



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107723483 A

(43)申请公布日 2018.02.23

(21)申请号 201710942953.3

(22)申请日 2017.10.11

(71)申请人 攀钢集团钒钛资源股份有限公司
地址 617000 四川省攀枝花市东区弄弄坪
攀钢集团钒钛资源股份有限公司

(72)发明人 王进 张林 叶露 申彪 王亚威
李月鹏 何文艺 刘严 张桂意
哈春涛

(74)专利代理机构 成都虹桥专利事务所(普通
合伙) 51124

代理人 梁鑫

(51)Int. Cl.

C22B 34/22(2006.01)

C22B 1/06(2006.01)

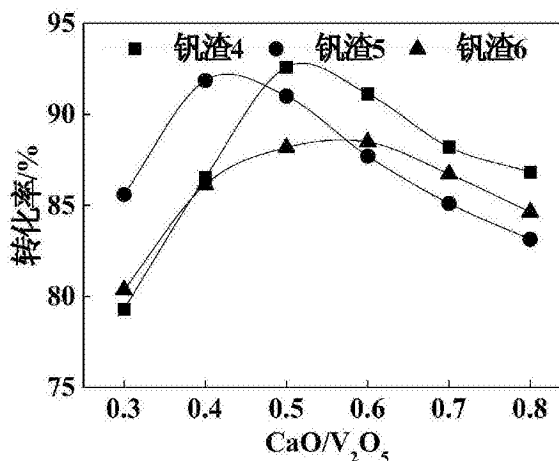
权利要求书2页 说明书12页 附图3页

(54)发明名称

控制钒渣钙化焙烧及其熟料硫酸浸出工艺参数的方法

(57)摘要

本发明公开了一种控制钒渣钙化焙烧及其熟料硫酸浸出工艺参数的方法,属于冶金领域。本发明方法通过调节钙钒比,可获得不同TV/TiO₂和(MnO,CaO)含量的钒渣在不同钙化焙烧方式中的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线;通过调节钙化焙烧熟料浸出pH,可获得不同TV/V⁵⁺熟料的(浸出pH,浸出率)曲线。通过对钙化焙烧和浸出环节的参数进行动态调整,获得了钒渣钙化焙烧的最优体系CaO/V₂O₅和最高转化率、熟料的最优浸出pH和最高浸出率,显著提高了钒渣钙化焙烧转化率及其熟料浸出率,极大的降低了生产成本;通过绘制标准图谱,可针对不同矿源指导钒渣在不同钙化焙烧方式和熟料浸出环节的参数控制,具备巨大的实用性,值得推广应用。



1. 控制钒渣钙化焙烧工艺参数的方法,其特征在于:包括以下步骤:
 - A、分析钒渣成分,检测钒渣的CaO和V₂O₅含量,获得钒渣的CaO/V₂O₅;
 - B、向钒渣中加入石灰石,调节体系CaO/V₂O₅,进行钙化焙烧,获得钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率;
 - C、根据步骤B中所得钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率,以CaO/V₂O₅为横坐标,转化率为纵坐标,绘制曲线;
 - D、根据步骤C所得曲线控制钒渣钙化焙烧的体系CaO/V₂O₅和转化率。
2. 根据权利要求1所述的控制钒渣钙化焙烧工艺参数的方法,其特征在于:步骤A中还包括检测钒渣的TV、TiO₂和MnO含量,获得钒渣的TV/TiO₂。
3. 根据权利要求1或2所述的控制钒渣钙化焙烧工艺参数的方法,其特征在于:步骤B中,所述调节体系CaO/V₂O₅的范围为0.1~1.3;获得不少于5个的钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率。
4. 根据权利要求1~3任一项所述的控制钒渣钙化焙烧工艺参数的方法,其特征在于:步骤B中,所述钙化焙烧为一次钙化焙烧或混合钙化焙烧。
5. 控制钒渣钙化焙烧及其熟料硫酸浸出工艺参数的方法,其特征在于:包括以下步骤:
 - A、分析钒渣成分,检测钒渣CaO和V₂O₅含量,获得钒渣的CaO/V₂O₅;
 - B、向钒渣中加入石灰石,调节体系CaO/V₂O₅,进行钙化焙烧,获得钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率;
 - C、根据步骤B中所得钒渣在不同CaO/V₂O₅体系下的转化率,以CaO/V₂O₅为横坐标,转化率为纵坐标,绘制曲线;
 - D、根据步骤C所得曲线控制钒渣钙化焙烧的体系CaO/V₂O₅和转化率,钒渣经钙化焙烧获得熟料,对熟料进行浸出操作,调节浸出pH,获得熟料在不同浸出pH条件下的浸出率;
 - E、根据步骤D中所得熟料在不同浸出pH条件下的浸出率,以浸出pH为横坐标,浸出率为纵坐标,绘制曲线;
 - F、根据步骤E所得曲线控制熟料硫酸浸出的浸出pH和浸出率。
6. 根据权利要求5所述的控制钒渣钙化焙烧及其熟料硫酸浸出工艺参数的方法,其特征在于:步骤B中,所述调节体系CaO/V₂O₅的范围为0.1~1.3;获得不少于5个的钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率;步骤D中,所述调节浸出pH的范围为2.0~3.5;获得不少于4个的熟料在不同浸出pH条件下的浸出率。
7. 根据权利要求5或6所述的控制钒渣钙化焙烧及其熟料硫酸浸出工艺参数的方法,其特征在于:步骤B和步骤D中,所述钙化焙烧为一次钙化焙烧或混合钙化焙烧。
8. 根据权利要求5~7任一项所述的控制钒渣钙化焙烧及其熟料硫酸浸出工艺参数的方法,其特征在于:步骤A中还包括检测钒渣的TV、TiO₂和MnO含量,获得钒渣的TV/TiO₂;步骤D中还包括在浸出操作前,分析熟料成分,检测熟料的TV和V⁵⁺含量,获得熟料的TV/V⁵⁺。
9. 根据权利要求5~8任一项所述的控制钒渣钙化焙烧及其熟料硫酸浸出工艺参数的方法,其特征在于:步骤C所得曲线的最高点即为钒渣钙化焙烧的最优体系CaO/V₂O₅和最高转化率;步骤D中,钒渣在最优体系CaO/V₂O₅下经钙化焙烧获得熟料;步骤E所得曲线的最高点即为熟料的最优浸出pH和最高浸出率。
10. 根据权利要求5~9任一项所述的控制钒渣钙化焙烧及其熟料硫酸浸出工艺参数的

方法,其特征在于:步骤D中,采用质量浓度为30~65%的硫酸调节浸出pH。

控制钒渣钙化焙烧及其熟料硫酸浸出工艺参数的方法

技术领域

[0001] 本发明属于冶金领域,具体涉及一种控制钒渣钙化焙烧及其熟料硫酸浸出工艺参数的方法。

背景技术

[0002] “氧化钒清洁生产工艺”采用钒渣“钙化焙烧—硫酸浸出—酸性沉淀”的工艺流程,其中,钙化焙烧、硫酸浸出生产清洁钒过程中,关键控制参数包括焙烧钙钒比、焙烧温度、焙烧时间、浸出温度、浸出时间、浸出pH等,这些参数控制直接影响钒渣钒转化率及其焙烧熟料钒浸出率。

