

玄武岩纤维在耐高温输送带芯 上应用

梁凤静 杨彩云

(天津 天津工业大学纺织学院 300160)

[摘要]: 耐高温输送带发展迅速,更多的新型纤维应用在其骨架材料上。玄武岩纤维是抗拉强度高、模量大、耐高温的绿色环保高性能纤维,将其作为耐高温输送带骨架材料比玻璃纤维、芳纶纤维更具有明显优势。

[关键词]: 玄武岩纤维; 特性; 耐高温输送带; 应用

1. 玄武岩纤维概述

玄武岩连续纤维是以纯天然玄武岩矿石为原料,将矿石破碎后放进池窑中,经 1450 ~ 1500℃ 的高温熔融后,通过喷丝板拉伸成连续纤维。由于玄武岩熔化过程中没有硼和其它碱金属氧化物排出,使玄武岩连续纤维的制造过程对环境无害,无工业垃圾,不向大气排放有害气体,是迄今为止唯一的无环境污染的、不致癌的绿色健康玻璃质纤维产品^[1]。

玄武岩纤维是 20 世纪由前苏联莫斯科玻璃和塑料研究院开发出来的一种产品,于 1985 年在乌克兰开始投产,在 2002 年以前,前苏联每年大约生产 500t 连续玄武岩纤维产品,但主要用于军工领域。目前主要的生产厂家集中在俄罗斯、美国、乌克兰和我国,其中我国的生产技术具有自主知识产权,处于国际先进水平^[2-4]。

我国对玄武岩纤维的研发工作并不落后,南京玻璃纤维研究设计院最早开始玄武岩纤维的研究,北京航空航天大学、东北大学等一批高校也在进行玄武岩纤维的性能研究,横店集团上海俄金玄武岩纤维有限公司、黑龙江省宁安市镜泊湖耐碱玄武岩纤维有限公司等专门从事玄武岩纤维的生产销售。我国把玄武岩纤维与碳纤维、芳纶、超高分子量聚乙烯纤维一起列为鼓励发展的四大高性能纤维,玄武岩纤维将成为与碳纤维、芳纶、超高相对分子质量聚乙烯纤维并驾齐驱的又一极具竞争力的高科技纤维^[5]。

继前苏联之后,近几年来,国际上如美国、日本、德国等一些科技发达国家都加强了对玄武岩纤维这一新型无机高科技纤维的研究开发,并取得了一系列新的应用研究成果。研究表明:玄武岩纤维已经成为一种将改变世界新材料格局的高技术纤维^[6]。我国有关决策部门拟从新材料的战略发展高度引起充分的关注和重视,以推动我国玄武岩纤维及其产业的快速发展,真正成为全球“后来者居上”的玄武岩纤维制造大国。

2. 玄武岩纤维的特性

玄武岩矿石主要由 SiO_2 、 Al_2O_3 、 $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 CaO 、 MgO 、 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 、 TiO_2 等多种氧化物陶瓷成分组成,因此玄武岩纤维在耐高温性、化学稳定性、耐腐蚀性、力学性能等许多方面具有优良的特性。

2.1 优异的耐高温特性

玄武岩连续纤维的耐热性优于矿棉和 E 玻璃纤维等,接近产量小而价格高的耐高温石英玻璃纤维。在 400°C 下工作时,其断裂强度能够保持 85%;在 600°C 下工作时,其断裂强度仍能够保持 80% 的原始强度;而即使优良的矿棉此时也只能保持 50%~60% 的强度,玻璃棉则完全破坏^[7]。玄武岩纤维可以工作到 600°C ,而玻璃纤维在相同条件下的使用温度不超过 400°C 。此外,玄武岩矿石还可以和许多配料组合形成可在 800°C 下工作的耐高温材料。如果玄武岩纤维预先在 $780\sim 820^\circ\text{C}$ 下进行处理,纤维还能在 860°C 下工作而不会出现收缩^[8]。

2.2 优越的力学性能

玄武岩纤维的抗拉比强度是金属的 2~2.5 倍,是 E 型玻璃纤维的 1.4~1.5 倍^[7]。表 1 列出的是玄武岩纤维抗拉比强度的数据,表 2 给出的是由玄武岩连续纤维制造的 RB10 型多股粗纱的拉断载荷数据^[9]。

表 1 玄武岩纤维抗拉比强度

单元纤维直径 (μm)	5.0	6.0	8.0	9.0	11.0
单元纤维的拉断强度 (kg/mm^2)	215	210	208	214	205

表 2 玄武岩连续纤维制造的 RB10 型多股粗纱的拉断载荷

单元纤维直径 (μm)	纤维数量	拉断载荷 (N)
10	600	400
10	1200	700

2.3 耐疲劳性能优异

根据文献[10]介绍,由连续玄武岩纤维制成的细棒在长时间(超过 9 年)经受交变载荷作用后几乎没有疲劳破坏的痕迹,即未出现裂纹或其他破坏现象。

3. 玄武岩纤维用于耐高温输送带

3.1 耐高温输送带概况

耐高温输送带在输送带中占有很重要的地位。耐高温输送带作为运输带的一个品种,是以热稳定性高的纤维作为骨架材料,以耐高温胶料为覆盖胶制成的输送带,广泛用于煤炭、水泥、钢铁、冶炼等行业,用作固体热物料的输送,如烧结矿石、球团矿石、水泥熟料、烘干水泥、石灰、尿素和无机化肥等。

