



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0020039
 (43) 공개일자 2010년02월19일

(51) Int. Cl.
 C22C 33/02 (2010.01) C22C 38/04 (2006.01)
 C22C 38/08 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2010-7000857
 (22) 출원일자 2008년06월12일
 심사청구일자 없음
 (85) 번역문제출일자 2010년01월14일
 (86) 국제출원번호 PCT/SE2008/050709
 (87) 국제공개번호 WO 2008/153499
 국제공개일자 2008년12월18일
 (30) 우선권주장
 0701446-7 2007년06월14일 스웨덴(SE)
 60/943,889 2007년06월14일 미국(US)

(71) 출원인
회가네스 아베
 스웨덴 에스이-263 83 회가네스
 (72) 발명자
베르크, 시구르드
 스웨덴 에스-에스이-263 58 회가네스 스카너르가
 탄 7
앵스트림, 올프
 스웨덴 에스-에스이-263 58 회가네스 자코비 베.
 8
라르손, 캐롤라인
 스웨덴 에스-에스이-260 41 니함슬뢰게 트리프트
 배겐 6
 (74) 대리인
남상선

전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 철-기반 분말 및 이의 조성물

(57) 요약

본 발명은 0.75 내지 1.1중량%의 Ni, 0.75 내지 1.1중량%의 Mo와 0.45중량% 이하의 Mn으로 예비-합금된 물-분사 철-기반 분말로서, 0.5 내지 3.0중량%, 바람직하게는 0.5 내지 2.5중량%, 가장 바람직하게는 0.5 내지 2.0중량%의 Cu 및 불가피한 불순물을 추가로 포함하며, 나머지가 Fe인 물-분사 철-기반 분말을 개시하고 있다.

특허청구의 범위

청구항 1

중량%로 0.75 내지 1.1의 Ni, 0.75 내지 1.1의 Mo와 Mn < 0.45의 함량의 Ni와 Mo로 예비-합금된 물-분사 철-기반 분말(water-atomized iron-based powder)로서,

상기 철-기반 분말이 0.5 내지 3.0중량%, 바람직하게는 0.5 내지 2.5중량%, 가장 바람직하게는 0.5 내지 2.0중량%의 Cu 및 불가피한 불순물을 추가로 포함하며, 나머지가 Fe인 물-분사 철-기반 분말.

청구항 2

제 1항에 있어서, Mo의 함량이 0.8중량% 초과, 바람직하게는 0.85중량% 초과인 물-분사 철-기반 분말.

청구항 3

제 1항 또는 제 2항에 있어서, Mn의 함량이 0.35중량% 미만인 물-분사 철-기반 분말.

청구항 4

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서, 일부 또는 전량의 Cu가 Ni- 및 Mo-합금된 Fe-분말의 표면에 확산 결합되는 물-분사 철-기반 분말.

청구항 5

제 4항에 있어서, 모든 Cu가 Ni- 및 Mo-합금된 Fe-분말의 표면에 확산 결합되는 물-분사 철-기반 분말.

청구항 6

제 1항 내지 제 4항 중 어느 한 항에 있어서, 일부 또는 전량의 Cu가 Ni- 및 Mo-합금된 Fe-분말의 표면에 결합제에 의해서 결합되는 물-분사 철-기반 분말.

청구항 7

제 6항에 있어서, 모든 Cu가 Ni- 및 Mo-합금된 Fe-분말의 표면에 결합제에 의해서 결합되는 물-분사 철-기반 분말.

청구항 8

제 1항 내지 제 4항 또는 제 6항 중 어느 한 항에 있어서, 일부 또는 전량의 Cu가 Ni- 및 Mo-합금된 Fe-분말에 함께 혼합되는 물-분사 철-기반 분말.

청구항 9

제 8항에 있어서, 모든 Cu가 Ni- 및 Mo-합금된 Fe-분말에 함께 혼합되는 물-분사 철-기반 분말.

청구항 10

제 1항 내지 제 9항 중 어느 한 항에 있어서, Ni- 및 Mo-합금된 Fe-분말중의 C의 함량이 최대 0.02중량%인 물-분사 철-기반 분말.

