

# 环氧树脂改性的聚氨基双马来 酰亚胺粘结干膜的研究

胡修元 楚书凤 李玉梅  
(中国科学院兰州化学物理研究所)

## 摘 要

本文报导了环氧树脂改性的聚氨基双马来酰亚胺粘结干膜DMI-2的制备工艺和不同条件下的摩擦磨损性能,并和聚氨基双马来酰亚胺粘结干膜DMI-1进行了比较。结果表明,DMI-2干膜的耐磨性优于DMI-1干膜,而且成型温度比DMI-1干膜约低40℃。

## 一、序 言

由于尖端科学,宇宙航行和其它现代工业发展的需要,六十年代,美国杜邦公司首先合成了芳烃聚酰亚胺树脂。据文献报道<sup>[1, 2]</sup>,聚酰亚胺在-200~260℃范围里,具有优良的机械性能,优良的化学稳定性,耐辐射,和金属之间有较高的粘结强度,因此聚酰亚胺可以作为耐高温、耐辐射和耐腐蚀的工程塑料和粘结剂。但是由于这类树脂中的大多数合成工艺复杂,成本高,加工困难,因而限制了它的应用。

六十年代末,法国隆浦伦克(Rhone-poulenc)公司首先合成了聚氨基双马来酰亚胺树脂(PABM)。据报道<sup>[3]</sup>,PABM除耐高温性能稍低于芳烃聚酰亚胺外,它具有芳烃聚酰亚胺树脂的其它优良性质。更为重要的是PABM树脂能溶解在一些有机溶剂中,它的合成工艺简单,原料来源广,价格便宜,便于加工。

聚酰亚胺树脂出现之后,人们探讨了它们在复合材料和作为粘结剂在干膜润滑剂等方面的应用。七十年代初,Hapkins等<sup>[4]</sup>报道了用均苯四酸二酐和二氨基二苯甲烷合成的均苯型聚酰亚胺为粘结剂,二硫化钼为润滑剂,二乙撑酰亚胺(Diethylene acidimide)为溶剂的粘结干膜。随后,国内也报道了<sup>[5, 6]</sup>填充石墨、二硫化钼和聚四氟乙烯的聚氨基双马来酰亚胺复合材料和用聚氨基双马来酰亚胺为粘结剂,二硫化钼和氟化石墨为润滑剂,二甲基甲酰胺为溶剂的粘干结膜。结果表明:这种复合材料和粘结干膜都有良好的耐高温和摩擦磨损性能。

据报道<sup>[7]</sup>,用环氧树脂来改性聚氨基双马来酰亚胺可以改变聚合物的结构,从而使整个聚合物的机械性能进一步提高。

本文研究了用环氧树脂改性的聚氨基双马来酰亚胺为粘结剂,二硫化钼为润滑剂,二甲

苯和间甲酚为溶剂的粘结干膜DMI-2。还研究了这种干膜在不同温度、负荷、速度、底材和 $10^{-6}$ 托高真空条件下的摩擦磨损特性，并和聚氨酯双马来酰亚胺粘结干膜DMI-1的摩擦磨损特性进行了比较。

## 二、干膜的制备

### 1. 干膜喷剂的组成

DMI-1和DMI-2干膜喷剂的组成列在表1中。

表1 干膜喷剂的组成

干膜名称	粘结剂组成	润滑剂	溶剂
DMI-1	双马来酰亚胺 二氨基二苯甲烷	MoS <sub>2</sub>	二甲苯 间甲酚
DMI-2	双马来酰亚胺 二氨基二苯甲烷 6101环氧树脂	MoS <sub>2</sub>	二甲苯 间甲酚

### 2. 干膜的制备

金属试块经喷砂、丙酮蒸汽除油处理后，在温度为80℃的烘箱中放置10分钟。取出后，立即用1°喷花枪将配制好的干膜喷剂喷在试块上。干膜的厚度一般控制在20微米到30微米之间。将试块放置过夜，然后加温固化，随后自然冷却到室温。DMI-1的固化条件是240℃，3小时，DMI-2的固化条件是200℃，3小时。

