



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0025471
(43) 공개일자 2025년02월21일

- | | |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/04 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)
C21D 9/46 (2006.01) C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01) C22C 38/12 (2006.01)
C23G 1/08 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
C22C 38/04 (2013.01)
C21D 8/0205 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2025-7002062
(22) 출원일자(국제) 2023년06월21일
심사청구일자 2025년01월20일
(85) 번역문제출일자 2025년01월20일
(86) 국제출원번호 PCT/CN2023/101853
(87) 국제공개번호 WO 2023/246905
국제공개일자 2023년12월28일</p> <p>(30) 우선권주장
202210713437.4 2022년06월22일 중국(CN)</p> | <p>(71) 출원인
바오산 아이론 앤 스틸 유한공사
중국 상하이 201900 바오산 디스트릭트 푸진 로드
넘버 885</p> <p>(72) 발명자
왕 후안룽
중국 201900 상하이 바오산 디스트릭트 푸진 로드
885
장 첸
중국 201900 상하이 바오산 디스트릭트 푸진 로드
885
(뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
김태홍, 김진희</p> |
|--|--|

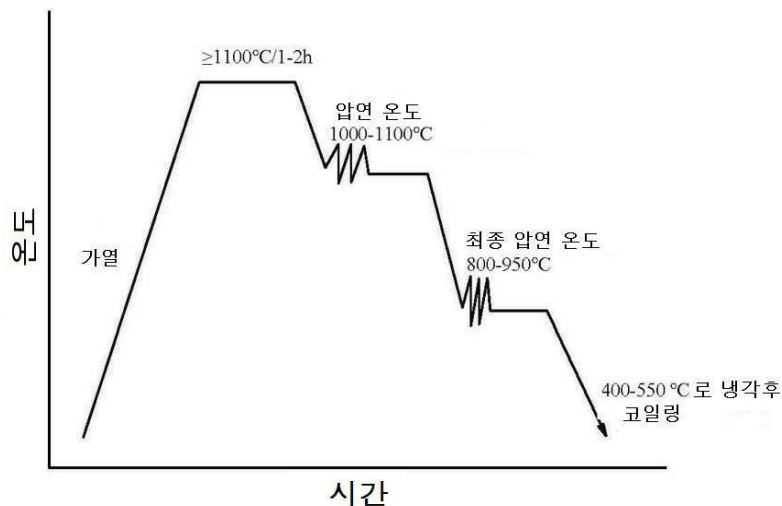
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 고-구멍 확장률 및 초고-소성 강과 그 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 고-구멍 확장률 및 초고-소성을 갖는 강과 그 제조 방법을 제공한다. 상기 강은 중량%로 이하의 성분을 포함한다: C: 0.10~0.35%, Si: 0.8~2.0%, Mn: 1.0~2.5%, P: ≤0.02%, S: ≤0.005%, Al: 0.01~0.1%, N: ≤0.005%, V: 0.10~0.50%, O: ≤0.003%, 잔부는 Fe 및 다른 불가피 불순물. 본 발명의 강은 우수한 기계적 특성을 갖고, 항복 강도, 인장 강도, 연신율 및 구멍 확장률 간의 양호한 매칭을 나타내며, 복잡한 형상 요건을 갖는 구성요소, 또는 상용차 또는 승용차의 부품과 같이 높은 강도를 유지하면서 박형화하는 것을 필요로 하는 그 밖의 부품에 널리 적용될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C21D 8/0215 (2013.01)
C21D 8/0226 (2013.01)
C21D 8/0242 (2013.01)
C21D 8/0263 (2013.01)
C21D 9/46 (2013.01)
C22C 38/02 (2013.01)
C22C 38/06 (2013.01)
C22C 38/12 (2013.01)
C23G 1/08 (2013.01)

(72) 발명자

양 아나

중국 201900 상하이 바오산 디스트릭트 푸진 로드
885

팡 허우권

중국 201900 상하이 바오산 디스트릭트 푸진 로드
885

판 지아지에

중국 201900 상하이 바오산 디스트릭트 푸진 로드
885

루 민

중국 201900 상하이 바오산 디스트릭트 푸진 로드
885

명세서

청구범위

청구항 1

중량%로 이하의 성분을 포함하는 강으로서: C: 0.10~0.35%, Si: 0.8~2.0%, Mn: 1.0~2.5%, P: ≤0.02%, S: ≤0.005%, Al: 0.01~0.1%, N: ≤0.005%, V: 0.10~0.50%, O: ≤0.003%, 잔부는 Fe 및 다른 불가피 불순물;

C의 함량은 0.10~0.25%이고 V의 함량은 0.10~0.30%인 경우, 강은 780 MPa 이상의 인장 강도, 30% 이상의 연신율, 및 65% 이상의 구멍 확장률을 갖고;

C의 함량은 0.25~0.35%이고 V의 함량은 0.30~0.50%인 경우, 강은 980 MPa 이상의 인장 강도, 25% 이상의 연신율, 및 50% 이상의 구멍 확장률을 갖는 것인 강.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 강은 추가적으로 Mo, Cu, Ni, Cr, Nb, V 및 B로 이루어진 그룹으로부터 선택된 하나 이상을 포함하고; Mo: ≤0.5%, Cu: ≤0.5%, Ni: ≤0.5%, Cr: ≤0.5%, Nb: ≤0.06%, V: ≤0.10%, B: ≤0.001%인 것인 강.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 불가피 불순물은 S: ≤0.004 중량%를 포함하는 것인 강.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 불가피 불순물은 N: ≤0.004 중량%를 포함하는 것인 강.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 강은 베이나이트 및 잔류 오스테나이트의 미세 구조를 갖고, 오스테나이트의 함량은 ≥ 5%이며 베이나이트는 나노-석출 VC를 함유하는 것인 강.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 강은 700 MPa 이상의 항복 강도를 갖는 것인 강.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 따른 강을 제조하는 방법으로서:

1) 제련 및 주조 단계로서,

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 명시된 성분에 따른 용강을 컨버터 또는 전기로에서 제련한 다음, 진공로에서 2차 정련한 후, 주조 블랭크 또는 주조 잉곳으로 주조하는 단계;

2) 주조 블랭크 또는 주조 잉곳을 재가열하는 단계로서,

가열 온도 ≥ 1100 °C, 유지 시간 : 1-2 시간인 것인 단계;

3) 주조 블랭크 또는 주조 잉곳을 열간 압연 및 냉각하는 단계로서,

주조 블랭크 또는 주조 잉곳은 1000 °C 내지 1100 °C의 초기 압연 온도에서 압연되고, 이어서 1000 °C 이상에서 50% 이상의 비교적 큰 변형률로 복수 회 압연되어, 중간 블랭크를 획득하며, 이어서 중간 블랭크가 950 °C 내지 1000 °C에 도달한 후, 70% 이상의 누적 변형률로 3~5회 최종 압연되어, 강 스트립을 획득하고; 상기 최종 압연 온도는 800~950 °C이며;

