



中华人民共和国国家军用标准

FL

GJB 593.3—88

无损检测质量控制规范

磁粉检验

Specification for controlling the quality
of nondestructive testing
magnetic particle testing

1988—08—12 发布

1989—01—01 实施

国防科学技术工业委员会 批准

中华人民共和国国家军用标准

无损检测质量控制规范

磁粉检验

GJB 593.3—88

Specification for controlling the quality

of nondestructive testing

Magnetic particle testing

1 主题内容与适用范围

1.1 主题内容

本规范规定了磁粉检验中影响检验结果可靠性的主要因素的质量控制要求,其内容包括环境条件、设备和仪器、检验用材料和标准试块、工艺要求、技术文件及对人员的要求。

1.2 适用范围

本规范适用于军工产品所用铁磁性材料和零部件磁粉检验的质量控制。

2 引用标准

GB 261 石油产品闪点测定法(闭口杯法)

GB 265 石油产品运动粘度测定法

3 环境条件

3.1 磁粉检验间应为单独的有顶棚的房间。其面积一般应不小于 30 m^2 。地面宜为水磨石或塑料地板。墙壁应平整并刷 1.5 m 高油漆。房间内应有良好通风,室内温度应不低于 15°C 。

3.2 采用非荧光磁粉检验时,检验地点应有充足的自然光和白光;采用荧光磁粉检验时,要有合适的暗室或暗区,暗室或暗区的白光照射度应不大于 20 lx 。

4 设备和仪器

4.1 磁粉探伤机

探伤机应能满足受检材料和零部件磁粉检验工艺的要求,并能满足安全操作的要求。

4.1.1 探伤机可采用固定式、移动式或便携式,所提供的电流值和安匝数应能满足受检件的要求。设备的接触夹头应能提供足够的夹持力,保证零件与夹头间有良好的接触。

4.1.2 固定式探伤机应配备有磁悬液槽(箱),并有循环搅拌装置,槽(箱)上应装过滤网。

4.1.3 探伤机可采用交流、直流或脉动直流。用于剩磁法检验的交流探伤机应配备断电相位控制器。

4.1.4 磁化电流和磁化安匝数应连续或断续可调,并有指示表指示。

4.1.5 直流或脉冲直流探伤机应配备定时装置来控制零件磁化的通电时间。通电的持续时间应控制在 $0.5 \sim 1$ 秒。

国防科学技术工业委员会 1988—08—12 发布

1989—01—01 实施

4.2 探伤机的性能校验

4.2.1 电流载荷试验,每月一次。

试验方法:将一根长 500mm,直径 25mm 的实心铜或铝棒夹紧在两接触盘之间。然后,把探伤机的磁化回路调节到经常使用的最大或最小电流值,接通电源时,电流表的指示应为所要求的电流值。探伤机上应挂标签标明经常使用的最大电流和最小电流值。

4.2.2 是否有短路现象的检查,每月一次。

检查方法:将磁化电流调定到经常使用的最大电流,当机器的两夹头之间不放置任何导体时,通电后电流表上指针不应偏转,否则应进行修理。

4.2.3 定时装置、直流分流器、电流互感器和电流表的校验,每六个月一次。

4.3 退磁设备的要求

4.3.1 退磁设备主要采用空心线圈式退磁器,也可采用其它形式的退磁器。线圈式退磁器的中心磁场强度应不低于受检件磁化时所用的磁场强度。

4.3.2 直流退磁设备应配备有既能使电流反向又能同时使电流降低到零的控制器。

4.4 退磁设备的校验,每半年一次。

用磁场强度计直接测量线圈中心的磁场强度。

4.5 光源和其它检测仪器的要求及校验

4.5.1 白光光源

磁粉检验场地应有均匀而明亮的照明,要避免强光和阴影,尽可能采用充足的自然光照明,用日光灯作补充照明。

4.5.1.1 采用非荧光磁粉检验时,受检件表面上的白光照度应不小于 2000lx。

4.5.1.2 用照度计测量白光照度,每 60 天至少一次。

4.5.1.3 照度计每年校验一次。

4.5.2 紫外线源

4.5.2.1 当采用荧光磁粉检验时,应有能产生波长在 330~390nm 范围内,中心波长为 365nm 的紫外线灯。在距紫外线灯滤光板表面 380mm 处,紫外线辐射照度应不低于 1000 μ w/cm²。

