

气流磨生产精细胶粉的探讨

张国柱 孙福海

(桦林集团有限责任公司 157032)

摘要 介绍了采用空气循环制冷技术,利用超音速气流粉碎机生产精细胶粉的工艺流程及关键设备。采用气流磨生产冷冻胶粉,进料粒度20目左右,产品粒度集中在80~120目。该技术具有自动化程度高、无环境污染、能耗低、产品粒度集中、设备运行可靠、生产效率高等特点。

关键词 空气循环制冷,冷冻胶粉,气流磨

随着国内轮胎产量逐年递增,废弃轮胎量随之增长,这不仅造成资源的巨大浪费,而且对生态环境破坏严重。若将这些废弃的轮胎加工成80~100目的精细胶粉再利用,不仅能取得较高的经济效益,而且能取得巨大的社会效益。

轮胎用橡胶在常温下难以粉碎且玻璃化温度低。但是如果将其深度冷冻可加工成精细胶粉^[1]。目前,所使用的冷冻方法有两种:一种为液氮冷冻,液氮在常温下汽化温度为 -196°C ,与轮胎橡胶的玻璃化温度(-80°C 左右)相差 116°C ,而制取液氮的温度低,且制冷系数也低,因此能耗较大。另一种为封闭式空气循环系统制冷,得到深冷空气温度为 $-130\sim-140^{\circ}\text{C}$,其制冷系数、卡诺比、热力效率较高,无分馏和储液设备,设备比较简单,能耗较低,因此在生产中得到了广泛的应用。本文主要介绍利用超音速气流磨粉碎冷冻胶粉的生产工艺流程和关键设备。

1 工艺流程

气流磨粉碎冷冻胶粉的生产工艺流程如图1所示。

空气由压缩机吸入,压缩至 0.8 MPa

后,经后冷却器、储气罐,通过油水分离器,将水分和油分分离出去,温度可降至 30°C 左右,再进一步净化干燥,成为干燥的压缩空气进入气流磨,入口压力为 0.55 MPa (绝对压力)。采用空气循环制冷技术,将胶粒冷冻至 -80°C ,通过气力输送将其送至料仓后,进入气流磨。进料粒度为20目左右。胶粒进入气流磨后,经粉碎随气流沿切线方向进入旋风除尘器形成旋流。外层为下降旋流,内层为上升旋流,下降旋流中的胶粉在离心力的作用下向器壁方向运动,同时被下降旋流集聚至下方出料口处,极少量的细粉被上升旋流在负压作用下引入滤袋除尘器,经滤清后将空气排出进入料仓收集,包装后入库。

该工艺流程的主要特点是:

(1)整机运行是在负压、全封闭状态下进行,粉碎是在物料自身对撞下完成,无产品和环境污染。

(2)分级机采用高频变速电机,可任意调速,对物料进行各种粒度的分级,粒度集中。

(3)系统采用微机自动控制,操作方便可靠,每条生产线工作人员每班只需3~4人,自动化程度高。

(4)胶料粉碎在低温下进行,粉碎过程生热少,设备磨损小,寿命长且产量大,因此能耗低、生产效率高。

2 关键设备

2.1 气流磨

气流磨结构如图2所示。压缩气体从特

作者简介 张国柱,男,1965年6月出生。工程师。1987年毕业于大庆石油学院机械系。现从事橡胶机械设计工作。已发表论文2篇。

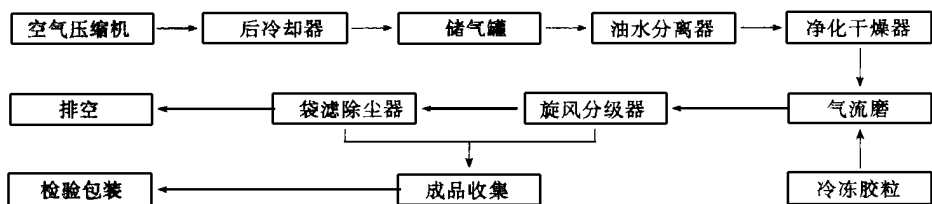


图1 冷冻胶粉生产工艺流程图

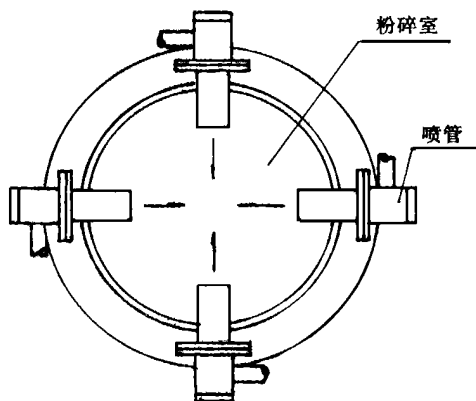


图2 气流磨结构示意图

殊设计加工的喷嘴进入气流磨内,形成超音速气流,同时使胶粒流态化。胶粒在超音速的喷射气流中被加速,在气流交汇处汇合,自身互相碰撞、摩擦从而达到研磨粉碎的目的。物料粉碎和分级在同一室内进行,未被分级的粗料重新返回粉碎室内继续粉碎,最后产品经分级机进入收集系统。

