

【研究简报】

氮化钛超微细粉 PTFE 基复合材料的摩擦性能

周坤彝^① 曹伟民^① 张勇^① 陈勉忠^① 周固民^①张祥富^① 曾达权^① 刘维民^② 杨生荣^②

(①中国科学院成都有机化学研究所, 成都 610041; ②中国科学院兰州化学物理研究所固体润滑开放研究实验室, 兰州 730000)

关键词 氮化钛 超微细粉 聚四氟乙烯 复合材料 摩擦性能

聚四氟乙烯(PTFE)是一种广泛应用的固体润滑剂,其特点是润滑性优异,比磨损率较高。高比磨损率的主要原因是机械强度较差,在高负荷或高速滑动下,因过大的粘弹性变形和转移膜与偶面附着性差而不断在磨损中剥落所致。为了降低 PTFE 的比磨损率,主要是采取填充填料(纤维、无机粉末、有机物和金属等)制成复合材料来使用,对其减磨机理和效果有过报道^[1-4]。迄今,粉末填充的颗粒都较粗,对填充超微细粉(UFP)复合材料的磨损性能研究很少。

1 实验

摩擦试样采用冷压烧结工艺制备。氮化钛超微细粉体由等离子体法生产,平均粒径为 80 nm 左右的立方晶体。PTFE 粉末由济南塑料厂生产。TiN 的填充重量百分比分别为 5, 10, 15, 20, 25, 超微细粉与 PTFE 粉混合均匀后在 40 MPa 下模压成型并烧结,烧结温度为 365℃。

摩擦试验在 RFT-Ⅲ型(日本协和科学株式会社)往复摩擦磨损试验机上进行。上试样(栓)为复合材料(Ø8 mm×20 mm),下试样为 10 mm×14 mm×70 mm 45# 钢。试验在室温、大气中进行,负荷 245 N,滑动速度 125 次/min,行程 50 mm。试验前,试样先预磨 1000 次,然后再由称重法(感量为 10⁻⁷ kg 的分析天平)测定每次磨损试验的失重,表征复合材料的耐磨性。

2 结果与讨论

图 1 结果表明:复合材料的比磨损率每往复摩擦一次,复合材料的平均重量损失远低于聚四氟乙烯,耐磨性提高;耐磨性与 TiN 的含量有关,随 TiN 含量的增加,开始阶段,比磨损率快速降低,随后在 TiN 含量为 10%~20% 间,比磨损率保持相对稳定的低值,当 TiN 含量为

参 考 文 献

- 1 Yuan Guoqing, Wang Dangan, Cheng Rongyao, et al. Intramolecular ligand substitution in square planar rhodium(Ⅰ) cationic complexes. Kexue Tongbao, 1984, 29(8): 1 055~1 057
- 2 潘平来,柳忠阳,袁国卿,等. 高分子络合物 PVMRh 的稳定性研究. 功能高分子学报, 1994, 7(2): 159
- 3 Tullock C W, McElvain S M. Piperidine derivatives XIV. local anesthetics derived from α -picoline. J A C S, 1939, 61: 961~964
- 4 王当慈,王鸣贵,刘世宏. Pd-Ag 极电解透氢机理的 XPS 研究. 真空科学与技术, 1984, 4: 1~4

(1996-11-21 收稿, 1997-02-03 收修改稿)

>20%时,比磨损率略有增加.这与一般填充粗颗粒粉体,在较宽填充量范围(20%~50%)内,比磨损率随填充量增加而降低是有所不同的.复合材料的比磨损率还与摩擦次数有关,基本上都随摩擦次数增加比磨损率降低,如在 15% 最佳填充量下,摩擦 1 000, 2 000, 3 000, 4 000 和 5 000 次(图 1 中 1~5)后复合材料的磨损量分别为未填充 PTFE 的 1/193, 1/284, 1/399, 1/560 和 1/712.5. 这与 PTFE 的比磨损率几乎恒定是不同的.同时,这一结果比宫德利等人^[1]添加不锈钢网和铜网,磨损量分别为 PTFE 的 1/150 和 1/45,路新春等人^[3]添加 30% 颗粒度为 50 μm 的 Al_2O_3 粉,磨损量为 PTFE 的 1/142.5 都要低.

由图 2 可见,PTFE 的磨损值随摩擦次数增加而增加,说明转移膜不断在偶面上形成,随后又遭破坏,转移一直在进行.复合材料只是在摩擦开始阶段(2 000 次前)磨损值略有增加,随后磨损值保持恒定,说明转移膜一经在偶面上形成并稳定,转移就基本不再进行.摩擦 5 000 次,复合材料的耐磨性比 PTFE 提高了 712.5 倍.