상기 냉각은 제어된 냉각이고, 최종 압연 이후에, 강 스트립은 10 °C/s 이상의 냉각률로 400~500 °C의 온도로 수냉되며 코일링되고, 이어서 강 코일은 실온으로 냉각되어, 열간 압연 강 스트립을 획득하는 것인 단계를 포함하

는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 추가적으로 4) 산세 처리 단계로서, 상기 열간 압연 강 스트립을 30~140 m/min의 진행 속도, 75~85℃의 산세 처리 온도, 및 3% 이하의 직선화율로 산세 처리한 후, 35~50℃ 범위의 온도에서 세정하며, 상기 열간 압연 강 스트립의 표면을 120~140℃의 온도에서 건조하고, 오일을 바르는 것인 단계를 더 포함하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 강과 그 제조 방법의 분야에 속하고, 그리고 특히 고-구멍 확장률 및 초고-소성 강과 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 자동차는 국가 경제의 발전에 결정적인 역할을 한다. 널리 알려진 바와 같이, 승용차의 경량화는 항상 업계의 추세이었고, 자동차 제조업체가 전체 차량 중량의 감소를 지속적으로 추구하는 것을 장려하게 만들었다. 이는 새시, 차체, 및 시트와 같은 다양한 양태에서 높은 강도를 유지하면서 중량을 감소시키는 것과, 심지어 알루미늄 합금 및 탄소 섬유와 같은 다른 새로운 재료를 사용하는 것을 포함한다. 승용차에 비해, 상용차에 대한 경량화 과정은 훨씬 느리다. 상용차는 실제 사용 중에 과격하게 될 수 있는 것을 고려하면, 상용차의 구조 설계에 충분한 마진을 제공할 필요가 있고, 이는 상용차의 경량화 과정에 영향을 미친다.

[0003] 연료 탱크 브라켓, 배터리 브라켓, 가스 실린더 브라켓 및 전방 언더런 보호부 등과 같은 상용차의 새시 부품은 현재 Q345 등과 같은 저장도 두꺼운-게이지 보통강으로 생산된다. 그 전형적인 조성은: C: 0.12~0.20%, Si: 0.20~0.55%, Mn: 1.20~1.60%, P: ≤0.03%, S: ≤0.03%. 추가적으로, 이러한 부품에 대한 성형 프로세스는 상대적으로 복잡하고, 일부는 볼트 연결을 필요로 하며, 일부는 용접을 필요로 한다. 상용차의 경량화가 발전함에 따라, 많은 사용자가, 이러한 상용차의 부품들의 일체화 성형에 냉간 스탬핑을 사용하여, 절차를 줄이고 경량화를 달성하기를 바란다. 결과적으로 이는, 열간 압연 고강도강의 성능에 대한 요구 사항을 더 높여, 높은 강도를 보장하면서 더 높은 연신율과 더 우수한 성형성을 가질 것을 요구한다. 연료 탱크 브라켓과 같은 부품을 스탬핑하는 데 종래의 고강도강을 사용하는 경우, 균열이 부품의 큰 호(large arc)에서 발생하여, 매끄러운 스탬핑이 불가능해질 수 있다. 따라서, 높은 인장 강도 및 탁월한 성형성을 갖는 신규 고강도강을 개발하는 것이 바람직하다. 전술한 이유로, 높은 인장 강도, 극히 높은 연신율 및 높은 구멍 확장률을 특징으로 하는 다양한 강도 레벨을 갖는 열간 압연 고급 고강도강이 개발되었다. 이러한 강은 승용차와 상용차 모두에 대하여 복잡한 부품의 스탬핑 및 성형을 가능하게 하여, 유망한 응용 분야의 잠재적이고 유의한 개발 전망을 입증한다.

[0004] 초고-소성 강에 대한 종래의 해결 방안 몇 개가 이미 존재하는데, 이들 대부분은 높은 강도를 갖는 냉간 압연 강의 분야에 초점을 맞추고 있고, 일부는 초고-소성을 갖는 열간 압연 강과 관련이 있다.

[0005] 예를 들어, 중국 특허 출원 CN104233092A에는, 낮은 탄소 함량 및 높은 규소 함량, 그리고 상대적으로 높은 합금 비용을 야기하는 Cr, Mo 및 Nb 등과 같은 소정량의 귀금속 합금 원소를 갖도록 조성이 구성되는, 초고-소성을 갖는 780 MPa 등급 강이 개시된다.

[0006] 중국 특허 출원 CN107815593A에는, 낮은 규소 함량 및 높은 알루미늄 함량, 그리고 소정량의 귀한 원소 Cu를 갖는 조성의, 낮은 규소 함량 및 높은 알루미늄 함량을 갖고 초고-소성을 갖는 강이 개시된다. 제조 프로세스는 주로, 초고-소성을 갖는 780 MPa 등급 열처리강을 획득하기 위해, 1-3분 동안 2-상 구역에서의 열처리와, 이후의 베이나이트 구역에서의 상 변태를 포함한다. 그러나, 열처리 프로세스는 열간 압연 생산 라인에 적용될 수 없다.

[0007] 중국 특허 출원 CN114107792A에는, 그 조성에 바나듐을 포함하지 않게 구성되는, 높은 구멍 확장률을 갖는 저규소 티탄-몰리브덴 강이 개시된다. 이 강은 성능에 있어서 높은 구멍 확장 특성을 나타낸다. 그 미세 구조에 잔류 오스테나이트가 없기 때문에, 높은 수준의 연신율을 달성할 수 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은, 고-구멍 확장률 및 초고-소성 강과 그 제조 방법을 제공하는 것이다. 고-구멍 확장률 및 초고-소성 강은 우수한 기계적 특성을 갖고, 비교적 높은 항복 강도, 높은 인장 강도, 초고 연신율 및 구멍 확장률 간의 양호한 매칭을 달성할 수 있으며, 복잡한 형상 요건을 갖는 구성요소 또는 상용차 또는 승용차의 부품과 같이 높은 강도를 유지하면서 박형화하는 것을 필요로 하는 그 밖의 부품에 널리 적용될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명은 비교적 경제적인 조성 구성 개념을 채택하고, 기존의 열간 압연 생산 라인에서 생산될 수 있다.

[0010] 제1 양태에서, 본 발명은 다음의 성분을 중량%로 포함하는 강을 제공하고: C: 0.10~0.35%, Si: 0.8~2.0%, Mn: 1.0~2.5%, P: ≤0.02%, S: ≤0.005%, Al: 0.01~0.1%, N: ≤0.005%, V: 0.10~0.50%, O: ≤0.003%, 잔부는 Fe 및 다른 불가피 불순물;

[0011] C의 함량은 0.10~0.25%이고 V의 함량은 0.10~0.30%인 경우, 강은 780 MPa 이상의 인장 강도, 30% 이상의 연신율, 및 65% 이상의 구멍 확장률을 갖고;

[0012] C의 함량은 0.25~0.35%이고 V의 함량은 0.30~0.50%인 경우, 강은 980 MPa 이상의 인장 강도, 25% 이상의 연신율, 및 50% 이상의 구멍 확장률을 갖는다.

