

# 玄武岩纤维在高温烟气过滤上的应用

李新娥

(中原工学院,河南 郑州 450007)

**摘要:**玄武岩纤维是绿色环保的高性能纤维,具有耐高温、耐化学腐蚀、耐水、强度高、密度大、纤维脆等特性。高温烟气的主要成分是烟尘、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、CO、氟化物等,玄武岩纤维作为高温烟气过滤材料比芳纶、玻璃纤维、聚苯硫醚、聚酰亚胺和聚四氟乙烯具有明显的优势。

**关键词:**玄武岩纤维;特性;高温烟气过滤

**中图分类号:**TS106.6

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-0356(2007)05-0018-02

玄武岩是一种以  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  为主要成分的矿物岩石,它是修建高速公路、铁路、机场跑道的基石材料。20 世纪 80 年代前苏联通过研究把玄武岩制成了连续纤维,由此引发了对玄武岩的深加工利用和对玄武岩纤维的深入研究。目前全世界能生产玄武岩纤维的仅有俄罗斯、乌克兰、美国、中国、加拿大等少数几个国家。俄罗斯与乌克兰在玄武岩纤维的研究、生产及产品的开发上代表着当今世界的先进水平。

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<sup>[1]</sup>,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,一些生产玻璃纤维的企业也在进行玄武岩纤维的生产工艺研究。玄武岩纤维是天然的、无污染的、不致癌的玻璃质高性能纤维。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<sup>[2]</sup>。

## 1 玄武岩纤维特性

玄武岩矿石主要由  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{TiO}_2$  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。

### 1.1 优异的耐温性能

玄武岩纤维的使用温度范围为  $-269 \sim 700$  ,最高使用温度在  $860 \sim 900$  ,具有突出的耐温性能。

### 1.2 良好的化学稳定性和耐腐蚀性

玄武岩纤维具有稳定的化学性能,俄罗斯玄武岩纤维实验测得在 2N HCl 中煮沸 3 h,玄武岩纤维重量损失率为 2.2%,在 2N NaOH 中煮沸 3 h,玄武岩纤维重量损失率为 5.0%,玄武岩纤维的耐酸性优于耐碱性<sup>[3]</sup>。而王明超等用镜泊湖玄武岩纤维的实验结论是在 2N HCl 中煮沸 3 h,玄武岩纤维重量损失率为 8.1%,在 2N NaOH 中煮沸 3 h,玄武岩纤维重量损失率为 4.3%,玄武岩纤维的耐碱性优于耐酸性<sup>[4]</sup>。这说明不同产地的

玄武岩纤维耐酸碱性不同。

玄武岩纤维中含有  $\text{MgO}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{TiO}_2$  等成分,提高了纤维的防水性和耐腐蚀性。实验测得玄武岩纤维的吸水率为 0.15%,玄武岩纤维在水中煮沸 3 h 后的重量损失率为 0.4%,强度保持率达到 99.8%<sup>[4]</sup>,说明玄武岩纤维具有良好的耐水性。

### 1.3 较好的力学性能

不同产地的玄武岩及不同生产厂家玄武岩纤维的力学性能也不尽相同,玄武岩纤维与其他纤维力学性能比较如表 1 所示。玄武岩纤维也有它自身的缺点,例如比重较大 ( $2.6 \sim 3.0 \text{ kg/cm}^3$ ),纤维较脆。

表 1 玄武岩纤维与其他纤维力学性能比较

性能参数	玄武岩纤维 (镜泊湖)	玄武岩纤维 (乌克兰)	玄武岩纤维 (加拿大)	E 玻璃纤维	芳纶 1313	聚四氟乙烯
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	2.63	2.65~3.05	2.8	2.55~2.62	1.38	2.1~2.3
拉伸强度/MPa	1828	3000~3500	4840	3100~3800	500~800	15~34
拉伸模量/GPa	72.2	79.3~93.1	89	76~78	6.7~9.8	0.6~0.75
断裂伸长率/%	3.03	3.2	3.1	4.7	35~50	100~300

## 2 玄武岩纤维用于高温烟气过滤材料

随着工业的不断发展,由此带来的对环境污染的问题也越来越严重,火力发电、钢铁、水泥、冶金、化工、垃圾焚烧等行业的烟气排放是污染大气的主要原因,提高排放烟气的洁净程度是有利于环境保护的必要措施。

### 2.1 高温烟气的主要成分

我国火力发电占 80% 左右,火电厂高温烟气除尘是不可忽视的重要问题。火电厂高温烟气的主要成分是烟尘、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  等,冷却后的烟气温度在 160 左右,烟气中还含有水分。钢铁厂高温烟气的主要成分是烟尘、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、CO 等,冷却后的烟气温度在 180 以下。水泥厂高温烟气的主要成分是烟尘、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、氟化物等。垃圾焚烧高温烟气的成分较为复杂,颗粒物主要有碳、硅等,酸性成分主要有  $\text{SO}_2$ 、HCl、HF、 $\text{NO}_x$  等,重金属有 Zn、Cu、Pb、Cr、Ni、Cd、Hg、As 等,还有二恶英和呋喃。烟气温度在  $140 \sim 240$  ,烟气中水分含量高,氧气含量高,粉尘粘性大。垃圾焚烧高温烟气最难处理。

