



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년04월23일
(11) 등록번호 10-1257360
(24) 등록일자 2013년04월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 26/20 (2006.01) **B23K 37/08** (2006.01)
B23K 31/00 (2006.01) **B23K 26/26** (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2010-7017504
 (22) 출원일자(국제) 2009년03월30일
 심사청구일자 2010년08월06일
 (85) 번역문제출일자 2010년08월06일
 (65) 공개번호 10-2010-0112611
 (43) 공개일자 2010년10월19일
 (86) 국제출원번호 PCT/JP2009/057013
 (87) 국제공개번호 WO 2009/123330
 국제공개일자 2009년10월08일
 (30) 우선권주장
 JP-P-2008-091928 2008년03월31일 일본(JP)
 JP-P-2008-196117 2008년07월30일 일본(JP)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP09170050 A*
 JP07290261 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
제이에프이 스틸 가부시키키가이샤
 일본 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2방 3고
 (72) 발명자
야노 코지
 100-0011 일본국 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2-3 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 치테 키자이산부 나이
오오이 켄지
 100-0011 일본국 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2-3 제이에프이 스틸 가부시키키가이샤 치테 키자이산부 나이
 (74) 대리인
이철

전체 청구항 수 : 총 7 항

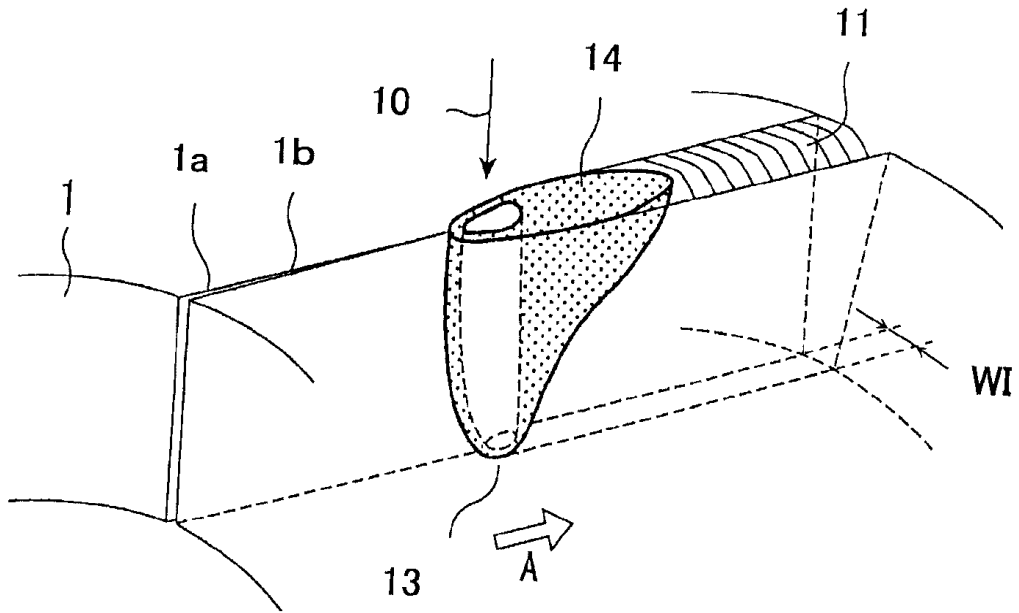
심사관 : 우귀애

(54) 발명의 명칭 **고밀도 에너지 빔으로 접합한 용접 강관 및 그의 제조 방법**

(57) 요약

시임(seam)에 용접 결함이 없는 고밀도 에너지 빔으로 접합한 용접 강관 및, 그 용접 강관을 효율 좋게 제조하는 방법을 제공한다. 구체적으로는, 강대를 연속적으로 반송하면서 강대의 양측 단부가 서로 대향하도록 원통 형상으로 성형하고, 스퀴즈 롤로 가압하면서 양측 단부에 고밀도 에너지 빔을 조사하여 양측 단부를 전(全) 두께에 걸쳐 용융하고, 양측 단부를 접합하여 시임을 형성하고, 얻어진 용접 강관의 외면측 및 내면측의 시임의 돌출부를 절삭 가공으로 제거하고, 이어서 용접 강관의 내면측에, 표면으로부터 0.5mm 이상의 깊이 그리고 시임의 2배 이상의 폭에 걸쳐 재용융하여 응고시킨 시임 보수부를 형성함과 아울러, 시임의 중심선과 시임 보수부의 중심선을 일치시킨다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

시임(seam)을 고밀도 에너지 빔 용접으로 접합한 용접 강관으로서, 상기 용접 강관의 외면측에, 절삭 가공으로 평활하게 가공된 시임을 갖고, 상기 용접 강관의 내면측에, 시임을 표면으로부터 깊이 0.5mm 이상 채용용하여 응고시킨 시임 보수부(repaired seam)를 갖고, 상기 시임 보수부의 폭이 상기 내면측의 시임의 폭의 2배 이상이고 그리고 상기 시임의 중심선과 상기 시임 보수부의 중심선이 일치하는 용접 강관.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 고밀도 에너지 빔 용접이 레이저 용접인 용접 강관.

청구항 3

시임을 고밀도 에너지 빔 용접으로 접합하는 용접 강관의 제조 방법에 있어서, 강대(steel strip)를 연속적으로 반송하면서 성형롤로 상기 강대의 양측 단부(端部)가 서로 대향하도록 원통 형상의 오픈 파이프를 성형하고, 상기 오픈 파이프를 스퀴즈 롤로 가압하면서 고밀도 에너지 빔을 조사하여 상기 양측 단부를 전(全) 두께에 걸쳐 용융하고, 상기 양측 단부를 접합하여 시임을 형성하고, 얻어진 용접 강관의 외면측 및 내면측의 시임의 돌출부를 절삭 가공으로 제거하고, 이어서 상기 용접 강관의 내면측에, 표면으로부터 0.5mm 이상의 깊이 그리고 상기 내면측의 시임의 폭의 2배 이상의 폭에 걸쳐 채용용하여 응고시킨 시임 보수부를 형성함과 아울러, 상기 시임의 중심선과 상기 시임 보수부의 중심선을 일치시키는 용접 강관의 제조 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 고밀도 에너지 빔이 레이저 빔인 용접 강관의 제조 방법.

청구항 5

제3항 또는 제4항에 있어서,

상기 용접 강관을 연속적으로 제조하는 제조 라인과는 다른 설비에서 상기 시임 보수부를 형성하는 용접 강관의 제조 방법.

