

ICS 25.120.20
H 90
备案号: 21709—2007



中华人民共和国机械行业标准

JB/T 5000.15—2007
代替 JB/T 5000.15—1998

重型机械通用技术条件 第 15 部分: 锻钢件无损检测

Heavy mechanical general techniques and standards
— Part 15: Non-destructive inspection of forged steel



2007-08-28 发布

2008-02-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	III
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	2
4.1 选择原则	2
4.2 检测档案	2
4.3 检测人员	2
5 超声波检测及其质量等级	2
5.1 检验依据	2
5.2 仪器设备	2
5.3 探头	2
5.4 耦合剂	2
5.5 试块	3
5.6 系统组合性能的测试	3
5.7 检测前锻件的准备	3
5.8 检测规程	3
5.9 缺陷的记录	5
5.10 质量等级	5
5.11 超声波检测报告	6
6 磁粉检测及其质量等级	6
6.1 检验依据	6
6.2 检测表面要求	6
6.3 检验时期	6
6.4 设备和磁粉	6
6.5 磁化方法	7
6.6 灵敏度试片	8
6.7 磁场强度	9
6.8 磁粉、磁悬液的施加	11
6.9 退磁	11
6.10 复验	12
6.11 磁痕分类	12
6.12 记录限和验收标准	13
6.13 磁粉检测报告	13
7 渗透检测及其质量等级	13
7.1 检验依据	13
7.2 检测表面要求	13
7.3 检测材料	13

7.4 对比试块 14

7.5 渗透检测方法分类及选用 14

7.6 操作规程 15

7.7 液痕分类 16

7.8 记录限和验收标准 16

7.9 渗透检测报告 17

附录 A（规范性附录）锻钢件横波检测方法和质量验收要求..... 19

A.1 适用范围 19

A.2 探头 19

A.3 校验试块 19

A.4 检测灵敏度调节 20

A.5 检测操作 20

A.6 记录及评定 20

图 1 螺线管法 8

图 2 磁轭法 8

图 3 直接缠绕法 8

图 4 直接通电法 8

图 5 导体感应法 8

图 6 导线穿孔感应法 8

图 7 触头法 8

图 8 A 型灵敏度试片 8

图 9 C 型灵敏度试片 8

图 10 磁场指示器 9

图 11 线性磁痕的分类 12

图 12 铝合金对比试块 14

图 13 线性液痕的分类 17

图 A.1 V 形校正槽示意图 19

图 A.2 检测扫查方向示意图 20

前 言

JB/T5000《重型机械通用技术条件》分为 15 部分：

- 第 1 部分：产品检验；
- 第 2 部分：火焰切割件；
- 第 3 部分：焊接件；
- 第 4 部分：铸铁件；
- 第 5 部分：有色金属铸件；
- 第 6 部分：铸钢件；
- 第 7 部分：铸钢件补焊；
- 第 8 部分：锻件；
- 第 9 部分：切削加工件；
- 第 10 部分：装配；
- 第 11 部分：配管；
- 第 12 部分：涂装；
- 第 13 部分：包装；
- 第 14 部分：铸钢件无损检测；
- 第 15 部分：锻钢件无损检测。

本部分为 JB/T 5000 的第 15 部分。

本部分代替 JB/T 5000.15—1998《重型机械通用技术条件 锻钢件无损探伤》。

本部分与 JB/T 5000.15—1998 相比，主要变化如下：

- 将缺陷信号的分类和定义进行了修订；
- 将缺陷质量等级、记录限和验收限进行了修订。

本部分的附录 A 为规范性附录。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由机械工业冶金设备标准化技术委员归口。

本部分起草单位：中国第二重型机械集团公司。

本部分主要起草人：范吕慧、赵晓辉、陈冲。

本部分所代替标准的历次版本发布情况：

- JB/T 5000.15—1998。

重型机械通用技术条件

第 15 部分：锻钢件无损检测

1 范围

JB/T 5000 的本部分规定了锻钢件的超声波、磁粉和渗透检测方法及其质量等级。

本部分适用于重型机械用锻钢件的无损检测。

采用本部分规定的无损检测方法，可能会涉及危害性材料、操作及设备，参加无损检测人员应遵守有关安全防护和保健规程。

对锻件无损检测的方法、部位及质量等级应在锻件图样、技术文件和订货技术条件中注明。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款，通过 JB/T 5000 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注明日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本部分，然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否使用这些文件的最新版本。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

GB/T 5097 黑光源的间接评定方法（GB/T 5097—1985，eqv 3059: 1974）

GB/T 11259 超声波检验用钢制对比试块的制作与校验（GB/T 11259—1999，eqv ASTM E 428: 1992）

JB/T 8290 磁粉探伤机

JB/T 9214 A 型脉冲反射式超声探伤系统工作性能测试方法

JB/T 9216 控制渗透探伤材料质量的方法（GB/T 9216—1999，eqv ISO 3453: 1984）

JB/T 10061 A 型脉冲反射式超声波探伤仪通用技术条件（JB/T 10061—1999，eqv ASTM E 758: 1980）

JB/T 10062 超声探伤用探头性能测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本部分。

3.1

单个缺陷 single defect

间距大于 50mm，当量直径不小于起始记录当量的缺陷。

3.2

密集区缺陷 a cluster of defects

在荧光屏扫描线相当于 50mm 声程范围内同时有五个或五个以上缺陷反射信号；或在 50mm×50mm 检测面上同一深度内有五个或五个以上缺陷反射信号。

3.3

延伸性缺陷 extended defect

缺陷连续回波高度至少在一个方向上不得低于起始记录当量值，其延伸长度应大于缺陷容许的最大当量直径。延伸性缺陷的延伸尺寸采用半波高度法测定（6dB 法）。在测定延伸尺寸时应考虑探头的声域特性进行修正。

3.4

缺陷引起的底波降低量 BG/BF (dB) loss of back reflection caused by defects BG/BF (dB)

在缺陷附近完好区内第一次底波幅度 BG 与缺陷区内第一次底波幅度 BF 之比, 用声压级 (dB) 表示。

4 一般要求

4.1 选择原则

4.1.1 检测方法和质量验收等级的选择应就锻件的具体使用和种类确定, 并符合相应技术文件的要求。

4.1.2 凡要求用表面检测的铁磁性锻件, 应优先选用磁粉检测方法。若因结构形状及资源条件等原因不能使用磁粉检测时, 才选用渗透检测。

4.2 检测档案

4.2.1 当按本部分对锻件进行检测时, 必要时可按本部分的规定制定出符合有关规范要求的无损检测规程。

4.2.2 检验程序及结果应正确、完整并有相应责任人员签名认可。检测记录、报告等保存期不得少于五年。五年后, 若用户需要可转交用户保管。

4.2.3 检测档案中, 对于检测人员承担检测项目的相应资格等级和有效期应有记录。

4.2.4 检验所用仪器、设备的性能应定期检定, 并有检定记录, 合格后才能使用。

4.3 检测人员

4.3.1 凡从事无损检测的人员, 应持有国家相关部门颁发的相应资格证书。

4.3.2 无损检测人员技术等级分为高、中、初级。取得不同无损检测方法的各技术等级人员只能从事与该等级相对应的无损检测工作, 并负相应的技术责任。

4.3.3 凡从事无损检测工作的人员, 除具有良好的身体素质外, 视力必须满足下列要求。

4.3.3.1 校正视力不得低于 5.0 (小数记录值为 1.0), 并一年检查一次。

4.3.3.2 凡从事表面检测工作的人员不得有色盲。

5 超声波检测及其质量等级

5.1 检验依据

5.1.1 用户或设计工艺部门对锻钢件超声波检测的有关要求。

5.1.2 建立灵敏度的方法、仪器设备的选用、性能的测试等应与本部分中规定一致。

5.2 仪器设备

5.2.1 使用脉冲反射式超声波探伤仪, 至少具有 1MHz~5MHz 的频率范围。

5.2.2 超声波探伤仪的垂直线性至少在屏高 80% 内呈线性显示, 其误差在 $\pm 5\%$ 以内, 水平线性误差为 $\pm 2\%$ 。仪器的线性应按 JB/T 10061 的要求进行检定。

5.2.3 仪器的灵敏度余量应在 30dB 以上, 其测定方法按 JB/T 10061 的要求进行。

5.3 探头

5.3.1 各种探头应在标定的频率下使用, 原则上采用 2MHz~2.5MHz、晶片直径 10mm~30mm 的直探头。斜探头的折射角应为 $35^\circ \sim 70^\circ$, 斜探头的有效晶片面积应为 $20\text{mm}^2 \sim 625\text{mm}^2$ 。

5.3.2 探头主声束应无明显的双峰, 声束线偏斜应小于 2° 。

5.3.3 可更换其他探头来评定缺陷和对缺陷准确定位。

5.3.4 探头性能测试方法按 JB/T 10062 的规定。

5.4 耦合剂

5.4.1 耦合剂应具有良好的润湿性, 可使用全损耗系统用油、甘油、浆糊或水作为耦合剂。对于成品锻件推荐使用全损耗系统用油 L-AN46 作为耦合剂。

5.4.2 不同的耦合剂不能进行对比, 因此, 检测系统性能测试、灵敏度调节和校正等必须和检测时使

用的耦合剂相同。

5.5 试块

5.5.1 试块应采用与被检工件相同或近似声学性能的材料制成。该材料用直探头检测时，不得有大于 $\phi 2\text{mm}$ 平底孔当量直径的缺陷。

5.5.2 校准用反射体可采用平底孔和 V 形槽等，校准时探头主声束应对准反射体，且与平底孔的反射面相垂直，与 V 形槽轴线相垂直。

5.5.3 试块的外形尺寸应能代表被检工件的特征，试块厚度应与被检工件的厚度相对应。其误差不超过探测厚度的 10%。

5.5.4 试块的制造要求应符合 GB/T 11259 的规定。

5.5.5 现场检测时，也可采用其他型式的等效试块。

5.6 系统组合性能的测试

系统组合性能的测试按 JB/T 9214 的规定。

5.7 检测前锻件的准备

5.7.1 除定货时另有规定外，轴类锻件径向检测时应加工出圆柱形表面，轴向检测时两端面应加工成与锻件轴向垂直的平面，饼形和矩形锻件其表面加工成平面，且相互平行。

5.7.2 除定货时另有规定外，锻件表面的粗糙度 R_a 值不得超过 $6.3\mu\text{m}$ 。

5.7.3 锻件检测面应无异物存在，如氧化皮、油漆、污物等。

5.8 检测规程

5.8.1 一般规则

5.8.1.1 除由于倒圆、钻孔等造成锻件的截面和局部外形改变而不可能进行检测外要尽可能对整个锻件进行超声波检测。

5.8.1.2 锻件应在力学性能热处理后（不包括去应力处理）、精加工成形前进行超声波检测，如果经热处理后锻件的外形不可能进行全面检测，则允许在性能热处理前进行超声波检测，但热处理后应尽可能全面地对锻件进行超声波复检。

5.8.1.3 探头每次移动至少有 15% 的重合，以确保能完全扫查整个锻件。探头扫查速度：手工操作时不得超过 150mm/s ，自动检测时不得超过 1000mm/s 。

5.8.1.4 要尽可能在两个相互垂直的方向上对锻件的所有截面进行扫查。

5.8.1.5 对于饼形锻件，除至少从一个平面扫查外，还应尽可能从圆周面进行径向扫查。

5.8.1.6 对于圆柱形实心或空心锻件进行检测时，除要从径向进行扫查外，还应从轴向进行辅助扫查。

5.8.1.7 对于环形和筒形锻件的检测，要同时参照附录 A 执行。

5.8.1.8 制造厂或用户进行复查或重新评定时，要尽可能用可比较的仪器、探头和耦合剂。

5.8.1.9 锻件检测可在静止状态下进行，也可在转动状态下（用车床或转胎转动）进行。如果用户未作规定，制造厂可以任意选择。

5.8.1.10 锻件厚度大于 400mm 时，应从相互平行的相对面进行检测。

5.8.2 检测灵敏度

5.8.2.1 原则上采用 AVG 法确定检测灵敏度，对于因几何形状所限和探测厚度接近近场区长度的锻件则采用试块比较法。

5.8.2.2 检测灵敏度以起始记录当量值为准，其基准波高不得低于满屏高的 40%。

5.8.2.3 对缺陷进行评定时，应在锻件完好部位调节评价灵敏度。

5.8.2.4 检测灵敏度的重新校验：

a) 遇下列情况之一时，必须对检测灵敏度进行重新校验：

——校正后的探头、耦合剂和仪器旋钮等发生任何改变时；

——外部电源电压波动较大或操作者怀疑检测灵敏度有变动时；

——连续工作达 4h 及工作结束时。

- b) 当检测灵敏度降低 2dB 以上时, 应重新对锻件进行全面复探; 提高 2dB 以上时, 应对所有的记录信号进行重新评定。

5.8.2.5 检测灵敏度的调节方法:

- a) 对于实心圆柱形和检测面与反射面平行的锻件, 当声程大于 3 倍近场时计算所需增加的 dB 值应使用式 (1)。

$$\text{dB} = 20 \lg \frac{2\lambda \cdot S}{\pi \phi^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

S ——声程, 单位为 mm;

λ ——波长, 单位为 mm;

ϕ ——检测灵敏度当量直径, 单位为 mm。

- b) 对于空心圆柱形锻件, 当声程大于 3 倍近场时, 计算所需增加的 dB 值应使用式 (2)。

$$\text{dB} = 20 \lg \frac{2\lambda \cdot S}{\pi \phi^2} \pm 10 \lg \frac{D}{d} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

D ——工件外径, 单位为 mm;

d ——工件内径, 单位为 mm;

——内孔探测, 凹面反射;

——工件外圆径向探测, 凸面反射。

5.8.3 锻件可探性的测定

当检测灵敏度确定之后, 以检测灵敏度为基准, 信噪比大于或等于 6dB, 则认为该锻件具有足够的可探性, 否则由供需双方协商处理。

5.8.4 材质衰减系数的测定

5.8.4.1 当声程大于 3 倍近场时, 在锻件无缺陷区域内, 至少选取三处具有代表性的部位测出 B_1/B_2 之 dB 差值, 即第一次底波高度 B_1 与第二次底波高度 B_2 之间的 dB 差值。

材质衰减系数 α (dB/mm) 的计算应按式 (3)。

$$\alpha = \frac{B_1/B_2 - 6}{2S} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

S ——声程, 单位为 mm。

5.8.4.2 当材质衰减系数 α 超过 0.004dB/mm 时, 必须对检测结果给予修正。

5.8.5 远场区声束直径的计算

6dB 声束直径的计算应使用式 (4)。

$$d_6 = \frac{\lambda \cdot S}{T_s} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

T_s ——晶片直径, 单位为 mm;

d_6 ——6dB 声束直径, 单位为 mm。

5.8.6 缺陷当量大小的确定

5.8.6.1 AVG 法定量

当声程大于 3 倍近场时, 计算缺陷当量直径的大小应使用式 (5)。

$$B/B_f = 20 \lg \frac{2 \cdot \lambda \cdot x_f^2}{\pi S \cdot \phi_f^2} + 2\alpha(x_f - S) \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- α ——材质衰减系数，单位为 dB/mm；
- x_f ——缺陷深度，单位为 mm；
- ϕ_f ——缺陷当量直径，单位为 mm；
- B/B_f ——底波与缺陷回波的 dB 差，单位为 dB。

5.8.6.2 试块法定量

a) 当声程大于 3 倍近场时，计算缺陷当量直径的大小应使用式（6）。

$$\Delta = 40\lg \frac{\phi_f \cdot x}{\phi \cdot x_f} + 2\alpha x - 2\alpha_f x_f \cdots \cdots \cdots (6)$$

式中：

- Δ ——缺陷与试块平底孔之 dB 差值，单位为 dB，
- α ——材质衰减系数（对比试块），单位为 dB/mm；
- α_f ——缺陷处材质衰减系数，单位为 dB/mm；
- x ——平底孔的深度，单位为 mm。

b) 当声程小于 3 倍近场时，应用试块直接比较或用实测的 AVG 曲线来定缺陷当量直径的大小。

5.9 缺陷的记录

5.9.1 记录当量直径不小于起始记录当量的缺陷及其在锻件上的坐标位置。

5.9.2 密集区缺陷的记录：

- a) 记录密集区的分布范围。
- b) 记录密集区中最大当量直径的缺陷深度、当量及其在锻件上的坐标位置。

5.9.3 延伸性缺陷的记录：

记录延伸性缺陷的深度、长度范围、最大当量及起点和终点的位置坐标。

5.9.4 缺陷引起的底波降低量 BG/BF（dB）的记录：

记录缺陷附近完好区内第一次底波幅度 BG 与缺陷区内第一次底波幅度 BF 达同一基准波高时的 dB 差值。

5.10 质量等级

- 5.10.1 锻件中中小于起始记录当量的单个、分散缺陷不计。
- 5.10.2 凡判定为裂纹、白点、缩孔类型的缺陷不允许存在。
- 5.10.3 除因几何原因造成底波衰减外，任何底波衰减不允许超过 26dB。
- 5.10.4 表 1 中给出锻钢件中不同缺陷类型的质量等级的容许值。

表 1 不同缺陷类型的质量等级划分

缺陷类别	等 级				
	I	II	III	IV	V
起始记录当量值 ϕ mm	1.6	2	3	5	8
单个缺陷最大允许当量值 ϕ_f mm	2	3	5	8	12
缺陷任一方向上延伸的最大长度 mm	不允许	30	40	60	80
缺陷处底波降低量的最大允许值 dB	6	8	12	16	20
密集区缺陷最大允许范围 $\times 10^3\text{mm}^3$	125	250	500	1000	3000
注 1：不同缺陷类型的质量等级是相互独立的，由设计等部门根据工件实际情况规定不同缺陷类型的质量等级。 注 2：密集区缺陷范围的计算是以密集区最大长度范围$\times$最大宽度范围$\times$最大深度范围。相邻密集区间的间距不得小于 150mm。否则，应视为一个密集区。存在多个密集区时，应分别计算其密集区范围，然后累积求和，按累积值评定。若密集区深度范围小于等于 50mm 时，则按 50mm 计算其深度范围；若密集区长度范围小于等于 50mm 时，则按 50mm 计算其长度范围。 注 3：由于超声波探伤存在局限性和不足，除了从生产工艺、缺陷产生的部位及其大致走向和分布能对缺陷性质进行估判外，纯粹从超声波探伤技术上是无法对缺陷进行定性的，因此，在使用 5.11.2 时，最好要用其他有效方法对缺陷定性进行辅助说明，如缺陷已露出表面、金相检验等方法。 注 4：用户有特殊要求时，其质量验收条款也可由供需双方具体制定。					

5.11 超声波检测报告

超声波检测报告中应包含以下内容。

5.11.1 检验所使用的规范标准, 要求的质量验收等级, 所用的检验方法, 所用探头的规格、频率、检测灵敏度及其调节方法、仪器型号、锻件表面状态和检验时期。

5.11.2 制造厂标志号、产品合同号、锻件名称、图号、材质、炉号、卡号等。

5.11.3 应绘出工件草图, 标明锻件的实际外形尺寸, 因几何形状等因素影响而未检测区域的尺寸及缺陷定位坐标原点。

5.11.4 缺陷记录应包含坐标位置、当量以及大致分布状况。

5.11.5 检验结果的评定。

5.11.6 检验日期与检验人员签名。

6 磁粉检测及其质量等级

6.1 检验依据

6.1.1 用户或设计工艺部门对锻钢件磁粉检测的有关要求。

6.1.2 建立灵敏度的方法、仪器设备的选用、磁化方法的选择、磁场强度的要求等应与本部分一致。

6.1.3 要说明是否有退磁要求和退磁需要达到的程度。

6.2 检测表面要求

6.2.1 磁粉检测的灵敏度同受检锻件的表面状态有很大关系。若不规则的表面状态影响缺陷的显示或评定时, 则必须用打磨、机械加工或其他方法处理受检表面。

6.2.2 被检区表面及邻近 50mm 范围内应无脏物、油脂、棉纤维、氧化皮或其他影响磁粉检测的异物存在。

6.2.3 对异物的清除可采用任何不影响磁粉检测的方法进行处理。

6.2.4 为了能检测出细小的缺陷, 锻件表面的粗糙度 R_a 值一般不得大于 $6.3\mu\text{m}$ 。

6.2.5 检测表面的温度: 干法时, 应小于 300°C ; 湿法时, 应小于 $10^\circ\text{C}\sim 50^\circ\text{C}$ 。

6.3 检验时期

6.3.1 除需方另有规定外, 磁粉验收检测应在锻件经最终热处理和精加工后进行。

6.3.2 采用半波整流、直流及直接磁化时, 磁粉验收检验可以在精加工前但加工余量不得超过 3mm。

6.4 设备和磁粉

6.4.1 磁粉检测设备以及特殊类型的设备必须符合 JB/T 8290 的要求。

6.4.2 设备校验按国标要求, 至少每年校验一次。若停止使用一年以上, 则在第一次使用前进行校验。

6.4.3 磁粉及磁悬液:

6.4.3.1 磁粉应具有高导磁率和低剩磁性质, 磁粉之间应无相互吸引。用磁粉称量法检验时, 其称量值应大于 7g。

6.4.3.2 磁粉粒度应均匀, 湿法用磁粉的平均粒度为 $2\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$, 最大粒度应小于 $45\mu\text{m}$; 干法用磁粉的平均粒度应小于 $90\mu\text{m}$, 最大粒度应小于 $180\mu\text{m}$ 。

6.4.3.3 磁粉颜色可选用红、黄、蓝、白、黑等, 选取原则应视工件表面而定, 与工件表面颜色必须具有较高的对比度。

6.4.3.4 湿粉法应以煤油或水作为分散媒介。以水为媒介时, 应加入适当的防锈剂和表面活性剂, 磁悬液粘度应控制在 $5000\text{Pa}\cdot\text{s}\sim 20000\text{Pa}\cdot\text{s}$ 内 (25°C)。

6.4.3.5 磁悬液浓度应根据磁粉种类、粒度、施加方法和时间具体确定, 一般情况下, 非荧光: $10\text{g/L}\sim 25\text{g/L}$; 荧光: $1\text{g/L}\sim 3\text{g/L}$, 其分散媒介不得具有荧光特性。

6.4.3.6 对于循环使用的磁悬液, 应定期对磁悬液浓度进行测定, 测定前应充分搅拌均匀 (搅拌时间不少于 30min)。一般情况下, 要求每 100mL 磁悬液中, 非荧光磁粉的沉淀体积为 $1.2\text{mL}\sim 2.4\text{mL}$, 荧

光为 0.1mL~0.5mL。

6.4.3.7 荧光法检测时,所使用的紫外线灯在工件表面的紫外线强度应不低于 $1000\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 其波长应在 320nm~400nm 的范围内。其间接评定方法按 GB/T 5097 的规定。

6.4.4 辅助设备:

为保证磁粉检测工作的顺利进行,应具备如下辅助设备:

- a) 磁场强度计;
- b) 灵敏度试片(试块);
- c) 磁悬液浓度测定管;
- d) (2~10) 倍放大镜;
- e) 光照度计;
- f) 紫外线灯;
- g) 紫外线强度计。

6.5 磁化方法

6.5.1 方法和材料

6.5.1.1 作为检验介质使用的铁磁粉既可以是干的,也可以是湿的;并且可以是荧光的,也可以是非荧光的。

6.5.1.2 可以在工件上直接通以电流,使锻件磁化;也可以用中心导体或线圈在工件上产生感应磁场,使锻件磁化。可以用交流电作磁化电源,也可以用直流电作磁化电源。在周向磁化中,由于交流电的“集肤效应”会降低探测缺陷的最大深度,所以在主要探测表层以下的缺陷时应采用直流电源。

6.5.1.3 可采用下列五种磁化方法的一种或几种的组合:

- a) 触头法;
- b) 纵向磁化法;
- c) 周向磁化法;
- d) 磁轭法;
- e) 多向磁化法。

6.5.2 磁粉检测方法

6.5.2.1 连续法

在磁化电流不中断、外加磁场起作用的同时,在受检锻件表面施用磁粉或磁悬液进行检查。在提供连续电流的情况下,最短的通电持续时间应为 $1/5\text{s}\sim 1/2\text{s}$ 。

