



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2016-0052541  
 (43) 공개일자 2016년05월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*B22F 5/00* (2006.01) *B22F 9/20* (2006.01)  
*C22C 1/04* (2006.01) *C22C 1/08* (2006.01)  
*C22C 1/10* (2006.01) *C22C 32/00* (2006.01)  
*H01M 8/0232* (2016.01) *H01M 8/124* (2016.01)
- (52) CPC특허분류  
*B22F 5/006* (2013.01)  
*B22F 9/20* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-7004520
- (22) 출원일자(국제) 2014년08월19일  
 심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2016년02월22일
- (86) 국제출원번호 PCT/AT2014/000161
- (87) 국제공개번호 WO 2015/027257  
 국제공개일자 2015년03월05일
- (30) 우선권주장  
 GM 280/2013 2013년09월02일 오스트리아(AT)

- (71) 출원인  
**플란제 에스이**  
 오스트리아, 아-6600 로이테, 메탈베르크  
 플란제-슈트라쎬 71
- (72) 발명자  
**오'설리반, 미하엘**  
 오스트리아, 아-6600 에헨비흘, 운터리트 36베  
**지글, 로렌츠**  
 오스트리아, 아-6600 레하샤우, 슈트가쎬 17  
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
**민영준, 김태원**

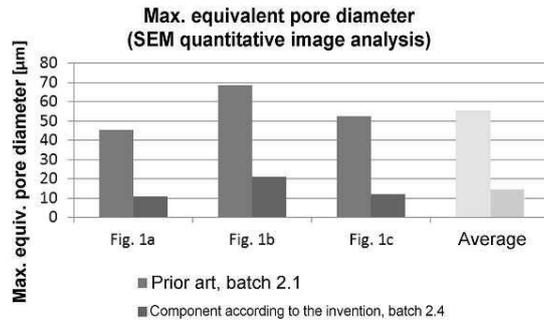
전체 청구항 수 : 총 26 항

(54) 발명의 명칭 **분말형 금속 부품**

**(57) 요약**

적어도 80중량%의 크롬 함량을 갖고 공극 및/또는 산화물 개재물이 존재하는 분말야금 부품으로서, 적어도 하나의 영역 내 상기 부품을 통해 절단한 표면에서 단위 면적당 공극과 산화물 개재물을 합산한 수가 mm<sup>2</sup>당 적어도 10 000개인 분말야금 부품.

**대표도** - 도2



(52) CPC특허분류

*C22C 1/045* (2013.01)  
*C22C 1/08* (2013.01)  
*C22C 1/1078* (2013.01)  
*C22C 32/0026* (2013.01)  
*H01M 8/0232* (2013.01)  
*B22F 2005/005* (2013.01)  
*H01M 2008/1293* (2013.01)  
*Y02E 60/50* (2013.01)  
*Y02E 60/525* (2013.01)

(72) 발명자

**브란트너, 마르코**

독일, 87448 발텐호펜, 뷔르거마이스터-칼-프리트츠-슈트라쎬 6

**펜스쿠토니스, 안드레아스**

오스트리아, 아-6600 로이테, 하우프트슐베크 1

**크라우츨러, 볼프강**

오스트리아, 아-6671 바이센바흐, 케르레스호프 9

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

적어도 80중량%의 크롬 함량을 갖고 공극 및/또는 산화물 개재물이 존재하는 분말야금 부품으로서, 적어도 하나의 영역 내 상기 부품을 통해 절단한 표면에서 단위 면적당 공극과 산화물 개재물을 합산한 수가  $\text{mm}^2$ 당 적어도 10 000개인 것을 특징으로 하는 분말야금 부품.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 절단 표면에서 단위 면적당 공극과 산화물 개재물을 합산한 수가  $\text{mm}^2$ 당 적어도 90 000개인 것을 특징으로 하는 분말야금 부품.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 크롬 함량이 적어도 90중량%인 것을 특징으로 하는 분말야금 부품.

#### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 부품의 영역에서 전체 부품 두께에 걸쳐 밀도는 이론 밀도의 70% 내지 95%인 것을 특징으로 하는 분말야금 부품.

#### 청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 공극과 산화물 개재물의 적어도 90%가  $12 \mu\text{m}$  이하의 최대 등가 직경을 갖는 것을 특징으로 하는 분말야금 부품.

#### 청구항 6

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 공극과 산화물 개재물의 적어도 90%가  $100 \mu\text{m}^2$  이하의 면적을 갖는 것을 특징으로 하는 분말야금 부품.

#### 청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 영역 내 총 산소 함량이 부품 1g당  $< 20\,000 \mu\text{g}$ 인 것을 특징으로 하는 분말야금 부품.

#### 청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 영역 내 총 질소 함량이 부품 1g당  $< 2000 \mu\text{g}$ 인 것을 특징으로 하는 분말야금 부품.

#### 청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 영역 내  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 의 함량이 부품 1g당  $< 500 \mu\text{g}$ 인 것을 특징으로 하는 분말야금 부품.

#### 청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 부품의 중간에서 예지까지 부품 두께에 걸쳐 산소 함량이 증가하는 것을 특징으로 하는 분말야금 부품.

#### 청구항 11

하기 단계를 포함하는, 제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 따른 분말야금 부품을 제조하기 위한 방법:

- (i) 크롬과 경우에 따라 다른 금속을 포함하되 크롬의 함량이 총 금속 함량을 기준으로 적어도 80중량%이고 분말의 BET 표면적이  $\geq 0.05 \text{ m}^2/\text{g}$ 인 분말 배치를 제공하는 단계,
- (ii) 상기 분말 배치를 압착하여 성형체를 형성하는 단계,
- (iv) 상기 성형체를 1100 내지 1500°C에서 소결시키는 단계,
- (v) 상기 소결 부품을 산소 공급원이 존재하는 상태에서 산화시키는 단계,
- (vi) 상기 산화물층을 표면으로부터 제거하는 단계.

**청구항 12**

제11항에 있어서, 상기 분말 배치를 압착하여 성형체를 형성하는 단계(ii)와 상기 성형체를 1100 내지 1500°C에서 소결시키는 단계(iv) 사이에 (iii) 상기 성형체를 600 내지 1000°C에서 예비 소결하는 단계를 실시하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 13**

제11항 또는 제12항에 있어서, 상기 산소 공급원이 H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> 또는 이들의 혼합물로 이루어진 균으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 14**

제11항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 소결 단계가 수소 분위기에서 실시되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 15**

제12항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 예비 소결 단계가 수소 분위기에서 실시되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 16**

제12항 내지 제15항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 예비 소결 단계와 소결 단계 사이에 보정 압착 과정이 제공되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 17**

제16항에 있어서, 상기 보정 압착 과정이 500 내지 1000 MPa의 특정 압착 압력에서 실시되는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 18**

제11항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서, 압착 전에 상기 분말 배치의 양을 기준으로 압착 보조제를 0.1중량% 내지 5중량%의 양으로 분말 배치에 첨가하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 19**

제11항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 크롬과 경우에 따라 다른 금속을 포함하는 분말 배치가 총 금속 함량을 기준으로 적어도 90중량%의 크롬을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 20**

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 따른 분말야금 부품으로부터 제조/수득할 수 있는 전기화학 전지용 인터커넥터.

**청구항 21**

적어도 80중량%의 크롬 함량을 갖고 공극 및/또는 산화물 개재물이 존재하는 적어도 하나의 영역을 갖는 전기화학 전지용 인터커넥터로서,

- a) 상기 영역이 이론 밀도의 70% 내지 95%의 밀도를 갖고,
- b) 상기 영역에서 총 산소 함량이 1g당 < 20 000  $\mu\text{g}$ 이며,
- c) 상기 영역에서 가스 투과도가 2.75 bar의 시험 압력과 20°C의 온도에서 <10 ml/분인 것을 특징으로 하는 인터커넥터.