청구항 6

제3항 또는 제4항에 있어서,

상기 오픈 파이프를 상기 스퀴즈 롤로 가압하면서 상기 양측 단부를 용접 이하로 예열하고, 추가로 상기 고밀도 에너지 빔을 조사하여 상기 양측 단부를 전 두께에 걸쳐 용융하는 용접 강관의 제조 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 오픈 파이프를 상기 스퀴즈 롤로 가압하면서 상기 양측 단부를 용접 이하로 예열하고, 추가로 상기 고밀도 에너지 빔을 조사하여 상기 양측 단부를 전 두께에 걸쳐 용융하는 용접 강관의 제조 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은, 용접 강관(welded steel pipe)의 제조 방법에 관한 것으로, 특히 고밀도 에너지 빔(high-energy density beam)을 조사(irradiation)하여 용접한 용접 강관의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 강대(steel strip)를 연속적으로 반송하면서 원통 형상으로 성형하여, 강대의 양측 단부(端部)를 서로 대향시키고, 그의 이음매(소위 시임(seam))를 용접하여 용접 강관을 제조함에 있어서, 여러 가지 용접 기술(welding technology)이 실용화되어 있다. 그들의 용접 기술 중에서 가장 효율 좋게 시임을 접합할 수 있는 것은, 고주파 저항 용접법(high-frequency resistance welding)(소위 전봉 용접법(electric resistance welding))이다.
- [0003] 전봉 용접법은, 유도 코일(induction coil)을 이용하여 강대의 양측 단부를 가열(소위 고주파 유도 저항 가열(high-frequency induction resistance heating))하거나, 혹은 접촉자(contact tip)를 통하여 강대의 양측 단부에 고주파 전류(high frequency electric current)를 흘림으로써 가열(소위 고주파 접촉 저항 가열(high frequency contact resistance heating))하고, 강대의 용융된 양측 단부를 스퀴즈 롤(squeeze roll)로 가압하여, 용융 메탈(molten metal) 중의 불순물(impurities)이나 산화물(oxide)을 배제하면서 용접을 행하는 기술이다. 전봉 용접법은, 용접 강관을 효율 좋게 생산할 수 있다는 이점을 갖지만, 강대의 양측 단부를 대향시켜 가열하여 용융할 때에, 용융 메탈 중의 Mn, Si, Cr 등의 합금 성분이 대기 중의 산소와 결합하여 고용점 산화물(high melting point oxide)을 생성하기 쉽다. 그 고용점 산화물은 시임 내부에 잔류하여, 페너트레이터(penetrator)라고 불리는 용접 결함을 발생시킨다.
- [0004] 그래서, 고용점 산화물의 생성을 억제하기 위해, 불활성 가스(inert gas)로 용융 메탈을 실드(shield)하는 기술(소위 가스 실드법(gas shielded method))이 검토되고 있다. 그러나 가스 실드법으로는 용융 메탈 중의 합금 성분의 산화를 충분히 방지할 수 없기 때문에, 고용점 산화물이 생성되는 것은 피할 수 없다. 따라서, Cr이나 Ni 등의 합금 성분을 많이 포함하는 스테인리스강 등(페라이트계 스테인리스강, 오스테나이트계 스테인리스강, 마텐자이트계 스테인리스강 및, 2상(phase)계 스테인리스강 등)의 합금강의 접합에는, 전봉 용접법은 적합하지 않다.
- [0005] 그래서, 고밀도 에너지 빔(예를 들면, 레이저 빔(laser beam), 전자 빔(electron beam) 등)을 조사하여 용접 강관의 시임을 용접하는 기술이 검토되고 있다. 고밀도 에너지 빔에 의한 용접에서는, 용융 메탈이 대기(atmosphere)와 접촉하지 않기 때문에, 고용점 산화물의 생성을 방지할 수 있다. 그러나 고밀도 에너지 빔에 의한 용접에서는, 용융 메탈이 매우 좁은 영역에서 형성된다. 그 때문에, 스퀴즈 롤로 가압되는 오픈 파이프(open pipe)(여기에서 오픈 파이프란, 다단(multi-stage)의 성형롤에 의해 성형된, 단부가 접합되어 있지 않은 파이프 형상의 강대를 말함. 이하, 오픈 파이프라고 칭함)의 길이 방향의 에지부(longitudinal edges)(소위 원통 형상으로 성형한 강대의 양측 단부)가 접합하는 위치(이하, 스퀴즈 점(squeezing point)이라고 함)와 고밀도 에너지 빔을 조사하는 위치에 둘레(circumferential) 방향의 어긋남(shift)이 일어나면, 접합부가 용융되지 않고 용접 강관의 시임부에 미(未)용융부의 에지부가 남은 상태가 되어, 그 부분은 용접 불량(welding defect)으로서 제거해야 한다. 그 결과, 용접 강관의 수율(yield rate)이 저하된다.
- [0006] 예를 들면, 일본공개특허공보 평3-291176호에 개시된 기술은, 일본공개특허공보 평3-291176호의 제1 도에 나타내는 바와 같이, 원통 형상으로 성형한 강대(1)의 양측 단부(1-1)를 제1 가열원(first heating source; 2)(즉 에지부 예열용 고주파 전원)을 이용하여 예열하고, 이어서 용접 열원(3)(즉 플라즈마나 레이저)을 조사하면서 스퀴즈 롤(4)로 가압하여 접합하는 용접 기술로, 제1 가열원(2)과 제2 가열원(3)을 병용함으로써, 용접 속도를 향상시키는 것이 가능해진다. 그러나, 일본공개특허공보 평3-291176호에서는, 실시예에 나타내는 바와 같이 접합하는 강관의 판두께(t)도 3mm 이하로 비교적 얇기 때문에, 제1 가열원(2)에 의한 예열의 온도(preheating temperature)를 200~600℃로 규정하고 있어, 판두께(t)가 6mm를 초과하는 대경 후육(厚肉)의 용접 강관(예를 들면 UOE 강관, 스파이럴 강관(spiral steel pipe) 등)에 이 기술을 적용하는 경우에는, 600℃ 정도의 예열로는 용접 속도의 향상은 기대할 수 없다. 또한, 일본공개특허공보 평3-291176호에서는, 특히 레이저 빔 등의 고밀도 에너지 열원을 이용한 용접에 특유한 강관 내면측에 발생하는 용접 결함을 완전히 제거할 수는 없어, 이 기술로도 용접 강관의 수율은 향상되지 않는다.
- [0007] 일본특허 제1738729호에 개시된 기술은, 일본특허 제1738729호의 제3 도에 나타내는 바와 같이, 원통 형상으로 성형한 강대(1)의 양측 단부가 스퀴즈 롤(11a 및 11b)에서 처음으로 접하는 점(즉 V 수축점(V-convergence point)(P))보다 상류측(강관의 진행 방향에 대하여)에서 제1 가열원(10)(즉 유도 가열 코일)을 이용하여 강대(1)의 양측 단부를 예열하고, 이어서 V 수축점(P)보다 하류측에서 제2 가열원(second heating source; 12)(즉 레이저 빔)을 조사하고, 추가로 스퀴즈 롤(13a 및 13b)로 눌러 접합하는 용접 기술이다. 그러나 스퀴즈 롤(11a, 11b, 13a 및 13b)로 강대(1)의 양측 단부와 단지 접촉하는 정도의 조임량으로 조이기 때문에, 일본특허 제1738729호와 같이, 고밀도 에너지 빔의 조사 위치로부터 발생하는 스퍼터 등에 의해, 강대의 양측 단부의 접

