



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0024334
(43) 공개일자 2023년02월20일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 - C22C 38/58 (2006.01) C21D 1/18 (2006.01)
 - C21D 1/25 (2006.01) C21D 9/20 (2006.01)
 - C22B 9/18 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)
 - C22C 38/06 (2006.01) C22C 38/42 (2006.01)
 - C22C 38/44 (2006.01) C22C 38/46 (2006.01)
 - C22C 38/52 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
 - C22C 38/58 (2013.01)
 - C21D 1/18 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2023-7000426
- (22) 출원일자(국제) 2021년06월11일
 - 심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2023년01월04일
- (86) 국제출원번호 PCT/SE2021/050562
- (87) 국제공개번호 WO 2021/251892
 - 국제공개일자 2021년12월16일
- (30) 우선권주장
 - 2050705-9 2020년06월12일 스웨덴(SE)
- (71) 출원인
 - 우데홀름스 악티에보라그
 - 스웨덴왕국 (에스이-683 85) 하그포르스
- (72) 발명자
 - 아이너마르크, 세바스티안
 - 스웨덴 663 40 함마피 식베겐 17
 - 크바르네드, 안데르스
 - 스웨덴 654 68 칼슈타드 폴케보가탄 40
 - 올리버, 리차드
 - 스웨덴 686 96 외스트라 엠테르비크 회그베르크 31
- (74) 대리인
 - 특허법인 남앤남

전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **열간 가공 공구강**

(57) 요약

본 발명은 가혹한 적용에서 개선된 연마 내마모성을 갖는 매트릭스형 열간 가공 공구강에 관한 것이다. 이는 열간 단조, 다이 캐스팅 또는 열간 압출에서의 적용에 특히 적합하다. 이는 또한 프레스 경화, 특히 초고장력강(Advanced High Strength Steel; AHSS)의 프레스 경화에 적합하고 높은 고온 내마모성을 갖는다. 본 발명에 따른 열간 가공 공구강은 독립항에 의해 정의된 바와 같은 조성을 갖는다.

(52) CPC특허분류

C21D 1/25 (2013.01)
C21D 9/20 (2013.01)
C22B 9/18 (2013.01)
C22C 38/001 (2013.01)
C22C 38/06 (2013.01)
C22C 38/42 (2013.01)
C22C 38/44 (2013.01)
C22C 38/46 (2013.01)
C22C 38/52 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

중량 %(wt.%) 단위의 하기로 구성된 열간 단조, 프레스 경화, 다이 캐스팅 또는 열간 압출을 위한 열간 가공 공구강:

- C 0.5 - 0.9
- Si 0.03 - 0.8
- Mn 0.1 - 1.8
- Cr 4.0 - 6.6
- Mo 1.8 - 3.5
- V 1.3 - 2.3
- Al \leq 0.1
- N \leq 0.12
- Ni \leq 1
- W \leq 1
- Co \leq 5
- Cu \leq 1
- Nb \leq 0.1
- Ti \leq 0.05
- Zr \leq 0.05
- Ta \leq 0.05
- B \leq 0.01
- Ca \leq 0.01
- Mg \leq 0.01
- REM \leq 0.2

나머지 Fe 및 불순물.

청구항 2

제1항에 있어서, 강이 하기 요건 중 적어도 하나를 충족시키는 열간 가공 공구강:

- C 0.6 - 0.8
- Si 0.05 - 0.6
- Mn 0.2 - 0.8
- Cr 4.4 - 5.6
- Mo 2.0 - 2.5
- V 1.5 - 1.9
- Al \leq 0.05

$$N \leq 0.08$$

$$Ni \leq 0.5$$

$$W \leq 0.5$$

$$Co \leq 2$$

$$Cu \leq 0.5$$

$$Nb \leq 0.05$$

$$Ti \leq 0.01$$

$$Zr \leq 0.01$$

$$Ta \leq 0.01$$

$$B \leq 0.006$$

$$Ca \leq 0.005$$

$$Mg \leq 0.005$$

$$REM \leq 0.1$$

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 강이 하기 요건 중 적어도 하나를 충족시키는 열간 가공 공구강:

$$C \ 0.65 - 0.75$$

$$Si \ 0.15 - 0.5$$

$$Mn \ 0.4 - 0.5$$

$$Cr \ 4.9 - 5.1$$

$$Mo \ 2.2 - 2.3$$

$$V \ 1.5 - 1.7$$

$$Al \leq 0.03$$

$$N \leq 0.05$$

$$Ni \ 0.25$$

$$W \leq 0.2$$

$$Co \leq 1$$

$$Cu \leq 0.2$$

$$Nb \leq 0.005$$

$$Ti \leq 0.005$$

$$Zr \leq 0.005$$

$$Ta \leq 0.005$$

$$REM \leq 0.05$$

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 강이 $\geq 1 \mu m$ 의 크기를 갖는 카바이드를 포함하고, 부피% 단위의 카바이드의 양에 관한 하기 요건 중 적어도 하나를 충족시키는, 열간 가공 공구강:

VC 0.2 - 4

$M_6C \leq 2$

$M_7C_3 \leq 2$

청구항 5

제4항에 있어서, 강이 $\geq 1 \mu\text{m}$ 의 크기를 갖는 카바이드를 포함하고, 부피% 단위의 카바이드의 양에 관한 하기 요건 중 적어도 하나를 충족시키는, 열간 가공 공구강:

VC 0.5 - 3

$M_6C \leq 0.5$

$M_7C_3 \leq 0.5$

청구항 6

제5항에 있어서, 강이 $\geq 1 \mu\text{m}$ 의 크기를 갖는 카바이드를 포함하고, 부피% 단위의 상기 카바이드의 양에 관한 하기 요건 중 적어도 하나를 충족시키는, 열간 가공 공구강:

VC 1.5 - 2.3

$M_6C \leq 0.1$

$M_7C_3 \leq 0.1$

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 경화 및 템퍼링 후 강이 55-57 HRC의 경도를 갖고, 강이 하기 요건 중 적어도 하나를 충족시키는, 열간 가공 공구강:

$R_{p0.2} \geq 1750 \text{ MPa}$

$R_m \geq 2100 \text{ MPa}$

$A_5 \geq 6\%$

$Z \geq 20\%$

ASTM E45-97, 방법 A, 플레이트 I-r에 따른 마이크로-슬래그와 관련하여 하기 최대 요건을 충족시키는 청정도:

A	A	B	B	C	C	D	D
T	H	T	H	T	H	T	H
1.0	0	1.5	1.0	0	0	1.5	1.0

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 강이 하기 요건 중 적어도 하나를 충족시키는 열간 가공 공구강:

C 0.66 - 0.75

Si 0.15 - 0.25

Mo 2.2 - 2.3

V 1.52 - 1.68

Al 0.001 - 0.03

$N \leq 0.05$

$$W \leq 0.1$$

$$Co \leq 1$$

$$Cu \leq 0.15$$

$$Nb \leq 0.005$$

$$Ti \leq 0.005$$

$$Zr \leq 0.005$$

청구항 9

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 강이 연질 어닐링되고 ≤ 360 HBW의 평균 경도를 갖고, 강이 적어도 100 mm의 두께를 갖고, ASTM E10-01에 따라 측정된 두께 방향에서의 평균 브리넬 경도 값으로부터의 최대 편차가 10% 미만, 바람직하게는 5% 미만이고, 시편의 가장자리 또는 또 다른 압입의 가장자리로부터 압입의 중심의 최소 거리가 압입의 직경의 적어도 2.5배여야 하고, 최대 거리가 압입의 직경의 4배 이하여야 하는, 강.

청구항 10

열간 단조, 프레스 경화, 다이 캐스팅, 고압 다이 캐스팅 또는 열간 압출을 위한 공구로서의 제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 따른 강의 용도.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 매트릭스형 열간 가공 공구강에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 바나듐 합금 매트릭스 공구강은 수십 년 동안 시장에 나와 있고, 이들이 높은 내마모성과 우수한 치수 안정성 및 우수한 인성을 겸비한다는 사실 때문에 상당한 관심을 얻었다. 매트릭스 공구강은 임의의 일차 카바이드를 함유하지 않거나 단지 극히 낮은 함량의 작은 일차 카바이드를 함유하고, 템퍼링된 마르텐사이트로 구성된 매트릭스를 갖는 강이다.

[0003] US 3117863호는 아마도 매트릭스 강에 관한 최초의 특허일 것이다. US 3117863호의 기본 아이디어는 공지된 고속 강(HSS)의 매트릭스 조성을 갖는 강을 생성하는 것이었다. 이러한 유형의 강의 구조는 미세구조를 정련함으로써 강의 인성 및 피로 강도를 개선하기 위해 개발되었다.

[0004] 본 출원인의 WO 03/106727 A1호는 우수한 인성 및 연성 뿐만 아니라 우수한 열간 강도 및 내마모성을 갖는 열간 가공 매트릭스 강을 개시한다. 물질은 UNIMAX[®]라는 명칭으로 시장에 알려져 있다.

[0005] EP1 300 482 A1호는 매우 높은 인성과 함께 높은 경도 및 내마모성을 갖는 또 다른 매트릭스 강을 개시하고 있으며, 따라서 고온 및 온간 성형용 공구와 같이 상승된 온도에서 응력을 받는 공구에 특히 적합하다. 이 강은 W360 ISOBLOC[®]이라는 명칭으로 시장에 알려져 있으며, 0.50% C, 0.20% Si, 0.25% Mn, 4.5% Cr, 3.00% Mo 및 0.60% V의 공칭 조성을 갖는다.

[0006] 매트릭스 강은 일반적으로 화학적 균질성 및 미세-청정도를 개선하기 위해 진공 아크 재용용(VAR) 또는 전기 슬래그 재용용(ESR)에 의해 생산된다.

[0007] 열간 가공 공구 매트릭스 강의 추가 예는 JP2003226939A호, EP3050986A1호, US2004/0187972 A1호 및 US2005/0161125A1호에 제공된다.

[0008] 현대의 매트릭스 강은 온도의 함수로서 상 다이어그램 및 평형 상 균형의 계산을 위한 소프트웨어의 도움으로 개발되고 있다. Thermo-Calc[®] (TC)는 아마도 캐스팅 동안 편석에 의해 형성된 기존 MC 카바이드의 용해가 가장 중요하다라는 사실 때문에 침지 온도에서 큰 오스테나이트 단일 상 면적을 초래하는 조성을 찾기 위해 상기 목적을 위해 사용자 친화적이고 자주 사용되는 소프트웨어이다.

