(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0052282
(43) 공개일자 2019년05월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/44 (2006.01) *C21D 1/18* (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01) *C22C 38/04* (2006.01)
C22C 38/42 (2006.01) *C22C 38/46* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 38/44 (2013.01)
C21D 1/18 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0147831
(22) 출원일자 2017년11월08일
심사청구일자 2017년11월08일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
강전연
경남 창원시 성산구 가음정동 13-3
박준영
경남 창원시 성산구 동산로 61번길 30
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인(유한) 대아

전체 청구항 수 : 총 6 항

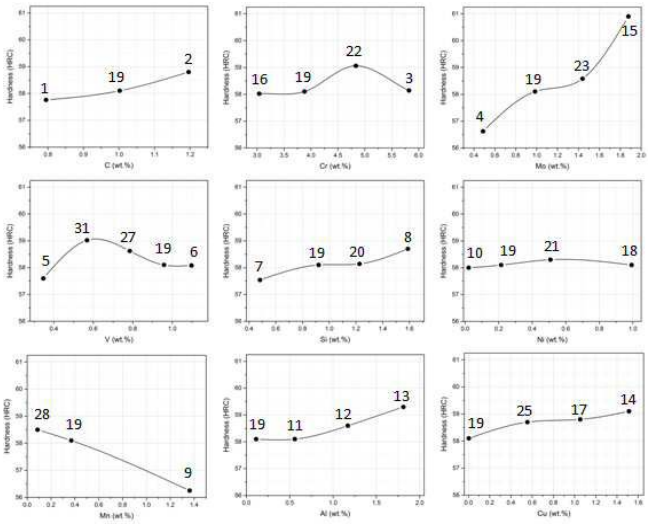
(54) 발명의 명칭 **주조강**

(57) 요 약

금형, 치공구류를 주조 공정으로 제조할 수 있어, 단조, 압연 및 절삭 가공을 생략 또는 저감할 수 있는 주조강 및 이를 이용한 강 제품 제조 방법에 대하여 개시한다.

본 발명에 따른 주조강은 중량%로, 탄소(C): 0.80% 초과 내지 1.20% 미만, 크롬(Cr): 3.04% 이상 내지 5.82% 미만, 몰리브덴(Mo): 0.49% 초과 내지 1.88% 미만, 바나듐(V): 0.35% 초과 내지 1.10% 미만, 실리콘(Si): 0.48% 초과 내지 1.59% 미만, 망간(Mn): 0.09% 이상 내지 1.36% 미만, 니켈(Ni): 0.02% 초과 내지 1.03% 이하, 알루미늄(Al): 0.03% 이상 내지 0.56% 미만, 구리(Cu): 0.001% 이상 내지 1.513% 미만을 포함하고, 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C22C 38/02 (2013.01)
C22C 38/04 (2013.01)
C22C 38/42 (2013.01)
C22C 38/46 (2013.01)

(72) 발명자
이창훈
경상남도 창원시 성산구 반림동 노블파크아파트 103동 104호
장재훈
경상남도 포항시 남구 행복길 105, 9동 301호
하헌영
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 (상남동) 창원대로 797 재료연구소
이태호
경남 마산시 내서읍 호계리 코오롱하늘채 2차 213동 101호
박성준
경상남도 창원시 성산구 원이대로 449, 127동 103호 (반림동,노블파크아파트)
문준오
경상남도 창원시 성산구 원이대로 774, 309동 101호(상남동, 성원아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 PNK5350
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 국가과학기술연구회
연구사업명 주요사업
연구과제명 프레스금형 핵심 부품의 액상성형을 위한 고성능 주강(caststeel) 개발(1/2)
기 여 율 1/1
주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간 2017.01.01 ~ 2017.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

중량%로, 탄소(C): 0.80% 초과 내지 1.20% 미만, 크롬(Cr): 3.04% 이상 내지 5.82% 미만, 몰리브덴(Mo): 0.49% 초과 내지 1.88% 미만, 바나듐(V): 0.35% 초과 내지 1.10% 미만, 실리콘(Si): 0.48% 초과 내지 1.59% 미만, 망간(Mn): 0.09% 이상 내지 1.36% 미만, 니켈(Ni): 0.02% 초과 내지 1.03% 이하, 알루미늄(Al): 0.03% 이상 내지 0.56% 미만, 구리(Cu): 0.001% 이상 내지 1.513% 미만을 포함하고, 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물로 이루어지는 것을 특징으로 하는 주조강.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 주조강은, 중량%로, 탄소(C): 0.89% 이상 내지 1.08% 이하, 크롬(Cr): 3.91% 이상 내지 4.84% 이하, 몰리브덴(Mo): 0.98% 이상 내지 1.44% 이하, 바나듐(V): 0.57% 이상 내지 1.01% 이하, 실리콘(Si): 0.86% 이상 내지 1.13% 이하, 망간(Mn): 0.09% 이상 내지 0.79% 이하, 니켈(Ni): 0.12% 이상 내지 0.31% 이하, 알루미늄(Al): 0.03% 이상 내지 0.20% 이하, 구리(Cu): 0.001% 이상 내지 1.142% 이하를 포함하고, 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물로 이루어지는 것을 특징으로 하는 주조강.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 주조강은 담금질 및 뜨임 열처리 후, HRC 경도: 58 초과 및 굽힘강도: 2700 MPa 초과를 나타내는 것을 특징으로 하는 주조강.

청구항 4

중량%로, 탄소(C): 0.80% 초과 내지 1.20% 미만, 크롬(Cr): 3.04% 이상 내지 5.82% 미만, 몰리브덴(Mo): 0.49% 초과 내지 1.88% 미만, 바나듐(V): 0.35% 초과 내지 1.10% 미만, 실리콘(Si): 0.48% 초과 내지 1.59% 미만, 망간(Mn): 0.09% 이상 내지 1.36% 미만, 니켈(Ni): 0.02% 초과 내지 1.03% 이하, 알루미늄(Al): 0.03% 이상 내지 0.56% 미만, 구리(Cu): 0.001% 이상 내지 1.513% 미만을 포함하고, 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물로 이루어지는 용융 상태의 주조강을 마련하는 단계; 및

주조 공정으로 상기 용융 상태의 주조강으로부터 미리 정해진 형상의 강 제품을 제조하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 강 제품 제조 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 주조강은, 중량%로, 탄소(C): 0.89% 이상 내지 1.08% 이하, 크롬(Cr): 3.91% 이상 내지 4.84% 이하, 몰리브덴(Mo): 0.98% 이상 내지 1.44% 이하, 바나듐(V): 0.57% 이상 내지 1.01% 이하, 실리콘(Si): 0.86% 이상 내지 1.13% 이하, 망간(Mn): 0.09% 이상 내지 0.79% 이하, 니켈(Ni): 0.12% 이상 내지 0.31% 이하, 알루미늄(Al): 0.03% 이상 내지 0.20% 이하, 구리(Cu): 0.001% 이상 내지 1.142% 이하를 포함하고, 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물로 이루어지는 것을 특징으로 하는 강 제품 제조 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 강 제품 제조 방법은

상기 주조 공정 후, 850℃ 이상 1150℃ 이하의 온도에서 강 제품을 유지한 후 600℃ 이하의 온도로 냉각하는 담금질 열처리 및

담금질된 제품을 150℃ 이상 600℃ 이하의 온도에서 강 제품을 유지한 후 상온까지 냉각하는 뜨임 열처리를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 강 제품 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 금형, 치공구류와 같은 강 제품을 주조 공정으로 제조할 수 있는 주조강에 관한 것이다.