합이 곤란해지거나, 혹은 시임에 용납(burn through) 혹은, 언더컷(undercut)이 일어나는 등의 문제가 일어난다. 또한 강대의 성분에 따라서는 응고 균열(solidification cracking)을 일으킬 우려가 있다. 또한, 일본특허 제1738729호에서는, 특히 레이저 빔 등의 고밀도 에너지 열원을 이용한 용접에 특유한 강관 내면측에 발생하는 용접 결함을 완전히 제거할 수는 없다.

[0008] 일본공개특허공보 평8-174249호에 개시된 기술은, 일본공개특허공보 평8-174249호의 도 1에 나타내는 바와 같이, 원통 형상으로 성형한 강대의 양측 단부를 제1 가열원(6)(즉 고주파 유도 가열 장치)을 이용하여 예열하고, 이어서 제2 가열원(10)(즉 레이저 빔)을 조사함과 동시에 스퀴즈 롤(4a 및 4b)로 가압하여 접합하는 용접 기술이다. 이 기술에서는 스퀴즈 점(9)의 근방에 레이저 빔을 조사해야 하지만, 용접 강관의 제조 라인에서는 여러 가지 요인에 의해 레이저 빔의 조사 위치나 에너지 밀도가 변동하는 것은 피할 수 없다. 그 결과, 강대의 양측 단부(1a 및 1b)의 간격 변동, 조사 위치(irradiation point)와 스퀴즈 점(9)이 어긋남으로써 시임이 사행하거나(meandering), 혹은 에너지 밀도가 변동함으로써 스파이킹(spiking)이라고 불리는 미소 결함(small defect)이 일어나는 등의 문제가 일어난다. 즉, 일본공개특허공보 평8-174249호에서는, 특히 레이저 빔 등의 고밀도 에너지 열원을 이용한 용접에 특유한 강관 내면측에 발생하는 용접 결함을 완전히 제거할 수는 없다.

[0009] 또한, 전방 용접법으로 제조한 용접 강관을 가공(소위 2차 가공)하면, 시임의 외면측(outer side of pipe)과 내면측(inner side of pipe)에 집중하여 노출된 편석선(segregation line)을 기점으로 하여 균열이 발생하기 쉽다.

[0010] 그래서 일본공개특허공보 2006-150412호에는, 용접 강관의 시임을 외면측과 내면측에서 국부적으로 재용융하여 응고시키는 기술이 개시되어 있다. 이 기술은, 재용융하는 깊이를 규정하여, 통상 공지의 전방 용접법으로 제조한 용접 강관에 적용되는 것으로, 고밀도 에너지 빔으로 용접한 용접 강관에 반드시 적용되는 것은 아니다. 따라서, 일본공개특허공보 2006-150412호에서는, 특히 레이저 빔 등의 고밀도 에너지 열원을 이용한 용접에 특유한 강관 내면측에 발생하는 용접 결함을 완전히 제거하는 방법에 대해서, 시사되어 있지 않다.

[0011] 그 때문에, 일본공개특허공보 2006-150412호에 개시된 기술을 고밀도 에너지 빔으로 용접한 용접 강관에 적용하기 위해서는 개선의 여지가 남아 있었다.

[0012] 본 발명은, 시임에 용접 결함이 없는 고밀도 에너지 빔으로 접합한 용접 강관 및, 그 용접 강관을 효율 좋게 제조하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명은, 시임을 고밀도 에너지 빔 용접으로 접합한 용접 강관으로서, 용접 강관의 외면측에, 시임의 돌출부의 절삭 가공(cutting)으로 평활하게 가공된 시임을 갖고, 용접 강관의 내면측에, 시임을 표면으로부터 깊이(h) 0.5mm 이상을 재용융(remelting)하여 응고시킨 시임 보수부(repaired seam)를 갖고, 시임 보수부의 폭(WR)이 용접 강관 내면측의 시임의 폭(WI)의 2배 이상이고 그리고 시임의 중심선(CS(center line))과 시임 보수부(CSR)의 중심선이 일치하는 용접 강관이다.

[0014] 본 발명의 용접 강관에 있어서는, 고밀도 에너지 빔 용접이 레이저 용접(laser welding)인 것이 바람직하다.

[0015] 또한 본 발명은, 시임을 고밀도 에너지 빔 용접으로 접합하는 용접 강관의 제조 방법에 있어서, 강대(1)를 연속적으로 반송하면서 성형롤로 강대(1)의 양측 단부(1a 및 1b)가 서로 대향하도록 원통 형상의 오픈 파이프를 성형하고, 오픈 파이프를 스퀴즈 롤(4a 및 4b)로 가압하면서 고밀도 에너지 빔(10)을 조사하여 양측 단부(1a 및 1b)를 전 두께(t)(overall thickness)에 걸쳐 용융하고, 양측 단부(1a 및 1b)를 접합하여 시임을 형성하고, 얻어진 용접 강관의 외면측 및 내면측의 시임의 돌출부(excess weld metal)(혹은, 비드, 여성부(余盛部, excess weld) 또는, 융기부(protrusion)라고도 칭함. 이하, 비드라고 칭함)를 절삭 가공으로 제거하고, 이어서 용접 강관의 내면측에, 표면으로부터 0.5mm 이상의 깊이(h) 그리고 내면측 시임의 폭(WI)의 2배 이상의 폭(WR)에 걸쳐 재용융(remelting)하여 응고시킨 시임 보수부(12)를 형성함과 아울러, 시임의 중심선(CS)과 시임 보수부(12)의 중심선(CSR)을 일치시키는 용접 강관의 제조 방법이다.

