



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101723391 A

(43) 申请公布日 2010.06.09

(21) 申请号 200910252190.5

(22) 申请日 2009.12.10

(71) 申请人 厦门大学

地址 361005 福建省厦门市思明南路 422 号

(72) 发明人 罗学涛 沈晓杰 李锦堂 于瑞敏

戴瑾 陈文辉

(74) 专利代理机构 厦门南强之路专利事务所

35200

代理人 马应森

(51) Int. Cl.

C01B 33/26 (2006.01)

权利要求书 2 页 说明书 6 页

(54) 发明名称

一种水洗铁染高岭土的漂白生产方法

(57) 摘要

一种水洗铁染高岭土的漂白生产方法,涉及一种高岭土。提供一种可获得白度较高、可实现废水循环利用和环保清洁生产,且适合于大规模生产的水洗铁染高岭土的漂白生产方法。明确给定保险粉用量、pH 值、固液比、反应时间、络合络合剂加入量与络合时间、漂洗次数,污水处理剂加入量、废水 pH 值等工艺参数,对水洗铁染高岭土达到最佳的漂白效果。铁染高岭土的自然白度可从 60%左右提高到 80%以上,烧结白度可从 87%左右提高到 90%以上,已达到高档日用陶瓷原料的白度要求。同时对废水进行处理和循环利用。

1. 一种水洗铁染高岭土的漂白生产方法,其特征在于包括以下步骤:

1) 将高岭土原矿水洗,捣浆后,粗沙和碎屑进入洗矿机,含有细沙的矿浆进入螺旋分级机,经洗矿机和螺旋分级机后的两部分矿浆输送到分选池,采用3个分选池循环操作,从分选池出来的矿浆进入浓缩池,而分选池底部的细沙用泥浆泵抽出。

2) 将水洗后的325目铁高岭土矿浆不断搅拌,加水;

3) 加入工业硫酸调节矿浆pH值在5以下;

4) 加入保险粉进行化学还原反应,保险粉的加入量按质量百分比为高岭土矿干重的0.5%~5%;

5) 加入草酸进行络合反应,加入草酸量按质量百分比为高岭土矿干重的0.5%~1.5%;

6) 加入清水冲洗矿浆,使漂洗水的pH值为5~7,沉降浆料的质量百分比浓度达到25%~38%后开始排放;

7) 将漂洗后的废水集中到废水处理池中,加入生石灰进行中和反应,搅拌后加入氧化钙,将水的pH值调节到6~8,生石灰的加入量按质量千分比为废水总量的0.5%~1.5%,沉积后的废渣集中放置再废渣池中,处理后的水质可以通过循环泵抽到回水池循环利用;

8) 高岭土干燥后计量打包,放入仓库待运。

2. 如权利要求1所述的一种水洗铁染高岭土的漂白生产方法,其特征在于在步骤2)中,所述加水的量,按质量比,固液比为1:3~6,比较合适的范围是1:3.5~5,最佳固液比为1:4。

3. 如权利要求1所述的一种水洗铁染高岭土的漂白生产方法,其特征在于在步骤2)中,每次漂白水洗铁染高岭土的量,为10~30吨,比较合适的范围是15~25吨,最佳值为20吨。

4. 如权利要求1所述的一种水洗铁染高岭土的漂白生产方法,其特征在于在步骤3)中,所述加入工业硫酸调节矿浆pH值比较合适的范围是2~3.5,最佳值为3。

5. 如权利要求1所述的一种水洗铁染高岭土的漂白生产方法,其特征在于在步骤3)中,所述工业硫酸的质量百分比浓度为98.5%;所述加入工业硫酸调节矿浆pH值是边搅拌边加入工业硫酸。

6. 如权利要求1所述的一种水洗铁染高岭土的漂白生产方法,其特征在于在步骤4)中,所述加入保险粉进行化学还原反应是加入保险粉时边加入边搅拌;所述保险粉的加入量按质量百分比比较合适的范围是1.5%~3.5%,最佳值为3%。

7. 如权利要求1所述的一种水洗铁染高岭土的漂白生产方法,其特征在于在步骤4)中,所述化学还原反应的时间为25~90min,比较合适的范围是30~70min,最佳值为45min。

