



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년05월28일

(11) 등록번호 10-1523202

(24) 등록일자 2015년05월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

F16B 35/00 (2006.01) B21H 3/02 (2006.01)

C22C 38/58 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0137298

(22) 출원일자 2014년10월13일

심사청구일자 2014년10월13일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020140037205 A

JP2000317738 A

JP10110248 A

KR1020080063137 A

(73) 특허권자

장인금속(주)

경기도 시흥시 공단1대로 196번길 97, 2라 427 (정왕동, 시화공단)

(72) 발명자

강규선

경기도 안양시 만안구 충훈로 92, 108-901(석수동 코오롱하늘채)

(74) 대리인

민동식

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 신동혁

(54) 발명의 명칭 우주선용 볼트를 제조하는 방법

(57) 요약

본 발명은 볼트를 제조하는 방법에 관한 것으로서, 좀 더 구체적으로 설명하면, 인공위성 등과 같은 우주선용 볼트를 제조하는 방법으로서, 우수한 인장강도 및 경도 등의 물성을 갖는 우주선용 볼트를 제공할 수 있는 발명에 관한 것이다.

대표도 - 도3



**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

탄소 0.035 ~ 0.045 중량%, 망간 1.74 ~ 1.76 중량%, 규소 0.19 ~ 0.21 중량%, 황 0.002 ~ 0.004 중량%, 인 0.015 ~ 0.017 중량%, 니켈 24.4 ~ 24.7 중량%, 크롬 14.7 ~ 14.9 중량%, 몰리브덴 1.23 ~ 1.28 중량%, 구리 0.15 ~ 0.17 중량%, 코발트 0.17 ~ 0.19 중량%, 질소 0.34 ~ 0.38 중량%, 알루미늄 0.12 ~ 0.16 중량%, 티타늄 2.20 ~ 2.30 중량%, 붕소 0.004 ~ 0.010 중량%, 납 0 중량% 초과 ~ 0.0001 중량% 이하, 비스무트 0 중량% 초과 ~ 0.2 중량% 이하, 지르코늄 0 중량% 초과 ~ 0.005 중량% 이하 및 잔량의 철을 포함하는 볼트용 소재를 냉간단조시키는 단계;

냉간단조된 볼트용 소재를 700℃ ~ 750℃ 하에서 15 ~ 17시간 동안 진공열처리를 수행하여 시효경화시킨 볼트를 제조하는 단계;

시효경화시킨 볼트를 나사전조가공하는 단계; 및

나사전조가공한 볼트를 부동태처리하는 단계;를 포함하는 공정을 수행하며,

시효경화 이전에 용체화 처리를 수행하지 않는 것을 특징으로 하는 우주선용 볼트를 제조하는 방법.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 부동태처리한 볼트를 화학연마액으로 100 ~ 140℃ 하에서 화학연마처리하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 우주선용 볼트를 제조하는 방법.

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

제1항에 있어서, 시효경화시키는 단계에서, 시효경화수행 전의 상기 볼트는 KS B 1003 방법에 의거하여 측정시 인장강도(Tensile strength) 95 ~ 120 kgf/mm<sup>2</sup>, KS B 1003 방법에 의거하여 측정시 항복강도(yield strength) 40 ~ 55 kgf/mm<sup>2</sup> 및 KS B 1003 방법에 의거하여 측정시 신장율(elongation) 45 ~ 60%인 것을 특징으로하는 우주선용 볼트를 제조하는 방법.

**청구항 5**

제4항에 있어서, 냉간단조시키는 단계에서, 시효경화수행 전의 상기 볼트는 KS B 1003 방법에 의거하여 측정시 단면수축률(Reduction of area) 65 ~ 75% 및 KS B 1003 방법에 의거하여 측정시 경도(hardness) 35 ~ 45 HRC인 것을 특징으로 하는 우주선용 볼트를 제조하는 방법.

**청구항 6**

제1항에 있어서, 상기 시효경화시키는 단계의 진공열처리는 진공도 110<sup>-4</sup> ~ 510<sup>-3</sup> torr 조건에서 수행하는 것을 특징으로 하는 우주선용 볼트를 제조하는 방법.

