

(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2017-193769

(P2017-193769A)

(43) 公開日 平成29年10月26日(2017.10.26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>C 2 2 B 1/245 (2006.01)</b>	C 2 2 B 1/245	4 K 0 0 1
<b>C 2 2 B 5/10 (2006.01)</b>	C 2 2 B 5/10	
<b>C 2 2 B 23/02 (2006.01)</b>	C 2 2 B 23/02	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2016-85963 (P2016-85963)	(71) 出願人	000183303
(22) 出願日	平成28年4月22日 (2016.4.22)		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	合田 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

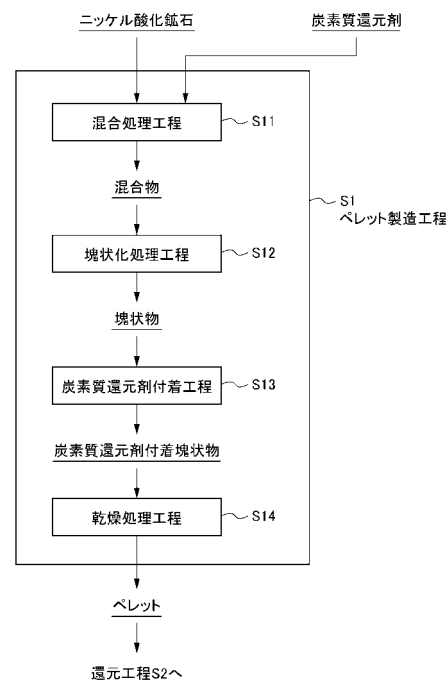
(54) 【発明の名称】ペレットの製造方法、及びニッケル酸化鉱石の製錬方法

## (57) 【要約】

【課題】ニッケル酸化鉱石からペレットを用いてフェロニッケルを製造する方法において、ペレット表面に均一にメタルシェルを生成させて、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ペレットの製造方法を提供する。

【解決手段】本発明は、ニッケル酸化鉱石からペレットを製造するペレットの製造方法であって、ニッケル酸化鉱石と炭素質還元剤とを混合して塊状物とし、得られた塊状物の表面に炭素質還元剤を付着させてペレットとする。塊状物の表面に付着させる炭素質還元剤を付着量としては、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100%としたとき0.1%以上20.0%以下の割合とすることが好ましい。

【選択図】図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ニッケル酸化鉱石からペレットを製造するペレットの製造方法であって、  
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して塊状物とし、  
得られた塊状物の表面に炭素質還元剤を付着させてペレットとする  
ペレットの製造方法。

**【請求項 2】**

前記ニッケル酸化鉱石を原料とする前記ペレットにおいて、  
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 100%  
としたとき、前記塊状物の表面に付着させる炭素質還元剤の量を 0.1% 以上 20.0%  
以下の割合とする  
請求項 1 に記載のペレットの製造方法。 10

**【請求項 3】**

前記ニッケル酸化鉱石を原料とする前記ペレットにおいて、  
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 100%  
としたとき、前記塊状物を構成して前記ペレットの内部に存在する炭素質還元剤の量を 4  
0.0% 以下の割合とする  
請求項 1 又は 2 に記載のペレットの製造方法。

**【請求項 4】**

前記炭素質還元剤を表面に付着させて得られたペレットを、350 ~ 600 の温度  
に加熱する加熱処理を施す  
請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のペレットの製造方法。 20

**【請求項 5】**

ニッケル酸化鉱石からペレットを形成し、該ペレット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、  
前記ニッケル酸化鉱石からペレットを製造するペレット製造工程と、  
得られたペレットを還元炉にて所定の還元温度で加熱する還元工程と、を有し、  
前記ペレット製造工程では、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  
して塊状物とし、得られた塊状物の表面に炭素質還元剤を付着させてペレットとする  
ニッケル酸化鉱石の製錬方法。 30

