



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0070692  
(43) 공개일자 2020년06월18일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B22F 5/00 (2006.01) B22F 3/26 (2006.01)  
C22C 38/04 (2006.01) C22C 38/22 (2006.01)  
F16J 1/16 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
B22F 5/008 (2013.01)  
B22F 3/26 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-0158117
- (22) 출원일자 2018년12월10일  
심사청구일자 없음

- (71) 출원인  
현대자동차주식회사  
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)  
기아자동차주식회사  
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)
- (72) 발명자  
김학수  
서울특별시 송파구 새말로8길 12, 104동 701호
- (74) 대리인  
한양특허법인

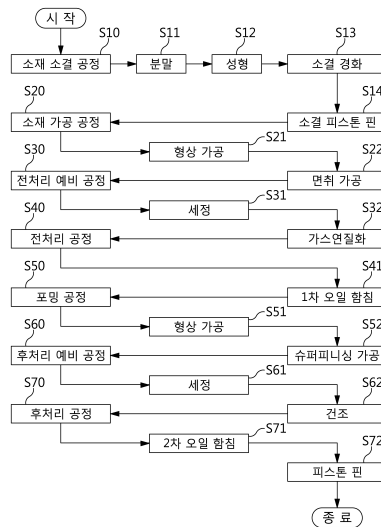
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 오일함유 피스톤 핀 제조방법 및 경량화 피스톤

(57) 요약

본 발명의 경량화 피스톤(3)은 Cr/Mo 조성 Prealloy 분말을 소결재로 한 소결 성형으로 외경기준 대비 편심 내경을 형성한 소결 피스톤 핀(2)이 제조된 후, 가스 연질화 처리로 중공원통(hollow circular cylinder)의 바디에 형성된 기공에 질화물이 형성되며, 적어도 2번의 오일 함침으로 상기 기공을 오일이 매워진 오일함유 타입 피스톤 핀(3)을 적용함으로써 길이 축소의 경량화 장점과 함께 부족한 오일 유량 공급에서도 원활한 윤활작용이 이루어질 수 있고, 특히 기공 질화물 형성을 위한가스 연질화 처리로 소결시 기공에 의한 피로강도 저하를 개선함과 더불어 기지조직 확산 저지로 조대한 기공을 해소하여 탄성계수가 높아지는 특징을 갖는다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*C22C 38/04* (2013.01)

*C22C 38/22* (2013.01)

*F16J 1/16* (2013.01)

*B22F 2003/241* (2013.01)

*B22F 2003/247* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

소결재를 이용한 소결 성형의 소결 피스톤 핀에 형성된 기공에 질화물 형성이 이루어지는 가스 연질화 처리를 수행하는 기공질화물조성공정;

이 포함되는 것을 특징으로 하는 오일함유 피스톤 핀 제조방법.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 소결재는 Cr/Mo 조성 Prealloy 분말야금인 것을 특징으로 하는 오일함유 피스톤 핀 제조방법.

#### 청구항 3

청구항 2에 있어서, 상기 Cr/Mo 조성 Prealloy 분말야금은 중량퍼센트(wt%)로 혼합한 C(탄소), Cr(크롬), Mo(몰리브덴), Mn(망간), S(황)와 함께 잔부 Fe를 포함하는 것을 특징으로 하는 오일함유 피스톤 핀 제조방법.

#### 청구항 4

청구항 3에 있어서, 상기 중량퍼센트(wt%)는 잔부 Fe를 베이스로 하여 상기 C를 0.4 ~ 0.7 wt%, 상기 Cr을 1.0 ~ 3.5 wt%, 상기 Mo를 0.1 ~ 1.0 wt%, 상기 Mn을 0.3 ~ 0.6 wt%, 상기 S를 0.1 ~ 0.3 wt%를 포함하는 것을 특징으로 하는 오일함유 피스톤 핀 제조방법.

#### 청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 기공질화물조성공정은, 상기 소결재를 상기 소결 피스톤 핀으로 제조하는 소재소결공정, 상기 소결 피스톤 핀을 가공한 후 상기 가스 연질화 처리를 수행하는 전처리 예비 공정으로 수행되는 것을 특징으로 하는 오일함유 피스톤 핀 제조방법.

#### 청구항 6

청구항 5에 있어서, 상기 소재소결공정은 분말로 준비된 상기 소결재를 소결 금형에 넣어 중공을 갖는 상기 소결 피스톤 핀으로 성형하고, 상기 소결 피스톤 핀의 온도를 내려주는 소결 경화가 이루어지는 절차로 수행되는 것을 특징으로 하는 오일함유 피스톤 핀 제조방법.

#### 청구항 7

청구항 6에 있어서, 상기 성형은 상기 소결 피스톤 핀의 내경이 외경기준으로 편심되도록 하고, 상기 소결 피스톤 핀의 밀도 기준으로 밀도 차이를 갖는 저밀도 중앙부를 형성시켜주는 것을 특징으로 하는 오일함유 피스톤 핀 제조방법.

#### 청구항 8

청구항 6에 있어서, 상기 소결경화는 냉각속도를 2.5℃/s로 하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 오일함유 피스톤 핀 제조방법.

**청구항 9**

청구항 5에 있어서, 상기 소결 피스톤 핀의 가공은 테이퍼 형상에 이어 외경에 대한 면취 가공이 이루어지는 절차로 수행되는 것을 특징으로 하는 오일함유 피스톤 핀 제조방법.

**청구항 10**

청구항 5에 있어서, 상기 전처리 예비 공정은 상기 소결 피스톤 핀을 세정(cleaning) 한 후 상기 질화물의 형성을 위해 상기 가스 연질화 처리가 수행되는 절차로 이루어지는 것을 특징으로 하는 오일함유 피스톤 핀 제조방법.

**청구항 11**

청구항 10에 있어서, 상기 가스 연질화 처리는 상기 질화물이 상기 소결 피스톤 핀의 기공에 형성되도록 550~590℃ 온도조건에서 1~4시간 동안 수행되는 것을 특징으로 하는 오일함유 피스톤 핀 제조방법.

**청구항 12**

청구항 1에 있어서, 상기 소결 피스톤 핀은 상기 가스 연질화 처리에 이어진 1차 오일 함침, 가공, 세정, 건조, 2차 오일 함침을 거쳐 피스톤 핀으로 완성되는 것을 특징으로 하는 오일함유 피스톤 핀 제조방법.

**청구항 13**

청구항 12에 있어서, 상기 1차 오일 함침과 상기 2차 오일 함침은 SAE(Society of Automotive Engineers) 점도 5W30 이상의 저점도 오일로 이루어지는 것을 특징으로 하는 오일함유 피스톤 핀 제조방법.

**청구항 14**

청구항 12에 있어서, 상기 가공은 상기 소결 피스톤 핀의 외경 표면에 대한 황삭, 중삭, 절삭, 슈퍼 피니싱을 순차적으로 수행하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 오일함유 피스톤 핀 제조방법.

**청구항 15**

청구항 12에 있어서, 상기 가공은 상기 소결 피스톤 핀의 내경에 적용되지 않는 것을 특징으로 하는 오일함유 피스톤 핀 제조방법.

