# 明細書

## 重金属を含む廃棄物の処理方法および処理装置

### 技術分野

本発明は、重金属を含む廃棄物の処理方法および処理装置に関し、特に、種々の廃棄物に含まれる重金属を、乾式法によって安定化し、無害でかつ有用なフェライト材料を製造する方法および装置に関する。

### 背景技術

清掃工場またはゴミ焼却場等において発生する焼却灰（ボトムアッシュおよびフライアッシュ）中には、たとえばＣｄ、Ｐｂ、Ｃｒ、Ｍｎ、Ｚｎ、Ｃｕなどの各種重金属が含まれることがある。それらの水に対する溶出量を環境基準以下に抑えるために、焼却灰中の重金属を安定化処理する必要がある。

この安定化処理のため、種々の方法が開発されているが、最近新たに、フライアッシュ（飛灰）に鉄系原料（酸化鉄粉、鉄粉など）を混合し、８００～１１００℃程度で加熱する簡単な方法が開発されている（小島および柳沢，金属，１９９４年３月号，ｐ１１－１７）。この方法は、飛灰に酸化鉄を混合し、８００～１１００℃程度に加熱して固体間反応を起こし、フェライトを生成させる乾式のフェライト化法である。この乾式のフェライト化法は、飛灰を所定のｐＨの液中に分散して安定化する湿式法（特公平２－２１３１１号公報および特公平６－２２７５号公報）、飛灰

をコンクリート中に固化させる方法（特公昭５３－２７７００号公報）および飛灰のスラリーに焼結助剤や粘土等を混合して焼結固化する方法（特公昭５６－５０６３３号公報）に比べて、取扱い操作が単純であり、清掃工場のゴミ燃焼エネルギを利用することもでき、安価な原料を用いてフェライト（磁性材料）としてのリサイクルができるなどの利点を備える。

一方、この従来方法では、フェライト化のため、少なくとも８００℃程度の温度が必要であり、処理のため比較的高いエネルギが必要となる。できれば、より低いエネルギによってフェライト化を行なうことが望まれる。

さらに、重金属を含む他の材料、たとえば、めっきスラッジ、古タイヤ廃棄物、土壌、乾電池からの廃棄物などについても、安定化処理によって環境を汚染することのない安全な材料に転換することが望まれている。

発明の開示

本発明の目的は、廃棄物の処理に関し、上述した従来の乾式フェライト化法を改良し、たとえば以下のような特徴を備える方法を提供することである。

（ａ）　より低温、短時間の熱処理で廃棄物の無害化処理ができる。

（ｂ）　より少ない酸化鉄の添加量でフェライト化を行なうことができる。

（ｃ）　より強い磁気強度のフェライトを生成できる。

本発明のさらなる目的は、このような方法を効果的に実施するための装置を提供することにある。

本発明に従う重金属を含む廃棄物の処理方法は、廃棄物と、酸化鉄および酸素の存在下で加熱により酸化鉄を生成する材料からなる群から選択される鉄系材料との混合物を、還元剤の存在下で、乾式法において加熱することにより、フェライトを生成させる工程を備えることを特徴とする。

本発明の最も重要な特徴は、乾式法においてフェライトを生成するに当たり、還元剤を用いることである。還元剤として、たとえば、炭素、一酸化炭素、水素などを用いることができる。炭素は、本発明においてより好ましい還元剤である。

用語「乾式法」は、「湿式法」に対立するものである。乾式法では、実質的に乾燥した状態において、雰囲気に晒された固体材料が処理される。一方湿式法では、処理すべき材料は液体中に存在する。

本発明に従う重金属を含む廃棄物の処理装置は、耐火物からなる内壁を有する反応炉と、反応炉内に所定量の廃棄物、鉄系材料および還元剤を供給するための手段と、反応炉内に供給される材料を混合および攪拌するための手段と、反応炉内に供給される材料を加熱するための手段とを備え、反応炉内に供給された材料を攪拌しつつ加熱することにより、フェライトを生成させることを特徴とする。

図面の簡単な説明

図１は、本発明に従う装置の１具体例についてそのシステムを示す模式図である。

図２は、図１の装置に用いられる反応炉の具体例について、その断面および付属装置を示す模式図である。

図３は、図１の装置に用いられる原料供給装置の具体例を模式的に示す断面図である。

図４は、図３の装置を上から見たようすを模式的に示す平面図である。

図５は、図２の反応炉を横から見た断面およびフェライト材料の回収装置を示す模式図である。

図６は、図１の装置に用いられる揮発性金属回収装置および集塵機の具体例を説明するための模式図である。

図７は、図１の装置に用いられる輻射加熱器の１具体例を示す斜視図である。

図８は、図１の装置に用いられる輻射加熱器のもう１つの具体例を示す斜視図である。

図９は、回転炉を用いた本発明に従う装置の１具体例を示す模式図である。

図１０は、コンベアを用いた本発明に従う装置の１具体例を示す模式図である。

図１１は、図１０に示す装置の断面を模式的に示す図である。

図１２、焼却灰および酸化鉄の混合物または焼却灰、酸化鉄および炭の混合物を種々の温度で熱処理して得られた

試料について、磁性試験の結果を示す図である。

図１３は、炭の添加量を変えて得られた試料について磁性試験を行なった結果を示す図である。

図１４は、酸化鉄の添加量を変えて得られた試料について磁性試験を行なった結果を示す図である。

発明を実施するための好ましい形態

本発明の方法は、焼却灰、めっきスラッジ、古タイヤ廃棄物、乾電池廃棄物等の重金属を含む種々の廃棄物、ならびに重金属を含む土壌の処理に適用することができる。

本発明では、最終的に、廃棄物に含まれる重金属と、酸化鉄とを反応させてフェライトを生成させる。フェライトは、一般的に$MFe_2O_4$または$MO \cdot Fe_2O_3$（M：金属原子）として表わすことができ、スピネル構造を有する。フェライトにおいて、重金属原子は、結晶格子中に組込まれ、水に対して難溶性となり、安定化されている。またフェライトは、酸化鉄系のフェリ磁性体であるので、磁性を有する。したがって、本発明において、加熱によりフェライトを生成させるべき混合物中には、廃棄物に含まれる重金属とともに、酸化鉄または酸素の存在下で加熱により酸化鉄を生成する材料が含まれる。加熱により酸化鉄を生成する材料には、たとえば、鉄（Ｆｅ）、硫化鉄などの鉄化合物、および硫酸鉄などの鉄塩が含まれる。一方、廃棄物中に含まれる重金属の少なくとも一部は、酸化物として存在する。特に焼却灰に含まれる重金属酸化物の量は顕

