

[制造·使用·改进]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2018.02.017

节能水力碎浆机改进型转子

樊磊嘉, 徐国华, 李瑞瑞, 陈佳豪, 兰春林, 张敏

(轻工业杭州机电设计研究院有限公司, 浙江 杭州 311121)

摘要:传统立式水力碎浆机在碎浆过程中能耗大,其中转子的结构形式是影响能耗的主要方面,比如现常用的伏克斯转子就存在着许多结构弊端。课题组提出一种改进型节能碎浆机转子,通过优化流道,改变叶片的形态,强化了纸浆破碎过程中的涡流内循环,有效利用了水力循环破碎作用,避免了大量无用功的损失,从而降低了能源损耗。配备了该转子的碎浆机在不牺牲打浆质量的前提下,节约能源20%以上。

关键词:水力碎浆机;流道;叶片形态;涡流内循环

中图分类号:TS733 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2018)02-0088-04

Improved Energy-Saving Hydropulper's Rotor

FAN Leijia, XU Guohua, LI Ruirui, CHEN Jiahao, LAN Chunlin, ZHANG Min

(Hmei Machinery & Engineering Co., Hangzhou 311121, China)

Abstract: The traditional vertical hydraulic crusher has great energy consumption in the process of crushing pulp, the structure form of the rotor is the main aspect that affects energy consumption, and there are many structural drawbacks in the commonly used Vokes rotor. An improved energy-saving hydropulper's rotor was designed, which optimized the runner, changed the shape of the blade and strengthened the vortex inner circulation in the process of pulp breaking. The effect of hydraulic cyclic disintegration was effectively used to avoid the lost energy, thus reducing the power loss. The pulper equipped with the rotor can save more than 20% of energy without sacrificing the quality of slurry.

Keywords: hydropulper; runner; blade shape; vortex inner circulation

水力碎浆机是造纸过程中碎解废纸或商品浆的常用设备,其主要组成部分包括转子、槽体、传动机构、筛板及电机等,其中转子是影响碎浆质量及能耗的主要因素。目前,国内很多企业使用的立式水力碎浆机叶轮许多为伏克斯叶轮(Vokes rotor,也叫旋翼式叶轮)以及其局部改进的节能伏克斯叶轮,该形式的碎浆机叶轮置于筒体中心,且筒体周围有多道导流板布置,在实际使用中能耗大,碎解效果不佳。为解决以上问题,设计了一种立式节能水力碎浆机改进型转子,达到了节能生产的目的。

1 传统废纸碎浆机能耗分析

传统的伏克斯叶轮有8片扁平的翼状叶片,如图1所示。叶轮直径一般控制在 $1/3 \sim 1/2$ 槽筒体直径之间,每片叶片同时负担碎解浆板和循环浆流的作用

用^[1];外围设置低矮的刀片,主要起碎解作用,中心区域有高度较高的刀片,高速旋转后叶轮周围产生湍流区域促使纤维碎解^[2]。

高速运转的浆流在筒体内部主要由2种流态组成:物料由靠近转子中心区域通过叶片的作用甩向筒体周边区域,接触到槽体壁后由于阻力作用沿壁面从底部向上流动,再从上部的周边区域通过重力作用流回转子中心区域,形成一个自底向上的垂直方向的循环流向,既涡流;同时,因转子的圆周旋转运动,带动槽体内水平面的物料形成水平向圆周旋转流向,即环流。接近槽壁的纸浆速度低于较中心区域,两者之间存在速度差,于是纸浆之间相互摩擦,从而实现浆料碎解,这是环流起到的作用^[3]。但涡流相对环流的运行流态更加剧烈,其流态大幅增加浆料间摩擦、碰撞的机

