(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년08월20일
(11) 등록번호 10-1968672
(24) 등록일자 2019년04월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B21C 23/04 (2006.01) *B21C 23/08* (2006.01)
B22F 3/20 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-7026801
(22) 출원일자(국제) 2012년03월07일
심사청구일자 2017년03월02일
(85) 번역문제출일자 2013년10월10일
(65) 공개번호 10-2014-0044314
(43) 공개일자 2014년04월14일
(86) 국제출원번호 PCT/AU2012/000231
(87) 국제공개번호 WO 2012/119196
국제공개일자 2012년09월13일
(30) 우선권주장
2011900864 2011년03월10일 오스트레일리아(AU)
(56) 선행기술조사문헌
JP01129905 A
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
커먼웰쓰 사이언티픽 앤드 인더스트리얼 리서치 오가니제이션
오스트레일리아 오스트레일리안 캐피탈 테리토리 2601 액턴 클러니즈 로스 스트리트
(72) 발명자
윌슨, 로버트 시몬
오스트레일리아 빅토리아 3808 베컨즈필드 어퍼 브레넌 애비뉴 8
유서프, 머천트
오스트레일리아 빅토리아 3150 글렌 웨이버리 조던 그로브 9
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인(유)화우

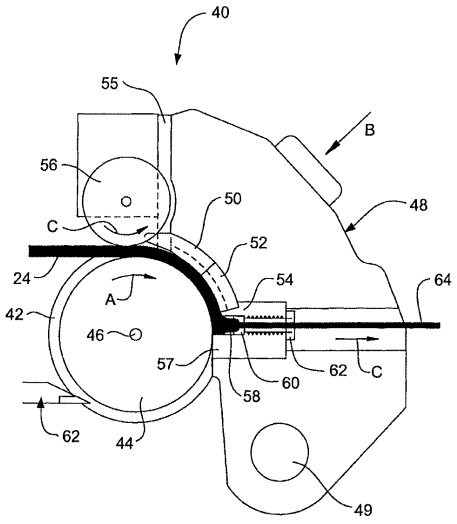
전체 청구항 수 : 총 28 항 심사관 : 박환수

(54) 발명의 명칭 **고온 성형가능한 비철금속의 압출**

(57) 요 약

공기 내 처리 시 취화를 일으키기 쉬운 고온 성형가능한 비철금속의 공급재들의 압출은 압출 시스템을 이용하며, 이는 회전가능한 휠 및 슈를 갖고, 슈는 휠의 주변부 주위의 홈의 길이 일부를 덮어 아치형 통로를 형성하며, 상기 슈는 통로의 제 2 단부를 실질적으로 폐쇄하는 맞댐부 및 다이 챔버에 의해 맞댐부로부터 이격된 압출 다이를 갖는다. 상기 공정은 공급 디바이스에 의해 정의된 챔버에서 적어도 약 390 ℃로 공급재를 예열하는 단계, 공급재가 가열되는 동안 공급 디바이스의 챔버 내에 보호 분위기를 유지하는 단계를 포함한다. 그 후, 예열된 공급재는 통로의 유입 단부로 통과되고, 통로를 따라 끌어 당겨져 맞댐부에 의해 다이 챔버로 밀어 넣어지고, 다이의 압출 오리피스를 통하여 압출된 제품을 제공한다.

대 표 도 - 도2



(72) 발명자

스톤, 나이젤 오스틴

오스트레일리아 빅토리아 3137 킬시스 자카란다 애비뉴 26

리치, 데이비드 제임스 벨

오스트레일리아 빅토리아 3201 카룸 다운즈 웨지 로드 60

캔틴, 겔센드 마리 델핀

오스트레일리아 빅토리아 3101 큐 야라 스트리트 4 유닛 3

깁슨, 마크 안토니

오스트레일리아 빅토리아 3150 글렌 웨이버리 솔즈베리 코트 1/5

토마스, 이안 커티스

오스트레일리아 빅토리아 3352 가리발디 버니뇽-마우트 머서 로드 859

(56) 선행기술조사문헌

JP10166035 A

JP58221613 A

JP59113920 A

JP61195969 A

US05503796 A

명 세 서

청구범위

청구항 1

압출 시스템을 포함한 장치를 이용하여 공기 내 처리 시 취화(embrittlement)를 일으키기 쉬운 고온 성형가능한 비철금속의 공급재들을 압출하는 공정에 있어서:

상기 압출 시스템은 회전가능한 휠(wheel) 및 슈(shoe)를 갖고, 상기 슈는 상기 휠의 주변부 주위의 홈의 길이 일부를 덮어 제 1 유입 단부 및 제 2 단부를 갖는 아치형 통로를 형성할 수 있도록 위치설정가능하며, 상기 슈는 상기 통로의 제2 단부를 폐쇄하는 맞댐부(abutment) 및 다이 챔버에 의해 상기 맞댐부로부터 이격된 압출 다이를 갖고, 상기 압출 다이는 다이 오리피스(die orifice)를 갖고;

공정용 공급재는 티타늄, 탄탈룸, 니오븀, 및 티타늄, 탄탈룸 및 니오븀 중 어느 것의 합금으로부터 선택되며, 상기 공정은:

공급 디바이스(feeder device)에 의해 정의된 챔버에서 390 ℃보다 낮지 않은 예열 온도로 상기 공급재를 예열하는 단계,

상기 공급재가 상기 공급 디바이스에서 상기 예열 온도로 가열되는 동안, 상기 공급 디바이스의 챔버 내에 산소 및 질소가 없는 보호 분위기(protective atmosphere)를 유지하는 단계,

상기 공급 디바이스로부터 상기 통로의 유입 단부로 상기 예열된 공급재를 통과시키는 단계, 및

상기 통로를 따라 상기 예열된 공급재를 끌어당겨, 상기 맞댐부와의 맞물림에 의해 상기 다이 챔버로 상기 예열된 공급재를 밀어 넣게 하고 상기 다이에 의해 정의된 압출 오리피스(extrusion orifice)를 통하게 하여 압출된 제품을 제공하는 단계를 포함하고,

상기 압출된 제품은 상기 다이 오리피스로부터 통과되고 냉각되는 압출 공정.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 예열 온도는 상기 휠의 회전 및 압출에 의해 발생되는 상기 공급재의 마찰 및 전단 변형으로 인한 온도를 초과하는 압출 공정.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 공급재는 티타늄 또는 티타늄 합금, 또는 50 원자퍼센트 티타늄을 함유한 합금이고, 상기 예열 온도는 760 ℃ 내지 1140 ℃인 범위 내에 있는 압출 공정.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 공급재는 탄탈룸, 탄탈룸 합금, 니오븀 및 니오븀 합금 중 어느 하나이고, 상기 예열 온도는 760 ℃ 내지 1140 ℃인 범위 내에 있는 압출 공정.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 공급재는 조립(coarse grain) 티타늄이고, 상기 예열 온도는 650 ℃를 초과하지 않으며, 상기 압출된 제품은 초미립자(ultra-fine grain) 제품인 압출 공정.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 공급재는 비압밀(unconsolidated) 또는 펠렛화(pelletised) 분말을 포함하고, 상기 예열 온도는 400 ℃ 내지 850 ℃인 압출 공정.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 공급재는 상기 공급 디바이스로부터 상기 압출 시스템의 통로의 유입 단부로 연속하여 통과되는 압출 공정.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 공급재는 긴 로드형(elongate rod form)으로 구성되고, 상기 공급 디바이스를 통해 상기 압출 시스템의 통로의 유입 단부로 연속하여 통과되는 압출 공정.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 공급재는 로드형의 가닥(length)들을 포함하고, 상기 가닥들은 상기 공급 디바이스로부터 상기 압출 시스템의 통로의 유입 단부로 연이어서 연속하여(in an end-to-end series) 통과되는 압출 공정.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 공급재는 비압밀 또는 펠렛화 분말을 포함하고, 상기 공급 디바이스로부터 상기 통로의 유입 단부에 인접한 상기 휠의 홈으로 통과되는 압출 공정.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 공급재는 상기 공급 디바이스로부터 상기 압출 시스템의 통로의 유입 단부로 통과하는 동안 보호 분위기 내에 유지되는 압출 공정.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 압출된 제품은 상기 다이 오리피스로부터 보호 분위기로 통과하고, 상기 보호 분위기 내에서 상기 압출된 제품은 분위기의 산소 및 질소에 노출될 수 있는 온도로 냉각되는 압출 공정.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 보호 분위기는 아르곤을 포함하는 압출 공정.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 공급재는 800 ℃ 내지 1100 ℃의 온도로 예열되는 고체 또는 압축 분말(compact powder)의 로드형 공급재를 포함하며, 압출의 시동 시 상기 압출 시스템의 구성요소들은 각각의 초기 작동 온도로 빠르게 가열되고 각각의 정상 상태(steady state) 온도를 달성하도록 냉각되며, 시동 온도들은:

CR 200 내지 400 ℃

SI 300 내지 450 ℃

A 300 내지 600 ℃

DI 300 내지 500 ℃

W 100 내지 400 ℃

이고,

CR은 상기 통로로의 유입구에 인접한 압인 롤(coining roll)을 나타내고, 상기 온도는 상기 압출 시스템의 롤 베어링 하우징에서 취해지며;

SI는 상기 슈의 슈 인서트(shoe insert)를 나타내고;

A는 상기 맞댐부를 나타내며;

DI는 상기 다이의 다이 인서트를 나타내고;

W는 상기 휠을 나타내는 압출 공정.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 시동 온도들은:

CR 250 내지 300 ℃

SI 320 내지 400 ℃

A 450 내지 550 ℃

DI 350 내지 400 ℃

W 180 내지 300 ℃

인 압출 공정.

청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 정상 상태 온도들은:

CR 300 내지 400 ℃

SI 600 내지 700 ℃

A Ta 또는 Nb에 대해 600 내지 1050 ℃, 및
Ti에 대해 600 내지 950 ℃

DI 600 내지 800 ℃

W(a) 250 내지 400 ℃

W(b) 600 내지 1000 ℃

이고,

W(a)는 상기 맞댐부의 직경방향 맞은편에 대해 취해진 휠의 정상 상태 온도를 나타내고,

W(b)는 상기 맞댐부에 인접한 휠의 정상 상태 온도를 나타내는 압출 공정.

청구항 17

제 14 항에 있어서,

상기 정상 상태 온도들은:

CR 200 내지 350 ℃

SI 600 내지 630 ℃

A 600 내지 650 ℃

DI 500 내지 650 ℃

W(a) 250 내지 290 ℃

W(b) 600 내지 750 ℃

이고,

W(a)는 상기 맞댐부의 직경방향 맞은편에 대해 취해진 휠의 정상 상태 온도를 나타내고,

W(b)는 상기 맞댐부에 인접한 휠의 정상 상태 온도를 나타내는 압출 공정.

청구항 18

공기 내 처리 시 취화를 일으키기 쉬운 고온 성형가능한 비철 금속의 공급재로부터 압출된 제품을 생성하는 장치에 있어서:

상기 금속은 티타늄, 탄탈룸, 니오븀, 및 티타늄, 탄탈룸 및 니오븀 중 어느 것의 합금으로부터 선택되며, 상기 장치는:

(a) 압출 시스템 -상기 압출 시스템은

휠의 주변부 주위에 홈을 갖는 회전가능한 휠;

제 1 유입 단부 및 제 2 단부를 갖는 아치형 통로를 형성하도록 상기 휠의 홈의 길이 일부를 덮도록 위치설정가능한 슈;

상기 통로의 제2 단부를 폐쇄하는 상기 슈에 의해 정의되거나 유지되는 맞댐부; 및

상기 슈에 의해 정의된 압출 챔버에 의해 상기 맞댐부로부터 이격되고 상기 슈에 의해 유지되는 압출 다이를 가짐- ;

(b) 상기 공급재를 수용할 수 있고 상기 공급재를 상기 압출 시스템의 통로의 유입 단부로 통과시킬 수 있는 챔버를 정의하는 공급 디바이스;

(c) 상기 공급 디바이스와 연계되고, 390 ℃보다 낮지 않은 예열 온도로 상기 챔버 내에 있는 동안의 상기 공급재를 가열하도록 작동가능한 가열기;

(d) 상기 공급 디바이스와 연계되고, 공급재가 상기 예열 온도로 가열되고 있는 동안 상기 공급 디바이스의 상기 챔버 내에 보호 가스의 분위기를 유지할 수 있도록 보호 가스의 가압 소스(pressurized source)에 연결가능한 연결 디바이스;

(e) 상기 공급 디바이스로부터 상기 압출 시스템의 통로의 유입 단부로 예열된 공급재를 공급하여, 예열된 공급재가 상기 휠의 회전에 의해 상기 통로를 따라 끌어당겨질 수 있게 하고, 상기 예열된 공급재가 상기 맞댐부와의 맞물림에 의해 다이 챔버로 밀어 넣어지고 상기 다이에 의해 정의된 압출 오리피스를 통하게 하여 상기 압출된 제품을 생성하게 하는 디바이스; 및

(f) 압출된 제품이 통과할 수 있는 상기 압출 시스템에 대한 유출구를 형성하는 세장형 배출 용기(elongate discharge vessel) -상기 압출된 제품이 상기 용기를 빠져나가기 전에 처리될 수 있는 온도로 냉각될 수 있음-를 포함하는 압출 제품 생성 장치.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 공급 디바이스의 상기 챔버는 로드형 공급재를 수용하는 유입 단부, 및 예열된 공급재를 상기 압출 시스템의 통로의 유입 단부로 통과시킬 수 있는 유출 단부를 갖는 세장형 챔버인 압출 제품 생성 장치.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 공급 디바이스는 로드형 공급재의 가닥들이 수용가능한 에어로크(airlock)를 정의하고, 상기 에어로크는 상기 공급재가 상기 챔버로 통과되기 전에 보호 가스에 의해 플러싱(flush)될 수 있게 하도록 가압된 보호 가스의 소스에 연결가능하며, 상기 에어로크와 챔버 사이의 공급 밸브가 상기 에어로크로부터 상기 챔버로 공급재를 지나가게 하거나 지나가지 못하게 하도록 작동가능한 압출 제품 생성 장치.

청구항 21

제 19 항에 있어서,

상기 챔버의 유출 단부와 상기 공급 디바이스의 유출 단부 섹션 사이에 게이트가 제공되고, 상기 게이트를 통해 상기 예열된 공급재가 상기 압출 시스템의 통로의 유입 단부로 통과할 수 있는 압출 제품 생성 장치.

청구항 22

제 18 항에 있어서,

상기 가열기는 RF 유도 가열기 또는 전기저항 가열기인 압출 제품 생성 장치.

청구항 23

제 18 항에 있어서,

상기 공급 디바이스는 회전가능하게 장착된 기울어진 관상 킬른으로 구성되고, 상기 킬른은 상단부에 비압밀 분말 공급재의 공급부(supply)를 위한 호퍼(hopper)를 가지며, 상기 킬른의 하단부는 상기 통로의 유입 단부에 인접한 위치에서 상기 압출 시스템의 휠의 홈으로 예열된 분말을 안내하는 가이드 디바이스(guide device)를 갖고, 상기 가열기는 상기 킬른의 상단부와 하단부의 중간에 위치되며; 상기 공급 디바이스는 상기 킬른을 회전시키는 디바이스를 더 포함하는 압출 제품 생성 장치.

청구항 24

제 23 항에 있어서,

상기 킬른의 상단부에서의 공급부는 상기 킬른의 상단부 내에 분말 공급재를 배출하는 유출구를 갖는 공급 호퍼(feed hopper)이고, 상기 호퍼는 상기 분말과 함께 상기 킬른의 상단부로의 배출을 위한 상기 공급 호퍼로의 보호 가스의 공급을 가능하게 하는 연결기를 갖는 압출 제품 생성 장치.

청구항 25

제 24 항에 있어서,

상기 가이드 디바이스는 스파우트(spout) 호퍼이고, 상기 스파우트 호퍼의 상단부에서 상기 킬른의 하단부가 회전가능하며, 상기 스파우트 호퍼는 상기 압출 시스템의 휠의 홈 위에 유출 스파우트 개구부(outlet spout opening)를 갖는 압출 제품 생성 장치.

청구항 26

제 25 항에 있어서,

상기 공급 호퍼 및 상기 스파우트 호퍼 중 적어도 하나는 분말 공급재의 유동을 돕도록 작동가능한 연계된 태퍼 디바이스를 갖는 압출 제품 생성 장치.

청구항 27

제 23 항 내지 제 26 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 킬른의 하단부로부터의 분말 공급재의 유동을 돕도록 상기 킬른 내에 스크레이퍼 디바이스가 제공되는 압출 제품 생성 장치.

청구항 28

제 23 항 내지 제 26 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 가열기는 상기 상단부 및 하단부의 중간에서 상기 킬른의 적어도 한 구역을 둘러싸는 압출 제품 생성 장치.

청구항 29

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 연속 작업을 가능하게 하는 비철금속의 압출을 위한 공정 및 장치에 관한 것이다. 본 발명은 상승된 온도의 공기 내 처리 시 취화(embrittlement)를 일으키기 쉬운 티타늄, 탄탈룸, 및 니오븀과 같은 고온 성형가능한 비철금속에 대한 특정 적용예를 갖는다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "티타늄", "탄탈룸", 또는 "니오븀"과 같은 금속의 언급은 상기 금속 및 그 합금들을 포함한다. 상기 공정은 티타늄 로드 및 와이어의 생산을 위한 특정 적용예를 갖지만, 로드, 와이어뿐 아니라 티타늄의 다른 세장형 형태들을 생산하는 데 사용될 수 있으며, 탄탈룸 및 니오븀을 포함 -이에 제한되지는 않음- 한 다른 고온 성형가능한 비철합금의 다른 세장형 형태들을 생산하는 데 사용될 수도 있다.

