



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0069745  
(43) 공개일자 2020년06월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C23C 8/20 (2006.01) C23C 8/02 (2006.01)  
C23C 8/22 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
C23C 8/20 (2013.01)  
C23C 8/02 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-0157153  
(22) 출원일자 2018년12월07일  
심사청구일자 없음

(71) 출원인  
현대자동차주식회사  
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)  
기아자동차주식회사  
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)  
(72) 발명자  
김동휘  
경기도 용인시 기흥구 서천동로 60, 408동 1002호  
손진식  
울산광역시 북구 염포로 700  
(74) 대리인  
한양특허법인

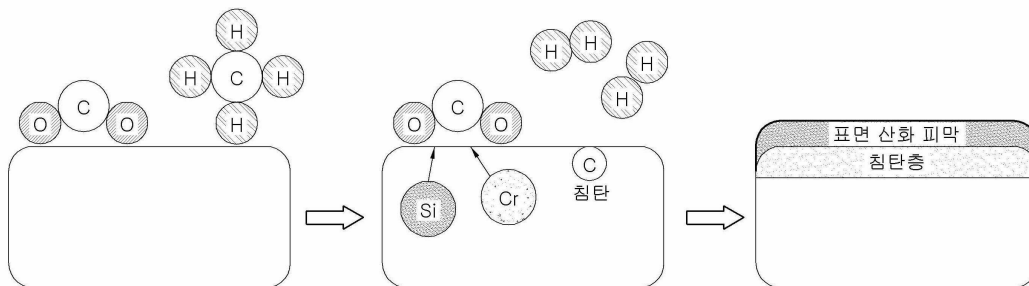
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법

(57) 요약

본 발명은 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 침탄 과정에서 산소 분압( $pO_2$ )이  $10^{-17}$  내지  $10^{-23}$  atm이고, 일산화탄소 분압( $pCO$ )과 이산화탄소 분압( $pCO_2$ )의 비율인  $pCO/pCO_2$ 의 값이 1 내지 75로 포함하는 침탄 가스를 공급하면서 침탄을 수행하여 침탄 열처리 시 대상금속 제품 표면에 형성되는 산화피막의 형태를 조절하는 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류  
*C23C 8/22* (2013.01)

**홍승현**  
경기도 화성시 남양읍 현대연구소로 150

(72) 발명자  
**강민우**  
경기도 화성시 남양읍 현대연구소로 150

**조봉래**  
경기도 화성시 남양읍 현대연구소로 150

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

대상 금속 제품을 침탄조에 투입하여 설정 침탄 온도로 승온시키고, 산소 분압( $pO_2$ )이  $10^{-17}$  내지  $10^{-23}$  atm이고, 일산화탄소 분압( $pCO$ )과 이산화탄소 분압( $pCO_2$ )의 비율인  $pCO/pCO_2$ 의 값이 1 내지 75로 포함하는 침탄 가스를 공급하여 침탄을 가속하는 침탄 단계; 및

상기 침탄조의 상기 침탄 온도 및 공정 압력을 설정시간 동안 유지하면서 상기 대상 금속 제품에 탄소를 확산시키는 침탄 확산 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 침탄 가스에서 일산화탄소 분압( $pCO$ )은 5 내지 22%인 것을 특징으로 하는 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 침탄 가스에서 이산화탄소 분압( $pCO_2$ )은 0.3 내지 5%인 것을 특징으로 하는 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 침탄 온도는 850 내지 1050℃인 것을 특징으로 하는 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 침탄 가스에서 산소와 탄화수소 연료가 2~6.5 : 1 이하 부피 비율로 포함하는 것을 특징으로 하는 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 탄화수소 연료가 메탄인 경우는, 산소와 메탄은 2 : 1 이하 부피 비율인 것을 특징으로 하는 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법.

#### 청구항 7

제5항에 있어서,

상기 탄화수소 연료가 프로판인 경우는, 산소와 프로판은 6.5 : 1 이하 부피 비율인 것을 특징으로 하는 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 침탄 단계는 80분 내지 100분 동안 수행하는 것을 특징으로 하는 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법.

**청구항 9**

제1항에 있어서,

상기 침탄 확산 단계는 40분 내지 60분 동안 수행하는 것을 특징으로 하는 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법.

**청구항 10**

제1항에 있어서,

상기 침탄 단계 이전에 대상 금속 제품의 표면에 잔존하는 이물질 제거를 위한 세척하는 전처리 단계;를 포함하는 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법.

**청구항 11**

제1항에 있어서,

상기 대상 금속 제품은 변속기용 부품인 것을 특징으로 하는 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 가스 침탄 열처리 방법의 침탄 가스의 구성 성분을 최적화하여, 가스 침탄 열처리 시 대상 금속 제품 표면에 형성되는 산화피막의 형태를 조절함으로써 내구성을 향상시킬 수 있는 침탄 열처리 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 일반적으로 침탄 열처리 방법은 0.2% 수준의 탄소를 포함한 금속 소재에 인위적으로 탄소를 추가적으로 장입시킴으로써 강도 및 경도를 높여 부품의 강도를 획기적으로 개선할 수 있는 열처리 공법이다.

[0003] 침탄 열처리 방법은 크게 가스 침탄 열처리 방법(이하, '가스 침탄'이라고도 함)과 진공 침탄 열처리 방법(이하, '진공 침탄'이라고도 함)으로 나뉘는데, 생산성이 좋은 가스 침탄이 양산에 주로 적용되고 있다. 지금까지의 일반적인 가스 침탄은 공기와 메탄 혹은 LNG(liquefied natural gas) 및 공기와 프로판 혹은 LPG(liquefied petroleum gas)를 일정 비율로 혼합해서 니켈 촉매를 이용해 1070도 이하의 온도에서 반응 및 안정화시킨 가스를 분위기 가스로 쓰고 있는데, 이와 같은 분위기를 사용하는 경우 침탄 공정 중 피처리 제품의 내피팅성 및 내마모성에 영향을 주는 입계 산화층이 형성되는 것을 막을 수 없다.

