

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/T 1218—2018

湿连续法荧光磁粉检测方法

The Wet Fluorescent Continuous Method

2018 - 12 - 26 发布

2019 - 01 - 26 实施

陕西省市场监督管理局

发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 一般要求 1

5 操作程序及方法 3

6 质量控制 6

7 检测记录和报告 10

8 安全与防护 10

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由中国航发西安航空发动机有限公司提出。

本标准由陕西省市场监督管理局归口。

本标准起草单位：中国航发西安航空发动机有限公司。

本标准主要起草人：高亚玮、张翼东、周文博、张德龙、王丹。

本标准由中国航发西安航空发动机有限公司负责解释。

本标准首次发布。

联系信息如下：

单位：中国航发西安航空发动机有限公司

电话：029—86154125

地址：西安市未央区凤城十路

邮编：710021

湿连续法荧光磁粉检测方法

1 范围

本标准规定了湿连续法荧光磁粉检测的术语和定义、一般要求、操作程序及方法、质量控制、检测记录与报告、安全与防护的要求。

本标准适用于铁磁性材料表面和近表面缺陷的磁粉检测。

本标准不适用于检测非铁磁性材料及其合金。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 261 闪点的测定 宾斯基-马丁闭口杯法
- GB/T 265 石油产品运动粘度测定法和动力粘度计算法
- GB/T 23906 无损检测 磁粉检测用环形试块
- GN/T 23907 无损检测 磁粉检测用试片
- JB/T 6063 无损检测 磁粉检测用材料
- JB/T 8290 无损检测仪器 磁粉探伤机
- NB/T 47013.4 承压设备无损检测 第4部分:磁粉检测

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

环境白光照度 ambient light intensity

在黑光灯开启的条件下，在被检件表面测得的可见光强度。

4 一般要求

4.1 人员

检测人员应按行业标准取得技术资格证书，并只能从事与其技术资格等级相应的工作。

4.2 检测环境

4.2.1 磁粉检测应在宽敞、整洁且通风良好的环境中进行。磁粉检测间应为有顶棚的单独房间，其面积符合检测要求，地面、墙壁宜平整。室内温度应不低于 15℃。

4.2.2 磁粉检测场所应有足够的光照强度，检测应在环境白光照度不大于 20lx 的暗室或暗区进行，检测区域或被检表面的黑光辐照度应不低于 1200 μW/cm²。

4.3 检测设备和辅助仪器

- 4.3.1 应满足被检件磁粉检测的工艺要求，并应满足安全操作的要求，其他要求应符合 JB/T 8290 的要求。
- 4.3.2 应备有能产生波长在 320nm~400nm 范围内，中心波长为 365nm 的黑光灯。黑光灯电源线路宜有稳压装置。
- 4.3.3 辅助仪器应符合表 1 要求。

表1 各种辅助仪器的要求及用途

仪器名称	要 求	用 途
特斯拉计	应能准确测量被检表面和退磁线圈的磁场强度	用于测量磁粉检测时所施加的磁场强度及磁化方向
磁强计	应能准确测量被检表面的剩余磁场强度，表盘最小刻度宜为 0.05mT	用于测量被检表面的剩余磁场强度
白光照度计	白光照度计量程应大于 1000lx	用于测定检测区域的环境白光照度和验证荧光显示用的白光照度
黑光辐照计	黑光辐照计量程应大于 1200 μ W/cm ²	用于测定紫外灯的黑光辐照度
标准试片	应符合 GB/T 23907 或等效标准的规定	用于估计被检表面磁化时的表面磁场强度和磁化方向
标准试块	应符合 GB/T 23906 或等效标准的规定。在购买时应带有合格证	用于校验磁粉检测综合性能
沉淀试管	采用 100ml 梨形玻璃试管，在 1mL 范围内最小刻度应为 0.05ml	用于测定荧光磁悬液浓度和检查荧光磁悬液是否受污染

4.4 检测材料

4.4.1 荧光磁粉的要求

荧光磁粉应具有高磁导率、低矫顽力、合适的粒度和颜色，应符合 JB/T 6063 的规定。

4.4.2 载液

载液为油基载液，应满足下列技术要求：

- 闪点：按 GB/T 261 测定时应不低于 94℃；
- 粘度：按 GB/T 265 测定，在 38℃ 时应不大于 3.0mm²/s，在使用温度下应不大于 5.0mm²/s；
- 荧光：不应超过在 0.1N 硫酸中含 10ppm 的二水硫酸奎宁溶液的荧光性。可以通过在一个圆形玻璃管中的上述溶液与另一个同样玻璃管中的被测载液在紫外光下作对比测定，观测处的黑光辐照度应不低于 1200 μ W/cm²，也可采用紫外分光光度计或其它等效仪器进行荧光光谱强度的分析对比；
- 气味：不应有令人讨厌或不愉快的气味；
- 毒性：无毒性，应有厂家出示的无毒性检验证明。

