



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년12월03일
(11) 등록번호 10-2738187
(24) 등록일자 2024년11월29일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 29/06 (2006.01) B22F 5/00 (2006.01)
C22C 1/05 (2023.01) C22C 29/08 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C22C 29/067 (2013.01)
C22C 1/051 (2023.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7013712
- (22) 출원일자(국제) 2019년09월20일
심사청구일자 2022년07월04일
- (85) 번역문제출일자 2020년05월13일
- (65) 공개번호 10-2021-0084337
- (43) 공개일자 2021년07월07일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2019/036928
- (87) 국제공개번호 WO 2020/090280
국제공개일자 2020년05월07일
- (30) 우선권주장
JP-P-2018-206545 2018년11월01일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
US04497660 A*
US20120144753 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
스미토모덴키고교가부시키가이샤
일본 오사카후 오사카시 주오쿠 기타하마 4쵸메 5반33고
- (72) 발명자
야마니시 다카토
일본 541-0041 오사카후 오사카시 주오쿠 기타하마 4쵸메 5반33고 스미토모덴키고교가부시키가이샤 나이
즈다 게이이치
일본 541-0041 오사카후 오사카시 주오쿠 기타하마 4쵸메 5반33고 스미토모덴키고교가부시키가이샤 나이
- (74) 대리인
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 8 항

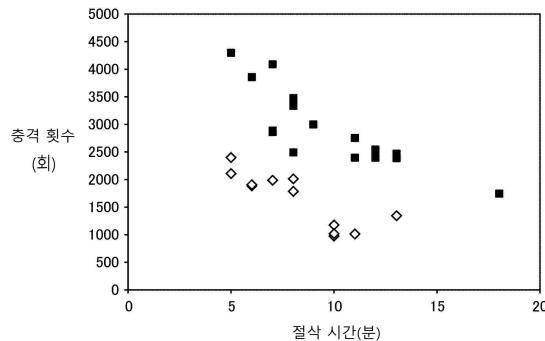
심사관 : 이상훈

(54) 발명의 명칭 초경합금, 절삭 공구 및 초경합금의 제조 방법

(57) 요약

제1 경질상 및 결합상을 포함하는 초경합금으로서, 제1 경질상은 WC를 포함하고, 결합상은, Co, Ni 및 Cr의 3종의 원소, 또는 Co, Ni, Cr 및 Mo의 4종의 원소로 구성되고, 초경합금 중의 Co의 함유량을 M1, 초경합금 중의 Cr 및 Mo의 합계 함유량을 M2, 초경합금 중의 Ni, Cr 및 Mo의 합계 함유량을 M3, 및 초경합금 중의 Co, Ni, Cr 및 Mo의 합계 함유량을 M4로 나타냈을 때, 비율 M1/M4가 15~50%이고, 비율 M2/M3이 15~40%이고, Cr/Mo 리치 입자가 차지하는 면적의 비율이 1% 미만이고, Cr/Mo 리치 입자는, 초경합금의 단면의 원소 맵핑에 있어서, Cr 및 Mo 중 적어도 하나의 농도가 M4에 대한 M1의 비율보다 높은 영역의 구성 입자이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C22C 29/08 (2013.01)

C22C 29/08 (2013.01)

B22F 2005/001 (2013.01)

B22F 2998/10 (2021.08)

B22F 2999/00 (2021.08)

명세서

청구범위

청구항 1

제1 경질상 및 결합상을 포함하는 초경합금으로서,

상기 초경합금에서의 제1 경질상의 비율은 30~95 질량%이고, 상기 초경합금에서의 상기 결합상의 비율은 1~30 질량%이고,

상기 제1 경질상은 WC를 포함하고,

상기 결합상은, Co, Ni 및 Cr의 3종의 원소, 또는 Co, Ni, Cr 및 Mo의 4종의 원소로 구성되고,

상기 초경합금 중의 Co의 함유량을 M1, 상기 초경합금 중의 Cr 및 Mo의 합계 함유량을 M2, 상기 초경합금 중의 Ni, Cr 및 Mo의 합계 함유량을 M3, 및 상기 초경합금 중의 Co, Ni, Cr 및 Mo의 합계 함유량을 M4로 나타냈을 때,

M4에 대한 M1의 비율이 15% 이상 50% 이하이고,

M3에 대한 M2의 비율이 15% 이상 40% 이하이고,

상기 초경합금 중에서의 Cr/Mo 리치 입자가 차지하는 면적의 비율이 1% 미만이고,

상기 Cr/Mo 리치 입자는, 상기 초경합금의 단면의 원소 맵핑에 있어서, Cr 및 Mo 중 적어도 하나의 농도가 M4에 대한 M2의 비율보다 높은 영역의 구성 입자인 것인 초경합금.

청구항 2

제1항에 있어서, 주기율표의 제4족 원소 및 제5족 원소를 포함하는 군에서 선택되는 적어도 1종의 제1 원소와, C, N, O 및 B를 포함하는 군에서 선택되는 적어도 1종의 제2 원소의 화합물을 포함하는 제2 경질상을 더 포함하는 초경합금.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 화합물은 탄화물인 것인 초경합금.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 탄화물은 TiC, NbC, TaC, TaNbC 및 TiNbC에서 선택되는 적어도 1종인 것인 초경합금.

청구항 5

제2항에 있어서, 상기 제2 경질상을 구성하는 상기 화합물의 평균 입자 직경은 0.1 μm 이상 5 μm 이하인 것인 초경합금.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 기재된 초경합금을 포함하는 기재를 구비하는 절삭 공구.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 기재의 표면의 적어도 일부에 피막을 구비하는 절삭 공구.

청구항 8

제1 경질상의 원료 분말 및 결합상의 원료 분말을 혼합하여 혼합 분말을 조제하는 공정과,

상기 혼합 분말을 가압 성형하여 성형체를 조제하는 공정과,

상기 성형체를 소결하여 초경합금을 제작하는 공정

을 포함하고,

상기 초경합금에서의 제1 경질상의 비율은 30~95 질량%이고, 상기 초경합금에서의 상기 결합상의 비율은 1~30 질량%이고,

상기 제1 경질상의 원료 분말은 WC 분말이고,

상기 결합상의 원료 분말은 Co 분말과 합금 분말을 포함하고,

상기 합금 분말은, Ni와 Cr를 포함하는 합금 분말 및 Ni와 Cr와 Mo를 포함하는 합금 분말 중 적어도 한쪽이며,

상기 결합상의 원료 분말에 있어서, Co의 함유량을 W1, Cr 및 Mo의 합계 함유량을 W2, Ni, Cr 및 Mo의 합계 함유량을 W3, Co, Ni, Cr 및 Mo의 합계 함유량을 W4로 나타냈을 때,

W4에 대한 W1의 비율이 15% 이상 50% 이하이고,

W3에 대한 W2의 비율이 15% 이상 40% 이하인 것인 초경합금의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는, 초경합금, 절삭 공구 및 초경합금의 제조 방법에 관한 것이다. 본 출원은, 2018년 11월 1일에 출원한 일본 특허 출원 제2018-206545호에 기초하는 우선권을 주장한다. 상기 일본 특허 출원에 기재된 모든 기재 내용은 참조에 의해 본 명세서에 인용된다.

배경 기술

[0002] 절삭 공구의 기재로서, 높은 경도를 갖는 초경합금이 이용되고 있다. 최근, 절삭 공구에 대하여, 내열 합금 등의 난삭재료의 가공 필요성이 높아지고 있다. 이러한 난삭재의 절삭 가공시에는, 절삭 공구의 날끝이 고온이 되는 경향이 있고, 이에 따르는 공구 수명의 저하가 문제가 되고 있다.