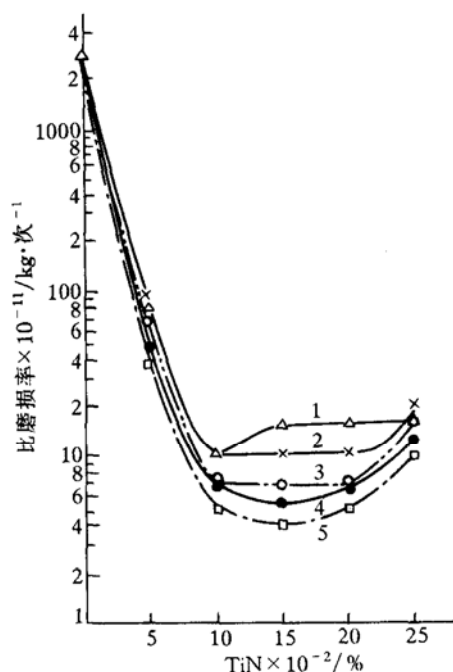


图 1 复合材料的比磨损率与 TiN 含量和摩擦次数的关系

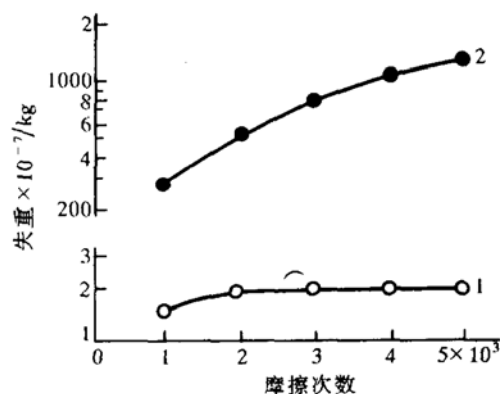


图 2 复合材料(1)和 PTFE(2)的磨损值与摩擦次数的关系
TiN 含量为 15%

复合材料的摩擦系数基本上和 PTFE 相同,说明复合材料具有优良的减摩和抗磨性能(见表 1). TiN 含量>20%时,摩擦系数稍有增加,含量为 15%时,摩擦系数最低,与磨损值变化是一致的.

在粉体填充的复合过程中,粉体必然会改变 PTFE 的力学状态.其中主要是填料的弥散强化作用,增强了材料的承载能力,降低了 PTFE 原有的塑性流变性,这对改善抗磨性是有利的.与此同时,由于粉体与 PTFE 的塑性差异,也会带来应力等问题,对改善抗磨性是不利的. UFP 和一般粉体不同之处,主要是颗粒度小,比表面积大,因此,首先在相同的填充重量下, UFP 所占体积比要比一般粉体大得多,这是本实验中填充量比一般报道低的主要原因.此外, UFP 在 PTFE 中更易分散均匀,与 PTFE 的接触和联接增加,其弥散强化作用更强.表 2

表 1 PTFE 和不同 TiN 含量的复合材料的摩擦系数

填充物	滑动次数				
	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
未填充 PTFE	0.102	0.10	0.10	0.10	0.102
5 % TiN	0.10	0.10	0.102	0.102	0.104
10 % TiN	0.102	0.102	0.102	0.102	0.104
15 % TiN	0.102	0.102	0.10	0.10	0.10
20 % TiN	0.104	0.102	0.102	0.104	0.104
25 % TiN	0.104	0.104	0.104	0.104	0.106

是显微硬度计在 20 g 载荷下测定的复合材料硬度,表明由于 TiN 超微细粉的填充,复合材料硬度增加. 复合材料硬度随 TiN 含量的变化与图 1 结果有一定的对应关系. 在复合材料中, UFP 的弥散强化,提高 PTFE 的承载能力,降低 PTFE 的塑性流变是耐磨性提高的主要原因之一. 要得到最好的耐磨性,要求复合材料处于最佳的力学状态,即兼备较高的承载能力和最小的塑性差异,这就要求 UFP 有一最佳的含量,使得 UFP 在能得到充分分散,不团聚的前提下,被 PTFE 全包裹,保持 PTFE 的整体性质. 相反,当 UFP 含量较低时,由于 UFP 和 PTFE 之间在硬度,塑性流动能力等方面的差异,可能导致在法向载荷和剪切力共同作用下,产生变形不协调,引起转移膜的开裂和剥落,使磨损量增加. 同样当 UFP 含量过高时, UFP 本身团聚可能性增加,甚至不能被 PTFE 所充分包裹,部分裸露的 UFP 可能增加了摩擦和磨损.

表 2 TiN 含量对复合材料硬度的影响

TiN 含量/ %	5	10	15	20	25
硬度/MPa	59.2	74.6	71.5	67.0	66.0

图 3 给出复合材料摩擦 5 000 次后的磨痕光学显微照片. 可见在 TiN 含量为 5 % 和 25 % 时,复合材料的磨痕都凹凸不平,存在粘着或剥层脱落. 而在最佳含量 15 % 时,磨痕表面光滑、平整,呈轻微的犁耕状. 此外,在摩擦过程中,磨屑量和磨屑形状、大小随 TiN 含量相应变化,即随磨损量降低,磨屑减少,并由小片状变为细粉状. 综上可见,在最佳的 TiN 含量下, TiN 超微粒子可能还有如下作用:使转移膜变薄,填平了偶面(粗糙度与 UFP 粒径相近),机械锚定增加了转移膜与偶面的结合力. 分散均匀并被 PTFE 充分包裹的 UFP,除充分发挥了其自身的承载能力外,还保证了摩擦过程中摩擦发生于 PTFE 之间,从而既保持了 PTFE 的低摩擦系数,又大大地降低了磨损率. UFP 的上述作用,是在转移膜的形成过程中逐渐得到最佳组合,所以摩擦的开始阶段,磨损值略有上升,当摩擦进行到一定阶段,最佳组合一经完成,磨

