



武汉理工大学
Wuhan University of Technology

无损检测技术

磁粉检测技术

机电工程学院测控系

主讲人：魏莉

3.1 磁粉检测概述

一、磁粉检测基本原理

1. 什么是磁粉检测?

- ▶ 利用磁现象检测铁磁材料表面近表面缺陷的方法
- ▶ 技术磁化的过程
- ▶ 缺陷漏磁场的产生是磁粉检测的基础



3.1 磁粉检测概述

2. 磁粉检测发展历程

- (1)1922年 美国人霍克提出
- (2)1928年 弗雷斯特 周向磁化
- (3)1930年 首次成功1930年 首次成功应用
- (4)1934年 美国磁通公司成立
- (5)1950年 前苏联航空研究院 瑞加德罗

3. 磁粉检测现状

3.1 磁粉检测概述

4. 磁粉检测特点

优点

显示直观：磁痕

灵敏度高：微米级

适应性好：各种形状工件，各个方向缺陷

重复性好

工艺简单，成本低，效率高



3.1 磁粉检测概述

4. 磁粉检测特点

缺点

材料局限性大：铁磁性材料

只能检测表面近表面缺陷

难以定量缺陷深度

目视法：经验要求高

受工件几何形状影响会产生非相关磁痕

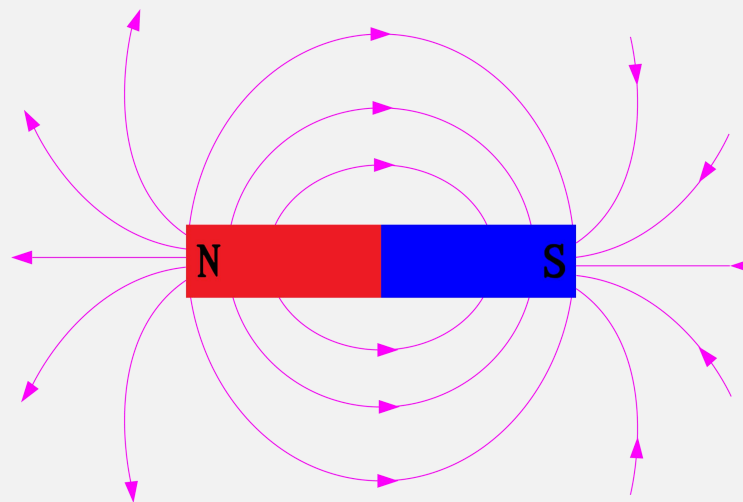
部分磁化方法可能烧伤工件

3.1 磁粉检测概述

二、缺陷漏磁场

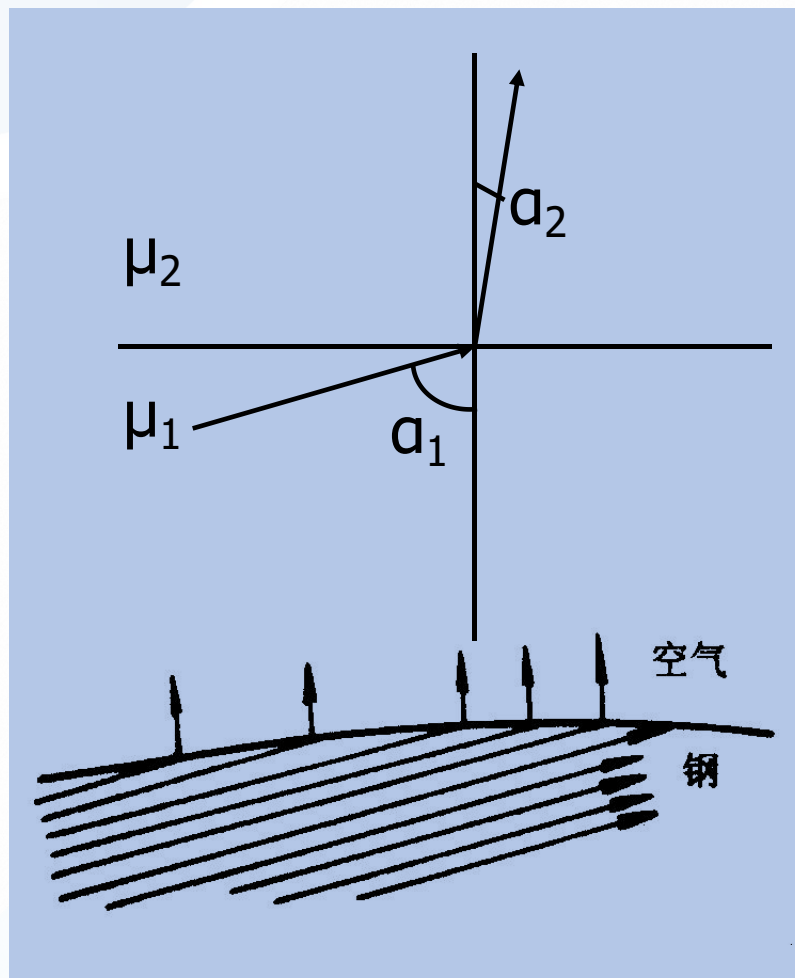
1. 漏磁场的形成

铁磁性材料被磁化后，其内部产生很强的磁感应强度，磁力线密度增大几百倍到几千倍，如果材料中存在不连续性(包括缺陷造成的不连续性种结构、形状、材质等原因造成的不连续性)，磁力线会发生畸变，部分磁力线有可能逸出材料表面，从空间穿过，形成漏磁场，漏磁场的局部磁极能够吸引铁磁物质。



3.1 磁粉检测概述

磁感应线的折射



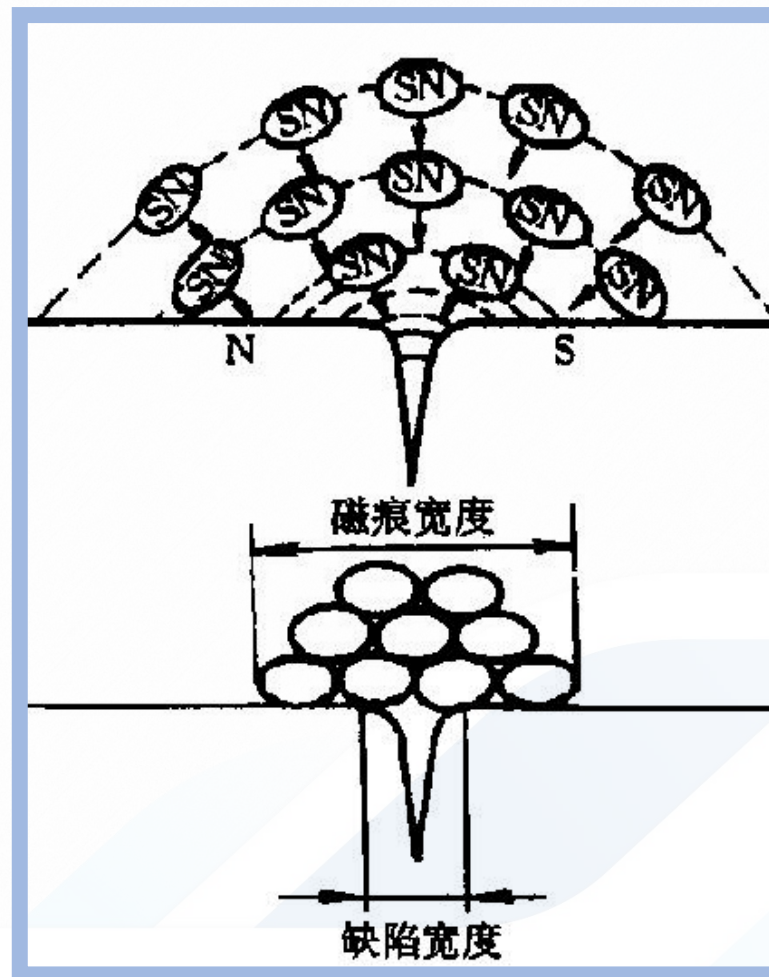
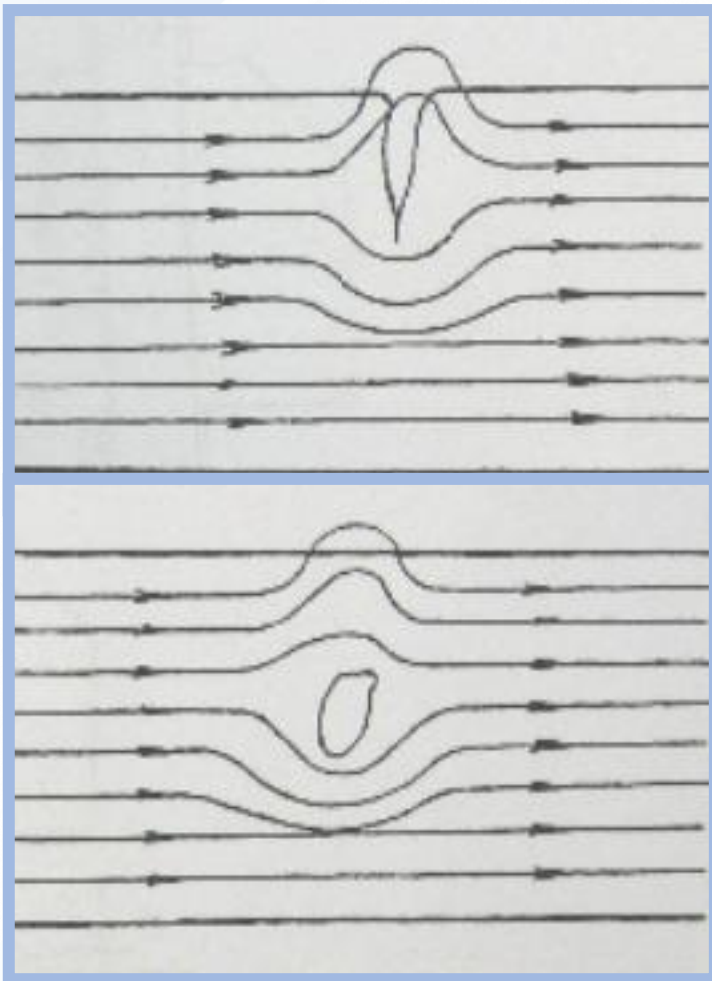
$$\frac{\tan \alpha_1}{\tan \alpha_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{\mu_{r1}}{\mu_{r2}}$$

钢材 $\mu_{r1} = 2000$,

$$\alpha_1 = 88^\circ$$

$$\alpha_2 = 3'$$

3.1 磁粉检测概述

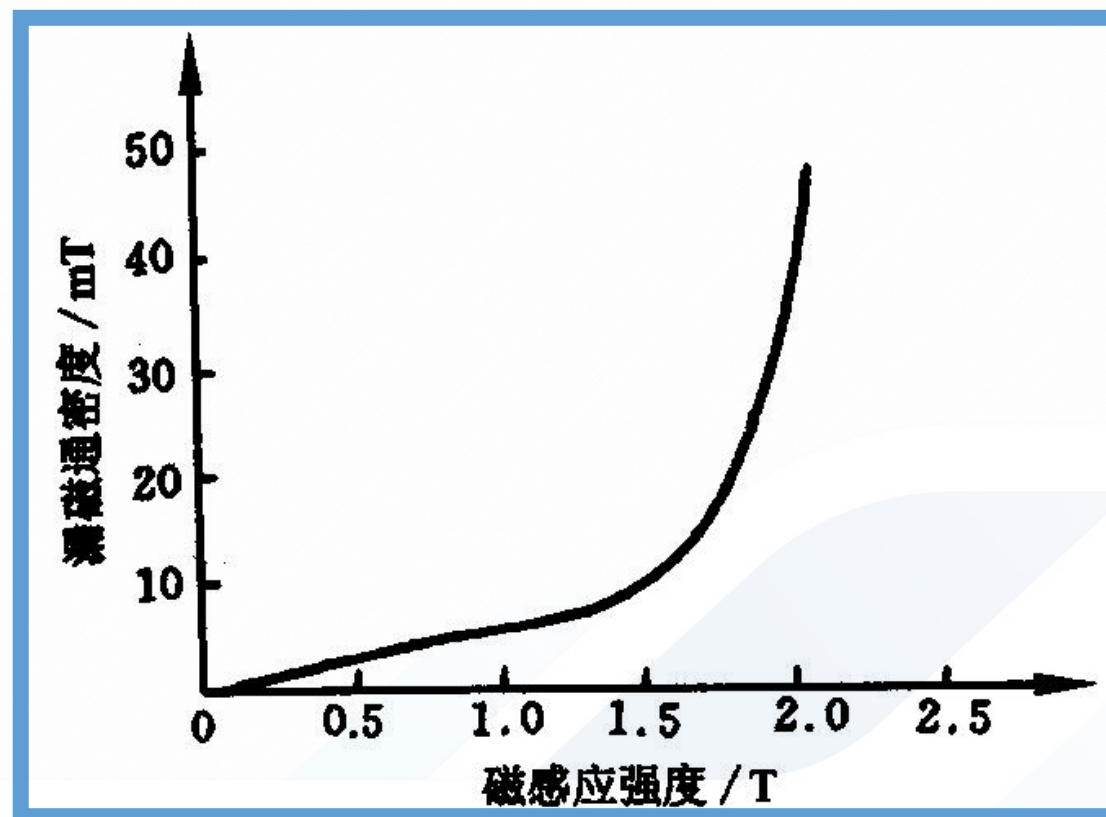


3.1 磁粉检测概述

2. 漏磁场的影响因素

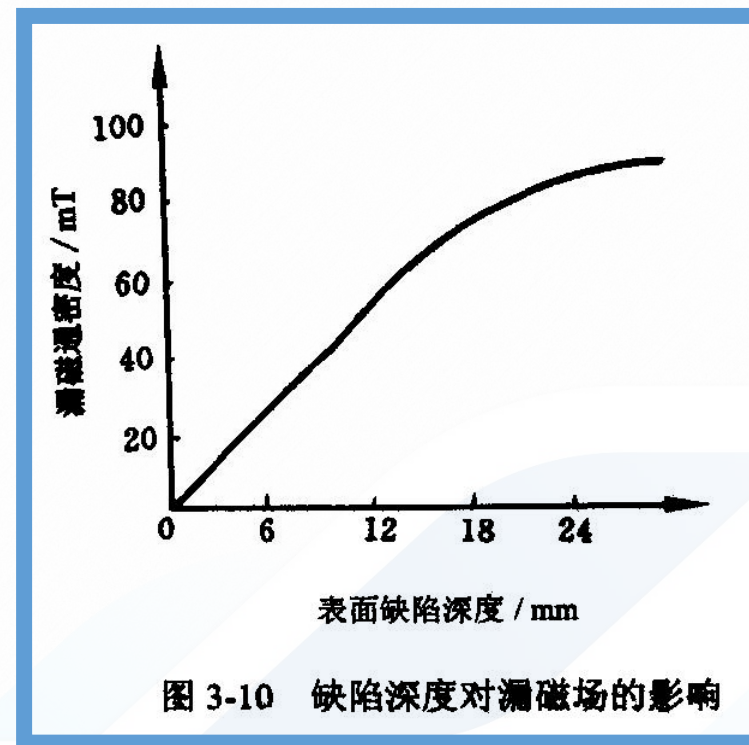
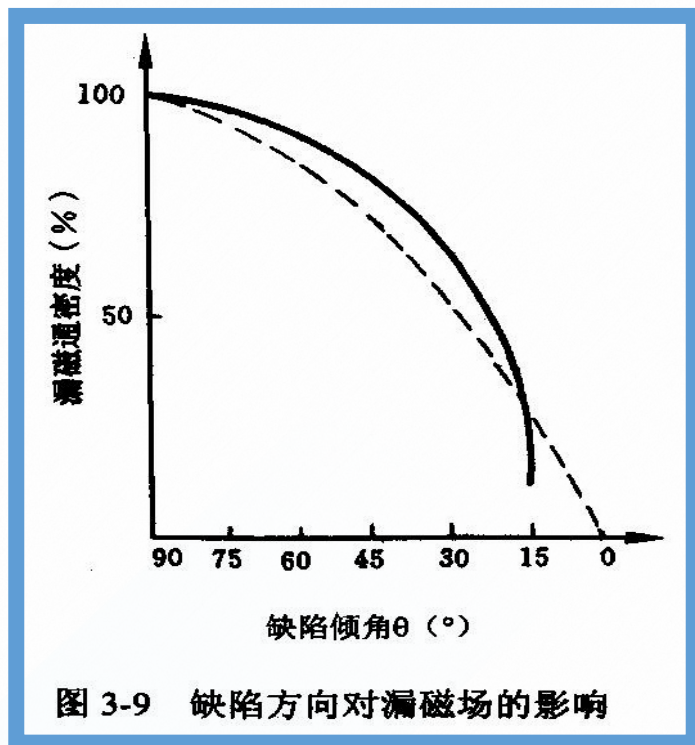


强度、种类



3.1 磁粉检测概述

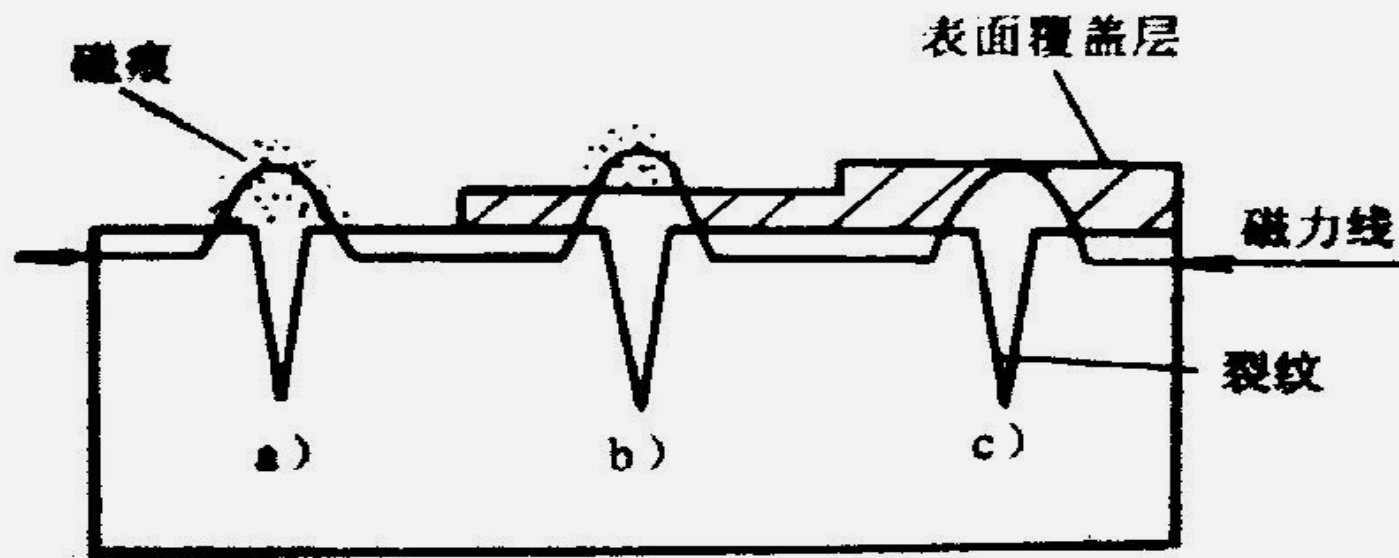
缺陷：方向、位置、大小、性质、形状



3.1 磁粉检测概述

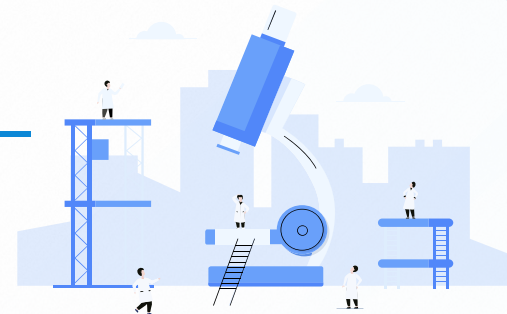
材质

表面涂层



3.1 磁粉检测概述

三、磁粉检测方法分类



1.按施加磁
粉时机分

剩磁法

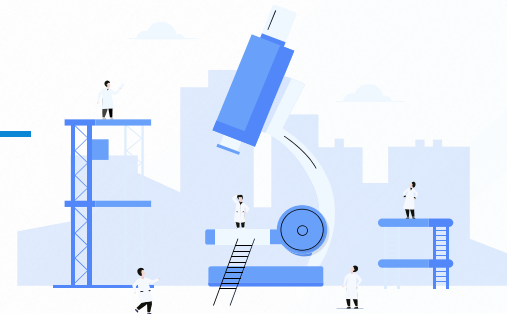
连续法

2.按显示材料分

荧光法

非荧光法

3.1 磁粉检测概述



3.按磁粉分散介质分

干法

湿法

4.选择依据

形状

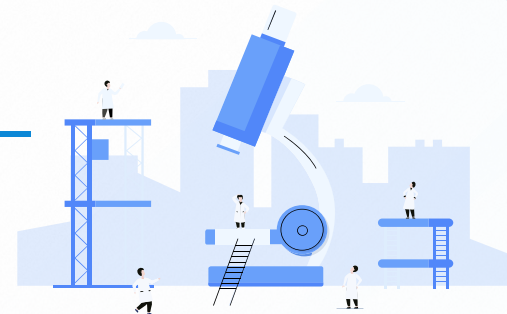
尺寸

材质

检测要求

3.1 磁粉检测概述

四、磁粉检测应用领域



机械、航空航天、化工、石油、造船、冶金、铁路

原材料检测

成品检验

半成品检验

返修检验

3.2 磁化与退磁

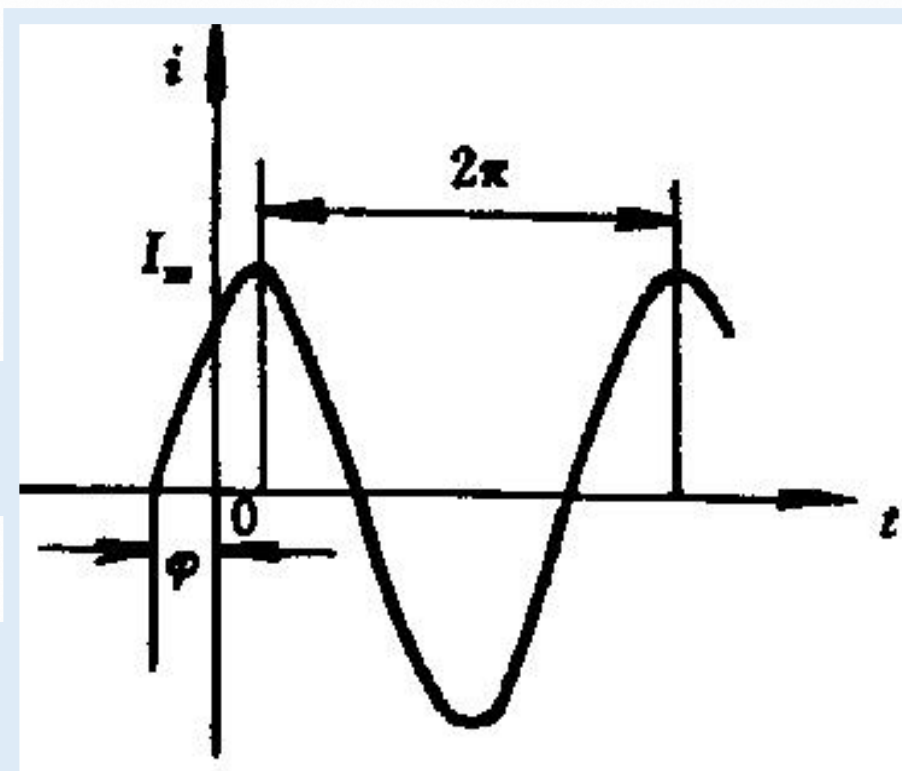
一、磁化电流

1. 交流电

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$$

$$I = \frac{1}{\sqrt{2}} I_m$$

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}}$$



3.2 磁化与退磁

优点

- ▶ 对表面缺陷检测灵敏度高
- ▶ 容易退磁
- ▶ 电源易得，设备结构简单。
- ▶ 能够实现感应电流法磁化，能够实现多向磁化。
- ▶ 磁化变截面工件磁场分布较均匀
- ▶ 有利于磁粉迁移
- ▶ 用于评价直流电磁化发现的磁痕
- ▶ 适于在役工件的检验

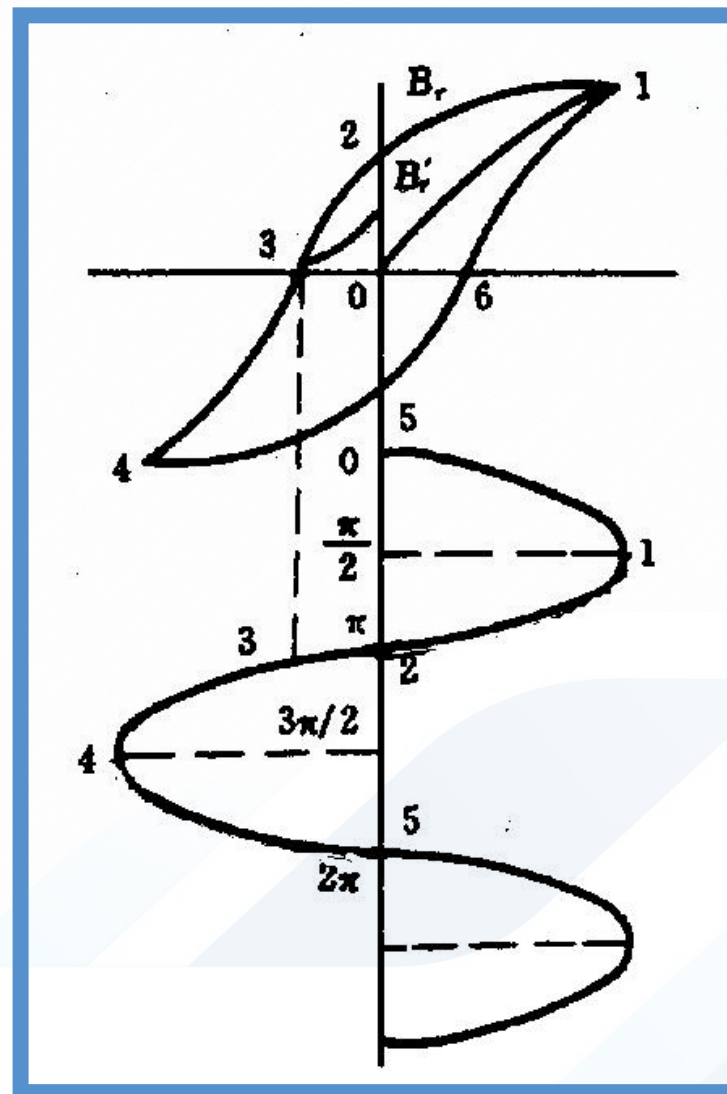


3.2 磁化与退磁

剩磁不稳定

局限性

检测深度小



3.2 磁化与退磁

2. 整流电

方向不变，大小变化

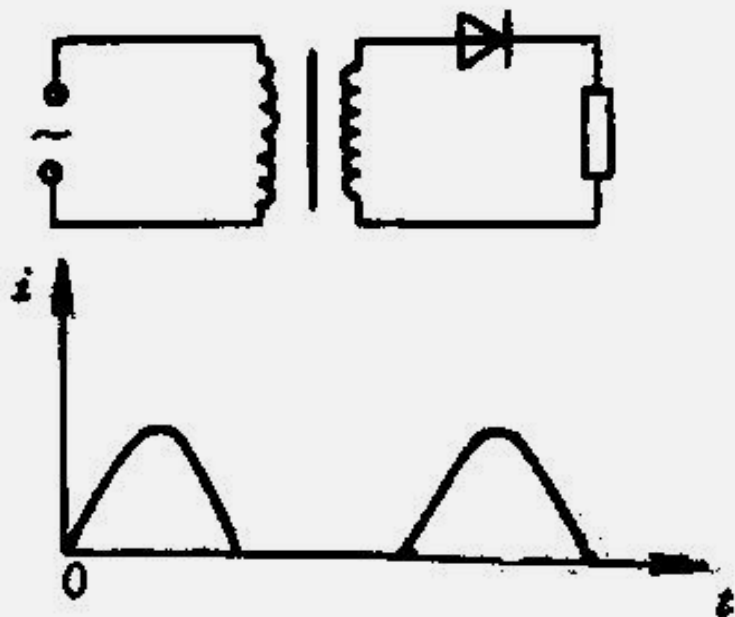
交流分量递减

单相半波整流
单相全波整流
三相半波整流
三相全波整流

缺陷深度递减

3.2 磁化与退磁

单相半波整流电



$$I_d = \frac{I_m}{\pi}$$

$$I = \frac{I_m}{2}$$



3.2 磁化与退磁

兼有直流的渗透性和交流的脉动性

剩磁稳定

能提供较高的灵敏度和对比度

优点

退磁较困难

缺陷检测深度不如相全波和直流电

局限性

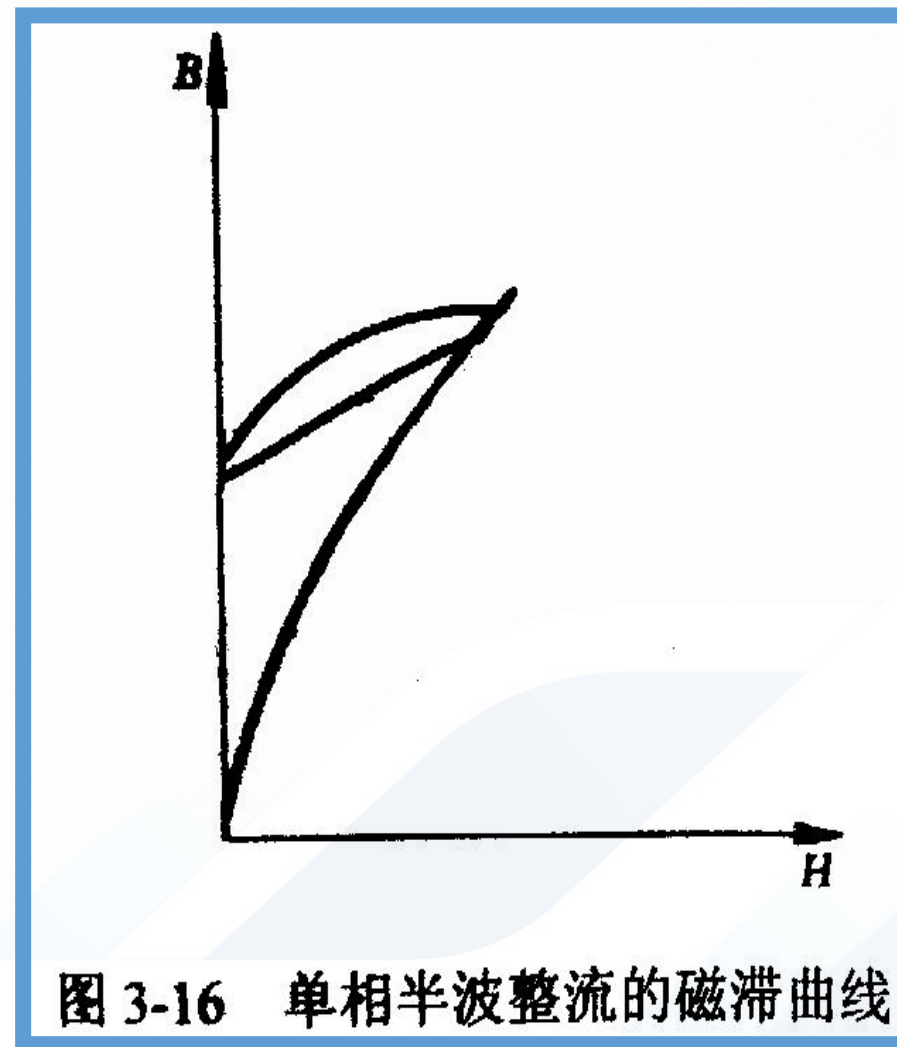
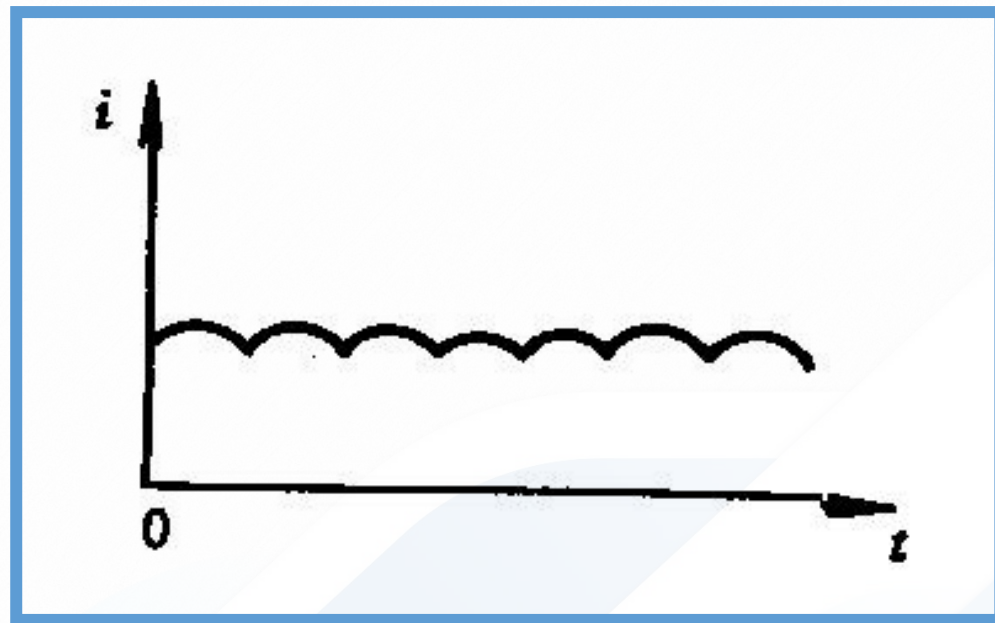
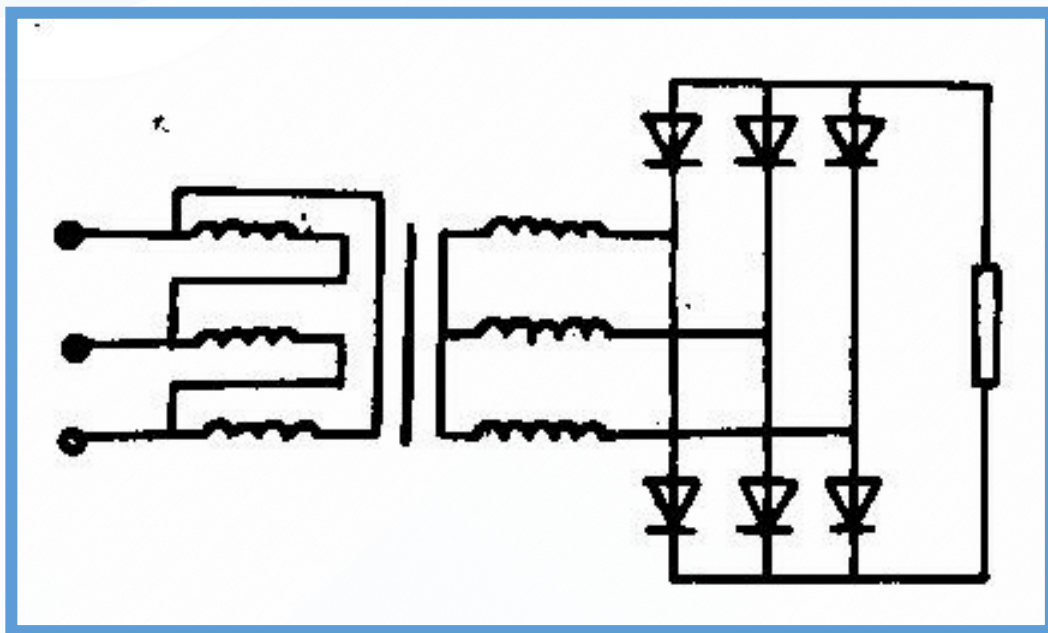


