



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 121778787 A

(43) 申请公布日 2026.04.03

(21) 申请号 202511961406.0

(22) 申请日 2025.12.24

(71) 申请人 大连融科储能集团股份有限公司

地址 116450 辽宁省大连市花园口经济区
迎春街20-10号

(72) 发明人 周瑾明 肖月涵 关长睿 宋明明
杨洪 于海涛

(51) Int. Cl.

C01G 49/10 (2006.01)

C01G 37/04 (2006.01)

H01M 8/18 (2006.01)

权利要求书1页 说明书7页

(54) 发明名称

一种高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体、其制备方法及应用

(57) 摘要

本发明提供一种高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体、其制备方法及应用,其制备方法包括以下步骤:将碳素铬铁溶解在盐酸溶液中,得到强酸性溶出液;加水稀释得到铁铬总浓度为100-200g/L;加入福美钠溶液搅拌反应生成硫化物沉淀,过滤去除硫化物沉淀;将除杂后的滤液进行浓缩,将永磁铁布置在结晶容器的外部或底部,确保永磁铁产生的磁场能够覆盖溶液的主要区域,进行磁场辅助结晶;结晶后固液分离,干燥,得到所述高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体。该方法具有工艺流程简单、除杂效率高、目标金属损失率低和安全性好的优点,能制备出纯度优异的氯化亚铁和氯化铬混合晶体,在铁铬液流电池电解液领域具有良好的应用前景和大规模推广潜力。

1. 一种高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1. 将碳素铬铁溶解在盐酸溶液中,得到富含 Fe^{2+} 和 Cr^{3+} 的强酸性溶出液,所述强酸性溶出液 $\text{pH}<0$;

S2. 加水将强酸性溶出液稀释,得到铁铬总浓度为100-200g/L的稀释液;随后加入福美钠溶液搅拌反应生成硫化物沉淀,过滤去除硫化物沉淀;所述反应过程中的 pH 值小于0;

S3. 将滤液进行浓缩后置于结晶容器中,将永磁体布置在结晶容器的侧面外壁或底面外壁上,确保永磁体产生的磁场能够覆盖结晶容器内溶液,进行磁场辅助结晶;结晶后固液分离,干燥,得到所述高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体。

2. 根据权利要求1高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体的制备方法,其特征在于,S1中所述碳素铬铁与盐酸溶液的固液比为1:4-8;

和/或,所述盐酸溶液的浓度为6-12mol/L。

3. 根据权利要求1高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体的制备方法,其特征在于,S1中溶解温度为50-90 $^{\circ}\text{C}$,溶解时间为1-10h。

4. 根据权利要求1高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体的制备方法,其特征在于,S2中的福美钠溶液浓度为10-40%;

和/或,所述福美钠的加入量为理论计算量的1.0-1.5倍。

5. 根据权利要求1高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体的制备方法,其特征在于,S2中反应温度为20-70 $^{\circ}\text{C}$,反应时间为1-5h;

和/或,反应后静置1-5h。

6. 根据权利要求1高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体的制备方法,其特征在于,S3中的永磁体为磁场强度大于0.3T的高性能永磁铁。

7. 根据权利要求1高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体的制备方法,其特征在于,S3中磁场辅助结晶的温度为10-60 $^{\circ}\text{C}$,结晶的时间为1-24h。

8. 一种高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体,其特征在于,采用权利要求1-7任意一项所述方法制备而成。

9. 根据权利要求8所述高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体,其特征在于,所述高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体中杂质的含量为0.2%以下;

和/或,所述高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体中铁铬质量比为0.7-1.5:1。

10. 一种权利要求8或9所述高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体在铁铬液流电池电解液领域的应用。

一种高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体、其制备方法及应用

技术领域

[0001] 本发明涉及液流电池技术,尤其涉及一种高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体、其制备方法及应用。

