

# 硅橡胶与骨架材料的粘合性能研究

杜洪琴, 周海云, 孙卓

(中橡集团沈阳橡胶研究设计院, 辽宁 沈阳 110021)

**摘要:** 研究硅橡胶与聚酰亚胺纤维织物、聚酰胺纤维织物、聚酯纤维织物、玻璃纤维织物、聚四氟乙烯及金属等骨架材料的粘合性能。偶联剂VTPS、开姆洛克608、偶联剂KH-550/A-151并用体系和偶联剂A-151/间苯二酚并用体系是硅橡胶与骨架材料的良好粘合剂, 能有效提高硅橡胶与聚酰胺纤维织物、聚酯纤维织物、玻璃纤维织物、聚四氟乙烯、不锈钢和铝合金的粘合强度。在骨架材料表面处理胶浆中, 粘合剂含量为10%, 硅橡胶与骨架材料的粘合强度较高, 粘合剂增粘效果较佳。聚酰亚胺纤维类织物与硅橡胶的粘合性能很差, 只有使用开姆洛克608作表面处理胶浆粘合剂, 聚酰亚胺纤维织物与硅橡胶才可获得良好的粘合性能。

**关键词:** 硅橡胶; 骨架材料; 纤维织物; 金属; 粘合强度; 粘合剂

硅橡胶是一种耐热橡胶, 其工作温度范围较宽(-100~350℃), 同时具有良好的电绝缘性能、耐氧化性能、耐光老化性能、防霉性能和化学稳定性等, 在航空、汽车、电线电缆和医学等领域得到广泛应用。

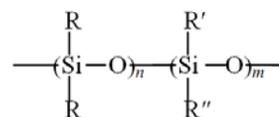
目前, 国内外硅橡胶与骨架材料的复合制品发展较快。骨架材料能赋予橡胶制品高强度并限制其自由形变, 承受来自橡胶制品内部和外部的作用力, 在很大程度上决定着橡胶制品的性能、使用寿命和使用价值。因此, 绝大多数橡胶制品采用骨架材料增强。本工作研究硅橡胶与聚酯纤维织物、聚酰胺纤维织物、玻璃纤维织物、聚酰亚胺纤维织物、聚四氟乙烯及金属等骨架材料的粘合性能, 为硅橡胶与骨架材料的粘合提供借鉴经验。

## 1 材料特性

### 1.1 硅橡胶结构及特性

#### 1.1.1 结构

硅橡胶是指主链以Si—O单元为主, 以有机基团为侧基的一类线性聚合物。硅橡胶的分子结构式一般为:



式中R, R', R'' 可以是甲基、乙基、苯基、氟烷基等, m和n为聚合度, 一般m+n在5000~10000之间, n/(m+n)在0.02%~0.5%之间。

硅橡胶分热硫化型(高温硫化硅橡胶HTV)和室温硫化型(RTV), 其中室温硫化型又分缩聚反应型和加成反应型。热硫化型硅橡胶用量最大, 包括甲基乙烯基硅橡胶(VMQ, 用量最大, 牌号最多)、甲基硅橡胶(MQ)、甲基乙烯基苯基硅橡胶(PVMQ, 耐低温、耐辐射)、腈硅橡胶和氟硅橡胶等。热硫化型硅橡胶主要用于制造硅橡胶制品, 而室温硫化型硅橡胶主要作为粘合剂、灌封材料或模具使用。

#### 1.1.2 特性

##### 1.1.2.1 耐温性能良好

由于硅橡胶的Si—O键离子性较强及Si—O键容易内旋转和具有柔顺性, 导致Si—O键有卷曲倾向。常温下硅橡胶聚合链呈螺旋状结构, 每一螺旋

圈由6~7个Si—O单元组成,而且具有一定的有序性,当温度升高时,螺旋状聚合链舒展,使聚硅氧烷的粘度增大,这与高聚物粘度通常随温度升高而降低的趋势正好相反,致使硅橡胶的物理性能在较宽温度范围内变化较小,如硅橡胶的拉伸强度在0~250℃范围内的变化幅度明显比其他橡胶品种小得多(如图1所示),在一定温度范围内硅橡胶的硬度、拉断伸长率和定伸应力等的变化也小于其他橡胶。

