

密炼机橡胶混炼控制方法的新进展

周彦豪

(广东工业大学材料科学与工程系, 广州 510090)

1 历史的回顾与评论

人们一直在设法控制密炼机中的橡胶混炼。而混炼控制方法的研究, 实质上是研究如何选定排胶标准。在批量生产的众多工艺参数中, 人们希望选择个别参数作为控制参数, 使混炼胶质量波动程度达到最小。

在密炼机橡胶混炼过程中, 人们最早选择的是以“混炼时间”作为控制参数。该法简单、易于理解和掌握, 因而应用了相当长的时间, 而且直到现在仍在采用。缺点是混炼胶质量波动很大, 特别是当快速、大容量密炼机出现后, 由于温度较难控制, 其缺点更为突出, 甚至时有废品产生。

据此, 人们研究采用“温度控制法”。这样, 似乎较彻底地解决了“温度过高”所带来的问题, 该法现在也还在采用。

以上两种方法基本上可以说是经验的总结, 而无多少理论指导。随着经济和科技的发展, 人们对胶料质量的要求越来越高, 越来越严, 而且要求各批胶料之间的质量更加均一。这样, 仅靠经验就不行了, 因而希望通过理论研究能找出更好的控制方法。其中, “等变形量”的理论受到重视。该理论认为, 如物料在密炼机中所经受的变形量相等, 则物料的质量指标如粘度、分散度等也应该相同。据此, 提出了混炼的“能量控制法”^[1~3]。该法的特点是, 对于操作时间、压砵压力、冷却水温度等因素的波动具有很强的抗干扰能力, 因而用该法控制的混炼胶的均匀性可大大提高。然而, 该法也有不足之处: 对原材料的性能如生胶粘度、填料性质等的影响显得毫无办法。这也是由于理论不足所决定的。

如果要使经受等变形量后物质的性能、分散性等都相同, 则在变形之前它们就应该是相同的, 否则相等的能量消耗, 也不能获得“相等变形量”, 亦不能得到相等的性能。同样, “时间控制法”对时间的波动, “温度控制法”对温度的变化, 也显得毫无办法。因此, 人们想到了“双参数的组合控制”。例如, “时间-温度控制”, 又称“混炼效应控制”, 如排胶标准是温度达到 154 °C, 时间达到 120 s; 温度差一点未达到 154 °C, 而时间达到 170 s 也可排胶。这种双参数的组合控制, 当然比它们各自单参数控制的抗干扰能力要强一些。

在此应该特别指出的是, 能量控制虽然是在等变形量理论的基础上提出来的, 但等变形量理论只是纯塑性变形物体与固体粒子混合的理论, 它对于粘弹性变形的橡胶与具有较强的固体粒子附聚力的聚集体——炭黑之间的混合是不适用的, 它不能很好地说明混炼中发生的各种现象, 也不能指导人们如何抓住主要矛盾, 制订最佳工艺规程。因此, 上述几种控制方法都只能算作经验或半经验控制法。

2 新进展

笔者曾经提出, 关于橡胶密炼过程的流变分析, 大体经历了 Bergen, Bolen 和 Colwell 及 Funt, Губер 和 Удальцов 等 3 种粘性流体理论和 Nakajima 粘弹性固体理论等几个阶段^[4~5]。近年来, 张海等^[6]认为, 密炼过程的流变理论在橡胶混炼工艺过程中的控制是适用的, 并且在实验室和工厂生产的各种密炼机混炼中, 证明了密炼室中“胶料粘度与密炼

机转子转矩或功率成正比”的结果是正确的。据此,提出了密炼机橡胶混炼的“瞬时功率控制法”。它与“时间控制法”、“温度控制法”和“能量控制法”不同,是有理论指导的,认为混炼过程能否顺利进行,主要取决于密炼室中物料的粘度。“瞬时功率控制法”的实质就是粘度的控制。它可以按预定的粘度排胶来结束混炼,从而大大提高了混炼胶的质量及均一性。由张海主持的“密炼机混炼工艺瞬时功率控制法及微机监控仪”科研项目,已于 1993 年 3 月通过了化工部的技术鉴定,认为整个技术处于国际先进水平,而用 3 个临界点的转矩(相当于胶料门尼粘度)在生产上控制混炼过程,比目前国际上采用的各种控制方法都先进,处于国际领先地位。

最近,张海等^[7,8]采用自制的微机监控系统,采集混炼过程有关参数的大量数据,运用上述理论和数理统计等数学方法,可以做到在每批胶料混炼结束时,立即给出混炼胶的质量指标如门尼粘度、塑性值、分散度、密度等,并在多批胶料混炼后,微机监控系统便自动地利用日常采集的生产数据对混炼工艺进行优化,从而判明“目前的”混炼工艺规程是否最优,如不是最优,则可指出如何进行修改。混炼结束时即可给出混炼胶的质量指标,这称之为“混炼质量在线检测或预测”。近年来这些课题在国外也是研究热点,国际上有名的几家橡胶公司均声称于不久的将来将这些研究成果投放市场,但至今尚未见报道。从某些报道看出,国外均是用生产线上附加的有关仪器进行检测,可见张海等人的方法比国外的方法更简单、更方便、更能反映总体的性质、更贴近生产实际。而混炼工艺的自动优化,在国外还未见报道。将这二者科学地结合使用,可使过去一直难以控制的混炼工艺成为高效率、高质量、低消耗的工艺。实质上是实现了混炼工艺控制的智能化。

3 结语

由华南理工大学工业装备与控制系张海教授、应用数学系贺德化教授等承担的化工部科研项目“密炼机混炼控制的智能化研究——数学模型的建立及微机控制系统”于 1997 年 3 月 12 日在广州通过了化工部的技术鉴定。专家认为该技术在混炼胶质量自动在线检测、控制和工艺的自动优化两方面取得突破,并处于国际领先水平。上海轮胎橡胶(集团)股份有限公司、桂林南方橡胶国际有限公司、广州珠江轮胎有限公司等用户使用证明,该技术可提高混炼效率(一般提高 10%~20%,高的已达 22.7%)和混炼胶的合格率及质量稳定性[门尼粘度控制 $\pm(2\sim3)$ 个门尼值,分散性提高一级],降低能量消耗(一般降低 5%~10%),有明显的经济效益和社会效益。鉴定委员会建议在全国橡胶行业大力推广使用,以便充分发挥该成果的作用。

参考文献

- 1 Funt J M. Mixing of Rubber, In: RAPRA Publications, Shawbury, U. K., 1977. Chap. 5
- 2 刘大华,朱君尧,秦怀德,等. 合成橡胶工业手册. 北京:化学工业出版社,1991. 145~146
- 3 沃斯特罗克努托夫ЕГ, 诺维科夫МИ, 诺维科夫ВИ, 等. 生胶和混炼胶的加工——流变学基础、工艺学、设备. 周彦豪等译. 北京:化学工业出版社,1985. 125~224
- 4 周彦豪. 聚合物加工流变学基础. 西安:西安交通大学出版社,1988. 287~335
- 5 周彦豪,程源. 密闭混炼过程中的橡胶流变分析. 合成橡胶工业,1988,11(6): 483~495
- 6 张海,张生贵,蔡群英,等. 密炼机橡胶混炼工艺的瞬时功率控制法. 橡胶工业,1993,40(6): 348~352
- 7 张海,贺德化,李华,等. 混炼胶质量在线检测技术的研究. 橡胶工业,1997,44(3): 160~165
- 8 贺德化,汪国强,张海,等. 直接利用生产数据对橡胶混炼工艺参数进行优化的研究. 橡胶工业,1997,44(2): 90~93