

定量金相法测定球铁中渗碳体的统计分析

济南汽车制造总厂 王宏伟 吕绍尧

摘要——采用正交试验法系统地研究了尺距、标长、测量次数对测定球铁中渗碳体量准确度的影响,提出了一种适合测量铸铁中渗碳体的透明塑料测量板,并用测量板对球铁不同渗碳体含量的标准图进行了测量。对测量结果进行了概率统计分析,分析了测试过程中的误差来源及其消除,并对测试过程中的测量次数及试验结果的可靠性进行了讨论。

一、前言

球铁件中的渗碳体量对机械性能有严重影响,而且渗碳体在球铁铸件中又是经常出现的一种组织。因此生产球铁的工厂和构件设计者在选用和生产球铁件时都提出要严格控制渗碳体的数量,而生产厂的技术文件中都对渗碳体有数量的限制,国家标准GB9441-88对球铁铸件中的渗碳体数量也作了明确规定^[1]。目前测定球铁铸件的渗碳体量,一般都是将待测对象与标准图进行比较以定出待测组织的数量,这种方法虽然简单且效率高,但是受测量者主观因素的影响,使测量结果误差大、精确性和再现性差,所以是属于半定性的测定。

随着对产品质量的要求逐渐提高,对球铁件中渗碳体的含量要求越来越严格。半定量性的图片比较法似乎已满足不了需要,再者由于铸件中出现尺寸较大又比较集中的针状和条块状渗碳体比较多时,用计点法和面积法测定亦不太合适。为此,本文在线性分析法的基础上运用正交试验法对线分析法的尺距、标长和测量次数等因素进行了系统研究,在此基础上,提出了一种新的测量板,并用它对三种含不同渗碳体数量的标准图^[2]进行测量,同时对测量结果进行了概率数理统计分析,分析了测量过程中的误差来源及其消除,并对测量次数及测量结果的可靠

性进行了讨论。

二、测量板的选定

在透明塑料薄板上刻出一组间隔均匀带有刻度的平行直线,在每条直线上标出刻度值(见图1)。从线分析法的实践经验及文献^[2]可知:标定长度、直线间距、测量次数三个因素是决定测量精度的主要因素。本试验采用四因素三水平 $L_9(3^4)$ 正交表^[3]进行正交试验,因素位级表见表1,按正交表的分配共做九组试验,按每组试验的规定对图2(b)^[2]中的渗碳体进行测量,以准确度为考察指标,测量结果见表2,经过直观分析和方差分析见表3,得知标长是主要影响因素,尺距、测量次数也是影响准确度的重要因素。考虑到测量结果的准确性和使用方便,确定测量板为标长 $a=60\text{mm}$ 、尺距 $b=10\text{mm}$ 比较合适(见图1)。

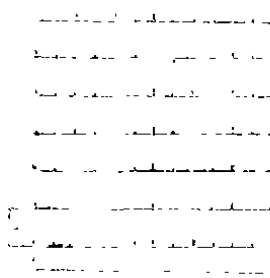


图1



a. 5% 碳化物 b. 10% 碳化物 c. 15% 碳化物

10% 过硫酸铵侵蚀

图2 ×100

表1

位级	因素	A 尺距(mm)	B 标长(mm)	C 次 数
1		5	60	15
2		10	45	10
3		15	30	5

表2

试号 列号	尺距A	标长B	次数C		准确度%	A ²
因素	1	2	3	4	A	
1	1(5)	1(60)	1(15)	1	90.1	8118.01
2	1	2(45)	2(10)	2	85.2	7259.04
3	1	3(30)	3(5)	3	76.3	5821.69
4	2(10)	1	2	3	94.3	8892.49
5	2	2	3	1	88.7	7867.69
6	2	3	1	2	83.0	6889.00
7	3(15)	1	3	2	85.1	7242.01
8	3	2	1	3	86.2	7430.44
9	3	3	2	1	75.5	5700.25
Kj ₁	251.6	269.5	259.3	254.3	T = 764.4	Q = 65220.62
Kj ₂	266.0	260.1	255.0	253.3		
Kj ₃	246.8	234.8	250.1	256.8		
Kj ₁ ²	63302.56	72630.25	67236.49	64668.49	G = 64923.04	
Kj ₂ ²	70756.00	67652.01	65025.00	64160.89		
Kj ₃ ²	60910.24	55131.04	62550.01	65946.24		
Sj	66.56	214.73	14.13	21.7		

