



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0041210  
(43) 공개일자 2017년04월14일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*C22C 38/02* (2006.01) *C21D 1/20* (2006.01)  
*C22C 38/04* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*C22C 38/02* (2013.01)  
*C21D 1/20* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7003962
- (22) 출원일자(국제) 2015년07월17일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2017년02월13일
- (86) 국제출원번호 PCT/SE2015/050826
- (87) 국제공개번호 WO 2016/022054  
국제공개일자 2016년02월11일
- (30) 우선권주장  
14180077.1 2014년08월06일  
유럽특허청(EPO)(EP)
- (71) 출원인  
오스페라이트 에이비  
스웨덴 에스-922 21 빈델른 박스 520
- (72) 발명자  
라케르 리차드  
스웨덴 에스-922 32 빈델른 오크박스바겐 15
- (74) 대리인  
송봉식, 박진우, 정삼영

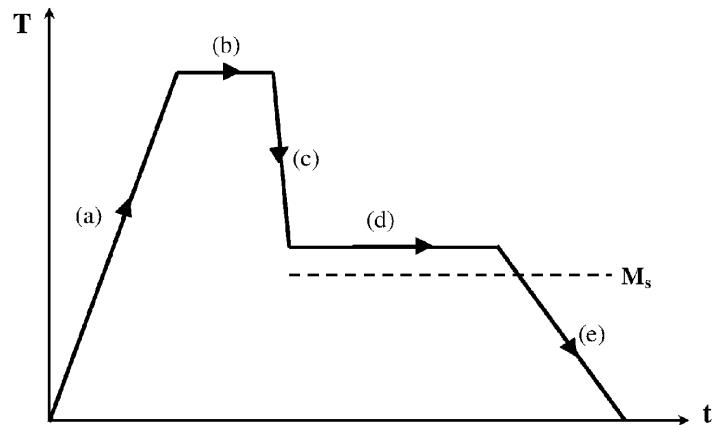
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 재료, 방법 및 구성요소

**(57) 요 약**

3.1 중량% 내지 4.4 중량%의 규소 함량과 0.4 중량% 내지 0.6 중량%의 탄소 함량을 갖는 높은 강도 및 높은 연성 및/또는 파괴 인성을 필요로 하는 구성요소를 위한 오스템퍼 처리된 강. 이 오스템퍼 처리된 강의 미세구조는 오스페라이트 또는 수퍼바이나이트이다.

**대 표 도**



(52) CPC특허분류

*C22C 38/04* (2013.01)

*C21D 2211/001* (2013.01)

*C21D 2211/002* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

3.1 중량% 내지 4.4 중량%의 규소 함량과 0.4 중량% 내지 0.6 중량%의 탄소 함량을 가지며, 오스페라이트 또는 수퍼바이나이트의 미세구조를 갖는 것을 특징으로 하는, 높은 강도 및 높은 연성 및/또는 파괴 인성을 필요로 하는 구성요소를 위한 오스템퍼 처리된 강.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 완전한 오스테나이트화를 포함하는 오스템퍼 열 처리에 의해서 얻어지며, 여기서 강의 규소 함량이 높을수록 오스테나이트화 온도가 높아지는 것을 특징으로 하는 오스템퍼 처리된 강.

#### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 중량% 단위로 다음의 조성을 갖는 것을 특징으로 하는 오스템퍼 처리된 강:

C 0.4 ~ 0.6

Si 3.1 ~ 4.4

Mn 최대 4.0

Cr 최대 25.0

Cu 최대 2.0

Ni 최대 20.0

Al 최대 2.0

Mo 최대 6.0

V 최대 0.5

Nb 최대 0.2

나머지 Fe 및 통상 발생하는 불순물들.

#### 청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 실질적으로 탄화물이 없는 미세구조를 갖는 것을 특징으로 하는 오스템퍼 처리된 강.

#### 청구항 5

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 5 vol% 미만의 탄화물을 함유하는 미세구조를 갖는 것을 특징으로 하는 오스템퍼 처리된 강.

#### 청구항 6

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서, 제 7 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 따른 방법을 사용하여 얻어질 수 있는 것을 특징으로 하는 오스템퍼 처리된 강.

#### 청구항 7

3.1 내지 4.4 중량%의 규소 함량과 0.4 내지 0.6 중량%의 탄소 함량을 가진 합금으로부터 오스템퍼 처리된 강을 제조하는 단계를 포함하고, 상기 오스템퍼 처리된 강은 완전한 오스테나이트화를 포함하는 오스템퍼 열 처리에 의해서 얻어지며, 여기서 강의 규소 함량이 높을수록 오스테나이트화 온도는 높아지고, 상기 오스템퍼 처리된 강의 결과된 미세구조는 오스페라이트 또는 수퍼바이나이트인 것을 특징으로 하는, 높은 강도 및 높은 연성 및/

또는 파괴 인성을 필요로 하는 구성요소를 위한 오스템퍼 처리된 강의 제조 방법.

### 청구항 8

제 7 항에 있어서, 오스템퍼 처리된 강이 중량% 단위로 다음의 조성을 갖는 것을 특징으로 하는 방법:

C 0.4 ~ 0.6

Si 3.1 ~ 4.4

Mn 최대 4.0

Cr 최대 25.0

Cu 최대 2.0

Ni 최대 20.0

Al 최대 2.0

Mo 최대 6.0

V 최대 0.5

Nb 최대 0.2

나머지 Fe 및 통상 발생하는 불순물들.