**【請求項 6】**

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ペレット  
を装入して還元加熱する  
請求項 5 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からペレット  
を製造するペレットの製造方法、及びそのペレット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。 40

**【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  
スサルファイド）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 50

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10mm～30mm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、その形状を維持していることが重要となる。

10

【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。

【0006】

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。

20

【0007】

しかしながら、特許文献1のように、ペレットの内部にしか還元剤が存在しない場合、ペレット表面に均一にメタルシェルを生成させることが困難となり、結果として部分的に還元成分がペレットから抜けていたり、部分的に還元が進んだり進まなかったりと反応が不均一となり、組成ずれや組成ばらつきを生じさせてしまう。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2004-156140号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

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、ニッケル酸化鉱石からペレットを用いてフェロニッケルを製造する方法において、ペレット表面に均一にメタルシェルを生成させて、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ペレットの製造方法、及びその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】

【0010】

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塊状物の形成した後、その塊状物の表面に炭素質還元剤を付着させることによって得られるペレットによれば、そのペレット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、還元反応の効率が高く、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。

40

【0011】

(1) 本発明の第1の発明は、ニッケル酸化鉱石からペレットを製造するペレットの製造方法であって、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して塊状物とし、得られた塊状物の表面に炭素質還元剤を付着させてペレットとする、ペレットの製造方法である。

50

## 【 0 0 1 2 】

( 2 ) 本発明の第 2 の発明は、第 1 の発明において、前記ニッケル酸化鉱石を原料とする前記ペレットにおいて、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、前記塊状物の表面に付着させる炭素質還元剤の量を 0 . 1 % 以上 2 0 . 0 % 以下の割合とする、ペレットの製造方法である。

## 【 0 0 1 3 】

( 3 ) 本発明の第 3 の発明は、第 1 又は第 2 の発明において、前記ニッケル酸化鉱石を原料とする前記ペレットにおいて、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、前記塊状物を構成して前記ペレットの内部に存在する炭素質還元剤の量を 4 0 . 0 % 以下の割合とする、ペレットの製造方法である。

10

## 【 0 0 1 4 】

( 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、前記炭素質還元剤を表面に付着させて得られたペレットを、 3 5 0 ~ 6 0 0 の温度に加熱する加熱処理を施す、ペレットの製造方法である。

## 【 0 0 1 5 】

( 5 ) 本発明の第 5 の発明は、ニッケル酸化鉱石からペレットを形成し、該ペレット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、前記ニッケル酸化鉱石からペレットを製造するペレット製造工程と、得られたペレットを還元炉にて所定の還元温度で加熱する還元工程と、を有し、前記ペレット製造工程では、前記ニッケル酸化鉱石と炭素質還元剤とを混合して塊状物とし、得られた塊状物の表面に炭素質還元剤を付着させてペレットとする、ニッケル酸化鉱石の製錬方法である。

20

## 【 0 0 1 6 】

( 6 ) 本発明の第 6 の発明は、第 5 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ペレット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。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 7 】

本発明によれば、ニッケル酸化鉱石からペレットを用いてフェロニッケルを製造する方法において、ペレット表面に均一にメタルシェルを生成させて、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ペレットの製造方法、及びそのニッケル酸化鉱石の製錬方法を提供することができる。

30

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 8 】

【 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。

【 図 2 】 ペレット製造工程における処理の流れの一例を示す処理フロー図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 9 】

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。

40

## 【 0 0 2 0 】

## 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のペレットを用い、そのペレットを製錬炉（還元炉）に装入して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。

## 【 0 0 2 1 】

以下では、原料鉱石であるニッケル酸化鉱石をペレット化し、そのペレット中のニッケル（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

50

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。

【 0 0 2 2 】

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、ニッケル酸化鉱石からペレットを製造するペレット製造工程 S 1 と、得られたペレットを所定の還元温度で還元加熱する還元工程 S 2 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 3 とを有する。