[0013] 바람직하게는, 전술한 강은 추가적으로 Mo, Cu, Ni, Cr, Nb, V 및 B로 구성된 그룹으로부터 선택된 하나 이상을 포함하고; 중량%로 Mo: ≤0.5%, Cu: ≤0.5%, Ni: ≤0.5%, Cr: ≤0.5%, Nb: ≤0.06%, V: ≤0.10%, B: ≤0.001%이다.

[0014] 바람직하게는, 상기 불가피 불순물은 S: ≤0.003 중량% 및 N: ≤0.004 중량%를 포함한다.

[0015] 달리 명시하지 않는 한, 본 발명의 강의 각 원소의 함량은 질량 분율을 지칭한다.

[0016] 본 발명의 고-구멍 확장률 및 초고-소성 강의 조성 구성에 있어서:

[0017] 탄소는 강의 기본 원소이고, 또한 본 발명에 있어서 중요한 원소 중 하나이다. 탄소는 오스테나이트 상 영역을 확장하고 오스테나이트를 안정화시킨다. 강의 격자간 원자로서, 탄소는 강의 강도를 향상시키는 데 결정적인 역할을 하고, 무엇보다도 강의 항복 강도 및 인장 강도에 가장 큰 영향을 미친다. 추가적으로, 잔류 오스테나이트를 안정화시키는 데 효과적인 원소로서, 탄소는 통상적으로 비교적 높은 레벨로 존재하는 것이 요구된다. 본 발명에서는, 다양한 레벨의 인장 강도를 갖고 비교적 다량의 안정적인 잔류 오스테나이트를 갖는 고강도강을 얻기 위해, 탄소의 함량은 0.01% 이상이어야 한다. 그러나, 탄소의 함량은 0.35%를 초과할 수 없다. 과도한 탄소의 함량은 더 높은 강도, 연신율의 감소, 및 용접 성능의 악화로 이어질 수 있다. 따라서, 탄소의 함량은 0.10~0.35%로 제어되어야 한다.

[0018] 규소는 강의 기본 원소이고, 또한 본 발명에 있어서 중요한 원소 중 하나이다. 규소 함량의 증가는 고용체 강화 효과를 향상시킬 뿐만 아니라, 더 중요하게는 이하의 두 효과를 갖는다. 첫째, 규소 함량의 증가는 강의 비-재결정화 온도를 크게 줄여, 동적 재결정화가 넓은 온도 범위에 걸쳐 일어나는 것을 허용한다. 이는 실제 압연 중에 마무리 압연 온도를 보다 넓은 범위에 걸쳐 제어하는 것을 가능하게 하여, 횡방향 미세 구조와 종방향 미세 구조 사이의 차이를 줄이고, 미세 구조의 균일성을 향상시키며, 강의 강도 및 소성의 향상을 용이하게 한다. 규소의 두 번째 중요한 효과는 시멘타이트의 석출을 억제하는 것이다. 본 발명에서는, 주로 베이나이트로 구성되고 더 안정적인 잔류 오스테나이트를 포함하는 미세 구조를 얻기 위해, 비교적 다량의 규소가 첨가될 필요가 있다. 탄화물 형성에 관한 규소의 이러한 억제 효과는, 규소 함량이 0.8% 이상에 도달할 때 명백하다. 그러나, 강에 있어서 규소의 함량은 너무 높아서는 안 되는데; 그렇지 않으면 실제 압연 프로세스 동안에 압연력 하중이 너무 커질 것이고, 이는 안정적인 생산에 도움이 되지 않는다. 따라서, 본 발명의 강에 있어서 규소 함량은 0.8~2.0%로 제어된다.

[0019] 망간은 강에 있어서 가장 기본적인 원소이고, 또한 본 발명에 있어서 가장 중요한 원소 중 하나이다. Mn은 오스테나이트 상 영역을 확장하고, 강의 임계 롤링 속도를 감소시키며, 오스테나이트를 안정화하고, 결정립을 미세화하며, 오스테나이트에서 펄라이트로의 전이를 지연시킨다. 추가적으로, 열처리 프로세스 동안에, Mn은 분할을 겪고 베이나이트에서부터 잔류 오스테나이트로 확산되어, 잔류 오스테나이트를 더 안정화시키고 그 함량을 증가시킨다. 이러한 효과를 달성하기 위해서는, 적어도 1.0%의 망간 함량이 요구된다. 그러나, 망간의 함량은 너무 높아서는 안 된다. 망간의 함량이 2.5%를 초과하는 경우, 연속 주조 슬래브에서의 편석(segregation) 및 다량의 MnS 개재물의 형성이 초래될 수 있다. 따라서, 본 발명의 강에 있어서 망간의 함량은 1.0~2.5%이다.

