

橡胶拉伸断裂能与磨耗性能的关系研究

崔玉香^{1,2}, 孙举涛^{2*}, 刘尧²

(1. 青岛安普泰科电子有限公司, 山东 青岛 266108; 2. 青岛科技大学 高分子科学与工程学院, 山东 青岛 266042)

摘要:以丁苯橡胶(SBR)、顺丁橡胶和天然橡胶为基体, 研究采用普通硫化体系、有效硫化体系、半有效硫化体系和平衡硫化体系硫化胶的拉伸断裂能与磨耗性能的相关性。结果表明: 硫化胶的DIN磨耗量与拉伸断裂能有一定的相关性, 随拉伸断裂能的增大, DIN磨耗量下降; 但拉伸断裂能与阿克隆磨耗量没有明显的相关性。采用不同种类的炭黑补强SBR研究得到相同的结果, 表明拉伸断裂能与DIN磨耗量的相关性具有一定的普适性。

关键词:橡胶; 拉伸断裂能; 磨耗性能; 相关性

中图分类号: TQ330.7⁺3; TQ330.38⁺5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-890X(2016)07-0403-04

橡胶磨耗过程非常复杂, 影响因素众多。虽然人们对橡胶的磨耗过程^[1-2]、磨耗机理^[3-4]和影响因素^[5-6]进行了很多研究, 但对影响橡胶耐磨耗性能的决定性因素仍然没有得到共识, 对在一定条件下预测橡胶制品的磨耗性能仍缺乏科学的认识。橡胶的耐磨性能从本质上取决于强度、弹性滞后、疲劳和摩擦等较为简单的物理性能, 因此基于基本物理性能来构建橡胶制品耐磨耗性能的预测模型一直是人们关注的重点。虽然P. Thavamani等^[7]、A. N. Gent等^[3]和N. Amino等^[8]分别建立了基于弹性模量、摩擦功和滞后性能的耐磨耗性能预测公式, 但这些关系式大多针对一定类型的弹性体或一定的试验方法, 有些公式所需的物理性能需要特殊的测试设备才能得到, 因此应用范围有限。橡胶的拉伸断裂能与其强度、弹性模型和拉伸伸长率等物理性能密切相关, 因此对硫化胶的磨耗性能有重要影响。K. A. Grosch等^[9]采用针式磨耗仪研究了拉伸断裂能与磨耗强度的关系, 发现其与磨耗强度具有较好的线性关系。

目前的橡胶磨耗性能测试误差比较大, 而硫

化体系(硫黄和促进剂)对磨耗性能的影响又比较小, 如果固定促进剂或硫黄用量, 研究另一变量对磨耗的影响, 其磨耗量相差很小, 而误差又比较大, 不适合做规律性的研究。因此本工作设计了4个硫化体系和3个胶种, 采用阿克隆和DIN磨耗仪, 研究硫化胶拉伸断裂能与磨耗量的关系, 为在一定条件下预测橡胶制品的磨耗特性和磨耗寿命提供有效判据和理论依据。

1 实验

1.1 主要原材料

丁苯橡胶(SBR, 牌号1500E)、顺丁橡胶(BR, 牌号9000), 中国石化齐鲁石化公司产品; 天然橡胶(NR), 牌号SMR20, 马来西亚产品; 炭黑, 青岛德固赛化学有限公司产品。

1.2 试验配方

SBR、NR和BR的普通硫化体系(CV)、有效硫化体系(EV)、半有效硫化体系(SEV)和平衡硫化体系(EC)的配方分别如表1~3所示。

表1 SBR配方 份

组 分	硫化体系			
	CV	EV	SEV	EC
偶联剂Si69	0	0	0	2.5
促进剂NS	1	1	2.5	1.78
促进剂TMTD	0	0.4	0	0
硫化剂DTDM	0	2	0	0
硫黄	2	0	1.2	1.2

注: 配方其他组分和用量为SBR 100, 炭黑N330 50, 氧化锌 3, 硬脂酸 1。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51103077, 51372128); 绿色轮胎与橡胶协同创新中心开放课题资助项目(2014GTR0004)

作者简介: 崔玉香(1980—), 女, 青海乐都县人, 青岛安普泰科电子有限公司高级工程师, 硕士, 主要从事高分子材料加工应用研究工作。

*通信联系人

表2 NR配方 份

组 分	硫化体系			
	CV	EV	SEV	EC
偶联剂Si69	0	0	0	3.6
促进剂NS	0.5	1	0.5	1.77
促进剂TMTD	0	1	0	0
硫化剂DTDM	0	1	0.5	0
硫黄	2.5	0	1.5	1.72