图 3-16 单相半波整流的磁滞曲线

3.2 磁化与退磁

三相全波整流电



$$I_m = \frac{\pi}{3} I_d$$

3.2 磁化与退磁

优点

具有很大的渗透性和很小的脉动性

剩磁稳定

设备需要输入的功率小

局限性

退磁困难

退磁场大

变截面工件磁化不均匀

不适用于干法

周向和纵向磁化工序间要退磁

3.2 磁化与退磁

3.直流电

优点:

具有最强的渗透性

检测缺陷深度最大

剩磁稳定

局限性:

退磁最困难

退磁场大

不适用于干法

电源供给不便

4.冲击电流

3.2 磁化与退磁

5. 磁化电流的选择

- ▶ 交流电磁化湿法检验，对表面微小缺陷灵敏度高
- ▶ 交流电的渗入深度不如直流电和整流电
- ▶ 交流电用于剩磁法检验时，应有断电相位控制装置
- ▶ 交流电磁化连续法检验主要与电流有效值有关，剩磁检验主要与电流峰值有关
- ▶ 整流电中交流成分越大，检测较深缺陷能力越小
- ▶ 直流电检测缺陷深度最大
- ▶ 冲击电流只能用于剩磁法检验和专用设备



3.2 磁化与退磁

二、磁化方法

磁场方向与发现缺陷的关系



3.2 磁化与退磁

1. 周向磁化

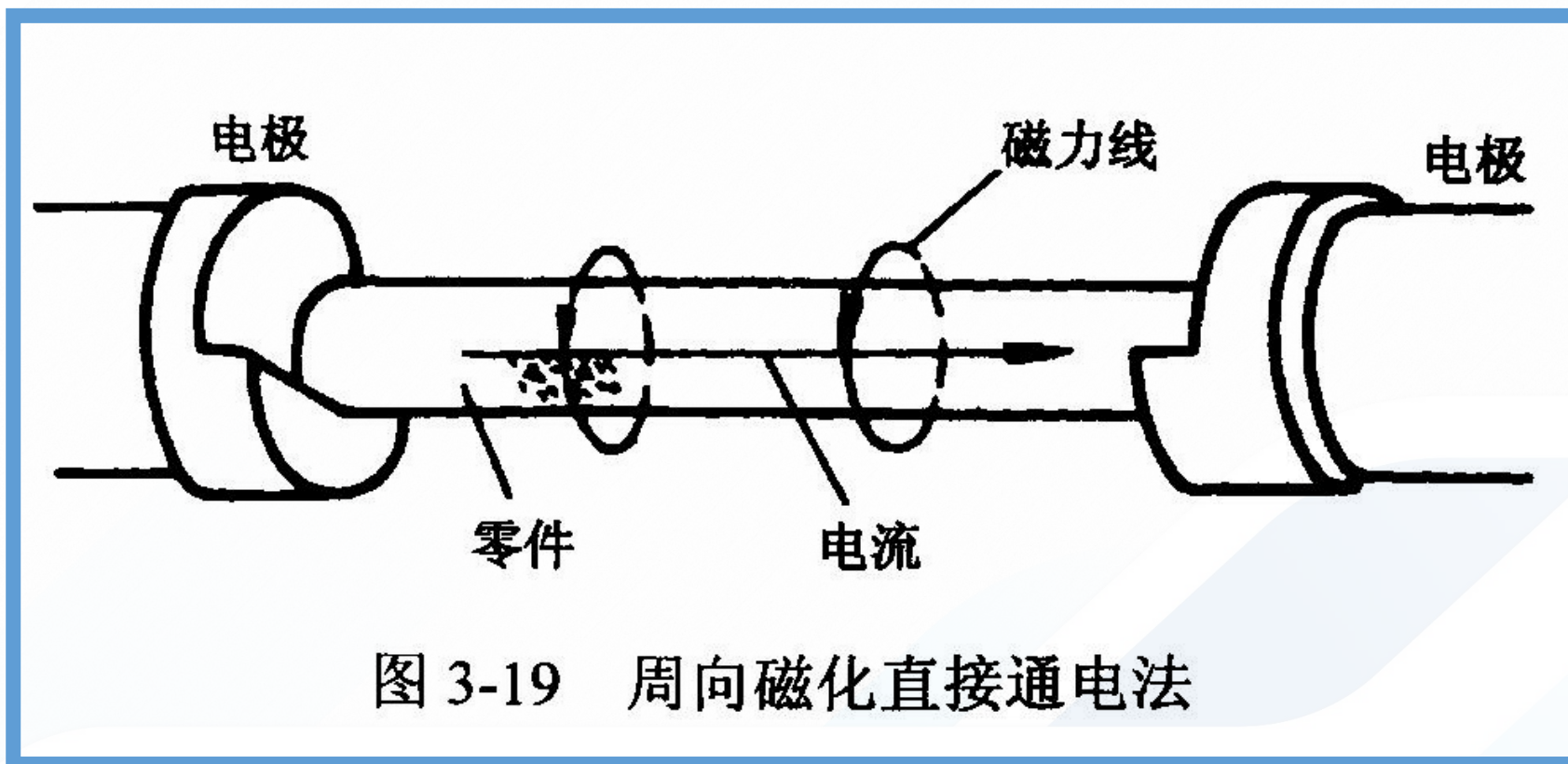
建立一个沿圆周方向的磁场

发现纵向和接近纵向的缺陷



3.2 磁化与退磁

(1) 直接通电法



3.2 磁化与退磁

棒材磁场分布

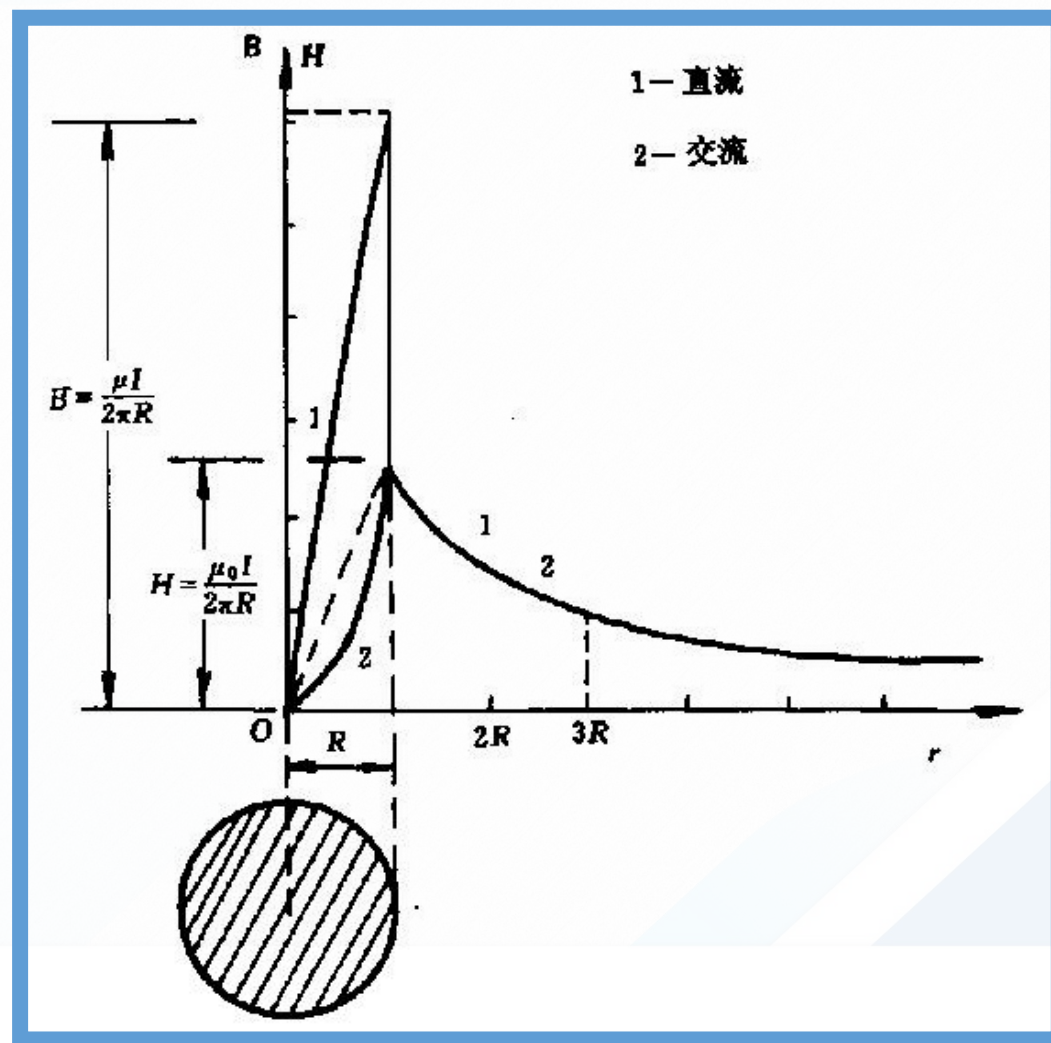
安培环路定理

$$\oint H \cdot dl = I$$

$$H = \begin{cases} \frac{Ir}{2\pi R^2} & (r \leq R) \\ \frac{I}{2\pi r} & (r > R) \end{cases}$$

$$B = \begin{cases} \frac{\mu I r}{2\pi R^2} & (r \leq R) \\ \frac{\mu_0 I}{2\pi r} & (r > R) \end{cases}$$

3.2 磁化与退磁

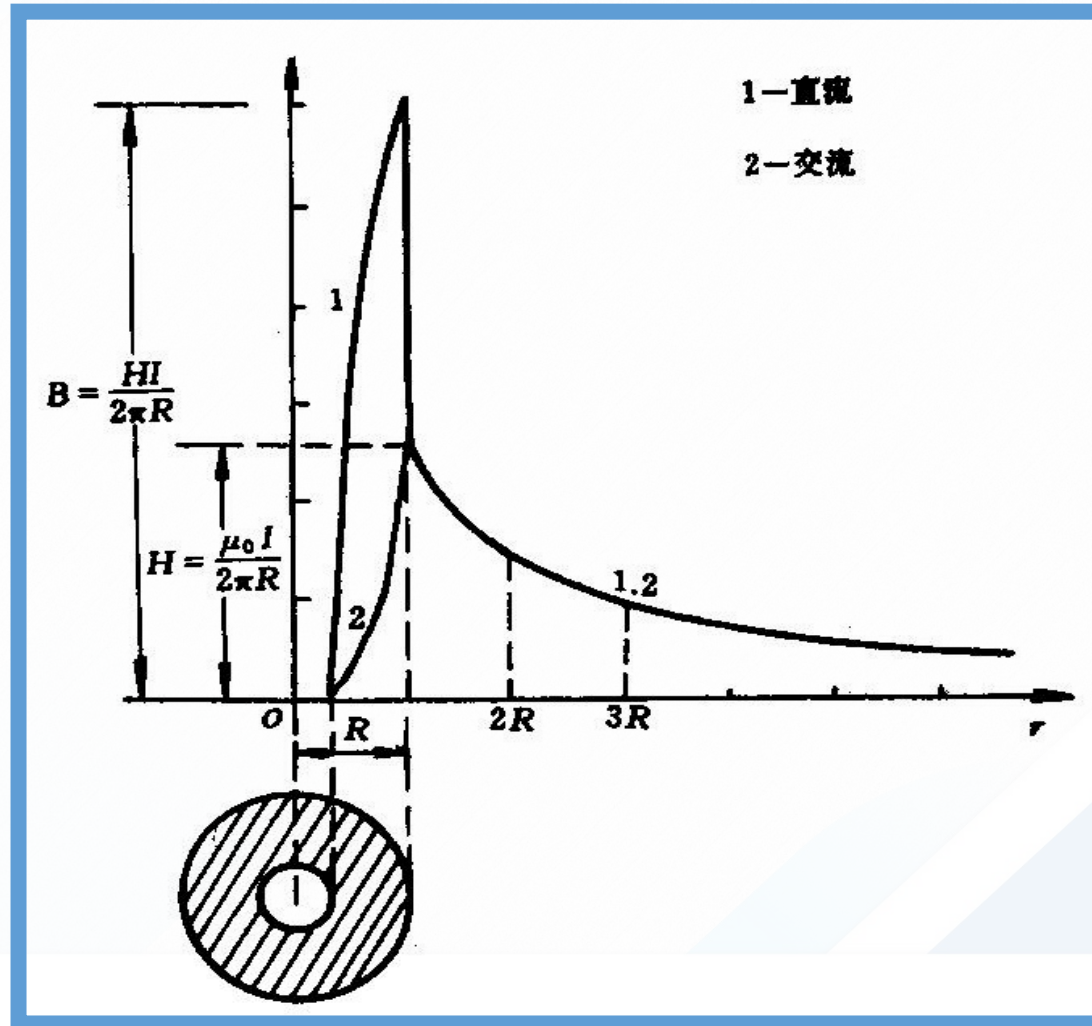


3.2 磁化与退磁

管材磁场分布

$$H = \begin{cases} 0 & (r < R_1) \\ \frac{I(r^2 - R_1^2)}{2\pi r(R_2^2 - R_1^2)} & (R_1 \leq r \leq R_2) \\ \frac{I}{2\pi r} & (r > R_2) \end{cases}$$

3.2 磁化与退磁



3.2 磁化与退磁

优点

简单和复杂工件都只需一次通电就可磁化
所需电流值与长度无关，磁化规范计算容易
工件端头无磁极，不会产生退磁场
工艺简单、效率高
灵敏度较高

局限性

可能烧伤工件
不能检测管材内壁
细长工件夹持易变形

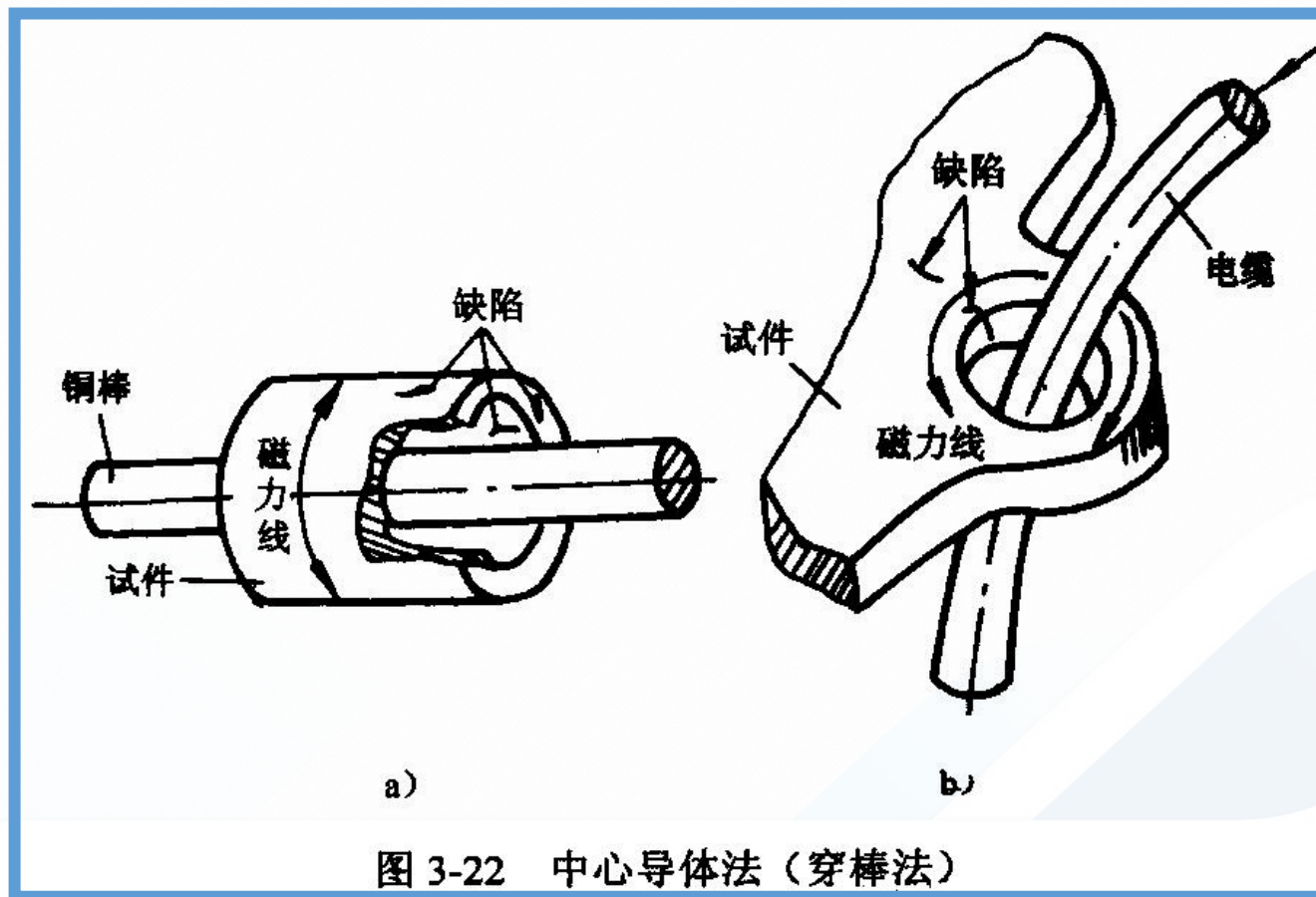
3.2 磁化与退磁

- ▶ 夹持部位有铁锈、氧化皮、脏物
- ▶ 磁化电流过大
- ▶ 夹持压力不足
- ▶ 通电时松开或夹持工件
- ▶ 接触面积过小

工件烧伤的原因

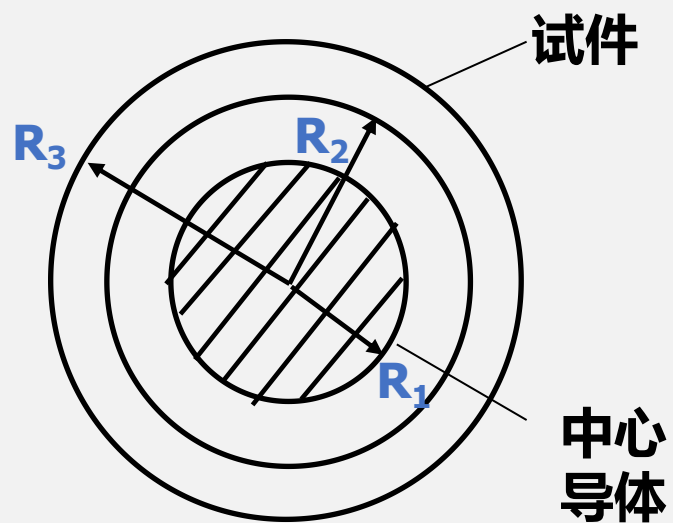
3.2 磁化与退磁

(2) 中心导体法



3.2 磁化与退磁

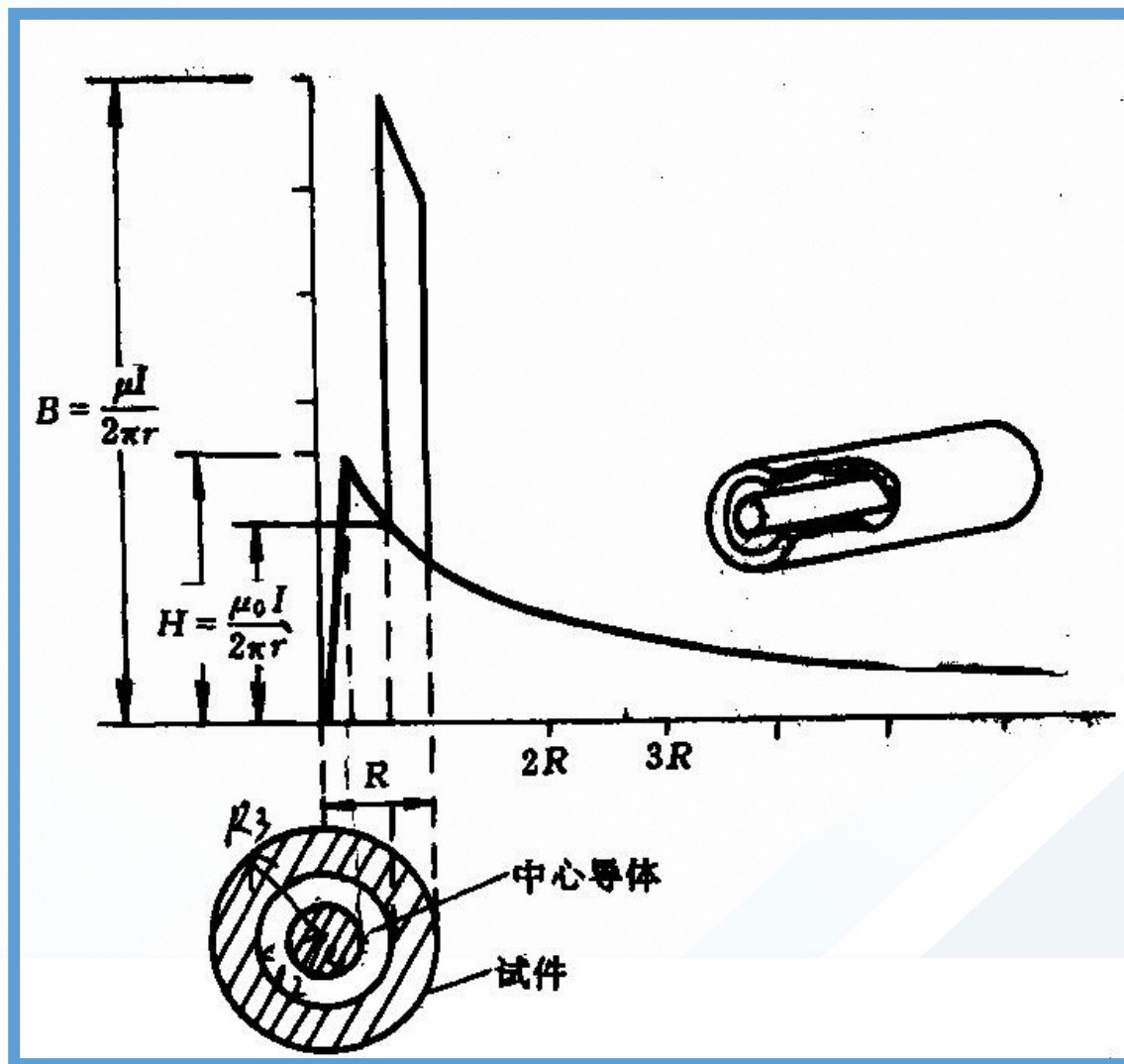
磁场分布



$$H = \begin{cases} \frac{Ir}{2\pi R_1^2} & (r \leq R_1) \\ \frac{I}{2\pi r} & (r > R_1) \end{cases}$$

$$B = \begin{cases} \frac{\mu I r}{2\pi R_1^2} & (r \leq R_1) \\ \frac{\mu_0 I}{2\pi r} & (R_1 < r < R_2) \\ \frac{\mu I}{2\pi r} & (R_2 \leq r \leq R_3) \\ \frac{\mu_0 I}{2\pi r} & (r > R_3) \end{cases}$$

3.2 磁化与退磁



3.2 磁化与退磁

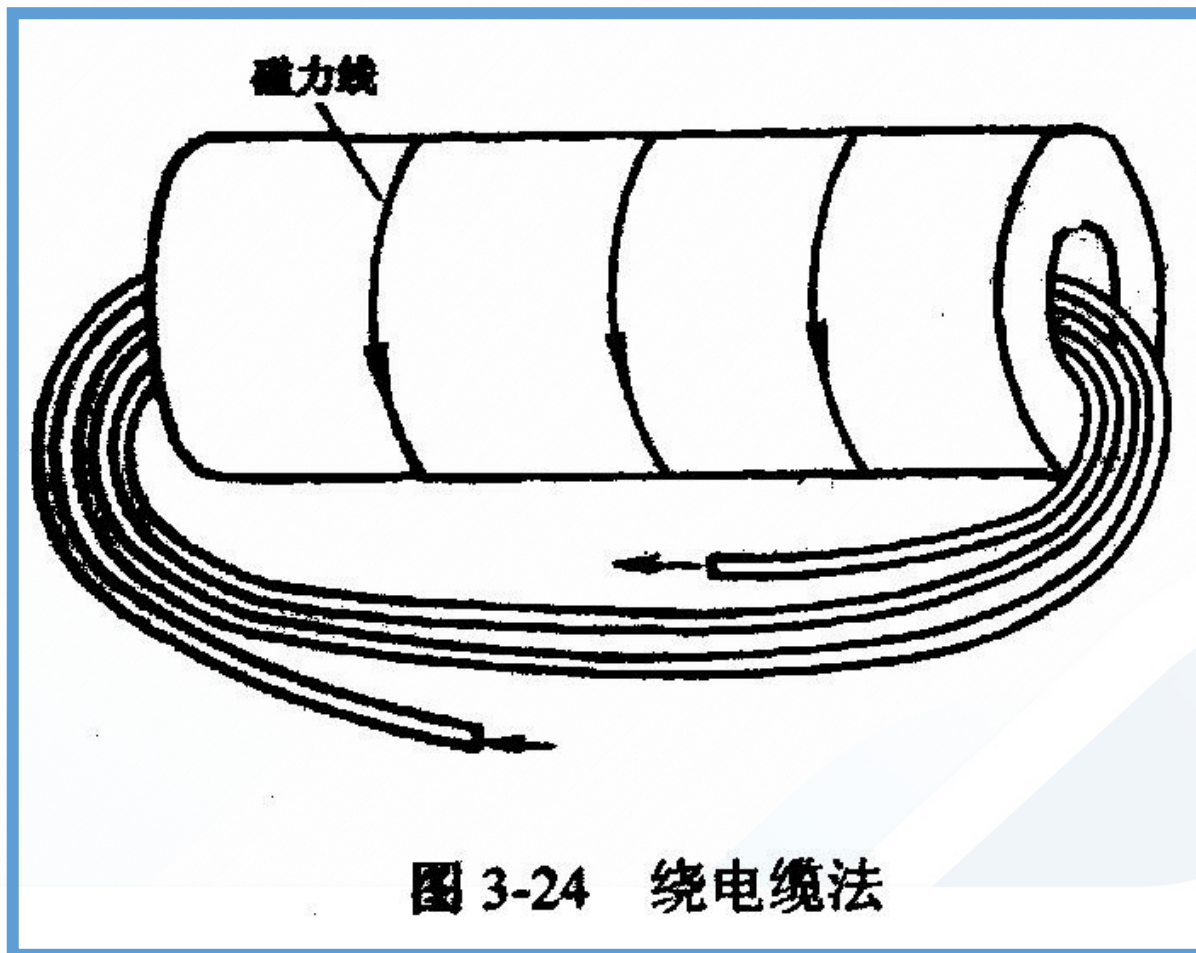
优点

电流不直接流经工件，不会烧伤空心工件内外表面以及端面都会产生磁场
工艺简单、效率高
灵敏度较高

厚壁工件的外表面检测灵敏度远低于内表面
检测大直径管时，需采用偏置心棒法
仅适用于有孔工件

局限性

3.2 磁化与退磁



3.2 磁化与退磁

(3) 支杆法

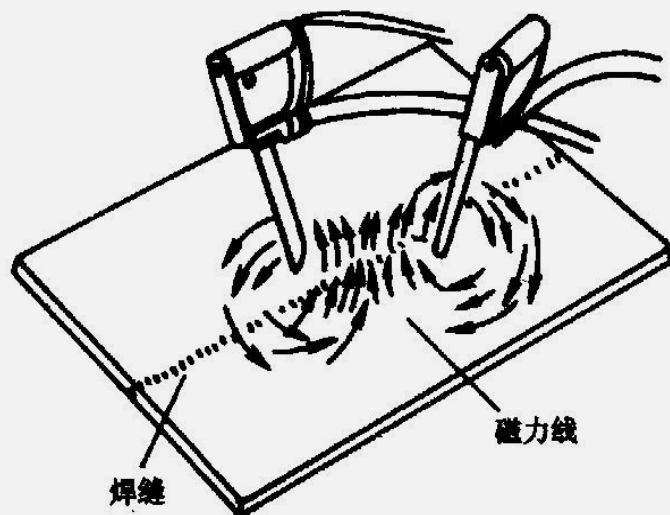


图 3-25 支杆法

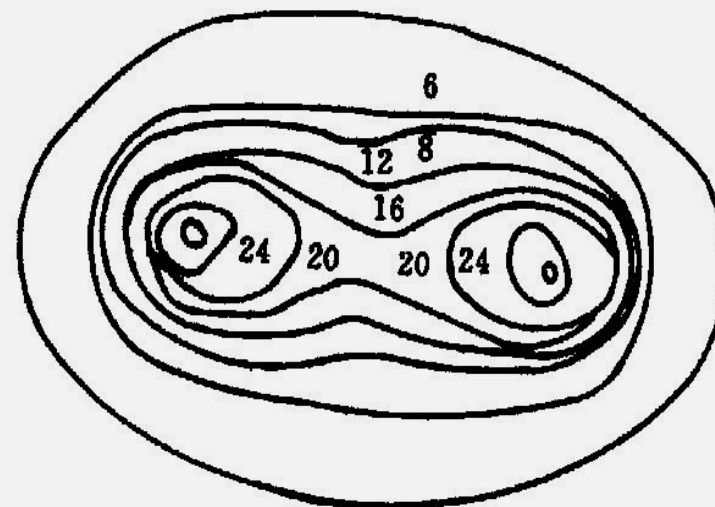
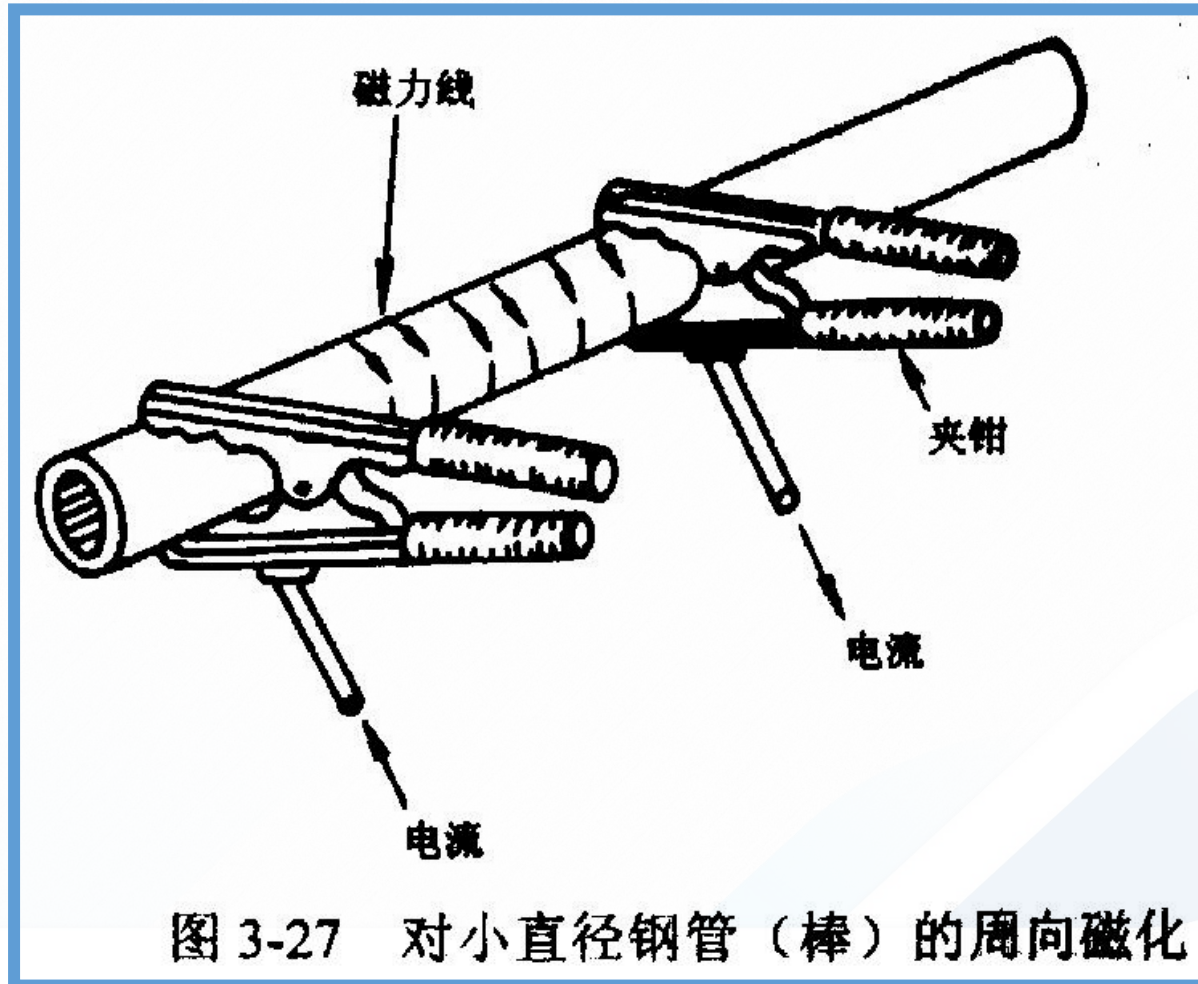