[0002] 또한, 본 발명은 상기 주조강을 이용하여 강 제품을 제조하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0004] 합금공구강은 일반 구조용 강재에 비하여 다량의 탄소 및 기타 합금원소를 함유함으로써 높은 경도와 내마모성을 얻는 것을 특징으로 하며, 따라서 다양한 금형 및 공구의 주요 부품에 적용되고 있다. 합금공구강은 일반적으로 다음의 과정을 거쳐 최종 제품으로 완성된다.

[0005] (1) 주조: 특정 조성의 주괴(cast ingot)를 제작

[0006] (2) 열간가공(단조, 압연 등): 수축공, 편석 등 주조 결함의 최소화와 중간제품 (판재, 각재, 봉재 등) 형상 성형

[0007] (3) 구상화 열처리: 중간제품의 절삭가공을 용이하게 하기 위한 열처리

[0008] (4) 1차 형상 가공(황삭, rough milling): 금형 및 공구 부품의 형상을 절삭 가공

[0009] (5) 경화열처리: 담금질(quenching) 및 뜨임(tempering) 열처리를 통해 1차 가공된 부품의 경도 등 제반 물성을 용도에 맞게 제어

[0010] (6) 2차 형상 가공(정삭, fine milling): 금형 및 공구의 부품의 최종 치수, 형상에 맞게 정밀 절삭 가공

[0012] 합금공구강은 기본적으로 절삭 저항성이 높은 소재로서 상기 과정 중 1차 형상 가공에 많은 시간과 비용이 소모될 수 밖에는 없다. 따라서 상기와 같은 단조·압연 소재(wrought alloy, 이하 단련재)를 절삭 가공하는 대신, 금형 및 공구 부품의 1차 형상을 주조 과정에서 바로 형성해 주는 경우 상기 (2) 과정이 생략되며, (3) 및 (4) 과정의 생략 혹은 최소화에 의한 비용 절감이 가능하다.

[0013] (4) 과정의 최소화, 즉 절삭량의 최소화는 공정 비용의 절감 외에도 원소재 손실량의 절감을 의미하여, 높은 비용 절감 효과를 가진다. 또한, 제한된 크기와 형태로 공급되는 단련재의 경우, 대형 금형 및 공구의 구성 시 다수의 부품으로 개별 가공 후 접합, 조립 등의 추가 공정이 증가하는 반면, 주조강(cast steel)을 활용하는 경우 금형 및 공구의 크기나 형상에 대해 보다 높은 자유도를 가질 수 있다. 따라서 소재 및 가공 비용 절감, 공정 및 소재 유통 과정 단축에 의한 납기 단축, 제품 설계 및 설계 변경에 대한 유동적 대응 등의 많은 장점을 가진다.

[0014] 그러나 동일한 합금조성에서 주조재는 높은 결함 밀도에 기인하여 단련재에 비해 내구성이 낮을 수 밖에 없으며, 따라서 고강도 금속 소재의 성형에서와 같이 성형 조건이 가혹한 경우에 적용하기에는 한계가 있다.

[0015] 또한, 종래의 주조강은 일반적인 단조·압연 소재와 거의 동일한 조성을 활용하였는데, 이 경우 주조 결함 등에

의해 강 제품의 내구성이 취약한 문제점이 있었다.

[0016] 특허문헌 1에는 중량%로, 탄소(C): 1.40~1.50%, 실리콘(Si): 0.4~0.6%, 망간(Mn): 0.6% 이하, 인(P): 0.03% 이하, 황(S): 0.03% 이하, 크롬(Cr): 11.0~12.0%, 몰리브덴(Mo): 0.8~1.2%, 텅스텐(W): 0.4~0.6%, 및 바나듐(V): 0.07~0.15%와, 나머지 철(Fe) 및 불가피한 불순물로 이루어지는 프레스 금형용 주조 합금강이 개시되어 있다.

[0017] 그러나, 해당 주조강으로 제작된 금형 및 공구 부품은, 근래의 고강도 금속 부품의 성형에 적용하기에는 부족한 내구성을 가지고 있으며, 따라서 차츰 그 적용량이 감소하고, 경제성이 낮은 단련재로 대체되고 있다. 이는 금형 제조 비용의 상승으로 이어져, 해당 금형을 활용하여 제품을 생산하는 자동차, 전자 및 가전 등 제조업 전반의 가격 경쟁력 저하로 이어지게 되며, 따라서 보다 우수한 내구성을 갖는 주조강이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0019] (특허문헌 0001) 특허문헌 1 : 한국 공개특허공보 제10-2002-0091375호(2002.12.06. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0020] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 주조 공정을 통해 금형 및 치공구와 같은 강 제품을 제조할 수 있는 주조강을 제공하는 것이다.

[0021] 본 발명은 또한 상기의 주조강을 이용하여 주조 공정으로 강 제품을 제조하는 방법을 제공하는 것을 과제로 한다.

과제의 해결 수단

[0023] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 주조강은, 중량%로, 탄소(C): 0.80% 초과 내지 1.20% 미만, 크롬(Cr): 3.04% 이상 내지 5.82% 미만, 몰리브덴(Mo): 0.49% 초과 내지 1.88% 미만, 바나듐(V): 0.35% 초과 내지 1.10% 미만, 실리콘(Si): 0.48% 초과 내지 1.59% 미만, 망간(Mn): 0.09% 이상 내지 1.36% 미만, 니켈(Ni): 0.02% 초과 내지 1.03% 이하, 알루미늄(Al): 0.03% 이상 내지 0.56% 미만, 구리(Cu): 0.001% 이상 내지 1.513% 미만을 포함하고, 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0025] 바람직하게는, 상기 주조강은 중량%로, 탄소(C): 0.89% 이상 내지 1.08% 이하, 크롬(Cr): 3.91% 이상 내지 4.84% 이하, 몰리브덴(Mo): 0.98% 이상 내지 1.44% 이하, 바나듐(V): 0.57% 이상 내지 1.01% 이하, 실리콘(Si): 0.86% 이상 내지 1.13% 이하, 망간(Mn): 0.09% 이상 내지 0.79% 이하, 니켈(Ni): 0.12% 이상 내지 0.31% 이하, 알루미늄(Al): 0.03% 이상 내지 0.20% 이하, 구리(Cu): 0.001% 이상 내지 1.142% 이하를 포함하고, 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물로 이루어진다.