[0009] 열간 가공 매트릭스 강은 다이 캐스팅 및 단조와 같은 광범위한 적용을 갖는다. 강은 일반적으로 통상적인 야금에 이어 전기 슬래그 재용융(ESR)에 의해 생산된다. 그러나, 공지된 강의 단점은 제한된 내마모성이다. 특히, 연마 내마모성은 열간 단조, 압출 및 프레스 경화와 같은 까다로운 열간 가공 작업에서 공지된 강의 수명을 제한할 수 있다. 이러한 공구는 고가이며 종종 수리를 위해 용접될 필요가 있다. 따라서, 용접성이 중요하다. 그러나, 높은 탄소 함량을 갖는 공구강의 용접성은 일반적으로 불량한 것으로 간주되며 높은 예열 온도와 같은 특별한 조치를 필요로 한다. 따라서, 강이 바람직하게는 예열 없이 표준 용접 소모품으로 용접될 수 있다면 유용할 것이다.

발명의 내용

[0010] 본 발명의 목적은 가혹한 적용에서 개선된 연마 내마모성을 갖는 매트릭스형 열간 가공 공구강을 제공하는 것이다. 특히, 강은 열간 단조, 다이 캐스팅 또는 열간 압출에서의 적용에 적합해야 한다. 이는 또한 프레스 경화, 특히 초고장력강(Advanced High Strength Steel; AHSS)의 프레스 경화에 적합해야 한다. 이러한 적용을 위해, 고온 내마모성이 높아야 한다.

[0011] 템퍼링 저항은 사용시 강이 장기간 고온에 적용될 수 있기 때문에 중요한 특성이다. 따라서, 강은 경화 후 높은 경도를 가질 뿐만 아니라 경도 감소가 작은 것이 바람직하다. 추가의 중요한 특성은 높은 연성 및 인성을 포함하며, 이는 강이 마이크로-슬래그에 대해 높은 청정도, 결정립계 카바이드로부터의 완전한 자유도 및 최대 300 mm의 두께에 대한 균일한 경도를 가져야 함을 의미한다.

[0012] 의도된 용도에 대해 강을 최적화하기 위해 큰 간격에 걸쳐 경도를 조정하는 것이 가능해야 한다. 또한, 충분한 연성과 함께 높은 인장 강도 및 항복 강도를 획득하는 것이 가능해야 한다.

[0013] 전문적인 목적 뿐만 아니라 추가적인 이점은 청구범위에 기재된 바와 같은 조성을 갖는 열간 가공 공구강을 제곱함으로써 상당한 수준으로 달성된다.

[0014] 본 발명은 청구범위에 정의되어 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 청구된 합금의 화학적 성분의 한계 뿐만 아니라 개별 원소의 중요성 및 서로 간의 상호작용은 하기에 간략히 설명되어 있다. 강의 화학 조성에 대한 모든 백분율은 설명 전체에 걸쳐 중량 %(wt. %)로 제공된다. 경질 상의 양은 부피 %(vol. %)로 제공된다. 개별 요소의 상한 및 하한은 청구범위에 기재된 한계 내에서 자유롭게 조합될 수 있다. 수치 값의 산술 정밀도는 하나 또는 두 자리만큼 증가될 수 있다. 따라서, 예를 들어, 0.1%로 제공된 값은 또한 0.10% 또는 0.100%로 표현될 수 있다.

[0016] **탄소** (0.5 - 0.9%)

[0017] 탄소는 0.5%, 바람직하게는 적어도 0.55, 0.60, 0.66, 0.67 또는 0.68%의 최소 함량으로 존재해야 한다. 탄소에 대한 상한은 0.9%이고, 0.85, 0.80, 0.75, 0.74, 0.73 또는 0.72%로 설정될 수 있다. 바람직한 범위는 0.6-0.8% 및 0.65-0.75%이다. 임의의 경우에, 탄소의 양은 강에서 유형 $M_{23}C_6$, M_7C_3 및 M_6C 의 일차 카바이드의 양이 제한되도록, 바람직하게는 강에 이러한 일차 카바이드가 없도록 제어되어야 한다.

[0018] **실리콘** (0.03 - 0.8%)

[0019] 실리콘은 탈산에 사용된다. Si는 용해된 형태로 강에 존재한다. Si는 강한 페라이트 형성제이고, 탄소 활성을 증가시키고, 따라서 충격 강도에 부정적인 영향을 미치는 바람직하지 않은 카바이드의 형성에 대한 위험을 증가시킨다. 실리콘은 또한 계면 분리(interfacial segregation)가 일어나기 쉽게 하고, 이는 인성 및 열 피로 저항성을 감소시킬 수 있다. 따라서, Si는 0.8%로 제한된다. 상한은 0.7, 0.6, 0.5, 0.40, 0.35, 0.30, 0.28, 0.27, 0.26, 0.25, 0.24, 0.23 및 0.22%일 수 있다. 하한은 0.05, 0.10, 0.11, 0.12, 0.13, 0.14 또는 0.15%일 수 있다.