图 3-26 支杆法在被检表面上磁力线分布

3.2 磁化与退磁



3.2 磁化与退磁

钢或铝，不用铜

局部磁化方法：间距150--200mm

磁化电流：3.5--5A/mm

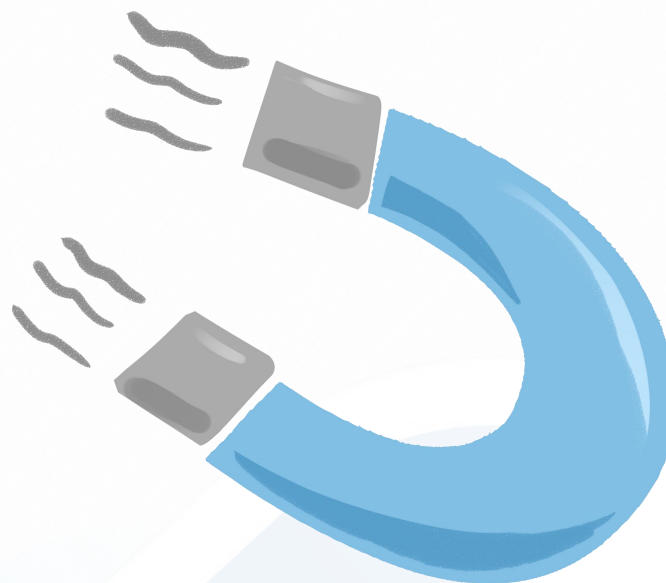
- ▶ **灵敏度高，机动性强，灵活方便**
- ▶ **不受工件形状尺寸限制**
- ▶ **效率不高，速度慢**
- ▶ **可能引起工件烧伤。**

3.2 磁化与退磁

2.纵向磁化

建立一个沿轴向方向的磁场

发现横向和接近横向的缺陷



3.2 磁化与退磁

(1) 线圈法

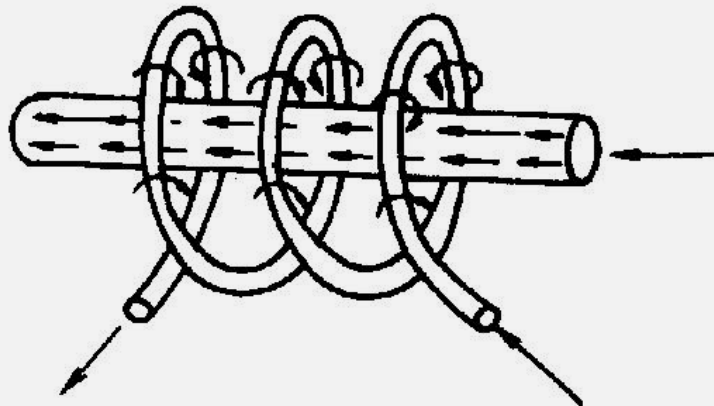


图 3-28 线圈法纵向磁化

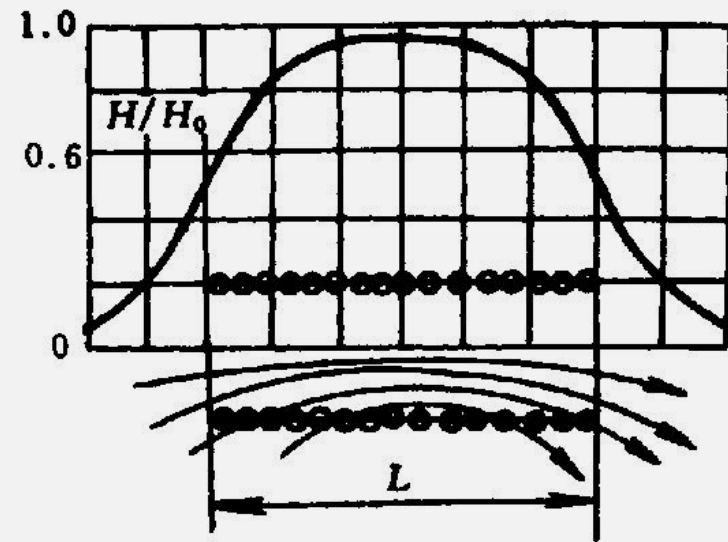


图 3-29 线圈的磁场

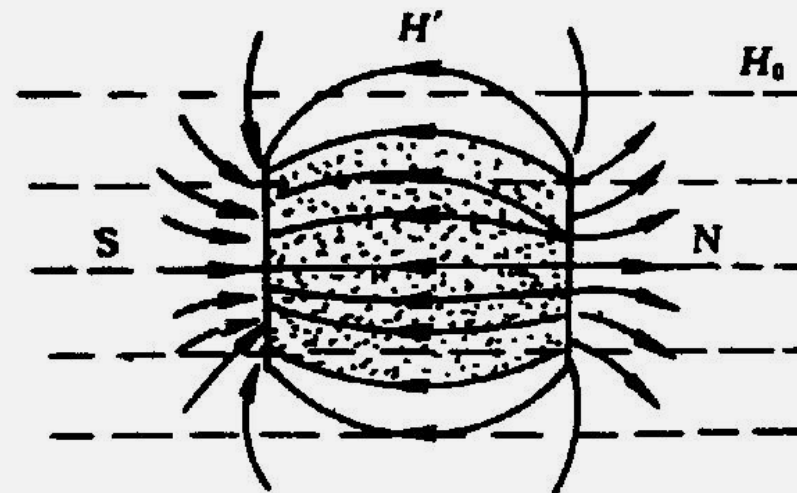
3.2 磁化与退磁

退磁场

$$H = H_0 - H'$$

$$H' = NJ$$

$$N = 1 - \frac{\frac{l}{d}}{\left[1 + \left(\frac{l}{d}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}$$



工件两端磁荷产生的附加磁场 H'

3.2 磁化与退磁

具体要求:

为避免退磁场的影响，短工件应接长
工件纵轴，应平行于线圈轴线

可将工件紧贴线圈内壁放置进行磁化

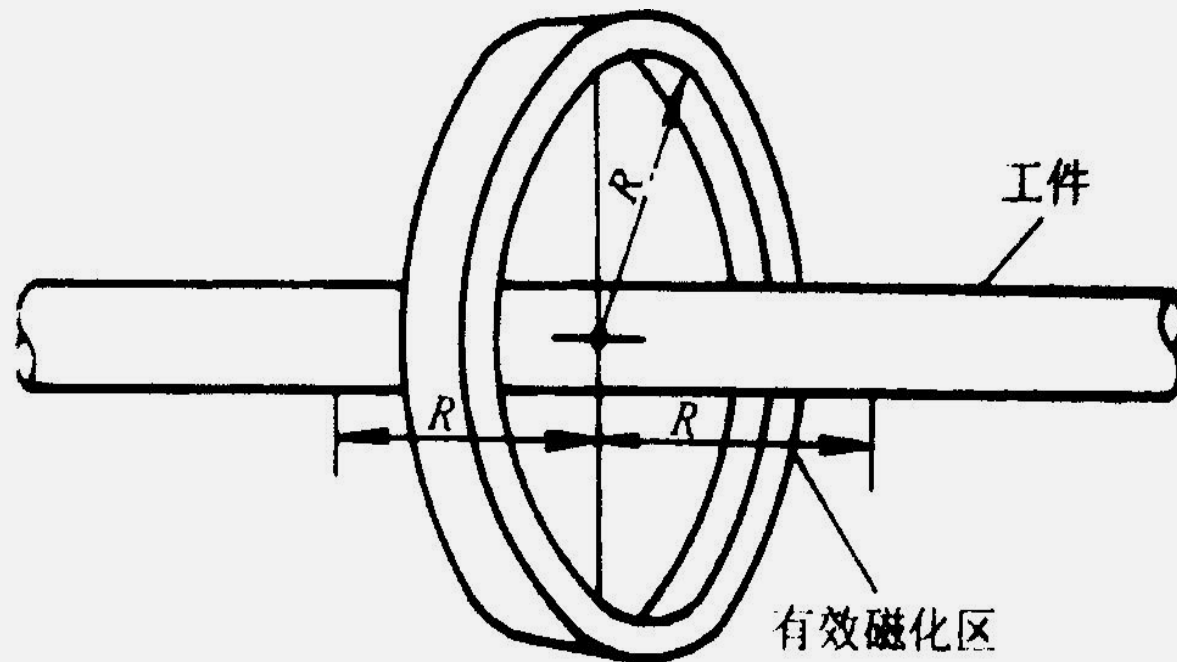
长工件分段磁化，每段要有10%重叠区

不同填充系数有效磁化区不同

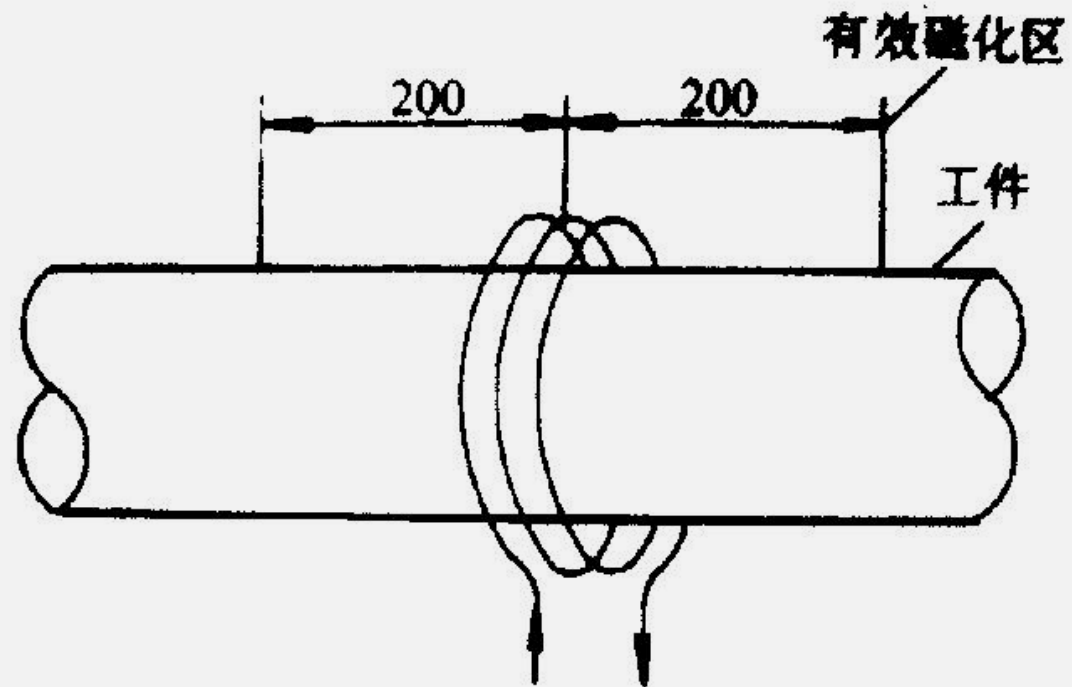
大型或异型工件可采用绕电缆法磁化。



3.2 磁化与退磁



3.2 磁化与退磁



3.2 磁化与退磁

非电接触

方法简单

大型或异型工件采用绕电缆法效果好

检测灵敏度较高

优点

退磁场影响大

端面缺陷检测灵敏度低

要采用快速断电法减小端部效应

局限性

3.2 磁化与退磁

(2) 磁轭法

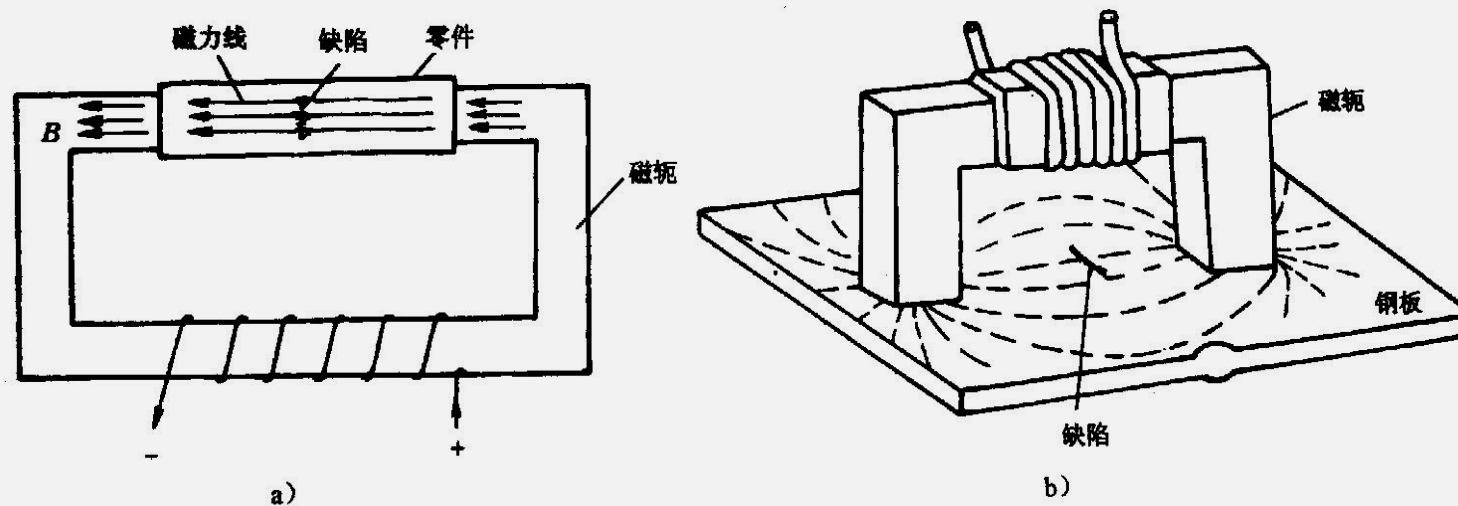


图 3-32 磁轭法

a) 固定式电磁轭 b) 便携式电磁轭

3.2 磁化与退磁

整体磁化的要求

磁极截面大于工件截面

避免工件和磁极之间的气隙

极间距大于1米时，磁化不充分

形状复杂的长工件，不宜整体磁化

局部磁化的要求

磁极间距 L : 75—200mm

3.2 磁化与退磁

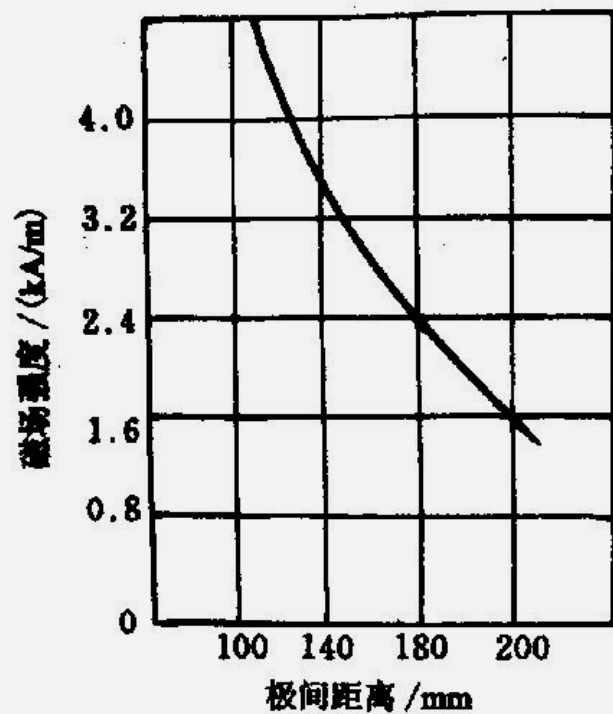
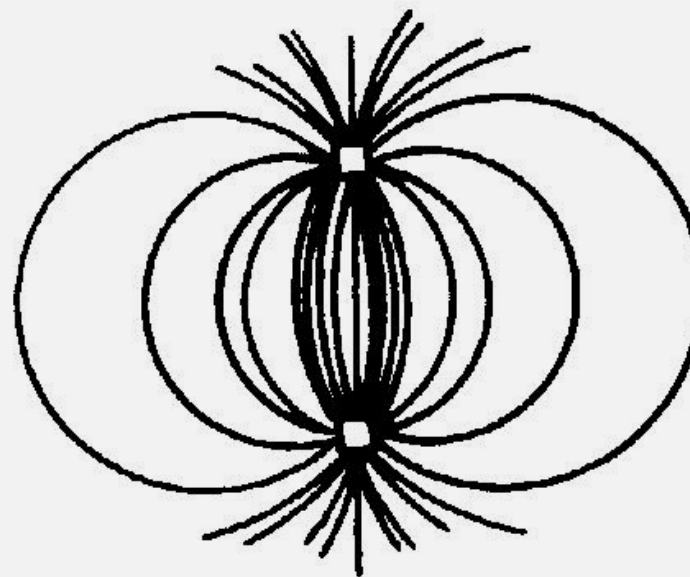
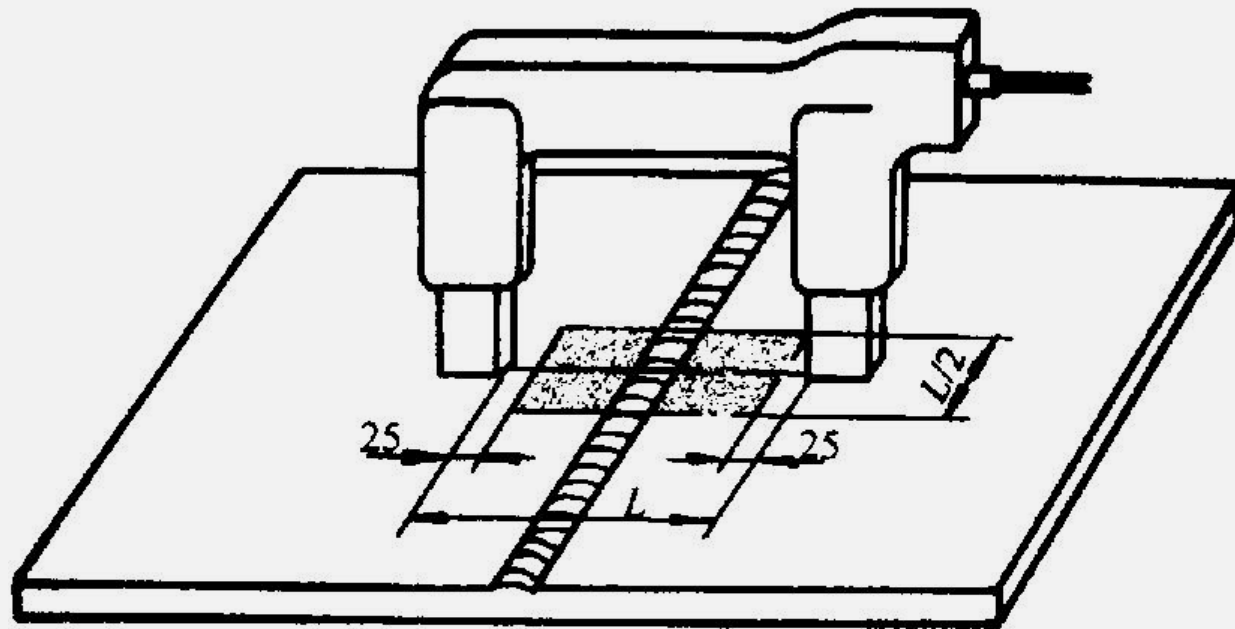


图 3-34 磁轭间距与磁场强度

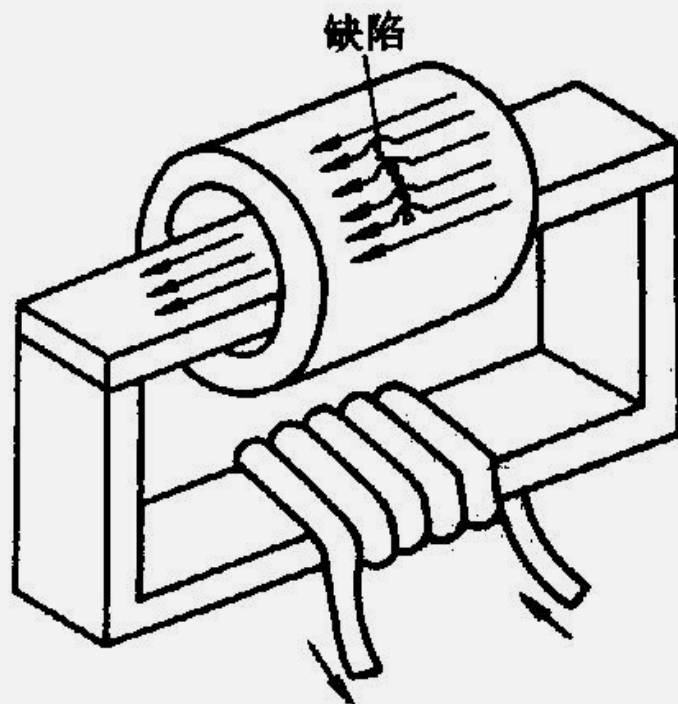


3.2 磁化与退磁



3.2 磁化与退磁

(3) 感应电流法



3.2 磁化与退磁

3.复合磁化

(1) 纵向直流磁化与周向交流磁化复合

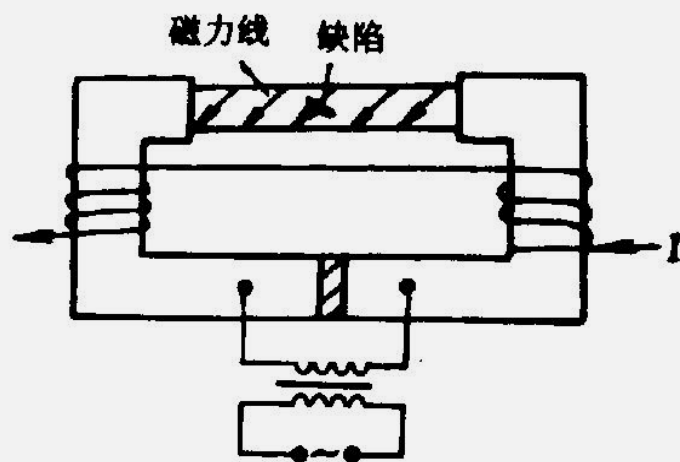


图 3-36 纵向直流磁场与周向交流磁场的复合磁化

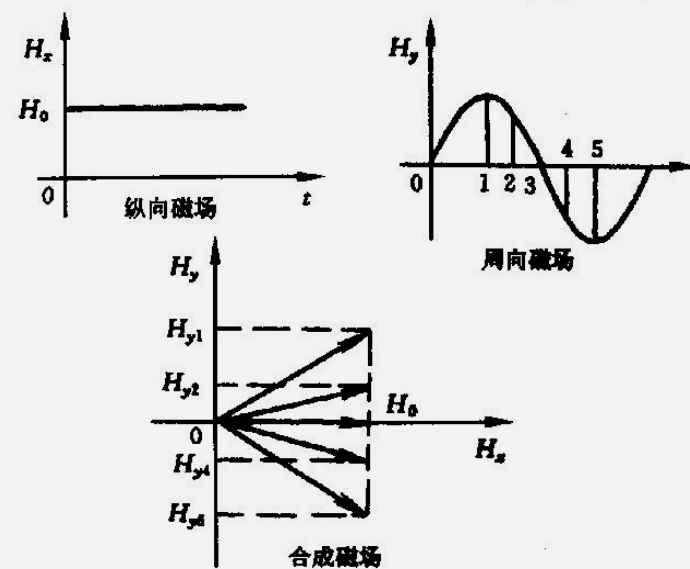
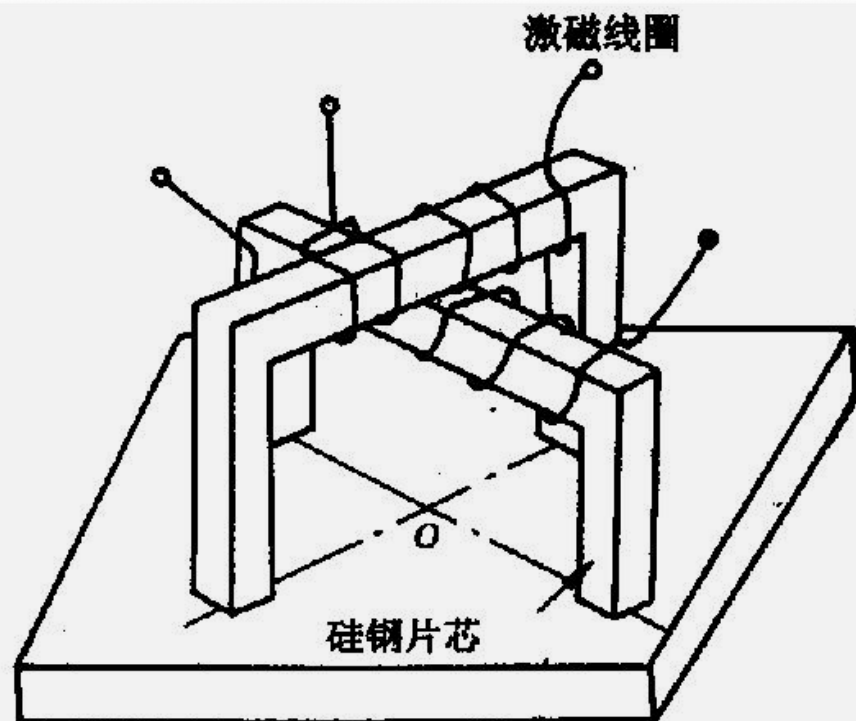


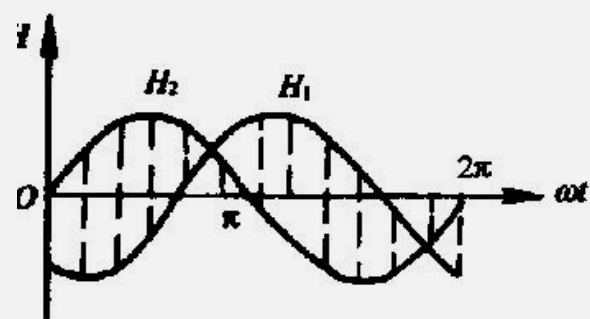
图 3-37 摆动磁场的形成

3.2 磁化与退磁

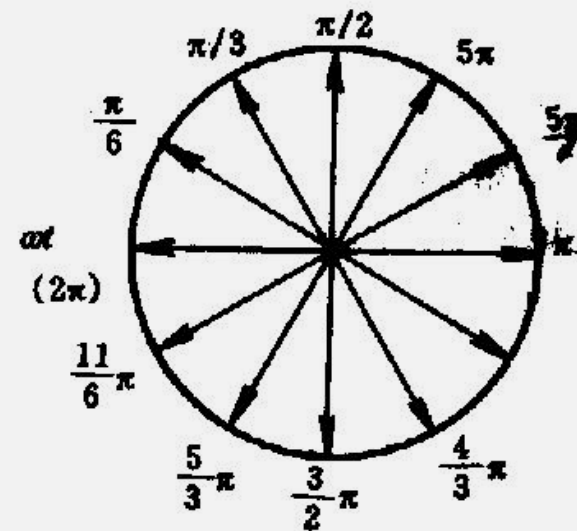
(2) 交叉磁轭复合磁化



3.2 磁化与退磁



a) 两相磁场变化曲线



b) 合成磁场的终端轨迹

图 3-39 旋转磁场形成原理

3.2 磁化与退磁

(3) 交叉线圈复合磁化

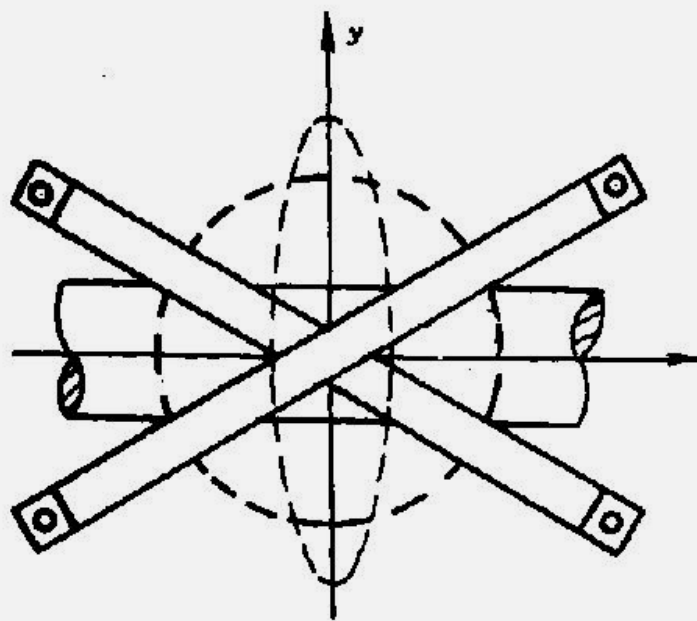


图 3-40 交叉线圈及其磁场

3.2 磁化与退磁

(4) 纵向感应磁化与周向交流磁化复合

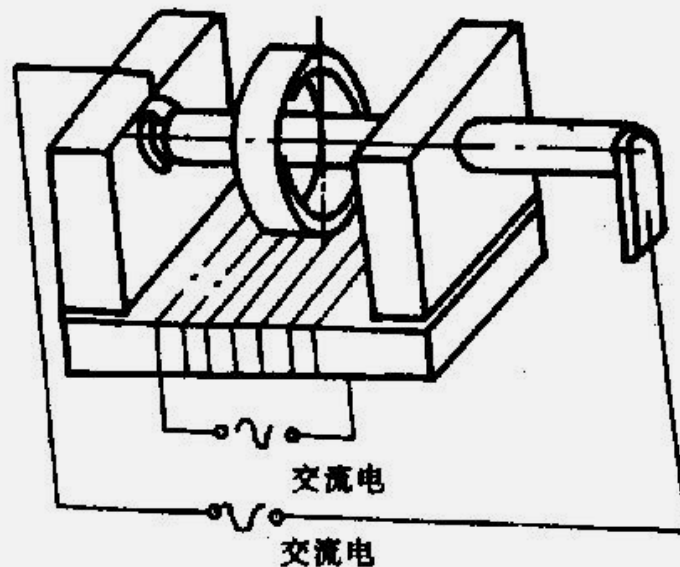
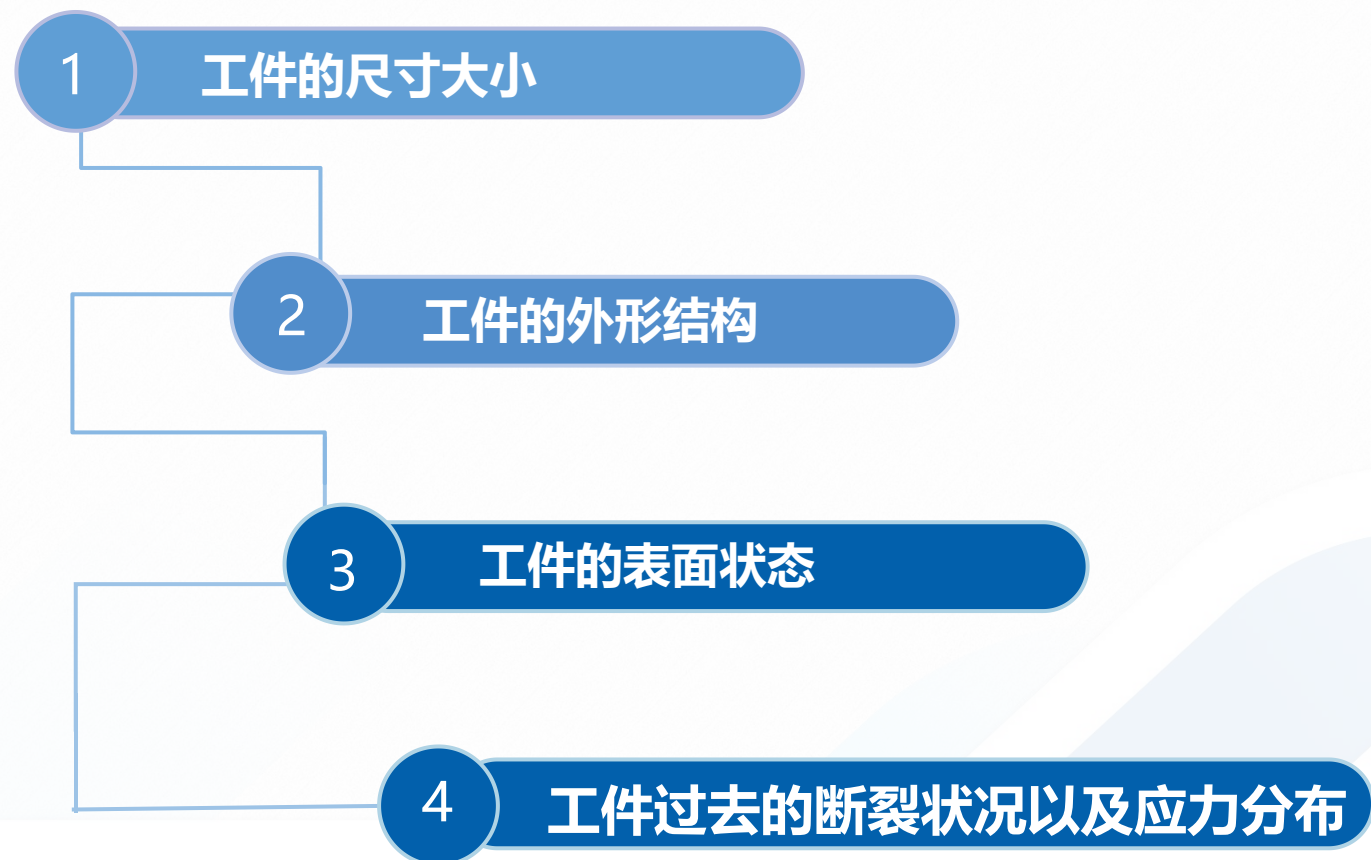