배 경 기 술

[0002] 티타늄 와이어 및 로드는 크롤(Kroll) 공정에 의해 생산된 빌릿(billet)으로부터 압출된다. 크롤 빌릿은 배치(batch) 생산되고, 비용이 많이 든다. 크롤 빌릿으로부터의 와이어 및 로드 밀링(milling) 또는 압출은 다-단계 배치 작업을 수반하며, 이는 낮은 재료 수율 및 적은 제품 수량(product volume)을 유도한다. 보다 저가의 공급재, 특히 티타늄 분말, 재활용 칩(recycled chip), 스펀지 과립(sponge granule) 또는 그 밖의 유사한 것을 사용할 수 있고, 와이어 및 로드와 같은 세장형 티타늄 제품을 증가한 수율 및 더 낮은 공정 비용으로 보다 적은 처리 단계에서 증가한 제품 수량으로 연속적으로 형성할 수 있는 것이 바람직할 것이다.

[0003] 탄탈룸 및 니오븀은 1차 및 2차 경로들을 통해 처리된다. 1차 처리는 매우 높은 온도에서 이루어지며, 매트릭스로 확산되어 취화를 유도하는 산소 및 질소와의 반응을 방지하기 위해 높은 진공 상태에서의 어닐링(annealing), 용해(또는 소결)를 필요로 한다. 1차 경로는 진공 상태의 2000 ℃에서 소결되는 냉압착 또는 열압착 분말로부터의, 또는 3000 ℃(니오븀에 대해서는 2415 ℃) 이상에서의 진공 용해 방법들에 의한 빌릿의 제작을 수반한다. 2차 처리는 통상적으로 실온에서 이루어지며, 와이어 인발(drawing)용의 작은 바아(bar)들을 생산하기 위해 약 90 % 축소(reduction) 후 중간 재결정 어닐링을 거친다. 따라서, 종래 처리는 배치 공정들에 의해 나누어진다. 그러므로, 연속적인 방식으로 보다 낮은 온도에서 단일 작업으로 최종 탄탈룸 또는 니오븀 와이어 또는 로드를 생산하는 것이 바람직할 것이다.

[0004] 알루미늄 및 구리 압출물의 생산을 위한 알려진 공정은 연속적인 회전 압출 작업을 이용한다. 회전 압출을 이용한 주요 공정은 "컨폼(Conform)" 공정이다. 컨폼 공정은 Holton 및 BWE 기계들에 기초하는 바와 같은 많은 변형예를 갖지만, 이들은 연속 회전 압출의 동일한 원리들에 따른다. 최근의 변형예는 그 주된 목적이 공급 단면을 크게 변경하지 않고 공급재의 강소성 가공(severe plastic deformation)을 제공하는 것이라는 점에서 종래의 연속 회전 압출과 약간 상이하다.

[0005] 회전 압출 공정들은 회전가능한 휠 및 고정된 슈를 갖는 압출 시스템으로 구성된 형태의 장치를 이용하며, 상기 슈는 휠의 주변부 주위의 홈의 길이 일부를 덮어 아치형 통로를 형성한다. 상기 슈는 통로의 일 단부를 폐쇄하는 맞댐부(abutment)를 갖는 한편, 다이 챔버에 의해 맞댐부로부터 이격된 성형 또는 압출 다이가 다이 오리피스(die orifice)를 정의한다. 주위 온도에서의 공급재는 맞댐부로부터 멀리 있는 통로의 단부에 있는 통로로의 유입구로 건네지고, 휠의 회전이 슈와의 마찰 맞물림(frictional engagement)을 초과하는 휠과의 마찰 맞물림에 의해 통로를 따라 공급재가 끌어당겨지게 한다. 공급재는 마찰 맞물림들에 의해 열과 압력을 충분히 받아, 공급재가 맞댐부와의 맞물림에 의해 다이 챔버로 밀어 넣어지고 다이 오리피스를 통해 압출될 수 있다. 다음 US 특허들에서, 상기 타입의 장치의 변형예들 및 이들을 이용한 공정들이 제공된다:

[0006] a) Green의 3765216 및 3872703, Etherington의 4101253, Green 외의 4044587, Hunter 외의 4055979, 및 고인

이 된 Green 외의 4061011 -모두 United Kingdom Atomic Energy Authority에 양도됨- ;

[0007] b) Trefimetaux로의 양도인, Moreau의 4041745;

[0008] c) Metal Box Public Ltd Co로의 양도인들, East 외의 4552520;

[0009] d) Babcock Wire Equipment Ltd로의 양도인들, Anderson 외의 4650408;

[0010] e) The Southwire Co로의 양도인들, Sinha 외의 5167138, 5284428 및 5503796; 및

[0011] f) Los Alamos National Security, LLD로의 양도인들, Zhu 외의 7152448.

[0012] 이 특허들 각각은 세장형 고체 원료(feedstock) 또는 분말인 공급재의 연속 압출을 개시한다. 금속은 식별되는 경우, 전형적으로 구리 및/또는 알루미늄 또는 이들의 합금이며, 주위 온도에서 공급재로 압출이 시작된다.

[0013] 회전 압출 공정들이 긴 구리 및 알루미늄 제품들을 생성하기 위해 사용되지만, 이는 단면 크기 제한 및 다른 어려움이 없지 않다. 하지만, 구리 또는 알루미늄 공급재들을 이용한 작업에 적절한 조건들이 공기 내의 상승된 온도 처리 시 취화를 일으키기 쉬운 고온 성형가능한 비철 금속들, 예컨대 티타늄, 탄탈룸, 및 니오븀 공급재들과의 사용에 적절하지 않은 것으로 밝혀졌다.

[0014] Etherington의 USP '253은 맞댐부 부재의 바로 앞에서 최대에 도달하지만, 맞댐부 부재 이후 최소로 떨어지는 변동 응력(fluctuating stress)들로 인한 휠의 피로 파괴의 전개를 나타낸다. 또한, Moreau의 USP '745는 공급재와 통로 벽들 간의 마찰에 의해 많은 양의, 때로는 지나치게 많은(prohibitive) 열이 발생함을 언급한다. 또한, 다이 부근에서 사각지대(dead zone)가 형성될 수 있는 한편, 마찰로 인한 가열에 의한 운동 에너지(motive energy)의 흡수 때문에 에너지 산출이 작다. Moreau는 일부 금속들에 대해 여러 단점들이 공정을 매우 부적절하게 할 만큼 충분히 심각하다고 말한다. 이는 종래의 컨폼 처리가 공기 내의 상승된 온도 처리에서 취화를 일으키기 쉬운 티타늄, 탄탈룸 및 니오븀과 같은 고온 성형가능한 비철 금속들과 함께 시도되는 경우에도 그러한 것으로 밝혀졌다.

[0015] Hunter 외의 US '979는 원료가 압축됨에 따라 통로의 벽들이 반복 응력을 받게 되는 경우 통로가 겪는 변형(straining)에 관한 Etherington의 발견을 지지한다. Hunter 외에 의하여, 휠이 회전할 때 겪게 되는 압력/온도 사이클이 모든 홈 표면들에서 미세한 피로 균열(micro fatigue crack)을 발생시킨다는 메카니즘이 제안된다. 이 문제는 티타늄, 탄탈룸 및 니오븀, 및 본 발명이 확장되는 다른 금속들이 그 압출을 위해 실질적으로 더 높은 압력 레벨들을 필요로 하기 때문에 악화되는 것으로 여겨진다. East 외의 USP '520은 통로의 유출 단부 부근의 필요한 동작 간극(necessary working clearance)을 통해 금속 또는 "플래시(flash)"가 압출되는 또 다른 문제를 개략적으로 나타낸다. 플래시의 제거를 위한 정지를 필요로 할 뿐 아니라, 이는 휠에 대한 마찰 항력을 증가시키고, 휠 및 슈 부재들의 다양한 부분들의 작동 온도 및 마찰에 의해 발생된 열에 더해진다. Sinha 외의 USP '138, '428 및 '796은 상당한 열이 거대한 마찰 저항에 의해 발생되고 공급재에 의해 축방향 응력을 받게 한다는 것을 증명한다. 또한, USP '138은 컨폼 압출 기계의 장점들이 이론적으로 연속적인 압출 공정의 제공, 및 그 압출에 앞서 공급재를 예열할 어떠한 필요도 회피한 저온(cold) 고체 또는 분말 공급재의 사용을 포함한다고 설명하면서 이 실제 단점을 언급한다. 이는, 공급재가 서로 주위 온도에 있음에도 불구하고 거대한 마찰 저항에 의해 상당한 열이 발생한다는 문제이다. 또한, USP '138에 따르면, 컨폼 장치는 고 응력 작용 작업들을 거치는 경우 "오렌지 필(orange peel)"을 야기할 수 있는 비-균일한 마이크로구조 및 큰 표면 입자들을 갖는 압출 제품들을 생성한다고 알려져 있다. USP '428 및 '796은 이 문제에, 분말 재료의 압출을 이용하면 컨폼 장치가 통로에 걸친 난류 및 전단력으로 인해 고르지 않은 분말 유동의 심각한 문제를 발생시킬 수 있다는 인식을 더한다. 이는 홈이 있는 회전 휠보다 공급재에 대해 고정되는 압출 슈를 따라 전단력이 더 높기 때문이다. 따라서, 통로를 따른 차동 냉각(differential cooling)이 필요할 수 있으며, 이는 티타늄, 탄탈룸 및 니오븀 분말들로부터의 압출을 더 복잡하게 할 것이다.

[0016] Zhu 외의 USP '448은 ECAP(equal channel angular pressing) 또는 ECAE(equal channel angular extrusion)의 기술에 의해 강소성 가공(SPD)을 제공하는 장치의 범위를 확장한다. 특히, Zhu 외는 컨폼 장치에 의해 가능해진 연속 회전 압출과 함께 ECAP/ECAE 기술의 작동을 제공하는 장치를 제안한다. 조합된 장치는 알루미늄 바아의 처리에 적용가능한 것으로서 예시된다. 상기 장치는 어떠한 금속 또는 합금 워크피스와도 사용될 수 있는 것으로 언급되지만, 티타늄 및 본 발명이 확장되는 바와 같은 다른 금속들을 이용한 장치의 효능 정도는 명백하지 않다.

[0017] 또한, "Precise Extrusion Technology by Conform Process for Irregular Sectional Copper"(Tonogi 외,

Hitachi Cable Review No-21, 2002년 8월, 77-82 페이지, http://www.hitachi-cable.co.jp/en/about/publish/review/_icsFiles/afieldfile/2005/11/29/2_review13.pdf에서 이용가능함)이 관련된다. 이 연구는 알루미늄보다 경질인 금속들에 대해 불충분한 툴 강도 및 열악한 제품 품질과 같은 문제들이 컨폼 압출 적용 범위를 제한하였다고 지적한다. 하지만, 기계류(machinery)의 개선으로 인해 구리 물품의 대량 생산에 컨폼 압출을 이용할 수 있게 되었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0018] 본 발명은 앞서 설명된 타입의 장치를 이용하며, 이는 앞서 상세히 설명된 바와 같이 다이 오리피스 및 맞댐부를 갖는 고정된 슈 및 회전가능한 휠을 포함한다. 고온 성형가능한 비철 금속의 공급재가 맞댐부로부터 멀리 있는 통로의 단부에서의 유입구로 건네지고, 다이 오리피스를 통한 압출을 위하여 휠의 회전에 의해 통로를 따라 끌어당겨진다. 이러한 장치에서 알루미늄 또는 구리, 및 이들의 합금들의 압출을 이용하는 바와 같이, 슈 및 맞댐부는 공급재의 마찰 및 전단 변형에 의해 발생된 열에 의해 상승된 온도에 이르고 유지되며, 툴링(tooling)을 보존하고 압출을 시작하도록 슈 및 맞댐부가 예열된다. 하지만, 이러한 가열은 단면과 같은 일부 제한들을 받는 알루미늄 및 구리의 압출은 가능하게 하는 한편, 공기 내 처리 시 취화를 일으키기 쉬운 티타늄, 탄탈룸 및 니오븀과 같은 고온 성형가능한 비철금속의 세장형 제품의 효과적인 압출은 가능하지 하지 못한다.

과제의 해결 수단

[0019] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 압출 시스템을 포함한 장치를 이용하여 고온의 공기 내 처리 시 취화를 일으키기 쉬운 고온 성형가능한 비철금속을 압출하는 공정이 제공되며, 상기 압출 시스템은 회전가능한 휠 및 슈를 갖고, 이는 슈가 휠의 주변부 주위의 홈의 길이 일부를 덮어 제 1 유입 단부 및 제 2 단부를 갖는 아치형 통로를 형성할 수 있도록 위치설정가능하며, 상기 슈는 통로의 제 2 단부를 실질적으로 폐쇄하는 맞댐부 및 다이 챔버에 의해 맞댐부로부터 이격된 압출 다이를 갖고; 상기 공정은 공급 디바이스(feeder device)에 의해 정의된 챔버에서 적어도 약 390 ℃인 예열 온도로 공급재를 예열하는 단계, 공급재가 공급 디바이스에서 예열 온도로 가열되는 동안 공급 디바이스의 챔버 내에 실질적으로 산소 및 질소가 없는 보호 분위기(protective atmosphere)를 유지하는 단계, 공급 디바이스로부터 통로의 유입 단부로 예열된 공급재를 통과시키는 단계, 및 통로를 따라 예열된 공급재를 끌어당겨 맞댐부와의 맞물림에 의해 다이 챔버로 예열된 공급재를 밀어 넣게 하고 다이에 의해 정의된 압출 오리피스를 통해 압출된 제품을 제공하는 단계를 포함한다. 보호 분위기는 바람직하게는 아르곤을 포함한다.

[0020] 공급 디바이스에서, 공급재는 보호 분위기 하에 예열 온도로 가열된다. 공급재는 마찰 및 전단 변형만을 인한 온도를 실질적으로 초과한 온도로 다이 오리피스에 제공될 수 있다. 예열 온도는 실질적으로 390 ℃를 초과할 수 있으며, 공급재의 형태에 따라 예를 들어 약 760 ℃를 초과하여 티타늄에 대해 약 1140 ℃까지, 및 탄탈룸 및 니오븀에 대해 약 1200 ℃까지 이를 수 있다. 온도는 바람직하게는 티타늄, 탄탈룸 및 니오븀 각각에 대해 약 800 ℃ 내지 1100 ℃의 범위 내에 있다. 하지만, 특히 티타늄을 이용한 UFG(ultra-fine grain) 제품이 요구되는 경우, 약 650 ℃를 초과하지 않는, 바람직하게는 600 ℃보다 높지 않은 예열 온도가 유리할 수 있다. 또한, 공급재가 비압밀 분말(unconsolidated powder)을 포함하는 경우, 예열 온도는 약 400 ℃ 내지 적어도 약 850 ℃, 예를 들어 약 775 ℃ 내지 820 ℃일 수 있다.

[0021] 또 다른 실시형태에서, 본 발명은 고온의 공기 내 처리 시 취화를 일으키기 쉬운 고온 성형가능한 비철 금속의 압출 제품을 생성하는 장치를 제공하고, 상기 장치는:

[0022] (a) 압출 시스템 -이는

[0023] 휠의 주변부 주위에 홈을 갖는 회전가능한 휠;

[0024] 제 1 유입 단부 및 제 2 단부를 갖는 아치형 통로를 형성하도록 휠 홈의 길이 일부를 덮도록 위치설정가능한 슈;

[0025] 통로의 제 2 단부를 실질적으로 폐쇄하는 슈에 의해 정의되거나 유지되는 맞댐부; 및

[0026] 슈에 의해 정의된 압출 챔버에 의해 맞댐부로부터 이격되고 슈에 의해 유지되는 압출 다이를 가짐-;

[0027] (b) 공급재를 수용할 수 있고 압출 시스템 통로의 유입구로 통과시킬 수 있는 챔버를 정의하는 공급 디바이스;

[0028] (c) 공급 디바이스와 연계되고 적어도 약 390 ℃인 예열 온도로 챔버 내에 있는 동안의 공급재를 가열하도록 작동가능한 가열기;

[0029] (d) 공급 디바이스와 연계되고, 공급재가 예열 온도로 가열되고 있는 동안 챔버 내에 보호 가스의 분위기를 유지할 수 있도록 보호 가스의 가압 소스(pressurized source)에 연결가능한 연결 디바이스; 및

[0030] (e) 공급 디바이스로부터 압출 시스템의 통로의 유입 단부로 예열된 공급재를 공급하는 디바이스 -이로 인해, 예열된 공급재가 휠의 회전에 의해 통로를 따라 끌어당겨질 수 있으며, 맞댐부와의 맞물림에 의해 다이 챔버로 밀어 넣어지고 다이에 의해 정의된 압출 오리피스를 통과하여 압출된 제품을 생성함-를 포함한다.

[0031] 본 발명의 공급 시스템 및 공정을 이용하면, 예열 온도가 다수 파라미터의 변동에 따라 변할 수 있다. 이들은 공급재를 포함한 특정 금속, 공급재의 성질, 통로 벽에 제공되는 공급재의 단면적, 압출 비, 압출 속력, 및 재료의 플래시 손실 정도를 포함한다. 공급재의 성질의 경우, 이는 선택되는 고온 성형가능한 금속 및 공급재의 물리적 형태로 확장된다. 또한, 일단 정상 상태(steady state) 압출이 달성되면 실질적으로 일정한 예열 온도가 유지될 수 있지만, 시작할 때는 더 높은 예열 온도가 유리할 수 있으며, 이는 정상 상태 압출에 접근함에 따라 점차 감소한다.

