



(19) 대한민국특허청(KR)  
 (12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0098615  
 (43) 공개일자 2018년09월04일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*B21B 23/00* (2006.01) *B21B 3/02* (2006.01)  
*B21C 23/08* (2006.01) *C21D 1/02* (2006.01)  
*C21D 8/10* (2006.01) *C21D 9/08* (2006.01)  
*C22C 38/58* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*B21B 23/00* (2013.01)  
*B21B 3/02* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-7021492
- (22) 출원일자(국제) 2016년12월28일  
 심사청구일자 2018년07월25일
- (85) 번역문제출일자 2018년07월25일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2016/082739
- (87) 국제공개번호 WO 2017/114847  
 국제공개일자 2017년07월06일
- (30) 우선권주장  
 15203149.8 2015년12월30일  
 유럽특허청(EPO)(EP)
- (71) 출원인  
 산드비 인터렉츄얼 프로퍼티 에이비  
 스웨덴 에스아이-811 81 산드비肯
- (72) 발명자  
 퀸베리 에리크  
 스웨덴 125 35 엘브쇠 파켈베엔 18  
 스베드베리 다니엘  
 스웨덴 에스아이-806 28 예블레 하가스트룀스베엔  
 27
- (74) 대리인  
 특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **듀플렉스 스테인레스 강 투브를 제조하는 방법**

### **(57) 요 약**

본 개시는 듀플렉스 스테인레스 강 투브를 제조하기 위한 방법에 관한 것이며, 상기 방법은, a) 상기 듀플렉스 스테인레스 강의 잉곳 또는 연속적으로 캐스팅된 빌렛을 제조하는 단계; b) 투브 내로 단계 a)로부터 얻어진 상기 잉곳 또는 상기 빌렛을 열간 사출하는 단계; 및 c) 상기 투브의 최종 치수로 단계 b)로부터 얻어진 상기 투브(뒷면에 계속)

### **대 표 도**

$$R = 1 - \frac{A_1}{A_0} \quad (3)$$

브를 냉간 압연하는 단계를 포함하고; 냉간 압연된 상기 투브의 외부 치수 (D) 및 벽 두께 (t) 는 각각 50-250 mm 및 5-25 mm 이고,

상기 냉간 압연하는 단계 동안, R 및 Q 는 다음의 식을 만족하도록 설정되고:

$$\begin{aligned} Rp0.2target &= 416.53 + 113.26 \cdot \log Q + 4.0479 \cdot R + 2694.9 \cdot C\% - 82.750 \cdot \\ &(log Q)^2 - 0.04279 \cdot R^2 - 2.2601 \cdot \log Q \cdot R + 16.9 \cdot Cr\% + 26.1 \cdot Mo\% + 83.6 \cdot \\ &N\% \pm Z \end{aligned} \quad (1)$$

여기서, - Rp0.2target 은 타겟팅된 항복 강도이고 800-1100 MPa 이고, - Q = (W0 - W1)x(OD0-W0)/W0((OD0-W0)-(OD1-W1)) (2)

- 여기서, W1 은 냉간 압연 전에 투브 벽 두께이고, W0 는 냉간 압연 후에 투브 벽 두께이고, OD1 는 냉간 압연 전에 투브의 외부 치수이고, OD0 는 냉간 압연 후에 투브의 외부 치수이고, - R 은 냉간 압하율이고 다음과 같이 규정되고,

$$R = 1 - \frac{A_1}{A_0} \quad (3)$$

여기서 A1 는 냉간 압연 전에 투브 단면적이고 A0 는 냉간 압연 후에 투브 단면적이고, - Z=65 이고, 여기서, 0<Q<3.6 이다.

#### (52) CPC특허분류

*B21C 23/085* (2013.01)

*C21D 1/02* (2013.01)

*C21D 8/105* (2013.01)

*C21D 9/085* (2013.01)

*C22C 38/58* (2013.01)

*B21B 2261/08* (2013.01)

*B21B 2261/10* (2013.01)

*C21D 2211/001* (2013.01)

*C21D 2211/005* (2013.01)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

듀플렉스 스테인레스 강 투브를 제조하기 위한 방법으로서,

상기 듀플렉스 스테인레스 강은 (중량 %로),

C 0-0.3;

Cr 22-26;

Cu 0-0.5;

Mn 0-1.2;

Mo 3.0-4.0;

N 0-0.35;

Ni 5.0-7.0;

Si 0.2-0.8;