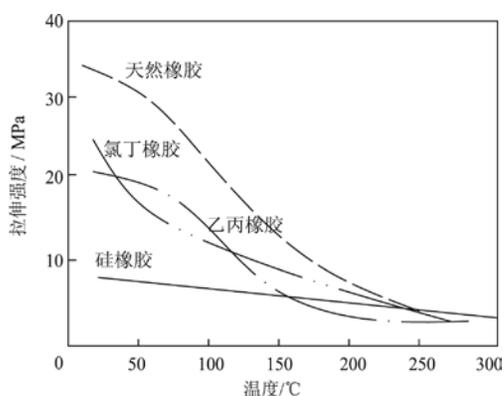


图1 不同橡胶拉伸强度与温度的关系

### 1.1.2.2 耐热稳定性能优异

硅橡胶具有优异的耐热稳定性能,这是由其分子结构本身决定的。

(1) 耐热解稳定性能:因为Si—O键的键能为 $427.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,而C—C键的键能为 $262.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,所以硅橡胶的热解稳定性能优于主链以C—C键为主的橡胶。

(2) 耐热氧化稳定性能:连接到Si上的有机基团(如苯基、甲基、乙基、丙基和乙烯基)对氧较稳定(仅乙烯基较差),故其耐热氧化稳定性能很好。

(3) 聚硅氧烷分子的重排:Si—O键之间可以进行交换与再组合,使聚硅氧烷分子发生重排,在高温下不会发生降解反应,导致低分子环状聚硅氧烷的出现。

### 1.1.2.3 耐低温性能优异

硅橡胶的玻璃化温度( $T_g$ )较低,如聚二甲基硅氧烷橡胶的 $T_g$ 为 $(-123 \pm 5)^\circ\text{C}$ ,所以其耐低温柔韧性特别好,但是填充补强剂(如白炭黑)会导

致硅橡胶在低温条件下发生结晶而硬化,因此硅橡胶胶料的使用温度下限一般不超过 $-65^\circ\text{C}$ 。

### 1.1.2.4 介电性能优异

硅橡胶主链中具有类似于石英的Si—O结构,在柔性绝缘材料中,硅橡胶的电绝缘性能优异,如6143和6144硅橡胶体积电阻不低于 $10^{14} \Omega \cdot \text{cm}^{-3}$ ,击穿电压强度分别达到 $20 \text{ kV} \cdot \text{mm}^{-1}$ 和 $15 \text{ kV} \cdot \text{mm}^{-1}$ 以上,并且温度变化时各项介电性能参数波动极小。

### 1.1.2.5 耐臭氧老化和耐天候老化性能优异

硅橡胶中的聚合键呈螺旋状结构,每一螺旋圈中的6~7个Si—O单元有序排列,使分子结构相当稳定,因此硅橡胶具有优异的耐臭氧老化性能和耐天候老化性能,即使在阳光强烈照射的条件下,其物理性能也没有明显变化。

### 1.1.2.6 耐酸碱及耐高温水蒸气性能较差

由于Si—O键的离子性特征,硅橡胶的聚硅氧烷分子在酸或碱的作用下会加速重排,在高温下甚至会出现“雪崩式”降解,生成大量低分子环状聚硅氧烷。同时硅橡胶在高温水溶液环境中也会发生水解反应,该反应能被酸性或碱性催化剂加速,也可被高温加速,因此硅橡胶不耐酸碱,不能用于酸性或碱性条件下使用的密封和减震材料及制品等。由于Si—O—Si键在高温条件下能被水解成Si—O—H键,所以硅橡胶也不能用于水蒸气管路的连接和密封材料及制品。

### 1.1.2.7 粘合性能差

硅橡胶属于非极性聚合物,表面能低,如果不对骨架材料进行表面改性,无法形成硅橡胶-骨架材料有效结合层,因此必须对骨架材料进行预处理,并选择适合的粘合剂,才能提高硅橡胶与骨架材料的粘合强度。