4.5.2.2 紫外线灯电源线路电压波动超过 $\pm 10\%$ 时,应装稳压电源。

4.5.2.3 采用紫外线辐照计测量紫外辐照度,每周不少于一次。

4.5.2.5 紫外线辐照计每年校验一次。

4.5.3 磁场强度计

磁场强度计应能方便准确地测定退磁器线圈的磁场强度和零件表面的磁场强度、方向及分布。仪器每年校验一次。

4.5.4 磁通密度计

磁通密度计应能精确测量零件退磁后剩磁的大小,表盘刻度每格应为 0.05mT(如青云仪器厂生产 X CJ-C 型磁感应强度计)。仪器每年校验一次。

4.5.5 沉淀试管

沉淀试管用于测量磁悬液浓度。当采用 100ml 梨形玻璃试管时,其刻度要准确清晰,最小

刻度为 0.5ml。

4.5.6 磁性称量仪

磁粉磁性称量仪的构造和使用方法见附录 A(补充件)。

4.5.7 粒度测量仪

粒度测量仪的构造和使用方法见附录 B(补充件)。

5 检验用材料和标准试块

5.1 磁粉

磁粉应满足本规范 5.1.1~5.1.6 条的技术要求。

5.1.1 磁性

磁粉的磁性用附录 A(补充件)规定的仪器和方法进行称量, 荧光磁粉应不小于 5g; 非荧光磁粉应不小于 7g。

5.1.2 粒度

磁粉的粒度采用附录 B(补充件)规定的仪器和方法进行测量, 磁粉柱高度应不低于 18cm。

5.1.3 污染

先将磁粉配制成均匀的磁悬液, 静置至少 30 分钟, 再轻轻摇动后用目视检查, 磁悬液中不应有明显的外来物、结团或浮渣。

5.1.4 颜色

5.1.4.1 荧光磁粉应呈黄绿色。

试验方法: 在一个白光不超过 20lx 的暗区内, 在按 4.5.2.1 规定的紫外光下观察装入玻璃容器内分散均匀的磁悬液样品, 判定其颜色。

5.1.4.2 非荧光磁粉应呈黑色、红色或其它指定的颜色。

试验方法: 在按 4.5.1.1 规定的白光照度下观察装入玻璃容器内分散均匀的磁悬液样品, 判定其颜色。

5.1.5 灵敏度

5.1.5.1 用标准缺陷试块(见图 1)试验灵敏度, 应能清晰显示出标准缺陷试块上的三个孔。

试验方法: 将标准试块夹于探伤机的两极之间, 通以 800~1000A 的交流电对试块进行磁化, 通电时浇上鉴定合格的磁悬液。然后, 在 3.2 条和 4.5.1.1 或 4.5.2.1 条规定的条件下观察试块。

5.1.5.2 用环形试块(见图 2)试验灵敏度, 应能清晰显示出环形试块上的五个孔。

试验方法: 把环形试块套在一个直径为 25mm 的铜或铝棒上, 在标准的磁粉探伤机上, 给棒通以 2500A 直流电对试块进行磁化, 通电时浇上鉴定合格的磁悬液。然后, 在 3.2 条和 4.5.1.1 或 4.5.2.1 规定的条件下观察试块。

5.1.5.3 荧光磁粉的衬度试验

使用图 1 或图 2 制成的标准试块, 按 5.4.1.2 或 5.4.2.2 规定的电流值进行磁化, 并浇注鉴定合格的磁悬液, 在 3.2 条和 4.5.2.1 规定的条件下观察试块, 人工孔应显示清晰, 磁痕周

围的背景荧光应不给检测缺陷(人工孔)造成困难。

5.1.6 荧光磁粉的稳定性

5.1.6.1 动态稳定性

制备至少 200ml 合格的磁悬液注入一个 1 升容量的恒速搅拌机(或者与之相类似的设备)内,以每分钟约 1200 转搅拌 10 分钟,每搅拌 2 分钟静置 5 分钟,让磁悬液平息,如此累积搅拌 10 分种后再静置 5 分钟;按 5.1.5 条进行灵敏度试验,荧光磁粉应保持原有的灵敏度、颜色和亮度。