6.5.2.2 波动法

本方法仅限于采用直流电时。先施以较高的磁化力,然后把磁化力降至较低值并在保持这一较低的磁化力值的条件下施加磁粉或磁悬液。

6.5.2.3 剩磁法

在切断磁化电流、移去外加磁场后施加检验介质,利用工件上的剩磁进行检查。此方法一般不用来检查锻件,若要使用,必须取得用户同意。

6.5.3 磁化方向

除多向磁化法外,对每个检验部位至少应分别检验两次,磁化方向应大致垂直。不允许同时进行两个或两个以上方向的磁化。

6.5.4 磁化类型

6.5.4.1 纵向磁化

磁力线一般平行于锻件轴线,有确定的磁极。一般用螺线管(见图 1)、磁轭(见图 2)或直接缠绕电缆线来进行磁化(见图 3)。

6.5.4.2 周向磁化

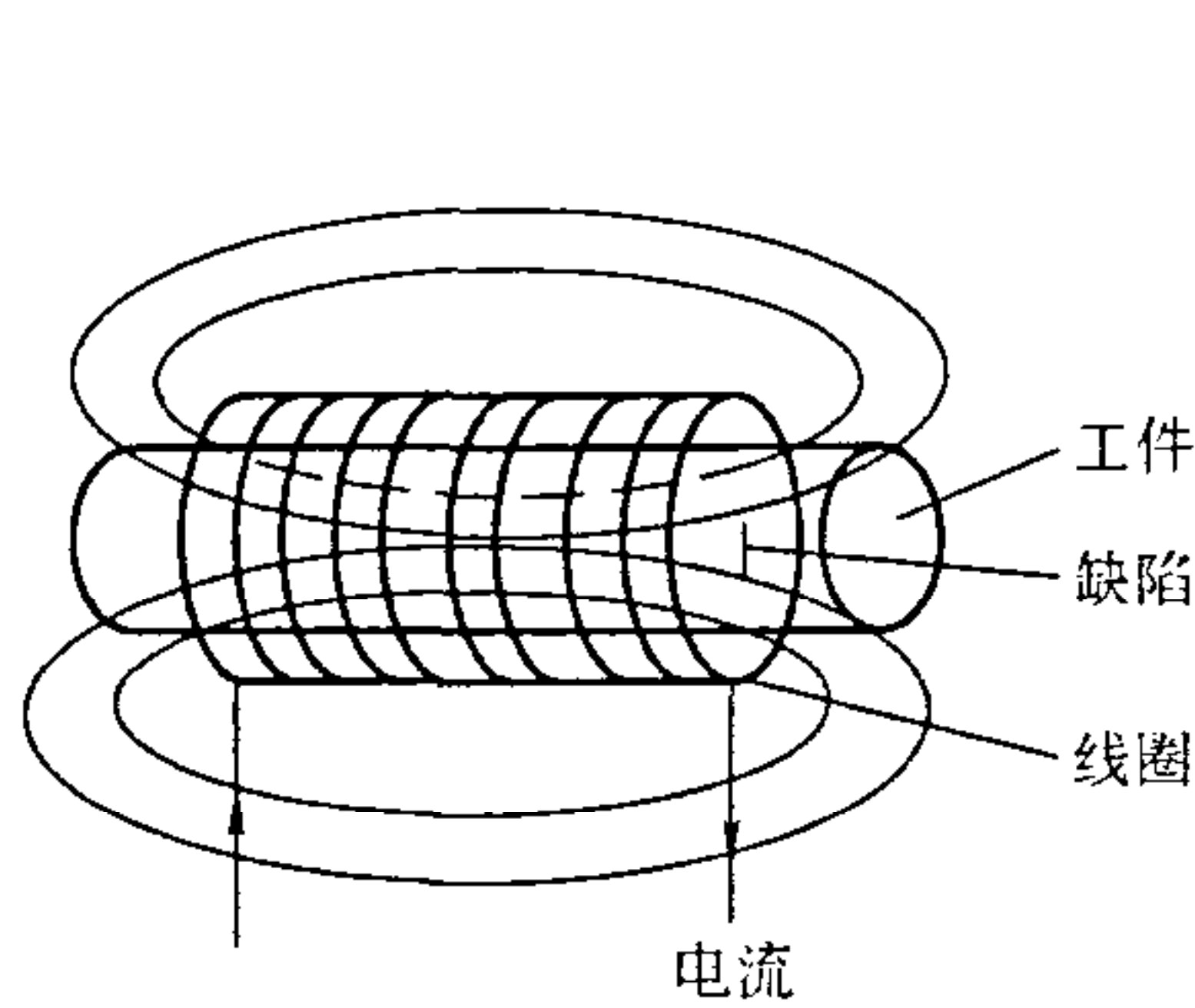


图1 螺线管法

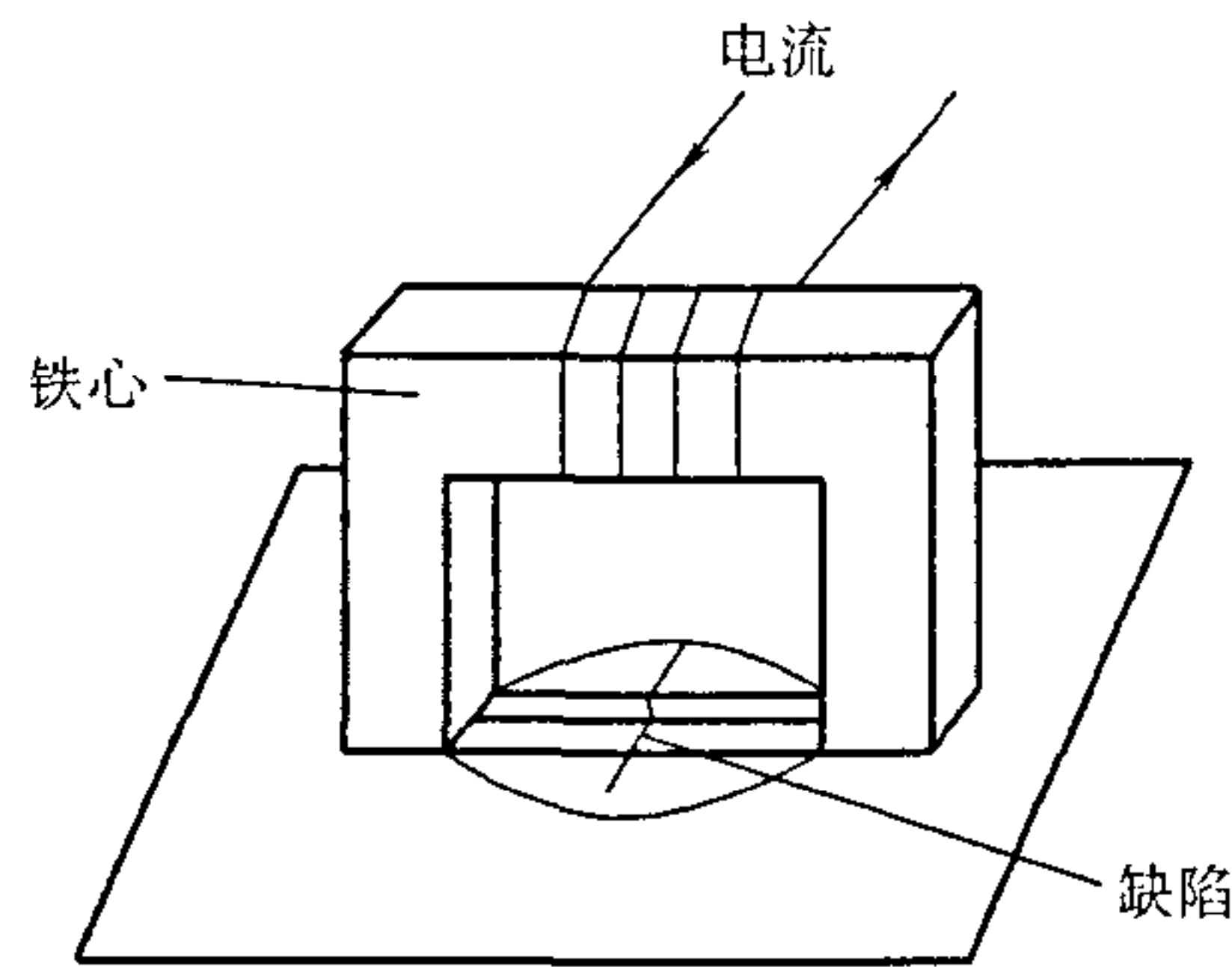


图2 磁轭法

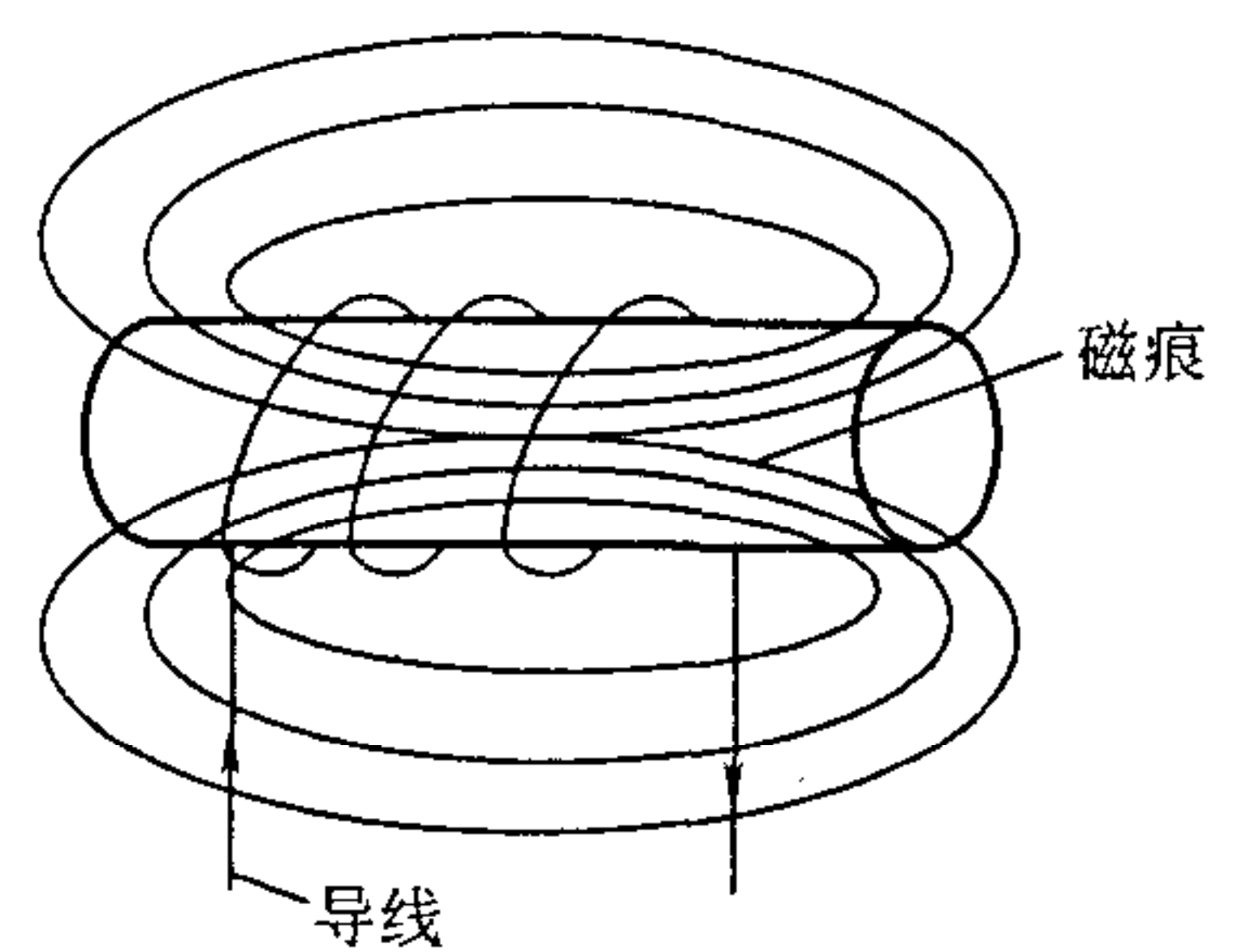


