

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7591834号  
(P7591834)

(45)発行日 令和6年11月29日(2024.11.29)

(24)登録日 令和6年11月21日(2024.11.21)

(51)国際特許分類	F I
C 2 2 B 19/20 (2006.01)	C 2 2 B 19/20 1 0 2
C 2 2 B 7/02 (2006.01)	C 2 2 B 7/02 B
C 2 2 B 3/12 (2006.01)	C 2 2 B 3/12
C 2 2 B 19/30 (2006.01)	C 2 2 B 19/30
C 2 2 B 1/00 (2006.01)	C 2 2 B 1/00 6 0 1
請求項の数 9 (全23頁) 最終頁に続く	

(21)出願番号	特願2022-566983(P2022-566983)	(73)特許権者	503107255 株式会社キノテック 東京都中央区日本橋2-1-21 第二 東洋ビル5F 税理士法人フィールズ内
(86)(22)出願日	令和3年12月2日(2021.12.2)	(74)代理人	100145023 弁理士 川本 学
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/044314	(72)発明者	庵崎 雅章 東京都中央区日本橋2-1-21 第二 東洋ビル5F 税理士法人フィールズ内
(87)国際公開番号	WO2022/118927	(72)発明者	玉井 芳恵 東京都中央区日本橋2-1-21 第二 東洋ビル5F 税理士法人フィールズ内
(87)国際公開日	令和4年6月9日(2022.6.9)	(72)発明者	拝生 憲治 東京都中央区日本橋2-1-21 第二 東洋ビル5F 税理士法人フィールズ内
審査請求日	令和5年6月8日(2023.6.8)		最終頁に続く
(31)優先権主張番号	特願2020-202012(P2020-202012)		
(32)優先日	令和2年12月4日(2020.12.4)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

(54)【発明の名称】 亜鉛の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

電炉ダスト又は前記電炉ダストを還元炉で還元した際に発生する2次ダストを原料として、前記原料中の亜鉛成分を選択的に抽出して前記亜鉛成分を含有する亜鉛含有水溶液を生成する亜鉛含有水溶液生成工程と、  
前記亜鉛含有水溶液を電解液とした電解を行い亜鉛を生成すると共に、前記電解を行った後の前記電解液である電解尾液を前記亜鉛含有水溶液生成工程に戻す電解工程と、  
を備える亜鉛の製造方法であって、  
前記亜鉛含有水溶液生成工程における前記亜鉛成分を選択的に抽出する抽出溶媒として、水酸化アルカリ水溶液を用い、  
前記電解工程よりも前段で、前記電炉ダスト又は前記2次ダストに含まれていた塩素成分を分離して、前記亜鉛含有水溶液の塩素濃度を低減する塩素濃度調整工程を更に備え、  
前記塩素濃度調整工程は、前記電炉ダスト又は前記2次ダストを、前記亜鉛含有水溶液生成工程で用いられる前記水酸化アルカリ水溶液を希釈して得られる洗浄液としての水酸化アルカリ水溶液で、洗浄して前記塩素成分を分離し、  
前記塩素濃度調整工程は、前記亜鉛含有水溶液生成工程で用いられる前記水酸化アルカリ水溶液を希釈することにより、前記電炉ダスト又は前記2次ダストを前記水酸化アルカリ水溶液を前記洗浄液として洗浄する際に、前記電炉ダスト又は前記2次ダストが前記洗浄液の前記水酸化アルカリ水溶液に浸漬された状態で攪拌されて得られたスラリー状ダストのpH値を、前記亜鉛含有水溶液生成工程で前記抽出溶媒として用いる前記水酸化アル



カリ水溶液のpH値よりも、3以上5以下の範囲内で小さい8.5以上10.5以下の範囲内に調整すると共に、分離した前記塩素成分を含んだ洗浄後の前記洗浄液である前記水酸化アルカリ水溶液を、前記塩素成分の溶出が可能な範囲内で、再び前記電炉ダスト又は前記2次ダストを洗浄する前記洗浄液として繰り返し使用した後、前記亜鉛含有水溶液生成工程及び前記電解工程に送ることなく系外に排出する一方で、前記塩素成分を分離した前記電炉ダスト又は前記2次ダストを前記亜鉛含有水溶液生成工程に送る亜鉛の製造方法。

【請求項2】

前記電解尾液は、前記塩素濃度調整工程に戻されて、前記塩素濃度調整工程における前記水酸化アルカリ水溶液は、前記電解尾液を含み、

10

前記塩素濃度調整工程は、前記電解尾液を含む前記水酸化アルカリ水溶液に浸漬された状態で攪拌されて得られた前記スラリー状ダストの前記pH値を調整する請求項1に記載の亜鉛の製造方法。

【請求項3】

前記塩素濃度調整工程は、前記亜鉛含有水溶液生成工程で用いる前記水酸化アルカリ水溶液の前記pH値よりも小さい8.5以上10.5以下の範囲内の所定値を目標値とし、前記目標値と、前記スラリー状ダストの前記pH値の計測値と、の偏差に応じて、前記塩素濃度調整工程における前記水酸化アルカリ水溶液を得るためのアルカリ剤の量及び水の量を制御する請求項1又は2に記載の亜鉛の製造方法。

【請求項4】

20

前記塩素濃度調整工程は、前記亜鉛含有水溶液に脱塩素剤を接触して前記塩素成分を分離する請求項1から3のいずれかに記載の亜鉛の製造方法。

【請求項5】

前記亜鉛含有水溶液生成工程で生成された前記亜鉛含有水溶液に金属亜鉛を接触させて、前記亜鉛含有水溶液中における亜鉛よりも貴な金属不純物成分を還元析出する置換工程を更に有し、

前記電解工程は、前記置換工程を経た前記亜鉛含有水溶液を前記電解液とした電解を行う請求項1から4のいずれかに記載の亜鉛の製造方法。

【請求項6】

前記亜鉛含有水溶液生成工程で生成された前記亜鉛含有水溶液に酸化剤を接触させて、前記亜鉛含有水溶液中における鉄成分及びマンガン成分を分離する脱鉄脱マンガン工程と、

30

前記脱鉄脱マンガン工程を経た前記亜鉛含有水溶液に金属亜鉛を接触させて、前記亜鉛含有水溶液中における亜鉛よりも貴な金属不純物成分を還元析出する置換工程と、を更に有し、

前記電解工程は、前記置換工程を経た前記亜鉛含有水溶液を前記電解液とした電解を行う請求項1から5のいずれかに記載の亜鉛の製造方法。

【請求項7】

前記亜鉛含有水溶液生成工程で生成される前記亜鉛含有水溶液としては、第1の亜鉛含有水溶液、及び前記第1の亜鉛含有水溶液の塩素濃度よりも低い塩素濃度の第2の亜鉛含有水溶液が生成され、前記電解工程で前記第1の亜鉛含有水溶液を電解液とした電解を行い生成した亜鉛を、前記置換工程での前記金属亜鉛として用いる請求項5又は6に記載の亜鉛の製造方法。

40

【請求項8】

前記脱塩素剤は、酸化銀又は硝酸銀である請求項4に記載の亜鉛の製造方法。

【請求項9】

前記塩素濃度調整工程における前記原料として、前記電炉ダストに炭酸カルシウムを混合してか焼するか焼工程で得られたか焼ダストを用いる請求項1から8のいずれかに記載の亜鉛の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50



## 【 0 0 0 1 】

本発明は、亜鉛の製造方法に関し、特に、製鉄プロセスの一つである電炉法においてスクラップの溶解製錬時に発生する電炉ダストに加え、電炉ダストの一部を亜鉛原料としてリサイクルする際に還元炉で発生した2次ダスト（粗酸化亜鉛）や製鉄プロセスの一つである高炉法において発生する高炉ダストを回転炉床炉で亜鉛含有の酸化物として回収する2次ダスト（粗酸化亜鉛）のようないわゆる2次ダストを原料とする亜鉛の製造方法に関する。

## 【 背景技術 】

## 【 0 0 0 2 】

製鉄プロセスの一つである電炉法では、スクラップの溶解製錬時に製鋼量の約1.5%から2.0%に相当すると共に酸化亜鉛成分を含む産業廃棄物としての電炉ダストが発生する。電炉ダストは、世界では800万トン発生し、日本では40万トン発生するといわれている。

10

## 【 0 0 0 3 】

鉄スクラップの多くは、廃建築物、廃家電又は廃自動車である。廃建築物、廃家電又は廃自動車の塗装下地には、亜鉛メッキが施されている。また、スクラップの中には、塗料、プラスチック及び油分等が含まれている。このため、電炉ダストには、亜鉛又は鉛等の重金属に加えて、塩化物及びダイオキシン類等の有害な有機物も含まれている。一方で、電炉ダストには、約20～30%の鉄と20～30%の亜鉛とが含まれている。また、粗酸化亜鉛は約10%の鉄と約60%の亜鉛を含有する。従って、電炉ダスト及び2次ダスト（粗酸化亜鉛）は、資源として非常に有用である。

20

## 【 0 0 0 4 】

かかる状況下で、特許文献1は、亜鉛地金の製造方法に関し、電炉ダスト又は電炉ダストを還元炉で還元した際に発生する2次ダストを原料として、亜鉛成分を含有する亜鉛含有水溶液を生成する工程と、亜鉛含有水溶液中の亜鉛成分を炭酸塩、水酸化物及び酸化物の少なくとも1つの形態の亜鉛含有化合物とし、亜鉛含有化合物の亜鉛成分を塩化することにより、精製された塩化亜鉛を含有する精製塩化亜鉛を生成する工程と、精製塩化亜鉛を無水化することにより、無水化された熔融精製塩化亜鉛を含有する無水熔融精製塩化亜鉛を生成する工程と、無水熔融精製塩化亜鉛を電気分解することにより、亜鉛地金を電解生成物として生成する工程と、を備えた構成を開示している。

30

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 5 】

【 文献 】特開2019-119895号公報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 6 】

しかしながら、本発明者の検討によれば、特許文献1が開示する構成では、精製塩化亜鉛を生成する工程で得られるる液を、電炉ダスト又は2次ダストから亜鉛成分を選択的に抽出するためのアルカリ剤として繰り返し使用し、また、無水熔融精製塩化亜鉛を電気分解することにより、亜鉛地金を電解生成物として生成する工程で副生する塩素ガスを、精製塩化亜鉛を生成するための塩化剤として繰り返し使用するものであるが、亜鉛含有水溶液を電解浴とする水溶液電解について何等開示や示唆をするものではない。また、電気分解で得られる電解尾液を亜鉛含有水溶液を生成する工程で繰り返し使用することについては、何等の開示や示唆をするものではない。

40

## 【 0 0 0 7 】

特に、本発明者の検討によれば、電炉ダスト又は2次ダスト中の亜鉛成分を水酸化アルカリ水溶液を抽出溶媒として選択的に抽出して亜鉛含有水溶液とし、その亜鉛含有水溶液を電気分解して、電解生成物である亜鉛を得ると共に、その電解尾液をそのまま抽出溶媒としての水酸化アルカリ水溶液に戻す場合に、亜鉛含有水溶液や電解尾液中の塩素成分量

50



が増加して塩素濃度が高まり、抽出溶媒としての水酸化アルカリ水溶液の特性に不要な影響が出て電解生成物である亜鉛の特性に不要な影響が出る点では改良の余地がある。

【 0 0 0 8 】

本発明は、以上の検討を経てなされたもので、電炉ダスト又は２次ダスト中の亜鉛成分を水酸化アルカリ水溶液を抽出溶媒として選択的に抽出して亜鉛含有水溶液とし、その亜鉛含有水溶液を電気分解して、電解生成物である亜鉛を製造する際に、そのプロセス中の塩素濃度を低減することができる亜鉛の製造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】