图 3-41 周向交流磁场和纵向感应磁场的复合

3.2 磁化与退磁

4. 磁化方法选择考虑因素



3.2 磁化与退磁

三、退磁

1. 剩磁的产生及影响

铁磁性材料的特性决定，剩磁大小和工件的材质、几何形状、磁化场强度、方向等因素有关。



3.2 磁化与退磁

影响

- ▶ 影响附近磁罗盘和仪表精度以及正常使用
- ▶ 吸附铁屑磁粉，影响工件后续加工表面粗糙度和刀具寿命
- ▶ 磁粉难以清除，电弧焊过程电弧吹偏
- ▶ **油路系统**：吸附铁屑磁粉，影响供油畅通
- ▶ **滚珠轴承**：吸附铁屑磁粉，造成磨损
- ▶ **电镀钢件**：电镀电流偏离，影响质量

3.2 磁化与退磁

不需退磁的情况

- ▶ 后续热处理工艺加热温度高于居里点
- ▶ 低剩磁高磁导率材料
- ▶ 剩磁不影响使用
- ▶ 工件将处于强磁场附近
- ▶ 工件将受电磁铁夹持
- ▶ 交流电两次磁化工序之间
- ▶ 直流电两次磁化，且后道工序磁化更强

3.2 磁化与退磁

2. 退磁的原理

换向衰减
同时进行

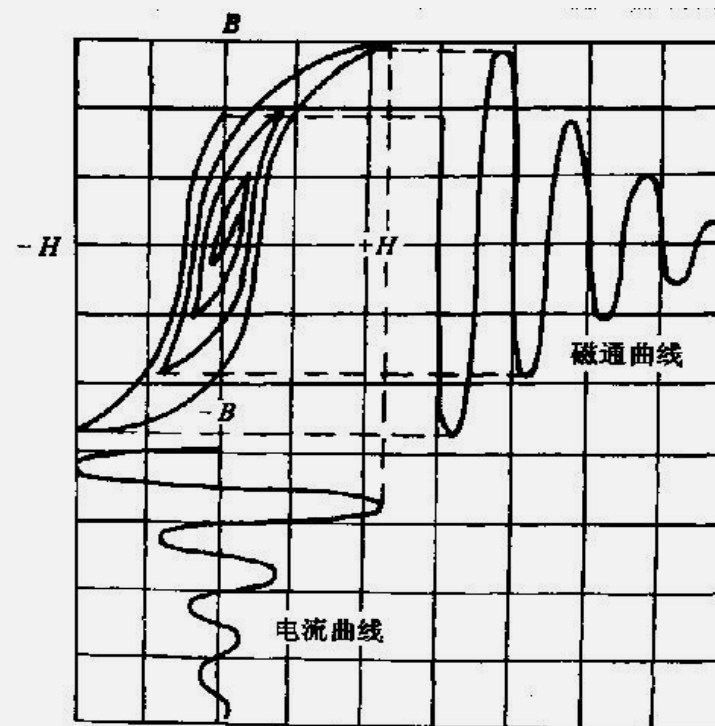


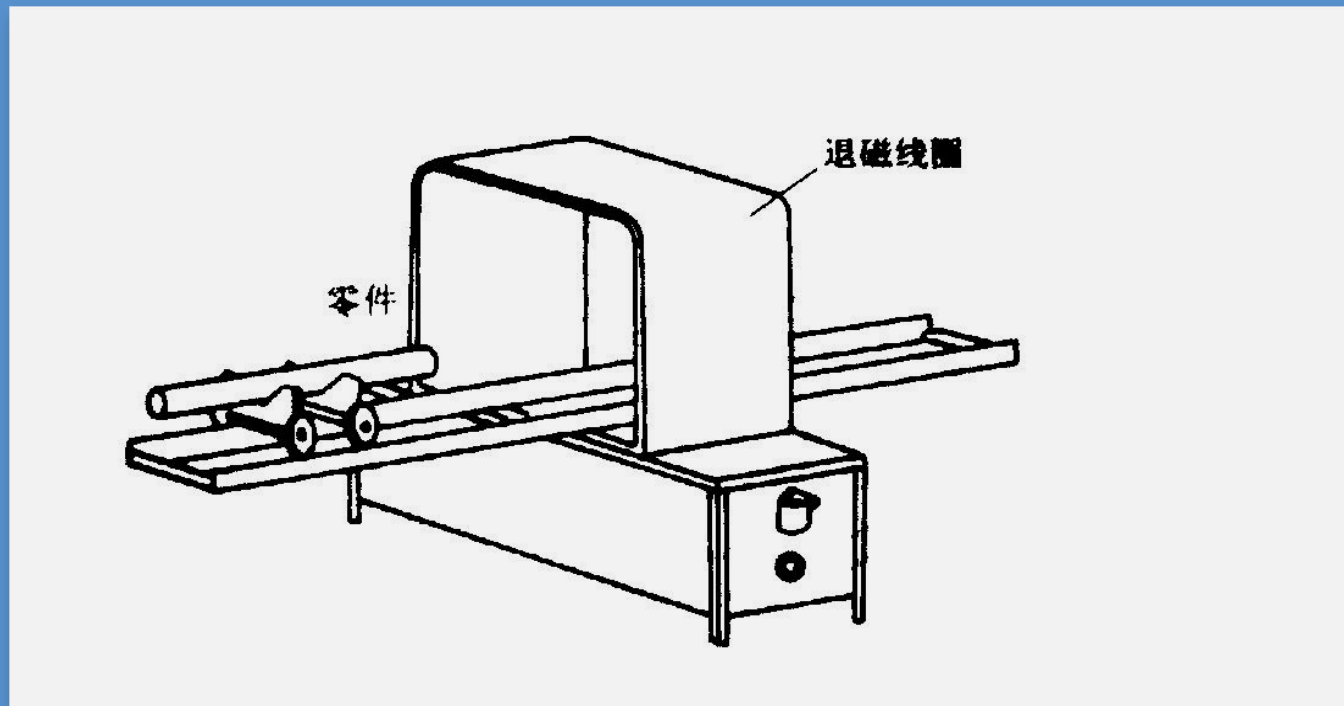
图 3-42 退磁原理

3.2 磁化与退磁

3. 退磁的方法

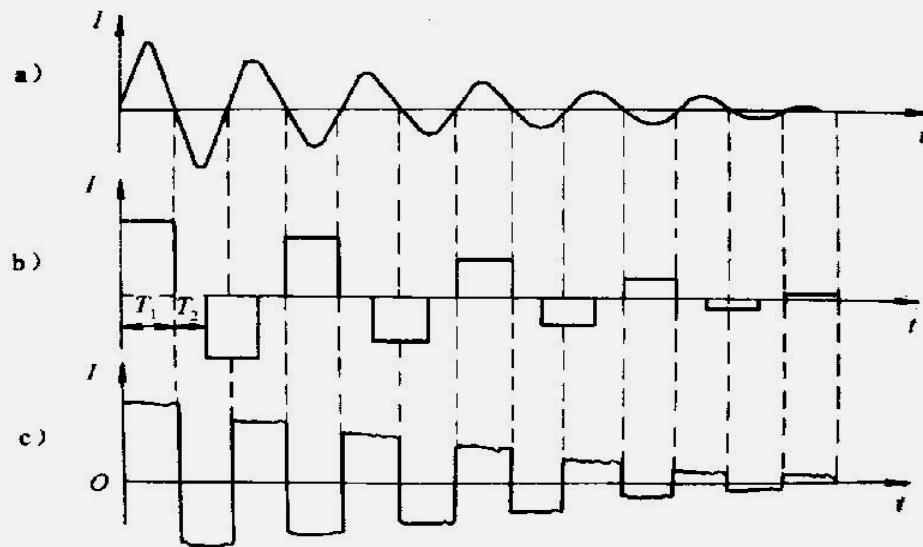
(1) 交流退磁

通过法



3.2 磁化与退磁

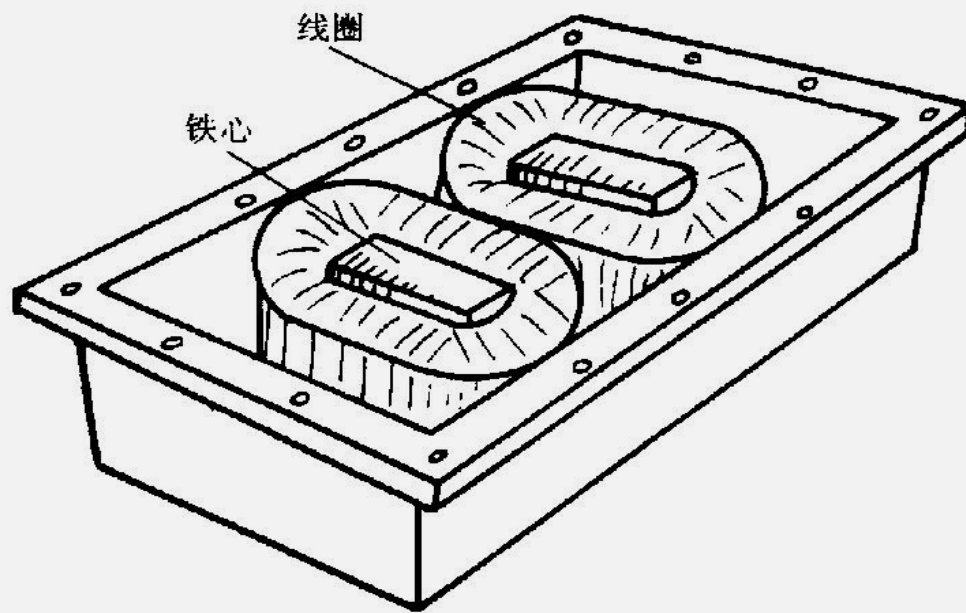
衰
减
法



退磁电流波形图

a) 交流电 b) 直流电 c) 超低频电流

3.2 磁化与退磁



扁平线圈退磁器

3.2 磁化与退磁

(2) 直流退磁

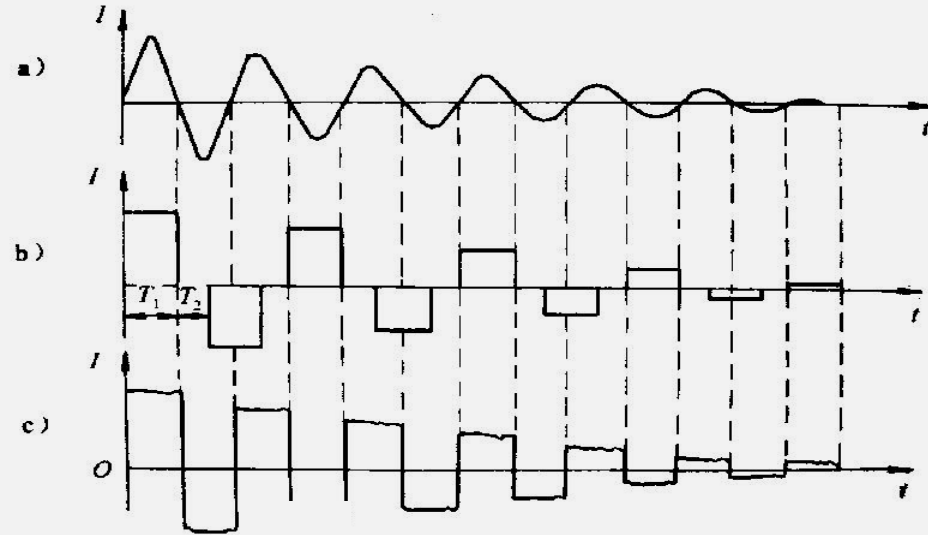


图6-4 退磁电流波形图

a) 交流电 b) 直流电 c) 超低频电流

3.2 磁化与退磁

4. 退磁的注意事项

- ▶ 退磁磁场强度应大于磁化最大磁场强度
- ▶ 周向磁化退磁：先纵向磁化再退磁
- ▶ 交流电磁化用交流电退磁，直流电磁化用直流电退磁，直流退磁后再进行一次交流退磁效果更好
- ▶ 通过法退磁：工件与线圈轴平行，短工件接长退磁，不能用铁磁性盘摆放工件退磁，环形或复杂工件应旋转通过；
- ▶ 退磁机与工件东西放置，与地磁场垂直可有效退磁
- ▶ 已退磁工件远离退磁机和磁化装置

3.2 磁化与退磁

5. 剩磁的检测



3.3 磁化规范

磁化规范

工件在磁化时选择磁化电流应遵循的规则

考虑因素

工件、检测要求、磁化方法、设备

来源

实际应用、实际研究的总结

范围

宽

磁化电流

以峰值表示

3.3 磁化规范

一、磁化规范制定方法

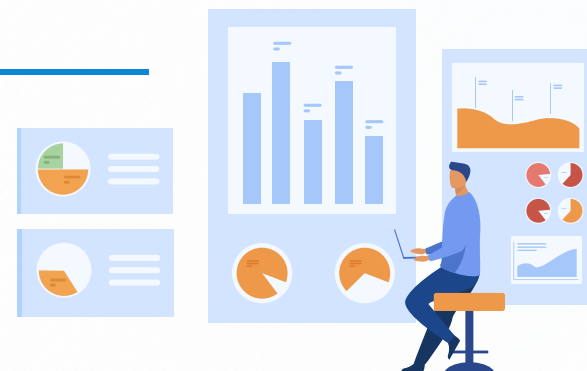
1. 经验数值法

01

工件表面磁场值

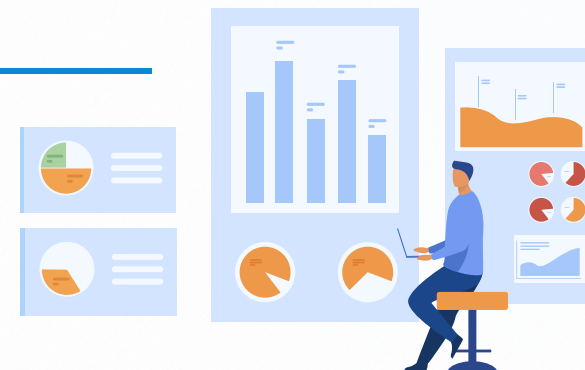
工件表面磁化强度达到一定数值，就可以满足检测条件要求

	标准规范	严格规范
连续法	2.4kA/m	4.8kA/m
剩磁法	8.0kA/m	14.4kA/m



3.3 磁化规范

$$H = \frac{I}{\pi D} \quad I = H\pi D$$



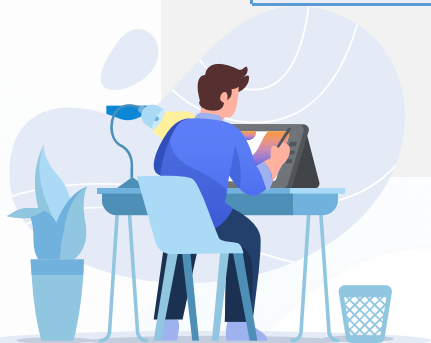
	标准规范	严格规范
连续法	$I=8D$	$I=15D$
剩磁法	$I=25D$	$I=45D$

其中：

电流I单位：A

直径D单位：mm

非圆工件：D=周长/ π



3.3 磁化规范

02

工件内的磁感应强度

工件内磁感应强度达到一定数值，就可以满足检测条件要求，具体要求可选下列二者之一：

- 1 | 工件内磁感应强度达到0.8T
- 2 | 工件内磁感应强度达到饱和磁感应的80%



3.3 磁化规范

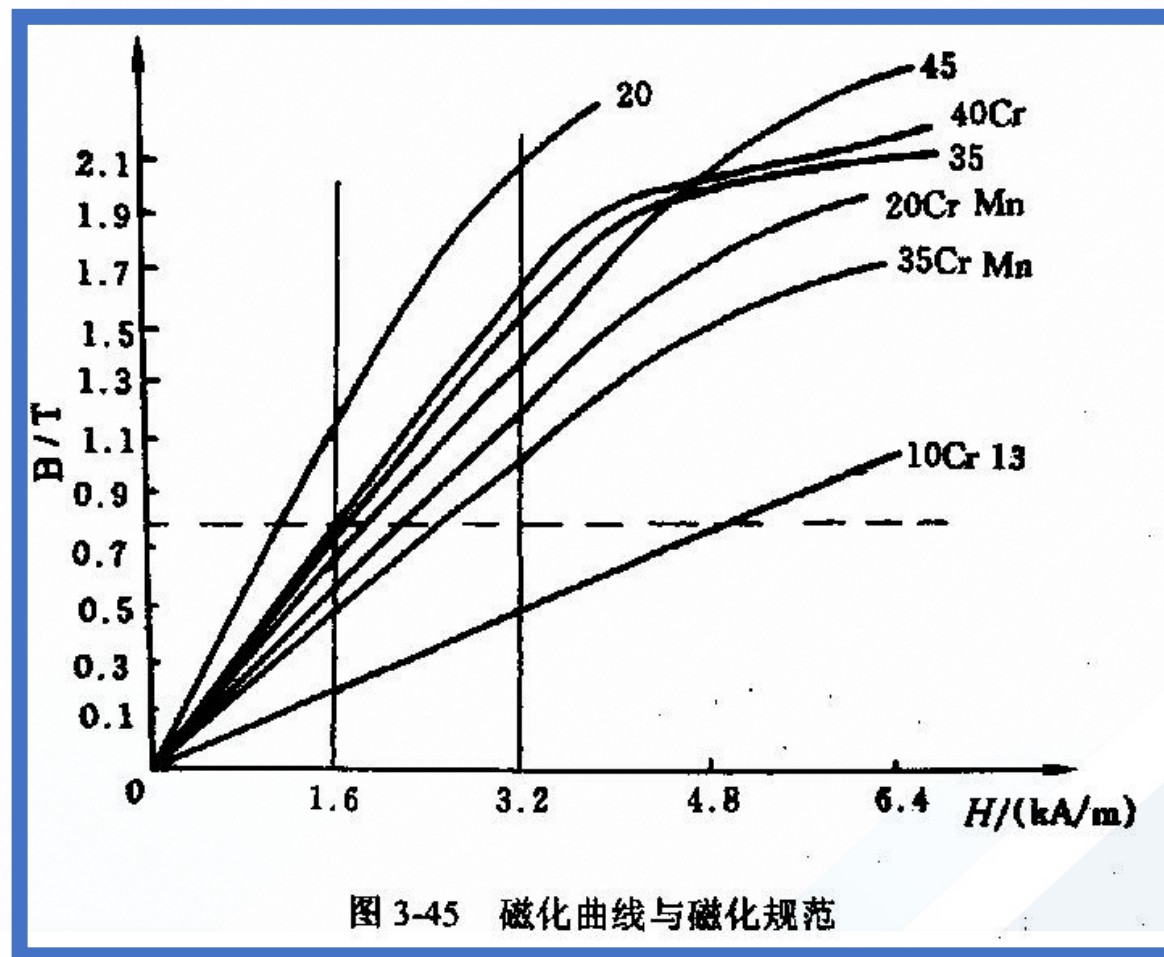


图 3-45 磁化曲线与磁化规范



3.3 磁化规范

	磁场范围
连续法	1.6--4.8kA/m
剩磁法	6.4--9.6kA/m

科学、合理

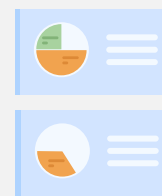
难以得到所有材料的磁化曲线

《常用钢材磁特性曲线速查手册》



2. 标准试片法

用于复杂形状工件



3.3 磁化规范

3. 磁特性曲线法

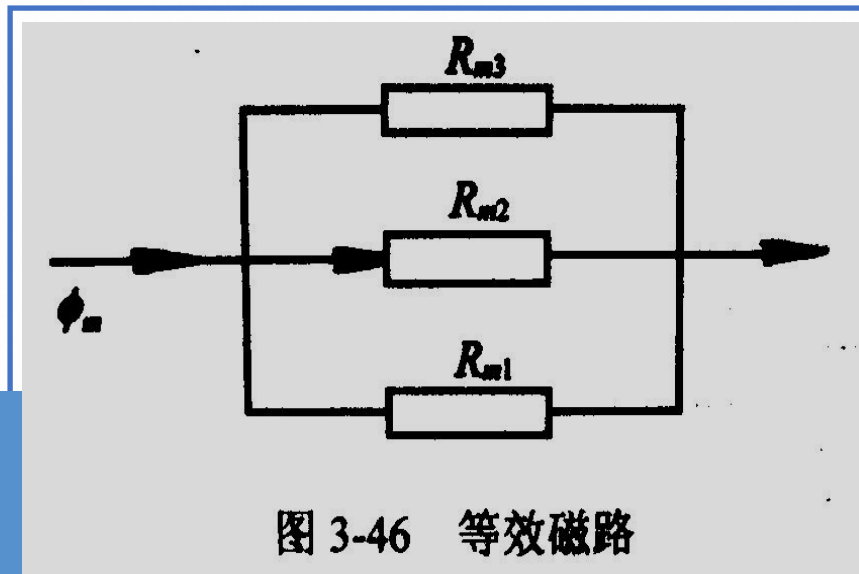
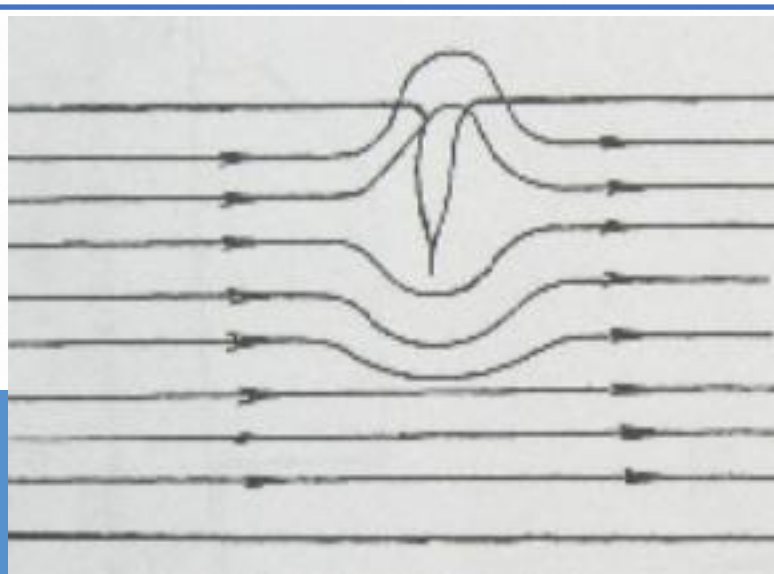
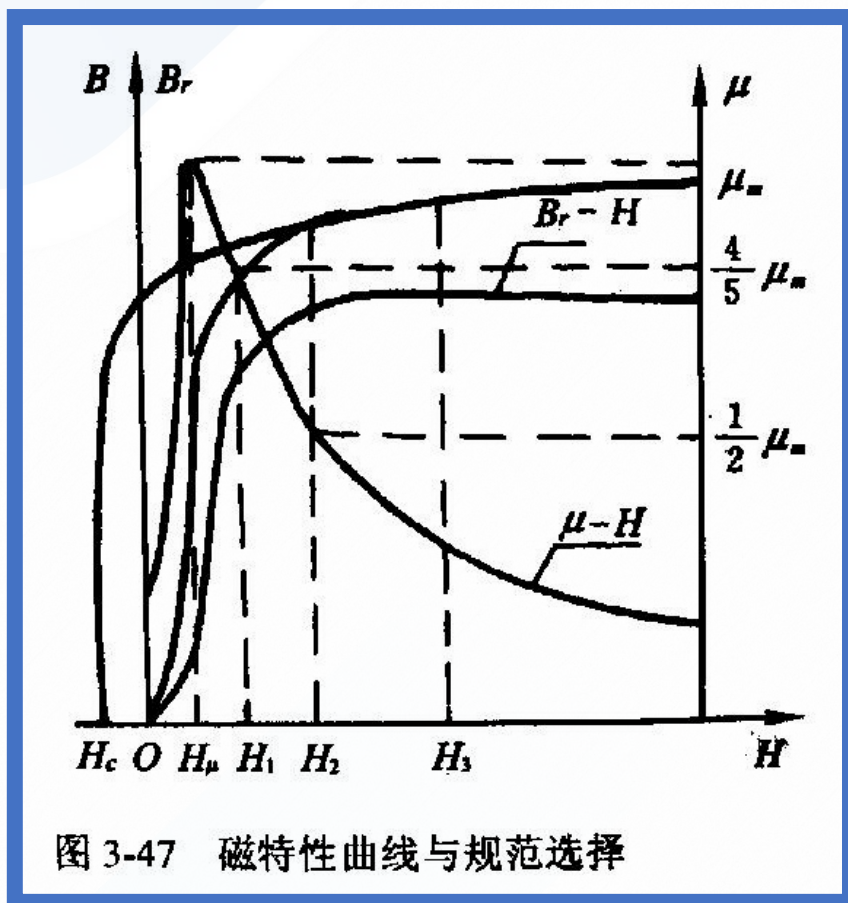


图 3-46 等效磁路

$$R_{m1} = \frac{l}{\mu S}$$

3.3 磁化规范



- I: 初始磁化区
- II: 激烈磁化区
- III: 近饱和区
- IV: 基本饱和区
- V: 饱和区

3.3 磁化规范

	标准规范	严格规范
连续法	激烈磁化区 (II)	近饱和区 (III)
剩磁法	基本饱和区 (IV)	饱和区 (V)

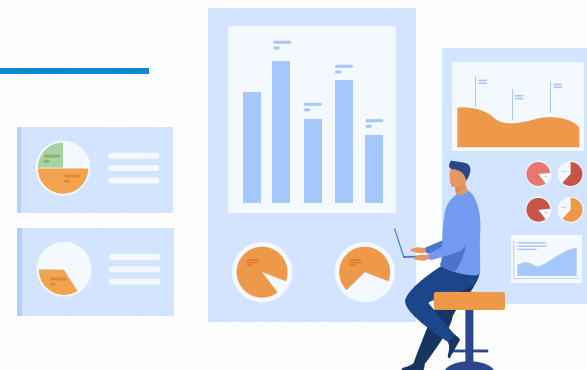


3.3 磁化规范

二、周向磁化规范

1. 直接通电法

磁化规范		
连续法	高磁导率材料 开口缺陷	低磁导率材料或 夹杂类非开口缺陷
	$I = (12 \sim 20) D$	$I = (20 \sim 32) D$
剩磁法	$I = (25 \sim 45) D$	



3.3 磁化规范

2. 中心导体法

磁化规范同直接通电法

偏心放置:

$$D' = D + 2t$$

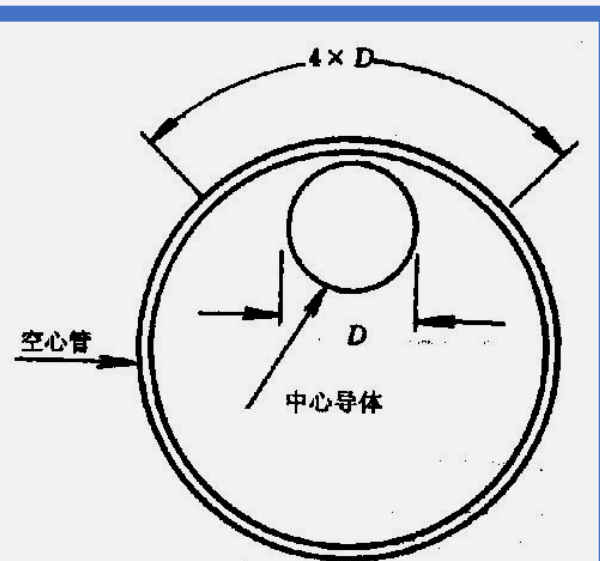
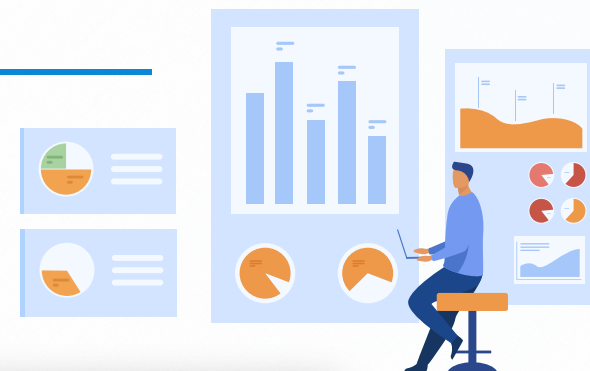
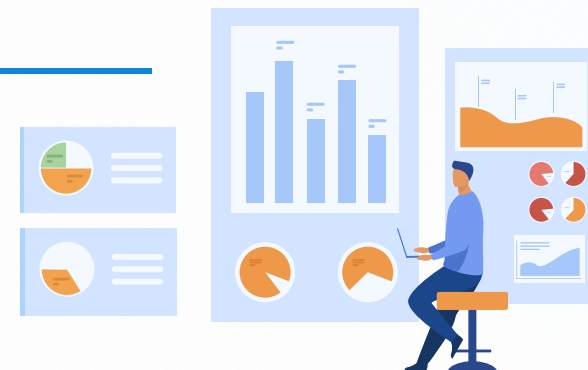


图 3-44 偏置中心导体法



3.3 磁化规范

3. 支杆法



支杆间距 L/mm	板厚 T/mm	磁化电流 I/A
150~200	$T < 19$	$I = (3.5 \sim 4.5) L$
	$T \geq 19$	$I = (4.0 \sim 5.0) L$

3.3 磁化规范

三、纵向磁化规范



$$\gamma = \frac{\text{线圈横截面积}}{\text{工件横截面积}}$$

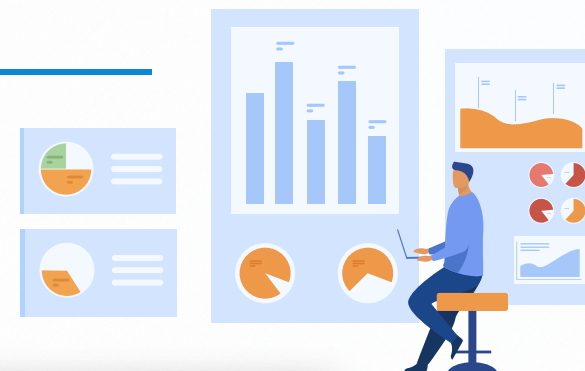
低充填: $\gamma \geq 10$

高充填: $\gamma < 2$

中充填: $2 \leq \gamma < 10$

3.3 磁化规范

1. 低充填 ($\gamma \geq 10$) 线圈连续法纵向磁化



01

偏心放置

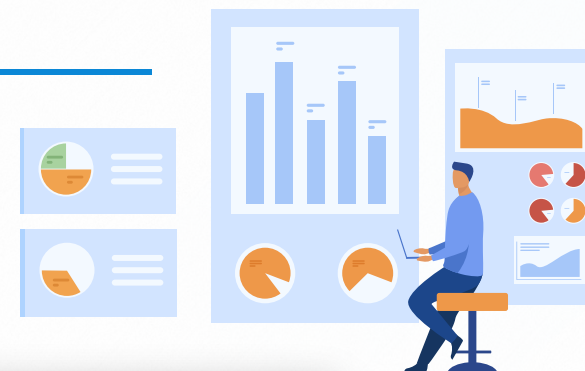
$$IN = \frac{45000}{\frac{L}{D}} \quad (\pm 10 \%)$$

IN: 线圈的安匝数

L/D: 工件的长径比

3.3 磁化规范

02 同心放置



$$IN = \frac{1690 R}{\left(\frac{6L}{D}\right) - 5} \quad (\pm 10 \%)$$

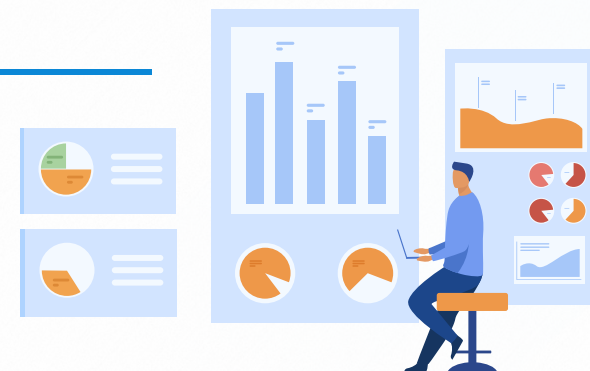
IN: 线圈的安匝数

L/D: 工件的长径比

R: 线圈的半径 (mm)

3.3 磁化规范

2.高充填 ($\gamma < 2$) 或电缆缠绕法线圈连续法

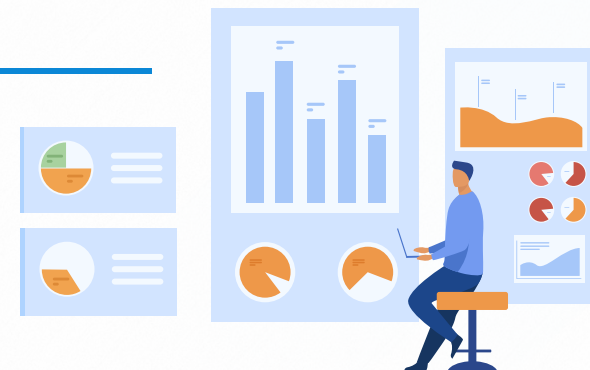


$$IN = \frac{35000}{\left(\frac{L}{D}\right) + 2} \quad (\pm 10\%)$$



3.3 磁化规范

3.中充填 ($2 \leq \gamma < 10$) 线圈连续法



$$IN = (IN)_h \frac{10 - \gamma}{8} + (IN)_e \frac{\gamma - 2}{8}$$

被检工件为空心时:

$$D_{eff} = 2 \left[(A_t - A_h) \times \frac{1}{\pi} \right]^{\frac{1}{2}}$$

3.3 磁化规范

4. 剩磁法 线圈纵向磁化

	空载线圈中心磁场强度
$L/D > 10$	12kA/m
$L/D: 5 \sim 10$	16kA/m
$L/D: 2 \sim 5$	24kA/m
圆盘类工件	36kA/m