[0026] 상기 주조강은 담금질 및 뜨임 열처리 후, HRC 경도: 58 초과 및 굽힘강도: 2700 MPa 초과를 나타낼 수 있다.

[0028] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 강 제품 제조 방법은 중량%로, 탄소(C): 0.80% 초과 내지 1.20% 미만, 크롬(Cr): 3.04% 이상 내지 5.82% 미만, 몰리브덴(Mo): 0.49% 초과 내지 1.88% 미만, 바나듐(V): 0.35% 초과 내지 1.10% 미만, 실리콘(Si): 0.48% 초과 내지 1.59% 미만, 망간(Mn): 0.09% 이상 내지 1.36% 미만, 니켈(Ni): 0.02% 초과 내지 1.03% 이하, 알루미늄(Al): 0.03% 이상 내지 0.56% 미만, 구리(Cu): 0.001% 이상 내지 1.513% 미만을 포함하고, 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물로 이루어지는 용융 상태의 주조강을 마련하는 단계; 및 주조 공정으로 상기 용융 상태의 주조강으로부터 미리 정해진 형상의 강 제품을 제조하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0029] 이때, 상기 주조강은, 중량%로, 탄소(C): 0.89% 이상 내지 1.08% 이하, 크롬(Cr): 3.91% 이상 내지 4.84% 이하, 몰리브덴(Mo): 0.98% 이상 내지 1.44% 이하, 바나듐(V): 0.57% 이상 내지 1.01% 이하, 실리콘(Si): 0.86% 이상 내지 1.13% 이하, 망간(Mn): 0.09% 이상 내지 0.79% 이하, 니켈(Ni): 0.12% 이상 내지 0.31% 이하, 알루미늄(Al): 0.03% 이상 내지 0.20% 이하, 구리(Cu): 0.001% 이상 내지 1.142% 이하를 포함하고, 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물로 이루어지는 것이 보다 바람직하다.

[0030] 또한, 상기 강 제품 제조 방법은, 상기 주조 공정 후, 850℃ 이상 1150℃ 이하의 온도에서 강 제품을 유지한 후 600℃ 이하의 온도로 냉각하는 담금질 열처리 및 담금질된 제품을 150℃ 이상 600℃ 이하의 온도에서 강 제품을 유지한 후 상온까지 냉각하는 뜨임 열처리를 추가로 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0032] 상기 합금 조성을 갖는 본 발명에 따른 주조강은 금형 및 치공구와 같은 강 제품을 주조 공정으로 제조할 수 있어, 기존 강 제품 제조 공정 중의 단조 및 압연 과정이 생략되고 절삭가공량이 최소화될 수 있다.

[0033] 또한, 본 발명에 따른 주조강의 경우, 담금질 및 뜨임 열처리 후에, 기존 범용 소재에 비해 우수한 경도 및 굽힘강도를 가질 수 있다. 이를 통하여, 상기 주조강으로부터 주조 공정으로 제조된 강 제품의 경우, 우수한 내구성을 가질 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은 각 성분의 함량 변화에 따른 경도(HRC) 변화를 나타낸 것이다.

도 2는 각 성분의 함량 변화에 따른 굽힘강도 변화를 나타낸 것이다.

도 3은 Fv를 구하기 위한 HS 및 DS의 정의를 나타낸 것이다.

도 4은 각 성분의 함량 변화에 따른 Fv의 변화를 나타낸 것이다.

도 5는 시편 32에 대한 (a) 주조 후 미세조직 사진 및 (b) 1030℃ 담금질 및 520℃ 2회 뜨임 열처리 후 미세조직 사진을 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 후술하는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.

[0037] 이하, 도면을 참조하여, 본 발명에 따른 주조강 및 이를 이용한 강 제품 제조 방법에 대하여 상세히 설명한다.

[0039] 본 발명에 따른 주조강은, 중량%로, 탄소(C): 0.80% 초과 내지 1.20% 미만, 크롬(Cr): 3.04% 이상 내지 5.82% 미만, 몰리브덴(Mo): 0.49% 초과 내지 1.88% 미만, 바나듐(V): 0.35% 초과 내지 1.10% 미만, 실리콘(Si): 0.48% 초과 내지 1.59% 미만, 망간(Mn): 0.09% 이상 내지 1.36% 미만, 니켈(Ni): 0.02% 초과 내지 1.03% 이하, 알루미늄(Al): 0.03% 이상 내지 0.56% 미만, 구리(Cu): 0.001% 이상 내지 1.513% 미만을 포함하고, 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0040] 예를 들어, 본 발명에 따른 주조강으로, 중량%로, 탄소(C): 0.89% 이상 내지 1.08% 이하, 크롬(Cr): 3.04% 이상 내지 4.84% 이하, 몰리브덴(Mo): 0.97% 이상 내지 1.44% 이하, 바나듐(V): 0.57% 이상 내지 1.04% 이하, 실리콘(Si): 0.86% 이상 내지 1.23% 이하, 망간(Mn): 0.09% 이상 내지 0.79% 이하, 니켈(Ni): 0.12% 이상 내지 1.03% 이하, 알루미늄(Al): 0.03% 이상 내지 0.20% 이하, 구리(Cu): 0.001% 이상 1.142% 이하를 포함하고, 나

머지 철(Fe)과 불가피한 불순물로 이루어지는 것을 제시할 수 있다.

[0041] 후술하는 Fv 측면에서, 바람직하게는, 상기 주조강은 중량%로, 탄소(C): 0.89% 이상 내지 1.08% 이하, 크롬(Cr): 3.91% 이상 내지 4.84% 이하, 몰리브덴(Mo): 0.98% 이상 내지 1.44% 이하, 바나듐(V): 0.57% 이상 내지 1.01% 이하, 실리콘(Si): 0.86% 이상 내지 1.13% 이하, 망간(Mn): 0.09% 이상 내지 0.79% 이하, 니켈(Ni): 0.12% 이상 내지 0.31% 이하, 알루미늄(Al): 0.03% 이상 내지 0.20% 이하, 구리(Cu): 0.001% 이상 내지 1.142% 이하를 포함하고, 나머지 철(Fe)과 불가피한 불순물로 이루어진다.

[0042] 이하, 본 발명에 따른 주조강에 포함되는 각 성분의 역할 및 함량에 대하여 설명하기로 한다. 다만, 각 성분의 함량은 예를 들어 증기압 등과 같은 공정 조건이나 성분 측정 방식에 따라 약간 다르게 나타날 수도 있다.

