



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년09월16일
 (11) 등록번호 10-2021378
 (24) 등록일자 2019년09월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 C21D 6/00 (2006.01) C21D 1/18 (2006.01)
 C21D 1/28 (2006.01) C21D 1/32 (2006.01)
 C22C 38/44 (2006.01) C22C 38/46 (2006.01)
 C22C 38/48 (2006.01) C22C 38/50 (2006.01)
 C22C 38/54 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 C21D 6/004 (2013.01)
 C21D 1/18 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2018-0011861
 (22) 출원일자 2018년01월31일
 심사청구일자 2018년01월31일
 (65) 공개번호 10-2019-0092750
 (43) 공개일자 2019년08월08일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR100320958 B1
 KR101822295 B1
 JP05255738 A

(73) 특허권자
 공주대학교 산학협력단
 충청남도 공주시 공주대학로 56 (신관동)
 세강엠텍 주식회사
 충청남도 금산군 복수면 다복로 491-27
 (72) 발명자
 박상준
 충청남도 천안시 동남구 풍세면 풍서2길 17-11
 (74) 대리인
 김정수

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 최정식

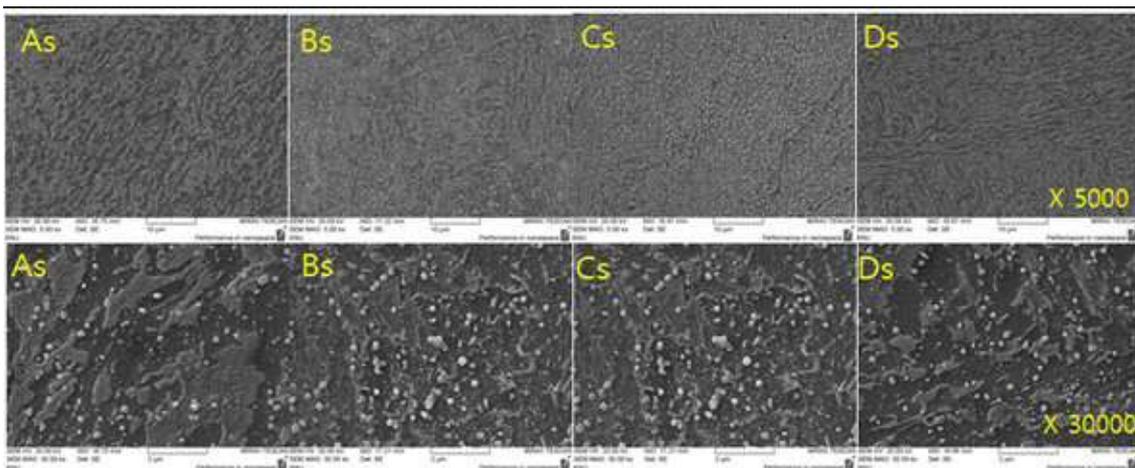
(54) 발명의 명칭 1350 MPa급 고강도-고인성 니켈크롬몰리브덴 주강재의 제조방법 및 이에 의해 제조된 주강재

(57) 요약

본 발명은, (a) 0.45 내지 0.5 중량%의 탄소(C); 0.47 내지 0.5 중량%의 규소(Si); 0.5 내지 0.8 중량%의 망간(Mn); 2.0 내지 2.5 중량%의 니켈(Ni); 2.0 내지 2.5 중량%의 크롬(Cr); 0.3 내지 0.5 중량%의 몰리브덴(Mo); 0.1 내지 0.2 중량%의 바나듐(V), 0 중량% 초과 0.05 중량% 이하의 티타늄(Ti), 0.03 내지 0.05 중량% 이하의

(뒷면에 계속)

대표도 - 도4



알루미늄(Al); 0 중량% 초과 0.005 중량% 이하의 붕소(B); 철(Fe) 잔부 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 용탕을 주조(casting)하는 단계; (b) 700 내지 800 °C에서 구상화 어닐링 열처리(spheroidizing annealing)하는 단계; (c) 850 내지 870 °C에서 담금질 열처리(quenching)하는 단계; 및 (d) 500 내지 550 °C에서 뜨임 열처리 (tempering)하는 단계를 포함하는 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재의 제조방법에 대한 것으로서, 본 발명에 의하면, 강도 등 기계적 특성 향상을 위해 첨가되는 고가의 희유금속을 극소화한 Ni-Cr-Mo 합금주강에 대해 최적화된 열처리 조건으로 구상화 어닐링, 담금질 및 뜨임 열처리를 순차적으로 실시함으로써, 상용 Ni-Cr-Mo 합금주강에 비해 강도가 현저히 향상된 1300 MPa급 주강을 제조할 수 있으며, 상기 주강은 샌드 펌프용 임펠라 블레이드 등 고강도가 요구되는 주강품의 소재로서 유용하게 사용될 수 있다.

(52) CPC특허분류

- C21D 1/28* (2013.01)
- C21D 1/32* (2013.01)
- C22C 38/44* (2013.01)
- C22C 38/46* (2013.01)
- C22C 38/48* (2013.01)
- C22C 38/50* (2013.01)
- C22C 38/54* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2017-B-G015-010112
부처명	교육부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	사회맞춤형 산학협력 선도대학(LINC+) 육성사업
연구과제명	1350Mpa급 고강도 고인성 SCNCrM 합금주강의 소재개발
기 여 율	1/1
주관기관	공주대학교 산학협력단
연구기간	2017.10.10 ~ 2018.01.31

명세서

청구범위

청구항 1

(a) 0.45 내지 0.5 중량%의 탄소(C); 0.47 내지 0.5 중량%의 규소(Si); 0.5 내지 0.8 중량%의 망간(Mn); 2.0 내지 2.5 중량%의 니켈(Ni); 2.0 내지 2.5 중량%의 크롬(Cr); 0.3 내지 0.5 중량%의 몰리브덴(Mo); 0.1 내지 0.2 중량%의 바나듐(V), 0 중량% 초과 0.05 중량% 이하의 티타늄(Ti), 0.03 내지 0.05 중량% 이하의 알루미늄(Al); 0 중량% 초과 0.005 중량% 이하의 붕소(B); 철(Fe) 잔부 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 용탕을 주조(casting)하는 단계;

(b) 700 내지 800 °C에서 구상화 어닐링 열처리(spheroidizing annealing)하는 단계;

(c) 850 내지 870 °C에서 담금질 열처리(quenching)하는 단계; 및

(d) 500 내지 550 °C에서 뜨임 열처리(tempering)하는 단계를 포함하는 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 용탕은 0.45 중량%의 탄소(C); 0.47 중량%의 규소(Si); 0.80 중량%의 망간(Mn); 2.48 중량%의 니켈(Ni); 2.30 중량%의 크롬(Cr); 0.38 중량%의 몰리브덴(Mo); 0.14 중량%의 바나듐(V), 0.01 중량%의 티타늄(Ti), 0.03 중량%의 알루미늄(Al); 0.002 중량%의 붕소(B); 철(Fe) 잔부 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 것을 특징으로 하는 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재의 제조방법.

청구항 3

(a) 0.4 중량% 이상 0.45 중량% 미만의 탄소(C); 0.4 중량% 이상 0.47 중량% 미만의 규소(Si); 0.5 내지 0.8 중량%의 망간(Mn); 2.0 내지 2.5 중량%의 니켈(Ni); 2.0 내지 2.5 중량%의 크롬(Cr); 0.3 내지 0.5 중량%의 몰리브덴(Mo); 0.1 내지 0.2 중량%의 바나듐(V), 0 중량% 초과 0.05 중량% 이하의 티타늄(Ti), 0 중량% 초과 0.03 중량% 미만의 알루미늄(Al); 0 중량% 초과 0.005 중량% 이하의 붕소(B); 0 중량% 초과 0.05 중량% 이하의 니오븀(Nb) 또는 0 중량% 초과 0.005 중량% 이하의 텅스텐(W); 철(Fe) 잔부 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 용탕을 주조(casting)하는 단계;

(b) 700 내지 800 °C에서 구상화 어닐링 열처리(spheroidizing annealing)하는 단계;

(c) 850 내지 870 °C에서 담금질 열처리(quenching)하는 단계; 및

(d) 550 °C에서 뜨임 열처리(tempering)하는 단계를 포함하는 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재의 제조방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 용탕은 0.44 중량%의 탄소(C); 0.45 중량%의 규소(Si); 0.78 중량%의 망간(Mn); 2.49 중량%의 니켈(Ni); 2.30 중량%의 크롬(Cr); 0.38 중량%의 몰리브덴(Mo); 0.14 중량%의 바나듐(V), 0.01 중량%의 티타늄(Ti), 0.01 중량%의 알루미늄(Al); 0.002 중량%의 붕소(B); 0.01 중량%의 니오븀(Nb); 철(Fe) 잔부 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 것을 특징으로 하는 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재의 제조방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 용탕은 0.44 중량%의 탄소(C); 0.46 중량%의 규소(Si); 0.80 중량%의 망간(Mn); 2.47 중량%의 니켈(Ni); 2.30 중량%의 크롬(Cr); 0.38 중량%의 몰리브덴(Mo); 0.15 중량%의 바나듐(V), 0.01 중량%의 티타늄(Ti), 0.02 중량%의 알루미늄(Al); 0.002 중량%의 붕소(B); 0.002 중량%의 텅스텐(W); 철(Fe) 잔부 및 기타 불가피한 불순

물을 포함하는 것을 특징으로 하는 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재의 제조방법.

