

尼龙和聚酯短纤维的长度对其与天然橡胶 氯丁橡胶复合材料性能的影响*

张立群 周彦豪** 李 晨

黄 毅 者东梅 陆熙瑜

(北京化工学院 100029)

摘要 本文就尼龙、聚酯短纤维的长度对尼龙-天然橡胶以及聚酯-氯丁橡胶复合材料的物理性能和溶胀性能的影响进行了理论研究。实验结果表明:这两种短纤维橡胶复合材料的撕裂强度、20%定伸应力随短纤维长度增加而增大,抗溶胀能力增强;拉伸强度则在短纤维最佳长径比条件下最好。尼龙、聚酯短纤维经D法预处理后,其复合材料的各项性能均有较大提高。

关键词 短纤维复合材料,物理性能,溶胀性能,预处理方法

1 前言

前人就已短纤维的长径比对短纤维橡胶复合材料(英文缩写 SFRC)物理性能的影响进行了研究^[1~10]。Chen^[2]和 Kardos^[3]等的研究表明, SFRC 的拉伸强度随短纤维长径比增加而增加,最终趋于一个定值。Ellis^[4]的研究结果表明,短纤维必须有一个临界长径比,当短纤维长径比大于临界值时,才能发挥其补强优势。还有研究^[5~8]认为,短纤维临界长径比必须大于100,才能使 SFRC 获得较好的性能。而 Murty 和 De^[9]以及 Chakraborty 等研究发现,在黄麻短纤维长径比低于40时,也可获得满意的补强效果。总之,研究结论不一致,并且短纤维长径比对 SFRC 溶胀性能的研究也很少见。因此,我们对尼龙-天然橡胶(NR)和聚酯-氯丁橡胶(CR)的 SFRC 的性能进行了研究,得出了短纤维长度对这两种 SFRC 的物理性能和溶胀性能影响的一些规律。

2 实验

原材料、短纤维处理方法、加工工艺及拉伸性能、溶胀性能和纤维长度保持率的测定

方法见参考文献[1]。

3 结果与讨论

3.1 临界长径比的分析

临界长径比是给定纤维承受最大拉伸应力时所需的最小长径比。研究认为^[11],临界长径比受粘合效果、分散性、短纤维体积分数、基质强度、短纤维模量、短纤维断裂率等因素的影响。分散性差或粘合效果好则临界长径比应稍低;基质强度高,短纤维所需承受的最大拉伸应力就会变大,则要求临界长径比较大;短纤维模量高,所承受的应力大,则临界长径比较小;短纤维断裂率增大,有效长径比(即加工后的长径比)下降,则临界长径比偏大;短纤维体积分数高时,临界长径比偏小。上述关系可用下式表示:

$$L_0/d=f(N,F,T,J,M,D)$$

式中 L_0 ——一定直径 d 时的临界长度;

d ——短纤维直径;

f ——临界长径比的函数;

N ——粘合状况参数;

F ——分散状况参数;

T ——短纤维体积分数;

J ——基质强度;

* 化工部项目。

** 现在广东工学院材料科学与工程系。

M —— 短纤维模量;

D —— 短纤维断裂率。

由于上式中各个因素很难量化,因此只能用该式进行定性分析。对于指定的SFRC, M , D , J 和 T 都是定值,因而 L_0/d 仅与 F 和 N 有关。

3.2 短纤维长度对SFRC物理性能的影响

3.2.1 尼龙短纤维的影响

尼龙短纤维长度对D法处理^[1]尼龙-NR的SFRC物理性能的影响见图1。从图1可以看出,预处理尼龙短纤维的临界长径比为250,即纤维临界长度为5mm时,SFRC的拉

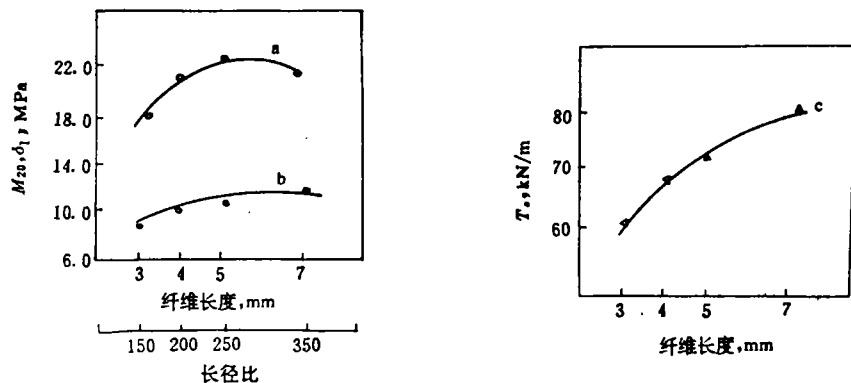


图1 纤维长度对D法处理尼龙-NR的SFRC物理性能的影响(取向为L向^[1])

a—拉伸强度(δ); b—20%定伸应力(M_{20}); c—撕裂强度(T_s)

