(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0074257
(43) 공개일자 2017년06월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B21C 37/08 (2006.01) *B23K 9/16* (2006.01)
B23K 9/29 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B21C 37/08 (2013.01)
B23K 9/16 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0182594
(22) 출원일자 2015년12월21일
심사청구일자 2015년12월21일

(71) 출원인
주식회사 포스코
경상북도 포항시 남구 동해안로 6261 (괴동동)
(72) 발명자
홍승갑
경상북도 포항시 남구 지곡로 260 103동 404호 (지곡동,효자그린1차아파트)
김극
경상북도 포항시 북구 우창서길 5 108동 1802호 (우현동,신동아베르디2차)
(74) 대리인
특허법인세림

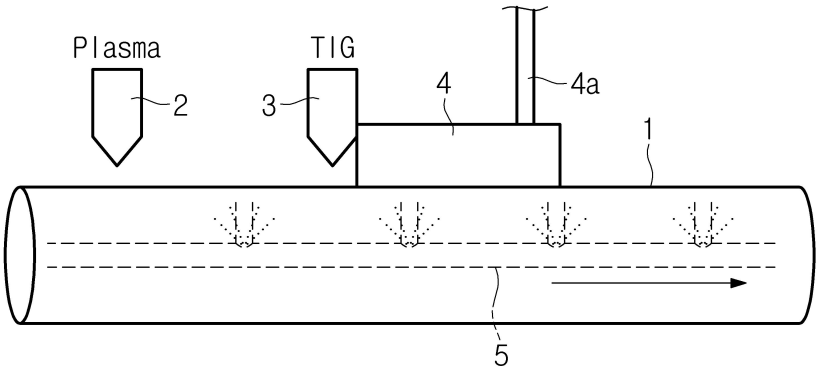
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **엘등급 오스테나이트계 스테인리스 조관의 고속 용접 방법**

(57) 요 약

L등급 오스테나이트 스테인리스강의 고속 용접 방법이 개시된다. 본 발명의 실시 예에 따른 L등급 오스테나이트 스테인리스강의 고속 용접 방법은 용접 시 용접부에 불활성 가스를 공급하여 불활성 가스 분위기로 용접 부위를 쉴딩하여 저융점 화합물의 생성을 억제하거나 용접부에 1000 ~ 1100℃ 까지 압축응력을 부가하여 응고 전 저융점 화합물의 발전을 억제함으로써 고속 용접 시 발생하는 고온 균열을 효과적으로 방지할 수 있다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
B23K 9/29 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

L등급 오스테나이트 스테인리스강의 용접 시 용접부에 불활성 가스를 공급하여 상기 용접부를 불활성 가스 분위기로 쉴딩하는 L등급 오스테나이트 스테인리스 조관의 고속 용접 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 용접부의 탑 비드는 쉴드 슈로 쉴딩되고, 백 비드는 조관 내에 삽입되는 가스관으로 쉴딩되는 L등급 오스테나이트 스테인리스 조관의 고속 용접 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 용접부의 용접 속도는 2.5 M/min 이상 ~ 3.5 M/min 이하인 L등급 오스테나이트 스테인리스 조관의 고속 용접 방법.

청구항 4

L등급 오스테나이트 스테인리스강의 용접 시 용접부에 1000 ~ 1100℃ 까지 압축응력을 부가하는 L등급 오스테나이트 스테인리스 조관의 고속 용접 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 압축응력 부가는 조관의 양측방에 마련되는 다수의 롤러를 이용하는 L등급 오스테나이트 스테인리스강의 고속 용접 방법.

청구항 6

제 1항 내지 제 5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 L등급 오스테나이트 스테인리스강은 STS304L 또는 STS316L인 L등급 오스테나이트 스테인리스강의 고속 용접 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 스테인리스 조관의 용접 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 고온 균열에 민감하며 탄소 함량이 낮은 300계 스테인리스강의 조관 용접에 있어서 용접부에 고온 균열이 발생하지 않으면서도 고속으로 조관 용접이 가능한 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 오스테나이트계 스테인리스강은 Fe-Cr(페라이트계)에 니켈 또는 오스테나이트 형성 원소(Mn, Cu) 등을 8% 이상 첨가하며 상온에서 안정한 면심입방격자(FCC)의 오스테나이트 조직을 가지는 강으로, 용이한 가공성과 비자성의 특성 등 다른 스테인리스강과 물리적 성질이 달라 스테인리스강 중 가장 널리 사용되고 있다.