著である。このような重金属酸化物からフェライトを生成させるプロセスにおいて、酸化物は、以下に示す脱酸の工程を経る必要があると考えられる。これらの脱酸反応工程には、多量のエネルギが必要であり、そのため反応に必要な温度も高くなる。

（脱酸Ⅰ）

$2MO \rightarrow 2M + O_2$

$MO_2 \rightarrow M + O_2$

$2M_2O_3 \rightarrow 4M + 3O_2$

（M：Pb、Cr、Cdなどの重金属）

本発明の方法が従来の方法と顕著に異なる点は、フェライト生成のため酸化鉄のほかに還元剤を用いることである。たとえば、還元剤は、炭素、一酸化炭素および水素からなる群から選択することができる。炭素は、取扱いやすく、より好ましい還元剤である。たとえば、還元剤として炭素を用いた場合、次に示すような一連の反応を起こすことができる。

（脱酸Ⅱ）

$2C + O_2 \rightarrow 2CO$

$MO + CO \rightarrow M + CO_2$

$MO_2 + 2CO \rightarrow M + 2CO_2$

$M_2O_3 + 3CO \rightarrow 2M + 3CO_2$

まず炭素が酸素と反応してより強力な還元剤である一酸化炭素が生成される。次いで、一酸化炭素が重金属酸化物

と反応し、重金属酸化物は還元反応すなわち脱酸反応を受ける。このような反応過程による脱酸Ⅱは、上述した還元剤を用いない脱酸Ⅰよりも少量のエネルギで進行する。したがって、酸化鉄等の鉄系材料のみを廃棄物に添加した従来法に比べて、鉄系材料のほかに還元剤を用いた本発明では、フェライト生成に必要な熱エネルギが低減される。以下の例で示すように、フェライト化に必要な温度は、本発明では従来法よりも低い。熱処理に必要なエネルギの低減は、処理のコストダウンに繋がる。

また、本発明では、以下の例に示すように、同じ酸化鉄の添加量で、従来よりも磁気強度の強いフェライトを生成させることができ、したがって、従来よりも少ない酸化鉄を用いて十分な磁気強度のフェライトを生成させることができる。これも、炭素等の還元剤を用いるからである。

さらに、本発明では、還元剤により、フェライト生成工程中に3価のクロムが水に溶出しやすい6価のクロムに変換されることを抑制することができる。

本発明の方法において、フェライトを生成させるための混合物は、たとえば、１００重量部の廃棄物に対して、１～２００重量部、好ましくは１～５０重量部の鉄系材料および１～５０重量部、好ましくは１～２５重量部の還元剤を含むことができる。しかし、これらの含有量は限定されるものではなく、廃棄物の種類および組成に応じて適宜変えられるべきである。必要に応じて、適当な量の鉄系材料

および還元剤を廃棄物に添加することができる。

鉄系材料として、FeO、$Fe_2O_3$、$Fe_3O_4$等の酸化鉄のほか、製鉄スラグ、鉄屑、鉄粉などの鉄を主成分とする材料を用いることができる。鉄を主成分とする材料は、たとえば大気中での酸化により酸化鉄をもたらすことができる。製鉄スラグや鉄屑等の産業廃棄物は、安価であり、処理コストを抑える点で好ましい。さらに、鉄系材料として、FeS等の鉄化合物、および$FeSO_4$等の鉄塩を用いることもできる。

還元剤には、炭素、一酸化炭素、水素等を用いることができる。炭素は、取扱いやすく，安価であり、入手しやすいため、より好ましい還元剤である。

本発明において、廃棄物、鉄系材料および還元剤は、フェライト生成のため、４００～１０００℃、好ましくは５００～８００℃の温度で熱処理することができる。還元剤を添加しない従来法では、８００℃より低い温度で十分な磁気強度を有するフェライトを得ることは困難であった。一方、本発明では、５００～８００℃の熱処理で、より強い磁気強度のフェライトを得ることができる。還元剤の添加により、フェライト化装置をより低温で運転することができ、処理に必要なエネルギは従来に比べて節約される。熱処理に必要な時間は、たとえば１～６０分間、好ましくは５～３０分間である。

熱処理は、たとえば、流動式焼成炉や回転式焼成炉にお

いて行なうことができる。廃棄物処理装置は、たとえば、廃棄物受入ホッパー、鉄系原料供給装置、還元剤供給装置、加熱炉、および必要に応じて攪拌装置を備えることができる。焼成において、廃棄物と添加材料が十分に接触するよう、混合物の攪拌を行なうことが好ましい。熱処理は、酸化性、還元性、不活性のいずれの雰囲気でも行なうことができるが、還元性の雰囲気で行なうことがより好ましい。還元性雰囲気は、添加される還元剤によってもたらすことができる。加熱炉を密閉した場合または加熱炉に入る空気の流通を制限した場合、加熱炉内に供給される混合物の熱処理により、加熱炉内の雰囲気の酸素量は大気より低減される。このように、酸素量が大気より低減された雰囲気内、たとえば減圧雰囲気内で熱処理を行なうこともより好ましい。このように酸素量が低減された雰囲気下において、還元剤により還元性の雰囲気がもたらされる。一方、酸化鉄以外の鉄系材料を用いる場合、酸素を十分含む雰囲気下で加熱することが望ましい。しかし、酸素を多量に含む酸化性雰囲気では、還元剤が多量に消費され不経済となる場合がある。

以下、本発明をより詳細に説明するため、特定の廃棄物の処理について説明を行なうが、本発明はこれらの処理に特に限定されるものではない。

［焼却灰の処理］

本発明に従う焼却灰の処理方法は、焼却灰に鉄系材料お

よび還元剤を添加かつ混合する工程と、得られた混合物を熱処理することによりフェライトを生成させる工程とを備える。この方法において、酸化鉄等の鉄系材料は、焼却灰１００重量部に対し、たとえば１～５０重量部、好ましくは５～４０重量部、より好ましくは１０～３０重量部添加することができる。鉄系材料として、ＦｅＯ、$Fe_2O_3$、$Fe_3O_4$などの酸化鉄、製鉄スラグ、鉄屑、鉄粉などを用いることができる。製鉄スラグ、鉄屑、鉄粉などの鉄を主成分とする材料は、たとえば大気中での酸化により酸化鉄をもたらすことができる。製鉄スラグや鉄屑等の産業廃棄物は、安価であり、処理コストを抑える点で好ましい。鉄系材料は、焼却灰とより密に接触することが望ましいため、細かい粒子のものがより好ましい。還元剤としては、たとえば、炭素、一酸化炭素、水素などを用いることができる。たとえば炭素は、焼却灰１００重量部に対し、たとえば１～２５重量部、好ましくは２～２５重量部添加することができる。焼却灰１００重量部に対して炭素を約２５重量部添加すると、その効果はほぼ飽和に達する。このため、処理の経済性を考えれば、添加量は２５重量部までが好ましい。炭素源として、炭素自体のほか、廃木材、間伐材、流木材、農産物残渣、食品残渣、植物残渣などの廃棄物を炭化して得られる炭を好ましく用いることができる。また、炭素源として、熱処理等により容易に炭になり得る材料も用いることができる。産業廃棄物の炭化材料は、安