잔부 Fe 및 불가피 불순물들을 갖고,

상기 방법은,

a) 상기 듀플렉스 스테인레스 강의 잉곳 또는 연속적으로 캐스팅된 빌렛을 제조하는 단계;

b) 투브 내로 단계 a)로부터 얻어진 상기 잉곳 또는 상기 빌렛을 열간 사출하는 단계; 및

c) 상기 투브의 최종 치수로 단계 b)로부터 얻어진 상기 투브를 냉간 압연하는 단계를 포함하고;

냉간 압연된 상기 투브의 외부 치수 (D) 및 벽 두께 (t)는 각각 50-250 mm 및 5-25 mm이고,

상기 냉간 압연하는 단계 동안, R 및 Q는 다음의 식을 만족하도록 설정되고:

$$Rp0.2target = 416.53 + 113.26 \cdot \log Q + 4.0479 \cdot R + 2694.9 \cdot C\% - 82.750 \cdot$$

$$(\log Q)^2 - 0.04279 \cdot R^2 - 2.2601 \cdot \log Q \cdot R + 16.9 \cdot Cr\% + 26.1 \cdot Mo\% + 83.6 \cdot$$

$$N\% \pm Z \quad (1)$$

여기서,

- Rp0.2target 은 타겟팅된 항복 강도이고 800-1100 MPa이고,

- Q = (W0 - W1) x (OD0-W0) / W0((OD0-W0)-(OD1-W1))    (2)

여기서, W1은 냉간 압연 전에 투브 벽 두께이고, W0은 냉간 압연 후에 투브 벽 두께이고, OD1은 냉간 압연 전에 투브의 외부 치수이고, OD0은 냉간 압연 후에 투브의 외부 치수이고,

- R은 냉간 압하율이고 다음과 같이 규정되고:

$$R = 1 - \frac{A_1}{A_0} \quad (3)$$

- 여기서 A1은 냉간 압연 전에 투브 단면적이고 A0은 냉간 압연 후에 투브 단면적이고,

- Z=65 이고,

여기서, 0<Q<3.6 인, 듀플렉스 스테인레스 강 투브를 제조하기 위한 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

$0 < Q < 1$  이면, 이때  $25 * Q < R < 40 * Q + 20$  인, 듀플렉스 스테인레스 강 투브를 제조하기 위한 방법.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

$1 \leq Q \leq 2$  이면, 이때  $25 * Q \leq R \leq 60$  인, 듀플렉스 스테인레스 강 투브를 제조하기 위한 방법.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

$2 < Q < 3.6$  이면, 이때  $50 < R < 60$  인, 듀플렉스 스테인레스 강 투브를 제조하기 위한 방법.

### 청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 듀플렉스 스테인레스 강은 30-70 vol.% 오스테나이트 및 30-70 vol.% 페라이트를 포함하는, 듀플렉스 스테인레스 강 투브를 제조하기 위한 방법.

### 청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 듀플렉스 스테인레스 강은 (중량 %로),

C 0.008-0.03;

Cr 22-26;

Cu 0.1-0.2;

Mn 0.35-1.0;

Mo 3.0-4.0;

N 0.1-0.35;

Ni 5.0-7.0;

Si 0.2-0.7;

잔부 Fe 및 불가피 불순물들을 갖는, 듀플렉스 스테인레스 강 투브를 제조하기 위한 방법.

### 청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

Z=50 인, 듀플렉스 스테인레스 강 투브를 제조하기 위한 방법.

### 청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

Z=20 인, 듀플렉스 스테인레스 강 투브를 제조하기 위한 방법.

### 청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 냉간 압연하는 단계 동안, R 및 Q 은 다음의 식을 만족하도록 설정되는 듀플렉스 스테인레스 강 투브를 제조하기 위한 방법:

$$\begin{aligned}
 Rp0.2target = & 416.53 + 113.26 \cdot \log Q + 4.0479 \cdot R + 2694.9 \cdot C\% - 82.750 \\
 & \cdot (\log Q)^2 - 0.04279 \cdot R^2 - 2.2601 \cdot \log Q \cdot R + 16.9 \cdot Cr\% + 26.1 \\
 & \cdot Mo\% + 83.6 \cdot N\%.
 \end{aligned}$$

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 개시는 듀플렉스 스테인레스 강 튜브를 제조하는 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 이후에 규정된 조성을 갖는 듀플렉스 스테인레스 강 튜브들은 실질적인 기계적 부하를 받을 뿐만 아니라 부식 매체들을 거치는 다양한 적용예들에서 사용된다. 그러한 듀플렉스 스테인레스 강 튜브들의 제조 중에, 상이한 프로세스 파라미터들은 원하는 항복 강도를 갖는 강 튜브를 얻도록 정확하게 설정되어야 한다. 재료의 최종 항복 강도에 중요한 영향을 준다는 것으로 밝혀진 프로세스 파라미터들은 다음과 같다: 열간 변형의 정도, 냉간 변형의 정도 및 열간 사출된 튜브가 그 최종 치수들로 냉간 압연되는 프로세스 중에 튜브 치수와 튜브 벽 사이의 압하율의 비. 이들 프로세스 파라미터들은 듀플렉스 스테인레스 강의 특정한 조성 및 듀플렉스 스테인레스 강 튜브의 원하는 항복 강도에 관해 설정되어야 한다.

