

提高密炼机炼胶能量吸收的方法

付向东, 林仕栋

(广州市华南橡胶轮胎有限公司, 广东 番禺 511400)

摘要:介绍胶料混炼原理和近年密炼机转子、驱动系统、温度控制系统和压砣压力的沿革。由于炼胶过程是胶料对能量的吸收过程, 因此通过采取对较软胶种配方采用一次加入配合剂、充分利用温控装置并根据不同胶料在不同区域设置不同水温等措施, 可以保持剪切应力, 提高炼胶质量。

关键词:密炼机; 剪切应力; 能量吸收

中图分类号: TQ330.4+3; TQ330.6+3 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-890X(2011)11-0691-03

虽然世界上发达国家正在研究开发或已经推出一些突破传统炼胶形式的炼胶生产线, 如近年来投产的串接密炼机生产线和挤出法混炼生产线等, 均在满足新工艺特点、提高资源利用、节能减排等方面取得引人瞩目的成效, 但我国大多数橡胶轮胎企业仍普遍采用以一台密炼机为核心、配称量投料、出片/冷却叠取的联动炼胶生产线。当今橡胶轮胎向绿色发展, 如何使用好这类密炼机、不断满足配方材料混炼新工艺要求和低碳节能地生产优质胶料并提高橡胶轮胎质量, 显得非常关键。

本工作基于炼胶机理, 并关注密炼机的柔性发展, 分析高能量吸收的密炼机炼胶生产方法。

1 高能量吸收

生胶和其他配合剂投入混炼室后, 在复杂的机械力作用下, 发生剪切形变, 高聚物中建立剪切应力, 配合剂被分散和混入生胶中。剪切形变伴随生热, 一部分热量被混炼室和转子的循环冷却系统带走, 一部分使胶料温度上升; 当温升至一定范围时, 伴随氧的作用使胶料分子产生断链; 经过一定的时间后, 高聚物大分子质量减小, 胶温不断升高, 胶料粘度下降, 剪切应力也随之下降, 使配合剂的分散和均匀分布越来越难, 胶料在设定温度限值排出混炼室后, 完成一段炼胶。从以上的

混炼周期可知, 炼胶过程外力对胶料做功是对一定配方胶料输入能量, 使生胶发生剪切应力形变和生热、配合剂分散混入, 是胶料吸收能量的过程, 也是能量转换的过程。

炼胶过程剪切应力会根据高聚物流变特性变化。高聚物流变关系式^[1]如下:

$$\eta_1 = \tau / \dot{\gamma}^k \quad (1)$$

式中 η_1 ——条件粘度;

τ ——剪切应力;

$\dot{\gamma}$ ——剪切速率;

k ——流变指数, 与分子质量和温度等有关。

密炼机混炼胶料时, 考虑到剪切速率基本一定, 则剪切应力仅与粘度和流变指数有关。

大部分橡胶的流变指数小于 1, 当剪切速率增大时, 胶料粘度降低, 剪切应力增量就会随之减小, 被称为剪切变稀的假塑性流体。虽然粘度的降低是炼胶所需的, 但剪切应力降低意味着剪切力对橡胶的形变作用变小, 即胶料对能量的吸收减少。当胶料投入混炼室后, 高剪切应力有利于固体配合剂混入生胶。随着形变生热粘度下降, 需要有足够高的剪切应力保证配合剂在生胶中分散均匀, 否则, 机械作用力被吸收为胶料剪切应力的部分减小, 使胶料滑移生热部分增大, 温升速率升高, 即胶料对能量的有效吸收减少。胶料温度上升到一定数值, 不但配合剂难以继续混入分散, 还会促使生胶降解, 此时即使胶料粘度未达到工艺要求, 也只能排料出片, 待冷却停放后再次投入混炼, 进而形成多段混炼工艺。

作者简介:付向东(1972—), 男, 重庆人, 广州市华南橡胶轮胎有限公司工程师, 硕士, 主要从事轮胎橡胶装备工艺研究、管理和生产经营工作。

由于大部分橡胶流变指数小于 1 和剪切变稀的流变特性,在炼胶投料时,一般都以高剪切速率建立高剪切应力,在温度较低而分子链来不及松弛时,使大分子较快断链;分子形变阶段设法缓和生热,可保持较高的剪切应力,使配合剂分布有效进行,胶料在单位时间内能量吸收率高,可减少消耗能量,配合剂分散更均匀。

