



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년09월09일
(11) 등록번호 10-0857493
(24) 등록일자 2008년09월02일

(51) Int. Cl.
C22C 1/05 (2006.01) C22C 29/02 (2006.01)
C22C 29/16 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2005-7006112
(22) 출원일자 2005년04월08일
심사청구일자 2005년08월30일
번역문제출일자 2005년04월08일
(65) 공개번호 10-2005-0095762
(43) 공개일자 2005년09월30일
(86) 국제출원번호 PCT/US2003/021332
국제출원일자 2003년07월08일
(87) 국제공개번호 WO 2004/065645
국제공개일자 2004년08월05일
(30) 우선권주장
10/453,085 2003년06월02일 미국(US)
(뒷면에 계속)
(56) 선행기술조사문헌
US3916497
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
지니어스 메탈, 인크
미국 캘리포니아주 91016 몬로비아 유닛 디 사우스
캘리포니아 애비뉴 2610
(72) 발명자
리우 쇼롱
미국 캘리포니아주 91007 아카디아 #3 웨스트 페
어뷰 애비뉴 743
(74) 대리인
김태홍, 신정권

전체 청구항 수 : 총 79 항

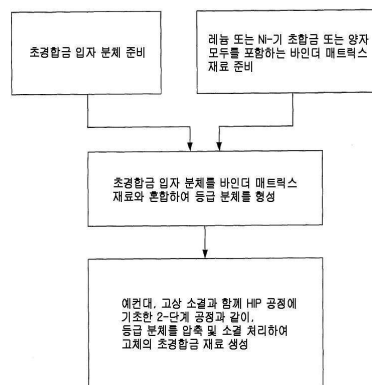
심사관 : 박기학

(54) 초경합금 조성물, 초경합금 기구, 및 초경합금의 제조방법

(57) 요약

제1 재료를 갖는 경질 입자와, 레늄 또는 Ni-기 초합금을 포함하는 상이한 제2 재료를 갖는 바인더 매트릭스를 포함하는 초경합금 조성물이 개시된다. 이러한 초경합금을 비교적 낮은 소결 온도에서 고체 상태 상으로 제조하여 실질적으로 완전히 치밀화된 초경합금을 생성하기 위하여 2단계 소결 공정이 이용될 수 있다.

대표도 - 도1



(56) 선행기술조사문헌

US4013453

US4265662

US4330333

US4639352

(30) 우선권주장

60/439,838 2003년01월13일 미국(US)

60/449,305 2003년02월20일 미국(US)

특허청구의 범위

청구항 1

제1 재료를 갖는 경질 입자와,

상기 제1 재료와 성분이 상이한 제2 재료를 갖는 바인더 매트릭스

를 포함하는 초경합금 조성물로서,

상기 제2 재료의 체적은 상기 초경합금 조성물의 총 체적의 3% 내지 40%이고, 상기 바인더 매트릭스는 상기 바인더 매트릭스의 총 중량의 25% 보다 많은 양의 레늄(Re)을 포함하며, 상기 경질 입자는 상기 바인더 매트릭스 중에 공간적으로 균일하게 분산되어 있는 것인 초경합금 조성물.

청구항 2

(1) 하나 이상의 질화물과, (2) 하나 이상의 탄질화물과, (3) 하나 이상의 붕화물, 그리고 (4) 하나 이상의 규화물 중 적어도 하나를 포함하는 제1 재료를 갖는 경질 입자와,

니켈(Ni)-기(基) 초합금을 포함하고 상기 제1 재료와 성분이 상이한 제2 재료를 갖는 바인더 매트릭스

를 포함하는 초경합금 조성물로서,

상기 경질 입자는 상기 바인더 매트릭스 중에 공간적으로 균일하게 분산되어 있는 것인 초경합금 조성물.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제1 재료는 텅스텐을 포함하는 탄화물을 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 탄화물은 모노 탄화텅스텐(WC)을 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 제1 재료는 텅스텐과 상이한 금속 원소를 갖는 다른 탄화물을 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 금속 원소는 티탄(Ti), 탄탈(Ta), 니오븀(Nb), 바나듐(V), 크롬(Cr), 하프늄(Hf) 또는 몰리브덴(Mo)으로부터 선택되는 것인 초경합금 조성물.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제1 재료는 질화물을 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 질화물은 TiN 또는 HfN을 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 바인더 매트릭스는 코발트(Co), 니켈(Ni), 몰리브덴(Mo), 철(Fe) 또는 크롬(Cr)을 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 10

(1) WC, TiC 및 TaC의 혼합물과, (2) WC, TiC 및 NbC의 혼합물과, (3) TaC 및 NbC 중 적어도 하나와 WC 및 TiC의 혼합물, 그리고 (4) HfC 및 NbC 중 적어도 하나와 WC 및 TiC의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 적어도 1종의 혼합물을 갖는 제1 재료를 포함하는 경질 입자와,

상기 제1 재료와 성분이 상이한 제2 재료를 포함하는 바인더 매트릭스

를 포함하는 초경합금 조성물로서, 상기 바인더 매트릭스의 체적은 상기 초경합금 조성물의 총 체적의 3% 내지 40%이고, 상기 바인더 매트릭스는 상기 바인더 매트릭스의 총 중량의 25% 보다 많은 양의 레늄을 포함하며, 상기 경질 입자는 상기 바인더 매트릭스 중에 공간적으로 균일하게 분산되어 있는 것인 초경합금 조성물.

청구항 11

Mo₂C 및 TiC의 혼합물을 포함하는 제1 재료를 갖는 경질 입자와,

상기 제1 재료와 성분이 상이한 제2 재료를 갖는 바인더 매트릭스

를 포함하는 초경합금 조성물로서, 상기 바인더 매트릭스의 체적은 상기 초경합금 조성물의 총 체적의 3% 내지 40%이고, 상기 바인더 매트릭스는 레늄을 포함하며, 상기 경질 입자는 상기 바인더 매트릭스 중에 공간적으로 균일하게 분산되어 있는 것인 초경합금 조성물.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 제1 재료는 TiN을 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 13

제1항, 제10항 또는 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 바인더 매트릭스는 니켈-기 초합금을 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 14

제2항에 있어서, 상기 니켈-기 초합금은 레늄을 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 15

제13항에 있어서, 상기 바인더 매트릭스는 코발트를 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 16

제2항에 있어서, 상기 니켈-기 초합금은 주성분이 니켈이고, 다른 원소들을 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 다른 원소(들)는 Co, Cr, Al, Ti, Mo, Nb, W 및 Zr 중 1종 이상이 선택되는 것인 초경합금 조성물.

청구항 18

제2항에 있어서, 상기 바인더 매트릭스는 상기 니켈-기 초합금과 성분이 상이한 제2 니켈-기 초합금을 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 19

제2항 또는 제18항에 있어서, 상기 바인더 매트릭스는 레늄을 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 20

제2항에 있어서, 상기 바인더 매트릭스는 코발트를 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 21

제2항에 있어서, 상기 바인더 매트릭스는 니켈, 철, 몰리브덴, 크롬, 또는 니켈-기 초합금이 아닌 다른 합금 중 1종 이상을 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 22

TiC와 TiN을 포함하는 제1 재료를 갖는 경질 입자와;

Ni, Mo 및 Mo₂C 중 적어도 1종을 포함하고 상기 제1 재료와 성분이 상이한 제2 재료를 갖는 바인더 매트릭스

를 포함하며, 상기 경질 입자는 상기 바인더 매트릭스 중에 공간적으로 균일하게 분산되어 있는 것인 초경합금 조성물.

청구항 23

제22항에 있어서, 상기 바인더 매트릭스는 레늄을 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 24

제23항에 있어서, 상기 바인더 매트릭스는 코발트를 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 25

제22항 내지 제24항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 바인더 매트릭스는 니켈-기 초합금을 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 26

(1) WC, TiC 및 TaC의 고용체와, (2) WC, TiC 및 NbC의 고용체와, (3) TaC 및 NbC 중 적어도 하나와 WC 및 TiC의 고용체, 그리고 (4) HfC 및 NbC 중 적어도 하나와 WC 및 TiC의 고용체로 이루어지는 군으로부터 적어도 1종이 선택되는 제1 재료를 갖는 경질 입자와,

상기 제1 재료와 성분이 상이한 제2 재료를 갖는 바인더 매트릭스

를 포함하는 초경합금 조성물로서, 상기 바인더 매트릭스의 체적은 상기 초경합금 조성물의 총 체적의 3% 내지 40%이고, 상기 바인더 매트릭스는 레늄을 포함하며, 상기 경질 입자는 상기 바인더 매트릭스 중에 공간적으로 균일하게 분산되어 있는 것인 초경합금 조성물.

청구항 27

제26항에 있어서, 상기 경질 입자는 WC, TiC 및 TaC의 고용체를 포함하고, 상기 바인더 매트릭스는 순수 레늄으로 형성되는 것인 초경합금 조성물.

청구항 28

제27항에 있어서, 상기 고용체는 상기 초경합금 조성물의 72%이고, 상기 레늄은 상기 초경합금 조성물의 총 중량의 28%인 것인 초경합금 조성물.

청구항 29

제27항에 있어서, 상기 고용체는 상기 초경합금 조성물의 85%이고, 상기 레늄은 상기 초경합금 조성물의 총 중량의 15%인 것인 초경합금 조성물.

청구항 30

제29항에 있어서, 상기 TiC 및 TaC는 양적으로 동일하고, 상기 TiC 및 TaC의 총량은 상기 WC의 양보다 적은 것인 초경합금 조성물.

청구항 31

제26항에 있어서, 상기 경질 입자는 WC, TiC 및 TaC의 고용체를 포함하고, 상기 바인더 매트릭스는 레늄 및 니켈-기 초합금을 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 32

제31항에 있어서, 상기 TiC 및 TaC 각각은 상기 초경합금 조성물의 총 중량의 3% 이상이고 6% 미만이며, 상기 WC는 상기 초경합금 조성물의 총 중량의 78%를 초과하고 89% 미만인 것인 초경합금 조성물.

청구항 33

제31항에 있어서, 상기 니켈-기 초합금은 니켈을 주성분으로 포함하고, Co, Cr, Al, Ti, Mo, Nb, W, Zr, B, C 및 V로부터 선택되는 1종 이상의 다른 원소(들)를 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 34

제26항에 있어서, 상기 바인더 매트릭스는 레늄과, 레늄을 포함하는 니켈-기 초합금을 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 35

경질 입자의 분말을 레늄을 포함하는 바인더 매트릭스 재료와 혼합하여 그레이드 분말(grade powder)을 제조하는 제조 단계와,

상기 바인더 매트릭스 재료를 이용하여 상기 경질 입자를 결합시킴으로써 고상의 초경합금(hardmetal) 재료를 생성하도록 상기 그레이드 분말을 가공 처리하는 가공 처리 단계

를 포함하며, 상기 가공 처리 단계는 (1) 상기 그레이드 분말을 진공 조건 하에서 고상으로 소결하는 소결 단계와, (2) 상기 그레이드 분말을 소정 압력하에서 불활성 가스 매체 분위기에서 고상으로 소결하는 소결 단계를 포함하는 것인, 초경합금의 제조방법.

청구항 36

제35항에 있어서, 상기 바인더 매트릭스는 니켈-기 초합금을 더 포함하는 것인, 초경합금의 제조방법.

청구항 37

대상물로부터 재료를 제거하는 마모부를 포함하는 초경합금 기구로서,

상기 마모부는,

제1 재료를 갖는 경질 입자와,

레늄과 니켈-기 초합금을 포함하고 상기 제1 재료와 성분이 상이한 제2 재료를 갖는 바인더 매트릭스

를 갖는 초경합금 조성물을 포함하며, 상기 경질 입자는 상기 바인더 매트릭스 중에 공간적으로 균일하게 분산되어 있는 것인 초경합금 기구.

청구항 38

제35항 또는 제36항에 있어서, 상기 바인더 매트릭스 재료는 코발트를 더 포함하는 것인, 초경합금의 제조방법.

청구항 39

제35항에 있어서, 각각의 상기 소결 단계는 상기 경질 입자와 바인더 매트릭스 재료의 공용 온도보다 낮은 온도에서 수행되는 것인, 초경합금의 제조방법.

청구항 40

마모부를 포함하는 초경합금 기구로서,

상기 마모부는,

제1 재료를 갖는 경질 입자와,

니켈-기 초합금을 포함하고 상기 제1 재료와 성분이 상이한 제2 재료를 갖는 바인더 매트릭스

를 갖는 초경합금 조성물을 포함하며, 상기 경질 입자는 상기 바인더 매트릭스 중에 공간적으로 균일하게 분산되어 있는 것인 초경합금 기구.

청구항 41

경질 입자의 분말을 니켈-기 초합금을 포함하는 바인더 매트릭스 재료와 혼합하여 그레이드 분말을 제조하는 제조 단계, 및

상기 그레이드 분말로부터 고상의 초경합금 재료를 생성하도록, 상기 그레이드 분말을 고상(solid state phase)에서 소결하는 단계로서, 상기 바인더 매트릭스 재료는 고상의 초경합금 재료에서 상기 경질 입자를 결합시키는 것인 고상 소결 단계를

를 포함하는 것인, 초경합금의 제조방법.

청구항 42

제41항에 있어서, 상기 고상 소결 단계는 압축 작업과, 제1 소결 작업과, 성형 작업, 그리고 제2 소결 작업을 순차적으로 수행하는 것을 포함하는 것인, 초경합금의 제조방법.

청구항 43

제41항 또는 제42항에 있어서, 상기 혼합 전에, 레늄 또는 코발트를 더 포함하는 바인더 매트릭스 재료를 준비하는 단계를 더 포함하는 것인, 초경합금의 제조방법.

청구항 44

제41항 또는 제42항에 있어서, 상기 고상 소결 단계를 수행하기 위해 열간 정수압 압축 공정을 이용하는 것인, 초경합금의 제조방법.

청구항 45

제41항 또는 제42항에 있어서, 상기 고상 소결 단계는 (1) 상기 그레이드 분말을 진공 조건 하에서 고상으로 소결하는 소결 단계와, (2) 상기 그레이드 분말을 소정 압력하에서 불활성 가스 매체 분위기에서 고상으로 소결하는 소결 단계를 포함하는 것인, 초경합금의 제조방법.

청구항 46

제41항 또는 제42항에 있어서, 상기 혼합 전에, 상기 소결 작업의 온도를 감소시키기 위하여 입자 크기가 0.5 미크론 미만인 경질 입자를 준비하는 단계를 더 포함하는 것인, 초경합금의 제조방법.

청구항 47

제1항, 제2항, 제10항, 제11항, 제22항 또는 제26항 중 어느 한 항에 있어서, 니켈-기 초합금을 포함하며, 이 니켈-기 초합금은 $\gamma-\gamma'$ 상인 것인 초경합금 조성물.

청구항 48

제35항 또는 제41항에 있어서, 니켈-기 초합금을 포함하며, 이 니켈-기 초합금은 $\gamma-\gamma'$ 상인 것인, 초경합금의 제조방법.

