

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-197815

(P2017-197815A)

(43) 公開日 平成29年11月2日(2017.11.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 2 B 23/02 (2006.01)	C 2 2 B 23/02	4 K 0 0 1
C 2 2 B 5/10 (2006.01)	C 2 2 B 5/10	
C 2 2 C 33/04 (2006.01)	C 2 2 C 33/04	H

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2016-89473 (P2016-89473)
 (22) 出願日 平成28年4月27日 (2016. 4. 27)

(71) 出願人 000183303
 住友金属鉱山株式会社
 東京都港区新橋5丁目11番3号
 (74) 代理人 100106002
 弁理士 正林 真之
 (74) 代理人 100120891
 弁理士 林 一好
 (72) 発明者 井関 隆士
 愛媛県新居浜市磯浦町17-5 住友金属
 鉱山株式会社 新居浜研究所内
 (72) 発明者 台田 幸弘
 愛媛県新居浜市磯浦町17-5 住友金属
 鉱山株式会社 新居浜研究所内

最終頁に続く

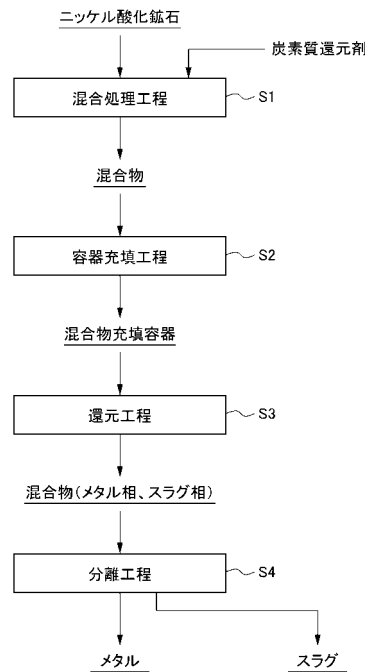
(54) 【発明の名称】 ニッケル酸化鉱石の製錬方法

(57) 【要約】

【課題】ニッケル酸化鉱石を含む混合物を還元することによってフェロニッケルを製造する方法において、生産効率が高く、安定して均一なメタルシェルを生成させ、反応効率の低下や組成ばらつきを発生を防ぐことができるニッケル酸化鉱石の製錬方法を提供する。

【解決手段】本発明は、原料鉱石であるニッケル酸化鉱石の混合物を還元することによってフェロニッケルを製造するニッケル酸化鉱石の製錬方法であって、少なくともニッケル酸化鉱石と炭素質還元剤とを混合する混合処理工程 S1 と、得られた混合物を所定の容器に充填する容器充填工程 S2 と、容器に充填された状態の混合物を還元炉に装入し、その容器を所定の還元温度で加熱する還元工程 S3 と、を有する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

原料鉱石であるニッケル酸化鉱石の混合物を還元することによってフェロニッケルを製造するニッケル酸化鉱石の製錬方法であって、

少なくとも前記ニッケル酸化鉱石と炭素質還元剤とを混合する混合処理工程と、

得られた混合物を所定の容器に充填する容器充填工程と、

前記容器に充填された状態の混合物を還元炉に装入し、該容器を所定の還元温度で加熱する還元工程と、を有する

ニッケル酸化鉱石の製錬方法。

【請求項 2】

前記還元工程では、前記混合物が充填された容器に蓋をした状態で加熱する

請求項 1 に記載のニッケル酸化鉱石の製錬方法。

【請求項 3】

前記容器は、直方体又は立方体の形状を有している

請求項 1 又は 2 に記載のニッケル酸化鉱石の製錬方法。

【請求項 4】

前記還元工程では、前記還元炉として移動炉床炉を用い、該移動炉床炉に前記混合物が充填された容器を装入して還元加熱する

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のニッケル酸化鉱石の製錬方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、少なくとも酸化ニッケルと酸化鉄を含有するニッケル酸化鉱石の混合物を製錬炉にて還元加熱することによって製錬するニッケル酸化鉱石の製錬方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

リモナイトあるいはサブロライトと呼ばれるニッケル酸化鉱石の製錬方法として、熔錬炉を使用して硫黄と共に硫化焙焼しニッケルマットを製造する乾式製錬方法、ロータリーキルンあるいは移動炉床炉を使用して炭素質還元剤を用いて還元し鉄 - ニッケル合金（以下、「フェロニッケル」ともいう）を製造する乾式製錬方法、オートクレーブを使用して硫酸でニッケルやコバルトを浸出して得た浸出液に硫化剤を添加して混合硫化物（ミックサルファイド）を製造する湿式製錬方法等が知られている。

