

微波硫化技术的发展

Bernard Krieger 著 马小兵译 涂学忠校

摘要 从微波硫化系统的原理、化学方面和硬件方面介绍了微波硫化技术的发展。这些方面的结合,能使以高效方式进行精密、高质量的橡胶挤出生产简而易行。生产的可靠性和无污染性是过去很难达到的。

这些进展的取得不仅是硬件改善的结果,而且在很大程度上要归因于人们对胶料性能重要性的认识有了较大的提高。

汽车市场比以往任何时候都具有竞争性。美国的消费者被世界各地厂商提供的众多可供选择的汽车所吸引。

在做出购买哪种汽车的选择时,一个重要的依据是对产品质量的感觉。左右这种感觉的一个关键因素与汽车密封条有关系。关门的时候,购买者希望听到一个像在一辆奔驰车中一样的柔和的喀嚓声。在高速公路上行驶时,他也不想听到风的噪声或看到雨水的渗入。因此需要具有优异物理性能的柔软橡胶挤出制品。这种橡胶制品常需要有复杂的多种硬度,如果可能的话,还应具有装饰功能。

汽车密封条的供应厂商面对的不仅是这些复杂的技术要求,还有来自用户要求提高效率、降低成本的压力。1992 年 9 月 30 日《纽约时报》援引通用汽车公司前供应副总裁 Jose Ignacio Lopez 的话,“即使你的质量和服务是最好的,如果你的成本不能达到消费者的价格要求,你也不会有成功机会”。

另一方面,保护环境和生态平衡的法规越来越多。很显然,如果从事橡胶挤出制品生产的公司想保持竞争力的话,就需要效率最高、生产能力最大的设备。

利用微波能的连续硫化已经发展成一个非常成功和重要的手段。橡胶的微波硫化不是新技术,它的最基本的应用可追溯到 25 年前。目前全世界有 600 多套以微波做为热源

的设备。这项技术经过多年的改进,已经在生产能力、加工精度、无污染、效率方面发展到很高的水平。

与微波相适应的弹性体和化学助剂配合技术的同步发展,对微波硫化的成功是非常重要的。

自动化、机器设计、加工过程控制以及电子技术的发展,导致了现代化的微波硫化系统的产生。然而,主要的进步表现在整个系统重点考虑的是引起橡胶部分反应,而不是追求优异的机器。

与传统的硫化技术相比,采用微波系统的优点是很独特的。这些对比将在后面的讨论中加以说明。

微波加热橡胶得益于电磁物理的几个关键特性。这些可简单地解释如下。

1 物理特性

1.1 能量转换

能量转换是理解微波加热时微波发生器是把能量,而不是把热发射到烘箱这一过程的关键。

微波烘箱不是用温度高低,而是用 kW 来标定的。微波能量通过偶极旋转和欧姆传导激励胶料分子,结果使得胶料自己把微波能量转换成胶料的内热。因为这是一个能量转换过程,而不是通过传导或对流的热传递过程,所以通过应用微波能的增量,可获得很

高的速度。高速度关系到高生产效率,高速度也导致了生产线的缩短,从而节省了设备所占的空间,而且,生产线短可以更早地检测出问题,系统的响应速度也非常快。

1.2 深度的热量穿透

因为微波是通过分子激励来加热的,所以不仅起作用快,而且具有很强的穿透效果。这样可以使整个断面受到均匀硫化,生产出高质量的产品。

不需要通过盐、热空气或玻璃珠把很高的温度加到挤出半成品表面,以便热能够渗透到橡胶中。微波加热可以瞬间完成,而且加热程度深。

1.3 电子学

微波加热当然也是一个电子加工过程,因此,很自然会同自动化和程序控制联系在一起。反馈系统、测量仪表和数据记录都是实现高质量、重复性好的高精度挤出制品的手段。

这种电子加热的方式没有噪声,没有高热,也没有污染。当你考虑选用盐浴或 Ballotini 玻璃珠的其它技术时,就能体会出这一点。而且,盐和玻璃珠属易耗品,需要再补充的费用,以及环境控制 and 安全性检测的额外费用。

