

# 铸钢件渗透探伤及缺陷显示迹痕的 评级方法

UDC 621.741.4

:620.179.1

GB 9443—88

Methods of liquid penetrant testing and classification  
of indication for steel castings

本标准规定了铸钢件渗透探伤方法及缺陷显示迹痕的评级方法。

本标准适用于铸钢件表面开口缺陷的渗透探伤。

## 1 一般规定

- 1.1 渗透探伤之前铸钢件表面的型砂、涂料、铁锈、氧化皮等必须清理干净。
- 1.2 铸钢件表面粗糙度应达到相应的等级要求，表4列出各质量等级要求的表面粗糙度  $R_a$  的最大值。
- 1.3 使用本标准时，应由供需双方根据铸钢件使用要求，协商选择本标准的某一级为合格级。允许同一铸钢件的不同部位，或同一部位对不同类型的缺陷，规定各自的合格等级。
- 1.4 从事渗透探伤或缺陷等级评定的人员必须持有国家有关部门颁发的、并与其工作相适应的资格证书。
- 1.5 渗透探伤人员近距离矫正视力必须在1.0以上，辨色视力应达到能区分与渗透探伤方法有关的颜色对比度。
- 1.6 渗透探伤中有妨碍人体健康的挥发性气体和紫外线，需要有相应的安全防护措施。

## 2 渗透探伤装置

渗透探伤装置主要由渗透装置、乳化装置、清洗装置、显像装置、干燥装置、观察装置等构成。

- 2.1 渗透装置包括渗透槽或者喷涂设备和排除残留渗透剂的工作台。
- 2.2 乳化装置包括乳化槽或者喷涂设备。
- 2.3 清洗装置包括清洗槽，喷洗设备，喷洗设备应具有温水，其水温、水压应可调节。
- 2.4 干燥装置包括干燥室和热风设备，其温度应可调节。
- 2.5 使用湿式和快干式显像剂时，显像装置包括喷洒设备和搅拌设备，搅拌设备使显像剂保持均匀分散状态。  
干式显像装置应是封闭式，采用压缩空气把显像剂吹成雾状，并有抽风设备防止显像剂飞散到装置外部。
- 2.6 黑光灯的紫外线波长应为320~400 nm。距黑光灯滤光板400 mm处的黑光辐射照度应不低于  $800 \mu W/cm^2$ 。
- 2.7 渗透探伤装置在满足第5章渗透探伤方法的要求情况下，可以采用其它装置。

## 3 渗透探伤剂

渗透探伤剂包括渗透剂、乳化剂、清洗剂、显像剂。不同型号渗透探伤剂不能混用。

### 3.1 渗透剂的控制

- 3.1.1 参比渗透剂：每一批新的渗透剂中取500 mL作为样品，贮藏在密封的玻璃容器中，贮存温

度为16~52℃，并避免阳光照射。

3.1.2 各种渗透剂的比重应根据制造厂说明书的规定经常校验并保持其比重不变。校验方法是采用比重计测定。

3.1.3 各种渗透剂的浓度应根据制造厂说明书规定经常校验。

3.1.4 着色渗透剂浓度的校验方法：将10mL校验的渗透剂和参比渗透剂分别注入到盛有90mL无色煤油或其它惰性溶剂的量筒中，搅拌均匀。然后把两种试剂分别放在比色计纳式试管中进行颜色浓度的比较。如果被校验渗透剂与参比渗透剂的颜色浓度差超过20%，就应作为不合格。