背景技术

[0002] 铁铬液流电池凭借成本低、寿命长、安全性高等优势,在大规模储能领域展现出广阔的应用前景。其电解液主要由氯化亚铁(FeCl_2)和氯化铬(CrCl_3)的混合水溶液构成。然而,电解液中若存在镍、铜、钴等重金属杂质离子,会在电池运行过程中引发电极析氢副反应,严重降低库伦效率和能量效率,并可能带来安全隐患。此外,氯化亚铁(FeCl_2)和氯化铬(CrCl_3)还广泛应用于污水处理、催化剂制备、颜料生产等领域。在其生产或回收过程中,常需要通过蒸发结晶的方式从溶液中析出。然而,传统的加热蒸发结晶方法存在能耗高、结晶速率慢、晶体粒度分布不均等问题。

[0003] 目前,制备铁铬电解液原料主要采用碳素铬铁酸溶法。为去除其中的镍、铜、钴等杂质,常规方法是在酸性溶出液中添加硫化钠沉淀剂,例如,中国专利CN117497816A公开了一种在70-90℃、pH为1.5-2.0条件下利用硫化物除杂制备低镍铁铬电解液的方法,可将Ni含量降至0.1mg/L,但该方法仍需使用碱调节pH,后续还需加盐酸复配为电解液。目前,制备铁铬电解液原料的方法不同程度的存在以下突出问题:

[0004] 1. pH条件苛刻:为使硫化物沉淀反应完全,需将体系pH调节至弱酸性(约1.5),此过程消耗大量碱,增加成本和操作步骤,并可能引入新杂质或导致目标金属水解损失。中国专利CN117497816A虽能在pH 1.5-2.0条件下将Ni降至0.1mg/L,但仍需耗碱调节pH,后续还需加盐酸复配,工序繁琐。

[0005] 2. 除杂效率与选择性差:在弱酸性条件下直接添加硫化钠时, S^{2-} 浓度瞬间局部过高,易与 Fe^{2+} 、 Cr^{3+} 反应生成胶体状沉淀,造成铁、铬损失,降低主金属回收率。

[0006] 3. 安全隐患与环境污染:在强酸性环境中,过量 S^{2-} 会与 H^+ 结合生成剧毒、恶臭的硫化氢(H_2S)气体,带来严重的环境和安全风险。

[0007] 4. 试剂消耗量大:为避免 H_2S 逸出并确保沉淀完全,往往需过量投加硫化钠,增加处理成本并引入大量钠离子杂质。

[0008] 此外,现有结晶工艺中为提高效率常采用添加晶种、搅拌或改变温度曲线等方法,但这些措施或引入杂质,或增加能耗与设备复杂性,效果有限。

[0009] 因此,开发一种可在强酸性条件下高效除杂、铁铬损失少、安全性高,并能获得高品质结晶产品的制备方法,具有重要实际意义。

发明内容

[0010] 本发明的目的在于,针对目前氯化亚铁和氯化铬混合晶体制备方法容易引入杂质、工艺复杂和能耗高的问题,提出一种高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体的制备方法,该方法具有工艺流程简单、除杂效率高、目标金属损失率低和安全性好的优点,能制备出纯度优

异的氯化亚铁和氯化铬混合晶体,在铁铬液流电池电解液领域具有良好的应用前景和大规模推广潜力。

[0011] 需要注意的是,在本发明中,除非另有规定,涉及组成限定和描述的“包括”的具体含义,既包含了开放式的“包括”、“包含”等及其类似含义,也包含了封闭式的“由…组成”、“由…构成”等及其类似含义。

[0012] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:一种高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体的制备方法,包括以下步骤:

[0013] S1. 盐酸溶出:将碳素铬铁溶解在盐酸溶液中,得到富含 Fe^{2+} 和 Cr^{3+} 的强酸性溶出液,所述强酸性溶出液 $\text{pH}<0$;

[0014] S2. 强酸性原位硫化除杂:加水将强酸性溶出液稀释,得到铁铬总浓度为100-200g/L的稀释液;随后加入福美钠溶液搅拌反应生成硫化物沉淀,过滤去除硫化物沉淀;所述反应过程中(稀释液在进行除杂时)的 pH 值小于0;

[0015] S3. 磁场辅助结晶:将滤液进行浓缩后置于结晶容器中,在结晶过程中,将至少一块永磁铁布置在所述结晶容器的侧面外壁或底面外壁上,确保永磁体产生的磁场能够覆盖结晶容器溶液的主要区域,进行磁场辅助结晶;结晶后固液分离,干燥,得到所述高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体。