收稿日期:2017-08-23;修回日期:2018-01-25

第一作者简介:樊磊嘉(1985),男,浙江杭州人,工程师,主要研究方向为制浆机械、机械设备三维设计。E-mail:121169460@qq.com

会,故在碎解纸浆时起到了主要的水力碎解效果^[4]。浆流的流向如图2所示。

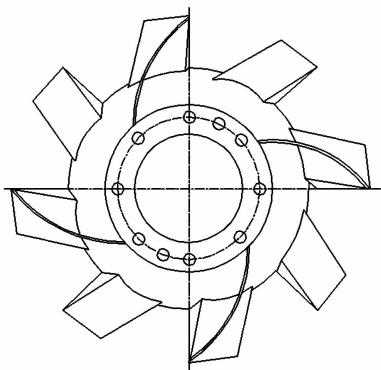


图1 伏克斯叶轮
Figure 1 Vokes rotor

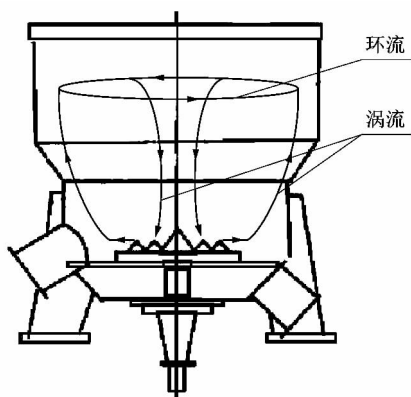


图2 涡流与环流

Figure 2 Eddy current and circulation

伏克斯叶轮总体呈现扁平状,由于较小的尺寸将不能形成有效的涡流流态,故一般其转子尺寸较大,确保运行时可形成足够的涡流流态来达到预期的碎解效果。较大尺寸的叶轮运行时将产生较大的能量消耗,较多的能量损失在环流流态上,由于圆周等速环流对浆料的碎解作用是有限的,故此能耗对碎解效果帮助不大。为了有效利用环流流态,所以在传统的废纸碎浆机筒体上一般还设置了3~6片导流板,改变了单一环流流态。虽然通过破坏环流流态的方式来增强浆流间的摩擦,但这也增加了能耗,造成传统碎浆机能耗大的问题。

2 改进型碎浆机转子的结构特点及不足

2.1 强化涡流效果和优化浆流流道

改进型的节能转子相较于伏克斯叶轮在形态上有较大变化,如图3所示。改进型转子处理浆纸纤维质量分数一般在4%~7%范围内,其有6个独特的旋翼叶片,分为2组,每组各由相同的3片旋翼叶片组成,

一组尺寸较高的旋翼呈现螺旋线形,在碎浆时起到了关键的作用,另一组较矮小旋翼起到了辅助作用。旋翼大叶片高速旋转后,使浆料在产生圆周循环的同时能产生强烈的涡流作用,使得浆料上下循环程度加剧,这种内循环对浆料有拉入作用,且纸浆拉入漩涡中心后迅速与旋翼发生机械摩擦碎解作用^[5]。这组大叶片能产生较强烈的涡流作用原理是大叶片形状有较大的工作面,且有经过优化后的工作面倾斜角,转子旋转时浆流下压,使得流体有向下运动的趋势;较矮小的叶片也起到了辅助作用,由于此组叶片矮小,工作面面积比大叶片小,所以课题组选择较小的工作面角度($\beta^\circ > \gamma^\circ$)来弥补其自身的不足。叶片倾角对比如图4所示。

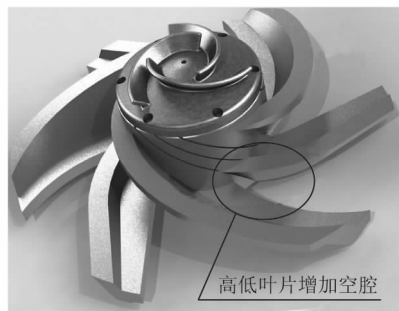


图3 改进型转子
Figure 3 Improved rotor

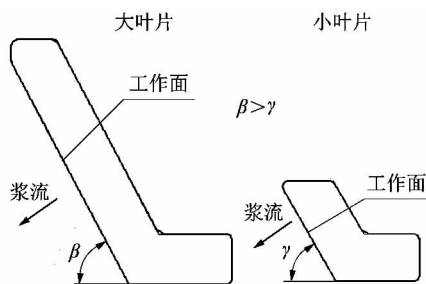


图4 叶片倾角对比

Figure 4 Dip angle contrast

转子设计成2组高低叶片,主要是为了增加浆流流道。从图3中可看出,此种布置增加了转子叶片间的空腔尺寸,使得在碎解过程中浆料更容易流入空腔,而后顺利到达叶片工作面,从而产生有效的浆流“涡流”流动,提高碎解效率。浆料在与大旋翼发生碎解作用后,随即与扁平的小叶轮进行纸浆的第2次机械碎解,增强了碎解的效果。

2.2 其他独特的设计和整体尺寸

该转子顶部安装有一个独特的叶轮帽,该叶轮帽圆周配置3片螺旋状叶片,其作用是拨动转子中心上

部浆料死区向四周扩散,避免了局部打浆不均匀现象的发生。实际生产中,可依据浆板的品种和转子转速不同,适当调整顶部拨浆叶片的数量,减少不必要的能耗损失。同时,在转子主体部分还设置导流槽,优化了浆流流向。

对于不同规格的碎浆机,一般可以依据产量及槽体的不同,规定少数几档叶轮转子的大小,直径一般控制在 $1/3 \sim 1/4$ 槽筒体直径之间。相对伏克斯叶轮,节能型转子明显减小了整体尺寸,同时叶片数量也减小,这两者的改变虽将减弱了叶轮机械碎解的效果,由于机械碎解效能的减少,能耗相应降低,但涡流循环的增强弥补了碎解能力的不足。