[0004] 이러한 입계 산화층의 형성을 억제하기 위해서 진공 침탄을 적용할 수 있으나, 이는 진공을 형성하기 위한 설비 및 비용문제로 광범위한 적용은 어려운 실정이다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0005] (특허문헌 0001) 일본등록특허 제6082302호  
 (특허문헌 0002) 일본공개특허 제2017-166035호

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 상기와 같은 점을 감안한 본 발명은 가스 침탄 과정 중에서 형성되는 입계 산화층의 형성을 억제하여 가스 침탄으로도 진공 침탄 수준의 표면 품질을 확보할 수 있도록, 분위기 가스의 구성 성분 중 산소(O<sub>2</sub>), 일산화탄소(CO) 및 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)의 분압을 최적화함으로써, 침탄 열처리 시 금속 제품 표면에 형성되는 산화피막의 형

태와 분포를 조절하여 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0007] 상기와 같은 목적을 달성하기 위해 본 발명의 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법은, 대상 금속 제품을 침탄조에 투입하여 설정 침탄 온도로 승온시키고, 산소 분압( $pO_2$ )이  $10^{-17}$  내지  $10^{-23}$  atm이고, 일산화탄소 분압( $pCO$ )과 이산화탄소 분압( $pCO_2$ )의 비율인  $pCO/pCO_2$ 의 값이 1 내지 75로 포함하는 침탄 가스를 공급하여 침탄을 가속하는 침탄 단계, 및 상기 침탄조의 상기 침탄 온도 및 공정 압력을 설정시간 동안 유지하면서 상기 대상 금속 제품에 탄소를 확산시키는 침탄 확산 단계를 포함할 수 있다.
- [0008] 상기 침탄 가스에서 상기 제시된 일산화탄소 분압( $pCO$ )과 이산화탄소 분압( $pCO_2$ )의 비율을 만족하도록 상기 일산화탄소 분압( $pCO$ )은 5 내지 22%이고, 상기 이산화탄소 분압( $pCO_2$ )은 0.3 내지 5%인 것이 바람직하다.
- [0009] 상기 침탄 단계에서 침탄 온도는 850 내지 1050℃일 수 있으며, 보다 바람직하게는 850 내지 950℃이다.
- [0010] 상기 침탄 가스에서 산소와 탄화수소 연료가 2~6.5 : 1 이하 부피 비율일 수 있으며, 상기 산소와 탄화수소 연료의 적정 혼합비율은 탄화수소 연료의 종류에 따라 달라질 수 있다.
- [0011] 상기 탄화수소 연료가 메탄 혹은 LNG인 경우는, 산소와 메탄 혹은 LNG는 2 : 1 이하 부피 비율인 것이 바람직하고, 상기 탄화수소 연료가 프로판 혹은 LPG인 경우는, 산소와 프로판은 6.5 : 1 이하 부피 비율인 것이 바람직하다.
- [0012] 상기 침탄 단계는 상기 침탄조에서 설정된 침탄 온도를 유지하면서 60분 내지 90분 동안 수행할 수 있으며, 보다 바람직하게는 90분 동안 수행할 수 있다.
- [0013] 상기 침탄 확산 단계는 30분 내지 70분 동안 수행할 수 있으며, 보다 바람직하게는 50분 동안 수행할 수 있다.
- [0014] 그리고 본 발명의 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법에서 상기 침탄 단계 이전에 대상 금속 제품의 표면에 잔존하는 이물질 제거를 위한 세척하는 등의 전처리 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 내구성 향상을 위한 침탄 열처리가 수행되는 상기 대상 금속 제품은 내구성 향상이 요구되는 변속기 용 부품인 것이 바람직하다.

**발명의 효과**

- [0016] 본 발명의 침탄 열처리 방법은 침탄 가스 내에 산소( $O_2$ ), 일산화탄소( $CO$ ) 및 이산화탄소( $CO_2$ )의 분압을 조절하는 간단한 방법으로서 기존 가스 침탄 열처리 방법에서 문제였던 제품의 내구성을 감소시키는 입계 산화층의 형성을 억제하고, 침탄층의 표면에 치밀한 표면 산화층을 형성함으로써 내구성을 향상시키는 효과가 있다.
- [0017] 또한, 본 발명의 침탄 열처리 방법은 진공 침탄 열처리 방법과 비교하였을 때 별도의 장비의 필요 없고 기존 가스 침탄 열처리 장치를 활용할 수 있으므로 비용 절감과 취급이 용이하여 다양한 제품으로 적용하는 상용화 되는데 매우 효과적이다.

**도면의 간단한 설명**

- [0018] 도 1은 기존 가스 침탄 열처리 방법에 따른 입계 산화층 형성 메카니즘의 개략적인 모식도이다.
- 도 2는 본 발명의 가스 침탄 열처리 방법에 따른 표면 산화 피막 형성 메카니즘의 개략적인 모식도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예 1에 따른 가스 침탄 열처리 방법을 수행한 대상 금속 제품의 단면이다.
- 도 4는 본 발명의 비교예 1에 따른 가스 침탄 열처리 방법을 수행한 대상 금속 제품의 단면이다.
- 도 5는 침탄 가스에서  $pCO/pCO_2$ 의 값이 76 이상일 경우, 대상 금속 제품의 단면을 확대하여 관찰한 사진이다.
- 도 6은 침탄 가스에서  $75 > pCO/pCO_2 > 40$  인 경우, 대상 금속 제품의 단면을 확대하여 관찰한 사진이다.
- 도 7은 침탄 가스에서  $40 > pCO/pCO_2 > 1$  인 경우, 대상 금속 제품의 단면을 확대하여 관찰한 사진이다.
- 도 8은 기존 가스 침탄 열처리 방법이 수행된 침탄 제품의 내구시험 후 표면을 관찰한 사진이다.