청구항 6

제1항 또는 제3항에 있어서,

상기 단계 (b)에서의 구상화 어닐링 열처리를 통해 구상 탄화물의 평균 크기를 230 nm 이하로 만드는 것을 특징으로 하는 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재의 제조방법.

청구항 7

제1항 또는 제3항에 있어서,

상기 단계 (c)에서의 담금질 열처리는, 860 °C에서 1시간 유지한 후 유냉(oil cooling)하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재의 제조방법.

청구항 8

제1항 또는 제3항에 있어서,

상기 단계 (d)에서의 뜨임 열처리는 해당 열처리 온도에서 8시간 유지한 후 공냉(air cooling)하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재의 제조방법.

청구항 9

제1항 또는 제3항에 기재된 방법에 의해 제조된 인장강도 1350 MPa 이상인 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재.

청구항 10

제9항에 기재된 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재로 이루어진 샌드 펌프용 임펠라 블레이드.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 주강의 제조방법에 대한 것으로서, 보다 상세하게는, 니켈(Ni), 크롬(Cr) 및 몰리브덴(Mo)을 합금원소로 포함하는 1350 MPa급 고강도 주강을 제조하는 방법에 대한 것이다.

배경 기술

[0002] 여러 산업분야에서 광석, 석탄, 자갈, 시멘트 및 고경도합금과 같은 경질재료들을 그라인딩(grinding), 밀링(milling), 펌핑(pumping), 쇼트블라스팅(shortblasting), 롤링(rolling)하기 위한 가공 장비들은 고강도, 내마멸성, 내산화성 등의 특성이 요구된다.

[0003] 예를 들어, 샌드 펌프는 모래 및 토사를 채취하는 장비이며 임펠라 하부에 설치된 특수 교반기에 의해 침전된 토사, 모래를 교반하면서 배출하므로, 샌드 펌프용 임펠라 블레이드(impeller blade)는 1300 MPa 급 이상의 고강도가 요구된다.

[0004] 현재 샌드 펌프용 임펠라 블레이드(impeller blade)를 이루는 소재로서 다양한 소재가 알려져 있으며, 그 중 Ni-Cr 강은 Ni이 페라이트(ferrite)에 고용되어 강재의 강도, 점성을 증가시켜 주고, Cr은 담금질성을 좋게 하며, 조직을 치밀하게 만들어 내마모성을 향상시켜 주지만 강도가 높지 않고, 뜨임 취성의 경향이 있어 뜨임 후에 급냉해서 탄화물이 석출되지 않도록 해야 하는 단점이 발생된다.

[0005] Ni-Cr 강에 Mo을 첨가하여 얻어지는 Ni-Cr-Mo 강은 Ni-Cr 강의 뜨임 취성을 감소시키고 담금질성, 뜨임 저항성을 증가시키는 장점을 가지지만 강도가 1300 MPa에 미치지 못하는 것으로 알려져 있다.

[0006] 구체적으로, Ni-Cr-Mo 합금 주강의 종류로서 KS규격에는 SNCM 630, SNCM 439, SNCM 447이 있고, JIS 규격에는 SNCM 445(구 SNCM 5), SNCM 439(구 SNCM 8), SNCM 447(구 SNCM 9)이 제정되어 상용화 되고 있으나 이들 강재의 인장강도의 규격은 1100 MPa 급에 불과한 것으로 알려져 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2017-0053128호 (공개일 : 2017.05.15.)
- (특허문헌 0002) 한국공개특허 제10-2015-0137182호 (공개일 : 2015.12.09.)
- (특허문헌 0003) 한국공개특허 제10-2011-0115588호 (공개일 : 2011.10.21.)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 고강도 및 경화능 향상을 위해 첨가되는 희유 금속(Ti, Al, B, W, Nb 등)을 최소한도로 포함하는 합금강의 열처리 조건을 최적화하여 1350 MPa급 이상의 고강도를 가지는 니켈크롬몰리브덴(Ni-Cr-Mo) 주강재를 제조하는 방법 및 이에 의해 제조된 주강재를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기 과제를 해결하기 위해 본 발명은, (a) 0.45 내지 0.5 중량%의 탄소(C); 0.47 내지 0.5 중량%의 규소(Si); 0.5 내지 0.8 중량%의 망간(Mn); 2.0 내지 2.5 중량%의 니켈(Ni); 2.0 내지 2.5 중량%의 크롬(Cr); 0.3 내지 0.5 중량%의 몰리브덴(Mo); 0.1 내지 0.2 중량%의 바나듐(V), 0 중량% 초과 0.05 중량% 이하의 티타늄(Ti), 0.03 내지 0.05 중량% 이하의 알루미늄(Al); 0 중량% 초과 0.005 중량% 이하의 붕소(B); 철(Fe) 잔부 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 용탕을 주조(casting)하는 단계; (b) 700 내지 800 °C에서 구상화 어닐링 열처리(spheroidizing annealing)하는 단계; (c) 850 내지 870 °C에서 담금질 열처리(quenching)하는 단계; 및 (d) 500 내지 550 °C에서 뜨임 열처리(tempering)하는 단계를 포함하는 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재의 제조방법을 제안한다.

- [0010] 또한, 상기 용탕은 0.45 중량%의 탄소(C); 0.47 중량%의 규소(Si); 0.80 중량%의 망간(Mn); 2.48 중량%의 니켈(Ni); 2.30 중량%의 크롬(Cr); 0.38 중량%의 몰리브덴(Mo); 0.14 중량%의 바나듐(V), 0.01 중량%의 티타늄(Ti), 0.03 중량%의 알루미늄(Al); 0.002 중량%의 붕소(B); 철(Fe) 잔부 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 것을 특징으로 하는 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재의 제조방법을 제안한다.

- [0011] 그리고, 본 발명은 발명의 다른 측면에서 (a) 0.4 중량% 이상 0.45 중량% 미만의 탄소(C); 0.4 중량% 이상 0.47 중량% 미만의 규소(Si); 0.5 내지 0.8 중량%의 망간(Mn); 2.0 내지 2.5 중량%의 니켈(Ni); 2.0 내지 2.5 중량%의 크롬(Cr); 0.3 내지 0.5 중량%의 몰리브덴(Mo); 0.1 내지 0.2 중량%의 바나듐(V), 0 중량% 초과 0.05 중량% 이하의 티타늄(Ti), 0 중량% 초과 0.03 중량% 미만의 알루미늄(Al); 0 중량% 초과 0.005 중량% 이하의 붕소(B); 0 중량% 초과 0.05 중량% 이하의 니오븀(Nb) 또는 0 중량% 초과 0.005 중량% 이하의 텅스텐(W); 철(Fe) 잔부 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 용탕을 주조(casting)하는 단계; (b) 700 내지 800 °C에서 구상화 어닐링 열처리(spheroidizing annealing)하는 단계; (c) 850 내지 870 °C에서 담금질 열처리(quenching)하는 단계; 및 (d) 550 °C에서 뜨임 열처리(tempering)하는 단계를 포함하는 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재의 제조방법을 제안한다.

- [0012] 또한, 상기 용탕은 0.44 중량%의 탄소(C); 0.45 중량%의 규소(Si); 0.78 중량%의 망간(Mn); 2.49 중량%의 니켈(Ni); 2.30 중량%의 크롬(Cr); 0.38 중량%의 몰리브덴(Mo); 0.14 중량%의 바나듐(V), 0.01 중량%의 티타늄(Ti), 0.01 중량%의 알루미늄(Al); 0.002 중량%의 붕소(B); 0.01 중량%의 니오븀(Nb); 철(Fe) 잔부 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 것을 특징으로 하는 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재의 제조방법을 제안한다.

- [0013] 또한, 상기 용탕은 0.44 중량%의 탄소(C); 0.46 중량%의 규소(Si); 0.80 중량%의 망간(Mn); 2.47 중량%의 니켈(Ni); 2.30 중량%의 크롬(Cr); 0.38 중량%의 몰리브덴(Mo); 0.15 중량%의 바나듐(V), 0.01 중량%의 티타늄(Ti), 0.02 중량%의 알루미늄(Al); 0.002 중량%의 붕소(B); 0.002 중량%의 텅스텐(W); 철(Fe) 잔부 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 것을 특징으로 하는 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재의 제조방법을 제안한다.

- [0014] 또한, 상기 단계 (b)에서의 구상화 어닐링 열처리를 통해 구상 탄화물의 평균 크기를 230 nm 이하로 만드는 것을 특징으로 하는 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재의 제조방법을 제안한다.

- [0015] 또한, 상기 단계 (c)에서의 담금질 열처리는, 860 °C에서 1시간 유지한 후 유냉(oil cooling)하여 이루어지는

것을 특징으로 하는 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재의 제조방법을 제안한다.

- [0016] 또한, 상기 단계 (d)에서의 뜨임 열처리는 해당 열처리 온도에서 8시간 유지한 후 공냉(air cooling)하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재의 제조방법을 제안한다.
- [0017] 그리고, 본 발명은 발명의 다른 측면에서 상기 제조방법에 의해 제조된 인장강도 1350 MPa 이상인 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재를 제안한다.
- [0018] 나아가, 본 발명은 발명의 또 다른 측면에서 상기 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재로 이루어진 샌드 펌프용 임펠라 블레이드를 제안한다.