[0003] 전술한 바와 같은 공구 수명의 저하를 억제하기 위해, 예를 들면 특허문헌 1(일본 특허 공개 제2014-208889호 공보)에는, Al₂O₃, Al을 포함하는 금속간 화합물 등의 고온 내성이 우수한 재료를 포함하는 초경합금(소결체)이 개시되어 있다. 또한, 예를 들면 특허문헌 2(일본 특허 공표 제2013-544963호 공보)에는, 초경합금의 내열성을 향상시키는 데 있어서, 초경합금의 결합상에 Cr 및 Mo를 포함시키는 것이 효과적이라는 것이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 특허문헌 1 : 일본 특허 공개 제2014-208889호 공보

(특허문헌 0002) 특허문헌 2 : 일본 특허 공표 제2013-544963호 공보

발명의 내용

[0005] 본 개시의 일양태에 따른 초경합금은, 제1 경질상 및 결합상을 포함하는 초경합금으로서, 제1 경질상은 WC를 포함하고, 결합상은, Co, Ni 및 Cr의 3종의 원소, 또는 Co, Ni, Cr 및 Mo의 4종의 원소로 구성되고, 초경합금 중의 Co의 함유량을 M1, 초경합금 중의 Cr 및 Mo의 합계 함유량을 M2, 초경합금 중의 Ni, Cr 및 Mo의 합계 함유량을 M3, 및 초경합금 중의 Co, Ni, Cr 및 Mo의 합계 함유량을 M4로 나타냈을 때, M4에 대한 M1의 비율(M1/M4)이 15% 이상 50% 이하이고, M3에 대한 M2의 비율(M2/M3)이 15% 이상 40% 이하이고, 초경합금 중에서의 Cr/Mo 리치 입자가 차지하는 면적의 비율이 1% 미만이다.

[0006] 본 개시의 일양태에 따른 절삭 공구는, 상기 초경합금을 포함하는 기재를 구비하는 절삭 공구이다.

[0007] 본 개시의 일양태에 따른 초경합금의 제조 방법은, 제1 경질상의 원료 분말 및 결합상의 원료 분말을 혼합하여 혼합 분말을 조제하는 공정과, 혼합 분말을 가압 성형하여 성형체를 조제하는 공정과, 성형체를 소결하여 초경합금을 제작하는 공정을 포함하고, 제1 경질상의 원료 분말은 WC 분말이고, 결합상의 원료 분말은 Co 분말과 합

금 분말을 포함하고, 합금 분말은, Ni와 Cr을 포함하는 합금 분말 및 Ni와 Cr와 Mo를 포함하는 합금 분말 중 적어도 한쪽이며, 결합상의 원료 분말에 있어서, Co의 함유량을 W1, Cr 및 Mo의 합계 함유량을 W2, Ni, Cr 및 Mo의 합계 함유량의 W3, Co, Ni, Cr 및 Mo의 합계 함유량을 W4로 나타냈을 때, W4에 대한 W1의 비율(W1/W4)이 15% 이상 50% 이하이고, W3에 대한 W2의 비율(W2/W3)이 15% 이상 40% 이하이다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은, 실시예 1~17 및 비교예 1~12의 각 시험 결과를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] [본 개시가 해결하고자 하는 과제]

[0010] 그러나, Al₂O₃ 및 Al을 포함하는 금속간 화합물은 취성 물질이다. 이 때문에, Al₂O₃ 및 Al을 포함하는 금속간 화합물을 포함하는 초경합금에 있어서는, 시장 요구 레벨을 만족시킬 정도의 높은 내열성과 높은 내결손성을 양립시키는 것이 어렵다. 또한 Cr 및 Mo를 초경합금에 첨가하는 기술은, 절삭 공구에 대한 적용이 어려운 것이 실정이다. 절삭 공구에 요구되는 내열성을 확보하기 위해 초경합금에 대한 Cr 및 Mo의 첨가량을 늘리더라도, 기대되는 내열성의 향상이 보이지 않을 뿐만 아니라, 경도까지 저하되는 경향이 있기 때문이다.

[0011] 이와 같이, 종래의 기술에서는, 높은 내열성과 높은 내결손성을 양립시키는 초경합금을 제공하기에는 이르지 않았다. 본 개시에서는, 높은 내열성과 높은 내결손성을 양립시키는 초경합금, 절삭 공구 및 초경합금의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0012] [본 개시의 효과]

[0013] 본 개시에 의하면, 높은 내열성과 높은 내결손성을 양립시키는 초경합금 및 절삭 공구를 제공할 수 있다.

[0014] [본 개시의 실시형태의 설명]

[0015] 처음에 본 개시의 실시양태를 열거하여 설명한다.

[0016] [1] 본 개시의 일양태에 따른 초경합금은, 제1 경질상 및 결합상을 포함하는 초경합금으로서, 제1 경질상은 WC를 포함하고, 결합상은, Co, Ni 및 Cr의 3종의 원소, 또는 Co, Ni, Cr 및 Mo의 4종의 원소로 구성되고, 초경합금 중의 Co의 함유량을 M1, 초경합금 중의 Cr 및 Mo의 합계 함유량을 M2, 초경합금 중의 Ni, Cr 및 Mo의 합계 함유량을 M3, 및 초경합금 중의 Co, Ni, Cr 및 Mo의 합계 함유량을 M4로 나타냈을 때, M4에 대한 M1의 비율(M1/M4)이 15% 이상 50% 이하이고, M3에 대한 M2의 비율(M2/M3)이 15% 이상 40% 이하이고, 초경합금 중에서의 Cr/Mo 리치 입자가 차지하는 면적의 비율이 1% 미만이다. Cr/Mo 리치 입자는, 상기 초경합금의 단면의 원소 맵핑에 있어서, Cr 및 Mo 중 적어도 하나의 농도가 M4에 대한 M1의 비율보다 높은 영역의 구성 입자이다.

[0017] 상기 초경합금에 의하면, 비율 M1/M4가 15% 이상 50% 이하이기 때문에, 결합상 중에서의 Co의 함유량(질량%)이 적절해진다. 이것에 의해, 초경합금의 소결성이 높아지고, 이에 따라 초경합금의 내결손성을 향상시킬 수 있다. 또한 상기 초경합금에 의하면, 상기에 더하여, 또한 비율 M2/M3이 15% 이상 40% 이하이기 때문에, 결합상 중에서의 Cr 및 Mo의 합계 함유량(질량%)이 적절해진다. 이것에 의해, 초경합금의 내열성을 향상시킬 수 있다. 또 Cr와 Mo의 합계 함유량에 관해, Mo의 함유량은 0 질량%의 경우도 포함한다.

[0018] 한편, M1/M4가 15% 미만인 경우, Co의 함유량(질량%)이 불충분하기 때문에, 초경합금의 내결손성이 저하된다. M1/M4가 50% 초과인 경우, 상대적으로 M2의 비율이 감소하는 것에 의한 내열성의 저하가 야기된다. 또한 M2/M3이 15% 미만인 경우, Cr 및 Mo의 합계 함유량(질량%)이 불충분하기 때문에, 초경합금의 내열성이 저하된다. M2/M3이 40%를 초과하는 경우, Cr 및 Mo 중 적어도 하나가 Ni 및 Co에 완전히 고용되지 않고, 탄화물, 금속간 화합물과 같은 상태로 초경합금 내에 존재하여, 결과적으로 내열성의 저하 및 내결손성의 저하가 야기된다.

[0019] 또한 본 개시의 일양태에 따른 상기 초경합금은, 또한 Cr/Mo 리치 입자가 차지하는 면적의 비율이 1% 미만이다. 또, Cr/Mo 리치 입자는, Cr 및 Mo 중 적어도 하나를 높은 비율로 포함하는 입자이지만, 상세에 관해서는 후술한다. 이하, Cr/Mo 리치 입자를 구성하는 화합물을 총칭하여 「Cr/Mo 화합물」이라고도 한다.

[0020] Cr 및 Mo는, 초경합금 중에 있어서, 금속으로서 존재할 수 있는 한편, Cr/Mo 화합물로서 존재할 수도 있다. Cr 및 Mo는, 초경합금 중에 금속으로서 존재하는 경우에, 초경합금의 내열성의 향상에 기여할 수 있지만, Cr/Mo 화합물로서 존재하는 경우에는, 이것에 기여할 수는 없다. 뿐만 아니라, Cr/Mo 화합물은 초경합금의 파괴 인성의

저하를 야기해 버린다. Cr/Mo 화합물 자체가 취성 물질이기 때문이다.