価に得られ、処理コストを抑える点で好ましい。これらの炭素源は、焼却灰とより密に接触することが望ましいため、細かい粒子のものまたは細かく粉砕されたものがより好ましい。炭素は、上述したとおりフェライト化に必要な熱処理温度を下げ、より低いエネルギでの重金属の安定化を可能にする。また炭素の添加により、フェライト化のため必要な酸化鉄の量を低減できる。なお、焼却灰中には、不完全燃焼物として炭が含まれることがあるが、この炭だけでは本発明の効果を十分得ることはできない。より低い温度でのフェライト化を可能にするため、適当量の炭素の添加が望ましい。

本発明により処理される焼却灰には、清掃工場において焼却炉底部から回収されるボトムアッシュおよび電気集塵機等で集められるフライアッシュ（飛灰）が含まれる。特に本発明は、廃棄物の処理および清掃に関する法律により日本国内においてその無害安定化が義務付けられるフライアッシュの処理に適している。

焼却灰、鉄系材料および炭素等の還元剤の混合物は、フェライト生成のため４００～１０００℃、好ましくは５００～８００℃の温度で熱処理される。還元剤を添加しない従来法では、８００℃より低い温度で十分な磁気強度を有するフェライトを得ることは困難であった。一方、本発明では、５００～８００℃の熱処理で、より強い磁気強度のフェライトを得ることができる。還元剤の添加により、フ

ェライト化装置をより低温で運転することができ、処理に必要なエネルギは従来に比べて節約される。熱処理に必要な時間は、たとえば1～60分間、好ましくは5～30分間である。

熱処理は、たとえば流動式焼成炉や回転式焼成炉において行なうことができる。焼却灰無害化装置は、たとえば、焼却灰受入ホッパー、鉄系原料供給装置、還元剤供給装置および加熱炉、ならびに必要に応じて攪拌装置を備えることができる。焼成において、焼却灰と添加材料が十分に接触するよう、混合物の攪拌を行なうことが好ましい。熱処理は、酸化性、還元性、不活性のいずれの雰囲気下でも行なうことができるが、還元性雰囲気下で行なうことがより好ましい。還元性雰囲気は、添加される還元剤によってもたらすことができる。特に、加熱炉を密閉した場合または加熱炉への空気の流通が制限される場合、混合物の熱処理により、加熱炉内の雰囲気の酸素量は、大気より低減される。このように、酸素が大気より低減された雰囲気内、たとえば減圧雰囲気内で熱処理を行なうこともより好ましい。酸素が大気より低減された雰囲気下において、還元剤により還元性雰囲気がもたらされる。一方、酸化鉄以外の鉄系材料を用いる場合、酸化鉄の生成のため酸素を含む雰囲気が用いられる。ただし、酸素を多量に含む酸化性雰囲気では、還元剤が多量に消費され不経済である場合がある。

［重金属を含む土壌の処理］

本発明は、特に、Ｐｂ、Ｃｄ、Ｈｇ、Ｃｕ、Ｎｉ、Ｚｎ、Ｍｎ、Ｃｒなどの重金属で汚染された土壌を浄化するために適用することができる。本発明に従う土壌処理方法は、重金属で汚染された土壌を、鉄系材料および還元剤とともに熱処理してフェライトを生成させる工程を備える。この工程により、重金属について不溶化がなされ、環境に対して有害な金属を放出することのない土壌が生成される。さらに、熱処理によって、土壌中に含まれる有害な有機化合物を分解することができる。土壌は、本発明のプロセスにそのまま供することができるが、たとえば、土壌が固まっていたり、泥状になっている場合には、前処理として粉砕工程または乾燥工程を入れたほうがよい。また、石や木片などが土壌に混入している場合、前処理においてこれらをふるい分けしたほうが好ましい。

土壌に混合する酸化鉄等の鉄系材料は、土壌１００重量部に対し、たとえば１～５０重量部、好ましくは５～４０重量部、より好ましくは１０～３０重量部添加することができる。鉄系原料として、酸化鉄、製鉄スラグ、鉄屑、鉄粉などを好ましく用いることができる。鉄を主成分とする材料は、たとえば大気中での酸化により酸化鉄をもたすことができる。さらに鉄系材料として、鉄または酸化鉄を多く含む土壌を用いることもできる。還元剤には、炭素、水素または一酸化炭素等を用いることができる。特に炭素は安価で安全な材料であり、好ましい還元剤である。たとえ

ば炭素を還元剤として用いる場合、炭素は、土壌１００重量部に対し、たとえば１～５０重量部、好ましくは５～２５重量部添加することができる。炭素源として、廃木材、間伐材、流木材、農産物残渣、食品残渣、植物残渣などの廃棄物を炭化して得られる炭を好ましく用いることができる。また、炭素源として、熱処理等により容易に炭になり得る材料を用いることができる。産業廃棄物の炭化物は、安価に得られ、処理コストを抑える点で好ましい。炭素源は、土壌とより密に接触することが望ましいため、細かく粉砕されたものがより好ましい。炭素源は、鉄系材料とともに土壌に均一に混合することが望ましい。一方、水素または一酸化炭素等の気体を還元剤とする場合、これらの気体を熱処理における雰囲気中に混合すればよい。還元剤は、フェライト生成に必要な熱処理温度を下げ、より低いエネルギでの処理を可能にする。また還元剤の添加により、フェライト生成のために必要な鉄系材料の量を低減することができる。

熱処理の温度は、４００℃～１０００℃、好ましくは４００～８００℃とすることができる。還元剤を添加することで、４００℃～８００℃の熱処理により、より強い磁気強度のフェライトを土壌中にもたらすことができる。また、炭素等の還元剤を使用することにより、処理装置をより低温で運転することができ、処理に必要なエネルギは従来に比べて節約される。熱処理に必要な時間は、たとえば５～