【0003】

上述した種々の製錬方法の中で、炭素源と共に還元してニッケル酸化鉱石を製錬する場合、先ず、その原料鉱石を塊状物化やスラリー化等するための前処理が行われる。具体的に、ニッケル酸化鉱石を塊状物化、すなわち粉状や微粒状から塊状にする際には、そのニッケル酸化鉱石を、バインダーや還元剤等と混合し、さらに水分調整等を行った後に塊状物製造機に装入して、例えば 10 mm ~ 30 mm 程度の塊状物（ペレット、ブリケット等を指す。以下、単に「ペレット」という）とするのが一般的である。

【0004】

このペレットは、例えば、水分を飛ばすためにある程度の通気性が必要である。さらに、ペレット内で還元反応が均一に生じないと、組成が不均一になり、メタルが分散、偏在してしまうことから、製錬炉に装入されて還元加熱等の製錬操作が始まっても、その形状を維持していることが重要となる。

【0005】

そして特に重要なことが、還元初期において、ペレット表面にシェル状のメタルが生成することである。ペレット表面に均一なメタルシェルが有効に生成しないと、ペレット内の還元剤成分（例えば、炭素質還元剤であれば一酸化炭素）が抜けてしまい、効率的に還元できないだけでなく、還元率の制御も困難になる。また、部分的な組成のばらつきも大きくなり、結果として目的とするフェロニッケルを製造することができなくなる。

10

20

30

40

50

【0006】

このような均一なメタルシェルを生成させるためには、原料混合物のペレットの形状やその強度等が非常に重要となる。すなわち、形状が歪なものであればペレット表面で局所的なメタル化が進んでしまい、均一なメタルシェルが生成されない。また、ペレット強度が低いと、成形後に次工程へ移動させる際や、乾燥時、還元時等にクラックが生じることがあり、割れの原因にもなる。

【0007】

このように、ペレット表面に均一なメタルシェルを生成させるためには、ペレットの形状や強度等が非常に重要な要素になる。また、単にメタルシェルを生成させるだけでなく、コスト競争の激しい金属製錬においては、生産性が高く、効率よく塊状化させる技術が求められている。

10

【0008】

例えば、特許文献1には、移動炉床炉を利用してフェロニッケルを製造する際の前処理方法として、酸化ニッケル及び酸化鉄を含有する原料と、炭素質還元剤とを混合して混合物となす混合工程において、混合物の余剰炭素量を調整してペレットを製造し、そのペレットを炉内に装入して還元工程を行う技術が開示されている。

【0009】

具体的に、特許文献1には、原料と炭素質還元剤とを混合機により混合し、得られた混合物はそのまま移動炉床炉に装入してもよいが、造粒機で塊成化することが好ましく、塊成化することにより、ダスト発生量が減るとともに移動炉床炉内における塊成物（混合物）内部の伝熱効率が向上して還元速度が上昇することが記載されている。なお、塊成化に用いる造粒機としては、ブリケットプレス等の圧縮成形機やディスク型ペレタイザー等の転動造粒機のほか押出成形機を用いることができることが記載されている。

20

【0010】

しかしながら、特許文献1には、混合物をそのまま移動炉床炉に装入してもよい旨の記載はあるものの、その具体的な方法に関する記述はなく、単に混合物を移動炉床炉に装入しただけでは、メタルシェルは均一に且つ安定的に形成されず、また還元も不均一に進んでしまうと考えられる。

【0011】

また、混合物を塊成化するためにどのような装置を用いたとしても、ランニングコストがかかってしまい、処理時間も必要となる。また、ロスも発生するうえ、塊成物が移動中や処理中に割れたり、クラックが入ったりして、収率低下に繋がってしまう可能性がある。さらには、塊成物が数mm～数cm程度の大きさでは、得られるフェロニッケルも小さくなってしまい、メタルの回収が困難になり、その結果として収率低下にも繋がる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】特開2004-156140号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0013】

本発明は、このような実情に鑑みて提案されたものであり、少なくとも酸化ニッケルと酸化鉄を含有するニッケル酸化鉱石を含む混合物を還元することによってフェロニッケルを製造するニッケル酸化鉱石の製錬方法であって、生産効率が高く、安定して均一なメタルシェルを生成させ、反応効率の低下や組成ばらつきの発生を防ぐことができるニッケル酸化鉱石の製錬方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明者は、上述した課題を解決するために鋭意検討を重ねた。その結果、少なくともニッケル酸化鉱石と炭素質還元剤とを混合して得られた混合物を、所定の還元用の容器に