图3 直接缠绕法

磁力线一般垂直于锻件轴线，无确定的磁极，一般用工件直接通电法（见图4）、导体感应法（见图5）、导线穿孔感应法（见图6）或触头法来实现磁化（见图7）。

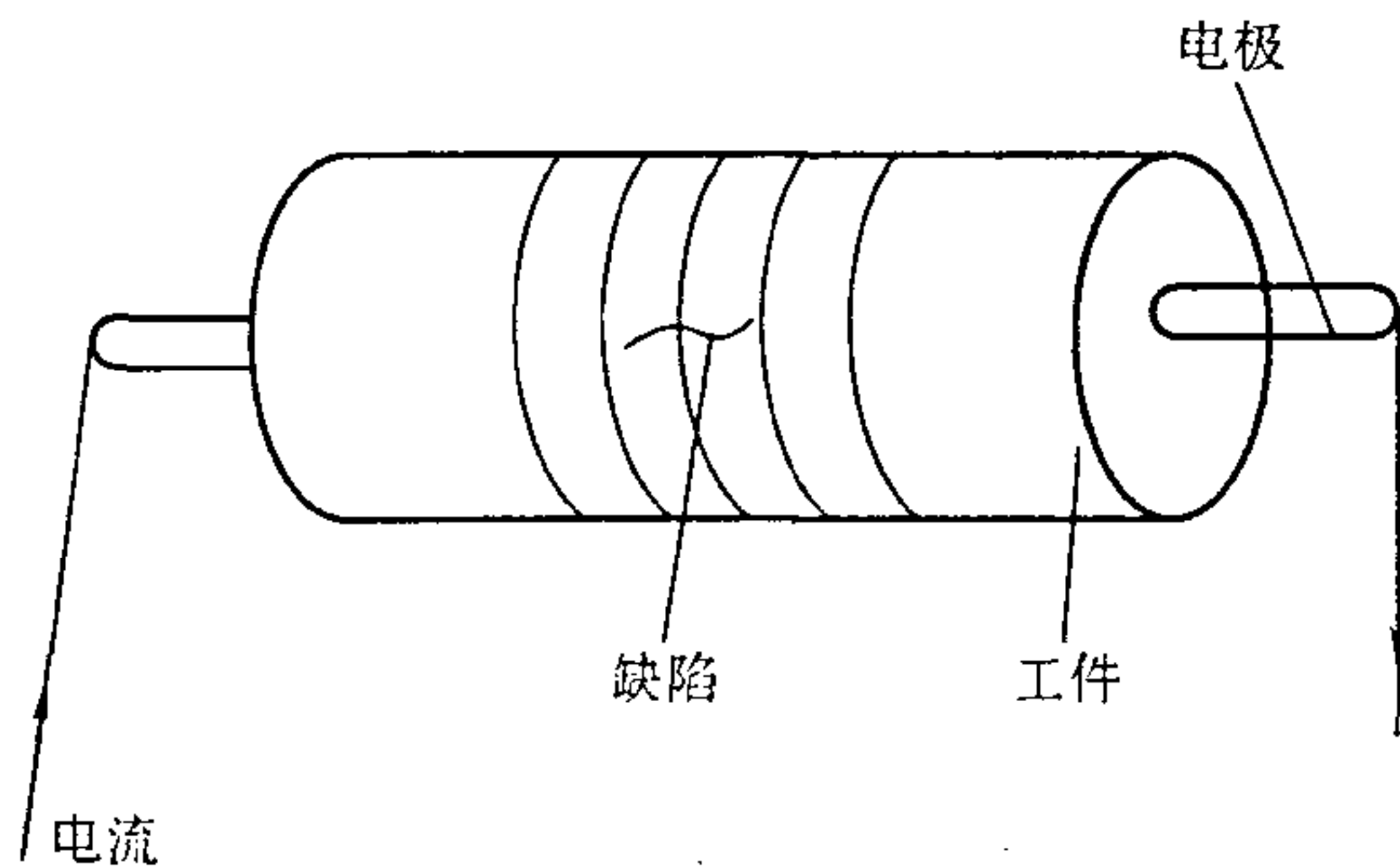


图4 直接通电法

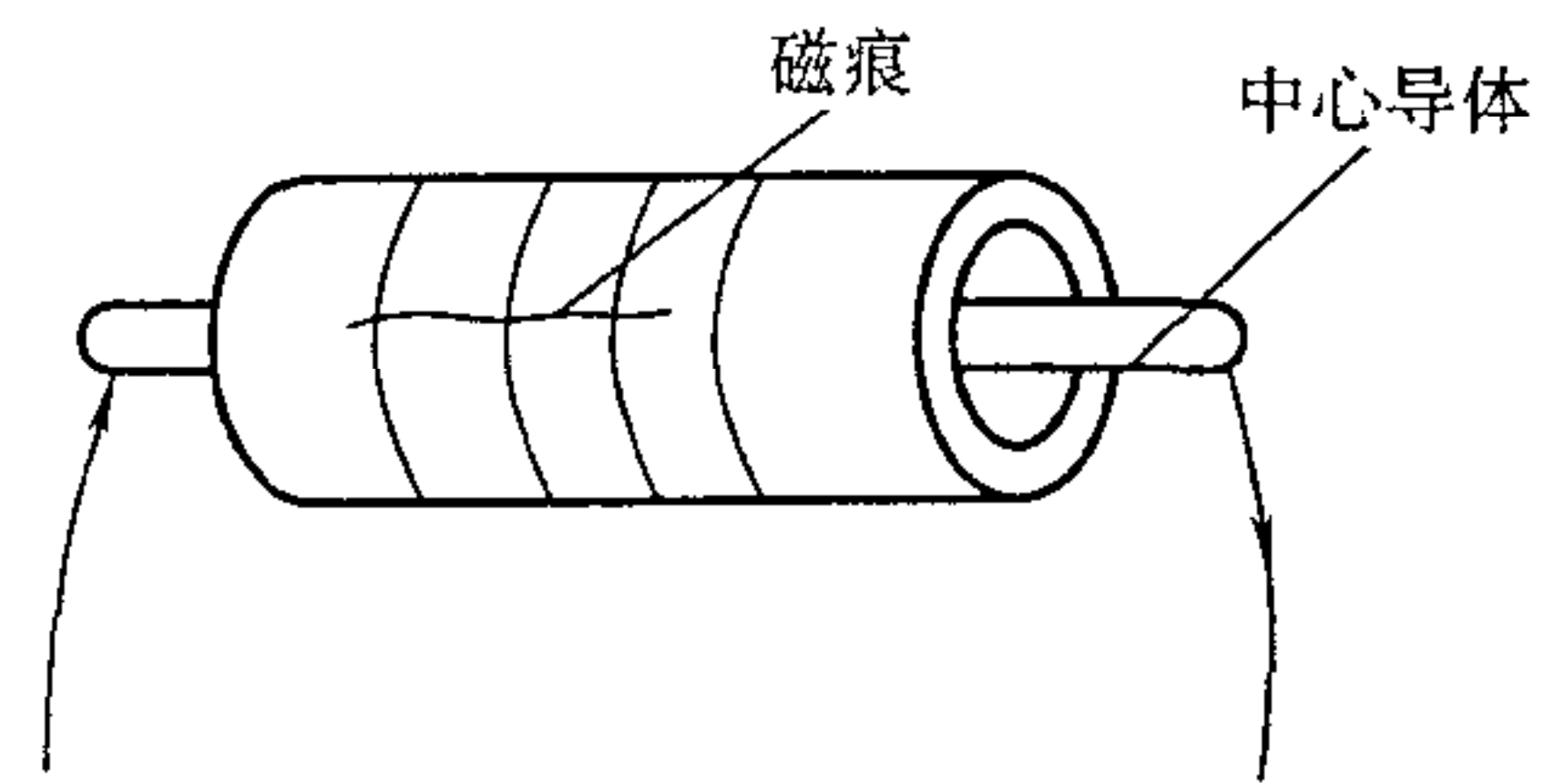


图5 导体感应法

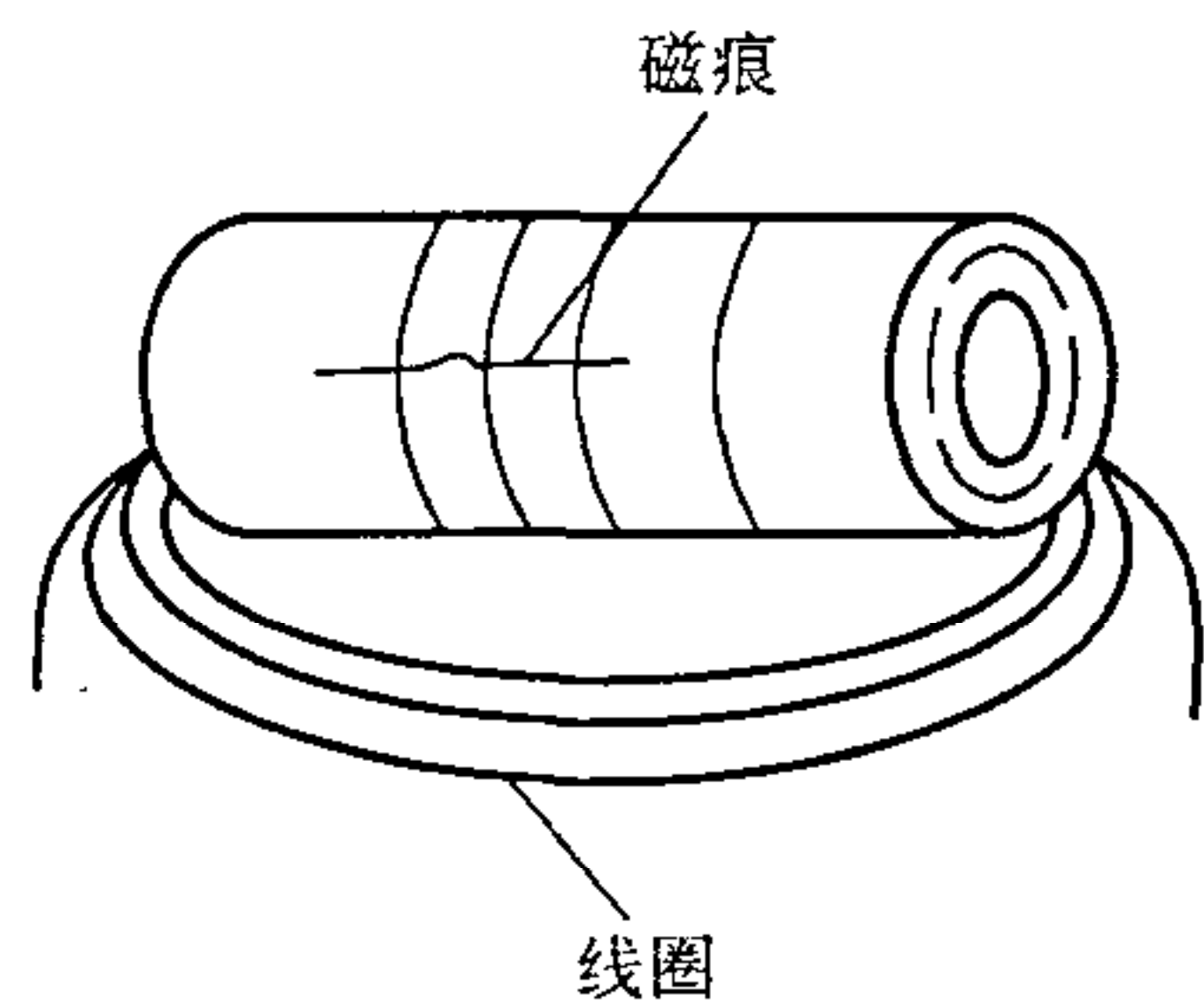


图6 导线穿孔感应法

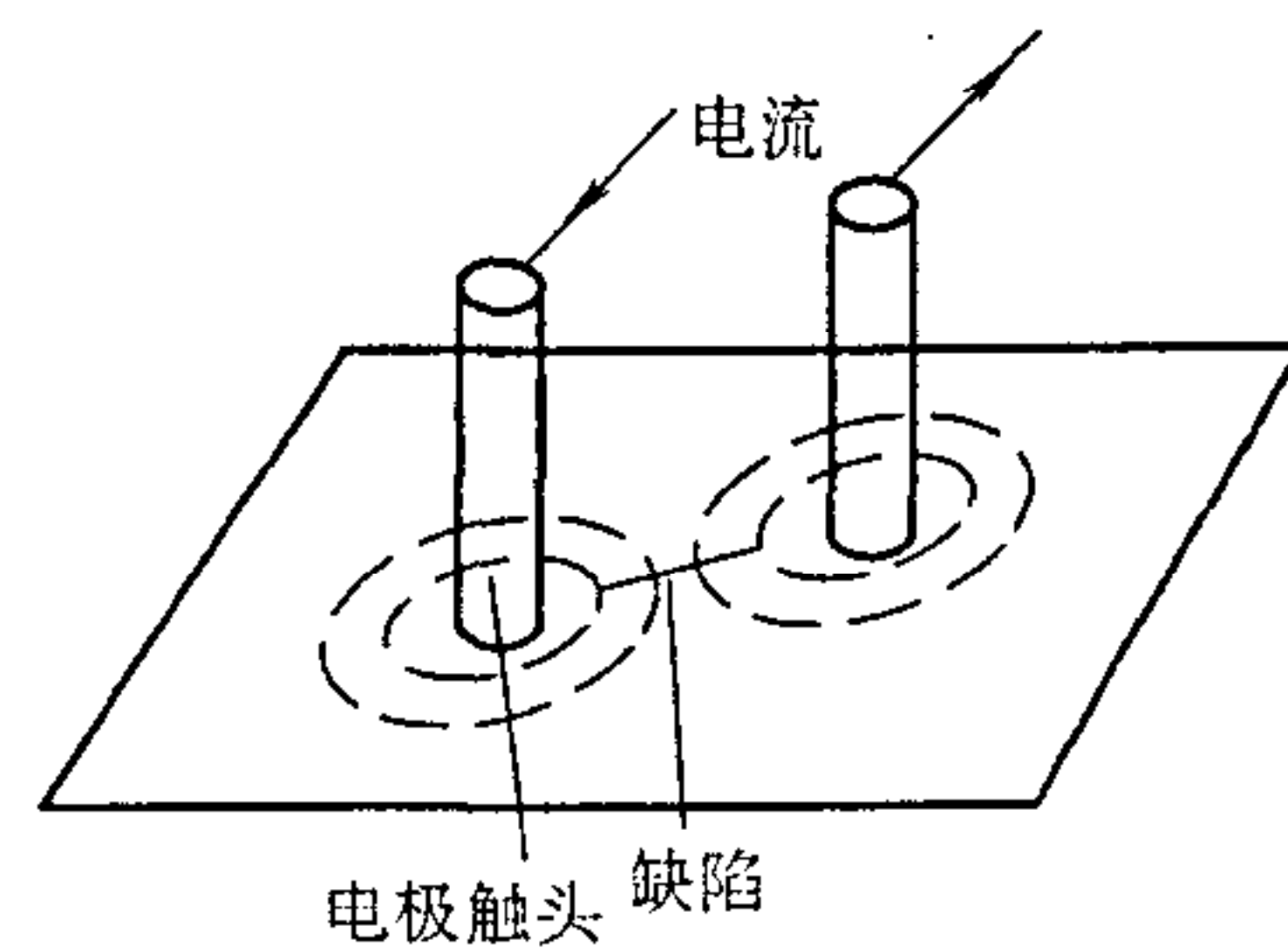


图7 触头法

6.6 灵敏度试片

6.6.1 A型灵敏度试片

A型灵敏度试片仅适用于连续法，以测定被检工件表面的有效磁场强度和方向、有效检测范围以及磁化方向是否能有效检出缺陷。磁化电流应能使试片的磁痕清晰显示。A型灵敏度试片分高、中、低三档，其几何尺寸见图8，型号及槽深见表2。