[0020] **망간** (0.1 - 1.8%)

[0021] 망간은 강의 경화능 개선에 기여하고, 황 망간과 함께 망간 실파이드를 형성함으로써 기계가공성 개선에 기여한다. 따라서, 망간은 0.1%, 바람직하게는 적어도 0.2, 0.3, 0.35 또는 0.4%의 최소 함량으로 존재해야 한다. 더 높은 황 함량에서 망간은 강의 적열취성을 방지한다. Mn은 또한 바람직하지 않은 미세-분리를 일으켜 밴드형 구조를 야기할 수 있다. 강은 최대 1.8%, 바람직하게는 최대 0.8, 0.75, 0.7, 0.6, 0.55 또는 0.5%를 함유해야

한다.

- [0022] **크롬** (4.0 - 6.6%)
- [0023] 크롬은 열처리 동안 더 큰 단면에서 우수한 경화능을 제공하기 위해 적어도 4%의 함량으로 존재해야 한다. 크롬 함량이 너무 높으면, 이는 고온 페라이트의 형성을 초래할 수 있고, 이는 열간 가공성을 감소시킨다. 하한은 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 또는 4.9%일 수 있다. 상한은 6.0, 5.9, 5.8, 5.7, 5.6, 5.5, 5.4, 5.3, 5.2 또는 5.1%일 수 있다.
- [0024] **몰리브덴** (1.8 - 3.5%)
- [0025] Mo는 경화능에 매우 유리한 영향을 미치는 것으로 공지되어 있다. 몰리브덴은 우수한 이차 경화 반응을 달성하는데 필수적이다. 최소 함량은 1.8%이고, 1.9, 2.0, 2.1, 2.15 또는 2.2%로 설정될 수 있다. 몰리브덴은 강한 카바이드 형성 원소이자 또한 강한 페라이트 형성제이다. 따라서, 몰리브덴의 최대 함량은 3.5%이다. Mo는 2.9, 2.7, 2.6, 2.5, 2.4 또는 2.3%로 제한될 수 있다.
- [0026] **텅스텐** ($W \leq 0.5\%$)
- [0027] 텅스텐은 본 발명에서 필수적인 원소가 아니다. 상한은 0.5%이며, 0.4, 0.3, 0.2 또는 0.1%로 설정될 수 있다.
- [0028] **니켈** ($\leq 1\%$)
- [0029] 니켈은 본 발명에서 필수적인 원소가 아니다. 상한은 0.5, 0.4, 0.3 또는 0.25%로 설정될 수 있다.
- [0030] **바나듐** (1.3 - 2.3%)
- [0031] 바나듐은 강의 매트릭스에서 균일하게 분포된 일차 침전 카바이드 및 유형 VC 및 V(C,N)의 카보니트라이드를 형성한다. 이러한 카바이드 및 카보니트라이드는 또한 MX로 표시될 수 있고, 여기서 M은 주로 V이지만 Cr 및 Mo가 존재할 수 있고, X는 C, N 및 B 중 하나 이상이다. 그러나, 이하에서는 VC만이 MX와 동일한 의미로 사용될 것이다. 바나듐은 제어된 양의 비교적 큰 VC를 형성하기 위해 사용되며, 따라서 1.3 - 2.3%의 양으로 존재해야 한다. 하한은 1.35, 1.4, 1.45, 1.5 또는 1.55%로 설정될 수 있다. 상한은 2.2, 2.1, 2.0, 1.9, 1.8, 1.7 또는 1.65%로 설정될 수 있다.
- [0032] **알루미늄** ($\leq 0.1\%$)
- [0033] 알루미늄은 Si 및 Mn과 함께 탈산을 위해 사용될 수 있다. 하한은 양호한 탈산을 보장하기 위해 0.001, 0.003, 0.005 또는 0.007%로 설정된다. 상한은 AlN과 같은 원하지 않는 상의 침전을 피하기 위해 0.1%로 제한된다. 상한은 0.05, 0.04 또는 0.3%일 수 있다.
- [0034] **질소** ($\leq 0.12\%$)
- [0035] 질소는 선택적 원소이다. N은 너무 많은 양의 경질 상, 특히 V(C,N)을 피하기 위해 0.12%로 제한된다. 그러나, 질소 함량은 주로 침전된 바나듐 풍부 카보니트라이드를 형성하기 위해 바나듐 함량에 대해 균형을 이룰 수 있다. 이들은 오스테나이트화 단계 동안 부분적으로 용해된 다음, 템퍼링 단계 동안 나노미터 크기의 입자로서 침전될 것이다. 바나듐 카보니트라이드의 열 안정성은 바나듐 카바이드의 열 안정성보다 우수한 것으로 간주되며, 따라서 공구강의 템퍼링 내성이 개선될 수 있고 높은 오스테나이트화 온도에서 결정립 성장에 대한 내성이 향상될 수 있다. 질소 함량이 상기 이유로 의도적으로 제어되는 경우, 하한은 0.006, 0.007, 0.08, 0.09, 0.01, 0.012, 0.013, 0.014 또는 0.015%로 설정될 수 있다. 상한은 0.11, 0.10, 0.09, 0.08, 0.07, 0.06, 0.05, 0.04 또는 0.03%일 수 있다.
- [0036] **구리** ($\leq 1\%$)
- [0037] Cu는 강의 경도 및 내식성을 증가시키는 데 기여할 수 있는 임의의 원소이다. 그러나, 일단 첨가된 강으로부터 구리를 추출하는 것은 불가능하다. 이는 스크랩 처리를 더욱 어렵게 만든다. 이러한 이유로, 구리는 일반적으로 의도적으로 첨가되지 않는다. 상한은 0.5, 0.4, 0.3, 0.2 또는 0.15%로 제한될 수 있다.
- [0038] **코발트** ($\leq 5\%$)
- [0039] Co는 선택적 원소이다. Co는 고상선 온도를 증가시키므로 경화 온도를 상승시킬 기회를 제공한다. 따라서, 오스테나이트화 동안, 더 많은 분획의 카바이드를 용해시켜 경화능을 향상시킬 수 있다. 그러나, Co는 고가이고 다량의 Co는 또한 감소된 인성 및 내마모성을 초래할 수 있다. 따라서, 최대량은 5%이다. 그러나, Co의 의도적인