【 0 0 2 3 】

< 1 . ペレット製造工程 >

ペレット製造工程 S 1 では、原料鉱石であるニッケル酸化鉱石からペレットを製造する。図 2 は、ペレット製造工程 S 1 における処理の流れを示す処理フロー図である。この図 2 に示すように、ペレット製造工程 S 1 は、ニッケル酸化鉱石を含む原料を混合する混合処理工程 S 1 1 と、得られた混合物を塊状物に形成（造粒）する塊状化処理工程 S 1 2 と、塊状物の表面に炭素質還元剤を付着させる炭素質還元剤付着工程 S 1 3 と、表面に炭素質還元剤が付着した塊状物を乾燥させる乾燥処理工程 S 1 4 とを有する。

【 0 0 2 4 】

（ 1 ）混合処理工程

混合処理工程 S 1 1 は、ニッケル酸化鉱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 1 では、原料鉱石であるニッケル酸化鉱石と共に、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、鉄鉱石、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。

【 0 0 2 5 】

原料鉱石であるニッケル酸化鉱石としては、特に限定されないが、リモナイト鉱、サブロライト鉱等を用いることができる。なお、このニッケル酸化鉱石は、構成成分として、酸化ニッケル（ $\text{NiO}$ ）と酸化鉄（ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）とを含有する。

【 0 0 2 6 】

本実施の形態においては、ペレットを製造するにあたり、特定量の炭素質還元剤を混合して混合物とし、その混合物によりペレットを形成する。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、上述した原料鉱石であるニッケル酸化鉱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。

【 0 0 2 7 】

ここで、炭素質還元剤の混合量、すなわち塊状物を構成してペレットの内部に存在することになる炭素質還元剤の量としては、ニッケル酸化鉱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 100 % としたとき、40 . 0 % 以下の割合とすることが好ましく、35 . 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、形成されるペレット内に含まれる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、ペレット内に含まれる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 8 】

本実施の形態においては、次工程で混合物を塊状物とした後、その塊状物の表面に炭素質還元剤を付着させてペレットを製造するが、ペレットの内部に存在する炭素質還元剤の量（炭素質還元剤の混合量）を、化学当量の合計値を 100 % としたときに、40 . 0 % 以下の割合とすることによって、より効果的に、そのペレットの表面にメタルシェルを均一に生成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、ペレット内部の炭素質還元剤の量を 40 . 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。

## 【 0 0 2 9 】

なお、炭素質還元剤の混合量の下限值としては、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。

## 【 0 0 3 0 】

ニッケル酸化鉱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鉱石としては、特に限定されないが、例えば、鉄品位が 5 0 % 程度以上の鉄鉱石、ニッケル酸化鉱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 1 】

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、脱水ケーク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 2 】

下記表 1 に、混合処理工程 S 1 1 にて混合する、一部の原料粉末の組成（重量 %）の一例を示す。なお、原料粉末の組成としてはこれに限定されない。

## 【 0 0 3 3 】

【表 1】

原料粉末[重量%]	Ni	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	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	—

## 【 0 0 3 4 】

## ( 2 ) 塊状化処理工程

塊状化処理工程 S 1 2 は、混合処理工程 S 1 1 にて得られた原料粉末の混合物を塊状物に形成（造粒）する工程である。具体的には、混合処理工程 S 1 2 にて得られた混合物に、塊状化に必要な水分を添加して、例えば塊状物製造装置（転動造粒機、圧縮成形機、押出成形機等）等を使用し、あるいは試験レベルの量であれば人の手によってペレット状の塊に形成する。

## 【 0 0 3 5 】

ペレットの形状としては、特に限定されないが、例えば球状とすることができる。球状のペレットであることにより、還元反応が比較的均一に進み易く好ましい。また、ペレット状にする塊状物の大きさとしては、特に限定されないが、例えば、乾燥処理、予熱処理を経て、還元工程における還元炉等に装入されるペレットの大きさ（球状のペレットの場合には直径）で 1 0 mm ~ 3 0 mm 程度となるようにすることができる。

