

不锈钢纤维生产工艺的现状分析

刘先兰^{1,2}, 刘楚明¹

(1. 中南大学材料科学与工程学院, 湖南 长沙 410083; 2. 湖南工学院机械工程系, 湖南 衡阳 421101)

摘 要: 对生产不锈钢纤维的单丝拉拔法、集束拉拔法、切削法和熔抽法进行了介绍, 并分析了每种方法的特点及我国不锈钢纤维生产和研究的现状, 指出了不锈钢纤维生产的发展趋势。

关键词: 不锈钢纤维; 集束拉拔; 发展前景; 产业化

中图分类号: TG142.71

文献标识码: A

不锈钢纤维一般是指以 304, 304L 或 316, 316L 等不锈钢为基材, 经特殊工艺加工成直径小于 10 μ m 的软态工业材料。与镍、铜、铝等金属纤维相比, 不锈钢纤维在可纺性、使用性和经济性等方面具有较大的优越性。不锈钢的纤维化技术始于 20 世纪 60 年代中期, 首先由美国进行研究与开发, 到 70 年代末已在纺织、石油、化工、军事、航空、通讯、电力等许多领域得到了广泛应用^[1]。

目前, 不锈钢纤维已经成为一种新型的工业材料^[2]。它不仅具有导电性好、导热率高、强度高、耐高温和耐腐蚀等优点, 而且还具有非金属纤维的柔软性和可纺性, 因此引起人们的极大兴趣。现已成功地应用于不锈钢纤维烧结毡、混纺织物、纯不锈钢纤维织物、除静电刷及高分子材料等方面^[3-6]。

不锈钢纤维的生产涉及到物理、化学、材料加工等众多科学领域。目前, 世界上只有美国、比利时和中国等少数国家掌握这一技术。关于不锈钢纤维生产技术的报道, 特别是材料成分、加工工艺对产品性能影响的报道很少, 从而在某种程度上限制了不锈钢纤维的发展。目前, 我国对不锈钢纤维的需求量不断增长, 特别是化工、纺织行业和一些高新技术应用领域对不锈钢纤维的需求量很大^[9-13], 为不锈钢纤维的发展提供了良好机遇。本文对几种不锈钢纤维生产工艺的优缺点进行分析, 为大规模的工业生产和应用指明方向。

1 生产工艺

目前, 不锈钢纤维的生产方法归纳起来主要有四种: 单丝拉拔法、集束拉拔法、切削法和熔抽法。

1.1 单丝拉拔法

单丝拉拔法是制取金属线材的常用方法。用单丝拉拔法制取不锈钢纤维细丝时, 必须通过孔径逐渐递减的拉丝模孔进行多次拉拔, 且每次的截面收缩率都非常小。如果一次拉丝截面的收缩率过大, 拉丝阻力就会超过材料的抗拉强度, 导致断丝。因此, 每次拉丝后都要进行退火, 消除应力, 然后再进行拉丝、退火, 这样反复多次, 才能得到符合要求的不锈钢纤维。用单丝拉拔法制取不锈钢纤维, 不仅工序繁琐, 而且易断丝, 因而实际生产中困难很大。

1.2 集束拉拔法

集束拉拔法是将多根线材集成一束, 外加包覆材料, 进行拉拔。这种加工方法可使拉拔的次数大大减少, 同时也可防止单根细丝被拉断。外部包覆材料多用与不锈钢的加工硬化类似的低碳钢。为了防止集束中各根纤维间的粘连, 在集束之前先对丝材进行表面处理。丝材经过多次拉拔达到所要求的直径后, 进行酸浴处理, 去掉包覆材料, 即得到集束型不锈钢纤维。不论是单丝拉拔法, 还是集束拉拔法, 拉拔模具的材料必须是超硬合金或金刚石, 才能确保

收稿日期: 2007-04-28

作者简介: 刘先兰(1966-), 女, 湖南衡阳人, 副教授, 博士研究生。

拉丝模的精度。集束拉拔法的工艺流程^[6]如图1所示。

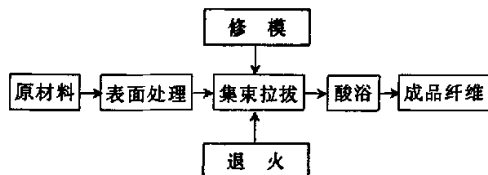


图1 集束拉拔的工艺流程图

Fig. 1 A flow sheet of bundle drawing

1.3 切削法

切削法是利用机床与高速转动的刀具之间的摩擦使切屑从基体材料上分离出来的一种加工方法。按照切削方式可分为铣削法、刮削法和车削法。铣削法是用螺旋齿圆柱铣刀铣削低碳钢板来制取纤维。刮削法是利用一定形状的刮刀刮削金属钢丝以形成连续的金属纤维。车削法是将轧制成的薄带材卷成轴状,然后用车刀逐道加工来制取纤维。

