



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0061147
(43) 공개일자 2017년06월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C21D 7/13 (2006.01) B21J 13/02 (2006.01)
C21D 1/18 (2006.01) C21D 6/00 (2006.01)
C22C 38/22 (2006.01) C22C 38/24 (2006.01)
C22C 38/36 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C21D 7/13 (2013.01)
B21J 13/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7011149
(22) 출원일자(국제) 2016년01월07일
심사청구일자 2017년04월25일
(85) 번역문제출일자 2017년04월25일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2016/050289
(87) 국제공개번호 WO 2016/125523
국제공개일자 2016년08월11일
(30) 우선권주장
JP-P-2015-020168 2015년02월04일 일본(JP)

(71) 출원인
히타치 긴조쿠 가부시키키가이샤
일본국 도쿄도 미나토구 코난 1초메 2방 70고
(72) 발명자
쇼지 다츠야
일본 6928601 시마네켄 야스기시 야스기초 2107반
치 2 히타치 긴조쿠 가부시키키가이샤 야스기 겐큐쇼
내
신지 유키오
일본 6928601 시마네켄 야스기시 야스기초 2107반
치 2 히타치 긴조쿠 가부시키키가이샤 야스기 고조
내
구로다 가즈후미
일본 6928601 시마네켄 야스기시 야스기초 2107반
치 2 히타치 긴조쿠 가부시키키가이샤 야스기 고조
내
(74) 대리인
장수길, 정석현, 성재동

전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 냉간 공구 재료, 냉간 공구 및 그 제조 방법

(57) 요약

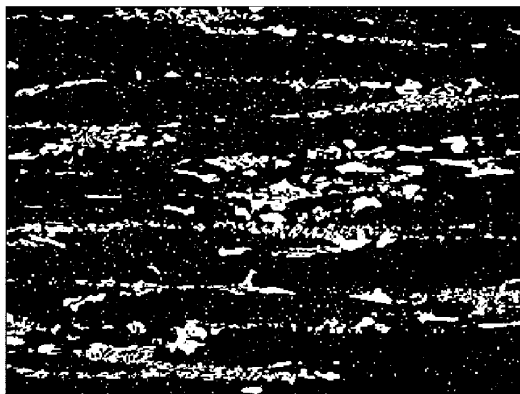
퀀칭 템퍼링 시에 발생하는, 재료의 길이 방향의 열처리 치수 변동을 경감할 수 있는 냉간 공구 재료를 제공한다. 열간 가공에 의해 연신되어, 탄화물을 포함하는 어닐링 조직을 갖고, 퀀칭 템퍼링되어 사용되는 냉간 공구 재료에 있어서, 이 냉간 공구 재료의 상기한 열간 가공에 의한 연신 방향과 평행한 단면의 어닐링 조직 중, 연신 직각 방향에 수직인 단면의 어닐링 조직에서 관찰되는 원 상당 직경이 5.0 μ m 이상인 탄화물의, 하기 (1) 식으로 구해지는 탄화물 배향도 Oc의 표준 편차가 6.0 이상인 냉간 공구 재료이다.

$$Oc = D \times \theta \cdots (1)$$

단, D는 탄화물의 원 상당 직경(μ m)을, θ 는 탄화물의 근사 타원에 있어서의 장축과 상기의 연신 방향이 이루는 각도(rad)를 각각 나타낸다. 그리고, 상기의 냉간 공구 재료를 사용한 냉간 공구와, 그 제조 방법이다.

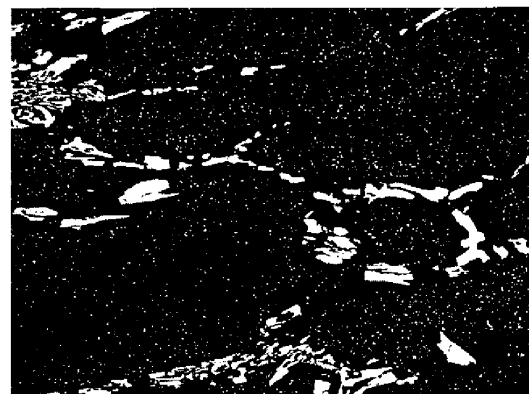
대표도 - 도1

TD단면



100 μ m

ND단면



100 μ m

(52) CPC특허분류

C21D 1/18 (2013.01)

C21D 6/002 (2013.01)

C22C 38/22 (2013.01)

C22C 38/24 (2013.01)

C22C 38/36 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

열간 가공에 의해 연신되어, 탄화물을 포함하는 어닐링 조직을 갖고, 퀴칭 템퍼링되어 사용되는 냉간 공구 재료에 있어서,

상기 냉간 공구 재료는 질량%로, C:0.80 내지 2.40%, Cr:9.0 내지 15.0%, Mo 및 W은 단독 또는 복합으로 (Mo+1/2W):0.50 내지 3.00%, V:0.10 내지 1.50%를 포함하고, 상기 퀴칭에 의해 마르텐사이트 조직으로 조정할 수 있는 성분 조성을 갖고,

상기 냉간 공구 재료의 상기 열간 가공에 의한 연신 방향과 평행한 단면의 어닐링 조직 중, 연신 직각 방향에 수직인 단면의 어닐링 조직에서 관찰되는 원 상당 직경이 5.0 μ m 이상인 탄화물은, 하기 (1) 식으로 구해지는 탄화물 배향도 O_c 의 표준 편차가 6.0 이상인 것을 특징으로 하는 냉간 공구 재료.

$$O_c = D \times \theta \cdots (1)$$

단, D는 탄화물의 원 상당 직경(μ m)을, θ 는 탄화물의 근사 타원에 있어서의 장축과 상기 연신 방향이 이루는 각도(rad)를 각각 나타낸다.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 열간 가공에 의한 연신 방향과 평행한 단면의 어닐링 조직 중, 또한, 연신 법선 방향에 수직인 단면의 어닐링 조직에서 관찰되는 원 상당 직경이 5.0 μ m 이상인 탄화물은, 상기 (1) 식으로 구해지는 탄화물 배향도 O_c 의 표준 편차가 10.0 이상인 것을 특징으로 하는 냉간 공구 재료.

청구항 3

열간 가공에 의해 연신된 어닐링 조직이 퀴칭 템퍼링된 마르텐사이트 조직이고, 탄화물을 포함하는 마르텐사이트 조직을 갖는 냉간 공구에 있어서,

상기 냉간 공구는 질량%로, C:0.80 내지 2.40%, Cr:9.0 내지 15.0%, Mo 및 W은 단독 또는 복합으로 (Mo+1/2W):0.50 내지 3.00%, V:0.10 내지 1.50%를 포함하고, 상기 퀴칭에 의해 마르텐사이트 조직으로 조정할 수 있는 성분 조성을 갖고,

상기 냉간 공구의 상기 열간 가공에 의한 연신 방향과 평행한 단면의 마르텐사이트 조직 중, 연신 직각 방향에 수직인 단면의 마르텐사이트 조직에서 관찰되는 원 상당 직경이 5.0 μ m 이상인 탄화물은, 하기 (1) 식으로 구해지는 탄화물 배향도 O_c 의 표준 편차가 6.0 이상인 것을 특징으로 하는 냉간 공구.

$$O_c = D \times \theta \cdots (1)$$

단, D는 탄화물의 원 상당 직경(μ m)을, θ 는 탄화물의 근사 타원에 있어서의 장축과 상기 연신 방향이 이루는 각도(rad)를 각각 나타낸다.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 열간 가공에 의한 연신 방향과 평행한 단면의 마르텐사이트 조직 중, 또한, 연신 법선 방향에 수직인 단면의 마르텐사이트 조직에서 관찰되는 원 상당 직경이 5.0 μ m 이상인 탄화물은, 상기 (1) 식으로 구해지는 탄화물 배향도 O_c 의 표준 편차가 10.0 이상인 것을 특징으로 하는 냉간 공구.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 기재된 냉간 공구 재료에 퀴칭 템퍼링을 행하는 것을 특징으로 하는 냉간 공구의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 프레스 금형이나 단조 금형, 전조 다이스, 금속 절삭 공구 등의 다종의 냉간 공구에 최적인 냉간 공구 재료와, 그것을 사용한 냉간 공구 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 냉간 공구는 경질의 피가공재와 접촉하면서 사용되므로, 그 접촉에 견딜 수 있는 경도나 내마모성을 구비하고 있을 필요가 있다. 그리고, 종래, 냉간 공구 재료에는, 예를 들어 JIS 강종인 SKD10이나 SKD11계의 합금 공구강이 사용되고 있었다.

[0003] 냉간 공구 재료는, 통상, 강괴 또는 강괴를 분괴 가공한 강편으로 이루어지는 소재를 출발 재료로 하고, 이에 다양한 열간 가공이나 열처리를 행하여 소정의 강재로 하고, 이 강재에 어닐링 처리를 행하여 마무리된다. 그리고, 냉간 공구 재료는, 통상, 경도가 낮은 어닐링 상태에서, 냉간 공구의 제작 메이커에 공급된다. 이 제작 메이커에 공급된 냉간 공구 재료는 절삭이나 천공 등에 의해, 냉간 공구의 형상으로 기계 가공된 후에, 퀴칭 템퍼링에 의해 소정의 사용 경도로 조정된다. 또한, 이 사용 경도로 조정된 후에, 마무리의 기계 가공을 행하는 것이 일반적이다. 퀴칭이란, 냉간 공구의 형상에 기계 가공된 후의 냉간 공구 재료를, 오스테나이트 온도 영역까지 가열하고, 이것을 급랭함으로써, 조직을 마르텐사이트 변태시키는 작업이다. 따라서, 냉간 공구 재료의 성분 조성은 퀴칭에 의해 마르텐사이트 조직으로 조정할 수 있는 것이 되어 있다.

[0004] 그런데, 냉간 공구 재료에는 상기 퀴칭 템퍼링의 전후에 있어서, 그 체적(치수)이 변화되는 「열처리 치수 변동」이 발생한다. 그리고, 이 열처리 치수 변동 중에서도, 특히, 열간 가공 시의 연신 방향(즉, 재료의 길이 방향)으로 발생하는 열처리 치수 변동은 퀴칭 시에 발현하는 팽창 치수 변동이고, 또한 그 팽창량이 가장 큰 치수 변동이다. 이 재료의 길이 방향의 팽창량이 크면, 템퍼링에 의한 치수의 조정이 곤란해진다. 통상, 템퍼링 공정에서는 저온 템퍼링에 의해 냉간 공구 재료가 전체적으로 수축되고, 고온 템퍼링에 의해 다시 팽창되므로, 열처리 치수 변동을 중시하는 냉간 공구의 경우, 치수가 어닐링재 대비로 제로 근방이 되는 온도에서 템퍼링이 행해진다. 그러나, 퀴칭 시에 발현하는 길이 방향의 큰 팽창(즉, 폭 방향이나 두께 방향에 대한 이방성)은 템퍼링 공정에 의해 해소되기 어렵다. 따라서, 퀴칭 템퍼링 전의 기계 가공에서, 그 최종적인 냉간 공구의 형상에 대해, 마무리 가공 시의 「절삭 여유」의 조정이 복잡해진다. 그리고, 이 길이 방향의 팽창량이 지나치게 크면, 상기 「절삭 여유」의 조정 자체가 곤란해진다.

[0005] 따라서, 상기의 열처리 치수 변동의 원인이, 조직 중에 존재하는 큰 탄화물에 있는 것으로 하고, 이 큰 탄화물의 존재량을 낮춘 냉간 공구 재료가 제안되어 있다. 예를 들어, 퀴칭 템퍼링 후의 단면 조직 중에서 차지하는 면적 $20\mu\text{m}^2$ 이상의 탄화물의 면적률을 3% 이하로 조정한 냉간 공구 재료가 제안되어 있다(특허문헌 1). 그리고, 길이 방향의 팽창 치수 변동의 억제를 의식하여, 퀴칭 템퍼링 전의, 그 열간 가공 시의 연신 방향과 평행한 단면에 있어서의, 원 상당 직경이 $2\mu\text{m}$ 이상인 탄화물의 면적률을 0.5% 이하로 조정한 냉간 공구 재료가 제안되어 있다(특허문헌 2).

