



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2020년03월25일  
(11) 등록번호 10-2093132  
(24) 등록일자 2020년03월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C22C 38/18 (2006.01) C21D 1/78 (2006.01)  
C21D 6/00 (2006.01) C22C 1/02 (2006.01)  
C22C 38/02 (2006.01) C22C 38/04 (2006.01)  
C22C 38/22 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
C22C 38/18 (2013.01)  
C21D 1/78 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0120327

(22) 출원일자 2018년10월10일  
심사청구일자 2018년10월10일

(56) 선행기술조사문헌  
JP2006299302 A\*  
JP2008214753 A\*  
CORROSION SCIENCE AND TECHNOLOGY, Vol. 14,  
No.1(2015, pp. 25 ~ 32) 1부.\*  
JP10060582A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
울산과학기술원  
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자  
김지현  
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50  
김승현  
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(74) 대리인  
특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 7 항

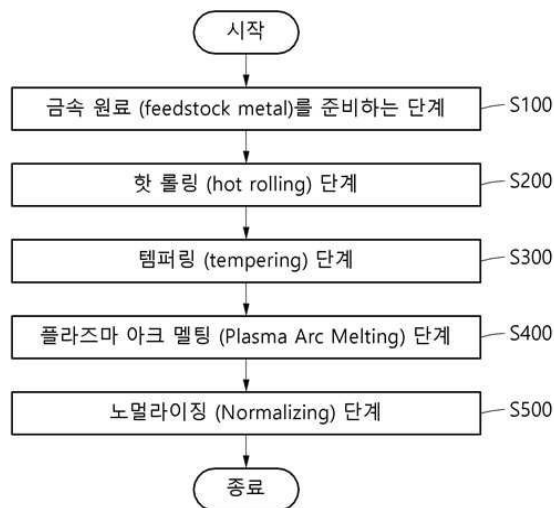
심사관 : 이상훈

(54) 발명의 명칭 **유동가속부식 저항 합금강 및 이의 제조방법**

**(57) 요약**

본 발명은 유동가속부식 저항 합금강 및 이의 제조방법에 관한 것으로서, 더욱 자세하게는 중량%로, Cr: 3.50 % 내지 4.5 % 및 Mo: 0.050 % 이하를 함유하고, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물로 구성된, 유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

**대표도** - 도1



(52) CPC특허분류

- C21D 6/002 (2013.01)
- C22C 1/02 (2013.01)
- C22C 38/02 (2013.01)
- C22C 38/04 (2013.01)
- C22C 38/22 (2013.01)
- C21D 2211/002 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415159198
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술평가관리원
연구사업명	에너지인력양성
연구과제명	원전 주요 설비 건전성 평가/관리기술 고급트랙
기여율	1/1
주관기관	울산과학기술원
연구기간	2018.01.01 ~ 2018.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

삭제

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

금속 원료(feedstock metal)를 준비하는 단계;

상기 금속 원료에 플라즈마 아크 멜팅(Plasma Arc Melting) 공정을 수행하는 단계;

핫 롤링(hot rolling) 단계;

템퍼링(tempering) 단계; 및

노멀라이징(Normalizing) 단계;를 포함하고,

상기 금속 원료는, Cr: 3.5 % 내지 4.5 % 및 Mo: 0.05 % 이하를 함유하고, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물로 조성된 것인,

유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강의 제조방법.

#### 청구항 6

삭제

#### 청구항 7

제5항에 있어서,

상기 플라즈마 아크 멜팅(Plasma Arc Melting) 공정과정에서 상기 기타 불가피한 불순물의 농도가 감소하는 것인,

유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강의 제조방법.

#### 청구항 8

제5항에 있어서,

상기 플라즈마 아크 멜팅(Plasma Arc Melting) 공정은 5000 °C 이하의 온도 조건에서 수행하는 것인,

유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강의 제조방법.

**청구항 9**

제5항에 있어서,

상기 플라즈마 아크 멜팅(Plasma Arc Melting) 공정은 동일한 온도 조건에서 4 회 내지 6 회 반복 실시하는 것인,

유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강의 제조방법.