- [0020] 인은 강에 있어서 불순물 원소이다. P는 결정립계에서 쉽게 편석되는 경향이 있다. 강에 있어서 P의 함량이 상대적으로 높은($\geq 0.1\%$) 경우, Fe₂P가 형성되고 결정립 주위에 석출되어, 강의 소성 및 인성을 감소시킨다. 따라서, P의 함량이 낮을수록, 더 좋다. 일반적으로, P의 함량이 0.02% 이하인 경우, 강은 제강 비용을 증가시키는 않고서도 양호한 성능을 갖는다.
- [0021] 황은 강에 있어서 불순물 원소이다. 강에 있어서, S는 통상적으로 Mn과 결합하여 MnS 개재물을 형성하고, 특히 S와 Mn의 함량이 양자 모두가 비교적 높을 때, 상당한 양의 MnS가 강에 형성될 것이다. MnS 자체는, 특정 정도의 소성을 갖는다. MnS는, 후속 압연 프로세스 동안에 압연 방향을 따라 변형되는데, 이로써 강의 횡방향 소성이 감소될 뿐만 아니라, 구조 이방성이 증가되어, 구멍 확장 성능에 악영향을 미친다. 따라서, 강에 있어서 S의 함량이 낮을수록, 더 양호하다. MnS의 함량을 최소화하기 위해, S의 함량은 엄격하게 제어되어야만 한다. 본 발명의 강에 있어서 S 함량은 0.005% 이하, 바람직하게는 0.003% 이하이다.
- [0022] 강에 있어서 알루미늄의 주요 기능은 탈산화와 질소 고정이다. Ti와 같은 강력한 탄화물 형성 원소가 존재하는 경우, 알루미늄은 주로 탈산제 및 결정립 미세화제로서의 역할을 한다. 본 발명에서, 알루미늄은 탈산화와 질소 고정을 위한 통상적인 첨가제로서 사용될 수 있거나, 또는 잔류 오스테나이트로의 탄소의 확산을 촉진하도록 특정 함량으로 증가될 수 있다. 탈산화와 결정립 미세화를 위한 일반적인 원소로서, 그 함량은 0.01~0.08%이어야 한다. 오스테나이트로의 탄소의 확산을 촉진하기 위해 사용되는 경우, 알루미늄 함량은 오스테나이트로의 탄소 원자의 확산을 촉진하도록 통상적으로 0.1% 미만이고, 결정립 미세화의 역할을 한다. 알루미늄 함량이 1.5%를 초과하는 경우, 탄소 확산 및 농축을 촉진하는 그 효과는 포화 상태가 된다. 따라서, 본 발명의 강에 있어서 알루미늄 함량은 0.01~1.5%이다.
- [0023] 본 발명에서 질소는 불순물 원소이다. N 함량이 낮을수록, 더 양호하다. 그러나, 질소는 제강 프로세스에서 불가피한 원소이다. 비록 소량으로 존재하지만, 질소는 Ti와 같은 강력한 탄화물-형성 원소와 결합되어, 강의 성능에 유해한 TiN 입자를 형성할 수 있다. 따라서, 본 발명에서 질소의 함량은 0.005% 이하로, 바람직하게는 0.004% 이하로 제어된다.
- [0024] 본 발명에서 바나듐은 중요한 원소이다. 본 발명은 높은 구멍 확장률 특성을 갖는 초고-소성 강에 관한 것이다. 그러나, 구멍 확장률과 연신율은 통상적으로 반비례 관계이다. 초고-소성을 전제로 높은 구멍 확장률을 달성하기 위해서는, 항복 강도와 인장 강도 사이의 차이를 최소화하고 항복 강도비를 향상시키는 것이 필요하다. 따라서, 중간 온도 코일링 프로세스와의 조합으로, 비교적 고함량의 바나듐이 조성 구성에 첨가된다. 베이나이트에서의 바나듐의 비교적 낮은 석출 온도를 이용함으로써, 베이나이트를 형성하는 동안에 나노 크기 바나듐 카바이드가 베이나이트계 페라이트 내에 형성되고, 이로써 항복 강도비가 향상되며 높은 구멍 확장 특성을 갖는 초고-소성 고급 고강도강이 얻어진다. 통상적으로, 뚜렷한 석출 강화 효과 달성하기 위해서는 적어도 0.10%의 바나듐 함량이 요구된다. 바나듐 함량이 증가함에 따라, 그 석출 강화 효과가 점차 향상된다. 바나듐 함량이 0.50%로 증가되는 경우, 바나듐 석출 강화 효과는 포화 상태가 된다. 따라서, 본 발명의 강에 있어서 바나듐 함량은 0.10~0.50%이다.
- [0025] 산소는 제강 프로세스 동안에 불가피한 불순물 원소이다. 본 발명의 경우, 탈산화 이후 강에 있어서의 산소 함량은 일반적으로 30 ppm 이하로 감소될 수 있고, 이는 강판의 성능에 심각하게 악영향을 미치지 않는다. 본 발명의 강에 있어서 O 함량은 30 ppm 이하이다.
- [0026] 본 발명에 있어서 몰리브덴은 선택적인 첨가 원소 중의 하나이다. 강에 대한 몰리브덴의 첨가는 펄라이트의 변태를 크게 지킬 수 있고, 이는 베이나이트 구조를 획득하는 데 유익하다. 몰리브덴은 또한 페라이트의 변태를 지연시키는 효과를 갖는다. 소량의 몰리브덴이 합금의 조성에 들어 있는 경우, 페라이트의 변태는 알루미늄 원소를 더 첨가함으로써 가속화될 수 있다. 추가적으로, 몰리브덴은 용접 연화에 대하여 강한 저항성을 갖는다. 본 발명의 주 목적은 주로 페라이트, 베이나이트 및 잔류 오스테나이트로 구성되는 미세 구조를 획득하는 것이므로, 그리고 용접 이후에 고강도강은 연화되기 쉬운 경향이 있으므로, 적정량의 몰리브덴의 첨가는 용접 연화의 정도를 효과적으로 낮출 수 있다. 몰리브덴의 높은 비용을 고려하면, 그 첨가량은 합금 비용을 최대한 최소화하면서 성능 요건을 충족시키도록 제어되어야 한다. 따라서, 본 발명의 강에 있어서 몰리브덴 함량은 0.5% 이하이다.
- [0027] 본 발명에 있어서 구리는 선택적인 첨가 원소 중의 하나이다. 강에 대한 구리의 첨가는 강의 내식성을 향상시킬 수 있고, 인과 조합되는 경우, 강의 내식성 효과가 훨씬 더 좋다. Cu의 첨가량이 1%를 초과하는 경우, ϵ -Cu 석출 상은 특정 조건 하에서 형성될 수 있고, 이는 비교적 강한 석출 강화 효과를 갖는다. 그러나, Cu의 첨가는 압연 프로세스 동안에 "Cu-취성" 현상을 야기하는 경향이 있다. 심각한 "Cu-취성" 현상을 회피하면서,

특정 용례에서 Cu의 내식성 유익을 충분히 활용하기 위해, 본 발명에 있어서 Cu의 함량은 0.5% 이하이도록 제어된다.

