



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0109891
(43) 공개일자 2018년10월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)	(71) 출원인 로발마, 에제.아 스페인 08228 페라싸 (바르셀로나) 칸 파렐라다 51 폴. 인드. 쎄/ 아폴.로
C22C 38/18 (2006.01) B22F 3/04 (2006.01)	
B22F 3/15 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)	
C22C 38/02 (2006.01) C22C 38/04 (2006.01)	
C22C 38/32 (2006.01) C22C 38/34 (2006.01)	
C22C 38/38 (2006.01) C22C 38/40 (2006.01)	
(52) CPC특허분류 C22C 38/18 (2013.01) B22F 3/04 (2013.01)	(72) 별명자 발스 이작 스페인 바르셀로나 08191 루비 1-3 카레르 데 라 콜리타
(21) 출원번호 10-2018-7021291	(74) 대리인 양영준, 노대웅
(22) 출원일자(국제) 2017년01월02일 심사청구일자 없음	
(85) 번역문제출일자 2018년07월24일	
(86) 국제출원번호 PCT/EP2017/050039	
(87) 국제공개번호 WO 2017/109233 국제공개일자 2017년06월29일	
(30) 우선권주장 15382664.9 2015년12월24일 유럽특허청(EPO)(EP) (뒷면에 계속)	

전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 구조용, 기계 및 공구 용도를 위한 고 내구성 고성능 강

(57) 요 약

요약: 강, 특히 아주 두꺼운 경우에도 높은 인성을 가진 열간 공구강을 설명하였다. 여기에는 아주 까다로운 용도에서 기계적, 마찰학, 열적인 특징이 혼합되어 긴 내구성을 가진 강을 포함한다. 또한 아주 좋은 환경적 저항과 다른 관련 특성이 혼합되어 특정 혹독한 매개체에 대한 저항을 이룰 수 있는 강이 설명되어있다.

(52) CPC특허분류

B22F 3/15 (2013.01)
C22C 38/001 (2013.01)
C22C 38/02 (2013.01)
C22C 38/04 (2013.01)
C22C 38/32 (2013.01)
C22C 38/34 (2013.01)
C22C 38/38 (2013.01)
C22C 38/40 (2013.01)
B22F 2999/00 (2013.01)

(30) 우선권주장

16382386.7 2016년08월04일
유럽특허청(EPO)(EP)
P201631552 2016년12월05일 스페인(ES)

명세서

청구범위

청구항 1

다음 공칭 조성을 갖는 열간 공구강이며, 중량 비율 (%):

%Ceq=0.31-0.69 % C=0.31-0.69 %N=0-0.2 %B = 0- 0.1
 %Cr=2.6-6.8 %Ni=0 - 3 %Si=0-1.8 %Mn=0-5.8
 %Al=0-0.4 %Mo=0-4.4 %W=0-7.8 %Ti=0-2
 %Ta=0-0.3 %Zr=0-0.4 %Hf=0-0.3 %V=0 - 2.9
 %Nb=0 - 0.6 %Cu=0-1.2 %Co=0-2.9 %Moeq=0.01-4.4
 %La=0 - 0.2 %Ce=0-5 0.2 %Cs = 0 - 0.2

제다가, 나머지는 철과 미량원소로 구성되며 상기에서

%Ceq = %C+0.86*N +1.2*B; 및 %Moeq= %Mo+1/2* %W]며

단 다음 조건 %B<20 ppm 혹은 % Ni<0.25%이면, %Mn>0.8%이다

청구항 2

청구항1을 따르는 열간 공구강이며, 상기에서:

%Mn>2.1%; 및/또는
 %P가 0.018% 미만;
 %S가 0.0008% 미만;
 %P + %S가 0.018%.

청구항 3

청구항1혹은 2를 따르는 열간 공구강이며, 상기에서 %Mn>2.2%.

청구항 4

다음 공칭 조성을 갖는 열간 공구강이며, 중량 비율 (%):

%Ceq = 0.18 - 1.9 % C=0.18 - 1.9 %N = 0 - 0.1 %B=0- 0.1
 %Cr < 2.6% %Ni = 0 - 3 %Si < 0.48% %Mn=1.2-5.8
 %Al = 0 - 0.4 %Mo=1.2-6.4 %W = 0 - 7.8 %Ti = 0- 2
 %Ta = 0 - 0.3 %Zr = 0 - 0.4 %Hf = 0 - 0.3 %V =0-1.4
 %Nb = 0 - 0.6 %Cu = 0 - 1.2 %Co =0 -2.9 %Moeq=1.2-6.4
 %La = 0 - 0.2 %Ce = 0 - 0.2 %Cs = 0 - 0.2

나머지는 철과 미량원소로 구성되며 상기에서

%Ceq = %C+0.86*N+1.2*B, 및
 %Moeq= %Mo + 1/2*%W 이며 상기에서;

청구항 5

청구항1혹은 4을 따르는 열간 공구강이며, 상기에서

%P가 0.18% 및 / 또는;

%S가 0.008% 및 / 또는;

%P + %S가 0.18%.

청구항 6

다음 공칭 조성을 갖는 열간 공구강이며, 중량 비율 (%):

%Ceq = 0.4 - 4 %C = 0.4 - 4 %N = 0 - 0.6 %B = 0 - 4

%Cr = 0-11 %Ni = 0 - 9.5 %Si = 0 - 4 %Mn = 10 - 40

%Al = 0 - 17 %Mo = 0 - 10 %W = 0 - 6.2 %Ti = 0 - 6.4

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

%Nb = 0 - 3 %Cu = 0 - 6 %Co = 0 - 7 %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

%P=0-2 %S=0-2

나머지는 철과 미량원소로 구성되며 상기에서,

%Ceq = %C+0.86*%N+1.2*%B의 면;

상기에서 %Al+%Si+%Cr+%V>2%; 그리고;

%C>0.9% 일 때, %Al<10%를 가진다.

청구항 7

청구항1에서 6을 따르는 열간 공구강이며, 상기에서 %Ni는 0.1에서 8% 사이.

청구항 8

다음 공칭 조성을 갖는 열간 공구강이며, 중량 비율 (%):

%Ceq= 0.25 - 2.5 %C = 0.25 - 2.5 %N = 0 - 2 %B = 0 - 2

%Cr= 2.5 - 12 %Ni= 3 - 12 %Si= 0 - 2 %Mn= 0 - 3

%Al= 0.5 -5 %Mo= 0 - 10 %W= 0 - 15 %Ti=0 - 3.8

%Ta = 0 - 2 %Zr = 0 - 4 %Hf = 0 - 3 %V= 0 - 1

%Nb = 0 - 2.9 %Cu = 0 - 4 %Co = 0 - 7 %S= 0 - 2

%Se = 0 - 1 %Te = 0 - 1 %Bi = 0 - 1 %As= 0 - 1

%Sb = 0 - 1 %Ca = 0 - 1 %P = 0 - 2 %Pb= 0 - 2

%Cs=0-2 %Sn=0-2

나머지는 철과 미량원소로 구성되며

상기에서 %Ceq = %C+0.86*%N+1.2*%B의 다;

단 다음의 조건:

%Ceq=0.25 - 0.44%의 면, %V<0.85% 및 %Ti+%Hf+%Zr+%Ta <0.1%의 면;

$\%Ce_{eq} = 0.45 - 2.5\%$ 일 때는, $\%V < 0.6\%$ 이다;

청구항 9

다음 공칭 조성을 갖는 열간 공구강이며, 중량 비율 (%):

$\%Ce_{eq} = 0.4 - 4\%C = 0.4 - 4\%N = 0 - 1\%B = 0 - 4$

$\%Cr = 0 - 11\%Ni = 0 - 12\%Si = 0 - 2.5\%Mn = 0 - 6$

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

$\%Ta = 0 - 3\%Zr = 0 - 4\%Hf = 0 - 3\%V = 0 - 12$

$\%Nb = 0 - 3\%Cu = 0 - 2\%Co = 0 - 12\%P = 1.5 - 10$

나머지는 철과 미량원소로 구성되며

상기에서 $\%Ce_{eq} = \%C + 0.86 * \%N + 1.2 * \%B$ 이다.

청구항 10

다음 공칭 조성을 갖는 열간 공구강이며, 중량 비율 (%):

$\%Ce_{eq} = 0.4 - 2.9\%C = 0.4 - 2.9\%N = 0 - 0.6\%B = 0 - 4$

$\%Cr = 2.1 - 11\%Ni = 0 - 9.5\%Si = 0 - 4\%Mn = 0 - 12$

$\%Al = 0 - 9\%Mo = 0 - 6\%W = 0 - 6.2\%Ti = 0 - 4.9$

$\%Ta = 0 - 3\%Zr = 0 - 6\%Hf = 0 - 3\%V = 0 - 12$

$\%Nb = 0 - 3\%Cu = 0 - 6\%Co = 0 - 7\%Lu = 0 - 2$

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

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

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

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

나머지는 철과 미량원소로 구성되며

상기에서 $\%Ce_{eq} = \%C + 0.86 * \%N + 1.2 * \%B$ 이다;

$\%Al + \%Si + \%Cr + \%Ti + \%Zr > 0.41\%$.

청구항 11

다음 공칭 조성을 갖는 열간 공구강이며, 중량 비율 (%):

$\%Ce_{eq} = 0.41 - 2.9\%C = 0.41 - 2.9\%N = 0 - 0.4\%B = 0 - 1.3$

$\%Cr = 0 - 11.9\%Ni = 0 - 5.9\%Si = 0 - 3.9\%Mn = 1.6 - 11.9$

$\%Al = 0 - 4.9\%Mo = 0 - 4.4\%W = 0 - 7.8\%Ti = 0 - 4.9$

$\%Ta = 0 - 4.9\%Zr = 0.6 - 8.9\%Hf = 0 - 14\%V = 0 - 9.9$

$\%Nb = 0 - 2.8\%Cu = 0 - 3.9\%Co = 0 - 2.9\%Zreq = 0.6 - 8.9$

$\%La = 0 - 0.2\%Ce = 0 - 5.0.2\%Cs = 0 - 0.2\%Moeq = 0 - 4.4$

나머지는 철과 미량원소로 구성되며,

상기에서 $\%Ce_{eq} = \%C + 0.86 * \%N + 1.2 * \%B$ 이다, 및

$\%Zreq = \%Zr + 1/2 * \%Hf$; 및

%Moeq=%Mo+1/2*%W; 및

%Mn+%Zr+%Ta+%Hf+%Ti>4%.

청구항 12

다음 공칭 조성을 갖는 열간 공구강이며, 중량 비율 (%):

%Ceq = 0.61 - 3.5 % C = 0.41 - 2.9 %N = 0 - 0.4 %B = 0 - 3.0

%Cr = 0 - 11.9 %Ni = 0 - 5.9 %Si = 0 - 3.9 %Mn = 1.6 - 11.9

%Al = 0 - 4.9 %Mo = 0 - 4.4 %W = 0 - 7.8 %Ti = 0.55 - 9.0

%Ta = 0 - 4.9 %Zr = 0 - 4.9 %Hf = 0 - 3 %V = 0 - 9.9

%Nb = 0 - 2.8 %Cu = 0 - 3.9 %Co = 0 - 2.9 %La = 0 - 0.2

%Ce = 0 - 5 0.2 %Cs = 0 - 0.2 %Moeq = 0 - 4.4

나머지는 철과 미량원소로 구성되며

상기에서 %Ceq = %C+0.86*%N+1.2*%B이다, 및

%Moeq=%Mo+1/2*%W; 및

%Mn+%Zr %Ta+%Hf+%Ti >2.1%.

청구항 13

다음의 단계를 포함하고 두께가 303 mm 이상을 갖고 청구항 1에서 12를 따르는 열간 공구강의 제조 방법:

- 이전 청구항 1에서 12 중 어느 것을 따라는 공구강을 공급;
- 980 °C 초과 온도에서 최소한 부분적으로 오스테나이트화로 구성된 텁퍼링 처리를 상기 공구강에 적용;
- 그리고 상기 소재의 오스테나이트 온도 미만의 열처리 및/또는 몇 가지 가공 단계를 선택적으로 적용;
- 최소한 한번 520 °C 미만의 온도에서 상기 소재의 텁퍼링; (극저온 처리b (cryogenic treatments) 또한 포함);
- 상기 소재의 오스테나이트 온도 미만의 열처리 및/또는 몇 가지 가공 단계를 선택적으로 적용 (극저온 처리 (cryogenic treatments) 또한 포함).

청구항 14

다음 단계를 포함하는 제조 방법:

-모델, 금형, 혹은 중간 금형 혹은 부분적인 금형을 제조하는 적층 제조 방법을 사용.

-최소한 하나의 금속상을 포함하는 미립자 소재를 가진 금형의 최소한 부분을 채움.

-냉방 등방압 가압법 (CIP) 단계를 사용.

-상기 금형 제거.

소결, 열간 등방압 가압법 (HIP) 혹은 충분히 높은 온도를 포함하는 다른 것이 될 수 있는 치밀화 (densification) 단계.

청구항 15

다음 단계를 포함하는 제조 방법:

-중간 금형 혹은 중간 금형의 일부를 제조하는 적층 제조 방법을 사용.

-중간 금형의 부분을 다른 파트에 조립 (이또한 포함할 수 있음).

-최소한 하나의 금속상을 포함하는 미립자 소재를 가진 금형의 최소한 부분을 채움.

- 이전 단계의 AM 제조 중간 금형을 사용하여 아주 유연한 소재와 같이 커버 금형을 제조.
- 냉방 등방압 가압법 (CIP) 단계를 사용.
- 상기 금형 제거.
- 소결, 열간 등방압 가압법 (HIP) 혹은 충분히 높은 온도를 포함하는 다른 것이 될 수 있는 치밀화 (densification) 단계.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 발명의 분야: 본 발명은 강, 특히 큰 단면에 대한 높은 수준의 인성 특징을 나타내는 공구강과 관련된다.
- [0002] 또한, 본 발명은 매우 까다로운 용도를 위한 기계적, 마찰상 및 열 특성과 결합된 긴 내구성을 나타내는 강과 관련이 있다. 본 발명의 강은 특정 구성 규칙을 통해 다른 관련 특성과 결합된 특정 부식성 매체에 대한 우수한 환경 저항과 저항을 달성할 수 있다. 또한 본 발명으로 낮은 비용으로 그러한 강을 얻을 수 있다.
- [0003] 선행기술: 열간 공구 소재는 H족에서 AISI로 분류된 것으로 오랫동안 알려졌다. 알루미늄 다이 캐스팅에 더 좋 은 기계적 특성의 조합은 H11 및 H13이기에 더 많이 사용된다.
- [0004] 지난 몇년간 이러한 소재의 경화능성을 높이기 위한 연구가 있었으며, %Mo와 심지어 %Cr 같은 몇 가지 합금 원 소를 증가시키는 것이 주를 이루며 %N와 같은 적은 양의 다른 원소를 첨가하는 것도 있다. 이러한 노력은 작업 온도에서 양호한 항복 강도를 유지하면서 처리할 수 있는 단면의 증가로 이어졌지만, 인성에 미치는 영향은 모 든 경우 무시할 수 있다.
- [0005] 또한 지난 해에는 전반적인 인성 증가를 위해 %S 와 %P를 줄이기 위한 노력이 이루어졌다. 또한 이는 %Sn, %Sb, %Pb, %As.....와 같은 다른 원소로도 확장되었다. 최종적으로, 합금 함량을 줄여 이러한 강의 열 전도를 높이기 위한 노력이 이루어졌으며, 특히 기본적인 기계적 성질을 요구하지 않는 미량원소의 함량을 참조하였다. (%Cu, %Ni....가운데). 이러한 노력은 균열에 대한 저항성과 약간의 전도성 증가 측면에서 미미한 성과가 있었 다. 단, 큰 두께에 대한 인성 관련 매개 변수에서는 결코 좋은 특성을 얻지 못했다.
- [0006] 해리 브레일리 (Harry Brearley) 가 스테인레스강을 개발한 이 후, 엄청나게 많은 수의 특허와 조항 그리고 과 학적 업적이 높은 요구 조건의 용도를 위해 관련된 특성, 주로 기계적인 것들과 어떠한 특성을 결합하기 위해서 만들어졌다.
- [0007] %P가 페라이트 강화에 미치는 강력한 영향은 오래 전부터 성형성 또는 기타 연성과 관련된 특성의 저하만큼이나 잘 알려져 있다. 강화 목적으로, 그리고 연성이 문제가 아닐 경우 %P가 0.2%까지 추가될 수 있다. 또한, 베이킹 담금질 성 (bake hardenability) (베이킹 담금질 성)에 대한 긍정적 효과는 공업 적으로 0.1 이하의 함량으로 사용된다. 또한 인 (phosphor) 은 모터 라미네이트 스틸 (motor lamination steel) 의 코어 손실을 적게 하며 최대 0.155% 량이 목적으로 사용된다. 연성 또한 감소와 관련하여 %P의 부정적인 영향은 Mn, Si, Ti, Nb, V, Mo, Cr 그리고 다른 탄화물 생성물질에 의해 크게 약화된다 (%Ti의 경우 도표1 참조).
- [0008] %P는 강에서 불순물을 제한하는 인성으로 간주되며 종종 가능한 한 낮게 사용된다. 하지만 가장 낮은 비용을 필요 할 때는, 높은 %P 폐로 합금 (Ferro-alloy) 을 사용할 수 있다. 이는 합금의 %P함량을 약간 증가시킬 수 있지만 수준을 0.1%로 유지한다. 일부 발명자는 주로 두 가지 이유로 의도적으로 합금에 %P를 추가했다. 인화물을 생성하고 공용 스테디아이트 (eutectic steadite) 촉진 및/또는 황화물을 촉진함으로써 합금의 윤활효과를 증가시 키거나 액상의 소결을 가지기 위하여 액상 온도를 낮추기 위하여 조사한다. 두 경우 모두 주로 마모 저항성을 요구할 수 있으며 이를 위해 탄화물 보조제 (carbide builders) 로 %Cr, %Mo, %W 그리고 %V가 주로 추가되며 아주 드물게 %Zr, %Ta, %Ti 그리고 %Hf가 추가될 수 있다. 모든 경우에 있어 탄화물 보조제는 탄화물이나 다른 단단한 입자 (주로 질화물, 봉화물 또는 그 조합) 를 형성하기 위해 존재하나, 본 발명의 경우처럼, 표면을 산화하거나 부동태화 하는 유리 원소로서는 아니다. 상기 합금은 %Ni, %Mn, %Si, %Cu 그리고 드물게는 여러 가지 목적을 위하여 %Al가 포함될 수 있다. 하지만 주로 경화능성 제공이 주 목적이고 때때로 %Al의 경우 석출 경화 를 제공하기도 한다. 상기 합금의 스케일 저항을 증가시키기 위한 문서 또한 존재한다. 발명자의 시각에 가장

관련성이 높은 문서에 대한 몇 가지 의견이 제시되어 있다.

- [0009] 합금의 스케일 저항을 증가시키기 위한 관련 문서. (%C<1.5%; %P: .05-50%, %Cr: 3-30%, 상기 합금은 %Mo 및 %Si을 더 포함할 수 있음). 상기 합금에는 철의 용해도를 훨씬 상회하는 %P성분이 함유되어 있다. 이는 인성 수준이 본 발명에 적합하지 않음을 의미한다. 상기 합금은 스케일 형성에 대한 내성이 개선될 수 있지만 강하고 불용성이며 얇은 산화물이 없기 때문에 부식 저항성이 부족하다. 따라서 상기 합금은 그 선호되는 실시 예의 형태 내 본 발명의 범위에서 완전히 벗어난다. %Cr이 유일한 보호 산화물로 간주되는 경우, 본 문서에서는 이러한 원소들의 수준이 낮을 때, 본 발명의 나타나는 것에 산화를 위하여 가능한 %Cr에 특별한 처리가 이루어지는지 알 수 없다. 50%의 %P는 실제로 상기 발명에 기술된 수단으로는 거의 실행 불가능하며, 예를 들어 0.157%의 실제 수준을 제공한다. 이 예에서는 %Cr 2-3에 %C 0.4% 그리고 강한 탄화물 보조제의 부재를 제공한다.
- [0010] US4909843에서는 %P가 포함된 내마모성 합금이 윤활 효과 (lubrificant effect)를 제공하며, 높은 %C 함량과 강한 산화물 보조제가 없는 것으로 모든 특징 지어진다. US5545247, US5631431, US6852143 B2; DE3712107; DE3712108 A1; US2038639; US2186758; US2256135; US3698877; US3977838; US4000980; US4702771; US4778522; US4836848에서는 %Cr이 추가될 수 있다.
- [0011] US3767386에서는 제동자 (break shoes)를 만드는데 필요한 어느 주철을 설명한다 (%C: 2.7-3.5%; %Si 1.0-2.0%; %Mn: 0.4-1.5%; %P: 1.0-3.0; s<0.15% 및 Ti 0.3-0.7%이며 %V, %Cr과 %Mo는 최대 1.25%로 나타난다). 다시, 윤활제 효과가 관측되며, 낮은 함량으로 Ti가 탄화물에 단단히 묶어 알갱이 크기를 조절하고 추가적인 내마모성을 제공한다. 게다가 %C의 함량은 본 발명보다 훨씬 더 높다.
- [0012] US4243414에서는 융점을 낮추기 위해 %P, %B 혹은 %Si를 추가하여 액상 소결 합금을 설명한다. %Cr 함량이 매우 높으며 강하고 용해되지 않는 얇은 산화물이 존재하지 않으며, 활성 소자 (active elements)로서 존재한다. 유사한 사례 US47908775에서는 %Ti가 존재할 수 있다. 이 경우 %C는 주로 본 발명의 범위에서 벗어나며 %P와 %Ti 둘 다 결합되며 따라서 본 발명의 목적에 맞게 작용할 수 없다. %Ti는 탄화물과 결합하여 따라서 산화할 수 없으며 %P는 스테다이트 Fe-C-P와 결합한다.
- [0013] US4043808에서는 강의 미세화 거동 (fragmentation behaviour)를 통제하기 위해서 %P를 추가적으로 사용한다. %P 함량이 너무 낮고 적절한 산화물 형성제가 정확한 형태로 존재하지 않으며, 실제로 이 경우에는 전혀 존재하지 않는다.
- [0014] 스테인리스 강이 발명된 아래로, 크롬이 적거나 크롬이 전혀 함유되어 있지 않은 대체 금속이 추구되어 왔다. 이 점에서 가장 주목할 만한 발전 중 하나는 소위 Fe-Mn-Al로 불리는 것이다. 15-40% 범위의 Mn 함량과 5-15% 범위의 Al 함량을 포함할 경우, 이러한 합금은 NACE 용액 (5% wt NaCl, 0.5% wt 아세트산, 중류수와 H2S 가스 기포 균형을 맞춤)과 같은 일부 혹독한 환경에 대한 저항성이 우수하며 산성 염화물 매체 내에서는 효과가 좋지 않는 것으로 보고되었다. 금속학적 개념은 본 발명의 개념과 상당히 다르다. 오스테나이트 합금을 만들고 %Fe 함량을 감소시키는데 많은 양의 Mn이 사용된다. 그런 다음 많은 양의 Al이 철 산화물을 안정화할 필요 없이 보호용 알루미늄 산화물 층을 제공하기 위해 사용된다. 특히 %Al의 관점에서 볼 때, 본 발명에서 보다 더 많은 합금이 필요하다. 또한 향상되지 않은 혼합 산화물이 사용된다. 높은 %Al 함량은 기계적 특성과 합금 비용에 좋은 영향을 주지 않는다.
- [0015] 또 다른 흥미로운 합금 그룹은 다른바 많은 Mn을 포함한 TRIP와 TWIP 강이다. 이전 단락에서 설명한 Fe-Mn-Al 내부식성 강철보다 늦게 개발되었으며 이는 많은 %Mn을 포함하는 강철과 결부되어 높은 기계적 강도 수준까지의 연신율을 갖는 철이다. 내부식성보다는 기계적 특성이 다른 주요 사항이기에, 오스테나이트의 적층결합에너지 (stacking fault energy)를 증가시키고 엡실론/마르텐사이트 (epsilon/martensite)가 형성하는 것을 억제하기 위해서 %Al이 낮게 공급된다. 이 합금의 알루미늄은 종종 철과 함께 침전물을 형성한다. 이러한 합금에 대한 특허와 출판물은 JPH0483852 (A) 혹은 EP0889144 (A1)와 같이 많은 수로 존재한다. 이 합금의 층에서는 %P가 강화제 같이 특히나 용융의 유동성 관점에서 볼 때 주조성을 향상시키는 것으로 사용되며 WO2013124283A1에서 활용됐다. 상기에서 문서에서는 %P가 TRIP&TWIP강의 냉간 가공성 (cold workability)을 향상시키는데 새롭게 사용되었다. 이 합금의 외부 저항 (ambient resistance)은 보고되지 않았으며, 내부식성과 TRIP/TWIP 효과를 동시에 달성하려고 한 심오한 노력을 기울인 같은 저자임에 불구하고 이는 DE102010026808A1에서 확인할 수 있다 (상기에서 합금의 외부 저항을 제공하는데 %Cr이 사용된다). 보호 산화물로서 %Al이 제공되지 않고 산화철 안정제로서 %P가 제공되지 않아 본 발명에서 보고된 바대로의 합금 규칙과 요구되는 다른 단계가 관측되지 않는 것이 주요한 이유이다. 그러기에 바람직한 방법으로 합금 원소들이 나타나는지를 명확하게 해야한다.

[0016] 본 발명의 실행에 있어 중요한 요소가 올바른 형태로 존재하는지 확인하기 위해 특별한 주의를 기울이는 것은 매우 중요하다. 원소들이 효과적이고 그 존재가 가치가 있다면, 탄화물, 봉소화물 혹은 질소화물로서 존재하는 것이 무의미한 보호 산화물 형태의 경우이다. 그리고 또한 스테다이트 혹은 인산염이 거이 없는 형태로 존재하는 %P의 경우이다. 따라서 원소를 추가해야 할 뿐만 아니라 올바른 형태로 존재하는지 확인하기 위해 특별한 주의를 기울여야 한다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1. (길이를 시간 증분으로 나눈 값으로 정규화한 길이 증가 증분한) $d(dL/L)/dt$ 와 냉각 온도를 나타내는 도표를 나타냄. 일반적인 강 H11을 사용하고 600 °C 미만이며, 상기 곡선은 매우 수평 적이며 TD 특정 온도에서 급락을 보인다. 도1의 원에 있는 숫자1은 곡선도를, 도1의 원에 있는 숫자2는 TD값의 예를 나타낸다.

도2. (길이를 시간 증분으로 나눈 값으로 정규화한 길이 증가 증분한) $d(dL/L)/dt$ 와 냉각 온도를 나타내는 도표를 나타냄. 발명의 3356LAB-3 강을 사용하고 600 °C 미만이며, 상기 곡선은 매우 수평 적이며 TD 특정 온도에서 급락을 보인다. 도1의 원에 있는 숫자1은 곡선도를, 도1의 원에 있는 숫자2는 TD값의 예를 나타낸다.

도 3. 표3 구성요소에 대한 타펠 플롯 (Taffel Plot) 을 나타냄.

도4: 열 스텁핑 다이 (Hot Stamping die) 예: 1- 내부 기능 AM중간 금형 (Internal feature AM intermediate mold). 2- 외부 기능 AM중간 금형 (External feature AM intermediate mold). 3- 고탄성 전형 (Very elastic material cover mold). 4- 미립자 소재 (Particulate material). 5 - CIP 과정 중 작동압력 (Acting pressure during CIP).

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 높은 기계적 솔리시테이션 (solicitations) 을 가진 용도에 일반적으로 사용되는 열간 소재 (hot work materials) 는 보통 크롬, 몰리브덴 또는 텅스텐 합금과 같은 열간 공구를 위한 강이다. 종종, 이러한 물질은 바나듐, 규소, 망간, 니오듐, 알루미늄 등과 같은 다른 합금 요소들도 포함한다. 이 소재들은 작업 온도와 인성에서 매우 좋은 크리프 장력 (creep tension) 의 조합을 보여 준다.

[0019] 이러한 유형의 소재를 갖는 공구 및/또는 이러한 공구를 구성하는 과정에는 소프트 가공 단계 (soft machining), 열 처리 및 마감 및/또는 조정의 가공 단계가 포함된다. 그 소재 특성의 일부는 웨칭에 매우 민감하다. 이러한 이유로 열처리 시 상동 프로세스 (homologation process) 에 특히 주의를 기울여야 한다. 일반적으로 이러한 유형의 소재에서는 인성에 관한 특정 특성을 참고할 시, 웨칭 단계 중 800에서 500으로 진행하는 데 걸리는 이 시간이 매우 중요하다고 간주된다. 또한 열처리 웨칭 단계 내에서 마르텐사이트와 다른 구조가 형성되는 경우도 중요하다.

[0020] 충분한 급속 웨칭을 보장하는 냉각 매체가 제한적이며 대부분 이러한 공구나 다이스는 복잡한 형상을 띠는 것이 문제이며 이는 급속 냉각으로 균열과 심한 뒤틀림을 야기할 수 있다. 따라서 최대 냉각 속도 제한으로 인해 냉각재의 단면적이 충분히 작은 경우에만 냉각 임계 속도를 얻을 수 있다. 따라서 높은 기계적 솔리시테이션을 갖는 열간 소재(대부분 경합금의 주입, 단조, 시트의 초탄성 변형, 압출, 구리/청동/황동의 주입과 마찬가지로)의 열 처리가 다이 및/또는 많이 두꺼운 공구에는 불가능하다.

[0021] 이 문서에서 부품이 테카르트 좌표계에서 세개의 직교 측정으로 정의된 경우, 두께는 세가지 중 가장 작은 측정 값이다.

[0022] 이 문서에서는 모든 백분율을 중량 백분율로 참조한다.

[0023] 이 문서에서 명시적인 값으로 표현되는 않는 원소는 0% 또는 그 값이 없는 것을 포함한다. 0으로 시작하는 범위로 양을 표현하는 원소는 의도적으로 값을 나타내지 않거나 부재할 가능성을 포함한다.

[0024] 이 문서에서는 파괴 인성을 표준 ASTM E399에 따라 측정한다.

[0025] 본 발명의 첫 번째 특징에서는 높은 두께에서도 높은 인성을 가진 철이다.

[0026] 앞서 언급한 바와 같이 열간 공구 소재에서 높은 경화능성을 달성하는 것은 가능하지만, 큰 두께를 웨칭할 때 높은 인성을 얻는 것은 또 다른 경우이다. 발명자는 올바른 합금 방법과 열 처리 방식을 선택할 경우 놀라울 정도로 이러한 작업이 가능하다는 사실을 알게 되었다. 가능한 성분 범위는 다음과 같다:

- [0027] $\%Ce_{eq} = 0.31 - 0.69$ % C = 0.31 - 0.69 %N = 0 - 0.2 %B = 0 - 0.1
- [0028] %Cr = 2.6 - 6.8 %Ni = 0 - 3 %Si = 0 - 1.8 %Mn=0-5.8
- [0029] %Al = 0 - 0.4 %Mo = 0 - 4.4 %W = 0 - 7.8 %Ti= 0 - 2
- [0030] %Ta = 0 - 0.3 %Zr = 0 - 0.4 %Hf = 0 - 0.3 %V=0 - 2.9
- [0031] %Nb = 0 - 0.6 %Cu = 0 - 1.2 %Co = 0 - 2.9 %Mo_{eq}=0.01-4.4
- [0032] %La = 0 - 0.2 %Ce = 0 - 5 0.2 %Cs =0 - 0.2
- [0033] %Gd+%Nd+%Sm+%Y+%Pr+%Sc+%Pm+%Eu+%Tb+%Dy+%Ho+%Er+%Tm+%Yb+ %Lu = 0 - 0.5%;
- [0034] 게다가, 나머지는 철과 미량원소로 구성되며 상기에서,
- [0035] %Ce_{eq} = %C +0.86*%N +1.2*%B; 및
- [0036] %Mo_{eq}= %Mo+1/2*%W이 며;
- [0037] 단 다음 조건 %B<20 ppm 혹은 % Ni<0.25%이면, %Mn>0.8%이다;
- [0038] 또 다른 측면에서, 이 발명은 큰 단면의 경우에도 높은 강도의 특성을 가진 위의 구성을 가진 강철을 말한다. 위의 구성을 구체화한 것은 바로 열간 강철이다. 위의 구성을 구체화한 것은 바로 열간 공구 강철이다. 한 실시 예에서 위의 구성의 철은 부분적으로 마르텐사이트 성질을 띤다. 한 실시 예에서 위의 구성의 철은 부분적으로 베이나이트 성질을 띤다
- [0039] 이 본문에서는, 미량 원소는 2% 미만의 양으로 표시된 모든 원소를 의미한다. 일부 용도에서는 미량원소는 1.4% 미만이고 더욱 바람직하게는 0.9% 심지어 0.78%가 더욱 바람직하다. 가능한 미량원소로는 H, Li, Na, K, Rb, Fr, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Ac, Tc, Re, Ru, Os, Rh, Ir, Pd, Pt, Ag, Au, Zn, Cd, Hg, B, Ga, In, Tl, Ge, Sn, Pb, P, As, Sb, Bi, O, S, Se, Te, Po, F, Cl, Br, I, At, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No 및 Lr이며 단독 혹은 조합으로 존재할 수 있다. 일부 용도의 경우 미량원소 혹은 그 일부가 특정 관련 속성에 매우 해로울 수 있다(열 전도성과 인성의 경우와 같이). 이러한 용도의 경우 0.4% 미만, 바람직하게는 0.2% 미만, 더욱 바람직하게는 0.14% 심지어 0.06% 미만의 미량원소를 유지하는 것이 바람직하다. 일정량 이하인 것은 말할 것도 없고 원소가 없는 것도 포함한다. 많은 용도에서 대부분의 미량원소 또는 모든 미량원소의 부재는 명백하고 바람직하다. 언급한 바와 같이 모든 미량원소는 단일체로 간주되므로 주어진 용도에 대해 종종 상이한 미량원소의 최대 허용 중량 백분율이 다르다. 비용 절감을 포함한 특정 용도를 위해서 의도적으로 미량원소를 추가 할 수 있고 이는 의도적이지 않을 수 있다. 이는 대부분 합금 제품을 위해 사용된 합금 원소나 고철의 불순물과 관련이 있다. 하나의 동일 합금에 대해서 서로 다른 미량원소가 존재하는 이유는 다를 수 있다.
- [0040] 발명자는 모든 미량원소의 합이 함량의 2.0% 미만, 다른 용도에서는 1.4% 미만, 다른 용도에서는 0.8% 미만, 다른 용도에서는 0.2% 미만, 다른 용도에서는 0.1% 미만 심지어 0.06% 미만이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0041] 발명자는 각각의 미량 원소가 함량의 2.0% 미만, 다른 용도에서는 1.4% 미만, 다른 용도에서는 0.8% 미만, 다른 용도에서는 0.2% 미만, 다른 용도에서는 0.1% 미만 심지어 0.06% 미만이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0042] 발명자는 특정 용도에서 몇 가지 미량원소가 Ca, P 및/또는 S와 같이 구성요소에서 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 일부 용도에서는 강 구성요소에서 Ca가 미량원소로 존재하지 않는 것이 바람직하다. 일부 용도에서는 강 구성요소에서 P가 미량원소로 존재하지 않는 것이 바람직하다. 일부 용도에서는 강 구성요소에서 S가 미량원소로 존재하지 않는 것이 바람직하다.
- [0043] 일부 실시 예에서, Ti, Ta, Zr, Hf, Nb, La, Ce, Cs 를 상기 강 구성요소에서 선택할 수 있고, 어떤 실시 예에서는 모두 포함시키지 않을 수도 있다.
- [0044] 발명자는 몇 가지 용도에서, %Ti+%Ta+%Zr+%Hf+%Nb+%La+%Ce+%Cs=0-4.2%가 바람직할 수 있다는 것을 발견했다.
- [0045] 발명자는 몇 가지 용도에서, %Ti+%Ta+%Zr+%Hf+%Nb+%La+%Ce+%Cs=0-3.7%가 바람직할 수 있다는 것을 발견했다.
- [0046] 발명자는 몇 가지 용도에서, %Ta+%Zr+%Hf +%Nb+%La+%Ce+%Cs=0-2.2%가 바람직할 수 있다는 것을 발견했다.
- [0047] 발명자는 몇 가지 용도에서, %Ta+%Zr+%Hf+%Nb+%La+%Ce+%Cs=0.001-2.2%가 바람직할 수 있다는 것을 발견했다.

- [0048] 탄소 등가물은 관련된 특성의 대부분을 결정하는 데 있어 매우 중요하다. 고온에서 높은 기계적 저항이 필요한 경우 %Ceq는 너무 낮을 수 없다. 본 발명의 어떤 용도에서는, 0.36% 이상의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서는, 0.38% 이상의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서는, 0.41% 이상의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 너무 높지 않은 것이 좋다. 본 발명의 어떤 용도에서는 0.58% 미만의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서는 0.48% 미만의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서는 0.44% 미만의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0049] 발명자는 %Ceq가 0.32에서 0.54%사이, 일반적으로는 0.34에서 0.51% 사이, 심지어 0.35에서 0.48% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0050] 등가 탄소 내, %C가 종종 매우 중요하다. 고온에서 기계적 저항이 필요한 경우, %C를 너무 낮출 수 없다. 본 발명의 일부 용도에서는 0.36% 이상의 %C가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서는 0.38% 이상의 %C가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서는 0.41% 이상의 %C가 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 %C가 너무 높지 않은 것이 좋다. 본 발명의 어떤 용도에서는 0.58% 미만의 %C가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서는 0.48% 미만의 %C가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서는 0.44% 미만의 %C가 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0051] 발명자는 %C가 0.32에서 0.54%사이, 일반적으로는 0.34에서 0.51% 사이, 심지어 0.35에서 0.48% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0052] 때로는 탄소 당량 (carbon equivalent) 내에서 과다하지 않은 %N의 함량이 바람직하다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.09% 미만의 %N가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.004% 미만의 %N가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 %N가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서는 %N이 경화능성을 개선할 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.06% 이상의 %N가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에 대해, 0.11% 이상의 %N가 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0053] 때로는 탄소 당량 (carbon equivalent) 내에서 과다하지 않은 %B의 함량이 바람직하다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.03% 미만의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.019% 미만의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.009% 미만의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 %B가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 %B가 경화능성, 특히 페라이트 변형 억제에 도움이 될 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.002% 이상의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.0042% 이상의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.006% 이상의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0054] 크롬 함량은 중요하며 2차 탄화물에 존재하는 것이 거의 항상 큰 영향을 미치기 때문에 관련 속성의 대부분을 결정하는 데 매우 중요하다. 과다하게 인성을 순상시키지 않고 고온에서 기계적 저항이 요구 될 때, %Cr이 너무 낮을 수 없다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 3.6% 이상의 %Cr이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 4.2% 이상의 %Cr이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 4.6% 이상의 %Cr이 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 %Cr이 너무 높지 않은 것이 좋다. %V, %Mo 및/또는 %W와 같은 다른 탄화물 생성체가 많은 경우에도 마찬가지이다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 5.8% 미만의 %Cr가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 5.4% 미만의 %Cr가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 4.9% 미만의 %Cr가 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0055] 발명자는 몇 가지 용도에서 %Cr가 2.9에서 5.9%사이, 일반적으로는 3.6에서 5.9% 사이, 심지어 4.1에서 5.9% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0056] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %Cr-%Mn (%Cr과 %Mn=%Cr-%Mn 간의 차이) 이 1.2% 초과가 바람직하다고 보았으며, 일반적으로 특정 용도에서 대해서는 1.6% 초과의 %Cr-%Mn을 가지는 것이 바람직하고, 특정 용도에서는 1.9% 초과가 바람직하다.
- [0057] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %Cr+Mn가 2.8% 초과가 바람직하다고 보았으며, 일반적으로 특정 용도에서 대해서는 3.4% 초과의 %Cr+Mn을 가지는 것이 바람직하고, 다른 용도에서는 %Cr+Mn가 4.1% 초과, 그리고 특정 용도에서는 4.9% 초과가 바람직하다.

- [0058] 발명자는 0.4를 초과하는 %C를 포함하는 특정 용도에서 3.6% 초과 %Cr이 바람직하다는 것을 발견했고, 일반적으로 특정 용도에 대해서는 3.9%초과 %Cr이 바람직하고 심지어 4.1% 초과가 바람직하다.
- [0059] 망간 함량은 중요하며 본 발명에 있어 매우 중요하다. 발명자는 %Mn의 특정 함량에서 두께가 큰 부품을 처리하더라도 본 발명의 소재가 높은 인성을 갖는 것을 놀랍게 발견했다. 이는 점진적인 효과는 아니지만 너무 낮지 않은 %Mn이 제공되는 것이다. 그리고 %Mn의 특정 함량으로부터 제공된다. 결정적인 함량은 합금에 있는 다른 원소의 특정 양에 따라 달라집니다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.8% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 1.1% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 2.1% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 2.6% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 3.1% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 합금 내 다른 원소들의 양에 따라 다르지만, 과도한 %Mn 함량은 강의 가공에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 알려졌다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 4.8% 미만의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 4.4% 미만의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 3.9% 미만의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 상기 조성물에서 %Mn이 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0060] 발명자는 몇 가지 용도에서 %Mn이 0.1에서 5.8%사이, 일반적으로는 2.1에서 4.9% 사이, 일부 용도에 대해서는 2.2에서 4.9% 사이, 다른 용도에서는 2.3에서 4.9% 사이, 심지어 3.1에서 4.6% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0061] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.38%를 초과할 때, 1.1%를 초과하는 %Mn이 바람직하다는 것을 발견했고, 일부 용도에 대해서는 일반적으로 1.6% 초과, 심지어 특정 용도에서는 2.1% 초과가 바람직하다.
- [0062] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.55%를 초과할 때, 1.6%를 초과하는 %Mn이 바람직하다는 것을 발견했고, 일부 용도에 대해서는 일반적으로 2.1% 초과, 심지어 특정 용도에서는 2.2% 초과가 바람직하다.
- [0063] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.45에서 0.55 사이이고 %Cr이 4.4에서 4.6% 사이일 때, 0.3%를 초과하는 %Mn이 바람직하다는 것을 발견했고, 일부 용도에 대해서는 일반적으로 1.1% 초과, 심지어 특정 용도에서는 2.1% 초과가 바람직하다.
- [0064] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.45%를 초과하고 %Cr이 3.9% 미만일 때, 0.5%를 초과하는 %Mn이 바람직하다는 것을 발견했고, 일부 용도에 대해서는 일반적으로 1.3% 초과, 심지어 특정 용도에서는 2.1% 초과가 바람직하다.
- [0065] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.45%를 초과할 때, 0.6%를 초과하는 %Mn이 바람직하다는 것을 발견했고, 일부 용도에 대해서는 일반적으로 0.8% 초과, 심지어 특정 용도에서는 2.1% 초과가 바람직하다.
- [0066] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.45%를 초과하고 %Cr이 3.6% 미만일 때, 0.7%를 초과하는 %Mn이 바람직하다는 것을 발견했고, 일부 용도에 대해서는 일반적으로 1.3% 초과, 심지어 특정 용도에서는 2.1% 초과가 바람직하다. 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.65%를 미만일 때, 1.1%를 초과하는 %Mn이 바람직하다는 것을 발견했고, 일부 용도에 대해서는 일반적으로 1.3% 초과, 심지어 특정 용도에서는 2.1% 초과가 바람직하다.
- [0067] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.45%를 초과하고 %Cr이 2.8% 초과일 때, 0.8%를 초과하는 %Mn이 바람직하다는 것을 발견했고, 일부 용도에 대해서는 일반적으로 1.3% 초과, 심지어 특정 용도에서는 2.1% 초과가 바람직하다.
- [0068] 발명자는 %Mn의 특정 효과를 %B 및/혹은 %Ni로 부분적으로 대체할 수 있음을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 본 발명에서 기술된 양 내 %Mn과 %Ni가 동시에 존재하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 본 발명에서 기술된 양 내 %Mn, %B 및 %Ni가 동시에 존재하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 실제로, 발명자는 만약 %B혹은 %Ni가 충분한 양(본 문서에서 기술된 값)만큼 존재하지 않으면, %Mn이 필수적으로 존재해야 된다는 것을 발견했다.
- [0069] 니켈 함량은 중요하며 특히 경화능성과 본 발명에서 밝혀진 %Mn의 대체 효과가 중요하다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.25% 이상의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.32% 이상의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.52% 이상의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 특히 고온에서 높은 인성이 요구되는 경우에는 낮은 %Ni가 종종 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명

자는 1.8% 미만의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.78% 미만의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.49% 미만의 %Ni가 바람직하다고 발견했다.

[0070] 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 상기 구성요소에 %Ni가 없는 것이 바람직하다고 보았다. 몇 가지 용도에서 상기 구성요소에 %Ni와 %B가 부재할 때, %Mn>0.1%가 바람직하다는 것을 발견했다. 상기 조성물에 %Ni와 %B가 상기 조성물에 존재하지 않는 특정 용도에 대해서는 %Mn>1.6%, 일부 용도에 대해서는 %Mn>2.6%가 바람직하다.

[0071] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 2.8% 사이의 %Ni가 바람직하다는 것을 발견했고, 일반적으로는 0에서 2.4% 사이, 그리고 0.1에서 2.6% 사이가 바람직하다.

[0072] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.36%를 초과하고 %Cr이 3.6% 미만일 때, 2.4% 미만의 %Ni가 바람직하다는 것을 발견했고, 일부 용도에 대해서는 일반적으로 2.3% 미만, 심지어 특정 용도에서는 2.2% 미만이 바람직하다.

[0073] 발명자는 일부 조성물에 대해 %Si가 본 발명의 긍정적인 효과를 중화시켜 높은 두께에서 얻을 수 있는 인성 값에 부정적인 영향을 미친다는 사실을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.4% 미만의 %Si가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.18% 미만의 %Si가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.08% 미만의 %Si가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.04% 미만의 %Si가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 상기 구성요소에 %Si가 없는 것이 바람직하다고 보았다.

[0074] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 1.2% 사이의 %Si가 바람직하다는 것을 발견했고, 일반적으로는 0에서 1.2% 사이, 그리고 0에서 0.4% 사이가 바람직하다.

[0075] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.55%를 초과할 때, 0.95% 미만의 %Si가 바람직하다는 것을 발견했고, 일부 용도에 대해서는 일반적으로 0.8% 미만, 심지어 특정 용도에서는 0.6% 미만이 바람직하다.

[0076] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.55% 미만이고 %Cr이 4.6% 미만일 때, 1.4% 미만의 %Si가 바람직하다는 것을 발견했고, 일부 용도에 대해서는 일반적으로 0.95% 미만, 심지어 특정 용도에서는 0.7% 미만이 바람직하다.

[0077] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.36% 미만이고 %Cr이 3.1% 미만일 때, 0.6% 미만의 %Si가 바람직하다는 것을 발견했고, 일부 용도에 대해서는 일반적으로 0.7% 미만, 심지어 특정 용도에서는 0.8% 미만이 바람직하다.

[0078] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.4% 미만이고 %Cr이 4.9에서 5.4% 사이일 때, 0.25% 초과의 %Si가 바람직하다는 것을 발견했고, 일반적으로 일부 용도에 대해서는 일반적으로 0.3% 초과, 심지어 특정 용도에서는 0.35% 초과가 바람직하다.

[0079] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.4% 미만이고 %Cr이 4.9에서 5.5% 사이일 때, 1% 미만의 %Si가 바람직하다는 것을 발견했고, 일반적으로 일부 용도에 대해서는 일반적으로 0.9% 미만, 심지어 특정 용도에서는 0.75% 미만이 바람직하다.

[0080] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.48% 미만이고 %Cr이 4에서 5.7% 사이일 때, 0.75% 미만의 %Si가 바람직하다는 것을 발견했고, 일반적으로 일부 용도에 대해서는 일반적으로 0.65% 미만, 심지어 특정 용도에서는 0.55% 미만이 바람직하다.

[0081] 발명자는 특정 용도에 대해 0.1% 초과, 때때로 0.26% 초과 및 0.4% 초과의 %Si+%Mn+%V 합이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0082] 발명자는 일부 조성물에 대해 %Se+%Te+%As+%Pb+%Sb+%Sn의 합을 통해 가공을 촉진시킬 수 있음을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 강 구성 %Se+%Te+%As+%Pb+%Sb+%Sn이 0.052%이상 포함되는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 하지만 특히 %Mn을 많이 포함할 때 %Se+%Te+%As+%Pb+%Sb+%Sn의 합은 본 발명의 강에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.19% 미만의 %Se+%Te+%As+%Pb+%Sb+%Sn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.09% 미만의 %Se+%Te+%As+%Pb+%Sb+%Sn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.04% 미만의 %Se+%Te+%As+%Pb+%Sb+%Sn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %Se+%Te+%As+%Pb+%Sb+%Sn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %Se+%Te+%As+%Pb+%Sb+%Sn가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0083] 발명자는 일부 조성물에 대해 %As+%Sb+%Sn의 합을 통해 가공을 촉진시킬 수 있음을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 강 구성 %As+%Sb+%Sn이 0.052%이상 포함되는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 하지만

특히 %Mn을 많이 포함할 때 %As+%Sb+%Sn 의 합은 본 발명의 강에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.19% 미만의 %As+%Sb+%Sn 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.09% 미만의 %As+%Sb+%Sn 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.04% 미만의 %As+%Sb+%Sn 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %As+%Sb+%Sn 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %As+%Sb+%Sn 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0084] 발명자는 일부 조성물에 대해 %Se+%Te의 합을 통해 가공을 촉진시킬 수 있음을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 강 구성 %Se+%Te이 0.052%이상 포함되는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 하지만 특히 %Mn을 많이 포함할 때 %Se+%Te 의 합은 본 발명의 강에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.19% 미만의 %Se+%Te가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.09% 미만의 %Se+%Te가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.04% 미만의 %Se+%Te가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %Se+%Te가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %Se+%Te가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0085] 본 발명의 일부 용도에 있어, 본 발명자는 상기 강 조성물에 %P+%S가 더 포함되어 있음을 발견했다. 발명자는 %Mn을 많이 포함할 때 %P+%S가 일부 조성물에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.028% 미만의 %P+%S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.018% 미만의 %P+%S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %P+%S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.0004% 미만의 %P+%S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %P+%S가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0086] 본 발명의 일부 용도에 있어, 본 발명자는 상기 강 조성물에 P 가 더 포함되어 있음을 발견했다. 발명자는 %Mn을 많이 포함할 때 %P 가 일부 조성물에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.028% 미만의 %P가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.018% 미만의 %P가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %P가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.0008% 미만의 %P가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %P 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0087] 본 발명의 일부 용도에 있어, 본 발명자는 상기 강 조성물에 S가 더 포함되어 있음을 발견했다. 발명자는 %Mn을 많이 포함할 때 %S 가 일부 조성물에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.018% 미만의 %S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.0008% 미만의 %S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.0004% 미만의 %S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %S 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0088] 본 발명의 일부 용도에 있어, 본 발명자는 상기 강 조성물에 O가 더 포함되어 있음을 발견했다. 발명자는 %Mn을 많이 포함할 때 %O 가 일부 조성물에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 14 ppm 미만의 %O가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 9 ppm 미만의 %O가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 6 ppm 미만의 %O가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 4 ppm 미만의 %O 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %O 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0089] 본 발명의 일부 용도에 있어, 본 발명자는 상기 강 조성물에 H2가 더 포함되어 있음을 발견했다. 발명자는 일부 조성물에서 %H2가 인성에 부정적인 영향을 미친다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 1.8 ppm 미만의 %H2가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.9 ppm 미만의 %H2가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.4 ppm 미만의 %H2가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.08 ppm 미만의 %H2가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %H2 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

- [0090] 몰리브덴 함량은 중요하며 2차 탄화물에 존재하는 것이 거의 항상 큰 영향을 미치기 때문에 관련 속성의 대부분을 결정하는 데 매우 중요하다. 템퍼링에 대한 저항이 요구 될 때, 몰리브덴인이 너무 낮을 수 없다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.6% 이상의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 1.1% 이상의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 1.6% 이상의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 %Mo가 너무 높지 않은 것이 좋다. %V, %Cr, 및/또는 %W와 같은 탄화물 보조제가 많이 존재하는 경우에도 마찬가지다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 2.8% 미만의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 1.9% 미만의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 1.4% 미만의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.8% 미만의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %Mo 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0091] 발명자는 %Mo를 0.01에서 4.1%사이, 일반적으로는 0.5에서 3.9% 사이, 심지어 0.8에서 2.8% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0092] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.45% 미만이고 %Cr이 4.9에서 5.5% 사이일 때, 1.6% 초과의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했고, 일부 용도에 대해서는 일반적으로 1.7% 초과, 심지어 특정 용도에서는 1.8% 초과가 바람직하다.
- [0093] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.45에서 0.55% 사이이고 %Cr이 4.4에서 4.6% 사이일 때, 2.9% 미만의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했고, 일반적으로 일부 용도에 대해서는 일반적으로 2.8% 미만, 심지어 특정 용도에서는 2.6% 미만이 바람직하다.
- [0094] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.44% 미만이고 %Cr이 3.3% 미만일 때, 0.6% 초과의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했고, 일반적으로 일부 용도에 대해서는 일반적으로 0.7% 초과, 심지어 특정 용도에서는 0.8% 초과가 바람직하다.
- [0095] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.55% 미만이고 %Cr이 3.3% 미만일 때, 0.6% 초과의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했고, 일반적으로 일부 용도에 대해서는 일반적으로 1.6% 초과, 심지어 특정 용도에서는 1.8% 초과가 바람직하다.
- [0096] 발명자는 본 발명의 일부 용도에 대해 %W의 두 배 무게 양으로 %Mo를 부분적으로 대체할 수 있음을 발견했다. 또한 일부 용도의 경우, 전 단락에서 %Mo에 대해 기술된 것은 %W에 적용되지만 표현된 함량은 두 배 이어야 한다. 이 점에서 부분 대체의 경우 Moeq의 개념도 흥미롭고 상기에서 $Moeq = Mo + 1/2 * W$ 로 나타낸다. %Moeq에 대한 바람직한 함량은 위의 %Mo를 따른다.
- [0097] 발명자는 몇 가지 용도에서 0.01에서 6.1% 사이의 %W를 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 일반적으로 0.5에서 4.1%가 바람직하며 심지어 0.8에서 3.6%가 바람직하다.
- [0098] 발명자는 몇 가지 용도에서 0.1에서 3.9% 사이의 %Moeq를 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 일반적으로 0.18에서 3.9%가 바람직하며 심지어 0.8에서 2.8%가 바람직하다.
- [0099] 바나듐 함량은 중요하며 2차 탄화물에 존재하는 것이 거의 항상 큰 영향을 미치기 때문에 관련 속성의 대부분을 결정하는 데 매우 중요하다. 고온 경도가 요구 될 때, %V이 너무 낮을 수 없다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.22% 이상의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.32% 이상의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.85% 이상의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 %V가 너무 높지 않은 것이 좋다. %Mo, %Cr 및/또는 %W와 같은 탄화물 보조제가 많이 존재하는 경우에도 마찬가지다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 1.8% 미만의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 1.2% 미만의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.8% 미만의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.4% 미만의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %V 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0100] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 2.4% 사이의 %V가 바람직하다는 것을 발견했고, 일반적으로는 0에서 1.3% 사이, 그리고 0.3에서 0.9% 사이가 바람직하다.
- [0101] 발명자는 %C가 0.4를 초과하여 갖는 특정 용도에 대해 0.35% 초과하는 %V를 설정하는 것이 바람직하다는 것을

발견했다.

