(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104437829 B
(45)授权公告日 2018.03.06

(21)申请号 201410588196.0

(22)申请日 2014.10.21

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104437829 A

(43)申请公布日 2015.03.25

(73)专利权人 王玉亮
地址 712000 陕西省咸阳市秦都区秦宝小区西区57号楼501室

(72)发明人 王玉亮

(51)Int.Cl.
B03B 7/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 1422700 A,2003.06.11,
CN 1060236 A,1992.04.15,
CN 2191045 Y,1995.03.08,
CN 1221654 A,1999.07.07,
CN 101664714 A,2010.03.10,
CN 201871417 U,2011.06.22,
US 4226672 A,1980.10.07,
杨子亭.石棉湿法选矿工艺研究.《非金属矿》.1992,(第4期),

审查员 张珅

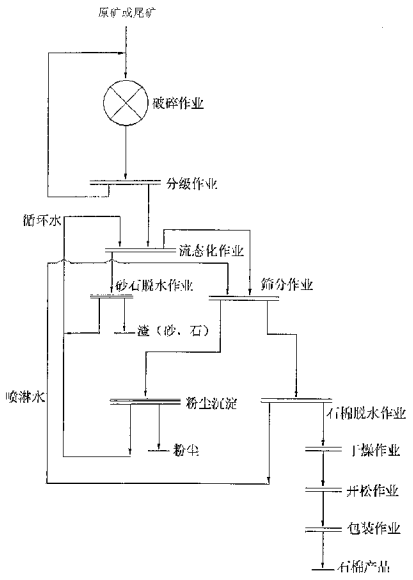
权利要求书1页 说明书8页 附图6页

(54)发明名称

从石棉类矿物尾矿中回收石棉及矿物纤维的湿法工艺

(57)摘要

本发明涉及一种选矿工艺，具体的说是一种从石棉类矿物中选取石棉及矿物纤维的湿法工艺。本发明的工艺流程为破碎、流态化分选、水洗喷淋净化、砂石脱水及溢流尾水回用、石棉脱水及滤饼粉碎、干燥；在水洗过程中对水质没有特殊要求，也不需对PH值进行调整；在湿法作业过程中，各作业段的产物是分段脱水、尾水分段回用。本发明的效果在于生产出的石棉纤维不仅产品质量好，选矿回收率高，而且还不用任何化学药剂，整个生产过程无任何污染，专用旋转喷淋式振动圆筒筛解决了纤维矿浆“糊网”的问题，使石棉纤维的“洗、剥、筛”一并完成，提高了石棉回收率及回水利用率，从而提升了企业的经济效益。它特别适合于石棉及纤维矿物尾矿选矿时使用。



CN 104437829 B

1.一种从石棉类矿物尾矿中回收石棉及矿物纤维的湿法工艺，其特征在于，工艺步骤如下：矿物尾矿经破碎、水流态化分选、水洗喷淋净化、砂石脱水及溢流尾水回用、石棉脱水及滤饼粉碎、干燥；在水洗过程中对水质没有要求，也不需对pH值进行调整；在湿法作业过程中，各作业段的产物是分段脱水、尾水分段回用；

所述尾矿经破碎、开棉，其粒度≤30mm；

所述水流态化分选工艺流程，用来开松解离尾矿中包裹体、团聚物并把含粉尘石棉和砂石分离的选别作业，本流程采用了流态化床，本流程要求：

a、在分离选别作业中，矿浆的固体重量浓度为5-20％；

b、矿浆的水平流速0.5-3.8m/s；

c、气压控制在20-45kPa，波频为40-80次/分钟；

d、排砂粒度要求其直径＜5mm。

2.如权利要求1所述的湿法工艺，其特征在于，所述水洗喷淋净化工艺流程经过选别作业的矿浆自流到分配槽，由分配槽将矿浆调配成固体重量浓度为6-10％，然后进入筛分净化作业；本流程采用旋转喷淋式振动圆筒筛。

从石棉类矿物尾矿中回收石棉及矿物纤维的湿法工艺

(一)技术领域

[0001] 本发明涉及一种选矿工艺,尤其涉及一种纤维矿物及石棉尾矿的分离及选别利用,具体的说是一种从石棉类矿物尾矿中回收石棉及矿物纤维的湿法工艺。

(二)背景技术

[0002] 目前以石棉为代表的纤维类矿物,国内外传统的选矿方法均为干式风选工艺,即将采出的矿石经干燥处理,再经破碎,碾磨进行揭棉作业,然后以空气为介质,石棉及其粉尘和脉石、砂粒在气固两相流的状态下实现吸选和筛分作业,从而达到石棉及其纤维矿物的选别和净化之工艺目的。该方法的工艺简单,但存在如下难以改善的缺点:

[0003] 1在气固两相流中,无论是纤维的筛分净化作业或是吸选除砂的选别作业,工艺效率底,设备选别能力差。往往是生产线设备工艺简单,却流程很长。对于堆放时间较长的矿石,尤其是尾矿,即使经过十几道筛分,5-6道吸选,纤维的砂尘含量仍然很难达到石棉产品国家标准的要求。

[0004] 2对于石棉尾矿的回收利用以及经过较长时间堆放的矿石。由于纤维与粉尘颗粒和砂子,长期混杂在一起,经过风吹日晒和大气降水以及冻融交替的季节性变化,一方面会形成纤维和粉尘砂粒的包裹体,另一方面又会使三者紧密的粘结在一起,而不像新采出的矿石中的纤维那样干净,在此情况下,传统的干式风选工艺对石棉尾矿的回收就显得力不从心,工艺效果极差。

[0005] 3为了满足纤维在气固两相流中的选别和净化,干式风选的工艺前提是入选矿石或料物必须是干燥的,因此无论是在北方或是南方,采出的矿石或入选的物料必须要先经过晾晒或机械式干燥,而对石棉选矿而言,每选一吨石棉,要耗用20-40吨矿石,如此大的选矿比,仅干燥能耗和成本就相当不菲。

