

Φ2000× 3200 超宽幅环形平带鼓式硫化机的研制^{*}

程 源

(北京化工大学 100029)

摘要 超宽幅环形平带鼓式硫化机鼓径 2 m, 幅宽 3.2 m, 是目前我国最大的鼓式硫化机。该机由主机和辅机组成, 具有独特的 HH 型混合少齿差行星减速系统, 速比为 1∶1 000, 调速范围为 1∶20。该设备可同机满足开口带和环形带的工艺要求, 连续生产超长、超宽和超薄型橡塑胶带和胶板, 也可生产各种宽度的厚型输送带及其它相似的橡塑板带制品, 还可对压延橡胶片、塑料板拼幅接宽。制品精度高、质量好, 可完全替代间歇式生产的平板硫化机和进口同类设备。

关键词 环形平带鼓式硫化机, 设计, 研制

采用我校 Φ700× 1800 和 Φ700× 2050 环形平带设计技术创新设计的 Φ2000× 3200 开口带与环形带无接头平型传动输送带鼓式硫化机, 具有独特的 HH 型混合少齿差行星减速系统, 速比为 1∶1 000, 调速范围为 1∶20, 总质量 200 多吨, 是目前我国最大的鼓式硫化机。该机的主要特点是可生产对表面形状和表面质量要求较高的超长、超宽和超薄型橡塑胶带和胶板, 如印刷胶板、印染导带、花纹胶板等。该机还配有预伸张装置、加压贴合与纵裁装置等辅助设备, 因而, 也可生产各种宽度的厚型输送带和传动带及其它相似的橡塑板带制品。该机既可生产无限长的开口板带, 又可生产多层缠绕成型的无接头环带, 还可用于压延胶片拼幅接宽, 可满足

轻工、造纸、烟草、食品、化工、冶金、交通、能源及港口码头等行业对宽幅平型输送带和传动带的需求。现将该机的设计原理和构造特点简要介绍如下。

1 主要技术参数

主硫化鼓工作直径	2 000 mm
主硫化鼓工作宽度	3 200 mm
硫化制品最大宽度	3 000 mm
硫化制品厚度	1 ~5 mm
压力钢带宽度	3 050 mm
上调辊直径	1 500 mm
下调辊直径	1 500 mm
后张紧辊直径	1 500 mm
圆周速度(可调)	0.24 ~ 4.8 m·min ⁻¹
硫化时间(可调)	1 ~20 min
硫化温度(可调)	20 ~180 °C
钢带总张力(可调)	0 ~1 440 kN
最大硫化压力(可调)	0 ~0.45 MPa
主电机功率(DC)	15.5 kW
压力钢带最大包角(可调)	180° ~280°
生产能力	14.4 ~ 288 m·h ⁻¹

^{*} 国家科委“八五”计划中的火炬项目。

作者简介 程源, 男, 1938 年出生。教授, 博士生导师。1962 年毕业于大连工学院化工机械系。现任北京化工大学橡胶机械研究室主任、化工部橡胶机械测试验证中心主任、中国橡胶工业协会理事、中国化工学会橡胶专业委员会委员和橡胶机械分会主任委员;《橡胶工业》、《中国橡胶》、《合成橡胶工业》、《特种橡胶制品》、《北京化工大学学报》等杂志编委。主要从事橡胶加工原理与设备的教学和科研工作。拥有 6 项发明专利。代表著作有《机械强度与刚度计算》、《橡胶机械设计》、《实用应力分析》等, 发表论文 150 多篇。

2 设计原理与计算

当上调辊以一定转速按顺时针主动旋转时,靠压力带带动硫化鼓、下调辊及张紧辊等一起缓慢地旋转,调节硫化鼓的转速,可控制硫化时间。为获得一定的硫化压力,由液压油缸向后推移张紧辊,使恒定张紧的压力带在硫化鼓上包容并压紧待硫化的制品带;为了得到所需的硫化温度,在硫化鼓内通蒸汽或导热油加热,调节蒸汽压力控制硫化温度。

鼓式硫化机在工作时先由辅机导开装置引出半成品,经下调辊进入压力带和硫化鼓之间,半成品在鼓包角(可调)范围内,在正常硫化时间、压力和温度下完成制品的硫化工艺。硫化好的制品由主机后部的卷取装置卷好并经检查后包装。对于环形带硫化,可由脱带辅助机构装卸。为增大硫化压力,在半成品开始进入硫化区域时增设1个或2个辅助压力辊(局部加压),也可采用多条压力带叠加施压。

2.1 硫化压力计算

压力带是保证制品硫化压力的主要部件,最适宜的厚度可按下述方法计算:

$$\sigma_e = \frac{PD}{2\delta} \quad (1)$$

式中 σ_e ——钢带受的拉伸应力, Pa;