발명의 효과

- [0019] 본 발명에 의하면, 강도 등 기계적 특성 향상을 위해 첨가되는 고가의 희유금속을 극소화한 Ni-Cr-Mo 합금주강에 대해 최적화된 열처리 조건으로 구상화 어닐링, 담금질 및 뜨임 열처리를 순차적으로 실시함으로써, 상용 Ni-Cr-Mo 합금주강에 비해 강도가 현저히 향상된 1350 MPa급 주강을 제조할 수 있으며, 상기 주강은 샌드 펌프용 임펠라 블레이드 등 고강도가 요구되는 주강품의 소재로서 유용하게 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본원 실시예에서의 A, B, C, D 주조 시편의 광학현미경(OM) 사진이다.
- 도 2는 본원 실시예에서의 A, B, C, D 주조 시편의 주조조직 입도지수 분석결과이다.
- 도 3은 본원 실시예에서의 A, B, C, D 주조 시편 내 상(phase)의 양에 대한 분석결과이다.
- 도 4는 본원 실시예에 따른 구상화 어닐링 열처리한 시편의 주사전자현미경(SEM) 사진이다.
- 도 5는 본원 실시예에 따른 구상화 어닐링 열처리한 시편의 EDS 분석 결과이다.
- 도 6은 본원 실시예에서 구상화 어닐링(800℃), 유냉 일반 담금질(860℃) 및 뜨임 열처리(500℃)한 시편의 인장강도, 항복강도 및 연신율 측정 결과이다.
- 도 7는 본원 실시예에서 구상화 어닐링(800℃), 유냉 일반 담금질(860℃) 및 뜨임 열처리(500℃, 530℃ 또는 550℃)한 시편의 경도 측정 결과이다.
- 도 8은 본원 실시예에서 구상화 어닐링(800℃), 유냉 일반 담금질(860℃) 및 뜨임 열처리(530℃)한 시편의 인장강도, 항복강도 및 연신율 측정 결과이다.
- 도 9는 본원 실시예에서 구상화 어닐링(800℃), 유냉 일반 담금질(860℃) 및 뜨임 열처리(550℃)한 시편의 인장강도, 항복강도 및 연신율 측정 결과이다.
- 도 10은 노말라이징 열처리된 시편의 광학현미경(OM) 사진이다.
- 도 11은 노말라이징 열처리된 시편의 입도지수 분석결과이다.
- 도 12는 노말라이징 열처리된 시편 내 상(phase)의 양에 대한 분석결과이다.
- 도 13은 노말라이징 열처리된 시편의 주사전자현미경(SEM) 사진이다.
- 도 14는 노말라이징 열처리된 시편의 EDS 분석 결과이다.
- 도 15는 주방상태(as-cast) 시편과 비교예에 따른 노말라이징 열처리된 시편의 경도 비교 결과이다.
- 도 16은 인상담금질-뜨임 열처리 공정의 열처리 프로파일의 모식도이다.
- 도 17은 노말라이징-수냉/유냉 인상담금질-뜨임 열처리(570℃)한 시편의 인장강도 및 항복강도 측정 결과이다.
- 도 18은 노말라이징-수냉/유냉 인상담금질-뜨임 열처리(570℃)한 시편의 연신율 측정 결과이다.
- 도 19는 노말라이징-수냉/유냉 인상담금질-뜨임 열처리(570℃)한 시편의 경도 측정 결과이다.
- 도 20은 노말라이징-수냉/유냉 인상담금질-뜨임 열처리(500℃, 360℃ 또는 280℃)한 시편의 인장강도 및 항복강도 측정 결과이다.
- 도 21은 노말라이징-수냉/유냉 인상담금질-뜨임 열처리(500℃, 360℃ 또는 280℃)한 시편의 경도 측정

결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 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.
- [0022] 본 발명의 개념에 따른 실시예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0023] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0024] 이하, 본 발명을 상세하게 설명한다.
- [0025] 본 발명은 기존 니켈크롬몰리브덴 합금 주강의 강도를 획기적으로 향상시키기 위해, Ni-Cr-Mo 합금 주강 조성에 희유 금속(Ti, Al, B, W, Nb 등)을 첨가하되 첨가 목적을 달성할 수 있는 범위 내에서 그 함량을 극대화하는 동시에, 주물 제조 후 열처리 공정을 최적화함으로써 결함이 없이 1350 MPa 급 이상의 고강도를 가지는 니켈크롬몰리브덴 주강재를 제조할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.
- [0026] 이를 위해, 본 발명은 (a) 0.45 내지 0.5 중량%의 탄소(C); 0.47 내지 0.5 중량%의 규소(Si); 0.5 내지 0.8 중량%의 망간(Mn); 2.0 내지 2.5 중량%의 니켈(Ni); 2.0 내지 2.5 중량%의 크롬(Cr); 0.3 내지 0.5 중량%의 몰리브덴(Mo); 0.1 내지 0.2 중량%의 바나듐(V), 0 중량% 초과 0.05 중량% 이하의 티타늄(Ti), 0.03 내지 0.05 중량% 이하의 알루미늄(Al); 0 중량% 초과 0.005 중량% 이하의 붕소(B); 철(Fe) 잔부 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 용탕을 주조(casting)하는 단계; (b) 700 내지 800 °C에서 구상화 어닐링 열처리(spheroidizing annealing)하는 단계; (c) 850 내지 870 °C에서 담금질 열처리(quenching)하는 단계; 및 (d) 500 내지 550 °C에서 뜨임 열처리(tempering)하는 단계를 포함한다.
- [0027] 상기 단계 (a)는 기본적으로 0.45 내지 0.5 중량%의 탄소(C); 0.47 내지 0.5 중량%의 규소(Si); 0.5 내지 0.8 중량%의 망간(Mn)을 포함하고, 후속 주물의 경화능 향상을 위하여 KS, JIS 규격의 SNCM 강종에 기반해 2.0 내지 2.5 중량%의 니켈(Ni); 2.0 내지 2.5 중량%의 크롬(Cr); 0.3 내지 0.5 중량%의 몰리브덴(Mo)을 포함하고, 강도 등 기계적 특성 향상을 위해 희유 금속(Ti, Al, B, W, Nb 등)을 추가로 포함하는 합금강을 주조하는 단계이다.
- [0028] 구체적으로, 0.45 내지 0.5 중량%의 탄소(C); 0.47 내지 0.5 중량%의 규소(Si); 0.5 내지 0.8 중량%의 망간(Mn); 2.0 내지 2.5 중량%의 니켈(Ni); 2.0 내지 2.5 중량%의 크롬(Cr); 0.3 내지 0.5 중량%의 몰리브덴(Mo); 0.1 내지 0.2 중량%의 바나듐(V), 0 중량% 초과 0.05 중량% 이하의 티타늄(Ti), 0.03 내지 0.05 중량% 이하의 알루미늄(Al); 0 중량% 초과 0.005 중량% 이하의 붕소(B); 철(Fe) 잔부 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 합금강을 고주파 유도로, 아크식 전기로, 진공 유도 용해로 등의 용해로에서 용해하여 용탕을 형성하고 정련, 탈가스를 행한 후, 사형(砂型) 주형 등의 주형에 주탕(注湯)하고 응고시키는 주조 공정을 수행한다.
- [0029] 이어서, 상기 단계 (b)에서는 전 단계에서 얻어진 주물을 700°C 내지 800°C에서 구상화 어닐링 열처리(spheroidizing annealing)하는 단계이다. 본 단계에서 이루어지는 구상화 어닐링은 담금질 열처리 전에 인성을 향상시켜 균열발생 요인도 제거하고, 기계적 성질을 향상시키기 위한 것으로서, 바람직하게는 본 단계의 구상화 어닐링을 통해 구상 탄화물의 평균 크기를 230 nm 이하로 만들어준다.
- [0030] 다음으로, 상기 단계 (c)에서 이루어지는 담금질은, 주강재의 강도 및 경도 등 기계적 특성을 확보하기 위한 것으로서, 850 내지 870 °C에서 일정시간 유지한 후 급냉시켜 이루어지는 것이 바람직하는데, 이는 850 °C 미만의 온도에서는 페라이트가 오스테나이트로 완전히 변태되지 못하고 미고용된 상태에서 담금질이 이루어져 경도 감소의 문제가 발생하며, 870 °C 이상의 온도에서는 잔류 오스테나이트 함량 증가에 따른 경도 감소가 문제되기 때문이다.
- [0031] 보다 바람직하게는, 본 단계에서의 담금질 열처리는 860 °C에서 1시간 유지한 후 유냉(oil cooling)하여 이루어

질 수 있다.

[0032] 다음으로, 상기 단계 (d)에서의 뜨임 열처리는, 550 °C를 초과하는 온도에서 이루어질 경우 인장 강도가 낮아지고 오스테나이트상이 역변태(reverse transformation)를 통해 석출될 경우 강인성이 낮아질 수 있고, 500 °C 미만의 온도에서 이루어질 경우에는 강도와 강인성의 균형이 악화되고 강인성은 낮아지므로, 500 내지 550 °C에서 이루어지는 것이 바람직하다.

[0033] 본 단계에서의 뜨임 열처리에 가열 후 유지 시간은 주강재의 두께에 따라서 결정되지만, 충분한 효과를 달성하기 위해서는 8 시간 이상 동안 가열을 유지하는 것이 바람직하다.

