



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년04월10일
(11) 등록번호 10-1725750
(24) 등록일자 2017년04월04일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 35/30 (2006.01) B23K 9/04 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01) C22C 38/22 (2006.01)
C22C 38/38 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
B23K 35/308 (2013.01)
B23K 9/04 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7000265(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2012년12월07일
심사청구일자 2017년01월04일
- (85) 번역문제출일자 2017년01월04일
- (65) 공개번호 10-2017-0005890
- (43) 공개일자 2017년01월16일
- (62) 원출원 특허 10-2014-7021146
원출원일자(국제) 2012년12월07일
심사청구일자 2014년07월28일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2012/007854
- (87) 국제공개번호 WO 2013/114501
국제공개일자 2013년08월08일
- (30) 우선권주장
JP-P-2012-018874 2012년01월31일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
JP59225805 A
JP2010196108 A
JP2002371341 A
US6331688 A

- (73) 특허권자
가부시킴가이샤 고베 세이코쇼
일본 효고켄 고베시 주오쿠 와키노하마 가이간도
오리 2초메 2방 4고
- (72) 발명자
교바야시 류이치
일본 676-8670 효고켄 다카사고시 아라이초 신하
마 2초메 3방 1고 가부시킴가이샤 고베 세이코쇼
다카사고 세이사쿠쇼 내
다케다 츠토무
일본 676-8670 효고켄 다카사고시 아라이초 신하
마 2초메 3방 1고 가부시킴가이샤 고베 세이코쇼
다카사고 세이사쿠쇼 내
- (74) 대리인
장수길, 성재동

전체 청구항 수 : 총 15 항

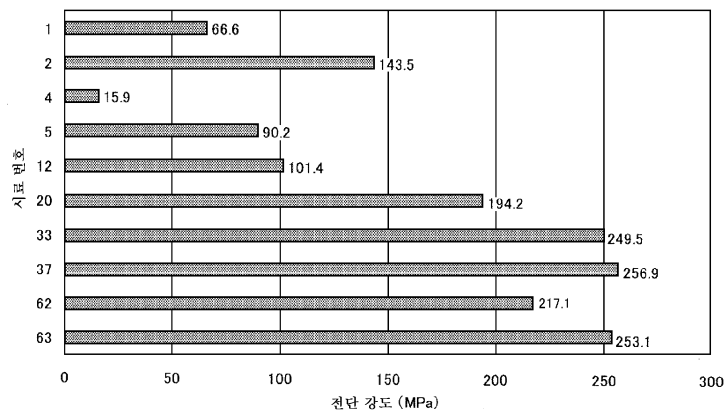
심사관 : 최영준

(54) 발명의 명칭 오버레이 용접 재료 및 오버레이 용접 금속이 용접된 기계 부품

(57) 요약

본 발명은, C:0.2~1.0질량%, Si:0.2~0.5질량%, Mn:0.5~2.0질량%, Cr:15~30질량%, Mo:0.2~6.0질량%, W:0.1~1.5질량%를 함유하고, 잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 것을 특징으로 하는 오버레이 용접 재료 및 오버레이 용접 금속이 용접된 기계 부품에 관한 것이다.

대표도 - 도7



(52) CPC특허분류

C22C 38/02 (2013.01)

C22C 38/22 (2013.01)

C22C 38/38 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

C:0.2~0.8질량%, Si:0.2~0.5질량%, Mn:0.5~2.0질량%, Cr:20~30질량%, Mo:0.2~6.0질량%, W:0.1~1.5질량%를 함유하고, 잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 것을 특징으로 하는, 오버레이 용접 재료.

청구항 2

제1항에 있어서, V:0.3~2.0질량%를 더 함유하는, 오버레이 용접 재료.

청구항 3

제1항에 있어서, Ni:0.3~6.0질량%를 더 함유하는, 오버레이 용접 재료.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 C의 함유량이 0.3~0.8질량%인, 오버레이 용접 재료.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 Mn의 함유량이 0.7~1.2질량%인, 오버레이 용접 재료.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 Mo의 함유량이 0.2~1.5질량%인, 오버레이 용접 재료.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 W의 함유량이 0.2~1.0질량%인, 오버레이 용접 재료.

청구항 8

제3항에 있어서, 상기 Ni의 함유량이 0.3~1.0질량%인, 오버레이 용접 재료.

청구항 9

모재 강재의 표면 상에, 오버레이 용접 금속이 용접된 기계 부품에 있어서,

상기 오버레이 용접 금속의 표층부는,

C:0.3~0.8질량%, Si:0.2~0.5질량%, Mn:0.5~2.0질량%, Cr:15~30질량%, Mo:0.2~6.0질량%, W:0.1~1.5질량%를 함유하고, 잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 조성을 갖는 오버레이 용접 금속이 용접된 것을 특징으로 하는, 기계 부품.

청구항 10

제9항에 있어서, V:0.3~2.0질량%를 더 함유하는, 기계 부품.

청구항 11

제9항에 있어서, Ni:0.3~6.0질량%를 더 함유하는, 기계 부품.

청구항 12

제9항에 있어서, 상기 Mn의 함유량이 0.7~1.2질량%인, 기계 부품.

청구항 13

제9항에 있어서, 상기 Mo의 함유량이 0.2~1.5질량%인, 기계 부품.

청구항 14

제9항에 있어서, 상기 W의 함유량이 0.2~1.0질량%인, 기계 부품.

청구항 15

제11항에 있어서, 상기 Ni의 함유량이 0.3~1.0질량%인, 기계 부품.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 오버레이 용접 재료 및 오버레이 용접 금속이 용접된 기계 부품에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 산성의 토양으로부터 출토된 것의 분쇄기 및 반응탑 등과 같이, 내식성 및 내마모성이 우수한 것이 요구되는 용도에 적합한 오버레이 용접 재료 및 오버레이 용접 금속이 용접된 기계 부품에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 분쇄기 및 반응탑 등의 처리 장치에 있어서, 처리의 대상물 중에, 염산이나 황산 등의 산이 포함되어 있거나, 처리 중에 처리 대상물로부터 산이 부차적으로 발생하는 경우가 있다. 처리 장치의 처리 대상물을 수납하는 처리 용기는, 통상은, 강재로 성형되어 있다. 이러한 산이 존재하면, 처리 용기의 내벽이 부식된다고 하는 문제가 있다. 또한, 처리 용기의 내벽은, 처리 중의 처리물에 의해 손모되기 쉽다고 하는 문제가 있다. 그로 인해, 처리 용기 등의 기계 부품에 사용되는 오버레이 용접 재료에는, 내식성 및 내마모성이 요구된다.

[0003] 종래, 오버레이 용접 재료로서는, 표 1에 나타내어지는 바와 같은 성분이나 조성의 Fe계 합금이나 Co계 합금이 사용되고 있다. 이들 오버레이 용접 재료는, 처리 장치의 기종 및 처리재의 종류에 따라서 구분하여 사용되고 있다.

표 1

	합금 성분·조성 (wt%)										비고
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Co	Fe	
No.1	0.7	0.9	1.2	12.0	3.8	0.7	2.0	0.9	-	Bal.	종래예
No.2	0.4	0.2	0.7	13.5	0.3	-	-	-	-	Bal.	종래예
No.3	2.5	-	-	33.0	-	-	-	13.0	Bal.	-	종래예
No.4	1.0	-	-	26.0	-	-	-	5.0	Bal.	-	종래예
No.5	0.4	0.2	0.6	13.0	0.3	-	-	-	-	Bal.	종래예
No.6	4.5	0.7	1.1	31.0	1.6	-	-	-	-	Bal.	종래예

[0004]

[0005] 그러나, 이들 오버레이 용접 재료는, 모두, 내식성 및 내마모성의 점에 있어서 충분한 성능을 갖고 있지 않다. 또한, 이들 오버레이 용접 재료는, 연성, 인성이 낮다. 그로 인해, 이들 오버레이 용접 재료는, 용접 시공 후에 오버레이 용접층에 크랙이 발생하기 쉽다고 하는 문제가 있다. 그 결과, 이들 오버레이 용접 재료는, 용접 시공성이 나빠, 용접 시공 후의 오버레이 용접층에 미세한 크랙이나 조대한 크랙이 발생하는 경우가 많다.

[0006] 이러한 용접 시공 불량에 발생한 경우, 해당 개소(용접 불량 개소)를 보수할 필요가 있다. 즉, 크랙이 발생한 오버레이 용접층에 공재를 용접하여, 해당 크랙을 메울 필요가 있다. 그러나, 이들 오버레이 용접 재료는, 보수성도 떨어진다. 그로 인해, 기존의 오버레이 용접층에 대해 새롭게 오버레이 용접을 행한 경우에, 기존의 오버레이 용접층에 크랙이 다발하여, 충분한 보수를 행할 수 없다.

[0007] 또한, 내마모성을 향상시키기 위해, 용접 시공한 오버레이 용접층 표면에 경질 크롬 도금층(두께:10~200 μ m)을 형성한 처리 용기가 널리 사용되고 있다. 그러나, 이들 오버레이 용접 금속은, 경질 크롬 도금과의 밀착성이 나빠, 경질 크롬 도금을 안정적으로 형성할 수 없다. 또한, 이들 오버레이 용접 금속은, 연성, 인성이 낮다. 그로 인해, 이들 오버레이 용접 금속은, 용접 시공 후에, 경질 크롬 도금층이나 오버레이 용접층에 크랙이 발생하기 쉽다.

