



中国机械工程学会无损检测分会 MT培训讲义

本讲义由学会常务委员 晏荣明 编写
(仅供参考)

中国机械工程学会无损检测分会 深圳市无损检测人员培训中心

电话: 021-65550277

电话: 13538291001

邮箱: chsndt2008@163.com

邮箱: yanrongming@126.com

第三章 磁粉检测系统

CHAPTER 3

MAGNETIC PARTICLE INSPECTION SYSTEM

内容 CONTENTS

- 磁粉检测设备 **MPI equipment**
- 磁粉检测介质 **MPI medium**
- 磁粉检测试块和试片 **MPI blocks and shims**
- 磁粉检测附件 **MPI Accessories**

磁粉检测设备 **MPI equipment**

- 固定式（卧式）设备 **Stationary equipment**
- 移动式设备 **Mobile equipment**
- 手提式设备 **Portable equipment**
- 退磁设备 **Demagnetization equipment**

磁粉检测设备 **MPI equipment**

按照机动性分类

- 固定式 **stationary**:
适用性极广
尤其适于实验室检测
- 移动式 **mobile**
较好适用性和机动性
- 手提式 **portable**
机动性极好
尤其适于现场检测

磁粉检测设备 **MPI equipment**

按照用途分类

- 磁化设备
- 退磁设备

固定式（卧式）设备

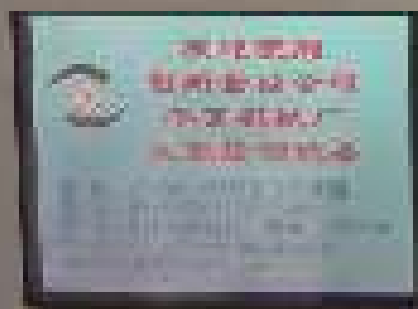
Stationary (horizontal) equipment

- 磁化功能全：周向、纵向、复合。
- 电流种类多，强度大：
AC、单相半波整流电、三相全波、
6000A~10000A。
- 主要用湿法



CEW-6000E型

多功能交直流磁粉探伤机



2007-1-22



线网



移动式设备 **Mobile equipment**

- 电流： AC、单相半波整流电； 3000A。
- 电缆： 30 feet。
- 操作： 触头、夹钳、线圈。

移动式设备 **Mobile equipment**



手提式设备 **Portable equipment**

- 电磁铁 **Electromagnetic Yoke:**
交流、直流。
- 永久磁铁 **permanent magnet :**
不需要电源机动性极好，特别适合于原位检测。

手提式设备 **Portable equipment**



手提式设备 **Portable equipment**



感应电缆



退磁设备

demagnetization equipment

- 交流线圈 AC coil
- 直流换向衰减
- 超低频电流 Super-low frequency current



磁粉检测介质 **MPI medium**

- 磁粉 **Magnetic powder**
- 载液 **Carrier fluid**
- 磁悬液 **Magnetic ink**

磁粉 Magnetic powder



荧光磁粉

fluorescent Magnetic powder

- 组成composition
以磁性氧化铁粉，工业纯铁粉， 基铁粉为核心，外覆荧光染料。
- 光谱spectrum
在紫外线照射下发出波长为510-550nm的荧光，为人眼响应范围，呈黄绿色。
- 观察inspection: 在紫外灯下观察。
- 应用application: 通常只用于湿法。

非荧光磁粉

non-fluorescent Magnetic powder

- 组成composition:
黑色 Te_2O_3 , 或红褐色 $\gamma\text{-Te}_2\text{O}_3$
- 观察inspection: 在白光下观察。
- 应用application: 通常用于湿法和干法。

磁粉 **Magnetic powder**

——磁特性 **magnetic property**

- 应具有高的 μ 和低的 B_r , H_c
- $\mu \uparrow \rightarrow$ 被漏磁场磁化并吸附 \uparrow
- B_r , $H_c \uparrow \rightarrow$ 彼此吸附成团, 背景 \uparrow
- B_r , $H_c \downarrow \rightarrow$ 易被退磁并可反复使用

磁粉 **Magnetic powder** ——迁移性 **mobility**

- 影响被漏磁场吸附的效果
- 干法 **dry technique**: 靠空气吹动; 以及 **AC**, **HW** 电流产生的脉动的磁场搅拌磁粉
- 湿法 **wet technique**: 靠载液的流动性