[0003] 지금까지, 종래 기술 분야는 프로세스 파라미터 값들을 발견하도록 광범위한 시험들을 수행하는 것에 의존하여 듀플렉스 스테인레스 강 튜브들의 타겟 항복 강도를 달성시킨다. 그러한 시험들은 노동 집약적이고 비용이 많이든다. 따라서, 항복 강도에 중요한 프로세스 파라미터들을 결정하기 위해 보다 비용 효과적인 프로세스가 요구된다.

[0004] EP 2 388 341은 특정한 화학적 조성을 갖는 듀플렉스 스테인레스 강 튜브를 제조하기 위한 방법을 제안하고, 최종 냉간 압연하는 단계에서 면적의 압하율의 관점에서 작업 비 (%)는 주어진 식에 의해 튜브의 사전 결정된 타겟팅된 항복 강도에 대해 결정되고, 상기 식은 또한 작업 비와 타겟팅된 항복 강도 사이의 관계에서 소정 합금 원소들의 영향을 포함한다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 본 개시는 제조된 듀플렉스 스테인레스 강 튜브의 타겟팅된 항복 강도를 달성하도록 이후에 규정된 바와 같은 Q-값 및 이후에 규정된 바와 같은 냉간 압하율 R을 설정함으로써 듀플렉스 스테인레스 강의 튜브를 제조하기 위한 대안적인 방법을 제공함으로써, 전체 제조 효율을 개선시키는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0006] 따라서, 본 개시는 이로써 듀플렉스 스테인레스 강 튜브를 제조하기 위한 방법에 관한 것이고,

[0007] 상기 듀플렉스 스테인레스 강은 (중량 %로),

[0008] C 0-0.3;

[0009] Cr 22-26;

[0010] Cu 0-0.5;

[0011] Mn 0-1.2;

[0012] Mo 3.0-4.0,

[0013] N 0-0.35;

[0014] Ni 5.0-7.0;

[0015] Si 0.2-0.8;

[0016] 잔부 Fe 및 불가피 불순물들을 갖고,

[0017] 상기 방법은,

[0018] a) 상기 듀플렉스 스테인레스 강의 잉곳 또는 연속적으로 캐스팅된 빌렛을 제조하는 단계;

[0019] b) 튜브 내로 단계 a)로부터 얻어진 상기 잉곳 또는 상기 빌렛을 열간 사출하는 단계; 및

[0020] c) 상기 튜브의 최종 치수로 단계 b)로부터 얻어진 상기 튜브를 냉간 압연하는 단계를 포함하고;

[0021] 냉간 압연된 상기 튜브의 외부 치수 (D) 및 벽 두께 (t)는 각각 50~250 mm 및 5~25 mm 이고,

[0022] 상기 냉간 압연하는 단계 동안, R 및 Q 는 다음의 식을 만족하도록 설정되고:

$$Rp0.2target = 416.53 + 113.26 \cdot logQ + 4.0479 \cdot R + 2694.9 \cdot C\% - 82.750 \cdot (logQ)^2 - 0.04279 \cdot R^2 - 2.2601 \cdot logQ \cdot R + 16.9 \cdot Cr\% + 26.1 \cdot Mo\% + 83.6 \cdot N\% \pm Z \quad (1)$$

[0024] 여기서,

[0025] - Rp0.2target 은 타겟팅된 항복 강도이고 800~1100 MPa 이고,

[0026] - Q = (W0 - W1)x(OD0-W0)/W0((OD0-W0)-(OD1-W1)) (2)

[0027] 여기서, W1 은 냉간 압연 전에 튜브 벽 두께이고, W0 는 냉간 압연 후에 튜브 벽 두께이고, OD1 는 냉간 압연 전에 튜브의 외부 치수이고, OD0 는 냉간 압연 후에 튜브의 외부 치수이고,

[0028] - R 은 냉간 압하율이고 다음과 같이 규정되고,

$$R = 1 - \frac{A_1}{A_0} \quad (3)$$

[0030] - 여기서 A1 는 냉간 압연 전에 튜브 단면적이고 A0 는 냉간 압연 후에 튜브 단면적이고,

[0031] - Z=65 이고,

[0032] 여기서, 0<Q<3.6 이다.