δ ——压力带厚度, m;

P ——硫化压力, Pa;

D ——硫化鼓直径, m。

$$\sigma_u = \frac{E\delta}{D_0} \quad (2)$$

式中 σ_u ——钢带受的弯曲应力, Pa;

E ——压力带的弹性模量, Pa;

D_0 ——压力带绕过的最小辊筒直径, m。

压力带的总应力为:

$$\sigma = \sigma_e + \sigma_u = \frac{PD}{2\delta} + \frac{E\delta}{D_0} \quad (3)$$

δ 的合理值应使之总应力最小、疲劳寿命最大。为此,应令 $\frac{d\sigma}{d\delta} = 0$,则可求出在特定的条

件下疲劳应力的极小值。亦即

$$\frac{d\sigma}{d\delta} = \frac{d(\frac{PD}{2\delta} + \frac{E\delta}{D_0})}{d\delta} = 0 \quad (4)$$

积分后得

$$\delta = \sqrt{\frac{PDD_0}{2E}} \quad (5)$$

以上分析可以得出,硫化压力受钢带张力的限制。当压力带张紧后,设 S 为压力带单宽张力($N \cdot m^{-1}$),由式(1)可知,若 $S = \sigma_e \delta$ 则有

$$P = \frac{2S}{D} \quad (6)$$

由以上结果可见,硫化压力在鼓径一定的情况下,与钢带张力成正比,而张力又受压力带拉伸强度和疲劳寿命的限制,因此,目前现有钢带材料,最大硫化压力多在0.4~0.5 MPa内。虽然其硫化压力不如平板硫化机高,但因它是滚动压力,故仍能在低压力下硫化出较厚的制品。如在硫化12 mm厚纸浆滤带时未见到花纹缺胶和内部脱层现象。

2.2 张紧油缸推力计算

对张紧辊建立平衡方程,设 Q 为张紧油缸的总推力,两端每个油缸各为 $Q/2(N)$; α 为压力带在张紧辊上的包角(度); b 为压力带的有效宽度(m)。

根据挠性带的“尤拉”公式,则有

$$Q = 2Sb \sin \frac{\alpha}{2} \quad (7)$$

3 基本构造及其特点

该机基本构造主要是由主机和辅机组成。主机由主动传动系统、上调辊、硫化鼓、下调辊、后张紧辊、侧压辊、压力钢带、钢带清扫装置、硫化鼓清扫装置、液压传动系统、油温控制系统、电气控制系统、左机架、右机架和底座等部件所组成。辅机主要由环带张紧及切边装置、开口带进料装置、开口带调偏、测张力与压合装置、预热装置、平带纵裁装置和成品带卷取装置等部件所组成。生产环形带

的设备还包括主、辅机的脱环装置。

3.1 硫化工艺要求

该设备可同机满足开口带和环形带工艺要求,具体工艺要求如下:

(1)环形带的硫化。环形带硫化的主要工艺路线为:Z4型直流电机驱动主传动系统,配以HH型混合少齿差行星轮系减速器无级调速,再通过齿轮联轴器将动力传给上调辊。按硫化时间要求,以一定速度按顺时针方向主动旋转,并通过张紧的压力钢带带动硫化鼓及下调辊和后张紧辊一起同步旋转。

环形带硫化时必须先将环形带坯右边装在硫化鼓上,或先在硫化鼓上缠绕并贴合成型,同时将左边装在环带张紧及切边装置上,而环带上半边装在开口带调偏装置的机架上方前后托辊上,下半边则装在双向螺旋扩布器及开口带测张力辊和预热装置上。通过上摆油缸、后张紧油缸、侧压油缸和钢带调偏油缸的作用,使压力钢带在硫化鼓上包容并压紧硫化环形带坯,并可随时调整压力钢带对带坯的硫化压力。压力钢带的包角大小可通过调节上调辊及下调辊位置,保证张紧。

胶带硫化所需的温度,是将硫化鼓及下调辊的筒壁设计成带螺旋夹套的结构,让导热油经过旋转接头通入硫化鼓及下调辊壁的螺旋通道中,导热油经对流、辐射及热传导加热鼓面硫化带坯及压力钢带,保证硫化胶带所需的热量,通过油温控制系统对整个油加热系统和硫化过程实现自动控制。

(2)开口带的硫化。开口带硫化和环形带硫化工艺路线在胶带测张力装置、预热装置及主机主体部分相同,不同的是开口带的硫化增加了辅助设备,如开口带进料导开装置、多层开口带同步调偏侧张力及压合装置,平带纵裁装置和成品卷取装置以及辅助阀台等部件。要硫化厚的开口带必须先将4层带坯从进料装置中导出,经双向螺旋扩布器展平,开口带调偏装置给予分别调偏,使各层带

