(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년02월07일
(11) 등록번호 10-2763513
(24) 등록일자 2025년02월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B22D 11/00 (2006.01) *B22D 11/112* (2006.01)
B22D 11/113 (2006.01) *B22D 11/115* (2006.01)
B22D 11/117 (2006.01) *C22C 1/03* (2023.01)
C22C 1/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B22D 11/004 (2013.01)
B22D 11/112 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-7002939
(22) 출원일자(국제) 2020년07월29일
심사청구일자 2023년05월08일
(85) 번역문제출일자 2022년01월26일
(65) 공개번호 10-2022-0038072
(43) 공개일자 2022년03월25일
(86) 국제출원번호 PCT/CN2020/105554
(87) 국제공개번호 WO 2021/018203
국제공개일자 2021년02월04일
(30) 우선권주장
201910691203.2 2019년07월29일 중국(CN)
(56) 선행기술조사문헌
CN110453106 A
CN109371271 A
CN108339953 A
JP2015151559 A

(73) 특허권자
시루이 어드밴스드 코퍼 알로이 컴퍼니 리미티드
중국 710077 샨시 시안 옌타 디스트릭트 위화 인더스트리얼 파크 웨이이 로드 넘버 60
(72) 발명자
순 권펑
중국 710077 샨시 시안 옌타 디스트릭트 위화 인더스트리얼 파크 웨이이 로드 넘버 60
조우 빈
중국 710077 샨시 시안 옌타 디스트릭트 위화 인더스트리얼 파크 웨이이 로드 넘버 60
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 7 항 심사관 : 최진환

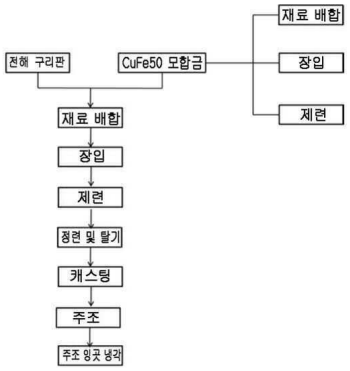
(54) 발명의 명칭 **구리-철 합금 슬라브 잉곳의 비진공 다운 드로잉 연속 주조 생산 공정**

(57) 요 약

본 발명은 구리-철 합금 슬라브 잉곳의 비진공 다운 드로잉 연속 주조 생산 공정을 개시하고, 그 주요 단계는, 재료 배합 단계, 장입 단계, 제련 단계, 정련 및 탈기 단계, 캐스팅 단계, 주조 단계, 주조 잉곳 냉각 단계를 포함하며, 제련 원료로서 전해 구리판 및 CuFe50 모합금을 이용하고, 비진공 다운 드로잉 연속 주조 공정을 거쳐

(뒷면에 계속)

대 표 도



구리-철 합금 슬라브 잉곳을 성공적으로 제조하며, 기존의 진공 용융 주조 공정에 비해, 장비에 대한 요구가 낮고; 아울어 주조 과정에서 불활성 가스로 보호하며, 철 함량을 조정하는 등 적합한 조치를 취하여, 합금 성분 및 산소 함량을 효과적으로 제어하고; 공정이 안정적이며, 조작이 편리하고, 용융 주조 생산 비용이 저렴한 장점이 있으므로, 구리-철 합금 슬라브 잉곳의 산업적 생산을 구현할 수 있다.

(52) CPC특허분류

B22D 11/113 (2013.01)

B22D 11/115 (2013.01)

B22D 11/117 (2013.01)

C22C 1/03 (2013.01)

C22C 1/06 (2013.01)

C22C 9/00 (2013.01)

(72) 발명자

왕 췬

중국 710077 샨시 시안 옌타 디스트릭트 위화 인더스트리얼 파크 웨이이 로드 넘버 60

구오 추앙리

중국 710077 샨시 시안 옌타 디스트릭트 위화 인더스트리얼 파크 웨이이 로드 넘버 60

양 홍옌

중국 710077 샨시 시안 옌타 디스트릭트 위화 인더스트리얼 파크 웨이이 로드 넘버 60

왕 원빈

중국 710077 샨시 시안 옌타 디스트릭트 위화 인더스트리얼 파크 웨이이 로드 넘버 60

리앙 시앙보

중국 710077 샨시 시안 옌타 디스트릭트 위화 인더스트리얼 파크 웨이이 로드 넘버 60

리앙 지엔빈

중국 710077 샨시 시안 옌타 디스트릭트 위화 인더스트리얼 파크 웨이이 로드 넘버 60

장 칭두이

중국 710077 샨시 시안 옌타 디스트릭트 위화 인더스트리얼 파크 웨이이 로드 넘버 60

경 셔후

중국 710077 샨시 시안 옌타 디스트릭트 위화 인더스트리얼 파크 웨이이 로드 넘버 60

우 쉬홍

중국 710077 샨시 시안 옌타 디스트릭트 위화 인더스트리얼 파크 웨이이 로드 넘버 60

명 세 서

청구범위

청구항 1

구리-철 합금 슬라브 잉곳의 비진공 다운 드로잉 연속 주조 생산 공정으로서,

구리-철 합금의 예정 구성 비율에 따라, 질량 백분율 기준으로 80 % 내지 95 %의 전해 구리판 및 5 % 내지 20 %의 Fe 원소를 준비하되, Fe 원소는 CuFe50 모합금의 형태로 준비하는 재료 배합 단계 S1;