청구항 11

제 1항 내지 제 10항 중 어느 한 항에 있어서, Ni- 및 Mo-합금된 Fe-분말중의 O의 함량이 최대 0.25중량%, 바람직하게는 최대 0.2중량%, 더욱 바람직하게는 최대 0.15중량%인 물-분사 철-기반 분말.

청구항 12

제 1항 내지 제 11항 중 어느 한 항에 따른 물-분사 철-기반 분말, 0.4 내지 0.9중량%, 바람직하게는 0.5 내지 0.9중량%의 흑연, 윤활제 및 임의의 그 밖의 첨가제를 포함하는 합금된 철-기반 분말 조성물.

청구항 13

제 1항에 따른 물-분사 철-기반 분말, 0.4 내지 0.9중량%, 바람직하게는 0.5 내지 0.9중량%의 흑연, 윤활제 및 임의의 그 밖의 첨가제를 함유하며, 흑연, 윤활제 및 임의의 그 밖의 원소가 Ni- 및 Mo-합금된 Fe-분말의 표면에 결합되는 합금된 철-기반 분말 조성물.

청구항 14

- a. 제 12항 또는 제 13항에 따른 분말 야금학적 조성물을 제공하고,
- b. 분말 야금학적 조성물을 컴팩팅(compacting)하고,
- c. 컴팩팅된 분말 야금학적 조성물을 환원 또는 중성 대기중에서, 대기압 또는 그 미만의 압력하에 및 1000℃ 초과 온도도 소결함을 포함하는, 부품을 제조하는 방법.

청구항 15

제 14항에 있어서, b)에서, 컴팩팅 압력이 2000MPa 이하이고, 바람직하게는 컴팩팅 압력이 400 내지 800MPa 범위인 방법.

청구항 16

제 14항 또는 제 15항에 있어서, c)에서, 소결 온도가 1000℃ 내지 1400℃, 바람직하게는 1050℃ 내지 1200℃의 온도 범위에서 수행되는 방법.

청구항 17

제 11항 또는 제 12항에 따른 합금된 철-기반 분말 조성물로부터 생성된 소결된 부품(component).

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 합금된 철-기반 분말, 및 합금된 철-기반 분말, 흑연, 윤활제 및 그 밖의 첨가제를 포함하는 합금된 철-기반 분말 조성물에 관한 것이다. 그러한 조성물은 우수한 기계적 성질을 지니는 압축되고 소결된 부품을 비용 효과적으로 생산하도록 디자인된다.

배경기술

[0002] 산업에서, 금속 분말 조성물을 컴팩팅(compacting)하고 소결시킴으로써 제조되는 금속 제품의 사용이 점점 더 광범위해지고 있다. 다양한 모양 및 두께의 여러가지 상이한 제품이 생산되며, 품질 요건은 계속 높아지고 있고, 그와 동시에, 가격을 낮추는 것이 요구되고 있다. 이는 P/M 산업을 위한 중요한 시장인 자동차 시장을 위한 P/M 부품의 경우에 특히 그러하다. P/M 산업에서, 합금 원소, 예컨대, Mo, Ni 및 Cu는 압축되고 소결된 부품의 성질을 개선시키기 위해서 공통적으로 사용된다. 그러나, 이들 합금 원소는 고가이며, 그로 인해서, 이들 합금 원소의 함량을 가능한 한 낮게 유지시키면서 압축되고 소결된 부품의 충분한 성질을 유지시킬 수 있다면 바람직하다.

[0003] 압축되고 소결된 부품의 높은 강도를 달성하기 위해서는, 재료의 경화성(hardenability)이 필수적이다. P/M 부품을 경화시키는 비용 효과적인 방법은 소위 소결 경화 방법이며, 그러한 방법에서, 부품은 냉각 단계 동안에 소결 후 직접 경화된다. 합금 원소 및 그러한 원소의 함량을 주의해서 선택함으로써, 소결 경화가 통상의 소결로(sintering furnace)에서 일반적으로 적용되는 냉각 속도에서 달성될 수 있다.