청구항 49

제37항 또는 제40항에 있어서, 니켈-기 초합금을 포함하며, 이 니켈-기 초합금은 $\gamma-\gamma'$ 상인 것인 초경합금 기구.

청구항 50

제13항에 있어서, 상기 니켈-기 초합금은 레늄을 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 51

제31항에 있어서, 상기 바인더 재료는 코발트를 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 52

제17항에 있어서, 상기 다른 원소는 레늄을 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 53

제19항에 있어서, 상기 바인더 매트릭스는 코발트를 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 54

제37항에 있어서, 상기 바인더 매트릭스 재료는 코발트를 더 포함하는 것인 초경합금 기구.

청구항 55

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제1 재료는 (1) 하나 이상의 탄화물, (2) 하나 이상의 질화물, (3) 하나 이상의 탄질화물, (4) 하나 이상의 붕화물, 및 (4) 하나 이상의 규화물 중 적어도 하나를 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 56

제55항에 있어서, 상기 하나 이상의 탄화물은 WC, TiC, TaC, HfC, NbC, Mo₂C, Cr₂C₃, VC, ZrC, B₄C 및 SiC 중 적어도 하나를 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 57

제55항에 있어서, 상기 하나 이상의 질화물은 TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, TaN 및 BN 중 적어도 하나를 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 58

제55항에 있어서, 상기 하나 이상의 탄질화물은 Ti(C,N), Ta(C,N), Nb(C,N), Hf(C,N), Zr(C,N) 및 V(C,N) 중 적어도 하나를 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 59

제55항에 있어서, 상기 하나 이상의 붕화물은 TiB₂, ZrB₂, HfB₂, TaB₂, VB₂, MoB₂, WB 및 W₂B 중 적어도 하나를 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 60

제55항에 있어서, 상기 하나 이상의 규화물은 TaSi₂, WSi₂, NbSi₂ 및 MoSi₂ 중 적어도 하나를 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 61

제37항 또는 제40항에 있어서, 상기 제1 재료는 (1) 하나 이상의 탄화물, (2) 하나 이상의 질화물, (3) 하나 이상의 탄질화물, (4) 하나 이상의 붕화물, 및 (4) 하나 이상의 규화물 중 적어도 하나를 포함하는 것인 초경합금 기구.

청구항 62

제61항에 있어서, 상기 하나 이상의 탄화물은 WC, TiC, TaC, HfC, NbC, Mo₂C, Cr₂C₃, VC, ZrC, B₄C 및 SiC 중 적어도 하나를 포함하는 것인 초경합금 기구.

청구항 63

제61항에 있어서, 상기 하나 이상의 질화물은 TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, TaN 및 BN 중 적어도 하나를 포함하는 것인 초경합금 기구.

청구항 64

제61항에 있어서, 상기 하나 이상의 탄질화물은 Ti(C,N), Ta(C,N), Nb(C,N), Hf(C,N), Zr(C,N) 및 V(C,N) 중 적어도 하나를 포함하는 것인 초경합금 기구.

청구항 65

제61항에 있어서, 상기 하나 이상의 붕화물은 TiB_2 , ZrB_2 , HfB_2 , TaB_2 , VB_2 , MoB_2 , WB 및 W_2B 중 적어도 하나를 포함하는 것인 초경합금 기구.

청구항 66

제61항에 있어서, 상기 하나 이상의 규화물은 $TaSi_2$, WSi_2 , $NbSi_2$ 및 $MoSi_2$ 중 적어도 하나를 포함하는 것인 초경합금 기구.

청구항 67

질화물, 붕화물, 탄질화물, 및 규화물 중 적어도 하나를 포함하는 경질 입자와,
상기 경질 입자를 결합하는 레늄을 포함하는 바인더 매트릭스
를 포함하는 초경합금 조성물.

청구항 68

탄화물, 질화물, 붕화물, 탄질화물, 및 규화물 중 적어도 하나를 포함하는 경질 입자와,
상기 경질 입자를 결합하는 레늄 및 니켈-기 초합금을 포함하는 바인더 매트릭스
를 포함하는 초경합금 조성물.

청구항 69

제67항 또는 제68항에 있어서, 상기 질화물은 주기율표의 VB족 및 VIB족 금속의 질화물 중 하나인 것인 초경합금 조성물.

청구항 70

제67항에 있어서, 상기 경질 입자는 탄화물을 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 71

제68항 또는 제70항에 있어서, 상기 탄화물은 WC , TiC , TaC , HfC , NbC , Mo_2C , Cr_2C_3 , VC , ZrC , B_4C 및 SiC 중 적어도 하나를 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 72

제67항 또는 제68항에 있어서, 상기 질화물은 TiN , ZrN , HfN , VN , NbN , TaN 및 BN 중 하나인 것인 초경합금 조성물.

청구항 73

제67항 또는 제68항에 있어서, 상기 바인더 매트릭스는 코발트를 더 포함하는 것인 초경합금 조성물.

청구항 74

제67항 또는 제68항에 있어서, 상기 탄질화물은 $Ti(C,N)$, $Ta(C,N)$, $Nb(C,N)$, $Hf(C,N)$, $Zr(C,N)$ 및 $V(C,N)$ 중 하나인 것인 초경합금 조성물.

청구항 75

제67항 또는 제68항에 있어서, 상기 붕화물은 TiB_2 , ZrB_2 , HfB_2 , TaB_2 , VB_2 , MoB_2 , WB 및 W_2B 중 하나인 것인 초경합금 조성물.

청구항 76

제67항 또는 제68항에 있어서, 상기 규화물은 $TaSi_2$, WSi_2 , $NbSi_2$ 및 $MoSi_2$ 중 하나인 것인 초경합금 조성물.

삭제

청구항 92

삭제

청구항 93

삭제

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 초경합금 조성물, 그 제조 기술 및 관련 용례에 관한 것이다.

배경기술

<2> 초경합금(hardmetal)은 다양한 복합 재료를 포함하고, 단단하고 내화성 있게 특별히 설계되며, 강한 내마모성을 나타낸다. 널리 사용되는 초경합금은 소결 또는 탄침 카바이드(cemented carbide) 또는 탄질화물(carbonitride), 또는 이러한 물질의 조합을 포함한다. 서멧(cermet)이라 부르는 몇몇 초경합금은, 바인더 금속 입자에 의해 결합된 가공 처리된 세라믹 입자(예컨대, TiC)를 포함할 수 있는 조성을 갖고 있다. 초경합금의 몇몇 조성물은 기술 문헌에 제공되어 있다. 예를 들면, 초경합금 조성물에 대한 광범위한 편집물이 Brookes' World Dictionary and Handbook of Hardmetals(제6판, International Carbide Data, 영국, 1996)에 공개되어 있다.

<3> 초경합금은 다양한 용례에 사용될 수 있다. 예컨대, 금속, 돌 및 기타 경질의 재료를 절삭하기 위한 절삭 공구, 신선용 다이(wire-drawing die), 칼, 석탄과 여러 가지 광석 및 암석을 절삭하기 위한 광산 공구, 오일용 드릴 공구 및 기타 드릴 용례 등이 있다. 또한, 이러한 초경합금은 다양한 장치의 동작 조건 또는 상기 장치가 동작하는 환경 조건에 대한 특정 요건을 충족시키도록 상기 다양한 장치의 하우징 및 외면 또는 외층을 구축하는 데에 사용될 수도 있다.

<4> 많은 초경합금들은 먼저, 경질의 내화 탄화물 또는 탄질화물 입자를 바인더 매트릭스 중에 분산시킨 다음에 그 혼합물을 압축 및 소결하여 형성될 수 있다. 이러한 소결 과정을 통해, 상기 바인더 매트릭스는 상기 입자들을 결합시키고 상기 혼합물을 응축하여 최종적으로 초경합금을 형성할 수 있다. 상기 경질 입자는 주로, 최종적으로 얻어지는 초경합금의 경질 및 내화 성질에 기여한다.

발명의 상세한 설명

<5> 이하에서 설명하는 초경합금 재료는 제1 재료를 갖는 경질 입자와, 상이한 제2 재료를 갖는 바인더 매트릭스를 포함한다. 상기 경질 입자는 실질적으로 균일하게 상기 바인더 매트릭스 중에 공간적으로 분산된다. 상기 경질 입자용 제1 재료는, 예컨대 탄화텅스텐(tungsten carbide)을 기본으로 하는 재료[탄화텅스텐-기(基) 재료], 탄화티탄-기 재료, 탄화텅스텐 및 탄화티탄의 혼합물을 기본으로 하는 재료를 포함할 수 있다. 상기 바인더 매트릭스용 제2 재료는, 무엇보다도 레늄, 레늄과 코발트의 혼합물, Ni-기 초합금(superalloy), Ni-기 초합금 및 레늄의 혼합물, Ni-기 초합금과 레늄 및 코발트의 혼합물, 이들 재료와 다른 재료의 혼합물일 수 있다. 상기 Ni-기 초합금은 γ - γ' 금속상일 수 있다.

<6> 여러 가지 실시예에서, 예컨대 상기 제2 재료의 체적은 상기 초경합금 재료의 총 체적의 약 3% 내지 약 40%일 수 있다. 몇몇 용례에 있어서, 상기 바인더 매트릭스는 상기 초경합금 재료 내의 상기 바인더 매트릭스의 총 중량의 25% 이상인 양의 레늄을 포함할 수 있다. 다른 용례에서, 상기 제2 재료는 Ni-기 초합금을 포함할 수 있다. 상기 Ni-기 초합금은 용례에 따라서는 레늄과 같은 다른 원소 및 니켈을 포함할 수 있다.

<7> 한 가지 실시예에 따르면, 본 발명의 초경합금 재료는 상기 재료 혼합물을 진공 조건 하에서 소결하고, 가스 매체를 통해 인가된 압력 하에서 고상(固相) 소결함으로써 제조할 수 있다.

<8> 이러한 초경합금 재료 및 조성 방법으로부터 다음과 같은 이점들, 즉 전체적으로 우수한 경도, 고온에서 증대된 경도, 개선된 내식성 및 내산화성 중 하나 이상의 이점을 얻을 수 있다.

<9> 이하에서는 첨부 도면, 상세한 설명 및 청구의 범위와 관련하여 상기 특징 및 다른 특징, 실시예 및 이점을 상세하게 설명한다.

실시예

- <13> 초경합금의 조성은 의도한 용례에서의 초경합금의 기술적 성능, 처리 조건 및 이러한 초경합금의 제조 중에 사용되는 장치에 직접적으로 영향을 미친다는 점에서 중요하다. 초경합금 조성은 또한 초경합금의 원료 비용 및 제조 공정과 관련된 비용에 직접적으로 영향을 미칠 수 있다. 이러한 이유 및 기타 다른 이유 때문에, 기술적으로 우수하고 경제적으로 적합한 초경합금용 조성물을 개발하기 위한 노력이 초경합금 산업 분야에서 광범위하게 수행되어 왔다. 이러한 용례는 다른 특징 중에서도, 함께 성능 면에서 이점을 제공하는 선택된 바인더 매트릭스 재료가 포함된 초경합금용 재료 조성물을 기술한다.
- <14> 관심 대상의 초경합금용 재료 조성물은 다양한 경질 입자 및 다양한 바인더 매트릭스 재료를 포함한다. 일반적으로, 상기 경질 입자는 주기율표의 IVB족 금속의 탄화물(예컨대, TiC, ZrC, HfC), VB족 금속의 탄화물(예컨대, VC, NbC, TaC) 및 VIB족 금속의 탄화물(예컨대, Cr₃C₂, Mo₂C, WC)로부터 형성될 수 있다. 또한, 주기율표의 IVB족 금속 원소로부터 형성된 질화물(예컨대, TiN, ZrN, HfN) 및 VB족 금속 원소로부터 형성된 질화물(예컨대, VN, NbN, TaN) 역시 사용될 수 있다. 예를 들면, 수 많은 초경합금용으로 널리 사용되는 경질 입자용의 한 가지 재료 조성물은 탄화텅스텐, 예컨대 모노 탄화텅스텐(WC)이다. 여러 가지 질화물이 탄화물과 혼합되어 경질 입자를 형성할 수 있다. 2종 이상의 상기 탄화물 및 상기 질화물과, 그 이외의 탄화물 및 질화물을 조합하여 WC-기 초경합금 또는 WC가 없는 초경합금을 형성할 수 있다. 상이한 탄화물들의 혼합물의 예로서 WC 및 TiC의 혼합물, WC, TiC 및 TaC의 혼합물이 있지만, 이들로만 제한되는 것은 아니다.
- <15> 상기 바인더 매트릭스의 재료 조성물은 경질 입자를 함께 결합시키기 위한 매트릭스를 제공하는 것 외에, 결과적으로 얻어지는 초경합금의 경질 및 내화 성질에 현저한 영향을 미칠 수 있다. 일반적으로, 바인더 매트릭스는 주기율표의 8족에 있는 1종 이상의 전이 금속, 예컨대 코발트(Co), 니켈(Ni) 및 철(Fe), 6B족의 금속, 예컨대 몰리브덴(Mo) 및 크롬(Cr)을 포함할 수 있다. 2종 이상의 상기 바인더 금속 및 다른 바인더 금속들을 함께 혼합하여 적절한 경질 입자를 결합하기 위한 원하는 바인더 매트릭스를 형성할 수 있다. 몇몇 바인더 매트릭스는, 예컨대 상이한 상대 중량의 Co, Ni 및 Mo의 조합을 이용한다.
- <16> 상기 초경합금 조성물은 부분적으로, 상기 바인더 매트릭스의 재료 조성이 다양한 용례에서의 특정 요구를 충족시키기 위하여 고성능의 초경합금을 제공하도록 특별히 형성되고 맞추어질 수 있다는 인식의 기초하에 개발되었다. 특히, 상기 바인더 매트릭스의 재료 조성은 결과적으로 얻어지는 초경합금의 다른 재료 성질, 예컨대 탄성, 경성 및 (횡방향 파괴 강도, 인장 강도 및 충격 강도를 포함하는) 강도 파라미터에 상당한 영향을 미친다. 따라서, 본 발명자는, 결과적으로 얻어지는 초경합금의 재료 성질 및 성능을 향상시키기 위하여, 초경합금의 경질 입자 및 다른 성분의 재료 조성을 보다 잘 매치시키도록 바인더 매트릭스에 적절한 재료 조성을 제공하는 것이 바람직하다는 것을 인식하였다.
- <17> 보다 구체적으로, 이들 초경합금 조성물은 레늄, Ni-기 초합금 또는 적어도 1종의 Ni-기 초합금 및 다른 바인더 재료의 조합을 포함하는 바인더 매트릭스를 사용한다. 다른 적당한 바인더 재료들은, 무엇보다도 레늄(Re) 또는 코발트를 포함할 수 있다. Ni-기 초합금은 비교적 고온에서 큰 재료 강도를 나타낸다. 이러한 바인더 재료로 형성된 최종 초경합금은 레늄 및 Ni-초합금의 고온에서 높은 재료 강도의 이점이 있고, 고온에서 향상된 성능을 나타낼 수 있다. 또한, Ni-기 초합금은 우수한 내식성 및 내산화성을 나타내고, 따라서, 바인더 재료로서 사용되는 경우, 초경합금의 내식성 및 내산화성을 향상시킬 수 있다.
- <18> 본 명세서에서 설명한 초경합금의 조성물은 초경합금에서 총 재료의 약 3 체적% 내지 약 40 체적%의 바인더 매트릭스 재료를 포함할 수 있어, 경질 입자의 대응 체적 비율은 각각, 약 97% 내지 약 60%이다. 상기 체적 비율 범위 내에서, 어떤 실시예에서의 바인더 매트릭스 재료는 총 초경합금 재료의 체적으로부터 약 4 체적% 내지 약 35 체적%일 수 있다. 보다 바람직하게는, 몇몇 초경합금의 조성물은 총 초경합금 재료의 체적의 약 5 체적% 내지 약 30 체적%의 바인더 매트릭스 재료를 포함할 수 있다. 결과적으로 얻어지는 초경합금의 총 중량 중 바인더 매트릭스 재료의 중량 비율은 초경합금의 특정 조성으로부터 유도할 수 있다.
- <19> 여러 가지 실시예에서, 상기 바인더 매트릭스는 주로, Ni-기 초합금에 의해, 그리고 Ni-기 초합금과 Re, Co, Ni, Fe, Mo 및 Cr과 같은 다른 원소들의 다양한 조합에 의해 형성할 수 있다. 관심 대상의 Ni-기 초합금은, Ni 외에, Co, Cr, Al, Ti, Mo, W 및 다른 원소, 예컨대 Ta, Nb, B, Zr 및 C를 포함할 수 있다. 예를 들면, Ni-기 초합금은 초합금의 총 중량에 대한 중량 비율로 다음의 성분 금속들, 즉 약 30% 내지 약 70%의 Ni, 약 10% 내지

