



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0054410
(43) 공개일자 2017년05월17일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/42 (2006.01) C21D 9/46 (2006.01)
C22C 38/34 (2006.01) C22C 38/58 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C22C 38/42 (2013.01)
C21D 9/46 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7007431
- (22) 출원일자(국제) 2015년08월10일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2017년03월17일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2015/072605
- (87) 국제공개번호 WO 2016/027709
국제공개일자 2016년02월25일
- (30) 우선권주장
JP-P-2014-166523 2014년08월19일 일본(JP)

- (71) 출원인
넛신 세이코 가부시키키가이샤
일본국 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3-4-1
- (72) 발명자
마쓰바야시 히로야스
일본 야마구치켄 7468666 수난시 노무라미나미마
치 4976 넛신 세이코 가부시키키가이샤 내
나카무라 사다유키
일본 히로시마켄 7300051 히로시마시 나카쿠 오테
마치 3-2-31 넛신 세이코 가부시키키가이샤 내
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
장훈

전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 오스테나이트계 스테인리스 강판 및 메탈 가스켓

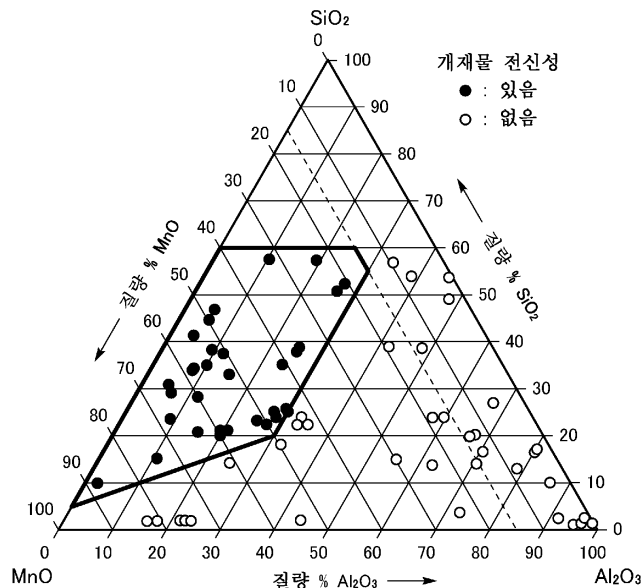
(57) 요약

[과제]

오스테나이트계 스테인리스 강판에 있어서 산화물계 개재물에 기인하는 가공성이나 내피로 특성의 이방성을 저감한다.

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



[해결수단]

질량%로, C: 0.030 내지 0.300%, Si: 0.30 내지 3.20%, Mn: 0.90 내지 17.00%, Ni: 1.00 내지 8.00%, Cr: 14.00 내지 19.00%, Cu: 0.50 내지 3.50%, N: 0.045 내지 0.250%, Al: 0.0001 내지 0.0300%, V: 0 내지 0.50%, Nb: 0 내지 0.50%, Ti: 0 내지 0.30%, B: 0 내지 0.010%, 잔부 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고, 산화물계 개재물의 환산 평균 조성이 Al_2O_3 : 30질량% 이하, SiO_2 : 60질량% 이하, MnO: 15질량% 이상, 또한 $MnO \geq -3SiO_2 + 110$ 을 충족하는 오스테나이트계 스테인리스강 열연 강판.

(52) CPC특허분류

C22C 38/34 (2013.01)

C22C 38/58 (2013.01)

C21D 2211/001 (2013.01)

(72) 발명자

가쓰키 주니치

일본 야마구치켄 7468666 수난시 노무라미나미마치

4976 닛신 세이코 가부시키키가이샤 내

히로타 료지

일본 야마구치켄 7468666 수난시 노무라미나미마치

4976 닛신 세이코 가부시키키가이샤 내

명세서

청구범위

청구항 1

질량%로, C: 0.030 내지 0.300%, Si: 0.30 내지 3.20%, Mn: 0.90 내지 17.00%, Ni: 1.00 내지 8.00%, Cr: 14.00 내지 19.00%, Cu: 0.50 내지 3.50%, N: 0.045 내지 0.250%, Al: 0.0001 내지 0.0300%, V: 0 내지 0.50%, Nb: 0 내지 0.50%, Ti: 0 내지 0.30%, B: 0 내지 0.010%, 잔부 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고, 하기 (1)식에 의해 정해지는 Md_{30} 값이 50.0 이하, 하기 (2)식에 의해 정해지는 δ_{1230} 값이 8.0 이하인 강 조성을 갖고, 금속 조직 중에 관찰되는 산화물계 개재물의 평균 조성이 Al_2O_3 , SiO_2 및 MnO의 질량 비율 환산으로 Al_2O_3 : 30질량% 이하, SiO_2 : 60질량% 이하, MnO: 15질량% 이상, 또한 하기 (3)식을 충족하는 오스테나이트계 스테인리스강 열연 강판.

$$Md_{30} = 551 - 462(C+N) - 9.2Si - 8.1Mn - 29(Ni+Cu) - 13.7Cr \dots (1)$$

$$\delta_{1230} = -101.5 - 78.6C + 3.1Si + 0.4Mn - 2.4Ni + 7.7Cr - 1.5Cu - 51.4N \dots (2)$$

$$MnO \geq -3SiO_2 + 110 \dots (3)$$

여기서, (1)식 및 (2)식의 원소 기호의 개소에는 강 조성에서의 당해 원소의 질량%값이 대입되고, (3)식의 MnO 및 SiO_2 의 개소에는 각각 상기 산화물계 개재물의 평균 조성에서의 MnO 및 SiO_2 의 환산 질량%값이 대입된다.

청구항 2

제1항에 기재된 열연 강판에 유래하는 오스테나이트계 스테인리스강 냉연 강판.

청구항 3

제2항에 있어서, 판면(압연면)의 비커스 경도가 400 내지 500HV인, 오스테나이트계 스테인리스강 냉연 강판.

청구항 4

제2항에 있어서, 판 두께가 0.05 내지 0.5mm인, 오스테나이트계 스테인리스강 냉연 강판.

청구항 5

제2항에 있어서, 판면(압연면)의 비커스 경도가 400 내지 500HV이고, 판 두께가 0.05 내지 0.5mm인, 오스테나이트계 스테인리스강 냉연 강판.

청구항 6

제2항 내지 제5항 중 어느 한 항에 기재된 냉연 강판을 성형한 메탈 가스켓으로서, 프레스 성형에 의한 비드를 갖고, 비드 두정부를 접촉 상대재에 바짝 대고 사용하는 메탈 가스켓.