[0003] 现有技术中一般仅针对一种钒渣及其焙烧熟料给出了所要求的最佳参数控制参数值,在这种钒渣条件下,按原有参数进行控制,能够取得良好的效果,焙烧转化率稳定在88~92%,熟料浸出率基本在93~97%,但当矿源发生变化后,其钒渣的晶相及钒存在形式改变,导致在原有最佳参数条件下,钒渣钒转化率急剧下滑(下滑至83~85%);钒渣的晶相及钒存在形式的变化,其焙烧熟料也随之改变,原有最佳参数也不再适用,导致焙烧熟料钒浸出率急剧下滑(下滑至85~90%),大大制约了焙烧—浸出工序的钒回收率,整条氧化钒生产线受到炼钢钒渣变化的巨大冲击。

[0004] 目前针对炼钢钒渣发生变化的情况,如何调整不同钒渣的钙化焙烧、硫酸浸出关键控制参数,从而提高钒渣钒转化率及其焙烧熟料钒浸出率,尚无应对方法。

发明内容

[0005] 本发明所要解决第一个技术问题是针对炼钢钒渣发生变化的情况,如何调整不同钒渣的钙化焙烧关键控制参数,从而提高钒渣钙化焙烧转化率。

[0006] 本发明解决上述技术问题所采用的技术方案是提供了一种控制钒渣钙化焙烧工艺参数的方法,该方法包括以下步骤:

[0007] A、分析钒渣成分,检测钒渣的CaO和V₂O₅含量,获得钒渣的CaO/V₂O₅;

[0008] B、向钒渣中加入石灰石,调节体系CaO/V₂O₅,进行钙化焙烧,获得钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率;

[0009] C、根据步骤B中所得钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率,以CaO/V₂O₅为横坐标,转化率为纵坐标,绘制曲线;

[0010] D、根据步骤C所得曲线控制钒渣钙化焙烧的体系CaO/V₂O₅和转化率。

[0011] 其中,上述控制钒渣钙化焙烧工艺参数的方法中,步骤A中还包括检测钒渣的TV、TiO₂和MnO含量,获得钒渣的TV/TiO₂。

[0012] 其中,上述控制钒渣钙化焙烧工艺参数的方法中,步骤B中,调节体系CaO/V₂O₅的范围为0.1~1.3;获得不少于5个的钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率。

[0013] 其中,上述控制钒渣钙化焙烧工艺参数的方法中,步骤B中,所述钙化焙烧为一次钙化焙烧或混合钙化焙烧。

[0014] 其中,上述控制钒渣钙化焙烧工艺参数的方法中,步骤C所得曲线的最高点即为钒渣钙化焙烧的最优体系 $\text{CaO}/\text{V}_2\text{O}_5$ 和最高转化率。

[0015] 本发明所要解决第二个技术问题是针对炼钢钒渣发生变化的情况,如何调整不同钒渣的钙化焙烧、熟料硫酸浸出关键控制参数,从而提高钒渣钙化焙烧转化率及其熟料浸出率。

[0016] 本发明解决上述技术问题所采用的技术方案是提供了一种控制钒渣钙化焙烧及其熟料硫酸浸出工艺参数的方法,包括以下步骤:

[0017] A、分析钒渣成分,检测钒渣 CaO 和 V_2O_5 含量,获得钒渣的 $\text{CaO}/\text{V}_2\text{O}_5$;

[0018] B、向钒渣中加入石灰石,调节体系 $\text{CaO}/\text{V}_2\text{O}_5$,进行钙化焙烧,获得钒渣在不同体系 $\text{CaO}/\text{V}_2\text{O}_5$ 下的转化率;

[0019] C、根据步骤B中所得钒渣在不同体系 $\text{CaO}/\text{V}_2\text{O}_5$ 下的转化率,以 $\text{CaO}/\text{V}_2\text{O}_5$ 为横坐标,转化率为纵坐标,绘制曲线;

[0020] D、根据步骤C所得曲线控制钒渣钙化焙烧的体系 $\text{CaO}/\text{V}_2\text{O}_5$ 和转化率,钒渣经钙化焙烧获得熟料,对熟料进行浸出操作,调节浸出pH,获得熟料在不同浸出pH条件下的浸出率;

[0021] E、根据步骤D中所得熟料在不同浸出pH条件下的浸出率,以浸出pH为横坐标,浸出率为纵坐标,绘制曲线;

[0022] F、根据步骤E所得曲线控制熟料硫酸浸出的浸出pH和浸出率。

[0023] 其中,上述控制钒渣钙化焙烧及其熟料硫酸浸出工艺参数的方法中,步骤B中,调节体系 $\text{CaO}/\text{V}_2\text{O}_5$ 的范围为0.1~1.3;获得不少于5个的钒渣在不同体系 $\text{CaO}/\text{V}_2\text{O}_5$ 下的转化率;步骤D中,调节浸出pH的范围为2.0~3.5;获得不少于4个的熟料在不同浸出pH条件下的浸出率。

[0024] 其中,上述控制钒渣钙化焙烧及其熟料硫酸浸出工艺参数的方法中,步骤B和步骤D中,所述钙化焙烧为一次钙化焙烧或混合钙化焙烧。

[0025] 其中,上述控制钒渣钙化焙烧及其熟料硫酸浸出工艺参数的方法中,步骤A中还包括检测钒渣的TV、 TiO_2 和 MnO 含量,获得钒渣的 TV/TiO_2 ;步骤D中还包括在浸出操作前,分析熟料成分,检测熟料的TV和 V^{5+} 含量,获得熟料的 TV/V^{5+} 。

[0026] 其中,上述控制钒渣钙化焙烧及其熟料硫酸浸出工艺参数的方法中,步骤C所得曲线的最高点即为钒渣钙化焙烧的最优体系 $\text{CaO}/\text{V}_2\text{O}_5$ 和最高转化率;步骤D中,钒渣在最优体系 $\text{CaO}/\text{V}_2\text{O}_5$ 下经钙化焙烧获得熟料;步骤E所得曲线的最高点即为熟料的最优浸出pH和最高浸出率。

[0027] 其中,上述控制钒渣钙化焙烧及其熟料硫酸浸出工艺参数的方法中,步骤D中,采用质量浓度为30~65%的硫酸调节浸出pH。

[0028] 本发明的有益效果是:

[0029] 本发明方法通过调整体系 $\text{CaO}/\text{V}_2\text{O}_5$,可获得钒渣钙化焙烧的($\text{CaO}/\text{V}_2\text{O}_5$,转化率)曲线,从而控制钒渣钙化焙烧工艺参数,进一步获得钒渣钙化焙烧的最优体系 $\text{CaO}/\text{V}_2\text{O}_5$ 和最高转化率;通过调节浸出pH,可获得熟料的(浸出pH,浸出率)曲线,从而控制钒渣钙化焙烧熟料硫酸浸出工艺参数,进一步获得熟料的最优浸出pH和最高浸出率。通过对钙化焙烧和浸出环节的参数进行动态调整,显著提高了钒渣钙化焙烧转化率及其熟料浸出率,极大的降低了生产成本;针对不同矿源,其钒渣中 TV/TiO_2 和(MnO , CaO)含量不同,导致其($\text{CaO}/\text{V}_2\text{O}_5$,