5.1.6.2 静态稳定性

将 1 升完全混合好的新配磁悬液,在室温下静置至少 14 天后,荧光磁粉应保持其原有显示的灵敏度、颜色和亮度。

5.1.7 磁粉的采购和库存要求

5.1.7.1 工厂供应部门应按技术要求采购磁粉。磁粉入库前应送 300g 试样到技术主管部门进行试验,试验项目应包括 5.1.1~5.1.6 条的规定。接到合格报告后才能入库或发往车间。

5.1.7.2 库存磁粉应放在密闭容器内保存。如果受潮,应在 80~120℃ 温度下烘干。

5.2 液体分散剂

磁粉所用的液体分散剂可分为油和水。分散剂应具有良好的分散性和润湿性,对零件无腐蚀,对人体无害。

5.2.1 煤油

无味煤油可作为荧光和非荧光磁粉的分散剂,荧光磁粉只能采用无味煤油。无味煤油应符合表 1 所列性能指标。

表 1

项 目	性能指标	试验方法
运动粘度, (mm ² /s)	不大于 5	GB 265
闪点(闭口), ℃	不低于 50	GB 261
荧光	无	目视

5.2.2 变压器油和煤油混合液

变压器油和煤油混合液可作为非荧光磁粉的液体分散剂,在 20℃ 时其运动粘度不得大于 5 mm²/s。

5.2.3 水

采用水作分散剂时,必须在水中加防锈剂、消泡剂和润湿剂,保证具有良好的润湿性和防锈性能。分散剂的 pH 值应控制在 8~9 范围内。在零件表面上应能形成“无水断表面”,以示润湿性能良好。试验方法:将水磁悬液施加在零件表面,停止浇注后,如果零件表面的磁悬液薄膜是连续的,说明润湿性能良好;如果零件表面的磁悬液薄膜断开,说明润湿性能不良,应添加润湿剂,使之达到完全润湿。

5.3 磁悬液

5.3.1 磁悬液的浓度

磁悬液的浓度应符合表 2 规定。

表 2

磁悬液 (油或水)	浓度(每 100ml 中含固体毫升数)	
	要 求	最 佳
荧光	0.1~0.5	0.15~0.25
非荧光	1.0~2.4	—

试验方法：将磁悬液搅拌均匀，取 100ml 注入沉淀试管中，将试管中磁悬液试样进行退磁（新配磁悬液除外）。然后，把磁悬液试管静置 30 分钟，使磁粉沉淀到管底。从试管刻度上读出磁粉沉淀量（毫升数）。

5.3.2 磁悬液的校验

5.3.2.1 配制或调整补充磁悬液之后以及每班开始工作之前，均要检查其浓度，若不符合表 2 要求，要重新调整。

5.3.2.2 每月应检查一次磁悬液是否混浊、变色或有其它杂质。检查方法如下：

- a. 启动泵 30 分钟；
- b. 在沉淀试管中注入 100ml 磁悬液；
- c. 将试样磁悬液退磁并静置 30 分钟；
- d. 检查试管中的沉淀物，若能看出沉淀物有两个明显的分层，则读出每个分层的量（指毫升数），上层量（污染物）不得超过下层量（磁粉）的 30%，否则要更换磁悬液；
- e. 若使用荧光磁粉时，用紫外光检查沉淀物之上的液体，该液体不应发荧光。

5.3.2.3 用变压器油和煤油混合液作分散剂时，每次更换或添加新磁悬液后，要测量粘度，其粘度应符合 5.2.2 条的要求。

5.3.2.4 荧光磁悬液中荧光磁粉的亮度应每月与同类的没有使用过的磁悬液进行一次比较。

没有使用过的磁悬液即当每次新配制磁悬液时，待其均匀混合后装满一试管，用塞子塞紧，放在阴凉黑暗处备用。

比较时，把机器内的磁悬液彻底搅拌后装满另一试管，沉淀 30 分钟后，在紫外光下与上述没有使用过的磁悬液进行比较。两个试管中下沉磁粉的亮度应无明显的差异，否则应更换使用中的磁悬液。

5.3.2.5 在连续工作的情况下应定期更换磁悬液。水磁悬液每三个月至少更换一次；油磁悬液每六个月至少更换一次；荧光磁悬液每三个月至少更换一次。

5.4 标准试块及其应用

每台磁粉探伤机必须配备标准试块，用于校验系统灵敏度。

5.4.1 标准缺陷试块

用于校验交流磁粉探伤机。

5.4.1.1 构造

标准缺陷试块用含碳量小于 0.15% 的钢制成，形状和要求见图 1 所示。

5.4.1.2 使用方法

将标准试块夹于探伤机的两极之间，通以 800~1000A 的电流，用湿连续法检查，三个缺陷孔都应显示清晰。如果不能全体显示，说明磁悬液不合格或设备处于不正常状态。