- [0021] 또 「금속으로서 존재한다」는 것은, 초경합금 중에 있어서, 다른 금속 원소와 합금을 형성한 상태로 존재하는 것을 의미한다. Cr 및 Mo와 합금을 형성하는 다른 금속 원소로는 Co 및 Ni를 들 수 있다.
- [0022] 본 개시의 일양태에 따른 상기 초경합금에 의하면, Cr/Mo 화합물에 의해 구성되는 Cr/Mo 리치 입자가 차지하는 면적의 비율이 1% 미만이기 때문에, Cr 및 Mo 중 적어도 하나가 Cr/Mo 화합물로서 존재하는 비율은 충분히 낮고, Cr 및 Mo 중 적어도 하나의 대부분이 금속으로서 존재하고 있다. 이 때문에, 이 초경합금에 있어서는, Cr/Mo 리치 입자에 기인하는 내열성의 저하 및 파괴 인성의 저하를 충분히 억제할 수 있다.
- [0023] 따라서, 본 개시의 일양태에 따른 초경합금에 의하면, 시장 요구 레벨을 만족시킬 수 있는 높은 내열성과 높은 내결손성을 양립시킬 수 있다.
- [0024] [2] 상기 초경합금은, 주기율표의 제4족 원소(Ti, Zr, Hf 등) 및 제5족 원소(V, Nb, Ta 등)를 포함하는 군에서 선택되는 적어도 1종의 제1 원소와, C, N, O 및 B를 포함하는 군에서 선택되는 적어도 1종의 제2 원소의 화합물을 포함하는 제2 경질상을 더 포함한다. 이것에 의해, 상기 초경합금은, 또한 제2 경질상에 기인하는 특성도 발휘할 수 있다.
- [0025] [3] 상기 화합물은 탄화물이다. 이 경우, 내산화성, 내반응성 등이 우수하다.
- [0026] [4] 상기 탄화물은, TiC, NbC, TaC, TaNbC 및 TiNbC에서 선택되는 적어도 1종이다. 이 경우, 내산화성, 내반응성 등이 우수하다.
- [0027] [5] 상기 제2 경질상을 구성하는 상기 화합물의 평균 입자 직경은 0.1 μm 이상 5 μm 이하이다. 이 경우, 제2 경질상은 충분히 높은 경도를 가질 수 있다. 화합물의 평균 입자 직경이 5.0 μm 를 초과하는 경우, 제2 경질상이 성긴 구조가 되어, 충분한 경도를 유지할 수 없는 경우가 있다.
- [0028] [6] 본 개시의 일양태에 따른 절삭 공구는, 상기 초경합금을 포함하는 기재를 구비한다. 상기 절삭 공구에 의하면, 상기 초경합금을 기재로서 구비하기 때문에 높은 내열성과 높은 내결손성을 양립시킬 수 있고, 이에 따라 절삭 수명이 우수할 수 있다.
- [0029] [7] 상기 절삭 공구는 기재의 표면의 적어도 일부에 피막을 구비한다. 이것에 의해, 상기 절삭 공구는 또한 피막의 특성도 발휘할 수 있다.
- [0030] [8] 본 개시의 일양태에 따른 초경합금의 제조 방법은, 제1 경질상의 원료 분말 및 결합상의 원료 분말을 혼합하여 혼합 분말을 조제하는 공정과, 혼합 분말을 가압 성형하여 성형체를 조제하는 공정과, 성형체를 소결하여 초경합금을 제작하는 공정을 포함한다. 제1 경질상의 원료 분말은 WC 분말이고, 결합상의 원료 분말은 Co 분말과 합금 분말을 포함하고, 합금 분말은, Ni와 Cr을 포함하는 합금 분말(NiCr 분말) 및 Ni와 Cr와 Mo를 포함하는 합금 분말(NiCrMo 분말) 중 적어도 한쪽이다. 결합상의 원료 분말에 있어서, Co의 함유량을 W1, Cr 및 Mo의 합계 함유량을 W2, Ni, Cr 및 Mo의 합계 함유량을 W3, Co, Ni, Cr 및 Mo의 합계 함유량을 W4로 나타냈을 때, W4에 대한 W1의 비율(W1/W4)이 15% 이상 50% 이하이고, W3에 대한 W2의 비율(W2/W3)이 15% 이상 40% 이하이다.
- [0031] 본 개시의 일양태에 따른 제조 방법에 의하면, 결합상의 원료 분말로서, NiCr 분말 및 NiCrMo 분말 중 적어도 한쪽을 포함하는 분말이 이용된다. 가령, Cr 또는 Mo를, 단일한 금속 원소의 상태, 즉 Cr 분말 또는 Mo 분말의 상태로 이용한 경우, 또는 탄화물의 상태, 즉 Cr₃C₂ 분말 또는 Mo₂C 분말의 상태로 이용한 경우, Cr/Mo 화합물의 석출이 현저해져 버린다.
- [0032] 이것에 대하여, 본 개시의 일양태에 따른 제조 방법에 의하면, Cr 및 Mo를 NiCr 및 NiCrMo와 같은 합금의 상태로 이용한다. NiCr 및 NiCrMo는, 탄소나 다른 원소와 반응하기 위해 필요로 되는 에너지(반응 에너지)가 크다. 이 때문에, 소결 공정에서 Cr/Mo 화합물을 형성하기 어렵고, 초경합금 내에서도 합금의 상태로 존재할 수 있다. 따라서, 합금의 상태로 첨가된 Cr 및 Mo는, 최종 제조물인 초경합금 내에서도 내열성의 향상에 기여할 수 있다.
- [0033] 여기서, NiCr 및 NiCrMo는 소결성이 떨어지는 경향이 있다. 이 때문에, 원료 분말로서 단순히 이들 합금 분말을 이용한 것만으로는, 초경합금의 소결성은 저하되어 버려, 결과적으로, 충분한 내결손성을 가질 수 없다. 이것에 대하여, 본 개시의 일양태에 따른 제조 방법에 의하면, 이들 합금 분말과 함께 Co 분말이 이용된다. Co 분말은 소결시의 액상 출현 온도가 합금 분말보다 낮다. 이 때문에 Co는, NiCr 및 NiCrMo보다 먼저 WC에 대하여 젖을 수 있고, 이것에 의해, 초경합금의 소결성이 높게 유지되게 된다. 즉, 본 개시의 일양태에 따른 제조 방법에 의하면, 합금 분말을 이용하는 것에 기인하는 소결성의 저하를 억제할 수 있다.