청구항 7

제2항 내지 제5항 중 어느 한 항에 기재된 냉연 강판을 성형한 후 100 내지 500℃에서 시효 처리한 메탈 가스켓으로서, 프레스 성형에 의한 비드를 갖고, 비드 두정부를 접촉 상대재에 바짝 대고 사용하는 메탈 가스켓.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 강도, 피로 특성 및 내고온 연화 특성이 우수한 메탈 가스켓용 스테인리스 강판 및 이를 사용한 메탈 가스켓에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

[0002] 자동차, 오토바이 등에서의 엔진의 실린더 헤드 가스켓이나 배기 매니폴드 가스켓은, 엔진 특유의 고온, 고압, 고진동 하에서의 반복되는 압력 변동에 노출된다. 그 중에서도 자동차 엔진의 실린더 가스켓에서는 압축시에 고압이 가해지므로, 씰(seal)성을 유지하기 위해서는 쌍방의 접촉 상대재와 높은 접촉 압력(면압)으로 접하고 있을 필요가 있다. 엔진이나 배기 가스 경로에 사용되는 메탈 가스켓에는, 충분한 접촉 압력을 확보하기 위해, 프레스에 의한 비드 성형에 의해 일정 높이의 비드(연속하는 용기부)가 형성되는 것이 일반적이다. 이 타입의 메탈 가스켓은 비드 볼록부의 정상부(이하 「비드 두정부」라고 함)를 접촉 상대재에 바짝 대고 사용함으로써 높은 씰성을 확보하는 것이므로, 사용시에 있어서 고강도 및 고피로 특성을 갖추고 있을 필요가 있다.

[0003] 종래, 자동차 엔진 및 이의 배기 가스 경로에 적용하는 가스켓에는 가공 경화형의 준안정 오스테나이트계 스테인리스강(SUS301계 등)이 많이 사용되고 있다. 이 종류의 강은 냉간 압연으로 가공 유기(誘起) 마르텐사이트를 생성시킴으로써 고강도화를 도모하는 것이다. 단, 강도 레벨을 끌어올리기 위해서는 냉간 압연율을 높일 필요가 있다. 냉간 압연율의 증대는 인성, 내피로 특성 및 가공성을 저하시키는 요인이 된다. 특허문헌 1, 2에는 이러한 특성을 개선한 준안정 오스테나이트계 스테인리스강이 개시되어 있다. 한편, 냉간 압연율의 증대에 의존하지 않고 고강도화를 도모하는 소재로서 마르텐사이트계 스테인리스강이 있다. 특허문헌 3에는 마르텐사이트계 강종을 가스켓에 적용하는 것이 기재되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0004] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 일본 공개특허공보 특개2003-82441호
- (특허문헌 0002) 특허문헌 2: 일본 공개특허공보 특개2011-252208호
- (특허문헌 0003) 특허문헌 3: 일본 공개특허공보 특개2000-109957호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 준안정 오스테나이트계 스테인리스강은 상술한 바와 같이 냉간 압연에 의해 고강도화를 도모하는 것이다. 강도 레벨을 높이기 위해 냉간 압연율을 증대시키면, 판재의 압연 평행 방향(L 방향)과 압연 직각 방향(C 방향)에서 급험 가공성이나 피로 특성에 이방성이 생기게 된다. 이러한 이방성은, 메탈 가스켓으로서 사용될 때, 비드 두정부와 접촉 상대재의 접촉면압을 균일하게 유지하기 위한 저해 요인이 되어, 메탈 가스켓의 성능 저하의 하나의 요인이 된다. 한편, 마르텐사이트 계 스테인리스강의 경우에는 높은 냉간 압연율을 부여하여 가공 경화시킬 필요도 없으므로, 가공 경화에 따른 이방성의 문제는 본질적으로 발생하기 어렵다.

[0006] 하지만 발명자들의 조사에 의하면, 과도한 냉간 압연을 피해서 제조된 오스테나이트계 스테인리스 강판이나, 마르텐사이트계 스테인리스 강판을 사용하여 비드 성형을 수행한 메탈 가스켓에서도, 엄격한 시험 조건으로 성능을 평가하면, 재료의 이방성에 기인한다고 생각되는 성능 저하가 문제가 될 수 있음을 알 수 있었다. 그 주된 요인으로서, 재료(강판) 중에 압연 방향으로 늘어서서 존재하는 조대한 산화물계 개재물에 의해 특정 방향의 가공성이나 내피로 특성이 저하되는 것이 생각되었다.

[0007] 본 발명은, 오스테나이트계 스테인리스 강판에 있어서 산화물계 개재물에 기인하는 가공성이나 내피로 특성의 「이방성」을 저감하는 기술을 개시하는 것이다. 또한 동시에, 고온에서 사용되는 메탈 가스켓의 용도에 있어서 높은 내구성을 유지할 수 있는 「내고온 연화 특성」을 부여하고, 또한 열간 압연에서의 「열연 균열」을 방지하는 수법을 개시한다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기의 「이방성」의 저감은, 강판 중에 존재하는 산화물계 개재물을 연질 화합으로써 해결할 수 있음을 알 수 있었다. 또한, 가공 유기 마르텐사이트상이 과도하게 생성되기 어려운 화학 조성으로 하는 것도 이방성의 저감이나 가공성의 유지에 유효하다. 「내고온 연화 특성」의 향상에는, 변형 시효를 담당하고 있는 침입형 고용

원소(C, N)의 전위 고착 작용이 개방되기 어려운 조성으로 하는 것이 중요하며, 이를 위해서는 Mn 함유량을 증량한 후에 N 함유량을 충분히 확보하는 수법이 유효함을 알 수 있었다. 또한, 「열연 균열」의 방지에는 δ 페라이트상의 생성량을 적정화하는 것이 유효하다.

[0009] 즉 본 발명에서는, 질량%로, C: 0.030 내지 0.300%, Si: 0.30 내지 3.20%, Mn: 0.90 내지 17.00%, Ni: 1.00 내지 8.00%, Cr: 14.00 내지 19.00%, Cu: 0.50 내지 3.50%, N: 0.045 내지 0.250%, Al: 0.0001 내지 0.0300%, V: 0 내지 0.50%, Nb: 0 내지 0.50%, Ti: 0 내지 0.30%, B: 0 내지 0.010%, 잔부 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지고, 하기 (1)식에 의해 정해지는 Md_{30} 값이 50.0 이하, 하기 (2)식에 의해 정해지는 δ_{1230} 값이 8.0 이하인 강 조성을 갖고, 금속 조직 중에 관찰되는 산화물계 개재물의 평균 조성이 Al_2O_3 , SiO_2 및 MnO의 질량 비율 환산으로 Al_2O_3 : 30질량% 이하, SiO_2 : 60질량% 이하, MnO: 15질량% 이상, 또한 하기 (3)식을 충족하는 오스테나이트계 스테인리스강 열연 강판이 제공된다.

