2　捻陷作用

GUO Bao-ping 等对假捻盘的捻陷作用进行过一些理论研究，对任意曲面的微元纱段进行力和力矩分析，见图 5[10,11]。

图 5　微元纱段在曲面上的力与力矩分析

Fig. 5　Forces and moments acting on a yarn element on a curved surface

建立移动坐标 $P_{v,\tau,h}$（v,τ,h 分别是主法线、切线、副法线方向）并建立 v,τ,h 方向的力平衡方程和力矩平衡方程。

力平衡方程如下。

$\vec{\tau}$：
$$\mathrm{d}T=-\mu N(S)\mathrm{d}S\cdot\sin\alpha, \tag{5}$$

式中：T 为纱条张力；N 为支持力；α 为纱条摩擦力与 v 方向的夹角；μ 为摩擦系数。

$\vec{h}$：
$$N(S)=TK_n, \tag{6}$$

式中：K_n 为纱条 $\mathrm{d}S$ 法曲率。

$\vec{v}$：
$$F(S)=\frac{TK_g}{\cos\alpha}, \tag{7}$$

式中：K_g 为测地曲率。

力矩平衡方程为

$$\mathrm{d}M=I_0\mathrm{d}S\cdot\varepsilon-\mathrm{d}M_f, \tag{8}$$

式中：M 为纱条扭矩；$\mathrm{d}M_f$ 为摩擦力产生的阻力矩；I_0 为纱条单位长度的转动惯量；ε 为纱条的角加速度。

最后推导出

$$\frac{\partial\left(\frac{T_w}{T_{w0}}\right)}{\partial\theta}=\frac{1}{\xi}\times\frac{\mu r_0K_nR\cos\alpha}{\left(\frac{2\pi I_0v_1^2}{K}-1\right)\cos\lambda}\times\frac{T}{T_0}, \tag{9}$$

式中：T_0 为纱条在入口处的张力；T_w，T_{w0} 为纱条单位长度内的捻度和输入纱条捻度；R 为纱条半径；K 为密切面上纱条 P 点的曲率；$\frac{1}{\xi}=\frac{RT_0}{T_{w0}K}$。

在公式边界条件和数学参数已知的情况下可以对方程求解，这样从理论上计算出了纱条对假捻盘包围角、假捻盘内外半径比、假捻盘表面摩擦系数、假捻盘旋转方向及速度等对捻陷作用的影响，其理论研究结果为纱条对假捻盘包围角的增加、假捻盘内半径减小或假捻盘外半径增大、假捻盘表面摩擦系数的增加，假捻盘的捻陷作用增大；当假捻盘与转杯的回转方向相同、速度相近时，所产生的捻陷作用最小，加捻点处产生的捻度可顺利通过假捻盘传至杯内纱条。

巴塔在分析假捻盘作用时指出，其作用实质是假捻盘对纱线不同形式的作用力矩使纱线自转角速度 ω_y 相对于加捻点处加捻角速度 ω_0 产生差异[5,12]。

如图 6 所示，微元纱段 $\mathrm{d}S$ 和假捻盘接触点处的运动由 3 部分组成：引纱运动 v，微元纱段 $\mathrm{d}S$ 相对于假捻盘绕转杯轴心线的转动 $v_\omega=(\omega_0-\omega_n)r$，微元纱段 $\mathrm{d}S$ 自转 $v_y=\omega_yr_y$。其中：ω_0 为杯内纱条回转角速度；ω_n 为假捻盘回转角速度。

将微元纱段 dS 和假捻盘接触点处的速度分解，

x 轴上：

$$v_1=(\omega_0-\omega_n)r\sin\alpha-v; \tag{11}$$

y 轴上：

$$v_2=(\omega_0-\omega_n)r\cos\alpha-\omega_y r_y。 \tag{12}$$

分析结论为 $\omega_n=\omega_0$ 和 $\omega_n>\omega_0$ 时假捻盘表现为捻陷作用，$\omega_n=0$ 时假捻盘表现为假捻作用。

3 其他作用

中国部分研究工作者认为，实际生产中所用的假捻盘除了假捻作用外还有阻捻作用，即假捻盘还具有阻止杯内捻度传向杯外的作用。

图 6 假捻盘上纱条运动分析示意图

Fig. 6 Velocity components of a yarn element on the navel surface

王建敏等认为假捻盘具有假捻和阻捻的作用，并用试验证明了随着假捻盘半径的增加，假捻捻度会增大[13]。黄艳丽等在分析加捻效率时，建立假捻盘曲率半径和加捻效率的回归方程[14]。根据回归方程结果分析可知，当假捻盘曲率半径增大时，须条加捻时假捻效果好，阻捻效果也较好。

