



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0129154
(43) 공개일자 2020년11월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B22F 9/14 (2006.01) B22F 1/00 (2006.01)
B22F 9/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B22F 9/14 (2013.01)
B22F 1/0048 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7029537
(22) 출원일자(국제) 2019년03월18일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2020년10월14일
(86) 국제출원번호 PCT/CA2019/000034
(87) 국제공개번호 WO 2019/178668
국제공개일자 2019년09월26일
(30) 우선권주장
62/644,459 2018년03월17일 미국(US)

(71) 출원인
파이로제네시스 캐나다 인코퍼레이티드
캐나다 퀘벡 에이치3제이 1알4, 몬트리올 슈트
200, 루에 윌리엄 1744
(72) 발명자
엘러드, 머나드
캐나다 퀘벡주 제이4지 4비8, 벨로일, 578 루 크레
마지
카라빈, 피에르
캐나다 퀘벡주 에이치4에이 3이5, 몬트리올, 쥐후
아흐 가 4353
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김학제, 문혜정

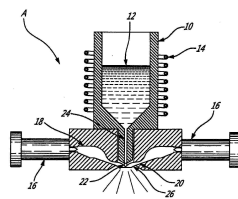
전체 청구항 수 : 총 67 항

(54) 발명의 명칭 용융 공급 원료로부터 고순도 구형 금속 분말을 생산하기 위한 방법 및 장치

(57) 요약

용융 공급 원료로부터 금속 분말을 생산하기 위한 장치는 고체 공급물을 용융 공급물로 용융시키기 위한 가열원 및 용융 공급물을 담기 위한 도가니를 포함한다. 용융 스트림으로서 용융 공급물을 공급하기 위해 액체 공급관이 또한 제공된다. 플라즈마 소스는 플라즈마 스트림을 전달하고, 플라즈마 스트림은 초음속 속도로 가속되도록 조정되며, 용융 스트림에 충돌하도록 조정되어 금속 분말을 생성한다. 공급 튜브는 도가니에서 초음속 플라즈마 플럼이 용융 스트림을 분무하는 위치까지 확장된다. 플라즈마 소스는 용융 스트림을 향하여 조준된 적어도 하나의 초음속 노즐이 제공된 적어도 두 개의 플라즈마 토치를 포함한다. 다중 플라즈마 토치는, 예를 들어, 링형 구성과 같이 초음속 플라즈마 플럼들이 용융 스트림을 분무하는 위치에 대해 대칭적으로 배치된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B22F 9/082 (2013.01)

B22F 2009/088 (2013.01)

B22F 2009/0884 (2013.01)

B22F 2202/13 (2013.01)

(72) 발명자

도발 디온, 크리스토퍼, 알렉스

캐나다 퀘벡주 에이치4이 2터블유7, 몬트리올,
6687 루 조그즈

프롤렉스, 프랑수아

캐나다 퀘벡주 에이치3엑스 1브이4, 몬트리올,
5481 퀴메리 로드

마단, 밀라드

캐나다 퀘벡주 에이치2피 2엑스7, 몬트리올, 1121
미스트랄 스트리트 아파트 202호

명세서

청구범위

청구항 1

고체 공급 원료를 용융 공급물로 용융시키기 위한 가열원;

용융 공급물을 담기 위한 도가니;

용융 공급물을 용융 스트림으로 공급하기 위한 전달 시스템(delivery system); 및

플라즈마 스트림을 전달하도록 구성된 플라즈마 소스를 포함하는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 생산하기 위한 장치로서,

플라즈마 스트림은 초음속(supersonic velocity)으로 가속되도록 조정되고 용융 스트림에 충돌(impact)하도록 조정되어 금속 분말을 생성하는, 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 플라즈마 스트림은 적어도 하나의 플라즈마 소스를 통해 전달되는, 장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 전달 시스템은 도가니로부터 연장되는 액체 공급 튜브를 포함하여, 초음속 플라즈마 플룸이 용융 스트림을 분무하도록 적용되는 위치로 용융 공급물 하부 스트림을 전달하는, 장치.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 플라즈마 소스는 플레넘 챔버(plenum chamber)에 연결된 적어도 2개의 플라즈마 토치를 포함하는, 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 플레넘 챔버는 도넛-형인 장치.

청구항 6

제4항 또는 제5항에 있어서, 플라즈마 토치의 배출구는 접선 방향으로 연결되어 플레넘 챔버 내부에 와류가 생성되도록 강제하는, 장치.

청구항 7

제4항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 플레넘 챔버의 배출구는 용융 스트림을 향하여 조준된 단일 환형 초음속 노즐을 포함하는, 장치.

청구항 8

제4항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 플레넘 챔버의 배출구는 용융 스트림을 향하여 조준된 다수의 초음속 홀들(holes)을 포함하는, 장치.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 초음속 홀들은 노즐을 포함하는, 장치.

