

---

# 开孔型泡沫硅橡胶材料的制备及性能的研究

刘道龙 刘鹏波 徐 闻

高分子材料工程国家重点实验室，四川大学高分子研究所，成都 610065

硅橡胶泡沫材料将硅橡胶与泡沫材料的特性结合于一体，不但具有硅橡胶的优良特性，还具有良好的耐高能冲击和隔音隔热等特性，可用作密封、减震、隔音和隔热等材料，在交通运输、石油、化工、电子工业和航空航天等领域的应用日益广泛<sup>[1]</sup>。

制备泡沫材料的方法有两种，即化学发泡和物理发泡。化学发泡制备的泡沫硅橡胶通常为闭孔材料，其非链式的发泡反应使得材料的泡孔大小、泡孔结构、密度均匀性都难以控制<sup>[2]</sup>；物理发泡是将填充有无机成孔剂的胶料硫化定型后，用溶剂将无机成孔剂溶析出来，得到开孔型泡沫材料。采用溶析法制备泡沫硅橡胶材料，硫化与发泡分步进行，孔隙度及开孔率都由成孔剂的用量、形状决定，所制备的泡沫密度均匀，泡孔大小及形状可控<sup>[3, 4]</sup>。本工作采用溶析成孔法制备出了开孔型泡沫硅橡胶，同时研究了结构化控制剂的用量、白碳黑的用量、无机成孔剂的用量等因素对泡沫硅橡胶材料力学性能的影响。

## 1. 实验部分

泡沫硅橡胶的制备：按照配方称取硅橡胶生胶、气相法白炭黑、羟基硅油，用双辊开炼机混炼均匀后，室温下贮存 24 小时，并于 170℃ 下热处理 3 小时，然后返炼并加入硫化剂及成孔剂。将称量好的混炼胶均匀填入模腔，在 160℃ 下进行一段硫化，时间 12 分钟，然后水洗移出成孔剂，干燥后在 200℃ 下进行二段硫化，时间 4 小时，即制得泡沫硅橡胶材料。

拉伸性能按照 GB 528-98，在 Instron 万能材料试验机上测定；压缩应力—应变曲线采用 Instron 万能材料试验机测定，加载速率为 5mm/min，试样尺寸为 25mm × 25mm × 8mm，压缩永久变形采用自制装置测定，试样尺寸为 25mm × 25mm × 8mm，

测定条件为 70 °C 下 22h、压缩量 30%。

## 2.结果与讨论

由 Tab. 1 可以看出，结构化控制剂羟基硅油用量增加时，泡沫材料的拉伸强度和邵氏硬度下降、扯断伸长率增加。白炭黑的用量对泡沫硅橡胶的性能影响较大。随着白炭黑用量的增加，硅橡胶泡沫材料的拉伸断裂强度及扯断伸长率大幅度增加，当白炭黑用量达到 35 份以后，拉伸断裂强度及扯断伸长率的变化不大 ( Fig. 1、 2 )。

Tab. 1 The effect of silicon oil content on the mechanical properties of silicone rubber foam\*

Silicon oil content (Phr)	10	13	17
Tensile strength (MPa)	1.37	1.30	1.28
Elongation at break (%)	240	285	300
Hardness ( Shore A )	36	27	24

\*35 phr of silicon dioxide, 210 phr of foaming agent .

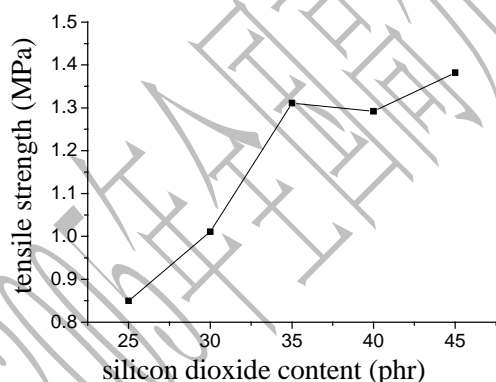


Fig. 1 Tensile strength of silicone rubber foam vs silicon dioxide content (240 phr of foaming agent)

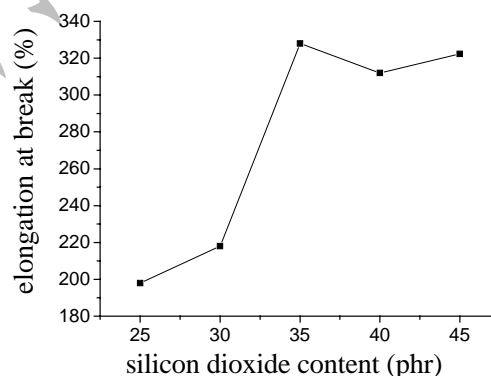


Fig. 2 Elongation at break of silicone rubber foam vs silicon dioxide content (240 phr of foaming agent)