转化率)曲线不同;钒渣钙化焙烧所得熟料的 TV/V^{5+} 不同,导致其(浸出pH,浸出率)曲线不同,本发明方法可通过汇总各种 TV/TiO_2 和 (MnO, CaO) 含量的钒渣钙化焙烧的 $(CaO/V_2O_5, 转化率)$ 曲线,各种 V^T/V^{5+} 的熟料的(浸出pH,浸出率)曲线,绘制标准图谱,从而可针对不同矿源,指导钒渣在不同钙化焙烧方式和熟料浸出的参数控制,结果稳定、准确、可靠,具备巨大的实用性,值得推广应用。

附图说明

- [0030] 图1为本发明实施例1中钒渣1混合钙化焙烧的 $(CaO/V_2O_5, 转化率)$ 曲线;
- [0031] 图2为本发明实施例1中钒渣2混合钙化焙烧的 $(CaO/V_2O_5, 转化率)$ 曲线;
- [0032] 图3为本发明实施例1中钒渣3混合钙化焙烧的 $(CaO/V_2O_5, 转化率)$ 曲线;
- [0033] 图4为本发明实施例2中熟料 V^T/V^{5+} 及(浸出pH,浸出率)曲线;
- [0034] 图5为本发明实施例3中钒渣4、钒渣5和钒渣6混合钙化焙烧的 $(CaO/V_2O_5, 转化率)$ 曲线;
- [0035] 图6为本发明实施例3中钒渣4、钒渣5和钒渣6一次钙化焙烧的 $(CaO/V_2O_5, 转化率)$ 曲线。

具体实施方式

- [0036] 具体的,一种控制钒渣钙化焙烧工艺参数的方法,该方法包括以下步骤:
- [0037] A、分析钒渣成分,检测钒渣的 CaO 和 V_2O_5 含量,获得钒渣的 CaO/V_2O_5 ;
- [0038] B、向钒渣中加入石灰石,调节体系 CaO/V_2O_5 ,进行钙化焙烧,获得钒渣在不同体系 CaO/V_2O_5 下的转化率;
- [0039] C、根据步骤B中所得钒渣在不同体系 CaO/V_2O_5 下的转化率,以 CaO/V_2O_5 为横坐标,转化率为纵坐标,绘制曲线;
- [0040] D、根据步骤C所得曲线控制钒渣钙化焙烧的体系 CaO/V_2O_5 和转化率。
- [0041] 发明人在实践中发现,当钒渣中 TV/TiO_2 比值较低且 (MnO, CaO) 含量较高时,即 TiO_2 含量较高时,其在钒渣中以 $FeTiO_3$,而钒以 FeV_2O_4 形式存在,较高的 TiO_2 含量将影响 FeO 的氧化为 Fe_2O_3 ,从而影响 V_2O_3 氧化为 V_2O_5 ;而 (CaO, MnO) 含量较高时,其以 $CaSi_2O_5, CaSi_3O_7, Ca_3SiO_5, Ca_3SiO_5, Ca(OH)_2, CaFeO_2, Ca_2Fe_2O_7, CaMn_2O_4$ 等死钙形式存在,阻止钙化反应的发生,从而影响钒转化率;因此钒渣中 TV/TiO_2 比值和 (MnO, CaO) 含量的不同,也导致钒渣钙化焙烧的 $(CaO/V_2O_5, 转化率)$ 曲线不同。
- [0042] 针对不同矿源或钒渣,由于其钒渣中 TV/TiO_2 和 (MnO, CaO) 含量不同,可通过汇总各种 TV/TiO_2 和 (MnO, CaO) 含量的钒渣钙化焙烧的 $(CaO/V_2O_5, 转化率)$ 曲线,绘制标准图谱,从而在实际生产中可根据矿源选择相应的曲线,指导钒渣钙化焙烧的参数,控制体系 CaO/V_2O_5 ,实现目标转化率;实际生产中,通常会选择最高转化率,以节约成本、增大产值,此时就应该选择曲线最高点,将体系调节至最优体系 CaO/V_2O_5 ,从而获得钒渣钙化焙烧的最高转化率;考虑到成本原因,一般选择 CaO 质量含量为50~55%石灰石;当然石灰石中 CaO 的质量含量对本发明方法并无影响,仅影响石灰石的加入量。
- [0043] 钒渣钙化焙烧转化率可随体系 CaO/V_2O_5 显著变化,步骤B中,向钒渣中加入石灰石调节体系 CaO/V_2O_5 ,获得钒渣在不同体系 CaO/V_2O_5 的钙化焙烧转化率,以 CaO/V_2O_5 为横坐标,

转化率为纵坐标,即点(CaO/V₂O₅,转化率),可绘制得到(CaO/V₂O₅,转化率)曲线;根据实际生产中钒渣的CaO/V₂O₅和(CaO/V₂O₅,转化率)曲线变化规律,一般需要调节体系CaO/V₂O₅的范围为0.1~1.3;但是根据不同钒渣,可缩小调节范围,比如当钒渣的CaO/V₂O₅为0.3时,可将范围缩小为0.3~1.3。

[0044] 步骤C中,绘制(CaO/V₂O₅,转化率)曲线时,一般在Origin, Minitab等数据处理软件中进行,只要能绘制出相应曲线即可;(CaO/V₂O₅,转化率)曲线可根据数据处理软件中各种曲线进行拟合,常用的拟合曲线为一次曲线、二次曲线、多次曲线或Boltzmann曲线等等;在实施本发明方法和实际生产中,曲线的拟合规则如下:按何种曲线进行拟合,所得到的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线,与实际生产结果越符合,则选择相应的曲线进行拟合,从而能使(CaO/V₂O₅,转化率)曲线,更有效的指导实际生产;在软件中拟合时,拟合参数R²越接近1,相关性越好,拟合越好。

[0045] 为了保证(CaO/V₂O₅,转化率)曲线的准确性,绘制(CaO/V₂O₅,转化率)曲线时,应获得不少于5个的钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的钙化焙烧转化率,即点(CaO/V₂O₅,转化率)一般不少于5个;通过点(CaO/V₂O₅,转化率),绘制(CaO/V₂O₅,转化率)曲线,进而计算(CaO/V₂O₅,转化率)曲线最高点,即为钒渣钙化焙烧的最优体系CaO/V₂O₅和最高转化率。此外,本领域技术人员皆知,在绘制曲线时,所取的不同体系CaO/V₂O₅应可能广的分布在曲线线性范围内,一般会选择不加石灰石时钒渣的固有钙钒比和加入大量石灰石达到1.3的钙钒比,以保证曲线的线性范围和准确性,例如当曲线线性范围为0.1~1.3(即调节体系CaO/V₂O₅的范围为0.1~1.3)时,不同体系CaO/V₂O₅可选择0.1、0.3、0.5、0.8、1.3;当然取值点越多,拟合曲线越精确。

[0046] 本发明方法中钙化焙烧方式可采用一次钙化焙烧或混合钙化焙烧;钒渣通过不同钙化焙烧方式,其转化率有所差异,但无论采用何种钙化焙烧方式,都可通过上述方法获得钒渣钙化焙烧的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线,进而获得该钙化焙烧方式下,钒渣的最优体系CaO/V₂O₅和最高转化率;在实际生产中,可根据钒渣在不同钙化焙烧方式中,最优体系CaO/V₂O₅条件下的钒渣钙化焙烧转化率,选择最优钙化焙烧方式。

[0047] 本发明还提供了一种控制钒渣钙化焙烧及其熟料硫酸浸出工艺参数的方法,包括以下步骤:

[0048] A、分析钒渣成分,检测钒渣CaO和V₂O₅含量,获得钒渣的CaO/V₂O₅;

[0049] B、向钒渣中加入石灰石,调节体系CaO/V₂O₅,进行钙化焙烧,获得钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的化率;

[0050] C、根据步骤B中所得钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率,以CaO/V₂O₅为横坐标,转化率为纵坐标,绘制曲线;

[0051] D、根据步骤C所得曲线控制钒渣钙化焙烧的体系CaO/V₂O₅和转化率,钒渣经钙化焙烧获得熟料,对熟料进行浸出操作,调节浸出pH,获得熟料在不同浸出pH条件下的浸出率;

[0052] E、根据步骤D中所得熟料在不同浸出pH条件下的浸出率,以浸出pH为横坐标,浸出率为纵坐标,绘制曲线;

[0053] F、根据步骤E所得曲线控制熟料硫酸浸出的浸出pH和浸出率。

[0054] 本发明提供的一种控制钒渣钙化焙烧及其熟料硫酸浸出工艺参数的方法中步骤A、B和C,与本发明提供的一种控制钒渣钙化焙烧工艺参数的方法中步骤A、B和C相同,因此,

对步骤A、B和C中的相关解释不再赘述。

[0055] 熟料浸出率受钒渣焙烧方式、熟料TV/V⁵⁺和浸出pH影响；但焙烧方式仅影响所得熟料的浸出率，并不影响熟料采用本发明方法绘制(浸出pH, 浸出率)曲线；此外，步骤D中，在浸出操作前，先分析熟料成分，检测熟料的TV和V⁵⁺含量，获得熟料的TV/V⁵⁺，当熟料TV/V⁵⁺一定后，熟料浸出率随浸出pH显著变化；步骤D中，通过调节浸出pH，可获得熟料在不同浸出pH条件下的浸出率；步骤E中，以浸出pH为横坐标，浸出率为纵坐标，即点(浸出pH, 浸出率)，可绘制(浸出pH, 浸出率)曲线；通过控制熟料浸出pH，实现目标浸出率；实际生产中，通常会选择最高浸出率，以节约成本、增大产值，此时就应该选择曲线最高点，将体系调节至最优浸出pH，从而获得钒渣钙化焙烧熟料的最高浸出率。

[0056] 针对不同矿源或钒渣，其熟料的TV/V⁵⁺不同，导致其(浸出pH, 浸出率)曲线不同，可通过汇总各种TV/V⁵⁺的熟料的(浸出pH, 浸出率)曲线，绘制标准图谱，在实际生产中可根据矿源或钒渣选择相应的曲线，指导熟料的浸出参数，获得最高浸出率。

[0057] 步骤E中，绘制(浸出pH, 浸出率)曲线时，一般在Origin, Minitab等数据处理软件中进行，只要能绘制出相应曲线即可；(浸出pH, 浸出率)曲线可根据数据处理软件中各种曲线进行拟合，常用的拟合曲线为一次曲线、二次曲线、多次曲线或Boltzmann曲线等等；在实施本发明方法和实际生产中，曲线的拟合规则如下：按何种曲线进行拟合，所得到的(浸出pH, 浸出率)曲线，与实际生产结果越符合，则选择相应的曲线进行拟合，从而能使(浸出pH, 浸出率)曲线，更有效的指导实际生产；在软件中拟合时，拟合参数R²越接近1，相关性越好，拟合越好。

[0058] 根据实际生产中熟料(浸出pH, 浸出率)曲线变化规律，一般需要调节浸出pH的范围为2.0~3.5。为了保证(浸出pH, 浸出率)曲线的准确性，绘制(浸出pH, 浸出率)曲线时，应获得不少于4个的熟料在不同浸出pH条件下的浸出率，即点(浸出pH, 浸出率)一般不少于4个；通过点(浸出pH, 浸出率)，绘制(浸出pH, 浸出率)曲线，进而计算(浸出pH, 浸出率)曲线最高点，即为熟料的最优浸出pH和理论最高浸出率。

[0059] 此外，本领域技术人员皆知，在绘制曲线时，不同浸出pH应可能广的分布在曲线线性范围内，以保证曲线的准确性，例如当曲线线性范围为2.0~3.5(即调节浸出pH的范围为2.0~3.5)时，不同浸出pH可选择2.2、2.6、3.0、3.4；当然取值点越多，拟合曲线越精确。

[0060] 本发明方法步骤D中，优选的，钒渣在最优体系CaO/V₂O₅下经钙化焙烧获得熟料，从而可以在钒渣最高转化率和熟料最高浸出率条件下，获得钒最大收率，降低生产成本。

[0061] 本发明方法步骤D中，采用质量浓度为30~65%的硫酸调节浸出pH，产生的反应热量适中，避免了因浸出温度偏高，浸出发生沉钒现象，导致钒损失，影响(浸出pH, 浸出率)曲线的准确性。

[0062] 本发明方法中，所述钒渣的CaO/V₂O₅表示钒渣固有的CaO含量与V₂O₅含量的比值，钒渣的TV/TiO₂表示钒渣固有的TV含量与TiO₂含量的比值，体系CaO/V₂O₅表示钙化焙烧体系中的CaO总含量与钒渣固有的V₂O₅含量的比值，熟料的TV/V⁵⁺表示熟料中全钒含量与五价钒含量的比值。

[0063] 本发明方法中，所述含量均为质量含量。

[0064] 优选的，一种控制钒渣钙化焙烧工艺参数的方法，包括以下步骤：

[0065] A、分析钒渣成分，检测钒渣的CaO、V₂O₅含量、TV、TiO₂和MnO含量，获得钒渣的CaO/

V₂O₅和TV/TiO₂;

[0066] B、向钒渣中加入石灰石,调节体系CaO/V₂O₅,进行钙化焙烧,获得不少于5个的钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率;其中,调节体系CaO/V₂O₅的范围为0.1~1.3;获得不少于5个的钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率;所述钙化焙烧为一次钙化焙烧或混合钙化焙烧;

[0067] C、根据步骤B中所得钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率,以CaO/V₂O₅为横坐标,转化率为纵坐标,绘制曲线,曲线最高点即为钒渣钙化焙烧的最优体系CaO/V₂O₅和最高转化率;

[0068] D、根据步骤C所得曲线控制钒渣钙化焙烧的体系CaO/V₂O₅和转化率。

[0069] 优化的,一种控制钒渣钙化焙烧及其熟料硫酸浸出工艺参数的方法,包括以下步骤:

[0070] A、分析钒渣成分,检测钒渣的CaO、V₂O₅含量、TV、TiO₂和MnO含量,获得钒渣的CaO/V₂O₅和TV/TiO₂;

[0071] B、向钒渣中加入石灰石,调节体系CaO/V₂O₅,进行钙化焙烧,获得不少于5个的钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率;其中,调节体系CaO/V₂O₅的范围为0.1~1.3;获得不少于5个的钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率;所述钙化焙烧为一次钙化焙烧或混合钙化焙烧;

[0072] C、根据步骤B中所得钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率,以CaO/V₂O₅为横坐标,转化率为纵坐标,绘制曲线,曲线最高点即为钒渣钙化焙烧的最优CaO/V₂O₅和最高转化率;