【 0 0 0 9 】

以上の目的を達成すべく、本発明の第１の局面における亜鉛の製造方法は、電炉ダスト又は前記電炉ダストを還元炉で還元した際に発生する２次ダストを原料とて、前記原料中の亜鉛成分を選択的に抽出して前記亜鉛成分を含有する亜鉛含有水溶液を生成する亜鉛含有水溶液生成工程と、前記亜鉛含有水溶液を電解液とした電解を行い亜鉛を生成すると共に、前記電解を行った後の前記電解液である電解尾液を前記亜鉛含有水溶液生成工程に戻す電解工程と、を備える亜鉛の製造方法であって、前記亜鉛含有水溶液生成工程における前記亜鉛成分を選択的に抽出する抽出溶媒として、水酸化アルカリ水溶液を用い、前記電解工程よりも前段で、前記電炉ダスト又は前記２次ダストに含まれていた塩素成分を分離して、前記亜鉛含有水溶液の塩素濃度を低減する塩素濃度調整工程を更に備え、前記塩素濃度調整工程は、前記電炉ダスト又は前記２次ダストを、前記亜鉛含有水溶液生成工程で用いられる前記水酸化アルカリ水溶液を希釈して得られる洗浄液としての水酸化アルカリ水溶液で、洗浄して前記塩素成分を分離し、前記塩素濃度調整工程は、前記亜鉛含有水溶液生成工程で用いられる前記水酸化アルカリ水溶液を希釈することにより、前記電炉ダスト又は前記２次ダストを前記水酸化アルカリ水溶液を前記洗浄液として洗浄する際に、前記電炉ダスト又は前記２次ダストが前記洗浄液の前記水酸化アルカリ水溶液に浸漬された状態で攪拌されて得られたスラリー状ダストのpH値を、前記亜鉛含有水溶液生成工程で前記抽出溶媒として用いる前記水酸化アルカリ水溶液のpH値よりも、3以上5以下の範囲内で小さい8.5以上10.5以下の範囲内に調整すると共に、分離した前記塩素成分を含んだ洗浄後の前記洗浄液である前記水酸化アルカリ水溶液を、前記塩素成分の溶出が可能な範囲内で、再び前記電炉ダスト又は前記２次ダストを洗浄する前記洗浄液として繰り返し使用した後、前記亜鉛含有水溶液生成工程及び前記電解工程に送ることなく系外に排出する一方で、前記塩素成分を分離した前記電炉ダスト又は前記２次ダストを前記亜鉛含有水溶液生成工程に送る。

【 0 0 1 2 】

また、本発明は、かかる第１の局面に加えて、前記電解尾液は、前記塩素濃度調整工程に戻されて、前記塩素濃度調整工程における前記水酸化アルカリ水溶液は、前記電解尾液を含み、前記塩素濃度調整工程は、前記電解尾液を含む前記水酸化アルカリ水溶液に浸漬された状態で攪拌されて得られた前記スラリー状ダストの前記pH値を調整することを第２の局面とする。

【 0 0 1 3 】

また、本発明は、かかる第１又は第２の局面に加えて、前記塩素濃度調整工程は、前記亜鉛含有水溶液生成工程で用いる前記水酸化アルカリ水溶液の前記pH値よりも小さい8.5以上10.5以下の範囲内の所定値を目標値とし、前記目標値と、前記スラリー状ダストの前記pH値の計測値と、の偏差に応じて、前記塩素濃度調整工程における前記水酸化アルカリ水溶液を得るためのアルカリ剤の量及び水の量を制御することを第３の局面とする。

【 0 0 1 4 】

また、本発明は、かかる第１から第３のいずれかの局面に加えて、前記塩素濃度調整工程は、前記亜鉛含有水溶液に脱塩素剤を接触して前記塩素成分を分離することを第４の局面とする。

【 0 0 1 5 】



また、本発明は、かかる第 1 から第 4 のいずれかの局面に加えて、前記亜鉛含有水溶液生成工程で生成された前記亜鉛含有水溶液に金属亜鉛を接触させて、前記亜鉛含有水溶液中における亜鉛よりも貴な金属不純物成分を還元析出する置換工程を更に有し、前記電解工程は、前記置換工程を経た前記亜鉛含有水溶液を前記電解液とした電解を行うことを第 5 の局面とする。

【 0 0 1 6 】

また、本発明は、かかる第 1 から第 5 のいずれかの局面に加えて、前記亜鉛含有水溶液生成工程で生成された前記亜鉛含有水溶液に酸化剤を接触させて、前記亜鉛含有水溶液中における鉄成分及びマンガン成分を分離する脱鉄脱マンガン工程と、前記脱鉄脱マンガン工程を経た前記亜鉛含有水溶液に金属亜鉛を接触させて、前記亜鉛含有水溶液中における亜鉛よりも貴な金属不純物成分を還元析出する置換工程と、を更に有し、前記電解工程は、前記置換工程を経た前記亜鉛含有水溶液を前記電解液とした電解を行うことを第 6 の局面とする。

10

【 0 0 1 7 】

また、本発明は、かかる第 5 又は第 6 の局面に加えて、前記亜鉛含有水溶液生成工程で生成される前記亜鉛含有水溶液としては、第 1 の亜鉛含有水溶液、及び前記第 1 の亜鉛含有水溶液の塩素濃度よりも低い塩素濃度の第 2 の亜鉛含有水溶液が生成され、前記電解工程で前記第 1 の亜鉛含有水溶液を電解液とした電解を行い生成した亜鉛を、前記置換工程での前記金属亜鉛として用いることを第 7 の局面とする。

【発明の効果】

20

【 0 0 1 8 】

本発明の第 1 の局面における亜鉛の製造方法によれば、亜鉛含有水溶液生成工程における亜鉛成分を選択的に抽出する抽出溶媒として、水酸化アルカリ水溶液を用い、電解工程よりも前段で、電炉ダスト又は 2 次ダストに含まれていた塩素成分を分離して、亜鉛含有水溶液の塩素濃度を低減する塩素濃度調整工程を更に備え、塩素濃度調整工程が、電炉ダスト又は 2 次ダストを、亜鉛含有水溶液生成工程で用いられる水酸化アルカリ水溶液を希釈して得られる洗浄液としての水酸化アルカリ水溶液で、洗浄して塩素成分を分離し、塩素濃度調整工程が、亜鉛含有水溶液生成工程で用いられる水酸化アルカリ水溶液を希釈することにより、電炉ダスト又は 2 次ダストを水酸化アルカリ水溶液を洗浄液として洗浄する際に、電炉ダスト又は 2 次ダストが洗浄液の水酸化アルカリ水溶液に浸漬された状態で  
攪拌されて得られたスラリー状ダストの pH 値を、亜鉛含有水溶液生成工程で抽出溶媒として用いる水酸化アルカリ水溶液の pH 値よりも、3 以上 5 以下の範囲内で小さい 8 . 5 以上 1 0 . 5 以下の範囲内に調整すると共に、分離した塩素成分を含んだ洗浄後の洗浄液である水酸化アルカリ水溶液を、塩素成分の溶出が可能な範囲内で、再び電炉ダスト又は 2 次ダストを洗浄する洗浄液として繰り返し使用した後、亜鉛含有水溶液生成工程及び電解工程に送ることなく系外に排出する一方で、塩素成分を分離した電炉ダスト又は 2 次ダストを亜鉛含有水溶液生成工程に送るものであるため、電炉ダスト又は 2 次ダストから、亜鉛成分の抽出をすることなく塩素成分の溶出をして、水酸化アルカリ水溶液、亜鉛含有水溶液や電解尾液中の塩素濃度が高まることを抑制し、所要の品質の特性の亜鉛を製造することができる。

30

40

【 0 0 2 1 】

また、本発明の第 2 の局面における亜鉛の製造方法によれば、電解尾液が塩素濃度調整工程に戻されて、塩素濃度調整工程における水酸化アルカリ水溶液が電解尾液を含み、塩素濃度調整工程が、電解尾液を含む水酸化アルカリ水溶液に浸漬された状態で攪拌されて得られたスラリー状ダストの pH 値を調整するものであるため、かかる電解尾液を洗浄液の一部に用いるものであっても、電炉ダスト又は 2 次ダストから、亜鉛成分の更なる抽出をすることなく塩素成分の溶出をすることができ、所要の品質の特性の亜鉛を製造することができる。

【 0 0 2 2 】

また、本発明の第 3 の局面における亜鉛の製造方法によれば、塩素濃度調整工程が、亜

50



鉛含有水溶液生成工程で用いる水酸化アルカリ水溶液のpH値よりも小さい8.5以上10.5以下の範囲内の所定値を目標値とし、かかる目標値と、スラリー状ダストのpH値の計測値と、の偏差に応じて、塩素濃度調整工程における水酸化アルカリ水溶液を得るためのアルカリ剤の量及び水の量を制御するものであるため、スラリー状ダストのpH値を適切な値に確実に維持することができ、所要の品質の特性の亜鉛を製造することができる。

【0023】

また、本発明の第4の局面における亜鉛の製造方法によれば、塩素濃度調整工程が、亜鉛含有水溶液に脱塩素剤を接触して塩素成分を分離するものであるため、亜鉛含有水溶液生成工程と電解工程との間で、電炉ダスト又は2次ダストに含まれていた塩素成分を補助的に分離して、水酸化アルカリ水溶液、亜鉛含有水溶液や電解尾液中の塩素濃度が高まることを確実に抑制し、所要の品質の特性の亜鉛を製造することができる。

10

【0024】

また、本発明の第5の局面における亜鉛の製造方法によれば、亜鉛含有水溶液生成工程で生成された亜鉛含有水溶液に金属亜鉛を接触させて、亜鉛含有水溶液中における亜鉛よりも貴な金属不純物成分を還元析出する置換工程を更に有し、電解工程が、置換工程を経た亜鉛含有水溶液を電解液とした電解を行うものであるため、不純物の混入が低減された亜鉛を歩留まりよく安定して量産することができる。

【0025】

また、本発明の第6の局面における亜鉛の製造方法によれば、亜鉛含有水溶液生成工程で生成された亜鉛含有水溶液に酸化剤を接触させて、亜鉛含有水溶液中における鉄成分及びマンガン成分を分離する脱鉄脱マンガン工程と、脱鉄脱マンガン工程を経た亜鉛含有水溶液に金属亜鉛を接触させて、亜鉛含有水溶液中における亜鉛よりも貴な金属不純物成分を還元析出する置換工程と、を更に有し、電解工程が、置換工程を経た亜鉛含有水溶液を電解液とした電解を行うものであるため、不純物の混入が低減された亜鉛を歩留まりよく安定して量産することができる。

20

【0026】

また、本発明の第7の局面における亜鉛の製造方法によれば、亜鉛含有水溶液生成工程で生成される亜鉛含有水溶液としては、第1の亜鉛含有水溶液、及び第1の亜鉛含有水溶液の塩素濃度よりも低い塩素濃度の第2の亜鉛含有水溶液が生成され、電解工程で第1の亜鉛含有水溶液を電解液とした電解を行い生成した亜鉛を、置換工程での金属亜鉛として用いるものであるため、電解生成物である亜鉛を有効利用して置換工程を効率的に行い、不純物の混入が低減された亜鉛を歩留まりよく安定して量産することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1A】図1Aは、本発明の第1の実施形態における亜鉛の製造方法の工程図である。