伸强度最大。在纤维长度小于5mm时,随纤维长度增加,其载荷传递长度增加^[1],短纤维可以承受从基质传递的更大应力,因此SFRC拉伸强度增大。当短纤维长度超过5mm时,由于在较大应力作用下,纤维末端效应加强,并且由于纤维长度增加,而使短纤维缠绕结团和断裂率增加,纤维端点和较短纤维比率增大(见图2),从而使应力集中点增多,易导致SFRC破坏,所以SFRC的拉伸强度反而下降。

拉伸强度往往受末端效应、纤维分散性、界面应力以及SFRC内部缺陷等因素影响,而20%定伸应力则与短纤维长度关系更密切,短纤维端部限制基质变形的能力要较纤维侧面小得多,因此短纤维越长,端部越少,限制基质变形的能力越强,且随短纤维长度增加,载荷传递长度也增加,应力承受能力增加,因此SFRC的20%定伸应力也随短纤维长度增加而增大。

由于在撕裂过程中,拔出、扯断和剥离短纤维都需耗费大量能量,因此加入短纤维并改善粘合效果可以有效阻止SFRC的裂纹扩展或使之偏离,这是提高SFRC撕裂强度的有效途径。从图1可以看出,短纤维越长,其纵向撕裂强度就越高。

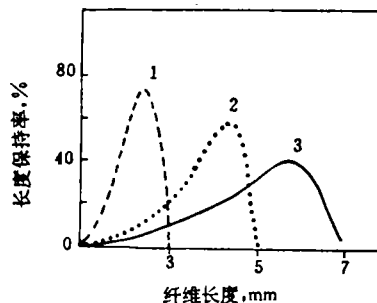


图2 不同纤维长度的预处理尼龙-NR的SFRC的纤维长度保持率

1—纤维原长3mm; 2—纤维原长5mm; 3—纤维原长7mm

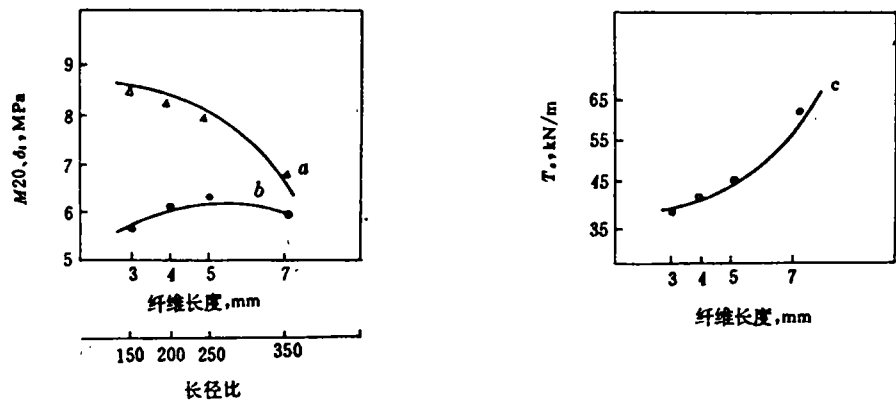


图 3 纤维长度对未处理尼龙-NR 的 SFRC 物理性能的影响(纤维取向为 L 向)
a—拉伸强度(δ); b—20%定伸应力(M_{20}); c—撕裂强度(T_s)