- [0102] 발명자는 %C가 0.38%를 초과하여 갖는 특정 용도에 대해 0.45% 미만 %V를 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 일반적으로 0.4% 미만 심지어 0.35% 미만이 바람직하다.
- [0103] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %C가 0.4% 미만이고 %Cr이 4.9에서 5.4% 사이일 때, 0.9% 미만의 %V가 바람직하다는 것을 발견했고, 일부 용도에 대해서는 일반적으로 0.8% 미만, 심지어 0.7% 미만이 바람직하다.
- [0104] 발명자는 0.4%의 %C를 갖는 특정 용도에 대해 0.8% 미만의 %V를 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 일반적으로 0.7% 미만이 바람직하고 심지어 0.65%가 바람직하다.
- [0105] 발명자는 %C가 0.55% 미만, %Cr을 4.6% 미만으로 갖는 특정 용도에 대해 0.45% 초과하는 %V를 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 일반적으로 특정 용도에 대해서는 0.4% 미만이 바람직하다.
- [0106] 발명자는 %C가 0.65% 미만, %Cr을 5.6% 초과하여 갖는 특정 용도에 대해 0.55% 미만인 %V를 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 일반적으로 특정 용도에 대해서는 0.5% 미만, 심지어 특정 용도에 대해서는 0.45% 미만이 바람직하다.
- [0107] 발명자는 %C가 0.4%를 초과하여 갖는 특정 용도에 대해 1.6%를 초과하는 %V+%Mo를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 일반적으로 특정 용도에 대해서는 1.7% 초과, 심지어 1.8% 초과가 바람직하다.
- [0108] 발명자는 %C가 0.38%를 초과하여 갖는 특정 용도에 대해 0.45% 미만의 %V+%Nb를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 일반적으로 특정 용도에 대해서는 0.4% 미만이 바람직하다.
- [0109] 발명자는 %C가 0.48% 미만이고 %Cr이 4에서 5.7% 사이로 갖는 특정 용도에 대해 0.75% 미만의 %V를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 일반적으로 0.65% 미만이 바람직하다.
- [0110] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 $%V+ \%Mo+ \%W > 0.01\%$, 일반적으로는 $%V+ \%Mo+ \%W > 0.1\%$, 심지어 $%V+ \%Mo+ \%W > 1.6\%$ 을 갖는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0111] 때때로 과하지 않은 %Ti 함량이 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 1.8% 미만의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 1.3% 미만의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 %Ti가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 상기 강의 특성을 개선하는데 %Ti가 도움이 될 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.001% 이상의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.1% 이상의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0112] 발명자는 몇 가지 용도에서 0에서 1.6% 사이의 %Ti를 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 일반적으로 0에서 0.9%가 바람직하며 심지어 0.3에서 0.1%가 바람직하다.
- [0113] 때때로 과하지 않은 %Co 함량이 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 2.3% 미만의 %Co가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 1.2% 미만의 %Co가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 %Co가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 상기 강의 특성을 개선하는데 %Co가 도움이 될 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.001% 이상의 %Co가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.1% 이상의 %Co가 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0114] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 2.1% 사이의 %Co가 바람직하다는 것을 발견했고, 일반적으로는 0에서 1.7% 사이, 그리고 0.01에서 1.3% 사이가 바람직하다.
- [0115] 때때로 과하지 않은 %Cu 함량이 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 1.1% 미만의 %Cu 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.4% 미만의 %Cu 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 %Cu 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 상기 강의 특성을 개선하는데 %Cu 가 도움이 될 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.001% 이상의 %Cu 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.1% 이상의 %Cu 가 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0116] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 0.9% 사이의 %Cu가 바람직하다는 것을 발견했고, 일반적으로는 0에서 0.7% 사이, 그리고 0.01에서 0.6% 사이가 바람직하다.
- [0117] 발명자는 %C가 0.46% 미만이고 %Cr이 4.65에서 5.6% 사이로 갖는 특정 용도에 대해 0.28% 미만의 %Cu를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 일반적으로 0.2% 미만, 심지어 특정 용도에 대해 0.1% 미만이 바람직하다.

- [0118] 때때로 과하지 않은 %Al 함량이 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.35% 미만의 %Al 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.2% 미만의 %Al 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 %Al 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 상기 강의 특성을 개선하는데 %Al 가 도움이 될 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.001% 이상의 %Al이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.1% 이상의 %Al이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0119] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 0.35% 사이의 %Al 가 바람직하다는 것을 발견했고, 일반적으로는 0에서 0.25% 사이, 그리고 0.01에서 0.25% 사이가 바람직하다.
- [0120] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %Cu+%Co+%Al+%Ti>0.01% 가 바람직하다는 것을 발견했고, 일반적으로는 일부 용도에 대해 서 %Cu+%Co+%Al+%Ti>0.1% 심지어 어떤 용도에 따라 %Cu+%Co+%Al+%Ti>0.2%가 바람직하다.
- [0121] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0.01에서 4% 사이의 %Cu+%Co+%Al+%Ti 가 바람직하다는 것을 발견했고, 일반적으로 어떤 용도에 대해 0.1에서 3% 사이, 그리고 0.2에서 3% 사이가 바람직하다.
- [0122] 발명자는 몇 가지 용도에서 %V+%Al+%Ti>0.001%를 통해 이익을 얻을 수 있다는 점을 발견했으며, 일반적으로 일부 용도에 대해서는 %V+%Al+%Ti>0.01, 어떤 용도에서는 %V+%Al+%Ti>0.1에서 이익을 얻을 수 있다.
- [0123] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0.001에서 4% 사이의 %V+%Al+%Ti 가 바람직하다는 것을 발견했고, 일반적으로 어떤 용도에 대해 0.01에서 3% 사이, 그리고 어떤 용도에 대해서는 %V+Ti 가 0.1에서 3% 사이인 것이 바람직하다.
- [0124] 발명자는 일부 용도에 있어 특징 포함 형태론 (morphology) 을 %Gd+%Nd+%Sm+%Y+%Pr+%Sc+%Pm+%Eu+%Tb+%Dy+%Ho+%Er+%Tm+%Yb+%Lu의 합을 통해 촉진할 수 있음을 알게 되었다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.2%의 %Gd+%Nd+%Sm+%Y+%Pr+%Sc+%Pm+%Eu+%Tb+%Dy+%Ho+%Er+%Tm+%Yb+%Lu 가 바람직하다는 것을 발견했다. 하지만 %Gd+%Nd+%Sm+%Y+%Pr+%Sc+ %Pm+ %Eu+ %Tb+ %Dy+ %Ho+ %Er+ %Tm+ %Yb+ %Lu의 합은 인성에 부정적인 영향을 미친다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.04% 미만의 %Gd+%Nd+%Sm+%Y+%Pr+%Sc+ %Pm+ %Eu+ %Tb+ %Dy+ %Ho+ %Er+ %Tm+ %Yb+ %Lu가 바람직하다는 것을 발견했다. 하지만 %Gd+%Nd+ %Sm+ %Y+ %Pr+ %Sc+ %Pm+ %Eu+ %Tb+ %Dy+ %Ho+ %Er+ %Tm+ %Yb+ %Lu의 합은 인성에 부정적인 영향을 미친다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.008% 미만의 %Gd+ %Lu가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 %Gd+%Nd+%Sm+%Y+%Pr+%Sc+%Pm+%Eu+%Tb+ %Dy+ %Ho+ %Er+ %Tm+ %Yb+ %Lu 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0125] 발명자는 본 발명의 일부 용도에서 %Al, %Ti, %Ta, %Zr, %Hf, %Nb, %Cu, %Co, %La, %Ce, 및 %Cs가 인성에 부정적인 영향을 미친다는 사실을 발견했다. 발명자는 본 발명의 일부 용도에서 %Al, %Ti, %Ta, %Zr, %Hf, %Nb, %Cu, %Co, %La, %Ce, 및 %Cs을 0.38% 미만으로 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 발명자는 본 발명의 일부 용도에서 %Al, %Ti, %Ta, %Zr, %Hf, %Nb, %Cu, %Co, %La, %Ce, 및 %Cs을 0.18% 미만으로 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 발명자는 본 발명의 일부 용도에서 %Al, %Ti, %Ta, %Zr, %Hf, %Nb, %Cu, %Co, %La, %Ce, 및 %Cs을 0.08% 미만으로 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 상기 강 조성물에서 %Al, %Ti, %Ta, %Zr, %Hf, %Nb, %Cu, %Co, %La, %Ce, 및 %Cs의 일부 혹은 전부 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0126] 발명자는 몇 가지 용도에서 %Zr+%Hf+%Ta+%Nb>0.001%를 가지는 것이 유익하며, 일반적으로 어떤 용도에 대해서는 %Zr+%Hf+%Ta+%Nb >0.01%, 심지어 어떤 용도에서는 %Zr+%Hf+%Ta+%Nb >0.1%가 유익하다는 것을 발견했다.
- [0127] 발명자는 몇 가지 용도에서 0.001에서 4%사이의 %Zr+%Hf+%Ta+%Nb 을 가지는 것이 유익하며, 일반적으로 어떤 용도에 대해서는 0.01에서 3%의 %Zr+%Hf+%Ta+%Nb, 심지어 어떤 용도에서는 0.1에서 3%의 %Zr+%Hf+%Ta+%Nb 가 유익하다는 것을 발견했다.
- [0128] 상기 강 조성물은 51 MPa*m^{-1/2} 이상인 실온에서 파괴인성을 가지며, 350 mm 두께에 조각에 적용한 뒤에 그려하다. 이때 1020 °C 초과 온도에서 오스테나이드화를 포함하는 열처리를 가지고, 이후 최소 3번의 열처리 사이클을 가진다. 상기에서 최소한 520 °C 초과 온도에서 템퍼링이 이루어지고 상기 강은 42-44 HRc의 경도를 가진다.
- [0129] 본 발명자는 본 발명의 현 측면 실시 예에서 단순 팽창 실험을 통한 헤비색션을 포함하는 일부 용도 범위 내, 유요한 조성물을 선택하는 것이 가능하다는 점을 발견했다. 재생성과 정확도가 0.005%이상이고 용해도 증가가 5 nm이상이며 온도 편차가 5 °C 을 넘지 않는 일정하게 냉각을 실시할 수 있는 팽창계가 바람직하다. 상기 실험에서는 후보 소재 시료를 1030 °C 에서 최소한 20분간 오스테나이드화 하고 100 °C 에서 3K/분의 비율로 일정하

게 냉각한다. (길이를 시간 증분으로 나눈 값으로 정규화한 길이 증가 증분한) $d(dL/L)/dt$ 와 냉각 온도를 나타내는 도표를 나타냄. 600°C 미만이며, 상기 곡선은 매우 수평 적이며 TD 특정 온도에서 급락을 보인다.(도-1-2: 1-곡선도와 2-TD값의 예 참조) 일부 실시 예의 경우 TD는 $0.5*10^{-4} \text{ min}^{-1}$ 의 하락이 발생하는 온도이다. 일부 실시 예의 경우 TD는 $1*10^{-4} \text{ min}^{-1}$ 의 하락이 발생하는 온도이다. 일부 실시 예의 경우 TD는 $1.5*10^{-4} \text{ min}^{-1}$ 의 하락이 발생하는 온도이다. 일부 실시 예의 경우 TD는 $2*10^{-4} \text{ min}^{-1}$ 의 하락이 발생하는 온도이다. 일부 실시 예에서 TD가 360°C 이하면 상기 강 조성물과 열기계적 처리가 유효하다. 일부 실시 예에서 TD가 340°C 이하면 상기 강 조성물과 열기계적 처리가 유효하다. 일부 실시 예에서 TD가 318°C 이하면 상기 강 조성물과 열기계적 처리가 유효하다. 일부 실시 예에서 TD가 290°C 이하면 상기 강 조성물과 열기계적 처리가 유효하다. 일부 실시 예에서 TD가 2740°C 이하면 상기 강 조성물과 열기계적 처리가 유효하다. 일부 실시 예에서 TD가 260°C 이하면 상기 강 조성물과 열기계적 처리가 유효하다. 일부 실시 예에서 TD가 230°C 이하면 상기 강 조성물과 열기계적 처리가 유효하다.

[0130] 위에 설명한 용도의 어느 것도 상기 강 조성물의 다른 실시 예와 일치하며 이 문서에 설명된 다른 모든 실시 예와 조합될 수 있다. 이는 각각의 특징이 양립할 수 없을 때까지 가능하다.

[0131] 본 발명의 또 다른 측면은 두꺼운 두께에도 높은 인성과 열전도성을 가지는 철을 의미한다.

[0132] 앞서 언급한 바와 같이, 열간 공구 소재에서 높은 강도를 달성하는 것도 가능하지만 두꺼운 두께가 경화될 때 높은 인성을 달성하는 것은 또 다른 경우입니다. 높은 열 전도성이 필요한 경우 외에는, 문제가 불가능해 보일 수 있다. 발명자는 올바른 합금 방법과 열-기계적 처리 방법을 선택하는 것이 놀라울 정도로 가능하다는 것을 발견했다. 의 다음 구성 범위가 가능하다.

[0133] $\% \text{Ce} = 0.18 - 1.9 \quad \% \text{C} = 0.18 - 1.9 \quad \% \text{N} = 0 - 0.1 \quad \% \text{B} = 0 - 0.1$

[0134] $\% \text{Cr} < 2.6\% \quad \% \text{Ni} = 0 - 3 \quad \% \text{Si} < 0.48\% \quad \% \text{Mn} = 1.2 - 5.8$

[0135] $\% \text{Al} = 0 - 0.4 \quad \% \text{Mo} = 1.2 - 6.4 \quad \% \text{W} = 0 - 7.8 \quad \% \text{Ti} = 0 - 2$

[0136] $\% \text{Ta} = 0 - 0.3 \quad \% \text{Zr} = 0 - 0.4 \quad \% \text{Hf} = 0 - 0.3 \quad \% \text{V} = 0 - 1.4$

[0137] $\% \text{Nb} = 0 - 0.6 \quad \% \text{Cu} = 0 - 1.2 \quad \% \text{Co} = 0 - 2.9 \quad \% \text{Mo} = 1.2 - 6.4$

[0138] $\% \text{La} = 0 - 0.2 \quad \% \text{Ce} = 0 - 0.2 \quad \% \text{Cs} = 0 - 0.2$

[0139] 나머지는 철과 미량원소로 구성되며 상기에서,

[0140] $\% \text{Ce} = \% \text{C} + 0.86 \% \text{N} + 1.2 \% \text{B}$; 및

[0141] $\% \text{Mo} = \% \text{Mo} + 1/2 \% \text{W}$ 이며 상기에서,

[0142] $\% \text{Se} + \% \text{Te} + \% \text{S} + \% \text{P} + \% \text{As} + \% \text{Pb} + \% \text{Sb} + \% \text{Sn} = 0 - 0.1\%$; 및

[0143] $\% \text{Gd} + \% \text{Nd} + \% \text{Sm} + \% \text{Y} + \% \text{Pr} + \% \text{Sc} + \% \text{Pm} + \% \text{Eu} + \% \text{Tb} + \% \text{Dy} + \% \text{Ho} + \% \text{Er} + \% \text{Tm} + \% \text{Yb} + \% \text{Lu} = 0 - 0.5\%$ 이다.

[0144] 또 다른 측면에서, 이 발명은 큰 단면의 경우에도 높은 강도의 특성을 가진 위의 구성을 가진 강철을 말한다. 위의 구성을 구체화한 것은 바로 열간 강철이다. 위의 구성을 구체화한 것은 바로 열간 공구 강철이다. 한 실시 예에서 위의 구성의 철은 부분적으로 마르텐사이트 성질을 띤다. 한 실시 예에서 위의 구성의 철은 부분적으로 베이나이트 성질을 띤다

[0145] 이 본문에서는, 미량 원소는 2% 미만의 양으로 표시된 모든 원소를 의미한다. 일부 용도에서는 미량원소는 1.4% 미만이고 더욱 바람직하게는 0.9% 심지어 0.78%가 더욱 바람직하다. 가능한 미량원소로는 H, Li, Na, K, Rb, Fr, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Ac, Tc, Re, Ru, Os, Rh, Ir, Pd, Pt, Ag, Au, Zn, Cd, Hg, B, Ga, In, Tl, Ge, Sn, Pb, P, As, Sb, Bi, O, S, Se, Te, Po, F, Cl, Br, I, At, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No 및 Lr이며 단독 혹은 조합으로 존재할 수 있다. 일부 용도의 경우 미량원소 혹은 그 일부가 특정 관련 속성에 매우 해로울 수 있다(열 전도성과 인성의 경우와 같이). 이러한 용도의 경우 0.4% 미만, 바람직하게는 0.2% 미만, 더욱 바람직하게는 0.14% 심지어 0.06% 미만의 미량원소를 유지하는 것이 바람직하다. 일정량 이하인 것은 말할 것도 없고 원소가 없는 것도 포함한다. 많은 용도에서 대부분의 미량원소 또는 모든 미량원소의 부재는 명백하고 바람직하다. 언급한 바와 같이 모든 미량원소는 단일체로 간주되므로 주어진 용도에 대해 종종 상이한 미량원소의 최대 허용 중량 백분율이 다르다. 비용 절감을 포함한 특정 용도를 위해서 의도적으로 미량원소를 추가 할 수 있고 이는 의도적이지 않을 수 있다. 이는 대부분 합금 제품을 위해

사용된 합금 원소나 고철의 불순물과 관련이 있다. 하나의 동일 합금에 대해서 서로 다른 미량원소가 존재하는 이유는 다를 수 있다.

[0146] 발명자는 모든 미량원소의 합이 함량의 2.0% 미만, 다른 용도에서는 1.4% 미만, 다른 용도에서는 0.8% 미만, 다른 용도에서는 0.2% 미만, 다른 용도에서는 0.1% 미만 심지어 0.06% 미만이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0147] 발명자는 각각의 미량 원소가 함량의 2.0% 미만, 다른 용도에서는 1.4% 미만, 다른 용도에서는 0.8% 미만, 다른 용도에서는 0.2% 미만, 다른 용도에서는 0.1% 미만 심지어 0.06% 미만이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0148] 발명자는 특정 용도에 대해 Ca, P 및/또는 S와 같이 몇 가지 미량원소가 상기 조성물에 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 일부 용도에서 상기 강 조성물에서 Ca가 미량원소로서 존재 하지 않는 것이 바람직하다. 일부 용도에서 상기 강 조성물에서 P가 미량원소로서 존재 하지 않는 것이 바람직하다. 일부 용도에서 상기 강 조성물에서 S가 미량원소로서 존재 하지 않는 것이 바람직하다.

[0149] 일부 용도에서, 발명자는 상기 강 조성물에서 선택 가능한 원소로는 Ti, Ta, Zr, Hf, Nb, La, Ce, Cs가 있으며, 어떤 용도에서 그 중 일부 혹은 전부가 상기 조성물에 부재할 수 있다는 점을 발견했다.

[0150] 발명자는 몇 가지 용도에서 $\%Ti + \%Ta + \%Zr + \%Hf + \%Nb + \%La + \%Ce + \%Cs = 0-4.2\%$ 를 설정하는 것이 바람직 할 수 있다는 점을 발견했다.

[0151] 발명자는 몇 가지 용도에서 $\%Ti + \%Ta + \%Zr + \%Hf + \%Nb + \%La + \%Ce + \%Cs = 0-3.7\%$ 를 설정하는 것이 바람직 할 수 있다는 점을 발견했다.

[0152] 발명자는 몇 가지 용도에서 $\%Ta + \%Zr + \%Hf + \%Nb + \%La + \%Ce + \%Cs = 0-2.2\%$ 를 설정하는 것이 바람직 할 수 있다는 점을 발견했다.

[0153] 발명자는 몇 가지 용도에서, 0.001% 초과하는 $\%Ti + \%Ta + \%Zr + \%Hf + \%Nb + \%La + \%Ce + \%Cs$ 를 가지는 것이 바람직하다고 보았으며, 일반적으로 어떤 용도에 대해 0.01% 초과, 심지어 0.1% 초과가 바람직하다.

[0154] 발명자는 몇 가지 용도에 대해, $\%Ta + \%Zr + \%Hf + \%Nb + \%La + \%Ce + \%Cs = 0.001-2.2\%$ 가 바람직 할 수 있다는 점을 발견했다.

[0155] 탄소 등가물은 관련된 특성의 대부분을 결정하는 데 있어 매우 중요하다. 고온에서 높은 기계적 저항이 필요한 경우 %Ceq는 너무 낮을 수 없다. 본 발명의 특정 용도에 대해, 발명자는 0.26% 이상의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 특정 용도에 대해, 발명자는 0.31% 이상의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 특정 용도에 대해, 발명자는 0.41% 이상의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 %Ceq가 너무 높지 않은 것이 좋다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 1.4% 미만의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.8% 미만의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.44% 미만의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.39% 미만의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.34% 미만의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0156] 발명자는 몇 가지 용도에서 %Ceq가 0.31에서 0.59%사이, 일반적으로는 0.28에서 0.59% 사이, 심지어 0.31에서 0.39% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0157] 상기 탄소 등가물 내, %C가 매우 중요한 경우가 많다. 고온에서 기계적 저항이 필요한 경우 %C를 너무 낮출 수 없다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 0.26% 이상의 %C가 바람직하다는 점을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 0.31% 이상의 %C가 바람직하다는 점을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 0.41% 이상의 %C가 바람직하다는 점을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 너무 높지 않은 %C가 좋다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 1.4% 미만의 %C가 바람직하다는 점을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 0.8% 미만의 %C가 바람직하다는 점을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 0.44% 미만의 %C가 바람직하다는 점을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 0.39% 미만의 %C가 바람직하다는 점을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 0.34% 미만의 %C가 바람직하다는 점을 발견했다.

[0158] 발명자는 몇 가지 용도에서 %C가 0.31에서 0.59%사이, 일반적으로는 0.28에서 0.59% 사이, 심지어 0.31에서 0.39% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0159] 때로는 탄소 당량 (carbon equivalent) 내에서 과다하지 않은 %N의 함량이 바람직하다. 본 발명의 어떤 용도에

서 발명자는 0.09% 미만의 %N가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.004% 미만의 %N가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 %N가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서는 %N이 경화능성을 개선할 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.06% 이상의 %N가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.11% 이상의 %N가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0160] 때로는 탄소 당량 (carbon equivalent) 내에서 과다하지 않은 %B의 함량이 바람직하다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.03% 미만의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.019% 미만의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.009% 미만의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 %B가 경화능성, 특히 페라이트 변형 억제에 도움이 될 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.002% 이상의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.0042% 이상의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.006% 이상의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0161] 크롬 함량은 중요하며 관련 속성의 대부분을 결정하는 데 매우 중요하다. 내식성이 요구 될 때 %Cr은 너무 낮을 수 없습니다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.6% 이상의 %Cr이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 1.2% 이상의 %Cr이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 적용 예에서, 발명자는 적어도 2.1%의 %Cr이 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신 및 / 또는 템퍼 및/또는 높은 열 전도성에 대한 저항성이 요구되는 경우, 종종 %Cr 너무 높지 않다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 %Cr이 너무 높지 않은 것이 좋다. %V, %Mo 및/또는 %W와 같은 다른 탄화물 생성체가 많은 경우에도 마찬가지이다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 1.9% 미만의 %Cr가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.9% 미만의 %Cr가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.78% 미만의 %Cr가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.4% 미만의 %Cr가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.09% 미만의 %Cr가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서 본 발명자는 %Cr이 상기 조성물에 없는 것이 바람직하다는 점을 발견했다.

[0162] 발명자는 몇 가지 용도에서 %Cr이 0에서 1.9%사이, 일반적으로는 0에서 0.9% 사이, 심지어 0.01에서 0.4% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0163] 망간 함량은 본 발명의 이 부분에서 필수적이다. 발명자는 특정 %Mn 함량에 있어서 본 발명의 소재가 두꺼운 두께로 처리해도 높은 인성을 갖는 것을 발견했다. 이는 점진적인 효과는 아니지만 너무 낮지 않은 %Mn이 제공되는 것이다. 그리고 %Mn의 특정 함량으로부터 제공된다. 결정적인 함량은 합금에 있는 다른 원소의 특정 양에 따라 달라집니다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 1.4% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 1.8% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 2.1% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 2.6% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 3.1% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 3.6% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 합금 내 다른 원소들의 양에 따라 다르지만, 과도한 %Mn 함량은 강의 가공에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 알려졌다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 4.4% 미만의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 3.9% 미만의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 4.8% 미만의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 상기 조성물에서 %Mn이 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0164] 발명자는 몇 가지 용도에서 최소 1.7%의 %Mn이 바람직하고, 일부 용도에서는 %Mn이 2.2에서 4.9%사이, 일반적으로는 2.9에서 4.1% 사이, 심지어 3.1에서 3.9% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0165] 발명자는 %B 및/혹은 %Ni로 %Mn의 특정효과를 부분적으로 대체할 수 있음을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 본 발명에서 기술된 양 내 %Mn과 %Ni가 동시에 존재하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 본 발명에서 기술된 양 내 %Mn, %B 및 %Ni가 동시에 존재하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 실제로, 발명자는 만약 %B혹은 %Ni가 충분한 양(본 문서에서 기술된 것)만큼 존재하지 않으면, %Mn이 필수적으로 존재해야 된다는 것을 발견했다.

[0166] 니켈 함량은 중요하며 특히 경화능성과 본 발명에서 밝혀진 %Mn의 대체 효과가 중요하다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.25% 이상의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.32% 이상의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.52% 이상의 %Ni가 바람직하다고 발견했

다. 특히 고온에서 높은 인성이 요구되는 경우에는 낮은 %Ni가 종종 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 1.8% 미만의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.78% 미만의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.49% 미만의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 상기 구성요소에 %Ni가 없는 것이 바람직하다고 보았다.

[0167] 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 상기 구성요소에 %Ni가 없는 것이 바람직하다고 보았다. 몇 가지 용도에서 상기 구성요소에 %Ni와 %B가 부재할 때, %Mn>0.1%가 바람직하다는 것을 발견했다. 상기 조성물에 %Ni와 %B가 상기 조성물에 존재하지 않는 특정 용도에 대해서는 %Mn>1.6%, 일부 용도에 대해서는 %Mn>2.6%가 바람직하다.

[0168] 발명자는 몇 가지 용도에서 %Ni가 0에서 2.8%사이, 일반적으로는 0에서 2.6% 사이, 심지어 0.1에서 2.6% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0169] 발명자는 %Cr+%B+%Ni에 포함된 성분이 너무 낮으면 %Mo성분이 없을 수 있다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 발명자는 %Cr+%B+%Ni<0.7이면 %Mn>2.2이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 발명자는 %Cr+%B+%Ni<0.6 이면 %Mn>2.3이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 발명자는 %Cr+%B+%Ni<0.7 이면 %Mn>2.1이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0170] 발명자는 일부 조성물에 대해 %Si가 본 발명의 긍정적인 효과를 중화시켜 높은 두께에서 얻을 수 있는 인성 값에 부정적인 영향을 미친다는 사실을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.4% 미만의 %Si가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.18% 미만의 %Si가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.08% 미만의 %Si가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.04% 미만의 %Si가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 상기 구성요소에 %Si가 없는 것이 바람직하다고 보았다.

[0171] 발명자는 몇 가지 용도에서 적은 Si함량이 바람직하며, 이러한 용도에 대해 %Si가 0에서 0.39%사이, 일반적으로는 0.001에서 0.23% 사이, 심지어 0.001에서 0.1% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0172] 발명자는 일부 조성물에 대해 %Se+%Te+%As+%Pb+%Sb+%Sn의 합을 통해 가공을 촉진시킬 수 있음을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 강 구성 %Se+%Te+%As+%Pb+%Sb+%Sn이 0.052%이상 포함되는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 하지만 특히 %Mn을 많이 포함할 때 %Se+%Te+%As+%Pb+%Sb+%Sn의 합은 본 발명의 강에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.19% 미만의 %Se+%Te+%As+%Pb+%Sb+%Sn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.09% 미만의 %Se+%Te+%As+%Pb+%Sb+%Sn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.04% 미만의 %Se+%Te+ %As+ %Pb+ %Sb+ %Sn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %Se+%Te+%As+%Pb+%Sb+%Sn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %Se+%Te+%As+%Pb+%Sb+%Sn가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0173] 발명자는 일부 조성물에 대해 %As+%Sb+%Sn의 합을 통해 가공을 촉진시킬 수 있음을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 강 구성 %As+%Sb+%Sn이 0.052%이상 포함되는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 하지만 특히 %Mn을 많이 포함할 때 %As+%Sb+%Sn의 합은 본 발명의 강에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.19% 미만의 %As+%Sb+%Sn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.09% 미만의 %As+%Sb+%Sn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.04% 미만의 %As+ %Sb+ %Sn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %As+%Sb+%Sn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %As+%Sb+%Sn가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0174] 발명자는 일부 조성물에 대해 %Se+%Te의 합을 통해 가공을 촉진시킬 수 있음을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 강 구성 %Se+%Te이 0.052%이상 포함되는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 하지만 특히 %Mn을 많이 포함할 때 %Se+ %Te의 합은 본 발명의 강에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.19% 미만의 %Se+%Te가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.09% 미만의 %Se+%Te가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.04% 미만의 %Se+%Te가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %Se+%Te가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %Se+%Te가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0175] 본 발명의 일부 용도에 있어, 본 발명자는 상기 강 조성물에 %P+%S가 더 포함되어 있음을 발견했다. 발명자는

%Mn을 많이 포함할 때 %P+ %S가 일부 조성물에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.028% 미만의 %P+%S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.018% 미만의 %P+%S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %P+%S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.0004% 미만의 %P+%S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %P+%S가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0176] 본 발명의 일부 용도에 있어, 본 발명자는 상기 강 조성물에 P 가 더 포함되어 있음을 발견했다. 발명자는 %Mn을 많이 포함할 때 %P 가 일부 조성물에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.028% 미만의 %P가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.018% 미만의 %P가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %P가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.0008% 미만의 %P가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %P 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0177] 본 발명의 일부 용도에 있어, 본 발명자는 상기 강 조성물에 S가 더 포함되어 있음을 발견했다. 발명자는 %Mn을 많이 포함할 때 %S 가 일부 조성물에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.018% 미만의 %S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.0008% 미만의 %S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %S 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0178] 본 발명의 일부 용도에 있어, 본 발명자는 상기 강 조성물에 O가 더 포함되어 있음을 발견했다. 발명자는 %Mn을 많이 포함할 때 %O 가 일부 조성물에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 14 ppm 미만의 %O가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 9 ppm 미만의 %O가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 6 ppm 미만의 %O가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 4 ppm 미만의 %O 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %O 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0179] 본 발명의 일부 용도에 있어, 본 발명자는 상기 강 조성물에 H2가 더 포함되어 있음을 발견했다. 발명자는 일부 조성물에서 %H2가 인성에 부정적인 영향을 미친다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 1.8 ppm 미만의 %H2가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.9 ppm 미만의 %H2가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.4 ppm 미만의 %H2가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.08 ppm 미만의 %H2가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %H2 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0180] 몰리브덴 함량은 중요하며 2차 탄화물에 존재하는 것이 거의 항상 큰 영향을 미치기 때문에 관련 속성의 대부분을 결정하는 데 매우 중요하다. 텁퍼링에 대한 저항이 요구 될 때, 몰리브덴이 너무 낮을 수 없다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 1.6% 이상의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 2.1% 이상의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 3.1% 이상의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 내마모성이 요구될 때는, %Mo가 더 높은 것이 좋다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 3.6% 이상의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 4.1% 이상의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 4.6% 이상의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 %Mo가 너무 높지 않은 것이 좋다. %V, %Cr, 및/또는 %W와 같은 탄화물 보조제가 많이 존재하는 경우에도 마찬가지다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 5.4% 미만의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 4.8% 미만의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 4.4% 미만의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 3.9% 미만의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 2.9% 미만의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0181] 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 최소한 1.4%의 %Mo를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 어떤 용도에서는 1.6에서 5.3% 사이의 %Mo가 바람직하고, 일반적으로 일부 용도에서는 2.2에서 4.8% 사이, 심지어

3.1에서 3.9%사이가 바람직하다.

[0182] 발명자는 본 발명의 일부 용도에 대해 %W의 두 배 무게 양으로 %Mo를 부분적으로 대체할 수 있음을 발견했다. 또한 일부 용도의 경우, 전 단락에서 %Mo에 대해 기술된 것은 %W에 적용되지만 표현된 함량은 두 배 이어야 한다. 이 점에서 부분 대체의 경우 %Moeq의 개념도 흥미롭고 상기에서 $%Moeq = %Mo + 1/2\%W$ 로 나타낸다. %Moeq에 대한 바람직한 함량은 위의 %Mo를 따른다. %Moeq에 대한 바람직한 함량은 상기 %Mo를 따른다. 일부 용도에 대해 %Mo를 %W로 대체하는 것은 바람직하지 않다. 본 발명의 일부 용도에 대해 0.8% 미만의 %W가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 %W가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0183] 발명자는 몇 가지 용도에서 %W가 0에서 4.1%사이, 일반적으로는 0에서 2.9% 사이, 심지어 0.001에서 2.9% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0184] 발명자는 몇 가지 용도에서 %Moeq가 0.1에서 3.9%사이, 일반적으로는 0.18에서 3.9% 사이, 심지어 0.8에서 2.8% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0185] 바나듐 함량은 중요하며 2차 탄화물에 존재하는 것이 거의 항상 큰 영향을 미치기 때문에 관련 속성의 대부분을 결정하는 데 매우 중요하다. 고온 경도가 요구될 때, %V가 너무 낮을 수 없다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.22% 이상의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.32% 이상의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.55% 이상의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.85% 이상의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 %V가 너무 높지 않은 것이 좋다. %Mo, %Cr, 및/또는 %W와 같은 탄화물 보조제가 많이 존재하는 경우에도 마찬가지다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 1.8% 미만의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 1.2% 미만의 %V를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.8% 미만의 %V를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.4% 미만의 %V를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.09% 미만의 %V를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서는 %Mo가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0186] 몇 가지 용도에서 %V가 0에서 1.2%사이, 일반적으로 일부 용도에서는 0에서 0.49% 사이, 심지어 0에서 0.1% 사이로 설정하는 것이 바람직하다. 발명자는 몇 가지 용도에서 최소한 0.01%의 %V를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0187] 때때로 과하지 않은 %Ti 함량이 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 1.8% 미만의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 1.3% 미만의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 %Ti가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 상기 강의 특성을 개선하는데 %Ti가 도움이 될 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.001% 이상의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.1% 이상의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0188] 발명자는 몇 가지 용도에서 %Ti가 0에서 1.6%사이, 일반적으로는 0에서 0.9% 사이, 심지어 0.3에서 0.1% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0189] 때때로 과하지 않은 %Co 함량이 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 2.3% 미만의 %Co 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 1.2% 미만의 %Co 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 %Co 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 상기 강의 특성을 개선하는데 %Co 가 도움이 될 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.001% 이상의 %Co 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.1% 이상의 %Co 가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0190] 발명자는 몇 가지 용도에서 %Co 가 0에서 2.1%사이, 일반적으로는 0에서 1.7% 사이, 심지어 0.01에서 1.3% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0191] 때때로 과하지 않은 %Cu 함량이 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 1.1% 미만의 %Cu 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.4% 미만의 %Cu 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 %Cu 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 상기 강의 특성을 개선하는데 %Cu 가 도움이 될 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.001% 이상의 %Cu 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.1% 이상의 %Cu 가 바람직하다는 것을 발견했다.

했다.

[0192] 발명자는 몇 가지 용도에서 % Cu 가 0에서 0.9%사이, 일반적으로는 0에서 0.7% 사이, 심지어 0.01에서 0.6% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0193] 때때로 과하지 않은 %Al 함량이 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.35% 미만의 %Al 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.2% 미만의 %Al 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 %Al 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.001% 이상의 %Al 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.1% 이상의 %Al 가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0194] 발명자는 몇 가지 용도에서 %Al 가 0에서 0.35%사이, 일반적으로는 0에서 0.25% 사이, 심지어 0.01에서 0.25% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0195] 발명자는 몇 가지 용도에서 %Cu+%Co+%Al+%Ti>0.01%를 가지는 것이 유익하며, 일반적으로 어떤 용도에 대해서는 %Cu+%Co+%Al+%Ti>0.1%, 심지어 어떤 용도에서는 %Cu+%Co+%Al+%Ti>0.2%가 유익하다는 것을 발견했다.

[0196] 발명자는 몇 가지 용도에서 %V+%Al+%Ti>0.001%를 가지는 것이 유익하며, 일반적으로 어떤 용도에 대해서는 %V+%Al+%Ti>0.01%, 심지어 어떤 %V+%Al+%Ti>0.1% 가 유익하다는 것을 발견했다.

[0197] 발명자는 일부 용도에 있어 특정 포함 형태론을 %Gd+%Nd+ %Sm+%Y+%Pr+%Sc+%Pm+%Eu+%Tb+%Dy+%Ho+%Er+%Tm+%Yb+%Lu의 합을 통해 촉진할 수 있음을 알게 되었다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.2% 이상의 %Gd+ %Nd+ %Sm+ %Y+ %Pr+ %Sc+ %Pm+ %Eu+ %Tb+ %Dy+ %Ho+ %Er+ %Tm+ %Yb+ %Lu 가 바람직하다는 것을 발견했다. 하지만 %Gd+ %Nd+ %Sm+ %Y+ %Pr+ %Sc+ %Pm+ %Eu+ %Tb+ %Dy+ %Ho+ %Er+ %Tm+ %Yb+ %Lu의 합은 인성에 부정적인 영향을 미친다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.04% 미만의 %Gd+ %Nd+ %Sm+ %Y+ %Pr+ %Sc+ %Pm+ %Eu+ %Tb+ %Dy+ %Ho+ %Er+ %Tm+ %Yb+ %Lu가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.008% 미만의 %Gd+ %Nd+ %Sm+ %Y+ %Pr+ %Sc+ %Pm+ %Eu+ %Tb+ %Dy+ %Ho+ %Er+ %Tm+ %Yb+ %Lu가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 %Gd+ %Nd+ %Sm+ %Y+ %Pr+ %Sc+ %Pm+ %Eu+ %Tb+ %Dy+ %Ho+ %Er+ %Tm+ %Yb+ %Lu 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0198] 발명자는 본 발명의 일부 용도에서 %Al, %Ti, %Ta, %Zr, %Hf, %Nb, %Cu, %Co, %La, %Ce, 및 %Cs가 인성에 부정적인 영향을 미친다는 사실을 발견했다. 발명자는 본 발명의 일부 용도에서 %Al, %Ti, %Ta, %Zr, %Hf, %Nb, %Cu, %Co, %La, %Ce, 및 %Cs을 0.38% 미만으로 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 발명자는 본 발명의 일부 용도에서 %Al, %Ti, %Ta, %Zr, %Hf, %Nb, %Cu, %Co, %La, %Ce, 및 %Cs을 0.18% 미만으로 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 발명자는 본 발명의 일부 용도에서 %Al, %Ti, %Ta, %Zr, %Hf, %Nb, %Cu, %Co, %La, %Ce, 및 %Cs을 0.08% 미만으로 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 %Al, %Ti, %Ta, %Zr, %Hf, %Nb, %Cu, %Co, %La, %Ce, 및 %Cs가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0199] 본 발명자는 본 발명의 현 측면 실시 예에서 단순 팽창 실험을 포함하는 일부 용도 범위 내, 유요한 조성물을 선택하는 것이 가능하다는 점을 발견했다. 재생성과 정확도가 0.005%이상이고 용해도 증가가 5 nm이상이며 온도 편차가 5°C 을 넘지 않는 일정하게 냉각을 실시할 수 있는 팽창계가 바람직하다. 상기 실험에서는 후보 소재 시료를 1030°C에서 최소한 20분간 오스테나이드화 하고 100°C에서 3K/분의 비율로 일정하게 냉각한다. (길이를 시간 증분으로 나눈 값으로 정규화한 길이 증가 증분한) $d(dL/L)/dt$ 와 냉각 온도를 나타내는 도표를 나타냄. 600°C 미만이며, 상기 곡선은 매우 수평 적이며 TD 특정 온도에서 급락을 보인다. (도-1과2: 1-곡선도와 2-TD값의 예 참조) 일부 실시 예의 경우 TD는 $0.5 \times 10^{-4} \text{ min}^{-1}$ 의 하락이 발생하는 온도이다. 일부 실시 예의 경우 TD는 $1 \times 10^{-4} \text{ min}^{-1}$ 의 하락이 발생하는 온도이다. 일부 실시 예의 경우 TD는 $1.5 \times 10^{-4} \text{ min}^{-1}$ 의 하락이 발생하는 온도이다. 일부 실시 예의 경우 TD는 $2 \times 10^{-4} \text{ min}^{-1}$ 의 하락이 발생하는 온도이다. 일부 실시 예에서 TD가 460°C 이하면 상기 강 조성물과 열기계적 처리가 유효하다. 일부 실시 예에서 TD가 419°C 이하면 상기 강 조성물과 열기계적 처리가 유효하다. 일부 실시 예에서 TD가 360°C 이하면 상기 강 조성물과 열기계적 처리가 유효하다. 일부 실시 예에서 TD가 340°C 이하면 상기 강 조성물과 열기계적 처리가 유효하다. 일부 실시 예에서 TD가 318°C 이하면 상기 강 조성물과 열기계적 처리가 유효하다. 일부 실시 예에서 TD가 290°C 이하면 상기 강 조성물과 열기계적 처리가 유효하다. 일부 실시 예에서 TD가 2740°C 이하면 상기 강 조성물과 열기계적 처리가 유효하다. 일부 실시 예에서 TD가 260°C 이하면 상기 강 조성물과 열기계적 처리가 유효하다.

하다. 일부 실시 예에서 TD가 230 °C 이하면 상기 강 조성물과 열기계적 처리가 유효하다.

[0200] 발명자는 이러한 효과가 언뜻 보기보다 훨씬 더 놀랍다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 강의 경우에 대해서 마르텐사이트화 미세구조 (템퍼링된 마르텐사이트) 가 더 이상 필수적이지 않기 때문이다. 그리고 사실, 높은 신성 특성을 가진 비 마르텐사이트 구조도 높은 두께의 경우에도 가능할 수 있다. 주로 베이나이트 (bainitic) 구조는 매우 흥미로울 수 있다. 특히, 웬청 이후의 경도가 관심 영역 템퍼링 후의 경도 보다 최소한 8 HRc미만 일 때 그러하다. 놀랍게도, 베이나이트 마이크로구조는 본 발명의 일부 실시 예에 있어서 특히 흥미롭다 (이는 온도 및 상위 전통적인 마르滕사이트 형성 온도를 형성하는 베이나이트 및 전통적인 페라이트 혹은 펠라이트로 형성된 미세구조로 이해된다. 예를 들어, Whitmanstatten ferrite는 본 문서에서 베이나이트로서 간주된다).

[0201] 본 발명의 공구강은 어느 표면 열처리(표면 템퍼링, 카뷰레이션 (carburation), 니트류에이션 (nitration), 보우레이션 (boruration) 등 혹은 AISI H13강에 적용 가능한 피 복 (covering) (PVD, CVD, TD, 고온 분사, 저온 분사, 이온 주입법, 액상 배치, 전기-화학적 방법 등) 으로 처리될 수 있다.

[0202] 상기 강 조성물은 $51 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{-1/2}$ 이상인 실온에서 파괴인성을 가지며, 350 mm 두께에 조각에 적용한 뒤에 그려하다. 이때 1020 °C 초과 온도에서 오스테나이트화를 포함하는 열처리를 가지고, 이후 최소 3번의 열처리 사이클을 가진다. 상기에서 최소한 520 °C 초과 온도에서 템퍼링이 이루어지고 상기 강은 42-44 HRc의 경도를 가진다.

[0203] 본 발명의 강은 적층 제조품에 특히 유익하다. 이런 의미에서, 본 발명의 강을 분말 형태로 제조하는 것이 종종 흥미롭다.

[0204] 본 발명의 강은 높은 열-기계적 솔리시테이션을 가지는 용도에 대한 큰 도구나 나이의 제조에 특히 흥미롭다. 전통적인 용도에는 알루미늄 다이 캐스팅 (쉘에서, 저압, 고압, 고체 상 (thixo) 으로 존재 할 때 중력으로 인하여), 구리, 황동, 청동과 같은 고합금 주입이 있다. 합금이 가능하다면 어느 종류의 압출. 자유 혹은 폐쇄 단조 (Forge in open die or close die). 나아가 고분자 형성체(열가소성 수지 혹은 열가소성 스테이블 (stable)). 고온 스템핑. 시트 혹은 작은 두께의 구성요소의 초소성 변형 등이 있다.

[0205] 본 발명의 또 다른 측면은 열간 공구의 제조 방법을 말한다, 한 실시 예에서 본 발명은 303 mm를 초과하는 두께의 열간 공구 제조 방법을 의미한다.

[0206] 상기 방법은 다음 단계를 따른다:

[0207] 위에 기술된 조성의 어느 열간 공구 강을 선택;

[0208] 선택적으로 소재의 오스테나이트화 온도 이하에서 하나 이상의 가공 단계 및/또는 열처리를 적용(또한 극저온 열처리를 포함);

[0209] 980 °C 이상에서 최소한 부분적인 오스테나이트화를 포함하는 템퍼링을 적용;

[0210] 선택적으로 소재의 오스테나이트화 온도 이하에서 하나 이상의 가공 단계 및/또는 열처리를 적용(또한 극저온 열처리를 포함);

[0211] 520 °C 초과 온도에서 최소한 한 번 이상 소재를 템퍼링;

[0212] 선택적으로 소재의 오스테나이트화 온도 이하에서 하나 이상의 가공 단계 및/또는 열처리를 적용(또한 극저온 열처리를 포함) 그리고/또는 표면 처리하거나 코팅.

[0213] 다른 측면에서, 본 발명은 다음 단계로 구성된 열간 공구 소재 제조에 관한 방법에 관련있다:

[0214] a) 1에서 6까지의 어느 이전 항에 따른 공구강을 공급;

[0215] b) 980 °C 이상에서 최소한 부분적인 오스테나이트화를 포함하는 템퍼링을 적용; 그리고

[0216] c) 520 °C 초과 온도에서 최소한 한 번 이상 소재를 템퍼링,

[0217] 그럼으로써 $51 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{-1/2}$ 보다 높은 실온에서 40 HRc 이상의 경도와 파괴인성을 갖는 열간 공구를 획득

[0218] 선택적으로 b)이후와 c)단계 이전에 소재의 오스테나이트화 온도 이하로 하나 이상의 가공 단계 및/또는 열 처리를 적용한다. (또한 극저온 열처리를 포함)

[0219] 선택적으로 c)단계 이후 소재의 오스테나이트화 온도 이하로 하나 이상의 가공 단계 및/또는 열 처리를 적용한

다. (또한 극저온 열처리를 포함).

[0220] 조직, 기계 부품 도구 및 다른 것들의 열화 (degradation) 와 파괴 (failure) 큰 비용을 초래한다. 기계 공구나 다른 공구들의 많은 구조물과 부품들의 내구성에 있어서 소재가 결정적인 역할을 오랫동안 해왔다. 연구와 발명으로 인해 특정 용도에 맞는 향상된 소재를 개발해왔다.

[0221] 많은 용도에서 몇 가지 특성만 수요가 많다. 환경적, 마찰학적, 열학적 요구가 높은 기계적 특성이 요구치인 많은 용도의 경우 이는 쉽게 충족된다. 높은 기계적 강도가 요구되는 경우에도 파괴 인성 수준이 낮은 경우가 많다. 지난 수십년 간 기술이 발전함에 따라 높은 기계적, 마찰학적, 환경적 및/또는 열 하중의 조합을 동시에 견딜 수 있는 소재를 더 많은 용도에서 필요로 한다. 이러한 용도 중 일부의 경우, 적용 가능여부가 결정적이기에, 비용 또한 소재의 추가적인 핵심 요구사항이다.

[0222] 철 기반 합금 혹은 강은 소위 High Speed Steels 및 Supercarburated steels라 불리며 높은 내마모성을 지닌다. 그러나 이는 종종 높은 열 및 환경적 부하를 견디는데 적합하지 않다. 대부분의 산화 및 부식성 환경에 대한 제한된 열 전도, 매우 낮은 온도의 저항 및 열악한 환경 저항을 가지고 있기 때문이다. 소재의 층에서 얻을 수 있는 더 높은 열전도성과 템퍼링 저항성으로 보았을 때 초경합금 (hard metal) 혹은 다른 금속 메트릭스 탄화물 구성요소들은 더 높은 열 부하 능력을 나타낸다. 하지만 환경 저항은 많은 부식성 및 산화성 환경에 대해서는 여전히 취약하며 비용은 환경 저항을 많은 경우에 적용할 수 없게 한다.

[0223] 기계적 강도가 매우 높은 강철 기반 합금이 존재하지만, 이들 합금은 마모 저항성이 낮고 환경 저항성이 제한되며 열 전도도가 제한된다.

[0224] 특정 환경에 대한 높은 환경 저항성을 가진 여러가지 소재가 개발되었으며 모델 합금과 상기 스테인리스 강이 그 예가 될 수 있다. 이 경우, 마찰학상 부하가 크고 높은 열 전도성이 요구될 때, 어려움이 발생한다. 종종 충분한 비용은 그 사용 가능 여부의 문제다.

[0225] 때때로 열 부하가 금속 소재에서 가능한 낮은 낮은 열 전도성을 필요로 하며, 이러한 용도에 Ti 기반 합금이 자주 사용된다. 이 합금은 높은 온도에서 내마모성과 산화 저항성이 부족하며 관련 비용으로 인하여 종종 무시된다.

[0226] 지난 수십 년간 여러 재료 분야에서 동시에 높은 수요를 가진 복잡한 조합을 견딜 수 있는 시스템을 제공하기 위한 많은 개발 노력이 이루어졌다. 하지만 많은 용도에서 그러한 특징을 나타내는 대량 소재를 요구한다.

[0227] 강 내에 환경적 저항을 요구할 때는, 높은 크롬 함량을 포함하는 (일반적으로 중량 대비 10% 초과) 크롬 산화물 재생가능 보호 필름에 의존하는 경향이 많다. 아쉽게도 강의 크롬 함량이 높다는 것은 기계적 강도와 인성 사이에 달성할 수 있는 최고의 성분의 하락을 의미한다. 또한 높은 크롬 함량은 낮은 전기 전도율과 낮은 열 전도율과 연관되어 있다. 금속에 메탈 슬라이딩 (metal sliding) 이 발생할 때 높은 크롬 함량은 평가되지 않는 강에 끈적거리는 작용을 제공한다 (sticky behavior). 또한 다른 것들 중 자기, 전기, 기계 및 마찰학상의 거동은 높은 크롬 함량이 강에 있을 때 달성될 수 없다.

[0228] 소재에 대한 저항이 주어진 요구사항이 만족스러울 뿐 아니라 그 이상인 반에(초과는 불필요한 것으로 간주될 수 있다) 상기 용도에 대한 다른 관련 특성에 대해 명백한 결점이 있다는 것이 흔한 문제이다.

[0229] 이러한 이유로 다음 중 최소 두 가지 이상으로 구성된 복잡한 부하 시스템에서 높은 수준의 요구를 감당할 수 있는 대량의 소재가 필요하다: 기계적인 것(기계적 강도, 항복 강도, 파괴 강도....) 마찰학상 (응착마모, 연마 마모, 침식마모....) 열학적(고온 열전도성, 저온 열전도성, 고온에서의 연마 저항성....) 및/또는 환경적 특히나 환경적 솔리시테이션이 중요한 경우가 다음과 같다.

[0230] 저자들은 낮은 크롬 함량 혹은 의도치 않은 크롬의 사용을 사용하여 특정 혹독한 환경에 대한 저항을 보여주는 강을 얻기 위한 문제는 어느 효과의 조합을 통하여 해결할 수 있다는 것을 발견했다. 첫 째로, 철의 산화 안정제, 바람직하게는 충분하게 많은 양의 인을 제공하는 것이고 둘 째는, 강한 비용에 산화제를 발생시킬 수 있는 최소한 하나의 원소를 제공하는 것이다. 강한 산화제를 제공하는 선호 요소로는 Ti와 Al가 있다. 그러나 이는 Cr, Zr, Ta 혹은 심지어 Hf로 부분적 또는 완전히 대체할 수 있다. 다른 산화물은 다른 매개체에서 다르게 작용하기에, 저항 매개체를 기반으로 하여 비용에 산화제를 선택하는 것이 일반적이다. 본 발명자는 복잡한 산화물을 얻기 위해 불용성 산화물 형성제를 혼합하여 특별한 좋은 결과를 얻을 수 있다는 것을 발견했다. Cu, Ni 및/또는 Mn등이 상기 미세구조를 통제하기 위해서 세 번째 중요 요소 (critical element)로서 종종 추가된다. 본 발명은 거의 모든 종류의 강과 강 미세구조에 특정한 혹독한 환경에 대한 저항력을 제공한다, 따라서 특정한 특

징을 제공하기 위해 상기 조성에 몇 가지 특정한 원소가 종종 추가된다 (예를 들어 기계적, 마찰학적, 전기적, 자기적, 열적, 원자력적인 특성이 그러하다). 상기 합금에 %C가 추가될 때 (%N 과 %B도 동일하게 적용됨), Ti에 대한 이 원소들의 관련성이 아주 강하다 그리고 결합되면, 상기 Ti는 보호하는 티타늄 산화물을 형성할 수 없다. 따라서 상기 효과를 고려하기 위해 %Ti 수준을 증가 시키거나 %C의 결합을 고려하기 위해 더 강한 탄화물 보조제가 사용 되어야 한다. Ti보다 강한 탄화물 보조제는 Zr, Hf 및 Ta다.

