

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年8月16日(16.08.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/147146 A1

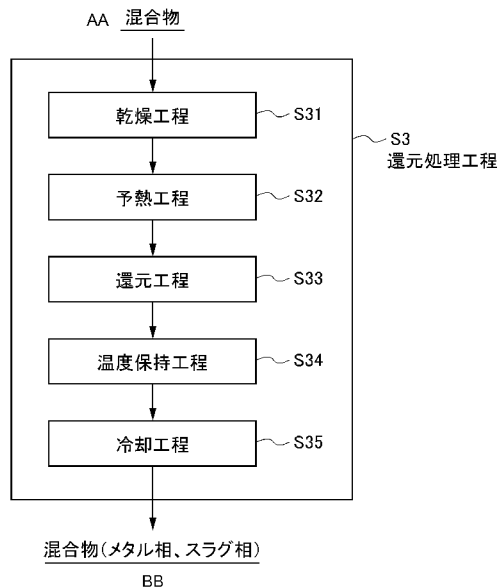
- (51) 国際特許分類:
C22B 5/10 (2006.01) *C22B 23/02* (2006.01)
C22B 1/24 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/003274
- (22) 国際出願日: 2018年1月31日(31.01.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2017-022525 2017年2月9日(09.02.2017) JP
- (71) 出願人: 住友金属鉱山株式会社
(SUMITOMO METAL MINING CO., LTD.) [JP/

JP]; 〒1058716 東京都港区新橋 5 - 1
1 - 3 Tokyo (JP).

- (72) 発明者: 井関 隆士(ISEKI Takashi); 〒7920002
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 Ehime (JP). 合田 幸弘
(GODA Yukihiro); 〒7920002 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 Ehime (JP). 小林 純一(KOBAYASHI
Jun-ichi); 〒7920002 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 Ehime (JP). 岡田 修二(OKADA Shuji);
〒7920002 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 Ehime (JP).

(54) Title: METAL OXIDE SMELTING METHOD

(54) 発明の名称: 金属酸化物の製錬方法



S3 Reduction process step
S31 Drying step
S32 Preheating step
S33 Reduction step
S34 Temperature maintenance step
S35 Cooling step
AA Mixture
BB Mixture (metal phase, slag phase)

(57) **Abstract:** Provided is a smelting method in which, for example, a metal oxide such as a nickel oxide ore including nickel oxide is used as a source material and is reduced with a carbonaceous reducing agent to obtain a reduced product, with which method efficient processing can be achieved. This metal oxide smelting method is, for example, a nickel oxide ore smelting method. Specifically, the method includes a reduction process step that has: a drying step in which a mixture that was obtained by mixing a metal oxide and a carbonaceous reducing agent is dried; a preheating step in which the



(74) 代理人: 正林 真之, 外(SHOBAYASHI Masayuki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内 1-7-12 サピアタワー Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

dried mixture is preheated; a reduction step in which the preheated mixture is reduced using a rotary hearth furnace, said rotary hearth having a hearth that rotates and not having a partition structure in an interior; and a cooling step in which the obtained reduced product is cooled.

(57) 要約: 例えば、酸化ニッケル等を含有するニッケル酸化鉱などの金属酸化物を原料とし、炭素質還元剤で還元して還元物を得る製錬方法に関して、効率よく処理することができる方法を提供する。本発明に係る金属酸化物の製錬方法は、例えばニッケル酸化鉱の製錬方法である。具体的に、金属酸化物と炭素質還元剤とを混合して得られた混合物を乾燥する乾燥工程と、乾燥させた混合物を予熱する予熱工程と、炉床が回転し、内部に仕切り構造を有さない回転炉床炉を用いて、予熱後の混合物を還元する還元工程と、得られた還元物を冷却する冷却工程と、を有する還元処理工程を含む。

明 細 書

発明の名称： 金属酸化物の製錬方法

技術分野

[0001] 本発明は、金属酸化物の製錬方法に関するものであり、例えば、ニッケル酸化鉱等を原料として炭素質還元剤により還元することで還元物を得る製錬方法に関する。

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フェロニッケルを製造する乾式製錬方法、オートクレーブを使用して高圧酸浸出し硫化剤を添加してニッケルコバルト混合硫化物（ミックスサルファイド）を得る湿式製錬法であるHPALプロセス等が知られている。

[0003] 上述した様々な方法の中で、特に乾式製錬法を用いてニッケル酸化鉱石を還元して製錬する場合、原料のニッケル酸化鉱石を適度な大きさに破碎する等して塊状物化する処理や、あるいはスラリー化する処理等が前処理として行われる。

[0004] 具体的に、ニッケル酸化鉱石を塊状物化する、すなわち粉や微粒状から塊状にする際には、そのニッケル酸化鉱石と、それ以外の成分、例えばバインダーやコークス等の還元剤と混合して混合物とし、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、例えば一辺あるいは直径が10mm～30mm程度の大きさのペレットやブリケットと称せられる塊状物（以下、まとめて単に「ペレット」という）とするのが一般的である。

[0005] さて、ペレットには、含有する水分を「飛ばす」ために、ある程度の通気性が必要となる。また、ペレット内で均一に還元が進まないと、得られる還元物の組成が不均一になり、メタルが分散したり偏在したりする等の不都合が生じるため、混合物を均一に混合し、またペレットを還元処理する際には

可能な限り均一な温度を維持することが重要となる。

[0006] 加えて、還元されて生成したフェロニッケルを粗大化させることも非常に重要な技術である。なぜなら、生成したフェロニッケルが、例えば数10 μ m～数100 μ m以下の細かな大きさであった場合、同時に生成したスラグと分離することが困難となり、フェロニッケルとしての回収率（収率）が大きく低下してしまうためである。このことから、還元後のフェロニッケルを粗大化する処理が必要となる。

[0007] また、製錬コストを如何に低く抑えることができるかについても重要な技術的事項であり、コンパクトな設備で操業できる連続処理が望まれている。

[0008] 例えば、特許文献1には、フェロニッケルの製造方法に関する技術が開示されており、特に、低品位の酸化ニッケル鉱石から高効率でフェロニッケル又はフェロニッケル精錬原料を製造する方法が開示されている。具体的には、酸化ニッケル及び酸化鉄を含有する原料と炭素質還元材とを混合して混合物とする混合工程と、その混合物を移動炉床炉内で加熱し還元して還元混合物を得る還元工程と、還元混合物を溶解炉で溶解してフェロニッケルを得る溶解工程と、を備えた方法が開示されている。

[0009] ここで、特許文献1には、還元混合物中のNiの金属化率を40%以上、好ましくは85%以上とすることにより、還元混合物中に残留する酸化ニッケルを溶解炉で還元するのに必要な還元所要熱が少なくなり、溶解炉におけるエネルギー消費量を低減できる、との記載がある。しかしながら、還元混合物中のNiの金属化率（以下、「メタル化率」ともいう）を高くして熔融炉で還元するのに必要な還元所要熱を少なくしても、Niをメタル化するのに必要な熱量そのものは同じであるため、全体でみるとエネルギーの消費量を低減することにはならず、従って製錬コストを低減することにはならない。

[0010] また、特許文献1には、移動炉床炉内で還元された還元塊成物（還元混合物）は、移動炉床炉内に設けられた輻射式冷却板や冷媒吹き付け装置等により通常1000℃程度に冷却してから排出装置で排出される、との記載があ

る。しかしながら、還元塊成物を1000℃程度以下まで冷却してから移動炉床炉から排出して回収するのでは、その移動炉床炉が冷えてしまい、還元するために再度温度に上げるためのエネルギーを要し、コストがかかってしまう。また、冷却、加熱を繰り返すことで炉への熱衝撃を増して装置寿命を縮めてしまい、これもコストアップにつながる要因となる。

