无取向硅钢磁性能检测的两种方法对比*

任 浩,李建利

(内蒙古包钢钢联股份有限公司化检验中心,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章主要是对重量为1 kg(28片)的无取向硅钢试样与重量为0.5 kg(16片)的无取向硅钢试样进行对比试验。经过数据的对比后,可以得到重量为0.5 kg试样与重量为1 kg试样的检测方法在检测数据的准确性上是一致的,而且重量为0.5 kg的试样在质量管控上更加有效,在时间和材料消耗上都有节省,同时可以降低人员的劳动强度。

关键词: 无取向硅钢; 准确性; 质量管控

中图分类号: TG142.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2021)01-0045-05

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.01.013

Comparison of Two Methods for Detecting Magnetic Performance of Non-oriented Silicon Steel

Ren Hao, Li Jian-li

(*Chemical Inspection Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, the comparative experiment of non-oriented silicon steel samples with weights of 1 kg (28 pieces) and 0.5 kg (16 pieces) is mainly introduced. It was found that the accuracy of the two methods was consistent, the samples with weight of 0.5 kg were more effective in quality control, time and materials consumption were saved as well as labour intensity could be reduced through comparing the data.

Key words: non-oriented silicon steel; accuracy; quality control

硅钢主要用作变压器和电机的铁芯,是一种重要的功能材料,分为取向和无取向两类,而测试无取向硅钢磁性能的方法主要采用爱泼斯坦方圈法。目前检测包钢薄板厂生产的无取向硅钢磁性能的方法即爱泼斯坦方圈法采用的是重量为1 kg左右的试样测试。根据GB/T 2521.1—2016[1]标准推荐使用重量为0.5 kg试样进行检测,因此在使用重量为1 kg与0.5 kg两种检测方法进行试验对比后,通过试验数据可以得到两种检测方法差别很小,所以使用重量为0.5 kg的方法检测可以提高效率。

1 试验描述

目前在磁性能检测中硅钢片的质量一直采用28片(1 kg左右),在GB/T 2521.1—2016提及可以采用16片(0.5 kg)的硅钢片进行检测,本试验主要对二者进行对比试验。结果表明,采用重量0.5 kg与采用重量1 kg的无取向硅钢检测的磁感强度无明显变化,比总损耗有所变化,但数值很接近,对比结果通过归一化偏差*En*值判定法进行判定,判定结果*En*值均小于1,满足评定标准。

* 收稿日期: 2020-08-06

作者简介: 任 浩(1993-),男,内蒙古丰镇市人,助理工程师,现从事材料物理性能检验技术工作。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2 试验材料和方法

2.1 试验材料

BR50W600、BR50W800、BR50W1000 无取向电工钢。

2.2 试验方法

本文通过用爱泼斯坦方圈测试无取向电工钢片的铁损与磁感，爱泼斯坦方圈测试的钢带用双搭接头装成一个正方形，于是形成长度相等、横截面积相等的四束，试验设备见图1和图2。硅钢条片应具有下述尺寸：宽度 $b=(30\pm0.2)$ mm，长度 280～320 mm，条片长度公差为 ±0.5 mm。组成试验样品的条片数应为4的倍数，并且应在相应的产品标准中作出规定。

本试验主要选取了牌号为 BR50W600、BR50W800 和 BR50W1000 的无取向硅钢片对其铁损值及磁感性能进行测试。

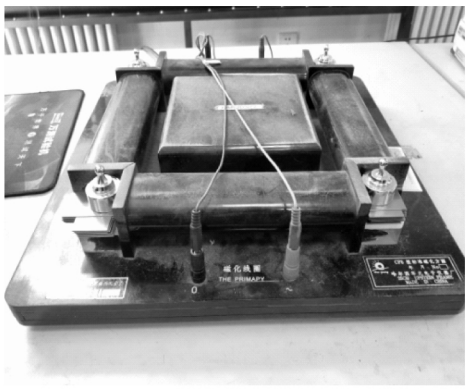


图1 双搭接方圈测试



图2 检测系统界面

3 试验方案与分析

3.1 标样测定

标样是由中国计量研究院提供，表1为标准试样的参考系数，表2为对标准试样检测3次的相关数据。

通过对标准样品进行测定，可以看出标样数值偏差均在误差范围内，由标样的检测可以确定该实验使用的仪器设备正常。

3.2 质量变化对于铁损与磁感的影响规律[2]

