(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7612654号
(P7612654)

(45)発行日　令和7年1月14日(2025.1.14)

(24)登録日　令和6年12月27日(2024.12.27)

(51)国際特許分類

		FI		
B22D 11/00 (2006.01)		B22D	11/00	F
B22D 11/115 (2006.01)		B22D	11/115	A
B22D 11/22 (2006.01)		B22D	11/22	B
B22D 11/20 (2006.01)		B22D	11/20	A
B22D 11/16 (2006.01)		B22D	11/16	105

請求項の数　7　（全10頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2022-502415(P2022-502415)
(86)(22)出願日　令和2年7月29日(2020.7.29)
(65)公表番号　特表2022-542014(P2022-542014A)
(43)公表日　令和4年9月29日(2022.9.29)
(86)国際出願番号　PCT/CN2020/105554
(87)国際公開番号　WO2021/018203
(87)国際公開日　令和3年2月4日(2021.2.4)
審査請求日　令和5年5月30日(2023.5.30)
(31)優先権主張番号　201910691203.2
(32)優先日　令和1年7月29日(2019.7.29)
(33)優先権主張国・地域又は機関
中国(CN)

(73)特許権者　522017645
シルイ アドバンスド コパー アロイ カンパニー リミテッド
中華人民共和国 710077 シャーアンシー シーアン、イェンター ディストリクト ユイホア インダストリアル パーク、ウェイイー ロード、ナンバー60
(74)代理人　110001519
弁理士法人太陽国際特許事務所
(72)発明者　スン、チュンポン
中華人民共和国 710077 シャーアンシー シーアン、イェンター ディストリクト ユイホア インダストリアル パーク、ウェイイー ロード、ナンバー60
(72)発明者　チョウ、ピン

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　非真空引下げ連続鋳造による銅鉄合金スラブの生産プロセス

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

銅鉄合金の所定配合比に従い、質量パーセントで８０％～９５％の電解銅板及び５％～２０％のＦｅ元素を用意するステップであって、前記Ｆｅ元素がＣｕＦｅ５０母合金の形で用意される原料準備ステップＳ１と、

原料を炉に詰めるステップであって、溶剤、前記ＣｕＦｅ５０母合金、電解銅板、被覆剤を順次に詰め込む炉詰めステップＳ２と、

溶錬炉の温度を１４２０～１４５０℃に加熱して、銅鉄母合金を溶融させるステップであって、昇温による溶融中に、炉口でガスシールドが行われる溶錬ステップＳ３と、

アルゴンガスを通気して脱気を行い、脱酸素剤を用いて脱酸素を行う精錬脱気ステップＳ４と、

温度が１３００～１４５０℃に達すると、鋳込みを開始する鋳込みステップＳ５と、

溶湯が角型鋳型の７０～８５％に流れ込むと、電磁攪拌をオンにし、周波数を３～１０Ｈｚ、電流を８０～１００Ａに設定し、鋳造速度を低速から高速へゆっくりと６０～８０ｍｍ／ｍｉｎまでに調節し、機械的振動を３０回／分にする鋳造ステップＳ６と、

鋳型を用いて水冷を行うとともに、凝固後に引き抜かれたインゴットに一定の角度で水を噴射して、二次冷却を行うインゴット冷却ステップＳ７とを含む、ことを特徴とする非真空引下げ連続鋳造による銅鉄合金スラブの生産プロセス。