**청구항 22**

제21항에 있어서, 상기 영역을 통해 절단한 표면에서 단위 면적당 공극과 산화물 개재물을 합산한 수가  $\text{mm}^2$ 당 적어도 10 000개인 것을 특징으로 하는 인터커넥터.

**청구항 23**

제21항 또는 제22항에 있어서, 상기 크롬 함량이 적어도 90중량%인 것을 특징으로 하는 인터커넥터.

**청구항 24**

제22항 또는 제23항에 있어서, 상기 영역을 통해 절단한 표면에서 공극과 산화물 개재물의 적어도 90%가 12  $\mu\text{m}$  이하의 최대 등가 직경을 갖는 것을 특징으로 하는 인터커넥터.

**청구항 25**

제22항 내지 제24항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 영역을 통해 절단한 표면에서 공극과 산화물 개재물의 적어도 90%가 100  $\mu\text{m}^2$  이하의 면적을 갖는 것을 특징으로 하는 인터커넥터.

**청구항 26**

전기화학 전지를 제조하기 위한 제20항 내지 제25항 중 어느 한 항에 따른 인터커넥터의 용도.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 적어도 80중량%의 크롬 함량을 갖고 공극 및/또는 산화물 개재물이 존재하는 분말야금 부품 및 이의 제조방법에 관한 것이다. 본 발명은 또한 이러한 분말야금 부품으로부터 얻을 수 있는 전기화학 전지용 인터커넥터(interconnector) 및 크롬 함량이 적어도 80중량%이고 공극 및/또는 산화물 개재물이 존재하는 영역을 가진 전기화학 전지용 인터커넥터에 관한 것이다. 마지막으로 본 발명은 전기화학 전지 제조를 위한 인터커넥터의 용도에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 고체산화물 연료전지(SOFC) 또는 유사한 전기화학 전지를 연결하여 700 내지 950°C의 작동 온도에서 사용하기 위한 적층체를 형성하는데 특히 소위 인터커넥터라고 하는 Cr 함량이 높은 부품이 적합하다. 이들은 EP 0 578 855에 기재된 바대로 예를 들면 Cr5FeY 조성의 Cr계 합금으로부터 제조될 수 있다. 이들 부품은 실질적으로 개별 전기화학 전지의 전기 접촉, 반응 가스의 안내 및 인접한 전지의 반응 가스의 분리를 제공한다. 인접한 전지의 가스 공간을 분리할 수 있도록 하기 위해서 상기 부품은 높은 기밀성 또는 낮은 가스 투과성을 가져야 한다.

[0003] 종래기술에서 인터커넥터는 분말 배치(batch)의 제조, 분말의 압착, 예비 소결, 경우에 따라 보정 소결과 환원 분위기에서의 소결을 포함하는 분말야금 정형(net-shape) 또는 준정형(near net-shape) 공정 기술에 의해 저렴한 방식으로 제작된다. 현재 상업적으로 이용 가능한 Cr 분말을 이용할 때, 이러한 인터커넥터는 소결 공정 후에 충분한 기밀성을 여전히 갖지 않는다. 일부의 경우에 개방되어 있는 매우 조대한 공극 구조에 의해 잔류 공극률은 4 내지 12부피%이다. 이 잔류 공극률은 응용을 위해 충분한 기밀성을 달성할 수 있는 정도까지 의도적인 산화 공정으로 최소화된다. 이는 얻어진  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  또는 Cr과 Al의 혼합 산화물(US 2010/0233576 A 참조)이 금속 기지보다 더 큰 체적을 가져 산화공정 중에 공극이 밀폐되기 때문에 가능하다. 상기 부품의 안까지 모든 공극이 산화물로 채워질 필요는 없지만, 약 0.2mm 두께의 에지 층은 적어도 밀폐된다. 상기 부품의 표면에 얻어진 산화물층은 과정 초기에 전기화학 전지와 인터커넥터 사이의 최적의 금속 접촉을 얻기 위해서 특히 예를 들면 샌드

블라스팅 공정에 의해 적어도 전기 접촉면의 영역에서 후속 공정으로 다시 제거한다.

- [0004] 비록 후속 샌드 블라스팅과 함께 추가 산화 단계에 의해 충분한 기밀성이 달성될 수 있더라도 이 공정은 몇 가지 어려움을 야기할 수 있다. 다음과 같은 점을 언급할 수 있다:
- [0005] - 잔류 공극률이 높거나 나아가 단지 높은 잔류 공극률의 영역을 가진 부품은 특히 큰 개방 공극이 부품에 존재할 때 주요 구성성분으로서 크롬산화물을 가진 충분한 양의 산화물 개재물을 형성하기 위해서 고온에서의 산화나 소정의 온도에서의 매우 긴 유지 시간을 필요로 한다. 높은 산화 온도와 긴 유지 시간은 해당 제작비용과 관련이 있다.
- [0006] - 높은 수준의 산화물 개재물은 부품의 원하는 물성(예를 들면 열팽창계수, 열전도도, 파괴 거동) 변화로 나타나는데, 이들이 금속 기지뿐 아니라 공극 충전체에 의해 점증적으로 결정되기 때문이다. 이 변화는 부품에 전체적으로 또는 부품의 선택된 영역에만 영향을 미칠 수 있어, 그 결과 부품이 불균질하게 된다.
- [0007] - 산화물 개재물의 수준이 너무 높으면, 특히 플레이트의 어느 일면에서 서로 다른 구조 때문에 실제 부품에서 흔히 일어나는 경우로 공극률이 국소적으로 다르면, 과도한 뒤틀림으로 인해 부품은 불량품이 되어 폐기되어야 하는 결과로 이어진다.
- [0008] - 산화시 산화물 개재물의 형성뿐 아니라 Cr 질화물이 형성될 수도 있고 이들도 마찬가지로 부품의 원하는 물성을 변화시킬 수 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

- [0009] 따라서 본 발명의 목적은 이러한 상황의 해결방법을 찾기 위한 것으로 상술한 단점들이 줄어든 분말야금 부품을 제공하는 것이다. 특히 상기 분말야금 부품은 낮은 가스 투과도를 가져야 하고 저가로 제조되어야 하며 동시에 크롬질화물과 같이 원치 않는 불순물이 가급적 없어야 한다.