磁粉 **Magnetic powder**

——比重 density

- 干法dry: 8g/cm^3
- 湿法wet: 4.5g/cm^3

磁粉 **Magnetic powder** ——形状 **shape**

- 条形**linear**:
易被磁化；形成链条状，移动性差
- 球形**sphere**:
不易被磁化；移动性好
- 选择：二者兼有

磁粉 **Magnetic powder**

——对比度 **contrast**

- 荧光磁粉 **fluorescent Magnetic powder**
发荧光
- 非荧光磁粉
non-fluorescent Magnetic powder
红色或黑色

磁粉 Magnetic powder

——磁粉性能的验收----湿法

- 污染：目视检查，无明显外来物；
- 颜色；
- 粒度；
- 灵敏度（荧光磁粉）

直流电试块，2500A三相全波，白光：
<20lx,紫外线> $1000\mu\text{w}/\text{cm}^2$ ，应显示>5孔

- 试块，750A，AC，应显示>1个孔

磁粉 **Magnetic powder**

- 悬浮性

用酒精沉淀法测定，磁粉柱高度>180mm

- 耐用性

将400mL磁悬液，以10000-12000rpm搅拌10min，其灵敏度，颜色和亮度应能保持如初.

载液carrier fluid

- 油基载液

总体性能要求general requirements:

高闪点，低运动粘度，低固有荧光

- 水基载液

总体性能要求general requirements:

润湿性好，分散性好，无腐蚀，无固有荧光

磁悬液 Magnetic ink

水磁悬液和油磁悬液

磁悬液 Magnetic ink

磁悬液的浓度

- 浓度对检测灵敏度的影响
 - 浓度 \uparrow →背衬 \uparrow ，掩盖相关显示
 - 浓度 \downarrow →磁痕不清晰，易漏检
- 浓度选择：根据磁粉的种类、粒度、施加方式和工件表面状况来选择
- 浓度的类型
 - 配制浓度：g/L
 - 沉淀浓度：mL/100mL

磁悬液 Magnetic ink

推荐浓度

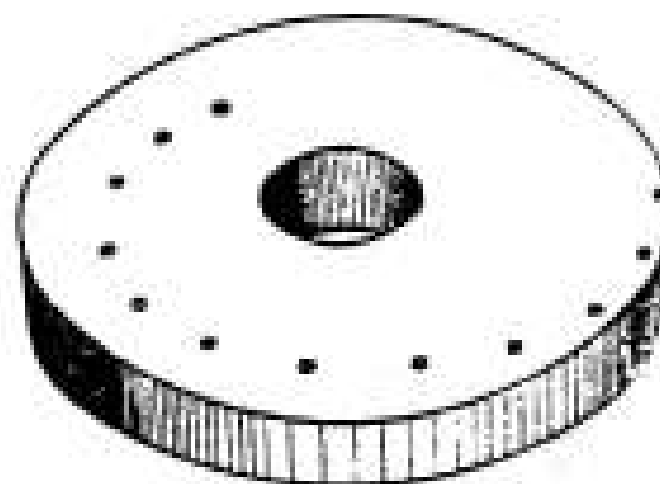
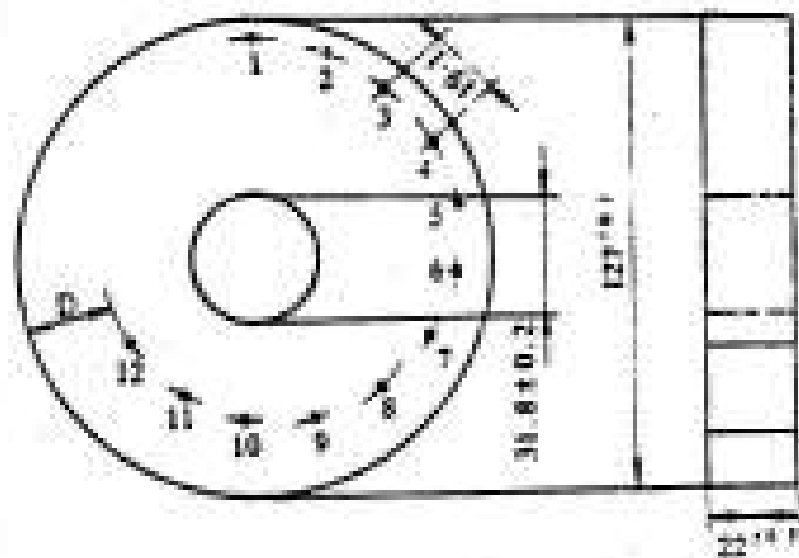
磁粉种类	配制浓度 (g/L)	沉淀浓度 (含固体量mL/100mL)	
		要求	最佳
非荧光磁粉	10-25	1.0-2.5	
荧光磁粉	0.5-2.0	0.1-0.3	0.15-0.25