- [0034] 따라서, 상기 초경합금의 제조 방법에 의하면, 시장 요구 레벨을 만족시킬 수 있고, 높은 내열성과 높은 내결손성을 양립시킬 수 있는 초경합금을 제조할 수 있다.
- [0035] [본 개시의 실시형태의 상세]
- [0036] 이하, 본 개시의 일 실시형태(이하 「본 실시형태」로 기재함)에 관해 설명한다. 단, 본 실시형태는 이들에 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 명세서에서 「A~B」라는 형식의 표기는, 범위의 상한 하한(즉 A 이상 B 이하)을 의미하며, A에서 단위의 기재가 없고, B에서만 단위가 기재되어 있는 경우, A의 단위와 B의 단위는 동일하다. 또한 본 명세서에서 「TaC」, 「NbC」 등의 화학식에 있어서 특별히 원자비를 특정하지 않은 것은, 각 원소의 원자비가 「1」만인 것을 나타내는 것이 아니라, 종래 공지의 원자비가 전부 포함되는 것으로 한다.
- [0037] <초경합금의 제조 방법>
- [0038] 본 실시형태에 따른 초경합금의 이해를 용이하게 하기 위해, 우선 초경합금의 제조 방법에 관해 설명한다. 본 실시형태에 따른 초경합금은, 이하의 각 공정을 거치는 것에 의해 제조할 수 있다.
- [0039] 《혼합 분말을 조제하는 공정》
- [0040] 본 공정에서는, 제1 경질상의 원료 분말 및 결합상의 원료 분말을 혼합하여 혼합 분말을 조제한다. 또, 제2 경질상을 더 구비하는 초경합금을 제조하는 경우에는, 제2 경질상의 원료 분말을 더 혼합하면 된다. 각 분말의 평균 입자 직경은 0.1~50 μm 의 범위이면 된다. 본원 명세서에 있어서, 각 분말의 평균 입자 직경은 피셔법에 의해 산출되는 값이다.
- [0041] (제1 경질상의 원료 분말)
- [0042] 제1 경질상의 원료 분말은 WC 분말이다. WC 분말의 평균 입자 직경은, 바람직하게는 0.1~10 μm 이다. 이 경우, 최종 제조물인 초경합금에서의 제1 경질상은, 충분히 높은 경도를 가질 수 있고, 이에 따라 초경합금의 경도를 높일 수 있다. WC 분말의 평균 입자 직경이 10 μm 를 초과하는 경우, 제1 경질상이 성긴 구조가 되어, 충분한 경도를 유지할 수 없는 경우가 있다. WC 분말의 평균 입자 직경은, 보다 바람직하게는 0.5~3 μm 이며, 더욱 바람직하게는 1.1~1.5 μm 이다.
- [0043] (결합상의 원료 분말)
- [0044] 결합상의 원료 분말은 Co 분말과 합금 분말을 포함한다. 합금 분말은, NiCr 분말 및 NiCrMo 분말 중 적어도 한 쪽이다. 결합상의 원료 분말은, 결합상의 원소비를 제어할 목적으로, Ni 분말을 더 혼합시켜도 좋다.
- [0045] 결합상의 원료 분말이 Mo를 포함하는 경우, 즉 결합상의 원료 분말로서 NiCrMo 분말을 이용하는 경우, NiCrMo의 합금 중에서의 Cr의 함유량(질량%)은, 상기 합금 중에서의 Mo의 함유량(질량%) 이상인 것이 바람직하다. Cr의 함유량이 Mo의 함유량보다 적은 경우, 결합상의 내산화성이 저하되어 버려, 결과적으로 초경합금의 절삭 수명이 저하되는 경우가 있다.
- [0046] (제2 경질상의 원료 분말)
- [0047] 제2 경질상의 원료 분말은, 주기율표의 제4족 원소(Ti, Zr, Hf 등) 및 제5족 원소(V, Nb, Ta 등)로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 1종의 제1 원소와, C, N, O 및 B로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 1종의 제2 원소의 화합물로 이루어진 분말이다. 특히, 제1 원소는 Ti, Nb, Ta 중 어느 1종 이상을 포함하는 것이 바람직하고, 제2 원소는 C가 바람직하다. 이 경우, 제2 경질상은 TiC, NbC, TaC, TaNbC, TiNbC와 같은 탄화물이 될 수 있다. 이러한 탄화물은, 내산화성 및 내반응성이 우수하다. 예를 들면 TiC 및 NbC로 이루어진 제2 경질상을 구비하는 초경합금을 제조하는 경우에는, TiC 분말 및 NbC 분말로 이루어진 혼합 분말이 제2 경질상의 원료 분말이 된다.
- [0048] 제2 경질상의 원료 분말의 평균 입자 직경은, 바람직하게는 0.1~5 μm 이다. 이 경우, 최종 제조물인 초경합금에서의 제2 경질상은, 충분히 높은 경도를 가질 수 있고, 이에 따라 초경합금의 경도를 높일 수 있다. 제2 경질상의 원료 분말의 평균 입자 직경이 5 μm 를 초과하는 경우, 제2 경질상이 성긴 구조가 되어, 충분한 경도를 유지할 수 없는 경우가 있다. 제2 경질상의 원료 분말의 평균 입자 직경은, 보다 바람직하게는 0.3~1 μm 이며, 더욱 바람직하게는 0.5~0.8 μm 이다.
- [0049] (각 원료 분말을 혼합하는 방법)
- [0050] 다음으로, 준비된 각 원료 분말을 혼합한다. 혼합 방법은 특별히 제한되지 않고, 예를 들면 아트리터, 볼밀, 비드밀, 제트밀, 유발 등을 이용하여 각 원료 분말을 혼합할 수 있다. 혼합 시간은 혼합에 이용하는 기기에 따라

다르지만, 0.1~48시간의 임의의 시간으로 할 수 있다. 균일한 혼합 분말을 효율적으로 제작하는 관점에서는, 혼합 시간은 바람직하게는 2~15시간이다.

- [0051] (각 원료 분말의 배합 비율)
- [0052] WC 분말, 결합상의 원료 분말 및 제2 경질상의 원료 분말의 배합 비율은, 이하와 같이 조제되는 것이 바람직하다.
- [0053] WC 분말 : 30~95 질량%;
- [0054] 결합상의 원료 분말 : 1~30 질량%;
- [0055] 제2 경질상의 원료 분말 : 0~65 질량%.
- [0056] 상기 배합량이라면, 초경합금을 절삭 공구에 이용함에 있어서, 절삭 공구의 성능으로서 요구되는 경도와 치밀성을 충분히 확보할 수 있다. 각 원료 분말의 배합 비율은 보다 바람직하게는, WC 분말이 80~95 질량%, 결합상의 원료 분말이 1~15 질량%, 제2 경질상의 원료 분말이 0~15 질량%이다. 이 경우, 초경합금의 경도와 인성의 밸런스를 보다 양호하게 유지할 수 있다.
- [0057] 또한 결합상의 원료 분말에 관해, 결합상의 원료 분말 전체를 100 질량%으로 하고, Co의 함유량(질량%)을 W1, Cr 및 Mo의 합계 함유량(질량%)을 W2, Ni, Cr 및 Mo의 합계 함유량(질량%)을 W3, Co, Ni, Cr 및 Mo의 합계 함유량(질량%)을 W4로 나타냈을 때, 비율 W1/W4가 15~50%이고, W2/W3가 15~40%이다. 따라서 예를 들면, 결합상의 원료 분말에 관해, Co 분말, Ni 분말, Cr 분말 및 Mo 분말의 총량(100 질량%)에 대한 각 원소의 비율은 이하와 같이 조제할 수 있다.
- [0058] Co 분말 : 15~50 질량%
- [0059] Ni 분말 : 30~70 질량%
- [0060] Cr 분말 및 Mo 분말(합계) : 7.5~20 질량%.
- [0061] 또 제1 경질상의 원료 분말의 평균 입자 직경은, 초경합금에서의 제1 경질상을 구성하는 WC 입자의 평균 입자 직경에 대략 일치한다. 마찬가지로 제2 경질상의 원료 분말의 평균 입자 직경은, 초경합금에서의 제2 경질상을 구성하는 각 입자의 평균 입자 직경에 대략 일치한다. 따라서, 각각의 원료 분말의 평균 입자 직경을 조제하는 것에 의해, 원하는 평균 입자 직경을 갖는 초경합금을 제조하는 것이 가능하다.
- [0062] 《성형체를 조제하는 공정》
- [0063] 본 공정에서는, 혼합 분말을 가압 성형하여 성형체를 조제한다. 가압 성형하는 방법은 특별히 제한되지 않고, 일반적으로 이용되고 있는 소결체의 가압 성형 방법을 이용할 수 있다. 예를 들면, Ta 캡슐 등의 경합금제의 금형 내에 혼합 분말을 넣고, 이것을 프레스하는 것에 의해, 성형체를 얻을 수 있다. 프레스의 압력은 10 MPa~16 GPa이며, 예를 들면 100 MPa이다.
- [0064] 《초경합금을 조제하는 공정》
- [0065] 본 공정에서는, 성형체를 소결하여 초경합금을 제작한다. 소결은, 결합상의 액상이 출현하고 나서 충분한 시간을 들여 소결하는 것이 바람직하다. 소결의 최고 온도는 바람직하게는 1400~1600℃이다. 최고 온도에서의 킵 시간은, 바람직하게는 0.5~2시간이다. 최고 온도에서의 가스 분압은, 바람직하게는 0.1~10 kPa이다. 최고 온도로부터 실온까지의 냉각 속도는, 바람직하게는 2~50℃/min이다. 또한 소결시의 분위기는, 진공, 아르곤 분위기, 질소 분위기 또는 수소 분위기로 하는 것이 바람직하다.
- [0066] 《작용 효과》
- [0067] 전술한 본 실시형태에 따른 초경합금의 제조 방법은, 결합상의 원료 분말로서, Co 분말 외에, NiCr 분말 및 NiCrMo 분말과 같은 합금 분말을 이용하는 것을 특징으로 한다. 이것에 의해, Cr, Mo의 각각의 단일 원소로 이루어진 분말, 또는 각 원소와 탄소의 탄화물로 이루어진 분말을 이용한 경우에는 제조할 수 없는, 높은 내열성과 높은 내결손성을 양립시키는 초경합금을 제조하는 것이 가능해진다.
- [0068] 여기서, 합금 분말을 이용하는 것에 의해 상기와 같은 우수한 초경합금이 제조되는 이유를 명확하게 하기 위해, 결합상의 원료 분말로서, Co 분말, Ni 분말 및 Cr 분말을 이용하여 제조하는 경우에 관해 설명한다.
- [0069] 이 경우, 소결에 이용되는 성형체에는, WC 분말, Co 분말, Ni 분말 및 Cr 분말이 포함되게 된다. 이 성형체에

있어서, Co, Ni 및 Cr은, 결합상 중에 금속으로서 존재시키는 것을 목적으로 첨가되는 것이다. 특히 Cr은, 결합상 중에 금속으로서 존재하는 것에 의해, 내열성의 향상이 기대되는 원소이다.