- [0008] 따라서 내식성 및 내마모성을 향상시키는 것을 목적으로 하는 오버레이 용접 재료가 제안되어 있다(특허문헌 1 참조). 특허문헌 1에는, 600℃ 이상의 고온에 있어서, 우수한 강도, 내산화성 및 내마모성이 요구되는 부재에 사용되는 오버레이 용접 재료이며, 0.5~3.0중량%의 C, 3.0~7.0중량%의 Si, 25~45중량%의 Cr, 0~10중량%의 Mn, 0~13중량%의 Ni를 포함하고, 또한 $Cr \geq -1.6Si + 37$ 을 만족시키고, 잔량부가 Fe 및 불가피 불순물로 이루어지고, 모재 상에 단섬유 형상의 미세 침상 탄화물에 의해 강화된 오버레이 용접 금속을 형성하는 오버레이 용접 재료가 개시되어 있다.
- [0009] 특허문헌 1에 개시된 오버레이 용접 재료로는, 강재(Fe 합금)가 사용되어 있다. 특허문헌 1에 개시된 오버레이 용접 재료는, 오버레이 용접 재료 중에 있어서의 C, Si, Cu의 각 농도가 높고, IVa~Va족 전이 원소(Ti, V, Zr, Nb, Mo, Ta)가 많이 함유되어 있다. 특허문헌 1에 개시된 오버레이 용접 재료는, C 함유량이 0.5~3.0중량%로 높으므로 파괴 인성이 작고, IVa~Va족 전이 원소(Ti, Zr, Nb, Ta)를 많이 함유하고 있으므로 경도가 지나치게 크다. 이로 인해, 특허문헌 1에 개시된 오버레이 용접 재료는, 부식에 의해 취성 파괴를 일으키기 쉽다.
- [0010] 또한, 특허문헌 1에 개시된 오버레이 용접 재료는, Si 함유량이 3.0~7.0중량%로 극히 높으므로, 강재의 제조 공정인 열간 압연 후에, 적색 스케일을 발생하기 쉽고, 산세에 의해 적색 스케일을 제거하였다고 해도 표면 요철이 커져, 표면 불균일이 발생한다. 적색 스케일은, 600℃ 이상의 고온에 있어서도 발생할 가능성이 있다. 이 경우는, 적색 스케일의 주체인 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의 분말이, 피처리물에 혼입된다.
- [0011] 또한, 특허문헌 1에 개시된 오버레이 용접 재료는, Cu 함유량의 상한이 7.0중량%로 극히 높으므로, 강재의 제조 공정인 열간 압연 공정에 있어서, 적열 취성이 일어나기 쉽다. 그 결과, 열간 압연 공정을 포함하는 통상의 강재의 제법에 의해 강재를 제조하는 것이 어려워, 오버레이 용접 재료의 제작·공급이 어렵다.
- [0012] 한편, 내식성 및 내마모성의 향상을 목적으로 하는 오버레이 용접 재료로서, Fe계 합금이 있다. 구체적으로는, 0.2~1.5질량%의 C, 0.5~2.0질량%의 Si, 0.5~2.0질량%의 Mn, 20~40질량%의 Cr, 2.0~6.0질량%의 Mo, 0.5~6.0질량%의 Ni, 1.0~5.0질량%의 V, 0.5~5.0질량%의 W를 포함하고, 잔량부가 Fe 및 불가피 불순물로 이루어지고, 오버레이 용접 금속의 매트릭스가 페라이트상이고, 이 페라이트 결정의 결정립계에 시멘타이트가 존재하고, 페라이트 결정의 주위를, 시멘타이트가, 감싼 상태의 다결정 조직을 갖는 오버레이 용접 재료가 있다. 이 오버레이 용접 재료는, 내식성 및 내마모성이 우수하지만, 연성, 인성에 대해 개선의 여지가 있다. 또한, 이 오버레이 용접 재료는, 용접 시공성이나 용접 보수성에 대해서도 개선의 여지가 있다. 특히, 기존의 오버레이 용접층을 보수하기 위해 새롭게 덧대어 용접을 행한 경우에 있어서, 덧담 용접 범위에 따라서는 기존의 오버레이 용접층에 크랙이 발생하는 경우도 있고, 보수 순서가 번잡해지는 경우가 있다. 또한, 이 오버레이 용접 재료는, 경질 크롬 도금과의 밀착성이 양호하지 않아, 도금을 안정적으로 형성할 수 없는 경우가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0013] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 평11-226778호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 본 발명은 이러한 종래의 문제에 비추어 이루어진 것으로, 산에 의해 부식되기 쉬운 환경하에 있어서 사용되는 덧붙임 금속용 용접 재료이며, 덧붙임 금속의 내식성 및 내마모성이 우수하고, 연성, 인성이 높고, 용접 시공성 및 용접 보수성이 우수하고, 경질 크롬 도금과의 밀착성이 우수하고, 깨짐의 발생이 방지된 오버레이 용접 재료 및 오버레이 용접 금속이 용접된 기계 부품을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0015] 본 발명의 일 국면에 의한 오버레이 용접 재료는, C:0.2~1.0질량%, Si:0.2~0.5질량%, Mn:0.5~2.0질량%, Cr:15~30질량%, Mo:0.2~6.0질량%, W:0.1~1.5질량%를 함유하고, 잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

- [0016] 또한, 본 발명의 다른 일 국면에 의한 기계 부품은, 모재 강재의 표면 상에, 오버레이 용접 금속이 용접된 기계

부품에 있어서, 상기 오버레이 용접 금속의 표층부는, C:0.2~1.0질량%, Si:0.2~0.5질량%, Mn:0.5~2.0질량%, Cr:15~30질량%, Mo:0.2~6.0질량%, W:0.1~1.5질량%를 함유하고, 잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 조성을 갖는 오버레이 용접 금속이 용접된 것을 특징으로 한다.

[0017] 본 발명의 목적, 특징 및 이점은, 이하의 상세한 설명과 첨부 도면에 의해 보다 명백해진다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명의 실시예 2의 인장 시험에 있어서 제작한 정형 시험편[글리블(gleeble) 시험편]의 설명도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예 3의 샤르피 충격 시험의 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예 5의 내식 시험의 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예 6의 내마모성 시험에 있어서 사용한 토사 마모 시험 장치의 개념도이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예 9의 평면 전단 시험편의 설명도이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예 9의 평면 전단 시험의 설명도이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예 9의 평면 전단 시험의 결과를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 이하, 본 발명의 실시 형태에 대해 구체적으로 설명한다. 본 발명은 처리물을 처리하기 위한 처리 용기에 적합하게 사용되는 덧붙임 금속용 용접 재료이다. 처리 용기에서 처리되는 대상물은, 염산 및 황산 등의 산을 포함한다. 그로 인해, 처리 용기는, pH가 중성~4.2 정도인 산성의 부식 환경하에서 사용된다. 또한, 처리 용기는, 분쇄기나 반응탑 등의 처리 장치에 설치되고, 실온으로부터 200℃ 정도의 온도 범위에서 사용된다.
- [0020] 본 발명의 오버레이 용접 재료를 사용하여, 처리 용기의 내벽에 덧붙임 금속을 형성함으로써, 처리 용기의 내식성 및 내마모성을 향상시킬 수 있다. 그 결과, 본 발명의 오버레이 용접 재료는, 처리 용기의 수명을 연장시킬 수 있다. 또한, 본 발명의 오버레이 용접 재료는, 용접 시공성, 보수성도 우수하다. 또한, 본 발명의 오버레이 용접 재료로 시공한 용접 덧붙임층의 표면에는, 내마모성을 향상시키기 위한 경질 크롬 도금층을 양호하게 형성할 수 있다.
- [0021] 이하, 본 실시 형태의 오버레이 용접 재료의 성분에 대해 설명한다.
- [0022] C(탄소)는, 오버레이 용접 금속의 인장 강도와 연신율의 밸런스를 유지한다. 용접 재료에 있어서의 C 함유량은, 0.2~1.0질량%이고, 보다 바람직하게는 0.3~0.8질량%이다. 철강 재료(Fe계 합금)에 있어서는, C 함유량이 많을수록 인장 강도나 내마모성은 향상되지만, 인성이 저하된다. 특히 C 함유량이 1.0질량%를 초과하는 과공석강(過共析鋼)에서는, 인성이 현저하게 저하되어, 가공이 곤란해진다. 그로 인해, 오버레이 용접 금속으로서의 균형을 맞추기 위해, 오버레이 용접 재료인 C 함유량은 0.2~1.0질량%로 하고, 내마모성은 다른 원소를 첨가하여 확보하는 것이 바람직하다.
- [0023] Si(규소)는, 오버레이 용접 금속의 인장 강도를 향상시킨다. 용접 재료에 있어서의 Si 함유량은, 0.2질량% 이상으로 할 필요가 있다. 한편, 철강 재료(Fe계 합금)는, Si 함유량이 많으면 현저하게 취화된다. 그로 인해, Si 함유량은, 0.2~0.5질량%로 하는 것이 바람직하다.
- [0024] Mn(망간)은, 오버레이 용접 금속의 강도와 인성을 확보한다. 용접 재료에 있어서의 Mn 함유량은, 0.5질량% 이상이고, 보다 바람직하게는 0.7질량% 이상이다. 한편, Mn 함유량이 2.0질량%를 초과하면, 오버레이 용접 금속의 인성 및 용접성이 저하되는 경향이 있다. 그로 인해, Mn 함유량은, 0.5~2.0질량%로 하는 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 0.7~1.2질량%이다.
- [0025] Cr(크롬)은, 오버레이 용접 금속의 내식성, 고온 경도, 내마모성을 향상시킨다. 또한, Cr은, 오버레이 용접 금속의 용접성을 저해하지 않는다고 하는 특성을 갖는다. 또한, Cr은, 카바이드(탄화물)를 형성하고, 결정립 내에서 카바이드가 미세하게 석출되는 석출 경화형 원소이므로, 얻어지는 오버레이 용접 금속의 내마모성을 향상시킨다. 또한, 후술하는 Mo와의 복합 첨가에 의해, 얻어지는 오버레이 용접 금속을 고강도이며 또한 고경도로 할 수 있다. 용접 재료에 있어서의 Cr 함유량은, 15질량% 미만인 경우, 원하는 내식성, 내마모성이 얻어지지 않는다. 한편, 용접 재료에 있어서의 Cr 함유량은, 30질량%를 초과하는 경우, 마르텐사이트상이 발생하기 쉽다. 그로 인해, 용접 재료의 Cr 함유량은 15~30질량%로 하는 것이 바람직하다.