MIAO 等在研究纱线的阻捻或捻陷作用时认为，当纱线滑过导纱件或机器其他部分时都会有阻捻或捻陷现象发生[15,16]。

微元纱段 dl 和导纱元件之间的摩擦力

$$df=\mu(S/\rho)dl\ , \tag{13}$$

摩擦力矩为

$$dM=r\sin\beta\ df。 \tag{14}$$

式中：ρ 为纱轴的曲率半径；S 为纱条张力；μ 为纱条与导纱元件之间的摩擦系数；β 为摩擦角。

从以上公式可以得出：纱条与导纱元件之间摩擦系数增加，压力增大，纱条线速度减少，包围角增加，纱条扭曲刚度降低，则捻陷或阻捻效果增大。

同时 MIAO 还指出，阻捻或捻陷实质上是一种特殊的假捻现象，只不过假捻是可以互相抵消而暂时存在的。孙英华等也提出了将捻陷、阻捻和假捻概念统一起来的设想，即捻陷和阻捻具有假捻的 2 个特点，捻陷点和阻捻点可以看作是假捻点，而把阻力矩看作假捻力矩[17]。当纱条朝向假捻点运行时，三者都影响输入加捻区中的纱条捻度，而不影响输出加捻区的纱条捻度。

4 结 语

综上所述，国内外学者对假捻盘的作用进行了很多理论和试验研究工作，但都没有结合纱条在假捻盘上的运动、受力、弯曲变形及假捻盘本身的设计参数等多方面因素进行系统研究，因此关于假捻盘作用的理论尚处于发展之中。ENDO 等利用摩擦力矩分析了圆盘对纱线的假捻作用，这一理论可以推广应用到假捻盘作用分析上来[9]。GUO Bao-ping 利用力、力矩平衡方程和运动方程分析了各参数对假捻盘捻陷作用的影响，但对于假捻盘假捻、阻捻没有明确的结论[10,11]。巴塔利用运动方程对假捻盘假捻、捻陷作用进行了分析，但分析尚不够全面，而且方程也不是包括运动、受力、弯曲变形及假捻盘本身的设计参数等因素在内的普通方程，因此有一定的局限性[5]。对于阻捻的研究，这些文章中均未给出相应的理论依据。其他的试验研究，仅对假捻盘的有关作用进行了定量说明，没有进行相关的定性研究。因此，对于假捻盘的假捻、捻陷或阻捻作用，国内外研究者至今还没有形成一个统一的认识。由于缺乏系统的理论指导，转杯纺纱的工艺技术和设备发展在这个环节上很难取得实质性突破。基于以上研究，笔者认为，将假捻盘看作可以单独调整转动速度和方向的元件，考虑纱条在假捻盘上同时作滚动和相对滑动 2 种运动，然后对假捻盘上纱条的受力和运动进行分析，这样就有可能比较深入地了解假捻盘的假捻、捻陷或阻捻作用。此项研究对于加深对转杯纺加工机理的认识、丰富转杯纺加捻理论、研究转杯纺成纱捻度、实现假捻盘的优化设计等都将具有重要的理论和实践意义。

（下转第 260 页）

文章编号:1008-1542(2006)03-0221-03

Cu-Fe-Cr 原位复合材料和 Fe-Cr 纤维的磁学特性研究

姜微华[1],孙世清[1], 刘宗茂[1],刘　丛[2],胡彦君[1]

(1. 河北科技大学材料科学与工程学院,河北石家庄　050054;2. 廊坊师范学院校长办公室,河北廊坊　065000)

摘　要:采用拉拔变形法制备了 Cu-Fe-Cr 原位复合材料,并从线材中提取出 Fe-Cr 纤维。用扫描电镜观察了复合线材和纤维的微观形貌,并用 VSM 对复合线材和 Fe-Cr 纤维进行了磁性测试,绘制了磁滞回线。结果表明:复合线材具有磁各向异性,其易磁化方向平行于线材轴向;随着变形量的增大,复合线材的剩磁和矫顽力逐渐增大;Fe-Cr 纤维的比饱和磁化强度 M_s 达到了 150 emu·g^{-1},是一种有潜在应用价值的吸波材料。

关键词:原位复合材料;Fe-Cr 纤维;磁学特性

中图分类号:TG115.27　　**文献标识码**:A

Study on magnetic properties of Cu-Fe-Cr in-situ composite and Fe-Cr fibers

JIANG Wei-hua[1], SUN Shi-qing[1], LIU Zong-mao[1], LIU Cong[2], HU Yan-jun[1]

(1. College of Material Science and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang Hebei 050054, China; 2. President's Office, Langfang Normal College, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: Cu-Fe-Cr in-situ composite wires were manufactured by cold drawing and Fe-Cr fibers were extracted from them. The microstructure of composite wires and fibers were observed by SEM, and the magnetic property of the composite wires and Fe-Cr fibers were tested by VSM, and then the hysteresis loops were determined. It shows that the composite wires had magnetic anisotropy paralleling to the long axis of wires; the M_r and the H_c of the wires increased with deformation increasing; the M_s of fibers was 150 emu·g^{-1}, whose fibers may be used as an electro-magnetic wave absorbing material.