3.1.5 对正在使用的渗透剂应做外观检验。如发现有明显的混浊或沉淀物，变色或难以清洗，应予报废。

3.1.6 对荧光渗透剂的荧光性能也应经常校验，其荧光效率不得低于75%。校验的方法按GB 5097—85《黑光源的间接评定方法》标准的附录A测定。

3.1.7 对渗透剂中氯、氟、硫含量需加以限制时，可由制造厂和用户双方协商决定。

3.1.8 各种渗透剂用对比试块与参比渗透剂进行性能对比试验，当被检渗透剂显示缺陷的能力低于参比渗透剂时，应报废。

## 3.2 显像剂的控制

3.2.1 对干式显像剂应经常检查，如发现粒子凝聚，有显著残留荧光，性能低下者要废弃。

3.2.2 显像剂的浓度应保持在制造厂规定的工作浓度范围内，其比重也应经常进行校验。

3.3 渗透剂必须装在密闭容器中，放在低温暗处保存。显像剂和快干显像剂必须装在密闭容器中保存。

## 4 对比试块及其应用

4.1 对比试块分镀铬对比试块和铝合金对比试块两种。

4.1.1 镀铬对比试块的规格和尺寸见图1。在铜或钢的表面上进行电镀，然后将电镀后的试块施加适当的应力，直到镀层产生裂纹。用参比渗透剂对试块进行渗透探伤并照相或复制其结果。

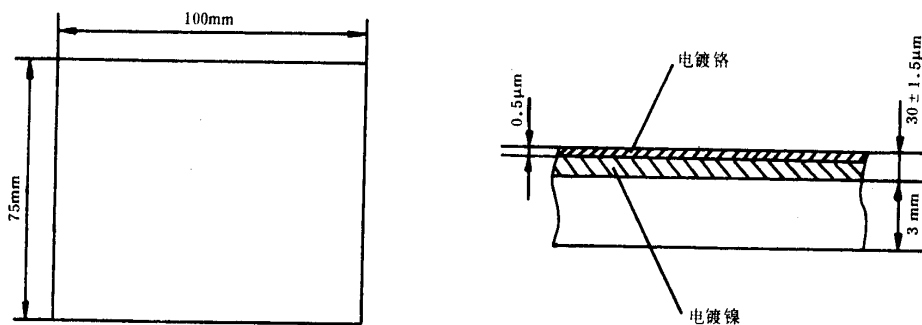


图1 镀铬对比试块

4.1.2 铝合金对比试块按ZBJ 04003—87《控制渗透探伤质量的方法》标准规定。

## 4.2 对比试块的应用

4.2.1 在相同试验条件下用对比试块来检验渗透探伤剂的性能和操作方法是否合适，及其显示缺陷的痕迹的能力。每次探伤前或操作条件发生变化时，都应使用对比试块进行验证。

4.2.2 做过着色探伤的对比试块一般情况下不能再作荧光探伤试验。

4.2.3 对比试块使用后必须彻底清洗，清除试块表面残留的渗透剂，清洗后将其放在丙酮溶液中浸渍30min，晾干后置于密闭容器中保存。

## 5 渗透探伤方法

5.1 探伤前应考虑铸钢件表面可能出现的缺陷类型和大小、铸钢件的用途、表面粗糙度、数量和尺寸以及探伤剂的性质，按表1和表2选择探伤方法，并可将表1和表2的符号组合起来表示探伤方法。例如：FA-W表示用水洗性荧光渗透液和湿式显像剂的方法。

表1 按渗透剂种类分类的探伤方法

名 称	方 法	符 号
荧光渗透 探 伤	水洗性荧光渗透液方法	FA
	后乳化性荧光渗透液方法	FB
	溶剂去除性荧光渗透液方法	FC
着色渗透 探 伤	水洗性着色渗透液方法	VA
	溶剂去除性着色渗透液方法	VC