용제, CuFe50 모합금, 전해 구리판, 피복제 순으로 원료를 장입하는 장입 단계 S2;

제련로의 온도를 1420 내지 1450 ℃로 가열하여, 구리-철 모합금을 융해시키고, 승온 융해 과정에서, 로 입구에서 가스 보호를 수행하는 제련 단계 S3;

아르곤 가스를 통입시켜 탈기하고, 탈산제를 이용하여 탈산하는 정련 및 탈기 단계 S4;

온도가 1300 내지 1450 ℃에 도달하면 캐스팅을 시작하는 캐스팅 단계 S5;

용융물이 결정화기의 70 내지 85 %로 유입되면, 전자기 교반을 시작하되, 주파수 3 내지 10 Hz, 전류 80 내지 100 A로 설정하며, 주조 속도를 낮은 속도에서 높은 속도로 60 내지 80 mm/min로 천천히 조절하고, 기계적 진동은 30 회/분인 주조 단계 S6; 및

결정화기를 사용하여 수냉함과 동시에, 응고 후 꺼낸 주조 잉곳에 일정한 각도로 물을 분사하여, 2차 냉각을 수행하는 주조 응곳 냉각 단계 S7을 포함하는 것을 특징으로 하는 구리-철 합금 슬라브 잉곳의 비진공 다운 드로잉 연속 주조 생산 공정.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 CuFe50 모합금은 다음과 같은 방법으로 제련되되,

첫 번째, 재료 배합 및 장입 단계에서, 함량 백분율이 1:1인 비율로 Cu, Fe 원료를 칭량하고, 균일하게 혼합한 다음 도가니에 넣어 진공 제련로 내에 넣으며;

두 번째, 진공 유도 제련 단계에서, 진공도가 P ≤4 Pa로 펌핑되면, 가열 장치의 전력을 20 KW 내지 30 KW로 증가하고, 5 min 내지 10 min 동안 보온하며; 가열 장치의 가열 전력을 40 KW 내지 50 KW로 증가하고, 5 min 내지 10 min 동안 보온하며; 가열 장치의 가열 전력을 60 KW 내지 70 KW로 증가하고, 도가니 내의 원료가 상하로 균일하게 된 후, 가열 전력을 20 KW로 줄이며, 진공 제련로 몸체 내에 아르곤 가스를 천천히 주입하고; 로 내의 압력이 0.08 Mpa로 상승하면, 아르곤 가스 주입을 정지하며, 전력을 70 KW ± 5 KW로 증가하고, 1 min 내지 2 min 동안 정련하며;

세 번째, 캐스팅 및 로에서 꺼내는 단계에서, 진공 제련로 전력을 40 KW ± 5 KW로 줄이고, 0.5 min 동안 유지하며 캐스팅 금형 내에 캐스팅을 수행하기 시작하고, 캐스팅이 완료된 후 가열을 종료하며, 60 min 동안 냉각한 후 로에서 꺼내는 것을 특징으로 하는 구리-철 합금 슬라브 잉곳의 비진공 다운 드로잉 연속 주조 생산 공정.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 피복제는 석영 유리이고, 사용량은 합금 중량의 0.25 내지 0.50 %wt이며; 상기 용제는 규산나트륨과 형석의 혼합물이고, 사용량은 합금 중량의 0.32 내지 0.45 %wt인 것을 특징으로 하는 구리-철 합금 슬라브 잉곳의 비진공 다운 드로잉 연속 주조 생산 공정.

청구항 4

제1항에 있어서,

단계 S3에서, 제련 중에 도가니를 이용하여 Fe 함량을 샘플링 및 검출하고, 이에 따라 적절한 양의 CuFe 모합금을 추가하여, 철 함량이 목표값에 도달할 때까지 용융물 성분을 조정하는 것을 특징으로 하는 구리-철 합금 슬라브 잉곳의 비진공 다운 드로잉 연속 주조 생산 공정.

청구항 5

제1항에 있어서,

단계 S4에서, 탈산제에 의한 탈기의 구체적인 단계는 알루미늄 와이어 탈산, CuMg 합금 탈산, 로에서 꺼내기 전에 티타늄 와이어의 추가인 것을 특징으로 하는 구리-철 합금 슬라브 잉곳의 비진공 다운 드로잉 연속 주조 생산 공정.

청구항 6

제1항에 있어서,

단계 S6에서, 제련로 도가니 내의 용융물량이 원래의 10 % 이하로 감소되면, 정지할 때까지 다운 드로잉 속도를 천천히 줄이고; 주조 잉곳이 완전히 응고된 후, 냉각수를 끄는 것을 특징으로 하는 구리-철 합금 슬라브 잉곳의 비진공 다운 드로잉 연속 주조 생산 공정.