### 청구항 9

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

- a) 3.1 내지 4.4 중량%의 규소 함량과 0.4 내지 0.6 중량%의 탄소 함량을 가진 강을 포함하는 용융물을 형성하는 단계;
- b) 상기 용융물로부터 구성요소 또는 반가공 바를 주조하는 단계;
- c) 냉각하기 전에 상기 구성요소 또는 반가공 바를 단조가공하거나 또는 직접 냉각하고, 선택적으로 이어서 단조 및 후속 냉각하는 단계;
- d) 상기 냉각된 구성요소, 반가공 바 또는 단조물을 제1 온도에서 열 처리하고 상기 구성요소, 반가공 바 또는 단조물을 상기 온도에서 정해진 시간 동안 유지하여 상기 구성요소, 반가공 바 또는 단조물을 완전히 오스테나이트화하는 단계로서, 여기서 강의 규소 함량이 높을수록 오스테나이트화 온도가 높아지는 단계;
- e) 상기 열 처리된 구성요소, 반가공 바 또는 단조물을 퀸칭 동안 펠라이트의 형성을 방지하기에 충분한 퀸칭 속도로, 예컨대 적어도  $150^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 의 퀸칭 속도로 연속 냉각 변태(CCT) 다이어그램에서 펠라이트 영역 아래이지만  $M_s$  온도 위인 중간 온도까지 퀸칭하는 단계;
- f) 구성요소, 반가공 바 또는 단조물을 정해진 시간 동안  $M_s$  온도를 상회하는 하나 또는 몇몇 온도에서 열 처리하여 상기 구성요소, 반가공 바 또는 단조물을 오스템퍼 처리함으로써 오스페라이트 또는 수퍼바이나이트 강을 얻는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 10

제 9 항에 있어서, 단계 d-f)에서 수행되는 열 처리 전에, 후에 또는 전과 후에 모두 기계가공이 수행되는 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 11

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 따른 오스페라이트 강 또는 제 7 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 따른 방법을 사용하여 제조된 오스페라이트 강을 포함하는 것을 특징으로 하는 구성요소.

## 청구항 12

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 따른 오스페라이트 강 또는 제 7 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 따른 방법을 사용하여 제조된 오스페라이트 강을 포함하는 것을 특징으로 하는 반가공 바.

## 청구항 13

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 따른 오스페라이트 강 또는 제 7 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 따른 방법을 사용하여 제조된 오스페라이트 강을 포함하는 것을 특징으로 하는 단조물.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001]

본 발명은 높거나 매우 높은 강도와 높거나 매우 높은 연성 및/또는 파괴 인성을 필요로 하는 구성요소를 위해 의도된 오스템퍼 처리된 강에 관한 것이며, 여기서 합금 중 규소 함량은,  $M_s$  온도를 조금 상회할 때도 오스템퍼 처리 동안 바이나이트 형성을 방지하고 오스페라이트(또한 "수퍼바이나이트"라고도 한다) 미세구조를 촉진하기 위해서, 그리고 결과의 침상형 페라이트의 고용체 강화를 증가시키기 위해서 증가된다. 본 발명은 또한 이러한 오스템퍼 처리된 강의 제조 방법, 및 이러한 오스템퍼 처리된 강을 포함하는, 또는 본 발명에 따른 방법을 사용하여 제조된 구성요소, 반가공 바 또는 단조물에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002]

전형적인 오스템퍼 열 처리 사이클에서 강이나 주철을 포함하는 작업편은 먼저 가열된 다음 이들이 오스테나이트가 되고 펠라이트에 미리 용해된 시멘타이트로부터의 탄소가 형성된 오스테나이트에 균일하게 분포될 때까지 오스테나이트화 온도에서 유지된다. 강 합금에서 탄소 함량은 선행 제조 단계에서 고정되지만, 주철에서는 분산된 흑연 사이의 강-유사 바탕질 중의 탄소 함량이 열 처리 동안 오스테나이트화 온도의 선택에 의해서 변화될 수 있는데, 그 이유는 오스테나이트에서 탄소의 용해도가 온도에 따라 증가하고 탄소가 바탕질과 흑연 사이에서 쉽게 확산할 수 있기 때문이다. 따라서, 주철에서 오스테나이트는 흑연으로부터 확산하는 탄소로 포화되기에 충분한 시간이 주어져야 한다.

[0003]

작업편이 충분히 오스테나이트화된 후, 이들은 연속 냉각 변태(CCT) 다이어그램에서 펠라이트 영역 아래이지만 이 수준의 탄소를 가진 오스테나이트가 마텐자이트로 변태하기 시작하는 때인  $M_s$  온도를 넘는 중간 온도까지 퀸칭하는 동안 펠라이트의 형성을 피하기에 충분히 높은 퀸칭 속도로 퀸칭된다(일반적으로 염욕에서). 이 중간 온도 범위는 통상의 저-규소 강의 경우 베이나이트 범위라고 더 잘 알려져 있다. 다음에, 작업편은 "오스템퍼" 온도라고 불리는 이 온도에서 오스페라이트로 등온 변태하기에 충분한 시간 동안 유지되고, 이후 이들은 실온으로 냉각된다.