[0231] 본 발명의 다른 측면에서는 %Cr의 낮은 수준이 요구되거나 Cr이 없어도 특정 대기 및 매개체에 대한 환경 저항성을 유지할 수 있다. 이것은 매우 극적인 비용적 영향뿐만 아니라 이러한 환경적 저항력과 함께 달성할 수 있는 특성에 매우 강력한 영향을 미친다. 부식 저항성을 동시에 제공해야 한다면 가장 높은 수준에서 가장 최고의 특성 조합을 달성할 수 없다. 첫 번째 예로, 베이나이트 구조와 이러한 미세구조와 함께 가능한 뛰어난 특성의 조합을 간주해보면 지난 몇 년간 많은 발전이 있었다. 높은 수준의 %Cr은 TTT 도에서 베이나이트 영역을 상업적으로 불가능하게 만들고 제거한다.

[0232] Cr을 추가하여 내식성과 좋은 기계적 특성을 유지하기 위하여, 가장 널리 사용되는 솔루션은 대략 18% Cr, 8% Ni 및 낮은 %C 와 다른 침입 (interstitials) 을 포함하는 오스테나이트 스테인레스 강이다. 이러한 합금은 존재하는 철보다 한 자릿수 높은 비용을 의미한다. 같거나 그 이상의 특성은 높은 강도의 시트로 얻어질 수 있으며 상기에서 관련 합금 비용은 존재하는 철만큼 높지는 않다. 환경 저항을 얻을 수 있는 최소 합금 비용은 존재하는 철의 그 수준 만큼 본 발명 내에서 달성할 수 있다.

[0233] 특정 환경에 대한 저항성 평가는 전기 화학을 통해 이루어진다. 본 발명에서, NaCl 5% 용액 전지(cell)와 Ag/AgCl의 기준전극 그리고 0.16 mV/s의 주사율이 사용되었다. 표 4는 기존의 스테인리스 강 AISI316(ex3.3)과 비교하여 평가된 다양한 구성을 보여 준다. 도1은 타펠 플롯 결과를 나타내고 표5는 분석한 조성물에 대한 부식율을 보여준다. 보는 바와 같이, 본 발명의 모든 조성물은 기존의 스테인리스 강 및 그들 중 일부 (예 3.1과 3.5) 와 같이 비슷한 부식 반응이 얻어지거나 더 좋다. 상기 부식반응은 타펠 플롯을 통해서 측정되었으며 상기에서 산화 환원 곡선의 조합으로 직접적인 부식율 측정을 한다.

[0234] 본 발명자는 철 산화물이 안정제가 몇 가지 다른 환경적 저항을 제공하기 위해 다른 단단한 산화물과 조합 형태로 사용될 수 있음을 관측했다. 이 발명의 핵심 문제는 원하는 보호 산화물이 표면에서 원하는 방식으로 형성되도록 하는 것이다. 이 목적을 위해 중요한 원소가 다른 원소가 아닌 바람직한 형태로 존재하는 것이 중요하다. 이 예를 보여주기 위해 반례가 제공될 수 있다. %Ti와 %Al이 메인 보호 산화물 형성제로서 나타나고 상기 합금이 %C와 %Ni를 포함하고, 이것이 호독한 매개체에 배치될 경우 그러하다. 대부분의 %Ti는 티타늄 탄화물을 형성하기 위해 %C와 혼합된다. 그리고 대부분의 %Al은 interstitials (NiAl 혹은 Ni₃Al) 을 형성하기 위해 %Ni와 혼합되고 따라서 상기 보호 산화막에 쉽게 합쳐지지 않는다.

[0235] 일단 산화철이 안정화되면, 또 다른 더 단단하고 안정적인 산화물을 가진 산화막을 짓는 것이 훨씬 쉽다는 것을 본 발명자는 놀랍게 관측했다. 경제적인 후보 원소 즉, Cr, Al 및 Ti를 시작으로 본 발명자는 다음 관측을 했다:

[0236] 원하는 특성을 얻기 위해 %C가 필요한 경우 산화 Ti에 영향을 주지 않도록 특별한주의를 기울여야합니다.

[0237] 시트, 튜브, 바, 모든 형태의 부품, 프로필, 블록, 튜브, 분말, 와이어, 로드....

[0238] 본 발명자는 스페인의 루비 (Rubí) 에서 수돗물뿐만 아니라 탈염수에서도 담금 테스트를 실시했다. 고온에서의 산화 저항과 다른 산과 기본 수용액에 대한 저항도 평가되었다.

[0239] 문헌에 따르면, 강철에 %Ti 와 %P를 결합하는 것은 연성과 인성 면에서 매우 좋은 생각이 아니다. %P는 강한 고용체의 강도 촉진제지만 연신율을 저하시키기도 한다. %C와 %Ti 중 다른 원소들이 나타나면 특히 그러하다고 보고되었다. 따라서 본 발명에서는 연신율과 인성이 실제적인 과제이고 본 발명의 상기 합금이 연신율이 적게 필요한 곳에만 사용될 수 있다고 거의 기정화한다. 발명가들은 만약 특정한 규칙이 지켜진다면, 이것은 반드시 사실이 아니며 심지어 매우 놀라울 정도로 높은 연신율과 인성 가치가 달성될 수 있다고 놀라운 관찰을 했다.

[0240] %Ti와 %P 모두 강한 페라이트 안정화 원소이다; 오스테나이트 미세구조와 오스테나이트 분해로 인한 미세구조가 바람직할 때 다른 오스테나이트 안정제를 사용할 필요가 있다. 이 경우 %C가 이 목적의 강한 물질이지만, 이것이 존재하고 농축되는 것은 다른 기준에 의해서 종종 고정된다(%N 와 %B의 경우도 마찬가지), 그래서 다른 감마 안정화 원소들과 함께 조정이 필요하다.

[0241] 혹독한 환경의 특성에 따라 보호 층의 형성을 위해 다른 산화물 형성제가 선호될 것이다. 본 발명자는 선호하는

산화물이 산화 티타늄, 산화 알루미늄, 산화 지르코늄, 산화 몰리브덴/텅스텐, 산화 크롬임을 발견했다. 혼합 산화물은 또한 각각의 단순한 산화물의 특정한 단점들을 극복하는데 매우 효과적이다.

[0242] 또한 양극 산화 혹은 단순 패시베이션 (passivation) 을 통한 (자연 내후성 (natural weathering) 이든 얻어지는 인공적으로 듣지) 각각 산화물이 얻을 수 있는 색상은 원소를 형성하는 산화물을 선택하는 이유가 될 수 있다.

[0243] 스테인리스 강의 외관과 광택을 복제하는 용도에서는 산화물 보호를 위한 크롬을 추가하는 것이 바람직하다. 본 발명에서 크롬을 첨가하는 것에 대한 실질적인 한계는 관찰되지 않았지만, 분명히 더 흥미로운 실시 예는 크롬을 약간 추가한 것들이다.

[0244] 본 발명자는 충분한 양의 산화물 형성제에 대해, 이것이 보호 산화물 층을 형성하는데 명백히 충분한 양임을 관측했으며, 최종 중량 백분율이 아니라, 산화철의 안정제가 더 이상 필요하지 않다. 산화물을 안정화할 필요가 없도록 요구되는 최소 수량은 산화물 형성제의 특성에 따라 달라진다. 산화 철을 안정화할 필요가 없다는 것은 필요한 인광체의 양이 훨씬 적다는 것을 의미하며, 불순물 수준에서 존재하거나 존재할 수 있는 경우도 있다. 크롬이 주요 산화물인 경우.

[0245] 대부분의 공구 용도에는 높은 경도와 내마모성을 필요로 하며, 이는 Al/Mn 합금의 주요 단점이다. 저자들은 이것이 구성 규칙과 열 처리를 적용함으로써 해결될 수 있다는 것을 발견했다. 어떤 경우에는 적용 가능한 열처리를 간결하게 기술할 수 없다. 그래서 상기 솔루션을 정의하기 위해 미세구조 특징과 구성 규칙을 사용하는 것이 바람직하며, 다행스럽게도 미시적인 규모 (microscopic scale) 로 미세구조 특징이 되기 때문이다. 일반적으로 높은 수준의 %Ceq는 경질 입자 (hard particles) 의 원하는 경도와 부피율을 제공하기 위해 필요하다.

[0246] %Al 및 %Si를 추가하지 않고도 상기 합금의 주변 저항 (ambient resistance) 과 할 수 있는 일부 용도가 있지만, 몇 가지 용도는 높은 산화 저항성을 필요로 한다.

[0247] 일부 용도에서는 비자성 거동을 필요로 한다. 즉, 플라스틱 사출 성형 (plastic injection molding) 이 그러하며 상기에서 사출된 고분자는 자성 입자를 포함한다. 이러한 용도의 경우 "바로 사용 가능한 (ready to use)" 미세구조에서 최소한 55%의 오스테나이드를 가지는 것이 바람직하며, 82% 이상의 오스테나이드가 바람직하고 93% 혹은 99% 이상이 더욱 바람직하다 (심지어 100%는 더욱 좋다).

[0248] 고온에서 사용하는 일부 용도의 경우, ambient attack 으로 인한 열화를 방지하는 것이 중요할 뿐만 아니라 열손실을 최소화하는 것이 바람직하다. 그러한 용도 중 하나가 바로 열 스탬핑의 핫 존 (hot zones) 이다. 이러한 경우 상기 공구가 본 발명의 소재로 제작된 경우에는 만든 조성물로부터 과도한 열 손실을 방지하기 위해서 열 전도성이 낮은 소재를 사용하는 것이 매우 바람직하다. 저 열 전도성을 달성하기 위해서는 저 열 확산, 저 밀도 및 저 비열이 바람직하다. 이러한 측면에서 한 가지 매우 흥미로운 원소는 밀도에 상당한 영향을 미치기 때문에 Al이다. 그러한 목적을 위해서는 6.2% 초과 %Al, 바람직하게는 7.3% 초과, 더욱 바람직하게는 8.3% 초과, 더욱 바람직하게는 9.3% 혹은 심지어 10.4%가 밀도에 상당한 영향을 가지기 위해 사용되어야 한다. 열 확산율을 낮추기 위해서는 상기 탄화물 내에 음자와 전자에 대한 높은 농도 상태를 피하는 것이 바람직하며 심지어 모든 상에서 분산 효과 (scattering effects) 를 최대화하는 것이 더욱 중요하다. 참고 문서에서 설명한 대로, 원자 수준에서 결함이 있는 구조물을 얻음으로써 산란이 현저하게 증가할 수 있다. 불행하게도 그러한 미세 구조적 특징들은 나노규모의 하위 규모 (sub-nanometric) 에 있다(모든 상에 있어서 운반체의 밀도 상태와 유동성의 최적화에 따라서, 원자 배치). 따라서 용도를 작성할 때, Guidelines C-11, 4.11을 참고하는 용도(오늘날은 Guidelines 2012, Part F, Chapter IV, point 4.11, "Parameters")는 거의 가능한 모든 파라미터를 확인했다. 이는 하위 나노 하위 범위 계측에서 구조적 특징이 일반적이지 않은 파라미터를 설명하기 위함이다. 이는 명확함이 부족하기에 처음에는 진실로 보일 수 있다. 단, 단 하나의 예외가 하위 나노 미터에서 언급된 구조적 특성을 명백히 설명한다. 따라서 이 파라미터는 구조적 특징을 합리적으로 설명하기 위해 선택된다. 본 발명과 아직 기술되지 않은 용도에서, 본 발명자는 10 W/mK 이하, 바람직하게는 7.34 W/mK 이하, 더욱 바람직하게는 6.81W/mK 이하 심지어 5.4 W/mK 이하의 열 전도율의 핵심은 낮은 열 확산율을 가지는 것이며, 두 번째 경우에는 낮은 밀도라는 점을 발견했다. 열 용량은 동일한 영향을 미치며, 가능한 최소화하는 것이 바람직하지만, 본 발명의 합금의 중요성은 훨씬 적다. 본 발명에서 3.5 mm²/s 이하, 바람직하게는 2.6 mm²/s 이하, 더욱 바람직하게는 1.74 mm²/s 이하 또는 1.46 mm²/s 이하의 열 확산율이 바람직하다; 일부 용도의 경우 0.98 mm²/s 미만이어야 한다. 밀도의 경우, 6.47 gr/cm³이하, 바람직하게는 5.21 gr/cm³ 이하, 더욱 바람직하게는 4.41 gr/cm³ 심지어 3.74 gr/cm³ 이하가 더욱 바람직하다. 이러한 %Al과 %C의 양을 가지고 충분한 인성을 얻는 것은 꽤 어려

운 일이다. 일부 용도에서는 낮은 수준의 인성이 가능하므로 특별한 주의를 기울일 필요가 없다. 다른 용도에서는 더 높은 수준의 인성을 필요로 한다; 여기서 본 발명자는 동시에 또는 독립적으로 사용될 수 있는 두 가지 접근법을 발견했다: 구성적 방법 (composition strategy) 과 미세구조적 방법 (microstructural strategy) 이다. 구성적 방법은 특정한 원소의 양을 제한하는 것이다. 따라서 %C가 0.74% 이상, 바람직하게는 0.85% 이상, 더욱 바람직하게는 0.93% 이상, 더욱 바람직하게는 0.96% 이상 혹은 1.15% 이상일 때는, %Al을 10.11%, 바람직하게는 9.01% 미만, 바람직하게는 8.34% 미만, 더욱 바람직하게는 7.64% 심지어 6.54% 이하로 이러한 용도일 때 유지하는 것이 좋다.

[0249] 미세구조 방법은 취성 (brittle) 미세구조의 형성을 최소하거나 피하는 것으로 구성된다. 취성 미세구조는 38% 미만, 바람직하게는 24% 미만, 더욱 바람직하게는 13% 또는 8% 미만으로 유지되어야 한다. 까다로운 용도의 경우 취성 미세구조는 5% 미만이거나 가능하다면 없어야 한다.

[0250] 합금 설계 시 몇 가지 고려 사항 및 합금 규칙을 고려해야 한다. 기술적인 문제를 해결하는 데 가장 관련성이 있는 부분이 가까운 단락에 설명되어 있다. 그러나 일반적으로 이 특성은 소재의 우수한 성능을 위해 다른 특성과 균형을 이루어야 한다. 본 발명자는 놀랍게도 몇 가지 규칙이 고려된다면, 최종 용도에 필요하다면 본 발명에서 다른 특성을 지닌 조성물을 얻을 수 있다는 점을 발견했다.

[0251] 다행스럽게도, 위 단락에서 설명한 합금의 경우, ambient attack, 경도, 마모 저항, 낮은 열 전도성에 대한 저항 등의 대부분의 흥미로운 특성치를 포함하는 일반적인 열처리를 찾는 것이 가능하다. 이러한 유형의 열처리는 특히 관련 특성 중 하나가 다른 특성보다 훨씬 더 바람직할 때만 적용할 수 있는 것이 아니다. 즉, 열전도율이 경도와 내마모성보다 훨씬 더 관련성이 높다면 완전히 다른 열처리가 사용될 것이며, 이는 상기 범위 내에서 선택된 화학적 조성물에 다른 각각의 경우에 될 것이다. 선호되는 열처리는 석출 (precipitation)로 구성되며, 최종 용도마다 다르지만, 최소 500 °C 바람직하게는 550 °C 이상, 더욱 바람직하게는 600 °C 이상, 심지어 675 °C 이상의 온도에서 실시한다. 하지만 이 온도를 850 °C 이하, 바람직하게는 750 °C 이하, 더욱 바람직하게는 725 °C 이하, 심지어 700 °C 이하로 유지하는 것을 추천한다. 경도를 더욱 향상시키기 위해서, 300 °C 초과, 바람직하게는 350 °C 초과, 더욱 바람직하게는 400 °C 심지어 450 °C 초과 온도에서 두 번째 석출을 진행하는 것이 아주 흥미롭다. 하지만 이 온도는 700 °C 이하, 바람직하게는 650 °C 이하, 더욱 바람직하게는 600 °C 이하, 심지어 575 °C 이하로 유지하는 것을 추천한다. 소재에 대해 선택된 제조 방법에 따라, 밀링(milling), 단조 혹은 적용된 어느 열-기계적 제조 (thermo-mechanical processing)방법 후에 어닐링 처리 (annealing treatment)를 하는 것이 바람직할 수 있다. 특정 용도의 경우, 850 °C 초과, 바람직하게는 900 °C 초과, 더욱 바람직하게는 960 °C 초과, 심지어 980 °C 초과지만 1200 °C 이하, 바람직하게는 1175 °C 이하, 더욱 바람직하게는 1120 °C 이하, 심지어 1080 °C 이하 온도로 고온 유지단계 (high temperature holding step)를 포함하는 것이 바람직하다.

[0252] 위에 설명한 용도의 어느 것도 상기 강 조성물의 다른 실시 예와 일치하며 이 문서에 설명된 다른 모든 실시 예와 조합될 수 있다. 이는 각각의 특징이 양립할 수 없을 때까지 가능하다.

[0253] 따라서, 본 발명의 선호되는 실시 예에 따르면 상기 철은의 조성을 가지며, 모든 백분율을 중량 백분율로 나타낸다.

$$\%Ce_{eq} = 0.4 - 4 \%C = 0.4 - 4 \%N = 0 - 0.6 \%B = 0 - 4$$

$$\%Cr = 0-11 \%Ni = 0 - 9.5 \%Si = 0 - 4 \%Mn = 10 - 40$$

$$\%Al = 0 - 17 \%Mo = 0 - 10 \%W = 0 - 6.2 \%Ti = 0 - 6.4$$

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

$$\%Nb = 0 - 3 \%Cu = 0 - 6 \%Co = 0 - 7 \%Lu = 0 - 2$$

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

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

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

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

$$\%P = 0-2 \%S = 0-2$$

- [0264] 나머지는 철과 미량원소로 구성되며 상기에서,
- [0265] $\%C_{eq} = \%C + 0.86*\%N + 1.2*\%B$ 이며;
- [0266] 상기에서 $\%Al + \%Si + \%Cr + \%V > 2\%$; 그리고
- [0267] $\%C > 0.9\%$ 일 때, $\%Al < 10\%$ 를 가진다.
- [0268] 또 다른 측면에서, 이 발명은 큰 단면의 경우에도 높은 강도의 특성을 가진 위의 구성을 가진 강철을 말한다. 위의 구성을 구체화한 것은 바로 열간 강철이다. 위의 구성을 구체화한 것은 바로 열간 공구 강철이다. 한 실시 예에서 위의 구성의 철은 부분적으로 마르텐사이트 성질을 띤다. 한 실시 예에서 위의 구성의 철은 부분적으로 베이나이트 성질을 띤다.
- [0269] 금속공학적 관점에서 볼 때, C_{eq} 측면에서 강의 조성이 일반적으로 주어진다 이는 탄소 자체 뿐 아니라 명목 탄소 그리고 일반적으로 B 및/또는 N과 같이 존재하는 정육면체 강에 비슷한 효과를 내는 모든 원소를 고려하는 구조에 대한 탄소로서 정의되는 것을 주목한다.
- [0270] 이 본문의 의미에서, 본 발명에 의해 제공되는 특정 혹독한 환경에 대한 저항을 이용하는 반면에 다른 요소들은 관련한 특징을 제공하기 위해 상기 발명의 기본 조성에 추가될 수 있는 모든 요소를 의미한다. 일반적으로 다른 원소들은 상기 합금 자체 혹은 조합의 중량 백분율의 49%를 넘지 않으며 바람직하게는 38% 미만을 유지하고, 더욱 바람직하게는 24% 혹은 10% 미만이다.
- [0271] 이 본문에서는, 미량 원소는 2% 미만의 양으로 표시된 모든 원소를 의미한다. 일부 용도에서는 미량원소는 1.4% 미만이고 더욱 바람직하게는 0.9% 심지어 0.78%가 더욱 바람직하다. 가능한 미량원소로는 H, Li, Na, K, Rb, Fr, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Ac, Tc, Re, Ru, Os, Rh, Ir, Pd, Pt, Ag, Au, Zn, Cd, Hg, Ga, In, Tl, Ge, Sn, Pb, P, As, Sb, Bi, O, Se, Te, Po, F, Cl, Br, I, At, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No 및 Lr이며 단독 혹은 조합으로 존재할 수 있다. 일부 용도의 경우 미량원소 혹은 그 일부가 특정 관련 속성에 매우 해로울 수 있다(열 전도성과 인성의 경우와 같이). 이러한 용도의 경우 0.4% 미만, 바람직하게는 0.2% 미만, 더욱 바람직하게는 0.14% 심지어 0.06% 미만의 미량원소를 유지하는 것이 바람직하다. 일정량 이하인 것은 말할 것도 없고 원소가 없는 것도 포함한다. 많은 용도에서 대부분의 미량원소 또는 모든 미량원소의 부재는 명백하고 바람직하다. 언급한 바와 같이 모든 미량원소는 단일체로 간주되므로 주어진 용도에 대해 종종 상이한 미량원소의 최대 허용 중량 백분율이 다르다. 비용 절감을 포함한 특정 용도를 위해서 의도적으로 미량원소를 추가 할 수 있고 이는 의도적이지 않을 수 있다. 이는 대부분 합금 제품을 위해 사용된 합금 원소나 고철의 불순물과 관련이 있다. 하나의 동일 합금에 대해서 서로 다른 미량원소가 존재하는 이유는 다를 수 있다.
- [0272] 발명자는 모든 미량원소의 합이 함량의 2.0% 미만, 다른 용도에서는 1.4% 미만, 다른 용도에서는 0.8% 미만, 다른 용도에서는 0.2% 미만, 다른 용도에서는 0.1% 미만 심지어 0.06% 미만이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0273] 발명자는 각각의 미량 원소가 함량의 2.0% 미만, 다른 용도에서는 1.4% 미만, 다른 용도에서는 0.8% 미만, 다른 용도에서는 0.2% 미만, 다른 용도에서는 0.1% 미만 심지어 0.06% 미만이 바람직하다는 것을 발견했다. 일부 용도의 경우, Nb, Co, Lu, La, Ce, Nd, Gd, Sm, Y, Pr, Sc, Pm, Eu, Tb, Dy, Ho, Er, Tm 및/또는 Yb와 같이 상기 조성 내 선택 가능한 원소들이 존재하며, 이는 이러한 원소들이 상기 조성 내 존재 할 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다는 것을 의미한다. 그리고 동시에 존재하지 않을 수도 있다. 특정 특성을 개선하기 위해 몇 가지 용도에서는, 상기 강에 다른 중량 백분율로 상기 원소 중 하나가 추가 될 수 있으나 이는 모든 원소가 사용되어야 하고 표기 된 최대 양만큼 추가되어야 한다는 것은 아니다. 어떠한 경우에도 강 조성 내 이러한 모든 원소들의 합은 100%가 되야 한다.
- [0274] 일반적으로 본 발명자는 일부 용도에서 본 발명의 강에 대해, $\%C$ 가 0.41%, 바람직하게는 0.51% 이상, 더욱 바람직하게는 0.59% 이상, 심지어 0.72% 이상 수준인 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 최종 용도에 따라 다르며, 일부 용도에서는 $\%C$ 가 0.82% 초과, 바람직하게는 0.95% 초과, 더욱 바람직하게는 1.12% 심지어 1.20% 초과하는 수준이 바람직하다. 높은 내마모성을 요구하는 용도와 같이 높은 수준의 $\%C$ 수준이 필요한 경우, $\%C$ 가 1.26% 이상, 바람직하게는 1.41% 이상, 더욱 바람직하게는 1.62% 이상 혹은 1.72% 이상인 것이 바람직하다. 반면에 $\%C$ 함량이 너무 높으면 결점으로 작용하며 이는 최종 요구사항에 따라 균형을 맞춰야 한다. 예를 들어, 너무 높은 $\%C$ 는 적용된 열처리와 상관 없이 필요한 완벽한 탄화물 (질화물, 봉소화물, 산화물 혹은 그 조합) 을 보장하지 못 한다. 그러므로 일부 경우에는 $\%C$ 를 4.1% 미만, 바람직하게는 3.74% 미만, 더욱 바람직하게는 3.12% 미만, 심지

어 2.41% 미만으로 유지하는 것이 바람직하다. 다른 용도의 경우에는 %C를 2.28% 미만, 바람직하게는 2.02% 미만, 더욱 바람직하게는 1.93% 미만, 심지어 1.87% 미만으로 유지하는 것이 바람직하다. 이러한 의미에서 높은 수준의 용도가 필요한 경우, 즉 %C 함량이 민감한 용도, 예를 들어 좋은 수준의 인성을 요구하는 용도의 경우, 1.81% 이하, 바람직하게는 1.79% 이하, 더욱 바람직하게는 1.63% 이하, 심지어 0.52% 이하의 %C를 가지는 것이 바람직하다.

[0275] 많은 용도에서 허용하는 대체 %C의 양은 다소 적으며 그래서 %C 자체가 0.62% 이상, 바람직하게는 0.76% 이상, 더욱 바람직하게는 1.02% 이상, 심지어 1.23% 이상을 요구한다. 이전에 표시된 %C와 %Ceq의 일반적인 최대 수준은 용도에 직접 적용 가능하다.

[0276] 발명자는 몇 가지 용도에서 %Ceq 가 0.42에서 3.6%사이, 일반적으로는 0.42에서 2.9% 사이, 심지어 0.52에서 2.48% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0277] 발명자는 몇 가지 용도에서 %C 가 0.42에서 3.6%사이, 일반적으로는 0.42에서 2.9% 사이, 심지어 0.52에서 2.48% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0278] 이러한 의미에서, 본 발명자는 일부 용도에 대한 본 발명의 상기 강에서, %N은 최종 용도에 따라 0.008% 초과, 바람직하게는 0.08% 초과, 더욱 바람직하게는 0.1% 심지어 0.3% 초과가 바람직하다는 것을 발견했다, 반면에 다른 용도의 경우 너무 높은 수준의 %N은 바람직하지 않을 수 있다. 그러므로 본 발명에서 %N가 0.45% 이하, 바람직하게는 0.3% 이하, 심지어 0.1% 이하인 것이 바람직하다. 본 발명의 어떤 실시 예에서 본 발명자는 상기 조성으로부터 %N이 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0279] 이러한 의미에서, 본 발명자는 일부 용도에 대한 본 발명의 상기 강에서, %B가 최종 용도에 따라 0.08% 초과, 바람직하게는 0.3% 초과, 더욱 바람직하게는 1.2% 심지어 2.1% 초과가 바람직하다는 것을 발견했다, 반면에 다른 용도의 경우 너무 높은 수준의 %B는 바람직하지 않을 수 있다. 그러므로 본 발명에서 %B가 2.8% 이하, 바람직하게는 1.7% 이하, 더욱 바람직하게는 0.8 이하, 심지어 0.1% 이하인 것이 바람직하다. 본 발명의 어떤 실시 예에서 본 발명자는 상기 조성으로부터 %B가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0280] 이러한 용도에 대해 통제해야 되는 다른 중요한 원소는 %Mn이다. 본 발명자는 본 발명의 상기 강에 대해, %Mn이 10.1% 초과, 바람직하게는 12.22% 초과, 더욱 바람직하게는 13.68% 초과 심지어 14.35% 초과 수준이 바람직하다는 것을 발견했다. %Mn가 최종 용도에 따라 15.2% 초과, 바람직하게는 17.01% 초과, 더욱 바람직하게는 18.35% 심지어 19.71% 초과가 바람직하다는 것을 발견했다. 다른 용도에서는, 넓은 온도 범위에서 오스테나이트 영역이 안정화가 필요한 범위 예를 들어, %Mn이 20.31% 이상, 바람직하게는 20.9% 이상, 더욱 바람직하게는 22.3% 이상, 심지어 24.9% 이상을 가지는 것이 바람직하다. 반면에 과도한 수준의 %Mn은 상기 강에 프로세스 제조에 영향을 크게 미치며 특별한 조취가 필요할 수 있다. 그러므로 본 발명의 경우 %Mn이 40.5% 미만, 바람직하게는 39.8% 미만, 더욱 바람직하게는 37.6% 미만, 심지어 36.1% 미만으로 가지는 것이 바람직하다. 더 낮은 함량의 경우, %Mn을 28.01% 미만, 바람직하게는 27.7% 미만, 더욱 바람직하게는 26.9% 미만, 심지어 26.0% 미만으로 가지는 것이 바람직하다.

[0281] 발명자는 몇 가지 용도에서 %Mn이 10.1에서 36.4%사이, 다른 용도에서는 더 높은 최소 %Mn 함량이 바람직하다는 것을 발견했으며 상기 용도에 대해서는 %Mn이 10.6에서 36.4% 사이 심지어 10.6에서 34.6% 사이이다.

[0282] %C가 1.1 미만의 일부 용도에 대해, 발명자는 %Mn을 34% 미만, 심지어 %C가 0.8% 미만을 가지는 용도에 대해서는 상기 조성에 Cr 및/또는 Ni가 없을 경우 16.5% 미만 %Mn이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0283] 이러한 의미에서, 본 발명의 상기 철에 대해, 본 발명자는 %Ni가 0.18% 초과, 바람직하게는 0.59% 초과, 더욱 바람직하게는 1.01% 심지어 1.53% 초과가 바람직하다는 것을 발견했다. 최종 용도에 따라, 예를 들어 경화능성이 크게 요구되면, %Ni가 3.2% 초과, 바람직하게는 3.55% 초과, 더욱 바람직하게는 4.87% 심지어 5.46% 초과가 바람직하다. 일부 용도의 경우, %Ni를 5.88% 이상, 바람직하게는 6.23% 이상, 더욱 바람직하게는 6.79% 이상 심지어 7.49% 이상으로 가지는 것이 바람직하다. 반면, 너무 높은 수준의 %Ni는 바람직하지 않을 수 있다. 그러므로 본 발명에 대해 %Ni는 9.5% 미만, 바람직하게는 8.8% 미만, 더욱 바람직하게는 7.6% 미만, 심지어 7.1% 미만으로 가지는 것이 바람직하다. 최종 용도에 따라, %Ni를 6.3% 미만, 바람직하게는 5.8% 미만, 더욱 바람직하게는 4.3% 미만, 심지어 2.3% 미만의 수준이 바람직하다. 예를 들어, 일부 열 전도성을 필요한 경우, %Ni를 2.1% 미만, 바람직하게는 1.41% 미만, 더욱 바람직하게는 0.47% 미만, 심지어 0.12% 미만의 수준으로 가지는 것이 바람직하다. 본 발명의 어떤 실시 예에서 본 발명자는 상기 조성에 %Ni가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0284] 발명자는 몇 가지 용도에서 %Ni를 0에서 9.3%사이, 다른 용도에서는 최소 0.1% 함량 내 최소한의 %Ni 함량이

바람직하다는 것을 발견했으며 상기 용도에 대해서는 %Ni가 0.1에서 9.3% 사이 심지어 0.1에서 8% 사이다.

[0285] 발명자는 일부 용도에 대해 0.01% 초과 %Ni를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 특정 용도에서, 발명자는 %C가 1.65% 미만이고 %Al이 0.4에서 6.1% 사이인 경우, %Ni>0.1이 바람직하다. 다른 용도에서 본 발명자는 %C가 0.1% 초과 이고 %Si가 0.45% 미만인 경우에는 %Ni가 0.1% 초과가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0286] 본 발명자는 %C가 1.55 미만, %Al이 2% 초과인 일부 경우에 대해 %Ni가 0.1% 초과가 바람직하다는 것을 발견했다. %C가 0.65% 미만, %V이 1.1% 초과인 일부 경우에 대해 %Ni가 2.1% 초과가 바람직하다. %C가 1.65% 미만, %Al이 6.1% 초과인 일부 경우에 대해 %Ni가 4.1% 초과가 바람직하다. 탄화물 형성체로 사용할 수 있는 다른 원소는 %Cr이다. 어떤 실시 예에서 최종 목적에 따라 다르게 사용되면, 최소한 0.85% 이상, 더욱 바람직하게는 2.4% 초과 심지어 3.6% 초과가 바람직하다. 상위 수준의 경우 최소한 5.57%, 바람직하게는 6.79 초과, 더욱 바람직하게는 6.87% 초과 심지어 7.34% 초과가 바람직하다. 다른 경우는 8.47% 이상, 바람직하게는 9.4%, 더욱 바람직하게는 9.76% 이상이다. 반면에, 본 발명에서, 일부 용도에서는, 9.4% 미만, 바람직하게는 8.6% 미만, 더욱 바람직하게는 8.76% 미만, 심지어 6.7% 미만의 %Cr이 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에서 본 발명자는 상기 조성에서 %Cr이 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0287] 발명자는 몇 가지 용도에서 최소 0.1% 조성 내 %Cr의 최소 함량을 가지는 것이 바람직하다. 몇 가지 용도에서 0.1에서 9.7% 사이의 %Cr을 가지는 것이 바람직하며, 다른 용도에서는 더 높은 함량의 %Cr이 바람직한 경우에서 2.3에서 9.3% 사이의 그리고 다른 용도에서는 4.1에서 9.1% 사이의 %Cr이 바람직하다. 발명자는 특정 용도에서 특히 %Mn>23% 및/혹은 %C<1.3을 가질 때, 최소한 0.01의 %Cr이 바람직하다. 특정 용도에서 일반적으로 %Cr>0.1, 심지어 일부 용도는 %Cr>1.2이다. 다른 용도의 경우, %Mn>23%, 및/혹은 %C<1.3 이러한 높은 땅간 함량에 대해서는, 최소한 0.01%의 Ni를 가지는 것이 바람직하고, 특정 용도에서는 %Ni>0.1, 심지어 일부 용도에서는 %Ni>1.2%가 바람직하다.

[0288] 발명자는 특히 %Cr>4.95%, 및 %C<0.5% 등 여러 가지 용도의 경우, 낮은 %V함량을 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 특정 용도에서는 %V<1.16%이 바람직하며 일반적으로는 %V<0.9, 심지어 %V<0.7%가 충분하다고 보았다.

[0289] 발명자는 몇 가지 용도의 경우 0.1% 초과 %Cr+%Ni가 바람직하다는 것을 발견했으며, 일반적으로 어떤 용도에서는 %Cr+%Ni>1.3%가 바람직하며, 다른 용도에서는 %Ni+%Cr>3.8%, 심지어 특정 용도에서는 %Ni+%Cr>7.3%가 바람직하다.

[0290] 발명자는 특정 용도에 대해 상기 강 조성에 따라 %Ni 와 %Cr가 다르게 구성되는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 1% 미만의 %Cr를 가지는 용도에 대해, 7.4% 초과 %Cr+%Ni가 바람직하며, 일반적으로 일부 용도에 대해 7.8% 초과가 바람직하다. 1에서 2.2% 사이의 %C를 가지는 어떤 다른 용도에서, 0.1% 초과 %Ni+%Cr가 바람직할 수 있으며, 일반적으로 특정 용도에 대해 0.3% 초과, 심지어 1.3% 초과가 바람직할 수 있다.

[0291] 탄화물 형성체에 대해, 여러 용도 중에서도 마모에 대비하여 %W를 사용할 수 있다; 이러한 경우 최소한 0.55%, 바람직하게는 0.89% 이상, 더욱 바람직하게는 1.23% 이상, 심지어 1.88% 이상의 %W가 바람직하다. 다른 경우에는, 최소한 2.22%, 바람직하게는 3.01% 이상, 더욱 바람직하게는 3.73% 이상, 심지어 4.1% 이상의 %W가 바람직하다. 최종 용도에 따라, 5.2% 미만, 바람직하게는 4.6% 미만, 더욱 바람직하게는 4.1% 미만, 심지어 3.5% 미만의 %W가 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에서 본 발명자는 상기 조성에서 %W가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0292] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 5.9% 사이의 %W를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서 더 높은 최소 %W 함량이 바람직하다. 이러한 용도의 경우 일반적으로 0.01에서 4.6% 사이, 심지어 0.1에서 3.9% 사이의 %W를 가지는 것이 바람직하다.

[0293] %Mo는 탄화물 형성체로도 사용될 수 있다. 그래서 0.35%, 바람직하게는 0.48% 이상, 더욱 바람직하게는 0.99% 이상, 심지어 1.3% 이상이 바람직하다. 다른 경우에는 최소한 1.8%, 바람직하게는 2.4% 이상, 더욱 바람직하게는 2.87% 이상, 심지어 3.6% 이상의 %Mo가 바람직하다. 최종 용도에 따라, 6.2% 미만, 바람직하게는 5.7% 미만, 더욱 바람직하게는 4.3% 미만, 심지어 3.3% 미만의 %Mo가 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에서 본 발명자는 상기 조성에서 %Mo가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0294] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 8.4% 사이의 %Mo를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서 더 높은 최소 %Mo 함량이 바람직하다. 이러한 용도의 경우 일반적으로 0.01에서 7.6% 사이, 심지어 0.1에

서 6.3% 사이의 %Mo를 가지는 것이 바람직하다.

[0295] 본 발명자는 본 발명의 상기 강에 대해, %Co가 어떤 경우에는 바람직하다는 것을 발견했다. 예를 들어, 고온에서 템퍼링 저항이 요구되는 경우에 대해, 최소한 0.14%, 바람직하게는 0.29% 이상, 더욱 바람직하게는 0.54% 이상, 심지어 0.68% 이상의 %Co가 바람직하다. 최종 용도에 따라, 0.87 초과, 바람직하게는 0.97% 초과, 더욱 바람직하게는 1.26% 심지어 1.57% 초과 수준의 %Co가 바람직할 수 있다. 다른 용도의 경우, 1.9 초과, 바람직하게는 2.7% 초과, 더욱 바람직하게는 3.2% 심지어 4.4% 초과 %Co가 바람직하다. 반면, %Co를 통해 강의 주요 냉각 속도 (critical cooling rate) 를 증가시키고 펄라이트 변형 (pearlitic transformation) 을 가속화함으로써 상기 강의 경화능성을 감소시킨다. 따라서, 용도에 따라 너무 높은 수준의 %Co는 바람직하지 않을 수 있다. 따라서 본 발명의 경우 7% 미만, 바람직하게는 5.9% 미만, 더욱 바람직하게는 4.7% 미만, 심지어 3.4% 미만의 %Co 가 바람직하다. 최종 용도에 따라, 2.8% 미만, 바람직하게는 1.9% 미만, 더욱 바람직하게는 1.4% 미만, 심지어 1.1% 미만의 %Co가 바람직하다. 더 낮은 수준이 요구되면, 0.89% 미만, 바람직하게는 0.6% 미만, 더욱 바람직하게는 0.44% 미만, 심지어 0.12% 미만의 %Co가 바람직하다. 심지어 없는 경우도 바람직하다.

[0296] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 6.4% 사이의 %Co를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서 더 높은 최소 %Co 함량이 바람직하다. 이러한 용도의 경우 일반적으로 0.01에서 5.3% 사이, 심지어 0.1에서 4.6% 사이의 %Co를 가지는 것이 바람직하다.

[0297] 발명자는 몇 가지 용도의 경우 0.01% 초과 %Cr+%Cu+%Co 가 바람직하다는 것을 발견했으며, 일반적으로 어떤 용도에서는 $\%Cr + \%Cu + \%Co > 0.1\%$ 가 바람직하며, 다른 용도에서는 $\%Cr + \%Cu + \%Co > 1.2$, 심지어 특정 용도에서는 $\%Cr + \%Cu + \%Co > 3.1\%$ 가 바람직하다.

[0298] 본 발명자는 본 발명의 상기 상의 경우, 최종 용도에 따라 %Ti가 바람직할 수 있다는 점을 발견했다. 그러한 경우, 최소한 0.49%, 바람직하게는 0.68% 초과, 더욱 바람직하게는 0.82% 심지어 0.99% 초과 %Ti가 바람직할 수 있다. 일부 경우에는 최소한 1.32%, 바람직하게는 1.67% 초과, 더욱 바람직하게는 2.11% 심지어 2.86% 초과가 바람직할 수 있다. 보다 정교한 용도의 경우, 3.5% 이상, 바람직하게는 3.75% 이상, 더욱 바람직하게는 4.33% 심지어 4.8% 이상이 바람직할 수 있다. %Ti가 바람직하지 않다면, 6.4% 미만, 바람직하게는 5.47% 미만, 더욱 바람직하게는 4.66% 미만, 심지어 3.4% 미만이 바람직하다. 까다로운 용도의 경우, 2.4% 미만, 바람직하게는 1.87% 미만, 더욱 바람직하게는 0.87% 미만, 심지어 0.24% 미만이 바람직하다. 일부 용도에서 본 발명자는 상기 조성에서 %Ti가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0299] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 5.9% 사이의 %Ti를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서 더 높은 최소 %Ti 함량이 바람직하다. 이러한 용도의 경우 일반적으로 0.01에서 5.1% 사이, 심지어 0.1에서 3.6% .

[0300] %Al은 다른 목적으로 사용될 수 있다. 본 발명자는 본 발명의 상기 상의 경우, 최종 용도에 따라 %Al이 바람직 할 수 있다는 점을 발견했다. 경도를 향상시키거나 다른 목적에 따라 원소를 침전하는 하기 위해 %Al이 사용되는 용도와 같이 낮은 수준의 %Al 요구되는 경우, 너무 높지 않은 수준의 %Al이 바람직하다. 최소한 0.26%, 바람직하게는 0.33% 초과, 더욱 바람직하게는 0.43% 심지어 0.53% 초과가 바람직할 수 있다. 고온에서 산화와 탈탄에 대한 보호막으로 작용하는 %Al의 경우와 같이 낮은 매개체 수준이 요구되는 경우, 0.78% 주변의 %Al 바람직하다. 바람직하게는 1.22% 이상, 더욱 바람직하게는 1.54% 이상, 심지어 2.03% 이상이 바람직하다. 중간 수준의 %Al을 요구하는 용도의 경우, 최소한 2.94%, 바람직하게는 3.47% 이상, 더욱 바람직하게는 4.37% 심지어 5.39% 이상이 바람직하다. 일부 용도에서는 높은 수준의 %Al을 요구한다; 낮은 전도성을 요구하는 한가지 예가 있다; 이를 달성하는 하나의 방법은 밀도를 낮추는 것일 수 있다. 이러한 종류의 용도의 경우, 6.2 초과, 바람직하게는 7.3% 초과, 더욱 바람직하게는 8.3% 심지어 9.3% 초과 혹은 10.4%의 %Al가 바람직하다. 일부 Cr이 존재하는 특정 다른 용도의 경우, 5.4%, 바람직하게는 6.7% 초과, 더욱 바람직하게는 7.88% 심지어 9.01% 초과 수준의 %Al이 바람직하다. %Al의 중간 수준에 대한 다른 예로는 예를 들어 고온에서의 산화 저항이 주요 환경 저항 요구 사항 중 하나이며, 높은 수준의 Al이 요구된다. 또한 Si과 일부 전이 원소 (transition metals) 와 같은 다른 원소들이 존재하는 것도 좋다. 그러한 경우, 7.64% 이상, 바람직하게는 8.27% 이상, 더욱 바람직하게는 8.87% 심지어 9.8% 이상의 %Al이 바람직하다. 높은 수준의 %Al을 요구하는 용도의 경우, 9.51% 이상, 바람직하게는 12.44% 이상, 더욱 바람직하게는 14.7% 심지어 16% 이상의 %Al이 바람직할 수 있다. 반면, 높은 %Al값으로 인해 어려움을 겪는 경우도 있다. 그러한 경우 및 기타 측면을 고려해야 한다면, %Al은 17.5%미만, 가급적이면 14.36%미만, 10.47%미만, 더 선호하는 경우 9.31%미만이어야 한다. %Al의 중간 범위로서 다른 것들 중 양호한 인성을 추구해야 하는 경우, 2.8% 미만, 바람직하게는 1.9% 미만, 더욱 바람직하게는 1.4% 미만, 심지어

1.1% 미만의 %Al이 바람직하다. 다른 까다로운 용도의 경우 %Al은 1.5%미만이어야 하며 0.89%미만이 바람직하고 0.43%미만이 바람직하며 0.1%미만이 바람직하다. 일부 용도에서는 %Al이 없는 것이 바람직할 수 있다.

[0301] 일부 용도에서 조건에서 $%C > 0.9\%$ 이면 $%Al < 10\%$ 인 것이, $%C > 0.9\%$ 이면 $%Al < 10\%$ 로 수정될 수 있다.

[0302] 본 발명자는 %C가 0.5에서 1.1 사이고, %Al이 7% 초과인 일부 경우에 대해 %Mn이 24.8% 미만인 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명자는 %C가 0.5에서 1.1 사이고, %Al이 7% 초과이며 %Mn이 23% 초과인 일부 경우에 대해 %B가 0.001% 초과가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0303] 발명자는 몇 가지 용도에서 최소 0.1% 조성 내 Al%의 최소 함량을 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 이러한 용도에 대해 0.1에서 16.7% 사이, 일반적으로 0.1에서 16.3% 사이, 심지어 0.1에서 15.9% 사이의 %Al이 바람직하다. 발명자는 특히 $%C < 1.52\%$, 및 $%Mn > 14.9\%$ 등 여러 가지 용도의 경우, 최소한 $%Al > 3.1\%$ 이 바람직하다는 것을 발견했으며, 특정 용도에서는 일반적으로 $%Al > 3.4\%$ 이 충분하다고 보았다.

[0304] 발명자는 몇 가지 용도에서 %Al보다 더 많이 %Mn을 갖는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. %C가 1.65 미만인 일부 용도의 경우 $%Mn - %Al < 10.05\%$ 가 바람직하고 일반적으로 $%Mn - %Al < 9.7\%$ 심지어 특정 용도에 대하여 $%Mn - %Al < 9.3\%$ 이 바람직하다.

[0305] 발명자는 몇 가지 용도의 경우 0.1% 초과 $%Cr + %Ni + %Al$ 가 바람직하다는 것을 발견했으며, 일반적으로 어떤 용도에서는 6% 초과 $%Cr + %Ni + %Al$ 이 바람직하며, 다른 용도에서는 11% 초과, 심지어 특정 용도에서는 13% 초과가 바람직하다.

[0306] 발명자는 몇 가지 용도의 경우 0.01% 초과 $%Cr + %Ni - %Al$ 가 바람직하다는 것을 발견했으며, 일반적으로 어떤 용도에서는 0.1% 초과 $%Cr + %Ni - %Al$ 이 바람직하며.

[0307] 특정 용도에 대하여 0.01% 초과 $%Cr + %Ni - %Al$ 가 바람직하며, 일반적으로 0.1%이다.

[0308] 일부 용도의 경우 $%Ni + %Cr + %Al - %Mn$ 이 0.01%를 초과하는 것이 좋으며, 일반적으로 특정 용도의 경우 $%Ni + %Cr + %Al - %Mn$ 이 0.1% 초과다.

[0309] 본 발명의 상기 강에 대해, 특정 용도에 따라, %Si가 특별한 특성이 필요한 경우 최소한 0.34%가 바람직하다. 바람직하게는 0.87%, 더욱 바람직하게는 1.06%, 심지어 1.57%가 바람직하다. %Si 높은 수준의 경우 최소 1.99%의 Si, 2.47%이상 권장, 3.43%이상, 3.87%을 권장한다. %Si가 유해한 용도의 경우, 4%미만, 3.4% 미만, 2.4% 미만, 1.8% 미만의 %Si가 바람직하다. 매우 까다로운 용도의 경우, 예를 들어 강철의 청정도 (cleanliness) 를 최적화하거나 인성이 높아야 하는 경우, %Si는 1.05%미만, 0.73%미만, 가급적 0.54%미만, 더 낮은 0.22%미만이 좋다. 본 발명의 일부 실시 예에서, 본 발명자는 상기 조성에서 %Si가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0310] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 3.4% 사이의 %Si를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서 더 높은 최소 %Si 함량이 바람직하다. 이러한 용도의 경우 일반적으로 0.01에서 2.8% 사이, 심지어 0.1에서 1.8% 사이의 %Si를 가지는 것이 바람직하다. 본 발명자는 %C가 1% 초과, %Si가 0.45% 초과인 일부 경우에 대해 $%Mn - %Al < 10$ 가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0311] 발명자는 본 발명의 상기 강에 대해 특정 용도에서 %Cu가 바람직할 수 있다는 점을 발견했다. 일부 용도의 경우, 최소한 0.14%, 바람직하게는 0.29% 초과, 더욱 바람직하게는 0.54% 심지어 0.68% 초과 %Cu가 바람직하다. 최종 용도에 따라, 일부 용도에서는 0.87% 초과, 바람직하게는 0.97% 초과, 더욱 바람직하게는 1.26% 심지어 1.57% 초과 수준의 %Cu가 바람직할 수 있다. 다른 용도에 대해서는, 1.9% 초과, 바람직하게는 2.7% 초과, 더욱 바람직하게는 3.2% 심지어 4.4% 초과 %Cu가 바람직하다. 반면, 용도에 따라 너무 높은 수준의 %Cu는 바람직하지 않을 수 있다. 그러므로 일부 용도에 대해, 5.9% 미만, 바람직하게는 4.7% 미만, 심지어 3.4% 미만 %Cu가 바람직하다. 최종 용도에 따라, 일부 용도에서는 2.8% 미만, 바람직하게는 1.9% 미만, 더욱 바람직하게는 1.4% 미만 심지어 1.1% 미만 수준의 %Cu가 바람직할 수 있다. 심지어 더 낮은 수준을 요구한다면, 0.89% 미만, 바람직하게는 0.6% 미만, 더욱 바람직하게는 0.44% 미만 심지어 0.12% 미만 수준의 %Cu가 바람직할 수 있다. 심지어 없는 경우도 있다.

[0312] 발명자는 몇 가지 용도에서 %Cu 가 0에서 4.8%사이, 일반적으로 다른 용도에 대해서는 낮은 %Cu함량을 갖는 것이 바람직하다. 이러한 용도에서는 0에서 3.1% 사이, 심지어 0에서 2% 사이로 %Cu를 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0313] 발명자는 몇 가지 용도의 경우 0.01% 초과 $%Cr + %Cu + %Si$ 가 바람직하다는 것을 발견했으며, 일반적으로 어떤 용

도에서는 $\%Cr+\%Cu+\%Si > 0.1\%$ 바람직하며, 다른 용도에서는 $\%Cr+\%Cu+\%Si > 1.2$, 심지어 특정 용도에서는 $\%Cr+\%Cu+\%Si > 3.1$ 가 바람직하다.

[0314] %V과 관련하여, 낮은 수준의 일부 용도에서는 0.14%, 0.57%이상, 0.61%이상, 0.69%이상이 바람직하다. 중간 수준의 경우, 일부 실시 예에서는 0.72%, 0.83%이상, 1.34%이상, 2.46%이상이 바람직하다. 일부 용도에서 %V의 높은 수준의 경우, 4.8%이상, 5.68%이상, 7.61%이상 권장된다. 상한의 경우, 일부 실시 예에서 12%미만, 바람직하게는 10.98%미만, 더욱 바람직하게는 8.74%미만, 심지어 7.36%미만이 바람직하다. 다른 선호하는 일부 실시 예 범위는 5.74%미만으로, 3.68%미만이 바람직하며 2.28%미만이 바람직하며, 1.32%미만이 바람직하다. %V의 낮은 수준의 경우, 일부 실시 예에서는 0.87%미만, 바람직하게는 0.63%미만, 더욱 바람직하게는 0.47%미만, 그리고 0.24%미만이 바람직하다. 특수한 경우 0.14%이하 또는 0.05%미만이라도 바람직하다. %C가 높은 실시 예에서 (0.45% 초과, 바람직하게는 0.46%초과, 더욱 바람직하게는 0.57%초과) %V가 다소 높은 것이 선호되는데, 최소한 0.62% 이상, 바람직하게는 0.69% 이상, 더욱 바람직하게는 0.72% 이상, 심지어 0.83% 이상이 바람직하다. 반면에 12.3%미만, 11.4%미만, 9.47%미만, 7.68%미만이 바람직하다. %Cr이 2.71% 이상, 바람직하게는 3.15% 이상, 바람직하게는 3.87% 이상, 더욱 바람직하게는 4.99% 심지어 5.21% 이상 같이 상대적으로 높은 수준으로 존재하는 경우, 다른 실시 예에서는 적은 %V가 바람직하다. 바람직하게는 0.58% 이하, 더욱 바람직하게는 0.47% 이하, 더욱 바람직하게는 0.34% 이하, 심지어 0.21 그리고 다른 예에서는 없는 것이 바람직하다.

[0315] 본 발명의 상기 장에 대해, $\%Al+\%Si+\%Cr+\%V > 2\%$ 이상, 바람직하게는 2.31%이상, 더욱 바람직하게는 2.54%이상, 심지어 2.87%이상이 바람직하다. %Al이 있는 경우 $\%Al+\%Si+\%Cr+\%V > 3.1\%$ 이상, 바람직하게는 1.4%이상, 더욱 바람직하게는 3.67%이상, 심지어 4%이상 권장된다.

[0316] 일부 실시 예에서, 발명자는 Ta, Zr, Hf, Nb, La, Ce가 상기 강 조성에서 선택적 원소로 될 수 있음을 발견했고, 일부 실시 예에서 그 중 일부 혹은 전부가 상기 조성에 없을 수 있다.

[0317] 발명자는 몇 가지 용도에서 $\%Ta+\%Zr+\%Hf+\%Nb+\%La+\%Ce = 0-4.2\%$ 가 바람직할 수 있다는 점을 발견했다.

[0318] 발명자는 몇 가지 용도에서 $\%Ta+\%Zr+\%Hf+\%Nb+\%La+\%Ce = 0-4.2 = 0-3.7\%$ 가 바람직할 수 있다는 점을 발견했다.

[0319] 발명자는 몇 가지 용도에서 $\%Ta+\%Zr+\%Hf+\%Nb+\%La+\%Ce = 0-4.2 = 0-2.2\%$ 가 바람직할 수 있다는 점을 발견했다.

[0320] 발명자는 몇 가지 용도에서, 0.001% 초과 $\%Ta+\%Zr+\%Hf+\%Nb+\%La+\%Ce$ 를 가지는 것이 바람직할 수 있다는 점을 발견했으며, 일반적으로 특정 용도에서는 0.01%초과, 심지어 특정 용도에서는 0.1%초과가 바람직하다.