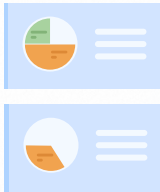
3.4 磁粉检测设备、器材与材料

一、磁粉检测设备种类及特点

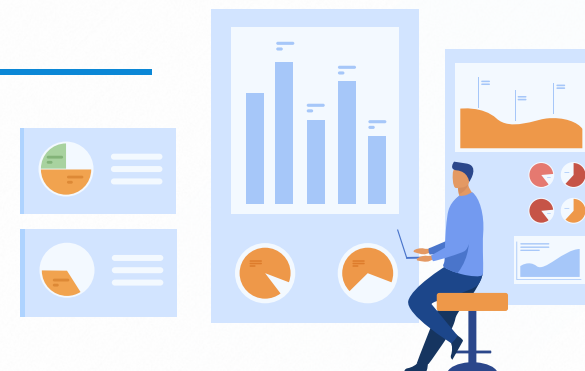
- 1 | 固定式磁粉探伤机
- 2 | 移动式磁粉探伤机
- 3 | 便携式磁粉探伤仪

3.4 磁粉检测设备、器材与材料

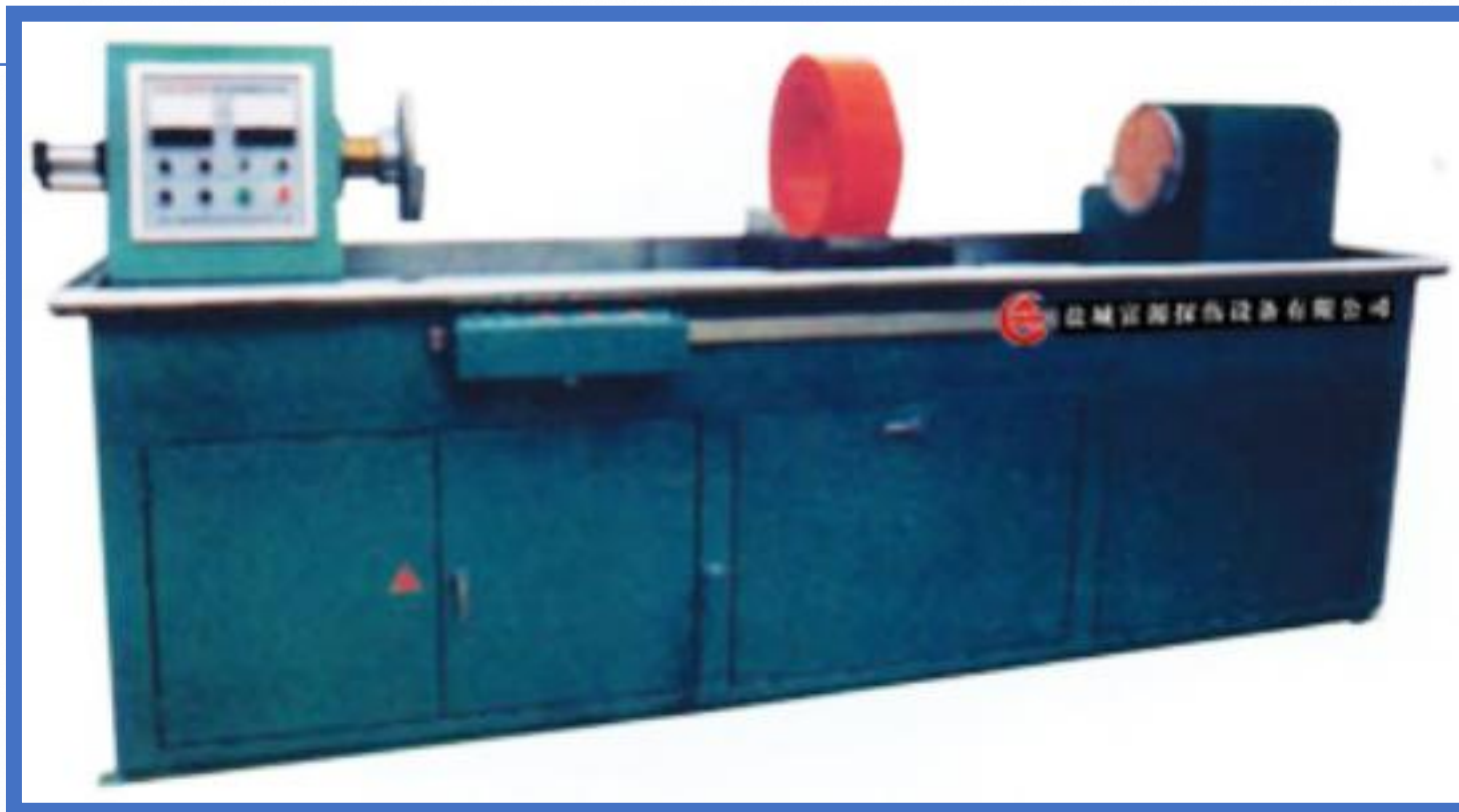
第 1 个 字母	第 2 个 字母	第 3 个 字母	第 4 个 字母	代表含义
C				磁粉探伤机
	J			交流
	D			多功能
	E			交直流
	Z			直流
	X			旋转磁场
	B			半波脉冲直流
	Q			全波脉冲直流
		X		携带式
		D		移动式
		W		固定式
		E		磁轭式
		G		荧光磁粉探伤
		Q		超低频退磁
			1000	周向磁化电流 1000A



3.4 磁粉检测设备、器材与材料

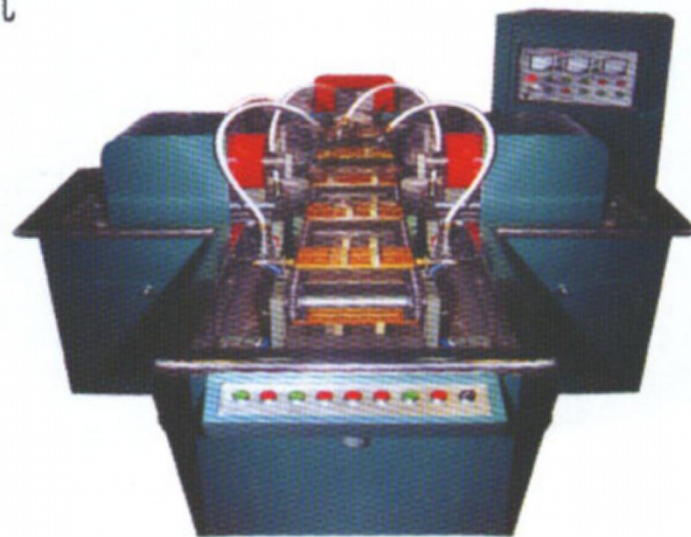


3.4 磁粉检测设备、器材与材料

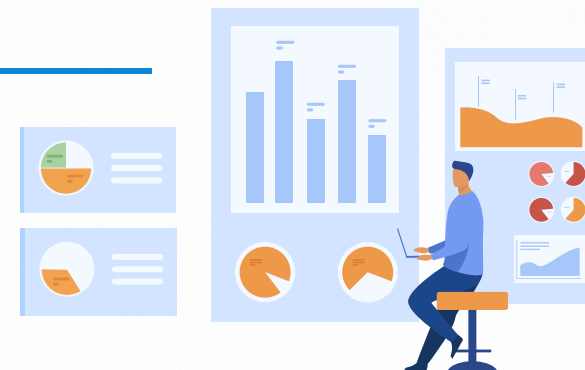


3.4 磁粉检测设备、器材与材料

CEW-2000型连杆流水式半自动荧光磁粉探伤机



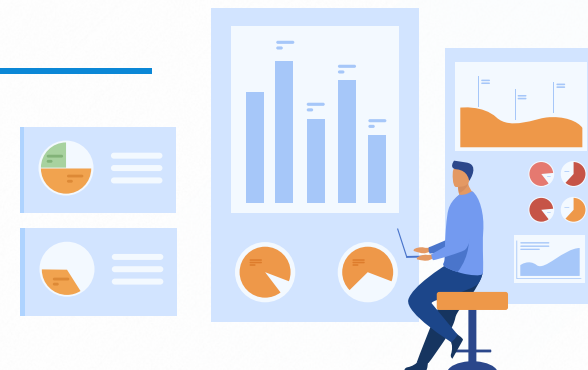
采用链式输送线，实现连杆的自动到位磁化，工件自动进入观察后，可实现零件的逐一观察，输送带退磁机实现自动退磁，PC机控制，适合连杆的大批检测。



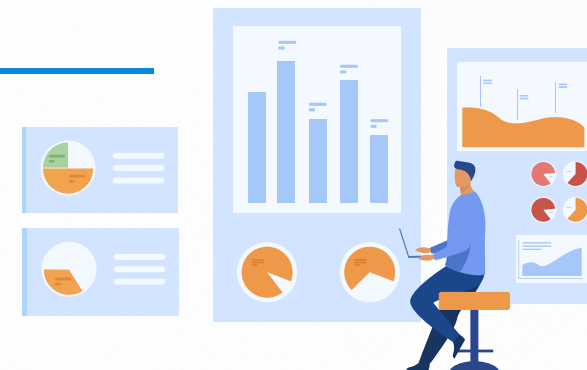
3.4 磁粉检测设备、器材与材料



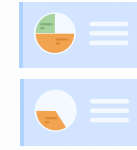
CXG-6000型荧光磁粉探伤机



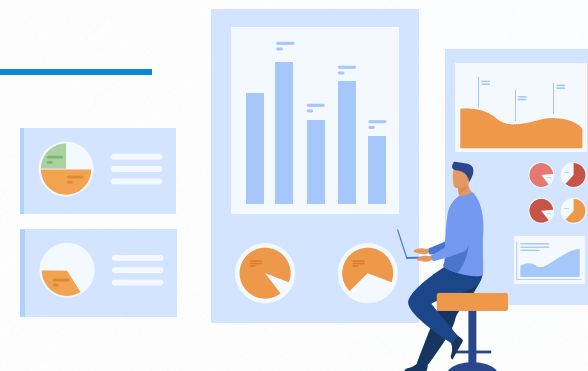
3.4 磁粉检测设备、器材与材料



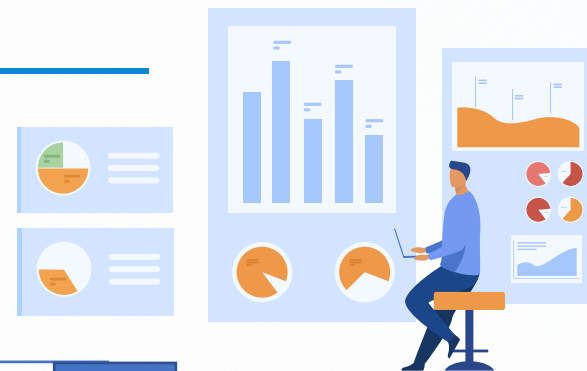
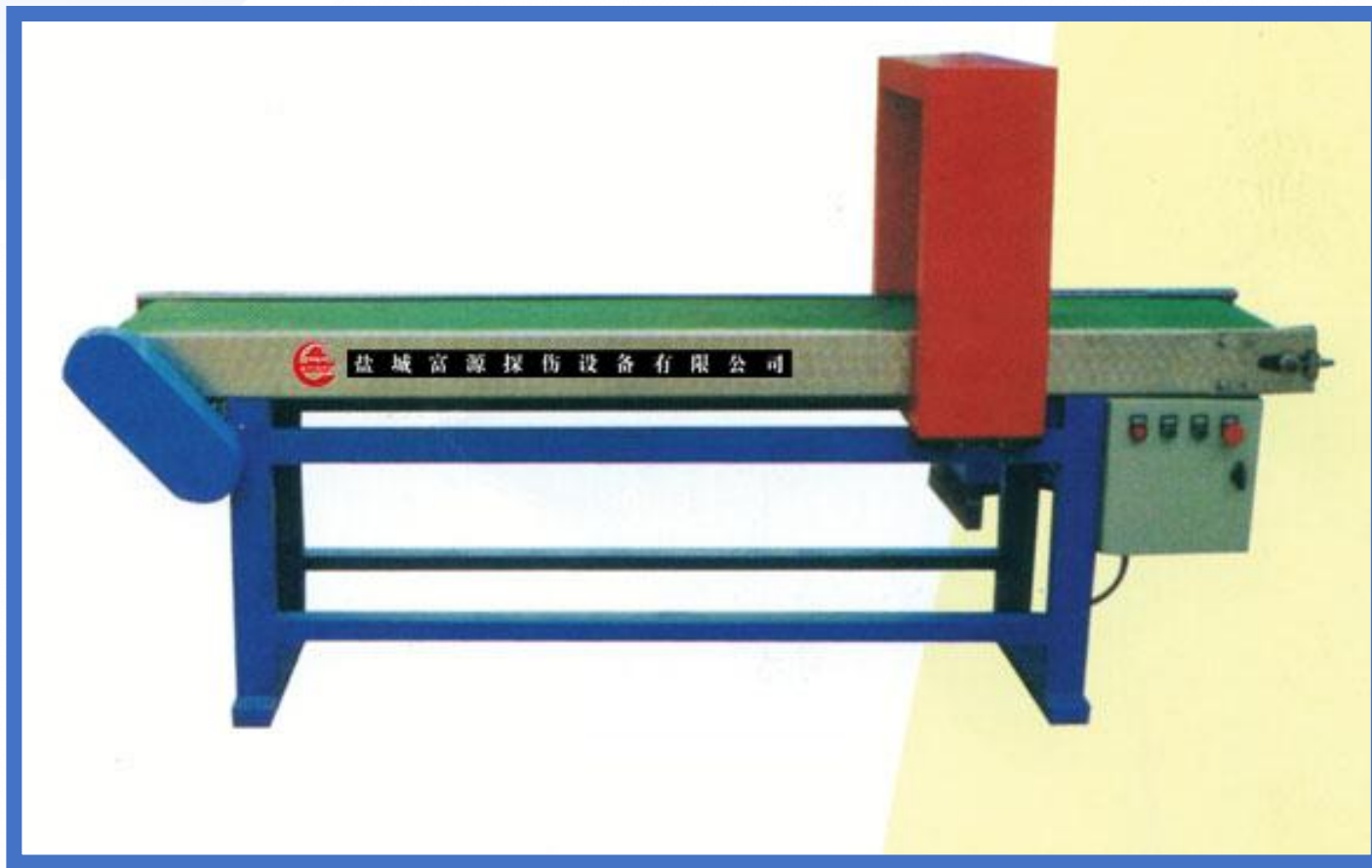
3.4 磁粉检测设备、器材与材料



3.4 磁粉检测设备、器材与材料



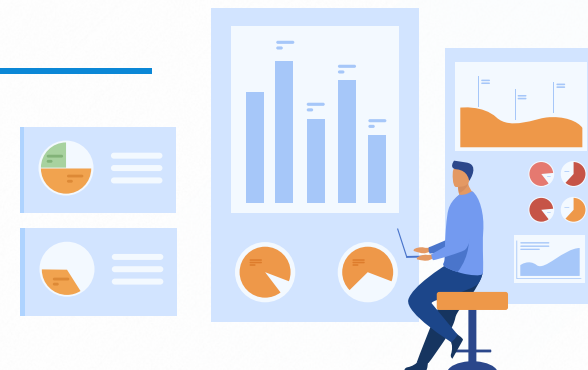
3.4 磁粉检测设备、器材与材料



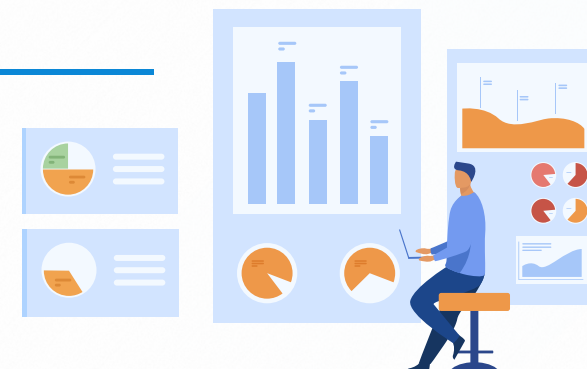
3.4 磁粉检测设备、器材与材料



A、D、E、O 四种探头



3.4 磁粉检测设备、器材与材料



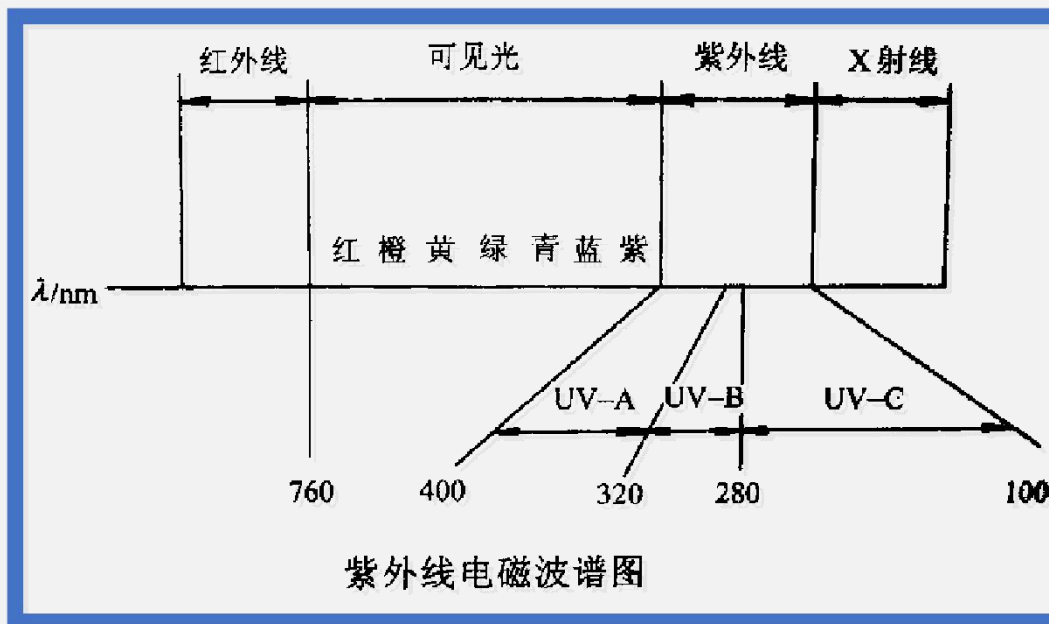
3.4 磁粉检测设备、器材与材料

二、磁粉检测辅助器材

1.光源

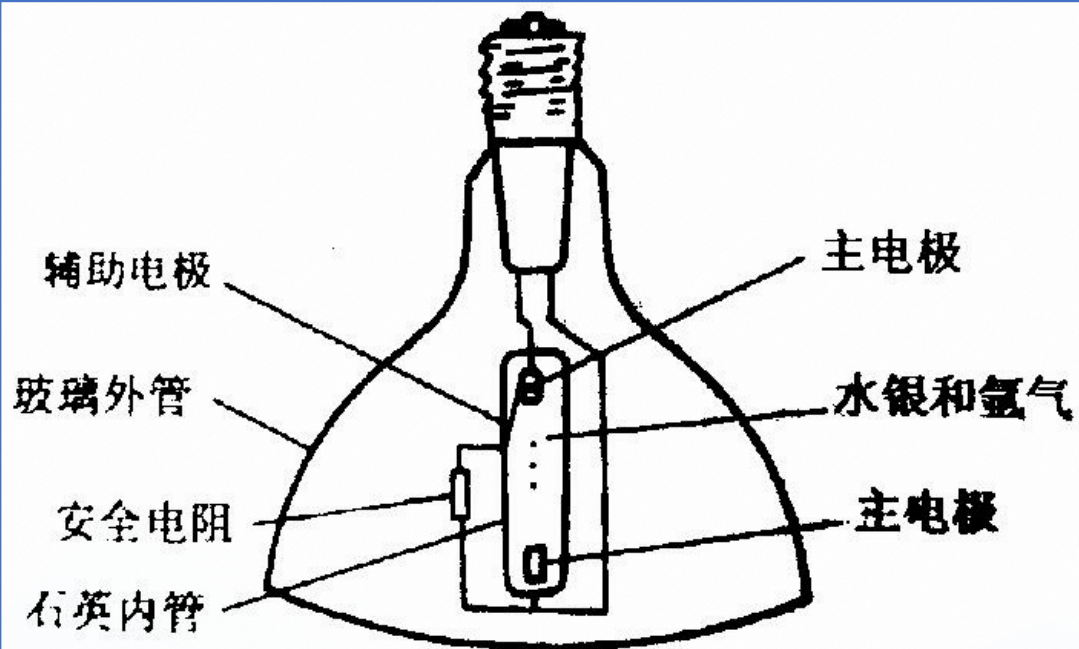
(1) 可见光

(2) 紫外光

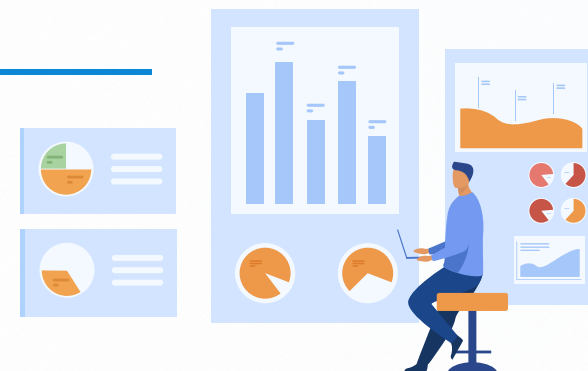


3.4 磁粉检测设备、器材与材料

(3) 黑光灯



黑光灯结构图



3.4 磁粉检测设备、器材与材料



紫外光源、紫外照度计

3.4 磁粉检测设备、器材与材料

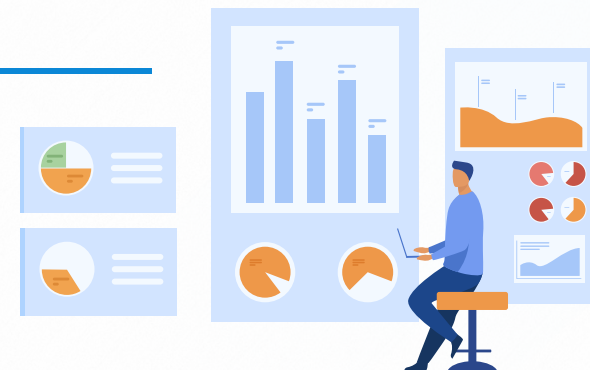
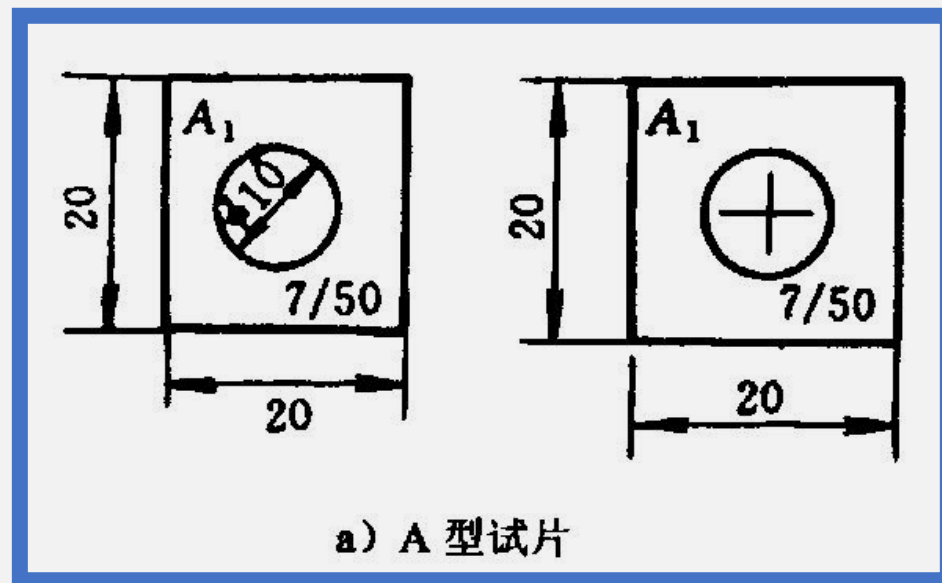
2. 磁场测量仪表



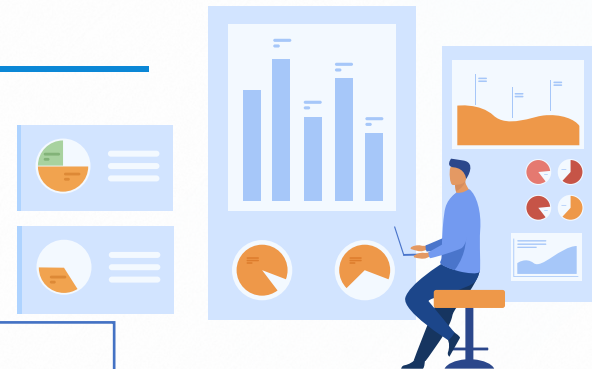
3.4 磁粉检测设备、器材与材料

三、磁粉检测标准试片

1.A型标准试片



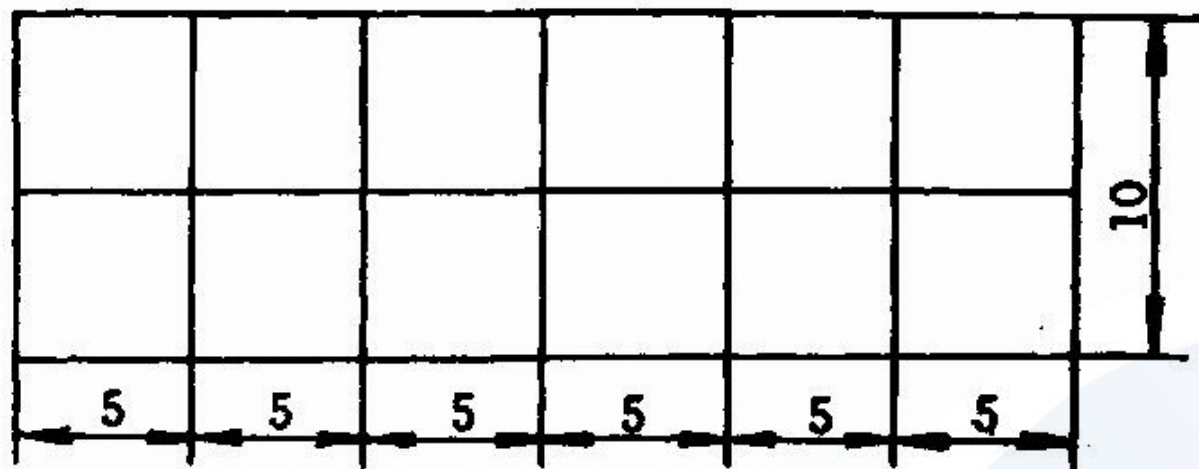
3.4 磁粉检测设备、器材与材料



型号	相对槽深/ μm	灵敏度	材料
A-15/100	(15/100) ± 4	高	退火电磁软铁
A-30/100	(30/100) ± 8	中	
A-60/100	(60/100) ± 15	低	

3.4 磁粉检测设备、器材与材料

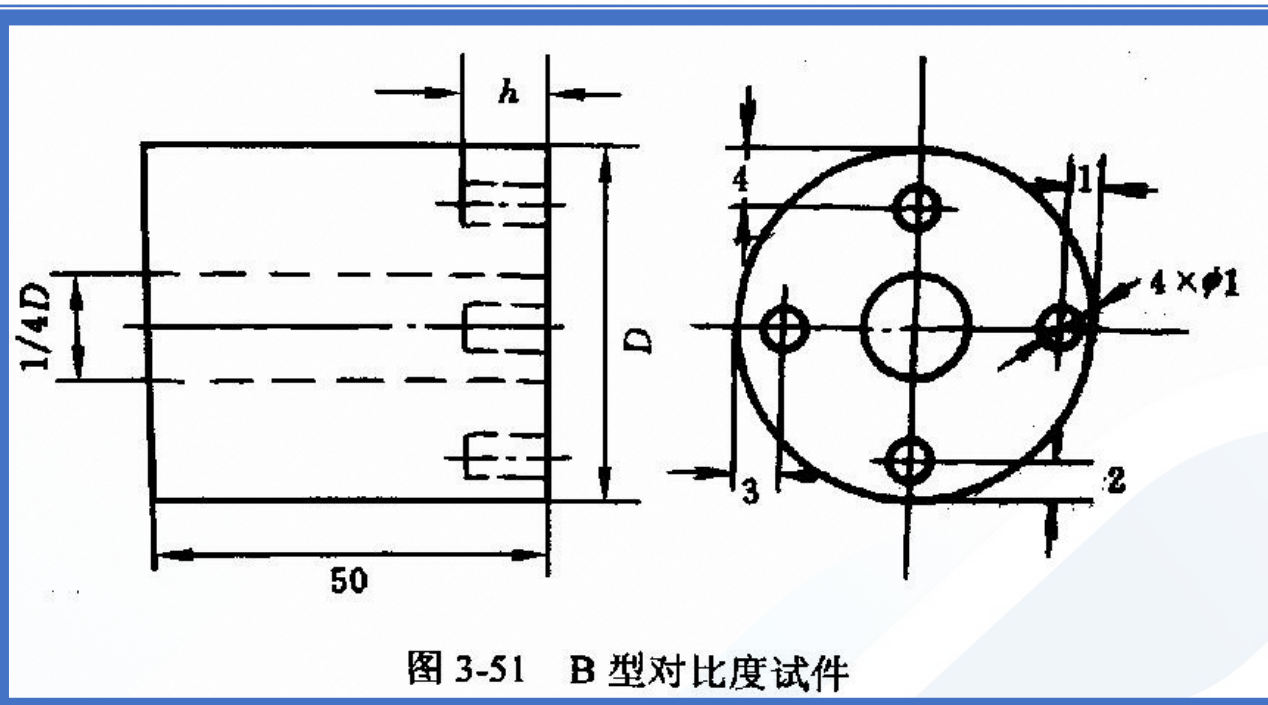
2.C型标准试片



b) C 型试片

3.4 磁粉检测设备、器材与材料

3.B型标准试片



3.4 磁粉检测设备、器材与材料

4. 直流环形标准试片

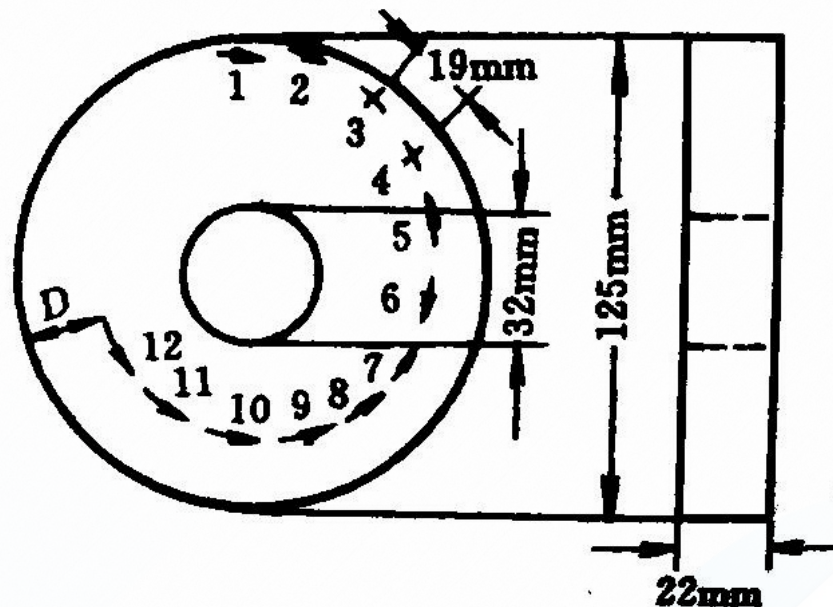
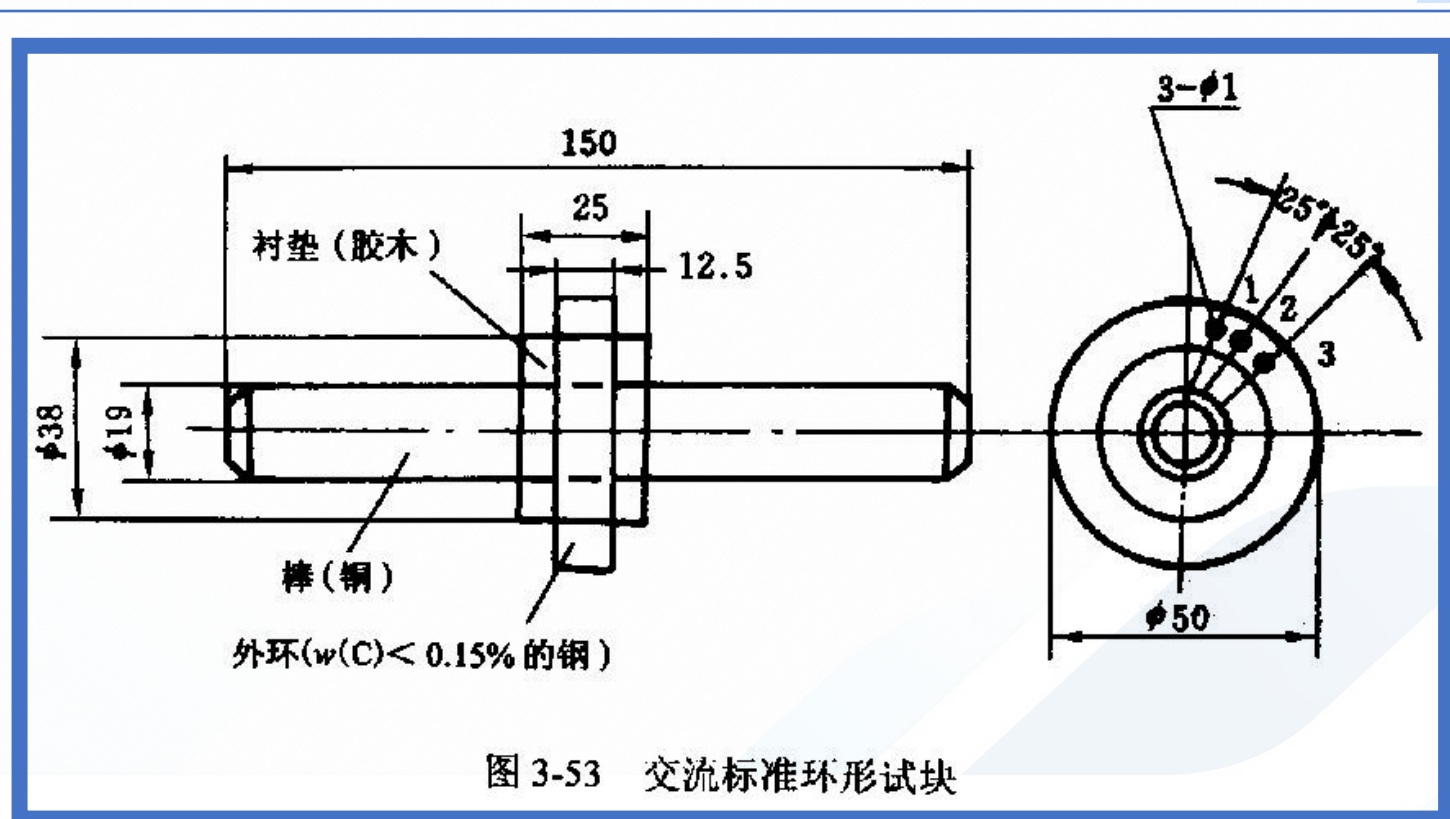