注:配方其他组分和用量为NR 100,炭黑N330 40,氧化锌 5,硬脂酸 2,防老剂4010 2。

表3 BR配方 份

组 分	硫化体系			
	CV	EV	SEV	EC
偶联剂Si69	0	0	0	2.5
促进剂NS	0.8	1	0.5	1.0
促进剂TMTD	0	1	0	0
硫化剂DTDM	0	1	0.5	0
硫黄	2.5	0	1.5	1.75

注:配方其他组分和用量为BR 100,炭黑N330 60,氧化锌 3,硬脂酸 2,操作油 15。

1.3 主要设备和仪器

Z-005型电子拉力机,德国Zwic公司产品;JC-1007型橡胶冲击弹性试验机,精诚测试仪器(上海)有限公司产品;LX-A型橡胶硬度计,上海险峰电影机械厂产品;GT-7012-A型阿克隆磨耗机、GT-7017型老化试验箱,高铁科技股份有限公司产品。

1.4 试样制备

在开炼机上加入橡胶,待生胶包辊后依次加入氧化锌、硬脂酸、促进剂等小料,混炼均匀后加入炭黑,左右各割胶3次,混炼均匀后将辊距调至1 mm,薄通6次下片。按硫化仪测定胶料的正硫化时间(t_{90}),在平板硫化机上于150 °C/15 MPa $\times t_{90}$ 条件下硫化试样。

1.5 性能测试

各项性能均按相应国标进行测试。拉伸断裂能是指试样拉断过程中拉伸曲线下包围的面积,由电子拉力机直接给出,测5个试样,取中值。

2 结果与讨论

2.1 硫化体系对胶料物理性能的影响

硫化体系对SBR,NR和BR物理性能的影响如表4所示。

在不同硫化体系下,SBR,NR和BR的交联密

表4 硫化体系对SBR,NR和BR物理性能的影响

项 目	硫化体系			
	CV	EV	SEV	EC
SBR				
邵尔A型硬度/度	69	69	69	65
100%定伸应力/MPa	2.63	2.39	2.49	1.91
300%定伸应力/MPa	10.67	11.11	11.29	8.08
拉伸强度/MPa	26.6	25.3	24.2	25.9
拉断伸长率/%	584	566	543	660
拉伸断裂能/J	11.16	10.87	10.19	12.12
回弹值/%	47	47	47	52
撕裂强度/(kN \cdot m ⁻¹)	65	63	59	56
屈挠疲劳寿命/万次				
1级裂口	30	4	15	8.5
6级裂口	32	5	16	10
NR				
邵尔A型硬度/度	59	57	59	64
100%定伸应力/MPa	1.45	1.24	1.58	1.95
300%定伸应力/MPa	4.99	3.96	5.59	7.31
拉伸强度/MPa	27.0	26.8	28.9	25.1
拉断伸长率/%	835	644	867	699
拉伸断裂能/J	16.03	13.75	17.2	15.54
回弹值/%	64	59	63	66
撕裂强度/(kN \cdot m ⁻¹)	62	66	79	61
屈挠疲劳寿命/万次				
1级裂口	2	1.5	4.5	3.5
6级裂口	10	3.5	11	10
BR				
邵尔A型硬度/度	67	64	61	64
100%定伸应力/MPa	2.08	1.69	1.65	1.75
300%定伸应力/MPa	6.44	5.26	4.85	5.30
拉伸强度/MPa	12.7	9.67	15.9	15.1
拉断伸长率/%	537	497	821	709
拉伸断裂能/J	5.74	4.04	9.72	8.22
回弹值/%	50	48	47	50
撕裂强度/(kN \cdot m ⁻¹)	41	40	52	50
屈挠疲劳寿命/万次				
1级裂口	70	3	98	20
6级裂口	300	45	102	300

度和交联键类型都有较大的差别,因此硫化胶的基本物理性能和拉伸断裂能均有一定的差异。

2.2 拉伸断裂能与磨耗性能的关系

橡胶的磨耗破坏过程也是断裂过程,因此橡胶的拉伸断裂能对耐磨性能有一定的影响。SBR,NR和BR硫化胶的拉伸断裂能与磨耗性能的关系如图1~3所示。

从图1可以看出,SBR的拉伸断裂能对阿克隆磨耗和DIN磨耗的影响相反,硫化胶的阿克隆磨耗量随拉伸断裂能的增大而提高,而DIN磨耗量则随拉伸断裂能的增大而近乎呈线性降低。这可能与阿克隆与DIN磨耗机理不同有关。