【図1B】図1Bは、本実施形態における亜鉛の製造方法の原料として用い得る2次ダストを生成する工程図である。

【図2】図2は、本発明の第2の実施形態における亜鉛の製造方法の工程図である。

【図3A】図3Aは、本発明の第3の実施形態における亜鉛の製造方法の工程図である。

【図3B】図3Bは、本実施形態における亜鉛の製造方法で高塩素濃度の電解浴を用いた場合に生成される亜鉛の顕微鏡写真を示す図である。

40

【図4】図4は、本発明の第4の実施形態における亜鉛の製造方法の工程図である。

【図5】図5は、本発明の第1の実施形態の実験例の結果を示す表1である。

【図6】図6は、本発明の第2の実施形態の実験例の結果を示す表2である。

【図7】図7は、本発明の第3の実施形態の実験例の結果を示す表3である。

【図8】図8は、本発明の第4の実施形態の実験例の結果を示す表4である。

【図9A】図9Aは、本発明の第5の実施形態における亜鉛の製造方法の工程図である。

【図9B】図9Bは、本実施形態におけるpH調整を含む塩素濃度調整工程で用いられる洗浄機の構成を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

50



## 【 0 0 2 8 】

以下、図面を適宜参照して、本発明の各実施の形態における亜鉛の製造方法につき、詳細に説明する。

## 【 0 0 2 9 】

( 第 1 の実施形態 )

まず、図 1 A 及び図 1 B を参照して、本発明の第 1 の実施形態における亜鉛の製造方法につき、詳細に説明する。

## 【 0 0 3 0 】

図 1 A は、本実施形態における亜鉛の製造方法の工程を示す図であり、図 1 B は、本実施形態における亜鉛の製造方法の原料として用い得る 2 次ダストを生成する工程図である。

10

## 【 0 0 3 1 】

図 1 A に示すように、本実施形態では、塩素濃度調整工程 1 0 1、亜鉛抽出工程 1 0 2 及び電解工程 1 0 3 を順に実行する。亜鉛抽出工程 1 0 2 は、亜鉛含有水溶液生成工程に相当する。原料としての電炉ダスト又は 2 次ダストから亜鉛成分を抽出した水溶液を生成することを優先し、その水溶液を電解液として電解して電解生成物である亜鉛を生成するという製造コンセプトに基づいている。

## 【 0 0 3 2 】

具体的には、まず、塩素濃度調整工程 1 0 1 では、酸化亜鉛等である亜鉛含有化合物及び酸化鉄等である鉄化合物を含む原料としての電炉ダスト 1 を洗浄剤 3 で洗浄して、電炉ダスト 1 に吸着している塩素成分を溶出して電炉ダスト 1 から分離し、洗浄済みの電炉ダスト 5 を得た。電炉ダスト 1 を洗浄剤 3 で洗浄して、電炉ダスト 1 に吸着している塩素成分が溶出されて含まれる使用済みの洗浄剤 4 は、更なる塩素成分の溶出が可能な範囲内で再び電炉ダスト 1 を洗浄する洗浄剤 3 として繰り返し使用してもよい。洗浄剤 3 としては、電炉ダスト 1 から塩素成分を溶出する効果が高い強アルカリ剤を好適に使用することができ、具体的には、かかる強アルカリ剤の水溶液を洗浄液として好適に用いることができる。更にアルカリ剤を共用して効率化を図る観点からは、かかる洗浄剤 3 として、亜鉛抽出工程 1 0 2 で使用される水酸化ナトリウムといった水酸化物であるアルカリ剤 6 を用いることがより好ましく、具体的には、かかる水酸化ナトリウムといった水酸化物であるアルカリ剤 6 の水溶液である水酸化アルカリ水溶液を、洗浄液として用いることが好ましい。

20

## 【 0 0 3 3 】

塩素濃度調整工程 1 0 1 で洗浄する原料としては、電炉ダスト 1 の代わりに電炉ダスト 1 を還元炉で還元して得られる 2 次ダスト 2 を用いてもよい。また、塩素濃度調整工程 1 0 1 で洗浄する原料としては、図 1 B に示すか焼工程 1 0 4 を採用している場合にはその工程で、電炉ダスト 1 に炭酸カルシウム 1 1 を混合しか焼して得た 2 次ダスト 2 を用いてもよい。かかるか焼によれば、電炉ダスト 1 の亜鉛フェライト成分に含まれる亜鉛成分を亜鉛抽出工程 1 0 2 でアルカリ剤による抽出が容易な酸化亜鉛成分に予め転換することができる。このように炭酸カルシウム 1 1 を混合するか焼で得られた 2 次ダスト 2 を原料として用いる場合には、亜鉛抽出工程 1 0 2 で得られる残渣 7 中のカルシウム成分を増加することができる。また、かかるか焼で得られた二酸化炭素 1 2 は、必要に応じて貯蔵し又は使用することも可能である。また、か焼工程 1 0 4 において、低沸点成分の  $ZnCl_2$  が揮発するに伴い、2 次ダスト 2 中の塩素成分を、2 次ダスト 2 が元にした電炉ダストのものと比較して低減することが可能である。また、塩素濃度調整工程 1 0 1 で用いる原料としては、電炉ダスト 1 由来で得られる粗水酸化亜鉛等の 2 次ダストを用いてもよい。なお、塩素濃度調整工程 1 0 1 では、電炉ダスト 1 を洗浄剤 3 で洗浄して電炉ダスト 1 から分離する成分として塩素を対象としているが、同様な手法で分離する成分としては、塩素に加え、又は塩素に代えて、フッ素を対象とすることも可能である。

30

40

## 【 0 0 3 4 】

次に、亜鉛抽出工程 1 0 2 では、塩素濃度調整工程 1 0 1 で洗浄されて塩素成分が溶出され塩素濃度が低減された電炉ダスト 5 と、亜鉛の抽出溶媒としてのアルカリ剤 6 の水溶液と、を直接接触させて、かかる亜鉛含有化合物から亜鉛成分を選択的に抽出した亜鉛抽

50



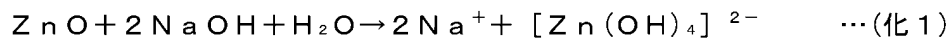
出液として、亜鉛成分を含む亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 を生成すると共に、アルカリ剤 6 の水溶液に溶解しない固形分を残渣 7 とした。

【 0 0 3 5 】

典型的には、洗浄済みの電炉ダスト 5 中の酸化亜鉛に対してアルカリ剤 6 として水酸化ナトリウムを使用して亜鉛成分を選択的に抽出した亜鉛含有水溶液である亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 を得る場合の化学式を、以下の ( 化 1 ) に示す。

【 化 1 】

【 化 1 】



10

【 0 0 3 6 】

また、亜鉛抽出工程 1 0 2 では、亜鉛含有化合物である残渣 7 と、アルカリ剤 6 の水溶液と、を直接接触させて、かかる残渣 7 から亜鉛成分を選択的に抽出した亜鉛抽出液として、亜鉛成分を含む亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 ' を生成してもよく、更にこの際に得られる残渣 7 ' から同様に亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 ' ' を生成することを繰り返してもよい。このように残渣 7、7 ' を用いて亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 '、8 ' ' を生成することを繰り返すごとに、亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 '、8 ' ' 中の塩素濃度は変化していき、電解工程 1 0 3 の電解生成物として得られる亜鉛 1 0 '、1 0 ' ' の特性には変化がみられることになる。例えば、塩素濃度調整工程 1 0 1 での電炉ダスト 1 の洗浄が足りないと 1 回目の亜鉛抽出工程 1 0 2 で得られる亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 の塩素濃度が 1 番高くなるが、塩素濃度調整工程 1 0 1 での電炉ダスト 1 の洗浄が足りていると 1 回目及びそれ以降の亜鉛抽出工程 1 0 2 で得られる亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8、8 '、8 ' ' ... の塩素濃度は、ほぼ等しくなる。また、塩素濃度調整工程 1 0 1 での電炉ダスト 1 の洗浄の過不足によらず、電解工程 1 0 3 で得られる電解尾液を亜鉛の抽出溶媒としてのアルカリ剤 6 の水溶液として繰り返し利用する毎に、そのアルカリ剤 6 の水溶液で亜鉛成分を選択的に抽出した亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8、8 '、8 ' ' ... の塩素濃度の増加量は大きくなる傾向が見られる。

【 0 0 3 7 】

次に、電解工程 1 0 3 では、亜鉛抽出工程 1 0 2 で抽出された亜鉛成分を含む亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 を、いずれも図示を省略する一対の電極を有する電解槽内に収容して電解液として電解し亜鉛 1 0 を陰極側に析出させ、それを固液分離して固体として回収して、これをそのまま製品とした。また、亜鉛 1 0 を固液分離して回収後の電解液である電解尾液は、アルカリ剤 6 を含むものであるため、電解尾液をそのまま亜鉛抽出工程 1 0 2 に戻して、その亜鉛の抽出溶媒としてのアルカリ剤 6 の水溶液の一部として使用する。また、塩素濃度調整工程 1 0 1 での洗浄剤 3 として、亜鉛抽出工程 1 0 2 で使用されるアルカリ剤 6 を用いる場合には、かかる電解尾液は、アルカリ剤 6 を含むものであるため、電解尾液をそのまま塩素濃度調整工程 1 0 1 に戻して洗浄剤 3 の一部として用いてもよい。

【 0 0 3 8 】

以上の本実施形態の亜鉛の製造方法においては、亜鉛含有水溶液生成工程 1 0 2 における亜鉛成分を選択的に抽出する抽出溶媒として、水酸化アルカリ水溶液を用い、電解工程 1 0 3 よりも前段で、電炉ダスト又は 2 次ダストに含まれていた塩素成分を分離して、亜鉛含有水溶液の塩素濃度を低減する塩素濃度調整工程 1 0 1 を更に備えるものであるため、水酸化アルカリ水溶液、亜鉛含有水溶液や電解尾液中の塩素濃度が高まることを抑制し、所要の品質の特性の亜鉛を製造することができる。

【 0 0 3 9 】

また、本実施形態の亜鉛の製造方法においては、塩素濃度調整工程 1 0 1 が、電炉ダスト又は 2 次ダストを水酸化アルカリ水溶液で洗浄して塩素成分を分離するものであるため、亜鉛含有水溶液生成工程 1 0 2 よりも前段で、電炉ダスト又は 2 次ダストに含まれてい

50



た塩素成分を確実に分離して、水酸化アルカリ水溶液、亜鉛含有水溶液や電解尾液中の塩素濃度が高まることを確実に抑制し、所要の品質の特性の亜鉛を製造することができる。

【 0 0 4 0 】

( 第 2 の実施形態 )

次に、図 2 を参照して、本発明の第 2 の実施形態における亜鉛の製造方法につき、詳細に説明する。

【 0 0 4 1 】

図 2 は、本実施形態における亜鉛の製造方法の工程を示す図である。

【 0 0 4 2 】

図 2 に示すように、本実施形態に係る亜鉛の製造方法は、第 1 の実施形態に係る亜鉛の製造方法と比較して、亜鉛抽出工程 1 0 2 と電解工程 1 0 3 との間に、塩素濃度調整工程 1 0 5 を有していることが、主たる相違点である。本実施形態においては、かかる相違点に着目して説明するものとし、同一な構成要素には同じ符号を付して、その説明を省略又は簡略化する。