[0016] 进一步地,S1中所述碳素铬铁主要组分为铁(25-40%)、铬(50%-80%),碳含量小于5%,主要杂质包含钴、镍、铜、硅和锰,杂质总含量为1%-5%。

[0017] 进一步地,S1中所述碳素铬铁与盐酸溶液的固液比为1:4-8。

[0018] 进一步地,S1中所述盐酸溶液的浓度为6-12mol/L。

[0019] 进一步地,S1中溶解温度为50-90 $^{\circ}\text{C}$,时间为1-10h。

[0020] 进一步地,S2中的福美钠溶液浓度为10-40%,优选为20-30%。

[0021] 进一步地,S2中所述福美钠的加入量为理论计算量的1.0-1.5倍,所述理论计算量是根据溶出液中杂质金属离子(如镍、铜、钴离子)的总摩尔量,按照福美钠与金属离子1:2的摩尔反应比计算得出。

[0022] 进一步地,S2中反应温度为20-70 $^{\circ}\text{C}$,反应时间为1-5h。

[0023] 进一步地,S2反应后静置1-5h,陈化,让沉淀颗粒聚集起来,有利于过滤。

[0024] 进一步地,S2中搅拌转速为10-200rpm,优选为20-60rpm。

[0025] 进一步地,S2中采用滤布过滤。

[0026] 进一步地,S3中浓缩至铁+铬浓度总和为240~290g/L。

[0027] 进一步地,S3中浓缩为蒸发浓缩。

[0028] 进一步地,S3中的永磁体为高性能永磁铁(例如,表面磁场强度大于0.3T),以提供足够强的磁场进行磁场辅助结晶,所述永磁体包括但不限于钕铁硼(NdFeB)。

[0029] 进一步地,S3中磁场辅助结晶的温度为10-60 $^{\circ}\text{C}$,结晶的时间为1-24h。

[0030] 进一步地,S3中干燥的温度为40-100 $^{\circ}\text{C}$,干燥的时间为1-5h。

[0031] 本发明的另一个目的还公开了一种高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体,采用上述方法制备而成。

[0032] 进一步地,所述高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体中杂质小于0.2%,纯度大于99.8%。

[0033] 进一步地,所述高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体中铁铬质量比为0.7-1.5:1。

[0034] 本发明的另一个目的还公开了一种高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体在铁铬液流电池电解液领域的应用。

[0035] Fe^{2+} 和 Cr^{3+} 离子因其电子结构,均具有顺磁性。利用永磁体产生的强梯度磁场同时作用于两种顺磁性离子,从而协同促进结晶的机理与工艺,目前未见相关报道。在磁化力的驱动下,溶液中的 Fe^{2+} 和 Cr^{3+} 离子会被迫向磁场最强的区域(如磁极表面附近)迁移和富集。这种非接触式的“磁致浓集效应”极大地提高了局部区域的离子浓度,使得离子更容易达到过饱和状态,为结晶提供了先决条件。根据经典成核理论,结晶的第一步是形成稳定的晶核。磁场的作用可能通过影响离子水合层的结构,部分破坏水分子在离子周围的定向排列,降低了离子形成晶核所需的活化能。这使得晶核更容易、更快速地形成,从而提高成核速率。磁场还会影响晶体生长的动力学过程。通过控制溶液的流动和离子的扩散路径,磁场可以使离子更有序地排列到晶格上,从而可能生成粒度更均匀、形貌更规则的晶体。

[0036] 本发明高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体、其制备方法及应用,与现有技术相比较具有以下优点:

[0037] 1) 除杂pH范围拓宽:本发明首次实现了在 $\text{pH}<0$ 的强酸性环境下,利用福美钠进行高效除杂。这打破了传统技术必须将pH调至1.5左右的思维定式,省去了繁琐的pH调节步骤,简化了工艺,降低了成本。

[0038] 2) 除杂机理创新与高效性:本发明利用福美钠(二甲基二硫代氨基甲酸钠)在强酸中缓慢分解,原位生成微量、高活性的硫离子(S^{2-}),这些原位生成的 S^{2-} 能够优先与溶度积更小的镍、铜、钴离子结合形成沉淀,而由于浓度低,难以与 Fe^{2+} 和 Cr^{3+} 形成沉淀。这种机制,使得除杂效果更好,且铁和铬的损失率极低(实验证实可低于5%)。