청구항 10

제8항 또는 제9항에 있어서, 상기 초음속 홀들은 용융 스트림의 중심을 조준하는, 장치.

청구항 11

제4항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니의 용융 공급물은 일반적으로 도가니 주위에 배치되는 인덕션(induction)에 의해 가열되도록 조정되는, 장치.

청구항 12

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 플라즈마 소스는 원통형 초음속 노즐이 각각 제공된 적어도 두 개의 플라즈마 토치를 포함하는, 장치.

청구항 13

제12항에 있어서, 초음속 플라즈마 플룸이 용융 스트림을 분무하는 위치에 대하여 대칭으로 배치된 적어도 4 개의 플라즈마 토치가 제공되는, 장치.

청구항 14

제13항에 있어서, 초음속 플라즈마 플룸이 용융 스트림을 분무하는 위치에 대하여 대칭으로 배치된 적어도 6 개의 플라즈마 토치가 제공되는, 장치.

청구항 15

제12항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 플라즈마 토치는 링-형 구성으로 배열되며, 각각의 플라즈마 토치는 전달 시스템을 빠져 나가는 용융 스트림을 직접 조준하는, 장치.

청구항 16

제15항에 있어서, 토치는 용융 스트림에 대해 환형으로 배치되는, 장치.

청구항 17

제12항 내지 제16항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니의 용융 공급물은 일반적으로 도가니 주위에 배치되는 인덕션에 의해 가열되도록 조정되는, 장치.

청구항 18

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 금속 분말은 용융 공급물과 고체 공급물 중 하나로부터 생산되도록 조정되는, 장치.

청구항 19

제18항에 있어서, 플라즈마 소스는 환형 플라즈마 토치를 포함하며, 고체 또는 액체 공급물은 환형 플라즈마 토치를 통과하여 도가니/공급 가이드를 통해 공급되도록 구성되는, 장치.

청구항 20

제18항 또는 제19항에 있어서, 고체 공급물을 환형 플라즈마 토치에 공급하기 위한 푸셔(pusher)가 제공되는, 장치.

청구항 21

제20항에 있어서, 푸셔는 환형 플라즈마 토치의 위에 있는 도가니/공급 가이드를 통해 고체 공급물을 공급하도록 구성되는, 장치.

청구항 22

제19항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서, 환형 플라즈마 토치는 일련의 전극들을 포함하고, 불활성 가스를 플라즈마 상태로 가열하고, 고체 공급물에 충돌하도록 가속하도록 구성되어 고체 공급물을 분무화하는, 장치.

청구항 23

제18항 내지 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 고체 공급물은 실질적으로 로드(rod) 형태인, 장치.

청구항 24

제22항 또는 제23항에 있어서, 일련의 전극들은 원형으로 배치되는, 장치.

청구항 25

제18항 내지 제24항 중 어느 한 항에 있어서, 공급물은 인덕션 또는 저항으로 예열되도록 조정되는, 장치.

청구항 26

제25항에 있어서, 인덕션은 도가니/공급 가이드 주위에 배치되는, 장치.

청구항 27

제4항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 용융 공급물은 단일 환형 초음속 노즐로 이어지는 가스 채널에 연결된 플라즈마 토치 링을 통해 중앙에서 공급되는, 장치.

청구항 28

제12항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서, 용융 공급물은 정점(apex)에 초점을 맞춘 개별 노즐로 이어지는 가스 채널에 연결된 플라즈마 토치 링을 통해 중앙에서 공급되는, 장치.

청구항 29

제4항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서, 용융 공급물은 플라즈마 플룸의 전도성 가열 또는 금속을 녹이는 다른 수단을 통해 얻을 수 있는, 장치.

청구항 30

제4항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서, 용융 공급물은 중력, 가스 압력 및 피스톤 중 적어도 하나에 의해 공급 튜브와 같은 전달 시스템을 통해 전달될 수 있는, 장치.

청구항 31

제1항 내지 제30항 중 어느 한 항에 있어서, 플라즈마 스트림의 초음속 제트는 용융 스트림을 아래로 밀어내는 각도로 조준되는, 장치.

청구항 32

제1항 내지 제31항 중 어느 한 항에 있어서, 플라즈마 소스는 아크 플라즈마 토치를 포함하는, 장치.

청구항 33

제1항 내지 제31항 중 어느 한 항에 있어서, 플라즈마 소스는 유도 결합(inductively-coupled), 마이크로파 및 용량성 플라즈마 소스 중 적어도 하나를 포함하는, 장치.

