



공개특허 10-2024-0032146

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2024-0032146
(43) 공개일자 2024년03월08일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/58 (2006.01) *C22C 38/42* (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01) *C22C 38/46* (2006.01)
C22C 38/50 (2006.01) *C22C 38/52* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C22C 38/58 (2013.01)
C22C 38/42 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7005960(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2015년03월18일
심사청구일자 없음
- (62) 원출원 특허 10-2022-7023766
원출원일자(국제) 2015년03월18일
심사청구일자 2022년08월10일
- (85) 번역문제출일자 2024년02월21일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2015/055736
- (87) 국제공개번호 WO 2015/140235
국제공개일자 2015년09월24일
- (30) 우선권주장
14382097.5 2014년03월18일
유럽특허청(EPO)(EP)

- (71) 출원인
이노막 21, 소시에다드 리미타다
스페인 이-28003 마드리드 씨/ 호세 아바스칼 44
4
- (72) 발명자
밸스 앙글레스 이삭
스페인 바르셀로나 이-08228 테라사 폴. 인드. 칸
파레야다 씨/ 아폴.로. 51
- (74) 대리인
리엔목특허법인

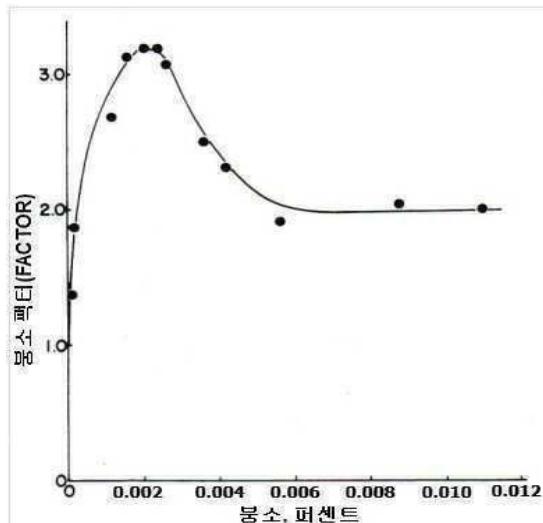
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 극고전도성 저비용 강철

(57) 요약

본 발명은 극고전도성을 나타내면서도, 고도의 기계적 특성을 유지하는 공구강 및 이의 제조 방법에 관한 것이다. 본 발명의 공구강은 좋은 균질성의 미세 구조로 저온 경화 처리될 수 있고, 저비용으로 얻어질 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

C22C 38/44 (2013.01)
C22C 38/46 (2013.01)
C22C 38/50 (2013.01)
C22C 38/52 (2013.01)
C21D 2211/002 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

강철로서, 하기 조성을 갖는 강철(모든 퍼센트들은 중량%임):

$\%C_{eq} = 0.15 - 2.0$, $\%C = 0.15 - 2$, $\%N = 0 - 0.6$, $\%B = 3 \text{ ppm}$ 초과 및 0.2 미만,

$\%Cr = 0 - 11$, $\%Ni = 0 - 12$, $\%Si = 0 - 2.4$, $\%Mn = 0 - 3$,

$\%Al = 0 - 2.5$, $\%Mo = 0 - 10$, $\%W = 0 - 10$, $\%Ti = 0 - 2$,

$\%Ta = 0 - 3$, $\%Zr = 0 - 3$, $\%Hf = 0 - 3$, $\%V = 0 - 12$,

$\%Nb = 0 - 3$, $\%Cu = 0 - 2$, $\%Co = 0 - 12$, $\%Lu = 0 - 2$,

$\%La = 0 - 2$, $\%Ce = 0 - 2$, $\%Nd = 0 - 2$, $\%Gd = 0 - 2$,

$\%Sm = 0 - 2$, $\%Y = 0 - 2$, $\%Pr = 0 - 2$, $\%Sc = 0 - 2$,

$\%Pm = 0 - 2$, $\%Eu = 0 - 2$, $\%Tb = 0 - 2$, $\%Dy = 0 - 2$,

$\%Ho = 0 - 2$, $\%Er = 0 - 2$, $\%Tm = 0 - 2$, $\%Yb = 0 - 2$,

나머지는 철 및 미량 원소로 이루어지고, 여기서 미량 원소는 1.4% 미만의 양이고,

$\%C_{eq} = \%C + 0.86*\%N + 1.2*\%B$ 이고,

상기 강철의 미세 구조는 적어도 50 부피%의 베이나이트(bainite)를 포함하는, 강철.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 미세 구조는 적어도 20 부피%의 고온 베이나이트(High Temperature bainite)를 포함하는, 강철.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 모든 희토류 원소(Rare Earth Elements)의 합은 0.6% 미만인 강철.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, $\%Cr$ 가 4.8% 미만인 강철.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, $\%Cr$ 가 1.8% 미만인 강철.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, $\%Cu + \%Ni$ 는 0.1% 초과인 강철.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서, $\%Mo + 1/2 * \%W$ 가 1.2 초과인 강철.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 강철, 특히 극고전도성을 나타내면서도, 고도의 기계적 특성을 유지하는 열간 가공 공구강에 관한 것

이다. 본 발명의 공구강은 저온 경화 처리될 수 있고, 저비용으로 얻어질 수 있다.

배경기술

[0002] 요약

제조된 제품으로부터의 열 추출(heat extraction)이 있는 다양한 금속 성형 산업 분야에서, 열 전도성은 대단히 중요하고; 이러한 열 추출이 불연속적이라면, 중대해진다. 열 전도성은 볼크 밀도(bulk density), 비열 및 열 확산율과 같은 기본적인 물질 특성과 연관된다. 전통적으로 공구강에서, 이를 개선하기 위한 단 하나의 방법이 합금 성분을 줄이는 것에 의한 것이었기 때문에, 이 특성은 경도 및 내마모성과 대체되는 것으로 간주되었다. 기타 다수의 것들 중에서도, 플라스틱 사출, 열 스템핑(stamping), 단조(forging), 금속 사출, 복합체 경화(composite curing)와 같은 많은 열간 가공 분야에서, 내마모성, 고온에서의 강도 및 인성(toughness)과 동시에, 극히 높은 열 전도성이 종종 요구된다. 이러한 응용 분야들 중 대부분에서, 큰 단면의 공구(big cross-section tools)가 요구되고, 이 경우에 물질의 높은 경화능(hardenability) 또한 필요하다.

[0004] 다른 것들 중에서도, 주로 캐스팅(casting) 또는 경합금 압출과 같은 많은 응용 분야에서, 열 피로(thermal fatigue)는 주요 파손 메커니즘이다. 열 피로 및 열 충격은 상기 물질 내 열 구배에 의해 야기된다. 많은 응용 분야에서, 낮은 노출 시간 또는 열 구배를 야기하는 원인으로부터의 한정된 에너지량으로 인해, 지속적인 전달 상태가 얻어지지 않는다. 공구 재료의 열 구배 규모 또한 그들의 열 전도도의 함수이다(충분히 작은 비오토 수(Biot number)를 갖는 모든 경우에서, 반비례 관계가 적용된다). 이런 이유로, 비열 유속 작용(specific thermal flux density function)이 있는 특정한 응용 분야에서는, 이에 따른 열 구배가 더 낮기 때문에, 우수한 열 전도성을 가지는 물질에 더 낮은 표면 하중이 가해진다. 열 팽창 계수가 더 낮고, 영률(Young's modulus)이 더 낮은 경우에 동일하게 적용된다. 따라서, 열 전도성의 증가는 공구 수명의 증가를 시사한다. 반면에, 금형으로부터의 급속한 열 추출로 인해, 제조된 부재가 더 빠르게 냉각될 수 있다는 사실 때문에, 사이클 시간이 감소한다. 두 사실 모두 생산성의 증가를 야기한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 열 피로를 줄이기 위해서, 인성(전형적으로 파괴 인성 및 CVN)을 높이는 것이 또한 바람직하다. 이때까지, 높은 인성 수준이 낮은 수준의 경도에 대해 달성될 수 있고, 동일한 것이 열 전도성에 적용되고, 내마모성 같은 다른 특성들을 감소시킨다고 믿어졌다. 예를 들어 질화(nitriding)와 같은 표면 경화 처리를 추후에 거치는 것이 필요한 금형의 경우, 일반적으로 기반 물질은 코팅을 지지하기 위해 높은 경도를 가지는 것이 필요하고, 다시 높은 수준의 경도가 요구된다. 본 출원의 발명자들은 놀랍게도, 본 발명을 실시할 때, 높은 수준의 경도와 함께 높은 인성, 좋은 내마모성 및 향상된 열 전도성을 가지는 공구강을 얻을 수 있음을 발견하였다. 특히 잘 실시할 경우에는, 극히 높은 열 전도도 수준이 전술한 기계적 특성들과 조합되어 얻어진다.

[0006] 자동차 산업에서 플라스틱 사출의 대부분과 같은 일부 다른 응용 분야에서, 특히 열처리를 위해 충분한 힘이 요구되는 경우, 두꺼운 공구가 사용된다. 이 경우, 표면 상에, 바람직하게는 중심부까지 모두, 원하는 경도 수준을 얻을 수 있는 좋은 경화능을 가지는 것이 매우 간편하다. 경화능은 각 물질에 내재되고, 또한 경화능은, 고온(일반적으로 오스테나이트화(austenisation) 온도 초과의 온도)에서부터, 저온(일반적으로 마텐자이트(martensitic) 개시 변형 온도 아래의 온도)까지, 페라이트-펄라인 존(ferrite-pearline zone) 및/또는 베이나이트 존(bainitic zone)과 같은 임의의 안정한 상 영역으로 진입하지 않은 채, 가는데 이용될 수 있는 시간에 의해 주어진다. 순수한 마텐자이트 구조가, 안정한 상을 가지는 혼합된 미세 구조에 비해, 정련(tempered)되었을 때, 더 높은 인성 값(toughness value)을 나타냄이 잘 알려져 있다. 이를 위해, 격렬한 퀸칭 매질(quenching medium)의 사용이 전형적으로 700°C 초과의 온도에서 전형적으로 200°C 미만의 온도로 내려가기 위해 필요하다. 다른 한편으로는, 이러한 이유로, 이러한 처리는 매우 많은 비용이 든다. 또한, 부재의 경화는 일반적으로, 금형 제조의 최종 단계에서 수행되는데, 여기서, 이 부분은 물질이 필요한 모든 열 기계적 처리를 거치고, 이미 사전 가공되었기 때문에 가장 가치있는 부분이고, 또한, 이때, 최종 형태는 복잡한 형상, 상이한 두께, 내부 채널 및 심지어 날카로운 모서리(corner)를 갖는다. 따라서, 물질이 좋은 경화능을 갖고 있더라도, 격렬한 퀸칭은, 때로는 수리가 가능하지 않는 원하지 않는 균열을 야기하기 더 쉽기 때문에, 실제로 바람직하지 않다. 본 발명의 강철은 열처리 조건 하에서 한정된 경화능을 가진다. 다행히도, 본 출원의 발명자들은, 격렬한 퀸칭 매질의 사용 없이도, 동일한 또는 훨씬 높은 수준의 인성을 제공할 수 있는 특별한 열처리에 의해 얻어

지는 다른 강인한(tough) 미세 구조의 존재에 대해 과거에 연구하였다. 이러한 처리는 국제 공개공보 WO2013167580A1 또는 WO2013167628A1에서 기술된다. 본 출원의 발명자들은 놀랍게도 이러한 처리가 또한 본 발명의 강철에 적용될 수 있고, 나아가 기계적 특성과 관련하여 좋은 성능을 가짐을 관찰하였다.

[0007] 큰 공구가 사용되는 이러한 응용 분야에 대해서도, 물질의 비용이 기계적 특성의 포기 없이, 그것의 선택에서 결정적이다. 플라스틱 사출과 같은 저비용 물질을 요구하는 기타 다수의 응용 분야들에서 매우 적절한 큰 두께에 대해, 본 발명에 의해, 전체 단면에 걸쳐 균질한 미세 구조를 가지는, 높은 인성 및 높은 열 전도성의 공구 강을 얻는 것이 가능하다.

[0008] 필수적인 것은 아니지만, 열간 가공 강(hot work steel)에서, 공구의 수명에 꼭 영향을 미치는 것은 아니지만, 그것의 제조 비용(가공, 용접 또는 일반적인 수리의 용이성, 코팅에 제공되는 지지체, 비용 등)에는 영향을 미치는 기타 다수의 바람직한 특성들이 있다. 본 발명의 강철은 간단한 가공 또는 절단과 같은 가공을 보다 용이하도록 하는 연성 미세 구조(soft microstructure)를 제공하는 특정한 열처리를 거칠 수 있다.

[0009] 추가적인 측면에서, 본 발명은 강철, 특히 열간 가공 공구강을 제조하는 방법에 관한 것이며, 이 방법은, 상기 강철에, 590°C 초과의 온도에서의 1회 이상의 정련(tempering) 사이클을 사용하여, 마텐사이트, 베이나이트 또는 마텐사이트-베이나이트 처리를 가하여, 강철이 본 발명에서 규정된 원자 수준(원자 배열)의 구조와 함RP 47 HRc 이상 또는 초과의 경도를 갖도록 하는 것을 특징으로 하며, 이러한 구조의 실현은 $12 \text{ mm}^2/\text{s}$ 이상 또는 초과의 열 확산율 값에 의해 모니터링될 수 있다. 다른 구현예에서, 그 실현이 $10 \text{ mm}^2/\text{s}$ 이상 또는 초과의 열 확산율 값에 의해 명백히 측정될 수 있고, 본 발명에서 규정된 원자 수준(원자 배열)의 구조에서 50 HRc 초과의 경도를 가지는 강철이 얻어질 수 있다. 이 방법의 추가적인 구현예에서, 상기 강철에, 640°C 초과의 온도에서의 1회 이상의 정련 사이클을 가하여, 그 실현이 $17 \text{ mm}^2/\text{s}$ 이상 또는 초과의 열 확산율 값에 의해 모니터링될 수 있고, 본 발명에서 규정된 나노 이하(sub-nanometric) 수준의 구조에서 40 HRc 이상 또는 초과의 경도를 가지는 강철이 존재하도록 한다. 또한, 상기 강철에, 660°C 초과의 온도에서의 1회 이상의 정련 사이클을 가하여, 그 실현이 $18 \text{ mm}^2/\text{s}$ 이상 또는 초과의 열 확산율 값에 의해 모니터링될 수 있고, 본 발명에서 규정된 (상태의 밀도 및 모든 상들 중 캐리어(carrier)의 이동성의 최적화와 관련한) 나노 이하 수준의 구조에서 35 HRc 이상 또는 초과의 경도를 가지는 강철이 존재하도록 한다.

[0010] 본 출원의 발명자들은, 저비용에서 좋은 수준의 인성과 함께, 매우 높은 열 전도성, 내마모성 및 경화능을 동시에 얻기 위한 어려움이, 어떠한 규칙의 조성 및 열-기계적 처리를 적용하여 해결될 수 있음을 발견하였다. 범위 내 함금 및 높은 경도 수준과 내마모성을 위한 원하는 높은 열 전도성을 얻기 위해 요구되는 열-기계적 처리의 선택 규칙 중 일부가 본 명세서의 상세한 설명에 나타난다. 자명하게, 상세한 설명의 모든 가능한 조합은 이르기 어렵다. 열 확산율은 열 에너지 캐리어의 이동성에 의해 조절되고, 불행히도 단일의 조성 범위 및 열-기계적 처리와는 연관될 수 없다.

업계의 현황

[0011] 높은 열 전도성 공구강(유럽 특허공보 EP 1887096 A1)의 개발 전까지, 공구강의 열 전도성을 향상시키기 위해 알려진 방법은 그것의 합금 성분을 낮게 하는 것뿐이었고, 그 결과, 특히 고온에서 좋지 않은 기계적 특성을 나타내었다. 600°C 이상의 온도에서 1회의 정련 사이클 이후, 42 HRc를 능가할 수 있는 공구강은, 그 실현이 각각 42 HRc 및 52 HRc 초과의 경도에 대한 $8 \text{ mm}^2/\text{s}$ 및 $6.5 \text{ mm}^2/\text{s}$ 의 열 확산율 값보다 큰 열 확산율 값에 의해 모니터링될 수 있는 본 발명에서 규정된 원자 수준(원자 배열)의 구조 및 30 W/mK 의 열 전도성에 한정되는 것으로 간주되었다. 본 발명의 공구강은, 그 실현이 50 HRc 초과의 경도에서 $12 \text{ mm}^2/\text{s}$ 및, 때로는 $14 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 그리고 매우 좋은 인성 및 저비용을 나타내는 42 HRc 초과의 경도에서 $17 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과의 열 확산율 값에 의해 모니터링될 수 있는 본 발명에서 규정된 원자 수준(원자 배열)의 구조를 가진다.

과제의 해결 수단

발명의 상세한 설명

[0013] 본 출원의 발명자들은 저비용에서 좋은 수준의 인성과 함께, 매우 높은 열 전도성, 내마모성 및 경화능을 동시에 얻기 위한 어려움이, 제1항의 구성을 가지는 강철 및 제15항의 구성을 가지는 강철의 제조 방법에 의해 해결될 수 있음을 발견하였다. 다른 청구항들로부터 독창적인 용도 및 바람직한 구현예들이 따른다.

