

新型矿物纤维在摩擦材料中的应用

--辉绿岩及其纤维的性能与特点

文懿

(清远市博尔纤维有限公司, 广东清远, 511533)

摘要: 辉绿岩的硬度适中, 高熔点使其具有很好的耐温性能, 所制成的矿物纤维柔韧性高, 易分散, 非纤维物质含量低, 是适用于制动系统的良好材料。

关键词: 辉绿岩 辉绿岩纤维 耐温性 分散 非纤维物质

Applications of New Type Mineral Fibres Used in Friction Matereial

----Performances & Properties of Diabase and Its Fibres

Wen Yi

(Qing Yuan Boer Fibre Co.,Ltd. Qingyuan, Guangdong, 511533)

Abstract: Diabase has a moderate hardness, its high melting point makes it a very good temperature tolerance performance. Mineral fibres which are made from this kind of material has excellent properties on flexibility, dispersion, non-fibrous material etc. It is a favorable material for manufacturing brake systems.

Keywords: Diabase Diabase Fibre Temperature Tolerance Performance Dispersion Non-fibrous Material

一、前言

石棉种类繁多, 应用范围广, 且性能较稳定。根据美国职业安全与健康协会(OSHA)做出的测试, 每进行一次常规性的摩擦试验, 刹车片就会产生数百万之多的石棉纤维散发到空气中, 而且这种纤维远远小于人的头发, 是肉眼无法观察到的, 所以一次呼吸可能吸入成千上万的石棉纤维而人们却毫无察觉。细小的石棉纤维被吸入人体后, 没有被排出体内并沉积在肺部的纤维会造成石棉肺、胸膜、皮间瘤等疾病。鉴于越来越多的论证表明长期使用石棉对人体存在危害, 一些发达国家如欧洲、北美等地区自 20 世纪 70 年代起就开始逐步禁用石棉, 如 1972 年, 美国环保局颁布了有关禁止喷涂含石棉纤维的耐火涂料的条例。2001 年 11 月 10 日, 我国被批准加入世界贸易组织(WTO), 并于 30 天后, 即 2001 年 12 月 10 日起正式生效。对于一直被认为是我国入世后最容易受冲击的产业—汽车产业, 在应对得当的情况下, 进口汽车严重冲击国内汽车产业的情况并未出现。2003 年, 我国汽车产量首次超过 400 万辆, 其中轿车产量超过 200 万辆, 成为世界第四大汽车生产国。随着国际合作机会与市场贸易机会的增多, 无石棉材料代替石棉材料是大势所趋。只有各厂

家、各企业同心协力实现无石棉化生产，才能迎合局势的发展、提高自身竞争力、扩大出口量。

由于摩擦材料对纤维存在着一定的要求，如摩擦材料制品处于长期高温下作业，一般有机纤维无法承受这种高温条件，因此摩擦材料中多数使用无机纤维。其中包括天然矿物纤维类，如石棉纤维、海泡石等；金属纤维类，如钢纤维、铜纤维等；人造矿物纤维和无机纤维类，如陶瓷纤维、岩棉纤维、复合矿物纤维等。

所谓的人造矿物纤维是由天然矿石（辉绿岩、玄武岩、白云石等）经过高温炉熔融后，采用适宜的成纤工艺，再经过后期处理而成。目前市场主要有：辉绿岩纤维、硅酸铝纤维、玻璃纤维等……此篇为笔者对辉绿岩及其纤维的性能与特点的分析。

二、辉绿岩与辉绿岩纤维的特点

辉绿岩矿石属于岩浆岩中的基性岩矿石，其化学组成比较稳定，二氧化硅含量较玄武岩稍高，氧化钾、氧化钠含量较玄武岩少，含有微量的二氧化钛。辉绿岩与玄武岩、辉长岩可不添加任何配合料而直接将其熔制成纤维。辉绿岩冷却较慢，形成一些隐晶和微晶质结构，其结晶程度高于玄武岩，所以比玄武岩难熔，辉绿岩的熔化温度一般在 1450℃-1500℃左右。因此，辉绿岩熔体质量纯，制得的纤维化学稳定性好，生产出的纤维较细，一般可控制在 5-7 微米范围内，抗拉强度较高^[1]。此外，辉绿岩的熔融比重 2.95—3.05，硬度 6—7，膨胀系数小于钢铁，耐酸度极强。辉绿岩经熔融制作成铸石后，耐磨强度比钢铁要大 15—20 倍，是一种用途广效果好性价比高的非金属材料，尤其是在石油、化工工业设备上被广泛应用^[2]。