[0032] 예열 온도는 공급재가 예열되는 공급 디바이스로부터 통로에 대한 유입구로 공급재가 통과할 때 일어날 수 있는 냉각을 고려하여야 한다. 컨폼 공정에 의한 알루미늄 및 구리의 종래 압출을 이용하는 바와 같이, 공급재가 통로를 따라 다이 챔버 내로 끌어당겨지고 다이를 통해 압출될 때 마찰 및 전단에 의해 상당한 열이 발생된다. 공급재의 예열의 필요성에도 불구하고, 알루미늄 및 구리의 종래 컨폼 공정 압출에서와 같이 임계 위치(critical location)들에서 온도를 조절하기 위해 냉각을 제공할 필요가 있다. 구체적으로, 냉각은 통로로부터 다이 챔버로의 흐름을 우회시키는 맞댐부의 온도를 제어하고 다이의 온도를 제어하기 위해 제공된다. 하지만, 통로에 대한 유입구로부터 다이 유출구까지의 온도 프로파일은 알루미늄 및 구리의 압출에 대한 종래 컨폼 작업에 의해 얻어진 것과 상이하다.

[0033] 고체 또는 압축 분말의 로드형 공급재를 이용하면, 상기 재료의 예열은 약 800 ℃ 내지 1100 ℃의 온도로 이루어질 수 있다. 약 800 ℃ 내지 925 ℃와 같은 상기 범위의 하단(lower end)은 CP 및 Ti 합금들의 블렌딩된 기본 혼합물(blended elemental mixture)들에 대해 바람직하다. 시작 시, 압출 시스템의 구성요소들은 초기 작동 온도까지 빠르게 가열되고, 허용가능한 정상 상태 온도를 유지하도록 냉각되어야 한다. 티타늄 로드형 공급재에 적절한 이러한 온도들의 예시가 표 1 및 표 2에 나타내어진다.

표 1

시작 온도 (℃)		
	전형적인 예	바람직한 예
CR	200 – 400	250 – 300
SI	300 – 450	320 – 400
A	300 – 600	450 – 550
DI	300 – 500	350 – 400
W	100 – 400	180 – 300

[0034]

표 2

[0035]

정상 상태 온도 (℃)		
	전형적인 예	바람직한 예
CR	300 – 400	<350
SI	600 – 700	600 – 630
A	600 – 950	600 – 650
DI	600 – 800	500 – 650
W(a)	250 – 400	250 – 290
W(b)	600 – 1000	600 – 750

[0036] 표 1 및 표 2에서:

[0037] CR은 압인 롤(coining roll)을 나타내며, 온도는 롤 베어링 하우징에서 취해진다. 압인 롤은 통로에 대한 유입구에 인접한다(로드 형태로부터 압출되는 경우에만 사용함).

[0038] SI는 다이 블록 연장부를 형성하는 슈 인서트(shoe insert)를 나타낸다.

[0039] A는 맞댐부를 나타낸다.

[0040] DI는 다이 인서트를 나타낸다.

[0041] W는 휠을 나타내며, W(a)의 온도는 맞댐부의 직경방향 맞은편에 대해 취해지고, W(b)는 맞댐부 바로 앞에서 취해진다. W(b)는 측정하기 어렵지만, 일반적으로 공급재 예열 온도보다 약 100 내지 200 ℃ 낮다.

[0042] 펠렛화(pelletized) 및 비압밀 분말을 포함한 공급재를 이용하면, 예열 온도는 약 400 내지 1100 ℃, 바람직하게는 약 775 내지 820 ℃일 수 있다. 압출기 내의 위치들에서의 온도는 바람직하게는 표 1 및 표 2에 상세히 나타낸 바와 같다. 온도들은 수소와 임시로 합금하는 바와 같은 티타늄의 경우에 더 낮은 범위로 수정될 수 있다.

[0043] 일반적으로, 표 1 및 표 2의 온도 범위들은 탄탈룸 및 니오븀 각각에 적절하다. 하지만, 각각의 경우 맞댐부에서의 온도는 약 1050 ℃까지 이를 수 있다.

[0044] 전형적으로는 수용된 대로의 분말들 또는 60 내지 90 %의 이론적 밀도, 바람직하게는 75 %로 사전-압밀된 펠렛화 분말로부터지만, 또한 완전 고체인 로드 공급으로부터, 특히 티타늄을 이용하여 UFG 압출 로드를 형성하기 위해, 툴링 온도는 표 1 및 표 2에 나타낸 것과 거의 동일할 수 있다. 분말 기반 공급재는 예열을 위해 공급 디바이스에서 600 ℃까지 예열될 수 있으며, 바람직하게는 400 내지 500 ℃이다. 완전 고체인 로드 공급으로부터 UFG 압출 로드를 형성하기 위해, 충분한 공급 길이가 압출 휠에 걸친 코팅 또는 타이어(tyre)를 허용하도록 800 내지 1100 ℃에서 압출 디바이스로 통과되어야 하고, 그 후 로드 공급은 주위 온도에서 450 ℃만큼 높은 온도까지 이르는 예열 온도에서 압출 디바이스에 들어갈 수 있으며, 상기 온도는 바람직하게는 약 370 내지 430 ℃이다.

[0045] 압출 시 입력 라인 속력은 알루미늄 및 구리의 압출을 위한 종래의 컨폼 압출기들의 기능 내에 있을 수 있으며, 이는 약 0.33 m/s 이상까지의 범위에 이른다. 주어진 입력 속력에 대한 출력 라인 속력은 압출 비(ER, 즉 (공급재 반경)^2/(제품 반경)^2) 및 플래시 손실에 의해 제어된다. 예를 들어, 재구축되었지만 그 원래 형태로부터 여하한의 상응하는 부분들이 다르지 않은 BWE 285 컨폼 기계를 이용하여 12 mm 직경의 고체 티타늄 바아로부터 압출하는 경우, 0.8, 1, 1.8, 4 및 16의 ER 값들이 달성될 수 있다고 알려져 있다. 0.8 내지 4의 ER 값들은 표 1에 나타낸 다이 인서트(DI) 예열을 이용하여 가능하다. 16의 ER 값은 약 600 ℃와 같은 더 높은 DI 예열로부터 효력이 있을 것이다. 각각의 경우, 압출 제품은 만족스러운 품질을 이루었고, 플래시로서 과도한 재료 손실 없이 생산되어, 플래시로부터의 허용 후 공급 길이의 ER 배인 제품 길이를 제공하였다.

[0046] CP 티타늄에 대해, 약 1000 ℃와 같이 880 ℃의 알파 전이 온도 이상의 처리가 불균일 미세조직(heterogeneous microstructure)을 유도한다. 티타늄 합금을 이용하면, 전이 온도는 조성에 따라 변하지만, 베타 필드에서 처

리하는 경우 베타 합금 조성들 이외에 불균일 미세조직이 얻어진다.

[0047] 또한, 고체 로드로부터 앞서 나타낸 ER 값들은 압밀 분말 로드형 공급재, 및 비압밀 펠렛화 분말 공급재로 달성될 수 있다. 각각의 경우, 물론 이론적 밀도보다 낮은 압밀 분말 로드형 및 훨씬 더 낮은 질량 밀도를 갖는 비압밀 펠렛화 분말로 인해, 주어진 입력 공급 길이로부터 상이한 각자의 제품 길이가 존재한다.

[0048] 압밀된 기본 합금 분말 또는 비압밀된 기본 합금 분말의 로드형 공급재를 이용하여, 처리는 불균일 미세조직을 유도한다. 연성 매트릭스(ductile matrix)로서 CP 티타늄이 기본 티타늄 합금 분말의 압출 거동보다 우위에 있다. 이는 CP 티타늄 함량으로 인한 것인데, 합금 첨가가 후속한 균질화 어닐에 의해 제거될 때까지 분해되지 않은 이차 입자로서 실질적으로 유지되고, 압출들이 합금 재료의 특성들을 나타내기 때문이다. 티타늄, 탄탈룸 및 니오븀 각각의 압밀 및 비압밀된 합금 분말은, 분말의 화학적 성질이 합금의 화학적 성질 및 균질성으로 시작한다는 점에서 기본 합금 분말과 상이하다. 이 두 경우에서 합금의 화학적 성질 및 이에 다른 합금의 특성들은 고급 제품에 필요한 최적 압출 예열 온도, 압출 변형, 및 변형 속도를 변경시킬 것이며, 완전 고체인 합금 로드 공급재에 관해서는 동일한 일반 규칙이 적용된다.

[0049] 티타늄, 탄탈룸 및 니오븀과 같은 본 발명에서 사용되는 분말은, 로드형 공급재로 압밀되든지 비압밀 공급재든지 상관없이 여러 상이한 타입들, 또는 심지어 적어도 2 이상의 타입의 혼합물로 이루어질 수 있다. 티타늄의 경우, 분말은 티타늄 하이드라이드, 티타늄 하이드라이드/디하이드라이드(H/DH), 티타늄 스폰지, 분무 분말(atomised powder), 펠렛화 분말, 과립 및 스폰지 과립, 및 다른 형태의 미립자 티타늄 공급재를 포함할 수 있으며, 이는 적절한 순도의 재순환 공급재들을 포함한다. H/DH, 스폰지 같은 분말, 및 펠렛화 공급재들이 본 발명에서 사용하기에 매우 적절한 것으로 밝혀졌다. 공급재 대부분은 바람직하게는 압출 제품에서 다공성(porosity)을 제거하기 위해 낮은 클로라이드 함량을 가지며, 예를 들어 100 ppm Cl보다 낮다. 하지만, 첨삭가공 디바이스(additive manufacturing device)들과 같이 높은 진공 하에 제품 와이어를 다시 용해하는 바와 같은 적용들에 대해서는 클로라이드 레벨이 그렇게 제한되지 않아도 될 수 있다.

[0050] 본 발명에 대한 공급재의 각 형태를 이용하면, 금속은 상용 순수(CP) 티타늄에 대한 ASTM 1등급 내지 4등급과 같은 보편적으로 인정되는 등급들 중 어느 하나, 및/또는 5등급 내지 38등급 티타늄 합금 조성들 중 어느 하나, 또는 50 원자퍼센트에 가까운 형상 기억 합금 TiNi와 같이 다량의 티타늄을 함유한 합금일 수 있다. 압밀 또는 비압밀 분말의 경우, 이러한 티타늄 합금 등급의 압출 제품은 적절한 비율의 모합금 및 기본 분말들의 분말 혼합으로부터 생성될 수 있다; 예를 들어, 60 wt% Al-40wt%V 합금 분말이 CP 티타늄 분말과 블렌딩된다. 또한, 압밀 또는 비압밀 분말이 합금 분말의 형태로 이루어질 수 있다. 공급재의 각 형태에서, 이는 알파, 알파-베타, 또는 베타 합금을 포함하거나 제공할 수 있다.

[0051] (a) 분말 공급재

[0052] 분말 공급 디바이스의 주요 목적은 제품에 대한 최소 오염으로 홈붙이 휠(grooved wheel)의 정점(apex) 부근에 (티타늄, 탄탈룸 또는 니오븀의 유동 응력을 낮추기 위해) 약 1000 ℃만큼 높은 온도까지 가열되어 조절된 자유유동성 분말 공급재를 전달하는 것이다. 이차 목적은 화재 또는 폭발을 유도하지 않는 직업적으로 안전한 방식으로 가열된 분말 공급재를 전달하는 것이다.

[0053] 공급 디바이스는 [직접 중력 공급(direct gravity feeding)에 의한 바와 같이] 반경방향 방식으로, 또는 (진동 공급기에 의한 바와 같이) 접선방향 방식으로 휠 홈에 분말 공급재를 전달할 수 있다. 하지만, 조절된 유동을 유지하고 티타늄, 탄탈룸 또는 니오븀 분말에 가열을 제공하기 위해 기울기 조정을 허용하는 중간 공급 전달부(intermediate feed delivery)가 채택될 수 있다. 충분한 양의 분말 공급재를 포함하는 호퍼가 기울어지는 킬른(kiln)과 함께 이동할 수 있다. 또한, 호퍼는 킬른과의 그 각도는 유지한 채로 들어 올려져, 호퍼의 배출에서 슈-형상의 스파우트(spout)로부터 나오는 킬른 내의 분말 더미의 깊이를 변경시킬 수 있다.

[0054] 일 형태에서, 공급 디바이스는 조정가능하게 기울어지는 관상 회전 킬른을 포함할 수 있으며, 이는 가열 디바이스를 갖고, 이로 인해 분말 공급재가 유입 단부로부터 유출 단부까지 지나감에 따라 가열될 수 있다. 분말은 바람직하게는 스파우트에 의해 안내되며, 이는 그 단부에 킬른의 유출 단부로부터 통로의 유입 단부에 인접한 회전 휠의 홈 내 위치까지의 흐름을 위한 슈-형상의 돔을 갖는다. 공급 디바이스는 슈-형상의 호퍼 배출부를 통해 킬른의 유입 단부로 분말 공급재를 공급하여, 재료가 킬른을 따라 흐르고 (가이드 디바이스 같은) 스파우트 호퍼를 통해 킬른의 유출 단부로부터 통로의 유입구까지 지나게 할 수 있도록 작동가능한 공급 호퍼의 형태일 수 있다. 킬른, 공급 호퍼, 및 스파우트 호퍼를 포함한 시스템은 가열 디바이스 또는 용해로를 더 포함하며, 불활성 가스의 소스에 연결가능하다. 상기 시스템은 킬른을 따라 흐르는 분말의 속력 변동을 허용하

도록 수평선으로부터 적절한 각도, 예컨대 2 내지 45 ° 로 기울어져서 유출 단부에 대해 유입 단부를 들어올릴 수 있다. 스파우트 호퍼는 킬른에 대해 고정되고, 수직선으로부터 약 5 ° 기울어져 앞으로 연장될 수 있으며, 슈-돔이 그 단부에서 앞으로 분말을 충전하고 분말로 하여금 막힘없이 미끄러지게 하도록 형상화될 수 있다. 스파우트 호퍼의 하부면은 약 0.5 ㎜보다 크지 않은 갭으로 홈붙이 휠의 표면 윤곽을 따른다. 전체 공급 유닛은 모듈식일 수 있으며, 통로의 유입 단부에 인접한 회전 휠의 홈 내 위치에 분말 공급재를 제공하기에 적절한 높이 및 위치에서 압출기의 공급 단부에 세팅될 수 있다.

[0055] 킬른은 바람직하게는 아르곤과 같은 보호 또는 불활성 가스의 소스에 연결가능하여, 가스가 킬른 내에 약간의 과압(over-pressure)을 유지할 수 있게 하며, 이로 인해 가열되고 있는 동안 산소 및 질소에 대한 노출로부터 분말을 보호한다. 불활성 가스는 바람직하게는 분말과 병류로(co-currently) 흐르도록 킬른의 유입 단부에 공급된다. 이 병류를 이용하여, 불활성 가스는 스파우트 호퍼로부터 분말과 배출될 수 있다. 이는 산소 및 질소에 대한 분말의 노출을 최소화함으로써, 분말이 통로로 끌어당겨질 때 가열된 분말에 대한 보호를 제공하고 분말이 배출될 때까지 압밀된 채로 유지된다.

[0056] 킬른은 여러 적절한 재료들로 만들어질 수 있다. 한가지 적절한 재료는 강철이며, 바람직하게는 페라이트계 스테인리스강과 같은 스테인리스강이다. 하지만, 적절한 강철들은 티타늄-Fe 공석 반응과 같은 공급재와의 반응들로 인해 약 1000 ℃의 최대 분말 가열 온도로 제한된다. 대안적으로, 킬른은 실리카, 부분적으로는 안정화 지르코니아로, 또는 공급재와 화학적으로 반응하지 않고 적절한 세라믹 재료와 같이 열충격 저항성이 있는 다른 재료로 만들어지거나 라이닝(line)될 수 있다.

[0057] 또한, 공급 호퍼는 아르곤과 같은 보호 가스의 공급 소스에 연결가능할 수 있다. 이는 원래 공급 호퍼로부터 다른 가스들을 플러싱(flush)하기 위한 것이다. 하지만, 공급 호퍼로부터 회전 킬른으로의 분말 공급재의 배출과 함께, 보호 가스는 공급재와 공급 호퍼로부터 킬른으로 흘러, 대기의 침투 및 산소 또는 질소에 의한 오염 위험을 배제할 수 있다.

[0058] 분말 공급재는 공급 호퍼에 저장될 수 있으며, 이는 바람직하게는 분말 유동 특성들에 따라 결정된 호퍼 각도를 갖는 중력 호퍼(gravity hopper)이다. 호퍼 각도가 상이한 타입의 분말에 따라 결정된 경우 분말의 유동 특성들에 따라 흐르게 하기 위해 라이닝으로서 작용하도록 호퍼의 내부에 퍼넬 덱(funnel deck)이 추가될 수 있다. 다른 경우, 호퍼에 진동 태퍼(vibrating tapper)가 장착되어, 호퍼 각도 또는 퍼넬 덱을 결정하는 데 사용된 분말들과 상이한 유동 특성들을 갖는 티타늄, 탄탈룸 또는 니오븀 공급재의 사용으로 인해 일어날 수 있는 분말의 브리징(bridging)을 방지할 수 있다. 아르곤과 같은 보호 가스는 공급 호퍼의 최상부에서 공급될 수 있으며, 회전 킬른의 상부 유입 단부에서 공급된다. 제어 시스템은 바람직하게는, 보호 가스 유동이 경보 세팅 이하로 산소 함량을 감소시킬 때까지, 킬른이 회전을 시작하거나 가열될 수 없고, 또는 킬른에 공급재가 공급될 수 없을 것을 보장한다. 예를 들어, 티타늄 분말 공급재의 경우 4 부피%의 산소 레벨이 티타늄으로 하여금 태워지게 할 것이며, 경보 세팅은 상기 레벨 이하가 되어야 한다.