[0044] [C: 0.80중량% 초과 내지 1.20중량% 미만]

[0045] 탄소(C)는 미세조직 중 탄화물을 형성하며, 일부는 기지 중에 고용되어 마르텐사이트를 형성하고 강도를 높이는 역할을 한다. 따라서 소재에 경도와 내마모성, 경화능(hardenability)을 부여하지만, 일반적으로 과잉 첨가 시 취화(embrittlement)를 초래한다. 충분한 강화 효과를 위해 0.80 중량%를 초과하는 함량이 요구되지만, 1.2중량% 이상의 함량에서는 취화에 의해 오히려 낮은 굽힘강도를 보이게 된다.

[0047] [Cr: 3.04중량% 이상 내지 5.82중량% 미만]

[0048] 크롬(Cr)은 탄화물의 주된 형성 원소 중 하나로써, C와 결합하여 다양한 탄화물을 형성함으로써 소재에 경도와 내마모성을 부여하며, 경화능을 부여하고, 내식성 향상에도 기여한다. 합금 공구강에서 해당 원소가 형성하는 탄화물은 주로 M_7C_3와 $M_{23}C_6$이며, 충분한 탄화물 형성을 위해 3.04중량% 이상의 함량이 요구되지만, 동시에 탄화물의 조대화에 의한 취화가 발생하는 원인이 되기도 하므로 5.82% 미만으로 제한한다.

[0050] [Mo: 0.49중량% 초과 내지 1.88중량% 미만]

[0051] 몰리브덴(Mo)은 탄화물 중에 고용되어 탄화물의 물성을 개선하고, 특히, 뜨임 열처리 중의 경도 저하를 억제하는 뜨임저항성(tempering resistance) 향상에 크게 기여한다. 특히 강화 원소인 C와 Cr 함량이 낮은 경우, 부족할 수 있는 강화 효과를 보충해 주는 중요한 원소이다. 그러나 그 우수한 효과에 반해 주조 후의 편석 경향이 강한 원소로서 재질의 불균일이나 주조재의 중심부 결함을 야기하는 원소이기도 하다. 따라서 본 발명에서는 상대적으로 낮은 C, Cr 함량을 고려하여 0.49중량%를 초과할 필요가 있으나, 편석에 의한 부정적 효과를 고려하여 1.88중량% 미만이 되도록 첨가한다. 또한 해당 원소재는 높은 원소재 가격으로 제품의 경제성을 약화시키므로 보다 엄격한 상한 관리가 필요하다.

[0053] [V: 0.35중량% 초과 내지 1.10중량% 미만]

[0054] 바나듐(V)은 주조 과정에서 형성되는 일차탄화물(primary carbide) 형성을 촉진하여 내마모성을 강화하며, 500℃ 이상의 고온에서 뜨임 열처리 시 매우 미세한 VC 탄화물을 형성하여 기지를 강화시킴으로써 경도 및 내마모성 향상에 크게 기여한다. 따라서 C 및 Cr 함량이 낮은 강종에서는 강화 효과의 보완을 위해 0.35중량%를 초과하는 첨가량이 필요하다. 그러나 V 함량의 증가는 탄화물의 조대화에 의한 취화의 문제점을 야기하고, 높은 원소재 가격으로 제품의 경제성을 약화시키므로, 본 발명에서는 1.10중량% 미만으로 제한한다.

[0056] [Si: 0.48중량% 초과 내지 1.59중량% 미만]

[0057] 실리콘(Si)은 기지의 고용 강화 효과가 크며, 피삭성 향상에 기여한다. 또한 Mo나 W 등과 함께 경화능과 연화저항성 향상에도 기여할 수 있다. 따라서 0.48중량%를 초과하는 함량으로 첨가하는 것이 바람직하지만, 과잉 첨가 시에는 취화 및 과도한 잔류 오스테나이트 생성에 의한 조직 및 형상 불안정을 초래하므로 1.59중량% 미만으로 관리되어야 한다.

[0059] [Mn: 0.09중량% 이상 내지 1.36중량% 미만]

[0060] 망간(Mn)은 저렴한 비용으로 고용 강화와 경화능 향상 효과를 얻을 수 있기에 0.09중량% 이상의 첨가량이 긍정적인 효과를 가진다. 그러나 1.36중량% 이상으로 과잉 첨가 시 고온 유지 후의 표면 품질과 인성 저하를 초래하며, 담금질 후 다량의 오스테나이트를 잔류시켜 경도 저하와 열처리 및 금형 가동 중 형상 변화를 초래할 수 있다.

[0062] [Ni: 0.02중량% 초과 내지 1.03중량% 이하]

[0063] 니켈(Ni)은 철강 제품의 인성을 증가시키는 효과를 가지므로 적정량의 첨가는 제품의 내구성 향상에 기여할 수 있다. 그러나 한편으로 금형강에서는 잔류 오스테나이트 증가에 의한 경도 저하를 초래할 수 있다. 그러므로 본 발명에서는 일부 원소재 중의 불순물로서 첨가될 수 있는 수준을 고려하여 Ni 함량의 하한을 0.02중량% 초과로 하며, 그 역효과를 고려하여 Ni 함량의 상한을 1.03중량% 이하로 제한한다.

[0065] [Al: 0.03중량% 이상 내지 0.56중량% 미만]

[0066] 알루미늄(Al)은 강의 탈산제 역할을 하며, 0.03중량% 이상의 함량에서 경도 향상에 기여한다. 다만, Al의 경우, 과다하게 첨가될 경우 N 및 O 등과의 반응으로 조대한 질화물이나 산화물을 형성하여 굽힘 특성이 크게 저하될 수 있다. 이를 고려하여, Al의 함량을 0.56중량% 미만으로 제한하였다.

[0068] [Cu: 0.001중량% 이상 내지 1.513중량% 미만]

[0069] 구리(Cu)는 미세한 석출물을 형성하는 한편, 뜨임 중에 생성되는 미세한 탄화물의 성장을 억제함으로써 연화저항성을 부여하고, 이로부터 경도 확보에 기여하는 원소이다. 이러한 효과를 충분히 얻기 위해, 구리는 0.001중량% 이상 함유될 필요가 있지만, 1.513중량% 이상으로 과다 첨가될 경우, 취화를 초래하고, 오스테나이트 잔류량 증가로 금형의 물성 및 형상 불안정을 유발한다. 한편, 일반적으로 주조강의 원소재인 고철 중에 일정 함량 이상을 포함하는 경우가 많으며, 따라서 완성된 주조강 제품에 일정 함량 이상 (상기 하한)을 불가피하게 포함하게 된다.

[0071] 상기 합금 조성을 갖는 주조강은, 담금질 및 뜨임 열처리 후, HRC 경도: 58 이상 및 굽힘강도: 2700MPa 이상을 가질 수 있다. 즉, 본 발명의 따른 주조강은 경도면에서도 우수하면서도 연성이 우수하여, 높은 내구성을 발휘할 수 있다.