도 9는 본 발명의 가스 침탄 열처리 방법이 수행된 침탄 제품의 내구시험 후 표면을 관찰한 사진이다.

도 10은 본 발명에 따라 가스 침탄 열처리 방법이 수행된 침탄 제품의 내구시험 전 PCD 표면의 주사전자현미경(SEM)으로 모습이다.

도 11은 본 발명에 따라 가스 침탄 열처리 방법이 수행된 침탄 제품의 내구시험 후 PCD 표면의 주사전자현미경(SEM)으로 모습이다.

도 12는 본 발명에 따라 가스 침탄 열처리 방법이 수행된 침탄 제품의 내구시험 전 PCD 표면의 단면을 확대하여 관찰한 사진이다.

도 13는 본 발명에 따라 가스 침탄 열처리 방법이 수행된 침탄 제품의 내구시험 후 PCD 표면의 단면을 확대하여 관찰한 사진이다.

도 14는 기존 가스 침탄 열처리 방법이 수행된 침탄 제품의 내구시험 전 PCD 표면의 주사전자현미경(SEM)으로 모습이다.

도 15는 기존 가스 침탄 열처리 방법이 수행된 침탄 제품의 내구시험 후 PCD 표면의 주사전자현미경(SEM)으로 모습이다.

도 16은 기존 가스 침탄 열처리 방법이 수행된 침탄 제품의 내구시험 전 PCD 표면의 단면을 확대하여 관찰한 사진이다.

도 17은 기존 가스 침탄 열처리 방법이 수행된 침탄 제품의 내구시험 후 PCD 표면의 단면을 확대하여 관찰한 사진이다.

도 18은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 침탄 열처리 방법이 수행된 제품의 단면이다.

도 19는 상기 도 18의 제품 단면에서 산소(O) 원소 분석을 수행한 결과 이미지이다.

도 20은 기존 가스 침탄 열처리 방법이 수행된 제품의 단면이다.

도 21은 상기 도 20의 제품 단면에서 산소(O) 원소 분석을 수행한 결과 이미지이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 본 발명에서 사용되는 기술적 용어는 단지 특정한 일례를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아님을 유의해야 한다. 또한 본 발명에서 사용되는 기술적 용어는 본 발명에서 특별히 다른 의미로 정의되지 않는 한, 본 발명의 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 의미로 해석되어야 하며, 과도하게 포괄적인 의미로 해석되거나, 과도하게 축소된 의미로 해석되지 않아야 한다.
- [0020] 또한, 본 발명에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다.
- [0021] 이하, 실시예 및 비교예를 이용하여 본 발명의 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법과 종래 가스 침탄 열처리 방법에 대해 첨부된 도면을 참조로 보다 구체적으로 설명한다. 이는 일례로서 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으므로, 여기에서 설명하는 것에 한정되지 않는다.
- [0022] 도 1은 기존 가스 침탄 열처리 방법에 따른 입계 산화층 형성 메커니즘을 나타낸 것이고, 도 2는 본 발명의 가스 침탄 열처리 방법에 따른 표면 산화 피막 형성 메커니즘을 나타낸 것이다.
- [0023] 도 1에 도시된 바와 같이 기존 가스 침탄 열처리 방법은 침탄 반응시에 침탄가스 중 일산화탄소(CO)에 의해 탄소(C)가 대상 금속 제품 표면에 장입되는데 이 때 여분의 산소(O)가 같이 침투 반응하여 표면이 비정질의 입계 산화층을 형성한다.
- [0024] 그러나 이와 달리 본 발명의 가스 침탄 열처리 방법은 침탄 가스 중 일산화탄소(CO)의 분압을 상대적으로 낮게 하고 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)의 분압을 높임으로써, 일산화탄소에 의한 침탄 반응을 최대한 억제하여 도 2에서처럼 침탄 층이 형성된 대상 금속 제품 표면에 표면 산화 피막을 형성한다.

[0025] 구체적으로 본 발명의 내구성 향상을 위한 침탄 열처리 방법은, 앞서 살펴본 바와 같이 침탄 처리 대상이 되는 대상 금속 제품을 표면의 이물질 및 스케일을 제거를 위한 세척과정을 수행하는 전처리 단계(S100)를 수행하고, 전처리 단계를 거친 대상 금속 제품을 침탄조에 넣고 침탄 처리하는 침탄 단계(S200), 및 침탄이 대상 금속 제품에 전체적으로 이루어지도록 하는 침탄 확산 단계(S300)를 포함한다.

[0026] 본 발명에서, 상기 "금속 제품"은 반제품 및/또는 완제품 등을 포함하며, 이는 예를 들어 볼트나 너트 등의 기계부품 공구, 및 자동차 부품 등의 금속 제품으로서, 그 형상이나 재질 등은 제한되지 않으며, 예를 들어 탄소강, 보론강, 합금강, 및/또는 베어링강 등의 고강도 금속 재질일 수 있다.

[0027] 상기 침탄 단계(S200)는 전처리 단계가 이루어진 대상 금속 제품을 침탄조로 공급한 후 제품 표면에 침탄이 실시되게 한다.