[0321] 발명자는 몇 가지 용도에서 $\%Ta+\%Zr+\%Hf+\%Nb+\%La+\%Ce = 0.001-2.2\%$ 가 바람직할 수 있다는 점을 발견했다.

[0322] 이러한 의미에서, 발명자는 일부 용도에서, 최종 용도에 따라 0.001% 초과, 바람직하게는 0.01% 초과, 더욱 바람직하게는 0.1% 초과, 심지어 0.3% 초과 수준의 %P가 바람직하다는 점을 발견했다. 이에 반해 다른 용도에서는 너무 높은 수준의 %P가 바람직하지 않을 수 있다. 그러므로 본 발명에서 %P가 1.6% 이하, 바람직하게는 1.3% 이하, 더욱 바람직하게는 0.8 이하, 심지어 0.1% 이하인 것이 바람직하다.

[0323] 이러한 의미에서, 발명자는 일부 용도에서, 최종 용도에 따라 0.001% 초과, 바람직하게는 0.01% 초과, 더욱 바람직하게는 0.1% 초과, 심지어 0.2% 초과 수준의 %S가 바람직하다는 점을 발견했다. 이에 반해 다른 용도에서는 너무 높은 수준의 %S가 바람직하지 않을 수 있다. 그러므로 본 발명에서 %S가 1.6% 이하, 바람직하게는 1.3% 이하, 더욱 바람직하게는 0.8% 이하, 심지어 0.1% 이하인 것이 바람직하다. 본 발명의 일부 실시 예에 대해 본 발명자는 상기 조성에 %S가 없는 것이 바람직하다는 점을 발견했다.

[0324] 특정 용도의 경우, 발명자는 다음 중 하나를 사용하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다:

[0325] $\%Nb+\%Co+\%Lu+\%La+\%Ce+\%Nd+\%Gd+\%Sm+\%Y+\%Pr+\%Sc+\%Pm+\%Eu+\%Tb+\%Dy+\%Ho+\%Er+\%Tm+\%Yb = 0 - 10\%$;

[0326] $\%Nb+\%Co+\%Lu+\%La+\%Ce+\%Nd+\%Gd+\%Sm+\%Y+\%Pr+\%Sc+\%Pm+\%Eu+\%Tb+\%Dy+\%Ho+\%Er+\%Tm+\%Yb = 0 - 8\%$;

[0327] $\%Nb+\%Co+\%Lu+\%La+\%Ce+\%Nd+\%Gd+\%Sm+\%Y+\%Pr+\%Sc+\%Pm+\%Eu+\%Tb+\%Dy+\%Ho+\%Er+\%Tm+\%Yb = 0 - 6\%$;

[0328] 특정 용도의 경우, 발명자는:

[0329] $\%V+\%Nb+\%Sn+\%Si+\%Ti+\%Co+\%W+\%Mo = 0-9.8\%$ 이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0330] 다음 원소들의 최소 함량이 바람직한 경우, 이러한 용도에 대해서는:

[0331] $\%V+\%Nb+\%Sn+\%Si+\%Ti+\%Co+\%W+\%Mo = 0.1-9.8\%$;

- [0332] 두 가지 다른 기술적 진보를 나타내는 두 가지 철이 종종 발생하며, 따라서 매우 다른 용도를 목적으로 하며, 나아가 객관적인 목적은 조성 범위 내에서 쓸모없다. 대부분의 경우 상기 조성 범위가 더 혹은 덜 간접하지 않는다면 실제 조성을 일치하지 않을 것이다. 다른 경우에서 실제 조성이 일치 할 수 있고 차이는 적용된 상기 가공 열처리 (the thermo-mechanical treatments)로 비롯된다.
- [0333] 기술된 상기 강은 열 손실을 최소화하고 열존을 피하기 위해 낮은 열 전도성을 요구하는 용도에 특히나 적합하다. 이는 특정 혹독한 환경에 대한 좋은 저항을 갖는다.
- [0334] 일부 용도에서는 높은 열 전도성이 필요하다. 일반 스테인리스 강에서 높은 열 전도를 얻는 것은 매우 어렵기 때문에 현재의 발명은 특히 그러한 경우에 유리하다. 본 발명에서는 10%이상의 훨씬 낮은 수준의 %Cr로 낮기 때문에 높은 열 전도를 달성하기 위해 다른 전략을 사용할 수 있다. 안타깝게도 매우 흥미로운 산화물 형성제인 %Al은 열 전도성에 부정적인 영향을 미치므로, 열 전도성을 높이고자 할 때에는 최대한 사용을 자제해야 한다. 본 발명자는 진행하기 위한 한가지 가능한 방법이 사용되는 산화 방지제를 Zr, 대안적으로 Zr 또는 Nb, 심지어 Zr, Nb, Ti로 제한하는 것이라는 것을 발견했다. 다른 산화물 형성제가 사용되는 반에, 그것들을 적은 양으로 사용해야 한다. 열 전도에 관해서 가장 중요한 측면은 원자 수준의 미세 구조이다. 본 발명자는 본 발명의 상기 합금의 경우 높은 열 전도성과 결합되는 주변 저항에 대해 바로 열 확산율을 주의해야 하며 밀도와 열 용량은 무시할 수 있다는 것을 발견했다.
- [0335] 일부 다른 용도에서는 정확한 반대 즉, 낮은 열 전도를 요구한다. 일반적은 스테인리스 강을 통해 15W/mK 미만 수준을 달성할 수 있지만 10 W/mK 수준을 훨씬 어렵다.
- [0336] 고온에서 높은 산화 저항을 가지는 낮은 열 전도성을 요구하는 용도가 있다. 이러한 경우 %Al 함량이 바람직하며, 낮은 열전도성의 경우 %Si를 추가하는 것이 강하게 추천된다.
- [0337] 본 발명으로 더욱 쉽게 해결할 수 있는 일반적인 스테인리스 강의 또 다른 전형적인 단점은 마모 저항력 및/또는 높은 경도가 동시에 요구되는 환경적 저항이다. 일반적으로 기준의 스테인리스 강은 60HRc를 초과하는 높은 수준의 마모 저항과 경도를 달성하기 어렵다. 본 발명으로 그러한 특성을 결합할 수 있으며, 47 HRC 이상의 경도, 52 HRc 이상의 경도를 달성하는 것이 바람직하며, 더 바람직한 경우는 58 HRc 이상, 심지어 62 HRc가 더 바람직하다.
- [0338] 또한 기준의 스테인리스 강에 필요한 높은 %Cr 수준은 베이니티크 (Bainitic) 마이크로 구조를 달성하는 것을 거의 불가능하게 만든다. 최근 몇 년간 매우 흥미로운 발전이 본 발명에 활용할 수 있는 이러한 종류의 마이크로 구조로 이루어졌다.
- [0339] 본 발명의 또 다른 실시 예에서는 특정 혹독한 환경에 대한 저항이 다른 기계적 특성과 결합된다. 예를 들어, 48 HRC 이상, 바람직하게는 52 HRC 이상, 더욱 바람직하게는 54 HRC 이상, 심지어 58 HRC 이상의 높은 경도 수준을 갖는 능력은 낮은 C 함량이지만 상대적으로 우수한 높은 인성과 좋은 내마모성과 결합한다. 원하는 상기 특성을 얻기 위해 다른 강화 메커니즘들이 결합된다. 예를 들어, 일차 탄화물 및/또는 보완 고용체 (substitutional solid solution) 및/또는 금속간 침전 (intermetallic precipitation)의 사용 등이 있다. 내마모성을 제공하기 위해 일차 탄화물이 필요하다는 점을 고려하지만, 석출 강화 매트릭스가 초래할 수 있는 인성의 증가로부터 이익을 얻고 가능한 %C를 낮게 유지하고자 한다. 그리고 존재하는 탄소를 사용하여 일차 탄화물과 경도와 인성을 잘 포함하는 것을 형성하고자 한다. 이런 점에서, 강한 탄화물 형성제 금속의 탄화물은 튼튼한 매트릭스와 단단한 탄화물을 남기기 위해 선택될 것이다. 이러한 경우 Ti 탄화물 혹은 Ti 혼합 탄화물 (주로 V, W 및/혹은 Mo)가 추천되며, 대안적으로 Zr과 Hf 혼합 탄화물이 사용될 수 있다. 상기 매트릭스에 가능한 적은 2차 탄화물을 포함하는 것이 또한 바람직하다. 그 침전물이 경도와 인성 사이의 더 나은 성분을 제공하고 %Ceq를 증가시키지 않는 점을 고려한다. 그래서 강한 탄화물 형성제는 약한 것에 추천된다.
- [0340] 금속간 석출물 (intermetallic precipitates)에 관해서는 여러가지 사용될 수 있는데, Ni₃Ti, Ni₃Mo, Ni₃Al, NiTi, NiMo 및/또는 NiAl 등이 잘 알려졌다. Ti 또는 Mo가이 목적을 위해 필요하다면, 탄화물과 결합하지 않도록 사용되는 것보다 더 강한 탄화물 형성자가 있어야합니다. Ti, Mo 중 하나가 Ni : Cr, W, Mo, V, Ti, Nb, Ta, Zr과 결합하기를 원할 경우 어떤 원소를 사용하여 탄소를 고정시키는 데 사용할 수 있는지 명확하게 알 수 있도록 강도가 증가하는 탄화물 형성자, Hf (carbide formers ordered in increasing strength).
- [0341] 그러므로 본 발명의 합금은 Cr, V, Mo와 W를 포함하는 탄화물 형성제 그룹이 있을 수 있다.
- [0342] 위에서 설명한 모든 용도는 상기 강 조성의 다양한 실시 예에 해당하며 어느 조합에서나 설명된 대로 모든 형태

와 결합될 수 있다. 이는 각각의 특징이 양립하지 않을 때까지 가능하다.

[0343] 따라서, 현재의 다른 선호 발명의 실시 예에 따르면, 모든 비율은 중량 백분율로 표시된다:

[0344] $\%C_{eq} = 0.25 - 2.5\%C = 0.25 - 2.5\%N = 0 - 2\%B = 0 - 2$

[0345] $\%Cr = 2.5 - 12\%Ni = 3 - 12\%Si = 0 - 2\%Mn = 0 - 3$

[0346] $\%Al = 0.5 - 5\%Mo = 0 - 10\%W = 0 - 15\%Ti = 0 - 3.8$

[0347] $\%Ta = 0 - 2\%Zr = 0 - 4\%Hf = 0 - 3\%V = 0 - 1$

[0348] $\%Nb = 0 - 2.9\%Cu = 0 - 4\%Co = 0 - 7\%S = 0 - 2$

[0349] $\%Se = 0 - 1\%Te = 0 - 1\%Bi = 0 - 1\%As = 0 - 1$

[0350] $\%Sb = 0 - 1\%Ca = 0 - 1\%P = 0 - 2\%Pb = 0 - 2$

[0351] $\%Cs = 0 - 2\%Sn = 0 - 2$

[0352] 나머지는 철과 미량원소로 구성되며,

[0353] 상기에서 $\%C_{eq} = \%C + 0.86\%N + 1.2\%B$ 이다.

[0354] 단 다음의 조건:

[0355] $\%C_{eq} = 0.25 - 0.44\%$ 면, $\%V < 0.85\%$ 및 $\%Ti + \%Hf + \%Zr + \%Ta < 0.1\%$ 면;

[0356] $\%C_{eq} = 0.45 - 2.5\%$ 일 때는, $\%V < 0.6\%$ 이다;

[0357] 또 다른 측면에서, 이 발명은 큰 단면의 경우에도 높은 강도의 특성을 가진 위의 구성을 가진 강철을 말한다. 위의 구성을 구체화한 것은 바로 열간 강철이다. 위의 구성을 구체화한 것은 바로 열간 공구 강철이다. 한 실시 예에서 위의 구성을 철은 부분적으로 마르텐사이트 성질을 띤다. 한 실시 예에서 위의 구성을 철은 부분적으로 베이나이트 성질을 띤다.

[0358] 이 본문에서는, 미량 원소는 2% 미만의 양으로 표시된 모든 원소를 의미한다. 일부 용도에서는 미량원소는 1.4% 미만이고 더욱 바람직하게는 0.9% 심지어 0.78%가 더욱 바람직하다. 가능한 미량원소로는 H, Li, Na, K, Rb, Fr, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Sc, Y, La, Ac, Tc, Re, Ru, Os, Rh, Ir, Pd, Pt, Ag, Au, Zn, Cd, Hg, Ga, In, Tl, Ge, O, Po, F, Cl, Br, I, At, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No 및 Lr이며 단독 혹은 조합으로 존재할 수 있다. 일부 용도의 경우 미량원소 혹은 그 일부가 특정 관련 속성에 매우 해로울 수 있다 (열 전도성과 인성의 경우와 같이). 이러한 용도의 경우 0.4% 미만, 바람직하게는 0.2% 미만, 더욱 바람직하게는 0.14% 심지어 0.06% 미만의 미량원소를 유지하는 것이 바람직하다. 일정량 이하인 것은 말할 것도 없고 원소가 없는 것도 포함한다. 많은 용도에서 대부분의 미량원소 또는 모든 미량원소의 부재는 명백하고 바람직하다. 언급한 바와 같이 모든 미량원소는 단일체로 간주되므로 주어진 용도에 대해 종종 상이한 미량원소의 최대 허용 중량 백분율이 다르다. 비용 절감을 포함한 특정 용도를 위해서 의도적으로 미량원소를 추가 할 수 있고 이는 의도적이지 않을 수 있다. 이는 대부분 합금 제품을 위해 사용된 합금 원소나 고철의 불순물과 관련이 있다. 하나의 동일 합금에 대해서 서로 다른 미량원소가 존재하는 이유는 다를 수 있다.

[0359] 발명자는 모든 미량원소의 합이 함량의 2.0% 미만, 다른 용도에서는 1.4% 미만, 다른 용도에서는 0.8% 미만, 다른 용도에서는 0.2% 미만, 다른 용도에서는 0.1% 미만 심지어 0.06% 미만이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0360] 발명자는 각각의 미량 원소가 함량의 2.0% 미만, 다른 용도에서는 1.4% 미만, 다른 용도에서는 0.8% 미만, 다른 용도에서는 0.2% 미만, 다른 용도에서는 0.1% 미만 심지어 0.06% 미만이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0361] 일부 용도의 경우, Ta, Zr, Hf, S, Se, Te, Bi, As, Sb, Ca, P, Pb, Cs, Sn 또는 Cu와 같이 상기 조성 내 선택적인 원소들이 있다. 이는 상기 조성 내 존재하거나 그렇지 않을 수도 있고 동시에 같이 존재하지 않을 수도 있음을 의미한다. 특정 특성을 개선하기 위해 여러 용도로 사용하는 경우 이러한 선택적 요소 중 하나 이상을 서로 다른 중량 비율로 강철에 추가할 수 있지만 다음 요소를 모두 포함할 필요는 없다. 동시에 강철이 구성되어 있으므로 표시된 최대 함량으로 결합할 필요는 없다. 어떠한 경우에도 강철 구성 요소의 합계는 100%가 되어야 한다.

- [0362] 따라서 다양한 요소에 대한 선호 범위가 추가로 설명된다. %C에 대해서는 본 발명자는 낮은 탄소 함량 실시 예에 대해 0.245% 주변, 바람직하게는 0.272% 초과, 더욱 바람직하게는 0.301% 초과, 심지어 0.359% 초과의 %C가 바람직하다는 것을 발견했다. 상한의 경우 %C는 0.449%미만, 0.43%미만, 0.397%미만, 0.356%미만이 바람직하다. 반면, 더 높은 수준의 %C가 필요한 용도의 경우 0.451%이상, 바람직하게는 0.47%이상, 더욱 바람직하게는 0.54%이상, 심지어 0.64%이상 권장된다. 다른 용도의 경우 %C가 0.72%이상, 바람직하게는 0.89%이상, 더욱 바람직하게는 1.21%이상, 심지어 1.55%이상인 것이 좋다. 상한에 대해서는 %C가 2.52%미만, 바람직하게는 2.40%미만, 더욱 바람직하게는 2.273%미만, 심지어 2.04%미만인 것이 바람직하다. 특별한 경우에는 %C가 1.87%미만, 바람직하게는 1.67%미만, 심지어 1.52%미만이 바람직하다.
- [0363] 발명자는 여러 용도에서 %C가 0.26~2.5%이고, 일반적으로 %C가 0.31~2.5%이고, 심지어 %C가 0.35~2.5% 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0364] 일부 용도에서 %Ceq의 경우 0.245%, 바람직하게는 0.272%이상, 더욱 바람직하게는 0.301%이상, 심지어 0.359%보다 더 높은 것이 바람직합니다. 상한에 대해서는, 일부 실시 예에서 %Ceq는 0.449% 미만, 바람직하게는 0.43%미만, 심지어 0.397% 미만이 바람직하며, 심지어 0.356% 미만이 바람직하다. 반면, 더 높은 수준의 %Ceq가 필요한 경우 0.451%이상, 바람직하게는 0.47%이상, 더욱 바람직하게는 0.54%이상, 심지어 0.64%이상이 바람직하다. 다른 용도의 경우 %Ceq가 0.72%이상, 바람직하게는 0.89%이상, 더욱 바람직하게는 1.21%이상, 심지어 1.55%이상인 것이 좋다. 상한에 대해서는 %C가 2.52%미만, 바람직하게는 2.40%미만, 더욱 바람직하게는 2.273%미만, 심지어 2.04%미만인 것이 바람직하다. 특별한 경우에는 %Ceq가 1.87%미만, 바람직하게는 1.67%미만, 심지어 1.52%미만이 바람직하다.
- [0365] 발명자는 여러 용도에서 %Ceq가 0.26~2.5%이고, 일반적으로 %Ceq가 0.31~2.5%이고, 0.35~2.5%여야 한다는 사실을 발견했다.
- [0366] 위 용도에 있어 기타 선호되는 발명의 실시 예는 다음과 같은 특징을 가진 강철이다:
- [0367] $\%Ceq=0.45 - 2.5$ 이면, $\%V<0.6$ 이다;
- [0368] 위 용도에 있어 기타 선호되는 발명의 실시 예는 다음과 같은 특징을 가진 강철이다:
- [0369] $\%Ceq=0.45 - 2.5$ 이면, $\%V=0.01-0.57$ 이다;
- [0370] %C의 이 다소 높은 수준에 대해, 본 발명자는 성능 향상을 위해서 %V를 어느 특정 값 미만으로 유지해야 한다는 것을 발견했다. 일반적으로 0.84% 미만, 바람직하게는 0.83% 미만, 더욱 바람직하게는 0.81% 미만, 심지어 0.8%미만이다.
- [0371] 본 발명의 매우 낮은 탄소 실시 예에 대해, 향상되는 최종 특성에 따라 형성되는 바람직한 탄화물에 따라, 본 발명자는 다음 추가적으로 바람직한 실시 예를 발견했다:
- [0372] $\%Ceq=0.25 - 0.44$ 때, $\%Cr= 2.1 - 10$; 또는
- [0373] $\%Ceq=0.25 - 0.44\%$ 일 때, $\%Cr= 5 - 10\%$; 또는
- [0374] $\%Ceq=0.25 - 0.44\%$, 및 $\%Cr= 0.5 - 5\%$; 일 때, $\%Ni>4\%$; 또는
- [0375] $\%Ceq=0.25 - 0.44\%$ 일 때, $\%Ti+\%Hf+\%Zr+\%Ta+\%Al=0.1-4\%$;
- [0376] 이 구성 규칙에 따라, 일부 용도에서 %Ceq가 0.25에서 0.44% 인 경우, %V의 낮은 제한을 0.18% 이상, 바람직하게는 0.26% 이상, 더욱 바람직하게는 0.43% 이상, 심지어 0.53% 이상이 바람직하다. 이러한 용도의 일부에서는 0.1% 이하, 일반적으로는 0.08% 이하의 %Ti+%Hf+%Zr+%Ta+%Al 합의 함량을 가지는 것이 더 바람직하다. %Ceq가 0.25에서 0.44%의 수준인 다른 실시 예에 대해, 5.1% 이상, 바람직하게는 5.49% 이상, 더욱 바람직하게는 6.43%, 심지어 6.77% 이상의 %Cr이 바람직하다. 반대로 %Cr을 2.5%에서 5%사이로 낮게 유지할 수 있는 다른 실시 예의 경우, 본 발명자는 %Ni를 3.54% 이상, 바람직하게는 3.87% 이상, 더욱 바람직하게는 4.03% 이상, 심지어 4.67% 이상으로 유지되어야 한다는 점을 발견했다. 다른 경우에는, %Ti +%Hf +%Zr+%Ta+%Al의 합이 제어되어야 한다. 그러므로 이러한 경우 0.1% 이상, 바람직하게는 0.34% 이상, 더욱 바람직하게는 0.69% 이상, 심지어 0.95% 이상이 바람직하다..
- [0377] 탄화물 형성제에 대해서는 %W를 사용할 수 있으며 최소한 0.15%이상, 바람직하게는 0.24%이상 권장되며, 더욱 바람직하게는 0.52%이상, 심지어 0.78%이상이 바람직하다. 다른 경우에는 %W가 0.99%이상 권장되며, 바람직하게

는 1.47%이상 권장되며, 더욱 바람직하게는 1.96%이상, 심지어 2.73%이상 권장된다. %W의 높은 수준이 요구되는 용도의 경우 최소한 3.47%, 바람직하게는 4.53%이상, 더욱 바람직하게는 6.03%이상, 심지어 7.44%이상이 바람직하다. 상한에 따라 %W는 14.99%미만, 바람직하게는 13.74%미만, 더욱 바람직하게는 12.44%미만, 심지어 11.5%미만으로 유지하는 것이 좋다. %W 중간 수준의 경우 9.7%미만, 바람직하게는 8.64%미만, 더욱 바람직하게는 7.34%미만, 심지어 6.28%미만이 바람직하다. %W의 낮은 수준의 경우 4.3%미만, 2.7%미만, 1.22%미만, 0.43%미만이 바람직하다. 0.2%미만이거나 아예 없는 경우도 있다.

[0378] 발명자는 여러 용도에서 일반적으로 0.01%와 6.8%사이의 %W, 0.01%와 6.8%사이의 %W사이, 0.01%와 5.8% 사이의 %W사이에서 사용하는 것이 좋다는 것을 발견했다.

[0379] %Mo는 탄화물 형성제로서도 사용될 수 있다. %Mo의 낮은 한계가 필요한 용도의 경우 0.14%이상, 바람직하게는 0.23%이상, 더욱 바람직하게는 0.43%이상, 심지어 0.71%이상이 바람직하다. 일부 다른 경우에는 %Mo가 최소 1.13%, 바람직하게 1.26%이상, 더욱 바람직하게는 1.87%이상, 심지어 2.46%이상이 바람직하다. %Mo의 높은 값이 필요한 경우에는 3.22%이상 4.34%이상, 5.23%이상, 6.77%이상이 바람직하다. 높은 수준의 %Mo에 대해 상한의 경우, 10% 미만, 바람직하게는 7.8% 미만, 더욱 바람직하게는 6.2% 미만, 더욱 바람직하게는 4.9% 미만, 심지어 3.31% 미만이 바람직하다. %Mo의 낮은 수준의 경우 2.8%미만이 바람직하며, 1.43%미만이 바람직하며, 0.66%미만이 바람직하며, 0.43%미만이 바람직하다. 경우에 따라 0.24%미만이거나 아예 없는 경우도 있다.

[0380] 발명자는 몇 가지 용도에서 상기 조성에서 최소한 0.1%을 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 일부 용도에서 0.1에서 10% 사이, 다른 용도에서는 일반적으로 0.3에서 6.4% 사이, 심지어 0.8에서 2.9% 사이의 %Mo를 가지는 것이 바람직하다.

[0381] 탄화물 형성제로 사용될 수 있는 다른 원소는 %Cr이다. 최종 목표에 따라 사용할 경우, 최소한 2.85% 이상, 더욱 바람직하게는 3.4% 이상, 심지어 5.1% 이상이 바람직하다. 상위 수준의 경우 5.57%이상 바람직하게는 6.79% 이상, 더욱 바람직하게는 6.87%이상, 심지어 7.34%이상 권장된다. 다른 경우에는 8.47% 이상, 바람직하게는 9.24% 이상, 심지어 9.76% 이상이 바람직하다. 반면, 본 발명의 경우 %Cr는 13.2%미만, 바람직하게는 9.76%미만, 더욱 바람직하게는 8.76%미만, 심지어 7.44%미만이 바람직하다. 중간 범위의 경우 6.41%미만, 바람직하게는 5.24%미만, 더욱 바람직하게는 4.63%미만, 심지어 3.47%미만이 바람직하다.

[0382] 발명자는 몇 가지 용도에서 최소한 2.5%의 상기 조성 내 %Cr의 최소 함량을 가지는 것이 바람직하다는 점을 발견했다. 특정 용도에 대해 2.5에서 9.7% 사이의 %Cr을 가지는 것이 바람직하다. 다른 용도에서는 최소 낮은 %Cr 함량이 약간 높은 것이 바람직하며, 이러한 용도에 대해 3.6에서 9.3% 사이의 %Cr이 바람직하다. 다른 용도의 경우 5.1에서 9.1% 사이, 다른 용도에서는 6.2에서 8.8%의 %Cr이 바람직하다.

[0383] %Co와 관련하여, 발명자는 최소한 0.13%, 가급적 0.37%이상, 더 선호하는 경우 0.59%이상, 더 바람직한 경우 0.87%이상이어야 한다는 것을 발견했다. 최종 용도에 따라 %Co의 수준이 1.33% 이상, 바람직하게는 1.57%, 바람직하게는 1.72%이상, 더욱 바람직하게는 1.92%보다 높은 것이 바람직할 수 있다. 다른 용도의 경우 %Co를 2.39% 이상, 바람직하게는 3.41%이상, 더욱 바람직하게는 4.22%이상, 심지어 5.43%보다 더 높게 설정하는 것이 좋다. 반면, 본 용도의 경우 %Co를 7.89%미만, 바람직하게는 6.4%미만, 더욱 바람직하게는 4.92%미만, 심지어 3.82%보다 낮은 것이 바람직하다. 최종 용도에 따라 %Co의 수준은 2.43%미만, 바람직하게는 1.94%미만, 더욱 바람직하게는 1.53%미만, 심지어 1.07%미만이어야 한다. 더 낮은 수준이 필요한 경우, %Co는 0.54% 미만, 바람직하게는 0.43% 미만, 더욱 바람직하게는 0.24% 미만, 심지어 0.11%미만, 심지어 없는 것이 바람직하다. 낮은 탄소 함도의 경우, %Co가 있는 것이 바람직하고 다음 규칙을 적용한다: $\%Co_{eq} = 0.25 - 0.44$ 이면, $\%Co = 0.1 - 4$ 이다.

[0384] 낮은 탄소 제한을 가지는 어떤 용도에서는 더 높은 최소 %Co가 선호된다. 이러한 용도에서는 $\%Co = 0.25 - 0.44$ 일 때, $\%Co > 1.1$ 과 같은 구성 규칙이 적용될 수 있다.

[0385] 발명자는 0.36에서 0.44% 사이의 %C를 가지는 어떤 용도에서, %V가 0.6% 이상일 때, 1.9% 미만의 %Co를 가지는 것이 더 나을 수 있다는 것을 발견했다.

[0386] 0.25에서 2.5% 사이의 %C함량을 가지는 어떤 용도에서, 1.3% 이상, 일반적으로 1.40% 이상, 심지어 1.45% 이상의 %Co를 가지는 것이 바람직하다.

[0387] 발명자는 0.75에서 1.6% 사이의 %C를 가지는 어떤 용도에서, %Cr이 4.8% 이상일 때, 0.1% 초과 %Co를 가지는 것이 더 나을 수 있다는 것을 발견했다.

[0388] 본 발명자는 본 발명의 상기 강에 대해 최종 용도에 따라 %Ti를 사용할 수 있다는 것을 발견했다. 그러한 경우

%Ti는 최소 0.08%, 가급적 0.68%이상이 바람직하며 0.82%이상, 원하는 경우에는 0.9%이상이 바람직하다. 일부 용도에서는 최소 1.3%, 가급적이면 1.6%이상, 2.1%이상, 그리고 2.8%이상인 것이 바람직할 수 있다. 보다 정교한 용도의 경우 3.5%이상, 바람직하게는 3.7%이상, 더욱 바람직하게는 4.3%이상, 심지어 4.8%이상을 권장한다. 일부 용도에서는 너무 높은 농도의 %Ti가 바람직하지 않다. 이 경우 6.4% 미만, 바람직하게는 5.4% 미만, 더욱 바람직하게는 4.6% 미만, 심지어 3.4% 미만이 바람직하다. 높은 수요를 요구하는 용도의 경우 2.4%미만, 1.87% 미만, 0.8%미만, 심지어 0.24%미만이 바람직하다. 일부 용도에서 본 발명자는 상기 조성에서 %Ti가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0389] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 2.6% 사이의 %Ti를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서 더 높은 최소 %Ti함량이 바람직하다. 이러한 용도의 경우 일반적으로 0에서 1.9% 사이, 심지어 0.1에서 1.6% 사이의 %Ti를 가지는 것이 바람직하다.

[0390] %Al과 관련하여, 일부 용도의 경우 최소한 0.16%, 바람직하게는 0.24% 이상, 더욱 바람직하게는 0.42% 이상, 심지어 0.9% 이상이 바람직하다. 높은 수준의 %Al의 경우 약 0.93%, 바람직하게는 1.2% 이상, 더욱 바람직하게는 01.6% 이상, 심지어 1.8% 이상이 바람직하다. %Al이 더 높은 수준을 요구하는 용도의 경우 2.1%, 바람직하게는 2.9%이상, 더욱 바람직하게는 3.53%이상, 심지어 4.1%이상이 바람직하다. 반면, 본 발명에 따르면 5%미만이 바람직하며 4.3%미만이 바람직하고 3.1%미만이 바람직하며 2.63%미만의 %Al이 바람직하다. 다른 용도의 경우 %Al은 1.3%미만, 0.9%미만, 0.8%미만, 그리고 0.6%미만이 바람직하다.

[0391] 발명자는 몇 가지 용도에서 0.5에서 4.8% 사이의 %Al을 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며 일반적으로 0.1에서 4.8% 사이, 다른 용도에서는 일반적으로 0.6에서 4.8% 사이, 심지어 0.7에서 3.8% 사이의 %Al을 가지는 것이 바람직하다.

[0392] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 %Cr-%Al이 3.8% 보다 높고 심지어 4.1% 이상이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0393] 발명자는 일부 용도의 경우 0.001% 초과 %Co-%Al을 사용하는 것이 좋으며, 일반적으로 특정 용도의 경우 %Co-%Al이 0.01%보다 높은 것이 좋다.

[0394] 특정 용도의 경우에 대한 예의 경우, 다음을 따르는 것이 바람직하다:

[0395] $\%Ce_{eq}=0.45 - 2.5$ 이면 $\%Ti + \%Hf + \%Zr + \%Ta + \%Al = 0.1 - 4$.

[0396] 일부 용도에서 위에서 설명했듯이 %Ce_{eq}함량이 0.25에서 0.45%일 때, %Ti + %Hf + %Zr + %Ta의 합이 0.1에서 4%사이로 유지한다.

[0397] 이와는 반대로 낮은 탄소 제한의 예의 경우, 다음의 규칙을 따르는 것이 바람직하다:

[0398] $\%Ce_{eq}=0.25 - 0.44$ 이면, $\%Ti + \%Hf + \%Zr + \%Ta < 0.1\%$.

[0399] 위에서 설명했듯이 %Ce_{eq} 함량이 0.25에서 0.45%일 때 %Ti + %Hf + %Zr + %Ta의 합이 0.1%, 일반적으로 0.08% 미만으로 유지된다. 이때 바나듐 함량은 0.84% 미만, 일반적으로 0.8% 미만, 더욱 바람직하게는 0.77% 미만, 심지어 0.74% 미만을 가진다.

[0400] 본 발명자는 일부 용도에서 초과 조성을 가지는 본 발명의 상기 강에 대하여, 0.21% 초과, 바람직하게는 0.48% 초과, 더욱 바람직하게는 0.87% 초과, 심지어 1.28% 초과하는 %Ni가 바람직하다는 것을 발견했다. 최종 용도에 따라, 2.57% 초과, 바람직하게는 3.85% 초과, 더욱 바람직하게는 4.43% 초과, 심지어 5.13% 초과 수준의 %Ni가 바람직하다. 일부 용도에 대해, 5.97% 초과, 바람직하게는 6.43% 초과, 더욱 바람직하게는 6.93% 초과, 심지어 7.28% 초과 %Ni가 바람직하다. 반면, 일부 용도에서는 6.3% 미만, 바람직하게는 4.7% 미만 수준의 %Ni가 바람직하다.

[0401] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 3.2에서 12% 사이, 일반적으로 3.7에서 10.3% 사이, 심지어 4.2에서 9.5% 사이의 %Ni가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0402] 본 발명의 상기 강의 경우, 최소한 0.01%, 바람직하게는 0.13% 이상, 더욱 바람직하게는 0.22% 이상, 심지어 0.38% 이상의 %Si가 바람직하다. %Si 값이 높은 경우에는 0.67%이상 0.87%이상, 12%이상, 1.51%이상 바람직하다. 때로는 1.63% 이상이 도기도 한다. %Si가 유해한 용도의 경우 2%미만, 바람직하게는 1.67% 미만, 더욱 바람직하게는 1.34% 미만, 심지어 0.99% 미만의 %Si가 바람직하다. %Si가 가능한 낮게 유지되어 하는 아주 까다로운 용도의 경우, 0.53%미만, 바람직하게는 0.33% 미만, 더욱 바람직하게는 0.24% 미만, 심지어 0.12% 미만의 %Si가 바람직하다. 일부 용도의 경우, 본 발명자는 상기 조성에 %Si가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

- [0403] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 1.8% 사이, 일반적으로 0에서 1.6% 사이, 심지어 0에서 1.4% 사이의 %Si가 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0404] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 상기 조성에 %Si를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 이러한 용도의 경우 0.001에서 2% 사이, 일반적으로 0.001에서 1.9% 사이, 심지어 0.01에서 1.7% 사이의 %Si가 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0405] %Mn과 관련하여, 본 발명의 상기 장에 대하여 본 발명자는 최소한 0.12%, 바람직하게는 0.27% 이상, 더욱 바람직하게는 0.46% 이상, 심지어 0.71% 이상의 %Mn이 바람직하다. 더 높은 수준의 경우 최소 0.92%, 가급적 1.41% 이상, 1.63%이상, 더 높은 2.57%이상이 바람직하다. 다른 용도의 경우, 본 발명에서 3.01%미만, 바람직하게는 2.43%미만, 더욱 바람직하게는 1.97%미만, 심지어 1.11%미만인 것이 바람직하다. 최종 용도에 따라 0.94% 미만, 바람직하게는 0.73%미만, 더욱 바람직하게는 0.62%미만, 심지어 0.48%미만수준의 %Mn이 바람직하다. 더 낮은 함량의 경우, 유해한 영향을 미치는 것 같은 경우, 0.37% 미만, 바람직하게는 0.29%미만, 더욱 바람직하게는 0.17%미만, 심지어 0.14%미만, 심지어 일부 용도에 대한 상기 조성 내 %Mn이 없는 것이 바람직하다.
- [0406] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0.001에서 3% 사이, 일반적으로 0.0015에서 2.7% 사이, 심지어 0.01에서 2.4% 사이의 %Si가 바람직하다는 것을 발견했다. 발명자는 몇 가지 용도에 대해, %C<0.3일 때, %Mn+%Si의 합이 0.2% 초과, 일반적으로 0.25% 초과, 심지어 일부 용도에서는 0.3% 초과인 것이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0407] %V과 관련하여, 일부 용도에서 낮은 수준의 경우 0.14%, 0.57%이상, 0.61%이상, 0.69%이상이 바람직하다. 중간 수준의 경우 최소 0.72%가 바람직하다.
- [0408] 발명자는 %C가 0.3% 미만일 때 일부 용도에서 0.09% 미만의 %Ti를 가지는 것이 바람직할 수 있다는 것을 발견했다. 발명자는 %C이 0.75에서 1.6사이를 가지는 어떤 용도에서, %Cr이 4.8% 이상일 때, %Ni를 5.1% 이상 가지는 것이 바람직할 수 있다.
- [0409] 발명자는 일부 용도에서 %Cr+%V+%Mo+%W의 합이 2.6% 초과, 바람직하게는 3%, 심지어 4.1% 초과하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0410] 발명자는 일부 용도에서 %Al+%Mo+%Ti의 합이 0.7 % 초과, 바람직하게는 0.9%, 다른 용도에서는 심지어 1.1% 그리고 1.5% 초과하는 것이 바람직하다.
- [0411] 따라서 위의 용도에 대한 발명품의 선호 실시 예는 다음과 같은 특징을 지닌 강철이다:
- [0412] $\%Cr + \%V + \%Mo + \%W > 3\%$; 및
- [0413] $\%Al + \%Mo + \%Ti > 0.7\%$.
- [0414] 상기 용도에 대한 기타 선호되는 발명의 실시 예는 다음과 같은 강철이다:
- [0415] $\%Cr + \%V + \%Mo + \%W > 3\%$; 및
- [0416] $\%Al + \%Mo + \%Ti > 0.9\%$.
- [0417] 따라서 위의 용도에 대한 발명품의 선호 실시 예는 다음과 같은 특징을 지닌 강철이다:
- [0418] $\%Cr + \%V + \%Mo + \%W > 3\%$; 및
- [0419] $\%Al + \%Mo + \%Ti > 1.1\%$.
- [0420] 따라서 위의 용도에 대한 발명품의 선호 실시 예는 다음과 같은 특징을 지닌 강철이다:
- [0421] $\%Cr + \%V + \%Mo + \%W > 3\%$; 및
- [0422] $\%Al + \%Mo + \%Ti > 1.5\%$.
- [0423] 일부 용도에서 발명자는 S 및/또는 Te가 상기 조성에 있을 때, Te/S 0.04% 미만, 심지어 어떤 용도에서는 0.02% 미만의 Te/S가 바람직하다.
- [0424] 발명자는 일부 용도가 다음과 같은 이점을 제공함으로써 적합하다는 것을 발견했다:
- [0425] $\%Si + \%Ti + \%P + \%S + \%Mn + \%W + \%Hf + \%Ti + \%Cu + \%Sn + \%Nb + \%Pb + \%Cs + \%Ta = 0\sim 9.8\%$.
- [0426] 일부 용도에서 $\%Ce_{eq} = 0.25 \sim 0.44$, and $\%Ti + \%Hf + \%Zr + \%Ta < 0.1$ 일 때, $\%V < 0.85$ 의 조건은 다음의 어느 것으로 대체

될 수 있다:

[0427] $\%Ce_{eq} = 0.25 - 0.44$, 그리고 $\%Ti + \%Hf + \%Zr + \%Ta < 0.08$ 이면, $\%V < 0.80\%$;

[0428] $\%Ce_{eq} = 0.25 - 0.44$, 그리고 $\%Ti + \%Hf + \%Zr + \%Ta < 0.08$ 이면, $\%V < 0.78\%$;

[0429] $\%Ce_{eq} = 0.25 - 0.44$, 그리고 $\%Ti + \%Hf + \%Zr + \%Ta < 0.08$ 이면, $\%V = 0.01 - 0.80\%$;

[0430] $\%Ce_{eq} = 0.25 - 0.44$, 그리고 $\%Ti + \%Hf + \%Zr + \%Ta < 0.08$ 이면, $\%V = 0.01 - 0.78\%$;

[0431] 어떤 용도에서 0.01% 초과하는 $\%Cu$ 를 가지는 것이 유익할 수 있고, 일부 용도에서 최소한 0.1%, 바람직하게는 0.2% 이상, 더욱 바람직하게는 0.4% 이상, 심지어 0.6% 이상의 $\%Cu$ 를 가지는 것이 바람직하다. 다른 용도에서 0.8% 이상, 바람직하게는 0.9% 이상, 더욱 바람직하게는 1.1% 이상의 높은 수준의 $\%Cu$ 를 가지는 것이 유익할 수 있다. 더 높은 수준의 용도의 경우 1.6% 이상, 바람직하게는 2.4% 이상, 더욱 바람직하게는 2.9% 이상, 심지어 3.1% 이상 높은 수준의 $\%Cu$ 를 가지는 것이 유익할 수 있다. 반면, 본 발명의 경우 어떤 용도에서 3.7% 이하, 바람직하게는 3.1% 이하, 더욱 바람직하게는 2.6% 이하, 심지어 1.9% 이하의 $\%Cu$ 가 바람직하다. 다른 용도의 경우, 1.4% 미만, 바람직하게는 0.8% 미만, 더욱 바람직하게는 0.6% 미만, 심지어 0.2% 미만의 $\%Cu$ 가 바람직하다. 일부 용도의 경우, 본 발명자는 .

[0432] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 3.4% 사이, 일반적으로 0에서 1.8% 사이, 심지어 0에서 1.6% 사이의 $\%Cu$ 가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0433] 발명자는 몇 가지 용도에서 $\%Cu + \%Co + \%Al + \%Ti > 0.6$, 일반적으로는 $\%Cu + \%Co + \%Al + \%Ti > 0.8$, 심지어 일부 용도에서 $\%Cu + \%Co + \%Al + \%Ti > 1.1$ 을 갖는 것이 유익하다는 것을 발견했다.

[0434] 위에서 설명한 모든 용도는 강철 조성의 다양한 구현에 해당하며, 어느 조합에서나 설명된 대로 모든 형태와 각각의 특징이 양립하지 않는 정도까지 결합할 수 있다.

[0435] 다른 선호되는 본 발명의 실시 예는 다음 조성을 갖는 어느 것을 말하며, 모든 비율은 중량 백분율로 표시된다:

[0436] $\%Ce_{eq} = 0.4 - 4 \%C = 0.4 - 4 \%N = 0 - 1 \%B = 0 - 4$

[0437] $\%Cr = 0 - 11 \%Ni = 0 - 12 \%Si = 0 - 2.5 \%Mn = 0 - 6$

[0438] $\%Al = 0 - 2.5 \%Mo = 0 - 10 \%W = 0 - 6 \%Ti = 0 - 2$

[0439] $\%Ta = 0 - 3 \%Zr = 0 - 4 \%Hf = 0 - 3 \%V = 0 - 12$

[0440] $\%Nb = 0 - 3 \%Cu = 0 - 2 \%Co = 0 - 12 \%P = 1.5 - 10$

[0441] 나머지는 철과 미량원소로 구성되며 상기에서,

[0442] 다음 조건: $\%Ce_{eq} = \%C + 0.86 * \%N + 1.2 * \%B$;

[0443] 또 다른 측면에서, 이 발명은 큰 단면의 경우에도 높은 강도의 특성을 가진 위의 구성을 가진 강철을 말한다. 위의 구성을 구체화한 것은 바로 열간 강철이다. 위의 구성을 구체화한 것은 바로 열간 공구 강철이다. 한 실시 예에서 위의 구성을 철은 부분적으로 마르텐사이트 성질을 띤다. 한 실시 예에서 위의 구성을 철은 부분적으로 베이나이트 성질을 띤다.

[0444] 이 본문에서는, 미량 원소는 2% 미만의 양으로 표시된 모든 원소를 의미한다. 일부 용도에서는 미량원소는 1.4% 미만이고 더욱 바람직하게는 0.9% 심지어 0.78%가 더욱 바람직하다. 가능한 미량원소로는 H, Li, Na, K, Rb, Fr, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Sc, Y, La, Ac, Tc, Re, Ru, Os, Rh, Ir, Pd, Pt, Ag, Au, Zn, Cd, Hg, Ga, In, Tl, Ge, Sn, Pb, As, Sb, Bi, O, S, Se, Te, Po, F, Cl, Br, I, At, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No 및 Lr이며 단독 혹은 조합으로 존재할 수 있다. 일부 용도의 경우 미량원소 혹은 그 일부가 특정 관련 속성에 매우 해로울 수 있다(열 전도성과 인성의 경우와 같이). 이러한 용도의 경우 0.4% 미만, 바람직하게는 0.2% 미만, 더욱 바람직하게는 0.14% 심지어 0.06% 미만의 미량원소를 유지하는 것이 바람직하다. 일정량 이하인 것은 말할 것도 없고 원소가 없는 것도 포함한다. 많은 용도에서 대부분의 미량원소 또는 모든 미량원소의 부재는 명백하고 바람직하다. 언급한 바와 같이 모든 미량원소는 단일체로 간주되므로 주어진 용도에 대해 종종 상이한 미량원소의 최대 허용 중량 백분율이 다르다. 비용 절감을 포함한 특정 용도를 위해서 의도적으로 미량원소를 추가 할 수 있고 이는 의도적이지 않을 수 있다. 이는 대부분 합금 제품을 위해 사용된 합금 원소나 고철의 불순물과 관련

이 있다. 하나의 동일 합금에 대해서 서로 다른 미량원소가 존재하는 이유는 다를 수 있다.

[0445] 발명자는 모든 미량원소의 합이 함량의 2.0% 미만, 다른 용도에서는 1.4% 미만, 다른 용도에서는 0.8% 미만, 다른 용도에서는 0.2% 미만, 다른 용도에서는 0.1% 미만 심지어 0.06% 미만이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0446] 발명자는 각각의 미량 원소가 함량의 2.0% 미만, 다른 용도에서는 1.4% 미만, 다른 용도에서는 0.8% 미만, 다른 용도에서는 0.2% 미만, 다른 용도에서는 0.1% 미만 심지어 0.06% 미만이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0447] 일반적으로 발명자는 상기 구성 요소의 강철에서 일부 용도로 사용할 경우 %C는 0.21%이상, 가급적 0.51%보다 높고 0.6%이상이 바람직하며 0.72%이상의 수준이 바람직하다. 최종 용도에 따라 일부 용도의 경우 %C가 0.82% 이상, 0.9% 이상, 가급적이면 1.12%이상, 보다 바람직하게는 1.20% 이상의 수준이 바람직하다. 예를 들어 높은 수준의 %C가 필요한 용도의 경우(예: 다른 용도 중에서 높은 내저항성이 필요한 용도의 경우) %C를 1.6%이상, 바람직하게는 2.1%이상, 더욱 바람직하게는 2.8%이상, 심지어 3.2%이상으로 설정하는 것이 바람직하다. 반면, 너무 높은 %C함량이 다른 단점을 가지는데 이는 최종 요구 사항에 따라 균형을 이루어야 한다 예를 들어 %C가 너무 높으면 적용된 열처리와 상관 없이 탄화물 (질화물, 붕화물, 산화물 또는 그 조합)의 속성과 필수 특성을 달성 할 수 없다. 따라서 일부 용도에서는 %C를 3.4%이하, 바람직하게는 2.9%이하, 더욱 바람직하게는 2.3%이하, 심지어 1.9%이하로 유지하는 것이 바람직하다. 예를 들어 높은 수준의 인성을 요구하는 %C함량에 아주 민감한 아주 까다로운 용도를 예를 들면, 일부 용도에서 1.8% 이하, 바람직하게는 1.6% 이하, 더욱 바람직하게는 1.2% 이하, 심지어 0.9% 이하가 바람직하다.

[0448] 일반적으로 발명자는 상기 구성 요소의 강철에서 일부 용도로 사용할 경우 %Ceq는 0.21%이상, 가급적 0.51%보다 높고 0.59%이상이 바람직하며 0.7%이상의 수준이 바람직하다. 최종 용도에 따라 일부 용도의 경우 %C가 0.8% 이상, 0.9% 이상, 가급적이면 1.1%이상, 보다 바람직하게는 1.2% 이상의 수준이 바람직하다. 예를 들어 높은 수준의 %Ceq가 필요한 용도의 경우, %Ceq를 1.6%이상, 바람직하게는 2.1%이상, 더욱 바람직하게는 2.8%이상, 심지어 3.2%이상으로 설정하는 것이 바람직하다. 반면, 너무 높은 %C함량이 다른 단점을 가지는데 이는 최종 요구 사항에 따라 균형을 이루어야 한다 따라서 일부 용도에서는 %Ceq를 3.4%이하, 바람직하게는 2.9%이하, 더욱 바람직하게는 2.3%이하, 심지어 1.9%이하로 유지하는 것이 바람직하다. 예를 들어 높은 수준의 인성을 요구하는 %Ceq 함량에 아주 민감한 아주 까다로운 용도를 예를 들면, 일부 용도에서 1.8% 이하, 바람직하게는 1.6% 이하, 더욱 바람직하게는 1.2% 이하, 심지어 0.9% 이하가 바람직하다.

[0449] 이러한 의미에서, 본 발명자는 위 조성의 상기 강의 어떤 용도에서, %N은 0.08% 초과, 바람직하게는 0.08% 초과, 더욱 바람직하게는 0.1% 초과, 심지어 0.3% 초과의 수준이 최종 용도에 따라 바람직하다고 발견했다. 반면, 다른 용도의 경우 너무 높은 수준인 %N은 바람직하지 않을 수 있다. 따라서 일부 용도에서 %N은 0.6%미만이어야 하며 0.35%미만이 바람직하며 0.1%미만이 바람직하며 0.01%보다 낮은 것이 바람직하다. 본 발명의 한 실시 예에서, 본 발명자는 상기 구성에 %N이 없는 것이 바람직하다는 것을 알게 되었다.

[0450] 이러한 의미에서, 본 발명자는 위 조성의 상기 강의 어떤 용도에서, %B는 0.008% 초과, 바람직하게는 0.3% 초과, 더욱 바람직하게는 1.2% 초과, 심지어 2.1% 초과의 수준이 최종 용도에 따라 바람직하다고 발견했다. 반면, 다른 용도의 경우 너무 높은 수준인 %N은 바람직하지 않을 수 있다. 따라서 일부 용도에서 %N은 2.8%미만이어야 하며 1.7%미만이 바람직하며 0.8%미만이 바람직하며 0.1%보다 낮은 것이 바람직하다. 본 발명의 한 실시 예에서, 본 발명자는 상기 구성에 %B가 없는 것이 바람직하다는 것을 알게 되었다.

[0451] 탄화물로 사용할 수 있는 또 다른 원소는 %Cr이다. 최종 목표에 따라 사용할 경우, 상기 구성의 강철에 대해 1.3%이상이 바람직하며 2.6%이상이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 3.4%이상이 바람직하다. 상위 수준의 경우, 4.1%이상, 바람직하게는 4.6%이상, 더욱 바람직하게는 5.1%이상, 심지어 5.6%이상이 바람직한 경우도 있다. 다른 경우에는 6.1%이상이 바람직하며, 6.7%이상이 바람직하며 7.2%이상이 바람직한 경우도 있다. 반면, 일부 실시 예에서는 %Cr이 9.4%미만, 8.6%미만이 바람직하며 7.9%미만이 바람직하며 6.4%미만이 바람직한 경우도 있다. 일부 실시 예에서는 낮은 크롬 함량이 바람직하다. 어떤 실시 예에서는 %Cr이 4.4 이하, 어떤 실시 예에서는 2.7 이하, 더욱 바람직하게는 1.9 이하, 심지어 너무 낮거나 상기 조성의 강에 %Cr이 존재하지 않는 것이 바람직하다.

[0452] 발명자는 특정 용도에서 0에서 9.7% 사이, 다른 용도에서는 일반적으로 0에서 8.6% 사이, 심지어 다른 용도에서는 0에서 7.9% 사이의 %Cr이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0453] 이러한 의미에서, 본 발명자는 위의 조성의 상기 강의 경우 일부 실시 예에서, 0.01% 초과, 바람직하게는 0.7% 초과, 더욱 바람직하게는 1.1% 이상, 심지어 1.6% 이상 수준의 %Ni가 바람직하다는 것을 발견했다. 최종 용도에

따라 높은 경화능성을 추구하는 용도가 있을 경우, 일부 용도에서는 %Ni가 2.6%이상으, 3.1% 이상, 4.6%보다 훨씬 높고 5.3%보다 더 높은 수준의 %Ni가 바람직하다. 일부 용도의 경우 %Ni가 6.1%보다 높은 것이 바람직하며 6.7%보다 높은 것이 좋으며 7.1%보다 높은 것이 바람직하고 7.6%보다 높은 것이 바람직하다. 반면 일부 용도에서는 너무 높은 수준의 %Ni가 바람직하지 않을 수 있다. 따라서 위의 구성 요소를 사용하는 일부 강철의 경우 %Ni는 9.8%미만이어야 하며 8.4%미만을 권장하며 7.3%보다 낮거나 6.9%미만을 권장한다. 최종 용도에 따라, 일부 용도에서는 %Ni가 6.3%미만, 바람직하게는 5.8%미만, 더욱 바람직하게는 4.3%미만이 바람직하며, 더 바람직하게는 2.3%미만이 바람직하다. 일부 용도에서, 일부 열 전도성이 요구되는 예에서, %Ni는 2.1% 미만, 바람직하게는 1.4% 미만, 바람직하게는 0.4% 미만, 심지어 0.1% 미만이 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 상기 조성에 %Ni가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0454] 발명자는 특정 용도에서 0에서 9.6% 사이, 다른 용도에서는 일반적으로 0에서 8.6% 사이, 심지어 다른 용도에서는 0.01에서 7.9% 사이의 %Ni가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0455] 위의 구성 요소를 가진 강철의 경우, 최종 용도에 따라 특수 특성을 갖기 위해 %Si가 필요한 경우 일부 용도에서는 %Si가 최소한 0.01%, 바람직하게는 0.1%이상, 더욱 바람직하게는 0.3%이상, 심지어 0.6%이상이 바람직하다. %Si 수준이 높은 경우 일부 용도의 경우에는 최소 0.9%, 바람직하게는 1.1%이상, 더욱 바람직하게는 1.6%이상, 심지어 1.8%이상을 권장한다. %Si가 유해한 용도의 경우, 일부 용도에서는 2.1%미만, 바람직하게는 1.6%미만, 더욱 바람직하게는 1.2%미만, 심지어 0.9%미만이 바람직한 경우도 있다. 매우 까다로운 용도의 경우, 예를 들어 강철의 청결도를 최적화하거나 인성을 높이는 등과 같은 매우 까다로운 용도의 경우, 일부 용도에서는 0.8%미만, 바람직하게 0.6%미만, 더욱 바람직하게는 0.2%미만, 그리고 0.1%미만을 선호한다. 본 발명의 일부 실시 예에서 본 발명자는 상시 조성 내 %Si가 존재하지 않는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0456] 발명자는 특정 용도에서 0에서 1.9% 사이, 다른 용도에서는 일반적으로 0에서 1.4% 사이의 %Si가 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서는 더 높은 최소 함량의 %Si 함량이 바람직하다. 이러한 용도에서는 일반적으로 0.01에서 1.4%, 심지어 0.1에서 1.2% 사이의 %Si가 바람직하다.