**청구항 16**

Cr/Mo 조성 Prealloy 분말을 소결재로 한 소결 성형으로 외경기준 대비 편심 내경을 형성한 소결 피스톤 핀이 제조된 후, 가스 연질화 처리로 중공원통(hollow circular cylinder)의 바디에 형성된 기공에 질화물이 형성되며, 적어도 2번의 오일 함침으로 상기 기공을 오일이 메워져 제조가 완성되는

것을 특징으로 하는 피스톤 핀.

**청구항 17**

청구항 16에 있어서, 상기 Cr/Mo 조성 Prealloy 분말은 C(탄소), Cr(크롬), Mo(몰리브덴), Mn(망간), S(황)가 중량퍼센트(wt%)로 혼합되고, 상기 C는 0.4 wt%를 최소치로 하여 0.7 wt%를 최대치로 하며, 상기 Cr은 1.0 wt%를 최소치로 하여 3.5 wt%를 최대치로 하고, 상기 Mo는 0.1 wt%를 최소치로 하여 1.0 wt%를 최대치로 하며, 상기 Mn은 0.3 wt%를 최소치로 하여 0.6 wt%를 최대치로 하고, 상기 S는 0.1 wt%를 최소치로 하여 0.3wt%를 최대치로 하며, 잔부 Fe를 포함하는 것을 특징으로 하는 피스톤 핀.

**청구항 18**

청구항 16에 있어서, 상기 소결 피스톤 핀은 상기 내경 편심을 0.5~1mm로 하면서 전체 핀 길이 구간 중 중앙구간의 밀도를 달리하는 저밀도 중앙부가 형성된 테이퍼 핀으로 이루어지고, 상기 저밀도 중앙부를 100% 전체 체적 대비 15~35% 체적으로 하여 상기 가스 연질화 처리로 탄성계수 값이 120GPa을 넘도록 하면서 회전굽힘 값이 280MPa을 넘도록 하는 것을 특징으로 하는 피스톤 핀.

**청구항 19**

20mm 외경지름과 구간별 밀도차이가 있는 50mm 핀 길이를 가지면서 120GPa 탄성계수 값 및 280MPa 회전굽힘 값을 갖도록 소결재로 소결 성형되고, 질화물을 형성한 기공에 오일이 메워진 피스톤 핀;

상기 피스톤 핀이 콘로드 소단부와 결합되어 피스톤 바디의 안쪽으로 위치되고, 복수개의 피스톤 링이 상기 피스톤 바디의 외경에 끼워지는 피스톤;

이 포함되는 것을 특징으로 하는 경량화 피스톤.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 피스톤 핀 제조에 관한 것으로, 특히 소결(Sintering)을 이용한 오일함유 피스톤 핀 제조로 경량화가 가능한 피스톤에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 최근 들어 더욱 강화되고 있는 차량 연비 향상은 엔진성능개선과 더불어 엔진 무빙계 부품을 이용한 엔진경량화를 요구하고 있다.

[0003] 상기 무빙계 부품은 엔진 운전시 움직임이 발생하는 피스톤과 샤프트(예, 크랭크/캠 샤프트)를 예로 들 수 있으며, 특히 상기 피스톤은 피스톤 링과 피스톤 핀으로 구분될 뿐만 아니라 누적된 경량화 설계경험으로 부품 경량화 접목에 유리한 측면을 갖는다.

[0004] 무엇보다 피스톤 핀은 피스톤 핀 설계인자인 탄성계수와 핀 길이 및 핀 경 중 핀 길이 축소로 경량화가 이루어질 수 있다. 일례로 피스톤 핀은 냉간 포밍된 핀형상의 소재를 가공한 후 침탄 열처리하고, 이를 최종적으로 센터레스 연마하여 길이가 짧은 단 길이 피스톤 핀으로 제조할 수 있다.

[0005] 그 결과 단 길이 피스톤 핀은 짧은 길이로 인해 피스톤 핀에 가해지는 높은 면압을 이겨내기 위한 내마모성 부여가 가능하고, 특히 DLC 코팅 적용을 통한 내마모성 향상도 가능하기 때문이다. 이 경우 DLC(Diamond-Like Carbon)코팅은 비결정질의 탄소계 소재로서, 플라즈마 중의 탄소이온이나 활성화된 탄화수소 분자를 전기적으로 가속하여 기관에 충돌시켜 만들어진 박막모양의 물질로 고경도, 내부식성, 내마모성의 물성을 다이아몬드와 유사하게 부여하는 방식이다.

[0006] 나아가 단 길이 피스톤 핀은 핀 길이 축소뿐만 아니라 탄성계수가 낮아 벤딩 하중에 취약한 소재에 대한 접근성

이 가능하다는 장점도 제공한다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 국내공개특허 10-2010-0009333(2010.01.27)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0008] 하지만 피스톤 핀은 엔진 오일이 직접적으로 공급되는 환경에 있지 않음으로써 오일제트(엔진의 메인 갤러리(Main Gallery)로부터 오일을 유도시켜 오일을 피스톤으로 분사하는 장치)에서 분사된 오일은 피스톤 안쪽벽에 부딪혀 피스톤에 연결된 콘로드 소단부 위로 떨어져야 피스톤 핀에 오일이 스며들어 윤활에 도움을 받을 수밖에 없다.

[0009] 이러한 윤활방식으로 인해 짧은 길이의 단 길이 피스톤 핀이 적용된 경우, 콘로드 소단부를 테이퍼 형태로 만들거나 또는 콘로드 소단부에 오일홀을 가공하거나 또는 콘로드의 대단부-로드부-소단부를 이어주도록 오일홀을 길게 가공함으로써 단 길이 피스톤 핀의 윤활 효과를 높여 주고 있다.

[0010] 따라서 단 길이 피스톤 핀은 탄성계수가 낮은 소재를 이용하면서도 높은 내마모성을 갖는 장점 대비 취약한 윤활 구조로 인해 콘로드와 같이 연계된 주변부품에 대한 추가 가공을 필요로 하는 단점도 갖고 있다.

[0011] 이에 상기와 같은 점을 감안한 본 발명은 길이 축소로 경량화되면서 소결(Sintering)을 이용함으로써 오일 유량이 부족한 상황에서도 원활한 윤활작용이 이루어질 수 있고, 특히 기공 질화물 형성을 위한 가스 연질화 처리를 연마 전 실시함으로써 소결시 기공에 의한 피로강도 저하를 개선함과 더불어 기지조직 확산 저지로 조대한 기공을 해소하여 탄성계수를 높여 주는 오일함유 피스톤 핀 제조방법 및 경량화 피스톤의 제공에 목적이 있다.

### 과제의 해결 수단

[0012] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 오일함유 피스톤 핀 제조방법은 소결재를 이용한 소결 성형의 소결 피스톤 핀에 형성된 기공에 질화물 형성이 이루어지는 가스 연질화 처리를 수행하는 기공질화물조성공정이 포함되는 것을 특징으로 한다.

[0013] 바람직한 실시예로서, 상기 기공질화물조성공정에 적용된 소결재는 Cr/Mo 조성 Prealloy 분말야금이고, 상기 Cr/Mo 조성 Prealloy 분말야금은 C(탄소), Cr(크롬), Mo(몰리브덴), Mn(망간), S(황)와 함께 잔부 Fe를 중량퍼센트(wt%)로 포함한다. 상기 중량퍼센트(wt%)는 잔부 Fe를 베이스로 하여 상기 C를 0.4 ~ 0.7 wt%, 상기 Cr을 1.0 ~ 3.5 wt%, 상기 Mo를 0.1 ~ 1.0 wt%, 상기 Mn을 0.3 ~ 0.6 wt%, 상기 S를 0.1 ~ 0.3 wt%로 조성하여 준다.