## 【 0 0 3 6 】

## ( 3 ) 炭素質還元剤の付着工程

炭素質還元剤付着工程 S 1 3 は、塊状化処理工程 S 1 2 で得られた塊状物の表面に炭素質還元剤を付着させる工程である。ここで、塊状物の表面に付着させる炭素質還元剤は、上述した混合処理工程 S 1 1 でニッケル酸化鉱石と共に混合してペレットの内部に存在させるようにする炭素質還元剤とは別に、ペレットを構成するものである。すなわち、本実施の形態に係るニッケル酸化鉱石の製錬方法では、炭素質還元剤が、内部に存在するとともに、その表面にも付着したペレットを製造し、そのペレットを用いて還元処理を施す。

## 【 0 0 3 7 】

このように、塊状物の表面に炭素質還元剤を付着させ、表面に炭素質還元剤の層が形成されているペレットとすることによって、還元工程 S 2 における還元処理で、ペレットの

10

20

30

40

50

表面にメタルシェルを均一に生成させることができ、部分的に還元剤成分がペレットから抜けることを防ぎ、安定的に還元反応を生じさせることができる。また、得られるペレットの強度が維持されて、還元工程 S 2 における還元加熱処理時の崩壊を抑制することができる。そして、これらのことにより、組成ずれや組成ばらつきを生じさせることなく、高い品質のフェロニッケルを効率的に製造することができる。

【 0 0 3 8 】

なお、この炭素質還元剤付着工程 S 1 3 において塊状物の表面に付着させる炭素質還元剤を、ペレットの内部に存在させる炭素質還元剤と区別するために、以下では「表面付着炭素質還元剤」ともいう。

【 0 0 3 9 】

ここで、表面付着炭素質還元剤の量、すなわち塊状物の表面に付着させることでペレットの表面に存在することになる炭素質還元剤の量としては、ニッケル酸化鉱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（上述した「化学当量の合計値」）を 1 0 0 % としたとき、0 . 1 % 以上 2 0 . 0 % 以下の範囲の割合とすることが好ましい。また、1 . 0 % 以上 1 5 . 0 % 以下の範囲の割合とすることがより好ましく、3 . 0 % 以上 1 0 . 0 % 以下の範囲の割合とすることがさらに好ましい。

【 0 0 4 0 】

表面付着炭素質還元剤の付着量が、化学当量の合計値を 1 0 0 % としたときに 0 . 1 % 未満の割合であると、表面に炭素質還元剤を付着させることの効果が十分に得られない可能性があり、メタルシェルの生成反応が効率的に進行しない。一方で、その付着量が、化学当量の合計値を 1 0 0 % としたときに 2 0 . 0 % を超える割合であると、形成されたメタルシェルの中における酸化鉄の還元が進行しすぎてしまい、ニッケル品位が低下する可能性がある。また、付着量が 2 0 . 0 % を超えると、過剰になり過ぎてしまい、コスト的に不利になる。

【 0 0 4 1 】

塊状物の表面への表面付着炭素質還元剤の付着方法としては、特に限定されないが、塊状物の表面に塗布することによって、その表面に均一に表面付着炭素質還元剤を存在させるようにすることが好ましい。例えば、敷き詰められた炭素質還元剤の上に塊状物を転がしながら付着させて塗布する。または、塊状物の上方から炭素質還元剤をまぶすように付着させてもよい。

【 0 0 4 2 】

なお、ペレット状の塊となった塊状物は、例えば 5 0 重量 % 程度の過剰な水分が含まれており、べたべたした状態となっている。したがって、炭素質還元剤の上に塊状物を転がしながらその表面に付着させたり、あるいは、塊状物の上方から炭素質還元剤をまぶすように付着させるなどすることによって、効果的にその表面に表面付着炭素質還元剤を付着させることができる。