청구항 34

- 용융 공급물을 제공하는 단계;
- 용융 공급물을 용융 스트림으로 전달하는 단계;
- 플라즈마 스트림을 제공하는 단계;
- 플라즈마 스트림을 초음속으로 가속하는 단계; 및

금속 분말을 생산하기 위해 초음속 플라즈마 플룸(plume)을 용융 스트림과 충돌시키는(impacting) 단계를 포함하는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 35

제34항에 있어서, 플라즈마 스트림은 적어도 하나의 플라즈마 소스를 통해 전달되는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 36

제34항 또는 제35항에 있어서, 용융 공급물은 용융 공급물을 포함하는 도가니로부터 연장된 액체 공급관을 통해, 초음속 플라즈마 플룸이 용융 스트림을 분무하도록 적용되는 위치로, 하부 스트림이 전달되는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 37

제34항 내지 제36항 중 어느 한 항에 있어서, 플라즈마 소스는 플레넘 챔버에 연결된 적어도 2 개의 플라즈마 토치를 포함하는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 38

제37항에 있어서, 플레넘 챔버는 도넛-형인, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 39

제37항 또는 제38항에 있어서, 플라즈마 토치의 배출구는 접선 방향으로 연결되어 플레넘 챔버 내부에 와류가 생성되도록 강제하는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 40

제37항 내지 제39항 중 어느 한 항에 있어서, 플레넘 챔버의 배출구는 용융 스트림을 향하여 조준된 단일 환형 초음속 노즐을 포함하는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 41

제37항 내지 제39항 중 어느 한 항에 있어서, 플레넘 챔버의 배출구는 용융 스트림을 향하여 조준된 다수의 초음속 홀들을 포함하는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 42

제41항에 있어서, 상기 초음속 홀들은 노즐을 포함하는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 43

제41항 또는 제42항에 있어서, 상기 초음속 홀들은 용융 스트림의 중심을 조준하는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 44

제37항 내지 제43항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니의 용융 공급물은 일반적으로 도가니 주위에 배치되는 인덕션에 의해 가열되도록 조정되는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 45

제34항 내지 제36항 중 어느 한 항에 있어서, 플라즈마 소스는 원통형 초음속 노즐이 각각 제공된 적어도 두 개의 플라즈마 토치를 포함하는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 46

제45항에 있어서, 초음속 플라즈마 플룸이 용융 스트림을 분무하는 위치에 대하여 대칭으로 배치된 적어도 4 개의 플라즈마 토치가 제공되는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 47

제46항에 있어서, 초음속 플라즈마 플룸이 용융 스트림을 분무하는 위치에 대하여 대칭으로 배치된 적어도 6 개의 플라즈마 토치가 제공되는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 48

제45항 내지 제47항 중 어느 한 항에 있어서, 플라즈마 토치는 링-형 구성으로 배열되며, 각각의 플라즈마 토치는 전달 시스템을 빠져 나가는 용융 스트림을 직접 조준하는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 49

제48항에 있어서, 토치는 용융 스트림에 대해 환형으로 배치되는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 50

제45항 내지 제49항 중 어느 한 항에 있어서, 도가니의 용융 공급물은 일반적으로 도가니 주위에 배치되는 인덕션에 의해 가열되도록 조정되는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 51

제34항 내지 제36항 중 어느 한 항에 있어서, 금속 분말은 용융 공급물과 고체 공급물 중 하나로부터 생산되도록 조정되는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 52

제51항에 있어서, 플라즈마 소스는 환형 플라즈마 토치를 포함하며, 고체 또는 액체 공급물은 환형 플라즈마 토치를 통과하여 도가니/공급 가이드를 통해 공급되도록 구성되는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 53

제51항 또는 제52항에 있어서, 고체 공급물을 환형 플라즈마 토치에 공급하기 위한 푸셔(pusher)가 제공되는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 54

제53항에 있어서, 푸셔는 환형 플라즈마 토치의 위에 있는 도가니/공급 가이드를 통해 고체 공급물을 공급하도록 구성되는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 55

제52항 내지 제54항 중 어느 한 항에 있어서, 환형 플라즈마 토치는 일련의 전극들을 포함하고, 불활성 가스를 플라즈마 상태로 가열하고, 고체 공급물에 충돌하도록 가속하도록 구성되어 고체 공급물을 분무화하는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 56

제51항 내지 제55항 중 어느 한 항에 있어서, 고체 공급물은 실질적으로 로드 형태인, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 57

제55항 또는 제56항에 있어서, 일련의 전극들은 원형으로 배치되는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 58

제51항 내지 제57항 중 어느 한 항에 있어서, 공급물은 인덕션 또는 저항으로 예열되도록 조정되는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 59

제53항에 있어서, 인덕션은 도가니/공급 가이드 주위에 배치되는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 60

제37항 내지 제44항 중 어느 한 항에 있어서, 용융 공급물은 단일 환형 초음속 노즐로 이어지는 가스 채널에 연결된 플라즈마 토치 링을 통해 중앙에서 공급되는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 61