注：后乳化性荧光渗透液的乳化剂有油基和水基两种。

表2 按显像方法分类的探伤方法

名 称	方 法	符 号
干式显像法	干式显像剂方法	D
湿式显像法	湿式显像剂方法	W
	快干式显像剂方法	S
无显像法	不用显像剂方法	N

表 3 探伤操作程序

所使用的渗透剂和显像剂种类	探伤方法符号	探 伤 操 作 程 序					
		前处理	渗透	乳化	清洗	去除	干燥 显像 干燥 观察 后处理
水洗性荧光渗透液 - F式显像剂	FA-D	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○
水洗性荧光渗透液 - 湿式显像剂 或水洗性着色渗透液	FA-W VA-W	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○
水洗性荧光渗透液 - 快F式显像剂 或水洗性着色渗透液	FA-S VA-S	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○
水洗性荧光渗透液 - 不用显像剂	FA-N	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○
后乳化性荧光渗透液 - F式显像剂	FB-D	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○
后乳化性荧光渗透液 - 湿式显像剂	FB-W	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○
后乳化性荧光渗透液 - 快F式显像剂	FB-S	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○
溶剂去除性荧光渗透液 - F式显像剂	FC-D	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○
溶剂去除性荧光渗透液 - 湿式显像剂 或溶剂去除性着色渗透液	FC-W VC-W	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○
溶剂去除性荧光渗透液 - 快F式显像剂 或溶剂去除性着色渗透液	FC-S VC-S	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○
溶剂去除性荧光渗透液 - 不用显像剂	FC-N	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○	○—○

## 5.2 探伤操作

根据不同的探伤方法按表3确定探伤操作程序。

### 5.2.1 前处理

5.2.1.1 铸钢件表面在施加渗透剂前,必须彻底清除妨碍渗透剂渗入缺陷的油脂及污物等附着物,以及残留在缺陷中的油脂及水分。

5.2.1.2 根据附着物的种类,污染程度的不同,可分别采用溶剂清洗,蒸汽清洗、涂膜剥离、碱洗和酸洗等方法进行清除处理。

5.2.1.3 铸钢件渗透探伤前不宜喷丸,如喷丸渗透前必须进行酸洗处理。

5.2.1.4 铸钢件表面进行局部探伤时,前处理范围应从要求探伤部位向外扩展25 mm。

5.2.1.5 处理后铸钢件表面上残留的溶剂、清洗剂和水分等必须充分干燥。

### 5.2.2 渗透处理

5.2.2.1 渗透处理可根据铸钢件的数量、尺寸、形状及渗透剂的种类选用浸渍、喷洒和涂刷等方法。要求探伤部位必须全部被渗透剂湿润,渗透要充分。

5.2.2.2 渗透时间取决于渗透剂的种类、渗透方式,在16~52℃范围内渗透时间通常在5~25 min之内。渗透时间不应少于渗透剂制造厂推荐的时间。

5.2.2.3 在进行乳化或清洗处理前,铸件表面所附着的残余渗透剂尽可能滴干。

### 5.2.3 乳化处理

5.2.3.1 乳化处理前先用水予以清洗,然后采用浸渍、喷洒等方法将乳化剂施加于铸钢件表面,乳化必须均匀。

5.2.3.2 乳化时间取决于乳化剂和渗透剂的性能及铸钢件的表面粗糙度。规定乳化时间是指便于清洗处理的最长时间,原则上用油基乳化剂的乳化时间在2 min之内,用水基乳化剂的乳化时间在5 min之内。

### 5.2.4 清洗处理及去除处理

5.2.4.1 清洗处理是为了除去附着在被检物表面的残余渗透剂,在处理过程中既要防止处理不足而造成对缺陷显示痕迹识别的困难,也要防止处理过度而使渗入缺陷中的渗透剂也被洗掉。用荧光渗透剂时,可在紫外线照射下观察清洗程度。

5.2.4.2 水洗性及后乳化性渗透液均用水清洗。使用喷嘴时的水压不大于340 kPa (3.5 kgf/cm<sup>2</sup>),水温最好为40~50℃。