[0011] このように、ニッケル酸化鉱を混合、還元して、低コストで連続して製錬しフェロニッケルを得るためには、多くの問題があった。

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

[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、例えば、酸化ニッケル等を含有するニッケル酸化鉱などの金属酸化物を原料とし、炭素質還元剤で還元して還元物を得る製錬方法に関して、効率よく処理することができる方法を提供する。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明者らは、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、金属酸化物の原料を含む混合物に対して、乾燥工程と、予熱工程と、内部に仕切り構造を有さない回転炉床炉を使用した還元工程と、冷却工程とを順に実行する還元処理を施すことによって、効率的な製錬処理を行うことができることを見出し、本発明を完成するに至った。

[0015] (1) 本発明の第1の発明は、金属酸化物と炭素質還元剤とを混合して得られた混合物を乾燥する乾燥工程と、乾燥させた混合物を予熱する予熱工程と、炉床が回転し、内部に仕切り構造を有さない回転炉床炉を用いて、予熱後の混合物を還元する還元工程と、得られた還元物を冷却する冷却工程と、を有する還元処理工程を含む、金属酸化物の製錬方法である。

- [0016] (2) 本発明の第2の発明は、第1の発明において、前記還元工程を経て得られた還元物を、前記回転炉床炉内で所定の温度に保持する温度保持工程に付し、所定の時間で保持した後に、該還元物を前記冷却工程に供給する、金属酸化物の製錬方法である。
- [0017] (3) 本発明の第3の発明は、第1の発明において、前記還元工程における処理と前記温度保持工程における処理とを、同一の前記回転炉床炉を用いて実行する、金属酸化物の製錬方法である。
- [0018] (4) 本発明の第4の発明は、第2又は第3の発明において、前記温度保持工程では、前記還元物を1300℃以上1500℃以下の温度に保持する、金属酸化物の製錬方法である。
- [0019] (5) 本発明の第5の発明は、第1乃至第4のいずれかの発明において、前記還元工程では、還元温度を1200℃以上1500℃以下として還元する、金属酸化物の製錬方法である。
- [0020] (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、2段階の還元温度で前記混合物を還元し、1段階目の還元温度が、1200℃以上1450℃以下であり、2段階目の還元温度が、1300℃以上1500℃以下である、金属酸化物の製錬方法である。
- [0021] (7) 本発明の第7の発明は、第6の発明において、前記回転炉床炉は、複数の加熱源を備えており、それぞれの加熱源への供給エネルギー量を制御することによって該回転炉床炉の内部における温度分布が制御される、金属酸化物の製錬方法である。
- [0022] (8) 本発明の第8の発明は、第1乃至第7のいずれかの発明において、前記乾燥工程にて乾燥させる前記混合物は、少なくとも、金属酸化物と、炭素質還元剤とを混合して混合物を得る混合処理工程と、得られた混合物を塊状化する処理又は所定の容器に充填する処理を行う前処理工程と、を経て得られたものである、金属酸化物の製錬方法である。
- [0023] (9) 本発明の第9の発明は、第1乃至第8のいずれかの発明において、前記還元処理工程における前記冷却工程にて冷却した還元物を、メタルとス

ラグとに分離して回収する分離工程を有する、金属酸化物の製錬方法である。

[0024] (10) 本発明の第10の発明は、第1乃至第9のいずれかの発明において、金属酸化物は、ニッケル酸化亜である、金属酸化物の製錬方法である。

[0025] (11) 本発明の第11の発明は、第1乃至第10のいずれかの発明において、前記還元物は、フェロニッケルを含有する、金属酸化物の製錬方法である。

発明の効果

[0026] 本発明によれば、例えば酸化ニッケル等を含有するニッケル酸化亜などの金属酸化物を原料とし、炭素質還元剤で還元して還元物を得る製錬方法に関して、効率よく処理することができる方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]ニッケル酸化亜の製錬方法の流れの一例を示す工程図である。

[図2]還元処理工程にて実行する処理工程を示す工程図である。

[図3]炉床が回転し、内部に仕切り構造を有さない回転炉床炉の構成例を示す図（平面図）である。

発明を実施するための形態

[0028] << 1. 本発明の概要 >>

本発明に係る金属酸化物の製錬方法は、金属酸化物を原料として、炭素質還元剤により高温下で還元処理を行って還元物を得る製錬方法である。例えば、金属酸化物として、酸化ニッケルや酸化鉄等を含有するニッケル酸化亜を原料とし、その製錬原料に対して炭素質還元剤を用いて高温下で還元することでフェロニッケルを製造する方法が挙げられる。

[0029] 具体的に、本発明に係る金属酸化物の製錬方法は、金属酸化物と炭素質還元剤とを混合して得られた混合物を乾燥する乾燥工程と、乾燥させた混合物を予熱する予熱工程と、炉床が回転し、内部に仕切り構造を有さない回転炉床炉を用いて還元する還元工程と、得られた還元物を冷却する冷却工程と、を有する還元処理工程を含むことを特徴としている。

[0030] このように本発明によれば、原料の金属酸化物を含む混合物に対し、上述した各工程における処理を施し、さらに還元工程における炉床が回転し、内部に仕切り構造を有さない回転炉床炉を用いて行うことによって、金属酸化物中に含まれる金属を効果的にメタル化して、しかも効率的な製錬処理を行うことができる。

[0031] 以下では、本発明の具体的な実施形態（以下、「本実施の形態」という）として、ニッケル酸化亜の製錬方法を例に挙げて説明する。製錬原料であるニッケル酸化亜は酸化ニッケルを少なくとも含むものであり、このニッケル酸化亜の製錬方法では、原料中に含まれる酸化ニッケル等を還元することによってフェロニッケル（鉄－ニッケル合金）を製造することができる。

[0032] なお、本発明は、金属酸化物としてニッケル酸化亜に限定されるものではなく、製錬方法としても酸化ニッケル等を含むニッケル酸化亜からフェロニッケルを製造する方法に限られるものではない。また、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。

[0033] ≪ 2. ニッケル酸化亜の製錬方法 ≫

本実施の形態に係るニッケル酸化亜の製錬方法は、製錬原料であるニッケル酸化亜を炭素質還元剤等と混合、混練して混合物を作り、その混合物に対して還元処理を施すことによって、メタルであるフェロニッケルとスラグとを生成させる方法である。なお、メタルであるフェロニッケルは、還元処理を経て得られたメタルとスラグとを含む混合物から、そのメタルを分離することで回収することができる。

[0034] 図 1 は、ニッケル酸化亜の製錬方法の流れの一例を示す工程図である。図 1 に示すように、このニッケル酸化亜の製錬方法は、ニッケル酸化亜と炭素質還元剤等の材料とを混合して混合物を得る混合処理工程 S 1 と、得られた混合物を塊状化あるいは所定の容器に充填する還元投入前処理工程 S 2 と、所定の温度（還元温度）で混合物を還元する還元処理工程 S 3 と、還元処理により生成したメタルとスラグとを含む混合物からメタルを分離して回収する分離工程 S 4 と、を有する。

[0035] <2-1. 混合処理工程>

混合処理工程 S 1 は、ニッケル酸化亜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、混合処理工程 S 1 では、製錬原料であるニッケル酸化亜と、鉄亜石、フラックス成分、バインダー、炭素質還元剤等の、例えば粒径が 0.2 mm~0.8 mm 程度の原料粉末とを所定の割合で混合して混合物を得る。

[0036] 製錬原料の亜石であるニッケル酸化亜としては、特に限定されないが、リモナイト亜、サプロライト亜等を用いることができる。

[0037] 鉄亜石としては、例えば鉄品位が 50% 程度以上の鉄亜石、ニッケル酸化亜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。

[0038] 下記表 1 に、原料であるニッケル酸化亜と、鉄亜石の組成（重量%）の一例を示す。なお、原料の組成としては、これに限定されるものではない。

[0039] [表1]