- [0026] Mo(몰리브덴)는, 상기한 바와 같이, Cr과의 복합 첨가에 의해, 오버레이 용접 금속의 강도, 경도를 향상시킨다. Mo는, Cr과 복합이 아닌, 단독으로 첨가하는 경우라도, 강의 인성을 향상시키는 효과를 갖지만, Cr과 복합 첨가하는 경우에는, Cr의 1/10 이하 정도를 오버레이 용접 금속 재료에 함유시킴으로써, 얻어지는 오버레이 용접 금속의 강도, 경도를 향상시킬 수 있다. Mo는, 원료 가격이 높으므로, 이와 같이 소량을 Cr과 복합 첨가하는 것이 바람직하다. 또한, Mo는, 고온 가열시의 결정립 조대화를 방지하므로, 얻어지는 오버레이 용접 금속의 고온 인장 강도를 유효하게 증가시킨다. 또한, Mo는, 본 실시 형태의 오버레이 용접 재료와 같은 고Cr강의 내식성을 향상시킨다. Mo의 함유량은, 그 밖의 특성과의 밸런스를 고려하여, 0.2~6.0질량%로 하는 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 0.2~1.5질량%이다. Mo 함유량이 6.0질량%를 초과하면, 입계 편석되어 Fe와 Si의 산화물인 파이라이트(Fe_3SiO_4)가 강 중에 침윤하는 것을 촉진시킨다고 하는 문제점이 발생한다.
- [0027] Ni(니켈)는, 오버레이 용접 금속의 내식성, 인성을 향상시킨다. 본 실시 형태에 있어서 Ni는, 이하에 나타내는 바와 같이 적절하게 첨가되는 선택 첨가 원소이다. Ni는, 원료 가격이 높으므로, 원료 가격과 특성 밸런스를 고려하여, 함유량을 0.3~6.0질량%로 하는 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 0.3~1.0질량%이고, 더욱 바람직하게는 0.3~0.6질량%이다. 또한, 오버레이 용접 금속에 있어서, 내식성, 인성을 보다 향상시키기 위해서는, Ni 함유량은, 0.3질량% 이상으로 하는 것이 바람직하다. Ni 함유량이 6.0질량%를 초과하면, 오스테나이트가 생성되기 쉬워진다고 하는 문제점이 발생한다.
- [0028] V(바나듐)는, 오버레이 용접 금속에 있어서, 카바이드를 형성하는 석출 경화형 원소이다. 본 실시 형태에 있어서 V는, 이하에 나타내는 바와 같이 적절하게 첨가되는 선택 첨가 원소이다. V를 함유함으로써, 얻어지는 오버레이 용접 금속의 내마모성이 향상된다. 또한, V는, 오버레이 용접 금속의 다결정 조직을 미세화하여, 인성을 향상시킨다. 한편, V 함유량이 2.0질량%를 초과하면, 다량의 VC(바나듐의 탄화물)가 결정립 내에 석출되어, 오버레이 용접 금속의 인성을 저하시키는 경향이 있다. 그로 인해, V 함유량은 0.3~2.0질량%로 하는 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 0.3~1.5질량%이다. 또한, 얻어지는 오버레이 용접 금속의 내마모성을 향상시키기 위해서는, V 함유량은, 0.3질량% 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0029] W(텅스텐)는, 오버레이 용접 금속에 있어서, 카바이드를 형성하는 석출 경화형 원소이다. W를 0.1질량% 이상 함유함으로써, 얻어지는 오버레이 용접 금속의 내마모성을 향상시킬 수 있다. 한편, W 함유량이 1.5질량%를 초과하면, 다량의 WC(텅스텐의 탄화물)가 결정립 내에 석출되어 인성을 저하시키는 경향이 있다. 그로 인해, W 함유량은, 0.1~1.5질량%로 하는 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 0.2~1.0질량%이다.
- [0030] 본 실시 형태의 오버레이 용접 재료의 잔량부는, Fe(철) 및 불가피적 불순물이다. 이 불가피적 불순물로서는, P(인), S(황), Al(알루미늄), Ca(칼슘), Ti(티탄), Co(코발트), Cu(구리), Zr(지르코늄), Nb(니오븀), Pd(팔라듐), Ag(은), Sn(주석), Hf(하프늄), Ta(탄탈), Pt(백금), Au(금), Pb(납) 등을 들 수 있다.
- [0031] P는, 오버레이 용접 금속에 냉간 취성을 부여한다. 그로 인해, P의 함유량은, 최대한 저감시키는 것이 바람직하다. P는, 불순물로서 결정립계에 편석되고, 단조·압연 등에 의해 단신(鍛伸) 방향으로 신장되면 편석대를 형성한다. 이 편석대에는, α -Fe가 형성되고, C는 이 편석대로부터 배제된다. 그 결과, P의 편석대에는 α -Fe가 띠 형상으로 형성되고, 다른 부분은 펄라이트가 띠 형상으로 형성된다. 통상, 이것은 페라이트 밴드라 불리며, 페라이트 밴드가 형성되면 띠의 직각 방향의 연성이 저하된다.
- [0032] S는, 오버레이 용접 금속에 열간 취성을 부여한다. 그로 인해, S의 함유량은, 최대한 저감시키는 것이 바람직하다. S는, 황화물계 개재물인 MnS를 형성하여 강재의 열간 가공시에 편석되어, 강재를 취화시킨다.
- [0033] 이들 불가피적 불순물은, 그 총량으로 0.05질량% 이하이면 허용할 수 있다.
- [0034] 다음으로, 본 실시 형태의 오버레이 용접 재료를 사용한 용접 방법, 오버레이 용접 금속이 용접된 기계 부품(처리 용기)에 대해 설명한다.
- [0035] 본 실시 형태의 오버레이 용접 재료는, 분쇄기 및 반응탑 등의 처리 장치의 처리 대상물을 수납하는 처리 용기에 용접되어 사용된다. 처리 용기를 구성하는 재료로서는, 예를 들어 각종 스테인리스강, S25C강, SC49강, SS400강 등이 있다. 모재의 회석을 억제하는 관점에서, 모재와 오버레이 용접 재료를 마찬가지로 조성으로 하는 것이 바람직하다. 그러나, 모재에는 주로 강도와 인성이 요구되고, 오버레이 용접 재료에는 주로 경도와 내마모성이 요구되므로, 모재와 오버레이 용접 재료를 마찬가지로 성분·조성으로 하는 것은 곤란하다. 그로 인해, 모재를 세운 상태로 하고, 가능한 한 오버레이 용접한 재료 상에 순차 오버레이 용접을 행하는 것이 바람직하다. 이에 의해, 증력이나 대류에 의한 모재 원소(주로 Fe)와 오버레이 용접 재료의 상호 확산을 어느 정도 억제할 수 있다. 본 실시 형태에서는, 오버레이 용접 재료와 오버레이 용접 금속이 용접된 기계 부품의 조성

어긋남은, Cr, Mo, Ni의 각 농도가 약간 희석되는 것 이외에는, 거의 발생하지 않는다.

- [0036] 본 실시 형태의 오버레이 용접 재료를 사용하여, 상기한 원하는 오버레이 용접층을 얻기 위해서는, 통상의 용접 조건으로 용접하면 된다. 단, 본 실시 형태의 오버레이 용접 재료를 사용하는 경우에는, 용접시에 모재를 가열해 두는 것이 바람직하고, 승온 속도를 100~300℃/시로 하고, 유지 온도를 250~350℃로 하고, 냉각 속도를 15~100℃/시로 하여, 모재를 가열 냉각하고, 250~350℃의 등온 유지 상태에서 용접을 행하는 것이 바람직하다.
- [0037] 상기 오버레이 용접 재료 및 기계 부품의 기술적 특징을 하기에 정리한다.
- [0038] 본 발명의 일 국면에 의한 오버레이 용접 재료는, C:0.2~1.0질량%, Si:0.2~0.5질량%, Mn:0.5~2.0질량%, Cr:15~30질량%, Mo:0.2~6.0질량%, W:0.1~1.5질량%를 함유하고, 잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0039] 본 발명의 오버레이 용접 재료를 사용하여 오버레이 용접을 행함으로써, 산에 대한 내식성 및 내마모성이 우수한 오버레이 용접 금속을 얻을 수 있다. 그로 인해, 본 발명의 오버레이 용접 재료를 사용하여 오버레이 용접을 행함으로써, 내식성 및 내마모성이 우수하여, 수명이 긴 처리 용기를 얻을 수 있다. 또한, 본 발명의 오버레이 용접 재료를 사용하여 형성한 오버레이 용접층은, 연성 및 인성이 우수하다. 그로 인해, 형성된 오버레이 용접층은, 용접 시공 후에 크랙이 발생하기 어려워, 용접 시공성이 우수하다. 본 발명의 오버레이 용접 재료는, 기존의 오버레이 용접층에 대해 다층으로 덧대어 용접을 행한 경우에 있어서, 기존의 오버레이 용접층과 새로운 오버레이 용접층의 밀착성, 내크랙성이 우수하다. 그로 인해, 본 발명의 오버레이 용접 재료는, 보수성이 우수하다. 또한, 형성된 오버레이 용접층은, 경질 크롬 도금과의 밀착성, 내크랙성이 우수하므로, 그 표층에 경질 크롬 도금층을 양호하게 형성할 수 있다.
- [0040] 본 발명의 오버레이 용접 재료는, 상기 구성에 있어서 V:0.3~2.0질량%를 더 함유하는 것이 바람직하다.
- [0041] 본 발명의 오버레이 용접 재료는, V가 상기 범위 내에서 함유되는 경우, 얻어지는 오버레이 용접 금속의 내마모성이 향상됨과 함께, 다결정 조직이 미세화되어, 인성이 향상된다.
- [0042] 본 발명의 오버레이 용접 재료는, 상기 구성에 있어서 Ni:0.3~6.0질량%를 더 함유하는 것이 바람직하다.
- [0043] 본 발명의 오버레이 용접 재료는, Ni가 상기 범위 내에서 함유되는 경우, 얻어지는 오버레이 용접 금속의 내식성, 인성이 향상된다.
- [0044] 상기 구성에 있어서, 상기 C의 함유량이 0.3~0.8질량%인 것이 바람직하다.
- [0045] 본 발명의 오버레이 용접 재료는, C가 상기 범위 내에서 함유되는 경우, 얻어지는 오버레이 용접 금속의 인장강도와 연신율의 밸런스가, 보다 양호하게 유지된다.
- [0046] 상기 구성에 있어서, 상기 Mn의 함유량이 0.7~1.2질량%인 것이 바람직하다.
- [0047] 본 발명의 오버레이 용접 재료는, Mn이 상기 범위 내에서 함유되는 경우, 얻어지는 오버레이 용접 금속의 강도와 인성이 충분히 확보된다.
- [0048] 상기 구성에 있어서, 상기 Mo의 함유량이 0.2~1.5질량%인 것이 바람직하다.
- [0049] 본 발명의 오버레이 용접 재료는, Mo가 상기 범위 내에서 함유되는 경우, 얻어지는 오버레이 용접 금속의 강도, 경도가 향상된다.
- [0050] 상기 구성에 있어서, 상기 W의 함유량이 0.2~1.0질량%인 것이 바람직하다.
- [0051] 본 발명의 오버레이 용접 재료는, W가 상기 범위 내에서 함유되는 경우, 얻어지는 오버레이 용접 금속의 내마모성이 향상된다.
- [0052] 상기 구성에 있어서, 상기 Ni의 함유량이 0.3~1.0질량%인 것이 바람직하다.
- [0053] 본 발명의 오버레이 용접 재료는, Ni가 상기 범위 내에서 함유되는 경우, 얻어지는 오버레이 용접 금속의 내식성, 인성이 보다 향상된다.
- [0054] 또한, 본 발명의 다른 일 국면에 의한 기계 부품은, 모재 강재의 표면 상에, 오버레이 용접 금속이 용접된 기계 부품에 있어서, 상기 오버레이 용접 금속의 표층부는, C:0.2~1.0질량%, Si:0.2~0.5질량%, Mn:0.5~2.0질량%, Cr:15~30질량%, Mo:0.2~6.0질량%, W:0.1~1.5질량%를 함유하고, 잔량부가 Fe 및 불가피적 불순물로 이루어지는 조성을 갖는 오버레이 용접 금속이 용접된 것을 특징으로 한다.