表3

方差来源	偏差平方和	自由度	平均偏差平方和	F比	显著性
A	66.56	2	33.28	30.5	**
B	214.73	2	107.36	98.5	**
C	14.13	2	7.07	6.5	(*)
误差	2.17	2	1.09		

$F_{0.10}(2,2) = 9$; $F_{0.05}(2,3) = 19$; $F_{0.01}(2,2) = 99$

三、测量方法

利用已选定的测量板放在金相照片上或放在带照相机的金相显微镜的投影屏上量出落在渗碳体区域内的数值 ΣLa 除以落在整个视场中的刻度数 LT (即 $\Sigma La/LT$),就是渗碳体在视场中所占的百分数,然后乘上一个系数 $a(1.0 \sim 1.2)$ 就是渗碳体在基体组织中占的百分数。

本试验对渗碳体不同含量的标准图,即图2a、b、c随机进行了测量,每张图片随机测量50次,其测量结果列于表4。

表4

图2(a)

5.6	6.0	4.3	4.7	3.9	5.5	3.8	4.3	3.9	4.8
4.3	4.8	6.6	3.8	5.9	4.6	4.5	5.6	5.7	3.9
4.6	3.8	4.0	3.0	5.2	5.3	4.9	3.2	5.4	5.8
5.0	5.9	3.3	4.7	5.7	6.2	5.1	6.1	3.9	4.6
4.9	6.9	6.0	5.1	5.7	6.9	7.0	5.5	5.8	4.8

图2(b)

8.9	11.0	9.1	11.5	9.8	8.0	9.8	9.4	8.3	10.5
8.6	11.9	10.4	10.6	10.8	8.4	8.8	11.5	10.5	9.8
9.7	9.9	8.0	8.1	9.6	10.5	8.6	9.1	8.8	9.7
8.4	8.7	9.5	9.7	10.4	10.9	8.8	9.8	10.2	10.9
10.8	9.7	10.3	10.2	9.2	9.9	10.4	8.7	9.6	9.0

图2(c)

16.1	13.9	14.4	16.0	14.6	13.9	14.5	15.3	15.7	15.7
15.5	15.0	14.8	16.9	14.4	13.1	14.8	15.4	15.3	15.6
14.7	13.6	16.9	17.0	14.6	15.4	13.7	16.6	13.3	14.7
16.0	16.1	14.4	15.1	14.4	15.0	16.1	15.3	15.1	16.8
15.9	16.1	15.6	15.1	15.8	16.8	13.7	15.3	14.6	14.9

四、数据的分析与讨论

1. 误差分析

定量金相测定方法误差来源可分为测量误差和非测量误差两种。非测量误差主要是来自取样部位、试样的制备和试样本身具有的特点等,对此本文不进行讨论。测量误差主要是由操作者识别组织的能力、对视差和视场选择放大倍数及测量次数等造成。根据定量金相测定法的特点,结合作者的实践经验,为使测定的数据比较可靠,在进行测量时要注意以下几点:①测量板尽量薄一些,并且刻度线要细;②要选择合适的侵蚀剂使待测组织在视场中明显和突出,如测定球铁渗碳体用的试样抛光之后,用10%过硫酸铵侵蚀,只有渗碳体为白亮色,而铁素体、珠光体、石墨都变成黑色;③随机选择视场测定;④由于国家标准规定测定铸铁中的各种组织都是在100倍的显微镜下进行,为了有对比性,最好亦在100倍显微镜下进行测量。关于测量次数的影响在后面详细讨论。

2. 数据的统计分析

将表4中的数据进行整理、计算,并在正态概率纸上描点,基本上是呈一直线,可以判定所测的数据服从正态分布^[3]。将表4中的数据按照 χ^2 检验法的要求进行整理计算,其结果列于表5,从分析的结果判定表4中的数据亦服从正态分布^[4]。

表5

图号	查表值	计算值	结 论
图2a	2.706	0.2672	2.706 70.2672 符合正态分布
图2b	4.605	0.9125	4.605 70.9125 符合正态分布
图2c	2.706	0.2516	2.706 70.2516 符合正态分布

