



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0036248  
(43) 공개일자 2020년04월07일

- |  |  |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/> <i>C22C 38/38</i> (2006.01) <i>B21D 22/02</i> (2006.01)<br/> <i>C21D 8/02</i> (2006.01) <i>C22C 38/02</i> (2006.01)<br/> <i>C22C 38/04</i> (2006.01) <i>C22C 38/28</i> (2006.01)<br/> <i>C22C 38/32</i> (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/> <i>C22C 38/38</i> (2013.01)<br/> <i>B21D 22/022</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2018-0115660<br/>                 (22) 출원일자 2018년09월28일<br/>                 심사청구일자 2018년09월28일</p> | <p>(71) 출원인<br/>                 현대제철 주식회사<br/>                 인천광역시 동구 중봉대로 63 (송현동)</p> <p>(72) 발명자<br/>                 김혜진<br/>                 인천광역시 동구 중봉대로 63<br/>                 하현영<br/>                 인천광역시 동구 중봉대로 63<br/>                 (뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인<br/>                 특허법인아주</p> |
|--|--|

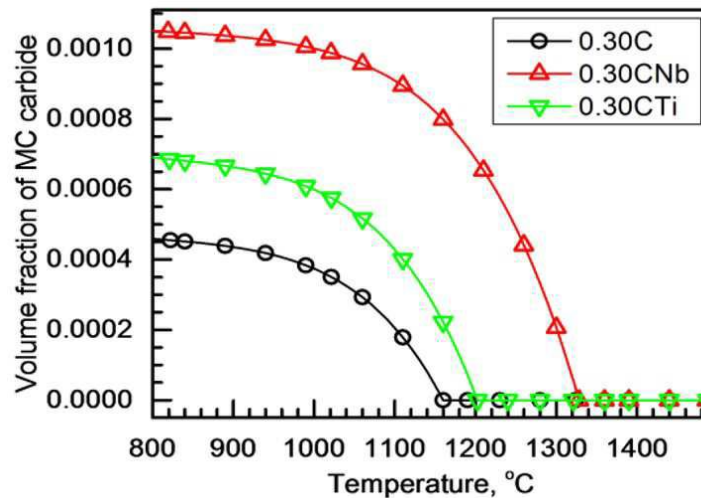
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **핫 스탬핑 부품 및 그 제조방법**

(57) 요약

본 발명은 탄소(C): 0.1 ~ 0.35중량%, 실리콘 (Si): 0.01 ~ 0.5중량%, 망간 (Mn): 1.0 ~ 3.0중량%, 인(P): 0 초과 0.1중량% 이하, 황(S): 0 초과 0.01중량% 이하, 티타늄(Ti): 0.025 ~ 0.05중량%, 크롬(Cr): 0.1 ~ 2.0중량%, 붕소(B): 0.0001 ~ 0.005중량% 및 나머지 철(Fe)과 기타 불가피한 불순물로 이루어지되, 최종 미세 조직은 템퍼드 마르텐사이트로 이루어진 핫 스탬핑 부품을 제공한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

*C21D 8/0226* (2013.01)

*C21D 8/0263* (2013.01)

*C22C 38/02* (2013.01)

*C22C 38/04* (2013.01)

*C22C 38/28* (2013.01)

*C22C 38/32* (2013.01)

*C21D 2211/008* (2013.01)

(72) 발명자

**유병길**

인천광역시 동구 중봉대로 63

**도형협**

인천광역시 동구 중봉대로 63

**양원석**

인천광역시 동구 중봉대로 63

**권태우**

인천광역시 동구 중봉대로 63

**정유동**

인천광역시 동구 중봉대로 63

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

탄소(C): 0.1 ~ 0.35중량%, 실리콘 (Si): 0.01 ~ 0.5중량%, 망간 (Mn): 1.0 ~ 3.0중량%, 인(P): 0 초과 0.1중량% 이하, 황(S): 0 초과 0.01중량% 이하, 티타늄(Ti): 0.025 ~ 0.05중량%, 크롬(Cr): 0.1 ~ 2.0중량%, 붕소(B): 0.0001 ~ 0.005중량% 및 나머지 철(Fe)과 기타 불가피한 불순물로 이루어지되,

최종 미세 조직은 템퍼드 마르텐사이트로 이루어진 것을 특징으로 하는,

핫 스탬핑 부품.

#### 청구항 2

탄소(C): 0.1 ~ 0.35중량%, 실리콘 (Si): 0.01 ~ 0.5중량%, 망간 (Mn): 1.0 ~ 3.0중량%, 인(P): 0 초과 0.1중량% 이하, 황(S): 0 초과 0.01중량% 이하, 티타늄(Ti): 0.02 ~ 0.05중량%, 니오븀(Nb): 0 초과 0.05중량% 이하, 크롬(Cr): 0.1 ~ 2.0중량%, 붕소(B): 0.0001 ~ 0.005중량% 및 나머지 철(Fe)과 기타 불가피한 불순물로 이루어지되,

최종 미세 조직은 템퍼드 마르텐사이트로 이루어진 것을 특징으로 하는,

핫 스탬핑 부품.

#### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

항복강도는 1100 ~ 1400MPa이고, 인장강도는 1600 ~ 2000MPa이고, 경도는 480 ~ 580Hv이고, 연신율은 5% 이상인,

핫 스탬핑 부품.

#### 청구항 4

(a) 제 1 항 또는 제 2 항에 따른 성분계를 가지는 강재를 1150 ~ 1300℃에서 재가열하는 단계;

(b) 상기 재가열된 강재를 마무리압연온도 800 ~ 950℃의 조건으로 열간 압연한 후 5 ~ 50℃/s의 냉각속도로 냉각하여 600 ~ 800℃에서 권취하는 단계;

(c) 상기 강재를 냉간 압연한 후 700 ~ 900℃에서 소둔열처리한 후 냉각종료온도 100 ~ 300℃까지 5 ~ 100℃/s의 냉각속도로 냉각하는 단계;

(d) 상기 강재에 대하여 핫 스탬핑 공정을 수행하는 단계; 를 포함하는,

핫 스탬핑 부품의 제조방법.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 (d) 단계는 상기 강재를 700 ~ 1000℃의 오스테나이트 온도에서 1 ~ 20분 동안 유지하는 단계; 상기 강재를 5 ~ 100℃/s의 냉각속도로 냉각시키는 단계; 상기 강재에 대하여 후열처리하는 단계; 를 순차적으로 포함하는,

핫 스탬핑 부품의 제조방법.