[0073] D、根据步骤C所得曲线控制钒渣钙化焙烧的体系CaO/V₂O₅和转化率,钒渣在最优体系CaO/V₂O₅下经钙化焙烧获得熟料,分析熟料成分,检测熟料的TV和V⁵⁺含量,获得熟料的TV/V⁵⁺,对熟料进行浸出操作,采用质量浓度为30~65%的硫酸调节浸出pH,获得不少于4个的熟料在不同浸出pH条件下的浸出率;所述钙化焙烧为一次钙化焙烧或混合钙化焙烧;其中,调节浸出pH的范围为2.0~3.5;

[0074] E、根据步骤D中所得熟料在不同浸出pH条件下的浸出率,以浸出pH为横坐标,浸出率为纵坐标,按一次曲线、二次曲线或者多次曲线进行拟合,绘制曲线;曲线最高点即为熟料的最优浸出pH和最高浸出率;

[0075] F、根据步骤E所得曲线控制熟料硫酸浸出的浸出pH和浸出率。

[0076] 下面通过实施例对本发明作进一步详细说明,但并不因此将本发明保护范围限制在所述的实施例范围之内。

[0077] 实施例1:钒渣钙化焙烧的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线

[0078] A、取三种钒渣,分析钒渣成份,结果见表1:

[0079] 表1 钒渣的成分分析

[0080]

样名	TV/%	(CaO,MnO)/%	TiO ₂ /%	V ₂ O ₅ /%	CaO/V ₂ O ₅	TV/TiO ₂
钒渣1	8.44	(1.94,8.37)	12.00	15.06	0.1	0.703
钒渣2	10.06	(5.75,8.92)	15.45	17.96	0.3	0.651
钒渣3	10.24	(1.84,8.98)	12.25	18.28	0.1	0.836

[0081] B、向钒渣1、钒渣2和钒渣3中分别加入石灰石,调节体系CaO/V₂O₅比,进行混合钙化焙烧,获得钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率,结果见表2:

[0082] 表2 钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率

[0083] 单位：%

[0084]

CaO/V ₂ O ₅ 比	钒渣1转化率	钒渣2转化率	钒渣3转化率
0.1	—	—	90.89
0.22	—	—	91.31
0.3	83.85	76.75	—
0.36	—	—	91.99
0.43	—	—	90.80
0.5	93.46	88.21	89.40
0.58	—	—	87.65
0.6	93.81	89.12	—
0.66	—	—	85.64
0.7	93.38	89.86	—
0.75	—	—	83.18
0.8	91.27	90.84	—
0.84	—	—	81.47
0.9	87.12	85.3	—
0.93	—	—	80.66
1.1	85.05	83.02	—
1.3	83.73	79.99	—

[0085] C、根据步骤B表2中三种钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率数据,以CaO/V₂O₅为横坐标,转化率为纵坐标,在Origin软件中,钒渣1按三次曲线进行拟合,获得(CaO/V₂O₅,转化率)曲线,见图1;钒渣2按三次曲线进行拟合,获得(CaO/V₂O₅,转化率)曲线,见图2;钒渣3按三次曲线进行拟合,获得(CaO/V₂O₅,转化率)曲线,见图3;

[0086] D、根据步骤C所得曲线控制钒渣钙化焙烧的体系CaO/V₂O₅和转化率;在实际生产中,根据步骤C所得曲线,将体系调节至最优体系CaO/V₂O₅,即可获得钒渣钙化焙烧的最高转化率。

[0087] 钒渣钙化焙烧的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线准确性验证:

[0088] 1、通过钒渣1、钒渣2和钒渣3所得曲线计算曲线最高点,即为该TV/TiO₂和(MnO, CaO)含量的钒渣经混合钙化焙烧的最优体系CaO/V₂O₅和最高转化率,分别获得:钒渣1的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线最高点为(0.6,93.81),钒渣2的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线最高点为(0.8,90.84),钒渣3的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线最高点为(0.36,91.99);

[0089] 向钒渣1中加入石灰石,调节体系CaO/V₂O₅为0.6,进行混合钙化焙烧,钒渣1的转化率为93.78;向钒渣2中加入石灰石,调节体系CaO/V₂O₅比为0.8,进行混合钙化焙烧,钒渣2的转化率为90.93;向钒渣3中加入石灰石,调节体系CaO/V₂O₅比为0.36,进行混合钙化焙烧,钒渣3的转化率为92.08。

[0090] 2、通过钒渣1、钒渣2和钒渣3所得曲线计算,分别取:钒渣1的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线中的点(0.45,89.28),钒渣2的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线中的点为(0.45,86.06),钒渣3的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线中的点为(0.3,92.15);

[0091] 向钒渣1中加入石灰石,调节体系CaO/V₂O₅为0.45,进行混合钙化焙烧,钒渣1的转化率为89.34;向钒渣2中加入石灰石,调节体系CaO/V₂O₅比为0.45,进行混合钙化焙烧,钒渣2的转化率为86.18;向钒渣3中加入石灰石,调节体系CaO/V₂O₅比为0.3,进行混合钙化焙烧,钒渣3的转化率为92.18。

[0092] 3、通过钒渣1、钒渣2和钒渣3所得曲线计算,分别取:钒渣1的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线中的点(0.75,92.18),钒渣2的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线中的点为(0.75,89.64),钒渣3的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线中的点为(0.7,84.67);

[0093] 向钒渣1中加入石灰石,调节体系CaO/V₂O₅为0.75,进行混合钙化焙烧,钒渣1的转化率为92.11;向钒渣2中加入石灰石,调节体系CaO/V₂O₅比为0.75,进行混合钙化焙烧,钒渣2的转化率为89.58;向钒渣3中加入石灰石,调节体系CaO/V₂O₅比为0.7,进行混合钙化焙烧,钒渣3的转化率为84.58。

[0094] 由此可知,通过钒渣钙化焙烧的曲线计算所得的点(CaO/V₂O₅,转化率),与实际生产中钒渣在该体系CaO/V₂O₅进行钙化焙烧的钒渣转化率基本一致,结果稳定、准确、可靠;因此(CaO/V₂O₅,转化率)曲线可用于指导钒渣钙化焙烧参数;向钒渣中加入石灰石,调节体系CaO/V₂O₅,可获得不同TV/TiO₂和(MnO,CaO)含量的钒渣,经钙化焙烧的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线;针对不同矿源,由于其钒渣的TV/TiO₂和(MnO,CaO)含量不同,可通过汇总各种TV/TiO₂和(MnO,CaO)含量的钒渣,经钙化焙烧的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线,绘制标准图谱,获得钒渣钙化焙烧的最优体系CaO/V₂O₅和最高转化率,指导钒渣钙化焙烧参数,从而显著提高钒渣钙化焙烧转化率,极大降低生产成本。

[0095] 实施例2:熟料的(浸出pH,浸出率)曲线

[0096] D、取实施例1中钒渣1在最优体系CaO/V₂O₅下,混合钙化焙烧获得的熟料1,经检测熟料1的TV/V⁵⁺为1.23;取实施例1中钒渣2在最优体系CaO/V₂O₅下,混合钙化焙烧获得的熟料2,经检测熟料2的TV/V⁵⁺为1.16;取实施例1中钒渣3在最优体系CaO/V₂O₅下,混合钙化焙烧获得的熟料3,经检测熟料3的TV/V⁵⁺为1.14;对熟料1、2、3分别进行浸出操作,加入质量浓度为38%的硫酸调节浸出pH,获得熟料在不同浸出pH条件下的浸出率,结果见表3;