原料[重量%]	Ni	Fe ₂ O ₃	C
ニッケル酸化亜	1~2	50~60	—
鉄亜石	—	80~95	—

[0040] 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。

[0041] 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、コークス等が挙げられる。なお、この炭素質還元剤は、原料亜石のニッケル酸化亜の粒度と同等の大きさを有するものであることが好ましい。また、炭素質還元剤の混合量としては、例えば、形成される混合物内に含まれる酸化ニッケルの全量をニッケルメタル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第二鉄を金属鉄に還元するのに必要な化学当量との両者合計値（便宜的に「化学当量の合計値」ともいう）を 100% としたときに、5% 以上

60%以下の炭素量の割合となるように調整することができる。

[0042] 混合処理工程S1では、上述したようなニッケル酸化鉱を含む原料粉末を均一に混合することによって混合物を得る。この混合に際しては、混練を同時に行ってもよく、混合後に混練を行ってもよい。このように、原料粉末を混合、混練することにより、原料同士の接触面積が増し、また空隙が減少することによって、還元反応が起りやすくなるとともに均一に反応させることができる。これにより、還元反応の反応時間を短縮させることができ、かつ品質のばらつきが無くなる。その結果として、生産性の高い処理することができ、かつ高い品質のフェロニッケルを製造することができる。

[0043] また、原料粉末を混練した後、押出機を用いて押出してもよい。このように押出機で押出すことによって、より一層高い混練効果を得ることができ、原料粉末同士の接触面積が増し、また空隙が減少させることができる。これにより、高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。

[0044] <2-2. 還元投入前処理工程（前処理工程）>

還元投入前処理工程S2は、混合処理工程S1で得られた混合物を、塊状物に塊状化し、あるいは容器に充填する工程である。すなわち、この還元投入前処理工程S2では、原料粉末を混合して得られた混合物を、後述する還元処理工程S3にて使用する炉に投入し易くし、また効率的に還元反応が起こるように成形する。

[0045] （混合物の塊状化）

得られた混合物を塊状化する場合には、その混合物を塊状物に形成（造粒）する。具体的には、得られた混合物に対して塊状化に必要な所定量の水分を添加し、例えば塊状物製造装置（転動造粒機、圧縮成形機、押出成形機など）等を用いて塊（以下、「ペレット」ともいう）に成形する。

[0046] ペレットの形状としては、特に限定されず、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（乾燥工程S31）、予熱処理（予熱工程S32）

を経て、還元処理（還元工程 S 3 3）を行うために使用する製錬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、10 mm～30 mm 程度となるようにすることができる。なお、還元工程等については、詳しくは後述する。

[0047] （混合物の容器への充填）

得られた混合物を容器に充填する場合には、その混合物を押出機等で混練しながら所定の容器に充填することができる。このように、容器に充填したのち、そのまま次工程の還元処理工程 S 3 にて還元処理を行ってもよいが、容器に充填せいた混合物をプレス等により押し固めることが好ましい。容器内で混合物を押し固めて成形することによって、混合物の密度を上げることができるとともに、密度が均一化し、還元反応がより均一に進み易くなり、品質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。

[0048] 容器内に充填する混合物の形状としては、特に限定されないが、例えば直方体、立方体、円柱等とすることが好ましい。また、その大きさについても特に限定されないが、例えば直方体形状や立方体形状であれば、概ね、縦、横の内寸が500 mm以下であることが好ましい。このような形状、大きさとすることにより、品質ばらつきが小さく、かつ生産性の高い製錬を行うことができる。

[0049] ＜2－3．還元処理工程＞

還元処理工程 S 3 では、混合処理工程 S 1 にて原料粉末が混合され、還元投入前処理工程 S 2 にて塊状化あるいは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。還元処理工程 S 3 における混合物の還元加熱処理により、製錬反応が進行して、メタルとスラグとが生成する。

[0050] 図 2 は、還元処理工程 S 3 にて実行する処理工程を示す工程図である。図 2 に示すように、本実施の形態における還元処理工程 S 3 は、混合物を乾燥する乾燥工程 S 3 1 と、乾燥させた混合物を予熱する予熱工程 S 3 2 と、混合物を還元する還元工程 S 3 3 と、得られた還元物を冷却する冷却工程 S 3 5 と、を有する。また、好ましくは、還元工程 S 3 3 を経て得られた還元物

を所定の温度範囲に保持する温度保持工程 S 3 4 を有する。

[0051] ここで、還元工程 S 3 3 における処理は、炉床が回転する回転炉床炉を用いて行われる。また、その回転炉床炉は、内部に仕切り構造を有さないものである。さらに、還元物を所定の温度範囲に保持する温度保持工程 S 3 4 を実行する場合には、少なくとも、還元工程 S 3 3 における処理と温度保持工程 S 3 4 における処理とを回転炉床炉にて実行する。

[0052] このように、これらの処理を回転炉床炉にて行うことによって、その回転炉床炉内の温度を高い温度で維持することができるため、それぞれの工程における処理の都度、温度を上げたり下げたりする等の必要が無くなり、エネルギーコストを大幅に低減することができる。また、回転炉床炉を用いた処理によれば、温度の制御や管理が容易になる。これらのことから、高い生産性でもって品質の良好なフェロニッケルを連続して安定的に製造することができる。

[0053] さらに、内部に仕切り構造を有さない回転炉床炉を用いて処理することにより、回転炉床炉のメンテナンスコストを低減させることができ効率的な処理が可能になるとともに、炉内の温度をより一層均一に制御することができる。

[0054] (1) 乾燥工程

乾燥工程 S 3 1 では、原料粉末を混合して得られた混合物に対して乾燥処理を施す。この乾燥工程 S 3 1 は、主に混合物中の水分や結晶水を飛ばすことを目的とする。

[0055] 混合処理工程 S 1 にて得られた混合物には水分等が多く含まれており、そのような状態で還元処理時に還元温度のような高温まで急加熱すると水分が一気に気化、膨張し、塊状化した混合物が割れたり、場合によって破裂して粉々になってしまい、均一な還元処理を行うことが困難になる。そのため、還元処理を行うに先立ち、混合物に対する乾燥処理を施して水分を除去するようにし、ペレット等の破壊を防止する。

[0056] 乾燥工程 S 3 1 における乾燥処理は、回転炉床炉に接続される形態で行わ

れることが好ましい。回転炉床炉内において乾燥処理を施すエリア（乾燥エリア）を設けて実施することも考えられるが、このような場合、乾燥エリアでの乾燥処理が律速となって、還元工程 S 3 3 における処理や温度保持工程 S 3 4 における処理に影響を与える可能性がある。

[0057] したがって、乾燥工程 S 3 1 における乾燥処理は、回転炉床炉の炉外に設けられ、その回転炉床炉に接続された乾燥室にて行われることが好ましい。なお、詳しくは後述するが、図 3 に、回転炉床炉 1 と、その回転炉床炉 1 に接続された乾燥室 2 0 の構成例を示す。このように、回転炉床炉 1 の炉外に乾燥室 2 0 を設けることで、後述する予熱、還元、冷却といった工程とは全く別に乾燥室を設計でき、望ましい乾燥処理、予熱処理、還元処理、冷却処理をそれぞれ実行し易くなる。例えば、原料に依存して混合物に水分が多く残存するような場合には、乾燥処理に時間がかかるため、乾燥室 2 0 の全長を長めに設計すればよく、または乾燥室 2 0 内での混合物の搬送速度が遅くなるように設計すればよい。

[0058] 乾燥室 2 0 における乾燥処理としては、例えば、混合物中の固形分が 7 0 重量％程度で、水分が 3 0 重量％程度となるように処理することができる。また、乾燥方法については、特に限定されないが、乾燥室 2 0 において搬送されてきた混合物に対し熱風を吹き付けることによって行うことができる。また、乾燥温度についても、特に限定されないが、還元反応がはじまらないようにする観点から、5 0 0℃以下とすることが好ましく、かつその 5 0 0℃以下の温度で均一に乾燥することが好ましい。