这种形式的电子微波加热的效率大约是对流或传导方式的 5 倍。这种效率主要是因为微波产生的热直接作用在橡胶内部,而不是加热整个烘箱和橡胶周围的介质而获得的。

2 胶料配合及其介电性

微波加热的物理特性突出了速度、穿透热和电子控制方面的好处,但同时也引起了与所加工聚合物介电特性有关的缺点。

一些材料能很好加热,而另外一些材料则只是微波能穿透的。当然二者之间根据聚合物和配合剂的介电常数 ϵ' 和介电损耗因子 ϵ'' 的不同,存在着很大差异。极性橡胶,例如

氯丁橡胶、丁腈橡胶有适宜的介电损耗因子 ϵ'' 。然而,很多主要弹性体,如天然橡胶、乙丙橡胶和丁苯橡胶对微波的吸收较差,特别是乙丙橡胶和丁苯橡胶。后两种橡胶属挤出弹性体的主要品种(见表 1 和图 1)。

表 1 各种弹性体在室温和 3GHz 条件下的介电常数

弹性体	美国材料试验学会 命名	ϵ'	ϵ''
天然橡胶	NR	2.15	0.00645
丁苯橡胶	SBR	2.45	0.0107
顺丁橡胶	BR	—	0.00538
乙丙橡胶	EPDM	2.35	0.0067
丁基橡胶	IIR	2.35	0.0021
氯丁橡胶	CR	4.00	0.1356
丁腈橡胶	NBR	2.80	0.0504

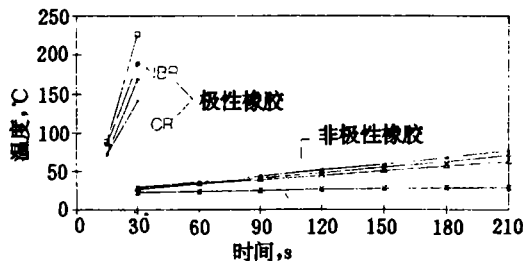


图 1 聚合物微波能加热速率

• — CR; + — 2807; * — 3807; □ — 3307; × — SBR1711;
◇ — NR; △ — SBR1500; ▤ — IIR

这一情况对橡胶配方人员提出了一个新的研究课题,要求他们为胶料寻求一种能接收微波的配合剂。这种配合剂既能使胶料具有良好的物理特性,又不会大幅度增加材料成本。

橡胶工业已建立了完善的微波硫化的胶料配合技术。像厨师在厨房中使用一个新的家用微波炉一样,橡胶生产者和配合剂厂商必须适应微波技术的要求。

值得庆幸的是,几乎所有的汽车用橡胶胶料都用炭黑来补强,以提高拉伸强度。由于欧姆或者阻抗原理,炭黑有助于橡胶的微波加热。

图2示出了不同种类炭黑的微波硫化效果,加热时间几乎直接关系到各种不同炭黑的补强特性。炭黑粒子结构越低,比表面积越大,对微波能吸收性越强。

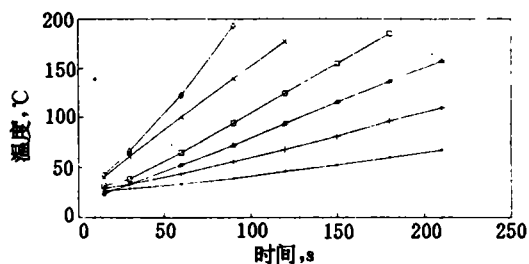


图2 填充不同种类炭黑胶料的微波加热速率

—NR(未填充); +—N-990MT; *—N-761SRF-LM;
□—N-550FEF; ×—S-300EPC; ◇—N-330HAF

类似的技术已成功地应用于海绵密封条或有海绵部件的双硬度密封条的胶料配合。海绵胶配方中的发泡剂对微波能量的吸收性很强,实际上,在胶料充分硫化前它就能分解和发泡。

根据经验,硫化进行到30%左右时活化发泡剂是最理想的。在这种情况下,配方人员必须降低发泡剂的吸收性,以保持与硫化过程同步。这里又用到粒子尺寸原理,但在这种情况下要使用粒径较大的发泡剂。