[0004]

저-규소 강의 유사한 열 처리에 의해서 형성된 베이나이트 구조와 유사한 방식에서, 오스페라이트 재료의 최종 미세구조와 특성은 오스템퍼 온도와 이 온도에서의 유지 시간에 의해 강하게 영향받는다. 오스페라이트 미세구조는 변태 온도가 높을수록 더 조대해지고 온도가 낮을수록 더 미세해진다. 저-규소 강에서 형성된 베이나이트 구조와 달리, 침상형 또는 깃털형 페라이트(형성 온도에 따라서)의 핵화 및 성장은 일반적으로 바이나이트 탄화물의 형성을 수반하지 않는데, 그 이유는 높은 규소 함량에 의해 그것이 지연되거나 방지되기 때문이다. 대신, 형성된 페라이트에 남은 탄소의 부분적 확산이 주변 오스테나이트를 부화시켜 그것의  $M_s$  온도를 감소시킴으로써 안정화한다. 결과의 이종 바탕질 미세구조는 "오스페라이트"라고 명명되며, 탄소-안정화된 오스테나이트에서 동시에 핵화되고 성장된 침상형 또는 깃털형 페라이트로 구성된다.

[0005]

높은 등온 변태 온도에서는 조대하며 주로 깃털형인 페라이트가 상대적으로 더 많은 양의 오스테나이트(높은 연성을 촉진한다)를 가진 탄소-안정화된 오스테나이트의 비교적 두꺼운 막의 바탕질에서 핵화되고 성장되지만, 낮은 등온 변태 온도에서는 더욱 미세하며 더욱 침상형인 페라이트가 상대적으로 더 많은 양의 페라이트(높은 강도를 가능하게 한다)를 가진 탄소-안정화된 오스테나이트의 상대적으로 얇은 막의 바탕질에서 핵화되고 성장된다.

[0006]

오스템퍼 처리된 연철(ADI)(정확히 열 처리되었을 때 ADI는 바이나이트를 전혀 또는 거의 함유하지 않음에도 때

로 "바이나이트 연철"이라고 잘못 언급되기도 한다)은 개선된 강도와 연성 특성을 지닌 연성 (구상 흑연) 주철 합금의 특별한 패밀리를 말한다. 생주물 연철과 비교하여, ADI 주물은 동일한 연성 수준에서 강도가 적어도 2 배이거나, 또는 동일한 강도 수준에서 적어도 2배의 연성을 나타낸다.

[0007] 연철을 포함하는 대부분의 주철에서는, 3월 F-C-Si 시스템에서 적어도 2 중량 퍼센트의 규소 수준이 흑연 개재물을 가져오는 것 빛 고체화 촉진하기 위해 필요하다. 오스템퍼 처리되었을 때 증가된 규소 수준은 오스템퍼 온도가  $M_s$  온도를 비교적 훨씬 상회하고 오스템퍼 처리 시간이 너무 연장되지 않는 한에서 오스템퍼 처리 동안 취약한 바이나이트(페라이트 + 시멘타이트  $Fe_3C$ )의 형성을 더 지연시키거나 완전히 방지한다. "상부 오스페라이트"에서 바이나이트 탄화물의 이런 부재는 연성 특성을 가져온다(저-규소 강에서는 유사한 온도에서 얻어진 "상부 바이나이트"가 그것의 탄화물의 위치로 인해 취약하다). 종래의 연철의 오스템퍼 처리가 저온에서 수행될 때 이들의 약 2.3-2.7 중량%의 규소 함량은 "하부 오스페라이트"에서 바이나이트 탄화물의 형성을 완전히 방지하기에 충분하지 않다. 이러한 미세구조는 주상으로서 미세한 침상형 페라이트, 얇은 탄소-안정화된 오스테나이트 및 일부 바이나이트 탄화물을 함유하며, 그 결과 감소된 연성, 감소된 퍼로 강도 및 감소된 절삭능을 가져온다.

[0008] 최근, 3 중량%를 초과하는 규소 함량을 가진 생주물 연철 등급이 표준화되었는데, 이 경우 이들의 바탕질은 고용체 강화의 증가에 따라 완전히 페라이트가 되며, 동일한 최종 인장 강도의 종래의 페라이트-페라이트 연철과 비교하여 증가된 항복 강도와 연성을 동시에 제공한다.

[0009] 이러한 용액 강화된 연철은 최근 본 발명자에 의해서 SiSSADI®(규소 용액 강화된 API) 개념의 개발에서 오스템퍼 처리를 위한 전구체로서 사용되었다. 완전한 오스테나이트화를 얻기 위하여 높은 온도가 필요하다(상 다이어그램에서 오스테나이트 영역이 규소의 증가에 따라 수축하기 때문이다); 아니면, 잔류한 사전-공석 페라이트는 퀸칭하는 동안 경화능을 감소시키고(단지 오스테나이트에서 페라이트의 핵화는 느리지만 잔류 사전-공석 페라이트 상에서 페라이트의 성장은 빠르기 때문이다), 결과의 기계적 특성을 감소시킨다(적은 오스페라이트가 형성될 수 있기 때문이다). 증가된 규소로부터의 이점은 오스테나이트화(탄소 확산이 온도에 따라 빠르게 증가하기 때문이다) 및 오스템퍼 처리(규소가 페라이트의 침전을 촉진하기 때문이다) 동안 모두 더 단축된 시간, 침상형 페라이트의 증가된 용액 강화,  $M_s$ 를 조금 상회하여 형성된 "하부 오스페라이트"에서 또한 바이나이트 탄화물의 부재, 및 강도와 연성이 동시에 개선된 결과를 포함한다.