[0457] 위 조성의 상기 강의 용도를 통제하기 위한 다른 중요한 원소는 %Mn이다. 이 발명자는 일부 실시 예에서 %Mn이 0.001%, 0.1%이상, 0.3%이상, 0.6%보다 더 높은 수준이 바람직하다는 것을 발견하였다. 최종 용도에 따라, 일부 용도에서는 1.2% 초과, 바람직하게는 1.6% 이상, 더욱 바람직하게는 2.2% 이상, 심지어 3.1% 이상의 %Mn이 바람직하다. 따라서 일부 용도에서 %Mn은 5.6%미만, 4.9%미만, 4.3%미만, 2.6%미만이어야 한다. 최종 용도에 따라, 일부 경우, 1.9% 이하, 바람직하게는 1.4% 이하, 더욱 바람직하게는 0.8% 이하, 심지어 0.3% 이하의 %Mn이 바람직하다. 본 발명의 일부 실시 예에서 본 발명자는 상시 조성 내 %Mn이 존재하지 않는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0458] 발명자는 특정 용도에서 0에서 4.6% 사이, 다른 용도에서는 일반적으로 0에서 3.8% 사이의 %Mn이 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서는 더 높은 최소 함량의 %Mn함량이 바람직하다. 이러한 용도에서는 일반적으로 0.01에서 3.9%, 심지어 0.1에서 3.4% 사이의 %Mn이 바람직하다.

[0459] %Al은 다른 목적으로 사용될 수 있다. 본 발명자는 위 조성의 상기 강에 대해 최종 용도에 따라 %Al이 바람직할 수 있음을 발견했다. 본 발명자는 본 발명의 상기 상의 경우, 최종 용도에 따라 %Al이 바람직할 수 있다는 점을 발견했다. 경도를 향상시키거나 다른 목적에 따라 원소를 침전하는 하기 위해 %Al이 사용되는 용도와 같이 낮은 수준의 %Al 요구되는 경우, 너무 높지 않은 수준의 %Al이 바람직하다. 최소한 0.1%, 바람직하게는 0.3% 초과, 더욱 바람직하게는 0.4% 심지어 0.6% 초과가 바람직할 수 있다. 고온에서 산화와 틸탄에 대한 보호막으로 작용하는 %Al의 경우와 같이 낮은 매개체 수준이 요구되는 경우, 0.7% 주변의 %Al 바람직하다. 바람직하게는 1.1% 이상, 더욱 바람직하게는 1.6% 이상, 심지어 1.9% 이상이 바람직하다. 반면, %Al의 높은 값으로 인해 어려움을 겪는 용도가 있다. 그러한 경우와 다른 측면을 고려해야 한다면, %Al은 2.3%미만, 가급적 1.9%미만, 더 바람직한 경우 1.4%미만, 더 높은 0.9%미만이 바람직하다. 다른 까다로운 용도의 경우 %Al은 0.7%미만이어야 하며, 0.4%미만이 바람직하며, 0.3%미만이 바람직하며, 0.1%미만이 바람직하다. 일부 용도의 경우 %Al이 없는 것이 바람직할 수 있다.

[0460] 일부 용도에서는 0에서 1.9% 사이, 일부 용도에서 일반적으로 0에서 1.6 사이, 심지어 0에서 1.4% 사이의 %Al이 바람직하다. 발명자는 몇 가지 용도에서 최소한 0.01% 상기 조성 내 최소한의 %Al 함량을 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 이러한 용도에서는 0.01에서 2.4% 사이, 일부 용도에서 일반적으로 0에서 2.1% 사이, 심지어 0.1에서 1.8% 사이의 %Al이 바람직하다.

- [0461] 탄화물 형성제에 대해, %Mo를 사용할 수 있다. 위 조성의 상기 강의 일부 용도의 경우 최소한 0.1%, 바람직하게는 0.3% 이상, 더욱 바람직하게는 0.9% 이상, 심지어 1.3% 이상이 바람직하다. 다른 경우에는, 최소한 1.8%, 바람직하게는 2.4% 이상, 더욱 바람직하게는 2.8% 이상, 심지어 3.2% 이상의 %Mo가 바람직하다. 최종 용도에 따라, 8.4% 미만, 바람직하게는 7.6% 미만, 더욱 바람직하게는 6.4% 미만, 심지어 4.8% 미만의 %Mo가 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에서 본 발명자는 상기 조성에서 %Mo가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0462] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 7.6% 사이, 일반적으로 다른 용도에서는 0에서 6.4% 사이, 일반적으로 다른 용도에서는 0에서 5.6% 사이, 다른 용도에서는 더 높은 최소 %Mo 함량을 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 이러한 용도의 경우 일반적으로 0.01에서 4.6% 사이, 심지어 0.1에서 3.7% 사이의 %Mo를 가지는 것이 바람직하다.
- [0463] 탄화물 형성제에 대해, 여러 용도 중에서도 마모에 대비하여 %W를 사용할 수 있다; 이러한 경우 최소한 0.01%, 바람직하게는 0.3% 이상, 더욱 바람직하게는 0.8% 이상, 심지어 1.1% 이상의 %W가 바람직하다. 다른 경우에는, 최소한 1.3%, 바람직하게는 1.6% 이상, 더욱 바람직하게는 1.9% 이상, 심지어 2.3% 이상의 %W가 바람직하다. 최종 용도에 따라, 4.3% 미만, 바람직하게는 3.6% 미만, 더욱 바람직하게는 2.9% 미만, 심지어 2.1% 미만의 %W가 바람직하다. 일부 용도에서는 낮은 %W가 바람직하며, 어떤 용도에서 1.8% 미만, 심지어 0.8% 미만이 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에서 본 발명자는 상기 조성에서 %W가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0464] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 4.6% 사이, 일반적으로 어떤 용도에서는 0에서 3.7 사이, 심지어 0에서 2.8 사이 %W를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서 더 높은 최소 %W 함량이 바람직하다. 이러한 용도의 경우 일반적으로 0.01에서 4.6% 사이, 심지어 0.1에서 3.7% 사이의 %W를 가지는 것이 바람직하다.
- [0465] 본 발명자는 위에 언급한 조성의 강에 대해, 최종 용도에 따라, %Ti가 바람직할 수 있다는 것을 발견했다. 이러한 경우, 최소한 0.01%, 바람직하게는 0.1% 이상, 더욱 바람직하게는 0.3% 이상, 심지어 0.6% 이상의 %Ti가 바람직하다. 일부 용도의 일부 예에서, 최소한 0.8%, 바람직하게는 1.1% 이상, 더욱 바람직하게는 1.3% 이상, 심지어 1.6% 이상이 바람직할 수 있다. %Ti가 낮은 것이 바람직한 용도가 있는데 이때, 1.8% 미만, 바람직하게는 1.4% 미만, 더욱 바람직하게는 1.1% 미만, 심지어 0.8% 미만이 더욱 바람직하다. 매우 까다로운 용도의 경우, 0.6%미만, 바람직하게는 0.4%미만, 더욱 바람직하게는 0.2%미만, 심지어 0.01%미만이 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에서 본 발명자는 상기 조성에서 %Ti가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0466] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 1.6% 사이, 일반적으로 어떤 용도에서는 0에서 1.3% 사이의 %Ti를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서 더 높은 최소 %Ti 함량이 바람직하다. 이러한 용도의 경우 일반적으로 0.1에서 1.3% 사이, 심지어 0.01에서 0.9% 사이의 %Ti를 가지는 것이 바람직하다.
- [0467] 일부 용도에서 0.001% 초과, 일반적으로 어떤 용도에서는 0.01% 초과, 심지어 0.1% 초과 %Ti+%Nb+%Hf+%Zr+%Ta+%Al가 바람직하다.
- [0468] 일부 용도에서, 일반적으로 어떤 용도 %Ti+%Nb+%Hf+%Zr+%Ta+%Al=0-4가 바람직하다, %Ti+%Nb+%Hf+%Zr+%Ta+%Al=0.01-4가 바람직하다, 심지어 %Ti+%Nb+%Hf+%Zr+%Ta+%Al=0.1-3. 본 발명의 일부 실시 예에서 본 발명자는 상기 조성으로부터 %Nb, %Hf, %Zr 및/또는 %Ta 중 어느 것이 없다는 게 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0469] 일부 용도에서 0.001% 초과, 일반적으로 어떤 용도에서는 0.01% 초과, 심지어 0.1% 초과 %Nb+%Hf+%Zr+%Ta가 바람직하다.
- [0470] 일부 용도에서, 일반적으로 어떤 용도 %Nb+%Hf+%Zr+%Ta =0-4가 바람직하다, %Nb+ %Hf + %Zr + %Ta =0.01-4가 바람직하다, 심지어 %Nb+%Hf+%Zr+%Ta =0.1-3.
- [0471] %V과 관련하여, 일부 용도에서는 최소한 0.01%, 바람직하게 0.1%이상, 더욱 바람직하게는 0.3%이상, 심지어 0.9% 이상이 바람직하다. 중간 수준의 경우, 일부 용도에서는 최소한 1.3%, 바람직하게 1.9%이상, 2.4%이상, 심지어 3.1%이상이 바람직하다. 일부 용도에서 %V의 높은 수준의 경우, 3.8%이상, 4.3%이상, 더욱 바람직하게는 5.1%이상, 심지어 7.3% 이상이 권장된다. 어떤 용도의 경우, 9.1%미만, 바람직하게는 8.4%미만, 더욱 바람직하게는 7.6%미만, 심지어 6.3%미만이 바람직하다. 다른 선호하는 일부 실시 예 범위는 4.9%미만으로, 바람직하게는 3.7% 미만이 바람직하며 2.8%미만이 바람직하며, 심지어 1.6% 미만이 바람직하다. %V의 낮은 수준의 경우, 일부 용도에서는 1.2%미만, 바람직하게는 0.8%미만, 더욱 바람직하게는 0.4%미만, 그리고 0.2%미만이 바람직하다. 더

낮은 %V가 바람직한 일부 용도에서는, 0.1% 미만, 심지어 0.01% 미만 그리고 어떤 예에서는 아예 존재하지 않는 것이 바람직하다.

[0472] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 7.9% 사이, 일반적으로 어떤 용도에서는 0에서 6.7% 사이의 %V를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서 더 높은 최소 %V함량이 바람직하다. 이러한 용도의 경우 일반적으로 0.1에서 8.3% 사이, 심지어 0.01에서 7.2% 사이의 %V를 가지는 것이 바람직하다.

[0473] 본 발명자는 위에 언급한 조성의 강에 대해, 최종 용도에 따라, %Cu가 바람직할 수 있다는 것을 발견했다. 이러한 경우, 최소한 0.001%, 바람직하게는 0.01% 이상, 더욱 바람직하게는 0.1% 이상, 심지어 0.4% 이상의 %Cu가 바람직하다. 일부 용도의 일부 예에서, 최소한 0.6%, 바람직하게는 0.9% 이상, 더욱 바람직하게는 1.1% 이상, 심지어 1.3% 이상이 바람직할 수 있다. %Cu가 낮은 것이 바람직한 용도가 있는데 이때, 1.7% 미만, 바람직하게는 1.3% 미만, 더욱 바람직하게는 0.9% 미만, 심지어 0.8% 미만이 더욱 바람직하다. 매우 까다로운 용도의 경우, 0.6%미만, 바람직하게는 0.3%미만, 더욱 바람직하게는 0.1%미만, 심지어 0.09%미만이 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에서 본 발명자는 상기 조성에서 %Cu가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0474] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 1.7% 사이, 일반적으로 어떤 용도에서는 0에서 1.2% 사이의 %Cu를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서 더 높은 최소 %Cu함량이 바람직하다. 이러한 용도의 경우 일반적으로 0.01에서 1.4% 사이, 심지어 0.01에서 1.2% 사이의 %Cu를 가지는 것이 바람직하다.

[0475] 본 발명자는 본 발명의 상기 강에 대해, %Co가 어떤 경우에는 바람직하다는 것을 발견했다. 예를 들어, 고온에서 템퍼링 저항이 요구되는 경우에 대해, 최소한 0.14%, 바람직하게는 0.29% 이상, 더욱 바람직하게는 0.54% 이상, 심지어 0.6% 이상의 %Co가 바람직하다. 최종 용도에 따라, 0.8 초과, 바람직하게는 0.9% 초과, 더욱 바람직하게는 1.2% 심지어 1.6% 초과 수준의 %Co가 바람직할 수 있다. 다른 용도의 경우, 1.9 초과, 바람직하게는 2.7% 초과, 더욱 바람직하게는 3.2% 심지어 4.4% 초과 %Co가 바람직하다. 반면, %Co를 통해 강의 주요 냉각 속도 (critical cooling rate) 를 증가시키고 펠라이트 변형 (pearlitic transformation) 을 가속화함으로써 상기 강의 경화능성을 감소시킨다. 따라서, 용도에 따라 너무 높은 수준의 %Co는 바람직하지 않을 수 있다. 따라서 본 발명의 경우 7% 미만, 바람직하게는 5.9% 미만, 더욱 바람직하게는 4.7% 미만, 심지어 3.4% 미만의 %Co가 바람직하다. 최종 용도에 따라, 2.8% 미만, 바람직하게는 1.9% 미만, 더욱 바람직하게는 1.4% 미만, 심지어 1.1% 미만의 %Co가 바람직하다. 더 낮은 수준이 요구되면, 0.8% 미만, 바람직하게는 0.6% 미만, 더욱 바람직하게는 0.44% 미만, 심지어 0.12% 미만의 %Co가 바람직하다. 심지어 없는 경우도 바람직하다.

[0476] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 6.4% 사이의 %Co를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서 더 높은 최소 %Co 함량이 바람직하다. 이러한 용도의 경우 일반적으로 0.01에서 5.3% 사이, 심지어 0.1에서 4.6% 사이의 %Co를 가지는 것이 바람직하다.

[0477] 이러한 의미에서, 본 발명자는 위의 조성의 상기 강의 경우 일부 실시 예에서, 1.6% 초과, 바람직하게는 1.8% 초과, 더욱 바람직하게는 2.1% 이상, 심지어 2.3% 이상 수준의 %P가 바람직하다는 것을 발견했다. 최종 용도에 따라 높은 경화능성을 추구하는 용도가 있을 경우, 일부 용도에서는 %P가 2.6%이상, 3.2% 이상, 4.3%보다 훨씬 높고 5.1%보다 더 높은 수준의 %P가 바람직하다. 일부 용도의 경우 %P가 5.8%보다 높은 것이 바람직하며 6.3%보다 높은 것이 좋으며 6.9%보다 높은 것이 바람직하고 7.4%보다 높은 것이 바람직하다. 반면 일부 용도에서는 너무 높은 수준의 %P가 바람직하지 않을 수 있다. 따라서 위의 구성 요소를 사용하는 일부 강철의 경우 %P는 9.2% 미만이어야 하며 8.6%미만을 권장하며 7.4%보다 낮거나 6.8%미만을 권장한다. 최종 용도에 따라, 일부 용도에서는 %P가 6.2%미만, 바람직하게는 5.7%미만, 더욱 바람직하게는 4.4%미만이 바람직하며, 더 바람직하게는 3.6%미만이 바람직하다. 일부 용도에서, 일부 열 전도성이 요구되는 예에서, %P는 2.9% 미만, 바람직하게는 2.3% 미만, 바람직하게는 2.1% 미만, 심지어 1.9% 미만이 바람직하다.

[0478] 발명자는 특정 용도에서 1.7에서 9.4% 사이, 다른 용도에서는 일반적으로 1.7에서 8.6% 사이, 심지어 다른 용도에서는 1.9에서 7.9% 사이의 %P가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0479] 발명자는 몇 가지 용도에서 $\%Co + \%Cu + \%V + \%Ti + \%P > 1.6\%$, 일반적으로는 $\%Co + \%Cu + \%V + \%Ti + \%P > 1.8\%$, 심지어 일부 용도에서 $\%Co + \%Cu + \%V + \%Ti + \%P > 2.1\%$ 을 갖는 것이 유익하다는 것을 발견했다.

[0480] 발명자는 몇 가지 용도에서 $\%Cu + \%Co + \%Al + \%Ti > 0.01\%$, 일반적으로 어떤 용도에서 $\%Cu + \%Co + \%Al + \%Ti > 0.1\%$, 심지어 일부 용도에서 $\%Cu + \%Co + \%Al + \%Ti > 0.2\%$ 을 갖는 것이 유익하다는 것을 발견했다.

[0481] 발명자는 몇 가지 용도에서 $\%V + \%Al + \%Ti > 0.001\%$, 일반적으로 어떤 용도에서 $\%V + \%Al + \%Ti > 0.01\%$, 심지어 일부 용

도에서 $\%V + \%Al + \%Ti > 0.1\%$ 을 갖는 것이 유익하다는 것을 발견했다.

[0482] 발명자는 일부 용도에서 위의 강철이 기존의 스테인리스 강과 동일하거나 그 이상의 부식 저항을 나타낸다는 사실을 발견했다.

[0483] 위에 설명한 용도의 어느 것도 상기 강 조성물의 다른 실시 예와 일치하며 이 문서에 설명된 다른 모든 실시 예와 조합될 수 있다. 이는 각각의 특징이 양립할 수 없을 때까지 가능하다.

[0484] 따라서, 다른 선호되는 본 발명의 실시 예에 따라 상기 강은 다음 조성을 가지며 모든 비율은 중량 백분율로 표시된다:

[0485] $\%Ce_{eq} = 0.4 - 2.9\% C = 0.4 - 2.9\%N = 0 - 0.6\%B = 0 - 4$

[0486] $\%Cr = 2.1 - 11\%Ni = 0 - 9.5\%Si = 0 - 4\%Mn = 0 - 12$

[0487] $\%Al = 0 - 9\%Mo = 0 - 6\%W = 0 - 6.2\%Ti = 0 - 4.9$

[0488] $\%Ta = 0 - 3\%Zr = 0 - 6\%Hf = 0 - 3\%V = 0 - 12$

[0489] $\%Nb = 0 - 3\%Cu = 0 - 6\%Co = 0 - 7\%Lu = 0 - 2$

[0490] $\%La = 0 - 2\%Ce = 0 - 2\%Nd = 0 - 2\%Gd = 0 - 2$

[0491] $\%Sm = 0 - 2\%Y = 0 - 2\%Pr = 0 - 2\%Sc = 0 - 2$

[0492] $\%Pm = 0 - 2\%Eu = 0 - 2\%Tb = 0 - 2\%Dy = 0 - 2$

[0493] $\%Ho = 0 - 2\%Er = 0 - 2\%Tm = 0 - 2\%Yb = 0 - 2$

[0494] 나머지는 철과 미량원소로 구성되며 상기에서,

[0495] 다음 조건: $\%Ce_{eq} = \%C + 0.86 * \%N + 1.2 * \%B$;

[0496] $\%Al + \%Si + \%Cr + \%Ti + \%Zr > 0.41\%$.

[0497] 또 다른 측면에서, 이 발명은 큰 단면의 경우에도 높은 강도의 특성을 가진 위의 구성을 가진 강철을 말한다. 위의 구성을 구체화한 것은 바로 열간 강철이다. 위의 구성을 구체화한 것은 바로 열간 공구 강철이다. 한 실시 예에서 위의 구성을 철은 부분적으로 마르텐사이트 성질을 띤다. 한 실시 예에서 위의 구성을 철은 부분적으로 베이나이트 성질을 띤다.

[0498] 이 본문에서는, 미량 원소는 2% 미만의 양으로 표시된 모든 원소를 의미한다. 일부 용도에서는 미량원소는 1.4% 미만이고 더욱 바람직하게는 0.9% 심지어 0.78%가 더욱 바람직하다. 가능한 미량원소로는 H, Li, Na, K, Rb, Cs, Fr, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Ac, Tc, Re, Ru, Os, Rh, Ir, Pd, Pt, Ag, Au, Zn, Cd, Hg, Ga, In, Tl, Ge, Sn, Pb, As, Sb, Bi, O, S, Se, Te, Po, F, Cl, Br, I, At, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No 및 Lr이며 단독 혹은 조합으로 존재할 수 있다. 일부 용도의 경우 미량원소 혹은 그 일부가 특정 관련 속성에 매우 해로울 수 있다(열 전도성과 인성의 경우와 같이). 이러한 용도의 경우 0.4% 미만, 바람직하게는 0.2% 미만, 더욱 바람직하게는 0.14% 심지어 0.06% 미만의 미량원소를 유지하는 것이 바람직하다. 일정량 이하인 것은 말할 것도 없고 원소가 없는 것도 포함한다. 많은 용도에서 대부분의 미량원소 또는 모든 미량원소의 부재는 명백하고 바람직하다. 언급한 바와 같이 모든 미량원소는 단일체로 간주되므로 주어진 용도에 대해 종종 상이한 미량원소의 최대 허용 중량 백분율이 다르다. 비용 절감을 포함한 특정 용도를 위해서 의도적으로 미량원소를 추가 할 수 있고 이는 의도적이지 않을 수 있다. 이는 대부분 합금 제품을 위해 사용된 합금 원소나 고철의 불순물과 관련이 있다. 하나의 동일 합금에 대해서 서로 다른 미량원소가 존재하는 이유는 다를 수 있다.

[0499] 발명자는 모든 미량원소의 합이 함량의 2.0% 미만, 다른 용도에서는 1.4% 미만, 다른 용도에서는 0.8% 미만, 다른 용도에서는 0.2% 미만, 다른 용도에서는 0.1% 미만 심지어 0.06% 미만이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0500] 발명자는 각각의 미량 원소가 함량의 2.0% 미만, 다른 용도에서는 1.4% 미만, 다른 용도에서는 0.8% 미만, 다른 용도에서는 0.2% 미만, 다른 용도에서는 0.1% 미만 심지어 0.06% 미만이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0501] 일부 용도의 경우, Nb, Co, Lu, La, Ce, Nd, Gd, Sm, Y, Pr, Sc, Pm, Eu, Tb, Dy, Ho, Er, Tm 및/또는 Yb와 같이 상기 조성 내 선택 가능한 원소들이 존재하며, 이는 이러한 원소들이 상기 조성 내 존재 할 수도 있고 그

령지 않을 수도 있다는 것을 의미한다. 그리고 동시에 존재하지 않을 수도 있다. 특정 특성을 개선하기 위해 몇 가지 용도에서는, 상기 장에 다른 중량 백분율로 상기 원소 중 하나가 추가 될 수 있으나 이는 모든 원소가 사용되어야 하고 표기 된 최대 양만큼 추가되어야 한다는 것은 아니다. 어떠한 경우에도 강 조성 내 이러한 모든 원소들의 합은 100%가 되어야 한다.

[0502]

일반적으로 본 발명자는 일부 용도에서 본 발명의 강에 대해, %C가 0.21%, 바람직하게는 0.51% 이상, 더욱 바람직하게는 0.6% 이상, 심지어 0.72% 이상 수준인 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 최종 용도에 따라 다르며, 일부 용도에서는 %C가 0.82% 초과, 바람직하게는 0.95% 초과, 더욱 바람직하게는 1.12% 심지어 1.20% 초과하는 수준이 바람직하다. 높은 내마모성을 요구하는 용도와 같이 높은 수준의 %C 수준이 필요한 경우, %C가 1.26% 이상, 바람직하게는 1.41% 이상, 더욱 바람직하게는 1.62% 이상 혹은 1.72% 이상인 것이 바람직하다. 반면에 %C 함량이 너무 높으면 결점으로 작용하며 이는 최종 요구사항에 따라 균형을 맞춰야 한다. 예를 들어, 너무 높은 %C는 적용된 열처리와 상관 없이 필요한 완벽한 탄화물(질화물, 봉소화물, 산화물 혹은 그 조합)을 보장하지 못한다. 그러므로 일부 경우에는 %C를 2.6% 미만, 바람직하게는 2.02% 미만, 더욱 바람직하게는 1.93% 미만, 심지어 1.87% 미만으로 유지하는 것이 바람직하다. 이러한 의미에서 높은 수준의 용도가 필요한 경우, 즉 %C 함량이 민감한 용도, 예를 들어 좋은 수준의 인성을 요구하는 용도의 경우, 1.81% 이하, 바람직하게는 1.79% 이하, 더욱 바람직하게는 1.21% 이하, 심지어 0.9% 이하의 %C를 가지는 것이 바람직하다.

[0503]

일반적으로 본 발명자는 일부 용도에서 본 발명의 강에 대해, %Ceq가 0.21%, 바람직하게는 0.51% 이상, 더욱 바람직하게는 0.59% 이상, 심지어 0.72% 이상 수준인 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 최종 용도에 따라 다르며, 일부 용도에서는 %Ceq가 0.82% 초과, 바람직하게는 0.95% 초과, 더욱 바람직하게는 1.12% 심지어 1.20% 초과하는 수준이 바람직하다. 높은 수준의 %Ceq 수준이 필요한 경우, %Ceq가 1.26% 이상, 바람직하게는 1.41% 이상, 더욱 바람직하게는 1.62% 이상 혹은 1.72% 이상인 것이 바람직하다. 반면에 %Ceq 함량이 너무 높으면 결점으로 작용하며 이는 최종 요구사항에 따라 균형을 맞춰야 한다. 그러므로 일부 경우에는 %Ceq를 2.6% 미만, 바람직하게는 2.02% 미만, 더욱 바람직하게는 1.93% 미만, 심지어 1.87% 미만으로 유지하는 것이 바람직하다. 이러한 의미에서 높은 수준의 용도가 필요한 경우, 즉 %Ceq 함량이 민감한 용도, 예를 들어 좋은 수준의 인성을 요구하는 용도의 경우, 1.81% 이하, 바람직하게는 1.79% 이하, 더욱 바람직하게는 1.21% 이하, 심지어 0.9% 이하의 %Ceq를 가지는 것이 바람직하다.

[0504]

많은 용도에서 허용하는 대체 %C의 양은 다소 적으며 그래서 %C자체가 0.42% 이상, 바람직하게는 0.76% 이상, 더욱 바람직하게는 1.02% 이상, 심지어 1.23% 이상을 요구한다. 이전에 표시된 %C와 %Ceq의 일반적인 최대 수준은 용도에 직접 적용 가능하다.

[0505]

발명자는 몇 가지 용도에서 %Ceq 가 0.42에서 2.7%사이, 일반적으로는 0.46에서 2.7% 사이, 심지어 0.53에서 2.4% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0506]

발명자는 몇 가지 용도에서 %C 가 0.42에서 2.7%사이, 일반적으로는 0.46에서 2.7% 사이, 심지어 0.53에서 2.4% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0507]

이러한 의미에서, 본 발명자는 일부 용도에 대한 본 발명의 상기 강에서, %N은 최종 용도에 따라 0.008% 초과, 바람직하게는 0.08% 초과, 더욱 바람직하게는 0.1% 심지어 0.3% 초과가 바람직하다는 것을 발견했다. 반면에 다른 용도의 경우 너무 높은 수준의 %N은 바람직하지 않을 수 있다. 그러므로 본 발명에 대해 %N은 0.45% 미만, 바람직하게는 0.3% 미만, 더욱 바람직하게는 0.1% 미만, 심지어 0.01% 미만이어야 한다. 본 발명의 어떤 실시 예에서 본 발명자는 상기 조성으로부터 %N이 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0508]

이러한 의미에서, 본 발명자는 일부 용도에 대한 본 발명의 상기 강에서, %B가 최종 용도에 따라 0.08% 초과, 바람직하게는 0.3% 초과, 더욱 바람직하게는 1.2% 심지어 2.1% 초과가 바람직하다는 것을 발견했다. 반면에 다른 용도의 경우 너무 높은 수준의 %B는 바람직하지 않을 수 있다. 그러므로 본 발명에서 %B가 2.8% 이하, 바람직하게는 1.7% 이하, 더욱 바람직하게는 0.8 이하, 심지어 0.1% 이하인 것이 바람직하다. 본 발명의 어떤 실시 예에서 본 발명자는 상기 조성으로부터 %B가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0509]

이러한 용도에 대해 통제해야 되는 다른 중요한 원소는 %Mn이다. 본 발명자는 본 발명의 상기 강에 대해, %Mn이 0.1% 초과, 바람직하게는 1.2% 초과, 더욱 바람직하게는 2.8% 초과 심지어 3.6% 초과 수준이 바람직하다는 것을 발견했다. %Mn가 최종 용도에 따라 4.8% 초과, 바람직하게는 6.4% 초과, 더욱 바람직하게는 8.4% 심지어 9.3% 초과 수준이 바람직하다는 것을 발견했다. 그러므로 본 발명의 경우 %Mn이 11.2% 미만, 바람직하게는 9.7%

미만, 더욱 바람직하게는 8.6% 미만, 심지어 6.4% 미만이어야 한다. 최종 용도에 따라, 5.2% 미만, 바람직하게는 4.8% 미만, 더욱 바람직하게는 3.6% 미만, 심지어 2.8% 미만 수준의 %Mn이 바람직하다.

[0510] 발명자는 몇 가지 용도에서 % Mn이 0에서 9.6% 사이, 다른 용도에서는 더 높은 최소 %Mn 함량이 바람직하다는 것을 발견했으며 상기 용도에 대해서는 %Mn이 0.01에서 8.4% 사이, 심지어 0.1에서 8.4% 사이다.

[0511] 이러한 의미에서, 본 발명자는 일부 용도에 대한 본 발명의 상기 강에서, %Ni은 최종 용도에 따라 최소한 0.18%, 바람직하게는 0.59% 초과, 더욱 바람직하게는 1.1% 심지어 1.53% 초과가 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 경화능성을 추구하는 것을 예로, 최종 용도에 따라 %Ni은 3.2% 초과, 바람직하게는 3.6% 초과, 더욱 바람직하게는 4.8% 초과, 심지어 5.46% 초과 수준이 바람직하다. 일부 용도에서 %Ni이 5.8% 초과, 바람직하게는 6.23% 초과, 더욱 바람직하게는 6.79% 초과, 심지어 7% 초과가 바람직하다. 반면에 너무 높은 수준의 %Ni은 바람직하지 않을 수 있다. 그러므로 본 발명의 경우 9.6% 이하, 바람직하게는 8.8% 이하, 더욱 바람직하게는 7.6% 이하, 심지어 7.1% 이하의 %Ni가 바람직하다. 최종 용도에 따라, 6.3% 이하, 바람직하게는 5.8% 이하, 더욱 바람직하게는 4.3% 이하, 심지어 2.3% 이하 수준의 %Ni이 바람직하다. 예를 들어 약간의 열 전도성을 요구하는 용도의 경우, %Ni은 2.1% 이하, 바람직하게는 1.41% 이하, 더욱 바람직하게는 0.47% 이하, 심지어 0.12% 이하가 바람직하다. 본 발명의 어떤 실시 예에서 본 발명자는 상기 조성으로부터 %Ni이 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0512] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 9.3% 사이의 %Ni를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서 더 높은 최소 %Ni 함량이 바람직하다. 이러한 용도의 경우 일반적으로 0.1에서 9.3% 사이, 심지어 0.1에서 8% 사이의 %Ni를 가지는 것이 바람직하다.

[0513] 탄화물 형성제로 사용될 수 있는 다른 원소는 %Cr이다. 최종 목표에 따라 사용할 경우, 최소한 2.3% 이상, 더욱 바람직하게는 2.8% 이상, 심지어 3.6% 이상이 바람직하다. 상위 수준의 경우 5.6% 이상 바람직하게는 6.7% 이상, 더욱 바람직하게는 6.8% 이상, 심지어 7.34% 이상 권장된다. 다른 경우에는 8.4% 이상, 바람직하게는 9.24% 이상, 심지어 9.76% 이상이 바람직하다. 반면, 본 발명의 경우 %Cr는 9.4% 미만, 바람직하게는 8.6% 미만, 더욱 바람직하게는 8.76% 미만, 심지어 6.7% 미만이 바람직하다.

[0514] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 2.4%에서 9.7% 사이의 %Cr을 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서 더 높은 최소 %Cr 함량이 바람직하다. 이러한 용도의 경우 일반적으로 2.8에서 9.3% 사이, 심지어 4.1에서 9.1% 사이의 %Cr을 가지는 것이 바람직하다.

[0515] 탄화물 형성제에 대해, 여러 용도 중에서도 마모에 대비하여 %W를 사용할 수 있다; 이러한 경우 최소한 0.55%, 바람직하게는 0.89% 이상, 더욱 바람직하게는 1.23% 이상, 심지어 1.8% 이상의 %W가 바람직하다. 다른 경우에는, 최소한 2.22%, 바람직하게는 3.1% 이상, 더욱 바람직하게는 3.73% 이상, 심지어 4.1% 이상의 %W가 바람직하다. 최종 용도에 따라, 5.2% 미만, 바람직하게는 4.6% 미만, 더욱 바람직하게는 4.1% 미만, 심지어 3.5% 미만의 %W가 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에서 본 발명자는 상기 조성에서 %W가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0516] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 5.9% 사이의 %W를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서 더 높은 최소 %W 함량이 바람직하다. 이러한 용도의 경우 일반적으로 0.01에서 4.6% 사이, 심지어 0.1에서 3.9% 사이의 %W를 가지는 것이 바람직하다.

[0517] %Mo는 탄화물 형성제로도 사용될 수 있다. 그래서 0.35%, 바람직하게는 0.48% 이상, 더욱 바람직하게는 0.96% 이상, 심지어 1.3% 이상이 바람직하다. 다른 경우에는 최소한 1.8%, 바람직하게는 2.4% 이상, 더욱 바람직하게는 2.87% 이상, 심지어 3.6% 이상의 %Mo가 바람직하다. 최종 용도에 따라, 5.2% 미만, 바람직하게는 4.7% 미만, 더욱 바람직하게는 3.6% 미만, 심지어 2.8% 미만의 %Mo가 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에서 본 발명자는 상기 조성에서 %Mo가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0518] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 5.4% 사이의 %Mo를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서 더 높은 최소 %Mo 함량이 바람직하다. 이러한 용도의 경우 일반적으로 0.01에서 4.6% 사이, 심지어 0.1에서 3.7% 사이의 %Mo를 가지는 것이 바람직하다.

[0519] 본 발명자는 본 발명의 상기 강에 대해, %Co가 어떤 경우에는 바람직하다는 것을 발견했다. 예를 들어, 고온에서 템퍼링 저항이 요구되는 경우에 대해, 최소한 0.14%, 바람직하게는 0.29% 이상, 더욱 바람직하게는 0.54% 이상, 심지어 0.68% 이상의 %Co가 바람직하다. 최종 용도에 따라, 0.8% 초과, 바람직하게는 0.97% 초과, 더욱 바람직하게는 1.26% 심지어 1.57% 초과 수준의 %Co가 바람직할 수 있다. 다른 용도의 경우, 1.9% 초과, 바람직하

계는 2.7% 초과, 더욱 바람직하게는 3.2% 심지어 4.4% 초과 %Co가 바람직하다. 반면, %Co를 통해 강의 주요 냉각 속도 (critical cooling rate) 를 증가시키고 펠라이트 변형 (pearlitic transformation) 을 가속화함으로써 상기 강의 경화능성을 감소시킨다. 따라서, 용도에 따라 너무 높은 수준의 %Co는 바람직하지 않을 수 있다. 따라서 본 발명의 경우 7% 미만, 바람직하게는 5.9% 미만, 더욱 바람직하게는 4.7% 미만, 심지어 3.4% 미만의 %Co가 바람직하다. 최종 용도에 따라, 2.8% 미만, 바람직하게는 1.9% 미만, 더욱 바람직하게는 1.4% 미만, 심지어 1.1% 미만의 %Co가 바람직하다. 더 낮은 수준이 요구되면, 0.89% 미만, 바람직하게는 0.6% 미만, 더욱 바람직하게는 0.44% 미만, 심지어 0.12% 미만의 %Co가 바람직하다. 심지어 없는 경우도 바람직하다.

[0520] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 6.4% 사이의 %Co를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서 더 높은 최소 %Co 함량이 바람직하다. 이러한 용도의 경우 일반적으로 0.01에서 5.3% 사이, 심지어 0.1에서 4.6% 사이의 %Co를 가지는 것이 바람직하다.

[0521] 본 발명자는 본 발명의 상기 강에 대해 최종 용도에 따라 %Ti를 사용할 수 있다는 것을 발견했다. 그러한 경우 %Ti는 최소 0.49%, 가급적 0.68%이상이 바람직하며 0.82%이상, 원하는 경우에는 0.99%이상이 바람직하다. 일부 용도에서는 최소 1.32%, 가급적이면 1.67%이상, 2.11%이상, 그리고 2.86%이상인 것이 바람직할 수 있다. 보다 정교한 용도의 경우 3.5%이상, 바람직하게는 3.75%이상, 더욱 바람직하게는 4.8%이상을 권장한다. 일부 용도에서는 너무 높은 농도의 %Ti가 바람직하지 않다. 이 경우 6.4% 미만, 바람직하게는 5.47% 미만, 더욱 바람직하게는 4.66% 미만, 심지어 3.4% 미만이 바람직하다. 높은 수요를 요구하는 용도의 경우 2.4%미만, 1.87%미만, 0.87%미만, 심지어 0.24%미만이 바람직하다. 일부 용도에서 본 발명자는 상기 조성에서 %Ti가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0522] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 4.6% 사이의 %Ti를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서 더 높은 최소 %Ti 함량이 바람직하다. 이러한 용도의 경우 일반적으로 0.01에서 4.2% 사이, 심지어 0.1에서 3.6% 사이의 %Ti를 가지는 것이 바람직하다.

[0523] %Al은 다른 목적으로 사용될 수 있다. 본 발명자는 위 조성의 상기 강에 대해 최종 용도에 따라 %Al이 바람직할 수 있음을 발견했다. 본 발명자는 본 발명의 상기 상의 경우, 최종 용도에 따라 %Al이 바람직할 수 있다는 점을 발견했다. 경도를 향상시키거나 다른 목적에 따라 원소를 침전하는 하기 위해 %Al이 사용되는 용도와 같이 낮은 수준의 %Al 요구되는 경우, 너무 높지 않은 수준의 %Al이 바람직하다. 최소한 0.26%, 바람직하게는 0.33% 초과, 더욱 바람직하게는 0.43% 심지어 0.53% 초과가 바람직할 수 있다. 고온에서 산화와 탈탄에 대한 보호막으로 작용하는 %Al의 경우와 같이 낮은 매개체 수준이 요구되는 경우, 0.78% 주변의 %Al 바람직하다. 바람직하게는 1.22% 이상, 더욱 바람직하게는 1.54% 이상, 심지어 2.03% 이상이 바람직하다. 중간 수준의 %Al을 요구하는 용도의 경우, 최소한 2.94%, 바람직하게는 3.47% 이상, 더욱 바람직하게는 4.37% 이상, 심지어 5.39% 이상이 바람직하다. 일부 용도는 높은 수준의 %Al을 요구한다; 그 예는 낮은 전도성이 추구될 때이며; 얻는 방법은 밀도를 감소시키는 방법이 있다; 이러한 수준의 용도의 경우, %Al은 6.2% 초과, 심지어 7.3% 초과가 바람직하다. 반면, %Al의 높은 값으로 인해 어려움을 겪는 용도가 있다. 그러한 경우와 다른 측면을 고려해야 한다면, %Al은 7%미만, 가급적 5.4%미만, 더 바람직한 경우 4.12%미만, 더 높은 2.8%미만이 바람직하다. 다른 까다로운 용도의 경우 %Al은 1.5% 미만이어야 하며, 0.89%미만이 바람직하며, 0.43%미만이 바람직하며, 0.1%미만이 바람직하다. 일부 용도의 경우 %Al이 없는 것이 바람직할 수 있다.

[0524] 발명자는 몇 가지 용도에서 최소 0.1% 조성 내 Al%의 최소 함량을 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 이러한 용도에 대해 0.1에서 16.7% 사이, 일반적으로 0.1에서 16.3% 사이, 심지어 0.1에서 15.9% 사이의 %Al이 바람직하다.

[0525] 발명자는 몇 가지 용도에서 %Al보다 더 많이 %Mn을 갖는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. %C가 1.65 미만인 일부 용도의 경우 %Mn-%Al <10.05%가 바람직하고 일반적으로 %Mn-%Al <9.7% 심지어 특정 용도에 대하여 %Mn-%Al <9.3이 바람직하다.

[0526] 본 발명의 상기 강에 대해, 특정 용도에 따라, %Si가 특별한 특성이 필요한 경우 최소한 0.34%가 바람직하다. 바람직하게는 0.87%, 더욱 바람직하게는 1.06%, 심지어 1.57%가 바람직하다. %Si 높은 수준의 경우 최소 1.99%의 Si, 2.47%이상 권장, 3.43%이상, 3.87%를 권장한다. %Si가 유해한 용도의 경우, 4%미만, 3.4% 미만, 2.4% 미만, 1.8% 미만의 %Si가 바람직하다. 매우 까다로운 용도의 경우, 예를 들어 강철의 청정도 (cleanliness) 를 최적화하거나 인성이 높아야 하는 경우, %Si는 1.05%미만, 0.73%미만, 가급적 0.54%미만, 더 낮은 0.22%미만이 좋다. 본 발명의 일부 실시 예에서, 본 발명자는 상기 조성에서 %Si가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

- [0527] 발명자는 몇 가지 용도에 대해 0에서 3.4% 사이의 %Si를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 다른 용도에서 더 높은 최소 %Si 함량이 바람직하다. 이러한 용도의 경우 일반적으로 0.01에서 2.8% 사이, 심지어 0.1에서 1.8% 사이의 %Si를 가지는 것이 바람직하다.
- [0528] 발명자는 본 발명의 상기 강에 대해 특정 용도에서 %Cu가 바람직할 수 있다는 점을 발견했다. 일부 용도의 경우, 최소한 0.14%, 바람직하게는 0.29% 초과, 더욱 바람직하게는 0.54% 심지어 0.68% 초과 %Cu가 바람직하다. 최종 용도에 따라, 일부 용도에서는 0.87% 초과, 바람직하게는 0.97% 초과, 더욱 바람직하게는 1.26% 심지어 1.57% 초과 수준의 %Cu가 바람직할 수 있다. 다른 용도에 대해서는, 1.9% 초과, 바람직하게는 2.7% 초과, 더욱 바람직하게는 3.2% 심지어 4.4% 초과 %Cu가 바람직하다. 반면, 용도에 따라 너무 높은 수준의 %Cu는 바람직하지 않을 수 있다. 그러므로 일부 용도에 대해, 5.4% 미만, 바람직하게는 4.7% 미만, 심지어 3.4% 미만 %Cu가 바람직하다. 최종 용도에 따라, 일부 용도에서는 2.8% 미만, 바람직하게는 1.9% 미만, 더욱 바람직하게는 1.4% 미만 심지어 1.1% 미만 수준의 %Cu가 바람직할 수 있다. 심지어 더 낮은 수준을 요구한다면, 0.89% 미만, 바람직하게는 0.6% 미만, 더욱 바람직하게는 0.44% 미만 심지어 0.12% 미만 수준의 %Cu가 바람직할 수 있다. 심지어 없는 경우도 있다.
- [0529] 발명자는 몇 가지 용도에서 %C 가 0에서 4.8%사이, 일반적으로 다른 용도에 대해서는 낮은 %Cu함량을 갖는 것이 바람직하다. 이러한 용도에서는 0에서 3.1% 사이, 심지어 0에서 2% 사이로 %Cu를 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0530] %V과 관련하여, 낮은 수준의 일부 용도에서는 0.14%, 바람직하게는 0.57%이상, 더욱 바람직하게는 0.61%이상, 심지어 0.69%이상이 바람직하다. 중간 수준의 경우, 일부 실시 예에서는 0.72%, 0.83%이상, 1.34%이상, 2.46%이상이 바람직하다. 일부 용도에서 %V의 높은 수준의 경우, 최소한 4.11%, 바람직하게는 4.8%이상, 더욱 바람직하게는 5.68%이상, 심지어 7.61%이상 권장된다. 상한의 경우, 일부 실시 예에서 12%미만, 바람직하게는 10.98%미만, 더욱 바람직하게는 8.74%미만, 심지어 7.36%미만이 바람직하다. 다른 선호하는 일부 실시 예 범위는 5.74%미만으로, 3.68%미만이 바람직하며 2.28%미만이 바람직하며, 1.32%미만이 바람직하다. %V의 낮은 수준의 경우, 일부 실시 예에서는 0.87%미만, 바람직하게는 0.63%미만, 더욱 바람직하게는 0.47%미만, 그리고 0.24%미만이 바람직하다. 특수한 경우 0.14%이하 또는 0.05%미만이라도 바람직하다. %C가 높은 실시 예에서 (0.45%초과, 바람직하게는 0.46%초과, 더욱 바람직하게는 0.56%초과) %V가 다소 높은 것이 선호되는데, 최소한 0.62%이상, 바람직하게는 0.69% 이상, 더욱 바람직하게는 0.72% 이상, 심지어 0.83% 이상이 바람직하다. 반면에 12.3%미만, 11.4%미만, 9.47%미만, 7.68%미만이 바람직하다. %Cr이 2.71% 이상, 바람직하게는 3.15% 이상, 더욱 바람직하게는 3.87% 심지어 4.99% 심지어 5.21%이상 같이 상대적으로 높은 수준으로 존재하는 경우, 다른 실시 예에서는 적은 %V가 바람직하다. 바람직하게는 0.58% 이하, 더욱 바람직하게는 0.47% 이하, 더욱 바람직하게는 0.34% 이하, 심지어 0.21 그리고 다른 예에서는 없는 것이 바람직하다.
- [0531] 일부 용도의 경우 최소한 2%, 바람직하게는 2.31% 이상, 더욱 바람직하게는 2.54% 이상, 심지어 2.87% 이상의 %Al+%Si+%Cr+%V가 바람직하다. %Al이 존재하면, 최소한 3.1% 이상, 바람직하게는 3.4% 이상, 더욱 바람직하게는 3.67% 이상, 심지어 4% 이상의 %Al+%Si+%Cr+%V이 바람직하다.
- [0532] 본 발명의 상기 강에 대해, %Al+%Si+%Cr+%Ti+%Zr 이 최소한 4.1%이상, 바람직하게는 5.2%이상, 더욱 바람직하게는 6.1%이상, 심지어 8.2%이상이 바람직하다.
- [0533] 일부 실시 예에서, 발명자는 Ta, Zr, Hf, Nb, La, Ce가 상기 강 조성에서 선택적 원소로 될 수 있음을 발견했고, 일부 실시 예에서 그 중 일부 혹은 전부가 상기 조성에 없을 수 있다.
- [0534] 발명자는 몇 가지 용도에서, %Ta+%Zr+%Hf+%Nb+%La+%Ce =0-4.2%가 바람직할 수 있다는 점을 발견했다.
- [0535] 발명자는 몇 가지 용도에서, %Ta+%Zr+%Hf+%Nb+%La+%Ce =0-4.2=0-3.7%가 바람직할 수 있다는 점을 발견했다.
- [0536] 발명자는 몇 가지 용도에서, %Ta+%Zr+%Hf+%Nb+%La+%Ce =0-4.2=0-2.2%가 바람직할 수 있다는 점을 발견했다.
- [0537] 발명자는 몇 가지 용도에서, %Ta+%Zr+%Hf+%Nb+%La+Ce가 최소한 0.001%를 가지는 것이 바람직할 수 있다는 점을 발견했으며, 일반적으로 일부 용도에서는 Ta+Zr+Hf +Nb+La+Ce가 최소한 0.01% 심지어 0.1%가 바람직하다.
- [0538] 발명자는 몇 가지 용도에서, %Ta+%Zr+%Hf+%Nb+%La+%Ce =0.001-2.2%가 바람직할 수 있다는 점을 발견했다.
- [0539] 발명자는 몇 가지 용도에서, %Cr+%Cu+%Co가 0.01% 이상을 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 일반적으로 %Cr+%Cu+%Co>0.1%, 다른 용도에서는 %Cr+%Cu+%Co>1.2%를 가지는 것이 선호되며, 특정 용도에서는

%Cr+%Cu+%Co>3.1%가 선호된다.

[0540] 특정 용도의 경우, 발명자는 다음 중 하나를 사용하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다:

[0541] %Nb+%Co+%Lu+%La+%Ce+%Nd+%Gd+%Sm+%Y+%Pr+%Sc+ %Pm+ %Eu+ %Tb+ %Dy+ %Ho+ %Er+ %Tm+%Yb= 0 - 10%;

[0542] %Nb+%Co+%Lu+%La+%Ce+%Nd+%Gd+%Sm+%Y+ %Pr+ %Sc+ %Pm+ %Eu+ %Tb+ %Dy+ %Ho+ %Er+ %Tm+%Yb= 0 - 8%;

[0543] %Nb+%Co+%Lu+%La+%Ce+%Nd+%Gd+%Sm+%Y+%Pr+%Sc+ %Pm+ %Eu+ %Tb+ %Dy+ %Ho+ %Er+ %Tm+%Yb= 0 - 6%;

[0544] 발명자는 몇 가지 용도에서, %V+%Nb+%Sn+%Si+%Ti+%Co+%W+%Mo=0-9.8% 가 바람직할 수 있다는 점을 발견했다.

[0545] 발명자는 몇 가지 용도에서, %V+%Nb+%Sn+%Si+%Ti+%Co+%W+%Mo=0-9.8% 가 최소한 0.001% 이상을 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 일반적으로는 어떤 용도에서는 %V+%Nb+%Sn+%Si+%Ti+%Co+%W+%Mo= 0-9.8%가 최소한 0.01%, 다른 용도에서는 최소한 0.1%가 바람직하다.

[0546] 이러한 용도에 대하여, 다음의 원소들의 최소 함량이 바람직한 다른 용도들이 존재한다: %V+%Nb+%Sn+%Si+%Ti+%Co+%W+%Mo = 0.1-9.8%.

[0547] 위에서 설명한 모든 용도는 강철 조성의 다양한 구현에 해당하며, 어느 조합에서나 설명된 대로 모든 형태와 각각의 특징이 양립하지 않는 정도까지 결합할 수 있다.

[0548] 본 발명의 한 측면에서, 본 발명자는 일부 용도의 경우 퀸팅을 포함하지 않는 온도의 처리로 큰 경도 증가를 갖는 소재를 갖는 것이 아주 흥미롭다는 것을 발견했다. 일반적으로 가공 혹은 성형(상기 성형이 전체 위도 성형의 오직 일부 일지라도 부분은 하드 조건(hard condition)에서 실행) 과정 후 소재를 단단하게 모는 관여 온도는 오스테나이드화 온도 이하로 유지할 수 있다. 본 발명자는 이러한 특징을 이루는 방법은 올바른 조성의 선택으로 구성된다는 것을 발견했으며 상기에서 다음의 범위는 올바른 열기계 가공(thermomechanical processing)을 따른다:

[0549] %Ceq = 0.41 - 2.9 % C = 0.41 - 2.9 %N = 0 - 0.4 %B = 0 - 1.3

[0550] %Cr = 0 - 11.9 %Ni = 0 - 5.9 %Si = 0 - 3.9 %Mn = 1.6 - 11.9

[0551] %Al = 0 - 4.9 %Mo = 0 - 4.4 %W = 0 - 7.8 %Ti = 0 - 4.9

[0552] %Ta = 0 - 4.9 %Zr = 0.6 - 8.9 %Hf = 0 - 14 %V = 0 - 9.9

[0553] %Nb = 0 - 2.8 %Cu = 0 - 3.9 %Co = 0 - 2.9 %Zreq = 0.6 - 8.9

[0554] %La = 0 - 0.2 %Ce = 0 - 5.0.2 %Cs = 0 - 0.2 %Moeq = 0 - 4.4

[0555] 나머지는 철과 미량원소로 구성되며 상기에서,

[0556] 다음 조건: %Ceq = %C+0.86*N+1.2*B; 및

[0557] %Zreq=%Zr+1/2 *%Hf; 및

[0558] %Moeq=%Mo+1/2* %W; 및

[0559] %Mn+%Zr+%Ta+%Hf+%Ti>4%.

[0560] 이 문서에서 미량 원소는 0.9% 미만의 명시적으로 표시되지 않은 어떤 원소로 간주된다. 일부 특정 실시 예에서 미량원소는 0.4% 미만이어야 한다. 일부 특정 실시 예에서 미량원소는 0.18% 미만이어야 한다. 일부 특정 실시 예에서 미량원소는 0.06% 미만이어야 한다. 앞서 언급했듯이, 미만의 양이라는 개념은 부재를 포함한다. 미량원소로 고려되는 가능 원소는 H, Li, Na, K, Rb, Fr, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Ac, Tc, Re, Ru, Os, Rh, Ir, Pd, Pt, Ag, Au, Zn, Cd, Hg, B, Ga, In, Tl, Ge, Sn, Pb, P, As, Sb, Bi, O, S, Se, Te, Po, F, Cl, Br, I, At, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr 및/또는 조합이다. 많은 용도에서, 대부분 미량원소가 없거나 전체가 없는 것은 분명하거나 바람직하다. 언급하였듯이 각 미량원소는 독립체(entity)로 간주되며, 따라서 본 발명의 많은 실시 예에서 다른 미량 원소들은 다른 허용 가능 양을 가진다. 미량 원소들은 선행 기술에 기술된 주어진 기능 또는 비용 감소를 위하여 의도적으로 존재할 수 있다. 혹은 그렇지 않으면 미량 원소가 의도치 않게 존재하거나 합금의 순도 부족과 연관될 수 있다. 그리고 소재를 생산하기 위해 스크랩 원소(scrap elements)가 사용될 수 있다.

