# 中和共沉淀法形成铁氧体微晶

## 及其对重金属离子的并合

### 明 曾桓兴

赵滨

(中国科学技术大学材料科学与工程系,合肥, 230026)

Т

(安徽省食品科技中心)

#### 摘 要

本文对中和共沉淀法 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>生成过程中重金属离子并合程度及其影响因素进行了研究.在实验条件下,发现重金属离子在Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>晶格中的并合与其离子半径、电负性和外层电子分布等因素有关.并合程度为;Cu<sup>2+</sup>,Co<sup>2+</sup>,Fe<sup>2+</sup>>Mn<sup>2+</sup>,Zn<sup>2+</sup>>Ni<sup>2+</sup>,Cd<sup>2+</sup>.当Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>3+</sup>=0.5,pH=9.5±0.5时,对40mgCu<sup>2+</sup>,总铁量(Fe<sup>2+</sup>+Fe<sup>3+</sup>)2.5g为最小投料量,其并合率可达99.7%以上.相同条件下Co<sup>2+</sup>并合率大于99.7%,其它重金属离子由于本征待性影响,并合率各不相同.工艺条件适合于污水中Cu<sup>2+</sup>和Co<sup>2+</sup>的有效去除,对Mn<sup>2+</sup>,Zn<sup>2+</sup>的去除也有一定效果.从沉渣的XRD物相分析可知,重金属离子在Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>中的并合,是以尖晶石型结构取代式固溶体组成完成的.

关键词、中和共沉淀,重金属离子并合铁氧体,污水处理

近年来发展起来的铁氧体处理含重金属污水新工艺,用于实际废水处理取得了满意效果<sup>(1,2)</sup>.该工艺对重金属的去除程度取决于工艺条件的选择以及污染金属离子种 类、含量、化学环境等废水性质。为了寻找适于工业大规模废水处理的温和工艺条件,提高工艺效率,并为最终沉渣的综合利用提供理论依据,应对尖晶石型铁氧体沉渣的生成过程中各种重金属离子并合程度及其影响因素加以研究。本文即对铁氧体处理含重金属污水工艺中的中和共沉淀法Fe<sub>a</sub>O<sub>4</sub>微晶生成机制及其对重金属离子并合程度,以及温度、反应时间、离子特性、投料量及投料比等影响因素进行了探讨.

## 实验部分

1. 分析方法

用D/Max-yA转靶X射线衍射仪分析沉渣物相组成和粒度,用GBC902BC型原子 吸收分光光度仪测定水相离子浓度,用德国WTW522型pH计(配用522型 pH 复合电极)控制反应体系pH值。Fe<sup>2+</sup>和Fe<sup>3+</sup>溶液配成0.8mol/1,M<sup>2+</sup>(重金属离子,下同) 溶液配成4000ppm,上述溶液皆用相应A·R级硫酸盐配制,煮沸除氧蒸馏水稀释。

2. 实验步骤

在500ml圆底三颈烧瓶中依次加入定量Fe<sup>3+</sup>, M<sup>2+</sup>和Fe<sup>2+</sup>, 然后加入煮沸冷却蒸馏 水至400ml,于25℃搅拌均匀后立即用2mol/的lNaOH溶液调pH至9.5±0.5。搅拌反 应,用NaOH和H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>控制pH稳定。90min后停止反应,用布氏漏斗过滤,滤渣用蒸 **馏水洗涤,用原子吸收测定过滤液中重金属离子残留量。根据M<sup>2+</sup>加入量和残留量得 到** M<sup>2+</sup>并合率.滤渣经真空干燥后进行XRD物相分析.