**청구항 10**

삭제

**청구항 11**

제5항에 있어서,

상기 핫 롤링(hot rolling) 단계는,

1050 ℃ 이하의 온도 조건에서 수행하는 것인,

유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강의 제조방법.

**청구항 12**

제5항에 있어서,

상기 템퍼링(tempering) 단계는,

650 ℃ 내지 750 ℃의 온도 조건까지 가열한 후, 초당 -10 ℃로 냉각하는 것인,

유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강의 제조방법.

**청구항 13**

제5항에 있어서,

상기 노멀라이징(Normalizing) 단계는,

950 ℃ 내지 1000 ℃의 온도 조건에서 수행하는 것인,

유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강의 제조방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 유동가속부식 저항 합금강 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 종래부터 2.25Cr-1Mo강은 석유공장, 화학공장, 발전소 등의 플랜트 구조용 강으로서 널리 사용되고 있다. 이 강은 높은 Cr, Mo 함량에 의해 고온환경에서 요구되는 내산화성, 고온강도, 내크리이프(creep)성 등 중고온용강이 필요로 하는 성능을 만족시키는 것이다.

[0003] 그러나, 최근들어 상기와 같은 플랜트에 있어서 효율증대를 위해 조업조건이 고온, 고압화, 플랜트의 대형화 추세를 보이고 있으며, 현행의 조업 조건 플랜트에 있어서도 부재의 박물화에 의해 건설시 재료 비용(cost)을 저

감하려는 노력이 행해지고 있다. 또한, 석유화학공업 등에 있어서 플랜트의 조업조건도 점점 고온, 고압화되고 있는 상황이며, 특히, 원자력 발전소 2차 계통에 쓰이는 배관재료는 높은 내부식성이 요구된다.

[0004] 내부식성 중 특히 유동가속부식 저항(Flow-accelerated corrosion)과 관련하여서는, Mo와 Cr의 함량이 특정 수준 이상인 것이 중요한데, 원자력 발전소 2차 계통에 쓰이는 배관재료의 요구 조건을 만족하는 탄소강 및 합금강은 생산 단가가 너무 비싼 문제점이 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0005] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은, 원자력 발전소 2차 계통 배관재료에 쓰이는 탄소강 및 저합금강을 개선하여 높은 내부식성을 유지하면서 생산 단가가 저렴한 유동가속부식 저항 합금강 및 이의 제조방법을 제공하는 것이다.

[0006] 그러나, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 것들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 해당 분야 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따른 유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강은, 중량%로, Cr: 3.50 % 내지 4.5 % 및 Mo: 0.050 % 이하를 함유하고, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물로 조성된다.

[0008] 일 측면에 따르면, 중량%로, C: 0.05 % 내지 0.15 %, Si: 0.050 % 이하, Mn: 0.010 % 내지 0.10 %, P: 0.010 % 이하, S: 0.005 % 이하, Cr: 3.50 % 내지 4.5 % 및 Mo: 0.050 % 이하를 함유하고, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물로 조성된 것일 수 있다.

[0009] 일 측면에 따르면, Mo-프리인 것일 수 있다.

[0010] 일 측면에 따르면, 베이나이트(bainite) 조직을 가지는 것일 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강의 제조방법은, 금속 원료(feedstock metal)를 준비하는 단계; 및 상기 금속 원료에 플라즈마 아크 멜팅(Plasma Arc Melting) 공정을 수행하는 단계;를 포함한다.

[0012] 일 측면에 따르면, 상기 금속 원료는, Cr: 3.5 % 내지 4.5 % 및 Mo: 0.05 % 이하를 함유하고, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물로 조성된 것일 수 있다.

[0013] 일 측면에 따르면, 상기 플라즈마 아크 멜팅(Plasma Arc Melting) 공정과정에서 상기 기타 불가피한 불순물의 농도가 감소하는 것일 수 있다.

[0014] 일 측면에 따르면, 상기 플라즈마 아크 멜팅(Plasma Arc Melting) 공정은 5000 °C 이하의 온도 조건에서 수행하는 것일 수 있다.