#### 청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 (b) 단계를 수행한 강재의 미세조직은 페라이트 및 펄라이트를 포함하고, 상기 (c) 단계를 수행한 강재의 미세조직은 페라이트 및 펄라이트를 포함하고, 상기 (d) 단계를 수행한 강재의 미세조직은 템퍼드 마르텐사이트를 포함하는,

핫 스탬핑 부품의 제조방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 부품 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 핫 스탬핑 부품 및 그 제조방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 자동차 업계는 차체 경량화 및 충돌법규 강화 트렌드에 따라 자동차 시장의 수요를 반영하여 자동차용 초고강도 강 개발을 선도하고 있다. 현재로서는 용접성, 성형성, 도장성 및 내수소지연과피성을 가지는 양호한 1500MPa 이상의 인장 강도를 가지는 박판의 초고강도 강이 범퍼백빔과 같은 충돌 특성 강화 목적 자동차 부품의 제조에 있어서 해당 강종에 대해 수요가 있다. 탄소 함유량은 마르텐사이트강의 최대 인장 강도를 결정할 때 가장 중요한 인자가 되어 있으며 1500MPa의 최대 인장 강도 가지는 마르텐사이트강 합금이 개발되고 있다. 열처리 경화강의 경우, 핫스탬핑 전에는 60K급 펄라이트 및 페라이트를 갖지만, 고온에서 열간 성형 및 금형 냉각 후에는 전부 마르텐사이트 조직을 갖는 1500 ~ 2200MPa의 최대 인장 강도, 5% 이상의 연신율을 갖는 강종이다. 하지만 고강도인 마르텐사이트강의 경우 강 내부로 유입된 수소에 의한 수소지연과피 발생이 우려된다고 보고되고 있기 때문에, 1800MPa급 열간 열처리 경화강의 성분 설계를 통해 수소 유입을 저감하기 위한 표면 특성이 우수한 고강도 마르텐사이트강의 개발이 필요하다.

[0003] 관련 선행기술로는 대한민국 특허출원 제10-2015-0059516호가 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0004] 상기와 같은 문제를 해결하기 위하여, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 확산성 수소 저감 및 수소지연과피 성능 향상을 위한 열처리 경화강으로 구현된 핫 스탬핑 부품 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.

#### 과제의 해결 수단

[0005] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 핫 스탬핑 부품은 탄소(C): 0.1 ~ 0.35중량%, 실리콘(Si): 0.01 ~ 0.5중량%, 망간(Mn): 1.0 ~ 3.0중량%, 인(P): 0 초과 0.1중량% 이하, 황(S): 0 초과 0.01중량% 이하, 티타늄(Ti): 0.025 ~ 0.05중량%, 크롬(Cr): 0.1 ~ 2.0중량%, 붕소(B): 0.0001 ~ 0.005중량% 및 나머지 철(Fe)과 기타 불가피한 불순물로 이루어지되, 최종 미세 조직은 템퍼드 마르텐사이트로 이루어진다.

[0006] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 핫 스탬핑 부품은 탄소(C): 0.1 ~ 0.35중량%, 실리콘(Si): 0.01 ~ 0.5중량%, 망간(Mn): 1.0 ~ 3.0중량%, 인(P): 0 초과 0.1중량% 이하, 황(S): 0 초과 0.01중량% 이하, 티타늄(Ti): 0.02 ~ 0.05중량%, 니오븀(Nb): 0 초과 0.05중량% 이하, 크롬(Cr): 0.1 ~ 2.0중량%, 붕소(B): 0.0001 ~ 0.005중량% 및 나머지 철(Fe)과 기타 불가피한 불순물로 이루어지되, 최종 미세 조직은 템퍼드 마르텐사이트로 이루어진다.

[0007] 상기 핫 스탬핑 부품에서, 항복강도는 1100 ~ 1400MPa이고, 인장강도는 1600 ~ 2000MPa이고, 경도는 480 ~ 580Hv이고, 연신율은 5% 이상일 수 있다.

[0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 핫 스탬핑 부품의 제조방법은 상술한 성분계의 조성을 가지는 강재를 1150 ~ 1300℃에서 재가열하는 단계; (b) 상기 재가열된 강재를 마무리압연온도 800 ~ 950℃의 조건으로 열간 압연한 후 5 ~ 50℃/s의 냉각속도로 냉각하여 600 ~ 800℃에서 권취하는 단계; (c) 상기 강재를

냉간 압연한 후 700 ~ 900℃에서 소둔열처리한 후 냉각종료온도 100 ~ 300℃까지 5 ~ 100℃/s의 냉각속도로 냉각하는 단계; (d) 상기 강재에 대하여 핫 스탬핑 공정을 수행하는 단계; 를 포함한다.

[0009] 상기 핫 스탬핑 부품의 제조방법에서, 상기 (d) 단계는 상기 강재를 700 ~ 1000℃의 오스테나이트 온도에서 1 ~ 20분 동안 유지하는 단계; 상기 강재를 5 ~ 100℃/s의 냉각속도로 냉각시키는 단계; 상기 강재에 대하여 후열처리하는 단계;를 순차적으로 포함할 수 있다.

[0010] 상기 핫 스탬핑 부품의 제조방법에서, 상기 (b) 단계를 수행한 강재의 미세조직은 페라이트 및 펄라이트를 포함하고, 상기 (c) 단계를 수행한 강재의 미세조직은 페라이트 및 펄라이트를 포함하고, 상기 (d) 단계를 수행한 강재의 미세조직은 템퍼드 마르텐사이트를 포함할 수 있다.

**발명의 효과**

[0011] 본 발명의 실시예에 따르면, 확산성 수소 저감 및 수소지연과괴 성능 향상을 위한 열처리 경화강으로 구현된 핫 스탬핑 부품 및 그 제조방법을 구현할 수 있다. 물론 이러한 효과에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

**도면의 간단한 설명**

- [0012] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따르는 핫 스탬핑 부품의 제조 방법을 개략적으로 나타내는 순서도이다.
- 도 2는 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 기지 내 탄소의 고용 농도를 비교하여 나타낸 그래프이다.
- 도 3은 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 탄화물 생성 농도를 비교하여 나타낸 그래프이다.
- 도 4는 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 TEM Replica 기법을 통한 석출물 거동과 미세 탄화물의 증가 양상을 관찰한 사진이다.
- 도 5는 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 TEM thin-foil 분석을 통한 석출물 거동과 미세 탄화물의 석출 양상을 관찰한 사진이다.
- 도 6은 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 마르텐사이트 미세조직을 관찰한 광학 현미경 사진과 SEM 사진이다.
- 도 7은 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 프라이어 오스테나이트(prior austenite) 미세조직을 관찰한 광학 현미경 사진이다.
- 도 8은 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 수소환원전류 밀도를 측정된 결과를 나타낸 그래프이다.
- 도 9는 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 사이클에 따른 수소환원전압의 변화를 측정된 결과를 나타낸 그래프이다.
- 도 10은 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 수소 주입 시간에 따른 최대 인장 강도의 추이를 나타낸 그래프이다.
- 도 11은 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 수소 주입 시간에 따른 연신율의 추이를 나타낸 그래프이다.
- 도 12는 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 1 시간 동안 수소를 주입한 후의 연신 감소율을 나타낸 수소 민감성을 나타낸 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0013] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 핫 스탬핑 부품 및 그 제조 방법을 상세하게 설명한다. 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 적절하게 선택된 용어들로서, 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