【 0 0 4 3 】

具体的には、亜鉛抽出工程 1 0 2 に続く塩素濃度調整工程 1 0 5 では、亜鉛抽出工程 1 0 2 で抽出された亜鉛成分を含む亜鉛抽出液としての亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 に酸化銀や硝酸銀等の銀イオン源となる脱塩素剤 1 3 を直接接触させて、亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 中に脱塩素剤 1 3 の塩素化合物 1 4 を生成してこれを分離して除去した塩素濃度調整後の亜鉛含有アルカリ剤水溶液 1 5、つまり塩素濃度を低減した塩素濃度調整後の亜鉛含有アルカリ剤水溶液 1 5 を得た。なお、塩素濃度調整工程 1 0 5 では、亜鉛抽出工程 1 0 2 で抽出された亜鉛成分を含む亜鉛抽出液としての亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 にアルコール等の揮発剤を添加して加熱することにより、亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 中に含有される塩化物イオンを揮発性塩素化合物として外部に揮散させて、塩素濃度を低減した塩素濃度調整後の亜鉛含有アルカリ剤水溶液 1 5 を得てもよい。このとき、塩素成分がかかる揮発剤と反応するために、原料中のマンガン成分等の重金属類やアルミニウム成分などが触媒として機能していることが推定される。

【 0 0 4 4 】

なお、亜鉛抽出工程 1 0 2 で、亜鉛含有化合物である残渣 7 と、アルカリ剤 6 の水溶液と、を直接接触させて、かかる残渣 7 から亜鉛成分を選択的に抽出した亜鉛抽出液として、亜鉛成分を含む亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 ' を生成し、更にこの際に得られる残渣 7 ' から同様に亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 ' ' を生成することを繰り返す場合には、塩素濃度調整工程 1 0 5 では、塩素濃度調整後の亜鉛含有アルカリ剤水溶液 1 5 '、1 5 ' ' が対応して得られることになる。

【 0 0 4 5 】

次に、電解工程 1 0 3 では、塩素濃度調整工程 1 0 5 で塩素濃度を低減した塩素濃度調整後の亜鉛含有アルカリ剤水溶液 1 5、1 5 '、1 5 ' ' を電解液として電解し、亜鉛 1 0、1 0 '、1 0 ' ' を陰極側に析出させ、それを固液分離して固体として回収して、これをそのまま製品とした。また、亜鉛 1 0、1 0 '、1 0 ' ' を固液分離して回収後の電解液である電解尾液は、アルカリ剤 6 を含むものであるため、電解尾液をそのまま亜鉛抽出工程 1 0 2 に戻した。

【 0 0 4 6 】

なお、本実施形態においては、原料として用いる電炉ダスト 1 又は 2 次ダスト 2 の塩素濃度が低い場合には、塩素濃度調整工程 1 0 1 及び 1 0 5 の双方を備えるのではなく、塩素濃度調整工程 1 0 5 のみを備えてもかまわない。

【 0 0 4 7 】

以上の本実施形態の亜鉛の製造方法によれば、第 1 の実施形態の構成に加えて、亜鉛含有水溶液生成工程 1 0 2 における亜鉛成分を選択的に抽出する抽出溶媒として、水酸化アルカリ水溶液を用い、電解工程 1 0 3 よりも前段で、電炉ダスト又は 2 次ダストに含まれていた塩素成分を分離して、亜鉛含有水溶液の塩素濃度を低減する塩素濃度調整工程 1 0

10

20

30

40

50



１、１０５を更に備えるものであるため、水酸化アルカリ水溶液、亜鉛含有水溶液や電解尾液中の塩素濃度が高まることを抑制し、所要の品質の特性の亜鉛を製造することができる。

【００４８】

また、本実施形態の亜鉛の製造方法においては、塩素濃度調整工程１０５が、亜鉛含有水溶液に脱塩素剤を接触して塩素成分を分離するものであるため、亜鉛含有水溶液生成工程１０２と電解工程１０３との間で、電炉ダスト又は２次ダストに含まれていた塩素成分を補助的に分離して、水酸化アルカリ水溶液、亜鉛含有水溶液や電解尾液中の塩素濃度が高まることを確実に抑制し、所要の品質の特性の亜鉛を製造することができる。

【００４９】

（第３の実施形態）

次に、図３Ａ及び図３Ｂを参照して、本発明の第３の実施形態における亜鉛の製造方法につき、詳細に説明する。

【００５０】

図３Ａは、本実施形態における亜鉛の製造方法の工程図であり、図３Ｂは、本実施形態における亜鉛の製造方法で高塩素濃度の電解浴を用いた場合に生成される亜鉛の顕微鏡写真を示す図である。

【００５１】

図３Ａに示すように、本実施形態に係る亜鉛の製造方法は、第１の実施形態に係る亜鉛の製造方法と比較して、亜鉛抽出工程１０２と電解工程１０３との間に、置換工程（セメンテーション工程）１０６を有していることが、主たる相違点である。本実施形態においては、かかる相違点に着目して説明するものとし、同一な構成要素には同じ符号を付して、その説明を省略又は簡略化する。

【００５２】

具体的には、亜鉛抽出工程１０２に続く置換工程１０６では、亜鉛抽出工程１０２で抽出された亜鉛成分を含む亜鉛抽出液としての亜鉛含有アルカリ剤水溶液８と、亜鉛微粒子等の金属亜鉛１６と、を直接接触させて、亜鉛含有アルカリ剤水溶液８中における亜鉛よりも貴な銅、鉛、カドミウム等の金属不純物成分１７を還元析出して、亜鉛含有アルカリ剤水溶液８中の不純物成分の濃度を低減した亜鉛含有アルカリ剤水溶液１８を得る。

【００５３】

なお、亜鉛抽出工程１０２で、亜鉛含有化合物である残渣７と、アルカリ剤６の水溶液と、を直接接触させて、かかる残渣７から亜鉛成分を選択的に抽出した亜鉛抽出液として、亜鉛成分を含む亜鉛含有アルカリ剤水溶液８'を生成し、更にこの際に得られる残渣７'から同様に亜鉛含有アルカリ剤水溶液８''を生成することを繰り返す場合には、置換工程１０６では、不純物成分の濃度低減後の亜鉛含有アルカリ剤水溶液１８'、１８''及び金属不純物成分１７'、１７''が対応して得られることになる。

【００５４】

次に、電解工程１０３では、置換工程１０６で不純物成分の濃度が低減された亜鉛含有アルカリ剤水溶液１８、１８'、１８''を電解液として電解し、亜鉛１０、１０'、１０''を陰極側に析出させ、それを固液分離して固体として回収して、これをそのまま製品とした。また、亜鉛１０、１０'、１０''を固液分離して回収後の電解液である電解尾液は、アルカリ剤６を含むものであるため、電解尾液をそのまま亜鉛抽出工程１０２に戻した。更に、亜鉛抽出工程１０２で、亜鉛含有化合物である電炉ダスト５及び残渣７、７'と、アルカリ剤６の水溶液と、を直接接触させて、かかる電炉ダスト５及び残渣７、７'から亜鉛成分を選択的に抽出した亜鉛抽出液として、亜鉛成分を含む亜鉛含有アルカリ剤水溶液８、８'、８''を繰り返して生成した場合において、置換工程１０６を経た後の亜鉛含有アルカリ剤水溶液１８、１８'、１８''の塩素濃度の内で例えば亜鉛含有アルカリ剤水溶液１８における塩素濃度が高いときには、電解工程１０３で生成される亜鉛１０は、図３Ｂに示すように金属亜鉛微粒子の状態となる傾向が強くなるため、かかる電解生成物の亜鉛１０を微粒子状の金属亜鉛１６として、置換工程１０６に戻して使用してもよい。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 5 5 】

なお、本実施形態における亜鉛の製造方法の亜鉛抽出工程 1 0 2 と置換工程 1 0 6 との間に、第 2 の実施形態における亜鉛の製造方法の塩素濃度調整工程 1 0 5 を設けてもよい。

## 【 0 0 5 6 】

以上の本実施形態の亜鉛の製造方法によれば、第 1 又は第 2 の実施形態の構成に加えて、亜鉛抽出工程 1 0 2 で生成された亜鉛含有水溶液に金属亜鉛を接触させて、亜鉛含有水溶液中における亜鉛よりも貴な金属不純物成分を還元析出する置換工程 1 0 6 を更に有し、電解工程 1 0 3 が、置換工程 1 0 6 を経た亜鉛含有水溶液を電解液とした電解を行うものであるため、不純物の混入が低減された亜鉛を歩留まりよく安定して量産することができる。

10

## 【 0 0 5 7 】

また、本実施形態の亜鉛の製造方法においては、亜鉛含有水溶液生成工程 1 0 2 で生成される亜鉛含有水溶液としては、第 1 の亜鉛含有水溶液、及び第 1 の亜鉛含有水溶液の塩素濃度よりも低い塩素濃度の第 2 の亜鉛含有水溶液が生成され、電解工程 1 0 3 で第 1 の亜鉛含有水溶液を電解液とした電解を行い生成した亜鉛を、置換工程 1 0 6 での金属亜鉛として用いるものであるため、電解生成物である亜鉛を有効利用して置換工程 1 0 6 を効率的に行い、不純物の混入が低減された亜鉛を歩留まりよく安定して量産することができる。

## 【 0 0 5 8 】

( 第 4 の実施形態 )

20

次に、図 4 を参照して、本発明の第 4 の実施形態における亜鉛の製造方法につき、詳細に説明する。

## 【 0 0 5 9 】

図 4 は、本実施形態における亜鉛の製造方法の工程図である。

## 【 0 0 6 0 】

図 4 に示すように、本実施形態に係る亜鉛の製造方法は、第 3 の実施形態に係る亜鉛の製造方法と比較して、亜鉛抽出工程 1 0 2 と置換工程 1 0 6 との間に、脱鉄脱マンガン工程 1 0 7 を有していることが、主たる相違点である。本実施形態においては、かかる相違点に着目して説明するものとし、同一な構成要素には同じ符号を付して、その説明を省略又は簡略化する。

30

## 【 0 0 6 1 】

本実施形態で、かかる脱鉄脱マンガン工程 1 0 7 を設けていることは、電炉ダスト等に含まれる鉄成分又はマンガン成分がアルカリに可溶性の  $Fe(II)$  及び  $Mn(II)$  等である場合に特に有効であるし、また、鉄成分又はマンガン成分がアルカリに不溶性の場合であっても、例えば、アルカリに不溶性の  $Fe(III)$  及び  $Mn(IV)$  等が懸濁した状態の亜鉛含有水溶液を置換工程で処理すると、それらがアルカリに可溶性の  $Fe(II)$  等に還元されて亜鉛含有水溶液中に溶存するものであるため有効である。また、置換工程 1 0 6 でアルカリに可溶性の鉄成分又はマンガン成分が生じることがあるため、脱鉄脱マンガン工程の後段に置換工程を設けることのみならず、脱鉄脱マンガン工程の前段に置換工程を設けてもよい。かかる脱鉄脱マンガン工程 1 0 7 の具体的な方法としては、エ

40

## 【 0 0 6 2 】

具体的には、亜鉛抽出工程 1 0 2 に続く脱鉄脱マンガン工程 1 0 7 では、亜鉛抽出工程 1 0 2 で抽出された亜鉛成分を含む亜鉛抽出液としての亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 に含まれる鉄成分及び溶解性マンガンを除去するために、かかる亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 に含まれる鉄又は溶解性マンガン成分の酸化を行うと共に、亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 中の鉄成分及びマンガン成分を不溶解性の沈殿物のスラッジ 2 1 として分離除去し、不純物成分の濃度が低減された亜鉛含有アルカリ剤水溶液 2 0 を得る。具体的には、亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 に空気、酸素、過マンガン酸塩、過酸化水素、過硫酸塩、塩素酸塩、