[0059] 下記表 2 に、乾燥処理後の混合物における固形分の組成（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。

[0060] [表2]

乾燥後混合物(ペレット) 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

[0061] (2) 予熱工程

予熱工程 S 3 2 では、乾燥工程 S 3 1 での乾燥処理により水分を除去した後の混合物を予熱（予備加熱）する。

[0062] 混合物を回転炉床炉に装入していきなり高温の還元温度まで上げてしまうと、熱応力によって混合物が割れたり、粉状になってしまったりすることがある。また、混合物の温度が均一に上がらず、還元反応にばらつきが生じ、生成されるメタルの品質がばらつくことがある。そのため、混合物に対して乾燥処理を施した後に、所定の温度にまで予熱することが好ましく、これにより混合物の破壊や還元反応のばらつきを抑えることができる。

[0063] 予熱工程 S 3 2 における予熱処理は、乾燥処理と同様に、回転炉床炉の炉外に設けられた処理室にて行われることが好ましく、その回転炉床炉に接続された予熱室にて行われるようにすることが好ましい。なお、図 3 に、回転炉床炉 1 に接続された予熱室 3 0 の構成例を示すが、この予熱室 3 0 は回転炉床炉 1 の炉外に設けられており、乾燥処理を行う乾燥室 2 0 から連続的に設けられている。このように、回転炉床炉 1 の炉外に設けられた予熱室 3 0 にて予熱処理を行うことによって、還元処理を実行する回転炉床炉 1 内の温度を高い温度で維持でき、加熱に要するエネルギーを大幅に節約することができる。

[0064] 予熱室 3 0 における予熱処理としては、特に限定されないが、予熱温度を 6 0 0℃以上として行うことが好ましく、予熱温度を 7 0 0℃以上 1 2 8 0℃以下として行うことがより好ましい。このような範囲の予熱温度で処理することによって、続く還元処理における還元温度まで再加熱する際に必要なエネルギーを大幅に削減することができる。

[0065] （3）還元工程

還元工程 S 3 3 では、予熱工程 S 3 2 にて予熱した混合物を所定の還元温度で還元処理する。具体的に、還元工程 S 3 3 における還元処理は、炉床が回転する回転炉床炉を用いて行われる。さらに、その回転炉床炉は、炉内に仕切り構造を有さない、つまり仕切りや敷居等の構造を有さないものである。

[0066] このように、回転炉床炉を用いて還元処理を行うことにより、炉内の温度を高い温度範囲に維持することができ、温度を上げたり下げたりする必要がなく、エネルギーコストを大幅に低減することができる。また、温度の制御や管理が容易となり、高い品質のフェロニッケルを安定的に生産することができる。さらに、炉内に仕切り構造を有さない回転炉床炉を用いることにより、炉内の温度をより一層均一に制御することができる。また、その仕切り構造のための初期費用やメンテナンス費用を低減させることができ、より効率的な処理を行うことができる。

[0067] [回転炉床炉の構成]

ここで、図3は、炉床が回転する回転炉床炉の構成例を示す図（平面図）である。図3に示すように、回転炉床炉1は、炉床が回転する領域10を有し、この領域10には仕切りや敷居等の仕切り構造を有さない。

[0068] 例えば、回転炉床炉として、回転する炉床の領域を任意に複数に区分けし、区分けされた複数の処理室を構成することが考えられる。複数の処理室では、反応温度をそれぞれ調整、制御して、互いに異なる工程の処理を行うようにすることができる。そしてこのとき、それぞれの処理室の間、すなわち各工程間では、仕切り壁を設けるようにして仕切られた構造とすることができ、これにより、各処理室において任意の温度設定等を行うことができ、またエネルギーロスの低減にもつながる。

[0069] しかしながら、回転炉床炉において、上述したような仕切り構造を設けて複数の処理室に区分けすると、回転炉床炉の構造が複雑となり、初期のコストがかさむだけでなく、メンテナンス費用も高くなる。また、そのような仕切り構造を有することで、炉内での均一な温度設定が困難となり、還元反応が十分に進行せず、非効率となることが考えられる。

[0070] そこで、本実施の形態においては、炉内に仕切り構造を有さない回転炉床炉を用いる。このような回転炉床炉を用いることにより、炉内の温度をより均一に制御することができ、また、その仕切り構造のための初期費用やメンテナンス費用を低減させることができ、効率的な処理を行うことができる。

[0071] 回転炉床炉 1 は、上述したように、平面上に回転移動する炉床を備えている。したがって、回転炉床炉 1 では、混合物を載置した炉床が所定の速度で回転移動することで、混合物を移送させながら還元処理が行われる。なお、図 3 中の回転炉床炉 1 上の矢印は、炉床の回転方向を示すとともに、処理物（混合物）の移動方向を示す。

[0072] また、回転炉床炉 1 は、その炉外に設けられた乾燥室 20 と、予熱室 30 とが接続されており、上述したように、乾燥室 20 にて混合物に対する乾燥処理が施されたのち、乾燥後の混合物が予熱室 30 に移動して予熱処理され、予熱処理後の混合物が回転炉床炉 1 内に順次移されるようになっている。また、回転炉床炉 1 は、その炉外に設けられた冷却室 40 が接続されており、還元処理が施されて得られた還元物がその冷却室 40 に移送され、冷却処理される（後述する冷却工程 S 35）。

[0073] また、回転炉床炉 1 では、複数の加熱源を設けるようにし、それぞれの加熱源への供給エネルギー量を制御することによって回転炉床炉 1 の内部における温度分布が制御されるようにすることができる。例えば、回転炉床炉 1 を用いた還元処理において 2 段階の還元温度で混合物を還元するようにし、このとき、炉内の所定位置を 1 段階目の還元温度に調整するための第 1 の加熱源と、炉内の所定位置を 2 段階目の還元温度に調整するための第 2 の加熱源とを備えるようにする。そして、それぞれの加熱源に対する供給エネルギー量を制御することによって、回転炉床炉 1 の内部の温度分布を制御して、適切な還元反応を生じさせるようにする。

[0074] このように、還元処理にて使用する回転炉床炉 1 に複数の加熱源を設け、それぞれの加熱源への供給エネルギー量を制御することで炉内部における温度分布を制御することによって、混合物の還元度に応じた処理を行うことができ、還元反応を有効に生じさせてフェロニッケルメタルへのニッケルの回収率を高めることができる。

[0075] また、このような態様は、後述する高温保持工程 S 34 を実行する場合に特に有効となる。すなわち、回転炉床炉 1 に複数の加熱源を設け、それぞれ

の加熱源への供給エネルギー量を制御することで炉内部における温度分布を制御することによって、例えば、第1の加熱源により加熱される第1の処理領域では還元処理（還元工程S33）を、第2の加熱源により加熱される第2の処理領域では温度保持処理（温度保持工程S34）を、それぞれ行うようにする。これにより、第1の処理領域において混合物に対する還元処理を効果的に実行してメタルとスラグとの混在物からなる還元物を生成させたのち、第2の処理領域において還元物を高温保持することでメタルを有効に粗大化させるといった処理を効率的に行うことができる。なお、高温保持工程S34における処理（高温保持処理）については、後で詳述する。

[0076] [回転炉床炉における還元処理]

回転炉床炉1を使用した還元処理においては、ニッケル酸化鉱に含まれる金属酸化物である酸化ニッケルは可能な限り完全に還元し、一方で、ニッケル酸化鉱と共に原料粉末として混合した鉄鉱石等に由来する酸化鉄は一部だけ還元して、目的とするニッケル品位のフェロニッケルが得られようにすることが好ましい。