【 0 0 4 3 】

また、付着させる表面付着炭素質還元剤としては、上述した炭素質還元剤、すなわちペレットの内部に存在させる炭素質還元剤と同様に、石炭粉、コークス粉等を用いることができる。また、表面付着炭素質還元剤の大きさや形状についても、特に限定されないが、例えば直径が数 mm ~ 数 1 0 mm の球状のペレットを製造する場合には、数  $\mu$ m ~ 数 1 0 0  $\mu$ m 程度の大きさのものをを用いることが好ましい。

【 0 0 4 4 】

（ 4 ）乾燥処理工程

乾燥処理工程 S 1 4 は、炭素質還元剤付着工程 S 1 3 にて炭素質還元剤をその表面に付着させて得られた塊状物を乾燥処理する工程である。上述したように、ペレット状の塊となった塊状物は、過剰な水分が含まれており、べたべたした状態となっていることから、乾燥処理工程 S 1 4 では、例えば塊状物の固形分が 7 0 重量 % 程度で、水分が 3 0 重量 % 程度となるように乾燥処理を施すようにしてもよい。

【 0 0 4 5 】

10

20

30

40

50

このように、乾燥処理工程 S 1 4 にて乾燥処理を施すことで、ペレット状の塊状物の取り扱いを容易にすることができ、また、表面付着炭素質還元剤が塊状物の表面から剥離したり、脱落することを防ぐことができる。さらに、還元工程 S 2 においてペレットを還元温度までの昇温する際に、内部の水分が気化、膨張してペレットが破壊されてしまうことを防ぐことができる。

#### 【 0 0 4 6 】

具体的に、乾燥処理工程 S 1 3 における塊状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 3 0 0 ～ 4 0 0 の熱風を塊状物に対して吹き付けて乾燥させる。なお、この乾燥処理時における塊状物の温度としては 1 0 0 未満とすることが、ペレットが破壊されにくくなり好ましい。

10

#### 【 0 0 4 7 】

なお、還元炉への装入等の取り扱い性に問題がなく、還元加熱処理時に破壊が生じない態様となっていれば、乾燥処理工程 S 1 3 における乾燥処理を省略することができる。

#### 【 0 0 4 8 】

下記表 2 に、乾燥処理後のペレットにおける固形分中組成（重量部）の一例を示す。なお、ペレットの組成としては、これに限定されない。

#### 【 0 0 4 9 】

【表 2】

乾燥後ペレット 固形分の組成 [重量部]	Ni	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	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

20

#### 【 0 0 5 0 】

##### （ 5 ）加熱処理（予熱処理）工程

ペレット製造工程 S 1 においては、上述した乾燥処理工程 S 1 4 にて乾燥処理を施した塊状物であるペレットを、所定の温度に加熱する加熱処理工程を設けてもよい。この加熱処理は、次工程の還元工程 S 2 における所定の還元温度での加熱に先立つ加熱処理であり、「予熱処理」ということもできる。以下では、この工程を予熱処理工程ともいう。

#### 【 0 0 5 1 】

製造するペレットの大きさは、例えば 1 0 m m ～ 3 0 m m 程度であり、その形状を維持できる強度、例えば 1 m の高さから落下させた場合でも破壊するペレットの割合が 1 % 以下程度となる強度を有するペレットとすることが好ましい。このようなペレットは、還元工程 S 2 に装入する際の落下等の衝撃に耐えることが可能であってその形状を維持することができるものであり、また、ペレットとペレットとの間に適切な隙間が形成されるため、還元工程 S 2 における還元反応が有効に且つ効率的に進行するようになる。

30

#### 【 0 0 5 2 】

この点、乾燥処理を施した後に加熱処理（予熱処理）を施してペレットを製造することによって、還元工程 S 2 において、例えば 1 4 0 0 程度の高い温度でペレットを還元加熱する際にも、ヒートショックによるペレットの割れ（破壊、崩壊）を効果的に防ぐことができる。例えば、還元炉に装入した全ペレットのうちの崩壊するペレットの割合を僅かな割合とすることができ、ペレットの形状をより効果的に維持することができる。