4.4.3 荧光磁悬液

4.4.3.1 荧光磁悬液浓度应符合表 2 的规定。

表2 荧光磁悬液浓度

配制浓度 (g/L)	沉淀浓度 (每 100ml 中含磁粉 ml 数)	
	要求值	最佳值
0.5~2.0	0.1~0.4	0.15~0.25

- 4.4.3.2 推荐使用的浓度要求如下：
- a) 精加工零件的最终检测建议浓度：0.15ml/100ml~0.25ml/100ml；
 - b) 复杂零件的检测（例如螺纹、花键、曲面连接处等）建议浓度：低于 0.2ml/100ml。

4.5 磁粉检测工艺规程和工艺卡

- 4.5.1 磁粉检测工艺规程应满足 NB/T 47013.4 的相关要求。
- 4.5.2 应按照 NB/T 47013.4、工艺规程和被检件的要求，编制具体零件的磁粉检测工艺卡。

5 操作程序及方法

5.1 操作程序

- 5.1.1 磁粉检测应按预处理、磁化、施加荧光磁悬液、观察和评定显示、退磁和后处理六个步骤进行。
- 5.1.2 磁粉检测应采用湿连续法荧光磁粉检测。被检件的磁化和荧光磁悬液的施加应同时进行。

5.2 预处理

5.2.1 检测前的退磁

若前道工序产生的剩余磁场有可能影响到后面检测，则检测前应对零件进行退磁。

5.2.2 表面准备

被检件表面应清洁、干燥，且没有油污、铁锈、氧化皮、毛刺、金属屑等可能影响磁粉检测灵敏度的污染物或状态。

5.3 磁化

5.3.1 磁化电流类型

- 5.3.1.1 用于磁粉检测的电流类型包括全波整流电（3 相或单相）、半波整流电和交流电。
- 5.3.1.2 交流电检测零件表面微小缺陷灵敏度高，适用于机加件和使用后零件的表面检测。
- 5.3.1.3 单向半波整流电适用于检测零件表面和近表面缺陷，对近表面夹杂、气孔、裂纹等缺陷检出灵敏度高。
- 5.3.1.4 三相全波整流电具有最深的可渗透性，用于检测表面下缺陷，尤其适用于检测焊接件、铸钢件和表面覆盖层较厚的零件。

5.3.2 磁化方法选择

- 5.3.2.1 根据零件的几何形状，可采用不同方法直接或间接地对零件进行周向、纵向或多向磁化。当不连续性的方向与磁力线垂直时，检测灵敏度最高，两者夹角小于 45° 时，不连续性很难检测出来。
- 5.3.2.2 磁化方法的选择应遵循下列原则：
- a) 磁场方向的选择应尽可能与预计的缺陷方向垂直，与被检测面平行；

- b) 当不能可靠地确定不连续性的方向时，应至少对零件在两个互相垂直的方向上进行磁化；
- c) 应尽可能减少退磁场的影响；
- d) 应尽可能采用间接磁化方法；
- e) 必要时可采用试片确定磁场方向，以确定磁化方法是否合适。

5.3.2.3 各种磁化方法的特点、应用范围及示意图见表 3。

表3 各种磁化方法的特点、应用范围及示意图

磁化方法	特点	应用范围	示意图 (G-电源, H-磁场, F-不连续性)
通电法	将零件夹于探伤机的两接触板之间，电流从零件上通过，形成周向磁场，用于检测与电流方向平行的不连续性，	适用于小型和大型的空心或实心零件如铸件、锻件、机加零件、焊接件、轴类、钢坯和管子。	
正中心导体法	将导体穿入空心零件的孔中，并置于孔的中心轴线上，电流从导体上通过，形成周向磁场。用于检测空心零件内、外表面与电流方向平行的不连续性、端面径向不连续性。	适用于各种有孔的零件如轴承圈、空心圆柱、齿轮、螺帽、管子和阀体。	
偏置中心导体法	将导体穿入空心零件得孔中，并紧贴内壁放置，电流从导体上流过，形成周向磁场。用于局部检测空心零件内、外表面与电流方向平行的不连续性、端面径向不连续性。	适用于用中心导体法检测设备功率达不到的大型环和管子。	
触头法	用支杆触头接触零件表面，通电磁化，形成周向磁场。用于检测与两触头连线平行方向的不连续性。	适用于焊接件及大型铸件、锻件和板材的局部检查。	
环形件绕电缆法	用软电缆穿绕环形件，通电磁化，形成周向磁场。用于检测与电流方向平行的不连续性。	用于大型环形零件。	