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2001-294974호 공보

(특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제2009-132990호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 특허문헌 1, 2의 냉간 공구 재료는 퀴칭 템퍼링 시에 발현하는 열처리 치수 변동의 억제가 우수한 것이다. 그러나, 특허문헌 1, 2의 냉간 공구 재료는 열처리 치수 변동의 원인이 되는 상기의 큰 탄화물의 존재량 자체를

저감하는 점에서, 그 성분 조성이 「저C 저Cr」으로 조정되어 있고, 그 결과, 탄화물의 체적률이 작고, 내마모성이 희생이 되어 있다. 따라서, 우수한 내마모성을 유지하기 위해서는, 냉간 공구 재료의 성분 조성을, 마찬가지로, 상기의 SKD10이나 SKD11 레벨의 「고C 고Cr」으로 조정할 필요가 있다. 그러나, 이 경우, 열처리 치수 변동이 증대되고, 특히, 그 길이 방향으로 발생하는 팽창 치수 변동이 증대된다는 과제가 있었다.

[0008] 본 발명의 목적은 상술한 「고C 고Cr」의 성분 조성을 갖는 냉간 공구 재료에 있어서, 그 퀴칭 템퍼링 시에 발생하는, 열간 가공 시의 연신 방향(재료의 길이 방향)의 열처리 치수 변동을 경감할 수 있는 냉간 공구 재료를 제공하는 것이다. 그리고, 이 냉간 공구 재료를 사용한 냉간 공구 및 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명은 열간 가공에 의해 연신되어, 탄화물을 포함하는 어닐링 조직을 갖고, 퀴칭 템퍼링되어 사용되는 냉간 공구 재료에 있어서,

[0010] 이 냉간 공구 재료는 질량%로, C:0.80 내지 2.40%, Cr:9.0 내지 15.0%, Mo 및 W은 단독 또는 복합으로 (Mo + 1/2W):0.50 내지 3.00%, V:0.10 내지 1.50%를 포함하고, 상기 퀴칭에 의해 마르텐사이트 조직으로 조정할 수 있는 성분 조성을 갖고,

[0011] 이 냉간 공구 재료의 상기한 열간 가공에 의한 연신 방향과 평행한 단면의 어닐링 조직 중, 연신 직각 방향에 수직인 단면의 어닐링 조직에서 관찰되는 원 상당 직경이 5.0 μ m 이상인 탄화물은, 하기 (1) 식으로 구해지는 탄화물 배향도 Oc의 표준 편차가 6.0 이상인 것을 특징으로 하는 냉간 공구 재료이다.

$$[0012] \quad O_c = D \times \theta \cdots (1)$$

[0013] 단, D는 탄화물의 원 상당 직경(μ m)을, θ 는 탄화물의 근사 타원에 있어서의 장축과 상기 연신 방향이 이루는 각도(rad)를 각각 나타낸다.

[0014] 그리고, 상기한 열간 가공에 의한 연신 방향과 평행한 단면의 어닐링 조직 중, 또한, 연신 법선 방향에 수직인 단면의 어닐링 조직에서 관찰되는 원 상당 직경이 5.0 μ m 이상인 탄화물은, 상기의 (1) 식으로 구해지는 탄화물 배향도 Oc의 표준 편차가 10.0 이상인 냉간 공구 재료이다.

[0015] 또한, 본 발명은 열간 가공에 의해 연신된 어닐링 조직이 퀴칭 템퍼링된 마르텐사이트 조직이고, 탄화물을 포함하는 마르텐사이트 조직을 갖는 냉간 공구에 있어서,

[0016] 이 냉간 공구는 질량%로, C:0.80 내지 2.40%, Cr:9.0 내지 15.0%, Mo 및 W은 단독 또는 복합으로 (Mo + 1/2W):0.50 내지 3.00%, V:0.10 내지 1.50%를 포함하고, 상기 퀴칭에 의해 마르텐사이트 조직으로 조정할 수 있는 성분 조성을 갖고,

[0017] 이 냉간 공구의 상기한 열간 가공에 의한 연신 방향과 평행한 단면의 마르텐사이트 조직 중, 연신 직각 방향에 수직인 단면의 마르텐사이트 조직에서 관찰되는 원 상당 직경이 5.0 μ m 이상인 탄화물은, 하기 (1) 식으로 구해지는 탄화물 배향도 Oc의 표준 편차가 6.0 이상인 것을 특징으로 하는 냉간 공구이다.

$$[0018] \quad O_c = D \times \theta \cdots (1)$$

[0019] 단, D는 탄화물의 원 상당 직경(μ m)을, θ 는 탄화물의 근사 타원에 있어서의 장축과 상기 연신 방향이 이루는 각도(rad)를 각각 나타낸다.

[0020] 그리고, 상기한 열간 가공에 의한 연신 방향과 평행한 단면의 마르텐사이트 조직 중, 또한, 연신 법선 방향에 수직인 단면의 마르텐사이트 조직에서 관찰되는 원 상당 직경이 5.0 μ m 이상인 탄화물은, 상기의 (1) 식으로 구해지는 탄화물 배향도 Oc의 표준 편차가 10.0 이상인 냉간 공구이다.

[0021] 그리고, 본 발명은 상기 냉간 공구 재료에 퀴칭 템퍼링을 행하는 것을 특징으로 하는 냉간 공구의 제조 방법이다.

발명의 효과

[0022] 본 발명에 따르면, 상술한 「고C 고Cr」의 성분 조성을 갖는 냉간 공구 재료에 있어서, 그 퀴칭 템퍼링 시에 발생하는, 열간 가공 시의 연신 방향(재료의 길이 방향)의 열처리 치수 변동을 경감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 본 발명예의 냉간 공구 재료의 단면 조직을 나타내는 광학 현미경 사진을 2차화 처리한 화상이고, 상기의 단면 조직에 분포하는 탄화물의 일례를 도시하는 도면이다.
- 도 2는 본 발명예의 냉간 공구 재료의 단면 조직을 나타내는 광학 현미경 사진을 2차화 처리한 화상이고, 상기의 단면 조직에 분포하는 탄화물의 일례를 도시하는 도면이다.
- 도 3은 본 발명예의 냉간 공구 재료의 단면 조직을 나타내는 광학 현미경 사진을 2차화 처리한 화상이고, 상기의 단면 조직에 분포하는 탄화물의 일례를 도시하는 도면이다.
- 도 4는 본 발명예의 냉간 공구 재료의 단면 조직을 나타내는 광학 현미경 사진을 2차화 처리한 화상이고, 상기의 단면 조직에 분포하는 탄화물의 일례를 도시하는 도면이다.
- 도 5는 본 발명예의 냉간 공구 재료의 단면 조직을 나타내는 광학 현미경 사진을 2차화 처리한 화상이고, 상기의 단면 조직에 분포하는 탄화물의 일례를 도시하는 도면이다.
- 도 6은 본 발명예의 냉간 공구 재료의 단면 조직을 나타내는 광학 현미경 사진을 2차화 처리한 화상이고, 상기의 단면 조직에 분포하는 탄화물의 일례를 도시하는 도면이다.
- 도 7은 비교예의 냉간 공구 재료의 단면 조직을 나타내는 광학 현미경 사진을 2차화 처리한 화상이고, 상기의 단면 조직에 분포하는 탄화물의 일례를 도시하는 도면이다.
- 도 8은 비교예의 냉간 공구 재료의 단면 조직을 나타내는 광학 현미경 사진을 2차화 처리한 화상이고, 상기의 단면 조직에 분포하는 탄화물의 일례를 도시하는 도면이다.
- 도 9는 본 발명예 및 비교예의 냉간 공구 재료의 단면 조직 중에 분포하는 개개의 탄화물의, 탄화물 배향도 0°의 분포의 일례를 나타내는 그래프도이다.
- 도 10은 본 발명에서 사용하는, 원 상당 직경이 5.0 μ m 이상인 탄화물 「근사 타원」 및 이 근사 타원에 있어서의 「장축과 연신 방향이 이루는 각도」의 개념을 설명하는 도면이다.
- 도 11은 열간 가공에 의해 연신된 냉간 공구 재료의 「연신 직각 방향」 및 「연신 법선 방향」을 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 본 발명자는 SKD10이나 SKD11 등의 「고C 고Cr」의 성분 조성을 갖는 냉간 공구 재료에 발생하는 상기의 열처리 치수 변동에 대해, 특히, 그 열간 가공 시의 연신 방향으로 발생하는 팽창 치수 변동에 영향을 미치고 있는 인자를 조사했다. 또한, 냉간 공구 재료의 열간 가공 시, 가압에 대해, 재료는 연신되어 길어지는데, 그 길어지는 방향을 연신 방향이라고 한다. 그로 인해, 연신 방향을, 이하 「재료의 길이 방향」이라고도 한다. 또한, 그 재료의 가압 방향이 재료의 두께 방향이 된다. 그리고, 그 재료의 길이 방향 및 두께 방향에 대해 수직 방향을 폭 방향이라고 하고, 연신 직각 방향이라고도 한다.
- [0025] 그리고, 상기 조사의 결과, 퀴칭 템퍼링 전의 「어닐링 조직」에 있어서, 그 조직 중에 존재하는, 퀴칭 템퍼링 후에도 매트릭스(기지) 중에 고용되지 않고 잔존하는 「미고용 탄화물」의, 상기 재료의 길이 방향에 대한 「배향도」의 정도가, 그 길이 방향의 팽창 치수 변동에 작용하고 있는 것을 지견했다. 그리고, 미고용 탄화물의 상기한 「배향도」의 정도를 조정함으로써, 이 미고용 탄화물을 미세하게 하지 않아도(즉, 큰 탄화물을 줄이지 않아도), 상기한 길이 방향의 팽창 치수 변동을 경감할 수 있는 것을 밝혀내고, 본 발명에 도달했다. 이하에, 본 발명의 각 구성의 요건에 대해 설명한다.
- [0026] (i) 본 발명의 냉간 공구 재료는 「열간 가공에 의해 연신되어, 탄화물을 포함하는 어닐링 조직을 갖고, 퀴칭 템퍼링되어 사용되는」 것이다.
- [0027] 냉간 공구 재료가, 통상, 강괴 또는 강괴를 분괴 가공한 강편으로 이루어지는 소재를 출발 재료로 하고, 이에 다양한 열간 가공이나 열처리를 행하여 소정의 강재로 하고, 이 강재에 어닐링 처리를 행하여 마무리되는 것은, 전술한 바와 같다. 어닐링 조직이란, 상기 어닐링 처리에 의해 얻어지는 조직이고, 바람직하게는 브리넬 경도로 150 내지 230HBW 정도로 연화된 조직이다. 그리고, 일반적으로는 페라이트상이나, 페라이트상에 펄라이트나 시멘타이트(Fe_3C)가 혼합된 조직이다. 또한, 이와 같은 어닐링 조직은 상기 열간 가공에 의해 연신되어 있다.

이 냉간 공구 재료의 어닐링 조직에는, 통상, C와, Cr, Mo, W, V 등이 결합하여 이루어지는 탄화물이 포함되어 있다. 그리고, 이들 탄화물 중에서, 오로지 큰 것은, 다음 공정의 켈칭에서 기지 중에 고용되지 않는 미고용 탄화물이 된다. 미고용 탄화물은 상기 열간 가공에 의한 연신에 의해, 재료의 길이 방향에 대해, 소정의 배향도를 갖도록, 분포하고 있다(후술).

[0028] (ii) 본 발명의 냉간 공구 재료는 「질량%로, C:0.80 내지 2.40%, Cr:9.0 내지 15.0%, Mo 및 W은 단독 또는 복합으로 (Mo+1/2W):0.50 내지 3.00%, V:0.10 내지 1.50%를 포함하고, 켈칭에 의해 마르텐사이트 조직으로 조정할 수 있는 성분 조성을 갖는」 것이다.

