

焊缝磁粉检验方法和缺陷磁痕的分级

1 主题内容与适用范围

本标准规定了焊缝表面缺陷和近表面缺陷的粉检验方法和缺陷磁痕的分级。

本标准适用于铁磁性材料熔焊缝表面的近表面质量的磁粉检验。

2 引用标准

GB 3721 磁粉探伤机

GB 9445 无损检测人员技术资格鉴定通则

JB 3965 钢制压力容器磁粉探伤

JB/T 6063 磁粉探伤用磁粉 技术条件

JB/T 6065 磁粉探伤用标准试片

3 检验方法及要求

3.1 检验前,焊缝及其附近的母材表面应进行清理,去除表面的油污、焊接飞溅物、松散的铁锈和氧化皮、厚度较大的各种覆盖层(漆层、保温层等);去除放置在表面的各种器具和物品。

3.2 被检部位在检验中应至少按下述顺序经历了三个检验步骤:

- 用磁粉探伤设备进行过必要的磁化;
- 在被磁化的区域内用干法施加过干燥的磁粉,或者用湿法施加过磁悬液(即用磁粉或磁膏同载液配制而成的混合液体);
- 对施加过磁粉或磁悬液的部位进行磁痕的观察、分析和评定。

3.3 在一般情况下应尽可能采用连续法进行检验。如果必须采用剩磁法时,则焊缝及其母材的剩余磁感应强度 B_r 应在 0.8T 以上,矫顽力 H_r 应在 800 A/m 以上,并且要在检验报告中明确指出。

3.4 焊缝上的每个检验部位应至少在相互垂直或近于垂直的两个方向上分别得到磁化(有足够依据说明不会产生横向缺陷的情况除外)。可采用的磁化方式有以下三种:

- 纵向磁化加横向磁化——在垂直于焊缝走向和平行于焊缝走向的两个方向上分别进行磁化,先后次序不论。
- 交叉式磁化——在与焊缝走向大致上呈 $+45^\circ$ 和 -45° 的方向上分别进行磁化,先后次序不论。
- 旋转磁场或摆动磁场磁化——用能在 360° 或 90° 平面范围内自动而又连续改变磁场方向的磁场进行磁化。

3.5 一般应使用适合局部磁化的触头法和磁轭法为主,但在遇到以下的任何一种情况时,应优先使用适合整体磁化的线圈法或直接通电法在某个方向上或者几个方向上进行磁化:

- 管子对接焊缝以及有相似特征的焊缝(例如钢棒和某些轴类的对接焊缝);
- 管座角焊缝以及有相似特征的焊缝(例如耳轴、支杆等的角焊缝);
- 宽度不大的搭板角焊缝(例如撑板角焊缝、吊板角焊缝等);
- 焊接长度较小的焊缝。

3.6 用触头法磁化焊缝时,每次被磁化的长度范围,最小 75 mm,最大 200 mm;用磁轭法磁化焊缝时,每次被磁化的长度范围,最小 50 mm,最大 200 mm;用线圈法磁化管子对接焊缝以及有相似特征的焊缝时,管子以及相似管子的对接长度与等效直径之比应不小于 3,磁化管座角焊缝以及有相似特征的焊缝时,管座以及相似管座的高度与等效直径之比应不小于 1.5,磁化搭板角焊缝时,搭板高度与宽度之比应不小于 $3/\pi$ (π —圆周率)。

3.7 焊接件等效直径的计算可参照下述原则进行: a. 当焊接件的截面接近于圆形时,用其截面直径作为等效直径; b. 当焊接件的截面呈四边形或其他多边形时,用其周长除以 π ; c. 当焊接件的截面呈板状时,用其宽度的两倍除以 π 。

3.8 用干法施加磁粉时,施加到被检表面的磁粉应尽可能均匀分布,并利用磁粉自身的迁移特性和检验人员另外施加的压缩气流进行流动。在有漏磁磁场的地方形成磁痕,在没有漏磁磁场的地方全部离走。

