影响冷轧无取向电工钢磁性能检验结果的因素[*1]

邵志军

(包钢(集团)公司化检验中心,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 随着我国电机行业快速发展,冷轧无取向电工钢的需求量逐年增加,针对这一现状对冷轧无取向电工钢磁性能检验结果进行分析,其中包括制样设备、环境温度、试样尺寸、试样重量、试样密度、检验设备等。分析结果表明:冷轧无取向电工钢随着剪切次数、质量、密度增加,铁损都增大,磁感都降低;随着环境温度升高,铁损和磁感降低。分析影响冷轧无取向电工钢磁性能检验结果的因素,对提高检验结果的精确度具有重要意义。

关键词: 无取向电工钢;温度;铁损;磁感;重量;密度

中图分类号: TM275 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)02-0076-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.02.021

Factors Affecting the Test Results of Magnetic Properties for Cold Rolled Non-oriented Electrical Steel

SHAO Zhi-jun

(*Chemical Testing Center of Baotou Steel (Group) Corp.*, *Baotou* 014010, *Inner Mongolia*, *China*)

Abstract: With the rapid development of motor industry in China, demand for cold rolled non-oriented electrical steel has increased year by year, according to the current situation, the test results of magnetic properties for cold rolled non-oriented electrical steel are analyzed, including sample preparation equipment, environmental temperature, sample size, sample weight, sample density and test equipment and so on. The results show that with the increase of shear times, mass and density, the iron loss increases, and the magnetic induction decreases; with the increase of ambient temperature, the iron loss and magnetic induction decrease. The analysis of factors affecting the test results of magnetic properties for cold rolled non-oriented electrical steel has great significance to improve the accuracy of test results.

Key words: non-oriented electrical steel; temperature; iron loss; magnetic induction; weight; density

冷轧无取向电工钢其磁性能主要由内部组织结构控制,欲改变其性能,只能通过控制其内部织构来完成。在规模生产检验过程中,发现许多外在的人为因素或环境因素都会或多或少地影响其检验结果,从而导致产品检验结果波动较大,进而影响到对产品内在磁性能的判定。因此有必要研究影响冷轧无取向电工钢磁性能检验结果的因素,以提高检验结果精确度,避免因检验误差给企业和用户带来不必要的损失。

1 试验方案

1.1 制样加工设备

爱克(苏州)机械有限公司的61355数控剪板机(电工钢专用剪板机)和宝鸡金牛锻压机床有限

* 收稿日期:2018-01-18

作者简介:邵志军(1984-),男,内蒙古凉城县人,高级技师,现从事物理性能检验工作。

责任公司的 QC12Y－4×2500(普通剪板机)。

1.2　检验测量设备

中国计量科学研究院的 SST－500EC 硅钢片铁损测量仪,可连接 SY－500 单片磁导计测量 500 mm×500 mm规格尺寸单片试样、爱泼斯坦方圈和称重天平。

1.3　测试环境温度

按照爱泼斯坦方圈测量电工钢片(带)磁性能方法和用单片法测量电工钢片(带)磁性能方法的规定在(23±5) ℃范围内进行。

1.4　测试方法

爱泼斯坦方圈测量电工钢片(带)磁性能方法和用单片法测量电工钢片(带)磁性能方法在频率 50 Hz 下进行。

2　电工钢磁性能检测结果的因素

2.1　制样设备

为了对制样设备的制样进行校准和比对[1],同一试样分别用电工钢专用剪板机(剪切间隙小)和普通剪板机(剪切间隙大)两台不同的剪板机进行剪切制样进行检测,检测结果见表 1。对于同一电工钢专用剪板机而言,随着剪切次数的增多,剪板机剪刃磨损产生间隙大造成试样毛刺高度增大也会影响其结果,检测结果见表 2。

表 1　不同剪板机的检测结果

制样设备	电工钢专用剪板机(试样 1,2)		普通剪板机(试样 1,2)		电工钢专用剪板机(试样 3,4)		普通剪板机(试样 3,4)	
试样质量/kg	0.973 6	0.978 6	0.982 6	0.989 9	0.973 5	0.980 2	0.983 3	0.989 9
磁感 B50/T	1.674 0	1.672 0	1.611 0	1.604 0	1.684 0	1.668 0	1.614 0	1.608 0
铁损 P1.5/(W·kg^{-1})	3.730 0	3.733 0	3.980 0	4.120 0	3.702 0	3.736 0	3.953 0	3.955 0