表 3（续）

磁化方法	特点	应用范围	示意图 (G-电源, H-磁场, F-不连续性)
感应电流法	由于磁通变化, 在零件上产生感应电流, 对零件进行磁化。用于检测与感应电流方向平行的不连续性。	适用于直径与壁厚之比不小于 5 的薄壁环形件、齿轮和不允许产生电弧及过烧的零件。	
线圈法	将零件放在通电线圈中, 或用软电缆绕在零件上磁化, 形成纵向磁场。用于检测与线圈轴线方向垂直的不连续性。	适用于纵长零件如曲轴、轴、管子、棒材、铸件、锻件和焊接件。	
磁轭法	用固定式电磁轭两磁极夹住零件进行整体磁化, 或用便携式电磁轭两磁极接触零件表面进行局部磁化, 用于检测与两极连线方向垂直的不连续性。	整体磁化适用于零件横截面小于磁极横截面的纵长零件。局部磁化适用于对大型零件的检测。	
多向磁化法	同时在零件上施加两个不同方向的磁场, 其合成磁场的方向在零件上不断变化着, 一次磁化可以检测零件上不同方向的不连续性。	适用于棺材、棒材、板材、焊接件及大型铸件和锻件。	

5.3.3 磁场强度

施加的磁场应有足够的强度以产生满意的显示, 应避免磁场强度过强导致非相关磁痕显示掩盖相关磁痕显示。磁场强度可以采用下面所述的三种方法之一或组合来确定:

- a) 估计所施加的磁场强度应采用符合 GB/T 23907 的标准试片;
- b) 应使用特斯拉计测量零件表面切向磁场强度, 零件表面任意一点的切向磁场强度应不小于 2.4kA/m;
- c) 应按照 NB/T 47013.4 的规定的经验公式进行计算。在实际使用中应结合本标准 5.3.3a)、本标准 5.3.3b) 或其组合来使用。

5.4 施加荧光磁悬液

5.4.1 先将荧光磁悬液充分搅拌, 并用荧光磁悬液将零件表面润湿, 然后在通电的过程中施加荧光磁悬液, 施加时应控制荧光磁悬液的流速, 以在零件表面不引起飞溅为宜。

5.4.2 操作时应控制零件施加磁场和荧光磁悬液的合适顺序和时间。要求在磁化电流施加切断的同时或提前将荧光磁悬液从零件上移开。

5.4.3 每次通电磁化的电流持续时间至少为 0.5s,通电至少 2 次,停止浇注荧光磁悬液后再通电 2 次~3 次。

5.4.4 通电法磁化时应避免因过热或其它原因引起的零件损伤。

5.4.5 精加工零件上的细微缺陷磁痕显示,容易被冲洗掉,应防止磁悬液高速流过精加工表面。

5.5 观察

5.5.1 检测人员不应戴有色眼镜或光敏变色眼镜,可戴防护紫外线的护目镜。

5.5.2 检测人员进入暗室后,在进行荧光磁粉检测之前至少应等待 1min,以使眼睛适应暗光下工作。

5.6 评定

5.6.1 在每次磁化后,应在符合本标准 4.2.2 条的规定的日照下检测零件的所有被检表面。

5.6.2 当已磁化过的零件表面出现过度背景或伪显示时,应对零件退磁后重新磁化和检测。

5.6.3 按定义或缺陷特征对磁痕显示进行解释和评价,磁痕分为伪显示、相关和非相关显示。按验收标准对相关显示进行评定并做出验收或拒收处理。允许使用 3 倍~10 倍放大镜进行辅助评定。

5.6.4 当对磁痕显示有疑问时,可按下列方法的一种或多种进一步评定:

- a) 用剩磁法重新检测与评定连续法发现的显示;
- b) 将零件退磁并重新以较低的安培值来检测(不适用于电镀零件);
- c) 用交流电重新检测与评定直流电发现的显示;
- d) 提交其他方法进行验证。