[0010] 오스페라이트 강은, 이 강이 바이나이트 탄화물의 침전을 감소시키거나 방지하기에 충분한 규소를 함유한다는 조건에서, 오스페라이트 철에 대한 것과 유사한 열 처리에 의해서 얻어질 수 있다. 바이나이트 대신 오스페라이트(바이나이트 탄화물을 갖지 않거나 함량이 낮은)를 형성할 수 있는 오스템퍼 처리에 적합한 상업용 압연강의 예는 0.55 중량% 탄소, 1.8 중량% 규소 및 0.8 중량% 망간을 함유하는 전형적인 조성을 가진 스프링 강 EN 1.5026이다. 충분히 높은 규소 함량을 가진 강이 오스템퍼 처리되었을 때 이들은 보통 "수퍼바이나이트"라고 명명되며, 이는 형성된 페라이트에 남은 탄소의 대부분이 바이나이트 탄화물을 형성하는 대신에 주변 오스테나이트를 부화시키고 안정화한다는 것을 내포한다.

[0011] 오스페라이트(수퍼바이나이트) 강의 분야에서 최근 개발은  $M_s$ 를 조금 상회하여 오스템퍼 처리되었을 때(이 경우 매우 적은 탄소-안정화된 오스테나이트가 형성된다) 페라이트에서 탄소 함량은 0.3 중량%에 이를 수 있다는 것을 주선했고, 이 값은 0.02 중량%의 통상 인정되는 평형값보다 훨씬 더 크다. 금속상(오스테나이트 및 페라이트) 내에 탄소를 유지하는 것 이외에 오스템퍼 처리 동안 증가된 규소 함량으로부터의 추가의 이점은 더 작은 규소 원자가 더 큰 철 원자를 치환한 페라이트 격자의 국소 농도가 규소 원자로부터 멀리 놓인 틈새 부위의 일부를 동시에 확장시킬 수 있어 페라이트에서 증가된 탄소 함량을 가능하게 한다는 것일 수 있다. 치환 규소와 틈새 탄소로부터 조합된 용액 강화는, 오스페라이트의 미세도 및 바이나이트 탄화물의 낮은 함량과 함께, 템퍼 처리된 마텐자이트나 바이나이트를 포함하는 종래의 경화강과 비교하여 월등한 기계적 특성에 기여한다.

[0012] 그러나, 오스페라이트(수퍼바이나이트) 강의 분야에서 선행기술은 ADI와의 유사성에도 불구하고 용액 강화된 오스페라이트 연철에 있는 것만큼 높은 규소 함량, 즉 3 중량%를 넘는 규소 함량을 가진 강은 거의 커버하지 않았다.

[0013] 예를 들어, 국제공개 제WO 2013/149657호는 0.6 내지 1.0 중량% 탄소, 0.5 내지 2.0 중량% 규소, 1.0 내지 4.0 중량% 크로뮴 및 선택적으로 0 내지 0.25 중량% 망간, 0 내지 0.3 중량% 몰리브데늄, 0 내지 2.0 중량% 알루미늄, 0 내지 3.0 중량% 코발트, 0 내지 0.25 중량% 바나듐 중 하나 이상, 및 나머지 철을 불가피한 불순물과 함께 포함하는 조성을 가진 강 합금을 개시한다.

[0014] 이 강 합금의 미세구조는 바이나이트, 더 바람직하게는 수퍼바이나이트를 포함한다. 이 문헌은 다음을 언급한다: "규소의 첨가는 그것이 탄화물(시멘타이트)의 형성을 억제하기 때문에 유익하다. 규소 함량이 0.5 중량% 미만이면 시멘타이트는 수퍼바이나이트의 형성을 방지하는 저온에서 형성될 수 있다. 그러나, 너무 높은 규소 함량(예를 들어, 2 중량%를 넘는)은 바람직하지 않은 표면 산화물과 불량한 표면 마무리를 가져올 수 있다. 바람직하게, 강 조성은 1.5 내지 2.0 중량% 규소를 포함한다."

[0015] 선행기술에서 3 중량%를 넘는 규소 함량을 가진 오스템퍼 처리된 강은 단지 두 사례만 있을 뿐이다:

[0016] 첫째 사례는 3.85 중량% 규소와 조합하여 0.9 중량%의 매우 높은 탄소 함량을 가진 합금을 사용했다[논문제목 "Kinetic and Thermodynamic Aspects of the Bainite Reaction in a Silicon Steel"(G. Papadimitriou and J.M.R. Cenin, 1983 공개, the Materials Research Society Symposia Proceedings, Volume 21(pages 747-774) 참조]. 이러한 높은 탄소 함량은, 규소와 탄소 모두의 매우 높은 함량이 완전한 오스테나이트화(이 논문에서는 1130°C에서 수행됨)에 필요한 온도를 증가시키기 때문에 오스페라이트 구조에 유익하지 않다. 또한, 침상형 페라이트의 침전이 매우 높은 탄소 함량에 의해 지연되고, 높은 규소 함량에도 불구하고 상당량의 오스테나이트를 가진 비교적 조대한 오스페라이트만이 탄화물 침전 없이 이러한 탄소 함량을 막아할 수 있다.