耐高温输送带的工作环境十分苛刻,现国内煤炭、水泥、冶金等行业生产过程中要输送的物料温度非常高,达 $400 \sim 600^{\circ}\text{C}$,个别工序达 800°C 以上,因此要求输送带材料必须耐高温。现今耐高温输送带共分为 T_1, T_2, T_3 三个等级,对应的试验温度分别为 $100, 125, 150^{\circ}\text{C}$,已明显不能适应当前的使用要求^[11]。现在急需的任务是,开发新型的使用寿命长的耐高温输带来满足这些行业发展的需要。

3.2 目前用于耐高温输送带芯的材料

目前常见的带芯骨架材料有:棉纤维、锦纶纤维、聚酯纤维、玻璃纤维、芳纶纤维等等,具体性能对比见表 3^[12]。

表 3 常用纤维骨架材料的性能比较

种类	棉	锦纶 66	涤纶	芳纶	玻璃纤维
相对密度	1.54	1.14	1.38	1.44	2.54
断裂强度, MPa	230	850	1100	2750	2250
拉断伸长率%	8	19	13	4	5
拉断强度 cN/tex	15	80	80	190	85
初始模量 cN/tex	225	300	850	4000	2150

这几种常用骨架材料做成织物之后,它们具体的性能优缺点比较如表 4^[13]

表 4 常用骨架材料优缺点比较

种 类	优 缺 点
棉帆布	一般用途, 100 ~ 120 °C 下不收缩, 强度低, 密度大, 易腐蚀, 使用寿命短
锦纶帆布	高温尺寸不稳定, 耐磨性和耐疲劳性好, 强度高, 模量低, 断裂伸长率和定负荷伸长率较大
聚酯帆布	除具有锦纶帆布的优点之外, 还具有耐热性和耐湿性好, 伸长率小, 价格较低的优点
芳纶帆布	力学性能优良, 化学性质稳定, 耐热性优良以及易与橡胶粘合, 但压缩强度与疲劳特性差, 价格较高
玻璃纤维	抗拉强度高、弹性模量大、断裂伸长小、抗弯刚度大、尺寸稳定性好、耐高温、吸湿性能差的特点

除了上述几种常用的骨架材料之外, 还有采用钢丝绳^[14]、新型中空纤维^[15]或氟塑料浸渍耐热纤维的布芯^[16]做骨架材料来提高耐高温输送带的使用温度、强度和寿命, 这是现在的研究状况。

现在应用最多的还是传统的棉、聚酯、锦纶等骨架材料, 但现在输送带耐高温的要求越来越严格, 越来越注重耐高温织物芯输送带自身安全性, 这就促使新型材料来做耐高温输送带的骨架材料。近几年随着科技的发展, 芳纶纤维和玻璃纤维在耐高温输送带上的应用正逐渐增加。

芳纶纤维是杜邦公司于 1973 年以“Kevlar”商品名推出的一种可供橡胶制品用的新型增强材料, 具有强度高、模量高、伸长率和蠕变率低及良好的热稳定性, 这些通常是钢材才具有的品质, 但与钢材不同的是, 芳纶的密度很低, 有较好的耐化学品性、耐疲劳性以及有机纤维的加工操作特性。芳纶纤维的这些在力学、热和化学方面突出的性能使之成为输送带理想的骨架材料, 应用于露天煤矿等领域, 充分展示出了它的性能优势^[12]。但芳纶的耐高温性能不是太好, 可承受的最高温度仅为 180 °C, 这就限制了芳纶纤维在一些耐高温要求严格的环境下的应用, 另外芳纶的价格较昂贵, 这也就限制了它的广泛应用。

玻璃纤维按成分不同分为 A 玻璃、C 玻璃、E 玻璃、S 玻璃等, 用于耐高温输送带芯的材料一般采用 C 玻璃和 E 玻璃。玻璃纤维与常用骨架纤维材料相比具有抗拉强度高、弹性模量大、断裂伸长小、抗弯刚度大、尺寸稳定性好、耐高温、吸湿性能差的特点。这些优异性能正是高性能输送带用增强材料所必需的^[6]。玻璃纤维材

料作输送带的张力元件即可获得高强度,又可保持轻重量,而且玻璃纤维的耐高温性能好,在300℃高温下应用短时间内不受影响,经24h后强度下降20%,在480℃时强度仅下降30%,846℃熔融,能输送200~800℃的高温物料,是耐高温输送带的理想材料。但玻璃纤维比较脆,耐磨性差,耐折性差,造成加工困难。在织造中经摩擦易产生静电,引起纤维分裂、起毛,甚至断裂^[8]。