[0004] 압축되고 소결된 부품을 생성시키는 경우에 중요한 또 다른 인자는 소결 후에 비용 소모적으로 가공하는 것을 피하기 위해서 가능한 한 작아야 하는 상이한 소결 부분들 사이의 치수의 변화이다. 추가로, 그린 단계(green stage), 즉, 압축 후의 부품과 소결된 후의 부품 사이의 치수 변화가 작은 것이 바람직하며, 비용 소모적인 가공을 유도하게 될 부품들의 스트레스의 도입 및 가능한 외곡을 피하기 위해서 치수 변화에 대한 탄소 함량의 변화의 영향이 가능한 한 작은 것이 바람직하다. 이러한 사항은, 경도 및 강도의 증가와 함께 가공 비용이 증가하므로, 높은 경도 및 강도를 지닌 재료의 경우에 특히 중요하다.

- [0005] 또 다른 중요한 인자는 원자화되는 용융물의 제조에서 자동차 산업으로부터의 스크랩의 재생 가능성이며, 이는 환경에 큰 영향을 준다. 이와 관련하여 합금된 철-기반 분말중의 0.3% 이하의 Mn의 허용 함량의 가능성이 중요한데, 그 이유는 그러한 수준의 Mn이 재생된 스틸 스크랩(steel scrap)에서 일반적이기 때문이다.
- [0006] Ni, Mo 및 Cu와 합금된 철-기반 분말이 합금 원료로서 광범위하게 사용되고 있으며 여러 특허 출원으로부터 알려져 있다. 예를 들어, 시멜(Semel)에 대한 미국특허 제6,068,813호는, 구리 함유 분말 및 니켈 함유 분말과 함께 혼합된, 0.10 내지 2.0중량%의 몰리브덴 함량을 지닌 예비합금된(prealloyed) 철 및 몰리브덴 분말을 포함하여, 구리 함유 분말과 니켈 함유 분말이 결합체에 의해서 철-몰리브덴 분말에 결합되는 분말 조성물을 개시하고 있다. 그러한 분말 조성물은 0.5 내지 4.0중량%의 구리 및 0.5 내지 8.0중량%의 니켈을 함유한다. 실시예에서 사용된 철-기반 분말은 0.56중량%의 Mo 함량, 1.75중량% 또는 4.00중량%의 Ni 함량 및 1.5중량%의 Cu 함량을 지닌다.
- [0007] Cu-분말과 혼합될 수 있는 Ni, Mo 및 Mn을 함유한 예비-합금된 분말에 관한 특허 문헌의 또 다른 예는 모카르스키(Mocarski)에 대한 미국특허 제4,069,044호이다. 본 특허는 분말-단조(powder-forged) 물품을 생산하기에 적합한 분말을 제조하는 방법을 개시하고 있다. 0.4 내지 0.65%의 Mo 및 Ni를 함유하는 바람직한 조성물에 따른 단조 부품의 시험 결과가 보고되어 있다. 상기 특허는 또한, 흑연 및 Cu- 또는 Cu 함유 분말과 함께 혼합된, 0.2 내지 1.0% Ni, 0.2 내지 0.8% Mo 및 0.25 내지 0.6%의 Mn을 지닌 예비-합금된 철-기반 분말을 함유한 변화가 컴팩팅되고 2250 내지 2350°F에서 적합하게 소결되고 고온 단조되는 0.2 내지 2.1% Cu 함유 조성물을 생성시킴을 언급하고 있다. 그러나, 0.60중량%를 초과하는 Ni 함량에 대해서 뿐만 아니라 0.65중량%를 초과하는 Mo 함량에 대해서는 시험 결과가 없다.
- [0008] 소결 경화 적용의 경우, 많은 시중 구입 가능한 분말, 예컨대, 미국 뉴저지 소재의 호가네스 코포레이션(Hoeganaes Corp.)로부터 얻을 수 있는 Ancorsteel 737 SH, 및 캐나다 소재의 퀘벡 메탈 파우더스(Quebec Metal Powders)로부터 얻을 수 있는 Atomet 4701가 존재한다. 언급된 철-기반 분말은 Mo, Ni 및 Mn과 합금되며, ATOMET 4701은 추가적으로 Cr과 합금된다. Ancorsteel 737 SH는 0.42% Mn, 1.25% Mo, 1.40% Ni의 화학적 조성을 지니는 예비-합금된 스틸 분말이다. Atomet 4701의 화학적 조성은 0.45% Mn, 1.00% Mo, 0.9% Ni 및 0.45% Cr이다.