- [0055] 본 발명의 기계 부품(예를 들어, 분쇄기 및 반응탑 등의 처리 장치에 있어서 사용되는 처리 용기)은, 표층이 경질 크롬 도금과의 밀착성, 내크랙성이 우수하므로, 그 표층에 경질 크롬 도금층을 양호하게 형성할 수 있다.
- [0056] 상기 구성에 있어서, 기계 부품이 용접되는 오버레이 용접 금속은 V:0.3~2.0질량%를 더 함유하는 것이 바람직하다.
- [0057] V가 상기 범위 내에서 함유되는 오버레이 용접 금속은, 내마모성, 인성이 우수하다. 그로 인해, 이러한 오버레이 용접 금속이 용접된 기계 부품은, 그 표층에 경질 크롬 도금층을 더욱 양호하게 형성할 수 있다.
- [0058] 상기 구성에 있어서, 기계 부품이 용접되는 오버레이 용접 금속은 Ni:0.3~6.0질량%를 더 함유하는 것이 바람직하다.
- [0059] Ni가 상기 범위 내에서 함유되는 오버레이 용접 금속은, 내식성, 인성이 우수하다. 그로 인해, 이러한 오버레이 용접 금속이 용접된 기계 부품은, 그 표층에 경질 크롬 도금층을 더욱 양호하게 형성할 수 있다.
- [0060] 상기 구성에 있어서, 기계 부품이 용접되는 오버레이 용접 금속은, 상기 C의 함유량이 0.3~0.8질량%인 것이 바람직하다.
- [0061] C가 상기 범위 내에서 함유되는 오버레이 용접 금속은, 인장 강도와 연신율의 밸런스가, 보다 양호하게 유지되어 있다. 그로 인해, 이러한 오버레이 용접 금속이 용접된 기계 부품은, 그 표층에 경질 크롬 도금층을 더욱 양호하게 형성할 수 있다.
- [0062] 상기 구성에 있어서, 기계 부품이 용접되는 오버레이 용접 금속은, 상기 Mn의 함유량이 0.7~1.2질량%인 것이 바람직하다.
- [0063] Mn이 상기 범위 내에서 함유되는 오버레이 용접 금속은 강도와 인성이 충분히 확보된다. 그로 인해, 이러한 오버레이 용접 금속이 용접된 기계 부품은, 그 표층에 경질 크롬 도금층을 더욱 양호하게 형성할 수 있다.
- [0064] 상기 구성에 있어서, 기계 부품이 용접되는 오버레이 용접 금속은, 상기 Mo의 함유량이 0.2~1.5질량%인 것이 바람직하다.
- [0065] Mo가 상기 범위 내에서 함유되는 오버레이 용접 금속은 강도, 경도가 우수하다. 그로 인해, 이러한 오버레이 용접 금속이 용접된 기계 부품은, 그 표층에 경질 크롬 도금층을 더욱 양호하게 형성할 수 있다.
- [0066] 상기 구성에 있어서, 기계 부품이 용접되는 오버레이 용접 금속은, 상기 W의 함유량이 0.2~1.0질량%인 것이 바람직하다.
- [0067] W가 상기 범위 내에서 함유되는 오버레이 용접 금속은 내마모성이 우수하다. 그로 인해, 이러한 오버레이 용접 금속이 용접된 기계 부품은, 그 표층에 경질 크롬 도금층을 더욱 양호하게 형성할 수 있다.
- [0068] 상기 구성에 있어서, 기계 부품이 용접되는 오버레이 용접 금속은, 상기 Ni의 함유량이 0.3~1.0질량%인 것이 바람직하다.
- [0069] Ni가 상기 범위 내에서 함유되는 오버레이 용접 금속은 내식성, 인성이 보다 우수하다. 그로 인해, 이러한 오버레이 용접 금속이 용접된 기계 부품은, 그 표층에 경질 크롬 도금층을 더욱 양호하게 형성할 수 있다.
- [0070] 실시예
- [0071] 본 발명의 실시예를 이하에 설명한다. 또한, 본 발명은 이하의 실시예에 전혀 한정되는 것은 아니다. 본 발명은, 본 발명에 취지에 적합한 범위에서 이하의 실시예에 변경을 가하여 실시하는 것이 가능하다. 그들 변경을 가한 실시예는, 모두 본 발명의 기술적 범위에 포함된다.
- [0072] <실시예 1>
- [0073] 표 2에 나타내는 각 용접 재료를 사용하여, S25C강으로 이루어지는 모재 표면 상에 용접 재료를 오버레이 용접하고, 평균 두께 약 3mm의 오버레이 용접층을 형성하였다. 표 2에 있어서, 잔량부는 Fe 및 불가피적 불순물이다. 용접시에, 모재를 실온으로부터 300℃까지 승온 속도 100℃/시로 가열하고, 300℃로 등온 유지한 상태에서 오버레이 용접을 행하고, 용접 종료 후에는 냉각 속도 20℃/시로 실온까지 냉각하였다. 용접은 하향 자세로, 전류 280A, 전압 30V의 조건에서 행하였다. 이때의 입열량은, 2.0kJ/mm였다. 모재로서 사용한 기계 구조 탄소강(S25C강)의 화학 성분 규격을 표 3에 나타낸다.

표 2

No.	합금 성분 · 조성 (wt%)											비교
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Co	Fe		
No.1	0.7	0.9	1.2	12	3.8	0.7	2	0.9	—	Bal.	중래예	
No.2	0.4	0.2	0.7	13.5	0.3	—	—	—	—	Bal.	중래예	
No.3	2.5	—	—	33	—	—	—	13	Bal.	—	중래예	
No.4	1	—	—	26	—	—	—	5	Bal.	—	중래예	
No.5	0.4	0.2	0.6	13	0.3	—	—	—	—	Bal.	중래예	
No.6	4.5	0.7	1.1	31	1.6	—	—	—	—	Bal.	중래예	
No.11	0.25	1.1	1.1	35	4	1.1	2	1.1	—	Bal.	비교예	
No.12	0.4	1.1	1.1	35	4	1.1	2	1.1	—	Bal.	비교예	
No.13	0.7	1.1	1.1	35	4	1.1	2	1.1	—	Bal.	비교예	
No.14	1	1.1	1.1	35	4	1.1	2	1.1	—	Bal.	비교예	
No.15	1.5	1.1	1.1	35	4	1.1	2	1.1	—	Bal.	비교예	
No.17	0.7	2	1.1	35	4	1.1	2	1.1	—	Bal.	비교예	
No.18	0.7	2.5	1.1	35	4	1.1	2	1.1	—	Bal.	비교예	
No.19	0.7	3	1.1	35	4	1.1	2	1.1	—	Bal.	비교예	
No.20	0.7	1.1	1.1	35	4	2.1	4	2.1	—	Bal.	비교예	
No.31	0.4	0.3	0.9	20	0.5	—	1	0.5	—	Bal.	실시예	
No.32	0.3	0.2	9	20	0.5	—	0.5	0.3	—	Bal.	비교예	
No.33	0.4	0.3	0.9	25	0.5	—	1	0.5	—	Bal.	실시예	
No.34	0.4	0.3	0.9	25	0.5	—	0.5	0.3	—	Bal.	실시예	
No.35	0.4	0.3	0.9	30	0.5	—	1	0.5	—	Bal.	실시예	
No.36	0.4	0.3	0.9	20	1	0.5	1.5	1	—	Bal.	실시예	
No.37	0.4	0.3	0.9	25	1	0.5	1.5	1	—	Bal.	실시예	
No.38	0.1	0.3	0.9	25	0.5	—	1	0.5	—	Bal.	비교예	
No.39	0.6	0.3	0.9	25	0.5	—	1	0.5	—	Bal.	실시예	
No.40	0.4	0.1	0.9	25	0.5	—	1	0.5	—	Bal.	비교예	
No.41	0.4	0.8	0.9	25	0.5	—	1	0.5	—	Bal.	비교예	
No.42	0.4	0.3	0.3	25	0.5	—	1	0.5	—	Bal.	비교예	
No.43	0.4	0.3	2.5	25	0.5	—	1	0.5	—	Bal.	비교예	
No.44	0.4	0.3	0.9	15	0.5	—	1	0.5	—	Bal.	실시예	
No.45	0.4	0.3	0.9	35	0.5	—	1	0.5	—	Bal.	비교예	
No.46	0.4	0.3	0.9	25	0.1	—	1	0.5	—	Bal.	비교예	
No.47	0.4	0.3	0.9	25	2	—	1	0.5	—	Bal.	실시예	
No.48	0.4	0.3	0.9	25	0.5	1	1	0.5	—	Bal.	실시예	
No.49	0.4	0.3	0.9	25	0.5	1.5	1	0.5	—	Bal.	실시예	
No.50	0.4	0.3	0.9	25	0.5	—	—	0.5	—	Bal.	실시예	
No.51	0.4	0.3	0.9	25	0.5	—	2	0.5	—	Bal.	실시예	
No.52	0.4	0.3	0.9	25	0.5	—	3	0.5	—	Bal.	비교예	
No.53	0.4	0.3	0.9	25	0.5	—	1	—	—	Bal.	비교예	
No.54	0.4	0.3	0.9	25	0.5	—	1	1.5	—	Bal.	실시예	
No.55	0.4	0.3	0.9	25	0.5	—	1	2	—	Bal.	비교예	
No.62	0.7	0.3	1	25	0.5	—	1	0.5	—	Bal.	실시예	
No.63	1	0.3	1	25	0.5	—	1	0.5	—	Bal.	실시예	
No.64	1.5	0.3	1	25	0.5	—	1	0.5	—	Bal.	비교예	

[0074]

표 3

재료	합금 성분 · 조성 (wt%)					
	C	Si	Mn	P	S	Fe
S25C강	0.20~0.30	0.15~0.40	0.30~0.60	<0.045	<0.045	Bal.

[0075]

[0076]

상기 용접 재료 중, No.1~No.6, No.11~No.20, No.31, No.33, No.37, No.62~No.64에 나타난 용접 재료를 사용하여 용접 시공을 행하여, 얻어진 오버레이 용접 금속의 표층부의 조성을 분석하였다. 분석 결과를 표 4에 나타낸다. 또한, 표층부라 함은, 표면으로부터 1mm 이내의 영역을 말한다. 오버레이 용접 금속에 대해 표층부를 기계적으로 깎아내고, 소정의 산으로 용해시켜, 화학 분석에 의해 오버레이 용접 금속의 성분 조성을 정량 분석하였다. 화학 분석에서는, C는 적외선 흡수법을 사용하고, Si는 중량법을 사용하고, 그 밖의 원소는 ICP 발광 분광 분석법을 사용하여 정량 분석을 행하였다.

표 4

No.	합금 성분 · 조성 (wt%)											비고
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Co	Fe		
No.1	0.52	0.82	0.81	8.44	2.78	0.47	1.43	0.56	—	Bal.	종래예	
No.2	0.37	0.22	0.59	12.13	0.27	—	—	—	—	Bal.	종래예	
No.3	2.18	—	—	21.83	—	—	—	9.21	Bal.	9.57	종래예	
No.4	1.16	—	—	29.99	—	—	—	4.53	Bal.	7.98	종래예	
No.5	0.37	0.22	0.59	12.13	0.27	—	—	—	—	Bal.	종래예	
No.6	3.64	0.87	1.05	27.03	0.7	—	—	—	—	Bal.	종래예	
No.11	0.23	0.89	0.77	21.02	2.28	0.66	1.38	0.75	—	Bal.	비교예	
No.12	0.32	0.94	0.88	24.55	2.62	0.78	1.64	0.83	—	Bal.	비교예	
No.13	0.58	1.13	0.95	28.01	3	0.86	1.82	0.82	—	Bal.	비교예	
No.14	0.69	1.04	1.03	27.07	2.77	0.77	1.78	0.84	—	Bal.	비교예	
No.15	1.08	1.01	0.9	24.82	2.54	0.71	1.55	0.78	—	Bal.	비교예	
No.17	0.54	1.55	0.84	25.4	2.68	0.73	1.61	0.79	—	Bal.	비교예	
No.18	0.64	1.99	0.96	30.45	3.12	0.87	1.98	0.97	—	Bal.	비교예	
No.19	0.6	2.1	0.9	27.52	2.85	0.78	1.72	0.91	—	Bal.	비교예	
No.20	0.62	0.99	0.76	25.77	2.77	1.49	3.22	2.02	—	Bal.	비교예	
No.31	0.22	0.24	0.54	15.54	0.35	—	0.59	0.28	—	Bal.	실시에	
No.33	0.25	0.2	0.59	16.34	0.39	—	0.69	0.33	—	Bal.	실시에	
No.37	0.28	0.21	0.6	17.12	0.61	0.33	1.02	0.72	—	Bal.	실시에	
No.62	0.49	0.22	0.73	15.71	0.35	—	0.68	0.36	—	Bal.	실시에	
No.63	0.58	0.22	0.76	16.15	0.35	—	0.71	0.35	—	Bal.	실시에	
No.64	1.02	0.24	0.69	13.12	0.32	—	0.55	0.31	—	Bal.	비교예	

[0077]

[0078]

[0079]

[0080]

[0081]

[0082]

[0083]

[0084]

오버레이 용접 금속에서는, 모재의 주 구성 원소인 Fe가 오버레이 용접 금속 부분으로 확산되어, C, Si, Mn, Cr의 농도가 희석되므로, 용접 재료(원재료)에 비해 C, Si, Mn, Cr의 각 원소 농도가 저하되는 경향이 있다. C, Si, Mn, Cr의 농도의 저하량은, 0~20질량%이다. 한편, 그 밖의 원소(Mo, Ni, V, W)에 대해서는, 약간의 농도 저하가 확인되지만, 대폭의 농도 저하는 확인되지 않는다.