40

#### 【 0 0 5 3 】

具体的に、予熱処理工程においては、乾燥処理後のペレットを 3 5 0 ～ 6 0 0 の温度に加熱する加熱処理を施す。また、好ましくは 4 0 0 ～ 5 5 0 の温度に加熱する。このように、3 5 0 ～ 6 0 0 、好ましくは 4 0 0 ～ 5 5 0 の温度に加熱することによって、ペレットを構成するニッケル酸化鉱石に含まれる結晶水を減少させることができ、例えば約 1 4 0 0 の還元炉に装入して急激に温度を上昇させた場合であっても、その結晶水の離脱によるペレットの崩壊を抑制することができる。

#### 【 0 0 5 4 】

50



また、このように、還元工程 S 2 における還元加熱処理に先立ち、予め加熱処理を施すことによって、ペレットを構成するニッケル酸化鉱石、炭素質還元剤、そのほか任意に添加する酸化鉄、バインダー、フラックス成分等の粒子の熱膨張が 2 段階となってゆっくりと進むようになり、これにより、粒子の膨張差に起因するペレットの崩壊を抑制することができる。

【 0 0 5 5 】

なお、予熱処理工程における加熱処理時間としては、特に限定されず、ニッケル酸化鉱石を含む塊状物の大きさに応じて適宜調整すればよいが、得られるペレットの大きさが 10 mm ~ 30 mm 程度となる通常の大きさの塊状物であれば、15 分 ~ 30 分程度の処理時間とすることができる。

10

【 0 0 5 6 】

< 2 . 還元工程 >

還元工程 S 2 では、ペレット製造工程 S 1 で得られたペレット、すなわち、表面に炭素質還元剤を付着させたペレットを、所定の還元温度に還元加熱する。この還元工程 S 2 におけるペレットの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。

【 0 0 5 7 】

なお、還元工程 S 2 にて還元加熱処理を施す直前に、ペレット表面における表面付着炭素質還元剤の量（付着量）を増やしたい場合には、還元炉に装入する前に、その還元炉内にペレットをセットできる状態にした上で、そのペレットの上方から炭素質還元剤を付着させればよい。具体的には、例えば、還元炉に装入する直前のペレットに対して、その上方から炭素質還元剤をふりかけるようにして表面に付着させることができる。

20

【 0 0 5 8 】

還元工程 S 2 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ペレットを、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。

【 0 0 5 9 】

還元工程 S 2 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、先ず還元反応の進みやすいペレットの表面近傍においてペレット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 - ニッケル合金となり、シェル（以下、「殻」ともいう）を形成する。一方で、シェルの中では、その殻の形成に伴ってペレット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、1 個のペレット中では、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。

30

【 0 0 6 0 】

そして、還元工程 S 2 における還元加熱処理の処理時間をさらに 10 分程度まで延ばすことにより、還元反応に関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。

【 0 0 6 1 】

具体的に、本実施の形態においては、表面に炭素質還元剤が付着して得られたペレットを用いていることから、その表面において均一に安定して殻の形成が進行し、またそれにより、還元剤が殻から抜け出してしまうことが抑制され、安定的に還元反応が進行する。

40

【 0 0 6 2 】

上述したように、ペレット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、装入するペレットと比較すると、50 % ~ 60 % 程度の体積に収縮している。

【 0 0 6 3 】

上述した還元反応が最も理想的に進行した場合、装入したペレット 1 個に対して、メタル固相 1 個とスラグ固相 1 個とを混在させた 1 個の混合物として得られ、「だるま状」の

50

形状の固体となる。ここで、「だるま状」とは、メタル固相とスラグ固相とが接合した形状である。このような「だるま状」の形状を有する混合物である場合、その混合物は粒子のサイズとしては最大となるので、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制することができる。