[0016] 본 발명의 용접 강관의 제조 방법에 있어서는, 고밀도 에너지 빔 용접으로서 레이저 용접을 채용하는 것이 바람직하다.

[0017] 또한, 용접 강관을 연속적으로 제조하는 제조 라인과는 다른 설비에서 시임 보수부(12)를 형성하는 것이 바람직

하다.

[0018] 또한, 고밀도 에너지 빔의 조사에 앞서, 양측 단부(1a 및 1b)를 강대(1)의 용점 이하(melting point or lower)로 예열(preheating)하는 것이 바람직하다.

[0019] 본 발명에 의하면, 시임에 용접 결함이 없는 고밀도 에너지 빔으로 접합한 용접 강관을 효율 좋게 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 방법에 사용하는 제조 장치의 개요도이다.

도 2는 본 발명을 적용하여 오픈 파이프의 에지부의 접합점의 전(全) 두께를 용융(용접)하는 예를 모식적으로(schematically) 나타내는 사시도이다.

도 3은 본 발명의 외면측 및 내면측의 비드를 절삭 가공한 후의 레이저 용접 강관의 시임부(11)의 단면도이다.

도 4는 본 발명의 시임 보수부(12)를 가진 레이저 용접 강관의 시임부(11)의 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] (발명을 실시하기 위한 최량의 형태)

[0022] 발명자들은, 고밀도 에너지 빔으로 용접한 용접 강관의 시임을 국부적으로 재용융하여 응고시킴으로써 시임의 용접 결함을 제거하고, 나아가서는 2차 가공(secondary working)에 의한 시임의 균열을 방지하는 기술에 대해서 예의 검토했다. 그 결과, 고밀도 에너지 빔으로 용접한 용접 강관의 시임을 국부적으로 재용융하는 기술에 더하여, 절삭 가공을 병용할 필요가 있는 것을 알 수 있었다.

[0023] 즉 고밀도 에너지 빔으로 용접한 용접 강관에 있어서는, 용접 강관의 외면측을, 시임의 돌기부(용기부)(excess weld metal)(이하, 비드(bead)라고 함)를 절삭 가공으로 제거하여 평활하게 한다. 그러나 고밀도 에너지 빔을 조사하여 얻어지는 용융 메탈은 폭이 좁기 때문에, 용접 강관의 내면측에서는 스퍼터나 용납에 의해 발생하는 미용융부나, 고밀도 에너지 빔의 에너지 밀도의 변동에 의한 언더컷이나 포로시티(porosity), 시임의 균열 등의 용접 결함이 발생하기 쉽다. 그 때문에 내면측은, 미용융부나 용접 결함을 방지하기 위해, 비드를 절삭 가공으로 제거한 후에 그의 표층부를 국부적으로 재용융하고, 그 재용융하여 응고된 부위(이하, 시임 보수부(12)라고 함)의 형상과 위치를 조정할 필요가 있다.

[0024] 본 발명은, 이러한 인식에 기초하여 이루어진 것이다.

[0025] 본 발명이 대상으로 하는 강관은, 도 1에 나타내는 바와 같이, 강대(1)를 연속적으로 반송하면서, 그 강대(1)의 양측 단부(1a 및 1b)가 서로 대향하도록 원통 형상(소위 오픈 파이프)으로 성형한다. 본 발명에서는, 양측 단부(1a 및 1b)를 제1 가열원(6)(예를 들면 고주파 유도 가열, 고주파 저항 가열 등)을 이용하여 강대(1)의 양측 단부(1a 및 1b)를 예열하는 일 없이, 고밀도 에너지 빔 용접을 행하는 것이 가능하다. 단 양측 단부(1a 및 1b)를 제1 가열원(6)으로 예열하면, 용접 강관의 생산성이 향상되는 등의 효과가 얻어진다.

[0026] 양측 단부(1a 및 1b)의 예열을 행하는 경우, 예열의 온도는 강대(1)의 용점 이하로 한다. 단, 예열에 의한 강대(1)의 온도가 너무 낮으면, 후술하는 제2 가열원(10)의 부하가 증대하여, 용접 강관의 생산성이 향상되지 않는다. 예열의 온도가 용점 이하라도, 600℃ 이상이면, 용접 속도를 증가시키는 효과가 얻어진다. 한편, 예열에 의한 강대(1)의 온도가 너무 높으면, 양측 단부(1a 및 1b)가 녹아 떨어지거나, 혹은 변형되기 때문에, 용접 강관의 수율이 저하된다. 즉 예열에 의한 강대(1)의 온도가 1200℃를 초과하면, 건전한 용접이 곤란해진다. 따라서, 제1 가열원(6)에 의해 예열되는 강대(1)의 양측 단부(1a 및 1b)의 온도는 600~1200℃의 범위 내가 바람직하다.

[0027] 그 후, 강대(1)의 양측 단부(1a 및 1b)의 맞댐선(8)(즉 시임의 중심선)과 스퀴즈 롤(4a 및 4b)의 축중심을 연결하는 직선(7)과의 교점(즉 스퀴즈 점(9))의 근방에 제2 가열원(10)으로서 고밀도 에너지 빔(10)(예를 들면 레이저 빔, 전자 빔 등)을 조사한다. 고밀도 에너지 빔(10)의 조사는, 오픈 파이프를 스퀴즈 롤(4a 및 4b)로 가압하면서 행한다. 단 스퀴즈 롤(4a 및 4b)의 하류측(downstream side)(강관의 진행 방향에 대하여)에서는, 강대(1)의 스프링 백(spring back)에 의해 양측 단부(1a 및 1b)의 간격이 넓어진다. 그 때문에, 스퀴즈 점(9)의 하류측에 고밀도 에너지 빔(10)을 조사하면, 용융 메탈(14)이 응고할 때에 인장 응력이 작용하여, 응고 균열 혹은, 언더컷이나 용납 등의 용접 결함이 발생한다. 한편, 스퀴즈 점(9)의 상류측(upstream side)(강관의 진행

방향에 대하여)에서는, 강대(1)의 양측 단부(1a 및 1b)가 점차 접근한다. 그 때문에, 스퀴즈 점(9)의 상류측의 스퀴즈 롤(4a 및 4b)로 가압되고 있는 부분에 고밀도 에너지 빔(10)을 조사하면, 용낙, 언더컷이나 응고 균열 등의 용접 결함은 발생하지 않는다. 따라서, 스퀴즈 점(9)의 상류측의 스퀴즈 롤(4a 및 4b)로 가압되고 있는 부분에 고밀도 에너지 빔(10)을 조사한다.