약 30%의 Cr, 약 0% 내지 약 25%의 Co, 총 약 4% 내지 약 12%의 Al 및 Ti, 약 0% 내지 약 10%의 Mo, 약 0% 내지 약 10%의 W, 약 0% 내지 약 10%의 Ta, 약 0% 내지 약 5%의 Nb 및 약 0% 내지 약 5%의 Hf을 포함할 수 있다. Ni-기 초합금은 또한, 예컨대 0% 내지 약 10%의 Re 및 약 0% 내지 약 5%의 Hf 중 어느 하나 또는 양자 모두를 포함할 수 있다. Re이 포함된 Ni-기 초합금은 고온 하의 용례에 이용될 수 있다. Ni-기 초합금은 B, Zr 및 C와 같은 다른 원소들을 소량으로 더 포함할 수 있다.

<20> TaC 및 NbC는 어느 정도 유사한 성질을 갖고 있으며, 몇몇 실시예에서는 초경합금 조성에서 부분적으로 또는 완전히 서로 치환 또는 대체하여 사용될 수 있다. 초경합금 설계시 TaC의 일부 또는 전부를 치환 또는 대체하기 위하여 HfC 및 NbC 중 어느 하나 또는 양자 모두가 사용될 수도 있다. WC, TiC 및 TaC는 개별적으로 또는 고용체의 형태로 함께 혼합물로 생성될 수 있다. 혼합물이 이용되는 경우에, 그 혼합물은 (1) WC, TiC 및 TaC의 혼합물, (2) WC, TiC 및 NbC의 혼합물, (3) TaC 및 NbC 중 적어도 1종과 WC 및 TiC의 혼합물, (4) HfC 및 NbC 중 적어도 1종과 WC 및 TiC의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 적어도 1종이 선택될 수 있다. 복수의 카바이드의 고용체는 몇몇 카바이드의 혼합물보다 더 좋은 성질 및 성능을 나타낼 수 있다. 따라서, 경질 입자는 (1) WC, TiC 및 TaC의 고용체, (2) WC, TiC 및 NbC의 고용체, (3) TaC 및 NbC 중 적어도 1종과 WC 및 TiC의 고용체, (4) HfC 및 NbC 중 적어도 1종과 WC 및 TiC의 고용체로 이루어지는 군으로부터 적어도 1종이 선택될 수 있다.

<21> 상기 바인더 재료로서의 Ni-기 초합금은 γ - γ' 상일 수 있는데, FCC 구조를 갖고 있는 γ' 상은 γ 상과 혼합된다. 강도는 어느 정도까지는 온도와 함께 증가한다. 이러한 Ni-기 초합금의 다른 바람직한 성질은 내산화성 및 내식성이 크다는 것이다. 상기 Ni-기 초합금은 여러 가지 Co-기 바인더 조성물에서 Co를 부분적으로 또는 완전히 대체하는 데에 사용될 수 있다. 본 명세서에서 개시한 실시예를 통해 입증되는 바와 같이, 레늄과 Ni-기 초합금을 초경합금의 바인더 매트릭스에 개재시키면, 제조를 용이하게 하기 위해 Ni-기 초합금의 비교적 낮은 소결 온도를 이용하여 합리적으로 낮은 소결 온도를 유지하면서, Re의 존재로 인해 고온에서 뛰어난 성능의 이점을 얻음으로써 최종 초경합금의 성능을 개선할 수 있다. 또한, 이러한 바인더 조성물에 Re이 비교적 적게 함유되어 있어, 바인더 재료의 비용을 절감할 수 있게 되고, 따라서 그 바인더 재료는 경제적인 면에서 적절하게 된다.

<22> 이러한 Ni-기 초합금의 중량 비율은, 바인더 매트릭스의 특정 조성에 기초하여, 바인더 매트릭스의 모든 재료 성분의 총 중량과 관련하여 수 중량% 내지 100 중량%일 수 있다. 전형적인 Ni-기 초합금은, 온도가 상승함에 따라 증가하는 증대된 강도를 나타내도록 γ - γ' 상 강화 상태에 주성분으로 니켈을 포함하고 다른 금속 성분을 포함할 수 있다.

<23> Co, Cr, Al, Ti, Mo, Nb, W, B 및 Zr과 함께 Ni을 주성분으로 포함하고, Rene-95, Udimet-700, Udimet-720의 상표명으로 Special Metals에서 판매하는 합금과 같이, 여러 가지 Ni-기 초합금은 통상의 바인더 재료 코발트보다 용점이 낮을 수 있다. 따라서, 바인더 재료로서 이러한 Ni-기 초합금만을 사용하면, Co가 있는 바인더를 이용하는 초경합금과 비교하여, 최종 초경합금의 용점이 증가하지 않을 수 있다.

<24> 그러나, 한 가지 실시예에서, 약 500°C 부근 또는 그보다 높은 고온에서, 높은 재료 강도를 제공하고 최종 초경합금의 재료 경도를 개선하기 위하여, 바인더 재료에 상기 Ni-기 초경합금을 사용할 수 있다. 제조한 몇몇 샘플에 대한 시험에 따르면, 바인더 중에 Ni-기 초합금이 있는 초경합금의 재료 경도 및 강도는, 바인더 중에 Ni-기 초합금이 없는 유사한 재료 조성물과 비교하여 동작 온도에서 현저하게, 예컨대 적어도 10% 개선될 수 있다는 것이 입증되었다. 다음의 표는 바인더로서 순수 Co가 포함된 샘플(P49, P47A)과 비교하여, 바인더 중에 Ni-기 초합금이 있는 샘플(P65, P46A)의 측정된 경도 파라미터를 보여주며, 상기 샘플들의 조성은 표 4에 나타내었다.

<25> 바인더에 제공된 Ni-기 초합금(NS)의 효과

샘플 코드 메를	Co 또는 NS 바인더	실온에서의 Hv (Kg/mm ²)	실온에서의 Ksc ($\times 10^6$ Pa·m ^{1/2})	비교
P49	Co: 10 volume%	2186	6.5	
P65	NS: 10 volume%	2532	6.7	Hv는 P49보다 16% 더 크다
P47A	Co: 15 volume%	2160	6.4	
P46A	NS: 15 volume%	2364	6.4	Hv는 P47A보다 약 10% 더 크다

<26>

<27> 주목할만하게도, 500℃ 보다 높은 고온의 동작 온도에서, 바인더 중에 Ni-기 초합금이 포함된 초경합금 샘플은 바인더 중에 Ni-기 초합금이 포함되어 있지 않은 유사한 초경합금 샘플보다 현저히 더 큰 재료 경도를 나타낼 수 있다. 또한, 바인더 재료로서 Ni-기 초합금은, 바인더 재료로서 종래의 코발트를 이용하는 초경합금 또는 서멧과 비교하여, 최종 초경합금 또는 서멧의 내식성을 향상시킬 수 있다.

<28> Ni-기 초합금은 단독으로 또는 다른 원소들과 함께 사용되어 원하는 바인더 매트릭스를 형성할 수 있다. Ni-기 초합금과 조합되어 바인더 매트릭스를 형성할 수 있는 다른 원소들은 다른 Ni-기 초합금, 다른 비(非) Ni-기 초합금, Re, Co, Ni, Fe, Mo 및 Cr을 포함하지만, 이들로만 제한되는 것은 아니다.

<29> 바인더 재료로서의 레늄은 경질 입자를 상호 강하게 결합시키는 데에 사용될 수 있고, 특히 고용점의 최종 초경합금 재료를 생성할 수 있다. 레늄의 융점은 약 3180℃인데, 이는 바인더 재료로서 통상적으로 사용되는 코발트의 융점인 1495℃보다 훨씬 더 높다. 레늄의 이러한 특징은 레늄을 사용하는 바인더가 포함된 초경합금의 성능 증대, 예컨대 고온에서 최종 초경합금의 증대된 경도 및 강도에 부분적으로 기여한다. 레늄은 또한 바인더 재료로서 다른 소망하는 성질을 갖고 있다. 예컨대, 바인더 매트릭스 중에 레늄이 포함된 초경합금의 경도, 횡방향 파괴 강도, 파괴 인성 및 융점은 바인더 매트릭스 중에 레늄이 없는 유사 초경합금과 비교하여 현저히 증대될 수 있다. 바인더 매트릭스 중에 레늄이 있는 예시적인 WC-기 초경합금에서 경도(Hv)가 2600 Kg/mm² 이상이었다. 몇몇 예시적인 WC-기 초경합금의 융점, 즉 소결 온도는 2200℃보다 높았다. 비교하여, 인용한 Brookes의 표 2.1에 기재된 바인더 중에 Co가 포함된 WC-기 초경합금의 소결 온도는 1500℃ 미만이다. 소결 온도가 높은 초경합금은 그 재료가 소결 온도보다 낮은 고온에서 동작할 수 있도록 해준다. 예컨대, 이러한 Re-함유 초경합금 재료를 기초로 한 공구는 고속으로 동작할 수 있어, 처리 시간 및 공정의 전체 처리량을 감소시킨다.

<30> 그러나, 초경합금에서 바인더 재료로서 Re을 사용하는 것은 실제 실행시 소정의 제한이 있을 수 있다. 예컨대, Re의 바람직한 고온 성질은 제조를 위한 소결 온도를 높게 한다. 따라서, 종래의 소결 처리를 위한 오븐 또는 노(furnace)는 상기 높은 소결 온도 이상에서 동작하여야 한다. 이러한 고온, 예컨대 2200℃보다 높은 온도에서 동작할 수 있는 오븐 또는 노는 고가이고, 상업적으로 널리 이용되지 않을 수 있다. 미국 특허 번호 제 5,476,531호는 바인더 재료로서 각 초경합금의 총 중량 중 6% 내지 18%의 순수 Re을 포함하는 WC-기 초경합금의 제조시 처리 온도를 낮추기 위하여 빠른 전방향 압축(ROC)법을 이용하는 것을 개시하고 있다. 그러나, 상기 ROC법은 여전히 고가이고, 일반적으로 상업적 제조에는 적합하지 않다.

<31> 본 명세서에서 설명한 초경합금 조성물 및 조성법의 한 가지 잠재적인 이점은 바인더 매트릭스 중에 Re 또는 다른 바인더 재료와 Re의 혼합물을 포함하는 초경합금 제조를 위한 더욱 실용적인 제조 공정을 제공할 수 있다는 것이다. 특히, 이 2단계 공정은 최종 초경합금 내의 바인더 매트릭스의 총 중량의 25% 이상인 Re이 들어 있는 초경합금을 제조할 수 있도록 해준다. 25% 이상의 Re이 포함된 이러한 초경합금은 고온에서 높은 재료 경도 및 재료 강도를 달성하는 데에 사용될 수 있다.

<32> 초경합금용 바인더 재료로서 순수 Re을 이용하는 또 다른 제한점은, Re이 약 350℃ 이상의 공기 중에서 심하게

산화된다는 것이다. 이처럼 좋지 않은 내산화성으로 인해, 약 300℃보다 높은 임의의 용례에서 바인더로서 순수 Re을 사용하는 것이 현저하게 감소될 수 있다. Ni-기 초합금은 1000℃ 아래에서 이례적으로 강도 및 내산화성을 갖고 있기 때문에, 바인더 중에서 Re이 주 재료가 되는 Re 및 Ni-기 초합금의 혼합물은 바인더로서 이러한 혼합물을 이용하는 최종 초경합금의 강도 및 내산화성을 개선하는 데에 사용될 수 있다. 다른 한편으로, 주로 Ni-기 초합금으로 구성된 바인더에 Re을 첨가하면 최종 초경합금의 용접 범위를 증대시키고, Ni-기 초합금 바인더의 고온 강도 및 크리프 저항을 개선할 수 있다.

<33> 일반적으로, 바인더 매트릭스 중의 레늄의 중량 비율은 초경합금 중의 바인더 매트릭스의 총량의 수 % 내지 본질적으로 100%이어야 한다. 바람직하게는, 바인더 매트릭스 중의 레늄의 중량 비율은 5% 이상이어야 한다. 특히, 바인더 매트릭스 중의 레늄의 중량 비율은 바인더 매트릭스의 10% 이상일 수 있다. 몇몇 실시예에 있어서, 바인더 매트릭스 중의 레늄의 중량 비율은 최종 초경합금 내의 바인더 매트릭스의 총 중량의 25% 이상일 수 있다. 이처럼 고농도의 Re을 포함하는 초경합금은 본 명세서에서 설명하는 2단계 공정에 의해 비교적 저온에서 제조할 수 있다.