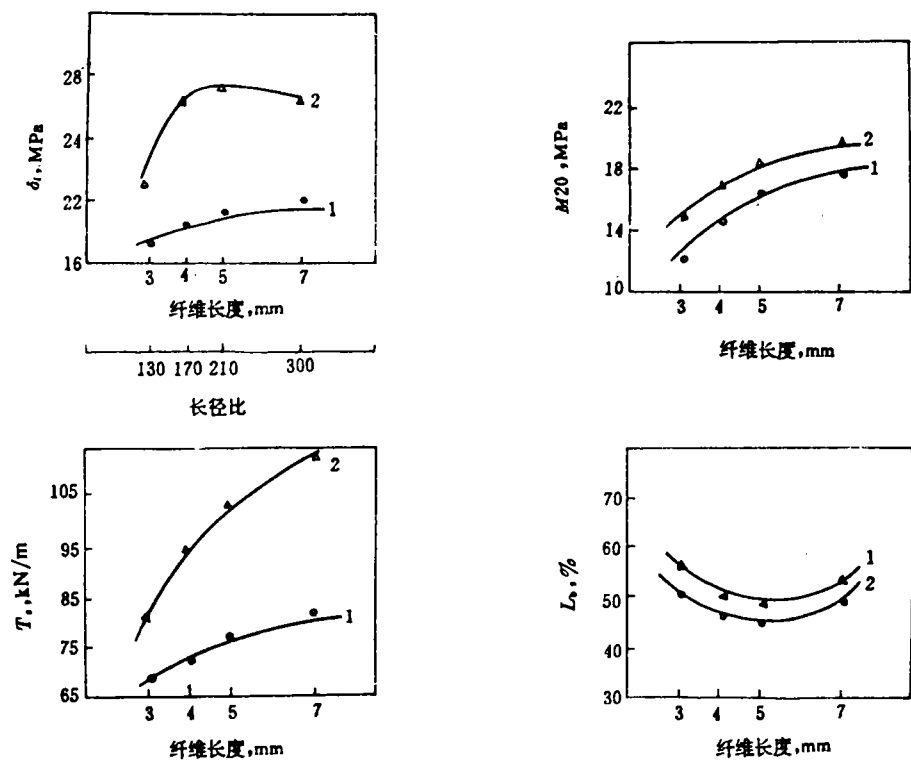


图 4 纤维长度对聚酯-CR 的 SFRC 物理性能的影响(纤维取向为 L 向)
1—未处理短纤维; 2—D 法处理短纤维; L_e —扯断伸长率

作为对比,研究了纤维长度对未处理尼龙-NR 的 SFRC 物理性能的影响。其结果如图 3 所示。从图 3 可以看出,在短纤维长度为 3mm 时,未处理尼龙-NR 的 SFRC 拉伸强度

最大。在短纤维长度大于 5mm 时, SFRC 的 20%定伸应力有下降趋势。这是因为未处理尼龙在 NR 中分散性较差,彼此间易缠绕结团,纤维越长,缠绕结团越厉害。由此看来,分

散性差时临界长径比宜偏小。未处理尼龙 SFRC 的撕裂性能与 D 法处理尼龙 SFRC 一样也是随短纤维长度增加而提高,因此可以说, SFRC 的撕裂性能取决于短纤维与基质的粘合效果和短纤维长度,与短纤维的分散性关系不大。

3.2.2 聚酯短纤维的影响

聚酯短纤维的长度对聚酯-CR 的 SFRC 物理性能的影响见图 4。从图 4 中可以看出,预处理聚酯短纤维的临界长度为 5mm(临界长径比 210),而未处理聚酯短纤维则为 7mm(在研究的长度范围内),这种情况不同于尼龙-NR 的 SFRC。这是因为未处理聚酯

短纤维在 CR 中的分散性较好^[1],可以与预处理短纤维相当,但预处理聚酯短纤维与基质有良好的粘合性,使短纤维在长度较小时即可承受基质所能传递的最大应力,所以未处理聚酯短纤维的临界长径比比预处理聚酯短纤维的稍大。20%定伸应力和撕裂强度随短纤维长度的变化规律与尼龙-NR SFRC 是相同的。

总之,D 法预处理短纤维无论在何种长度下,其 SFRC 的物理性能都较未处理短纤维 SFRC 有所改善。

3.3 短纤维长度对 SFRC 溶胀性能的影响

短纤维长度对 SFRC 溶胀性能的影响非

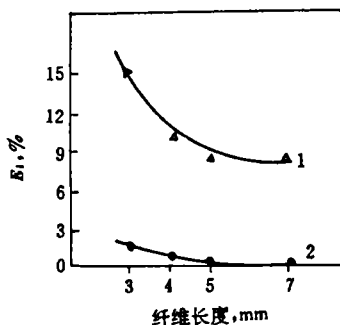
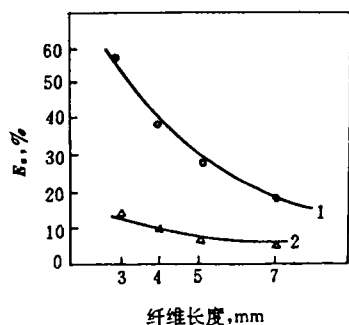