[0028] 단 스퀴즈 점(9)의 상류측으로 큰 폭으로 떨어진 위치에 고밀도 에너지 빔(10)을 조사하면, 강대(1)의 양측 단부(1a 및 1b)의 간격(gap)(이하, 맞댐 간격이라고 함)이 너무 크기 때문에, 용낙 혹은, 언더컷 등의 용접 결함이 발생한다. 발명자들의 검토에 의하면, 맞댐 간격이 0.50mm 이하, 더욱 바람직하게는, 0.20mm 이하의 범위에서 고밀도 에너지 빔을 조사하면 용접 결함은 발생하지 않는다. 맞댐 간격이 0.50mm~0.20mm가 되는 것은 스퀴즈 점(9)으로부터 상류측으로 약 50mm~약 5mm의 위치이다. 따라서, 고밀도 에너지 빔(10)을 조사하는 위치는 스퀴즈 점의 상류측 0~50mm 더욱 바람직하게는, 0~20mm의 범위 내가 바람직하다. 이는 맞댐 간격이 0~0.50mm 더욱 바람직하게는, 0~0.20mm에 상당한다.

[0029] 고밀도 에너지 빔(10)의 조사 조건(irradiation conditions)(구체적으로는, 빔 스폿 지름, 빔 파워, 용접 속도 등)은, 강대(1)의 관두께(t) 등에 따라서, 그 전(全) 두께(t)를 용융할 수 있도록 적절히 설정한다. 예를 들면, 도 2는, 본 발명을 적용하여 오픈 파이프의 예지부(강대 단부(1a 및 1b))의 접합점을 용융(용접)하는 예를 모식적으로 나타내는 사시도이다. 도 2 중의 화살표(A)는, 오픈 파이프의 진행 방향을 나타낸다. 또한, 고밀도 에너지 빔(10)의 조사에 의해 발생하는 키홀(keyhole; 13)과 그의 주변에 형성되는 용융 메탈(14)은 투시도로 하여 나타낸다. 즉, 고밀도 에너지 빔(10)의 조사로 생기는 키홀(13) 혹은, 용융 메탈(14) 내에, 예지부의 접합점을 항상 배치하도록 함으로써, 전 두께(t)를 용융할 수 있다.

[0030] 또한 고밀도 에너지 빔(10)은, 레이저 빔을 채용하는 것이 바람직하다. 그 이유는, 조사 위치나 조사량을 용이하게 조정할 수 있고, 또한 키홀(13)을 안정적으로 유지할 수 있기 때문이다.

[0031] 이와 같이 하여 강대의 양측 단부(1a 및 1b)를 용융한 후, 스퀴즈 롤(4a 및 4b)로 가압하여, 양측 단부(1a 및 1b)를 접합하고, 용접 강관을 얻는다. 이 용접법은, 일반적으로 1패스 맞댐 관통 용접(one pass butt welding of full penetration)이라고 불리고 있다.

[0032] 고밀도 에너지 빔(10)에 의한 용접에서는 용융 메탈(14)의 폭이 좁기 때문에, 스퍼터나 용낙에 의한 미용융부나 언더컷, 응고 균열이 발생하기 쉽고, 게다가 금속 증기(metal vapour) 등이 봉입되어 포로시티(porosity)가 발생하기 쉽다. 이들의 용접 결함을 방지하기 위해 스퀴즈 롤(4a 및 4b)로 가압한다. 그 가압의 정도를 나타내는 지표는 업셋량(upset distance)(강대의 양측 단부(1a 및 1b)를 맞춰, 가압력 0을 업셋량 0mm로 하고, 추가로 강대의 양측 단부(1a 및 1b)를 가압하여 밀어 넣은 양을 업셋량이라고 칭함)이다. 업셋량이 0.1mm 미만에서는, 용융 메탈(14)의 시임부(11)로부터의 압출량이 부족하기 때문에, 언더컷을 방지할 수 없다. 한편, 업셋량이 1.0mm를 초과하면, 대부분의 용융 메탈(14)이 시임부(11)로부터 압출되기 때문에, 시임이 내외면에 크게 용기되어, 돌기부(비드)가 형성된다. 그 때문에, 비드를 절삭 가공으로 제거하여, 시임을 평활하게 해도, 훅 크랙(hook crack)이 발생하기 쉬워진다. 따라서, 업셋량은 0.1~1.0mm의 범위 내가 바람직하다.

[0033] 또한, 제1 가열원(6)에 의한 예열 위치로부터 스퀴즈 롤(4a 및 4b)에 의한 스퀴즈 점(9)에 도달하는 영역을 불활성 가스(inert gas)(예를 들면 질소(nitrogen), 헬륨(helium), 아르곤(argon) 등)로 실드하는 것이 바람직하다. 그 이유는, 강대(1)의 양측 단부(1a 및 1b)의 산화를 방지하고, 용융 메탈(14)에 산화물이 들어가는 것을 방지하기 위해서이다.

[0034] 다음으로, 얻어진 용접 강관의 외면측과 내면측의 시임의 돌기부(용기부)(즉 비드)를 제거한다. 비드의 제거는, 통상의 절삭 공구(예를 들면 커터(cutting tool) 등)를 사용하여 행한다. 구체적으로 도 3 및 도 4의 시임부(11)의 단면도를 사용하여 설명한다.

[0035] 용접 강관의 외면측은, 도 3의 시임부(11)의 단면도에 나타내는 바와 같이, 비드를 절삭 가공으로 제거함으로써, 강관의 외면측의 시임부(11)를 평탄하게 한다.

[0036] 그러나 용접 강관의 내면측의 시임부(11)는, 고밀도 에너지 빔(10)의 조사 조건에 따라서는, 특히, 고밀도 에너지 빔(10)의 파워 등이 부족할 경우에는, 내면측에 미용융부, 언더컷 또는, 포로시티 등의 용접 결함이 발생하기 쉽다. 그 때문에 용접 강관의 내면측은, 비드를 절삭 가공으로 제거하는 것만으로는, 용접 결함이 잔류할 우려가 있다. 그래서, 도 4에 나타내는 바와 같이, 용접 강관의 내면측의 시임의 표층부를 국부적으로 재용융하여 응고된 부위(12)(즉 시임 보수부(12))를 형성함으로써, 내면측의 시임에 잔류하는 용접 결함을 제거한다. 그 결과, 2차 가공시에, 잔류하는 용접 결함에 기인하여 시임에 균열이 발생하는 것을 방지할 수 있다.

