

硫化工艺参数优化综合实验平台的开发

陈 敏, 王家序, 王海宝, 陈 战

(重庆大学 机械传动国家重点实验室, 重庆 400044)

摘要: 在现有平板硫化机的基础上, 经过对原控制系统的改造, 采用正交实验设计并结合模糊综合评价方法, 开发出硫化工艺参数优化综合实验台。试验证明, 采用这种设计方案开发出的综合实验台在硫化工艺参数优化方面效果显著。

关键词: 硫化工艺参数; 综合实验台; 正交实验; 模糊综合评价法

中图分类号: TQ330.4⁺92 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-890X(2002)11-0681-04

长期以来, 如何选择最合理的硫化工艺参数, 如硫化温度、压力和时间等一直是橡胶工业界的难题。究其原因, 主要是橡胶等高分子材料没有固定的化学分子式, 同一种原材料, 其相对分子质量可能相差上百倍、甚至上万倍, 导致其硫化工艺不具有明确的规律性。目前的硫化工艺大多采用的是定性分析或者根据实验总结出来的经验公式。在实际生产中, 由于配料成分千差万别、制品种类繁多、理化性能要求各异, 现有的经验公式或给出的工艺参数都是对特定制品而言的, 因此只具有原则上的指导意义, 远非最佳工艺参数^[1]。在这种情况下, 生产塑胶制品的厂家只能根据自身的条件通过试验来确定最佳工艺条件, 因而直接影响了生产, 这也是目前塑胶制品性能欠佳的重要原因之一。本课题提出了一种研究塑胶硫化主要工艺参数——温度、压力和时间三者间的最佳组合的综合实验台的方案, 以解决硫化本身的模糊性问题。

1 综合实验台的系统组成

本课题所研制的综合实验台是在浙江湖州宏图机械有限公司生产的 630Q(D)-SY 型平板硫化机的基础上改造完成的, 其系统组成如图 1 所示。

平板硫化机主要是用来为实验提供一个可用

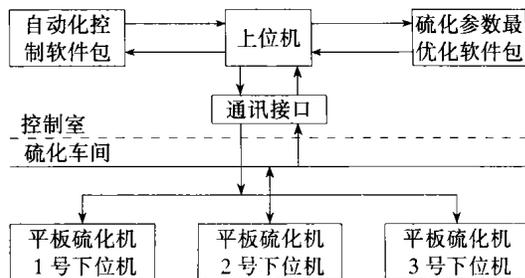


图 1 硫化综合实验平台结构组成

的实验平台, 采用工业计算机集群控制并开发自动化控制软件包则是为了提高实验的控制精度, 使实验数据更加准确, 同时, 由于在自动化控制软件包中采用了群控策略^[2], 从而可大大缩短实验周期; 硫化参数最优化软件包则是为了更快速、准确地得到最佳工艺参数而以 Delphi 开发的基于数据库的实验数据处理软件。

鉴于本课题的难点主要在于实验设计和实验数据的处理上, 因此, 下面将对这些内容作重点阐述。

2 实验设计方案

在塑胶制品硫化工艺条件的优化过程中, 为了明确各种因素对试验结果的影响, 需要进行大量的多因素组合条件实验, 如果对这些因素可能形成的各种组合均逐一进行试验的话, 则会因试验次数太多而浪费大量的人力、物力和财力, 因此在实验设计上, 本课题选用了正交实验^[3]。

2.1 正交实验设计

由于塑胶制品用途广泛, 对不同产品有不同

基金项目: 教育部科学技术重点资助项目(99104)

作者简介: 陈敏(1974-), 男, 重庆人, 重庆大学机械工程学院在读硕士研究生, 主要从事机械设备方面的研究工作。

的理化性能要求,例如工作时主要承受压力的产品对硬度、拉伸强度要求较高,而工作于腐蚀环境的产品则对耐腐蚀性能要求较高,因此在进行正交实验设计时必须针对不同的产品选择不同的性能评价指标。