[0077] 具体的に、還元温度としては、特に限定されないが、1200℃以上1500℃以下の範囲とすることが好ましく、1300℃以上1400℃以下の範囲とすることがより好ましい。このような温度範囲で還元することによって、均一に還元反応を生じさせることができ、品質のばらつきを抑制したメタル（フェロニッケルメタル）を生成させることができる。またより好ましくは1300℃以上1400℃以下の範囲の還元温度で還元することで、比較的短時間で所望の還元反応を生じさせることができる。

[0078] また、還元処理では、2段階の還元温度で混合物を還元するようにしてもよい。例えば、1段階目の還元温度を1200℃以上1450℃以下とし、2段階目の還元温度を1300℃以上1500℃以下として、回転炉床炉1の炉床に載置されて移送された混合物に対して還元処理を施す。このように、2段階の還元温度で混合物に対する還元処理を行うことによって、先ず第1段階目で混合物に対する還元反応を進行させ、次に第2段階目で生成した

還元物中のメタルを沈降させながら粗大化させるようにすることができる。

[0079] 還元処理に際しては、上述した範囲の還元温度になるまで回転炉床炉 1 における還元室の内部温度を上昇させ、昇温後にその温度を維持する。また、上述したように、回転炉床炉 1 に複数の加熱源を設ける場合には、それぞれの加熱源への供給エネルギー量を制御することによって、炉内部における温度分布を制御することができる。

[0080] また、還元処理においては、使用する回転炉床炉 1 の炉床に、炉床と混合物試料とが反応して剥がれなくなって回収困難となることを防ぐため、例えば灰等の反応抑制材を敷いて、その反応抑制材上に混合物試料が載置されるようにしてもよい。例えば、反応抑制材としての灰としては、主成分が SiO_2 であり、その他の成分として Al_2O_3 、 MgO 等の酸化物を少量含有するものを用いることができる。

[0081] (4) 温度保持工程

必須の態様ではないが、還元工程 S 3 3 を経て得られた還元物を、回転炉床炉内で所定の高い温度条件で保持する温度保持工程 S 3 4 を行うようにしてもよい。このように、還元工程 S 3 3 における所定の還元温度での還元処理により得られた還元物を、すぐに冷却するのではなく、高温の雰囲気中で保持することによって、還元物中において生成したメタル成分を沈降させて粗大化させることができる。

[0082] 還元処理して得られた状態において還元物中のメタル成分が小さい場合、例えば $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下程度のバルク状のメタルであった場合には、その後の分離工程 S 4 にてメタルとスラグとを分離することが困難になってしまう。このため、必要に応じて、還元反応が終わった後も引き続き一定時間に亘って還元物を高温保持することによって、還元物中のスラグよりも比重の大きいメタルを沈降、凝集させて、メタルを粗大化させる。

[0083] なお、還元工程 S 3 3 における還元処理により、製造上問題ないレベルまでメタルが粗大化している場合には、特にこの温度保持工程 S 3 4 を設けることを必要としない。

[0084] 具体的に、温度保持工程 S 3 4 における還元物の保持温度としては、1 3 0 0℃以上 1 5 0 0℃以下の高温範囲とすることが好ましい。このような範囲で還元物を高温保持することによって、還元物中のメタル成分を効率よく沈降させて粗大なメタルとすることができる。なお、保持温度が 1 3 0 0℃未満であると、還元物の多くの部分が固相となるため、メタル成分が沈降しないか、沈降した場合であっても時間を要してしまい好ましくない。一方で、保持温度が 1 5 0 0℃を超えると、得られた還元物と炉床材との反応が進行して、還元物を回収できなくなることがあり、また、炉を損傷させてしまうことがある。

[0085] ここで、温度保持工程 S 3 4 における処理は、還元工程 S 3 3 にて使用する回転炉床炉 1 において、還元処理に続いて連続的に行うようにすることが好ましい。このように、還元処理を経て得られた還元物を所定の温度に保持する処理を、回転炉床炉 1 を用いて連続的に行うことによって、還元物中のメタル成分を効率的に沈降させて粗大化させることができる。しかも、還元工程 S 3 3 における処理と、温度保持工程 S 3 4 における処理とを別々の炉ではなく、回転炉床炉 1 を用いて連続的に行うことで、各処理間におけるヒートロスを低減して効率的な操業を可能にする。

[0086] 具体的に、同一の回転炉床炉 1 において還元処理と温度保持処理とを実行するに際しては、回転炉床炉 1 に複数の加熱源を設けるようにし、それぞれの加熱源への供給エネルギー量を制御することによって、炉内部における温度分布を制御することができる。つまり、還元工程 S 3 3 における温度（還元温度）と、温度保持工程 S 3 4 における温度（保持温度）とを、それぞれ異なる加熱源により制御する。これにより、内部に仕切り構造を有さない回転炉床炉 1 であっても、的確に温度を制御することができ、効率的な処理を行うことができる。

[0087] （５）冷却工程

冷却工程 S 3 5 では、還元工程 S 3 3 を経て得られた還元物、または温度保持工程 S 3 4 にて所定の時間に亘り高温保持した後の還元物を、続く分離

工程 S 4 にて分離回収できる温度まで冷却する。

[0088] 冷却工程 S 3 5 は、上述したように得られた還元物を冷却する工程であるため、回転炉床炉 1 の炉外に接続された冷却室にて行うことが好ましい。なお、図 3 に、回転炉床炉 1 に接続された冷却室 4 0 の構成例を示すが、この冷却室 4 0 は回転炉床炉 1 の炉外に接続して設けられている。このように、回転炉床炉 1 の炉外に設けられた冷却室 4 0 にて冷却処理を行うことによって、回転炉床炉 1 の内部温度の低下を防ぐことができ、エネルギーロスを抑えることができる。これにより、効率的なフェロニッケルの生産を可能とする。

[0089] 冷却工程 S 3 5 における温度（以下、「回収時温度」ともいう）は、還元物が実質的に固体として扱える温度であって、できるだけ高い温度であることが好ましい。回収時温度をできるだけ高くすることにより、回転移動する回転炉床炉 1 の炉床が、予熱工程 S 3 2 を実行する予熱室 3 0 との接続箇所に戻ったときでもエネルギーロスを低減でき、再加熱に要するエネルギーをより一層節約することができる。

[0090] 具体的に、回収時温度としては 6 0 0℃以上とすることが好ましい。このように回収時温度を高い温度にすることによって、再加熱に要するエネルギーを大幅に削減でき、低コストで効率的な製錬処理を行うことができる。また、回転炉床炉 1 の内部における温度差の減少することによって、その炉床や炉壁等に加わる熱応力を減少させることができ、回転炉床炉 1 の寿命を大きく延ばすことができる。さらに、作業中の不具合も大幅に減らすことができる。

[0091] < 2 - 4. 分離工程 >

分離工程 S 4 は、還元処理工程 S 3 にて生成した還元物からメタル（フェロニッケルメタル）を分離し回収する。具体的に、分離工程 S 4 では、混合物を還元加熱処理することによって得られた、メタル相（メタル固相）とスラグ相（スラグ固相）とを含む混在物（還元物）から、メタル相を分離して回収する。

[0092] 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。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、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。

[0093] 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、メタル相を回収し、フェロニッケルの製品とすることができる。

実施例

[0094] 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。

[0095] (混合処理工程)

原料鉱石としてのニッケル酸化鉱と、鉄鉱石と、フラックス成分である珪砂及び石灰石と、バインダーと、炭素質還元剤である石炭粉（炭素含有量：85重量%、平均粒径：約 $190\mu\text{m}$ ）とを、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。なお、炭素質還元剤は、酸化ニッケルと酸化鉄（ Fe_2O_3 ）とを過不足なくメタルに還元するのに必要な化学当量の合計値を100%としたときに、炭素量で33%に相当する分量で含有させた。

[0096] そして、混合機によって混合して得られた混合物を、二軸混練機によって混練した。

[0097] (還元投入前処理工程)