#### 과제의 해결 수단

- [0010] 상기 목적은 적어도 80중량%의 크롬 함량을 갖고 공극과 산화물 개재물로부터 선택되는 적어도 하나의 구조 구성성분이 존재하는 분말야금 부품으로서, 적어도 하나의 영역 내 상기 부품을 통해 절단한 표면을 따라 단위 면적당 공극과 산화물 개재물을 합산한 수가  $\text{mm}^2$ 당 적어도 10 000개인 것을 특징으로 하는 부품에 의해 달성된다. 따라서 상기 부품 내에는 공극 및/또는 산화물 개재물이 존재한다. 또한 산화물 개재물로 일부 채워져 있는 공극 또한 나타난다. 이하, 일부 채워져 있는 공극을 공극에 포함시킨다. 따라서 일부 채워져 있는 공극은 공극으로서 계수된다.
- [0011] 산화물 개재물은 크롬, 경우에 따라 존재하는 다른 금속의 산화와 금속 산화물의 첨가에 의해 부품 내에 생성될 수 있다. 산화 과정에서 산화물 개재물의 일부를 구성할 수도 있는 다른 화합물, 예를 들면 질화물이 생성될 수도 있다. 따라서 본 발명의 범위 내에서 "산화물 개재물"이라는 표현은 주 구성성분(> 50 몰%)이 금속산화물이고 추가로 질화물을 포함할 수도 있는 개재물을 의미하는 것으로 이해되어야 한다. 산화물 개재물의 주 구성성분은 바람직하게는 크롬산화물이고, 상기 크롬산화물은 바람직하게는 적어도 90 몰%이다.
- [0012] 종래기술과 비교하면, 이러한 부품은 공극과 산화물 개재물의 총 수가 현저히 더 많지만 공극률은 거의 동일하여 공극 체적이 더 많이, 즉 더 미세한 공극이 분포되어 있다. 본 발명은 특히 공극 크기가 부품에 상당한 영향을 갖는다는 발견을 토대로 한다. 큰 공극의 수는 특히 가급적 적어야 하는데, 이는 이러한 공극이  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 로 채워지면 예를 들어 뒤틀림 또는 열팽창계수 측면에서 부품에 부정적인 영향이 있기 때문이다.
- [0013] 일 변형 구현예에 따르면, 상기 절단 표면을 따라 공극과 산화물 개재물을 합산한 수는  $\text{mm}^2$ 당 적어도 20 000개, 바람직하게는 적어도 40 000개, 특히 바람직하게는 적어도 60 000개이다. 바람직한 변형 구현예에 따르면, 절단 표면을 따라 공극과 산화물 개재물을 합산한 수는  $\text{mm}^2$ 당 적어도 90 000개이다. 산화 과정 전에 단위 면적당 공극의 총합이 클수록 상기 공극은 산화에 의해 더 효과적이면서 경제적으로 밀폐될 수 있다.
- [0014] 본 발명에 따르면, 공극은 모든 개방 공극, 밀폐 공극과 산화물로 적어도 일부 채워져 있는 공극의 총합인 것으로 이해된다. 본 발명에 따른 부품은 산화 과정에 의해 처리되기 때문에, 이전에 개방되어 있던 공극은 산화

에 의해 적어도 일부 산화물로 채워진다. 밀폐 공극과 이전에 개방되던 공극이지만 이제는 산화물로 완전히 또는 일부 채워진 공극이 남게 된다.

- [0015] 바람직한 변형 구현예에 따르면, 상기 영역에서 크롬 함량은 적어도 90중량%이다. 높은 크롬 함량은 열전도도를 증가시켜 장치 내 균질한 온도 분포에 기여한다. 또한 높은 크롬 함량은 열팽창계수를 낮춰 완전히 안정화된 지르코늄산화물과 같은 현재 이용 가능한 전해질 재료에 더 잘 맞게 한다.
- [0016] 일 변형 구현예에 따르면, 상기 부품의 영역에서 전체 부품 두께에 걸쳐 밀도는 이론 밀도의 95% 미만일 수 있다. 또 다른 변형 구현예에 따르면, 상기 부품의 영역에서 전체 부품 두께에 걸쳐 밀도는 이론 밀도의 70% 내지 95%일 수 있다. 상기 값 범위에서는 부품의 기계적 안정성이 양호하게 된다.
- [0017] 유리한 변형 구현예에 따르면, 적어도 하나의 영역 내 절단 표면에서 공극과 산화물 개재물의 적어도 90%는 12  $\mu\text{m}$  이하의 등가 직경을 가질 수 있다. 이는 상기 부품의 기계적 성질에 대해 긍정적인 효과를 갖고 산화 공정 중에 개방 공극의 빠른 밀폐를 가능하게 한다. 등가 직경이라 함은 비원형 단면을 가진 공극과 산화물 개재물의 경우에 계산한 단면적(A)을 방정식  $A = \pi d^2/4$ 에 대입함으로써 얻어지는 등가 직경(d)을 의미한다. 이 경우, 등가 직경(d)은 관계식  $d = (4A/\pi)^{0.5}$ 로 주어진다.
- [0018] 본 발명은 특히 산화 과정이 뒤틀림과 열팽창 측면에서 부품의 균질성에 부정적 효과를 가질 수 있다는 발견을 토대로 한다. 상기 부품을 제조하기 위해서 BET 표면적이  $\geq 0.05 \text{ m}^2/\text{g}$ 인 금속 분말을 사용함으로써 공극을 밀폐시키기 위한 산화 과정을 더 짧게 유지할 수 있어 산화물 함량이 감소한다. 따라서, 일 변형 구현예에 따르면, 상기 영역 내 총 산소(O) 함량은 부품 1g당  $< 20\,000 \mu\text{g}$ 일 수 있다.
- [0019] 연구를 통해 질소 및/또는 다른 산화물 성분의 존재가 뒤틀림과 열팽창 측면에서 부품에 부정적 효과를 미칠 수 있다는 것이 밝혀졌다. 따라서 일 변형 구현예에 따르면, 상기 영역 내 총 질소 함량은 부품 1g당  $< 2000 \mu\text{g}$  및/또는  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 의 함량은 부품 1g당  $< 500 \mu\text{g}$ 이다. 낮은 질소 함량은 부품 두께에 걸쳐 뒤틀림이 적게 나타나고 열팽창계수가 균일하다는 점에서 전기화학 전지용으로 사용시 부품의 특성에 긍정적인 효과를 갖는다.
- [0020] 본 발명에 따르면, 바람직하게는 중간에서 예지까지 부품 두께를 따라 산소 함량이 증가한다.
- [0021] 금속 분말의 소결 중에 다공성 부품이 생성되고 상기 다공성 부품의 공극 크기 분포는 실질적으로 예를 들면 비 표면적과 같은 금속 분말의 물성 및 압착과 소결 조건에 따라 달라진다.
- [0022] 더 나아가 상기 부품은 바람직하게는 부품의 총 체적을 기준으로 25부피%가 넘는, 특히 바람직하게는 75부피%가 넘는 영역에서 위에서 언급한 특성 중 적어도 하나, 특히 공극/산화물 개재물을 흡산한 수, 공극/산화물 개재물의 크기/면적 또는 산소/질소 함량을 갖는다.
- [0023] 본 발명에 따르면, 이러한 부품은 후술하는 방법에 의해 제조될 수 있으므로 이 방법 또한 서두에 명기된 목적을 달성하는 것이다.
- [0024] 상기 방법은
- [0025] (i) 크롬과 경우에 따라 다른 금속을 포함하되 크롬의 함량이 총 금속 함량을 기준으로 적어도 80중량%이고 분말의 BET 표면적이  $\geq 0.05 \text{ m}^2/\text{g}$ 인 분말 배치를 제공하는 단계,
- [0026] (ii) 상기 분말 배치를 압착하여 성형체를 형성하는 단계,
- [0027] (iv) 상기 성형체를 1100 내지 1500°C에서 소결시키는 단계,
- [0028] (v) 상기 소결 부품을 산소 공급원이 존재하는 상태에서 산화시키는 단계,
- [0029] (vi) 상기 산화물층을 표면으로부터 제거하는 단계를 포함한다.
- [0030] 상기 BET 표면적은 예를 들면 크롬 분말 또는 크롬 합금을 분쇄함으로써 조정할 수 있다. 상기 부품을 제조하기 위해서 BET 표면적이  $0.5 \text{ m}^2/\text{g}$  이하인 분말 배치를 사용하였다.
- [0031] 상기 분말 배치를 압착하여 성형체를 형성하는 단계(ii)와 상기 성형체를 1100 내지 1500°C에서 소결시키는 단계(iv) 사이에는 (iii) 상기 성형체를 600 내지 1000°C에서 예비 소결하는 단계가 제공될 수 있다.
- [0032] 또한 본 발명에 따르면, 바람직하게는 예비 소결 단계가 존재하는 경우에 상기 소결 단계와 예비 소결 단계 또

는 상기 소결 단계 대신에 예비 소결 단계가 수소 분위기에서 실시될 수 있다.