- [0028] 본 발명에 있어서 니켈은 선택적인 첨가 원소 중의 하나이다. 강에 대한 니켈의 첨가는, 그 내식성 효과가 구리보다는 약하지만, 소정 레벨의 내식성을 제공한다. 강에 있어서 니켈의 첨가는 강의 인장 특성에 미치는 영향은 거의 없지만, 강의 구조와 석출 상을 미세화할 수 있고 강의 저온 인성을 크게 향상시킬 수 있다. 추가적으로, 구리가 첨가된 강에 있어서, 소량의 니켈의 첨가는 “Cu-취성”의 발생을 억제할 수 있다. 비교적 많은 양의 니켈을 첨가하는 것은, 강 자체의 특성에 심각한 악영향을 미치지 않는다. 구리 및 니켈 양자 모두가 첨가되는 경우, 내식성을 향상시킬 뿐만 아니라, 강의 구조 및 석출 상을 미세화하여, 저온 인성을 크게 향상시킨다. 그러나, 구리 및 니켈 양자 모두는 비교적 값비싼 합금 원소이다. 따라서, 합금 구성의 비용을 최소화하기 위해, 첨가되는 니켈의 양은 통상적으로 0.5% 이하이다.
- [0029] 본 발명에 있어서 크롬은 선택적인 첨가 원소 중의 하나이다. 강에 대한 크롬의 첨가는, 주로 고용체 강화 또는 미세 구조 미세화 등과 같은 메커니즘을 통해 강의 강도를 향상시킬 수 있다. 본 발명의 미세 구조는 미세 베이나이트계 페라이트 및 나노-석출 시멘타이트로 구성된다. 추가적으로, 고온 벨-타입 어닐링 프로세스 이후, 미세 구조에 있어서 이동 가능한 전위의 수가 감소된다. 따라서, 항복 강도 대 인장 강도의 비(항복 강도비)는 비교적 높고, 통상적으로 0.90 이상에 이른다. 소량의 크롬 첨가는 강의 항복 강도를 적당히 감소시켜, 항복 강도비를 감소시킬 수 있다. 추가적으로, 소량의 크롬 첨가는 또한 내식성을 향상시킬 수 있다. 종합적으로, 본 발명에서 크롬의 첨가량은 $\leq 0.5\%$ 이다.
- [0030] 본 발명에 있어서 니오븀은 선택적인 첨가 원소 중의 하나이다. 티타늄과 유사하게, 니오븀은 강에 있어서 강력한 탄화물-형성 원소이다. 강에 대한 니오븀의 첨가는, 강의 비-재결정화 온도를 크게 증가시켜, 마무리 압연 단계 동안에 더 높은 전위 밀도를 갖는 변형 오스테나이트의 형성을 허용할 수 있고, 후속 변태 프로세스 동안에 최종 상 전이 구조를 미세화할 수 있다. 그러나, 첨가되는 니오븀의 양은 너무 많아서는 안 된다. 한편, 첨가되는 니오븀의 양이 0.06%를 초과하는 경우, 구조 내에 비교적 조대한 니오븀-탄질화물을 형성하기 쉬운 경향이 있는데, 이는 강의 충격 인성에 도움이 되지 않는다. 다른 한편, 다량의 니오븀은 열간 압연 오스테나이트 구조 내에 이방성을 야기하기 쉽다. 따라서, 본 발명의 강에 있어서 니오븀 함량은 0.06% 이하이다.
- [0031] 본 발명에 있어서 티타늄은 선택적인 첨가 원소 중의 하나이다. 니오븀 및 바나듐과 마찬가지로, 티타늄은 강력한 탄화물-형성 원소이다. 그러나, 티타늄 카바이드는 높은 용해도 또는 석출 온도를 갖고, 통상적으로 마무리 압연 스테이지 동안에 오스테나이트에 완전히 용해된다. 상 전이 시작 온도가 550°C 이상과 같이 비교적 높은 경우에만, 석출 거동이 비교적 빠르고, 티타늄의 탄화물이 페라이트에 형성된다. 그러나, 본 발명에서는, 코일링 온도가 중간 범위 내에 있으므로, 티타늄의 석출 강화 효과는 상대적으로 약하다. 따라서, 본 발명의 강에 있어서 첨가되는 티타늄의 양은 $\leq 0.10\%$ 이다.
- [0032] 본 발명에 있어서 붕소는 선택적인 첨가 원소 중의 하나이다. 붕소는 강의 경화성을 크게 향상시킬 수 있고, 이는 마르텐사이트 구조를 획득하는 데 유익하다. 본 발명의 열간 압연 단계에서 요망되는 미세 구조를 고려하면, 과도한 붕소 첨가로 인한 마르텐사이트의 형성을 방지하도록 강에 있어서 붕소의 함량을 엄격히 제어하는 것이 필요하다. 따라서, 본 발명의 강에 있어서 첨가되는 붕소의 양은 $\leq 0.001\%$ 이다.
- [0033] 바람직하게는, 본 발명은 강에 있어서 C 함량과 V 함량의 조합을 통해 서로 다른 기계적 성질을 갖는 2개의 강 제품을 제공할 수 있다. 구체적으로, C의 함량이 0.10~0.25%이고 V의 함량이 0.10~0.30%인 경우, 강은 780 MPa 이상의 인장 강도, 30% 이상의 연신율, 및 65% 이상의 구멍 확장률을 갖고; C의 함량이 0.25~0.35%이고 V의 함량이 0.30~0.50%인 경우, 강은 980 MPa 이상의 인장 강도, 25% 이상의 연신율, 및 50% 이상의 구멍 확장률을 갖는다.
- [0034] 바람직하게는, 강은 오스테나이트의 함량이 $\geq 5\%$, 바람직하게는 5~15%, 더 바람직하게는 5~12%이고 베이나이트는 나노-석출 VC(바나듐 카바이드)를 함유하는 베이나이트 및 잔류 오스테나이트의 미세 구조를 갖는다.
- [0035] 달리 명시하지 않는 한, 본 발명의 강에 있어서 각 미세 구조의 함량은 그 체적 분율을 나타낸다.
- [0036] 본 발명의 강에 있어서 주된 미세 구조는 베이나이트와 잔류 오스테나이트이다. 베이나이트에 있어서의 베이나이트계 페라이트는 나노 크기 탄화물을 함유한다. 베이나이트와 나노 석출물은 강판에 높은 항복 강도와 인장 강도를 부여하고, 잔류 오스테나이트는 강판에 초고 연신율을 부여한다.
- [0037] 바람직하게는, 전술한 강은 700 MPa 이상의 항복 강도를 갖는다.