[0029] 종래, 냉간 공구 재료에, 켈칭 템퍼링에 의해 마르텐사이트 조직을 발현하는 소재가 사용되어 있는 것은 전술한 바와 같다. 마르텐사이트 조직은 각종 냉간 공구의 절대적인 기계적 특성의 기초를 확고히 하는 데 필요한 조직이다. 이와 같은 냉간 공구 재료의 소재로서, 예를 들어 각종 냉간 공구강이 대표적이다. 냉간 공구강은 그 표면 온도가 대략 200℃ 이하까지의 환경 하에서 사용되는 것이다. 그리고, 본 발명에 있어서, 이 냉간 공구강의 성분 조성에는 우수한 내마모성을 부여할 수 있는 「고C 고Cr」의 것을 적용하는 것이 중요하고, 예를 들어 JIS-G-4404의 「합금 공구강 강재」에 있는, SKD10이나 SKD11 등의 규격 강종이나, 그 밖에 제안되어 있는 것을 대표적으로 적용할 수 있다. 또한, 상기 냉간 공구강으로 규정되는 것 이외의 원소종도, 필요에 따라 첨가나 함유가 가능하다.

[0030] 그리고, 본 발명의 "켈칭 후의 재료의 길이 방향으로 발생하는 팽창 치수 변동을 저감한다"는 효과(이하, 「팽창 치수 변동 저감 효과」라고 함)는 어닐링 조직이 켈칭 템퍼링되어 마르텐사이트 조직을 발현하는 소재이면, 나중에는 이 어닐링 조직이 후술하는 (iii)의 요건을 만족시킴으로써, 달성 가능하다. 그리고, 본 발명의 팽창 치수 변동 저감 효과와, 냉간 공구강의 가장 중요한 특성인 내마모성을 양립시키기 위해서는, 마르텐사이트 조직을 발현하는 성분 조성 중에서, 냉간 공구 제품에 포함되는 탄화물의 체적률 증가에 기여하는 C 및 Cr, Mo, W, V의 탄화물 형성 원소의 함유량을 정해 두는 것이 효과적이다. 특히, C 및 Cr의 함유량은 우수한 내마모성을 부여하기 위해, "높게" 정해 두는 것이 중요하다. 그리고, 구체적으로는 질량%로, C:0.80 내지 2.40%, Cr:9.0 내지 15.0%, Mo 및 W은 단독 또는 복합으로 (Mo+1/2W):0.50 내지 3.00%, V:0.10 내지 1.50%를 포함하는 성분 조성이다. 본 발명의 냉간 공구 재료의 성분 조성을 구성하는 각종 원소에 대해, 이하와 같다.

[0031] · C:0.80 내지 2.40질량%(이하, 간단히 「%」라고 표기함)

[0032] C는 일부가 기지 중에 고용되어 기지에 경도를 부여하고, 일부는 탄화물을 형성함으로써 내마모성이나 내식성을 높이는, 냉간 공구 재료의 기본 원소이다. 또한, 침입형 원자로서 고용한 C는 Cr 등의 C와 친화성이 큰 치환형 원자와 함께 첨가한 경우에, I(침입형 원자)-S(치환형 원자) 효과(용질 원자의 드래그 저항으로서 작용하여, 냉간 공구를 고강도화하는 작용)도 기대된다. 단, 과도하게 첨가하면, 켈칭 시의 고용 C량이 증대되는 것에 의한 마르텐사이트 변태 팽창의 증가를 초래하고, 켈칭 후의 치수 변동률이 증대된다. 따라서, 0.80 내지 2.40%로 한다. 바람직하게는 1.30% 이상이다. 또한, 바람직하게는 1.80% 이하이다.

[0033] · Cr:9.0 내지 15.0%

[0034] Cr은 켈칭성을 높이는 원소이다. 또한, 탄화물을 형성하여, 내마모성의 향상에 효과를 갖는 원소이다. 그리고, 템퍼링 연화 저항의 향상에 기여하는, 냉간 공구 재료의 기본 원소이다. 단, 과도한 첨가는 조대한 미고용 탄화물을 형성하여 인성의 저하를 초래한다. 따라서, 9.0 내지 15.0%로 한다. 바람직하게는 14.0% 이하이다. 또한, 바람직하게는 10.0% 이상이다. 보다 바람직하게는 11.0% 이상이다.

[0035] · Mo 및 W은 단독 또는 복합으로 (Mo+1/2W):0.50 내지 3.00%

[0036] Mo 및 W은 템퍼링에 의해 조직 중에 미세 탄화물을 석출 또는 응집시켜, 냉간 공구에 강도를 부여하는 원소이다. Mo 및 W은 단독 또는 복합으로 첨가할 수 있다. 그리고, 이때의 첨가량은 W이 Mo의 약 2배의 원자량이므로, (Mo+1/2W)의 식으로 정의되는 Mo당량으로 함께 규정할 수 있다. 당연히 어느 한쪽만의 첨가로 해도 되고, 양쪽을 모두 첨가해도 된다. 그리고, 상기의 효과를 얻기 위해서는, (Mo+1/2W)의 값에서 0.50% 이상의 첨가로 한다. 바람직하게는 0.60% 이상이다. 단, 지나치게 많으면 피삭성이나 인성의 저하를 초래하므로, (Mo+1/2W)의 값에서 3.00% 이하로 한다. 바람직하게는 2.00% 이하이다. 보다 바람직하게는 1.50% 이하이다.

[0037] · V:0.10 내지 1.50%

[0038] V은 탄화물을 형성하여, 기지의 강화나, 내마모성, 템퍼링 연화 저항을 향상시키는 효과를 갖는다. 그리고, 어

닐링 조직 중에 분포한 V 탄화물은 켈칭 가열 시의 오스테나이트 결정립의 조대화를 억제하는 "피닝 입자"로서 작용하고, 인성의 향상에도 기여한다. 이들의 효과를 얻기 위해, V은 0.10% 이상으로 한다. 바람직하게는 0.20% 이상이다. 본 발명의 경우, 내마모성을 향상시킬 목적으로, 0.60% 이상의 V을 첨가할 수도 있다. 단, 지나치게 많으면, 큰 미고용 탄화물을 형성하여 열처리 치수 변동을 조장한다. 또한 피삭성이나, 탄화물 자신의 증가에 의한 인성의 저하도 초래하므로, 1.50% 이하로 한다. 바람직하게는 1.00% 이하이다.

[0039] 본 발명의 냉간 공구 재료의 성분 조성은 상기의 원소종을 포함한 강의 성분 조성으로 할 수 있다. 또한, 상기의 원소종을 포함하고, 잔부를 Fe 및 불순물로 할 수 있다. 그리고, 상기의 원소종 외에는 하기의 원소종을 함유하는 것도 가능하다.

[0040] • Si:2.00% 이하

[0041] Si는 제강 시의 탈산제이지만, 지나치게 많으면 켈칭성이 저하된다. 또한, 켈칭 템퍼링 후의 냉간 공구의 인성이 저하된다. 따라서, 2.00% 이하로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 1.50% 이하이다. 더욱 바람직하게는 0.80% 이하이다. 한편, Si에는 공구 조직 중에 고용하여, 냉간 공구의 경도를 높이는 효과가 있다. 이 효과를 얻기 위해서는, 0.10% 이상의 함유가 바람직하다.

[0042] • Mn:1.50% 이하

[0043] Mn은 지나치게 많으면 기지의 점도를 올려, 재료의 피삭성을 저하시킨다. 따라서, 1.50% 이하로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 1.00% 이하이다. 더욱 바람직하게는 0.70% 이하이다. 한편, Mn은 오스테나이트 형성 원소이고, 켈칭성을 높이는 효과를 갖는다. 또한, 비금속 개재물의 MnS로서 존재함으로써, 피삭성의 향상에 큰 효과가 있다. 이들 효과를 얻기 위해서는, 0.10% 이상의 함유가 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.20% 이상이다.

[0044] • P:0.050% 이하

[0045] P은, 통상, 첨가를 행하지 않아도, 각종 냉간 공구 재료에 불가피하게 포함될 수 있는 원소이다. 그리고, 템퍼링 등의 열 처리 시에 구오스테나이트 입계에 편석하고, 입계를 취화시키는 원소이다. 따라서, 냉간 공구의 인성을 향상시키기 위해서는, 첨가하는 경우도 포함하고, 0.050% 이하로 규제하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.030% 이하이다.

[0046] • S:0.0500% 이하

[0047] S은, 통상, 첨가를 행하지 않아도, 각종 냉간 공구 재료에 불가피하게 포함될 수 있는 원소이다. 그리고, 열간 가공 전의 소재 시에 있어서, 그 열간 가공성을 열화시켜, 열간 가공 중에 균열을 발생시키는 원소이다. 따라서, 열간 가공성을 향상시키기 위해서는, 0.0500% 이하로 규제하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.0300% 이하이다. 한편, S에는 Mn과 결합하고, 비금속 개재물의 MnS로서 존재함으로써, 피삭성을 향상시키는 효과가 있다. 이 효과를 얻기 위해서는, 0.0300%를 초과하는 첨가를 행해도 된다.

[0048] • Ni:0 내지 1.00%

[0049] Ni은 기지의 점도를 올려 피삭성을 저하시키는 원소이다. 따라서, Ni의 함유량은 1.00% 이하로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 0.50% 미만, 더욱 바람직하게는 0.30% 미만이다. 한편, Ni은 공구 조직 중의 페라이트의 생성을 억제하는 원소이다. 또한, 냉간 공구 재료에 우수한 켈칭성을 부여하고, 켈칭 시의 냉각 속도가 완만한 경우라도 마르텐사이트 주체의 조직을 형성하여, 인성의 저하를 방지할 수 있는 효과적 원소이다. 또한, 기지의 본질적인 인성도 개선하므로, 본 발명에서는 필요에 따라 첨가해도 된다. 첨가하는 경우, 0.10% 이상의 첨가가 바람직하다.

[0050] • Nb: 0 내지 1.50%

[0051] Nb는 피삭성의 저하를 초래하므로, 1.50% 이하로 하는 것이 바람직하다. 한편, Nb는 탄화물을 형성하고, 기지의 강화나 내마모성을 향상시키는 효과를 갖는다. 또한, 템퍼링 연화 저항을 높임과 함께, V과 마찬가지로, 결정립의 조대화를 억제하여, 인성의 향상에 기여하는 효과를 갖는다. 따라서, Nb는 필요에 따라 첨가해도 된다. 첨가하는 경우, 0.10% 이상의 첨가가 바람직하다.

[0052] 본 발명의 냉간 공구 재료의 성분 조성에 있어서, Cu, Al, Ca, Mg, O(산소), N(질소)는, 예를 들어 불가피적 불순물로서, 강 중에 잔류할 가능성이 있는 원소이다. 본 발명에 있어서, 이들 원소는 가능한 한 낮은 쪽이 바람직하다. 그러나 한편, 개재물의 형태 제어나, 그 밖의 기계적 특성, 그리고 제조 효율의 향상이라는 부가적인

작용 효과를 얻기 위해, 소량을 함유해도 된다. 이 경우, $Cu \leq 0.25\%$, $Al \leq 0.25\%$, $Ca \leq 0.0100\%$, $Mg \leq 0.0100\%$, $0 \leq 0.0100\%$, $N \leq 0.0500\%$ 의 범위라면 충분히 허용할 수 있고, 본 발명의 바람직한 규제 상한이다. N에 대해, 더 바람직한 규제 상한은 0.0300%이다.

[0053] (iii) 본 발명의 냉간 공구 재료는 「열간 가공에 의한 연신 방향과 평행한 단면의 어닐링 조직 중, 연신 직각 방향에 수직인 단면의 어닐링 조직에서 관찰되는 원 상당 직경이 $5.0\mu m$ 이상인 탄화물은, 하기의 (1) 식으로 구해지는 탄화물 배향도 O_c 의 표준 편차가 6.0 이상인」 것이다.

[0054] $O_c = D \times \theta \cdots (1)$

[0055] 단, D는 탄화물의 원 상당 직경(μm)을, θ 는 탄화물의 근사 타원에 있어서의 장축과 상기의 연신 방향이 이루는 각도(rad)를 각각 나타낸다.