**핫 스탬핑 부품**

[0015] 본 발명의 일 실시예에 따르는 핫 스탬핑 부품은 확산성 수소 저감 및 수소지연과괴 성능 향상을 위한 열처리 경화강으로 구현된다. 상기 열처리 경화강은 핫 스탬핑용 강재로 이해될 수 있는 바, 탄소(C): 0.1 ~ 0.35중량%, 실리콘(Si): 0.01 ~ 0.5중량%, 망간(Mn): 1.0 ~ 3.0중량%, 인(P): 0 초과 0.1중량% 이하, 황(S): 0 초과 0.01중량% 이하, 티타늄(Ti): 0.025 ~ 0.05중량%, 크롬(Cr): 0.1 ~ 2.0중량%, 붕소(B): 0.0001 ~ 0.005중량%

및 나머지 철(Fe)과 기타 불가피한 불순물로 이루어진다. 또는, 탄소(C): 0.1 ~ 0.35중량%, 실리콘(Si): 0.01 ~ 0.5중량%, 망간(Mn): 1.0 ~ 3.0중량%, 인(P): 0 초과 0.1중량% 이하, 황(S): 0 초과 0.01중량% 이하, 티타늄(Ti): 0.02 ~ 0.05중량%, 니오븀(Nb): 0 초과 0.05중량% 이하, 크롬(Cr): 0.1 ~ 2.0중량%, 붕소(B): 0.0001 ~ 0.005중량% 및 나머지 철(Fe)과 기타 불가피한 불순물로 이루어진다.

[0016] 이하에서는, 본 발명의 일 실시예에 따른 핫 스탬핑 부품에 포함되는 각 성분의 역할 및 함량에 대하여 설명한다.

[0017] **탄소(C)**

[0018] 탄소(C)는 강의 강도를 높이는데 가장 효과적이며 중요한 원소이다. 또한, 탄소의 첨가에 의하여 오스테나이트에 고용되어 담금질시 마르텐사이트 조직을 형성시킨다. 나아가, 철, 크롬, 몰리브덴, 바나듐 등의 원소와 화합하여 탄화물을 형성, 강도와 경도를 향상시킨다. 탄소(C)는 본 발명의 일 실시예에 따른 핫 스탬핑 부품의 전체 중량의 0.1 ~ 0.35중량%의 함량비로 첨가될 수 있다. 탄소의 함량이 전체 중량의 0.1중량% 미만일 경우에는 상술한 효과를 구현할 수 없으며 충분한 강도를 확보하는 데 어려움이 따를 수 있다. 반대로, 탄소의 함량이 전체 중량의 0.35중량%를 초과할 경우에는 수소취성 저항성이 저하되며, 핫 스탬핑 부품의 인성 및 용접성을 열화시키는 원인이 될 수 있다.

[0019] **실리콘(Si)**

[0020] 실리콘(Si)은 고용 강화 원소로서 강재의 강화에 기여하고, 연성의 개선에 유효한 원소이다. 또한, 수소취성에 의한 균열의 기점이 되는 세멘타이트의 생성을 억제하는 역할을 한다. 나아가, 페라이트 안정화 원소로 잘 알려져 있어 냉각 중 페라이트 분율을 높여 연성을 증가시키는 원소로 잘 알려져 있다. 한편, 실리콘은 알루미늄과 함께 제강공정에서 강 중의 산소를 제거하기 위한 탈산제로 첨가되며, 고용강화 효과도 가질 수 있다. 상기 실리콘은 본 발명의 일 실시예에 따른 핫 스탬핑 부품의 전체 중량의 0.01 ~ 0.5중량%의 함량비로 첨가될 수 있다. 실리콘의 함량이 전체 중량의 0.01중량% 미만일 경우에는 상술한 실리콘 첨가 효과를 제대로 발휘할 수 없다. 반대로, 실리콘의 함량이 전체 중량의 0.5중량%를 초과하여 다량 첨가시 모재 인성 및 용접 열영향부 인성을 저해하며, 소성 가공성이 저하되는 문제가 있으며 강의 용접성을 저하시키며, 재가열 및 열간압연 시에 붉은 스케일(red scale)을 생성시킴으로써 표면품질에 문제를 줄 수 있다.

[0021] **망간(Mn)**

[0022] 망간(Mn)은 소입성을 개선할 수 있는 원소이며, 낮은 탄소 함량에 의해 감소된 담금질성을 보상하여 강판의 강도를 향상시키는 원소이다. 망간의 일부는 강속에 고용되며 일부는 강중에 함유된 황과 결합하여 비금속개재물인 MnS를 형성하는데 이 MnS는 연성이 있어서 소성가공시 가공방향으로 길게 연신된다. 그러나 MnS의 형성으로 강속에 있는 황성분이 감소하면서 결정립이 취약해지고 저용점화합물인 FeS의 형성을 억제시킨다. 강의 내산성과 내산화성을 저해하지만 펄라이트가 미세해지고 페라이트를 고용강화 시킴으로써 항복강도를 향상시킨다. 망간은 본 발명의 일 실시예에 따른 핫 스탬핑 부품의 전체 중량의 1.0 ~ 3.0중량%의 함량비로 첨가될 수 있다. 망간의 함량이 1.00중량% 보다 작을 경우, 상술한 망간의 첨가 효과를 충분히 발휘할 수 없다. 또한, 망간의 함량이 3.0중량%를 초과할 경우, 편석이 발생하여 조직 불균일성이 발생하며, 인성이 저하되며, 담금질 균열이나 변형을 유발시키며, 용접성이 저하되고, MnS 개재물 및 중심 편석(center segregation)이 발생하여 핫 스탬핑 부품의 연성이 저하되고 내부식성이 저하될 수 있다.

[0023] **인(P)**

[0024] 인(P)은 모재와 용접부에서 입계 편석을 일으키는 원소로서 강을 취화시키는 문제를 방지하기 위하여 적극 저감시켜야할 필요가 있으나, 인을 거의 극한까지 저감하기 위해서는 제강공정의 부하가 심화된다. 다만, 인의 함량이 0.1중량% 이하에서는 상기 문제점이 크게 발생하지는 않으므로, 그 상한을 0.1중량%로 제한함이 바람직하다. 나아가, 엄격하게는 그 상한을 0.05중량% 이하로 제한할 수 있으며, 더욱 엄격하게는 0.03중량% 이하로 제한할 수 있다.

[0025] **황(S)**

[0026] 황(S)은 부식 환경에서의 강재로의 수소 흡수를 조장하며, 수소취성에 의한 균열의 기점이 되는 MnS를 같은 황화물을 형성하며, 강의 적열취성을 일으키는 원소로서 강을 취화시키는 문제를 방지하기 위하여 적극 저감시켜야할 필요가 있으나, 황을 거의 극한까지 저감하기 위해서는 제강공정의 부하가 심화된다. 황의 함량이 0.01중량% 이하에서는 상기 문제점이 크게 발생하지는 않으므로, 그 상한을 0.01중량%로 제한함이 바람직하다.

나아가, 엄격하게는 그 상한을 0.005중량% 이하로 제한할 수 있다.