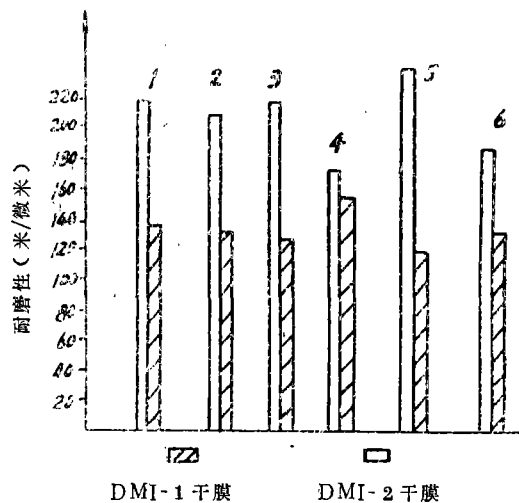
## 三、试验结果和讨论

### 1. 底材对两种干膜的摩擦磨损性能的影响

DMI-1和DMI-2干膜的摩擦磨损性能是在MHK-500型环块磨损试验机上进行测试

图1 两种干膜在不同底材上的耐磨性

1—LD5铝，2—不锈钢，3—45°钢，  
4—黄铜，5—紫铜，6—30CrMoSi



的。试验机的试环材料为GCr15, HRC为58~62。试验条件: 转速为1000转/分(线速为2.6米/秒), 负荷为30公斤。试验结果表示在图1中。由图1可以看出, 在不同底材上DMI-2干膜的耐磨性都比DMI-1好, 它们的摩擦系数都在0.08~0.14之间。

## 2. 负荷和速度对两种干膜的摩擦磨损性能的影响

试验是在MHK—500型环块磨损试验机上进行的。试块底材为30CrMnSi结构钢。试验结果分别表示在图2和图3中。

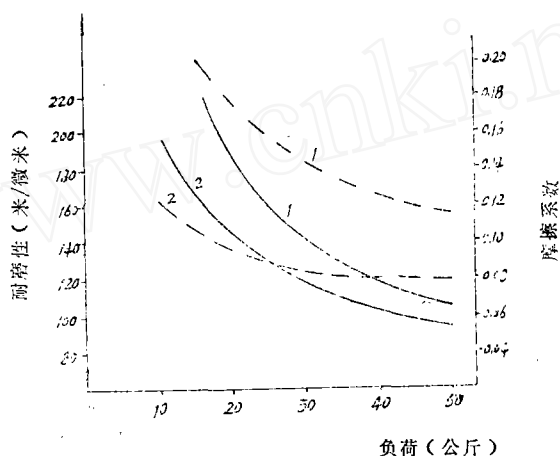


图2 两种干膜在不同负荷下的摩擦磨损性能  
—摩擦系数; ...耐磨性; 1—DMI-2干膜; 2—DMI-1干膜

由图2可知, 在转速一定时(1000转/分), DMI-1和DMI-2干膜的摩擦系数和耐磨性随负荷的增加而下降, 但是在每一负荷条件下, DMI-2干膜的耐磨性都比DMI-1干膜好。

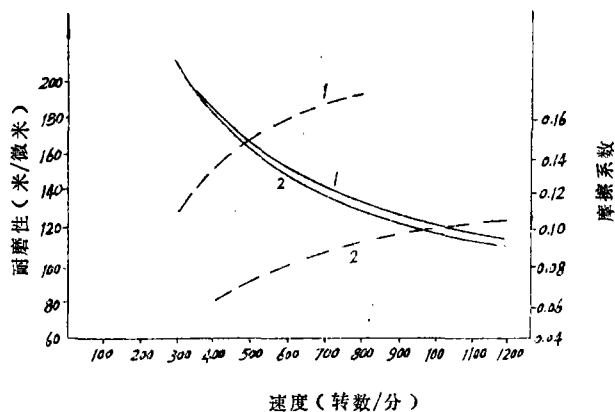


图3 两种干膜在不同速度下的摩擦磨损性能  
—摩擦系数; ...耐磨性; 1—DMI-2干膜; 2—DMI-1干膜

由图3可以看出,在负荷一定时(30公斤),它们的摩擦系数随着速度增加而降低,耐磨性都有所提高。在同一速度下,DMI-2干膜的耐磨性要比DMI-1干膜好。

### 3. 温度对两种干膜的摩擦磨损性能的影响。

不同温度时的摩擦磨损性能是在高温三号试验机上进行测试的。试验机的盘和栓的材料均为不锈钢。试验条件为:负荷50公斤,转速800转/分,试验温度分别为室温,100,150,200,250,300,350,400℃。试验结果列于表2中。结果表明,在不同温度时,DMI-2干膜的耐磨性都比DMI-1干膜好,而且DMI-2干膜在300℃到400℃也还有一定的耐磨性。