2.2 拉伐尔喷嘴的设计

2.2.1 拉伐尔喷嘴形状的讨论^[2]

拉伐尔喷嘴的作用是使气流从马赫数 M 为 1(喉部 $M=1$) 加速到某一希望的马赫数 M (工作段), 且从喉部到工作段为扩张形。为了使冷冻胶粒有效碰撞, 获得最佳粉碎效果, 最重要的是使进入工作段的气流成为直匀流。喷嘴的结构如图 3 所示。

喷嘴扩张段的各个流场可分为三个不同的区域。由于对称关系, 中心线就是一条流线, 且对于计算来说, 可以把它看成是个气流边界, 因此我们只讨论上半部分。

(1) 膨胀区(6-7-3-2-6)是由下述各段围成的: 喉部 6-7; 特径线 2-3(在 2 处获得了所要求的工作段的马赫数 M_e); 喷嘴的膨胀段 7-5-3, 这是两旋波并存的区域。

(2) 工作段(1-2 下游的区域)是具有工作段 M_e 的直匀流, 由于是直匀流, 因此马赫线 1-2 是直线的, 且对中心线的倾角为 α_e 。

(3) 矫正段(3-2-1)是由于马赫线 3-2 和 2-1 与壁面矫正段 3-1 所围成, 因为只有简单波区才能和直匀流区拼接, 所以 3-2-1 区必然是简单波流动, 使该区内的左伸马赫波上所有气流属性都是均匀的, 因此壁面线型就是一条流线, 它始于点 3, 穿过左伸马赫波直到点 1 处变成水平方向为止。考虑到附面层的特性, 且矫正段中的简单波必然是膨胀波, 因此矫正段 3-1 线型必然是凹面向下。

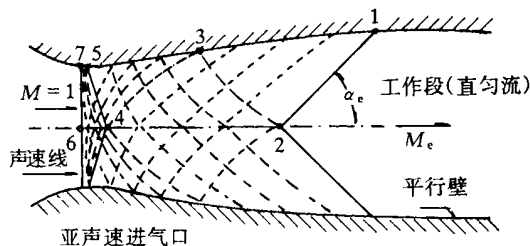


图3 产生直匀流的喷嘴结构简图

2.2.2 拉伐尔喷嘴的各项参数

由于喷嘴是利用气体压降使气流加速的管道, 喷嘴的长度较短而气流速率较高, 故气流经过喷嘴所需的时间很短, 气体和管壁的热交换可以忽略不计。因此喷嘴中气体的流动可看作稳定流动的定熵过程^[3]。对于定

熵流动, 滞止温度 T_0 是恒定的, 而且也不存在摩擦, 因此根据一元气体力学的基本方程可推出下列各变量之间的关系^[4]。

以声速状态 ($M=1$ 的点) 作为基准, 并用符号“*”表示这种声速状态。则:

$$\frac{\omega}{\omega^*} = M \sqrt{\frac{k+1}{2(1+\frac{k-1}{2}M^2)}}$$

$$\frac{T}{T^*} = \frac{k+1}{2(1+\frac{k-1}{2}M^2)}$$

的
$$\frac{\rho}{\rho^*} = \left[\frac{k+1}{2(1+\frac{k-1}{2}M^2)} \right]^{\frac{1}{k-1}}$$

$$\frac{P}{P^*} = \left[\frac{k+1}{2(1+\frac{k-1}{2}M^2)} \right]^{\frac{k}{k-1}}$$

$$\frac{A}{A^*} = \frac{1}{M} \left[\frac{2(1+\frac{k-1}{2}M^2)}{k+1} \right]^{\frac{k+1}{2(k-1)}}$$

式中 M ——马赫数;

k ——比热比;

T ——出口温度;

T^* ——喉部温度;

ω ——出口速率;

ω^* ——喉部速率;

P ——出口压力;

P^* ——喉部压力;

ρ ——出口密度;

ρ^* ——喉部密度;

A ——出口截面积;

