

一种电接触材料物理性能全检方法

刘映飞, 鲁香粉, 刘立强, 俎玉涛, 曾海波, 刘占中
(浙江福达合金材料科技有限公司, 浙江温州 325025)

摘要:根据电接触材料本身的性能特点,提出了采用连续电阻检测方式评估电接触材料整体性能的方法,并对该方法进行了技术可行性分析,同时把该方法应用在一款电接触线材产品上。根据电阻连续检测结果,发现材料头尾存在的问题,进一步证明了该方法的有效性。

关键词:电触头材料;挤压;连续电阻测量

中图分类号:TM206 DOI:10.16786/j.cnki.1671-8887.eem.2023.03.002

A Full Inspection Method for Physical Properties of Electrical Contact Materials

LIU Yingfei, LU Xiangfen, LIU Liqiang, ZU Yutao, ZENG Haibo, LIU Zhanzhong
(Zhejiang Fuda Alloy Material Technology Co., Ltd., Zhejiang Wenzhou 325025, China)

Abstract: In the paper, based on the performance characteristics of electrical contact materials, a method for evaluating the overall performance of the electrical contact material by means of continuous resistance detection was proposed, and the technical feasibility of this method is analyzed. At the same time, this method was applied to an electrical contact wire product. Based on the continuous resistance detection results, the problems at the end of the material are found, which further proved the effectiveness of this method.

Key words: contact material; extrusion; continuous resistance measurement

引言

电接触材料主要有AgMeO、AgNi、AgC或CuMe、CuMeO等。材料主要采用原始粉体制备,然后经过粉体处理,最后经过压力加工制备出高致密和高强度材料。其主要性能为材料相对密度、强度、金相组织以及电阻率等。常规方法对整条带材或线材的性能无法检测,只能采用抽检方式检测带材或线材头尾,制定相关标准,达到标准即认为整条带材或线材全部合格。带材或线材的常规加工方式为挤压,而挤压工艺制备的材料头部和尾部性能与中间性能存在差异,抽样头部或尾部有漏判的可能性,如从带材或线材中部取样,就会导致带材或线材长度变短,加工效率变慢和材料利用率降低;采用抽样方案无法确保整条材料的性能检测,新材料开发及工艺变更时,验证工作存在不确定

性。电接触材料中也有很多复合材料,比如AgMe/Cu、AgMeO/Ag等,基本采用破坏法测量复合强度。该方法虽然可以直观反映结合强度,但是测试后材料无法使用,无法保证整体材料的强度评估。

1 设计原理及测试基本模型

1.1 设计原理

电接触材料的物理性能是相互关联的,材料密度、材料组织均匀性与材料体电阻息息相关:当材料相对密度高时,材料的体电阻就会降低;当材料成分均匀时,材料的体电阻也会均匀稳定;当材料内部出现空隙时,该位置的体电阻也变高。根据此规律,采用检测特定长度的材料体电阻的变化方法,来推测整条材料的材料成分和密度的稳定性,实现无损方式评估整体材料的性能。