不同硬度的挤出产品的加工存在着同样的难题,那就是密度大的胶料比海绵胶料更易于吸收微波。特别要注意不同密度界面的挤出部位。

一些厂家在实验室配备了完整的配合、混炼、挤出和微波硫化生产线,以满足他们用户的要求,同时进行试生产表演。还有一个厂家特意保留盐浴和热空气硫化设备来论证和比较不同的技术。

3 硫化方法

正确的硫化是一个需要时间和温度相结合的累进过程。在目前工业生产中,有几种可供选择的硫化加热手段。其中包括蒸汽硫化

罐、液态盐、沸腾床(Ballotini)、连续热空气和微波连续硫化。

我们来做一下简要的比较。

3.1 蒸汽硫化罐

蒸汽硫化罐硫化是橡胶最常用的硫化方法之一。目前仍大量使用这种设备。

采用这种方法时,橡胶要挤出至5m左右给定长度,然后涂上一层滑石粉隔离剂,以防止挤出物粘在一起。把切成一定长度的挤出半成品放在盘子里,叠放在有轨小车的架子上。

把装有挤出半成品的小车推进一个大约长6m、高1.5m的硫化罐中。关闭硫化罐的门,将高压饱和蒸汽通入罐中。蒸汽起着传热介质的作用。在大约690kPa蒸汽压力和164℃条件下,硫化罐的硫化周期为30min左右。

硫化产品从硫化罐中取出后要冷却几个小时,然后将其裁成用户所需尺寸,再打包和发货。

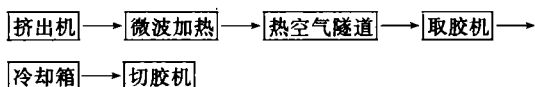
过长的蒸汽硫化周期引起产品质量问题。在硫化完成之前,橡胶常出现塌陷、变形等情况,切头部也常发生扭曲现象,造成很多残次废品。另外,滑石粉隔离剂污染产品,造成粉尘飞扬。

蒸汽硫化罐是劳动密集型的设备,需要用相当多的精力来安排人员和机器。当需要较长的产品时,还得搭接切头,造成潜在的薄弱环节。裁切还将产生没用的废料。

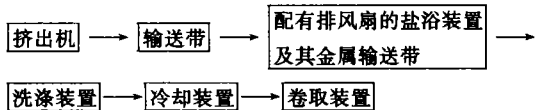
如果说蒸汽硫化罐有什么优点的话,那就是它对橡胶化学性质变化和过氧化物流化体系的适应性。图3示出了蒸汽硫化罐生产线流程图。

当采用这种方法的生产厂家转而采用微波连续硫化时,就会获得十分显著的效果。微波硫化的时间短,防止了塌陷和扭曲,连续硫化消除了接头,因而产品质量得到了大大改善。此外,生产厂家还将获得增加制作不同配件、改变产品结构、为用户生产出更多品种产

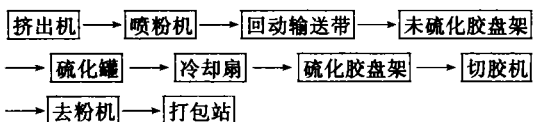
微波硫化系统:



盐浴(L. C. M)硫化系统:



蒸汽硫化罐硫化系统:



沸腾床剖面(略)

图3 通用硫化方法

品的灵活性。

取消了隔离剂和手工搬运,工人不再裁切橡胶、装制品入罐和取出。整条生产线只需要一个兼职的管理人员。人工成本的节省是相当大的。

不考虑连续硫化方法本身,只就原材料而言,从蒸汽硫化改为微波硫化时,胶料成本略有增加。然而,微波硫化周期短,没有废料,使得总的材料成本节省5%—10%。

微波硫化生产线占地面积仅为蒸汽硫化罐生产线的20%—25%。节约的能量也是非常可观的,因为燃油锅炉的蒸汽效率是10%,相比之下,微波体系约为50%。这是因为大量的微波能被橡胶直接吸收了,而在硫化罐中,大约90%的对流热耗费于加热罐体和周围的空气。

虽然微波是一种比较昂贵的加热形式,但由于其在效率方面的综合优势,抵消了较高的成本。取消了蒸汽压力容器,工作环境更加安全。

3.2 盐浴

液态介质硫化是一种连续的硫化法(图3)。在此加工方法中,橡胶被挤出,然后浸到一个用电加热的钢槽里,槽中装有熔融的(230—280℃)低熔点盐类化合物。熔融盐是一种效率极高的导热体,热传导系数为