## 结果与讨论

Fe<sub>s</sub>O<sub>4</sub>属尖晶石结构,有64个四面体(A位)和32个八面体(B位)间隙,其中Fe<sup>2+</sup> 和一半Fe<sup>3+</sup>占据了16个B位,另一半Fe<sup>3+</sup>占据8个A位。取代Fe<sup>2+</sup>或Fe<sup>3+</sup>而并合入Fe<sub>s</sub>O<sub>4</sub> 晶格中的重金属离子及并合量与其离子半径有密切关系,当离子半径适合于晶格间隙大 小时并合率则较大。一些重金属离子的离子半径大小列于表1.对二价重金属离子随离 子半径变化的并合情况进行了考察(Fe<sup>2+</sup>取25ml,Fe<sup>3+</sup>取50ml,M<sup>2+</sup>取10ml),结果 见图1.由图1可见在Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>等实验条件皆相同情况下,Cu<sup>2+</sup>和Co<sup>2+</sup>的并合率最大, 在99.7%以上。在该实验条件下受离子半径的影响,并合入Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>尖晶石晶格的重金 属 离子并合率大小顺序为:Cu<sup>2+</sup>,Co<sup>3+</sup>,Fe<sup>2+</sup>>Mn<sup>2+</sup>,Zn<sup>3+</sup>>Ni<sup>2+</sup>,Cd<sup>2+</sup>。由于Cu<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>与其它重金属离子相比,表现出较大的并合率,以下实验主要对Cu<sup>2+</sup>和Co<sup>2+</sup>在各 种实验条件下的并合率进行考察。

表 1 一些重金属离子的特性 Table 1 The characteristics of some heavy metal ions

离子种类	Ni²+	Zn²+	Cu²+	Co2+	Fe2+	Mn²+	Cd 2 +
外层电子分布	3323p•3d8	3s23p03d10	3s*3p*3d*	3523p03d7	3523p63d6	3823p03d8	45*4p*4d10
离子半径A[3]	0.68	0.69	0.72	0.82	0.83	0.91	1.03
电负性[4]	1,91	1 <b>.6</b> 5	2.0	1.38	1.83	1,55	1.69







图 2 并合率与Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>的关系 Fig. 2 The relationship of annexing ratio with Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>

并合率与Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>的变化关系见图2. (M<sup>2+</sup>取10ml, Fe<sup>3+</sup> 取 50ml, 变化 Fe<sup>2+</sup> 量),随着Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>的不断增大,即Fe<sup>2+</sup>浓度不断的增大,偏离Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>的化学计量值

(Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup> = 0.5) 越大, Cu<sup>2+</sup>的并合率变化不大,保持在99.0%以上。而Co<sup>2+</sup>的 并 合率却随Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>增大而不断下降。

当Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>和总铁量保持不变,随着金属离子含量不断 增大,即 M<sup>2+</sup>/(Fe<sup>2+</sup> + Fe<sup>3+</sup>)不断增大时,并合率与M<sup>2+</sup>/(Fe<sup>2+</sup> + Fe<sup>3+</sup>)的变化关系见 图 3. (取 Fe<sup>2+</sup>37.5 ml, Fe<sup>3+</sup>50ml,变化M<sup>2+</sup>量).由图3可见,Cu<sup>2+</sup>的并合率变化不大,在99.4%以上。 而Co<sup>2+</sup>的并合率随M<sup>2+</sup>/(Fe<sup>2+</sup> + Fe<sup>3+</sup>)变化较大,表现为初始的急剧下降→保持稳定 →上升→趋于饱和.并合率随M<sup>2+</sup>量增加而变化的现象,反映了M<sup>2+</sup>与Fe<sup>2+</sup>在尖晶石 相 成核与长大过程中并入晶格的相互竞争机制.

另外,在温和温度范围内(7-50℃),考察了Cu<sup>2+</sup>并合率的变化情况。由图4 (Fe<sup>2+</sup>取37.5ml, Fe<sup>3+</sup>取50ml, Cu<sup>2+</sup>取10ml)可见,在低温区,温度对Cu<sup>2+</sup>的并合 率影响不大,并合率皆大于99.5%。



图 3 并合率与M<sup>2+</sup>/(Fe<sup>2+</sup>+Fe<sup>3+</sup>)的关系
Fig. 3 The relationship of annexing ratio with M<sup>2+</sup>/(Fe<sup>2+</sup>+Fe<sup>3+</sup>)
随着总铁 (Fe<sup>2+</sup>+Fe<sup>3+</sup>) 投料量不断

增大,实验了Cu<sup>2+</sup>的并合率变化情况,见 图 5. (固定 Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup> = 0.5, Cu<sup>2+</sup>取 10ml).由图5可见,40mgCu<sup>2+</sup>,其最佳 并合率对应有一最小总铁投料量为2.5g, 小于此值则生成的Fe<sub>6</sub>O<sub>4</sub>量不足,不能充 分并合Cu<sup>2+</sup>而使水体中Cu<sup>2+</sup>的残留浓度 增大.