<34> 레늄은 일반적으로 초경합금에 사용되는 다른 재료보다 비싸기 때문에, 레늄을 포함하는 바인더 매트릭스를 설계할 때 비용을 고려하여야 한다. 이하에서 주어지는 몇몇 실시예는 이러한 고려 사항을 반영하고 있다. 일반적으로, 한 가지 실시예에 따르면, 초경합금 조성물은 제1 재료를 갖는 분산된 경질 입자와, 레늄이 구비된 상이한 제2 재료를 갖는 바인더 매트릭스를 포함하고 있으며, 상기 경질 입자는 실질적으로 균일하게 바인더 매트릭스 중에 공간적으로 분산되어 있다. 상기 바인더 매트릭스는, Re의 총 함량을 감소시켜 원료의 전체 비용을 부분적으로 감소시키고, 부분적으로 다른 바인더 재료의 제공을 조사하여 바인더 매트릭스의 성능을 개선하기 위하여, Re과 다른 바인더 재료의 혼합물일 수 있다. Re 및 다른 바인더 재료의 혼합물을 포함하는 바인더 매트릭스의 예로서, 적어도 1종의 Ni-기 초합금과 Re의 혼합물, 적어도 1종의 Ni-기 초합금과 Co 및 Re의 혼합물, Re 및 Co의 혼합물, 기타 혼합물이 있다.

<35> 표 1은 관심 대상의 초경합금 조성물의 예를 나열하고 있다. 이 표에서, WC-기 조성물은 "초경합금"이라 지칭하고, TiC-기 조성물은 "서멧"이라 지칭한다. 통상적으로, Ni 및 Mo의 혼합물 또는 Ni 및 Mo₂C의 혼합물에 의해 구속된 TiC 입자들은 서멧이다. 본 명세서에서 설명한 서멧은 TiC 및 TiN의 혼합물, TiC, TiN, WC, TaC 및 NbC의 혼합물에 의해 형성된 경질 입자를 더 포함하는데, 바인더 매트릭스는 Ni 및 Mo의 혼합물 또는 Ni 및 Mo₂C의 혼합물에 의해 형성된다. 각각의 초경합금 조성물에 대하여, 주어진 바인더 재료에 대한 상이한 3개의 중량 비율 범위가 나열되어 있다. 한 가지 예로서, 바인더는 Ni-기 초합금 및 코발트의 혼합물일 수 있고, 경질 입자는 WC, TiC, TaC 및 NbC의 혼합물일 수 있다. 이러한 조성물에서, 바인더는 초경합금의 총 중량의 약 2% 내지 약 40%일 수 있다. 이러한 범위는 몇몇 용례에서 약 3% 내지 약 35%의 범위로 설정될 수 있고, 다른 용례에서는 약 4% 내지 약 30%의 더 좁은 범위로 한정될 수 있다.

<36> [표 1]

	바인더 조성	경질 입자 조성	제1 바인더 중량% 범위	제2 바인더 중량% 범위	제3 바인더 중량% 범위
초경합금	Re	WC	4 to 40	5 to 35	6 to 30
		WC-TiC-TaC-NbC	4 to 40	5 to 35	6 to 30
	NS	WC	2 to 30	3 to 25	4 to 20
		WC-TiC-TaC-NbC	2 to 30	3 to 25	4 to 20
	NS-Re	WC	2 to 40	3 to 35	4 to 30
		WC-TiC-TaC-NbC	2 to 40	3 to 35	4 to 30
	Re-Co	WC	2 to 40	3 to 35	4 to 30
		WC-TiC-TaC-NbC	2 to 40	3 to 35	4 to 30
	NS-Re-Co	WC	2 to 40	3 to 35	4 to 30
		WC-TiC-TaC-NbC	2 to 40	3 to 35	4 to 30
서멧	NS	Mo ₂ C-TiC	5 to 40	6 to 35	8 to 40
		Mo ₂ C-TiC-TiN- WC-TaC-NbC	5 to 40	6 to 35	8 to 40
	Re	Mo ₂ C-TiC	10 to 55	12 to 50	15 to 45
		Mo ₂ C-TiC-TiN- WC-TaC-NbC	10 to 55	12 to 50	15 to 45
	NS-Re	Mo ₂ C-TiC	5 to 55	6 to 50	8 to 45
		Mo ₂ C-TiC-TiN- WC-TaC-NbC	5 to 55	6 to 50	8 to 45

<37>

<38>

바인더 매트릭스 중에 Re 또는 Ni-기 초합금이 포함된 초경합금의 제조는 다음과 같이 수행할 수 있다. 먼저, 1종 이상의 탄화물 또는 탄질화물과 같은 원하는 경질 입자로 이루어진 분말을 준비한다. 이러한 분말은 상이한 탄화물들의 혼합물 또는 탄화물 및 질화물의 혼합물을 포함할 수 있다. 상기 분말을 Re 또는 Ni-기 초합금을 포함하는 적당한 바인더 매트릭스 재료와 혼합한다. 또한, 압축 윤활제, 예컨대 왁스를 상기 혼합물에 첨가할 수 있다.

<39>

상기 경질 입자, 바인더 매트릭스 재료 및 윤활제의 혼합물을 원하는 기간, 예컨대 수 시간 동안 밀링하거나 마멸하는 밀링 또는 마멸 공정을 통해 혼합하여, 그 재료들을 충분히 혼합함으로써, 각 경질 입자가 바인더 매트릭스 재료로 코팅되어 후속 공정에서 경질 입자를 결합하는 것을 용이하게 한다. 상기 경질 입자는 또한 상기 재료들을 윤활시켜 혼합 공정을 용이하게 하고 경질 입자가 산화되는 것을 감소 또는 제거하기 위하여 윤활 물질로 코팅되어야 한다. 다음에, 상기 밀링된 혼합물에 대하여 압축, 예비 소결, 성형 및 최종 소결을 후속하여 실행함으로써 최종 초경합금을 형성한다. 상기 소결 공정은 분말 재료를 경질 입자의 용점 미만의 온도까지 가열하여 그 분말을 연속 질량체(continuous mass)로 전환시키는 공정으로서 예비적으로 가압 압축한 후에 실행될 수 있다. 이러한 공정 중에, 상기 바인더 재료는 치밀해져 연속한 바인더 매트릭스를 형성하여 그 안에 경질 입자를 구속한다. 최종 초경합금의 성능을 개선하기 위하여, 최종 초경합금의 표면에 하나 이상의 추가 코팅을 형성할 수 있다. 도 1은 상기 제조 공정의 실행 과정을 보여주는 흐름도이다.

<40>

한 가지 실시예에서, 탄침 탄화물 제조 공정은 용매 중에서의 습식 밀링, 진공 건조, 압축, 진공 중에서의 액체상 소결을 포함한다. 상기 액체상 소결 공정의 온도는 바인더 재료의 용점(예컨대, Co의 경우 1495℃)과 초경합금 혼합물의 공융(共融) 온도(예컨대, WC-Co의 경우 1320℃) 사이이다. 일반적으로, 탄침 탄화물의 소결 온도는 1360℃~1480℃이다. 저농도의 Re 또는 Ni-기 초합금이 바인더 합금 중에 포함된 신규의 재료에 대하여, 제조 공정은 종래의 탄침 탄화물 제조 공정과 동일하다. 진공에서의 액상 소결의 원리가 본 공정에 적용된다. 소결 온도는 바인더 합금 및 카바이드의 공융 온도보다 약간 더 높다. 예를 들면, P17(바인더 합금 중의 25 중량% Re)의 소결 조건은 진공에서 1시간 동안 1700℃이다.

<41>

도 2는 본 명세서에서 설명한 다양한 초경합금을 제조하기 위하여 고체 상태 상 소결에 기초한 2단계 제조 공정을 보여준다. 상기 2단계 소결법을 이용하여 제작할 수 있는 초경합금으로는, 예컨대 바인더 매트릭스 중에 고

농도의 Re이 포함된 초경합금이 있는데, 이는 다른 상황에서는 고온에서의 액상 소결을 필요로 한다. 이 2단계 공정은 비교적 저온, 예컨대 2200℃ 미만의 온도에서 실행할 수 있어, 상업적으로 적합한 오븐을 이용하여 합리적인 저비용으로 초경합금을 생산할 수 있다. 상기 2단계 공정에서 액상 소결은 생략되는데, 그 이유는 액상 소결이 바인더 합금 및 탄화물의 일반적으로 높은 공용 온도로 인하여 실용적이지 않을 수 있기 때문이다. 상기한 바와 같이, 이러한 고온에서의 소결은 고온에서 동작하는 오븐을 필요로 하는데, 이는 상업적으로 적절하지 않을 수 있다.

<42> 상기 2단계 공정의 제1 단계는 진공 소결로서, 바인더 매트릭스 및 경질 입자의 혼합 재료를 진공에서 소결한다. 탄침 탄화물을 제조하기 위한 종래의 공정에서 수행되는 것과 같이, 예를 들면 습식 밀링, 건조 및 가압에 의해 상기 혼합물을 초기 처리한다. 상기 소결의 제1 단계는 상호연결된 기공을 제거하기 위하여 바인더 합금 및 경질 입자 재료의 공용 온도보다 낮은 온도에서 수행한다. 제2 단계는 제1 단계후, 소결 혼합물에 남아 있는 잔류 기공 및 공극을 제거하기 위해 공용 온도보다 낮은 온도 및 가압 조건 하에서 수행하는 고상 소결이다. 이러한 제2 단계의 소결로서 열간 정수압 압축(HIP) 공정이 이용될 수 있다. 상기 소결 중에 상기 재료에 대하여 열 및 압력을 가하여, 가압을 하지 않을 경우 더 높은 처리 온도를 줄일 수 있다. 불활성 기체와 같은 가스 매체를 이용하여 소결 혼합물에 압력을 가하고 전달할 수 있다. 상기 압력은 1000 bar 이상일 수 있다. HIP 공정에서 압력을 가하면 필요한 처리 온도가 낮아지고, 종래의 오븐 또는 노를 이용할 수 있게 된다. 완전히 응축된 재료를 얻기 위한 고상 소결 및 HIP 온도는 일반적으로 액상 소결을 위한 온도보다 현저히 낮다. 예를 들면, 바인더로서 순수 Re을 이용하는 샘플(P62)은 2200℃에서 1 시간 내지 2 시간 동안 진공 소결한 다음에, Ar과 같은 불활성 기체에서 약 1시간 동안 약 2000℃에서 30,000 PSI의 압력으로 HIP 처리함으로써 완전하게 치밀화될 수 있다. 주목할만하게도, 0.5 미크론 미만의 입자 크기의 초미세 경질 입자를 사용하면 초경합금을 완전히 치밀화하기 위한 소결 온도를 낮출 수 있다(미세한 입자는 크기가 수 미크론임). 예를 들면, 샘플(P62, P63)을 제조할 때, 이러한 초미세 WC를 사용하면, 소결 온도를 예를 들면 약 2000℃ 정도로 낮출 수 있다. 상기 2단계 공정은 ROC 방법에 비하여 싸고, 상업적 생산에 이용할 수 있다.

<43> 이하에서는, 적어도 레늄 또는 Ni-기 초합금을 포함하는 여러 가지 바인더 매트릭스 재료에 기초한 예시적인 초경합금 조성 및 그 성질을 설명한다.

<44> 표 2는 실시예의 초경합금을 형성하는 데 사용된 몇몇 구성 재료의 코드 이름(로트 번호) 리스트를 제공하는데, H1은 레늄을 나타내고, L1, L2 및 L3는 3개의 예시적인 상업적 Ni-기 초합금을 나타낸다. 표 3은 상기 3가지 예시적인 Ni-기 초합금인 Udimet720(U720), Rene'95(R-95) 및 Udimet700(U700)의 조성 리스트이다. 표 4는 바인더 매트릭스 중에 레늄 또는 Ni-기 초합금이 있거나 없는 예시적인 초경합금의 조성 리스트이다. 예를 들면, 로트 P17의 재료 조성은 바인더로서 T32(WC) 88g, I32(TiC) 3g, A31(TaC) 3g, H1(Re) 1.5g 및 L2(R-95) 4.5g을 주로 포함하고, 윤활제로서 왁스 2g을 포함한다. 로트 P58은 Re이 없는 바인더 재료로서 Ni-기 초합금 L2가 포함된 초경합금을 나타낸다. 이들 초경합금은 바인더 재료로서 레늄 및 Ni-기 초합금 중 하나 또는 둘 모두가 최종 초경합금의 여러 가지 성질에 미치는 영향을 나타내기 위하여 제작하여 시험하였다. 표 5 내지 표 8은 앞에서 정의한 것과 같은 상이한 샘플 로트의 조성 및 성질에 대한 요약 정보를 제공한다.

<45> 도 3 내지 도 8은 본 발명의 선택된 초경합금 샘플의 측정치를 보여준다. 도 3 및 도 4는 강 절삭 등급의 몇몇 예시적인 초경합금의 측정된 인성 및 경도 파라미터를 보여준다. 도 5 및 도 6은 비철 금속의 절삭 등급의 몇몇 예시적인 초경합금의 측정된 인성 및 경도 파라미터를 보여준다. 측정은 고상 소결 HIP 공정의 전후에 수행하였고, 상기 데이터는 HIP 공정이 재료의 인성 및 경도를 모두 크게 향상시킨다는 것을 보여준다. 도 7은 몇몇 샘플에 대한 온도의 함수로서 경도의 측정치를 보여준다. 비교예로서, 도 7 및 도 8은 동일한 시험 조건 하에서 상업용 C2 및 C6 탄화물의 측정치를 보여주는데, 도 7은 경도 측정치를 보여주고, 도 8은 실온(RT)에서 측정된 값으로부터 경도의 변화된 값을 보여준다. 명백히, 본 명세서에서 설명한 조성물에 기초한 초경합금 샘플들은 고온에서의 경도와 관련하여 상업적 등급의 재료를 능가한다. 이들 결과는 Co-기 바인더 매트릭스 재료와 비교하여 바인더 재료로서 Re 및 Ni-기 초합금 중 하나 또는 둘을 포함하는 바인더 매트릭스의 성능이 더 우수함을 입증한다.