8. 如权利要求1所述的一种水洗铁染高岭土的漂白生产方法,其特征在于在步骤5)中,所述加入草酸量按质量百分比比较合适的范围是0.7%~1.2%,最佳值为0.8%;所述络合反应的时间为14~25min,比较合适的范围是17~18min,最佳值为15min。

9. 如权利要求1所述的一种水洗铁染高岭土的漂白生产方法,其特征在于在步骤6)中,所述加入清水冲洗矿浆的次数为2~4次,最佳为冲洗3次;所述沉降浆料的质量百分比浓度比较合适的范围是28%~36%,最佳值为35%。

10. 如权利要求 1 所述的一种水洗铁染高岭土的漂白生产方法,其特征是在步骤 7) 中,所述将水的 pH 值调节到比较合适的范围是 6.5 ~ 7.5,最佳值为 7;所述生石灰的加入量按质量千分比比较合适的范围是 0.7‰~ 1.2‰,最佳值为 0.8‰。

一种水洗铁染高岭土的漂白生产方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种高岭土,尤其是涉及一种水洗铁染高岭土的漂白生产方法。

背景技术

[0002] 优质高纯的高岭土具有白度高、质软、易分散悬浮于水中、良好的可塑性和高的粘结性、优良的电绝缘性能及较好的耐火性等理化性质,已成为造纸、陶瓷、橡胶塑料、油漆涂料、医药和国防等几十个行业所必需的矿物原料。作为一种重要的非金属矿产,近年来,高岭土用量正以每年 2.55%~5% 的速度递增。由于大量高岭土矿被开采,优质资源日益减少,开发并利用劣质高岭土成为资源保护和实现国民经济可持续发展的重要途径。

[0003] 除质量较好的高岭土原矿外,其它高岭土原矿在应用前一般都需要经过除杂增白过程。在这一过程中,高岭土的化学成分及物理性质对矿物质量及除杂增白工艺有很大的影响。根据对产品(精矿)不同的要求,可采用分级、浮选、磁选、化学处理等手段清除不同的杂质,来提高产品的纯度和白度。高岭土除砂分级是高岭土最普通的提纯方法,是一种初级加工工艺。根据高岭土和脉石如石英、长石、云母、钛、铁、硫等在比重和粒度上的差异进行的,分级过程,排除了粗砂,使高岭土得到富集。而铁是高岭土中最常见且最有害的杂质,一般需要进行除铁增白的深加工工艺。目前文献报道的高岭土除铁增白的方式主要有浮选法、高梯度磁选法、酸处理法、煅烧增白法和化学还原漂白法等。

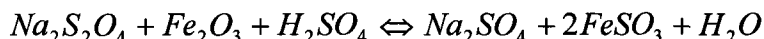
[0004] 浮选法和高梯度磁选法属于物理增白方法。浮选法是指在高岭土矿浆中加入磨碎的石灰石粉,石灰石粉作为吸附剂,将矿浆中的 Fe_2O_3 吸附到石灰石粉载体上,载体既可依靠自身的疏水性,又可靠捕集剂造成的疏水性附着于气泡,从而使 Fe_2O_3 与高岭土分离。P. Raghavan 等人在论文“Additional investigations on the separation of titaniferous impurities from kaolin by high shear pretreatment and froth flotation-Part I”(Applied Clay Science, Vol. 38(2007), pp. 33-42) 中提出,高岭土浮选条件经最佳优化后,可得到白度达 85.7% 产品。这种方法的缺点是:除铁效率不高;能耗大;工艺较为复杂,大规模工业化应用有待完善。高梯度磁选法是根据矿石在通过磁选机磁场时,由于各种矿物组分磁性不同,在磁场作用下,运动的轨迹不同,从而实现矿物按磁性分离的一种选矿方法。Chandra B Maurya 等人在论文“High gradient magnetic separation of china clays”(Bull. Mater. Sci., Vol. 10(1998), pp. 471-475) 中提出,通过高梯度磁选法,高岭土白度值可提高 15%。这种方法对去除高岭土中的铁化合物的效果与铁化合物磁性强弱有关,对强磁性铁化合物效果较好,对磁性较弱的铁化合物,效果则不明显。