【請求項２】

前記ＣｕＦｅ５０母合金は、以下の第１ステップ～第３ステップの方法で溶錬され、

第１ステップは、原料準備及び炉詰めであり、１：１となる含有量パーセントの比率でＣｕ、Ｆｅ原料を秤量し、均一に混合してから坩堝に詰め込んで真空溶錬炉内に入れ、
第２ステップは、真空誘導溶錬であり、真空度がＰ≦４Ｐａになるまで真空吸引されると、加熱装置の電力を２０ＫＷ～３０ＫＷまでに上げて５ｍｉｎ～１０ｍｉｎ間保温し、加熱装置の加熱電力を４０ＫＷ～５０ＫＷまでに上げて５ｍｉｎ～１０ｍｉｎ間保温し、加熱装置の加熱電力を６０ＫＷ～７０ＫＷまでに上げて、坩堝内の原料が上下に均一に達した後、加熱電力を２０ＫＷまでに下げ、真空溶錬炉の炉体内にアルゴンガスをゆっくりと充填し、炉内の圧力が０．０８Ｍｐａまでに上昇したら、アルゴンガスの充填を停止し、電力を７０ＫＷ±５ＫＷまでに上げて、１ｍｉｎ～２ｍｉｎ間精錬し、
第３ステップは、鋳込み及び炉出しであり、真空溶錬炉の電力を４０ＫＷ±５ＫＷまでに下げて０．５ｍｉｎ間維持し、鋳込み型内への鋳込みを開始し、鋳込みが完了したら加熱をオフにし、６０ｍｉｎ間冷却してから炉出しする、ことを特徴とする請求項１に記載の非真空引下げ連続鋳造による銅鉄合金スラブの生産プロセス。
【請求項３】
前記被覆剤は、石英ガラスとされ、その使用量が合金重量の０．２５～０．５０％ｗｔであり、前記溶剤は、ケイ酸ナトリウムとフルオライトとの混合物とされ、その使用量が合金重量の０．３２～０．４５％ｗｔである、ことを特徴とする請求項１に記載の非真空引下げ連続鋳造による銅鉄合金スラブの生産プロセス。
【請求項４】
前記溶錬ステップＳ３では、溶錬中に坩堝を用いてＦｅ含有量のサンプリング検出を行い、それに応じて適量のＣｕＦｅ母合金を追加し、前記Ｆｅ含有量が目標値に達するまで溶湯成分を調整する、ことを特徴とする請求項１に記載の非真空引下げ連続鋳造による銅鉄合金スラブの生産プロセス。
【請求項５】
前記精錬脱気ステップＳ４では、前記脱酸素剤による脱気の具体的な手順は、アルミニウムワイヤによる脱酸素、ＣｕＭｇ合金による脱酸素、炉出し前のチタンワイヤ添加である、ことを特徴とする請求項１に記載の非真空引下げ連続鋳造による銅鉄合金スラブの生産プロセス。
【請求項６】
前記鋳造ステップＳ６では、前記溶錬炉の坩堝内の溶湯量が元の１０％以下に減少すると、引下げ速度を停止になるまでゆっくりと下げ、前記インゴットが完全に凝固したら、冷却水をオフにする、ことを特徴とする請求項１に記載の非真空引下げ連続鋳造による銅鉄合金スラブの生産プロセス。
【請求項７】
前記インゴット冷却ステップＳ７では、鋳造の前に冷却水の流量を６．０～８．０m^3／ｈまでに徐々に増加させる、ことを特徴とする請求項１に記載の非真空引下げ連続鋳造による銅鉄合金スラブの生産プロセス。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、金属製錬の技術分野に関し、具体的に、非真空引下げ連続鋳造による銅鉄合金スラブの生産プロセスに関する。
【背景技術】
【０００２】
高強度高伝導性の銅鉄合金が様々な産業で広く使用されるにつれて、このような高強度高伝導性の銅鉄合金の使用性能及び製造コストに対する要求は、より高くなっている。銅鉄合金は、銅の導電性、熱伝導性、展延性、弾性等の性質、及び、鉄の耐摩耗性、強度、硬度、磁性等の性質を併有しているため、例えば電磁波遮蔽性、弾性、導電性、放熱性、耐摩耗性、抗菌性等の独自で優れた特性を示しており、しかも、銅鉄合金は、棒材、ケーブル、板材、フィルム、粉末、管状等の様々な物理形態に加工されることが可能であり、

様々な産業分野に応用されることも可能であり、卓越した競争力及び広い市場見通しがある。

【０００３】

しかし、銅－鉄状態図から見ると、両者は、室温では、ほとんど互いに溶解せず、３００℃では、溶解度がゼロのままであり、１０９４℃でも、溶解度が僅か５％程度であり、ＣｕへのＦｅの極めて低い溶解度により、当該合金の凝固中には、深刻な偏析を伴う組織が非常に形成され易くなり、ＣｕＦｅ合金の応用に深刻な影響が与えられている。一方で、急速凝固は、結晶粒を微細化し、固溶度を高めることができ、ＣｕＦｅ合金の凝固中における偏析組織の形成を抑制又は軽減する効果的な手法でもあるため、急速凝固挙動の研究は、ますます人々に注目されている。

【０００４】

現在、国内外では、ＣｕＦｅ合金の生産方法として、次のようにいくつかの種類がある。

真空アーク溶錬法：一定比率の銅塊と鉄塊とを真空誘導炉内に入れて溶融させ、完全に溶融したら型内に注ぎ込む。通常は、誘導溶錬法と歪み時効とを組み合わせて銅鉄合金の性能を向上させるようにするが、このような普通の誘導溶錬法は、偏析を引き起こし易い。

