

# “截线法”测量灰铸铁共晶团数的统计分析

王宏伟 吕绍尧  
(济南汽车制造总厂铸造厂)

【摘要】对用截线法测量灰铸铁共晶团数的试验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误差消除,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。

## STATISTICAL ANALYSIS OF INTERCEPT METHOD FOR MEASURING EUTECTIC CELL OF GREY CAST IRON

Wang Hongwei Lu Shao Yao  
(Jinan Automobile General Works Foundry)

【Abstract】This paper presents a probability statistical analysis of the intercept method for measuring eutectic cell of grey cast iron. It analyses the cause and correction of errors. The number of the specimen measurement and reliability of the testing were discussed.

### 一 前言

铸铁共晶团数的多少与机械性能有直接的关系,即单位面积上共晶团个数愈多,则强度愈高,同时孕育剂的加入和孕育衰退以及铸铁冷却速度等都对共晶团数有影响。近年来国内外都将铸铁的共晶团数作为评定灰铸铁铁水质量的一个参数并列为标准,GB7216—87对灰铸铁共晶团数量的分级作了规定<sup>[1]</sup>,因此,灰铸铁的共晶团数检验日益受到人们的重视。由于“截线法”操作简单,不需要精密复杂仪器,同时又能满足要求,所以本文对“截线法”测量共晶团数进行了统计分析。分析了测试过程中的误差来源及其消除,并对测量次数及试验结果的可靠性进行了讨论。

### 二 测量方法

参照晶粒度测试方法<sup>[2]</sup>,假定共晶团平均直径的平方值相当于共晶团的平均面积可导出:

$$N_A = \left( \frac{PM}{L_T} \right)^2 \quad (1)$$

其中:  $N_A$ ——单位面积共晶团个数(个/cm<sup>2</sup>);

$L_T$ ——测试线总长度(cm);

$P$ —— $L_T$ 截取的共晶团个数;

$M$ ——放大倍数。

由公式(1)可看出测量单位面积上的共晶团数可以变成测试线截取的共晶团数  $P$ ,再将  $P$  代入公式(1)求得  $N_A$ ,对照标准<sup>[1]</sup>可得共晶团数量的级别。

测量  $P$  的方法可以用: 1 在显微镜下用有分度刻尺的目镜直接测量; 2 在显微照片上或在带照相机的显微镜的毛玻璃上测量可取得同样效果。

本试验用 5cm 的测试尺放在 10 倍的显微照片上(见图 1),随机测量 100 次,测量结果列于表 1。

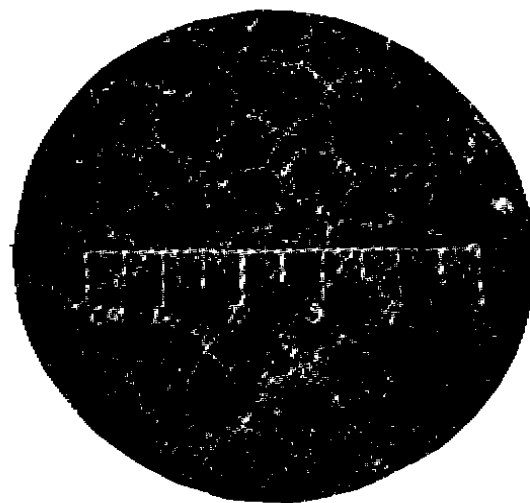


图 1 共晶团数量 10×

### 三 分析与讨论

#### 1 误差分析

众所周知,用截线法测量晶粒度,测量误差是较大的。影响测量晶粒度的因素在测量共晶团时同样存在。分析其原因主要是操作者及放大倍数、测量次数、测试线长度截取的共晶团个数等因素。参考有关资料结合自己的实践经验,为使测量的数据比较可靠,因此在测量时应注意:(1)随机截取;(2)测试线每次截取的个数不少于 6 个;(3)筛去直径小于 1/8~1/10 平均直径的共晶团;(4)两个相切或三个相交时不计算在内;(5)把没有被测试线完全截取的共晶

团算为 0.5 个; (6) 若共晶团过大(过小)时, 可增大(减小)测试线总长度, 或降低(增高)放大倍数, 即可满足测试条件。每个操作者只要按照上述六点进行测量, 得到的误差不算太大。关于测量次数的影响在 4 中将详细讨论。