>

图6为各种重金属并合沉渣的 X 光 粉 末衍射图.由图可见,沉渣为 MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>和 Fe<sub>a</sub>O<sub>4</sub>的固溶体,皆属尖晶石立方结构. 表2列出了从X光衍射图得到的铁 氧 体 沉 渣的微晶晶格常数和粒度尺寸数据.由表 2可见,因重金属离子取代Fe<sup>2+</sup>进入Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>



45





图 5 并合率与总铁量的关系 Fig. 5 The relationship of annexing ratio with (Fe<sup>2+</sup>+Fe<sup>3+</sup>)

晶格而使沉渣晶格常数介于Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>和MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>之间。并含量越大,则晶格常数越接近MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>晶格常数。沉渣微晶尺寸介于133-151Å之间,属超微尺寸。



图 6 沉渣的XRD图



 凝 2 沉渣的晶格常数及粒度
 Table 2 The crystal lattice constant and particle size of sediment

并合重金	MFe2O₄晶格	沉渣晶格	粒径尺寸
属种类	常数(Å)[5]	常数(Å)	(A)
Mn <sup>2+</sup>	8.50	8.392	138.8
Fe <sup>2+</sup>	8.39	—	-
Co <sup>2</sup> +	8.38	8.383	150.5
Ni2+	8.34	8.364	151.5
Cu <sup>2</sup> +	8.24	8.387	143.0
Zn 2 +	8.4:	8.395	133.1
Cd 2 +	- ·	8.409	133.4

由表1可见, Cu<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> 离子半径较为接近.表3为氧 参 数 取 0.375 时Fe<sub>a</sub>O<sub>4</sub>不同晶格常数的A, B位最 大 可 容 纳理论半径<sup>(5)</sup>•由表3可见, Mn<sup>2+</sup>大大超过了 B位理论最大容纳离子半径, 同Cu<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>

Fe<sup>2+</sup>则接近或略大于理论半径,其中Cu<sup>2+</sup>与理论最大半径最为接近,这与Cu<sup>2+</sup>,Co<sup>3+</sup>的并合率高,而Mn<sup>2+</sup>的并合率相对较小的实验结果(图1)相吻合.

表 3	Α,	B位的最大理论半径(A)
-----	----	--------------

	d=8.10Å		d = 8.30Å		d = 8.40  Å	
氧	· A	в	A ·	В	A	в
0.375	0.43	<b>0.</b> 70	0.47	0.76	0.50	0.78

Table 3 The maximum theory radii of A and B site

Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>中的Fe<sup>2+</sup>在氧化物八面体晶格空隙中,6个d电子呈t<sub>2</sub>åe<sup>2</sup>。高自旋五重态分布, 在晶体场作用下,其中一个电子处于较正八面体配位能为低的t<sub>28</sub>轨道上,使八面体畸变 **而获得额外的晶体场稳定能,这在众多**天然含铁矿物中Fe<sup>2+</sup>多位于畸变的八面体位置得 以证明<sup>(8)</sup>。

Cu<sup>2+</sup>由于Jahn-Teller效应,电子分布为t<sup>2</sup><sub>2</sub><sup>1</sup>e<sup>2</sup><sub>3</sub>,其中e<sup>g</sup>的Z<sup>2</sup>轨道占有二个电子, 而(X<sup>2</sup>-Y<sup>4</sup>)轨道占有一个电子<sup>(7)</sup>。当Cu<sup>2+</sup>位于Fe<sub>s</sub>O<sub>4</sub>B位时,XY面的四个氧与Cu<sup>2+</sup>作用加强,而Z轴方向的氧与Cu<sup>2+</sup>作用相对较小,也使正八面体发生 畸 变。另外,Cu<sup>2+</sup> 较Fe<sup>2+</sup>有更多的电子进入较正八面体配位能低的t<sub>28</sub>轨道,从而获得较Fe<sup>2+</sup>为大的 晶 体