【0064】

また、還元工程S2では、得られたペレット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ペレットを載置するようにしてもよい。このように、炉床炭素質還元剤の上にペレットを載置することで、ペレットの表面に付着させた炭素質還元剤が剥がれ落ちた場合でも、還元反応を効率的に進行させることができる。

10

【0065】

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、ペレットを、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。

20

【0066】

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回転する毎にペレットが製錬処理される。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。

30

【0067】

< 3. 分離工程 >

分離工程S3では、還元工程S2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、ペレット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）とを含む混合物からメタル相を分離して回収する。

【0068】

固体として得られたメタル相とスラグ相との混合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。

【0069】

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る。上述した「だるま状」の混合物に対して、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付与することで、その「だるま状」の混合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。

40

【0070】

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】

【0071】

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。

【0072】

50

### [ペレットの製造]

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 $200\mu\text{m}$ ）とを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（ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）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、試料に応じて17%～50%の割合となる量で含有させた。

#### 【0073】

次に、得られた原料粉末の混合物に適宜水分を添加して手で捏ねることによって球状の塊状物に形成した。

#### 【0074】

次に、得られた球状の塊状物の表面に、炭素質還元剤（表面付着炭素質還元剤）である石炭粉を均一に塗布して付着させた。表面付着炭素質還元剤の付着量は、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（ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）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、試料に応じて0%～15.0%の割合となる量とした。

#### 【0075】

次に、塊状物の固形分が70重量%程度、水分が30重量%程度となるように、300～400の熱風を塊状物に吹き付けて乾燥処理を施して、No.1～No.14の14試料の球状ペレット（直径：17mm）を製造した。下記表3に、乾燥処理後のペレットの固形分組成（炭素を除く）を示す。

#### 【0076】

【表3】

乾燥後ペレット 固形分の組成 [重量部]	Ni	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	CaO	$\text{Al}_2\text{O}_3$	MgO	その他
	1.5	53.1	14.2	5.2	3.1	5.8	バインダー、 炭素質還元剤、等

#### 【0077】

本実施例では、No.1～No.13のペレット試料を用いた処理を実施例1～実施例13とし、No.14のペレット試料（表面に炭素質還元剤を付着させないもの）を用いた処理を比較例1とした。

#### 【0078】

### [ペレットに対する還元加熱処理]

製造したペレット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 $\text{SiO}_2$ であり、その他の成分として $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、MgO等の酸化物を少量含有する）を敷き詰め、その上にペレット試料を5個置いた。なお、表面に炭素質還元剤（石炭粉）を付着させたペレットにおいて、その石炭粉の量が多く、ペレット表面に付着させられなかった分については、炉床にペレットを載置させた後に上方からふりかけるようにして再度付着させた。

#### 【0079】

その後、実質的に酸素を含まない窒素雰囲気とし、ペレットを還元炉に装入した。なお、装入時の温度条件は、 $500 \pm 20$ とした。

#### 【0080】

次に、還元温度を1400として、還元炉内でペレットを還元加熱した。ペレットの表面にメタルシェルが生成されるとともに、混合物であるペレット内での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。

#### 【0081】

No.1～No.14の14試料の球状ペレットに対して同様の還元加熱処理を施したのち、各試料のニッケルメタル率、メタル中のニッケル含有率を、ICP発光分光分析器

10

20

30

40

50

(株式会社島津製作所製，S - 8 1 0 0) のより分析して算出した。

【 0 0 8 2 】

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。

ニッケルメタル率 =

ペレット中のメタル化した Ni 量 ÷ ( ペレット中の全ての Ni 量 ) × 1 0 0 ( % )

メタル中のニッケル含有率 =

ペレット中のメタル化した Ni 量 ÷ ( ペレット中のメタルした Ni と Fe の合計量 )  
× 1 0 0 ( % )

【 0 0 8 3 】

下記表 4 に、それぞれのペレット試料における、石炭粉（表面付着炭素質還元剤）の付着量、ペレットの内部に含まれる石炭粉（炭素質還元剤）の含有量を示す。また、I C P 分析により測定された測定結果を示す。