在金属纤维的切削加工过程中,刀具的材质是最重要的因素。目前,新型高速钢有超硬高速钢、粉末高速钢和涂层高速钢,其切削性能比普通高速钢好很多。新型硬质合金有WC基合金、TiC基和Ti(C,N)基合金、涂层和稀土硬质合金,热压复合陶瓷和超硬刀具材料CBN、金刚石等,它们的性能目前还达不到切削法的要求。例如,用切削法加工某些金属纤维,新型硬质合金的硬度和耐磨性还达不到要求,因此不得不降低切削速度,致使加工效率降低。CBN和金刚石刀具的硬度虽高,但其强度不高,且金刚石不能加工黑色金属,故只能在一定的切削条件下用于有色金属纤维的加工。随着新的切削法的问世,如加热切削、低温切削、振动切削、真空中切削和超高速切削的出现,使利用切削手段生产金属纤维成为现实。

1.4 熔抽法

熔抽法是由熔融金属直接制取不锈钢纤维的一种方法。它包括熔融挤压法和喷射骤冷法等。其中熔融挤压法和喷射骤冷法与制取有机纤维和玻璃纤维的原理一样,是把熔化的金属液从喷头挤出,在多种媒介中冷却成丝。由于熔融金属液的表面张力大、粘度小,挤出的金属流线很容易形成液滴,故成丝比较

困难。为使金属流线快速凝固下来,该法的关键工艺是熔束模板的制作、喷嘴的安装及其角度的控制、冷却速度的控制等。

2 工艺对比及生产现状

用单丝拉拔法可制取直径约20 μm 的不锈钢纤维和直径150~380 μm 的铜、铝、钨、钼等纤维。用单丝拉拔法制得的纤维尺寸准确,但成本高,主要用于某些特殊领域,如高精度筛网等。

我国是世界上第5个掌握单丝拉拔技术的国家,其技术水平已达到国外同类技术的先进水平,部分工艺技术水平甚至处于世界领先地位。目前,我国采用单丝拉拔法的生产厂商有中鼎金属制品有限公司等。该公司在2001年完成了初试和中试,目前产品的合格率达到98%以上,产品质量达到GB/T4240-93标准。

集束拉拔法的工艺复杂,拉拔和热处理过程中任何参数的变化都会对纤维质量产生影响,使其性能发生变化。目前,该法主要用于不锈钢纤维、高温合金纤维等高强和超细纤维的生产,产品的最小平均直径可达1~2 μm ,抗拉强度可达1800MPa以上。与单丝拉拔法相比,集束拉拔法更易实现规模化生产。用集束拉拔法制备超细不锈钢纤维时,由于加工过程中纤维的不均匀变形,最终导致纤维丝呈不规则圆形。在相同的真应变条件下,纤维的单丝断裂强力随真应变的增加而增加。丝材经过纤维化加工后,其抗拉强度随着丝径的减小而显著增加,在丝径为12 μm 时,抗拉强度达到极大值后又随着丝径的减小而显著降低,但仍远大于原丝材的抗拉强度。集束拉拔法不适合脆性材料如铸铁等的加工。用此法制取的不锈钢纤维,具有以下优点:(1)挠性好——直径8 μm 的不锈钢纤维的柔软性相当于直径13 μm 的麻纤维,其可挠性与有机纤维接近,故具有可纺性,能用来进行纺纱织布和缝制加工;(2)机械性能好——不锈钢纤维的相对强度较高,并且具有良好的弯曲加工性和耐磨性;(3)导电性能好——不锈钢纤维的电阻率低,是良好的电导体;(4)耐腐蚀性好——不锈钢纤维耐酸、碱及有机溶剂的腐蚀;(5)耐热性能好——在氧化气氛中,温度高于600℃的情况下可连续使用,是良好的耐高温材料。

高强和超细的不锈钢纤维主要是用集束拉拔法生产的,但由于其技术难度大,工艺复杂,目前只有

美国、比利时、日本和中国等少数国家实现了工业化生产。湖南惠同新材料股份有限公司是我国集束拉拔法生产企业的典型代表,该公司是我国最早从事金属纤维生产研究和开发的企业,现已成为世界五大金属纤维生产厂商之一。