磁粉检测试块和试片

MPI blocks and shims

- B型试块 Betz ring
- E型试块
- A型试块 shim A
- C型试块 shim C
- 磁场指示器 field indicator
- 磁悬液灵敏度试块 suspension sensitivity block

B型试块 Betz ring



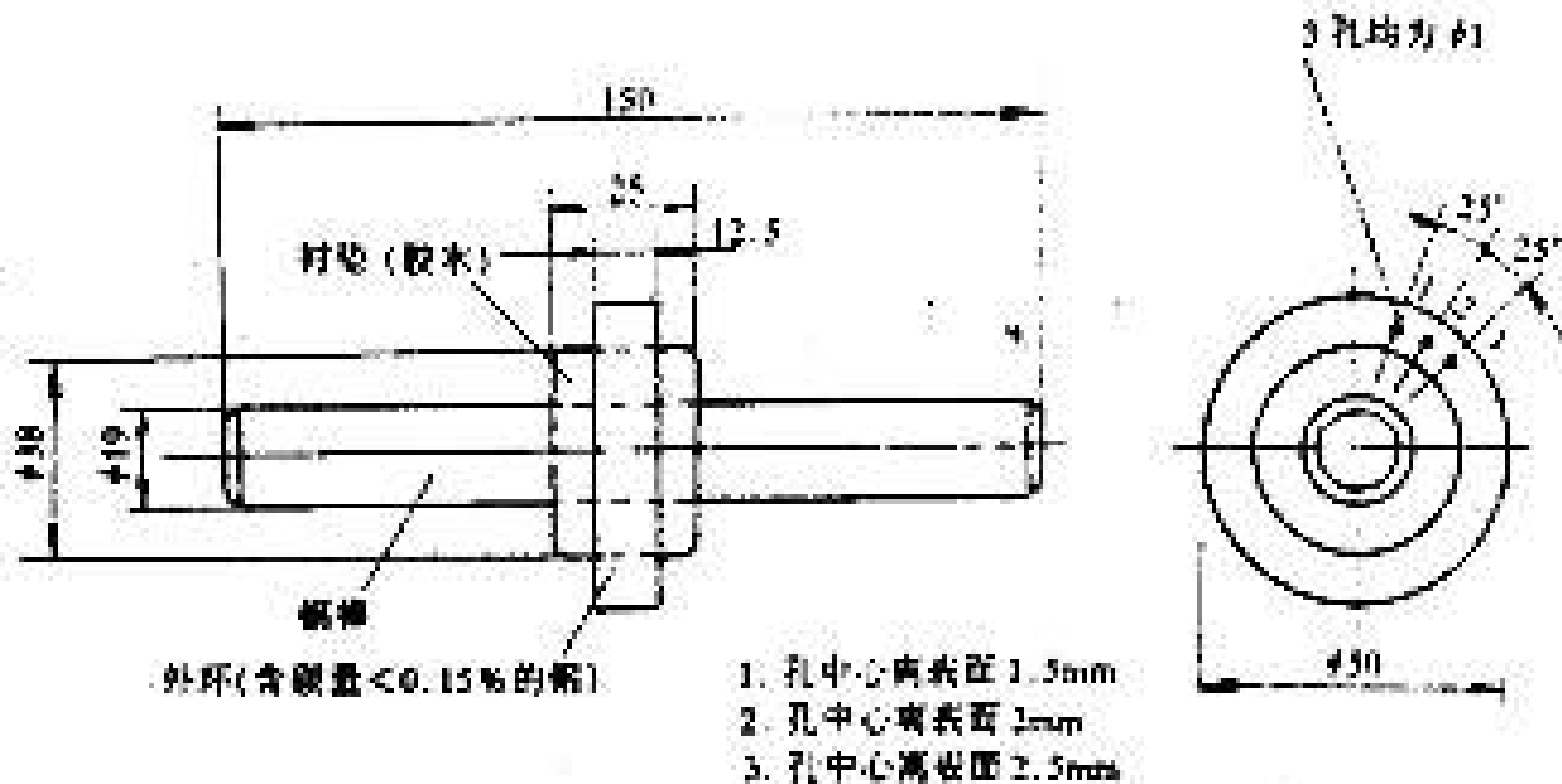
单位: mm

孔号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
孔中心距 边缘距离	1.8	3.6	5.3	7.1	8.9	10.8	12.6	14.4	16.2	18.0	19.2	21.6
孔径 D	1.8											