表 2　同一电工钢专用剪板机的检测结果

制样设备	电工钢专用剪板机(试样 1,2)		电工钢专用剪板机(试样 1,2)		电工钢专用剪机(试样 3,4)		电工钢专用剪板机(试样 3,4)	
毛刺高度/mm	0.011 0	0.011 0	0.039 0	0.039 0	0.011 0	0.011 0	0.039 0	0.039 0
试样质量/kg	0.969 6	0.972 6	0.967 1	0.975 2	0.981 4	0.985 3	0.981 8	0.985 7
磁感 B50/T	1.694 0	1.684 0	1.678 0	1.668 0	1.702 0	1.700 0	1.672 0	1.686 0
铁损 P1.5/(W·kg^{-1})	3.883 0	3.891 0	3.977 0	3.986 0	3.992 0	3.998 0	4.122 0	4.092 0

由表 1、表 2 可见,冷轧无取向电工钢随着制样设备剪切间隙的增大(即毛刺、重量增大),其铁损增大,磁感降低。因此应选用剪切间隙小、产生毛刺高度小和内应力小的电工钢专用剪板机进行机加制样。同时要按照 GB/T 2521.1—2016,全工艺冷扎电工钢第一部分:晶粒无取向钢带(片)[2] 中规定毛刺高度应不超过 0.035 mm 的要求,不定期测量试样毛刺高度,要随之进行更换剪板机的剪刃面。

2.2　试样重量

通过表 1、表 2 的数据及日常生产检验结果,发现试样重量对冷轧无取向电工钢磁性能测试结果有一定的影响[3]。试样重量偏差主要表现在:①由于加工不当引起的试样宽度长度尺寸偏差、边缘毛刺、试样本生的厚度偏差(包括试样所贴的标识等),都会造成测量试样重量时出现偏差。②试样保存不当在潮湿空气中造成的腐蚀,引起重量发生变化。③称量设备电子天平本身造成的误差。在试验中,不管哪一方面,测试结果都表现为随试样重量的增加,磁感应强度值降低,铁损值升高。

2.3　环境温度

国内外对冷轧无取向电工钢磁性能的检测都在一定温度下进行,我国国家标准 GB/T 3655—2008,用爱泼斯坦方圈测量电工钢片(带)磁性能的方法[4] 中规定环境温度为(23±5) ℃,日本 JISC2550

电磁钢板试验方法中也规定在(23±5)℃的环境温度下进行,可见,环境温度对冷轧无取向电工钢片磁性能检测数据有着一定的影响。以20℃为基准,铁损值和磁感应强度的检测结果随温度逐渐降低,偏差随之增加;温度高于20℃时,随着温度的升高,偏差随之增大,并且低磁感应强度下的损耗随温度变化反应敏感[6]。环境温度对冷轧无取向电工钢检测数据的影响,本质上是由两方面原因引起的,一是对冷轧无取向电工钢的各种磁参数本身与温度有关,磁感应强度B随温度上升而下降,铁损值随温度升高而降低。二是测试系统本身与环境温度有关,即系统的测试精度随温度而变化,只是变化的趋向不得而知,最终表现在冷轧无取向电工钢的磁性能检测数据的变化上。

2.4 试样尺寸

GB/T 3655—2008,爱泼斯坦方圈测量电工钢片(带)磁性能的方法[4],对试样尺寸有相应要求:条片宽度 $b=(30\pm0.2)$ mm;长度 280 mm $\leqslant l \leqslant$ 320 mm 条片长度公差为 ±0.5 mm。

GB/T 13789—2008,单片电工钢片(带)磁性能测量方法[4]中对试样尺寸要求也极为严格。试样尺寸应根据磁导计的尺寸选取,其长度不得少于磁轭外侧之间的距离,这是对试样尺寸最基本要求。试样尺寸超出磁轭部分对检测结果影响甚小,但尺寸不够,将会对测量结果产生非常大的误差。如,将480 mm×480 mm 的冷轧无取向电工钢试样放入500 mm×500 mm 的单片磁导计中进行测量,其比总损耗测量误差大于10%(见表3)。

表3 不同尺寸试样的检测结果

试验数据	铁损 P1.0 /(W·kg^{-1})		铁损 P1.5 /(W·kg^{-1})		磁感 B25 /T		磁感 B50 /T	
标准数据	1.894	1.990	4.477	4.480	1.562	1.568	1.648	1.652
测量数据	1.661	1.746	3.984	3.988	1.670	1.676	1.768	1.772
误差/%	12.300	12.240	11.010	10.980	6.910	6.880	7.281	7.250

试样尺寸剪切不规范也会对检测结果产生较大的影响。试样尺寸不规范是指试样剪切尺寸方向与轧制方向存在着一定的角度。在同一张钢板上取两组试样,分别切成规范和不规范试样进行测量检测,其检测结果见表4。由于是同一张钢板上的两组试样,保证了试样的化学成分、制造工艺完全相同,因此可以认为,其检测结果的误差必然是由于剪切尺寸的不规范所引起。