1.2 测试基本模型

根据以上原理,拟采用连续检测带材或线材特定长度的电阻的方式来判定整条电接触材料的性能一致性。

作者简介:刘映飞(1974-),男(汉族),湖北通城人,工程师,主要从事电接触材料的研究。

收稿日期:2023-03-02

根据米电阻连续测试方法^[1]以及一种电触点材料物理性能全检方法的专利^[2],初步设计连续电阻测量的基本模型,如图1所示。

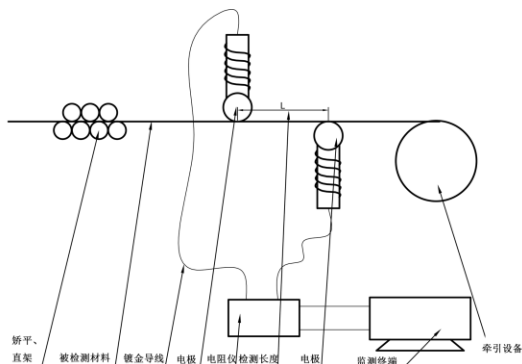


图1 连续检测模型

如图1所示,首先表面清洁的被测材料(带材或线材)通过矫平矫直架进行矫平矫直操作,矫平直后带材通过一对特制的电极,一对电极通过镀金导线连接到高灵敏高精度的电阻仪,对电极间带材的电阻进行检测,检测数据反馈到数据分析终端,对电阻进行监控分析。其中矫平直非常关键,当带材平直度不够时,通过检测长度就会稳定性不够,初步设计要求材料的平直度必须 ≤ 1 mm/m。特制的电极主要根据被检测电接触材料形状进行匹配:当材料为带状时,特制电极为圆柱型滚轮镀金TUO电极;当材料为线材时,特制电极为与线材直径匹配的滚轮镀金TUO电极。电极间距离需要精准设计,当距离较长时,电阻较大,材料性能波动,无法精确检测判定;当距离较短时,由于电接触材料常规为银合金,本身电阻率较低,对电阻仪设备要求很高,可能无法测量,同时也会对系统整体精度要求更高,所以间距需要根据不同材料和不同性质单独试验测试后再确认。高精度高灵敏电阻微欧仪分辨率为 $0.01 \mu\Omega$,量程为 $10 \mu\Omega$ 至 $20 \text{ m}\Omega$,检测频率为 $(1\sim 60)$ 次/s。检测数据通过R232端口传输到监控电脑终端,电脑终端电阻监控软件绘制电阻波动曲线,并随机分析测量数据。分析方式采用平均值法、方差法等,并且可以主动设电阻率阈值,当前电阻值超出时,报警提醒。牵引设备主要为检测材料提供稳定的检测速度,速度不宜太快,否则微欧计无法采样,需要与试验材料、型轧匹配,常规设定速度在 $0\sim 1$ m/s。

2 技术可行性评估

影响电阻的主要因素有电阻率、导电面积、导电长度,具体到粉末冶金方法制备的电接触材料,主要有材料相对密度、材料成分均匀性等。

影响电阻测量的系统误差因素主要有材料表面接触电阻、测量环境温度波动、测量材料的截面积公差内正常波动。

材料表面接触电阻相对连续运动的电阻检测方式相对稳定,不会对电阻波动产生根本性影响。同时采用液压方式,控制电极对材料的压力稳定,此影响因素可以排除。

关于测量环境温度的波动,由于检测为滚轮电极连续滚动接触被测材料,有可能摩擦导致滚轮电极温度升高引起滚轮电极电阻增高。为消除此影响因素,滚轮电极采用中心通 $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ 冷却水的方法保证滚轮电极的温度稳定性。当被测材料截面小时,公差波动导致截面积波动影响较大,表1为不同线径不同直径公差对应的面积波动范围。从表1中可以确认,合理的公差波动也会导致电阻(最大)接近4%的波动。为了尽量消减合理公差范围导致电阻的波动,需要选择界面较大的半成品检测,如线材控制在 2.0 mm以上检测,并且必须保证丝材整体直径公差控制在 0.01 mm以内。

表1 线材直径、公差的截面积变化

直径/mm	公差/mm	与零公差截面面积比/%
1.0	0.02	96.04
	0.01	98.01
1.5	0.02	97.35
	0.01	97.35
2.0	0.02	98.01
	0.01	99.00
2.5	0.02	98.41
	0.01	99.20
3.0	0.02	98.67
	0.01	99.33
4.0	0.02	99.00
	0.01	99.50

排除系统误差后,连续检测电阻的波动,反映的只能是电接触材料密度、材料成分均匀、被测材料外形形状的变化、内部组织开裂、分层等现象,与最初方案设计基本相符。当电阻波动范围超过5%时,即可判定由于材料本身可能密度变化或尺寸超公差或内部出现开裂、分层等缺陷或表面出现严重划伤、开裂现象等,说明该技术方案具有技术可行性。