- [0033] 상기 부품의 특성을 균질화하기 위해서 보정 압착 과정이 예비 소결 단계와 소결 단계 사이에 제공될 수 있다. 상기 보정 압착 과정은 500 내지 1000 MPa의 특정 압착 압력에서 실시할 수 있다.
- [0034] 더 나아가 본 발명에 따르면, 바람직하게는 압착 전에 상기 분말 배치의 양을 기준으로 압착 보조제를 0.1중량% 내지 5중량%의 양으로 분말 배치에 첨가할 수 있다. 적합한 압착 보조제는 예를 들면 왁스이다.
- [0035] 소결 후에 상기 부품의 산화를 실시한다. 상기 산소 공급원은 임의의 원하는 산소 공급원일 수 있다. 연구를 통해 상기 산소 공급원은 예를 들면 H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> 또는 이들의 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있는 것으로 밝혀졌다.
- [0036] 종래기술에 비해 비표면적이 더 큰 크롬을 포함하는 크롬 분말 또는 금속 분말을 사용함으로써 공극 직경, 특히 최대 공극 직경이 크게 감소될 수 있다. 이에 따라 상기 부품의 공극에는 현저히 적은 크롬산화물이 형성되어 필요로 하는 기밀성을 달성한다. 이상적으로, 소결 후에도 밀폐 공극만이 존재하면 산화 공정을 전적으로 생략할 수 있다.
- [0037] 이는 한편으로 기술적으로 유리하고 다른 한편으로는 제조비용을 절감할 수 있다. 공극 충전제의 양을 줄임으로써 상기 부품이 뒤틀리거나 중요한 물성(열팽창계수, 열전도도, ...)이 제어되지 않고 변할 위험이 감소한다. 더 낮은 온도에서 또는 더 짧은 시간 동안 산화가 이루어지면 추가로 제작비용이 낮아진다.
- [0038] 분말야금에 의해 제조되는 본 발명에 따른 부품의 다양한 가능한 용도가 있다. 바람직한 가능한 용도는 전기화학 전지이다. 전기화학 전지용 인터커넥터로서의 용도가 특히 바람직하다. 상기 인터커넥터는 적어도 80중량%의 크롬 함량과 공극 및/또는 산화물 개재물을 갖되 적어도 하나의 영역에서 인터커넥터를 통해 절단한 표면에서 단위 면적당 공극과 산화물 개재물을 합산한 수는 mm<sup>2</sup>당 적어도 10 000개이다.
- [0039] 더 나아가 상기 인터커넥터는 바람직하게는 다음 특징들 중 하나 이상을 갖는다:
- [0040] - 절단 표면에서 단위 면적당 공극과 산화물 개재물을 합산한 수는 mm<sup>2</sup>당  $\geq 90\ 000$ 개이다.
- [0041] - 크롬 함량은  $\geq 90$ 중량%이다.
- [0042] - 전체 부품 두께에 걸쳐 밀도는 이론 밀도의 70% 내지 95%이다.
- [0043] - 공극과 산화물 개재물의 적어도 90%는 12  $\mu\text{m}$  이하의 최대 등가 직경을 갖는다.
- [0044] - 공극과 산화물 개재물의 적어도 90%는 100  $\mu\text{m}^2$  이하의 면적을 갖는다.
- [0045] - 영역 내 총 산소 함량은 부품 1g당  $< 20\ 000\ \mu\text{g}$ 이다.
- [0046] - 영역 내 총 질소 함량은 부품 1g당  $< 2000\ \mu\text{g}$ 이다.
- [0047] - 영역 내 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 함량은 부품 1g당  $< 500\ \mu\text{g}$ 이다.
- [0048] - 인터커넥터의 중간에서 예지까지 부품 두께에 걸쳐 산소 함량은 증가한다.
- [0049] 따라서 상기 기재된 발명은 또한 분말야금에 의해 제조되는 Cr 또는 Cr 함유 합금의 인터커넥터로서, 종래기술에 비해 현저히 더 미세한 미세구조, 특히 더 미세한 공극 구조를 갖는 인터커넥터를 포함한다. 이로부터 함량이 크게 감소된 공극 충전제(의도적인 산화에 의한 크롬산화물)를 이용하여 기밀부를 제작할 수 있게 되어 한편으로는 더 잘 제어될 수 있는 물성이 얻어지고 다른 한편으로는 제작비용이 낮아진다.
- [0050] 본 발명에 따른 부품은 현재 이용 가능한 연구에 따라 전기화학 전지용 인터커넥터에 특히 적합하다. 따라서 일요지에 있어서 본 발명은 적어도 80중량%의 크롬 함량을 갖고 공극 및/또는 산화물 개재물이 존재하는 영역을 갖는 전기화학 전지용 인터커넥터로서,
- [0051] a) 상기 영역은 이론 밀도의 70% 내지 95%의 밀도를 갖고,
- [0052] b) 상기 영역에서 총 산소 함량은 1g당  $< 20\ 000\ \mu\text{g}$ 이며,
- [0053] c) 상기 영역에서 가스 투과도는 2.75 bar의 시험 압력과 20°C의 온도에서  $< 10\ \text{ml/분}$ 인 것을 특징으로 하는 인터커넥터에 관한 것이다.

- [0054] 상기 가스 투과도는 차압법에 의해 측정된다. 이 경우, 2.75 bar의 과도한 압력이 부품의 일측에 가해진다. 시험 가스는 공기이고 온도는 20℃이다. 시험 회로는 밀폐되어 있고 수 초의 안정기 이후 시험기간 내내 압력 강하를 측정한다. 단위 시간당 압력 손실을 체적 흐름(단위 ml/분)으로 변환시키기 위한 요인은 그외의 밀폐 시험 회로에서 보정된 시험 누설에 의해 설정될 수 있다. 이 변환에 의해 상기 측정은 시험 회로의 체적과 무관하게 된다.
- [0055] 바람직한 변형 구현예에 따르면, 상기 영역을 통해 절단한 표면에서 공극과 산화물 개재물을 합산한 수는 mm<sup>2</sup>당 적어도 10 000개이다.
- [0056] 일 변형 구현예에 따르면, 상기 절단 표면을 따라 공극과 산화물 개재물을 합산한 수는 mm<sup>2</sup>당 적어도 20 000개, 바람직하게는 적어도 40 000개, 특히 바람직하게는 적어도 60 000개이다. 바람직한 변형 구현예에 따르면, 상기 절단 표면을 따라 공극과 산화물 개재물을 합산한 수는 mm<sup>2</sup>당 적어도 90 000개이다. 단위 면적당 공극의 개수가 많을수록 상기 공극은 산화에 의해 더 효과적으로 밀폐될 수 있다.
- [0057] 본 발명에 따르면, 바람직하게는 상기 크롬 함량은 적어도 90중량%이다.
- [0058] 본 발명의 유리한 구현예에 따르면, 상기 절단 표면을 따라 존재하는 공극과 산화물 개재물의 적어도 90%는 12 μm 이하의 최대 등가 공극 직경을 가질 수 있다.
- [0059] 또한 상기 절단 표면을 따라 존재하는 공극과 산화물 개재물의 적어도 90%는 100 μm<sup>2</sup> 이하의 면적을 가질 수 있다.
- [0060] 본 발명에 따르면, 바람직하게는 상기 영역에서 총 질소 함량은 1g당 <2000 μg이다.
- [0061] 또한 본 발명에 따르면, 상기 영역에서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 함량은 1g당 < 500 μg일 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0062] 이하, 실시예와 도면을 참조하여 본 발명의 더욱 상세한 내용과 장점들을 설명하기로 한다.  
 도 1a 내지 1c는 본 발명에 따른 부품(위 라인)과 종래기술에 따른 동일한 기하구조의 부품(아래 라인)의 서로 다른 3개의 영역을 보여주고 있다.  
 도 2는 도 1a 내지 1c의 3개의 영역의 공극과 산화물 개재물의 최대 등가 직경(등가 공극 직경)과 이로부터 계산된 평균값을 보여주고 있다.  
 도 3은 부품의 영역 내 밀도(아르키메데스 밀도)에 따른 부품의 산소 함량(O 농도)을 보여주고 있다.  
 도 4는 부품의 영역 내 밀도(아르키메데스 밀도)에 따른 부품의 질소 함량(N 농도)을 보여주고 있다.  
 도 5a 내지 8b는 본 발명(도 5a, 6a, 7a, 8a)과 종래기술(도 5b, 6b, 7b, 8b)에 따른 부품 간 비교를 보여주는 것으로; 도 5a-6b는 SEM 사진을 보여주고 있고; 도 7a, 7b는 공극과 크롬산화물 개재물의 등가 직경을 나타내고 있으며; 도 8a, 8b는 공극 면적 분포를 나타내고 있다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0063] 실시예 1(단일 압착 과정):
- [0064] 분말 배치용 크롬 분말은 다음과 같이 얻을 수 있다. 안료급의 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(Nippon Denko ND812)을 결정성 합성 흑연 분말(TIMCAL Timrex KS6)과 철저히 혼합한다. 이렇게 제조한 혼합물의 탄소 함량은 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 몰당 2.85몰이다. 이 혼합물 200 g을 유동 반응기 내 알루미늄산화물 도가니에서 10K/분의 가열속도로 800℃까지 가열한 다음 가열속도 2K/분으로 1050℃까지 가열한다. H<sub>2</sub>의 작용으로 가열하였고, 800℃ 내지 1050℃의 온도범위에서 질량분광분석법에 의해 측정된 CH<sub>4</sub> 분압이 > 15 mbar이 되도록 H<sub>2</sub> 압력을 조정하였다. 총 압력은 약 1 bar이었다. 다음, 상기 반응 혼합물을 10 K/분의 가열속도로 1350℃까지 가열하였다. 1350℃에서 유지 시간은 180분이었다. 이슬점이 <-40℃인 건조 수소를 공급하면서 1050℃에서 1350℃까지 가열하였고 1350℃에서 유지하였으며, 압력은 약 1 bar이었다. 또한 이슬점이 <-40℃인 H<sub>2</sub>하의 노에서 냉각하였다. 상기 반응 후, 분말로 매우 쉽게 해응집할 수