50

充填し、その容器に充填した状態の混合物を還元炉に装入して還元加熱処理を施すことによって、その混合物の表面に均一なメタルシェルを効果的に生成させることができ、還元反応の効率がよく、組成ばらつきの少ないフェロニッケルを製造できることを見出し、本発明に至った。すなわち、本発明は以下のものを提供する。

【0015】

(1) 本発明の第1の発明は、原料鉱石であるニッケル酸化鉱石の混合物を還元することによってフェロニッケルを製造するニッケル酸化鉱石の製錬方法であって、少なくとも前記ニッケル酸化鉱石と炭素質還元剤とを混合する混合処理工程と、得られた混合物を所定の容器に充填する容器充填工程と、前記容器に充填された状態の混合物を還元炉に装入し、該容器を所定の還元温度で加熱する還元工程と、を有する、ニッケル酸化鉱石の製錬方法である。

10

【0016】

(2) 本発明の第2の発明は、第1の発明において、前記還元工程では、前記混合物が充填された容器に蓋をした状態で加熱する、ニッケル酸化鉱石の製錬方法である。

【0017】

(3) 本発明の第3の発明は、第1又は第2の発明において、前記容器は、直方体又は立方体の形状を有している、ニッケル酸化鉱石の製錬方法である。

【0018】

(4) 本発明の第4の発明は、第1乃至第3のいずれかの発明において、前記還元工程では、前記還元炉として移動炉床炉を用い、該移動炉床炉に前記混合物が充填された容器を装入して還元加熱する、ニッケル酸化鉱石の製錬方法である。

20

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、ニッケル酸化鉱石を含む混合物を用いてフェロニッケルを製造する方法において、生産効率がよく、安定して均一なメタルシェルを生成させ、反応効率の低下や組成ばらつきの発生を防ぐことができるニッケル酸化鉱石の製錬方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】ニッケル酸化鉱石の製錬方法の流れの一例を示す工程図である。

30

【図2】直方体の形状を有する容器の例を示す上面図及び側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明の具体的な実施形態（以下、「本実施の形態」という）について、詳細に説明する。なお、本発明は、以下の実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を変更しない範囲で種々の変更が可能である。また、本明細書において、「X～Y」（X、Yは任意の数値）との表記は、「X以上Y以下」の意味である。

【0022】

ニッケル酸化鉱石の製錬方法

本実施の形態に係るニッケル酸化鉱石の製錬方法は、原料鉱石であるニッケル酸化鉱石を炭素質還元剤等と混合し、その混合物に対して製錬炉（還元炉）内で還元処理を施すことによって、メタルとスラグとを生成させるものである。具体的に、この製錬方法においては、少なくともニッケル酸化鉱石と炭素質還元剤との混合物を所定の容器に入れ、混合物をその容器に封入した状態で、還元炉にて還元処理を施すことを特徴とする。

40

【0023】

以下では、原料鉱石であるニッケル酸化鉱石に含まれるニッケル（酸化ニッケル）と鉄（酸化鉄）を還元することで、鉄-ニッケル合金のメタルを生成させ、さらに、そのメタルを分離することによってフェロニッケルを製造する製錬方法を例に挙げて説明する。

【0024】

具体的に、本実施の形態に係るニッケル酸化鉱石の製錬方法は、図1に示すように、ニ

50

ニッケル酸化鋳石を含む原料を混合する混合処理工程 S 1 と、得られた混合物を所定の還元用の容器に充填する容器充填工程 S 2 と、容器に充填された状態の混合物を所定の還元温度で還元加熱する還元工程 S 3 と、還元工程 S 2 にて生成したメタルとスラグとを分離してメタルを回収する分離工程 S 4 とを有する。

【 0 0 2 5 】

< 1 . 混合処理工程 >

混合処理工程 S 1 は、ニッケル酸化鋳石を含む原料粉末を混合して混合物を得る工程である。具体的には、この混合処理工程 S 1 では、原料鋳石であるニッケル酸化鋳石と共に、炭素質還元剤を添加して混合し、また任意成分の添加剤として、鉄鋳石、フラックス成分、バインダー等の、例えば粒径が 0 . 2 mm ~ 0 . 8 mm 程度の粉末を混合して混合物を得る。なお、混合処理は、混合機等を用いて行うことができる。

10

【 0 0 2 6 】

原料鋳石であるニッケル酸化鋳石としては、特に限定されないが、リモナイト鋳、サブロライト鋳等を用いることができる。なお、このニッケル酸化鋳石は、構成成分として、酸化ニッケル (Ni O) と酸化鉄 (Fe ₂ O ₃) とを含有する。