６０分間である。

熱処理は、たとえば焼却灰と同様に流動式焼成炉や回転式焼成炉において行なうことができる。より具体的には、横置きした円筒状の焼成炉本体を緩やかに回転し、反応混合物を輸送しながら攪拌・混合し、反応させる回転式焼成炉（ロータリーキルン）を用いる方式にて連続的に行なうことができる。土壌処理装置は、たとえば、土壌受入ホッパー、鉄系原料供給装置、加熱炉、攪拌装置および還元剤供給装置を備えることができる。装置において、それぞれの供給装置から必要な材料を加熱炉内に供給し、攪拌を行ないながら熱処理が行なわれる。熱処理においては、土壌と添加材料が十分に接触するよう、混合物の攪拌を十分に行なうことが好ましい。熱処理は、酸化性、還元性、不活性のいずれの雰囲気下でも行なうことができるが、還元性雰囲気下で行なうことがより好ましい。加熱炉を密閉した場合または加熱炉への空気の流通を制限した場合、混合物の加熱により、加熱炉内の酸素量は大気より低減される。そして、加熱炉内には、還元剤により還元性雰囲気がもたらされる。上述したような設備を車両搭載型とすれば、所望の場所において適宜土壌の処理を行なうことができる。

本発明に従って土壌の処理を行なえば、より簡単な工程およびより少ない工程数で確実に土壌を無害なものにすることができる。また、熱処理によって、有害な有機化合物を分解することもできる。また、本発明に従う乾式のプロ

セスは、排水処理等の問題があまり生じない。また本発明では、連続的な処理を容易に行なうことができる。本発明に必要な設備も簡単なもので済み、その結果、車両搭載型の設備を容易に組立てることができる。

［古タイヤ廃棄物の処理］

産業廃棄物としての古タイヤは、たとえば次のようなプロセスにより処理することができる。古タイヤを細かく破砕し、必要に応じてタイヤに含まれるワイヤを除去する。得られた破砕物を熱分解装置において乾留する。乾留工程において、ガス、油およびタールが生成する一方、炭素質の残渣が残る。この残渣は、Ｚｎ等の重金属を含有する。この残渣の処理に本発明を適用する。残渣には、上述と同様に鉄系材料を添加する。一方、残渣は、還元剤となる炭素をかなり含有している。このため、還元剤は、添加する必要がないか、または必要に応じて足りない分を補給するだけでよいかもしれない。重金属を含む残渣、鉄系材料および還元剤を含む混合物を、上述したとおり熱処理し、フェライトを生成させる。

［めっきスラッジの処理］

重金属を含むめっきスラッジには、亜鉛めっきスラッジ、クロムめっきスラッジ、銅めっきスラッジなどがある。めっきスラッジと上述した他の廃棄物との違いは、めっきスラッジの大部分が特定の重金属で占められていることである。したがって、鉄系材料および還元剤の使用量は、上述

した廃棄物での使用量よりも多くなるかもしれない。めっきスラッジは、水分をかなり含むので、必要に応じて乾燥する。乾燥されためっきスラッジに、鉄系材料および還元剤を混合し、上述と同様に熱処理を行なってフェライトを生成させる。

［乾電池廃棄物の処理］

アルカリ電池、マンガン電池、Ｎｉ－Ｃｄ電池等の乾電池に含有される重金属も、環境汚染の要因となり得る。乾電池において、重金属は、電極、活物質および電解質に含まれる。乾電池を分解し、内容物を破砕して得られる粉状物を本発明に従って処理することができる。重金属を含む粉状物に鉄系材料および炭素等の還元剤を添加する。得られる混合物を上述と同様に熱処理しフェライトを生成させる。

本発明において、反応条件を変えることにより品質の異なるフェライトを生成させることもできる。たとえば、酸化鉄および炭をより多く廃棄物に添加して、磁性の強いフェライト材料を得ることができる。本発明に従い、たとえば、ハードフェライトまたはソフトフェライトに属するフェライト材料を適宜製造することができるであろう。ハードフェライトは、保磁力３００エルステッド以上、飽和磁化７０ｅｍｕ／ｇ以上のフェライト磁石で、磁気記憶材料の原料として用いることができるようなものである。ソフトフェライトは、保磁力１エルステッド程度、飽和磁化７

0 emu／g程度のフェライト磁石で、磁気ヘッド、電波吸収タイル等の原料として用いることができるようなものである。

本発明において製造されるフェライト材料は、焼結によりブロックまたはタイルに成形し、種々の用途に適用できる。フェライトの磁性を生かす用途として、電波吸収体がある。ビルの外壁にフェライトタイルを用いるか、またはフェライトを混合したコンクリートによりビルの外壁を構成することにより、ビルによる電波障害を防止することができる。また、フェライトを磁気誘導タイルに用いることができる。このタイルによって磁気誘導路を構成すれば、磁気検知による無人搬送、障害者の誘導等が可能になる。またこのような磁気誘導を、ゴルフ場のカートに応用することもできる。さらに、フェライトを融雪材として用いることができる。フェライトタイルを地面に貼ることによって、地面の温度を上昇させ、雪を溶かすことができる。さらにフェライトは汎用の磁石として用いることもできる。本発明において製造されるフェライトは、比較的軽量であり、安価である。本発明は、廃棄物の有効な再利用を実現する。

以下、本発明に従う処理装置の具体例について説明する。

図１は、処理装置のシステムの概略を示している。本発明に従う重要なプロセスは、反応炉１８において行なわれる。反応炉１８の内壁は、熱処理温度に耐えられるような

耐火物によって構成される。反応炉１８の底部には、撹拌－送り装置２２が設けられている。これにより、反応混合物は撹拌され、徐々に所定の場所に送られていく。反応炉１８の上部には、輻射加熱器２０が設けられる。加熱器２０は、輻射によって反応混合物を加熱する。反応炉１８には、原料供給ライン１６を介して処理物供給機１０、還元剤供給機１２および鉄系原料供給機１４からそれぞれ必要な材料が供給される。それぞれの原料は混合されて供給されてもよいし、反応炉１８の中で混合されてもよい。反応炉１８において生成されたフェライトは、所定の場所からフェライト材料回収装置２４を介して回収される。一方、反応炉１８は、必要に応じて揮発性金属回収装置２６に接続される。水銀等の融点の低い金属は、反応炉１８内で気化されるが、このような金属蒸気は装置２６を介して回収される。装置２６は必要に応じて集塵機２８に接続される。反応炉１８内の雰囲気は集塵機２８および装置２６を介してブロワー３０により吸引される。集塵機２８では、吸引された気体から粉塵が捕集される。Ｈｇ等の揮発性金属を含む廃棄物を処理する場合、反応炉は、排気口を有し、かつこの排気口から排出される気化金属を回収するための装置を備えることが好ましい。また、排気口から排出される粉塵を捕集するための装置をさらに備えることが望ましい。一方、揮発性金属を含まない廃棄物を処理する場合、反応炉の排気口、揮発性金属回収装置および集塵機を設けなく

