

# 压缩机重要零件的磁粉探伤

## 1 主题内容与适用范围

本标准规定了压缩机重要零件的干、湿磁粉(包括荧光和非荧光)探伤方法及缺陷等级分类。

本标准适用于检查铁磁性材料制作的压缩机重要零件(以下简称"工件")的表面及近表面缺陷。

## 2 引用标准

GB 3721 磁粉探伤机

JB 3111 无损检测名词术语

## 3 术语

本标准的术语和定义按照 JB 3111 的规定。

## 4 探伤人员

4.1 探伤人员应由具有一定基础知识和探伤经验,并经考核取得有关部门认可的资格证书者担任。

4.2 色盲、近距离矫正视力在 1.0 以下者,不得参加磁粉探伤评定。

4.3 探伤人员应配备有关防护用品并按有关操作规程操作。

## 5 探伤时机

除非用户另有要求外,工件一般应在最终热处理和最终精加工之后进行。

## 6 探伤设备

6.1 磁粉探伤设备应符合 GB 3721 中的要求。

6.2 探伤设备应能对被检工件安全可靠地进行磁化,并便于磁粉施加、观察以及退磁操作。

6.3 湿粉法的盛液箱内应配备搅拌器,以使磁粉均匀分布。

6.4 干粉法的喷粉装置应能保持磁粉干燥,喷粉时应能使磁粉成均匀的雾状。

6.5 当采用荧光磁粉探伤时,所使用的紫外线照明装置应能满足探伤要求,紫外线的波长应在 0.32~

0.40 $\mu\text{m}$  的范围内。

6.6 退磁装置应能保证工件退磁后表面磁场强度小于 160 A/m。

## 7 磁粉

7.1 磁粉应具有高导磁率和低剩磁性质。用磁性称量法检验时,其称量值应大于 7 g。

7.2 磁粉的粒度应均匀,平均粒度为 5~10 $\mu\text{m}$ ,最大粒度为 50 $\mu\text{m}$ 。荧光磁粉粒度为 2~5 $\mu\text{m}$ 。

7.3 磁粉的颜色与被检工件相比应有较高的对比度。

7.4 湿粉法应用煤油或水作为分散媒介。若以水为媒介时,应加入适当的防锈剂和表面活性剂。磁悬

液的粘度应控制在 5000~20000 Pa·s(25℃)。

7.5 磁悬液浓度应根据磁粉种类、粒度以及施加方法、时间来确定。一般非荧光磁粉浓度为 9~20 g/

L; 荧光磁粉为  $0.5 \sim 2 \text{ g/L}$ 。

## 8 工件表面准备

- 8.1 被检工件的表面粗糙度值应为  $Ra6.3 \mu\text{m}$ 。
- 8.2 被检工件表面不得有油脂或其他可粘附磁粉的物质。
- 8.3 被检工件的油孔及其他孔隙在探伤后难于清除磁粉时,则应在探伤前用无害物质堵塞。
- 8.4 为了防止电弧烧伤工件表面和提高导电性能,必须将工件和电极的接触部分打扫干净,必要时应在电极上安装接触垫。

## 9 磁化方法

### 9.1 纵向磁化

检测与工件轴线方向垂直或夹角大于等于  $45^\circ$  的缺陷时,应使用纵向磁化。纵向磁化可用下列方法获得:

- a. 线圈法(图 1);
- b. 磁轭法(图 2)。

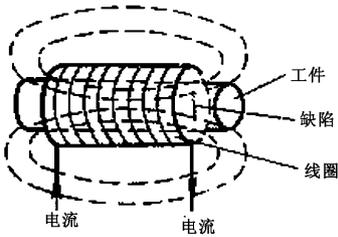


图 1 线圈法

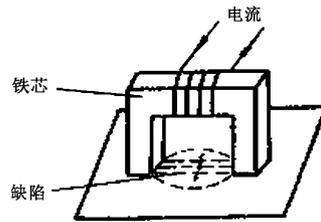


图 2 磁轭法

### 9.2 周向磁化

检测与工件轴线方向平行或夹角小于  $45^\circ$  的缺陷时,应使用周向磁化。周向磁化可用下列方法获得:

- a. 轴向通电法(图 3);
- b. 中心导体法(图 4);
- c. 触头法(图 5)。

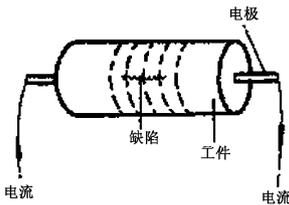


图 3 轴向通电法

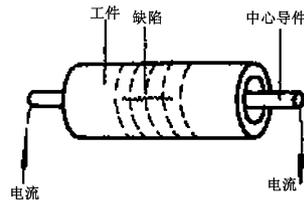


图 4 中心导体法

### 9.3 通电方式

工件磁化通电方式可分为连续法和剩磁法。

9.3.1 采用连续法时,磁粉必须在通电时间内施加完毕,通电时间一般为  $0.5 \sim 3 \text{ s}$ ,停施磁悬液至少  $1 \text{ s}$  后才可停止磁化。

连续法通电一般有:轴向通电法;中心导体法;触头法;线圈法;磁轭法等。

9.3.2 采用剩磁法时,磁粉应在通电结束后再施加,一般通电时间为 0.25~1 s。采用交流剩磁法时,必须配备断电相位控制器,以确保工件的磁化效果。

#### 9.4 磁化区域

被检工件的每一被检区域至少应进行两次独立的检查,两次检查的磁力线方向应大致相互垂直。条件允许时,可使用旋转磁场以及交直流复合磁化。

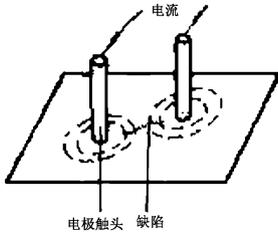


图5 触头法

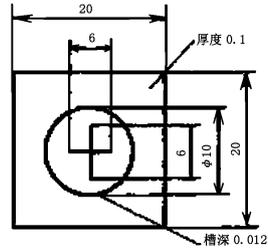


图6 A型试片

### 10 磁化规范

#### 10.1 灵敏度试片

10.1.1 A型灵敏度试片仅适用于连续法,用于被检工件表面有效磁场强度和方向、有效探测区以及探伤方法是否正确的测定。磁化电流应能使试片上展现出清晰的磁痕。

10.1.2 A型灵敏度试片的灵敏度分高、中、低三档,其几何尺寸见图6,型号及槽深见表1。

表1 A型灵敏度试片

型号	相对槽深 $\mu\text{m}$	灵敏度	材质
A-150/100	$\frac{15}{100} \pm 4$	高	超高纯低碳纯铁 ( $C < 0.03\%$ , $H_0 < 80\text{A/m}$ ) 经退火处理
A-30/100	$\frac{30}{100} \pm 8$	中	
A-60/100	$\frac{60}{100} \pm 15$	低	

注:试片相对槽深表达式中,分子为人工槽深度,分母为试片厚度。

10.1.3 磁场指示器(八角试块)也是一种灵敏度试片,功用如A型灵敏度试片。几何尺寸见图7。

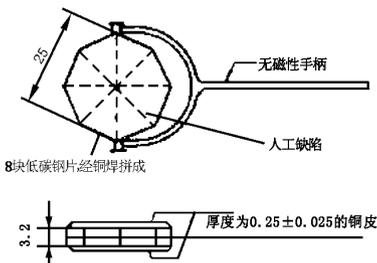


图7 磁场指示器

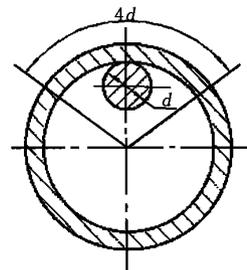


图8 中心导体检测有效区域

## 10.2 轴向通电法

轴向通电磁化时,磁化电流可按下式进行计算:

连续法:

$$I=10\sim 20 D \dots\dots\dots (1)$$

剩磁法:

$$I=25\sim 45 D \dots\dots\dots (2)$$

式中:  $I$ ——电流值, A;

$D$ ——工件直径或横截面上最大尺寸, mm。

## 10.3 触头法

10.3.1 当采用触头法局部磁化大工件时,磁化规范见表 2。

表 2 触头法磁化电流

材 料 厚 度 mm	单 位 厚 度 所 需 电 流 A/mm
$T < 20$	3~4
$T \geq 20$	4~5

10.3.2 采用触头法时,电极间距应控制在 75~200 mm 之间,通电时间不应太长。电极与工件之间的接触应保持良好的,以免烧伤工件。

## 10.4 中心导体法

10.4.1 空心或有孔零件内表面的磁化应尽量采用中心导体法。芯棒的材料以铜、铝为好,芯棒的直径应尽可能的大。芯棒可以正中放置也可偏心放置。偏心放置时,每次的有效检测区约为 4 倍芯棒的直径(见图 8)且应有一定的重叠区,重叠区长度应不少于  $0.4 d$ 。