[0039] 3) 安全性显著提升:由于在强酸性环境下,福美钠分解生成的硫离子被迅速消耗,极大地抑制了硫化氢气体的生成与溢出,生产环境中的硫化氢浓度显著降低,改善了工作环境,降低了安全风险。

[0040] 4) 药剂用量更经济:由于反应具有高选择性,避免了与铁、铬的无效反应,因此福美钠的用量更接近理论值,浪费少,更加经济。

[0041] 5) 结晶工艺优化:本发明通过引入永磁体提供的静磁场进行辅助结晶,磁场力影响了结晶过程中离子的迁移和晶格的排列。实验结果表明,与传统无磁场结晶相比,本发明方法获得的晶体粒度更均匀,流动性好,不易结块,且结晶收率可提升5%以上。

[0042] 综上,本发明高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体的制备方法简单、易行,主要包括盐酸溶出、强酸性($\text{pH}<0$)原位硫化除杂及磁场辅助结晶这三个核心步骤。本发明制备得到高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体纯度高达99.84%,在铁铬液流电池电解液领域具有良好的应用前景和大规模推广潜力。

具体实施方式

[0043] 以下,结合实施例对本发明进一步说明。以下所记载的技术特征的说明基于本发明的代表性的实施方案、具体例子而进行,但本发明不限于这些实施方案、具体例子。需要说明的是:

[0044] 如无特殊声明,本说明书中所使用的单位均为国际标准单位,并且本发明中出现

的数值,数值范围,均应当理解为包含了工业生产中所不可避免的系统性误差。

[0045] 本说明书中,使用“数值A~数值B”表示的数值范围是指包含端点数值A、B的范围。

[0046] 本说明书中,使用“以上”或“以下”表示的数值范围是指包含本数的数值范围。

[0047] 本说明书中,使用“可以”表示的含义包括了进行某种处理以及不进行某种处理两方面的含义。

[0048] 本说明书中,使用“任选”或“任选的”表示某些物质、组分、执行步骤、施加条件等因素使用或者不使用。

[0049] 本说明书中,使用“常温”、“室温”时,其温度可以是15-25℃。

[0050] 本说明书中,所用试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可以通过市购获得的常规产品。

[0051] 实施例1

[0052] 本实施例公开了一种高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体的制备方法,具体是一种采用福美钠在高酸度环境下除杂,磁力辅助结晶制备氯化亚铁氯化铬混合晶体的方法,包括以下步骤:

[0053] S1.将1.5kg碳素铬铁溶解在10L浓度为7.2mol/L的盐酸中,搅拌均匀直至铬铁粉全部溶解,得到富含 Fe^{2+} 和 Cr^{3+} 的强酸性溶出液;加水稀释至11.5L,得第一铬铁溶液:pH=-1.5,铁铬质量和为127.5g/L的铬铁溶液。其中,原料的成分如表1所示。

[0054] S2.向10L第一铬铁溶液中加入625g的20%福美钠溶液,在30rpm转速下搅拌2小时,静置1h后过滤得第二铬铁溶液和硫化物渣;

[0055] S3.将第二铬铁溶液浓缩一半后置于结晶容器内,保持80rpm转速,在结晶容器底面外壁上放置一块钕铁硼永磁体(150mm*75mm*10mm),在25℃下结晶8h,用滤布过滤得氯化亚铁氯化铬混合晶体和母液,母液可进行收集并再次结晶。溶液铁结晶率为88%,铬结晶率为32%。

[0056] 最后,各步骤后的溶液成分如表2所示,可见钴、镍、铜这类会影响铁铬电池负极反应的离子被完全除净。晶体成分如表3所示,可见晶体中铁铬质量比为1.28:1,且纯度达到99.84%。

[0057] 表1实施例1碳素铬铁检测数据表

[0058]