청구항 7

제1항에 있어서,

단계 S7에서, 상기 주조 전에 냉각수 유량을 6.0 내지 8.0 m^3/h로 점차 증가하는 것을 특징으로 하는 구리-철 합금 슬라브 잉곳의 비진공 다운 드로잉 연속 주조 생산 공정.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] **관련된 출원의 상호참조**

[0002] 본 발명은 출원일이 2019년 7월 29일인 중국 특허 출원 2019106912032의 우선권을 주장한다. 상기 중국 특허 출원의 모든 내용은 본 발명에 인용된다.

[0003] 본 발명은 금속 제련 기술 분야에 관한 것으로, 구체적으로 구리-철 합금 슬라브 잉곳의 비진공 다운 드로잉 연속 주조 생산 공정에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0004] 고강도 및 고전도성 구리-철 합금이 다양한 업계에 널리 적용됨에 따라, 이러한 고강도 및 고전도성 구리-철 합금의 사용 성능 및 제조 비용에 대해 더 높은 요구가 제시된다. 구리-철 합금은 구리의 전기 전도성, 열전도성, 연성, 탄성 등 성질 및 철의 내마모성, 강도, 경도, 자성 등 성질을 모두 구비하므로, 전자파 차폐성, 탄성, 전기 전도성, 방열성, 내마모성, 항균성 등과 같은 독특하고 우수한 특징을 나타내고, 또한, 구리-철 합금은 바, 케이블, 플레이트, 필름, 분말, 튜브 등 다양한 물리적 형태로 가공될 수 있으며, 다양한 산업 분야에서 활용이 가능하고, 타의 추종을 불허하는 경쟁력과 시장 전망이 있다.

[0005] 그러나 구리-철 상평형도에서 볼 때, 실온에서 둘은 완전히 상호 용해되지 않으며, 300 ℃에서 용해도는 여전히 0이고, 1094 ℃에서 용해도도 5 %에 불과하며, Cu에서의 Fe의 아주 낮은 용해도는, 해당 합금이 응고 과정에서 편석이 심한 조직을 형성하기 쉽고, CuFe 합금의 적용에 심각한 영향을 미친다. 빠른 응고는 결정립을 미세화할 수 있고, 고용도를 증가하며, 응고 과정에서 CuFe 합금의 편석 조직 형성을 억제 또는 완화하는 효과적인 경로이므로, 빠른 응고 거동 연구가 점점 사람들의 관심을 받고 있다.

[0006] 현재 국내외에서 CuFe 합금을 생산하는 방법은 다음과 같은 몇 가지가 있다.

[0007] 진공 아크 제련법: 일정 비율의 구리 블록과 철 블록을 진공 유도로에 넣어 융해시키고, 완전히 융해된 후 금형에 부어 넣는 바, 일반적으로 유도 제련법 및 변형 시효를 결합하여 구리-철 합금의 성능을 향상시키지만, 이러

한 일반적인 유도 제련법은 편석을 형상하기 쉽다.

[0008] 변형 시추(in-situ) 복합법: CuFe 시추 복합 재료의 원시 조직은 일반적으로 Cu 매트릭스에 균일하게 분포된 수지상(제련법) 또는 과립상(분말 야금법)의 Fe 상이고, 대량의 변형을 거친 후 Fe 상은 섬유상으로 변한다. CuFe 합금의 전반적인 성능을 더 잘 향상시키기 위해, 일반적으로 변형 시효 방법을 사용하며, 변형 과정에 몇몇 열처리 단계를 추가하는데, 현재는 아직 연구 단계에 있다.

[0009] 기계적 합금 방법: 일정 비율의 Cu 분말 및 Fe 분말을 고 에너지 볼 밀에서 긴시간 분쇄하여, 금속 분말이 빈번한 충돌 과정에서, 그 조직 구조가 계속 미세화되어, 최종적으로 원자 수준의 혼합을 달성하여 합금의 목적에 달성하지만, 이러한 방법은 볼 밀링 과정에서 불순물 원소 유입이 쉬우으므로 비용이 높다.

[0010] 종합하면, 현재 시장에서는 고 품질 구리-철 합금 슬라브 잉곳을 산업적으로 생산할 수 있는 비용이 저렴하고, 조작이 간단한 제조 공정이 여전히 필요하다.

발명의 내용

[0011] **기술적 과제**

[0012] 본 발명은 공정이 안정적이며, 조작이 편리하고, 용융 주조 생산 비용이 저렴한 장점이 있으며, 구리-철 합금 슬라브 잉곳의 산업적 생산을 구현할 수 있는 구리-철 합금 슬라브 잉곳의 비진공 다운 드로잉 연속 주조 생산 공정을 제공하여 상기 선행 기술의 단점을 극복하는 것을 목적으로 한다.

[0013] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명은 다음과 같은 기술적 해결수단을 제공한다.

[0014] 다음과 같은 단계를 포함하는 구리-철 합금 슬라브 잉곳의 비진공 다운 드로잉 연속 주조 생산 공정을 제공한다.