【 0 0 2 7 】

本実施の形態においては、ニッケル酸化鋳石に対して、特定量の炭素質還元剤を混合して混合物とする。炭素質還元剤としては、特に限定されないが、例えば、石炭粉、コークス粉等が挙げられる。なお、この炭素質還元剤は、上述した原料鋳石であるニッケル酸化鋳石の粒度や粒度分布と同等のものであることが好ましい。粒度や粒度分布が同等であることにより、均一に混合し易くなり、還元反応も均一に生じることになるため好ましい。

20

【 0 0 2 8 】

炭素質還元剤の混合量としては、ニッケル酸化鋳石を構成する酸化ニッケルと酸化鉄とを過不足なく還元するのに必要な炭素質還元剤の量を 1 0 0 % としたとき、4 0 . 0 % 以下の割合とすることが好ましく、3 5 . 0 % 以下とすることがより好ましい。なお、酸化ニッケルと酸化鉄とを過不足なく還元するのに必要な炭素質還元剤の量とは、酸化ニッケルの全量をニッケルメタルに還元するのに必要な化学当量と、酸化鉄を鉄メタルに還元するのに必要な化学当量との合計値 (以下、「化学当量の合計値」ともいう) と言い換えることができる。

【 0 0 2 9 】

このように、炭素質還元剤の混合量を、化学当量の合計値を 1 0 0 % としたときに 4 0 . 0 % 以下の割合とすることで、還元反応を効率的に進行させることができる。また、還元反応が進み過ぎて鉄の生成量が多くなってしまうと鉄 - ニッケル合金中のニッケル品位が低下することがあるが、混合物内部の炭素質還元剤の量を 4 0 . 0 % 以下とすることで、ニッケル品位の低下を抑えることができる。

30

【 0 0 3 0 】

なお、炭素質還元剤の混合量の下限値としては、特に限定されないが、化学当量の合計値を 1 0 0 % としたときに、5 . 0 % 以上の割合とすることが好ましく、1 0 . 0 % 以上の割合とすることがより好ましい。このように、炭素質還元剤の混合量を 5 . 0 % 以上とすることにより、ニッケル品位の高い鉄 - ニッケル合金が製造し易くなる。

40

【 0 0 3 1 】

ニッケル酸化鋳石と炭素質還元剤のほか、任意成分として添加する添加剤である鉄鋳石としては、特に限定されないが、例えば、鉄品位が 5 0 % 程度以上の鉄鋳石、ニッケル酸化鋳石の湿式製錬により得られるヘマタイト等を用いることができる。

【 0 0 3 2 】

また、バインダーとしては、例えば、ベントナイト、多糖類、樹脂、水ガラス、脱水ケーキ等を挙げることができる。また、フラックス成分としては、例えば、酸化カルシウム、水酸化カルシウム、炭酸カルシウム、二酸化珪素等を挙げることができる。

【 0 0 3 3 】

下記表 1 に、混合処理工程 S 1 にて混合する、一部の原料粉末の組成 (重量 %) の一例

50

を示す。なお、原料粉末の組成としてはこれに限定されない。

【0034】

【表1】

原料粉末[重量%]	Ni	Fe ₂ O ₃	C
ニッケル酸化鉱石	1~2	50~60	—
炭素質還元剤	—	—	≒85
鉄鉱石	—	80~95	—

10

【0035】

< 2 . 容器充填工程 >

容器充填工程S2は、混合処理工程S1で得られた混合物を所定の還元用の容器に充填する工程である。具体的には、得られた混合物を押出機等の装置を使用して容器に供給することによって充填していく。

【0036】

ここで、容器充填工程S2にて容器に充填された混合物は、容器に充填された状態のまま、還元処理が施される。このように、混合物を容器に充填し、その状態で還元処理（還元工程S3における処理）を施すようにすることで、容器に充填した混合物、すなわち容器の大きさに近似する比較的大きな混合物の表面にメタルシェルが形成され、その後、シェルの内部にメタルが生成していくことになる。その結果、メタルシェル内では、比較的大きなフェロニッケルメタルが下部に沈降して生成されるため、その後の分離工程S4において磁選等の処理によりメタルを分離回収し易くなり、ロスを抑制して高い回収率でフェロニッケルを回収することができる。

20

【0037】

なお、これまでは、少なくともニッケル酸化鉱石と炭素質還元剤とを混合して得られた混合物をペレット状に塊状化し、乾燥処理を施すことでペレットを生成させ、そのペレットを還元炉に装入して還元処理を行うようにしていた。そして、そのペレットの大きさとしては、およそ10mm~30mm程度の大きさであった。