K (%)	Na (%)	Fe (%)	Al (%)	Mo (%)
0.0078	0.0450	31.1843	0.0049	0.0032
B (%)	Pb (%)	Cu (%)	Bi (%)	Ti (%)
0.0141	ND	0.0419	0.0196	0.0206
Cr (%)	Mn (%)	Ca (%)	W (%)	Mg (%)
65.4701	0.2248	0.0756	ND	0.0138
Co (%)	Zn (%)	Si (%)	Ni (%)	Cd (%)
0.0387	0.0009	0.4364	0.2915	0.0005

[0059] 表2实施例1溶液检测数据表

	K (mg/L)	Na (mg/L)	Fe (mg/L)	Al (mg/L)	Mo (mg/L)	Cr (mg/L)	Mn (mg/L)
第一铬 铁溶液	3.1	171.4	46906.5	5.5	3.9	80592.7	259.3
第二铬 铁溶液	4.3	1334.4	37930.8	5.1	3.1	65976.6	202.1
	Ca (mg/L)	W (mg/L)	Mg (mg/L)	B (mg/L)	Pb (mg/L)	Cu (mg/L)	Bi (mg/L)
[0060] 第一铬 铁溶液	64.6	0	16.2	19	0	56.7	19.6
第二铬 铁溶液	57.6	0	14.1	14.3	0	0	16.5
	Ti (mg/L)	Co (mg/L)	Zn (mg/L)	Si (mg/L)	Ni (mg/L)	Cd (mg/L)	P (mg/L)
第一铬 铁溶液	21.5	47.4	0.7	488.3	233.5	0.3	6.6
第二铬 铁溶液	17.6	0	0.2	114.8	0	0.2	5.4

[0061] 表3实施例1晶体检测数据表

[0062]	K(%)	Na(%)	Fe(%)	Al(%)	Mo(%)
	ND	0.0874	12.2368	0.0013	0.0006
	B(%)	Pb(%)	Cu(%)	Bi(%)	Ti(%)
	0.0058	ND	ND	0.0031	0.0030
[0063]	Cr(%)	Mn(%)	Ca(%)	W(%)	Mg(%)
	9.5846	0.0450	0.0032	ND	0.0007
	Co(%)	Zn(%)	Si(%)	Ni(%)	Cd(%)
	ND	ND	0.0070	ND	ND

[0064] 对比例1

[0065] 本实施例公开了一种氯化亚铁和氯化铬混合晶体的制备方法,包括以下步骤:

[0066] S1. 将1.5kg碳素铬铁(同实施例1)溶解在10L浓度为7.2mol/L的盐酸中,搅拌均匀直至铬铁粉全部溶解,得到富含 Fe^{2+} 和 Cr^{3+} 的强酸性溶出液;加水稀释至11.5L,得第一铬铁溶液:pH=-1.5,铁铬的质量和为127.5g/L的铬铁溶液。

[0067] S2. 向10L第一铬铁溶液中加入1670g 20%硫化钠溶液,30rpm搅拌2小时,静置1h后过滤得第二铬铁溶液和硫化物渣。最终产品中Ni、Cu、Co含量高。最后,各步骤后溶液成分如表4所示。

[0068] 表4对比例1各溶液检测数据表

批号	K (mg/L)	Na (mg/L)	Fe (mg/L)	Al (mg/L)	Mo (mg/L)	Cr (mg/L)	Mn (mg/L)
[0069] 第一铬 铁溶液	3.1	171.4	46906.5	5.5	3.9	80592.7	259.3
第二铬 铁溶液	10.7	6435.8	31733.4	20.3	3.7	59837.5	242.4
	Ca (mg/L)	W (mg/L)	Mg (mg/L)	B (mg/L)	Pb (mg/L)	Cu (mg/L)	Bi (mg/L)
第一铬	64.6	0	16.2	19	0	56.7	19.6

铁溶液							
第二铬 铁溶液	51.6	0	11.9	12.1	0	16.1	14.2
	Ti (mg/L)	Co (mg/L)	Zn (mg/L)	Si (mg/L)	Ni (mg/L)	Cd (mg/L)	P (mg/L)
[0070] 第一铬 铁溶液	21.5	47.4	0.7	488.3	233.5	0.3	6.6
第二铬 铁溶液	12.2	7.3	0.1	337.2	21.3	0.2	6.1