图5 短纤维长度对聚酯-CR 的 SFRC 溶胀性能的影响

E_s —周长溶胀率; E_L —线性溶胀率; 1—未处理短纤维; 2—D 法预处理短纤维

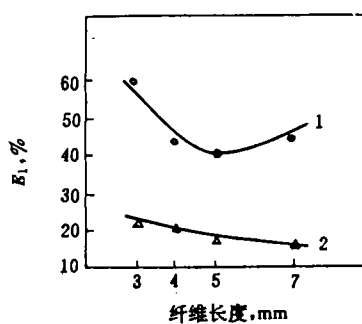
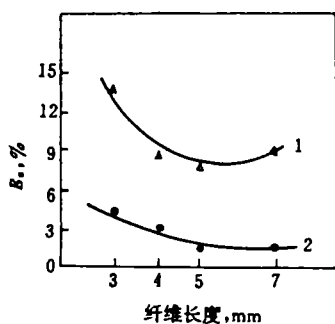


图6 纤维长度对尼龙-NR 的 SFRC 溶胀性能的影响

1—未处理短纤维; 2—D 法处理短纤维

常显著,见图 5。从图 5 中可以看出,随聚酯短纤维长度的增加, SFRC 的 E_s 和 E_L 都呈

下降趋势,只是 D 法处理短纤维 SFRC 的 E_s 和 E_L 的下降趋势较缓。这是因为短纤维末

端对基质溶胀的限制能力很小,而短纤维末端之间形成的断点区域的溶胀会削弱短纤维对基质溶胀的限制能力,因此短纤维长度越大,断点区域越少,对基质溶胀的限制能力增强,所以 E_s 和 E_L 逐渐下降。经预处理的短纤维与基质间有良好的粘合,使短纤维在基质中所搭接的“连续纤维”趋于完善,断点对溶胀的影响减小,即纤维长度对 SFRC 溶胀性能的影响减弱,所以 E_s 和 E_L 的下降趋势渐缓。

短纤维长度对尼龙-NR 的 SFRC 的溶胀性能的影响见图 6。从图 6 可以看出, D 法处理尼龙短纤维 SFRC 的溶胀性能随短纤维长度变化的规律与 D 法处理聚酯短纤维 SFRC 的基本相同,而未处理尼龙短纤维 SFRC 的溶胀性能在纤维长度为 7mm 时较大。这是因为尼龙短纤维在长度较大时,分散不均,纤维弯曲程度较大,纤维断裂率较高,使纤维限制基质溶胀的能力减弱。

4 结论

(1)在 SFRC 中,短纤维的临界长径比受分散性、粘合效果等因素影响。粘合效果好或分散性差,则临界长径比较小。

(2)尼龙、聚酯短纤维的撕裂强度和 20% 定伸应力随短纤维长度增加而增大,拉伸强度则是在短纤维最佳长径比条件下最好。

(3)在研究的长度范围内,短纤维长度增加,其 SFRC 的抗溶胀能力增强。

(4)D 法处理短纤维的 SFRC 物理性能有明显改善。

参考文献

- [1] 张立群等,《橡胶工业》,41[3],132(1994)。
- [2] P. E. Chen, Polym. Eng. Sci., [11], 51(1971)。
- [3] J. C. Kardos, Rheology, 3, Plenum Press, New York (1980)。
- [4] B. Eillis, Rubb. Chem. Technol., 37, 57(1964)。
- [5] US 3697364。
- [6] A. Y. Coran, et al., Rubb. Chem. Technol., 47, 396 (1974)。
- [7] J. E. O Connor, et al., Rubb. Chem. Technol., 50, 945(1977)。
- [8] K. Boustany, et al., J. Elastoplast., [8], 160(1976)。
- [9] V. M. Murty, et al., Rubb. Chem. Technol., 55, 287 (1982)。
- [10] S. K. Chakraborty, et al., Rubb. Chem. Technol., 55, 1286(1982)。
- [11] 顾震隆,短纤维复合材料力学,国防工业出版社,北京,1987。

收稿日期 1993-08-09

Influence of Length of Nylon and Polyester Short Fibres on Physical and Swelling Properties of Their Composites With NR and CR

Zhang Liqun and Zhou Yanhao

(Beijing Institute of Chemical Technology 100029)

Abstract A study was made on the influence of length of nylon and polyester fibres on the physical and swelling properties of nylon/NR and polyester/CR composites. The experiment results showed that the tear strength, the modulus at 20% and the swelling resistance increased as the length of the fibre increased; the tensile strength was the best with the optimum L/D ratio of the short fibre. The properties of the composites increased significantly when the nylon and polyester fibres were pretreated with method D.

Keywords short fibre composite, physical properties, swelling properties, pretreat method