[0073] 본 발명에 따른 강 제품 제조 방법은 상기 제시된 합금 조성을 갖는 용융 상태의 주조강을 마련하는 단계와, 주조 공정으로 상기 용융 상태의 주조강으로부터 미리 정해진 형상의 강 제품을 제조하는 단계를 포함한다. 즉, 본 발명에 따른 강 제품 제조 방법은 주조 공정으로 강 제품을 제조하는 방법이다.

[0074] 용융 상태의 주조재는 상기 합금 조성을 만족시키기 위한 원소재를 고온에서 용해하여 용탕을 형성함으로써 얻어질 수 있다.

[0075] 금형 및 공구 구성품과 같은 강 제품의 최종 형상에 근접하는 틀 (사형, 세라믹형 등)에 용탕을 주입하고 응고함으로써 제품의 1차 형상을 구현하며, 응고가 완료된 후 해당 중간 제품에 대해 최종 제품 형상과 치수에 보다 근접하기 위한 부가적인 절삭가공을 행해줄 수도 있다.

[0076] 이후 강 제품에 대한 경화 열처리를 행할 수 있으며, 이는 담금질과 뜨임 열처리로 구성된다. 담금질은 850℃ 이상 1150℃ 이하의 온도에서 제품을 유지한 후 600℃ 이하의 온도로 냉각하며, 뜨임은 담금질된 제품을 150℃ 이상 600℃ 이하의 온도에서 유지한 후 상온까지 냉각하는 과정이다. 상기의 뜨임 열처리는 제품의 물성 제어를 위해 2 회 이상 반복 수행하는 것이 가능하다. 상기 열처리 공정들에서 제품의 고온 유지 시간은 제품의 크기에 의존하며, 일반적으로 1 인치 (25.4 ㎜) 당 1 시간 정도로 환산하여 설정하나, 제품의 형상과 열처리로의 종류, 열처리 분위기(atmosphere) 등의 상황에 따라서 제조자가 결정할 수 있다. 이는 승온 및 냉각 속도에 대해서도

적용되는 사항이며, 최종 제품에 요구되는 특성을 만족시키는 선에서는 특별한 제약을 두지 않는다.

[0077] 나아가, 본 발명에 따른 강 제품 제조 방법은, 상기 주조 공정 후에, 그리고 담금질 및 뜨임 열처리가 수행된다면 담금질 및 뜨임 열처리 이전에, 700~900℃에서 1~10시간동안 구상화 열처리하는 과정을 더 수행할 수 있다. 이러한 열처리를 통하여 구상화 처리가 가능하여, 절삭 저항성을 감소시킬 수 있다. 열처리 후에는 대기 중에서 자연 냉각하거나 또는 대기 중에서 냉각하는 경우보다 느린 속도로 상온까지 냉각할 수 있다.

[0079] 실시예

[0080] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시예를 제시한다. 그러나 하기의 실시예는 본 발명을 보다 쉽게 이해하기 위하여 제공되는 것일 뿐, 하기 실시예에 의해 본 발명의 내용이 한정되는 것은 아니다.

[0082] 표 1에 실시예 및 비교예에 따른 합금 조성을 나타내었다.

[0083] [표 1]

	No.	C	Cr	Mo	V	Si	Mn	Ni	Al	Cu
비교예	1	0.80	3.95	0.98	0.96	0.88	0.36	0.21	0.11	0.008
	2	1.20	3.93	0.98	0.91	0.86	0.36	0.21	0.10	0.001
	3	1.00	5.82	0.97	0.98	0.90	0.37	0.21	0.11	0.004
	4	1.00	3.94	0.49	0.93	0.87	0.37	0.21	0.10	0.011
	5	1.02	3.90	1.00	0.35	0.92	0.37	0.22	0.12	0.001
	6	1.00	3.98	0.99	1.10	0.88	0.37	0.22	0.10	0.002
	7	1.00	3.94	0.97	0.94	0.48	0.36	0.21	0.11	0.006
	8	0.99	3.82	0.96	0.96	1.59	0.36	0.21	0.12	0.004
	9	1.00	4.84	0.98	0.97	0.91	1.36	0.20	0.11	0.008
	10	1.00	3.87	0.98	0.96	0.92	0.37	0.02	0.12	0.010
	11	1.02	3.92	1.03	1.01	0.91	0.37	0.19	0.56	0.008
	12	1.01	3.89	1.01	1.03	0.90	0.37	0.20	1.17	0.009
	13	0.98	3.79	0.99	1.04	0.92	0.37	0.19	1.81	0.074
	14	0.98	3.88	0.97	1.04	0.98	0.41	0.21	0.10	1.513
	15	0.99	3.83	1.88	0.98	0.91	0.37	0.20	0.11	0.001
실시예	16	1.02	3.04	1.01	0.94	0.87	0.37	0.22	0.11	0.001
	17	1.01	3.93	0.99	1.04	0.98	0.41	0.20	0.09	1.054
	18	0.99	3.84	0.97	0.97	0.93	0.37	1.03	0.12	0.001
	19	1.00	3.88	0.99	0.96	0.92	0.37	0.22	0.11	0.003
	20	1.00	3.95	0.98	0.95	1.23	0.37	0.20	0.11	0.007
	21	1.00	3.86	0.98	0.97	0.93	0.37	0.51	0.13	0.007
	22	1.00	4.84	0.98	0.97	0.91	0.36	0.20	0.11	0.008
	23	1.00	3.94	1.44	0.95	0.87	0.37	0.21	0.11	0.001
	24	1.08	4.78	1.07	0.66	0.94	0.27	0.12	0.11	0.001
	25	1.00	3.91	0.98	1.01	0.96	0.41	0.20	0.09	0.555
	26	0.98	4.35	1.16	0.79	1.13	0.29	0.31	0.10	1.142
	27	1.00	3.94	0.99	0.79	0.88	0.36	0.21	0.11	0.006
	28	1.02	3.91	0.99	0.95	0.93	0.09	0.22	0.11	0.002
	29	0.99	4.36	1.27	0.61	1.12	0.31	0.30	0.04	0.960
	30	1.03	4.51	1.34	0.62	1.08	0.79	0.30	0.03	0.032
	31	1.00	3.95	0.98	0.57	0.86	0.37	0.22	0.10	0.001
	32	0.89	4.30	1.15	0.89	1.04	0.37	0.21	0.11	0.001
	33	0.99	4.28	1.27	0.62	1.12	0.50	0.30	0.20	0.509

[0084]

[0085] 표 1에 기재된 시편을 1030℃에서 담금질, 520℃에서 뜨임 열처리 후 굽힘강도를 측정하였다. 담금질 및 뜨임 열처리에는 진공열처리로를 활용하였으며, 이 때 시험편들은 대략 5/min의 속도로 승온하였으며, 대기 중에서 자연 냉각하였다. 담금질 시 고온 유지 시간은 30분 이었고, 뜨임 열처리 시는 120분 이었으며, 동일한 뜨임 열처리를 2회 반복 수행하였다.