47

场稳定能,且Cu<sup>2+</sup>的离子半径更接近于B位的理论容纳半径。因此宏观上表现为Cu<sup>2+</sup> 比Fe<sup>2+</sup>对Fe<sub>8</sub>O<sub>4</sub>B位的择位趋势强。另外,Cu<sup>2+</sup>电负性较Fe<sup>2+</sup>的电负性大(表1),使 其与氧的共价配位趋势加强,结合牢固,进一步说明了Cu<sup>2+</sup>具有较强的B位择位趋势。

 $Co^{2+}$  虽也可产生Jahn-Teller效应(低自旋的t<sub>2</sub>s<sup>e</sup>e<sup>1</sup><sub>8</sub>),但当Co<sup>2+</sup>位于 Fe<sub>8</sub>O<sub>4</sub> B位 时,周围六个氧配位基使晶体场分裂能达13000cm<sup>-1</sup>,小于电子成对能 22500cm<sup>-1</sup>,使 Co<sup>2+</sup>的e<sub>g</sub>电子呈现高自旋态,而实际上不产生Jahn-Teller效应<sup>(8)</sup>. e<sub>g</sub>的 Z<sup>2</sup> 和(X<sup>2</sup>-Y<sup>2</sup>)轨道皆占有一个电子,正八面体不发生畸变.但Co<sup>2+</sup>较Fe<sup>2+</sup>仍有较多的电子进入 t<sub>2g</sub>轨道,使其晶体场稳定能较Fe<sup>2+</sup>为大,而且Co<sup>2+</sup>的离子半径与Fe<sup>2+</sup>非常接近,当Fe<sup>2+</sup>/ Fe<sup>8+</sup>=0.5时,表现Co<sup>2+</sup>的并合率与Cu<sup>2+</sup>接近(图1-3),但Co<sup>2+</sup>电负性比Fe<sup>2+</sup>小的 多,其与氧的共价配位趋势小于Cu<sup>2+</sup>和Fe<sup>2+</sup>。图2表明,当Fe<sup>2+</sup>量不断增加时,Co<sup>2+</sup> 并入B位的量则不断降低.但当Co<sup>2+</sup>量不断增加(图3),在Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>8+</sup>=0.75时,Co<sup>2+</sup> 并合率变化复杂,当Co<sup>2+</sup>量小时并合率较高,随着Co<sup>2+</sup>量增大,Co<sup>2+</sup>与Fe<sup>2+</sup>的竞争和 图2情况相似,Co<sup>2+</sup>继续增加,Co<sup>2+</sup>与Fe<sup>2+</sup>的竞争以数量占优势,或可能同时以吸附形 式消耗Co<sup>2+</sup>,使去除率又趋上升,并达饱和.由此可见,Co<sup>2+</sup>的并合程度不仅与其离 子特性言关,还与Fe<sub>8</sub>O<sub>4</sub>的生成过程中共存Co<sup>2+</sup>和Fe<sup>2+</sup>的相对量有一定关系,即Co<sup>2+</sup> 较Cu<sup>2+</sup>来说,对Fe<sub>8</sub>O<sub>4</sub>晶格B位的择位趋势降低而更接近或小于Fe<sup>2+</sup>.

 $Ni^{2+}$ 处于B位时,虽电负性较Fe<sup>2+</sup>大,但由于其离子半径较小,与B位匹配较差, 所以并合入Fe<sub>s</sub>O<sub>4</sub>的程度较小,说明Ni<sup>2+</sup>在Fe<sub>s</sub>O<sub>4</sub>中的并合程度主要由其离子半径决定 的。Zn<sup>2+</sup>,Mn<sup>2+</sup>,Cd<sup>2+</sup>的离子半径皆与Fe<sup>2+</sup>及B位理论半径相差较大,且电负性与 Fe<sup>2+</sup>相比不具有优势,它们的并合程度与Ni<sup>2+</sup>相似,主要由其离子半径决定,与Fe<sup>2+</sup> 离子半径越接近,则并合程度也就越接近Fe<sup>2+</sup>(图1)。由此可见,并合入Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>晶格 的难易顺序为:Cu<sup>2+</sup>,Co<sup>2+</sup>,Fe<sup>2+</sup>>Mn<sup>2+</sup>,Zn<sup>2+</sup>>Ni<sup>2+</sup>,Cd<sup>2+</sup>.