[0005] 而酸处理法、煅烧增白法及化学还原漂白法属于化学增白方法。酸处理法是采用适当的酸溶剂处理高岭土,将高岭土中的不溶的铁化合物转变为可溶的铁化合物而与高岭土分离,达到除铁增白的目的。S. K. Mandal 等人在论文“Iron leaching from China clay with oxalic acid: effect of different physicochemical parameters”(Int. J. Miner. Process., Vol. 74(2004), pp. 263-270) 中说明,经草酸处理之后的粘土,其除铁率

可达 40%，并且粘土的红色基本消失，适用于一般性陶瓷的生产。Sung Oh Lee 等人在论文“Dissolution of iron oxide using oxalic acid” (Hydrometallurgy, Vol. 87 (2007), pp. 91-99) 中提出，草酸对针铁矿等铁的氢氧化物却很容易溶解而对赤铁矿的溶解较缓慢。这种方法漂白后的高岭土虽然白度大幅提高，但部分破坏了高岭土的晶体结构，在实际使用方面受到一定的限制。煅烧增白法也成为氯化培烧法，是在高岭土煅烧过程中通入氯气在还原气氛下使高岭土中的铁杂质生成气相或凝聚相的氯化物及络合物而逸出，从而提高高岭土白度。J. A. González 等人在论文“Bleaching of kaolins and clays by chlorination of iron and titanium” (Applied Clay Science, Vol. 33 (2006), pp. 219-229) 中提出了采用高温下通氯气的方法，去除铁、钛杂质。他们由实验得到高温氯化漂白粘土的最佳优化条件，并且在此条件下的除铁效率非常高。这种方法的缺点是通入的氯气对环境污染较大，所以未能在生产上得到应用。

[0006] 化学还原漂白法的原理是，在还原剂的作用下将高岭土中的难溶的三价铁还原为在弱酸性介质中易溶的二价铁，从而使氧化铁矿物分解脱除，达到漂白的目的。高岭土还原漂白最常用的药剂是连二亚硫酸钠，工业上又称为保险粉，其分子式为 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ 。工业上可通过用锌粉还原亚硫酸来制得。保险粉是一种强还原剂，碘、碘化钾、过氧化氢、亚硝酸等都能被它还原。高岭土中存在的三价铁的氧化物，不溶于水，也难溶于稀酸。但在连二亚硫酸钠存在的条件下，可将氧化铁中的三价铁还原为二价铁。由于二价铁可溶于水，经洗涤、过滤即可除去。该过程的主要反应为：

[0007]



[0008] 影响这一反应的主要因素有：酸度、保险粉加入量、温度、反应时间和矿浆浓度等。随着 pH 值升高， Fe^{3+} 的氧化能力越来越弱，而 Fe^{2+} 的还原能力却逐渐增强。 Fe^{3+} 变得不易被还原，而 Fe^{2+} 却极易被氧化为 Fe^{3+} ，使漂白反应失去作用。所以，保险粉还原氧化铁的反应不易在碱性条件下进行。但是，当 pH 值太低时，保险粉稳定性下降。孙宝岐等人（孙宝岐等，非金属矿深加工，北京：冶金工业出版社，1995）指出，pH 值 0.8 时，室温下 2min 内保险粉就可以分解一半。所以 pH 值的控制在反应中至关重要。保险粉用量一般需通过实验来确定。另外，用来进行漂白的高岭土中 Fe_2O_3 含量不宜太高（一般低于 1%），否则，保险粉耗量过高，经济上不合算。由于保险粉受热极易分解，因此，在实际操作中，控制好其他条件，在常温下反应亦可得到较好的效果。另外，反应时间不宜过长，控制在 40min ~ 2h，矿浆浓度在 15% ~ 26%，反应完毕应立即洗涤。

发明内容

[0009] 本发明的目的旨在提供一种可获得白度较高、可实现废水循环利用和环保清洁生产，且适合于大规模生产的水洗铁染高岭土的漂白生产方法。

[0010] 本发明包括以下步骤：

[0011] 1) 将高岭土原矿水洗，捣浆后，粗沙和碎屑进入洗矿机，含有细沙的矿浆进入螺旋分级机，经洗矿机和螺旋分级机后的两部分矿浆输送到分选池，采用 3 个分选池循环操作，从分选池出来的矿浆进入浓缩池，而分选池底部的细沙用泥浆泵抽出。

