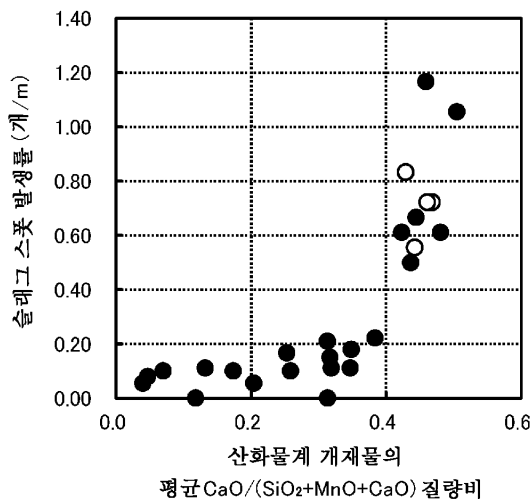
도면1



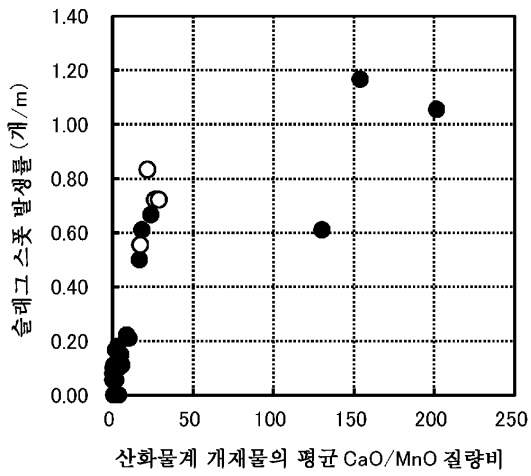
도면2



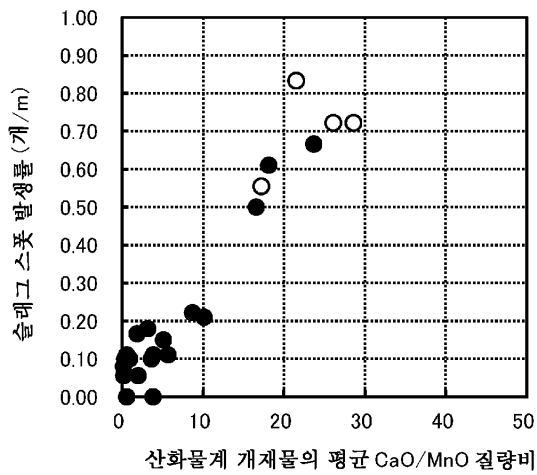
도면3



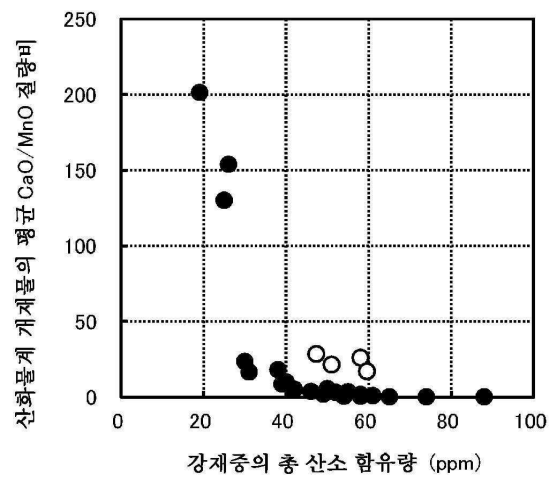
도면4



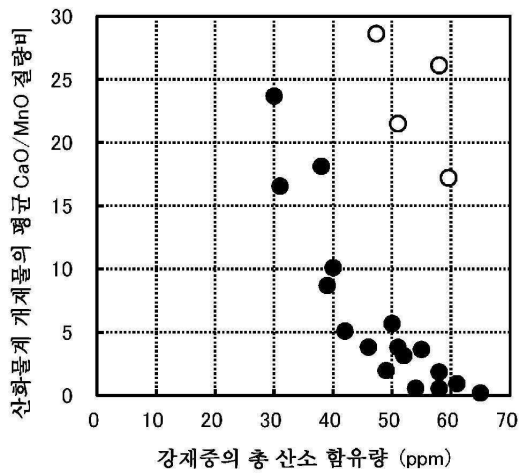
도면5



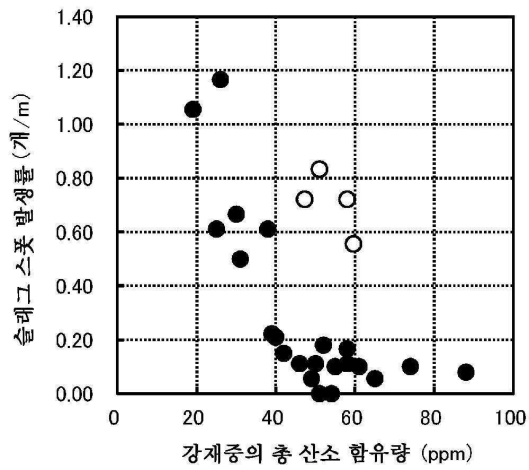
도면6



도면7



도면8



도면9