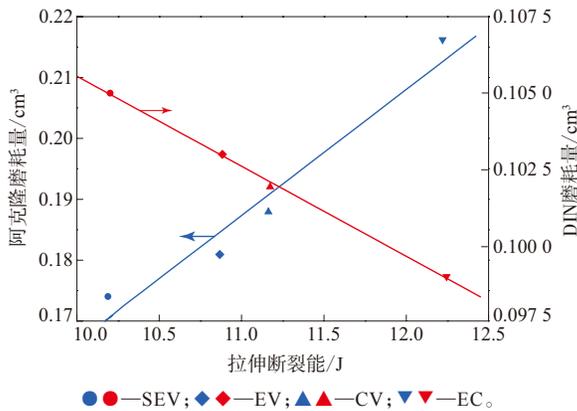


图1 SBR磨耗性能与拉伸断裂能的关系

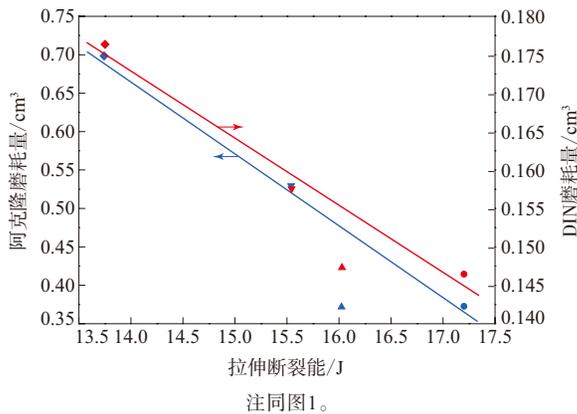


图2 NR磨耗性能与拉伸断裂能的关系

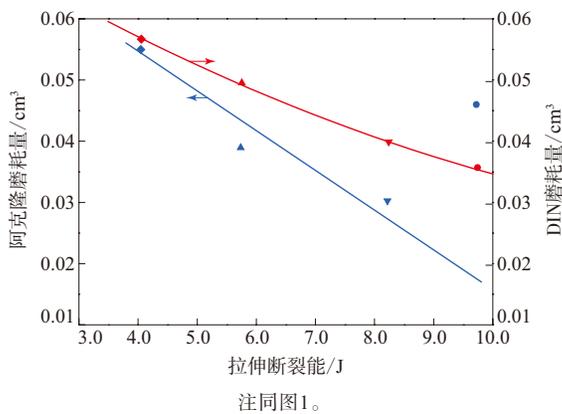


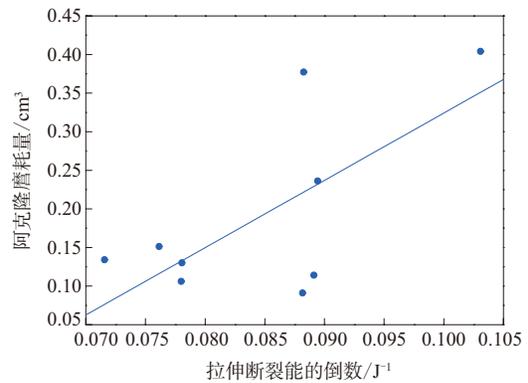
图3 BR磨耗性能与拉伸断裂能的关系

从图2可以看出,随拉伸断裂能的增大,NR硫化胶的阿克隆和DIN磨耗量均有所下降,但阿克隆磨耗的相关性较差。

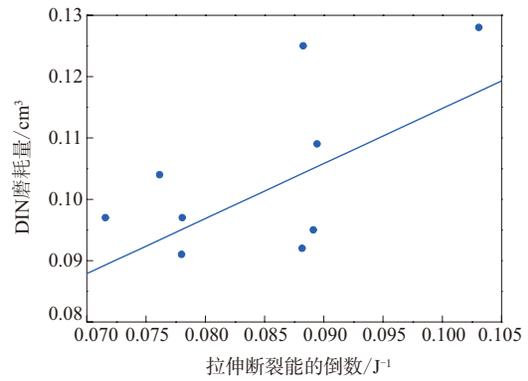
从图3可以看出,随拉伸断裂能的增大,BR硫化胶的DIN磨耗量基本呈线性下降,但对于阿克隆磨耗而言,这种相关性较差,尤其是SEV体系,明显

偏离拟合曲线。

从以上分析可以看出,3种橡胶的拉伸断裂能都与DIN磨耗有一定的相关性,但与阿克隆磨耗量的相关性较差。为验证这一结论,以SBR为研究对象(采用表1中EC配方,只改变炭黑种类),探讨不同炭黑种类条件下,硫化胶拉伸断裂能与磨耗性能的关系。N115,N134,N220,N234,N326,N330,N550,N660和N774九种炭黑补强的SBR硫化胶拉伸断裂能与磨耗性能的关系如图4所示。



