



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108624893 B

(45)授权公告日 2020.01.14

(21)申请号 201810455570.8

C30B 29/46(2006.01)

(22)申请日 2018.05.14

C30B 29/62(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 刘艳

申请公布号 CN 108624893 A

(43)申请公布日 2018.10.09

(73)专利权人 北京科技大学

地址 100083 北京市海淀区学院路30号

(72)发明人 马保中 王成彦 陈永强 邵爽

邢鹏

(74)专利代理机构 北京市广友专利事务所有限

责任公司 11237

代理人 张仲波

(51)Int.Cl.

G23G 1/36(2006.01)

G22B 7/00(2006.01)

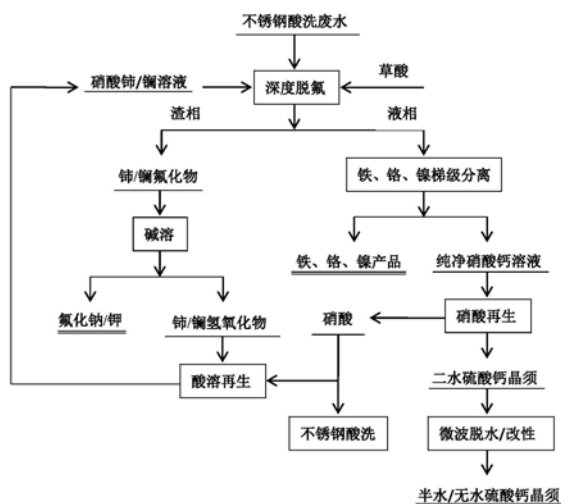
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种不锈钢酸洗废水的高值化处理方法

(57)摘要

本发明提供一种不锈钢酸洗废水的高值化处理方法,属于废水高值化处理的技术领域,包括首先将不锈钢酸洗废水加入稀土硝酸盐溶液和草酸进行脱氟处理得到渣相和液相;然后将所述渣相碱溶分离,得到易溶氟化物和对应的稀土氢氧化物沉淀,之后将氢氧化物沉淀硝酸酸溶再生得到稀土硝酸盐溶液,并将再生的稀土硝酸盐溶液返回前述脱氟处理工序;同时对所述液相加入氧化钙或碳酸钙以得到铁、铬、镍产品和硝酸钙溶液,之后对硝酸钙溶液进行硝酸再生处理,得到硝酸和含水硫酸钙晶须,并将再生的硝酸用于不锈钢酸洗工序;最后对含水硫酸钙晶须微波处理,得到半水硫酸钙晶须或无水硫酸钙晶须。本发明能够实现对不锈钢酸洗废水的高值化处理。



1. 一种不锈钢酸洗废水的高值化处理方法,其特征在于,包括:

首先对不锈钢酸洗废水加入稀土硝酸盐溶液和草酸进行脱氟处理得到渣相和液相;

然后将脱氟处理后的渣相碱溶分离,得到易溶氟化物和对应的稀土氢氧化物沉淀,之后将氢氧化物沉淀硝酸酸溶再生得到脱氟处理的稀土硝酸盐溶液,并将再生的稀土硝酸盐溶液返回前述脱氟处理工序;

同时往脱氟处理后的液相加入氧化钙或碳酸钙得到铁、铬、镍产品和硝酸钙溶液,之后对硝酸钙溶液进行硝酸再生处理,得到硝酸和含水硫酸钙晶须,并将再生的硝酸用于不锈钢酸洗工序;

最后对含水硫酸钙晶须进行微波处理,得到高价值半水硫酸钙晶须或无水硫酸钙晶须。

2. 根据权利要求1所述的不锈钢酸洗废水的高值化处理方法,其特征在于,具体步骤如下:

S1、深度脱氟:往不锈钢酸洗废水中加入稀土硝酸盐溶液和草酸进行深度脱氟,脱氟0.5-3.5h,脱氟完成后分离得到液相和渣相,渣相为稀土氟化物;

S2、碱溶:往S1渣相的稀土氟化物中加入碱溶试剂,碱溶后分离得到易溶氟化盐和稀土氢氧化物沉淀;

S3、铁/铬/镍梯级分离:往S1深度脱氟后的液相加入氧化钙或碳酸钙进行铁、铬、镍梯级分离,得到铁、铬、镍产品和纯净的硝酸钙溶液;