[0034] 일례로, 본 단계에서의 뜨임 열처리는 500 내지 550 °C에 속하는 소정의 열처리 온도에서 8시간 유지한 후 공냉 (air cooling)하여 이루어질 수 있다.

[0035] 한편, 본 발명은 상기 단계 (a)에서 0 중량% 초과 0.05 중량% 이하의 니오븀(Nb) 또는 0 중량% 초과 0.005 중량% 이하의 텅스텐(W)을 더 포함하는 용탕, 보다 구체적으로, (a) 0.4 중량% 이상 0.45 중량% 미만의 탄소(C); 0.4 중량% 이상 0.47 중량% 미만의 규소(Si); 0.5 내지 0.8 중량%의 망간(Mn); 2.0 내지 2.5 중량%의 니켈(Ni); 2.0 내지 2.5 중량%의 크롬(Cr); 0.3 내지 0.5 중량%의 몰리브덴(Mo); 0.1 내지 0.2 중량%의 바나듐(V), 0 중량% 초과 0.05 중량% 이하의 티타늄(Ti), 0 중량% 초과 0.03 중량% 미만의 알루미늄(Al); 0 중량% 초과 0.005 중량% 이하의 붕소(B); 0 중량% 초과 0.05 중량% 이하의 니오븀(Nb) 또는 0 중량% 초과 0.005 중량% 이하의 텅스텐(W); 철(Fe) 잔부 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 용탕을 주조하는 단계를 포함할 수 있다.

[0036] 이때, 단계 (d)에서 뜨임 열처리를 550 °C에서 실시한다는 것을 제외하고는, 단계 (b) 내지 (d)는 앞서 설명한 바와 동일하게 이루어진다.

[0037] 앞서 상세히 설명한 본 발명에 따른 고강도 니켈크롬몰리브덴 주강재의 제조방법에 의하면, 강도 등 기계적 특성 향상을 위해 첨가되는 고가의 희유금속을 극소화한 Ni-Cr-Mo 합금주강에 대해 최적화된 열처리 조건으로 구상화 어닐링, 담금질 및 뜨임 열처리를 순차적으로 실시함으로써, 상용 Ni-Cr-Mo 합금주강에 비해 강도가 현저히 향상된 1350 MPa급 주강을 제조할 수 있으며, 상기 주강은 샌드 펌프용 임펠러 블레이드 등 고강도가 요구되는 주강품의 소재로서 유용하게 사용될 수 있다.

[0038] 이하, 바람직한 실시예를 들어 본 발명을 더욱 상세하게 설명하도록 한다. 제시된 실시예는 본 발명의 구체적인 예시일 뿐이며, 본 발명의 범위를 제한하기 위한 목적으로 제공되는 것이 아니다.

[0039] <실시예>

[0040] I. 시험편의 주조 및 화학성분

[0041] 1. 조성

[0042] 고주파 유도로에 합금철을 용해하고 용탕의 목표조성을 Fe을 Cr:2.0~2.5%, Ni:2.0~2.5%, Mo:0.3~0.5%가 되도록 하고 V, Ti, Al, B, Nb, W를 첨가하여 제조한다. 4종류의 시험편 A, B, C, D를 표1과 같이 주조하고, 시험편A는 기존의 제품조성에 V를 0.15% 첨가한 합금조성으로 배합하고 시험편B는 V, Ti, Al, B를, 시험편C는 V, Ti, Al, B, Nb을, 시험편D는 V, Ti, Al, B, Nb, W를 첨가하였다. 주조된 시험편의 화학성분은 합금 설계한 목표성분 범위와 일치하고 아래 표1 과 같다.

[0043] [표 1]

Specimens	Chemical composition, wt%											
	C	Si	Mn	Ni	Cr	V	Mo	Ti	Al	B	Nb	W
A	0.47	0.40	0.75	2.5	2.43	0.17	0.39					
B	0.45	0.47	0.80	2.48	2.30	0.14	0.38	0.01	0.03	0.002		
C	0.44	0.45	0.78	2.49	2.30	0.14	0.38	0.01	0.01	0.002	0.01	
D	0.44	0.46	0.80	2.47	2.30	0.15	0.38	0.01	0.02	0.002		0.002

[0044]

- [0045] 2. 주조조직
- [0046] 합금성분의 조성을 달리하여 주조한 시편 A, B, C, D를 연마하여 알코올 90mL, 염산 10mL, 피크린산 1g을 혼합한 부식액으로 30초간 에칭 한 표면조직은 도 1과 같다. A시편에 비하여 B, C, D시편의 조직이 미세하고 C시편의 주조조직이 가장 미세하게 나타났다
- [0047] 3. 결정입도지수
- [0048] 주조시편의 결정입도지수를 도 2에서와 같이 산출하였다. 결정입도지수는 시편A가 7.3번, 시편B는 9.0번, 시편C는 9.8번, 시편D는 8.5번이고, 이 중에서 시편C가 가장 미세하고 시편A가 가장 조대하게 나타났다.
- [0049] 4. 상(phase)의 양
- [0050] 도 3에 나타낸 바와 같이 A시편의 말텐사이트의 양은 80%로서 가장 많이 나타나고, C시편은 말텐사이트의 양이 1%로 가장 적으며, B시편은 60%, C시편은 20%이다. 페라이트의 양은 C시편이 95%로서 가장 많이 나타나고, A시편의 페라이트의 양은 5%로서 가장 적으며, B시편은 20%, D시편은 50%이다.
- [0051] 탄화물의 양은 D시편이 20%, A시편이 15%, B시편이 4%, C시편이 1% 이고, 잔류오스테나이트의 양은 D시편이 50%, B시편이 13%, A시편이 1%, C시편이 0.5% 이다. 요약하면 주방상태에서 A, B 시편은 말텐사이트 조직이 60% 이상 나타나고, C, D는 페라이트 조직이 50% 이상 나타났다.
- [0052] **II. 구상화 어닐링-담금질-뜨임 열처리된 Ni-Cr-Mo 주강재의 제조 및 특성 분석**
- [0053] 상기 I.에서 제조된 주조 시편에 대해 담금질 열처리를 수행하기 전에, 탄화물을 구상화시켜 균열발생 요인도 제거하고, 기계적 성질도 향상시키기 위해 구상화 어닐링을 수행한 후, 담금질 및 뜨임 열처리를 순차적으로 실시해 1350 MPa급 Ni-Cr-Mo 주강재를 제조한다.
- [0054] 보다 구체적으로, 본 실시예에서 수행하는 구상화 어닐링 열처리는, 800 °C에서 5 시간 항온유지하고, 800 °C에서 730 °C까지 6 시간 동안 로냉시키며, 730 °C에서 15 시간 항온유지하고, 730 °C에서 700 °C까지 15 시간 동안 로냉하며, 700°C 에서 10 시간 항온유지하고, 700 °C 에서 500 °C까지 24시간 동안 로냉한 후 500°C에서 공냉하여 이루어진다.
- [0055] 도 4는 구상화 어닐링 열처리된 시편의 주사전자현미경(SEM) 사진으로서, 기지조직은 페라이트와 M₂₃C₆의 탄화물로 되어있고, 여기에 구상탄화물의 크기가 그림37과 같이 230 nm 이하로 미세하고 균일하게 분포되어 있다. 개발시료 A, B, C, D의 구상탄화물의 크기는 비슷하며, 측정결과 B, C 시료의 구상탄화물의 평균크기는 140 nm 이하이며, D 시료는 177 nm이다.
- [0056] 도 5는 본원 실시예에 따른 구상화 어닐링 열처리한 시편의 EDS 분석 결과로서, 이에 따르면 기지조직은 페라이트와 M₂₃C₆의 탄화물로 구성되어있고, 구상탄화물은 도 5와 같이 M₃C로 확인되었다.
- [0057] 상기 구상화 어닐링 열처리 후 860°C에서 유냉 일반담금질열처리 하고, 500°C, 530°C 또는 550°C에서 8시간 동안 유지한 후 공냉하는 뜨임 열처리를 통해 Ni-Cr-Mo 주강재를 제조하였다.
- [0058] 도 6은 구상화 어닐링(800°C), 유냉 일반 담금질(860°C) 및 뜨임 열처리(500°C)한 시편의 인장강도, 항복강도 및 연신율 측정 결과이며, 도 7는 본원 실시예에서 구상화 어닐링(800°C), 유냉 일반 담금질(860°C) 및 뜨임 열처리(500°C, 530°C 또는 550°C)한 시편의 경도 측정 결과이다.
- [0059] 도 6 및 도 7을 참조하면, 구상화 어닐링(800°C), 유냉 일반 담금질(860°C) 및 뜨임 열처리(500°C)한 시편들 중에서, B, C시료의 인장강도는 개발목표(1,350 MPa 이상)에 합당하나 D 시료는 개발목표 미달이며, B, C 시료의 항복강도는 개발목표 (1,100 MPa 이상)에 합당하나 D시료의 항복강도는 목표 미달이다. 또한, B시료의 연신율은 4%이고, C시료는 1%이며 D시료는 0%이므로 항복강도를 측정할 수 없었다. 500°C 뜨임열처리 시에는 B시료만 인장강도, 항복강도 및 연신율이 모두 적합한 것으로 나타났다. 경도 측정 결과를 살펴보면, B, C, D시료의 경도는 HRC 46~47이며 HRC45 이상의 개발목표에 적합한 것으로 나타났다.
- [0060] 도 8은 본원 실시예에서 구상화 어닐링(800°C), 유냉 일반 담금질(860°C) 및 뜨임 열처리(530°C)한 시편의 인장강도, 항복강도 및 연신율 측정 결과이다.
- [0061] 도 8을 참조하면, 구상화 어닐링(800°C), 유냉 일반 담금질(860°C) 및 뜨임 열처리(530°C)한 시편들 중에서, B 시료의 인장강도는 개발목표 1,350MPa 이상이므로 이에 적합하나 C, D 시료는 개발목표 미달이고, B, C 시료의 항복강도는 개발목표 1,100MPa 이상이므로 B, C, D 시료 모두 적합한 것으로 나타났으며, B시료의 연신율은

1.2%이고, C시료는 1%이며 D시료는 1.0%이다.