제45항 내지 제50항 중 어느 한 항에 있어서, 용융 공급물은 정점에 초점을 맞춘 개별 노즐로 이어지는 가스 채널에 연결된 플라즈마 토치 링을 통해 중앙에서 공급되는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 62

제37항 내지 제50항 중 어느 한 항에 있어서, 용융 공급물은 플라즈마 플룸의 전도성 가열 또는 금속을 녹이는 다른 수단을 통해 얻을 수 있는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 63

제37항 내지 제50항 중 어느 한 항에 있어서, 용융 공급물은 중력, 가스 압력 및 피스톤 중 적어도 하나에 의해 공급 튜브와 같은 전달 시스템을 통해 전달 될 수 있는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 64

제34항 내지 제63항 중 어느 한 항에 있어서, 플라즈마 스트림의 초음속 제트는 용융 스트림을 아래로 밀어내는 각도로 조준되는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 65

제34항 내지 제64항 중 어느 한 항에 있어서, 플라즈마 소스는 아크 플라즈마 토치를 포함하는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 66

제34항 내지 제64항 중 어느 한 항에 있어서, 플라즈마 소스는 유도 결합, 마이크로파 및 용량성 플라즈마 소스 중 적어도 하나를 포함하는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

청구항 67

제34항 내지 제66항 중 어느 한 항에 있어서, 분무 공정은 불활성 분위기에서 수행되는, 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2018년 3월 17일 출원된 미국 가출원 제62/644,459호에 대한 우선권을 주장하며, 이는 본원에 참조로 포함된다.

[0002] 본 발명은 첨단 재료에 관한 것이며, 특히 항공 우주 및 의료 산업 분야에서 첨가 제조와 같은 다양한 응용을 위한 금속 분말의 생산에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 수분사법(water atomization)은 물을 분무화 매체로 사용하여 용융된 금속 스트림을 매우 미세한 입자들로 분무화한다. 물은 비압축성 유체이기 때문에, 고압 제트는 큰 생산 속도로 미세 분말을 생산하는 데 필요한 밀도와 속도를 모두 제공한다. 그러나, 수분사법은 물로 인한 오염과 이에 의해 생성된 분말의 매우 불규칙하고 각진 형태로 인하여 적용 측면에서 몇 가지 한계들이 있다.

[0004] 가스 분무화에 의해, 용융 스트림에 고압 불활성 가스 제트가 부딪히게 함으로써 고순도의 금속 분말을 생성할 수 있다. 그러나, 이 방법은 일반적으로 더 미세한 크기의 분말에 대해 매우 낮은 수율 결과를 가져오거나 상대적으로 낮은 생산 속도를 갖는다. 이 두 가지 측면 사이에서 바람직한 절충을 얻으려면 차가운 초음속 제트를 생성하기 위해 매우 높은 압력이 필요하다. 차가운 가스로 분무하면 용융된 입자들이 너무 빨리 얼어 입자들 내부에 가스가 갇히게 되어, 이러한 분말은 인쇄된 부품의 밀도에 직접적인 영향을 미치기 때문에 3D 인쇄 응용 프로그램에 적합하지 않다는 단점이 있다. 또한 빠른 쿨링 속도(quenching rate)로 인하여 입자의 모양은 주로 회전 타원체형이지만 구형은 아니다. 많은 양의 가스가 사용되어 냉각 챔버에서 미세한 입자들의 재순환을 강제하는 강렬한 난류 분말을 유발하기 때문에 새틀라이트(satellite) 또한 종종 이러한 기술의 문제이다.

[0005] 플라즈마 분무화로 전환하면, 일반적으로 용융 스트림 대신 와이어를 공급물로 사용하고 입자들을 분해하기 위

하여 분무제로 플라즈마 소스(일명 플라즈마 토치)를 사용한다. 와이어를 사용하면 와이어를 한 번에 녹여 분무해야 하므로 좁은 플라즈마 제트가 와이어를 적절하게 조준하는 데 필요한 안정성을 제공한다. 이 기술은 현재 시장에서 가장 미세하고 가장 구형이며 밀도가 높은 분말을 생산한다. 즉, 0 내지 106 마이크론 범위에서 생산되는 분말의 수율이 매우 높고 구형도가 거의 완벽하며 가스 포획이 최소화된다. 그러나 이 기술에는 두 가지 주요 단점이 있다.

[0006] 첫째, 일부 재료는 너무 약해서 와이어 형태로 만들 수 없기 때문에 공급물로서 와이어에 대한 의존도가 상당히 제한된다. 와이어를 사용하는 것은 또한 문제의 와이어를 생산하기 위하여 압출되도록 잉곳(ingots)을 다시 녹여야 하므로 공급물 재료에 비용을 추가하는 것을 의미한다.