**청구항 7**

제6항에 있어서, 상기 시효경화시키는 단계의 진공열처리는 산소 1 ppm 이하, 유기불순물 1.5 ppm 이하 및 질소 가스 하에서 수행하는 것을 특징으로 하는 우주선용 볼트를 제조하는 방법.

**청구항 8**

제1항에 있어서, 시효경화시키는 단계는 진공열처리한 볼트를 공랭(air cooling)시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 우주선용 볼트를 제조하는 방법.

**청구항 9**

제1항에 있어서, 시효경화시킨 볼트는 KS B 1003 방법에 의거하여 측정시, 경도가 35 ~ 42 HRC이고, KS B 1003 방법에 의거하여 측정시, 인장강도가 165 ~ 225 kgf/mm<sup>2</sup>인 것을 특징으로 하는 우주선용 볼트를 제조하는 방법.

**청구항 10**

제1항에 있어서, 시효경화시킨 볼트는 KS B 1003 방법에 의거하여 측정시, 항복강도 80 ~ 95 kgf/mm<sup>2</sup>, KS B 1003 방법에 의거하여 측정시 신장율 140 ~ 160%이며, KS B 1003 방법에 의거하여 측정시 단면수축률 15 ~ 30%인 것을 특징으로 하는 우주선용 볼트를 제조하는 방법.

**청구항 11**

제1항에 있어서, 부동태처리하는 단계는 마찰연마법에 의해 수행하는 것을 특징으로 하는 우주선용 볼트를 제조하는 방법.

**청구항 12**

제2항에 있어서, 화학연마처리하는 단계의 상기 화학연마액은 인산 100 중량부에 대하여, 황산 3 ~ 20 중량부, 초산 5 ~ 15 중량부로 포함하는 것을 특징으로 하는 우주선용 볼트를 제조하는 방법.

**청구항 13**

제1항 내지 제2항 및 제4항 내지 제12항 중에서 선택된 어느 한 항의 방법으로 제조한 우주선용 볼트.

**발명의 설명**

**기술분야**

[0001]

본 발명은 인공위성 등과 같은 우주선에 사용되는 볼트를 제조하는 발명에 관한 것으로서, 그 제조공정 시간을 획기적으로 줄이면서도 AMS 5731L 규격 등과 같은 고스펙을 만족하는 우주선용 볼트를 제공할 수 있는 발명에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002]

인공위성과 같은 우주용 비행체에 사용되는 소재, 부품은 혹독한 환경을 견딜 수 있도록 고품질, 고스펙의 요건을 만족해야 하며, 우주용 비행체에 납품되는 부품을 제조하는 방법은 대부분 노하우 등으로 비공개 상태로 제조되고 있다. 그리고, 우주용 비행체에 사용되는 볼트에 대해서는 규격화시키고 있는데, SAE가 발행하는 우주항공용 재료 사양서인 AMS(aerospace material specifications)를 통해 규격화하고 있다.

[0003] 기존에는 이와 같이 우주용 비행체에 사용되는 볼트 등을 제조시에는 그 사용환경 특성상 고스펙을 만족시키기 위해서 냉간단조->용체화->시효경화->화학연마->나사로링->부동태처리 등의 공정을 수행하여 제조하였으며, 그 제조공정이 복잡하여 생산성이 떨어지는 문제가 있었다.

[0004] 최근 항공우주산업 분야에 대한 투자가 급증하고 있으나, 이에 사용되는 부품에 대한 국내 자체 기술이 확보되지 못해서 외국 기술에 대한 의존도가 매우 높은 상황이며, 이에 따라 항공우주산업 분야에서 사용되는 필수 부품들에 대한 국내 연구 및 이에 대한 투자가 시급한 실정이다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0005] (특허문헌 0001) 1. 대한민국 등록특허번호 20-0374753호(2005.01.24)
- (특허문헌 0002) 2. 일본 공개특허번호2013-184574호(2013.09.19.)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 기존의 우주선용 볼트의 경우, 고스펙을 만족시키기 위해서 복잡다단한 공정을 수행하여야 했기 때문에 가격이 고가이고, 생산성이 떨어지는 문제가 있었으며, 이에 본 발명자들은 오랜 연구 끝에, 제조공정을 간소화시키면서도 우주선용 볼트로서 요구되는 물성의 스펙을 만족시킬 수 있는 방법을 알게 되어 본 발명을 완성하게 되었다.