3. 数据的可靠性分析

由数据的统计分析结果说明测定的全部数据符合正态分布。因此用测量板对每个样品测量的数据都有一个分布范围^[4]。由正态分布规律^[5]可知,数据落在 $(\bar{x} \pm \sigma_0)$ 、 $(\bar{x} \pm 2\sigma_0)$ 、 $(\bar{x} \pm 3\sigma_0)$ 范围内的概率(即数据的可靠度)分别为68.3、95.4、99.7%(其中 \bar{x} 为平均值, σ_0 为标准偏差)

4. 测量次数对准确和真值区间的影响

从表4中随机抽取不同的测量次数 n 值、计算平均值 \bar{x} 及真值区间 M 和准确度 A (见表6)。从表中的数据可看出在测量次数达到10~15次时已基本趋于稳定。

五、结论

1. 利用测量板测量球铁中的渗碳体简单易行,不需要精密复杂的仪器,又能达到一定的精度,可以作为常规金相检验的常用工具,特别对针状及长条状的渗碳体更为合适。

2. 常规金相检验对每个样品选择10~15个视场即可满足90%的精度,如要求较高精度时,可增加测量次数。

3. 本测量板不仅适合球铁中针状或长条状渗碳体量测定,而且对其他材料的金相组织测定同样也能适用。

(转第51页)

表1

成分 ^{a)}	C	Si	Mn	P	S	Mg	Re	Cu
合金								
常用FeSi	3.924	1.984	0.732	0.067	0.046	0.034	0.022	0.314
FeSi粉末团块	3.932	2.016	0.750	0.062	0.031	0.033	0.025	0.310

硅铁粉末团块用作球铁孕育剂与通常使用的FeSi孕育剂的效果比较(对QT60-2牌

号铁水)如表2,可见对组织与机械性能方面的影响不大。

表2

孕育剂	性 能				组 织		
	$\sigma_b(N/mm^2)$	$\sigma_{0.2}(N/mm^2)$	$\delta(\%)$	HB	球化级别	球径 mm	基 体
通常用FeSi	608	407	407	254	2	3~5	P+F+二元磷共晶
FeSi粉末团块	607	417	417	256	2	3~5	P+F+磷共晶

三、使用时注意事项

1. 作合金料加入时,需把加料顺序稍作变动,待加完金属料后再加硅铁粉末团块及锰铁合金,免使硅铁粉末团块被冲击碰撞而碎烂。

2. 作孕育剂时,浇包加入的粒度应为

8~20mm,出铁槽加入的粒度宜为10~25mm。

到目前为止,我们采用这种办法使用硅铁粉末,已把以往积存的大量粉末用得干干净净,不仅不影响球铁的质量,而且很明显地收到了经济效益。

(接第54页)

表6

n		3	6	10	15	25	35	50
图 2(a)	\bar{x}	5.50	5.10	4.74	4.83	4.71	4.78	5.04
	M	3.65~7.44	4.29~5.91	4.21~5.27	4.39~5.27	4.40~5.02	4.52~5.04	4.81~5.27
	A	90.0	98.0	94.8	96.6	94.2	95.6	99.2
图 2(b)	\bar{x}	9.67	9.72	9.63	9.91	9.72	9.61	9.69
	M	7.71~11.63	8.63~10.81	8.97~10.29	9.37~10.45	9.33~10.11	9.30~9.90	9.46~9.90
	A	96.7	97.2	96.3	99.1	99.1	96.1	96.9
图 2(c)	\bar{x}	14.80	14.82	15.01	15.13	15.11	15.09	15.21
	M	12.86~16.76	14.01~15.63	15.50~15.52	14.72~15.50	14.76~15.50	14.79~15.40	14.98~15.44
	A	98.7	98.8	99.9	99.2	99.2	99.4	98.6

注: ① $M = \bar{x} \pm (s/\sqrt{n}) t_{1/2}(n-1)$ 为 95% 置信度下的真值范围^[3]; ② $A = [1 - (N_{\text{标}} - N_A)/N_{\text{标}}] \times 100\%$ 为准确度; ③图2中a、b、c的N标分为5、10、15%渗碳体^[2]。(参考文献删节)