## 1.2 骨架材料特性

### 1.2.1 聚酰亚胺纤维

聚酰亚胺纤维是特种合成纤维,以均苯四甲酸酐和几种芳香族二胺经聚合干法纺丝和多区拉伸而成,具有优良的耐热性能和耐辐射性能,可在 $400^\circ\text{C}$ 下短时间使用,一般使用温度为 $-150 \sim 340^\circ\text{C}$ ,在火焰中不燃烧。该纤维可用于制造航天材料和高温电绝缘材料等特殊材料。

### 1.2.2 聚酰胺纤维

聚酰胺纤维在强度、韧性、耐疲劳等方面性能优异,是制造胶布的适宜材料,在我国胶布行业已得到越来越广泛的应用,但其分子极性很强,表面光滑,与橡胶的粘合性能差。

### 1.2.3 聚酯纤维

聚酯纤维商品名为涤纶纤维,基本性能如下。(1)耐热性能和热稳定性较好,在150℃热空气中加热168 h,强度仅下降15%~30%,加热1000 h,强度下降50%,而一般纤维在此条件下经200~300 h即分解。(2)在化学稳定性方面,耐酸不耐碱,在室温下不溶于10%氢氧化钠溶液,但含量增大或温度升高时,纤维即遭破坏;在一定的温度条件下,聚酯纤维遇到氨类化合物会发生降解;对氧化剂及还原剂较稳定;耐三氯乙烷、四氯化碳、丙酮、苯、甲苯、酒精、汽油及大多数石油产品,但氯仿溶液、苯酚及其衍生物会使其溶胀,甚至溶解。(3)粘合性能差,聚酯纤维分子的极性较低,结晶度高,化学基团不活泼,纤维表面光滑,与橡胶的粘合性能差。

### 1.2.4 玻璃纤维

玻璃纤维作为一种人造无机纤维,具有一些特殊的性能:(1)强度高,同时其模量极高,具有很好的抗变形能力,拉断伸长率小于4%;(2)耐热性能好,熔点在1000℃以上,在300℃条件下短时间内性能变化很小,24 h后强度下降20%,在480℃条件下强度仅下降30%;(3)化学稳定性好,除了与氢氟酸和热磷酸发生作用外,不受油类、大部分酸类和腐蚀性蒸汽的影响,不溶于有机溶剂,耐虫蛀,抗菌蚀;(4)长期蠕变性好,在长期荷载情况下不会发生蠕变,其橡胶复合产品性能保持率高;(5)与橡胶的粘合性能较差。

## 1.3 粘合剂特性

### 1.3.1 偶联剂VTPS(乙烯基三特丁基过氧叔硅烷)

偶联剂VTPS是硅橡胶与多种金属(不锈钢、铝、铜)和多种织物粘合以及硅橡胶自身粘合的促进剂。与其他硅烷偶联剂的作用机理不同,偶联剂VTPS不是靠水解实现偶联作用,而是通过热分解

生成的游离基实现偶联作用,即偶联剂VTPS活泼的自由基与基材发生“接枝”反应,而烷氧基与硅橡胶进行缩合反应,形成Si—O键,有效改善界面层的粘合性能。偶联剂VTPS不仅能使带有活性基团的高聚物与金属、无机物、纤维织物很好地粘合,而且对难粘的、缺乏活性基团的高聚物(如聚烯烃、硅橡胶、乙丙橡胶和氟硅橡胶等)与金属、无机物实现有效粘合。

### 1.3.2 偶联剂KH-550和A-151

偶联剂KH-550含有氨丙基,对玻璃纤维表面反应出较大活性,且氨基能与硅橡胶及白炭黑以氢键结合,因而提高粘合效果。偶联剂A-151与间苯二酚并用时发生缩合反应,生成的低聚物含有酚羟基和硅醇基,在玻璃纤维和硅橡胶之间起“桥梁”作用,使两者粘合牢固。偶联剂KH-550/A-151并用体系以及偶联剂A-151/间苯二酚并用体系是硅橡胶与织物骨架材料粘合的有效表面处理剂。