- [0015] 본 발명 내에서, 극히 높은 열 전도성의 강철, 특히 공구강을 얻는 것이 가능하다. 또한, 본 발명에 기술된 정확한 규칙이 적용된다면, 높은 기계적 특성, 예를 들어 높은 내마모성 및 높은 인성과 함께 극히 높은 열 전도성의 강철, 특히 공구강을 얻는 것이 가능하다. 이러한 강철을 저비용으로 얻는 것 또한 본 발명의 목표이다.
- [0016] 열간 가공 분야에서, 열 추출 속도는, 제조된 부재를 냉각시키는 속도가 공정의 사이클 시간을 결정하기 때문에, 공정의 경제학에 중대한 영향을 가진다. 또한, 높은 사이클 시간의 경우, 금형은 더욱 긴 시간 동안 극한의 조건 하에서 잔류하며, 더 많은 부식을 당하고, 공구 수명이 감소하게 된다. 많은 예들, 예를 들어 플라스틱 사출 성형, 알루미늄 그 실현이 또는 열 스템핑, 기타 다수의 것들이 발견될 수 있다. 이러한 응용 분야에서, 높은 열 전도성을 가지는 공구강의 사용은, 부재가 더욱 급속히 냉각되고 기계는 제조 사이클을 감소시킬 수 있다는 점에서, 분명히 공구 수명 그리고 또한 생산성에서도 이익이다. 따라서, 높은 열 전도성 공구강은 이 목적을 위해 개발되었다. 사출 성형 공정에서 용융된 물질(플라스틱, 알루미늄 등)의 냉각 시간을 측정하여 위하여, 열 전도도가 보통 다른 열역학적 특성과 함께 사용된다.
- [0017] 비열 확산율 값(specific thermal diffusivity)은 강철 조성물로부터 유도될 수 없고; 실제로 열 확산율은 나노 이하의 수준에서의 구조적인 특징(상태의 밀도 및 모든 상들 중 캐리어(carrier)의 이동성의 최적화와 관련한 원자 배열)을 설명하는 파라미터이다. 본 특허 출원을 작성할 때, Guidelines C-11, 4.11 (요즘에는 Guidelines 2012, Part F, Chapter IV, point 4.11, "Parameters")를 참조한 출원인은, 나노 이하의 수준에서의 이러한 구조적 특징을 기술하기 위해 이용 가능한 대부분의 모든 파라미터들이 드문 파라미터들이고, 명료성의 부족을 근거로 일응(prima facie) 거절될 수 있음을 인식하였다. 상기 나노 이하의 수준에서의 상술한 구조적 특징을 모호하지 않게 기술하기 위한 단 하나의 예외는 열 확산율이며, 따라서 상기 구조적 특징을 합리적으로 기술하기 위해 이 파라미터가 선택되었다.
- [0018] 본 특허의 의미에서, 열 확산율의 값은 달리 지시되지 않는 한, 실온에서 측정된 것을 지칭한다. 열 확산율이 기본적인 특성일지라도, 그것을 측정하는 일 바람직한 방법은, 플래쉬 방법(Flash Method)에 의하여 국제 표준 ASTM-E1461 및 ASTM-E2585에 따르는 것이다. 본 발명은, 높은 경도 또는 낮은 경도 중 어디에서든, 극도의 열 전도성이 필요한 넓은 범위의 응용 분야에 대해 특히 관심이 있다. 40 HRc 미만, 바람직하게는 39 HRc 미만, 더욱 바람직하게는 38 HRc 미만 또는 보다 더욱 바람직하게는 35 HRc 미만의 경도가 필요한 응용 분야에서, 그 실현이 $16 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 바람직하게는 $17 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 더욱 바람직하게는 $18 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 보다 더욱 바람직하게는 $18.5 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과의 열 확산율에 의해 모니터링될 수 있는 본 발명에서 규정된 나노 이하의 수준에서의 구조가 이루어질 수 있다. 본 발명을 특히 잘 수행한다면, 그 실현이 $18.8 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 바람직하게는 $19 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 더욱 바람직하게는 $19.2 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 보다 더욱 바람직하게는 $19.5 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과의 열 확산율에 의해 모니터링될 수 있는 본 발명에서 규정된 나노 이하의 수준에서의 구조가 이루어질 수 있다. 일반적으로 40 HRc 초과, 바람직하게는 42 HRc 초과, 더욱 바람직하게는 43 HRc 초과, 보다 더욱 바람직하게는 46 HRc 초과의 중간 수준의 경도를 요구하는 금형 캐스팅 분야에서, 그 실현이 $14 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 바람직하게는 $15 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 더욱 바람직하게는 $16 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 보다 더욱 바람직하게는 $16.2 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과의 열 확산율에 의해 모니터링될 수 있는 본 발명에서 규정된 나노 이하의 수준에서의 구조가 이루어질 수 있다. 본 발명을 특히 잘 수행한다면, 그 실현이 $16.5 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 바람직하게는 $17 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 더욱 바람직하게는 $17.3 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 보다 더욱 바람직하게는 $17.5 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과의 열 확산율에 의해 모니터링될 수 있는 본 발명에서 규정된 나노 이하의 수준에서의 구조가 이루어질 수 있다. 일반적으로 48 HRc 초과, 바람직하게는 50 HRc 초과, 더욱 바람직하게는 52 HRc 초과, 보다 더욱 바람직하게는 54 HRc 초과, 더욱 바람직하게는 58 HRc 초과의 높은 경도를 요구하는 응용 분야에서, 그 실현이 $12.5 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 바람직하게는 $13.6 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 더욱 바람직하게는 $14.4 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 보다 더욱 바람직하게는 $14.8 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과의 열 확산율에 의해 모니터링될 수 있는 본 발명에서 규정된 나노 이하의 수준에서의 구조가 이루어질 수 있다. 본 발명을 특히 잘 수행한다면, 그 실현이 $15.2 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과의 열 확산율에 의해 모니터링될 수 있는 본 발명에서 규정된 나노 이하의 수준에서의 구조가 이루어질 수 있다.
- [0019] 일부 응용 분야에서, 원하는 미세 구조는 주로 베이나이트 미세구조이고; 덜 요구되는 일부 응용 분야에서, 베이나이트는 적어도 20 부피%, 바람직하게는 적어도 30 부피%, 더욱 바람직하게는 적어도 50 부피%이고, 보다 더욱 바람직하게는 80 부피% 초과이어야 한다.
- [0020] 일부 응용 분야, 특히 무거운 부분이 요구되는 분야 및 물질의 존재에 따라 미세 구조의 균질성이 바람직한 분

야에서, 고온 베이나이트(High Temperature bainite)가 바람직하다. 본 명세서에서, 고온 베이나이트는 TTT 다이아그램 중 베이나이트 노즈(nose)에 대응하는 온도보다는 높고, 페라이트/펠라이트 변형이 끝나는 온도보다는 낮은 온도에서 형성된 임의의 미세 구조를 지칭하며, 다만, 상기 베이나이트 노즈의 온도보다 높은 온도에서의 등온 처리에서, 때때로 소량으로 형성될 수 있는 본 명세서에서 지칭되는 저급 베이나이트를 제외한다. 본 발명의 일부 응용 분야에서, 고온 베이나이트는 적어도 20 부피%, 바람직하게는 적어도 28 부피%, 더욱 바람직하게는 적어도 33 부피%이고, 보다 더욱 바람직하게는 45 부피% 초과이어야 한다. 미세 구조에서의 균질성을 요구하는 응용 분야에서, 고온 베이나이트가 베이나이트의 주된 유형이어야 하고, 따라서 모든 베이나이트로부터 적어도 50 부피%, 바람직하게는 적어도 65 부피%, 더욱 바람직하게는 적어도 75 부피% 이상, 보다 더욱 바람직하게는 85 부피% 초과가 고온 베이나이트인 것이 바람직하다. 때로는, 고온 베이나이트는 대부분, 강철 조성에 의존하는 TTT 온도-시간-변형(temperature-time-transformation) 다이아그램에서 보여지는 베이나이트 영역 내의 더 높은 온도 범위에서 형성된 조립질(coarser) 베이나이트 미세 구조로 지칭되는 상부 베이나이트(Upper Bainite)이다. 본 출원의 발명자들은 상부 베이나이트를 포함하는 고온 베이나이트의 인성을 증가시키기 위한 방법이 입경(grain size)을 감소시키는 것임을 발견하였고, 따라서 본 발명에서 인성 상부 베이나이트(Tough Upper Bainite)가 필요한 경우, 7 이상, 바람직하게는 8 이상, 더욱 바람직하게는 10 이상, 보다 더욱 바람직하게는 13 이상의 ASTM 입경이 유리하다.

[0021]

본 발명에서, 극고전도성의 강철, 특히 공구강을 얻는 것이 가능하고; 본 출원의 발명자들은, 어떤 조성 규칙을 따르고 조성 범위와 열 기계적 처리의 선택에서의 일반적인 고려를 따른다면, 본 발명의 강철은 상당히 낮은 합금 함량으로도 매우 좋은 인성 및 좋은 내마모성을 이룰 수 있음을 또한 관찰하였다. 본 발명의 강철의 주요 미세 구조는 마텐자이트 또는 베이나이트이거나, 또는 (일부의 페라이트, 펠라이트 또는 심지어는 일부 함유된 오스테나이트를 포함하는) 적어도 부분적으로는 마텐자이트 또는 베이나이트로 구성된다. 본 발명에서는 또한, 이러한 향상된 특성을 가지는 강철을 매우 낮은 비용으로 얻는 것이 가능하다.

[0022]

관심있는 기계적 특성들을 유지하면서 고체 용액 내 미량의 원소를 얻기 위한 하나의 계획은, 대부분의 원소들을 특별히 선택된 세라믹 강화 입자로 보내는 것과, 비-금속 부분(%C, %B, 및 %N)을 탄화물, 대안적으로 질화물, 봉소화물 또는 그 중간체에 포함시키는 것으로 구성된다. 이를 위하여, M_3Fe_3C 탄화물 유형은 그것이 높은 전자 밀도를 갖기 때문에, 가장 흥미로운 것들 중 하나이다(여기서, M은 임의의 금속 원소이나, 주로 바람직하게는 M은 Mo 및/또는 W임). 그러나 또한 상당히 높은 전자 밀도를 가지는 다른 (Mo, W, Fe) 탄화물들이 있고, 이러한 탄화물들은 격자 상의 구조적 결함이 거의 없는 상태로 고체화하는 경향이 있으므로, 대개의 경우에는 주로 (Mo, W, Fe) 탄화물(여기서, 당연히 %C의 일부가 %N 또는 %B로 치환될 수 있음)을 갖거나, 통상적으로는 60% 초과, 바람직하게는 72% 초과, 더욱 바람직하게는 82% 초과 또는 보다 더욱 바람직하게는 92% 초과의 이러한 종류의 탄화물을 가지는 것이 바람직하다. 본 특허의 의미에서, 원소 함량을 지칭하는 퍼센트는 중량%이다. 보다 큰 열 전도성을 위해, M은 Mo 또는 W이어야 하고, 고체 용액 내 다른 금속 성분은 18% 미만, 바람직하게는 14% 미만, 더욱 바람직하게는 8% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 4% 미만의 양으로 존재하여야 한다. Mo 및 W의 양 뿐만 아니라, 그들의 비율도 대단히 중요하다. 높은 열 전도성을 얻을 뿐만 아니라 높은 기계적 특성을 유지하기 위해 Mo 및 W 함량을 고정하는 일반적인 하나의 규칙은 $%Mo + \frac{1}{2} \%W > 1.2$ 로 구성된다. 일반적으로, 극히 높은 열 전도성을 위해, %Mo는 바람직하게는 2.3% 초과, 더욱 바람직하게는 3.2% 초과이고, 보다 더욱 바람직하게는 3.9% 초과이어야 한다. %Mo 만을 사용하는 것이 열 전도성에 유리하다. 따라서, 극히 높은 열 전도성을 요구하는 응용 분야에서, %Mo는 4.1% 초과, 바람직하게는 4.4% 초과, 더욱 바람직하게는 4.6% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 4.8% 초과일 수 있다. %W에 관해서는, 2.5%W 미만, 더욱 바람직하게는 1.5%W 미만, 보다 더욱 바람직하게는 1%W 미만을 포함하는 것이 바람직하다. 다른 한편으로는, W의 가격에 따라, 저비용이 요구되는 일부 응용 분야에서는, %W가 0.9% 미만, 바람직하게는 0.7% 미만, 더욱 바람직하게는 0.4% 미만 또는 심지어는 의도적인 %W가 아예 없도록 하는 것이 간편하다. 열 전도성이 극대화되어야 하지만 열 피로는 조절되어야 하는 응용 분야에서는, W 보다 Mo를 1.2 내지 3 배 더 가지는 것이 일반적으로 바람직하다. 그러나, %Mo가 열 피로의 부정적인 효과를 나타내는 더 높은 열 팽창 계수를 제공하는 불리함을 가지고 있기 때문에, W의 부존재는 바람직하지 않다. %W는 또한 원자 반지름의 부조화가 %Mo보다 크기 때문에, 열처리 중에 얻어질 수 있는 변형에 영향을 미친다. 따라서, 열처리 중에 변형 조절이 중요한 응용 분야들에서, W의 부존재는 바람직하지 않으며, W는, 바람직하게는 0.4% 이상, 더욱 바람직하게는 0.8% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 1.2% 초과의 양으로 존재하는 것이 바람직하다. 본 출원의 발명자들은 결정질 구조에 거의 어떠한 뒤틀림도 유발하지 않는 이러한 유형의 탄화물에 용해되는 일부 원소들 또한 있음을 발견하였다. 이것은 Hf 및 Zr의 예이다. 이 원소들은 또한 탄소에 매우 높은 친화성을 가지며, 그에 따라, 매트릭스 상의 고체 용액으로부터 C를 또한 방출시키는 분리된 MC 유형 탄화물을 형성하려는 경향을 보인다. 이러한 목적을 위해, 0.02%Hf 이상, 바

람직하게는 0.09%Hf 초과, 더욱 바람직하게는 0.180%Hf 초과, 보다 더욱 바람직하게는 0.44%Hf 초과, 더더욱 바람직하게는 1%Hf 초과를 포함하는 것이 바람직하다. 다른 한편으로는, Zr에 대해서는, 0.03%Zr 이상, 바람직하게는 0.09%Zr 초과, 더욱 바람직하게는 0.18%Zr 초과, 보다 더욱 바람직하게는 0.52%Zr 초과, 더더욱 바람직하게는 0.82%Zr 초과를 포함하는 것이 바람직하다. 강력한 탄화물 형성제로 사용되는 Hf는 또한 결정 입계 연성(grain-boundary ductility)을 제공하고, 산화 내성을 증가시킨다. 그것은 고온에서의 강도를 증가시키기 위해 사용되고, 또한 Hf 및 Zr 모두 부식에 대한 내재적인 저항성을 지니고 있다. 따라서, 일부 주변 저항(ambient resistance)이 요구되는 응용 분야에서는, 일부 부식 및 산화 저항성을 얻기 위해서, 공칭(nominal) C와 결합하는데 필요한 것보다 훨씬 많은 Hf 및/또는 Zr을 포함하는 것이 바람직하다. 이러한 경우, 1%Hf 초과, 바람직하게는 2%Hf 초과, 그리고 때로는 응용 분야에 따라 3%Hf 초과를 포함하는 것이 바람직할 수 있다. 동일한 것이 Zr에 적용되어, 1%Zr 초과, 바람직하게는 2%Zr 초과, 그리고 때로는 응용 분야에 따라 3%Zr 초과를 포함하는 것이 바람직할 수 있다. 다른 한편으로는, 높은 인성 수준을 요구하는 응용 분야에서는, %Hf 및/또는 %Zr이, 그것들이 응력 유발체(stress raiser)로 작용하는 크기가 크고, 다각형의 1차 탄화물을 형성하는 경향이 있기 때문에, 매우 높아서는 안된다. 따라서, 이러한 경우, %Hf는 0.53% 미만, 바람직하게는 0.48% 미만, 더욱 바람직하게는 0.36% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 0.24% 미만인 것이 바람직하다. %Zr과 관련하여, 0.54% 미만, 바람직하게는 0.46% 미만, 더욱 바람직하게는 0.28% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 0.12% 미만을 포함하는 것이 바람직하다. 응용 분야에 따라, %Hf 및/또는 %Zr은 전체적으로 또는 부분적으로, 바람직하게는 Hf 및/또는 Zr의 25% 초과의 양, 더욱 바람직하게는 Hf 및/또는 Zr의 50% 초과의 양, 보다 더욱 바람직하게는 Hf 및/또는 Zr의 75% 초과의 양, 그리고 심지어는 그 전체량이 %Ta로 치환되는 것이 바람직하다.

[0023] Hf는 Zr 정제의 부산물로서 얻어진다. 그들의 유사한 화학적 특성으로 인해, 이 공정은 극히 어렵고, 따라서 매우 비용이 많이 듈다. Hf는 또한 그것을 핵 응용 분야에 대해 완벽한 후보로 만드는, 높은 중성자 흡수력을 가지는 것으로 잘 알려져 있다. 한정된 Hf의 이용가능성(availability)은 핵 응용 분야 외의 용도에 대해 매우 적은 물질을 남기고, 따라서 그것의 순수한 상태는 시장 내 가장 비싼 원소 중 하나이다. 다른 한편으로는, 이 정제로부터 발생한 불합격 제품은 그 결과 정말 낮은 비용에서 찾아질 수 있는 Zr이다. 두 원소들의 유사한 화학적 특성들로 인해, 제조 비용이 매우 중요한 일부 경우에는, Hf는 응용 분야에 따라, 때로는 일부 열 전도성의 손실의 손상을 받으면서, 부분적으로 또는 심지어 전체적으로 Zr로 치환될 수 있다. 이러한 경우, Zr은 0.06% 초과, 바람직하게는 0.22% 초과, 더욱 바람직하게는 0.33% 초과인 것이 바람직하다. 일부 특수한 경우에서, 0.42%Zr 초과를 포함하는 것이 바람직할 수 있는 반면, Hf는 0.15% 미만, 바람직하게는 0.08% 미만, 더욱 바람직하게는 0.05%Hf 미만이고, 심지어 그것을 포함하지 않는 것이 바람직하다.