[0097] 表3 熟料在不同浸出pH的浸出率

[0098]

浸出pH	熟料1	熟料2	熟料3
2.25	—	—	97.61
2.35	—	—	94.32
2.45	—	—	94.96
2.55	—	—	91.36
2.6	87.96	93.2	—
2.8	91.43	96.1	—
2.85	—	—	91.57
2.9	—	95.9	—
2.95	—	—	91.36
3	88.01	95.15	—
3.2	80.48	93.95	—

[0099] E、根据步骤D表3中三种熟料在不同浸出pH下的浸出率数据,以浸出pH为横坐标,浸出率为纵坐标,在Origin软件中,熟料1按二次曲线进行拟合,获得(浸出pH,浸出率)曲线;熟料2按三次曲线进行拟合,获得(浸出pH,浸出率)曲线;熟料3按Boltzmann曲线进行拟合,获得(浸出pH,浸出率)曲线;熟料1、熟料2和熟料3的(浸出pH,浸出率)曲线见图4;

[0100] F、根据步骤E所得曲线控制熟料硫酸浸出的浸出pH和浸出率;在实际生产中根据步骤E所得曲线,将熟料调节至最佳浸出pH,即可获得熟料的最高浸出率。

[0101] 对熟料的(浸出pH,浸出率)曲线的验证:

[0102] 1、通过熟料1、熟料2和熟料3所得曲线计算曲线最高点,分别获得:熟料1的(浸出pH,浸出率)曲线最高点为(2.8,91.43),熟料2的(浸出pH,浸出率)曲线最高点为(2.8,96.1),熟料3的(浸出pH,浸出率)曲线最高点为(2.25,97.61);

[0103] 对熟料1进行浸出操作,加入质量浓度为38%的硫酸调节浸出pH为2.8,浸出率为91.58;对熟料2进行浸出操作,加入质量浓度为38%的硫酸调节浸出pH为2.8,浸出率为96.39;对熟料3进行浸出操作,加入质量浓度为38%的硫酸调节浸出pH为2.25,浸出率为98.89。

[0104] 2、通过熟料1、熟料2和熟料3所得曲线计算,分别取:熟料1的(浸出pH,浸出率)曲线中的点(2.75,90.73),熟料2的(浸出pH,浸出率)曲线中的点(2.75,95.88),熟料3的(浸出pH,浸出率)曲线中的点(2.3,96.23);

[0105] 对熟料1进行浸出操作,加入质量浓度为38%的硫酸调节浸出pH为2.75,浸出率为90.75;对熟料2进行浸出操作,加入质量浓度为38%的硫酸调节浸出pH为2.75,浸出率为95.92;对熟料3进行浸出操作,加入质量浓度为38%的硫酸调节浸出pH为2.3,浸出率为96.15。

[0106] 3、通过熟料1、熟料2和熟料3所得曲线计算,分别取:熟料1的(浸出pH,浸出率)曲线中的点(2.95,89.51),熟料2的(浸出pH,浸出率)曲线中的点(2.95,95.59),熟料3的(浸出pH,浸出率)曲线中的点(2.7,91.7);

[0107] 对熟料1进行浸出操作,加入质量浓度为38%的硫酸调节浸出pH为2.95,浸出率为89.87;对熟料2进行浸出操作,加入质量浓度为38%的硫酸调节浸出pH为2.95,浸出率为95.45;对熟料3进行浸出操作,加入质量浓度为38%的硫酸调节浸出pH为2.7,浸出率为91.45。

[0108] 由此可知,通过熟料的(浸出pH,浸出率)曲线计算所得的点(浸出pH,浸出率),与实际生产中熟料在该浸出pH下,进行浸出操作的浸出率基本一致,结果稳定、准确、可靠;因此(浸出pH,浸出率)曲线可用于指导熟料的浸出条件;通过调节焙烧熟料的浸出pH,可汇总不同TV/V⁵⁺熟料的(浸出pH,浸出率)曲线,绘制标准图谱,指导各种TV/V⁵⁺的熟料的浸出条件,获得熟料的最优浸出pH和最高浸出率,显著提高熟料浸出率,极大降低生产成本。

[0109] 实施例3:钒渣不同钙化焙烧方式的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线

[0110] A、取三种钒渣,分析钒渣成份,结果见表4:

[0111] 表4 钒渣的成分分析

[0112]

样名	TV/%	(CaO, MnO)/%	TiO ₂ /%	V ₂ O ₅ /%	CaO/V ₂ O ₅	TV/TiO ₂
钒渣 4	11.40	(2.22, 9.06)	11.84	20.35	0.11	0.963
钒渣 5	9.85	(1.78, 6.77)	8.58	17.58	0.10	1.148

[0113]

钒渣 6	9.17	(2.31, 8.60)	13.36	16.36	0.14	0.686
------	------	--------------	-------	-------	------	-------

[0114] B、向钒渣4、钒渣5和钒渣6中分别加入石灰石,调节体系CaO/V₂O₅,进行混合钙化焙烧,获得钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率,结果见表5:

[0115] 表5 钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下混合钙化焙烧的转化率

[0116]

混合 钙化 焙烧	CaO/V ₂ O ₅	0.30	0.40	0.50	0.59	0.69	0.79
	钒渣 4 转化率/%	79.29	86.51	92.58	91.12	88.20	86.83
	钒渣 5 转化率/%	85.59	91.85	90.99	87.71	85.10	83.13
	钒渣 6 转化率/%	80.35	86.13	88.17	88.48	86.72	84.63

[0117] 向钒渣4、钒渣5和钒渣6中分别加入石灰石,调节体系CaO/V₂O₅,进行一次钙化焙烧,获得钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下的转化率,结果见表6:

[0118] 表6 钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下一次钙化焙烧的转化率

[0119]

一次 钙化 焙烧	CaO/V ₂ O ₅ 比	0.30	0.40	0.50	0.59	0.69	0.79
	钒渣 4 转化率/%	79.39	87.66	90.33	89.23	88.10	87.09
	钒渣 5 转化率/%	82.10	89.66	86.69	83.13	85.53	82.48
	钒渣 6 转化率/%	76.88	84.50	85.81	85.32	84.07	82.85

[0120] C、根据步骤B表5中三种钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下混合钙化焙烧的转化率数据,以CaO/V₂O₅为横坐标,转化率为纵坐标,在Origin软件中,钒渣4按二次曲线进行拟合,获得(CaO/V₂O₅,转化率)曲线;钒渣5按二次曲线进行拟合,获得(CaO/V₂O₅,转化率)曲线;钒渣6按二次曲线进行拟合,获得(CaO/V₂O₅,转化率)曲线;钒渣4、钒渣5和钒渣6混合钙化焙烧的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线见图5;

[0121] 根据步骤B表5中三种钒渣在不同体系CaO/V₂O₅下一次钙化焙烧的转化率数据,以CaO/V₂O₅为横坐标,转化率为纵坐标,在Origin软件中,钒渣4按二次曲线进行拟合,获得(CaO/V₂O₅,转化率)曲线;钒渣5按三次曲线进行拟合,获得(CaO/V₂O₅,转化率)曲线;钒渣6按二次曲线进行拟合,获得(CaO/V₂O₅,转化率)曲线;钒渣4、钒渣5和钒渣6混合钙化焙烧的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线见图6;

[0122] 对钒渣混合钙化焙烧的(CaO/V₂O₅,转化率)曲线的验证:

[0123] 1、通过钒渣4、钒渣5和钒渣6混合钙化焙烧所得曲线计算曲线最高点,即为该TV/ TiO_2 和(MnO,CaO)含量的钒渣经混合钙化焙烧的最优体系CaO/ V_2O_5 和最高转化率,分别获得:采用混合钙化焙烧,钒渣4的(CaO/ V_2O_5 ,转化率)曲线最高点为(0.59,91.12),钒渣5的(CaO/ V_2O_5 ,转化率)曲线最高点为(0.40,91.85),钒渣6的(CaO/ V_2O_5 ,转化率)曲线最高点为(0.59,88.48);

[0124] 向钒渣4中加入石灰石,调节体系CaO/ V_2O_5 为0.59,进行混合钙化焙烧,钒渣4转化率为91.23;向钒渣5中加入石灰石,调节体系CaO/ V_2O_5 为0.40,进行混合钙化焙烧,钒渣5转化率为91.78;向钒渣6中加入石灰石,调节体系CaO/ V_2O_5 为0.59,进行混合钙化焙烧,钒渣6转化率为88.79。

[0125] 2、通过钒渣4、钒渣5和钒渣6混合钙化焙烧所得曲线计算,分别取:采用混合钙化焙烧,钒渣4的(CaO/ V_2O_5 ,转化率)曲线中的点(0.45,89.31),钒渣5的(CaO/ V_2O_5 ,转化率)曲线中的点(0.75,84.64),钒渣6的(CaO/ V_2O_5 ,转化率)曲线中的点(0.65,87.96);

[0126] 向钒渣4中加入石灰石,调节体系CaO/ V_2O_5 为0.45,进行混合钙化焙烧,钒渣4转化率为89.36;向钒渣5中加入石灰石,调节体系CaO/ V_2O_5 为0.75,进行混合钙化焙烧,钒渣5转化率为84.78;向钒渣6中加入石灰石,调节体系CaO/ V_2O_5 为0.65,进行混合钙化焙烧,钒渣6转化率为87.86。

[0127] 对钒渣一次钙化焙烧的(CaO/ V_2O_5 ,转化率)曲线的验证:

[0128] 1、通过钒渣4、钒渣5和钒渣6一次钙化焙烧所得曲线计算曲线最高点,即为该TV/ TiO_2 和(MnO,CaO)含量的钒渣经一次钙化焙烧的最优CaO/ V_2O_5 和最高转化率,分别获得:采用一次钙化焙烧,钒渣4的(CaO/ V_2O_5 ,转化率)曲线最高点为(0.50,90.33),钒渣5的(CaO/ V_2O_5 ,转化率)曲线最高点为(0.40,89.66),钒渣6的(CaO/ V_2O_5 ,转化率)曲线最高点为(0.50,85.81);

[0129] 向钒渣4中加入石灰石,调节体系CaO/ V_2O_5 为0.50,进行一次钙化焙烧,钒渣4转化率为90.87;向钒渣5中加入石灰石,调节体系CaO/ V_2O_5 为0.40,进行一次钙化焙烧,钒渣5转化率为89.89;向钒渣6中加入石灰石,调节体系CaO/ V_2O_5 比为0.50,进行一次钙化焙烧,钒渣6转化率为85.76。

[0130] 2、通过钒渣4、钒渣5和钒渣6一次钙化焙烧所得曲线计算,分别取:采用一次钙化焙烧,钒渣4的(CaO/ V_2O_5 ,转化率)曲线中的点(0.35,83.89),钒渣5的(CaO/ V_2O_5 ,转化率)曲线中的点(0.45,87.65),钒渣6的(CaO/ V_2O_5 ,转化率)曲线中的点(0.75,83.26);

[0131] 向钒渣4中加入石灰石,调节体系CaO/ V_2O_5 为0.35,进行一次钙化焙烧,钒渣4转化率为84.02;向钒渣5中加入石灰石,调节体系CaO/ V_2O_5 为0.45,进行一次钙化焙烧,钒渣5转化率为87.54;向钒渣6中加入石灰石,调节体系CaO/ V_2O_5 为0.75,进行一次钙化焙烧,钒渣6转化率为83.35。

[0132] 由此可知,钒渣通过不同钙化焙烧方式,其转化率有所差异,但无论采用何种钙化焙烧方式,都能够获得钒渣钙化焙烧的(CaO/ V_2O_5 ,转化率)曲线,进而能够获得该钙化焙烧方式下,钒渣的最优体系CaO/ V_2O_5 和最高转化率;在实际生产中,可根据钒渣在不同钙化焙烧方式中,最优体系CaO/ V_2O_5 下的钒渣钙化焙烧转化率,选择最优钙化焙烧方式。

[0133] 通过钒渣钙化焙烧的曲线计算所得的点(CaO/ V_2O_5 ,转化率),与实际生产中钒渣在该体系CaO/ V_2O_5 进行钙化焙烧的钒渣转化率基本一致,结果稳定、准确、可靠;因此(CaO/

V_2O_5 , 转化率) 曲线可用于指导钒渣钙化焙烧参数; 向钒渣中加入石灰石, 调节体系 CaO/V_2O_5 , 可获得不同 TV/TiO_2 和 (MnO, CaO) 含量的钒渣, 经钙化焙烧的 $(CaO/V_2O_5, 转化率)$ 曲线; 针对不同矿源, 由于其钒渣 TV/TiO_2 和 (MnO, CaO) 含量不同, 可通过汇总各种 TV/TiO_2 和 (MnO, CaO) 含量的钒渣钙化焙烧的 $(CaO/V_2O_5, 转化率)$ 曲线, 绘制标准图谱, 获得钒渣钙化焙烧的最优体系 CaO/V_2O_5 和最高转化率, 指导钒渣钙化焙烧参数, 从而显著提高钒渣转化率, 极大降低生产成本。