[0033] 식 (1)에 의해 제공된 관계는 듀플렉스 스테인레스 강의 조성, 즉 원소들 C, Cr, Mo 및 N 의 함량 및 튜브의 타겟팅된 항복 강도에 기초하여 얻어진 R 및 Q 에 대한 프로세스 파라미터 값들을 결정하는 것을 가능하게 한다. 타겟팅된 항복 강도는 800~1100 MPa, 예를 들면 900 ~ 1100 MPa 의 범위이다.

[0034] 식 (1)은 다음과 같이 기술될 수 있다:

$$Rp0.2target - Z \leq 416.53 + 113.26 \cdot logQ + 4.0479 \cdot R + 2694.9 \cdot C\% - 82.750 \cdot (logQ)^2 - 0.04279 \cdot R^2 - 2.2601 \cdot logQ \cdot R + 16.9 \cdot Cr\% + 26.1 \cdot Mo\% + 83.6 \cdot N\% \leq Rp0.2target + Z$$

[0035] 하나의 실시형태에 따르면, Z=50 이다. 또 다른 실시형태에 따르면, Z=20 이다. 추가의 또 다른 실시형태에 따르면, Z=0 이다.

[0037] 듀플렉스 스테인레스 강의 조성 및 제조될 튜브의 타겟 항복 강도에 기초하여, R 및 Q 의 값들은 R 및 Q 에 대한 그들의 값을 찾는 것을 목적으로 하는 반복적 연산 절차에 의해 설정될 수 있고 그에 대해 등식 (1)이 만족된다.

[0038] 냉간 압하율 R 은 다음과 같이 규정된다

$$R = 1 - \frac{A_1}{A_0} \quad (3)$$

[0040] 여기서 A1 은 냉간 변형 전의 튜브 단면적이고 A0 는 냉간 변형 후의 튜브 단면적이다.

[0041] 듀플렉스 스테인레스 강의 조성에 대해, 다음은 그 안에서 개별적인 합금 원소들에 관해 기재된다:

[0042] 탄소, C 는 오스테나이트상을 안정화시키기 위한 대표적인 원소이고 기계적 강도를 유지하기 위해 중요한 원소이다. 그러나, 너무 높은 함량의 탄소가 사용된다면, 탄소는 탄화물들로서 침전될 것이고 따라서 부식 저항을 감소시킨다. 하나의 실시형태에 따르면, 이전에 그리고 이후에 개시된 프로세스에서 사용된 듀플렉스 스

테인레스 강의 탄소 함량은 0 내지 0.3 wt% 이다. 하나의 실시형태에 따르면, 탄소 함량은 0.008 내지 0.03 wt%, 예를 들면 0.008 내지 0.2 wt% 이다.

[0043] 크롬, Cr 은 이전에 또는 이후에 규정된 바와 같은 듀플렉스 스테인레스 강의 부식 저항성, 특히 공식에 강력한 영향을 준다. Cr 은 항복 강도를 개선시키고 듀플렉스 스테인레스 강의 변형 시에 마르텐사이트 조직으로의 오스테나이트 조직의 변형을 방해한다. 그러나, 증가된 함량의 Cr 은 원치않는 안정적인 크롬 질화물 및 시그마 상의 형성 및 보다 빠른 시그마 상의 생성을 가져온다. 하나의 실시형태에 따르면, 이전에 그리고 이후에 개시된 프로세스에 사용된 듀플렉스 스테인레스 강의 크롬 함량은 22 내지 26 wt%, 예를 들면 23 내지 25 wt% 이다.

[0044] 구리, Cu 는 부식 저항성에 긍정적인 효과를 갖는다. Cu 는 이전에 또는 이후에 규정된 바와 같은 듀플렉스 스테인레스 강에 의도적으로 첨가되거나 또는 강의 제조를 위해 사용된 스크랩된 제품에서 이미 존재하고, 그 안에서 유지되도록 허용된다. 너무 높은 레벨의 Cu 는 열간 가공성 및 인성을 감소시키고 따라서 그러한 이유들로 회피되어야 한다. 하나의 실시형태에 따르면, 이전에 그리고 이후에 개시된 프로세스에서 사용된 듀플렉스 스테인레스 강의 구리 함량은 0-0.5 wt%, 예를 들면 0-0.2 wt% 이다. 하나의 실시형태에 따르면, 구리 함량은 0.1-0.2 wt% 이다.