[0006] 4在干式风选工艺中,由于空气的密度小,为了提高吸选的作业强度,风机风量一方面都配置较大;同时,必须反复风选以弥补这种工艺本身选矿效率低的弊端。因此,工艺过程的粉尘产生量大、污染点多,污染严重。

[0007] 正是由于上述原因,以石棉选矿为代表的纤维类矿物干式风选工艺多年来一直是环保和职业病防范的重点领域。但也许是行业面窄量小,在此领域的新工艺研发并不是很多。

[0008] 国外有美国专利US4,226,672“石棉纤维的分离工艺及由此而得的产品”和US3,965,284“纤蛇纹石石棉的化学活化分散机理”提出的湿法选矿工艺和湿法界面化学处理方法。其技术核心是“用选矿药剂(表面活性剂,絮凝剂,高分子聚合物等)对石棉矿石进行浮选”,其工艺属界面化学选矿方法。我们知道,石棉的绝大多数用途是作为补强材料,与其他胶凝材料(如水泥、橡胶等)组成复合材料,而一种会在石棉纤维表面覆盖了表面活性剂与絮凝剂等药剂的选矿产品,对石棉在制品领域的应用是有影响的。同时,使用了选矿药剂的选矿尾水对环境会造成一定的危害,选矿成本高。澳大利亚专利W083/0490“石棉湿法分选”提出了一种石棉湿法选矿工艺。该方法先将矿石通过破碎、分级和粗选,分出粗精矿,然后

采用球磨机或棒磨机再解离，用旋流器及弧形筛(孔径不小于1mm)分选，然后用挤压脱水。该方法的缺点有三：

[0009] 1、无论是用球磨还是棒磨，都会对石棉纤维的长度产生破坏，而石棉是按其纤维长度分级的，纤维越长价格越高。

[0010] 2、该专利对石棉纤维与砂粒分选的方法是在矿浆流中使用螺旋分级机或水力旋流器，但由于石棉纤维与砂粒密度差很小，石棉2.5-2.54g/cm3，砂粒2.6g/cm3左右，尤其是尾矿中，石棉与砂、粒形成包裹体，用这种办法就更难实现二者的分离了。

[0011] 3、没有专门针对像石棉这样的柔纤维矿浆在净化粉尘筛分作业中很容易"糊网"的有效方法。而且商用检验石棉与粉尘的湿法检验筛的筛目为200目(0.075mm)，那么该专利使用孔径不小于1mm(约20目)的弧型筛进行分选，结果是会使大量的中、短纤维(纤维长度≤1mm)丢失。这对于短纤维矿山，尤其是尾矿回收利用，是不能接受的。

[0012] 中国专利87112703.4"石棉湿法浮选改性工艺"也是一种湿法浮选方法，该方法采用阴离子表面活性剂(琥珀酸＝辛脂磺酸钠或脂肪醇聚乙烯醚活性剂来实现化学开松石棉，并采用有机硅或硫酸铝消泡，因此该工艺与美国专利US4,226,672类似。

[0013] 中国专利98121630.7"石棉类矿物湿法重力选矿工艺"是一种不同于前述专利的一种针对纤维矿物的湿法重选工艺，其技术核心是：在破碎、开棉、分选、脱水脱泥4个工艺步骤中，不使用选矿药剂，而使用重力选矿的办法实现石棉与脉石的选别作业。并认为作为选矿介质的清水，其PH值对选矿的效果影响较大。因此要求水的PH值用碱性无机化学药剂调在PH8-14之间，并着力叙述了湿法脱水工艺，并称该工艺具有无尘毒、无水质污染、高回收率、高质量、低成本的优点。

[0014] 该专利在选矿工艺中所用的重力选矿设备是：粗选及扫选作业使用淘洗盘、分选流槽、螺旋分级机、摇床、翻床、水力分级机式浓缩斗等，矿浆浓度6-18％。

[0015] 在精选作业中，该专利使用摇床，皮带流槽，扇形翻床25-125mm的小直径旋流器，并提出最佳的矿浆浓度为2-3％。

[0016] 该专利在脱水脱泥作业中采用抄滤工艺(类似于造纸及石棉瓦制造工艺中的抄取作业)，产品脱水后含水率16-25％。

[0017] 但该专利所述的工艺方法有以下不足：

[0018] 首先蛇纹石石棉是一种硅酸盐矿物，其化学组份就含有40％左右的MgO，在自然状态下，矿浆的水溶液浓度本身就呈弱碱性。PH8-9.因此无需对选矿用水的PH值用碱性无机药剂进行调整。该专利明确指出，只所以对选矿用的水的PH值要调整到8-9，其工艺目的是，使用偏碱性水比用中性水更有利于使水渗透与选择解离石棉纤维，从而使选矿作业过程中的中、长纤维解离不受折伤。但石棉及纤维类矿物选矿的实践是，中长纤维的损伤90％以上发生在矿石的破碎作业中。如用于矿石破碎的反击破，对辊破以及开棉作业的轮碾机、盘磨机、立轴破等。而在这些工序中，石棉选矿物料不可能以矿浆的形态出现，喷淋潮湿物料的目的主要是为了防止破碎开棉时产生粉尘。因此调整选矿用水的PH值不仅意义不大，而且增加了工艺负担和成本。

[0019] a.由于石棉是一种纤维状矿物，在石棉选矿中，石棉与脉石、沙粒在气固两相流中的流动状态存在着显著的差异，虽然石棉与脉石、沙粒的比重相差不大(2.5-2.6∶2.6-2.7)，但它们的比表面积相差很大，且纤维在流场中有"顺流效应"，从而使纤维在流场中流

动的阻力远小于同等质量或体积的粒状物料。而且流速越快，这种效应的工艺性表现就越突出。这就是为什么石棉干法风选比湿法更容易从脉石中提取(粗选)纤维的原因(气固两相流速＞固液两相流速)。这也是干式风选工艺只所以长期存在的客观原因。专利98121630.7在粗选及扫选工艺中显然没有充分利用这一差异，只是选用了传统的湿法选矿设备(如淘洗盘、分选流槽、螺旋分级机、摇床、水力分级机或浓缩斗等)，实践证明，这些设备对于石棉与脉石、沙粒在水介质中的选别分离效果不甚理想。