$1000\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$,比传统热空气烘箱高50倍。

盐浴装置的长度大约是15—20m。以 $18\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ 的速度硫化典型的挤出制品,需要一条总长度约为27m的盐浴生产线。

较老式的盐浴装置是通过把挤出制品压在一条金属输送带下面来达到使其浸没的目的。这种方法常常造成产品扭曲变形。较新的盐浴装置是把熔融盐浇洒在挤出胶上面,这种方法的作用力比较轻。

盐浴硫化速度比较快,而且对复杂的异型密封条效果很好,同时它也存在着非常明显的缺点。盐很贵,大约每kg1.5美元。加工过程中,每m挤出制品大约消耗掉1—2g盐,因为当挤出制品从硫化槽中出来后,必须把其表面上的盐洗掉。

水的消耗量也非常大。为此,一些工厂安装了盐回收装置,然而,回收装置又要消耗更多的能源,而且增加了基本设备的支出。

盐浴的能源消耗是比较高的,因为即使不进行挤出,盐浴槽也要时时保持熔融状态,使盐能够流动,以便随时可以开始工作。否则,把固化盐重新熔融常常需要5h甚至更多的时间。

污染是最严重的问题之一。实际上,正是这个问题使得盐浴逐渐被淘汰。公众不再容忍把盐水倾入他们的排水系统。盐的硝酸根引起潜在的致癌危险越来越为人们所关注。

3.3 沸腾床硫化

沸腾床硫化系统有一个用不锈钢网或多孔瓷瓦做成的槽。槽内充满非常小的叫作Ballotini的小玻璃珠,Ballotini是该硫化系统发明者的名字。

热空气从槽底吹入,形成玻璃珠沸腾床,无支撑的挤出异型密封胶条被牵引从250℃左右的沸腾床中通过并硫化。这是一项高效的挤出异型密封胶条硫化技术,用这种技术生产的异型密封胶条扭曲变形最小,而且不需要输送带。热传导系数比单用热空气高30

倍左右。

挤出胶从硫化槽出来后,必须清除其表面的玻璃珠。通常采用刷、高压风等方法,也有用水喷洗的。沸腾床热传导比单用热空气要好,但该体系耗能高,机器长度也相对增加了,而且还需要清除和回收玻璃珠。玻璃珠常污染工作环境,而且易使人滑倒受伤。

使用沸腾床方法不很普遍,多半用于海绵胶制品。这种产品在加热和硫化过程中膨胀率很高(长度增加高达3倍)。挤出胶在沸腾床中柔和漂浮,比起在输送带上更容易适应迅速的膨胀。从不足的方面来说,沸腾床硫化速度比盐浴慢30%左右。如果用于加热空气的网眼出现部分堵塞,它还存在一个加热均匀性的问题。温度、均匀的线速度、沸腾化程度和胶料配方都对决定橡胶形状和表面质量起着非常重要的作用。

3.4 传统热空气法

在热空气中连续硫化是非常通用的,但是由于橡胶热传导性差,热空气生产线必须很长。当挤出异型密封胶条比较薄,或者橡胶植绒需要一定的滞留时间来硫化粘合剂的时候,热空气法是比较成功的。

热空气隧道硫化挤出异型胶条的优点包括清洁性和能适应各种加工胶料,因为把烘箱调节到所需温度后,烘箱里的每样东西如果停放足够时间最终都会达到所需温度。由于具有很长的停留时间,它们可以适应具有不同形状、不同尺寸、不同材料和有金属部件的制品或不连续的制品。

但是,它也有相当多的缺点。生产线长度可达到微波装置的5倍。由于这么长的加工过程不易监测,因此废品率非常高。当想增加产量时,还存在着温度条件的限制。如果温度设得过高,会影响橡胶的表面质量。

从效率方面来说,热空气法耗能非常大,烘箱壁与壁之间的空气、挤出胶和输送带都必须保持高温。虽然微波烘箱也利用内部热空气,但总的效率却提高许多,在橡胶厚度增

大的时候尤其如此。

热传导系数通过增加热空气流动速度可提高3—4倍。在足够的温度和流动速度条件下,生产率可以达到盐浴的水平。然而,空气、盐、沸腾床都是热传递或传导手段,因此,它们开始只能把高温施加到橡胶表面上。橡胶产品断面越厚,这个缺点越突出。