[0015] 재료 배합 단계 S1에서, 구리-철 합금의 조성 구성 비율에 따라, 질량 백분율 기준으로 80 % 내지 95 %의 전해 구리판 및 5 % 내지 20 %의 Fe 원소를 준비하되, 여기서 Fe 원소는 CuFe50 모합금의 형태로 준비한다.

[0016] 장입 단계 S2에서, 용제, CuFe50 모합금, 전해 구리판, 피복제 순으로 원료를 장입한다.

[0017] 제련 단계 S3에서, 제련로의 온도를 1420 내지 1450 ℃로 가열하여, 구리-철 모합금을 융해시키고; 승온하여 융해시키며, 승온 융해 과정에서, 로 입구에서 가스 보호를 수행한다.

[0018] 정련 및 탈기 단계 S4에서, 아르곤 가스를 통입시켜 탈기하고, 탈산제를 이용하여 탈산한다.

[0019] 캐스팅 단계 S5에서, 온도가 1300 내지 1450 ℃에 도달하면 캐스팅을 시작하며; 캐스팅 온도가 너무 높으면, 주조 잉곳 내부 표준 구배가 크고, 열응력이 증가하며, 크랙 경향이 증가하고, 아울러 용융지 벽이 얇아져, 넓은 면 크랙이 발생하기 쉬우며; 온도가 너무 낮으면 용융물 점도가 크고, 유동성이 감소하며, 보냉, 슬래그 함유 등 결함이 발생하기 쉽다.

[0020] 주조 단계 S6에서, 용융물이 결정화기의 70 내지 85 %로 유입되면, 전자기 교반을 시작하되, 구체적인 파라미터는 다음과 같은 바, 주파수 3 내지 10 Hz, 전류 80 내지 100 A이며, 주조 속도를 낮은 속도에서 높은 속도로 60 내지 80 mm/min로 천천히 조절하고, 기계적 진동은 30 회/분이며; 주조 속도는 용융지 깊이를 결정하는데, 이는 주조 과정 중의 핵심 파라미터이며, 플랫 잉곳 및 주조 잉곳에 대해, 주조 속도가 너무 높으면, 넓은 면 용융지 벽이 얇아져, 원래 인장 응력 상태였던 넓은 면 표층의 인장 응력이 증가하여, 크랙 발생이 쉽고; 주조 속도가 너무 낮으면, 측면 크랙을 야기하거나, 좁은 면에서 보냉 등 결함이 발생한다.

[0021] 주조 응곳 냉각 단계 S7에서, 결정화기를 사용하여 수냉함과 동시에, 응고 후 꺼낸 주조 잉곳에 일정한 각도로 물을 분사하여, 2차 냉각을 수행한다. 결정화기 수냉의 장점은 내부에서 "핫 탑 주조"의 구현이 가능하여, 상단 용융물의 응고 속도를 감소하며, 적시 보충을 보장하고, 아울러 슬래그 및 가스 부유 및 제거에 유리한 것이다.

[0022] 바람직하게, 상기 CuFe50 모합금은 다음과 같은 방법으로 제련된다.

[0023] 첫 번째, 재료 배합 및 장입 단계에서, 함량 백분율이 1:1인 비율로 Cu, Fe 원료를 칭량하고, 균일하게 혼합한 다음 도가니에 넣어 진공 제련로 내에 넣는다.

[0024] 두 번째, 진공 유도 제련 단계에서, 기계식 펌프 및 저진공 배플 밸브를 열어 진공으로 만들고, 진공 제련로 내의 P≤0.08 Mpa 이면, 루츠 진공 펌프를 작동시키며; 진공도가 P ≤4 Pa로 펌핑되면, 가열 장치의 전력을 20 KW

내지 30 KW로 증가하고, 5 min 내지 10 min 동안 보온하며; 가열 장치의 가열 전력을 40 KW 내지 50 KW로 증가하고, 5 min 내지 10 min 동안 보온하며; 가열 장치의 가열 전력을 60 KW 내지 70 KW로 증가하고, 도가니 내의 원료가 상하로 균일하게 된 후, 가열 전력을 20 KW로 줄이며, 진공 제련로 몸체 내에 아르곤 가스를 천천히 주입하고; 로 내의 압력이 0.08 Mpa로 상승하면, 아르곤 가스 주입을 정지하며, 전력을 70 KW ± 5 KW로 증가하고, 1 min 내지 2 min 동안 정련한다.

[0025] 세 번째, 캐스팅 및 로에서 꺼내는 단계에서, 저진공 제련로 전력을 40 KW ± 5 KW로 줄이고, 0.5 min 동안 유지하며 캐스팅 금형 내에 캐스팅을 수행하기 시작하고, 캐스팅이 완료된 후 가열을 종료하며, 60 min 동안 냉각한 후 로에서 꺼낸다.

[0026] 이러한 방법으로 제조된 CuFe 합금은 조직이 치밀하고, 기공 및 슬래그가 적으며, 거시적 및 미시적 편석 등 결함이 없으므로, 최종 구리-철 슬라브 잉곳의 품질을 보장한다.