[0561] 발명자는 모든 미량원소의 합이 함량의 2.0% 미만, 다른 용도에서는 1.4% 미만, 다른 용도에서는 0.8% 미만, 다

른 용도에서는 0.2% 미만, 다른 용도에서는 0.1% 미만 심지어 0.06% 미만이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0562] 발명자는 각각의 미량 원소가 함량의 2.0% 미만, 다른 용도에서는 1.4% 미만, 다른 용도에서는 0.8% 미만, 다른 용도에서는 0.2% 미만, 다른 용도에서는 0.1% 미만 심지어 0.06% 미만이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0563] 탄소 등가물은 관련된 특성의 대부분을 결정하는 데 있어 매우 중요하다. 내마모성이 요구되는 경우 필요한 경우 %Ceq는 너무 낮을 수 없다. 본 발명의 일부 실시 예의 경우, 본 발명자는 0.31% 이상의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예의 경우, 본 발명자는 0.46% 이상의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예의 경우, 본 발명자는 0.61% 이상의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예의 경우, 본 발명자는 0.81% 이상의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예의 경우, 본 발명자는 0.92% 이상의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 %Ceq가 너무 높지 않은 것이 좋다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 1.98% 미만의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 1.48% 미만의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.98% 미만의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.59% 미만의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0564] 발명자는 몇 가지 용도에서 %Ceq가 0.22에서 1.49%사이, 일반적으로는 0.22에서 0.88% 사이, 심지어 0.25에서 0.38% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예의 경우, 본 발명자는 0.46% 이상의 %C가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예의 경우, 본 발명자는 0.61% 이상의 %C가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예의 경우, 본 발명자는 0.81% 이상의 %C가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예의 경우, 본 발명자는 0.92% 이상의 %C가 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 내마모성이 필요한 경우 %C를 너무 낮출 수 없다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 0.31% 이상의 %C가 바람직하다는 점을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 너무 높지 않은 %C가 좋다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 1.98% 미만의 %C가 바람직하다는 점을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 1.48% 미만의 %C가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.98% 미만의 %C가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.59% 미만의 %C가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0565] 발명자는 몇 가지 용도에서 %C가 0.22에서 1.49%사이, 일반적으로는 0.22에서 0.88% 사이, 심지어 0.25에서 0.38% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0566] 때로는 탄소 당량 (carbon equivalent) 내에서 과다하지 않은 %N의 함량이 바람직하다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.09% 미만의 %N가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.004% 미만의 %N가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 %N가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서는 %N이 경화능성을 개선할 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.06% 이상의 %N가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.11% 이상의 %N가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0567] 때로는 탄소 당량 (carbon equivalent) 내에서 과다하지 않은 %B의 함량이 바람직하다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.03% 미만의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.019% 미만의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.009% 미만의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 %B가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 %B가 경화능성, 특히 페라이트 변형 억제에 도움이 될 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.002% 이상의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.0042% 이상의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.006% 이상의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0568] 크롬 함량은 중요하며 2차 탄화물에 존재하는 것이 거의 항상 큰 영향을 미치기 때문에 관련 속성의 대부분을 결정하는 데 매우 중요하다. 과다하게 인성을 손상시키지 않고 고온에서 기계적 저항이 요구 될 때, %Cr이 너무 낮을 수 없다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 3.6% 이상의 %Cr이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 5.2% 이상의 %Cr이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 6.5% 이상의 %Cr이 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 %Cr이 너무 높지 않은 것이 좋다. %V, %Mo 및/또는 %W와 같은 다른 탄화물 생성체가 많은 경우에도 마찬가지이다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 9.5% 미만의 %Cr가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 8.5% 미만의 %Cr가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 4.9% 미만의 %Cr가 바람직하다는 것을 발견했다.

- [0569] 망간 함량은 본 발명의 이 부분에서 필수적이다. 발명자는 %Mn의 특정 함량으로부터, 특히 %Zr, %Ti, %Si, %V, 및/또는 %Cr이 적절하게 혼합될 때, 본 발명의 현재 측면의 소재가 낮은 온도 열처리의 용도에서 높은 경도 증가가 나타난다. 결정적인 함량은 합금에 있는 다른 원소의 특정 양에 따라 달라진다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 1.8% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 3.6% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 4.6% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 5.6% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 6.6% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 7.6% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 합금 내 다른 원소들의 양에 따라 다르지만, 과도한 %Mn 함량은 강의 가공에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 알려졌다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 9.8% 미만의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 7.8% 미만의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 5.8% 미만의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0570] 니켈 함량은 중요하며 특히 경도를 증가시키고 석출을 통제하는 능력에 중요하다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.25% 이상의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 1.52% 이상의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 2.52% 이상의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 3.02% 이상의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 특히 고온에서 높은 인성이 요구되는 경우에는 낮은 %Ni가 종종 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 4.8% 미만의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 2.78% 미만의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.49% 미만의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 상기 구성요소에 %Ni가 없는 것이 바람직하다고 보았다.
- [0571] 실리콘 함량은 중요하며 특히 경도를 증가시키고 석출을 통제하는 능력에 중요하다. 본 발명의 일부 실시 예에서, 발명자는 0.25% 이상의 %Si가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에서, 발명자는 1.52% 이상의 %Si가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에서, 발명자는 1.82% 이상의 %Si가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에서, 발명자는 2.52% 이상의 %Si가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에서, 발명자는 3.02% 이상의 %Si가 바람직하다고 발견했다. 발명자는 일부 조성에서 %Si는 두꺼운 두께에 대해 획득할 수 있는 인성값에 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.4% 미만의 %Si가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.18% 미만의 %Si가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.08% 미만의 %Si가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.04% 미만의 %Si가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 상기 구성요소에 %Si가 없는 것이 바람직하다고 보았다.
- [0572] 발명자는 일부 조성물에 대해 %Se+ %Te+ %S+ %P+ %As+ %Pb+ %Sb+ %Sn의 합을 통해 가공을 촉진시킬 수 있음을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 강 구성 %Se+%Te+%S+%P+%As+%Pb+%Sb+%Sn 이 0.052%이상 포함되는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 하지만 종종 %Se+%Te+%S+%P+%As+%Pb+%Sb+%Sn의 합은 인성에 부정적인 영향을 미친다. 본 발명의 일부 실시 예에 대해, 본 발명자는 0.04% 미만의 %Se+%Te+%S+%P+%As+%Pb+%Sb+%Sn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %Se+%Te+%S+%P+%As+%Pb+%Sb+%Sn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에 대해, 본 발명자는 %Se+%Te+%S+%P+%As+%Pb+%Sb+%Sn가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0573] 발명자는 일부 조성물에 대해 %Ta+ %Nb가 내마모성을 촉진시킬 수 있음을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 강 구성 %Ta+%Nb 이 0.22%이상 포함되는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 강 구성 %Ta+ %Nb 이 0.54%이상 포함되는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 강 구성 %Ta+%Nb 이 1.6%이상 포함되는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 강 구성 %Ta+%Nb 이 2.04%이상 포함되는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예의 경우, 본 발명자는 2.04% 이상의 %Ta+ %Nb를 가지는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 하지만 종종 %Ta+ %Nb 의 합은 인성에 부정적인 영향을 미친다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.4% 미만의 %Ta+%Nb 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.08% 미만의 %Ta+%Nb 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %Ta+ %Nb 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.
- [0574] 발명자는 일부 조성물에 대해 %Se+%Te의 합을 통해 가공을 촉진시킬 수 있음을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 강 구성 %Se+%Te 이 0.052%이상 포함되는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 하지만 특히 %Mn

을 많이 포함할 때 %Se+%Te의 합은 본 발명의 강에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.19% 미만의 %Se+%Te가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.09% 미만의 %Se+%Te가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.04% 미만의 %Se+%Te가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %Se+%Te가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %Se+%Te가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0575] 본 발명의 일부 용도에 있어, 본 발명자는 상기 강 조성물에 %P + %S가 더 포함되어 있음을 발견했다. 발명자는 %Mn을 많이 포함할 때 %P + %S가 일부 조성물에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.028% 미만의 %P + %S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.018% 미만의 %P + %S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %P + %S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.0004% 미만의 %P + %S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %P + %S가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0576] 본 발명의 일부 용도에 있어, 본 발명자는 상기 강 조성물에 P 가 더 포함되어 있음을 발견했다. 발명자는 %Mn을 많이 포함할 때 %P 가 일부 조성물에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.028% 미만의 %P가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.018% 미만의 %P가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %P가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.0008% 미만의 %P가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %P 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0577] 본 발명의 일부 용도에 있어, 본 발명자는 상기 강 조성물에 S가 더 포함되어 있음을 발견했다. 발명자는 %Mn을 많이 포함할 때 %S 가 일부 조성물에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.018% 미만의 %S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.0008% 미만의 %S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %S 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0578] 몰리브덴 함량은 중요하며 2차 탄화물에 존재하는 것이 거의 항상 큰 영향을 미치기 때문에 관련 속성의 대부분을 결정하는 데 매우 중요하다. 텁퍼링에 대한 저항이 요구될 때, 몰리브덴이 너무 낮을 수 없다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.16% 이상의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.21% 이상의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 1.1% 이상의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 %Mo가 너무 높지 않은 것이 좋다. %V, %Cr, 및/또는 %W와 같은 탄화물 보조제가 많이 존재하는 경우에도 마찬가지다. 또한 일부 예에서 %Mo는 %Zr의 영향에 부정적으로 영향을 끼칠 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.8% 미만의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.19% 미만의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.04% 미만의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %Mo 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0579] 발명자는 본 발명의 일부 실시 예에서 %Mo를 %W 중량의 두 배 양으로 부분적 대체 할 수 있다는 점을 발견했다. 또한 일부 용도에서 이전 단락에서 %W에 대해 기술된 것은 %W에 적용할 수 있으며 표시된 상기 함량은 반드시 두 배가 되어야 한다. 이러한 의미에서 %Moeq 개념은 흥미로우며, 부분 대체 경우, 상기는 $%Moeq = %Mo + 1/2 * %W$ 로 나타난다. %Moeq의 경우 표시된 함량은 위의 약 %Mo를 따른다.

[0580] 지르코늄 함량은 중요하며 2차 탄화물에 존재하는 것이 거의 항상 큰 영향을 미치기 때문에 관련 속성의 대부분을 결정하는 데 매우 중요하다. 아주 높은 인성이 요구될 때, %Zr이 너무 낮을 수 없다. 본 발명의 일부 실시 예에 있어, 발명자는 0.22% 이상의 %Zr이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에 있어, 발명자는 1.2% 이상의 %Zr이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에 있어, 발명자는 2.55% 이상의 %Zr이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에 있어, 발명자는 3.25% 이상의 %Zr이 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 %Zr이 너무 높지 않은 것이 좋다. %Mo, %Cr 및/또는 %W와 같은 다른 탄화물 형성제가 많은 경우에도 마찬가지이다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 6.8% 미

만의 %Zr가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 4.8% 미만의 %Zr가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 2.8% 미만의 %Zr가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.4% 미만의 %Zr가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에서 본 발명자는 %Zr이 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0581] 발명자는 몇 가지 용도에서 %Zr가 0에서 5.4%사이, 일반적으로는 1.2에서 4.4% 사이, 심지어 2.1에서 4.4% 사이로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0582] 발명자는 본 발명의 일부 실시 예에서 %Zr를 %Hf 중량의 두 배 양으로 부분적 대체 할 수 있다는 점을 발견했다. 또한 일부 용도에서 이전 단락에서 %Zr에 대해 기술된 것은 %Hf에 적용할 수 있으며 표시된 상기 함량은 반드시 두 배가 되어야 한다. 이러한 의미에서 %Zreq 개념은 흥미로우며, 부분 대체 경우, 상기는 $%Zreq = %Zr + 1/2 * %Hf$ 로 나타난다. %Zreq의 경우 표시된 함량은 위의 약 %Zr을 따른다.

[0583] 바나듐 함량은 중요하며 2차 탄화물에 존재하는 것이 거의 항상 큰 영향을 미치기 때문에 관련 속성의 대부분을 결정하는 데 매우 중요하다. 고온 경도가 요구 될 때, %V이 너무 낮을 수 없다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.22% 이상의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.32% 이상의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.55% 이상의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에서, 본 발명자는 2.05% 이상의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 %V가 너무 높지 않은 것이 좋다. %Mo, %Cr 및/또는 %W와 같은 탄화물 보조제가 많이 존재하는 경우에도 마찬가지다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 3.8% 미만의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 2.8% 미만의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 1.8% 미만의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %V 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0584] 티타늄 함량은 중요하며 2차 탄화물에 존재하는 것이 거의 항상 큰 영향을 미치기 때문에 관련 속성의 대부분을 결정하는 데 매우 중요하다. 고온 경도가 요구 될 때, %Ti가 너무 낮을 수 없다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.22% 이상의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.55% 이상의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 1.6% 이상의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 2.6% 이상의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 3.6% 이상의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 때때로 초과하여 존재하는 %Ti 함량은 바람직하지 않다. 본 발명의 일부 실시 예에 있어, 발명자는 4.8% 미만의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에 있어, 발명자는 2.8% 미만의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에 대해, 본 발명자는 %Ti 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0585] 때때로 과하지 않은 %Co 함량이 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 2.3% 미만의 %Co가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 1.2% 미만의 %Co가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 %Co가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 상기 강의 특성을 개선하는데 %Co가 도움이 될 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.001% 이상의 %Co가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.1% 이상의 %Co가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0586] 때때로 과하지 않은 %Cu 함량이 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 1.1% 미만의 %Cu 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.4% 미만의 %Cu 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 %Cu 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 상기 강의 특성을 개선하는데 %Cu 가 도움이 될 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.001% 이상의 %Cu 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.1% 이상의 %Cu 가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0587] 때때로 과하지 않은 %Al 함량이 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.8% 미만의 %Al 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.2% 미만의 %Al 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 %Al 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 상기 강의 특성을 개선하는데 %Al 가 도움이 될 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.6% 이상의 %Al 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 1.1% 이상의 %Al 가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0588]

한 실시 예에서, 본 발명의 이러한 측면의 상기 강은 8 HRc 이상의 경도 증가로 특징될 수 있는데, 저온에서 적절하게 준비해서 열처리한다면 가능하다. 한 실시 예에서, 본 발명의 이러한 측면의 상기 강은 16 HRc 이상의 경도 증가로 특징될 수 있는데, 저온에서 적절하게 준비해서 열처리한다면 가능하다. 한 실시 예에서, 본 발명의 이러한 측면의 상기 강은 22 HRc 이상의 경도 증가로 특징될 수 있는데, 저온에서 적절하게 준비해서 열처리한다면 가능하다. 한 실시 예에서, 본 발명의 이러한 측면의 상기 강은 32 HRc 이상의 경도 증가로 특징될 수 있는데, 저온에서 적절하게 준비해서 열처리한다면 가능하다. 한 실시 예에서, 본 발명의 이러한 측면의 상기 강은 42 HRc 이상의 경도 증가로 특징될 수 있는데, 저온에서 적절하게 준비해서 열처리한다면 가능하다. 한 실시 예에서는 본 발명의 이 측면의 상기 강이 적절하게 준비된다면, 298 HB 미만의 경도로 특징될 수 있다. 한 실시 예에서는 본 발명의 이 측면의 상기 강이 적절하게 준비된다면, 248 HB 미만의 경도로 특징될 수 있다. 한 실시 예에서는 본 발명의 이 측면의 상기 강이 적절하게 준비된다면, 228 HB 미만의 경도로 특징될 수 있다. 한 실시 예에서는 본 발명의 이 측면의 상기 강이 적절하게 준비된다면, 348 HB 미만의 경도로 특징될 수 있다. 한 실시 예에서는 본 발명의 이 측면의 상기 강이 적절하게 준비된다면, 298 HB 미만의 경도로 특징될 수 있다. 한 실시 예에서는 본 발명의 이 측면의 상기 강이 적절하게 준비된다면, 248 HB 미만의 경도로 특징될 수 있다. 한 실시 예에서는 본 발명의 이 측면의 상기 강이 적절하게 준비된다면, 228 HB 미만의 경도로 특징될 수 있다. 본 발명의 본 측면의 한 실시 예에서, 적절하게 준비됨은 중심부가 오일 펜칭 뒤에 이어지는 온도에 도달하고 난 뒤 30분간 1020 °C에서 오스테나이트화됨을 뜻한다. 본 발명의 이 측면의 한 실시 예에서, 적절하게 준비됨은 중심부가 공냉 (air cooling) 후 이어지는 온도에 도달하고 나서 30분간 1020 °C에서 오스테나이트화됨을 뜻한다. 본 발명의 본 측면의 한 실시 예에서, 적절하게 준비됨은 중심부가 오일 펜칭 뒤에 이어지는 온도에 도달하고 난 뒤 30분간 1050 °C에서 오스테나이트화됨을 뜻한다. 본 발명의 이 측면의 한 실시 예에서, 적절하게 준비됨은 중심부가 공냉 (air cooling) 후 이어지는 온도에 도달하고 나서 30분간 1050 °C에서 오스테나이트화됨을 뜻한다. 본 발명의 본 측면의 한 실시 예에서, 적절하게 준비됨은 중심부가 오일 펜칭 뒤에 이어지는 온도에 도달하고 난 뒤 30분간 1080 °C에서 오스테나이트화됨을 뜻한다. 본 발명의 이 측면의 한 실시 예에서, 적절하게 준비됨은 중심부가 공냉 (air cooling) 후 이어지는 온도에 도달하고 나서 30분간 1100 °C에서 오스테나이트화됨을 뜻한다. 본 발명의 본 측면의 한 실시 예에서, 적절하게 준비됨은 중심부가 오일 펜칭 뒤에 이어지는 온도에 도달하고 난 뒤 30분간 1150 °C에서 오스테나이트화됨을 뜻한다. 본 발명의 이 측면의 한 실시 예에서, 적절하게 준비됨은 중심부가 공냉 (air cooling) 후 이어지는 온도에 도달하고 나서 30분간 1200 °C에서 오스테나이트화됨을 뜻한다. 본 발명의 본 측면의 한 실시 예에서, 적절하게 준비됨은 중심부가 오일 펜칭 뒤에 이어지는 온도에 도달하고 난 뒤 30분간 1250 °C에서 오스테나이트화됨을 뜻한다. 본 발명의 이 측면의 한 실시 예에서, 경도를 증가시키게 되는 저온 열처리는 템퍼링이나 4시간의 480 °C에서의 비슷한 처리를 의미한다. 가열과 냉각은 별로 중요하지 않지만 특별히 빨리 할 필요는 없다. 본 발명의 이 측면의 한 실시 예에서, 경도를 증가시키게 되는 저온 열처리는 템퍼링이나 2시간의 520 °C에서의 비슷한 처리를 의미한다. 본 발명의 이 측면의 한 실시 예에서, 경도를 증가시키게 되는 저온 열처리는 템퍼링이나 2시간의 540 °C에서의 비슷한 처리를 의미한다. 가열과 냉각은 별로 중요하지 않지만 특별히 빨리 할 필요는 없다. 본 발명의 이 측면의 한 실시 예에서, 경도를 증가시키게 되는 저온 열처리는 템퍼링이나 4시간의 600 °C에서의 비슷한 처리를 의미한다. 가열과 냉각은 별로 중요하지 않지만 특별히 빨리 할 필요는 없다. 본 발명의 이 측면의 한 실시 예에서, 경도를 증가시키게 되는 저온 열처리는 템퍼링이나 4시간의 620 °C에서의 비슷한 처리를 의미한다. 가열과 냉각은 별로 중요하지 않지만 특별히 빨리 할 필요는 없다. 본 발명의 이 측면의 한 실시 예에서, 경도를 증가시키게 되는 저온 열처리는 템퍼링이나 8시간의 520 °C에서의 비슷한 처리를 의미한다. 본 발명의 이 측면의 한 실시 예에서, 경도를 증가시키게 되는 저온 열처리는 템퍼링이나 4시간의 520 °C에서의 비슷한 처리를 의미한다. 가열 및 냉각은 50K/h이다.

[0589]

본 발명의 측면에서, 본 발명자는 본 발명의 소재가 다음의 단계로 구성된 제조 방법으로 형성되기 쉽다는 것을 발견했다:

[0590]

-모델, 금형, 중간 금형 또는 부분 금형을 제작하기 위한 적층 제조 공법 사용.

[0591]

-하나 이상의 금속 상으로 구성된 미립자 소재로 금형의 최소 일부 채우기.

[0592]

-냉간 등방압 가압법 (Cold Isostatic Pressing (CIP)) 단계의 사용.

[0593]

-상기 금형의 제거.

[0594]

-그리고 소결 (sintering), 열간 정수압 소결법 (Hot Isostatic Pressing (HIP)) 혹은 충분한 고온을 포함하는 다른 것이 될 수 있는 치밀화 단계.

[0595]

이 성형 과정은 새로운 본 발명의 최고의 지식이며 se당 본 발명을 구성한다. 언급한 바와 같이, 다른 소재에 대해 본 발명의 적용성은 사례별로 확인되어야 하지만, 본 발명은 이 문서에서 정립됐다. 본 발명의 상기 소재 외에도, 본 발명자는 이러한 발명의 측면이 공구 강과 고속도 강에 적용된다는 것을 발견했다. 마르에이징 강 (maraging steels) 또한 공구 소재로 고려된다. 본 발명의 이러한 측면의 한 실시 예에서, $\%Cr < 2.9\%$ 및 $\%Moeq > 0.8\%$ 로 특징되면 강에 특히 잘 적용된다는 것이 확인되었다. 본 발명의 이러한 측면의 한 실시 예에서, $\%Cr < 1.9\%$ 및 $\%Moeq > 1.6\%$ 로 특징되면 강에 특히 잘 적용된다는 것이 확인되었다. 본 발명의 이러한 측면의 한 실시 예에서, $\%Cr < 1.9\%$ 및 $\%Moeq > 2.6\%$ 로 특징되면 강에 특히 잘 적용된다는 것이 확인되었다. 본 발명의 이러한 측면의 한 실시 예에서, $\%Cr < 0.9\%$ 및 $\%Moeq > 2.1\%$ 로 특징되면 강에 특히 잘 적용된다는 것이 확인되었다. 본 발명의 이러한 측면의 한 실시 예에서, $\%Cr < 0.3\%$ 및 $\%Moeq > 3.1\%$ 로 특징되면 강에 특히 잘 적용된다는 것이 확인되었다. 본 발명자는 본 발명의 이 양상이 대부분의 초경합금(Ni, Co혹은 각각의 합금 내 텡스텐 탄화물) 그리고 마멸 저항 입자(탄화물, 질화물, 봉소화물, 산화물 혹은 그 중의 혼합물)가 큰 대부분의 금속 매트릭스 복합물에 잘 적용된다는 것을 발견했다. 이 항에서 언급한 내용은 다음 단락의 모든 다른 측면과 실시 예에도 적용된다.

[0596]

이 문서에서는, CIP 단계가 건조 자루 (dry bag), 젖은 자루(wet bag)이든지 간에, 온열 등압 프레싱 (warm isostatic pressing) 혹은 다른 비슷한 방법은 실제적인 용도에 의존한다. 다른 것들 중 기하학적 형상과 구현 할 수 있는 미립자 소재의 종류가 그러하다. 어떤 실시 예에서는 건조 자루가 선호된다. 어떤 실시 예에서는 건조 자루가 선호된다. 어떤 실시 예에서는 62°C 이상 온도에서 온열 등압 프레싱이 선호된다. 어떤 실시 예에서는 82°C 이상 온도에서 온열 등압 프레싱이 선호된다. 어떤 실시 예에서는 160°C 이상 온도에서 온열 등압 프레싱이 선호된다. 어떤 실시 예에서는 220°C 이상 온도에서 온열 등압 프레싱이 선호된다. 어떤 실시 예에서는 450°C 이상 온도에서 온열 등압 프레싱이 선호된다.

[0597]

상기 적층 제조 단계는 모델 혹은 금형 제조를 포함할 수 있다. 한 실시 예에서, 어느 모델은 적층 제조 기술을 사용하여 제작할 수 있으며, 상기 모델은 이어서 보통 아주 유연한 소재(고무, 플라스틱, 네오프렌, 어떤 다른 탄성중합체)로 된 금형을 제조하는 데 사용할 수 있다, 이 경우 최소한 모델의 한 부분을 제작하기 위해 적층 제조를 포함하는 방법의 첫 단계를 사용한다. 이 후 상기 방법은 첫 번째와 두 번째 단계 사이에 추가적인 단계를 포함한다:

[0598]

-모델의 일부 이상을 제작하기 위한 적층 제조 공법을 사용.

-(포함할 수도 있음) 모델의 이 부품을 다른 부품에 조립.

[0600]

-이전 단계의 모델을 사용하여 매우 유연한 소재로 금형 제작.

[0601]

-하나 이상의 금속 상으로 구성된 미립자 소재로 금형의 최소 일부 채우기.

[0602]

-냉간 등방압 가압법 (Cold Isostatic Pressing (CIP)) 단계의 사용.

[0603]

-상기 금형의 제거.

[0604]

-그리고 소결 (sintering), 열간 정수압 소결법 (Hot Isostatic Pressing (HIP)) 혹은 충분한 고온을 포함하는 다른 것이 될 수 있는 치밀화 단계.

[0605]

본 발명 측면의 한 실시 예에서 상기 금형은 담금 (immersion), 주입 (pouring) 용도를 통하여 제조될 수 있다. 혹은 유리 전이 온도를 초과하는 아주 유연한 소재를 포함하는 다른 방식으로도 가능하다. 그러한 경우에 본 발명자는 상기 모델을 제조하기 위해서 적층 제조 단계에서 고온 내성 고분자를 사용하는 것이 흥미롭다는 것을 발견했다. 일부 실시 예에서, 본 발명자는 가장 중요한 것은 유리 전이 온도라는 것을 발견했다: 어느 실시 예에서, 이는 85°C 이상이어야 한다; 다른 실시 예에서 이는 122°C 이상이어야 한다; 다른 실시 예에서 이는 162°C 이상이어야 한다; 다른 실시 예에서 이는 202°C 이상이어야 한다; 다른 실시 예에서 이는 252°C 이상이어야 한다; 다른 실시 예에서 이는 292°C 이상이어야 한다; 다른 실시 예에서 이는 362°C 이상이어야 한다; 어떤 실시 예에서 본 발명자는 0.45MPa 에서의 열 굴절 온도를 고려해야 한다는 것을 발견했다: 어느 실시 예에서, 이는 125°C 이상이어야 한다; 다른 실시 예에서 이는 152°C 이상이어야 한다; 다른 실시 예에서 이는 282°C 이상이어야 한다; 다른 실시 예에서 이는 232°C 이상이어야 한다; 다른 실시 예에서 이는 262°C 이상이어야 한다; 다른 실시 예에서 이는 342°C 이상이어야 한다; 다른 실시 예에서는, 본 문서의 전체에서와 마찬가지로 152°C 이상이어야 한다, 달리 표시 되지 않은 경우, 일부 용도에 대해 다른 실시 예에 대해 표시된 다른 속성을 결합할 수 있다. 예를 들어 이 경우 일부 용도는

0.45 MPa에서 충분히 높은 전이 온도와 충분히 높은 열 굴절 온도를 가진 고분자를 요구할 수 있다. 상기 모델 구조에 사용할 수 있는 고분자의 몇 가지 예를 들자면: 폴리(히드록시 부틸) 메타크릴산염, 폴리(히드록시 에틸) 메타크릴산염, 폴리아미드, Polybenzimidazole aromatic derivative 등이 있다.

[0606] 본 발명 측면의 한 실시 예에서 상기 금형은 담금 (immersion), 주입(pouring) 용도를 통하여 제조될 수 있다. 두 가지 이상의 성분을 혼합한 후 건조 과정을 거치는 아주 유연한 다중 성분 소재를 포함하는 다른 방법도 가능하다. 이 실시 예에서 상기 모델 제조를 위해서 거의 모든 종류의 소재를 사용할 수 있다. 그리고 두 가지 이상의 아주 유연한 소재는 금형의 제조에 사용될 수 있다(예를 들어 2성분 네오프렌). 다른 실시 예에서, 이전의 실시 예와 동일한 프로세스를 따르지만 저온 (140°C 미만, 바람직하게는 109°C 미만, 더욱 바람직하게는 98°C 미만, 더욱 바람직하게는 74°C C심지어 40°C 미만) 용액이나 유화액에서 하나의 액체 요소를 사용한다.

[0607] 한 실시 예에서 상기 금형은 매우 유연한 소재를 사용한 적층 가공법을 통해 직접 제작되며, 제조 방법은 다음과 같다:

[0608] -상기 제작 소재 중 하나로서 아주 유연한 소재를 사용하여 금형 혹은 금형의 일부를 제조하는데 적층 제조 방법을 사용.

[0609] -(포함할 수도 있음) 모델의 이 부품을 다른 부품에 조립.

[0610] -이전 단계의 모델을 사용하여 매우 유연한 소재로 금형 제작.

[0611] -하나 이상의 금속 상으로 구성된 미립자 소재로 금형의 최소 일부 채우기.

[0612] -냉간 등방압 가압법 (Cold Isostatic Pressing (CIP)) 단계의 사용.

[0613] -상기 금형의 제거.

[0614] -그리고 소결 (sintering), 열간 정수압 소결법 (Hot Isostatic Pressing (HIP)) 혹은 충분한 고온을 포함하는 다른 것이 될 수 있는 치밀화 단계.

[0615] 본 발명의 현 측면에서 파손에 충분한 연신율을 가진 소재를 "아주 유연한 소재"로 이해한다. 한 실시 예에서, 55% 이상이다. 다른 실시 예에서는 76% 이상이다. 다른 실시 예에서는 92% 이상이다. 다른 실시 예에서는 110% 이상이다. 다른 실시 예에서는 160% 이상이다. 다른 실시 예에서는 210% 이상이다. 다른 실시 예에서는 360% 이상이다. 다른 실시 예에서는 576% 이상이다. 일부 용도에서는, 특히 정확한 치수가 바람직하고 또한 복잡한 내부 내각 혹은 비슷한 네트워크가 바람직할 때, 본 발명자는 종종 최소한의 경도 수준이 바람직하다는 것을 발견했다: 어느 실시 예에서는, 72 쇼어 A 이상, 다른 실시 예에서는 81 쇼어 A 이상, 다른 실시 예에서는 91 쇼어 A 이상, 다른 실시 예에서는 102 쇼어 A 이상, 다른 실시 예에서는 122 쇼어 A 이상, 다른 실시 예에서는 181 쇼어 A 이상. 일부 용도의 경우 동일한 용도에 대해 과도한 연신율은 바람직하지 않을 수 있다: 한 실시 예에서는 390% 미만; 다른 실시 예에서는 290% 미만; 다른 실시 예에서는 190% 미만; 다른 실시 예에서는 140% 미만; 다른 실시 예에서는 98% 미만; 언급한 특성의 조합으로 필요한 실시 예가 존재한다 (예를 들어, 파손에서의 연신율은 81 쇼어A 이상 경도를 가지면서 76% 이상이지만 140% 이상이다. 다른 조합이 다른 용도에서 적절할 수 있다).

[0616] 본 측면의 매우 중요한 일연의 실시 예는 채널의 복잡한 내부 구조 혹은 다른 종류의 빈공간을 가진 구성요소의 제조와 관련된다 (결국 다른 소재로 채워질 수 있음) (몇 가지 예를 들자면: 냉각 채널 네트워크, 구조를 가볍게 하는 빈 공간, 가열을 위한 구리 네트워크, 전력 전달 (power transference) 또는 신호 전달 (signal transference) 등이 있다). 본 발명자는 아주 흥미로운 내부가 빈 형상의 일부를 만드는데 고분자 소재를 사용할 수 있다는 것을 본 발명의 경우에서 발견했다.

[0617] 복잡한 냉각 채널과 다른 소재로 채워지는 채널은 높은 정밀도를 가진 방식으로 만들어질 수 있다. 냉각 채널의 경우에는 정각 냉각 채널 (conformal cooling strategies) 을 적용할 수 있다.

[0618] 본 발명의 현재 측면의 한 실시 예에서, 적층 제조 단계는 중간 금형 혹은 중간 금형의 일부를 제조하는데 적용된다. 이 금형은 최소한 하나의 금속상을 포함하는 미립자 소재로 채워지며 그런 다음 선행 실시 예에서 이 효과를 위해 기술된 방식으로 제조된 우연한 소재로 만들어진 어느 금형으로 덮힌다(유리 전이 온도 초과의 아주 유연한 소재, 저온에 적용된 다중 성분의 아주 유연한 소재, 저온 유화액의 단일 성분 등). 그 다음에는 최소한 CIP 혹은 유사한 단계 그리고 최소한 충분한 고온에서의 한 번의 치밀화 단계가 이어진다. 한 시시 예에서 적층 제조된 중간 금형은 대부분의 냉각 채널 혹은 상기 조성의 내부 특징을 통합한 것이다. 분명히 상기 미립자 소

재가 중간 금형에 채워지기에, 상기 미립자 소재의 치밀화 이후 얻어지는 형상의 부정적인 것과 비슷한 형상을 가진다. 중간 금형의 수축, 아주 유연한 소재로 제조된 금형, 미립자 소재의 치밀화 등을 고려되고 설계 단계에서 교정된다. 본 측면의 한 실시 예에서 내부 특징은 치밀화 이후 절삭 가공 (mechanical machining) 을 최소 혹은 아예 가지지 않는다.

[0619] 중간 금형을 사용할 때 이러한 측면에서, 내부 특징과 외부 특징을 구분하는 것은 종종 흥미롭다. 이러한 의미에서, 내부 기능은 주입 시 미립자 소재에 의해 완전히 둘러싸여 있는 것은 상기 CIP 단계에서 직접적으로 유체로부터 압력을 받지 않고 아주 유연한 소재 커버 금형을 통해 직접적으로 압력을 받지 않는다. 하지만 둘러싸인 미립자 소재를 통해서는 항상 가능하다. 반대로, 외부 기능은 한쪽에만 입자성 소재가 있는 기능이며, 반대쪽 벽은 건조 자루, CIP 혹은 비슷한 유체와 직접 접촉하거나 아주 유연한 소재로 제조된 커버 금형을 통해 종종 접촉한다.

[0620] 이 구체화는 도 4에 도식화되었으며 그 방법은 다음과 같다:

[0621] -중간 금형 또는 중간 금형의 일부를 제조하기 위한 적층 제조 공법의 사용

[0622] -(포함할 수도 있음) 모델의 이 부품을 다른 부품에 조립.

[0623] -최소한 하나 이상의 금속상으로 구성된 미립자 소재로 금형의 최소 일부 채우기.

[0624] -이전 단계에서 중간 AM으로 제작된 채워진 금형을 사용하여 아주 유연한 소재로 된 커버 금형을 제작.

[0625] -냉간 등방압 가압법 (Cold Isostatic Pressing (CIP)) 단계의 사용.

[0626] -상기 금형의 제거.

[0627] -그리고 소결 (sintering), 열간 정수압 소결법 (Hot Isostatic Pressing (HIP)) 혹은 충분한 고온을 포함하는 다른 것이 될 수 있는 치밀화 단계.

[0628] 매우 유연한 소재 단계의 커버 금형의 충전 단계 및 제조는 바뀔 수 있다.

[0629] 한 실시 예에서, 외부 특징에 대한 AM 제조 중간 금형의 평균 두께는 1.8 mm 이하다. 한 실시 예에서, 외부 특징에 대한 AM 제조 중간 금형의 평균 두께는 1.3 mm 이하다. 한 실시 예에서, 외부 특징에 대한 AM 제조 중간 금형의 평균 두께는 0.8mm 이하다. 한 실시 예에서, 외부 특징에 대한 AM 제조 중간 금형의 평균 두께는 0.4 mm 이하다. 한 실시 예에서, 외부 특징에 대한 AM 제조 중간 금형의 평균 두께는 0.2 mm 이하다.

[0630] 한 실시 예에서, 치밀화 단계에 대한 충분히 높은 고온은 $0.52 T_m$ 이상 온도를 의미하며 여기에서 T_m 은 가장 낮은 융점을 가진 미립자 소재의 융점을 의미한다. 한 실시 예에서, 치밀화 단계에 대한 충분히 높은 고온은 $0.62 T_m$ 이상 온도를 의미하며 여기에서 T_m 은 가장 낮은 융점을 가진 미립자 소재의 융점을 의미한다. 한 실시 예에서, 치밀화 단계에 대한 충분히 높은 고온은 $0.72 T_m$ 이상 온도를 의미하며 여기에서 T_m 은 가장 낮은 융점을 가진 미립자 소재의 융점을 의미한다. 한 실시 예에서, 치밀화 단계에 대한 충분히 높은 고온은 $0.82 T_m$ 이상 온도를 의미하며 여기에서 T_m 은 가장 낮은 융점을 가진 미립자 소재의 융점을 의미한다. 한 실시 예에서, 치밀화 단계에 대한 충분히 높은 고온은 $0.52 T_m$ 이상 온도를 의미하며 여기에서 T_m 은 가장 높은 부피 백분율 가진 미립자 소재의 융점을 의미한다. 한 실시 예에서, 치밀화 단계에 대한 충분히 높은 고온은 $0.62 T_m$ 이상 온도를 의미하며 여기에서 T_m 은 가장 높은 부피 백분율 가진 미립자 소재의 융점을 의미한다. 한 실시 예에서, 치밀화 단계에 대한 충분히 높은 고온은 $0.72 T_m$ 이상 온도를 의미하며 여기에서 T_m 은 가장 높은 부피 백분율 가진 미립자 소재의 융점을 의미한다. 한 실시 예에서, 치밀화 단계에 대한 충분히 높은 고온은 $0.82 T_m$ 이상 온도를 의미하며 여기에서 T_m 은 가장 높은 부피 백분율 가진 미립자 소재의 융점을 의미한다. 한 실시 예에서, 치밀화 단계에 대한 충분히 높은 고온은 $0.52 T_m$ 이상 온도를 의미하며 여기에서 T_m 은 가장 높은 중량 백분율 가진 미립자 소재의 융점을 의미한다. 한 실시 예에서, 치밀화 단계에 대한 충분히 높은 고온은 $0.62 T_m$ 이상 온도를 의미하며 여기에서 T_m 은 가장 높은 중량 백분율 가진 미립자 소재의 융점을 의미한다. 한 실시 예에서, 치밀화 단계에 대한 충분히 높은 고온은 $0.72 T_m$ 이상 온도를 의미하며 여기에서 T_m 은 가장 높은 중량 백분율 가진 미립자 소재의 융점을 의미한다. 한 실시 예에서, 치밀화 단계에 대한 충분히 높은 고온은 $0.82 T_m$ 이상 온도를 의미하며 여기에서 T_m 은 가장 높은 중량 백분율 가진 미립자 소재의 융점을 의미한다. 한 실시 예에서, 치밀화 단계에 대한 충분히 높은 온도는 980°C 이상 온도를 의미한다. 한 실시 예에서, 치밀화 단계에 대한 충분히 높은 온도는 1055°C 이상 온도를 의미한다. 한 실시 예에서, 치밀화 단계에 대한 충분히 높은 온도는 1120°C 이상 온도를 의미한다. 한 실시 예에서, 치밀화 단계에 대한 충분히 높은 온도는 1160°C 이상 온도를 의미한다.

한 실시 예에서, 치밀화 단계에 대한 충분히 높은 온도는 1210 °C 이상 온도를 의미한다.

[0631] 한 실시 예에서, CIP 사이클 동안 최대 압력은 110 MPa 이상이다. 한 실시 예에서, CIP 사이클 동안 최대 압력은 210 MPa 이상이다. 한 실시 예에서, CIP 사이클 동안 최대 압력은 310MPa 이상이다. 한 실시 예에서, CIP 사이클 동안 최대 압력은 410MPa 이상이다. 한 실시 예에서, CIP 사이클 동안 최대 압력은 510 MPa 이상이다. 한 실시 예에서, CIP 사이클 동안 최대 압력은 710MPa 이상이다. 한 실시 예에서, CIP 사이클 동안 최대 압력은 810 MPa 이상이다. 한 실시 예에서, CIP 사이클 동안 최대 압력은 1010 MPa 이상이다.

[0632] 한 실시 예에서, 사용된 AM 소재는 21% 이상의 단단한 충전물(hard filling)을 가진다. 한 실시 예에서, 사용된 AM 소재는 41% 이상의 단단한 충전물(hard filling)을 가진다. 한 실시 예에서, 사용된 AM 소재는 51% 이상의 단단한 충전물(hard filling)을 가진다. 한 실시 예에서, 사용된 AM 소재는 61% 이상의 단단한 충전물(hard filling)을 가진다.

[0633] 한 실시 예에서, 사용된 AM 소재는 1.1 GPa 이상의 Bulk Modulus로 특징된다. 한 실시 예에서, 사용된 AM 소재는 2.1 GPa 이상의 Bulk Modulus로 특징된다. 한 실시 예에서, 사용된 AM 소재는 3.1 GPa 이상의 Bulk Modulus로 특징된다. 한 실시 예에서, 사용된 AM 소재는 3.6 GPa 이상의 Bulk Modulus로 특징된다. 한 실시 예에서, 사용된 AM 소재는 4.1 GPa 이상의 Bulk Modulus로 특징된다.

[0634] 한 실시 예에서, 사용된 상기 AM 소재는 45 MPa 이상의 Elastic Strength로 특징된다. 한 실시 예에서, 사용된 상기 AM 소재는 55 MPa 이상의 Elastic Strength로 특징된다. 한 실시 예에서, 사용된 상기 AM 소재는 65 MPa 이상의 Elastic Strength로 특징된다. 한 실시 예에서, 사용된 상기 AM 소재는 75 MPa 이상의 Elastic Strength로 특징된다. 한 실시 예에서, 사용된 상기 AM 소재는 85 MPa 이상의 Elastic Strength로 특징된다.

[0635] 한 실시 예에서, 상기 방법은 다이 캐스팅 다이를 제조하는데 사용될 수 있다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 내부 냉각 기능이 있는 다이 주조 다이를 제조하는 데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 표면 정각 냉각에 아주 가까운 다이 캐스팅 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 열 구배를 줄이기 위해서 표면 정각과 내부 열에 아주 가까운 다이 캐스팅 다이를 제조하는데 사용된다.

[0636] 한 실시 예에서, 상기 방법은 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 내부 냉각 기능이 있는 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 표면 정각 냉각에 아주 가까운 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다(후 단락에 기술된 바대로). 한 실시 예에서, 상기 방법은 전체 사이클 동안 다이 표면 온도를 140 °C 미만으로 유지하는 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 전체 사이클 동안 다이 표면 온도를 79 °C 미만으로 유지하는 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 전체 사이클 동안 다이 표면 온도를 49 °C 미만으로 유지하는 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 전체 사이클 동안 다이 표면 온도를 29 °C 미만으로 유지하는 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 전체 사이클 동안 다이 표면 온도를 19 °C 미만으로 유지하는 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 전체 사이클 동안 다이 표면 온도를 14 °C 미만으로 유지하는 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 전체 사이클 동안 다이 표면 온도를 10 °C 초과로 유지하는 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 전체 사이클 동안 다이 표면 온도를 -9 °C 초과로 유지하는 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 전체 사이클 동안 다이 표면 온도를 -4 °C 초과로 유지하는 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다.

[0637] 한 실시 예에서, 상기 방법은 전체 사이클 동안 다이 표면 온도를 0.5 °C 초과로 유지하는 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 전체 사이클 동안 다이 표면 온도를 6 °C 초과로 유지하는 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 전체 사이클 동안 다이 표면 온도를 11 °C 초과로 유지하는 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 다이 표면이 모든 사이클에서 핫 시트(hot sheet)의 대치 이전에 동질적 물 필름 (homogeneous water film)으로 덮히는 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 다이 표면이 모든 사이클에서 핫 시트의 대치 이전에 물 혹은 수용액으로 균일하게 뿌려지는 다이 표면을 가진 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 다이 표면이 모든 사이클에서 핫 시트의 대치 이전에 공기와 물 혹은 수용액의 혼합물로 균일하게 뿌려지는 다이 표면을 가진 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다.

운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 다이 표면이 모든 사이클에서 핫 시트의 대치 이전에 유체 혹은 용액으로 균일하게 뿌려지는 다이 표면을 가진 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 노즐 시스템으로 균일하게 뿌려진 다이 표면을 가진 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 어떤 기계적 시스템으로 다이 표면을 균일하게 뿌리는 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 고정된 기계적 시스템 혹은 노즐 시스템으로 균일하게 뿌려진 다이 표면을 가진 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 매 사이클마다 수축하는 다른 기계적 시스템 혹은 노즐 시스템으로 균일하게 뿌려진 다이 표면을 가진 표면 정각 냉각에 아주 가까운 열 스템핑 다이를 제조하는데 사용된다.

[0638] 한 실시 예에서, 상기 방법은 단조용 다이를 제조하는 데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 내부 냉각이 있는 단조용 다이를 제조하는 데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 표면 정각 냉각에 아주 가까운 단조용 다이를 제조하는데 사용된다(후 단락에 기술된 바대로). 한 실시 예에서, 상기 방법은 열 구배를 줄이기 위해서 표면 정각 냉각과 내부 열에 아주 가까운 단조용 다이를 제조하는데 사용된다.

[0639] 한 실시 예에서, 상기 방법은 플라스틱 사출 다이를 제조하는 데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 내부 냉각이 있는 플라스틱 사출 다이를 제조하는 데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 표면 정각 냉각에 아주 가까운 플라스틱 사출 다이를 제조하는데 사용된다(후 단락에 기술된 바대로). 한 실시 예에서, 상기 방법은 열 구배를 줄이기 위해서 표면 정각 냉각과 내부 열에 아주 가까운 플라스틱 사출 다이를 제조하는데 사용된다.

[0640] 한 실시 예에서, 상기 방법은 열구배를 줄이기 위하여 표면 정각 냉각과 내부 열에 아주 가까운 연화역 다이 (soft zone die)를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 내부 열을 가지고 카트리지를 통하여 열 스템핑을 위한 역화역 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 내부 열을 가지고 내장된 줄 효과 (Joule effect) 회로를 통하여 열 스템핑을 위한 역화역 다이를 제조하는데 사용된다. 한 실시 예에서, 상기 방법은 내부 열을 가지고 내장된 와상 전류 (Eddy current) 시스템을 통하여 열 스템핑을 위한 역화역 다이를 제조하는데 사용된다.

[0641] 한 실시 예에서 미립자 소재는 분말을 의미한다. 한 실시 예에서 미립자 소재는 구체형 분말을 의미한다. 한 실시 예에서 미립자 소재는 과립을 의미한다.

[0642] 한 실시 예에서, 이 강철과 미립자 물질은 분말 혼합물에서 분말 형태로 사용하기에 적합하다. 금속 분말의 입자 크기는 달리 명시되지 않은 경우 D50을 의미한다. 일부 용도의 경우 미세 분말은 78 미크론 이하, 바람직하게는 48 미크론 이하, 더욱 바람직하게는 18 미크론 이하, 심지어 8 미크론 이하의 d50과 사용된다. 일부 다른 용도의 경우 다소 거친 입자는 780 미크론 이하, 바람직하게는 380 미크론 이하, 더욱 바람직하게는 180 미크론 이하, 심지어 120 미크론 이하의 d50이 허용된다. 일부 용도에서는 미세 분말이 불리하다. 그래서 12 미크론 이하가 바람직하고 바람직하게는 22 미크론 이하, 심지어 42 미크론 이하, 심지어 72 미크론 이하의 d50이 바람직하다.

[0643] 일부 용도에서는 상기 분말이 구체형 이어야 하며 입자 크기 분포는 아주 좁아야 한다. 상기 분말의 구형은 입자와 같은 부피를 가지는 구체형 표면 면적과 입자의 표면적 사이의 비율로서 정의되는 무차원 매개변수이다. 그리고 일부 용도에서 이는 0.53이상, 더욱 바람직하게는 0.76 이상, 더욱 바람직하게는 0.86 이상, 심지어 0.92 이상이 바람직할 수 있다. 본 발명에서 높은 금속 미립자 밀집이 바람직한 경우 종종 금속 분말의 높은 구형성은 0.92 이상, 바람직하게는 0.94 이상, 심지어 0.98과 1이 바람직하다. 구형성에 관해 말할 때, 일부 용도의 경우 구형성은 대부분의 구형 미립자의 평균 구형성 관점에서 단지 분말의 대다수 측면에서 평가될 수 있다. 사용되는 분말 부피의 60% 이상, 바람직하게는 78% 이상, 더욱 바람직하게는 83% 이상, 심지어 96% 이상이 평균을 계산하는데 고려해야 한다. 대신에 일부 용도에서, 구체형성은 0.94 이하, 바람직하게는 0.88% 이하, 더욱 바람직하게는 0.68% 이하, 심지어 0.48% 이하가 바람직하다.

[0644] 한 실시 예에서 상기 조성의 강은 분말 형태로 제조될 수 있다. 또 다른 실시 예에서는 분말의 구체형이다. 한 실시 예에서 200 미크론 이하 d50 입자 크기를 가진 상기 조성의 강의 구체형 분말을 의미한다. 또 다른 실시 예에서는 190 미크론 이하, 다른 실시 예에서는 180 미크론 이하, 다른 실시 예에서는 90 미크론 이하, 심지어 다른 실시 예에서는 45 미크론 이하다.

[0645] 본 발명은 매우 적극적인 냉각 방법을 실현할 수 있게 한다. 언급한 바와 같이 냉각 채널이 표면에 아주 가까이 올 수 있다는 점이 고려되며, 응력 부식 균열과 기계적 결함에 대한 향상된 저항을 고려한다. 심지어 상기 채널

이 거친 표면으로 가공되어도 그려하다. 기존의 드릴링, 납땜, 쉘 구조 (shell construction) 등의 제조 방법이 외에도 본 발명은 적층제조 (AM) 와 다른 진보 제조 기술에 아주 흥미가 있다. 여기서 더 적극적인 냉각 기술이 적용될 수 있다. 이는 혈액 순환을 토에서 온도를 조절하는 인체의 그것과 비슷한 냉각 시스템과 유사하다. 일차 채널에서 2차 채널로 이동하여 모세관 채널에서 표면에 아주 가깝게 열 교환을 실시한다. 이는 의도된 열 교환 후 냉각 유체를 추출하는 시스템과 유사하다. 매우 효과적이고 규칙적이며 맞춤화된 열 규제를 통해 매우 많은 다른 전략을 실행할 수 있다.

[0646]

온도 조절 시스템에 관해, 관해 특히나 유체 보조 (fluid assistance) 를 통해 수행되는 경우 온도 조절 유체의 동일한 분포와 조절되는 표면까지 아주 가깝게 얻어질 수 있다는 것이 가장 큰 이점이다. 채널을 사용하는 경우, 이는 매우 잘 분포되어 있고 표면에 매우 가깝다. 일부 용도에서는 온도 조절을 위한 효과적인 미세 채널의 평균 거리는 18 mm 미만, 바람직하게는 8 mm 미만, 더욱 바람직하게는 4.8 mm 미만, 심지어 1.8 mm 미만이 바람직하다. 일부 용도의 경우 너무 작은 거리는 역효과를 낳을 수 있으며, 이러한 용도의 경우 0.6 mm 초과, 바람직하게는 1.2 mm 초과, 더욱 바람직하게는 6 mm초과, 심지어 16 mm 초과가 바람직하다. 일부 용도에서 미세 채널 사이의 평균 거리는 18 mm 이하, 바람직하게는 9 mm 이하, 더욱 바람직하게는 4.5 mm 이하, 심지어 1.8 mm 이하의 평균 거리가 적합하다. 일부 용도에서, 특히 기계적 솔리시테이션 (solicitation) 이 높고 부식의 위험성이 있는 경우, 상기 제조 조성에 사용되는 소재는 높은 파괴인성을 갖는 것이 바람직하다. 일부 용도의 경우 미세 채널의 평균 거리가 38 mm 미만, 바람직하게는 18 mm 미만, 더욱 바람직하게는 8 mm 미만, 심지어 2.8 mm 미만이 이 중요하다는 것을 발견했다. 일부 용도의 경우 미세 채널의 평균 등가 지름은 1.2 mm 초과, 바람직하게는 6 mm 초과, 더욱 바람직하게는 12 mm초과, 심지어 22 mm 초과가 중요하다는 것을 발견했다. 일부 용도의 경우 미세 채널의 최소 평균 직경은 18 mm 미만, 바람직하게는 8 mm 미만, 더욱 바람직하게는 심지어 2.8 mm 미만이 이 바람직하다는 것을 발견했다. 일부 용도의 경우 미세 채널의 평균 등가 직경은 1.2 mm 초과, 바람직하게는 6 mm 초과, 더욱 바람직하게는 12 mm초과, 심지어 22 mm 초과가 중요하다는 것을 발견했다. 일부 용도의 경우 미세 채널의 최소 등가 직경은 18 mm 미만, 바람직하게는 12 mm 미만, 더욱 바람직하게는 심지어 9 mm 미만이 심지어 4 mm 미만이 심지어 1.8 mm 미만이 바람직하다는 것을 발견했다. 일부 용도의 경우 주 채널의 평균 등가 직경은 12 mm 초과, 바람직하게는 22 mm 초과, 더욱 바람직하게는 56 mm초과, 심지어 108 mm 초과가 중요하다는 것을 발견했다.

[0647]

중요한 기계적 노력에 취해지는 구성요소를 가진 온도 조절 시스템에서, 온도 조절 유체가 순환하는 채널 섹션과 근접성 (proximity) 사이의 항상 딜레마가 존재한다. 채널에 작은 섹션이 있으면 압력 강하가 증가하고 헤드 교환 용량이 감소합니다. 온도 조절할 표면까지의 거리가 높으면 온도 조절은 효과가 없다. 반면에 채널의 단면이 크고 열에 의해 조절되는 표면에 가깝다면 기계적 고장 가능성은 크게 증가한다. 이 딜레마를 해결하기 위해, 본 발명에서는 인체(온도 조절이 되는) 내 혈액 이동을 복제하는 결합 시스템을 제안한다. 인체에는 산화된 혈액을 2차 동맥으로 운반하여 미세한 모세 혈관에 도달하는 대동맥이 있다. 덜 산화된 혈액은 모세 혈관을 통해 2차 정맥으로 이동하고 대정맥으로 이동한다. 마찬가지로, 도 1에서 확인 가능하다. 제안된 시스템에서 온도조절 유체(온도 조절 기능에 따라 뜨겁거나 차가움)는 주 채널에서 2차 채널로 이동하며(2차, 3차, 4차 등 다를 수 있음) 미세하고 너무 크지 않은 채널의 온도 조절이 되는 표면에 아주 가깝게 도달한다. 이 시스템은 일부 용도에 유익하며, 다른 용도의 경우 전통적인 시스템이 더 적합하다. 단면이 작기 때문에 압력 강하 효과는 단면을 관리 가능한 상태로 만든다. 기존의 시스템과 비교했을 때 제안된 시스템의 특별한 특징은 같은 성분내 온도조절 유체의 인풋과 아웃풋이 다른 채널로 이루어 진다는 데에 있다. 이는 주로 채널들 사이에서 연결되어 있고, 아주 작은 각각 단면을 가진 채널로 연결되며 이는 주로 바람직한 온도 조절을 수행하는 역할을 한다. 일부 용도의 경우 입력 채널(때로 하나 이상의 채널일수 있지만, 이 경우 단면으로 요약)의 단면은 상기 조성의 바람직한 면적에서 기여하는 모든 채널의 작은 채널의 면적보다 최소한 3배 큰 것이 바람직하다. 여기서 온도조절이 바람직하며, 바람직하게는 6배, 더욱 바람직하게는 11배 심지어 110배가 바람직하다.

