

## 双马来酰亚胺及 UV 接枝对胶粉弹性体力学性能的影响

杜明亮, 郭宝春, 贾德民

华南理工大学材料学院高分子材料与工程系, 广州, 510640

关键词: 胶粉 弹性体 双马来酰亚胺 紫外辐照

### 前言

胶粉的回收利用一直是近年来研究的热点<sup>[1-7]</sup>, 本课题组近年来开展了胶粉的粉末成型技术研究, 胶粉不需要经过特殊的处理, 通过加入到胶粉中的反应物的原位反应来改善胶粉弹性体的界面。所研究的胶粉弹性体中胶粉的含量一般在 80wt% 以上。本研究通过加入少量双马来酰亚胺 (BMI) 和天然胶制备了性能优良的胶粉含量大于 80wt% 的弹性体, 主要研究了 BMI 的含量和紫外光 (UV) 照射对弹性体力学性能的影响。

### 试验部分

将一定量的 BMI 和光引发剂 (Irgacure 369) 溶于适量的溶剂, 然后加入胶粉 (80 目), 搅拌。混匀后出料, 待溶剂挥发完全后用紫外辐照机进行辐照处理。

将 UV 处理后的胶粉、双马来酰亚胺、NR 及其配合体系 (按照标准配合体系) 进行混炼。然后将混炼胶于平板硫化机中, 压片, 最后裁样, 得到待测试样。所有配方中 SRP/NR 重量比均为 85:15。

### BMI 添加份数对 SRP/NR/BMI 体系性能的影响

采用 SRP:NR 份数之比为 85:15, NR 的硫化体系采用标准硫化配方, 硫化温度 180<sup>[8]</sup>, 硫化时间为 10 分钟, 变化 BMI 的含量, 所得数据如图 1 所示:

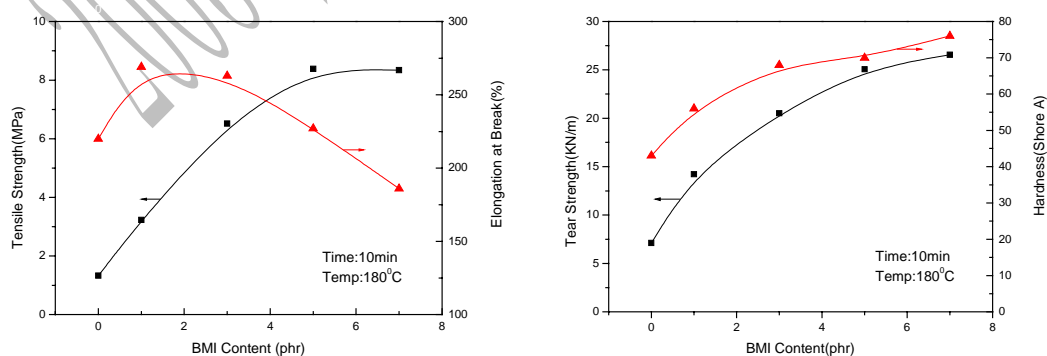


Figure1 Effect of BMI content on mechanical properties of SRP elastomers  
由 Figure1 可以看到, 随着 BMI 添加份数的增加, SRP 弹性体的扯断强度、

撕裂强度和硬度不断上升，但当 BMI 的添加量增加到一定的量（大约为 5 份），弹性体的性能就趋于平缓。而对于体系的断裂伸长率，则在 BMI 的添加量为 2 份时达到最高点，此后便随着 BMI 添加量的增加而急剧下降。

本文认为由于 BMI 具有易发生交联反应的双官能团（ $C=C$ ），因此当适量的 BMI 添加到胶粉体系中时，BMI 会和体系中的双键（主要来自于 NR）发生交联作用。另一方面，因为成型是在高温高压下进行的，因此在此时体系中的分子链会发生一定程度的降解而产生自由基，这些自由基也会和 BMI 的双键发生交联反应，从而使 BMI、胶粉颗粒和天然胶的分子链相互交联，形成一种交联的网络结构，这是体系性能提高的原因。但是如果 BMI 的加入量过高，BMI 可能会在体系中自聚，从而造成体系性能的下降。