坯两边对齐,然后将带坯两层贴合在一起后再压成一层厚带,经预热装置预热后进入硫化鼓硫化。

硫化后胶带经上调辊和托辊,由压力钢带带动进入平带纵裁装置中,经切边或纵裁后送入卷取装置,卷成一定大小的成品卷包装出厂。如需硫化大型、超宽幅的厚型输送带,需增开预伸张装置,将其张紧并给定预伸张力,还需增大侧压辊的压力,以增大硫化总压力。同时,应在主鼓压力钢带外侧加电热,方能硫化出合格的多层厚型输送带。

3.2 主要结构特点

(1)主传动系统

主传动系统采用Z4型直流电机驱动,配以HH型混合少齿差行星轮系减速器降速,并采用可控硅整流调速系统,用单板机控制整个过程,实现全自动生产。这种传动系统减速比大,调速范围广,实现了大速比、宽变速范围的无级调速,替代了庞大的6级齿轮传动系统。具有传动体积小、传递扭矩大、噪声低、运行效果好等特点。

(2)主机的主体部分

①硫化鼓。硫化鼓是鼓式硫化机的关键部件,对硫化质量有着非常重要的影响。设计时在保证硫化鼓具有足够的强度和刚度,适宜的表面硬度和表面粗糙度外,还应保证鼓壁厚薄一致,材质均匀。根据国产 $\Phi 700 \times 1800$ 鼓式硫化机和国内用户实际使用经验,硫化鼓选用的材质为20G,板厚取100mm,使用潜艇制造厂进口大型卷板机冷卷成圆柱形,用进口全自动焊机焊接成型。筒体两端与锻造轴头和端板焊接在一起,待全部焊好后进行消除应力退火处理,然后再进行机车磨削等加工。机加工关键是鼓面需经精磨,然后电镀上0.15~0.20mm耐磨硬铬,最后再经精磨和抛光处理,使鼓面粗糙度达到Ra0.2。

②压力钢带。压力钢带直接与硫化制品接触,是保证硫化压力和表面质量的重要工

作部件。其受力情况也比较复杂。设计应同时满足拉伸强度和弯曲强度要求,使其疲劳寿命最大。为此,选用产品质量好、价格适中的瑞典山特维克公司出品的 SANDVIK 1650 SM-3050 $\times$ 2 $\times$ 25470 不锈钢压力带。

③上、下调辊和张紧辊。上调辊、下调辊和后张紧辊的制造材料及工艺过程与硫化鼓大致相同。不同的是其鼓面不需要电镀硬铬,但鼓面也必须精磨,使粗糙度达到 Ra0.4。除下调辊壁需要制造出内壁螺旋夹套外,其余的内壁制成光筒。为了确保鼓体的稳定性,在四大鼓内壁上都焊有加强环。硫化鼓和下调辊制成后需经过严格水压试验,试验压力为 1.2~1.5 MPa,在保证时间内不允许有任何渗漏现象发生。

④四大鼓辊的轴承。四大鼓辊的两端轴径上所安装的八大轴承均是带退卸套的特制双列球面调心滚子轴承。采用这类复杂的轴承主要是为了便于调整安装,保证主鼓和从动鼓之间的平行度,满足工艺需求。

(3) 液压系统

液压系统有 19 个液压缸,动作多而频繁,其中 6 组液压缸同步动作精度要求比较高。为此,在液压站各管路中装入节流调节阀,通过不断调整流速使其达到同步要求。系统中有许多液压缸要求工作时保压,故采用液控单向阀、电接点压力表或压力继电器以及蓄能器等组合在一起,保持系统压力不下降。油泵卸荷回路则可使液压缸动作平稳,避免突然升压或失压。

主机和辅机之间距离较远,液压管路较长,形成管路阻力大。为保证各液压缸动作的灵敏性和可靠性,将主机液压站放在主机旁边,辅机液压系统设计了阀台,使各控制阀靠近辅机工作点,保证了各工作点的动作平稳、准确无误。

(4) 进料和卷取装置

开口平带进料装置上面有 6 个工位,其中 2 个为垫布导开,4 个工位作为 4 层开口

平带进料使用。这 4 个工位上均有力矩电机及摩擦盘装置,保证与主机同步并使平带受到均匀的拉力,并全都采用快速接头,装卸快速、方便。卷取装置设有 3 个工位,均采用力矩电机,使成品在卷取过程中受力均匀。

4 鼓式硫化机的主要优点

鼓式硫化机与生产同规格胶板的间歇平板硫化机相比,具有如下优点:

(1)能制得没有重复硫化及板间交接棱峰的平整板带,无宽度方向偏斜,在全长范围内厚度和性能均匀,所制得的多层输送带各层及全长的拉伸张力均匀,胶带寿命长。

(2)滚动加压方式与平板硫化机热板的间歇面压方式原理截然不同,该机利用后压辊的强大线压与补充滚压作用,使张紧钢带的面压均匀并成为稳定连续的加压,避免了大平板静压(受屈挠变形和热变形影响)严重内外不均造成的无法补偿的缺陷。后压辊是当带坯刚刚被送进硫化区域,并使之加热软化后才进行加压的,故可驱出气体,而且带坯橡胶易于浸透到芯布且易流动。因此制品外观好、表面没有气泡和明疤等缺陷,胶料与骨架材料的粘合强度也很高。

(3)用平板硫化机硫化时,每一硫化周期都要停机进行取出和送入操作,不断向外散热。而鼓式硫化机是连续硫化,因此,可以保温并提高硫化温度,还可缩短平均硫化时间。

(4)生产窄幅轻型输送带等制品时,可将宽幅带进行 24 h 连续硫化,最后用平带纵裁装置切成多条不同宽度的窄幅带,生产效率比平板硫化机高。

(5)采用导热油加温,低压循环使用热源。因此大大地减少了能耗,比用蒸汽加热的平板硫化机放热损失小、泄漏少、热效率高。

(6)制造同宽度制品,鼓式硫化机的价格比平板硫化机低,占地面积相当于平板硫化

机的一半左右。

5 结语

使用超宽幅环形鼓式硫化机, 可以连续生产大型宽幅薄型多层输送带和传动带, 其生产效率高, 制品精度高、质量好, 完全可以替代间歇式生产的平板硫化机和进口同类设

备。

致谢 北京化工大学副教授、博士研究生杨卫民、何雪涛共同参与本设备的设计。益阳橡胶机械厂魏通锡副总工程师主持本设备的制造。他们也参与了本文的写作, 在此表示感谢!

收稿日期 1997-12-17

活性氧化锌的特性

英国《国际轮胎技术 1997》118 页报道: 要充分发挥有机硫化促进剂的作用必须使用活化剂。活性氧化锌是最重要的活化剂。氧化锌可分为 3 种类型:

(1)间接法氧化锌。这类氧化锌是用所谓的法式(French)法, 通过锌蒸气在空气中燃烧制得的。

(2)直接法氧化锌。这类氧化锌是锌矿砂或废锌金属经焙烧、焦炭还原和再氧化制得的。这种方法称为直接法或美式(American)法。

(3)活性氧化锌。这种氧化锌通常用湿化学法生产, 一般比表面积大, 这与直接法和间接法氧化锌不同。

用定向合成法生产的活性 RAC 氧化锌的平均 BET 表面积为 $70\text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$, 而直接法或间接法氧化锌为 $1\sim 10\text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$ 。采用对特制的氢氧化锌原料缓慢干燥的加热方法, 可制得表面积非常大的活性氧化锌。

对橡胶工业进行的大量调研表明, 使用 RAC 氧化锌主要有以下几方面的优点:

(1)降低成本 40%

很多用户在多种不同工业橡胶制品中使用 RAC 氧化锌证明, RAC 氧化锌是硫黄和秋兰姆类硫化剂硫化的有效活化剂。

RAC 氧化锌通常用于 NR, NBR, SBR, CR 和 EPDM 胶料的硫化。由于具有优异的活性, 它可以使用户将氧化锌的用量降低 50%, 见表 1。

表 1 不同氧化锌在各种胶料中的用量 份

生胶	间接法氧化锌	RAC 氧化锌
NR	5	2~2.5
NBR	5	2.5
SBR	5	2~2.5
CR	5/4(氧化镁)	2.5/2(氧化镁)
EPDM	5~10	3~6

与法式法生产的氧化锌相比, RAC 氧化锌用量小, 可以大幅度地降低使用氧化锌的成本。

用纯锌盐溶液制备的活性氧化锌价格比间接法氧化锌贵。由于制备 RAC 氧化锌的原材料是生产还原剂时的副产品, 因此在价格上有竞争力。

(2)提高硫化胶的物理性能

RAC 氧化锌的高活性表现为使用它的橡胶制品有很好的物理性能(例如良好的压缩永久变形性)。

(3)缩短生产周期

尽管在多数配方中 RAC 氧化锌的用量很小, 但胶料硫化时间缩短, 而焦烧时间不变或延长。

(4)降低储存费用

RAC 氧化锌的通用性很强, 几乎所有使用 RAC 氧化锌的胶料配方都证明了它的可靠性。其通用性的结果是工厂所需配合剂品种减少, 这意味着生产成本降低。使用这种特种氧化锌还有一个好处是, 由于最终产品的锌含量实际减小了, 因此可将橡胶制品对环境的危害降到最低。

(黄家明译 涂学忠校)