2.3 制造探究

铸造叶轮所用的材料除要求具备一定的抗腐蚀能力外,更重要的是要求材料表面硬度高,耐磨性好。因为转子高速运转时,碎解环境复杂,浆料中难免有硬度较高的杂质,若材料硬度低韧性差,叶轮的工作面将会很快磨损,难以保证转子的寿命。另外也必须考虑材料的成本,所以一般避免选用奥氏体不锈钢,而选用马氏体不锈钢,转子铸造完成后应配合相应的热处理或表面强化工艺来提高表面硬度。最后叶轮转子还应做动平衡处理,高速运转的叶轮如平衡达不到要求,对轴承寿命的影响将是极大的,但如需配置偏重块,其位置不应置于叶片的工作面上,避免影响浆流的循环。

2.4 改进型转子的不足

在碎解过程中使用改进型转子时,浆料纸纤维质量分数及浆料中杂质含量对所配备电机负荷的影响较明显。质量分数过高时纸浆黏度增加,浆料的流动性下降,使其产生涡流循环,需要消耗更大的能量。因现配备该转子的碎浆机普遍电机装机容量不高,碎浆浓度较高时,电机负荷过高^[5],所以应用该型节能转子应控制碎浆的纸纤维质量分数在 $4\% \sim 6\%$ 之间。废纸碎解除了需碎浆机本体设备以外还要配备沉渣罐等附属设备^[6],且废纸中杂质含量多,纤维结合力强,由于该转子的直接机械碎解能力不足,所以一般避免应用该改进型转子的单一设备在废纸碎解场合,其适用于商品浆板的碎解。

3 影响碎解能耗的其他相关因素

3.1 转子线速度的影响

无论是常规的碎浆机还是新型碎浆机,转子线速度对碎解效率的影响都是决定性的,转子运行过慢,线速度太小减缓了浆流的循环流态,纤维间的摩擦碎解和分散作用减小;转子线速度提高,虽加强了碎解作

用,但过高的线速度将大大增加动力的消耗,转化为无用的热能。因此综合考虑碎解时间和运行电流,平衡碎浆效果和能耗两者之间的关系,该型转子线速度应控制在一定的合理范围内。

3.2 碎解温度的影响

碎解过程中,温度的提高有助于增加碎解效率,缩短碎解时间。原因在于较高的温度提高了水的渗透性和润胀性,使得原本硬挺的纤维软化,碎解所需的动力消耗就低^[7];同时温度的提高,纸浆黏度下降而增加浆料的流动性,对于流体的循环也是很有帮助的,降低了动力在这方面的消耗。一般对于低浓碎浆机,碎解温度应控制在 $30 \sim 60 \text{ }^\circ\text{C}$ ^[8]。由于影响该种碎浆机转子的运行能耗与浆料黏度和流动性关系密切,因此为节省打浆时间,有条件可适当提高碎解温度。

3.3 变频控制对碎浆效率的影响

常规碎浆机一般配用较大功率的电机,在碎浆机电动机通过降压启动时,它会产生4倍左右的电动机额定电流,大电流将大大增加电动机绕组的热量,从而降低电动机的寿命,在运行过程中经常发生继电器发热跳闸、接触器触点熔焊等问题。采用新型转子的碎浆机一般都带有变频控制,因该转子尺寸减小以及变频控制的低转速启动,大大降低了原来异步电动机的启动电流,同时不会影响到输出转矩,变频启动造成的电流冲击将非常小^[9]。在整个碎浆过程中,电机并非一直满负荷运行,随着碎解时间的加长和碎解程度的加大,电机转速逐渐降低,特别是碎浆末期,浆流的剧烈运动将不利于排浆,所以电机一般以低速运行,这一系列变频调速将有效控制能源损耗。

4 节能对比

某纸厂应用节能型转子的某规格碎浆机间歇碎解一锅浆(粗略估算)时配用功率为132 kW、转速为980 r/min和额定电流为249 A的6极电机,主要用于碎解商品浆板,碎解的纸纤维质量分数控制在 $3\% \sim 6\%$ 。间歇碎解一锅浆料整个周期大约20 min,整个过程变频控制,运行电流大约在199 A左右,约占额定电流的80%。一台同规格常规废纸碎浆机,同样是6极电机,其功率一般选185 kW,额定电流为335 A,以电流268 A(额定电流80%计算)运行20 min,二者能耗对比见表1。从对比数据可知,节能型碎浆机相比传统型,能耗下降25%左右,可为企业节省开支。配备了节能转子的碎浆机再加其他结构上的改良,相对常规碎浆机其节能效果是明显的。

(下转第96页)