由于 BMI 是刚性分子，因此 BMI 的加入会不利于断裂伸长率；但是当体系中没有 BMI 或者 BMI 的添加量很少时，胶粉颗粒之间的界面会比较差，因此此时的断裂伸长率也会比较低。因此体系的断裂伸长率在开始时会随着 BMI 添加量的不断增加而升高，但是到一定的量后便会急剧下降。

### UV 辐照对性能的影响

采用 SRP: NR: BMI 份数之比为 85: 15: 5，NR 的硫化体系按照标准配方，以 UV 辐照时间为变量，所得试样的力学性能如 Figure 2 所示：

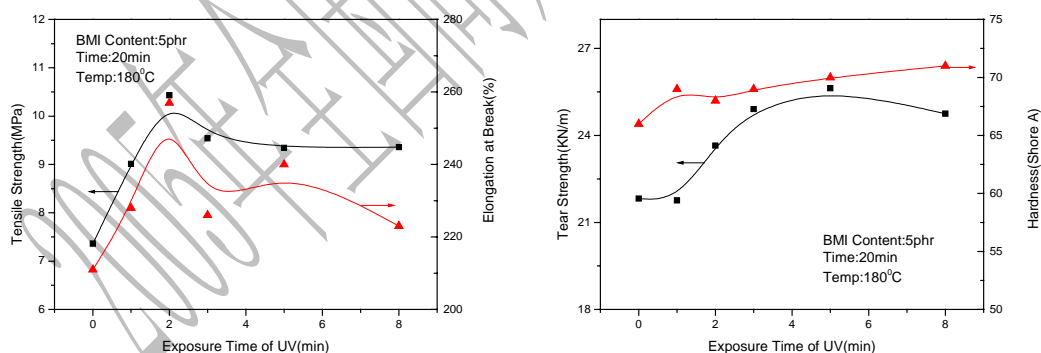


Figure 2 Effect of UV exposure on mechanical properties of SRP elastomers

由图 2 可以看到，弹性体的扯断强度、断裂伸长率以及撕裂强度开始都随着 UV 辐射时间的增加而不断升高，当达到一定的数值后便呈现下降的趋势，而体系的硬度则呈现持续升高的趋势。

对于 UV 辐照的作用，本文认为在光引发剂的作用下，BMI 接枝到胶粉颗粒的表面；此外，在 UV 的照射下，胶粉颗粒表面会发生降解，产生枝化的分子链，

也会促使 BMI 和胶粉颗粒产生交联。这样就会对弹性体起到改性的作用。但如果 UV 辐照时间过长，则会使胶粉表面的降解比较严重导致弹性体性能的下降。

而对于体系的硬度，随着 UV 辐照时间的不断延长，体系中交联程度不断提高，因此最终的弹性体的硬度始终随着 UV 辐照时间的延长而不断的提高。

### FTIR 分析

为了进一步分析 UV 辐照对体系的作用机理，将 BMI 粉体、未 UV 处理的 SRP/BMI 混合粉体和 UV 处理 2min 的 SRP/BMI 混合粉体进行 FTIR 分析，所得到的红外谱图如 Figure3 所示：

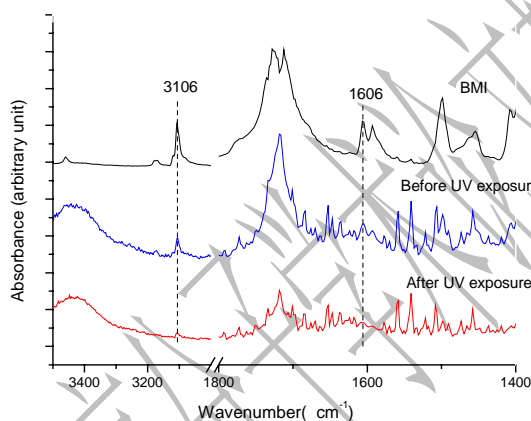


Figure 3 FTIR spectra of BMI and SRP/BMI blending powder before and after UV exposure.