50



二酸化塩素等の酸化剤 19 を添加して亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 中の第 1 鉄成分を第 2 鉄成分に酸化し、溶解性マンガンを含めて酸化して不溶解性の二酸化マンガンを転換しスラッジ 21 として分離除去する。また、亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 中の鉄成分は、温度、アルカリ濃度及び酸化還元電位 (ORP) 値を制御して第一鉄成分及び第二鉄成分双方を含むマグヘマイトのような磁性酸化鉄にすることもできる。

【0063】

なお、酸化剤 19 として過マンガン酸塩を用いる場合、過剰の過マンガン酸が亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 に残存するまで過マンガン酸塩を供給して脱マンガンの終点を判断することができ、また、残存した過マンガン酸は、それを活性炭と直接接触させて不溶解性の二酸化マンガンを転換して除去される。

10

【0064】

また、亜鉛抽出工程 102 で、亜鉛含有化合物である残渣 7 と、アルカリ剤 6 の水溶液と、を直接接触させて、かかる残渣 7 から亜鉛成分を選択的に抽出した亜鉛抽出液として、亜鉛成分を含む亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8' を生成し、更にこの際に得られる残渣 7' から同様に亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8'' を生成することを繰り返す場合には、脱鉄脱マンガン工程 107 では、不純物成分の濃度低減後の亜鉛含有アルカリ剤水溶液 20'、20'' 及びスラッジ 21'、21'' が対応して得られることになる。

【0065】

次に、置換工程 106 では、脱鉄脱マンガン工程 107 で不純物成分の濃度が低減された亜鉛含有アルカリ剤水溶液 20、20'、20'' と、亜鉛微粒子等の金属亜鉛 16 と、を接触させて、亜鉛含有アルカリ剤水溶液 20、20'、20'' 中における亜鉛よりも貴な銅、鉛、カドミウム等の金属不純物成分 17 を還元析出して、亜鉛含有アルカリ剤水溶液 20、20'、20'' 中の不純物成分の濃度を更に低減した亜鉛含有アルカリ剤水溶液 18、18'、18'' を得る。

20

【0066】

ここで、脱鉄脱マンガン工程 107 と置換工程 106 との実施順序については、置換工程 106 の後工程が脱鉄脱マンガン工程 107 であってもよい。例えば、原料が 2 次ダストのような、鉄の還元工程を経たものの場合は原料に含まれる鉄成分が 2 価 (Fe(II) : 第 1 鉄成分) を多く含むケースがあり、このような原料を処理する場合は先に置換工程 106 を実施する方が合理的だからである。また、かかる事情は、脱鉄脱マンガン工程 107 を脱鉄工程及び脱マンガン工程に分離して、各々個別に実行する実施形態においても同様である。

30

【0067】

次に、電解工程 103 では、置換工程 106 で不純物成分の濃度が低減された亜鉛含有アルカリ剤水溶液 18、18'、18'' を電解液として電解し、亜鉛 10、10'、10'' を陰極側に析出させ、それを固液分離して固体として回収して、これをそのまま製品とした。また、亜鉛 10、10'、10'' を固液分離して回収後の電解液である電解尾液は、アルカリ剤 6 を含むものであるため、電解尾液をそのまま亜鉛抽出工程 102 に戻した。

【0068】

なお、本実施形態における亜鉛の製造方法においても、第 3 の実施形態のものと同様に、置換工程 106 を経た後の亜鉛含有アルカリ剤水溶液 18、18'、18'' の塩素濃度の内で例えば亜鉛含有アルカリ剤水溶液 18 における塩素濃度が高いときには、かかる電解生成物の亜鉛 10 を微粒子状の金属亜鉛 16 として、置換工程 106 に戻して使用してもよい。また、本実施形態における亜鉛の製造方法の亜鉛抽出工程 102 と脱鉄脱マンガン工程 107 との間に、第 2 の実施形態における亜鉛の製造方法の塩素濃度調整工程 105 を設けてもよい。

40

【0069】

以上の本実施形態の亜鉛の製造方法によれば、第 1 又は第 2 の実施形態の構成に加えて、亜鉛含有水溶液生成工程 102 で生成された亜鉛含有水溶液に酸化剤を接触させて、亜鉛含有水溶液中における鉄成分及びマンガン成分を分離する脱鉄脱マンガン工程 107 と

50



、脱鉄脱マンガン工程 107 を経た亜鉛含有水溶液に金属亜鉛を接触させて、亜鉛含有水溶液中における亜鉛よりも貴な金属不純物成分を還元析出する置換工程 106 と、を更に有し、電解工程 103 が、置換工程 106 を経た亜鉛含有水溶液を電解液とした電解を行うものであるため、不純物の混入が低減された亜鉛を歩留まりよく安定して量産することができる。

【0070】

最後に、以上説明した本実施形態に対し、代表的に第 1 から第 4 の実施形態に対応する実験例につき、図 5 から図 8 をも参照して詳細に説明する。

【0071】

図 5 は、本発明の第 1 の実施形態の実験例 1 の結果を対応して示す表 1 であり、図 6 は、本発明の第 2 の実施形態の実験例 2 の結果を示す表 2 であり、図 7 は、本発明の第 3 の実施形態の実験例 3 の結果を対応して示す表 3 であり、図 8 は、本発明の第 4 の実施形態の実験例 4 の結果を示す表 4 である。なお、表中の ND は、検出せずであることを示す。また、表中の空欄は、電炉ダスト、2 次ダスト及び残渣については、検出限界未満又は検出せずであることを示し、電炉ダスト、2 次ダスト及び残渣以外については、分析項目外であることを示す。

【0072】

(実験例 1)

本実験例は、本発明の第 1 の実施形態に対応した実験例であり、その結果は図 5 の表 1 に示される。

【0073】

まず、塩素濃度調整工程 101 では、予めか焼工程 104 で、441 g の重量の炭酸カルシウム 11 と、762.8 g の重量の電炉ダスト 1 と、を混合しか焼して得た 870 g の 2 次ダストから 60.5 g の重量の 2 次ダスト 2 を分取し、分取した 2 次ダスト 2 を、洗浄剤 3 として 0.8 % の濃度の NaOH 水溶液で洗浄し、その塩素成分を溶出して塩素濃度を低減した 2 次ダスト 5 を得た。なお、洗浄剤 3 としての NaOH 水溶液は、塩素濃度調整工程 101 で繰り返し利用した。

【0074】

次に、亜鉛抽出工程 102 では、塩素濃度調整工程 101 で洗浄されて塩素濃度が低減された 2 次ダスト 5 と、アルカリ剤 6 の水溶液として 1000 g の重量で 16.5 % の濃度の NaOH 水溶液と、を接触させ、アルカリ剤 6 の水溶液に溶解しない固形分をろ過により分離したその残りの液体として、480 mg / l の塩素濃度で 770 ml の体積の亜鉛抽出液 (亜鉛含有アルカリ剤水溶液) 8 を得た。また、アルカリ剤 6 の水溶液に溶解しない固形分をろ過して純水で洗浄した後に乾燥して、46.2 g の重量の残渣 7 を得た。亜鉛抽出工程 102 における抽出条件では、温度が 95 °C 及び圧力が常圧であり、アルカリ剤 6 の水溶液と 2 次ダスト 2 との接触時間は、8 時間とした。なお、残渣 7 をろ別したる液 (不溶解固形分から抽出可能な成分を抽出したる液) は、次に 2 次ダスト 2 を溶解するためのアルカリ剤 6 として繰り返し利用した。

【0075】

次に、電解工程 103 では、亜鉛抽出工程 102 で抽出された亜鉛成分を含む亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8 を電解液として電解して 8.7 g の重量の平滑な金属亜鉛 (箔) 10 を得た。亜鉛 10 を固液分離して回収後の電解液である電解尾液は、そのまま亜鉛抽出工程 102 に戻して、その亜鉛の抽出溶媒としてのアルカリ剤 6 の水溶液の一部として繰り返し利用した。電解工程 103 における電解条件では、電極 (陰極及び陽極) としてステンレス製 (SUS304) で板厚が 1 mm の平板を用いて陰極及び陽極間の距離を 20 mm に設定し、幾何面積基準の電流密度が 62.5 mA / cm<sup>2</sup> となるように 1 A の定電流制御をしながら 8.5 時間の期間で電解を行ったもので、その際の亜鉛の析出電流効率は 84 % であった。

【0076】

(実験例 2)



本実験例は、本発明の第2の実施形態に対応した実験例であり、その結果は図6の表2に示される。

【0077】

実験例1の電解工程103で得られた電解尾液を亜鉛抽出工程102に戻して、その亜鉛の抽出溶媒としてのアルカリ剤6の水溶液の一部として繰り返し利用することにより、亜鉛抽出工程102では、亜鉛抽出液（亜鉛含有アルカリ剤水溶液）8の塩素濃度は、その塩素成分が濃縮されて1500mg/lとなった。

【0078】

次に、塩素濃度調整工程105では、亜鉛抽出工程102で抽出された亜鉛含有アルカリ剤水溶液8に、脱塩素剤13として硝酸銀を添加して亜鉛含有アルカリ剤水溶液8中に析出したAgClを塩素化合物14としてろ過することにより除去し、塩素濃度を240mg/lに低減した亜鉛含有アルカリ剤水溶液とすると共に、この亜鉛含有アルカリ剤水溶液に亜鉛粒子を接触させ、その中に残存するAgを析出してろ別し、塩素濃度を240mg/lに低減し、かつAgを除去した亜鉛含有アルカリ剤水溶液15を得た。

【0079】

次に、電解工程103では、塩素濃度調整工程105で塩素濃度が低減された亜鉛含有アルカリ剤水溶液15を電解液として電解して3.7gの重量の平滑な金属亜鉛（箔）10を得た。亜鉛10を固液分離して回収後の電解液である電解尾液は、そのまま亜鉛抽出工程102に戻して、その亜鉛の抽出溶媒としてのアルカリ剤6の水溶液の一部として繰り返し利用した。電解工程103における電解条件では、電極（陰極及び陽極）としてステンレス製（SUS304）で板厚が1mmの平板を用いて陰極及び陽極間の距離を20mm及び液中のサイズを幅20mmで高さ30mmに設定し、幾何面積基準の電流密度が62.5mA/cm<sup>2</sup>となるように375mAの定電流制御をしながら10時間の期間で電解を行ったもので、その際の亜鉛の析出電流効率は81%であり、陰極及び陽極間電圧の平均値は2.4Vであった。

【0080】

（実験例3）

本実験例は、本発明の第3の実施形態に対応した実験例であり、その結果は図7の表3に示される。

【0081】

塩素濃度調整工程101に引き続く亜鉛抽出工程102では、塩素濃度調整工程101で洗浄されて塩素濃度が低減された電炉ダスト由来の100gの重量の2次ダスト（粗水酸化亜鉛試料）5と、アルカリ剤6の水溶液として16.5%の濃度のNaOH水溶液と、を接触させ、アルカリ剤6の水溶液に溶解しない固形分を全量ろ過し分離して残渣7とし、その残りの液体として亜鉛抽出液（亜鉛含有アルカリ剤水溶液）8を得た。次に、この残渣7と、新たなアルカリ剤6の水溶液として16.5%の濃度のNaOH水溶液と、を接触させ、アルカリ剤6の水溶液に溶解しない固形分を全量ろ過し分離して残渣7'とし、その残りの液体として亜鉛抽出液（亜鉛含有アルカリ剤水溶液）8'を得た。なお、本実験例の亜鉛抽出工程102における条件は、実験例1のものと同一にした。