[0003] 또한, 오스테나이트계 스테인리스강은 안정, 준안정 등으로 구분하는데 이는 상온에서의 오스테나이트계 상의 안정성을 나타내는 것으로 가공 경화량, 자성 등으로 인지된다. 대표적인 STS304는 18% Cr - 8% Ni-Fe 스테인리스강으로 고온에서 저온까지 오스테나이트 상이 안정되어 있으며 자성을 띠지 않는다.

[0004] 한편, 300계 스테인리스강으로 열연 파이프를 가공하는 경우 저속 조관 시에는 고온 균열에 대한 민감도가 낮으나, 조관의 용접 속도를 올릴 경우 용접부에서 고온 균열이 발생하기 쉬워 강관 제조 시 용접 속도를 제한하고 있다.

[0005] 특히, 이러한 현상은 소재의 용접성을 향상시키기 위해 탄소함량을 낮춘 L등급(L-grade) 강종에서 더욱 심하게 나타나는데, 이에 대한 원인은 아래와 같이 설명될 수 있다.

[0006] 즉, 304 또는 316강종은 성분계상 응고 중에 FA모드(Ferrite -> Austenite)로 응고되면서 수 %의 델타 페라이트를 함유하기 때문에 고온 균열 감수성이 그리 높지 않지만, 조관 용접 속도가 올라가면(즉, 응고속도가 빨라지면) 응고모드가 FA모드에서 AF모드로 변화되면서 델타 페라이트 함유량이 감소하여 고온 균열 감수성이 함께 증가되는 문제점이 있었다.

[0007] 또한 100% 오스테나이트로 응고하는 경우에 있어서도, 강 중에 존재하는 탄소는 주로 결정립계에 편석되기 때문에 고온 균열을 조장하는 P, S 등의 결정립계 편석을 어느정도 막아주는 효과가 있는 것으로 알려져 있으나, L등급 스테인리스강의 경우는 이러한 탄소함량이 낮기 때문에 결국 고온 균열을 발생시키는 P, S의 결정립계 편석을 막지못하여 고온 균열 민감도가 좀 더 높아지는 것으로 연구되고 있다. 이로인해, 현재는 300계 L등급인 304L 및 316L 강종의 경우 조관 공정에 있어서 용접 속도를 낮춰서 생산하고 있는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국 공개특허 제10-2009-0092316호(2009.08.31.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 실시 예에 따른 L등급 오스테나이트계 스테인리스 조관의 고속 용접 방법은 용접 속도를 높이더라도 용접부의 고온 균열이 발생하지 않는 양질의 용접부를 얻을 수 있도록 하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 측면에 따르면, L등급 오스테나이트 스테인리스강의 용접 시 용접부에 불활성 가스를 공급하여 용접부를 불활성 가스 분위기로 쉴딩하는 L등급 오스테나이트 스테인리스 조관의 고속 용접 방법이 제공될 수 있다.

[0011] 또한, 상기 용접부의 탑 비드는 쉴드 슈로 쉴딩되고, 백 비드는 조관 내에 삽입되는 가스관으로 쉴딩될 수 있다.

[0012] 또한, 상기 용접부의 용접 속도는 2.5 M/min 이상 ~ 3.5 M/min 이하일 수 있다.

[0013] 본 발명의 다른 측면에 따르면, L등급 오스테나이트 스테인리스강의 용접 시 용접부에 1000 ~ 1100℃ 까지 압축응력을 부가하는 L등급 오스테나이트 스테인리스 조관의 고속 용접 방법이 제공될 수 있다.