5.2.4.3 采用清洗溶剂去除渗透液时应使用蘸有清洗剂的布或纸按同一方向擦拭,不得将被检件浸于清洗剂中或过量地使用清洗剂。

### 5.2.5 干燥处理

5.2.5.1 铸钢件表面的干燥温度应控制在52℃以下。

5.2.5.2 使用干式或快干式显像剂时,干燥处理应在显像处理前进行。

5.2.5.3 用清洗剂时,应自然干燥或用布、纸按同一方向擦干,不得加热干燥。

### 5.2.6 显像处理

5.2.6.1 用干式显像法时,把铸钢件埋在显像剂中或者喷成粉雾均匀地覆盖在整个铸钢件表面上,并保持一定时间。

5.2.6.2 用湿式显像剂时,铸钢件经过清洗处理后可直接浸入湿式显像剂中,也可选用喷洒和涂刷的方法。显像后应使附着于铸钢件表面的显像剂迅速干燥。

5.2.6.3 用快干式显像剂时,干燥后再喷洒或涂刷显像剂但不可把清洗后的铸钢件浸于显像剂中。喷涂上显像剂后应进行自然干燥或用室温空气吹干。

5.2.6.4 用湿式及快干式显像剂时,显像剂应喷涂薄而均匀,以略能看出铸钢件表面为宜,不要在同一部位上反复涂敷。

5.2.6.5 显像时间取决于显像剂的种类、预计的缺陷种类和大小以及处理的温度等因素。在16~52℃

范围内一般显像时间7~15min,但不能低于显像剂制造厂家所规定的显示时间。

### 5.2.7 观察

5.2.7.1 观察显示的迹痕应在显像剂施加后7~30min内进行。如显示迹痕的大小不过分扩大,则可超过上述时间观察。

5.2.7.2 荧光渗透探伤时,在黑光灯下进行观察,观察前要有5min以上时间使眼睛适应暗室环境。

5.2.7.3 着色渗透探伤时,被检表面可见光的照度不少于500lx。

5.2.7.4 当出现显示迹痕时,必须确定此迹痕是真缺陷还是假缺陷显示。如无法确定,则应进行复验或用其它方法进行验证。

### 5.2.8 复验

发现下列情况必须从前处理开始重新进行检验:

- a. 操作方法有错误;
- b. 难以确定迹痕是真缺陷还是假缺陷;
- c. 如果对缺陷显示迹痕,难于按标准进行等级分类时,也必须通过复验或用其它适当的方法加以验证;
- d. 有其它需要。

### 5.2.9 后处理

5.2.9.1 观察后,为了防止残留的渗透剂和显像剂对铸钢件表面产生腐蚀或影响其使用,应采用5.2.4条方法给予清除。

5.2.9.2 铸钢件加工表面去除显像剂后工件应予以干燥,必要时加以防腐保护。

## 6 缺陷显示迹痕的评级

### 6.1 缺陷显示迹痕评级的应用

铸钢件缺陷显示迹痕的评级系指交货时的铸钢件渗透探伤质量等级。

允许焊补的铸钢件在焊补后,仍按本标准的规定进行检验和评级。

### 6.2 缺陷显示迹痕的种类

缺陷显示迹痕按其形状及间距分为三种。

- a. 点状缺陷显示迹痕:点状缺陷( $S_r$ ): $L < 3l$ , $L$ 为缺陷显示长度, $l$ 为缺陷显示宽度。
- b. 线状缺陷显示迹痕:线状缺陷( $L_r$ ): $L \geq 3l$
- c. 点线状缺陷显示迹痕:点线状缺陷( $A_r$ ): $d < 2\text{mm}$ 至少包含3个缺陷; $d$ 为两个缺陷间距。

### 6.3 缺陷显示迹痕的分级

缺陷显示迹痕根据缺陷迹痕大小和分布分七个等级,见表4。

### 6.4 评定框

采用105mm×148mm的矩形作为评定框。进行缺陷显示迹痕评级时,应将评定框放置在被检铸钢件的表面缺陷最严重的位置上,计算缺陷个数时,也包括评定框边线上的缺陷。线状、点线状缺陷只计算评定框以内缺陷的长度。当被检面积小于评定框时点状缺陷个数及线状、点线状缺陷总长应按比例缩小。当缩小后的缺陷总长小于单个线状、点线状缺陷长度时,应以单个缺陷长度为限。