[0028] 구체적으로 침탄 단계는 대상 금속 제품을 침탄조에 투입하여 850 내지 950℃ 침탄 온도로 승온시키고, 일산화탄소 분압(pCO)과 이산화탄소 분압(pCO<sub>2</sub>)의 비율인 pCO/pCO<sub>2</sub>의 값이 1 내지 75가 되도록 조절된 침탄 가스를 공급하여 침탄을 가속하는 한다.

[0029] 침탄시에 사용되는 분위기 가스는 가스 발생로(변성로)에 의해 제조되는데, 프로판, 부탄 및 천연가스를 원료와 공기를 혼합시킨 후 고온에서 가열하여 얻어지는 것으로 일반적으로 흡열형 가스라고도 하며, 이 가스를 가스 침탄조에 도입하여 침탄 단계를 수행한다.

[0030] 아래 표 1 및 표 2는 본 발명의 침탄 단계(S200)에서 사용되는 변성가스인 분위기 가스의 형성에 대한 결과를 나타낸 것이다.

표 1

[0031]

구분	890℃		1070℃		
	본 발명		본 발명 조성+기존 온도		기존 조성+기존 온도
CO	21.0	20.7	20.3	20.3	20.3
CO <sub>2</sub>	0.540	0.345	0.260	0.220	0.190
CH <sub>4</sub>	0.115	0.180	0.230	0.265	0.305
H <sub>2</sub> O	1.06	0.689	0.541	0.47	0.41
H <sub>2</sub>	37.3	37.8	38.1	38	38
Log(pO <sub>2</sub> )	-19.84	-20.21	-20.46	-20.58	-20.70
pCO/pCO <sub>2</sub>	38.9	60	78.1	92.3	106.8
공기:연료	1.81:1	2.00:1	1.89:1	1.91:1	2.45:1

표 2

[0032]

	890℃		1070℃							
	본 발명		본 발명 조성+기존 온도		기존 조성+기존 온도					
CO	21.9	21.6	21.3	21.3	21.0	20.8	21.0	20.7	20.8	20.8
CO <sub>2</sub>	0.582	0.395	0.260	0.216	0.176	0.154	0.136	0.126	0.118	0.103
CH <sub>4</sub>	0.030	0.045	0.070	0.080	0.100	0.110	0.135	0.130	0.150	0.165
H <sub>2</sub> O	1.38	0.979	0.623	0.519	0.449	0.414	0.349	0.349	0.301	0.288
H <sub>2</sub>	36.4	37.0	37.5	37.6	37.8	38.0	37.9	38.1	38.1	38.1
Log(pO <sub>2</sub> )	-18.58	-18.90	-19.25	-19.42	-19.57	-19.69	-19.82	-19.85	-19.90	-20.02
pCO/pCO <sub>2</sub>	37.6	54.7	81.9	98.6	119.3	135.1	154.4	164.3	176.3	201.9
공기: 연료	1.89:1	1.98:1	1.88:1	1.99:1	2.49:1	2.60:1	2.60:1	2.65:1	2.65:1	2.71:1

[0033] 상기 침탄 단계(S200)는 850 내지 950℃ 침탄 온도 범위에서 산소(O<sub>2</sub>)에 의한 Fe 산화피막 형성을 억제하고, 동

시에 치밀하고 균질한 Cr 산화피막 형성하기 위해서, 산소 분압( $pO_2$ ) 조건은 Fe 산화피막 형성 조건 이하 및 Cr 산화피막 형성 조건 이상을 만족하는 산소 분압( $pO_2$ )  $10^{-17}$  내지  $10^{-23}$  atm에서 수행하는 것이 바람직하다.

[0034] 상기 침탄 가스에서 상기 제시된 일산화탄소 분압( $pCO$ )과 이산화탄소 분압( $pCO_2$ )의 비율을 만족하도록 상기 일산화탄소 분압( $pCO$ )은 5 내지 22%이고, 상기 이산화탄소 분압( $pCO_2$ )은 0.3 내지 5%인 것이 바람직하다.

[0035] 또한, 상기 침탄 가스에서 산소와 탄화수소 연료의 비율은 탄화수소 연료가 도시가스, 메탄 혹은 LNG(liquid natural gas)인 경우는, 산소와 도시가스, 메탄 혹은 LNG는 2 : 1 이하 부피 비율이고, 상기 탄화수소 연료가 프로판 혹은 LPG(liquid petroleum gas)인 경우는, 산소와 프로판 혹은 LPG는 6.5 : 1이하 부피 비율을 만족하는 것이 바람직하다.

[0036] 하기 표 3은 종래 가스 침탄 열처리 방법의 침탄 수행 조건 및 본 발명의 침탄 열처리 방법의 침탄 수행 조건을 비교 나타낸 것이다.

표 3

구분	반응 온도 (°C)	공기:연료	침탄 온도 (°C)	$pO_2$ (atm)	$pCO$ (%)	$pCO_2$ (%)	$pCO/pCO_2$	비교
기준 가스 침탄	1050~1100	2~3:1(메탄) 7~8:1(프로판)	850~950	$10^{-17}$ ~ $10^{-19}$	19~23	0.1~0.25	76~230	입계: 5~10 $\mu$ m 표면: X
본 발명 가스 침탄	850~1050	2:1이하(메탄) 6.5:1이하(프로판)	850~950	$10^{-17}$ ~ $10^{-23}$	5~22	0.3~5	1~75	입계: 3 $\mu$ m이하 표면: 연속

[0038] 하기 표 4에 기재된 조건으로 침탄 열처리 방법을 수행하였다.