对于牌号为 BR50W600、BR50W800 和 BR50W1000 的无取向硅钢片磁感无明显变化，其铁损变化的比对主要采用归一化偏差 En 值法进行判定。

根据实验结果得到数据计算方法如下：

(1) 计算标准偏差 $S=\sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{(n-1)}}$ (1)

(2) 平均标准偏差 $u=\dfrac{S}{\sqrt{n}}$ (2)

(3) 扩展不确定度 $U=ku$，赋予的置信概率为95%，则包含因子 $k=2$

(4) 计算 $En=\dfrac{x-x_i}{\sqrt{U_1^2+U_2^2}}$ (3)

其中 x 为测量值，x_i 为参考值，U_1 为测量扩展不确定度，U_2 为参考测量扩展不确定度。

(5) $|En|\leqslant 1$，所以此次比对结果为满意，反之当 $|En|>1$ 时，比对结果为不满意。

3.2.1 BR50W600 铁损值对比分析

对于 BR50W600 无取向电工钢，本次试验对比数据共计59组，表3列出了其中10组的对比数据，图3为0.5 kg与1 kg无取向硅钢片的铁损值测试对比直方图，表3中差值为试样重量1 kg的铁损值减去试样重量0.5 kg的铁损值，相对误差为差值除以试样重量1 kg的铁损值的百分比，En 值为以全部1 kg的检测数据代入公式(1)作为计算标准偏差 S_1 的值，同样以全部0.5 kg的检测数据作为计算标准偏差 S_2 的值，取 S_1 和 S_2 的绝对值然后按照公式(2)分别计算出重量1 kg试样扩展不确定度 U_1 和重量0.5 kg试样扩展不确定度 U_2，再按照公式(3)以每组1 kg试样的数据作为 x，以每组0.5 kg试样的数据作为 x_i，将每一组卷号的数据代入公式(3)中计算出 En 值。以下 BR50W800 和 BR50W1000 的数据计算与此相同。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　标准样品参数

样品质量 /kg	样品长度 /m	材料密度 /(kg·m^{-3})	材料厚度 /mm	涡流损耗系数 e	$P_{1.5/50}$ /(W·kg^{-1})	B_{50} /T
0.833	0.300	7.750	0.500	0.300	3.759	1.694

注: 其中比总损耗值检定结果不确定度 U_{rel} = 1.0%; 磁感应强度检定结果不确定度 U_{rel} = 0.5%。

表 2　标准样品试验数据

编号	样品质量 /kg	样品长度 /m	材料密度 /(kg·m^{-3})	材料厚度 /mm	涡流损耗系数 e	$P_{1.5/50}$ /(W·kg^{-1})	B_{50} /T
1	0.833	0.300	7.750	0.500	0.300	3.739	1.694
2						3.742	1.694
3						3.745	1.694

表 3　BR50W600 试验数据表

材质	卷号	厚度 /mm	宽度 /mm	铁损值/(W·kg^{-1})			相对误差 /%	*En*
				1 kg	0.5 kg	差值		
BR50W600	160301084G0931	0.50	1 200	4.207	4.213	−0.006	0.143	0.043
BR50W600	160301152G0712	0.50	1 200	3.861	3.850	0.011	0.285	0.079
BR50W600	160301152G0713	0.50	1 200	3.957	3.941	0.016	0.404	0.115
BR50W600	160301026G0212	0.50	1 200	4.089	4.111	−0.022	0.538	0.159
BR50W600	160301154G0512	0.50	1 200	3.948	3.933	0.015	0.380	0.108
BR50W600	160301276G0112	0.50	1 200	3.732	3.738	−0.006	0.161	0.043
BR50W600	160301056G0611	0.50	1 200	4.066	4.043	0.023	0.566	0.166
BR50W600	160301048G0513	0.50	1 200	3.904	3.904	0	0	0
BR50W600	165249903G1312	0.50	1 200	4.144	4.116	0.028	0.676	0.202
BR50W600	165249903G1313	0.50	1 200	4.197	4.182	0.015	0.357	0.108