3.9 用湿法施加磁悬液时,施加到被检表面的磁悬液应尽可能均匀分布,并利用载液的流动特性带动磁粉流动。在有漏磁磁场的地方形成磁痕,在没有漏磁磁场的地方全部离走。

3.10 使磁粉在被检表面发生流动的常用方法为湿法。但是,当遇到下述的任意一种情况或几种情况时,应采用干法:

a. 要求检验埋藏深度较大的缺陷时; b. 焊缝表面的平整度极差,如果使用湿法,磁悬液很难顺利流动时; c. 焊缝表面明显低于母材表面,如果使用湿法,容易使磁悬液发生淤积时; d. 焊缝温度明显高于室温,如果使用湿法,容易使磁悬液干涸时。

3.11 在 3.10 的 a、b、c 三种情况中使用干法时,被检部位都必须加温,使其温度超过室温。

3.12 容易产生冷裂纹的焊缝不允许采用触头法进行检验。在采用其他方法检验时,其有效的检验结果必须在焊缝的焊接温度冷却至室温之后再放置 24 h 以上的检验中取得。其他场合下取得的检验结果可作为参考。

3.13 焊后需进行热处理的焊缝,作为了解热处理效果和交货验收依据的检验,应安排在热处理工作结束之后进行。

3.14 焊接件上与磁粉探伤设备发生电接触的部位,应当加垫铅板或铜丝编织带做成的圆盘,以防止接触部位产生的火花烧损焊接件。不得使用锌作为垫板。

4 检验人员

4.1 检验人员应按 GB 9445 的规定取证,经过有关部门考试合格方可从事操作。签发检验报告者必须持有磁粉检验 II 级以上资格证书。

4.2 检验人员应了解产品焊接中常出现的缺陷类型、部位、方向,并掌握可使重要缺陷不漏检的试验方法。

4.3 检验人员的校正视力应不低于 1.0,并且没有色盲。

5 检验设备

5.1 焊缝磁粉检验用的设备应符合 GB 3721 的规定。

5.2 用以指示磁化电流的电流表应至少每年校准一次。经过重大修理的设备以及放置半年以上没有使用的设备,在修理后和重新使用前,都应当对电流表进行校准。

5.3 校准电流表使用的计量仪表和器具都必须具有计量合格证书。

5.4 在电流表指示的量程范围内,其校准点应不少于 3 个。设备上的电流表读数与标准电流表读数之间的误差应不超过满量程的 10%。

5.5 用直流电流表测量半波整流电流时,其电流表上的读数应加倍核算。

5.6 用于磁轭法检验的交流电磁铁,在其最大磁极间距上的提升力应大于 44 N,直流电磁铁在其最大磁极间距上的提升力应大于 177 N。

5.7 用于施加干磁粉的喷粉器应能均匀地喷洒出雾状的干燥磁粉,并产生足够的压缩气流,用以吹掉被检表面上没有形成磁痕的磁粉。

5.8 喷粉器应定期校验,发生故障时应及时修复。

5.9 设备的校验和修理情况都应有文字记录,并作为设备档案妥善保管。

6 检验用磁粉

6.1 检验用的磁粉其性能应符合 JB/T 6063 的规定。

6.2 常用的非荧光磁粉,其颜色可以是黑色、红色或灰色,选用时应尽可能使得磁粉的颜色与被检表面之间产生明显的对比度,必要时还可在被检部位喷刷一层反差增强剂,帮助提高对比度,但是喷刷的厚度应尽量小,否则会降低探伤灵敏度。

6.3 常用的荧光磁粉在紫外线照射下应能发生黄绿色的荧光(另有要求者除外)。

6.4 磁粉应置于密封容器内,并在干燥环境中贮存,或者配制成磁膏备用。否则,使用前应将磁粉在 60~80℃ 下烘干 1h。必要时还应当重新进行研磨和筛选,但是此法不适用于荧光磁粉。