辉绿岩纤维是以辉绿岩为原料，经高温熔融后，采用高速离心法或喷吹法等工艺制成的棉丝状无机纤维。其生产工序如下所示：

辉绿岩开采→称重→熔融→成纤(喷吹法/ 高速离心法)→收集→除渣→后期处理→包装

天然矿物纤维一般均含有结晶水，因此在高温制动时容易出现脱水现象，造成刹车片的高温摩擦性能减退，并影响其磨损性能。如石棉纤维加热到 110℃，2/3 的吸附水被析出，纤维的抗拉强度降低 10%左右；温度超过 368℃时，吸附水全部析出。纤维的抗拉强度降低 20%左右，此过程纤维质量损失约 3%-4%；当加热温度在 510℃以上时，以OH⁻存在的这部分结构水，将逐渐全部逸出。逸出的结构水不可能再恢复，失去水分的石棉纤维会变脆，机械强度也全部丧失，直接影响纤维的使用效果^[3]。

而辉绿岩矿物纤维的熔融温度高达 1600℃，所以，辉绿岩矿物纤维不含结晶水。

三、摩擦材料与辉绿岩纤维的关系

1、摩擦材料要求纤维材料具备的性能

1.1 耐温性好，在摩擦工作温度下，不会发生熔融、碳化与热分解现象；

1.2 吸附性能好

1.3 易分散

1.4 非纤维物质含量低，以免产生制动噪声及损伤制动盘或鼓；

1.5 稳定

1.6 耐磨

1.7 工艺操作性好

2、辉绿岩纤维满足摩擦材料要求的性能：

2.1 不含石棉的无机物

2.2 适当的长径比：有利的保证到纤维的强度及分散性能

2.3 良好的高温稳定性

2.4 摩擦系数适宜且稳定

2.5 极低的非纤维物质含量，减小噪音，

2.6 良好的适应性：柔软度佳、分散性优良、与树脂的结合力好、对皮肤的刺激性小，方便工人的搬运、使用及配方的设计

2.7 环保

以上提到的所谓非纤维材料，即是矿物纤维在成纤过程中从熔体的成纤粘度范围在一瞬间上升至脆性粘度范围。在这一瞬间中大部分熔体被牵引而成纤维状的矿物纤维，但仍有一部分熔体还来不及变成纤维而变成了粒状、块状及棒状物，即指俗称矿物纤维中的“渣球”。

渣球与纤维的化学成分相同，对摩擦产品用纤维所含渣球过多不利于增强效果，磨损率容易变大，并且粗粒的渣球会刮伤摩擦对偶及容易产生制动噪音。然而纤维中含有一定比例的粒径小于 125 微米的渣球是允许的（通过 120 目筛），因为它具有一定的增摩性，并阻碍球粒的形成，且具有较好的混料工艺性能。

四、如何通过理化性能区分辉绿岩纤维？

1. 物理特性

1.1 物理性能方面的区分：

名称	颜色	耐火度	耐火性	耐水性	耐腐蚀性	纤维直径	分散性	纤维韧性
辉绿岩纤维	绿/灰	780℃	好	稳定	强	细	易分散	柔韧
矿渣棉纤维	白/偏黄色	650℃	较差	不稳定	弱	粗	难分散	较脆

1.2 外观特性

辉绿岩纤维表面光滑、端部断面多平坦呈玻璃棒折断状；

矿渣棉多呈绒毛状、表面常见纵向解理。

2. 化学特性

2.1 化学成分方面的区分：

(1) 辉绿岩纤维中 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO}$ 的总量为 86%-92% (矿渣棉纤维的以上四种化学成分的总量高达 95% 以上)；

(2) 辉绿岩纤维的 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 的含量为 5%-12% (矿渣棉纤维的以上化学成分的合量为 2% 以下)

备注：铁含量有助于提高纤维的使用温度、耐热性能、介电性能、力学性能、纤维柔软性能及工艺的稳定性。

五、衡量岩棉的重要参数—酸度系数、pH 值

1、酸度系数—化学稳定性

化学稳定性一般指矿物纤维的水解性能，这一特性决定了矿物纤维在大气条件下（特别是潮湿区域和环境）的使用价值，习惯上称这之为耐水性。

酸度系数对岩棉、矿渣棉而言是一个衡量其化学耐久性的特定参数。

酸度系数表示配方成分中所含酸性氧化物和碱性氧化物的质量比，常用符号 M_k 来表示。

$$M_k = \frac{W_{\text{SiO}_2} + W_{\text{Al}_2\text{O}_3}}{W_{\text{CaO}} + W_{\text{MgO}}}$$