6.6.2 C型灵敏度试片

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，其几何尺寸见图9，型号及槽深见表3。

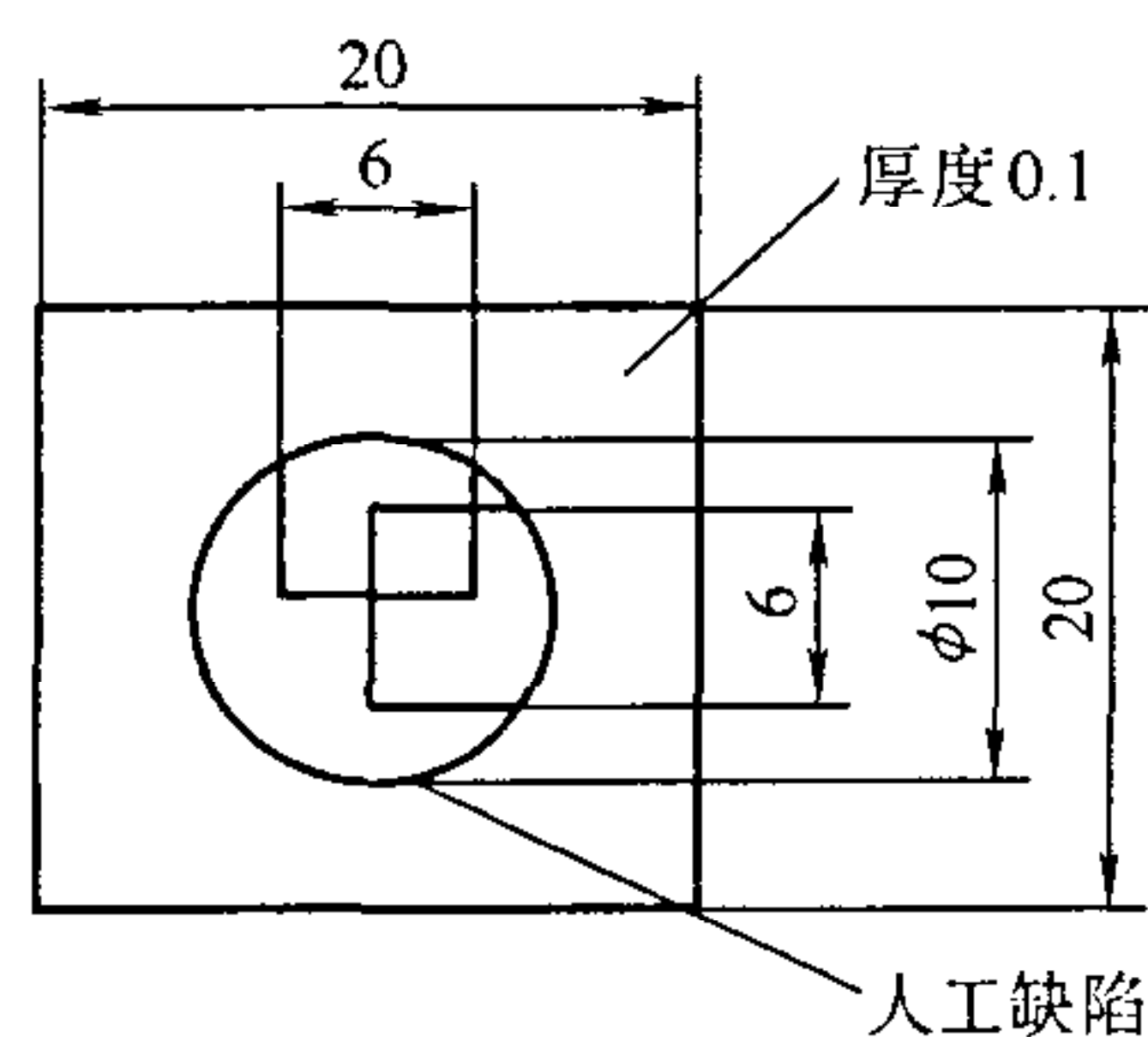


图8 A型灵敏度试片

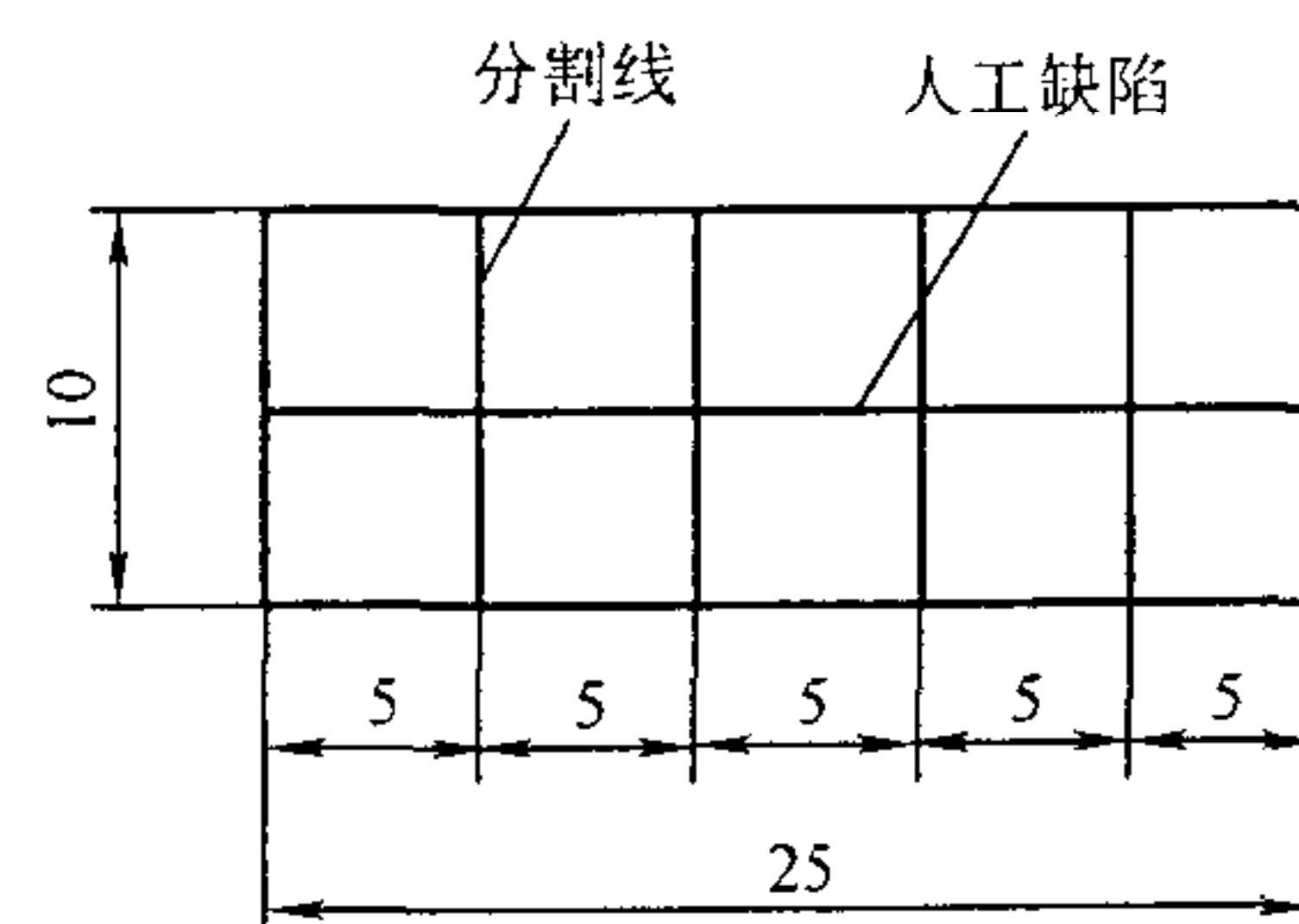


图9 C型灵敏度试片

6.6.3 磁场指示器

只能粗略的检验工件表面的磁场方向、有效检测范围以及磁化方法是否正确，不能作为磁场强度及其分布的定量指标，其几何尺寸见图 10。

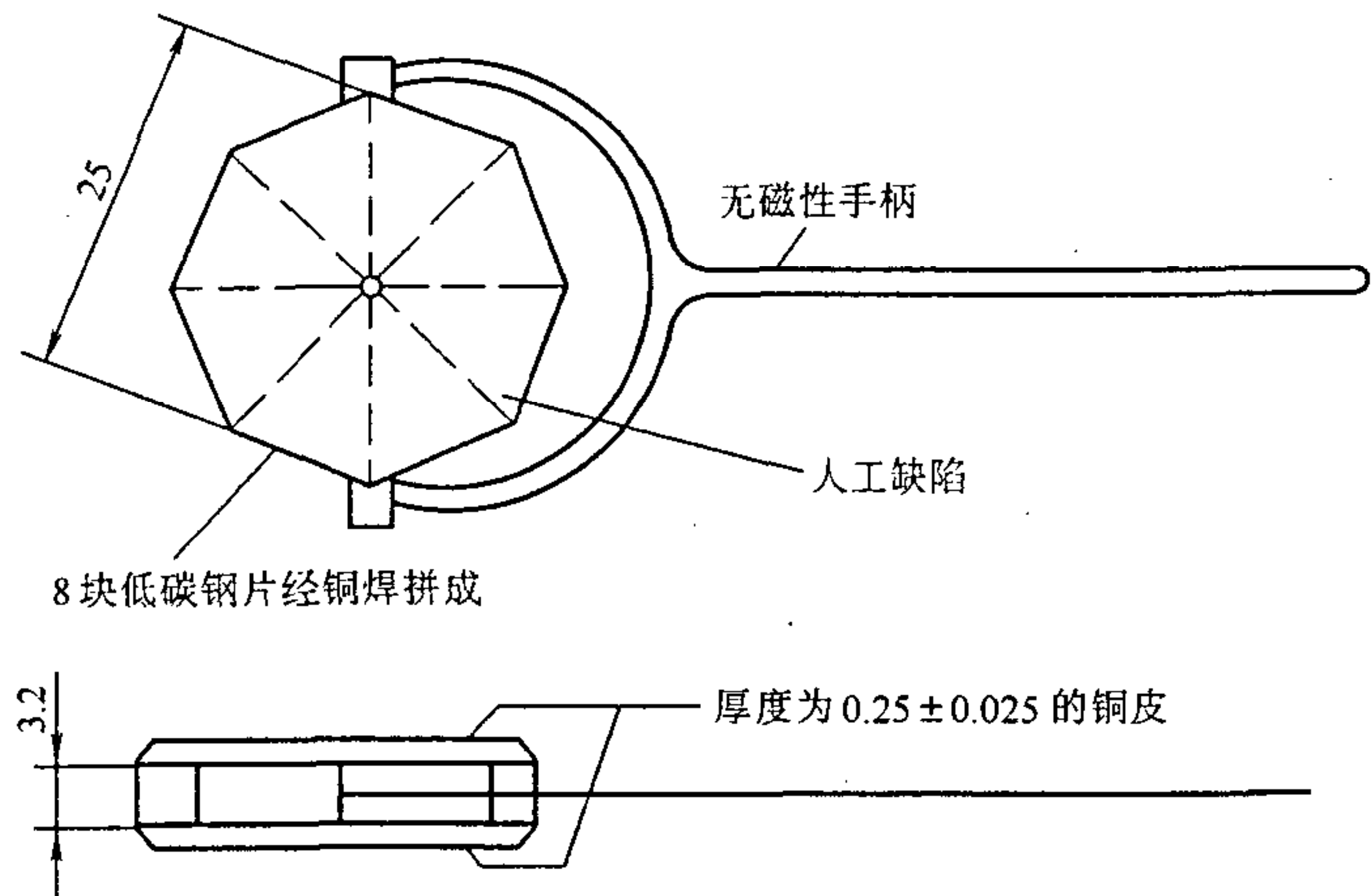


图 10 磁场指示器
表 2 A 型灵敏度试片

型 号	相对槽深 μm	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：相对槽深中分子表示刻槽深度，分母表示试片厚度。			

表 3 C 型灵敏度试片

型 号	厚 度 μm	人工缺陷深度 μm	材 质
C	50	8	超高纯低碳纯铁， $C<0.03\%$ ， $H_0<80A/m$ ，经退火处理

6.6.4 灵敏度试片使用方法

6.6.4.1 使用 A 型或 C 型灵敏度试片时，应将人工缺陷一面紧贴工件表面。为确保接触良好，可使用不影响人工缺陷显示的任何有效方法将试片贴紧。测试时应使用连续法。

6.6.4.2 使用磁场指示器时，应将其平放在被检面上，以是否出现“*”形磁痕显示来判定工件磁化适当与否。

6.7 磁场强度

6.7.1 采用的最小磁场强度应能显示所有有异议的缺陷并能加以区分。最大的磁场强度应恰好低于磁粉在工件表面开始产生过度粘附这一临界点。

6.7.2 磁化参数：

6.7.2.1 线圈法：

a) 低填充线圈法

当采用低填充线圈法对工件进行纵向磁化时，工件的直径（或截面对角线上的最大尺寸）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，计算安匝数应使用式（7）。

$$NI = \frac{45000}{L/D} \pm 10\% \dots\dots\dots (7)$$

正中放置时，计算安匝数应使用式（8）。

$$NI = \frac{1720R}{6(L/D)-5} \pm 10\% \dots\dots\dots (8)$$

- 式中：
- N——线圈匝数；
 - I——电流值，单位为 A；
 - L——工件长度，单位为 mm；
 - D——工件直径或截面对角线上最大尺寸，单位为 mm；
 - R——线圈半径，单位为 mm。

b) 高填充线圈法

当采用高填充线圈法或电缆缠绕式线圈法对工件进行纵向磁化时，计算安匝数应使用式 (9)。

$$NI = \frac{35000}{L/D+2} \pm 10\% \dots\dots\dots (9)$$

- c) 上述公式适用于 D<460mm 且 (L/D) 大于或等于 3 的锻件。对于 (L/D) 小于 3 的锻件，可利用磁极加长块来提高长径比或采用灵敏度试片实测来决定安匝数；对于 (L/D) 大于或等于 10 的锻件，(L/D) 的值只取 10。
- d) 线圈的有效磁化区距线圈端部一个线圈半径内。
- e) 锻件较长时，应分段磁化且应有 10%检测长度的重叠区。

6.7.2.2 对于大锻件 (D>460mm)，磁化电流应当在 12000 安匝~45000 安匝范围内。一般采用灵敏度试片来校验磁场强度 (见 6.6)。

6.7.2.3 对于采用绕制线圈进行周向磁化时，所用磁化电流是 6.7.2.1b) 给定的安匝数除以线圈匝数所得的商。

6.7.2.4 如果电流直接通过锻件进行磁化，则每毫米直径 (或与电流相垂直的截面对角线上最大尺寸) D 所使用的电流值见表 4。

对于空心锻件应按工件壁厚计算。在上述各种情况下，都应使用灵敏度试片来验证磁化力是否适当 (见 6.6)。

表 4 不同直径的磁化电流值

工件外径 D mm	交流电流值 I A/mm	直流或整流电流值 I A/mm
≤125	12~18	24~36
>125~250	8~12	16~24
>250	2~8	4~16

6.7.2.5 中心导体法：

中心导体被广泛使用于磁粉检测，它提供：

- a) 管状零件内径上的一个周向磁场，用直接通电法是不能实现这一点的。