[0015] 일 측면에 따르면, 상기 플라즈마 아크 멜팅(Plasma Arc Melting) 공정은 동일한 온도 조건에서 4 회 내지 6 회 반복 실시하는 것일 수 있다.

[0016] 일 측면에 따르면, 핫 롤링(hot rolling) 단계; 템퍼링(tempering) 단계; 및

[0017] 노멀라이징(Normalizing) 단계;를 더 포함한다.

[0018] 일 측면에 따르면, 상기 핫 롤링(hot rolling) 단계는, 1050 °C 이하의 온도 조건에서 수행하는 것일 수 있다.

[0019] 일 측면에 따르면, 상기 템퍼링(tempering) 단계는, 650 °C 내지 750 °C의 온도 조건까지 가열한 후, 초당 -10 °C로 냉각하는 것일 수 있다.

[0020] 일 측면에 따르면, 상기 노멀라이징(Normalizing) 단계는, 950 °C 내지 1000 °C의 온도 조건에서 수행하는 것일 수 있다.

**발명의 효과**

[0021] 본 발명에 따른 유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강의 제조방법에 따르면, 높은 내부식성을

유지하면서 생산 단가가 저렴한 유동가속부식 저항 합금강을 제조할 수 있다.

[0022] 본 발명에 따른 유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강은, 높은 유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 특성을 가지며, 원자력 발전소 2차 계통 배관재료에 적용할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0023] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강의 제조방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 템퍼링(tempering) 단계에서의 시간경과에 따른 온도를 나타낸 그래프이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 노멀라이징(Normalizing) 단계에서의 시간경과에 따른 온도를 나타낸 그래프이다.

도 4는, 본 발명의 비교예 및 실시예에 따라 제조된 합금강의 CCT (Continuous Cooling Transformation) 다이어그램이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0024] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어들은 본 발명의 바람직한 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0025] 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.

[0026] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0027] 이하, 본 발명의 유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강 및 이의 제조방법에 대하여 실시예 및 도면을 참조하여 구체적으로 설명하도록 한다. 그러나, 본 발명이 이러한 실시예 및 도면에 제한되는 것은 아니다.

[0028] 본 발명의 일 실시예에 따른 유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강은, 중량%로, Cr: 3.50 % 내지 4.5 % 및 Mo: 0.050 % 이하를 함유하고, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물로 조성된다. Mo의 함량 및 기타 불가피한 불순물의 함량은 0 % 이상이다.

[0029] 내부식성 중 특히 유동가속부식 저항(Flow-accelerated corrosion)과 관련하여서는, Mo와 Cr의 함량이 특정 수준 이상인 것이 중요한데, 원자력 발전소 2차 계통에 쓰이는 배관재료의 요구 조건을 만족하는 탄소강 및 합금강은 생산 단가가 너무 비싼 문제점이 있다. 예를 들어, 기존에 사용되는 크롬-몰리브데넘 파이프강인 P22 파이프강은, 중량%로, Cr: 1.90 % 내지 2.60 % 및 Mo: 0.87% 내지 1.13%를 함유함으로써, 유동가속부식 저항을 구현하는데, 몰리브데넘의 함량이 높아 생산 단가가 비싼 문제점이 있다.

[0030] 반면, 본 발명의 일 실시예에 따른 유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강은, 중량%로, Cr: 3.50 % 내지 4.5 % 및 Mo: 0.050 % 이하를 함유하고, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물로 조성되는데, 이러한 조성을 통해 높은 내부식성을 유지하면서 생산 단가가 저렴한 유동가속부식 저항 합금강을 구현할 수 있다.

[0031] 일 측면에 따르면, 중량%로, C: 0.05 % 내지 0.15 %, Si: 0.050 % 이하, Mn: 0.010 % 내지 0.10 %, P: 0.010 % 이하, S: 0.005 % 이하, Cr: 3.50 % 내지 4.5 % 및 Mo: 0.050 % 이하를 함유하고, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물로 조성된 것일 수 있다. P, S, Mo 및 기타 불가피한 불순물은 0 % 이상인 것일 수 있다.