**[0027] 티타늄(Ti)**

[0028] 티타늄(Ti)은 질소와 함께 질화물을 형성하여, 슬라브 가열 단계에서의 오스테나이트 결정립 조대화를 방지하여 강관의 인성 향상에 효과적인 원소이다. 예컨대, 고온 TiN 형성으로 AlN의 형성을 억제하고 Ti(C,N) 등의 형성으로 결정립 크기 미세화 효과를 가지는 원소이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 핫 스탬핑 부품은, 니오븀(Nb)을 함유하지 않을 경우, 상기 티타늄을 전체 중량의 0.025 ~ 0.05중량%의 함량비로 첨가할 수 있다. 티타늄의 함량이 전체 중량의 0.025중량% 미만인 경우 상술한 효과를 구현할 수 없으며, 티타늄의 함량이 전체 중량의 0.05중량%를 초과하여 다량 첨가시 질화물이 조대화되어 모재의 인성을 저하시키며, 모상 내 탄소 함량이 감소하여 강의 특성이 저하되는 문제가 발생할 수 있다.

**[0029] 니오븀(Nb)**

[0030] 니오븀(Nb)은 NbC 또는 Nb(C,N)의 형태로 석출하여 모재 및 용접부의 강도를 향상시키는 원소이다. 상기 니오븀은 본 발명의 일 실시예에 따른 핫 스탬핑 부품의 전체 중량의 0 초과 0.05중량% 이하의 함량비로 첨가될 수 있다. 니오븀의 함량이 전체 중량의 0.05중량%를 초과하여 다량 첨가시 취성 크랙이 발생하는 문제가 나타난다. 본 발명의 일 실시예에 따른 핫 스탬핑 부품이 니오븀(Nb)을 함유하는 경우, 상술한 티타늄은 핫 스탬핑 부품의 전체 중량의 0.02 ~ 0.05중량%의 함량비로 첨가될 수 있다.

**[0031] 크롬(Cr)**

[0032] 크롬(Cr)은 페라이트 안정화 원소로 C-Mn강에 첨가시 용질 방해효과로 탄소의 확산을 지연하여 입도 미세화에 영향을 미친다. 상기 크롬은 본 발명의 일 실시예에 따른 핫 스탬핑 부품의 전체 중량의 0.1 ~ 2.0중량%의 함량비로 첨가될 수 있다. 크롬의 함량이 전체 중량의 0.1중량% 미만일 경우에는 상술한 크롬 첨가 효과를 제대로 발휘할 수 없다. 반대로, 크롬의 함량이 전체 중량의 2.0중량%를 초과하여 다량 첨가시 인성이 저하되고 가공성과 피삭성이 열화될 수 있다.

**[0033] 붕소(B)**

[0034] 붕소(B)는 소입성을 개선하여 강재의 강도 향상에 유효한 원소이다. 붕소는 본 발명의 일 실시예에 따른 핫 스탬핑 부품의 전체 중량의 0.0001 ~ 0.005중량%의 함량비로 첨가될 수 있다. 망간의 함량이 0.0001중량% 보다 작을 경우, 상술한 붕소의 첨가 효과를 충분히 발휘할 수 없다. 또한, 붕소의 함량이 0.005중량%를 초과할 경우, 열간 가공성이 저하된다.

[0035] 상술한 바와 같은, 합금 원소 조성을 가지는 본 발명의 일 실시예에 따른 핫 스탬핑 부품의 최종 미세 조직은 템퍼드 마르텐사이트로 이루어진다. 이러한 조성과 미세 조직을 가지는 핫 스탬핑 부품은 항복강도가 1100 ~ 1400MPa이고, 인장강도는 1600 ~ 2000MPa이고, 경도는 480 ~ 580Hv이고, 연신율은 5% 이상일 수 있다.

[0036] 이하에서는 상술한 합금 원소 조성을 가지는 본 발명의 일 실시예에 따른 핫 스탬핑 부품의 제조 방법을 설명한다.

**[0037] 핫 스탬핑 부품의 제조 방법**

[0038] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따르는 핫 스탬핑 부품의 제조 방법을 개략적으로 나타내는 순서도이다.

[0039] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따르는 핫 스탬핑 부품의 제조 방법은 (a) 상술한 성분계를 가지는 강재를 1150 ~ 1300℃에서 재가열하는 단계(S100); (b) 상기 재가열된 강재를 마무리압연온도 800 ~ 950℃의 조건으로 열간 압연한 후 5 ~ 50℃/s의 냉각속도로 냉각하여 600 ~ 800℃에서 권취하는 단계(S200); (c) 상기 강재를 냉간 압연한 후 700 ~ 900℃에서 소둔열처리한 후 냉각종료온도 100 ~ 300℃까지 5 ~ 100℃/s의 냉각속도로 냉각하는 단계(S300); (d) 상기 강재에 대하여 핫 스탬핑 공정을 수행하는 단계(S400);를 포함한다.

[0040] 상기 핫 스탬핑용 강재는 탄소(C): 0.1 ~ 0.35중량%, 실리콘 (Si): 0.01 ~ 0.5중량%, 망간 (Mn): 1.0 ~ 3.0중량%, 인(P): 0 초과 0.1중량% 이하, 황(S): 0 초과 0.01중량% 이하, 티타늄(Ti): 0.025 ~ 0.05중량%, 크롬(Cr): 0.1 ~ 2.0중량%, 붕소(B): 0.0001 ~ 0.005중량% 및 나머지 철(Fe)과 기타 불가피한 불순물로 이루어지는 제 1 성분계를 가지거나 탄소(C): 0.1 ~ 0.35중량%, 실리콘 (Si): 0.01 ~ 0.5중량%, 망간 (Mn): 1.0 ~ 3.0중량%, 인(P): 0 초과 0.1중량% 이하, 황(S): 0 초과 0.01중량% 이하, 티타늄(Ti): 0.02 ~ 0.05중량%, 니오븀(Nb): 0 초과 0.05중량% 이하, 크롬(Cr): 0.1 ~ 2.0중량%, 붕소(B): 0.0001 ~ 0.005중량% 및 나머지 철(Fe)과 기타 불가피한 불순물로 이루어지는 제 2 성분계를 가질 수 있다.