[0039] 표 4에서 실시예 1 내지 실시예 5는 본 발명의 침탄 열처리 방법을 수행한 것이고, 비교예 1 내지 비교예 6은 종래 가스 침탄 열처리 방법을 수행한 결과이다.

표 4

구분	$pO_2$ (atm)	$pCO$ (%)	$pCO_2$ (%)	$pCO/pCO_2$	입계산화층 형성여부	산화피막 형성여부
실시예 1	$10^{-18}$	19	0.6	31.7	X	○
실시예 2	$10^{-19}$	16	0.4	40	X	○
실시예 3	$10^{-19}$	15	0.5	30	X	○
실시예 4	$10^{-19}$	20	0.5	40	X	○
실시예 5	$10^{-21}$	5	5	1	X	○
비교예 1	$10^{-18}$	21	0.2	105	○	X
비교예 2	$10^{-18}$	20	0.17	117.6	○	X
비교예 3	$10^{-19}$	21	0.2	105	○	X
비교예 4	$10^{-19}$	19	0.2	95	○	X
비교예 5	$10^{-17}$	19	0.2	95	○	X
비교예 6	$10^{-20}$	19	0.2	95	○	X

[0041] 표 4와 도 3에 도시된 바와 같이 실시예 1 내지 실시예 5는 대상 금속 제품 표면에 입계 산화층이 형성되지 않았고, 표 4와 도 4에 도시된 바와 같이 비교예 1내지 비교예 6에서는 대상 금속 제품 표면에 입계 산화층이 형

성되고 산화피막은 형성되지 않았음을 확인하였다.

- [0042] 침탄 가스에서 일산화탄소 분압(pCO)과 이산화탄소 분압(pCO<sub>2</sub>)의 비율인 pCO/pCO<sub>2</sub>의 값에 따라 입계 산화 및 산화 피막의 형성 여부를 구체적으로 알아보고자 침탄 가스 중 pCO/pCO<sub>2</sub>의 값이 80(CO=20%, CO<sub>2</sub>=0.25%)인 조건, pCO/pCO<sub>2</sub>의 값이 62.5(CO=20%, CO<sub>2</sub>=0.32%)인 조건, 및 pCO/pCO<sub>2</sub>의 값이 37.8(CO=20%, CO<sub>2</sub>=0.25%)인 조건에서 침탄 열처리를 수행하였으며, 그 결과를 각각 도 5 내지 도 7에 나타내었다.
- [0043] 도 5에서처럼 침탄가스에서 pCO/pCO<sub>2</sub>의 값이 76 이상일 경우, 대상 금속 제품의 단면을 관찰하였을 때 입계 산화가 발생하고 표면 피막은 미형성됨을 확인하였다.
- [0044] 도 6에 도시된 바와 같이, 침탄 가스에서 75>pCO/pCO<sub>2</sub>>40 인 경우, 대상 금속 제품의 단면을 관찰하였을 때 입계 산화가 발생하지 않았고, 표면 피막은 미형성됨을 확인하였다.
- [0045] 도 7에 도시된 바와 같이 침탄 가스에서 40>pCO/pCO<sub>2</sub>>1 인 경우, 대 대상 금속 제품의 단면을 관찰하였을 때 입계 산화가 발생하지 않았고, 표면 피막이 형성됨을 확인하였다.
- [0046] 이와 같은 결과를 통해, 입계 산화를 억제하기 위해 침탄 가스에서 일산화탄소 분압(pCO)과 이산화탄소 분압(pCO<sub>2</sub>)의 비율인 pCO/pCO<sub>2</sub>의 값이 1 내지 75인 것이 바람직하나, 안정적으로 표면 피막을 형성하는 조건인 pCO/pCO<sub>2</sub>의 값이 1 내지 40 미만인 것이 보다 바람직함을 확인할 수 있다.
- [0047] 본 발명의 침탄 열처리 방법이 적용된 대상 금속 제품의 내구 성능을 알아보고자 하기 표 5의 조건으로 침탄 열처리된 실시예 6과 비교예 7의 시편을 파워트레인용 기어내구시험기(제조사: Space Creation)를 이용하여 3000rpm, 토크: ±300N·m, 유량: 1L/분, 25℃ 조건으로 제품을 내구성 시험하였으며, 그 결과를 도 10 내지 도 17에 나타내었다.

표 5

구분	침탄 온도 (℃)	공기:연료	Cp	pCO (%)	pCO <sub>2</sub> (%)	pCO/pCO <sub>2</sub>	침탄시간/ 확산시간
실시예 6	900	1.7:1	1%	20.3	0.25	39.0	90분/50분
비교예 7	900	2.37:1	1%	21.5	0.26	82.7	90분/50분