[0086] 굽힘강도는 상기의 과정을 통해 제작된 시험편을 ASTM C1161 혹은 KS L 1591에 따른 4-점굽힘시험을 통해 측정

하였다.

[0087] 경도(HRC)는 ASTM E18에 따른 방법으로 측정하였다.

[0088] 측정된 경도 및 굽함강도, 그리고 이하의 방법으로 계산된 HS, DS 및 Fv를 표 2에 나타내었다.

[0089] [표 2]

	No.	경도 (HRC)	HS	굽힘강도 (MPa)	DS	F_V (HS × DS)
비교예	1	57.76	0.00	3553.00	1.000	0.00000
	2	58.80	0.40	2280.00	0.000	0.00000
	3	58.14	0.07	2416.00	0.000	0.00000
	4	56.62	0.00	3218.00	1.000	0.00000
	5	57.60	0.00	3440.00	1.000	0.00000
	6	58.08	0.04	2592.00	0.000	0.00000
	7	57.54	0.00	3367.00	1.000	0.00000
	8	58.70	0.35	2304.00	0.000	0.00000
	9	56.25	0.00	2835.00	0.270	0.00000
	10	58.00	0.00	2950.00	0.500	0.00000
	11	58.10	0.05	2378.00	0.000	0.00000
	12	58.60	0.30	1896.00	0.000	0.00000
	13	59.30	0.65	1541.00	0.000	0.00000
	14	59.10	0.55	2670.00	0.000	0.00000
	15	60.90	1.00	2573.00	0.000	0.00000
실시예	16	58.02	0.01	2811.00	0.222	0.00222
	17	58.80	0.40	2711.00	0.022	0.00880
	18	58.10	0.05	2830.00	0.26	0.01300
	19	58.10	0.05	3052.00	0.704	0.03520
	20	58.14	0.07	3068.00	0.736	0.05152
	21	58.30	0.15	2961.00	0.522	0.07830
	22	59.06	0.53	2825.00	0.250	0.13250
	23	58.58	0.29	2967.00	0.534	0.15486
	24	59.20	0.60	2830.00	0.260	0.15600
	25	58.70	0.35	2924.00	0.448	0.15680
	26	58.70	0.35	2929.00	0.458	0.16030
	27	58.62	0.31	3003.00	0.606	0.18786
	28	58.50	0.25	3149.00	0.898	0.22450
	29	59.50	0.75	2861.00	0.322	0.24150
	30	60.20	1.00	2866.00	0.332	0.33200
	31	59.02	0.51	3171.00	0.942	0.48042
	32	59.00	0.50	3272.00	1.000	0.50000
	33	59.90	0.95	3035.00	0.670	0.63650

[0090]

[0091] 도 1은 각 성분의 함량 변화에 따른 경도(HRC) 변화를 나타낸 것이다.

[0092] 도 1의 각 그래프에 표시된 숫자는 시편 번호를 나타낸다. 또한, 각 성분의 함량 변화에 따른 경도(HRC) 변화를 살펴보기 위해, 해당 성분 이외 나머지 성분들의 함량은 거의 유사한 것들을 적용하였다. 이에 대한 사항은 후술하는 도 2 및 도 4의 경우도 마찬가지이다.

[0093] 도 1을 참조하면, C, Mo, Si, Al 및 Cu의 경우 함량이 증가할수록, 경도 역시 상승하는 경향을 나타내었다. 반면, Mn의 경우 함량이 증가할수록 경도는 감소하는 경향을 나타내었으며, Ni의 경우 큰 변화를 나타내지 않았으며, Cr, V의 경우 일정 함량까지는 증가하다가 다시 감소하는 경향을 나타내었다.

[0094] 도 2는 각 성분의 함량 변화에 따른 굽힘강도 변화를 나타낸 것이다.

[0095] 도 2를 참조하면, 굽힘강도는 대체로 경도 변화와 반대의 양상을 나타냄을 볼 수 있다.

[0097] 도 3은 Fv를 구하기 위한 HS 및 DS의 정의를 나타낸 것이다.

[0098] Fv 는 다음과 같은 방법으로 계산하였다. 우선, 경도 및 굽힘강도에 스코어를 부여한 후, 하기 식과 같이, 경도 스코어(HS)와 굽힘강도 스코어(DS)를 곱하여 구하였다.

[0099] Fv= HS x DS

[0100] 경도에 스코어를 부여하는 방법은 도 3에 도시된 바와 같이, 경도가 HRC 58 이하일 때는 0을 부여하고, 경도가 HRC 60 이상일 때는 1을 부여하고, 경도가 HRC 58~60일 때는 다음 식에 의하였다.

[0101] HS = 0.5 x (HRC경도 - 58)

[0102] 굽힘강도에 스코어를 부여하는 방법은 경도에 스코어를 부여하는 방법과 유사하게, 도 3에 도시된 바와 같이, 굽힘강도가 2700MPa 이하일 때는 0을 부여하고, 굽힘강도가 3200MPa 이상일 때에는 1을 부여하며, 2700~3200일 때는 다음 식에 의하였다.

[0103] DS = 0.002 x (굽힘강도 - 2700)

[0104] HS 및 DS 모두가 0을 초과하여야만, 즉 경도(HRC)가 58을 초과하여야만 하며, 굽힘강도가 2700MPa을 초과하여야만, Fv 역시 0을 초과할 수 있다. Fv값이 커질수록 경도값과 굽힘강도값 모두가 우수하여, 내구성에 보다 유리할 수 있다.

[0106] 상기 표 2를 참조하면, 실시예에 해당하는 시편 16~33의 경우, 모두 경도(HRC)가 58을 초과하고, 굽힘강도가 2700MPa를 초과하기 때문에 Fv가 0을 초과하는 값을 나타내었다. 또한, 시편 22~33의 경우, Fv가 0.1 이상으로 매우 높은 값을 나타내었다.

[0107] 이에 반해, 비교예에 해당하는 시편 1~15의 경우, HRC 경도가 58 이하이거나, 굽힘강도가 2700MPa 이하이기 때문에 Fv가 0을 나타내었다.

[0108]

[0109] 도 4은 각 성분의 함량 변화에 따른 Fv의 변화를 나타낸 것이다.

[0110] 도 4를 참조하면, 0을 초과하는 Fv를 얻기 위해서는 각 성분의 함량 조건이, 중량%로, 탄소(C): 0.80% 초과 내지 1.20% 미만, 크롬(Cr): 3.04% 이상 내지 5.82% 미만, 몰리브덴(Mo): 0.49% 초과 내지 1.88% 미만, 바나듐(V): 0.35% 초과 내지 1.10% 미만, 실리콘(Si): 0.48% 초과 내지 1.59% 미만, 망간(Mn): 0.09% 이상 내지 1.36% 미만, 니켈(Ni): 0.02% 초과 내지 1.03% 이하, 알루미늄(Al): 0.03% 이상 내지 0.56% 미만, 구리(Cu): 0.001% 이상 내지 1.513% 미만을 만족하여야 함을 알 수 있다.