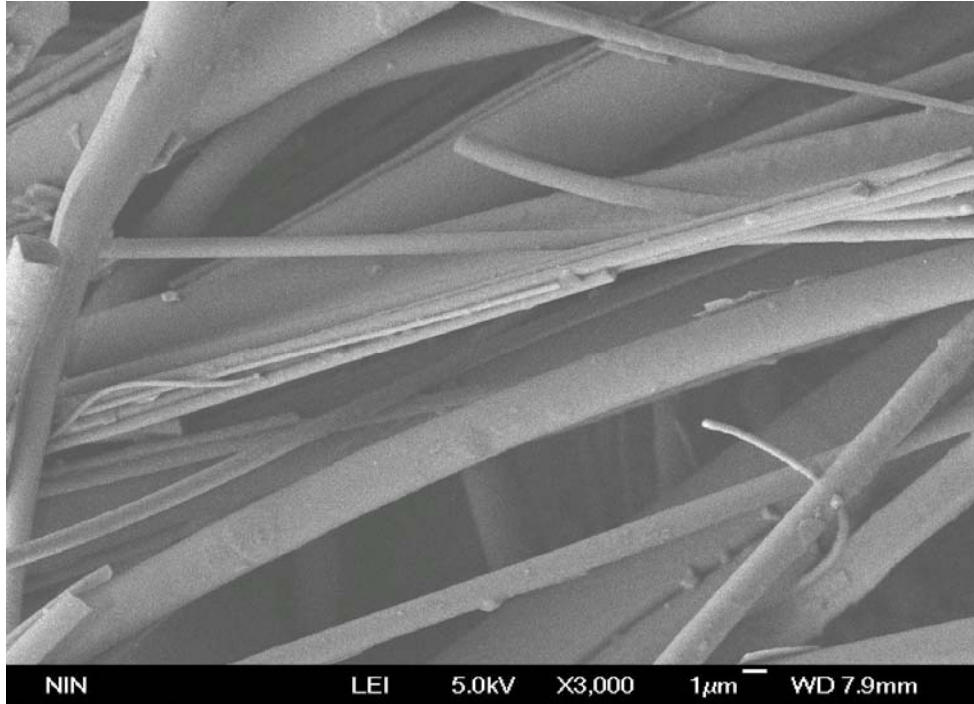
一般来讲，酸度系数越大，则岩棉和矿渣棉的化学耐久性越好。矿渣棉的酸度系数一般控制在 1.2-1.4 之间，岩棉的酸度系数则控制在 1.5-2.5 之间较好。当 M_k 过高时，制成的纤维可能较长，化学稳定性得到改善，使用温度提高，但较难熔化，纤维较粗。辉绿岩稍加碱性调节辅料，酸度系数就可以达到成纤要求。

2、pH 值与其计算式：

pH 值是衡量矿物棉化学稳定性（抗大气、抗水）较准确的指标，pH 值的计算完全是从大量试验中总结出来，pH 值越高，抗水性越差。按国外资料显示：pH 值 < 4 是最稳定的，pH 值 < 5 是稳定的，pH 值 < 6 是中等稳定的，pH 值 < 7 是不太稳定的，pH 值 > 7 则是最不稳定。pH 值可以用计算方法从成分得出^[4]。

$$\text{pH} = -0.0602W_{\text{SiO}_2} - 0.120W_{\text{Al}_2\text{O}_3} + 0.232W_{\text{CaO}} + 0.120W_{\text{MgO}} + 0.144W_{\text{Fe}_2\text{O}_3} + 0.21W_{\text{Na}_2\text{O}}$$