[0014] 바람직한 실시예로서, 상기 기공질화물조성공정은, 상기 소결재를 상기 소결 피스톤 핀으로 제조하는 소재소결 공정, 테이퍼 형상에 이어 외경에 대한 면취 가공으로 상기 소결 피스톤 핀을 가공한 후 상기 가스 연질화 처리를 수행하는 전처리 예비 공정으로 수행된다.

[0015] 바람직한 실시예로서, 상기 소재소결공정은 분말로 준비된 상기 소결재를 소결 금형에 넣어 내경이 외경기준으로 편심되면서 상기 소결 피스톤 핀의 밀도 기준으로 밀도 차이를 갖는 저밀도 중앙부가 형성된 중공을 갖는 상기 소결 피스톤 핀으로 성형하고, 상기 소결 피스톤 핀의 온도를 내려주도록 냉각속도를 2.5℃/s로 하는 소결 경화가 이루어지는 절차로 수행된다.

[0016] 바람직한 실시예로서, 상기 전처리 예비 공정은 상기 소결 피스톤 핀을 세정 한 후 상기 질화물이 상기 소결 피스톤 핀의 기공에 형성되도록 550~590℃ 온도조건에서 1~4시간 동안 상기 가스 연질화 처리가 수행되는 절차로 이루어진다.

[0017] 바람직한 실시예로서, 상기 소결 피스톤 핀은 상기 가스 연질화 처리에 이어진 SAE 점도 5W30 이상의 저점도 오일에 의한 1차 오일 함침, 외경 표면에 대한 황삭, 중삭, 절삭, 슈퍼 피니싱을 순차적으로 수행하는 가공, 세정, 80~120℃ 온도에서 이루어지는 건조, SAE 점도 5W30 이상의 저점도 오일에 의한 2차 오일 함침을 거쳐 피

스톤 핀으로 완성된다.

- [0018] 바람직한 실시예로서, 상기 가공은 상기 소결 피스톤 핀의 내경에 적용되지 않는다.
- [0019] 그리고 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 피스톤 핀은 Cr/Mo 조성 Prealloy 분말을 소결재로 한 소결 성형으로 외경기준 대비 편심 내경을 형성한 소결 피스톤 핀이 제조된 후, 가스 연질화 처리로 증공원통의 바디에 형성된 기공에 질화물이 형성되며, 적어도 2번의 오일 함침으로 상기 기공을 오일이 메워져 제조가 완성되는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 바람직한 실시예로서, 상기 Cr/Mo 조성 Prealloy 분말은 C(탄소), Cr(크롬), Mo(몰리브덴), Mn(망간), S(황)가 중량퍼센트(wt%)로 혼합되고, 상기 C는 0.4 wt%를 최소치로 하여 0.7 wt%를 최대치로 하며, 상기 Cr은 1.0 wt%를 최소치로 하여 3.5 wt%를 최대치로 하고, 상기 Mo는 0.1 wt%를 최소치로 하여 1.0 wt%를 최대치로 하며, 상기 Mn은 0.3 wt%를 최소치로 하여 0.6 wt%를 최대치로 하고, 상기 S는 0.1 wt%를 최소치로 하여 0.3wt%를 최대치로 하며, 잔부 Fe로 조성된다.
- [0021] 바람직한 실시예로서, 상기 소결 피스톤 핀은 상기 내경 편심을 0.5~1mm로 하여 전체 핀 길이 구간 중 중앙구간의 밀도를 달리하는 저밀도 중앙부가 형성된 테이퍼 핀으로 이루어지고, 상기 저밀도 중앙부의 밀도를 6.5 ~ 6.6g/cm<sup>3</sup>로 하면서 체적을 100% 전체 체적 대비 15~35% 체적으로 하여 상기 가스 연질화 처리로 탄성계수 값이 120GPa을 넘도록 하면서 회전굽힘 값이 280MPa을 넘도록 제조된다.
- [0022] 또한 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 피스톤은 20mm 외경지름과 20mm 외경지름과 6.5 ~ 6.9g/cm<sup>3</sup>로 구간별 밀도차이가 있는 50mm 핀 길이를 가지면서 120GPa 탄성계수 값 및 280MPa 회전굽힘 값을 갖도록 소결재로 소결 성형되고, 질화물을 형성한 기공에 오일이 메워진 피스톤 핀; 상기 피스톤 핀이 콘로드 소단부와 결합되어 피스톤 바디의 안쪽으로 위치되고, 복수개의 피스톤 링이 상기 피스톤 바디의 외경에 끼워지는 피스톤이 포함되는 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

- [0023] 이러한 본 발명의 피스톤 경향화를 위해 제조된 오일함유 피스톤 핀은 하기와 같은 작용 및 효과를 구현한다.
- [0024] 첫째, 냉간단조로 국한되던 피스톤 핀 제조를 소결 영역으로 넓혀 줄 수 있다. 둘째, 짧은 길이의 피스톤 핀이 소결로 제조됨으로써 냉간단조시 필요하던 DLC(Diamond-Like Carbon)코팅을 적용하지 않고서도 충분한 물성을 확보할 수 있다. 셋째, 가스연질화 및 분말야금(Cr/Mo 조성 Prealloy)으로 소결시 조대한 기공 문제를 해소함으로써 피스톤 핀의 피로강도 저하와 탄성계수 저감을 가져오지 않는 피스톤 핀 제조가 가능하다. 넷째, 소결시 기공 최적화가 가능하면서 기공에 머금은 오일 배출과 기공주변의 질화물로 인해 내마모성이 향상된다. 다섯째, 오일제트에서 공급되는 오일이 부족해도 기공에서 나오는 오일로 원활한 윤활작용이 이루어짐으로써 오일함유 피스톤 링으로 작용이 가능하다. 여섯째, 소결 특성으로 피스톤 링 제조시 가공량 및 가공공수 축소가 이루어지면서도 치수정밀도가 우수하다. 일곱째, 초기 엔진 시동시 콘로드 소단부쪽은 오일공급이 원활하지 못하는데 소결 공법 적용시 오일함침이 가능하여 초기 윤활성을 향상시킬 수 있다. 여덟째, 내경편심이 적용된 피스톤 핀의 형상구현은 타공법 대비 소결공법에서는 쉽게 형상구현이 가능하여 엔진구동시 핀 자체 회전으로 윤활성을 향상시킬 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0025] 도 1은 본 발명에 따른 오일함유 피스톤 핀 제조방법의 순서도이고, 도 2는 본 발명에 따른 오일함유 피스톤 핀 제조의 소재 소결 공정이 소결 금형을 이용해 수행되는 상태이며, 도 3은 본 발명에 따른 오일함유 피스톤 핀 제조의 후처리 공정으로 제조된 피스톤 핀의 조직 상태이고, 도 4는 본 발명에 따른 오일함유 피스톤 핀이 적용된 경량화 피스톤의 예이며, 도 5는 본 발명에 따른 오일함유 피스톤 핀 제조의 소재 소결 공정, 전처리 예비 공정, 후처리 공정이 갖는 특징으로 소결재 장점을 예시한 소결 공정도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0026] 이하 본 발명의 실시 예를 첨부된 예시도면을 참조로 상세히 설명하며, 이러한 실시 예는 일례로서 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으므로, 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다.
- [0027] 도 1을 참조하면, 오일함유 피스톤 핀 제조방법은 S10의 소재 소결 공정, S20의 소재가공 공정, S30의 전처리

예비 공정, S40의 전처리 공정, S50의 포밍 공정, S60의 후처리 예비 공정, S80의 후처리 공정으로 수행된다.