## 2 统计分析

将表 1 中的数据从小到大整理成 10 组, 绘成频数分布表(见表 2)和直方图(见图 2)。

表 1 测量结果

7	8.5	7.5	8	9.5	6.5	8	7.5	9	8
6	9	8	5	10.5	7	8	8.5	5.5	8.5
8	9	9.5	8	7.5	8	10	9	7.5	8.5
7.5	9	8	6.5	8.5	7.5	8.5	8	6.5	9
11	9.5	10.5	8	7.5	6.5	6	7.5	9	11
10.5	8.5	8.5	8	9	6.5	7	8	4.5	8
12	9.5	11.5	8	6.5	10.5	6.5	7	7	8
9	10	8	7	8.5	8	8.5	10	8	9.5
8	6	8	10	8	7.5	7	9	5.5	7
10.5	7.5	6.5	10.5	9	7.5	9	8	10	8

表 2 频数分布表

组 限	组中值	频数( $f_i$ )	频率( $f_i/100$ )	累积频率
4.45~5.25	4.85	2	0.02	0.02
5.25~6.05	5.65	5	0.05	0.07
6.05~6.85	6.45	8	0.08	0.15
6.85~7.65	7.25	19	0.19	0.34
7.65~8.45	8.05	24	0.24	0.58
8.45~9.25	8.85	22	0.22	0.80
9.25~10.05	9.65	10	0.10	0.90
10.05~10.85	10.45	6	0.06	0.96
10.85~11.65	11.25	3	0.03	0.99
11.65~12.45	12.05	1	0.01	1.00
$\Sigma$		$n=100$	1.00	

由平均值和标准偏差计算式:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (3)$$

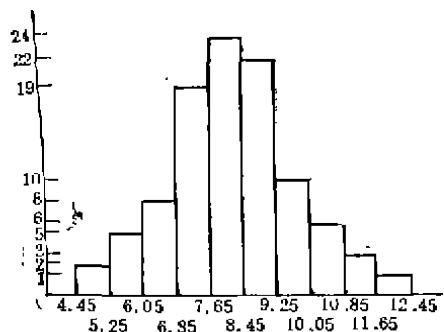


图 2 直方图

求出表 1 中 100 个数的平均值和标准偏差为:

$$\bar{x} = 8.2$$

$$\sigma = 1.42$$

以表 2 中分组间隔右端数据为横坐标, 以相应的累积频率为纵坐标, 在正态概率纸上描点(见图 3), 可见诸点基本是一条直线。

由纵坐标 50% 相对应的横坐标值得  $\bar{x} = 8.17$ , 由纵坐标为 15.9% (或 84.1%) 相对应的横坐标值得  $\hat{\sigma} = x_{0.1} - x_{0.5} = 9.57 - 8.17 = 1.4$ , 由此基本可判定数据服从正态分布。

再用  $\chi^2$  检验法做进一步检验:

将表 2 中数据按  $\chi^2$  检验法的要求整理成表 3。

由表 3 可知:

$$K=6; r=2; K-r-1=3$$

查  $\chi^2$  表知:

$$\chi^2_{0.1}(3) = 6.251$$

此数大于表 3 中的 1.3347, 所以所测表 1 中的数据符合正态分布<sup>[5]</sup>。

## 3 测量的可靠性分析

由以上分析可知截取的共晶团数据基本上呈正态分布。因此, 测量的数据总可有一个分布范围<sup>[4]</sup>。由正态分布规律知, 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,  $\sigma_0$  为标准偏差)。

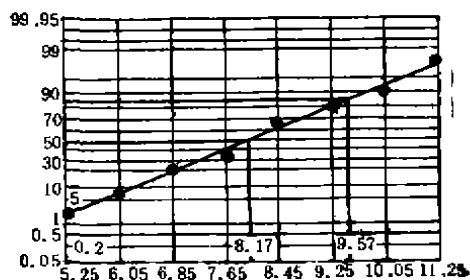


图 3 正态概率纸

表 3 共晶团数的 $\chi^2$ 检验

z的组限	$f_i$	$np_i$	$f_i - np_i$	$(f_i - np_i)^2$	$\frac{(f_i - np_i)^2}{np_i}$
$-\infty \sim -2.09$	2	1.83			
$-2.09 \sim -1.53$	5	4.47	-1.85	3.4225	0.2031
$-1.53 \sim -0.96$	8	10.55			
$-0.96 \sim -0.39$	19	17.98	1.02	1.0404	0.0579
$-0.39 \sim 0.17$	24	21.92	2.08	4.3264	0.1974
$0.17 \sim 0.75$	22	30.59	1.41	1.9881	0.0965
$0.75 \sim 1.31$	10	13.15	-3.15	9.9225	0.7546
$1.31 \sim 1.88$	6	6.51			
$1.88 \sim 2.45$	3	2.29	0.49	0.2401	0.0252
$2.45 \sim +\infty$	1	0.71			
$\Sigma$					1.3347

