

无损检测 磁粉检测方法和质量分级

1 范围

本标准规定了铁磁性材料及其制品的磁粉检测方法和缺陷磁痕的等级分类。

本标准适用于检测铁磁性材料及其制品（试件）表面或近表面的裂纹及其他缺陷。

2 规范性引用文件

GB3712 磁粉探伤机

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 磁粉

磁粉检测中，使用的具有一定尺寸和形状的铁磁性粉末。

3.2 磁悬液

磁粉或磁膏悬浮在载液中形成的一种液体。

3.3 载液

在磁粉检测中，用于悬浮磁粉的一种液体（媒质）。

3.4 磁场指示器

用于测定从试件发出漏磁场相对强度的袖珍仪。

3.5 集肤效应

交流电流产生的磁化主要集中在铁磁材料近表面的一种现象。

3.6 磁痕

缺陷或其他因素引起的漏磁而形成磁粉的积聚。

3.7 退磁

将试件中剩磁减小到规定值以下的过程。

4 设备、器材

4.1 设备

4.1.1 磁粉探伤设备必须符合 GB3712《磁粉探伤机》中的要求。

4.1.2 退磁装置应能保证试件退磁的表面剩磁感应强度低于 0.3mT。

4.1.3 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。

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

4.2 磁粉及磁悬液

4.2.1 磁粉应具有高导磁率和低剩磁性质，磁粉之间不应相互吸引。

4.2.2 根据试件的材质、表面状态的不同，磁粉应具有适当的磁性、粒度、分散性及色彩。磁悬液还要具有悬浮性。

4.2.3 湿法中用水作载液时应加入适量分散剂、消泡剂、防锈剂和表面活性剂。用油作载液时，采用闪点不低于 94 的无味煤油或变压器油，运动粘度需在 $5\text{mm}^2/\text{S}$ (5cSt) 以下。

4.2.4 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。一般情况下，新配制的非荧光磁粉浓度为 $(10\sim 20)\text{g/l}$ 。

4.2.5 对于循环使用的磁悬液，应定期对磁悬液浓度进行测定。一般情况下，每 100ml 磁悬液中，非荧光磁粉沉淀体积为 $(1.2\sim 2.4)\text{ml}$ 。测定前应通过循环系统对磁悬液进行充分的搅拌，搅拌时间不少于 30min。

4.3 灵敏度试片

4.3.1 A 型灵敏度试片

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、有效检测区以及磁化方法是否正确的测定。磁化电流应能使试片上显示清晰的磁痕。

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

表 1 A 型灵敏度试片

单位为微米

型 号	相对槽深	灵敏度	材 质
A-15/100	15/100	高	超高纯低碳纯铁，C<0.03%， H ₀ <80A/m，经退火处理
A-30/100	30/100	中	
A-60/100	60/100	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。			

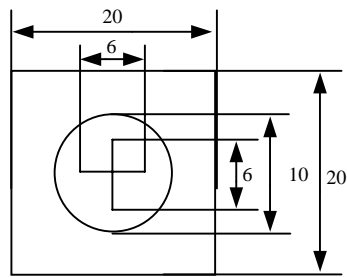


图 1 A 型灵敏度试片 (mm)

4.3.2 C 型灵敏度试片

当检测焊缝坡口等狭小部位，由于尺寸关系，A 型灵敏度试片使用不便时，可用 C 型灵敏度试片。C 型灵敏度试片的型号及槽深见表 2，其尺寸见图 2。

表 2 C 型灵敏度试片

单位为微米

型 号	厚 度	人工缺陷深度	材 质
C	50	8	超 高 纯 低 碳 纯 铁 ， C<0.03% ， H ₀ <80A/m ，经退火处理

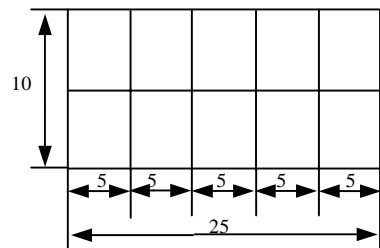


图 2 C 型灵敏度试片 (mm)

4.3.3 磁场指示器 (八角试块)