- [0062] 또한, 도 7에 따르면 B, C, D시료의 경도는 HRC 46~48이며 HRC45 이상의 개발목표에 적합하였다.
- [0063] 결과적으로, 530℃ 뜨임열처리 시에는 B시료만 기계적 성질이 적합한 것으로 나타났다.
- [0064] 도 9는 본원 실시예에서 구상화 어닐링(800℃), 유냉 일반 담금질(860℃) 및 뜨임 열처리(550℃)한 시편의 인장강도, 항복강도 및 연신율을 측정 결과이다.
- [0065] 도 9를 참조하면, 구상화 어닐링(800℃), 유냉 일반 담금질(860℃) 및 뜨임 열처리(550℃)한 시편들 중에서, B, C, D시료의 인장강도는 1,394MPa, 1,413MPa, 1,355MPa으로 개발목표(1,350MPa 이상)에 모두 적합하며, 항복강도는 1,280MPa, 1,272MPa, 1,281MPa으로 개발목표(1,100MPa 이상)에 B, C, D시료 모두 충족시켰다. B, C, D 시료의 연신율은 모두 9%로 매우 높은 값을 나타냈다.
- [0066] 또한, 도 7에 따르면 B, C, D 시료의 경도는 HRC 45~47이며 HRC45 이상의 개발목표에 적합하였다.
- [0067] 결과적으로, 550℃ 뜨임 열처리 시에는 B, C, D 시료 모두의 인장강도, 항복강도, 연신율 및 경도 등 개발목표 특성을 만족시킬 수 있다.
- [0068] 본 실시예에 따른 구상화 어닐링-인상담금질-뜨임열처리 공정과 뜨임열처리 공정조건에 대하여 시편의 인장강도, 항복강도, 연신율, 경도의 시험결과를 요약하면 아래의 표 2와 같다.

[표 2]

열처리공정 조건				주요성능	단위	개발목표	판경(O,X)			
번호	구상화소둔 (℃)	일반담금질 (℃)	뜨임 (℃)				시료 기호			
							A	B	C	D
1	800	860,유냉	550	인장강도	MPa	1,350	-	○	○	○
				항복강도	MPa	1,100	-	○	○	○
				경도	HRC	45 이상	-	○	○	○
2	800	860,유냉	530	인장강도	MPa	1,350	-	○	x	x
				항복강도	MPa	1,100	-	○	○	○
				경도	HRC	45 이상	-	○	○	○
3	800	860,유냉	500	인장강도	MPa	1,350	-	○	○	x
				항복강도	MPa	1,100	-	○	○	x
				경도	HRC	45 이상	-	○	○	○

- [0070]
- [0071] 합부판정 : 0 (요구 기계적 물성 충족) / X (요구 기계적 물성 불충족)

[0072] **III. 노말라이징-담금질-뜨임 열처리된 Ni-Cr-Mo 주강재의 제조 및 특성 분석**

[0073] 상기 I.에서 제조된 주조 시편을 대상으로 노말라이징-담금질-뜨임 열처리를 실시해 Ni-Cr-Mo 주강재를 제조하고, 상기 Ni-Cr-Mo 주강재에 대해 특성 분석을 실시하였다.

[0074] **1. 노말라이징 열처리 공정을 거친 주조 시편의 특성**

[0075] 상기 I.에서 제조된 주조 시편을 가열해 900℃에서 8시간 유지한 후 공냉하는 노말라이징 열처리를 통해 얻어진 시편에 대해 아래와 같이 특성 분석을 실시했다.

[0076] (1) OM조직

[0077] 도 10은 노말라이징 열처리된 주조 편의 광학현미경(OM) 사진으로서, 이를 참조하면 노말라이징 열처리 후 결정입도지수는 A시편에 비하여 B, C, D시편의 입도가 미세하고 C편 시편이 가장 미세한 경향을 보인다.

[0078] (2) 결정입도지수

[0079] 노말라이징 열처리 후 A, B, C, D 시편의 결정입도크기는 도 11에서와 같이 주조시편에 비하여 미세하게 되었고 A시편의 결정입도지수는 5.9번, B시편의 결정입도지수는 6.2번, C시편의 결정입도지수는 6.4번이고, D시편은 결정입도지수는 9.0이다. 개발시편 A, B, C, D는 합금원소의 영향에 의해 노말라이징 열처리 후 결정입도의 크기

는 D시편 이외에 A, B, C 시편은 모두 미세하게 나타났다.

[0080]

(3) 상(phase)의 양

[0081]

도 12에 도시된 바와 같이 노말라이징 열처리 후 A시편은 말텐사이트(Martensite) 조직이 75% 이고 페라이트 조직은 20%이며, B, C, D 시편은 a말텐사이트 조직이 20% 이하이고, 페라이트 조직은 증가되어 80% 이상 나타났다. 탄화물과 잔류오스테나이트의 양은 A, B, C, D시편 모두 5% 이하로 적게 나타났다.

[0082]

[0083]

도 13의 SEM 조직 사진과 도 14의 EDS 분석 자료에서 A시편은 말텐사이트 조직이 많이 나타난 반면 B, C, D 시편에서는 페라이트 조직이 많이 나타난다.

[0084]

(5) 경도

[0085]

노말라이징 열처리한 시편 A, B, C, D의 경도값은 도 15에서와 같이 주방상태의 시편에 비하여 경도가 균일하고 일정하며, 주방상태의 시편에 비하여 경도가 증가되었다. 이 노말라이징 열처리공정에서 경도가 낮아야 기계가 공이 용이하나 경도가 높아 기계가공성이 어려울 것으로 판단되고, 담금질 열처리 시 담금질균열발생이 우려되는 결과로 나타났다.

[0086]

2. 노말라이징-담금질-뜨임 열처리된 Ni-Cr-Mo 주강재의 제조 및 특성 분석

[0087]

노말라이징 열처리 공정에 이어서 (수냉/유냉)인상담금질-뜨임열처리한 Ni-Cr-Mo 주강재를 제조하고 그 특성을 평가했다.

[0088]

먼저, 상기 노말라이징 열처리한 시편을 대상으로 도 16에 도시한 인상담금질-뜨임열처리 공정을 순차적으로 실시해 비교예에 따른 Ni-Cr-Mo 주강재를 제조하였다.

[0089]

(1) 노말라이징-수냉/유냉 인상담금질-뜨임열처리(570℃)된 Ni-Cr-Mo 주강재의 기계적성질

[0090]

880℃에서 항온 유지 후 수냉/유냉하고, 400℃ 부근에서 인상하여 공냉 후, 이 시편을 570℃에서 뜨임열처리한 시편 A, B, C, D에 대하여 도 17에서와 같이 인장강도와 항복강도를 시험하였으며, 항복강도는 연신율이 도 18와 같이 낮아 측정할 수 없었고 인장강도만 나타났다. 유냉 담금질한 시편의 인장강도는 1,102~1,247 MPa이며, 이에 비하여 수냉 담금질한 시편의 인장강도는 1,216~1,306 MPa 로 약 100 MPa 정도 높게 나타났다. 그러나 1,350MPa 이상의 개발목표를 만족시키는 것은 유냉이나 수냉한 시편에서 모두 개발목표에 미달되었다.

[0091]

모든 시편의 연신율은 도 18에서와 같이 3% 이하이고, 개발시편 중에서 시편C가, 유냉한 시편 중에서 시편B, C가 연신율이 가장 높게 나타났다. 수냉 한 시편에서 담금질균열이 발생되었고, 항복강도의 측정값을 얻기 위하여 연신율을 높여야 할 것으로 판단된다.

[0092]

도 19는 880℃에서 항온 유지 후 수냉/유냉하고 400℃부근에서 인상하여 공냉한 시편을 570℃에서 뜨임열처리한 시편 A, B, C, D에 대하여 경도 시험한 결과이다. 유냉 담금질한 시편의 경도는 HRC 42~45, 수냉 담금질한 시편의 경도는 HRC 40~44 이다. 그러나 개발목표 HRC45 이상을 만족시키는 개발시편은 없었고, 모두 목표경도 미달이다. 이들 시편 중에서 유냉한 시편에서는 균열 발생한 것이 없었으나, 수냉 인상담금질 한 시편에서 균열이 대부분 발생되었다. 570℃ 뜨임 온도에서는 기계적성질의 목표치를 달성할 수 없었고, 이 중에서 경도는 너무 낮게 나왔다.