[0024] 일반적으로 상술한 Fe, Mo, W, Hf 및/또는 Zr 외의 어떠한 금속 원소도 탄화물의 금속 원소의 중량 퍼센트의 20%를 초과하지 않아야 한다. 바람직하게는 그것은 10% 또는 더 좋게는 5% 이하이어야 한다.

[0025] 본 출원의 발명자들은 놀랍게도, 미량의 %B가 열 전도성 증가에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인하였다. 따라서, %B는 1 ppm 이상, 바람직하게는 5 ppm 이상, 더욱 바람직하게는 10 ppm 초과, 보다 더욱 바람직하게는 50 ppm 초과인 것이 바람직하다. 다른 한편으로는, 마텐자이트 미세 구조의 높은 인성이 요구되는 경우, %B 함량은 598 ppm 미만, 바람직하게는 196 ppm 미만, 더욱 바람직하게는 68 ppm 미만, 보다 더욱 바람직하게는 27 ppm 미만으로 유지되어야 한다.

[0026] %Cr 및 %V는 탄화물 매트릭스로 용해될 때, 다량의 격자 뒤틀림을 야기하기 때문에, 높은 열 전도성에 관해서는 부정적인 영향을 미치는 원소이다. 높은 열 전도성을 위해서는, %V는 0.23% 미만, 바람직하게는 0.15% 미만, 더욱 바람직하게는 0.1% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 0.05% 미만으로 유지되어야 한다. 극고전도성을 얻기 위해서는, %Cr은 바람직하게는 0.28% 미만, 더욱 바람직하게는 0.08% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 0.02% 미만으로 유지되어야 한다. 극히 높은 열 전도성을 위해서는 %Si가 가능한 낮은 것이 또한 바람직하다. 그것의 함량이 적어도 ESR 같은 정제 공정의 사용에 의해 감소될 수 있기 때문에, %Si의 경우는 약간 다르지만, 작은 공정 창(process window)로 인해, %Si를 0.2% 미만, 바람직하게는 0.16% 미만, 더욱 바람직하게는 0.09% 미만, 더욱 바람직하게는 0.03% 미만의 양으로 감소시키고, 동시에 낮은 수준의 내포물(특히 산화물)을 얻는 것은 기술적으로 매우 어렵다. 가장 높은 열 전도성은 %Si 및 %Cr의 수준이 0.1% 미만인 경우, 더 좋게는 0.05% 미만인 경우에만 얻어질 수 있다.

[0027] O, N, P 및/또는 S와 같은 다른 원하지 않는 불순물들은, 극히 높은 열 전도성을 위해 가능한 한 낮게 유지되어야 하며, 바람직하게는 0.1% 미만, 더욱 바람직하게는 0.08% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 0.01% 미만으로, 유지되는 것이 바람직하다.

[0028] 이 방법을 진행하고 본 발명에 기재된 조성 규칙을 적용하면서, 본 출원의 발명자들은 매우 놀랍게도, 열 전도성이 %C 함량에 무관해짐을 확인하였다. 지금까지 열 전도성은 탄소 함량에 강하게 의존하여, 탄소 함량이 높아지면 낮아졌기 때문에, 이러한 사실은 매우 예기치 못한 것이다. 이러한 발견은 극히 높은 열 전도성과 동시에 기계적 특성을 향상시키는 상당히 높은 탄소 함량을 가지는 공구강을 제조하는 것이 가능하도록 한다. 또한, 경제적인 제조 비용에도 좋은 영향을 미치고, 고수요의 응용 분야에서 특히 유리하다.

[0029] 높은 경도 수준에서도 극고전도성을 얻는 것 또한, 본 발명의 특성이다. 이러한 사실은 높은 경도를 요구하는 열간 가공 금형; 예를 들어, 48 내지 54 HRc 범위의 경도를 사용하는 대부분의 단조(forging) 분야, 바람직하게는 약 50 내지 54 HRc의 경도를 가지는 공구에 의해 실행되는 플라스틱 사출 성형, 때로는 47 내지 52 HRc 범위의 경도를 나타내는 공구에 의해 수행되는 아연 합금의 금형 캐스팅, 대부분 48 내지 54 HRc의 경도를 나타내는 공구에 의해 수행되고, 코팅되지 않은 시트에 대해서는 54 내지 58 HRc의 경도를 나타내는 공구에 의해 수행되는 코팅된 시트의 열 스템핑에서 매우 유리하다. 시트를 인출하고 절단하는 응용 분야에서, 가장 널리 사용되는 경도는 56 내지 66 HRc 범위에 놓인다. 일부 미소 절단(fine cutting) 분야에서, 일부 언급한 것에 비해 훨씬 더 높은 경도가 64 내지 69 HRc에서 사용된다. 본 발명에서는 48 HRc 초과, 바람직하게는 50 HRc 초과, 또는 보다 더욱 바람직하게는 53 HRc 초과의 경도에 대해, 그 실현이 $13 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 바람직하게는 $14 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 더욱 바람직하게는 $14.7 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과의 열 확산율을 값에 의해 명백히 측정될 수 있는, 본 발명에서 규정된 원자 수준의 구조(상태의 밀도 및 모든 상들 중 캐리어의 이동성의 최적화와 관련한, 원자 배열)를 얻는 것이 가능하다. 본 발명을 특히 잘 수행한다면, $15 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과의 열 확산율을 값에 의해 명백히 측정될 수 있는, 본 발명에서 규정된 원자 수준의 예기치 못한 구조(상태의 밀도 및 모든 상들 중 캐리어의 이동성의 최적화와 관련한, 원자 배열)를 얻는 것이 가능하다.

[0030] 본 발명에서는, 상온에서뿐만 아니라, 보다 높은 작업 온도에서도 극고전도성을 얻는 것이 또한 가능하다. 본 발명에서는, 200°C 의 온도 및 40 HRc 미만, 바람직하게는 39 HRc 미만, 더욱 바람직하게는 38 HRc 미만 또는 보다 더욱 바람직하게는 35 HRc 미만의 경도에서, 그 실현이 $13 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 바람직하게는 $13.9 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 더욱 바람직하게는 $14.5 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 보다 더욱 바람직하게는 $15 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과의 열 확산율에 의해 모니터링될 수 있는 본 발명에서 규정된 나노 이하의 수준에서의 구조를 얻는 것이 가능하고; 400°C 에서, 그 실현이 $8.99 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 바람직하게는 $9.67 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 더욱 바람직하게는 $10.1 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 보다 더욱 바람직하게는 $10.88 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과의 열 확산율에 의해 모니터링될 수 있는 본 발명에서 규정된 나노 이하의 수준에서의 구조를 얻는 것이 가능하고; 600°C 에서, 그 실현이 $5.47 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 바람직하게는 $6.64 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 더욱 바람직하게는 $6.99 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 보다 더욱 바람직하게는 $7.4 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과의 열 확산율에 의해 모니터링될 수 있는 본 발명에서 규정된 나노 이하의 수준에서의 구조를 얻는 것이 가능하다. 본 발명에서는, 200°C 의 온도 및 40 HRc 초과, 바람직하게는 42 HRc 초과, 더욱 바람직하게는 43 HRc 초과 또는 보다 더욱 바람직하게는 46 HRc 초과의 경도에서, 그 실현이 $12.1 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 바람직하게는 $12.9 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 더욱 바람직하게는 $13.4 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 보다 더욱 바람직하게는 $13.9 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과의 열 확산율에 의해 모니터링될 수 있는 본 발명에서 규정된 나노 이하의 수준에서의 구조를 얻는 것이 가능하고; 400°C 에서, 그 실현이 $8.2 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 바람직하게는 $8.78 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 더욱 바람직하게는 $9.23 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 보다 더욱 바람직하게는 $9.89 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과의 열 확산율에 의해 모니터링될 수 있는 본 발명에서 규정된 나노 이하의 수준에서의 구조를 얻는 것이 가능하고; 600°C 에서, 그 실현이 $5.01 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 바람직하게는 $5.79 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 더욱 바람직하게는 $6.32 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 보다 더욱 바람직하게는 $6.87 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과의 열 확산율에 의해 모니터링될 수 있는 본 발명에서 규정된 나노 이하의 수준에서의 구조를 얻는 것이 가능하다. 본 발명에서는, 200°C 의 온도 및 48 HRc 초과, 바람직하게는 50 HRc 초과, 더욱 바람직하게는 54 HRc 초과 또는 보다 더욱 바람직하게는 58 HRc 초과의 경도에서, 그 실현이 $11.47 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 바람직하게는 $12.01 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 더욱 바람직하게는 $12.65 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 보다 더욱 바람직하게는 $13 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과의 열 확산율에 의해 모니터링될 수 있는 본 발명에서 규정된 나노 이하의 수준에서의 구조를 얻는 것이 가능하고; 400°C 에서, 그 실현이 $7.58 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 바람직하게는 $8.01 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 더욱 바람직하게는 $8.76 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 보다 더욱 바람직하게는 $9.1 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과의 열 확산율에 의해 모니터링될 수 있는 본 발명에서 규정된 나노 이하의 수준에서의 구조를 얻

는 것이 가능하고; 600°C에서, 그 실현이 $4.18 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 바람직하게는 $4.87 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 더욱 바람직하게는 $5.70 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과, 보다 더욱 바람직하게는 $6.05 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과의 열 확산율에 의해 모니터링될 수 있는 본 발명에서 규정된 나노 이하의 수준에서의 구조를 얻는 것이 가능하다.

[0031] 따라서, 본 발명의 바람직한 일 구현예에 따르면, 강철, 특히 극히 높은 열 전도성의 강철은, 하기 조성을 가질 수 있다(모든 퍼센트들은 중량 퍼센트임):

$$[0032] \%C_{\text{eq}} = 0.15 - 2.0 \% \text{C} = 0.15 - 2.0 \% \text{N} = 0 - 0.6 \% \text{B} = 0 - 4$$

$$[0033] \% \text{Cr} = 0 - 11 \% \text{Ni} = 0 - 12 \% \text{Si} = 0 - 2.4 \% \text{Mn} = 0 - 3$$

$$[0034] \% \text{Al} = 0 - 2.5 \% \text{Mo} = 0 - 10 \% \text{W} = 0 - 10 \% \text{Ti} = 0 - 2$$

$$[0035] \% \text{Ta} = 0 - 3 \% \text{Zr} = 0 - 3 \% \text{Hf} = 0 - 3 \% \text{V} = 0 - 12$$

$$[0036] \% \text{Nb} = 0 - 3 \% \text{Cu} = 0 - 2 \% \text{Co} = 0 - 12 \% \text{Lu} = 0 - 2$$

$$[0037] \% \text{La} = 0 - 2 \% \text{Ce} = 0 - 2 \% \text{Nd} = 0 - 2 \% \text{Gd} = 0 - 2$$

$$[0038] \% \text{Sm} = 0 - 2 \% \text{Y} = 0 - 2 \% \text{Pr} = 0 - 2 \% \text{Sc} = 0 - 2$$

$$[0039] \% \text{Pm} = 0 - 2 \% \text{Eu} = 0 - 2 \% \text{Tb} = 0 - 2 \% \text{Dy} = 0 - 2$$

$$[0040] \% \text{Ho} = 0 - 2 \% \text{Er} = 0 - 2 \% \text{Tm} = 0 - 2 \% \text{Yb} = 0 - 2$$

[0041] 나머지는 철 및 미량 원소로 이루어지고, 여기서

$$[0042] \%C_{\text{eq}} = \% \text{C} + 0.86 * \% \text{N} + 1.2 * \% \text{B} \text{이고},$$

$$[0043] \% \text{Mo} + \frac{1}{2} * \% \text{W} \text{ 인 것을 특징으로 한다.}$$

[0044] 금속공학적 관점에서, 강철의 조성은 일반적으로, C_{eq} 와 관련하여 주어지고, 이는 탄소 자체 또는 공칭 탄소뿐만 아니라, 강철의 입방 구조에 유사한 영향을 미치는 모든 원소들(일반적으로 B 및/또는 N)을 고려하는, 구조 상의 탄소로서 정의된다.

[0045] 본 특허의 의미에서, 미량 원소는, 달리 말하면, 2% 미만의 양의 임의의 원소를 지칭한다. 일부 응용 분야에서, 미량 원소는 1.4% 미만, 더욱 바람직하게는 0.9% 미만, 때로는 보다 더욱 바람직하게는 0.78% 미만인 것이 바람직하다. 미량 원소로 고려될 수 있는 원소들은 H, He, Xe, Be, O, F, Ne, Na, Mg, P, S, Cl, Ar, K, Ca, Fe, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Kr, Rb, Sr, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, I, Xe, Cs, Ba, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Po, At, Rn, Fr, Ra, Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr, Rf, Db, Sg, Bh, Hs 및 Mt의 단독 및/또는 이들의 조합이다. 일부 응용 분야에서, 미량 원소 또는 극 미량 원소는 일반적으로 특정한 관련 특성(경우에 따라서, 때로는 열 전도성 및 인성일 수 있음)에 대해 상당히 해로울 수 있다. 이러한 응용 분야에서, 미량 원소를 0.4% 미만, 바람직하게는 0.2% 미만, 더욱 바람직하게는 0.14% 미만 또는 심지어 0.06% 미만으로 유지하는 것이 바람직하다. 말할 필요도 없이, 특정한 양의 미만이라 함은 원소의 부재를 또한 포함한다. 많은 응용 분야에서, 미량 원소 대부분 또는 심지어 이들 모두의 부재는 자명하거나 및/또는 바람직하다. 상술한 모든 미량 원소는 단일 실체로 간주되고, 따라서 때때로는, 특정한 응용 분야에서 상이한 미량 원소는 상이한 최대 중량 퍼센트 인정 값을 가질 것이다. 미량 원소들은 비용 절감을 포함하는 특정한 기능성을 추구하기 위해 의도적으로 첨가될 수 있거나, (존재할 때) 그것의 존재는 의도적이지 않을 수 있고, 합금 원소의 불순도 및 합금의 제조에 사용된 찌꺼기와 주로 관계될 수 있다. 상이한 미량 원소의 존재 이유는 동일한 합금에 대해서 상이할 수 있다.

[0046] 2 개의 강철이 2 개의 매우 상이한 기술적인 진보를 나타내는 것은 종종 발생하는데, 이때 각각의 강철은 매우 상이한 응용 분야를 겨냥하여, 각각의 강철이 다른 강철의 응용 분야에서는 전혀 쓸모 없을 수 있다. 이러한 2 개의 강철이 조성 범위에서 동시 발생할 수 있다. 대부분의 경우에서, 실제의 조성은 조성 범위가 더 또는 덜 겹치더라도 절대 동시 발생하지 않을 것이고, 다른 경우에서 실제의 조성은 동시 발생할 수 있고, 이 차이는 적용된 열-기계적 처리로부터 발생할 것이다.

[0047] 전술한 강철은, 생산성과 연관된 비용이 관련되는, 금형 캐스팅과 같은 기타 다수의 형성 공정 중의 사이를 시간을 대폭 감소시키기 위해, 극히 높은 열 전도성을 요구하는 응용 분야에 특히 적합하다.