图 3-52 直流标准环形试块

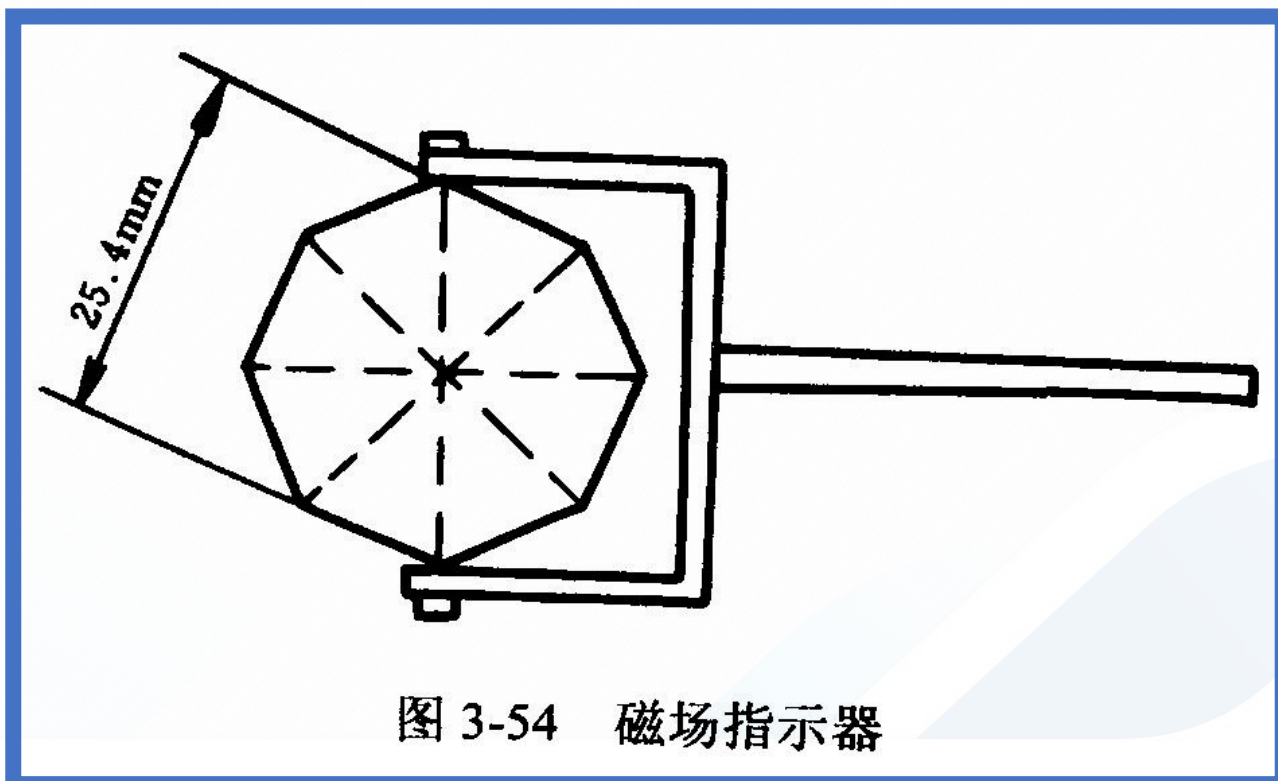
3.4 磁粉检测设备、器材与材料

5. 交流环形标准试片



3.4 磁粉检测设备、器材与材料

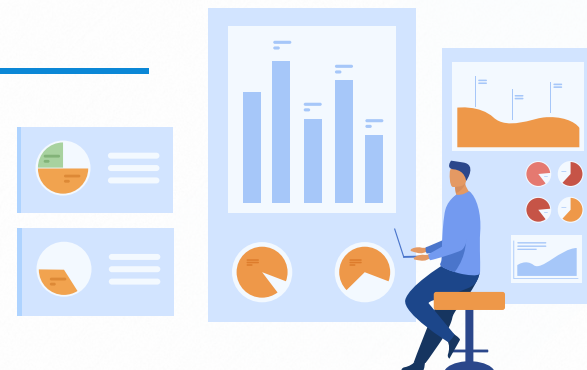
6. 磁场指示器



3.4 磁粉检测设备、器材与材料

四、磁粉和磁悬液

1. 磁粉分类



根据磁痕显示光源分类：

非荧光磁粉

荧光磁粉

根据分散剂分类：

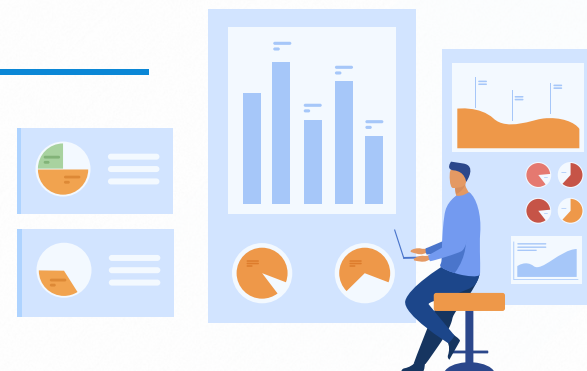
干式磁粉

湿式磁粉

3.4 磁粉检测设备、器材与材料

2. 磁粉性能

- (1) 磁性
- (2) 粒度
- (3) 形状
- (4) 密度
- (5) 流动性
- (6) 识别度



3.4 磁粉检测设备、器材与材料

3.磁悬液

1 | 分散剂

2 | 浓度

3 | 配制

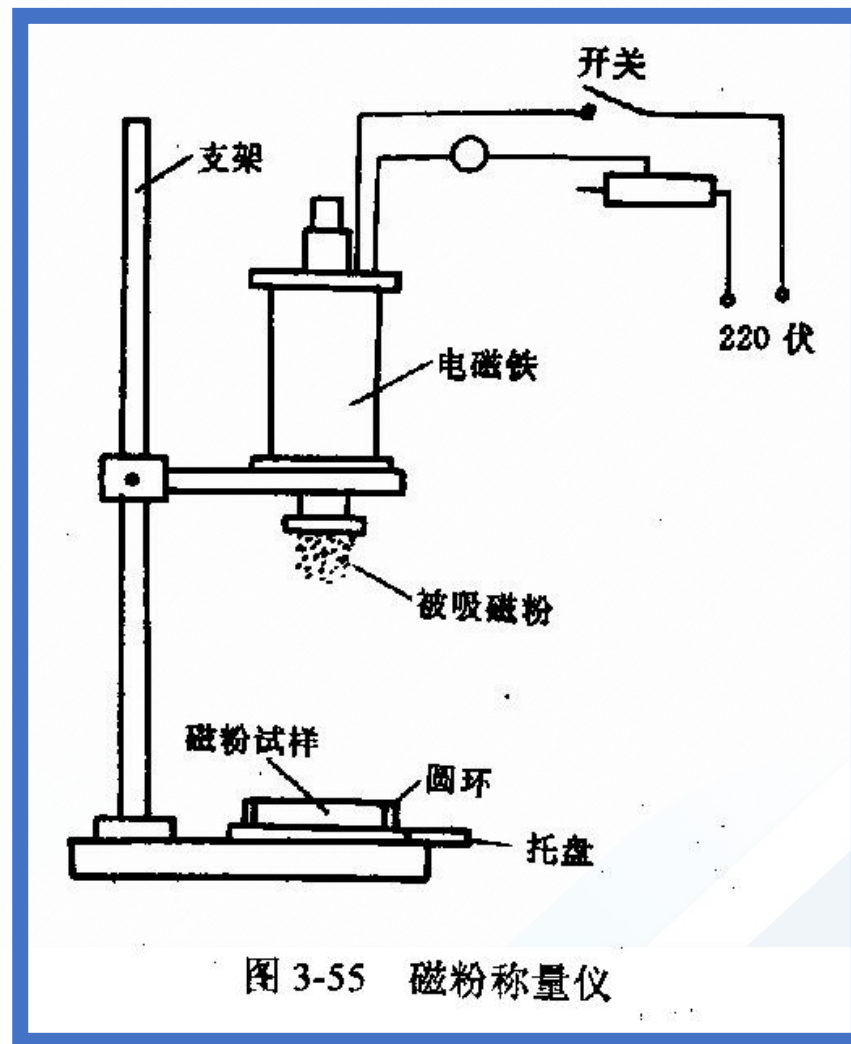


3.4 磁粉检测设备、器材与材料

4.性能测试

01

磁粉磁性



3.4 磁粉检测设备、器材与材料

02 磁粉磁性

03 磁悬液浓度

04 磁悬液磁性粉末含量

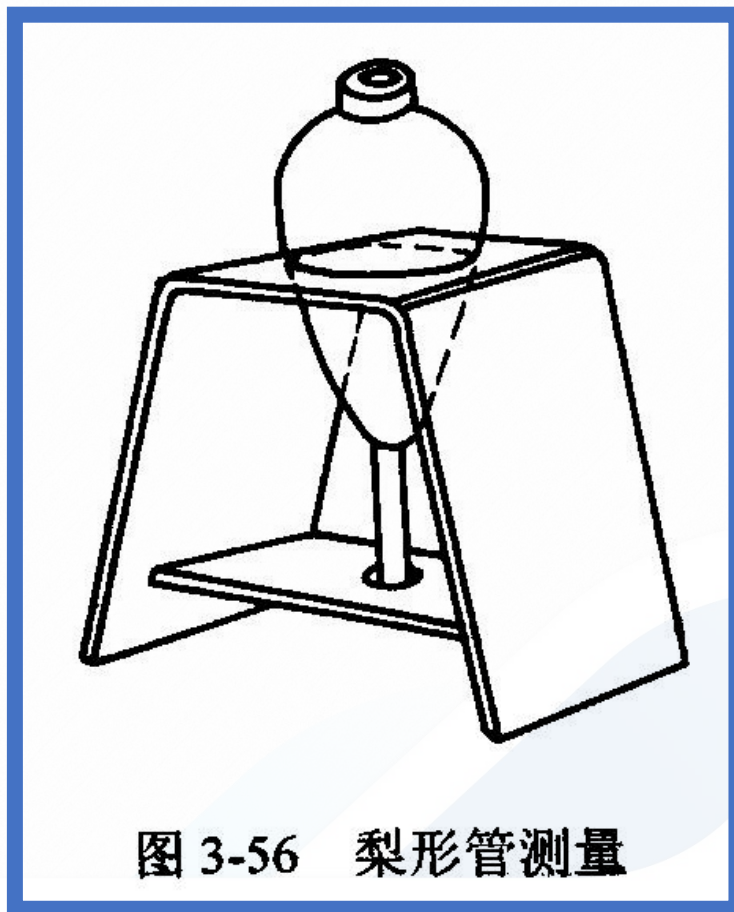


图 3-56 梨形管测量

3.4 磁粉检测设备、器材与材料

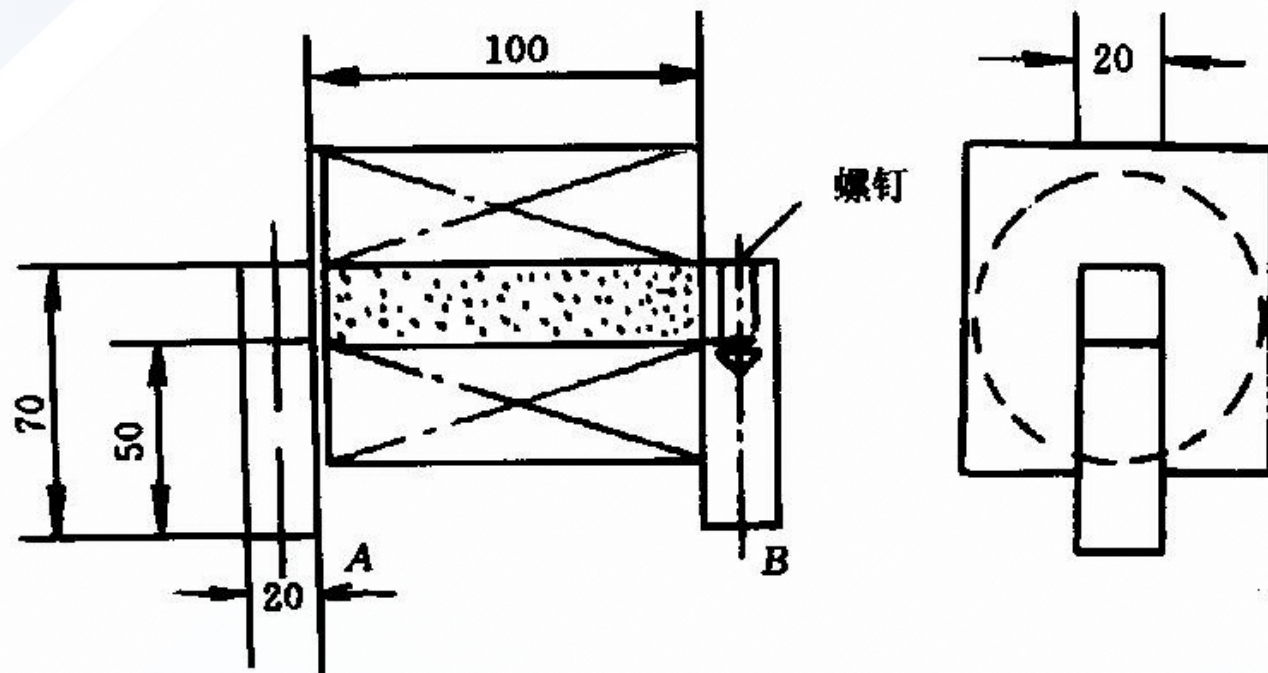


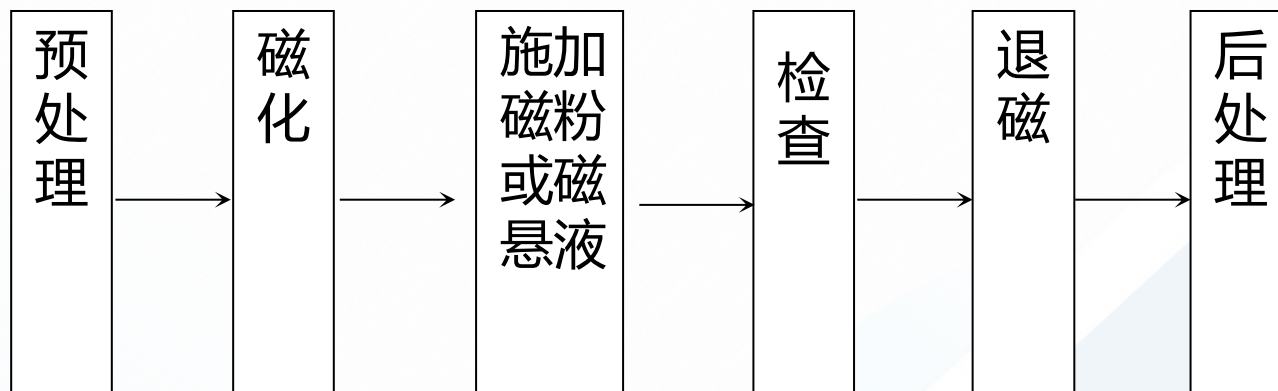
图 3-57 测含量用的电磁铁（线圈 750AT）

3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析

一、磁粉检测工艺

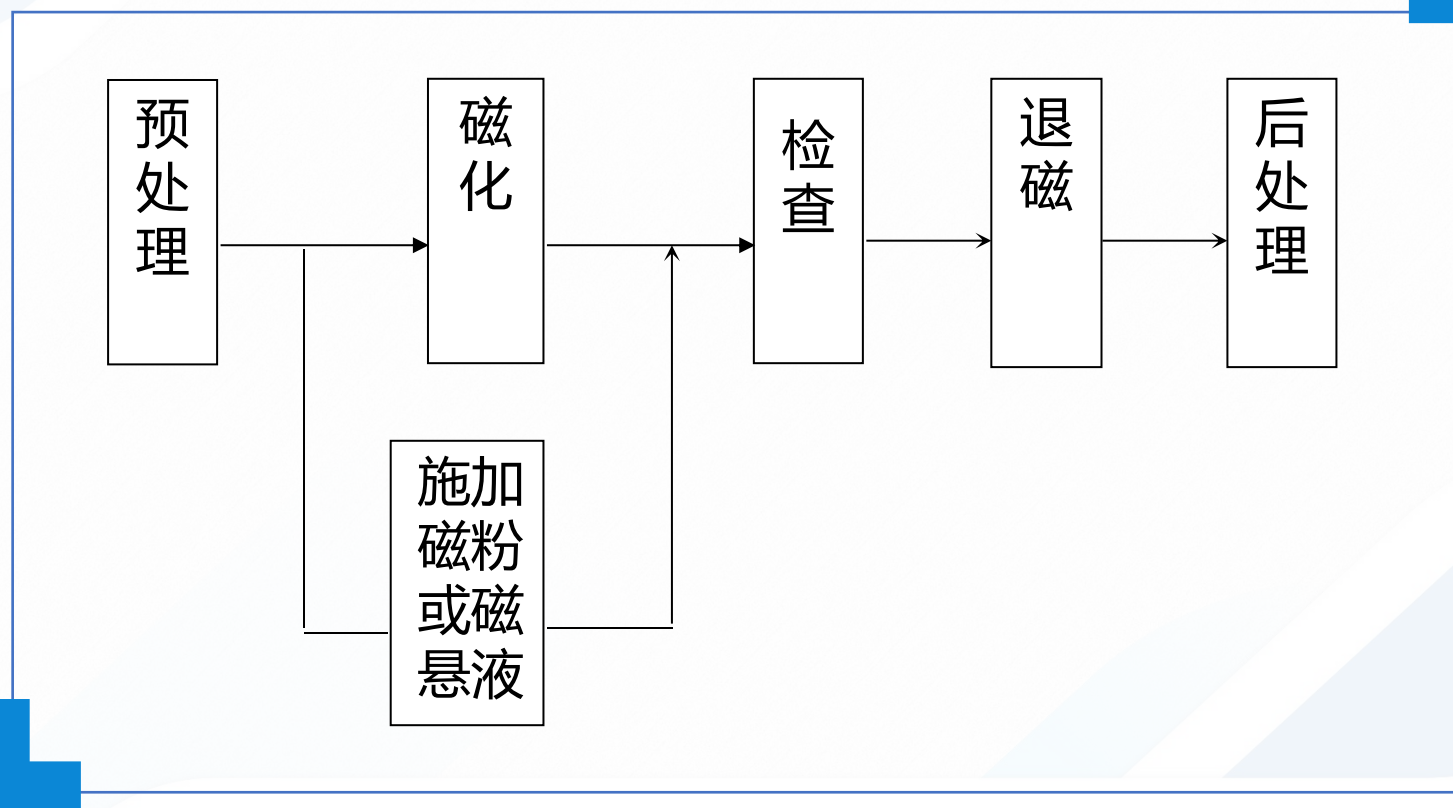
1. 磁粉分类

01 磁粉磁性



3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析

02 干法与湿法



3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析

2.磁化方法、磁化电流的选择

3.磁粉的选择

4.工艺程序

预处理

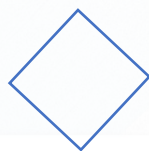
磁化

施加磁粉或磁悬液

检查

退磁

后处理



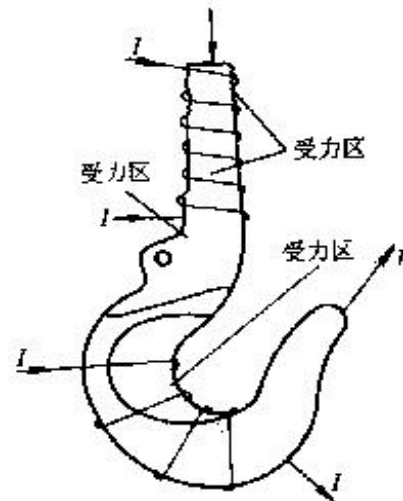
3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析

起重机吊钩磁粉检测工艺卡

产品名称	起重机吊钩	几何尺寸	$\Phi 80\text{mm} \times 500\text{mm}$
材料牌号	30CrMnSiA 锻造成型	热处理	$\sigma_b=1700\text{MPa}$
磁粉	YC2 荧光磁粉	检验方法	湿法连续法及剩磁法
磁化方法	①通电法 ②绕电缆法	磁化规范	① $I=800\text{A}$ ②剩磁法：空载线圈中心 $H=20\text{kA/m}$ 连续法： $N=5$ 匝， $I=900\text{A}$
磁悬液及浓度	无味煤油荧光磁悬液 1g/L	标准试片	$A_1-7/50$
不允许缺陷	疲劳裂纹	表面要求	打磨露出金属光泽

附加说明：

- ①从吊钩两端通电，检验纵向缺陷；
- ②螺纹部分用剩磁法检验，绕电缆法磁化；
- ③弯曲部分用连续法检验，绕电缆法磁化。



编制/日期/级别	审核/日期/级别	批准/日期
×××/×××/Ⅱ级	×××/×××/Ⅲ级	×××/×××

3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析

二、磁痕分析

1. 假磁痕

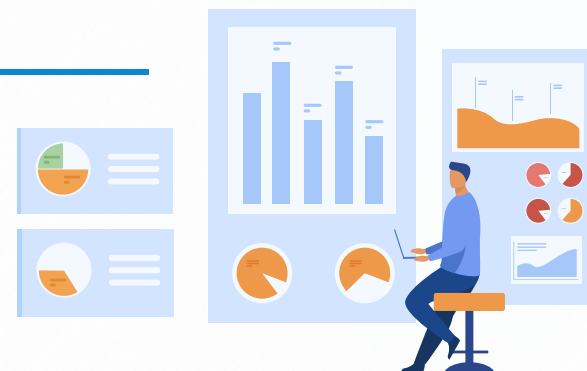
不是由于磁力作用形成的磁痕

工件表面粗糙

工件表面氧化皮、锈蚀、油漆斑点

工件表面油脂、纤维等脏物

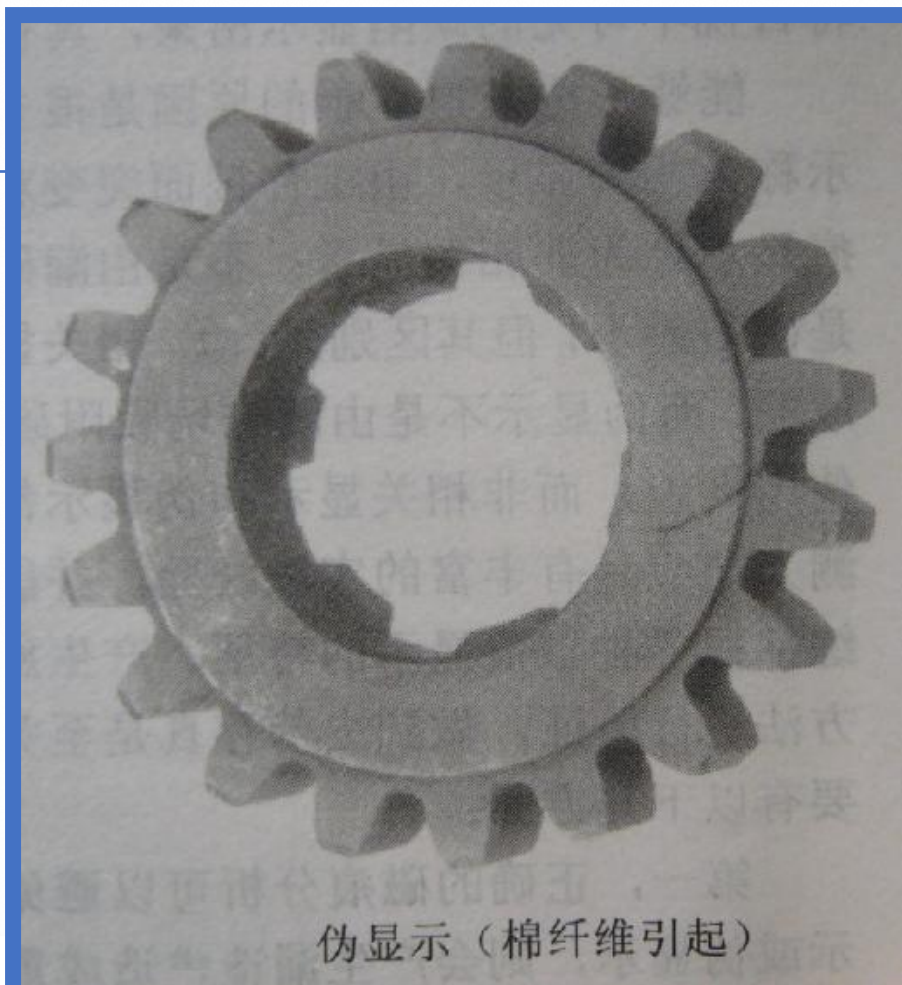
磁悬液浓度过大，磁粉施加方法不当



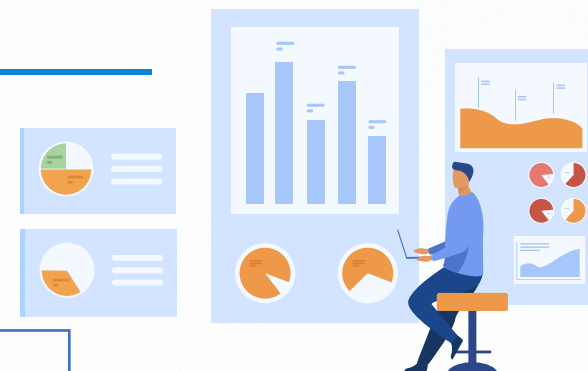
3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析



3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析



伪显示（棉纤维引起）



3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析

2. 非相关磁痕

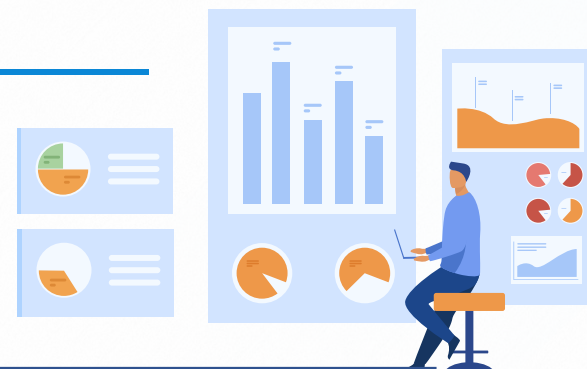
非有害缺陷漏磁场形成的磁痕

工件截面突变

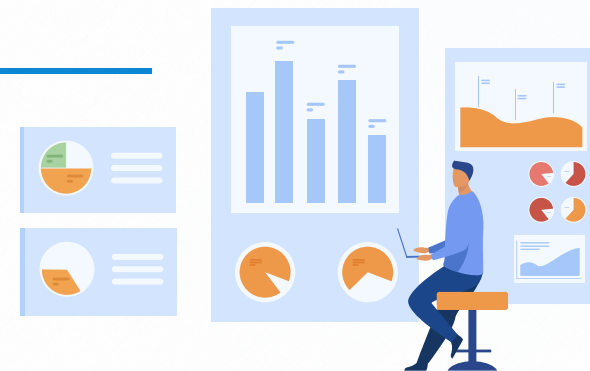
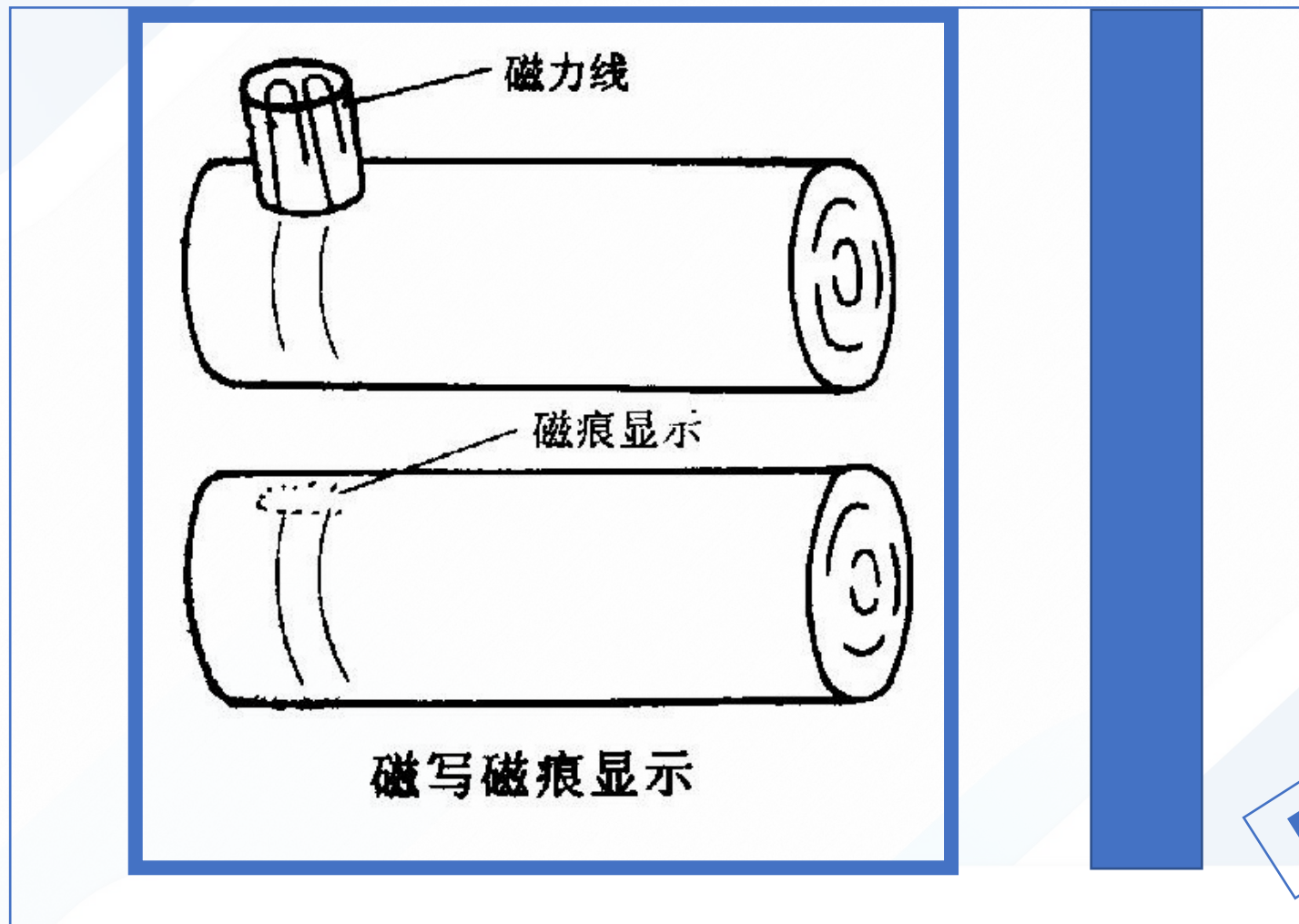
工件磁导率不均匀