[0012] 2) 将水洗后的 325 目铁高岭土矿浆不断搅拌，加水；

[0013] 3) 加入工业硫酸调节矿浆 pH 值在 5 以下；

[0014] 4) 加入保险粉进行化学还原反应, 保险粉的加入量按质量百分比为高岭土矿干重的 0.5%~5%；

[0015] 5) 加入草酸进行络合反应, 加入草酸量按质量百分比为高岭土矿干重的 0.5%~1.5%；

[0016] 6) 加入清水冲洗矿浆, 使漂洗水的 pH 值为 5~7, 沉降浆料的质量百分比浓度达到 25%~38%后开始排放；

[0017] 7) 将漂洗后的废水集中到废水处理池中, 加入生石灰进行中和反应, 搅拌后加入氧化钙, 将水的 pH 值调节到 6~8, 生石灰的加入量按质量千分比为废水总量的 0.5%~1.5%, 沉积后的废渣集中放置再废渣池中, 处理后的水质可以通过循环泵抽到回水池循环利用；

[0018] 8) 高岭土干燥后计量打包, 放入仓库待运。

[0019] 在步骤 1) 中, 所述高岭土原矿可采用水洗后自然白度为 60%~68%的铁染高岭土为原料, 其中高岭土中 Al 含量为 37%~39%, Fe 含量为 0.7%~1.0%, 主要矿物组成为高岭石以及极少量的白云母和石英; 原料的粘土矿物主要以不规则的层片状存在, 含少量管状, 整体呈絮状。

[0020] 在步骤 2) 中, 所述加水的量, 按质量比, 固液比为 1:(3~6), 比较合适的范围是 1:(3.5~5), 最佳固液比为 1:4; 每次漂白水洗铁染高岭土的量 10~30 吨, 比较合适的范围是 15~25 吨, 最佳值为 20 吨。

[0021] 在步骤 3) 中, 所述加入工业硫酸调节矿浆 pH 值比较合适的范围是 2~3.5, 最佳值为 3; 所述工业硫酸的质量百分比浓度最好为 98.5%; 所述加入工业硫酸调节矿浆 pH 值最好是边搅拌边加入工业硫酸。

[0022] 在步骤 4) 中, 所述加入保险粉进行化学还原反应最好是加入保险粉时边加入边搅拌; 所述保险粉的加入量按质量百分比比较合适的范围是 1.5%~3.5%, 最佳值为 3%; 所述化学还原反应的时间可为 25~90min, 比较合适的范围是 30~70min, 最佳值为 45min。

[0023] 在步骤 5) 中, 所述加入草酸量按质量百分比比较合适的范围是 0.7%~1.2%, 最佳值为 0.8%; 所述络合反应的时间为 14~25min, 比较合适的范围是 17~18min, 最佳值为 15min。

[0024] 在步骤 6) 中, 所述加入清水冲洗矿浆的次数可为 2~4 次, 最佳为冲洗 3 次; 所述沉降浆料的质量百分比浓度比较合适的范围是 28%~36%, 最佳值为 35%。

[0025] 在步骤 7) 中, 所述将水的 pH 值调节到比较合适的范围是 6.5~7.5, 最佳值为 7; 所述生石灰的加入量按质量千分比比较合适的范围是 0.7%~1.2%, 最佳值为 0.8%。

[0026] 与现有的水洗铁染高岭土的漂白生产方法相比, 本发明具有以下突出的优点: 操作简单, 生产工艺可控, 生产过程对环境无污染, 漂白后水洗铁染高岭土产品的白度高, 具有可观的市场前景。实现生产过程无废弃物、无有害物和无废水排放的环境友好生产工艺。

[0027] 本发明针对现有的水洗铁染高岭土的漂白生产方法存在的不足, 尤其是工业化生产过程中对环境存在严重污染。为了能够有效提高铁染高岭土的白度并且实现对生产环境无污染, 本发明采用将铁染高岭土先进行水洗碎屑矿物和岩屑等较粗的杂质, 然后加入漂

白剂进行还原漂白,通过硫酸控制保险粉的还原效果,使矿物中三价铁还原成二价铁进入水溶液中,降低高岭土中的铁含量。同时,将冲洗水废水进行处理,实现废水循环利用,废渣集中处理。实现生产过程无废弃物、无有害物和无废水排放的环境友好生产工艺。