在完成本课题的过程中,我们与重庆奔腾科技发展有限公司进行了合作,下面将以该公司的BTG-03-17型水润滑轴承的橡胶硫化工艺参数优化为例说明整个实验的设计过程。

影响橡胶硫化效果的主要因素是硫化温度、压力和时间,因此将这3个因素作为实验因子。在硫化工艺优化前这种橡胶采用的硫化工艺条件是以经验公式计算得出的,具体为: $180\text{ }^{\circ}\text{C}/15\text{ MPa}\times 20\text{ min}$,结合对其理化性能数据的分析,正交实验安排如表1所示。

表1 正交实验表

水平	因子		
	A	B	C
1	160	14	20
2	170	15	25
3	180	16	30

注: A—温度($^{\circ}\text{C}$); B—压力(MPa); C—时间(min)。

在表1中, A, B 和 C 这3个实验因素分别选取3个实验水平,在初步优化得到最佳工艺条件后,还可以根据平板硫化机的控制精度,进行第2次正交实验,以得到更精确的硫化工艺参数。

2.2 硫化实验结果数据处理

(1) 综合评价集的建立

BTG-03-17型水润滑轴承主要在高压、大载荷的环境下工作,因此选择其拉伸强度、撕裂强度和邵尔A型硬度作为检测项目,具体的实验安排如表2所示。表2中的D项是为了进行方差分析而设的,在本实验中无实际用途。

鉴于本实验属于多指标试验,因此可采用综合评分法对之进行评价,在综合评分中将采用模糊综合评价法^[4]并结合加权平均法来取得每项实验的综合得分,其具体实施步骤如下。

① 建立属性集

综合评分的影响因素为拉伸强度、撕裂强度和硬度,因此属性集可建为:

$$A = \{\text{拉伸强度, 撕裂强度, 硬度}\}$$

表2 硫化实验结果

实验 序号	ABCD	试验指标			综合评 分 y_i
		拉伸强度/ MPa	撕裂强度/ ($\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$)	邵尔A型硬 度/度	
1	1111	11.0	48	67	67.0
2	1222	12.3	60	70	68.5
3	1333	18.0	45	78	79.5
4	2123	20.5	48	71	83.5
5	2231	14.0	50	94	81.5
6	2312	11.9	45	93	74.5
7	3132	10.3	54	95	79.0
8	3213	15.8	68	83	83.0
9	3321	16.0	49	70	72.5

② 建立权重集

在建立权重集时,首先要考虑的是产品的使用要求,本实验产品主要用在大载荷条件下,因此拉伸强度和硬度占主要地位,经专业人员评价,建立评价权重集:

$$W = \{0.55, 0.15, 0.30\}$$

③ 单因素模糊评价

参照美军标准 MIL-B-17901B,对拉伸强度采用百分制,将不合格产品评为0分,以便与合格产品拉开档次,评分及其范围为: 0 0~7.0; 60 7.1~10.1; 70 10.2~13.5; 80 13.6~6.9; 90 17.0~20.4; 100 20.5。

对应表2中的实验结果,可得出拉伸强度的模糊评价向量为:

$$R_1 = \{70, 70, 90, 100, 80, 70, 70, 80, 80\}$$

同理,撕裂强度的评分规则为: 0 0~40; 60 41~47; 70 48~54; 80 55~61; 90 62~67; 100 68。

撕裂强度的模糊评价向量为:

$$R_2 = \{70, 80, 60, 70, 70, 60, 70, 100, 70\}$$

对于邵尔A型硬度,按照同样的规则处理可得其评分结果: 0 0~63; 60 64~71; 70 72~79; 80 80~87; 90 88~94; 100 95。

与表2对照可得其模糊评价向量:

$$R_3 = \{60, 60, 70, 60, 90, 90, 100, 80, 60\}$$

得到上述3项评价指标的模糊评价向量后,将它们给合起来即可得到单因素评价矩阵R:

$$R = [R_1, R_2, R_3]^T = \begin{bmatrix} 70 & 70 & 90 & 100 & 80 & 70 & 70 & 80 & 80 \\ 70 & 80 & 60 & 70 & 70 & 60 & 70 & 100 & 70 \\ 60 & 60 & 70 & 60 & 90 & 90 & 100 & 80 & 60 \end{bmatrix}^T$$