표 4에 나타내어지는 바와 같이, 종래예에 상당하는 No.3과 No.4의 용접 재료는, 원래 Fe가 포함되어 있지 않은 Co 합금이지만, 모재로부터 Fe가 확산되어 혼입되었기 때문에, Fe가 검출되었다. 이에 의해, 특히 No.3의 용접 재료에서는, Cr과 W의 농도 저하가 확인되었지만, Cr과 W의 농도의 저하량은 30질량% 정도로, 그다지 크지 않았다. 또한 Cr, W 이외의 원소(C, P, S)에 대해서는, 용접 재료(원재료)와 거의 동일한 농도를 유지하고 있었다. 또한, No.4에서는 각 함유 원소의 농도에 큰 변화는 보이지 않고, 용접 재료와 오버레이 용접 금속의 조성의 차이는 작았다. 이상으로부터, 용접 재료와 오버레이 용접 금속의 조성의 차이는 작다고 할 수 있었다.

<실시에 2>

용접 시공성을 지배하는 인자로서 연성을 평가하는 것을 목적으로 하고, 각 오버레이 용접 금속 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속에 대해 인장 시험을 행하여, 인장 강도(TS)와 연신율(RA)을 측정하였다. 우선, 실시예 1과 마찬가지로, 표 2에 나타내는 각 용접 재료를 사용하여, S25C강으로 이루어지는 모재 표면 상에 용접 재료를 오버레이 용접하고, 평균 두께 약 3mm의 오버레이 용접층을 형성하였다.

인장 시험은, JIS Z 2201 14A호에 준거하여, 상기한 방법에 의해 형성한 오버레이 용접층으로부터 용접 비트와 평행하게 샘플을 채취하고, 도 1에 도시하는 정형 시험편(1)(글리블 시험편)을 제작하여 행하였다. 도 1에 있어서, 수치의 단위는 mm이다. JIS B7721 「인장·압축 시험기-힘 계측계의 교정·검증 방법」에 의한 등급 1급의 인장 시험기를 사용하고, 정형 시험편(1)에 축방향의 힘만이 가해지도록 일정 하중을 인가하였다.

이 시험에서는, 인장 강도와 파단 연신율을 측정하고, 인장 강도(σ_B)와 파단 연신율(δ)을 각각 이하에 나타내는 식(1) 및 식(2)에 의해 산출하였다. 또한, 인장 강도는, 시험 중에 가해진 최대의 힘에 대응하는 응력(N/mm²)을 말하고, 파단 연신율은, 파단 후의 영구 연신율을 원 평점 거리에 대해 백분율로 나타낸 값(%)을 말한다. 각각의 오버레이 용접층의 인장 시험 결과를 표 5에 나타낸다.

$$\sigma_B = F_{max} / A_0 \quad \dots \quad (1)$$

[0085] [식 중, Fmax는 최대 인장력(N)을 나타내고, A₀은, 원 단면적(mm²)을 나타내고 있음]

[0086]
$$\delta = (l - l_0) / l_0 \times 100 \quad \dots \quad (2)$$

[0087] [식 중, l은 시험편의 양 파단면의 중심선이 일직선 상에 있도록 주의하고, 파단면을 맞대어 측정하였을 때의 표점 사이의 길이(mm)를 나타내고, l₀은 원 표점 거리(mm)를 나타내고 있음]

표 5

No.	인장 시험		경도		마모 감량(g)	비고
	인장 강도(MPa)	연신율(%)	HRC	HV		
No.1	1097	0	58.6	629	4.84	종래예
No.2	1066	13.7	37.3	369	6.56	종래예
No.3	—	—	—	—	—	종래예
No.4	976	2.4	43.7	405	5.74	종래예
No.5	—	—	—	—	—	종래예
No.6	—	—	56.7	590	0.74	종래예
No.11	—	—	25.4	262	—	비교예
No.12	—	—	28.7	289	—	비교예
No.13	718	1	34.1	374	3.07	비교예
No.14	770	1.6	31.5	298	—	비교예
No.15	850	1.6	35.8	366	3.32	비교예
No.20	—	—	36.1	349	3.19	비교예
No.31	1071	13.7	35	330	3.16	실시예
No.32	1126	14.5	—	—	—	비교예
No.33	936	13	30.3	307	3.05	실시예
No.34	1120	9.8	—	—	—	실시예
No.35	613	22.3	—	—	—	실시예
No.36	1191	9.1	—	—	—	실시예
No.37	925	26.3	30.3	288	3.09	실시예
No.38	487	16.4	15.8	169	3.08	비교예
No.39	1118	11.3	42.6	421	2.73	실시예
No.40	516	14.5	26.3	245	3.12	비교예
No.41	1268	10.9	32.6	339	2.88	비교예
No.42	890	14	26.8	270	2.36	비교예
No.43	1210	12.1	39.6	431	2.64	비교예
No.44	964	14.8	25.2	236	3.65	실시예
No.45	523	12.8	36.8	364	1.83	비교예
No.46	874	12.9	29.9	311	3.29	비교예
No.47	1195	13.6	30.8	336	2.86	실시예
No.48	1041	14.1	30.4	283	2.92	실시예
No.49	1121	14.9	31.1	321	2.76	실시예
No.50	761	13.3	28.9	271	4.34	실시예
No.51	1291	25.8	34.3	367	1.64	실시예
No.52	1310	10.6	35.1	347	1.31	비교예
No.53	732	13	24.6	255	4.87	비교예
No.54	1186	23.2	38	414	1.55	실시예
No.55	1393	11.4	43.3	461	1.08	비교예
No.62	1096	11.1	37.7	387	2.72	실시예
No.63	1249	10.2	49.8	405	1.65	실시예
No.64	1331	9.6	55.4	603	1.29	비교예

[0088]

[0089] 표 5에 나타내어지는 바와 같이, 합금 원소의 영향으로서, C, Si의 함유량을 적게 하면 인장 강도가 저하되고, Cr의 함유량을 많게 하면 인장 강도가 저하되는 경향이 있었다. C 또는 Si의 함유량이 0.1질량%인 시료(No.38 및 No.40의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 시료)에서는, 인장 강도가 500MPa 정도로 낮아, C 또는 Si의 함유량을 0.2질량% 이상으로 할 필요가 있는 것을 알 수 있었다.

[0090] 표 5에 나타내어지는 바와 같이, C 및 Si의 함유량을 많게 하면 인장 강도가 높아진 것에 반해, Cr의 함유량을 많게 하면 인장 강도가 낮아졌다. 이것은, C 및 Si는, 주로 고용 강화에 의해 인장 강도를 증가시키고 있는 것에 반해, Cr은, 금속간 화합물의 미세 석출에 의해, 다결정 조직을 미세화시켜, 인성을 향상시키고 있기 때문이다. Cr 농도가 30질량% 이상인 시료(No.45의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 시료)에서는, 인장 강도가 500MPa 정도로 낮아, Cr 농도는 30질량% 이하로 할 필요가 있는 것을 알 수 있었다.

[0091] V 및 W의 함유량을 많게 하면, 파단 연신율은 커지는 경향이 있었다. 이 원인으로서, 파단 연신율은, 인성 평가 척도 중 하나로 파악할 수 있고, V 및 W가 다결정 조직을 미세화시켜, 인성을 향상시켰기 때문이라고 추측되었다. V 농도가 1.11질량%이고 W 농도가 0.45질량%인 시료(No.35의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 시료)에서는, 파괴 연신율이 22.3%로 되고, V 농도가 1.43질량%이고 W 농도가 0.89질량%인 시료(No.37의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 시료)에서는, 파괴 연신율이 26.3%로 되어, 이들은 모두 파단 연신율의 값이 크게 되어 있지만, V 농도가 3.0질량%인 시료(No.52의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 시료)에서

는, 파괴 연신율이 10.6%로 되고, W 농도가 2.0질량%인 시료(No.55의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 시료)에서는, 파괴 연신율이 11.4%로 되어, 이들은 모두 파단 연신율의 값이 작아졌다. 이것은, 다량의 VC나 WC가 결정립 내에 석출되고, 석출 경화가 지배적으로 되었기 때문이라고 추측되었다. 따라서, V 농도는 2.0질량% 이하로 할 필요가 있고, W 농도는 1.5질량% 이하로 할 필요가 있는 것을 알 수 있었다.

[0092] 또한, 시료(No.41, No.43, No.47, No.49, No.52, No.55 등의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 시료)는, 인장 강도가 1121~1393MPa이고, 연신율이 10.6~14.9%의 범위에 있어, 비교적 양호한 값을 나타냈다. 그러나, 이들 시료는 Si, Mn, Mo, Ni, V, W의 합금 원소 농도가 각각 높아, 원료 가격이 높다. 그로 인해, 이들 시료는, 가격과 특성의 밸런스를 고려하면, 최적이지 않은 것을 알 수 있었다.

[0093] <실시예 3>

[0094] 용접 시공성을 지배하는 인자로서 인성을 평가하는 것을 목적으로 하고, 각 오버레이 용접 금속 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속에 대해 샤르피 충격 시험을 행하여, 충격값을 측정하였다. 우선, 실시예 1과 마찬가지로, 표 2에 나타내는 각 용접 재료를 사용하여, S25C강으로 이루어지는 모재 표면 상에 용접 재료를 오버레이 용접하고, 평균 두께 약 3mm의 오버레이 용접층을 형성하였다.

[0095] 샤르피 충격 시험은, JIS Z 2242호에 준거하여, 오버레이 용접층으로부터 용접 비트와 평행하게 샘플을 채취하고, 충격 시험편을 제작하여 행하였다. 충격 시험편의 형상은, 단면이 10mm×10mm이고, 길이가 5mm인 직사각형(각봉 형상)으로 하였다. 시험편의 길이 방향은, 용접 비트 방향에 대응한다. 충격 시험편의 측면(4면 있는 측면) 중 1면에, 폭이 2mm이고 깊이가 2mm인 노치를, 충격 시험편의 길이 방향과 직각 방향으로 형성하여, 용접 비트와 평행하게 충격을 가하였다.

[0096] JIS B 7722에 준거한 샤르피 충격 시험기를 사용하여, 충격 시험편을 파단하기 위해 필요한 에너지를 이하의 식(3) 및 식(4)로부터 산출하여, 단위 단면적당 샤르피 충격값을 구하였다. 각각의 오버레이 용접층의 샤르피 충격값을 도 2에 나타낸다.

[0097]
$$E = M (\cos \beta - \cos \alpha) \quad \dots \quad (3)$$

[0098]
$$M = W r \quad \dots \quad (4)$$

[0099] [식 중, E는 시험편을 파단하기 위해 필요한 에너지(J)를 나타내고, M은 해머의 회전축 주위의 모멘트(N·m)를 나타내고, W는 해머의 질량에 의한 부하(N)를 나타내고, r은 해머의 회전축 중심으로부터 무게 중심까지의 거리(m)를 나타내고, α는 해머의 인상각도를 나타내고, β는 시험편 파단 후의 해머의 상승각도를 나타내고 있음]

[0100] 도 2에 나타내어지는 바와 같이, No.2의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 시험편의 샤르피 충격값이 커진 것 이외에, 성분·조성이 다른 오버레이 용접 금속 사이에서 샤르피 충격값에 큰 차이는 확인되지 않았다. 시험 후의 시험편의 파단면을 관찰하면, 모든 시료에서 취성 파면을 나타내고 있어, 취성이 강한 것을 알 수 있었다. 단, 본 발명의 시료(No.33, No.37, No.62의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 시험편)는, 비교적 높은 샤르피 충격값을 나타내고 있어, 인성이 높게 되어 있는 것을 알 수 있었다.