있는 금속 "스펀지"가 얻어진다. 시험에서 산소 함량은 503  $\mu\text{g/g}$ 이었다.

- [0065] 다음, 95중량%의 Cr 미분말(BET 표면적이  $\geq 0.05 \text{ m}^2/\text{g}$ 이고 과립화하여 입도 분율이 45-250  $\mu\text{m}$ 인 매우 용이하게 주입이 가능한 분말을 형성함)과 5중량%의 FeY 마스터 합금(Y가 0.8중량%이고 입도 <100  $\mu\text{m}$ 인 합금)으로 이루어진 분말 배치를 제조한다.
- [0066] 상기 분말 배치에 1중량%의 압착 보조제(왁스)를 첨가한다. 다음, 이 혼합물을 15분 동안 원통 혼합기에서 혼합한다. 이 혼합물을 주형에 넣고 500 내지 1000 MPa의 특정 압착 압력에서 압착하여 성형체를 형성한다. 다음, 상기 성형체로부터 왁스를 제거하기 위해 성형체를 900 $^{\circ}\text{C}$ 에서 20분 동안(최대 온도에서의 시간) 수소 분위기하 컨베이어로에서 예비 소결한다. 예비 소결 후, 더 치밀화하고 합금을 형성하기 위해서 상기 부품을 1450 $^{\circ}\text{C}$ 에서 7시간 동안(최대 온도에서의 시간) 수소 분위기하에서 고온 소결한다. 이렇게 얻어진 소결 부품은 다공성이고 아직은 기밀성이 없다. 따라서 남아 있을 수 있는 공극을 밀폐시키기 위해서 상기 부품을 950 $^{\circ}\text{C}$ 에서 10 내지 30시간 동안 투과성이 충분히 낮은 정도까지 산화시킨다. 모든 측면에 대한 샌드 블라스팅 공정에 의해 산화된 부품의 표면으로부터 산화물층을 제거한다.
- [0067] 실시예 2(2회 압착 과정):
- [0068] 성형체를 실시예 1에서와 같이 제조한다: 먼저 95중량%의 Cr 미분말(BET 표면적이  $\geq 0.05 \text{ m}^2/\text{g}$ 이고 과립화하여 입도 분율이 45-250  $\mu\text{m}$ 인 매우 용이하게 주입이 가능한 분말을 형성함)과 5중량%의 FeY 마스터 합금(Y가 0.8중량%이고 입도 <100  $\mu\text{m}$ 인 합금)으로 이루어진 분말 배치를 제조한다.
- [0069] 상기 분말 배치에 1중량%의 압착 보조제(왁스)를 첨가한 다음, 이 혼합물을 15분 동안 원통 혼합기에서 혼합한다. 이 혼합물을 주형에 넣고 500 내지 1000 MPa의 특정 압착 압력에서 압착하여 성형체를 형성한다.
- [0070] 다음, 상기 성형체로부터 왁스를 제거하기 위해 성형체를 900 $^{\circ}\text{C}$ 에서 20분 동안(최대 온도에서의 시간) 수소 분위기하 컨베이어로에서 예비 소결한다. 예비 소결 후, 예비 소결된 부품의 보정 압착을 500 내지 1000 MPa의 특정 압착 압력에서 제공한다.
- [0071] 보정 압착 후, 더 치밀화하고 합금을 형성하기 위해서 상기 부품을 1450 $^{\circ}\text{C}$ 에서 7시간 동안(최대 온도에서의 시간) 수소 분위기하에서 고온 소결한다. 이렇게 얻어진 소결 부품은 다공성이고 아직은 기밀성이 없다. 따라서 남아 있을 수 있는 공극을 밀폐시키기 위해서 상기 부품을 950 $^{\circ}\text{C}$ 에서 10 내지 30시간 동안 가스 투과성이 충분히 낮은 정도까지 산화시킨다. 모든 측면에 대한 샌드 블라스팅 공정에 의해 산화된 부품의 표면으로부터 산화물층을 제거한다.
- [0072] 본 발명에 따른 인터커넥터 형태의 부품을 더욱 면밀하게 분석하고 종래기술과 비교하였다.
- [0073] 직접 비교에서, 알루미늄노써믹 수단에 의해 제조되는 상업적으로 이용 가능한 크롬 분말의 부품 및 동일한 파라미터를 가진 시험 분말을 충전한 본 발명에 따른 부품을 압착, 예비 소결 및 소결하였다. 도 1a 내지 1c로부터 본 발명에 따른 부품의 미세구조, 특히 공극구조(아래 라인)가 종래기술에 따른 대조 부품(위 라인)에 비해 현저히 미세함을 알 수 있다. 이러한 시각적 효과를 수치적으로 결정 및 확인할 수도 있다. 특히 본 발명에 따른 형태에서 최대 공극 직경은 현저히 감소한다(도 2). 본 발명에 따른 부품은 동일한 기밀성을 달성하기 위해서 더 짧은 산화 시간 또는 더 낮은 산화 온도를 필요로 하였지만, 상기 부품들을 동일한 산화 프로그램에 의해 처리하였다. 이 과정에 대한 배경은 본 발명에 따른 부품에서 기대되는 최대 산소 함량을 결정하여 종래기술과 확실히 구별하기 위함이었다. 도 3으로부터 본 발명에 따른 부품은 종래기술에 따른 대조 부품과 비슷한 국소 밀도(아르키메데스 방법으로 측정)를 갖지만 현저히 더 낮은 산소 농도를 갖는다는 것이 명백하다. 본 발명에 따른 부품에서 질소 농도(도 4) 또한 비슷한 국소 밀도를 가진 종래기술에서보다 더 낮다.
- [0074] 공극 및/또는 산화물 개재물의 개수를 측정하기 위한 정량적 화상 분석의 기재:
- [0075] 정량적 화상 분석을 위해서 상기 부품을 다이아몬드 줄톱을 이용하여 이들의 연장면에 수직으로 잘라 약 20 mm의 에지 길이를 가진 조각들로 분할하였다. 평균 국소 밀도를 갖고 전체적으로 부품의 대표적인 영역을 선택하였다. 연료전지용 인터커넥터의 경우에 상기 영역은 대개 부품의 구조화된 중앙 영역인 소위 유동장이다. 상기 반제품을 물로 세정한 다음 건조하였다. 건조시킨 반제품을 에폭시 수지에 함침시켰다. 적어도 8시간 동안 경화 후 시료의 절단 에지를 금속조직학적으로 제조하였는데, 즉 이후에 상기 부품의 두께에 대해 조사할 수 있다. 상기 제조는 다음 단계를 포함한다:

- [0076] · 그릿 크기가 240, 320, 400, 800, 1000, 1200과 2400 그릿인 견고하게 결합된 SiC 페이퍼로 150 내지 240 N으로 분쇄하는 단계;
- [0077] · 9  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  래핑 페이퍼로 미분쇄하는 단계;
- [0078] · 먼저 3  $\mu\text{m}$  결정 크기를 가진 다이아몬드 현탁액으로 연마한 다음, 1  $\mu\text{m}$  결정 크기를 가진 다이아몬드 현탁액으로 연마하는 단계;
- [0079] · 결정 크기가 0.04  $\mu\text{m}$ 인 다이아몬드 현탁액으로 최종 연마하는 단계;
- [0080] · 상기 시편을 초음파조에서 세정하는 단계;
- [0081] · 상기 시편을 건조하는 단계.
- [0082] 다음, 각 시편에 대해 분쇄한 표면의 서로 다른 대표적인 영역의 5개의 사진을 준비하였다. 이는 4-사분면 환형 검출기를 이용하는 주사전자 현미경법(Zeiss사제 "Ultra Plus 55")에 의해 실시하여 후방 산란된 전자(BSE)를 검출하였다. 여기 전압은 20 kV이었고, 경사각은 0° 이었다. 사진의 초점을 조절하였고, 정확한 이미지 분석을 위해 해상도는 적어도 1024×768 화소이어야 한다. 공극과 경우에 따라 존재하는 산화물 개재물이 금속 기지로부터 분명하게 눈에 띄도록 명암대조비를 선택하였다. 각각의 사진에 적어도 100개의 공극/산화물 개재물이 포함되도록 사진의 배율을 선택하였다. 이 경우, 사진 면적은 0.04 내지 0.25  $\text{mm}^2$ 이었다.
- [0083] Leica사의 "QWin" 소프트웨어를 이용하여 정량적 화상 분석을 실시하였다.
- [0084] "QXCount" 모듈을 이용하였다. 각각의 사진을 다음 단계에 따라 분석하였다:
- [0085] · 그레이 레벨 임계값을 설정하여 개방 공극 체적과 상기 공극 내 채워진 크롬산화물을 "공극"으로서 함께 검출, 즉 이 경우 공극은 크롬산화물과 경우에 따라 존재하는 빈 공간임;
- [0086] · 측정 범위 설정, 이 경우 전체 사진 면적을 설정;
- [0087] · 측정 옵션: 등가 직경에 의한 분급;
- [0088] · 검출 조정: 짙은 물체, 홀 충전, 에지 입자 제거, 빈 공극 재구성.
- [0089] 사진이나 사진 분석에서는 필터 기능을 이용해서는 안 된다. 공극은 금속 기지보다 후방 산란 전자 사진에서 더 짙게 보이기 때문에 "짙은 물체"는 검출 조정 단계에서 공극으로서 정의되어야 한다. 이는 예를 들면 산화물에 의한 공극의 일부 충전으로 인해 일어날 수 있는 것으로, 전체 공극은 물체로서 검출되지 않는다. 선택 단계인 "홀 충전"은 공극을 검출하기 위해 이용되어 상기 공극의 면적은 관련 물체로서 파악될 수 있다. 선택 단계인 "에지 입자 제거"에 의해서 사진 면적의 에지 영역에서 불완전한 공극은 평가에 포함되지 않는다.
- [0090] 상기 5개의 사진을 각각 개별 분석한 후에 5개 모든 사진의 데이터를 통계학적으로 평가하였다. 이러한 평가를 위해 다음과 같은 파라미터를 이용하였다:
- [0091] · 공극의 표면적의 비율(%)
- [0092] · 공극 밀도( $1/\text{mm}^2$ )
- [0093] · 등가 직경( $\mu\text{m}$ )
- [0094] · 공극 면적( $\mu\text{m}^2$ )
- [0095] 산소와 질소의 화학적 분석의 기재:
- [0096] 부품 내 산소와 질소를 분석하기 위해서  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 을 이용한 샌드 블라스팅에 의해 표면으로부터 바깥 산화물층을 제거한 산화된 부품을 항상 사용하였다. 이에 따라 금속 기재와 산화물로 채워진 공극과 경우에 따라 질소에 의한 오염물질이 잔류하였다. 부품 내 산소와 질소의 측면 분포를 분석하기 위해서 부품을 Yb-YAG 레이저로 절단하여 시험편을 제조하였다. 절단 에지가 산화 또는 질화되지 않도록 파라미터를 선택하여야 한다. 상기 부품의 두께에 걸쳐 산소와 질소의 분포를 측정하기 위해서 밀링기를 이용하여 재료의 250 $\mu\text{m}$ 를 층으로서 절삭하였다. 이를 위해, 상기 밀링기는 냉각제와 윤활제 없이 작동시켰다. 상기 형태의 샘플링시에도 재료의 절삭물이 산화 또는

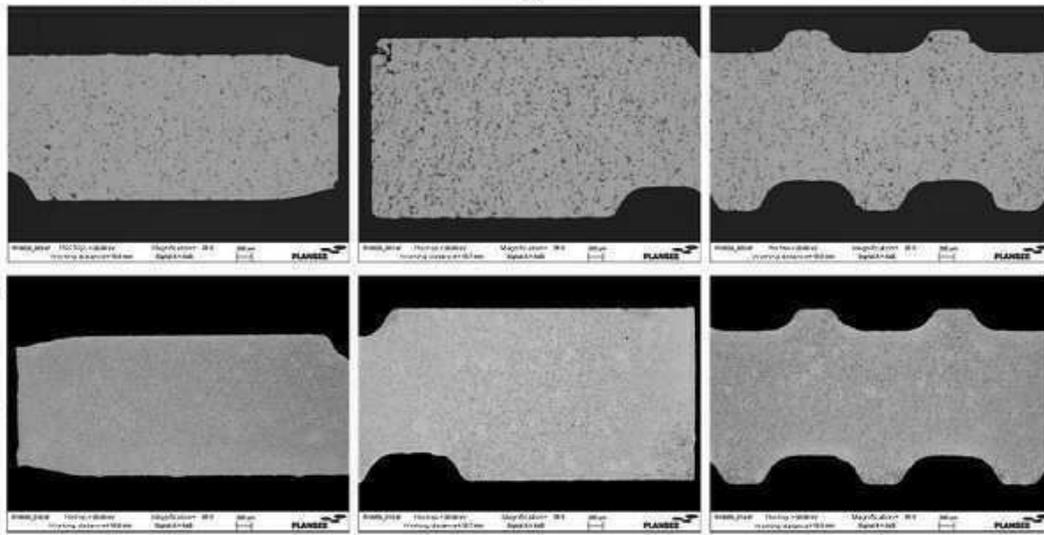
질화되지 않도록 하여야 한다.