[0020] b.在以水为介质的石棉湿法工艺中，当石棉与水混合后会发生两个方面的显著变化。一是石棉、粉尘、细沙粒三者形成的包裹体会在水分子的浸润下发生“屈张”或“解离”(这是有利的一面)，另一方面，由于石棉纤维是空腔管状结构，粉尘主要是第四纪粘土类矿物(含有蒙脱石类矿物)，都有吸附水分子，进而增加粘性的性质(这是不利的一面)。前者的变化有利于包裹体的打开及石棉纤维与砂、石的分离，尤其是对尾矿的回收。而后者的变化则不利于矿浆的筛分净化，粘性的增加就意味着糊网。

[0021] 由于水比空气的比重大的多，因此，石棉矿物在水介质中较比在空气中的被筛分强度要高的多，例如在石棉产品的干法检验方法中，用于区分石棉与粉尘的筛目是0.40mm，也就是说在一定时间的筛分后≥0.4mm的筛上物是石棉纤维，而＜0.4mm的筛下物是粉尘。而在石棉产品的湿法检验方法中，用于区分石棉与粉尘的筛目是0.075mm。但另一方面，石棉及粉尘吸水后矿浆粘性增加而产生的“糊网”，又给筛分增加了很多困难。现有的用于固体颗粒状和片状矿物的湿法筛分设备对像石棉这类纤维状矿物的湿法筛分效果都不理想。

[0022] 专利98121630.7反映在精选作业工艺中也未能针对上述情况给出合理的以净化石棉为目的的设备，实践证明，传统的矿砂摇床、皮带流槽、扇形流槽、翻床、振动筛、锥筒筛都不能有效的解决石棉与与粉尘净化问题，其直接表象就是“糊网”。

(三)发明内容

[0023] 本发明的目的在于提供一种产品质量好，选矿回收率高，不用任何化学药剂，回水利用率高，并使尾矿回收石棉的品质和经济效益有明显提高的一种从石棉类矿物尾矿中回收石棉及矿物纤维的湿法工艺。

[0024] 本发明的技术方案是，石棉及纤维类矿物以及尾矿的回收用湿法选矿工艺，经过如下工艺步骤：原矿(尾矿)经破碎、流态化分选、水洗喷淋净化、砂石脱水及溢流尾水回用、石棉脱水及滤饼粉碎、干燥；在水洗过程中对水质没有特殊要求，也不需对PH值进行调整；在湿法作业过程中，各作业段的产物是分段脱水、尾水分段回用。

[0025] 进入湿法选矿流程的物料即尾矿或者矿石，经破碎、开棉、其粒度≤30mm，入选的最大粒度不超过100mm。

[0026] 用来开松解离尾矿中包裹体、团聚物并把含粉尘石棉和砂石分离的选别作业，本流程采用了流态化床或跳汰设备，本流程要求：

[0027] a、在分离选别作业中，矿浆的固体重量浓度为5-20％，最佳8-12％。

[0028] b、矿浆的水平流速0.5-3.8m/s，最佳1.0-2.0m/s。

[0029] c、通常气压控制在20-45Kpa，最佳30-36Kpa，波频为40-80次/分钟。

[0030] d、排砂粒度要求其直径＜5mm。

[0031] 经过选别作业的矿浆自流到分配槽，由分配槽将矿浆调配成固体重量浓度为6-

10%，最佳为7-8%，然后进入筛分净化作业。

[0032] 作业时所专用的旋转喷淋式振动圆筒筛，要求其筒体安装的倾角为2-6度，筒体的转速40-220转/分钟，最佳60-120转/分钟。筒体的振动频率80-160次/分钟，最佳120次/分钟。喷淋水压力为15-25Kpa，旋转喷淋式振动圆筒筛的筛网孔径为0.075-0.187mm(80-200目)，最佳0.125-0.15mm(100-120目)。

[0033] 水洗喷淋净化作业专用旋转喷淋式振动圆筒筛，筒体(2)的外层面上从内到外设有细网、隔层网和托网三层不同孔径的工作筛网(3)，在筒体(2)内部沿环向均匀的设有抄板(18)，抄板(18)为4-8个，最佳为6个，抄板(18)：宽为50-150mm，长与筒体等长，且顺筒体(2)旋转方向与筒体(2)切线有一夹角为55-75°；进料口(1)设在筒体(2)的一端，出料口(13)设在筒体(2)的另一端下方，筒体(2)通过支撑杆(11)及连接法兰(15)与主轴(4)相连接，主轴(4)两端的轴承座(17)安装在振动器(5)上，振动器(5)通过弹簧(6)固定在振动器架体(10)上，振动器架体(10)固定在机架(14)上，主轴(4)的驱动端用柔性联轴器(7)与驱动机构(8)相联接；喷淋管(16)固定在机架(14)上，且安装在筒体(2)的上方偏垂直面15-45°的位置，在喷淋管(16)上间隔的设有喷嘴(9)，喷淋管(16)上各喷嘴(9)之间的间距为15-35cm，其喷嘴(9)与筒体(2)外表面托网之间有间距；机架(14)下面装有接水槽(12)和接料嘴(13)。

[0034] 砂石脱水作业，选槽内矿浆的固体重量浓度3-8%，最佳5-6%，将砂石脱水作业中溢流出的含有石棉的尾水回收到进料工序的配水管内；石棉的脱水作业采用的是充填压缩式脱水工艺，将筛分净化作业后的矿浆泵至隔膜式充填压滤机，泵的压力20-35Kpa，最佳25-30Kpac脱水后滤饼的含水率为11-18%，将脱水后的滤饼用棒式对辊粉碎机粉碎至50×50的块度，将压滤机排出的水泵至旋转喷淋式圆筒筛的喷淋系统回用。