첨가는 일반적으로 이루어지지 않는다. 최대 함량은 2, 1, 0.5 또는 0.2%로 설정될 수 있다.

[0040] **니오븀** ($\leq 0.1\%$)

[0041] 니오븀은 유형 M(N,C)의 카보나이드를 형성한다는 점에서 바나듐과 유사하다. 그러나, Nb는 M(N,C)의 더 각진 형상을 초래하고 높은 함량에서 경화능을 감소시킬 수 있다. 따라서, 최대량은 0.1%, 바람직하게는 0.05%이다. Nb 침전물은 V 침전물보다 더 안정하며, 따라서 NbC의 미세 분산액이 결정립 정련 및 개선된 인성 뿐만 아니라 고온에서의 연화에 대한 개선된 내성을 초래하는 결정립계를 고정시키는 역할을 하기 때문에 결정립 정련에 사용될 수 있다. 이러한 이유로, Nb는 선택적 원소이며 $\leq 0.1\%$ 의 양으로 존재할 수 있다. 상한은 0.06, 0.05, 0.04, 0.03 0.01 또는 0.005%로 설정될 수 있다. 하한은 0.005, 0.006, 0.007, 0.008, 0.009 또는 0.01%로 설정될 수 있다.

[0042] **Ti, Zr 및 Ta**

[0043] 이러한 원소는 카바이드 형성제이고, 경질 상의 조성을 변경시키기 위해 청구된 범위로 합금에 존재할 수 있다. 그러나, 일반적으로 이러한 원소는 첨가되지 않는다. 각 원소의 양은 바람직하게는 $\leq 0.5\%$, 0.1% 또는 $\leq 0.05\%$, 더욱 바람직하게는 0.01% 또는 0.005%이다.

[0044] **붕소** ($\leq 0.01\%$)

[0045] B는 강의 경도를 추가로 증가시키기 위해 사용될 수 있다. 양은 0.01%, 바람직하게는 $\leq 0.006\%$, 더욱 바람직하게는 0.005%로 제한된다.

[0046] **Ca, Mg 및 REM** (희토류 금속)

[0047] 이러한 원소는 비금속 개재물을 개질하기 위해 및/또는 기계가공성, 열간 가공성 및/또는 용접성을 추가로 개선하기 위해 청구된 양으로 강에 첨가될 수 있다. Ca 및 Mg의 양은 바람직하게는 $\leq 0.01\%$, 더욱 바람직하게는 $\leq 0.005\%$ 이다. REM의 양은 바람직하게는 $\leq 0.2\%$, 더욱 바람직하게는 $\leq 0.1\%$ 또는 심지어 0.05%이다.

[0048] **불순물 원소**

[0049] 불순물 원소는 강의 제조 동안 피할 수 없다. 따라서, 불순물 원소는 나머지에 포함되며, 상기 원소의 수준은 본 발명의 정의에 필수적인 것은 아니다.

[0050] P, S 및 O는 일반적으로 강의 기계적 특성에 부정적인 영향을 미치는 주요 불순물이다. 이러한 원소는 불가피하며 강에서 일반적인 불순물 함량으로 발생할 수 있다. 그러나, 이러한 원소는 강의 특성에 부정적인 영향을 미칠 수 있으므로, 이의 불순물 함량이 추가로 제한될 수 있다. 바람직한 제한은 하기와 같이 설정된다. P는 0.1, 0.05 또는 0.03%로 제한될 수 있다. S는 0.5, 0.1 0.05 0.0015, 0.0010, 0.0008, 0.0005 또는 심지어 0.0001%로 제한될 수 있다. O는 0.01, 0.003, 0.0015, 0.0012, 0.0010, 0.0008, 0.0006 또는 0.0005%로 제한될 수 있다.