### 6.5 裂纹缺陷的规定

当线状缺陷和点线状缺陷确认为是裂纹时,应定为不合格。

表 4 铸钢件渗透探伤质量等级

质 量 等 级		001	01	1	2	3	4	5										
表面粗糙度, $R_a$ 最大值 $\mu m$		6.3		50					80									
观察缺陷的方法 放 大 倍 数		放大镜或目视 $< 3$		目 视 1														
不考虑点状缺陷的 最大长度 mm		0.3		1.5	2	3	5											
点状缺陷	最大数量	5		8		12	20	32										
	最大长度 mm	$< 1$		$< 3^{1)}$	$< 6^{1)}$	$< 9^{1)}$	$< 14^{1)}$	$< 21^{1)}$										
不考虑线状或点线 状缺陷的最大长度 mm		0.3		1.5					2									
线状缺陷 或 点线状 缺陷 最大尺寸 mm	铸钢件厚度范围 mm	线状或 点线状	总 长	线状或 点线状	总 长	线状	总 长	线状或 点线状	总 长	线状	总 长	线状或 点线状	总 长	线状	总 长	线状或 点线状	总 长	
	$T \leq 16$	0	0	1	2	2	4	8	4	6	12	20	10	18	36	18	25	50
	$16 < T \leq 50$	0	0	1	2	3	6	12	6	12	24	36	18	27	54	27	40	80
	$T > 50$	0	0	2	4	5	10	20	10	20	40	60	30	45	90	45	70	140
应 用 实 例		飞机或航天飞船装备; 精密铸造; 特殊应用		其它铸件, 根据表面状态和应用情况														