- [0037] 용접 강관의 내면측에 형성하는 시임 보수부(12)의 깊이(h)가 0.5mm 미만에서는, 내면측의 시임에 잔류하는 용접 결함을 충분히 제거할 수 없기 때문에, 2차 가공시에 그 용접 결함이 기점이 되어, 시임에 균열이 발생한다. 따라서, 시임 보수부(12)의 깊이(h)는 0.5mm 이상으로 한다. 단, 시임 보수부(12)가 과잉하게 깊어지면, 언더컷 혹은, 용낙 등의 용접 결함이 일어날 우려가 있다. 그 때문에, 시임 보수부(12)의 깊이(h)의 최대 깊이는 강관의 관두께(t)의 40% 이하로 하는 것이 바람직하다. 구체적으로, 시임 보수부(12)의 깊이(h)는, 0.5~5mm, 더욱 바람직하게는, 0.5~2mm의 범위 내가 바람직하다.
- [0038] 또한, 도 4에 나타내는 바와 같이, 시임 보수부(12)의 폭(WR)이 용접 강관의 내면측의 시임의 폭(WI)의 2배 미만에서는, 용접 강관의 내면에 노출된 표면 결함이 기점이 되어, 2차 가공시에 균열이 발생한다. 따라서, 시임 보수부(12)의 폭(WR)은 용접 강관의 내면측의 시임의 폭(WI)의 2배 이상으로 한다. 단, 시임 보수부(12)의 폭(WR)이 과잉하게 넓어지면, 언더컷 등의 용접 결함이 일어날 우려가 있다. 그 때문에, 시임 보수부(12)의 폭(WR)은 용접 강관의 내면측의 시임의 폭(WI)의 2~5배의 범위 내가 바람직하다. 또한, 용접 강관의 내면측의 시임부(11)에 노출된 표면 결함은, 주로 고밀도 에너지 빔(10)의 조사에 의한 급격한 용융 및 응고 현상이 원인이 되어, 시임의 근방에 발생하는 것이다.
- [0039] 용접 강관의 내면측에 형성되는 시임 보수부(12)의 중심선(CSR)은, 시임의 중심선(CS)에 일치시킨다. 그 이유는, 시임 보수부(12)의 중심선(CSR)의 위치가 시임의 중심선(CS)으로부터 5mm 이상(어긋남: ΔCS) 괴리되면, 내면측의 시임의 용접 결함을 제거하는 효과가 얻어지지 않기 때문이다. 따라서, 중심선의 어긋남(ΔCS)은, 5mm 이하가 바람직하다.
- [0040] 시임 보수부(12)를 형성하기 위한 가열 수단(10)은, 시임 보수부(12)의 형상(즉 깊이(depth), 폭(width))과 위치를 상기한 범위로 유지하도록, 가열하는 위치나 열량을 조절할 수 있는 것을 사용한다. 예를 들면 버너 용해법(burner melting method), 레이저 용해법(laser melting method), 플라즈마 용해법(plasma melting method), 전자 빔 용해법(electron beam melting method), TIG 용해법(Tungsten Inert Gas melting method) 등의 종래부터 알려져 있는 기술을 사용할 수 있다.
- [0041] 용접 강관의 내면측에 시임 보수부(12)를 형성하기 위한 가열은, 대기 중에서 행하는 것이 가능하다. 단, 채용한 가열 수단이나 가열 조건에 따라서는, 대기 중의 산소가 시임 보수부(12)에 혼입하여 산화물을 생성할 우려가 있다. 그 때문에, 불활성 가스 분위기 중에서 가열하여 채용용하는 것이 바람직하다.
- [0042] 용접 강관의 내면측에 시임 보수부(12)를 형성함에 있어서, 채용용한 단계에서, 와이어(wire), 플럭스(flux), 인서트재(insert material) 등을 사용하여 합금 원소를 첨가함으로써, 시임 보수부(12)의 재질 특성을 더욱 개선할 수 있다.
- [0043] 또한, 용접 강관을 연속적으로 제조하는 제조 라인 상에서 시임 보수부(12)를 형성해도 좋다. 단, 시임 보수부(12)의 형성은 제조 라인의 가동을 저해할 우려가 있기 때문에, 용접 강관의 생산성 향상의 관점에서 제조 라인과는 다른 설비에서 시임 보수부(12)를 형성하는 것이 바람직하다.
- [0044] 또한, 구체적인 시임 보수 장치는, 예를 들면, 용접 강관 내면에 삽입할 수 있는 붐(boom)의 선단에 내면 시임을 채용용하는 용해 장치(용접 장치)와 미리 절삭된 내면 시임부(11)를 화상 처리로 모방하는 것이 가능한 시임 검출기를 부착하는 것이 바람직하다.
- [0045] (실시에 1)
- [0046] 표 1에 나타내는 성분의 열연 강대(hot roled steel strip)(관두께 12mm)를, 도 1에 나타내는 바와 같이, 다단의 성형롤(forming roll)(도 1에서는 생략)에 공급하고, 그 열연 강대(1)의 양측 단부(1a 및 1b)가 서로 대향하도록 원통 형상으로 성형했다. 이어서, 제1 가열원(6)으로서 고주파 저항 가열을 채용하여 열연 강대의 양측 단부(1a 및 1b)를 예열하고, 추가로 제2 가열원(10)으로서 탄산 가스 레이저 빔(CO₂ laser beam)을 조사하여, 열연 강대(1)의 양측 단부(1a 및 1b)를 전 두께(t)에 걸쳐 용융했다. 또한 스퀴즈 롤(4a 및 4b)로 가압함으로써 양측 단부(1a 및 1b)를 접합하여 용접 강관(외경: 406mm)을 제조했다.
- [0047] 제1 가열원(6)에 의한 예열 온도, 제2 가열원(10)으로서 탄산 가스 레이저의 출력과 조사 위치, 스퀴즈 롤(4a 및 4b)에 의한 엇셋량은 표 2에 나타내는 바와 같다. 또한, 탄산 가스 레이저(10)의 조사 위치는, 스퀴즈 점(9)을 제로로 하여, 그의 하류측을 +, 상류측을 -로 했다. 또한, 불활성 가스로 실드하는 영역은, 열연 강대의 양측 단부(1a 및 1b)를 예열하는 개소에서부터 탄산 가스 레이저(10)를 조사하고, 추가로 스퀴즈 롤(4a 및 4b)로 접합하기까지의 영역까지로, 헬륨 가스로 실드했다. 또한, 시임의 폭은, 비드 절삭 후의 강관의 내면측

의 표면의 시임폭을 외관 검사로 측정하여, 그들 5점의 평균치이다. 또한, 맞댐 간격은, 맞댐부를 카메라로 촬영하고, 화상 처리하여, 그의 평균치를 구했다.