S4、酸溶再生:往S2稀土氢氧化物中加入酸溶再生试剂,酸溶再生后的稀土硝酸盐溶液返回深度脱氟工序;

S5、硝酸再生:往S3纯净的硝酸钙溶液加入硫酸进行硝酸再生,得到含水硫酸钙晶须和硝酸,再生硝酸可用于S4酸溶再生工序和返回不锈钢酸洗工序;

S6、微波脱水改性:S5含水硫酸钙晶须经过微波脱水改性,得到半水硫酸钙晶须或无水硫酸钙晶须。

3. 根据权利要求2所述的不锈钢酸洗废水的高值化处理方法,其特征在于,所述不锈钢酸洗废水含 NO_3^- 、 F^- 、 Fe^{3+} 、 Cr^{3+} 、 Ni^{2+} 、以及残酸。

4. 根据权利要求3所述的不锈钢酸洗废水的高值化处理方法,其特征在于,所述不锈钢酸洗废水含50~300g/L的 NO_3^- 、20~80g/L的 F^- 、30~40g/L Fe^{3+} 、5~10g/L的 Cr^{3+} 、3~5g/L的 Ni^{2+} 、以及20~80g/L的残酸。

5. 根据权利要求2所述的不锈钢酸洗废水的高值化处理方法,其特征在于,所述稀土硝酸盐溶液为镧系硝酸盐的其中一种溶液或两种溶液的混合溶液。

6. 根据权利要求5所述的不锈钢酸洗废水的高值化处理方法,其特征在于,所述镧系硝酸盐溶液为硝酸铈和硝酸镧的其中一种溶液或两种溶液的混合溶液,所述硝酸铈和硝酸镧的两种溶液的混合溶液中硝酸铈与硝酸镧的摩尔比为1:10-10:1。

7. 根据权利要求2所述的不锈钢酸洗废水的高值化处理方法,其特征在于,所述碱溶试剂为氢氧化钠或氢氧化钾溶液。

8. 根据权利要求2所述的不锈钢酸洗废水的高值化处理方法,其特征在于,所述硝酸的回收率高达95-99%,所述半水硫酸钙晶须的微波脱水改性温度为110-155℃,所述无水硫酸钙晶须的微波脱水改性温度为160-180℃。

一种不锈钢酸洗废水的高值化处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及环境保护方面的废水高值化处理的技术领域,特别是指一种不锈钢酸洗废水的高值化处理方法。

背景技术

[0002] 在制造不锈钢的过程中,或者钢铁元件在电镀、喷涂前,为了清除其表面的氧化物,一般需要使用混酸对其表面进行处理。但是,在处理之后会产生大量的不锈钢酸洗废水,该废水中除含有铁、铬、镍等有价金属离子以外,还含有大量的氟离子。现有技术中重点只关注不锈钢酸洗废水的除氟处理,并不关注其中的有价金属的回收利用。

[0003] 中国专利CN104370389A公开了一种钢铁业酸洗废液中氟的去除工艺。该工艺通过搅拌絮凝滤除固体杂质和油脂;然后利用重金属捕捉器过滤回收重金属沉淀物;最后加入氯化钙进行沉淀反应,过滤氟化钙产物。虽然该工艺回收了重金属沉淀物,但是该工艺回收的重金属沉淀物没有得到有效的分离,该重金属沉淀物是混杂在一起,并且过滤得到的氟化钙的钙离子也未做进一步处理。

[0004] 中国专利CN102828192A公开了一种钢铁行业酸洗废液的资源化处理方法。其特征在于包括以下连续步骤:将酸洗废液冷却、结晶;用离心机进行盐、酸分离;将分离后的酸通过强碱性阴离子交换树脂,回收硫酸;将分离得到的硫酸亚铁溶解于上述树脂流出液中,得到聚合硫酸铁PFS。该方法除了亚铁离子得到了有效回收,其他的离子仍然存在于废液中,需要进一步的净化工艺处理,才能够达到废液排放标准。

[0005] 中国专利CN106830167A公开了一种选择性去除不锈钢酸洗废水中氟离子的方法。虽然该方法包括将氟离子从不锈钢酸洗废水中分离出来并浓缩和将改性水滑石吸附剂再生两个步骤,但该方法仅仅涉及氟离子的脱除,并未涉及有价金属的回收。