④模糊综合评价

在得到模糊评价矩阵 R 后, 可令 Y 为综合评分向量, 具体表示如下:

$$Y = [y_1, y_2, \dots, y_n]'$$

于是, 模糊综合评价可表示为:

$$Y = RW$$

具体的综合评分结果如表 2 所示。

(2)最佳工艺求取

在得出综合评分后, 就可以通过简单的计算^[5]得出最佳工艺参数, 计算结果如表 3 所示。

表 3 指标计算表

因素	综合指标		
	A	B	C
k_{1j}	215.0	229.5	224.5
k_{2j}	239.5	233.0	224.5
k_{3j}	234.5	226.5	240.5
\bar{k}_{1j}	71.5	76.5	74.8
\bar{k}_{2j}	79.8	77.7	74.8
\bar{k}_{3j}	78.2	75.5	80.0
R_j	8.1	2.2	5.2

表 3 中 k_{ij} 为第 j 列对应水平 i 的综合评分之和; \bar{k}_{ij} 为 k_{ij} 的平均值, 即为 k_{ij} 该因子的水平数; R_j 为极差, $R_j = \max(\bar{k}_{1j}, \bar{k}_{2j}, \bar{k}_{3j}) - \min(\bar{k}_{1j}, \bar{k}_{2j}, \bar{k}_{3j})$ 。其中 j 代表表 2 中的 A, B, C 三列。

采用直接观察法^[6], 根据表 3 可以得出下述结论, 因素对产品综合性能的影响的主次顺序依次为: $A \rightarrow C \rightarrow B$ 。

对于这种橡胶而言, 最佳工艺参数应为 $A_2B_2C_3$, 即选取硫化条件为 $170^\circ\text{C}/15\text{MPa} \times 30\text{min}$ 即可得到最佳综合性能。

2.3 最佳工艺的软件实现

在正交实验中要进行大量繁琐的计算工作, 这给进行高效率、正确作业带来了比较大的困难, 因此设计一个硫化参数最优化软件包是十分必要的, 其程序设计如图 2 所示。

3 结语

硫化工艺参数优化综合实验台以平板硫化机为实验平台, 在对原有控制系统进行改造的基础上开发出硫化工艺参数最优化软件包。

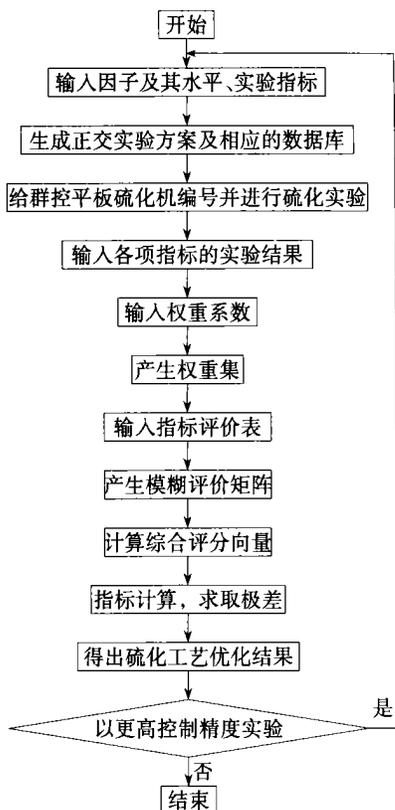


图 2 硫化参数最优化软件设计程序

在该综合实验台研制成功后, 通过重庆奔腾科技发展有限公司、重庆佳鼎公司等单位相继试用, 证明其优化效果是十分明显的, 它不仅从根本上解决了原来次品多、效益差的问题, 而且使其优等品率大幅上升, 实现了硫化工艺参数优化的目的, 为企业创造出较好的经济效益。

参考文献:

[1] 李太福. 数字式多功能精密塑胶制品成型系统的实现研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2000.