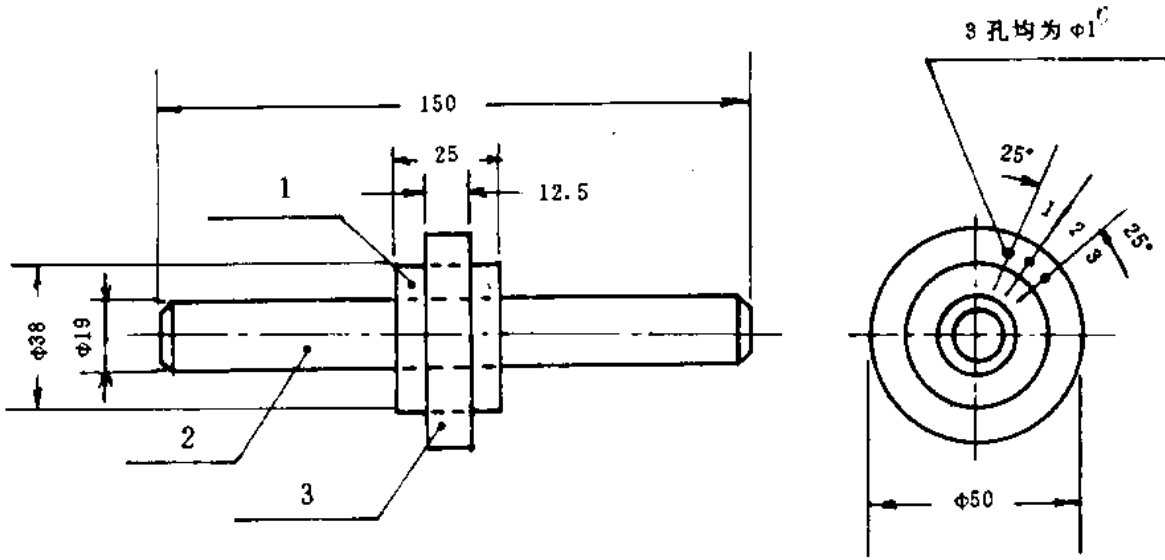


图 1 标准缺陷试块

1 胶木衬垫； 2 铜棒 3 钢环

注：1) 1号孔中心离表面 1.0mm；

2 号孔中心离表面 1.5mm；

3 号孔中心离表面 2.0mm。

5.4.2 环形标准试块

环形标准试块用于校验直流磁粉探伤机。

5.4.2.1 构造

环形标准试块用工具钢(MnCrWV 钢, 洛氏硬度 HR_B 在 90~95 之间)制成，形状和尺寸见图 2。人工缺陷孔径尺寸如表 3 所示。

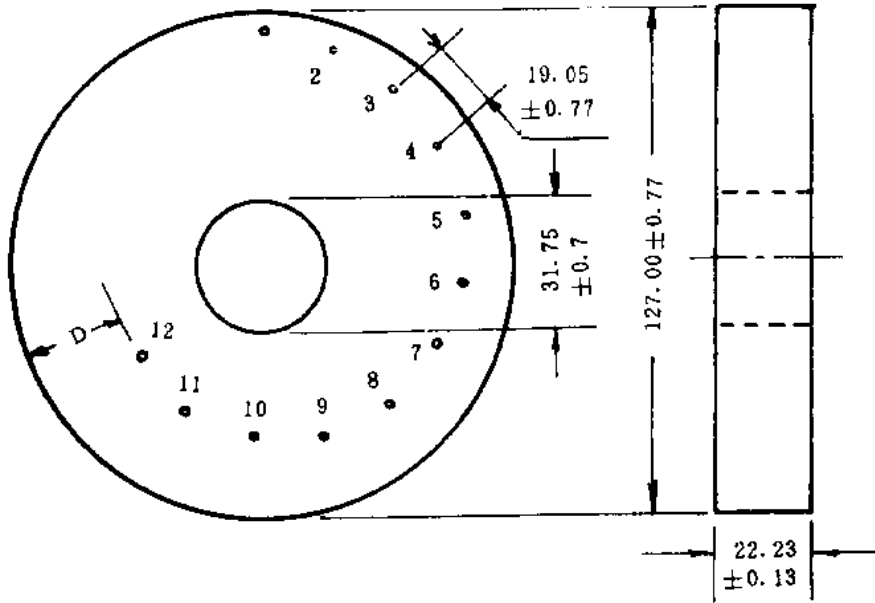


图2 环形标准试块

表3

mm

孔号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
直径	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
D ¹⁾	1.80	3.60	5.30	7.10	8.90	10.70	12.50	14.20	16.00	17.80	19.60	21.40