[0093]

(2) 노말라이징-수냉/유냉 인상담금질-뜨임열처리(500℃, 360℃ 또는 280℃)된 Ni-Cr-Mo 주강재의 기계적성질

[0094]

도 20에서와 같이 유냉 인상담금질-500℃ 뜨임열처리 한 시편 중에서 A시편이 인장강도의 목표치를 만족하였지만 항복강도는 목표치 미달이었다. 또한, 유냉 인상담금질-360℃ 뜨임열처리 한 시편에서는 A, B, C, D의 모든 시편이 인장강도의 목표치를 만족하였지만 항복강도는 목표치가 미달이었다. 그리고, 유냉 인상담금질-280℃ 뜨임열처리 한 시편에서는 C, D시편이 인장강도의 목표치를 만족하였지만 항복 강도는 목표치 미달이었다.

[0095]

도 21에서와 같이, 유냉 인상담금질-360℃ 뜨임열처리 한 시편에서는 모든 시편의 경도가 개발목표경도의 목표치 HRC45 이상을 만족하였고, 측정결과는 HRC45~48 범위이다. 또한, 유냉 인상담금질-280℃ 뜨임열처리 한 시편에서는 모든 시편의 경도가 개발목표경도의 목표치 HRC45 이상을 만족하였고, 측정결과는 HRC48~50 범위이다. 그리고, 뜨임온도가 낮아질수록 경도는 증가하고 뜨임온도가 높을수록 경도가 낮아지며, 550℃ 이상에서는 도 19에서와 같이 경도가 HRC 45 이하로 나타났다.

- [0096]
- [0097] 기존에 수행한 노말라이징-인상담금질-뜨임열처리 공정과 열처리공정의 열처리조건, 열처리온도를 달리한 공정 조건에 따라서 시편의 인장강도, 항복강도, 경도 등의 시험결과를 요약하면 다음과 같다. 기존의 열처리 방법으로는 아래 표 3에서와 같이 개발목표를 달성할 수 없었다.
- [0098] 1) 900℃ 노말라이징 - 880℃ 수냉 인상담금질 - 570℃ 뜨임열처리 공정
- [0099] 이 공정은 기존에 작업하고 있는 열처리 방법이며, 이 방법으로는 기존의 소재 뿐만 아니라 개발시편 A, B, C, D에 대하여 인장강도, 항복강도, 경도 등 전 항목이 개발목표에 미달되었다.
- [0100] 2) 900℃ 노말라이징 - 880℃ 유냉 인상담금질 - 570℃ 뜨임열처리 공정
- [0101] 이 공정은 기존에 작업하고 있는 열처리 방법이며, 이 방법은 제품에 균열이 발생되어 냉각제를 바꾸어 작업한 공정이다. 이 방법으로는 기존의 소재 뿐만 아니라 개발시편 A, B, C, D에 대하여 인장강도, 항복강도, 경도 등 전 항목이 개발목표에 미달되었다.
- [0102] 3) 890℃ 노말라이징 - 860℃ 유냉 인상담금질 - 500℃ 뜨임열처리 공정
- [0103] 기존의 노말라이징 열처리공정은 동일하고, 담금질온도와 뜨임온도를 달리한 것이다. 이 방법으로는 A시편의 인장강도와 항복강도는 적합하나 B, C, D시편은 미달되었으며, 경도는 B, C, D시편만 적합하였다.
- [0104] 4) 890℃ 노말라이징 - 860℃ 유냉 인상담금질 - 360℃ 뜨임열처리 공정
- [0105] 기존의 노말라이징 열처리공정은 동일하고, 담금질온도와 뜨임온도를 달리한 열처리공정이다, 이 방법에서 A, B, C, D시편의 인장강도와 경도는 적합하나 항복강도는 A, B, C, D시편 모두 미달되었다.
- [0106] 5) 890℃ 노말라이징 - 860℃ 유냉 인상담금질 - 280℃ 뜨임열처리 공정
- [0107] 기존의 노말라이징 열처리공정은 동일하고, 담금질온도와 뜨임온도를 달리한 열처리공정이다, 이 방법으로는 C, D시편의 인장강도와 경도는 적합하나 항복강도는 A, B, C, D시편 모두 미달이었다.

[0108] [표 3]

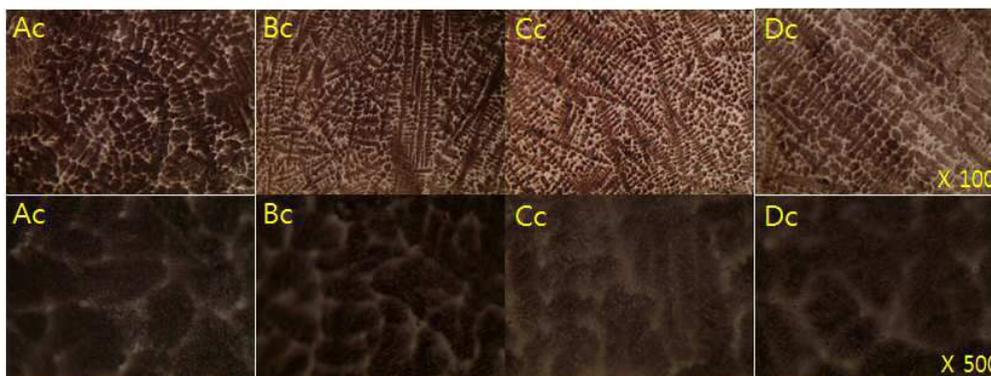
열처리 공정 조건					기계적 성질	단위	개발 목표	합부판정 (O, X)			
번호	노말라이징 (℃)	인상 담금질 (℃)	일반 담금질 (℃)	뜨임 (℃)				시편 기호			
								A	B	C	D
1	900	880 쇼냉	-	570	TS	MPa	1,350	x	x	x	x
					YS	MPa	1,100	x	x	x	x
					경도	HRC	45 이상	x	x	x	x
2	900	880 유냉	-	570	TS	MPa	1,350	-	x	x	x
					YS	MPa	1,100	-	x	x	x
					경도	HRC	45 이상	-	x	x	x
3	890	-	860 유냉	500	TS	MPa	1,350	○	x	x	x
					YS	MPa	1,100	○	x	x	x
					경도	HRC	45 이상	x	○	○	○
4	900	-	860 유냉	360	TS	MPa	1,350	○	○	○	○
					YS	MPa	1,100	x	x	x	x
					경도	HRC	45 이상	○	○	○	○
5	900	-	860 유냉	280	TS	MPa	1,350	-	x	○	○
					YS	MPa	1,100	-	x	x	x
					경도	HRC	45 이상	-	○	○	○

[0109]
 [0110] 합부판정 : O (요구 기계적 물성 충족) / X (요구 기계적 물성 불충족)

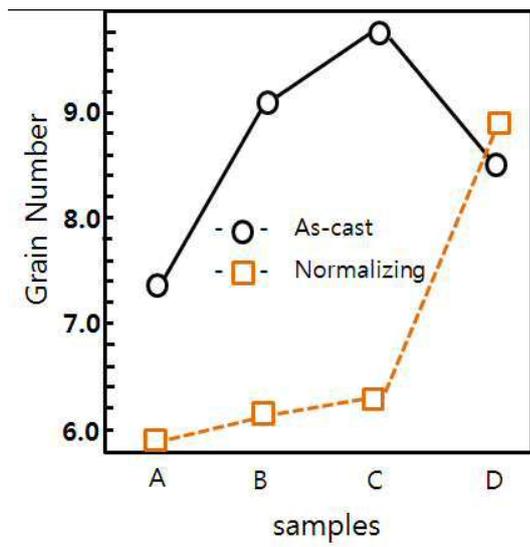
[0111] 이상, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예에는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