磁场指示器是一种用于表示被检工件表面磁场方向、有效检测区以及磁化方法是否正确的一种粗略的校验工具，但不能作为磁场强度及其分布的定量指示。它有着使用方便、易于保养的优点。其尺寸见图 3。

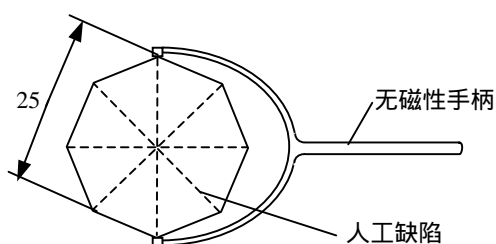


图 3 磁场指示器

4.4 灵敏度试片使用方法

- a) 使用 A 型或 C 型灵敏度试片时，应将试片无人工缺陷的面朝外。为使试片与被检面接触良好，可用透明胶带将其平整粘贴在被检面上，并注意胶带不能覆盖试片上的人工缺陷。测试时，应使用连续磁化法；
- b) 使用磁场指示器时，应在用连续法对工件磁化的同时，将其平放在被检面上，并对其表面施加磁悬液，以是否出现“*”形磁痕来判定工件磁化适当与否。

5 人员

5.1 检测人员应具有必要的专业知识，并经过技术培训，取得国家主管部门颁发的与其工作相应的资格证书。

5.2 检测人员不得有色盲、色弱，近距离矫正视力不得低于 1.0，并一年检查一次。

6 检测时机

6.1 对接焊缝当其板厚 $\leq 50\text{mm}$ ，应在焊后 24 小时后进行，当板厚 > 50 时，或对于有延迟裂纹倾向的材料，应在焊后 48 小时后进行。

6.2 除另有要求外，对于轴承、螺栓等装配件和锻件的磁粉探伤应安排在最终热处理之后进行。

7 检测方法

检测方法见表 3。

表 3 检测方法分类

分类条件	分类名称
施加磁粉的磁化时期	连续法
磁粉种类	磁粉、磁膏
磁粉的分散剂	湿法
磁化电流的种类	交流、直流
磁化方法	轴向通电法、触头法、线圈法、磁轭法、中心导体法
磁化方向	周向磁化、纵向磁化、旋转磁场、复合磁化

8 检测操作过程

检测操作包括前处理、磁化、施加磁粉、磁痕观察、记录、退磁等多项操作。

8.1 前处理

8.1.1 试件处理的范围必须大于探伤范围。焊缝处原则上应由探伤范围向母材方向扩大 25mm。

8.1.2 被检试件的表面粗糙度 R_a 不大于 $12.5 \mu m$ 。

8.1.3 如试件上的油脂或其他附着物、涂料、镀层等影响探伤灵敏度或是磁悬液受到污染时，必须把它们清除掉，并清洗干净。

8.1.4 试件上的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。

8.1.5 为了防止试件烧损，提高导电性能，必须使试件与电极接触良好，必要时应在电极上放置导电衬垫。

8.2 磁化

8.2.1 磁化方法见表 4。

表 4 磁化方法

名称		说 明	图号
纵向磁化	线圈法	线圈通电流，磁通沿着线圈内试件的长轴方向通过的磁化方法	4
	磁轭法	借助永久磁铁或电磁铁将磁场导入试件的磁化方法	5、6
周向磁化	轴向通电法	沿试件轴向通电流、环绕试件的圆周建立磁场	7
	触头法	电流通过触头型电极、使试件局部磁化的方法	8
	中心导体法	将导电棒或电缆从试件内孔或开口穿过，并通电流磁化的方法	9