5.6.5 若对显示仍有怀疑时,提交本专业 III 级人员处理。

5.7 退磁与后处理

5.7.1 退磁

5.7.1.1 退磁时使用的磁场强度应不低于磁化时所用的磁场强度,且磁场方向与磁化时的磁场方向基本相同。

5.7.1.2 周向磁化的零件,可进行纵向磁化后再进行纵向退磁。

5.7.1.3 交流电磁化的零件采用交流电退磁,整流电磁化的零件采用超低频退磁。推荐整流电磁化的零件采用超低频退磁后再进行一次交流电退磁。

5.7.1.4 零件退磁后,用磁强计测量零件任意部位上的剩磁,剩磁不应大于 0.3mT。对于形状复杂的零件,测量剩磁时应将磁强计置于几何突变处。

5.7.2 后处理

5.7.2.1 磁粉检测后的零件应使用载液或其他有机溶剂清洗以去除残余磁粉。

5.7.2.2 应根据相关规定对磁粉检测后的零件进行标识,并将不合格零件隔离。标识方法和位置应对零件无害且具有永久性。

6 质量控制

6.1 校验要求

需要校验的设备应贴有有效校验标识,不得使用过期设备。设备故障或不符合本标准要求时应报告给管理部门/3 级人员,以便进行维修/更换。按表 4 校验合格后,可投入使用。

表4 校验项目和周期

校验项目	校验周期 ^a	相关章条
综合性能	每班	6.3
荧光磁悬液浓度	8 小时或每班	6.4.2
荧光磁悬液污染	每班	6.4.3
荧光磁悬液粘度	1 个月	6.4.4
白光照度 ^b	每周	6.5.2
环境白光照度 ^b	每周	6.5.3
黑光辐照度 ^b	每天	6.5.4
安培表精度	6 个月	6.6.2
时间控制器	6 个月	6.6.3
快速断电	6 个月	6.6.4
短路试验	6 个月	6.6.5
黑光辐照计	6 个月	6.7
白光照度计	6 个月	6.7
特斯拉计精度	6 个月	6.7
^a 当检测系统处于工作期间。		
^b 若有实际的技术/可靠性数据证实，则两次校验间的最长间隔可相应的减少或增加。		

6.2 记录的保存

校验记录应按相关标准要求存档。

6.3 综合性能

6.3.1 应按表 4 规定的周期进行综合性能试验。在购买设备时和怀疑工作不正常时或进行了影响设备精度的电器维修时，也应进行综合性能试验。

6.3.2 校验用的试件在检测前应检查试件上是否有残余磁痕，若有残余磁痕，则应进行退磁并清洗试件。在每次试验后应对试件进行彻底退磁、清洗，并在黑光和白光下检查，以确保无残留磁痕。

6.3.3 可采用下列试块之一进行综合性能试验：

- a) 用有代表性的参考试件，该试件上含有验收标准上规定类型、位置和尺寸的不连续性，且按照书面程序进行检测时，若在这些有代表性的试件上能产生且能识别出正确的磁痕，则整个系统和检测程序可满足磁粉检测要求；
- b) 可使用符合 GB/T 23906 规定的含有人工不连续性的 B 型或 E 型试块，B 型或 E 型试块应按照下述要求进行综合性能试验：
 - 1) B 型试块适用于全波整流电（FWDC）和半波整流电（HWDC），采用 B 型试块进行综合性能试验时应满足表 5 的规定；
 - 2) E 型试块适用于交流电（AC），采用 E 型试块进行综合性能试验时应满足表 6 的规定。

表5 B 型试块要求的磁化电流和应显示的孔数

检测方法	磁化电流	应显示的最小孔数
湿连续法荧光磁粉检测	1400A	3
	2500A	5
	3400A	6
湿连续法荧光磁粉检测	700A	1

6.4 荧光磁悬液

6.4.1 周期

荧光磁悬液的浓度和污染在新配制时测定，在使用中应按表4规定定期测定，在更换或调整槽液也应进行测定。

6.4.2 荧光磁悬液浓度测定

应按以下程序进行：

- a) 磁悬液应搅拌大于等于 30min；
- b) 将 100ml 搅拌过的荧光磁悬液注入沉淀试管中，将荧光磁悬液样品退磁；
- c) 应将沉淀试管竖直静置大于等于 60min，读取沉淀的磁粉体积，获得磁悬液浓度值。该浓度应符合表 2 的规定；
- d) 若浓度超出所规定的范围，则需按要求添加磁粉或载液，并重新测定磁粉浓度。若沉淀磁粉表现为松散聚结而不是固体层，则应另取试样。若第二个试样仍为松散聚结，则应更换整个荧光磁悬液。