[0048] 얻어진 용접 강관의 외면측과 내면측의 비드를 커터로 절삭하여, 평활하게 가공했다. 다음으로, 제조 라인으로부터 다른 전용 설비로 용접 강관을 반송하여, 내면측에 시임 보수부(12)를 형성했다. 시임 보수부(12)를 형성할 때의 국부적으로 재용융하는 용해법과 그의 분위기는 표 3에 나타내는 바와 같다. 시임 보수부(12)의 중심선(CSR)은 시임의 중심선(CS)에 일치시켰다($\Delta CS = \text{약 } 0\text{mm}$). 또한, 시임 보수부(12)의 깊이(h)와 폭(WR)을 표 3에 아울러 나타낸다. 또한, 시임 보수부(12)의 깊이(h)와 폭(WR)은, 강관의 시임부(11)의 단면의 3개소의 평균치로부터 구했다.

[0049] 발명예 1~6은, 시임 보수부(12)의 깊이(h)와 폭(WR)이 본 발명의 범위를 만족시키는 예이다. 비교예 1, 3은 시임 보수부(12)의 깊이가 본 발명의 범위를 벗어나는 예, 비교예 2, 4는 시임 보수부(12)의 폭(WR)이 본 발명의 범위를 벗어나는 예이다.

[0050] 다음으로, 이들 용접 강관으로부터 각각 시험편(片)(길이 300mm로 등글게 자름)을 채취하고 편평 시험(flattening test)을 행하여, 시임의 균열을 조사했다. 편평 시험에서는, 등글게 자른 시험편(길이 300mm)의 중심축을 수평으로 하고, 시임을 상방을 향하게 한 상태(용접 강관의 내면측의 시임에 인장 응력이 실리는 상태)에서 연직 방향으로 눌렀다. 편평 시험에서 발생한 용접 강관의 내면측의 시임의 균열을 육안으로 관찰했다. 내면측의 시임의 균열의 개수는 표 3에 나타내는 바와 같다.

[0051] 표 3에서 분명한 바와 같이, 발명예 1~6에서는 편평 시험에 의한 시임의 균열은 전무였던 것에 대하여, 비교예 1~4에서는 균열이 6~15개 발생했다.

[0052] 이와 같이 하여, 본 발명을 적용하면, 시임에 용접 결함이 없는 용접 강관을 효율 좋게 제조할 수 있는 것을 확인할 수 있었다. 그 용접 강관은, 시임에 용접 결함이 없기 때문에, 2차 가공을 행해도 시임에 균열이 일어나지 않는다.

[0053] (실시예 2)

[0054] 표 4에 나타내는 성분의 열연 강대(판두께 5mm)를 다단의 성형롤에 공급하고, 그 열연 강대(1)의 양측 단부(1a 및 1b)가 서로 대향하도록 원통 형상으로 성형했다. 이어서, 제1 가열원(6)을 사용하지 않고, 제2 가열원(10)으로서 파이버 레이저(fiber laser)를 사용하여, 열연 강대(1)의 양측 단부(1a 및 1b)를 전 두께에 걸쳐 용융했다. 또한 스퀴즈 롤(4a 및 4b)로 가압함으로써 양측 단부(1a 및 1b)를 접합하여 용접 강관(외경: 273mm)을 제조했다. 용접 강관의 시임의 전 길이는 20m, 내면측의 시임폭은 0.7mm(평균치)였다. 또한, 시임의 폭, 맞댐 간격, 시임 보수부(12)의 깊이(h) 및 폭(WR)은, 실시예 1과 동일하게 하여 구했다.

[0055] 제2 가열원(10)으로서 파이버 레이저의 출력과 조사 위치, 스퀴즈 롤(4a 및 4b)에 의한 엷셋량은 표 5에 나타내는 바와 같다. 또한, 파이버 레이저의 조사 위치는, 스퀴즈 점을 제로로 하여, 그의 하류측을 +, 상류측을 -로 했다. 파이버 레이저를 조사하고 추가로 스퀴즈 롤(4a 및 4b)로 접합하기까지의 영역을 아르곤 가스(argon gas)로 실드했다.

[0056] 얻어진 용접 강관의 외면측과 내면측의 비드를 커터로 절삭하여, 평활하게 가공했다. 다음으로, 제조 라인으로부터 다른 전용 설비로 용접 강관을 반송하여, 내면측에 시임 보수부(12)를 형성했다. 시임 보수부(12)를 형성할 때의 국부적으로 재용융하는 용해법과 그의 분위기는 표 6에 나타내는 바와 같다. 시임 보수부(12)의 중심선(CSR)은 시임의 중심선(CS)에 일치시켰다. 또한, 시임 보수부(12)의 깊이(h)와 폭(WR)을 표 6에 아울러 나타낸다. 발명예 7은, 시임 보수부(12)의 깊이(h)와 폭(WR)이 본 발명의 범위를 만족시키는 예이다. 비교예 5는 시임 보수를 위한 재용융을 행하지 않은 예이다.

[0057] 다음으로, 얻어진 용접 강관의 시임의 초음파 탐상(探傷)을 행했다. 초음파 탐상(ultrasonic flaw detection)은, 시임의 전 길이에 걸쳐 JIS(Japanese Industrial Standards) G0582에 준거하여 행했다. 그리고, 기준이 되는 N5 내외면 노치(notch)의 인공 결함(artificial defect)에 대하여, 피크 높이(peak height)가 10% 이하인 것을 우수(excellent)(◎), 10% 초과 25% 이하인 것을 양호(good)(○), 25% 초과 50% 이하인 것을 가능(pass)(△), 50% 초과인 것을 불량(no-good)(×)으로 하여 평가했다. 그 결과를 표 6에 나타낸다.