### 1.3.3 开姆洛克胶粘剂

开姆洛克胶粘剂是一种通用性单涂型或双涂型橡胶与金属热胶粘剂,能通过硫化粘合橡胶与金属等。开姆洛克608为硅烷类胶粘剂,用于硅橡胶、氟橡胶与织物粘合。

本工作选用偶联剂VTPS、开姆洛克608,偶联剂KH-550/A-151并用体系、偶联剂A-151/间苯二酚并用体系作为粘合剂,对玻璃纤维织物、聚酰亚胺纤维织物、聚酰胺纤维织物、聚酯纤维织物、聚四氟乙烯及金属等骨架材料进行表面处理,进行硅橡胶与骨架材料的粘合试验,对其粘合性能进行研究。

## 2 实验

### 2.1 主要原材料

MVQ;过氧化二异丙苯(DCP);4<sup>#</sup>气相法白炭黑;硅氮烷(结构化控制剂);120<sup>#</sup>汽油;开姆洛克608;偶联剂VTPS;偶联剂KH-550;聚酰亚胺纤维织物(牌号40804);聚酰胺纤维织物(牌号84B01);聚酯纤维织物(牌号B9201);玻璃纤维织物(牌号EW240);聚四氟乙烯。

### 2.2 试验配方

基本配方: MVQ, 100; 气相法白炭黑, 30;

硅氮烷, 5; 增粘树脂, 10; DCP, 0.8。

## 2.3 试样制备

### 2.3.1 胶料混炼

胶料采用开炼机混炼, 辊筒温度为室温, 生胶包辊后逐步加入气相法白炭黑和硅氮烷等配合剂, 混炼25~30 min, 混炼均匀后的胶料经8~10次薄通后, 打卷下片, 置于干燥器中备用。

### 2.3.2 胶浆制备

MVQ混炼胶经充分返炼后下薄片, 然后剪成10×10 mm小块, 置于汽油中浸泡24 h后, 采用搅拌机进行搅拌, 制成胶和汽油质量比为1:(3~4)的胶浆。胶浆在40℃以下的环境中保存。

### 2.3.3 金属骨架材料表面处理

金属骨架材料表面必须是具有一定粗糙度、无油污、无锈蚀的新鲜表面, 才能与橡胶有效地粘合, 因此骨架材料必须进行表面处理。处理方法有2种: 一是机械处理法, 即将粒径为0.5 mm的金钢砂喷射到骨架材料表面, 将表面锈迹等清除, 并增大表面积, 加大金属骨架材料与橡胶的接触面积; 另一种是化学法, 即酸洗处理和磷化钝化处理, 为防止金属表面氧化, 将处理过的金属骨架材料浸泡

在汽油中备用。

### 2.3.4 粘合试样制备

将偶联剂VTPS、开姆洛克608、偶联剂KH-550/A-151并用体系、偶联剂A-151/间苯二酚并用体系, 分别按1%, 5%, 10%及30%含量加入到硅橡胶胶浆中, 将胶浆均匀涂在骨架材料上, 将表面处理过的骨架材料在室温条件下干燥30 h后铺放到热模具中, 再将硅橡胶混炼胶片铺在骨架材料上。硅橡胶与骨架材料粘合试样的一段硫化条件为(165±5)℃/10 MPa×15 min, 二段硫化在鼓风恒温箱中进行, 硫化条件为: 室温→150℃×1 h→200℃×4 h。将制得的硅橡胶与骨架材料粘合试样在电子拉力机上测试粘合强度(180°剥离)。