随着成孔剂用量增加，泡沫密度减小、孔隙度增加、开孔率增加(Fig. 3 、 4)。

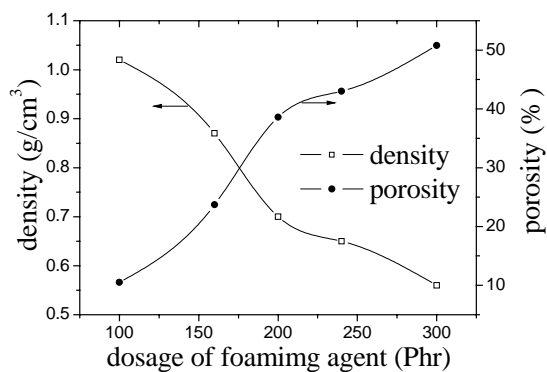


Fig. 3 The density and porosity of silicone rubber foam vs foaming agent content (35 phr of silicon dioxide)

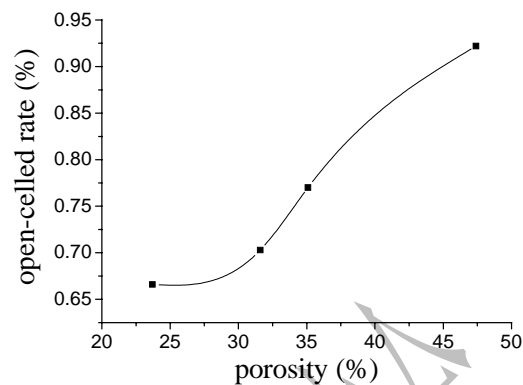


Fig. 4 The open-celled rate of silicone rubber foam vs the porosity (35 phr of silicon dioxide)

Tab. 2 The effect of foaming agent content on the mechanical properties of silicon rubber foam\*

Foaming agent content (phr)	100	160	200	240
Porosity (%)	10.5	23.7	38.6	43.0
Tensile strength (MPa)	1.89	1.46	1.18	1.11
Elongation at break (%)	352	353	301	283
compression set (%)	2.47	0.4	1.46	2.2

\* 40 phr of silicon dioxide, 13 phr of silicon oil.

从 Tab. 2 可以看出,随着成孔剂加入量的增加,硅橡胶泡沫材料的孔隙度增加,拉伸强度及断裂伸长率逐渐减小,压缩永久变形小于 3%。

### 3. 结 论

随着羟基硅油用量的增加,硅橡胶泡沫的拉伸强度和硬度下降、扯断伸长率增加。随着白炭黑用量的增加,硅橡胶泡沫材料的拉伸断裂强度和断裂伸长率均大幅度增加,当白炭黑用量达到 35 份以后,拉伸断裂强度和断裂伸长率均变化不大。溶析发泡法制备的泡沫材料为开孔结构,泡沫的密度随成孔剂用量的增加而减小,孔隙度及开孔率随成孔剂用量的增加而增大。泡沫硅橡胶材料的压缩永久变形小于 3%。

### 参考文献

- 
- 1 雷卫华, 橡胶工业, 1998, 45 : 738.
  - 2 胡义, 姚国萍, 有机硅材料, 2000, 14 ( 1 ): 11.
  - 3 胡义, 姚国萍, 薄型开孔硅泡沫材料的研制, 中国科协第二界青年学术年会论文集, 成都, 1995.
  - 4 黄渝鸿, 胡文军 周德惠, 高性能泡沫橡胶及其制造方法, 申请号 01107132.X.

## **A Study On The Preparation of Open Cell Silicon Rubber Foam And Its Mechanical Properties**

Liu Daolong, Liu Pengbo, Xu Wen

The State Key Lab. of Polymer Materials Engineering, Polymer Research Institute  
Of Sichuan University, Chengdu 610065, China

One kind of open cell silicone rubber foam material was prepared through the technology of removing inert fillers used as foaming agents from the silicone rubber matrix. The effect of silicone oil content, silicon dioxide content and inert fillers content on the mechanical properties of silicone rubber foam were researched in this paper. The Experimental results show that the tensile strength and hardness of the silicone rubber foam are decreased with the increase of silicone oil content, and the elongation at break increases. With the increase of silicon dioxide content, the tensile strength and elongation at break of silicone rubber foam improve greatly. With the increase of foaming agent content, the density of silicone rubber foam decreases and the porosity improved. The tensile strength of silicone rubber foam decreases with the increase of porosity.

**Key word:** open cell foam, silicone rubber, physical foaming