발명의 내용

- [0009] **발명의 목적**
- [0010] 본 발명의 목적은 낮은 Mo, Ni 및 Cu 함량을 지니는 새로운 철-기반 분말 및/또는 이의 분말 조성물을 제공하는 것이다.
- [0011] 본 발명의 추가의 목적은
- [0012] - 컴팩팅되고 소결 경화된 부품을 생산하기에 적합한 새로운 철-기반 분말 및/또는 이의 분말 조성물을 제공하고,
- [0013] - 그린 단계(green stage) 및 소결된 단계 사이에서 치수변화가 적은 소결된 제품을 생산하기에 적합한 새로운 철-기반 분말 및/또는 이의 분말 조성물을 제공하고,
- [0014] - 치수변화에 대한 탄소 함량의 변화로부터의 영향이 가능한 한 작은 새로운 철-기반 분말 및/또는 이의 분말 조성물을 제공하고,
- [0015] - 철-기반 합금된 분말이 0.45중량% 이하의 Mn을 포함하여 철-기반 합금된 분말이 저렴한 스크랩으로부터 생산되게 하는 새로운 철-기반 분말 및/또는 이의 분말 조성물을 제공한다.
- [0016] **요약**
- [0017] 상기된 목적 및/또는 문제중 하나 이상이 0.75 내지 1.1wt%(중량%) Mo, 바람직하게는, 0.8wt% 초과 Mo, 0.75 내지 1.1wt% Ni, 0.45 wt% 이하의 Mn 및 불가피한 불순물과 예비-합금되는 철-기반 분말을 제공함으로써 부합된다.
- [0018] 철-기반 분말은 최대 0.25중량%의 산소, 바람직하게는 최대 0.20중량%의 O, 가장 바람직하게는 최대 0.15중량%의 O를 지닌다. 철-기반 분말은 추가로, 1) 예비-합금된 철-기반 분말의 표면에 확산 결합되고/거나 2) 예비-합금된 철-기반 분말의 표면에 결합체에 의해서 결합되고/거나 3) 철-기반 분말과 함께 혼합된 0.5 내지 2.5중

량%의 Cu를 지닌다. 추가로, 이의 분말 조성물은 철-기반 분말, 흑연, 윤활제 및 임의로 가공성 향상제를 함유한다.

[0019] 흑연의 함량은 바람직하게는 분말 조성물의 0.4 내지 0.9중량% 범위, 더욱 바람직하게는 0.5 내지 0.9중량% 범위이고, 윤활제의 함량은 바람직하게는 분말 조성물의 0.05 내지 1.0중량% 범위이다.

[0020] 바람직한 구체예에서, Cu는 예비-합금된 철-기반 분말의 표면에 확산 결합된다.

[0021] 본 발명의 구체예에 따르면, 흑연, 윤활제 및 가공성 향상제중 하나 이상이 예비-합금된 철-기반 분말의 표면에 결합된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] **발명의 상세한 설명**

[0023] **합금된 철-기반 분말의 제조**

[0024] 본 발명의 합금된 철-기반 분말은 합금 원소 Ni, Mo 및 Mn의 상기 정의된 조성을 지니도록 제조된 스틸 용융물을 어떠한 공지된 물 분사 방법(water atomising method)에 가함으로써 용이하게 생성될 수 있다.