[0111] 또한, 표 1 및 표 2를 참조하면, 시편 22~33의 경우, Fv가 0.1 이상으로 보다 우수한 것을 볼 수 있다. 이를 참조하면, 각 성분의 함량이 중량%로, 탄소(C): 0.89% 이상 내지 1.08% 이하, 크롬(Cr): 3.91% 이상 내지 4.84% 이하, 몰리브덴(Mo): 0.98% 이상 내지 1.44% 이하, 바나듐(V): 0.57% 이상 내지 1.01% 이하, 실리콘(Si): 0.86% 이상 내지 1.13% 이하, 망간(Mn): 0.09% 이상 내지 0.79% 이하, 니켈(Ni): 0.12% 이상 내지 0.31% 이하, 알루미늄(Al): 0.03% 이상 내지 0.20% 이하, 구리(Cu): 0.001% 이상 내지 1.142% 이하인 경우가 보다 바람직하다고 볼 수 있다.

[0113] 도 5는 시편 32에 대한 (a) 주조 후 미세조직 사진 및 (b) 1030℃ 담금질 및 520℃ 2회 뜨임 열처리 후 미세조직 사진을 나타낸 것이다.

[0114] 도 5의 (a)를 참조하면, 수지상(dendritic) 혹은 세포상(cellular) 조직이 포함되어 있는 것을 볼 수 있는데, 이는 단련재에서는 나타나지 않는, 주조재에서 전형적으로 나타나는 특징이라 볼 수 있다.

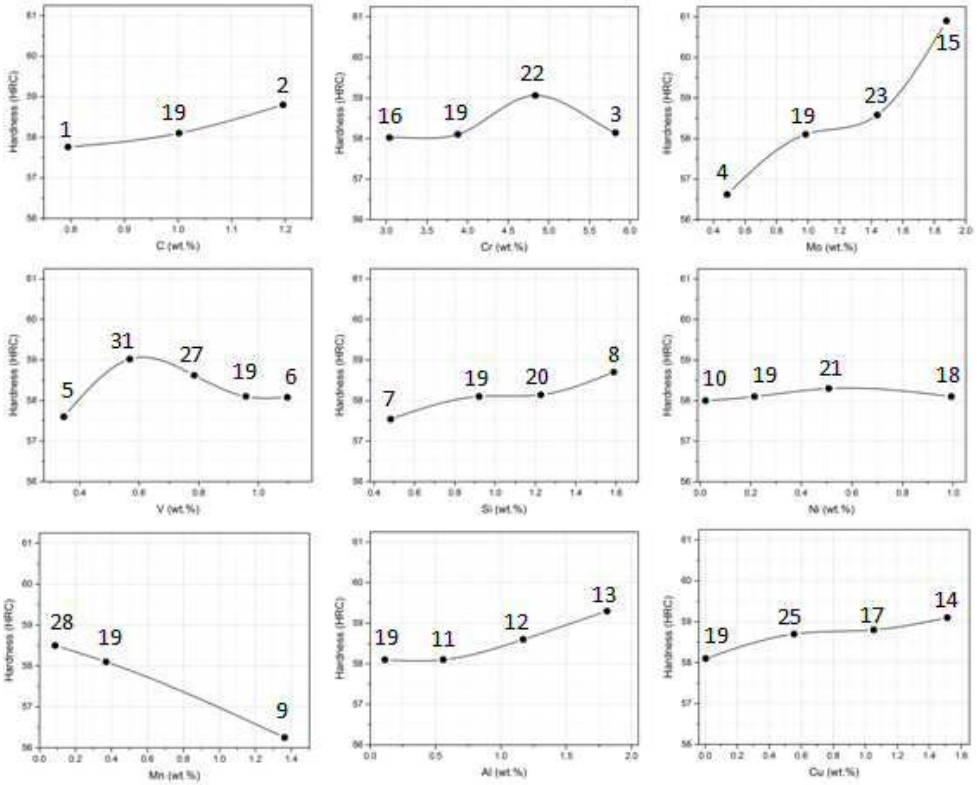
[0115] 또한, 도 5의 (b)를 참조하면, 수지상 또는 세포상 조직의 흔적이 희미해진 것을 알 수 있는데, 이는 담금질 및 뜨임 열처리에 의해 이러한 수지상 또는 세포상 조직이 대부분 소멸된 결과라 볼 수 있다.

[0117] 이상, 본 발명의 실시예에 대하여 설명하였으나, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 청구범위에 기재된 본 발명의 사상으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서, 구성 요소의 부가, 변경, 삭제 또는 추가 등에 의해 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있을 것이며, 이 또한 본 발명의 권리범위 내에 포함된다고 할

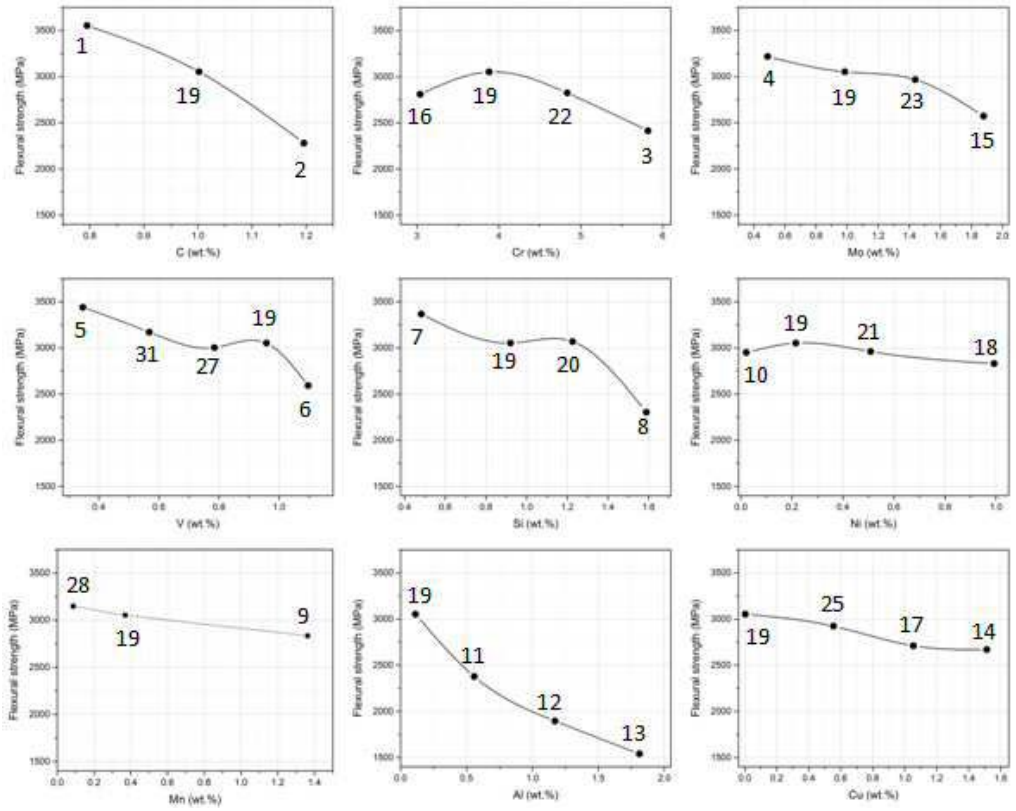
것이다.