[0028] 특히 상기 소재 소결 공정(S10)은 설계적으로 엔진 실린더의 연소압에 의해 약 40 $\mu$ m 이내의 밴딩 및 오발(Oval) 변형량을 만족시키는 설계 대비 기공 형성으로 발현되는 피로강도 저하를 분말야금(Cr/Mo 조성 Prealloy)으로 극복하여 준다. 또한 상기 전처리 예비 공정(S30)은 양끝쪽 부위 대비 약 0.3~0.4g/cm<sup>3</sup> 정도 낮은 중앙부 밀도로 인해 약 5% 수준으로 더 많은 기공 형성으로 발현되는 탄성계수 저감을 가스 연질화 적용으로 극복하여 준다.

[0029] 그러므로 상기 소재 소결 공정(S10)과 상기 전처리 예비 공정(S30)은 기공질화물조성공정으로 특징됨으로써 소재 소결 공정(S10)의 분말야금(Cr/Mo 조성 Prealloy)에 의한 질화물 형성과 함께 전처리 예비 공정(S30)의 가스 연질화에 의한 기공부 질화물 조직화가 이루어진 소결 피스톤 핀을 우선적으로 얻을 수 있다.

[0030] 그 결과 상기 오일함유 피스톤 핀 제조방법은 기공질화물조성공정(S10, S30)에 S20의 소재가공 공정이 개입되고, S40의 전처리 공정, S50의 포밍 공정, S60의 후처리 예비 공정, S80의 후처리 공정이 순차적으로 수행되고, 이러한 절차를 통해 소재 소결 공정(S10)에서 1차적으로 제조된 소결 피스톤 핀(2)이 후처리 공정(S80)에서 최종적인 제품으로 피스톤 핀(3)이 제조됨을 특징으로 한다.

[0031] 이하 상기 오일함유 피스톤 핀 제조방법의 상세 공정은 하기와 같다.

[0032] 먼저 상기 소재 소결 공정(S10)은 S11의 분말 단계, S12의 성형 단계, S13의 소결경화 단계를 거쳐 S14의 소재 피스톤 핀이 제조된다.

[0033] 일례로 상기 분말(S11)은 소결 피스톤 핀(2)의 제조를 위한 분말 소재(1)로서 분말야금(Cr/Mo 조성 Prealloy)이 적용됨으로써 소결후 조대한 기공형성을 줄일 수 있다.

[0034] 표 1은 분말 소재(1)로 적용된 분말야금(Cr/Mo 조성 Prealloy)의 각 성분을 예시한다.

표 1

성분	Min, wt%	Max, wt%	비고
C	0.4	0.7	가스 연질화 전 기지강화- 베이나이트 및 템퍼드 마르텐 사이트 조직형성
	페라이트 조직 억제	탄화물 및 오스테나이트 조직 억제	
Cr	1.0	3.5	표면 및 기공부에 화합물 및 질화물 형성시켜 내마모 및 피로강도 향상
	피로강도 저하	표면 Cr산화물 형성으로 질화물 형성 어려움, 성형성 저하	
Mo	0.1	1.0	MnS : 가공성 첨가제 0.3~0.5 첨가
	피로강도 저하	Cr과 혼합 첨가시 성형성 저하됨.	
Mn	0.3	0.6	MnS : 가공성 첨가제 0.3~0.5 첨가
	가공성 향상	인장가도 저하	
S	0.1	0.3	MnS : 가공성 첨가제 0.3~0.5 첨가
	가공성 향상	인장가도 저하	

[0035]

[0036] 표 1을 참조하면, 분말 소재(1)는 C(탄소), Cr(크롬), Mo(몰리브덴), Mn(망간), S(황)를 중량퍼센트(wt%)로 사용하면서 각각에 대해 최소 중량퍼센트(Min wt%)에서 최대 중량퍼센트(Max wt%)로 설정된다.

[0037] 일례로 C는 가스 연질화 전 기지강화에 유리하여 베이나이트 및 템퍼드 마르텐사이트 조직형성에 기여한다. 이 경우 0.4 Min wt% C는 페라이트 조직 억제에 우수한 반면 0.7 Max wt% C는 탄화물 및 오스테나이트 조직 억제에 우수하다.

[0038] 일례로 Cr과 Mo은 표면 및 기공부에 화합물 및 질화물 형성시켜 내마모 및 피로강도 향상에 기여한다. 이 경우

1.0 Min wt% Cr는 피로강도 저하를 가져오는 반면 3.5 Max wt% Cr은 표면 Cr산화물 형성으로 질화물 형성에 어려우면서 성형성을 저하시킨다. 0.1 Min wt% Mo는 피로강도 저하를 가져오는 반면 1.0 Max wt% Mo은 Cr과 혼합 첨가시 성형성을 저하시킨다.