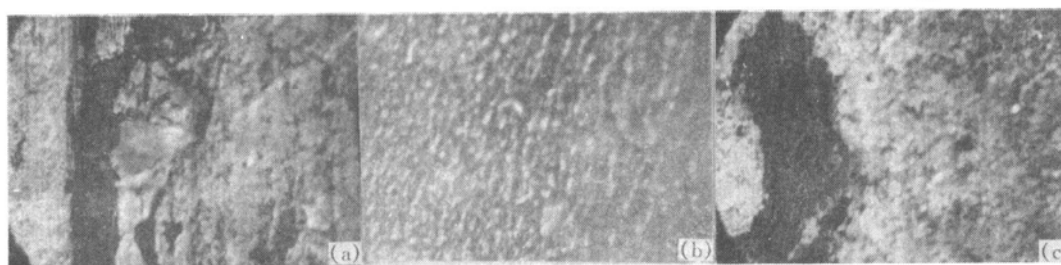


图 3 复合材料磨痕形貌

TiN 的含量:(a) 5 %; (b) 15 %; (c) 25 %. $\times 272$

【研究简报】

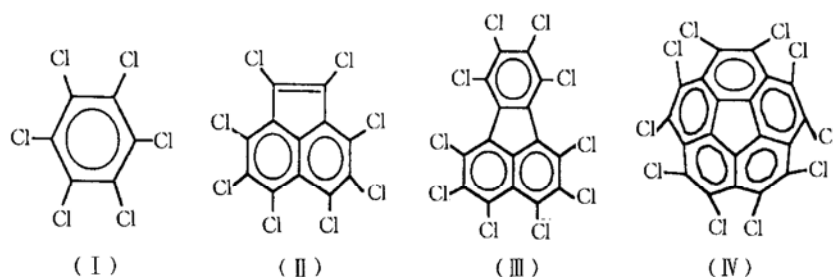
氯仿至全氯代稠环芳烃的液相电弧合成

黄伟杰 黄荣彬* 王育煌 刘海锋 林静 郑兰荪

(厦门大学化学系, 固体表面物理化学国家重点实验室, 厦门 361005. *联系人)

关键词 电弧 氯仿 全氯代 稠环芳烃 二氯卡宾

以石墨电极在惰性气氛中放电, 已成功地合成了 C_{60} 等碳原子簇^[1]. Grosser 等人^[2]将此反应在氟气与氯气氛中进行, 获得了一系列“棒状分子”与全氯代芳烃. 我们又将这样的放电反应进一步扩展至溶液体系, 将产生原子团簇的物理方法与传统的化学合成方法结合起来. 最近, 我们分析和研究了在液态的氯仿中放电的产物, 在其中先后分离出六氯代苯(I)、全氯代萘烯(II)、全氯代苯并萘烯(III)及全氯代碗烯(IV)等一系列全氯代芳烃, 如下式:



1 实验

实验装置如图1所示. 所用的高频电源产生的交流电的频率在 20 kHz 左右, 幅度超过

损值就基本上不随摩擦次数增加, 而保持在极低的磨损状态, 达到最佳的减磨效果.

3 结论

氮化钛超微细粉聚四氟乙烯基复合材料是一种优良的减磨、抗磨材料. 在 15% 的最佳含量下, 复合材料兼备较高的承载能力和最小的塑性差异, 得到最好的减磨、抗磨效果, 耐磨性提高 712.5 倍, 摩擦系数 0.10. 氮化钛超微粒子除起弥散强化, 增加承载能力, 降低塑性流变作用外, 还可能起到减薄转移膜、填平偶面、机械锚定, 从而增加转移膜与偶面结合力的作用.

参 考 文 献

- 1 宫德利, 薛群基, 王弘立. PTFE 基复合材料磨损机理的研究. 固体润滑, 1989, 9(2): 88
- 2 李同生, 孙宁镁, 胡廷永, 等. PTFE 磨损机理的探讨. 摩擦学学报, 1992, 12(3): 222
- 3 路新春, 李诗卓. $Al_2O_3 + PTFE (+ PPS)$ 复合材料滑动摩擦磨损的研究. 摩擦学学报, 1993, 13(2): 97
- 4 Jisheng E, Gawne D T. Tribological performance of bronze-filled PTFE facings for machine tool slideways. Wear, 1994, 176: 195

(1996-10-29 收稿, 1997-01-28 收修改稿)