[0014] 또한, 상기 압축응력 부가는 조관의 양측방에 마련되는 다수의 롤러를 이용할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 L등급 오스테나이트 스테인리스강은 STS304L 또는 STS316L일 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명의 실시 예에 따른 L등급 오스테나이트계 스테인리스 조관의 고속 용접 방법은 고온 균열의 주요 원인인 저융점 화합물의 용접부 생성을 불활성 분위기로 방지하거나 또는 저융점 화합물의 균열 발전을 다수의 롤러를 이용하여 응고 전 온도까지 억제함으로써 고온 균열의 감수성을 효과적으로 낮출 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 Cr-Ni 당량과 P + S 함량에 따른 고온 균열 발생 민감도를 나타낸 그래프이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 L등급 오스테나이트 스테인리스 조관의 고속 용접 방법을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 L등급 오스테나이트 스테인리스 조관의 고속 용접 방법을 개략적으로 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하에서는 본 발명의 실시 예들을 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 이하에 소개되는 실시 예들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되는 것이다. 본 발명은 이하 설명되는 실시 예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 본 발명을 명확하게 설명하기 위하여 설명과 관계없는 부분은 도면에서 생략하였으며 도면들에 있어서 구성요소의 폭, 길이, 두께 등은 편의를 위하여 과장되어 표현될 수 있다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.

[0019] 설명에 앞서, 용접 조관은 크게 연속적으로 생산하는 롤 포밍 방식과 비연속적으로 생산되는 롤 밴딩 방식으로 나눌수 있다. 롤 포밍 방식은 주로 소구경, 롤 밴딩 방식은 중구경 이상의 용접 조관을 생산할 때 각각 적용된다. 또한, 이때 적용되는 용접은 고주파 용접, 레이저 용접, TIG(Tungsten Inert Gas) 용접, 플라즈마용접(Plasma arc welding:PAW) 등이 있지만, 생산성 및 초기 투자비 등을 고려하여 연속 조관의 롤 포밍 방식에는 고주파 용접과 레이저 용접이, 비연속 조관의 롤 밴딩 방식에는 TIG 및 플라즈마 용접이 각각 적용되고 있는 실정이다.

[0020] 한편, 상술한 바와 같이 오스테나이트 스테인리스강에서 발생하는 고온 균열은 대부분 P, S 등과 같은 불순 원소에 의해 생성되는 저융점 화합물이 주요한 원인이다.

표 1

Constituent	Temp. (K)	Partition coeff. δ	Partition coeff. γ	Low-melting phases: Structure	Low-melting phases: m p (K)
Sulphur	1638	0·091	0·035	Eutectic Fe–FeS Eutectic Ni–NiS	1261 903
Phosphorus	1523	0·23	0·13	Eutectic Fe–Fe_3P Eutectic Ni–Ni_3P	1321 1148
Boron	1654	0·125	0·001	Eutectic Fe–Fe_2B Eutectic Ni–Ni_2B Eutectic $(Fe,Cr)_2B$-γ	1450 1413 1453
Niobium	1573	0·28	*	Eutectic Fe–Fe_2Nb Eutectic NbC-γ Nb–Ni rich phase	1643 1588 1433
Titanium	1573	0·57	*	Eutectic Fe–Fe_2Ti Eutectic TiC-γ	1563 1593
Silicon	1573	0·77	0·52	Eutectic Fe–Fe_2Si Eutectic NiSi–Ni_3Si_2 NiSi-γ	1485 1237 1269

*Not known

[0021]

[0022] 표 1은 고온 균열을 유발하는 저융접 화합물 종류 및 용융 온도를 나타낸 것으로, 오스테나이트계 스테인리스강에는 기재한 바와 같이 P, S, B, Silicon 등의 성분이 포함되어 있다. 특히, 원료로서 스크랩을 사용하는 스테인리스강은 P의 성분을 낮게 관리하기가 용이하지 않기 때문에 통상적으로 약 300ppm 전후의 P를 함유하게 되며, 이로 인해 용접 중에 Fe_3P와 같은 저융점 화합물 생성이 용이해진다.

[0023] 또한, 탄소의 함량이 높은 오스테나이트계 스테인리스강은 탄소가 결정립계에 편석되어 P,S의 결정립계 편석을 어느 정도 막아주는 효과가 있으나, L등급의 오스테나이트계 스테인리스강은 탄소 함량이 상대적으로 낮아 P,S의 결정립계 편석을 막지 못하기 때문에 고온 균열 민감도는 상대적으로 높아진다.