[0010] $Md_{30} = 551 - 462(C+N) - 9.2Si - 8.1Mn - 29(Ni + Cu) - 13.7Cr \dots (1)$

[0011] $\delta_{1230} = -101.5 - 78.6C + 3.1Si + 0.4Mn - 2.4Ni + 7.7Cr - 1.5Cu - 51.4N \dots (2)$

[0012] $MnO \geq -3SiO_2 + 110 \dots (3)$

[0013] 여기서, (1)식 및 (2)식의 원소 기호의 개소에는 강 조성에서의 당해 원소의 질량%값이 대입되고, (3)식의 MnO 및 SiO_2 의 개소에는 각각 상기 산화물계 개재물의 평균 조성에서의 MnO 및 SiO_2 의 환산 질량%값이 대입된다.

[0014] 상기 강 성분 원소 중 V, Nb, Ti, B는 임의 첨가 원소이다. 강 성분 원소의 Al의 함유량은 총 Al 함유량이다. 「 Al_2O_3 , SiO_2 및 MnO의 질량 비율 환산」이란, 산화물계 개재물의 Al, Si 및 Mn의 함유율을 각각 Al_2O_3 , SiO_2 및 MnO의 단독 산화물의 질량 비율로 환산하는 것을 의미한다.

[0015] 메탈 가스켓으로의 가공 소재에 적합한 강판으로서, 상기 열연 강판에 유래하는 오스테나이트계 스테인리스강 냉연 강판을 들 수 있다. 이의 오스테나이트계 스테인리스강 냉연 강판은, 판면(압연면)의 비커스 경도가 예를 들어 400 내지 500HV로 조정되어 있다. 이의 판 두께는 예를 들어 0.05 내지 0.5mm로 할 수 있고, 0.1 내지 0.3mm로 관리해도 좋다.

[0016] 또한, 본 발명에서는, 상기의 냉연 강판을 성형한 메탈 가스켓으로서, 프레스 성형에 의한 비드를 갖고, 비드 두정부를 접촉 상대재에 바깥 대고 사용하는 메탈 가스켓이 제공된다. 비드 성형 후에는 필요에 따라 예를 들어 100 내지 500℃에서 시효 처리가 실시된다. 「비드 두정부」는 접촉 상대재와 접촉하는 비드 볼록부의 정사부를 의미한다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에 의하면, 재료 중에 존재하는 산화물계 개재물이 저용점화·연질화되어 있으므로, 열간 압연시 및 그 후의 냉간 압연시에 산화물계 개재물은 강 소지(매트릭스)의 변형에 추종하여 압연 방향으로 전신(展伸)되고, 박육화한 냉연 강판 중에 조대 입자인 채로 잔류하는 것을 회피할 수 있다. 따라서 산화물계 개재물을 기점으로 하는 가공성이나 내피로 특성의 저하가 현저하게 개선된다. 종래, 산화물계 개재물은, 열간 압연에 의해 어느 정도 분단된 조대한 입자가 압연 방향에 근접해서 분포하기 때문에, 굽힘 능선이 압연 방향이 되도록 굽힘 가공성이나 내피로 특성을 악화시키고, 이것이 가공성이나 내피로 특성에 이방성을 생기게 하는 요인이 되었다. 본 발명에 따른 냉연 강판에서는 이러한 이방성이 경감되고, 비드 성형을 실시한 후에 치수 정밀도가 높은 가스켓을 수득할 수 있다. 또한, 가스켓 사용시에 있어서도 내피로 특성의 이방성이 적으므로 비드 두정부에 걸리는 접촉면압도 균등하게 유지된다. 그 결과, 내누출성이 우수한 메탈 가스켓이 실현된다. 또한, 본 발명의 냉연 강판은 내고온 연화 특성이 우수하므로, 고온에서 사용되는 메탈 가스켓의 용도에 극히 유용하다.

도면의 간단한 설명

[0018] [도 1] Al_2O_3 , SiO_2 , MnO 삼원계 산화물 조성과, 산화물계 개재물의 전신성의 관계를 나타내는 도면.

[도 2] L 단면에서 관찰되는 산화물계 개재물의 광학 현미경 사진.

[도 3] 피로 시험편의 비드부 부근의 형상을 모식적으로 나타내는 도면.