[0032] 일 측면에 따르면, Mo-프리인 것일 수 있다.

[0033] 표 1은, Ducreux's FAC Rate를 금속 원료(feedstock metal)에 따라 비교한 표이다.

표 1

[0034]

	[Cr]	[Cu]	[Mo]	[N]	상대 가격	Ducreux's FAC Rate (vs.P22)
비교예 1	2.25	0	1	0	1425	1.000
비교예 2	3.2	0	0.5	0	921	0.840
실시에	4.2	0	0	0	481	1.045

[0035]

Ducreux's FAC Rate는, 유동가속부식 저항(Flow-accelerated corrosion)을 측정하는 지표로서, 하기 수학적 식 1에 따라 계산된다.

수학적 식 1

[0036]

$$Ducreux's FAC Rate = 1 / (83 [Cr]^{0.89} [Cu]^{0.25} [Mo]^{0.2})$$

[0037]

상기 표 1을 참조하면, 2.25Cr1Mo 금속 원료(비교예 1)를 사용하는 P22와 비교하여, Mo-프리 금속 원료(실시에)를 사용하는 본 발명의 유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강은 동등 또는 그 이상의 Ducreux's FAC Rate 값을 가지는 것을 알 수 있다. 또한 상대적인 금속 원료의 가격이 1/3 수준인 것을 알 수 있다. 즉, 본 발명에 따르면 높은 내부식성을 유지하면서 생산 단가가 저렴한 유동가속부식 저항 합금강을 구현할 수 있다.

[0038]

일 측면에 따르면, 베이나이트(bainite) 조직을 가지는 것일 수 있다. 페라이트 사이를 시멘타이트가 띠 모양으로 메워진 조직인 베이나이트(bainite) 조직을 포함하는 베이나이트 강은 높은 인성과 우수한 인성을 가지며, 원자력 발전소 2차 계통 배관재료에 적용할 수 있는 합금강을 구현할 수 있다.

[0039]

도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강의 제조방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 이하 도 1을 참조하여, 본 발명을 설명한다.

[0040]

본 발명의 일 실시예에 따른 유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강의 제조방법은, 금속 원료(feedstock metal)를 준비하는 단계(S100); 및 상기 금속 원료에 플라즈마 아크 멜팅(Plasma Arc Melting) 공정을 수행하는 단계(S400);를 포함한다.

[0041]

일 측면에 따르면, 상기 금속 원료는, Cr: 3.5 % 내지 4.5 % 및 Mo: 0.05 % 이하를 함유하고, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물로 조성된 것일 수 있다. 바람직하게는 Cr: 4.2 % 및 Mo-프리인 금속 원료인 것일 수 있다.

[0042]

일 측면에 따르면, 상기 플라즈마 아크 멜팅(Plasma Arc Melting) 공정과정에서 상기 기타 불가피한 불순물의 농도가 감소하는 것일 수 있다. 특히, P 및 S의 함량이 매우 낮아지며, 바람직하게는 상기 플라즈마 아크 멜팅(Plasma Arc Melting) 공정을 통해 P-프리 및 S-프리인 유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강을 구현할 수 있다.

[0043]

일 측면에 따르면, 상기 플라즈마 아크 멜팅(Plasma Arc Melting) 공정은 5000 °C 이하의 온도 조건에서 수행하는 것일 수 있다. 일반적으로 플라즈마 아크 멜팅(Plasma Arc Melting) 공정은 고온도, 양호한 제어, 재현성 등을 제공하기 때문에 일반적으로 티타늄 합금 공정에서 적용되는 기술이며, 5000 °C 이상의 온도 조건에서 수행된다. 반면, 본 발명의 플라즈마 아크 멜팅(Plasma Arc Melting) 공정은 5000 °C 이하의 온도 조건에서 수행하는 것일 수 있으며, 이를 통해 기타 불가피한 불순물의 농도가 매우 낮은 유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강을 구현할 수 있다.

[0044]

일 측면에 따르면, 상기 플라즈마 아크 멜팅(Plasma Arc Melting) 공정은 10<sup>-3</sup> 내지 10<sup>-4</sup> torr의 진공 조건에서 수행하는 것일 수 있다.