[0648]

도1A의 도식적 표현에서 볼 수 있듯이, 온도 조절 유체는 주 채널(혹은 여러 가지 채널, 상기 도식적 표현에서 는 오직 한 가지 채널만 확인 가능하다, 하지만 같은 방법으로 몇 가지 입력 혹은 주요 엔트리 채널이 있을 수 있음)에 의해 구성 요소로 들어간다. 유체는 원하는 열 교환의 미세 채널에 도달할 때까지 여러 개의 2차 채널로 나뉜다. 일부 용도의 경우, 상기 주 채널이 몇 가지 분류 (분기) 를 가지는 것이 바람직한데, 3개 이상, 바람직하게는 6개 이상, 더욱 바람직하게는 22개 이상, 심지어 11개 이상이 바람직하다. 앞서 정의한 바와 같이 2차 채널에는 몇 가지 분할 체계(제3차 채널, 4차 채널 등)가 존재 할 수 있다. 일부 용도의 경우 입력 채널의 많은 분할 체계를 갖는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 일부 용도의 경우 3개 이상, 바람직하게는 4개 이상, 더욱 바람직하게는 6개 이상, 심지어 12개 이상의 체계가 바람직하다. 입력 채널의 과도한 분할 체계 순서가 부정적일 수 있는 몇 가지 용도가 존재한다, 이러한 용도의 경우 18개 이하, 바람직하게는 8개 이하, 더욱

바람직하게는 4개 이하, 심지어 3개 이하의 분할 체계가 바람직하다. 일부 용도의 경우, 2차 입력 채널은 몇 가지 분류를 가지는 것이 바람직하다. 3개 이상, 바람직하게는 6개 이상, 더욱 바람직하게는 22개 이상, 심지어 110개 이상이 바람직하다. 앞서 단락에서 설명한 열 교환 채널과 관련하여, 이러한 채널이 열 교환 표면에 가깝고, 동일한 통제를 가지기 위해 이 사이에 가까운 것이 종종 바람직하다. 높은 역학 솔리시테이션 (mechanic solicitation) 을 가지는 용도에서 유체 압력 하강을 증가시키는 작은 채널 섹션을 가지는 것이 바람직하고 이것이 너무 길지 않는 것이 바람직하다. 도1B는 도식적 표현을 나타내며, 바람직한 교환 구역 혹은 활성 표면에서 미세 채널의 하위 표면 분포 (sub-superficial distribution), 즉 개관 (bird's eye view) 을 보여준다. 일부 용도에서 활성 표면 아래의 미세 채널이 각각 너무 긴 평균 길이, 활성 표면 아래 섹션의 길이, 즉 유효 길이이며 상기에서 효과적인 온도조절이 바람직함. 2차 채널로부터 유체를 운반하는 섹션은 고려하지 않으며, 결국 주 채널로부터 활성표면과 열 교환이 효과적인 섹션까지이다. 초 미세 채널 때문에 평균 값은 다른 길이를 가질 수 있으며 따라서 산술 평균 값은 표시되지 않는 한 본 문서의 나머지로 사용됨)를 갖지 않는 것이 특히 바람직하다는 것을 발견했다. 이러한 용도에서는 1.8mm 미만, 바람직하게는 450mm 이하, 더욱 바람직하게는 180mm 이하, 심지어 98mm 이하의 평균 값이 바람직하다. 일부 용도의 경우 아주 작은 단면 채널로 작업하거나 압력 강하를 최소화하는 것이 바람직하며 다른 이유로, 이러한 경우 240 mm미만, 74 mm미만, 48 mm미만, 18 mm 미만의 평균 유효 길이가 바람직하다. 여러 용도의 경우, 미세 채널의 끝부분은 불연속성 역할을 하며, 이러한 이유 또는 다른 이유로 12 mm이상, 바람직하게는 32 mm, 더욱 바람직하게는 52 mm이상, 심지어 110 mm이상의 최소 평균 유효 길이가 바람직하다. 여러 용도의 경우 온도 조절이 필요한 활성 표면 아래에서 높은 하부 미세 채널이 바람직하다. 이러한 점에서 하부 미세 채널은 더 높은 단면을 가지고 온도 부분이 측정되는 지점에서 절단되며, 이는 상기 채널이 나타나는 채널 표면 밀도를 나타낸다. 이는 어느 백분율이 채널 영역을 수행하는지(미세 채널 표면 밀도라고도 함)를 의미한다. 일부 용도에서는 12% 이상, 바람직하게는 27% 이상, 더욱 바람직하게는 42% 이상, 심지어 52% 이상의 미세 채널이 바람직하다는 것을 발견했다. 아주 동일하거나 집중적인 열 교환이 필요한 용도가 있으며, 상기에서 미세 채널 표면 밀도는 62% 이상, 바람직하게는 72% 이상, 더욱 바람직하게는 77% 이상, 심지어 86% 이상이 바람직하다. 일부 용도에서, 과도한 미세 채널 표면 밀도는 상기 조성의 기계적 결함 혹은 다른 문제를 유발할 수 있으며, 이러한 경우 미세 채널 표면 밀도는 57% 이하, 바람직하게는 47% 이하, 더욱 바람직하게는 23% 이하, 심지어 14% 이하가 바람직하다. 일부 용도의 경우 비율 H=미세 채널의 유효 부분의 총 길이(합) / 미세 채널 유효 부분의 평균 길이 를 통제하는 것이 중요한 용도가 있다는 것을 발견했다. 일부 용도의 경우 H비율이 12보다 높고, 선호하는 경우 110보다 높고, 1100보다 높고, 11000보다 높은 것이 바람직한 것으로 밝혀졌다. 일부 용도의 경우 과도한 H 비율은 부정적일 수 있으며, 이러한 용도의 경우 H 비율이 900 이하, 바람직하게는 230 이하, 더욱 바람직하게는 90이하, 심지어 45 이하가 바람직하다. 일부 용도의 경우, 주 채널 출력은 몇 가지 분류를 가지는 것이 바람직하다. 3개 이상, 바람직하게는 6개 이상, 더욱 바람직하게는 22개 이상, 심지어 110개 이상이 바람직하다, 심지어 1100개 이상이 바람직하다, 심지어 11000개 이상이 바람직하다, 심지어 52000개 이상이 바람직하다. 앞서 정의한 바와 같이 2차 채널에는 몇 가지 분할 체계(제3차 채널, 4차 채널 등)가 존재 할 수 있다. 일부 용도의 경우 출력 채널의 많은 분할 체계를 갖는 것이 바람직하다는 것을 발견했으며, 일부 용도의 경우 2개 이상, 바람직하게는 4개 이상, 더욱 바람직하게는 6개 이상, 심지어 12개 이상의 체계가 바람직하다. 채널 출력의 과도한 분할 체계 순서가 부정적일 수 있는 몇 가지 용도가 존재한다, 이러한 용도의 경우 18개 이하, 바람직하게는 8개 이하, 더욱 바람직하게는 4개 이하, 심지어 3개 이하의 분할 체계가 바람직하다. 일부 용도의 경우, 2차 출력 채널은 몇 가지 분류를 가지는 것이 바람직하다. 3개 이상, 바람직하게는 6개 이상, 더욱 바람직하게는 22개 이상, 심지어 110개 이상이 바람직하다.

[0649] 일부 용도의 경우 과도한 분할을 포기하는 것이 바람직하다, 그래서 이러한 용도의 경우 2차 채널이 없고 1차 채널에서 온도 조절 미세 채널로 이동한다.

[0650] 온도 조절을 위한 유체가 사용되는 특정 용도에서 유체가 수성 유체가 되는 것이 적합하며, 부피에서 42% 이상, 바람직하게는 52% 이상, 더욱 바람직하게는 86% 이상, 심지어 96% 이상의 물이 바람직하다는 것을 발견했다. 몇 가지 용도에서 유기 염기 유체(organic-based fluid)가 주로 미네랄 오일이 흥미로우며, 이러한 경우 부피 대비 최소한 32% 이상, 바람직하게는 52% 이상, 더욱 바람직하게는 78% 이상, 심지어 92% 이상의 미네랄 오일이 바람직하다. 일부 용도에서 유기 염기 유체가 주로 아로마틱 유기 성분(aromatic organic component)이 흥미로우며, 이러한 경우 부피 대비 최소한 32% 이상, 바람직하게는 52% 이상, 더욱 바람직하게는 78% 이상, 심지어 92% 이상의 아로마틱 유기 성분이 바람직하다. 일부 용도에서 유기 염기 유체가 주로 식물성 오일(vegetal oil)이 흥미로우며, 이러한 경우 부피 대비 최소한 32% 이상, 바람직하게는 52% 이상, 더욱 바람직하게는 78% 이상, 심지어 92% 이상의 식물성 오일이 바람직하다. 일부 용도에서 유기 염기 유체가 주로 비 아로마틱 유기 성분(aromatic organic component) 이 흥미로우며, 이러한 경우 부피 대비 최소한 32% 이상, 바람직하게는 52% 이

상, 더욱 바람직하게는 78% 이상, 심지어 92% 이상의 비 아로마틱 유기 성분이 바람직하다. 일부 용도에서는 온도 조절 유체는 기체가 될 수 있다. 일부 용도에서는 온도 조절 유체는 스프레이 (mist) 가 될 수 있다. 이러한 용도의 일부에서 상기 기체 및/또는 스프레이에는 일정 압력으로 상기 성분에 들어가는데, 일반적으로 2.2 bar 이상, 바람직하게는 11 bar 이상, 더욱 바람직하게는 110 bar 이상, 심지어 1100 bar 이상의 절대 유입구 압력 (absolute inlet pressure) 이 바람직하다. 온도 조절 유체가 액체인 일부 용도에서 상기 액체는 일정 압력으로 상기 성분에 들어가는데, 일반적으로 2.2 bar 이상, 바람직하게는 5.5 bar 이상, 더욱 바람직하게는 11 bar 이상, 심지어 22 bar 이상의 절대 유입구 압력이 바람직하다.

[0651] 일부 용도에서, 상기 요소가 일치하는 제품을 냉각하는 제품이나 도구 일 때를 예로 들어, 제조 성분의 높은 냉각 비율을 가지는 것이 흥미롭다. 이는 표면에 아주 가까운 시스템, 또한 앞 단락에 설명한 시스템을 가진 형상 적응형 냉각 (conformal cooling) 을 사용하여 본 발명을 수행할 수 있다. 일부 용도의 경우, 본 발명은 냉각을 위해 유체에서 나오는 증발열을 빠르게 이용할 수 있다. 가능한 시험을 인체의 땀 시스템을 복제한 것이다. 이 문서에서 유추를 통해 이는 sweeting component 로 명명되었다(때때로, 특히 구성품이 다이, 주형 또는 일반적인 공구인 용도에 대한 참조가 이루어질 때, 그것은 스위팅 다이라고 할 수 있다). 이것은 작은 양의 유체를 활성화된 증발 표면으로 이동시키는 작은 구멍을 가진 다이로 구성된다. 일부 용도에서는 controlled drip (drop) scenario 를 사용하는 것이 좋다. 일부 용도에서는 분사(jet) 또는 더 많은 양의 물을 공급하는 것이 바람직하다. 일부 용도에서는 활성 증발 표면에 불완전한 드롭 형성 시나리오가 바람직하며, 이는 이것은 수증기로 변하지 않는 한 증발 표면에서 분리되지 않는 물방울을 의미한다. 다른 실시 예에서는 드롭이 부수적인 방법으로 구성 요소의 표면에 도달할 수 있다. 발생하는 시나리오를 결정하기 위해서는 유체 압력, 표면 장력 및 내부 채널을 전달하는 유체 구성과 활성 증발 표면의 배출구를 제어해야 한다. 종종 여러 구멍에서 압력 균형을 개선하기 위해 압력 강하를 제어하는 시스템을 구현하는 것이 적합하다.

[0652] 증발 표면에서 증발하는 유체는 종종 물이지만, 수용액 (aqueous solution) 혹은 수용 혼탁액 (aqueous suspension), 다른 유체가 사용될 수 있다. 그래서 물이라는 용어는 관련 증발 잠열(latent heat of vaporization)을 가지고 증발하는 다른 유체로 대치될 수 있다.

[0653] 일부 용도에서 활성 표면으로 유체를 수송하기 위한 투브의 직경이 작다는 것이 흥미롭다는 것을 발견했다. 그러한 경우에는 1.4 mm미만이 바람직하며 0.9 mm미만이 바람직하며, 0.45 mm가 바람직하며, 심지어는 0.18 mm미만이 바람직하다. 일부 용도에서는 유체를 활성 증발 표면으로 전달하기 위한 투브의 직경이 너무 작지 않다는 점이 흥미로우며, 이러한 경우에는 0.08 mm, 바람직하게는 0.6 초과, 더욱 바람직하게는 1.2 mm, 심지어 2.2 mm가 바람직하다. 일부 용도의 경우 활성 표면으로 유체를 운반하기 위해 투브의 유체에 가해지는 압력이 너무 작아서는 안 되는데, 이러한 경우에 차압(증발면의 가스 압력과의 차이)은 0.8 bar이하, 가급적 0.4 bar 이하, 더욱 바람직하게는 0.08 bar 이하 및 0.008 이하가 바람직하다. 일부 용도에서는 유체가 활성 증발 표면으로 이동하는 투브 구멍에서 발생하는 유체 평균 방울 수를 조절하는 것이 흥미롭다고 나타났다. 일부 용도에서는 활성 증발 표면으로 유체를 전도하기 위해 투브 구멍에서 발생하는 평균 방울 수가 너무 높아서는 안 된다는 점이 흥미로우며, 그러한 경우 분당 방울 수는 분당 80 이하, 가급적 18이하, 4이하, 0.8 이하가 바람직하다. 앞서 공개한 바와 같이 구멍 끝에서 방울이 이탈하는 것은 바람직하지 않다. 일부 용도에서는 활성 증발 표면으로 유체를 유도하기 위해 투브의 구멍에서 발생하는 평균 방울 수가 너무 적어서는 안 된다는 것이 확인되었으며, 그러한 경우 분당 80회 이상, 가급적 18회 이상, 4회 이상, 0.8회 이상의 방울 수가 바람직하다. 일부 용도의 경우 유체를 활성 증발 표면으로 이동하기 위해 활성 증발 표면 당 투브 수를 제어하는 것이 매우 중요한 것으로 확인되었다. 상기 용도의 측면에서 cm²당 0.5 투브 초과, 바람직하게는 cm²당 1.2 투브, 더욱 바람직하게는 cm²당 1.6 투브, 심지어 cm²당 27 투브가 바람직하다. 일부 용도에서는 훌륭한 활성 증발 표면의 백분율이 중요하다. 이러한 점에서 일부 용도에서는 접촉 면적 표면의 1.2% 이상이 구멍이며, 가급적이면 28% 이상 62% 이상이어야 한다. 일부 용도에서는 활성 증발 표면의 홀 중심 사이의 평균 거리가 홀 직경의 12배 미만이고, 가급적이면 8x미만, 4x미만, 심지어 1.4x미만인 것이 바람직하다. 일부 용도에서는 유체의 표면 장력이 상당한 수준으로 증발되는 것이 중요하며, 이러한 경우 22 mM/m이상, 52 mM/m이상, 70 mM/m이상, 82 mM/m이상이어야 한다. 일부 용도에서는 과도하지 않게 증발되는 유체의 표면 장력이 중요하며, 그러한 경우 75mm/m이하, 69 mM/m이하, 38 mM/m이하, 18 mM/m이하인 것이 바람직하다.

[0654] 일부 용도에서는 활성 증발 표면으로 유체를 이송하기 위해 증발될 오일을 투브에 공급하는 방법이 매우 중요합니다. 종종 이 압력은 구성 요소 내부의 채널 네트워크를 통해 이루어집니다. 이를 채널은 기하학적 구조가 다를 수 있고 누적 구역 (accumulation zones) 이 있을 수 있으며, 또한 다른 구역의 균형을 유지하기 위해 제어된 압력 강하 구역을 가지고 있다는 것이 이전에 흥미롭다. 각 투브에 원하는 흐름을 제공하는 것 외에 채널 프

레임워크의 목적에서, 일부 용도의 경우 배출튜브 혹은 최소한 그 중 일부의 압력이 거의 균일한 것이 흥미롭다. 다른 것들 중 드립 관개 시스템을 위해 개발된 기술들은 이 목적을 위해 복제될 수 있다(때때로 크기를 줄여 적용할 수 있지만 개념을 복제). 본 발명자는 일부 용도에서는 활성 증발 표면으로 유체를 이송을 위해 배출튜브로 도달하기 위하여 증발하는 유체의 압력차를 대표 그룹의 경우 8 bar 미만, 바람직하게는 4 bar 미만, 더욱 바람직하게는 1.8 bar 미만 심지어 0.8 bar 미만이 바람직하다는 것을 발견했다. 큰 압력이 필요하지 않은 구멍의 경우 직경이 너무 얇지 않은 구멍의 경우, 일부 용도에서는 400 mbar미만, 바람직하게는 90 mbar 미만, 더욱 바람직하게는 8 mbar 미만 및 0.8 bar 미만의 차이를 권장하는 것으로 확인되었다. 앞서 언급한 영역에서 35%이상의 동일한 증발 강도가 요구되는 영역에서 동일한 표면 증발을 위한 대표적인 튜브 그룹이 있으며, 55% 이상이 바람직하며, 85% 이상이 더욱 바람직하며 혹은 심지어 95% 이상이 바람직하다. 일부 용도의 경우, 특히 다른 영역에 다른 증발 강도가 필요한 일부 용도의 경우, 압력이 높은 구멍과 압력이 적은 구멍의 경우에는 유체가 활성 증발 표면으로 이동하기 위해 튜브 출구에 도착할 때 증발하는 유체 압력의 차이가 0.012 bar 이상, 바람직하게는 0.12 bar 초과, 더욱 바람직하게는 1.2 bar 초과, 심지어 6 bar 초과가 바람직하다.

[0655] 의 가능한 구현은 도2와 같다. 이러한 이미지는 이해를 촉진하기 위한 가능한 구현의 예시이며, 많은 구현이 있고 상기 발명을 구현하는 것은 어떠한 경우도 대표하지 못한다. 많은 구현이 있으며 모든 것을 상세하게 설명하려는 시도는 균형이 맞지 않다. 수치에 대해 선택된 구현이 더 효과적이지는 않지만, 각 특정 용도에 최적화된 개념의 구현을 개발하기 위해 개념을 이해하고 신속하게 확산시키는 데 더 효과적이기 때문에 선택할 수 있다. 그럼 2A에서는 하위 표면 채널의 시스템이 증발할 유체를 분배하여 결국 액체를 활성 증발 표면으로 가져오는 가상(또는 가능한)단면을 나타내며, 상기 표면의 구멍에서 드롭의 형성이 나타난다. 이 설명에서는 평면 밖으로 나와 있으므로 표현에서 볼 수 없는 것을 이해해야하며, 여러개의 튜브가 있어 동일한 sub-superficial division에서 공급되는 활성 증발 표면으로 유체를 운반한다. 도 2B에서는 유체를 활성 증발 표면으로 운반하기 위한 튜브 배출구의 분포가 조감도 설명에 나타나 있다. 도 2C에서 적층 제조에 의해 제조된 주형 부품의 가능한 구현에 대한 개략적인 표현을 보여 주며 이는 튜브가 유체를 활성 증발 표면 및 해당 구멍으로 이동시키는 역할을 한다.

[0656] 비록 유체를 활성 증발 표면으로 운반하는 튜브뿐 만 아니라 종종 냉각 채널과 홀 출력이 원형이지만, 용도에 따라 단면의 다른 형상뿐만 아니라 가변 형상일 수 있다. 별도로 지정하지 않는 한 전체 문서에 적용됩니다.

[0657] 에 대한 흥미로운 용도는 이 문서에서 설명된 온도 조절 시스템과 심지어 두 시스템의 조합같이 고온 열 스템핑이다. 이 문서 전반에 걸쳐 설명된 온도 조절 시스템의 어떤 것을 가진 sweating dies의 조합은 열 스템핑 외에도 많은 용도에 흥미로울 수 있다. 열 스템핑 또는 이의 일부로 언급된 모든 사항은 냉각할 구성 요소가 최소한 물이나 증기와 직접 접촉할 수 있는 다른 용도로 확장될 수 있다.

[0658] 물과의 접촉이 허용되지 않는 경우에는 활성 표면으로 이동하는 튜브에 금속 또는 Ag, Cu, Al등 과 같은 열 전도성이 높은 합금을 침투시킬 수 있다. 그러면 표면으로 튜브 또는 채널이 열을 더 잘 전달하여 이 활성 표면 구성 요소의 총 열 제거 용량에 기여한다. 실제로 이러한 방식으로 온도 조절 용량은 냉각 및 가열 측면에서 모두 개선되며, 일부 열 및 냉각 용도에 사용할 수 있다. 일부 용도의 경우, 적어도 일부 영역에서는 금속 또는 고온 전도성 합금이 활성 표면으로 돌출되어 적합하지 않다, 이러한 경우에 튜브는 구멍이 부족하여 침투 전에 활성 표면 아래에서 마감될 수 있으므로 금속 또는 고온 전도성 합금이 표면에 도달하지 않는다.

[0659] 냉각 채널 설계의 한 실시 예에서, 기타의 냉각수 유량뿐만 아니라 냉각 채널의 크기 결정, 냉각 채널 유형, 채널 길이, 작업 면과의 거리 등을 시뮬레이션 소프트웨어를 이용하여 결정할 수 있다.

[0660] 본 발명의 맥락에서 도구, 다이, 조각 또는 주형 사이의 작업 표면과 상기 채널 사이의 거리는 둘러싸고 있는 채널의 어느 지점과 도구, 다이, 조각 또는 주형 사이의 작업 표면 사이의 최소 거리를 의미한다.

[0661] 본 발명의 한 실시 예에서 채널의 모양은 일정한 부분을 가지지 않는다. 본 발명의 한 실시 예에서, 채널은 최소의 모양과 최대의 모양을 가진다.

[0662] 본 발명의 맥락에서, 평균 거리는 둘러싸고 있는 다른 채널의 둘러싼느 부분과 도구, 다이, 조각 또는 주형의 작업 표면 사이의 거리 평균 값(여기서 모든 숫자를 더한 다음 숫자 수로 나눈다)을 의미한다. 본 발명의 맥락에서, 최소 평균 거리는 둘러싸고 있는 채널과 도구, 다이, 조각 또는 주형의 작업 표면 사이의 최소 거리 평균을 의미한다. 이러한 맥락에서 최소 평균 거리는 둘러싸는 채널과 도구, 다이, 조각 혹은 주형의 작업 표면 사이의 최소 평균 거리를 의미한다.

[0663] 한 실시 예에서 상기 채널은 도구, 다이, 조각 또는 주형의 작업 표면에 가깝고 둘러싸고 있는 채널과 작업 표

면 사이의 거리가 75 mm 미만이다.

[0664] 다른 실시 예에서 채널과 도구, 다이, 조각 또는 주형의 작업 표면 사이의 거리는 51 mm 미만, 다른 실시 예에서는 46 mm 미만, 다른 실시 예에서는 39 mm 미만, 다른 실시 예에서는 27 mm 미만, 다른 실시 예에서는 19 mm 미만, 다른 실시 예에서는 12 mm 미만, 다른 실시 예에서는 10 mm 미만, 다른 실시 예에서는 8 mm 미만, 다른 실시 예에서는 7.8 mm 미만, 다른 실시 예에서는 7.4 mm 미만, 다른 실시 예에서는 6.9 mm 미만, 다른 실시 예에서는 6.4 mm 미만, 다른 실시 예에서는 5.8 mm 미만, 다른 실시 예에서는 5.4 mm 미만, 다른 실시 예에서는 4.9 mm 미만, 다른 실시 예에서는 4.4 mm 미만, 다른 실시 예에서는 3.9 mm 미만, 다른 실시 예에서는 3.4 mm 미만이다.

[0665] 본 발명의 한 실시 예에서 도구, 다이, 부품 혹은 주형의 냉각 채널의 모양은 원형, 사각형, 직사각형, 타원형, 반원에서 선택된다. 한 실시 예에서 공구, 다이, 조각 또는 주형의 냉각 채널은 일차 채널 및/또는 2차 채널 및/또는 모세관 채널이 포함된다; 다른 실시 예에서 공구, 다이, 조각 또는 주형의 냉각 채널은 일차 채널이 포함된다; 다른 실시 예에서 공구, 다이, 조각 또는 주형의 냉각 채널은 일차 채널과 2차 채널이 포함된다, 다른 실시 예에서 공구, 다이, 조각 또는 주형의 냉각 채널은 일차 채널과 2차 채널과 모세관 채널이 포함된다, 다른 실시 예에서 공구, 다이, 조각 또는 주형의 냉각 채널은 일차 채널과 모세관 채널이 포함된다; 다른 실시 예에서 공구, 다이, 조각 또는 주형의 냉각 채널은 2차 채널이 포함된다; 다른 실시 예에서 공구, 다이, 조각 또는 주형의 냉각 채널은 모세관 채널이 포함된다.

[0666] 한 실시 예에서, 일차 채널의 일정한 부분의 경우, 공구, 다이, 조각 또는 주형의 일차 채널 형상은 2041.8 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 다른 실시 예에서, 공구, 다이, 조각 또는 주형의 일차 채널 형상은 1661.1 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 다이, 조각 또는 주형의 일차 채널 형상은 1194 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 다이, 조각 또는 주형의 일차 채널 형상은 572.3 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 다이, 조각 또는 주형의 일차 채널 형상은 283.4 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 다이, 조각 또는 주형의 일차 채널 형상은 213.0 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 다이, 조각 또는 주형의 일차 채널 형상은 149 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 다이, 조각 또는 주형의 일차 채널 형상은 108 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 다이, 조각 또는 주형의 일차 채널 형상은 37 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 다이, 조각 또는 주형의 일차 채널 형상은 31 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 다이, 조각 또는 주형의 일차 채널 형상은 28 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 다이, 조각 또는 주형의 일차 채널 형상은 21 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 다이, 조각 또는 주형의 일차 채널 형상은 14 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 다른 실시 예에서, 공구, 다이, 조각 혹은 주형의 일차 채널 형상은 56 mm²과 21 mm² 사이다; 다른 실시 예에서, 공구, 다이, 조각 혹은 주형의 일차 채널 형상은 56 mm²과 14 mm² 사이다.

[0667] 한 실시 예에서 섹션이 일정하지 않을 경우, 공구, 다이, 조각 또는 주형의 일차 채널의 상기 형상 값은 일차 채널의 최소 형상을 의미한다.

[0668] 한 실시 예에서, 2차 채널의 일정한 부분에, 공구, 다이, 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 122.3 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 다른 실시 예에서, 공구, 다이, 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 82.1 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 68.4 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 43.1 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 26.4 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 23.2 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 18.3 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 14.1 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 11.2 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 9.3 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 7.2 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 6.4 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 5.8 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 5.2 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 4.2 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 3.8 mm² 미만의 형상 영역을 가진다; 다른 실시 예에서, 공구, 다이, 조각 혹은 주형의 2차 채널 형상은 7.8 mm²과 3.8 mm² 사이다; 다른 실시 예에서, 공구, 다이, 조각 혹은 주형의 2차 채널 형상은 5.2 mm²과 3.8 mm² 사이다.

[0669] 한 실시 예에서 섹션이 일정하지 않을 경우, 공구, 다이, 조각 또는 주형의 2차 채널의 상기 형상 값은 2차 채널의 최소 형상을 의미한다.

[0670] 한 실시 예에서, 모세관 채널의 일정한 부분에, 공구, 다이, 조각 또는 주형의 모세관 채널 형상은 1.6 mm² 미

만의 형상 영역을 가진다; 다른 실시 예에서, 공구, 다이, 조각 또는 주형의 모세관 채널 형상은 1.2 mm^2 미만의 형상 영역을 가진다; 다이, 조각 또는 주형의 모세관 채널 형상은 0.8 mm^2 미만의 형상 영역을 가진다; 다이, 조각 또는 주형의 모세관 채널 형상은 0.45 mm^2 미만의 형상 영역을 가진다; 다이, 조각 또는 주형의 모세관 채널 형상은 0.18 mm^2 미만의 형상 영역을 가진다; 다른 실시 예에서, 공구, 다이, 조각 또는 주형의 모세관 채널 형상은 1.6 mm^2 와 0.18 mm^2 사이의 형상 영역을 가진다; 다른 실시 예에서, 공구, 다이, 조각 또는 주형의 모세관 채널 형상은 1.6 mm^2 와 0.45 mm^2 사이의 형상 영역을 가진다; 다른 실시 예에서, 공구, 다이, 조각 또는 주형의 모세관 채널 형상은 1.2 mm^2 와 0.45 mm^2 사이의 형상 영역을 가진다.

[0671] 본 발명의 맥락에서, 등가 직경은 더욱 복잡한 다른 모양 중 정사각형, 직사각형, 타원형 그리고 반 원 모양을 포함한 다른 모든 형태의 등가 구형 직경으로 언급된다.

[0672] 한 실시 예에서, 다른 모양들 중 사각형, 직사각형, 타원형 및 반 원 모양을 포함한 2차 채널의 다른 모양에 대해, 공구, 다이, 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 등가 직경의 1.4배 미만의 형상 영역을 가진다; 본 발명의 다른 실시 예에서, 공구, 다이, 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 등가 직경의 0.9배 미만의 형상 영역을 가진다; 다른 실시 예에서, 공구, 다이, 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 등가 직경의 0.7배 미만의 형상 영역을 가진다; 다른 실시 예에서, 공구, 다이, 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 등가 직경의 0.5배 미만의 형상 영역을 가진다; 다른 실시 예에서, 공구, 다이, 조각 또는 주형의 2차 채널 형상은 등가 직경의 0.18배 미만의 형상 영역을 가진다.

[0673] 한 실시 예에서 2차 채널과 모세관 채널의 모양은 일정한 섹션을 갖지 않는다. 본 발명의 한 실시 예에서, 2차 채널은 최소의 형태와 최대의 형태를 가진다. 한 실시 예에서, 모세관 채널은 최소 모양과 최대 모양을 가진다.

[0674] 한 실시 예에서 2차 채널에 연결된 모든 모세관 채널의 최소 모양 합계는 연결된 2차 채널의 모양과 같아야 한다. 다른 실시 예에서 2차 채널에 연결된 모든 모세관 채널의 최소 모양 합계는 연결된 2차 채널의 모양의 최소 1.2배이어야 한다. 한 실시 예에서 2차 채널에 연결된 모든 모세관 채널의 최대 모양 합계는 연결된 2차 채널의 모양보다 많아야 한다. 다른 실시 예에서 2차 채널에 연결된 모든 모세관 채널의 최대 모양 합계는 연결된 2차 채널의 모양의 최소 1.2배이어야 한다.

[0675] 본 발명의 측면에서, 본 발명자는 일부 용도에 있어 저비용으로 높은 내마모성을 가진 소재를 가지는 것이 매우 흥미롭다는 것을 알게 되었다. 본 발명자는 그러한 특징을 얻기 위한 방법은 올바른 열기계 가공에 이어지는 다음의 범위 내의 올바른 조성의 선택으로 구성되어있다:

[0676] $\% \text{Ce} = 0.61 - 3.5 \quad \% \text{C} = 0.41 - 2.9 \quad \% \text{N} = 0 - 0.4 \quad \% \text{B} = 0 - 3.0$

[0677] $\% \text{Cr} = 0 - 11.9 \quad \% \text{Ni} = 0 - 5.9 \quad \% \text{Si} = 0 - 3.9 \quad \% \text{Mn} = 1.6 - 11.9$

[0678] $\% \text{Al} = 0 - 4.9 \quad \% \text{Mo} = 0 - 4.4 \quad \% \text{W} = 0 - 7.8 \quad \% \text{Ti} = 0.55 - 9.0$

[0679] $\% \text{Ta} = 0 - 4.9 \quad \% \text{Zr} = 0 - 4.9 \quad \% \text{Hf} = 0 - 3 \quad \% \text{V} = 0 - 9.9$

[0680] $\% \text{Nb} = 0 - 2.8 \quad \% \text{Cu} = 0 - 3.9 \quad \% \text{Co} = 0 - 2.9 \quad \% \text{La} = 0 - 0.2$

[0681] $\% \text{Ce} = 0 - 5.0.2 \quad \% \text{Cs} = 0 - 0.2 \quad \% \text{Mo} = 0 - 4.4$

[0682] 나머지는 철과 미량원소로 구성되며 상기에서,

[0683] 다음 조건: $\% \text{Ce} = \% \text{C} + 0.86 * \% \text{N} + 1.2 * \% \text{B}$; 및

[0684] $\% \text{Mo} = \% \text{Mo} + 1/2 * \% \text{W}$; 및

[0685] $\% \text{Mn} + \% \text{Zr} + \% \text{Ta} + \% \text{Hf} + \% \text{Ti} > 2.1\%$.

[0686] 이 문서에서 미량 원소는 0.9% 미만의 명시적으로 표시되지 않은 어떤 원소로 간주된다. 일부 특정 실시 예에서 미량원소는 0.4% 미만이어야 한다. 일부 특정 실시 예에서 미량원소는 0.18% 미만이어야 한다. 일부 특정 실시 예에서 미량원소는 0.06% 미만이어야 한다. 앞서 언급했듯이, 미만의 양이라는 개념은 부재를 포함한다. 미량원소로 고려되는 가능 원소는 H, Li, Na, K, Rb, Fr, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Ac, Tc, Re, Ru, Os, Rh, Ir, Pd, Pt, Ag, Au, Zn, Cd, Hg, B, Ga, In, Tl, Ge, Sn, Pb, P, As, Sb, Bi, O, S, Se, Te, Po, F, Cl, Br, I, At, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr 및/또는 조합이다. 많은 용도에서, 대부분 미량원소가 없거나 전체가 없는 것은 분명하거나 바람직하다. 언급하였듯이 각 미량원소는 독립체(entity)로 간주되며, 따라서 본 발명의 많은 실시 예에서 다른 미량 원소들은 다른 허용 가능 양을

가진다. 미량 원소들은 선행 기술에 기술된 주어진 기능 또는 비용 감소를 위하여 의도적으로 존재할 수 있다. 혹은 그렇지 않으면 미량 원소가 의도치 않게 존재하거나 합금의 순도 부족과 연관될 수 있다. 그리고 소재를 생산하기 위해 스크랩 원소 (scrap elements) 가 사용될 수 있다.

[0687]

탄소 등가물은 관련된 특성의 대부분을 결정하는 데 있어 매우 중요하다. 높은 내마모성이 요구되는 경우 필요한 경우 %Ceq는 너무 낮을 수 없다. 본 발명의 일부 실시 예의 경우, 본 발명자는 0.81% 이상의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예의 경우, 본 발명자는 1.06% 이상의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예의 경우, 본 발명자는 1.22% 이상의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예의 경우, 본 발명자는 1.65% 이상의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예의 경우, 본 발명자는 2.02% 이상의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 %Ceq가 너무 높지 않은 것이 좋다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 2.98% 미만의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 1.98% 미만의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 1.48% 미만의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.9% 미만의 %Ceq가 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 내마모성이 필요한 경우 %C를 너무 낮출 수 없다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 0.81% 이상의 %C가 바람직하다는 점을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 1.06% 이상의 %C가 바람직하다는 점을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 1.22% 이상의 %C가 바람직하다는 점을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 1.65% 이상의 %C가 바람직하다는 점을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 2.02% 이상의 %C가 바람직하다는 점을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 너무 높지 않은 %C가 좋다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 2.98% 미만의 %C가 바람직하다는 점을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 1.98% 미만의 %C가 바람직하다는 점을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 1.48% 미만의 %C가 바람직하다는 점을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 본 발명자는 0.9% 미만의 %C가 바람직하다는 점을 발견했다.

[0688]

때로는 탄소 당량 (carbon equivalent) 내에서 과다하지 않은 %N의 함량이 바람직하다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.09% 미만의 %N가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.004% 미만의 %N가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 %N가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서는 %N이 경화능성을 개선할 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.06% 이상의 %N가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.11% 이상의 %N가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0689]

때로는 탄소 당량 (carbon equivalent) 내에서 과다하지 않은 %B의 함량이 바람직하다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.03% 미만의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.019% 미만의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 0.009% 미만의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 %B가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 %B가 경화능성, 특히 페라이트 변형 억제에 도움이 될 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.002% 이상의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 1.4% 이상의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 3.1% 이상의 %B가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0690]

크롬 함량은 중요하며 2차 탄화물에 존재하는 것이 거의 항상 큰 영향을 미치기 때문에 관련 속성의 대부분을 결정하는 데 매우 중요하다. 과다하게 인성을 손상시키지 않고 고온에서 기계적 저항이 요구 될 때, %Cr이 너무 낮을 수 없다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 3.6% 이상의 %Cr이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 5.2% 이상의 %Cr이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 6.5% 이상의 %Cr이 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 %Cr이 너무 높지 않은 것이 좋다. %V, %Mo 및/또는 %W와 같은 다른 탄화물 생성체가 많은 경우에도 마찬가지이다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 9.5% 미만의 %Cr가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 8.5% 미만의 %Cr가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 어떤 용도에서 발명자는 4.9% 미만의 %Cr가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0691]

망간 함량은 본 발명의 이 부분에서 필수적이다. 발명자는 %Mn의 특정 함량으로부터, 특히 %Zr, %Ti, %Si, %V, 및/또는 %Cr이 적절하게 혼합될 때, 본 발명의 현재 측면의 소재가 낮은 온도 열처리의 용도에서 높은 경도 증가가 나타난다. 결정적인 함량은 합금에 있는 다른 원소의 특정 양에 따라 달라진다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 1.8% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 3.6% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 4.6% 이상의 %Mn가

바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 5.6% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 6.6% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 7.6% 이상의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 합금 내 다른 원소들의 양에 따라 다르지만, 과도한 %Mn 함량은 강의 가공에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 알려졌다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 9.8% 미만의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 7.8% 미만의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 5.8% 미만의 %Mn가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0692] 니켈 함량은 중요하며 특히 경도를 증가시키고 석출을 통제하는 능력에 중요하다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.25% 이상의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 1.52% 이상의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 2.52% 이상의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 3.02% 이상의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 특히 고온에서 높은 인성이 요구되는 경우에는 낮은 %Ni가 종종 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 4.8% 미만의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 2.78% 미만의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.49% 미만의 %Ni가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 상기 구성요소에 %Ni가 없는 것이 바람직하다고 보았다.

[0693] 실리콘 함량은 중요하며 특히 경도를 증가시키고 석출을 통제하는 능력에 중요하다. 본 발명의 일부 실시 예에서, 발명자는 0.25% 이상의 %Si가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에서, 발명자는 1.52% 이상의 %Si가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에서, 발명자는 1.82% 이상의 %Si가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에서, 발명자는 2.52% 이상의 %Si가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에서, 발명자는 3.02% 이상의 %Si가 바람직하다고 발견했다. 발명자는 일부 조성에서 %Si는 두꺼운 두께에 대해 획득할 수 있는 인성값에 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.4% 미만의 %Si가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.18% 미만의 %Si가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.08% 미만의 %Si가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에서, 발명자는 0.04% 미만의 %Si가 바람직하다고 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 상기 구성요소에 %Si가 없는 것이 바람직하다고 보았다.

[0694] 발명자는 일부 조성물에 대해 %Se+ %Te+ %S+ %P+ %As+ %Pb+ %Sb+ %Sn의 합을 통해 가공을 촉진시킬 수 있음을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 강 구성 %Se+ %Te+ %S+ %P+ %As+ %Pb+ %Sb+ %Sn이 0.052% 이상 포함되는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 하지만 종종 %Se+ %Te+ %S+ %P+ %As+ %Pb+ %Sb+ %Sn의 합은 인성에 부정적인 영향을 미친다. 본 발명의 일부 실시 예에 대해, 본 발명자는 0.04% 미만의 %Se+ %Te+ %S+ %P+ %As+ %Pb+ %Sb+ %Sn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %Se+ %Te+ %S+ %P+ %As+ %Pb+ %Sb+ %Sn가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에 대해, 본 발명자는 %Se+ %Te+ %S+ %P+ %As+ %Pb+ %Sb+ %Sn가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0695] 발명자는 일부 조성물에 대해 %Ta+ %Nb가 내마모성을 촉진시킬 수 있음을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 강 구성 %Ta+ %Nb 이 0.22% 이상 포함되는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 강 구성 %Ta+ %Nb 이 0.54% 이상 포함되는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 강 구성 %Ta+ %Nb 이 1.6% 이상 포함되는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 강 구성 %Ta+ %Nb 이 2.04% 이상 포함되는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 하지만 종종 %Ta+ %Nb의 합은 인성에 부정적인 영향을 미친다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.4% 미만의 %Ta+ %Nb 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.08% 미만의 %Ta+ %Nb 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %Ta+ %Nb 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0696] 발명자는 일부 조성물에 대해 %Se+ %Te의 합을 통해 가공을 촉진시킬 수 있음을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 강 구성 %Se+ %Te이 0.052% 이상 포함되는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 하지만 특히 %Mn을 많이 포함할 때 %Se+ %Te의 합은 본 발명의 강에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.19% 미만의 %Se+ %Te가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.09% 미만의 %Se+ %Te가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.04% 미만의 %Se+ %Te가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %Se+ %Te가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는

%Se+%Te가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0697] 본 발명의 일부 용도에 있어, 본 발명자는 상기 강 조성물에 %P+%S가 더 포함되어 있음을 발견했다. 발명자는 %Mn을 많이 포함할 때 %P + %S가 일부 조성물에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.028% 미만의 %P+%S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.018% 미만의 %P+%S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %P+%S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.0004% 미만의 %P+%S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %P+%S가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0698] 본 발명의 일부 용도에 있어, 본 발명자는 상기 강 조성물에 P 가 더 포함되어 있음을 발견했다. 발명자는 %Mn을 많이 포함할 때 %P 가 일부 조성물에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.028% 미만의 %P가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.018% 미만의 %P가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %P가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.0008% 미만의 %P가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %P 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0699] 본 발명의 일부 용도에 있어, 본 발명자는 상기 강 조성물에 S가 더 포함되어 있음을 발견했다. 발명자는 %Mn을 많이 포함할 때 %S 가 일부 조성물에 부정적인 영향을 미치고 특히 높은 %Mn의 긍정적인 효과를 방해한다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.018% 미만의 %S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.008% 미만의 %S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 0.0008% 미만의 %S가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %S 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0700] 몰리브덴 함량은 중요하며 2차 탄화물에 존재하는 것이 거의 항상 큰 영향을 미치기 때문에 관련 속성의 대부분을 결정하는 데 매우 중요하다. 템퍼링에 대한 저항이 요구 될 때, 몰리브덴이 너무 낮을 수 없다. 본 발명의 일부 실시 예에 있어, 발명자는 0.16% 이상의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에 있어, 발명자는 0.21% 이상의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에 있어, 발명자는 1.1% 이상의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 %Mo가 너무 높지 않은 것이 좋다. %V, %Cr, 및/또는 %W와 같은 탄화물 보조제가 많이 존재하는 경우에도 마찬가지다. 또한 일부 예에서 %Mo는 %Zr의 영향에 부정적으로 영향을 끼칠 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.8% 미만의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.19% 미만의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.04% 미만의 %Mo가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %Mo 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0701] 발명자는 본 발명의 일부 실시 예에서 %Mo를 %W 중량의 두 배 양으로 부분적 대체 할 수 있다는 점을 발견했다. 또한 일부 용도에서 이전 단락에서 %W에 대해 기술된 것은 %W에 적용할 수 있으며 표시된 상기 함량은 반드시 두 배가 되어야 한다. 이러한 의미에서 %Moeq 개념은 흥미로우며, 부분 대체 경우, 상기는 $%Moeq = %Mo + 1/2 * %W$ 로 나타난다. %Moeq의 경우 표시된 함량은 위의 약 %Mo를 따른다.

[0702] 바나듐 함량은 중요하며 2차 탄화물에 존재하는 것이 거의 항상 큰 영향을 미치기 때문에 관련 속성의 대부분을 결정하는 데 매우 중요하다. 고온 경도가 요구 될 때, %V이 너무 낮을 수 없다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.22% 이상의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.32% 이상의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 1.1% 이상의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 2.05% 이상의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 높은 인성 및/또는 연신율이 필요한 경우에는 %V가 너무 높지 않은 것이 좋다. %Mo, %Cr 및/또는 %W와 같은 탄화물 보조제가 많이 존재하는 경우에도 마찬가지다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 3.8% 미만의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 1.8% 미만의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.4% 미만의 %V가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 본 발명자는 %V 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0703]

티타늄 함량은 중요하며 2차 탄화물에 존재하는 것이 거의 항상 큰 영향을 미치기 때문에 관련 속성의 대부분을 결정하는 데 매우 중요하다. 고온 경도가 요구될 때, %Ti가 너무 낮을 수 없다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.22% 이상의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 0.55% 이상의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 2.6% 이상의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 있어, 발명자는 3.6% 이상의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 때때로 초과하여 존재하는 %Ti 함량은 바람직하지 않다. 본 발명의 일부 실시 예에 있어, 발명자는 8.8% 미만의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에 있어, 발명자는 4.8% 미만의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에 있어, 발명자는 2.8% 미만의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에 있어, 발명자는 1.8% 미만의 %Ti가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 실시 예에 대해, 본 발명자는 %Ti가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다.

[0704]

때때로 과하지 않은 %Co 함량이 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 2.3% 미만의 %Co가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 1.2% 미만의 %Co가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 %Co가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 상기 강의 특성을 개선하는데 %Co가 도움이 될 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.001% 이상의 %Co가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.1% 이상의 %Co가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0705]

때때로 과하지 않은 %Cu 함량이 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 1.1% 미만의 %Cu 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.4% 미만의 %Cu 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 %Cu 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 상기 강의 특성을 개선하는데 %Cu 가 도움이 될 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.001% 이상의 %Cu 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.1% 이상의 %Cu 가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0706]

때때로 과하지 않은 %Al 함량이 바람직하다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.8% 미만의 %Al 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 0.2% 미만의 %Al 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 발명자는 %Al 가 없는 것이 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해 상기 강의 특성을 개선하는데 %Al 가 도움이 될 수 있다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 0.6% 이상의 %Al 가 바람직하다는 것을 발견했다. 본 발명의 일부 용도에 대해, 1.1% 이상의 %Al 가 바람직하다는 것을 발견했다.

[0707]

한 실시 예에서, 본 발명 측면의 공구 강은 적절하게 준비되었을 때 61 HRC에서 1.2379 이상의 내마모성으로 특징 지어질 수 있다. 일 실시 예에서, 본 태양의 공구강은 적절히 제조될 때 61 HRC에서 1.2379의 2 배 이상의 내마모성을 갖는 것으로 특징 될 수 있다. 일 실시 예에서, 본 태양의 공구강은 적절히 제조될 때 61 HRC에서 1.2379의 4 배 이상의 내마모성을 갖는 것으로 특징 될 수 있다. 일 실시 예에서, 본 태양의 공구강은 적절히 제조될 때 61 HRC에서 1.2379의 8 배 이상의 내마모성을 갖는 것으로 특징 될 수 있다. 본 발명의 본 측면의 한 실시 예에서, 적절하게 준비됨은 중심부가 오일 웜칭 뒤에 이어지는 온도에 도달하고 난 뒤 30분간 1020 °C에서 오스테나이트화됨을 뜻한다. 본 발명의 이 측면의 한 실시 예에서, 적절하게 준비됨은 중심부가 공냉 (air cooling) 후 이어지는 온도에 도달하고 나서 30분간 1020 °C에서 오스테나이트화됨을 뜻한다. 본 발명의 본 측면의 한 실시 예에서, 적절하게 준비됨은 중심부가 오일 웜칭 뒤에 이어지는 온도에 도달하고 난 뒤 30분간 1050 °C에서 오스테나이트화됨을 뜻한다. 본 발명의 이 측면의 한 실시 예에서, 적절하게 준비됨은 중심부가 공냉 (air cooling) 후 이어지는 온도에 도달하고 나서 30분간 1050 °C에서 오스테나이트화됨을 뜻한다. 본 발명의 본 측면의 한 실시 예에서, 적절하게 준비됨은 중심부가 오일 웜칭 뒤에 이어지는 온도에 도달하고 난 뒤 30분간 1080 °C에서 오스테나이트화됨을 뜻한다. 본 발명의 이 측면의 한 실시 예에서, 적절하게 준비됨은 중심부가 공냉 (air cooling) 후 이어지는 온도에 도달하고 나서 30분간 1100 °C에서 오스테나이트화됨을 뜻한다. 본 발명의 본 측면의 한 실시 예에서, 적절하게 준비됨은 중심부가 오일 웜칭 뒤에 이어지는 온도에 도달하고 난 뒤 30분간 1150 °C에서 오스테나이트화됨을 뜻한다. 본 발명의 이 측면의 한 실시 예에서, 적절하게 준비됨은 중심부가 공냉 (air cooling) 후 이어지는 온도에 도달하고 나서 30분간 1200 °C에서 오스테나이트화됨을 뜻한다. 본 발명의 본 측면의 한 실시 예에서, 적절하게 준비됨은 중심부가 오일 웜칭 뒤에 이어지는 온도에 도달하고 난 뒤 30분간 1250 °C에서 오스테나이트화됨을 뜻한다. 상기 템퍼링의 한 실시 예에서 사이클은 480 °C에서 650 °C 사이의 온도이다. 상기 템퍼링의 한 실시 예에서 사이클은 480 °C에서 580 °C 사이의 온도이다. 상기 템퍼링의 한 실시 예에서 사이클은 500 °C에서 550 °C 사이의 온도이다.

[0708]

예를 들어서:

C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V	Zr	Al	Ti	Cu	B
1.1	3.2	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.000
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
2.5	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.4	0.0	0.0	7.0	0.0	0.000
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
0.0	2.0	0.0	0.0	4.0	0.2	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	2.5
0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	
0.2	2.0	1.6	3.2	0.0	0.2	0.0	0.4	0.2	6.0	0.0	3.5
0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	

[0709]

[0710] 위에서 설명한 실시 예들은 여기에 기술한 모든 구현과 결합할 수 있으며 각각의 기능이 양립하지 않을 때까지 가능하다.

[0711]

본 발명은 "sweating components" 시행 또한 흥미롭다. 공구(예 : 다이) 혹은 열 조절을 실행하기 위해서 용수 증발열 (heat of evaporation of water) 을 이용하는 다른 유형의 구성 요소 또한 존재한다.

[0712]

서로 연결된 기공 스웨팅 다이 (Interconected porosity sweating die) 또는 임의 혹은 결정된 다른 것(땀샘 (sweating gland) 등). 또한 매몰 주조 (Investment Casting)를 통해서.

[0713]

Ti 기반 합금과 Al 기반 합금을 위한 SnGa, SnGa 혹은 AlGa과 함침 그런다음 액상 소결 (liquid phase sintering)....

[0714]

본 저자는 대부분의 AM프로세스와 AM제조 프로세스가 아닌 다른 프로세스도 일부 용도에 유리하게 결합될 수 있음을 확인했다. 특히 수요가 높은 구역에 대해 부가 가치가 높은 제조 공정과 결합할 수 있는 저비용 시공을 가능하게 하는 공정이다. 이러한 경우 중 하나는 주물(sand, investment, nano-....), HIP저비용 소재를 사용하는 fast subtractive manufacturing process 또는 수지로 채워지거나 AM또는 빠른 그물 모양에 가까운 일반적인 방법을 통해 제작된 유기 소재 금형의 입자를 채운 것과 같이 일반적인 공정을 더 혹은 덜 사용하는 것이다. 부가 가치 재료를 얻기 위해 웰딩 (welding) 기반 방법 (TIG, MIG, plasma,....) 또는 others like cladding, thermal spray, cold spray 혹은 비슷한 일반적인 방법 또한 적용될 수 있다. 또한 AM방법은 흔히 국소적인 소재 공급하는 방법으로 사용할 수 있습니다. 예를 들어 직접 에너지 증착 등이 선호된다. 일부 경우 제조된 구성 요소의 특정 영역 (종종 도구)에서 특정 기능을 갖기 위해 더 높은 부가 가치 재료를 가져오거나 특정 마이크로 구조를 달성하기 위해 더 많은 부가 가치 제조 프로세스가 사용된다. 때로는 유도, 레이저 등을 통한 국소 열 처리, 폐상 처리(질화, 침탄, 봉화, 황화, 혼합 등) 또는 기술된 코팅을 통해서도 이러한 결과를 달성할 수 있다. 일부 용도에서는 엄격한 공차를 달성할 수 있도록 특정 중요 영역에서 제조 정확도를 높이기 위해 부가 가치 제조 단계가 통합될 수 있다. 이 경우 수정해야 할 양을 폐 루우프로 평가할 수 있도록 3D뷰 또는 스캔 시스템을 사용하는 것이 때때로 흥미로울 수 있다. 일부 용도에서는 재료를 추가하고 충분한 정밀도로 기계화할 수 있도록 동시에 첨가하는 시스템이 있는 것도 흥미롭다.

[0715]

이는 내부 분말 재료를 사용하여 금형을 만드는 방법 중 하나로, 내부에 내부 채널을 하나 이상 형성하여 금형 내부 및 외부로 열 전달을 수행하는 방법이다. 철, 철 탄소, 구리, 구리 합금, 텅스텐 탄화 수소 및 티타늄 탄화물로 구성된 그룹에서 선택한 프레임에 소결된 분말 소재의 첫 번째 층을 배치한다. 이렇게 하면 원하는 mold cavity 대한 정확한 크기, 형태 및 구성을 형성하는 the mother mold를 만든다. 열 전달을 조절하기 위한 내부 채널에 해당하는 길고 얇은 패턴을 가지게 되면 금속이 소결 분말 재료의 모공으로 침투하여 소결 분말 보다 낮은 용점을 만든다. 이것은 소결 분말 안에 mother mold를 조금씩 넣어야 한다. 두 번째 층의 신타팅 파우더를 첨가하여 마더 금형을 완전히 내장하고 1층에서 디몰딩제로 분사한다. 이것은 패턴의 양쪽 끝이 프레임의 벽의 내부와 접촉하도록 하기 위해서 체의 층 중 하나에 간격을 두고 패턴을 완전히 포함시킬 것이다. 모든 부품을 단일 온도로 가열한 다음 경화되고 첫번째 및 두번째 레이어의 경계를 따라 두 부분으로 분리될 수 있는 주형을 얻으기 위해 식힌다. 이렇게 하면 패턴과 mold cavity를 보완하는 내부 채널이 생성된다.