磁写

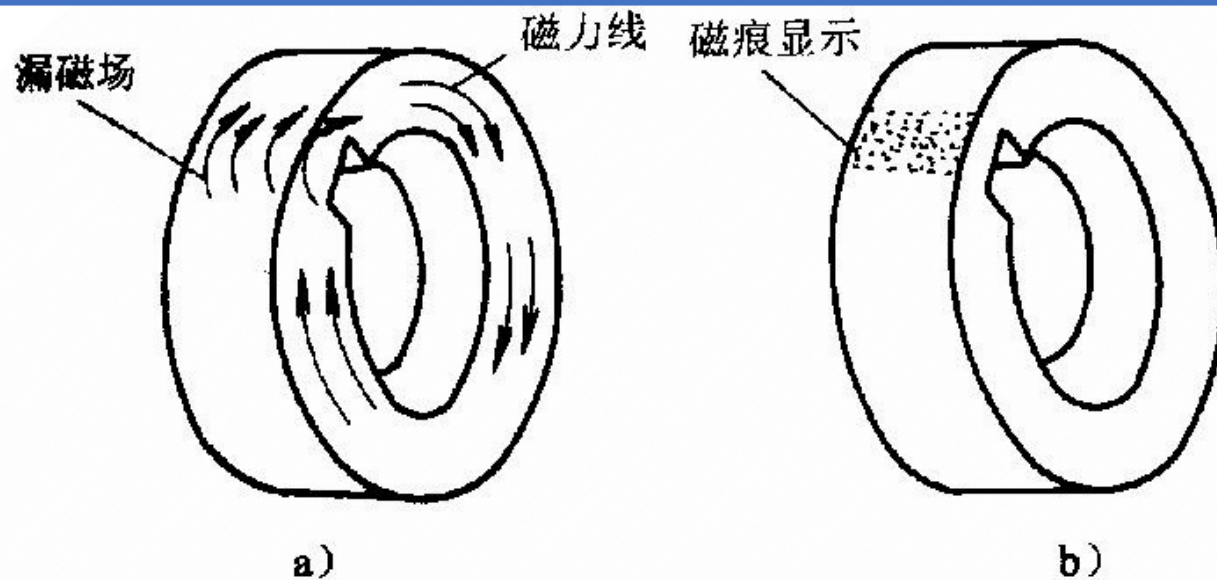
磁化电流过大



3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析



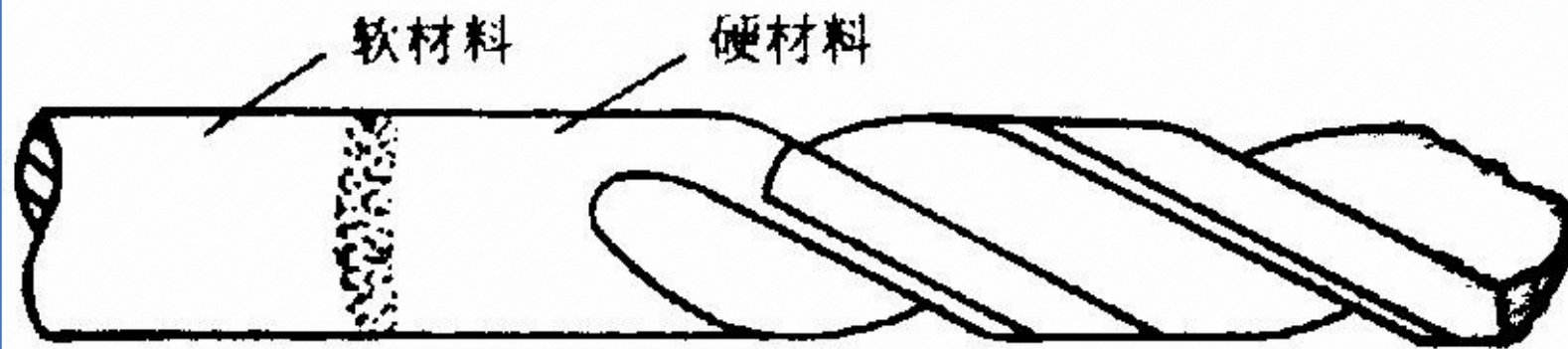
3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析



工件截面突变处磁痕显示

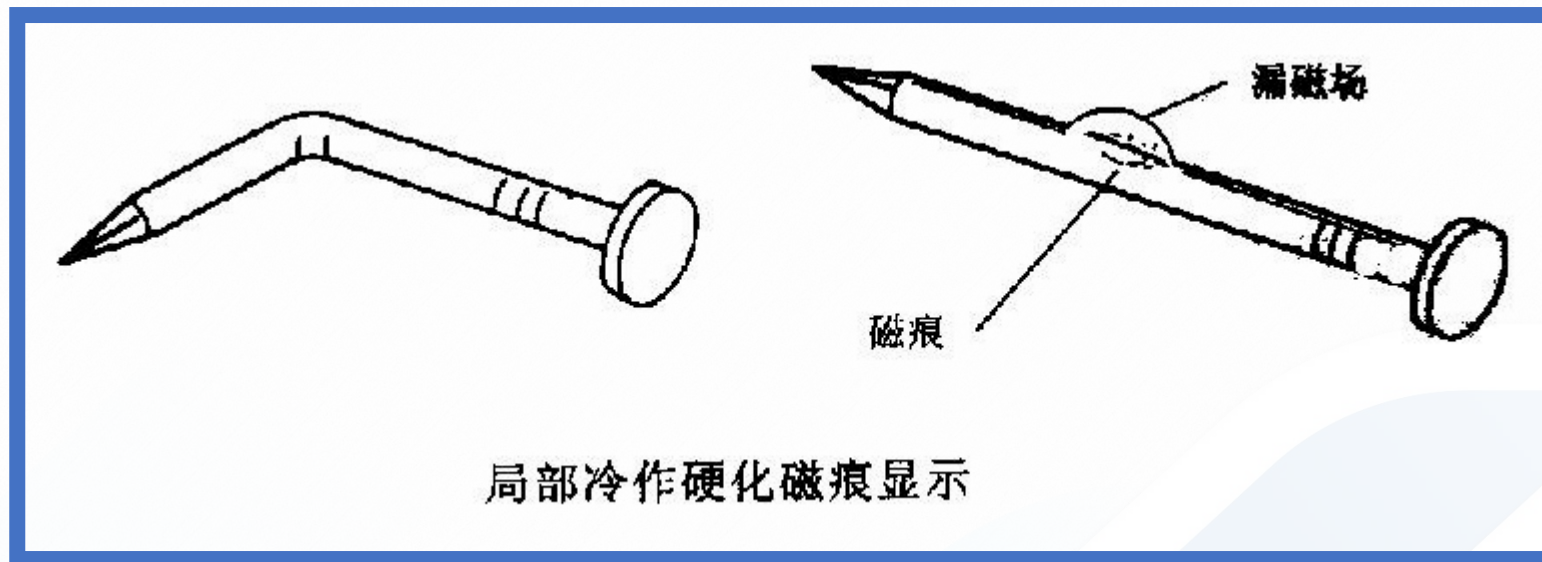
a) 键槽处产生的漏磁场 b) 键槽处磁痕显示

3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析

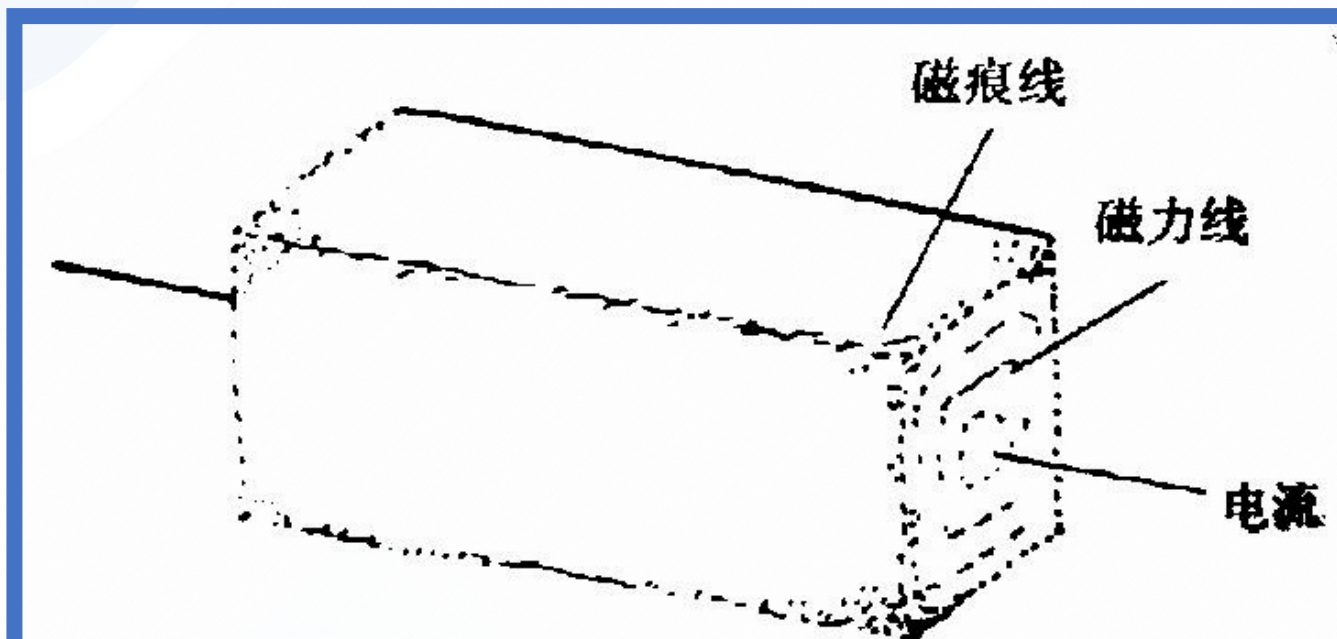


冷凿材料软、硬连接处磁痕显示

3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析



3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析

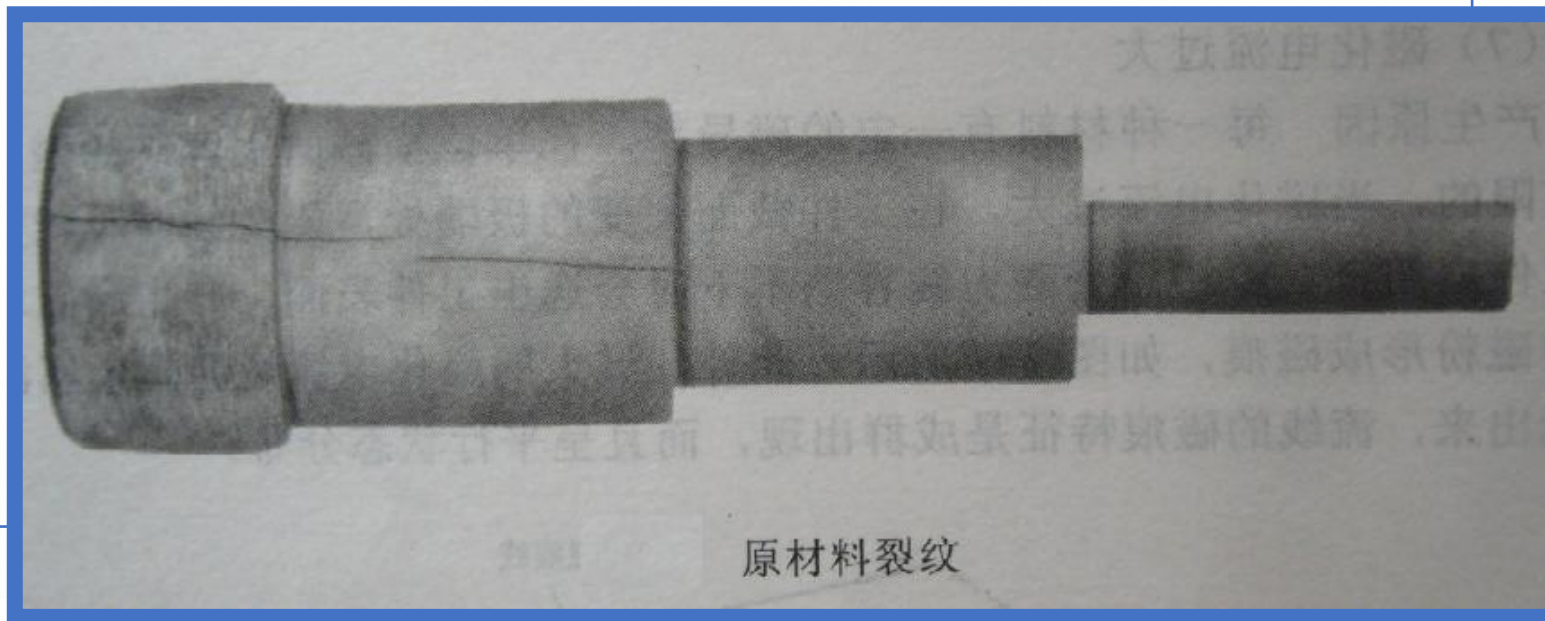


磁化电流过大磁痕显示

3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析

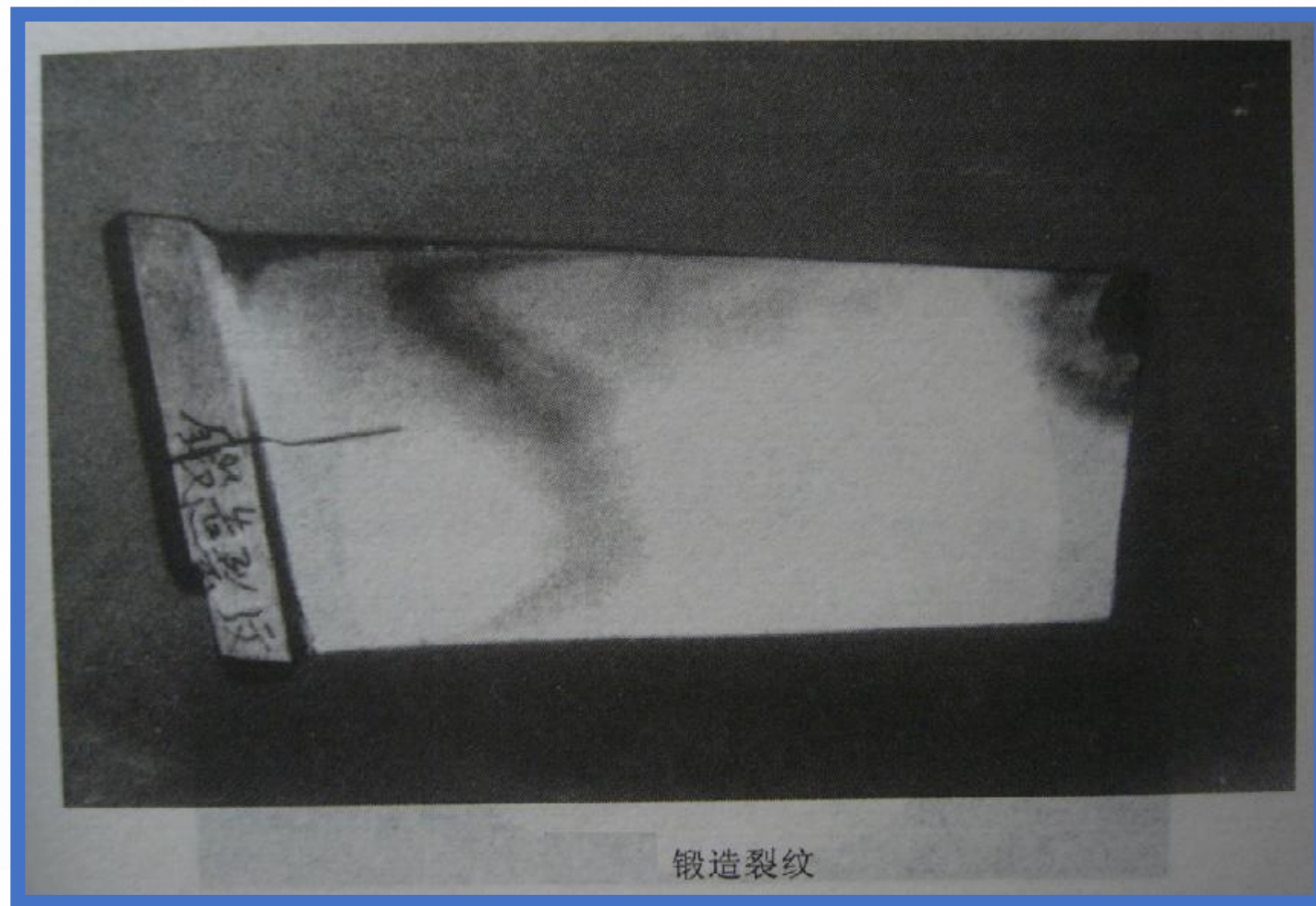
3.相关磁痕

有害缺陷漏磁场形成的磁痕

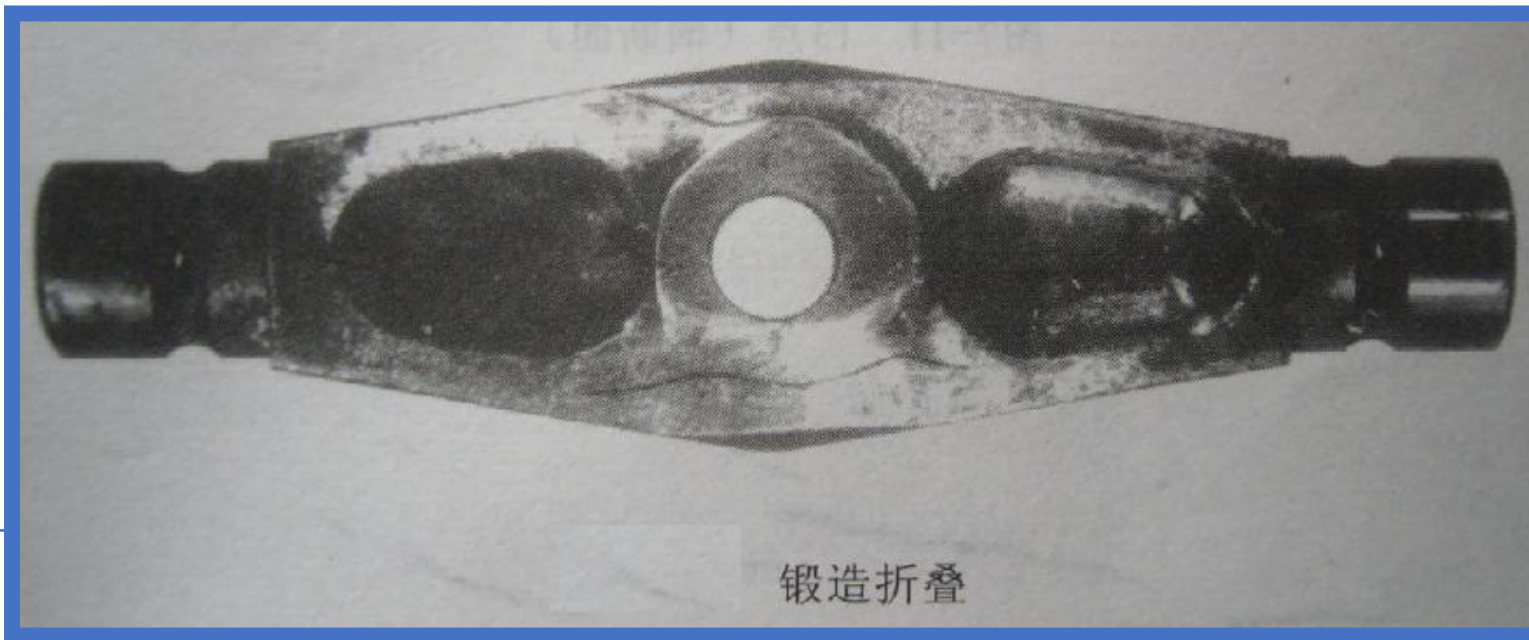


原材料裂纹

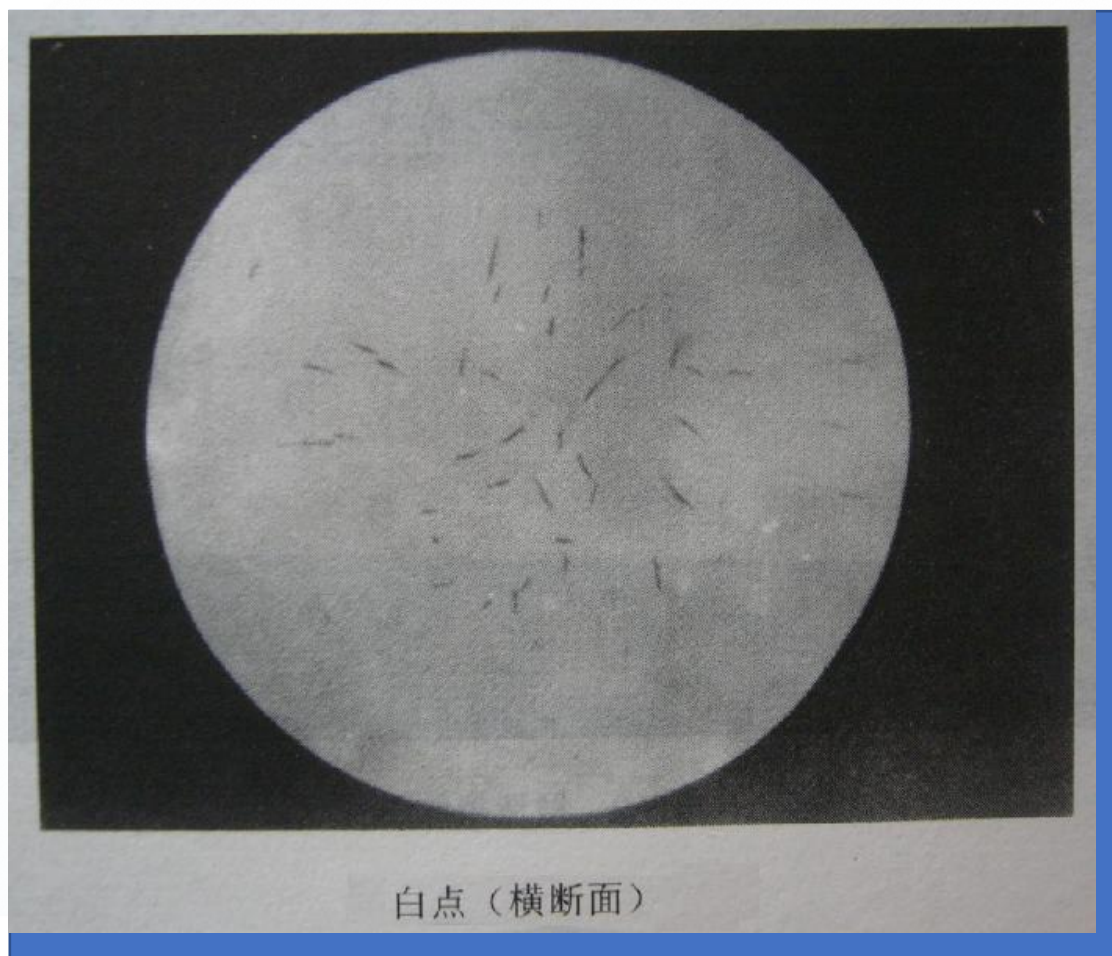
3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析



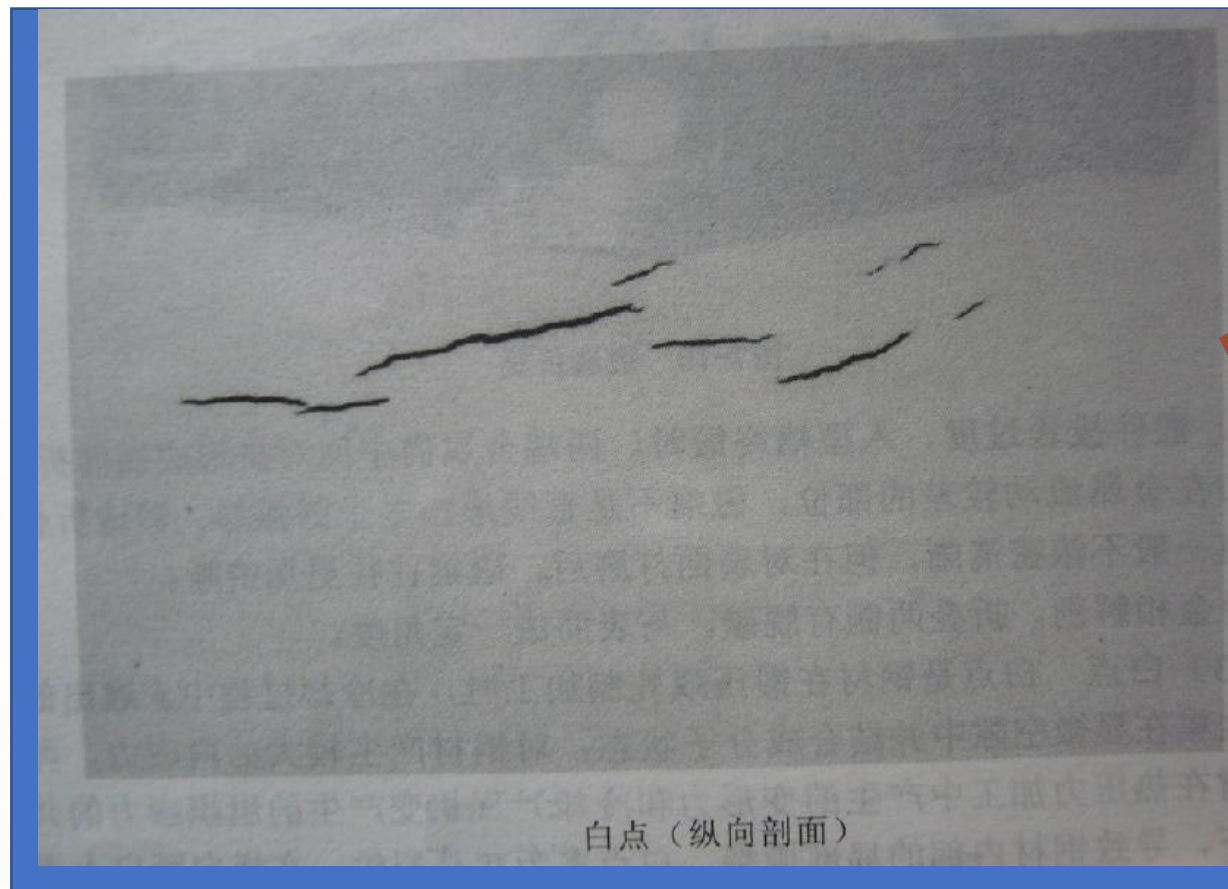
3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析



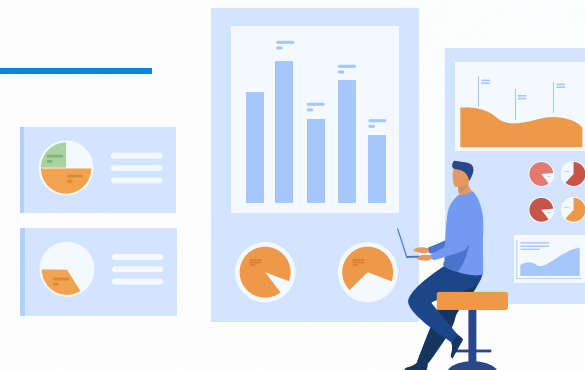
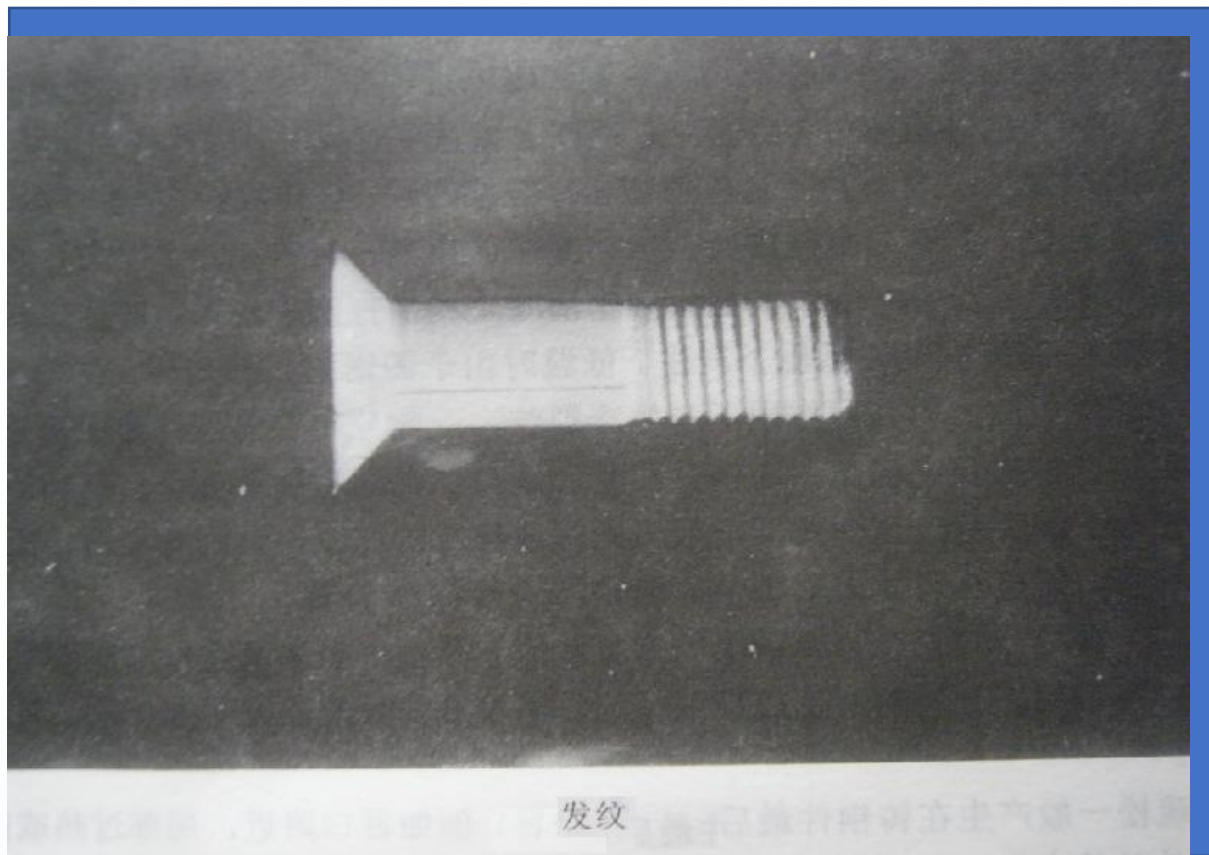
3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析



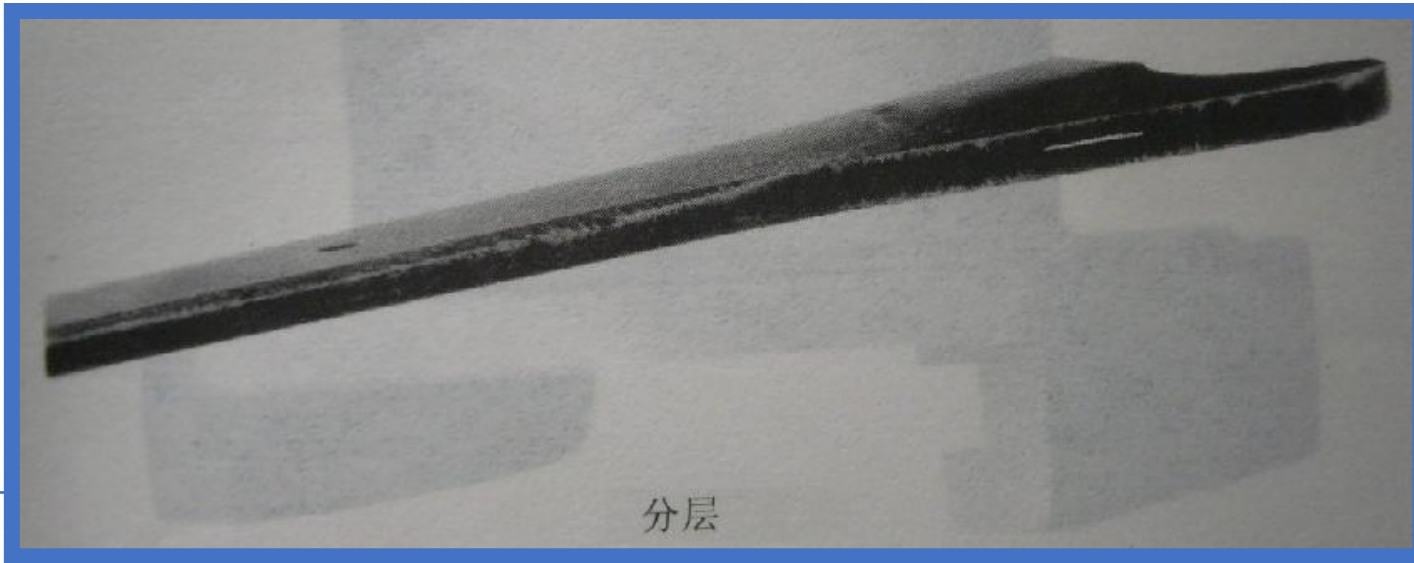
3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析



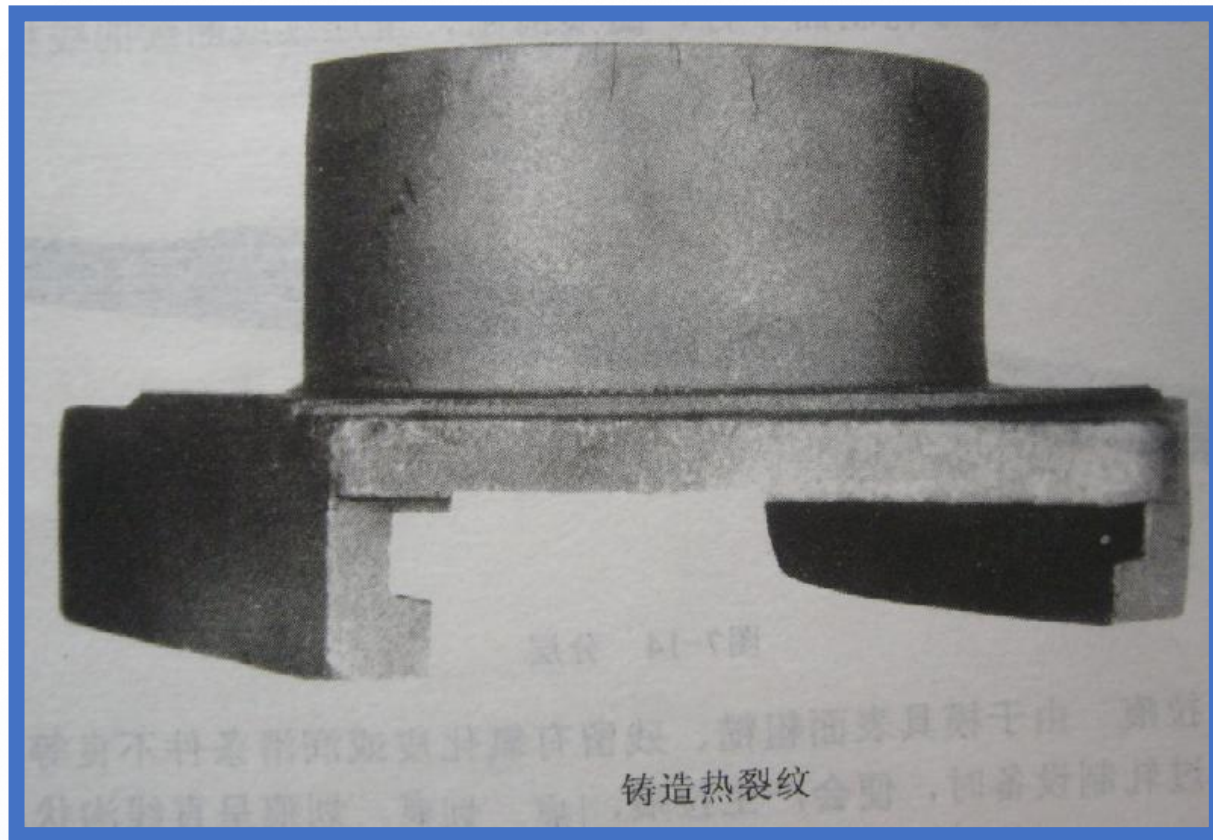
3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析