[0025] **Mo의 양**

[0026] Mo는 경화성의 향상을 통해서 및 용액 및 석출 경화를 통해서 스틸의 강도를 향상시키는 역할을 한다. 충분한 양의 마르텐사이트(martensite)가 정상적인 냉각 속도에서 형성되게 하는 것을 보장하기 위해서, Mo의 양은 0.75 내지 1.1중량% 범위에 있어야 함이 밝혀졌다. 그러나, 바람직하게는 Mo의 함량은 충분한 양의 마르텐사이트가 정상적인 냉각 속도에서 형성되게 하는 것을 보장하기 위해서 0.8중량% 초과, 더욱 바람직하게는 0.85중량% 초과이다.

[0027] **Ni의 양**

[0028] Ni는 강도 및 연성을 증가시키기 위해서 P/M 스틸에 첨가된다. Ni 첨가는 또한 스틸의 경화성을 증가시킨다. 0.75중량% 미만의 Ni의 첨가는 기계적인 성질에 불충분한 영향을 줄 것이며, 1.1중량% 초과 첨가는 스틸의 의도된 사용에 추가의 어떠한 개선을 부가하지 못할 것이다.

[0029] **Mn의 양**

[0030] Mn은 경화성을 개선시킴으로써 및 용액 경화(solution hardening)를 통해서 스틸의 강도를 향상시킨다. 그러나, Mn의 양이 높아지면, 페라이트(ferrite) 경도가 용액 경화를 통해서 증가하여 분말의 낮은 압축성을 유도할 것이다. 0.45중량% 이하의 Mn의 양이 허용될 수 있는데, 그 이유는 압축성의 감소가 거의 무시될 수 있기 때문이며, 바람직하게는 Mn의 양은 0.35중량% 미만이다. Mn의 양이 0.08% 미만이면, 스틸 제조 과정 동안 Mn의 감소를 위한 특정의 처리가 수행되지 않는 한, 일반적으로 0.08% 초과 Mn 함량을 지니는 저렴한 재생 재료를 사용하는 것이 불가능하다. 따라서, 본 발명에 따른 바람직한 Mn의 양은 0.09 내지 0.45%이다.

[0031] **C의 양**

[0032] 합금된 철-기반 분말중의 C가 0.02중량% 이하, 바람직하게는 0.01중량% 이하인 이유는 C가 침입형 고용체 경화(interstitial solid solution hardening)를 통해서 페라이트 매트릭스를 경화시키는 작용을 하는 원소라는 것 때문이다. C 함량이 0.02중량%를 초과하는 경우, 분말은 상당히 경화되며, 이는 지나치게 불량한 압축성을 초래한다.

[0033] **O의 양**

[0034] O의 함량은 0.25중량%를 초과하지 않아야 하고, O의 함량은 바람직하게는 0.2중량%로 제한되며, 가장 바람직하게는 0.15중량%로 제한된다.

[0035] **불가피한 불순물**

[0036] 합금된 철-기반 분말중의 불가피한 불순물의 전체 양은 전체적으로 0.5중량%를 초과하지 않아야 한다.

[0037] **Cu의 양**

[0038] 미립자 Cu가 종종 소결 온도가 도달하기 전에 구리 입자 용융물로서 P/M 산업에서 사용되어 확산속도를 증가시키며 습윤화에 의한 소결 넥(sintering neck)을 생성시킨다. Cu의 첨가는 또한 부품의 강도를 증가시킬

것이다. 바람직하게는 구리는 구리의 분포를 고르지 않게 하고 부품내의 성질을 변화시킬 수 있는 조성물내의 격리를 피하기 위해서 철-기반 분말에 결합되지만, Cu를 철-기반 분말와 함께 혼합하는 것도 가능할 것이다. Cu-입자 또는 Cu-산화물 입자를 철-기반 분말로 확산 어닐링하는 어떠한 공지된 방법뿐만 아니라 Cu-입자를 유기 결합제에 의해서 철-기반 분말에 결합시키는 어떠한 공지된 방법이 적용될 수 있다. Cu의 양은 0.5 내지 3.0중량%, 바람직하게는 0.5 내지 2.5중량%, 더욱 바람직하게는 0.5 내지 2.0중량%이어야 한다.