注: 1) 在多数情况下, 允许有两个最大长度的缺陷。

## 7 探伤结果的标识与探伤报告

7.1 缺陷显示迹痕可根据需要分别用照相、示意图或描绘等方法记录。

7.2 探伤后的合格铸钢件表面如需标明时，记做P符号的永久标记。

### 7.3 探伤报告

渗透探伤报告应包括以下内容。

7.3.1 铸钢件名称、编号、形状尺寸、材质、热处理状态、表面粗糙度、要求合格级。

7.3.2 探伤方法及操作程序，探伤剂的种类及牌号。

#### 7.3.3 操作条件

- a. 渗透时间和渗透温度；
- b. 乳化时间；
- c. 清洗水的温度和压力；
- d. 干燥温度和时间；
- e. 显像时间及观察时间。

#### 7.3.4 探伤结果

- a. 探伤区域、评定框的位置及缺陷迹痕示意图；
- b. 缺陷的类型；
- c. 缺陷显示迹痕的等级；
- d. 有无裂纹。

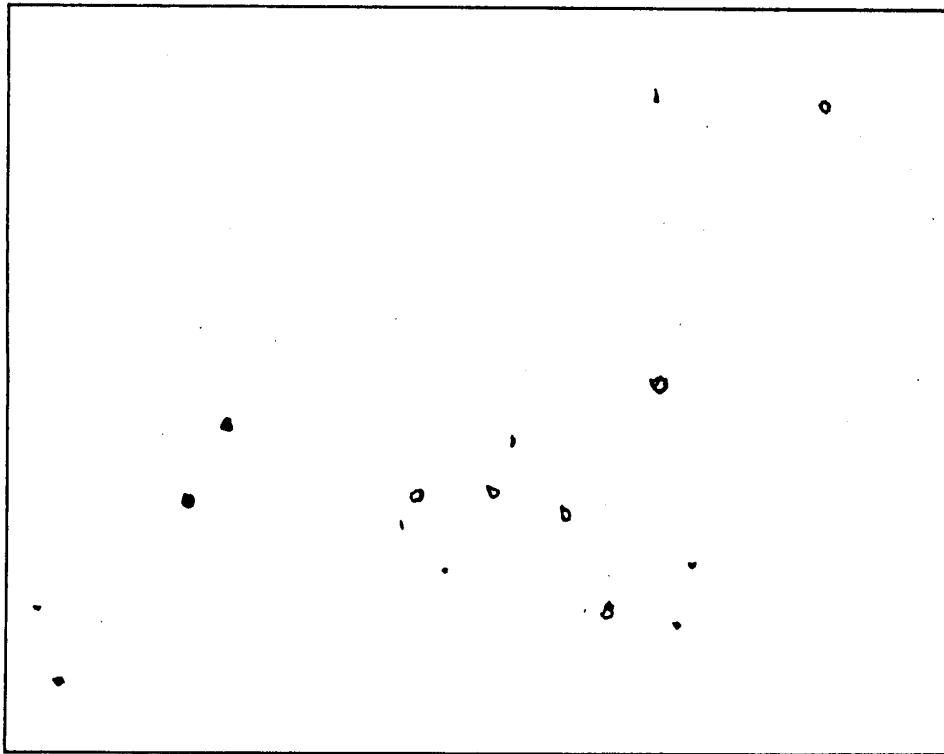
7.3.5 操作人员资格及签名、签发日期。



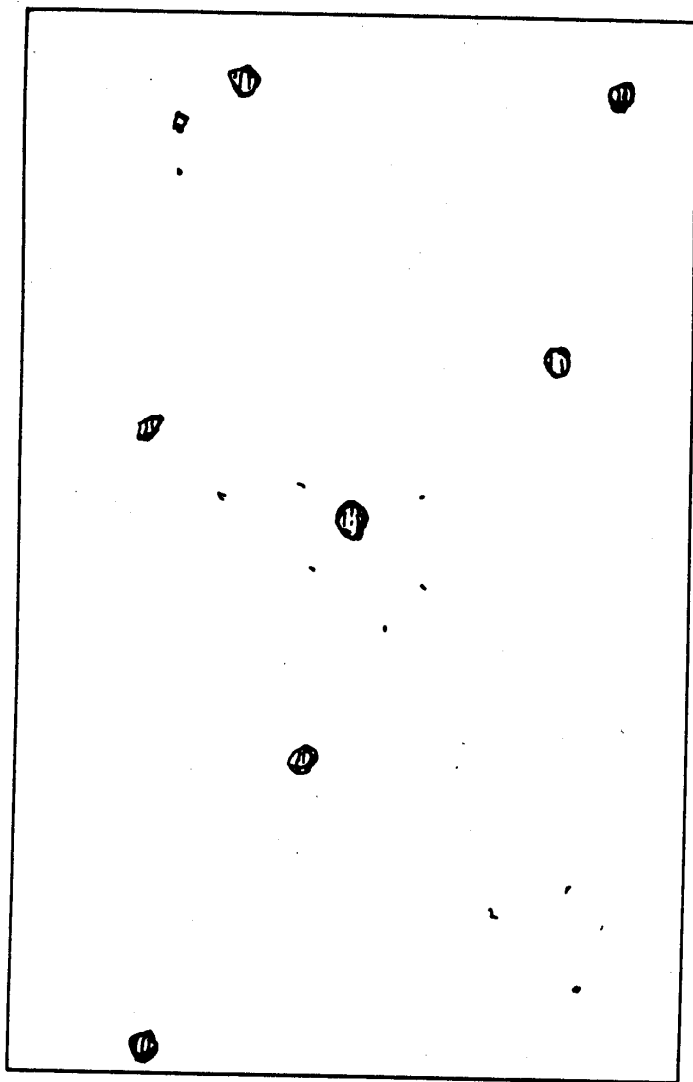
附录 A  
点状缺陷评级示意图  
(参考件)