[0059] 공급 호퍼는 바람직하게는 슬라이딩 게이트(sliding gate)를 가지며, 이는 보호 가스 유동이 회전 킬른 내의 산소 레벨을 충분히 낮춘 후에만 완전히 개방되고, 그 후 이차 슬라이딩 게이트가 킬른의 최상부로의 공급재 유동을 조절하도록 조정가능할 수 있다. 제어 시스템은 바람직하게는, 킬른이 충분히 가열될 때까지 조정가능한 슬라이딩 게이트가 개방될 수 없고, 킬른의 회전이 시작되어 슬라이딩 베어링이 킬른 확장으로 인한 움직임에 가담할 때까지 가열이 시작되지 않을 것을 보장한다.

[0060] 아르곤과 같은 보호 가스들, 및 티타늄, 탄탈룸 또는 니오븀 분말 공급재는 모두 회전 킬른의 저온 최상부 섹션으로 공급된다. 공급재는 바람직하게는 보호 가스보다 낮은 지점에서 공급되어, 가스가 공급재 분말을 방해하고 분말 클라우드(powder cloud)를 생성하는 것을 방지한다. 분말 클라우드는 홈붙이 휠 위의 배출 지점에서 격납부(containment)를 고장내고, 폭발 위험을 제기할 수 있는 한편, 물질 이동(mass transfer)의 효율성도 떨어뜨린다.

[0061] 분말 공급재가 티타늄의 경우 600 ℃ 이상과 같이 공기가 없는 상태에서 가열되는 경우, 이는 특히 외부 응력의 존재 시 그 자체로 소결되고 고착되어 자유 분말 유동을 저해할 수 있다. 하지만, 주위 온도의 공급 호퍼로부터 회전 킬른의 내부로 분말 공급재를 전달함으로써, 회전의 전단 작용 및 중력이 분말의 연속 유동을 허용하고, 이로 하여금 스파우트 호퍼로 떨어져 홈붙이 휠로 전달되게 한다. 또한, 전단 작용은 다양한 크기 분포 및 형태론의 미립자들 또는 분말들의 공급을 허용한다. 또한, 회전 및 기울기 각도는 분말의 질량 유량 및 분말로의 열전달을 조절한다. 2° 의 바람직한 킬른 기울기 각도가 킬른을 통한 분말의 안정 레벨(steady powder level)을 허용한다. 스파우트 호퍼의 바람직한 유출구는 휠의 홈으로의 분말의 자유 이동을 제공하도록

가능한 한 수직선에 가깝다. 더 큰 각도로 킬른을 기울이는 능력은 상이한 유동 특성들을 갖는 다양한 분말 타입들에 대한 열 유동 및 질량 유량의 변경을 허용한다. 분말 유동의 끝으로는, 슈-형상의 호퍼 배출부 아래 위치된 스크레이퍼가 앞으로 슬라이딩되어 킬른에서 여하한의 잔여 분말을 치울 수 있다.

[0062] 바람직하게는, 공급 호퍼 및 스파우트 호퍼가 둘 다 회전 킬른에 대해 정적으로 유지된다. 회전 킬른의 유입구의 공급 호퍼 단부에 슬라이딩 가스 시일이 형성되고, 스파우트 호퍼는 회전 킬른의 배출 단부를 둘러싸며, 회전 킬른은 킬른과 스파우트 호퍼 사이의 유연한 연결로 인해 기울어질 수 있게 유지된다. 그 후, 스파우트 호퍼는 압출기의 홈붙이 휠과 슬라이딩 시일을 형성한다. 호퍼들 및 킬른 내의 보호 가스의 과압이 주위 분위기의 침투를 방지하도록 작용한다.

[0063] 일단 분말 공급재가 공급 호퍼를 떠나면, 이는 회전 킬른의 저온 섹션으로부터 고온 섹션까지 전단 작용에 의해 이동하고, 분말의 체류 시간은 그 최종 온도를 좌우한다. 회전 킬른의 배출부에서의 스파우트의 수용 각도는 적어도 공급 호퍼 각도와 동일하며, 수직선으로부터 5 ° 가 바람직하다. 이 각도 및 킬른에 의해 제공되는 추가 기울기는 분말의 영역 내 문제(hang up)들을 방지한다. 하지만, 스파우트 호퍼 내에서 상승되거나 하강될 수 있는 로드 또는 블레이드로 구성된 덩어리 분쇄기(lump breaker)가 부분적으로 소결된 덩어리들의 분쇄를 허용한다. 스파우트 호퍼의 태퍼의 적용은 소결에 의해 형성될 수 있는 여하한의 집괴체들을 더 부수고, 통상적으로 요구되지는 않지만 특히 더 미세한 분말들과 더 높은 온도의 조합에 대해 진동 메시의 형태를 취할 수 있다. 스파우트 호퍼의 기울기는 기울일 수 있는 킬른에 대해 고정될 수 있으며, 킬른은 고정된 스파우트 호퍼로 배출한다. 이는 스파우트의 일정한 수용 각도를 허용하고, 분말들에 대해 스파우트로부터 저속 거동(lazy flow behaviour)으로 배출되게 한다. 또한, 호퍼로의 조절된 보호 가스 유입이 호퍼의 최상부로부터 저부까지의 압력 강하를 최소화하여, 분말 더미의 고른 낙하를 가능하게 한다. 스파우트 호퍼는 바람직하게는 휠에 걸쳐 누출 시일(leaking seal)을 형성하며, 이는 킬른 내의 보호 가스 배압의 추가적인 증대를 허용한다. 또한, 스파우트 호퍼 및 그 스파우트는 바람직하게는 열 손실을 방지하도록 단열되고, 추가 가열될 수도 있다.

[0064] 분말 공급재의 가열은 회전 킬른의 구성 재료에 따라 여러 상이한 가열기들을 사용하여 이루어질 수 있다. 가열은 복사 가열에 의해, 또는 여하한의 다른 연속 가열 방법 또는 시스템을 이용함으로써 이루어질 수 있다. 편리한 일 구성에서, 가열은 킬른의 길이를 따라 2 이상의 위치들에서 수행될 수 있으며, 이는 바람직하게는 킬른의 비교적 저온인 유입 단부로부터 먼 쪽으로 유출 단부를 향해 위치된다.

[0065] 전체 공급 조립체 및 그 구성요소들은 모두 다른 모든 구성요소들과 동일한 대지 전위에 있고, 산소 부피 퍼센트의 받아들일 수 없는 증가를 가능하게 하는 보호 가스 손실의 경우 질량 유량을 차단하도록 서로 맞물리며, 제어 시스템은 조립체 내의 산소 함량을 모니터링하는 센서들을 포함할 수 있다.

[0066] (b) 로드형 공급재

[0067] 로드 또는 바아형의 공급재는 고체 금속, 또는 이론적 밀도의 60 %를 초과하는 압밀 분말로 이루어질 수 있다. 각각의 경우, 세장형 공급재가 등온 또는 연속 가열된 가닥(length)들로서 압출 장치로 공급될 수 있다. 가열은 RF 유도 가열 구성, 연속 전기저항 가열을 이용하거나, 또는 여하한의 다른 연속 가열 방법 또는 시스템을 이용함으로써 이루어질 수 있다. 가열 속도는 바람직하게는 압출 장치의 스루풋에 대해 조정된다. 가열은 적절한 격납 용기에 유지된 세장형 공급재와 수행될 수 있다. 용기의 내부는 우선 아르곤 또는 다른 불활성 가스와 같은 보호 가스로 플러싱되며, 용기 내에 위치된 세장형 재료와 함께 가스의 정압이 확립되고 가열이 시작된다.

[0068] 공급재가 고온에서 산소 및 질소와 반응하는 것을 중지시키기 위해, 실리카 튜브가 아르곤과 같은 보호 가스를 위한 격납 용기로서 작용할 수 있다. 보호 가스는 특히 다공성이고 틈새 오염(interstitial contamination)이 매우 침투하기 쉬운 압밀 분말 공급재의 로드들에 대해 필요하다. 또한, 공급재는 예열 노출 시간 동안 1100 ℃까지의 온도에서 실리카 용기와 지나치게 반응하지 않아, 공급재로 하여금 용기 벽에 고착되지 않고 자유롭게 미끄러짐으로써 수송되게 한다. 공급재의 금속 및 그 합금들과 지나치게 반응하지 않고, 예열 및 공급 시 수반되는 온도 변동들을 견딜 수 있는 한, 다른 재료들이 격납 용기의 제조 또는 라이닝에 사용될 수 있다.

[0069] 격납 용기 내에서 등온 또는 연속 가열되는 경우 로드형들이 압출 장치로 전달된다. 바람직하게는, 공급 유닛이 연속 압출을 위해 상기 장치로 로드형의 가닥(length)들을 공급한다. 로드형의 압밀 분말은 정화된 보호 가스와 함께 적절한 가닥들로서 저온 로딩 구역으로 로딩된 후, 예열을 위한 고온 구역으로 로딩될 수 있다. 이 압밀 분말 가닥들의 공급은 자동화될 수 있으며, 부피 스루풋에 있어서 고온 구역으로의 연속 공급이 압출 장치의 압출 출력과 매칭된다. 로드형 압밀 분말의 압출로부터의 압출 제품은 완전히 조밀하거나 완전히 조밀한 것

에 매우 가까울 수 있고, 계속된 가닥들 사이의 뚜렷한 접합 잔여물 없이 이루어진다. 또한, 고체 공급재의 공급 로드들이 연속 가닥들로서 공급되므로, 공급 밸브 및 플러싱 챔버가 사용되지 않아도 될 수 있다. 로드형의 각 타입은 완전히 가열될 때까지 고온 구역에 남아야 한다. 환경 온도에 대한 드웰 시간(dwell time)은 압밀 분말의 가닥들로 하여금 부분적으로 소결되고 처음에 밀려난 후 단일 가닥으로서 압출기를 통해 끌어 당겨지게 하였다. 공급재가 고온 구역을 나가 회전 압출 툴링에 진입함에 따라, 중성 분위기 내의 산소는 약 30 ppm으로 약간 상승할 수 있다. 툴링을 통하는 아르곤과 같은 보호 가스의 역류가 도입되어, 슬라이딩 게이트가 개방되어 있는 기간 동안 틈새 오염을 더 감소시킬 수 있다.

[0070] 균질한 제품을 보장하기 위해, 공급 길이를 따른 예열 온도의 변동은 바람직하게는 정상 상태가 행해질 때까지 CP 티타늄과 같은 공급재에 대해 ±50 ℃보다 작으며, 바람직하게는 ±20 ℃보다 작다.

[0071] 로드형 공급 시스템은 가벼운(mild) 표면 블루잉에 대한 제품 내 오염을 최소화하도록 0 내지 32 ppm 및 (화재 예방을 위해) 4 부피% 이하의 산소 레벨을 갖는 중성 보호 분위기를 유지하지 위해 서로 맞물린다.

[0072] (c) 분말 공급용 압출 장치

[0073] 압출 장치는 Zhu 외의 USP '448의 ECAP/ECAE 변형예를 포함하여, 앞서 기재된 종래 기술에서 상세히 설명된 바와 같이 다양한 형태로 이루어질 수 있다. 하지만, 본 발명의 압출 시스템 및 공정의 맥락에서 압출 장치의 사용을 용이하게 하도록 약간의 적합화(adaptation)가 필요하거나 바람직하다.

[0074] 나타낸 바와 같이, 분말 공급재용 공급 디바이스는 홈붙이 휠의 정점 가까이에서, 또는 그 앞에서 배출할 수 있다. 분말 공급 디바이스를 BWE 컨폼 타입의 기계에 피팅하고 휠 정점에서의 공급을 허용하기 위해, 바람직하게는 여하한의 압인 롤 하우징이 제거된다. 일 구성에서, 클램핑 플레이트 조립체가 압출 장치의 프레임에 장착되는 최상부 플레이트에 부착된다. 클램핑 플레이트 조립체는 홈이 있고, 분말 공급 디바이스가 기능할 공간을 제공할 수 있다. 또한, 클램핑 플레이트 조립체는 장치의 슈의 클램핑을 위한 로딩 지점으로서 작용할 수 있다. 또한, 클램핑 플레이트는 보호 가스의 역류의 도입을 허용할 수 있다. 클램핑 플레이트 내의 홀이 스파우트 호퍼의 위치설정을 허용한다.

[0075] 스파우트 호퍼 및 클램핑 플레이트 내의 홈은 휠 위로 분말의 확산을 억제하고 이를 휠 홈 내에서 슈 인서트 아래로 지향되게 유지함으로써 플루드 공급(flood feeding)을 허용할 수 있다. 스파우트 호퍼 뒤쪽의 텅(tongue)이 휠 홈으로 들어가며, 분말의 전진 이동만을 허용한다. 스파우트 호퍼의 하부 에지들은 예컨대 ~0.5 mm의 툴링 갭으로 휠의 표면 윤곽을 따를 수 있으며, 이는 분말 유출 및 손실을 최소화한다.

[0076] 슈 인서트들은 통상적인 형태로 이루어질 수 있다. 슈 인서트들과 휠 간의 갭들은 로드 형태들로부터 압출되는 통상적인 바와 동일하며, 0.5 mm 이하의 플래시 갭이 압밀에 앞선 분말 손실을 최소화하고 홈에 걸친 타이어 형성을 최대화한다. 분말 공급이 압밀 구역에 대한 수용 부피를 최대화하도록, 바람직하게는 진입 블록의 선단(leading end)의 텅이 제거된다. 이 경우에 슈 인서트 텅은 우수한 마찰 계면을 형성하기 위해 휠 홈의 표면 상으로의 분말의 압축 기능을 수행한다. 이는 압축된 분말로 하여금 다이 챔버 툴링 앞으로 밀어 넣어지게 한다.

[0077] 특히 여하한의 형태론 중에 압축 시 입자-간 로킹(inter-particle locking)을 위한 최고 유량, 최저 체류 시간, 및 최저 표면 영역을 갖는 구형 입자에 대해, 타이어 형성의 가능성을 최대화하도록 스파우트 호퍼 부근의 클램핑 플레이트의 홈에 압인 롤을 설치하는 것이 유리함을 입증할 수 있다. 이는 클램핑 플레이트 조립체를 교환함으로써, 또는 압인 롤에 대해 슈 인서트들을 수정함으로써 충분히 쉽게 달성될 수 있다. 또한, 구동되는 압인 롤이 분말에 양(positive)의 관성을 제공하여, 홈으로의 전진 이동을 허용하고 분말 유출을 완화할 것이다.

[0078] 클램핑 플레이트가 휠 위에서 분말 공급을 둘러싸기 때문에, 분말의 분위기 보호가 유지될 것을 보장하도록 아르곤과 같은 보호 가스의 추가 스트림을 지향하는 것이 간단하다. 압출 휠 주위의 프레임 영역은 바람직하게는 배플에 감싸져서, 압출 시 휠 주위에 가스의 정압이 공급될 것을 보장한다.

[0079] (d) 로드형 공급용 압출 장치

[0080] 분말 공급재를 사용하는 바와 같이, 로드형 공급재용 압출 장치는 Zhu 외의 USP '448의 ECAP/ECAE 변형예를 포함하여, 앞서 기재된 종래 기술에서 상세히 설명된 바와 같이 다양한 형태로 이루어질 수 있다. 본 발명의 압출 시스템 및 공정의 맥락에서 압출 장치의 사용을 용이하게 하도록 약간의 적합화가 필요하거나 바람직하다. BWE 구성의 컨폼 디바이스를 참조하면, 압출 장치의 중요한 구성요소들은 (ⅰ) 홈붙이 휠, (ii) 슈 인서트들, (iii) 맞댐부/다이 챔버들, (iv) 압인 롤, 및 (ⅴ) 스크레이퍼 블레이드들이다. 맞댐부 툴링의 중요 툴링 구성

요소는 바람직하게는 초내열 합금, 텅스텐 레늄 합금, 또는 높은 응력 및 700 ℃까지의 온도를 견딜 수 있는 다른 재료로부터 제조되어, 툴링 변형 및 마모를 최소화한다.

[0081] (ⅰ) 홈붙이 휠은 H13 공구강과 같은 공구강으로부터 제작될 수 있다. 홈은 매끄러운 U-형상의 홈일 수 있으며, 예를 들어 약 15 mm의 깊이 및 약 13 mm의 폭을 갖고, 12 mm 직경의 로드 공급재를 수용하기에 적절하다. 580 ℃ 이상으로 예열되는 티타늄, 탄탈룸 또는 니오븀과 같은 고온 성형가능한 비철 금속의 "고착성(stickiness)"은, 성공적인 압출을 달성함에 있어서 매우 유리한 바와 같이 휠에 대한 공급재의 점착 및 휠 홈 내의 공급재의 타이어 형성을 허용하기에 충분하다.