歪みインサイチュ（ｉｎ－ｓｉｔｕ）複合法：ＣｕＦｅインサイチュ複合材料の本来の組織は、一般に、Ｃｕマトリックスに樹枝状（溶錬法）又は顆粒状（粉末冶金法）のＦｅ相が均一に分布しているものであり、大量の歪みを経て、Ｆｅ相は、繊維状になる。ＣｕＦｅ合金の全体的な性能をより好適に向上させるためには、歪み時効法を用い、歪みの途中で熱処理をいくつか追加することが多いが、現在、まだ研究段階にある。

メカニカルアロイング法：一定比率のＣｕ粉とＦｅ粉とを高エネルギーボールミル機内で長時間研磨することで、金属粉末の頻繁な衝突中にその組織構造を微細化していき、最終的に原子レベルの混合に達して合金化の目的を実現する。しかし、この方法は、ボールミル中に不純物元素が混入し易く、コストが高い。

【０００５】

以上のように、現在の市場では、高品質の銅鉄合金スラブを工業的に生産できる、低コストで操作が簡単な作製プロセスが依然として必要とされている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

本発明の目的は、上記の先行技術の欠点を克服して、安定したプロセス、簡便な操作、低い溶製生産コストといった利点を有し、銅鉄合金スラブの工業的な生産を実現できる非真空引下げ連続鋳造による銅鉄合金スラブの生産プロセスを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

上記の目的を達成するために、本発明には、以下の技術案が提供されている。

【０００８】

本発明に係る非真空引下げ連続鋳造による銅鉄合金スラブの生産プロセスは、以下のステップＳ１～Ｓ７を含む：

Ｓ１は、銅鉄合金の組成配合比に従い、質量パーセントで８０％～９５％の電解銅板及び５％～２０％のＦｅ元素を用意するステップであって、Ｆｅ元素がＣｕＦｅ５０母合金の形で用意される原料準備ステップであり；

Ｓ２は、原料を炉に詰めるステップであって、溶剤、ＣｕＦｅ５０母合金、電解銅板、被覆剤を順次に詰め込む炉詰めステップであり；

Ｓ３は、溶錬炉の温度を１４２０～１４５０℃に加熱して、銅鉄母合金を溶融させるステップであって、昇温によって溶融させ、昇温による溶融に、炉口でガスシールドが行われる溶錬ステップであり；

Ｓ４は、アルゴンガスを通気して脱気を行い、脱酸素剤を用いて脱酸素を行う精錬脱気ステップであり；

Ｓ５は、温度が１３００～１４５０℃に達すると、鋳込みを開始する鋳込みステップで

あり、鋳込み温度が高すぎると、インゴットの内部勾配が大きくなり、熱応力が高まり、割れ傾向が大きくなるとともに、サンプの壁が薄くなり、広面に割れが生じ易くなる一方で、温度が低すぎると、溶湯の粘度が大きくなり、流動性が下がり、湯境やスラグ巻き込み等の欠陥が発生し易くなり；

Ｓ６は、溶湯が角型鋳型の７０～８５％に流れ込むと、電磁攪拌をオンにし、その具体的なパラメータとして、周波数を３～１０Ｈｚ、電流を８０～１００Ａにし、鋳造速度を低速から高速へ６０～８０ｍｍ／ｍｉｎにゆっくりと調節し、機械的振動を３０回／分にする鋳造ステップであり、鋳造速度は、サンプの深さを決定する鋳造中のキーパラメータであり、偏平インゴットの場合は、鋳造速度が高すぎると、広面のサンプの壁が薄くなり、元々引張応力状態にあった広面の表層における引張応力が増加し、割れに繋がり易くなる一方で、鋳造速度が低すぎると、側面の割れに繋がったり、狭面に湯境等の欠陥が生じる可能性があり；

Ｓ７は、鋳型を用いて水冷を行うとともに、凝固後に引き抜かれたインゴットに一定の角度で水を噴射して、二次冷却を行うインゴット冷却ステップである。鋳型による水冷の利点は、内部で「ホットトップ鋳造」を実現し、上端の溶湯の凝固速度を下げ、タイムリーな押湯を保証することが可能であるとともに、スラグ及びガスの浮上除去に有利であることにある。