- b) 一种零件非接触的磁化方法，能有效地消除烧伤零件的可能性。
- c) 对于环形零件，在工序上它比直接通电法好得多。
- d) 一般希望中心导体安放在中心以能一次磁化零件的整个圆周。所得到的磁场相对于零件的轴线是同心的，并且在内径处达到最大。用设置在中心的中心导体时，磁化电流的要求和具有同样外径的实心零件一样，因此可应用相同的准则 (见 6.7.2.4)。中心导体安放在中心的各种方法是很容易设计的。
- e) 当磁化电流能力不足时，常借助偏移中心导体的方法，例如在零件外径很大以及为了对小零件方便的情况。对这些例子，表 5 提供了有关使用偏移中心导体法的磁化准则。要注意的是由于整个圆周都应被检查到，因此要将零件反复多次放置在中心导体上，并允许有 10%的磁性重叠。

沿圆周的磁化有效检测区大约为中心导体直径的 4 倍。

表 5 使用中心导体法时选择电流值的准则

中心导体直径 mm	试件截面厚度 mm	安培值±10% A	中心导体直径 mm	试件截面厚度 mm	安培值±10% A
12.5	3	500	37.5	3	1000
	6	750		6	1250
	9	1000		9	1500
	12	1250		12	1750
25	3	750	50	3	1250
	6	1000		6	1500
	9	1250		9	1750
	12	1500		12	2000
注：对于壁厚大于 12.5mm 的空心试件，每增加 3mm，电流值增加 250A（表 5 中数值适用于经热处理达到 124MPa 或更高值的材料；对于较低热处理值的材料，必须另行确定其合适的电流值）。					

6.7.2.6 触头法：

- a) 用触头进行局部周向磁化时，磁场强度同所采用的电流强度成正比，也随两触头的间距和被检截面厚度的不同而变化。
- b) 材料厚度小于 20mm 时，每毫米触头间距应选用 3A~4A 的磁化力；大于 20mm 时，选用 4A~5A 的磁化力。
- c) 触头间距应控制在 75mm~200mm 之间，通电时间不宜过长。为避免烧伤工件，可采用不影响检测灵敏度的任何有效方法使触头与工件保持良好的接触。断路电压不得超过 24V。
- d) 检验时应当有足够的重叠区，以保证在设定灵敏度下达到 100% 的覆盖。

6.7.2.7 磁轭法：

- a) 磁极间距应控制在 50mm~200mm 之间，在此间距内磁轭的提升力：交流电磁铁磁轭至少应有 45N；直流电磁铁磁轭至少应有 180N。
- b) 有效检查区域应限制在两磁极连线两侧 1/4 最大磁极间距内。磁极间距每次应有 25mm 以上的重叠。

6.8 磁粉、磁悬液的施加

6.8.1 当锻件得到适当磁化后，可采用下述方法之一施加磁粉。

6.8.1.1 用干粉法时，可以使用手动筛、机械筛、喷粉器或机械鼓风机等施加磁粉。筛子只能用于朝上平放的表面，喷粉器和鼓风机则可用于立面和朝下的表面。磁粉应均匀地施加到锻件表面上；干粉的颜色应具有适当的对比度；磁粉不宜施加得过多；吹去多余的磁粉时，应注意操作，不要破坏磁痕。

6.8.1.2 用湿法时，磁悬液应采用软管浇淋或浸渍法施加于试件上，使整个被检表面被完全覆盖。

6.8.1.3 用连续法时，磁化电流应在施加磁悬液之前接通，然后一边施加磁悬液一边磁化，使被检面被磁悬液覆盖，且至少反复磁化两次，磁化时间为 1s~3s。停施磁悬液后，应继续磁化 1s 以上。施加磁悬液时应注意流动的磁悬液不得破坏已形成的磁痕。

6.8.1.4 用剩磁法时，磁化 0.25s~1.0s 后，切断磁化电流，施加磁粉。当采用冲击电流时，磁化时间应不少于 0.01s，且至少反复磁化三次以上。必须注意在施加磁粉或磁悬液之前，任何磁性物体不得接触被检工件的检测面。

6.9 退磁

6.9.1 当工件中的残余剩磁影响后续的加工或对工件使用有影响时，应予进行退磁处理。

6.9.2 退磁效果一般用剩磁检查仪或强度计测定，具体数值应根据加工和使用的具体情形而定。

6.9.3 退磁方法可选用任何有效的方法。

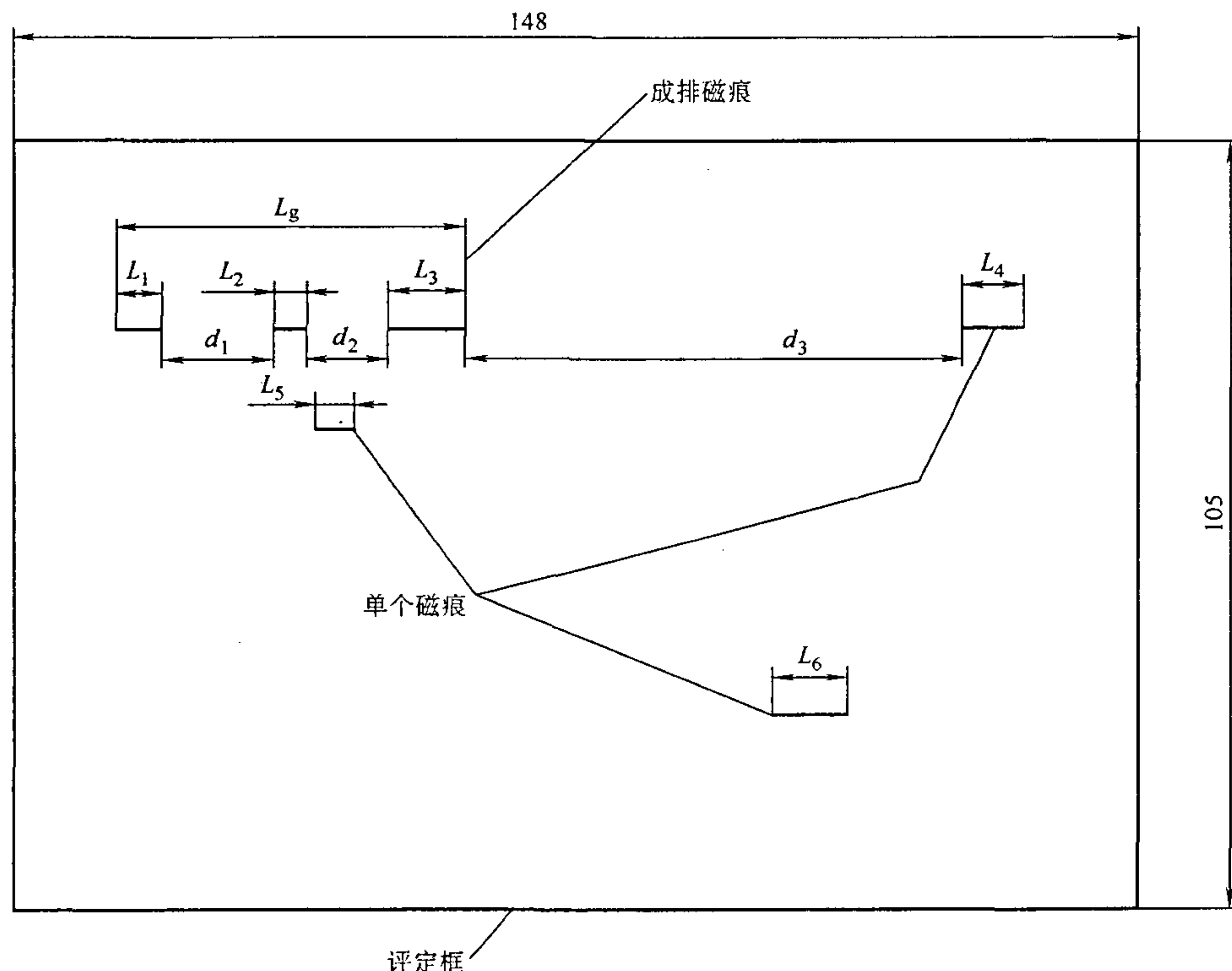
6.10 复验

当出现下列情况之一时，需进行复验：

- 检测结束时，用灵敏度试片验证检测灵敏度不符合要求；
- 发现检测过程中操作方法有误或操作技术条件改变时；
- 不能确认的磁痕显示；
- 供需双方有争议或认为有其他需要时；
- 经返修后的部位。