图 9 中在波数为  $3106\text{cm}^{-1}$  处为  $=\text{C}-\text{H}$  中  $\text{C}-\text{H}$  键的伸缩振动峰，在 BMI 和未 UV 辐照的 SRP/BMI 粉体的 FTIR 光谱中可以清楚的看到这个峰，而 UV 处理 2min 后这个峰则变得非常的微弱，表面 BMI 中的  $\text{C}=\text{C}$  在 UV 辐照 2 分钟后已经几乎不存在了。此外在波数大约为  $1600\text{cm}^{-1}$  处为  $\text{C}=\text{C}$  的伸缩振动峰，同样在 BMI 和未 UV 处理的 SRP/BMI 粉体的 FTIR 谱图中可以清楚的看到这个峰，而在 UV 处理过 2min 后这个峰则已经基本上不存在了。因此本文认为，SRP/BMI 粉体中的 BMI 在 UV 辐照下会和胶粉的表面发生交联反应，从而消耗掉体系中的双键，使 BMI 分子接枝的胶粉颗粒上，从而使 BMI 在胶粉中分布的更均匀，而且使最终的弹性体中 BMI 和胶粉颗粒的交联率更高，从而使体系的性能得到进一步的提高。

### 结论

通过添加少量 BMI 和天然橡胶可直接成型以胶粉为主的弹性体，BMI 含量

和 UV 辐照会对胶粉弹性体的力学性能产生显著影响。UV 辐照后, 含 85 phr 胶粉的弹性体的扯断强度、扯断伸长率和撕裂强度可分别达到 10.4 MPa、260% 和 24 KN/m。研究表明, BMI 可在 UV 辐照下与胶粉表面发生接枝反应, 从而提高了 BMI 在胶粉中的分散, 进一步改善了胶粉与 NR 之间的界面结合。

### 参考文献

- 1 Y. Fang, M. S. Zhan, and Y. Wang. *Mater. and Design* 2001, 22, 123
- 2 A. R. Tripathy, J. E. Morin, D. E. Williams, *et al. Macromolecules* 2002, 35, 4616
- 3 R. J. Farris, United States Patent 620,363.
- 4 I. Fuhrmann and J. Karger-Kocsis, *J. Appl. Polym. Sci.*, 2003, 89, 1622
- 5 K. Oliphant and W. E. Baker, *Polym. Eng. Sci.*, 1993, 33, 166.
- 6 C. R. Kumar, I. Fuhrmann and J. Karger-Kocsis, *Polym. Deg. Stab.*, 2002, 76, 137.
- 7 D. E. Williams, J. E. Morin, A. R. Tripathy and R. J. Farris, *Rubber World*, 2002, 226, 40.
8. M. L. Du, B. C. Guo and D. M. Jia, unpublished results.

### Effects of BMI and UV-induced grafting of Bismaleimide on Mechanical Performance of SRP/NR Blends

Mingliang Du, Baochun Guo and Demin Jia

Department of Polymer Materials and Engineering, South China University of  
Technology, Guangzhou 510640, China

### Abstract:

The scrap rubber powder (SRP) could be compression moulded to form elastomer via *in situ* interfacial reactions. In this study, SRP/NR (85/15) blends with good performance could be prepared by incorporating a little amount of m-phenyl bismaleimide (BMI) in the compositions. The mechanical properties and the interface of SRP/NR (85/15, w/w) blends (base blend) were investigated. The results showed that BMI content and UV irradiation have significant effects on the mechanical properties of the blends. With UV exposure, the tensile strength, elongation at break and tear strength of the modified base blend were determined as 10.4 MPa, 260% and 24 KN/m respectively. The FTIR results indicated that the BMI could be grafted onto the SRP surface under UV exposure.

Keywords: scrap rubber powder elastomer m-phenyl bismaleimide(BMI) UV exposure