[0007] 두 번째 주요 단점은 물 분무 및 가스 분무에 비해 훨씬 낮은 생산 속도이다. 플라즈마 분무화 회사에서 보고된 생산 속도는 최대 13kg/h 이다. 이 분야의 전문가들은 최적의 입자 크기 분포를 위한 보다 현실적인 범위는 훨씬 더 낮다는 것을 알 수 있다. 예를 들어, 1998년 1월 13일 등록된 "플라즈마 분무화에 의한 금속 및 세라믹 분말의 생산 방법(Method of Production of Metal and Ceramic Powders by Plasma Atomization)"이라는 제목의 Tsantrizos 등에 의한 미국등록특허 제5,707,419호는 티타늄의 경우 14.7g/min 또는 0.882kg/h의 공급 속도를 보고하고, 2017년 11월 16일 공개된 "긴 부재 형태의 공급 재료를 분무화하여 분말 입자들을 제조하기 위한 공정 및 장치(Process and Apparatus for Producing Powder Particles by Atomization of a Feed Material in the Form of an Elongated Member)" 라는 제목의 Boulos 등에 의한 미국공개특허 제2017/0326649-A1호는 스테인리스 강에 대해 1.7 kg/h의 보고된 공급 속도를 개시한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 따라서, 와이어 이외의 공급원으로부터 상당한 생산 속도로 금속 분말을 생산하는 장치 및 방법을 제공하는 것이 바람직할 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 따라서 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 생산하기 위한 새로운 장치 및 방법을 제공하는 것이 바람직할 것이다.

[0010] 본 명세서에 기술된 실시예의 일 양상에서 다음을 포함하는 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 생산하기 위한 장치를 제공한다:

[0011] 고체 공급 원료를 용융 공급물로 용융시키기 위한 가열원;

[0012] 용융 공급물을 담기 위한 도가니;

[0013] 용융 공급물을 용융 스트림으로 공급하기 위한 전달 시스템; 및

[0014] 플라즈마 스트림을 전달하도록 구성된 플라즈마 소스;

[0015] 플라즈마 스트림은 초음속으로 가속되도록 조정되고 금속 분말을 생성하기 위해 용융 스트림에 충돌하도록 조정된다.

[0016] 또한, 본원에 기재된 실시예의 다른 양상은 다음을 포함하는 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하는 방법을 제공한다:

[0017] 용융 공급물을 제공하는 단계;

[0018] 용융 공급물을 용융 스트림으로 전달하는 단계;

[0019] 플라즈마 스트림을 제공하는 단계;

[0020] 플라즈마 스트림을 초음속으로 가속하는 단계; 및

[0021] 금속 분말을 생산하기 위해 초음속 플라즈마 플럼(plume)을 용융 스트림과 충돌시키는(impacting) 단계.