てもよい。本発明の装置において、混合および攪拌のための手段は、反応炉内に、設けられる回転羽根攪拌機とすることができる。一方、後述するように反応炉を回転させることによって材料を攪拌することもできる。

以下に、図１に示す装置においてより詳細な具体例を示す。図２は、図１に示す反応炉１８のより詳細な構造を示している。反応炉１８内の側壁および床を含む内壁４０は、２層構造となっている。内壁４０は、反応混合物に直接接触する外断熱壁４２と、それを支える内断熱壁４４とからなる。外断熱壁４２の材質は、耐火キャスタブルである。耐火キャスタブルは、耐火性骨材に結合剤を加え、混合して作製される。結合剤としてアルミナセメント等が用いられる。内断熱壁４４は、アルミナーシリカ系の耐火物からなるボード、たとえばシリマナイトボードから形成される。なお、必要に応じ、これらの材料に代わって他の耐火物材料を用いることができる。反応炉１８の天井は、３層の耐熱材料から構成される。反応炉の雰囲気に直接接触する部分は耐火ボード４６からなり、その内側に耐火フェルト４８およびミネラルウール５０が順に設けられている。

反応炉１８の上部には、防爆弁５２および圧力センサ５４が設けられる。防爆弁５２は、圧力センサ５４と連動し、反応炉１８内が所定の圧力以上になれば開くようになっている。反応炉１８内の中央部には、反応炉の温度を測定するための熱電対６０が３本設けられている。反応炉１８の

底部には、攪拌－送り棒６２が設けられている。棒６２の一端は軸受７４で支持され、他端はモーター減速器６８に連結される。反応炉１８内で加熱された攪拌－送り棒６２の熱が軸受７４およびモータ減速器６８にそれぞれ伝わらないよう、冷却器７２および７０が設けられている。攪拌－送り棒６２は、羽根６４およびスクリュー６６を有する。羽根６４は、反応混合物を攪拌するためのものであり、スクリュー６６は反応混合物を所定の方向に送ることが主な目的である。攪拌－送り棒６２は、ステンレス製とすることができる。なお防蝕のため攪拌－送り棒６２において反応炉内の部分にセラミックスを溶射することが望ましい。スクリューは、正転および逆転の両方向に回転できてもよいし、正転の１方向に回転するものであってもよい。反応をバッチ式で行なう場合、スクリューは両方向に回転できることが望ましい。連続式でフェライトを生成する場合、１方向の回転でよい。

反応炉１８には、原料を供給するためのフィーダ３２が設けられている。フィーダ３２は、その中に原料を入れるためのシリンダ３４、原料を送るためのスクリュー３８およびスクリューを回転するためのモーター減速器３６を備える。図３および図４は、フィーダ３２に原料を供給するための装置を示している。図３は、断面図であり、図４は図３を上から見た平面図である。フィーダの原料導入口３５には、ホッパー７が取付けられている。ホッパー７には、

処理物供給容器１、鉄系材料供給容器３および還元剤供給容器５から、それぞれスクリューフィーダ２、４および６を介して原料が投入される。原料の投入量は、それぞれのフィーダに設けられるモーター減速器（図示せず）によって制御される。これらの供給装置から反応の進行に応じて所定量の原料がそれぞれ供給される。原料は図２に示すフィーダ３２を介して反応炉１８内に投入される。

投入された原料は攪拌－送り棒６２によって攪拌かつ混合される。混合物は、反応炉１８内に設けられるラジアントチューブヒータ５６によって加熱される。ヒータ５６は、反応炉１８の内壁４０によって支持されている。ヒータ５６の一端と壁４２との間には断熱材ウール５８が設けられている。ラジアントチューブヒータ５６は、輻射熱により混合物を加熱する。ヒータ５６の熱源は電熱器または燃焼炎とすることができる。これらの熱源を覆うチューブは、石英等から形成することができる。加熱された混合物は、スクリュー６６によって徐々にスクリューの長手方向に移動させられる。十分な反応時間の間移動しフェライトが生成した材料は排出口７５からフェライト回収装置７８に移動する。図５は、図２に示す反応炉１８の別の角度から見た断面およびフェライト回収装置７８を示している。図５を参照して、排出口７５を通過したフェライトを含む材料は、仕切り弁７６を通ってフィーダ８２に供給される。材料はフィーダ８２により移動され、さらにフィーダ８４に

よって貯留槽８８まで移動される。フィーダ８２および８４はそれぞれモーター減速器８０および８６によって駆動される。なお、これらのフィーダはフェライトを含む材料を都合のよい場所に移動させるためのものであるが、省略することができる。貯留槽８８に溜まったフェライト材料は、開閉弁９０を介して回収容器９２に移すことができる。このようなフィーダおよび貯留槽は、反応を連続的に行なって連続的にフェライト材料を生産する場合特に有用である。一方、バッチ方式でフェライト材料を生産する場合、このようなフィーダおよび貯留槽はなくともよい。また、反応炉１８内で生産されたフェライトを、排出口７５から直接回収容器に収容してもよい。

反応炉１８の天井部には排気口８０が形成されている。これは、反応中に発生する金属の蒸気、特に有害な水銀等の揮発性金属を回収するためのものである。図６は、気化した金属および粉塵を回収するための装置を示している。反応炉１８の排気口８０には排気管１５が接続され、排気管１５は揮発性金属回収装置としての冷却器１７に接続される。冷却器１７の上部にはシャワーノズル１９が設けられ、排気管１５からの揮発性金属を含む気体は水のシャワーに晒される。シャワーおよび気体はフィルタ２１でろ過される。シャワーによって冷却され、かつ水中に移行した揮発性金属は排水口２３から回収される。フィルタ２１は気体に含まれる粗い塵を捕集する。フィルタ２１によって

ろ過された気体は排気管２５を通って集塵機２８に送られる。気体は集塵フィルタ２９を介してブロワー３０により吸引される。これにより、ブロワー３０から清浄な空気が放出される。一方、集塵フィルタ２９によって集められた粉塵は、排出口２７より回収することができる。このような回収装置のため、反応炉１８内の雰囲気はブロワー３０によって緩やかに吸引されている。一方、反応炉１８内への空気の流通は制限されており、原料導入口３５、排出口７５および排気口８０の他の部分は、実質的に密閉した構造になっている。したがって、実質的にすべての揮発性金属が排気口８０から回収されるとともに、反応炉１８内への空気の供給、すなわち酸素の供給は制限される。