- [0048] 코팅되지 않은 시트의 열 스템핑의 경우와 같이, 일부 응용 분야는 매우 높은 열 전도성과 결합하여 높은 경도를 요구한다. 이 응용 분야의 일부는 매우 높은 수준의 인성 및 파괴 인성을 요구하고, 때로는 공구 제조 비용에 매우 민감하다. 이러한 응용 분야에서, 상기 요구들은 너무 높아서, 매우 엄격한 조성 규칙 및 특히 나노 이하의 수준에서의 미세 구조에 대한 매우 엄격한 요구가 관찰되어야 한다.
- [0049] 유럽 특허공보 EP 1887096 A1의 교시에 따라, 높은 열 확산율은 단독으로 모든 상들에 존재하는 캐리어의 이용 가능성 및 움직임의 자유와 관련된다. 본 발명의 공구강은 2 개의 주요 상-유형을 가진다: 금속성인 매트릭스-유형 상과, 성질상 세라믹인 탄화물(질화물, 봉소화물 또는 산화물까지) 유형 상. 따라서, 상태의 밀도 및 캐리어의 평균 자유 통로는 모든 존재하는 상에서 극대화되어야 한다. 이러한 최적화의 실현 및 나노 이하의 수준에서의 규정된 구조의 달성을 상이한 경도 수준에서 얻어질 수 있는 열 확산율 값에 의해 모니터링될 수 있다.
- [0050] 유럽 특허공보 EP 1887096 A1이 교시하는 바와 같이, 열 전도성을 최대화하는 가장 좋은 방법은, 최종 미세 구조에서, 높은 금속성을 띠는 탄화물이 반드시 존재하고, 훨씬 더 중요한 그들의 결정질 구조가 매우 높은 수준의 완성도를 확실하게 가지도록 하는 것이다. 매트릭스에 관하여, 용액 밖으로의 최대 산란을 야기하는 원소들을 탄화물(또는 질화물, 봉소화물, 산화물 또는 동일한 목적에 대한 이들의 혼합물)에 결합시킴으로써, 이들을 유지시키는 것이 권장된다. 이러한 원자 수준에서의 구조적 특징의 획득은 획득된 열 확산율 값에 의해 모니터링될 수 있다. 본 발명의 일부 응용 분야에서, 적당한 수준의 탄소 당량을 가지는 것이 바람직하다.
- [0051] 이러한 진행 방법은 탄화물 형성체의 함량 및 탄소 당량($\%C_{eq}$)이 조절되는 방식에 매우 엄격한 규칙을 설정하고, 이는, 극히 높은 수준의 전도성이 획득되어야 하는 경우에, 중요한 비용 영향을 갖는다. 이제, 본 출원의 발명자들은 놀랍게도, 상태의 밀도 및 모든 상들 중의 캐리어의 이동성의 최적화와 관련하여, 유럽 특허공보 EP 1887096 A1의 교시를 실시하는 것이 가능하도록 하는 특정 원소들의 특정한 조합이 존재함을 발견하였다. 그에 따라, 또한, 이러한 조합은 극히 높은 수준의 열 확산율에 의해서 명백하게 측정될 수 있는, 나노 이하(sub-nanometer)의 수준에서의 기술된 미세 구조의 유형, 또는 더욱 최적화된 미세 구조의 유형들을, 탄소 당량 수준을 탄화물 형성체와 동등한 수준으로 매우 근접하게 조절하기 위한 부담과 그 관련 비용 없이, 만들 수 있음을 발견하였다. 이 놀라운 발견은 높은 열 전도성을 달성하면서 동시에 다른 바람직한 특성들의 달성을 증가시키는 것에 내포된 복잡성을 강하게 낮춘다. 본 출원의 발명자들은 적당한 수준의 탄소 당량에 대해서만 이 놀라운 효과가 나타남을 발견하였다.
- [0052] 탄소 당량이 너무 낮다면, 매트릭스 상 내 고체 용액 중의 탄화물 형성체가 캐리어의 높은 산란을 야기한다. 따라서, $\%C_{eq}$ 는 0.27% 초과, 바람직하게는 0.32% 초과, 더욱 바람직하게는 0.38% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 0.52% 초과이어야 한다. 다른 한편으로는, 너무 높은 수준의 $\%C_{eq}$ 는, 열처리의 적용과 관계없이, 필요한 특성 및 탄화물(질화물, 봉소화물, 산화물 또는 이들의 조합)의 완성도를 얻는 것을 불가능하게 할 수 있다. 따라서, $\%C_{eq}$ 는 1.2% 미만, 바람직하게는 0.78% 미만, 더욱 바람직하게는 0.67% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 0.58% 미만이어야 한다. 이러한 예기치 못한 효과가 나타나기 위해서는, 정확한 수준의 $\%Mo$ 를 포함하는 것이 중요하다. $\%Mo$ 는 $\%W$ 로 부분적으로 그러나 전체적으로는 아니게 치환될 수 있으며, 따라서 그 값은 본 명세서에서 $\%Mo_{eq}$ 로 지정된다. 이러한 치환은 $\%Mo_{eq}$ 에 관하여 나타나고, 따라서 치환된 모든 $\%Mo$ 는 $\%W$ 의 약 2배이다. $\%Mo$ 의 $\%W$ 로의 치환은 75% 미만, 바람직하게는 64% 미만, 더욱 바람직하게는 38% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 18% 미만으로 유지될 것이다. 자명하게, $\%Mo$ 의 비용이 주로 $\%W$ 의 비용 미만이고, $\%Mo_{eq}$ 중 $\%Mo$ 의 치환이 $\%W$ 의 2배이므로, 가장 경제적인 대안은 치환이 없고, $\%W$ 가 미량 원소(미량 원소 및 관련된 중량 페센트의 완전한 정의는 이미 제공되었으나, $\%W$ 는 미량 원소로 간주되지 않았으나, 이제부터 기술되는 명세서에 있어서는, 그것은 미량 원소로 간주될 것임)수준으로 남을 때이다. 미량 원소들은 비용 절감을 포함하는 특정한 작용을 찾기 위해 의도적으로 첨가될 수 있거나, 그것의 존재는 의도적이지 않을 수 있고, 합금 원소의 불순도 및 합금의 제조에 사용된 찌꺼기와 주로 관계될 수 있다. $\%W$ 의 부재, 또는 $\%W$ 의 단지 불순물(불순물은 미량 원소의 유형 중 하나임)로서의 존재($\%W$ 의 부존재로 불릴 수도 있음)는, 최소 비용의 합금화가 추구될 때 매우 유리할 수 있다. 따라서, 일부 경우에서, $\%W$ 는 1% 미만이 바람직하다. 본 출원의 발명자들은, 이러한 예기치 못한 효과를 발생시키기 위해서는, 그에 따라, 공칭의 것으로부터의 합금화 편차에 대한 높은 허용치를 허용하면서 높은 열 전도성을 갖도록 함으로써 덜 정확한 제조 경로를 가능하게 하기 위해서는, 그 아래에서는, 형성될 수 있는 탄화물이, $\%C_{eq}$ 가 엄격하게 조절되지 않는다면 높은 완성도 수준을 얻을 수 없는 최소 수준의 $\%Mo_{eq}$ 가 요구됨을 발견하였다. 따라서, $\%Mo_{eq}$ 는 이러한 효과를 나타내기 위해서, 2.8% 초과, 바람직하게는 3.2% 초과, 더욱 바람직하게

는 3.7% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 4.2% 초과이어야 할 것이다. 다른 한편으로는, 너무 높은 수준의 %Mo_{eq} 는, 매트릭스 상 중 적어도 하나의 것 중의 캐리어의 상당한 산란을 피할 수 있는 어떠한 열처리도 존재하지 않을 상태를 야기할 것이며, 따라서 극히 높은 열 전도성은, 유럽 특허공보 EP 1887096 A1의 교시를 적용하더라도, 때로는 산업 수준에서 실행 불가능한 매우 정확한 수준의 %C_{eq}에서만 얻어질 것이다. 따라서, %Mo_{eq}는 6.8% 미만, 바람직하게는 5.7% 미만, 더욱 바람직하게는 4.8% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 3.9% 미만이어야 할 것이다. 본 출원의 발명자들은 본 발명 내 높은 인성과 함께 좋은 내마모성을 요구하는 일부 응용 분야에서는, 하기 규칙들이 적용되어야 함을 발견하였다:

- [0053] C_{eq}는 0.38% 초과, 바람직하게는 0.4% 초과, 더욱 바람직하게는 0.42% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 0.48% 초과이어야 하고;
- [0054] C_{eq}는 0.72% 미만, 바람직하게는 0.65% 미만, 더욱 바람직하게는 0.62% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 0.58% 미만이어야 하고;
- [0055] 하기와 같이 %Mo_{eq}는 적당히 있어야 하거나, 또는, %V는 존재해야 한다: %Mo_{eq}는 9.8% 미만, 바람직하게는 9.5% 미만, 더욱 바람직하게는 8.9% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 7.6% 미만이고; %V에 관해서는 0.12% 초과, 바람직하게는 0.15% 초과, 더욱 바람직하게는 0.18% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 0.23% 초과이다.
- [0056] 본 출원의 발명자들은 일부 %Ni 함량의 존재를 요구하는 다른 응용 분야에서, 하기 규칙들이 적용되어야 함을 발견하였다:
- [0057] %Mo_{eq}는 4.4% 미만, 바람직하게는 3.7% 미만, 더욱 바람직하게는 2.5% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 1.2% 미만이어야 하고, %Ni는 0.75% 미만, 바람직하게는 0.62% 미만, 더욱 바람직하게는 0.58% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 0.43% 미만이어야 한다.
- [0058] 본 출원의 발명자들은 내마모성과 함께 강도를 요구하는 응용 분야에서는, 하기 규칙들이 적용되어야 함을 발견하였다:
- [0059] %Mo_{eq}는 4.2% 미만, 바람직하게는 3.7% 미만, 더욱 바람직하게는 2.8% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 1.6% 미만이어야 하고;
- [0060] %V는 0.05% 초과, 바람직하게는 0.12% 초과, 더욱 바람직하게는 0.18% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 0.29% 초과의 양으로 존재해야 한다.
- [0061] 본 출원의 발명자들은 이러한 예기치 못한 결과들이, 관련된 결정질 구조의 결함이 상당히 적은 산란을 야기하는 (Mo, W)₃Fe₃C 유형의 탄화물에 대해 가능한 화학량론을 벗어난 상당히 넓은 범위로부터 유도된다고 믿는다. 또한, Fe 함량은 동일한 효과를 가지면서 상당히 달라질 수 있고, 심지어 전자 및 포논(photon)에 대한 상태의 밀도는 그들의 변화에도 불구하고, 전체 캐리어 이용가능성에 극적인 영향을 미치지 않는다. 실제로, 탄화물은 (Mo, W)_{3-x}Fe_{3+x}C로 기술되는 것이 아마도 더 나을 것이고, 상기 식에서 x는 음수일 수 있고, 자명하게 다른 탄화물 형성제가 부분적으로 Mo, W 및/또는 Fe를 대체할 수 있다.
- [0062] 본 출원의 발명자들은 이전 단락에 기술된 예기치 못한 영향이, 몰리브덴 탄화물에 합체될 때 적은 뒤틀림을 나타내는 강력한 탄화물 형성제의 사용을 통해, 강하게 향상될 수 있음을 발견하였다. 그러나, 이러한 강력한 탄화물 형성제는 충분히 높은 농도로 존재한다면, 그들의 1차 탄화물을 형성할 수 있기 때문에, 높은 인성을 요구하는 응용 분야에서, 주의가 있어야 하며, 그들이 때로는 상당한 다각형 모폴로지를 가지기 때문에, 열 전도 목적을 위해 요구되는, 원하는 나노 이하 수준의 구조를 야기하는 열처리가 가해질 때, 결과물로 생긴 합금의 탄성 및 파괴 인성에 뚜렷한 부정적인 영향을 미친다. 따라서, 일부 응용 분야의 경우, 이러한 탄화물 형성제를 의도적으로 첨가하는 것은 바람직하지 않을 수도 있다. 그러나, 대부분의 응용 분야에서는, 0.02% 초과, 바람직하게는 0.1% 초과, 더욱 바람직하게는 0.2% 초과, 또는 보다 더욱 바람직하게는 0.3% 초과의 %Hf+%Ta+%Zr를 가지는 것이 바람직하다. 높은 인성을 요구하는 응용 분야에서는, 1.4% 미만, 바람직하게는 0.98% 미만, 더욱 바람직하게는 0.83% 미만, 또는 보다 더욱 바람직하게는 0.65% 미만의 %Hf+%Ta+%Zr를 가지는 것이 바람직하다. 모든 강력한 탄화물 형성제 중에서도, 본 출원의 발명자들은, Zr이 가장 흥미로운 것들 중의 하나임을 발견하였는데, 이는 Zr이 본 발명에서 바람직한 탄화물 유형에 혼합될 때 거의 뒤틀림 없이 혼합되고, 또한, 그것이 비교적 저비용이기 때문이다. 따라서, 때로는 본 발명의 실시에 있어서, %Zr은 가장 높은 농도로 존재하는 강력

한 탄화물 형성제이다. 전술한 바와 같이 강력한 탄화물 형성제가 유리하지만, 제조 비용이 중요한 응용 분야에서는, 때로는 0.05% 초과, 바람직하게는 0.1% 초과, 더욱 바람직하게는 0.22% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 0.4% 초과의 %Zr을 가질 수 있다. 매우 수요가 많은 응용 분야에서는, %Zr이 0.67% 초과, 바람직하게는 1.5% 초과, 더욱 바람직하게는 3.7% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 4% 초과인 것이 바람직하다. 다른 한편으로는, 인성이 중요한 경우, %Zr이 때로는 0.78% 미만, 바람직하게는 0.42% 미만, 더욱 바람직하게는 0.28% 미만, 더욱 바람직하게는 0.18% 미만으로 제한될 수 있다. 일부 응용 분야에서는, %Zr은 부분적으로 또는 전체적으로 %Hf 및/또는 %Ta로 치환될 수 있다.

[0063] 본 출원의 발명자들은 지금까지 언급된 합금화 규칙들이 지금까지 언급된 예기치 못한 효과를 야기할 수 있지만, 페라이트/펄라이트 방식에서의 경화능이 상당히 온건하기 때문에, 높은 인성과 함께 높은 기계적 강도가 요구된다면, 적절한 단면에서만 실시될 수 있음을 발견하였다. 이러한 측면과 관련하여, 본 출원의 발명자들은 3 개의 예기치 못한 발견들을 하였다. 첫번째 발견은 경화능의 향상을 위한 %B의 사용에 관한 것이다. 본 발명의 이점으로, 도 1에서 볼 수 있는 바와 같이 %B의 효과가 20 ppm 초과의 %B에서는 줄어들고, 25 ppm 초과의 %B에서는 2.0으로 거의 일정하게 되는 종래의 강철에 대한 경우와는 대조적으로, 2.0을 초과하는 팩터 (factor)(하기 표 7에서 볼 수 있는 바와 같이 거의 팩터 10임)가 25 ppm 초과의 %B에서 얻어질 수 있다. 두번째 발견은 낮은 농도에서의 %Ni의 효과에 관한 것으로, 이 효과는 다른 원소들의 존재 하에서 강력하게 증가할 수 있고, 높은 경도 수준에서 매트릭스 내 산란에 대해 최소의 영향을 미치면서 달성을 수 있다!!! 세번째 놀라운 효과는 이전에 입증되었던 %V의 효과로, 이러한 방식에서는 경화능에 대해 부정적이지만, %V가 너무 높지 않고, 특히 %Ni 및/또는 %B가 존재한다면 긍정적인 효과를 가진다는 것이다. 이러한 3 개의 발견들은, 그 실현이 48 HRc 초과의 경도에서 $8.5 \text{ mm}^2/\text{s}$ 초과의 열 확산율 값에 의해 명확하게 측정될 수 있는 본 발명에서 규정된 원자 수준(원자 배열)에서의 원하는 구조를 가진 채, 높은 경도를 나타낼 수 있는 재료를 발생시키는데, 이 때, 이러한 재료는, 진공 N₂ 경화 공정 또는 국제 특허공보 WO2013167580A1의 교시를 통해 이러한 특성들을 얻기에 충분한, 페라이트/펄라이트 영역 내 경화능을 갖는다.

[0064] 경화능에 관한 3 개의 예기치 못한 발견들에 대해 상세하게 살펴보고, 이러한 발견들로부터 유도되는 조성 규칙들에 대해 먼저 살펴보면, 하기의 것들이 관찰된다:

[0065] %B의 긍정적인 효과는 낮은 %C로 제한되는 것으로 여겨지는데, 실제로 대부분의 문헌들은 0.2% 또는 궁극적으로는 0.25%까지의 %C 수준에 대해 이로운 효과를 보고한다. 본 출원의 발명자들은 본 발명에서, 표 7에서 볼 수 있는 바와 같이, 비록 %C_{eq} 값이 문헌들에 보고된 것보다 훨씬 높을지라도, %B가 긍정적인 효과를 가짐을 발견하였다. 문헌은 또한 도 1에서 볼 수 있는 바와 같이, 약 20 ppm에서 %B의 최대의 긍정적인 효과가 나타남을 기술한다. 본 발명에서 그리고 표 7에서 볼 수 있는 바와 같이, %B의 긍정적인 효과는 더 높은 %B 값에서 나타날 수 있다. 본 발명의 강철에 대하여, 페라이트/펄라이트 영역에서의 높은 경화능을 살펴볼 때, 때로는 %B는 1 ppm 초과, 바람직하게는 25 ppm 초과, 더욱 바람직하게는 45 ppm 초과, 보다 더욱 바람직하게는 58 ppm, 심지어 때로는 72 ppm 초과의 수준에서 바람직하다. %B의 과잉량은 봉소화물 형성 원소의 이용가능성에 따라 대조적인 영향을 가질 수 있다. 또한, 과량의 봉소화물이 형성된다면 인성에 대한 영향은 상당히 해로울 수 있다. 높은 인성이 요구되고, 강력한 봉소화물 형성제가 존재하는 본 발명의 강철에 대하여, %B는 0.2% 미만, 바람직하게는 88 ppm 미만, 더욱 바람직하게는 68 ppm 미만, 심지어 때로는 48 ppm 미만인 것이 바람직하다.