<46> [표 2]

코드	분체 조성	노 트
T32	WC	입도 1.5 μm , Alldyne로부터
T35	WC	입도 15 μm , Alldyne로부터
Y20	Mo	입도 1.7-2.2 μm , Alldyne로부터
L3	U-700	-325 Mesh, special metal Udimet 700
L1	U-720	-325 Mesh, Special Metal, Udimet 720
L2	Re-95	-325 Mesh, Special Metal, Rene 95
H1	Re	-325 Mesh, Rhenium Alloy Inc.
I32	TiC	AEE로부터, Ti-302
I21	TiB ₂	AEE로부터, Ti-201, 1-5 μm
A31	TaC	AEE로부터, TA-301
Y31	Mo ₂ C	AEE로부터, MO-301
D31	VC	AEE로부터, VA-301
B1	Co	AEE로부터, CO-101
K1	Ni	AEE로부터, Ni-101
K2	Ni	AEE로부터, Ni-102
T13	TiN	Cerac로부터, T-1153
C21	ZrB ₂	Cerac로부터, Z-1031
Y6	Mo	AEE로부터 Mo-100, 1-2 μm
L6	Al	AEE로부터 Al-100, 1-5 μm
R31	B ₄ C	AEE로부터 Bo-301, 3 μm
T3.8	WC	입도 0.8 μm , Alldyne
T3.4	WC	입도 0.4 μm , OMC
T3.2	WC	입도 0.2 μm , OMC

<47>

<48> [표 3]

	Ni	Co	Cr	Al	Ti	Mo	Nb	W	Zr	B	C	V
R95	61.982	8.04	13.16	3.54	2.53	3.55	3.55	3.54	0.049		0.059	
U700	54.331	17.34	15.35	4.04	3.65	5.17	.028	.008	.04	.019	.019	.005
U720	56.334	15.32	16.38	3.06	5.04	3.06	0.01	1.30	.035	.015	.012	.004

<49>

<50> [표 4]

Lot No	조성 (단위 : g)
P17	H1=1.5, L2=4.5, I32=3, A31=3, T32=88, Wax=2
P18	H1=3, L2=3, I32=3, A31=3, T32=88, Wax=2
P19	H1=1.5, L3=4.5, I32=3, A31=3, T32=88, Wax=2
P20	H1=3, L3=3, I32=3, A31=3, T32=88, Wax=2
P25	H1=3.75, L2=2.25, I32=3, A31=3, T32=88, Wax=2
P25A	H1=3.75, L2=2.25, I32=3, A31=3, T32=88, Wax=2
P31	H1=3.44, B1=4.4, T32=92.16, Wax=2
P32	H1=6.75, B1=2.88, T32=90.37, Wax=2
P33	H1=9.93, B1=1.41, T32=88.66, Wax=2
P34	L2=14.47, I32=69.44, Y31=16.09
P35	H1=8.77, L2=10.27, I32=65.73, Y31=15.23
P36	H1=16.66, L2=6.50, I32=62.4, Y31=14.56
P37	H1=23.80, L2=3.09, I32=59.38, Y31=13.76
P38	K1=15.51, I32=68.60, Y31=15.89
P39	K2=15.51, I32=68.60, Y31=15.89
P40	H1=7.57, L2=2.96, I32=5.32, A31=5.23, T32=78.92, Wax=2
P40A	H1=7.57, L2=2.96, I32=5.32, A31=5.23, T32=78.92, Wax=2
P41	H1=11.1, L2=1.45, I32=5.20, A31=5.11, T32=77.14, Wax=2
P41A	H1=11.1, L2=1.45, I32=5.20, A31=5.11, T32=77.14, Wax=2
P42	H1=9.32, L2=3.64, I32=6.55, A31=6.44, I21=0.40, R31=4.25, T32=69.4 Wax=2
P43	H1=9.04, L2=3.53, I32=6.35, A31=6.24, I21=7.39, R31=0.22, T32=67.2 Wax=2
P44	H1=8.96, L2=3.50, I32=14.69, A31=6.19, T32=66.67, Wax=2
P45	H1=9.37, L2=3.66, I32=15.37, A31=6.47, Y31=6.51, T32=58.61, Wax=2
P46	H1=11.40, L2=4.45, I32=5.34, A31=5.25, T32=73.55, Wax=2
P46A	H1=11.40, L2=4.45, I32=5.34, A31=5.25, T32=73.55, Wax=2

<51>

P47	H1=11.35, B1=4.88, I32=5.32, A31=5.23, T32=73.22, Wax=2
P47A	H1=11.35, B1=4.88, I32=5.32, A31=5.23, T32=73.22, Wax=2
P48	H1=3.75, L2=2.25, I32=5, A31=5, T32=84, Wax=2
P49	H1=7.55, B1=3.25, I32=5.31, A31=5.21, T32=78.68, Wax=2
P50	H1=4.83, L2=1.89, I32=5.31, A31=5.22, T32=82.75, Wax=2
P51	H1=7.15, L2=0.93, I32=5.23, A31=5.14, T32=81.55, Wax=2
P52	B1=8, D31=0.6, T3.8=91.4, Wax=2
P53	B1=8, D31=0.6, T3.4=91.4, Wax=2
P54	B1=8, D31=0.6, T3.2=91.4, Wax=2
P55	H1=1.8, B1=7.2, D31=0.6, T3.4=90.4, Wax=2
P56	H1=1.8, B1=7.2, D31=0.6, T3.2=90.4, Wax=2
P56A	H1=1.8, B1=7.2, D31=0.6, T3.2=90.4, Wax=2
P57	H1=1.8, B1=7.2, T3.2=91, Wax=2
P58	L2=7.5, D31=0.6, T3.2=91.9, Wax=2
P59	H1=0.4, B1=3, L2=4.5, D31=0.6, T3.2=91.5, Wax=2
P62	H1=14.48, I32=5.09, A31=5.00, T3.2=75.43, Wax=2
P62A	H1=14.48, I32=5.09, A31=5.00, T3.2=75.43, Wax=2
P63	H1=12.47, L2=0.86, I32=5.16, A31=5.07, T3.2=76.45, Wax=2
P65	H1=7.57, L2=2.96, I32=5.32, A31=5.23, T3.2=78.92, Wax=2
P65A	H1=7.57, L2=2.96, I32=5.32, A31=5.23, T3.2=78.92, Wax=2
P66	H1=27.92, I32=4.91, A31=4.82, T3.2=62.35, Wax=2
P67	H1=24.37, L3=1.62, I32=5.04, A31=4.95, T32=32.01, T33=32.01, Wax=2
P69	L2=7.5, D31=0.4, T3.2=92.1, Wax=2
P70	L1=7.4, D31=0.3, T3.2=92.3, Wax=2
P71	L3=7.2, D31=0.3, T3.2=92.5, Wax=2
P72	H1=1.8, B1=7.2, D31=0.3, T3.2=90.7, Wax=2
P73	H1=1.8, B1=4.8, L2=2.7, D31=0.3, T3.2=90.4, Wax=2
P74	H1=1.8, B1=3, L2=4.5, D31=0.3, T3.2=90.4, Wax=2
P75	H1=0.8, B1=3, L2=4.5, D31=0.3, T3.2=91.4, Wax=2
P76	H1=0.8, B1=3, L1=4.5, D31=0.3, T3.2=91.4, Wax=2
P77	H1=0.8, B1=3, L3=4.5, D31=0.3, T3.2=91.4, Wax=2
P78	H1=0.8, B1=4.5, L1=3, D31=0.3, T3.2=91.4, Wax=2
P79	H1=0.8, B1=4.5, L3=3.1, D31=0.3, T3.2=91.3, Wax=2

<52>

<53>

Re 및 Ni-기 초합금 중 하나 또는 둘을 포함하는 여러가지 초경합금 조성의 상기 일반적인 디자인을 설명하기 위하여 초경합금 조성의 몇몇 예시적인 카테고리들 이하에서 설명한다. 초경합금 조성의 예시적인 카테고리는 최종 초경합금 또는 서멧의 바인더 매트릭스 구성에 기초하여 규정된다. 제1 카테고리는 순수 Re를 갖는 바인더 매트릭스를 이용하고, 제2 카테고리는 Re-Co 합금을 갖는 바인더 매트릭스를 이용하며, 제3 카테고리는 Ni-기 초합금을 갖는 바인더 매트릭스를 이용하고, 제4 카테고리는 Re는 포함하고 Co는 포함하거나 포함하지 않는 Ni-기 초합금을 갖는 합금을 포함하는 바인더 매트릭스를 이용한다.

<54>

일반적으로, 관심 대상의 초경합금에 이용되는 경질의 내화성 입자는 탄화물, 질화물, 탄질화물, 붕화물 및 규화물을 포함할 수 있지만 이들로만 한정되는 것은 아니다. 탄화물의 예로서 WC, TiC, TaC, HfC, NbC, Mo₂C, Cr₂C₃, VC, ZrC, B₄C 및 SiC가 있다. 질화물의 예로서, TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, TaN 및 BN이 있다. 탄질화물의 예로서, Ti(C,N), Ta(C,N), Nb(C,N), Hf(C,N), Zr(C,N) 및 V(C,N)이 있다. 붕화물의 예로서, TiB₂, ZrB₂, HfB₂, TaB₂, VB₂, MoB₂, WB 및 W₂B가 있다. 또한, 규화물의 예로서, TaSi₂, WSi₂, NbSi₂ 및 MoSi₂가 있다. 상기 규정된 4개의 초경합금 또는 서멧 카테고리는 상기 재료들 및 다른 경질의 내화성 입자를 이용할 수 있다.

<55>

순수 Re 합금 바인더 매트릭스에 기초한 초경합금의 제1 카테고리에서, Re은 초경합금 또는 서멧에 이용되는 모든 재료 조성물의 체적비로 약 5% 내지 40%일 수 있다. 예를 들면, 표 4에서 로트 번호 P62인 샘플은 체적비로 10%의 순수 Re, 70%의 WC, 15%의 TiC 및 5%의 TaC를 포함한다. 상기 조성은 대략 중량비로 14.48%의 Re, 75.43%의 WC, 5.09%의 TiC, 5.0%의 TaC에 대응한다. 제조시, 샘플 P62-4는 2100℃에서 약 1시간 동안, 그리고 2158℃에서 약 1시간 동안 진공 소결하였다. 이 재료의 밀도는 약 14.51g/cc이고, 계산치 밀도는 14.50g/cc이

다. 평균 경도(Hv)는 10 Kg의 하중하의 실온에서 10회 측정된 결과 $2627 \pm 35 \text{ Kg/mm}^2$ 이다. 측정된 표면 파괴 인성(K_{sc})은 10Kg의 하중에서 Palmqvist 크랙 길이에 의하여 추정된 약 $7.4 \times 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이다.

<56> 상기 카테고리의 다른 예가 표 4의 P66이다. 이 샘플은 조성의 체적비로 약 20%의 Re, 60%의 WC, 15%의 TiC 및 5%의 TaC를 포함한다. 상기 샘플은 중량비로 약 27.92%의 Re, 62.35%의 WC, 4.91%의 TiC, 4.82%의 TaC를 포함한다. 샘플 P66-4는 먼저 2200℃에서 약 1시간 동안 진공 소결 공정으로 처리하고, 이어서 HIP 공정으로 고상 소결하여 기공 및 공극을 제거하였다. 그 결과 생성된 초경합금의 밀도는 계산치 밀도 15.04g/cc와 비교하여 약 14.40g/cc이다. 평균 경도(Hv)는 10 Kg의 하중 하의 실온에서 측정된 서로 다른 7회 측정값에 대하여 $2402 \pm 44 \text{ Kg/mm}^2$ 이다. 표면 파괴 인성(K_{sc})은 약 $8.1 \times 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이다. 바인더에서 하나의 바인더 재료 또는 2종 이상의 서로 다른 바인더 재료 중의 하나로서 중량비로 25%보다 큰 고농도의 Re를 포함하는 샘플 P66 및 본 명세서에서 설명한 다른 조성물은 고온의 동작 온도에서 다양한 용례에 이용될 수 있고, 고상 소결에 기초한 2단계 공정을 이용하여 제조할 수 있다.

<57> 탄화물, 질화물, 탄질화물, 규화물 및 붕화물 등과 같이, Re에 결합된 다양한 경질의 내화성 입자들의 미세구조 및 성질은 Re-결합 WC 재료에 비하여 여러 이점을 제공할 수 있다. 예를 들면, Re에 결합된 WC-TiC-TaC는 강 절삭시 Re이 결합된 WC 재료보다 더 우수한 내합물성(crater resistance)을 가질 수 있다. 다른 예는 Re 바인더에 결합된 내화성 Mo_2C 및 TiC 입자에 의하여 형성된 재료이다.

<58> 바인더 매트릭스로서 Re-Co 합금을 이용한 제2 카테고리에서, Re-Co 합금은 조성물에 이용되는 모든 재료 조성의 약 5 내지 40 체적%일 수 있다. 몇몇 실시에서, 바인더 중의 Re 대 Co 비는 대략 0.01로부터 0.99까지 변할 수 있다. Re를 포함시키면 Co가 결합된 초경합금과 비교하여 고온에서의 특별한 경도, 강도 및 인성과 같은 최종 초경합금의 기계적 성질을 향상시킬 수 있다. Re의 함량을 높이면 상기 바인더 매트릭스를 이용하는 대부분의 재료에 대하여 고온 성질이 더 좋아진다.

<59> 표 4에서 샘플 P31은 체적비로 2.5%의 Re, 7.5%의 Co 및 90%의 WC를 갖고, 중량비로 3.44%의 Re, 4.40%의 Co 및 92.12%의 WC를 갖는 상기 카테고리 범위 내의 한 가지 예이다. 제조시, 샘플 P31-1은 일부 기공 및 공극이 있는 소결 하에서 약 1시간 동안 1725℃에서 진공 소결하였다. 최종 초경합금의 밀도는 약 15.16g/cc(계산치 밀도는 15.27g/cc)이다. 평균 경도(Hv)는 10 Kg 하중의 실온에서 $1889 \pm 18 \text{ Kg/mm}^2$ 이고, 표면 파괴 인성(K_{sc})은 약 $7.7 \times 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이다. 또한, 샘플 P31-1을 소결 후 약 1시간 동안 1600C/15Ksi에서 열간 정수압 압축(HIP) 공정을 이용하여 처리하였다. HIP는 화합물의 기공 및 공극을 감소 또는 실질적으로 제거하여 재료 밀도를 증가시킨다. HIP 후, 측정치 밀도는 약 15.25g/cc(계산치 밀도는 15.27g/cc)이다. 측정치 경도(Hv)는 10Kg 하중 하의 실온에서 약 $1887 \pm 12 \text{ Kg/mm}^2$ 이다. 표면 파괴 인성(K_{sc})은 약 $7.6 \times 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이다.

<60> 상기 카테고리 내의 다른 예는 체적비로 5.0%의 Re, 5.0%의 Co 및 90%의 WC(중량비로 6.75%의 Re, 2.88%의 Co 및 90.38%의 WC)를 포함하는 표 4의 P32이다. 샘플 P32-4를 1800℃에서 약 1시간 동안 진공 소결하였다. 계산치 밀도 15.57g/cc와 비교하여 측정치 밀도는 약 15.58g/cc이다. 측정치 경도(Hv)는 10Kg 하중 하의 실온에서 약 2065 Kg/mm^2 이다. 표면 파괴 인성은 약 $5.9 \times 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이다. 샘플 P32-4 역시 소결 후 약 1시간 동안 1600℃/15Ksi에서 HIP 처리하였다. 측정치 밀도는 약 15.57g/cc(계산치 밀도는 15.57g/cc)이다. 평균 경도(Hv)는 10Kg 하중 하의 실온에서 약 $2010 \pm 12 \text{ Kg/mm}^2$ 이다. 표면 파괴 인성은 약 $5.8 \times 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이다.