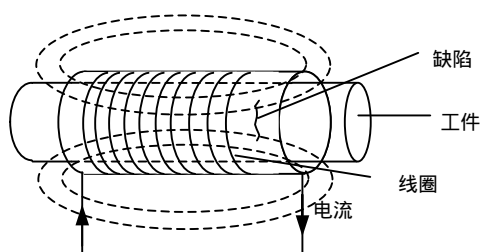


图 4 线圈法

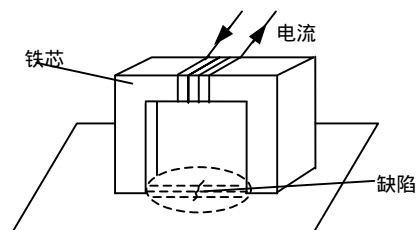


图 5 磁轭法

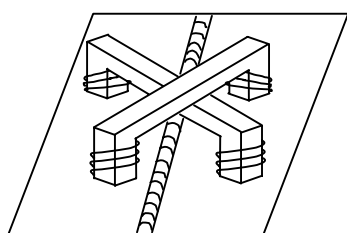


图 6 交叉磁轭法

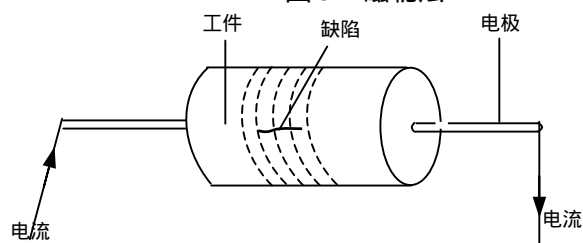


图 7 轴向通电法

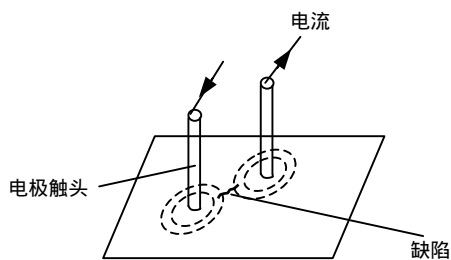


图 8 触头法

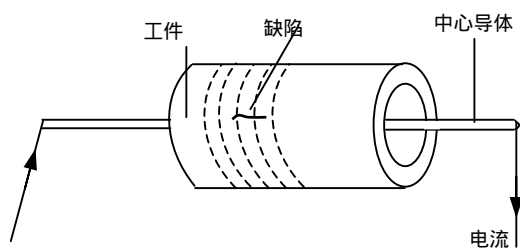


图 9 中心导体法

8.2.2 通电方式

工件磁化通电方式采用连续法。

8.2.2.1 磁粉或磁悬液必须在通电时间内施加完毕，通电时间为(1~3)s。为保证磁化效果应至少反复磁化二次，停施磁悬液至少 1s 后才可停止磁化。

8.2.3 磁化方向

被检工件的每一被检区域至少应进行两次独立的检测，两次检测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方法。

8.2.4 电流类型及其选用

8.2.4.1 磁粉检测中磁化工件常用的电流类型有：交流、单相半波整流、全波整流和直流。

8.2.4.2 交流电磁化法由于“集肤效应”，对于表面开口缺陷有较高的检测灵敏度，且退磁方便。

8.2.4.3 对于近表面及埋藏缺陷，直流、全波整流、半波整流磁化法有较高的检测灵敏度，但退磁时要有专门的退磁装置。

8.2.5 磁化规范

8.2.5.1 线圈法

8.2.5.1.1 低充填因数线圈

当采用低充填因数线圈对工件进行纵向磁化时，工件的直径(或相当于直径)的横向尺寸应不大于固定环状线圈内径的 10%。工件可偏心放置在线圈中。

偏心放置时，线圈的磁化电流按下式计算：

$$I=4500/N (L/D) \dots\dots\dots (1)$$

正中放置时，线圈的磁化电流按下式计算：

$$I=1720R/N[6 (L/D) -5] \dots\dots\dots (2)$$

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

R—线圈半径，mm

8.2.5.1.2 对于不适宜用固定线圈检测的大型工件，可采用电缆缠绕式线圈进行检测。磁化时，

可按下式计算磁化电流：

$$I=35000/N[(L/D)+2] \dots\dots\dots (3)$$

式中：各符号意义同(9-2式)。

8.2.5.1.3 上述公式不适用于长径比(L/D)小于3的工件。对于(L/D)小于3的工件，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I值。对于(L/D) 10的工件，公式中(L/D)取10。

8.2.5.1.4 线圈法的有效磁化区在线圈端部0.5倍线圈直径范围内。

8.2.5.1.5 当被检测工件太长时,应进行分段磁化，且应有一定的重叠区。重叠区应不小于分段检测长度的10%。

8.2.5.2 磁轭法

8.2.5.2.1 采用磁轭磁化工件时，其磁化电流应根据灵敏度试片或提升力校验来确定。

8.2.5.2.2 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极连线两侧各50mm的范围内，磁化区域每次应有15mm的重叠。