6.5 在有白炽光强烈照射的室内以及有自然光强烈照射的野外场所检验焊缝时,宜采用非荧光磁粉。在检验场所比较阴暗以及夜间进行检验时,宜采用荧光磁粉。在需要实现自动检验的部门,更应当采用荧光磁粉。

7 载液的分类以及磁悬液的配制和选用

7.1 用于配制磁悬液的液体称为载液,可分为油剂和水基两种。常用的油剂载液为变压器油、煤油、变压器油和煤油的混合液、以及无味煤油,推荐使用无味煤油。常用的水剂载液为含有添加剂的水。

7.2 在水中加入添加剂的目的是为了改善水剂载液的性能,使得载液对磁粉具有良好的分散作用和保质作用(加入载液的磁粉能被均匀地分散开来,并在磁悬液的规定贮存期内性能不变),使得磁悬液施加到焊缝表面时,具有良好的润湿、消泡、防锈作用。

7.3 在配制磁悬液时,应首先把磁粉或磁膏用少量载液调成均匀的糊状,然后在连续搅拌中缓慢加入所需的载液,直至磁粉和载液之间达到规定比例为止(外表包有润湿剂的浓缩磁粉除外)。

7.4 在用油剂载液配制荧光磁粉的磁悬液时,应优先选用无味煤油。在水剂载液配制荧光磁粉的磁悬液时,应尽可能使用磁粉制造厂指定的载液,防止荧光磁粉在载液中出现结团、溶解等现象。

7.5 磁悬液的浓度一般为:

非荧光磁粉 10~25 g/L

荧光磁粉 1~2 g/L

7.6 在检验表面涂刷过油类物质或被油类物质污染过的焊缝时,宜用油剂载液配制的磁悬液。对表面比较潮湿的焊缝以及有防火要求的焊缝检验中,一般不允许有油污染,宜用水剂载液配制的磁悬液。触头法检验中也最好使用由水剂载液配制的磁悬液。

8 人工试块和试片

8.1 焊缝磁粉检验使用的人工试块和试片有:

a. JB 3965 中规定使用的系统性能测板和磁场指示器;

b. JB/T 6065 中规定使用的 A 型、C 型、D 型试片。

8.2 系统性能测试板可用于检查探伤设备、磁粉或磁悬液的综合使用性能及检验中的操作方法是否恰

当;磁场指示器可用于反映焊缝表面磁场的强弱和方向,但不能作为磁场强度和磁场分布的定量指示器;灵敏度试片既具有系统性能测试板的用途,又可以用来检定被检区域内磁场的分布规律和检验灵敏度。

8.3 为了使检验结果具有较好的可靠性和再现性,在焊缝磁粉探伤中应根据实际需要选用人工试块和试片,并按有关规定正确使用。

9 磁化电流

9.1 用于焊缝磁粉检验的磁化电流有:

a. 有流电和全波整流电; b. 半波整流电; c. 交流电。

9.2 为了检验埋藏深度较大的缺陷,应使用直流电或者全波整流电。当焊缝位于形状复杂、尺寸变化大的焊接件上时,应使用交流电或者半波整流电。在干法检验中以及检验后需退磁的焊缝检验中,也可以使用交流电或者半波整流电为好。

9.3 在剩磁法检验中,如果需要使用交流电或者半波整流电时,应加接断电相位控制,把断电时间控制在 $\pi/2 \sim \pi$ 和 $3\pi/2 \sim 2\pi$ 之间。

9.4 用通电法进行焊缝的整体磁化时,磁化电流值可用式(1)求得:

$$I = \frac{HD}{0.32} \dots\dots\dots (1)$$

式中: I ——磁化电流值, A;

D ——焊接件的等效直径, m;

H ——磁场强度,可在 2 400~4 800 A/m 之间选用。

9.5 用线圈法进行焊缝的整体磁化,磁化电流值可用式(2)求得:

$$NI = \frac{45\ 000}{L/D} \dots\dots\dots (2)$$

式中: I ——磁化电流值, A;