【0082】

次に、置換工程106では、亜鉛抽出工程102で抽出された亜鉛成分を含む亜鉛抽出液としての亜鉛含有アルカリ剤水溶液8と、金属亜鉛16としての亜鉛粒子と、を各々接触させて、亜鉛含有アルカリ剤水溶液8中における亜鉛よりも貴な銅、鉛、カドミウム等の金属不純物成分17を還元析出すると共に、不純物成分の濃度を低減した亜鉛含有アルカリ剤水溶液18を得た。

【0083】

次に、電解工程103では、置換工程106で不純物成分の濃度が低減された亜鉛含有アルカリ剤水溶液18を塩素濃度2000mg/lの電解液として電解して2.6gの重量で純度92%の金属亜鉛（粒径約500μmの粉末）10を得た。この亜鉛10を固液分離して回収後の電解液である電解尾液は、そのまま亜鉛抽出工程102に戻して、その



亜鉛の抽出溶媒としてのアルカリ剤 6 の水溶液の一部として繰り返し利用した。電解工程 103 における電解条件では、電極（陰極及び陽極）としてステンレス製（SUS304）で板厚が 1 mm の平板を用いて陰極及び陽極間の距離を 20 mm 及び液中のサイズを幅 20 mm で高さ 20 mm に設定し、幾何面積基準の電流密度が  $62.5 \text{ mA/cm}^2$  となるように 250 mA の定電流制御をしながら 8 時間の期間で電解を行ったもので、その際の亜鉛の析出電流効率は 97.7 % であり、陰極及び陽極間電圧の平均値は 2.35 V であった。

#### 【0084】

次に、2 回目の置換工程 106 で、このようにして得た金属亜鉛（粒径約 500  $\mu\text{m}$  の粉末）10 を、亜鉛抽出工程 102 で得られた亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8' に接触させて、亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8' 中における亜鉛よりも貴な銅、鉛、カドミウム等の金属不純物成分 17' を還元析出すると共に、不純物成分の濃度を低減した亜鉛含有アルカリ剤水溶液 18' を得た。

10

#### 【0085】

次に、2 回目の電解工程 103 では、2 回目の置換工程 106 で不純物成分の濃度が低減された亜鉛含有アルカリ剤水溶液 18' を塩素濃度 250 mg/l の電解液として電解して金属亜鉛（箔）10' を得た。この亜鉛 10' を固液分離して回収後の電解液である電解尾液は、そのまま亜鉛抽出工程 102 に戻して、その亜鉛の抽出溶媒としてのアルカリ剤 6 の水溶液の一部として繰り返し利用した。2 回目の電解工程 103 における電解条件は、2 回目の電解工程 103 における電解条件と同じに設定した。

20

#### 【0086】

##### （実験例 4）

本実験例は、本発明の第 4 の実施形態に対応した実験例であり、その結果は図 8 の表 4 に示される。

#### 【0087】

塩素濃度調整工程 101 に引き続く亜鉛抽出工程 102 では、塩素濃度調整工程 101 で洗浄されて塩素濃度が低減された 300 g の重量の電炉ダスト由来の 2 次ダスト（粗水酸化亜鉛試料）5 と、アルカリ剤 6 の水溶液として 16.5 % の濃度の NaOH 水溶液と、を接触させ、攪拌後にその全量をろ過し、アルカリ剤 6 の水溶液に溶解しない固形分を全量ろ過し分離して残渣 7 とし、その残りの液体として 1800 ml の亜鉛抽出液（亜鉛含有アルカリ剤水溶液）8 を得た。次に、この残渣 7 と、新たなアルカリ剤 6 の水溶液として 16.5 % の濃度の NaOH 水溶液と、を接触させ、アルカリ剤 6 の水溶液に溶解しない固形分を全量ろ過し分離して残渣 7' とし、その残りの液体として亜鉛抽出液（亜鉛含有アルカリ剤水溶液）8' を得た。なお、本実験例の亜鉛抽出工程 102 における条件は、実験例 1 のものと同じにした。

30

#### 【0088】

次に、亜鉛抽出工程 102 に引き続く脱鉄脱マンガン工程 107 では、亜鉛含有アルカリ剤水溶液 8、8' に酸化剤 11 として 0.1 g の重量の  $\text{KMnO}_4$  結晶を添加した赤色の液体に、加熱下で 10 g の重量の活性炭を加えて、その液色が透明になったことを確認後、その液体をろ過精度が 0.1  $\mu\text{m}$  のメンブレンフィルタで吸引しろ過したろ液（脱鉄及び脱マンガンした亜鉛含有アルカリ剤水溶液 20、20'）を得た。ろ紙上の固形分として、263 mg の重量の脱鉄脱マンガンスラッジ 21、21' を得た。

40

#### 【0089】

次に、脱鉄脱マンガン工程 107 に引き続く置換工程 106 を、亜鉛含有アルカリ剤水溶液 20、20' を用いて実験例 3 のものと各々同じ内容で実行して亜鉛含有アルカリ剤水溶液 18、18' を得て、また、電解工程 103 を、亜鉛含有アルカリ剤水溶液 18、18' を電解浴として実行し、各々実験例 3 のものと同様の金属亜鉛 10、10' を得た。この亜鉛 10 の回収後の電解液である電解尾液は、そのまま亜鉛抽出工程 102 に戻して、その亜鉛の抽出溶媒としてのアルカリ剤 6 の水溶液の一部として繰り返し利用した。電解工程 103 における電解条件は、実験例 3 の電解工程 103 における電解条件と同じに設定した。

50



## 【 0 0 9 0 】

( 第 5 の実施形態 )

最後に、図 9 A 及び図 9 B を参照して、本発明の第 5 の実施形態における亜鉛の製造方法につき、詳細に説明する。

## 【 0 0 9 1 】

図 9 A は、本実施形態における亜鉛の製造方法の工程を示す図であり、図 9 B は、本実施形態における pH ( 水素イオン指数 ) の調整を含んだ塩素濃度調整工程で用いられる洗浄機の構成を示す模式図である。

## 【 0 0 9 2 】

図 9 A に示すように、本実施形態に係る亜鉛の製造方法は、第 1 の実施形態に係る亜鉛の製造方法と比較して、塩素濃度調整工程 1 0 1 ' が、塩素濃度を調整することに加えて pH 値を調整することが、主たる相違点である。本実施形態においては、かかる相違点に着目して説明するものとし、同一な構成要素には同じ符号を付して、その説明を省略又は簡略化する。

## 【 0 0 9 3 】

まず、本発明者の検討によれば、第 1 の実施形態のように、塩素濃度調整工程 1 0 1 で用いる洗浄剤 3 として、強アルカリ剤、典型的には水酸化物であるアルカリ剤を用いて、それを水溶液とした洗浄液であるアルカリ水溶液中に、電炉ダスト 1 又は 2 次ダスト 2 ( 以下、電炉ダスト 1 という ) を接触させて、電炉ダスト 1 に吸着している塩素成分を溶出させて分離する構成を前提とすると、具体的には、アルカリ水溶液中に、予め所定のサイズ以下に砕いた電炉ダスト 1 を浸漬させ、このように浸漬された状態の電炉ダスト 1 をアルカリ水溶液中で所定時間ほど攪拌してスラリー状とし、このようなスラリー状の電炉ダスト 1 から、それに密着していた塩素成分を溶出させることになる。

## 【 0 0 9 4 】

ここで、本発明者の検討によれば、アルカリ水溶液中でスラリー状となった電炉ダスト 1 から塩素成分を実用的に溶出させるには、スラリー状の電炉ダスト 1 の pH 値を、亜鉛抽出工程 1 0 2 で用いるアルカリ剤 6 の水溶液であるアルカリ水溶液の pH 値よりも小さい値で、8 . 5 以上 1 0 . 5 以下に維持することが必要であることが判明した。これは、まず下限値については、pH 値が 8 . 5 未満であると、電炉ダスト 1 から溶出させる塩素成分の量を、実用的な量として確保することができず、また、電炉ダスト 1 からの亜鉛成分や鉛成分の不要な溶出が生じることが判明したことを理由とする。一方で上限値については、pH 値が 1 0 . 5 を超えると、電炉ダスト 1 から亜鉛成分が抽出されてしまい、次段の亜鉛抽出工程 1 0 2 に送るべき洗浄済みの電炉ダスト 5 中の亜鉛成分の量が減少してしまって、亜鉛抽出工程 1 0 2 を設ける意義を損なわせることが判明したことを理由とする。また、本発明者の検討によれば、亜鉛抽出工程 1 0 2 で用いるアルカリ剤 6 の水溶液であるアルカリ水溶液の pH 値は、洗浄済みの電炉ダスト 5 から抽出する亜鉛成分の量を増大させて実用的な亜鉛成分の量を得るために、少なくとも 1 3 以上であることが必要であり、このことは、塩素濃度調整工程 1 0 1 におけるスラリー状の電炉ダスト 1 の pH 値は、亜鉛抽出工程 1 0 2 で用いるアルカリ水溶液の pH 値よりも小さく設定することが前提となることをも示している。また、換言すれば、亜鉛抽出工程 1 0 2 で用いるアルカリ剤 6 の水溶液であるアルカリ水溶液の pH 値を基準とすれば、塩素濃度調整工程 1 0 1 でスラリー状となった電炉ダスト 1 の pH 値は、亜鉛抽出工程 1 0 2 で用いるアルカリ剤 6 の水溶液であるアルカリ水溶液の pH 値よりも 3 以上 5 以下の範囲内で小さくなる値として設定すればよいともいえる。これは、例えば、亜鉛抽出工程 1 0 2 のアルカリ剤 6 には、亜鉛成分を最大限に抽出することができるよう実用的に入手可能なもので最大の pH 値 ( 既知 ) を呈するものを貯留しておき、かつ塩素濃度調整工程 1 0 1 の洗浄剤 3 には、このように pH 値が既知のアルカリ剤 6 を希釈して用いる際には、この既知の pH 値に対して 3 以上 5 以下の範囲内で小さくなる pH 値を実現するために、アルカリ剤 6 に加えるべき水の初期量を簡便かつ迅速に算出することに寄与するものである。なお、洗浄剤 3 及びアルカリ剤 6 として実的に好適な典型例としては、水酸化ナトリウムが挙げられる。



## 【 0 0 9 5 】

つまり、本実施形態において具体的には、図 9 A に示すように、塩素濃度調整工程 1 0 1 ' において、洗浄剤 3 として、強アルカリ剤、詳しくは水酸化物であるアルカリ剤を用い、それを水溶液とした洗浄液であるアルカリ水溶液を用意し、かかるアルカリ水溶液中に、予め所定のサイズ以下に砕いておいた電炉ダスト 1 を浸漬させ、このように浸漬された状態の電炉ダスト 1 をかかるアルカリ水溶液中で所定時間ほど攪拌してスラリー状とし、このようなスラリー状の電炉ダスト 1 から塩素成分を、電炉ダスト 1 外に溶出することにより電炉ダスト 1 から分離し、洗浄済みの電炉ダスト 5 を得る。