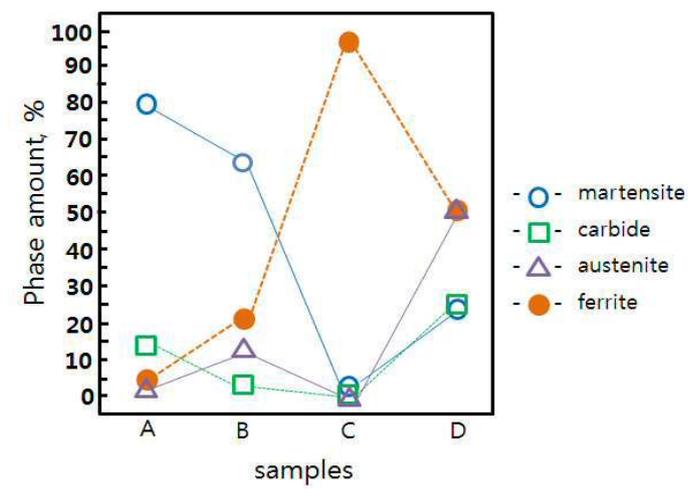
도면1



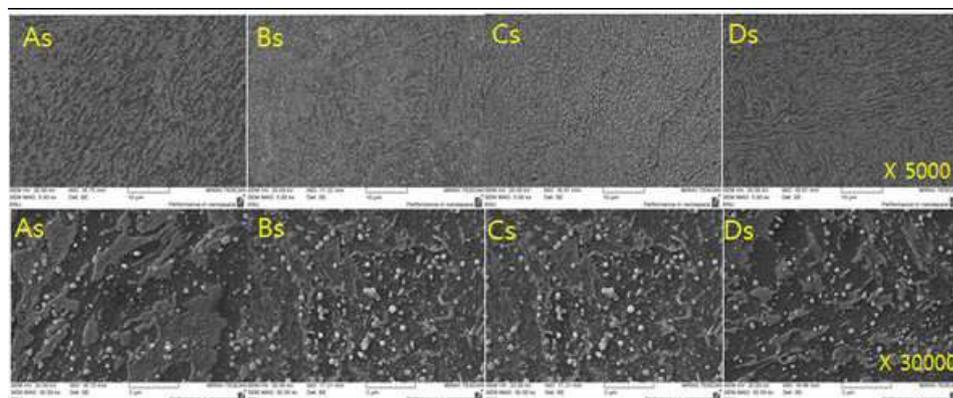
도면2



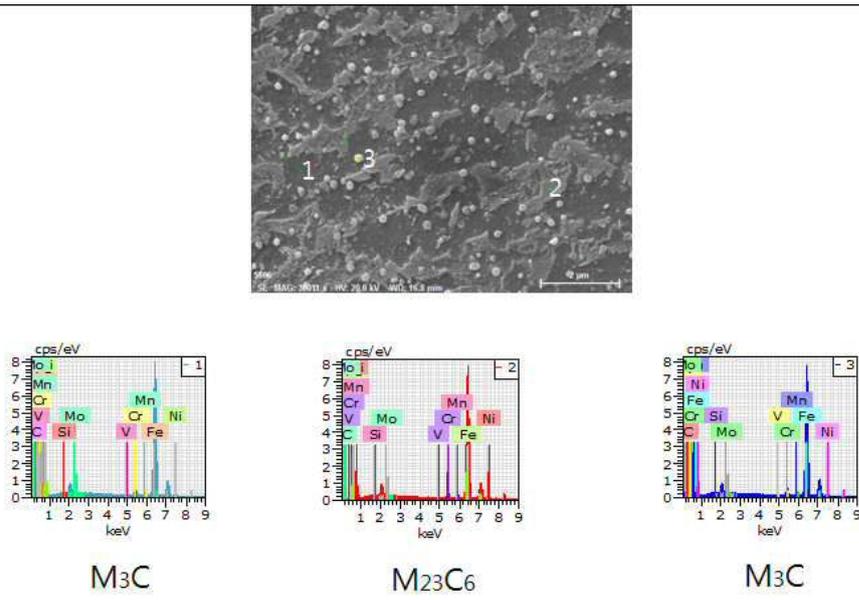
도면3



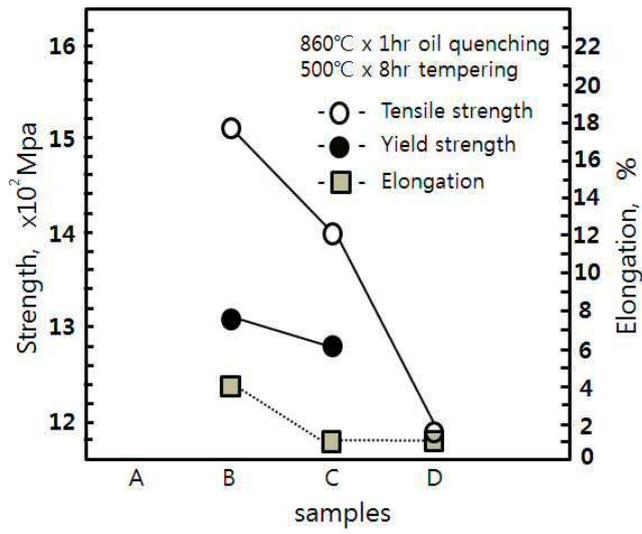
도면4



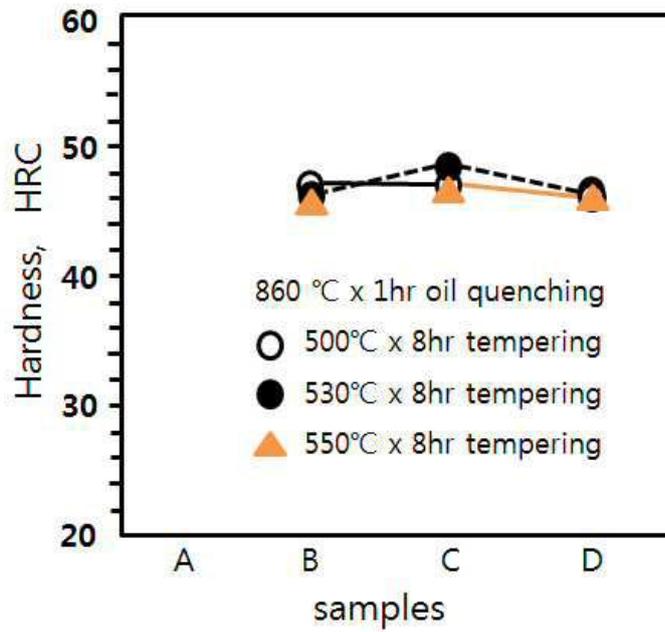
도면5



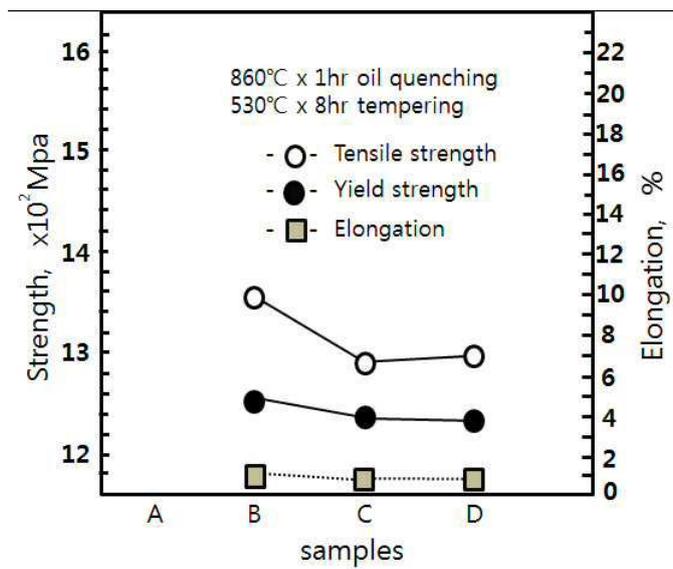
도면6



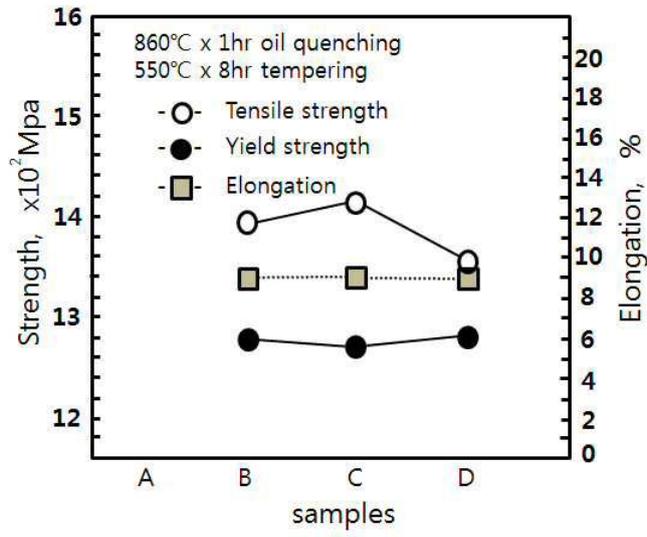
도면7



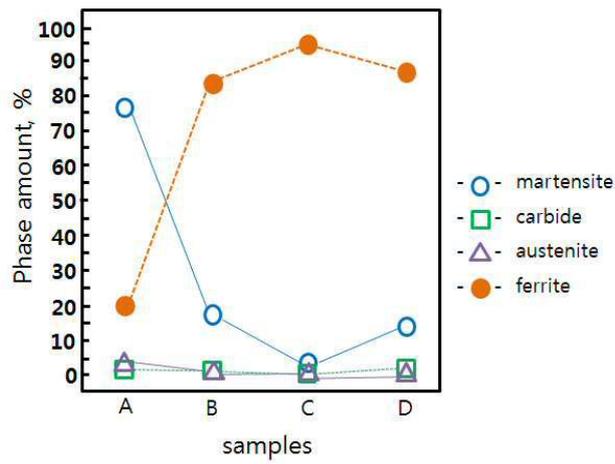
도면8



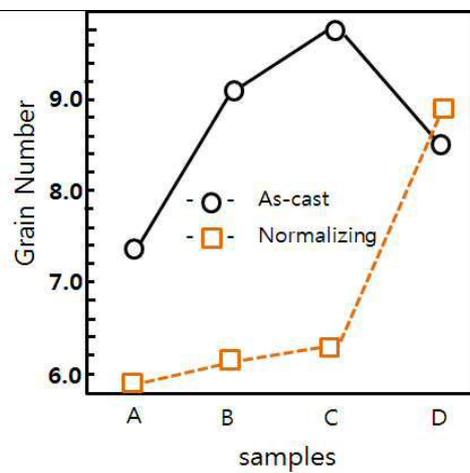
도면9



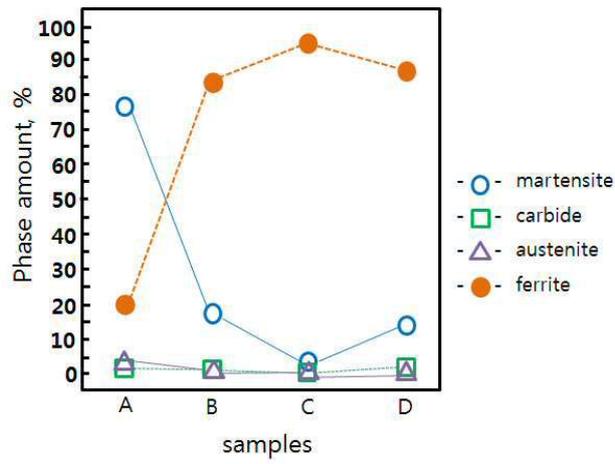
도면10



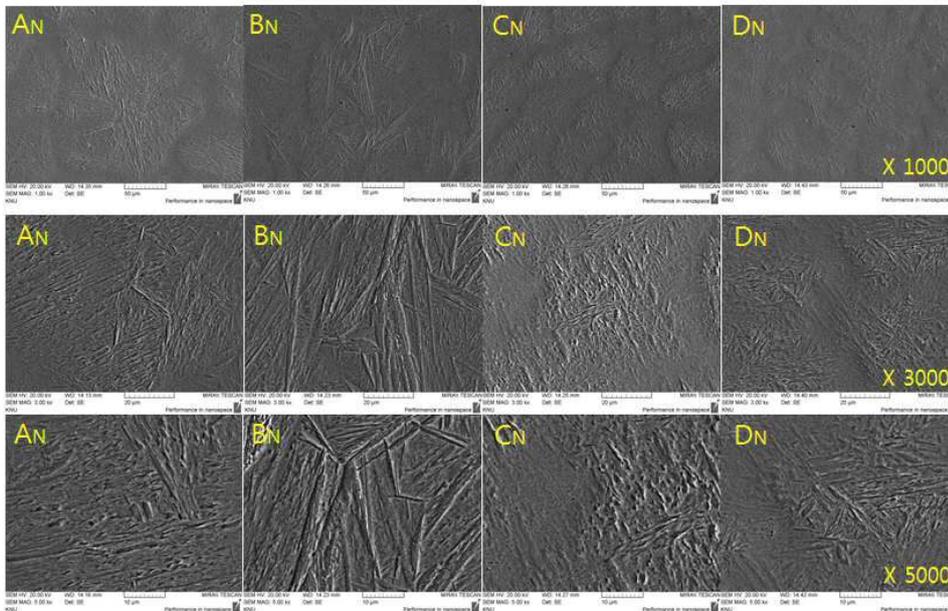
도면11



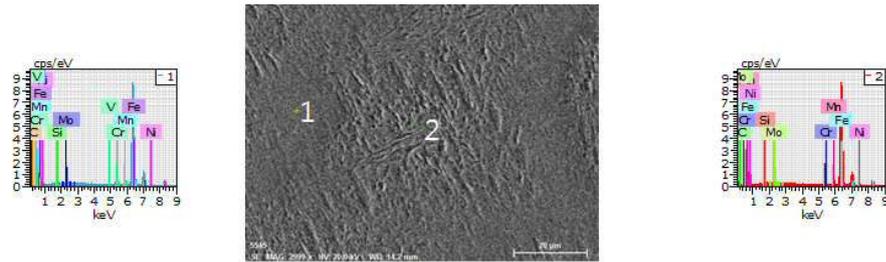
도면12



도면13



도면14



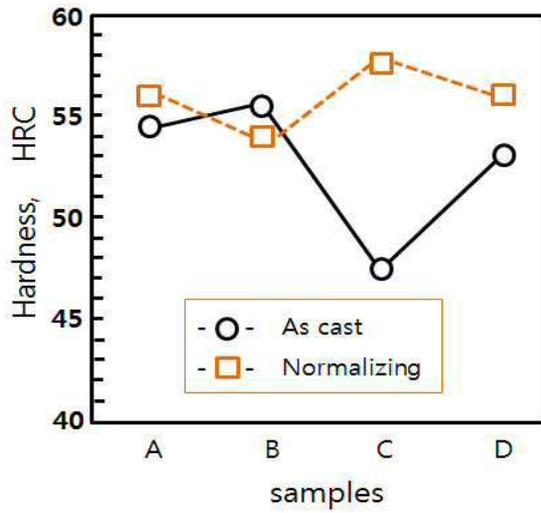
Spectrum: 1

Element	Series	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Carbon	K-series	3.73	15.21	3.72
Silicon	K-series	0.45	0.79	0.17
Chromium	K-series	2.71	2.56	0.36