- [0097] 시료의 형태에 관계없이 항상 운반가스 고온 추출에 의해 분석하였다. 산소 농도를 측정하기 위해서 각각의 경우에 백금 도가니에서 0.2 내지 0.5 g의 시료를 계량하고 불활성 가스 흐름에서 산소를 추출하였다. 추출 온도는 약 2000℃이다. 추출 시간은 시료의 산소 함량에 따라 다르지만 적어도 40초이다. 추출 중에 방출되는 산소는 흑연 도가니의 탄소와 반응하여 CO/CO<sub>2</sub>를 형성하는데, 이를 IR 분광분석법으로 분석한다.
- [0098] 산소 측정과 함께 질소 농도를 측정하였다. 이 경우, 방출되는 가스 흐름의 열전도도를 통해 농도를 측정하였다.
- [0099] 도 5a와 5b는 SEM 사진으로서 부품의 단면을 보여주고 있다. 도 6a와 6b는 상세도를 보여주고 있다. 본 발명에 따른 부품에서는 더 많은 수의 공극/산화물 개재물과 동시에 더 작은 크기의 공극/산화물 개재물을 볼 수 있다. 도 7a와 7b는 등가 직경의 분포를 보여주고 있다. 본 발명에 따른 부품의 경우에 산술 평균은 2.0 μm인데 비해 종래기술의 경우에는 7.0 μm이다. 변동폭은 각각 0.3 내지 13.0 μm 또는 0.6 내지 63.7 μm이다. 도 8a와 8b는 공극 면적 분포를 보여주는 것으로, 본 발명에 따른 부품의 경우는 산술평균이 7.3 μm<sup>2</sup>인데 비해 종래기술의 경우에는 107 μm<sup>2</sup>이다. 분산은 본 발명에 따른 부품의 경우에 0.05 내지 133.1 μm<sup>2</sup>인데 비해 종래기술의 경우에는 0.31 내지 3182 μm<sup>2</sup>이다. 본 발명에 따른 공극 밀도는 산술 평균으로 132 957 mm<sup>-2</sup>인데 비해 종래기술의 경우에는 810 mm<sup>-2</sup>이다. 변동폭은 각각 79 327 내지 211 800 mm<sup>-2</sup> 또는 715 내지 895 mm<sup>-2</sup>이다. 측정에 대한 기재 내용으로부터 명백한 바와 같이, 도 2, 7과 8에 주어진 값들은 각각 공극과 산화물 개재물을 포함한다.
- [0100] - 도면 번역 -
- [0101] 도 1에서
- [0102] Working distance: 가동 거리
- [0103] Magnification: 배율
- [0104] Signal: 신호
- [0105] 도 2에서
- [0106] Max. equivalent pore diameter(SEM quantitative image analysis): 최대 등가 공극 직경(SEM 정량적 화상 분석)
- [0107] Max. equiv. pore diameter: 최대 등가 공극 직경
- [0108] Fig. 1a: 도 1a
- [0109] Fig. 1b: 도 1b
- [0110] Fig. 1c: 도 1c
- [0111] Average: 평균
- [0112] Prior art, batch 2.1: 종래기술, 배치 2.1
- [0113] Component according to the invention, batch 2.4: 본 발명에 따른 부품, 배치 2.4
- [0114] 도 3에서
- [0115] Archimedes density vs. 0 concentration: 아르키메데스 밀도 대 0 농도
- [0116] 0 concentration: 0 농도
- [0117] Archimedes density: 아르키메데스 밀도
- [0118] Prior art, Part 1: 종래기술, 부품 1
- [0119] Prior art, Part 2: 종래기술, 부품 2

- [0120] Prior art, Part 3: 종래기술, 부품 3
- [0121] Component according to the invention: 본 발명에 따른 부품
- [0122] 도 4에서
- [0123] Archimedes density vs. N concentration: 아르키메데스 밀도 대 N 농도
- [0124] N concentration: N 농도
- [0125] Archimedes density: 아르키메데스 밀도
- [0126] Prior art, Part 1: 종래기술, 부품 1
- [0127] Prior art, Part 2: 종래기술, 부품 2
- [0128] Prior art, Part 3: 종래기술, 부품 3
- [0129] Component according to the invention: 본 발명에 따른 부품
- [0130] 도 5에서
- [0131] Working distance: 가동 거리
- [0132] Magnification: 배율
- [0133] Signal: 신호
- [0134] 도 6에서
- [0135] Working distance: 가동 거리
- [0136] Magnification: 배율
- [0137] Signal: 신호
- [0138] 도 7에서
- [0139] Frequencies: 빈도
- [0140] Number: 개수
- [0141] Equiv. circle diameter: 등가원 직경
- [0142] 도 8에서
- [0143] Frequencies: 빈도
- [0144] Number: 개수
- [0145] Pore area: 공극 면적