切削法是目前使用最广泛的金属纤维生产方法。用该法既可以制取短纤维,也可制取长纤维。切削法的设备简单,适用于不同材质如低碳钢、不锈钢、铸铁、铜铝及其合金等金属纤维的加工。与集束拉拔法相比,切削法的工艺较简单,更容易实现规模化生产,但缺点是:金属纤维的弹性模量和导热系数都很小,已加工表面易发生回弹、撕裂及产生毛刺,金属纤维对刀具具有一定擦伤作用,使纤维表面的质量不易保证,刀具耐用度亦受影响。切削力和表面粗糙度常因切削方向的不同而发生变化。切削法多用于加工直径大于 $30\mu\text{m}$ 的纤维,并且加工成本低廉。如果加工更细的纤维,则成本大幅提高。我国用切削法生产金属纤维比较普遍,如江苏金火炬纤维有限公司和上海依禾金属纤维工业有限公司等^[14]都使用切削法。

用熔抽法既可以制取短纤维也可制取长纤维,纤维的最小平均直径可达 $25\mu\text{m}$ 。熔抽法的工艺技术要求高,加工设备较复杂,产品的抗拉强度低,一般只有 380MPa 。用熔抽法加工的钢纤维与基体有较好的结合强度,常用于增强混凝土的强度等。湖南衡阳钢纤维公司是我国首家用熔抽法生产耐热不锈钢纤维的专业厂家,所生产的产品性能达到国外同类产品水平,已广泛用于冶金、水泥、化工等工业领域和桥梁、高速公路等建筑行业。

3 结 语

在生产不锈钢纤维的几种方法中,集束拉拔法是生产超细和高强不锈钢纤维的主要方法。用集束拉拔法生产的不锈钢纤维是一种高科技、高附加值

(技术含量高,只有少数几个国家具备生产能力,产品的利润高,毛利可达到60%)产品,为满足市场要求,需要不断提高集束拉拔法的生产工艺水平。随着不锈钢纤维生产工艺的不断完善,应用范围将越来越广泛。为生产出质量高、成本低的不锈钢纤维及其制品,生产方法有待进一步研究和开发。

参考文献:

- [1] 许琳,李维鹏,段亚峰. 不锈钢纤维及其功能性纺织品的研究现状与展望[J]. 毛纺科技, 2004(9): 56-59.
- [2] 毛麒麟. 高科技产品——钢纤维[J]. 金属世界, 1995(5): 14.
- [3] 刘古田. 金属纤维综述[J]. 稀有金属材料与工程, 1994, 23(1): 10.
- [4] 莫正平,周廉,李建. 金属纤维的发展现状和应用前景[J]. 稀有金属材料与工程, 1998, 27(6): 317-321.
- [5] 金永良. 金属纤维的性能特点及其产品开发[J]. 棉纺织技术, 2003, 31(5): 28-31.
- [6] 杨照玲,李建平,莫正平,等. 超细不锈钢纤维的制备和性能[J]. 稀有金属材料与工程, 2003, 32(6): 748-751.
- [7] 邢维恕,陈秀敏. 防静电服装面料的生产[J]. 棉纺织技术, 2000, 28(9): 30-32.
- [8] 崔红. 不锈钢纤维及其产品开发现状[J]. 天津纺织科技, 2002, 40(2): 7-13.
- [9] 王晓春. 不锈钢纤维与纺纱[J]. 棉纺织技术, 1999, 27(2): 40-41.
- [10] 莫正平,张健. 奥氏体不锈钢纤维特性研究[J]. 稀有金属材料与工程, 2000, 29(6): 370-373.
- [11] 左彩霞,廖际常. 多层不锈钢纤维毡的过滤精度研究[J]. 粉末冶金工业, 1997(6): 10-13.
- [12] 文珊. 不锈钢纤维织物的屏蔽和服用性能[J]. 纺织学报, 2004, 25(6): 79-81.
- [13] 万珍平,叶邦彦,汤勇,等. 金属纤维制造技术的进展[J]. 机械设计与制造, 2002(6): 108-109.
- [14] 王绍斌,王晓梅,段亚峰,等. 不锈钢金属纤维混纺织物的防微波辐射性能[J]. 毛纺科技, 2002(3): 3-5.

Status analysis of stainless steel fiber technology

LIU Xian-lan^{1,2}, LIU Chu-ming²

(1. School of Materials Science and Engineering of Central South University, Changsha 410083, China;

2. Mechanical Engineering Department of Hunan Institute of Technology, Hengyang 421101, China)

Abstract: Based on the concept, function and application of the stainless steel fiber, the current status and

expectation of research into the stainless steel fiber and its functional product , fundamental characteristics and making method of the stainless steel fiber are discussed. Progress in stainless steel fiber research and fiber products in China are described. China has a considerable competitive advantage in research and development of stainless steel fiber and fiber product. There is a fairly good technical bases for predicting significant advances in the industrialization of stainless steel fiber and fiber products in China.

Key words: stainless steel fiber; bundle drawing method; prospect; industrialization