A1 下列点状缺陷评级示意图仅供参考，在进行点状缺陷评级时，应以表 4 规定为准。

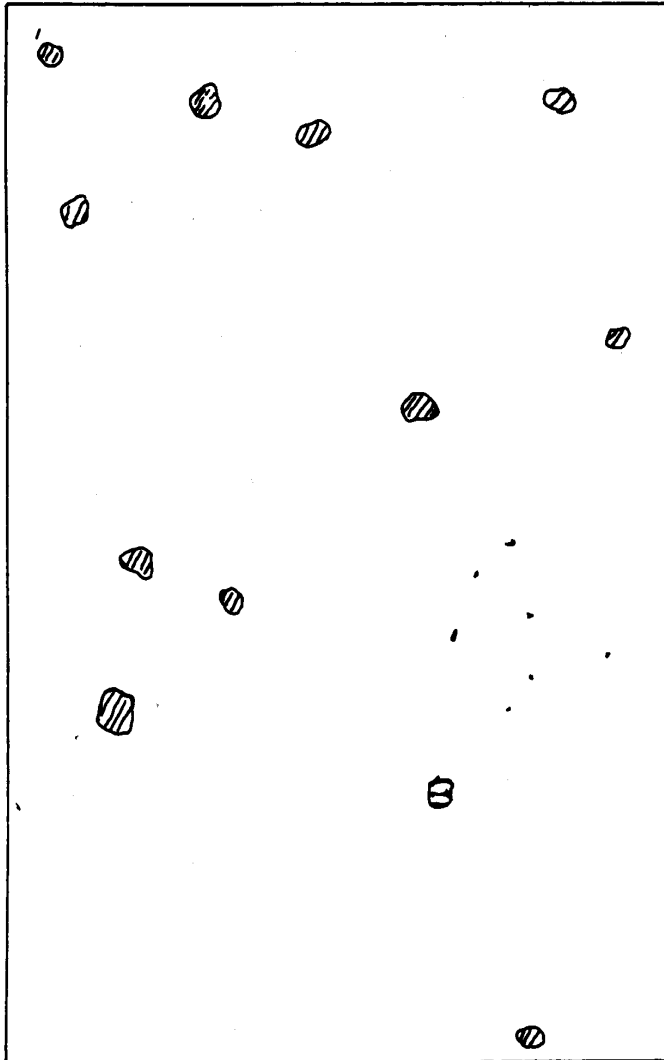
A2 缺陷程度  $Sr_1$   
(8 个点状缺陷  $1.5\text{ mm} < D < 3\text{ mm}$ )  
 $D$  为点状缺陷的最大长度。



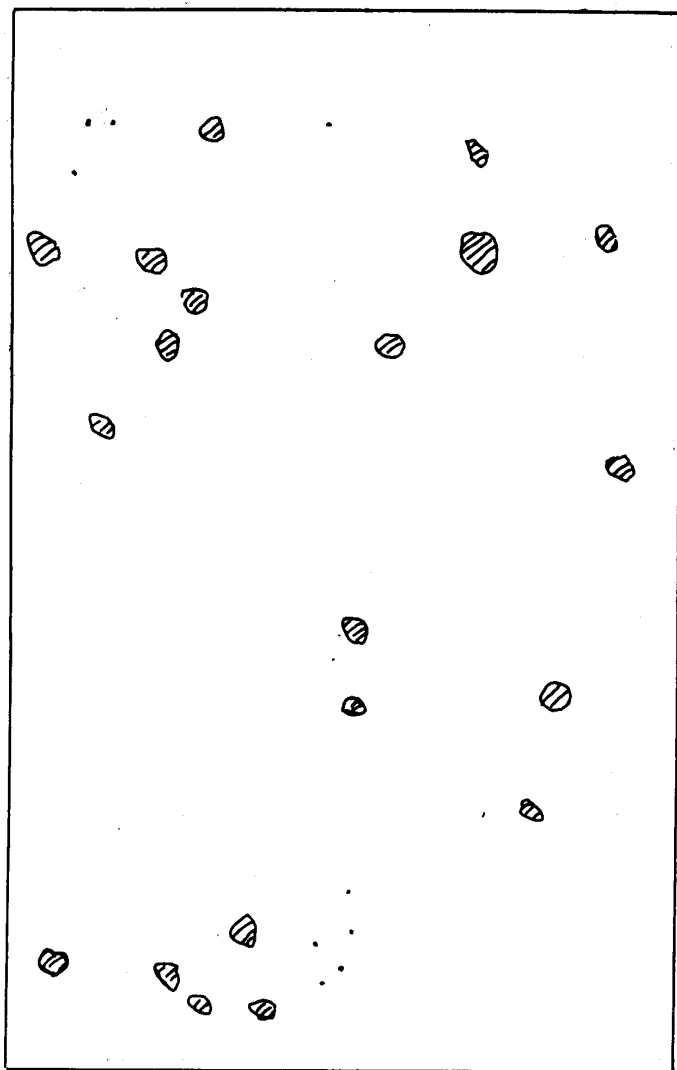
A3 缺陷程度 $Sr_2$   
(8个点状缺陷 $D > 2\text{mm}$ )