[0024] 도 1은 Cr-Ni 당량과 (P+S) 함량에 따른 고온 균열 발생 민감도를 나타낸 그래프이다.

[0025] 저탄소 스테인리스강의 용접 시에 생성될 수 있는 허용한도의 용접부는 Cr-Ni 당량비(R)가 약 1.5~ 2.0에서 용접될 때 신뢰성이 있고 일관되게 제공된다고 한다(WO1999/58290 참조).

[0026] 도시한 바와 같이, 오스테나이트계 스테인리스 중 탄소함량이 낮은 304L(18Cr-9Ni-LC), 316L(18Cr-12Ni-2.5Mo) 강종은 도 1에 빨강색 점선의 타원으로 표시한 바와 같이 기본적으로 균열이 발생 하지 않는 영역에 위치하지만, 용접 속도가 빨라지면 상술한 바와 같이 응고모드가 FA모드(Ferrite -> Austenite)에서 AF모드(Austenite -> Ferrite)로 바뀌면서 이러한 상관 관계에 맞지 않게 된다.

[0027] 따라서, 생산성 향상을 위해 조관의 용접 속도를 고속으로 유지하기 위해서는 고온 균열을 억제하기 위한 조치가 용접부에 필요하다.

[0028] 고온 균열을 발생시키는 근본적인 원인은 앞서 설명한 바와 같이 저융점 화합물이므로, 본 실시 예에서는 저융점 화합물의 생성을 억제할 수 있도록 용접 조건을 변경하거나 또는 저융점 화합물이 생성되더라도 이것이 균열로 발전하지 않도록 하여 품질이 우수한 용접부를 갖는 조관을 고속으로 생산하고자 한다.

[0029] 가. 저융점 화합물의 생성 억제

[0030] 본 실시 예에서는 L등급 오스테나이트계 스테인리스 조관의 고속 용접 시 용접부를 불활성 가스로 쉴딩하여 대기 중의 질소 혼입으로 인한 스테인리스강 중에 델타 페라이트 생성을 막는 현상을 억제한다.

[0031] 저융점 화합물을 생성하는 P, S 등의 성분은 오스테나이트 상에 비해 페라이트 상에서의 용해도가 2~3배 높기 때문에, 용접부의 조직 중에 페라이트의 분율을 높일 수록 저융점 화합물의 생성을 효과적으로 억제할 수 있다.

[0032] 예컨대, 질소가 혼입되면 델타 페라이트의 생성량이 줄어들게 되지만 이를 아르곤과 같은 불활성 기체로 막을 경우 델타 페라이트의 함량이 상대적으로 늘게 되어 저융점 화합물을 좀 더 스테인리스강에 용입시킬 수 있기 때문에 고온 균열 감수성을 효과적으로 줄일 수 있다.

[0033] 도 2는 본 실시 예에 따른 L등급 오스테나이트계 스테인리스강의 조관 용접 공정을 개략적으로 도시한 도면이다.

[0034] 도시한 바와 같이, 본 실시 예의 조관 고속 용접에서는 용접이 이루어지는 조관(1)의 용접기(2,3) 후단에 탑 비드의 질소 혼입을 방지하기 위한 쉴드 슈(shielding shoe)(4)와 백 비드의 질소 혼입을 방지하기 위한 가스관(5)을 마련하고, 각각에 불활성가스인 아르곤을 주입함으로써 용접부로 대기중 질소 가스가 혼입되는 현상을 막아 델타 페라이트의 확보를 좀 더 용이하게 할 수 있다.

[0035] 여기서, 본 실시 예에서는 고속 용접을 위한 용접기(2,3)로 플라즈마 용접기(2)와 TIG 용접기(3)를 동시에 사용할 수 있다. 플라즈마 용접기(2)는 저속에서 안정적인 용입을 위해 사용되며, TIG 용접기(3)는 고속에서 용접 표면의 평활을 위해 사용된다. 미설명된 참조부호 4a는 불활성 가스를 쉴드 슈(4)에 주입하기 위한 파이프이다.