30

【0038】

また、混合物を容器に充填することで、その混合物の組成が均一化し、品質のばらつきの小さいフェロニッケルを製造することができる。

【0039】

さらに、このように混合物を所定の容器に充填し、その容器に充填した状態で混合物に還元加熱処理を施すようにすることで、生産効率を高めることができる。

【0040】

還元用の容器への混合物の充填方法としては、上述したように、押出機等を用いて混合物を順次容器に供給することによって行うことができる。充填に際しては、容器内に隙間や空間ができないように、高い充填率で混合物を充填することが好ましい。また、充填した後に、プレス等を行って混合物を押し固めるようにすることが好ましい。このように混合物を押し固めて充填することによって、容器内における混合物の充填率を高めることができ、また、充填具合が均一化して、品質ばらつきの小さいフェロニッケルをより効率的に製造することができる。

40

【0041】

還元用の容器としては、特に限定されないが、直方体又は立方体の形状を有するものを用いることができる。図2は、容器の形状の一例を示す上面図及び側面図である。図1に示すように、還元用の容器1としては、直方体の形状を有するものとすることができる。また、容器としては、円筒状のものであってもよい。

【0042】

50

また、容器の大きさについても、特に限定されないが、例えば、図 1 に示すような直方体の形状である場合、上面から見たときの面の縦と横の内寸が 50 mm 以上 1000 mm 以下、高さの内寸が 5 mm 以上 500 mm 以下のものを用いることが好ましい。このような大きさの容器を用いることで、品質のばらつきが小さく、かつ生産性の高い製錬を行うことができる。

【0043】

また、還元用の容器としては、特に限定されないが、容器内に充填した混合物に対して還元処理時に悪影響をもたらさず、その還元反応を効率的に進行させることができる材質からなるものを用いることが好ましい。具体的には、黒鉛製のつぼ、セラミックや金属からなるもの等を用いることができる。

10

【0044】

なお、混合物を容器に充填するにあたっては、その混合物に対して乾燥処理を施し、乾燥後の混合物を容器に充填することができる。また、容器に充填した後に、充填された状態の混合物に対して乾燥処理を施すようにしてもよい。このように、容器充填工程の前（混合処理工程の後）、または容器充填工程の後に、混合物に対して乾燥処理を施すことによって、混合物中の過剰な水分により、還元処理時の急激な昇温によってその水分が一気に気化、膨張して容器に充填した混合物が破壊されてしまうことを防ぐことができる。

【0045】

より具体的に、混合物に対する乾燥処理としては、特に限定されないが、例えば 300 ~ 400 の熱風を塊状物に対して吹き付けて乾燥させる。また、この乾燥処理時における混合物の温度としては、100 未満とすることが好ましく、これにより破壊をより効果的に防ぐことができる。このような乾燥処理により、例えば、混合物中の固形分が 70 重量%程度で、水分が 30 重量%程度の状態とする。

20

【0046】

下記表 2 に、乾燥処理後の混合物における固形分中組成（重量部）の一例を示す。なお、混合物の組成としては、これに限定されるものではない。

【0047】

【表 2】

乾燥後の混合物中の 固形分の組成 〔重量部〕	Ni	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	バインダー	その他
	0.5~1.5	50~60	8~15	4~8	1~6	2~7	1程度	残部

30

【0048】

< 3 . 還元工程 >

還元工程 S 3 では、容器充填工程 S 2 で得られた、容器に充填された混合物を所定の還元温度に還元加熱する。この還元工程 S 3 における還元加熱処理により、製錬反応（還元反応）が進行して、メタルとスラグとが生成する。

【0049】

還元工程 S 3 における還元加熱処理は、還元炉等を用いて行われる。具体的には、ニッケル酸化鉱石を含む混合物であって、容器に充填された状態の混合物を、例えば 1400 程度の温度に加熱した還元炉に装入することによって還元加熱する。

40

【0050】

また、還元加熱処理においては、混合物が充填された容器に蓋をし、蓋をした状態の容器を還元炉に装入して処理することが好ましい。このように、容器に蓋をして還元加熱処理を施すことで、より効率的に還元反応が進行するようになり、ニッケルのメタル化を促進させることができる。なお、蓋は、容器と同じ材質のものを用いることが好ましい。

【0051】

還元工程 S 3 における還元加熱処理では、例えば 1 分程度のわずかな時間で、先ず還元

50

反応の進みやすい混合物の表面近傍において、混合物中の酸化ニッケル及び酸化鉄が還元されメタル化して、鉄 - ニッケル合金（フェロニッケル）となり、殻（シェル）を形成する。一方で、殻の中では、その殻の形成に伴って混合物中のスラグ成分が徐々に熔融して液相のスラグが生成する。これにより、容器に充填された混合物中では、フェロニッケルメタル（以下、単に「メタル」という）と、酸化物からなるスラグ（以下、単に「スラグ」という）とが分かれて生成する。