[0039] **흑연**

[0040] 흑연은 일반적으로는 기계적 성질을 향상시키기 위해서 P/M 조성물에 첨가된다. 흑연은 또한 소결체중의 산화물의 양을 감소시키고 추가로 기계적 성질을 증가시키는 환원제로서 작용한다. 소결된 제품중의 C의 양은 합금된 철-기반 분말 조성물에 첨가된 흑연 분말의 양에 의해서 결정된다. 소결된 부품의 충분한 성질을 달성하기 위해서, 흑연의 양은 조성물의 0.4 내지 0.9중량%, 바람직하게는 0.5 내지 0.9중량%이어야 한다.

[0041] **윤활제**

[0042] 윤활제가 또한 컴팩팅되는 합금된 철-기반 분말 조성물에 첨가될 수 있다. 주위 온도에서 사용되는 윤활제의 대표적인 예는 Kenolube®, 에틸렌-비스-스테아르아미드(ethylene-bis-stearamide (EBS)), 금속 스테아레이트, 예컨대, Zn-스테아레이트, 지방산 유도체, 예컨대, 올레산 아미드, 글리세릴 스테아레이트 및 폴리에틸렌 왁스이다.

[0043] 승온에서 사용되는 윤활제(고온 윤활제)의 대표적인 예는 폴리아미드, 아미드 올리고머, 폴리에스테르이다. 첨가된 윤활제의 양은 일반적으로는 조성물의 1중량% 미만이다.

[0044] **그 밖의 첨가제**

[0045] 본 발명에 따라서 임의적으로 사용될 수 있는 그 밖의 첨가제는 경질 상 재료(hard phase material), 가공성 개선제 및 유동 향상제를 포함한다.

[0046] **컴팩팅 및 소결**

[0047] 컴팩팅은 주위 온도 또는 승온에서 2000MPa 이하의 압력으로 단축 압축 작업(uniaxially pressing operation)으로 수행될 수 있으며, 일반적으로는, 압력은 400 내지 800MPa이다.

[0048] 컴팩팅 후에, 얻은 부품의 소결이 약 1000℃ 내지 약 1400℃의 온도에서 수행된다. 1050℃ 내지 1200℃의 온도 범위에서의 소결은 고성능 부품의 비용 효과적 제조를 유도한다.

[0049] 본 발명이 하기 비-제한 실시예에 의해서 추가로 예시된다.

[0050] **실시예**

[0051] 본 실시예는 본 발명에 따른 P/M 조성물로부터 생성된 부품이 더 높은 합금 원소 Cu, Ni, 및 Mo 함량을 지닌 재료와 동일한 수준으로 높은 인장 강도가 얻어질 수 있음을 예시하고 있다.

[0052] 0.9 중량%의 Mo, 0.9중량%의 Ni 및 0.25중량%의 Mn의 함량을 지니는 합금된 철-기반 분말이 스틸 용융물을 물 분사에 가함으로써 생성되었다. 미가공 물 분사된 분말(raw water atomized powder)의 어닐링을 습윤 수소 대기중에 960℃의 온도의 실험 노(laboratory furnace)에서 수행하였다. 추가로, 어닐링된 분말에 상이한 양의 산화제일구리(cuprous oxide)를 첨가하여 분말이 각각 1중량%, 2중량% 및 3중량%의 확산 결합된 구리를 지니게 하였다. 확산 결합 또는 어닐링은 건조 수소 대기중에 830℃의 실험 노에서 수행되었다. 어닐링된 분말을 파쇄하고, 밀링(milling)하고, 시빙(sieving)하였으며, 생성되는 분말은 95%의 입자가 약 180 μ m 미만이었다.

[0053] 첫 번째 참조 조성물, 즉, 조성물 10은, 2중량%의 구리 분말 및 0.75%의 흑연과 함께 혼합된, 미국 뉴저지 소재의 회가내스 코퍼레이션으로부터 얻은 철-기반 분말 Ancorsteel 737을 기반으로 하였다.