[0035] 石棉经过脱水及滤饼后进行干燥，干燥时首先将破碎成小于50mm的小块，干燥方式可以在防风防尘的前提下采用露天凉晒，也可以是机械式干燥，但干燥温度不能高于350℃。

[0036] 本发明的效果在于经过此工艺流程生产出的石棉纤维不仅产品质量好，选矿回收率高，而且还不用任何化学药剂，整个生产过程无任何污染，在喷淋水的作用下，筒体筛网不停地被冲洗，并在机震力的作用下得到净化，从而解决了纤维矿浆“糊网”的问题，使石棉纤维的“洗、剥、筛”一并完成，提高了石棉回收率及回水利用率，从而提升了企业的经济效益。它特别适合于石棉类纤维矿物的尾矿回收选矿时使用。

(四)附图说明

[0037] 图1为本发明的旋转喷淋式圆筒筛的结构示意图。

[0038] 图2为本发明的侧视图；

[0039] 图3为本发明的A部放大图；

[0040] 图4为本发明的B部放大图；

[0041] 图5为本发明的C部放大图；

[0042] 图6为本发明的D部放大图；

[0043] 图7为本发明的工艺流程图；

[0044] 图8为本发明实施例1的工艺流程图；

[0045] 图9为本发明实施例3的工艺流程图。

[0046] 1-进料口 2-筒体 3筛网 4-主轴 5-振动器 6-弹簧7-柔性连接器 8-驱动电机 9-喷嘴 10-振动器架体 11-支撑杆 12-接水槽 13-出料口 14-架体 15-连接法兰 16-喷水管17-轴承座 18-抄板

(五)具体实施例

[0047] 下面各实施例的检验数据均由甘肃省石棉尾矿综合利用工程实验室检测。

[0048] 实施例1

[0049] 石棉尾矿粗选料湿法洗选工艺

[0050] (1)破碎及粗选本实施例的所用物料是石棉尾矿在矿山经过破碎和干法风选预加工后的粗精矿,尾矿中石棉的含量为3%左右,预选后粗精矿的石棉含量为30-40%,其余为砂、石、粉尘,物料最大粒度≤30mm。粗精矿运到矿仓后混堆,由皮带给入流态化工序。

[0051] (2)流态化分选除砂作为第一道工序的好处是可以减少砂石对筛网的磨损以及在管道中的沉淀。除砂采用TT-200型流汰化床,小时处理能力为40吨。三个隔室,流态化床筛面面积为200×450cm。在压缩气压为22-44KPa,起波频率为40-80次/分钟时,除砂效率达到了96%。粗精矿的含砂率为35-51%。经过流态床后测得的产物的含砂率为1.4-2%(干基)。粒径≥0.4mm以上的砂粒几乎全被选出,剩余少量的砂粒为粒径<0.4mm的细砂,这部分细砂粒在后续的筛分作业中还会被筛除。此段作业的矿浆浓度控制在8%左右。

[0052] (3)水洗喷淋净化经过流态化后的矿浆主要是石棉和粉尘的混合物矿浆,其中石棉和粉尘约各占50%。矿浆自流到分配槽,由分配槽流入旋转喷淋式振动圆筒筛进行除尘作业。所用设备为前述的自主研发的旋转喷淋式振动圆筒筛,该设备Φ1.2m,长4.3m,转速30-120转/分钟可调,振动频率120次/分钟,倾角3°,筛孔120目,小时处理量5吨。

[0053] 当矿浆进入圆筒筛后,一方面物料随转筒的旋转发生翻滚和抄起与跌落,并在喷淋水的冲刷下实施洗涤,另一方面随着筒体的振动,纤维、粉尘、水发生相对运动和磨擦,使粘结在纤维表面的粉尘与纤维脱离。在此作业过程中,粉尘随污水被逐步筛掉,小于筛孔的细小砂粒也同时去除,矿浆浓度在逐步增加。

[0054] 该段作业的设备配置为两台圆筒筛串联使用(或称二段洗涤),在第一台圆筒筛的进口的矿浆浓度为8%;在第二段圆筒筛的出口的矿浆浓度为20-25%。经过此段作业后,矿浆中的粉尘的含量≤3%(干基)。

[0055] (4)砂石脱水及溢流尾水回用经流态化床下部排出的砂石自流到螺旋式分级机。该设备直径为Φ1.6m,长4.5m,倾角为120。用此设备来完成对砂石料的脱水和对从卸料器排出的沉淀石棉的回收工作。该设备工作时,随螺旋的转动砂石从U型积料槽的下部向上部运动,水从螺旋与槽体逐渐收窄的缝隙中流下,滤干的砂石被从上部排出,此时砂石的含水率≤5%。而含有少量石棉的水从U型积料槽下部的围堰上沿溢流到泵池中,并泵送到流态化床的进料端回用。一般来讲,一台LXF1.6×4.5型螺旋分级机配一台TT-220型流态化床是合适的。经过该段作业排出的砂石很洁净,几乎不含粉尘和石棉,其主要成份为蛇纹石,富含镁、硅、铁的一种硅酸盐矿物,可近一步深加工,也可以磁选铁精粉,还可以用做建筑用砂石料。

[0056] (5)石棉脱水及滤饼粉碎经过圆筒筛除尘后的石棉矿浆在积料池被泵送至脱水工

序。本实施例的脱水设备选用的是隔膜式充填压滤机，过滤面积180M^2，一个工作循环45分钟，滤饼体积7.2m^3。进料矿浆浓度20-25％，脱水后滤饼的含水率≤12％。一般情况下，一台TT-200型流态化床应配2套1250型隔膜式充填压滤机。

[0057] 该段作业压滤机排出的水是清水，在本实施例中被直接泵送到筛分作业的圆筒筛上作为喷淋水。而从压滤机卸下的滤饼为块状物，通过皮带送入棒式对辊粉碎机粉碎至50×50的块度，然后再送至干燥作业。