#### 4 测量次数

根据数理统计中的统计推断原理<sup>[4]</sup>, 参数的区间估计公式:

$$\bar{x} \pm \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\alpha/2}(n-1) \quad (4)$$

式中:  $\bar{x}$ ——样本平均值;

$n$ ——样本数;

$S$ ——样本偏差;

$t_{\alpha/2}(n-1)$ —— $t$ 分布函数。

从表1中随机抽取数据, 对不同的测量次数( $n$ )由公式(4)求出置信度 $(1-\alpha)$ 下的平均值 $\bar{x}$ 及真值区间 $M$ 。结果见表4及图4。

表 4 测量次数对平均值和真值区间的影响

$n$	3	6	10	15	20	30	45	100
$\bar{x}$	8.83	8.3	8.5	8.3	8.2	8.35	7.6	8.2
$M$	6.94~10.12	7.51~9.1	7.89~9.1	7.79~8.80	7.77~8.63	7.89~8.80	7.1~8.1	7.92~8.5

※ 其中 $M$ 为95%置信度下的真值范围

将表4中的 $n$ 、 $\bar{x}(\bar{P})$ 的数据代入公式(1), 计算出 $N_A$ , 并且与标准值比较, 结果见表5及图5。分析表5、图5中的数据可知, 在95%置信度下每个试

(上接第42页)

若对样品进行深入研究, 或对加工流程中各工序制品加工变形程度作全面分析时, 样品必须精细制备。然后在明场、暗场、偏光、相衬和干涉等方面进行观察分析。

当一些晶粒的晶面指数接近, 反光性能近似, 或

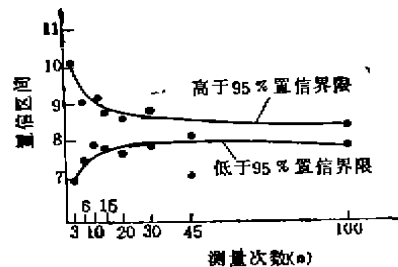


图 4 置信区间宽度与测量次数的关系

表 5 测量次数对准确度的影响

$n$	3	6	10	15	20	30	45	100
$\bar{P}$	8.83	8.58	8.5	8.41	8.37	8.31	7.2	8.2
$N_A$	312	294	289	283	280	276	274	269
准确度 $A$	80	86.9	88.8	91.2	92.3	93.8	94.6	96.5

注: (1)  $N_A = 260$ 个/cm<sup>2</sup>系图1标准值<sup>[12]</sup>,

$$(2) A = \left(1 - \frac{N_{\text{标}} - N_A}{N_{\text{标}}}\right) \times 100\%$$

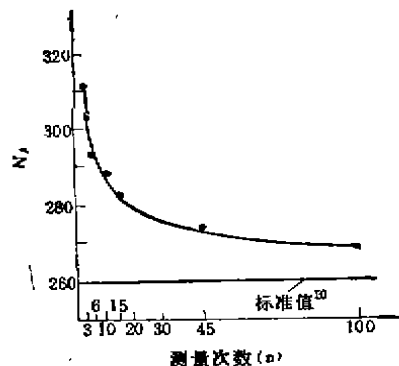


图 5 不同测量次数的 $N_A$ 与 $N_{\text{标}}$ 的比较

样测量6~10次即可达到86.9~88.8%的准确度, 基本上满足常规检验的要求。

#### 参 考 文 献

- 1 GB7216-87 灰铸铁金相, 中国标准出版社, 1987; 7
- 2 沈桂琴. 光学金相技术, 国防出版社, 1983; 172
- 3 浙江大学数学系高等数学教研组. 概率论与数理统计, 高等教育出版社 1979; 270~279
- 4 林少官. 质量管理统计分析, 企业管理出版社, 1980; 85

经过严重的双晶滑移、孪晶变形形成大量位错空穴, 以及显微缺陷难以辨认时, 将偏光微差干涉衬度(DIC)装置插入光路, 能够大大提高其观察效果。DIC装置能将表面的微小高度差(30~300nm)转换为亮度差, 各个晶面互放异彩, 鲜艳夺目, 显示出良好的彩色衬度, 获得多方面的信息和满意的分析结果。