- [0038] 강의 제조 비용을 포괄적으로 고려해 보면, 본 발명의 강은 900 MPa 이하의 항복 강도, 1100 MPa 이하의 인장 강도, 25% 이하의 연신율, 및 100% 이하의 구멍 확장률을 갖는 것이 바람직하다.
- [0039] 본 발명의 다른 양태는 전술한 강을 제조하는 방법을 제공하는데, 이 방법은 이하의 단계를 포함한다:
- [0040] 1) 제련 및 주조 단계
- [0041] 전술한 성분에 따른 용강을 전로 또는 전기로에서 제련한 후, 진공로에서 정련하고 나서, 주조 블랭크 또는 주조 잉곳으로 주조하는 단계;
- [0042] 2) 주조 블랭크 또는 주조 잉곳을 재가열하는 단계
- [0043] 가열 온도 $\geq 1100^{\circ}\text{C}$, 유지 시간 : 1-2 시간;
- [0044] 3) 주조 블랭크 또는 주조 잉곳을 열간 압연 및 냉각하는 단계,
- [0045] 주조 블랭크 또는 주조 잉곳은 1000°C 내지 1100°C 의 초기 압연 온도에서 압연되고, 이어서 1000°C 이상에서 50% 이상의 비교적 큰 변형률로 복수 회 압연되어, 중간 블랭크를 획득하며, 이어서 중간 블랭크가 950°C 내지 1000°C 에 도달한 후, 70% 이상의 누적 변형률로 3~5회 최종 압연되어, 강 스트립을 획득하고; 상기 최종 압연 온도는 $800\sim 950^{\circ}\text{C}$ 이며;
- [0046] 냉각은 제어된 냉각이고, 최종 압연 이후에, 강 스트립은 $10^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 이상의 냉각률로 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ 의 온도로 수냉되며 코일링되고, 이어서 강 코일은 실온으로 냉각되는 것인 단계.
- [0047] 바람직하게는, 전술한 방법은 추가적으로 4) 산세 처리 단계를 포함하는데, 강 스트립은 $30\sim 140\text{ m/min}$ 의 진행 속도, $75\sim 85^{\circ}\text{C}$ 의 산세 처리 온도, 및 3% 이하의 직선화율로 산세 처리되고, 이어서 $35\sim 50^{\circ}\text{C}$ 범위의 온도로 세정되며, 열간 압연된 강 스트립의 표면을 $120\sim 140^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 건조하고, 오일을 바른다.
- [0048] 열간-압연된 강 스트립이 산세 처리된 후, 고성능 안정성 및 초고 구멍 확장률을 갖는 산세 처리된 강이 획득된다.
- [0049] 본 발명의 전술한 강을 제조하는 방법의 유익한 효과는 다음과 같다.
- [0050] 본 발명은 혁신적인 열간 압연 중온 코일링 제어 기술 및 나노 석출과 베이나이트 상 변태의 매칭 기술과 조합된, 중저탄소 및 고바나듐의 혁신적인 조성 구성을 채용한다. 이로써, 높은 항복 강도, 높은 인장 강도, 초고 소성 및 높은 구멍 확장률을 특징으로 하는 다양한 강도 레벨을 갖는 고급 고강도강의 생산이 가능해진다. 상대적으로 높은 탄소 함량은 높은 강도를 획득하기에 유익하고, 잔류 오스테나이트로 확산될 수 있는 다량의 가용 탄소 원자를 제공하여, 잔류 오스테나이트가 크게 안정화될 수 있다. 상대적으로 높은 규소 함량을 첨가하는 주요 목적은 베이나이트 상 전이 프로세스 동안 탄화물의 형성을 억제하는 것이다. 상대적으로 높은 망간 함량은 추가적으로 잔류 오스테나이트의 안정성을 향상시킬 수 있다. 최종 압연 이후에 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ 에서 코일링하는 것은 주로, 바나듐 카바이드 나노-석출과 조화를 이루면서, 무탄화물 베이나이트 및 잔류 오스테나이트의 미세 구조를 획득하는 것이다.
- [0051] 본 발명이 다양한 강도 레벨에 걸쳐 초고 소성과 높은 구멍 확장률 간의 양호한 매칭을 달성할 수 있는 것은 상기한 혁신적인 조성 및 프로세스 구성에 근거한 것이다. 이는 $\geq 30\%$ 및 $\geq 25\%$ 의 연신율 요건과 $\geq 65\%$ 및 $\geq 50\%$ 의 구멍 확장률을 각각 충족시키면서, $\geq 780\text{ MPa}$ 및 $\geq 980\text{ MPa}$ 의 인장 강도를 보장한다.
- [0052] 종래 기술과 비교해 보면, 본 발명의 해결 방안은 이하의 이점 또는 유익한 효과를 갖는다.
- [0053] 기존의 특허 문헌에 있어서의 초고 소성 강과 비교해 보면, 본 발명은 중저탄소, 고규소 및 저알루미늄의 조성 구성을 채택하는데, 이는 종래의 열간 압연 초고 소성강의 전통적인 저탄소, 고규소 또는 저규소, 고알루미늄 구성과 다르다.
- [0054] 중국 특허 출원 CN104233092A에 개시된 강에서는, 저탄소 및 고규소에 더하여, Cr, Mo 및 Nb와 같은 귀금속 원소가 강에 첨가되어, 합금 비용이 비교적 높아진다.
- [0055] 중국 특허 출원 CN107815593A의 조성 구성은 소정량의 Cu와 더불어 저규소 및 고알루미늄이다. 그러나, 강을 제조하기 위한 프로세스 경로는 주로, 이중-상 구역에 있어서의 열처리와, 뒤이은 베이나이트 구역에 있어서의 상 변태를 수반하는데, 이는 현재의 열간 압연 생산 라인에는 적용될 수 없다.
- [0056] 중국 특허 출원 CN114107792A의 조성 구성은 바나듐을 포함하지 않는 저규소, 티타늄 및 몰리브덴이다. 그 성

능은 주로 높은 기공 확장률을 특징으로 한다. 그러나, 그 미세 구조에 잔류 오스테나이트가 없는 것에 기인하여, 높은 수준의 연신율을 달성할 수는 없다.

[0057] 본 발명은 중온 코일링 프로세스와 조합된, 중저탄소 및 고바나듐의 혁신적인 조성 구성을 채택한다. 정확한 조성 및 프로세스의 협조를 통해, 높은 항복 강도 및 높은 구멍 확장률 특성을 갖는 초고 소성 고급 고강도강이 얻어질 수 있다.

[0058] 본 발명에 의해 제공되는 기술을 이용하여 얻어지는 높은 확장률과 초고 소성을 갖는 강은 700 MPa 이상, 심지어 800 MPa 이상의 항복 강도와, 780 MPa 이상, 심지어 980 MPa 이상의 인장 강도를 갖는다. 본 발명의 열간 압연된 산세 처리 제품은 1.5~8.0 mm의 두께를 갖고, 비교적 높은 항복 강도, 초고 연신율($A \geq 25\%$, 심지어 30% 이상에 이룸), 및 높은 구멍 확장률($\geq 50\%$, 심지어 65% 이상에 이룸)을 나타낸다. 본 발명의 강은 우수한 기계적 특성을 갖고, 항복 강도, 인장 강도, 소성, 구멍 확장 성능 및 성형성 간의 매칭을 나타낸다. 이는 승용차 또는 상용차의 여러 복잡한 부품의 제조에 적용될 수 있고, 유망한 적용 전망을 갖는다.

도면의 간단한 설명

[0059] 도 1은 본 발명에 따른 강의 압연 프로세스의 개략도이다.

도 2는 본 발명의 실시예 1에 있어서 강의 금속 조직 사진이다.

도 3은 본 발명의 실시예 3에 있어서 강의 금속 조직 사진이다.

도 4는 본 발명의 실시예 5에 있어서 강의 금속 조직 사진이다.

도 5는 본 발명의 실시예 7에 있어서 강의 금속 조직 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0060] 본 발명은 실시예 및 도면과 함께 이하에 추가적으로 설명된다.

[0061] 본 발명의 실시예 및 비교예에 있어서의 강의 조성이 표 1에 나타내어진다. 표 1에서의 잔부는 Fe 및 다른 불가피 불순물이다. 표 2는 본 발명의 실시예의 강의 제조 프로세스 파라미터를 보여준다. 표 3은 본 발명의 실시예의 강의 성능 파라미터를 보여준다. 본 발명의 실시예에 있어서의 강을 제조하는 프로세스는 다음과 같다.

[0062] 1) 제련 및 주조:

[0063] 표 1의 조성에 따라, 용강을 전로 또는 전기로에서 제련한 후, 진공로에서 2차적으로 정련하고 나서, 주조 블랭크 또는 주조 잉곳으로 주조하였다.

[0064] 2) 주조 블랭크 또는 주조 잉곳을 1100°C 이상의 가열 온도에서 재가열하고, 1~2 시간 동안 유지하였다.

[0065] 3) 주조 블랭크 또는 주조 잉곳을 열간 압연 및 냉각:

[0066] 주조 블랭크 또는 주조 잉곳을 1000°C 내지 1100°C의 초기 압연 온도에서 압연하고, 이어서 1000°C 이상에서 50% 이상의 비교적 큰 변형률로 복수 회 압연하여, 중간 블랭크를 획득하였으며, 이어서 중간 블랭크가 950°C 내지 1000°C에 도달한 후, 70% 이상의 누적 변형률로 3~5회 최종 압연하여, 강 스트립을 획득하였다. 최종 압연 온도는 800~950°C이었다.

[0067] 냉각은 제어된 냉각이었다. 최종 압연 이후에, 강 스트립은 10°C/s 이상의 냉각률로 400~500°C의 온도로 수냉되었고 코일링되었다. 그 후에, 강 코일은 실온으로 냉각되었다.