**과제의 해결 수단**

[0007] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명은 우주선용 볼트를 제조하는 방법에 관한 것으로서, 특정 성분을 특정 비율로 포함하는 볼트용 소재를 냉간단조시키는 단계; 냉간단조한 볼트용 소재를 700 ~ 750℃ 하에서 15 ~ 17시간 동안 진공열처리를 수행하여 시효경화시킨 볼트를 제조하는 단계; 시효경화시킨 볼트를 나사전조가공하는 단계; 및 나사전조가공한 볼트를 부동태처리하는 단계;를 포함하는 공정을 수행하여 우주선용 볼트를 제조하는 것을 특징으로 한다.

[0008] 또한, 본 발명은 상기 제조방법에 의해 제조된 고스펙의 우주선용 볼트를 제공할 수 있는 발명에 관한 것이다.

**발명의 효과**

[0009] 본 발명은 제조방법은 열처리 공정 중 용체화 공정을 수행하지 않으면서도 인공위성 등과 같은 우주선에 사용되는 고스펙의 물성을 만족하는 우주선용 볼트를 제조할 수 있으며, 구체적으로는 우수한 인장강도, 항복강도, 신장율, 단면수축률 및 경도를 갖는 우주선용 볼트를 제공할 수 있는 발명에 관한 것이다.