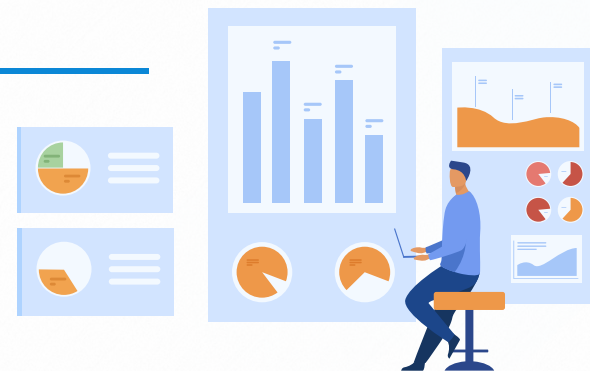
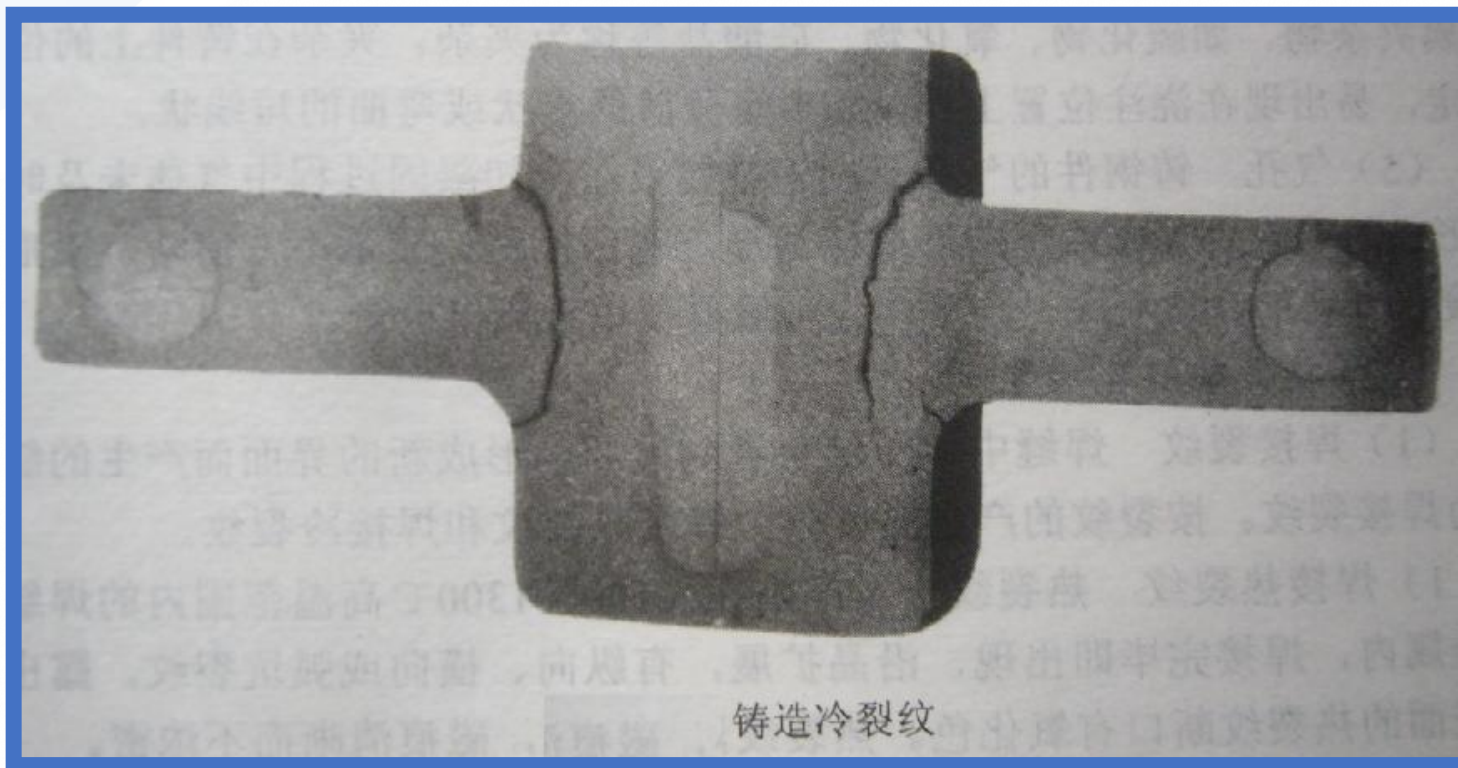
3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析



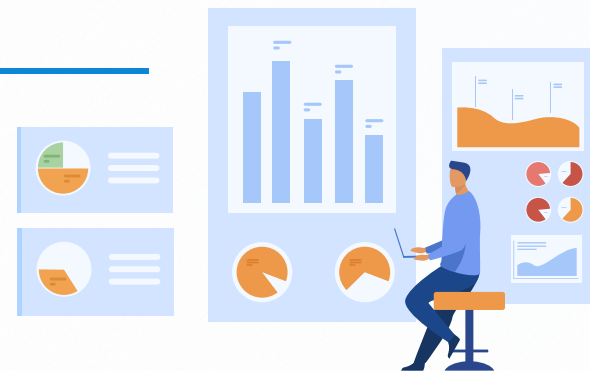
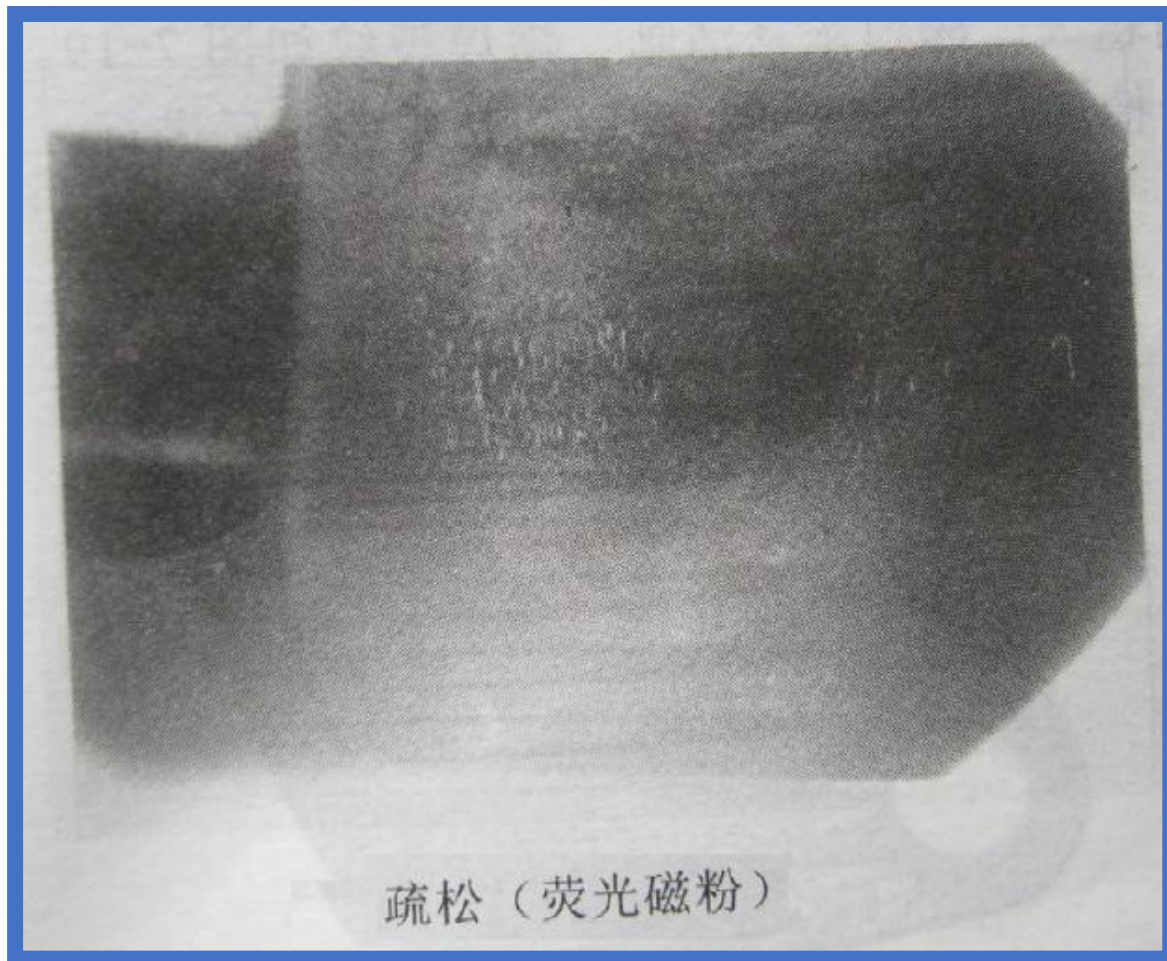
3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析



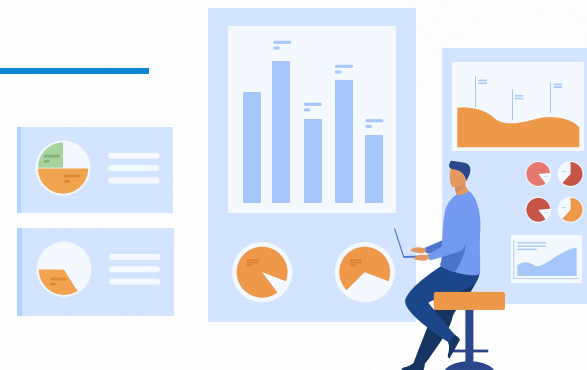
3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析



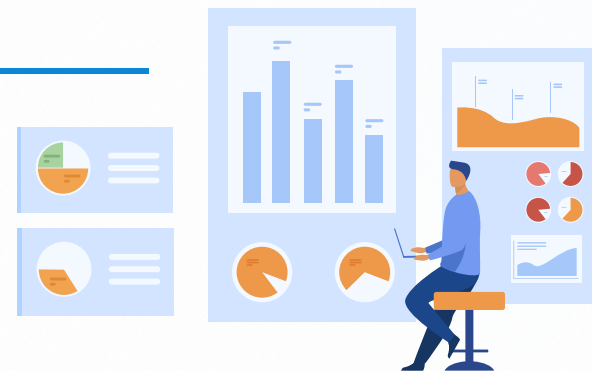
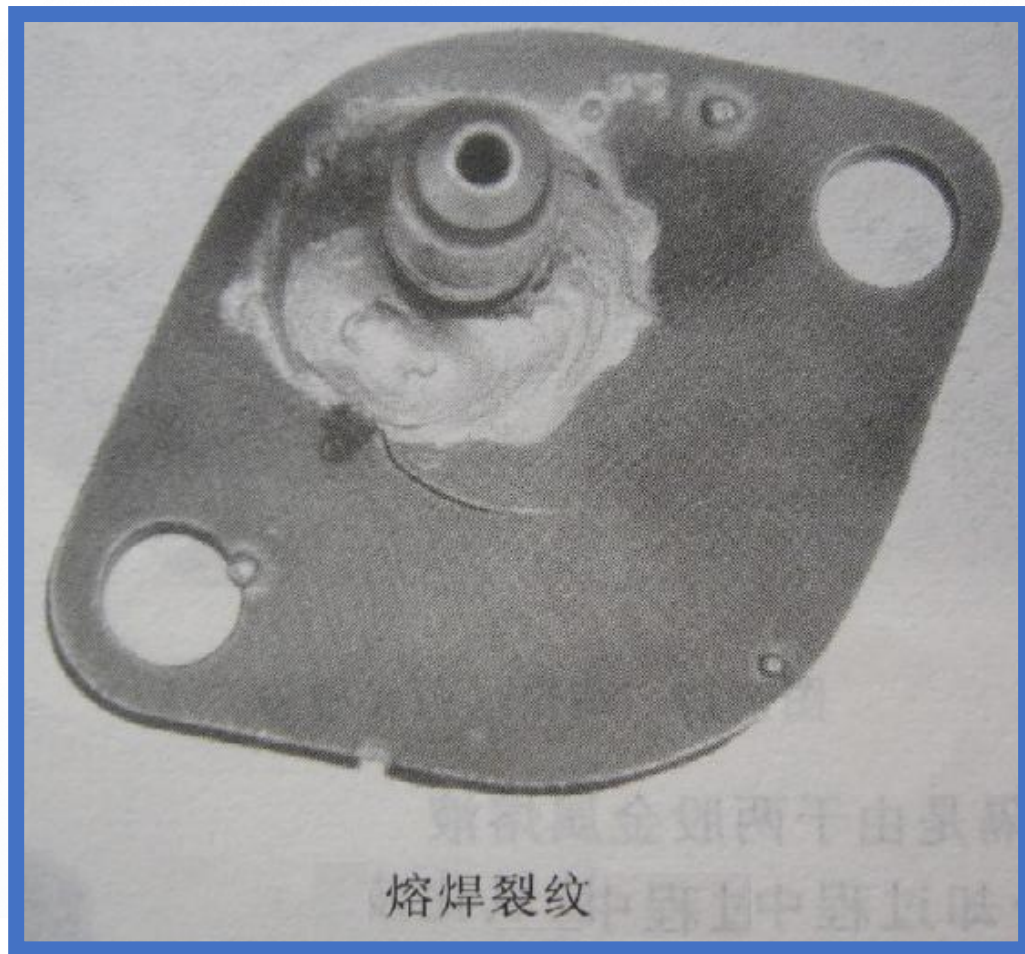
3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析



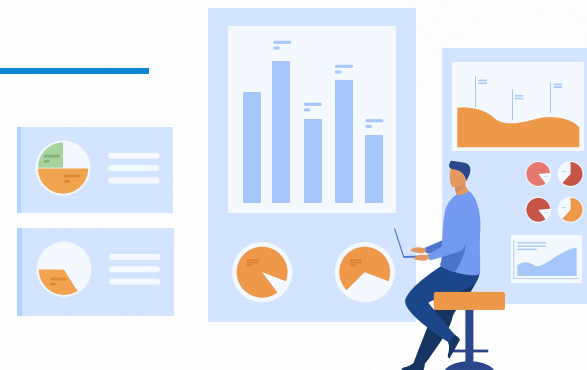
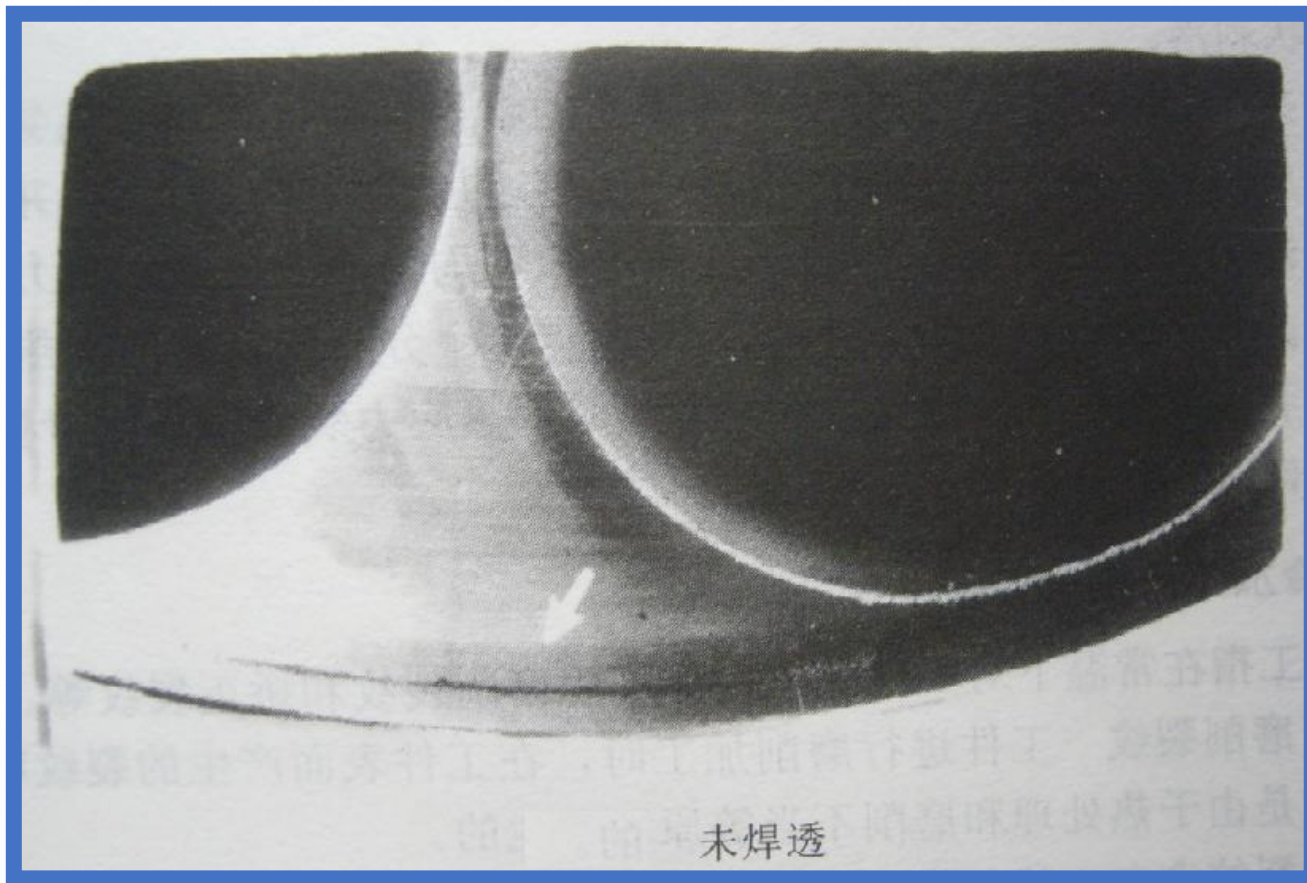
1 激光全息检测的原理及特点



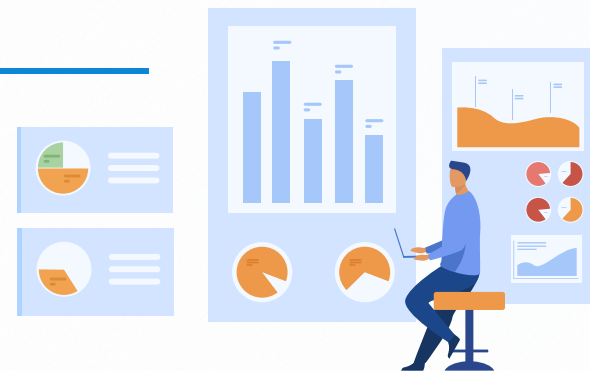
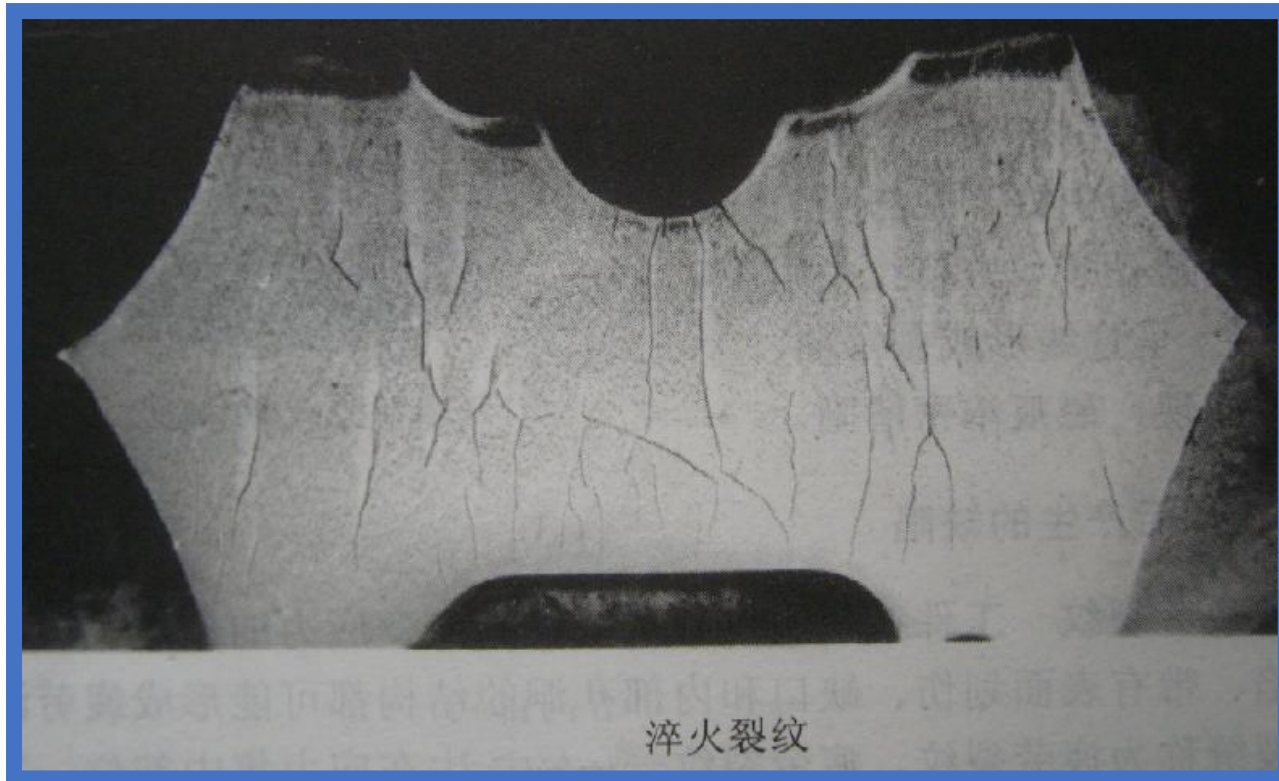
3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析



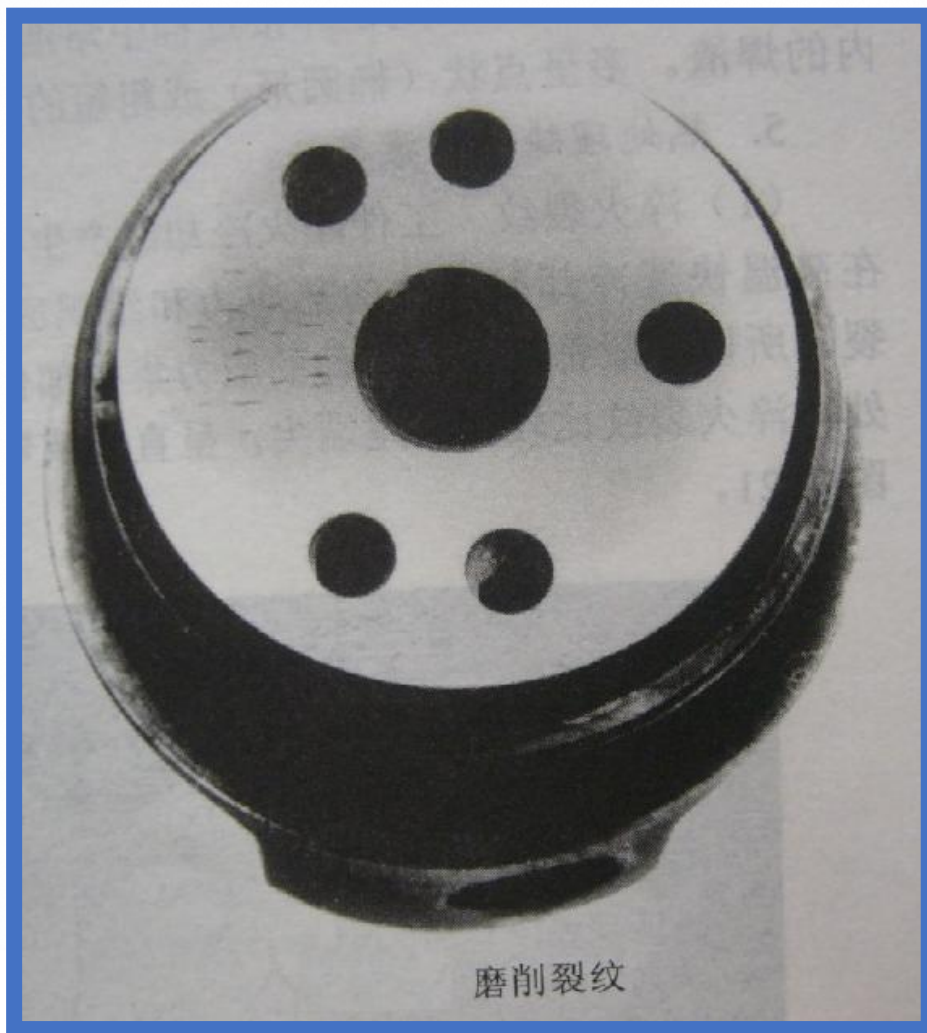
3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析



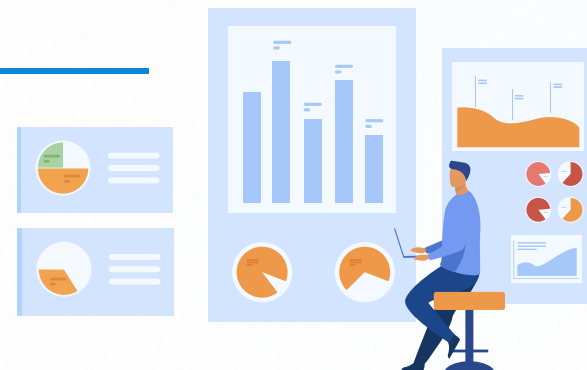
3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析



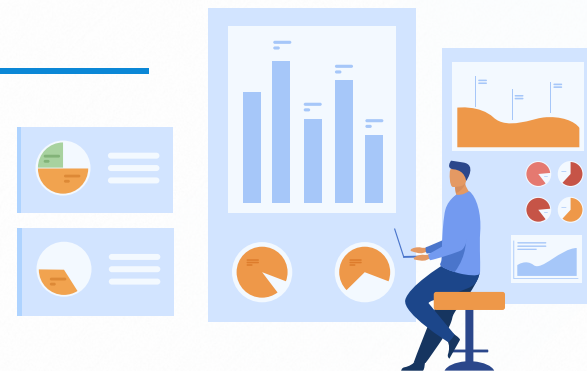
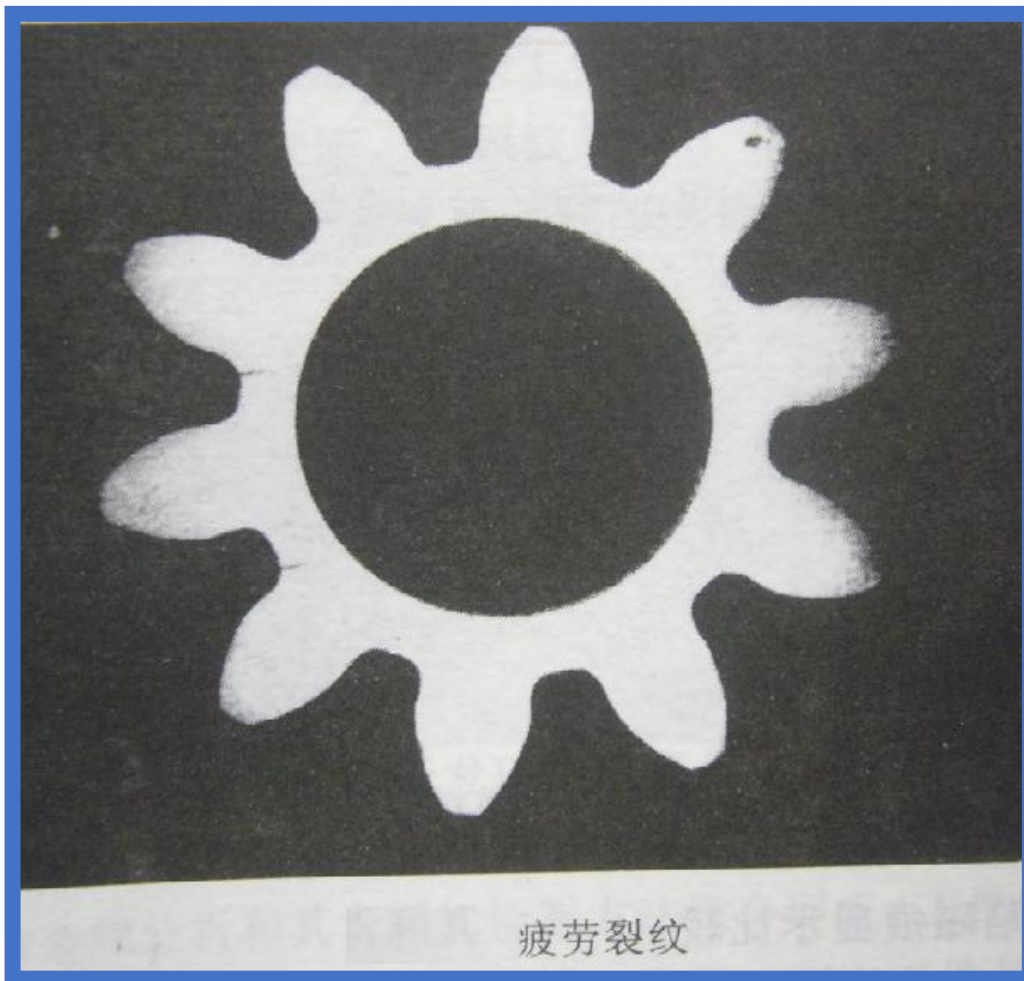
3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析



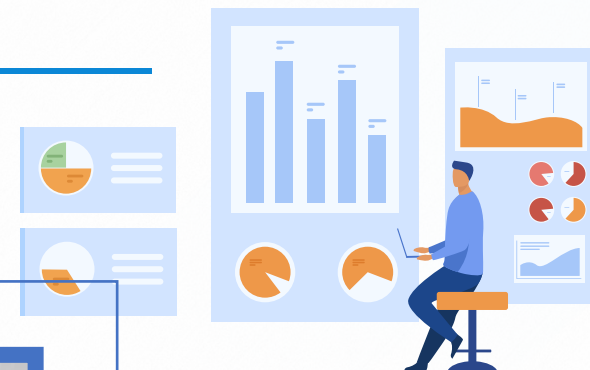
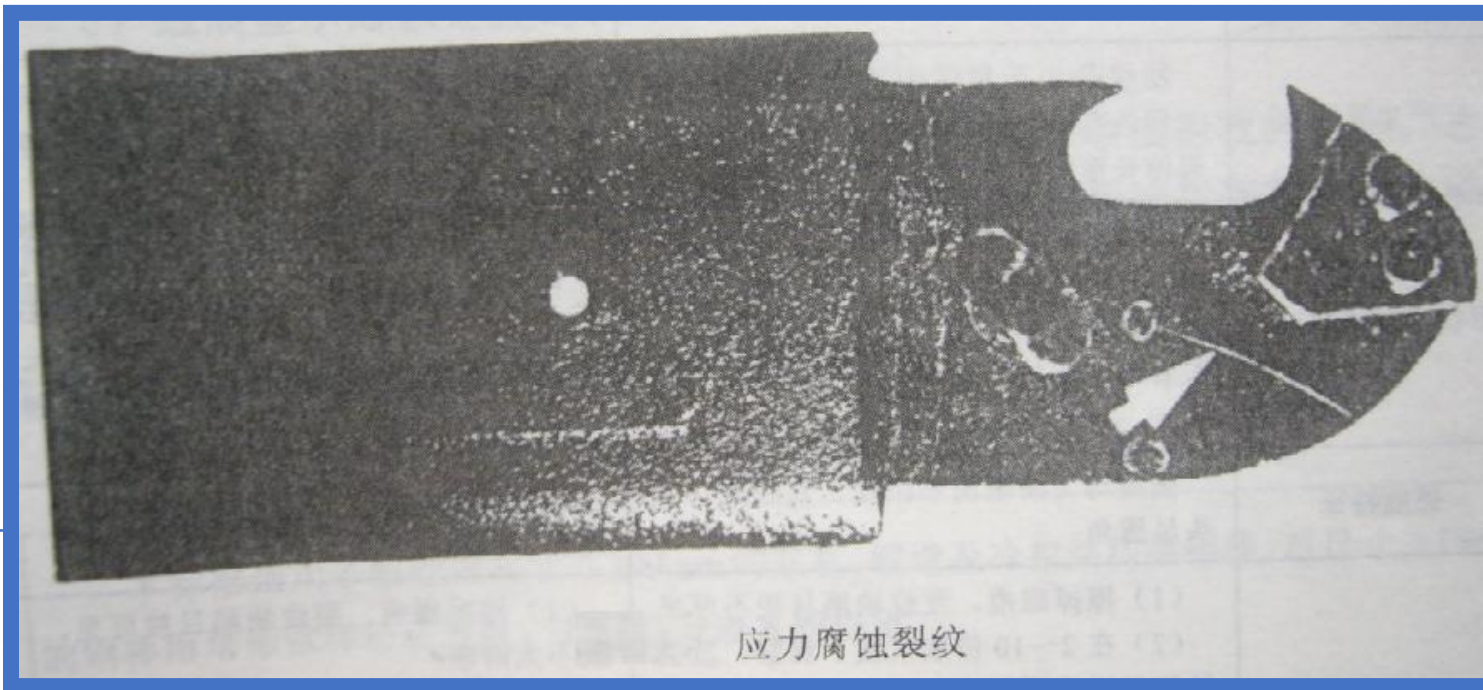
磨削裂纹



3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析



3.5 磁粉检测工艺和磁痕分析





武汉理工大学
Wuhan University of Technology

谢谢观看！

机电工程学院测控系

主讲人：魏 莉