[0068] 진술한 프로세스는 도 1에 도시되어 있다.

[0069] 표 2는 본 발명의 실시예의 강의 제조 프로세스 파라미터를 보여준다.

[0070] 비교예 1~3의 강은 CN104233092A로부터 선택된다. 비교예 4의 강은 본 출원인의 다른 특허 출원, CN114107792A로부터 선택된다.

[0071] 표 3은 본 발명의 실시예와 비교예에 있어서의 강의 성능 파라미터를 보여준다.

[0072] 표 3에 나타내어진 바와 같이, 강의 항복 강도, 인장 강도, 및 연신율은 GB/T 228.1-2021 "금속 재료의 인장 시험- 파트 1: 실온 테스트 방법"에 따라 시험되었다.

- [0073] 강의 구멍 확장률은 GB/T 24524-2021 "금속 재료, 얇은 판 및 스트립, 구멍 확장에 대한 시험 방법"에 따라 시험되었다.
- [0074] 본 발명의 실시예는 고규소 및 고바나듐의 조성 구성을 채택한 반면, 비교예는 고바나듐 구성을 채택하지 않았다는 것을 표 1에서 확인 가능하다. 두 조성 구성은 서로 다르다.
- [0075] 비교예 1-2는 저탄소 조성 구성을 채택한 반면, 비교예 4는 저규소 및 저망간의 조성 구성을 채택하고 있다. 모든 비교예의 조성 구성은 실시예의 조성 구성과 다르다.
- [0076] 비교예 1-3의 인장 강도는 실시예의 인장 강도와 유사하지만, 비교예 1-3의 항복 강도는 실시예의 항복 강도보다 낮은 것을 표 3에서 확인 가능하다. 연신율과 확장률의 관점에서, 비교예의 연신율은 본 발명의 실시예의 연신율보다 낮고, 비교예 1-3에서는 구멍 확장률 데이터가 제공되지 않는다. 비교예의 미세 구조에는 잔류 오스테나이트가 들어 있지 않은 반면에, 본 발명의 실시예에는 $\geq 5\%$ 잔류 오스테나이트가 들어 있고, 비교예와 실시예는 미세 구조 타입의 면에서 완전히 서로 다르다.
- [0077] 도 2 내지 도 5는 실시예 1, 3, 5 및 7에 있어서의 열간 압연 강의 금속 조직 사진을 각각 보여준다. 이들 도면은, 본 발명에 따른 조성 및 프로세스 구성이 주로 베이나이트와 잔류 오스테나이트로 구성되는 미세 구조를 달성한다는 것을 분명하게 입증한다. 이러한 미세 구조는 높은 항복 강도, 높은 인장 강도, 초고 소성 및 높은 구멍 확장률 간의 양호한 매칭을 제공하여, 전체적인 성능이 탁월해진다.
- [0078] 또한, ≥ 780 MPa 및 ≥ 980 MPa의 인장 강도, $\geq 30\%$ 및 $\geq 25\%$ 의 연신율 및 $\geq 65\%$ 및 $\geq 50\%$ 의 구멍 확장률을 각각 갖는 본 발명의 강의 항복 강도가 ≥ 700 MPa 및 ≥ 800 MPa의 요건을 충족시킨다는 것을, 표 3으로부터 확인 가능하다.
- [0079] 요약하면, 본 발명의 고-구멍 확장률 및 초고-소성 강은, 자동차 새시 구조와 같은 복잡한 성형 부품에 특히 적합하게 만들도록, 강도, 초고 소성, 및 높은 구멍 확장 간의 양호한 매칭을 갖고, 광범위한 적용 전망을 갖는다.

[표 1] (단위: 중량%)

	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	V	Mo	Cu	Ni	Cr	Nb	Ti	B
실시예 1	0.10	1.75	1.51	0.010	0.0029	0.042	0.0041	0.0018	0.18	—	0.5	—	—	0.05	—	0.0004
실시예 2	0.25	1.63	1.09	0.020	0.0050	0.100	0.0029	0.0022	0.25	0.3	—	0.3	0.1	—	—	0.0006
실시예 3	0.20	1.26	1.45	0.017	0.0022	0.038	0.0045	0.0030	0.10	—	0.4	—	—	0.04	0.10	—
실시예 4	0.15	1.47	2.00	0.018	0.0045	0.024	0.0025	0.0025	0.30	—	—	—	—	—	—	—
실시예 5	0.26	1.97	1.78	0.014	0.0024	0.075	0.0033	0.0028	0.32	—	—	0.2	0.3	0.06	0.06	0.0010
실시예 6	0.30	0.80	1.36	0.015	0.0030	0.011	0.0026	0.0026	0.50	0.5	0.2	0.1	—	0.01	0.02	0.0008
실시예 7	0.33	1.05	1.22	0.013	0.0013	0.058	0.0050	0.0023	0.44	0.2	—	0.5	—	—	—	—
실시예 8	0.35	1.38	1.69	0.016	0.0037	0.083	0.0028	0.0015	0.38	0.4	0.1	—	0.5	—	—	0.0005
비교예 1	0.07	1.58	1.76	0.009	0.0030	0.032	—	—	—	0.27	—	—	0.46	0.024	—	—
비교예 2	0.09	1.41	1.65	0.008	0.0040	0.037	—	—	—	0.22	—	—	0.35	0.031	—	—
비교예 3	0.10	1.56	1.45	0.009	0.0040	0.033	—	—	—	0.20	—	—	0.30	0.032	—	—
비교예 4	0.078	0.11	0.82	0.014	0.0015	0.039	0.0030	0.0021	—	0.49	0.1	—	0.29	—	—	—

[0081]

[표 2]

	가열 온도 / °C	초기 압연 온도 / °C	조압연 동안의 누적 변형 / %	중간 블랭크의 온도 / °C	마무리 압연 동안의 누적 변형 / %	최종 압연 온도 / °C	수냉 속도(°C/s)	코일링 온도 / °C
실시예 1	1260	1100	55	980	95.7	880	30	510
실시예 2	1160	1050	80	965	88.0	910	18	400
실시예 3	1100	1000	65	950	98.3	800	77	450
실시예 4	1180	1070	60	990	92.5	930	15	520
실시예 5	1130	1020	70	970	96.3	830	69	430
실시예 6	1220	1090	50	1000	93.6	950	10	500
실시예 7	1150	1030	75	960	90.7	900	22	420
실시예 8	1300	1040	85	985	90.9	860	45	550

[0083]