[0006] 综上所述,由于现有技术中对不锈钢酸洗废水处理的方法单纯的为了达到国家的排放标准,仅仅涉及氟离子的去除,没有回收其中的有价金属,其中的钙离子也没有进一步回收,因此迫切需要一种将不锈钢酸洗废水高值化处理的方法。

发明内容

[0007] 本发明要解决的技术问题是现有的不锈钢酸洗废水处理只关注通过氟离子废水处理达到国家排放标准,并不关注有价金属的回收,并且其中的钙离子也没有进一步回收,处理效果呈现低值化的趋势。

[0008] 为解决上述技术问题,本发明提供一种不锈钢酸洗废水的高值化处理方法,包括:首先对不锈钢酸洗废水加入稀土硝酸盐溶液和草酸进行脱氟处理得到渣相和液相;

[0009] 然后将脱氟处理后的渣相碱溶分离,得到易溶氟化物和对应的稀土氢氧化物沉淀,之后将氢氧化物沉淀硝酸酸溶再生得到脱氟处理的稀土硝酸盐溶液,并将再生的稀土硝酸盐溶液返回脱氟工序;

[0010] 同时往脱氟处理后的液相加入钙的化合物得到铁、铬、镍产品和硝酸钙溶液,之后

对硝酸钙溶液进行硝酸再生处理,得到硝酸和含水硫酸钙晶须,并将再生的硝酸用于不锈钢酸洗工序;

[0011] 最后对含水硫酸钙晶须进行微波处理,得到高价值半水硫酸钙晶须或无水硫酸钙晶须。

[0012] 优选地,所述的不锈钢酸洗废水的高值化处理方法,具体步骤如下:

[0013] S1、深度脱氟:往不锈钢酸洗废水中加入稀土硝酸盐溶液和草酸进行深度脱氟,脱氟0.5-3.5h,脱氟完成后分离得到液相和渣相,渣相为稀土氟化物;

[0014] S2、碱溶:往S1渣相的稀土氟化物中加入碱溶试剂,碱溶后分离得到易溶氟化盐和稀土氢氧化物沉淀;

[0015] S3、铁/铬/镍梯级分离:往S1深度脱氟后的液相加入钙的化合物进行铁、铬、镍梯级分离,得到铁、铬、镍产品和纯净的硝酸钙溶液;

[0016] S4、酸溶再生:往S2稀土氢氧化物中加入酸溶再生试剂,酸溶再生后的稀土硝酸盐溶液返回深度脱氟工序;

[0017] S5、硝酸再生:往S3纯净的硝酸钙溶液加入硫酸进行硝酸再生,得到第一硫酸钙晶须和硝酸,再生硝酸可用于S4酸溶再生工序和返回不锈钢酸洗工序;

[0018] S6、微波脱水改性:S5第一硫酸钙晶须经过微波脱水改性,得到第二硫酸钙晶须。

[0019] 优选地,所述不锈钢酸洗废水含 NO_3^- 、 F^- 、 Fe^{3+} 、 Cr^{3+} 、 Ni^{2+} 、以及残酸。

[0020] 优选地,所述不锈钢酸洗废水含50~300g/L的 NO_3^- 、20~80g/L的 F^- 、30~40g/L的 Fe^{3+} 、5~10g/L的 Cr^{3+} 、3~5g/L的 Ni^{2+} 、以及20~80g/L的残酸。

[0021] 优选地,所述稀土硝酸盐溶液为镧系硝酸盐的其中一种溶液或两种溶液的混合溶液。

[0022] 优选地,所述镧系硝酸盐溶液为硝酸铈和硝酸镧的其中一种溶液或两种溶液的混合溶液,所述硝酸铈和硝酸镧的两种溶液的混合溶液中硝酸铈与硝酸镧的摩尔比为1:10-10:1。

[0023] 优选地,所述碱溶试剂为氢氧化钠或氢氧化钾溶液。

[0024] 优选地,所述钙的化合物为碳酸钙和氧化钙的其中一种化合物或两种化合物的混合物。

[0025] 优选地,所述第一硫酸钙晶须为二水硫酸钙晶须,所述第二硫酸钙晶须为半水硫酸钙晶须或无水硫酸钙晶须。

[0026] 优选地,所述硝酸的回收率高达95-99%,所述半水硫酸钙晶须的微波脱水改性温度为110-155℃,所述无水硫酸钙晶须的微波脱水改性温度为160-180℃。

