

# 辐射硫化对硅橡胶自粘带性能影响的研究

陈春, 唐剑, 伍玲, 韩迎春, 周虹, 莫燕, 付海军

(四川省原子核应用技术研究所, 四川 成都 610066)

**摘要:**采用 $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 射线辐射交联技术对硅橡胶自粘带进行辐射硫化, 研究吸收剂量对辐射硫化硅橡胶自粘带的拉伸强度、断裂伸长、自粘性能、击穿电压强度的影响以及剂量率对自粘带性能的影响。研究表明: 随着吸收剂量的增加, 硫化橡胶自粘带的拉伸强度亦增加, 而断裂伸长率随之减小; 在吸收剂量小于 25 kGy 时, 自粘性能随着吸收剂量的增加而增强, 25 kGy 时达到最佳, 随后逐渐减弱; 吸收剂量对自粘带的击穿电压强度的影响不大; 剂量率对自粘带性能的影响不明显。

**关键词:**辐射硫化; 硅橡胶; 自粘带; 吸收剂量

中图分类号: TQ336.8

文献标识码: A

文章编号: 1000-6931(2006)S0-0051-04

## Study on Influence of Irradiation Vulcanization to Silicon Rubber Autohesive Tape's Properties

CHEN Chun, TANG Jian, WU Ling, HAN Ying-chun,  
ZHOU Hong, MO Yan, FU Hai-jun

(Sichuan Institute of Nuclear Technology Application, Chengdu 610066, China)

**Abstract:** After using  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -ray to irradiate vulcanization silicon rubber autohesive tape, the effect of absorbed dose to the autohesive tape's tensile strength, elongation at break, autohesin and breakdown voltage strength and dose rate's effect to the autohesive tape's properties were studied. The results indicate that autohesive tape's tensile strength increases and the elongation at break decreases with the increasing dose. Under the dose of 25 kGy, the tape's autohesin increases with the increasing dose. When the dose is up to 25 kGy, the tape's autohesin achieves to the maximum, and then decreases with the increasing dose. Absorbed dose has no effect to the tape's breakdown voltage strength, and the dose rate has no effect to the autohesive tape's properties.

**Key words:** irradiation vulcanization; silicon rubber; autohesive tape; absorbed dose

自粘带是 1 种新型的绝缘材料, 一般制成隔离层的带, 使用时, 只需撕去隔离层, 然后适度拉伸下搭叠包缠于被保护体上, 经一定条件

停放后即能自紧缩融合成一体, 起到电绝缘、隔热和防水密封等功能, 广泛应用于电子、通讯、机电、建筑等领域。

硅橡胶由于其分子主链结构为 Si—O 键(键长 0.164 nm),它的键能比 C—C 键(键长 0.154 nm)高得多,分子链饱和,属于半无机材料。因此,它具有优异的耐温性能<sup>[1]</sup>。与以天然橡胶、丁基橡胶、氯丁橡胶等制成的自粘带相比,以硅橡胶为主体材料制成的自粘带具有更好的综合性能,可用于要求耐高低温、耐老化、电绝缘等的特殊使用场合。

辐射加工技术在我国已有 20 多年的发展历史。辐射硫化技术作为 1 种新型的材料改性和加工手段,是通过高能射线粒子在橡胶基中激活橡胶分子产生橡胶大分子自由基,自由基之间相互结合(偶合终止)使橡胶大分子形成三维网状结构,从而显著改善硫化胶的稳定性和力学性能<sup>[2]</sup>。

本工作利用<sup>60</sup>Co  $\gamma$  射线辐射硫化硅橡胶自粘带,通过对自粘带拉伸强度、断裂伸长、自粘性、击穿电压强度等测定,研究吸收剂量、剂量率对硅橡胶自粘带性能的影响。

## 1 实验

### 1.1 原材料

甲基乙烯基硅橡胶、气相白炭黑和乙烯基硅油,由晨光化工研究院提供;增粘剂,四川省原子核应用技术研究所自制;铁红,成都市市购。

### 1.2 配方

甲基乙烯基硅橡胶,100 g;气相白炭黑,30~50 g;增粘剂,5~15 g;乙烯基硅油,4~6 g;铁红,2~3 g。

### 1.3 设备和仪器

开炼机,型号 LG-160,上海勤奋机器厂;平板硫化机,型号 Y/TD71-45A,天津市锻压机床总厂;电子拉力试验机,型号 CMT2103,深圳新三思计量技术有限公司;<sup>60</sup>Co  $\gamma$  射线源,四川省原子核应用技术研究所;击穿电压测试仪,型号 KSZ-3,桂林电器科学研究所。