【０００９】

好ましくは、前記ＣｕＦｅ５０母合金は、以下の第１ステップ～第３ステップの方法で溶錬され、

第１ステップは、原料準備及び炉詰めであり、１：１となる含有量パーセントの比率でＣｕ、Ｆｅ原料を秤量し、均一に混合してから坩堝に詰め込んで真空溶錬炉内に入れ、

第２ステップは、真空誘導溶錬であり、メカニカルポンプ、低真空フラッパ弁をオンにして真空吸引し、真空溶錬炉内がＰ≦０．０８ＭＰａになったら、ルーツポンプをオンにし、真空度がＰ≦４Ｐａになるまで真空吸引されると、加熱装置の電力を２０ＫＷ～３０ＫＷに上げて５ｍｉｎ～１０ｍｉｎ保温し、加熱装置の加熱電力を４０ＫＷ～５０ＫＷに上げて５ｍｉｎ～１０ｍｉｎ保温し、加熱装置の加熱電力を６０ＫＷ～７０ＫＷに上げて、坩堝内の原料が上下に均一に達した後、加熱電力を２０ＫＷに下げ、真空溶錬炉の炉体内にアルゴンガスをゆっくりと充填し、炉内の圧力が０．０８Ｍｐａに上昇したら、アルゴンガスの充填を停止し、電力を７０ＫＷ±５ＫＷに上げて、１ｍｉｎ～２ｍｉｎ精錬し、

第３ステップは、鋳込み及び炉出しであり、真空溶錬炉の電力を４０ＫＷ±５ＫＷに下げて０．５ｍｉｎ維持し、鋳込み型内への鋳込みを開始し、鋳込みが完了したら加熱をオフにし、６０ｍｉｎ冷却してから炉出しする。

この方法で作製されたＣｕＦｅ合金は、組織が緻密で、気孔や介在物が少なく、マクロ偏析やミクロ偏析等の欠陥がなく、最終的な銅鉄スラブの品質が保証されている。

【００１０】

好ましくは、前記被覆剤は、石英ガラスとされ、その使用量が合金重量の０．２５～０．５０％ｗｔであり、前記溶剤は、ケイ酸ナトリウムとフルオライトとの混合物とされ、その使用量が合金重量の０．３２～０．４５％ｗｔである。

【００１１】

好ましくは、Ｓ３では、溶錬中に坩堝を用いてＦｅ含有量のサンプリング検出を行い、それに応じて適量のＣｕＦｅ母合金を追加し、鉄（Ｆｅ）含有量が目標値に達するまで溶湯成分を調整する。

【００１２】

好ましくは、Ｓ４では、脱酸素剤による脱気の具体的な手順は、アルミニウムワイヤによる脱酸素、ＣｕＭｇ合金による脱酸素、炉出し前のチタンワイヤ添加である。

【００１３】

好ましくは、Ｓ６では、溶錬炉の坩堝内の溶湯量が元の１０％以下に減少すると、引下げ速度を停止になるまでゆっくりと下げ、インゴットが完全に凝固したら、冷却水をオフにする。