- [0049] 도 10 내지 도 13에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 침탄 열처리 방법이 수행된 침탄 제품은 내구시험 전과 내구시험 후를 비교하였을 때 Fe 산화피막과 Cr 산화피막이 유지되었음을 확인 할 수 있었다.
- [0050] 이와 달리 기존 가스 침탄 열처리 방법이 수행된 침탄 제품은 표면에 비정질의 Si 입계 이상층이 있는 입계 산화층이 형성되어 있고, 또한 내구시험 후 표면의 연마현상이 발생되어 형성된 산화피막이 제거되었음을 확인하였다.
- [0051] 도 8은 기존 가스 침탄 열처리 방법이 수행된 침탄 제품의 내구시험 후 표면을 관찰한 사진이고, 도 9는 본 발명의 침탄 열처리 방법이 수행된 침탄 제품의 내구시험 후 표면을 관찰한 사진이다.
- [0052] 도 8에 도시된 바와 같이 기존 가스 침탄 열처리 방법이 수행된 침탄 제품은 표면 연마가 발생되어 7~8μm 정도의 치형이 변형되고, 이와 달리 본 발명의 침탄 열처리 방법이 수행된 침탄 제품의 경우 도 9와 같이 표면 연마 현상이 발생되지 않고 치형 변형도 2~3μm 정도에 불과하다.
- [0053] 도 18은 본 발명의 일 실시예에 따른 침탄 열처리 방법이 수행된 제품의 단면이고, 도 19는 도 18의 제품 단면에서 산소(O) 원소 분석을 수행한 결과 이미지이며, 도시된 바와 같이 본 발명의 따른 침탄 열처리 방법에 수행된 침탄 제품은 침탄층 상부로 산화피막이 형성되고 균일한 산소 분포를 보임을 알 수 있다.
- [0054] 이와 달리 도 20과 도 21에 나타낸 바와 같이 기존 가스 침탄 열처리 방법이 수행된 제품을 살펴보면 균일하게 산소 원소가 분포되어 있지 않고, 침탄층 상부로 산화피막이 형성되어 있지 않음을 확인할 수 있다.
- [0055] 앞서 살펴본 바와 같이 본 실시예에 따른 침탄 열처리 방법은 침탄 가스 내에 산소(O<sub>2</sub>), 일산화탄소(CO) 및 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)의 분압을 조절하는 간단한 방법으로서 기존 가스 침탄 열처리 방법에서 문제였던 제품의 내구성을

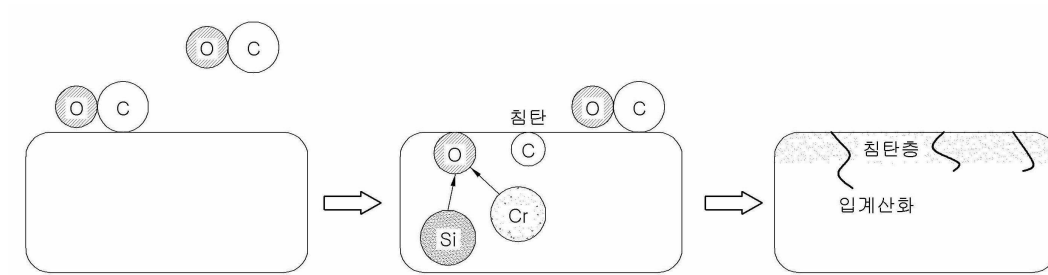
감소시키는 입계 산화층의 형성을 억제하고, 침탄층의 표면에 치밀한 표면 산화층을 형성함으로써 내구성을 향상시키는 효과가 있다.

[0056]

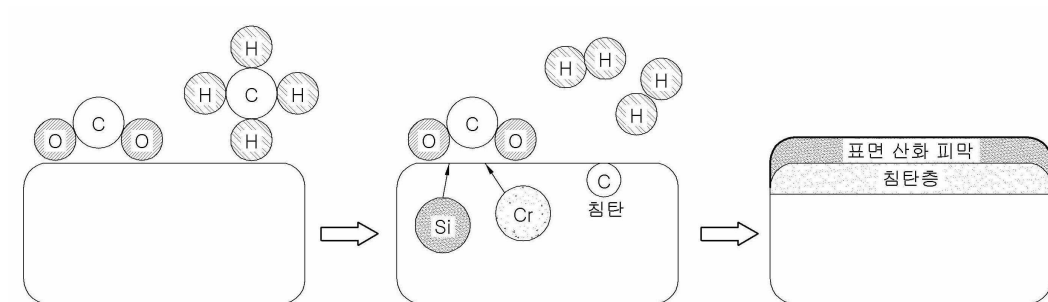
상기 실시예는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진자인 당업자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 하는 바람직한 예시일 뿐, 전술한 실시예 및 첨부한 도면에 한정되는 것은 아니므로 이로 인해 본 발명의 권리범위가 한정되는 것은 아니다. 따라서 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것이 당업자에게 있어 명백할 것이며, 당업자에 의해 용이하게 변경 가능한 부분도 본 발명의 권리범위에 포함됨은 자명하다.