[0070] 그러나 이러한 성형체가 소결될 때, Cr은, 초경합금 내에서 금속으로서 존재할 수 있는 한편, 탄화물 또는 금속간 화합물로서도 존재할 수도 있다. Cr은, 탄화물의 상태에서도 금속간 화합물의 상태에서도 안정된 원소이기 때문이다. 예를 들면, 초경합금 중의 탄소의 함유량이 많은 경우에는, 탄화물(Cr₃C₂ 등)로서 존재하는 경향이 있고, 초경합금 중의 탄소의 함유량이 적은 경우에는, 금속간 화합물(Ni₃Cr 등)로서 존재하는 경향이 있다. 또 탄화물의 탄소는, 제1 경질상을 구성하는 원료에 포함되는 C 외에, 혼합시의 미디어, 소결시의 카본 지그 등에서 유래한다.

[0071] 이 때문에, 결합상 중에 있어서, 충분한 양의 Cr을 금속 상태로 존재시키는 것이 어렵고, 결과적으로, Cr을 첨가하는 것에 의해 기대된 내열성을 얻을 수 없게 된다. 또한, Cr의 탄화물 및 Cr의 금속간 화합물은 취성 물질이기 때문에, 초경합금의 파괴 인성을 저하시켜, 내결손성의 저하를 야기하는 요인이 된다. 즉, 결합상의 원료 분말로서, Co 분말, Ni 분말 및 Cr 분말을 이용한 경우, 원하는 내열성이 발휘되지 않을 뿐만 아니라, 내결손성까지 불충분해져 버린다.

[0072] 결합상의 원료 분말로서 Mo 분말을 포함하는 경우에도 동일한 것을 말할 수 있다. 즉, Mo도 또한, 결합상 중에 금속으로서 존재하는 것에 의한 내열성의 향상이 기대되는 원소이지만, 역시 탄화물(Mo₂C 등) 또는 금속간 화합물로서 초경합금 내에 석출되기 쉬운 경향이 있다. 특히, Cr과 Mo의 양 원소를 첨가하는 경우에는, Cr 및 Mo의 합계 함유량의 증가에 따라, 상기 탄화물 및 금속간 화합물의 석출 빈도가 증대되어 버린다.

[0073] 이와 같이, 결합상 중에 Cr 및 Mo 중 적어도 하나를 금속으로서 존재시키는 것을 목적으로, Cr 분말 및 Mo 분말 중 적어도 하나를 이용한 경우, Cr 및 Mo 중 적어도 하나는, 초경합금 중에 Cr/Mo 화합물로서 존재하여, 내열성의 향상에 기여하지 않을 뿐만 아니라, 내결손성의 저하를 야기해 버리게 된다. 이것은, Cr 탄화물 분말(예를 들면 Cr₃C₂) 및 Mo 탄화물 분말(예를 들면 Mo₂C)을 이용한 경우에도 동일하다.

[0074] 이것에 대하여, 본 실시형태에 따른 제조 방법에 의하면, 성형체 중에 있어서, Cr 및 Mo는, Ni와의 합금 분말(NiCr 또는 NiCrMo)로서 존재한다. 이들 합금 분말은, Cr 분말, Mo 분말 및 이들의 탄화물 분말과 비교하여 반응 에너지가 크다. 이 때문에 소결시에 있어서, 이들 합금이 Cr/Mo 화합물로 변화하는 것은 어렵고, 결과적으로 금속으로서 초경합금 내에 존재할 수 있다.

[0075] 다만, 단순히 상기 합금 분말을 이용하는 것만으로는, 초경합금의 파괴 인성은 불충분하고, 초경합금의 내결손성이 저하되어 버린다. 상기 합금 분말이 소결성이 떨어지기 때문이다. 이것을 억제하기 위해, 본 실시형태에 따른 제조 방법에 있어서는, 합금 분말과 함께 Co 분말이 적절한 배합량으로 이용되고 있다. 이것에 의해, 합금 분말에 의한 소결성의 저하를 억제할 수 있다. 이것은, 합금의 액상 출현 온도가 Co보다 높기 때문에, 소결 공정에 있어서, WC와의 습윤성이 우수한 Co가 WC와 먼저 젖을 수 있고, 결과적으로 초경합금의 소결성을 향상시키기 때문이다.

[0076] 또, 특허문헌 2에서는, WC로 이루어진 제1 경질상과, Ni를 포함하는 결합상으로 이루어진 초경합금에 대하여, 내열성을 향상시키기 위해 Cr 및 Mo 중 적어도 하나를 첨가하는 기술이 개시되지만, 이러한 초경합금은 절삭 공구의 용도로 이용할 수는 없다. Ni의 소결성은, Co와 비교하여 현저하게 낮기 때문이다.

[0077] <초경합금>

[0078] 본 실시형태에 따른 초경합금은, 전술한 제조 방법에 의해 제조되는 초경합금이다. 구체적으로는, 제1 경질상 및 결합상을 포함하는 초경합금으로서, 제1 경질상은 WC로 이루어지고, 결합상은, Co, Ni 및 Cr의 3종의 원소, 또는 Co, Ni, Cr 및 Mo의 4종의 원소로 구성된다. 또한, 초경합금 중의 Co의 함유량을 M1, 초경합금 중의 Cr 및 Mo의 합계 함유량을 M2, 초경합금 중의 Ni, Cr 및 Mo의 합계 함유량을 M3, 및 초경합금 중의 Co, Ni, Cr 및 Mo의 합계 함유량을 M4로 나타냈을 때, 비율 M1/M4가 15~50%이고, 비율 M2/M3이 15~40%이고, 초경합금 중에서의 Cr/Mo 리치 입자가 차지하는 면적의 비율이 1% 미만이다.

[0079] 《제1 경질상》

[0080] 본 실시형태에 따른 초경합금은, WC로 이루어진 제1 경질상을 포함한다. 초경합금에서의 제1 경질상의 비율은, 바람직하게는 30~95 질량%이다. 이 경우, 절삭 공구의 성능으로서 요구되는 경도를 충분히 확보할 수 있다. 초경합금에서의 제1 경질상의 비율은, 보다 바람직하게는 80~95 질량%이다. 이 경우, 초경합금의 경도와 인성의

밸런스를 보다 양호하게 유지할 수 있다.