[0045] 망간, Mn 은 이전에 또는 이후에 규정된 바와 같은 듀플렉스 스테인레스 강에 변형 경화 효과를 준다. Mn 은 또한 강에 존재하는 황과 함께 망간 황화물을 형성함으로써, 열간 가공성을 개선한다고 공지되어 있다. 그러나, 너무 높은 레벨들에서, Mn 은 부식 저항성 및 열간 가공성 양쪽에 부정적인 영향을 주는 경향을 갖는다. 하나의 실시형태에 따르면, 이전에 그리고 이후에 개시된 프로세스에 사용된 듀플렉스 스테인레스 강의 망간 함량은 0 내지 1.2 wt%, 예를 들면 0 내지 1.0wt% 이다. 하나의 실시형태에 따르면, 망간 함량은 0.35 내지 1.0 wt%, 예를 들면 0.40 내지 0.9 wt% 이다.

[0046] 몰리브덴, Mo 는 이전에 또는 이후에 규정된 바와 같은 듀플렉스 스테인레스 강의 부식 저항성에 강한 영향을 주고 피팅 저항성 당량, PRE 에 큰 영향을 준다. Mo 는 또한 항복 강도에서 긍정적인 효과를 주고 원치않는 시그마-상들이 안정적으로 되고 그 발생이 추가로 촉진되는 온도를 증가시킨다. 부가적으로, Mo 는 페라이트-안정화 효과를 준다. 하나의 실시형태에 따르면, 이전에 그리고 이후에 개시된 프로세스에 사용된 듀플렉스 스테인레스 강의 몰리브덴 함량은 3.0 내지 4.0 wt% 이다.

[0047] 니켈, Ni 는 일반적인 부식에 대한 저항성에 긍정적인 효과를 준다. Ni 는 또한 강한 오스테나이트-안정화 효과를 준다. 하나의 실시형태에 따르면, 이전에 그리고 이후에 개시된 프로세스에서 사용된 듀플렉스 스테인레스 강의 니켈 함량은 5.0 내지 7.0 wt%, 예를 들면 5.5 내지 6.5 wt% 이다.

[0048] 질소, N 은 이전에 또는 이후에 규정된 바와 같이 듀플렉스 스테인레스 강의 부식 저항성에 긍정적인 효과를 주고 또한 변형 경화에 기여한다. 그것은 공식 저항성 당량 PRE (PRE=Cr+3.3Mo+16N) 에 강한 영향을 주고 또한 강한 오스테나이트 안정화 효과를 주고 듀플렉스 스테인레스 강의 소성 변형 시에 오스테나이트 조직으로부터 마르텐사이트 조직으로의 변형을 방해한다. 하나의 실시형태에 따르면, 이전에 또는 이후에 개시된 프로세스에서 사용된 듀플렉스 스테인레스 강의 질소 함량은 0 내지 0.35 wt% 이다. 대안적인 실시형태에 따르면, N 은 0.1 wt% 이상의 양으로 첨가된다. 그러나, 너무 높은 레벨들에서, N 은 크롬 질화물들을 촉진하는 경향이 있는 데, 이는 전성 및 부식 저항성에서의 그들의 부정적인 효과로 인해 회피되어야 한다. 따라서, 하나의 실시형태에 따르면, N 의 함량은 따라서 0.35 wt% 이하, 예를 들면 0.1 내지 0.35 wt% 이다.

[0049] 규소, Si 는 듀플렉스 스테인레스 강에 종종 존재하는 데, 왜냐하면 그것은 그 제조에서 보다 빠른 환원을 위해 첨가될 수 있기 때문이다. 너무 높은 레벨들의 Si 는 듀플렉스 스테인레스 강의 보다 나중의 열 처리들 또는 용접과 관련하여 금속간 화합물들의 침전을 발생시킬 수 있다. 그러한 침전들은 부식 저항성 및 가공성 양쪽에 부정적인 효과를 줄 것이다. 하나의 실시형태에 따르면, 이전에 또는 이후에 개시된 프로세스에서 사용된 듀플렉스 스테인레스 강의 규소 함량은 0.2 내지 0.8 wt%, 예를 들면 0.2 내지 0.8 wt%, 예를 들면 0.3 내지 0.6 wt% 이다.

[0050] 인, P 는 이전에 또는 이후에 개시된 프로세스에서 사용된 스테인레스 강에서 불순물로서 존재할 수 있고, 너무 높은 레벨로 존재한다면 강의 가공성을 열화시킬 것이고, 따라서, P $\leq$ 0.04 wt% 이다.

