

# 硫化剂对硅橡胶性能的影响

陈国栋<sup>1</sup>, 孙作敬<sup>2</sup>, 马保琴<sup>2</sup>

[1. 阿莱斯绝热材料(苏州)有限公司, 江苏 苏州 215600; 2. 南通市神马电力科技有限公司, 江苏 南通 226553]

**摘要:** 考察硫化剂TX-29、双2, 5、双2, 4和DCP对硅橡胶硫化特性和物理性能的影响。试验结果表明: 采用硫化剂DCP的硅橡胶的综合物理性能最佳; 可根据生产工艺、成本和性能要求, 选用不同的硫化剂来实现产品性能目标。

**关键词:** 硅橡胶; 硫化剂; 硫化特性; 物理性能

硅橡胶是一种特种合成橡胶, 主链由硅原子和氧原子键合组成。特殊的结构赋予其良好的耐高温、耐低温、耐高电压、耐辐射、耐臭氧老化、耐天候老化及耐润滑油等化学介质性能。硅橡胶广泛应用于电子电器、医疗、食品、航空、交通、石油和化工等领域。但硅橡胶的强度低, 不耐湿热老化, 不耐非极性油, 因此其应用受到限制。

本工作在硅橡胶中加入不同种类的硫化剂, 对比胶料的硫化特性和物理性能, 分析硫化剂对硅橡胶性能的影响, 以选择适合的硫化剂。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

甲基乙基硅橡胶(以下简称硅橡胶), 牌号2880, 美国道康宁公司产品; 结构控制剂羟基硅油, 江苏常州卓群纳米材料有限公司产品。

### 1.2 主要仪器与设备

XK-160型开放式炼胶机, 上海双翼橡塑机械有限公司产品; HS100T-FTMO-907型硫化机, 佳鑫电子设备科技有限公司产品; GT-7010-AR型气压自动切片机、GT-M2000-A型无转子硫化仪和AI-7000M型拉力试验机, 高铁科技股份有限公司产品; 401A型老化试验箱, 上海实验仪器有限公司产品。

### 1.3 配方

试验配方如表1所示。

表1 试验配方

组 分	份			
	1 <sup>#</sup> 配方	2 <sup>#</sup> 配方	3 <sup>#</sup> 配方	4 <sup>#</sup> 配方
硅橡胶	100	100	100	100
白炭黑	40	40	40	40
羟基硅油	2.5	2.5	2.5	2.5
硫化剂TX-29	1	0	0	0
硫化剂双2, 5	0	1	0	0
硫化剂双2, 4	0	0	1	0
硫化剂DCP	0	0	0	1

### 1.4 试样制备

胶料混炼在开炼机上进行。辊温40~50℃, 辊筒速比为1.2~1.4, 快辊在后, 混炼初始辊距为1~5 mm, 然后逐步增大。加料顺序为: 生胶→白炭黑→羟基硅油→硫化剂→薄通5次→下片, 停放24 h。

试样用平板硫化机硫化。硫化条件为: 温度170℃, 压力10 MPa, 硫化时间( $t_{90}+1$ ) min。硫化试样在室温下停放10 h后进行性能测试。

### 1.5 性能测试

胶料性能按相应国家标准进行测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 硫化特性

硅橡胶的硫化特性如表2所示。从表2可以看出: 不同硫化剂对硅橡胶 $t_{10}$ 和 $t_{90}$ 的影响较大, 3<sup>#</sup>配方胶料的焦烧时间最短, 硫化速度最快;  $M_H$ 基本在9 dN·m左右; 与150℃时胶料相比, 170℃时胶

料的 $t_{90}$ 明显缩短, 硫化效率提高。

表2 胶料的硫化特性

项目	1#配方	2#配方	3#配方	4#配方
硫化仪数据 (150 °C)				
$t_{10}/s$	162	162	9	133
$t_{90}/s$	895	1312	44	924
$M_L/(dN \cdot m)$	0.520	0.579	0.706	0.490
$M_H/(dN \cdot m)$	8.855	10.169	9.581	9.983
硫化仪数据 (170 °C)				
$t_{10}/s$	15	40	8	32
$t_{90}/s$	56	341	23	222
$M_L/(dN \cdot m)$	0.588	0.500	1.089	0.451
$M_H/(dN \cdot m)$	9.061	9.601	9.660	9.885

## 2.2 物理性能

硅橡胶的物理性能如表3所示。从表3可以看出: 4个配方胶料邵尔A型硬度和拉伸强度相差不大; 定伸应力和撕裂强度略有差异, 压缩永久变形差异较大。加入硫化剂TX-29的1#配方胶料的耐老化性能较好, 适合加工耐老化的橡胶制品, 例如工作温度波动较大的橡胶制品; 加入硫化剂双2, 5的2#配方胶料抗压缩变形性能好, 适合加工受压的橡胶制品, 例如起填充或者密封作用的橡胶制品; 加入硫化剂双2, 4的3#配方胶料的撕裂强度较高, 适合加工对撕裂性能要求比较苛刻的橡胶制品; 加入硫化剂DCP的4#配方胶料的综合性能最佳。

表3 胶料的物理性能

项目	1#配方	2#配方	3#配方	4#配方
交联密度 $\times 10^4/(mol \cdot g^{-1})$	1.01	0.88	1.07	1.02
邵尔A型硬度/度	51	49	50	50
100%定伸应力/MPa	1.0	0.8	1.0	0.9
300%定伸应力/MPa	2.7	2.5	3.6	3.1
拉伸强度/MPa	5.6	5.7	5.7	5.9
撕裂强度/( $kN \cdot m^{-1}$ )	14	15	17	18
压缩永久变形 (180 °C $\times$ 24h) /%	60	35	57	34
250 °C $\times$ 24 h老化后				
交联密度 $\times 10^4/(mol \cdot g^{-1})$	1.23	1.06	1.62	1.27
邵尔A型硬度/度	56	55	57	55
100%定伸应力/MPa	1.1	1.0	1.4	1.1
300%定伸应力/MPa	3.9	3.3	4.2	3.8
拉伸强度/MPa	5.5	5.7	5.2	6.2
拉断伸长率/%	387	414	264	434

硅橡胶制品生产企业可以综合考虑产品生产工艺、成本和性能, 选择最适合的硅橡胶硫化剂品种。

## 3 结论

(1) 硫化剂对硅橡胶的硫化特性和物理性能有明显的影 响, 本研究的几种硫化剂中, 硫化剂DCP的硅橡胶综合物理性能最佳。

(2) 硅橡胶制品生产企业可以根据生产设备、工艺流程及产品的具体要求, 选择不同硫化剂来实现产品性能目标。

# Effect of Curing Agents on the Properties of Silicone Rubber

Chen Guodong<sup>1</sup>, Sun Zuojing<sup>2</sup>, Ma Baoqin<sup>2</sup>

[1. Armacell Insulation Materials (Suzhou) Co., Ltd., Suzhou 215600, China;

2. Nantong Shenma Electronic Technology Co., Ltd., Nantong 226553, China]

**Abstract:** The influence of curing agent TX-29, 2,5-di-methyl-2,5-di(t-butylperoxy) hexane, bis 2,4-dichlorobenzoyl peroxide and DCP (dicumyl peroxide) on the curing characteristics and physical properties of silicone rubber was studied. The test results showed that the physical properties of the silicone rubber vulcanized by DCP were the best. Based on production process, cost and application requirements, the targeted properties of silicone rubber could be achieved by selecting suitable curing agents.

**Keywords:** silicone rubber; curing agent; curing characteristics; physical properties