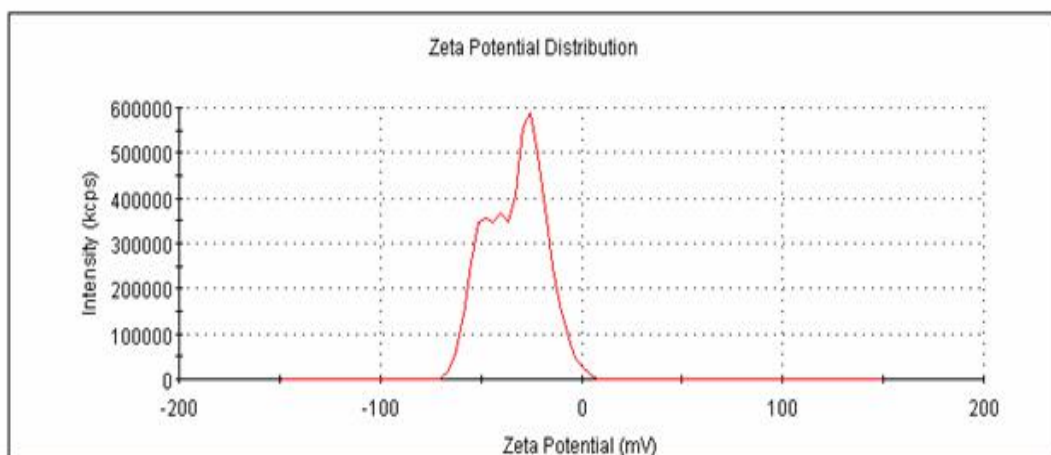
六、材料检测反馈



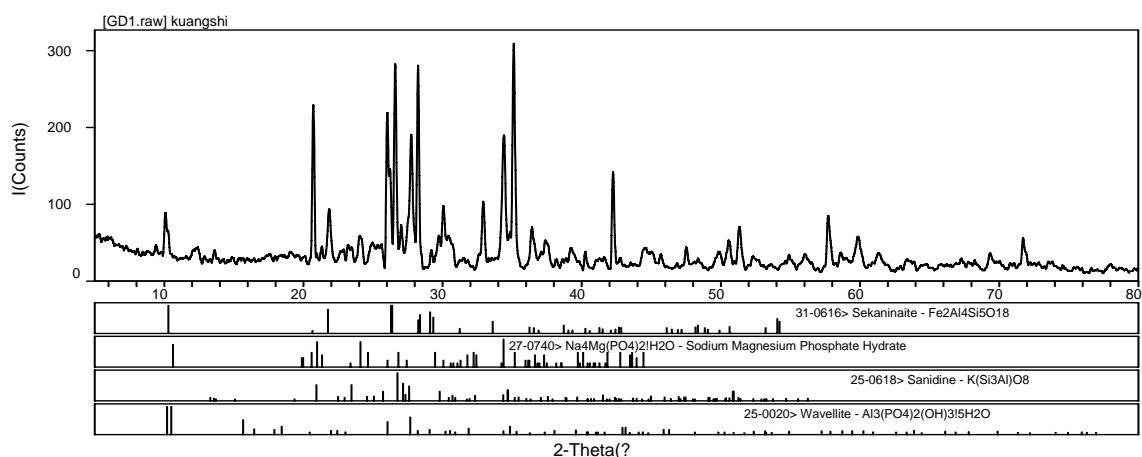
图一 辉绿岩纤维放大 3000 倍电镜图，图中可以看到纤维很纯净，其表面较光滑。为了提高纤维与树脂等基料的粘合力，需对其进行表面处理。

SOP Name: Manual measurement settings		Dispersant Name: Water
File Name: Example Results.dts		Dispersant RI: 1.33
Record Number: 59		Viscosity (cP): 0.8872
Date and Time: 2006年6月23日 17:26:48		Dispersant Dielectric Constant: 78.55
<hr/>		
Temperature (°C): 25.0		Zeta Runs: 27
Count Rate (kcps): 3023		Measurement Position (mm): 2.00
Cell Description: Disposable Zeta cell		Attenuator: 10
<hr/>		

	Mean (mV)	Area (%)	Width (mV)
Zeta Potential (mV): -32.86	Peak 1: -23.9	68.76	8.552
Zeta Deviation (mV): 14.3	Peak 2: -50.8	31.24	5.568
Conductivity (mS/cm): 0.06029	Peak 3: 0	0	0



图二 辉绿岩纤维的电位图，其中横座标表示电位属性，纵座标表示分子的集中度，其曲线主要集中在横座标中间“零”的左侧，即纤维的电性为负。



图三 辉绿岩矿物分析图，可以看出此材料含有铁堇青石、钠镁磷酸盐水化物等物质，不含石棉。

七、辉绿岩纤维的测试结果概况：

辉绿岩纤维作为增强纤维制成盘式刹车片，测试配方如下：

材 料	配 比 (%)
辉绿岩纤维	10-25
其它纤维	5-13
酚醛树脂	10-15
填 料	30-50
摩擦性能调节剂	15-30

按 GB5763-1998 标准，在 D-MS 定速摩擦试验机试验结果

温度 (°C)		100	150	200	250	300	350
摩擦系数	→	0.36	0.38	0.39	0.38	0.37	0.35
	←	0.39	0.37	0.38	0.39	0.36	
磨损率		0.13	0.17	0.16	0.15	0.16	0.19

从以上图中可以直接看出，在温度每上升到某个程度时，材料的摩擦系数和磨损率都比较平稳，没有过大的偏差，材料的性能比较稳定。

八、结束语

以上是笔者对辉绿岩及其纤维在性能与特点上的分享，如有疏漏，敬请指教。

参考文献：

- [1]孙宝珑、改性辉绿岩纤维生产及其在前盘式刹车片中的应用，2005，第 28 卷第 5 期
- [2]范世琦、辉绿岩棉的性能特点与生产，1998 年第 5 期
- [3]高惠民、石棉的结构与性能、矿物复合摩擦材料，2007，化学工业出版社：156
- [4]张耀明、李巨白、姜肇中，岩棉、矿渣棉、玄武岩纤维生产工艺及其制品、玻璃纤维与矿物棉全书，2001，化学工业出版社：634-635