[0051] 황, S 는 이전에 또는 이후에 개시된 프로세스에서 사용된 스테인레스 강의 불순물로서 존재할 수 있고 너무 높은 레벨로 존재한다면 강의 가공성을 열화시킬 것이고, 따라서, S $\leq$ 0.03 wt% 이다.

[0052] 산소, O 는 이전에 또는 이후에 개시된 프로세스에서 사용된 스테인레스 강의 불순물로서 존재할 수 있고, O $\leq$

0.010 wt% 이다.

[0053] 선택적으로 작은 양들의 다른 합금 원소들은 예를 들면 기계 가공성 또는 열간 작업 특성들, 예를 들면 열간 전성을 개선하도록 이전에 또는 이후에 규정된 바와 같은 듀플렉스 스테인레스 강에 첨가될 수 있다. 그러한 원소들의 예는 REM, Ca, Co, Ti, Nb, W, Sn, Ta, Mg, B, Pb 및 Ce 이지만 그것들에 제한되지 않는다. 하나 이상의 이들 원소들의 양은 최대 0.5 wt% 이다. 하나의 실시형태에 따르면, 이전에 또는 이후에 규정된 바와 같은 듀플렉스 스테인레스 강은 또한 프로세스 중에 첨가될 수 있는 작은 양의 다른 합금 원소들, 예를 들면 Ca ( $\leq 0.01$  wt%), Mg ( $\leq 0.01$  wt%), 및 희토류 금속들 REM ( $\leq 0.2$  wt%) 을 포함할 수 있다.

[0054] "최대" 또는 "보다 작거나 또는 동등한"이라는 용어가 사용될 때에, 또 다른 수가 구체적으로 언급되지 않는 한, 범위의 하한이 0 wt% 이라는 것을 당업자는 이해할 것이다. 이전에 또는 이후에 규정된 바와 같은 듀플렉스 스테인레스 강의 원소들의 잔부는 철 (Fe) 및 일반적으로 발생하는 불순물들이다.

[0055] 불순물들의 예들은 의도적으로 첨가되지 않지만, 예를 들면 원재료 또는 마르텐사이트 스테인레스 강의 제조를 위해 사용되는 부가적인 합금 원소들에서 불순물들로서 일반적으로 존재하기 때문에 완전히 회피될 수 없는 원소들 및 화합물들이다.

[0056] 하나의 실시형태에 따르면, 듀플렉스 스테인레스 강은 이전에 또는 이후에 개시된 범위에서 이전에 또는 이후에 개시된 합금 원소들로 이루어진다.

[0057] 하나의 실시형태에 따르면, 이전에 또는 이후에 규정된 바와 같은 프로세스에서 사용되는 듀플렉스 스테인레스 강은 30-70 vol.% 오스테나이트 및 30-70 vol.% 페라이트를 포함한다.

[0058] 하나의 실시형태에 따르면, 이전에 또는 이후에 개시된 프로세스에서 사용된 듀플렉스 스테인레스 강은 다음의 조성 (중량 %로) 을 갖는다:

[0059] C 0.008-0.03;

[0060] Cr 22-26;

[0061] Cu 0.1-0.2;

[0062] Mn 0.35-1.0;

[0063] Mo 3.0-4.0;

[0064] N 0.1-0.35;

[0065] Ni 5.0-7.0;

[0066] Si 0.2-0.7;

[0067] 잔부 Fe 및 불가피 불순물들.

[0068] 하나의 실시형태에 따르면,  $0 < Q < 1$  이면, 이때  $25*Q < R < 40*Q + 20$  이다.

[0069] 하나의 실시형태에 따르면,  $1 \leq Q \leq 2$  이면, 이때  $25*Q \leq R \leq 60$  이다.

[0070] 하나의 실시형태에 따르면,  $2 < Q < 3.6$  이면, 이때  $50 < R < 60$  이다.

[0071] 하나의 실시형태에 따르면, 냉간 압연하는 단계에 대해, R 및 Q 는 다음의 식을 만족하도록 설정된다:

$$\begin{aligned} Rp0.2target = & 416.53 + 113.26 \cdot \log Q + 4.0479 \cdot R + 2694.9 \cdot C\% - 82.750 \\ & \cdot (\log Q)^2 - 0.04279 \cdot R^2 - 2.2601 \cdot \log Q \cdot R + 16.9 \cdot Cr\% + 26.1 \\ & \cdot Mo\% + 83.6 \cdot N\%. \end{aligned}$$

[0072] 따라서, 식 (1) 이 사용되고, 여기서 Z=0 이다.