[0716]

또한 본 발명자는 어느 유체가 차게 놓인 구멍을 통해 표면으로 이동하는 스웨팅 다이의 경우에서 유체의 증발열을 대체적으로 이용하는 방법을 발견했다. (유체는 종종 물이나 수계 유체일 수 있다. 하지만 용도에 따라 다른 유체일 수 있다). 문제가 되는 방법은 다이 혹은 공구 표면에서의 분포한 방울의 형성으로 구성된다. 이러한 효과를 달성하는 방법은 다이나 공구를 이슬점 이하로 유지한 뒤 원자화된 유체 (an atomized fluid)로 작업 표면에서 분쇄 (pulverize) 하는 것이다. 제조한 구성요소의 냉각 실시 이전에 한다. 일부 용도에서 구성 요소로

부터 입열 (heat input) 은 매우 강하며 다이나 공구를 이슬점 밑으로 유지하는 것은 쉬운일이 아니다(이는 냉각 유체가 순환하는, 본 문서에 기술된 모세관 시스템 같은 냉각 채널 표면에 아주 가깝게 떠온 혹은 액체 질소를 사용하는 적극적은 냉각 전략을 사용해서 이를 수도 있다. 일부 용도에서는 심한 외부 냉각 활동, 물의 증발 열 단계에서 분쇄된 열의 스프레이와 같은 것을 사용할 수 있다). 최소한 작업 표면에서 유체 방울의 아주 동일한 층의 용도는 여러가지 방법으로 이루어질 수 있다. 그 중하나는 유체 분무 노즐 (fluid atomizing nozzles) 의 사용이다. 특히 수직벽과 일반적으로 다른 방향의 복잡한 형상을 가진 다이 혹은 공구의 경우, 때때로 바람직한 위치에서의 잔류자기 (remanence) 를 확실히 하기 위하여 유체 방울의 크기 선택에서 신중함이 필요하다.

[0717] 열 스템핑 가공 공정의 경우 sweating dies를 갖는 방식으로 진행되는 경우에는 부품 냉각 시간이 매우 짧아 이는 기존의 단일 단계 프레스와는 다른 제조 기술을 사용하여 여러 단계로 변환된 프레스 또는 점진적인 다이 프레스 시스템으로 이동할 수 있다.

[0718] 일부 용도에서는 냉각이 제조 중인 구성 요소의 열 팽창 계수와 관련된 바람직하지 않은 왜곡을 제한하는 설정에서 발생하는 것이 중요하며 따라서 냉각되는 동안 어떤 종류의 다이, 공구 또는 형태 리테이너에 유지된다. 일부 용도는 치수 정확도 제약이 낮으므로 냉각 단계에서 형상 유지가 필요하지 않기 때문에 구성 요소를 직접 활용하여 (적당한 노즐 또는 다른 유체 분무 시스템과 함께) 열을 이용한 제조된 구성 요소의 냉각을 촉진할 수 있다. 다른 실시 예에서는 유체 방울이 외부 방법으로 제공될 수 있다.

[0719] 구조물, 도구, 다이, 주형, 조각 또는 기계 부품 도구의 열화 및 고장은 막대한 비용을 수반한다. 소재 특성은 도구, 다이, 주형 또는 조각과 같은 다양한 구성 요소의 내구성에 결정적인 역할을 한다. 위에서 공개한 구현의 기술적 효과에는 파단 인성, 환경 저항, 부식 저항성, 응력 부식 균열 저항, 기계적 강도 및/또는 마모 저항과 같이 도구, 다이, 조각 또는 주형을 제조하는데 사용되는 강의 특성으로 인한 구성요소의 비용 감소와 긴 내구성을 포함한다. 몇 가지 실시 예에서, 본 발명은 또한 냉각에 소요되는 시간을 줄여 비용을 절감할 뿐만 아니라 생산률을 크게 높인다.

[0720] 모래 거푸집 주조 (sand casting), 로스트 왁스 주조, 연속 주조 (continuous casting), 전기 용광로내 용융, 진공 인덕션 용융 등 흔한 야금 프로세스 (metallurgical process)를 사용하여 본 발명의 모든 강을 제조할 수 있다. 분말 금속공학 프로세스는 HIP, CIP 냉각 혹은 열 프레싱, 소결 (액상이 유무), 열 스프레이, 열 코팅 중 몇 가지와 더불어 사용될 수 있다. 상기 합금은 원하는 모양으로 직접 얻어지거나 다른 야금 프로세스를 통해서 개선될 수 있다. ESR, AOD, VAR와 같이 개선된 금속공학 프로세스가 적용될 수 있다. 단조 또는 압연이 종종 인성을 증가시키기는데 사용되며, 심지어 블록이 3차원 단조 (three-dimensional forging of blocks) 또한 그러하다. 본 발명의 공구 강은 바, 와이어 혹은 남湜 합금의 사용을 위해 분말 형태로 얻어질 수 있다. 저비용 합금 강철 매트릭스는 현재 발명된 강철로 만들어진 용접 로드 또는 와이어를 사용하여 매트릭스의 중요 부분에서 현재 발명된 강철을 제조하고 적용할 수 있다. 또한 레이저, 플라즈마 또는 전자빔 용접은 현재 발명된 강철로 만들어진 분말 또는 와이어를 사용하여 수행될 수 있다. 현재 발명된 강철은 다른 재료의 표면 일부에 적용할 수 있는 열 분사 기법으로도 사용될 수 있다. 명백히 본 발명의 강은 복합 소재의 일부로 사용될 수 있다. 예를 들어, 분리된 상으로 내장되거나 다중상의 소재에서 상의 하나로 얻어질 때 그러하다. 또한 사용하는 혼합(예: 기계식 혼합, 소모, 다른 소재의 두 가지 이상의 호퍼(hoppers)로 투사 (projection)) 의 어느 방법이든 다른 상이나 입자가 내장되는 매트릭스가 사용될 때 또한 그러하다.

[0721] 본 발명은 열 스템핑 툴링 용도의 강을 얻는데 특히 적합하다. 본 발명의 상기 강은 플라스틱 사출 툴링 (plastic injection tooling) 에 특히 적합하다. 또한 다이 캐스팅 용도를 위한 툴링에 또한 특히 적합하다. 본 문서의 강에 대한 또 다른 관심 분야는 시트 또는 기타 연재 구성 요소를 인발 (drawing) 과 절단 (cutting) 하는 것이다. 의료, 식이성 그리고 약학적 툴링 용도의 경우 본 발명의 시트는 특히 흥미롭다.

[0722] 위에서 설명한 실시 예들은 여기에 기술한 모든 구현과 결합할 수 있으며 각각의 기능이 양립하지 않을 때까지 가능하다.

[0723] 추가적인 실시 예는 예시와 청구항에 포함되어 있다.

[0724] 예: 본 발명의 몇 가지 강재가 개발 되었으며 다음 예의 표에 나와있다. 예제에 포함된 표는 각 성분에 대한 중량 비율의 모든 백분율을 나타내며, 나머지는 철과 미량원소로 구성된다.

[0725] 예 1: 다음 공칭 조성을 갖는 열간금형 강:

표 1

[0726]	%C	%Si	%Mn	%Cr	%Mo	%Ni	%V	%P	%S	% (Sn+Sb+As)	%O ppm	% 기타	[HR c]	[MPa*m -1/2]
0.38	0.2	0.55	5	1.8	-	0.6	0.02	0.005	0.04	20	+N	44	42	
0.38	0.4	0.4	5.2	1.3	-	0.4	0.002		0.2	8	-	43	38	
0.385	0.0	2.8	4.8	1.2	0.4	0.5	0.004		0.007	14	+B 60ppm	43	85	
0.37	0.1	3.2	5	2.9	-	0.6	0.0007		0.007	3	-	42	62	
0.375	0.0	3.4	0.05	3.2	0.35	0.6	0.0007		0.002	12	+B 60ppm	43	72	

[0727] 표1. 350 x350 x350를 갖는 부품이 템퍼링됨. 보고된 파괴 인성은 두 횡단 방향에서 측정된 파괴 인성의 평균값이다. 시험편은 부품의 핵에서 추출되었다(무게 중심의 최대 20%). 강은 "모범 사례" 방법에 따라 단조, 담금질, 템퍼링되며 이를 통해 실온에서 AISI H10강은 $80 \text{ MPa*m}^{-1/2}$ 이상의 파괴 인성을 갖게되며, 이 때 템퍼링은 오일 테스트 부품이 10 mm 두께를 갖는다.

[0728] 표에 제시된 두 개의 첫번째 강철은 선행 기술과 일치하며 비교 목적으로 포함된다.

[0729] 예 2: 다음 공칭 조성을 갖는 강:

표 2

[0730]	실험 횟수 를	%C	%Mo	%Cu	%Al	%Ni	%Mn	%Cr	%W	%Co	%V	기타
1.1	1.22			4.00	1.10	6.00	25.00	4.00		1.55	3.70	
1.2	1.44			3.76	1.03	5.65	23.52	5.00		1.46	3.48	
1.3	1.44			3.76	1.04	5.64	23.52	5.00		1.46	3.48	
1.4	1.38			3.76	1.03	5.65	23.52	4.55		1.46	3.48	
1.5	1.30						25.00	4.00			3.70	
1.6	0.76	3.80			1.00		25.00		1.20			
1.7	1.30				1.00		25.00	4.00			3.70	
1.8	0.71	3.53			0.93	5.50	23.25		1.12	1.50		
1.9	1.21				0.93	5.50	23.25	3.72		1.50	3.44	
1.10	0.45	2.50					12.00	5.00			1.50	Si=0.5
1.11	1.30						22.00	4.00			3.70	
1.12	1.30	3.80			1.00	6.00	16.00		1.20	2.00		
1.13	0.50	3.00					19.00	4.00	1.00			
1.14	0.50	3.00					32.00	4.00	1.00			
1.15	1.50						25.00	4.00			3.00	Ti=2
1.16	2.00	4.00					25.00		2.00			
1.17	1.50	4.00				9.00	16.00		3.00	5.00		
1.18	1.50		4.00				25.00	4.00			3.00	Ti=2
1.19	1.40				15.00		28.00	12.00				Si=2
1.20	1.40				15.00		25.00	5.00				Si=4
1.21	0.15						25.00					
1.22						6.00	15.00			2.00		
1.23						6.00	15.00			2.00		Ti=2
1.24	0.15				1.00		25.00					
1.25	0.14				0.93	5.50	23.25			1.50		
1.26	0.76	3.80					25.00		12.00			

[0731] 표 2.본 발명의 강.

표 3

실험 횟수를	% C	% Si	% Mn	% Cr	% Ni	% Mo	% V	% Co	% Al	기타
2.1	0.33	0.3	0.4	8.3	6	1.4	0.6	1.6	2.5	
2.2	0.4	1	0.6	7.8	6.2	1.3	0.75	1.7	3	
2.3	0.4	0.3	0.4	7.9	6.2	1.3	0.74	1.7	1.28	
2.4	0.4	1.2	0.6	7.9	6.2	1.3	0.74	1.7	1.28	
2.5	0.4			7.9	6.2	1.3	0.74	1.7	1.28	
2.6	0.33	0.3	0.4	8.3	6	1.4	0.6	1.6	2.5	
2.7	0.33	0.3	0.4	9.3	6	1.4	0.6	1.6	3.5	
2.8	0.4	1	0.6	7.8	6.2	1.3	0.75	1.7	3	
2.9	0.33			8.3	6	1.4	0.6	1.6	2.5	
2.10	0.33			9.3	6	1.4	0.6	1.6	3.5	
2.11	0.4			7.8	6.2	1.3	0.75	1.7	3	
2.12	0.33			8	6.2	1.3	0.65	1.6	0.9	
2.13	0.4			7	6.2	1.3	0.65	1.6	1.6	
2.14	0.45			8.5	6.8	1.6	0.85	1.6	2	
2.15	0.38	0.12	0.13	8.4	6.5	1.2	0.75	1.8	0.9	Zr=0.07

[0733]

표 3. 본 발명의 강.

표 4

실험 횟수를	% C	% Ti	% Zr	% Cu	% Al	%P	% Ni	% Si	% Mn	% Cr
3.1	0.00	2.00	0.0	3.0	8.0	0.5	5.0	0.0	0.0	0.0
3.2	0.00	3.0	0.0	2.0	3.0	0.8	5.0	0.0	0.0	3.0
3.3	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	0.5	1.0	17.0
3.4	0.5	3.0	3.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
3.5	1.40	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	0.0	2.0	28.0	12.0

[0735]

표 4. 기존의 스테인리스 강 AISI 316 과 본 발명의 강의 비교 예 (ex. 3.3)도 3에서 표3의 구성에 대한 타펠 플롯이 나타남.

표 5

[0736]

실험 횟수를	색	Icor	부식 속도
3.1	청색	8.16E-05	0.947
3.2	검은색	1.20E-04	1.420
3.3	오랜지색	1.51E-04	1.758
3.4	어두운 녹색	1.30E-04	1.514
3.5	밝은 녹색	8.11E-05	0.942

[0737] 표 5. 표의 구성 요소의 도1에의 타펠 플롯에 대한 부식 속도.

[0738]

예 3: 다음 공칭 조성을 갖는 강:

표 6

[0739]

C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V	Hf	W	Ti	Cu	Nb	B	Mg	Al	N	Co	O		
0.34-0.36	<0.02	<0.005	<0.001	<0.05	6.2-5.6	7.60-8.00	1.40-1.60	0.6-0.8	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	---	1.0-1.2	<0.005	1.4-1.7	<0.01
0.33	0.025	0.004	0.006	0.025	6.20	7.620	1.69	0.77	<0.004	<0.004	<0.004	0.010	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	---	1.18	0.004	1.68	0.006

[0740] 표 6. 본 발명의 강.

[0741] 예 4: 다음 공칭 조성을 갖는 강:

표 7

C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V	Hf	W	Ti	Cu	Nb	B	Mg	Al	N	Co	O
1.30-1.60	16.6-16.6	<0.006	<0.001	<0.01	5.6-5.6	7.60-8.60	---	---	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	---	---	---	8.0-9.0	<0.006	<0.01	<0.01
1.49	16.60	0.013	0.014	0.049	6.42	8.110	0.007	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.007	<0.004	0.028	<0.004	8.59	<0.001	0.005	0.005
1.30-1.60	11.6-12.6	<0.006	<0.001	<0.01	7.6-8.6	7.60-8.60	---	---	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	---	---	---	8.0-9.0	<0.006	<0.01	<0.01
1.66	11.60	0.019	0.021	0.068	7.90	7.660	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.006	<0.004	0.028	<0.004	8.18	<0.001	0.005	0.003

[0742]

표 7. 본 발명의 강.

[0743] 예 5: 다음 공칭 조성을 갖는 강:

표 8

실현 횟수	%C	%Si	%Mn	%Cr	%Mo	%W	%Ni	%V	%B	%(Sn+As+Sb)	%(Se+Te)	%N[ppm]	%O[ppm]	기타	인성
3363LAB-1	0.38	0	3.2	4.6	0.4	4	0	2	0	0.04	0.08	40	8	Co=4.26; Al=0.2; Ce=0.01	높음 (HIGH)
3363LAB-2	0.38	1	1.2	6.2	1.26	0	0	0.4	0.025	0.003	0.004	8	11	Ce=0.2; La=0.2; Bi=0.07	중간 (MEDIUM)
3363LAB-3	0.4	1	2.8	5.2	1.3	0	0	1	0	0.003	0.004	8	11		높음
3363LAB-4	0.4	1	3.4	5.2	1.3	0	0	1	0	0.003	0.004	8	11		높음
3363LAB-5	0.3	0	2.8	3	2.8	0	0	0.5	0	0.003	0.004	18	11		높음
3363LAB-6	0.38	0	2.6	5	3	0	0	0.66	0	0.003	0.004	14	8		중간
3363LAB-7	0.6	0.2	1.6	4.6	3	0	0	0.66	0	0.003	0.004	14	6		중간
3363LAB-8	0.3	0	3.8	3.26	0	9.6	0	0.6	0	0.02	0.004	14	5	Z=0.4	높음
3366LAB-1	0.38	1	3.2	5	1.26	0	0	0.4	0	0.02	0.004	3	4		높음
3366LAB-2	0.38	0	3.2	5	1.26	0	0	0.4	0	-	0.004	8	4		높음
3366LAB-3	0.38	0	3.2	5	1.26	0	0	0.4	0.006	-	-	-	2		높음
3366LAB-4	0.38	0	3.2	5	1.26	0	0.36	0.4	0.006		0.004	18	8		높음
3366LAB-5	0.38	0	4.6	5	1.26	0	0	0.4	0.006	0.09	0.001	8	11		높음
3366LAB-6	0.38	0	5	5	1.26	0	0	0.4	0	-	-	-	8		높음
H13	0.4	1	0.4	5.3	1.4			1		0.04	0.003	60	22		낮음 (LOW)
H11	0.38	1	0.4	5.3	1.3			0.4		0.02	0.003	20	10		낮음
H20	0.3	0.4	0.3	2		9.6		0.6		0.1	0.02	76	26		낮음
H19	0.38	0.3	0.3	4.6	0.4	4	0.3	2		0.21	0.08	180	46	Co=4.25	낮음
H10	0.4	1	0.66	3.26	2.6			0.4		0.08	0.12	120	46		낮음
1.2367	0.38	0.4	0.4	5	3			0.6		0.12	0.08	80	26		낮음

[0745]

표 8. 기존의 스테인리스 강 H13, H11, H20, H19, H10 과 강 1.2367과의 본 발명의 강의 비교 예.

[0746] 예 6: 다음 공칭 조성을 갖는 본 발명의 몇 가지 강이 개발되어 표 9에 나타남:

표 9

실험 번호	%C	측정된 %C	%Si	%Mn	%Cr	%Mo	%W	%Ni	%V	%B	%(Sn+As+Al)	%(Se+Te)	%N	%O	기타	인성
3322LAB-4	0.37	0.372		1.4	0.03	3.2					0.003	0.004	15	11		중간
3247LAB-1	0.4	0.34		1.4	0.007	3.8			0.5	0.006	0.003	0.004	14	8		중간
3247LAB-2	0.4	0.365		3.2	0.02	3.8			0.5	0.006	0.003	0.004	14	5		높음
3247LAB-3	0.4	0.365		1.4	0.02	3.2		0.4	0.5	0.006	-	0.003	14	6		중간
3247LAB-4	0.4	0.368		3.2	0.02	3.2		0.4	0.5	0.006	0.02	0.02	3	4		높음
3247LAB-5	0.4	0.365		1.4	0.02	2.8		0.4	0.5	0.006	0.003	0.06	5	4		중간
3247LAB-6	0.45	0.423		1.4	0.02	3.6		0.4	0.5	-	0.09	-	-	2		중간
3247LAB-7	0.46	0.406		1.4	0.02	2.6	2		0.5	0.006	-	0.004	18	8		중간
3247LAB-8	0.6	0.412		1.4	0.02	3.6		0.4		0.006	0.09	0.001	5	11		중간
3247LAB-9	0.46	0.388		1.4	0.02	3.2			0.5	0.006	0.04	-	-	8		중간
3247LAB-10	0.45	0.403		1.4		3.2		0.4	0.5	0.006	0.04	0.003	14	22		중간
3217LAB-3	0.36	0.337		1.4		3.6		0.4	0.5	-	0.02	-	14	11		중간
3217LAB-4	0.38	0.365		1.4	1.8	3.6		0.4	0.8	0.006	0.02	0.004	14	8		높음
3217LAB-5	0.4	0.349	0.26	1.4		3.6		0.4	0.5	0.006	0.04	0.004	3	8		마찰
3217LAB-6	0.42	0.401	0.12	1.4		3.2	1.2	0.4	1.2	0.012	0.08	0.12	3	8		마찰
3217LAB-7	0.36	0.323	0.05	3.2		3.6		0.4	0.5	0.006	0.12	0.08	80	4		높음
3217LAB-8	0.38	0.337		3.2	1.2	3.6		0.4	0.5	0.006	0.002	0.004	5	4		높음
3217LAB-9	0.4	0.367		3.2		3.6		0.4	0.5	0.02	0.3	0.004	5	3		높음
3059LAB-2	0.4			1.5		3.6		0.35	0.5	0.006	0.003	0.004	5	3		마찰
3059LAB-4	0.4			1.5		3.6		0.35	0.5	0.0026	0.003	0.004	-	4	Mg=0.005	마찰
3059LAB-6	0.4			1.5		3.6		0.35	0.5	0.006	0.003	0.003	5	4	Zr=0.007	마찰
3059LAB-5	0.4			1.5	2.1	3.6		0.35	0.5	0.004	0.003	0.02	5	3	Zr=0.007; Mg=0.005	높음

[0748]

표 9. 본 발명의 장.

[0749]

예 7: 다음 공칭 조성을 갖는 본 발명의 몇 가지 장이 개발되어 표 9에 나타남:

표 10

실험 번호	C	Ti	Zr	Mo	Cu	Al	P	Ni	Si	Mn	S	Cr	W	Nb	Co	V	Mg	Ta	Pd	기타
AISI 420	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	1.00	1.00	0.03	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
HCR-10	0.00	0.00	5.20	0.00	0.00	0.00	1.60	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-11	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-12	0.40	2.00	3.80	0.00	2.00	2.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-13	0.40	2.00	3.80	0.00	2.00	2.00	0.70	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-14	0.40	2.00	3.80	0.00	2.00	2.00	3.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-15	0.00	4.00	0.20	0.00	0.00	0.00	1.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-6	0.60	2.00	5.20	0.00	2.00	2.00	1.60	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-7	0.60	2.00	5.80	0.00	2.00	2.00	1.60	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-8	0.00	2.00	3.80	0.00	2.00	2.00	1.60	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-9	0.00	4.00	3.80	0.00	2.00	2.00	1.60	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-1	0.60	2.00	3.80	0.00	2.00	2.00	1.60	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-2	0.16	0.00	3.80	0.00	2.00	2.00	1.60	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-3	0.08	0.00	2.80	0.00	3.00	2.00	1.60	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-4	0.30	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-5	0.60	2.00	3.80	0.00	2.00	2.00	1.60	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-15	0.60	0.00	3.80	0.00	2.00	2.00	1.60	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-17	0.60	2.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1.60	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-18	0.60	2.00	3.80	0.00	0.00	2.00	1.60	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-19	0.60	2.00	3.80	0.00	2.00	0.00	1.60	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-20	0.60	2.00	3.80	0.00	2.00	2.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

[0751]

실험 횟수	C	Ti	Zr	Mo	Cu	Al	P	Ni	Si	Mn	S	Cr	W	Nb	Co	V	Mg	Ta	Pd	기타
HCR-21	0.60	2.00	3.80	0.00	2.00	2.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-22	0.60	4.00	3.80	0.00	2.00	2.00	1.60	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-23	0.60	2.00	7.60	0.00	2.00	2.00	1.60	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-24	0.50	2.00	3.80	0.00	4.00	2.00	1.60	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-25	0.60	2.00	3.80	0.00	2.00	4.00	1.60	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-26	0.60	2.00	3.80	0.00	2.00	2.00	3.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-27	0.60	2.00	3.80	0.00	2.00	2.00	1.60	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-28	0.60	1.00	3.80	0.00	2.00	2.00	1.60	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-29	0.60	2.00	1.90	0.00	2.00	2.00	1.60	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-30	0.60	2.00	3.80	0.00	1.00	2.00	1.60	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-31	0.60	2.00	3.80	0.00	2.00	1.00	1.60	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-32	0.60	2.00	3.80	0.00	2.00	2.00	0.76	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-33	0.60	2.00	3.80	0.00	2.00	2.00	1.60	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-34	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	8.00	0.60	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-35	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.60	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-36	0.00	2.60	0.00	0.00	2.00	2.00	0.60	6.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-37	0.00	3.00	0.00	0.00	2.00	3.00	0.60	6.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-38	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	8.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.60	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-40	0.00	2.00	0.00	0.00	3.00	8.00	0.60	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-41	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	8.00	0.60	6.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-42	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.60	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-43	0.00	2.60	0.00	0.00	2.00	2.00	0.60	6.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-44	0.00	3.00	0.00	0.00	2.00	3.00	0.00	6.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-45	0.00	3.00	0.00	0.00	2.00	3.00	0.80	6.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00				

실험 횟수	C	Ti	Zr	Mo	Cu	Al	P	Ni	Si	Mn	S	Cr	W	Nb	Co	V	Mg	Ta	Pd	기타
HCR-45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.60	0.00	2.00	26.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
HCR-47	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.80	0.00	0.00	26.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
HCR-48	0.00	2.00	0.00	0.00	2.00	3.00	0.60	0.00	2.00	26.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
HCR-49	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-50	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			9.00	0.5	1.00		19.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-61	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			12.00	0.5	1.00		17.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-62	0.01	0.00	0.00	4.60	0.00	0.00			26.00	0.36	1.00		20.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-63	0.06	0.20	0.00	9.00	0.00	0.20			60.00	0.26	0.26		22.60	0.00	3.80	0.50	0.00			
HCR-64	0.50	4.00	4.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-65	0.50	2.00	4.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-65	0.50	0.00	3.80	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	3.00	0.00	0.00				
HCR-67	0.50	4.00	4.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-68	0.50	3.00	3.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-69	0.50	3.00	4.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-60	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	8.60	0.00	0.00	0.00	26.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-61	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	8.60	0.00	5.00	0.00	26.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	4.00				
HCR-62	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	6.00	2.00	26.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	4.00				
HCR-63	1.400	0.00	0.00	0.00	0.00	16.000	0.00	0.00	2.000	28.00	0.00	12.000	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-64	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00	16.300	0.00	0.00	2.000	28.300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-65	1.400	0.00	0.00	0.00	0.00	16.000	0.00	0.00	4.000	26.00	0.00	5.000	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-66	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	14.000	0.00	0.00	0.00	26.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.000				
HCR-63 bis	1.400	0.00	0.00	0.00	0.00	16.000	0.00	0.00	2.000	28.00	0.00	12.000	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-65 bis	1.400	0.00	0.00	0.00	0.00	16.000	0.00	0.00	4.000	26.00	0.00	5.000	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-67	0.500	2.000	4.800	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.000	0.00	0.00				
HCR-68	0.300	4.000	4.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				

[0753]

실험 번호	C	Ti	Zr	Mo	Cu	Al	P	Ni	Si	Mn	S	Cr	W	Nb	Co	V	Mg	Ta	Pd	기타
HCR-69	0.300	0.00	4.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.000	0.00	0.00				
HCR-70	0.400	3.000	4.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.000	0.00	0.00				
HCR-68bis	0.300	4.000	4.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-69bis	0.300	0.00	4.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.000	0.00	0.00				
HCR-71	0.300	4.000	4.000	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-72	0.300	0.00	4.000	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.000	0.00	0.00			
HCR-73	0.300	4.000	4.000	0.00	0.00	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-74	0.300	0.00	4.000	0.00	0.00	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.000	0.00	0.00			
HCR-75	0.300	2.000	7.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.000	0.00	0.00			
HCR-76	1.400	0.00	0.00	0.00	0.00	16.000	0.00	0.00	2.000	28.00	0.00	12.000	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-77	1.400	0.00	0.00	0.00	0.00	16.000	0.00	0.00	2.000	28.00	0.00	5.000	0.00	0.00	0.00	1.00				
HCR-78	1.400	0.00	0.00	0.00	0.00	16.000	0.00	5.00	1.000	28.00	0.00	12.000	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-79	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	1.00	32.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-80	0.80					20.00			1.00	32.00		5.00								
HCR-81	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	1.00	32.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
HCR-82	1.40								1.00	32.00		5.00					24*			
HCR-83	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00	0.00	0.00	1.00	32.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12*			
HCR-84	0.40														3.00			4.00		
HCR-85	0.40	2.00				2.00												2.00		
HCR-86	0.40		2.00			2.00								2.00				2.00	2.00	
HCR-87	0.40	2.00	2.00			2.00	2.00						2.00					2.00	2.00	
HCR-88	0.60					3.00		5.00					4.00						B=0.01	
HCR-89	0.60					2.00		5.00					4.00						B=0.01	
HCR-90	0.60					2.60		5.00					4.00						B=0.01	
HCR-91	0.60					3.00		3.00					4.00						B=0.01	

실험 번호	C	Ti	Zr	Mo	Cu	Al	P	Ni	Si	Mn	S	Cr	W	Nb	Co	V	Mg	Ta	Pd	기타
HCR-92		3.00			2.00	3.00			5.00			4.00			1.50					
HCR-93	0.80			0.24		3.00			1.50	2.00		3.00			1.50					
HCR-94	0.60		0.30			2.50			1.50			3.00								B=0.01
HCR-100		1.00			2.00	3.00			5.00			6.00								
HCR-95		1.00				2.00			3.00			3.00								
HCR-96		1.00				2.00	0.30	3.00				3.00								
HCR-97		1.00			2.00	2.00			3.00			3.00								
HCR-98		1.00				2.00						3.00								
HCR-99				2.00	2.00	0.30	3.00					3.00								
HCR-109	0.80			0.24		4.00				1.50	2.00		4.00			1.50				Y=0.10 La=0.5
HCR-107							2.50						3.00							Ce=1.0
HCR-108							3.00						3.00							Ce=0.5
HCR-105							2.50						3.00							Ce=0.02
HCR-101	0.60		0.30	4.00		2.50						3.00								B=0.01
HCR-102	0.60		0.08	4.00		3.00						6.00								B=0.01
HCR-103		1.00				3.50		5.00				6.00								
HCR-104		1.00				3.50						6.00								
HCR-105						3.50						3.00								
HCR-115						2.50						3.00								Ge=0.8
HCR-118						2.50						3.00					0.30		Ru=0.10	
HCR-113						2.50						3.00								Ru=0.28
HCR-114						2.50						3.00								Ge=0.8
HCR-116						2.50						3.00								Y=0.30
HCR-117						2.50						3.00								B=0.01

[0755]

실험 번호	C	Ti	Zr	Mo	Cu	Al	P	Ni	Si	Mn	S	Cr	W	Nb	Co	V	Mg	Ta	Pd	기타
																				Ce=0.01 Ca=0.01
HCR-110	0.66			0.24		2.60		2.00	1.60	2.00		6.00				1.60				
HCR-111	0.66			0.24		3.00		6.00	1.60	2.00		6.00				1.60				
HCR-112	0.66	1.60		0.24		3.00		6.00	1.60	2.00		6.00				1.60				
HCR-119						3.00		2.00		9.00		3.00								
HCR-120		1.00				1.60		2.00		12.00		6.00								
HCR-121		1.00				3.00		2.00		9.00		5.00								
HCR-122						3.00		2.00		12.00		3.00								
HCR-123		1.00		1.00		3.00		2.00		12.00		3.00								
HCR-124						2.00						2.60								
HCR-125						2.60						2.00								
HCR-126	0.33			1.40		2.60		6.00	0.30	0.40		8.30				1.60	0.60			
HCR-127	0.40			1.30		3.00		6.20	1.00	0.60		7.80				1.70	0.76			
MB1	0.40			1.30		1.28		6.20	0.30	0.40		7.90				1.70	0.74			
MB2	0.40			1.30		1.28		6.20	1.20	0.60		7.90				1.70	0.74			
MB3	0.40			1.30		1.28		6.20				7.90				1.70	0.74			
HCR-129		0.8				3.6						3.6								Ce=2 Y=0.2 La=2.5
HCR-128						3						3								Ce=4 La=2.5
HCR-1277						2.5						2.5								
HCR-130	0.33			1.40		2.60		6.00	0.30	0.40		8.30				1.60	0.60			
HCR-131	0.33			1.40		3.60		6.00	0.30	0.40		9.30				1.60	0.60			
HCR-132	0.40			1.30		3.00		6.20	1.00	0.60		7.80				1.70	0.76			

[0756]

실험 번호	C	Ti	Zr	Mo	Cu	Al	P	Ni	Si	Mn	S	Cr	W	Nb	Co	V	Mg	Ta	Pd	기타
HCR-140	0.2					3.6	0.3					3.6								Ce=0.06
HCR-136		0.8				2.6		3.6				8								Ce=0.03
HCR-137						2.6	0.1	3.6				8								Ce=0.03
HCR-138	0.36			1.3		3		6	1			8				1.6	0.76			
HCR-134	0.26			1.3		2		6	1			8				1.6	0.1			
HCR-136		0.8				2.6			1	0.69		8					0.1			
HCR-138	0.2					2						6								
HCR-139	0.2		0.08			3						9								
HCR-141	0.2	0.6	0.4			3.6						2.6								
HCR-142	0.4											16								
HCR-143	0.4											20								
HCR-144	0.4											26								
HCR-145	0.4											12								
HCR-146	0.4											8								
HCR-147	0.4											6								
HCR-148	0.4											10								
HCR-149	0.4					2						8								
HCR-160												15								
HCR-161	0.4											18								
HCR-162	0.4											17								
HCR-163	1											20								
HCR-164	1											26								
HCR-165	1											16								
HCR-166	0.33			1.40		2.60		6.00	0.00	0.00		8.30				1.60	0.60			
HCR-167	0.33			1.40		3.60		6.00	0.00	0.00		9.30				1.60	0.60			

[0757]

실험 번호	C	Ti	Zr	Mo	Cu	Al	P	Ni	Si	Mn	S	Cr	W	Nb	Co	V	Mg	Ta	Pd	기타
HCR-168	0.40			1.30		3.00		6.20	0.00	0.00		7.80				1.70	0.76			
HCR-169	0.33			1.3		0.9		6.2				8				1.6	0.66			
HCR-160	0.4			1.3		1.6		6.2				7				1.6	0.66			
HCR-161	0.46			1.6		2		6.8				6.6				1.6	0.86			
HCR-162	0.00	2.00	3.80	0.00	2.00	2.00	1.60	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
HCR-163	3	2			2	2		5											B=0.3	
HCR-164	3					2		3				3							B=0.36 Ce=0.03	

[0758]

[0759]

표 10. 본 발명의 강.

[0760]

표11에서, 표 10에 나와 있는 것과 동일한 예에 대해 측정된 다른 마라미터가 나타난다. 침지 실험이 3가지 다른 종류의 물에서 72시간 동안 실시되었다, 스페인 루비에서 탈염수, 수돗물 그리고 스페인 바로셀로나에서 해양수.

표 11

[0761]

실험 횟수를	HRc 최저(min)	HRc 최고(max)	TT 전 공격 (Attack Before TT)			TT 후 공격 (Attack After TT)		
			Dest	Wat	Mar	Dest	Wat	Mar
AISI 420	39	53.5		4			2	
HCR-10	36/359	49.5		3			3	
HCR-11	293HB	43.0		3			1	
HCR-12	35.0	44.0		5			4	
HCR-13	262HB	37.0		2			1	
HCR-14	35.5	53.0		3			2	
HCR-15	41.5	52.0		3			2	
HCR-6	35	54.0		3			2	
HCR-7	33	55.0		3			1	
HCR-8	39	55.0		3			1	
HCR-9	255 HB	293HB		2			1	
HCR-1	194 HB	226HB		2			1	
HCR-2	31.5	52.0		2/1			3	
HCR-3	34	54.0		2/1			1	
HCR-4	47	55.0		2/1			1	
HCR-5	30	45.0		2/1			1	
HCR-16	42.0	51.0	2			2		
HCR-17	41.5	51.0	2			2		
HCR-18								
HCR-19								
HCR-20								
HCR-21								
HCR-22								
HCR-23								
HCR-24								
HCR-25								
HCR-26								
HCR-27								
HCR-28								
HCR-29								
HCR-30								
HCR-31								
HCR-32								
HCR-33								
HCR-34		—	2			2		
HCR-35		—	3			3		
HCR-36		—	3			3		
HCR-37	38.5	50.0	5		5	5		5
HCR-38		—	5		3	5		3
HCR-39		—	5		2	5		2
HCR-40	382HB	46.0	5		4	5		4
HCR-41		—	4		4	4		4
HCR-42		—	4		5	4		5
HCR-43		—	3		5	3		5
HCR-44		—			4			4

HCR-45	39.5	50.0	5	5	5	5	5
HCR-46		-		3/5			3/5
HCR-47		-		3			3
HCR-48		-		4			4
HCR-49		-	5	2	5		2
HCR-50							
HCR-51							
HCR-52							
HCR-53							
HCR-54	210HB	226HB	4	2	4		2
HCR-55	198HB	206HB	2	2	2		2
HCR-56	194HB	220HB	2	2	2		2
HCR-57	226HB	255HB	5	2	5		2
HCR-58	141HB	216HB	5	2	5		2
HCR-59	243HB	43.0	5	2	5		2
HCR-60	45.0	51.0	5	2	5		2
HCR-61	45.5	52.0	5	2	5		2
HCR-62	35.5	52.0	5	2	5		2
HCR-63	43.0	47.0					
HCR-64	42.5	43.0					
HCR-65	52.0	54.0					
HCR-66	41.0	45.0					
HCR-63 bis	52.0	54.0					
HCR-65 bis	43.0	46.0					
HCR-67	194HB	226HB					
HCR-68	215HB	249HB					
HCR-69	190HB	238HB					
HCR-70	226HB	249HB					
HCR-68bis	190HB	249HB					
HCR-69bis	179HB	220HB					
HCR-71	202HB	210HB					
HCR-72	194HB	226HB					
HCR-73	206HB	285HB					
HCR-74	206HB	238HB					
HCR-75	255HB	285HB					
HCR-76							
HCR-77							
HCR-78							
HCR-79	50.0	51.0					
HCR-80	301HB	328HB					
HCR-81	277HB	395HB					
HCR-82							
HCR-83							
HCR-84	137HB	141HB					
HCR-85	179HB	202HB					
HCR-86	182HB	202HB					
HCR-87	269HB	309HB					
HCR-88	46.0	57.0					
HCR-89	45.0	55.0					
HCR-90	44.5	52.0					
HCR-91	44.5	59.0					
HCR-92	338HB	52.0					
HCR-93	269HB	60.0					
HCR-94	38.0	60.0					
HCR-100	40.0	45.0					
HCR-95	194HB	318HB					
HCR-96	210HB	318HB					
HCR-97	328HB	424HB/41HRC					

HCR-98	127HB	130HB					
HCR-99	36.0	40.0					
HCR-109	243HB	53.0					
HCR-107	285HB	47.0					
HCR-108	37.0	46.0					
HCR-106	147HB	158HB					
HCR-101	139HB	170HB					
HCR-102	135HB	138HB					
HCR-103	123HB	126HB					
HCR-104	122HB	130HB					
HCR-105	243HB	51.0					
HCR-115	45.0	52.0					
HCR-118	38.0	47.0					
HCR-113	51.0	56.0					
HCR-114	139HB	158HB					
HCR-116	151HB	215HB					
HCR-117	145HB	161HB					
HCR-110	147HB	158HB					
HCR-111	135HB	147HB					
HCR-112	141HB	147HB					
HCR-119	277HB	422.0		1			1
HCR-120	243HB	44.0		1			2
HCR-121	210HB	44.0		1			1
HCR-122	277HB	42.5		2			1
HCR-123	249HB	46.0		2			2
HCR-124	33HRc/309HB	52.0		5			5
HCR-125	41.0	57.0		2			2
HCR-126	48.0	59.0		5			2
HCR-127	45.0	59.5		5			2
MB1	41.0	55.0					
MB2	42.0	60.0					
MB3	47.5	58.0					
HCR 129	118HB	122HB		1			
HCR 128	151HB	277HB		1			
HCR 1277	164HB	173HB		4			
HCR 130	40.0	60.0		4			
HCR 131	39.0	59.0		4			
HCR 132	41.5	60.0		4			
HCR 140		58.0		2			
HCR 136	41.0	56.0		5			
HCR 137	164HB	182HB		2			
HCR 133	262HB	38.0		2			
HCR 134	269HB	40.5		2			
HCR 135	269HB	43.0		1			
HCR 138	215HB	277HB		2			
HCR 139	243HB	299HB		1			
HCR 141	153HB	202HB		1			
HCR 142	49.0	54.0		5			2
HCR 143	206HB	255HB		5			2
HCR 144	176HB	206HB		5			2
HCR 145	50.0	53.0		5			2
HCR 146	50.0	54.0		1			2
HCR 147	50.0	54.0		1			2
HCR 148	46.0	53.0		2			2
HCR 149	48.0	52.5		2			2
HCR 150	220HB	318HB		5			2
HCR 151	46.0	48.5		5			
HCR 152	51.0	54.0		5			

HCR 153	277HB	57.0	5			
HCR 154	35/301HB	52.0	5			
HCR 155	269HB	56.0	2			
HCR 156	38.0	57.0				
HCR 157	40.5	56.5				
HCR 158	40.5	59.0				
HCR 159	40.0	56.5				
HCR 160	39.5	59.0				
HCR 161	40.0	53.0				
HCR 162						
HCR 163						
HCR 164						

표11. 표 10의 강재에 대한 다양한 특성.

표에 표시된 부식 시험 번호는 1에 해당한다. 물이나 천으로 닦아낼 수 없는 Homogeneous 부식은 2. 물이나 천으로 청소할 수 있는 균질 부식 충은 3. 동질적이지 않은 공격은 4. 손상이 없고 부식 면적이 거의 없는 것은 5.

예8: $d(dL/L)/dt$ (길이 증가를 시간 증가로 나눈 값으로 정규화) vs. 강 3356LAB-3에 대한 냉각 동안의 온도의 그래프가 만들어지며, 이는 도 2에서 보이듯, 예 5, 표8에 나타난다. 비교 목적을 위해 $d(dL/L)/dt$ (길이 증가를 시간 증가로 나눈 값으로 정규화) vs. 강 H11에 대한 냉각 동안의 온도의 그래프가 만들어지며, 이는 도 1에서 보이듯, 예 5, 표8에 나타난다.

본 발명의 강철과 일반 강철에 대해 얻은 TD값은 다르다. 도2에서 보여주기를 일반적인 강 H11의 경우 TD값은 360°C 초과이며, 3356 LAB-3본 발명의 강에 대한 TD값은 280°C 미만이다.

예 9: 다음의 공정 조성을 가진 강이 개발됨:

표 12

%C	%Mn	%Si	%Ni	%Cr	%Mo	%V	%Zr	%Al	%Ti	%Cu	%B	H무름	H최대
0.13	2.00	1.60	0.00	7.50	0.00	0.40	1.50	0.00	0.00	0.00	0.000	143HB	220HB
1.30	0.00	1.60	0.00	7.50	0.00	0.40	1.50	0.00	0.00	0.00	0.000	43	61
1.30	2.00	1.60	3.20	1.00	0.25	0.40	4.30	0.00	0.00	0.00	0.000	43	56
0.95	2.00	1.60	3.20	1.00	0.25	0.80	0.40	0.00	0.00	0.00	0.001	49	59
1.20	2.00	1.60	0.00	1.00	0.25	0.80	0.40	0.00	0.00	0.00	0.006	40	64
1.30	2.00	1.60	0.00	7.50	0.00	0.40	1.50	0.00	0.00	0.00	0.000	43	61
0.50	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.00	285HB	49
0.85	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.00	285HB	45.5
0.85	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.00	220HB	47
1.00	6.00	2.00	0.00	7.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.00	338HB	44.5
0.50	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.00	238HB	43.5
0.85	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.00	309HB	41
0.85	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.00	232HB	43.5
1.00	6.00	2.00	0.00	7.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.00	318HB	36
0.50	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.00	232HB	41
1.00	6.00	2.00	0.00	7.00	0.00	2.40	3.80	3.00	3.00	0.00	0.00	40	46
1.00	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	2.40	3.80	0.00	2.50	0.00	0.00	243HB	46
1.00	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	4.00	0.00	0.00	238HB	44
1.00	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	3.00	0.00	0.00	295HB	46.5
0.50	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.00	225HB	3
0.33	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.00	238HB	51
0.80	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.00	266HB	43
0.50	4.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.00	205HB	53
0.33	4.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.00	220HB	52
0.80	4.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.00	250HB	43
0.50	8.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.00	285HB	52
0.33	8.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.00	262HB	48

0.80	8.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.00	310HB	46
0.45	5.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.00	238HB	53
0.45	5.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	2.00	0.00	0.00	285HB	43
0.45	5.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	208HB	318HB
0.45	5.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.01	238HB	52
0.45	5.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.01	269HB	293
0.45	5.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	0.00	0.40	262HB	52.5
0.45	5.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.40	262HB	328HB
0.45	5.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	0.00	2.00	4.00	0.00	293HB	52
0.45	5.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	2.00	0.00	0.00	206HB	277HB

표 12. 본 발명의 강.

예 11: 도4에 표시된 바와 같이 열 스템핑 다이가 생성되었다. 상기 중간 금형 (intermediate mold) 을 제조하기 위해 적층 제조가 사용됨(도4의 1과 2). UV 광조형 (UV Stereolithography) 이 UV 광개시제 (UV light initiator) 와 폴리(하이드록시 부틸) 메틸크릴산염을 기반한 아크릴 단량체 (acrylic monomers) 와 더불어 중합 가능 수지 (polymerizable resin) 와 사용된다.

300 °C 을 약간 넘는 Tg와 더불어, 0.45 MPa 에서 열 변형 온도는 290 °C 이상이다. 체적 탄성율 (The Bulk modulus) 은 약 3GPa, 항복 강도는 약 70 MPa다. 상기 중간 금형은 예 6 - 3217 LAB 3 -의 성분을 포함하는 분말(도-4에서 4)로 채워진다. 그런 다음 채워진 중간 모델을 녹은 고무에 담가 모델의 외형(도-4에서의 파트3)을 만든다. 상기 금형을 450MPa에서 10분 동안 CIP 사이클을 거친다. 상기 중간 금형과 외부 고무 금형은 조절 공기 용광로 (controlled atmosphere furnace) 에서 최대 650 °C 에서 열 파괴가 발생하며 이어 화학적 클렌징 (chemical cleansing) 이 이어진다. 다음 단계는 1200 °C에서의 90분 동안 소결 단계이다. 마지막으로, 100 MPa에서 4시간 동안 1150 °C H가 최종 합체 (consolidation) 단계이다.

상기 다이는 열 스템핑 테스트 라인에 설치된다. 상기 온도는 워터 템퍼링 시스템의 고속 액션 variotherm을 통해서 통제된다. 그리고 상기 다이의 표면 온도는 1mm 거리에 이중 열전대 (redundant thermocouples) 가 있는 내장 센서를 통해 제어된다. 온도가 16 °C로 설정되며, 프로세스 전체에 10 °C 이하의 변동이 등록된다. 상기 다이는 물-공기 혼합물을 분무하는 일련의 노즐로 작업 표면에 고르게 분사된다. 스프레이는 완성된 조성물의 제거와 다음 핫 시트 배치 사이에서 발생한다. 오픈 다이 사이클 (open die cycle)(조성물 제거, 표면 스프레이, 새로운 핫 시트 배치와 프레스 이동) 은 6초간 발생한다. 폐쇄 다이 사이클 (closed die cycle) (웬칭 단계) 은 0.5초 발생한다. 시트 소재는 1.85mm 22MnB5이다. 1100 MPa을 초과하는 항복강도와 7.5% 이상의 연신율을 가진 1550 MPa 초과 극한 강도 (ultimate strengths) 은 지속적으로 얻어진다.

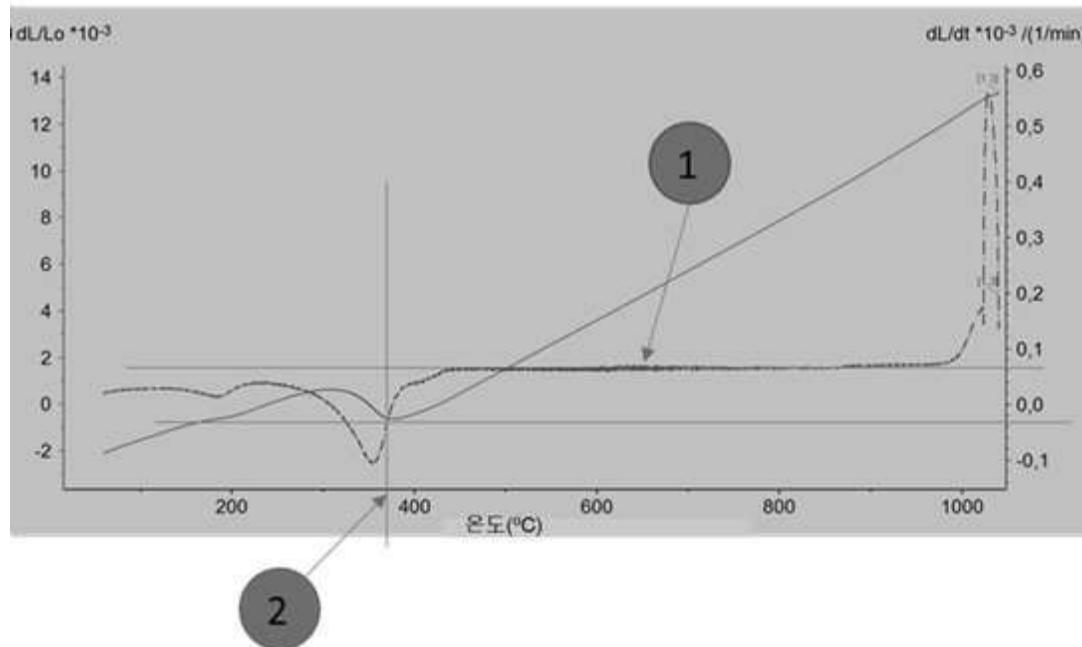
예 12: 도-4에서 설명된 것과 비슷한 열 영역 (hot zone) 이 생성된다. 복잡한 내부 냉각 구조 대신에, 이것은 원소를 가열하는 가열하는 카트리지를 할당하기 위해 직경 20 mm의 실린더 홀을 갖는다. 채널은 표면으로부터 40mm 떨어진 곳에 배치된다. DLP 광조형이 가시 광선 개시제와 아크릴 단량체와 더불어 저 비용 중합 가능 수지 와 함께 사용된다. 상기 수지는 특별한 내열성이 없다.

상기 중간 금형은 예 2 - 1.1 -의 성분을 포함하는 분말(도-4에서 4)로 채워진다. 그런 다음 외부 모델(도-4 파트3)을 형성하기 위하여 상기 채워진 중간 금형을 두 가지 성분 네오프렌 (Liquid EPDM Rubber) 의 한 혼합물에 담근 후 대기 중에 처리한다. 상기 금형을 650 MPa에서 10분 동안 CIP 사이클을 거친다. 상기 중간 금형과 외부 고무 금형은 조절 공기 용광로 (controlled atmosphere furnace) 에서 최대 450 °C 에서 열 파괴가 발생하며 이어 화학적 클렌징 (chemical cleansing) 이 이어진다. 다음 단계는 1250 °C 에서의 90분 동안 소결 단계이다. 마지막으로, 100MPa에서 4시간 동안 1200 °C 가 최종 합체 (consolidation) 단계이다.

도면

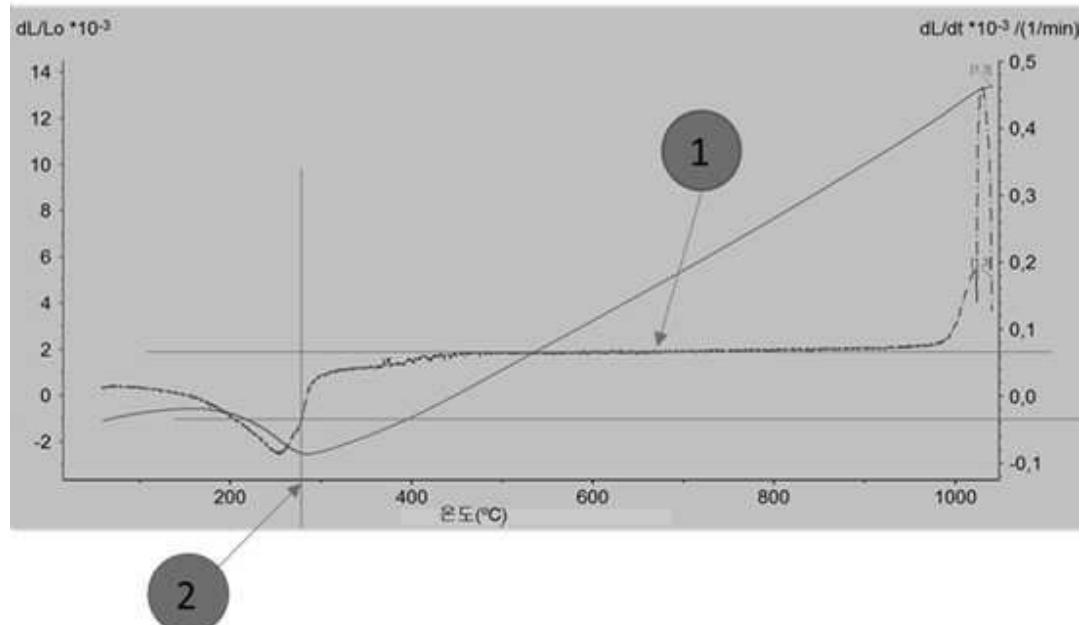
도면1

1.2343 – H11 – SKD6

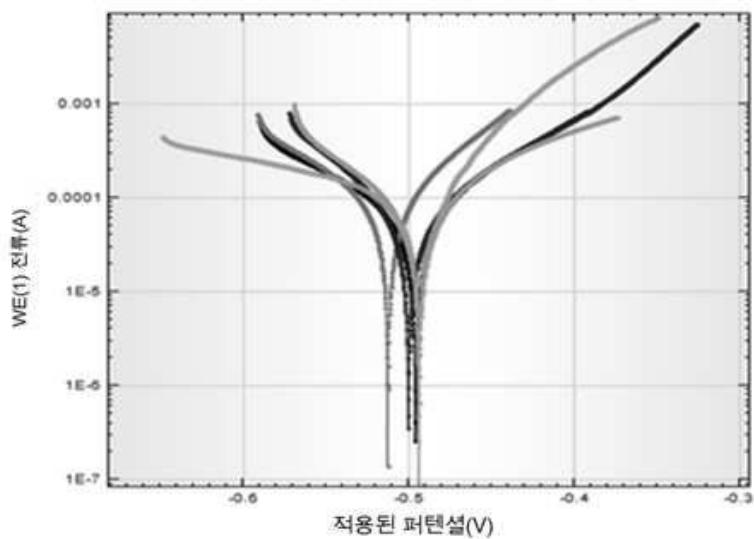


도면2

3356LAB-3



도면3



도면4