도면의 간단한 설명

- [0022] 본 명세서에 설명된 실시예의 더 나은 이해를 위해 그리고 실시예들이 어떻게 실행될 수 있는지 더 명확하게 보여주기 위해, 이하 적어도 하나의 예시적인 실시예를 보여주는 첨부된 도면은 단지 예시적으로서만 참조된다:
- 도 1은 예시적인 실시예에 따라 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하기 위한 장치의 개략적인 수직 단면도이다;
- 도 2a는 예시적인 실시예에 따라 용융 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하기 위한 다른 장치의 개략적인 수직 단면도이다;
- 도 2b는 도 2a에 의한 장치의 개략적인 하부 평면도이다;
- 도 3a는 또 다른 예시적인 실시예에 따라 고체 또는 액체 공급 원료로부터 금속 분말을 제조하기 위한 장치의 개략적인 입면도이다; 및
- 도 3b는 도 3a에 의한 장치의 개략적인 수직 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 본원에 개시된 발명은 액체 또는 고체 공급물과 같은 와이어 이외의 공급원으로부터 금속 분말을 생산하는 방법 및 장치를 제공한다.
- [0024] 가능한 플라즈마 기반 분무화 공정을 위하여 와이어를 사용해야 하는 것으로 알려져 있다. 본 발명의 주제에서, 초음속 플라즈마 제트는 용융 스트림을 분무하기 위해 사용되며, 이와 관련된 다양한 실시예들이 후술된다.
- [0025] 와이어를 사용하는 플라즈마 분무화 공정은 금속이 플라즈마 제트와 적절하게 접촉하여 열 및 운동량 전달을 최대화하여 와이어를 한 번에 용융 및 분무화할 수 있도록 한다. 그러나 금속을 지속적으로 녹이는데 필요한 전력이 반드시 플라즈마 소스에서 제공되어야 하는 물리적 이유는 없는 것으로 여겨진다. 가스 및 물 분무에서 용융 및 분무는 두 개의 별개의 단계들이다. 이 구성은 더 높은 생산 속도를 허용하여 그 결과 용융 속도는 초음속 제트와 공급물 사이의 열 전달 및 체류 시간에 의해 제한되지 않는다.
- [0026] 본 발명은 가스 및 물 분무에서와 같이 플라즈마 제트를 사용하여 액체 공급물을 분무하는 방법을 제공한다.
- [0027] 보다 구체적으로, 하나 또는 다수의 플라즈마 토치와 같은 플라즈마 소스는 높은 운동량을 갖는 용융 스트림에 부딪히기 전에 초음속으로 가속될 수 있는 플라즈마 스트림을 전달하도록 제공된다.
- [0028] 초음속 플라즈마 제트는 물질이 생존할 수 있는 매우 혹독한 환경을 만들어 거의 포함될 수 없기 때문에 이러한 개념의 적용은 전술한 설명에서 제안한 것보다 실제로 더 복잡하다.
- [0029] 예를 들어, 티타늄 합금(Ti-6Al-4V)의 용점은 약 1660°C 이다. 액체 입자가 구형에 도달하는데 적절한 시간을 제공하기 위해, 분무화된 물질의 용점보다 높은 가스 제트가 전달된다. Ti-6Al-4V의 경우 약 1900°C의 제트 온도가 선호된다. 초음속이 열과 압력을 마하 속도로 변환한다는 사실에 기반하여, 온도는 초음속 노즐의 스로트(throat) 이전(상부 스트림)과 이후(하부 스트림) 사이에 현저하게 떨어질 것으로 예상된다. 따라서, 정점(apex)(플라즈마 제트(들)과 분무화된 용융 스트림 사이의 수렴 지점)에서 1900°C의 온도에서 마하 제트를 얻으려면, 초음속 노즐 입구에 2500°C 이상의 온도가 필요할 수 있다. 노즐 이전 고압 및 온도 챔버의 열 손실을 고려하면, 플라즈마 소스는 3000°C 이상의 플룸 온도를 가져야 한다고 할 수 있다. 상업용 고 엔탈피 토치는 상업용 예비 부품을 사용하여 신뢰할 수 있는 방식으로 이러한 종류의 온도를 제공할 수 있다.
- [0030] 제한된 영역에서 초음속 플라즈마 제트를 다루는 것은 항상 섬세하다. 이러한 제트의 특성에 기인하여, 매우 높은 온도, 열 충격 및 기계적 침식으로 인하여 재료가 유지되기 위한 환경은 매우 가혹하다. 이러한 이유로 토치에서 정점까지의 플라즈마 경로 설계를 위해 적절한 재료를 선택해야 한다. 3000°C 이상의 온도에서 1 내지 2 마하 속도는 1500m/s를 나타낼 수 있다. 사용할 수 있는 재료의 예로는 챔버용 흑연 및 노즐용 경질 내화 요소들인데, 경질 내화 요소들은 매우 높은 용점을 가지며, 텅스텐, 텅스텐 카바이드, 티타늄 카바이드, 하프늄, 하프늄 카바이드, 니오븀, 니오븀 카바이드, 탄탈, 탄탈륨 카바이드, 몰리브덴, 몰리브덴 카바이드 등과 같은 탄화물이다. 또한 생성된 분말의 품질(산화 가능성을 줄이기 위해) 뿐 아니라 언급한 고온 재료가 견디기 위하여 불활성 분위기에서 작동하는 것이 바람직하다.
- [0031] 플라즈마 스트림 소스는 이하 상세히 설명되는 바와 같이 단일 소스 또는 다중 소스의 조합일 수 있다.
- [0032] 도 1 및 도 2a, 2b를 참조하면, 공급물은 용융되어 하나의 환형 초음속 노즐(도 1)로 이어지는 가스 채널에 연결되거나 정점에 초점을 맞춘 개별 노즐(도 2a 및 2b)에 연결된 플라즈마 토치 링을 통해 중앙에서 공급된다.

용융은 플라즈마 플룸의 전도성 가열을 통해 또는 금속을 용융하는 다른 수단에 의해 달성될 수 있다. 용융물은 중력, 가스 압력 또는 피스톤 또는 이들의 조합에 의해 공급 튜브를 통해 전달될 수 있다.