[0066] %Ni에 관하여, 경화능에서의 그것의 긍정적인 효과는 유럽 특허공보 EP2236639B1에 이미 기술되어 있다. 본 출원의 발명자들은 다른 원소, 주로 %B 및 %V와 결합할 때 낮은 값의 %Ni가 채용될 수 있음을 인식하였다. 몰리브덴보다 탄소에 대해 더 강한 친화력을 가지는 모든 탄화물 형성제의 효과가 또한 인지되었다(Ti, Nb, Zr, Hf, Ta). 결합된 효과 또는 촉매의 효과의 이 특성의 사용은 더 낮은 %Ni 수준을 가지는 높은 수준의 경화성에 도달하도록 하며, %Ni가 특히 1% 초과의 양으로 존재할 때, 정련된 마텐사이트 또는 정련된 베이나이트 Fe-C 미세 구조에서 강력한 산란체(scatterer)이기 때문에, 이는 매트릭스 상에서 본 발명에 대해 더 이로운 나노 이하의 수준 내 미세 구조를 얻도록 이용될 수 있으며, 가능한 열-기계적 처리를 통해 효과적인 방법으로 이 원소를 재배치하는 것은 불가능하지는 않더라도 매우 어렵다. 따라서, 본 발명에서는 페라이트/펄라이트 방식에서의 높은 경화능이 바람직한 경우, 때로는 %Ni가 0.2% 초과, 바람직하게는 0.30% 초과, 더욱 바람직하게는 0.42% 초과, 심지어 때로는 0.75% 초과의 양으로 존재한다. 다른 한편으로는, 언급된 바와 같이, 과량의 %Ni는 매트릭스 상 중 하나 이상에서의 캐리어 수준의 극히 낮은 산란을 얻는 것이 불가능하도록 할 수 있고, 이러한 이유로 극고전도성이 요구된다면, %Ni는 2.7% 미만, 바람직하게는 1.8% 미만, 더욱 바람직하게는 0.8% 미만, 심지어 때로는 0.68% 미만, 심지어 0.48 중량% 미만의 양으로 존재한다. 언급된 바와 같이, %B 또한 경화능에 긍정적

인 영향을 또한 미친다. 높은 경화능이 요구된다면, %B 및 %Ni의 조합은, 그렇지 않을 경우 그들의 효과가 무효화되어 경화능의 감소를 초래할 수 있기 때문에, 균형이 잘 잡혀야 한다. %B 및 %Ni 모두 균형이 잘 잡혀있다면, 놀랍게도 그들의 효과가 추가되어, 높은 값의 경화능을 야기할 수 있음이 관찰되었다. 본 명세서에서 지시된 적당한 수준의 %Ni를 사용한다면, %B는 때로는, 7 ppm 초과, 바람직하게는 12 ppm, 더욱 바람직하게는 31 ppm 초과이고, 보다 더욱 바람직하게는 47 ppm 초과인 것이 바람직하다. 일부 응용 분야에서는, 과량의 %B는 또한 적당한 %Ni 함량이 존재한다면 경화능에 해로울 수 있다. 이 경우에서, 280 ppm 미만, 바람직하게는 180 ppm 미만, 더욱 바람직하게는 90 ppm 미만, 심지어 40 ppm 미만의 %B를 가지는 것이 바람직하다.

[0067] 본 출원의 발명자들은 1.5% 초과의 %V가 경화능에 다소 부정적인 영향을 가지는 반면, 더 낮은 %V는 특히 %Ni 및/또는 %B가 부재하지 않을 때, 페라이트/필라이트 방식에서 뚜렷한 경화능 증가를 나타냄을 발견하였다. 본 출원의 발명자들은, 이러한 목적에 대해 일부 응용 분야에서, 0.12% 초과, 바람직하게는 0.22% 초과, 더욱 바람직하게는 0.42% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 0.52% 초과, 더더욱 바람직하게는 0.82% 초과의 %V를 가지는 것이 바람직함을 발견하였다.

[0068] 본 발명에서 %W, %Mo 및 %C의 함량을 조절하는 바람직한 하나의 방법은 하기 합금화 규칙에 따르는 것이다:

$$\%C_{eq} = 0.4 + (%Mo_{eq(real)} - 4) \cdot 0.04173$$

[0070] 여기서: $Mo_{eq(real)} = %Mo + (AMo/AW) * \%W$.

[0071] 그리고:

[0072] AMo - 몰리브덴 원자량 (95.94 u);

[0073] AW - 텅스텐 원자량 (183.84 u);

[0074] 상기 표현이 파라미터 K = ($\%C_{eq} / 0.4 + (%Mo_{eq(real)} - 4) \cdot 0.04173$)로 정규화된다면, $%Mo < 4$ 일 때, K < 0인 것이 바람직하다.

[0075] 하기 표 1에서 볼 수 있는 바와 같이, %B의 효과는 %Ni 및 %V의 존재에 의해 분명히 영향을 받는다. 따라서, 본 발명의 강철에서 바람직한 양은 %Ni 및 %V의 존재 및 양에 따를 것이다.

[0076] 본 출원의 발명자들이, %Ni와 조합되어 또는 %Ni를 대체하여 사용될 수 있는, 페라이트/필라이트 영역 내 경화능에 대해 강력한 또는 적어도 필요한 기여체임을 발견한 다른 원소들이 있다. 가장 주목할 만한 것은 %Cu 및 %Mn이고 보다 덜 주목할 것은 %Si이다. %Cu는 특정한 환경에 대항하여 주변 저항(ambient resistance)을 증가시키는 이점을 가지나, 과량으로 존재한다면, 인성에 부정적으로 영향을 미친다. %Ni 및 %Cu의 영향은 본 발명의 강철에 대해 첨가제인 것으로 보이는 반면, %Ni 및 %Mn이 둘다 아주 충분한 양으로 존재할 때의 %Ni 및 %Mn에 대해서는 그러하지 않다. 일부 응용 분야에서, %Cu는 0.05% 초과, 바람직하게는 0.12% 초과, 더욱 바람직하게는 0.54% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 0.78% 초과인 것이 바람직하다. 일부 경우에서, 1% 초과, 바람직하게는 2.7% 초과, 더욱 바람직하게는 7.01% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 5% 초과인 것이 바람직하다. 일부 바람직한 구현예에서, %Cu+%Ni는 0.1% 초과, 바람직하게는 0.34% 초과, 더욱 바람직하게는 0.47% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 0.6% 초과인 것이 바람직하다.

[0077] 본 출원의 발명자들은 특정한 응용 분야에 대해 매우 흥미로운 다른 놀라운 관찰을 하였으며, 그것은 미량의 Nb 및/또는 Zr이 경화능에 대해 %B 및 %Ni의 결합된 효과를 유지하면서, 높은 열적 그리고 기계적 특성을 가지는 것을 돋는다는 것이다. 일부 응용 분야에서는 %Nb이 단독으로 존재하는 것이 바람직하고, %Zr이 단독으로 존재하는 것이 바람직한 응용 분야 또한 있다. 이러한 측면에서, 때로는 1 ppm 이상, 바람직하게는 2 ppm 이상, 더욱 바람직하게는 4 ppm 초과, 보다 더욱 바람직하게는 12 ppm 초과를 가지는 것이 바람직하다. 그것들이 너무 많은 양으로 사용된다면, 그것들은 부정적인 영향을 미칠 수 있고, 요구된 절충 간의 균형이 사라진다. 따라서, %Nb 및/또는 %Zr이 105 ppm 미만, 바람직하게는 64 ppm 미만, 더욱 바람직하게는 30 ppm 미만, 보다 더욱 바람직하게는 16 ppm 미만으로 유지되는 것이 바람직하다.

[0078] 열 전도성이 향상되어야 하지만, 특정한 응용 분야 때문에, %Cr이 높아야 하고, %C가 0.2 중량% 내지 0.8 중량%라면, %Zr의 존재는 이러한 측면에서 도움이 된다. 이러한 경우에서, 때로는 %Cr은 2.4% 초과, 바람직하게는 3.7% 초과, 더욱 바람직하게는 4.6% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 5.7% 초과인 것이 바람직하다. 더 높은 값의 열 전도성을 얻기 위해, %Zr은 때로는 적어도, 0.1% 초과, 바람직하게는 0.87% 초과, 더욱 바람직하게는 1.43% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 2.23% 초과로 존재하는 것이 바람직할 것이다.

[0079]

본 출원의 발명자들은 본 발명을 야기하는 많은 놀라운 관찰을 하였으나, 가장 놀라운 것 중 하나는 아마, 미량 수준에서 특정한 원소의 존재의 효과로, 특정한 열처리로 얻어질 수 있는 베이나이트 미세 구조의 모폴로지에 대해 강력한 효과를 가지는 것에 관한 것이다. 따라서, 특정한 정확한 수준의 %B는, 그리고 훨씬 더 많은 %Ni의 존재의 경우에는 더욱 그러한데(%Cu 및 %Mn 기타 다수의 것들로, 부분적으로 또는 전체적으로 치환될 수 있음), 개인한 베이나이트 미세 구조, 그리고 입경이 극도로 미세하지 않다면 심지어 개인한 고온 베이나이트 미세 구조를 야기할 수 있다. 하기의 단락들에서 이 놀라운 관찰이 자세히 설명된다.

[0080]

본 출원의 발명자들은 얻을 수 있는 베이나이트 미세 구조에 대해 뚜렷한 효과를 가지기 위해, %B가, 페라이트/페라이트 영역에서 경화능의 향상을 위해 요구되는 것보다 다소 높은 함량으로 존재해야 함을 관찰하였다. 국제 특허공보 WO2013167580A1에 기술된 바와 같은 열처리를 위해, 본 발명자들은 56 ppm 이상의 %B, 바람직하게는 62 ppm 이상의 %B, 더욱 바람직하게는 83 ppm 이상의 %B, 보다 더욱 바람직하게는 94 ppm 이상의 %B, 더욱 바람직하게는 112 ppm 이상의 %B가 이러한 특정한 효과를 얻기 위하여 요구됨을 발견하였고, 이때, 특정한 화학 조성 및 선택된 열처리에 따라, 그 정확한 최소 함량이 달라질 수 있다. 본 출원의 발명자들은 일부 응용 분야에서 베이나이트 미세 구조에 대한 긍정적인 영향이 봉소화물 형성 원소의 이용가능성에 따른 봉소화물의 침전에 의해 무효화될 수 있음을 발견하였다. 원칙적으로, 인성이 내마모성보다 더 중요한 응용 분야에서, %B를 390 ppm 미만, 바람직하게는 285 ppm 미만, 더욱 바람직하게는 145 ppm 미만, 보다 더욱 바람직하게는 98 ppm 미만으로 유지하는 것이 바람직하다. 지금까지 기술된 한정들은 일반적인 방법으로 적용될 수 있는 반면, 본 발명자들은 어떤 경우에 따라서, 다른 한정들이 더욱 간편할 수 있음을 발견하였다. 일반적인 한정을 적용해야 할지 더욱 구체화된 것을 적용해야 할지는 최적화되는 구체적인 응용 분야에 따를 것이다. 더욱 구체화된 한정의 첫번째 설정은 합금 중에 %Ni가 존재할 때 발생한다. 본 출원의 발명자들은 %Ni가 고온 베이나이트의 모폴로지에 영향을 미치고, 또한 %B의 역할에 영향을 미칠 수 있음을 발견하였다. 따라서, 일부 응용 분야에서, 그리고 %Ni가 존재한다면, 국제 특허공보 WO2013167580A1에 기술된 열처리가 적용될 때, 베이나이트 모폴로지에 최적화된 영향을 미치기 위해, %B는 82 ppm 초과, 바람직하게는 92 ppm 초과, 더욱 바람직하게는 380 ppm 초과, 보다 더욱 바람직하게는 560 ppm 초과이며, 35000 ppm 미만, 바람직하게는 1400 ppm 미만, 더욱 바람직하게는 740 ppm 미만, 보다 더욱 바람직하게는 520 ppm 미만, 더욱 바람직하게는 440 ppm 미만으로 유지되는 것이 낫다.

[0081]

이전 단락에서 이미 언급된 바와 같이, %Ni는, 독립적으로, 또한 정해진 입경에 대해 우수한 인성을 야기하는 베이나이트의 모폴로지 상의 긍정적인 영향을 나타낼 수 있다. 이 효과를 추구한다면, 0.1% 초과, 바람직하게는 0.22% 초과, 더욱 바람직하게는 0.35% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 0.48% 초과의 %Ni를 가지는 것이 권장된다.

[0082]

일부 추가적인 조성 규칙들이 특정한 다른 응용 분야에서의 향상된 성능을 위해 고려될 수 있다. 예를 들어, 내마모성에 관하여, Hf 및/또는 Zr의 존재는 긍정적인 영향을 미친다. 이것이 대단히 증가해야 한다면, Ta 또는 Nb와 같이 작은 격자 뒤틀림을 가지는 다른 강력한 탄화물 형성제들이 또한 사용될 수 있다. 따라서, Zr+Hf+Nb+Ta는 0.12% 초과, 바람직하게는 0.35% 초과, 더욱 바람직하게는 0.41% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 1.2% 초과이어야 한다. 또한 %V는 상당히 미세한 집단을 형성하는 경향이 있는 좋은 탄화물 형성제이나, 상기에서 말한 바와 같이, 다른 탄화물 형성제들에 비해 열 전도성에 더 높은 영향(incidence)을 갖는다. 따라서, 열 전도성이 높아야 하지만 극히 높을 필요는 없고, 내마모성 및 인성이 둘다 중요한 응용 분야에서는, 일반적으로 0.09% 초과, 바람직하게는 0.18% 초과, 더욱 바람직하게는 0.28% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 0.41% 초과의 함량으로 사용될 것이다. 실제로, 본 발명에서 적당한 양의 %V가 사용되고, 강력한 탄화물 형성제(바람직하게는 Zr 및/또는 Hf)의 존재와 균형을 이룬다면, 효과가 상당히 긍정적일 수 있음이 관찰되었다. %V의 양은, 특히 강력한 탄화물 형성 원소와 동시에 사용된다면 사실상 1차 탄화물의 형성이 없고(자명하게, C_{eq} 및 다른 탄화물의 존재에 따라 달라지는데, 그리고 높은 함량의 C_{eq} 의 경우에는, 최대 0.8 그리고 심지어 0.5 또는 0.4 퍼센트로 V를 줄이는 것이, 1차 탄화물의 존재 또는 그들 내 거대한 용해를 피하기 위해 필요함), (Fe, Mo, W)의 탄화물에 거의 용해되지 않은 채, 최대 0.9까지 사용될 수 있고; 또한 매트릭스 밖으로의 더 많은 탄소의 이동(displacement)이 있고, 전체 열 전도성에 대해 그에 따른 이점이 있다(이 경우, 이점은 존재하는 $%C_{eq}$ 및 %V의 양에 따라서, 0.1 초과의 %Hf+Zr+Ta에서 현저하고, 그것이 0.4 또는 0.6을 초과한다면 매우 현저해짐). 실제로, 이 조합은 매우 바람직한데, 이는 V의 퍼센트가, Zr, Hf 및 Ta의 퍼센트처럼, 탄화물 (Fe, Mo, W) 만을 가지는 강철과 비교하여, 내마모성을 현저히 향상시키는 경향이 있기 때문이며, 동일한 것이 %Nb에 적용된다. 효과는 $%C_{eq}$ 수준에 따라, %V = 0.1일 때 뚜렷해지며, %V = 0.3 또는 0.5일 때 현저해진다.