[0056] 상기의 「고C 고Cr」의 성분 조성을 갖는 본 발명의 냉간 공구 재료는 특허문헌 1, 2의 냉간 공구 재료에 비해, 어닐링 조직 중의 탄화물이 많다. 그리고, 이와 같은 탄화물이 많은 냉간 공구 재료에 발생하는 열처리 치수 변동을 경감하기 위해, 종래에는, 소재에 대한 열간 가공을 반복하거나 하여(열간 가공비를 크게 하여), 탄화물을 오로지 「미세하게 분산시키는」 것이 유효하다고 생각되어 왔다. 그러나, 한편, 탄화물의 증가는 열간 가공 시의 소재의 가공성을 나쁘게 한다. 따라서, 상기의 「고C 고Cr」의 성분 조성을 가진 냉간 공구 재료에서는 어닐링 조직 중의 탄화물을 미세화하는 것이 용이하지 않았다.

[0057] 따라서, 본 발명은 탄화물을 「미세하게 분산시키는」 방법에 따르지 않아도, 재료의 길이 방향에 대한 이 탄화물의 「배향도」의 정도를 조정함으로써, 상기 길이 방향에 있어서의 팽창 치수 변동을 경감할 수 있는 것이다. 이하, 본 발명에 있어서의 탄화물의 「배향도」에 대해 설명한다.

[0058] 냉간 공구 재료는, 통상, 강괴 또는 강괴를 분괴 가공한 강편으로 이루어지는 소재를 출발 재료로 하고, 이에 다양한 열간 가공이나 열처리를 행하여 소정의 강제로 하고, 이 강재에 어닐링 처리를 실시하고, 예를 들어 블록 형상으로 마무리된다. 그리고, 상기의 강괴는 일반적으로, 소정의 성분 조성으로 조정된 용강을 주조하여 얻어진다. 따라서, 강괴의 주조 조직 중에는 응고 개시 시기의 차이 등에 기인하여(덴드라이트의 성장 거동에 기인하여), 정출 탄화물이 네트워크상으로 집합한 부위가 존재한다. 이때, 상기의 네트워크를 형성하고 있는 개개의 정출 탄화물은 판상(소위, 라멜라[Lamellar]상)을 나타내고 있다. 이와 같은 강괴를 열간 가공함으로써, 상기의 네트워크는 열간 가공의 연신 방향(즉, 재료의 길이 방향)으로 연장되고, 또한 그 가압 방향(즉, 재료의 두께 방향)으로 압축된다. 그리고, 상기한 개개의 정출 탄화물은 열간 가공 시에 분쇄되어 분산하고, 열간 가공의 연신 방향으로 배향해 간다. 이 결과, 열간 가공 후에 어닐링 처리하여 얻어진 냉간 공구 재료의, 어닐링 조직 중의 탄화물의 분포 양태는 분쇄된 개개의 탄화물이 연신 방향으로 변형되면서, 직선적으로 집합한 층이 겹친, "대략 줄무늬상"의 양태가 된다(예를 들어, 도 8을 참조). 도 8에 있어서, 농색의 기지 중에 확인되는 "백색의 분산물"이 탄화물이다.

[0059] 상기의 대략 줄무늬상으로 분포하는 개개의 탄화물은 오로지 「미고용 탄화물」로서 기능하고, 퀴칭 시의 기지 중에 고용되지 않는다. 그리고, 퀴칭 템퍼링 후의 조직 중에 남고, 냉간 공구의 내마모성의 향상에 기여한다. 그러나, 한편, 상기의 대략 줄무늬상으로 분포하는 개개의 탄화물은 재료의 길이 방향으로 변형되고, 이 방향으로 배향되어 있다. 그리고, 이 배향의 정도가 현저하면(즉, 탄화물의 긴 직경이, 재료의 길이 방향으로 정렬되면), 퀴칭 시에 발생하는 재료의 길이 방향의 팽창 치수 변동이 증대된다.

[0060] 이 원리를 설명하면 먼저, 냉간 공구 재료의 퀴칭 시에 있어서, 그 기지 자체는 일반적으로, 마르텐사이트 변태에 의해 팽창된다. 그리고, 이때, 기지에 미고용 탄화물이 분산되어 있으면, 이 미고용 탄화물이 기지의 팽창을 막는 "저항"으로서 기능하여, 기지의 팽창을 억제한다. 그러나, 미고용 탄화물이, 예를 들어 재료의 길이 방향으로 배향되어 있으면, 이 미고용 탄화물과 기지의 계면이, 재료의 길이 방향으로 정렬되는 한편, 재료의 길이 방향과 교차하는 계면(즉, 기지의 상기한 길이 방향으로의 팽창을 막는 계면)의 밀도가 작아져, 기지의 팽창을 막는 "저항"이 약해지고, 기지의 상기한 길이 방향으로의 팽창이 억제되지 않게 된다.

[0061] 따라서, 상기한 개개의 미고용 탄화물의 배향을, 열간 가공에 의한 연신 방향에 대해 "부정렬"로 흐트러뜨림으로써, 이 미고용 탄화물과 기지의 계면에 있어서, 재료의 길이 방향과 교차하는 계면의 밀도를 크게 할 수 있다. 이 결과, 재료의 길이 방향에 있어서의 기지의 팽창을 막는 "저항"이 증가하여, 재료의 길이 방향의 팽창 치수 변동을 경감할 수 있다. 그리고, 본 발명에서는 상기한 개개의 미고용 탄화물이 나타내고 있는 배향의 정도를 정량화한 것으로, 이 정량화된 배향의 정도의 값이, 재료의 길이 방향으로 발생하는 팽창 치수 변동의 정도와 상관이 있는 것을 알아냈다. 그리고, 이 정량화된 배향의 정도의 값을 최적으로 조정하는 것이, 재료의

길이 방향으로 발생하는 팽창 치수 변동의 경감에 효과적인 것을 알아냈다.

- [0062] 먼저, 본 발명자는 재료의 열처리 치수 변동에 영향을 미치고 있는 미고용 탄화물의 크기를 조사했다. 그 결과, 냉간 공구 재료의 연신 방향과 평행한 단면의 어닐링 조직에 있어서, 「원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이상인 탄화물」을, 상기의 열처리 치수 변동에 영향을 미치고 있는 미고용 탄화물로서 취급할 수 있는 것을 지견했다. 이와 같은 「원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이상인 탄화물」은 상기한 냉간 공구 재료의 연신 방향과 평행한 단면의 어닐링 조직에 있어서, 통상, 1.0 내지 30.0면적% 정도 존재하고 있다.
- [0063] 그리고, 이 「원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이상인 탄화물」의 개개가 나타나 있는 배향도(이하, 「탄화물 배향도」라고 기재함) 0c를, 그 탄화물의 「원 상당 직경 $D(\mu\text{m})$ 」와, 그 탄화물의 근사 타원에 있어서의 장축과 열간 가공에 의한 연신 방향이 이루는 「각도 $\theta(\text{rad})$ 」의 곱에 의해 정의했다. 이 식의 의미는 미고용 탄화물이 갖는, 재료의 길이 방향으로의 팽창에 대한 저항이, 이 미고용 탄화물의 크기(상기의 「원 상당 직경 D 」에 상당)와, 이 미고용 탄화물의 긴 직경의 기울기 상태(상기의 「각도 θ 」에 상당)에 의해, 상승적으로 결정되게 된다.
- [0064] 또한, 상기의 「원 상당 직경 D 」란, 어느 단면적을 갖는 하나의 탄화물에 대해, 그것과 동일한 면적을 갖는 원의 직경이다. 그리고, 상기의 「각도 θ 」란, 전술한 바와 같이, 어떤 형상을 갖는 하나의 탄화물에 대해, 그 근사 타원에 있어서의 장축과 열간 가공에 의한 연신 방향이 이루는 각도이다(도 10을 참조). 이때, 가상의 기준 방향에 대한 「각도 θ 」를 구하고, 그 중 탄화물이 가장 많이 배향되어 있는 방향을 정하고, 이 방향을 연신 방향, 즉 「 0° 」로 하고, 미고용 탄화물의 긴 직경의 기울기(「각도 θ 」)를 구할 수도 있다. 또한, 이때, 「각도 θ 」는 소수점 이하 제1위까지의 값으로 할 수 있다. 따라서, 냉간 공구 재료의 어닐링 조직을 관찰하여, 미고용 탄화물의 상태로부터, 연신 방향(「각도 0° 」)을 확인하고, 그 연신 방향과 평행한 단면을 관찰하여 평가할 수 있다. 이 연신 방향과 평행한 단면은 미고용 탄화물이 횡방향으로 길게 관찰되고, 상기한 "대략 줄무늬상"의 양태가 관찰되는 단면이다. 그리고, 상기의 「근사 타원」이란, 탄화물의 형상에 가장 맞는 타원이고, 탄화물의 형상과 동일한 도심을 갖고, 단면 2차 모멘트가 동등해지도록 묘화한 타원을, 탄화물의 면적과 동등해지도록 축소한 타원이다(도 10을 참조). 이와 같은 처리는 기지의 화상 해석 소프트웨어 등에 의해 행할 수 있다.
- [0065] 본 발명에 관한, 상기 탄화물의 「원 상당 직경 D 」 및 「각도 θ 」의 측정 방법의 일례에 대해 설명해 둔다.
- [0066] 먼저, 냉간 공구 재료의 단면 조직을, 예를 들어 배율 200배의 광학 현미경으로 관찰한다. 이때, 관찰하는 단면은 냉간 공구를 구성하게 되는 냉간 공구 재료의 부분이다. 그리고, 상기의 관찰하는 단면은 열간 가공에 의한 연신 방향(즉, 재료의 길이 방향)에 대해 평행한 단면 중에서, TD 방향(Transverse Direction; 연신 직각 방향)에 수직인 단면(소위, TD 단면)이다. TD 단면은 열간 가공 시의 가압 방향(즉, 재료의 두께 방향)으로 압축된 단면이고, 또한 열간 가공 시의 연신 방향(즉, 재료의 길이 방향)으로 연장된 단면이다. 즉, 도 11에 도시한 바와 같다(냉간 공구 재료는 대략 직육면체로 나타나 있음). 따라서, 이 TD 단면의 조직에서 관찰되는 탄화물이, 냉간 공구 재료의 연신 방향과 평행한 단면에서 관찰되는 탄화물 중에서, 그 연신 방향에 가장 배향되어 있고, 상기의 「탄화물 배향도 0c의 표준 편차」가 가장 작은 상태의 것이라고 간주할 수 있다. 따라서, 상기의 「탄화물 배향도 0c의 표준 편차」를, 이 TD 단면에서 구하여 평가하는 것이, 본 발명의 「팽창 치수 변동 저감 효과」를 확실하게 달성하는 데 효과적이다.
- [0067] 그리고, 상기의 TD 단면에 있어서, 예를 들어 단면적이 $15\text{mm} \times 15\text{mm}$ 인 절단면을 다이아몬드 슬러리를 사용하여 경면으로 연마한다. 이 경면으로 연마한 단면은 관찰을 행하기 전에, 미고용 탄화물과 기지의 경계가 명료해지도록, 다양한 방법을 사용하여 부식시켜 두는 것이 바람직하다.
- [0068] 이어서, 상기의 관찰에서 얻은 광학 현미경 사진을 화상 처리하고, 탄화물과 기지의 경계(예를 들어, 상기의 부식에 의한 착색부와 미착색부의 경계)를 임계값으로 한 2치화 처리를 행하여, 단면 조직의 기지 중에 분포하는 탄화물을 나타낸 2치화 화상을 얻는다. 도 1은 본 발명의 냉간 공구 재료(실시예에서 평가한 본 발명예의 「냉간 공구 재료 1」임)의, 상기한 2치화 화상(TD 단면과 ND 단면)이다(시야 면적 0.58mm^2). 도 1에 있어서, 탄화물은 백색의 분포로 나타나 있다. 이와 같은 2치화 처리는 기지의 화상 해석 소프트웨어 등에 의해 행할 수 있다.
- [0069] 그리고, 도 1의 화상을, 또한 화상 처리함으로써, 단면 조직 중에 관찰되는 원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이상인 탄화물을 추출하고, 그들 개개의 탄화물의, 상기한 원 상당 직경 $D(\mu\text{m})$ 및 각도 $\theta(\text{rad})$ 를 구하면 된다. 또한, 이 「각도 θ 」의 기준이 되는 「열간 가공에 의한 연신 방향」의 결정 방법은 전술한 바와 같다. 그리고, 이들의 값을 사용하여, 본 발명에 관한 탄화물 배향도 0c와, 그 표준 편차를 구하면 된다. 탄화물의 원 상당 직경 D

및 각도 θ 도, 기지의 화상 해석 소프트웨어 등에 의해 구할 수 있다.