[0017] 두 번째 사례는 0.6-0.8 중량% 범위의 탄소 함량과 조합하여 1.85, 2.64 또는 3.80 중량% 규소를 가진 3개의 합금을 사용했다[논문제목 "Micro-structure and mechanical properties of austempered high silicon cast steel"(Yanxiang Li and Xiang Chen, 2001 공개, Materials Science and Engineering A, Volume A308(pages 277-282) 참조]. 그러나, 모든 3개의 합금에서 900°C의 동일한 오스테나이트화 온도가 사용되었고, 이는 미세구조에서 3.80 중량% 규소 샘플과 상당량의 사전-공석 페라이트의 불완전한 오스테나이트화를 야기하며, 이로써 형성된 오스페라이트의 양 및 결과의 기계적 특성이 감소한다. 첫째 사례에서처럼 높은 탄소 함량은 둘째 사례에서 유사한 단점을 야기했다.

### 발명의 내용

[0018] 본 발명의 목적은 높은 강도와 높은 연성 및/또는 파괴 인성의 개선된 조합을 가진 새로운 종류의 오스템퍼 처리된 강을 제공하는 것이다.

[0019] 이 목적은 높은 규소 함량, 즉 3.1 중량% 내지 4.4 중량%의 규소 함량과 중간 탄소 함량, 즉 0.4 중량% 내지 0.6 중량%의 탄소 함량을 가진 오스템퍼 처리된 강, 즉 임의의 적합한 화학 조성을 가지며 3.1 중량% 내지 4.4 중량%의 규소 함량과 0.4 중량% 내지 0.6 중량%의 탄소 함량을 가진 오스템퍼 처리된 강에 의해 달성된다. 오스템퍼 처리된 강의 미세구조는 오스페라이트 또는 수퍼바이나이트인데, 즉 오스템퍼 처리된 강의 미세구조는 완전히 그렇지는 않지만 주로 오스페라이트이거나 수퍼바이나이트이다. 주로 오스페라이트 또는 수퍼바이나이트인 미세구조는 오스템퍼 처리된 강이 소량(5-10%)의 마텐자이트를 함유할 수 있다는 것을 의미하도록 의도된다. 그러나, 오스템퍼 처리된 강은 임의의 펠라이트나 사전-공석 페리어라이트를 함유하지 않는다.

[0020] 이러한 오스템퍼 처리된 강은 적어도 910°C, 적어도 920°C, 적어도 930°C, 적어도 940°C, 적어도 950°C, 적어도 960°C 또는 적어도 970°C의 온도에서 완전한 오스테나이트화를 포함하는 오스템퍼 열 처리를 통해서 얻어질 수 있으며, 여기서 강의 규소 함량이 높을수록 완전한 오스테나이트화를 달성하는데 필요한 오스테나이트화 온도가 높아진다.

[0021] 본 발명자는 3.1 내지 4.4 중량%의 높은 규소 함량과 0.4 내지 0.6 중량%의 중간 탄소 함량을 가진 오스페라이트/수퍼바이나이트 강이 (규소 함량에 따라) 충분히 높은 온도에서 완전히 오스테나이트화되었을 때 선행기술의 오스페라이트/수퍼바이나이트 강(3.0 중량% 미만의 규소 함량 및 0.6 중량%를 초과하는 탄소 함량을 가진다)을 능가하는 몇 가지 이점을 가진다. 즉, 오스페라이트/수퍼바이나이트 강의 열 처리 성능과 결과의 기계적 특성에 모두 개선이 있다.

[0022] 예를 들어, 이러한 오스템퍼 처리된 강은 적어도 1800 MPa의 인장 강도, 적어도 12%의 파단 연신율 및 적어도 150 MPaVm의 파괴 인성  $K_{JIC}$ 를 동시에 나타낼 수 있다. 페라이트 침전 및 성장의 규소에 의한 촉진으로 인해 오스템퍼 처리에 필요한 시간은 0.4 중량% 내지 0.6 중량%의 중간 탄소 함량을 가진 오스템퍼 처리된 강에 대해서도 감소된다. 추가로, 0.4 중량% 내지 0.6 중량%의 중간 탄소 함량과 함께 3.1 중량% 내지 4.4 중량%의 높은 규소 함량은 탄화물 침전이 상당량의 오스테나이트를 가진 비교적 조대한 오스페라이트(높은 오스템퍼 온도에서 형성된다)에서뿐만 아니라 소량의 오스테나이트를 가진 미세한 오스페라이트( $M_s$ 에 가까운 낮은 오스템퍼 온도에서 형성된다)에서도 회피될 수 있도록 보장할 것이다.