注:1) D 为各号孔中心离钢环外表面的距离。

5.4.2.2 使用方法

将环形标准试块安装好后,采用表4所列的电流值通过直径为25mm的中心导体进行磁化,用湿连续法检查,在环的外部边缘上要求看得见的孔的最小数量如表4所示。

表4 环形试块的缺陷显示

方 法	电 流 值, A	所 显 现 出 孔 的 最 少 数 量
非荧光湿法	1400	3
	2500	5
	3400	6
荧光湿法	1400	3
	2500	5
	3400	6

6 工艺要求

6.1 检验工序的安排

磁粉检验工序应安排在如锻造、热处理、冷成形、焊接、磨削、校正、机械加工和加载试验等可能产生表面或近表面缺陷的工序之后进行。

有电镀层的零件,磁粉检验一般应安排在电镀工序之后进行;对于镀层较厚的零件,在电镀前与电镀后均应安排检验工序,但镀层不得超过 $50\mu\text{m}$,使用中的零件,镀层不得超过 $80\mu\text{m}$ 。须进行喷丸强化的零件,检验工序应安排在喷丸处理之前。

6.2 检验前的准备

受检零件和材料应无磁性,表面上应无氧化皮、油污、灰尘、漆或其它会妨碍对磁痕作出正确判定的杂质。

6.3 检验条件的控制

6.3.1 检验方法(剩磁或连续)、磁化方法(环形或纵向)、磁化规范(电流值或磁场强度)等应根据受检件的磁特性、形状和尺寸等因素进行选择,应能保证发现受检件上不同方向的缺陷,并满足验收标准的要求。

6.3.2 每项受检件都应编制检验说明图表。

6.4 生产过程中材料、光源和设备的控制

磁悬液浓度和污染的检查、磁悬液的更换、设备的系统灵敏度检验、电流载荷试验、短路现象检查、退磁器校验、白光照射度和紫外光辐照度测量等均应按本规范有关章条的规定进行。

6.5 零件退磁

经磁粉检验的零件均须退磁(但经磁粉检验后尚需加热到 700°C 以上的零件除外)。当采用4.5.4条规定的仪器在零件的任何部位上测量退磁后的剩磁时,仪器指针从中心向两边的偏移不应大于1格。

6.6 检验后零件的处理

经检验符合验收标准的零件,按单位有关规定打标记和办理交接手续;不符合验收标准的零件要单独存放,定期处理。

7 技术文件

7.1 磁粉检验说明图表

7.1.1 磁粉检验说明图表应根据检验目录、缺陷允许标准及磁粉检验工序说明书编制,应包括以下主要内容:

- a. 零件名称、图号、工序号、材料牌号及热处理状态;
- b. 检验方法(剩磁法或连续法);
- c. 磁化方法(应附草图);
- d. 磁化电流类型和电流数值(或磁场强度);
- e. 验收标准。

7.1.2 磁粉检验说明图表须经本专业的Ⅲ级人员或工程师审校,经有关部门批准后生效。

7.2 检验和校验记录

7.2.1 检验记录应能准确反映检验过程符合检验工艺说明书(包括图表)的要求,并具有可追溯性。其内容应包括:检验日期、零件名称、图号、工序号、编号或炉批号(批次号)、合格数、不合格数、缺陷特征、检验条件和检验者等。

7.2.2 本规范要求的仪器、设备及材料校验均要作好原始记录。记录内容应包括:校验项目、校验结果、校验日期、有效日期(下次校验日期)、校验者等。

7.2.3 检验和校验记录应装订编号保存、备查。保存期限按有关单位的规定执行。

8 人员

8.1 从事磁粉检验的人员必须按有关规定进行培训和考核,取得技术资格证书。

8.2 各级人员只能从事与自己技术资格等级相应的技术工作。

附 录 A
磁粉磁性称量仪和使用方法
(补充件)