[0036] 한편, 스테인리스강의 합금 성분 중 내식성을 저해하지 않으면서 델타 페라이트 함량을 조절할 수 있는 원소로는 오스테나이트 형성 원소인 니켈을 들 수 있다. 하지만, 니켈을 사용하면 제조 원가가 높아지기 때문에 통상 질소를 조절하는 방법이 많이 사용되고 있다. 참고로, 질소 함량이 과다하면 열간 변형 저항이 높아지고 열간 가공성도 나빠질 수 있다.

[0037] 나. 고온 균열의 발전 억제

[0038] 본 실시 예에서는 L등급 오스테나이트계 스테인리스강의 고속 용접 시 저융접 화합물로 인한 고온 균열의 발전 억제를 위해 TIG 용접 직후 용접부에 압축응력을 부가하여 고온 균열의 전파를 억제한다.

[0039] 도 3은 TIG 용접부에 압축응력을 부가하기 위한 일 실시 예로서 고속 용접 방향을 따라 조관(1)의 용접부 주위에 다수의 롤러(6)를 마련하여 TIG 용접부에 압축응력을 부가하는 것이다. 용접 시 조관의 용접부는 원주방향으로 팽창 및 수축하면서 응력을 받게 되는데 조관의 좌우 양측방에 마련되는 복수의 롤러(6)는 용접 시 조관을 측방에서 가압하여 인장응력을 압축응력으로 변화시키게 된다.

[0040] 롤러(6)에 의해 조관(1)에 가해지는 압축응력은 소정의 온도 내에서 이루어진다. 예컨대, 용접 중에 저융점 화합물이 생성되더라도 저융점 화합물이 응고되는 시점인 약 1000 ~ 1100 ° C 미만까지만 조관에 압축응력을 부가한다면 균열은 더 발전하지 않으며, 이 온도 범위 이후에는 저융점 화합물이 이미 응고된 상태이므로 압축응력을 부여할 필요가 없어지기 때문이다.

[0041] 상기와 같이 조관 용접이 고속으로 이루어지면 용접후 on -line 또는 batch 열처리로를 거치며, 이 후 열처리

과정에서 생성된 산화물을 제거하기 위하여 최종적으로 산세처리를 하여 스테인리스 조관(파이프)가 완성된다.

표 2

[0042] 304L 및 316L 강종의 용접 속도 및 본 발명 적용 여부에 따른 고온 균열 발생 정도

No	강종	용접방법	조관속도(M/min)	본 발명 적용유무	고온균열 발생유무
1	304L (3.0 mmt)	PAW (+TIG)	1.8	×	균열 미발생
2			2.0	×	균열 미발생
3			2.5	×	균열 발생
4			2.5	○	균열 미발생
5			3.0	○	균열 미발생
6			3.5	○	균열 미발생
7			4.0	○	균열 및 미용입 발생
8	316L (2.8 mmt)		1.5	×	균열 미발생
9			2.0	×	균열 미발생
10			2.5	×	균열 발생
11			2.5	○	균열 미발생
12			3.0	○	균열 미발생
13			3.2	○	균열 미발생
14			3.5	○	균열 미발생
15			4.0	×	균열 및 미용입 발생

[0043] 상기 표 2에 나타낸 바와 같이 실시 예 1 내지 15 중 실시 예 1, 2 및 8, 9는 저속(2.0 M/min 이하)으로 조관 용접을 시행한 것으로, 이와 같이 할 경우에는 본 발명의 적용 여부에 관계 없이 고온 균열이 발생하지 않음을 알 수 있다.

[0044] 즉, 조관의 용접 속도가 저속일 때는 응고모드가 FA모드(ferrite -> austenite)를 유지하여 응고 중 델타 페라이트가 상대적으로 다량 함유되므로, 대부분의 저융점 화합물이 용융되어 고온 균열 감수성이 높지 않게 나타난다.

[0045] 반면에, 실시 예 3, 10과 같이 조관 속도를 고속(2.5 M/min 이상)으로 높이게 되면 응고모드가 AF모드(austenite ->ferrite)로 변하면서 델타 페라이트 함유량이 줄어 저융점 화합물이 결정에 편석되면서 고온 균열 감수성이 높아지게 된다.