- [0070] 그리고, 재료의 길이 방향에 대해, 「원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이상인 탄화물」이 나타내고 있는 배향의 정도는, 개개의 탄화물에 있어서의 상기의 탄화물 배향도 $0c$ 의 「표준 편차」로 정량적으로 평가할 수 있다. 이 표준 편차의 값을 최적으로 조정하면, 재료의 길이 방향으로 발생하는 팽창 치수 변동을 경감할 수 있다.
- [0071] 즉, 상기의 표준 편차가 작을 때는, 「원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이상인 탄화물」의 개개의 배향도가, 재료의 길이 방향에 대해, 대략 일방향으로 정렬되어 있는 상태이다. 그리고, 이와 같은 상태이면, 재료의 길이 방향과 교차하는, 탄화물과 기지의 계면의 밀도가 작아져, 재료의 길이 방향의 팽창을 억제하는 저항이 약해지고, 재료의 길이 방향의 팽창량이 증가한다.
- [0072] 이에 비해, 상기의 표준 편차가 커지면, 「원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이상인 탄화물」의 개개의 배향도가 재료의 길이 방향에 대해 부정렬이 되고, 재료의 길이 방향과 교차하는 상기의 계면의 밀도가 커진다. 이 결과, 재료의 길이 방향의 팽창을 억제하는 저항이 증가하고, 재료의 길이 방향의 팽창이 억제된다. 그리고, 본 발명의 경우, 냉간 공구 재료의 TD 단면의 어닐링 조직에 있어서, 상기의 표준 편차의 값을 「6.0 이상」으로 함으로써, 상기의 저항이 충분히 증가하여, 본 발명의 팽창 치수 변동 저감 효과를 달성할 수 있다. 바람직하게는 「6.5 이상」이다. 보다 바람직하게는 「7.0 이상」이다. 또한, 상기의 표준 편차의 값이 지나치게 큰 냉간 공구 재료는 주조 조직의 파괴가 진행되어 있지 않은 재료라고 할 수 있고, 냉간 공구로 했을 때에 인성의 열화가 염려된다. 따라서, 상기의 표준 편차는, 바람직하게는 「10.0 이하」로 한다. 보다 바람직하게는 「9.0 이하」로 한다.
- [0073] 도 9는 냉간 공구 재료의 일례(실시예에서 평가한 본 발명예의 「냉간 공구 재료 2」 및 비교예의 「냉간 공구 재료 7」임)에 대해, 그 TD 단면의 어닐링 조직에서 관찰되는 원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이상인 개개 탄화물의, 상기한 「탄화물 배향도 $0c$ 」의 분포를 나타내는 그래프도이다. 그래프도에 있어서, 횡축은 개개의 탄화물의 탄화물 배향도 $0c$ 이고, 종축은 그 빈도이다. 이 탄화물 배향도 $0c$ 의 값은 열간 가공에 의한 재료의 연신 방향에 대한, 탄화물의 근사 타원의 장축의 기울기 방향을 따라, 플러스 마이너스의 값을 취하고 있다. 또한, 이 탄화물 배향도 $0c$ 의 빈도는 이 $0c$ 의 값이 「제로」인 부근을 정점으로 하는, 볼록상의 분포를 나타내고 있다. 그리고, 이와 같은 볼록상의 분포를 나타내는 탄화물 배향도 $0c$ 에 대해, 본 발명에서는 그 표준 편차를 6.0 이상으로 함으로써, 우수한 팽창 치수 변동 저감 효과를 발휘한다. 탄화물 배향도 $0c$ 및 표준 편차도, 기지의 화상 해석 소프트웨어 등에 의해 구할 수 있다. 본 발명에 관한, 원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이상인 탄화물의, 탄화물 배향도 $0c$ 의 표준 편차를 구하는 일련의 작업은 기지의 화상 해석 소프트웨어 등에 의해 행할 수 있다.
- [0074] 또한, 도 9에서는 각각의 탄화물 배향도 $0c$ 를 가진 탄화물의 빈도를, 탄화물 배향도 $0c$ 의 구간 폭을 $0.5(\mu\text{m} \cdot \text{rad})$ 로 하고, 이 구간 폭마다 속하는 탄화물의 합계 빈도로서 나타내고 있다(탄화물 배향도 $0c$ 가 「-0.5 이상 0 미만」의 범위에 있는 탄화물의 빈도는 「0」의 위치에 나타내고 있음). 그리고, 탄화물 배향도 $0c$ 를 구할 때의 기초 데이터인 각 탄화물의 각도 θ 는 0.001° 정도까지 구한 것을 사용하고 있다. 이 각도 θ 의 정도는 적절히 설정할 수 있다.
- [0075] 본 발명의 냉간 공구 재료의 경우, 전술한 화상 처리에 제공하는 광학 현미경 사진은 그 관찰 시야의 배율을 200배로 하여, 10시야를 관찰하면, 본 발명의 「팽창 치수 변동 저감 효과」를 확인하는 데 충분하다. 이때, 상기의 관찰 시야의 면적은 1시야당 0.58mm^2 로 할 수 있다.
- [0076] 상기의 (iii)의 요건에 있어서, 그 「어닐링 조직」의 기재는 본 발명의 냉간 공구에 있어서, 「마르텐사이트 조직」의 기재로 치환할 수 있다.
- [0077] (iv) 바람직하게는, 본 발명의 냉간 공구 재료는 「열간 가공에 의한 연신 방향과 평행한 단면의 어닐링 조직 중, 또한, 연신 법선 방향에 수직인 단면의 어닐링 조직에서 관찰되는 원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이상인 탄화물은, 상기의 (1) 식으로 구해지는 탄화물 배향도 $0c$ 의 표준 편차가 10.0 이상인」 것이다.
- [0078] 그리고, 상기의 「탄화물 배향도 $0c$ 의 표준 편차」에 대해, 이 값을, 또한, 냉간 공구 재료의 ND 단면에서도 조정하는 것이, 본 발명의 「팽창 치수 변동 저감 효과」의 향상에 효과적이다. ND 단면이란, 냉간 공구 재료의 연신 방향과 평행한 단면의 어닐링 조직 중, ND 방향(Normal Direction; 연신 법선 방향)에 수직인 단면이고, 말하자면, 열간 가공 시에 가압되는 면(즉, 가압 공구가 접촉하는 면)과 평행한 단면이다. 즉, 도 11에 도시한 바와 같다(냉간 공구 재료는 대략 직육면체로 나타나 있음).
- [0079] ND 단면도 또한, TD 단면과 마찬가지로, 열간 가공 시의 연신 방향(즉, 재료의 길이 방향)으로 연장된 단면이다. 그러나, 열간 가공 시의 재료의 폭 방향(TD 방향)에 대해, 그 폭 방향으로의 압축을 억제함으로써

(예를 들어, 가압 공구로 구속하지 않음으로써), 주조 조직 시의 정출 탄화물이 나타나 있던 랜덤의 배향을 유지할 수 있어, 상기의 「탄화물 배향도 0c의 표준 편차」를 크게 조정하기 쉬운 단면이다. 따라서, 본 발명이 조정하는 원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이상인 탄화물의 「탄화물 배향도 0c의 표준 편차」에 대해, 이 값을, TD 단면에서는 「6.0 이상」으로 조정하는 것에 더하여, ND 단면에서는, 특별히 크게 조정함으로써, 본 발명의 「팽창 치수 변동 저감 효과」의 더 한층의 향상에 유효하다. 그리고, 바람직하게는 상기 ND 단면의 어닐링 조직에서 관찰되는 원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이상인 탄화물의, 상기 (1) 식으로 구해지는 탄화물 배향도 0c의 표준 편차를, 「10.0 이상」으로 하는 것이다. 보다 바람직하게는 「12.0 이상」이다.

[0080] 단, 상기의 표준 편차의 값이 지나치게 큰 냉간 공구 재료는 주조 조직의 파괴가 진행되어 있지 않은 재료라고 할 수 있고, 냉간 공구로 했을 때에 인성의 열화가 염려된다. 따라서, ND 단면에 있어서의 상기의 표준 편차는, 바람직하게는 「20.0 이하」로 한다. 보다 바람직하게는 「16.0 이하」로 한다.

[0081] 상기의 (iv)의 요건에 있어서, 그 「어닐링 조직」의 기재는 본 발명의 냉간 공구에 있어서, 「마르텐사이트 조직」의 기재로 치환할 수 있다.

[0082] 또한, 도 11에 도시한 바와 같이, 냉간 공구 재료의 단면에는 상기 TD 단면 및 ND 단면 외에, RD 단면이 존재한다. RD 단면이란, 냉간 공구 재료의 RD 방향(Rolling Direction; 연신 방향)에 수직인 단면이다. 그리고, 이 RD 단면은 TD 단면이나 ND 단면과 달리, 실질적으로 열간 가공 시의 연신 방향으로 연장되지 않는 단면이다. 따라서, 이 RD 단면의 어닐링 조직에 있어서, 상기의 「원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이상인 탄화물」이, 가령, 1.0 내지 30.0면적% 정도 존재하고 있었다고 해도, 그 개개의 탄화물의 원 상당 직경을 평균한 값은 TD 단면이나 ND 단면의 그것보다도 작은 것이라고 할 수 있다. 즉, 일례로서, TD 단면이나 ND 단면에 있어서의 상기의 「원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이상인 탄화물」의 원 상당 직경의 평균값이 $6.0\mu\text{m}$ 이상이고, 그 구체적인 값이 「 $8.0\mu\text{m}$ 」나 「 $10.0\mu\text{m}$ 」이면, 이에 대한 RD 단면의 상기 값은 「 $8.0\mu\text{m}$ 미만」이나 「 $10.0\mu\text{m}$ 미만」이라고 한 상태이다.

[0083] 따라서, 상기한, 본 발명의 냉간 공구 재료의 「열간 가공에 의한 연신 방향과 평행한 단면의 어닐링 조직 중, 연신 직각 방향에 수직인 단면의 어닐링 조직」의 요건은 냉간 공구 재료의 「대략 직육면체의 외면과 평행한 3 방향의 단면의 어닐링 조직 중, 이 어닐링 조직에서 관찰되는 원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이상인 탄화물의 원 상당 직경의 평균값이 가장 작은 단면의 어닐링 조직을 제외한 2방향의 단면의 어닐링 조직이고, 원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이상인 탄화물의 상기 (1) 식으로 구해지는 탄화물 배향도 0c의 표준 편차가 작은 쪽의 단면의 어닐링 조직」이라고 표기할 수도 있다. 그리고, 본 발명의 냉간 공구에 있어서는, 상기의 「어닐링 조직」을 「마르텐사이트 조직」으로 치환할 수 있다.

[0084] 그리고, 상기한, 본 발명의 냉간 공구 재료의 「열간 가공에 의한 연신 방향과 평행한 단면의 어닐링 조직 중, 연신 법선 방향에 수직인 단면의 어닐링 조직」의 요건은 냉간 공구 재료의 「대략 직육면체의 외면과 평행한 3 방향의 단면의 어닐링 조직 중, 이 어닐링 조직에서 관찰되는 원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이상인 탄화물의 원 상당 직경의 평균값이 가장 작은 단면의 어닐링 조직을 제외한 2방향의 단면의 어닐링 조직이고, 원 상당 직경이 $5.0\mu\text{m}$ 이상인 탄화물의 상기 (1) 식으로 구해지는 탄화물 배향도 0c의 표준 편차가 큰 쪽의 단면의 어닐링 조직」이라고 표기할 수도 있다. 그리고, 본 발명의 냉간 공구에 있어서는, 상기의 「어닐링 조직」을 「마르텐사이트 조직」으로 치환할 수 있다.