3.5 微波硫化

典型的微波硫化生产线流程示于图3。为了使微波得到充分利用,硫化所需温度的升高(高达190℃左右)全部由微波烘箱完成。

实际上,连续硫化生产线中一个现代化的微波烘箱,除了需要微波外,还需要高速流动的高温热空气,在硫化海绵异型胶条时,还需要加上辅助的红外辐射。

加工过程中,橡胶在挤出机中的温度约为85℃。微波室长大约3m。对于海绵制品,微波烘箱入口处还有一个辐射预硫化装置。预硫化使海绵胶表面形成膜,以控制表面质量,同时,在硫化过程中容留发泡气体。

现代的辐射加热器十分高级,完全罩在挤出物周围,温度是可改变的(可达650℃甚至更高),还有可调速的钢辊输送装置。

胶料在微波烘箱中升温至190℃左右,然后,在这种高温条件下,保持达到充分交联所必需的时间。在热空气烘箱中所进行的后硫化大约需要1—3min。热空气烘箱有足够的长度以满足在所要求的线速度下达到所必需的停留时间。

总的来说,微波加工的硫化时间比传统的传导或传递方式快得多,因为胶料通过微波更快地得到了加热。

所需微波功率的大小取决于挤出机的预定挤出量($\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$)。挤出机挤出量的变化可以从 $115 \text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ 左右增加到 $450 \text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上。目前使用的连续微波烘箱功率可以小至5kW,大至44kW,但大多数使用范围是12—24kW。根据经验,1kW的微波功率每小

时可以使约 22kg 的胶料升至所需温度,微波能量吸收产生的热随胶料配方变化而不同。这条经验考虑到了烘箱效率和微波烘箱中热空气的作用。

决定在生产线上安装的微波烘箱功率大小,必须有相当丰富的经验而且应特别小心。橡胶工业在生产能力匹配问题上一而再、再而三地出现错误。工厂往往都趋向提高生产量,以便最终能利用挤出机的最大功率。选用的微波系统不够大是一个非常严重的错误。通常一个设计完好的系统应当具有通过增加功率调制模件来提高微波功率的能力。

4 系统配置

微波是以一种高穿透的方式和很高的速度来加热胶料的。硫化的整个升温过程是通过在生产线的微波发射部分的滞留和紧随该部分后面的热空气中的后硫化来完成的。

微波挤出生产线是非常灵活和多用途的,因为它们是由长度为 1.8—12m 的烘箱和预加热装置等基本积木式组件组成的。组件的位置可以重新设置,预加热装置可以插入。在以后想增加产量的时候,可以追加微波发射装置,而无需增加生产线的长度。

这样就有了非常大的灵活性,很容易转向生产不同类型的挤出产品,为厂家挤出大量各种不同配件提供了方便。然而,当你想要生产一种特定的挤出制品时,根据需要来配置生产装置和控制器,才能获得最佳结果。

微波加热不仅仅是烘箱加热,其机理是能量转换。 1kW 的能量可以加在 1m 或 10m 的挤出胶上。从理论上说,胶料温度的升高是完全一样的,而与长度无关。 $1\text{kW} \cdot \text{h}^{-1}$ 相当于 $3600\text{kJ} \cdot \text{h}^{-1}$,也就是说等于 3413 英国热单位 $\cdot \text{h}^{-1}$ (你也许想记住的是 $1\text{kW} \cdot \text{h}^{-1}$ 大约相当于 1 英国热单位 $\cdot \text{s}^{-1}$)。

简单地解释就是假定对于给定的挤出速度, $1\text{kW} \cdot \text{h}^{-1}$ 能把挤出胶从挤出机的 100°C 升高到通过微波后的 200°C ,即硫化所需温

度。由于这对 1m 或 10m 的挤出胶都可以实现,因此,很显然所不同的是温度上升的速率。

从 10m 隧道中所容许挤出胶的量是 1m 隧道的 10 倍,因此,用 1kW 加热的速比是 1:10,但结束时的最终温度却是相同的。我们选用较长的隧道,是因为正如大多数事物的性质一样,循序渐进做事能更加均匀一致。典型挤出生产线上的微波组件总长约为 7.6—10.6m。