図２に示す装置において、加熱手段には図５に示すように３本のラジアントチューブヒータを用いた。ここで用いられるチューブヒータは、図７に示すような円筒形のチューブを有するものである。しかしながら、ヒータの形状はこれに限定されることなく、たとえば図８に示すようなU字管を有するヒータを用いることもできる。ラジアントチューブヒータの熱源には、電熱線または燃焼炎を用いることができる。燃焼炎を用いるものは、たとえばラジアントバーナーヒータと呼ばれる。これらの輻射加熱器は、炉内の雰囲気を熱源によって変化させることがない。このため、反応中、所望の雰囲気を維持できる。エネルギ効率の点からも、輻射による加熱はより好ましい。さらに、所定の位

置に輻射加熱器を必要な数だけ設ければ、材料を均一に加熱することができる。以上の点から、輻射加熱器はより好ましい加熱手段である。なお、図２および図５に示す装置では、ヒータを３本用いているが、反応炉の形状および大きさに応じて、種々の形状のヒータを任意の数設けることができる。

上述した装置において、材料を供給または搬送するための手段として、フィーダを用いているが、これに限定されることはない。たとえば、コンベア、および他の通常の手段を材料の供給または搬送に用いることができる。また、揮発性金属回収装置および集塵機は、有害な揮発性金属を含まない廃棄物を処理する場合、省略してもよい。以下に、本発明に従う装置のさらなる具体例について説明する。

図９は、本発明の装置のもう１つの具体例を示している。図９に示す装置は、回転式の反応炉を有する。反応炉１００において、中央部には回転筒１０２が設けられる。回転筒１０２と反応炉１００の外壁との間はシール材１０５、１０６、１０７および１０８によって封止される。筒１０２の内壁には、攪拌板１０１および螺旋状のブレード１０３が形成される。板１０１は反応混合物を攪拌するためのもので、ブレード１０３は、筒１０２の回転に従って反応混合物を所定の方向に徐々に送るためのものである。円筒形の筒１０２は、ローラ１０４によって回転される。回転筒１０２内には、フィーダ１１２から原料が供給される。

反応炉１００内にはラジアントチューブヒータ１１０および１１１が設けられ、これらによって筒１０２内に供給された原料は加熱される。回転筒１０２の回転に従ってフェライトが生成された材料は反応炉１００の一端に送られ、フィーダ１１４から回収される。このような装置において、必要に応じ、上述したような防爆弁、揮発性金属回収装置、集塵機などを所定の部分に取付けることができる。この図に示した装置では、加熱手段としてラジアントチューブヒータを用いているが、回転筒自体を燃焼炎によって直接加熱する方式としてもよい。

図１０および図１１は、本発明に従うさらなる装置の具体例を示す。この装置は、コンベアによって原料を反応炉の一端から他端に運び、その間に原料からフェライトを生成させるものである。反応室１２０内には、複数本のラジアントチューブヒータ１２２が設けられる。原料はコンベア１２４に載せられ、反応室１２０の一端から他端に移動される。この移動中において加熱により反応が進み、フェライト材料が生成する。フェライト材料は反応室１２０の他端から回収される。この装置において、セラミックが溶射されたチェーンをコンベアに用いることができる。また必要に応じて、上述した揮発性金属回収装置および集塵機を所定の場所に設けてもよい。

以上に示してきた装置において、焼却灰、めっきスラッジ、土壌、タイヤ廃棄物および乾電池廃棄物などの種々の

廃棄物を処理することができる。上述した装置において、廃棄物、鉄系材料および還元剤を反応炉に供給し、上述した条件下において反応を進めることにより、有用なフェライト材料を生産することができる。これらの装置は、定置式として大量の廃棄物を処理するための装置として用いることができる。一方、これらの装置の構造は比較的簡単であり、小型の装置を容易に作製することができる。小型の装置を車両に搭載すれば、任意の場所において廃棄物の処理が可能になる。

以下に、本発明に従う方法の有効性を証明する例を示す。

例

例1

ゴミ焼却灰である飛灰に、酸化鉄および炭を所定量添加し、乳鉢中で十分に混合した。酸化鉄は、９８％以上の純度で$Fe_2O_3$を含む市販の試薬であった。炭は、コーヒー豆の殻を炭化して得られるものであった。混合物を磁器製の蓋付きるつぼにいれ、蓋をし、電気炉内で４００℃～１０００℃における所定の温度において１０分間熱処理した。次いで、炉内から取出し放冷した後、加熱焼成物について磁性試験および溶出試験を行なった。一方、比較として、炭を添加せず、飛灰と酸化鉄のみの混合物についても電気炉内で同様に熱処理し磁性試験および溶出試験を行なった。

磁性試験では、焼成物の上に棒磁石を近づけ、付着した

焼成物の重量を測定し比較した。溶出試験は、産業廃棄物に含まれる金属等の検出方法（環境庁告示第１３号・改正平成４年７月３日同第４４号）に準じて行なった。すなわち、試料（単位グラム）と溶媒（純水に塩酸を加えて、水素イオン濃度指数が５．８以上６．３以下となるようにしたもの）（単位ミリリットル）とを重量体積比１０％の割合で混合し、かつ、その混合液が５００ミリリットル以上となるようにした。得られた混合液を、室温（約２０℃）、常圧（約１気圧）で振とう器を用いて６時間振とうし、溶媒による試料の抽出を行なった。振とうでは、振とう幅を４センチメートル以上５センチメートル以下に調整し、毎分約２００回で振とうを行なった。振とうの後、試料から溶媒に移行した重金属の量を測定した。

飛灰４ｇに対し、酸化鉄を０．５ｇまたは１．０ｇ、炭素を０．５ｇ添加したものをそれぞれ熱処理して得られた材料について、磁性試験の結果を図１２に示す。また、炭素を添加しなかった材料についての結果も合わせて図１２に示す。図１２において、横軸は熱処理温度、縦軸は熱処理の結果得られた試料について磁石への吸着重量（ｇ）を示している。図に示すとおり、炭を添加しなかった試料では、４００～８００℃の熱処理において磁性の強い材料は得られていない。一方、炭を０．５ｇ添加することによって、たとえば７００℃で添加しないものに比べて１０倍以上の磁気強度が得られている。また、炭を添加することに