[0051] **강 생산**

[0052] 청구된 화학적 조성을 갖는 공구강은 전기 아크로(EAF)에서의 용융 및 레이드(ladle)에서의 추가 정련, 선택적으로 캐스팅 전에 진공 처리를 포함하는 통상적인 야금에 의해 제조될 수 있다. 잉곳(ingot)은 또한 잉곳의 청정도 및 미세구조 균질성을 추가로 개선하기 위해 전기 슬래그 재용융(ESR)을 거칠 수 있다. 또한, 강은 진공 유도 용융(VIM) 및/또는 진공 아크 재용융(VAR)을 또한 거칠 수 있다. 청구된 강에 대한 대안적인 가공 경로는 HIP 처리된 잉곳을 형성하기 위한 가스 분무 후 열간 등방압 프레싱(HIP)이며, HIP 처리된 잉곳은 또한 HIP 처리된 상태로 사용될 수 있다. 잉곳은 ≤ 360 HBW, 바람직하게는 ≤ 300 HBW의 브리넬 경도로의 연질 어닐링 뿐만 아니라 최종 치수로의 추가 열간 가공을 거칠 수 있다. 브리넬 경도는 10 mm 직경의 텅스텐 카바이드 볼 및 3000 kgf(29400N)의 하중으로 측정되며, 또한 HBW_{10/3000}으로 표시될 수 있다. 강은 사용되기 전에 경화 및 템퍼링을 거칠 수 있다.

[0053] 강은 일반적으로 내부에 균일한 카바이드 분포를 갖는 페라이트 매트릭스를 갖는 연질 어닐링된 조건으로 고객에게 전달된다. 연질 어닐링된 강은 또한 큰 직경에 대해 균일한 특성을 가지며, 바람직한 구현예에 따르면, 경도의 균일성은 ≤ 360 HBW의 평균 경도 및 적어도 100 mm의 두께를 가져야 하고, ASTM E10-01에 따라 측정된 두께 방향에서의 평균 브리넬 경도 값으로부터의 최대 편차가 10% 미만, 바람직하게는 5% 미만이고, 시편의 가장자리 또는 또 다른 압입의 가장자리로부터 압입의 중심의 최소 거리가 압입의 직경의 적어도 2.5배여야 하고,

최대 거리가 압입의 직경의 4배 이하여야 한다.

- [0054] 분무된 분말은 또한 적층 제조에 사용될 수 있다.
- [0055] 이하, 본 발명을 더욱 상세히 설명될 것이다.
- [0056] 본 발명에 따른 열간 가공 강은 중량 %(wt.%) 단위의 하기로 구성된다:
- [0057] C 0.5 - 0.9
- [0058] Si 0.03 - 0.8
- [0059] Mn 0.1 - 1.8
- [0060] Cr 4.0 - 6.6
- [0061] Mo 1.8 - 3.5
- [0062] V 1.3 - 2.3
- [0063] Al \leq 0.1
- [0064] N \leq 0.12
- [0065] Ni \leq 1
- [0066] W \leq 1
- [0067] Co \leq 5
- [0068] Cu \leq 1
- [0069] Nb \leq 0.1
- [0070] Ti \leq 0.05
- [0071] Zr \leq 0.05
- [0072] Ta \leq 0.05
- [0073] B \leq 0.01
- [0074] Ca \leq 0.01
- [0075] Mg \leq 0.01
- [0076] REM \leq 0.2
- [0077] 나머지 Fe 및 불순물.
- [0078] 바람직하게는, 열간 가공 공구강은 하기 요건 중 적어도 하나를 충족한다:
- [0079] C 0.6 - 0.8
- [0080] Si 0.05 - 0.6
- [0081] Mn 0.2 - 0.8
- [0082] Cr 4.4 - 5.6
- [0083] Mo 2.0 - 2.5
- [0084] V 1.5 - 1.9
- [0085] Al \leq 0.05
- [0086] N \leq 0.08
- [0087] Ni \leq 0.5
- [0088] W \leq 0.5

- [0089] $\text{Co} \leq 2$
- [0090] $\text{Cu} \leq 0.5$
- [0091] $\text{Nb} \leq 0.05$
- [0092] $\text{Ti} \leq 0.01$
- [0093] $\text{Zr} \leq 0.01$
- [0094] $\text{Ta} \leq 0.01$
- [0095] $\text{B} \leq 0.006$
- [0096] $\text{Ca} \leq 0.005$
- [0097] $\text{Mg} \leq 0.005$
- [0098] $\text{REM} \leq 0.1$
- [0099] 더욱 바람직하게는, 강의 조성은 하기 요건 중 하나 이상을 충족한다:
- [0100] $\text{C} \ 0.65 - 0.75$
- [0101] $\text{Si} \ 0.15 - 0.5$
- [0102] $\text{Mn} \ 0.4 - 0.5$
- [0103] $\text{Cr} \ 4.9 - 5.1$
- [0104] $\text{Mo} \ 2.2 - 2.3$
- [0105] $\text{V} \ 1.5 - 1.7$
- [0106] $\text{Al} \leq 0.03$
- [0107] $\text{N} \leq 0.05$
- [0108] $\text{Ni} \ 0.25$
- [0109] $\text{W} \leq 0.2$
- [0110] $\text{Co} \leq 1$
- [0111] $\text{Cu} \leq 0.2$
- [0112] $\text{Nb} \leq 0.005$
- [0113] $\text{Ti} \leq 0.005$
- [0114] $\text{Zr} \leq 0.005$
- [0115] $\text{Ta} \leq 0.005$
- [0116] $\text{REM} \leq 0.05$
- [0117] 바람직하게는, 강은 하기 요건 중 적어도 하나를 충족한다:
- [0118] $\text{C} \ 0.66 - 0.75$
- [0119] $\text{Si} \ 0.15 - 0.25$
- [0120] $\text{V} \ 1.52 - 1.68$
- [0121] $\text{Al} \ 0.001 - 0.03$
- [0122] $\text{N} \leq 0.05$
- [0123] $\text{W} \leq 0.1$
- [0124] $\text{Cu} \leq 0.15$