- [0041] 일 실시예에서, 상기 강재는 1150 ~ 1300℃의 온도에서 재가열될 수 있다. 상기 강재는 상술한 온도에서 재가열될 때, 연속주조 공정 시에 편석된 성분이 재고용될 수 있다. 재가열온도가 1150℃보다 낮을 경우, 오스테나이트 조직이 충분히 재결정이 이루어지지 않음으로써 최종적으로 불균일한 미세조직이 나타나 기계적 성질의 저하를 야기시킬 수 있다. 또한, 각종 탄화물의 고용이 충분하지 않을 수 있으며, 연속주조공정시 편석된 성분들이 충분히 고르게 분포되지 않는 문제가 있을 수 있다. 재가열온도가 1300℃를 초과할 경우, 결정립 미세화 원소로 사용되어지는 니오븀(Nb)이 기지 조직에 완전 고용되어 오스테나이트 결정립이 조대해져 최종적으로 인성저하를 야기할 수 있다. 매우 조대한 오스테나이트 결정립이 형성되어 강도 확보가 어려울 수 있다. 또한, 1300℃를 초과할 경우 가열 비용이 증가하고 공정 시간이 추가되어, 제조비용 상승 및 생산성 저하를 가져올 수 있다.
- [0042] 계속하여, 재가열된 강재를 마무리압연온도 800 ~ 950℃의 조건으로 열간 압연한 후 5 ~ 50℃/s의 냉각속도로 냉각하여 600 ~ 800℃에서 권취하는 단계(S200)를 수행한다. 상기 열간 압연의 총압하율은 30 ~ 60%일 수 있다. 단계(S200)를 수행한 후의 강재의 미세 조직은 페라이트 및 펄라이트를 포함할 수 있다.
- [0043] 계속하여, 단계(S200)를 수행한 상기 강재를 냉간 압연한 후 700 ~ 900℃에서 소둔열처리한 후 냉각종료온도 100 ~ 300℃까지 5 ~ 100℃/s의 냉각속도로 냉각하는 단계(S300)를 수행한다. 단계(S300)를 수행한 후의 강재의 미세 조직은 페라이트 및 펄라이트를 포함할 수 있다.
- [0044] 계속하여, 단계(S300)를 수행한 상기 강재에 대하여 핫 스탬핑 공정을 수행하는 단계(S400)를 수행한다. 상기 단계(S400)는 가열로에 핫 스탬핑용 강재를 장입하고 5 ~ 100℃/s의 승온 속도로 승온하는 단계; 상기 강재를 700 ~ 1000℃의 오스테나이트 온도에서 1 ~ 20분 동안 유지하는 단계; 상기 강재에 소성 가공을 수행하는 단계; 상기 강재를 핫 스탬핑 금형 내에서 5 ~ 100℃/s의 냉각속도로 냉각시키는 단계; 상기 강재에 대하여 후열처리하는 단계;를 순차적으로 포함할 수 있다. 상기 후열처리는 20분 이상 수행될 수 있다. 단계(S400)를 수행한 후의 강재의 미세 조직은 템퍼드 마르텐사이트를 포함할 수 있다.
- [0045] 상술한 공정을 수행하여 구현된 본 발명의 일 실시예에 따른 핫 스탬핑 부품은 항복강도가 1100 ~ 1400MPa이고, 인장강도는 1600 ~ 2000MPa이고, 경도는 480 ~ 580Hv이고, 연신율은 5% 이상일 수 있다.
- [0046] 상술한 본 발명의 핫 스탬핑 부품의 제조방법에 따르면, Ti, Nb 원소를 조성에 첨가하고 고온에서 어닐링 및 고온 권취함으로써 미세 석출을 유도하였다. 특히, 미세 석출물과 균질 조직의 확보는 수소 취성에 효과적이다. Ti, Nb, V, Cr 탄화물의 형성에 의해 내 수소취화 특성이 향상된다. 뿐만 아니라 결정립의 평균 입径의 미세화에 기여하는 인자로 Ti, Nb, Si, Mn의 함유량 등이 있다. 페라이트 및 펄라이트 미세 구조를 형성하기 위해서는, 페라이트의 재결정을 억제해야 한다. 이는 페라이트의 재결정 온도의 상승에 의해 억제될 수 있다. 상 변태가 2 상 영역으로 진입하는 경우, 냉간 압연 후의 강판을 가열하는 과정에서 오스테나이트가 생성되고, 페라이트의 재결정이 매우 억제되기 때문이다. 우선, 페라이트의 재결정 온도를 높이기 위해, Ti 또는 V의 첨가가 효과적이다. 따라서, 본 발명의 핫 스탬핑용 강재는 Ti, Nb를 첨가하여 미세석출을 유도하며, 페라이트의 재결정 온도를 상승시키고 냉간 압연율을 저하시켜 조직 균일화를 유도하였다. 냉간 압연 비를 낮춤으로써, 축적된 변형 에너지가 감소되므로, 재결정의 구동력이 감소하고, 재결정 온도가 상승할 수 있다. 최종 냉간압연 이후 핫 스탬핑 공정 조건에 따라, 페라이트 및 펄라이트를 미세 조직으로 가지는 냉연재를 오스테나이트 형성 온도까지 가열 후 일정 시간 유지한 후, 금형 냉각을 함으로써 템퍼드 마르텐사이트를 미세조직으로 가지는 핫 스탬핑 부품을 제조하였다.
- [0047] 본 발명의 일 실시예에 따른 핫 스탬핑 부품 및 그 제조방법은 미세 석출 원소 첨가량에 따라 미세 석출 탄화물의 비가역 수소 트랩을 유도하고 표면 산화층 열화 특성을 제어하는 구성을 제공한다. 본 발명에서는 1800MPa 이상의 초고강도강 비도금 열처리 경화강에 대해 첨가 원소 및 열연 조건 및 냉연 조건 최적화를 통해 조직 균일화 및 미세 석출물 제어를 함으로써, 수소 지연파괴 저항성을 개선하였다. 또한 Ti, Nb 첨가량의 상향에 따른 표면 제어를 통하여 수소지연파괴에 문제가 되는 확산성 수소 유입을 저감함으로써 수소 유입량을 제한함에 따라 우수한 수소 지연파괴 저항성을 갖는 핫 스탬핑 부품 및 그 제조방법을 구현하였다.
- [0048] **실험예**
- [0049] 이하 본 발명의 이해를 돕기 위해 바람직한 실험예를 제시한다. 다만, 하기의 실험예는 본 발명의 이해를 돕기 위한 것일 뿐, 본 발명이 하기의 실험예에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0050] **1. 시편의 제조**
- [0051] 본 실험예에서는 표 1의 조성을 가지는 시편들을 제공한다.

**표 1**

[0052]

	C (wt%)	Si (wt%)	Mn (wt%)	P (ppm)	S (ppm)	B (ppm)	Cr (wt%)	Ti (wt%)	Nb (wt%)
비교예	0.290	0.191	1.41	0.012	0.0016	0.002	0.208	0.020	-
실시예1	0.293	0.187	1.39	0.012	0.0012	0.0020	0.200	0.020	0.047
실시예2	0.288	0.192	1.43	0.012	0.0013	0.0020	0.203	0.031	-

[0053]

표 1의 실시예1의 조성은 탄소(C): 0.1 ~ 0.35중량%, 실리콘 (Si): 0.01 ~ 0.5중량%, 망간 (Mn): 1.0 ~ 3.0중량%, 인(P): 0 초과 0.1중량% 이하, 황(S): 0 초과 0.01중량% 이하, 티타늄(Ti): 0.02 ~ 0.05중량%, 니오븀 (Nb): 0 초과 0.05중량% 이하, 크롬(Cr): 0.1 ~ 2.0중량%, 붕소(B): 0.0001 ~ 0.005중량% 및 나머지 철(Fe)과 기타 불가피한 불순물로 이루어진 제 2 성분계의 조성을 만족하며, 표 1의 실시예2의 조성은 탄소(C): 0.1 ~ 0.35중량%, 실리콘 (Si): 0.01 ~ 0.5중량%, 망간 (Mn): 1.0 ~ 3.0중량%, 인(P): 0 초과 0.1중량% 이하, 황(S): 0 초과 0.01중량% 이하, 티타늄(Ti): 0.025 ~ 0.05중량%, 크롬(Cr): 0.1 ~ 2.0중량%, 붕소(B): 0.0001 ~ 0.005중량% 및 나머지 철(Fe)과 기타 불가피한 불순물로 이루어진 제 1 성분계의 조성을 만족한다. 이에 반하여, 표 1의 비교예의 조성은 티타늄과 니오븀의 관점에서 상술한 제 1 성분계의 조성 또는 제 2 성분계의 조성을 만족하지 못한다.