A1 磁粉磁性称量仪的构造

磁性称量仪系由 220V 的交流电磁铁和支架组成,主要结构见图 A1、图 A2 和图 A3。

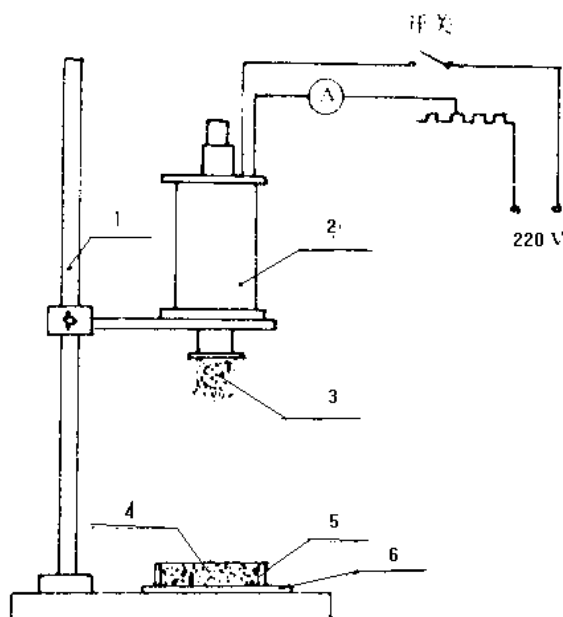


图 A1 磁粉磁性称量仪

1. 支架; 2. 电磁铁; 3. 被吸磁粉 4. 磁粉试样; 5. 圆环; 6. 托盘。

电磁铁的线路上串联有开关、50 Ω 变阻器和 3A 交流电表。电磁铁(见图 A2、图 A3)是用直径为 0.86m 的漆包线,在黄铜骨架上绕 2650 匝而制成的,骨架内含有黄铜套,套的底部焊上一铜盘,套内放有 25 号钢制成的铁芯,铁芯和黄铜套紧密地放于线圈骨架内,铜盘与线圈底部平面之间保持 20mm 距离。

电磁铁固定在逆磁性材料制成的支架上,其轴垂直安放,轴套的圆环位于下面。

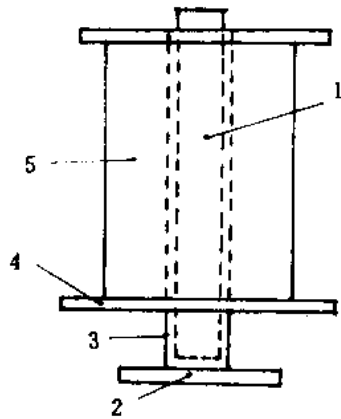


图 A2 电磁铁图解

1. 轴心； 2. 铜盘； 3. 轴套； 4. 线圈底盘 5. 电磁铁圈。

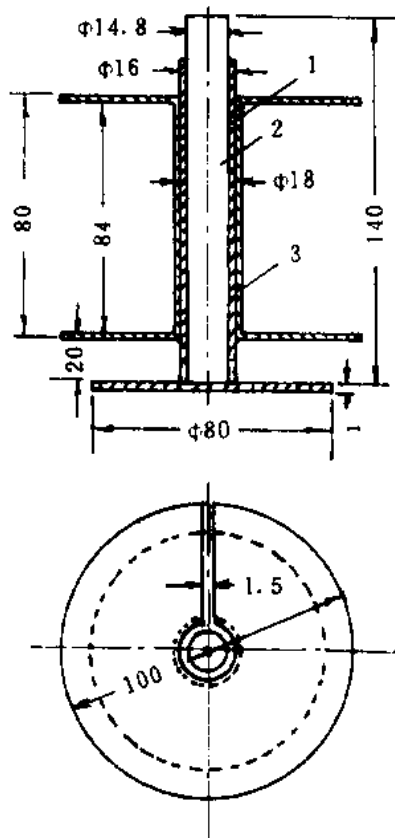


图 A3 电磁铁各部分尺寸

1. 黄铜套； 2. 轴心； 3. 黄铜骨架。

A2 磁粉磁性称量仪的校验

每次使用称量仪前,必须用标准磁粉进行校验。用标准磁粉在该仪器上所测得的磁性称量数据,应和标准磁粉证明书上的相同。如不相同,则应调节铜盘(2)与电磁骨架下底盘(4)之间的距离(见图 A2),使两个数据相同为止。