[0073] 본 개시는 비제한적인 예들에 의해 추가로 예시된다:

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0074] 예들

[0075] 상이한 화학적 조성의 듀플렉스 스테인레스 강의 강 용융물들은 전기 아크로에서 제조되었다. AOD 로는 탈

탄 및 탈황 처리가 행해지도록 사용되었다. 용융물들은 이때 잉곳들 (110 mm 초과의 외부 치수를 갖는 튜브들의 제조를 위해)로 또는 연속적인 캐스팅에 의해 벨렛들 (110 mm 미만의 치수를 갖는 튜브들의 제조를 위해)로 캐스팅되었다. 상이한 용융물들의 캐스팅된 스테인레스 강은 화학적 조성에 대해 분석되었다. 결과들은 표 1에 제공된다.

표 1 - 상이한 용융물들의 화학적 조성

테스트 No.	C	Cr	Cu	Mn	Mo	N	Ni	Si
1	0.010	25.28	0.14	0.53	3.84	0.30	6.45	0.30
2	0.015	25.55	0.13	0.40	3.90	0.30	6.70	0.28
3	0.015	25.55	0.13	0.40	3.90	0.30	6.70	0.28
4	0.012	25.67	0.13	0.60	3.85	0.30	6.51	0.27
5	0.012	25.67	0.13	0.60	3.85	0.30	6.51	0.27
6	0.012	25.49	0.12	0.36	3.89	0.29	6.44	0.25
7	0.012	25.49	0.12	0.36	3.89	0.29	6.44	0.25
8	0.012	25.67	0.13	0.60	3.85	0.30	6.51	0.27
9	0.012	25.67	0.13	0.60	3.85	0.30	6.51	0.27
10	0.012	22.38	0.13	0.88	3.17	0.16	5.34	0.48
11	0.015	22.27	0.19	0.82	3.17	0.18	5.20	0.48
12	0.016	22.31	0.18	0.80	3.14	0.16	5.20	0.55
13	0.016	22.32	0.11	0.77	3.14	0.18	5.19	0.49
14	0.015	22.27	0.19	0.82	3.17	0.18	5.20	0.48
15	0.013	22.43	0.14	0.81	3.16	0.18	5.21	0.50
16	0.013	22.35	0.17	0.77	3.15	0.18	5.21	0.49
17	0.023	22.27	0.13	0.85	3.16	0.17	5.15	0.49
18	0.015	22.32	0.14	0.81	3.15	0.18	5.22	0.47
19	0.016	22.34	0.18	0.76	3.14	0.18	5.18	0.48
20	0.016	22.51	0.15	0.86	3.19	0.17	5.23	0.50
21	0.014	22.39	0.15	0.84	3.16	0.17	5.21	0.50
22	0.014	22.37	0.14	0.83	3.15	0.17	5.28	0.48
23	0.019	22.31	0.17	0.75	3.14	0.17	5.20	0.50
24	0.015	22.32	0.14	0.81	3.15	0.18	5.22	0.47
25	0.012	22.38	0.13	0.88	3.17	0.16	5.34	0.48
26	0.015	22.30	0.13	0.79	3.14	0.18	5.19	0.50
27	0.016	22.32	0.15	0.78	3.18	0.18	5.25	0.51
28	0.023	22.38	0.13	0.82	3.17	0.16	5.24	0.46
29	0.016	25.64	0.13	0.5	3.83	0.3	6.48	0.34
30	0.014	22.25	0.16	0.77	3.15	0.17	5.21	0.49
31	0.017	22.41	0.16	0.78	3.27	0.20	5.20	0.48

[0078]

[0079]

[0080] 제조된 잉곳들 또는 벨렛들은 복수의 튜브들 내로 사출되는 열 변형 프로세스를 거쳤다. 이들 튜브들은 냉간 변형을 거쳤고 그들의 각각의 최종 치수들로 필기 밀에서 냉간 압연되었다. 표 1에 제공된 테스트 넘버의 각각에 대해, 튜브들의 10-40 은 따라서 동일한 R 및 Q를 사용하여 제조되었고 (따라서 입하 (ingoing) 외부 치수 및 입하 벽 두께는) 이와 관련하여 타겟 항복 강도를 취하도록 결정되어서 이전에 제공된 등식 1이 만족되었다. 냉간 압연은 하나의 냉간 압연하는 단계에서 수행되었다.