- [0083] 탄화물 형성제 함량을 증가시키면, %C 또한 이 원소들과 결합하기 위해 증가되어야 한다. 향상된 내마모성을 요구하는 응용 분야에서, %C는 0.38% 초과, 바람직하게는 0.4% 초과, 더욱 바람직하게는 0.51% 초과인 것이 바람직하다. 원소들의 이 조합은 낮은 %W 함량에 대해서도 이 순간까지 예기치 못했던 좋은 내마모성 및 내마멸성(abrasion resistance)을 제공한다.
- [0084] 잘 알려진 바와 같이, %C 함량은 마텐사이트 변형이 시작하는 온도(이제부터 M_s 이며, $M_s = 539 - 423 \cdot \%C$)임)를 낮추는 것에 대해 강력한 영향을 미친다. 따라서, 높은 값의 %C는 기술된 높은 내마모성 분야에 바람직하거나 및 /또는 미세한 베이나이트가 바람직한 분야에서 유용할 것이다. 이러한 경우에서, 최소 0.41%, 때로는 0.52% 초과, 심지어 0.81% 초과의 C_{eq} 를 가지는 것이 바람직하다.
- [0085] 본 출원의 발명자들이 발견한 다른 매우 놀라운 발견은, 본 발명에서 기술된 방법에서, 희토류 원소를 사용할 때의 예기치 못한 효과이다. IUPAC에 의해 정의된 바와 같이, 희토류 원소(이제부터 REE임) 또는 희토류 금속은 주기율표의 17 개의 화학 원소, 구체적으로는 15 개의 란탄족 원소에 더하여, 스칸듐 및 이트륨의 세트 중 하나이다. 스칸듐 및 이트륨은 그들이 란탄족 원소와 동일한 광상(ore deposits)에서 발생하고 유사한 화학적 특성을 나타내려는 경향이 있기 때문에, 희토류 원소로 간주된다. 지금까지 알려진 17 개의 희토류 원소는 Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu이다. 지난날, 전자공학 또는 항공우주 산업 분야에서의 대단히 새로운 디바이스 및 수요되는 응용 분야로 인해 그들의 사용은 크게 증가하였다. 금속공학에서, 희토류 원소는 용융 공정 자체에 내재하는 산소 및 다른 불순물들의 스캐빈저(scavenger)로서 작용함이 관찰되었다. 따라서, 희토류 원소의 사용은 이러한 종류의 목적에 적합한 것으로 보일 수 있다. 원하는 특정한 최종 특성에 따라, 강철 내 존재하는 내포물의 모폴로지를 조절하는 것이 가능한 것은 대단히 유리하다. 다른 한편으로는, 일반적인 표현으로 이러한 원소들이 경화능에 긍정적인 영향을 미치지 않는다는 사실이 또한 관찰되었다. 그러나, 실제로 진실인 이러한 사실에도 불구하고, 본 발명자들은 놀랍게도 이러한 원소가 다른 합금화 원소들과 정확한 방법으로 결합되면, 이들의 조합이 경화능에 긍정적인 영향을 미침을 발견하였다.
- [0086] REE의 양은 조심스럽게 선택되어야 한다; 본 발명자들은 그것들의 지나치게 적은 양은 어떠한 현저한 특성에도 어떠한 차이를 야기하지 않으며; 반대로 지나치게 많은 양은 해로운 영향을 가질 수 있음을 관찰하였다. 따라서, 일반적인 표현으로, 때로는 모든 REE의 합은 7 ppm 이상, 바람직하게는 12 ppm 이상, 더욱 바람직하게는 55 ppm 이상, 보다 더욱 바람직하게는 220 ppm 이상, 더더욱 바람직하게는 330 ppm 이상 또는 심지어 430 ppm 이상인 것이 바람직하다. 특별한 응용 분야에서, 603 ppm 초과를 가지는 것이 바람직할 수 있다. 다른 한편으로는, 다른 응용 분야에서, 0.6 중량% 미만, 바람직하게는 0.3 중량% 미만, 더욱 바람직하게는 0.1 중량% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 600 ppm 미만의 REE를 가지는 것이 바람직하다. 특별한 응용 분야에서, 350 ppm 미만, 그리고 90 ppm 미만을 가지는 것이 또한 바람직할 수 있다. 훨씬 더 많은 양, 예를 들어 1 중량% 초과, 바람직하게는 1.5 중량% 초과, 더욱 바람직하게는 1.8 중량% 초과의 REE를 가지는 것으로부터의 이점일 수 있는 일부 특성들이 있다. 일부 응용 분야에서, 2 중량% 초과를 가지는 것이 바람직할 수 있고, 특별한 예에서, 3.4 중량% 초과를 가지는 것이 또한 바람직할 것이다.
- [0087] 모든 존재하는 RRE 중에서, 본 발명자들은 이러한 목적에 대해 가장 관심있는 것은 순수한 형태 또는 산화물 형태의 Ce, La, Sm, Y, Ne 및 Ge임을 발견하였다. %La에 관하여, 일부 응용 분야에서 4 ppm 이상, 바람직하게는 10 ppm 이상, 더욱 바람직하게는 23 ppm 이상, 보다 더욱 바람직하게는 100 ppm 이상을 가지는 것이 바람직하다. 다른 응용 분야에서, 본 발명자들은 0.1 중량% 이상, 바람직하게는 0.5 중량% 이상, 더욱 바람직하게는 0.9 중량% 이상, 보다 더욱 바람직하게는 1 중량% 이상을 가지는 것이 바람직함을 발견하였다. 특별한 경우에서, 훨씬 더 많은 양, 예를 들어 1.5 중량% 이상, 바람직하게는 2 중량% 이상, 더욱 바람직하게는 4.5 중량% 이상을 가지는 것이 바람직하다. %La 만이 REE로서 사용되는 것이 아니고, 다른 REE와 조합된다면, %La는 REE의 총량의 30% 이상, 바람직하게는 REE의 총량의 45% 이상, 더욱 바람직하게는 REE의 총량의 67% 이상, 보다 더욱 바람직하게는 REE의 총량의 80% 이상인 것이 바람직하다. 일부 예에서, %La는 REE의 총량의 91% 초과이고 나머지는 미량 원소인 것이 바람직하다.
- [0088] %Ce에 관하여, 일부 응용 분야에서 5 ppm 이상, 바람직하게는 15 ppm 이상, 더욱 바람직하게는 53 ppm 이상, 보다 더욱 바람직하게는 150 ppm 이상을 가지는 것이 바람직하다. 일부 응용 분야에서, 본 발명자들은 0.09 중량% 이상, 바람직하게는 0.2 중량% 이상, 더욱 바람직하게는 0.7 중량% 이상, 보다 더욱 바람직하게는 0.9 중량% 이상을 가지는 것이 바람직함을 발견하였다. 특별한 경우에서, 훨씬 더 많은 양, 예를 들어 1 중량% 이상, 바람직하게는 1.5 중량% 이상, 더욱 바람직하게는 3 중량% 이상을 가지는 것이 바람직하다. %Ce 만이 REE로서 사용되는 것이 아니고, 다른 REE와 조합된다면, %Ce는 REE의 총량의 25% 이상, 바람직하게는 REE의 총량의 47% 이

상, 더욱 바람직하게는 REE의 총량의 73% 이상, 보다 더욱 바람직하게는 REE의 총량의 91% 이상인 것이 바람직하다. 일부 예에서, %Ce는 REE의 총량의 95% 초과이고 나머지는 미량 원소인 것이 바람직하다. 소위 Ce-미슈메탈(mischmetal) 또는 미슈메탈로 불리는 다양한 것으로, REE의 합금이 있으며; 그것은 주로 Ce 및 La로 구성된다(전형적인 조성은 약 50%Ce, 약 45%La, 미량의 Nd 및 Pr임). 이러한 합금이 사용되기에 바람직하다면, 약 0.5 중량%, 바람직하게는 1.6 중량% 초과, 더욱 바람직하게는 3.1 중량% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 4.5 중량% 초과의 사용이 바람직하다.

[0089] %Sm에 관하여, 일부 응용 분야에서 2 ppm 이상, 바람직하게는 9 ppm 이상, 더욱 바람직하게는 43 ppm 이상, 보다 더욱 바람직하게는 90 ppm 이상을 가지는 것이 바람직하다. 일부 응용 분야에서, 본 발명자들은 0.02 중량% 이상, 바람직하게는 0.2 중량% 이상, 더욱 바람직하게는 0.51 중량% 이상, 보다 더욱 바람직하게는 0.9 중량% 이상을 가지는 것이 바람직함을 발견하였다. 특별한 경우에서, 훨씬 더 많은 양, 예를 들어 1.01 중량% 이상, 바람직하게는 1.3 중량% 이상, 더욱 바람직하게는 3 중량% 이상을 가지는 것이 바람직하다. %Sm 만이 REE로서 사용되는 것이 아니고, 다른 REE와 조합된다면, %Sm은 REE의 총량의 10% 이상, 바람직하게는 REE의 총량의 15% 이상, 더욱 바람직하게는 REE의 총량의 22% 이상, 보다 더욱 바람직하게는 REE의 총량의 45% 이상인 것이 바람직하다. 일부 예에서, %Sm은 REE의 총량의 53% 초과이고 나머지는 미량 원소인 것이 바람직하다.

[0090] %Y에 관하여, 일부 응용 분야에서 9 ppm 이상, 바람직하게는 34 ppm 이상, 더욱 바람직하게는 67 ppm 이상, 보다 더욱 바람직하게는 200 ppm 이상을 가지는 것이 바람직하다. 일부 응용 분야에서, 본 발명자들은 0.12 중량% 이상, 바람직하게는 0.22 중량% 이상, 더욱 바람직하게는 0.9 중량% 이상, 보다 더욱 바람직하게는 1 중량% 이상을 가지는 것이 바람직함을 발견하였다. 특별한 경우에서, 훨씬 더 많은 양, 예를 들어 1.5 중량% 이상, 바람직하게는 2 중량% 이상, 더욱 바람직하게는 3 중량% 이상을 가지는 것이 바람직하다. %Y 만이 REE로서 사용되는 것이 아니고, 다른 REE와 조합된다면, %Y는 REE의 총량의 30% 이상, 바람직하게는 REE의 총량의 45% 이상, 더욱 바람직하게는 REE의 총량의 67% 이상, 보다 더욱 바람직하게는 REE의 총량의 80% 이상인 것이 바람직하다. 일부 예에서, %Y는 REE의 총량의 91% 초과이고 나머지는 미량 원소인 것이 바람직하다.

[0091] %Gd에 관하여, 일부 응용 분야에서 2 ppm 이상, 바람직하게는 27 ppm 이상, 더욱 바람직하게는 53 ppm 이상, 보다 더욱 바람직하게는 98 ppm 이상을 가지는 것이 바람직하다. 일부 응용 분야에서, 본 발명자들은 0.01 중량% 이상, 바람직하게는 0.1 중량% 이상, 더욱 바람직하게는 0.29 중량% 이상, 보다 더욱 바람직하게는 0.88 중량% 이상을 가지는 것이 바람직함을 발견하였다. 특별한 경우에서, 훨씬 더 많은 양, 예를 들어 0.9 중량% 이상, 바람직하게는 1.7 중량% 이상, 더욱 바람직하게는 3 중량% 이상을 가지는 것이 바람직하다. %Gd 만이 REE로서 사용되는 것이 아니고, 다른 REE와 조합된다면, %Gd는 REE의 총량의 14% 이상, 바람직하게는 REE의 총량의 26% 이상, 더욱 바람직하게는 REE의 총량의 37% 이상, 보다 더욱 바람직하게는 REE의 총량의 45% 이상인 것이 바람직하다. 일부 예에서, %Gd는 REE의 총량의 69% 초과이고 나머지는 미량 원소인 것이 바람직하다.

[0092] %Nd에 관하여, 일부 응용 분야에서 16 ppm 이상, 바람직하게는 38 ppm 이상, 더욱 바람직하게는 98 ppm 이상, 보다 더욱 바람직하게는 167 ppm 이상을 가지는 것이 바람직하다. 일부 응용 분야에서, 본 발명자들은 0.04 중량% 이상, 바람직하게는 0.14 중량% 이상, 더욱 바람직하게는 0.48 중량% 이상, 보다 더욱 바람직하게는 1.34 중량% 이상을 가지는 것이 바람직함을 발견하였다. 특별한 경우에서, 훨씬 더 많은 양, 예를 들어 1.5 중량% 이상, 바람직하게는 2 중량% 이상, 더욱 바람직하게는 3 중량% 이상을 가지는 것이 바람직하다. %Nd 만이 REE로서 사용되는 것이 아니고, 다른 REE와 조합된다면, %Nd는 REE의 총량의 35% 이상, 바람직하게는 REE의 총량의 49% 이상, 더욱 바람직하게는 REE의 총량의 71% 이상, 보다 더욱 바람직하게는 REE의 총량의 83% 이상인 것이 바람직하다. 일부 예에서, %Nd는 REE의 총량의 93% 초과이고 나머지는 미량 원소인 것이 바람직하다.

[0093] 열 팽창 선형 계수(Linear Coeficient of Thermal Expansion)에 관하여, 본 발명자들은 놀랍게도, 특정한 REE의 사용이 특히 낮은 온도에서 긍정적인 영향을 가짐을 발견하였다. 열 팽창 계수가 최소화되어야 한다면, %Nd는 100 ppm, 바람직하게는 243 ppm 초과, 더욱 바람직하게는 350 ppm 초과, 보다 더욱 바람직하게는 520 ppm 초과의 최소 함량으로 존재하는 것이 바람직하다. 이 목적을 위해, %W가 또한 치환될 수 있다.

[0094] 언급된 바와 같이, 본 발명자들이 발견한 가장 놀라운 발견들 중 하나는 REE가 다른 원소와 조합되면, 최종 특성에 대해 예기치 못한 효과를 가질 것이라는 사실에 관한 것이다. 따라서, REE가 존재한다면, 몇 가지 고려사항들이 고려되어야 한다. 예를 들어, %Mo에 관하여, 때로는 그것의 함량이 2.5% 초과, 바람직하게는 3.5% 초과, 더욱 바람직하게는 4.6% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 6.7% 초과인 것이 바람직하다. 다른 한편으로는, 추구되는 특성에 따라, %Mo는 2.6% 미만, 바람직하게는 1.5% 미만, 더욱 바람직하게는 0.5% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 0.2% 미만인 것이 바람직하다. 일부 경우에는 그것이 없기도 하다. %W에 관하여, 때로는 그것의

함량이 1.21% 초과, 바람직하게는 2.3% 초과, 더욱 바람직하게는 2.7% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 3.1% 초과인 것이 바람직하다. 다른 한편으로는, 추구되는 특성에 따라, %W는 1.6% 미만, 바람직하게는 0.9% 미만, 더욱 바람직하게는 0.43% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 0.11% 미만인 것이 바람직하다. 일부 경우에는 그것이 없기도 하다. %Mo_{eq}에 관하여, 때로는 그것의 함량이 2.0% 초과, 바람직하게는 3.7% 초과, 더욱 바람직하게는 5.3% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 6.7% 초과인 것이 바람직하다. 다른 한편으로는, 추구되는 특성에 따라, %Mo_{eq}는 2.3% 미만, 바람직하게는 1.97% 미만, 더욱 바람직하게는 0.67% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 0.31% 미만인 것이 바람직하다. %C_{eq}에 관하여, 때로는 그것의 함량이 0.18% 초과, 바람직하게는 0.28% 초과, 더욱 바람직하게는 0.34% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 0.39% 초과인 것이 바람직하다. 다른 한편으로는, 추구되는 특성에 따라, %C_{eq}는 0.60% 미만, 바람직하게는 0.56% 미만, 더욱 바람직하게는 0.48% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 0.43% 미만인 것이 바람직하다. %Ni에 관하여, 때로는 그것의 함량이 0.1% 초과, 바람직하게는 0.5% 초과, 더욱 바람직하게는 1.3% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 2.9% 초과인 것이 바람직하다. 다른 한편으로는, 추구되는 특성에 따라, %Ni는 4% 미만, 바람직하게는 3.8% 미만, 더욱 바람직하게는 3.01% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 2.8% 미만인 것이 바람직하다. 일부 경우에는 그것이 없기도 하다. %B에 관하여, 때로는 그것의 함량이 3 ppm 초과, 바람직하게는 14 ppm 초과, 더욱 바람직하게는 50 ppm 초과, 보다 더욱 바람직하게는 150 ppm 초과인 것이 바람직하다. 다른 한편으로는, 추구되는 특성에 따라, %B는 1.64% 미만, 바람직하게는 0.4% 미만, 더욱 바람직하게는 0.1% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 0.02% 미만인 것이 바람직하다. 일부 경우에는 그것이 없기도 하다. %Cr에 관하여, 때로는 2.9% 미만, 바람직하게는 1.7% 미만, 더욱 바람직하게는 0.8% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 0.3% 미만인 것이 바람직하다. 정확한 응용 분야에서, 그것이 0.1% 미만이거나 없기도 하다. 다른 한편으로는, 추구되는 특성에 따라, %Cr은 때로는 2.8% 초과, 바람직하게는 3.7% 초과, 더욱 바람직하게는 5.7% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 9.7% 초과인 것이 바람직하다. %V에 관하여, 때로는 그것의 함량이 0.2% 초과, 바람직하게는 0.5% 초과, 더욱 바람직하게는 1.1% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 2.04% 초과인 것이 바람직하다. 다른 한편으로는, 추구되는 특성에 따라, %V는 12% 미만, 바람직하게는 8.7% 미만, 더욱 바람직하게는 6.4% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 4.3% 미만인 것이 바람직하다. 일부 경우에는 그것이 없기도 하다. %Zr에 관하여, 때로는 그것의 함량이 0.03% 초과, 바람직하게는 0.2% 초과, 더욱 바람직하게는 0.8% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 0.99% 초과인 것이 바람직하다. 다른 한편으로는, 추구되는 특성에 따라, %Zr은 3% 미만, 바람직하게는 2.4% 미만, 더욱 바람직하게는 1.7% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 1.2% 미만인 것이 바람직하다. 일부 경우에는 그것이 없기도 하다.

[0095]

일부 응용 분야에서, %Mo는 때로는 0.98 중량% 초과, 바람직하게는 1.2 중량% 초과, 더욱 바람직하게는 1.34 중량% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 1.57 중량% 초과인 것이 바람직할 것이다. %Cr에 관하여, 때로는 5.2 중량% 미만, 바람직하게는 4.8 중량% 미만, 더욱 바람직하게는 4.2 중량% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 3.95 중량% 미만인 것이 바람직하다. 다른 경우에서, %Cr은 훨씬 더 낮아서, 2.8 중량% 미만, 바람직하게는 2.69 중량% 미만, 더욱 바람직하게는 1.8 중량% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 1.76 중량% 미만인 것이 바람직하다. 특정한 경우에서, 낮은 %Cr과 높은 %Mo를 동시에 가지는 것이 바람직하다. 일부 다른 응용 분야에서, %Cr을 가지는 것이 바람직함이 또한 관찰되었고, 본 출원의 발명자들은 중간 정도, 즉 0.4 중량% 초과, 바람직하게는 2.2 중량% 초과, 더욱 바람직하게는 3.2 중량% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 4.2 중량% 초과의 %Cr에 대해, 하기의 본 발명의 지시를 따르고, %Zr에 대해 특별한 관심을 기울인다면, 높은 수준의 열 전도성이 달성될 수 있음을 발견하였으며, 여기서 %Zr은 0.4 중량% 초과, 바람직하게는 0.8 중량% 초과, 더욱 바람직하게는 1.2 중량% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 1.6 중량% 초과인 것이 바람직하다. 일부 응용 분야에서, %Cr은 일부 응용 분야에 대해 해로운 1차 탄화물을 형성하려는 경향이 있기 때문에, 매우 높지 않아야 함이 고려되어야 한다. 이러한 경우에서, %Cr은 8.6 중량% 미만, 바람직하게는 7.7 중량% 미만, 더욱 바람직하게는 7.2 중량% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 6.8 중량% 미만, 더욱 바람직하게는 5.8 중량% 미만인 것이 바람직하다. 이러한 구현예들은 너무 낮을 수 없는 특정한 C 함량, 즉 바람직한 %C가 0.26 중량% 초과, 바람직하게는 0.32 중량% 초과, 더욱 바람직하게는 0.36 중량% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 0.42 중량% 초과인 것에서만 작용한다. 본 출원에서, 본 출원의 발명자들은 Nb, Hf를 제외하고, 철보다 강한 탄화물 형성제가 회피되어야 하고, %Ta+%Ti의 합은 1.6 중량% 미만, 바람직하게는 0.8 중량% 미만, 더욱 바람직하게는 0.4 중량% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 0.18 중량% 미만이어야 함을 또한 관찰하였다.