2 密炼机的柔性发展

随着橡胶轮胎和制品的发展,胶种和配合剂种类不断增多,高聚物流变学的研究越来越深入,其成果也不断引领应用领域。

从 1916 年世界上第一台 Banbury 密炼机问世以来,世界各国生产的密炼机总体上仍分为 Banbury 和 Intermix 两大类型。密炼机作为橡胶加工的一种生产工艺设备,属性是刚性的,但其一些零部件结构上具备可选择条件,给炼胶工艺提供选择参数的柔性,这也是当今密炼机技术发展的特点。密炼机可选择条件主要有转子结构以及转子转速、压力和温度。

2.1 转子

对 Banbury 和 Intermix 两类密炼机,各制造企业均有不同形式的转子可以通用于同型号规格混炼室,用户可根据配方工艺特点选择。转子主要根据设计的长/短棱数量、长/短棱轴向长度比例、棱宽、螺旋角等参数的不同,分配对胶料的剪切分散和混合分布作用。不同几何截面形状的转子有不同的工艺特性表现。典型的密炼机转子类型和工艺特点如表 1 所示。

从表 1 可以看出,密炼机转子正由早期的强化分散混入作用向提高分布均匀作用发展,剪切升温的缓和标志着新型转子能更好地使混炼胶料吸收能量。

2.2 无级调速

从 20 世纪 80 年代开始应用大功率直流电动机无级调速系统,到本世纪初应用交流变频电动机无级调速系统,密炼机无级调速技术应用已经非常普遍,为炼胶周期内控制剪切速率带来非常优越的条件。

2.3 可调温度控制系统

温度调节在炼胶过程主要起降低粘度、中温

表 1 典型的密炼机转子类型和工艺特点

年份	转子形式	转子类型	工艺特点
1916	2W	分散剪切型	胶料受分散剪切作用较小,混炼效率一般
	4W	分散剪切型	分散剪切作用提高,剪切温升较快,适用于母炼
1937	啮合	混合分布型	热交换表面积大,捏炼混合主要在转子间进行,剪切温升较平缓。适用于橡胶制品和热敏胶种的混炼,可一段完成炼胶
1977	ZZ2	剪切分布型	提高分布作用,剪切分散和温升有所平缓,适用于母炼和终炼
1988	ST	剪切分布型	转子型腔热交换表面积增大,提高分布作用,剪切温升有所平缓,适用于母炼和终炼
1997	VCMT	剪切分布型	提高分布作用,剪切和温升有所平缓,适用于母炼和终炼
2003	NST	分布剪切型	转子型腔热交换表面积增大,加强分布作用,温升较平缓,适用于母炼和终炼

氧化断链、高温降解作用。在中低温度区间维持炼胶,能够使胶料吸收较多能量。因此密炼机混炼室和转子除要有足够大的热交换能力以外,还配备可调温度(常温~80℃)的分区水循环温控系统,以根据不同胶种和配方设定循环水温度,在维持胶料与金属表面合适的摩擦力、避免产生相对滑移的同时,还可强制循环带走炼胶过程足够的生热量,减小剪切应力的相对下降。

2.4 可变压砵压力

不管是气压式还是液压式压砵,现代密炼机均采用了传感器技术,使压砵对胶料的压力可调,以适应不同配方胶料混炼的压力要求。适宜的压砵压力,可提高胶料中的流体静压力,减少空隙增大接触面,减少与金属表面之间的滑移,间接地提高剪切应力并加速配方材料分散。