[0045]

일 측면에 따르면, 상기 플라즈마 아크 멜팅(Plasma Arc Melting) 공정은 동일한 온도 조건에서 4 회 내지 6 회 반복 실시하는 것일 수 있다.

[0046]

본 발명의 일 실시예에 따른 유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강의 제조방법은, 금속 원료(feedstock metal)를 준비하는 단계(S100); 핫 롤링(hot rolling) 단계(S200); 템퍼링(tempering) 단계(S300); 플라즈마 아크 멜팅(Plasma Arc Melting) 단계(S400); 및 노멀라이징(Normalizing) 단계(S500);를 포함한다.

[0047] 일 측면에 따르면, 상기 핫 롤링(hot rolling) 단계(S200)는, 1050 °C 이하의 온도 조건에서 수행하는 것일 수 있다. 일반적으로 사용되는 핫 롤링(hot rolling) 방식을 통해 수행하는 것일 수 있으며, 바람직하게 상기 핫 롤링(hot rolling) 단계는, 1050 °C의 온도 조건으로 2 시간 동안 가열(Heating)한 후 롤링(rolling)하는 1차 단계; 및 1050 °C의 온도 조건으로 10 분 동안 가열(Heating)한 후 롤링(rolling)하는 2차 단계;를 포함하는 것일 수 있다.

[0048] 일 측면에 따르면, 상기 템퍼링(tempering) 단계(S300)는, 650 °C 내지 750 °C의 온도 조건까지 가열한 후, 초당 -10 °C로 냉각하는 것일 수 있다. 더욱 자세하게는, 675 °C의 온도 조건에서 10분간 가열한 후, 초당 -10 °C로 300 °C까지 냉각하는 것일 수 있다.

[0049] 일 측면에 따르면, 상기 노멀라이징(Normalizing) 단계(S500)는, 950 °C 내지 1000 °C의 온도 조건에서 수행하는 것일 수 있다. 바람직하게는, 970 °C의 온도 조건에서 30 분간 가열한 후, 서서히 공기 속에서 방랭하는 것일 수 있다. 이러한 가열 및 냉각 조건을 만족함으로써, 베이나이트(bainite) 조직을 가지는 유동가속부식 저항 합금강을 구현할 수 있다.

[0050] 이하, 실시예 및 비교예에 의하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다.

[0051] 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0052] 금속 원료(feedstock metal)를 준비하는 단계

[0053] 아래 표 2에 따른 함량을 가지는 비교예 1, 비교예 2 및 실시예의 금속 원료(Feedstock Metals)를 준비하였다.

표 2

	[Cr]	[Cu]	[Mo]	[N]
비교예 1	2.25	0	1	0
비교예 2	3.2	0	0.5	0
실시예	4.2	0	0	0

[0055] 핫 롤링(hot rolling) 단계

[0056] 아래 표 3에 따른 조건을 만족하도록, 상기 비교예 1, 비교예 2 및 실시예의 금속 원료를 가열(Heating) 및 롤링(Rolling)하였다.

표 3

Stage	비교예 1	비교예 2	실시예
Original Thickness	~12 mm		
Heating	1050 °C, 2 hr		
Rolling	6.6 mm	6.6 mm	6.6 mm
Heating	1050 °C, 10 min		
Rolling	3.2 mm	3.2 mm	3.2 mm
Heating	1050 °C, 10 min	-	-
Rolling	2.8 mm	-	-

[0058] 템퍼링(tempering) 단계

[0059] 상기 핫 롤링 된 비교예 1, 비교예 2 및 실시예의 금속 원료를 675 °C의 온도 조건에서 10분간 가열한 후, 초당 -10 °C도로 300 °C까지 냉각하여 템퍼링(tempering) 단계를 수행하였으며, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 템퍼링(tempering) 단계에서의 시간경과에 따른 온도를 나타낸 그래프이다.