[0096]

본 출원의 발명자들은 또한 %B가 3 ppm 초과, 바람직하게는 12 ppm 초과, 더욱 바람직하게는 60 ppm 초과, 보다 더욱 바람직하게는 100 ppm 초과이면, 과량의 %Co가 몇몇의 응용 분야에 대해 해롭다는 것을 관찰하였다. 따라서, %Co는 9 중량% 미만, 바람직하게는 7 중량% 미만, 더욱 바람직하게는 5 중량% 미만, 보다 더욱 바람직하게

는 3 중량% 미만인 것이 바람직하다.

[0097] 본 출원의 발명자들은 일부 응용 분야에서 %Zr이 0.01 중량% 초과이나, 0.1 중량% 미만, 바람직하게는 0.12 중량% 미만, 더욱 바람직하게는 0.08 중량% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 0.06 중량% 미만인 것이 바람직하다. 이 수준의 %Zr을 가지면, %C가 매우 낮지는 않은, 즉 0.26 중량% 초과, 바람직하게는 0.32 중량% 초과, 더욱 바람직하게는 0.36 중량% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 0.42 중량% 초과인 것이 특히 흥미롭다. 일부 응용 분야에서는, %Co가 과도하게 높지 않아, 즉 6 중량% 미만, 바람직하게는 4.8 중량% 미만, 더욱 바람직하게는 2.8 중량% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 1.8 중량% 미만인 것이 더욱 흥미롭다. 일부 응용 분야에서, %B가 6 중량% 초과, 바람직하게는 17 중량% 초과, 더욱 바람직하게는 52 중량% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 222 ppm 초과로 존재하고, REE가 60 ppm 초과, 바람직하게는 120 ppm 초과, 더욱 바람직하게는 220 ppm 초과로 존재하고, %Cr이 2.8 중량% 초과, 바람직하게는 3.8 중량% 초과, 더욱 바람직하게는 4.8 중량% 초과로 높은 경우, %Mn이 1.2 중량% 미만, 바람직하게는 0.8 중량% 미만, 더욱 바람직하게는 0.4 중량% 미만으로 낮은 것이 바람직하다.

[0098] 본 발명의 바람직한 다른 구현예에 따르면, 강철, 특히 높은 열 전도성 및 높은 내마모성의 강철은, 하기 조성을 포함할 수 있다(모든 퍼센트들은 중량 퍼센트임):

$$\%C_{eq} = 0.15 - 2.0 \%C = 0.15 - 0.9 \%N = 0 - 0.6 \%B = 0 - 2$$

$$\%Cr = 0 - 11.0 \%Ni = 0 - 12 \%Si = 0 - 2.4 \%Mn = 0 - 3$$

$$\%Al = 0 - 2.5 \%Mo = 0 - 10 \%W = 0 - 6 \%Ti = 0 - 2$$

$$\%Ta = 0 - 3 \%Zr = 0 - 3 \%Hf = 0 - 3 \%V = 0 - 12$$

$$\%Nb = 0 - 3 \%Cu = 0 - 2 \%Co = 0 - 12 \%Lu = 0 - 2$$

$$\%La = 0 - 2 \%Ce = 0 - 2 \%Nd = 0 - 2 \%Gd = 0 - 2$$

$$\%Sm = 0 - 2 \%Y = 0 - 2 \%Pr = 0 - 2 \%Sc = 0 - 2$$

$$\%Pm = 0 - 2 \%Eu = 0 - 2 \%Tb = 0 - 2 \%Dy = 0 - 2$$

$$\%Ho = 0 - 2 \%Er = 0 - 2 \%Tm = 0 - 2 \%Yb = 0 - 2$$

[0108] 나머지는 철 및 미량 원소로 이루어지고, 여기서

$$\%C_{eq} = \%C + 0.86 * \%N + 1.2 * \%B$$
이고,

$$\%Mo + \frac{1}{2} \%W$$

[0111] 을 특징으로 한다.

[0112] 전술한 강철은, 특히 고 수준의 내마모성이 바람직한 경우, 높은 열 전도성의 강철이 요구되는 응용 분야에서 특히 흥미로울 수 있다.

[0113] 열처리 및 이 열처리가 어떻게 적용되는지 또한 매우 중요하다. 본 발명의 많은 응용 분야에서, 무거운 부분에서 보다 쉽게 얻어지는 유형의 미세 구조이고, 일반적으로 적절한 정련으로 가장 높은 이차 경도 차이를 나타내는 미세 구조이기 때문에, 바람직한 미세 구조는 대부분 베이나이트이며, 50 부피%, 바람직하게는 65 부피%, 더욱 바람직하게는 76 부피% 이상이고, 보다 더욱 바람직하게는 92 부피% 초과의 베이나이트이다. 본 특허의 의미에서, 베이나이트는 열처리 이후 얻어지는 임의의 미세 구조로, 마텐자이트, 페라이트, 함유된 오스테나이트 또는 트로스타이트(trostite), 소르바이트(sorbite)와 같은 임의의 다른 비-평형 미세 구조가 아닌 것이며, 강철 조성에 의존하는 TTT 온도-시간-변형 다이아그램에서 보여지는, 바람직하게는 700°C 미만, 그러나 Ms+50°C 초과, 더욱 바람직하게는 650°C 미만, 그러나 Ms+55°C 초과, 보다 더욱 바람직하게는 600°C 미만, 그러나 Ms+60°C 초과에서 형성된다. 때로는, 고온 베이나이트가 대부분, TTT 온도-시간-변형 다이아그램에서 보여지는 베이나이트 영역 내의 더 높은 온도 범위에서 형성된 조립질 베이나이트 미세 구조로 지칭되는 상부 베이나이트로, 강철 조성에 의존한다. 동일한 것이 저급 베이나이트로 알려진 저온 베이나이트에 적용되며, 이는 TTT 온도-시간-변형 다이아그램에서 보여지는 베이나이트 영역 내의 더 낮은 온도 범위에서 형성된 미세한 베이나이트 미세 구조로 지칭되며, 강철 조성에 의존한다.

[0114] 본 발명의 강철이, %C 함량 덕분에 Ms 온도가 539 - 423 · %C 섭씨로 낮아진 것과 결합되어, 국제 특허공보

WO2013167580A1에 기술된 특정한 열처리를 거친다면, 강인한 베이나이트 구조가 얻어질 수 있다. 이러한 처리에 의해, 오스테나이트화 온도 미만의 낮은 온도에서의 경화로, 4 HRc 이상, 바람직하게는 6 HRc 이상, 더욱 바람직하게는 9 HRc 이상, 보다 더욱 바람직하게는 12 HRc 이상의 양의 경도를 증가시킬 수 있는 미세 구조를 얻을 수 있다. 이러한 사실은 하기에서 언급된 바와 같이, 오스테나이트화 경화 열처리가 그것과 연관된 미량의 변형을 가지며, 따라서 최종 기계 가공의 양이 상당히 감소하거나 심지어 없어진다는 큰 이점이 있다. 다른 한편으로는, 이러한 처리에 의해 그것의 경도를 증가시키는 능력 때문에, 본 발명의 강철이, 거친 기계 가공이 비용의 영향 없이 수행될 수 있는 낮은 경도(높은 경도에서 기계 가공은 매우 비용이 많이 듈다)에서 산출되는 것이 가능하다. 따라서, 강철에 의해 충분한 기계 가공이 수행되어야 할 때, 본 발명의 강철에 대해 국제 특허공보 WO2013167580A1의 열처리를 적용하는 것이 유리하며, 높은 벌크 작업 경도가 바람직하며, 강철 블록의 원래 중량의 10% 초과가 최종 형상을 얻기 위해 제거되어야 한다면 특히 유리하고, 26% 초과가 제거되어야 한다면 더욱 유리하고, 54% 초과가 제거되어야 한다면 보다 더욱 유리하다. 결과적으로, 기계 가공과 관련하여 상당히 많은 비용 절감이 달성될 수 있다.

[0115] 본 발명은 국제 특허공보 WO2013/167628에 기술된 열처리를 적용할 때 유리하며, 여기서 상기 열처리 후에는, 500°C 초과, 바람직하게는 550°C 초과, 더욱 바람직하게는 600°C 초과, 보다 더욱 바람직하게는 620°C 초과의 온도에서의 1회 이상의 정련(tempering) 사이클이 이어질 수 있다. 때로는 1회 초과의 사이클이 바람직하며, 합금 시멘타이트를 분리하여 고체 용액 내에서 상기 시멘타이트를 용해시키고, 철보다 강한 탄화물 형성제를 분리하기 위한 1회 초과의 사이클이 더욱 바람직하다.

[0116] 대안적으로, 고온에서 인성을 요구하는 응용 분야에서, 상기 문제는 충분한 합금화 원소의 존재 및 대부분의 Fe₃C를 다른 탄화물로 치환하는 적절한 정련 기술에 의해 해결될 수 있으며, 따라서 조립질 베이나이트에 대해서도 높은 인성을 얻을 수 있다. 베이나이트가 형성되면, 상기 강철은 시멘타이트의 상당 부분이 철보다 강한 탄화물 형성제를 함유하는 탄화물 유사 구조로 치환되도록, 500°C 초과의 온도에서의 1회 이상의 정련 사이클로 정련된다. 또한, 조립질 Fe₃C를 회피하는 것, 및/또는, Al, Si... 등과 같은, 그것의 핵화를 촉진하는 원소들의 첨가에 의한, 결정 입계에서의 그것의 침적을 회피하는 것으로 구성되는 전통적인 방법이 특정한 예에서 사용될 수 있다.

[0117] 본 발명의 방법의 또 다른 구현예에서, 베이나이트 변형의 70% 이상은 400°C 미만의 온도에서 이루어지거나, 및/또는, 열처리는 강한 탄화물 형성제가 분리되도록 500°C 초과의 온도에서의 1회 이상의 정련 사이클을 포함함으로써, 얻어진 미세 구조의 대부분이, 1차 탄화물의 궁극적인 존재 없이, 거친 이차 탄화물의 최소화라는, 특징을 갖도록 할 수 있으며, 특히 이차 탄화물의 적어도 60 부피%가 250 nm 이하의 크기를 가짐으로써, 10 J CVN 이상의 경도가 얻어지도록 한다.

[0118] 본 발명의 방법의 추가적인 구현예에서, MC, M₃C₃, M₆C, M₂C와 같은 MC-유사 유형이 형성될 수 있도록, 고온 분리 이차 탄화물 유형 조성 및 정련 기술이 선택되며, 이런 식으로 600°C 이상의 온도에서 2시간동안 물질을 유지시킨 후에라도, 47 HRc 초과의 경도를 얻을 수 있다.

[0119] 본 발명의 강철에서, 특히 전술한 열-기계적 공정 이후 국제 특허공보 WO2013167580A1의 열처리를 수행하는 것은 매우 흥미로우며, 극히 높은 열 전도성과 결합하여 높은 인성 수준을 얻는 것이 가능하다. 노치 감도(notch sensitivity)의 측면에서는, 5J CVN 초과, 바람직하게는 10J CVN 초과, 더욱 바람직하게는 15J CVN 초과의 노치 감도를 얻을 수 있다. 본 발명을 특히 잘 수행한다면, 20J CVN 초과, 바람직하게는 31J CVN 초과의 파괴 인성이 가능하다.

[0120] 본 발명의 강철은 또한 표면 경화 처리를 수행하기에 매우 적절하다. 질화(플라즈마, 가스...), 침탄질화... 기타 다수의 것들 같은 확산 방법이 얇은 층 두께를 위해 적절하다. 또한, 열 분사 기술이 적절하다(플라즈마, HVOF, 저온 분사, ...). 응용 분야에서 강철이 보다 경화된 표면을 요구할 때, 전술한 경화 단계와 동시에 질화 또는 코팅 단계가 일어난다면, 본 발명의 강철에 특히 유리하다.

[0121] 다른 경우에는, 최종 제품 가격은 고려되어야 하는 가장 중요한 이슈다. 앞서 설명한 바와 같이, 저온 경화 처리의 사용은, 기계 가공 단계가 일반적으로 45HRc 미만, 바람직하게는 42HRc 미만, 더욱 바람직하게는 40HRc 미만, 보다 더욱 바람직하게는 38HRc 미만의 낮은 경도에서 수행됨에 따라, 제조 비용을 상당히 감소시킨다. 상술한 처리들은 또한 단면에 독립적인데, 이는 공구의 전체 단면에 걸쳐 특성들을 모두 일정하게 유지하는 것이 필요한 큰 금형에서 큰 이점을 갖는다. 조성적 관점에서, 이러한 응용 분야에서, Hf 또는 W 같은 값비싼 합금화 원소를 사용하지 않는 것이 바람직하다. 따라서, 0.5%Hf 미만, 바람직하게는 0.2%Hf 미만, 더욱 바람직하

계는 0.09%Hf 미만을 갖는 것이 바람직하며, 응용 분야에 따라서 %Hf가 없는 것이 바람직하다. W의 가격이 올라감에 따라, 높은 전도성과 강도 및 높은 합금화 함량을 요구하는 응용 분야에서는, %Mo는 4.5% 초과, 바람직하게는 4.8% 초과, 더욱 바람직하게는 5.8% 초과인 것이 바람직하다. 이러한 경우에서, 예를 들어 W 미만, 바람직하게는 1.5%W 미만과 같은 더 낮은 %W 함량이 바람직할 수 있고, 응용 분야에 따라서 %W가 없는 것이 바람직할 수 있다. 일부 응용 분야에서는, C_{eq}는 0.15% 초과, 바람직하게는 0.18% 초과, 더욱 바람직하게는 0.22% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 0.26% 초과인 것이 바람직하다. 일부 다른 경우에서, C_{eq}는 0.68% 미만, 바람직하게는 0.54% 미만, 더욱 바람직하게는 0.48% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 0.32% 미만인 것이 바람직하다. 일부 응용 분야에서는, C는 0.15% 초과, 바람직하게는 0.14% 초과, 더욱 바람직하게는 0.24% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 0.28% 초과인 것이 바람직하다. 일부 다른 경우에서, C는 0.72% 미만, 바람직하게는 0.58% 미만, 더욱 바람직하게는 0.42% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 0.38% 미만인 것이 바람직하다. 일부 응용 분야에서는, Mo_{eq}는 1.5% 초과, 바람직하게는 1.8% 초과, 더욱 바람직하게는 2.2% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 2.8% 초과인 것이 바람직하다. 일부 다른 경우에서, Mo_{eq}는 5.2% 미만, 바람직하게는 4.2% 미만, 더욱 바람직하게는 3.6% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 2.8% 미만인 것이 바람직하다. 일부 응용 분야에서는, Mo는 1.5% 초과, 바람직하게는 2.1% 초과, 더욱 바람직하게는 2.9% 초과, 보다 더욱 바람직하게는 3.2% 초과인 것이 바람직하다. 일부 다른 경우에서, Mo는 5.4% 미만, 바람직하게는 4.8% 미만, 더욱 바람직하게는 3.2% 미만, 보다 더욱 바람직하게는 2.5% 미만인 것이 바람직하다.

[0122] 따라서, 큰 단면에서, 높은 그리고 극히 높은 열 전도성, 높은 인성 및 높은 미세 구조의 균일성을 가져서, 예를 들어 플라스틱 사출 성형에와 같은 낮은 비용이 요구되는 응용 분야에서 적합한 강철을 얻는 것이 본 발명의 목적이다. 이러한 경우에서, 본 발명의 사용은 매우 상당한 비용 절감을 야기할 수 있다.

[0123] 본 발명의 다른 바람직한 구현예에 따르면, 강철은 하기 조성을 포함할 수 있다(모든 퍼센트들은 중량 퍼센트임):

[0124] $\%C_{eq} = 0.15 - 2.0 \quad \%C = 0.15 - 0.9 \quad \%N = 0 - 0.6 \quad \%B = 0 - 1$

[0125] $\%Cr = 0 - 11.0 \quad \%Ni = 0 - 12 \quad \%Si = 0 - 2.5 \quad \%Mn = 0 - 3$

[0126] $\%Al = 0 - 2.5 \quad \%Mo = 0 - 10 \quad \%W = 0 - 10 \quad \%Ti = 0 - 2$

[0127] $\%Ta = 0 - 3 \quad \%Zr = 0 - 3 \quad \%Hf = 0 - 3 \quad \%V = 0 - 12$

[0128] $\%Nb = 0 - 3 \quad \%Cu = 0 - 2 \quad \%Co = 0 - 12 \quad \%Lu = 0 - 2$

[0129] $\%La = 0 - 2 \quad \%Ce = 0 - 2 \quad \%Nd = 0 - 2 \quad \%Gd = 0 - 2$

[0130] $\%Sm = 0 - 2 \quad \%Y = 0 - 2 \quad \%Pr = 0 - 2 \quad \%Sc = 0 - 2$

[0131] $\%Pm = 0 - 2 \quad \%Eu = 0 - 2 \quad \%Tb = 0 - 2 \quad \%Dy = 0 - 2$

[0132] $\%Ho = 0 - 2 \quad \%Er = 0 - 2 \quad \%Tm = 0 - 2 \quad \%Yb = 0 - 2$

[0133] 나머지는 철 및 미량 원소로 이루어지고, 여기서

[0134] $\%C_{eq} = \%C + 0.86 * \%N + 1.2 * \%B$ 이고,

[0135] $\%Mo + \frac{1}{2} \cdot \%W$ 인 것을 특징으로 한다.