## 3 结果与讨论

### 3.1 偶联剂VTPS对硅橡胶与骨架材料粘合强度的影响

偶联剂VTPS对硅橡胶与骨架材料粘合强度的影响如表1所示。

从表1可以看出: 胶浆中未添加偶联剂VTPS时

表1 偶联剂VTPS对硅橡胶与骨架材料粘合强度的影响

胶浆中偶联剂 VTPS含量/%	硅橡胶与骨架材料粘合强度/(kN·m <sup>-1</sup> )						
	聚酰亚胺 纤维织物	聚酰胺 纤维织物	聚酯纤维织物	玻璃纤维织物	聚四氟乙烯	不锈钢	铝合金
0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3
1	0.5	1.7	1.8	1.2	1.3	1.3	1.3
5	0.6	3.4	3.6	3.2	3.0	3.2	3.6
10	0.7	4.4	4.6	4.2	4.0	4.1	4.2
30	0.7	4.4	4.5	4.3	4.1	4.2	4.1

硅橡胶与骨架材料的粘合强度很低; 胶浆中添加偶联剂VTPS后硅橡胶与骨架材料的粘合强度明显提高, 而且随着偶联剂VTPS含量增大, 硅橡胶与骨架材料的粘合强度增大; 胶浆中偶联剂VTPS含量为10%时硅橡胶与骨架材料的粘合强度较高, 偶联剂VTPS含量继续增大到30%时硅橡胶与骨架材料的粘合强度增幅不大, 说明胶浆中偶联剂VTPS含量为10%时增粘效果较佳; 硅橡胶与聚酯纤维织物粘合强度最高, 与玻璃纤维织物、聚酰胺纤维织物、

聚四氟乙烯、不锈钢及铝合金的粘合强度相差不大, 但对聚酰亚胺纤维类织物几乎没有增粘效果, 说明硅橡胶与聚酰亚胺纤维织物复合时不适合使用偶联剂VTPS。

### 3.2 开姆洛克608对硅橡胶与骨架材料粘合强度的影响

开姆洛克608对硅橡胶与骨架材料粘合强度的影响如表2所示。

从表2可以看出: 胶浆中未添加开姆洛克608时

表2 开姆洛克608对硅橡胶与骨架材料粘合强度的影响

胶浆中开姆洛克608含量/%	硅橡胶与骨架材料粘合强度/(kN·m <sup>-1</sup> )						
	聚酰亚胺纤维织物	聚酰胺纤维织物	聚酯纤维织物	玻璃纤维织物	聚四氟乙烯	不锈钢	铝合金
0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3
1	1.2	2.1	2.3	1.6	1.2	1.3	1.3
5	4.0	3.6	3.8	3.4	3.5	3.6	3.5
10	4.9	4.7	4.7	4.5	4.2	4.5	4.3
30	4.8	4.6	4.7	4.6	4.3	4.6	4.4

硅橡胶与骨架材料的粘合强度很低；胶浆中添加开姆洛克608后硅橡胶与骨架材料的粘合强度明显提高，而且随着开姆洛克608含量增大而增大；胶浆中开姆洛克608含量为10%时硅橡胶与骨架材料的粘合强度基本达到峰值，增粘效果较佳；开姆洛克608对聚酰亚胺纤维类织物有很好的增粘效果。

### 3.3 偶联剂KH-550/A-151并用体系对硅橡胶与骨架材料粘合强度的影响

偶联剂KH-550/A-151并用体系对硅橡胶与骨架材料粘合强度的影响如表3所示。

从表3可以看出：胶浆中未添加偶联剂KH-550/A-151并用体系时硅橡胶与骨架材料的粘合强度很

表3 偶联剂KH-550/A-151并用体系对硅橡胶与骨架材料粘合强度的影响

胶浆中偶联剂KH-550/A-151并用体系含量/%	硅橡胶与骨架材料粘合强度/(kN·m <sup>-1</sup> )						
	聚酰亚胺纤维织物	聚酰胺纤维织物	聚酯纤维织物	玻璃纤维织物	聚四氟乙烯	不锈钢	铝合金
0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3
1	0.4	1.6	1.8	1.2	1.4	1.0	1.2
5	0.4	3.3	3.5	3.3	3.1	3.3	3.4
10	0.5	4.2	4.5	4.1	4.0	4.1	4.2
30	0.6	4.2	4.6	4.2	4.1	4.0	4.2