도면

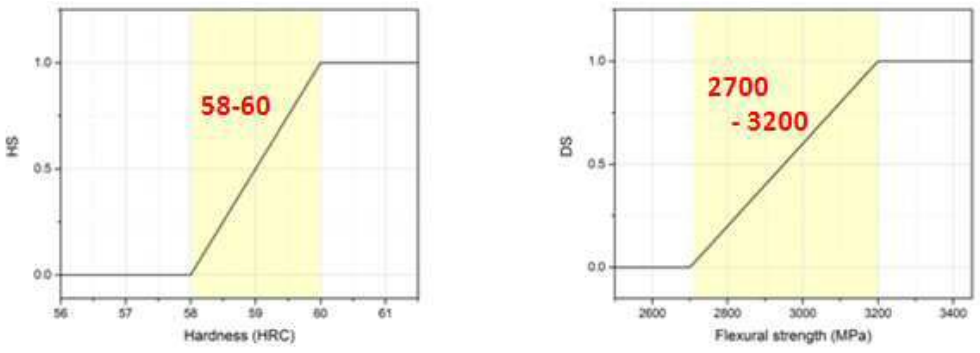
도면1


Hardness (HRC)
C (wt.%)
1
19
2
Cr (wt.%)
16
19
22
3
Mo (wt.%)
4
19
23
15
V (wt.%)
5
31
27
19
6
Si (wt.%)
7
19
20
8
Ni (wt.%)
10
19
21
18
Mn (wt.%)
28
19
9
Al (wt.%)
19
11
12
13
Cu (wt.%)
19
25
17
14

도면2

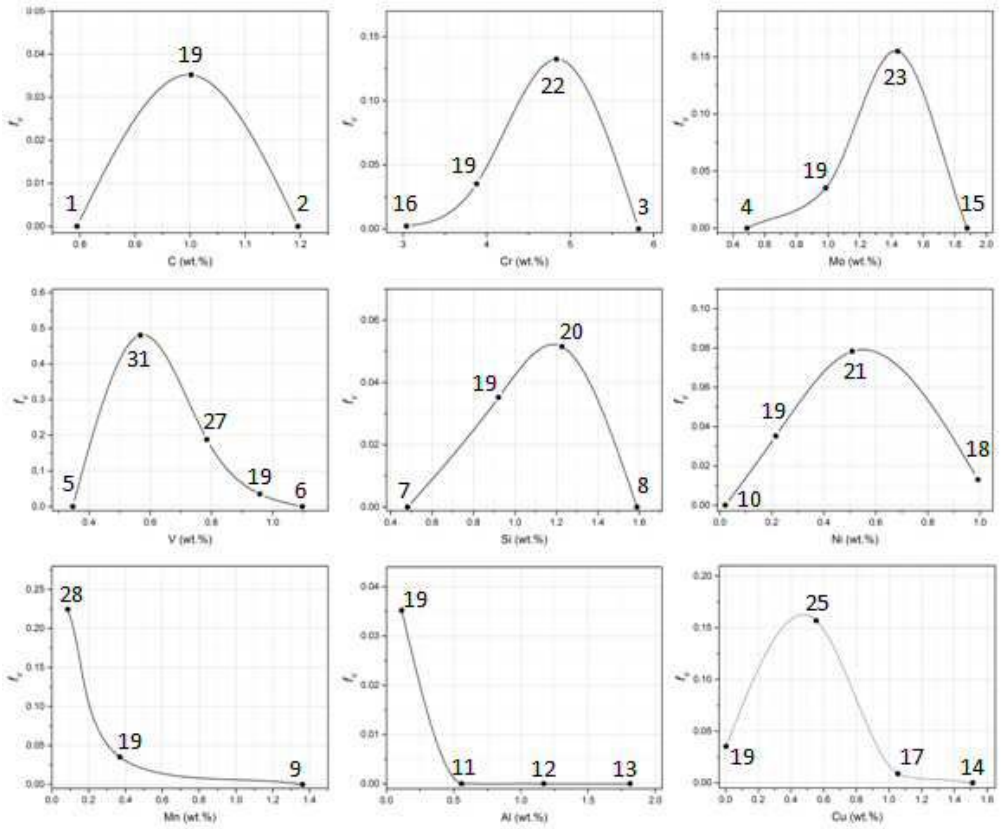


도면3

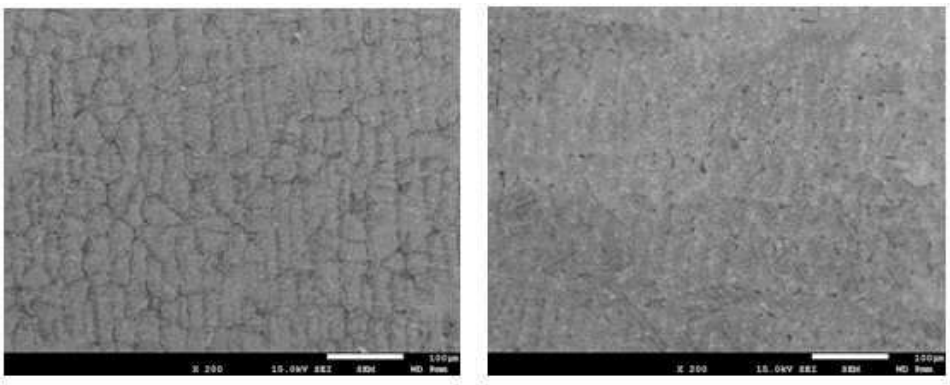


$$Fv = HS \times DS$$

도면4


19
1
2
C (wt.%)
22
19
16
3
Cr (wt.%)
23
19
4
15
Mo (wt.%)
31
27
19
5
6
V (wt.%)
20
19
7
8
Si (wt.%)
21
19
18
10
Ni (wt.%)
28
19
9
Mn (wt.%)
19
11
12
13
Al (wt.%)
25
19
17
14
Cu (wt.%)

도면5



(a) (b)