[0085] 본 발명의 냉간 공구 재료의 어닐링 조직은 출발 재료인 강괴 또는 강편에 열간 가공을 행하는 공정에 있어서, 그 가공 조건을 적절하게 관리함으로써, 달성 가능하다. 즉, 상기의 TD 단면에 있어서, 탄화물 배향도 0c의 표준 편차가 「6.0 이상」인, 미고용 탄화물의 배향이 "부정렬"로 흐트러진 어닐링 조직으로 하기 위해서는, 열간 가공 시의 가공비를 최저한으로 억제하는 것이 중요하다. 그리고, 탄화물 배향도 0c의 표준 편차를 6.0 이상으로 조정하기 위해서는, 상기의 강괴(또는 강편)를 열간 가공할 때에, 그 열간 가공에 의해 단면적이 감소하게 되는 강괴(또는 강편)의 횡단면의 단면적 A와, 그 열간 가공 후에 단면적이 감소한 횡단면의 단면적 a의 비 A/a 로 표현되는 「단련 성형비」를, 「8.0 이하」의 실체 단련으로 하는 것이 바람직하다. 실체 단련이란, 실체(즉, 상기의 강괴 또는 강편)를 단련하고, 그 단면적을 감소하여 길이를 증가시킨 경우의 열간 가공이다. 보다 바람직하게는 「7.0 이하」이다. 더욱 바람직하게는 「6.0 이하」이다. 상기의 단련 성형비가 지나치게 크면, 상기의 TD 단면에 있어서, 강괴 중의 정출 탄화물이 열간 가공의 연신 방향으로 "정렬하여" 배향되고, 탄화물 배향도 0c의 표준 편차를 크게 하기 어렵다.

[0086] 단, 상기의 단련 성형비가 지나치게 작으면, 주조 조직이 파괴되지 않고, 냉간 공구로 했을 때에 인성의 열화가 염려된다. 따라서, 상기의 단련 성형비는, 바람직하게는 「2.0 이상」으로 한다. 보다 바람직하게는 「3.0 이상」이다.

- [0087] 또한, 상기의 ND 단면에 있어서, 탄화물 배향도 0c의 표준 편차가 「10.0 이상」인, 미고용 탄화물의 배향이 "부정렬"로 흐트러진 어닐링 조직으로 하기 위해서는, 열간 가공 시의 재료의 폭 방향(TD 방향)에 대해, 그 폭 방향으로의 압축을 억제하는 것이 유효하다. 구체적으로는, 예를 들어 열간 가공 중의 재료(강괴)의 폭 방향에 있어서의 양단을, 가압 공구 등으로 구속하지 않는 것이 바람직하다. 이에 대해서는, 열간 가공 후의 재료의 폭 형상이나 폭 치수를 정돈하기 위해, 상기의 양단을 구속해도 된다. 그러나, 예를 들어 열간 가공 후의 재료의 폭이, 열간 가공 전의 강괴의 폭보다도 작아질 정도로, 상기의 양단을 구속하면, 열간 가공 후의 냉간 공구 재료의 ND 단면에 있어서, 강괴 중의 정출 탄화물이 열간 가공의 연신 방향으로 "정렬하여" 배향되기 쉽고, 탄화물 배향도 0c의 표준 편차를 크게 하기 어렵다.
- [0088] 열간 가공 중의 재료(강괴)의 폭 방향의 양단을 구속하지 않거나, 또는 구속한다고 해도, 과도하게 구속하지 않고, 연신할 수 있는 열간 가공의 방법으로서, 예를 들어 자유 단조에 의한 프레스, 해머, 밀 등의 분괴기를 사용할 수 있다.
- [0089] 종래, 「고C 고Cr」의 냉간 공구 재료의 열처리 치수 변동을 경감하기 위해서는, 오로지 큰 탄화물을 저감하는 것이 유효한 것으로 되어 있고, 그것을 위해서는, 상기한 열간 가공 시의 가공비를 높여, 탄화물을 미세하게 하는 수법이 취해지고 있었다. 그러나, 탄화물을 많이 포함하는 소재는 열간 가공성이 나쁘다. 따라서, 「고C 고Cr」의 냉간 공구 재료의 경우, 그 어닐링 조직 중의 탄화물을 미세화하는 것은 용이하지 않았다. 이와 같은 배경에 있어서, 본 발명은 큰 탄화물의 배향을 "부정렬"로 흐트러뜨리는 것이고, 이 큰 탄화물을 애써 미세하게 할 필요가 없다. 따라서, 열처리 치수 변동을 경감한 냉간 공구 재료를 효율적으로 제공할 수 있다.
- [0090] 또한, 본 발명의 냉간 공구 재료를 제작할 때에는, 상기한 열간 가공 시의 가공비나, 재료의 구속 정도의 조정 에 더하여, 그 열간 가공 전의 강괴(또는 강편)의 제작 단계에 있어서의, 응고 공정의 진행 상태를 적절하게 관리하는 것도 유효하다. 예를 들어, 주형에 주입하기 직전의 「용강의 온도」의 조정이 중요하다. 용강의 온도를 낮게 관리함으로써, 예를 들어 냉간 공구 재료의 용점+100℃ 전후까지의 온도 범위 내에서 관리함으로써, 주형 내의 각 위치에 있어서의 응고 개시 시기의 차이에 의한 용강의 국부적인 농화를 경감하여, 덴드라이트의 성장에 기인하는 정출 탄화물의 조대화를 억제할 수 있다. 그리고, 예를 들어 주형에 주입된 용강을, 그 고상-액상의 공존 영역을 빠르게 통과하도록 냉각하는 것이, 예를 들어 60분 이내의 냉각 시간으로 하는 것이 효과적이다. 정출 탄화물의 조대화를 억제함으로써, 열간 가공 시의 가공비가 작은 조건에서도, 정출 탄화물을 적절하게 분쇄할 수 있고, 그 결과, 어닐링 조직 중에 있어서의 미고용 탄화물을 "소밀 없이" 분포시킬 수 있다. 그리고, 이들의 조건으로 제작한 강괴(또는 강편)에, 상술한 단련 성형비나, 재료의 구속의 정도를 적용한 열간 가공을 행함으로써, 본 발명의 탄화물 배향도 0c의 표준 편차가 큰 냉간 공구 재료를 얻을 수 있다.
- [0091] 그리고, 재료의 길이 방향의 팽창 치수 변동을 억제한다는 본 발명에 있어서, 상기의 미고용 탄화물의 분포는 특히, 냉간 공구 재료의 "두께 방향"에 있어서 밀한 것, 즉 도 1 등에 있어서, 대략 줄무늬상을 형성하는 미고용 탄화물의 한층 한층의 간격이 "좁은" 것이 유효하다. 이에 의해, 재료의 길이 방향으로 발생하는 팽창 치수 변동의 정도를, 그 두께 방향에 걸쳐서 균등하게 할 수 있다.
- [0092] (v) 본 발명의 냉간 공구의 제조 방법은 「본 발명의 냉간 공구 재료에 퀴칭 및 템퍼링을 행하는」 것이다.
- [0093] 상술한 본 발명의 냉간 공구 재료는 퀴칭 및 템퍼링에 의해 소정의 경도를 가진 마르텐사이트 조직으로 제조되고, 냉간 공구의 제품으로 갖추어진다. 그리고, 상술한 본 발명의 냉간 공구 재료는 절삭이나 천공 등의 각종 기계 가공 등에 의해, 냉간 공구의 형상으로 정돈된다. 이 기계 가공의 타이밍은 퀴칭 템퍼링 전의, 재료의 경도가 낮은 상태(즉, 어닐링 상태)에서 행하는 것이 바람직하다. 이에 의해, 퀴칭 템퍼링 시에 발생하는 열처리 치수 변동에 관하여, 본 발명의 「팽창 치수 변동 저감 효과」가 효과적으로 발휘된다. 이 경우, 상기의 퀴칭 템퍼링 후에 마무리의 기계 가공을 행해도 된다.
- [0094] 이 퀴칭 및 템퍼링의 온도는 소재의 성분 조성이나 목적 경도 등에 따라 상이하지만, 퀴칭 온도는 대략 950 내지 1100℃ 정도, 템퍼링 온도는 대략 150 내지 600℃ 정도인 것이 바람직하다. 예를 들어, 냉간 공구강의 대표 강종인 SKD10이나 SKD11의 경우, 퀴칭 온도는 1000 내지 1050℃ 정도, 템퍼링 온도는 180 내지 540℃ 정도이다. 퀴칭 템퍼링 경도는 58HRC 이상으로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 60HRC 이상이다. 또한, 이 퀴칭 템퍼링 경도에 대해, 상한은 특별히 요하지 않지만, 66HRC 이하가 현실적이다.
- [0095] 실시예
- [0096] 소정의 성분 조성으로 조정된 용강(용점: 약 1400℃)을 주조하고, 표 1의 JIS-G-4404의 규격 강종인 냉간 공구강 SKD10의 성분 조성을 갖는 소재 A, B, C, D를 준비했다. 또한, 모든 소재에 있어서, Cu, Al, Ca, Mg, O, N

는 무첨가이고(단, Al은 용해 공정에 있어서의 탈산제로서 첨가한 경우를 포함함), $Cu \leq 0.25\%$, $Al \leq 0.25\%$, $Ca \leq 0.0100\%$, $Mg \leq 0.0100\%$, $O \leq 0.0100\%$, $N \leq 0.0500\%$ 였다.

[0097]

이때, 주형으로의 주탕 전에 있어서, 용강의 온도는 $1500^{\circ}C$ 로 조정했다. 그리고, 소재 A, B, C, D의 각각에서 주형의 치수를 변경한 것이고, 주형으로의 주탕 후에 있어서, 고상-액상의 공존 영역의 냉각 시간들, 소재 A, B: 45분, 소재 C: 106분, 소재 D: 168분으로 했다.

표 1

소재	m a s s %								
	C	S i	M n	P	S	C r	M o	V	F e [※]
A	1.48	0.53	0.42	0.022	0.0002	11.9	0.76	0.74	Bal.
B	1.48	0.48	0.42	0.022	0.0004	12.0	0.73	0.79	Bal.
C	1.52	0.31	0.39	0.020	0.0007	11.7	0.74	0.81	Bal.
D	1.48	0.42	0.32	0.025	0.0008	11.4	0.87	0.69	Bal.

※불순물을 포함한다

[0098]

[0099]

이어서, 이들 소재를 $1160^{\circ}C$ 로 가열하고, 프레스에 의한 자유 단조의 열간 가공을 행하고, 열간 가공을 행한 후에 방랭하여, 표 2에 나타내는 치수의 강재를 얻었다(길이는 모두 1000mm). 이때, 상기의 열간 가공에 있어서의 실제 단련의 단련 성형비도, 표 2에 나타낸다. 그리고, 상기에서 얻은 강재에 $860^{\circ}C$ 의 어닐링 처리를 행하여, 냉간 공구 재료 1 내지 8을 제작했다(경도 190HBW). 그리고, 이하의 요령에 의해, 냉간 공구 재료 1 내지 8의 단면의 어닐링 조직을 관찰하여, 원 상당 직경이 $5.0\mu m$ 이상인 탄화물의 분포 상황을 확인했다.

[0100]

먼저, 각각의 냉간 공구 재료에 대해, 그 표면으로부터 폭 방향으로 1/4 내부에 들어간 위치이고, 또한 표면으로부터 두께 방향으로 1/2 내부에 들어간 위치의, 열간 가공의 연신 방향(즉, 재료의 길이 방향)에 대해 평행한 TD면 및 ND면으로부터, 각각 단면적이 $15mm \times 15mm$ 인 절단면을 채취했다. 그리고, 이 절단면을 다이아몬드 슬러리를 사용하여 경면으로 연마했다. 이어서, 이 연마한 절단면의 어닐링 조직을, 탄화물과 기지의 경계가 명료해지도록, 전해 연마에 의해 부식했다. 그리고, 이 부식 후의 단면을 배율 200배의 광학 현미경으로 관찰하고, $877\mu m \times 661\mu m (=0.58mm^2)$ 의 영역이 되는 1시야를 10시야 촬영했다.