[0101] <실시예 4>

[0102] 각 오버레이 용접 금속 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속의 표면 경도를 측정하였다. 표면 경도로서, 로크웰 경도(HRC) 및 비커스 경도(HV)를 측정하였다. 우선, 실시예 1과 마찬가지로, 표 2에 나타내는 각 용접 재료를 사용하여, S25C강으로 이루어지는 모재 표면 상에 용접 재료를 오버레이 용접하고, 평균 두께 약 3mm의 오버레이 용접층을 형성하였다. 로크웰 경도는, JIS G 0202에 규정되어 있는 로크웰 시험에 준거하여, 꼭지각 120°의 원뿔(선단 0.3mm)을 오버레이 용접 금속 표면으로부터 60kgf의 하중으로 밀어넣고, 기준 하중을 10kgf로 복귀시켰을 때의 기준면으로부터의 영구 오목부의 깊이를 판독하고, 로크웰 경도의 계산식에 의해 구하였다. 또한, 로크웰 경도의 산출에 있어서는 C 스케일을 사용하였다.

[0103] 비커스 경도는, 아카시사제 MVK-E형 비커스 경도 시험기를 사용하여 측정하였다. 대면각 α=136°인 정사각뿔 다이아몬드로 만들어진 피라미드형의 압자를 오버레이 용접 금속 표면에 밀어넣고, 하중을 제거한 후에 남은 오목부의 대각선의 길이 d(mm)로부터 표면적 S(mm²)를 산출하고, 시험 하중과 표면적의 관계로부터, 소정의 계산식에 의해 산출하였다.

- [0104] 각 오버레이 용접 금속의 로크웰 경도를 표 5에 나타낸다. Mo, Ni, V, W의 총 함유량이 많은 No.1이나, C 농도가 높은 No.6은 높은 경도를 나타냈다. 한편, 본 발명의 오버레이 용접 금속(No.31, No.33, No.37의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속)은 이들과 비교하면 낮은 경도를 나타냈지만, 로크웰 경도가 30 이상으로, 오버레이 용접 금속으로서 특별히 문제없이 사용할 수 있는 경도를 갖고 있는 것을 알 수 있었다.
- [0105] 각 오버레이 용접 금속의 비커스 경도를 표 5에 나타낸다. 각 오버레이 용접 금속에 있어서, 비커스 경도는, 로크웰 경도와 거의 마찬가지로의 경향을 나타내고, Mo, Ni, V, W 중 총 함유량이 많은 No.1이나 C 농도가 높은 No.6은 높은 경도를 나타냈다. 이에 반해 본 발명의 오버레이 용접 금속(No.31, No.33, No.37, No.62, No.63의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속)은, 비커스 경도가 300 정도 이상으로, 오버레이 용접 금속으로서 특별히 문제없이 사용할 수 있는 경도를 갖고 있는 것을 알 수 있었다.
- [0106] 또한, 경도와 인성은, 트레이드 오프(trade-off)의 관계에 있다. 그로 인해, 본 발명의 오버레이 용접 금속(No.31, No.33, No.37의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속)은 No.1이나 No.6의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속과 비교하여 인성이 높은 것을 알 수 있었다.
- [0107] <실시에 5>
- [0108] 각 오버레이 용접 금속에 대해 내식성을 평가하였다. 시료는, 실시예 1과 마찬가지로, 표 2에 나타내는 각 용접 재료를 사용하여, S25C강으로 이루어지는 모재 표면 상에 용접 재료를 오버레이 용접하고, 평균 두께 약 3mm의 오버레이 용접층을 형성하고, 얻어진 오버레이 용접층으로부터, 15mm×15mm×15mm의 시험편(쿠폰)을 기계 가공(와이어 컷)에 의해 채취하여 제작하였다. 염산(HCl)과 황산(H₂SO₄)의 몰 농도비가 1:1로 되도록 혼합한 수용액(혼산 수용액)을 이온 교환수로 pH가 2.0으로 되도록 희석, 조정하여 시험액으로 하였다. 80℃의 시험액에 시료를 24시간 또는 240시간 침지하고, 시험 후의 부식 감량을 측정하여, 내식성을 평가하였다. 샘플수는 3으로 하고, 각각의 시료의 부식 감량으로부터 평균 부식량을 구하여, 시료의 표면적과 부식 시간으로부터 연율 환산한 평균 부식 속도(mm/y)를 산출하였다.
- [0109] 각 오버레이 용접 금속에 대한 내식성 평가 결과를 도 3에 나타낸다. 표 1에 나타내는 종래의 오버레이 용접 재료 중, No.1과 No.2의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속은, 평균 부식 속도가 커 내식성이 떨어지지만, No.4와 No.6의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속은, 평균 부식 속도가 작아, 양호한 내식성을 나타냈다. No.13, No.15 및 No.20의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속에 대해서도, 평균 부식 속도가 작아, 양호한 내식성을 나타냈다. 한편, 본 발명의 오버레이 용접 금속(No.31, No.33, No.37, No.62, No.63의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속)은 평균 부식 속도가 비교적 컸지만, 종래의 오버레이 용접 재료에 비해 내식성이 떨어지는 일은 없고, 종래의 오버레이 용접 재료와 동등 이상의 내식성을 유지하고 있는 것을 알 수 있었다.
- [0110] <실시에 6>
- [0111] 각 오버레이 용접 금속에 대해 내마모성을 평가하였다. 내마모성은 ASTM G 65에 규정되어 있는 토사 마모 시험에 의해 평가하였다. 토사 마모 시험 장치의 개념도를 도 4에 나타낸다. 오버레이 용접 금속으로 이루어지는 시험편(2)을 하중 133kgf로 고무 피복 회전 드럼(3)에 압박하고, 고무 피복 회전 드럼(3)을 소정 횟수(6000회전)까지 회전시키고, 시험 후의 마모 감량을 측정하여, 내마모성을 평가하였다. 도 4에 도시되는 바와 같이, 시험편(2)과 고무 피복 회전 드럼(3) 사이에는, 호퍼(H)로부터 시험 모래(4)를 공급하였다. 시험편(2)의 고무 피복 회전 드럼(3)에 대한 압박력은, 추(W)를 자유 단부에 수직 하강시킨 레버 아암(3)에 의해 부여하였다. 시험 모래(4)로서 백은 규사 6호를 사용하였다. 고무 피복 회전 드럼(3)의 회전 속도는, 145rpm으로 하였다. 각 오버레이 용접 금속에 대한 내마모성 평가 결과를 표 5에 나타낸다.
- [0112] 표 5에 나타내어지는 바와 같이, 표 1에 나타내는 종래의 오버레이 용접 재료 중, No.6을 제외한 No.1, No.2, No.4의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속에서는, 마모 감량이 5~6g 정도로 많아, 내마모성이 떨어지는 것을 알 수 있었다. 한편, No.13, No.15, No.20의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속에서는, 마모 감량이 3g 정도로 적어, 내마모성이 우수한 것을 알 수 있었다. 본 발명의 오버레이 용접 금속(No.31, No.33, No.37, No.62, No.63의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속)에 대해서도, 마모 감량은 3~4g 정도로 적어, 종래의 오버레이 용접 재료(No.1, No.2, No.4의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속)와 비교하여 내마모성이 우수한 것을 알 수 있었다.
- [0113] 종래의 No.2의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속의 내마모성이 떨어지는 것은, 각 합

금 원소의 함유량이 전체적으로 적어, 재료 자체가 무르기 때문이라고 추측되었다. 한편, 종래의 오버레이 용접 재료 중, No.1과 No.4의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속은, 인성(인장 강도)이 낮아 취화되어 있었으므로, 어그레시브 마모가 촉진된 결과, 내마모성이 저하된 것이라 추측되었다.

[0114] <실시예 7>

[0115] 오버레이 용접 재료의 용접 시공성을 평가하기 위해, 용접 시공 모의 실험을 행하여, 용접 시공 후의 오버레이 용접층에 발생하는 크랙의 유무를 조사하였다. 200mm×30mm×50mm의 판 형상의 S25C강을 준비하고, 이것을 모재로 하여 각 오버레이 용접 재료를 사용하여, 평균 두께가 약 3mm인 오버레이 용접층을 형성하였다. 용접은 실시예 1에서 나타난 조건으로 실시하였다. 용접 시공 후, 시료(용접 시공한 모재)를 580℃에서 4시간의 어닐링을 행한 후, 컬러 체크(염색 침투 탐상 검사)에 의해 크랙의 발생 상황을 관찰하였다. 오버레이 용접층 표면의 외관을 육안으로 관찰하여, 크랙이 발생하지 않은 시료를 ○, 미세 크랙이 발생한 시료를 △, 조대 크랙이 발생한 시료를 ×로 하였다. 각 오버레이 용접 금속에 대한 용접 시공성 평가 결과를 표 6에 나타낸다.

표 6

No.	용접 시공성	보수성 평가			금속 조직 동정	비고
		제1층	제2층	제3층		
No.1	○	○	○	×	—	종래예
No.2	○	○	○	○	—	종래예
No.3	—	—	—	—	γ-Fe	종래예
No.4	○	○	×	—	γ-Fe	종래예
No.5	—	—	—	—	M	종래예
No.6	×	—	—	—	α-Fe, M, Fe ₃ C	종래예
No.11	×	×	—	—	α-Fe, Cr ₇ C ₃	비교예
No.12	×	×	—	—	α-Fe, Cr ₇ C ₃	비교예
No.13	○	○	○	×	α-Fe, Cr ₇ C ₃	비교예
No.14	○	○	○	○	α-Fe, Cr ₇ C ₃	비교예
No.15	○	○	×	—	α-Fe, Cr ₇ C ₃	비교예
No.17	—	—	—	—	α-Fe, Cr ₇ C ₃	비교예
No.18	—	—	—	—	α-Fe, Cr ₇ C ₃	비교예
No.19	—	—	—	—	α-Fe, Cr ₇ C ₃	비교예
No.20	△	—	—	—	—	비교예
No.31	○	—	—	—	α-Fe, Cr ₂₃ C ₆	실시예
No.32	○	—	—	—	α-Fe, Cr ₂₃ C ₆	비교예
No.33	○	○	○	○	α-Fe, Cr ₂₃ C ₆	실시예
No.34	○	—	—	—	α-Fe, Cr ₂₃ C ₆	실시예
No.35	○	—	—	—	α-Fe, Cr ₂₃ C ₆	실시예
No.36	○	—	—	—	α-Fe, Cr ₂₃ C ₆	실시예
No.37	○	○	○	○	α-Fe, Cr ₂₃ C ₆	실시예
No.38	×	—	—	—	—	비교예
No.39	○	—	—	—	—	실시예
No.40	×	—	—	—	—	비교예
No.41	○	—	—	—	—	비교예
No.42	○	—	—	—	—	비교예
No.43	△	—	—	—	—	비교예
No.44	○	—	—	—	—	실시예
No.45	○	—	—	—	—	비교예
No.46	△	—	—	—	—	비교예
No.47	○	—	—	—	—	실시예
No.48	○	—	—	—	—	실시예
No.49	○	—	—	—	—	실시예
No.50	○	—	—	—	—	실시예
No.51	○	—	—	—	—	실시예
No.52	○	—	—	—	—	비교예
No.53	○	—	—	—	—	비교예
No.54	○	—	—	—	—	실시예
No.55	○	—	—	—	—	비교예
No.62	○	○	○	○	α-Fe, Cr ₂₃ C ₆	실시예
No.63	○	○	○	○	α-Fe, Cr ₇ C ₃	실시예
No.64	×	×	×	×	α-Fe, Cr ₇ C ₃	비교예

[0116]

[0117] 표 6에 나타내어지는 바와 같이, 표 1에 나타내는 종래의 오버레이 용접 재료에서는, 크랙이 발생한 것이 있었다. 한편, 본 발명의 오버레이 용접 금속(No.31, No.33~No.37, No.62, No.63의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속)에서는, 크랙은 보이지 않아, 우수한 용접 시공성을 나타내는 것을 알 수 있었다.