6.11 磁痕分类

以下规则应适用（见图 11）。



解释：

- 评定框=148mm×105mm（即 A6 图幅）。
- $d_1 < 5L_1$ ； $d_2 < 5L_3$ ； $d_3 > 5L_3$ 。
- L_1 ， L_2 和 L_3 =排列性磁痕的单个磁痕长度。
- 成排磁痕的总长 $L_g = (L_1 + d_1) + (L_2 + d_2) + L_3$ 。
- L_4 ， L_5 和 L_6 =单个磁痕的长度。
- $L_g + L_4 + L_5 + L_6$ =评定框内的磁痕的累积长度。
- 评定框内缺陷总数是 4（标识是 L_g ， L_4 ， L_5 和 L_6 ），见表 6。

图 11 线性磁痕的分类

- 当一个磁痕不与其他任何磁痕排成一行，或虽与另一磁痕排成一行，但彼此间距大于两磁痕中较长磁痕长度的 5 倍时，应视为“单个”磁痕。
 - 成排磁痕是两个（或更多）排成一行的磁痕，如果两磁痕间的距离小于较长磁痕长度的 5 倍时，应视为一个连续磁痕来评定。成排磁痕的长度为两个最外侧磁痕相对两端的距离。
 - 累积长度是评定框（即，148mm×105mm，或=A6 图幅）内检出的所有磁痕长度的总和。
- 注：锻件中的缺陷磁痕通常是线性的。因此，本部分只考虑线性磁痕，即磁痕长度至少是其宽度的 3 倍。
- 检验者应进行所需的检验和观察，以消除伪磁痕。

注：由于磁写、截面变化处或不同导磁性的材料边界处的乱真影响，可能产生伪磁痕。

6.12 记录限和验收标准

五种质量等级应适用于锻件或锻件的各部分。

检验前，供方和需方应就适用的质量等级达成协议。表 6 列出了应适用于五种质量等级的记录限和验收标准，如果达成协议，可以采用不同于表 6 的记录限和验收标准。

表 6

参 数	质 量 等 级				
	1 ^a	2 ^b	3	4	5
记录限：磁痕长度 mm	≥1	≥2	≥2	≥3	≥5
单个磁痕允许的最大长度 L 和成排磁痕允许的最大长度 L_g mm	2	4	8	12	20
评定框内允许的磁痕累积最大长度 mm	5	24	36	50	75
评定框内允许的最大磁痕数量	5	7	10	12	15
^a 质量等级不适用于单边机械加工余量大于 1mm 的受检表面。					
^b 质量等级不适用于单边机械加工余量大于 3mm 的受检表面。					

6.13 磁粉检测报告

磁粉检测报告中应包含以下内容。

6.13.1 检验所使用的规范标准，要求的质量验收等级，所用的仪器名称与规格、型号，锻件表面状态和检验时期。

6.13.2 磁粉种类和磁悬液浓度以及施加方法、磁化方法与规范要求、检测灵敏度校验与试片规格型号。

6.13.3 制造厂标志号、产品合同号、锻件名称、图号、材质、炉号、卡号。

6.13.4 缺陷记录与工件草图、检验结果的评定。

6.13.5 检验日期与检验人员签名。

7 渗透检测及其质量等级

7.1 检验依据

用户或设计工艺部门对锻钢件渗透检测的有关要求。

7.2 检测表面要求

7.2.1 被检区表面及邻近 25mm 范围内应干燥且无脏物、油脂、棉纤维、氧化皮、油或其他掩盖表面开口缺陷的异物。

7.2.2 对异物的清除可采用任何不影响渗透检测的方法进行清洗。

7.2.3 锻件机加面粗糙度 R_a 值最大为 $6.3\mu\text{m}$ ，若能证明其表面状态不影响渗透检测，可不受此限制。

7.2.4 检测表面的温度应控制在 $15^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 内。

7.3 检测材料

7.3.1 渗透检测材料一般包括渗透剂、乳化剂、清洗剂和显像剂。

7.3.2 渗透检测材料的质量控制应符合 JB/T 9216 的要求。

7.3.3 检测剂必须具有良好的检测性能，对工件无腐蚀；对人体基本无毒害作用。

7.3.4 对于镍基合金材料，一定量检测剂蒸发后残渣中的硫元素含量的重量比不得超过 1%。如有更高要求，可由供需双方另行商定。

7.3.5 对于奥氏体钢和钛及钛合金材料，一定量检测剂蒸发后残渣中的氯、氟元素含量的重量比不得超过 1%。如有更高要求，可由供需双方另行商定。

7.3.6 检测剂中氟、氯、硫元素含量的测定方法可按下述进行：

取检测剂试样 100g，放在直径 150mm 的表面蒸发皿中沸水浴加热 60min，进行蒸发，如蒸发后留下的残渣超过 0.005g，则应分析氟、氯、硫元素的含量。

7.3.7 对于同一检测工件，不能混用不同类型的检测剂。

7.4 对比试块

7.4.1 对比试块主要用于检验检测剂性能及操作工艺。

7.4.2 对比试块分为铝合金试块和镀铬试块。

7.4.3 对比试块的制作：

a) 铝合金试块

将一块 LY12 硬铝合金试块用喷灯在上半部和下半部的中央部位加热至 $510^{\circ}\text{C} \sim 530^{\circ}\text{C}$ ，然后迅速投入冷水中，通过淬火处理使试块表面产生条状和网状裂纹；再在试块中间加工一个直槽，使得试块分成两部分，并分别标以 A、B 记号，以便进行不同检测剂及不同工艺的对比试验。其规格尺寸如图 12 所示。

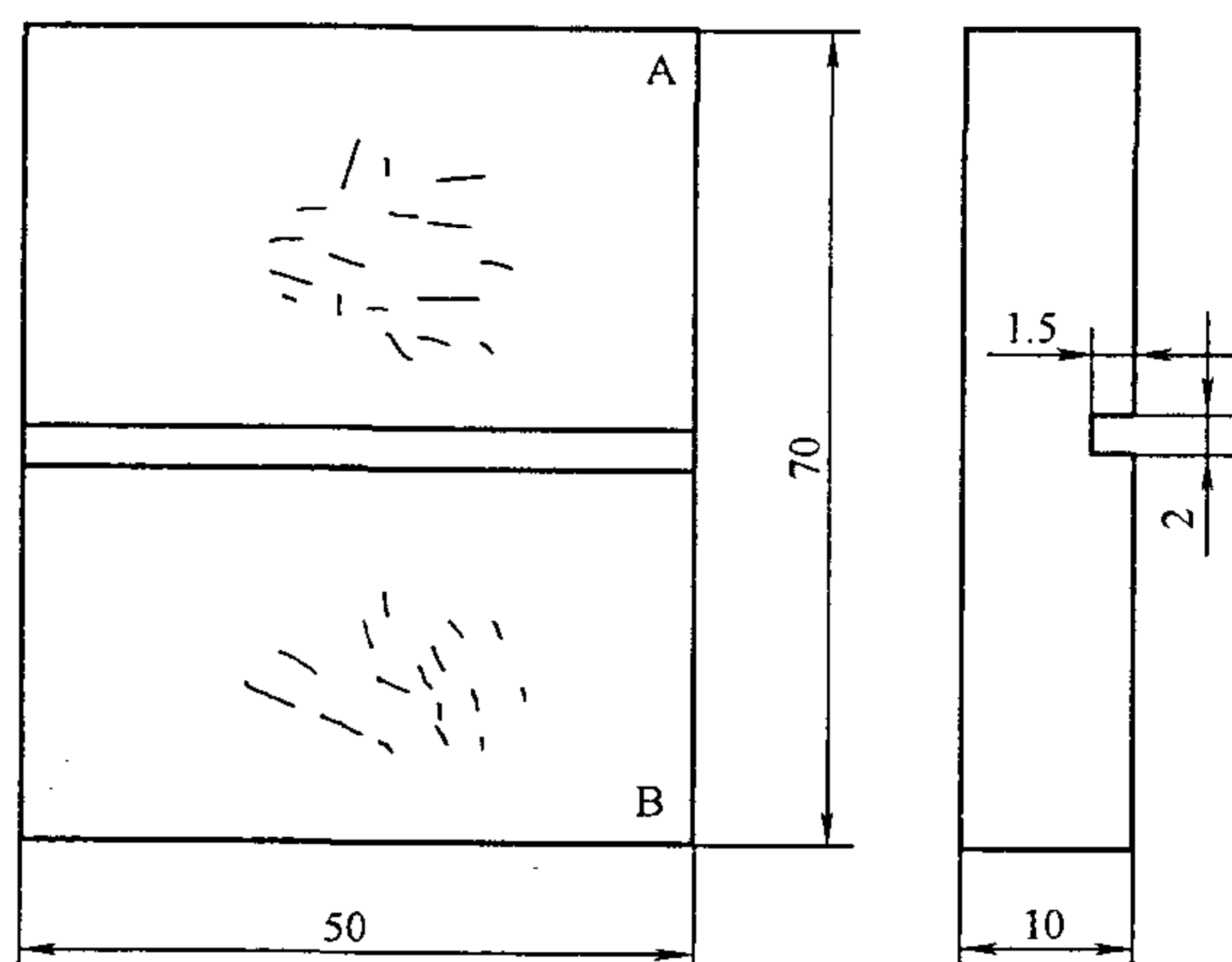


图 12 铝合金对比试块

b) 镀铬试块

将一块尺寸为 $130\text{mm} \times 40\text{mm} \times 4\text{mm}$ 、材料为 0Cr18Ni9Ti 或其他不锈钢材料的试块上单面镀镍 (30 ± 1.5) μm ，在镀镍层上再镀铬 $0.5\mu\text{m}$ ，然后退火。在未镀面上，以直径 10mm 的钢球，用布氏硬度法按 7500N、10000N、12500N 打三点硬度，使镀层上形成三处辐射状裂纹。

7.4.4 对比试块的清洗和保存：

对比试块使用后进行彻底清洗。清洗时，通常是用丙酮仔细擦洗后，再放入装有丙酮和无水酒精的混合液（混合比为 1：1）的密闭容器中保存，或用其他等效方法保存。

7.5 渗透检测方法分类及选用

7.5.1 渗透检测方法分类及代号

7.5.1.1 按渗透剂种类分为着色渗透 (V) 和荧光渗透 (F)；按操作分为水洗型 (A)、后乳化型 (B)、溶剂去除型 (C)。以上一共可组合成六种渗透检测方法。

7.5.1.2 按显像剂类型分为干式 (D)、快干式 (S)、湿式 (W)、无显像式 (N) 渗透检测。

7.5.1.3 各种方法组合的检测步骤：

- 渗透检测的检测步骤一般有前处理、渗透、乳化、去除多余渗透剂、干燥、显像、干燥、观察、后处理。
- 各种组合方法的检测步骤均包括：前处理、渗透、去除多余渗透剂、观察、后处理。
- 后乳化型在渗透后要进行乳化。
- 水洗型和后乳化型在显像前要进行干燥。
- 无显像式均无显像和干燥处理。
- 湿法显像后要进行干燥处理。