[도 4] 조질 압연재(壓延材) 후에 120h의 가열 시험을 실시한 재료에 대하여, 가열 온도와 경도의 관계를 예시한 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] [산화물계 개재물]
- [0020] 강 중에 존재하는 개재물은, 고연신성 타입과 난변형성 타입으로 대별된다. 전자는 주로 황화물계, 후자는 주로 산화물계이다. 이 중, 난변형성 타입의 산화물계 개재물은, 냉간 압연시에도 전신되기 어렵고, 조대한 입자로서 강판 중에 잔존한다. 조대한 산화물계 개재물 입자는 가공성이나 내피로 특성을 열화시키는 요인이 된다. 통상, 제강 단계에서는 개재물량의 저감(고청정도화)이나 소형화(小徑化)를 의도한 정련이나 주조가 수행된다. 그러나, 과도한 고청정도화는 제강 공정의 부하를 증대시켜 제품 비용의 증대를 초래한다. 그래서 본 발명에서는, 일반적인 청정도 레벨의 오스테나이트계 스테인리스강의 용제에서 실현 가능한 기술로서, 산화물계 개재물을 가능한 한 저용점화·연질화시키는 수법을 채용한다.
- [0021] 산화물계 개재물은 실제로는 Al, Si, Mn을 주성분으로 하는 복합 산화물이라고 생각된다. 발명자들의 상세한 검토에 의하면, 산화물계 개재물의 Al, Si, Mn의 함유량을 Al₂O₃, SiO₂, MnO의 단독 산화물로 환산한 조성으로 나타냈을 때, 산화물계 개재물에 전신성을 부여하기 위해 유효한 개재물 조성 범위를 특정하는 것이 가능해짐을 알 수 있었다. 이의 조성 범위는, Al₂O₃, SiO₂, MnO 삼원계 산화물 평형 상태도에서 상대적으로 저용점의 조성이 되는 범위와 대체로 일치하였다.
- [0022] 도 1에, Al₂O₃, SiO₂, MnO 삼원계 산화물 조성과, 산화물계 개재물의 전신성의 관계를 나타낸다. 도면 중의 플롯은, 수많은 스테인리스강에 대하여, 냉간 강판의 압연 방향과 판 두께 방향에 평행한 단면(L 단면)에서의 당해 산화물계 개재물의 전신 상태를 일정한 기준으로 평가한 결과를 표시한 것이다. 구체적으로는, 냉간 압연에 의해 개개의 산화물계 개재물 입자가 찌부러져 뚜렷이 압연 방향으로 잡아 늘려져 있는 경우를 ●표시(전신성; 있음)로 나타냈다. 각 플롯의 좌표는, 산화물계 개재물의 Al, Si 및 Mn의 함유율을 각각 Al₂O₃, SiO₂, MnO의 질량 비율로 환산했을 때의 「산화물계 개재물의 평균 조성」을 나타낸다. 이 환산 평균 조성이 Al₂O₃: 30질량% 이하, SiO₂: 60질량% 이하, MnO: 15질량% 이상, 또한 하기 (3)식을 충족하는 영역(도 1 중에 큰 테두리로 표시)에서 산화물계 개재물은 전신성을 갖는다.
- [0023] $MnO \geq -3SiO_2 + 110 \dots (3)$
- [0024] 후술하는 실시예에 나타내는 바와 같이, 산화물계 개재물의 조성이 이 영역에 있을 때, 굽힘 가공성이나 내피로 특성의 이방성이 현저하게 개선되고, 특히 고성능이 요구되는 메탈 가스켓에 적합한 소재 강판을 얻을 수 있다.
- [0025] 산화물계 개재물의 조성은, 주로 강 조성과 제강 조건에 따라 컨트롤할 수 있다. 특히, 강 조성에 있어서 Mn 함유량을 충분히 확보하는 것, Al 함유량을 제한하는 것 등이 유효하다. 게다가, 제강에서의 탈산을 Al 탈산이 아니라 Si 탈산으로 하는 것이 극히 유효하다.
- [0026] 도 2에, 열연 소둔 강판에 압연을 40%로 냉간 압연을 실시하고, 판 두께 0.8mm로 한 단계의 L 단면에서 관찰되는 산화물계 개재물의 광학 현미경 사진을 예시한다. 도 2(a)는 후술하는 비교예 No.22, (b)는 후술하는 발명예 No.1의 예이다. 통상, 오스테나이트계 스테인리스 강판에 보이는 산화물계 개재물은 경질이며, (a)와 같이 냉간 압연에 의해서도 그다지 찌부러지지 않고 강판 중에 존재한다. 판 두께가 얇아질수록, 판 두께에서 차지하는 개재물 입자의 지름의 비율이 증가하여, 가공성이나 내피로 특성을 저해하는 요인이 되기 쉽다. 한편, 본 발명에 따른 오스테나이트계 스테인리스 강판은 산화물계 개재물의 조성이 연질의 범위로 조정되어 있고, (b)와 같이 압연에 의해 찌부러져, 강 소지의 메탈 플로우에 추종하여 압연 방향으로 전신한다. 판 두께의 감소에 수반하여 산화물계 개재물의 전신도도 증대하고, 굽힘 가공성이나 내피로 특성에 대한 악영향은 매우 작아진다. 비드 프레스 성형을 실시하는 메탈 가스켓 용도에서는, 성형에 제공하는 강판의 L 단면의 관찰에서 산화물계 개재물의 판 두께 방향 최대 지름이 5.0 μ m 이하인 것이 바람직하고, 3.0 μ m 이하인 것이 보다 바람직하다. 또한, 이의 판 두께 방향 최대 지름은 판 두께의 1.0% 이하로까지 전신되어 있는 것이 보다 효과적이다.
- [0027] [강 조성]
- [0028] 본 발명의 대상이 되는 강판의 화학 조성(강 조성)에 대해 설명한다. 이하, 강 조성에서의 「%」는 특별히

언급하지 않는 한 「질량%」를 의미한다.

- [0029] C는, 오스테나이트 생성 원소이고, 오스테나이트상 및 가공 유기 마르텐사이트상의 강화에 유효한 원소이다. C 함유량이 너무 적으면 상기의 강화 작용이 충분히 발휘되지 않는다. 여러 가지로 검토한 결과, C 함유량은 0.030% 이상으로 할 필요가 있고, 0.060% 이상으로 하는 것이 보다 바람직하다. 0.100%를 초과하는 C 함유량으로 관리해도 좋다. 단, 과잉의 C 함유는 냉각 과정에서 Cr계 탄화물의 입계 석출을 초래하기 쉬워, 내식성 저하의 요인이 된다. C 함유량은 0.300% 이하의 범위에서 조정한다.
- [0030] Si는, 제강시에 탈산제로서 첨가된다. 발명자들의 검토에 의하면, 산화물계 개재물의 조성을 연질의 영역으로 컨트롤하는데 있어 Si에 의한 탈산이 극히 효과적이다. Si 함유량이 0.30% 이상이 되도록 Si를 첨가할 필요가 있다. 또한, Si는 오스테나이트상 및 가공 유기 마르텐사이트상을 경질화하는 작용이 크고, 이 경질화 작용은 가스켓의 고강도화에 유효하다. 단, 과도한 경질화는 가공성이나 인성의 저하 요인이 된다. Si 함유량은 3.20% 이하의 범위로 제한되며, 3.00% 이하로 관리해도 좋다.
- [0031] Mn은 오스테나이트 생성 원소인 동시에 산화물계 개재물의 연질화를 도모하는데 중요한 원소이다. 또한, Mn 함유량을 높인 경우에는, N 함유량을 충분히 확보하는 것에 의한 내고온 연화 특성의 향상 효과를 누릴 수 있게 되는 것을 알 수 있었다. 이것은, Mn 함유량이 높은 경우에, 냉간 가공 후의 가열에 의해 인상전위의 단부(날 부분)에 집적한 C, N 중, N이 고온까지 전위를 고착하는 작용을 지속하기 쉬워지는 것에 기인하여 생기는 효과라고 추측된다. 즉, Mn과 N의 복합적인 작용에 의해, 「변형 시효」의 조직 상태가 고온 가열에 의해서도 무너지기 어려워질 것으로 생각된다. 이 점은, 예를 들어 후술하는 실시예에서의 비교예 No.22(Mn 함유량이 낮고, N 함유량이 높은 것)에서는 내고온 연화 특성이 낮지만, 각 본 발명예(Mn 함유량, N 함유량 모두 충분히 높은 것)에서 내고온 연화 특성이 개선되어 있는 것으로부터 긍정된다.
- [0032] 발명자들의 상세한 검토 결과, 가공성이나 내피로 특성의 이방성을 충분히 경감하여 고성능의 가스켓을 실현하기 위해서는, 0.90% 이상의 Mn 함유량을 확보하는 것이 극히 효과적이다. 그것보다 Mn 함유량이 낮으면, 산화물계 개재물의 조성을 전술한 소정 범위로 컨트롤하는 것이 어려워지고, 이방성이 작은 가스켓을 안정적으로 얻을 수 없다. 또한, 내고온 연화 특성을 향상시키는데에도 불리하다. Mn 함유량은 1.00%를 초과하는 범위로 관리할 수도 있다. 단, Mn 함유량이 많아지면 제강에서의 부담이 증대하고, 또한 용도에 따라서는 내식성 부족을 초래한다. 여러 가지로 검토한 결과, Mn 함유량은 17.00%까지 허용되지만, 8.00% 이하로 하는 것이 바람직하고, 5.00% 이하의 범위로 관리해도 좋다.
- [0033] Ni는 오스테나이트 생성 원소이며, 본 발명에서는 Ni 함유량을 1.00% 이상으로 한다. 그것보다 Ni 함유량이 적으면, 소둔 후의 상태에서 오스테나이트 단상 조직을 얻기 위한 성분 조정이 어려워진다. 본 발명에서는 상술한 바와 같이 Mn을 함유시키기 때문에, 그로 인해 Ni의 함유량을 절약할 수 있다. Ni 함유량은 8.00% 이하의 범위에서 설정하면 좋다.
- [0034] Cr은, 스테인리스강으로서 필요한 내식성을 부여하는데 있어 필수 원소이다. 메탈 가스켓의 용도에서는 14.00% 이상의 Cr 함유량을 확보하는 것이 바람직하다. 단, Cr은 페라이트 생성 원소이기 때문에, Cr 함유가 증대하면, 소둔 후에 오스테나이트 단상 조직으로 하기 위해 필요한 오스테나이트 생성 원소의 양도 증대하고, 강재 비용의 상승을 초래하는 요인이 된다. 여러 가지로 검토한 결과, Cr 함유량은 19.00% 이하의 범위로 하는 것이 바람직하다.
- [0035] Cu는 오스테나이트 생성 원소이며, Mn과 마찬가지로 내고온 연화 특성의 향상에도 유효하다고 생각된다. 본 발명에서는 Cu 함유량이 0.50% 이상인 강을 대상으로 한다. 단, Mn과 Cu를 동시에 증대시키면 열간 압연 전의 가열에 있어서 Cu-Mn상이 석출되기 쉬워져, 열간 압연에서의 균열을 초래하는 요인이 된다. 열간 균열을 방지하기 위해서는 후술하는 바와 같이 (2)식의 δ_{1230} 값을 일정 이하로 제한하는 것이 유효하지만, 그것에 추가하여 Cu 함유량을 3.50% 이하로 제한할 필요가 있다.
- [0036] N은 오스테나이트 생성 원소이며, C와 마찬가지로 오스테나이트상 및 가공 유기 마르텐사이트상의 강화에 유효하다. 또한, 상술한 바와 같이 Mn과의 복합적인 효과라고 생각되는 내고온 연화 특성의 향상 효과를 충분히 얻기 위해서도 N의 첨가가 중요하다. 여러 가지로 검토한 결과, N 함유량은 0.045% 이상으로 한다. 그것보다 적으면 특히 내고온 연화 특성을 안정적으로 향상시키는 것이 어려워진다. 0.085% 이상의 N 함유량으로 하는 것이 보다 효과적이다. 과잉의 N 함유는 소둔 후의 냉각 과정에서 질화물을 형성시켜, 내식성이나 내피로 특성의 저하 요인이 된다. N 함유량은 0.250% 이하로 제한된다.
- [0037] Al은 강력한 탈산 작용을 갖는 원소이다. 하지만, 발명자들의 검토에 의하면, Al 단독 탈산보다도, Si 탈산을