[0054] 세 가지의 추가의 참조 조성물, 즉, 조성물 11 내지 13은, 2% 구리 분말 및 각각 0.65%, 0.75% 및 0.85%의 흑연과 함께 혼합된, 0.6% Mo, 0.45% Ni 및 0.3% Mn의 함량을 지닌 예비-합금된 분말 철-기반 분말을 기초로 하였다.

[0055] 본 발명에 따른 분말 조성물 및 참조 재료를 상이한 양의 흑연과 0.8중량%의 EBS 윤활제를 첨가함으로써 제조하였다. 표 1은 상이한 조성물을 나타내고 있다.

[0056] 표 1: 시험된 조성물

조성물 번호	Mo- 함량, 분말의 중량%	Ni- 함량, 분말의 중량%	Mn- 함량, 분말의 중량%	Cu- 함량, 분말의 중량%	후연. 조성물의 중량%
1	0.9	0.9	0.25	1	0.65
2	0.9	0.9	0.25	1	0.75
3	0.9	0.9	0.25	1	0.85
4	0.9	0.9	0.25	2	0.65
5	0.9	0.9	0.25	2	0.75
6	0.9	0.9	0.25	2	0.85
7	0.9	0.9	0.25	3	0.65
8	0.9	0.9	0.25	3	0.75
9	0.9	0.9	0.25	3	0.85
10 [참조] Ancorsteel 737	1.25	1.40	0.42	2.1(혼합됨)	0.75

[0057]

11 [참조]	0.6	0.45	0.30	2	0.65
12 [참조]	0.6	0.45	0.30	2	0.75
13 [참조]	0.6	0.45	0.30	2	0.85

[0058]

[0059] SS-EN 10002-1에 따른 인장 시험 바(bar)를 600MPa의 컴팩팅 압력에서 조성물을 컴팩팅함으로써 생성시켰다. 샘플을 90% N₂/10% H₂ 대기중에 30분 동안 1120℃의 소결 온도로 실험 벨트 노에서 소결시켰다.

[0060] 냉각 속도의 영향을 연구하기 위해서, 샘플 수의 절반을 2℃/초의 냉각 속도로 소결 후 강제 냉각시킨 다음, 200℃에서 60분 동안 템퍼링(tempering)시키면서, 다른 절반은 약 0.8℃/초의 정상적인 냉각 속도에 부여하였다. 표 2는 정상적인 냉각 속도에 대응하는 결과를 나타내고, 표 3은 강제 냉각 속도에 대응하는 결과를 나타낸다.

[0061] **결과**

[0062] 컴팩팅되고 소결된 샘플 사이의 치수 변화뿐만 아니라 SS-EN 10002-1에 따른 인장 강도, 및 EN ISO6507-1에 따른 10g 부하에서의 마이크로 빅커 경도(micro Vickers hardness)를 측정하였다.

[0063] 표 2: 정상적인 냉각 속도에 주어진 샘플의 치수 변화, 인장 시험 및 경도 시험의 측정 결과

화합물 번호	C- 함량 (wt%)	O- 함량 (wt%)	치수 변화, (%)	인장 강도, (MPa)	경도, HV10
1, (1 wt% Cu)	0.65	0.011	-0.18	661	196
2, “	0.73	0.012	-0.17	655	199

[0064]

3, “	0.83	0.011	-0.16	694	227
4, (2 wt% Cu)	0.59	0.009	0.01	836	264
5, “	0.71	0.010	0.00	778	319
6, “	0.78	0.011	-0.02	631	395
7, (3 wt% Cu)	0.65	0.012	0.27	860	351
8, “	0.71	0.011	0.21	696	356
9, “	0.83	0.012	0.11	625	367
10 [참조]	0.71	0.014	0.12	723	411
11 [참조]	0.64	0.009	0.31	732	291
12 [참조]	0.72	0.010	0.32	739	332
13 [참조]	0.80	0.011	0.32	711	339

[0065]

[0066]