Manganese	K-series	1.40	1.25	0.26
Iron	K-series	88.12	77.37	7.21
Nickel	K-series	2.68	2.24	0.44
Molybdenum	L-series	0.65	0.33	0.20
Vanadium	K-series	0.26	0.25	0.13
Total:		100.00	100.00	

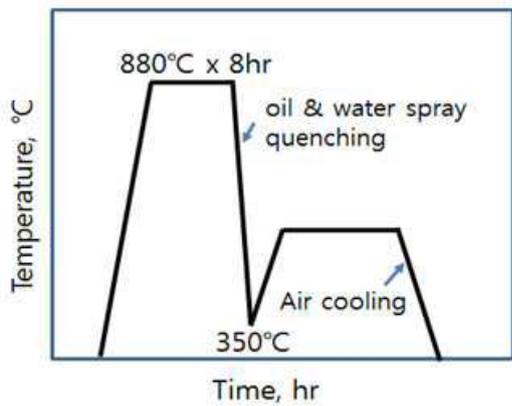
Spectrum: 2

Element	Series	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (3 Sigma) [wt.%]
Carbon	K-series	3.83	15.58	3.47
Chromium	K-series	1.76	1.66	0.26
Iron	K-series	90.50	79.22	7.28
Nickel	K-series	2.33	1.94	0.38
Manganese	K-series	1.18	1.05	0.23
Molybdenum	L-series	0.11	0.06	0.11
Silicon	K-series	0.28	0.49	0.14
Total:		100.00	100.00	

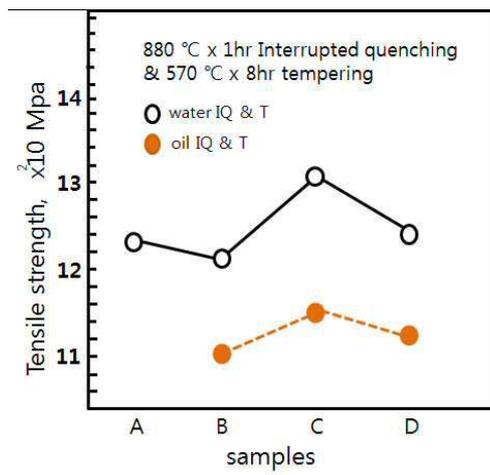
도면15



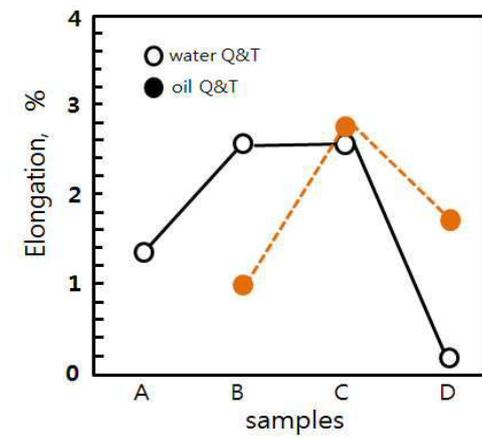
도면16



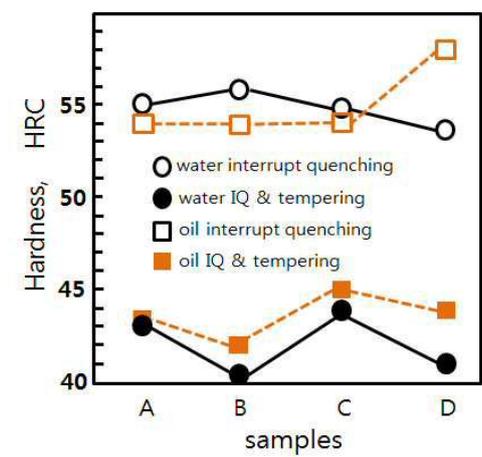
도면17



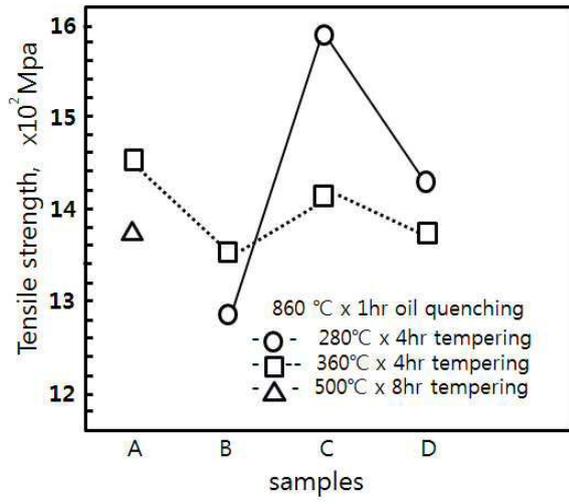
도면18



도면19



도면20



도면21