- [0081] 제1 경질상을 구성하는 WC의 평균 입자 직경은 특별히 제한되지 않지만, 바람직하게는 0.1~10 μm 이다. 이 경우, 제1 경질상은 충분히 높은 경도를 가질 수 있다. WC의 평균 입자 직경이 10 μm 를 초과하는 경우, 제1 경질상이 성긴 구조가 되어, 충분한 경도가 유지할 수 없는 경우가 있다. WC의 평균 입자 직경은, 보다 바람직하게는 0.5~3 μm 이며, 더욱 바람직하게는 1.1~1.5 μm 이다.
- [0082] 초경합금에서의 제1 경질상의 비율은, 예를 들면 ICP(고주파 유도 플라즈마) 발광 분광 분석법에 의해 구할 수 있다. 구체적으로는, 초경합금을 분쇄하여, ICP 발광 분광 분석법에 의해, 분쇄물에서의 각 원소의 함유 비율을 구하고, 이것에 기초하여 각 성분의 조성비를 시산하는 것에 의해, WC의 비율이 구해진다. 이하의 결합상 및 제2 경질상의 함유 비율, 및 Co, Ni, Cr 및 Mo의 각 원소의 함유 비율도 동일하게 구해진다.
- [0083] 《결합상》
- [0084] 본 실시형태에 따른 초경합금은 결합상을 더 포함한다. 결합상은, Co, Ni 및 Cr의 3종의 원소, 또는 Co, Ni, Cr 및 Mo의 4종의 원소로 구성된다. 초경합금에서의 결합상의 비율은, 바람직하게는 1~30 질량%이다. 이 경우, 절삭 공구의 성능으로서 요구되는 내결손성을 충분히 확보하면서, 결합상에 포함되는 원소에 기인하는 내열성을 충분히 발휘할 수 있다. 초경합금에서의 결합상의 비율은, 보다 바람직하게는 1~15 질량%이다. 이 경우, 내결손성과 내열성의 밸런스를 보다 양호하게 유지할 수 있다.
- [0085] 《제2 경질상》
- [0086] 본 실시형태에 따른 초경합금은 제2 경질상을 더 포함해도 좋다. 제2 경질상은, 주기율표의 제4족 원소 및 제5족 원소로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 1종의 제1 원소와, C, N, O 및 B로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 1종의 제2 원소의 화합물로 이루어진다. 상기 화합물은, TiC, NbC, TaC, TaNbC, TiNbC 등의 탄화물인 것이 바람직하다. 이 경우, 내산화성, 내반응성 등이 우수하다.
- [0087] 제2 경질상을 구성하는 화합물의 평균 입자 직경은, 바람직하게는 0.1~5 μm 이다. 이 경우, 제2 경질상은 충분히 높은 경도를 가질 수 있다. 화합물의 평균 입자 직경이 5.0 μm 를 초과하는 경우, 제2 경질상이 성긴 구조가 되어, 충분한 경도가 유지할 수 없는 경우가 있다. 화합물의 평균 입자 직경은, 보다 바람직하게는 0.3~1 μm 이며, 더욱 바람직하게는 0.5~0.8 μm 이다.
- [0088] 《비율 M1/M4》
- [0089] 본 실시형태에 따른 초경합금은 비율 M1/M4가 15~50%이다. 비율 M1/M4가 15~50%인 것에 의해, 결합상 중의 Co의 함유량(질량%)이 적절해지고, 이에 따라 초경합금의 내결손성과 내열성의 두 특성이 우수한 것이 된다. 한편, 비율 M1/M4가 15% 미만인 경우, Co의 함유량(질량%)이 낮은 것에 기인하여 초경합금의 소결성이 낮아지기 때문에, 결과적으로 충분한 내결손성을 얻을 수 없다. 또한 비율 M1/M4가 50%를 초과하는 경우, 내열성을 향상시키기 위한 Cr 및 Mo의 합계 함유량(질량%)이 상대적으로 적어지기 때문에, 충분한 내열성을 얻을 수 없다.
- [0090] 《비율 M2/M3》
- [0091] 본 실시형태에 따른 초경합금은, 비율 M2/M3이 15~40%이다. 이것에 의해, 내열성을 발휘하는 원소인 Cr 및 Mo의 합계 함유량(질량%)이 적절해지기 때문에, 초경합금은 높은 내열성을 가질 수 있다. 한편, 비율 M2/M3이 15% 미만인 경우, Cr 및 Mo의 합계 함유량(질량%)이 불충분해져, 충분한 내열성을 얻을 수 없다. 또한 비율 M2/M3이 40%를 초과하는 경우, Cr 및 Mo 중 적어도 하나가 Ni에 완전히 고용되지 않고, 취성 물질인 Cr/Mo 화합물로서 초경합금 내에 석출되어 버린다. 이 때문에, 내열성의 저하 및 내결손성의 저하가 야기된다.
- [0092] 또, M1~M4의 각 단위는 질량%이고, 전술한 ICP 발광 분광 분석법에 의해 구해진다. 또한 초경합금의 표면에 피막 등이 형성되어 있는 경우에는, 미리 연삭 가공을 행하여 피막을 제거한 후에, ICP 발광 분광 분석법을 실시하는 것이 바람직하다.
- [0093] 《Cr/Mo 리치 입자》
- [0094] Cr/Mo 리치 입자는, Cr 및 Mo 중 적어도 하나를 높은 비율로 포함하는 입자이지만, 구체적으로는, 초경합금의 단면의 원소 맵핑에 있어서, Cr 및 Mo 중 적어도 하나의 농도(원자%)가, 초경합금 전체에서의 비율 M2/M4 [M4(초경합금 중의 Co, Ni, Cr 및 Mo의 합계 함유량)에 대한 M2(초경합금 중의 Cr 및 Mo의 합계 함유량)의 비율](질량%)보다 높은 영역의 구성 입자이다.

- [0095] 본 실시형태에 따른 초경합금 중에서의 Cr/Mo 리치 입자가 차지하는 면적의 비율은 1% 미만이다. Cr/Mo 리치 입자가 차지하는 면적의 비율은 다음과 같이 하여 구해진다.
- [0096] 우선, 초경합금의 임의의 단면을 제작한다. 단면의 제작에는, 집속 이온빔 장치, 크로스섹션 폴리셔 장치 등을 이용할 수 있다. 다음으로, 제작된 단면을 SEM(Scanning Electron Microscope)로 5000배로 촬상하여, 10 시야분의 전자 화상을 얻는다. 다음으로, 부속의 EPMA(Electron Probe Micro-Analysis), EDX(Energy Dispersive X-ray spectrometry) 또는 EDS(Energy Dispersive Spectrometer)를 이용하여, 각 전자 화상 중의 소정 영역($12\ \mu\text{m} \times 9\ \mu\text{m}$)에 관해 원소 맵핑을 행한다.
- [0097] 얻어진 원소 맵핑에 기초하여, WC를 포함하는 영역을 제1 경질상으로 한다. WC를 포함하지 않고, Co, Ni 및 Cr의 3종의 원소, 또는 Co, Ni, Cr 및 Mo의 4종의 원소를 포함하는 영역을 결합상으로 한다. WC를 포함하지 않고, 전술한 제2 경질상을 구성하는 화합물을 포함하는 영역을 제2 경질상으로 한다. 또, 소결 조건에 따라서는, 제1 경질상, 결합상, 제2 경질상 이외에, 구멍이 존재하는 경우가 있다.
- [0098] 다음으로, 원소 맵핑에 있어서, 우선, Cr 및 Mo 중 적어도 하나의 농도(%)가 다른 영역과 비교하여 높게 검출된 각 영역을 추출한다. 추출된 각 영역이 차지하는 면적의 중심 부근에서 점분석을 행하여, 각 영역에서의 Cr 및 Mo의 합계 함유율(%)을 「Cr 및 Mo 중 적어도 하나의 농도」로서 산출한다. 각 영역에서의 Cr 및 Mo 중 적어도 하나의 농도(%)가, ICP 발광 분광 분석법에 기초하여 산출되는 초경합금 전체에서의 비율 M2/M4(%)보다 큰 경우, 그 영역을 구성하는 입자를 Cr/Mo 리치 입자로 간주한다.
- [0099] 상기와 같이 하여 결정된 Cr/Mo 리치 입자에 관해, 예를 들면 화상 해석 소프트웨어(「Mac-ViewI」, 주식회사 마운텍 제조)를 이용하여, 초경합금 중에서의 Cr/Mo 리치 입자가 차지하는 면적의 비율을 산출한다. 이 면적의 비율은, 초경합금의 단면에 있어서, SEM으로 촬영한 임의의 1 시야의 전체 면적 중에서 차지하는 Cr/Mo 리치 입자의 면적의 비율이며, 10 시야에 관해 구한 비율의 평균치이다. 본 실시형태에 따른 초경합금은, 구해지는 면적의 비율이 1% 미만이다.
- [0100] Cr/Mo 리치 입자로는, 예컨대 Cr의 탄화물, Mo의 탄화물, Cr을 포함하는 금속간 화합물, 및 Mo를 포함하는 금속간 화합물 중 적어도 1종으로 이루어진 입자를 들 수 있다. Cr의 탄화물로는 Cr_3C_2 , Cr_7C_3 , Cr_{23}C_6 등을 들 수 있다. Mo의 탄화물로는 Mo_2C 을 들 수 있다. Cr을 포함하는 금속간 화합물로는, Co_3Cr , Ni_3Cr 등을 들 수 있다. Mo를 포함하는 금속간 화합물로는, $\text{Mo}_3\text{Co}_3\text{C}$, Ni_3Mo 등을 들 수 있다.
- [0101] 《작용 효과》
- [0102] 본 실시형태에 따른 초경합금은, 전술한 구성, 특히 하기의 특징 1~특징 3을 모두 구비함으로써, 높은 내열성과 높은 내결손성을 양립시킬 수 있다.
- [0103] 특징 1 : 비율 M1/M4가 15~50%
- [0104] 특징 2 : 비율 M2/M4가 15~40%
- [0105] 특징 3 : 초경합금 중에서의 Cr/Mo 리치 입자가 차지하는 면적의 비율이 1% 미만.
- [0106] 이것에 대하여, 예를 들면 초경합금이 특징 1, 특징 2를 구비하지만, 특징 3을 구비하지 않는 경우, 초경합금 중에 존재하는 Cr 및 Mo의 대부분이 Cr/Mo 화합물로서 존재하는, 즉 Cr/Mo 리치 입자를 구성하게 된다. 이 때문에, 이러한 초경합금은, 금속으로서 존재하는 Cr 및 Mo에 기인하는 내열성의 향상을 이룰 수 없을 뿐만 아니라, Cr/Mo 화합물에 유래하여 내결손성이 저하되게 된다.
- [0107] 또한 예를 들면 초경합금이 특징 3을 구비하지만, 특징 1 및 특징 2 중 적어도 하나를 구비하지 않는 경우에도, 특징 1 및 특징 2 중 적어도 하나를 구비하지 않는 것에 기인하는 내열성의 저하 및 내결손성의 저하 중 적어도 하나가 야기되게 된다. 또 특징 3에 관해, 하한치는 0%이다.
- [0108] 본 실시형태의 초경합금에 있어서, Cr의 함유량(질량%)은 Mo의 함유량(질량%) 이상인 것이 바람직하다. Cr의 함유량(질량%)이 Mo의 함유량(질량%)보다 적은 경우, 결합상의 내산화성이 저하되어 버려, 결과적으로 초경합금의 절삭 수명이 저하되는 경우가 있다.
- [0109] 또한 본 실시형태의 초경합금은, 상기 제2 경질상을 더 포함하는 것이 바람직하다. 제2 경질상의 특성도 발휘할 수 있기 때문이다. 제2 경질상으로는, TaC, NbC, TiC 중 적어도 하나로 이루어진 경질상을 들 수 있고, 이 경우, 제2 경질상은 초경합금의 내산화성, 내반응성 등을 향상시킬 수 있다.