[0082] (ⅱ) 압출 시 슈 인서트 툴링은 700 ℃만큼 높은 온도로 가열될 수 있고, 이는 바람직하게는 Rene 95 초내열 합금과 같은 내고온성 재료로부터 제조된다. H13 강으로부터 제조된 인서트들은 총 수십 미터의 제품만을 수행하기에 충분한 것으로 밝혀졌다. 슈 인서트들의 온도는 툴링 인서트들의 뒤쪽으로의 냉각 유체의 제어된 적용에 의해 조절될 수 있다. 슈 인서트들은 0.5 mm의 측면 간극을 갖고 휠 홈 내로 돌출되는 텅을 갖는다. 진입 블록의 텅은 로드를 정리(straighten)하고 홈으로 안내하는 역할을 한다. 다이 블록 연장 텅의 기능은 휠 홈과 공급재 간의 마찰 계면을 증가시키도록 홈 안으로 더 단단히 로드 공급재를 변형시키는 것이다. 이는 공급재가 맞댐부에 가까워질수록 텅의 최상부와 휠 홈의 저부 사이의 거리를 감소시키는 테이퍼를 가짐으로서 달성된다. 진입 블록의 텅은 압인 롤이 이 기능들을 형성하기 때문에 압축된 분말의 로드들로부터 압출되는 경우 기본적으로 필요하지 않다. 진입 블록은 휠 홈의 저부까지 압인 롤을 낮추게 하도록 끼워질(slot) 수 있다. 진입 블록 텅과 휠 홈 간의 공급을 위한 간극은 앞서 설명된 홈 치수들에 대해 약 12.3 mm이고 약 12 mm로 감소할 수 있다. 이와 유사하게, 다이 블록 연장 텅과 휠 홈 간의 공급 갭은 약 12 mm이고 8.0 내지 10 mm로 감소할 수 있다. 휠의 최상부와 진입 블록 슈 인서트의 측면들의 간극은 약 1.0 내지 2.3 mm이고 0.5 mm로 감소할 수 있으며, 휠의 최상부와 다이 블록 연장 슈 간의 간극은 약 0.5 mm일 수 있다.

[0083] (ⅲ) 맞댐부/다이 챔버 툴링은 맞댐부의 최적 열 방산을 위해 단일 피스로서 제조될 수 있지만, 바람직하게는 맞댐부는 다이 챔버들로의 인서트로서 사용될 수 있다. 맞댐부의 온도는 맞댐부 뒤쪽으로의 냉각 유체의 제어된 적용에 의해 조절될 수 있다. 맞댐부 툴링은 바람직하게는 높은 고온 강도를 위한 W-25%Re-4%(HfC)와 같은 텅스텐-레늄 합금, 또는 Rene 95 초내열 합금과 같은 내고온성 고강도 재료로부터 제조된다. 마그네시아 부분안정화 지르코니아를 포함하여 유사한 고온 안정성 재료들이 충분하고, 이는 고온에서의 공기 내 처리 시 취화를 일으키기 쉬운 티타늄 및 탄탈룸 또는 니오븀과 같은 다른 고온 성형가능한 비철 공급재들과 적절히 화학적으로 안정된다. 다이 챔버들에 대해서는 높은 강도보다 내마모성이 더 중요하므로, 가장 바람직하게는 Rene 95 다이 챔버들이 마그네시아 부분안정화 지르코니아(Mg-PSZ) 또는 부분안정화 지르코니아의 코팅과 같은 마모면 인서트(wear facing insert)들, 또는 티타늄 및 탄탈룸 및 니오븀과 같은 다른 공급재들과의 낮은 반응도 및 초내열 합금에 대한 우수한 열적 격자 매칭(thermal and lattice match)을 갖는 또 다른 내마모성 층을 갖는다. Rene 95 맞댐부 및 다이 챔버 툴링은 바람직하게는 서브솔버스(subsolvus) 용액 처리를 거치며, 최적 강도 및 내마모성을 위한 석출 경화 및 세립 미세조직을 생성하도록 에이징(age)된다. 휠과 다이 챔버들 간의 간극은 0.1 mm 내지 0.5 mm(플래시 갭), 바람직하게는 0.3 mm로 세팅되어야 한다. 축소 다이 또는 다이 챔버들 내부의 다이 인서트는 바람직하게는 티타늄에 대해 120 ° 끼인각, 또는 탄탈룸 및 네오디뮴에 대해 45 ° 끼인각이었으며, H13 공구강과 같은 공구강으로부터 제조될 수 있다. 끼인각 및 랜드(land)에 대한 인서트 다이의 하드 페이싱(hard facing)이 제품 품질 및 툴 수명을 개선한다.

[0084] (ⅳ) 압인 롤은 바람직하게는 H13 강과 같은 공구강으로부터 제조되며, 압인 롤이 휠 홈의 저부로 기하학적으로 최대한 낮춰질 수 있도록 조정된다. 또한, 압인 롤 베어링들의 강제 냉각이 바람직하다.

[0085] (ⅴ) 플래시의 제거를 담당하는 스크레이퍼 블레이드 표면들은 H13 공구강으로부터 제조될 수 있지만, 이는 수십 미터의 압출 제품에 대해서만 우수하므로, 바람직하게는 Rene 95와 같은 초내열 합금으로부터 제조되거나, PSZ와 같은 내마모성 층, 또는 티타늄 및 탄탈룸 및 니오븀과 같은 다른 공급재들과의 허용 반응도를 갖는 다른 고경도(hard) 내마모성 층으로 코팅되어야 한다. 스크레이퍼 블레이드들과 휠의 최상부 간의 갭은 다이 인서트 오리피스 부근의 다이 챔버들과 휠의 최상부 간의 갭과 동일하여야 하며, 또는 바람직하게는 0.125 mm 더 커야 한다. 다이 챔버들과 휠 간의 갭이 약 1.1 mm보다 큰 경우, 스크레이퍼 블레이드들에 의해 휠 홈으로부터 자유롭게 타이어가 당겨지고 시징(seizing)으로 인해 휠이 그 회전을 중단할 위험이 존재한다.

[0086] 로드형의 냉간 등방압 가압(CIPped)되거나 사전-압축된 분말들을 압출하는 것은, 75 내지 100 %, 바람직하게는 100 % 밀도로 로드의 고온 압축을 허용하고, 휠 홈과 로드의 충분한 마찰 계면을 달성하여 로드가 맞댐부 앞으로 밀어 넣어지고 다이 인서트를 통해 압출되게 하도록 로드 홈붙이 휠의 저부와 압인 롤 간의 갭의 조정을 필

요로 한다.

[0087] (e) 압출물(extrudate) 배출

[0088] 각 타입의 공급재에 대하여, 압출물은 다이를 빠져나가는 경우 600 ℃를 초과하는 온도에 있다. 압출물은 냉각, 분위기 보호의 유지, 및 관리자들로부터의 격리를 필요로 한다. 이 기능들을 충족시키기 위해, 바람직하게는 아르곤과 같은 유동 보호 가스로 채워지는 세장형 배출 용기가 압출 조립체로부터의 유출구로서 채택된다. 압출물은 일단 배출 용기를 안전하게 빠져나가고 충분히 차가운 온도에 놓이면 그래빙(grab)될 수 있다. 일단 그래빙되면, 이는 인장 하에 배치되어 곧게 유지되고 지나친 표면 오염 또는 관리자의 위험 없이 감길 수 있다.

[0089] 배출 용기는 오염을 최소화하도록 아르곤과 같은 유동 보호 또는 중성 분위기로 채워질 수 있다. 배출 용기는 용기 내의 강제 냉각의 필요성이 제거되거나 압출물이 충분한 저온에 이를 때까지 지연되도록 하는 길이를 갖는다. 이는 배출 용기 이후 물에 의한 강제 냉각이 사용되는 경우 물 분해로부터 형성되는 스트림 및 가능한 수소의 적절한 통기를 허용한다. 대안적으로, 물은 용기 외부 및 이에 따라 접촉하고 있는 압출물을 냉각할 수 있다. 티타늄은 물 기반 냉각제와 반응할 수 있으며, 이러한 냉각제는 티타늄을 수소로 오염시키고 표면 산화를 야기할 수 있다. 700 ℃ 이상에서, 분해된 수소의 폭발 연소가 가능하다. 또한, 스트림이 다시 라인 위로 이동할 수 있으며, 전개된 수소가 분말들과 반응하고 제품을 오염시킬 수 있다. 따라서, 격납된 보호 중성 가스 분위기 구성이 채택될 필요가 있다. 배출 용기는 개방될 수 있는 클램핑된 가스 시일을 가질 수 있으며, 배출 용기는 필요에 따라 멀리 이동될 수 있다. 이러한 보호 중성 가스 분위기는 모든 고온 성형가능한 비철 공급재의 압출물에 대해 바람직하다.

도면의 간단한 설명

[0090] 이제 본 발명이 더 쉽게 이해될 수 있도록 첨부된 도면들에 대해 설명된다:

도 1은 티타늄, 탄탈룸 또는 니오븀과 같은 로드형의 고온 성형가능한 비철 금속 공급재를 압출 조립체에 전달하는 공급 디바이스의 개략적인 측면도;

도 2는 도 1에서와 같은 공급 디바이스와 작동하는 압출 조립체의 중심 단면도;

도 3은 확대하여 나타낸 도 2의 조립체의 맞댐부/다이 챔버의 중심 단면도;

도 3a, 도 3b 및 도 3c는 더 좁은 직경의 다수 와이어들을 압출하는 데 사용되는 다수-스트랜드 버전의 다이 인서트 및 맞댐부 인서트의 등측도;

도 4는 분말 공급재 공급 디바이스의 개략적인 측면도;

도 5는 도 4의 디바이스로부터 분말 공급재를 수용하도록 세팅된 조립체를 갖는 도 2에 대응하는 도면;

도 6은 도 5의 구성의 세부 부분의 원근 시점에서의 부분 분해도;

도 7은 압출된 제품이 빠져나가는 구성을 나타내는 도 2 또는 도 5의 압출 조립체를 개략적으로 나타낸 도면;

도 8 및 도 9는 도 2 및 도 5의 압출 조립체와 사용되는 스크레이퍼 디바이스의 각각의 사시도; 및

도 10 및 도 11은 도 8 및 도 9의 스크레이퍼 디바이스의 각 구성요소들의 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0091] 도 1을 참조하면, 나타낸 공급 디바이스(10)는 오른쪽 단부에서 티타늄, 탄탈룸 또는 니오븀 공급재와 같은 로드형의 고온 성형가능한 비철 공급재를 수용함으로써 작동한다. 공급재는 디바이스(10)를 통해 진행하며, 최종적으로 왼쪽 단부로 나와 도 2에 나타낸 바와 같은 압출 조립체에 들어간다.

[0092] 상기 디바이스(10)는 서로 격리될 수 있는 연속한 섹션들을 갖는 세장형 관상 용기(12)를 갖는다. 상기 섹션들은 처음에 공급재가 수용되는 비가열 또는 저온 로딩 구역(14), 중간 고온 또는 가열 구역(16), 및 공급재가 압출 조립체로 넘어가는 유출 구역(18)을 포함한다. 구역 14는 공급 밸브(20)에 의해 구역 16과 격리될 수 있는 한편, 구역 16은 슬라이딩 게이트(22)에 의해 구역 18과 격리될 수 있다. 로딩 구역(14)은 아르곤과 같은 보호 가스의 분위기 내에 공급재(24)를 유지하도록 구성된다. 로딩 구역(14)은 재료(24)가 보호 가스에 노출되는 동안 격리될 수 있는 플러싱 챔버(26)를 갖는다. 로딩 구역(14)의 유입 단부는 에어로크(airlock: 28)를 갖고, 이를 통해 재료(24)가 수용가능한 한편, 공급 밸브(20)가 구역 14와 구역 16을 분리한다. 에어로크(28)는 보호

가스의 가압 소스(도시되지 않음)에 연결가능한 연결기(30), 및 푸시 로드(34)가 연장되는 슬리브(sleeve: 32)를 갖는다. 연결기(30)를 통해 폐쇄된 에어로크(28) 및 챔버(26) 내에 약간의 과압을 유지하는 연속한 유동의 보호 가스가 제공될 수 있으며, 가스는 과압을 유지하는 제어 상태에서 유출구(36)를 통해 챔버(26)로부터 배출된다. 챔버(26) 내의 과압은 공급 밸브(20)의 개방 및 폐쇄 시 구역 16 내에 보호 분위기를 유지하도록 돕는다. 또한, 압축 분말의 로드형 재료(24)에 대해 다공성 공급재로부터 공기를 플러싱하도록 돕는다. 다른 경우, 구역 16 내 보호 분위기의 유지는 보호 가스의 가압 소스(도시되지 않음)에 연결된 유입구(39)에 의해 보장된다.

[0093] 에어로크(28)는 공급재(24)의 로드형 가닥들의 공급을 유지할 수 있다. 필요한 경우, 가닥들은 푸시 로드(34)에 의해 에어로크(28)로부터 챔버(26)로 진행되며, 최종적으로는 밸브(20)를 통해 가열 구역(16)으로 진행된다. 가열기(38)가 가열 구역(16)과 연계되고, 공급재(24)의 각각의 가닥을 가열하도록 작동가능하여, 재료(24)가 압출 조립체에 도달하는 경우 각각 요구되는 상승된 온도에 있게 된다. 게이트(22)가 개방되면, 푸시 로드가 연이어진(end to end) 일련의 재료(24) 가닥들이 압출 조립체로 보내지게 유지할 수 있다.

[0094] 또한, 가열 구역(16)은 보호 가스의 가압 소스에 연결가능한 유입구 연결기를 갖는다. 다시, 가스는 구역 16에, 및 또한 구역 18에 양의 과압을 유지하도록 공급된다. 가스가 슬라이딩 게이트(22) 내의 작은 홀을 통해 구역 16으로부터 구역 18로 통과할 수 있다. 따라서, 가스는 구역 18의 유출 단부로부터 나오고, 압출 장치에 들어가기에 앞서 다른 가스들로부터 가열된 공급재를 계속해서 격리할 수 있다. 하지만, 도 1의 왼쪽 단부에 화살표로 도시된 바와 같이 유출 단부에서 추가 보호 가스가 공급될 수 있다.

[0095] 용기(12)는 실리카, 실리카로 라이닝된 적절한 강철, 또는 세라믹과 같은 여하한의 적절한 재료로 만들어질 수 있다. 가열기(38)는 RF 유도 가열 구성, 연속 전기저항 가열기, 또는 여하한의 다른 적절한 가열기 시스템과 같은 여하한의 적절한 타입으로 이루어질 수 있다. 가열기(38)는 도 1에 도시된 바와 같이 용기(12) 외부에 있거나, 내부에 있을 수 있다. 푸시 로드 시스템은 압출기의 공급 속력에 대해 예열된 로드 공급재 공급을 유지하기 위해, 용기(12) 내 로드들의 과잉 공급(oversupply)을 이용하는 플러싱 챔버(14)에 대한 매거진(magazine) 타입으로 이루어질 수 있다. 대안적으로, 압출기로의 예열된 공급재 공급을 유지하기 위해, 예를 들어 RF 유도 가열 소스를 통한 신속한 가열이 채택될 수 있다.

[0096] 도 2 및 도 3은 휠(44)의 주변 홈(42)의 한가운데를 통하는 중심면에 취해진 압출 조립체(40)의 단면도를 나타낸다. 나타낸 바와 같이, 휠(42)은 화살표 A로 나타낸 바와 같이 도 2의 관점에서 시계 방향으로 회전축(46)에 대해 회전가능하다. 휠(44)에 인접하여, 조립체(40)가 도 2에 나타낸 사용중인 위치로 샤프트(49) 상에서 피봇가능한 슈(48)를 포함한다. 상기 위치에서, 슈(48)의 상부면이 인서트 로킹 플레이트(51)들에 의해 제 자리에 유지되는 슈 인서트들(50 및 52) 및 다이 챔버(54)들에 기대어 지탱된다. 슈(48)는 화살표 B로 도시된 클램핑 하중에 의해 제 위치에 유지된다. 휠(44)의 홈(42)을 향하는 슈(48)의 아치형 연장부 주위에서, 슈(48)는 홈(42)에 피팅되는 진입 블록(50), 다이 블록 연장부(52) 및 다이 챔버(54)들을 갖는다. 압인 롤(56)이 진입 블록(50)으로 공급재(24)를 안내하며, 화살표 C로 나타낸 바와 같이 휠(44)과 반대로 회전한다. 진입 블록(50) 및 다이 블록 연장부(52)는 홈(42)과 정의되는 좁아지는(tapered) 통로를 따라 공급재(24)를 안내하고 끌어당기며, 즉 공급재가 홈과 채워야 하는 증분 단면이 홈(42)으로 들어가고 진입 블록(50) 및 다이 블록 연장부(52)의 일부분인 텅(55)들에 의해 맞댐부(57)에 접근함에 따라 감소된다. 맞댐부(57)는 통로의 단부를 폐쇄하고, 진행하는 공급재(24)를 다이 챔버 또는 다이 챔버들의 확장 공동(expansion cavity: 58)으로의 바깥쪽으로 강제로 우회시킨다. 챔버(58) 또는 각 챔버(58)는 환형 로킹 볼트(61)에 의해 보유되어 압출 다이(60)를 유지하고, 이를 통해 다이(60)에 의해 압출된 제품(64)이 나온다.