[0027] 本发明的上述技术方案的有益效果如下:

[0028] (1) 设备投入低,操作简便,利于工业化生产;

[0029] (2) 稀土硝酸盐可通过回收重复使用;

[0030] (3) 采用此工艺路线可有效实现氟离子的去除,通过铁、铬、镍的梯级分离有效回收有价金属;

[0031] (4) 硝酸可再生并用于工艺生产中,实现了资源循环利用,节约了生产成本;

[0032] (5) 高值化回收钙离子,得到高价值半水/无水硫酸钙晶须。

附图说明

[0033] 图1是本发明的不锈钢酸洗废水的高值化处理方法的工艺流程图。

具体实施方式

[0034] 为使本发明要解决的技术问题、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图及具体实施例进行详细描述。

[0035] 本发明要解决的技术问题是现有的不锈钢酸洗废水处理只关注通过氟离子废水处理达到国家排放标准,并不关注有价金属的回收,并且其中的钙离子也没有进一步回收,处理效果呈现低值化的趋势。

[0036] 为解决上述技术问题,如图1所示,所述的不锈钢酸洗废水的高值化处理方法,具体步骤如下:

[0037] S1、深度脱氟:往不锈钢酸洗废水中加入稀土硝酸盐溶液和草酸进行深度脱氟,脱氟0.5-3.5h,脱氟完成后分离得到液相和渣相,渣相为稀土氟化物;

[0038] S2、碱溶:往S1渣相的稀土氟化物中加入碱溶试剂,碱溶后分离得到易溶氟化盐和稀土氢氧化物沉淀;

[0039] S3、铁/铬/镍梯级分离:往S1深度脱氟后的液相加入钙的化合物进行铁、铬、镍梯级分离,得到铁、铬、镍产品和纯净的硝酸钙溶液;

[0040] S4、酸溶再生:往S2稀土氢氧化物中加入酸溶再生试剂,酸溶再生后的稀土硝酸盐溶液返回深度脱氟工序;

[0041] S5、硝酸再生:往S3纯净的硝酸钙溶液加入硫酸进行硝酸再生,得到第一硫酸钙晶须和硝酸,再生硝酸可用于S4酸溶再生工序和返回不锈钢酸洗工序;

[0042] S6、微波脱水改性:S5第一硫酸钙晶须经过微波脱水改性,得到第二硫酸钙晶须。

[0043] 为了更加清晰地展现出本发明所提供的技术方案及所产生的技术效果,下面以具体实施例对本发明所提供的不锈钢酸洗废水高值化处理的方法进行详细描述。

[0044] 实施例1

[0045] 一种不锈钢酸洗废水的高值化处理方法,包括:

[0046] 取500ml不锈钢酸洗废水,其中含50g/L的 NO_3^- 、40g/L的 F^- 、37g/L的 Fe^{3+} 、8g/L的 Cr^{3+} 、5g/L的 Ni^{2+} 、80g/L的残酸;加入87.6ml摩尔浓度为4mol/L的硝酸铈、镧混合溶液(1:10混合)和7ml摩尔浓度为2mol/L的草酸溶液进行深度脱氟,脱氟反应0.5h,脱氟完成后得到液相和渣相,渣相为氟化铈和氟化镧的混合物;氟化铈和氟化镧的混合物用200g/L的氢氧化钾溶液碱溶,得到氟化钾和氢氧化铈和氢氧化镧的混合物;氢氧化铈和氢氧化镧的混合物再用0.8mol/L硝酸再生工序产出的硝酸酸溶再生,酸溶再生产物全部返回深度脱氟工序;往深度脱氟后的液相中加入氧化钙进行铁、铬、镍梯级分离,得到纯净的硝酸钙溶液;往纯净的硝酸钙溶液中加入质量浓度为60%的硫酸进行硝酸再生,得到二水硫酸钙晶须和硝酸;再生硝酸可用于酸溶再生工序和返回不锈钢酸洗工序,硝酸回收率是96%;二水硫酸钙晶须经过微波脱水/改性,110℃得到的半水硫酸钙晶须,170℃得无水硫酸钙晶须。