【００１４】
好ましくは、Ｓ７では、前記鋳造の前に冷却水の流量を６．０～８．０m^3／ｈに徐々に増加させる。水の流量が高すぎると、冷却の度合が大きくなり過ぎ、応力集中を引き起こして湯境を形成し、割れに繋がり易くなる一方で、水の流量が低すぎると、インゴットの冷却速度が遅くなり過ぎ、組織の粗大化、性能の低下や他の欠陥を引き起こし易くなる。
【００１５】
先行技術に比べて、本発明による有益な効果は、以下の通りである。
（１）本発明は、銅鉄合金スラブに適した製造プロセスを使用しており、特に、大量のプロセス模索を通じて、異なる仕様について、非真空溶錬鋳造の一連のキーパラメータを決めている。
（２）本発明は、内蔵型鋳型を用いて銅鉄溶液を電磁的にかき混ぜ、等軸晶比率を増加させ、結晶粒を微細化し、表面及び皮下の気孔や介在物を減少させ、インゴットのセンターポロシティや偏析を改善している。
（３）本発明によって製造された銅鉄合金スラブは、銅鉄合金リボンの圧延素材として、従来の丸型インゴットに比べて材料損失を減少させ、生産コストを低減している。
（４）本発明は、非真空引下げ連続鋳造によるプロセスを使用しており、従来の真空溶製プロセスに比べて、設備への要求が低いとともに、鋳造中には、不活性ガスシールドや、鉄含有量調整等の適切な対策を講じて、合金成分及び酸素含有量を効果的に制御しており、操作が簡単で、安定性及び信頼性が高い。
【図面の簡単な説明】
【００１６】
【図１】図１は、本発明に係るプロセスのフローチャートである。
【図２】図２は、本発明の実施例１の実物図である。
【図３】図３は、本発明の実施例１の金属組織図である。
【発明を実施するための形態】
【００１７】
以下、本発明の実施例における図面を参照して、本発明の実施例における技術案を明確且つ完全に説明する。勿論、説明される実施例は、本発明の一部の実施例に過ぎず、全部の実施例ではない。本発明の実施例に基づいて、創造的労働を払わずに当業者によって得られた他の実施例は、全て本発明の保護範囲内とされる。
【００１８】
（実施例１～３）
（１）ＣｕＦｅ５０母合金の溶錬ステップ：
第１ステップ：原料準備及び炉詰めであり、１：１となる含有量パーセントの比率でＣｕ、Ｆｅ原料を秤量し、均一に混合してから坩堝に詰め込んで真空溶錬炉内に入れる。
第２ステップ：真空誘導溶錬であり、メカニカルポンプ、低真空フラッパ弁をオンにして真空吸引し、真空溶錬炉内がＰ≦０．０８ＭＰａになったら、ルーツポンプをオンにし、真空度がＰ≦４Ｐａになるまで真空吸引されると、加熱装置の電力を２０ＫＷまでに上げて５ｍｉｎ間保温し、加熱装置の加熱電力を４０ＫＷまでに上げて５ｍｉｎ間保温し、加熱装置の加熱電力を６０ＫＷまでに上げ、坩堝内の原料が上下に均一に達した後、加熱電力を２０ＫＷに下げ、真空溶錬炉の炉体内にアルゴンガスをゆっくりと充填し、炉内の圧力が０．０８Ｍｐａまでに上昇したら、アルゴンガスの充填を停止し、電力を６５ＫＷまでに上げ、１ｍｉｎ間精錬する。
第３ステップ：鋳込み及び炉出しであり、真空溶錬炉の電力を３５ＫＷまでに下げて０．５ｍｉｎ間維持し、鋳込み型内への鋳込みを開始し、鋳込みが完了したら加熱をオフにし、６０ｍｉｎ間冷却してから炉出しする。
【００１９】
（２）銅鉄合金スラブの鋳造ステップ：
Ｓ１：銅鉄合金の組成配合比に従い、質量パーセントで電解銅板及びＦｅ元素を用意するステップであって、Ｆｅ元素がＣｕＦｅ５０母合金の形で用意される原料準備ステップ

である。

Ｓ２：原料を炉に詰めるステップであって、溶剤、ＣｕＦｅ５０母合金、電解銅板、被覆剤を順次に詰め込み、前記被覆剤が石英ガラスとされ、前記溶剤がケイ酸ナトリウムとフルオライトとの混合物とされる炉詰めステップである。

Ｓ３：溶錬炉の温度を１４２０℃までに加熱して、銅鉄母合金を溶融させるステップであって、昇温によって溶融させ、昇温による溶融に、炉口でガスシールドが行われる溶錬ステップであり、溶錬中に坩堝を用いてＦｅ含有量のサンプリング検出を行い、それに応じて、適量のＣｕＦｅ５０母合金を追加し、鉄含有量が目標値に達するまで溶湯成分を調整する。

Ｓ４：アルゴンガスを通気して脱気を行い、アルミニウムワイヤによる脱酸素、ＣｕＭｇ合金による脱酸素、炉出し前のチタンワイヤ添加を行う精錬脱気ステップである。

Ｓ５：温度が１３００℃に達すると、鋳込みを開始する鋳込みステップであり、鋳込み温度が高すぎると、インゴットの内部勾配が大きくなり、熱応力が高まり、割れ傾向が大きくなるとともに、サンプの壁が薄くなり、広面に割れが生じ易くなる一方で、温度が低すぎると、溶湯の粘度が大きくなり、流動性が下がり、湯境やスラグ巻き込み等の欠陥が発生し易くなる。

Ｓ６：溶湯が角型鋳型の７０％に流れ込むと、電磁攪拌をオンにし、その具体的なパラメータとして、周波数を３１０Ｈｚ、電流を８０Ａにし、鋳造速度を低速から高速へゆっくりと６０ｍｍ／ｍｉｎまでに調節し、機械的振動を３０回／分にする鋳造ステップであり、鋳造速度は、サンプの深さを決定する鋳造中のキーパラメータであり、偏平インゴットの場合は、鋳造速度が高すぎると、広面のサンプの壁が薄くなり、元々引張応力状態にあった広面の表層における引張応力が増加し、割れに繋がり易くなる一方で、鋳造速度が低すぎると、側面の割れに繋がったり、狭面に湯境等の欠陥が生じる可能性がある。