10

【 0 0 8 4 】

【表 4】

	石炭塗布量 [%]	ペレット中石炭量 [%]	ニッケルメタル化率 [%]	メタル中Ni含有率 [%]
実施例1	0.1	20	94.5	18.7
実施例2	1.0	20	95.0	19.3
実施例3	3.0	20	95.2	19.6
実施例4	5.0	20	95.6	20.0
実施例5	7.0	20	95.8	20.2
実施例6	9.5	20	96.1	20.4
実施例7	3.0	17	92.8	22.5
実施例8	3.0	24	96.7	22.1
実施例9	3.0	28	97.0	21.4
実施例10	3.0	33	97.6	21.1
実施例11	3.0	38	98.3	18.3
実施例12	15.0	20	98.8	21.2
実施例13	0.5	50	99.9	17.3
比較例1	0	20	88.2	15.5

20

30

【 0 0 8 5 】

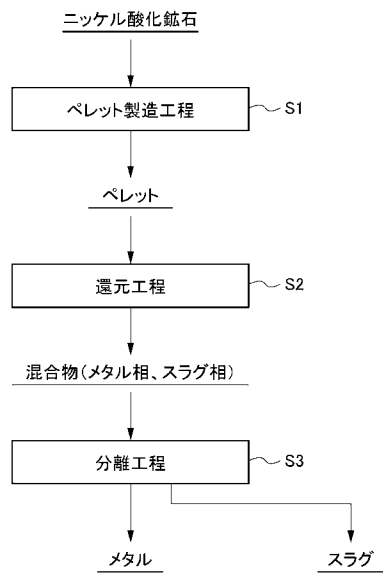
表 4 の結果に示されるように、その表面に炭素質還元剤を付着させてペレットを製造し、そのペレットを用いて還元加熱処理を施すことで、良好にペレット中のニッケルをメタル化することができ、ニッケル含有量が 1 8 . 3 % ~ 2 2 . 8 % と高品位のフェロニッケルを製造することができることが分かった（実施例 1 ~ 実施例 1 3 ）。

40

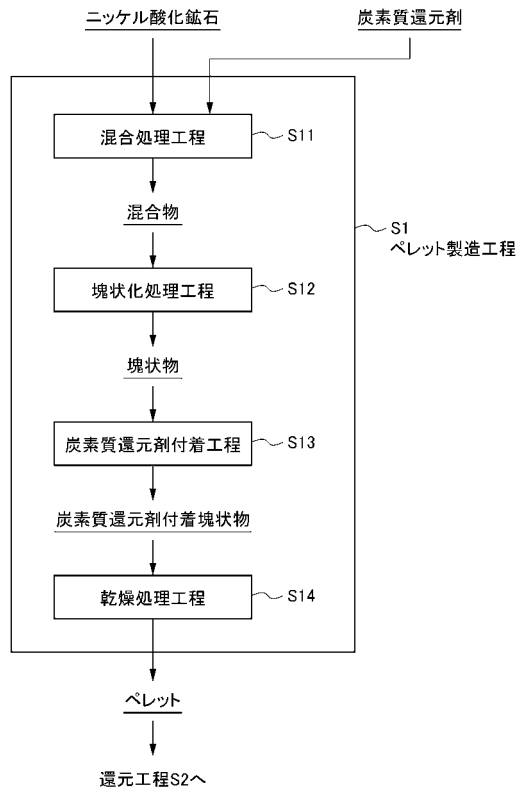
【 0 0 8 6 】

これに対して、比較例 1 の結果に示されるように、表面に炭素質還元剤を付着させなかったペレット試料の場合、ニッケルメタル化率が 8 8 . 2 % と低く、メタル中のニッケル含有量も 1 5 . 5 % となり、フェロニッケルとしては低い値となった。

【図 1】



【図 2】



---

フロントページの続き

(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 AA19 BA02 CA09 CA26 DA05 GA07 HA01 KA02 KA06 KA13