[0047] 实施例2

[0048] 一种不锈钢酸洗废水的高值化处理方法,包括:

[0049] 取500ml不锈钢酸洗废水,其中含150g/L的 NO_3^- 、20g/L的 F^- 、36g/L的 Fe^{3+} 、10g/L的

Cr^{3+} 、3.5g/L的 Ni^{2+} 、30g/L的残酸；加入43.8ml摩尔浓度为4mol/L的硝酸铈、镧混合溶液(1:6混合)和7.5ml摩尔浓度为1.5mol/L的草酸溶液进行深度脱氟,脱氟反应3h,脱氟完成后得到液相和渣相,渣相为氟化铈和氟化镧的混合物;氟化铈和氟化镧的混合物用50g/L的氢氧化钠溶液碱溶,得到氟化钠和氢氧化铈和氢氧化镧的混合物;氢氧化铈和氢氧化镧的混合物再用2.4mol/L硝酸再生工序产出的硝酸酸溶再生,酸溶再生产物全部返回深度脱氟工序;往深度脱氟后的液相中加入碳酸钙进行铁、铬、镍梯级分离,得到纯净的硝酸钙溶液;往纯净的硝酸钙溶液中加入质量浓度为30%的硫酸进行硝酸再生,得到二水硫酸钙晶须和硝酸;再生硝酸可用于酸溶再生工序和返回不锈钢酸洗工序,硝酸回收率是99%;二水硫酸钙晶须经过微波脱水/改性,130℃得到的半水硫酸钙晶须,175℃得无水硫酸钙晶须。

[0050] 实施例3

[0051] 一种不锈钢酸洗废水的高值化处理方法,包括:

[0052] 取500ml不锈钢酸洗废水,其中含100g/L的 NO_3^- 、60g/L的 F^- 、30g/L的 Fe^{3+} 、9g/L的 Cr^{3+} 、4.3g/L的 Ni^{2+} 、40g/L的残酸;加入131.4ml摩尔浓度为4mol/L的硝酸铈、镧混合溶液(1:1混合)和9ml摩尔浓度为0.5mol/L的草酸溶液进行深度脱氟,脱氟反应3.5h,脱氟完成后得到液相和渣相,渣相为氟化铈和氟化镧的混合物;氟化铈和氟化镧的混合物用350g/L的氢氧化钾溶液碱溶,得到氟化钾和氢氧化铈和氢氧化镧的混合物;氢氧化铈和氢氧化镧的混合物再用1.6mol/L硝酸再生工序产出的硝酸酸溶再生,酸溶再生产物全部返回深度脱氟工序;往深度脱氟后的液相中加入氧化钙进行铁、铬、镍梯级分离,得到纯净的硝酸钙溶液;往纯净的硝酸钙溶液中加入质量浓度为98%的硫酸进行硝酸再生,得到二水硫酸钙晶须和硝酸;再生硝酸可用于酸溶再生工序和返回不锈钢酸洗工序,硝酸回收率是95%;二水硫酸钙晶须经过微波脱水/改性,150℃得到的半水硫酸钙晶须,160℃得无水硫酸钙晶须。

[0053] 实施例4

[0054] 一种不锈钢酸洗废水的高值化处理方法,包括:

[0055] 取500ml不锈钢酸洗废水,其中含270g/L的 NO_3^- 、80g/L的 F^- 、33g/L的 Fe^{3+} 、5g/L的 Cr^{3+} 、4g/L的 Ni^{2+} 、60g/L的残酸;加入175.2ml摩尔浓度为4mol/L的硝酸铈、镧混合溶液(4:1混合)和8.5ml摩尔浓度为1.5mol/L的草酸溶液进行深度脱氟,脱氟反应1h,脱氟完成后得到液相和渣相,渣相为氟化铈和氟化镧的混合物;氟化铈和氟化镧的混合物用300g/L的氢氧化钠溶液碱溶,得到氟化钠和氢氧化铈和氢氧化镧的混合物;氢氧化铈和氢氧化镧的混合物再用4.32mol/L硝酸再生工序产出的硝酸酸溶再生,酸溶再生产物全部返回深度脱氟工序;往深度脱氟后的液相中加入氧化钙进行铁、铬、镍梯级分离,得到纯净的硝酸钙溶液;往纯净的硝酸钙溶液中加入质量浓度为45%的硫酸进行硝酸再生,得到二水硫酸钙晶须和硝酸;再生硝酸可用于酸溶再生工序和返回不锈钢酸洗工序,硝酸回收率是98%;二水硫酸钙晶须经过微波脱水/改性,155℃得到的半水硫酸钙晶须,165℃得无水硫酸钙晶须。