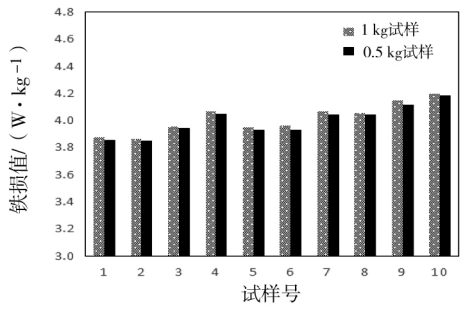


图 3　BR50W600 0.5 kg 与 1 kg 无取向硅钢片的铁损值测试对比直方图

通过图 3 可以明显看出两种方法测出的铁损值偏差很小。

3.2.2　BR50W800 铁损值对比分析

对于 BR50W800 无取向电工钢，本次试验对比数据共计 294 组，表 4 列出了其中 10 组的对比数据，图 4 为 0.5 kg 与 1 kg 无取向硅钢片的铁损测试对比直方图。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表4 BR50W800试验数据表

材质	卷号	厚度 /mm	宽度 /mm	铁损值/(W·kg^{-1}) 1 kg	0.5 kg	差值	相对误差 /%	En
BR50W800	160084205G1413	0.50	1 200	4.802	4.805	-0.003	0.062	0.010
BR50W800	160084309G1615	0.50	1 200	4.719	4.731	-0.012	0.254	0.041
BR50W800	160161010G1013	0.50	1 200	4.255	4.237	0.018	0.423	0.062
BR50W800	160164207G1411	0.50	1 200	4.549	4.535	0.014	0.308	0.048
BR50W800	160075905G1512	0.50	1 200	5.043	5.045	-0.002	0.040	0.007
BR50W800	160175554G0614	0.50	1 200	4.682	4.682	0	0	0
BR50W800	160101306G3112	0.50	1 200	4.738	4.719	0.019	0.401	0.065
BR50W800	160101306G3113	0.50	1 200	5.407	5.401	0.006	0.111	0.021
BR50W800	160176154G1412	0.50	1 200	4.404	4.391	0.013	0.295	0.045
BR50W800	160164052G2013	0.50	1 200	4.667	4.643	0.024	0.514	0.083