[0046] 하지만, 본 발명의 실시 예인 실시 예 4, 5, 6 및 11, 12, 13, 14와 같이 용접부 주위를 불활성 기체로 보호 및/또는 응고 전 온도인 1000 ~ 1100℃까지 롤러를 이용하여 조관의 측방에서 압축응력을 부가할 경우 용접 속도를 높이더라도 고온 균열이 발생하지 않음을 확인할 수 있다.

[0047] 한편, 강종의 두께가 3.0mmt 이하에서 조관의 용접 속도를 4.0 M/min 까지 올리면 실시 예 7, 15와 같이 본 발명의 적용 여부에 관계 없이 고온 균열이 발생함은 물론 용접부에 미용입이 발생하였다. 예컨대, 실시 예 7에서는 본 발명을 적용하였으나 균열 및 미용입이 발생하였으며, 실시 예 15에서는 본 발명을 적용하지 않았지만 균열 및 미용입이 발생하였다.

[0048] 이에 반해, 실시 예 4-6, 실시 예 11-14와 같이 조관의 용접 속도를 2.5 이상 ~ 3.5 M/min 이하로 제한하고 본 발명의 실시 예를 적용하였을 경우에는 고온 균열이 발생하지 않음을 확인할 수 있다.

부호의 설명

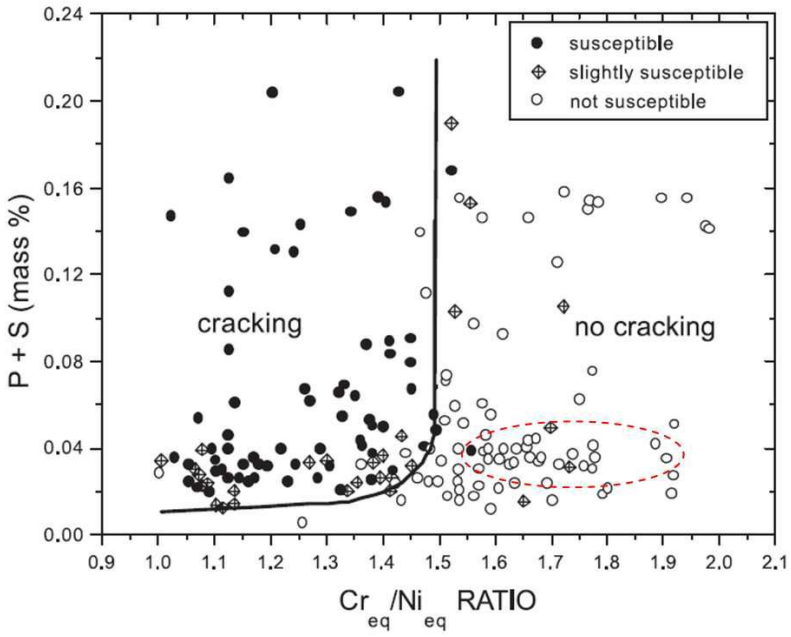
[0049] 1..조관 2,3..용접기

4..쉴드 슈 5..가스관

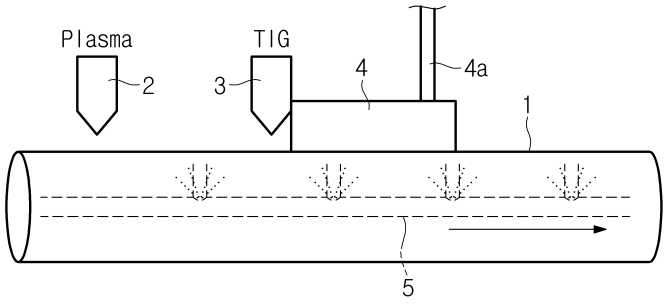
6..롤러

도면

도면1


susceptible
slightly susceptible
not susceptible
cracking
no cracking
P + S (mass %)
0.24
0.20
0.16
0.12
0.08
0.04
0.00
0.9
1.0
1.1
1.2
1.3
1.4
1.5
1.6
1.7
1.8
1.9
2.0
2.1
Cr eq /Ni eq RATIO

도면2


Plasma
TIG
2
3
4
4a
1
5

도면3