[0097] 공급 디바이스(10)로부터 밀어 넣어지는 공급재(24)는 각각의 화살표로 나타낸 바와 같은 휠(44) 및 롤(56)의 마주하는 회전에 의해 조립체(40)로 끌어 당겨진다. 휠(44) 및 롤(56)의 회전은 휠(44) 및 슈(48)에 의해 정의된 통로로의 유입구로 공급재(24)를 제공한다. 휠(44)의 회전은 통로를 따라 재료(24)를 강하게 끌어당겨 재료(24)를 맞댐부(57)에 대해 밀어 넣는다. 맞댐부(57)의 표면(57a)은 공급재를 다이 챔버 확장 공동(58)으로의 바깥쪽으로 우회시키고, 챔버(58)로부터 공급재(24)는 압출 다이(60)의 오리피스(60a)를 통해 압출된다. 맞댐부 표면(57a)은 바람직하게는 휠(44)에 대해 반경방향이 아닌(non-radial) 평면 내에 있다. 상기 평면은 바람직하게는 다이(60)의 중심선과 일치하는 반경방향 라인(R)에 대해 σ만큼 기울어져, 홈(42)으로부터 공급재를 우회시키고 다이 챔버(58) 및 다이(60)를 통하도록 작용하는 힘 성분을 발생시킨다. 각도(σ)는 바람직하게는 약 6 ° 내지 21 ° 이다. 도 3a에 등측도로 나타낸 대안적인 인서트 형태의 맞댐부(57')가 더브테일(dove-tail) 홈을 통해 다이 챔버들로 슬라이딩된다. 인서트 맞댐부(57')는 더브테일 홈 내의 압착에 의해, 및 슈(48)에 의해 제 자리에 유지된다. 3 ㎜ 이하의 좁은 직경들의 다수-스트랜드 압출을 위해, 도 3b 및 도 3c에 60'로서 나

타낸 대안적인 형태의 다이가 사용될 수 있다. 압출 다이(60)의 오리피스(60a)는 e-빔 첨삭 가공 설비들 내의 공급으로서 사용되는 경우 e-빔에 노출될 수 있는, 전형적으로는 티타늄의 이러한 와이어 압출의 상대적인 표면적을 증가시키도록 단면이 원형인 대신에 타원형이거나 심지어는 직사각형일 수 있고, 다이 60'의 오리피스들에 대해서도 동일하게 적용된다.

[0098] 알루미늄 및 구리의 종래 컨폼 압출을 이용하는 바와 같이, 일부 고온 성형가능한 비철 공급재는 진입 블록(50), 다이 블록 연장부(52), 다이 챔버(54)들 및 홈(42)의 측벽들 사이에서 통로의 각 측면을 따라 좁은 갭들을 통해 플래시로서 압출된다. 또한, 일부 플래시는 홈(42)과 맞댐부(57)의 측면들 사이에서 압출될 수 있다. 이 재료는 스크레이퍼(62)의 블레이드에 의해 휠(44)의 회전 방향으로 맞댐부(57)를 지난 위치에서 휠(44)로부터 벗겨질 수 있다. 블레이드(62)에 대한 바람직한 형태가 도 8 내지 도 11에 도시된다.

[0099] 도 4는 도 2에 나타낸 바와 같은 압출 조립체의 휠(44)의 홈(42)에 분말 공급재를 공급하는 공급 디바이스(70)를 나타낸다. 도 5 및 도 6에서 더 상세히 도시된다. 상기 디바이스(70)는 조정가능하게 기울어지는 관상 회전 킬른(72)을 갖는다. 공급 디바이스(70)는 화살표들(H 및 H')로 도시된 방향으로의 움직임에 의하여 개략적으로 나타낸 모듈식 프레임에 의해 압출기에 위치될 수 있다. 킬른(72)의 기울기는 모듈식 프레임(89) 상의 장착부들에 의해 조정될 수 있다. 킬른(72)의 상부 유입 단부에 공급 호퍼(74)가 위치되는 한편, 킬른(72)의 하부 유출 단부는 홈(42) 위의 중심에 있는 슈-형상 전방 섹션(76c)을 갖는 스파우트 호퍼(76) 내에서 회전가능하다. 공급 호퍼(74)는 분말 공급재의 공급부를 유지한다. 자동 폐쇄 슬라이딩 게이트(80) 및 슬라이딩 공급 게이트(82)의 작동에 의해, 공급 호퍼(74)가 화살표 D로 나타낸 공급재의 제어된 스트림으로서 슈-형상 호퍼 배출부(74a)를 통해 킬른(72) 내로 배출할 수 있다. 공급 호퍼(74)는 호퍼 배출부(74a) 아래의 용적을 변경시켜 일정한 분말 높이를 형성하도록 슬롯을 통해 올려지거나 낮춰질 수 있다(도시되지 않지만 화살표 J로 나타냄). 호퍼 배출부(74a)의 슈-형상 돔은 분말로 하여금 흐름의 중단 및 어려움 없이 축적되고 슬라이딩되게 한다. 분말 흐름의 마지막에는, 스크레이퍼(81)가 J 방향으로 상승되는 호퍼 배출부(74a) 아래로 통과하여, 킬른에서 잔여 분말을 치울 수 있다. 구동 시스템(도시되지 않지만 원형 화살표 E로 나타냄)에 의한 킬른(72)의 회전이 킬른(72)을 통해 공급재를 진행시켜, 회전 휠(44)의 홈(42) 내로 지향되게 한다.

[0100] 공급 디바이스(70)는 킬른(72) 내의 공급재를 가열하는 가열기(84)를 포함한다. 가열기(84)는 2 개의 스테이지(84a 및 84b)로 이루어지며, 이는 킬른(72)의 각 섹션들에서 분말을 가열한다. 킬른(72)이 회전함에 따라, 분말은 회전 방향으로 킬른(72)의 측면으로 끌어 올려지는 경향이 있다. 이는 킬른(72)의 회전 속력 및 경사도를 조정함으로써 제어될 수 있다. 수평선에 대한 킬른(72)의 경사도에 있어서 얕은 각도(shallow angle), 심지어는 약 2 ° 만큼 작은 각도가 가장 균등한 공급을 허용한다. 호퍼 각도(Θ)가 현재 사용하고 있지 않은 상이한 분말에 대해 결정된 경우 분말의 특성들에 따라 분말 유동을 유지하기 위해, 퍼넬 덱(73)이 공급 호퍼(74) 내에 라이너로서 배치될 수 있다. 공급 호퍼(74)에는 공기 작동 태핑 디바이스(도시되지 않지만 양방향 화살표 F로 나타냄)가 제공되어, 호퍼 각도(Θ) 또는 퍼넬 덱이 공급재의 특성들에 대해 설계되지 않은 경우 호퍼(74) 내의 공급재의 브리징을 방지한다. 또한, 공급 호퍼(74)의 상단부에 아르곤과 같은 가스의 연결을 위한 연결기(88)가 제공되어, 호퍼(74) 내에 킬른(72) 내로의 유동을 위해 보호 분위기의 공급재를 제공한다. 동일한 이유로, 화살표 G로 나타낸 바와 같이 상단부로부터 킬른(72)을 따라 킬른 내로의 유동을 위해 보호 가스의 공급부(90)가 제공된다. 아르곤과 같은 가스는 킬른(72) 전체에 걸쳐 보호 분위기를 유지하며, 가스는 스파우트 호퍼(76)를 통해 유동하는 공급재와 홈(42)으로 빠져나간다. 킬른으로부터의 분말 유동이 스파우트 호퍼(76)로 배출되고, 이때 분말 유동은 수직선으로부터 약 5 ° 기울어진 스파우트 호퍼 벽(76a)과 만난다. 분말은 스파우트 호퍼 텅(76b)에 기대어 계속해서 미끄러지고, 이는 벽 표면(76a)이 0.5 ㎜보다 크지 않은 간극을 두고 휠 홈으로 들어가고 휠 홈(42)의 프로파일과 매칭하는 경우 연속부이다. 분말은 중력 및 휠(44)의 전진 이동에 의해 스파우트 호퍼 내에 축적될 수 있으며, 휠(44)의 윤곽과 매칭하는 스파우트 호퍼(76)의 하부면에 의해 격납된다(윤곽 매칭은 도 6에서 더 명확하게 도시됨). 분말은 스파우트(76b)의 슈-형상 전방 섹션에 축적되고, 휠 홈(42)을 향해 앞으로 이동한다. 바람직하게는, 덩어리 분쇄기 로드(81a)가 사용되어, 킬른으로부터 분말이 배출될 때의 소결로 인한 여하한의 덩어리들을 분쇄할 수 있다. 또한, 공급 호퍼(74)를 이용하는 바와 같이, 150 미크론보다 작은 H/DH 분말들과 같은 특히 미세한 분말들로부터, 및/또는 약 750 ℃보다 높은 예열 환경 온도에서 소결된 집괴체들의 분쇄를 더 돕기 위해, 스파우트 호퍼(76)에 기계적으로 연결된 태퍼(F')가 존재할 수 있다. 태퍼(F')는 공급 호퍼(74)의 태퍼(F)를 이용하는 바와 같이 가압된 공기에 의해 작동될 수 있다.

[0101] 도 5 및 도 6에 나타낸 바와 같이, 홈(42)으로의 공급재의 유동은 클램핑 플레이트(94) 및 슈 인서트 로킹 플레이트(95)[인서트 로킹 플레이트(51)들의 변형] 각각의 개구부(92, 93)를 통과한다. 또한, 도 5에 도시된 바와 같이, 아르곤과 같은 추가 보호 가스가 플레이트 94 아래로 공급되어 공급재가 스파우트 호퍼로부터 휠(44)과

진입 블록(50), 다이 블록 연장부(52), 진입 블록(50) 및 다이 블록 연장부(52)의 텅(55)들, 및 슈(48)의 다이 챔버(54)들 사이에 정의된 통로로 통과할 때 공급재를 보호하도록 도울 수 있다.

[0102] 도 7은 도 2 및 도 5의 압출 시스템 내의 휠(44)을 통하는 중심면에 대해 취해진 단면도이다. 슈(48)의 유출 도관(96)이 도시되며, 이를 통해 압출된 제품(64)이 다이(60)를 지나 나온다. 조정가능한 클램프 링(96a)이 도관(96) 상에 고정된다. 또한, 세장형 관상 배출 용기(97)가 링(96a)에 고정된 용기(97)의 일 단부에 있는 링(97a)에 의해 도관(96)의 연속부로서 고정되고, 링들(96a, 97a) 사이의 O-링 시일이 기밀 시일(gas-tight seal)을 제공한다. 용기(97)의 유입 단부에 인접하여, 아르곤과 같은 가압된 보호 가스의 소스에 연결가능한 유입구 연결기(98)가 존재하고, 가스의 정압이 용기(97) 내에 유지되게 하며, 가스는 유출 파이프(99)로부터 배출된다. 용기(97)의 길이, 및 용기(97)에 공급되기에 앞서 냉각될 수 있는 보호 가스의 냉각 효과는, 용기(97)로부터 나온 제품이 스풀 또는 그 밖의 유사한 것 상에서 간단히 공기-냉각되거나 물 분무에 의해서와 같이 안전하게 강제 냉각될 수 있게 하는 온도에 이르도록 이루어진다.

[0103] 도 8 내지 도 11은 도 2 및 도 3의 압출 조립체(40) 내의 휠(44)로부터 플래시를 제거하는데 사용되는 바람직한 형태의 스크레이퍼(62)를 나타낸다. 스크레이퍼(62)는 헤드부(64)를 갖는 3 피스의 세장형 몸체(63)로 구성되고, 이 위에 스크레이퍼 블레이드들(65)이 장착된다. 세장형 몸체(63)는 2 개의 거울 대칭 측방 스크레이퍼들(63a 및 63b)로 구성되고, 각각은 바깥쪽으로 돌출된 헤드부(64a, 64b)를 가지며, 이는 함께 세장형 중심 스크레이퍼(63c)를 부분적으로 둘러싼다. 스크레이퍼(62)를 포함한 전체 조립체는 홀더(도시되지 않음)에 의해 도 2에 나타낸 바와 같은 휠(44)에 인접하여 제 위치에 유지될 수 있다. 스크레이퍼 블레이드들 65a, 65b는 세장형 몸체 부분 63a, 63b의 헤드부들 64a, 64b에 장착되는 한편, 스크레이퍼 블레이드 65c는 세장형 중심 스크레이퍼 63c의 인접한 단부 상에 장착된다. 3 개의 구성요소들을 포함하는 것으로서 도시되지만, 스크레이퍼 블레이드들(65)은 단일 구성요소를 포함할 수 있다. 블레이드들(65a, 65b, 65c)은 한 측면에서 좁아져서 뾰족한 스크레이퍼 에지(66)를 정의하는 평탄한 플레이트 형태를 갖는다. 블레이드들(65a, 65b, 65c)은, 예를 들어 블레이드(65) 내의 개구부(68)들을 통해 헤드부(64) 내의 나사산 홀(68a)들로 통과하는 스크루 파스너(67)에 의해 헤드부(64)의 후퇴 단부에 고정된다. 블레이드(65) 상의 리지(ridge: 68)들이 헤드부(64)의 홈(69)들에 위치되어, 헤드부(64)에 대해 블레이드(65)를 고정한다.

[0104] 홈 스크레이퍼(63c)의 세장형 몸체 부분은 스크레이퍼 에지(66)가 실질적으로 연속적인 라인을 형성하도록 나사산 볼트(도시되지 않음)에 의해 측방 스크레이퍼들(63a, 63b)의 앞에 위치된다. 중심부(63c)의 자유 단부는 에지(66)가 라인을 이루는 경우 휠(44)의 홈(42) 내로 쉽게 수용될 수 있도록 라운딩된다. 이는 홈(42)의 최상부로 하여금 홈 스크레이퍼(63c)의 세장형 몸체 부분에 인접한 스크레이퍼 블레이드(65c)에 의해 플래시가 손질되게 하고, 홈(42)에 인접한 휠(44)로 하여금 측방 스크레이퍼들(63a, 63b)에 인접한 스크레이퍼 블레이드들(65a, 65b)에 의해 플래시가 손질되게 한다. 따라서, 스크레이퍼(62)는 홈(42)의 측벽들 및 바닥으로부터, 및 각 테두리의 주변부 주위에서 휠(44)로부터 플래시를 제거할 수 있다.

[0105] 로드형으로부터의 압출

[0106] 티타늄, 탄탈룸 또는 니오븀과 같은 로드형의 고온 성형가능한 비철 공급재를 포함한 공급재가 800 ℃ 내지 1000 ℃의 공급재 예열 이후 압출될 수 있다. 로드들은 가공된(wrought) 공급재로 이루어질 수 있으며, 또는 바인더(binder)를 이용하거나 이용하지 않고, 바람직하게는 이용하지 않고 냉간 등방압 가압법(CIP)에 의해 생성되거나 다른 방식으로 압축된 로드들일 수 있다. 압축은 CP 티타늄 분말들(또는 블렌딩된 기본 혼합물들)과 같은 분말 공급재로부터 60 % 이상 조밀하게, 그러나 90 % 이하로 조밀하게(바람직하게는 75 % 조밀하게) 이루어질 수 있다. 냉간 등방압 가압법 또는 사전-압축은, 예를 들어 약 850 ㎛보다 작은 다양한 크기 분포 및 형태론(예를 들어, 티타늄 및 탄탈룸 분말의 경우 스폰지형, 수소첨가/수소제거, H/DH)의 분말들 또는 미립자들의 공급을 허용한다. 압출은 홈붙이 휠이 100 내지 250 ℃, 바람직하게는 250 ℃로 예열되고, 압인 롤, 다이 챔버들 및 진입 블록 툴링들이 300 내지 450 ℃, 바람직하게는 400 ℃로, 맞댐부가 450 내지 600 ℃, 바람직하게는 550 ℃로 예열된 경우에 일어난다. 현대의 컨폼 기계들은 압출에 적절한 더 높은 휠 가열 및 연속적인 툴 예열을 허용하며, 이는 유리할 것이다. 구리 및 알루미늄의 압출에 대한 툴링 예열은 특히 시동 중에 툴링을 보존하는 데 사용된다; 하지만, 고온 성형가능한 비철 금속의 압출에 대해서는 예열이 공급재로부터의 열 손실을 감소시키고 압출이 일어나게 하도록 필수적이다.

[0107] 연속적으로 압출된 제품은 쉽게 성형가능하다. 예를 들어, 이에 따라 압출된 3등급 티타늄이 스웨이징(swaging) 작업들 사이의 중간 어닐과 함께 실온에서 스웨이징되어, 6 ㎜로부터 3 ㎜까지 연속적으로 압출된 와이어 직경을 감소시킬 수 있다. 이와 유사하게, 블렌딩된 기본 5등급 티타늄 분말들로부터 연속적으로 압출된

제품은 압출된 대로의 상태 및 압출되고 균질화된 대로의 상태 -후자가 바람직함 -로부터 500 ℃에서 6 ㎜로부터 3 ㎜의 직경까지 스웨이징될 수 있다. 균질화는 1 내지 2 시간 동안 1000 ℃ 내지 1200 ℃의 진공 또는 중성 분위기, 예를 들어 아르곤 하에서 일어나며, 1 시간 동안 1200 ℃가 바람직하다.

[0108] 티타늄 분말 공급재들로부터의 연속 압출 로드들의 전형적인 인장 특성들은 압출된 대로의 상태에서 1 내지 4등급에 대한 티타늄 등급과 매칭하였다. 더 높은 합금 등급들은 균질화 어닐을 필요로 하였고, 이후 그 특성들도 등급과 매칭하였다. 의도된 적용예에 따라, 예를 들어 첨삭 가공 공급 와이어 또는 파스너 스톡과 같은 용해를 위한 티타늄 와이어가 최종 미세조직 등을 달성하기 위해 와이어의 추가 후처리의 필요성을 좌우한다.

[0109] 완전 조밀한 CP 티타늄 공급재로부터의 압출에 대해, 최고 제품 품질을 위한 바람직한 예열 온도는 800 ℃였다. 이에 대해, 및 다른 공급재들에 대해, 공급재는 가열 구역으로부터 컨폼 툴링까지 압출이 일어나게 하도록 충분히 고온으로, 이 에 따라 충분히 연성으로 유지되기에 충분히 빠른 속도로 수송되어야 한다. CP 티타늄 공급재를 이용하면, 800 내지 1100 ℃ 예열 후 완전 조밀한 공급재로부터 형성된 압출된 대로의 제품의 인장 특성들은 틈새 레벨들의 약간의 증가(최대의 0.05 wt%보다 크지 않음) 및 가벼운 미립화로 인해 4 %만큼 감소된 연신율 및 16±4 MPa만큼 약간 상승된 강도를 갖는 공급재와 동등하였다.