**도면의 간단한 설명**

- [0010] 도 1은 냉간단조공정을 찍은 사진.
- 도 2는 냉간단조시킨 볼트용 소재를 볼트크기로 절단하는 사진.
- 도 3 및 도 4는 부동태 처리한 우주선용 볼트의 사진.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0011] 이하 본 발명에 대하여 더욱 자세하게 설명을 한다.
- [0012] 본 발명은 우주선용 볼트로서, AMS 5731L 규격 등과 같은 고스펙을 만족하는 우주선용 볼트를 제조할 수 있는 발명에 관한 것으로서, 볼트용 소재를 냉간단조시키는 단계; 냉간단조된 볼트용 소재를 진공열처리를 수행하여 시효경화시키는 단계; 시효경화시킨 볼트를 나사전조가공하는 단계; 및 나사전조가공한 볼트를 부동태처리하는 단계;를 포함하는 공정을 수행하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0013] 본 발명에 있어서, 상기 냉간단조시키는 단계의 볼트는 탄소 0.035 ~ 0.045 중량%, 망간 1.74 ~ 1.76 중량%, 규소 0.19 ~ 0.21 중량%, 황 0.002 ~ 0.004 중량%, 인 0.015 ~ 0.017 중량%, 니켈 24.4 ~ 24.7 중량%, 크롬 14.7 ~ 14.9 중량% 및 몰리브덴 1.23 ~ 1.28 중량%로 포함할 수 있으며, 바람직하게는 탄소 0.038 ~ 0.042 중량%, 망간 1.74 ~ 1.76 중량%, 규소 0.19 ~ 0.21 중량%, 황 0.0025 ~ 0.0035 중량%, 인 0.0155 ~ 0.0165 중량%, 니켈 24.45 ~ 24.60 중량%, 크롬 14.75 ~ 14.85 중량% 및 몰리브덴 1.24 ~ 1.26 중량%로 포함할 수 있고, 더욱 바람직하게는 탄소 0.039 ~ 0.041 중량%, 망간 1.745 ~ 1.755 중량%, 규소 0.19 ~ 0.21 중량%, 황 0.0028 ~ 0.0032 중량%, 인 0.0158 ~ 0.0162 중량%, 니켈 24.50 ~ 24.58 중량%, 크롬 14.75 ~ 14.85 중량% 및 몰리브덴 1.24 ~ 1.26 중량%로 포함할 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 볼트는 탄소, 망간, 규소, 황, 인, 니켈, 크롬 및 몰리브덴 외에 기타 성분으로서, 구리(Cu), 코발트(Co), 질소(N), 알루미늄(Al), 티타늄(Ti), 납(Pb), 비스무트(Bi), 붕소(B), 지르코늄(Zr) 및 철(Fe)을 더 포함할 수 있다. 그리고, 이들 기타 성분의 함유량은 구리 0.15 ~ 0.17 중량%, 코발트 0.17 ~ 0.19 중량%, 질소 0.34 ~ 0.38 중량%, 알루미늄 0.12 ~ 0.16 중량%, 티타늄 2.20 ~ 2.30 중량%, 붕소 0.004 ~ 0.010 중량%, 납 0.0001 중량% 이하, 비스무트 0.2 중량% 이하 및 지르코늄 0.005 중량% 이하로 포함할 수 있다.
- [0015] 본 발명에 있어서, 상기 냉간단조(cold forging)는 당업계에서 사용하는 일반적인 방법을 사용할 수 있으며, 바람직하게는 압출가공 또는 업세팅가공을 통해서 수행할 수 있으며 더욱 바람직하게는 도 1에 사진으로 나타낸 바와 같은 압출가공을 통해 수행할 수 있다. 그리고, 냉간단조를 구체적인 예를 들면, 다이중에 삽입된 소재를 펀치와 녹아웃에 의하여 샌드위치하고, 상기 녹아웃에 소정의 가압력을 부여하고, 펀치에 녹아웃가압력과 성형가압력과의 합보다도 큰 가압력을 부여하여 성형하거나, 또는 다이 중에 삽입된 소재를 펀치와 녹아웃에 의하여 소정의 가압력을 갖고 샌드위치하고, 이 샌드위치한 상태에서 상기 펀치를 회전시키면서 그 펀치에 녹아웃가압력과 성형가압력과의 합보다도 큰 축방향의 가압력을 부여하여 상기 소재를 성형하도록 할 수 있다.
- [0016] 그리고, 냉간단조를 수행한 볼트용 소재를 원하는 크기로 절단하는 공정을 시효경화시키는 단계 전에 더 수행할 수 있다.
- [0017] 다음으로 시효경화를 수행하는데, 그리고, 시효경화를 수행하기 전의 볼트 소재는 KS B 1003 방법에 의거하여 측정시 인장강도(Tensile strength) 95 ~ 120 kgf/mm<sup>2</sup>, KS B 1003 방법에 의거하여 측정시 항복강도(yield strength) 40 ~ 55 kgf/mm<sup>2</sup> 및 KS B 1003 방법에 의거하여 측정시 신장율(elongation) 45 ~ 60%를 만족할 수 있으며, 바람직하게는 인장강도 98 ~ 110 kgf/mm<sup>2</sup>, 항복강도 45 ~ 50 kgf/mm<sup>2</sup> 및 신장율 46 ~ 55%를 만족할 수 있고, 더욱 바람직하게는 인장강도 100 ~ 105 kgf/mm<sup>2</sup>, 항복강도 45 ~ 49 kgf/mm<sup>2</sup> 및 신장율 47 ~ 52%를 만족할 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 시효경화를 수행하기 전의 볼트 소재는 KS B 1003 방법에 의거하여 측정시 단면수축률(Reduction of area) 65 ~ 75% 및 KS B 1003 방법에 의거하여 측정시 경도(hardness) 35 ~ 45 HRC를 만족할 수 있으며, 바람직하게는 단면수축률 67 ~ 72% 및 경도 36 ~ 44 HRC를 만족할 수 있고, 더욱 바람직하게는 단면수축률 68 ~ 72% 및 경도 38 ~ 44 HRC를 만족할 수 있다.
- [0019] 그리고, 본 발명에 있어서 상기 시효경화시키는 단계는 냉간단조된 볼트를 700 ~ 750℃ 하에서, 바람직하게는 710 ~ 730℃ 하에서 15 ~ 17시간 동안 진공열처리를 수행할 수 있으며, 이때, 진공열처리 온도가 700℃ 미만이면 원하는 경도 스펙을 만족하는 볼트를 얻을 수 없을 수 있고, 온도가 750℃를 초과하면 볼트의 인장강도가 낮은 문제가 있을 수 있다. 그리고, 진공열처리 시간은 상기 온도 범위에서 원하는 물성 스펙을 만족시키는 볼트를 제조하기 위한 적정 시간인 것이다.
- [0020] 또한, 상기 시효경화시키는 단계는 진공도 110<sup>-4</sup> ~ 510<sup>-3</sup> torr, 바람직하게는 510<sup>-4</sup> ~ 510<sup>-3</sup> torr 하에서 수행할 수 있으며, 이때, 진동도가 110<sup>-4</sup> torr 미만이면 이러한 조건을 만족시키기 위한 설비공정비가 너무 급격하게 증