메인으로 하고, 또한 강 중의 총 Al량이 0.0001% 이상이 되도록 Al을 함유시키는 정제를 수행하는 편이, 산화물계 개재물의 조성을 상술한 범위로 컨트롤하기 쉬운 것을 알 수 있었다. Al 함유량이 증대하면 인성에 악영향을 미치는 경우가 있다. 강 중의 총 Al 함유량은 0.0300% 이하로 제한된다.

[0038] V, Nb, Ti, B는, 제조성, 강도, 내피로 특성 등을 개선하는 데 있어 유효한 원소이다. 필요에 따라 이것들 중 1종 이상을 첨가할 수 있다. V는 0.50% 이하, Nb는 0.50% 이하, Ti는 0.30% 이하, B는 0.020% 이하의 함유량 범위로 한다. 보다 효과적인 함유량 범위는, V: 0.01 내지 0.50%, Nb: 0.01 내지 0.50%, Ti: 0.01 내지 0.30%, B: 0.0005 내지 0.020%이다.

[0039] 하기 (1) 식에 의해 정해지는 Md_{30} 값이 50.0 이하가 되도록 각 원소 함유량을 조정한다.

[0040]
$$Md_{30} = 551 - 462(C+N) - 9.2Si - 8.1Mn - 29(Ni+Cu) - 13.7Cr \dots (1)$$

[0041] 여기서, (1)식의 원소 기호의 개소에는 당해 원소의 질량%의 값이 대입된다. Md_{30} 은, 단상 오스테나이트에 대하여 30%의 인장 변형을 주었을 때에, 조직의 50%가 마르텐사이트로 변태하는 온도(°C)로서 정의되는 오스테나이트 안정도의 지표이다. 본 발명에서는 Md_{30} 값이 50.0 이하가 되도록 각 성분 원소의 함유량을 균형 있게 하여, 가공 유리 마르텐사이트상을 과도하게 유지시키지 않도록 한다.

[0042] 하기 (2)식에 의해 정해지는 δ_{1230} 값이 8.0 이하가 되도록 각 원소 함유량을 조정한다.

[0043]
$$\delta_{1230} = -101.5 - 78.6C + 3.1Si + 0.4Mn - 2.4Ni + 7.7Cr - 1.5Cu - 51.4N \dots (2)$$

[0044] 여기서, (2)식의 원소 기호의 개소에는 당해 원소의 질량%의 값이 대입된다. δ_{1230} 은, 연속 주조에 의해 취득된 주편을 1230°C×120min 가열한 후의 주편 단면 중앙부에서의 δ 페라이트상의 양(체적%)을 나타내는 지표이다. 발명자들의 검토에 의하면, 오스테나이트계 스테인리스강에서 Mn 함유량과 Cu 함유량을 동시에 증대 시키면 열간 압연 전의 주편 가열시에 Cu-Mn상이 석출되기 쉬워져, 열간 압연시에 균열을 발생시키는 요인이 된다. Cu-Mn상의 열간 압연 균열에 미치는 영향은 δ 페라이트상의 존재량과 상관이 있고, 본 발명 대상 강과 같이 Mn과 Cu의 합계 함유량이 1.4질량% 이상이 되는 강종에서는 δ_{1230} 값을 8.0 이하로 조정함으로써 열간 압연 균열을 현저하게 방지할 수 있다.

[0045] 또한, 이 δ_{1230} 은, Mn과 Cu의 합계 함유량이 1.4질량% 이상이 되는 오스테나이트계 강종에 대하여, 오스테나이트계 스테인리스강의 일반적인 열간 압연 조건(주편 가열 온도: 1100 내지 1350°C)을 적용했을 때의 열간 압연 균열의 안정적인 방지 수법을 안내하는 지표이며, 열간 압연 전의 주편 가열 온도를 1230°C로 해야 하는 것을 의미하는 것은 아니다.