[0081]

각각의 튜브에 대해, 항복 강도는 ISO 6892에 따른 두개의 테스트 샘플들에 대해 측정되었고, 따라서 각각의 테스트 넘버에 대해 복수의 항복 강도 측정들을 행하였다. 각각의 테스트 넘버에 대해, 평균 항복 강도는 상기 측정을 기초로 연산되었다. 평균 항복 강도는 이전에 제공된 등식 1에 의해 연산된 타겟 항복 강도와 비교되었다. 결과들은 표 2에 제공된다. 보다 정확하게, 타겟 항복 강도가 결정되었고 그에 기초하여 그리고 듀플렉스 스테인레스 강의 조성에 기초하여, Q 및 R은 등식 (1)에 의해 결정되었고, 이때 튜브들은 이전에 그리고 이후에 제공된 시사에 따라 제조되었고 항복 강도는 이전에 개시된 방식으로 측정되었다. 타겟팅된 항복 강도로부터의 개별적인 측정들의 편차가 또한 등록되었다. 편차들은 타겟팅된 항복 강도로부터 +/- 65 MPa 미만이었다.

[0082]

[0083]

표 2 - 연산들의 결과

테스트 No	Q	압하율	출하 외부치수	출하 벽두께	Rp0.2target	Rp0.2 실제 평균
1	0.23	10.0	192.2	20.7	940.6	925.0
2	0.27	10.2	158.75	22.2	974.1	959.9
3	0.27	10.2	158.75	22.2	974.1	959.9
4	0.23	10.0	192.2	20.7	952.8	960.0
5	0.23	10.0	192.2	20.7	952.8	960.0
6	0.30	10.7	139.7	7.72	975.1	964.8
7	0.30	10.7	139.7	7.72	975.1	964.8
8	0.23	10.0	192.2	20.7	952.8	972.0
9	0.23	10.0	192.2	20.7	952.8	972.0
10	3.24	55.7	178.5	10.36	987.9	977.0
11	3.24	55.7	178.5	10.36	995.8	982.0
12	3.24	55.7	178.5	10.36	996.8	992.0
13	3.24	55.7	178.5	10.36	998.5	994.0
14	3.24	55.7	178.5	10.36	995.8	1004.0
15	1.33	56.1	114.6	7.37	1017.6	1009.0
16	1.17	40.7	127.5	15.8	1021.5	1009.0
17	3.24	55.7	178.5	10.36	1016.2	1011.0
18	1.17	40.7	127.5	15.8	1026.4	1016.0
19	1.49	58.9	114.6	6.88	1018.2	1017.0
20	1.33	56.1	114.6	7.37	1027.0	1020.0
21	1.49	58.9	114.6	6.88	1013.4	1024.0
22	1.33	56.1	114.6	7.37	1018.2	1025.0
23	1.33	56.1	114.6	7.37	1030.4	1027.0
24	1.17	40.7	127.5	15.8	1026.4	1028.0
25	0.80	35.8	196.0	20.6	1009.3	1029.0
26	1.49	58.9	114.6	6.88	1014.9	1030.0
27	1.49	58.9	114.6	6.88	1019.0	1033.0
28	1.33	56.1	114.6	7.37	1042.3	1034.0
29	0.32	27.5	86.6	14.4	1052.0	1034.0
30	0.79	47.0	85.4	13.7	1020.8	1035.0
31	1.33	56.1	114.6	7.37	1032.6	1046.0

[0084]

[0085]

[0086]

"출하 (outgoing) 외부 치수" 는 냉간 압연 후에 튜브 치수이고 "출하 벽 두께" 는 냉간 압연 후에 튜브 벽 두께이다.

[0087]

따라서 등식 (1) 은 선택된 타겟 항복 강도 및 듀플렉스 스테인레스 강의 화학적 조성에 기초하여 R 및 Q 를 세팅하기 위한 우수한 공구라는 것으로 결론지어질 수 있다. 사전 결정된 최종 외부 치수 및 사전 결정된 최종 벽 두께를 갖고, 사전 결정된 기하학적 형상, 특히 단면적의 빌렛으로부터 출하되는 특정한 튜브에 대해, 등식 (1) 의 사용은 당업자가 실험의 필요 없이 냉간 압하율 및 Q-값 뿐만 아니라 적절한 열간 압하율을 선택하는 것을 가능하게 할 것이다. 반복적 연산은 등식 (1) 을 충족시키도록 사용될 수 있다. 등식 (1) 이 만족된다면 그리고 듀플렉스 스테인레스 강이 이전에 규정된 바와 같은 조성을 갖는다면, 바로 동일한 잉곳 또는 빌렛으로부터의 개별적인 튜브 샘플들의 항복 강도는 타겟팅된 항복 값으로부터 대략 +/- 65 MPa 초과로 벗어나지 않을 것이다.