가하는 문제가 있을 수 있고, 진공도가  $510^{-3}$  torr를 초과하면 원하는 물성 스펙을 갖는 볼트를 제조할 수 없을 수 있으므로 상기 범위 내에서 수행하는 것이 좋다. 또한, 상기 시효경화시키는 단계는 산소 1 ppm 이하 및 유기불순물 1.5 ppm 이하의 조건에서 수행하는 것이 바람직하다.

[0021] 또한, 시효경화시키는 단계는 진공열처리한 볼트를 상온에서 서서히 냉각시킬 수도 있으며, 또는 공랭(air cooling)시키는 공정을 더 포함할 수 있다.

[0022] 이와 같은 조건에서 시효경화시킨 볼트는 KS B 1003 방법에 의거하여 측정시, 경도가 35 ~ 42 HRC이고, KS B 1003 방법에 의거하여 측정시, 인장강도가 165 ~ 225 kgf/mm<sup>2</sup>를 만족할 수 있으며, 바람직하게는 경도 36 ~ 41 HRC 및 인장강도 165 ~ 220 kgf/mm<sup>2</sup>를 갖을 수 있다.

[0023] 또한, 시효경화시킨 볼트는 KS B 1003 방법에 의거하여 측정시, 항복강도 80 ~ 95 kgf/mm<sup>2</sup>, KS B 1003 방법에 의거하여 측정시 신장율 140 ~ 160%이며, KS B 1003 방법에 의거하여 측정시 단면수축률 15 ~ 30%를 만족할 수 있으며, 바람직하게는 항복강도 82 ~ 90 kgf/mm<sup>2</sup>, 신장율 142 ~ 155% 및 단면수축률 17 ~ 25%를 갖을 수 있다.

[0024] 본 발명에 있어서, 시효경화공정을 수행한 후, 나사전조가공하는 단계를 수행할 수 있으며, 나사전조가공은 당 업계에서 사용하는 일반적인 방법을 사용하여 시효경화공정을 수행한 볼트를 나사와 결합시킬 수 있도록 볼트 홈을 형성시킬 수 있다.

[0025] 그리고, 나사전조가공시킨 볼트의 표면을 다듬기 위해 부동태 처리를 할 수 있으며, 부동태 처리는 당업계에서 사용하는 일반적인 방법을 사용할 수 있으며, 바람직하게는 마찰연마법을 수행하여 할 수 있다.

[0026] 또한, 부동태 처리한 볼트를 광택을 주고, 이물질 제거하기 위해 화학연마액으로 화학연마처리하는 단계를 수행할 수 있으며, 이때, 화학연마액의 예를 들면, 인산 100 중량부에 대하여, 황산 3 ~ 20 중량부, 초산 5 ~ 15 중량부 및 기타 첨가제를 포함하는 화학연마액을 사용할 수 있다.

[0027] 이와 같은 방법을 통해서 AMS 5731 L 과 같은 인공위성용 볼트 규격을 만족하는 고스펙의 우주선용 볼트를 제공할 수 있으며, 본 발명의 제법으로 제조한 볼트는 우주선뿐만 아니라, 이와 유사한 환경 등에서 사용되어 고스펙을 요구하는 장치, 예를 들면, 심해용 잠수함, 선박, 비행기 등에도 사용할 수 있다.