[0046] [제조 방법]

[0047] 대표적인 제조 방법을 이하에 예시한다. 상술한 화학 조성으로 조정된 강을 통상의 스테인리스강의 제강 설비에 의해 용제하고, 주편을 취득한다. 고정정도화를 위한 특수한 처리는 필요로 하지 않는다. 단, 탈산 방법은 Al 단독 탈산보다도 Si 탈산으로 하는 것이 바람직하다. Al 첨가도 병용하는 것이 보다 효과적이다. 주편에 대해서는 통상의 오스테나이트계 스테인리스 강관의 제조와 마찬가지로 열간 압연을 수행하여 열연 강관을 취득한다. 열간 압연 전의 주편 가열 온도는 1100 내지 1350°C의 범위로 하면 좋다. 열연 강관 중에 존재하는 산화물계 개재물은 상술한 조성 범위에 있고, 연질화되어 있다.

[0048] 열연 강관에 대하여 소둔을 실시한 후, 냉간 압연을 실시하여 판 두께를 줄인다. 필요에 따라 냉간 압연의 도중에 중간 소둔을 실시한다. 연질화되어 있는 산화물계 개재물은 냉간 압연에서의 압하에 의해 찌부러져, 강소지의 메탈 플로우에 추종하여 압연 방향으로 전진한다. 마무리 소둔을 실시한 후에 조질 압연을 실시하여, 최종적인 제품 판 두께로 하면 좋다. 이의 판 두께는 예를 들어 0.05 내지 0.5mm이다. 이렇게 하여 상기 열연 강관에 유래하는 냉연 강관을 취득할 수 있다. 또한, 상기 각 공정의 소둔 후에는 통상 산세가 수행된다.

[0049] 취득된 냉연 강관은, 조대한 산화물계 개재물이 압연 방향으로 연이어 존재하는 것에 기인하고 있던 종래재에서의 이방성 문제가 해소되어 있고, 메탈 가스켓을 비롯한 각종 프레스 가공 용도에 적합하다. 메탈 가스켓을 제조하는 과정에서는 비드 프레스 성형에 의해 일정 높이의 비드가 형성된다. 취득된 프레스 가공품에 대하여, 필요에 따라 100 내지 500°C에서 시효 처리를 실시할 수 있다. 이 시효 처리에 의해 전술한 「변형 시효」의 효과를 얻을 수 있고, 재료가 고강도화된다. 시효 처리를 실시하지 않은 경우라도, 메탈 가스켓으로서 사용 중

에 재료가 고온으로 승온되면 변형 시효의 효과를 얻을 수 있다. 본 발명에 따른 메탈 가스켓은 상술한 바와 같이 내고온 연화 특성이 개선되어 있으므로, 고온 용도에서의 강도 저하가 생기기 어렵고, 내피로 특성의 이방성 저감 효과와 더불어, 우수한 내구성을 발휘한다.

[0050] 실시예

[0051] 표 1에 기재하는 화학 조성의 강을 용제하고, 주편을 수득하였다. 탈산은, 본 발명 대상 강은 모두 Si 탈산으로 하였다. 주편을 1100 내지 1350℃×120min으로 가열한 후 로에서 추출하고, 열간 압연을 실시하여 판 두께 3.0mm의 열연 강판을 수득하였다.

표 1

구분	강	화학 조성 (질량 %)										Mn ₃₀	δ ₁₂₃₀
		C	Si	Mn	Ni	Cr	N	Cu	Al	기타			
본 발명 대상 강	A	0.120	0.50	2.70	2.70	16.00	0.120	2.70	0.002	-	37.85	-1.80	
	B	0.160	0.50	4.80	1.50	16.00	0.120	2.70	0.002	-	37.16	-1.22	
	C	0.083	3.16	1.51	5.40	14.90	0.098	2.05	0.004	-	5.89	-3.97	
	D	0.086	2.67	1.52	5.41	15.08	0.098	2.05	0.003	-	6.18	-4.35	
	E	0.084	2.16	1.97	5.42	14.96	0.095	2.05	0.002	-	10.89	-6.39	
	F	0.020	1.00	2.00	6.50	17.00	0.095	2.50	0.002	-	-21.43	7.50	
	G	0.120	1.00	1.00	6.00	16.00	0.050	0.50	0.002	-	47.46	-1.95	
	H	0.060	0.50	1.50	7.50	18.00	0.080	3.50	0.002	-	-96.03	7.17	
	I	0.130	0.50	16.80	1.50	16.50	0.200	1.50	0.002	-	-55.19	7.47	
	J	0.162	0.52	2.99	1.52	15.99	0.199	2.72	0.003	V:0.48	13.19	-6.26	
	K	0.160	0.51	2.98	1.52	16.02	0.198	2.70	0.003	Nb:0.45	14.92	-5.82	
	L	0.161	0.50	3.00	1.55	16.00	0.120	2.73	0.002	Ti:0.29	48.96	-2.19	
	M	0.160	0.50	3.01	1.54	16.00	0.122	2.71	0.002	B:0.01	49.29	-2.15	
비교강	N	0.086	3.58	1.05	5.64	15.14	0.096	2.07	0.004	-	-5.53	-1.74	
	O	0.080	2.73	0.28	6.05	14.96	0.090	2.00	0.001	-	6.67	-6.17	
	P	0.109	0.49	1.09	7.36	17.16	0.011	0.24	0.005	-	26.73	5.43	
	Q	0.100	0.60	0.80	6.28	16.50	0.040	0.20	0.005	-	60.35	2.44	
	R	0.020	0.50	1.20	7.18	17.50	0.110	0.20	0.005	-	22.85	10.52	
	S	0.060	0.50	3.50	3.50	18.00	0.050	3.20	0.002	-	26.33	19.56	

단위: 본 발명 규정 범위의

[0052]

[0053] [산화물계 개재물의 조성 분석]

[0054] 각 열연 강판에서 잘라낸 시료의 압연 방향과 판 두께 방향에 평행한 단면(L 단면)에 대하여 SEM 관찰을 수행하고, L 단면 내에 존재하는 산화물계 개재물의 입자로부터 무작위로 30개의 입자를 선택하여 EDX(에너지 분산형 X선 분석)에 의해 조성 분석을 수행하였다. 개개의 개재물의 Al, Si 및 Mn의 함유율을 각각 단독 산화물 Al₂O₃, SiO₂ 및 MnO의 질량 비율로 환산하고, 이의 질량 비율의 값을 30개의 산화물계 개재물에 대해 평균함으로써 당해 강판에서의 산화물계 개재물의 평균 조성을 구하였다.