【 0 0 5 2 】

そして、還元工程 S 3 における還元加熱処理の処理時間をさらに例えば 1 0 分程度まで延ばすことにより、還元反応に参与しない余剰の炭素質還元剤の炭素成分が、鉄 - ニッケル合金に取り込まれて融点を低下させる。その結果、鉄 - ニッケル合金は溶解して液相となる。

10

【 0 0 5 3 】

具体的に、本実施の形態においては、混合物を還元用の容器に充填し、容器に充填された状態の混合物に対して還元加熱処理を施していることから、容器の大きさに近似する比較的大きな混合物の表面にメタルシェルが形成され、その後、シェルの内部にメタルが生成していくことになる。そして、メタルシェル内では、比較的大きなフェロニッケルメタルが下部に沈降して生成されていく。また、容器に混合物を充填させることにより、均一に還元反応が進行して、組成のばらつきのないフェロニッケルを製造することができる。

【 0 0 5 4 】

このように、還元反応が理想的に進行した場合、容器中において、大きな塊のメタルとスラグとが得られる。混合物が還元されて大きなメタル状になると、還元炉から回収する際に、回収の手間が少なく、メタル回収率の低下を抑えることができる。

20

【 0 0 5 5 】

上述したように、混合物中のスラグは熔融して液相となっているが、既に分離して生成したメタルとスラグとは混ざり合うことがなく、その後の冷却によってメタル固相とスラグ固相との別相として混在する混合物となる。この混合物の体積は、装入する混合物と比較すると、5 0 % ~ 6 0 % 程度の体積に収縮している。

【 0 0 5 6 】

また、還元工程 S 2 では、容器に充填された状態の混合物を還元炉に装入するにあたって、予めその還元炉の炉床に炭素質還元剤（以下、「炉床炭素質還元剤」ともいう）を敷き詰めて、その敷き詰められた炉床炭素質還元剤の上に混合物を封入した容器を載置するようにしてもよい。また、炉床炭素質還元剤上に載置した容器を、さらにその炭素質還元剤を用いて覆い隠す状態とすることができる。このように、炉床に炭素質還元剤が敷き詰められた還元炉に容器に充填された状態の混合物を装入し、さらに覆い隠すように炭素質還元剤で包囲させた状態で還元加熱処理を施すことで、容器内の塊の崩壊を抑制しながら、効果的に製錬反応を進行させることができる。

30

【 0 0 5 7 】

還元加熱処理に用いる還元炉としては、特に限定されないが、移動炉床炉を用いることが好ましい。還元炉として移動炉床炉を使用することにより、連続的に還元反応が進行し、一つの設備で反応を完結させることができ、各工程における処理を別々の炉を用いて行うよりも処理温度の制御を的確に行うことができる。また、各処理間でのヒートロスを低減して、より効率的な操業が可能となる。つまり、別々の炉を使用した反応を行った場合、混合物を封入した容器を、炉と炉との間を移動させる際に、温度が低下してヒートロスが生じ、また反応雰囲気に変化を生じさせてしまい、炉に再装入したときに即座に反応を生じさせることができない。これに対して、移動炉床炉を使用して一つの設備で各処理を行うことで、ヒートロスが低減されるとともに炉内雰囲気も的確に制御できるため、反応をより効果的に進行させることができる。これらのことにより、より効果的に、ニッケル品位が高い鉄 - ニッケル合金を得ることができる。

40

【 0 0 5 8 】

移動炉床炉としては、特に限定されず、例えば、円形状であって複数の処理領域に区分

50

けされた回転炉床炉を用いることができる。回転炉床炉では、所定の方向に回転しながら、各領域においてそれぞれの処理を行う。この回転炉床炉では、各領域を通過する際の時間（移動時間、回転時間）を制御することで、それぞれの領域での処理温度を調整することができ、回転炉床炉が1回転する毎に混合物が製錬処理される。また、移動炉床炉としては、ローラーハースキルン等であってもよい。

【0059】

< 4 . 分離工程 >

分離工程 S 4 では、還元工程 S 3 にて生成したメタルとスラグとを分離してメタルを回収する。具体的には、容器に充填させた状態の混合物に対する還元加熱処理によって得られた、メタル相（メタル固相）とスラグ相（スラグ固相）とを含む混合物（混在物）からメタル相を分離して回収する。