N ——线圈匝数; L/D 焊接长度与等效直径之比,当 $L/D < 3$ 时,式(2)不适用,当 $L/D \geq 15$ 时,一律取 15 代人。

9.6 用触头法进行焊缝局部磁化检验时,磁化电流值可用式(3)、式(4)求得:

$$I_1 = (3.5 \sim 4.5 \text{ A/mm})S \dots\dots\dots (3)$$

(适用于焊接件厚度 $\delta \leq 19\text{mm}$)

$$I_2 = (4 \sim 5 \text{ A/mm})S \dots\dots\dots (4)$$

(适用于焊接件厚度 $\delta > 19\text{mm}$)

式中: I_1 、 I_2 ——磁化电流值, A;

S ——触头间距, mm。

10 操作事项

10.1 触头法检验中应遵守的操作事项

10.1.1 触头端应保持干净,触头与被检表面的接触应良好,避免产生电弧和局部过热。

10.1.2 触头手柄上应装有平时处于常断状态的电源开关,只有当检验人员用力按下电源开关时,才能接通电源。

10.1.3 在触头未与被检表面紧密接触时,不得通电。与被检表面相接触的触头需要移去时,应首先断电。

10.1.4 用湿法施加磁悬液的过程中,为防止着火,宜采用由水剂载液配制的磁悬液。

10.1.5 相邻的两个检验区之间,应当有一定的覆盖宽度,可在 10~20 mm 之间选用。

10.2 普通磁轭法检验中应遵守的操作事项

10.2.1 必须把电磁铁稳妥地放置在被检部位之后才能接通电源,在需要把电磁铁从被检部位移去时,应首先断开电源。

10.2.2 相邻的两个检验区之间,应当有一定覆盖宽度,可在 10~20 mm 之间选用。

10.3 旋转磁场和摆动磁场检验中应遵守的操作事项。

10.3.1 四个磁极(或电极)都必须与被检部位保持良好接触,否则无法产生旋转磁场或摆动磁场。

10.3.2 移动速度应不大于 2 m/min。

10.3.3 剩磁法不能用旋转磁场和摆动磁场检验。

10.4 使用过的磁粉和磁悬液原则上不回收再用,只有在使用固定式磁粉探伤机中以循环方式供应的磁悬液时,为了不影响循环系统的正常运转,才对磁悬液进行回收再用。

10.5 被回收再用的磁悬液,应经常进行杂质检查、磁性能试验和浓度测定。不合格的磁悬液应当更换,不允许继续使用。

10.6 可用梨形杯测定磁悬液浓度。把 100 mL 磁悬液注入梨形杯,根据梨形杯中磁粉的沉淀体积进行评定。具体数值应视磁粉种类和载液性质确定。

11 磁浪的观察、分析和记录

11.1 非荧光磁粉的磁痕应当在白光照射下进行观察,白光强度应不小于 1 000 lx。

11.2 荧光磁粉的磁痕应当在白光强度不大于 20lx 的阴暗环境下用紫外线灯进行观察,紫外线灯的发光亮亮度应不低于 $1\ 500\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。

11.3 可借助于 2~10 倍的放大镜把磁痕形象放大后进行观察。

11.4 在观察过程中应认真区分缺陷磁痕和非缺陷磁痕的差别,并对缺陷性质作出判别。

11.5 用肉眼不能区分的磁痕,应当采用其他有效方法进行验证。

11.6 可采用下述任意一种或几种方式记录缺陷磁痕:

- a. 绘制磁痕草图;
- b. 用胶带纸或可剥性塑料把磁痕粘下来;
- c. 进行实物照相。

12 缺陷磁痕的分类

12.1 根据缺陷磁痕的形态,可以把缺陷磁痕大致上分为圆型和线型两种。

12.2 凡长轴与短轴之比小于 3 的缺陷磁痕称为圆型磁痕,长轴与短轴之比大于或等于 3 的缺陷磁痕称为线型磁痕。

13 质量评定和返修后的检验

13.1 焊缝磁粉检验的质量评定原则上根据缺陷磁痕的类型、长度、间距以及缺陷性质分为四个等级(见表),I 级质量最高,IV 级质量最低。

13.2 出现在同一条焊缝上不同类型或者不同性质的缺陷,可以选用不同的等级进行评定,也可以选用相同的等级进行评定。

13.3 评定为不合格的缺陷,在不违背焊接工艺规定的情况下,允许进行返修。返修后的检验和质量评定与返修前相同。

14 退磁

具有下述任意一种情况或几种情况的焊接件,其焊缝经磁粉检验后应进行退磁: a. 剩磁会对焊接件以后的加工工艺带来影响时; b. 剩磁会影响焊接件使用性能时; c. 剩磁会对工作于焊接周围的设备、仪表等使用精度带来影响时。

缺陷磁痕分级表

质量等级		I	II	III	IV
不 考 虑 的 最 大 缺 陷 显 示 迹 痕 的 类 型 及 缺 陷 性 质	裂纹	≤ 0.3	≤ 1	≤ 1.5	≤ 1.5
	未焊透	不允许	不允许	不允许	不允许
线型缺陷	夹渣或气孔		不允许	允许存在的单个缺陷显示迹痕长度 $\leq 0.16\delta$,且 ≤ 2.5 mm 100mm 焊缝长度范围内允许存在的缺陷显示迹痕总长 ≤ 25 mm	允许存在的单个缺陷显示迹痕长度 $\leq 0.2\delta$,且 ≤ 3.5 mm 100mm 焊缝长度范围内允许存在的缺陷显示迹痕总长 ≤ 25 mm
			$\leq 0.3\delta$,且 ≤ 4 mm 相邻两缺陷显示迹痕的间距应不小于其中较大缺陷显示迹痕长度的 6 倍	$\leq 0.3\delta$,且 ≤ 10 mm 相邻两缺陷显示迹痕的间距应不小于其中较大缺陷显示迹痕长度的 6 倍	$\leq 0.5\delta$,且 ≤ 20 mm 相邻两缺陷显示迹痕的间距应不小于其中较大缺陷显示迹痕长度的 6 倍
圆型缺陷	夹渣或气孔		任意 50mm 焊缝长度范围内允许存在显示长度 $\leq 0.15\delta$,且 ≤ 2 mm 的缺陷显示迹痕 2 个 缺陷显示迹痕的间距应不小于其中较大显示长度的 6 倍	任意 50 mm 焊缝长度范围内允许存在显示长度 $\leq 0.3\delta$,且 ≤ 3 mm 的缺陷显示迹痕 2 个 缺陷显示迹痕的间距应不小于其中较大显示长度的 6 倍	任意 50 mm 焊缝长度范围内允许存在的显示长度 $\leq 0.4\delta$,且成 ≤ 4 mm 的缺陷显示迹痕 2 个 缺陷显示迹痕的间距应不小于其中较大显示长度的 6 倍

注： δ 为焊缝母材的厚度。当焊缝两侧的母材厚度不相等时，取其中较小的厚度值作为 δ

15 检验报告

15.1 检验结束后应根据检验记录出具检验报告。

15.2 检验报告应至少包括下列内容：

a. 委托单位、报告编号；b. 焊接件名称及编号；c. 技术草图和被检部位；d. 焊接件状况（材料、热处理情况、尺寸）；e. 焊缝情况（焊接方法、焊缝长度、焊缝所在部位）；f. 检验设备（型号、名称）；g. 磁粉种类和施加方法；h. 磁化方法、磁化电流值或磁场强度值；i. 人工试块或试片；j. 缺陷磁痕的类型、尺寸、数量、部位、间距；k. 缺陷性质；l. 质量评定结果；m. 检验日期和报告日期；n. 检验者和审核者签名。