## 【 0 0 9 6 】

ここで、洗浄剤 3 が水 3 0 に均質に溶かされた洗浄液であるアルカリ水溶液及びこれに浸漬される電炉ダスト 1 は、図 9 B に示すように、洗浄機 2 0 0 の洗浄槽 2 0 1 内に、電炉ダスト 1、洗浄剤 3 及び水 3 0 の各々を対応して供給自在な供給系 2 0 2 から供給されて収容される。洗浄液であるアルカリ水溶液の pH 値の初期値を、スラリー状の電炉ダスト 1 の pH 値の初期値が概略的に与えられるように、亜鉛抽出工程 1 0 2 で用いるアルカリ剤 6 の水溶液であるアルカリ水溶液の pH 値よりも小さい 8 . 5 以上 1 0 . 5 以下の範囲内の値（亜鉛抽出工程 1 0 2 で用いるアルカリ剤 6 の水溶液であるアルカリ水溶液の pH 値を基準とすれば、これから 3 以上 5 以下の範囲内で小さくなる値）に設定しておく。アルカリ水溶液及びこれに浸漬される電炉ダスト 1 は、攪拌機 2 0 4 における回動軸 2 0 4 a で回転自在な攪拌部材 2 0 4 b で攪拌され続けることにより、スラリーの性状を呈するようになり、洗浄槽 2 0 1 内でスラリー状ダスト 2 0 3 になっていく。

## 【 0 0 9 7 】

また、洗浄槽 2 0 1 にはその内部の pH 値を計測する pH 計 2 0 5 が設置されており、pH 計 2 0 5 は、洗浄槽 2 0 1 内の pH 値、詳しくは、洗浄槽 2 0 1 内のスラリー状ダスト 2 0 3 の pH 値を計測する。pH 計 2 0 5 で計測された pH 値を呈する電圧を示す検出信号は、図示を省略する演算処理装置やメモリ等を備えるコントローラ 3 0 0 に送られる。pH 計 2 0 5 からの検出信号が入力されたコントローラ 3 0 0 は、その検出信号が呈する計測 pH 値と、目標 pH 値（例えば、亜鉛抽出工程 1 0 2 で用いるアルカリ剤 6 の水溶液であるアルカリ水溶液の pH 値よりも小さい 8 . 5 以上 1 0 . 5 以下の範囲内の中央値である 9 . 5 の値）と、の偏差を算出し、その偏差に応じて、実際の pH 値が目標 pH 値に一致するように、洗浄槽 2 0 1 内への洗浄剤 3 の供給量及び洗浄槽 2 0 1 内への水 3 0 の供給量を調整する。詳しくは、コントローラ 3 0 0 は、予めメモリ中に記憶した制御プログラムや制御データを読み込み、その制御データを参照して、計測 pH 値が目標 pH 値よりも大きい場合には、計測 pH 値と目標 pH 値との差分値（例えば正值）に応じて、水 3 0 の供給量を増大する制御をする一方で、計測 pH 値が目標 pH 値よりも小さい場合には、計測 pH 値と目標 pH 値との差分値（例えば負値）に応じて、洗浄剤 3 の供給量を増大することにより、実際の pH 値を目標 pH 値に近づけて一致させるフィードバック制御を行う。なお、計測 pH 値と目標 pH 値とが等しい場合には、コントローラ 3 0 0 は、洗浄剤 3 の供給量及び水 3 0 の供給量を変化させることはなくそのまま維持する。また、計測 pH 値と目標 pH 値との差分値（偏差）に応じて、洗浄剤 3 の供給量及び水 3 0 の供給量を調整するための制御データは、実際の pH 値が目標 pH 値に一致するように、計測 pH 値と目標 pH 値との偏差と、洗浄剤 3 の供給量及び水 3 0 の供給量と、の関係を予め規定したマップデータである。また、洗浄剤 3 の供給量及び水 3 0 の供給量の調整は、供給系 2 0 2 に設けられた図示を省略するバルブの開度や供給ポンプの駆動力を調整することにより行われる。また、フィードバック制御の安定性を確保する見地から、計測 pH 値と目標 pH 値との差分値の絶対値が所定の小さい値以下の場合には、コントローラ 3 0 0 は、洗浄剤 3 の供給量及び水 3 0 の供給量を変化させることはなくそのまま維持してもよい。

## 【 0 0 9 8 】

そして、攪拌機 2 0 4 による攪拌、典型的には一定回転数での回動軸 2 0 4 a の回転が、塩素成分の溶出に必要な時間として予め設定された所定時間ほど継続されたならば、塩素濃度調整工程 1 0 1 ' におけるスラリー状ダスト 2 0 3 の pH 値を調整しながらの塩素成

10

20

30

40

50



分の溶出による塩素濃度の調整は終了し、スラリー状ダスト 203 を固液分離することにより、溶出された塩素成分を含んで塩素濃度が上がった使用済みの洗浄剤 4 と、塩素成分が減少した洗浄済みの電炉ダスト 5 と、を得る。

【0099】

次段以降の亜鉛抽出工程 102 及び電解工程 103 は、第 1 の実施形態におけるものと同様である。但し、電解工程 103 における亜鉛成分を含有するアルカリ剤 6 を含んで pH 値が高いままの電解尾液を塩素濃度調整工程 101' に戻して洗浄剤 3 の一部として再利用する際に、その電解尾液が洗浄剤 3 の pH 値は 8.5 以上 10.5 以下の範囲内に入るように調整されることになるため、電炉ダスト 1 からの更なる亜鉛成分の抽出は発生しないことになる。このため、電解工程 103 における電解尾液を亜鉛抽出工程 102 に戻して、亜鉛成分の抽出溶媒としてのアルカリ剤 6 の水溶液の一部として使用することはもちろんのこと、かかる電解尾液を塩素濃度調整工程 101' に戻して、塩素成分の実用的な洗浄液としても使用することが可能となる。また、本実施形態の実験例としては、第 1 の実施形態に対応する実験例 1 と同様の条件で実験を行ったところ、実験例 1 と同様の結果が安定的に得られた。

10

【0100】

なお、本実施形態における塩素濃度調整工程 101' は、第 2 の実施形態から第 4 の実施形態において、それらの塩素濃度調整工程 101 に代え設けられてもよい。また、本実施形態における塩素濃度調整工程 101' でも、電炉ダスト 1 を洗浄剤 3 で洗浄して電炉ダスト 1 から分離する対象としては、塩素に加え、又は塩素に代えて、フッ素を対象とすることも可能である。

20

【0101】

以上の本実施形態の亜鉛の製造方法においては、塩素濃度調整工程 101' が、電炉ダスト又は 2 次ダストを洗浄する際に、電炉ダスト又は 2 次ダストが水酸化アルカリ水溶液に浸漬された状態で攪拌されて得られたスラリー状ダストの pH 値を、亜鉛含有水溶液生成工程 102 で用いる水酸化アルカリ水溶液の pH 値よりも小さい 8.5 以上 10.5 以下の範囲内に調整するものであるため、電炉ダスト又は 2 次ダストから、亜鉛成分の抽出をすることなく塩素成分の溶出をすることができ、所要の品質の特性の亜鉛を製造することができる。

【0102】

30

また、本実施形態の亜鉛の製造方法においては、電解工程 103 の電解尾液が塩素濃度調整工程 101' に戻されて、塩素濃度調整工程 101' における水酸化アルカリ水溶液が電解尾液を含み、塩素濃度調整工程 101' が、電解尾液を含む水酸化アルカリ水溶液に浸漬された状態で攪拌されて得られたスラリー状ダストの pH 値を調整するものであるため、かかる電解尾液を洗浄液の一部に用いるものであっても、電炉ダスト又は 2 次ダストから、亜鉛成分の更なる抽出をすることなく塩素成分の溶出をすることができ、所要の品質の特性の亜鉛を製造することができる。

【0103】

また、本実施形態の亜鉛の製造方法においては、塩素濃度調整工程 101' が、亜鉛含有水溶液生成工程 102 で用いる水酸化アルカリ水溶液の pH 値よりも小さい 8.5 以上 10.5 以下の範囲内の所定値を目標値とし、かかる目標値と、スラリー状ダストの pH 値の計測値と、の偏差に応じて、塩素濃度調整工程 101' における水酸化アルカリ水溶液を得るためのアルカリ剤の量及び水の量を制御するものであるため、スラリー状ダストの pH 値を適切な値に確実に維持することができ、所要の品質の特性の亜鉛を製造することができる。

40

【0104】

なお、本発明は、構成要素の形状、配置、個数等は前述の実施形態に限定されるものではなく、かかる構成要素を同等の作用効果を奏するものに適宜置換する等、発明の要旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能であることはもちろんである。

【産業上の利用可能性】

50



## 【 0 1 0 5 】

以上のように、本発明においては、電炉ダスト又は２次ダスト中の亜鉛成分を水酸化アルカリ水溶液を抽出溶媒として選択的に抽出して亜鉛含有水溶液とし、その亜鉛含有水溶液を電気分解して、電解生成物である亜鉛を製造する際に、そのプロセス中の塩素濃度を低減することができる亜鉛の製造方法を提供することができるものであるため、その汎用普遍的な性格から広範に製鉄プロセスの一つである電炉法においてスクラップの溶解製錬時に発生する電炉ダスト、又は電炉ダストの一部を製鉄原料としてリサイクルする際に還元炉で発生する２次ダストを原料とする亜鉛の製造方法に適用され得るものと期待される。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 1 0 6 】

- 1 ... 電炉ダスト
- 2 ... ２次ダスト
- 3 ... 洗浄剤
- 4 ... 使用済みの洗浄剤
- 5 ... 洗浄済みの電炉ダスト
- 6 ... アルカリ剤
- 7 ... 残渣
- 8 ... 亜鉛含有アルカリ剤水溶液
- 1 0 ... 亜鉛
- 1 1 ... 炭酸カルシウム
- 1 2 ... 二酸化炭素
- 1 3 ... 脱塩素剤
- 1 4 ... 塩素化合物
- 1 5 ... 塩素濃度調整済みの亜鉛含有アルカリ剤水溶液
- 1 6 ... 金属亜鉛
- 1 7 ... 金属不純物成分
- 1 8 ... 不純物成分低減済みの亜鉛含有アルカリ剤水溶液
- 1 9 ... 酸化剤
- 2 0 ... 不純物成分低減済みの亜鉛含有アルカリ剤水溶液
- 2 1 ... スラッジ
- 3 0 ... 水
- 1 0 1 ... 塩素濃度調整工程
- 1 0 1 ' ... p H調整を含む塩素濃度調整工程
- 1 0 2 ... 亜鉛抽出工程（亜鉛含有水溶液生成工程）
- 1 0 3 ... 電解工程
- 1 0 4 ... か焼工程
- 1 0 5 ... 塩素濃度調整工程
- 1 0 6 ... 置換工程
- 1 0 7 ... 脱鉄脱マンガ工程
- 2 0 0 ... 洗浄機
- 2 0 1 ... 洗浄槽
- 2 0 2 ... 供給系
- 2 0 3 ... スラリー状電炉ダスト
- 2 0 4 ... 攪拌機
- 2 0 4 a ... 回転軸
- 2 0 4 b ... 攪拌部材
- 2 0 5 ... p H計