よって、より低い温度で強い磁性を有するフェライトを生成することができた。たとえば、炭を添加して５００℃１０分間熱処理したときの磁気強度は、炭を添加せずに７００℃で１０分熱処理したときよりも高い。さらに、炭を添加することにより、少量の酸化鉄で磁性の強いフェライトを得ることができた。図１３は、飛灰４ｇ、酸化鉄０．５ｇまたは１ｇに対し、炭の添加量を変え、５００℃または７００℃で熱処理して得られる試料の磁性を示している。炭の添加量約１ｇまでは、磁気強度が増加し、炭１．０ｇ（飛灰の２５重量％）の添加により最も高い磁気強度が得られた。一方、１．０ｇ以上添加しても、より顕著に強い磁気強度を得ることはできなかった。図１４は、飛灰４ｇ、炭０ｇまたは１．５ｇに対し、酸化鉄の添加量を変えて５００℃または７００℃で熱処理を行なった試料の磁性を示している。

表１に示す４種類の試料について上述したとおりの溶出試験を行なった。溶出金属（Ｈｇ、Ｐｂ、Ｃｄ、ＣｒおよびＣｕ）の量は、ＩＣＰ分光分析装置により測定された。ＩＣＰは、誘導結合高周波プラズマ（Inductively Coupled Plasma）の省略形であり、いわゆる放電プラズマを発生させ、そこに溶液試料を導入し励起させて、スペクトル線を検出することにより、目的とする元素の分析を行なう方法である。溶出試験の結果を表２に示す。表から明らかなように、本発明に従って得られた試料（№４）において、

重金属は、フェライトの結晶格子中に固定され、安定化されていると考えられた。また、No. 3とNo. 4の比較から明らかなように、Crの安定化については炭が極めて有効に作用した。これは、炭を添加しない試料では、熱処理によって3価のCrが水に溶出しやすい6価のCrに変換される一方、炭の添加によってこの変換が抑制され、Crが効果的に安定化されたためと考えられた。

【表1】

分析した試料

| 試料 | 試料の説明 |
|---|---|
| No. 1 | 乾燥（150 ℃, 2時間）させた粉体燃料の焼却飛灰 |
| No. 2 | No. 1を脱炭（1000℃, 2時間）させた飛灰 |
| No. 3 | No. 2をフェライト化（酸化鉄25%, 800℃, 10 分）させた飛灰 |
| No. 4 | No. 2をフェライト化（酸化鉄25%, 炭25%, 800 ℃, 10 分間）させた飛灰 |

【表２】

ＩＣＰによる溶出試験結果　　単位：ｐｐｍ

| 試料 | Ｈｇ | Ｐｂ | Ｃｄ | Ｃｒ | Ｃｕ |
|---|---|---|---|---|---|
| No. 1 | ＜0.2 | ＜0.5 | 0.00 | 0.39 | 0.14 |
| No. 2 | ＜0.2 | ＜0.5 | 0.00 | 8.61 | 0.08 |
| No. 3 | ＜0.2 | ＜0.5 | 0.00 | 6.90 | 0.00 |
| No. 4 | ＜0.2 | ＜0.5 | 0.00 | 0.12 | 0.00 |
| 溶出基準 | ＜0.005 | ＜３ | ＜0.3 | ＜1.5 | － |

例２

有害な重金属を含有しない通常の土壌に、表３に示す重金属成分を配合し、人工土壌をまず調製した。調製した人工土壌に、酸化鉄の粉末および炭（粉末）を添加し、混合した後、磁器製るつぼに入れ蓋をし、所定の温度で所定の時間、熱処理を施した。酸化鉄としては上述した市販の試薬、炭としては上述したコーヒー豆の殻を炭化して得られた炭を用いた。各サンプルにおいて混合した人工土壌、酸化鉄および炭の配合割合と、熱処理温度および時間を表４に示す。熱処理後、放冷した人工土壌について、例１と同様の磁性試験を行なった。磁石に吸着した土壌成分の重量を合わせて表４に示す。本発明に従う処理により、フェライトが生成されたことがわかる。また、炭を添加することにより、低い温度でより多くのフェライトを生成できることがわかる。

【表３】

人工土壌の組成

| 成分 | 配合割合（重量%） |
|---|---|
| 土壌 | 87.48 |
| CdO | 0.11 |
| $PbO_2$ | 2.24 |
| ZnO | 3.60 |
| CuO | 1.54 |
| $Fe_2O_3$ | 4.27 |
| $MnO_2$ | 0.35 |
| $Ni_2O_3$ | 0.17 |
| $Cr_2O_3$ | 0.24 |

【表４】

| 試料 | 人工土壌 (g) | 酸化鉄 (g) | 炭 (g) | 熱処理温度 (℃) | 熱処理時間 (分) | 磁石へ吸着重量 (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| No. 1 | 4.0 | — | — | — | — | 0.15 |
| No. 2 | 4.0 | 0.50 | 0.25 | 600 | 30 | 4.10 |
| No. 3 | 4.0 | 0.25 | 0.25 | 600 | 30 | 3.73 |
| No. 4 | 4.0 | 0.25 | 0.50 | 600 | 30 | 4.06 |
| No. 5 | 4.0 | 0.50 | 0.25 | 800 | 30 | 4.26 |
| No. 6 | 4.0 | 0.25 | 0.50 | 800 | 30 | 3.85 |
| No. 7 | 4.0 | 0.50 | 0.25 | 600 | 15 | 4.30 |
| No. 8 | 4.0 | 0.25 | 0.50 | 600 | 15 | 4.04 |

産業上の利用の可能性

以上示してきたとおり、本発明は、焼却灰、めっきスラッジ、古タイヤ廃棄物、乾電池廃棄物などの重金属を含む廃棄物ならびにこれら廃棄物からの重金属を含有する土壌の処理に有用である。本発明は、廃棄物に含まれる重金属を、安定化し、無害な材料に変換するとともに、有用なフ

ェライト材料を製造することができる。本発明は、より簡便でかつ効果的な重金属を含む廃棄物の処理方法および処理装置を提供するものである。

以上、本発明について詳細に記載してきたが、これらの記載は例示であり、本発明を限定するものではない。本発明の思想および技術的範囲は、以下の請求の範囲のみによって限定されるべきである。

* C L M S *

請求の範囲

1．重金属を含む廃棄物を無害化のため処理する方法であって、

前記廃棄物と、酸化鉄および酸素の存在下で加熱により酸化鉄を生成する材料からなる群から選択される鉄系材料との混合物を、還元剤の存在下で、乾式法において加熱することにより、フェライトを生成させる工程を備えることを特徴とする、方法。

2．前記還元剤が、炭素、一酸化炭素および水素からなる群から選択されることを特徴とする、請求項1記載の方法。

3．前記還元剤が炭素であり、前記鉄系材料が酸化鉄であり、かつ前記廃棄物、炭素および酸化鉄を含む混合物を乾式法において加熱することにより前記フェライトを生成させることを特徴とする、請求項1記載の方法。