[0054]

한편, 상술한 비교예 및 실시예들에 따른 핫 스탬핑용 강재에 대하여 동일한 공정 조건으로 열간 압연, 냉간 압연 공정을 적용하였으며, 핫 스탬핑 조건에 대응되는 동일한 열처리 조건을 적용하였다. 예를 들어, 냉간 압연 후의 소둔 열처리는 800℃에서 진행하였으며, 핫 스탬핑 조건에 대응되는 동일한 열처리 조건으로서 930℃의 온도에서 300초 동안 유지하는 오스테나이트 처리를 진행하고 180℃의 온도에서 120분 동안 유지하는 후열처리를 진행하였다.

[0055]

**2. 인장시험 실측 결과**

[0056]

표 2는 상술한 표 1의 조성과 공정 조건을 적용한 시편들에 대하여 인장시험 결과를 나타낸 것이다.

**표 2**

[0057]

구분	비교예 (YS/TS/EL)	실시예1 (YS/TS/EL)	실시예2 (YS/TS/EL)
핫 스탬핑 전	339/696/20.5	508/792/17.7	428/788/17.5
핫 스탬핑 후	1422/1798/6.1	1393/1788/6.4	1402/1777/6.7

[0058]

표 2를 참조하면, 핫 스탬핑 조건의 대응 열처리를 진행하지 않은 시편들 대비 핫 스탬핑 조건의 대응 열처리를 진행한 시편들의 항복강도(YS), 인장강도(TS)는 대폭 증가하되, 연신율은 감소함을 확인할 수 있다. 예컨대, 핫 스탬핑 조건의 대응 열처리를 진행하지 않은 실시예1의 항복강도는 508MPa임에 반하여 핫 스탬핑 조건의 대응 열처리를 진행한 실시예1의 항복강도는 1393MPa로 대폭 증가하되, 연신율은 17.7%에서 6.4%로 감소하는 것으로 나타났다.

[0059]

그러나, 동일 조건에서 비교예와 실시예 간의 유의차는 크지 않음을 확인할 수 있다. 예컨대, 핫 스탬핑 조건의 대응 열처리를 진행하지 않은 비교예, 실시예1, 실시예2의 항복강도는 각각 339MPa, 508MPa, 428MPa로 나타나 유의차가 크지 않으며, 핫 스탬핑 조건의 대응 열처리를 진행한 비교예, 실시예1, 실시예2의 항복강도는 각각 1422MPa, 1393MPa, 1402MPa로 나타나 역시 유의차가 크지 않는 것으로 나타났다.

[0060]

**3. 미세 탄화물 석출 거동**

[0061]

도 2는 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 기지 내 탄소의 고용 농도를 비교하여 나타낸 그래프이고, 도 3은 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 탄화물 생성 농도를 비교하여 나타낸 그래프이다. 도 4는 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 TEM Replica 기법을 통한 석출물 거동과 미세 탄화물의 증가 양상을 관찰한 사진이다. 도 5는 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 TEM thin-foil 분석을 통한 석출물 거동과 미세 탄화물의 석출 양상을 관찰한 사진이다. 도면에서 구분된 항목 '0.30C'는 표 1의 비교예에 해당하며, 항목 '0.30CNb'는 표 1의 실시예1에 해당하며, 항목 '0.30CTi'는 표 1의 실시예2에 해당한다.

[0062]

도 2 내지 도 5를 참조하면, 본 발명의 비교예 대비 실시예들의 다른 시편에서 기지 내에 석출된 미세 탄화물

농도가 상대적으로 더 높음을 확인할 수 있다. 이러한 탄화물(TiC, NbC)은 비가역 수소 트랩핑(trapping) 역할을 하며 이에 따라 확산성 수소량을 감소시킬 수 있음을 확인하였다.

[0063] **4. 미세 조직의 크기 거동**

[0064] 도 6은 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 마르텐사이트 미세조직을 관찰한 광학 현미경 사진과 SEM 사진이다. 상단의 사진은 광학 현미경 사진이고, 하단의 사진은 SEM 사진이다. 또한, 좌측의 사진들은 표 1의 비교예에 따른 시편에 해당하며, 우측의 사진들은 표 1의 실시예2에 따른 시편에 해당하며, 중간의 사진들은 표 1의 실시예1에 따른 시편에 해당한다.

[0065] 도 6을 참조하면, 핫 스템핑 부품의 최종적인 미세조직은 템퍼드 마르텐사이트를 포함하되, 비교예 대비 실시예들의 시편에 구현되는 미세조직의 크기가 더 작음을 확인할 수 있다. 구체적으로, 비교예의 마르텐사이트 미세조직이 가장 크며, 실시예1의 마르텐사이트 미세조직이 가장 작다. 핫 스템핑 부품의 최종적인 미세조직인 마르텐사이트의 미세조직 크기가 작을수록 확산성 수소량이 감소되는 효과를 가질 수 있다.

[0066] 도 7은 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 프라이어 오스테나이트(prior austenite) 미세조직을 관찰한 광학 현미경 사진이다. 좌측의 사진은 표 1의 비교예에 따른 시편에 해당하며, 우측의 사진은 표 1의 실시예2에 따른 시편에 해당하며, 중간의 사진은 표 1의 실시예1에 따른 시편에 해당한다.

[0067] 도 7을 참조하면, 표 1의 비교예에 따른 시편에서 프라이어 오스테나이트 미세조직의 평균크기는 23.5 $\mu$ m이고, 표 1의 실시예1에 따른 시편에서 프라이어 오스테나이트 미세조직의 평균크기는 15.3 $\mu$ m이며, 표 1의 실시예2에 따른 시편에서 프라이어 오스테나이트 미세조직의 평균크기는 22.5 $\mu$ m이다. 따라서, 비교예의 프라이어 오스테나이트 미세조직이 가장 크며, 실시예1의 프라이어 오스테나이트 미세조직이 가장 작다. 프라이어 오스테나이트 미세조직은 최종적인 미세조직인 마르텐사이트의 미세조직과 대응된다는 점에서, 핫 스템핑 부품의 프라이어 오스테나이트 미세조직 크기가 상대적으로 작은 실시예들에서 확산성 수소량이 감소됨을 이해할 수 있다.

[0068] **5. 표면 산화막을 통한 수소 침투 거동**

[0069] 도 8은 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 수소환원전류 밀도를 측정된 결과를 나타낸 그래프이고, 도 9는 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 사이클에 따른 수소환원전압의 변화를 측정된 결과를 나타낸 그래프이다. 도 면에서 구분된 항목 '0.30C'는 표 1의 비교예에 해당하며, 항목'0.30CNb'는 표 1의 실시예1에 해당하며, 항목'0.30CTi'는 표 1의 실시예2에 해당한다.