Ｓ７：鋳型を用いて水冷を行うとともに、凝固後に引き抜かれたインゴットに一定の角度で水を噴射して、二次冷却を行うインゴット冷却ステップである。鋳型による水冷の利点は、内部で「ホットトップ鋳造」を実現し、上端の溶湯の凝固速度を下げ、タイムリーな押湯を保証することが可能であるとともに、スラグ及びガスの浮上除去に有利であることにある。前記鋳造の前に冷却水の流量を６．０m^3／ｈまでに徐々に増加させるようにしており、水の流量が高すぎると、冷却の度合が大きくなり過ぎ、応力集中を引き起こして湯境を形成し、割れに繋がり易くなる一方で、水の流量が低すぎると、インゴットの冷却速度が遅くなり過ぎ、組織の粗大化、性能の低下や他の欠陥を引き起こし易くなる。溶錬炉の坩堝内の溶湯量が元の１０％以下に減少すると、引下げ速度を停止になるまで
ゆっくりと下げ、インゴットが完全に凝固したら、冷却水をオフにする。

【００２０】

初期原料の違いに応じて、合計３組の実施例を作製し、その詳しい原料成分及び鋳造パラメータは、表１に示す通りである。ここで、実施例１で作製された銅鉄スラブの実物は、図２に示す通りであり、その金属組織図が、図３に示す通りであり、作製された銅鉄スラブは、構造が均一で偏析が少ないことが証明されている。

表１　実施例１～３の原料及び性能表

【表１】

	原料				インゴット成分			
	銅(%)	銅鉄母合金(%)	石英ガラス（合金重量に占めるパーセンテージ)	ケイ酸ナトリウム／フルオライト（合金重量に占めるパーセンテージ)	インゴット仕様	Fe(%)	Cu(%)	不純物(%)
実施例１	88.0	12	0.25	0.32	150(t)X420(w)XL	5.03	94.93	0.035
実施例２	87.5	12.5	0.25	0.32	150(t)X420(w)XL	5.21	94.75	0.038
実施例３	88.5	11.5	0.25	0.32	150(t)X420(w)XL	4.81	95.15	0.037

【００２１】

（実施例４～６）

（１）ＣｕＦｅ５０母合金の溶錬ステップ：

第１ステップ：原料準備及び炉詰めであり、１：１となる含有量パーセントの比率でＣｕ、Ｆｅ原料を秤量し、均一に混合してから坩堝に詰め込んで真空溶錬炉内に入れる。

第２ステップ：真空誘導溶錬であり、メカニカルポンプ、低真空フラッパ弁をオンにして真空吸引し、真空溶錬炉内がＰ≦０．０８ＭＰａになったら、ルーツポンプをオンにし、真空度がＰ≦４Ｐａになるまで真空吸引されると、加熱装置の電力を３０ＫＷまでに上げて１０ｍｉｎ間保温し、加熱装置の加熱電力を５０ＫＷまでに上げて１０ｍｉｎ間保温し、加熱装置の加熱電力を７０ＫＷまでに上げ、坩堝内の原料が上下に均一に達した後、加熱電力を２０ＫＷまでに下げ、真空溶錬炉の炉体内にアルゴンガスをゆっくりと充填し、炉内の圧力が０．０８Ｍｐａまでに上昇したら、アルゴンガスの充填を停止し、電力を７５ＫＷまでに上げ、２ｍｉｎ間精錬する。

第３ステップ：鋳込み及び炉出しであり、真空溶錬炉の電力を４５ＫＷまでに下げて０．５ｍｉｎ間維持し、鋳込み型内への鋳込みを開始し、鋳込みが完了したら加熱をオフにし、６０ｍｉｎ間冷却してから炉出しする。

【００２２】

（２）銅鉄合金スラブの溶錬ステップ：

Ｓ１：銅鉄合金の組成配合比に従い、質量パーセントで電解銅板及びＦｅ元素を用意するステップであって、Ｆｅ元素がＣｕＦｅ５０母合金の形で用意される原料準備ステップである。

Ｓ２：原料を炉に詰めるステップであって、溶剤、ＣｕＦｅ５０母合金、電解銅板、被覆剤を順次に詰め込み、前記被覆剤が石英ガラスとされ、前記溶剤がケイ酸ナトリウムとフルオライトとの混合物とされる炉詰めステップである。