[0056] 实施例5

[0057] 一种不锈钢酸洗废水的高值化处理方法,包括:

[0058] 取500ml不锈钢酸洗废水,其中含300g/L的 NO_3^- 、30g/L的 F^- 、32g/L的 Fe^{3+} 、7g/L的 Cr^{3+} 、3g/L的 Ni^{2+} 、50g/L的残酸;加入65.7ml摩尔浓度为4mol/L的硝酸铈、镧混合溶液(10:1混合)和9ml摩尔浓度为2mol/L的草酸溶液进行深度脱氟,脱氟反应2h,脱氟完成后得到液相和渣相,渣相为氟化铈和氟化镧的混合物;氟化铈和氟化镧的混合物用150g/L的氢氧化

钾溶液碱溶,得到氟化钾和氢氧化铈和氢氧化镧的混合物;氢氧化铈和氢氧化镧的混合物再用4.8mol/L硝酸再生工序产出的硝酸酸溶再生,酸溶再生产物全部返回深度脱氟工序;往深度脱氟后的液相中加入碳酸钙进行铁、铬、镍梯级分离,得到纯净的硝酸钙溶液;往纯净的硝酸钙溶液中加入质量浓度为90%的硫酸进行硝酸再生,得到二水硫酸钙晶须和硝酸;再生硝酸可用于酸溶再生工序和返回不锈钢酸洗工序,硝酸回收率是96%;二水硫酸钙晶须经过微波脱水/改性,120℃得到的半水硫酸钙晶须,175℃得无水硫酸钙晶须。

[0059] 实施例6

[0060] 一种不锈钢酸洗废水的高值化处理方法,包括:

[0061] 取500ml不锈钢酸洗废水,其中含200g/L的 NO_3^- 、70g/L的 F^- 、35g/L的 Fe^{3+} 、8g/L的 Cr^{3+} 、3.7g/L的 Ni^{2+} 、20g/L的残酸;加入153.3ml摩尔浓度为4mol/L的硝酸铈溶液和8ml摩尔浓度为0.5mol/L的草酸溶液进行深度脱氟,脱氟反应0.5h,脱氟完成后得到液相和渣相,渣相为氟化铈;氟化铈用100g/L的氢氧化钠溶液碱溶,得到氟化钠和氢氧化铈;氢氧化铈再用3.2mol/L硝酸再生工序产出的硝酸酸溶再生,酸溶再生产物全部返回深度脱氟工序;往深度脱氟后的液相中加入氧化钙进行铁、铬、镍梯级分离,得到纯净的硝酸钙溶液;往纯净的硝酸钙溶液中加入质量浓度为80%的硫酸进行硝酸再生,得到二水硫酸钙晶须和硝酸;再生硝酸可用于酸溶再生工序和返回不锈钢酸洗工序,硝酸回收率是97%;二水硫酸钙晶须经过微波脱水/改性,140℃得到的半水硫酸钙晶须,180℃得无水硫酸钙晶须。

[0062] 实施例7

[0063] 一种不锈钢酸洗废水的高值化处理方法,包括:

[0064] 取500ml不锈钢酸洗废水,其中含250g/L的 NO_3^- 、50g/L的 F^- 、40g/L的 Fe^{3+} 、6g/L的 Cr^{3+} 、4.5g/L的 Ni^{2+} 、70g/L的残酸;加入109.5ml摩尔浓度为4mol/L的硝酸镧溶液和10ml摩尔浓度为1mol/L的草酸溶液进行深度脱氟,脱氟反应0.5h,脱氟完成后得到液相和渣相,渣相为氟化镧;氟化镧用290g/L的氢氧化钾溶液碱溶,得到氟化钾和氢氧化镧;氢氧化镧再用4mol/L硝酸再生工序产出的硝酸酸溶再生,酸溶再生产物全部返回深度脱氟工序;往深度脱氟后的液相中加入碳酸钙进行铁、铬、镍梯级分离,得到纯净的硝酸钙溶液;往纯净的硝酸钙溶液中加入质量浓度为70%的硫酸进行硝酸再生,得到二水硫酸钙晶须和硝酸;再生硝酸可用于酸溶再生工序和返回不锈钢酸洗工序,硝酸回收率是99%;二水硫酸钙晶须经过微波脱水/改性,135℃得到的半水硫酸钙晶须,160℃得无水硫酸钙晶须。