(a) 阿克隆磨耗



(b) DIN磨耗

图4 9种炭黑补强的SBR硫化胶磨耗性能与拉伸断裂能的关系

从图4可以看出,拉伸断裂能与硫化胶的DIN磨耗量有一定的相关性,但与阿克隆磨耗量的相关性较差。

3 结论

(1) SBR,BR和NR硫化胶的DIN磨耗量与其拉伸断裂能都有一定的相关性,随拉伸断裂能的增大,硫化胶的DIN磨耗量下降,耐磨性能提高。

(2) SBR, BR和NR硫化胶的拉伸断裂能与阿克隆磨耗量的相关性较差。

(3) 对于不同种类炭黑补强的SBR, 硫化胶的拉伸断裂能与DIN磨耗量有一定的相关性, 而与阿克隆磨耗量的相关性不明显。这说明拉伸断裂能与DIN磨耗量的相关性有一定的普适性。

参考文献:

- [1] Schallamach A. Abrasion of Rubber by a Needle[J]. Journal of Polymer Science, 1952, 9(5): 385-404.
- [2] Iwai T, Uchiyama Y, Shimosaka K, et al. Study on the Formation of Periodic Ridges on the Rubber Surface by Friction and Wear Monitoring[J]. Wear, 2005, 259(1-6): 669-675.
- [3] Gent A N, Pulford C T R. Mechanisms of Rubber Abrasion[J]. Journal of Applied Polymer Science, 1983, 28(3): 943-960.
- [4] Rattanasom N, Chaikumpollert O. Crack Growth and Abrasion Resistance of Carbon Black-Filled Purified Natural Rubber Vulcanizates[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2003, 90(7): 1793-1796.
- [5] Fukahori Y. Mechanism of Rubber Abrasion. Part 3: How is Friction Linked to Fracture in Rubber Abrasion?[J]. Wear, 1995, 188(1-2): 19-26.
- [6] Fukahori Y, Liang H, Busfield J J C. Criteria for Crack Initiation during Rubber Abrasion[J]. Wear, 2008, 265(3-4): 387-395.
- [7] Thavamani P, Bhowmick A K. Wear of Natural Rubber and Styrene Butadiene Rubber Vulcanizates at Elevated Temperature[J]. Plastics, Rubber and Composites Processing and Applications, 1993, 20(4): 239-247.
- [8] Amino N, Uchiyama Y. Relationships between the Friction and Viscoelastic Properties of Rubber[J]. Tire Science and Technology, 2000, 28(3): 178-195.
- [9] Grosch K A, Schallamach A. Relation between Abrasion and Strength of Rubber[J]. Rubber Chemistry and Technology, 1966, 39(2): 287-305.

收稿日期: 2016-01-21

Relationships between Abrasion Property and Break Energy of Rubbers

CUI Yuxiang^{1,2}, SUN Jutao², LIU Yao²

(1. Tyco Electronics AMP Qingdao Co., Ltd, Qingdao 266108, China; 2. Qingdao University of Science & Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: Taking SBR, BR and NR as matrix, the relationship between the abrasion property and break energy of vulcanizates with different curing systems (CV, EV, SEV and EC) was investigated. The results showed that, the DIN abrasion loss had certain correlation with break energy, and the DIN abrasion loss decreased with the increase of break energy. However, for Akron abrasion loss the correlation was not obvious. The same result was obtained for SBR filled with different kinds of carbon black, which indicated that the DIN abrasion loss might have certain correlation with the break energy in general.

Key words: rubber; break energy; abrasion property; correlation

一种提高胶清橡胶性能的方法

中图分类号: TQ332.6 文献标志码: D

由海南大学申请的专利(公开号 CN 104693321A, 公开日期 2015-06-10)“一种提高胶清橡胶性能的方法”, 提供了一种提高胶清橡胶性能的方法: 离心机分离得到的胶清乳液中加入0.1~10份胶乳稳定剂熟化后, 经中空纤维柱(相对分子质量为1万~20万)滤除相对分子质量小的非橡胶组分, 浓缩得到干胶质量分数为0.1~0.5

的纯化胶清乳液; 向纯化胶清乳液中加入0.2~2份木瓜蛋白酶处理1~5 h后, 用酸凝固制得固体胶清橡胶。经改性的固体胶清橡胶的6项基本性能指标(杂质、灰分、氮和挥发物的质量分数以及塑性初值和塑性保持率)均得到显著的提高, 达到国产5#标准胶的性能指标要求。该发明的优点是工艺过程相对简单, 污染小, 提高了胶清橡胶的质量。

(本刊编辑部 赵敏)