- [0125] 특히 바람직한 구현예에서, 이러한 모든 요건이 충족된다.
- [0126] 연마 마모에 대한 내성을 향상시키기 위해, 경화 및 템퍼링된 조건의 강이 1 μm 이상의 크기를 갖는 소량의 제어된 양의 바나듐 카바이드를 함유하도록 조성물을 조정할 수 있다. 크기는 등가 원형 직경(ECD)으로 제공되며, 이는 이미지 분석에서 획득된 이미지 영역(A)으로부터 계산된다. ECD는 입자와 동일한 투영 면적을 가지며, 이는 $2\sqrt{(A/\pi)}$ 와 동일하다.
- [0127] 강은 바람직하게는 0.2 내지 4 부피%의 VC, 바람직하게는 0.5 내지 3 부피% 및 더욱 바람직하게는 1.5 내지 2.3 부피%를 함유해야 한다.
- [0128] M₆C 및 M₇C₃의 양은 각각 2 부피%, 바람직하게는 0.5 부피%, 및 더욱 바람직하게는 0.1 부피%로 제한되어야 한다.
- [0129] 강의 경도는 오스테나이트화 시간 및 온도, 800℃ 내지 500℃의 온도 간격(t_{8/5}/8)에서 냉각 시간으로 표현되는 냉각 속도 및 템퍼링 온도의 적절한 조합을 선택함으로써 조정될 수 있다. 일반적으로, 강은 잔류 오스테나이트의 양을 2 부피% 미만으로 감소시키기 위해 2시간 동안 2회(2x2h) 템퍼링된다.
- [0130] 55-57 HRC의 경도로의 경화 및 템퍼링 후 강의 기계적 특성은 바람직하게는 하기 요건 중 적어도 하나여야 한다:
- [0131] 항복 강도 (Rp0.2): ≥ 1700 MPa, 바람직하게는 ≥ 1725 MPa, 더욱 바람직하게는 ≥ 1750 MPa.
- [0132] 인장 강도 (Rm): ≥ 1950 MPa, 바람직하게는 ≥ 2050 MPa, 더욱 바람직하게는 ≥ 2050 MPa, 가장 바람직하게는 ≥ 2100 MPa.
- [0133] 연신율 (A5): ≥ 3%, 바람직하게는 ≥ 4, 더욱 바람직하게는 ≥ 5%, 가장 바람직하게는 ≥ 6%.
- [0134] 면적 감소 (Z): ≥ 5%, 바람직하게는 ≥ 10, 더욱 바람직하게는 ≥ 15%, 가장 바람직하게는 ≥ 20%.
- [0135] 실시예 1
- [0136] 표 1은 경화 파라미터 오스테나이트화 시간 및 온도의 함수로서 로크웰 경도 C(HRC)를 개시한다. 경도는 49 내지 61 HRC의 범위에서 용이하게 조정될 수 있음을 알 수 있다. ESR 잉곳의 조성은 다음과 같았다: C 0.71%, Si 0.22%, Mn 0.46%, Cr 5.01%, Mo, 2.24%, V 1.62%, Al 0.007%.

Aust.T (°C)	시간 (분)	540 °C	560 °C	580 °C	600 °C	610 °C
1050	30	57.3	56.2	54.9	52.4	48.9
1100	30	59.1	58.1	57.5	54.5	52.0
1130	10	60.4	59.1	58.4	55.9	53.7
1150	10	61.2	61.0	59.6	56.7	54.8

- [0137]
- [0138] 표 1. 경화 및 템퍼링된 조건에서의 경도(HRC). 모든 샘플에 대해, t_{8/5} = 300초로 진공에서 냉각하고 2x2h로 템퍼링하였다.
- [0139] 템퍼 저항은 1130℃에서 오스테나이트화되고 580℃ 및 600℃에서 각각 템퍼링된 강에 대해 조사되었다. 강 샘플을 600℃에서 10시간 동안 가열하였다. 첫 번째 경우에, 경도는 58.4 HRC에서 53.6 HRC로 감소하였고, 두 번째 샘플의 경우 경도는 55.9 HRC에서 52.8 HRC로 감소하였다. 따라서, 경도의 손실은 각각 4.8 HRC 및 3.1 HRC였다.
- [0140] 이러한 값은 서두에 언급된 강 UNIMAX[®]에 대한 상응하는 값과 비교될 수 있다. 공칭 조성 C 0.5%, Si 0.2%, Mn 0.5%, Cr 5.0%, Mo 2.3% 및 V 0.5%를 갖는 상기 강의 샘플을 제조하였다. 강을 1050℃에서 30분 동안 t_{8/5} = 300초로 오스테나이트화하고 540℃에서 2x2h 템퍼링함으로써 57.8 HRC로 경화시켰다. 초기 경도는 57.8 HRC였고, 600℃에서 10시간 후 경도는 49.4 HRC였다. 따라서, 경도의 손실은 공지된 강에 대해 8.4 HRC였다. 따라서, 본 발명의 강은 공지된 강에 비해 우수한 템퍼 내성을 갖는다는 결론을 내릴 수 있다.
- [0141] 본 발명의 강의 청정도를 ASTM E45-97, 방법 A, 플레이트 I-r에 따라 마이크로-슬래그와 관련하여 조사하였고,

결과는 표 2에 제공된다.