重金属离子的并合程度与其反应过程密切相关。图7对Cu<sup>2+</sup>残留浓度与反应时间及 pH的变化关系作实验(取Cu<sup>2+</sup>50ml, Fe<sup>2+</sup>25ml, Fe<sup>3+</sup>50ml),反应过程中不调节pH, 按实验步骤,在不同反应时间各取5.0ml反应液,快速滤去和洗涤不溶物,测定滤液中

Cu<sup>2+</sup>残留浓度,随着反应时间延长,反 应体系的pH值不断下降,前10minpH下 降幅度较大;10--50min为pH的下降过 渡区;50-130min期间pH呈线性下降. 反应体系中Cu<sup>2+</sup>残留浓度随时间变化可 分为四个阶段:(1)反应初始至15min左 右,Cu<sup>2+</sup>残留浓度由初始的405.6ppm急 剧下陈詞2.6ppm.(2)反应15--50min 期间,反应体系Cu<sup>2+</sup>浓度变化不定,呈 一涨落现象.(3)50-90min阶段,体 系Cu<sup>2+</sup>浓度有一平稳区,且Cu<sup>2+</sup>的残留

6 捌



期间, 反应体系UU一派反变化小 疋, 主 图 7 Cu<sup>2+</sup>残留浓度及pH与反应时间的变化关系 一涨落现象。(3)50—90min阶段, 体 Fig. 7 Relationship of residual Cu<sup>2+</sup> concentration and pH with reaction time

浓度为最小。(4)90min后,随着体系pH的进一步下降至 弱酸性,Cu<sup>2+</sup>浓度则呈现 回升趋势,并趋于平缓。反应的四个阶段,对应于Fe<sub>3</sub>O,生成及对重金属离子并 合、吸 附的不同过程,表现出尖晶石型Fe<sub>s</sub>O<sub>4</sub>的成核及长大机制和对Cu<sup>2+</sup>并合程度的影响.

(1)当碱加入反应体系后,绿锈(Ⅱ)不断形成且吸附和键合重金属离子<sup>(9)</sup>:

 $M^{2+} + H_2O = MOH^+ + H^+$ 

 $Fe^{3+} + 2OH^- = Fe(OH)^+_2$ 

 $Fe(OH)_{2}^{+}+2MOH^{+}+SO_{4}^{2-} \iff (Fe^{3+})(M^{2+})_{2}(SO_{4}^{2-})(OH^{-})_{5-2}n(O^{2-})_{n}-nH_{2}O$ 

绿锈(Ⅱ)

该阶段大量消耗OH<sup>-</sup>,同时产生H<sup>+</sup>,使pH值急剧下降。绿锈(Ⅱ)的大量生成也 使M<sup>2+</sup>残留浓度急剧下降。

(2) 绿锈(I) 转变为MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>及绿锈(I) 继续生成过程<sup>(9)</sup>

2[绿锈 (I)]→MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>+3M<sup>2+</sup>+2SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>+2(2-n)H<sub>2</sub>O+2OH<sup>-</sup>

生成的M<sup>2+</sup>, SO<sup>2</sup><sup>-</sup>和OH<sup>-</sup>进一步参与绿锈(Ⅱ)的生成,使pH值在此阶段变化缓 慢.另外,在该pH范围内,产物MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>粒子表面带负电荷而吸附带正电荷的 M<sup>2+</sup>,使 该阶段M<sup>2+</sup>的浓度变化不定,呈一涨落变化.

(3)铁氧体的生成长大阶段,该阶段绿锈(Ⅱ)已转变为铁氧体固相粒子,并处 于不断长大过程,且粒子表面仍吸附少量M<sup>2+</sup>,使M<sup>2+</sup>残留浓度达到最低值,并趋于 稳 定.

(4)胶体粒子表面吸附态M<sup>2+</sup>的解吸阶段:该阶段pH呈酸性,使粒子表面带正 电荷而将原先吸附的M<sup>2+</sup>解吸出来,并吸附OH<sup>-</sup>,SO<sup>2-</sup>,至使体系pH进一步下降,且 M<sup>2+</sup>残留浓度不断上升并趋于平缓,说明吸附态M<sup>2+</sup>也已基本解吸完全。

上述四个阶段,说明随着反应不断进行,在一适当时间和pH范围内才能出现金属 离子的并合与吸附作用的加和而达最大去除率。

## 结 论

1. 重金属离子的离子半径、电负性以及外层电子排布等因素影响其在 Fe<sub>s</sub>O<sub>4</sub>中 的 取代并合程度.