次に、混練して得られた混合物を9つに分類し、それぞれの混合物試料を、パン型造粒機を用いて $\phi 19 \pm 1.5\text{mm}$ の球状のペレットに成形した。

[0098] (還元処理工程)

次に、図3に例示したような還元炉床炉1を用いて、9つに分類したそれぞれの混合物試料を用いて処理条件を変えて還元処理を行った。回転炉床炉

1 としては、図 3 に示すように、炉床が回転し、内部に仕切り構造を有さないものを用いた。また、その回転炉床炉 1 には、炉外に、ペレットを乾燥する乾燥室 20 と、乾燥室 20 に連続して設けられた予熱室 30 と、炉内での還元処理で得られた還元物を冷却する冷却室 40 とを接続させた。

[0099] 具体的には、9つのペレット試料を、還元炉床炉 1 の炉外に接続された乾燥室 20 に装入し、乾燥処理を施した。乾燥処理は、実質的に酸素を含まない窒素雰囲気中において、ペレット中を固形分が 70 重量％程度、水分が 30 重量％程度となるように、250℃～350℃の熱風をペレットに吹き付けることによって行った。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。

[0100] [表3]

乾燥後のペレット固形分の組成 [質量％]						
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

[0101] 続いて、乾燥処理後のペレットを、乾燥室 20 に連続して設けられた予熱室 30 に移行させ、予熱室 30 内の温度を 700℃以上 1280℃以下の範囲に保持して、ペレットに対する予熱処理を行った。

[0102] 続いて、予熱処理後のペレットを、回転炉床炉 1 の内部に移行させて還元処理及び温度保持処理を行った。具体的に、回転炉床炉 1 としては、2つの加熱源を設け、それぞれの加熱源に対して供給するエネルギー量を制御することによって、還元処理の温度と高温保持処理の温度とがそれぞれ異なるようにした。

[0103] また、回転炉床炉 1 の炉床には、炉床と試料とが反応して剥がれなくなってしまうのを防ぐため、炉床と試料との反応をできるだけ抑制する観点から、予め、炉床に灰（主成分は SiO₂であり、その他の成分として Al₂O₃、MgO等の酸化物を少量含有するもの）を敷き詰めた。

[0104] なお、還元物を高温保持する処理を行わない態様の実施例では、高温保持処理の温度を0℃とした。また、還元処理、又は、還元処理及び温度保持処理を経て得られた還元物については、回転炉床炉1に接続された冷却室に移行させ、窒素を流しながら速やかに室温まで冷却して大気中へ取り出した。なお、還元物の回転炉床炉から回収は、冷却室40に還元物を移行させる形態で行い、冷却室40に設置したガイドによって還元物を沿わせるようにして回収した。

[0105] 下記表4に、還元処理工程における還元処理及び温度保持処理の条件を示す。

[0106] また、取り出した試料のニッケル品位をICP発光分光分析器（SHIMADZU S-8100型）により分析し、ニッケルメタル率とメタル中ニッケル含有率とをそれぞれ算出した。なお、ニッケルメタル率は、下記（i）式により、メタル中ニッケル含有率は下記（ii）式により、それぞれ算出した。

ニッケルメタル率＝ペレット中のメタル化したNiの量÷（ペレット中の全てのNi量）×100（%）・・・（i）

メタル中ニッケル含有率＝ペレット中のメタル化したNiの量÷（ペレット中のメタルしたNiとFeの合計量）×100（%）・・・（ii）

[0107] また、回収した試料は、湿式処理による粉砕後、磁力選別によってメタル（フェロニッケルメタル）を回収した。そして、投入したニッケル酸化鉱のNi含有率と投入量、及び回収したNi量から、Niメタル回収率を算出した。なお、Niメタル回収率は、下記（iii）式により算出した。

Niメタル回収率＝回収されたNi量÷（投入した鉱石の量×鉱石中のNi含有割合）×100・・・（iii）式

[0108]

[表4]

試料	還元温度 (°C)	還元時間 (分)	高温保持 温度 (°C)	Ni メタル化率 (%)	メタル中 Ni含有量 (%)	メタル 回収率 (%)
1	1205	55	0	98.0	18.1	90.0
2	1255	45	0	98.3	18.3	90.1
3	1300	35	0	98.7	18.4	90.3
4	1350	18	0	99.3	18.6	90.5
5	1390	14	0	99.6	18.7	90.6
6	1440	8	0	99.7	19.0	90.8
7	1240	50	1305	99.4	18.6	90.6
8	1240	50	1400	99.7	18.9	91.4
9	1240	50	1495	99.9	19.4	92.3

[0109] 表4から分かるように、原料鉱石を含む混合物に対して、乾燥工程と、予熱工程と、炉床が回転する回転炉床炉を用いて還元する還元工程と、得られた還元物を冷却する冷却工程と、を少なくとも有する還元処理工程を実行することにより、ニッケル品位の高いフェロニッケルを得ることができ、回収率としても90%以上の高い回収率でニッケルを回収することができた。

[0110] また、還元処理、又は、還元処理及び温度保持処理を、回転炉床炉を用いて行ったことにより、回転炉床炉の内部の温度を高い温度で保持することができ、再加熱に要するエネルギーが抑えられ、効率的な製錬処理を行うことができた。

[0111] さらに、内部に仕切り構造を有さない回転炉床炉を用いたことにより、内部の温度を均一に保持することができ、しかも、初期コスト、メンテナンスコストも有効に低減させることができた。

符号の説明

- [0112] 1 回転炉床炉
10 領域
20 乾燥室

3 0 予熱室

4 0 冷却室

請求の範囲

- [請求項1] 金属酸化物と炭素質還元剤とを混合して得られた混合物を乾燥する乾燥工程と、
乾燥させた混合物を予熱する予熱工程と、
炉床が回転し、内部に仕切り構造を有さない回転炉床炉を用いて、予熱後の混合物を還元する還元工程と、
得られた還元物を冷却する冷却工程と、
を有する還元処理工程を含む
金属酸化物の製錬方法。
- [請求項2] 前記還元工程を経て得られた還元物を、前記回転炉床炉内で所定の温度に保持する温度保持工程に付し、所定の時間で保持した後に、該還元物を前記冷却工程に供給する
請求項1に記載の金属酸化物の製錬方法。
- [請求項3] 前記還元工程における処理と前記温度保持工程における処理とを、同一の前記回転炉床炉を用いて実行する
請求項2に記載の金属酸化物の製錬方法。
- [請求項4] 前記温度保持工程では、前記還元物を1300℃以上1500℃以下の温度に保持する
請求項2及び3に記載の金属酸化物の製錬方法。
- [請求項5] 前記還元工程では、還元温度を1200℃以上1500℃以下として還元する
請求項1乃至4のいずれか1項に記載の金属酸化物の製錬方法。
- [請求項6] 前記還元工程では、2段階の還元温度で前記混合物を還元し、
1段階目の還元温度が、1200℃以上1450℃以下であり、
2段階目の還元温度が、1300℃以上1500℃以下である
請求項5に記載の金属酸化物の製錬方法。
- [請求項7] 前記回転炉床炉は、複数の加熱源を備えており、それぞれの加熱源への供給エネルギー量を制御することによって該回転炉床炉の内部に

おける温度分布が制御される

請求項 6 に記載の金属酸化物の製錬方法。

[請求項8]

前記乾燥工程にて乾燥させる前記混合物は、

少なくとも、金属酸化物と、炭素質還元剤とを混合して混合物を得る混合処理工程と、

得られた混合物を塊状化する処理又は所定の容器に充填する処理を行う前処理工程と、

を経て得られたものである

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の金属酸化物の製錬方法。

[請求項9]

前記還元処理工程における前記冷却工程にて冷却した還元物を、メタルとスラグとに分離して回収する分離工程を有する

請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の金属酸化物の製錬方法。

[請求項10]