[0110] 로드형 공급재로부터의 제품은 표면 상에 얇은 산화물 층(티타늄 압출물 상의 청색 산화물 막의 경우, 50 ㎛ 미만)을 가질 수 있지만, 압출의 벌크 금속은 공급재와 매우 유사한 산소 및 질소 레벨들을 갖는다. 미세조직은 베타 상 필드에서 더 높게 처리하는 경우보다 알파 상 필드에서 높게, 또는 베타 상 필드에서 낮게 티타늄을 처리하는 경우에 더 균일하다. 앞선 두 경우에 대해, 금속의 벌크는 [등축 출발 재료(equiaxed starting material)에 비해] 등축화 및 미립화되지만, 더 미세한 구역이 주변부에 생긴다. 티타늄 공급재 로드형의 예열 온도가 그 길이를 따라 ±50 ℃보다 작은 경우에 더 균일한 미세조직이 달성된다. 또한, 베타 상 필드에서 더 높은 온도로 압출되는 경우에 금속 폴딩(folding) 및 스월링(swirling)과 같은 고온의 결함들이 더 발생하기 쉬웠다.

[0111] 압출 공정에 의해 발생된 열은 전형적으로 맞댐부 부근의 구역에서 500 ℃ 이하, 맞댐부 표면(도 3에서 57a)에서 예열 온도 아래로 약 100 내지 150 ℃, 및 다이 블록 연장부에서 700 ℃ 까지의 툴링 온도를 생성하므로, 각각의 툴링 구성요소에 대한 제어된 냉각이 연속 진행에 필요하다. CP 티타늄의 성공적인 압출은 압출 비에 따라 0.5 내지 6.0 GPa의 (다이 인서트를 통한) 압출 응력에서 가능하다. 긴 압출물 가닥들의 생산에 대해 맞댐부의 일부 연마재 및 골링(galling) 마모가 발생하고, 이는 다이 인서트를 하드 페이싱함으로써 제어되고 제어된 냉각에 의해 최소화될 수 있다. 맞댐부 프로파일은 균등한 플래시 갭을 유지하고 맞댐부의 측면 마모를 방지하도록 홈의 프로파일과 매칭하여야 한다. 맞댐부 표면과 압출물의 중심선 간의 경사각은 21 ° 에서 적절하지만, 티타늄과 같은 더 적합한 공급재에 대해 6 ° 로 감소될 수 있고, 맞댐부 표면의 골링 마모를 감소시킨다. 또한, 경사각의 감소가 약 1.2로부터 1.0 GPa까지 맞댐부를 통한 응력을 감소시킨다. 수소첨가 티타늄 또는 티타늄 하이드라이드 분말을 이용한 티타늄 분말에 대한 수소의 수소의 첨가는 유동 응력을 감소시키고, 압출 및 맞댐부 응력을 더 감소시킬 수 있다. 하지만, 잔여 수소를 제거하기 위해 이러한 제품의 진공 어닐링이 필요하다. 또한, 맞댐부 경도를 유지하고 마모를 감소시키기 위해, 압출이 시작된 후 제어된 수냉각을 통하는 바와 같은 맞댐부의 개선된 열적 제어가 필요하다. 수냉각은 헬륨 가스가 냉매로서 사용된 경우에 제거된 온도의 150 ℃로 감소된 맞댐부로부터 350 ℃의 온도를 제거하는 것으로 밝혀졌다. 맞댐부 상의 내마모면 인서트 또는 PSZ와 같은 내열 및 내마모 장벽층이 Rene 95와 같은 초내열 합금에 대한 맞댐부(57) 마모 수명을 증가시키는 데 바람직하다. 툴 마다의 제품 용적들을 증가시키기 위해, 맞댐부 인서트(57')와 같은 중요 부품들에 대한 재료로서 텅스텐-기반 W-25Re-4HfC와 같은 더 높은 강도, 고온, 높은 열전도율의 합금이 제안된다. 특히, 수십 미터의 진행 및 부족한 툴 냉각에 대한 초내열 합금 툴들로부터의 툴링 마모는 티타늄에 대한 베타 상 안정화을 위한 위치들 및 제품 내의 오염을 유도한다.

[0112] 알파 필드에서 낮게 완전 조밀한 조립(coarse grain) 공급재를 처리함으로써 미립화된 티타늄 알파 구조를 생성하는 것이 가능하다. CP 티타늄에 대해, 적어도 하나의 휠 원주의 길이에 대한 선단을 예열하고 끝 단부는 실온에 남김으로써, 약 3 ㎛보다 크지 않은 과립 크기들이 가능하다. 고온 선단은 휠을 코팅하고, 저온 단부는 계속해서 툴링을 통해 크게 고도로 미립화된 알파 구조를 생성한다.

[0113] 플래싱 비율(flashing rate)은 더 낮은 예열 온도에 따라 증가하고, 더 높은 하중을 나타낸다. 플래싱 비율을 감소시키기 위해, 슈 인서트 툴링과 휠 표면들 사이에서 플래싱을 발생시키는 갭들이 0.2 내지 0.5 ㎜로 감소되었다; 기계 공차들로 인해 후자가 더 통상적이다.

[0114] 전형적인 조건들 하에서, 공급재의 압출은 공급재로 하여금 휠 홈 및 다이에서 냉각되고 경화된 후, 압출 휠로

다시 공급되는 예열된 공급재에 의해 재시작되게 함으로써 진행 중에 정지될 수 없다. 툴링 및 내재하는 공급재 금속은 500 ℃ 이상으로 다시 가열되어, 압출이 재시작되게 하거나, 연속 압출 진행 후 다이 챔버 툴링이 제거되고 새로운 다이 챔버 툴링이 새로운 압출 진행을 위해 기계 내에 배치되며 기존 다이 챔버들이 세정되어야 한다. 홈붙이 휠에 남은 재료는, 타이어 두께가 플래시 갭 공차 및 필요한 순도 레벨 내에 유지되는 한, 제거되지 않아도 된다. 이 재료는 플러싱될 수 있지만, 표면에 압출물의 벌크로 남아서 불균일 미세구조를 유도할 수 있다. 이러한 재료는 최종 특성들을 달성하기 위해, 예를 들어 반복 통과 및 가능하게는 밀링후 어닐(post mill anneal)에 의해 더 열기계적으로 가공되어야 한다.

[0115] CIPed 로드들과 휠 홈 사이에 충분한 마찰 계면을 발생시키기 위해, 압인 롤은 홈 내에서 적어도 90 % 밀도로 공급재를 고온 압축하기에 충분한 높이로 설정되었다. 이에 따라 홈 내에서 홈과의 밀접한 마찰 계면으로 업세팅(upset)된 공급재는 맞댐부에서 약 85 ° 전단을 통해 압출될 수 있었다. 85 ° 전단으로 인한 변형 효과를 무시하면, 압출 제품에 대한 그린 직경(green diameter)으로부터의 압출 비는 0.8 대 4.0이었다. 제품의 밀도는 99 % 이상이었다. 시스템의 단일 통과에 대해 6.4 이상의 압출 비를 달성하기 위해, 0.2 내지 0.3 ㎜의 플래시 갭들에 대한 우수한 제어, 실리콘유와 같은 물보다 적은 열용량의 유체를 이용함으로써 감소된 냉각에 의해 휠(44)을 통해 제어된 열류량, 및 시동 시 적어도 400 ℃로의 인서트 다이(60)의 추가적인 외부 가열이 필요하였다. 다수-스트랜드 다이 인서트(66')(도 3b 및 도 3c)가 16의 압출 비에 바람직할 수 있다. 홈(42), 맞댐부(57) 및 슈 인서트 텅(55)의 치수를 감소시키는 등의 공급재 입력의 스케일 축소(scaling down)가 더 좁은 표준치수(gauge)의 재료 생성을 허용한다.

[0116] 완전 조밀한 로드 공급재를 이용하는 바와 같이, 베타 상 필드에서의 높은 냉간 등방압 가압 로드들의 처리가 불균일하고 굵은 미세구조를 유도하였다. 티타늄 공급재에 대해 알파 상 필드에서 높고, 및/또는 베타 상 필드에서 낮은 압출이 공정 최적화를 위해 필요하다. 분말 공급재로부터의 제품은 연성을 회복시키는 밀링후 어닐로부터 유리할 수 있다.

[0117] 맞댐부 부근에 발생한 열은 균등한 공급재 예열들에서 분말 압축된 로드 공급재로부터 압출되는 경우보다 완전 조밀한 로드로부터 압출되는 경우에 더 높다. 또한, 필요한 압출 힘은 부분적으로 조밀한 것에 비해 완전히 조밀한 공급재로부터 압출되는 경우에 더 크지만, 덜 조밀한 공급재들이 더 많은 시간을 필요로 하기 때문에 완전 조밀한 공급재들이 균등한 제품 길이들을 생성하는 데 더 적은 에너지를 필요로 한다.

[0118] Ti-6Al-4V 조성물들에 대한 바인더를 사용하지 않은 CP 티타늄 및 Al-40V 모합금의 분말 블렌드들로부터 바아들을 생성하도록 냉간 등방압 가압법에 의해서와 같이 압축된 분말은, 금속간 모합금의 대다수 상 및 분산 입자들로서 CP 티타늄의 복합 구조를 생성하기 위해 연질 매트릭스와 같은 CP 티타늄을 이용하여 압출될 수 있다. 압출된 대로의 제품에서 금속간 입자들과 연질 매트릭스 사이의 확산은 거의 존재하지 않는다. 나머지 모합금 입자들은 더 좁은 표준치수로 더 가공 형성되는 조립 구조를 생성하기 위해, 1 내지 4 시간 동안 1000 내지 1200 ℃에서 베타 균질화 처리된 후 제거될 수 있다. 균질화 온도는 블렌딩된 분말 내의 모합금 입자들의 조악함(coarseness)(시도된 25 ㎛에 대해 64의 D50)에 의존한다.

[0119] 자유 유동 분말로부터의 압출

[0120] 수용된 대로의 상태 또는 펠렛화된 상태에서 기본 또는 블렌딩된 기본 분말 혼합물들로서 분말 공급 유닛을 통해 회전 압출기로 비철의 고온 성형가능한 분말 공급재가 전달될 수 있다. 가열 체류 시간은 공급기 회전 및 기울기에 의해 제어되어, 전체 범위의 분말 형태들이 압출기로 전달되게 한다. 티타늄 분말의 경우, 분말 공급 유닛을 통해 압출기로 공급된 분말 공급재는 플레이크, 디스크, 또는 입방체로 펠렛화된 -140 ㎛ 수소첨가/수소제거 분말; 또는 가공되지 않은 분말(-0.85 ㎜, +0.355 ㎜) 및 -140 ㎛를 포함하였다. 또한, 다른 분말 형태 및 크기들도 가능하다.

[0121] 분말 질량 유량 및 열류량이 압출기의 질량 출력(mass output)에 매칭되었다. 510 내지 1000 ℃로 예열된 유동 분말들에 대해 압출이 가능하다. 이 예열 범위의 하단에서, 압출의 미세조직은 CP 티타늄 압출의 경우 3 ㎛보다 작은 과립 크기로 초미립화되었다. 바람직한 압출 온도는 합금 의존적이지만, CP 티타늄에 대해서는 알파 필드에서 높은 예열 온도가 바람직하다(약 800 ℃). 600 ℃ 가까이에서, 특히 외부 응력을 받는 경우의 티타늄 분말들은 집괴체로 함께 고착되거나 소결되는 경향을 갖는다. 그러므로, 휠에 대한 분말 전달 속력에 대한 휠 회전 속력을 매칭하여 플루드 공급 정도를 제어함으로써 슈 인서트들 아래의 압축 구역들에 대한 분말 축적을 최대화하고 응집 및 막힘(blockage)을 방지하기 위해, 분말 공급기로부터의 질량 유량이 조절되어야 한다. 응집 및 막힘이 더 감소될 수 있으며, 스파우트 호퍼에서의 태퍼의 적용에 의해 더 높은 온도들에서 더 미세한 분말들이 성공적으로 전달될 수 있다. 0.02 m/s 내지 0.32 m/s의 휠 표면 속력들에서 압출이 가능하며, 0.16 내

지 0.33 m/s가 바람직하다. 타이어를 형성하도록 빠른 초기 휠 속력이 요구될 수 있으며, 그 후 휠의 속력은 감소되어 휠의 최상부에 대한 질량 유량과 다이 인서트 외부로의 질량 유량을 더 가깝게 매칭할 수 있다.

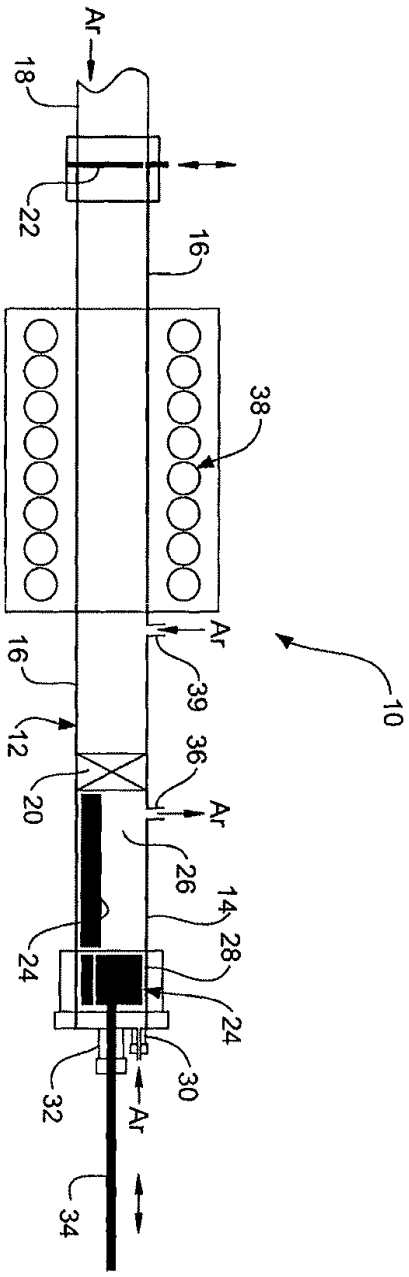
[0122] CP 티타늄에 대한 압출은 홈 폭에 대한 분말 펠렛 또는 분말 D50의 비가 0.33보다 큰 경우에 이론적인 30 내지 50 %보다 큰 탭 밀도의 자유 유동 H/DH 분말로부터 발생하였고, 상기 비가 510 ℃에서 0.046보다 작은 경우에는 발생하지 않았다.

[0123] 0.046 내지 0.33보다 작은 비 값들로부터의 압출은 더 높은 예열들에서 가능한데, 이는 이 예열들이 휠 홈의 벽들 및 티타늄 과립들 상호간의 고착성 및 마찰 상호작용을 증가시키기 때문이다. 또한, 구동되는 압인 롤의 도입에 의한 사전압축이 과립들과 홈 휠 표면들 간의 마찰 상호작용을 증가시키고, 홈 내 분말의 밀도를 증가시킴으로써 0.046보다 작은 비 값들로부터의 압출을 허용할 수 있다. 또한, 사전-압축 또는 밀링과 같은 다른 방법 또는 일부 조합에 의해 저밀도 분말들(이론적으로 10 내지 30 %)의 밀도를 증가시키는 것이 유리하다.