10

【0060】

固体として得られたメタル相とスラグ相との混在物からメタル相とスラグ相とを分離する方法としては、例えば、篩い分けによる不要物の除去に加えて、比重による分離や、磁力による分離等の方法を利用することができる。

【0061】

また、得られたメタル相とスラグ相は、濡れ性が悪いことから容易に分離することができ、上述した還元工程 S 3 における処理で得られた、大きな混在物に対して、例えば、所定の落差を設けて落下させる、あるいは篩い分けの際に所定の振動を与える等の衝撃を与えることで、その混在物からメタル相とスラグ相とを容易に分離することができる。

20

【0062】

特に、本実施の形態では、還元工程 S 3 において、容器に充填させた状態で、原料粉末からなる混合物に対して還元加熱処理を施していることにより、比較的大きなフェロニッケルメタルが沈降して生成されるため、磁選等の処理によって簡易に分離することができ、ロスを抑制しながら、高い回収率でメタルを回収することができる。

【0063】

このようにしてメタル相とスラグ相とを分離することによって、メタル相を回収する。

【実施例】

【0064】

以下、本発明の実施例を示してより具体的に説明するが、本発明は以下の実施例に何ら限定されるものではない。

30

【0065】

[混合処理工程]

原料鉱石としてのニッケル酸化鉱石と、鉄鉱石と、フラックス成分である珪砂及び石灰石、バインダー、及び炭素質還元剤（石炭粉、炭素含有量：85重量%、平均粒径：約200 μ m）を、適量の水を添加しながら混合機を用いて混合して混合物を得た。炭素質還元剤は、原料鉱石であるニッケル酸化鉱石に含まれる酸化ニッケルと酸化鉄（ Fe_2O_3 ）とを過不足なく還元するのに必要な量を100%としたときに、20%の割合となる量で含有させた。

【0066】

40

[容器充填工程]

次に、得られた混合物を試料 No . 1 ~ No . 14 に分け、そのうち、No . 1 ~ No . 12 の混合物試料については、還元用の容器に充填した。充填作業は、手作業により行い、容器に混合物を押し込んで、隙間や空間ができないように充填した。また、No . 7 ~ No . 12 の混合物試料については、容器に充填した後、その容器に蓋をした。

【0067】

一方で、No . 13 の混合物試料については、手ごねにより、 15 ± 1.5 mm の球状のペレットを形成した。また、No . 14 の混合物試料については、パン型造粒機を用いて 15 ± 1.5 mm の球状のペレットを形成した。

【0068】

50

次に、容器に充填した混合物又はペレットを固形分が70重量%程度、水分が30重量%程度となるように、300～400の熱風を吹き付けることで乾燥処理を施した。下記表3に、乾燥処理後の混合物又はペレットの固形分組成（炭素を除く）を示す。

【0069】

【表3】

乾燥後 固形分の組成 [重量部]	Ni	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	その他
	1.6	53.3	14.0	5.4	3.2	5.7	バインダー、 炭素質還元剤、等

10

【0070】

本実施例では、容器に充填した混合物（No. 1～No. 12）を用いた処理を実施例1～実施例12とし、No. 13～No. 14の混合物試料により球状のペレットを用いた処理を比較例1～比較例2とした。

【0071】

[還元工程]

次に、容器に充填した状態の混合物（No. 1～No. 12）、ペレット（No. 13～No. 14）を還元炉に装入して、還元加熱処理を施した。具体的には、予め、還元炉の炉床に灰（主成分はSiO₂、その他の成分としてAl₂O₃、MgO等の酸化物を少量含有する）を敷き詰め、その上に混合物又はペレットを載置するようにした。

20

【0072】

その後、実質的に酸素を含まない窒素雰囲気とし、容器に充填した状態の混合物又はペレットを装入した。なお、装入時の温度条件は、500±20とした。

【0073】

次に、還元温度を1400として、還元炉内で還元加熱した。混合物表面にメタルシエルが生成されるとともに、混合物内で還元が効率的に進行するように、処理時間を15分とした。還元処理後は、窒素雰囲気中で速やかに室温まで冷却して、試料を大気中へ取り出した。

【0074】

それぞれの試料No. 1～No. 14について、ニッケルメタル率、メタル中のニッケル含有率を、ICP発光分光分析器（株式会社島津製作所製，S-8100）のより分析して算出した。

30

【0075】

なお、ニッケルメタル率、メタル中のニッケル含有率は、以下の式により算出した。ペレット試料であるNo. 13～No. 14では、ペレット中のメタル量により算出した。