- [0110] <절삭 공구>
- [0111] 본 실시형태에 따른 절삭 공구는, 상기 초경합금으로 이루어진 기체를 구비한다. 또한 본 실시형태에 따른 절삭 공구는, 기체의 표면의 적어도 일부에 피막을 갖고 있어도 좋다.
- [0112] 본 실시형태에 따른 절삭 공구의 형상 및 용도는 특별히 제한되지 않는다. 예를 들면 드릴, 엔드밀, 드릴용 날 끝 교환형 절삭팁, 엔드밀용 날 끝 교환형 절삭팁, 프라이즈 가공용 날 끝 교환형 절삭팁, 선삭 가공용 날 끝 교환형 절삭팁, 메탈 소우, 기어 절삭 공구, 리머, 탭, 크랭크샤프트의 편밀링 가공용 팁 등을 들 수 있다.
- [0113] 본 실시형태에 따른 절삭 공구에 의하면, 높은 내열성 및 높은 내결손성의 두 특성을 갖는 초경합금을 기체로서 구비하는 것에 의해, 특히 절삭시에 공구 날끝의 온도가 높아지기 쉬운 난삭재를 절삭하기 위한 절삭 공구에 적합하게 이용할 수 있다. 또한, 절삭 공구가 피막을 구비하는 경우, 피막에서 유래하는 높은 내마모성을 가질 수 있다.
- [0114] **실시예**
- [0115] 이하, 실시예를 들어 본 개시를 보다 상세히 설명하지만, 본 개시는 이들에 한정되는 것이 아니다.
- [0116] <실시예 1~17 및 비교예 1~12>
- [0117] 《초경합금의 제작》
- [0118] 표 1의 「원료 분말」란을 참조하여, 제1 경질상의 원료 분말로서, 「제1 경질상」의 「D50(μm)」에 나타내는 평균 입자 직경을 갖는 WC 분말을 준비했다. 제2 경질상의 원료 분말로서, 「제2 경질상」의 「조성」 및 「D50(μm)」의 평균 입자 직경을 갖는 화합물 분말을 준비했다. 결합상의 원료 분말로서, 「결합상」의 「분말 종류」에 나타내는 각 분말을 혼합하여, 각 원소가 「배합 비율(질량%)」이 되도록 조제한 것을 준비했다.
- [0119] 준비한 제1 경질상의 원료 분말, 제2 경질상의 원료 분말 및 결합상의 원료 분말을, 「각 원료 분말의 배합 비율」란에 기재된 비율이 되도록 혼합하고, 아트리터를 이용하여 12시간 처리했다. 이것에 의해 혼합 분말이 조제되었다.
- [0120] 다음으로, 조제된 혼합 분말을 Ta제의 캡슐에 충전하고, 프레스기를 이용하여 100 MPa의 압력으로 프레스했다. 이것에 의해 성형체가 조제되었다. 다음으로, 성형체를 이하의 소결 조건으로 소결하여 초경합금을 제작했다.
- [0121] 최고 온도 : 1450℃
- [0122] 가스 분압 : Ar 분위기하에 0.5 kPa
- [0123] 킵 시간 : 0.5시간
- [0124] 냉각 속도 : 20℃/min.
- [0125] 《절삭 공구의 제작》
- [0126] 제작된 각 초경합금에 대하여, 평면 연마 처리를 실시하여, SNG432 형상의 스토어웨이 팁(절삭 공구)을 제작했다.
- [0127] 《특성 평가》
- [0128] (비율 M1/M4(%) 및 비율 M2/M3(%)의 산출)
- [0129] 각 초경합금에서의 비율 M1/M4(%) 및 비율 M2/M3(%)를, 표 1의 「특성 평가」란의 「비율 M1/M4(%)」 및 「비율 M2/M3(%)」에 나타낸다. 각 값은, 결합상의 원료 분말에서의 각 분말의 혼합 비율로부터 산출했다. 또 본 발명자들은, 이와 같이 하여 산출된 값이, 초경합금에 대하여 ICP 발광 분광 분석법을 실시하여 얻어지는 값과 대략 일치하는 것을 확인하고 있다.
- [0130] (Cr/Mo 리치 입자의 면적의 비율)
- [0131] 각 초경합금에 대하여, 집속 이온빔 장치를 이용하여 단면을 제작하고, 상기 단면에 대하여, SEM-EDX를 이용하여 전술한 방법에 의해 원소 맵핑을 행하고, 전술한 방법에 따라서 Cr/Mo 리치 입자를 결정했다. Cr/Mo 입자와 결정된 영역에 관해, 상기 화상 해석 소프트웨어를 이용하여, 화상 중에서의 상기 영역이 차지하는 면적의 비율을 산출했다. 각 초경합금에 있어서, 10 시야분의 화상에서 동일한 조작을 행하여, 그 평균치를 표 1의 「Cr/Mo 리치 입자 비율(%)」란에 기재했다.

- [0132] (내결손성의 평가 시험)
- [0133] 각 초경합금으로 제작된 절삭 공구를 이용하여, 선삭 가공에서의 시험 1 및 시험 2를 실시했다. 각 시험의 절삭 조건을 이하에 나타낸다. 시험 1에 관해, 절삭 시간이 길수록 고온에서의 내마모성이 우수한, 즉 내열성이 우수한 것을 나타낸다. 시험 2에 관해, 충격 횟수가 많을수록 파괴 인성이 우수한, 즉 내결손성이 우수한 것을 나타낸다. 각 시험 결과를 표 1에 나타낸다. 또한 시험 1의 결과를 횡축으로 하고, 시험 2의 결과를 종축으로 한 그래프를 도 1에 나타낸다. 도 1 중의 검은 사각의 플롯이 실시예 1~17의 결과를 나타내고 있고, 흰 마름모꼴의 플롯이 비교예 1~12의 결과를 나타내고 있다.
- [0134] (시험 1의 절삭 조건)
- [0135] 피삭재 : 인코넬(등록상표) 718
- [0136] 절삭 속도(V_c) : 75 m/분
- [0137] 피드량(f) : 0.3 mm/rev.
- [0138] 절삭 환경 : WET
- [0139] 평가법 : 여유면 마모량 0.2 mm까지의 절삭 시간(분).
- [0140] (시험 2의 절삭 조건)
- [0141] 피삭재 : SCM435 홈재(홈수 : 4)
- [0142] 절삭 속도(V_c) : 100 m/분
- [0143] 피드량(f) : 0.4 mm/rev.
- [0144] 절삭 환경 : DRY
- [0145] 평가법 : 날끝 결손까지의 충격 횟수($n= 4$)의 평균치.