- [0039] 일레로 Mn과 S는 0.3~0.5 wt% MnS로 가공성 첨가제로 작용한다. 이 경우 0.3 Min wt% Mn이면 가공성 향상이 어렵다. 또한 0.6 Max wt% Mn이면 인장강도를 저하시킨다. 0.1 Min wt% S이면 가공성 향상이 어렵다. 또한 0.3 Max wt% S이면 인장강도를 저하시킨다.
- [0040] 이로부터 분말야금(Cr/Mo 조성 Prealloy)은 소결경화 시킬 수 있고 이후 질화시 Cr과 Mo와 반응하여 질화물을 형성시킬 수 있으므로 소결시 합금분말이 기지조직 확산으로 조대한 기공을 형성 시키는 문제를 없애 피스톤 핀 재질로 적합한 특징이 구현된다.
- [0041] 일레로 상기 성형(S12)은 소결 피스톤 핀(2)의 밀도를 6.4~6.9g/cm<sup>3</sup>로 분포하도록 한다. 특히 상기 성형(S12)은 피스톤 상하운동시 핀의 회전을 증대하여 소결 피스톤 핀(2)에 주는 응력분산 및 윤활성을 향상시키도록 중공의 소결 피스톤 핀(2)이 외경기준으로 내경에 0.5~1mm 편심을 형성시켜 준다.
- [0042] 도 2를 참조하면, 소결 금형(100)은 분말 소재(1)가 소결과정을 통해 소결 피스톤 핀(2)으로 제조되도록 다이(110), 코어(130) 및 하/상단 펀치(150-1, 150-2)로 구성된다.
- [0043] 도시된 바와 같이, 다이(110)와 코어(130)의 소결 공간으로 분말 소재(1)를 투입한 후 하단 펀치(150-1)와 상단 펀치(150-2)를 작동시킴으로써 소결 공간내에서 내경과 외경으로 구분된 바디 체적을 갖는 중공원통(hollow circular cylinder)으로 성형된다.
- [0044] 이와 같이 상기 소결 금형(100)에서 성형 및 소결되어 제조된 소결 피스톤 핀(2)은 서로 연결된 네트워크 구조의 기공을 형성한다. 이 경우 상기 기공 네트워크는 성형 및 소결시 빠져나오는 윤활제의 영향으로 형성될 수 있다. 또한 상기 기공 네트워크는 그 주변으로 확산층을 형성하여 표면의 피로강도 및 내마모성을 더욱 강화시켜 준다.
- [0045] 본 실시예에서 상기 소결 금형(100)은 분말야금(Cr/Mo 조성 Prealloy)을 적용한 분말 소재(1)에 대한 성형 조건을 소결 피스톤 핀 재질이 갖추어야 할 물성인 밀도 6.6g/cm<sup>3</sup> 이상, 탄성계수 120GPa 이상, 회전굽힘 280MPa 이상이 충족되도록 설정한다. 특히 항복/인장/피로 등 기계적인 물성이 스틸대비 떨어지는 소결 피스톤 핀 재질의 물성을 고려하여 밀도의 차이로 부터 동등 안전율 및 중량 설계가 가능한 중공원통의 바디 체적을 성형 조건으로 적용하여 준다.
- [0046] 그 결과 상기 소결 금형(100)에서 성형된 소결 피스톤 핀(2)은 전체 길이를 상단/중간/하단 구간으로 구분할 때 상단 구간의 밀도를 6.8g/cm<sup>3</sup>, 중간 구간의 밀도를 6.5g/cm<sup>3</sup>, 하단 구간의 밀도를 6.8g/cm<sup>3</sup>로 조성하므로 전체적으로 6.4~6.9g/cm<sup>3</sup>에 포함되도록 제조된다. 이 경우 상단/중간/하단 구간 밀도 조성은 소결 금형(100)의 소결 조건 설정을 통해 이루어진다. 여기서 상/하 구간은 피스톤(5)(도 5 참조)의 핀 하우징에 접촉되는 영역이고, 상기 중간 구간은 콘로드 소단부(9)(도 5 참조)의 부상과 접촉하는 부위를 의미한다.
- [0047] 특히 상기 상/하단 구간의 6.8g/cm<sup>3</sup> 밀도 대비 중간 구간의 6.5g/cm<sup>3</sup> 밀도에 의한 중앙부 밀도저하는 핀 설계에서 있어서 단점으로 작용되지만 이어지는 가스연질화 처리를 통한 기공 및 기공 주변에 대한 질화물 형성을 용이하게 함으로써 물성측면에서 불리함이 상쇄되는 방식이다. 이를 위해 상기 중간 구간은 질화처리 후 120GPa의 탄성계수 값을 갖도록 100% 전체 체적 대비 약 15~35% 체적으로 설정한다.
- [0048] 일레로 상기 소결경화(S13)는 소결 피스톤 핀(2)을 냉각속도 2.5°C/s로 냉각시켜준다.
- [0049] 그 결과 소결 피스톤 핀(2)이 중공 형상으로 제조된다. 이 경우 상기 소결 피스톤 핀(2)은  $\Phi$ 20mm 이상의 외경과 50mm 이하의 핀 길이를 최종제품 규격으로 하도록 가공성이 고려된 가공 사이즈로 제조된다.
- [0050] 이어 상기 소재가공 공정(S20)은 S21의 형상가공 단계, S22의 면취 가공 단계로 수행된다.
- [0051] 일레로 상기 형상가공(S21)은 소결 피스톤 핀(2)을 테이퍼 형상으로 가공하여 테이퍼 형상 소결 피스톤 핀(2)으로 만들어 준다. 상기 면취 가공(S22)은 테이퍼 형상 소결 피스톤 핀(2)에 대한 외경을 가공하여 준다. 이 경우 상기 테이퍼 가공 및 외경 가공은 통상적인 피스톤 핀 가공 도구 및 장치를 사용하여 이루어진다.
- [0052] 이후 상기 전처리 예비 공정(S30)은 S31의 세정(cleaning) 단계, S32의 가스 연질화 단계로 수행된다.
- [0053] 일레로 상기 세정(S31)은 테이퍼/외경 가공된 소결 피스톤 핀(2)에 대한 표면 탈지 또는 세척이다. 상기 가스

연질화(S32)는 테이퍼/외경가공 및 세척된 소결 피스톤 핀(2)을 센타레스 연마전에 이루어지고, 약 550~590℃ 온도조건에서 약 1~4시간 동안 가스 연질화 실시로 이루어진다. 이 경우 소결 피스톤 핀(2)에 형성된 기공 네트워크는 연질화가스의 입출입을 용이하게 한다.

[0054] 그 결과 가스 연질화는 소결 피스톤 핀(2)의 표면에서 심부로 이어지는 기공부에 질화물을 형성하고, 이러한 기공부 주위 질화물은 피로하중을 저하시키는 노치역할을 하는 기공에 반해 피로하중을 크게 증가시키면서 기공을 어느 정도 메꾸어 기공 크기를 줄여 탄성계수를 상승시켜 준다. 특히 가스 연질화는 전체 길이 중 상/하단 구간의 6.8g/cm<sup>3</sup> 밀도 대비 중간 구간의 6.5d 밀도를 갖는 소결 피스톤 핀(2)의 중앙 성형밀도 저하부에 대한 탄성계수 및 피로강도를 상승시켜준다.

[0055] 그러므로 가스 연질화 처리된 소결 피스톤 핀(2)은 피스톤 핀 적용에 적합한 상태로 전환된다.

[0056] 표2는 가스 연질화 처리된 소결 피스톤 핀(2)에 대한 물성 변화를 예시한다.

표 2

항목	℃	SCM415+침탄	소결+소결경화	소결+소결경화+가스연질화
항복 (비례한계) MPa	상온	700	505	520
인장 MPa	상온	1000	740	745
경도 HV 0.3	상온	650	470	430
영률 GPa	상온	212.3	110.5	120.8
회전굽힘피로 MPa	상온	475	185	280
열전도도 W/mK	상온	35.4	39.7	38.6
열팽창 10 <sup>-6</sup> m/mK	25-250	12.7	11.8	12.0
밀도 g/cm <sup>3</sup>	상온	7.8	6.5	6.6
기공률	-	0%	17%	15%

[0057]

[0058] 표 2를 참조하면, 가스 연질화 처리는 가스질화로 인해 기지조직의 경도는 다소 열화되는 반면 탄성계수와 피로강도를 향상함으로써 스틸사양 대비 유효성이 우수한 조직구조를 형성됨이 증명된다. 특히 상기 표 2는 소결 피스톤 핀(2)이 상/하단 구간 대비 밀도 저하를 갖는 중간 구간이 있음에도 120GPa의 탄성계수를 부여하면서 피로강도를 상승시켜줌도 증명된다.

[0059] 한편 가스 연질화에 의한 기공 주위 질화물 형성은 도 3을 통해 예시된다.

[0060] 계속해서 상기 전처리 공정(S40)은 S41의 오일 함침으로 수행되고, 이는 후처리 공정(S70)의 오일 함침과 구별되도록 1차 오일 함침으로 칭한다.