<61> 세번째 예는 체적비로 7.5%의 Re, 2.5%의 Co 및 90%의 W, 중량비로 9.93%의 Re, 1.41%의 Co 및 88.66%의 WC를 포함하는 표 4의 P33이다. 제조시, 샘플 P33-7을 1950℃에서 약 1시간 동안 진공 소결하고, 기공 및 공극을 포함하는 소결을 하였다. 측정치 밀도는 약 15.38g/cc(계산치 밀도는 15.87g/cc)이다. 측정치 경도(Hv)는 10Kg 힘 하의 실온에서 약 2081 Kg/mm^2 이다. 표면 파괴 인성(K_{sc})은 약 $5.6 \times 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이다. 샘플 P33-7은 소결 후 1600℃/15Ksi에서 약 1시간 동안 HIP 처리하였다. 측정치 밀도는 약 15.82g/cc(계산치 밀도는 15.87g/cc)이다. 평균 경도(Hv)는 10Kg 하중의 실온에서 약 $2039 \pm 18 \text{ Kg/mm}^2$ 이다. 표면 파괴 인성은 약 $6.5 \times 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이다.

<62> [표 5]

<63> Re-Co 합금이 결합된 초경합금

	온도 °C		밀도 g/cc		Hv	Ksc	입도
	소결	HIP	계산치	측정치	Kg/mm ²	$\times 10^6$ Pa·m ^{1/2}	
P55-1	1350	1300	14.77	14.79	2047	8.6	초미세
P56-5	1360	1300	14.77	14.72	2133	8.6	초미세
P56A-4	1350	1300	14.77	14.71	2108	8.5	초미세
P57-1	1350	1300	14.91	14.93	1747	12.3	미세

<64>

<65> 표 4에서 샘플 P55, P56, P56A 및 P57은 바인더 매트릭스로서 Re-Co 합금을 이용하는 카테고리에 대한 예이다. 이들 샘플은 P57이 VC가 없고, 최종적으로 잔부 WC를 갖고 있는 것을 제외하면, 약 1.8%의 Re, 7.2%의 Co, 0.6%의 VC를 포함한다. 이들 서로 다른 조성물은 초경합금의 입도가 Hv 및 Ksc에 미치는 효과를 연구하기 위하여 제조한 것이다. 표 5는 그 결과를 열거한 것이다.

<66> [표 6]

<67> Ni-기 초합금, Ni, Re 및 Co의 성질

	시험 온도 °C	R-95	U-700	U720	니켈	레늄	코발트
밀도 (g/c.c.)	21	8.2	7.9	8.1	8.9	21	8.9
용점 (°C)		1255	1205	1210	1450	3180	1495
탄성 계수 (Gpa)	21	30.3	32.4	32.2	207	460	211
UTS (Mpa)	21	1620	1410	1570	317	1069	234
	760	1170	1035	1455			
	800					620	
	870		690	1150			
	1200					414	
0.2% 항복 강도 (Mpa)	21	1310	965	1195	60		
	760	1100	825	1050			
	800						
	870		635				
	1200						
인장 신장률 (%)	21	15	17	13	30	>15	
	760	15	20	9			
	800					5	
	870		27				
	1200					2	
내산화성		뛰어남	뛰어남	뛰어남	양호	불량	양호

<68>

<69> 제3 카테고리는 최종 초경합금에서 모든 재료의 체적비로 5% 내지 40%의 Ni-기 초합금을 포함하는 바인더 매트릭스에 기초한 것이다. Ni-기 초합금은 γ' 강화상을 포함하는 고온 합금족이다. 세 가지의 상이한 강화합금, 즉 Rene' 95, Udimet 720 및 Udimet 700은 바인더 강도가 초경합금의 기계적 성질에 미치는 영향을 입증하기 위한 예로서 이용된다. Ni-기 초합금은 특히 고온에서 고강도를 갖는다. 또한, 이들 합금은 고온에서 내식성 및 내산화성과 같이 우수한 내환경성을 갖고 있다. 따라서, Ni-기 초합금은 코발트가 결합된 초경합금과

비교하여 Ni-기 초합금이 결합된 초경합금의 경도를 증가시키는데 이용될 수 있다. 특히, Ni-기 초합금의 인장 강도는 표 6에 나타난 바와 같이, 통상의 바인더 재료인 코발트보다 훨씬 더 강하다. 이것은 또한 Ni-기 초합금이 초경합금에서 우수한 바인더 재료임을 보여준다.

<70> 이 카테고리의 한 가지 예는 표 4의 P58인데, 표 4에서 코발트가 결합된 P54(8%의 Co, 0.6%의 VC 및 91.4%의 WC)와 비교하여 중량비로 7.5%의 Rene' 95, 0.6%의 VC 및 91.9%의 WC를 갖고 있다. P58의 경도는 표 7에 나타난 바와 같이 P54보다 훨씬 더 크다.

<71> [표 7]

<72> P54와 P58의 비교

	소결	HIP	Hv, Kg/mm ²	Ksc x10 ⁶ Pa·m ^{1/2}
P54-1	1350C / 1hr	Ar 분위기 하에서 시간 동안, 1305도에서 15 KSI	2094	8.8
P54-2	1380C / 1hr		2071	7.8
P54-3	1420C / 1hr		2107	8.5
P58-1	1350, 1380, 1400, 1420, 1450, 1475 각각의 온도에서 1시간 동안		2322	7.0
P58-3	1450C / 1hr		2272	7.4
P58-5	1500C / 1hr		2259	7.2
P58-7	1550C / 1hr		2246	7.3

<73>

<74> 제4 카테고리는, 최종 초경합금 또는 서멧에서 바인더로서 모든 재료의 체적비로 약 5 내지 40%의 Ni-기 초합금 및 Re를 포함하는 것이다. Re를 첨가하면 Ni-기 초합금 및 Re의 바인더 합금의 용점이 증가하므로, Ni-기 초합금 및 Re 바인더를 포함하는 초경합금의 처리 온도는 Re 함량이 증가함에 따라 증가한다. 서로 다른 Re 농도를 갖고 있는 여러 초경합금이 표 8에 열거되어 있다. 표 9는 또한 표 8의 초경합금의 측정된 성질을 나타낸다.

<75> [표 8]

<76> Ni-기 초합금 및 Re의 바인더를 이용한 초경합금

	조성, 중량%							Re 대 바인더 비율	소결 온도 °C
	Re	Rene95	U-700	U-720	WC	TiC	TaC		
P17	1.5	4.5			88	3	3	25%	1600~1750
P18	3	3.0			88	3	3	50%	1600~1775
P25	3.75	2.25			88	3	3	62.5%	1650~1825
P48	3.75	2.25			84	5	5	62.5%	1650~1825
P50	4.83	1.89			82.75	5.31	5.22	71.9%	1675~1850
P40	7.57	2.96			78.92	5.32	5.23	71.9%	1675~1850
P46	11.40	4.45			73.55	5.34	5.24	71.9%	1675~1850
P51	7.15	0.93			81.55	5.23	5.14	88.5%	1700~1900
P41	11.10	1.45			77.14	5.20	5.11	88.5%	1700~1900
P63	12.47	0.86			76.45	5.16	5.07	93.6%	1850~2100
P19	1.5		4.5		88	3	3	25%	1600~1750
P20	3		3		88	3	3	50%	1600~1775
P67	24.37		1.62		64.02	5.04	4.95	93.6%	1950~2300

<77>

<78> [표 9]

<79> Ni-기 초합금 및 Re에 의하여 결합된 초경합금의 성질

	온도, °C		밀도, g/cc		Hv Kg/mm ²	Ksc x10 ⁶ Pa·m ^{1/2}
	소결	HIP	계산치	측정치		
P17	1700		14.15	14.18	2120	6.8
P17	1700	1600	14.15	14.21	2092	7.2
P18	1700		14.38	14.47	2168	5.9
P18	1700	1600	14.38	14.42	2142	6.1
P25	1750		14.49	14.41	2271	6.1
P25	1750	1600	14.49	14.48	2193	6.5
P48	1800	1600	13.91	13.99	2208	6.3
P50	1800	1600	13.9	13.78	2321	6.5
P40	1800		13.86	13.82	2343	
P40	1800	1600	13.86	13.86	2321	6.3
P46	1800		13.81	13.88	2282	7.1
P46	1800	1725	13.81	13.82	2326	6.7
P51	1800	1600	14.11	13.97	2309	6.6
P41	1800	1600	14.18	14.63	2321	6.5
P63	2000		14.31	14.37	2557	7.9
P19	1700		14.11	14.11	2059	7.6
P19	1700	1600	14.11		2012	8.0
P20	1725		14.35	14.52	2221	6.4
P20	1725	1600	14.35	14.35	2151	7.0
P67	2200		14.65	14.21	2113	8.1
P67	2200	1725	14.65	14.34	2210	7.1

<80>

<81> 제4 카테고리의 다른 실시예는 체적비로 약 5 내지 40%의 바인더로서 Ni-기 초합금과 Re 및 Co를 이용한다. Ni-기 초합금과 Re 및 Co에 의하여 결합된 초경합금의 예시적인 조성은 표 10에 열거되어 있다.

<82> [표 10]

<83> Ni-기 초합금과 Re 및 Co에 의하여 결합된 초경합금의 조성

	조성, 중량%						
	Re	Co	Rene95	U-720	U-700	WC	VC
P73	1.8	4.8	2.7			90.4	0.3
P74	1.8	3	4.5			90.4	0.3
P75	0.8	3	4.5			91.4	0.3
P76	0.8	3		4.5		91.4	0.3
P77	0.8	3			4.5	91.4	0.3
P78	0.8	4.5		3		91.4	0.3
P79	0.8	4.5			3.1	91.3	0.3

<84>

<85> Ni-기 초합금을 포함하는 바인더 매트릭스의 성질을 연구하기 위하여, 선택한 샘플들에 대한 측정을 수행하였다. 일반적으로, Ni-기 초합금은 고온에서 탁월한 강도를 보일 뿐만 아니라, 고온에서 현저한 내산화성 및 내부식성을 갖고 있다. Ni-기 초합금은 복합 미세구조 및 강화 구조를 갖고 있다. 일반적으로, Ni-기 초합금의 강화는 주로 $\gamma-\gamma'$ 의 침전 강화 및 고용체 강화로 인한 것이다. 선택한 샘플의 측정값은 Ni-기 초합금이 초경합금용의 고성능 바인더 재료로 이용될 수 있다는 것을 입증한다.

<86> 표 11은 초경합금의 전체 중량에 대한 중량 퍼센트로서 선택된 샘플의 조성을 열거하고 있다. 샘플 중의 WC 입자는 크기가 0.2 μm 이다. 표 12는 샘플에 대하여 수행한 2단계 공정의 조건 및 측정치 밀도, 경도 파라미터 및 인성 파라미터를 열거하고 있다. Palmqvist 파괴 인성(Ksc)은 Vicker Indentor에 의하여 만들어진 Palmqvist 크랙의 전체 크랙 길이로부터 계산된다. 즉, $Ksc=0.087*(Hv*W)^{1/2}$ 이다[예를 들면, Warren 및 Matzke, Proceedings Of the International Conference On the Science of Hard Materials(Jackson, Wyoming, Aug 23-28, 1981)을 참조]. 경도(Hv) 및 크랙의 길이는 10 Kg의 하중에서 15초 동안 측정한다. 각각의 측정 중에, 각 샘플에 8개의 오목부를 만들었고, 평균값은 열거된 데이터의 계산시 사용하였다.

<87> [표 11]

	종량 %						부피 %
	Re	Co	R-95	WC	VC	바인더 중의 Re	바인더
P54	0	8	0	91.4	0.6	0	13.13
P58	0	0	7.5	91.9	0.6	0	13.25
P56	1.8	7.2	0	90.4	0.6	20	13.20
P72	1.8	7.2	0	90.7	0.3	20	13.18
P73	1.8	4.8	2.7	90.4	0.3	20	14.00
P74	1.8	3	4.5	90.4	0.3	20	14.24

<88>

<89> [표 12]

샘플 코드	소결 조건	HIP 조건	계산치 밀도 g/c.c.	측정치 밀도 g/c.c.	경도 , Hv Kg/mm ²	Palmqvist 인성 Ksc, x10 ⁶ Pa·m ^{1/2}
P54-5	1360°C/1hr		14.63	14.58	2062±35	8.9±0.2
	1360°C/1hr	1305°C/15KSI/1hr		14.55	2090±22	8.5±0.2
P58-7	1550°C/1hr		14.50	14.40	2064±12	7.9±0.2
	1550°C/1hr	1305°C/15KSI/1hr		14.49	2246±23	7.3±0.1
P56-5	1360°C/1hr		14.77	14.71	2064±23	8.2±0.1
	1360°C/1hr	1305°C/15KSI/1hr		14.72	2133±34	8.6±0.2
P72-6	1475°C/1hr		14.83	14.77	2036±34	8.5±0.6
	1475°C/1hr	1305°C/15KSI/1hr		14.91	2041±30	9.1±0.4
P73-6	1475°C/1hr		14.73	14.70	2195±23	7.7±0.1
	1475°C/1hr	1305°C/15KSI/1hr		14.72	2217±25	8.1±0.2
P74-5	1500°C/1hr		14.69	14.69	2173±30	7.4±0.3
	and 1520°C/1hr					
	1500°C/1hr			14.74	2223±34	7.7±0.1
	and 1520°C/1hr	1305°C/15KSI/1hr				

<90>

<91> 시험한 샘플들 중에서, 샘플 P54는 Co로 이루어진 종래의 바인더를 이용한다. Ni-초합금 R-95는 샘플 P54 중의 바인더로서 Co를 대신하여 샘플 P58에서 이용된다. 그 결과, Hv는 P54의 2090에서 P58의 2246으로 증가한다. 샘플 P56에서, Re 및 Co의 혼합물은 바인더로서 Co를 대체하는 데 이용되고, 대응되는 Hv는 P54의 2090에서 P56의 2133으로 증가한다. 샘플 P72, P73 및 P74는 동일한 함량의 Re를 갖고 있지만, Co 및 R95의 함량은 다르다. Re, Co 및 R95의 혼합물은 샘플 72에서 바인더로서 Re 및 Co의 혼합물을 갖는 바인더를 대체하기 위하여 샘플 P73 및 P74에 사용한다. 경도(Hv)는 2041(P72)에서 2217(P73) 및 2223(P74)으로 증가한다.

<92> [표 13]

	중량 %								부피 %
	Re	R-95	Co	TiC	TaC	WC (2 μ m)	WC (0.2 μ m)	바인더 중의 Re	
P17	1.5	4.5	0	3	3	88	0	25	8.78
P18	3	3	0	3	3	88	0	50	7.31
P25	3.75	2.25	0	3	3	88	0	62.5	6.57
P48	3.75	2.25	0	5	5	84	0	62.5	6.3
P50	4.83	1.89	0	5.31	5.22	82.75	0	71.9	6.4
P51	7.15	0.93	0	5.23	5.14	81.55	0	88.5	6.4
P49	7.55	0	3.25	5.31	5.21	78.68	0	69.9	10
P40A	7.57	2.96	0	5.32	5.23	78.92	0	71.9	10
P63	12.47	0.86	0	5.26	5.07	0	76.45	93.6	10
P62A	14.48	0	0	5.09	5.00	0	75.43	100	10
P66	27.92	0	0	4.91	4.82	0	62.35	100	20

<93>

<94> Re이 포함된 바인더 매트릭스의 성질을 더 연구하기 위하여 선택한 샘플들에 대한 측정 역시 수행하였다. 표 13은 시험한 샘플들을 열거한 것이다. 2 μ m 및 0.2 μ m의 서로 다른 입도의 WC 입자를 사용하였다. 표 14는 선택한 샘플들에 대해 수행한 2단계 공정의 조건과 측정치 밀도, 경도 파라미터 및 인성 파라미터를 열거하고 있다.