Key words: in-situ composite; Fe-Cr fibers; magnetic property

现代工业的飞速发展对铜基导电复合材料提出了更高的要求,铜基原位复合材料[1]的研发提高了材料的强度和导电性能,其中 Cu-Fe 系以其原材料成本低而引人注目[2]。

所谓吸波材料,是指能够将投射到它表面的电磁波大部分吸收并转化成其他形式的能量(主要是热能)而几乎无反射的材料[3,4]。目前复合吸波材料中所用吸波纤维主要是磁性纤维,如多晶铁纤维。笔者从复合线材中提取的 Fe-Cr 纤维具有铁磁性,是一种有潜在应用价值的吸波材料。

笔者在观察 Cu-Fe-Cr 原位复合材料微观组织的基础上,利用振动样品磁强计(VSM)绘制了其磁滞回线,证明了复合线材具有磁各向异性,纤维具有较高的比饱和磁化强度。

收稿日期:2005-09-15;修回日期:2005-10-11;责任编辑:张士莹
基金项目:教育部重点科学技术研究项目(205015);河北省博士科研基金资助项目(B2004202)
作者简介:姜微华(1981-),女,河北鹿泉人,硕士研究生,主要从事金属纤维性能方面的研究。

树。总结工厂的生产实际,形成所有基本实体特征的初始加工 AOS 树,进而形成特征的加工链表。以中凸变椭圆裙部特征为例,根据活塞裙部材质、尺寸、精度、椭圆度、表面粗糙度等的不同,中凸变椭圆裙部加工方法主要有以下几种:1)磨削加工 采用 M8532 椭圆磨床加工,适宜 IT6－IT7 级精度、$Ra \leqslant 0.8$ μm 的中凸变椭圆裙部的加工;2)套车车削 精度受多个传动环节的影响,加工精度低,加工范围受套车头结构影响较大;3)仿形车削 仿形车床依靠纵向、椭圆凸轮和椭圆度 3 块平面靠模实现中凸变椭圆裙部的加工,该方法仿形精度差、加工效率低;4)立体靠模车削 依靠精密立体靠模实现加工,质量稳定,具有良好的调整灵活性,能修正本工序与相互工序的误差;5)数控车削 借助数控系统来协调主轴角位移和刀具进给的函数关系,并控制刀具的纵向运行轨迹,实现加工,机床柔性大,加工精度高。形成的活塞裙部椭圆加工元之间的关系见图 4,图中加工元代号代表的含义见表 1,Ra 值的单位为 μm。

表 1 内燃机活塞类零件加工元数据库

Tab. 1 Machining unit of internal-combustion engine's pistons database

代号	加工元名称	设备型号	背吃刀量/mm	刀具代号
3101	粗车中凸变椭圆裙部	C7620-1	1.1	S001-001
3102	粗车中凸变椭圆裙部	C7620-1	2	S001-001
3111	半精车中凸变椭圆裙部	CP7620-1	0.5	S001-001
3112	半精车中凸变椭圆裙部	CP7620-1	0.8	S001-001
3121	磨中凸变椭圆裙部	M8532	0.2	砂轮
3122	套车中凸变椭圆裙部	BG120	0.3	S001-003
3123	仿形车中凸变椭圆裙部	S1-240B	0.3	S001-003
3124	靠模车中凸变椭圆裙部	FD3	0.2	S001-003
3125	数控车中凸变椭圆裙部	MT26	0.2	S001-003
1101	粗车头部外圆	C7620-1	1.1	S001-001
1111	半精车头部外圆	CP7620-1	0.5	S001-001
1125	数控车削头部椭圆	MT26	0.2	S001-003
311101	裙部倒角	CP7620-1		S002-001
111101	头部倒角	CP7620-1		S002-002

2.2.2 建立特征加工链表

根据基本实体的几何形状、尺寸、形位精度、物理力学性能等,获得特征的最终加工元,通过建立的 AOS 树找到最终加工元与前序加工元之间的联系。例如:针对 6BT 活塞的裙部加工要求(铝硅合金,中凸变椭圆,精度等级为 IT5—IT6,$Ra \leqslant 1.6$ μm)、头部加工要求、裙部倒角和头部倒角要求可得到中凸变椭圆裙部加工 AOS 树、中凸变椭圆头部加工 AOS 树、裙部倒斜角加工、头部倒斜角加工。显然,各种特征表面只要精度、粗糙度、热处理、材料等条件一定,则加工链也是确定的。表 2 给出了活塞中凸变椭圆裙部基本实体特征的加工链表。

图 4 中凸变椭圆裙部加工元之间的关系

Fig. 4 Data relation of skirt part of piston machining

2.2.3 建立特征加工链

在 CAPP 系统设计时,调用基于特征的零件数据模型,从零件特征二叉树根开始,遍历二叉树,根据基本实体特征的属性和参数,获得 CAPP 所需的特征工艺信息。根据特征加工链表,找到加工元之间的联系。在加工元数据库中选取满足工艺条件的加工元,形成基于加工元的特征加工链。