[0028] 이하에서는 본 발명을 실시예에 의거하여 더욱 자세하게 설명을 한다. 그러나, 본 발명의 권리범위가 하기 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0029] **[실시예]**

[0030] **준비에 1**

[0031] 하기 표 1의 화학적 성분을 갖는 볼트용 소재를 준비한 후, 이를 냉간단조시켰으며, 냉간단조공정을 찍은 사진을 도 1에 나타내었다.

[0032] 다음으로 냉간단조시킨 볼트용 소재를 도 2와 같이 볼트크기로 절단하였고, 절단시킨 볼트용 소재의 물성을 하기 표 2에 나타내었다.

표 1

[0033]

구분	C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr	Mo	기타
합량 (중량%)	0.04	1.75	0.20	0.003	0.016	24.54	14.81	1.25	Cu=0.16 Co=0.18 N=0.36 Al=0.14 Ti=2.23 Pb=0.0001 이하 Bi=0.2ppm 이하 B=0.007 Zr=0.005 이하

표 2

[0034]

구분	인장강도 (kgf/mm <sup>2</sup> )	항복강도 (kgf/mm <sup>2</sup> )	신장율 (%)	단면수축률 (%)	경도 (HRC)
	102.0	47.0	49.7	70.07	43

[0035]

**실시예 1**

[0036]

상기 준비예 1에서 제조한 볼트용 소재를 진공열처리로 투입한 후, 질소 가스, 720℃, 110<sup>-3</sup> torr, 산소 1 ppm 이하 및 유기불순물 1.5 ppm 이하의 조건 하에서 16시간 동안 진공열처리하여, 시효경화를 수행하였다.

[0037]

다음으로, 진공열처리한 볼트를 공기냉각(공랭, air cooling)시켰다.

[0038]

다음으로, 나사전조가공을 통해 볼트 홈을 형성시킨 후, 마찰연마시켜서 부동태처리를 하였으며, 부동태 처리한 우주선용 볼트의 사진을 도 3 및 도 4에 나타내었다.

[0039]

**실시예 2**

[0040]

상기 실시예 1과 동일한 준비예 1에서 제조한 볼트용 소재를 사용하여 시효경화를 수행하여 동일한 방법으로 볼트를 제조하되, 공랭시키지 않고, 상온(24 ~ 30℃)에서 서서히 냉각시킨 후, 실시예 1과 동일한 방법으로 나사 전조가공 및 부동태 처리하여 우주선용 볼트를 제조하였다.

[0041]

**실시예 3**

[0042]

상기 실시예 1과 동일한 준비예 1에서 제조한 볼트용 소재를 사용하여 시효경화를 수행하여 동일한 방법으로 볼트를 제조하되, 진공열처리 온도를 730℃ 하에서 17시간 동안 진공열처리하여, 시효경화를 수행한 것을 제외하고는 동일한 방법으로 우주선용 볼트를 제조하였다.

[0043]

**비교예 1**

[0044]

상기 준비예 1에서 제조한 볼트용 소재를 열처리로 투입한 후, 질소 가스, 980℃ 하에서 1 시간 동안 용체화 처리를 수행하였다.

[0045]

다음으로, 용체화 처리한 볼트용 소재를 질소 가스, 720℃, 110<sup>-3</sup> torr, 산소 1 ppm 이하 및 유기불순물 1.5 ppm 이하의 조건 하에서 16시간 동안 시효경화를 수행하였다.

[0046]

다음으로, 진공열처리한 볼트를 공기냉각(공랭, air cooling)시켰다.

[0047] 다음으로, 실시예 1과 동일한 방법으로 나사전조가공 및 부동태 처리하여 우주선용 볼트를 제조하였다.

[0048] **비교예 2**

[0049] 상기 준비예 1에서 제조한 볼트용 소재를 열처리로에 투입한 후, 질소 가스, 900℃ 하에서 2 시간 동안 용체화 처리를 수행하였다.