[0027] 바람직하게, 상기 피복제는 석영 유리이고, 사용량은 합금 중량의 0.25 내지 0.50 %wt이며; 상기 용제는 규산나트륨과 형석의 혼합물이고, 사용량은 합금 중량의 0.32 내지 0.45 %wt이다.

[0028] 바람직하게, 단계 S3에서, 제련 중에 도가니를 이용하여 Fe 함량을 샘플링 및 검출하고, 이에 따라 적절한 양의 CuFe 모합금을 추가하여, 철 함량이 목표값에 도달할 때까지 용융물 성분을 조정한다.

[0029] 바람직하게, 단계 S4에서, 탈산제에 의한 탈기의 구체적인 단계는 알루미늄 와이어 탈산, CuMg 합금 탈산, 로에서 꺼내기 전에 티타늄 와이어의 추가이다.

[0030] 바람직하게, 단계 S6에서, 제련로 도가니 내의 용융물량이 원래의 10 % 이하로 감소되면, 정지할 때까지 다운 드로잉 속도를 천천히 줄인다. 주조 잉곳이 완전히 응고된 후, 냉각수를 끈다.

[0031] 바람직하게, 단계 S7에서, 상기 주조 전에 냉각수 유량을 6.0 내지 8.0 m^3/h로 점차 증가하고, 물 유량이 너무 높으면, 냉각 정도가 너무 커 응력 집중을 발생하기 쉬우며, 보냉을 형성하고, 크랙이 발생하며; 물 유량이 너무 낮으면, 주조 잉곳 냉각 속도가 너무 낮아, 조직이 거칠고 커지거나, 성능이 저하되거나, 또는 다른 결함을 초래할 수 있다.

[0032] **발명의 효과**

[0033] 기존 기술에 비해, 본 발명의 유익한 효과는 다음과 같다.

[0034] (1) 본 발명은 구리-철 합금 슬라브 잉곳에 적합한 제조 공정을 사용하고, 특히 대량의 공정 탐색을 통해, 상이한 사양에 대해, 일련의 비진공 제련 주조의 핵심 파라미터를 결정한다.

[0035] (2) 본 발명은 내장식 결정화기의 전자기로 구리-철 용탕을 교반하여, 등축 결정 비율을 증가하고, 결정립을 미세화하며, 표면 및 피하 기공을 감소하고, 슬래그 함유를 감소하며, 주조 잉곳 중심의 느슨함 및 편석을 개선한다.

[0036] (3) 본 발명에 의해 제조된 구리-철 합금 슬라브 잉곳은 구리-철 합금 스트립의 압연 블랭크로서, 일반적인 원형 주조 잉곳에 비해 재료 소모가 적고, 생산 비용이 낮다.

[0037] (4) 본 발명에서 사용하는 비진공 다운 드로잉 연속 주조 공정은 기존의 진공 용융 주조 공정에 비해, 장비에 대한 요구가 낮고; 아울러 주조 과정에서 불활성 가스로 보호하며, 철 함량을 조정하는 등 적합한 조치를 취하여, 합금 성분 및 산소 함량을 효과적으로 제어하고, 조작이 간단하며, 안정적이고 신뢰성이 있다.

도면의 간단한 설명

[0038] 도 1은 본 발명에 따른 공정 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 실시예 1에 따른 실물 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예 1에 따른 금속 상평형도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0039] **발명의 실시를 위한 최선의 형태**

[0040] 이하, 본 발명의 실시예 중의 도면을 참조하여, 본 발명의 실시예 중의 기술적 해결수단을 명확하고 완전하게

설명할 것이며, 분명한 것은, 기술되는 실시예는 단지 본 발명의 일부 실시예일 뿐, 전부의 실시예가 아니다. 본 발명 중의 실시예를 기반으로, 당업자가 진보적 창출에 힘쓰지 않고 획득한 모든 다른 실시예는 본 발명의 보호 범위에 속한다.

[0041] **실시예 1 내지 3**

[0042] (1) CuFe50 모합금의 제련 단계:

[0043] 첫 번째, 재료 배합 및 장입 단계에서, 함량 백분율이 1:1 인 비율로 Cu, Fe 원료를 칭량하고, 균일하게 혼합한 다음 도가니에 넣어 진공 제련로 내에 넣는다.

[0044] 두 번째, 진공 유도 제련 단계에서, 기계식 펌프 및 저진공 배플 밸브를 열어 진공으로 만들고, 진공 제련로 내의 P≤0.08 Mpa이면, 루츠 진공 펌프를 작동시키며; 진공도가 P ≤4 Pa로 펌핑되면, 가열 장치의 전력을 20 KW로 증가하고, 5 min 동안 보온하며; 가열 장치의 가열 전력을 40 KW로 증가하고, 5 min 동안 보온하며; 가열 장치의 가열 전력을 60 KW로 증가하고, 도가니 내의 원료가 상하로 균일하게 된 후, 가열 전력을 20 KW로 줄이며, 진공 제련로 몸체 내에 아르곤 가스를 천천히 주입하고; 로 내의 압력이 0.08 Mpa로 상승하면, 아르곤 가스 주입을 정지하며, 전력을 65 KW로 증가하고, 1 min 동안 정련한다.