[0061] 일례로 상기 1차 오일 함침(S41)은 냉간 상태(시동초기)의 유효성을 향상시키도록 SAE(Society of Automotive Engineers) 점도 5W30 이상의 저점도 오일을 소결 피스톤 핀(2)에 함침시켜준다. 이 경우 소결 피스톤 핀(2)에 형성된 기공 네트워크는 기공에 오일이 메워지는 오일 함침의 효과를 높여준다.

[0062] 이어 상기 포밍 공정(S50)은 S51의 센터리스 가공 단계, S52의 슈퍼 피니싱 (superfinishing) 가공 단계로 수행

된다.

- [0063] 일례로 상기 센터리스 가공(S51)은 오일 함침된 소결 피스톤 핀(2)의 절삭가공 시 재료표면의 흑피를 제거하거나 가공량이 많은 경우 절삭량을 크게 하여 빠르게 가공하는 황삭, 황삭으로 거칠어진 면을 정리하면서 정 치수에 가깝도록 마무리하는 중삭, 설계 사양에 맞춰 주는 절삭으로 구분되어 수행된다. 그 결과 소결 피스톤 핀(2)의 사이즈는 상기 절삭으로  $\Phi 20\text{mm}$  이상의 외경과 50mm 이하의 핀 길이로 만들어 진다.
- [0064] 일례로 상기 슈퍼 피니싱 가공(S52)은 미세하고 연한 슷돌 입자를 낮은 압력으로 설계 사이즈의 소결 피스톤 핀(2)을 매끈한 고정밀도의 표면으로 형성시켜 준다.
- [0065] 이로부터 소결 피스톤 핀(2)은 표면가공 소결 피스톤 핀(2)으로 전환된다.
- [0066] 그 결과 상기 표면가공 소결 피스톤 핀(2)은 그 외경의 표면에 묻은 가스연질화 화합물층(즉, 질화물)이 제거되거나 기공 네트워크를 따라 심부까지 침투된 질화물을 그대로 유지함으로써 표면 연마면의 기공주위에 상당량의 질화물이 형성되어 있고, 특히 기공부 질화물(화합물층)에 인접하여 주변으로 확산층이 형성되므로 피로강도 및 내마모성이 우수한 표면을 얻을 수 있다. 하지만 상기 표면가공 소결 피스톤 핀(2)은 센터리스 가공(S51)과 슈퍼 피니싱 가공(S52)으로 내경 가공이 이루어지지 않는데, 이는 내경에 형성된 질화물(화합물층)로 기공이 메워지도록 함으로써 오일 함침 및 윤활측면에서 유리하기 때문이다.
- [0067] 계속해서 상기 후처리 예비 공정(S60)은 S61의 세정 단계, S62의 건조 단계로 수행한다.
- [0068] 일례로 상기 세정(S61)은 테이퍼/외경 가공된 소결 피스톤 핀(2)에 대한 표면 탈지 또는 세척이다. 상기 건조(S62)는 약 80~120°C 온도에서 이루어진다.
- [0069] 최종적으로 상기 후처리 공정(S70)은 S71의 오일 함침으로 수행되고, 이는 전처리 공정(S40)의 오일 함침과 구별되도록 2차 오일 함침으로 칭한다.
- [0070] 일례로 상기 2차 오일 함침(S71)은 냉간 상태(시동초기)의 윤활성을 향상시키도록 SAE 점도 5W30 이상의 저점도 오일을 소결 피스톤 핀(2)에 함침시켜준다. 이 경우 소결 피스톤 핀(2)에 형성된 기공 네트워크는 오일 함침의 효과를 높여준다.
- [0071] 그 결과 상기 피스톤 핀(3)은 기공 네트워크를 통해 기공이 오일로 메워진다.
- [0072] 최종적으로 상기 피스톤 핀(3)은  $\Phi 20\text{mm}$  이상의 외경, 50mm 이하의 핀 길이, 외경기준 0.5~1mm 편심 내경을 가지며, 핀 양쪽부의 밀도를  $6.8\text{g/cm}^3$  이상으로 하면서 그 중앙부의 밀도를  $6.6\text{g/cm}^3$  이상으로 형성하고, 탄성계수를 120GPa 이상으로 하면서 회전굽힘을 280MPa 이상으로 하는 물성을 갖는다.
- [0073] 한편 도 3을 참조하면, 소결 피스톤 핀(2)에서 제조 완료된 피스톤 핀(3)이 갖는 조직의 현미경 사진을 예시한다.
- [0074] 도시된 피스톤 핀(3)의 기지조직은 Cr/Mo Prealloy + 소결경화 + 가스연질화로 조직에서 질화물에 인접된 기공이 오일 포켓(Oil pocket)으로 역할 하는 템퍼드 마르텐사이트(예, 600도 템퍼링 조직)로 조성됨을 예시한다. 이로부터 피스톤 핀(3)은 오일제트에서 공급되는 오일이 부족해도 기공에서 나오는 오일과 기공 주변의 질화물로 인해 내마모성 향상이 이루어지므로 DLC코팅을 삭제할 수 있고, 가공량 및 가공공수 축소로 높은 치수정밀도를 가질 수 있다.
- [0075] 한편 도 4는 피스톤(5)에 적용된 피스톤 핀(3)이 오일함유 피스톤 핀으로 작용하는 경량화 피스톤의 예를 나타낸다.
- [0076] 도시된 바와 같이, 피스톤(5)은 피스톤 바디(5-1)로 이루어져 피스톤 핀(3)과 피스톤 링(7)이 조립된다.
- [0077] 일례로 상기 피스톤 핀(3)은 콘로드 부시를 매개로 콘로드 소단부(9)와 피스톤 안쪽으로 위치되도록 피스톤 바디(5-1)를 관통해 결합됨으로써 피스톤(5)과 일체화된다. 상기 피스톤 링(7)은 복수개의 피스톤 링(예, 1,2,3 피스톤 링)으로 구성되어 피스톤 바디(5-1)의 외경에 끼워짐으로써 피스톤(5)과 일체화된다.
- [0078] 이로부터 상기 피스톤 핀(3)은 도 1의 오일함유 피스톤 핀 제조 공정을 통해 오일을 머금도록 제조됨으로써 오일이 부족한 경우에도 윤활작용이 가능한 오일함유 피스톤 핀으로 작용한다.
- [0079] 그러므로 상기 피스톤 핀(3)은 오일제트에서 분사된 엔진오일이 피스톤 안쪽에 맞고 떨어져 콘로드 소단부를 거쳐서 공급되면, 이미 오일을 함침하고 있지만 공급된 오일로 인해 피스톤 핀(3)의 중앙부에 형성된 기공 네트워크

크에서 핀 전체적으로 제공될 수 있다.