3.3 玄武岩纤维用于耐高温输送带芯的优势

上述高性能纤维由于自身的特性,使用范围受到了一定影响。如芳纶不能用于温度条件要求高的工况条件下,且它的价格昂贵,限制了它的广泛应用。玻璃纤维由于耐磨性差,耐折性差,加工困难。

玄武岩纤维具有突出的耐高温性能,它的耐高温特性远好于玻璃纤维。玄武岩纤维的弹性模量几乎是E玻璃纤维的1.5倍^[7],它的稳定性更好,不易变形,玄武岩纤维做输送带的骨架材料,更不容易变形,从而很好的避免了输送带的“跑长”问题。玄武岩纤维中含有近20%的导电氧化物,在生产中可以减少静电的产生。玄武岩纤维价格稍高于玻璃纤维,但大大低于芳纶高性能纤维,另外玄武岩纤维价格也能够被大众接受,而且随着科技的发展,玄武岩纤维成本正在逐渐下降,但它的性能却远好于玻璃纤维,相比来说玄武岩纤维的性价比更高一些,它更适用于耐高温输送带的骨架材料。玄武岩纤维与其他纤维的性价比如表5^[8]所示。

表5 玄武岩纤维与其他纤维的性价比

纤维品种	密度 /g.cm ⁻³	拉伸时断裂应力 /MPa	弹性模量/GPa	耐温性/℃	价格/元 Kg ⁻¹
玄武岩纤维	2.6~3.0	2300~3200	79.3~93.1	700	38
E玻璃纤维	2.5~2.6	1500~2700	76~78	260	17
芳纶1313	1.38	500~800	70~140	180	200

另据有关资料介绍,玄武岩纤维在交变载荷作用下的稳定性和耐久性也很好。由连续纤维制成的细棒在长时间(超过9年)经受交变载荷作用后几乎没有疲劳破坏的痕迹,即未出现裂纹或其它破坏症状^[10]。耐疲劳性好这一特性,正是输送带带芯骨架材料所需要的。

4. 结论

若从单一的纤维力学性能和耐高温等性能比较,似乎都能找到比玄武岩纤维更好的高性能纤维,然而,多种性能综合比较玄武岩纤维是性价比最好的纤维。玄武岩

纤维的拉伸强度、耐温性都高于玻璃纤维、芳纶纤维;它的弹性模量虽低于芳纶纤维,但相差不大,且好于玻璃纤维,但它的价钱要比芳纶纤维便宜很多。从综合方面考虑,玄武岩纤维是耐高温输送带的骨架材料的理想材料。

参考文献:

- [1] 赵 勳, 李青山, 谢 磊, 张 鹏. 玄武岩连续纤维的特性与应用[J]. 中国非金属矿工业导刊 2007(4)
- [2] Rohrmann Jurgen. Plastic Molding Composition for Production of Moldings Having a Decorative Effect. US Patent; 5539040, 1996: 7-23
- [3] Morozov N N, Bakunov V S, Morozov E N, et al . Materials Based on Basalts from the European North of Russia. Glass and Ceramics, 2001, 58(3-4): 100-104
- [4] Friedrich M, Schulze A, Pro Sch G, et al . Investigation of Chemically Treated Basalt and Glass Fibers. Mikrochimica Acta, 2000, 133(114): 171-174
- [5] 胡显奇, 申屠年. 连续玄武岩纤维在军工及民用领域的应用[J]. 高科技纤维与应用, 2005, 12
- [6] Special manufacturing and characteristics of basalt fiber reinforced hybrid polypropylene composites; Mechanical properties and acoustic emission study [J]. Comp Science and Technology, 2006, 66(16): 3210-3220
- [7] 闫全英, 高春梅. 连续玄武岩纤维制备的研究[J]. 保温材料与建筑节能, 2003, (11): 15-18.
- [8] 李新娥. 玄武岩纤维在高温烟气过滤上应用之优势[J]. 产业用纺织品, 2008, 1
- [9] 石钱华. 国外连续玄武岩纤维的发展及其应用[J]. 玻璃纤维, 2003(4): 27-31.
- [10] 谢尔盖, 李中鄂. 玄武岩纤维材料的应用前景[J]. 纤维复合材料, 2003. 9
- [11] 杨 莉, 宋 岩, 张应征, 杨成斌. 三级耐热涤纶输送带的研制[J]. 沈阳化工 1999, 6
- [12] 孙俊英, 张 燕. 输送带用纤维骨架材料的发展现状和趋势 [J]. 橡胶科技市场 2007(18)
- [13] 王丹萍, 陈朝晖, 王迪珍. 耐热运输带的发展现状[J]. 特种橡胶制品 2006. 10
- [14] 宋庭生. 凤凰公司建新运输带生产线[N]. 中国化工报, 2004. 4
- [15] Rennebeck K. Process for manufacturing ceramic fibers from the melt and the ceramic fibers obtained and their uses[P]. GRE: DE19730996, 1999 - 01 - 21.
- [16] Kitagawa S, Ishibashi M, Haraguchi T, et al . Heat - restant laminated conveyor belt [P]. CAN : Pat . Appl , CA2124659 , 1995 - 12 - 01.