A3 磁粉磁性测量步骤

A3.1 将内径为 70mm、高度为 10mm 的圆环放在 10cm×10cm 的托盘上。圆环与托盘均用非铁磁性材料制成。

A3.2 将磁粉倒入圆环内,用直尺刮平,使之与圆环边缘齐平,但不得往下压紧。

A3.3 使电磁铁通电,利用变阻器将电流强度调整到 1.3A,随即关闭电源。

A3.4 将装有磁粉的圆环同托盘移向电磁铁铜盘下,使圆环的上部边缘与铜盘相接触,然后接通电源

A3.5 通电 5 秒钟后,将装有磁粉的圆环和托盘一起缓缓地向下移动至原处,这时在电磁铁盘下被吸住一些磁粉(见图 A1)。

A3.6 通电 1 分钟,使被吸住的磁粉稳定下来。

A3.7 关闭电源,将被吸住的磁粉落入事先准备好的纸上,残留在铜盘上的磁粉也一起收入纸中,用工业天平称其质量。

A3.8 按上述步骤进行三次,测得三个数据,取其平均值。每次测量要更换新的磁粉。

附录 B

磁粉粒度测量仪和使用方法

(补充件)

B1 磁粉粒度测量仪的构造

磁粉粒度测量仪系用一根长 40cm 的玻璃管,管子内径为 $10 \pm 1\text{mm}$,垂直固定在支架上,用夹子夹紧。管子上有两个刻度,一个在下塞端部水平线上,另一个在距前一刻度 30cm 处。管外支柱上竖有刻度尺,其刻度为 0~30cm(见图 B1)。

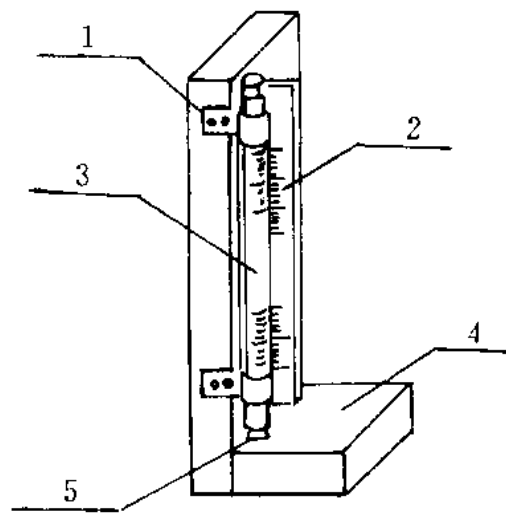


图 B1 磁粉粒度测量仪

1. 夹子; 2. 刻度尺; 3. 玻璃管; 4. 支座; 5. 橡皮塞。

B2 磁粉粒度的测量程序

B2.1 用工业天平称出 3g 未经磁化的磁粉试样,备用。

B2.2 从夹子上抽出玻璃管并拔去上塞,往管内注入酒精至管子的一半高度处。然后,将称好的 3g 磁粉倒入管内,用力摇晃直到均匀混合。

B2.3 往管子内注入酒精至刻度达 30cm 处。堵上塞子,反复倒置玻璃管,使之充分混合。

B2.4 摇晃停止后即开动秒表,同时迅速地、不摇晃地将玻璃管固定于夹子上,使管子上端刻度对准刻度尺 30cm 处。

B2.5 静置 3 分钟后,测量明显分界处的磁粉柱高度。在测量过程中,仔细观察磁粉悬浮情况(见图 B2)。

B2.6 按上述步骤(B2.1~B2.5)进行三次测量,取其平均值。每次测量应更换用新的磁粉。



图 B2 酒精沉淀法磁粉悬浮情况

- a. 悬浮于酒精中的磁粉
- b. 粒度不均匀的磁粉沉淀
- c. 粒度均匀而细的磁粉沉淀
- d. 均匀粗大的磁粉沉淀

附加说明：

本规范由航空工业部提出。

本规范由航空工业部航空材料、热工艺标准化技术归口单位归口。

本规范由航空工业部第六二一研究所和一七二厂负责起草，航天工业部七〇八研究所、机械委(兵器)标准化研究所参加起草。

本规范主要起草人崔萱英、王支喙、李家伟、赵起良、任启运、耿建东、王儒春。