[0058] (6)产品干燥及包装经压滤后粉碎的滤饼含水率为12％。本实施例的干燥采用自然凉晒的方式。我国石棉产区主要集中在西部，气候干燥，日照时间长，年蒸发量可达2800mm以上。采用自然凉晒，除了可以节省燃料成本，降低人工外，还可以免去因燃料燃烧而产生的烟气污染。在夏季，在混凝土硬化的场地上，物料堆放厚度≤8mm，2个昼夜就可以凉晒至含水率≤2％的要求。凉晒过程中要适时将物料进行翻动，该作业采用拖拉机带可升降的筢子进行翻动和摊铺作业。实践证明，作业效率高，省工省时。

[0059] 该凉晒干燥后的物料会有一些团聚的现象，一般团块粒度≤10mm，在包装前要对石棉纤维进行进一步的开松。在本实施例的开松作业采用的是笼式打散机，打散机腔体直径Φ1200mm，转笼直径Φ1000mm，腔体长1.6m。采用振动给料机进料，出料后由皮带机将开松的石棉送入压缩包装机包装。打散机的小时处理量为4吨，采用2台。

[0060] (7)产品质量检验经上述工艺，本实施例从尾矿中选取的石棉产品经检测其质量指标为：干法检验：+1.40mm，含量70-75％(主体纤维含量)，-0.4mm含量≤4％(含粉尘量)，含砂量≤0.3％。湿法检验：+1.18mm≥3.3％(主体纤维含量)，-0.075mm≤40％(含粉尘量)，纤维系数≥4.1％，含砂量≤0.3％。该指标高于GB/T8071-2008的指标，也优于同等级别的俄罗斯进口的5-65石棉产品的质量。经实测，本实施例试验生产线的最终选矿回收率为96.6％。

[0061] 实施例2.

[0062] 蛇纹石石棉原矿湿法洗选工艺

[0063] 实施例2与实施例1有相同的工艺及设备流程，不同的是矿山开采的原矿在矿山破碎后运至水洗厂洗选。

[0064] (1)原矿破碎原矿石入选前经过一段鄂破一段立轴破，矿石粒度≤300mm，原矿石含棉率为5.8％，含水率3％以下。

[0065] (2)流态化分选原矿进入原矿仓后，由振动给料机放矿，皮带运输机运输，将矿石以每小时35吨的给矿量均匀送入流态化床。由于原矿中石棉较尾矿粗精矿品位低，粉尘含量少，石子及砂粒大，石棉纤维长，而且很少有包裹体，因而流态化床的给水量可小些，矿浆浓度控制在10-12％。由于长纤维较比短纤维的沉降速率更大，因而压缩空气的风量和频率都要适当增大。当风压调整到30-35KPa，起波频率调整到80-100次/分钟时，除砂率可达到98.8％，流态化床出口矿浆的含砂率为1.1％(干基)。

[0066] (3)水洗喷淋净化除砂作业后的原矿矿浆的含尘量较比尾矿粗精矿的矿浆低，这是因为原矿石中的粉尘含量要比尾矿低得多。经过流态化作业后，原矿矿浆浓度仅有5％以下，虽然入口浓度原矿比尾矿大。经过除砂流态化作业后的矿浆进入第二道筛分工序，由于原矿矿浆更“干净”一些，因而较尾矿，除尘作业就变得更“轻松”一些。实施例2只用2组4台串联式旋转喷淋式振动圆筒筛就可以满足小时处理40吨原矿的筛分要求。在此段除尘筛分

作业中，圆筒筛的转数为80转/分钟，振动频率为50次/分钟，间歇式振动，每振动20秒停20秒。设备可自行设定起振时长及间歇时间。

[0067] 经过此段除尘作业后，排出的矿浆浓度为22%，矿浆中粉尘含量≤2.2%(干基)。

[0068] (4)砂石脱水及溢流尾水回用经流态化床下部排出的砂石与石棉尾矿粗精矿的大不一样，多为直径在≤30-5mm的石子，约占70-80%。而小于1mm的砂子只占10-15%，且砂石量要比尾矿料大得多。因此在砂石料的脱水作业中，溢流槽要添加一部分新水，以满足对砂石料冲刷的要求，防止因水量小冲刷强度不够而发生砂石带棉的现象。此外因细砂少，可适当调高螺旋式分级机的螺旋浆叶与U型槽槽底的距离，以加快排砂速度。此实施例排出的砂石含水率为4.5%，一台LXF1.6×4.5型螺旋式分级机可以满足小时处理40吨原矿的砂石脱水需要。

[0069] (5)石棉脱水及滤饼粉碎和干燥接下来实施例2的石棉脱水作业，滤饼粉碎作业，凉晒作业及包装作业同实施例1。所不同的是，由于原矿中长棉(L≥4.75mm)的含量高，而石棉的等级是以石棉的长度分级的。纤维越长，含量越高，则品级越高，售价也越贵。为了保护长纤维，物料在干燥后的开松作业中要减小开松强度。具体做法是：降低笼式打散机的转速，转速≤180转/分钟。在开松前可加一道干式筛分，不需要开松的纤维就不进行开松，这样可以最大限度的降低对纤维的损伤。

[0070] (6)产品检验经过包装后的石棉产品进行抽样检验，其质量指标为：干法检验：+4.75mm为21%，+1.40mm及以上(含+4.75mm)为83%，-0.4mm为3.8%，砂子含量为0.3%；湿法检验结果为：+1.18mm含量7.5%；-0.075mm含量为31%。无论是干法检验还是湿法检验，产品质量达到4-20石棉的国标要求，尤其是粉尘含量远低于国标的限值(国标值为-0.075≤49%)。

[0071] 实施例3.