表4 两组试样相对标准试样的测试结果

剪切类型	铁损 P1.0 /(W·kg^{-1})		铁损 P1.5 /(W·kg^{-1})		磁感 B25 /T		磁感 B50 /T	
不规范剪切	4.47	4.50	9.58	9.66	2.21	2.30	3.20	3.27
规范剪切	1.65	1.70	3.73	3.78	1.59	1.67	1.68	1.75

2.5 试样密度

为了了解试样密度对冷轧无取向电工钢磁性能的影响[7],特取50W600、50W800、50W1000牌号的无取向电工钢进行了试验,在保持其他技术参数(试样质量、电压、磁感、磁场等)不变的情况下,只改变试样密度(密度取值范围7 750~7 850 kg/m^3),用爱泼斯坦方圈测试铁损和磁感应强度值,结果见表5。

通过表5对三个牌号的无取向电工钢铁损和磁感应强度的测试值,得出冷轧无取向电工钢密度与铁损成反比,与磁感应强度成正比。密度每增加50 kg/m^3,可使铁损降低0.05~0.08 W/kg,磁感应强度增强约0.011 T。即密度每增加50 kg/m^3,可使电工钢将近上升半个牌号。为了正确测试和评价电工钢的磁特性,应统一按照国家标准规定的的密度进行测试。

表 5　同一试样不同密度的测试结果

材质	密度 7 750 kg/m³		密度 7 800 kg/m³		密度 7 850 kg/m³	
	铁损 P1.5 /(W·kg⁻¹)	磁感 B50 /T	铁损 P1.5 /(W·kg⁻¹)	磁感 B50 /T	铁损 P1.5 /(W·kg⁻¹)	磁感 B50 /T
50W600	3.766	1.683	3.705	1.694	3.647	1.705
50W800	4.495	1.728	4.420	1.739	4.358	1.750
50W1000	5.437	1.741	5.355	1.753	5.276	1.764

2.6　检测设备

为了对检测设备进行校准和比对，本研究对同一试样进行测试，所用检测设备均为中国计量科学研究院研制开发的同一设备不同方圈，检测结果见表 6。

表 6　不同测试设备的测量结果

测试设备生产单位	中国计量科学研究院 1（方圈 1）	中国计量科学研究院 1（方圈 2）	中国计量科学研究院 2（方圈 1）	中国计量科学研究院 2（方圈 2）
试样质量/kg	0.833	0.833	0.833	0.833
磁感 B25/T	1.590	1.588	1.563	1.567
磁感 B50/T	1.674	1.680	1.684	1.684
铁损 P1.0/(W·kg⁻¹)	1.656	1.657	1.657	1.657
铁损 P1.5/(W·kg⁻¹)	3.730	3.729	3.732	3.725

由表 6 可见，同一个单位研制开发的设备，检测结果也存在着差别，虽然对大多数冷轧无取向电工钢片牌号的判定影响不大，但若检测数据处于合格范围临界点时，将会产生两个不同的判定结果。总之，若用不同厂家研制开发的检测设备检测，其结果将会产生更大误差。

3　结论

（1）外在因素如制样设备、试样重量、试样尺寸、环境温度、试样密度及检测设备都会对冷轧无取向电工钢磁性能的检测结果产生一定影响。

（2）冷轧无取向电工钢检测过程中，应严格按照国家标准使用专用电工钢制样设备进行制样，且试样尺寸要剪切规范，减少剪切应力。

（3）在生产检验过程中，环境温度要保证在（23 ± 5）℃的范围内，避免所贴的标识表面腐蚀，试样本生的厚度偏差，称量设备引起试样重量误差，严格控制在规定误差范围内，必须对称重和检测设备定期进行检定和用标准试样进行标定，以消除试样重量误差、保证检测结果的准确性。

（4）检测中应严格使用国家标准规定的电工钢的密度进行检测，以免因判定误差进行钢种改判或降级，给生产厂家造成经济效益损失。

（5）由于检测设备的不同影响冷轧无取向电工钢磁性能检测结果，建议冷轧无取向电工钢生产厂家和使用厂家购买和采用同一厂家的检测设备。

参　考　文　献

[1] 黄力明. 冲剪加工对冷轧电工钢磁性能的实验研究[J]. 中小电机，2004，31(3)：10.

[2] GB/T 2521.1—2016，全工艺冷扎电工钢第一部分：晶粒无取向钢带(片)[S].

[3] 赵宗强. 试样重量对硅钢磁性能测试结果的影响[J]. 电工钢，2004，(3)：30－31.

[4] GB/T 3655—2008，爱泼斯坦方圈测量电工钢片(带)磁性能方法[S].

[5] 张升国. 环境温度对硅钢磁性能测试的影响[J]. 电工钢，1997，(2)：26－27.

[6] GB/T 13789—2008，用单片法测量电工钢片(带)磁性能方法[S].

[7] GB/T 19289—2003，电工钢片(带)的密度、电阻率和叠装系数的测量方法[S].