[0055] 이어서, 각 열연 강판에 1100℃×균열(均熱) 60sec의 열 처리를 실시한 후, 냉간 압연에 의해 판 두께를 줄였다. 냉간 압연의 도중에서 900 내지 1100℃의 범위에서 균열 60sec의 중간 소둔을 1회 또는 복수회 넣고, 최종 판 두께 0.2mm에서 판면(압연면)의 경도가 430 내지 460HV가 되도록 조직 압연율을 설정하여 조직 압연을 수행하여, 두께 0.2mm의 냉연 강판을 수득하였다. 이렇게 해서 수득된 조직 압연 가공의 냉연 강판을 공시재(供試材)로 하여 이하의 시험에 제공하였다.

[0056] [경도]

- [0057] 공시재의 판면(압연면)에 대해 비커스 경도를 측정하였다.
- [0058] [굽힘 가공성]
- [0059] 조질 압연 가공의 냉연 강판인 공시재에 대하여, JIS Z2248: 2006의 V 블록 법으로 굽힘 시험을 수행하였다. 시험편의 길이 방향이 압연 평행 방향이 되는 것을 L 방향, 압연 직각 방향이 되는 것을 C 방향으로 표시한다. L 방향의 굽힘 시험편에서는 굽힘 능선이 압연 직각 방향이 되고, C 방향의 굽힘 시험편에서는 굽힘 능선이 압연 평행 방향이 된다. 만곡부의 외측에 찢어진 흠집 등의 결함이 발생하지 않는 최소의 굽힘 반경(R)과 판 두께(t)의 비를 「굽힘 한계 R/t」라고 하였다. 시험 수 n=3으로 굽힘 시험을 수행하여, 3회 중 가장 나쁜 결과를 이의 시험에서의 성적으로서 채용하였다. L 방향, C 방향 모두 굽힘 한계 R/t가 1.5 이하이고, 또한 [C 방향의 굽힘 한계 R/t값]/[L 방향의 굽힘 한계 R/t값]의 비가 1.3 이하인 것은, 비드 프레스 성형에 제공하는 메탈 가스켓용의 소재 강판으로서 양호한 굽힘 가공성을 갖는다고 평가할 수 있다.
- [0060] [내피로 특성]
- [0061] 공시재료로부터 길이 방향이 L 방향 및 C 방향의 직사각형 시료(폭 8mm)를 각각 채취하고, 비드 프레스 성형을 수행하여 도 3(a), (b)에 도시한 형상의 「초기 비드」를 갖는 시험편으로 가공하였다. 초기 비드의 흠 폭은 약 3mm, 초기 비드 높이는 약 0.4mm이다. 이 초기 비드부에, 메탈 가스켓의 초기 조임 상당의 압축을 가하여, 도 3(c)에 도시한 바와 같이 잔존 비드 높이가 약 0.1mm가 되는 모의 비드를 갖는 피로 시험편을 제작하였다. 또한, 도 3(b), (c)에 모식적으로 도시한 단면 형상은 판 두께 방향의 치수를 과장해서 묘사하고 있다. 이 피로 시험편을 사용하여 모의 비드부에 양진(兩振) 응력을 부여하는 피로 시험을 수행하여, 반복 수 10^7 회에서의 피로 한(피로 한도; N/mm^2)를 구하였다. L 방향, C 방향 모두 피로한이 $300N/mm^2$ 이상이고, 또한 L 방향과 C 방향의 피로한의 차가 $30N/mm^2$ 이하인 것은, 비드 프레스 성형부를 갖는 메탈 가스켓에서 우수한 내피로 특성을 나타낸다고 평가할 수 있다.
- [0062] [내고온 연화 특성]
- [0063] 조질 압연인 재료의 각 공시재에 대하여, 300 내지 $800^{\circ}C$ 의 범위에서의 $100^{\circ}C$ 씩의 각 온도에서 120h 유지하는 가열 처리를 실시하고, 가열 처리 후의 판면(압연면)의 경도를 측정하였다. 도 4에 일부의 공시재에 대한 측정 결과를 예시한다. 도 4(a)는 비교예 No. 23, (b)는 본 발명에 No. 1이다(No.는 표 2에 기재된 것). 가열 시간 120h의 조건에서는 모두 $300^{\circ}C$, $400^{\circ}C$ 의 가열 온도에서 변형 시효에 기인하는 경도의 상승이 보인다. 가열 온도가 고온이 되면 재료가 연화한다. $600^{\circ}C$ 이상의 고온 영역에서의 연화 거동을 비교하면, 본 발명에 No. 1에서는 연화가 현저하게 억제되어 $800^{\circ}C \times 120h$ 가열에서도 350HV 정도의 경도를 유지하고 있고, 내고온 연화 특성이 현저하게 개선되어 있는 것을 알 수 있다. 이 가열 시험에서, 조질 압연재의 경도 H_0 (HV)에 대하여 $2/3$ 까지 경도가 저하되는 가열 온도, 즉 $2/3H_0$ (HV)이 되는 가열 온도가 $800^{\circ}C$ 이상이면, 비드 성형된 메탈 가스켓으로서 우수한 내고온 연화 특성을 갖는다고 판단할 수 있다. 그래서, 여기에서는 $2/3H_0$ 가 되는 온도에 의해 내고온 산화 특성을 평가하였다.
- [0064] 이들 결과를 표 2에 기재한다. 또한, 표 2 중에 기재된 「마무리 소둔」은 조질 압연 전에 수행한 최종 소둔을 의미한다.

표 2

구분	No.	강	열간압연 유무	산화물계 개재물 조성 (질량%)			마무리 소둔 온도 (°C)	마무리 소둔 경도 (HV)	조질 압연인 재료의 경도 H ₀ (HV)	내고온 연화 특성 2/3H ₀ 가 되는 120h 가열 온도 (°C)	시험 한계 R/t		이방성 피로한(N/mm ²)		
				Al ₂ O ₃	SiO ₂	MnO					L 방향	C 방향	L 방향 a	C 방향 b	차 a-b
본 발명에	1	A	없음	5	47	48	1050	185	460	≥800	1.0	1.1	380	350	30
	2	A	없음	5	47	48	900	210	450	≥800	1.0	1.1	390	360	30
	3	A	없음	5	47	48	1050	185	460	≥800	1.0	1.2	390	360	30
	4	B	없음	10	35	55	1050	182	450	≥800	1.0	1.2	380	350	30
	5	C	없음	28	23	49	1050	183	450	≥800	1.0	1.2	370	350	20
	6	D	없음	25	38	37	1050	184	460	≥800	1.0	1.2	360	330	30
	7	E	없음	24	35	41	1050	184	440	≥800	1.0	1.1	370	340	30
	8	F	없음	15	33	52	1050	184	440	≥800	1.0	1.1	350	320	30
	9	G	없음	30	25	45	1050	182	460	≥800	1.0	1.1	350	320	30
	10	H	없음	11	15	74	1050	188	450	≥800	1.0	1.1	370	340	30
	11	I	없음	2	10	88	1050	187	450	≥800	1.0	1.1	370	340	30
	12	J	없음	8	34	58	1080	185	450	≥800	1.0	1.3	350	330	20
	13	K	없음	9	38	53	1080	184	430	≥800	1.0	1.3	360	330	30
	14	L	없음	12	28	60	1080	183	430	≥800	1.0	1.3	360	330	30
	15	M	없음	5	42	53	1050	183	440	≥800	1.0	1.1	360	330	30
비교예	21	N	없음	80	17	3	1050	178	430	≥800	1.0	4.0	320	270	50
	22	O	없음	67	20	13	1050	180	440	650	1.0	4.0	330	270	60
	23	P	없음	98	1	1	1050	181	430	680	1.0	4.0	320	260	60
	24	Q	없음	98	0	2	1050	184	440	650	1.0	4.0	300	220	80
	25	R	없음	20	20	60	1050	183	440	680	1.0	3.0	330	270	60
	26	S	있음	6	45	49	1050	183	460	≥800	1.0	1.1	370	350	20