[0101]

그리고, 촬영한 광학 현미경 사진을 화상 처리하고, 탄화물과 기지의 경계인, 상기의 부식에 의한 착색부와 미착색부의 경계를 임계값으로 한 2치화 처리를 행하여, 단면 조직의 기지 중에 분포하는 탄화물을 나타낸 2치화 화상을 얻었다. 도 1 내지 8은 냉간 공구 재료 1 내지 8의 TD 단면 및 ND 단면에 대해, 각각의 2치화 화상의 일례를, 순서대로 나타낸 것이다(탄화물은 백색의 분포로 나타나 있음). 그리고, 다시 화상 처리함으로써, 원 상당 직경이 $5.0\mu m$ 이상인 탄화물을 추출하여, 그 탄화물의 원 상당 직경 $D(\mu m)$ 와, 탄화물의 근사 타원의 장축과 열간 가공의 연신 방향이 이루는 각도 $\theta(rad)$ 를 구하고, 개개의 탄화물에 있어서의 상기의 원 상당 직경 D 와 각도 θ 의 곱인 「탄화물 배향도 $0c$ 」를, TD 단면 및 ND 단면의 각각에서 구했다. 구한 탄화물 배향도 $0c$ 의 분포의 일례로서, 냉간 공구 재료 2, 7의 TD 단면에 있어서의 상기의 분포를 도 9에 도시해 둔다. 그리고, 이 구한 탄화물 배향도 $0c$ 에 대해, 상기의 10시야분에 있어서의 표준 편차를 구했다. 또한, 이들 일련의 화상 처리 및 해석에는 미국 국립 위생 연구소(NIH)가 제공하고 있는 오픈 소스 화상 처리 소프트웨어 ImageJ(<http://imageJ.nih.gov/ij/>)를 사용했다.

[0102]

이상의 결과를, 표 2에 정리하여 나타낸다. 또한, 표 2에는 상기한 10시야분의 2치화 화상을 화상 해석함으로써 구한, TD 단면 및 ND 단면의 각각에 있어서의, 원 상당 직경이 $5.0\mu m$ 이상인 탄화물의 면적률 및 그 원 상당 직경의 평균값도 기재한다. 이 중, 원 상당 직경의 평균값에 대해서는, 모든 냉간 공구 재료에 있어서, TD 단면 및 ND 단면이고, 대략 9.0 내지 $15.0\mu m$ 이고, RD 단면에서 구한 원 상당 직경의 평균값보다도 큰 것이 확인 완료되었다.

표 2

공구 재료	소재	치수 (두께 mm × 폭 mm)	단면 성형비	원 상당 직경이 5.0μm 이상인 탄화물						비고
				탄화물 배향도 O c 의 표준 편차		면적률 (%)		원 상당 직경의 평균값 (μm)		
				TD단면	ND단면	TD단면	ND단면	TD단면	ND단면	
1	A	75×630	5.1	7.1	13.9	9.9	7.6	12.1	14.6	본 발명에
2	A	80×110	3.1	7.1	10.0	9.1	7.1	9.3	11.5	
3	B	38×535	7.1	6.1	9.3	8.5	7.3	10.4	12.6	
4	B	43×535	6.4	6.0	10.5	7.6	8.3	10.7	12.0	
5	B	105×535	3.9	7.6	16.2	6.8	7.5	11.5	13.9	본 발명에
6	B	125×535	3.3	8.7	13.8	7.9	8.5	12.3	12.5	
7	C	80×630	8.1	4.7	10.7	7.6	6.4	11.7	13.2	
8	D	60×500	12.0	3.1	6.3	6.6	5.5	10.6	10.1	
비교예										

[0103]

[0104]

그리고, 이들 냉간 공구 재료 1 내지 8에 퀴칭을 행하였을 때에, 발생하는 열처리 치수 변동을 평가했다. 여기서, 열처리 치수 변동의 평가를 "퀴칭 시"로 한 것은 퀴칭을 행한 시점에서 길이 방향의 팽창 치수 변동이 크면, 이미 다음의 템퍼링 공정에서 이 팽창 치수 변동을 해소하기 어렵기 때문이다.

[0105]

상기의 열처리 치수 변동을 평가하기 위한 시험편은 냉간 공구 재료의 탄화물 배향도 Oc를 확인한 위치로부터, 냉간 공구 재료의 길이 방향과 시험편의 길이 방향이 일치하도록 채취했다. 시험편의 치수는 길이 30mm×폭 25mm×두께 20mm이다. 또한, 시험편의 6면에는 각 면 사이가 평행이 되도록 연마를 행하였다.

[0106]

이어서, 이들 시험편에 1030℃로부터의 퀴칭을 행하여, 마르텐사이트 조직을 가진 시험편으로 했다. 그리고, 그 퀴칭의 전후에, 시험편의 길이 방향의 면 사이의 치수를 측정하고, 시험편의 길이 방향의 열처리 치수 변동을 구했다. 면 사이의 치수는 면의 중심 부근의 3점에 있어서의 면 사이를 측정하고, 그 3점에서의 평균값으로 했다. 그리고, 열처리 치수 변동은 퀴칭 후의 치수 B의, 퀴칭 전의 치수 A로부터의 변화율 [(치수 B-치수 A)/치수 A]×100(%)를 열처리 치수 변동률로서 구했다(즉, 팽창의 경우, 플러스값이 됨).

[0107] 또한, 이때, 켄칭의 전후에, 시험편의 폭 방향의 면 사이의 치수도 측정하고, 시험편의 폭 방향의 열처리 치수 변동률도 구했다. 이 요령은 상기한 시험편의 길이 방향의 열처리 치수 변동률을 구했을 때와 동일하다. 그리고, 이 폭 방향의 열처리 치수 변동률을 "제로 기준"으로 했을 때의, 길이 방향의 열처리 치수 변동률 [(길이 방향의 열처리 치수 변동률)-(폭 방향의 열처리 치수 변동률)]도 구했다(표 3의 「폭 방향을 기준으로 한 재료의 길이 방향의 치수 변동률(%)」이 그것에 상당함). 이에 의해, 팽창률이 가장 큰, 재료의 길이 방향의 열처리 치수 변동 「자체」에 더하여, 그 재료의 폭 방향에 대한 열처리 치수 변동의 「이방성」도 평가할 수 있다. 냉간 공구 재료 1 내지 8에 있어서의 상기의 열처리 치수 변동률을 표 3에 나타낸다.

표 3

공구 재료	탄화물 배향도 O c 의 표준 편차		재료의 길이 방향의 치수 변동률 (%)	폭 방향을 기준으로 한 재료의 길이 방향의 치수 변동률(%)	비고
	TD단면	ND단면			
1	7.1	13.9	0.09	0.04	본 발명에
2	7.1	10.0	0.07	0.03	
3	6.1	9.3	0.07	0.05	
4	6.0	10.5	0.08	0.04	
5	7.6	16.2	0.07	0.02	
6	8.7	13.8	0.09	0.04	
7	4.7	10.7	0.12	0.10	비교예
8	3.1	6.3	0.17	0.15	

[0108]

[0109] 종래의 냉간 공구 재료에 상당하는 냉간 공구 재료 8의 어닐링 조직에 관찰되는 탄화물은, 도 8에 도시한 바와 같이 그 재료의 길이 방향으로 "정렬하여" 배향되어 있었다. 그리고, 원 상당 직경이 5.0 μ m 이상인 탄화물이 나타나고 있는 상기의 탄화물 배향도 Oc의 표준 편차는 TD 단면에 있어서 3.1이고, 켄칭 후의 길이 방향의 치수 변동률은 0.17%의 팽창이었다. 또한, 폭 방향을 기준으로 한 길이 방향의 치수 변동률은 0.15%이고, 폭 방향의 팽창에 비해, 길이 방향의 팽창(즉, 열처리 치수 변동의 이방성)이 현저했다.

[0110] TD 단면에 있어서의 상기의 탄화물 배향도 Oc의 표준 편차가 4.7인 냉간 공구 재료 7(도 7)도, 켄칭 후의 길이 방향의 치수 변동률은 0.10%를 초과하고 있었다. 그리고, 폭 방향을 기준으로 한 길이 방향의 치수 변동률은 0.10%이고, 열처리 치수 변동의 이방성이 컸다.

[0111] 이에 비해, 본 발명의 냉간 공구 재료 1 내지 6의 어닐링 조직에 관찰되는 탄화물은, 도 1 내지 6에 도시한 바와 같이 그 재료의 길이 방향에 대해, 배향이 부정렬로 흐트러져 있었다. 그리고, 원 상당 직경이 5.0 μ m 이상인 탄화물이 나타나 있는 탄화물 배향도 Oc의 표준 편차는 TD 단면에 있어서 6.0 이상이고, 켄칭 후의 길이 방향의 치수 변동은 냉간 공구 재료 8의 그것에 비해 경감되어 있었다. 또한, 폭 방향을 기준으로 한 길이 방향의 치수 변동률도 작고, 열처리 치수 변동의 이방성도 경감되었다.

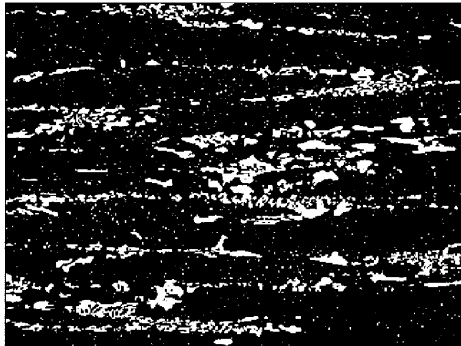
[0112] 그리고, 본 발명의 냉간 공구 재료 1 내지 6 중에서도, ND 단면에 있어서의 상기의 탄화물 배향도 Oc의 표준 편차가 10.0 이상이었던 냉간 공구 재료 1, 2, 4 내지 6은 켄칭 후의 길이 방향의 치수 변동률이 작은 것에 더하여, 냉간 공구 재료 3에 비해, 열처리 치수 변동의 이방성도 경감되어 있었다.

[0113] 본 발명인 냉간 공구 재료 2와, 비교예인 냉간 공구 재료 7은 동일한 두께를 갖는 재료이다. 그러나, 냉간 공구 재료 7은 주조 시에 있어서의 냉각 시간이, 냉간 공구 재료(2)의 그것에 비해 느리고, 또한 열간 가공 시의 단련 성형비도 큰 것에도 기인하여 재료의 길이 방향으로 배향된 탄화물의 빈도 비율이 높고, 도 9에 있어서의 탄화물 분포의 저변의 기울기가 급했다. 또한, 냉간 공구 재료의 "두께 방향"에 있어서의 탄화물의 층 간격도 넓었다. 이에 비해, 냉간 공구 재료 2는 배향이 흐트러진 탄화물이 증가하고, 도 9에 있어서의 탄화물 분포의 저변의 기울기가 완만하게 넓어졌다. 또한, 재료의 상기 "두께 방향"에 있어서의 탄화물의 층 간격도 좁았다.