### 2.2 目前用于高温烟气的过滤材料

受高温烟气工况条件的限制,一般的纤维不适合作高温烟

收稿日期:2007-05-20

作者简介:李新娥(1962-),女,山东郓城人,副教授,从事纺材与纺织品设计的教学和研究工作。

气过滤材料,目前用于高温烟气过滤的材料主要有芳纶、玻璃纤维、聚苯硫醚、聚酰亚胺和聚四氟乙烯等高性能纤维。

芳纶 1313 是非热塑性纤维,极限氧指数 29,属于难燃纤维。芳纶 1313 是水解性纤维,耐氧化差,使用温度 180,瞬间最高使用温度也只有 250。当高温烟气中含有水分和氧化物时,会很快水解而损坏。

玻璃纤维按成分不同分为 A 玻璃、C 玻璃、E 玻璃、S 玻璃等,用于过滤材料一般采用 C 玻璃(中碱玻璃或称钠钙硅酸盐玻璃)和 E 玻璃(无碱玻璃或称铝硼硅酸盐玻璃)。玻璃纤维使用温度为 260,最高使用温度在 290~450。玻璃纤维拉伸强度高,伸长率低,有很好的尺寸稳定性。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。玻璃纤维不耐 HF 酸。

聚苯硫醚使用温度为 190,最高使用温度 230,聚苯硫醚抗氧化性一般,氧气含量越高,使用温度就越低,当氧气含量达到 12%时,只能在 140 下使用。聚苯硫醚主要依赖进口。

聚酰亚胺使用温度为 195,最高使用温度 300。耐酸性和耐氧化性也很好,但纤维价格较高,且主要依赖进口。

聚四氟乙烯使用温度为 260,最高使用温度 290。耐腐蚀、不粘、自润滑、介电性能优良、摩擦系数很低,但纤维价格较高,也主要依赖进口。

### 2.3 玄武岩纤维用于高温烟气过滤的优势

上述高性能纤维由于自身的特性,使用范围受到了一定限制。如芳纶不能在高温烟气中含有水分和氧化物的工况条件下使用,使用温度也不宜超过 190。玻璃纤维由于耐磨性差,耐折性差,不耐 HF 酸,影响了其使用寿命。聚苯硫醚、聚酰亚胺和聚四氟乙烯等高性能纤维虽然综合性能较好,但价格较高,主要依赖进口。

玄武岩纤维的使用温度范围为 -269~700,最高使用温

度在 860~900,具有突出的耐温性能。还有稳定的化学性能和耐水性。玄武岩纤维中含有近 20%的导电氧化物<sup>[3]</sup>,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,大大低于其他高性能纤维。玄武岩纤维与其他纤维的性价比如表 2 所示。

表 2 玄武岩纤维与其他纤维的性价比

纤维品种	密度 / kg · cm <sup>-3</sup>	拉伸时断裂 应力/ mPa	耐温性 /	耐化学性	价格 / 元 · kg <sup>-1</sup>
玄武岩纤维	2.6~3.0	2300~3200	700	好	38
E 玻璃纤维	2.5~2.6	1500~2700	260	耐碱一般	17
芳纶 1313	1.38	500~800	180	耐酸一般	200
聚苯硫醚	1.35	280~360	190	好	56
聚酰亚胺	1.35~1.41	200	195	耐碱一般	1000
聚四氟乙烯	2.1~2.3	15~34	260	好	短纤 400 长丝 800

若从单一的纤维力学性能和化学性能比较,似乎都能找到比玄武岩纤维更强的高性能纤维,然而,将多种性能综合比较,玄武岩纤维是性价比最好的纤维。譬如玄武岩纤维既耐酸又耐碱,既耐低温又耐高温,拉伸强度大,玄武岩纤维具有三维的分子维数,与分子维数一维的线性聚合物纤维相比具有较高的抗压缩强度、剪切强度和抗老化性。玄武岩纤维是最理想的高温烟气过滤纺织材料。

### 参考文献:

- [1] 齐凤杰,李锦文,等.连续玄武岩纤维研究综述[J].高科技纤维与应用,2006,31(2):42-46.
- [2] 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.
- [3] 王明超,张佐光,等.连续玄武岩纤维及其复合材料耐腐蚀特性[J].北京航空航天大学学报,2006,32(10):1255-1258.

## Application of basalt fiber in the high temperature flue gas filtration

LI Xir-e

(Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou 450007, China)

**Abstract:** Basalt fibers is environmental high-performance fiber. Basalt fiber have some characteristics of high temperature resistance, chemical corrosion resistance, water resistance, high intensity, high density and fibers brittle. High temperature flue gas is the main component of dust, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO and fluoride et al. Basalt fiber as a high temperature flue gas filtration material has obvious advantages comparing with glass fiber, polyphenylene sulfide, Polyimide and PTFE.

**Key words:** basalt fiber; characteristic; high temperature flue gas filtration

(上接第 17 页)

### 参考文献:

- [1] 钟桂普.服装干洗业接触四氯乙烯现状调查[J].中国劳动卫生职

业病,1999,19(2):94-95.

- [2] Sylvia Ewing.美国干洗业引进湿洗和其它无毒替代技术[J].产业与环境,1999,21(3):42-47.

## The wool fabric green dry cleaning fluid applied research

XU Lei

(Suzhou Institute of Trade & Commerce, Suzhou 215008, China)

**Abstract:** Adding the surface active agent to the petroleum dry cleaning agent SD60 to increase the solubility, and the dry cleaning agent had well dry cleaning effect to wool fabric. It could replace the strong toxic tetrachloroethylene dry cleaning agent.

**Key words:** dry cleaning agent; increaseing the solubility; surface active agent; the tetrachloroethylene