由于胶料的硫化时间和输送机的线速度也是确定必要停留时间的考虑依据,因此它们也是决定长度的因素。与微波组件相邻的前后装置部分对微波组件的设计和加工都有影响。微波的工作就是升高进入烘箱胶料的温度。如果挤出胶进入微波烘箱的时候其断面具有温差,在微波中挤出胶温度升高,但是温差依旧保持。

换句话说,进来越热的部分,出来时该部分也就越热。因此,在配置系统时,了解前面的组件情况是非常重要的。

如果这是一条海绵胶条生产线,在微波烘箱前面加了一个预加热器,那么必须认真考虑这个预热器的特点。另外,挤出机和口型也很重要,因为在异型密封胶条定型的最初点,可能会得到不同的起始温度。

所幸的是,利用诸如微波、测量、控制和电子反馈等电子装置,得到了大量的信息和处理能力。

让我们对海绵异型密封胶条做进一步的研究,因为海绵胶存在着特殊的问题,所以对其物理性能和化学特性有很严格的要求。例如压缩永久变形、良好的负荷变形(为了关车门轻柔)、良好的耐低温性能、优异的生胶强度(为了提高形状稳定性)、耐污染性和低于 1% 的吸水率等。

从本文前面的讨论我们得知,海绵胶中的发泡剂对微波的吸收率非常高,在获得有效硫化之前就能分解。因此,在系统配置中,

有一点必须明确,那就是在微波硫化之前,我们就得使挤出胶外面形成一层致密的表皮,以便在发泡开始的时候,它能保持必要的形状。

显然,要加热表皮,理想的是热渗透浅。先进的红外预加热器效果非常好,因为在频率很高的辐射热下,它们具有很短的波长和很浅的渗透。在预加热器处到硫化前的挤出胶由于生胶强度很低,因此很柔软,在用输送带或驱动辊传送时,必须非常轻柔小心。

在特殊条件下,有高速流动热空气的短烘箱也可以成为海绵胶条很好的预加热器。高速流动的热空气具有很高的热传递效率(为传统热空气的 3—4 倍)。

流速越大,热传递越好,但是,流速越大,烘箱中的空气就变得越紊乱。因此,必须装配一套电子系统来提供空气流速的连续变化并显示出来。

从预加热器中出来的表皮得到初步硫化的海绵异型密封胶条进入了微波烘箱。微波烘箱这段为什么不也利用高速流动热空气的热传导能力呢?先进的微波烘箱具有这一特点。图 4(原图不清,略)是一张目前使用的 Cober 微波组件照片。

能量多种形式的应用是一项重要的进展,现在我们将对这一进展作更详细的研究。

长期以来多用途的加热系统一直是人们所追求的,这种加热系统具有微波加热速度快、渗透深等优势,还有充分的灵活性,可以生产厂家所需的各种形式、颜色或不同化学性质的全部材料。要达到这个目标,考察一下热空气中的热传递是非常有益的。

热传导系数 $h = h_r + h_c$, h_r 表示烘箱的辐射部件与挤出胶之间的能量传递部分, h_c 表示热空气系统与挤出胶之间对流能量传递部分。

h 值定义为挤出胶与烘箱之间的每度温差 T 在单位时间 t 内输送到挤出胶表面单位面积 A 上的能量焦耳数。

换句话说,在热传导或热传递加热过程中,传入橡胶表面的焦耳数可以用公式焦耳数 $= hAtT$ 求得。时间和面积常用单位是 h 和 m^2 。

对于给定制品, t 和 A 是恒定的。因此,我们可以考虑实际存在的重要关系,即 W 与 hT 的比例关系。传统热空气烘箱的热传导系数约为 20;高速流动热空气烘箱约为 60。这就是说在高速流动空气条件下,向胶料表面提供了较传统热空气多 2 倍的能量。