8.2.5.3 轴向通电法

轴向通电磁化时,磁化电流可按下式进行计算：

直流电(整流电)连续法：

$$I=(12\sim20)D \dots\dots\dots (4)$$

交流电连续法：

$$I=(6\sim10)D \dots\dots\dots (5)$$

式中：I—电流值，A；

D—工件横截面上最大尺寸，mm。

8.2.5.4 触头法

8.2.5.4.1 当采用触头法局部磁化大工件时,磁化规范见表5。

表5 触头法磁化电流值

工件厚度 T mm	电流值 I A
T < 20	(3~4)倍触头间距
T ≥ 20	(4~5)倍触头间距

8.2.5.4.2 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。

8.2.5.5 中心导体法

8.2.5.5.1 空心或有孔零件内表面的磁化应尽量采用中心导体法。芯棒的材料以铜质为好，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，芯棒与工件内表面的间距为(10~15)mm。每次的有效检测区约为 4 倍芯棒的直径（见图 11）且应有一定的重叠区，重叠区长度应不小于 $0.4d$ 。

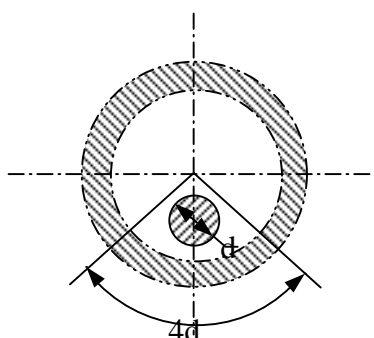


图 11 中心导体法探伤有效区域

8.2.5.5.2 芯棒直径为 50mm 时的磁化电流值见表 6。

表 6 中心导体法磁化电流值

空心工件厚度 mm	3~6	> 6~9	> 9~12	> 12~15
电流值 A	1000	1250	1500	1750

8.3 磁粉的施加

8.3.1 施加磁粉时,应将适量的、分布均匀的磁粉施加在有效探伤范围的探伤面上，使之吸附在缺陷部位，此时必须使探伤面不再被磁粉沾污，以形成对比良好的缺陷磁痕。为此，应根据试件的磁特性、形状、尺寸、表面状态、磁化方法及探伤环境，选择合适的磁粉和分散剂种类、磁悬液浓度以及磁粉施加方法。

8.3.2 在连续法探伤时,应在磁化过程中完成施加磁粉。此时必须注意磁化结束后形成的磁痕不要被流动着的分散剂所破坏。

8.3.3 采用湿法时，应确认整个探伤面能被磁悬液良好地湿润后再把磁悬液浇在探伤面上，或将试件浸渍在磁悬液中，磁化后轻轻取出。无论那一种方法，都要注意不使探伤面上磁悬液流速过快。

8.3.4 采用交叉磁轭探伤时,在磁化的同时喷洒磁悬液,磁悬液一般应均匀地喷洒在交叉磁轭行进方向的前方。

8.4 磁痕观察

8.4.1 磁痕的观察和评定一般应在磁痕形成后立即进行。

8.4.2 磁粉探伤时,必须在能够充分识别磁痕的日光或白光照明下进行,在检工件表面的白光照明度不应低于 1000lx。

8.4.3 当辨认细小缺陷磁痕时,应用(2~10)倍放大镜进行观察。

8.5 磁痕评定与记录

8.5.1 除能确认磁痕是由于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作为缺陷磁痕处理。

8.5.2 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或等 3 的缺陷磁痕,按圆形缺陷处理。

8.5.3 缺陷磁痕长轴方向与工件轴线或母线的夹角大于或等于 30° 时,作为横向缺陷处理,其他按纵向缺陷处理。

8.5.4 两条或两条以上缺陷磁痕在同一直线上且间距小于或等于 2mm 时,按一条缺陷处理,其长度为两条缺陷之和加间距。

8.5.5 长度小于 0.5mm 的缺陷磁痕不计。

8.5.6 所有磁痕的尺寸、数量和生产部位均应记录,并图示。

8.5.7 磁痕的永久性记录可采用胶带法、照相法以及其他适当的方法。

8.6 退磁

8.6.1 当有要求时,工件在检查后应进行退磁。

8.6.2 退磁一般是将工件放入等于或大于磁化工件磁场强度的磁场中,然后不断改变磁场方向,同时逐渐减小磁场强度使其趋于零。

8.6.3 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 1m 以上时,再切断电流。或将工件放入通电的磁化线圈内,将线圈中的电流逐渐减小至零。