表2 不同温度时的摩擦磨损性能

环境温度℃		室温	100	150	200	250	300	350	400
DMI-1	摩擦系数	0.07~0.13	0.06~0.13	0.06~0.14	0.05~0.15	0.05~0.15	0.07~0.16	/	/
	耐磨性 (转数/微米)	6933	2093	1880	1430	1066	600	/	/
DMI-2	摩擦系数	0.07~0.13	0.07~0.13	0.06~0.13	0.06~0.14	0.05~0.14	0.07~0.14	0.08~0.15	0.08~0.15
	耐磨性 (转数/微米)	9491	2533	2226	1960	1466	960	653	667

### 4. 在真空条件下的摩擦磨损性能

在CZM高真空试验机上进行了真空条件下的摩擦磨损性能试验。试验条件:温度为室温,真空度为 $10^{-6}$ 托,负荷为30公斤,转速为800转/分;盘和栓均为不锈钢制成。试验结果:DMI-2干膜的摩擦系数为0.04到0.1之间,耐磨性为17000转/微米。这说明DMI-2干膜在真空条件下有良好的摩擦磨损性能。

从上述结果可以看出,环氧树脂改性的聚氨基双马来酰亚胺粘结干膜DMI-2优于聚氨基双马来酰亚胺粘结干膜DMI-1,表现在两个方面,一是成膜固化温度低,二是耐磨性好。

众所周知,环氧树脂是一种广泛使用的具有很强粘结力的热固性树脂。胺类,酸酐,酰胺都是环氧树脂常用的固化剂。综合文献报道[7~9],环氧树脂加入双马来酰亚胺和二氨基二苯甲烷之后,在加热固化过程中发生了化学反应。首先,由于环氧树脂的化学活泼性,促进了双马来酰亚胺中不饱和双键的打开和聚合,从而降低了固化温度。其次,环氧树脂参与了聚合,使聚合物分子的支链和交联度都有所增加,提高了整个聚合物的强度。DMI-2干膜的耐磨性比DMI-1干膜好可能与聚合物强度和粘结性能的提高有关。

干膜的耐温性能主要取决于作为粘结剂的树脂的结构和性能。在DMI-2干膜中,由于聚合物分子的支链和交联度提高,使得聚合物的熔点提高,因而使聚合物的高温强度提高。这可能就是DMI-2干膜的高温性能比DMI-1好些的原因。

## 四、总 结

用环氧树脂改性的聚氨基双马来酰亚胺可降低膜的固化温度,由它制成的粘结干膜DMI-2在不同底材,负荷,速度,温度和 $10^{-6}$ 托真空条件下都有较好的润滑性和耐磨性。DMI-2干膜可在高速,250℃以下温度,中等负荷和高真空条件下使用。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 杨玉昆, 廖增琨等编, 合成胶粘剂, 科学出版社, 1980年。
- [ 2 ] 崔径国, 顾振军, 施家栋等编, 国外塑料工业技术水平与动向, 上海科学技术出版社, 1979年。
- [ 3 ] 上海科学技术情报所编, 国外塑料动态, 1973, 42。
- [ 4 ] U.S.P., 3,567,504 (1971)。
- [ 5 ] 陈子泉, 许健民等, 化物报导, 2 (1981), 55~63。
- [ 6 ] 聂明德, 薛群基, 固体润滑, 1 (1981), 1 : 28~34。
- [ 7 ] 桂林电器科学研究所编, 绝缘材料通讯, 3 (1979), 10~16。
- [ 8 ] 陈天录, 刘克静, 长春应用化学研究所集刊, 17 (1981)。
- [ 9 ] 日本专利, 昭48—19238。

## Study of a Dry Film Bonded with Epoxy Modified Polyaminobimaleimide Resin

Hu Xiuyuan Chu Shufeng Li Yumei

(Lanzhou Institute of Chemical Physics, Academia Sinica)

### Abstract

The preparation process, the wear and friction behavior under various conditions of a dry film (DMI-2) bonded with epoxy modified polyamino-bimaleimide resin are reported. As compared with the dry film bonded with polyamino-bimaleimide resin (DMI-1), DMI-2 dry film has higher wear resistance than DMI-1 dry film and the cure temperature is about 40°C lower than that of DMI-1 dry film.