[0071] 对比例2

[0072] 除在步骤S3中不施加磁场,采用常规降温结晶(25℃,2h)外,其他步骤与实施例1相同。铁结晶率为75%,铬结晶率为23%,且部分结块。晶体成分如表5所示,铁铬质量比为1.18,与实施例1中的晶体铁铬比1.28不同,这是因为磁场对铁的促析出作用比铬稍大。

[0073] 表5对比例2晶体检测数据表

[0074] K (%)	Na (%)	Fe (%)	Al (%)	Mo (%)
ND	0.0852	10.9286	0.0012	0.0006
B (%)	Pb (%)	Cu (%)	Bi (%)	Ti (%)
0.0056	ND	ND	0.0030	0.0031
Cr (%)	Mn (%)	Ca (%)	W (%)	Mg (%)
9.2857	0.0454	0.0031	ND	0.0008
Co (%)	Zn (%)	Si (%)	Ni (%)	Cd (%)
ND	ND	0.0072	ND	ND

[0075] 实施例2

[0076] 本实施例公开了一种高纯氯化亚铁和氯化铬混合晶体的制备方法,包括以下步骤:

[0077] S1.向1.5kg碳素铬铁(同实施例1)溶解在8L浓度为9mol/L的盐酸,搅拌均匀直至铬铁粉全部溶解,得到富含 Fe^{2+} 和 Cr^{3+} 的强酸性溶出液;加水稀释至10L,得第一铬铁溶液:pH=-0.5,铁铬质量和为138.6g/L的铬铁溶液。

[0078] S2.向10L第一铬铁溶液中加入835g的20%福美钠溶液,在30rpm转速下搅拌2小时,静置1h后过滤得第二铬铁溶液和硫化物渣;

[0079] S3.将第二铬铁溶液浓缩一半后置于结晶容器内,保持80rpm转速,在结晶容器底

面外壁上放置一块钕铁硼永磁体 (150mm*75mm*10mm), 在25℃下结晶8h, 用滤布过滤得氯化亚铁氯化铬混合晶体和母液, 母液可进行收集并再次结晶。溶液铁结晶率为82%, 铬结晶率为30%。

[0080] 最后, 各步骤后的溶液成分如表6所示, 可见镍钴铜被完全除去。晶体成分如表7所示, 可见晶体中铁铬比例为1.47:1, 且纯度达到99.84%。

[0081] 表6实施例2溶液检测数据表

批号	K (mg/L)	Na (mg/L)	Fe (mg/L)	Al (mg/L)	Mo (mg/L)	Cr (mg/L)	Mn (mg/L)
第一铬铁溶液	5.0	136.4	45036.5	5.5	3.0	93563.5	256.3
第二铬铁溶液	6.5	1226.4	39501.0	4.1	2.5	82536.0	203.8
	Ca (mg/L)	W (mg/L)	Mg (mg/L)	B (mg/L)	Pb (mg/L)	Cu (mg/L)	Bi (mg/L)
第一铬铁溶液	60.1	0	16.2	16.2	0	1.6	79.4
第二铬铁溶液	41.8	0	12.9	13.5	0	0	60.5
	Ti (mg/L)	Co (mg/L)	Zn (mg/L)	Si (mg/L)	Ni (mg/L)	Cd (mg/L)	P (mg/L)

第一铬铁溶液	14.0	44.8	0	421.0	214.4	0	7.3
第二铬铁溶液	10.9	0	0	161.2	ND	0	6.7

[0084] 表7实施例2晶体检测数据表

K (%)	Na (%)	Fe (%)	Al (%)	Mo (%)
ND	0.0854	13.6436	0.0014	0.0006
B (%)	Pb (%)	Cu (%)	Bi (%)	Ti (%)
0.0054	0	0	0.0062	0.0015
Cr (%)	Mn (%)	Ca (%)	W (%)	Mg (%)
9.2754	0.0425	0.0025	0	0.0007
Co (%)	Zn (%)	Si (%)	Ni (%)	Cd (%)
0	0	0.0079	0	0

[0086] 最后应说明的是: 以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案, 而非对其限制; 尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明, 本领域的普通技术人员应当理解: 其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改, 或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换; 而这些修改或者替换, 并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。