B型试块 Betz ring

- 目的purposes：直流电，周向磁化
circumferential magnetization with DC
- 构形configuration
- 操作operation：将环块穿在铜棒上，用直流电或整流电磁化，用连续法检验

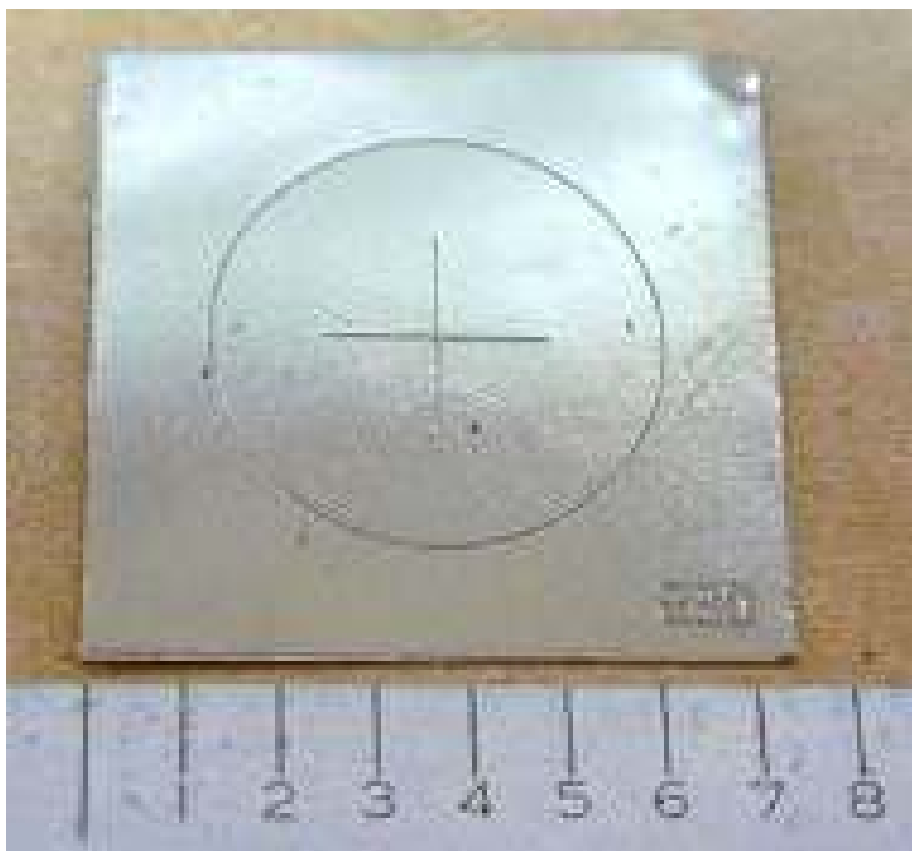
E型试块



E型试块

- 目的 purposes : 交流电, 周向磁化
circumferential magnetization with AC
- 构形 configuration:
- 操作 operation: 用交流电磁化, 用连续法检验