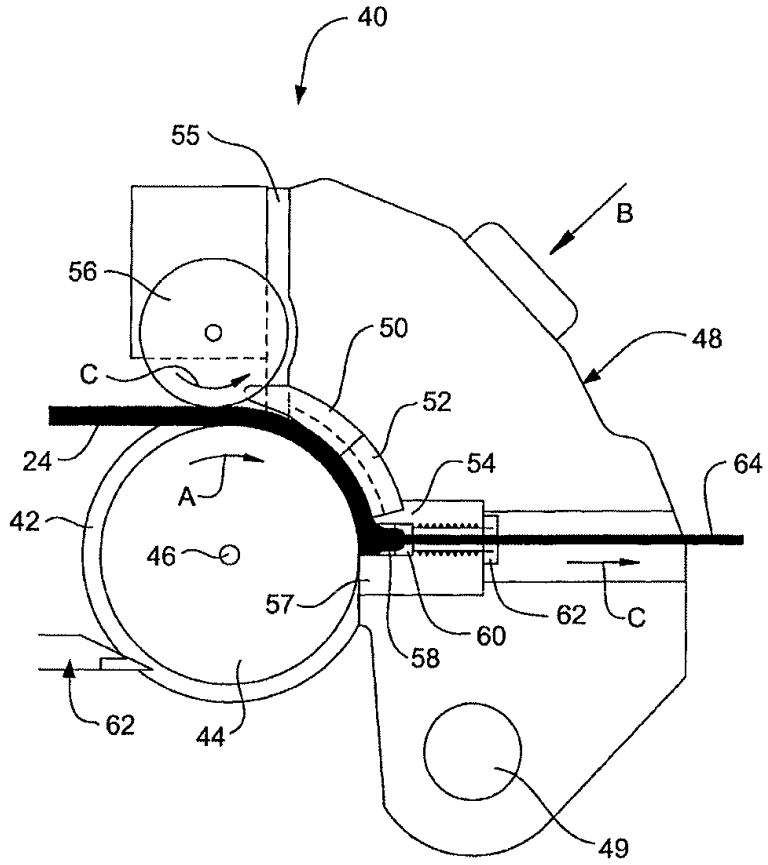
[0124] 최종적으로, 본 발명의 기술사상 또는 범위를 벗어나지 않고 앞서 설명된 부분들의 구성 및 배치에 있어서 다양한 변형, 수정 및/또는 추가가 도입될 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

도면

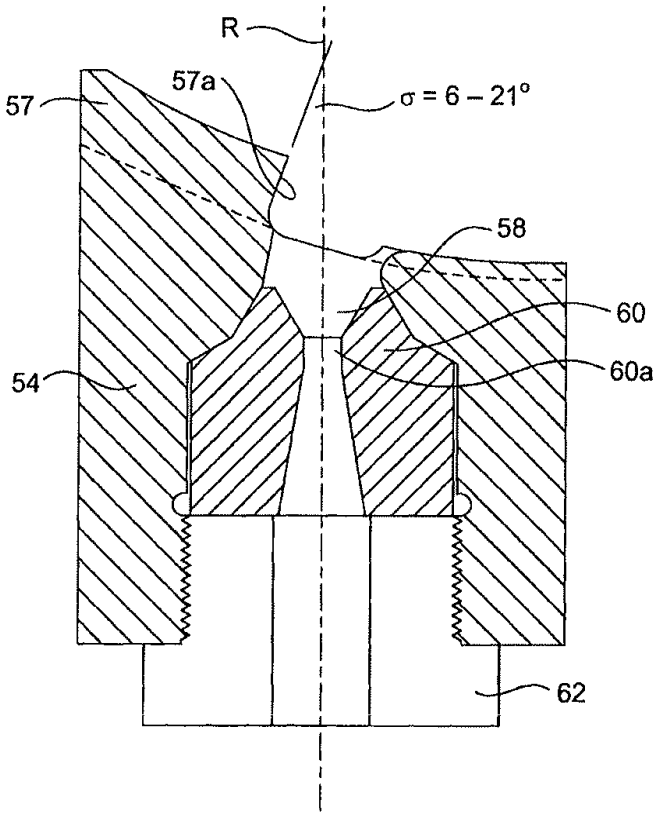
도면1



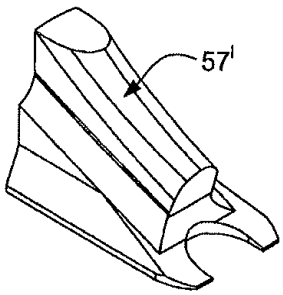
도면2



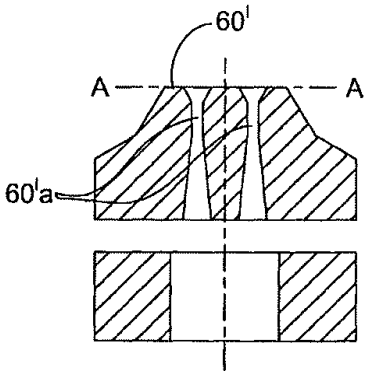
도면3



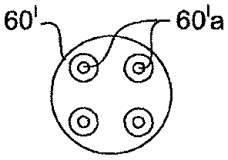
도면3a



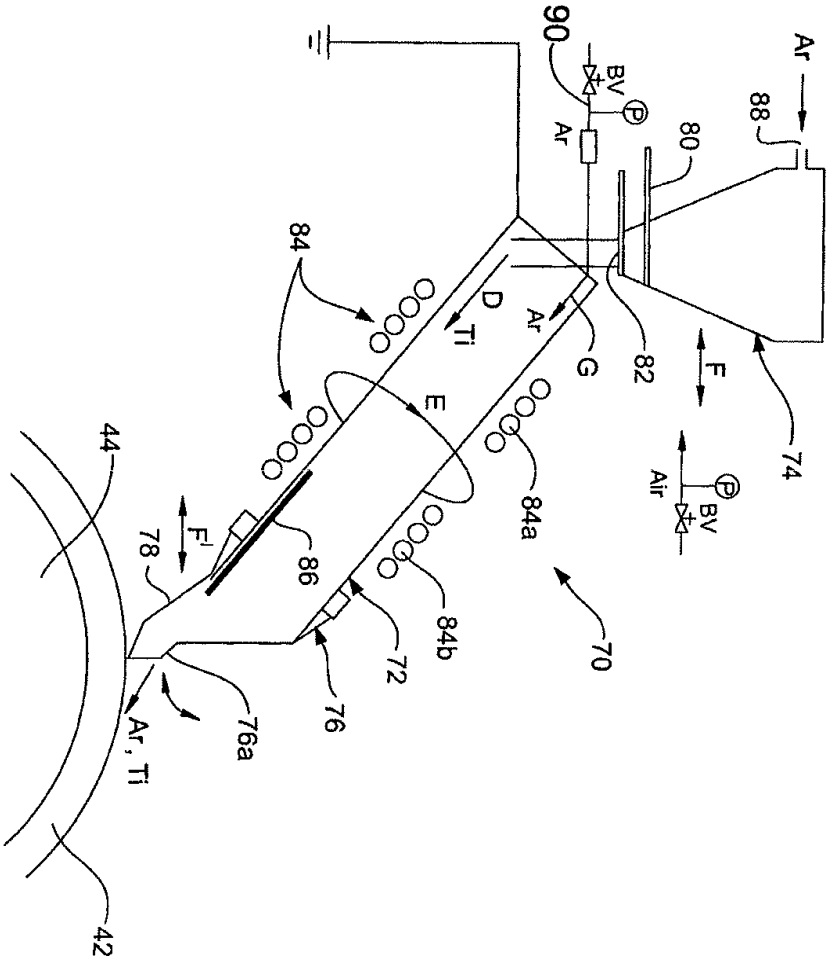
도면3b



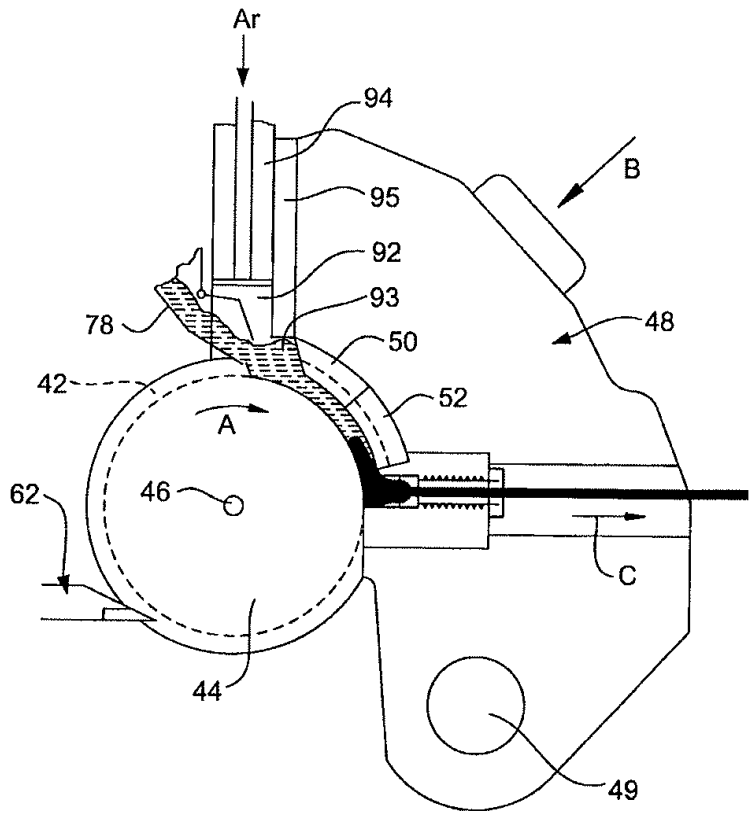
도면3c


60'
60'a

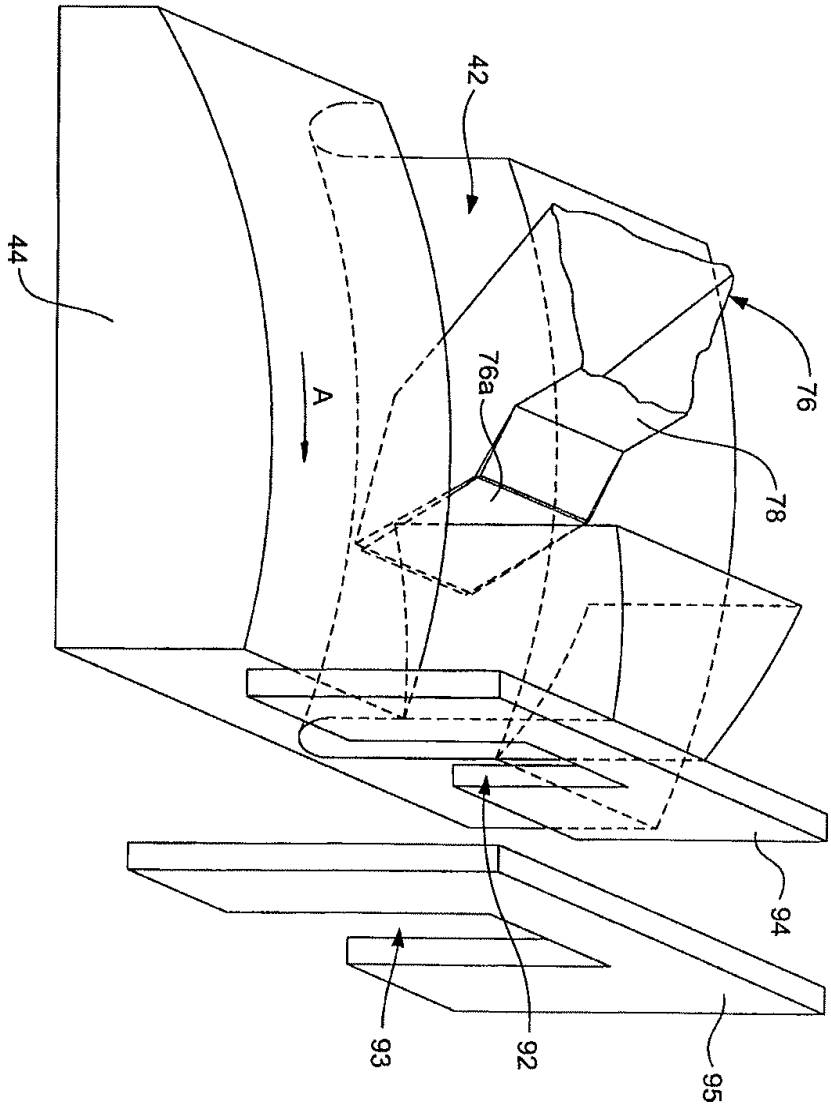
도면4


90
BV
P
Ar
88
80
Ar
84
D
Ti
Ar
G
82
F
74
E
84a
Air
BV
P
44
F'
78
86
84b
72
70
76
76a
Ar, Ti
42

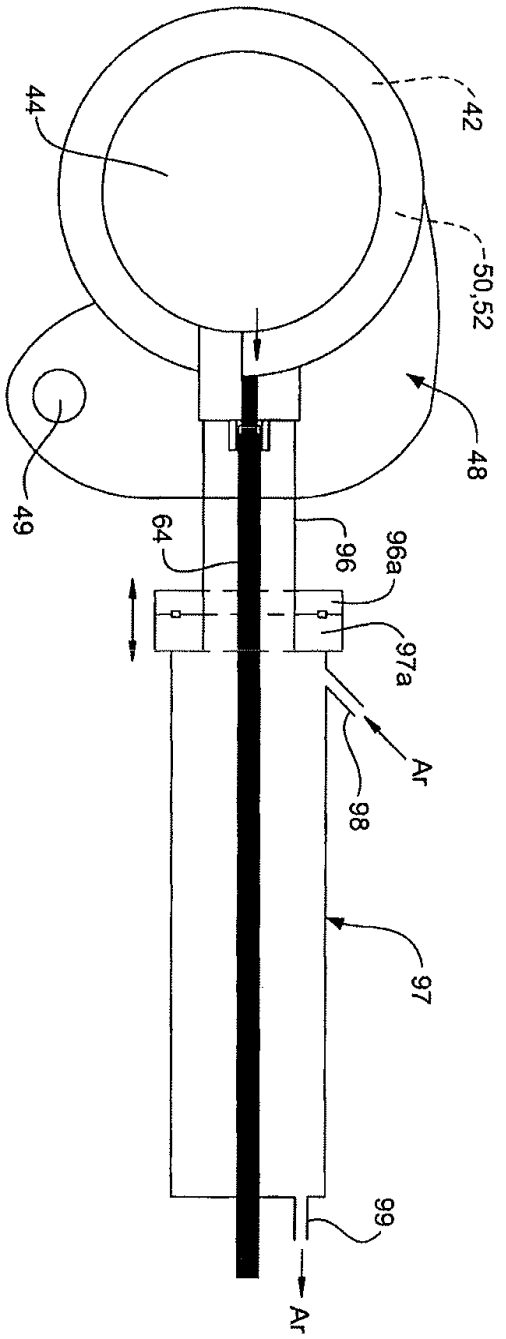
도면5



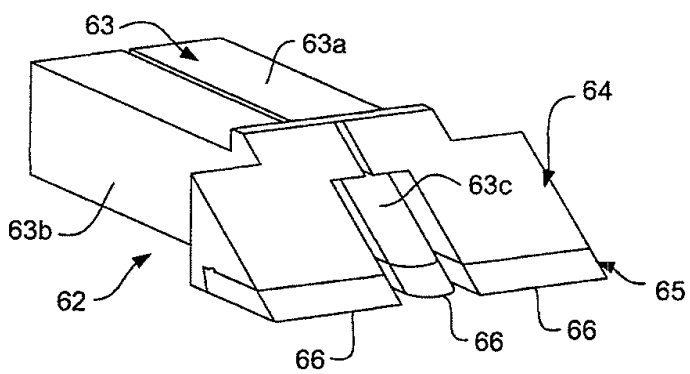
도면6



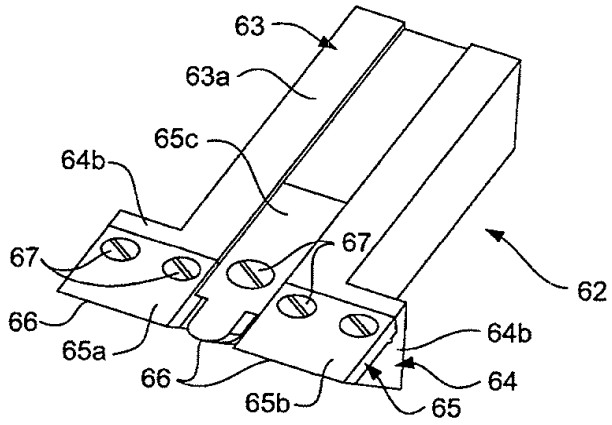
도면7


44
42
50,52
48
49
64
96
96a
97a
Ar
98
97
99
Ar

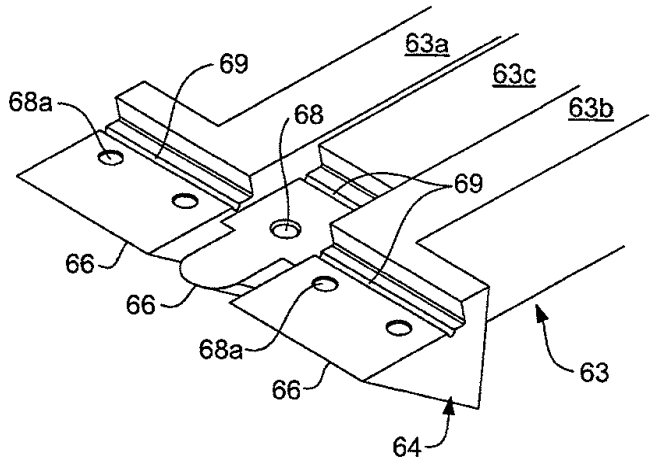
도면8


63
63a
64
63c
63b
62
65
66
66
66

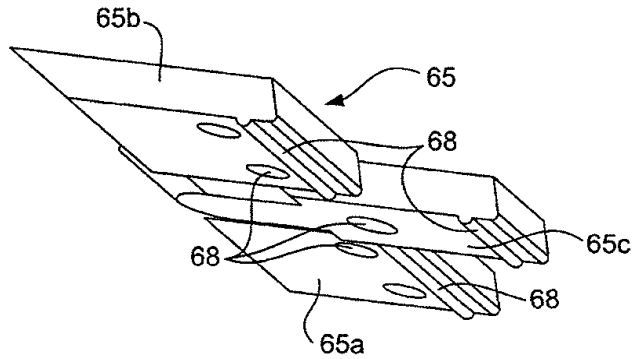
도면9



도면10



도면11



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항1

【변경전】

상기 공정용 공급재는

【변경후】
공정용 공급재는

【직권보정 2】
【보정항목】 청구범위
【보정세부항목】 청구항1
【변경전】
제2 단부를 실질적으로 폐쇄하는 맞댐부
【변경후】
제2 단부를 폐쇄하는 맞댐부

【직권보정 3】
【보정항목】 청구범위
【보정세부항목】 청구항18
【변경전】
제2 단부를 실질적으로 폐쇄하는 상기 슈에
【변경후】
제2 단부를 폐쇄하는 상기 슈에

【직권보정 4】
【보정항목】 청구범위
【보정세부항목】 청구항2
【변경전】
온도를 실질적으로 초과하는
【변경후】
온도를 초과하는

【직권보정 5】
【보정항목】 청구범위
【보정세부항목】 청구항1
【변경전】
실질적으로 산소 및 질소가 없는 보호 분위기
【변경후】
산소 및 질소가 없는 보호 분위기