도면

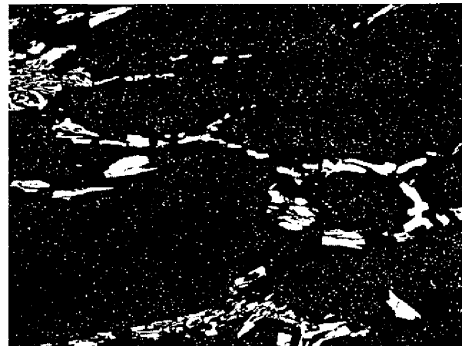
도면1

TD단면



100μm

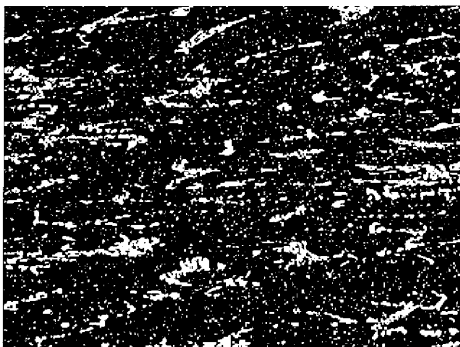
ND단면



100μm

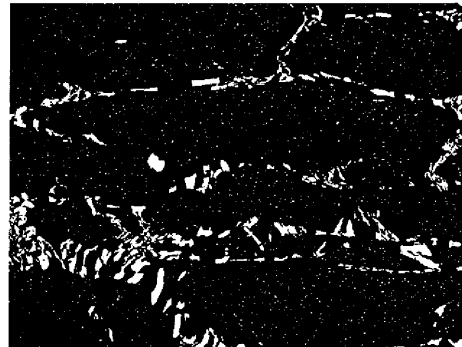
도면2

TD단면



100μm

ND단면



100μm

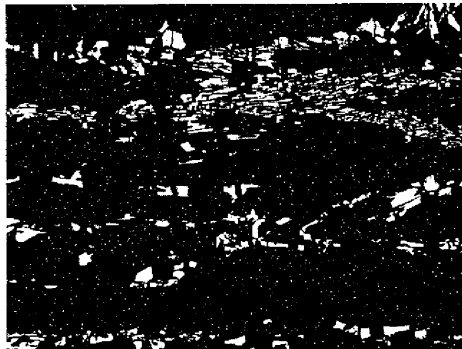
도면3

TD단면



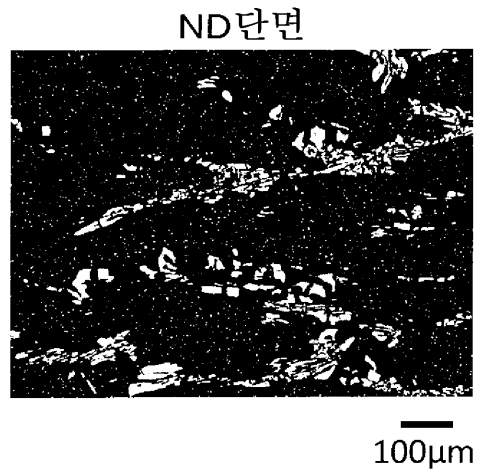
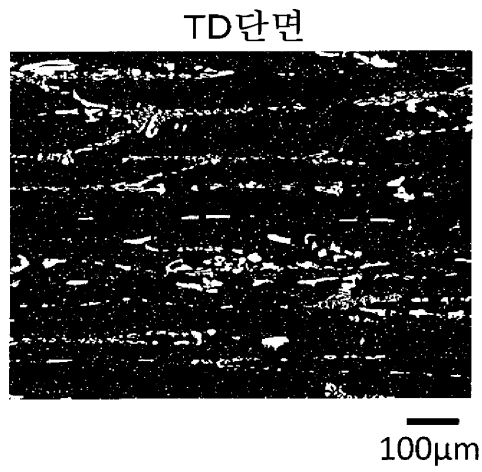
100μm

ND단면

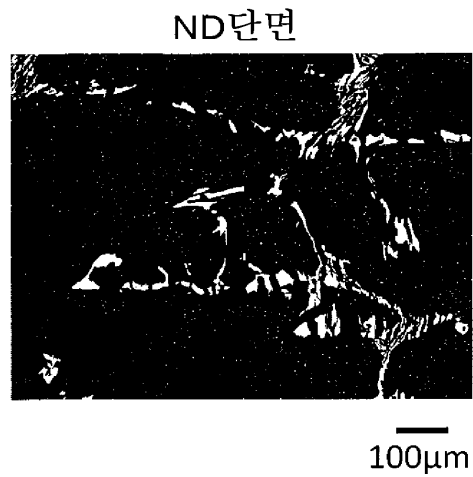
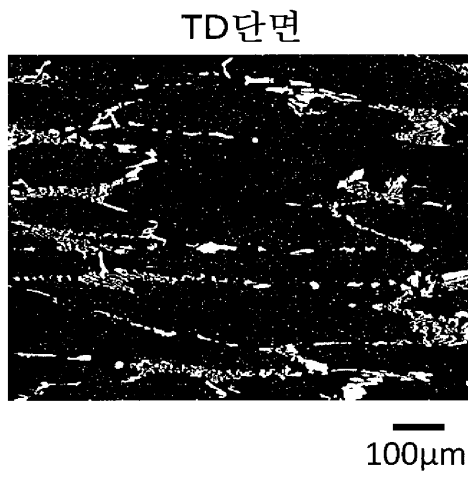


100μm

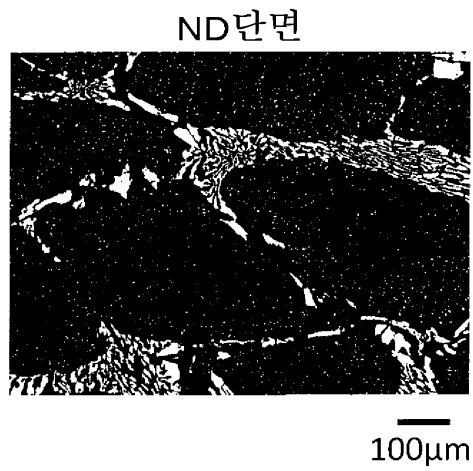
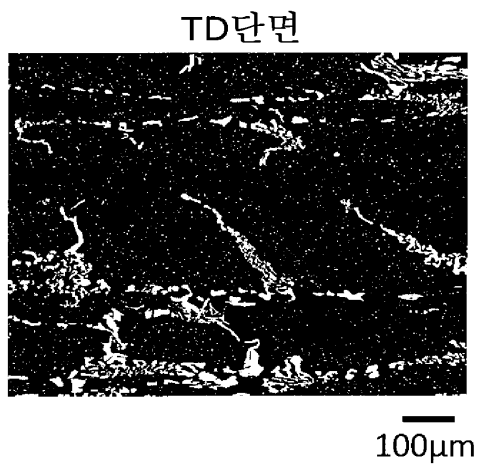
도면4



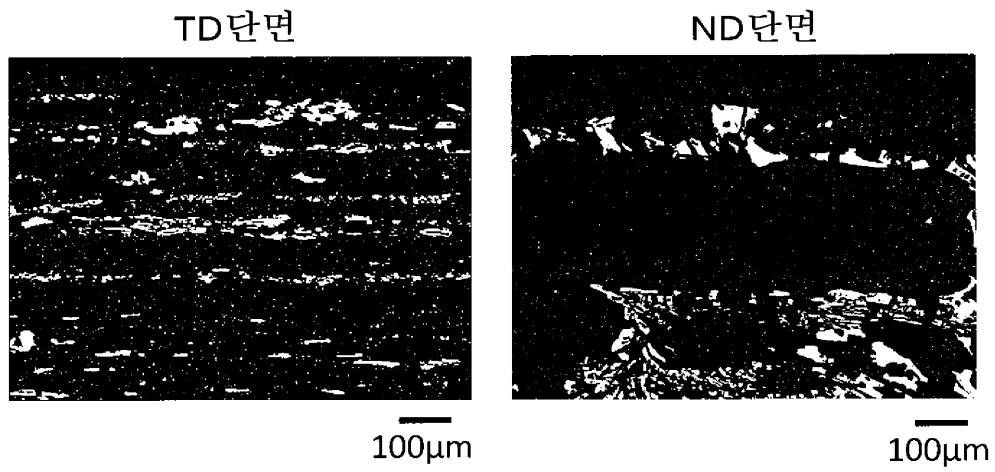
도면5



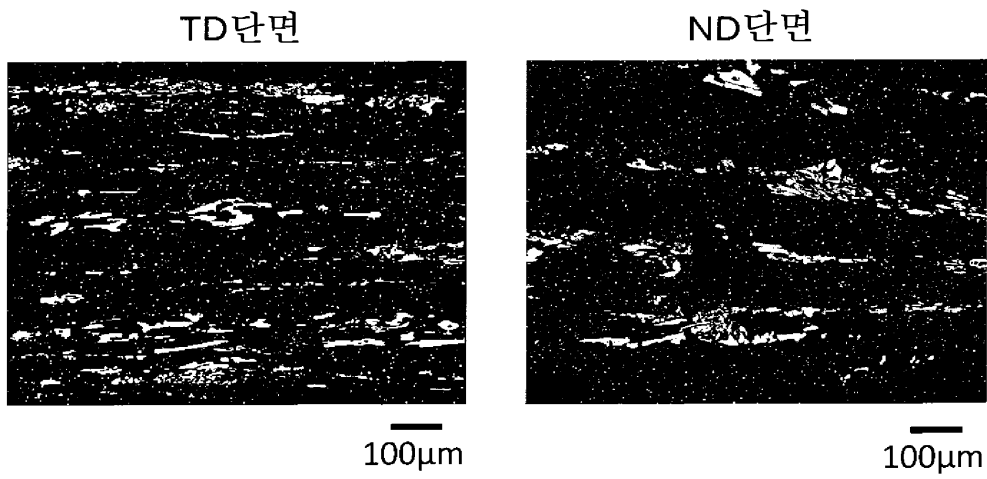
도면6



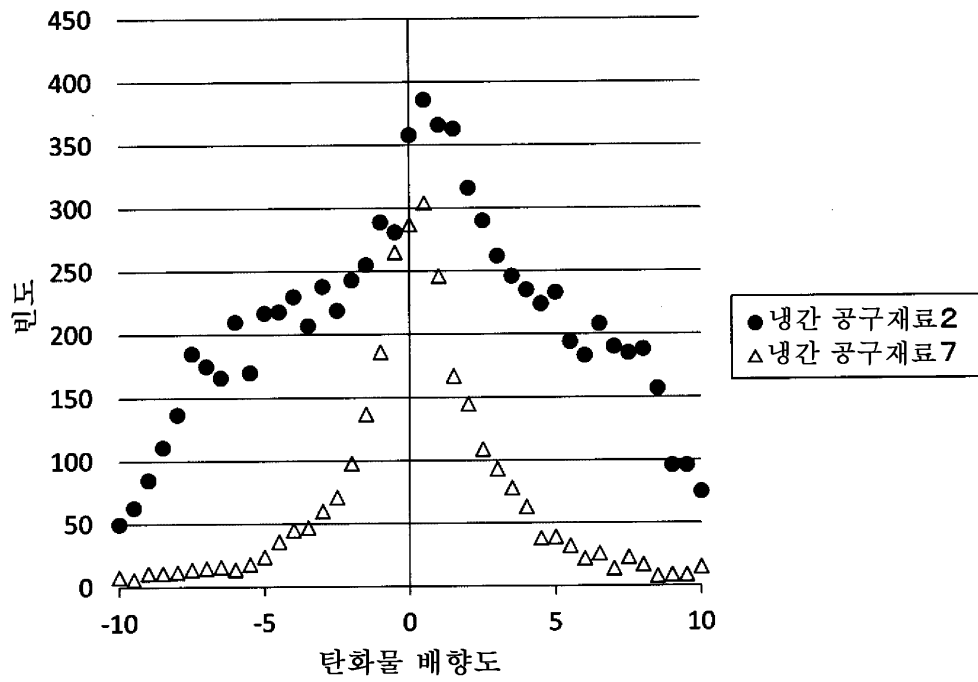
도면7



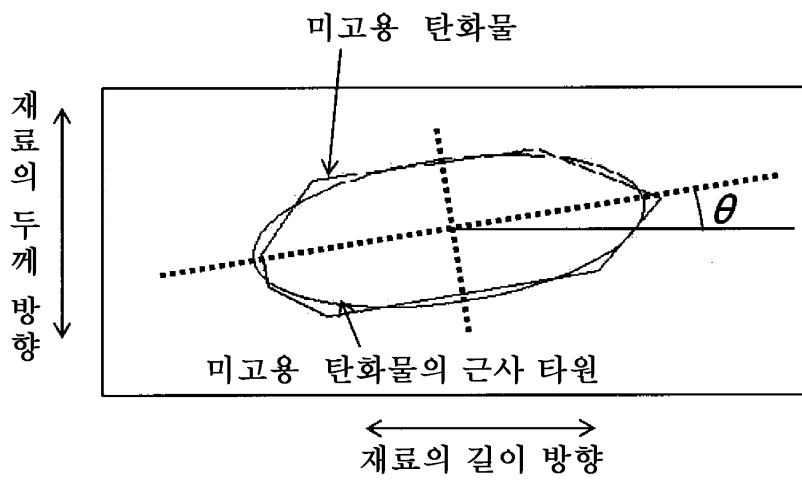
도면8



도면9



도면10



도면11