[0045] 세 번째, 캐스팅 및 로에서 꺼내는 단계에서, 저진공 제련로 전력을 35 KW로 줄이고, 0.5 min 동안 유지하며 캐스팅 금형 내에 캐스팅을 수행하기 시작하고, 캐스팅이 완료된 후 가열을 종료하며, 60 min 동안 냉각한 후 로에서 꺼낸다.

[0046] (2) 구리-철 합금 슬라브 잉곳의 주조 단계:

[0047] 재료 배합 단계 S1에서, 구리-철 합금의 조성 구성 비율에 따라, 질량 백분율 기준으로 전해 구리판 및 Fe 원소를 준비하되, 여기서 Fe 원소는 CuFe50 모합금의 형태로 준비한다.

[0048] 장입 단계 S2에서, 용제, CuFe50 모합금, 전해 구리판, 피복제 순으로 원료를 장입하되, 상기 피복제는 석영 유리이며, 상기 용제는 규산나트륨과 형석의 혼합물이다.

[0049] 제련 단계 S3에서, 제련로의 온도를 1420 ℃로 가열하여, 구리-철 모합금을 융해시키고; 승온하여 융해시키며, 승온 융해 과정에서, 로 입구에서 가스 보호를 수행하고, 제련 중에 도가니를 이용하여 Fe 함량을 샘플링 및 검출하며, 이에 따라 적절한 양의 CuFe50 모합금을 추가하고, 철 함량이 목표값에 도달할 때까지 용융물 성분을 조정한다.

[0050] 정련 및 탈기 단계 S4에서, 아르곤 가스를 통입시켜 탈기하고, 알루미늄 와이어를 탈산하며, CuMg 합금을 탈산하고, 로에서 꺼내기 전에 티타늄 와이어를 추가한다.

[0051] 캐스팅 단계 S5에서, 온도가 1300 ℃에 도달하면 캐스팅을 시작하며; 캐스팅 온도가 너무 높으면, 주조 잉곳 내부 표준 구배가 크고, 열응력이 증가하며, 크랙 경향이 증가하고, 아울러 용융지 벽이 얇아져, 넓은 면 크랙이 발생하기 쉬우며; 온도가 너무 낮으면 용융물 점도가 크고, 유동성이 감소하며, 보냉, 슬래그 함유 등 결함이 발생하기 쉽다.

[0052] 주조 단계 S6에서, 용융물이 결정화기의 70 %로 유입되면, 전자기 교반을 시작하되, 구체적인 파라미터는 다음과 같은 바, 주파수 310 Hz, 전류 80 A이며, 주조 속도를 낮은 속도에서 높은 속도로 60 mm/min로 천천히 조절하고, 기계적 진동은 30 회/분이며; 주조 속도는 용융지 깊이를 결정하는데, 이는 주조 과정 중의 핵심 파라미터이며, 플랫 잉곳 및 주조 잉곳에 대해, 주조 속도가 너무 높으면, 넓은 면 용융지 벽이 얇아져, 원래 인장 응력 상태였던 넓은 면 표층의 인장 응력이 증가하여, 크랙 발생이 쉽고; 주조 속도가 너무 낮으면, 측면 크랙을 야기하거나, 좁은 면에서 보냉 등 결함이 발생한다.

[0053] 주조 응곳 냉각 단계 S7에서, 결정화기를 사용하여 수냉함과 동시에, 응고 후 꺼낸 주조 잉곳에 일정한 각도로 물을 분사하여, 2차 냉각을 수행한다. 결정화기 수냉의 장점은 내부에서 "핫 탑 주조"의 구현이 가능하여, 상단 용융물의 응고 속도를 감소하며, 적시 보충을 보장하고, 아울러 슬래그 및 가스 부유 및 제거에 유리한 것이다. 상기 주조 전에 냉각수 유량을 6.0 m^3/h로 점차 증가하고, 물 유량이 너무 높으면, 냉각 정도가 너무 커 응력 집중을 발생하기 쉬우며, 보냉을 형성하고, 크랙이 발생하며; 물 유량이 너무 낮으면, 주조 잉곳 냉각 속도가 너무 낮아, 조직이 거칠고 커지거나, 성능이 저하되거나, 또는 다른 결함을 초래할 수 있다. 제련로 도가니 내의 용융물량이 원래의 10 % 이하로 감소되면, 정지할 때까지 다운 드로잉 속도를 천천히 줄인다. 주조 잉곳이 완전히 응고된 후, 냉각수를 끈다.

[0054] 초기 재료 배합의 차이에 따라, 총 3 그룹의 실시예를 제조하고, 그 상세한 재료 배합 성분 주조 파라미터는 표 1 내지 표 6에 기재된 바와 같으며, 여기서, 실시예 1에서 제조되는 구리-철 슬라브 잉곳 실물은 도 2에 도시된 바와 같고, 금속 상평형도는 도 3에 도시된 바와 같으며, 제조된 구리-철 슬라브 잉곳의 구조가 균일하고, 편석이 적음을 증명한다.