[0060] 플라즈마 아크 멜팅 (Plasma Arc Melting) 단계

[0061] 상기 템퍼링 된 비교예 1, 비교예 2 및 실시예의 금속 원료를 5000 °C 이하의 온도 조건, 10<sup>-3</sup> 내지 10<sup>-4</sup> torr의 진공 조건에서 플라즈마 아크 멜팅(Plasma Arc Melting)하였다. 상기 작업을 5회 반복 실시(Remeltinig)하였다.

[0062] 노멀라이징(Normalizing) 단계

[0063] 상기 플라즈마 아크 멜팅 된 비교예 1, 비교예 2 및 실시예의 금속 원료를 970 °C의 온도 조건에서 30 분간 가열한 후, 서서히 공기 속에서 방랭하였으며, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 노멀라이징(Normalizing) 단계에서의 시간경과에 따른 온도를 나타낸 그래프이다.

[0064] 상기 실시예를 통해 제조된 합금강의 조성은 아래의 표 4와 같다.

**표 4**

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu
비교예 1	<b>0.096</b>	0.008	0.010	0.002	0.002	<b>2.180</b>	<b>1.000</b>	0.004	-
비교예 2	<b>0.094</b>	0.014	0.011	0.002	0.002	<b>3.165</b>	<b>0.495</b>	0.004	-
실시예	<b>0.101</b>	0.021	0.013	0.002	0.003	<b>4.185</b>	<b>0.024</b>	0.005	-

[0066] 상기 표4를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따라 제조되는 유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 합금강은, 중량%로, C: 0.05 % 내지 0.15 %, Si: 0.050 % 이하, Mn: 0.010 % 내지 0.10 %, P: 0.010 %이하, S: 0.005 % 이하, Cr: 3.50 % 내지 4.5 % 및 Mo: 0.050 % 이하를 함유하고, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물로 조성된 것을 알 수 있다.

[0067] 도 4는, 본 발명의 비교예 및 실시예에 따라 제조된 합금강의 CCT (Continuous Cooling Transformation) 다이어그램이다.

[0068] 도 4를 참조하면, 비교예 1, 비교예 2 및 실시예에 따라 제조된 합금강은 모두 베이나이트(bainite) 조직이 우세한 위상임을 알 수 있다. 페라이트 사이클 시멘타이트가 띠 모양으로 메워진 조직인 베이나이트(bainite) 조직을 포함하는 베이나이트 강은 높은 인성과 우수한 인성을 가지며, 이러한 구조를 통해 원자력 발전소 2차 계통 배관재료에 적용할 수 있는 합금강을 구현할 수 있음을 알 수 있다.

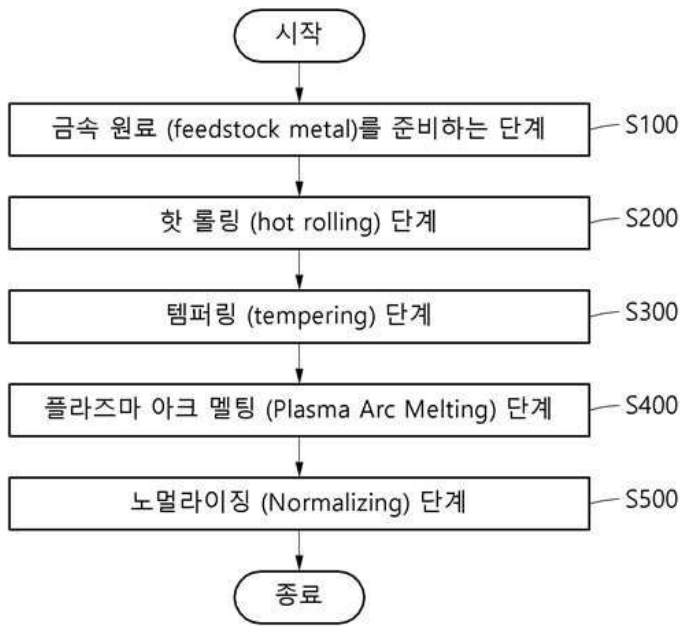
[0069] 도 5는, 본 발명의 비교예 및 실시예에 따라 제조된 합금강의 유동가속부식(flow-accelerated corrosion) 저항 특성을 나타내는 그래프이다.