[2] Verduim. Automatic control system[J]. Modern Plastic International, 1990, 20(10): 23-14.

[3] 俞忠原. 实验设计与数据分析[M]. 哈尔滨: 哈尔滨船舶工程学院出版社, 1991. 97.

[4] 汪应洛. 系统工程理论、方法与应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999. 174.

[5] 孙荣桓. 数理统计[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1996. 220.

[6] 中国科学院数学研究所. 常用数理统计方法[M]. 北京: 科学出版社, 1973. 153.

Development of comprehensive experiment platform for optimizing vulcanization parameters

CHEN Min, WANG Jia-xu, WANG Hai-bao, CHEN Zhan

(Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Based on the existent curing press, a comprehensive experiment platform for optimizing the vulcanization parameters was developed by modifying the original control system and using the orthogonal experiment design method combined with the fuzzy comprehensive evaluation. The test results showed that the developed comprehensive experiment platform was effective for optimizing the vulcanization parameters.

Keywords: vulcanization parameters; comprehensive experiment platform; orthogonal experiment; fuzzy comprehensive evaluation

中国国家认可体系全面启动

中图分类号: F270.7 文献标识码: D

中国合格评定国家认可中心 8 月 20 日在北京正式揭牌, 中国集中统一的认可体系基本框架已经初步建立、全面启动。

新成立的中国合格评定国家认可中心将原中国质量体系认证机构国家认可委员会(CNACR)、原中国国家进出口企业认证机构认可委员会(CNAB)和原中国产品质量认证机构国家认可委员会(CNACP)整合为中国认证机构国家认可委员会(CNAB); 将原中国实验室国家认可委员会(CNACL)和中国国家出入境检验检疫实验室认可委员会(CCIBLAC)整合为中国实验室国家认可委员会(CNAL); 将原中国认证人员国家注册委员会(CRBA)和 CNAB 人员注册部合并成立中国认证人员与培训机构国家认可委员会(CNAT)。

今后质量管理体系(ISO 9000)、环境管理体系(ISO 14000)、职业健康安全管理体系(OHSMS)、通讯业质量管理体系(TL 9000)、汽车行业质量管理体系(QS 9000)等各类质量管理体系认证机构的认可工作, 强制性产品认证、自愿性产品认证以及农产品、食品认证等各类认证机构的认可工作, 都会统一归口到这 3 个国家认可委员会的认可工作之中。至此, 中国存在多套认可体系、多头管理的时代已告结束。按照国际惯例, 3 个委员会都是由来自政府部门、专家学者以

及社会各方面的代表组成。

从国际认证认可发展潮流看, 建立集中统一的认可体系是经济全球化和贸易便利化的客观需要。中心的成立, 保证了认可工作权威性、惟一性和可信性, 有助于中国加入 WTO 后与国际接轨, 参与国际经济合作与竞争, 打破国外技术壁垒。

(摘自《中国化工报》, 2002-08-22)

长寿化工开发出粉末 CR

中图分类号: TQ333.99 文献标识码: D

作为重要的 SR 产品, CR 一直是以块状胶的形式生产, 近日重庆长寿化工有限责任公司率先开生产出粉末 CR, 这项技术在国内尚属首创, 产品比传统的块状胶更具市场竞争力。

CR 作为合成橡胶行业的一大分支, 在国内橡胶行业占据十分重要的地位, 但由于其生产工艺的复杂性和危险性, 目前全国范围内仅有两个生产厂家生产。

据有关人员介绍, 粉末胶在国内 CR 行业尚属首创, 目前已基本具备工业化生产的条件。其产品性能比块状胶均匀, 解决了块状胶焦烧粒子的问题, 同时拓展了块状胶的应用领域, 克服了块状胶不能作填充剂的不足, 另外其加工性能比块状胶好, 无论门尼粘度如何, 制品的性能都很稳定, 同时粉末胶后处理的能耗低, 从而降低了产品成本。

(摘自《中国化工报》, 2002-09-02)