[0065] 综上所述,本发明不仅实现了不锈钢酸洗废水中氟离子的去除和铁、铬、镍的梯级分离回收,而且使得硝酸成为一种可再生的资源,达到资源的循环利用;最重要的是可以高值化回收钙离子,以及得到高价值的半水/无水硫酸钙晶须。

[0066] 以上所述是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明所述原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

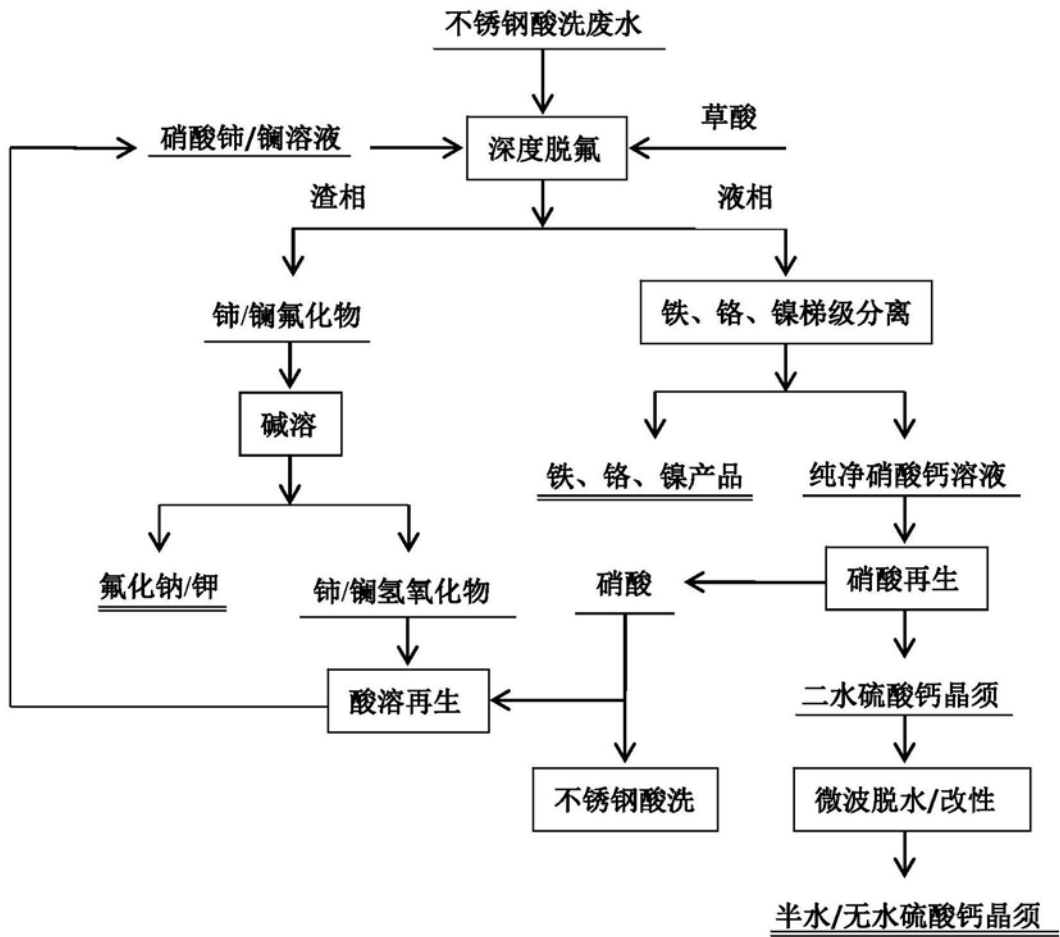


图1