[0118] <실시예 8>

[0119] 오버레이 용접 재료의 용접 보수성을 평가하기 위해, 보수 용접 모의 실험을 행하여, 보수 용접 후의 오버레이 용접층에 발생하는 크랙의 유무를 조사하였다.

[0120] 200mm×300mm×50mm의 판 형상의 S25C강을 준비하고, 이것을 모재로 하여 각 오버레이 용접 재료를 사용하여, 평균 두께가 약 3mm인 오버레이 용접층(제1층)을 형성하였다. 이때, 용접은 실시예 1에 나타난 조건으로 실시

하였다. 시료(용접 시공한 모재)를 580℃에서 4시간 어닐링한 후, 컬러 체크(염색 침투 탐상 검사)에 의해 크랙의 발생 상황을 관찰하였다.

[0121] 이 평가에 있어서, 크랙의 발생이 확인되지 않은 오버레이 용접 재료를 대상으로, 다음의 평가를 행하였다. 200mm×300mm×50mm의 판 형상의 S25C강을 준비하고, 이것을 모재로 하여 각 오버레이 용접 재료를 사용하여, 평균 두께가 약 3mm인 오버레이 용접층(제1층)을 형성하였다. 그 후, 마찬가지로의 방법에 의해, 오버레이 용접층(제1층)의 상부에 평균 두께가 약 3mm인 오버레이 용접층(제2층)을 형성하였다. 시료(용접 시공한 모재)를 580℃에서 4시간 어닐링한 후, 컬러 체크(염색 침투 탐상 검사)에 의해 크랙의 발생 상황을 관찰하였다.

[0122] 이 평가에 있어서, 크랙의 발생이 확인되지 않은 오버레이 용접 재료를 대상으로, 다음의 평가를 행하였다. 200mm×300mm×50mm의 판 형상의 S25C강을 준비하고, 이것을 모재로 하여 각 오버레이 용접 재료를 사용하여, 평균 두께가 약 3mm인 오버레이 용접층(제1층)을 형성하였다. 그 후, 마찬가지로의 방법에 의해, 오버레이 용접층(제1층)의 상부에 평균 두께가 약 3mm인 오버레이 용접층(제2층)을 형성하였다. 그 후, 마찬가지로의 방법에 의해, 오버레이 용접층(제2층)의 상부에 평균 두께가 약 3mm인 오버레이 용접층(제3층)을 형성하였다. 시료(용접 시공한 모재)를 580℃에서 4시간 어닐링한 후, 컬러 체크(염색 침투 탐상 검사)에 의해 크랙의 발생 상황을 관찰하였다.

[0123] 각 오버레이 용접 금속에 대한 용접 보수성 평가 결과를 표 6에 나타낸다. 이 평가에서는, 오버레이 용접층의 최표면의 외관을 육안으로 관찰하고, 크랙이 발생하지 않은 시료를 ○, 크랙이 발생한 시료를 ×로 하였다.

[0124] 표 1에 나타내는 종래의 오버레이 용접 재료에서는, 제1층으로부터 제3층까지 오버레이 용접층을 적층하는 단계에 있어서 크랙의 발생이 확인되는 경우가 있었다. 한편, 본 발명의 오버레이 용접 금속(No.33, No.37, No.62, No.63)의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속)에서는, 제3층까지 오버레이 용접층을 적층한 경우라도 크랙의 발생은 확인되지 않아, 우수한 용접 보수성을 나타내는 것을 알 수 있었다.

[0125] <실시에 9>

[0126] 상기한 바와 같이, 분쇄기 및 반응탑과 같은 처리 장치의 처리 용기에서는, 내마모성을 더욱 향상시키기 위해, 용접 시공한 덧붙임 재료 표면에 경질 크롬 도금층을 형성하는 경우가 있다. 이때, 하부의 오버레이 용접층과 상부의 경질 크롬 도금층의 밀착성이 양호한 것이 요구된다. 따라서 오버레이 용접층과 경질 크롬 도금층의 밀착성을 이하의 방법에 의해 평가하였다.

[0127] 200mm×300mm×50mm의 판 형상의 S25C강을 준비하고, 이것을 모재로 하여 각 오버레이 용접 재료를 사용하여, 평균 두께가 약 3mm인 오버레이 용접층(제1층)을 형성하였다. 용접은 실시예 1에 나타난 조건으로 실시하였다. 시료(용접 시공한 모재)를 580℃에서 4시간 어닐링한 후, 전해 도금법에 의해 경질 크롬 도금층을 200μm 형성하였다. 경질 크롬의 전해 도금에서는, 무수 크롬산 수용액(농도:250g/L)과, 황산 수용액(농도:2.5g/L)을 100:1의 비율로 혼합한 수용액을 도금욕으로 하고, 전류 밀도를 20A, 전극간 거리를 45mm로 하여, 소정 막 두께의 경질 크롬 도금층을 형성하였다. 경질 크롬 도금층을 형성한 모재는, 도 5에 도시되는 평면 전단 시험편(5)으로 가공하였다. 도 5의 (a)는 평면 전단 시험편(5)의 정면도이고, 도 5의 (b)는 평면 전단 시험편(5)의 측면도이고, 도 5의 (c)는 도 5의 (b)에 도시한 평면 전단 시험편(5)의 부분 확대도이다. 참조 부호 WM은, 오버레이 용접 금속을 나타내고 있다. 여기서, 경질 크롬 도금층(6)은 폭 2mm×길이 25mm의 단축 형상으로 성형하고, 나머지를 모두 제거하는 가공을 행하였다. 제작한 평면 전단 시험편(5)은 저변형 속도 인장 시험기에 장착하고, 도 6에 도시되는 바와 같이 인장 시험기의 크로스헤드에 장착한 갈고리(7)를 일정 속도로 상부로부터 하부로 밀어 넣어, 전단 파괴시의 하중을 측정하였다. 도 6의 (a)는 인장 시험기의 사시도이고, 도 6의 (b)는 인장 시험기의 측면의 부분 확대도이다. 이와 같이 하여 측정된 전단 파괴 하중으로부터, 오버레이 용접층과 경질 크롬 도금층의 밀착성을 평가하였다. 참조 부호 M은 모재를 나타내고, 참조 부호 S는 스페이서를 나타내고 있다. 각 오버레이 용접 금속과 경질 크롬 도금의 밀착성 평가 결과를 도 7에 나타낸다.

[0128] 표 1에 나타내는 종래의 오버레이 용접 재료는, 대체로 경질 크롬 도금과의 밀착성이 낮아, 전단 파괴 하중이 가장 컸던 No.2라도, 그 전단 파괴 하중이 143.5MPa로 작았다. 다른 오버레이 용접 재료 중, 전단 파괴 하중이 가장 컸던 No.20의 전단 파괴 하중은, 194.2MPa였다. 한편, 본 발명의 오버레이 용접 금속(No.33, No.37, No.62, No.63)의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속)에서는, 전단 파괴 하중이 각각 249.5MPa, 256.9MPa, 217.1MPa, 253.1MPa로 커, 경질 크롬 도금과의 밀착성이 우수한 것을 알 수 있었다.

[0129] <실시에 10>

[0130] 각 오버레이 용접 금속에 대해, 다결정 금속 조직을 구성하는 상을 XRD 측정(미소부 X선 회절 측정)에 의해 동

정하였다. 동정 결과를 표 6에 나타낸다.

[0131] 표 1에 나타내는 종래의 No.3과 No.4의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속은, 덴드라이트 조직을 갖는 다결정 조직을 취하고 있는 것을 알 수 있었다. XRD 측정에서는, γ -Fe상(오스테나이트상)만이 검출되고, 이 금속 조직은 거의 전역이 오스테나이트상으로 되어 있는 것을 알 수 있었다. No.5는, XRD 측정에 있어서, M상(마르텐사이트상)만이 검출되고, 이 금속 조직은 거의 전역이 마르텐사이트상으로 되어 있는 것을 알 수 있었다. No.6의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속은, XRD 측정에 있어서 α -Fe상(페라이트상), 마르텐사이트상, Fe_3C 상(시멘타이트상)이 검출되고, 페라이트상과 마르텐사이트상과 시멘타이트상의 3상이 혼합된 복잡한 다결정 조직을 갖는 것을 알 수 있었다. 한편, No.11~No.19는, 모두 α -Fe상(페라이트상)과 Cr_7C_3 상(금속간 화합물상)의 2상으로 구성되어 있는 것을 알 수 있었다. 본 발명의 오버레이 용접 금속(No.31, No.33, No.37, No.62의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속)은, α -Fe상(페라이트상)과 $Cr_{23}C_6$ 상(금속간 화합물상)의 2상으로 구성되어 있는 것을 알 수 있었다. 또한, 본 발명의 오버레이 용접 금속(No.63, No.64의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속)은, α -Fe상(페라이트상)과 Cr_7C_3 상(금속간 화합물상)의 2상으로 구성되어 있는 것을 알 수 있었다.

[0132] XRD에 의해 검출된 각 상의 회절 피크에 대해 피크 피팅(Peak Fitting)을 행하여 피크 강도(피크 면적)로부터 각 상의 함유 비율(상대 농도)을 산출하였다. 그 결과, No.13의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속에서는, α -Fe상과 Cr_7C_3 상의 비율이 77.5:22.5였다. 한편, 본 발명의 오버레이 용접 금속(No.31, No.33, No.37, No.62의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속)에서는, α -Fe상과 CrC_6 상의 비율이 각각 96.8:3.2, 97.9:2.1, 97.8:2.2, 96.4:3.6, 96.6:3.4였다. 또한, 본 발명의 오버레이 용접 금속(No.63, No.64의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속)에서는, α -Fe상과 Cr_7C_3 상의 비율이 각각, 77.5:22.5, 70.8:29.2였다.

[0133] 이 결과로부터, 본 발명의 오버레이 용접 금속(No.31, No.33, No.37, No.62, No.63의 오버레이 용접 재료를 사용하여 제작한 오버레이 용접 금속)은, 거의 페라이트 단상으로 구성되어 있는 것을 알 수 있었다. 페라이트 조직은, 오스테나이트 조직이나 마르텐사이트 조직과 비교하여 수소를 안정적으로 흡장하기 쉽다. 그로 인해, 페라이트 조직은, 산성 분위기(부식 환경)에 있어서도, 수소 취화되기 어려워, 깨지기 어렵다고 하는 효과가 있다. 즉, 페라이트 조직은, 부식에 의해 수소가 발생하여 강재 중에 도입되어도, 페라이트 중에 수소가 국소적으로 집적되지 않으므로, 산성 분위기(부식 환경)에서의 내 수소 취성에 유리해진다.