对于薄制品,例如厚度为 3mm 和小于 3mm 者,高速热空气作用非常大。记住,功率是传入到胶料表面的。

总的结果取决于胶料将其表面热传入内部从而达到与表面均匀一致并最终硫化的能力。由于橡胶是热的不良导体,因此胶料越厚,应用热空气、盐或沸腾床硫化就越困难,效果越差。

微波加热机理,即偶极旋转和欧姆传导都不是表面发生的现象。它们在整个胶料内部引起分子运动。这里需要注意的最重要的是无论胶料边缘情况如何,微波作用都是把热传到胶料的中心,而且贯穿于全部(就微波的吸收而言,胶料的边缘越多,所需微波功率越大)。

这种机理对仅仅把热引至橡胶表面的辐射和对流的热传递手段来说,具有互补性和协同性。两种机理相结合代表了一种新的和更通用的技术发展的基本概念。这是利用微波加工橡胶的重要新趋势。

最终的结果是一个复合能硫化系统,该系统利用 3 种热转换方式:微波、红外射线和高速热空气,全部结合在一起,成为一个电子技术的杰作。在配方不好的情况下也能进行生产,必要的时候甚至可以关掉微波(尽管速度低得多)。

下面继续介绍用该系统加工海绵挤出制品的方法。

在发泡剂分解的同时,海绵异型密封胶

条开始膨胀,有时可以膨胀到挤出机挤出长度的3倍。

由于要求海绵胶胶料较软,压缩永久变形较好,从而使车门更容易关合,因此,在膨胀期间,挤出物的搬运是极其重要的。图4(略)中的微波烘箱有两条输送带。胶料由一条带子输入,再换到调整至适应线性膨胀的第2条较高速度的带子上。

操作员可以通过微波烘箱上一个专门窗口观察膨胀。另外,微波烘箱下游的每一个后硫化热空气烘箱要以更高的速度运行,而且要精确地进行调整以适应这种线性膨胀。先进的串联电子设备可以很方便地进行这些调整。

5 先进的硬件

对先进的微波硫化系统的基本要求是必须达到以下目标:极高的可靠性、生产的重复性、控制器的通用性、使用的简便性、清洁性和安全性。

5.1 设备的可靠性

橡胶生产厂家所需要做而又最不愿做的是对复杂电子设备的维修。现代的微波系统具有每周运转7天、每天运转24h的能力,其间仅需要常规清理和保养。

微波能发生器必须使用大功率的工业用磁控管,磁控管用铁氧体循环电路防止破坏性的错配(反射能)。它们必须配备能确保提供足够数量的温度适宜和质量合格的冷却水的设施,而且发生器要安装在密闭的罩子里,以防止空气中可能存在的滑石粉、炭黑和其它粒子积落在电路上。

紧靠在磁控管前面把微波能量输入烘箱的波导通道应装一个弧光探测器。大功率的微波系统会产生很强的电场,当出现粒子或其它断点时,能够分解成弧光。弧光将传回微波产生源,因此对其加以保护是非常必要的。

虽然铁氧体循环电路可以防护磁控管免受错配产生的反射能的损害,但是还应配有

检测反射能量、便于调节系统的手段,以便最大限度地减小反射能。最小的反射能意味着磁控管产生的微波能基本上都被胶料吸收。如果大部分能量没有被胶料吸收,人们就会担心,微波能被反射回磁控管,导致效率降低。

必须具备使微波磁控管的阻抗和胶料匹配的手段。通过一个可以改变微波传播相角的可变调节段就能达到这一点。

反射能是如何出现的呢?显然,如果接通微波电源,而烘箱里是空的,就没有胶料来吸收能量。几乎所有的能量将被反射回到微波管,因而反射能将非常高。

此外,我们可以说加工条件变化很大,或者说胶料的微波吸收率(e'')变化很大。吸收率越低,反射能量越大。调节段可以使微波能量和胶料最佳地统一。现代化的系统可以在控制板上或程序控制器中把反射能显示出来,操作人员可以自动选取以便进行调节(图5)。

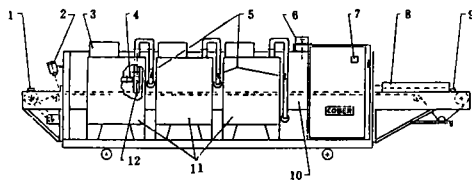


图5 现代化的微波连续硫化烘箱部件

技术条件:微波功率18kW;微波频率2450MHz;加热空气能力215℃;空气流速高;预硫化辐射加热;电源3Φ, 380V, 66kVA;冷却水17L·min⁻¹;产量400kg·h⁻¹(大约);外形尺寸长×高×宽为6.1m×2m×1.5m