2. 在Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup> = 0.5, pH9.5±0.5, 室温下, 中和共沉淀生成Fe<sub>s</sub>O<sub>4</sub>过程中, 重 金属离子并合难易顺序为: Cu<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>>Mn<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>>Ni<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>. 适于 污 水中Cu<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>等重金属离子的有效去除.

3. 重金属离子在Fe<sub>s</sub>O<sub>4</sub>中的最高并合,存在一最小总铁投料量.对Cu<sup>2+</sup>来说, (Fe<sup>2+</sup> + Fe<sup>3+</sup>)/Cu<sup>2+</sup>≥60为佳.

4. 在低温区(7-50℃),温度对Cu<sup>2+</sup>在Fe<sub>s</sub>O<sub>4</sub>中的并合率影响不大。

5. 重金属离子的并合率与Fe<sub>s</sub>O<sub>s</sub>的实际生成过程和机制有关,pH值影响产物粒子的表面吸附特性。

#### 参考文献

- 〔1〕 曾桓兴, 1983.铁氧体共沉淀技术净化含重金属废水.环境化学, 4(4), 66
- 〔2〕 丁明,曾桓兴,1992.铁氧体工艺处理含重属污水研究现状及展望.环境科学,13(2):59
- (3) Cotton F A, Wilkinson G, 1980. Advanced Inorganic Chemistry A. Comprehensive Text, 4th edition, P. 14, Wiley-Interscience, New York
- 〔4〕 武汉大学等,1983. 无机化学(上册),第二版,p128,高等教育出版社
- 〔5〕 李荫远,李国栋, 1978. 铁氧体物理学(修订本), P24, 科学出版社
- 〔6〕 中国科学院地球化学研究所, 1981. 铁的地球化学, P15, 科学出版社
- [7] Cotton F A, Wilkinson G, 1980. Advanced Inorganic Chemistry, A Comprehensive Text, 4th edition, p. 678, wiley-Interscience, New York
- [8] Sidhu P S et al., 1978. The Synthesis and Some Properties of Co, Ni, Cu, Mn and Cd Substituted Magnetites, J. Inorg. Nucl. Chem., 40: 429.
- (9) Tamaura Y, Yoshida T, Katsuea T, 1984. The Synthesis of Green Rust  $\mathbf{I} (Fe_1^{3+} Fe_2^{2+})$ and its Spontaneous Transformation into Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Bull Chem. Soc. Jpn., 57(9): 2411

1991年9月28日收到。

FERRITE MICROCRYSTAL FORMATION AND HEAVY

## METAL ANNEXING IN NEUTRAL COPRECIPITATION

#### PROCESS

Ding Ming

Zeng Huanxing

(Department of Materials Science and Engineering, The University of Science and Technology of China, Hefei, 230026)

Zhao Bin

(The Center of Food Science and Tahnology of Anhui)

#### ABSTRACT

Heavy metal annexing and related factors in the process of  $Fe_sO_4$  formation by neutral coprecipitation was studied. It was found that the heavy metal annexing in the crystal lattice of  $Fe_aO_4$  was influenced by ion radii, electronegativity and the distribution of outlayer electron, and the annexing degree is in the order of  $Cu^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Fe^{2+} > Mn^{2+}$ ,  $Zn^{2+} > Ni^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ . The minimum additive amount of total iron  $(Fe^{2+} + Fe^{3+})$  is 2.5g for 40mg  $Cu^{2+}$  with  $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 0.5$  and pH9.5±0.5. The annexing ratio can reach 99.7% for  $Cu^{2+}$  and 99.7% for  $Co^{2+}$ . Annexing ratio of heavy metals are not the same. This process is suitable for effective removal of  $Cu^{2+}$ ,  $Co^{2+}$  and some other heavy metals in wastewater. By X-ray powder diffraction pattern the annexing of heavy metals in the crystal lattice of  $Fe_aO_4$  results in the formation of substitutive spinel ferrites solid solution.

Keywords: neutral coprecipitation, ferrite process, heavy metal-bearing ferrites