3 初步测试结果

3.1 试验条件

采用连续检测电阻评估电接触材料整体性能

的方式,对AgSnO₂(12),φ2.88线材整条材料性能进行检测评估。产品截面形状如图2所示。

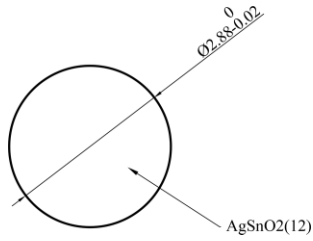


图2 测试材料截面形状

基本条件:特制矫平矫直架、特制滚轮电极、量程为200 mΩ的微欧计。

检测材料电阻主要目的是:确认AgSnO₂丝材材料内部密度、组织均匀性,以及是否有空洞、开裂、夹杂等缺陷。

3.2 AgSnO₂丝材测试情况

3.2.1 检测间距的确认

常规挤压型AgSnO₂线材电阻率为2.2 μΩ·cm。

每厘米线材电阻值估算:

$$R = \rho L / S = \rho L / (\pi R^2) = 2.2 / (\pi \times 0.099 \times 0.099) = 71.44 \text{ (}\mu\Omega\text{)}$$

为保证检测电阻值在量程范围内,长度应控制在:

$$L = 5 / r = 70 \text{ (cm)}$$

区间电阻按5 mΩ计算,主要原因是微欧计量程为200 mΩ,精度为0.01 μΩ,5 mΩ在量程范围,精度不会受影响。

通过计算确认电极之间测试间距采用70 cm。

3.2.2 丝材速度和检测频率设计

初步设定丝材速度在0.07 m/s,微欧计检测频次设定在2次/s,这样相当于0.035 m/s。

3.2.3 检测结果

通过多次全程检测后,均发现丝材一端1.5 m~2 m范围内电阻比其他位置偏高2%,另一端0.5 m范围内电阻也略有提升,如图3所示。分析发现1.5 m~2 m范围内为挤压尾部,出现了挤压缩尾的问题,中心孔洞导致电阻偏高,如图4所示;而0.5 m范围为挤压头部材料疏松导致,如图5所示,材料密度低导致电阻偏高;其他位置金相组织均匀,如图6所示,相应的电阻也均匀稳定。通过对金相组织检测证明采用连续监测电阻方法可以判定整条材料性能的均匀性。

4 结论

采用连续检测一定长度的线材或带材的电阻,

距离与电阻之间关系图

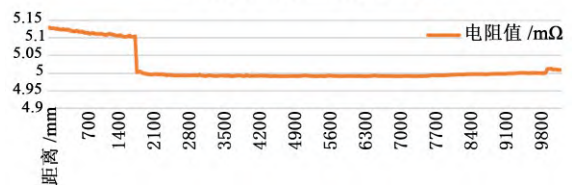


图3 位置与电阻的关系

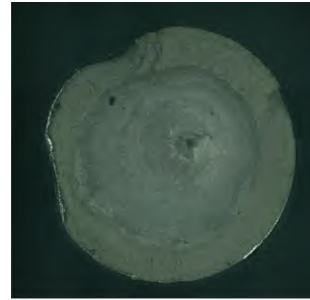


图4 挤压材料尾部缩尾断口组织

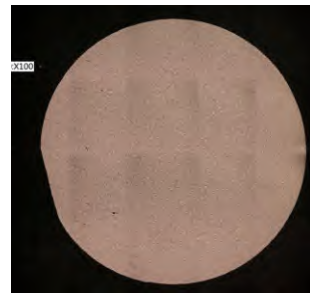


图5 挤压材料头部金相组织

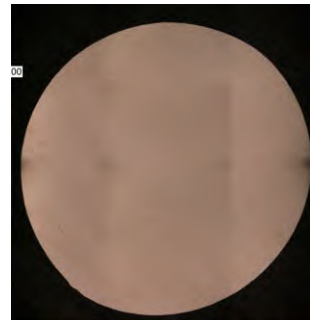


图6 挤压材料中部金相组织

可对整条材料性能进行评估,间接反映粉末冶金工艺制造的银合金材料的金相组织、外形、材料致密程度等情况,为材料稳定性的评估提供了一种手段。

参考文献:

- [1] JB/T 7129-2008. 米电阻连续测试方法[S]. 机械工业出版社, 2008.
- [2] 刘立强,周元双,魏庆红,等. 一种电触点材料物理性能动态检测方法:CN202110725674.8[P].2021-09-24.