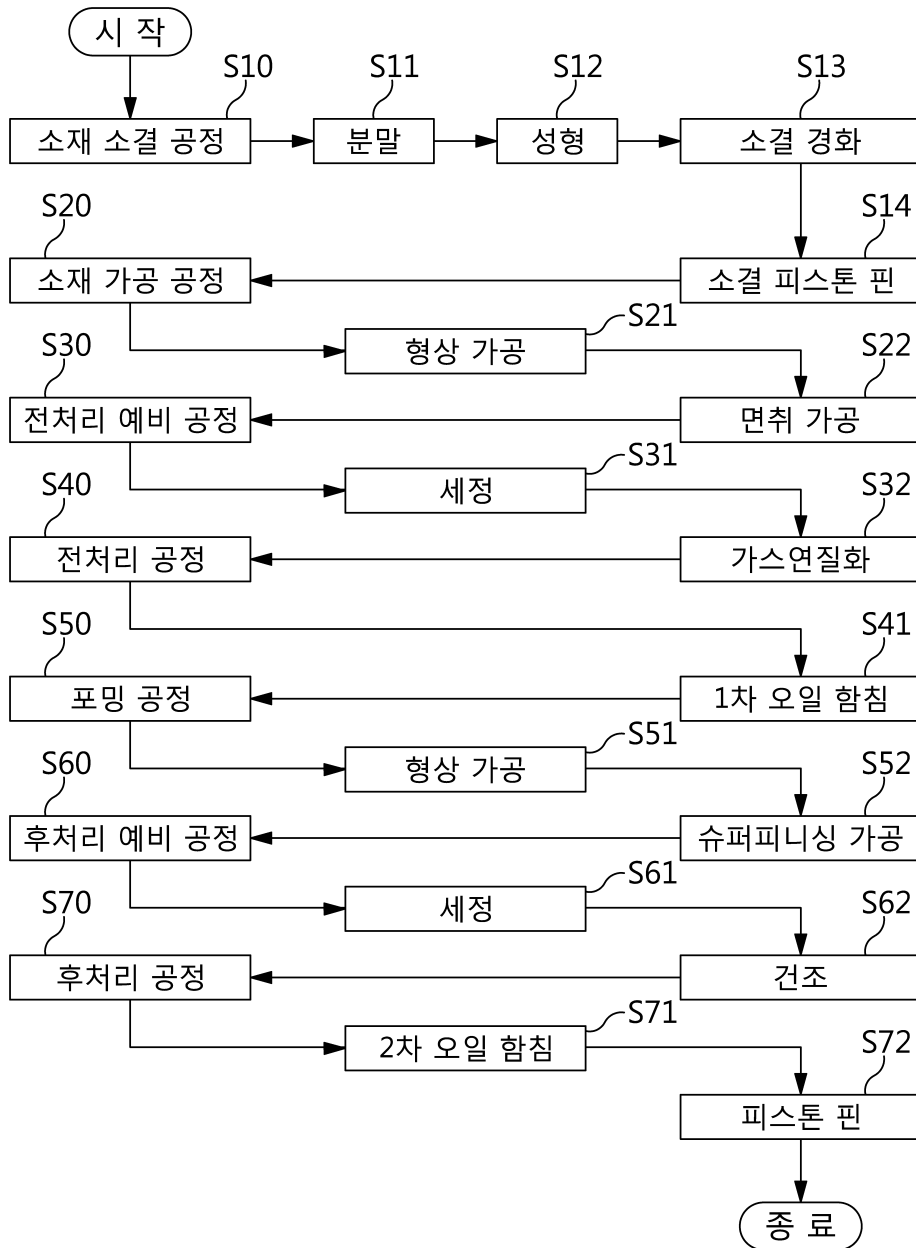
- [0080] 한편 도 5는 경량화 피스톤(5)에 적용된 피스톤 핀(3)이 소결재/가스연질화/오일함침/내경편심을 특징으로 하여 오일함유 피스톤 핀으로 작용하는 효과를 예시한다.
- [0081] 도시된 바와 같이, 소결재는 (1) 설계적으로 요구되는 물성만 확보된다면 열팽창계수가 스틸단조와 가깝고 치수 공차가 적어 가공공수가 축소되고, (2) 소결재의 특성인 기공에 엔진 오일 유입시 내마모성 향상 효과를 높이며, (3) 불순물이 적은 상태에서 Cr, Mo 등의 경화능에 좋은 합금 원소의 사용하여 핀 형상 구현을 용이하게 하여 기존의 수회 성형 공정이 불필요한 장점을 갖는다.
- [0082] 따라서 초기 엔진 시동시 소단부쪽은 오일공급이 원활하지 못하는데 소결공법 적용시 오일함침이 가능하여 초기 윤회성을 향상시킬 수 있다. 또한, 내경편심이 적용된 형상구현은 타공법 대비 소결공법에서는 쉽게 형상구현이 가능하여 엔진 구동시 핀 자체 회전으로 윤회성을 향상시킬 수 있다.
- [0083] 이로부터 오일함유 피스톤 핀 효과를 발생하도록 소결재로 이루어진 피스톤 핀(3)은 스틸재 또는 스틸대비 높은 열팽창계수로 인해 콘로드 부시와 간극 재설정 및 내마모성 향상을 위한 표면 경화처리가 필요한 알루미늄 재질 또는 내부 수축공을 억제할 수 있는 공정이 필요하면서 스틸 대비 많은 가공량에 의한 가공공수 증가가 요구되는 주철재 대비 많은 장점이 있음이 증명된다.
- [0084] 전술된 바와 같이, 본 실시예에 따른 경량화 피스톤(3)은 Cr/Mo 조성 Prealloy 분말을 소결재로 한 소결 성형으로 외경기준 대비 편심 내경을 형성한 소결 피스톤 핀(2)이 제조된 후, 가스 연질화 처리로 중공원통(hollow circular cylinder)의 바디에 형성된 기공에 질화물이 형성되며, 적어도 2번의 오일 함침으로 상기 기공을 오일이 메워준 오일함유 타입 피스톤 핀(3)을 적용함으로써 길이 축소의 경량화 장점과 함께 부족한 오일 유량 공급에서도 원활한 윤회작용이 이루어질 수 있고, 특히 기공 질화물 형성을 위한 가스 연질화 처리로 소결시 기공에 의한 피로강도 저하를 개선함과 더불어 기지조직 확산 저지로 조대한 기공을 해소하여 탄성계수가 높아진다.