10.4.2 芯棒直径为 50 mm 时的磁化电流值见表 3。

表 3 中心导体法磁化电流值

壁 厚 mm	电 流 值 A
>3~6	1000
>6~9	1250
>9~12	1500
>12~15	1750

当壁厚大于 15 mm 时,厚度每增加 3 mm,电流增加 250 A。

当芯棒直径比规定值每增加或减少  $1/4$  时,则电流值相应增加或减少 250 A/mm。

## 10.5 磁轭法

10.5.1 采用磁轭法磁化工件时,其磁化电流应根据灵敏度试片或提升力试验来确定。当使用最大磁极间距时,交流电磁轭的提升力应至少为 44 N,直流电磁轭力至少为 177 N。

10.5.2 磁轭的磁极间距应控制在 50~200 mm 之间,检测的有效区域为两磁极连线两侧约 50 mm 的范围内。磁化区域每次应有 25 mm 的重叠。

## 10.6 线圈法

10.6.1 当采用线圈法对工件进行纵向磁化时,可按下式计算安匝数(IN):

$$IN = \frac{45000}{L/D} \dots\dots\dots (3)$$

式中:  $I$ ——电流值, A;

$N$ ——线圈匝数, t;

$L$ ——工件长度, mm;

$D$ ——工件直径或横截面上最大尺寸, mm。

上述公式不适用于长径比( $L/D$ )小于 3 的工件。 $L/D \geq 10$  时, 公式中  $L/D$  取 10。

10.6.2 对于长径比小于 3 的工件, 若要使用线圈法时, 可利用磁极加长块来提高长径比的有效值或采用灵敏度试片实测来决定安匝数(IN)。

10.6.3 线圈法的有效磁化区为距线圈端部外侧 0.5 倍线圈直径的范围。

10.6.4 当被检工件总长太长时, 可分段磁化, 但应保证所有部位均应有一定的重叠区。重叠区应不小于分段检测长度的 10%。

## 11 磁粉的施加

当工件被适当磁化之后, 可用下述任一方法施加磁粉。

### 11.1 干粉法

在干粉法中, 可用手动或电动喷粉器以及其他合适的工具施加磁粉。磁粉应均匀地撒在工件被检面上。磁粉不应施加过多, 以免掩盖缺陷磁痕。同时, 吹去多余磁粉时不应干扰缺陷磁痕。