A^* ——喉部截面积。

$k=1.4$ 时这些特征值之比如图 4 所示。

从图 4 中可以得出如下结论: ① T_0 和滞止压力 P_0 是定值; ② M 小于 1 时流速随着截面积的减小而增大, M 大于 1 时则流速随着截面积增大而增大; ③ M 小于 1 时温度随着截面积减小而降低, M 大于 1 时则温度随着面积增大而降低; ④ 密度变化和温度一样;

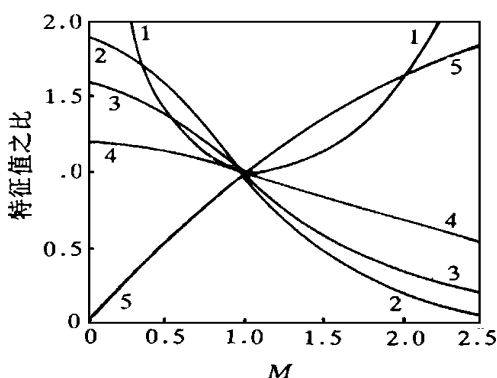


图 4 $k=1.4$ 时的各特征值之比与 M 的关系

1— A/A^* ; 2— P/P^* ; 3— ρ/ρ^* ;

4— T/T^* ; 5— ω/ω^*

⑤ 压力变化和温度变化一样。

3 分级轮的设计 赫数

为得到粒度集中的胶粉, 在气流磨内配备了分级机, 以保证得到的产品粒度在 80 ~ 120 目之间, 其结构如图 5 所示。

冷冻胶粒进入气流磨粉碎室内, 经粉碎后形成自下而上的气固两相流分散于粉碎腔内, 在分级轮高速旋转所产生的离心力场作用下, 粒度小于 80 目的冷冻胶粉, 由于离心力大于向心力而移向边壁落下重新粉碎; 粒度大于 80 目的胶粉由于离心力小于向心力, 可通过叶轮中心进入旋风分级器形成一级产品, 其产品粒度为 80 ~ 120 目的占 87% 以上。

该分级机的特点为: ① 分级轮采用特殊轻体材料制成, 质量小、成本低、寿命长; ② 采用高速调频电机, 可实现无级变速, 适于各种粒度产品的生产; ③ 各轴承采用气密封避免粉体对轴承的磨损, 延长了设备的使用寿命; ④ 分级轮采用双面动平衡, 精度等级为 0.4, 提高了分级轮高速运转的可靠性。

4 结论

(1) 采用气流磨生产冷冻胶粉, 进料粒度 20 目左右, 产品粒度集中在 80 ~ 120 目 (占

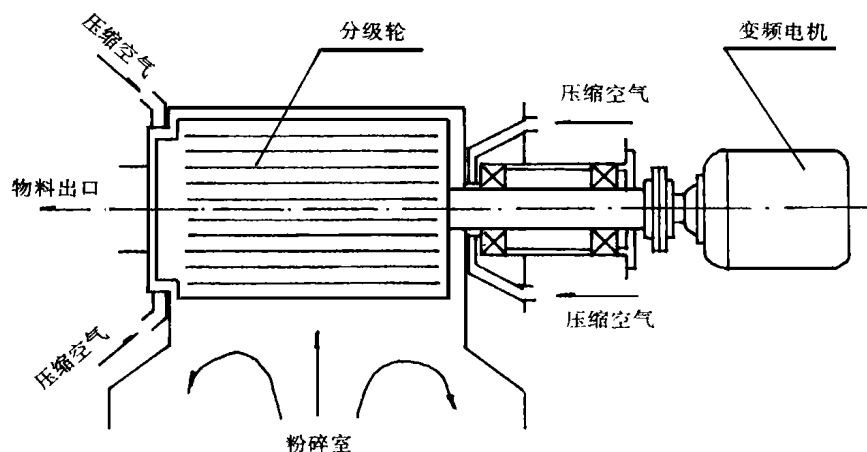


图5 分级轮结构简图

87%以上), 生产效率高。

(2) 单机产量 $150 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$, 耗电 75.5 度, 产量高、耗电省。

(3) 采用计算机控制整个生产工艺流程, 操作简便, 运行可靠。

(4) 本机可用于各种粉体胶料的加工, 而且产品纯度高, 无环境污染。

参考文献

- 1 柯 钢, 夏洪飞, 刘华建, 等. 压缩空气冷冻胶粉生产技术研究. 橡胶工业, 1997, 44(5): 299~301
- 2 夏皮罗 A H. 可压缩流的动力学与热力学. 陈立子译. 北京: 科学出版社, 1978. 509~511
- 3 饭沼一男. 工程热力学简介. 陶岚琴译. 北京: 国防工业出版社, 1991. 166
- 4 吉林工业大学热式教研室. 工程热力学. 北京: 高等教育出版社, 1993. 147~150

收稿日期 1998-02-16