### 1.4 性能测试

拉伸强度和断裂伸长率按 GB/T 528—1998 提供方法进行实验。将平板硫化机上制得的样片,辐射硫化后用标准裁刀制成哑铃型,在拉力试验机上进行试验。

击穿电压强度按 GB/1695 提供方法进行

试验。

自粘性能按 GB/T 532—97 提供的方法进行实验。试验时,将测试试样截成长条形,适度拉伸后缠绕在环上,室温放置 48 h 或 150 °C 放置 3 h,之后,在拉力试验机上进行试验。

### 1.5 试样制备

将配方各组分在开炼机上混炼均匀,得到的混炼胶在平板硫化机上冷压制成厚度约为 0.5 mm 的薄片。之后,采用<sup>60</sup>Co  $\gamma$  射线辐射硫化。

## 2 结果与讨论

### 2.1 总吸收剂量对硅橡胶自粘带力学性能的影响

同一配方的试样在相同剂量率下,采用 10、15、20、25、30、40、50 kGy 的吸收剂量进行辐射硫化,所得的硅橡胶自粘带力学性能与吸收剂量的关系示于图 1。

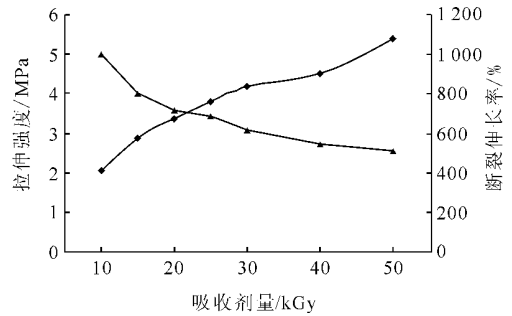


图 1 吸收剂量与拉伸强度和断裂伸长率的关系

Fig.1 Absorbed dose vs. tensile strength and elongation at break

◆——拉伸强度;▲——断裂伸长率

从图 1 可以看出:随着吸收剂量的增加,硅橡胶自粘带的拉伸强度增加,断裂伸长率随着剂量的增加而减小。

拉伸断裂时的强度和伸长率与分子之间的作用力和化学键的强度有关<sup>[1]</sup>。本工作组认为,高能辐射引发橡胶分子产生橡胶大分子自由基,自由基之间相互结合形成三维网状结构。随着吸收剂量的增加,产生的橡胶大分子自由基增多,分子间形成更多的三维网状结构,因而其拉伸强度随之增加。由于交联度的增大,使得分子间结合更紧密,限制了橡胶的延展性。

因此,随着剂量的增加,断裂伸长率减小。

## 2.2 总吸收剂量对硅橡胶自粘性能的影响

自粘性能测试<sup>[3]</sup>按 GB/T 532—97 提供的方法进行测定。以剥离过程中的最大剥离力表征自粘带的自粘性能。

自粘力系指在轻微压力下使两片相同的材料在短间接触后抵抗外力使其分离的能力。欲有好的自粘性能,要求自粘带接触时表面应紧密接触。因此,流变性能(材料的变形与流动)是关键<sup>[4]</sup>因素。分子链有分子水平的接触,材料表层应具有一定的粘流动性;分子链能在界面间进行扩散渗透,并能相互缠结;材料本身应具有相当的强度,不至于在外力作用下发生局部撕裂而降低整体自粘强度<sup>[5]</sup>。

吸收剂量对硅橡胶自粘带自粘性能的影响示于图 2。

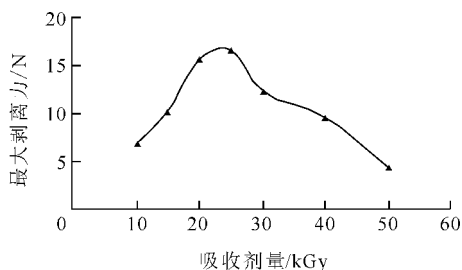


图 2 吸收剂量对自粘性能的影响

Fig. 2 Influence of absorbed dose on autohesion

从图 2 可以看出:当吸收剂量小于 25 kGy 时,最大剥离力随着剂量的增加而加大;吸收剂量为 25 kGy 时,剥离力最大,可以认为,此时的自粘性最好;当吸收剂量大于 25 kGy 时,随着吸收剂量的增加,最大剥离力逐渐减小。

在吸收剂量小于 25 kGy 时,硫化胶表层虽具有较好的粘流动性,但硫化胶未达到一定的强度,因而降低了自粘带的整体自粘性;当吸收剂量大于 25 kGy 时,交联程度的增加限制了分子链的扩散和渗透,从而影响了自粘性。