Ｓ３：溶錬炉の温度を１４５０℃までに加熱して、銅鉄母合金を溶融させるステップであって、昇温によって溶融させ、昇温による溶融中に、炉口でガスシールドが行われる溶錬ステップであり、溶錬中に坩堝を用いてＦｅ含有量のサンプリング検出を行い、それに応じて、適量のＣｕＦｅ５０母合金を追加し、鉄含有量が目標値に達するまで溶湯成分を調整する。

Ｓ４：アルゴンガスを通気して脱気を行い、アルミニウムワイヤによる脱酸素、ＣｕＭｇ合金による脱酸素、炉出し前のチタンワイヤ添加を行う精錬脱気ステップである。

Ｓ５：温度が１４５０℃に達すると、鋳込みを開始する鋳込みステップであり、鋳込み温度が高すぎると、インゴットの内部勾配が大きくなり、熱応力が高まり、割れ傾向が大きくなるとともに、サンプの壁が薄くなり、広面に割れが生じ易くなる一方で、温度が低すぎると、溶湯の粘度が大きくなり、流動性が下がり、湯境やスラグ巻き込み等の欠陥が

発生し易くなる。

Ｓ６：溶湯が角型鋳型の８５％に流れ込むと、電磁攪拌をオンにし、その具体的なパラメータとして、周波数を１０Ｈｚ、電流を１００Ａにし、鋳造速度を低速から高速へゆっくりと８０ｍｍ／ｍｉｎまでに調節し、機械的振動を３０回／分にする鋳造ステップであり、鋳造速度は、サンプの深さを決定する鋳造中のキーパラメータであり、偏平インゴットの場合は、鋳造速度が高すぎると、広面のサンプの壁が薄くなり、元々引張応力状態にあった広面の表層における引張応力が増加し、割れに繋がり易くなる一方で、鋳造速度が低すぎると、側面の割れに繋がったり、狭面に湯境等の欠陥が生じる可能性がある。

Ｓ７：鋳型を用いて水冷を行うとともに、凝固後に引き抜かれたインゴットに一定の角度で水を噴射して、二次冷却を行うインゴット冷却ステップである。鋳型による水冷の利点は、内部で「ホットトップ鋳造」を実現し、上端の溶湯の凝固速度を下げ、タイムリーな押湯を保証することが可能であるとともに、スラグ及びガスの浮上除去に有利であることにある。前記鋳造の前に冷却水の流量を８．０m^3／ｈまでに徐々に増加させるようにしており、水の流量が高すぎると、冷却の度合が大きくなり過ぎ、応力集中を引き起こして湯境を形成し、割れに繋がり易くなる一方で、水の流量が低すぎると、インゴットの冷却速度が遅くなり過ぎ、組織の粗大化、性能の低下や他の欠陥を引き起こし易くなる。溶錬炉の坩堝内の溶湯量が元の１０％以下に減少すると、引下げ速度を停止になるまでゆっくりと下げ、インゴットが完全に凝固したら、冷却水をオフにする。

【００２３】

初期原料の違いに応じて、合計３組の実施例を作製し、その詳しい原料成及び鋳造パラメータは、表２に示す通りである。

表２　実施例４～６の原料及び性能表

【表２】

	原料				インゴット成分			
	銅(%)	銅鉄母合金(%)	石英ガラス（合金重量に占めるパーセンテージ)	ケイ酸ナトリウム／フルオライト（合金重量に占めるパーセンテージ)	インゴット仕様	Fe(%)	Cu(%)	不純物(%)
実施例４	88	12	0.50	0.45	150(t)X370(w)XL	5.01	94.95	0.037
実施例５	87.5	12.5	0.50	0.45	150(t)X370(w)XL	5.32	94.63	0.038
実施例６	88.5	11.5	0.50	0.45	150(t)X370(w)XL	4.88	95.02	0.073

【００２４】

最後に説明すべきなのは、以上の実施例は、本発明の技術案を説明するためのものに過ぎず、本発明を制限するものではない。前述した実施例を参照して本発明を詳しく説明したが、当業者であれば、前述した各実施形態に記載された技術案を修正可能であること、又はその中の技術的特徴の一部を均等的に置換可能であることを理解すべきである。これらの修正や置換により、該当する技術案の本質は、本発明の実施形態の技術案の精神および範囲から逸脱するわけではない。