[0072] 石棉尾矿粗精料的重选工艺

[0073] 本实施例是为了对比实施例1除砂工艺而做的试验。其核心工艺为：尾矿破碎及干式粗选、重选除砂及砂石脱水(二段作业)、水洗喷淋净化、石棉脱水及滤饼粉碎、产品干燥。本实施例与实施例1、2所不同的是，在除砂石作业中，不用流态化床而改用二段重选工艺。既从矿仓出来的石棉尾矿粗精矿送入螺旋分级机，其工艺目的是先去除石子和颗粒较大的砂，然后再泵入旋流器除细砂。因为旋流器被认为是在重选设备中按颗粒物比重和形状实施分级的较为理想的方法。其工艺效果分述如下：

[0074] 1.重力分选除砂工艺分两段作业：第一段采用同实施例1及实施例2所用的螺旋分级机，螺旋直径为Φ1.2m，U型槽直径Φ1.6m，长4.5m，单螺旋。被选物料由皮带送入混料器，带搅拌的桶型混料器加水搅拌后将矿浆送入螺旋分级机，目的之一是打开包裹体。矿浆的浓度为7-12%，物料中的石子和大颗粒(直径大于2mm)砂通过螺旋从U型槽的顶部排出，而石棉、粉尘及小细砂(直径≤2mm)的矿浆混合物则由U型槽的下部的围堰溢流到矿浆池。通过调节螺旋与U型槽的角度和间隙，可以控制排砂的粒度。

[0075] 此段作业矿石的处理量为25吨/小时，主要是考虑到混料器的处理量。第二段采用旋流器组除砂。旋流器TAX-100为聚胺脂材质(市售成品)，外径Φ100，四个一组，并联，通过稳压缸连接。单台处理能力为25-40T/d，给料压力0.1-0.2MPa。所用水泵为渣泵，扬程20m，流量200m3两台。两段作业时，随着给矿量的变化，可以通过调节水量来稳定系统的工作参

数。旋流器上部溢流排出的是石棉、粉尘和水的混合矿浆，而下部排出的是砂粒，含有水。至此重选作业完成，矿浆送入水洗喷淋净化工段及后续作业(同实施例1、2)。

[0076] 2.重力除砂分选工艺的测试数据如下：

[0077] 第一段螺旋分级机作业：上端排出的石子，大颗粒砂约占总投料量的40％(干基)，约占总含砂石量的67.5％(干基)，排出的砂石中含棉量3-4％，溢流出的矿浆浓度为5-8％，含砂量6.5-15.5％。

[0078] 第二段旋流分级机作业：上端溢流出的矿浆浓度为4-6％，矿浆中含砂量3-6％(干基)，下部排出的砂粒含棉量3-4.5％(干基)，重选流程的长棉损失率40％。

[0079] 3.分析重选流程的测试数据可得到以下结论：

[0080] (1)整个流程冗长，设备配置复杂，台数多，设备间连接麻烦，操作和维修量也大。

[0081] (2)选矿损失率高。螺旋分级机的纤维损失率为3-4％。尽管矿浆浓度才达到5-8％，已经很稀了，且处理量只占到设备生产能力的50-60％，但还是有不少石棉随砂石排出。这说明石棉纤维的沉降性极不稳定，尤其是在不稳定的矿浆液中，长棉更容易与砂石混绕。同时物料中的包裹体和团块没有被全部打开，难以实施分离。另外一方面，旋流器的分选效果也不好。一是排碴时带走大量的长棉，含棉率高达3％以上；二是溢出矿浆中仍含有3-4.5％的细砂，其中有不少粒径≥0.4mm的中砂。除砂作业后满足不了含砂率的要求。石棉纤维的显著特点是石棉纤维实际上是由“纤维束”构成的，单根石棉纤维的直径是十几到几十纳米，而工业生产的石棉是由几十到几百根石棉纤维粘结在一起所形成的束状纤维。因此其比重及比表面积取决于纤维束的松解程度，行业上称其为开松和劈分。在同等长度的条件下，劈分性好的石棉，其沉降速率就小，而且纤维的流动性也好。反之亦然。据此我们不难理解，在原料还没有实施开松和含有包裹体的条件下(含有大量的砂石和粉尘的情况下，这一作业也是无法实现的)，石棉纤维利用旋流实施分选，无论是采用哪种现有的重选设备，其机理和效果都是值得探讨的。