金属酸化物は、ニッケル酸化亜である

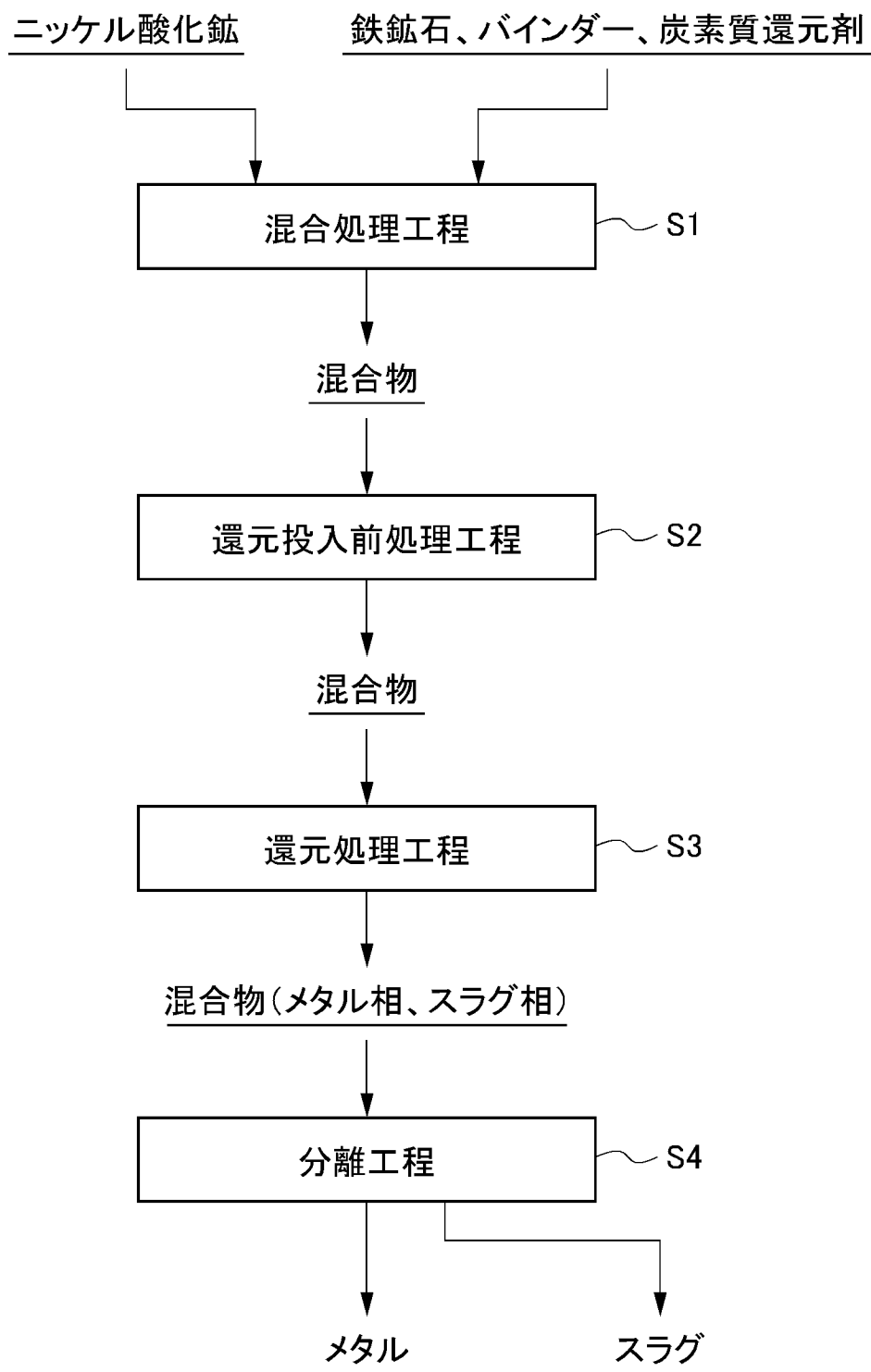
請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の金属酸化物の製錬方法。

[請求項11]