ニッケルメタル率 =

混合物中のメタル化したNi量 ÷ (混合物中の全てのNi量) × 100 (%)

メタル中のニッケル含有率 =

混合物中のメタル化したNi量 ÷ (混合物中のメタルしたNiとFeの合計量) × 100 (%)

40

【0076】

下記表4に、それぞれの試料における、容器の使用/不使用、容器のサイズ、蓋の使用/不使用をまとめて示す。また、ICP分析により測定された測定結果を示す。

【0077】

【表 4】

試料No.	容器		蓋の使用	ニッケルメタル化率 [%]	メタル中Ni含有率 [%]
	使用	サイズ [mm] 縦×横×高さ			
実施例1	使用	800 × 800 × 400	不使用	95.1	19.0
実施例2	使用	600 × 600 × 400	不使用	95.4	19.2
実施例3	使用	600 × 600 × 200	不使用	95.9	19.6
実施例4	使用	400 × 400 × 80	不使用	96.1	20.0
実施例5	使用	150 × 150 × 80	不使用	96.7	20.8
実施例6	使用	150 × 150 × 20	不使用	96.2	20.3
実施例7	使用	800 × 800 × 400	使用	98.0	21.1
実施例8	使用	600 × 600 × 400	使用	98.3	21.5
実施例9	使用	600 × 600 × 200	使用	98.2	21.9
実施例10	使用	400 × 400 × 80	使用	99.0	23.1
実施例11	使用	150 × 150 × 80	使用	99.3	23.5
実施例12	使用	150 × 150 × 20	使用	99.7	23.7
比較例1	不使用	-	不使用	94.8	18.5
比較例2	不使用	-	不使用	94.2	18.3

10

20

【0078】

表4の結果に示されるように、混合物を容器に充填し、容器に充填した状態の混合物を還元炉に装入して還元加熱処理を施すことで、良好に混合物中のニッケルをメタル化することができ、ニッケル含有量が19.0%~23.7%と高品位のフェロニッケルを製造することができた(実施例1~実施例12)。また特に、実施例7~実施例12の結果に示されるように、その容器に蓋をした状態で処理することで、ニッケルのメタル化率をより一層に高めることができることが分かった。

30

【0079】

このように、良好なフェロニッケルとして製造できた理由としては、容器に充填した状態の混合物に対して還元加熱処理を施したことにより、その混合部の表面に、均一に且つ安定してメタルシェルが生成され、これによってメタルシェル内で還元剤が抜けることなく、また均一に安定して還元反応が生じたことによると考えられる。

【0080】

これに対して、比較例1~比較例2の結果に示されるように、球状のペレットを用いた場合、実施例1~実施例12と比較して、ニッケルメタル化率も平均して低めとなり、メタル中のニッケル含有量も18%程度となりフェロニッケルとしては低い値であった。

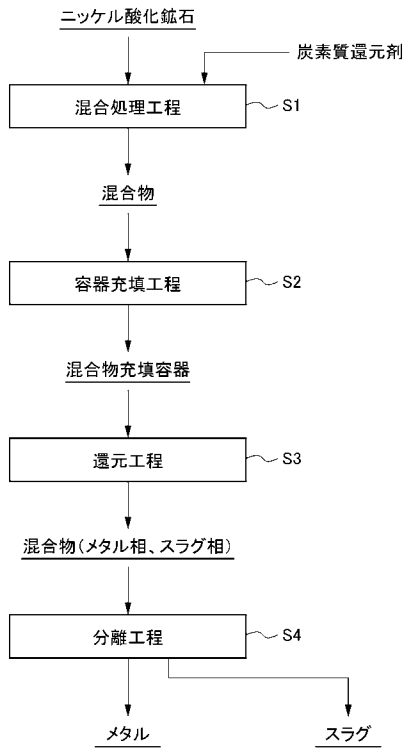
【符号の説明】

40

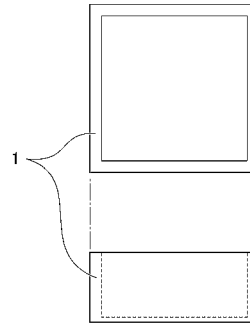
【0081】

- 1 混合物を充填する容器

【 図 1 】



【 図 2 】



フロントページの続き

(72)発明者 小林 純一

愛媛県新居浜市磯浦町 1 7 - 5 住友金属鉱山株式会社 新居浜研究所内

(72)発明者 岡田 修二

愛媛県新居浜市磯浦町 1 7 - 5 住友金属鉱山株式会社 新居浜研究所内

Fターム(参考) 4K001 AA10 AA19 BA02 DA05 GA19 HA01