## 2.3 总吸收剂量对硅橡胶自粘带击穿电压强度的影响

图 3 所示为吸收剂量对硅橡胶自粘带击穿电压强度的影响。

从图 3 可以看出,吸收剂量对硅橡胶自粘带击穿电压强度的影响不明显。因此,可认为

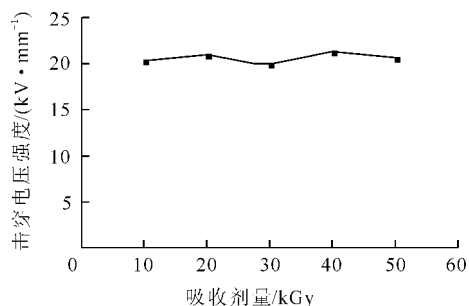


图 3 吸收剂量对击穿电压强度的影响

Fig. 3 Influence of absorbed dose on breakdown voltage strength

击穿电压强度与配方原料有关,而与自粘带交联程度的关系不大。

## 2.4 剂量率对辐射硫化硅橡胶性能的影响

当总吸收剂量为 30 kGy 时,在不同剂量率(1、5、10、15 kGy/h)下对硅橡胶自粘带进行了辐射硫化,得到的硫化自粘带性能示于图 4 和 5。

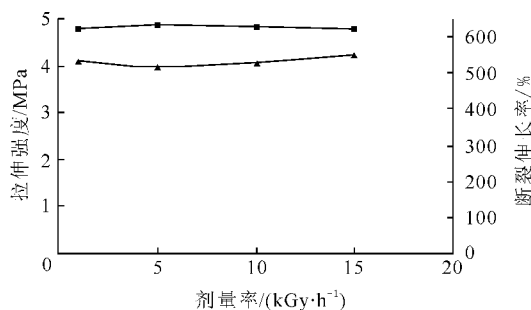


图 4 剂量率对自粘带力学性能的影响

Fig. 4 Influence of dose rate on mechanics properties

▲——拉伸强度;■——断裂伸长率

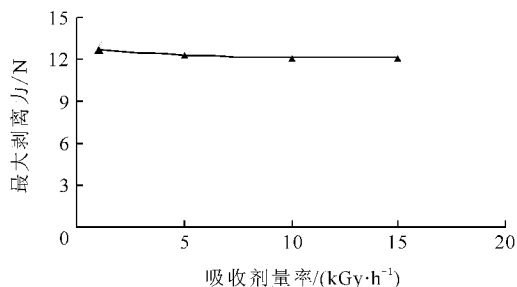


图 5 剂量率对自粘性能的影响

Fig. 5 Influence of dose rate on autohesion

从图 4 和 5 可以看出,在相同的吸收剂量下,不同剂量率对自粘带性能的影响不大。由

此认为,总吸收剂量相同,硅橡胶自粘带达到相同程度的交联度,可获得基本相同的性能。

### 3 结论

1) 用 $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  射线辐射硫化的硅橡胶自粘带,随着吸收剂量的增加,自粘带的拉伸强度相应增加,断裂伸长率减小。

2) 当吸收剂量小于 25 kGy 时,自粘带的自粘性能随着吸收剂量的增加而增强,吸收剂量为 25 kGy 时,自粘性能达到最佳,之后,随着吸收剂量的增加而减弱。

3) 吸收剂量对自粘带的击穿电压强度的影响不明显。

4) 对于总吸收剂量相同的自粘带,以不同的剂量率辐射硫化,其性能相差不大。

#### 参考文献:

[1] 刘大华,朱君尧,秦怀德. 合成橡胶工业手册

[M]. 北京:化学工业出版社,1993:966-968.

[2] 于清溪. 橡胶原材料手册[M]. 北京:化学工业出版社,1996:805.

[3] 朱嘉,李花婷,王宇翔. 胶料自粘性的测定方法及增粘树脂 TKM 系列的性能评价[J]. 橡胶工业,2000,47:734-737.

ZHU Jia, LI Huating, WANG Yuxiang. The test methods of rubber autohesin and tackifying resin TKM series properties[J]. Rubber Industry, 2000, 47:734-737(in Chinese).

[4] 黄祖长. 橡胶和胶料的自粘性——测量方法和影响因素[J]. 橡胶参考资料,2002,32(3):43-48.

HUANG Zuchang. The autohesin of rubber and glue—Test methods and effect factor[J]. Rubber Reference Data, 2002, 32(3):43-48(in Chinese).

[5] 王孟钟,黄应昌. 胶粘剂应用手册[M]. 北京:化学工业出版社,1987:28-30.