**부호의 설명**

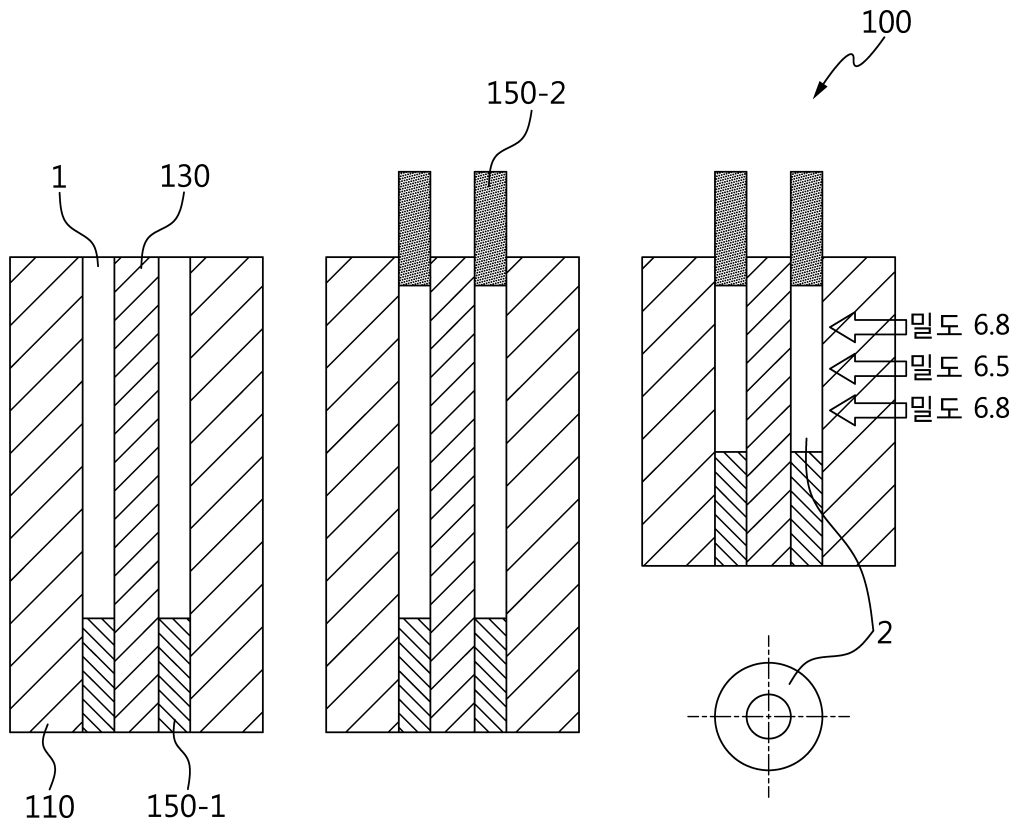
- [0085] 1 : 분말 소재 2 : 소결 피스톤 핀
- 3 : 피스톤 핀 5 : 피스톤
- 5-1 : 피스톤 바디 7 : 피스톤 링
- 9 : 콘로드 소단부
- 100 : 소결 금형 110 : 다이
- 130 : 코어 150-1,150-2 : 하/상단 펀치

도면

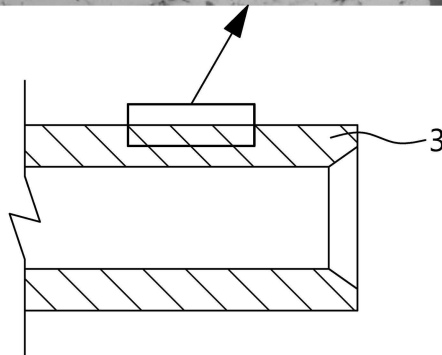
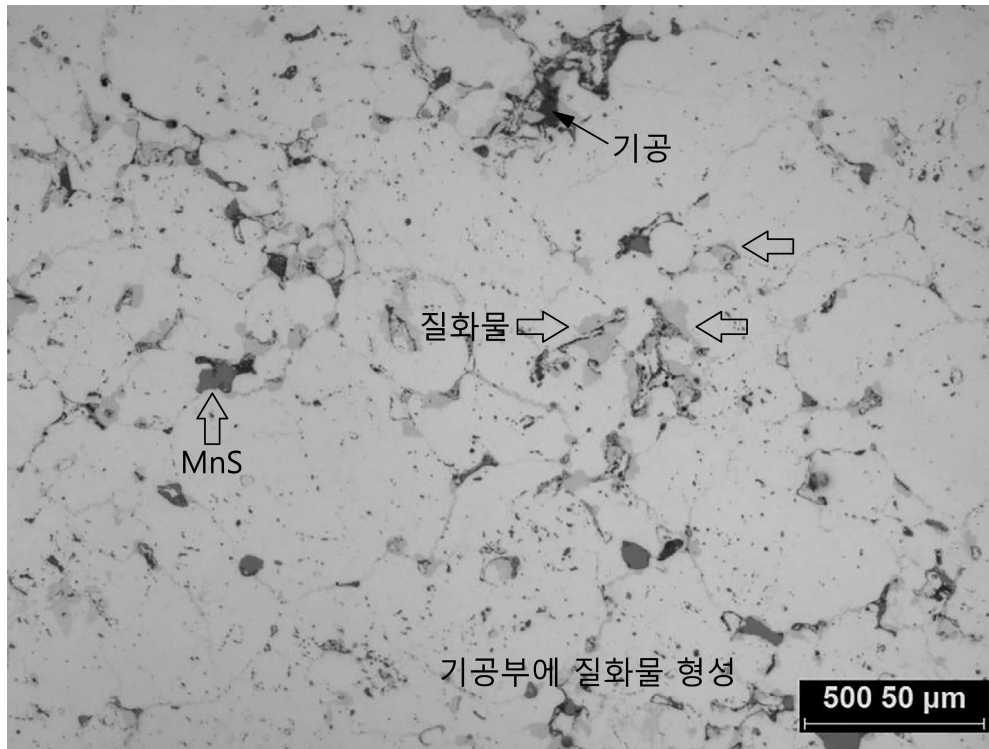
도면1



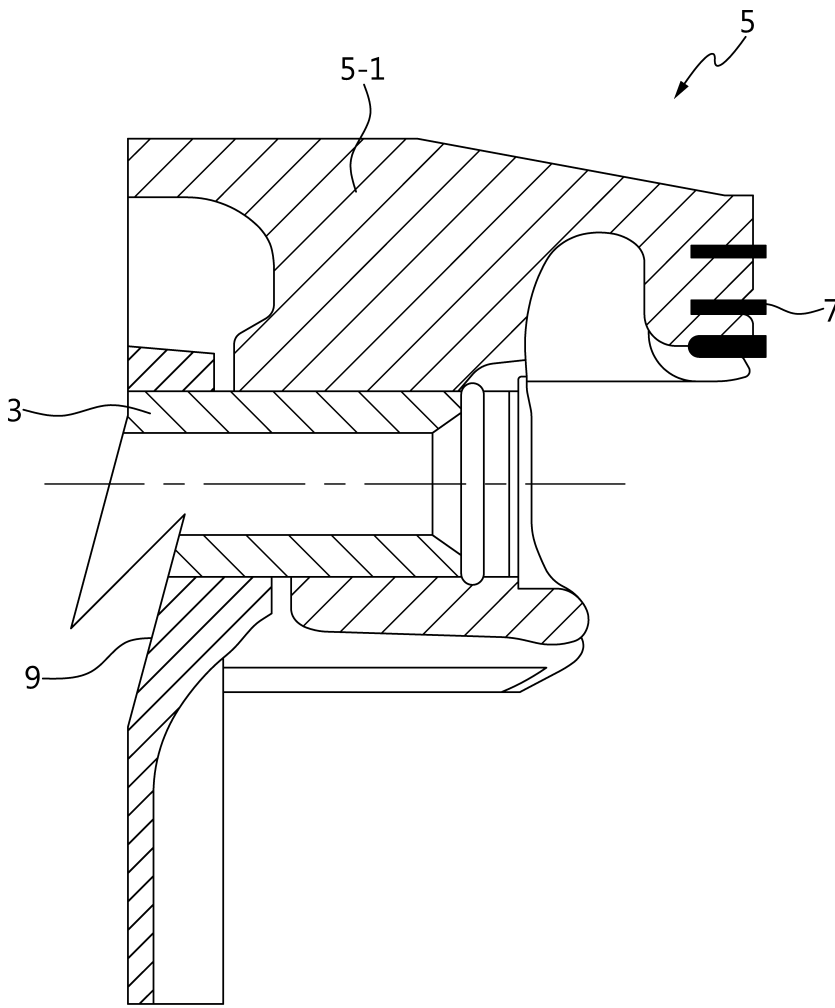
도면2



도면3



도면4



도면5