4．前記混合物が、１００重量部の前記廃棄物、１～５０重量部の酸化鉄および１～２５重量部の炭素を含むことを特徴とする、請求項3記載の方法。

5．前記廃棄物が焼却灰であることを特徴とする、請求項1～4のいずれか1項記載の方法。

6．前記廃棄物が重金属を含む土壌であることを特徴とする、請求項1～4のいずれか1項記載の方法。

7．前記廃棄物が、めっきスラッジであることを特徴とする、請求項1～4のいずれか1項記載の方法。

8．前記廃棄物が、乾電池に由来するものであることを特

徴とする、請求項１～４のいずれか１項記載の方法。

９．前記廃棄物が、古タイヤに由来するものであることを特徴とする、請求項１～４のいずれか１項記載の方法。

１０．前記加熱が、５００℃～８００℃の範囲の温度で行なわれることを特徴とする、請求項１～９のいずれか１項記載の方法。

１１．前記加熱が、還元性の雰囲気下で行なわれることを特徴とする、請求項１～１０のいずれか１項記載の方法。

１２．重金属を含む廃棄物を無害化のため処理する装置であって、

耐火物からなる内壁を有する反応炉と、

前記反応炉内に、所定量の前記廃棄物、鉄系材料および還元剤を供給するための手段と、

前記反応炉内に供給される材料を混合および攪拌するための手段と、

前記反応炉内に供給される材料を加熱するための手段とを備え、

前記反応炉内内において、供給される材料を攪拌しつつ加熱することにより、フェライトを生成させることを特徴とする、装置。

１３．前記加熱するための手段が、前記反応炉内に設けられた輻射加熱器であることを特徴とする、請求項１２記載の装置。

１４．前記輻射加熱器が、ラジアントチューブヒータであ



* C L M S *

ることを特徴とする、請求項１３記載の装置。

１５．前記反応炉が排気口をさらに有し、前記処理装置が、前記排気口から排出される気化された金属を回収するための装置をさらに備えることを特徴とする、請求項１２～１４のいずれか１項記載の装置。

１６．前記反応炉がさらに排気口を有し、かつ前記処理装置が、前記排気口から排出される粉塵を捕集するための装置をさらに備えることを特徴とする、請求項１２～１５のいずれか１項記載の装置。

１７．前記混合および攪拌のための手段が、前記反応炉内に設けられる回転羽根攪拌機であることを特徴とする、請求項１２～１６のいずれか１項記載の装置。

１８．前記反応炉が回転式であることを特徴とする、請求項１２～１７のいずれか１項記載の装置。

補正書の請求の範囲

［１９９５年１２月２７日（２７．１２．９５）国際事務局受理：出願当初の請求の範囲２，１０及び１１は取り下げられた；出願当初の請求の範囲１，３及び４は補正された；他の請求の範囲は変更なし。（３頁）］

１．（補正後）重金属を含む廃棄物を無害化のため処理する方法であって、

前記廃棄物と、酸化鉄および酸素の存在下で加熱により酸化鉄を生成する材料からなる群から選択される鉄系材料との混合物を、木炭、一酸化炭素および水素からなる群から選択される還元剤の存在下で、乾式法において５００℃～７００℃で加熱することにより、フェライトを生成させる工程を備えることを特徴とする、方法。

２．（削除）

３．（補正後）前記還元剤が木炭であり、前記鉄系材料が酸化鉄であり、かつ前記廃棄物、木炭および酸化鉄を含む混合物を乾式法において５００℃～７００℃で加熱することにより前記フェライトを生成させることを特徴とする、請求項１記載の方法。

４．（補正後）前記混合物が、１００重量部の前記廃棄物、１～５０重量部の酸化鉄および１～２５重量部の木炭を含むことを特徴とする、請求項３記載の方法。

５．前記廃棄物が焼却灰であることを特徴とする、請求項１～４のいずれか１項記載の方法。

６．前記廃棄物が重金属を含む土壌であることを特徴とする、請求項１～４のいずれか１項記載の方法。

７．前記廃棄物が、めっきスラッジであることを特徴とする、請求項１～４のいずれか１項記載の方法。



* C L M S *

8．前記廃棄物が、乾電池に由来するものであることを特徴とする、請求項１～４のいずれか１項記載の方法。

9．前記廃棄物が、古タイヤに由来するものであることを特徴とする、請求項１～４のいずれか１項記載の方法。

１０．（削除）

１１．（削除）

１２．重金属を含む廃棄物を無害化のため処理する装置であって、

耐火物からなる内壁を有する反応炉と、

前記反応炉内に、所定量の前記廃棄物、鉄系材料および還元剤を供給するための手段と、

前記反応炉内に供給される材料を混合および攪拌するための手段と、

前記反応炉内に供給される材料を加熱するための手段とを備え、

前記反応炉内内において、供給される材料を攪拌しつつ加熱することにより、フェライトを生成させることを特徴とする、装置。

１３．前記加熱するための手段が、前記反応炉内に設けられた輻射加熱器であることを特徴とする、請求項１２記載の装置。

１４．前記輻射加熱器が、ラジアントチューブヒータであることを特徴とする、請求項１３記載の装置。

１５．前記反応炉が排気口をさらに有し、前記処理装置が、



* C L M S *

補正された用紙(条約第19条)

前記排気口から排出される気化された金属を回収するための装置をさらに備えることを特徴とする、請求項１２～１４のいずれか１項記載の装置。

１６．前記反応炉がさらに排気口を有し、かつ前記処理装置が、前記排気口から排出される粉塵を捕集するための装置をさらに備えることを特徴とする、請求項１２～１５のいずれか１項記載の装置。

１７．前記混合および攪拌のための手段が、前記反応炉内に設けられる回転羽根攪拌機であることを特徴とする、請求項１２～１６のいずれか１項記載の装置。

１８．前記反応炉が回転式であることを特徴とする、請求項１２～１７のいずれか１項記載の装置。

条約１９条に基づく説明書

請求の範囲第１項は、還元剤として木炭、一酸化炭素、および水素からなる群から選択されるものを用いること、ならびに加熱温度が５００℃～７００℃であることを明確にした。

本発明に特に関連のある文献、ＪＰ、５３－１５４６４、Ｂ１は、還元剤として木炭、一酸化炭素および水素を開示しておらず、また、７００℃以下の温度では、効果的な処理ができないことを記載している。

本発明は、請求の範囲第１項記載の方法により、５００℃～７００℃というより低い温度で処理を行ない、処理に必要なエネルギを従来に比べて節約するものである。