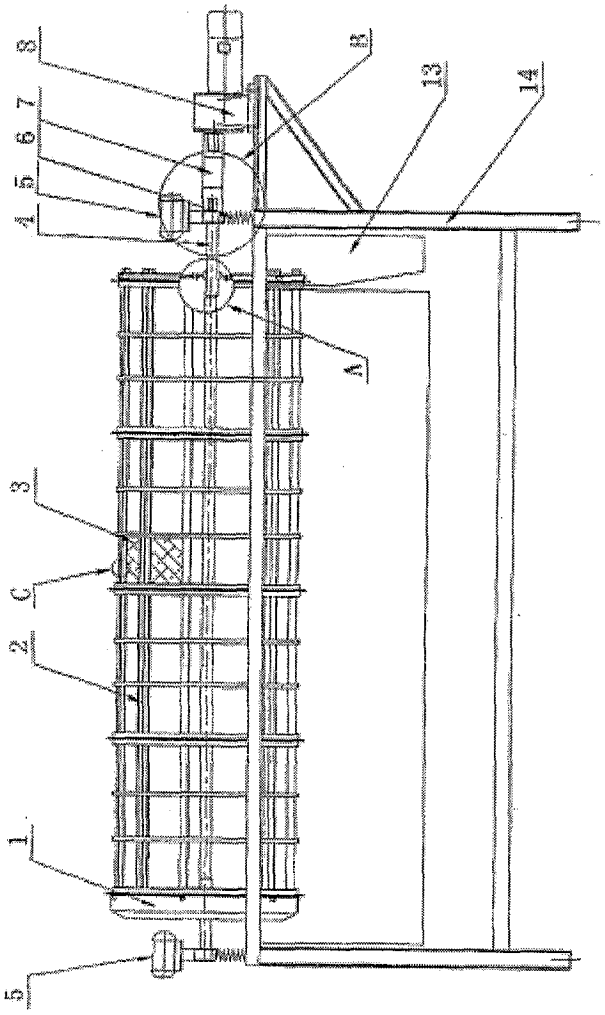


图1

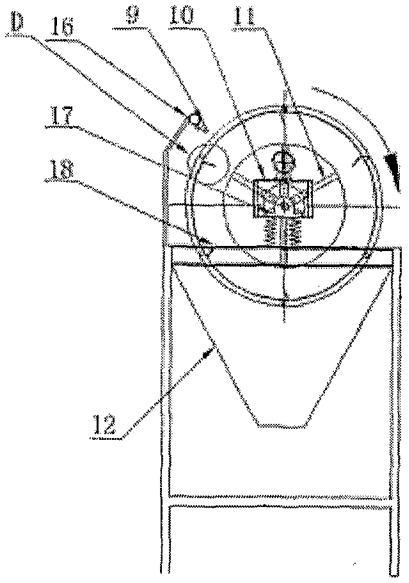


图2

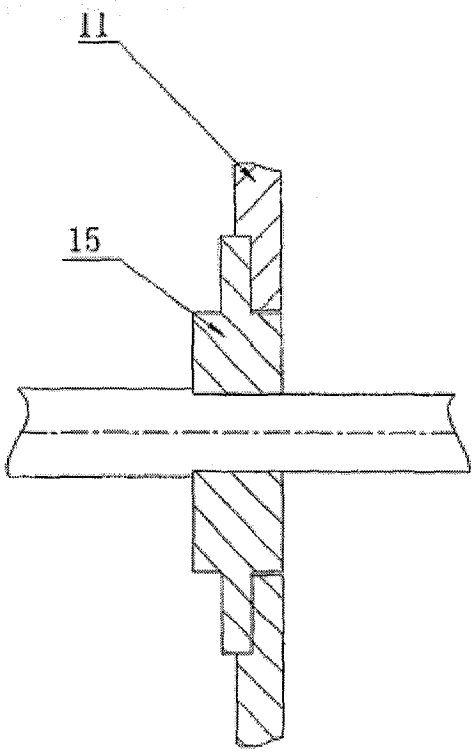


图3

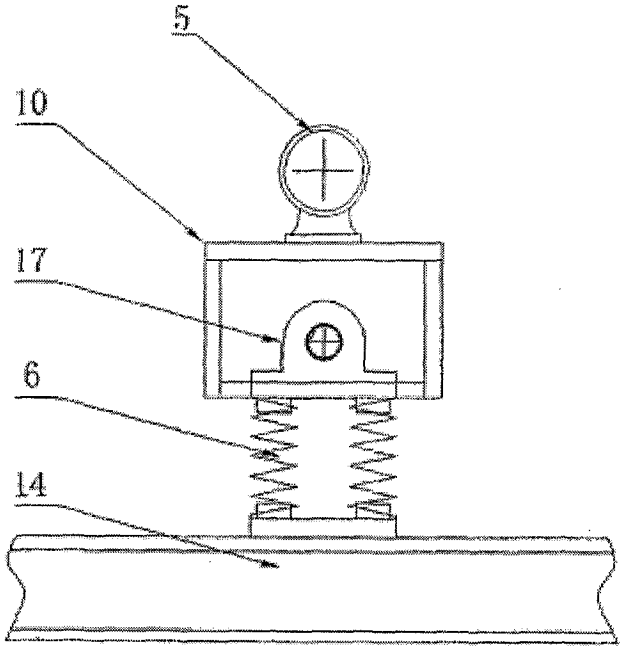


图4



图5

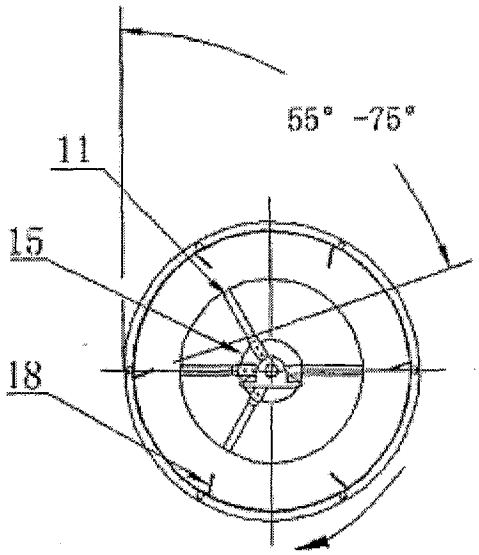


图6

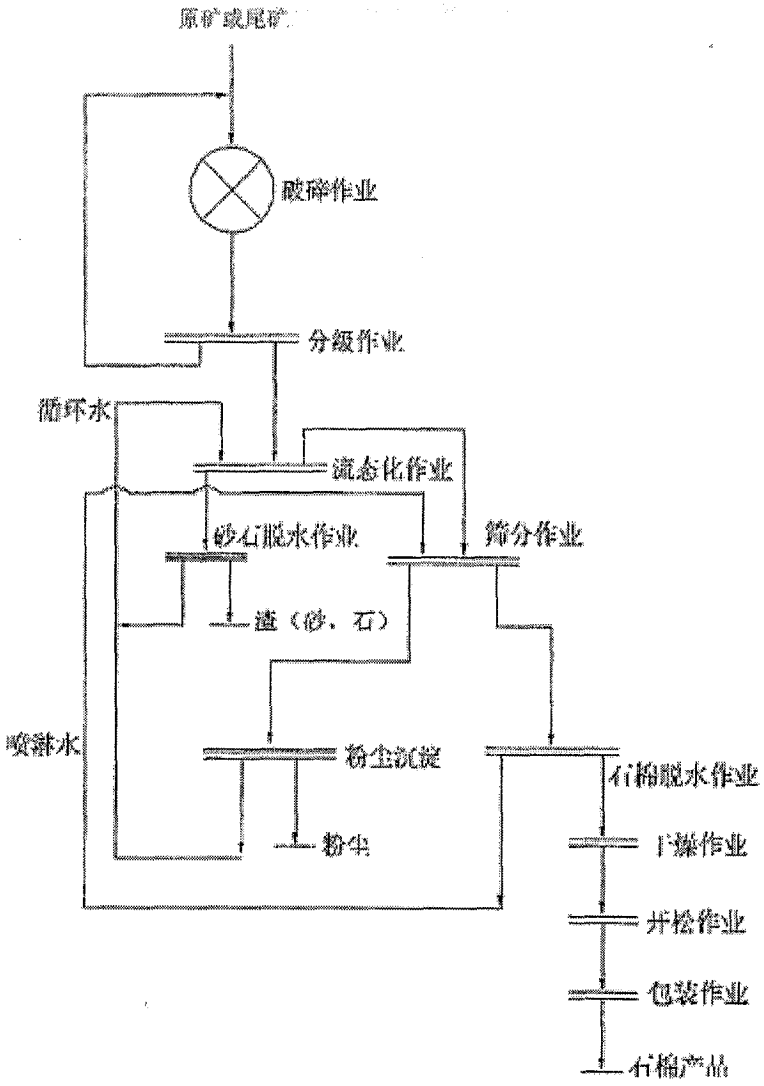