1—燃点探测器;2—产品温度监控器;3—水冷却;4—铁循环器;5—调谐器;6—高速热空气;7—电源监控器;8—辐射热预硫化;9—产品传感器;10—多模腔;11—热空气隔离微波发生器;12—弧光探测器

5.2 操作和安全部件

微波扼流圈是防止微波从隧道出入口和清洁门泄漏的重要装置。

工业微波烘箱标准非常严格,与家用微波炉标准相似。唯一的不同之处是前者的出

口较后者大得多而且功率较高。挤出产品可能有127—152mm高。输送带可能有250mm宽。

先进的扼流圈设计不应该依赖于操作员调节的可动门, 由于操作员习惯于把门开得很大, 特别是当胶料横在输送带上或伸长而导致扭曲的时候, 因此, 无论加工的是什么, 扼流圈的设计都必须安全和有效, 而且不需调节即可处于适当的状态。这种装置应选用 $1/4$ 波长电抗扼流圈。

这种先进的设计在机械结构中利用了微波炉的射频波长, 防止了电场扩散, 把微波能量有效地反射回到烘箱中, 而不是让它从缝隙中泄漏。清洁门上也必须装有这些 $1/4$ 波长扼流圈, 因为在加热和冷却的过程中, 箱体金属收缩和膨胀会改变结构, 出现使微波能量泄漏的缝隙。

图6示出了处于机制槽或销结构中的 $1/4$ 波长扼流圈设计原理。

5.3 检查孔

微波烘箱配有检查孔是极其重要的。老式烘箱只能通过一边打开, 而且要挂起挤出胶, 清理也很困难。先进的烘箱可以把整个微波烘箱打开, 这样, 扼流圈和加热箱等都呈现在眼前。

硫化过程中需要插入夹具或固定器以支撑胶料的时候, 这就特别有用。

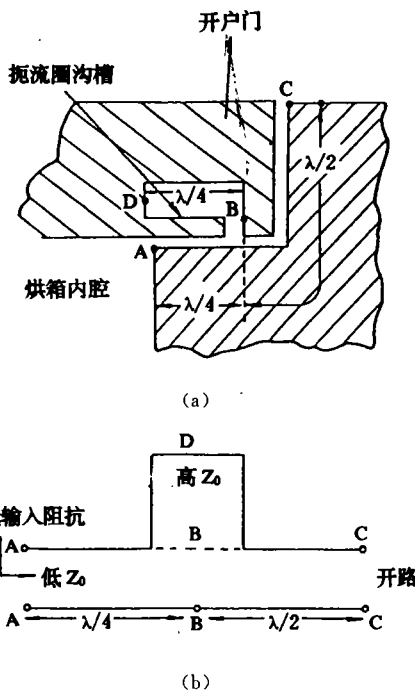


图6 $1/4$ 波长扼流圈设计原理

5.4 烟气控制装置

烟气控制在现代化生产厂里受到高度重视。硫化生产线中各种加热烘箱都相互连接在一个通道里, 这个通道封住烟气并把它们引到特制排气孔。如果需要的话, 也可以开动自动灭火系统。

参考文献(略)

译自美国“Rubber & Plastics News”,
1993, 10, 25, P71

(上接第591页)

自粘性, 且对性能无大的影响。

(6) 535 型 EDPM 的加工性能良好, 在开炼机、密炼机中均可混炼, 但更适合于密炼机混炼。

参考文献

1 张威. 乙丙橡胶的开发与应用. 特种橡胶制品, 1993; 14

(3): 18—24

- 2 橡胶配合与配合剂(译文集). 上海: 上海科学技术文献出版社, 1981: 27
- 3 谢遂志等. 橡胶工业手册第一分册(修订版). 北京: 化学工业出版社, 1989: 110—113
- 4 李花婷. 弹性体的自粘性与增粘. 橡胶工业, 1993; 40(9): 566—570

收稿日期 1993-10-27