[0050] 다음으로, 용체화 처리한 볼트용 소재를 질소 가스, 720℃, 110<sup>-3</sup> torr, 산소 1 ppm 이하 및 유기불순물 1.5 ppm 이하의 조건 하에서 16시간 동안 시효경화를 수행하였다.

[0051] 다음으로, 실시예 1과 동일한 방법으로 나사전조가공 및 부동태 처리하여 우주선용 볼트를 제조하였다.

[0052] **비교예 3**

[0053] 상기 실시예 1과 동일한 준비예 1에서 제조한 볼트용 소재를 사용하여 시효경화를 수행하여 동일한 방법으로 볼트를 제조하되, 진공열처리 온도를 690℃ 하에서 16시간 동안 진공열처리하여, 시효경화를 수행한 것을 제외하고는 동일한 방법으로 우주선용 볼트를 제조하였다.

[0054] **비교예 4**

[0055] 상기 실시예 1과 동일한 준비예 1에서 제조한 볼트용 소재를 사용하여 시효경화를 수행하여 동일한 방법으로 볼트를 제조하되, 진공열처리 온도를 770℃ 하에서 16시간 동안 진공열처리하여, 시효경화를 수행한 것을 제외하고는 동일한 방법으로 우주선용 볼트를 제조하였다.

[0056] **실험예 1 : 볼트의 물성 측정**

[0057] 상기 실시예 및 비교예에서 제조한 볼트의 경도, 인장강도, 항복강도, 신장율, 단면수축률을 각각 KS B 1003에 의거하여 측정하였으며, 그 결과를 하기 표 3에 나타내었다. AMS 5731L에 따른 인공위성용 볼트의 스펙(spec)은 경도 HRC 33 ~ 42, 인장강도 160 kgf/mm<sup>2</sup> 이상, 항복강도 80 kgf/mm<sup>2</sup> 이상, 신장율 140% 이상, 단면수축률 40% 미만을 만족해야 한다.

**표 3**

[0058]

구분	인장강도 (kgf/mm <sup>2</sup> )	항복강도 (kgf/mm <sup>2</sup> )	신장율 (%)	단면수축률 (%)	경도 (HRC)
실시예 1	212	89	150	21	38~41
실시예 2	171	92	148	19	36~39
실시예 3	217	95	147	18	36~38
비교예 1	169	99	157	17	28~29
비교예 2	172	102	158	16	26~28
비교예 3	170	90	151	22	31~34
비교예 4	155	81	147	23	39~42

[0059] 상기 표 3의 볼트의 물성 측정 결과를 살펴보면, 실시예 1 ~ 3의 경우, 인공위성용과 같은 우주선용 볼트 요구되는 인장강도, 항복강도, 신장율, 단면수축률 및 경도의 스펙을 만족하는 것을 확인할 수 있었다.

[0060] 그러나, 비교예 1 ~ 2와 같이, 용체화 공정을 수행하는 경우, 다른 물성은 우수하나 경도가 좋지 않은 문제가 있었다. 그리고, 시효경화처리시, 700℃ 이하에서 수행한 비교예 3의 경우, 인장강도 등의 물성은 우수하나, 경도가 떨어지는 문제가 있었으며, 시효경화처리시, 750℃ 초과하는 온도에서 수행한 비교예 4의 경우, 경도 및 다른 물성은 우수하나, 인장강도가 저조한 문제가 있었다.



[0061]

상기 실시예 및 실험예를 통하여 본 발명이 제시하는 볼트 제조방법을 통해서 용체화 열처리 공정을 수행하지 않으면서도 인공위성과 같은 우주선용 볼트로서 요구되는 물성을 만족하는 볼트를 제공할 수 있음을 확인할 수 있었으며, 본 발명의 제조방법을 통해 경제성, 상업성이 우수한 첨단부품소재인 우주선용 볼트를 제공할 수 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 본 발명의 볼트는 우주선 뿐만 아니라, 심해용 잠수함, 비행기 등 혹독한 환경에서 운행되는 기계 등에도 응용하여 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

**도면**

**도면1**



**도면2**



도면3



도면4