[0070] 실시예에 따라 제조되는 합금강은, 비교예 1 및 비교예 2에 따라 제조되는 합금강과 비교하여 동등 혹은 이상의 유동가속부식 저항 특성을 가지는 것을 알 수 있다. 즉, 높은 내부식성을 유지하면서 생산 단가가 저렴한(비교예 대비 1/3 수준의 생산단가) 유동가속부식 저항 합금강을 구현할 수 있다.

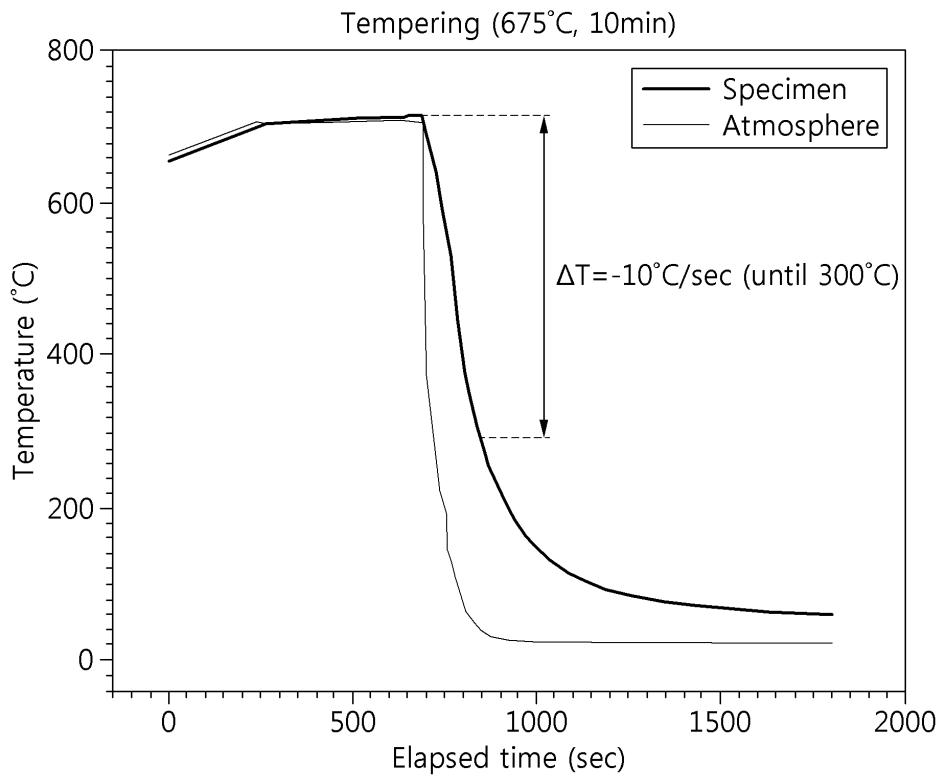
[0071] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다. 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