低；胶浆中添加偶联剂KH-550/A-151并用体系后硅橡胶与骨架材料的粘合强度明显提高，而且随着偶联剂KH-550/A-151并用体系含量增大而增大；偶联剂KH-550/A-151并用体系含量为10%时硅橡胶与骨架材料的粘合强度较高，继续增大到30%时硅橡胶与骨架材料的粘合强度变化不大，说明胶浆中偶联剂KH-550/A-151并用体系含量为10%时增粘效果较佳；硅橡胶与聚酯纤维织物的粘合强度最高，与玻璃纤维织物、聚酰胺纤维织物、聚四氟乙烯、不锈钢及铝合金的粘合强度相差不大，但对聚酰亚胺纤维织物没有增粘效果，说明硅橡胶与聚酰亚胺纤维织物复合时不适合使用偶联剂KH-550/A-151并用体系作为粘合剂。

### 3.4 偶联剂A-151/间苯二酚并用体系对硅橡胶与骨架材料粘合强度的影响

偶联剂A-151/间苯二酚并用体系对硅橡胶与骨

架材料粘合强度的影响如表4所示。

从表4可以看出：胶浆中未添加偶联剂A-151/间苯二酚并用体系处理的硅橡胶与骨架材料的粘合强度很低；胶浆中添加偶联剂A-151/间苯二酚并用体系后硅橡胶与骨架材料的粘合强度明显提高，而且随着偶联剂A-151/间苯二酚并用体系含量增大而增大；胶浆中偶联剂A-151/间苯二酚并用体系含量为10%时硅橡胶与骨架材料的粘合强度较高，继续增大到30%时硅橡胶与骨架材料的粘合强度变化不大，说明胶浆中偶联剂A-151/间苯二酚并用体系含量为10%时增粘效果较佳；硅橡胶与聚酯纤维织物的粘合强度较高，与玻璃纤维织物、聚酰胺纤维织物、聚四氟乙烯、不锈钢及铝合金的粘合强度相差不大，但对聚酰亚胺纤维织物没有增粘效果，说明硅橡胶与聚酰亚胺纤维织物复合时不适合使用偶联剂A-151/间苯二酚并用体系作为粘合剂。

表4 偶联剂A-151/间苯二酚并用体系对硅橡胶与骨架材料粘合强度的影响

胶浆中偶联剂A-151/ 间苯二酚并用体系含量/%	硅橡胶与骨架材料粘合强度/(kN·m <sup>-1</sup> )						
	聚酰亚胺 纤维织物	聚酰胺纤维 织物	聚酯纤维织物	玻璃纤维织物	聚四氟乙烯	不锈钢	铝合金
0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3
1	0.3	1.5	1.7	1.3	1.3	1.1	1.2
5	0.5	3.3	3.5	3.2	3.0	3.2	3.3
10	0.5	4.1	4.4	4.2	3.9	4.0	4.1
30	0.5	4.2	4.1	4.3	4.0	4.1	4.0

#### 4 应用实例

通过大幅提高硅橡胶与骨架材料的粘合强度,使硅橡胶/骨架材料复合材料在航空航天领域得到了有效的应用。

##### 4.1 在“神七”宇航员舱外航天服中的应用

硅橡胶/骨架织物制得的复合材料成功用于“神七”舱外航天服(包括指套、掌面隔热垫、腕关节和肩垫等),如图2所示。当宇航员身穿舱外航天服在太空行走时,这些重要部件既能在-120~120℃温度范围内具有足够的柔韧性,又

具有耐太空辐射和抵抗宇宙垃圾等侵害的特殊性能,保证宇航员行动自如地进行科研活动,确保宇航员生命安全。该成果属国内首创,独家生产,拥有自主创新知识产权,填补了国内空白,打破了国外技术垄断,达到世界同行业水平,为我国航天事业的发展做出了重大贡献。