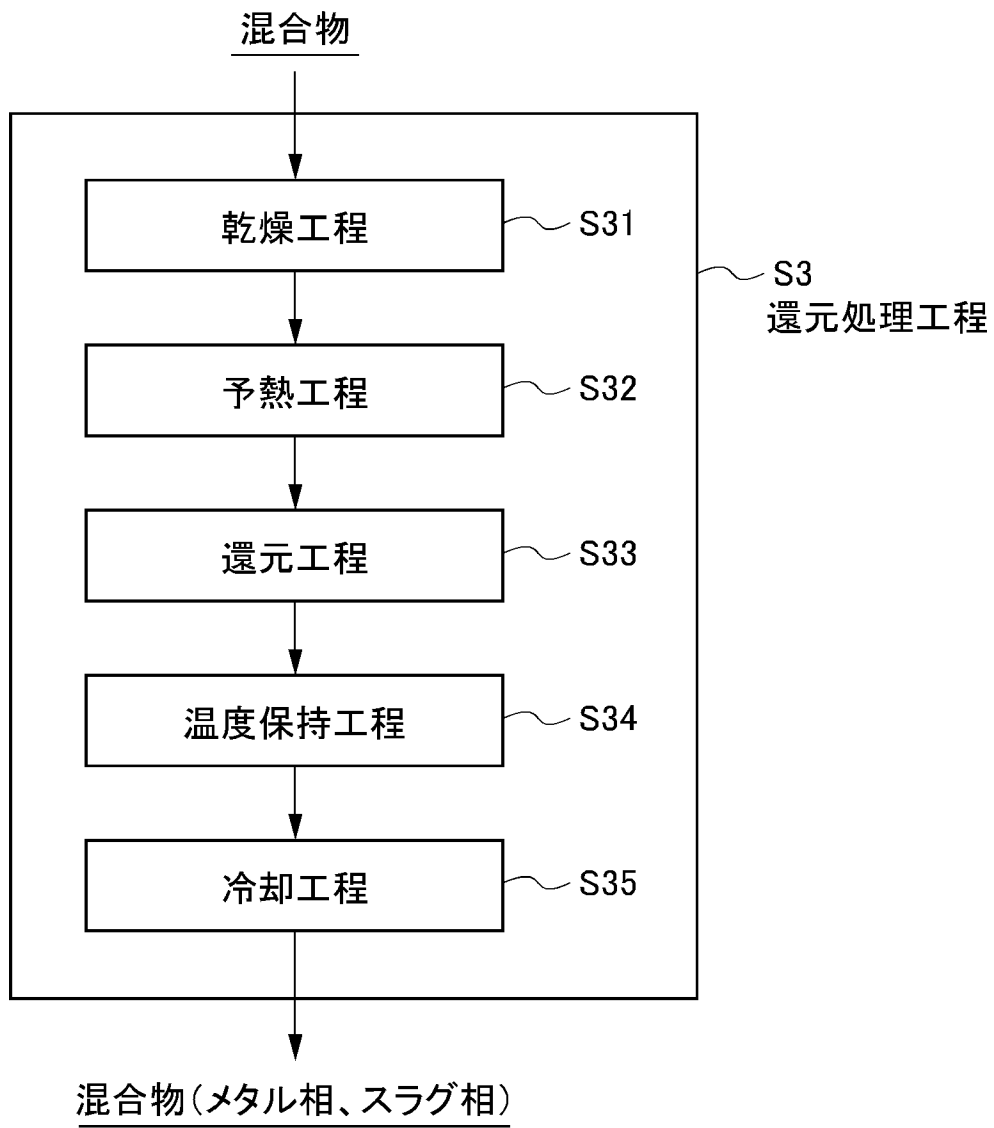
前記還元物は、フェロニッケルを含有する

請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の金属酸化物の製錬方法。

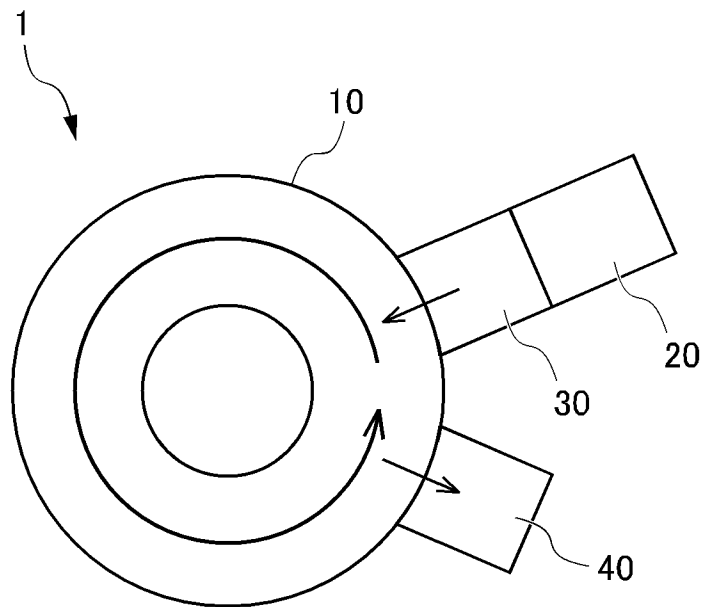
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/003274

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. C22B5/10 (2006.01) i, C22B1/24 (2006.01) i, C22B23/02 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. C22B1/00-61/00, C21B11/08, 13/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2000-292069 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 20 October 2000, claims, paragraphs [0003]-[0005], [0007], [0017], [0018], [0023], [0028], [0036], [0045], [0046], [0049], [0052], [0055]-[0069], fig. 1 & US 6126718 A1, column 1, lines 19-59, column 14, line 61 to column 26, line 65, fig. 1 & EP 1026265 A1 & AU 2258199 A & BR 9902358 A & ZA 9902438 A & AU 765530 B & ID 24687 A & KR 10-2000-0056944 A & CN 1262332 A & MY 138135 A	1, 7-9 1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10.04.2018

Date of mailing of the international search report
17.04.2018

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/003274

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y Y	JP 2002-30319 A (MIDREX INTERNATIONAL B.V.) 31 January 2002, claims, paragraphs [0011], [0047], [0051]-[0065], fig. 1, 3 & US 2002/0033075 A1, paragraphs [0068]-[0090], claims, fig. 1, 3 & EP 1167547 A1 & AU 5407601 A & TW 558566 B & AU 784317 B & KR 10-2002-0001655 A & CN 1335412 A & RU 2254376 C	2-6, 10, 11 1-11
Y	JP 2003-73722 A (KOBESTEEL, LTD.) 12 March 2003, claims, paragraphs [0002], [0029], [0030], [0040], [0045]-[0085] & US 2004/0154436 A1, paragraphs [0002], [0030], [0031], [0049]-[0087], claims & EP 1405924 A1 & BR 205667 A & TW 533237 B & CA 2448381 A & PL 373812 A & CN 1516744 A & AT 370253 T & ES 2291473 T & RU 2004101052 A & KR 10-0576397 B1 & AU 2002311197 B & MX PA 03011868 A & UA 74905 C & ZA 200300865 A	2-6, 11
Y	JP 2016-35083 A (SUMITOMO METAL MINING CO., LTD.) 17 March 2016, claims, paragraphs [0002]-[0005], [0027]-[0035], [0048]-[0060] & US 2017/0204496 A1, paragraphs [0002]-[0005], [0029]-[0037], [0050]-[0062], claims & EP 3165619 A1 & CA 2956259 A & AU 2015297792 A & CN 106661668 A	1-11
A	JP 2009-79292 A (NIPPON STEEL CORP.) 16 April 2009, claims, paragraphs [0051]-[0063] & US 2010/0199806 A1, paragraphs [0080]-[0090], claims & EP 2189546 A1 & AU 2008294980 A & CA 2698234 A & KR 10-2010-0039897 A & MX 2010002466 A & CN 101796200 A & RU 2010107663 A & TW 200925283 A & BR PI 0816359 A & ZA 201001419 B & UA 100128 C	1-11
A	JP 2004-156140 A (KOBESTEEL, LTD.) 03 June 2004, claims, paragraphs [0018], [0019], [0048]-[0061] & US 2005/0211020 A1, paragraphs [0014], [0015], [0066]-[0080], claims & EP 1553196 A1 & BR 306607 A & RU 2005115085 A & AT 403015 T & AU 2003264505 A	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C22B5/10(2006.01)i, C22B1/24(2006.01)i, C22B23/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C22B1/00-61/00, C21B11/08, 13/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2000-292069 A（川崎製鉄株式会社）2000.10. 20, 特許請求の範囲, [0003]-[0005], [0007], [0017]-[0018], [0023], [0028], [0036], [0045]-[0046], [0049], [0052], [0055]-[0069], 図1 & US 6126718 A1, 第1欄第19-59行, 第14欄第61行-第26欄第65行 Fig.1 & EP 1026265 A1 & AU 2258199 A & BR 9902358 A & ZA 9902438 A & AU 765530 B & ID 24687 A & KR 10-2000-0056944 A & CN 1262332 A & MY 138135 A	1, 7-9 1-11

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10.04.2018

国際調査報告の発送日

17.04.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

河口 展明

4E

3770

電話番号 03-3581-1101 内線 3425

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y Y	JP 2002-30319 A (ミドレックス インターナショナル ピー.ブイ.) 2002.01.31, 特許請求の範囲, [0011], [0047], [0051]-[0065], 図 1, 3 & US 2002/0033075 A1, [0068]-[0090], claims, Fig.1, 3 & EP 1167547 A1 & AU 5407601 A & TW 558566 B & AU 784317 B & KR 10-2002-0001655 A & CN 1335412 A & RU 2254376 C	2-6, 10, 11 1-11
Y	JP 2003-73722 A (株式会社神戸製鋼所) 2003.03.12, 特許請求の範 囲, [0002], [0029]-[0030], [0040], [0045]-[0085] & US 2004/0154436 A1, [0002], [0030]-[0031], [0049]-[0087], claims, & EP 1405924 A1 & BR 205667 A & TW 533237 B & CA 2448381 A & PL 373812 A & CN 1516744 A & AT 370253 T & ES 2291473 T & RU 2004101052 A & KR 10-0576397 B1 & AU 2002311197 B & MX PA03011868 A & UA 74905 C & ZA 200300865 A	2-6, 11
Y	JP 2016-35083 A (住友金属鉱山株式会社) 2016.03.17, 特許請求の範 囲, [0002] -[0005], [0027] -[0035], [0048]-[0060] & US 2017/0204496 A1, [0002] -[0005], [0029]-[0037], [0050]-[0062], claims & EP 3165619 A1 & CA 2956259 A & AU 2015297792 A & CN 106661668 A	1-11
A	JP 2009-79292 A (新日本製鐵株式会社) 2009.04.16, 特許請求の範 囲, [0051]-[0063] & US 2010/0199806 A1, [0080]-[0090], claims & EP 2189546 A1 & AU 2008294980 A & CA 2698234 A & KR 10-2010-0039897 A & MX 2010002466 A & CN 101796200 A & RU 2010107663 A & TW 200925283 A & BR PI0816359 A & ZA 201001419 B & UA 100128 C	1-11
A	JP 2004-156140 A (株式会社神戸製鋼所) 2004.06.03, 特許請求の範 囲, [0018], [0019], [0048]-[0061] & US 2005/0211020 A1, [0014], [0015], [0066]-[0080], claims & EP 1553196 A1 & BR 306607 A & RU 2005115085 A & AT 403015 T & AU 2003264505 A	1-11