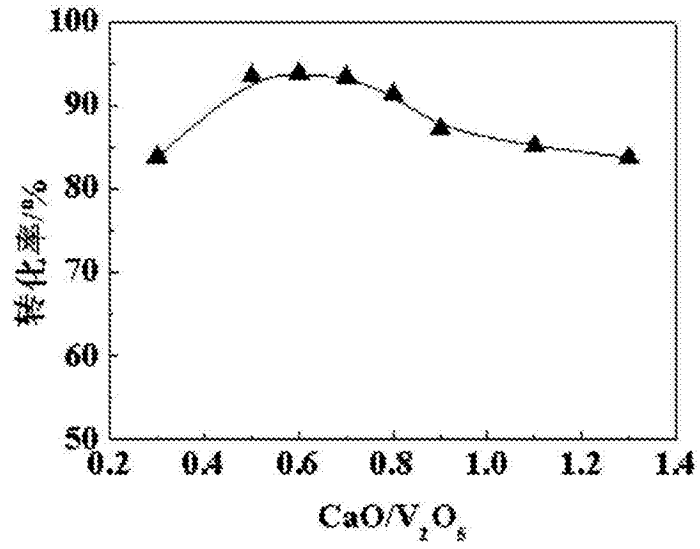


图1

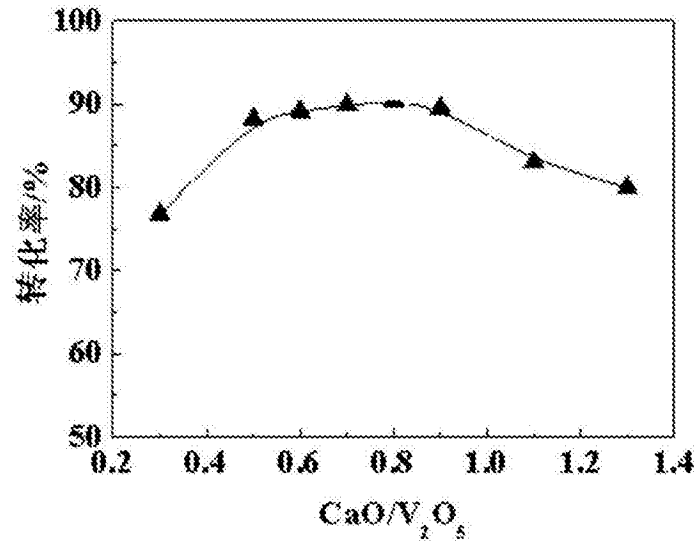


图2

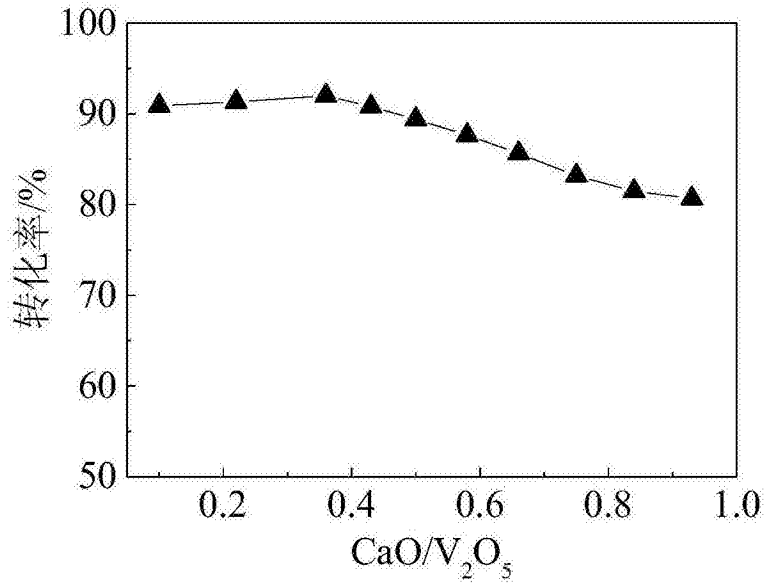


图3

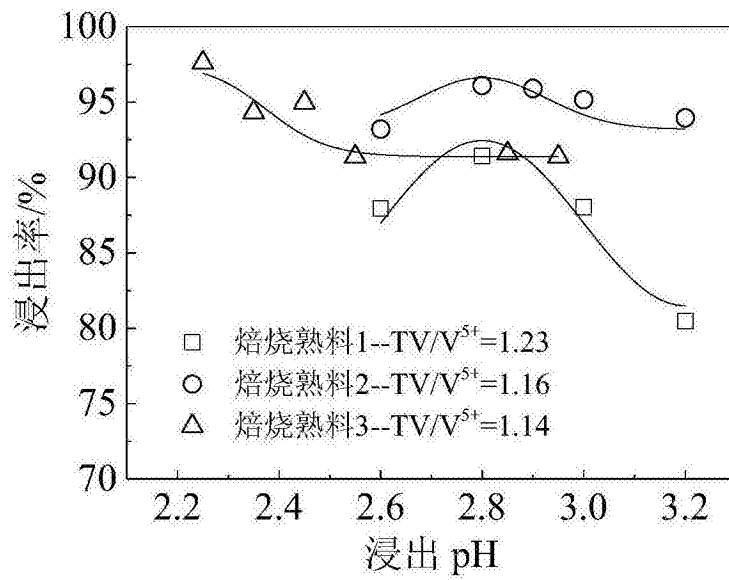


图4

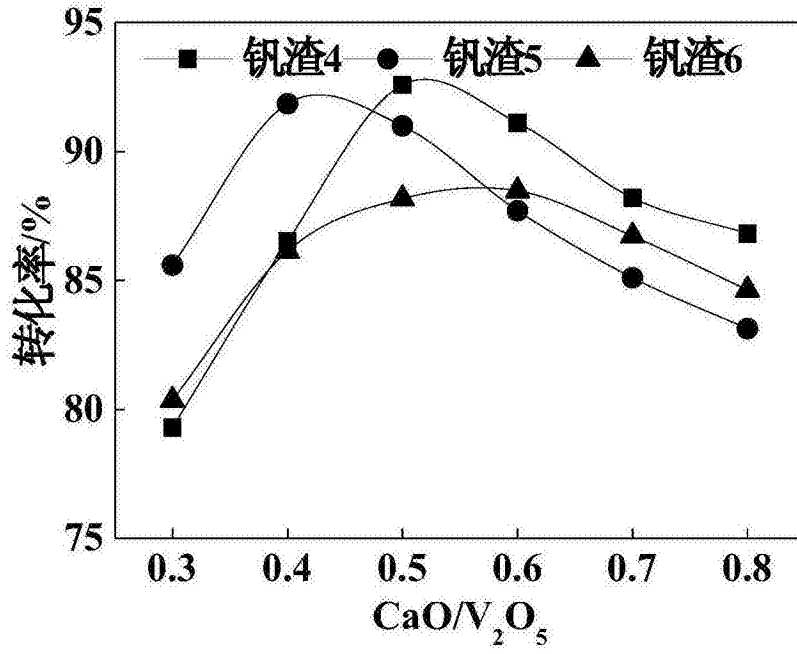


图5

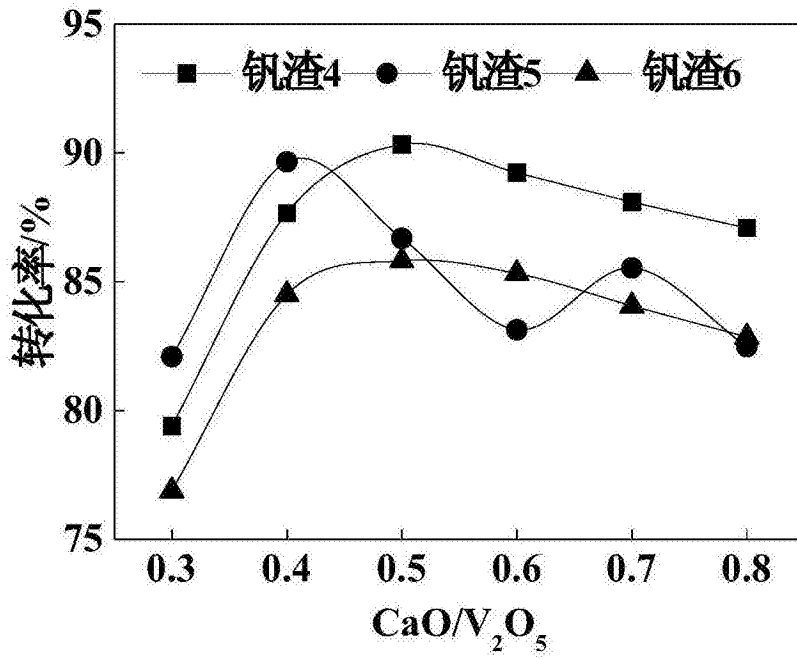


图6