[0065]

[0066]

표 2로부터 알 수 있는 바와 같이, 본 발명에의 것은 산화물계 개재물의 조성이 상술한 연질의 범위가 되어, 굽힘 가공성 및 내피로 특성의 이방성이 작고, 메탈 가스켓에 적합한 양호한 특성을 갖는다. 이것들의 공시재(냉연 소둔 강관)의 L 단면을 조사하면, 산화물계 개재물은 압연에 의해 찌부러져서 압연 방향으로 전신되어 있고, 관 두께 방향의 최대 지름은 2mm 이하였다. 또한, 본 발명에의 것은 내고온 연화 특성도 양호하였다.

[0067]

이에 대하여, 비교예 No. 21 내지 24는 모두 개재물의 조성이 연질의 영역을 벗어나 있기 때문에, 굽힘 가공성 및 피로 특성의 이방성이 컸다. No. 22는 Mn 함유량이 낮으므로, N 함유량을 충분히 확보했음에도 불구하고 내고온 연화 특성이 나빴다. No. 23은 N 함유량이 낮고, 또한 No. 24는 Mn 함유량 및 N 함유량이 낮으므로, 이것들의 강관도 내고온 연화 특성이 나빴다. No. 25는 C 함유량이 낮으므로 고강도화를 위해 필요한 조절 압연율이 높아져, 이방성이 떨어졌다. No. 26은 δ₁₂₃₀값이 너무 높아서 열간 압연으로 균열이 생겼다.

[0068]

다음에, 개재물의 조성에 미치는 탈산 방법의 영향을 조사한 실험예를 소개한다. 상술한 바와 같이, 표 1에 나타낸 본 발명 대상 강은 제강 공정에서의 탈산을 「Si 탈산」으로 한 것이다. 또한, 비교강인 강 R도 「Si 탈산」으로 한 것이다. 그래서, 표 1의 강 D 및 강 R(모두 Si 탈산)과 동일한 강 조성이 되도록 「Al 탈산」으로 각각 강 D-1 및 R-1을 용제하고, 상기와 같은 수법으로 개재물의 조성을 조사하였다. 그 결과를 표 3에 기재한

다.

표 3

강	강의 화학 조성(결량 %)										탈산 방법			산화물계 개재물 조성 (결량 %)			
	C	Si	Mn	Ni	Cr	N	Cu	Al	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MnO			
D	0.086	2.67	1.52	5.41	15.08	0.098	2.05	0.003	25	38	37						
D-1	0.085	2.70	1.53	5.40	15.10	0.097	2.00	0.004	86	9	5						
R	0.020	0.50	1.20	7.18	17.50	0.110	0.20	0.005	20	20	60						
R-1	0.022	0.53	1.18	7.10	17.43	0.109	0.18	0.005	70	20	10						

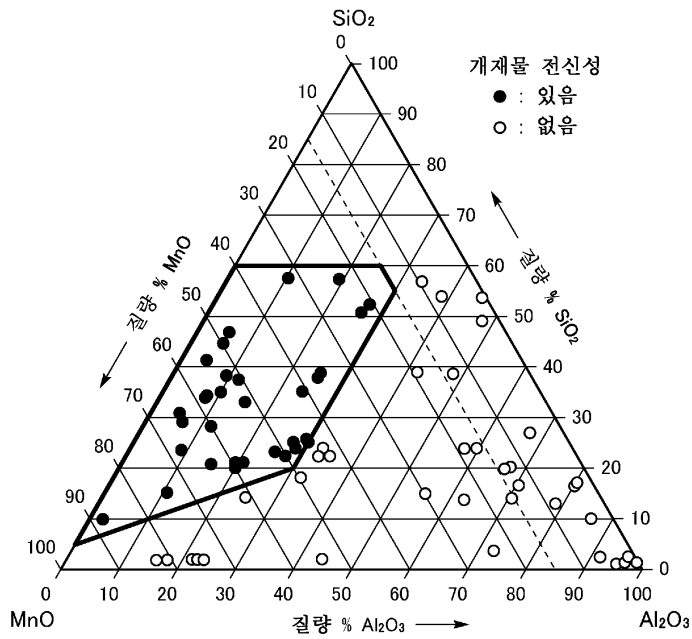
[0069]

[0070]

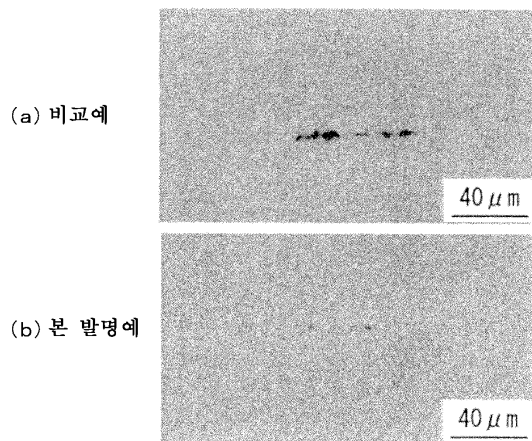
표 3에 예시되는 바와 같이, 동일한 강 조성의 강을 용제하는 경우라도, 탈산 방법에 의해 개재물 조성이 크게 변화하는 것을 알 수 있다. 본 발명에서 규정하는 연질의 조성의 개재물을 수득하기 위해서는, Al 탈산보다도 Si 탈산 쪽이 유리하다.

도면

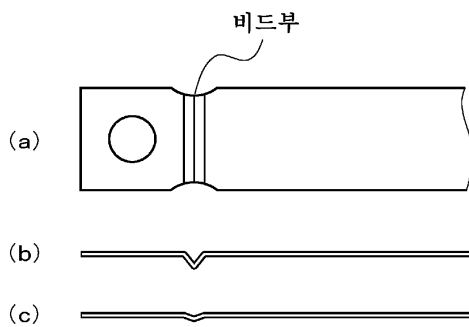
도면1



도면2



도면3



도면4