[0033] 보다 구체적으로, 도 1은 용융 공급물로부터 금속 분말을 생산하기 위한 장치 A를 도시하며, 용융 도가니(10)는 용융물(12)을 포함하도록 구성되고 인덕션(induction)(14) 등에 의해 가열된다. 다수의 상용 플라즈마 토치들(16)이 도넛-형 플레넘(plenum) 챔버(18)에 연결된다. 플라즈마 토치 배출구는 도넛-형 챔버(18) 내부의 와류를 강제하기 위해 접선 방향(tangentially)으로 연결되어 적절한 플라즈마 가스 혼합 및 균일한 혼합을 가능하게 한다. 도넛-형 챔버(18)의 배출구(20)는 용융 공급물 스트림(22)을 향하는 단일 환형 초음속 노즐 형상일 수 있거나, 중앙에서 용융 스트림(22)을 향하는 다중 초음속 홀(노즐)을 포함할 수 있다. 도넛-형 챔버(18)의 배출구(20)는 용융 공급물 스트림(22)을 향하는 단일 환형 초음속 노즐의 형태일 수 있거나, 또한 중앙에서 용융 스트림(22)을 향하는 다수의 초음속 홀(노즐)을 포함할 수 있다. 액체 공급물(22)을 위한 공급 튜브(24)는 용융 도가니(10)와 용융 스트림을 분무하기 위해 초음속 플라즈마 플룸(26)이 적용되는 위치 사이에 제공된다. 도 2a 및 2b를 참조하면, 용융 공급물로부터 금속 분말을 생산하기 위한 또 다른 장치 A'가 도시되어 있으며, 다수의 작은 직경의 플라즈마 토치(116)에 원통형 초음속 노즐이 각각의 토치(116)에 설치되어 제공된다. 플라즈마 토치(116)는 도 2b에 가장 잘 도시된 바와 같이 링형 구성으로 배열되고, 각각의 플라즈마 토치(116)는 떨어지는 용융 스트림(액체 공급물)(122)을 직접 조준하고, 토치는 용융 스트림(122)에 대해 환형으로 배치된다. 전술한 바와 같이, 장치 A'는 용융물(112)을 포함하고 인덕션(114) 또는 다른 적절한 수단에 의해 가열되도록 구성된 용융 도가니(110)를 포함한다. 초음속 노즐은 도면 부호 120으로 도시되고, 용융 공급물 스트림(122)을 조준하며, 초음속 플라즈마 플룸은 도면 부호 126으로 표시된다. 액체 공급물에 대한 공급 튜브(124)는 용융 도가니(110)와 초음속 플라즈마 플룸(126)이 용융 스트림을 분무하도록 적용되는 위치 사이에 제공된다.

[0034] 도 3a 및 3b를 참조하면, 용융 공급물 및 고체 공급물로부터 금속 분말을 생산하기 위한 추가 장치 A"가 도시된다. 장치 A"와 관련된 방법에서, 고체 또는 액체 공급물(212)은 환형 플라즈마 토치를 통과하여 도가니/공급 가이드(210)를 통해 공급된다. 장치 A"는 또한 푸셔(202)(고체 공급물용)를 포함하지만, 대신 액체 공급물과 결합될 수 있다. 환형 토치는 불활성 가스를 플라즈마 상태로 가열하고 공급물(212)을 분무하기 위해 공급물의 로드(212)에 충돌하도록 가속할 수 있는 일련의 전극들(200)을 포함한다. 도 3b에서, 전기 아크는 도면 부호 204로 표시되고 플라즈마 플룸은 도면 부호 226으로 표시된다. 공급물(212)은 유도(214) 또는 저항식으로 예열될 수 있다.

[0035] 전술한 각각의 장치 A, A' 및 A"에 대해 수평축에서, 초음속 제트가 용융 스트림(제트)을 아래로 밀어내는 각도로 조준하는 것이 제안된다.

[0036] 용융 스트림은 로드 또는 잉곳뿐만 아니라 다른 소스에서 얻을 수 있다. 고체 공급물을 용융 스트림으로 녹이고 이를 정점 영역으로 가져오는데 사용되는 기술(들)은 적절한 속도, 압력 및 온도가 그러한 기술(들)에 의해 제공되는 한 관련이 없다.

[0037] 본 발명의 예시적인 실시예들에서, 플라즈마 소스는 이의 공통 가용성으로 인하여 아크 플라즈마 토치이다. 그러나 열 플라즈마 상태를 달성하기 위한 많은 다른 방법이 사용될 수 있다. 예를 들어, 유도 결합, 마이크로파 및 용량성 플라즈마 소스도 사용할 수 있다.

[0038] 본 발명의 또 다른 흥미로운 측면은 가스 및/또는 플라즈마가 초음속 노즐의 입구에서 높은 온도를 가지기 때문에 마하 속도에 도달하기 위해 훨씬 더 낮은 압력이 필요하다는 점에 있다. 이러한 낮은 압력은 설치 비용과 부품에 필요한 두께를 크게 감소시킨다. 상술한 예시적인 실시예에서, 10 기압의 유입구는 전체 설정을 공급하기에 충분하지만, 미세 입자 가스 분무화는 종종 40 내지 450 기압 정도의 압력을 사용한다.