[0055] 표 1 실시예 1 내지 3의 재료 배합 및 성능표

	재료 배합				주조 잉곳 성분			
	구리(%)	구리-철 모합금(%)	석영 유리(합금 중량에서 차지하는 백분율)	규산나트륨/형석(합금 중량에서 차지하는 백분율)	주조 잉곳 사양	Fe(%)	Cu(%)	슬래그(%)
실시예 1	88.0	12	0.25	0.32	150(t)X420(w)XL	5.03	94.93	0.035
실시예 2	87.5	12.5	0.25	0.32	150(t)X420(w)XL	5.21	94.75	0.038
실시예 3	88.5	11.5	0.25	0.32	150(t)X420(w)XL	4.81	95.15	0.037

[0056]

[0057] **실시예 4 내지 6**

[0058] (1) CuFe50 모합금의 제련 단계:

[0059] 첫 번째, 재료 배합 및 장입 단계에서, 함량 백분율이 1:1인 비율로 Cu, Fe 원료를 칭량하고, 균일하게 혼합한 다음 도가니에 넣어 진공 제련로 내에 넣는다.

[0060] 두 번째, 진공 유도 제련 단계에서, 기계식 펌프 및 저진공 배플 밸브를 열어 진공으로 만들고, 진공 제련로 내의 P≤0.08 Mpa 이면, 루츠 진공 펌프를 작동시키며; 진공도가 P ≤4 Pa로 펌핑되면, 가열 장치의 전력을 30 KW로 증가하고, 10 min 동안 보온 하며; 가열 장치의 가열 전력을 50 KW로 증가하고, 10 min 동안 보온 하며; 가열 장치의 가열 전력을 70 KW로 증가하고, 도가니 내의 원료가 상하로 균일하게 된 후, 가열 전력을 20 KW로 줄이며, 진공 제련로 몸체 내에 아르곤 가스를 천천히 주입하고; 로 내의 압력이 0.08 Mpa로 상승하면, 아르곤 가스 주입을 정지하며, 전력을 75 KW로 증가하고, 2 min 동안 정련한다.

[0061] 세 번째, 캐스팅 및 로에서 꺼내는 단계에서, 저진공 제련로 전력을 45 KW로 줄이고, 0.5 min 동안 유지하며 캐스팅 금형 내에 캐스팅을 수행하기 시작하고, 캐스팅이 완료된 후 가열을 종료하며, 60 min 동안 냉각한 후 로에서 꺼낸다.

[0062] (2) 구리-철 합금 슬라브 잉곳의 제련 단계:

[0063] 재료 배합 단계 S1에서, 구리-철 합금의 조성 구성 비율에 따라, 질량 백분율 기준으로 전해 구리판 및 Fe 원소를 준비하되, 여기서 Fe 원소는 CuFe50 모합금의 형태로 준비한다.

[0064] 장입 단계 S2에서, 용제, CuFe50 모합금, 전해 구리판, 피복제 순으로 원료를 장입하되, 상기 피복제는 석영 유리이고, 상기 용제는 규산나트륨과 형석의 혼합물이다.

[0065] 제련 단계 S3에서, 제련로의 온도를 1450 ℃로 가열하여, 구리-철 모합금을 융해시키고; 승온하여 융해시키며, 승온 융해 과정에서, 로 입구에서 가스 보호를 수행하고, 제련 중에 도가니를 이용하여 Fe 함량을 샘플링 및 검출하며, 이에 따라 적절한 양의 CuFe50 모합금을 추가하고, 철 함량이 목표값에 도달할 때까지 용융물 성분을 조정한다.

[0066] 정련 및 탈기 단계 S4에서, 아르곤 가스를 통입시켜 탈기하고, 알루미늄 와이어를 탈산하며, CuMg 합금을 탈산하고, 로에서 꺼내기 전에 티타늄 와이어를 추가한다.

[0067] 캐스팅 단계 S5에서, 온도가 1450 ℃에 도달하면 캐스팅을 시작하며; 캐스팅 온도가 너무 높으면, 주조 잉곳 내부 표준 구배가 크고, 열응력이 증가하며, 크랙 경향이 증가하고, 아울러 용융지 벽이 얇아져, 넓은 면 크랙이 발생하기 쉬우며; 온도가 너무 낮으면 용융물 점도가 크고, 유동성이 감소하며, 보냉, 슬래그 함유 등 결함이 발생하기 쉽다.