<95> [표 14]

샘플 코드	소결 조건	HIP 조건	계산치 밀도 g/c.c.	측정치 밀도 g/c.c.	경도(Hv) Kg/mm ²	Palmqvist 인성** Ksc, MPam ^{0.5}
P17-5	1800°C/1hr	1600°C/15KSI/1hr	14.15	14.21	2092±3	7.2±0.1
P18-3	1800°C/1hr	1600°C/15KSI/1hr	14.38	14.59	2028±88	6.8±0.3
P25-3	1750°C/1hr	1600°C/15KSI/1hr	14.49	14.48	2193±8	6.5±0.1
P48-1	1800°C/1hr	1600°C/15KSI/1hr	13.91	13.99	2208±12	6.3±0.4
P50-4	1800°C/1hr	1600°C/15KSI/1hr	13.9	13.8	2294±20	6.3±0.1
P51-1	1800°C/1hr	1600°C/15KSI/1hr	14.11	13.97	2309±6	6.6±0.1
P40A-1	1800°C/1hr	1600°C/15KSI/1hr	13.86	13.86	2321±10	6.3±0.1
P49-1	1800°C/1hr	1600°C/15KSI/1hr	13.91	13.92	2186±29	6.5±0.2
P62A-6	2200°C/1hr	1725°C/30KSI/1hr	14.5	14.41	2688±22	6.7±0.1
P63-5	2200°C/1hr	1725°C/30KSI/1hr	14.31	14.37	2562±31	6.7±0.2
P66-4	2200°C/1hr		15.04	14.40	2402±44	8.2±0.4
P66-4	2200°C/1hr	1725°C/30KSI/1hr	15.04	14.52		
P66-4	2200°C/1hr	1725°C/30KSI/1hr +1950°C/30KSI/1hr	15.04	14.53	2438±47	6.9±0.2
P66-5	2200°C/1hr		15.04	14.33	2092±23	7.3±0.3
P66-5	2200°C/1hr	1725°C/30KSI/1hr	15.04	14.63		
P66-5	2200°C/1hr	1725°C/30KSI/1hr +1850°C/30KSI/1hr	15.04	14.66	2207±17	7.1±0.2

<96>

<97> 표 15는 선택한 샘플에 대하여 다양한 온도에서의 측정치 경도 파라미터를 보여주는데, Knoop 경도(H_k)는 Nikon QM 고온 경도 테스터에서 1Kg의 하중으로 15초 동안 측정한 것이고, R은 25°C에서 H_k에 대한 고온 시험 온도에서 H_k의 비율이다. C2 및 C6 탄화물의 고온 경도 샘플은 MSC Co.(Melville, NY)에서 구입한 inserts SNU434로부터 준비하였다.

<98> [표 15]

<99> 주어진 온도에서 각각의 측정치는 3번의 다른 측정치의 평균값이다

Lot No.		시험 온도, °C							Hv @25°
		25	400	500	600	700	800	900	
P17-5	Hk, Kg/mm ²	1880 ±10		1720 ±17	1653 ±25	1553 ±29	1527 ±6		2092 ±3
	R, %	100		91	88	83	81		
P18-3	Hk, Kg/mm ²	1773 ±32		1513 ±12	1467 ±21	1440 ±10	1340 ±16		2028 ±88
	R, %	100		85	83	81	76		
P25-3	Hk, Kg/mm ²	1968 ±45		1813 ±12		1710 ±0		1593 ±5	2193 ±8
	R, %	100		92		87		81	
P40A-1	Hk, Kg/mm ²	2000 ±35		1700 ±17	1663 ±12	1583 ±21	1540 ±35		2321 ±10
	R, %	100		85	83	79	77		
P48-1	Hk, Kg/mm ²	1925 ±25		1613 ±15	1533 ±29	1477 ±6	1377 ±15		2208 ±12
	R, %	100		84	80	77	72		
P49-1	Hk, Kg/mm ²	2023 ±32		1750 ±0	1633 ±6	1600 ±17			2186 ±29
	R, %	100		87	81	79			
P50-4	Hk, Kg/mm ²	2057 ±25		1857 ±15	1780 ±20	1713 ±6	1627 ±40		2294 ±20
	R, %	100		90	87	83	79		
P51-1	Hk, Kg/mm ²	2050 ±26		1797 ±6	1743 ±35	1693 ±15	1607 ±15		2309 ±6
	R, %	100		88	85	83	78		
P62A-6	Hk, Kg/mm ²	2228 ±29		2063 ±25		1960 ±76		1750 ±0	2688 ±22
	R, %	100		93		88		79	
P63-5	Hk, Kg/mm ²	1887 ±6		1707 ±35	1667 ±15	1633 ±6	1603 ±25		2562 ±31
	R, %	100							

C2 탄화물	Hk, Kg/mm ²	1503 ±38	988 ±9	711 ±0	584 ±27				1685 ±16
	R, %	100	66	47	39				
C6 탄화물	Hk, Kg/mm ²	1423 ±23		1127 ±25	1090 ±10	1033 ±23	928 ±18		1576 ±11
	R, %	100		79	77	73	65		

초경합금의 바인더 매트릭스에 Re를 포함시키면 Co-Re, Ni 초합금-Re, Ni 초합금-Re-Co를 포함하는 바인더 합금들의 용점이 증가한다. 예를 들면, 샘플 P63의 용점은 고상 소결 공정에서 이용되는 2200℃의 온도보다 훨씬 더 높다. 바인더(예컨대, P17 내지 P63)에 Re이 구비된 상기 초경합금의 고온 경도값은 종래의 Co가 결합된 초경합금(C2 및 C6 탄화물)보다 훨씬 크다. 특히, 상기 측정치는 바인더 중에 Re의 농도가 증가하면 고온에서 경도가 증가한다는 점을 보여준다. 시험한 샘플들 중, 바인더로 순수 Re가 구비된 샘플 P62A는 가장 큰 경도를 갖는다. 94%의 Re 및 6%의 Ni-기 초합금 R95의 바인더 조성물을 포함하는 샘플 P63은 두 번째로 큰 경도를 갖는다. 샘플 P40A(71.9% Re - 29.1% R95), P49(69.9% Re - 30.1% R95), P51(88.5% Re - 11.5% R95) 및 P50(71.9% Re - 28.1% R95)는 경도와 관련하여 다음 그룹에 속하는 것들이다. 바인더에 62.5%의 Re 및 37.5%의 R95를 포함하는 샘플 P48은 Re 함량이 가장 낮기 때문에 시험한 재료들 중에서 부분적으로 고온 경도가 가장 작다.

다른 카테고리에서, 초경합금 또는 서멧은 Ni 및 Mo 또는 Mo₂C를 갖는 바인더 매트릭스에 결합된 TiC 및 TiN을 포함할 수 있다. 서멧의 바인더 Ni는 전부 또는 일부가 Re, Re과 Co, Ni-기 초합금, Re과 Ni-기 초합금, 및 Re

과 Co와 Ni-기 초합금에 의해 대체될 수 있다. 예를 들면, P38 및 P39는 Ni이 결합된 전형적인 서멧이다. 샘플 P34는 Rene95가 결합된 서멧이다. P35, P36, P37 및 P45는 Re과 Rene95가 결합된 서멧이다. P34, 35, 36, 37, 38, 39 및 45의 조성을 표 16에 열거하였다.

[표 16]

P34 내지 P39의 조성

	중량 %							
	Re	Rene95	Ni 1	Ni 2	TiC	Mo ₂ C	WC	TaC
P34		14.47			69.44	16.09		
P35	8.77	10.27			65.37	15.23		
P36	16.6	6.50			62.40	14.46		
P37	23.8	3.09			59.38	13.76		
P38			15.51		68.60	15.89		
P39				15.51	68.60	15.89		
P45	9.37	3.66			15.37	6.51	58.6	6.47

초경합금 또는 서멧에 대한 상기 조성은 다양한 용례에서 사용될 수 있다. 예를 들면, 상기 재료들은 목적 대상물의 재료를 제거하기 위한 마모부를 이용하여 목적 대상물을 절삭, 연삭 또는 드릴 가공하는 공구에서 마모부를 형성하는 데에 사용될 수 있다. 이러한 공구는 강과 같은 상이한 재료로 제조된 지지부를 포함할 수 있다. 상기 마모부는 삽입물로서 상기 지지부에 맞물린다. 상기 공구는 지지부에 맞물린 복수의 삽입물을 포함하도록 설계될 수 있다. 예를 들면, 몇몇 광산 드릴은 초경합금 재료로 만들어진 복수의 버튼 비트(button bit)를 포함할 수 있다. 상기 공구의 예로서 드릴, 칼과 같은 커터, 톱, 그라인더, 드릴이 있다. 별법으로서, 본 명세서에서 설명한 초경합금은 절삭, 드릴 가공 또는 다른 기계 작업을 위한 마모부로서 공구의 헤드 전체를 형성하는 데에 사용될 수 있다. 초경합금 입자는 여러 가지 재료를 폴리싱 가공 또는 연삭 가공을 하기 위한 연마 그릿(grit)을 형성하는 데에도 사용될 수 있다. 또한, 상기 초경합금은 다양한 장치의 동작 조건 또는 상기 장치가 동작하는 환경 조건에 대한 특정 요건을 충족시키도록 상기 다양한 장치의 하우징 및 외면 또는 외층을 구축하는 데에 사용될 수도 있다.

보다 구체적으로, 본 명세서에서 설명한 초경합금은 금속, 복합재료, 플라스틱 및 목재의 기계 가공을 위한 절삭 공구를 제작하는 데 사용될 수 있다. 절삭 공구는 선삭, 밀링, 보링 및 드릴 가공을 위한 인덱서블 삽입물(indexable insert), 드릴, 엔드밀, 리머(reamer), 탭, 호브(hob) 및 밀링 커터를 포함할 수 있다. 상기 공구의 절삭날의 온도는 기계 가공 중에 500°C보다 높을 수 있으므로, 전술한 고온 동작 조건을 위한 초경합금 조성물은 이러한 절삭 공구에 사용되는 경우, 예를 들면 연장된 공구 수명, 절삭 속도를 증가시켜 이러한 공구에 의한 생산성 향상과 같은 특별한 이점을 가질 수 있다.

본 명세서에서 설명한 초경합금은 신선, 압출, 단조, 냉간 헤딩(cold heading)을 위한 공구 제조에 사용할 수 있다. 또한, 이러한 초경합금은 분말 처리를 위한 몰드 및 펀치에 이용될 수도 있다. 또한, 상기 초경합금은 암석 드릴링 및 채광을 위한 내마모성 재료로서 사용될 수 있다.

단지 몇몇 실시 및 예만을 설명하였다. 그러나, 본 발명의 사상의 범위를 벗어나지 않는 다양한 변형에 및 개선예를 구성할 수 있고, 이들은 이하의 청구의 범위에 의해 포함된다는 것을 이해하여야 한다.

도면의 간단한 설명

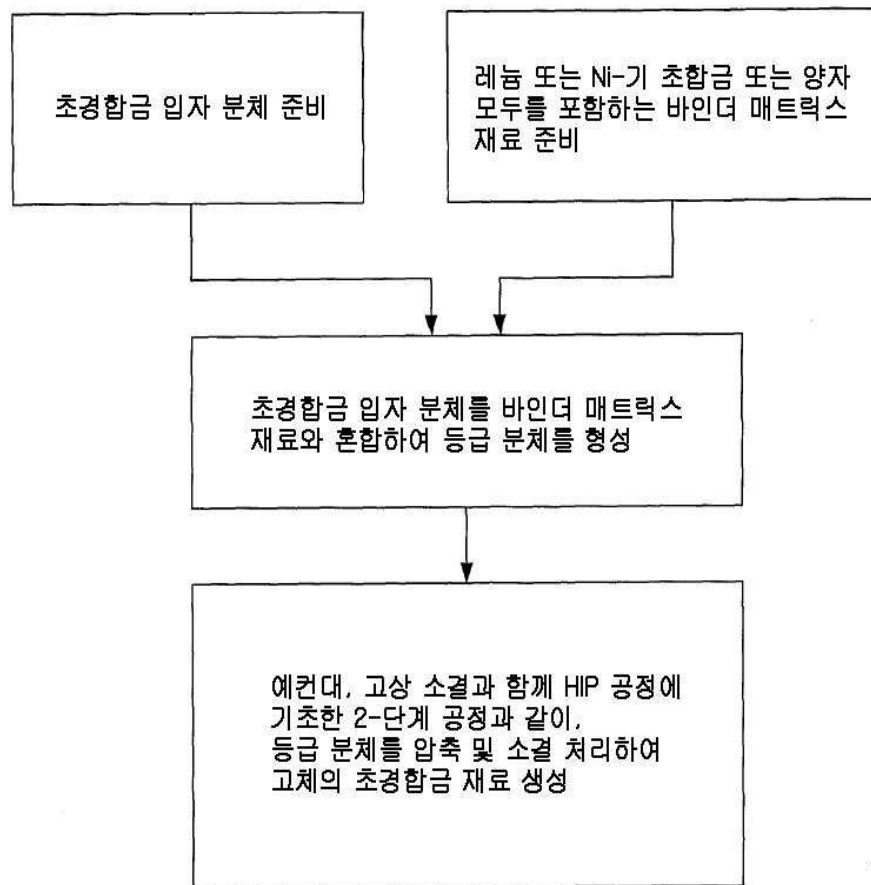
도 1은 본 발명의 한 가지 실시예에 따라 초경합금을 제조하는 한 가지 예시적인 흐름을 보여준다.

도 2는 고체 상태의 초경합금을 처리하기 위한 예시적인 2단계 소결 과정을 보여준다.

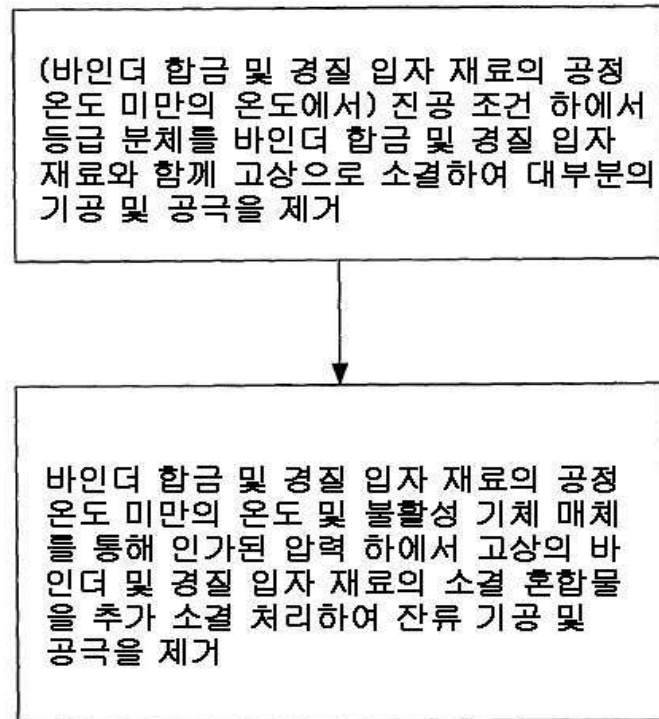
도 3 내지 도 8은 선택한 예시적인 초경합금의 여러 가지 측정된 성질들을 보여준다.