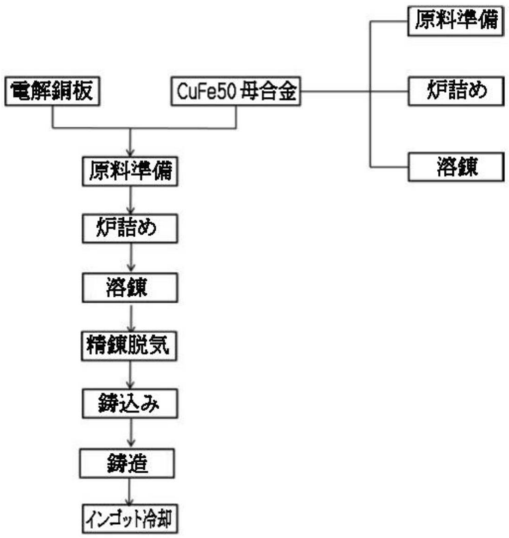
【００２５】

関連出願の相互参照

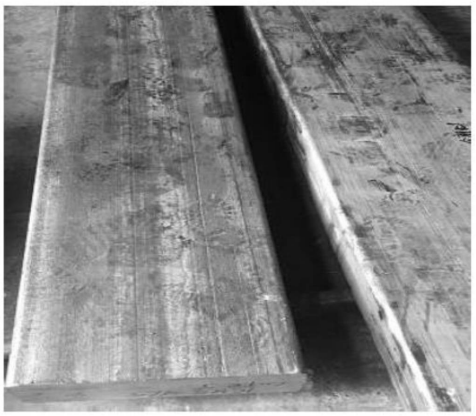
本願は、出願日が２０１９／７／２９である中国特許出願第２０１９１０６９１２０３２号の優先権を主張する。上記中国特許出願の全文は、本願に引用される。

【図面】

【図１】



【図２】



【図３】



フロントページの続き

(51)国際特許分類		FI		
B22D	*11/124 (2006.01)*	B22D	11/124	N
C22C	*1/02 (2006.01)*	C22C	1/02	503B
C22C	*9/00 (2006.01)*	C22C	9/00	
C22C	*38/00 (2006.01)*	C22C	38/00	302Z

中華人民共和国 710077 シャーアンシー シーアン、イェンター ディストリクト ユイホア インダストリアル パーク、ウェイイー ロード、ナンバー60

(72)発明者 ワン、チュン
中華人民共和国 710077 シャーアンシー シーアン、イェンター ディストリクト ユイホア インダストリアル パーク、ウェイイー ロード、ナンバー60

(72)発明者 クオ、チョアンリー
中華人民共和国 710077 シャーアンシー シーアン、イェンター ディストリクト ユイホア インダストリアル パーク、ウェイイー ロード、ナンバー60

(72)発明者 ヤン、ホンイェン
中華人民共和国 710077 シャーアンシー シーアン、イェンター ディストリクト ユイホア インダストリアル パーク、ウェイイー ロード、ナンバー60

(72)発明者 ワン、ウェンピン
中華人民共和国 710077 シャーアンシー シーアン、イェンター ディストリクト ユイホア インダストリアル パーク、ウェイイー ロード、ナンバー60

(72)発明者 リャン、シアンポー
中華人民共和国 710077 シャーアンシー シーアン、イェンター ディストリクト ユイホア インダストリアル パーク、ウェイイー ロード、ナンバー60

(72)発明者 リャン、チエンピン
中華人民共和国 710077 シャーアンシー シーアン、イェンター ディストリクト ユイホア インダストリアル パーク、ウェイイー ロード、ナンバー60

(72)発明者 チャン、チントイ
中華人民共和国 710077 シャーアンシー シーアン、イェンター ディストリクト ユイホア インダストリアル パーク、ウェイイー ロード、ナンバー60

(72)発明者 コン、ショーフー
中華人民共和国 710077 シャーアンシー シーアン、イェンター ディストリクト ユイホア インダストリアル パーク、ウェイイー ロード、ナンバー60

(72)発明者 ウー、シュイホン
中華人民共和国 710077 シャーアンシー シーアン、イェンター ディストリクト ユイホア インダストリアル パーク、ウェイイー ロード、ナンバー60

審査官 有田 恭子

(56)参考文献
中国特許出願公開第109371271（CN，A）
中国特許出願公開第109371270（CN，A）
特開2015－151559（JP，A）
特開2003－071547（JP，A）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，DB名)
B22D 11／00－11／22
C22C 1／02
C22C 9／00
C22C 38／00