- [0023] 본 발명의 실시형태에 따라서, 오스템퍼 처리된 강은 적어도 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 또는 4.0 중량%의 규소 함량 및/또는 적어도 0.4 또는 0.5 중량%의 탄소 함량을 가진다. 추가로, 또는 달리, 오스템퍼 처리된 강은 4.3, 4.2, 4.1, 4.0, 3.9, 3.8, 3.7, 3.6 또는 3.5 중량%의 최대 규소 함량 및/또는 0.6 또는 0.5 중량%의 최대 탄소 함량을 가진다.
- [0024] 본 발명의 실시형태에 따라서, 오스템퍼 처리된 강은 중량% 단위로 다음 조성을 가진다:
- [0025] C 0.4 ~ 0.6
- [0026] Si 3.1 ~ 4.4
- [0027] Mn 최대 4.0
- [0028] Cr 최대 25.0
- [0029] Cu 최대 2.0
- [0030] Ni 최대 20.0
- [0031] Al 최대 2.0
- [0032] Mo 최대 6.0
- [0033] V 최대 0.5
- [0034] Nb 최대 0.2
- [0035] 나머지 Fe 및 통상 발생하는 불순물들. 인과 황은 바람직하게 최소로 유지된다.
- [0036] 단어 "최대"는 본 명세서 전체에서 강이 해당 원소를 0 중량%에서부터(즉, 0 중량%를 포함한다) 나타낸 최대량 까지 포함한다는 것을 의미하도록 의도된다. 따라서, 본 발명에 따른 오스템퍼 처리된 강은 경화능이나 다른 이유 때문에 필요하지 않을 때는 이러한 원소를 낮은 수준으로, 즉 0 내지 0.1 중량%의 수준으로 포함할 수 있다. 그러나, 본 발명에 따른 오스템퍼 처리된 강은 공정 및/또는 최종 특성을 최적화하기 위해 이들 원소 중 적어도 하나 또는 임의의 수를 높은 수준으로, 즉 나타낸 최대량 또는 0.1, 0.2 또는 0.3 중량% 내에서 나타낸 최대량에 근접한 수준으로 포함할 수 있다.
- [0037] 오스페라이트/수퍼바이나이트 구조는 잘 알려져 있고, 예를 들어 광학현미경, 투과전자현미경(TEM), 주사전자현미경(SEM), 원자 프로브 필드 이온 현미경(AP-FIM) 및 엑스선 회절 중 적어도 하나와 같은 종래의 미세구조 특성화 기술에 의해 결정될 수 있다.
- [0038] 본 발명의 추가의 실시형태에 따라서, 오스템퍼 처리된 강은 실질적으로 탄화물-무함유인 미세구조 또는 매우 적은 부피 분율의 탄화물을 함유하는, 즉 5 vol-% 미만의 탄화물, 2 vol-% 미만의 탄화물 또는 바람직하게 1 vol-% 미만의 탄화물을 함유하는 미세구조를 가진다.
- [0039] 본 발명의 실시형태에 따라서, 실시형태들 중 어느 것에 따른 오스템퍼 처리된 강은 실시형태들 중 어느 것에 따른 방법을 사용하여, 즉 규소의 증가에 의한 상 다이어그램에서 오스테나이트 필드의 감소로 인해 규소 함량의 증가에 따라 증가하는 오스테나이트화 온도를 적용함으로써 얻어질 수 있다.
- [0040] 본 발명은 또한 높은 강도와 연성을 필요로 하는 구성요소를 위한 오스템퍼 처리된 강의 제조 방법, 즉 본 발명에 따른 오스템퍼 처리된 강의 제조 방법에 관한 것이다. 이 방법은 3.1 내지 4.4 중량%의 규소 함량과 0.4 내지 0.6 중량%의 탄소 함량을 가진 합금으로부터 오스템퍼 처리된 강을 제조하는 단계를 포함한다. 오스템퍼 처리된 강은 충분히 높은 오스테나이트화 온도에서 완전한 오스테나이트를 포함하는 오스템퍼 열 처리에 의해서 얻어지며, 여기서 강의 규소 함량이 높을수록 오스테나이트화 온도가 높아지고, 오스템퍼 처리된 강의 결과의 미세구조는 오스페라이트 또는 수퍼바이나이트이다.
- [0041] 본 발명의 실시형태에 따라서, 본 발명에 따른 방법에 의해서 제조된 오스템퍼 처리된 강은 적어도 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 또는 4.0 중량%의 규소 함량 및/또는 적어도 0.4 또는 0.5 중량%의 탄소 함량을 가진다. 추가로, 또는 달리, 오스템퍼 처리된 강은 4.3, 4.2, 4.1, 4.0, 3.9, 3.8, 3.7, 3.6 또는 3.5 중량%의 최대 규소 함량 및/또는 0.6 또는 0.5 중량%의 최대 탄소 함량을 가진다.
- [0042] 본 발명의 실시형태에 따라서, 중량% 단위로 다음 조성을 가진 오스템퍼 처리된 강이 본 발명의 실시형태에 따

른 방법을 사용하여 제조될 수 있다.

[0043] C 0.4 ~ 0.6

[0044] Si 3.1 ~ 4.4

[0045] Mn 최대 4.0

[0046] Cr 최대 25.0

[0047] Cu 최대 2.0

[0048] Ni 최대 20.0

[0049] Al 최대 2.0

[0050] Mo 최대 6.0

[0051] V 최대 0.5

[0052] Nb 최대 0.2

[0053] 나머지 Fe 및 통상 발생하는 불순물들. 인과 황은 바람직하게 최소로 유지된다.

[0054] 본 발명의 다른 실시형태에 따라서, 본 방법은 규소 함량에 따라 적어도 910°C, 적어도 920°C, 적어도 930°C, 적어도 940°C, 적어도 950°C, 적어도 960°C 또는 적어도 970°C의 온도에서 강을 완전히 오스테나이트화하는 단계를 포함하며, 여기서 강의 규소 함량이 높을수록 오스테나이트화 온도가 높아진다.