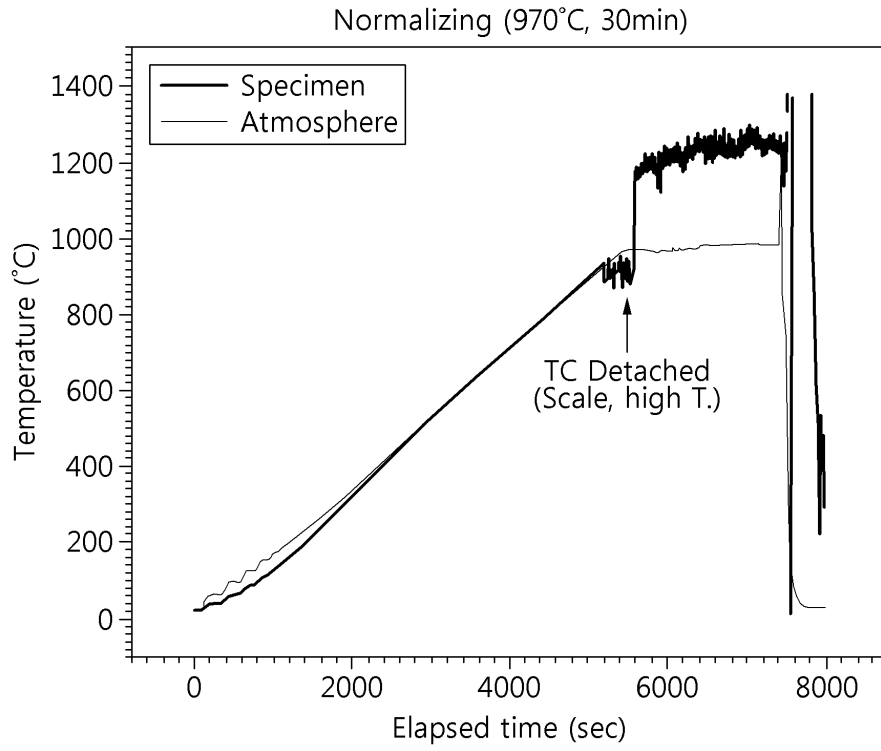
도면1



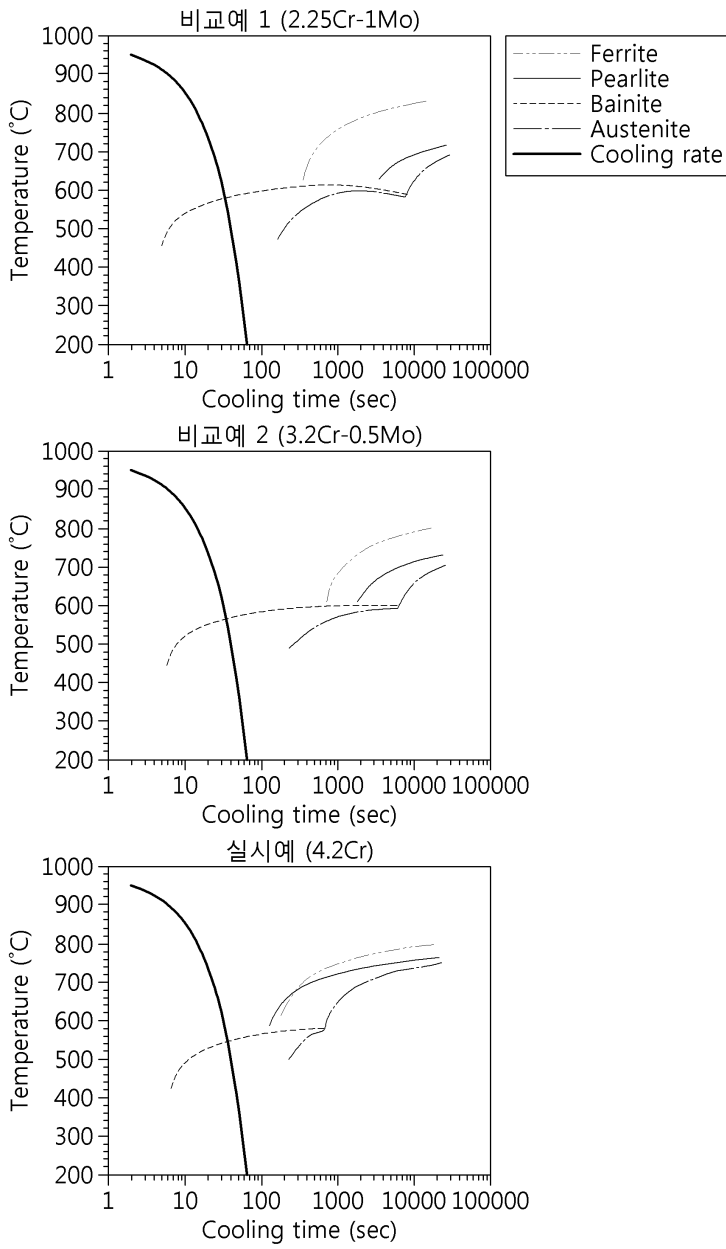
도면2



도면3



도면4



도면5