### 11.2 湿粉法

11.2.1 采用湿粉法时, 应确认整个探伤面能被磁悬液良好地湿润后, 再施加磁悬液。

11.2.2 磁悬液的施加可采用浇、浸等方法, 不可采用刷涂法。

## 12 退磁

12.1 一般情况下探伤完毕后应进行退磁。

12.2 周向磁化的零件如无特殊要求以及探伤后尚须进行加热处理的零件可不退磁。

12.3 退磁一般是将工件放入等于或大于磁化工件的磁场中, 然后不断改变磁场方向, 同时逐渐减小磁场至零。

### 12.3.1 交流退磁法

将需退磁的工件从通电的磁化线圈中缓慢抽出, 直至工件离开线圈 1 m 以上时再切断电流。或将工件放入通电的磁化线圈后, 将线圈中的电流逐渐减小至零。

### 12.3.2 直流退磁法

将需要退磁的工件放于直流电磁场中, 不断改变电流方向, 并逐渐减小电流至零。

### 12.3.3 大型工件退磁

大型工件可使用交流电磁轭进行局部退磁或采用缠绕电缆线圈分段退磁。

12.4 工件的退磁程度一般可用剩磁检查仪或磁强计测定。

## 13 磁痕的评定

13.1 除能确切认定磁痕是由工件材料局部磁性不均或操作不当造成的之外, 其他一切磁痕显示均应作为缺陷磁痕处理。

13.2 长度与宽度之比大于 3 的缺陷磁痕, 按线性缺陷处理, 长度与宽度之比小于等于 3 的缺陷磁痕, 按圆形缺陷处理。

13.3 缺陷磁痕与工件轴线或母线的夹角大于等于  $30^\circ$  时, 作为横向缺陷处理, 其他按纵向缺陷处理。

13.4 2条缺陷磁痕在同一连线上且间距小于等于3 mm时,按1条缺陷处理,其长度为两条缺陷之和加间距。

13.5 长度小于1 mm的非裂纹类纵向缺陷磁痕和长度小于0.5 mm的非裂纹类横向缺陷磁痕,评定时不计。

13.6 按工件各部位受力状况不同可将工件表面划分成重要区域(下称Ⅰ区)和非重要区域(下称Ⅱ区)。

13.6.1 曲轴、连杆的Ⅰ区和Ⅱ区划分见图9和图10。

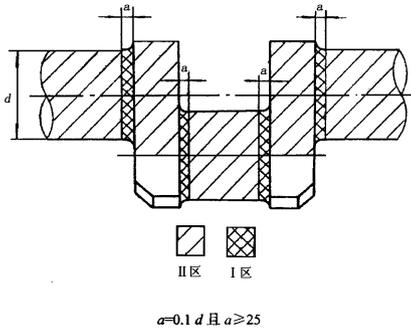


图9 曲轴区域划分

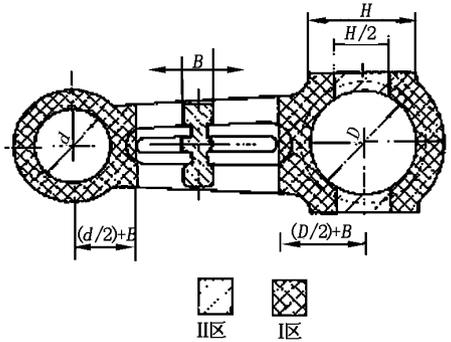


图10 连杆区域划分

13.6.2 其他零件中凡螺纹区;配合面;密封面;过渡圆角;键槽2倍宽度、油孔2倍直径范围内以及其他应力集中处均为Ⅰ区,或按有关技术文件要求划分,除此外为Ⅱ区。

13.6.3 缺陷磁痕若处于工件的Ⅰ区和Ⅱ区交界处,按Ⅰ区计。

## 14 缺陷等级分类

14.1 不允许缺陷

14.1.1 任何裂纹或白点。

14.1.2 任何横向缺陷磁痕。

14.1.3 在任一直线上有3个或3个以上缺陷磁痕显示且边缘间距小于5 mm。

14.2 线性缺陷等级分类

14.2.1 线性缺陷等级分类按表4。

表4 线性缺陷等级分类

级 别	线性缺陷磁痕的长度L和数量
1	不允许任何缺陷磁痕显示
2	$1\text{ mm} \leq L < 5\text{ mm}$ , 且不多于1条
3	$1\text{ mm} \leq L < 5\text{ mm}$ , 且不多于3条
4	$1\text{ mm} \leq L < 5\text{ mm}$ , 且不多于5条
5	$5\text{ mm} \leq L < 8\text{ mm}$ , 且不多于1条
6	$5\text{ mm} \leq L < 8\text{ mm}$ , 且不多于3条
7	$5\text{ mm} \leq L < 8\text{ mm}$ , 且不多于5条
8	$8\text{ mm} \leq L < 10\text{ mm}$ , 且不多于1条
9	$8\text{ mm} \leq L < 10\text{ mm}$ , 且不多于3条
10	大于9级者

14.2.2 若缺陷磁痕数量多于表 4 规定时,则每增加 2 条等级下降 1 级,且最多不得超过 2 级。否则按不允许缺陷处理。

14.2.3 工件最终定级按缺陷最低等级定级。

### 14.3 圆形缺陷等级分类

14.3.1 圆形缺陷磁痕用评定区进行,评定区的大小为 15 mm×15 mm 的正方形。评定区应选在缺陷磁痕最严重的部位。

14.3.2 评定区内参与评定的缺陷的磁痕最大长径尺寸不得大于 5 mm,大于 5 mm 者按线性缺陷磁痕计。

14.3.3 圆形缺陷等级分类按表 5。

表 5 圆形缺陷等级分类

级 别	评定区内圆形缺陷磁痕的数量
1	0
2	1~3
3	4~5
4	6~7
5	8~9
6	大于 5 级者

14.3.4 在同一重要区(I 区)内,若存在相同级别且评定区相邻、边长重合的缺陷时,则等级下降 1 级。

### 14.4 缺陷修复后检查

缺陷处进行修复后,仍应按本标准进行检查和评定。

## 15 探伤报告

磁粉探伤报告至少应包括以下内容:

- a. 被检工件名称、编号;
- b. 被检工件材质、热处理状态及表面状态;
- c. 探伤设备的名称、型号及制造厂名称;
- d. 磁粉种类及磁悬液浓度;
- e. 施加磁粉方法;
- f. 磁化方法;
- g. 探伤灵敏度校验及试片名称;
- h. 缺陷记录及工件草图(或示意图);
- i. 探伤结果及等级分类;
- j. 返修次数和返修后探伤结果及等级分类;
- k. 探伤人员和责任人员签字;
- l. 探伤日期。