##### 4.2 在航空装备中的应用

硅橡胶与聚酰亚胺纤维织物、聚酯纤维织物、聚酰胺纤维织物、金属等骨架材料复合的橡胶制品(如图3~7所示)在各种航空装备中得到应用。



图2 用于“神七”舱外航天服的硅橡胶/骨架织物复合橡胶制品



图3 硅橡胶/聚酰亚胺纤维复合波纹软管

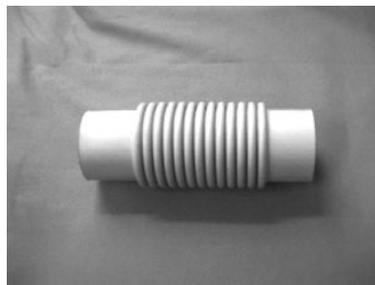


图4 硅橡胶/聚酯纤维复合波纹软管

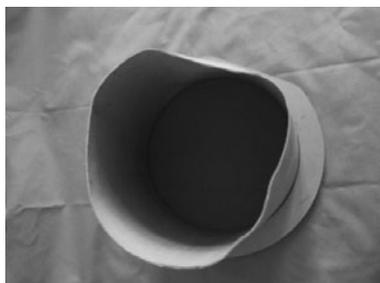


图5 硅橡胶/聚酯纤维复合密封件



图6 硅橡胶/聚酰胺纤维/金属复合胶管



图7 硅橡胶/金属复合减震器

## 5 结论

(1) 表面不经粘合剂处理的骨架材料与硅橡胶之间的粘合强度很低, 骨架材料表面处理胶浆中加入粘合剂对提高硅橡胶与骨架材料的粘合强度起决定性作用。

(2) 与传统的浸渍工艺相比, 将粘合剂加入骨架材料表面处理胶浆中的方法具有操作方便、工艺实用性强的特点, 且硅橡胶与骨架材料的粘合强度能满足使用要求。

(3) 偶联剂VTPS、开姆洛克608、偶联剂KH-550/A-151并用体系和偶联剂A-151/间苯二酚并用体系是硅橡胶与骨架材料粘合的良好增粘剂, 能有效提高硅橡胶与聚酰胺纤维织物、聚酯纤维织物、玻璃纤维织物、聚四氟乙烯、不锈钢及铝合金的粘合强度。

(4) 当骨架材料表面处理胶浆中粘合剂含量为10%时, 粘合剂增粘效果最佳, 粘合剂含量继续增大到30%时, 硅橡胶与骨架材料的粘合强度变化不大, 从经济性考虑, 胶浆中粘合剂的最佳含量是10%。

(5) 聚酰亚胺纤维织物与硅橡胶的粘合性能很差, 使用偶联剂VTPS、偶联剂KH-550/A-151并用体系及偶联剂A-151/间苯二酚并用体系作表面处理胶浆粘合剂均无法使织物与硅橡胶粘合, 只有使用开姆洛克608作表面处理胶浆粘合剂, 织物与硅橡胶才能获得良好的粘合性能。

## Study on Adhesion Properties of Silicone Rubber and Reinforcing Materials

Du Hongqin, Zhou Haiyun, Sun Zhuo

(Shenyang Rubber Research & Design Institute, China National Tire & Rubber Corporation, Shenyang 110021, China)

**Abstract:** The adhesion properties of silicone rubber and reinforcing materials were investigated. The reinforcing materials included polyimide fiber fabric; polyamide fiber fabric, polyester fiber fabric, glass fiber fabric, PTFE, metals such as stainless steel and aluminum. Coupling VTPS, Chemlok 608, blend of coupling agent KH-550 and A-151, and blend of coupling agent A-151 and resorcinol could effectively improve the adhesion strength between silicone rubber and reinforcing materials except for polyimide fiber fabric. The optimum binder content of the adhesive was 10%. For polyimide fiber fabric, it was recommended to use Chemlok 608 which could provide good adhesion strength between silicone rubber and polyimide fiber fabric.

**Keywords:** silicone rubber; reinforcing material; fiber fabric; metal; adhesive strength; adhesive