原矿或尾矿
破碎作业
分级作业
循环水
流态化作业
砂石脱水作业
筛分作业
渣（砂、石）
喷淋水
粉尘沉淀
粉尘
石棉脱水作业
干燥作业
开松作业
包装作业
石棉产品

图7

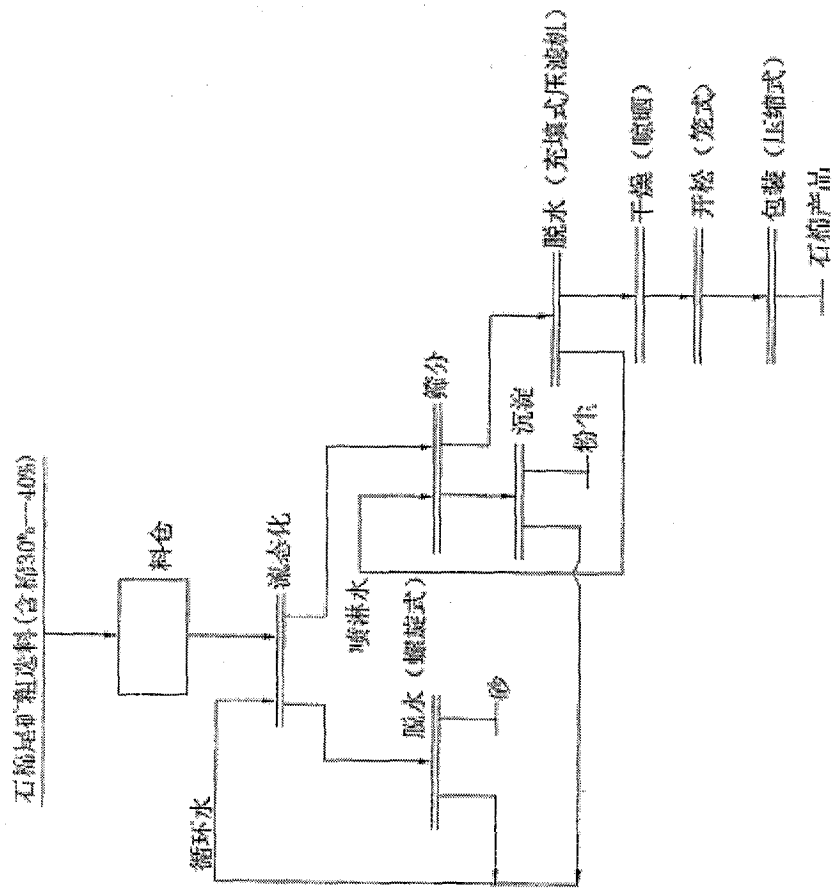

石棉尾矿粗选料（含棉30%—40%）
料仓
流态化
喷淋水
脱水（螺旋式）
渗
循环水
筛分
沉淀
粉尘
脱水（充填式压滤机）
干燥（喷雾）
开松（笼式）
包装（压缩式）
石棉产品

图8

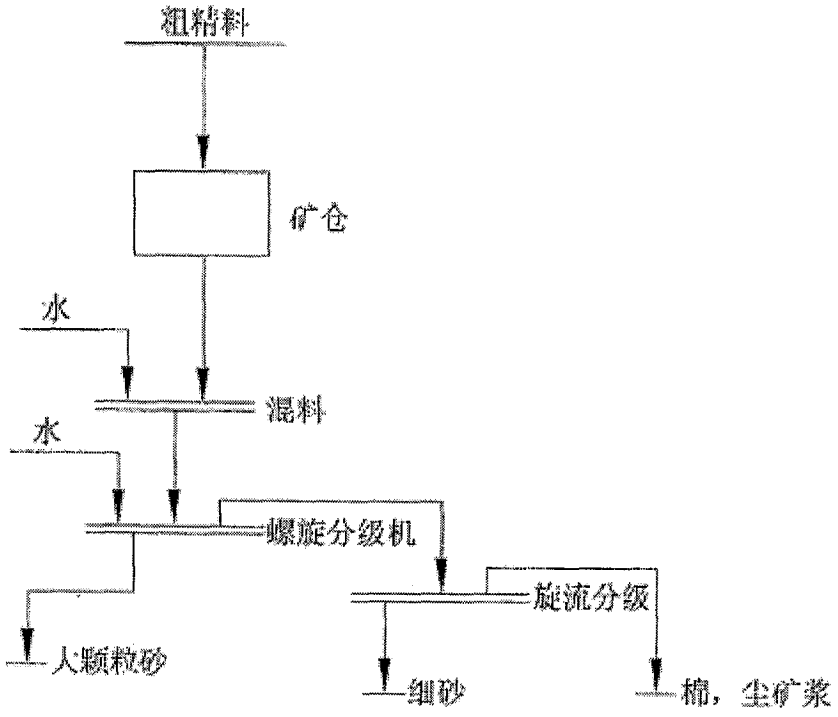


图9