도면

도면1

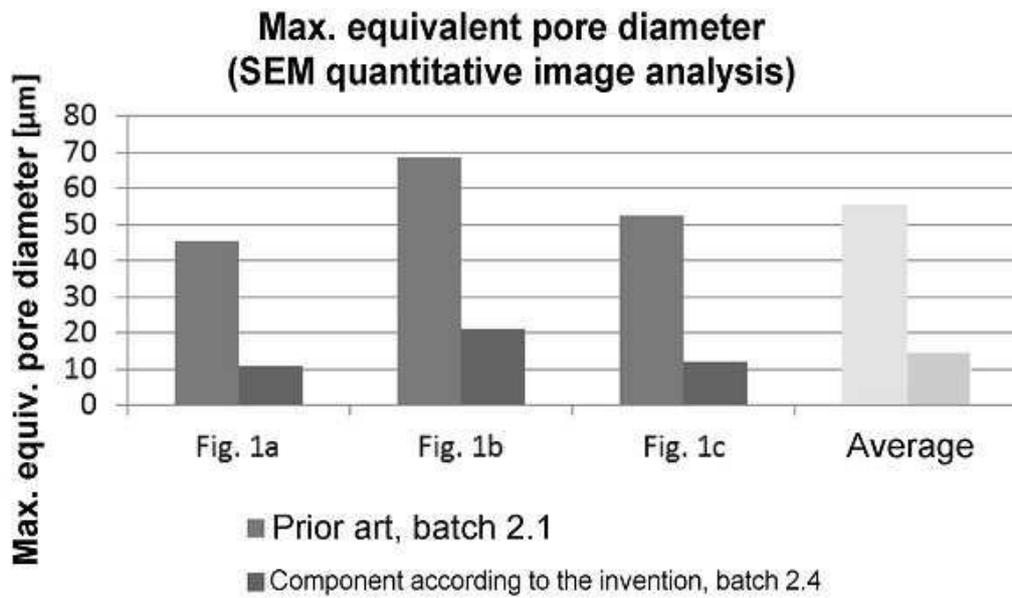


도 1a

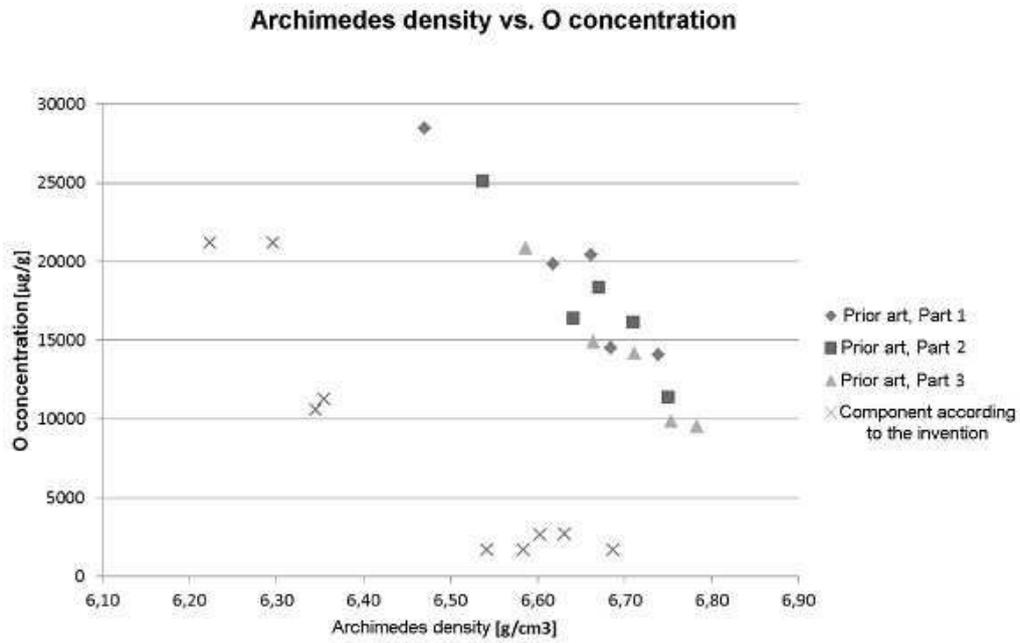
도 1b

도 1c

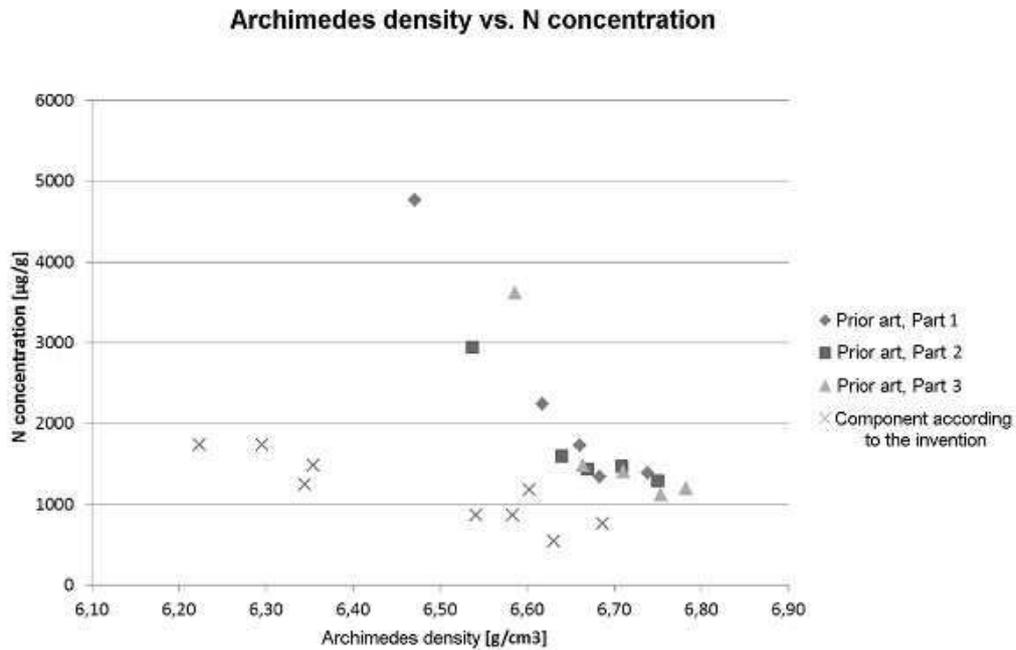
도면2



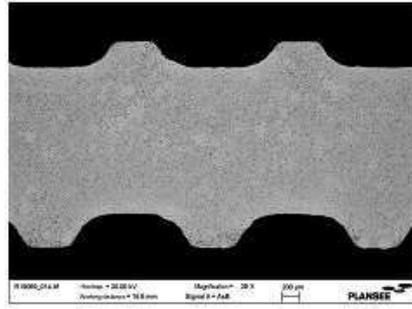
도면3



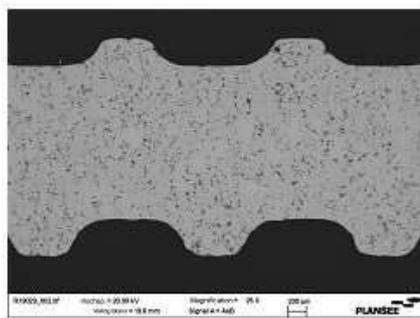
도면4



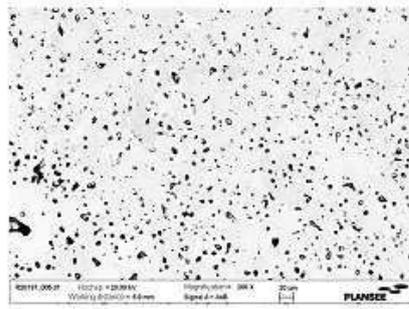
도면5a



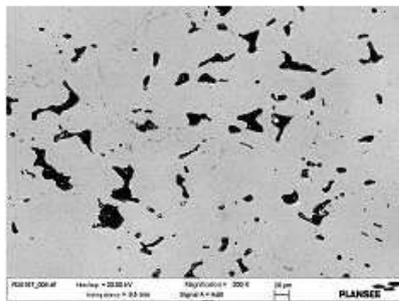
도면5b



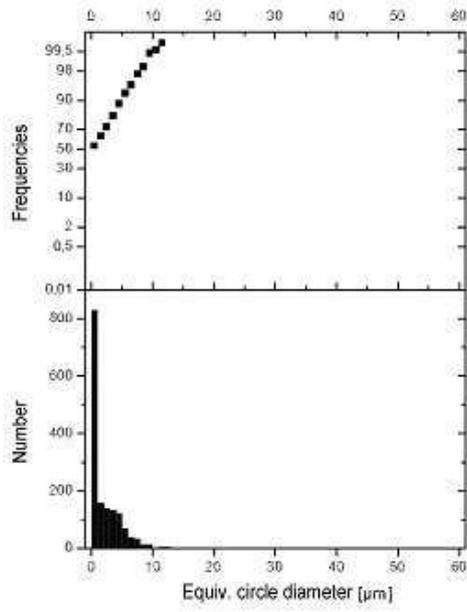
도면6a



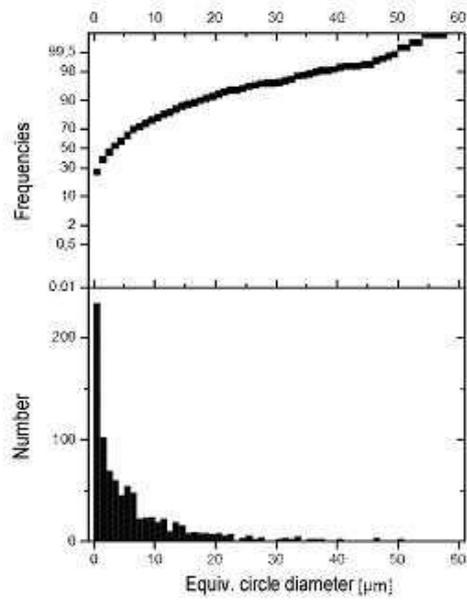
도면6b



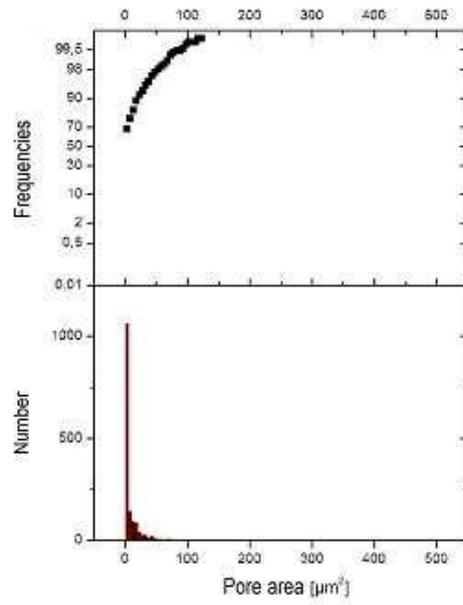
도면7a



도면7b



도면8a



도면8b