[0070] 도 8 및 도 9를 참조하면, 비교예 대비 실시예들의 시편에서 티타늄 또는 니오븀의 첨가 효과에 따라 표면 산화물 특성이 상대적으로 더 양호하여 유입 수소가 저감되어 수소의 내부 침투를 효과적으로 억제할 수 있음을 이해할 수 있다. 예컨대, 도 9의 비교예의 경우 사이클이 증가할수록 수소환원전압의 변화폭이 상대적으로 커 수소의 내부 침투 경향성이 높으며 표면 산화막이 수소의 침투를 억제하지 못함에 반하여, 실시예의 경우 사이클이 증가할수록 수소환원전압의 변화폭이 상대적으로 작아 수소의 내부 침투 경향성이 낮으며 표면 산화막이 수소의 침투를 억제함을 확인할 수 있다.

[0071] **6. 수소 취성 성능 평가**

[0072] 도 10은 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 수소 주입 시간에 따른 최대 인장 강도의 추이를 나타낸 그래프이고, 도 11은 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 수소 주입 시간에 따른 연신율의 추이를 나타낸 그래프이고, 도 12는 본 발명의 실험예에 따른 시편들에서 1 시간 동안 수소를 주입한 후의 연신 감소율을 나타낸 수소 민감성을 나타낸 그래프이다. 도면에서 구분된 항목 '비교예'는 표 1의 비교예에 해당하며, 항목'실시예2'는 표 1의 실시예2에 해당한다.

[0073] 도 10을 참조하면, 실시예2의 시편에서 수소 주입 시간에 따른 최대 인장 강도는 비교예의 시편에서 수소 주입 시간에 따른 최대 인장 강도 보다 상대적으로 높음을 확인할 수 있다.

[0074] 도 11을 참조하면, 실시예2의 시편에서 수소 주입 시간에 따른 연신율은 비교예의 시편에서 수소 주입 시간에 따른 연신율 보다 상대적으로 높음을 확인할 수 있다.

[0075] 도 12를 참조하면, 세로축의 연신 감소율은 수소 주입 전후의 연신율 변동폭을 수소 주입 전의 연신율로 나눈 값에 해당한다. 이에 따르면, 실시예2의 시편에서 연신 감소율은 비교예보다 상대적으로 낮음을 확인할 수 있다.

[0076] 도 10 내지 도 12의 결과를 종합하면, 본 발명의 비교예보다 실험예에서의 수소 취성 저항성이 상대적으로 더

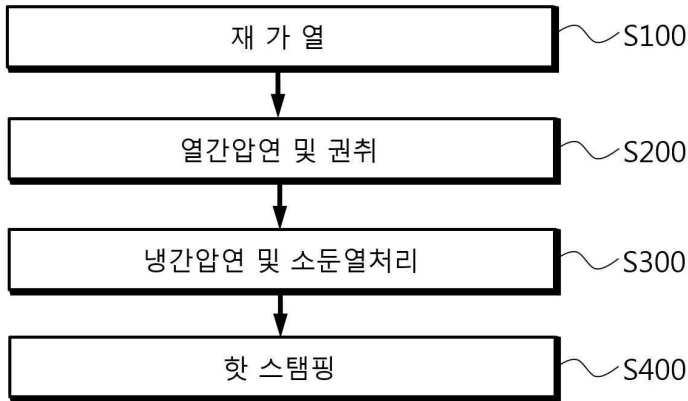
양호함을 이해할 수 있다.

[0077]

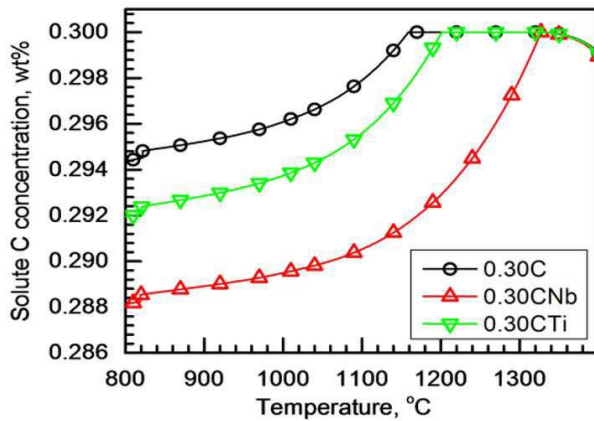
이상에서는 본 발명의 실시예를 중심으로 설명하였지만, 당업자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 이러한 변경과 변형이 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명에 속한다고 할 수 있다. 따라서 본 발명의 권리범위는 이하에 기재되는 청구범위에 의해 판단되어야 할 것이다.