**도면**

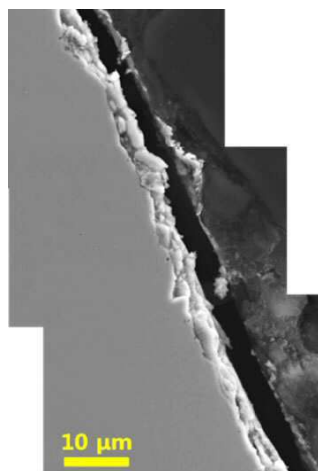
**도면1**



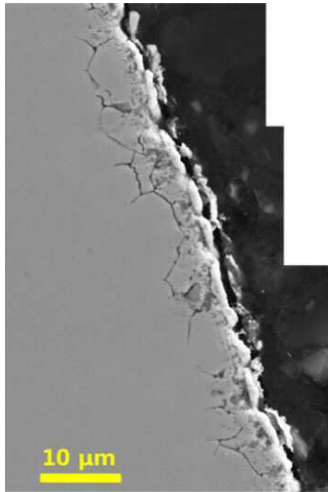
**도면2**



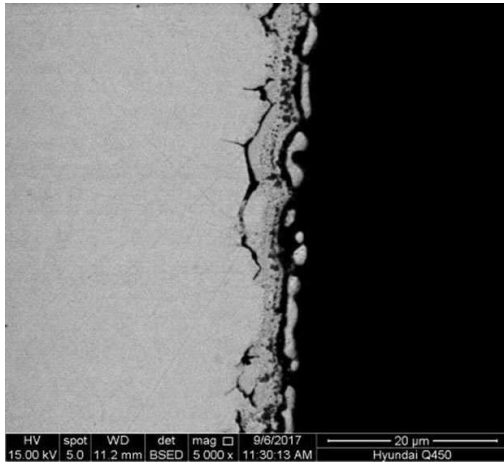
**도면3**



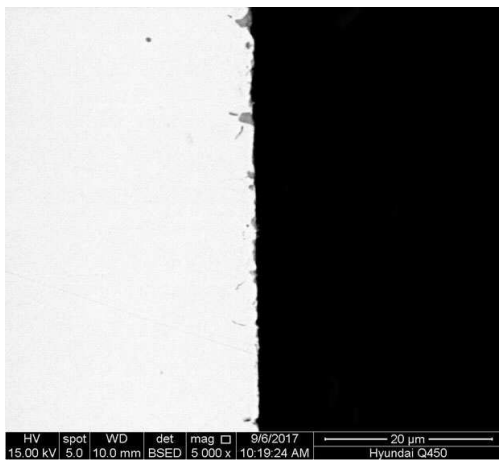
도면4



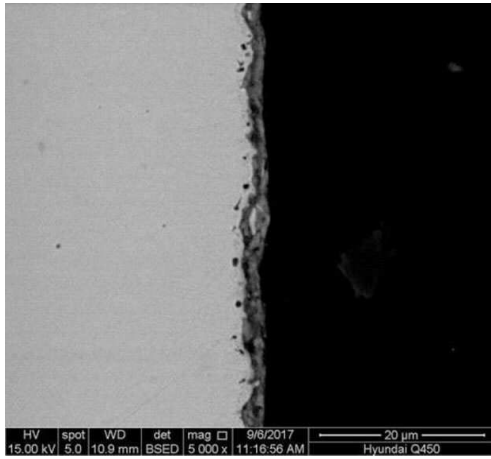
도면5



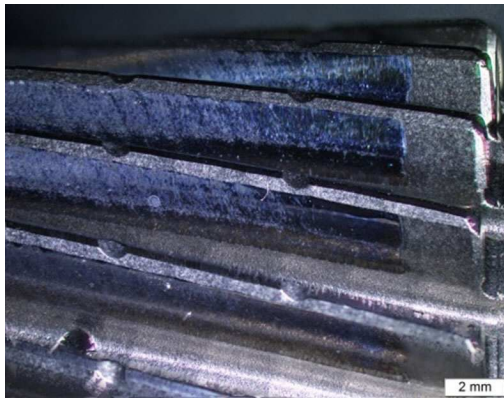
도면6



도면7



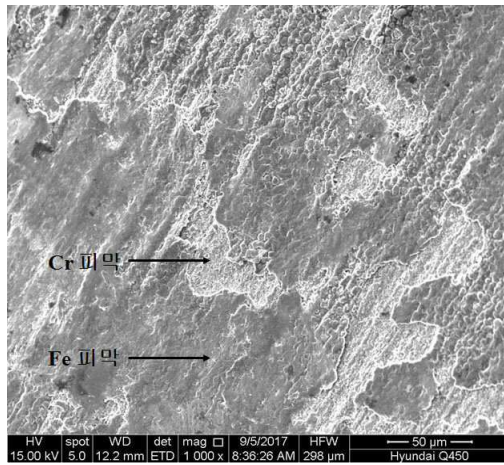
도면8



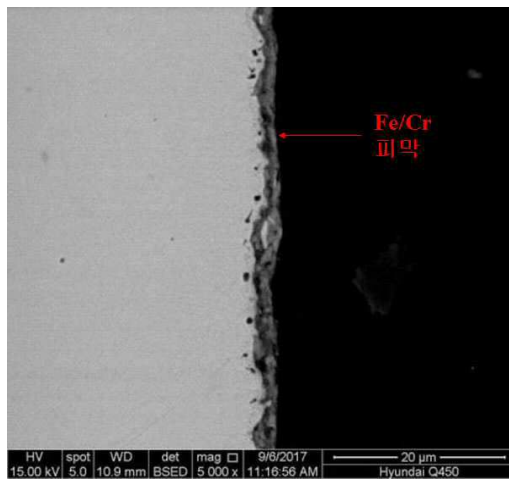
도면9



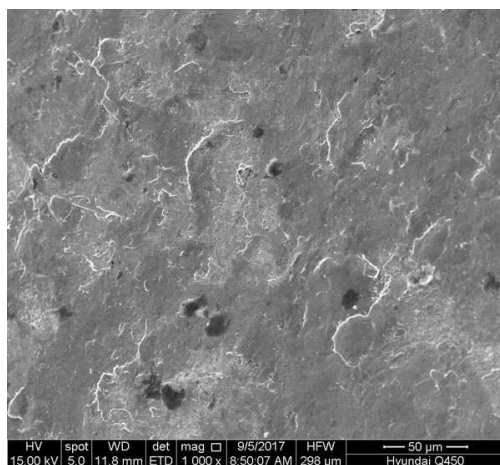