[0055] 본 발명의 실시형태에 따라서, 본 방법은 다음의 단계를 포함한다:

[0056] a) 3.1 내지 4.4 중량%의 규소 함량과 0.4 내지 0.6 중량%의 탄소 함량을 가진 강을 포함하는 용융물을 형성하는 단계;

[0057] b) 상기 용융물로부터 구성요소 또는 반가공 바를 주조하는 단계;

[0058] c) 냉각하기 전에 상기 구성요소 또는 반가공 바를 단조가공하거나 또는 직접 냉각하고, 선택적으로 이어서 단조 및 후속 냉각하는 단계;

[0059] d) 상기 냉각된 구성요소, 반가공 바 또는 단조물을 제1 온도에서 열 처리하고 상기 구성요소, 반가공 바 또는 단조물을 상기 온도에서 정해진 시간 동안 유지하여 상기 구성요소, 반가공 바 또는 단조물을 완전히 오스테나이트화하는 단계로서, 여기서 강의 규소 함량이 높을수록 오스테나이트화 온도가 높아지는 단계;

[0060] e) 상기 열 처리된 구성요소, 반가공 바 또는 단조물을 퀸칭 동안 펠라이트의 형성을 방지하기에 충분한 퀸칭 속도로, 예컨대 적어도 150°C/min의 퀸칭 속도로 연속 냉각 변태(CCT) 다이어그램에서 펠라이트 영역 아래이지만  $M_s$  온도 위인 중간 온도까지 퀸칭하는 단계;

[0061] f) 구성요소, 반가공 바 또는 단조물을 정해진 시간 동안  $M_s$  온도를 상회하는 하나 또는 몇몇 온도에서 열 처리하여 상기 구성요소, 반가공 바 또는 단조물을 오스템퍼 처리함으로써 오스페라이트 또는 수퍼바이나이트 강을 얻는 단계.

[0062] 본 발명은 또한 본 발명의 실시형태들 중 어느 것에 따른 오스템퍼 처리된 강을 포함하거나, 또는 본 발명의 실시형태들 중 어느 것에 따른 방법을 사용하여 제조된, 구성요소, 반가공 바 또는 단조물에 관한 것이다. 이러한 구성요소, 반가공 바 또는 단조물은 배타적으로는 아니지만 특히 채광, 건설, 농업, 정지, 제조업, 철도 산업, 자동차 산업, 임업, 금속 제조, 자동차, 에너지 및 선박 용도에서, 또는 매우 높은 수준의 인장 강도와 연성 및/또는 파괴 인성 및/또는 증가된 피로 강도 및/또는 높은 내마모성이 동시에 필요한 임의의 다른 용도, 예컨대 퀸칭되고 템퍼 처리된 마텐자이트나 오스템퍼 처리된 바이나이트 강이 충분한 특성을 갖지 못하는 용도, 또는 엄격한 규격이 일관성 있게 충족되어야 하는 용도에서 사용하도록 의도될 수 있다. 오스템퍼 처리된 강은, 예를 들어 스프링, 고정 요소, 기어, 기어 톱니, 스플라인, 고강도 강 구성요소, 로드-베어링 구조, 갑옷, 및/또는 수소 취화에 덜 민감해야 하는 구성요소와 같은 구성요소를 제조하는데 사용될 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0063]

이후, 본 발명은 첨부된 도면을 참조하여 비제한적 예들에 의해 더 설명될 것이다.

도 1은 본 발명의 실시형태에 따른 오스템퍼 열 처리 사이클을 도식적으로 나타낸다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0064]

도 1은 본 발명의 실시형태에 따른 오스템퍼 열 처리 사이클을 도시한다. 3.1 중량% 내지 4.4 중량%의 규소 함량과 0.4 중량% 내지 0.6 중량%의 탄소 함량을 가진 강 구성요소 반가공 바 또는 단조물이 가열되고[단계 (a)], 구성요소, 반가공 바 또는 단조물이 충분히 오스테나이트화되고 탄소로 포화될 때까지의 시간 동안 충분히 높은 오스테나이트화 온도(규소 함량에 따라서)에서 유지된다[단계 (b)]. 상기 구성요소, 반가공 바 또는 단조물은, 예를 들어 스프링 행거, 브래킷, 휠 허브, 브레이크 캘리퍼, 타이밍 기어, 캠, 캠샤프트, 환상 기어, 클러치 캘라, 베어링 또는 도르래와 같은 대형 수송차에 사용하기 위한 서스펜션 또는 파워트레인-관련 구성요소에 사용될 수 있다.

[0065]

본 발명의 실시형태에 따라서, 방법은 적어도 30분의 시간 동안 상기 오스테나이트화 온도를 유지하는 단계를 포함한다. 본 발명의 다른 실시형태에 따라서, 오스테나이트화 단계는 질소 분위기, 아르곤 분위기 또는 임의의 환원 분위기, 예컨대 해리된 암모니아 분위기에서 수행되며, 이로써 탄소의 산화를 방지한다. 오스테나이트화는 고온 염욕, 노 또는 국소적 방법, 예컨대 불꽃이나 유도 가열을 사용하여 달성될 수 있다.