6.4.3 荧光磁悬液污染

6.4.3.1 在配制磁悬液时，应保存一个未使用的磁悬液样品作为参考，参考试样的浓度应近似为使用浓度范围的中间值。

6.4.3.2 参考试样不用时应密封并保存在黑暗的条件下。参考试样应用标签表明磁粉和载液的制造商、批次号和试样配制日期。参考试样的期限不得超过两年。

6.4.3.3 磁悬液污染测定时，应彻底混合使用中的荧光磁悬液试样和参考试样：

- a) 载液污染：在紫外光灯下比较两个搅拌后的试样，如果使用的磁悬液试样与参考试样有明显的荧光亮度区别，则该槽液应更换。将两个试样垂直静置至少 60min，在白光下检查刻度以上的载液，如果与参考试样比较载液有明显的混浊或“蓝-白”色荧光（油污染的显示），则应更换；
- b) 磁粉污染：静置后，在黑光灯和可见光下检查该刻度部分的沉淀物有无不同颜色或外观上的分层、条带。若有则表示有污染。如果污染物的体积超过磁粉体积的 30% 时，则应更换。

6.4.4 荧光磁悬液粘度的测定

对于使用中的荧光磁悬液的粘度，按表4规定的周期并按GB/T 265进行测定，粘度应不大于5.0mm²/s。

6.5 光照度测量

6.5.1 周期

光照度测量包括黑光辐照度、白光照度和环境白光照度的测量，应按表4中规定的周期进行，更换灯泡后应重新测量。

6.5.2 白光照度

使用白光解释磁痕显示。测量检测区域白光照度时，将白光照度计的传感器置于检测区域，水平移动获得最大值。检测区域的白光照度应大于等于1000lx。

6.5.3 环境白光照度

测量暗室区域的环境白光照度时，应打开黑光灯，关闭所有白光光源，使检测室处于暗室环境，将白光照度计的传感器置于黑光灯下的检测区域，水平移动获得最大值。检测区域的环境白光照度应小于等于20lx。

6.5.4 黑光辐照度

黑光灯应打开预热至少15min，距离黑光灯滤光片前沿380mm处的黑光辐照度应大于等于1200 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。应按照表1的周期要求检查黑光灯的清洁度与完整性，必要时对黑光灯进行清洁、修理或更换。

6.6 设备校验

6.6.1 周期

按表4规定的周期以及当怀疑设备工作异常或者进行了可能影响设备精度的电器维修时，应进行校验。

6.6.2 电流表读数校验

磁粉探伤机的电流表应使用分流器电流表或其他类似装置进行校验，在使用范围内至少测量3个点，设备电流表的读数与分流器电流表读数的误差应在 $\pm 10\%$ 或50A（以大者为准）。

6.6.3 控制器校验

用于控制磁化时间的控制器应在使用范围内进行校验，精度要求为 $\pm 0.1\text{s}$ 。

6.6.4 快速断电校验

使用合适的示波器、磁场快速断电器或其他合适方法对三相全波整流电和直流电设备的快速断电功能进行校验。

6.6.5 内部短路

将电流设置于1000A以上，开关拨到接触档位，夹头上不夹任何东西，启动周向磁化开关，指针式电流表的指针不应有偏转，数字式电流表读数应不超过20A的零漂量，否则表明内部短路，在检测零件前应进行修理。

6.6.6 电流载荷试验

应将一根长约500mm、直径约25mm的铜棒或铝棒夹持在两接触板之间，把磁化电流调节到设备的（或经常使用的）最大和最小值，接通电源时，电流表的指示应为对应的电流值。若达不到最大或最小输出，则应标明设备的输出能力。电流表的显示值与设备校验值误差应在 $\pm 10\%$ 内。

6.7 其他辅助仪器

应按照表4的规定对黑光辐照计、白光照度计、特斯拉计、磁强计等进行校准。

7 检测记录和报告

7.1 检测记录和报告应具有可追溯性。

7.2 检测记录和报告应包括：

- a) 检测日期、申请单位；
- b) 零件号、零件名称、材料牌号；
- c) 检测设备；
- d) 检测工序；
- e) 磁化程序或规范；
- f) 送检数量、合格数量、拒收数量；
- g) 缺陷性质、报告编号、检测者等。

7.3 检测记录和报告应按相关标准要求保存。

8 安全与防护

8.1 磁粉、油基载液的安全控制应符合供应商的材料安全数据表。

8.2 磁粉检测设备应正确维护以防电路短路引起人员的伤害。应避免起弧和油槽着火。

8.3 破裂、破损的紫外灯滤光片应立即更换。

8.4 使用黑光灯时，人眼应避免直接注视黑光源，可使用防紫外线的护目镜。

8.5 检测人员连续检测时间应小于等于 2 小时，两次检测间隔时间应大于等于 15min。