[0136] 전술한 강철은, 제조 비용을 가능한 낮게 유지해야 하면서도, 높은 열 전도성의 강철이 요구되는 응용 분야에서 특히 흥미로울 수 있다.

[0137] 본 발명의 공구강은, 임의의 금속공학적 공정으로 제조될 수 있으며, 그 중 가장 흔한 예는 모래 캐스팅(sand casting), 로스트 왁스 캐스팅(lost wax casting), 연속 캐스팅, 전기로에서의 용융, 진공 유도 용융이다. 분말 금속공학 공정은 또한 임의의 유형의 원자화와, 이어지는 콤팩팅(compactting)(이 중 몇가지만 예를 들자면 HIP, CIP, 냉간 또는 열간 프레스, (액체상이 있거나 없는) 소결(sintering), 열적 분사 또는 열 코팅)과 함께 사용될 수 있다. 합금은 원하는 형상과 함께 직접 얻어지거나 또는 다른 금속공학 공정에 의해 향상될 수 있다. ESR, AOD, VAR 등의 임의의 정제 금속공학 공정이 적용될 수 있다. 인성을 향상시키기 위해, 단조 또는 압연이 주로 사용되며, 심지어 블록의 3차원 단조도 사용될 수 있다. 본 발명의 공구강은 납땜 합금으로서 사

용도기 위해 바(bar), 와이어 또는 분말의 형태로 얻어질 수 있다. 심지어, 저비용 합금 강철 매트릭스가 제조되고, 본 발명의 강철로부터 제조된 막대(rod) 또는 와이어를 용접함으로써, 상기 매트릭스의 주요한 부분에 본 발명의 강철을 적용할 수 있다. 또한 본 발명의 강철로 제조된 분말 또는 와이어를 사용하여, 레이저, 플라즈마 또는 전자빔 용접이 수행될 수 있다. 본 발명의 강철은 또한 열적 분사 기술에 의해, 다른 물질의 표면 부분에 적용하기 위해 사용될 수 있다. 자명하게, 본 발명의 강철은, 예를 들어, 분리된 상으로 포함되거나 또는 다상 물질의 상들 중 하나로 얻어질 때, 복합 재료의 일부로 사용될 수 있다. 또한, 다른 상 또는 입자가 포함되는 매트릭스로 사용되는 경우, 혼합물의 제조 방법(예를 들어, 기계식 혼합, 마멸(attrition), 2 이상의 상이 한 물질의 호퍼에 의한 방사...)이 무엇이든지 상관없다.

[0138] 본 발명은 열 스템핑 공구용 강철을 얻기에 특히 매우 적합하다. 본 발명의 강철은 플라스틱 사출 공구에 사용될 때 특히 잘 기능한다. 그것들은 또한 금형 캐스팅 분야용 공구로서 매우 적합하다. 본 발명의 강철에 대한 다른 관심 분야는 시트 또는 다른 연마 요소를 인출하고 절단하는 것이다. 또한 의료, 영양, 약학 공구 분야에서, 본 발명의 강철이 특히 관심이 있다.

도면의 간단한 설명

[0139] 도 1은 종래의 강철에서의 %B에 따른 봉소 팩터의 변화를 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0140] 실시예

표 1

표 1: 조성

	%C	%Mo	%W	%Hf	%Zr	%B	%Ni	%V	그 외	REE
ID1	0.29	3.6	1.09	0.36	0.11	0.004	< 0.005	< 0.005		
ID2	0.265	3.3	1	0.142	0.044	0	0	0		
ID3	0.529	3.3	1	0.182	0.054	0	0	0		
ID4	0.299	3.54	1.27	0.36	0.11	0.004	< 0.005	< 0.005		
ID5	0.277	3.84	1.12	0.36	0.11	0.004	< 0.005	< 0.005	Cu,Al= 0.1	
ID6	0.293	3.63	1.44	0.36	0.11	0.004	< 0.005	< 0.005		
ID7	0.59	3.63	1.44	0.36	0.11	0.004	< 0.005	< 0.005		
ID8	0.511	3.229	0.977	0.349	0.108	0.004	< 0.005	< 0.005		
ID9	0.235	3.24	0.981	0.324	0.099	0.0036	< 0.005	< 0.005		
ID10	0.284	3.3	1	0.24	0.09	0	0	0		
ID11	0.579	3.3	1	0.22	0.09	0	0	0		
ID12	0.253	3.3	1	0.245	0.066	0	0	0		
ID13	0.558	3.3	1	0.24	0.05	0	0	0		
ID14	0.53	3.3	0	0.22	0.08	0	0	0		
ID15	0.38	3.3	1	0.24	0.08	0	0	0		
ID16	0.48	3.3	1	0.24	0.08	0	0	0		
ID17	0.29	3.3	1	0.23	0.08	0.006	0	0		
ID18	0.29	3.3	1	0.21	0.08	0.001	0	0		
ID19	0.29	3.8	0	0.22	0.08	0	0	0		
ID20	0.27	2	3.5	0.21	0.08	0	0	0		
ID21	0.306	3.3	0	0.22	0.07	0	0	0		

ID2_2	0,38	3,8	0	0,26	0,1	0,001	0	0		
ID2_3	0,369	3,886	1,090	0,36	0,11	0,004	< 0,02	< 0,01		
ID2_4	0,468	4,370	1,090	0,36	0,11	0,004	< 0,02	< 0,01		
ID2_5	0,580	5,324	1,070	0,36	0,11	0,004	< 0,02	< 0,01		
ID2_6	0,491	4	0	0,18	0,10	0,000	0,000	0,000		
ID2_7	0,459	4	0	0,16	0,10	0,003	0,000	0,000		
ID2_8	0,349	3,8	0	0,1	0,170	0,003	0,000	0,000		
ID2_9	0,335	3,8	0	0,1	0,200	0,008	0,000	0,000		
ID3_0	0,302	3	0	0,1	0,870	0,003	0,000	0,000		
ID3_1	0,343	3	0	0,1	0,390	0,004	0,000	0,000		
ID3_2	0,300	3,3	1	0,23	0,080	0,005	0,000			
ID3_3	0,300	3,3	1	0,23	0,080	0,007	0,000			
ID3_4	0,300	3,3	1	0,23	0,080	0,008	0,000			
ID3_5	0,300	3,300	1,000	0,230	0,080	0,005	0,000	0,000		
ID3_6	0,42	3,8	0	0	0,2	0,06	0	0		
ID3_7	0,42	3,8	0	0	0,2	0,006	0	0		
ID3_8	0,42	4,2	0	0	0,08	0,006	0	0,5		
ID3_9	0,42	4,2	0	0	0,08	0,06	0	0,5		
ID4_0	0,42	4,2	0	0	0,08	0	0,8	0,5		
ID4_1	0,42	4,2	0	0	0,08	0	0,8	0,5		
ID4_2	0,52	4,2	0	0	0,08	0,06	0,8	0,5		
ID4_3	0,52	4,2	0	0	0,08	0,006	0,8	0,5		
ID4_4	0,35	3,3	0	0	0,2	0,006	0,4	0,4		
ID4_5	0,35	3,3	0	0	0,2	0,006	0,6	0,4		
ID4_6	0,35	3,3	0	0	0,2	0,0025	0,6	0,4		
ID4_7	0,35	3,3	0	0	0,2	0,006	0,8	0,4		
ID4_8	0,35	3,3	0	0	0,2	0,006	0	0,4	Cu=0,6	
ID4_9	0,35	3,3	0	0	0,2	0,006	0,3	0,4	Cu=0,3	
ID5_0	0,35	3,3	0	0	0,2	0,009	0,4	0,4		
ID5_1	0,35	3,3	0	0	0,2	0,006	0,4	0		
ID5_2	0,35	3,3	0	0	0,2	0,009	0	0,4	Mn=1	
ID5_3	0,36	3,86	0	0,25	0,1	0,001	0	0		

ID5_4	0,53	4,1	0	0	0,19	0,006	0	0		
ID5_5	0,338	3,8	0	0	0	0,001	0	0		
ID5_6	0,216	3,8	0	0	0	0,001	0	0		
ID5_7	0,36	3,86	0	0,25	0,1	0,001	0	0		
ID5_8	0,31	3,56	0	0,27	0,11	0	0	0		
ID5_9	0,3	3,8	0	0	0	0,001	0	0		
ID6_0	0,53	4,1	0	0	0,19	0,006	0	0		
ID6_1	0,23	2,2	0	0	0,12	0,06	0	0		
ID6_2	0,26	2,8	0	0	0,18	0,06	0	0		
ID6_3	0,27	3,3	0	0	0,2	0,06	0	0		
ID6_4	0,23	1,8	0	0	0,1	0,06	0	0		
ID6_5	0,39	3,71	2,2	0	0	0	0,84	0,6	Si=0,05, Mn=0,02, Cr=0,01	
ID6_6	0,31	3,2	0,8	0	0	0	0,8	0		
ID6_7	0,62	8,01	3,75	0	0	0	0,28	0,1		
ID6_8	0,464	3,89	1,67	0	0	0	0,516	0,452		
ID6_9	0,404	3,8	2,46	0	0	0	1,01	0,473		
ID7_0	0,23	2,2	0	0	0,12	0,006	0	0		
ID7_1	0,26	2,8	0	0	0,18	0,006	0	0		
ID7_2	0,27	3,3	0	0	0,2	0,006	0	0		
ID7_3	0,23	1,8	0	0	0,1	0,006	0	0		
ID7_4	0,35	3,3	1,2	0	0	0,002	0	0		
ID7_5	0,35	3,3	1,2	0	0	0,004	0	0		
ID7_6	0,55	4,9	0	0,11	0,12	0,001	0,3	0,4		
ID7_7	0,55	4,9	0	0,11	0,12	0,006	0,3	0,4		
ID7_8	0,51	3,68	0	0,11	0,12	0,009	0,29	0,4		
ID7_9	0,35	3,3	0	0	0,2	0,0005	0,4	0,4		
ID8_0	0,35	3,3	0	0	0,2	0,01	0,4	0,4		
ID8_1	0,35	3,3	0	0	0,2	0,02	0,4	0,4		
ID8_2	0,35	3,3	0	0	0,2	0,0005	1,59	0		
ID8_3	0,49	4,6	0,55	0	0,2	0,0005	1,59	0,2		
ID8_4	0,38	3,3	1	0,24	0,08	0,006	0	0		

ID8_5	0,36	2,87	0,72	0	0	0	0,3	0		
ID8_6	0,27	3,3	0	0	0	0,0002	0,26	0		
ID8_7	0,4	3,9	0,9	0	0	0,006	0,18	0		
ID8_8	0,4	3,9	0,9	0	0	0,006	0,18	0	Cr=0,1	
ID8_9	0,36	3,86	0	0,25	0,1	0,008	0	0		
ID9_0	0,35	3,1	0	0	0,2	0,006	0,4	0,4	Cu=0,1	
ID9_1	0,42	3,8	0	0	0,2	0	0	0		
ID9_2	0,4	3,8			0,08	0,009		0,5		
ID9_3	0,4	3,8			0,08	0,009		0,5		
ID9_4	0,4	3,8			0,08	0,015		0,5		
ID9_5	0,4	3,8			0,08	0,025		0,5		
ID9_6	0,4	3,8			0,08	0,045		0,5		
ID9_7	0,4	3,8			0,2	0,009		0,5		
ID9_8	0,23	2,2			0,12	0,06				
ID9_9	0,26	2,8			0,18	0,06				
ID1_00	0,27	3,3			0,2	0,06				
ID1_01	0,23	1,8			0,1	0,06				
ID1_02	0,23	2	0	0	0,08	0,006	0,4	0	Nb=0,05	Ce=0,03
ID1_03	0,26	2,8	0		0,08	0,006	0	0		
ID1_04	0,23	2	0	0	0,08	0,006	0,4	0		
ID1_05	0,23	2	0	0	0,08	0,0011	0,4	0	Nb=0,03	Ce=0,03
ID1_06	0,26	2,8	0	0	0,08	0,006	0,4	0		
ID1_07	0,25	1,8	0	0	0,08	0,004	0,3	0	Nb=0,05	La=0,03
ID1_08	0,23	2	0	0	0,08	0,0011	0,4	0	Nb=0,03	Ce=0,03
ID1_09	0,23	2	0	0	0,08	0,0011	0,4	0		
ID1_10	0,4	3,8	0	0	0,08	0,0011	0,4	0	Nb=0,03	Ce=0,03
ID1_11	0,32	3,06	2,1	0	0	0	3,08	0	Cu=0,08	Mn=0,16
ID1_12	0,32	3,06	2,1	0	0	0	3,08	0	Cu=0,08	Ce=0,03
ID1_13	0,32	3,06	2,1	0	0	0	3,08	0	Cu=0,08Mn=0,16	Nd=0,03
ID1_14	0,39	3,82			0,075	0,011		0,56		
ID1_15	0,39	3,9				0,008	0,4	0,57	Nb=0,05	Ce=0,04

ID1 16	0,39	3,6				0,006	0,35	0,55	Nb=0,04	Ce=0,0 3
ID1 17	0,4	3,9			0,075	0,006			Co=3	
ID1 18	0,4	3,9			0,075	0,006			Co=1,6	
ID1 19	0,4	3,9			0,075	0,006		0,5	Co=3	
ID1 20	0,4	3,9			0,075	0,006				
ID1 21	0,4	3,9			0,075	0,006		0,5		
ID1 22	0,4	3,9			0,075	0,006			Co=0,6	
ID1 23	0,3	3,3	1	0,14	0,11					
ID1 24	0,3	3,3	1	0,14	0,11	0,002				
ID1 25	0,68	3,3	1	0,28	0,11			0,5	Co=2,8 Mn=0,6	
ID1 26	0,38	3,6	1,4	0,07	0,08			0,5		
ID1 27	0,38	3,6	1,4	0,28	0,07			0,5		
ID1 28	0,38	3,6	1,4	0,04	0,15			0,5		
ID1 29	0,38	3,6	1,4	0,04	0,6					
ID1 30	0,38	3,6	1,4	0,14	0,5					
ID1 31	0,32	3		0,14	1				Cr=2,9 Si=0,05 Mn=0,1	
ID1 32	0,4	1,5		0,14	1,3			0,3	Cr=4,8 Si=0,05 Mn=0,1	
ID1 33	0,38	3		0,14	1				Cr=4,7 Si=0,05 Mn=0,1	
ID1 34	1,5	6,8						2,5	Cu=3	
ID1 35	0,4	3,8	1						Al=2,5 Si=1,3 Cr=1,8	
ID1 36	0,12	9,1						0,3	Mn=2,0 Cr=0,8	

표 2

표 2: 최대 경도(HRc)

	최대 HRc
ID3	62
ID7	60
ID8	58,5
ID11	53
ID13	54,5
ID14	62
ID15	53
ID16	57

ID19	53
ID22	55
ID25	56
ID28	52
ID29	52
ID32	53,5
ID33	54
ID36	54,5
ID37	60,5
ID38	58,5
ID41	59
ID42	60
ID43	61
ID46	53
ID47	53,5
ID48	55
ID49	55
ID53	54
ID54	57
ID92	56,5
ID94	54,5
ID95	53,5

표 3

표 3: CVN (J)

	HRc	CVN (J)
ID10	44,5	18
ID12	41,5	18
ID17	44,5	16
ID21	43	20
ID22	45	19
ID32	42	13
ID41	40,5	15
ID53	40,5	16
ID54	43	15

표 4

표 4: 높은 경도에서의 확산율

	HRc	d (mm^2/s)
ID3	52,5	14.69
ID15	53	14.41
ID19	52,5	15,1
ID21	50	14,7
ID22	52	14,43
ID23	50	15.01
ID26	48	15.03
ID27	47	15,3
ID36	54	15.246
ID44	53	14.345
ID50	51,5	14.429
ID51	50	15.865
ID53	54	14.339
ID54	56	14.373

표 5

표 5: 중간 수준의 경도에서의 확산율

	HRc	d (mm^2/s)
ID15	43	17,48
ID19	43	16,8
ID22	45	16,88
ID25	42.5	16,54
ID31	40-41	18.05
ID32	42	17,543
ID36	40	17,850
ID38	44	17,860
ID44	42	16,717
ID53	40,5	17,767
ID54	43	16,56
ID94	52	14.247

표 6

표 6: 낮은 경도에서의 확산율

	HRc	d (mm^2/s)
ID15	37	18,33
ID18	38	17,85
ID21	37,5	18,8
ID22	37	17,84
ID28	37	18.70
ID29	35	19.17
ID30	34,5	18.77
ID31	36	18.74
ID 98	33	19,04
ID 99	35	19,47
ID 100	33,5	19,28
ID 101	29	19,11
ID 103	34	17,87

표 7

표 7: 고온에서의 확산율

	HRc	200°C	400°C	600°C 2h
ID 58	48	11.10	8.22	5,75
ID 58	42	10.59	8.18	5,89
ID31	40-41	13.43	9.67	6.64
ID29	35	14.01	10.01	6.78

표 8

표 8: v는 페라이트 변형이 k/s에서 일어날 때의 냉각 속도로 1040°C 내지 1120°C의 오스테나이트화 온도를 고려함

	v (k/s)
ID36	0,06
ID91	0,5

iD115	0,08
iD102	0,1
iD104	0,1
iD105	0,05
iD106	0,1
iD107	0,08
iD40	0,08
iD42	0,08
iD96	0,08
iD49	0,05
iD50	0,05
iD51	0,05
iD44	0,2
iD45	0,1
iD46	0,05
iD47	0,05

도면

도면1