A	A	B	B	C	C	D	D
T	H	T	H	T	H	T	H
0.5	0	0.5	1.0	0	0	0.5	1.0

표 2. ASTM E45-97, 방법 A, 플레이트 I-r에 따른 청정도.

실시예 2

실시예 1의 ESR 잉곳을 196 mm의 직경으로 열간 압연하고, 이로부터 3개의 샘플을 LC2 방향으로 취하여 기계적 특성에 대해 조사하였다. 이 강 샘플을 $t_{8/5} = 300$ 초로 진공에서 냉각시키면서 1050°C에서 30분 동안 오스테나이트화한 후 560°C에서 2시간 동안 2회 템퍼링함으로써 56 HRC의 경도로 경화시켰다. 시험의 하기 평균 값은 하기에 제공된다:

항복 강도 (Rp0.2): 1761 MPa

인장 강도 (Rm): 2117 MPa

신장률 (A5): 7%

면적 감소 (Z): 26%

실시예 3

본 실시예에서, 본 발명의 강은 사용된 표준 매트릭스 강 또는 단조 공구와 비교되었다.

합금은 하기 조성(wt.% 단위)을 가졌다:

본 발명의 강 비교 강

C 0.7 0.5

Si 0.2 0.2

Mn 0.5 0.5

Cr 5.0 4.2

Mo 2.3 2.0

V 1.6 1.2

W 0.01 1.6

나머지 Fe 및 불순물.

합금을 약 300 HBW의 경도로 표준 열처리, 단조 및 연질 어닐링하였다. 둘 모두의 강을 1100°C로 30분 동안 가열하고, 퀸칭시키고, 540°C에서 2시간 동안 2회(2x2h) 템퍼링함으로써 경화 및 템퍼링을 거쳤다. 본 발명의 강의 경도는 57 HRC이고, 비교 강의 경도는 56 HRC였다. 강의 내마모성은 동일한 배치(batch)로부터의 800 메시 Al-옥사이드 페이퍼를 사용하여 핀 온 디스크(Pin on Disk) 방법에 의해 조사되었다. 본 발명의 강의 마모 손실은 178 mg/분인 것으로 밝혀졌고, 비교 강의 마모 손실은 219 mg/분인 것으로 밝혀졌다.

비교용 강과 동일한 경도를 획득하기 위해 본 발명의 강의 추가 샘플을 제조하였다. 이는 1100°C로 30분 동안 가열하고 540°C에서 2x2h 템퍼링함으로써 달성되었다. 경도는 56 HRC였다. 예상한 바와 같이, 이 샘플의 마모 손실은 57 HRC의 경도를 갖는 강에 비해 다소 높으나(189 mg/분), 동일한 경도를 갖는 비교용 강보다 실질적으로 더 낮았다.

실시예 4

용접 시험을 위해 실시예 1에서와 동일한 조성의 강의 샘플을 제조하였다. 강의 고체 블록은 날카로운 90° 내부 코너를 갖도록 밀링되었고, 샘플은 2개의 상이한 경화 처리되었다. 제1 열 처리는 $t_{8/5} = 300$ 초로 진공에서

냉각시키면서 1050℃에서 30분 동안 오스테나이트화한 후, 560℃에서 2시간 동안 2회 템퍼링하는 것으로 구성되었다. 제2 열 처리는 오스테나이트화가 1130℃에서 10분 동안 수행되었다는 점에서 이와 상이하였다.

[0166] 이후, 샘플을 3개의 상이한 표준 용접 소모품과 함께 1.6 mm 직경의 로드를 사용하여 실온(RT), 80℃, 225℃ 및 325℃에서 TIG-용접하였다. 출원인은 UTP Schweissmaterial GmbH로부터의 Caldie TIG 및 QRO 90 TIG 뿐만 아니라 UTP A 696 TIG를 소유한다.

[0167] 크래킹은 소모성 Caldie TIG로 모든 온도에서 경험되었다. 그러나, 놀랍게도, 2개의 다른 소모품이 또한 크래킹 없이 RT에서 크랙 없는 용접을 생성하는데 사용될 수 있음이 발견되었다. 따라서, 본 발명의 강은 놀랍게도 우수한 용접성을 갖는다.

산업상 이용가능성

[0169] 본 발명의 강은 공구가 연마 마모되는 열간 가공 적용에 유용하다. 특히, 강은 열간 단조, 프레스 경화, 다이 캐스팅, 고압 다이 캐스팅 또는 열간 압출을 위한 공구로서 적합하다.