[0028] 本发明采用铁含量在 0.7 ~ 1.0% 的铁染高岭土的水洗矿,通过化学还原漂白后,高岭土中铁含量降到 0.38 ~ 0.53%,铝的含量基本不变,自然白度可从 60% 左右提高到 80% 以上,烧结白度可从 87% 左右提高到 90% 以上,已达到高档日用陶瓷原料的白度要求。

[0029] 本发明给出的具体工艺过程是:

[0030] 1) 将铁染高岭土的水洗土配制成矿浆,矿浆中的固相是以高岭土的干重计算的,矿浆浓度要适合于漂白生产工艺。浆液浓度过高不利于药剂扩散反应和漂白后的冲洗工艺,浓度过低则不利于漂白效果和降低生产效率,一般浆料浓度要控制在 25% 左右。

[0031] 2) 在矿浆中加入硫酸溶液。硫酸的作用是调节矿浆 pH 值,使保险粉能够发挥最佳的还原效果。加入硫酸过多,矿浆的酸度过大,易造成高岭土的结构破坏,且易形成过多的残留物而影响高岭土的品质特性;加入过少则保险粉不能发挥最好的还原效果。其加入量根据浆料的酸度而定,一般将其 pH 控制在 2.5 左右。

[0032] 3) 向矿浆中加入保险粉(连二亚硫酸钠),加入量要适中,既要有好的漂白还原效果,又要控制生产成本。加入过程中要充分搅拌并控制反应时间,以有效将高岭土中不溶于水的三价铁还原成可溶的二价铁进入水溶液中。

[0033] 4) 加入草酸作为络合剂。络合剂的作用是将已还原二价的铁离子形成草酸络合物稳定在水溶液中,以避免二价铁离子再度氧化成三价铁离子沉淀到漂白的高岭土中,使漂白后的产品返黄。

[0034] 5) 静置反应和漂洗冲洗。静置一段时间使各种药剂与高岭土充分反应,以达到充分漂白的目的。反应完后放清水进行冲洗和漂洗,一般要漂洗 2 ~ 3 次,使还原的二价铁离子络合物稀释到废水中以便去除。

[0035] 6) 浆水分离和废水处理及循环利用。浆水分离是通过自然沉积实现。将漂白的洗涤水放入废水处理池以便进行处理。漂白后的浆料通过泥浆泵抽到产品池集中收集、压滤。废水处理是将漂洗后的废水集中到废水处理池中,加入生石灰进行中和反应,充分搅拌后加入氧化钙将水的 pH 值调节到 6.5 ~ 7.5 之间。沉积后的废渣集中放置再废渣池中,处理后的水质又可以通过循环泵抽到回水池循环利用。废渣是含铁的硫酸钙,可回收于石膏厂作其它用途。

具体实施方式

[0036] 以下给出本发明所述水洗铁染高岭土的漂白生产方法的若干实施例。

[0037] 实施例 1

[0038] 采用福建省某地铁染高岭土。其水洗后 325 目铁染高岭土的自然白度为 65%,高岭土中 Fe 含量为 0.95%,Al 含量为 37.8%,主要矿物组成为高岭石以及极少量的白云母和石英;原土的粘土矿物主要以不规则的层片状存在,含少量管状,整体呈絮状。将折算后干重为 20 吨的 325 目水洗铁染高岭土矿浆加入漂白池中,加水并搅拌调节矿浆浓度为 25%。加入浓硫酸调节矿浆 pH 值为 3,加入 3% 的保险粉反应 45min 后加入 0.8% 的草酸

反应 15min。加水洗涤 3 次至矿浆的 pH 值为 6.5, 沉降后将水排出, 沉淀产品矿浆浓度达到 32%。将漂白的洗涤水放入废水处理池, 边搅拌边加入 0.8% 生石灰调节废水 pH 值到 7 左右。搅拌 30min 后, 静置 5 ~ 6h, 放清水至清水池, 废渣处理经过多次废水处理放置废渣池。将浆料进行压滤、干燥, 最后经包装机计量、包装进入产品库待运。化学分析测得铁含量为 0.43%, 铝含量为 35.13%, 漂白后矿物组成和结构没有变化。漂白土白度为 82.44%, 1280℃ 烧成白度 92.73%。