[0058] 표 6에서 분명한 바와 같이, 발명예 7에서는, 강관의 내면측의 시임부(11)에 시임 보수부(12)를 형성함으로써, 용접 결함의 발생이 억제되었다.

표 1

강관 번호	성분 (질량%)						
	C	Si	Mn	P	S	V	Nb
1	0.08	0.21	1.30	0.010	0.001	0.03	0.05
2	0.04	0.19	1.29	0.015	0.001	0.03	0.028

[0059]

표 2

강관 기호	강관 번호	용접 속도 (m / 분)	레이저 출력 (kW)	실드 가스	예열 온도 (°C)	맞댐 간격 (mm)	레이저 조사 위치 (mm)	업셋량 (mm)	시임의 폭 (W I) (mm)
A	1	10	25	He	1100	0.15	-2.2	0.6	0.5
B	2	10	25	He	900	0.1	-1.5	0.4	0.7

[0060]

표 3

	강관 기호	시임 보수부					편평 시험
		재용용의 조건		형상			
		국부 용해법	분위기	폭 (WR)		깊이 (h) (mm)	
				치수 (mm)	시임의 폭에 대한 비율 *		
비교예 1	A	TIG 용해	Ar	1.5	3.0 배	0.3	9
발명예 1	A	TIG 용해	Ar	2.1	4.2 배	0.5	0
발명예 2	A	플라즈마 용해	Ar	1.5	3.0 배	0.8	0
발명예 3	A	레이저 용해	He	1.0	2.0 배	1.0	0
비교예 2	A	레이저 용해	He	0.8	1.6 배	1.2	15
비교예 3	B	TIG 용해	Ar	3.2	4.6 배	0.3	6
발명예 4	B	TIG 용해	Ar	2.5	3.6 배	0.5	0
발명예 5	B	플라즈마 용해	Ar	1.9	2.7 배	1.0	0
발명예 6	B	레이저 용해	He	1.4	2.0 배	1.2	0
비교예 4	B	레이저 용해	He	1.2	1.7 배	1.5	11

[0061]

[0062] * 시임의 폭에 대한 비율 = 시임 보수부의 폭(WR)/시임의 폭(WI)

표 4

강관 번호	성분 (질량%)										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	Ti	N
3	0.01	0.16	0.29	0.010	0.002	12.6	2.8	0.16	0.023	0.015	0.011

[0063]

표 5

강관 기호	강관 번호	외경 (mm)	관두께 (mm)	용접 속도 (m/分)	레이저 출력 (kW)	실드 가스	맞댐 간격 (mm)	레이저 조사 위치 (mm)	엿셋량 (mm)
C	3	273	5	3	10	Ar	0.12	-3.5	0.7

[0064]

표 6

	강관 기호	재용융의 조건				초음파 탐상 시험 결과
		국부 용해법	분위기	용융폭 (WR) (mm)	용입 깊이 (h) (mm)	
발명예 7	C	TIG 용해	Ar	2.0	0.6	◎
비교예 5	C	-	-	-	-	△

[0065]

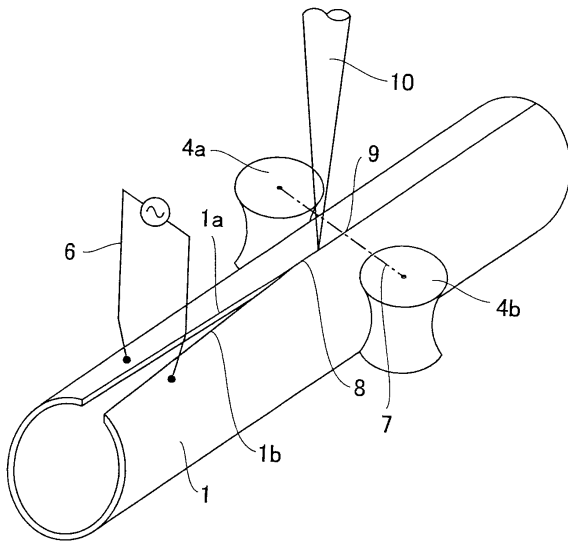
부호의 설명

[0066]

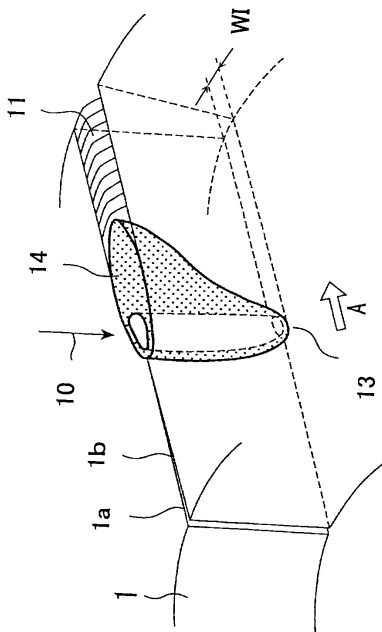
- 1 : 강대
- 1a, 1b : 강대 단부
- 4a, 4b : 스퀴즈 롤
- 6 : 제1 가열원
- 7 : 스퀴즈 롤의 축중심을 연결하는 선
- 8 : 맞댐선
- 9 : 스퀴즈 점
- 10 : 고밀도 에너지 빔 (제2 가열원, 가열 수단, 탄산가스 레이저)
- 11 : 시임부
- 12 : 시임 보수부
- 13 : 키홀
- h : 시임 보수부(12)의 깊이
- WR : 시임 보수부(12)의 폭
- WI : 레이저 용접 강관의 내면측의 시임폭
- t : 강관의 관두께
- CS : 시임의 중심선
- CSR : 시임 보수부(12)의 중심선
- △CS : 시임의 중심선(CS)과 시임 보수부(12)의 중심선(CSR)과의 어긋남

도면

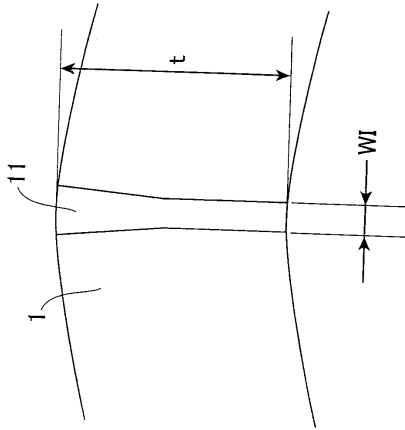
도면1



도면2



도면3



도면4