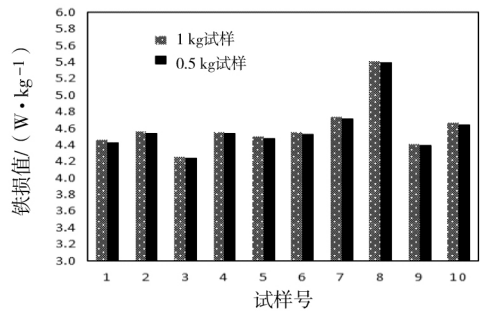


图4 BR50W800 0.5 kg与1 kg无取向硅钢片的铁损测试对比直方图

在图4中也可以明显看出两种方法所测得数据偏差很小。

3.2.3 BR50W1000铁损值对比分析

对于BR50W1000无取向电工钢，本次试验对比数据共计294组，表5列出了其中10组的对比数据，图5为0.5 kg与1 kg无取向硅钢片的铁损测试对比直方图。

表5 BR50W1000试验数据表

材质	卷号	厚度 /mm	宽度 /mm	铁损值/(W·kg^{-1}) 1 kg	0.5 kg	差值	相对误差 /%	En
BR50W1000	165285366G2511	0.50	1 200	5.073	5.087	-0.014	0.276	0.102
BR50W1000	165283370G0911	0.50	1 200	4.878	4.884	-0.006	0.123	0.023
BR50W1000	165288055G2812	0.50	1 200	5.116	5.089	0.027	0.528	0.102
BR50W1000	165288055G2813	0.50	1 200	5.175	5.172	0.003	0.058	0.011
BR50W1000	165287957G2911	0.50	1 200	5.279	5.257	0.022	0.417	0.083
BR50W1000	165287957G2912	0.50	1 200	5.266	5.240	0.026	0.494	0.098
BR50W1000	165287957G2913	0.50	1 200	5.241	5.227	0.014	0.267	0.053
BR50W1000	165288307G0911	0.50	1 200	4.884	4.868	0.016	0.328	0.061
BR50W1000	165281036G0811	0.50	1 200	4.930	4.935	-0.005	0.101	0.019
BR50W1000	165263751G1722	0.50	1 200	5.895	5.895	0	0	0

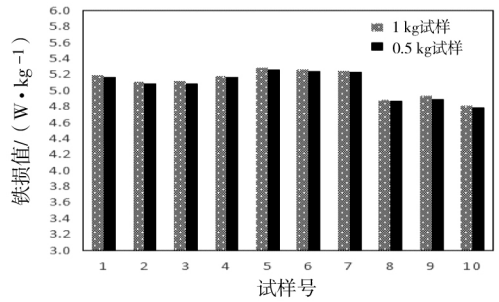


图5 BR50W1000 0.5 kg与1 kg无取向硅钢片的铁损测试对比直方图

在图5中也可以明显看出试验数据之间偏差很小。

3.2.4 无取向电工钢不同重量的试验方法分析

通过对重量为0.5 kg与重量为1 kg的铁损值对比，可以看出两种方法的检测数据偏差很小，并且采用重量为0.5 kg的试样与重量为1 kg的试样所得到的数据准确度和质量上准确度是一致的，完全符合质量管控要求，但采用0.5 kg的试样比1 kg的检测方法在检测效率上有很大提高。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3.2.5　试验结果分析

本次试验共计测试 647 组，其中 BR50W600 59 组，BR50W800 294 组，BR50W1000 294 组，| *En* | 都小于 1，所以重量为 0.5 kg 的试样与重量为 1 kg 的试样检测的准确度一致，而且重量为 0.5 kg 的试样取样和检测更加方便。

3.2.6　两种方法使用时间与成本情况

对于硅钢的检测，采用重量为 0.5 kg 测试法可以有效的达到降本增效的效果，首先从剪切上来看，剪切一组试样可以节省 12 片硅钢片大约是 414 g，节约加工时间大约 20 s，可以很大程度的节省材料的消耗。然后是检测上，采用重量为 0.5 kg 测试法可以缩短检测时间每组试样减少大约 25 s，机加和检测节约的时间和成本可以大大提高工作效率，降低劳动强度。

4　结论

(1) BR50W600、BR50W800 与 BR50W1000 比总损耗测试 647 组对比数据中，BR50W600 的 *En* 最小值为 0，最大值为 0.202，| *En* | 都小于 1；BR50W800 的 *En* 最小值为 0，最大值为 0.083，| *En* | 都小于 1；BR50W1000 的 *En* 最小值为 0，最大值为 0.102，试验结果满意。

(2) 在电工钢磁性能的检测中，使用重量为 0.5 kg的硅钢片进行检测，可以减少检测时间，提高了检测效率。

(3) 采用重量为 0.5 kg 的硅钢片与重量为 1 kg 的硅钢片所得结果一致，而重量为 0.5 kg 的试样同样具有代表性，满足质量管控的要求。

参　考　文　献

[1] GB/T 2521.1—2016 全工艺冷轧电工钢篇 1 部分：晶粒无取向钢带(片) [S].

[2] 刘慧颖. 各种比对结果分析方法在检测实验室中的应用 [J]. 福建建材，2012，135(7)：20－21，30.

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.01.014

欢迎订阅《包钢科技》杂志

邮发代号: 16－151　　**定价:** 90 元/年

地　　址: 内蒙古包头市昆区河西工业园区包钢技术中心《包钢科技》编辑部

邮　　编: 014010

联系电话: 0472－2666065　　0472－2663081

联 系 人: 安琪

《包钢科技》编辑部

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net