具备以上功能的密炼机为炼胶技术人员提供了很好的硬件条件,通过相关参数试验可优化炼胶工艺,提高分散和分布均匀性。图 1 所示为某配方胶料优化参数后的混炼工艺曲线。

3 提高胶料吸收能量的方法

结合炼胶生产实践,在配方工艺和填充系数一定的前提下,采取如下一些方法可以提高密炼

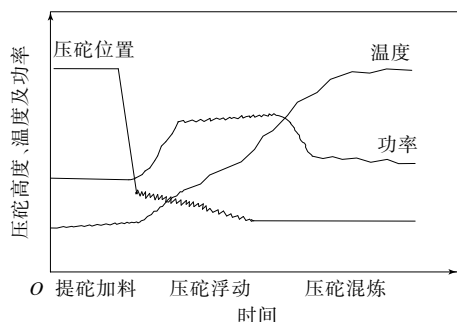


图 1 优化参数后的混炼工艺曲线

机炼胶过程胶料对能量的吸收。

(1)对于较软胶种的配方,宜一次加入配合剂,使投料后建立较高的剪切应力,利于快速分散混入。

(2)充分利用三区温控装置,根据不同生胶配方设置合适的各区水温控制,使混炼室、转子和卸料门进行温水强制循环热交换,可使胶料与混炼室壁的摩擦力保持剪切速率,胶料不滑移且与转子和卸料门表面不粘附。

(3)密炼机要有足够大的强制循环水流量和循环水流道系统面积,才能保证足够的热交换能力,以带走足够多的热量,缓和炼胶温升速率,持续较高的剪切应力进行分散分布,实现炼胶能量吸收率的提高。

(4)用较高的压砵压力炼胶。根据配方优化压力参数。

(5)选配无级调速电机系统,还要研究炼胶周期内变速控制工艺,在一个炼胶周期内,根据不同阶段的胶料温升、剪切应力、粘度的变化,调节转

子转速使剪切速率改变,使流变特性趋于平衡,优化生产工艺,以获得最好的炼胶能量吸收效果。

(6)做好密炼机维护,特别是水循环温控系统,须确保进入混炼室和转子的水质无垢密闭循环,并以设计循环流量的进出口温差 $2.5 \sim 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为维护目标;还需控制好磨损量,当转子与混炼室壁的间隙不小于 4.5 mm 时,必须进行大修。

(7)对于大规模炼胶生产的企业,应对同一类型密炼机有条件地进行转子个性化选配,可考虑建立剪切分散型、分布剪切型生产线,以适应各类配方混炼工艺。对于中小规模企业,应首选分布剪切型转子的密炼机,以较好地满足工艺要求。对于以白炭黑为主的炼胶生产,由于以控制温升为主,应选配分布剪切型转子(最好选用 Intermix 密炼机),结合可变控制技术,应用世界先进的化学反应型炼胶控制法。

4 结语

炼胶过程应追求胶料高能量吸收。使用当今可提供的密炼机新技术,可满足橡胶轮胎制品各种配方胶料的工艺要求。通过控制炼胶曲线,可实现节能优质高效炼胶,提高炼胶过程胶料对能量的吸收。

参考文献:

- [1] 唐国俊,李健铨. 橡胶机械设计[M]. 北京:化学工业出版社, 1981:8-37.

收稿日期:2011-05-27

2011 年我国再生胶产量有望突破 300 万 t

中图分类号:TQ335 文献标志码:D

据中国橡胶工业协会废橡胶综合利用分会 46 家会员单位统计资料分析,2011 年上半年,我国再生胶和胶粉总产量同比增长了 12.85% ,销售量同比增长了 13.57% 。据此推测,2011 年我国再生胶产量有望在 2010 年 270 万 t 的基础上增长 10% 以上,突破 300 万 t。

我国是世界橡胶制品生产大国,但同时橡胶资源匮乏,77% 的 NR 和 48% 的 SR 依赖进口。NR 和 SR 等原材料价格的暴涨,催生了橡胶制品企业研究人员对再生胶应用的研究,推动和扩大对再生胶使用的选择力度,为再生胶产量的增加

带来了新的契机。我国也是轮胎消费大国,每年产生的大量废旧轮胎需要环保加资源净化处理。2010 年我国汽车保有量约为 2 亿辆,产生的废旧汽车轮胎数量为 2.56 亿条,质量达 940 万 t(其中废旧橡胶含量在 600 万 t),还不包括每年产生的大量胶管、胶带、摩托车轮胎、电动车轮胎、自行车轮胎和胶鞋等废旧橡胶制品。预计每年产生的废旧橡胶达 1 200 万~1 500 万 t,大量的再生胶生产材料的产生为再生胶行业的发展奠定了原料基础。若 2.56 亿条废旧汽车轮胎全部回收利用,就相当于我国 5 年多的 NR 产量。

(中国橡胶工业协会 废橡胶综合利用分会
曹庆鑫)