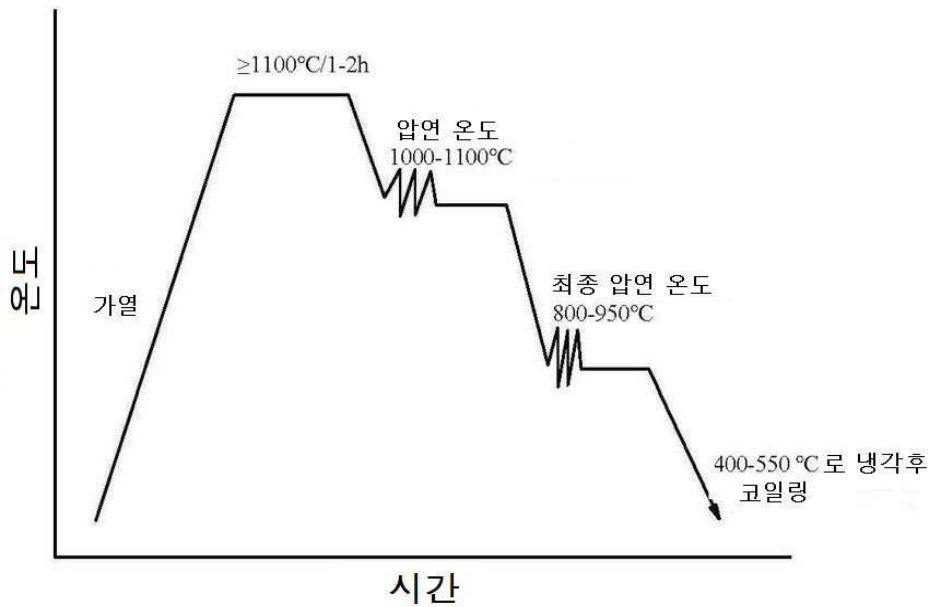
[0084] [표 3]

실시예	강판의 두께 /mm	항복 강도 /MPa	인장 강도 /MPa	연신율 / %	구멍 확장률 / %	잔류 오스테나이트 / %
실시예 1	4.8	762	838	33	88	5.46
실시예 2	6.0	770	874	31	75	8.03
실시예 3	1.5	751	862	33	81	7.44
실시예 4	7.5	733	845	32	92	6.32
실시예 5	2.8	867	1038	28	53	8.58
실시예 6	8.0	884	1073	26	55	9.17
실시예 7	5.8	875	1024	27	64	10.39
실시예 8	3.4	896	1050	27	58	11.45
비교예 1	4.5	512	891	18	—	—
비교예 2	5.0	507	889	19	—	—
비교예 3	6.0	494	873	20.5	—	—
비교예 4	3.0	787	826	10.2	91	—

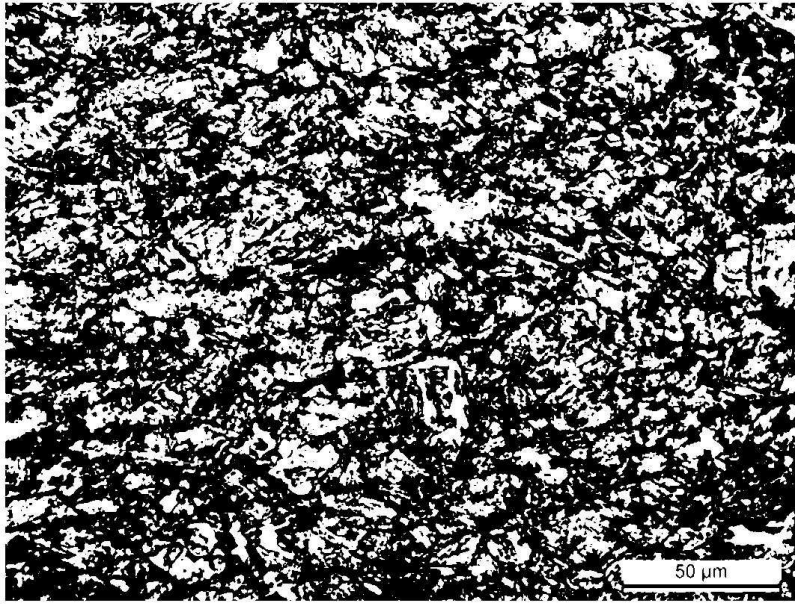
[0085]

도면

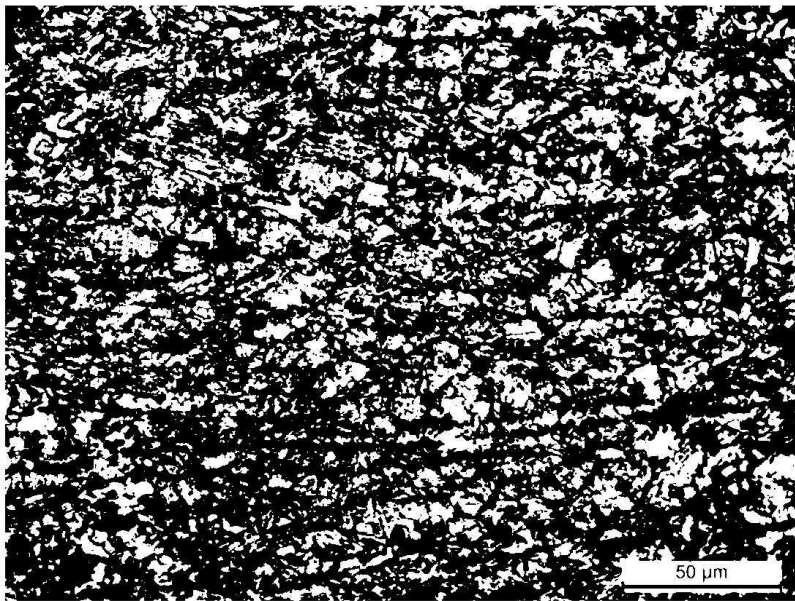
도면1



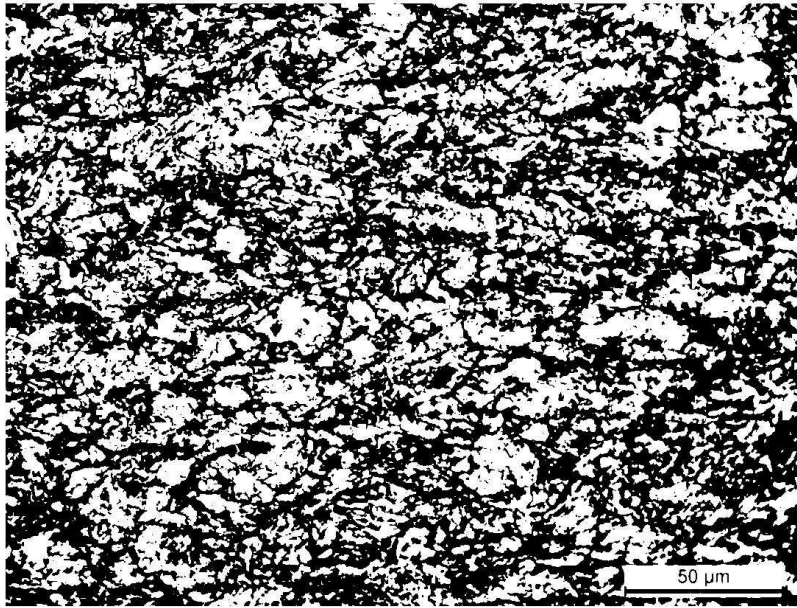
도면2



도면3



도면4



도면5