10

20

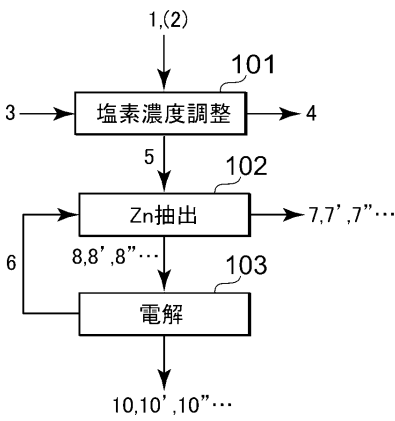
30

40

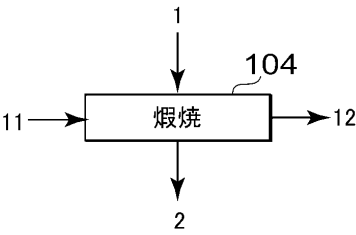
50



【図面】  
【図 1 A】  
FIG.1A

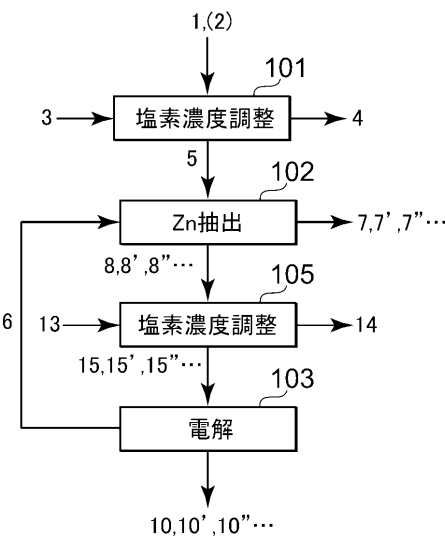


【図 1 B】  
FIG.1B

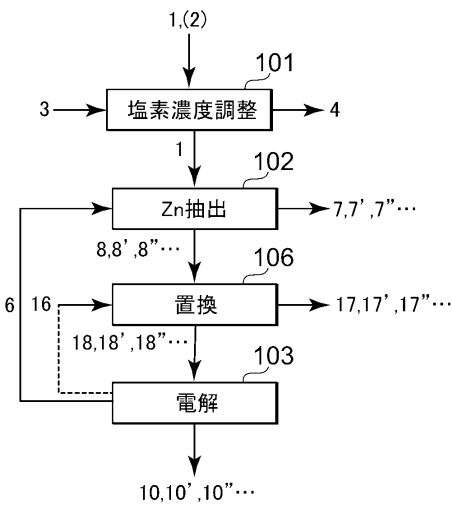


10

【図 2】  
FIG.2



【図 3 A】  
FIG.3A



20

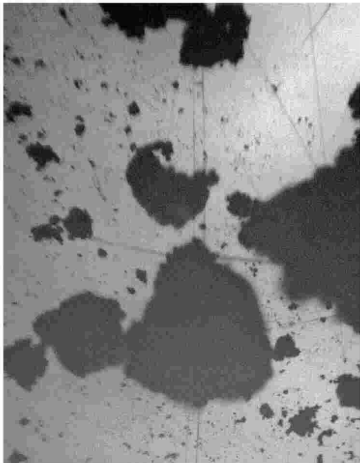
30

40

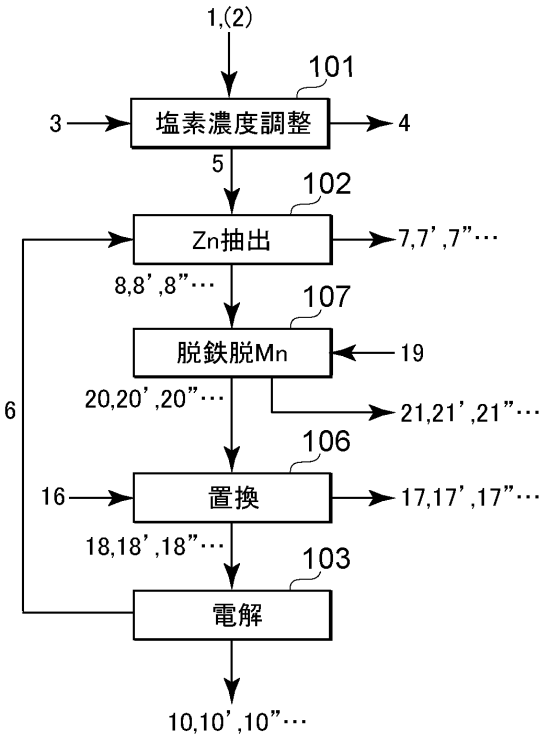
50



【図 3 B】  
FIG.3B



【図 4】  
FIG.4



【図 5】  
FIG.5

表1

	電炉ダスト (w%) 符号1	亜鉛抽出液 (mg/l) 符号8	残渣 (w%) 符号7	亜鉛 (g) 符号10	電解尾液 (mg/l) 符号6
Na	ND	82758	<0.1	—	—
Mg	0.544	<0.1	0.051	—	—
Al	0.180	51	0.3	—	—
K	0.883	628	<0.6	—	—
Ca	16.985	17	<0.001	—	—
Cr	0.152	88	0.08	—	—
Mn	1.081	<0.5	1.7	—	—
Fe	13.327	6	22	—	—
Ni	0.014	<1	0.02	—	—
Cu	0.214	25	0.1	—	—
Cd	0.115	<1	0.05	—	—
Sn	ND	<15	<0.5	—	—
Pb	0.096	68	0.6	—	—
Zn	30.500	19961	6.9	8.7	8850
Cl	—	480	—	—	—

【図 6】  
FIG.6

表2

	電炉ダスト (w%) 符号1	亜鉛抽出液 (mg/l) 符号8	残渣 (w%) 符号7	塩素濃度調整後 抽出液 (mg/l) 符号15	亜鉛 (g) 符号10	電解尾液 (mg/l) 符号6
Na	ND	87240	<0.1	—	—	—
Mg	0.544	<0.1	0.051	—	—	—
Al	0.180	63	0.3	—	—	—
K	0.883	725	<0.6	—	—	—
Ca	16.985	20	<0.001	—	—	—
Cr	0.152	102	0.08	—	—	—
Mn	1.081	<0.5	1.7	—	—	—
Fe	13.327	6	22	—	—	—
Ni	0.014	<1	0.02	—	—	—
Cu	0.214	17	0.1	—	—	—
Cd	0.115	<1	0.05	—	—	—
Sn	ND	<15	<0.5	—	—	—
Pb	0.096	68	0.6	—	—	—
Zn	30.500	25457	6.9	—	3.7	6717
Cl	—	1500	—	240	—	—

10

20

30

40

50



【 図 7 】

FIG.7

表3

	亜鉛抽出液 (mg/l) 符号8	残渣 (w%) 符号7	置換後抽出液1 (mg/l) 符号18	亜鉛粉末 (w%) 符号10	電解尾液 (mg/l) 符号6	置換後抽出液2 (mg/l) 符号18'
Na	119000	7.2	117612	<5	117750	—
Mg	<0.1	6.0	<1	<0.01	<1	—
Al	113	0.7	13	<0.1	13.0	—
K	<400	<0.5	<300	8	<300	—
Ca	20	1.2	21	0.08	24	—
Cr	1	<0.001	<1	0.02	<1	—
Mn	0	0.2	<1	<0.01	<1	—
Fe	2	0.2	<5	<0.1	<5	—
Ni	<2	1.1	<5	<0.1	<5	—
Cu	246	0.4	<5	<0.1	<5	—
Gd	0	2.0	<1	<0.01	<1	—
Sn	12	0.1	<10	<1	<10	—
Pb	545	0.01	<5	<0.1	<5	—
Zn	29518	2.0	29943	92	18402	—
Cl	—	—	2000	—	—	250

【 図 8 】

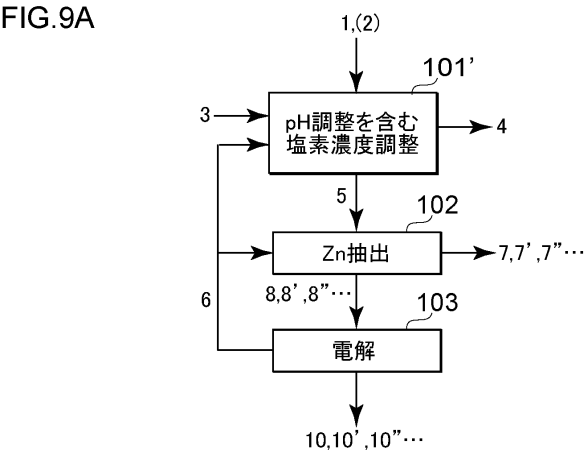
FIG.8

表4

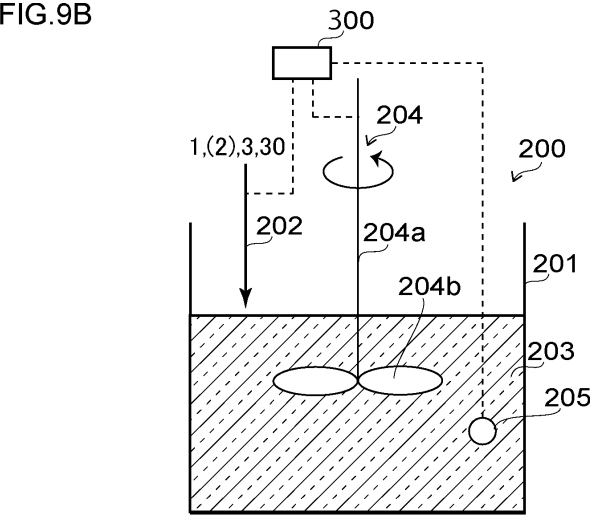
	2次ダスト (w%) 符号2	亜鉛抽出液 (mg/l) 符号5	残渣 (w%) 符号7	脱鉄脱Mn後 (mg/l) 符号20	置換後抽出液 (mg/l) 符号18	亜鉛 (w%) 符号10	電解尾液 (mg/l) 符号6
Na	0.22	108421	7.5	—	100857	<5	—
Mg	2.29	29	4.58	—	<0.1	<0.01	<1
Al	0.32	375	0.6	—	24	<0.1	<5
K	<0.0875	1800	2.00	—	<120	8	<400
Ca	1.55	203	2.82	—	2	0.08	22
Cr	<0.0005	2	0.004	<0.5	<0.5	0.02	<1
Mn	0.59	20	1.08	<1	<1	<0.01	<1
Fe	0.13	80	0.17	<2	<2	<0.1	<5
Ni	0.51	150	0.92	144	<2	<0.1	<5
Cu	0.77	854	0.3	792	<4	<0.1	<5
Cd	0.03	10	0.07	10	<1	<0.01	<1
Sn	<0.0088	18	0.01	18	<10	<1	<15
Pb	0.14	3406	0.13	3175	<2	<0.1	<5
Zn	29.05	43531	3.7	—	51514	92	6136
Cl	4.91	8180	0.006	—	9400	—	—

10

【 図 9 A 】



【 図 9 B 】



20

30

40

50



フロントページの続き

(51)国際特許分類	F I			
C 2 2 B	3/20 (2006.01)	C 2 2 B	3/20	
C 2 5 C	1/16 (2006.01)	C 2 5 C	1/16	A
C 2 5 C	7/06 (2006.01)	C 2 5 C	7/06	3 0 1 A

審査官 池田 安希子

(56)参考文献	中国特許出願公開第 1 0 7 4 1 9 1 1 1 ( C N , A )			
	国際公開第 2 0 1 5 / 0 1 6 0 8 6 ( W O , A 1 )			
	特表昭 5 7 - 5 0 1 3 8 4 ( J P , A )			
	特公昭 5 1 - 0 1 7 1 4 3 ( J P , B 2 )			
	特開平 1 0 - 1 0 9 0 7 7 ( J P , A )			
	特開昭 5 1 - 0 3 3 7 9 8 ( J P , A )			
	特開 2 0 1 9 - 1 1 9 8 9 5 ( J P , A )			
	特許第 3 8 0 2 0 4 6 ( J P , B 1 )			
	韓国公開特許第 2 0 1 6 - 0 0 2 5 5 4 2 ( K R , A )			
(58)調査した分野	(Int.Cl. , D B 名)			
	C 2 2 B	1 / 0 0 - 6 1 / 0 0		
	C 2 5 C	1 / 0 0 - 7 / 0 8		