도면10



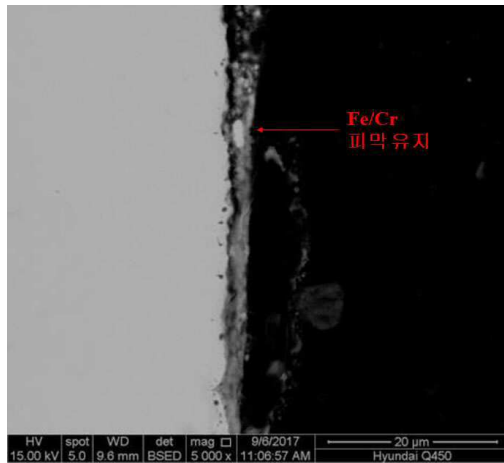
도면11



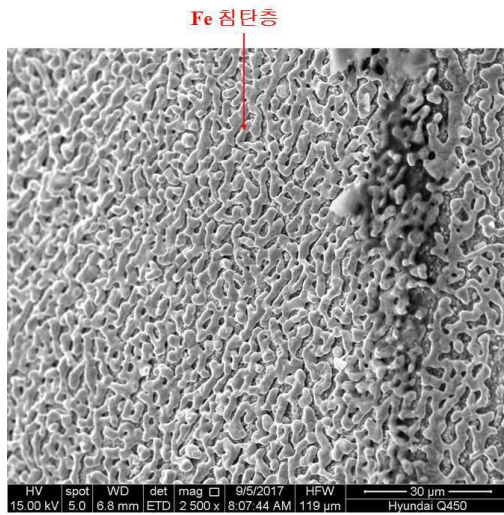
도면12



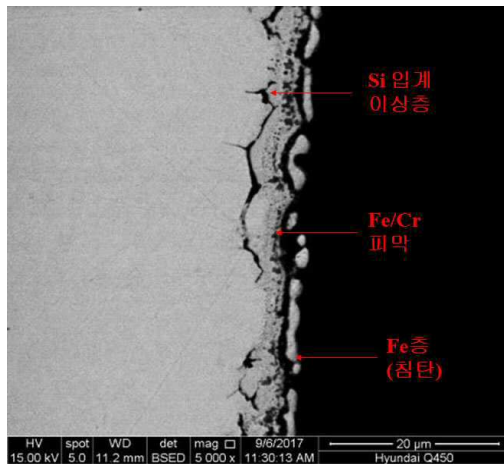
도면13



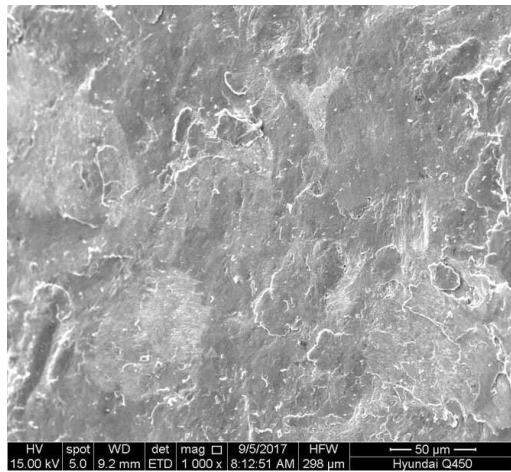
도면14



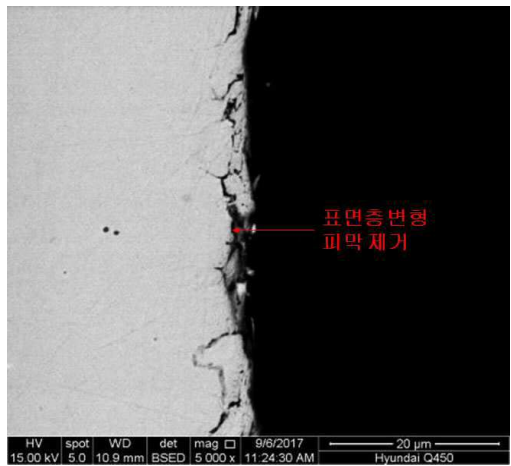
도면15



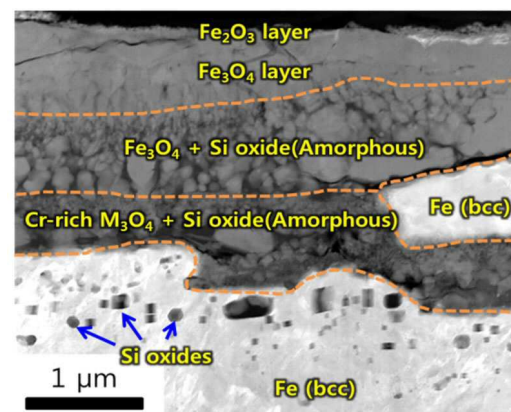
도면16



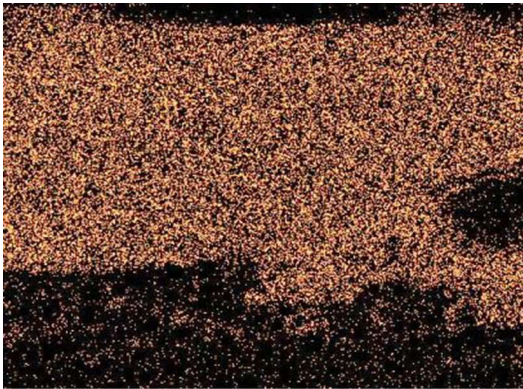
도면17



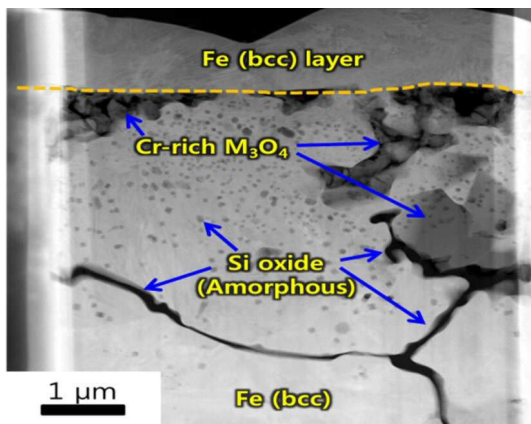
도면18



도면19



도면20



도면21