8.6.4 直流退磁法

将需退磁的工件放入直流电磁场中,不断改变电流方向,并逐渐减小电流至零。

8.6.5 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。

8.6.6 周向磁化的零件如无特殊要求或探伤后尚须进行热处理时，一般可不进行退磁。

8.6.7 工件的退磁效果一般可用剩磁检查仪或磁强计测定。

9 复验

9.1 当出现下列情况之一时，应进行复验：

- a) 探伤结束时，用灵敏度试片验证检测灵敏度不符合要求；
- b) 发现探伤过程中操作方法有误；
- c) 供需双方有争议或认为有其他需要时；
- d) 经返修后的部位。

9.2 复验应按 8.2.4 ~ 8.5 中有关条文进行。

10 缺陷等级评定

10.1 下列缺陷不允许存在：

- a) 任何裂纹和白点；
- b) 焊缝及紧固件上任何长度大于 3mm 的线性缺陷显示；
- c) 锻件上任何长度大于 4mm 的线性缺陷显示；
- d) 单个尺寸大于或等于 4mm 的圆形缺陷显示；
- e) 铸件上任何单个长度大于 6mm 的线性缺陷显示；任何单个长度大于 10mm 的圆形缺陷显示。

10.2 缺陷显示累积长度的等级评定按表 7 进行。

表 7 缺陷显示累积长度的等级评定

评定区尺寸		35 × 100 用于各类焊缝	100 × 100 用于各类锻件	105 × 148 用于各类铸件
等 级		< 0.5	< 0.5	< 12
		2	3	24
		4	9	36
		8	18	54
		大于 级者		

11 报告及记录

11.1 报告及记录应包括以下内容：

- a . 委托单位、被检工件名称、编号；
- b . 被检工件材质、表面状态；
- c . 检测装置的名称、型号；
- d . 磁粉种类；
- e . 施加磁粉的方法；
- f . 磁化方法及磁化规范；
- g . 检测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 . 检测结果及缺陷等级评定、检测标准名称；
- j . 检测人员和审核人员签字；
- k . 检测日期、审核日期。

11.2 磁粉探伤报告格式见附录 A。

11.3 磁粉探伤登记表格式见附录 B。

附录 A
(规范性附录)
磁粉探伤报告格式

SWS(P)14

上海外高桥造船有限公司
SHANGHAI WAIGAOQIAO SHIPBUILDING CO., LTD

磁粉探伤报告

MAGNETIC PARTICLE INSPECTION CERTIFICATE

工程编号或名称： Work's No.or.Name：	报告编号： Ref.No：	
工件名称： Workpiece's Name：	规格及数量： Specification/Quantity：	
主体材质： Material：	验收标准： Standard of Survey：	
仪器型号： Type of Instrument：	磁粉类型： Kind of magnetic Particle：	
试片： Testing Piece：	磁化方法： Magnetization Method：	
探测面状况： Condition of Surface：	磁化规范： Magnetization Norm：	
检验部位及缺陷记录： Inspection Position &. Defect：		
结论： Conclusion：		
备注： Remark：		
检测者： Examined by：	审核人员： Auditor：	验船师： Surveyor：
日期： Date：	日期： Date：	日期： Date：

附录 B
(规范性附录)
磁粉探伤登记表格式

SWS(P)—031

上 海 外 高 桥 造 船 有 限 公 司
磁粉探伤登记表

工程编号：

试件名称			磁化设备			表面状态			执行标准		
试件规格			磁化方法			试片名称			委托部门		
主体材质			检验方法			探测比例			备 注		
热处理状态			磁化规范			探测数量					
序号	探伤编号	缺陷类别	缺陷长度	备 注		探测部位及示意图：					
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7						结论：					
检测人员		报告编号		探测日期							