도면

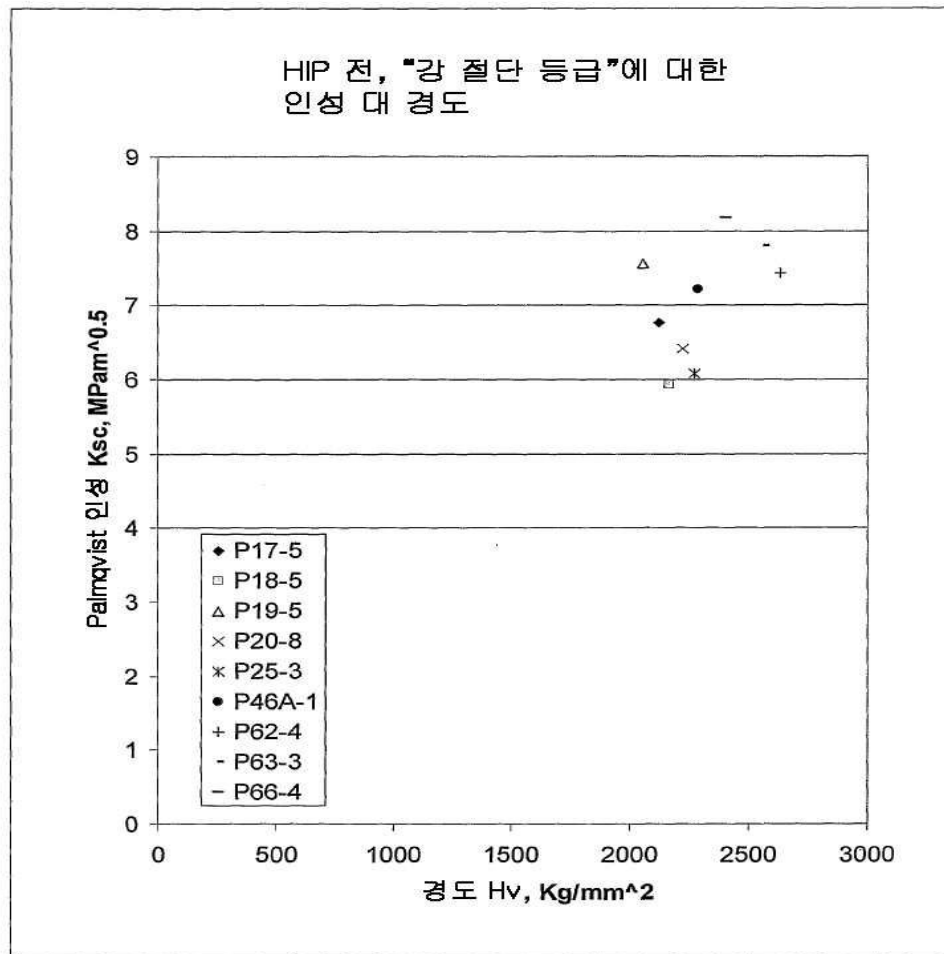
도면1



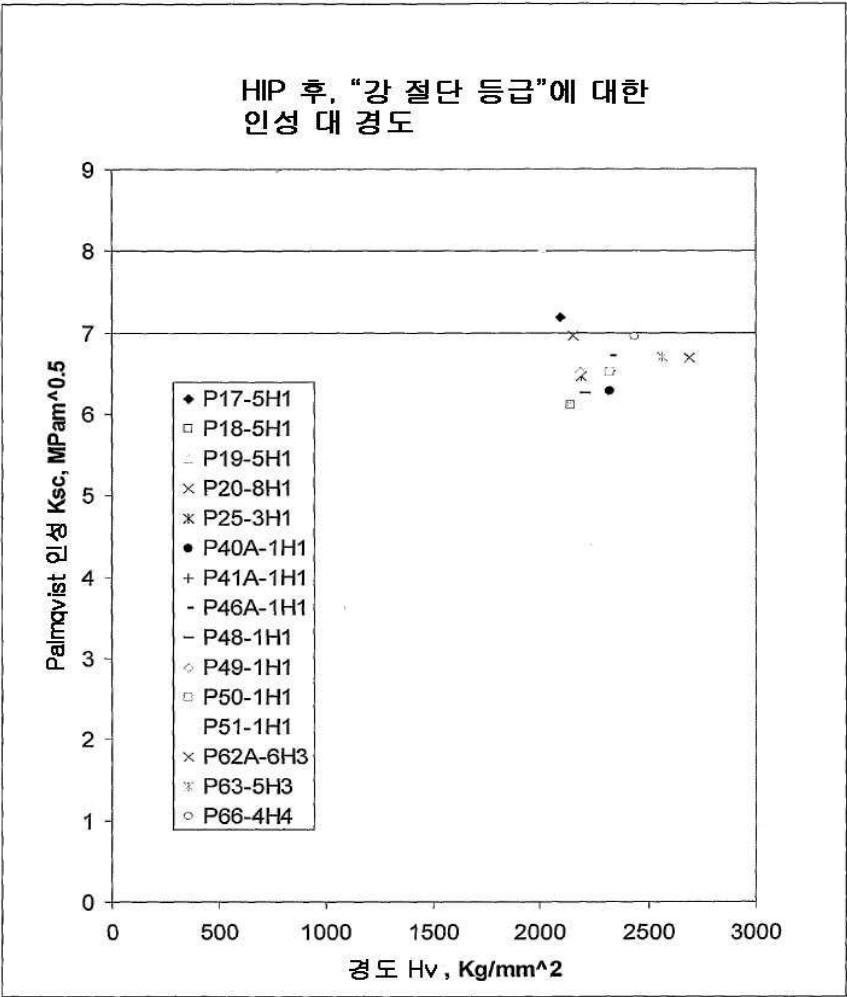
도면2



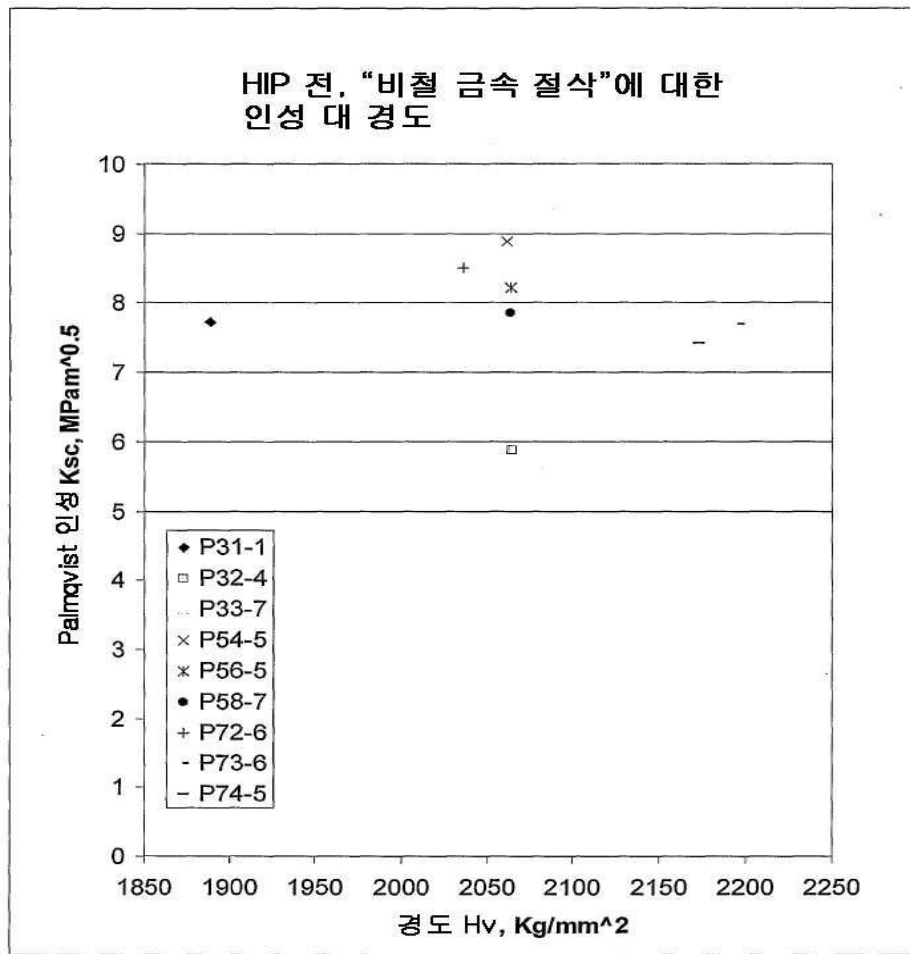
도면3



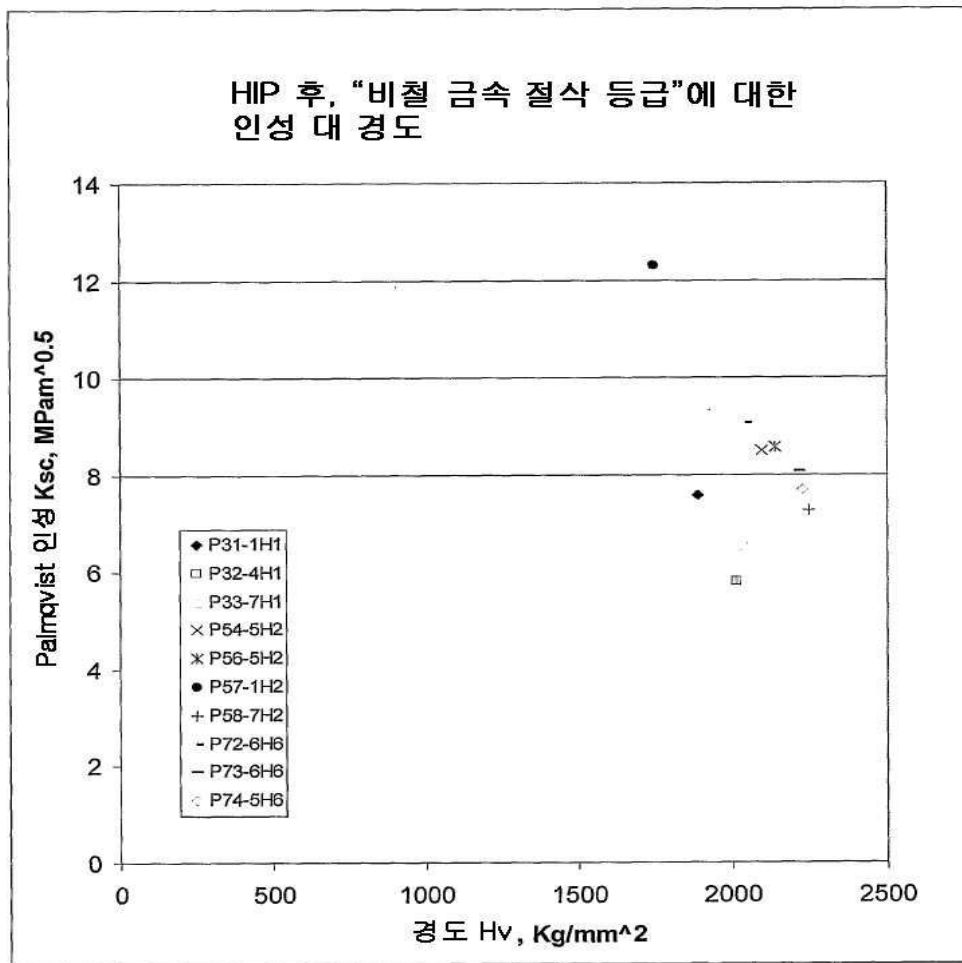
도면4



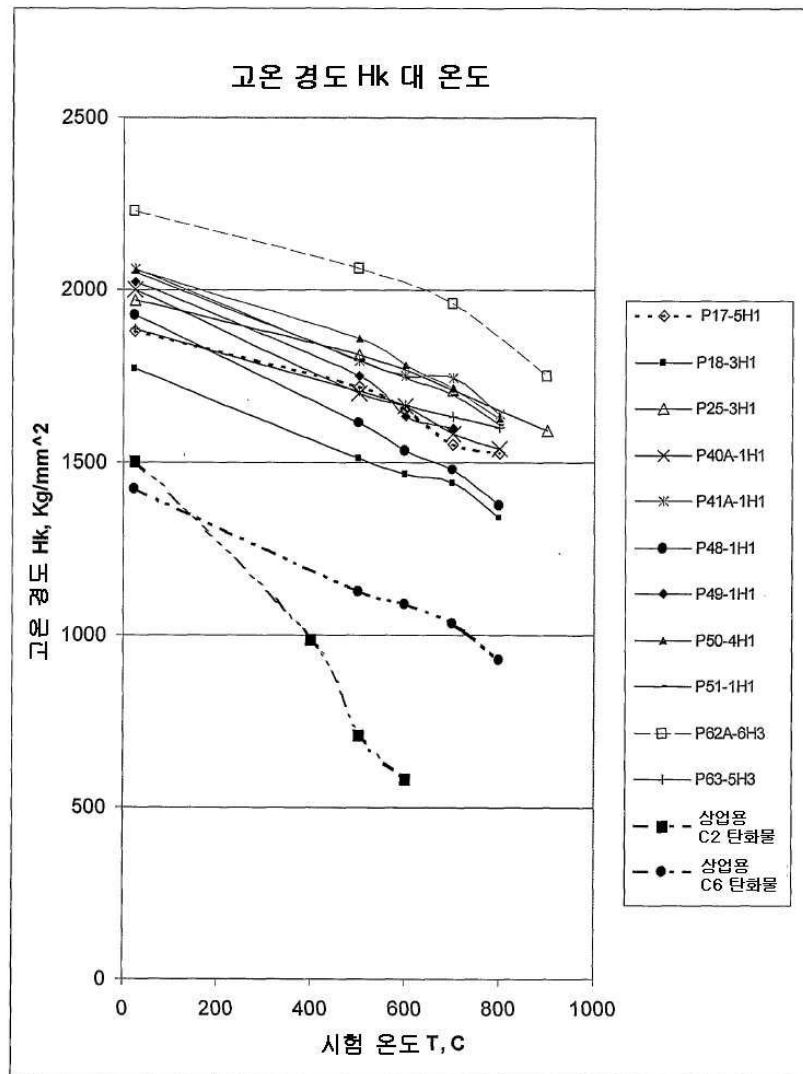
도면5



도면6



도면7



도면8