표 3: 강제 냉각(소결 경화됨) 속도에 주어진 샘플의 치수 변화, 인장 시험 및 경도 시험의 측정 결과

조성물 번호	C- 함량 (wt%)	O- 함량 (wt%)	치수 변화, (%)	인장 강도, (MPa)	경도, HV10
1, (1 wt% Cu)	0.64	0.031	-0.06	1061	389
2, “	0.75	0.034	-0.05	1040	406
3, “	0.82	0.029	-0.08	998	400
4, (2 wt% Cu)	0.65	0.033	0.11	1109	372
5, “	0.76	0.034	0.07	1036	386
6, “	0.83	0.029	0.03	953	388
7, (3 wt% Cu)	0.63	0.030	0.33	1019	355
8, “	0.75	0.030	0.21	993	372
9, “	0.83	0.029	0.08	954	375
10 [참조]	0.74	0.032	0.14	980	394
11 [참조]	0.64	0.025	0.32	789	329

[0067]

12 [참조]	0.73	0.024	0.32	801	359
13 [참조]	0.82	0.027	0.33	794	370

[0068]

[0069]

표 2 및 표 3은, 소결 경화된 샘플과 정상적인 냉각 속도에서 냉각된 샘플 둘 모두의 경우에, 조성물 1 내지 9로부터 생성된 샘플에 대한 인장 강도 및 경도 값이 고가의 합금 원소, 예컨대, Ni 및 Mo의 더 높은 함량을 지니는 참조 조성물 10으로부터 생성된 샘플과 동일한 수준에 도달함을 나타내고 있다.

[0070]

높은 구리 가격으로 인해서 가능한 한 낮게 유지되는 것이 또한 요구되는 Cu-함량에 관해서는, 탄소 함량의 변화에 기인한 양 및 분산(variance) 둘 모두에서 치수 변화가, 3중량%의 Cu-함량을 지니는 조성물 7 내지 9의 경우에, 2중량%의 Cu-함량을 지니는 조성물 4 내지 6뿐만 아니라 1중량%의 Cu-함량을 지니는 조성물 1 내지 3의 경우에 비해서 훨씬 더 컸다. 따라서, 본 발명에 따르면, 구리 함량은 바람직하게는 최대 3중량%, 더욱 바람직하게는 최대 2.5중량%, 더욱 바람직하게는 최대 2.0중량%이어야 한다.

[0071]

조성물 1 내지 3과 관련하여, 정상적인 냉각 속도 동안의 치수 변화의 양은 참조 조성물 10 보다 더 크지만, 탄소 함량에 기인한 분산(variance)은 아주 작아서 이들 결과가 또한 비교적 양호한 이유이다. 그러나, 강제된 냉각 속도 동안에는, 치수 변화의 양뿐만 아니라 이의 분산이 작다.

[0072]

조성물 4 내지 6과 관련하여, 정상적인 냉각 동안의 치수 변화의 양은 거의 제로(0)이며, 탄소 함량에 기인한 분산이 또한 아주 작다. 강제된 냉각 속도 동안에는, 치수 변화의 양은 다소 컸지만, 참조 조성물 10 보다는 여전히 작다. 분산이 또한 다소 더 크지만, 양은 비교적 작아서, 이는 중요한 문제가 아니다.

- [0073] 참조 조성물 11, 12 및 13과 관련하여, 낮은 인장 강도가 얻어지는데, 특히 강제된 냉각에 주어진 샘플의 경우에 그러함을 주지할 수 있다. 특히, 치수 변화는 본 발명에 따른 조성물에 비해서 비교적 크다.
- [0074] **치수 변화**
- [0075] 컴팩팅되고 소결된 샘플들 사이의 치수 변화는 $\pm 0.35\%$ 미만, 바람직하게는 $\pm 0.3\%$ 미만, 더욱 바람직하게는 0.2% 미만이어야 한다.
- [0076] **인장 강도**
- [0077] 바람직하게는 인장 강도는, 신속한 냉각 및 템퍼링에 주어지는 경우, 900MPa 초과, 더욱 바람직하게는 920MPa 초과이어야 한다.