도면

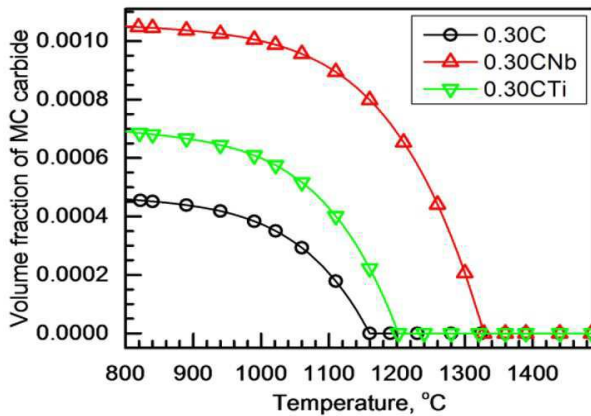
도면1



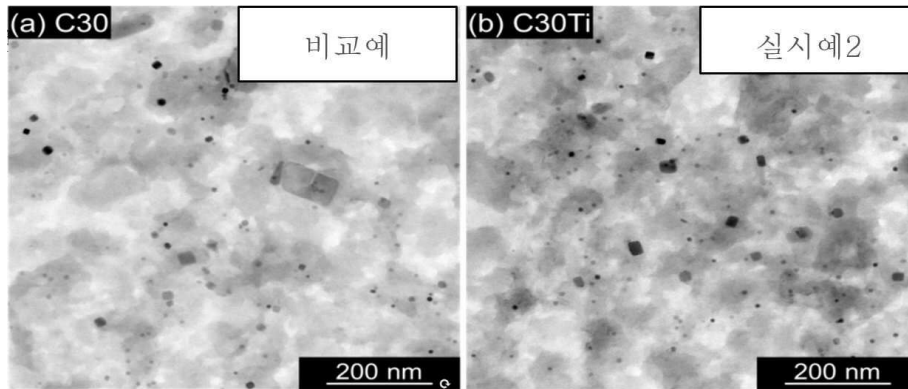
도면2



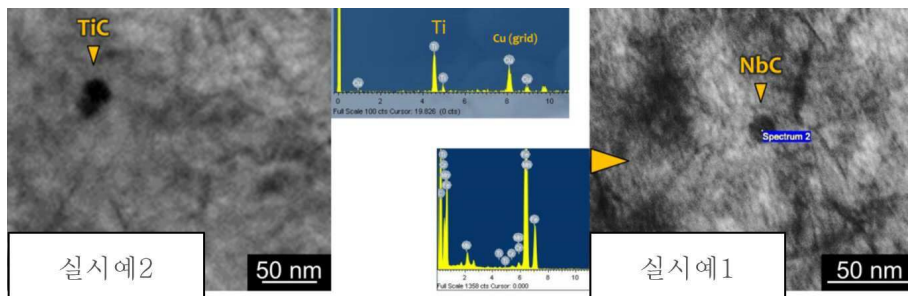
도면3



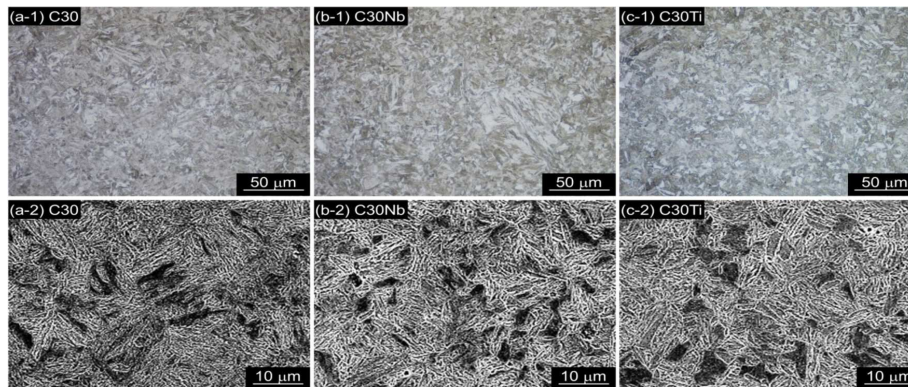
도면4



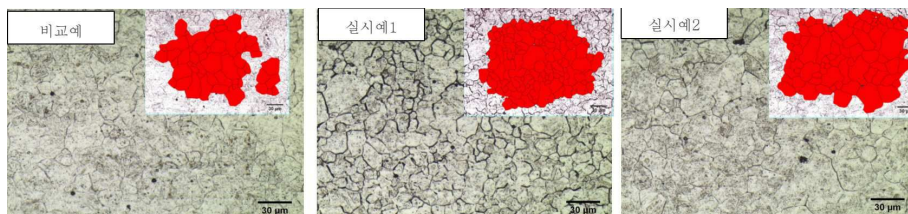
도면5



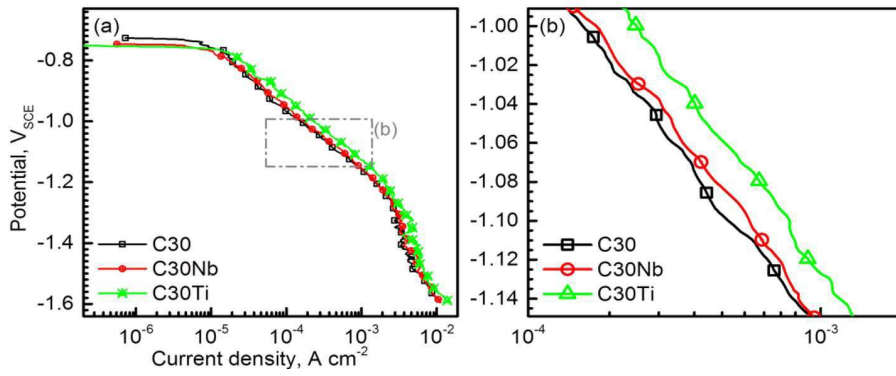
도면6



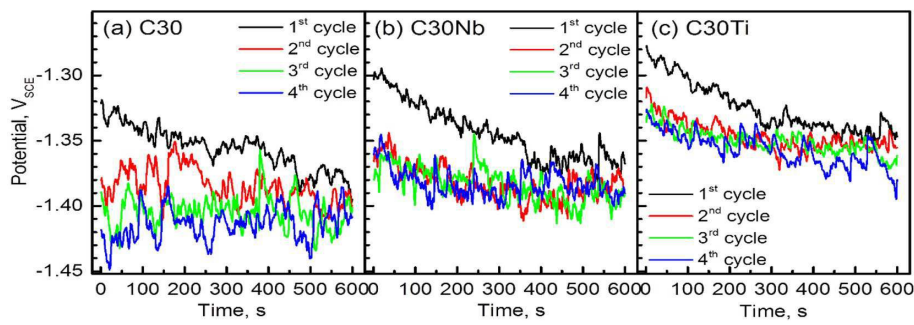
도면7



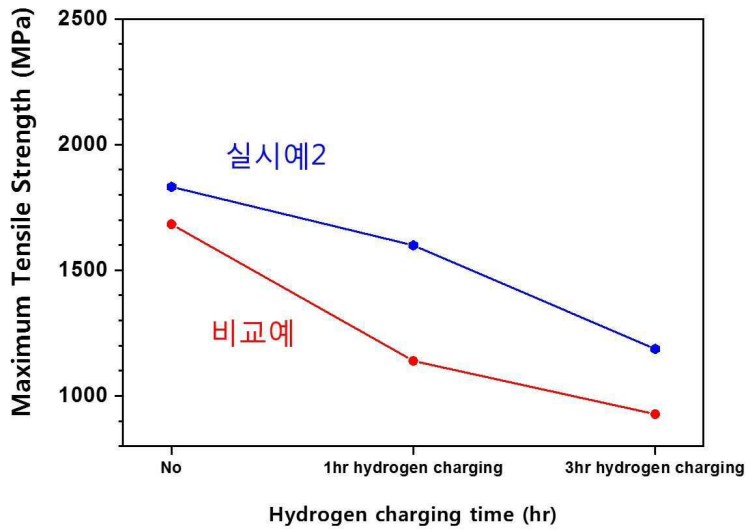
도면8



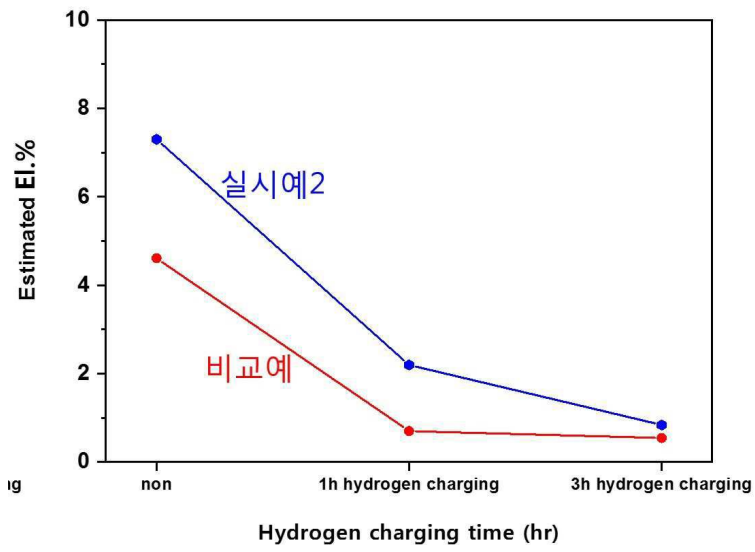
도면9



도면10



도면11



도면12