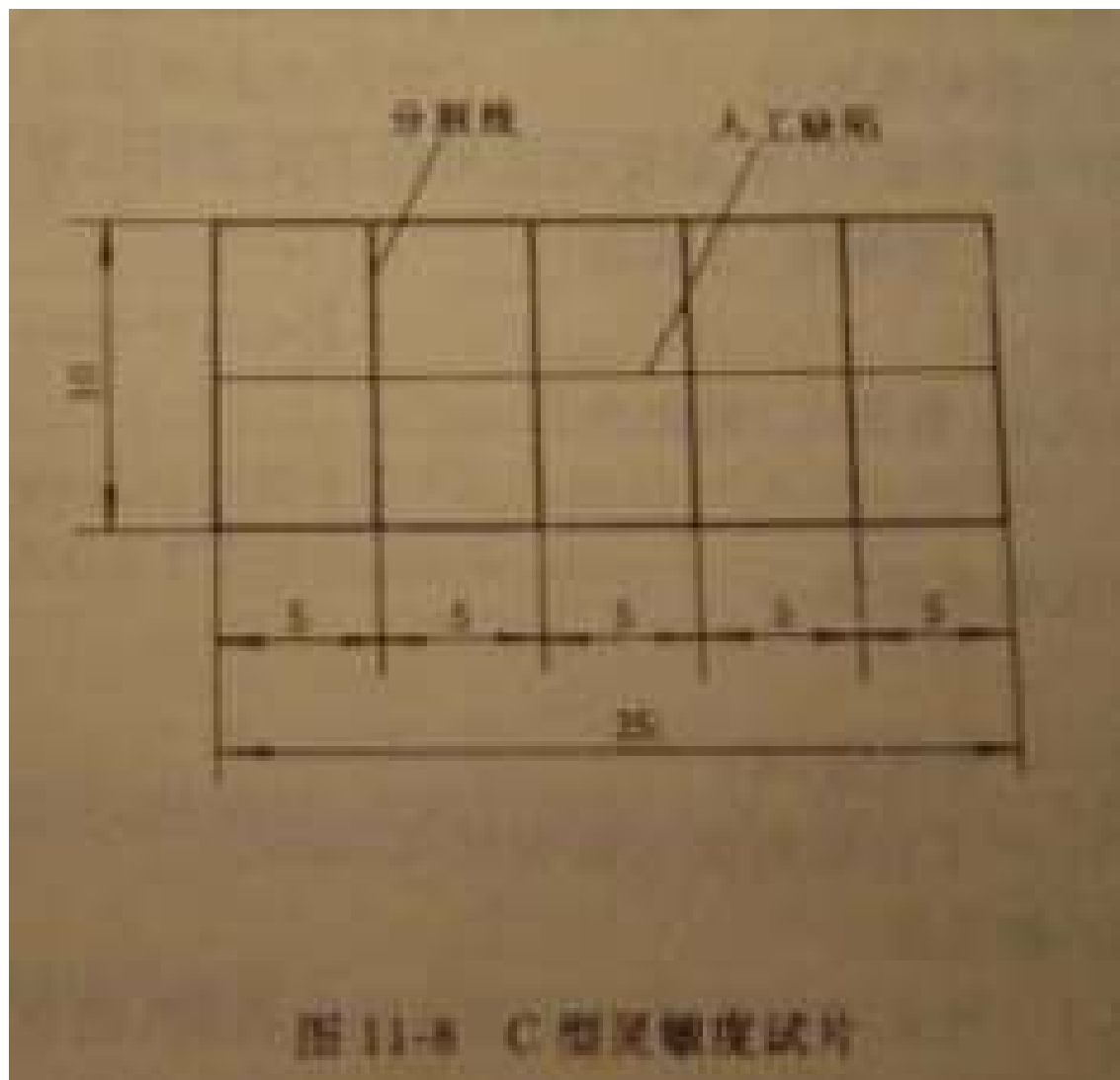
A型试片 shim A



A型试片 shim A

- 目的**purposes** :
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
- 构形**configuration**
灵敏度分高、中、低三档
- 操作**operation**: 刻痕朝工件表面,用透明胶粘贴且勿盖住刻痕

C型试片 shim C



C型试片 shim C

- 目的**purposes**：当检测焊缝坡口等狭小部位，A型试片使用不便时，可用 C型试片。
- 构形**configuration**
- 操作**operation**：刻痕朝工件表面，用透明胶粘贴且勿盖住刻痕