A4 缺陷程度 $S_{r3}$   
(12个点状缺陷 $D > 2\text{ mm}$ )

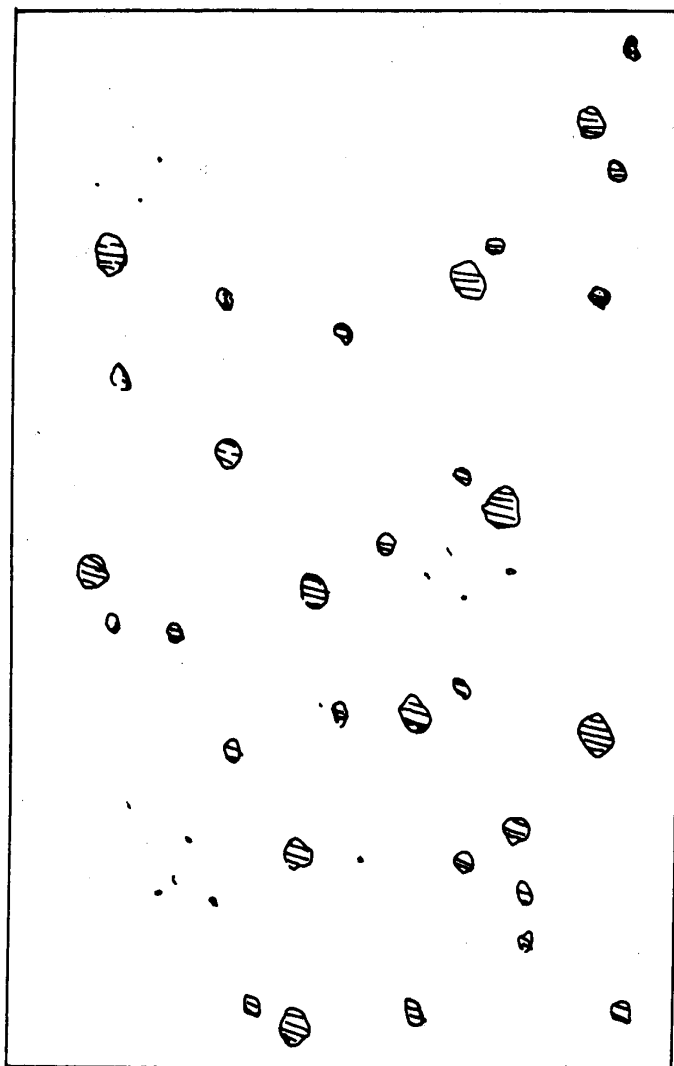


A.5 缺陷程度 $Sr_4$   
(20个点状缺陷 $D > 2\text{ mm}$ )



A6 缺陷程度 $Sr_5$

(32个点状缺陷 $D > 2\text{ mm}$ )



附加说明:

本标准由中华人民共和国机械电子工业部提出。

本标准由上海材料研究所归口。

本标准由沈阳铸造研究所负责起草。