[0039] 상술한 설명은 예시적인 실시예를 제공하지만, 설명된 실시예의 일부 특징 및/또는 기능은 설명된 실시예의 작동 원리 및 사상에서 벗어나지 않고 수정될 수 있다. 따라서, 상술된 설명은 실시예를 예시하고 비제한적인 것으로 의도되었으며, 당업자는 본원에 첨부된 청구 범위에 정의된 구현예들의 범위를 벗어나지 않고 다른 변형 및 수정이 이루어질 수 있음을 이해할 것이다.

[0040] 참고문헌

[0041] [1] Peter G. Tsantrizos, Francois Allaire 및 Majid Entezarian, "Method of Production of Metal and Ceramic Powders by Plasma Atomization", 미국등록특허 제5,707,419호, 1998년 1월 13일.

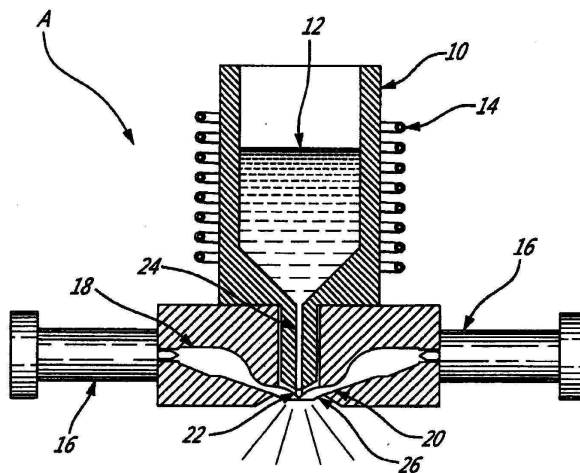
[0042] [2] Christopher Alex Dorval Dion, William Kreklewitz 및 Pierre Carabin, "Plasma Apparatus for the Production of High Quality Spherical Powders at High Capacity", 국제공개특허 제WO 2016/191854 A1호,

December 8, 2016년 12월 8일.

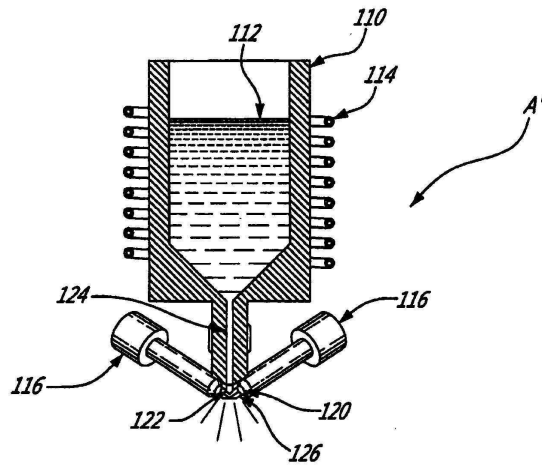
- [0043] [3] Michel Drouet, "Methods and Apparatuses for Preparing Spheroidal Powders", 국제공개특허 제WO 2011/054113 A1호, 2011년 5월 12일.
- [0044] [4] Maher I. Boulos, Jerzy W. Jurewicz 및 Alexandre Auger, "Process and Apparatus for Producing Powder Particles by Atomization of a Feed Material in the Form of an Elongated Member", 미국공개특허 제 2017/0326649A1호, 2017년 11월 16일.
- [0045] [5] "Titanium MIM Moves into the Mainstream with Plasma Atomised Powders from AP&C", Powder Injection Moulding International, Vol. 11, No. 2, 2017년 6월.

도면

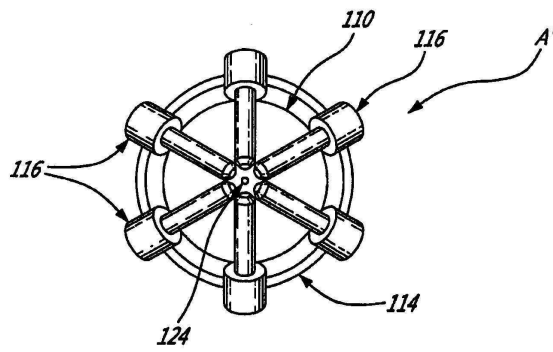
도면1



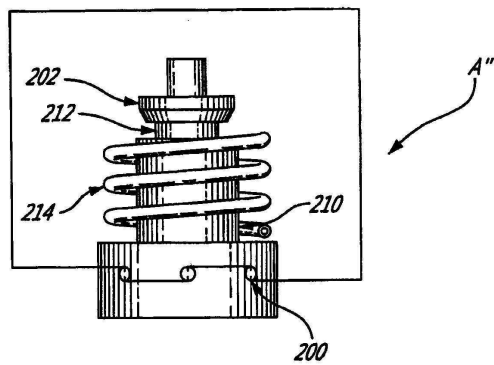
도면2a



도면2b



도면3a



도면 3b