[0066]

구성요소, 반가공 바 또는 단조물이 오스테나이트화된 후, 바람직하게는 구성요소가 완전히 오스테나이트화된 후, 그것은 퀸칭 매체에서 높은 퀸칭 속도에서, 예컨대 150°C/min 이상에서 퀸칭되고[단계 (c)], 절편 크기에 따라서 정해진 시간 동안, 예컨대 30분 내지 2시간 동안 합금의  $M_s$  온도를 상회하는 오스템퍼 온도에서 유지된다[단계 (d)]. 이 단계에서 표현 "정해진 시간"은 구성요소 또는 그것의 적어도 한 부분에서 오스페라이트/수퍼바이나이트의 바탕질을 생성하기에 충분한 시간을 의미하도록 의도된다. 오스템퍼 단계는 염욕, 핫 오일, 또는 용융 납 또는 주석을 사용하여 달성될 수 있다. 완전한 열 처리는 매우 높은 가스 압력하에 퀸칭할 수 있는 장비에서 열간 등방압 가압(HIP) 조건하에 수행될 수 있다.

[0067]

오스템퍼 처리는 반드시 그렇지는 않지만 바람직하게는 등온이다. 즉, 상 비율 및 구성요소의 미세구조에서 결과의 탄소 함량을 재단하고, 저온에서의 침상형 페라이트의 핵화 속도 및 고온에서의 성장을 증가시킴으로써 가공 시간을 감소시키기 위한 다단계 변태 온도 일정이 채택될 수 있다.

[0068]

오스템퍼 처리 후, 구성요소, 반가공 바 또는 단조물은 실온으로 냉각된다[단계 (e)]. 다음에, 강 구성요소, 반가공 바 또는 단조물은 정상 작동 사이클 하에 응력, 변형력, 충격 및/또는 마모를 받기 쉬운 임의의 용도에 사용될 수 있다.

[0069]

본 발명의 실시형태에 따라서, 방법은 주조된 후 오스테나이트화 단계 전에 원하는 공차가 충족될 때까지 구성요소, 반가공 바 또는 단조물을 기계가공하는 단계를 포함한다. 즉, 오스테나이트화 및 오스템퍼 단계 전에 구성요소, 반가공 바 또는 단조물의 필요한 기계가공을 가능한 많이 수행하는 것이 유리하다. 또는 달리, 또는 추가로, 구성요소, 반가공 바 또는 단조물은, 예를 들어 만일 어떤 특정한 표면 처리가 요구된다면 오스템퍼 단계 후에 기계가공될 수 있다. 예를 들어, 구성요소, 반가공 바 또는 단조물은 필요한 최종 치수로 기계가공 및/또는 연마에 의해 마무리될 수 있고, 그 다음 선택적으로 호우닝, 래핑 또는 폴리싱이 수행될 수 있다.

[0070]

본 발명의 실시형태에 따라서, 중량% 단위로 다음 조성을 가진 오스템퍼 처리된 강은 본 발명의 실시형태에 따른 방법을 사용하여 제조될 수 있다:

[0071]

C 0.4 - 0.6

[0072]

Si 3.1 - 4.4

[0073]

Mn 최대 4.0

[0074]

Cr 최대 25.0

[0075]

Cu 최대 2.0

[0076]

Ni 최대 20.0

[0077]

Al 최대 2.0

[0078]

Mo 최대 6.0

[0079] V 최대 0.5

[0080] Nb 최대 0.2

[0081] 나머지 Fe 및 통상 발생하는 불순물들. 인과 황은 바람직하게 최소로 유지된다.

[0082] 본 발명에 따른 오스템퍼 처리된 강은 불가피한 불순물들을 함유할 수 있지만 이들은 합계가 조성물의 0.5 중량%를 초과하지 않을 것이며, 바람직하게는 조성물의 0.3 중량% 이하, 더 바람직하게 조성물의 0.1 중량% 이하인 것이 인정될 것이다. 오스템퍼 처리된 강 합금은 본질적으로 인용된 원소들로 구성될 수 있다. 따라서, 필수적인 이들 원소들에 더하여 다른 명시되지 않은 원소들이 조성물에 존재할 수 있다는 것이 인정될 것이지만, 단 조성물의 본질적인 특징들은 이들의 존재에 의해서 실질적으로 영향을 받지 않아야 한다.

[0083] 실시예

[0084] 중량% 단위로 다음 조성을 가진 오스템퍼 처리된 강이 본 발명의 실시형태에 따른 방법을 사용하여 제조될 수 있다:

[0085] C 0.5

[0086] Si 3.5

[0087] Mn 0.1

[0088] Cr 1.0

[0089] Ni 2.0

[0090] Mo 0.2

[0091] 나머지 Fe 및 통상 발생하는 불순물들. 인과 황은 바람직하게 최소로 유지된다.

[0092] 이러한 강은 강이 충분히 오스테나이트화될 때까지 30분 동안 920°C의 오스테나이트화 온도에서 오스테나이트화될 수 있다. 퀸칭 매체에서 퀸칭 후 강은 2시간 동안 320°C에서 오스템퍼 처리될 수 있다. 등온 오스템퍼 처리 후 구성요소, 반가공 바 또는 단조물은 실온으로 냉각될 수 있다.

[0093] 3.5 중량% 규소를 초과하는 규소 함량을 가진 오스템퍼 처리된 강을 완전히 오스테나이트화하기 위해서는 920°C를 초과하는 오스테나이트화 온도가 사용되어야 할 것이다.

[0094] 청구항의 범위 내에서 본 발명의 추가의 변형은 당업자에게 자명할 것이다. 예를 들어, 본 발명의 특정한 실시 형태를 참조하여 설명된, 임의의 특징 또는 방법 단계, 또는 특징들 또는 방법 단계들의 조합은 본 발명의 임의의 다른 실시형태에 통합될 수 있다는 것이 주지되어야 한다.

도면

도면1