[0039] 实施例 2

[0040] 所采用的原料和漂白工艺同实施例 1。折合后高岭土干重 15 吨, 矿浆浓度为 20%。矿浆 pH 值为 3, 保险粉加入量 3%, 反应时间 45min, 草酸加入量 0.8%, 反应时间 15min, 洗涤 3 次至矿浆 pH 值为 7, 沉淀产品矿浆浓度达到 30%。将漂白的洗涤水放入废水处理池, 边搅拌边加入 0.8% 生石灰调节废水 pH 值到 7 左右。搅拌 30min 后, 静置 5 ~ 6h, 放清水至清水池, 废渣处理经过多次废水处理放置废渣池。化学分析测得铁含量为 0.41%, 铝含量为 37.13%, 漂白后矿物组成和结构没有变化。漂白土白度为 81.77%, 1280℃ 烧成白度 91.93%。

[0041] 实施例 3

[0042] 所采用的原料和漂白工艺同实施例 1。折合后高岭土干重 30 吨, 矿浆浓度为 35%。矿浆 pH 值为 3, 保险粉加入量 3%, 反应时间 45min, 草酸加入量 0.8%, 反应时间 15min, 洗涤 3 次至矿浆 pH 值为 7, 沉淀产品矿浆浓度达到 38%。将漂白的洗涤水放入废水处理池, 边搅拌边加入 0.8% 生石灰调节废水 pH 值到 7 左右。搅拌 30min 后, 静置 5 ~ 6h, 放清水至清水池, 废渣处理经过多次废水处理放置废渣池。化学分析测得铁含量为 0.53%, 铝含量为 36.99%, 漂白后矿物组成和结构没有变化。漂白土白度为 80.98%, 1280℃ 烧成白度 90.15%。

[0043] 实施例 4

[0044] 所采用的原料、加入量及矿浆浓度和漂白工艺同实施例 1。调节矿浆 pH 值为 4, 保险粉加入量 1%, 反应时间 15min, 草酸加入量 0.5%, 反应时间 15min, 洗涤 3 次至矿浆 pH 值为 7, 沉淀产品矿浆浓度达到 30%。将漂白的洗涤水放入废水处理池, 边搅拌边加入 0.8% 生石灰调节废水 pH 值到 7 左右。搅拌 30min 后, 静置 5 ~ 6h, 放清水至清水池, 废渣处理经过多次废水处理放置废渣池。化学分析测得铁含量为 0.53%, 铝含量为 37.10%, 漂白后矿物组成和结构没有变化。漂白土白度为 80.12%, 1280℃ 烧成白度 90.01%。

[0045] 实施例 5

[0046] 所采用的原料、加入量及矿浆浓度和漂白工艺同实施例 1。调节矿浆 pH 值为 3, 保险粉加入量 3%, 反应时间 45min, 草酸加入量 1.2%, 反应时间 20min, 洗涤 4 次至矿浆 pH 值为 7, 沉淀产品矿浆浓度达到 30%。废水处理工艺同实施例 1。测得铁含量为 0.39%, 铝含量为 35.78%。漂白土白度为 83.10%, 1280℃ 烧成白度 93.55%。

[0047] 比较例 1

[0048] 采用江西省某地铁染高岭土。其水洗后 325 目铁染高岭土的自然白度为 61%, 高岭土中 Fe 含量为 0.78%, Al 含量为 38.10%, 主要矿物组成和结构和矿物形貌与实施例 1 中的铁染高岭土基本相似。其加入量、矿浆浓度、药剂加入量漂白工艺、废水处理工艺同实施例 1。化学分析测得铁含量为 0.38%, 铝含量为 37.73%, 漂白后矿物组成和结构没有变

化。漂白土白度为 83.21%，1280℃烧成白度 93.75%。

[0049] 比较例 2

[0050] 采用广西省某地铁染高岭土。其水洗后 325 目铁染高岭土的自然白度为 64%，高岭土中 Fe 含量为 1.08%，Al 含量为 36.10%，主要矿物组成和结构和矿物形貌与实施例 1 中的铁染高岭土基本相似，但含有 1%左右的三水铝石。其加入量、矿浆浓度、药剂加入量漂白工艺、废水处理工艺同实施例 1。化学分析测得铁含量为 0.51%，铝含量为 35.93%，漂白后矿物组成和结构没有变化。漂白土白度为 80.33%，1280℃烧成白度 90.55%。