磁场指示器field indicator



磁场指示器field indicator

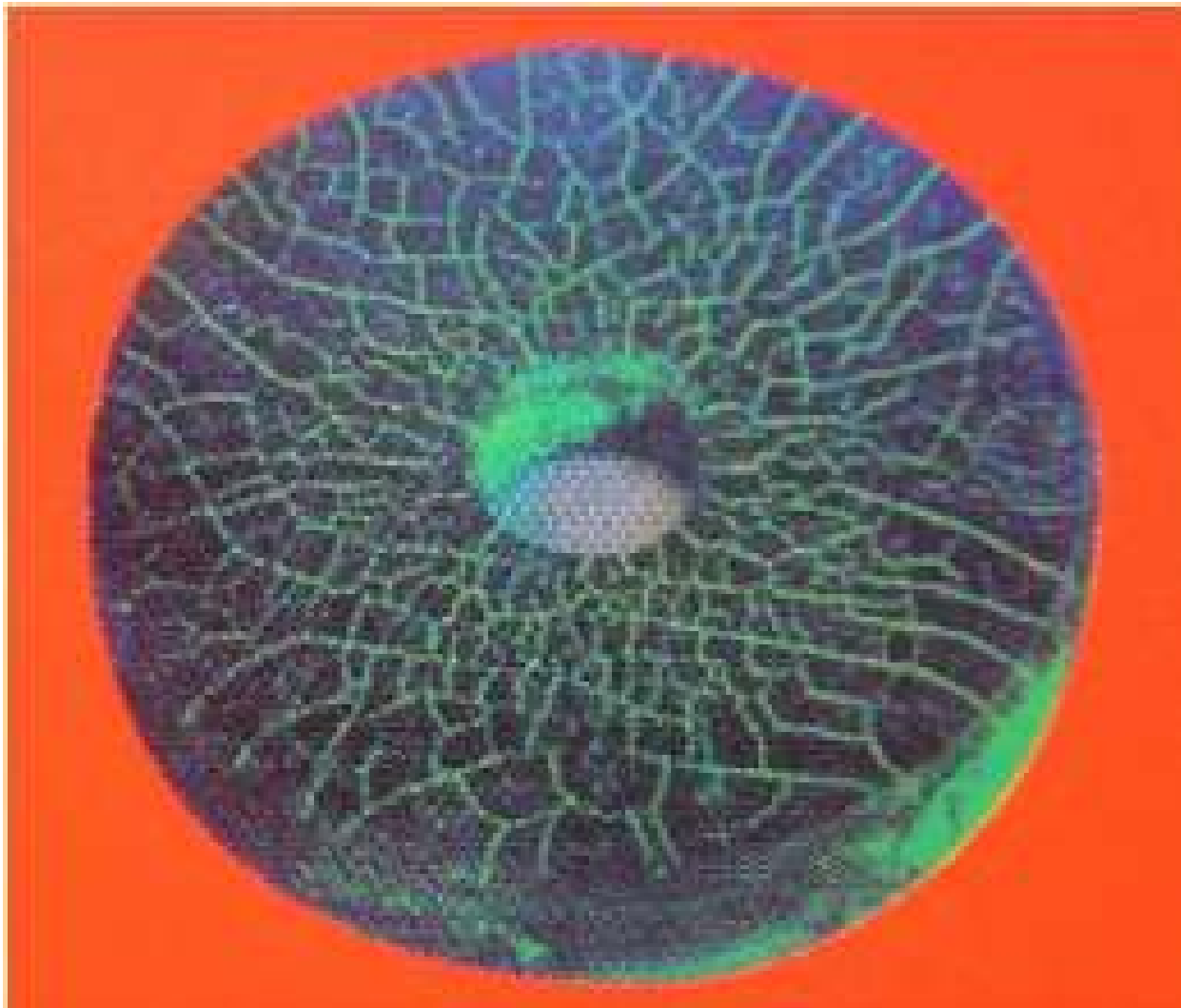
- 目的purposes :

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。使用方便、易于保存

- 构形configuration

- 操作operation

磁悬液灵敏度试块 suspension sensitivity block



附件 Accessories

- 照明设备 illumination
- 测量设备 measuring meters
- 观察工具 inspection toolings
- 反差增强 contrast

照明设备 illumination

- 白光灯white light lamp 要求: $>1000\text{lx}$
- 黑光灯black light要求:
 $>1000\mu\text{w}/\text{cm}^2$ 峰值波长 365nm



测量设备 measuring meters

- 磁场强度计 field strength meter
利用力矩原理测量磁场强度
- 特斯拉计/高斯计 Gauss/Tesla meter
利用霍尔效应测量磁感应强度



测量设备 measuring meters

- 紫外线辐照计UV light intensity meter
以硅光电池作传感器，测量365nm紫外线辐照度.
- 照度计white light intensity meter,测量白光照度.



测量设备 measuring meters

- 浓度测试管 centrifuge tube
测量磁悬液浓度



观察工具inspection toolings

- 镜子mirror
- 放大镜magnifier X2--X10
- 黑光孔探仪black light borescope

反差增强剂 **contrast**

- 应用

探伤前，涂于工件表面白色薄膜，25-45 μm ，然后磁化，再施加黑色磁粉

- 配方、施加、清除