[0068] 주조 단계 S6에서, 용융물이 결정화기의 85 %로 유입되면, 전자기 교반을 시작하되, 구체적인 파라미터는 다음과 같은 바, 주파수 10 Hz, 전류 100 A이고, 주조 속도를 낮은 속도에서 높은 속도로 80 mm/min로 천천히 조절하고, 기계적 진동은 30 회/분이며; 주조 속도는 용융지 깊이를 결정하는데, 이는 주조 과정 중의 핵심 파라미터이며, 플랫 잉곳 및 주조 잉곳에 대해, 주조 속도가 너무 높으면, 넓은 면 용융지 벽이 얇아져, 원래 인장 응력 상태였던 넓은 면 표층의 인장 응력이 증가하여, 크랙 발생이 쉽고; 주조 속도가 너무 낮으면, 측면 크랙을 야기하거나, 좁은 면에서 보냉 등 결함이 발생한다.

[0069] 주조 응곳 냉각 단계 S7에서, 결정화기를 사용하여 수냉함과 동시에, 응고 후 꺼낸 주조 잉곳에 일정한 각도로 물을 분사하여, 2차 냉각을 수행한다. 결정화기 수냉의 장점은 내부에서 "핫 탑 주조"의 구현이 가능하여, 상단 용융물의 응고 속도를 감소하며, 적시 보충을 보장하고, 아울러 슬래그 및 가스 부유 및 제거에 유리한 것이다. 상기 주조 전에 냉각수 유량을 8.0 m^3/h로 점차 증가하고, 물 유량이 너무 높으면, 냉각 정도가 너무 커 응력 집중을 발생하기 쉬우며, 보냉을 형성하고, 크랙이 발생하며; 물 유량이 너무 낮으면, 주조 잉곳 냉각 속도가 너무 낮아, 조직이 거칠고 커지거나, 성능이 저하되거나, 또는 다른 결함을 초래할 수 있다. 제련로 도가니 내의 용융물량이 원래의 10 % 이하로 감소되면, 정지할 때까지 다운 드로잉 속도를 천천히 줄인다. 주조 잉곳이 완전히 응고된 후, 냉각수를 끈다.

[0070] 초기 재료 배합의 차이에 따라, 총 3 그룹의 실시예를 제조하고, 그 상세한 재료 배합 성분 주조 파라미터는 표 2에 기재된 바와 같다.

[0071] 표 2 실시예 4 내지 6의 재료 배합 및 성능표

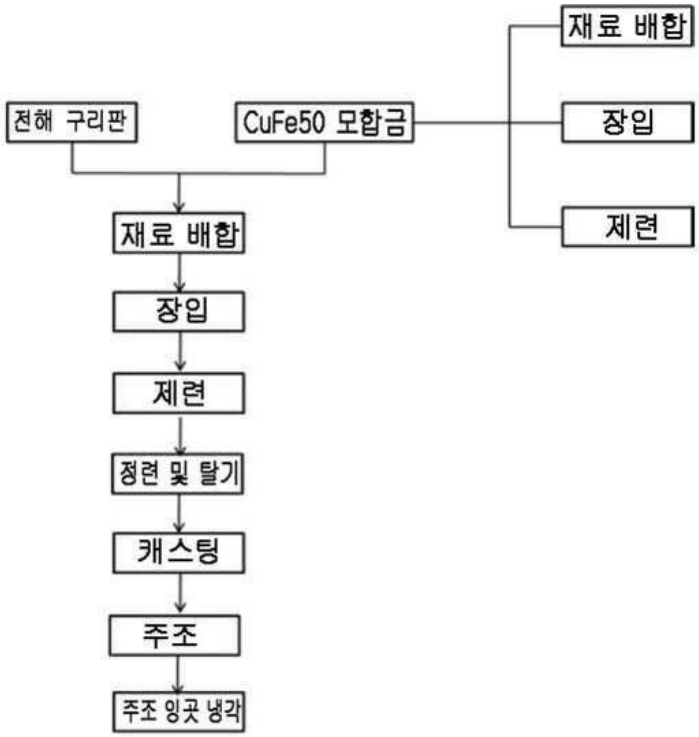
	재료 배합				주조 잉곳 성분			
	구리(%)	구리-철 모합금(%)	석영 유리(합금 중량에서 차지하는 백분율)	규산나트륨/형석(합금 중량에서 차지하는 백분율)	주조 잉곳 사양	Fe(%)	Cu(%)	슬래그(%)
실시예 4	88	12	0.50	0.45	150(t)X370(w)XL	5.01	94.95	0.037
실시예 5	87.5	12.5	0.50	0.45	150(t)X370(w)XL	5.32	94.63	0.038
실시예 6	88.5	11.5	0.50	0.45	150(t)X370(w)XL	4.88	95.02	0.073

[0072]

[0073] 마지막으로 설명해야 할 것은, 상기 실시예는 본 발명의 기술적 해결수단을 설명하기 위한 것일 뿐, 이를 제한하려는 의도는 아니다. 전술한 실시예를 참조하여 본 발명을 상세하게 설명하지만, 당업자는 전술한 실시예에 기재된 기술적 해결수단을 변경하거나, 일부 기술적 특징을 등가 대체할 수 있으며; 이러한 변경 또는 대체에 의해 해당 기술적 해결수단의 본질이 본 발명의 실시예의 기술적 해결수단의 사상 및 범위를 벗어나지 않음을 이해해야 한다.

도면

도면1



도면2



도면3