표 1

| 비교예 | 제1경질상 | | 제2경질상 | | 원료 분말 | | 각 원료 분말의 배합 비율 | | | | | 특성 평가 | | | | | |
|-------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--|-----|----------------|-----|----|--------------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|
| | 조성 (μm) | D50 (μm) | 조성 (μm) | D50 (μm) | 분말 종류 | 결합상 | | | | 제1 경질상 (질량%) | 제2 경질상 (질량%) | 결합상 (질량%) | 비율 M1/M4 (%) | 비율 M2/M3 (%) | Cr/Mo 리치 인자 비율 (%) | 시험1 절삭 시간 (분) | 시험2 충격 횟수 (회) |
| | | | | | | Co | Ni | Cr | Mo | | | | | | | | |
| 실시예1 | WC | 1.20 | - | - | Co, NiCr | 50 | 40 | 10 | 0 | 94 | 0 | 6 | 50 | 20 | 0.0 | 13 | 2412 |
| 실시예2 | WC | 1.18 | - | - | Co, NiCr | 50 | 30 | 20 | 0 | 94 | 0 | 6 | 50 | 40 | 0.6 | 11 | 2532 |
| 실시예3 | WC | 1.18 | - | - | Co, NiCr/Mo | 50 | 35 | 10 | 5 | 94 | 0 | 6 | 50 | 30 | 0.4 | 11 | 2763 |
| 실시예4 | WC | 1.21 | - | - | Co, NiCr/Mo | 50 | 35 | 5 | 10 | 94 | 0 | 6 | 50 | 30 | 0.5 | 8 | 2498 |
| 실시예5 | WC | 1.21 | - | - | Co, NiCr/Mo | 50 | 30 | 10 | 10 | 94 | 0 | 6 | 50 | 40 | 0.9 | 12 | 2949 |
| 실시예6 | WC | 1.20 | - | - | Co, NiCr | 50 | 42.5 | 7.5 | 0 | 94 | 0 | 6 | 50 | 15 | 0.0 | 11 | 2404 |
| 실시예7 | WC | 1.20 | - | - | Co, NiCr | 15 | 68 | 17 | 0 | 94 | 0 | 6 | 15 | 20 | 0.4 | 13 | 2476 |
| 실시예8 | WC | 1.24 | - | - | Co, NiCr | 30 | 56 | 14 | 0 | 94 | 0 | 6 | 30 | 20 | 0.3 | 12 | 2399 |
| 실시예9 | WC | 1.15 | - | - | Co, NiCr | 50 | 40 | 10 | 0 | 90 | 0 | 10 | 50 | 20 | 0.0 | 6 | 3871 |
| 실시예10 | WC | 1.28 | - | - | Co, NiCr/Mo | 50 | 35 | 10 | 5 | 90 | 0 | 10 | 50 | 30 | 0.3 | 7 | 4093 |
| 실시예11 | WC | 0.31 | - | - | Co, NiCr | 50 | 40 | 10 | 0 | 94 | 0 | 6 | 50 | 20 | 0.0 | 18 | 1756 |
| 실시예12 | WC | 4.12 | - | - | Co, NiCr | 50 | 40 | 10 | 0 | 94 | 0 | 6 | 50 | 20 | 0.0 | 5 | 4302 |
| 실시예13 | WC | 1.12 | TaC | 0.58 | Co, NiCr | 50 | 40 | 10 | 0 | 89 | 2 | 9 | 50 | 20 | 0.0 | 7 | 2897 |
| 실시예14 | WC | 1.43 | NbC | 0.77 | Co, NiCr | 50 | 40 | 10 | 0 | 89 | 2 | 9 | 50 | 20 | 0.0 | 9 | 3012 |
| 실시예15 | WC | 1.23 | TiC | 0.64 | Co, NiCr | 50 | 40 | 10 | 0 | 89 | 2 | 9 | 50 | 20 | 0.0 | 8 | 3339 |
| 실시예16 | WC | 1.22 | TaC | 0.63 | Co, NiCr | 50 | 40 | 10 | 0 | 81 | 10 | 9 | 50 | 20 | 0.0 | 8 | 3471 |
| 실시예17 | WC | 1.12 | TiC | 1.35 | Co, NiCr | 50 | 40 | 10 | 0 | 61 | 30 | 9 | 50 | 20 | 0.0 | 7 | 2871 |
| 비교예1 | WC | 1.25 | - | - | Co | 100 | 0 | 0 | 0 | 94 | 0 | 6 | 100 | 0 | 0.0 | 5 | 2398 |
| 비교예2 | WC | 1.19 | - | - | Ni, NiCr | 0 | 80 | 20 | 0 | 94 | 0 | 6 | 0 | 20 | 0.4 | 11 | 1023 |
| 비교예3 | WC | 1.34 | - | - | Ni, NiCr/Mo | 0 | 70 | 20 | 10 | 94 | 0 | 6 | 0 | 30 | 0.6 | 10 | 983 |
| 비교예4 | WC | 1.20 | - | - | Co, Ni, Cr | 50 | 40 | 10 | 0 | 94 | 0 | 6 | 50 | 20 | 1.2 | 6 | 1879 |
| 비교예5 | WC | 1.54 | - | - | Co, Ni, Cr ₂ O ₃ | 50 | 40 | 10 | 0 | 94 | 0 | 6 | 50 | 20 | 3.8 | 7 | 1987 |
| 비교예6 | WC | 1.30 | - | - | Co, Ni, Cr, Mo | 50 | 35 | 10 | 5 | 94 | 0 | 6 | 50 | 30 | 4.3 | 6 | 1902 |
| 비교예7 | WC | 1.21 | - | - | Co, Ni, Cr, Mo ₂ C | 50 | 35 | 10 | 5 | 94 | 0 | 6 | 50 | 30 | 4.4 | 8 | 1786 |
| 비교예8 | WC | 1.22 | - | - | Co, NiCr | 60 | 30 | 10 | 0 | 94 | 0 | 6 | 60 | 25 | 0.7 | 8 | 2014 |
| 비교예9 | WC | 1.18 | - | - | Co, NiCr | 50 | 25 | 25 | 0 | 94 | 0 | 6 | 50 | 50 | 1.3 | 10 | 1024 |
| 비교예10 | WC | 1.19 | - | - | Co, Ni, NiCr | 50 | 45 | 5 | 0 | 94 | 0 | 6 | 50 | 10 | 0.0 | 5 | 2112 |
| 비교예11 | WC | 1.22 | - | - | Co, Ni, NiCr/Mo | 50 | 25 | 15 | 10 | 94 | 0 | 6 | 50 | 50 | 1.8 | 10 | 1184 |
| 비교예12 | WC | 1.19 | - | - | Co, NiCr | 12 | 64 | 16 | 0 | 94 | 0 | 6 | 12 | 20 | 0.7 | 13 | 1349 |

[0146]

[0147] 도 1 및 표 1를 참조하여, 실시예 1~17은, 전술한 특징 1~3을 모두 구비하는 초경합금이다. 시험 1 및 시험 2의 결과로부터, 이들 초경합금이 높은 내열성과 높은 내결손성을 양립시키는 것이 확인되었다. 또한 실시예 3~5를 비교하는 것에 의해, Cr의 함유량(질량%)이 Mo의 함유량(질량%) 이상인 경우에, 상기 밸런스가 보다 우수한 것이 확인되었다.

[0148] 또한 실시예 1, 11, 12를 비교하는 것에 의해, WC의 평균 입자 직경이 0.5~3 μm 인 경우에, 내열성과 내결손성의 밸런스가 우수한 것이 확인되었다. 또한 실시예 13~17의 초경합금은, 제1 경질상 및 결합상에 더하여, 제2 경질상을 포함하는 초경합금이다. 이들을 비교하는 것에 의해, 제2 경질상을 구성하는 입자의 평균 입자 직경이 0.3~1.0 μm 인 경우, 상기 밸런스가 우수한 것이 확인되었다.

[0149] 한편, 비교예 1~3을 참조하여, 결합상이 Co만으로 이루어진 경우, 또는 결합상이 Co를 포함하지 않는 경우에는, 높은 내열성 및 높은 내결손성은 양립되지 않는 것이 확인되었다. 또한, 상기 (3)을 만족시키지 않는 비교예 4~7은 내열성이 낮았다. 이것은, 결합상의 원료로서, Cr 분말, Mo 분말, Cr 탄화물 분말 또는 Mo 탄화

물 분말을 이용했기 때문에, Cr 및 Mo 중 적어도 하나의 대부분이 Cr/Mo 화합물로서 존재하고 있기 때문이라고 생각되었다. 또한 상기 (1)을 만족시키지 않는 비교예 8, 12는, 내열성 및 내결손성의 한쪽이 크게 저하되었다. 또한 상기 (2)를 만족시키지 않는 비교예 9~11도 또한 내열성 및 내결손성의 한쪽이 크게 저하되었다.

[0150] 이번에 개시된 실시형태는 모든 점에서 예시이며, 제한적인 것이 아니라고 생각되어야 한다. 본 개시의 범위는 상기 실시형태가 아니라 청구범위에 의해 나타나며, 청구범위와 균등한 의미 및 범위 내에서의 모든 변경이 포함되는 것이 의도된다.

도면

도면1