[0134] 이상, 본 발명의 용접 재료를 사용하여 오버레이 용접을 행함으로써, 산에 대한 내식성 및 내마모성이 우수한 오버레이 용접 금속을 얻을 수 있다. 그로 인해, 본 발명의 용접 재료를 사용하여 오버레이 용접을 행함으로써, 내식성 및 내마모성이 우수한 처리 용기(기계 부품)를 얻을 수 있다.

[0135] 또한, 형성된 오버레이 용접층은, 연성 및 인성이 우수하다. 그로 인해, 형성된 오버레이 용접층은, 용접 시공 후에 크랙이 발생하기 어려워, 용접 시공성이 우수하다. 형성된 오버레이 용접층은, 오버레이 용접 재료를 다층으로 덧대어 용접을 행한 경우에 있어서, 기존의 오버레이 용접층과 새로운 오버레이 용접층의 밀착성, 내크랙성도 우수하다. 그로 인해, 형성된 오버레이 용접층은, 보수성이 우수하다.

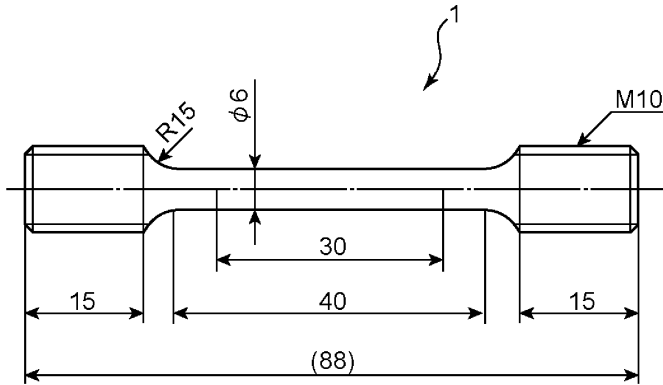
[0136] 또한, 형성된 오버레이 용접층은, 경질 크롬 도금과의 밀착성, 내크랙성이 우수하다. 그로 인해, 형성된 오버레이 용접층은, 그 표층에 경질 크롬 도금층을 양호하게 형성할 수 있다.

산업상 이용가능성

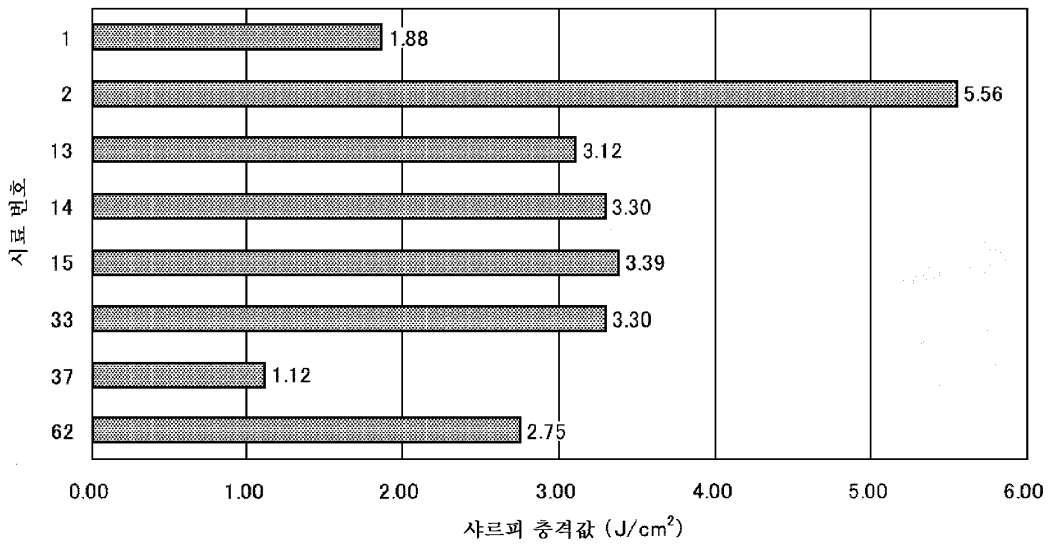
[0137] 본 발명은, 오버레이 용접 재료 및 오버레이 용접 금속이 용접된 기계 부품 등의 기술 분야에 있어서 널리 이용할 수 있다.

도면

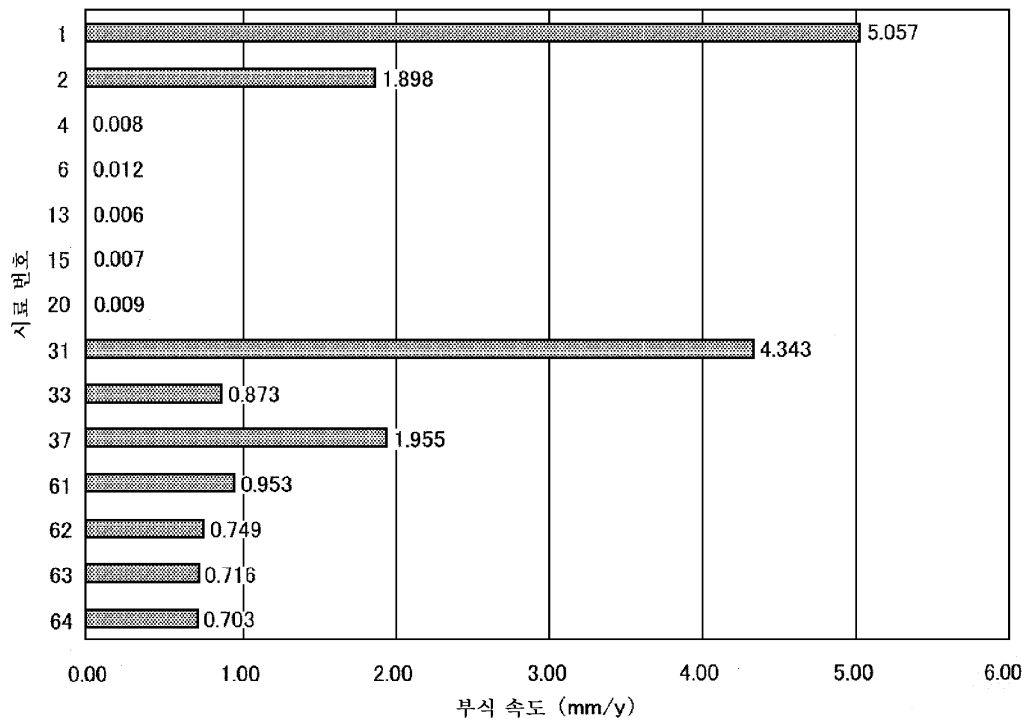
도면1



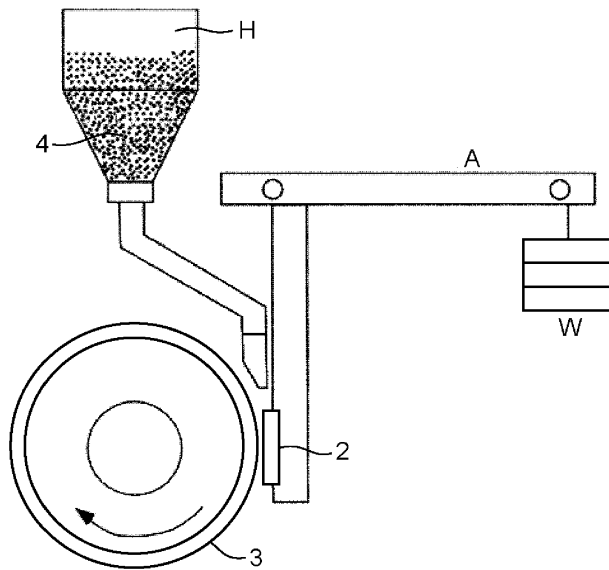
도면2



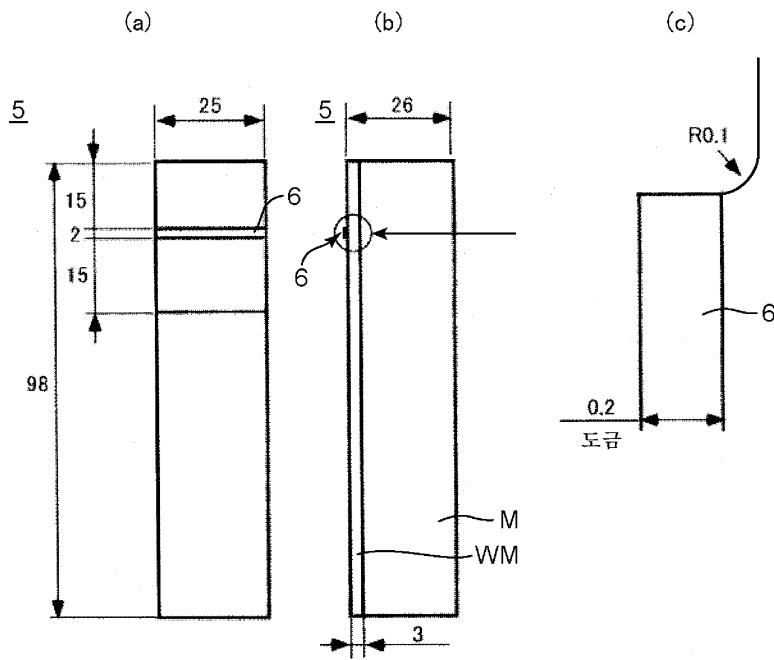
도면3



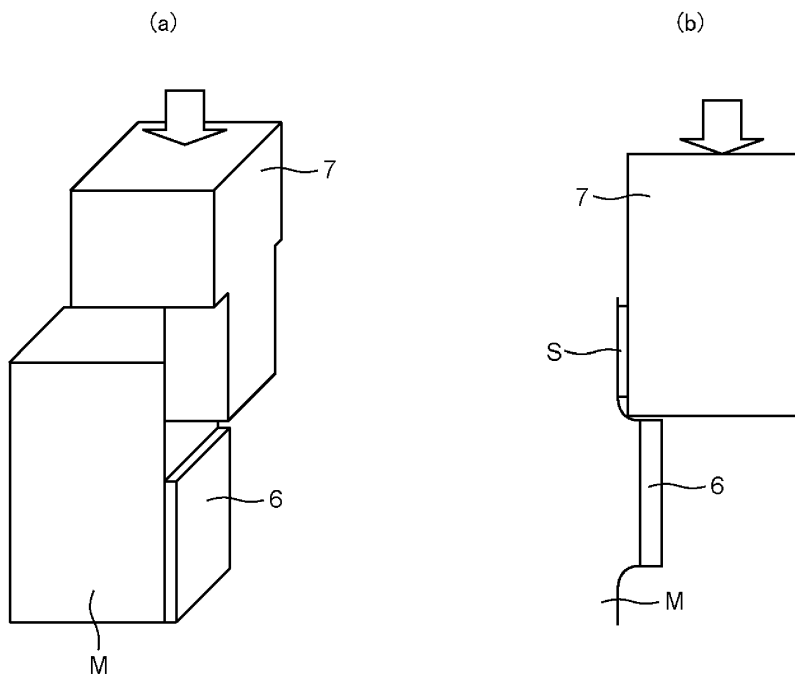
도면4



도면5



도면6



도면7