7.5.2 渗透检测方法的选用

7.5.2.1 渗透检测方法的选用应根据被检工件表面粗糙度、渗透检测灵敏度、检验批量大小和检验环境等条件来决定。

7.5.2.2 对于表面光洁且检验灵敏度要求高的工件，宜采用后乳化型着色法或后乳化型荧光法，也可采用溶剂去除型荧光法。

7.5.2.3 对于表面粗糙且检验灵敏度要求较低或批量较大的工件，宜采用水洗型着色法或后乳化水洗型荧光法。

7.5.2.4 现场无水源、电源的检验宜采用溶剂去除型着色法。

7.5.2.5 大工件局部检验宜采用溶剂去除型着色法或溶剂去除型荧光法。

7.6 操作规程

7.6.1 预清洗

7.6.1.1 所有待检区域在涂敷渗透剂前必须按 7.2 要求进行预清洗。

7.6.1.2 清洗后的干燥：

清洗好的工件应进行干燥。干燥的方法一般有在干燥炉内加热工件、采用红外线灯烘烤、用热压缩空气吹干或在环境温度下晾干等。但施加渗透剂前工件温度不得超过 50℃。

7.6.2 施加渗透剂

7.6.2.1 施加渗透剂的有效方法有多种，诸如浸渍、涂刷、淋流或喷涂等，具体应根据工件大小、形状、数量以及检测部位等来选择施加方法。

7.6.2.2 渗透剂在工件上的保持时间（渗透作用时间）的长短由制造厂推荐。一般情况下，在 15℃～50℃内，渗透时间应不少于 10min。在渗透期间内，必须保持渗透剂湿润。

7.6.3 去除多余渗透剂

7.6.3.1 在清洗工件被检表面多余的渗透剂时，应注意防止过度清洗而使检测质量下降，同时也注意防止清洗不足而影响缺陷识别。用荧光渗透剂时，可在紫外灯照射下边观察边清洗。

7.6.3.2 水洗型和后乳化型渗透剂可直接用水冲洗工件，冲洗时可用自动、半自动手工喷水或浸渍装置去除多余渗透剂。清除的程度取决于水压、水温和冲洗时间。无特殊要求时，水压不得超过 0.34MPa。冲洗时，水柱与工件表面应有一定角度，不能垂直于受检表面冲洗。

7.6.3.3 在特殊应用的场合中，如果没有合适的水洗装置，也可用一种干净的吸湿材料蘸水擦拭表面上的渗透剂直至除去多余渗透剂为止。

7.6.3.4 使用后乳化型渗透剂时，乳化剂应采用喷涂或浸渍的方法施加，乳化时间取决于乳化剂的类型（快反应式、慢反应式、油基式或水基式）、缺陷类型以及工件表面状态。一般要求在 5min 以内完成。

7.6.3.5 清除多余溶剂清洗型渗透剂时，可用干净不起毛的擦布尽可能把绝大部分多余渗透剂擦去，之后用擦布蘸些溶剂再擦工件表面，直至完全除去多余渗透剂。为了防止将渗入缺陷内的渗透剂去除掉，禁止往复擦拭或直接用溶剂冲洗工件表面。

7.6.4 工件的干燥

7.6.4.1 在施加湿态显像剂之后或施加干式显像剂之前，工件都要进行干燥处理。

7.6.4.2 干燥处理的方法和要求按 7.6.1.2。

7.6.4.3 采用溶剂清洗时，应自然干燥。

7.6.4.4 干燥时间通常为 5min～10min。

7.6.5 显像

7.6.5.1 使用干式显像剂时，须先经干燥处理，再用适当方法将显像剂均匀地喷洒在整个被检表面上并保持一段时间。

7.6.5.2 使用湿式显像剂时，在被检面经过清洗处理后，可直接将显像剂喷洒或涂刷到被检面上或将工件浸入到显像剂中，然后迅速排除多余显像剂，再进行干燥处理。

7.6.5.3 使用快干式显像剂时，经干燥处理后，再将显像剂喷洒或涂刷到被检面上然后应进行自然干燥或用低温空气吹干。

7.6.5.4 显像剂在使用前应充分搅拌均匀，施加显像剂时应薄而均匀，不可在同一部位反复多次施加显像剂。

7.6.5.5 喷施显像剂时，喷嘴离被检面距离为 300mm~400mm，喷洒方向应与被检面成 30°~40° 夹角。

7.6.5.6 禁止在被检面上倾倒快干式显像剂，以免冲洗或溶解掉缺陷内的渗透剂。

7.6.5.7 显像时间取决于显像剂种类、缺陷大小以及被检工件表面温度，一般不应少于 7min。

7.6.6 观察

7.6.6.1 观察显示迹痕应在显像剂施加后 7min~30min 内进行。若显示迹痕的大小不发生变化，观察时间可适当延长。

7.6.6.2 着色渗透检测时，观察应在被检表面可见光照度大于 500lx 的条件下进行。

7.6.6.3 荧光渗透检测时，所用紫外灯在工件表面的紫外线强度应大于 $1000\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，紫外线波长应在 $0.32\mu\text{m}\sim 0.40\mu\text{m}$ 的范围内。观察前要有 5min 以上时间使眼睛适应暗室。暗室内可见光照度应小于 20lx。

7.6.6.4 当出现显示迹痕时，必须确定显示迹痕是真缺陷还是假缺陷。必要时应用 2~10 倍放大镜进行观察或进行复验。

7.6.7 复验

7.6.7.1 当出现下列情况之一时，需进行复验：

- a) 检测结束时，用对比试块验证渗透剂已失效；
- b) 发现检测过程中操作方法有误或操作技术条件改变时；
- 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。

7.6.7.2 当决定进行复验时，必须对被检面进行彻底清洗，以去除前次检测时所留下的痕迹。必要时，应用有机溶剂进行浸泡。当确认清洗干净后，按 7.6.1~7.6.6 的规定进行复验。

7.6.8 后处理

检测结束后，为防止残留的渗透剂和显像剂腐蚀被检工件表面或影响其使用，必须对工件上的检测剂进行清除。清除时可采用对工件使用或后续工序无影响的任何有效方法进行。

7.7 液痕分类

以下规则应适用（见图 13）。

- a) 当一个线性液痕不与其他任何线性液痕排成一行，或虽与另一线性液痕排成一行，但彼此间距大于两液痕中较长液痕长度的 5 倍时，应视为“单个”液痕。
- b) 成排线性液痕是两个（或更多）排成一行的线性液痕，如果两液痕间的距离小于或等于较长液痕长度的 5 倍时，应视为一个连续液痕来评定。成排液痕的长度为两个最外侧液痕相对两端的距离。
- c) 线性液痕累积长度是评定框（即， $148\text{mm}\times 105\text{mm}$ ，或=A6 图幅）内检出的所有线性液痕长度的总和。

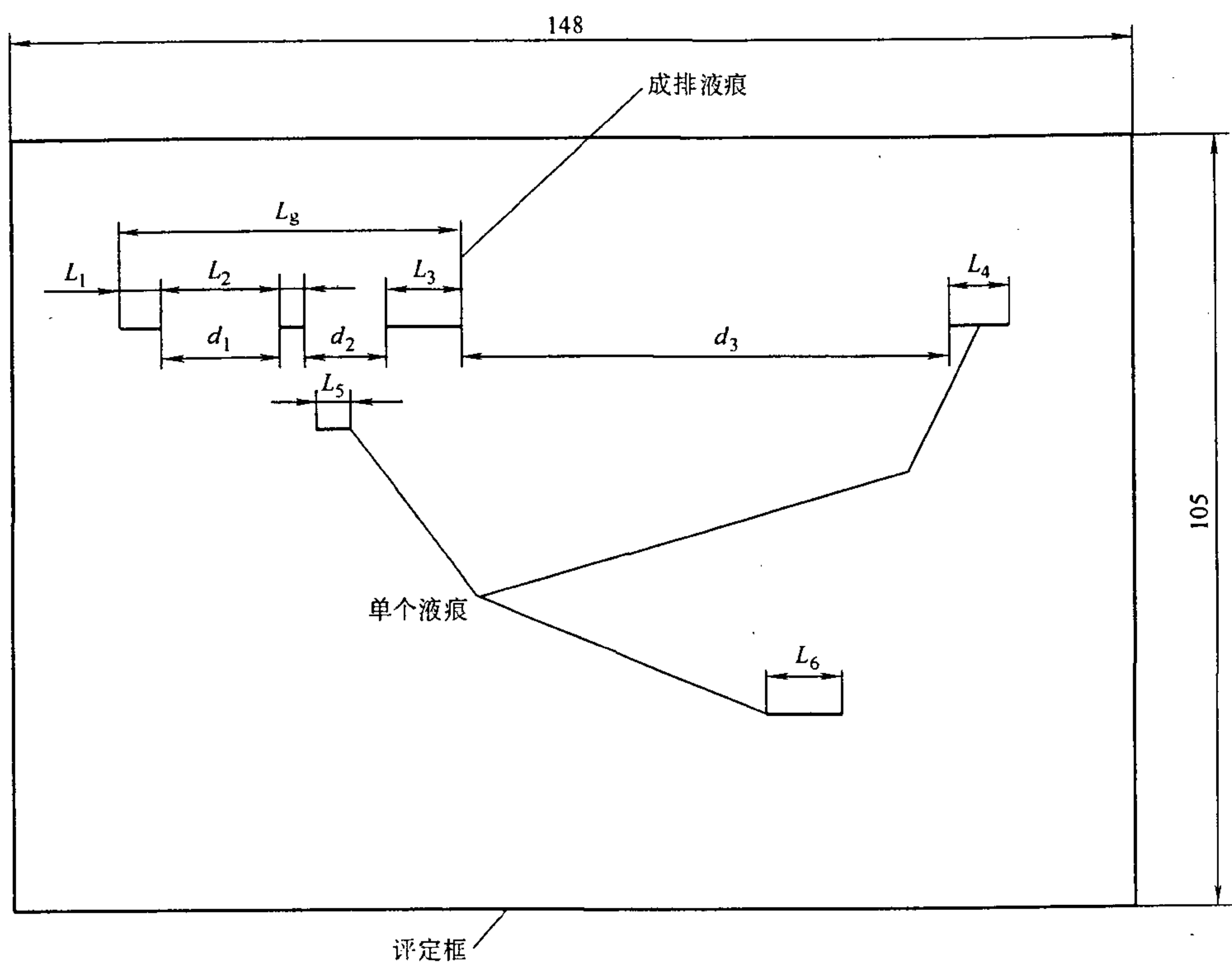
注：线性液痕是长度至少是其宽度的 3 倍的液痕。

d) 圆形液痕是长度小于或等于其宽度 3 倍的液痕。

e) 不应考虑由于零件的几何外形原因（截面变化或凹槽等）或表面粗糙度（疤痕或机械加工刀痕）产生的伪液痕。

7.8 记录限和验收标准

五种质量等级应适用于锻件或锻件的各部分。



- 解释:
- a) 评定框=148mm×105mm (即 A6 图幅)。
 - b) $d_1 < 5L_1$; $d_2 < 5L_3$; $d_3 > 5L_3$ 。
 - c) L_1 , L_2 和 L_3 =成排液痕的单个液痕长度。
 - d) 成排液痕的总长 $L_g = (L_1 + d_1) + (L_2 + d_2) + L_3$ 。
 - e) L_4 , L_5 和 L_6 =单个液痕的长度。
 - f) $L_g + L_4 + L_5 + L_6$ =评定框内的液痕的累积长度。
 - g) 评定框内缺陷总数是 4 (标识是 L_g , L_4 , L_5 和 L_6)，见表 7。

图 13 线性液痕的分类

检验前，供方和需方应就适用的质量等级达成协议。表 7 列出了应适用于五种质量等级的记录限和验收标准。注如果达成协议，可以采用不同于表 7 的记录限和验收标准。

表 7

参 数	质 量 等 级				
	1 ^a	2	3	4	5
记录限 mm ^b	≥1	≥3	≥3	≥5	≥7
单个线性液痕允许的最大长度 L 和成排液痕允许的最大长度 L_g mm ^b	2	4	8	12	20
评定框内允许的线性液痕累积最大长度 mm ^b	5	24	36	50	75
评定框内允许的单个圆形液痕的尺寸 mm ^b	3	8	12	20	30
评定框内 ^c 允许的最大液痕数量	5	7	10	12	15
^a 质量等级 1 级不适用于单边机械加工余量≥0.5mm 的受检区域。					
^b 表内的值适用于液痕尺寸，不适用于缺陷的表面范围。					
^c 评定框=148mm×105mm (即 A.6 图幅)。					

7.9 渗透检测报告

渗透检测报告中应包含以下内容。

7.9.1 检验所使用的规范标准、要求的质量验收等级、所用的检验方法及检测剂的名称与规格型号、锻件表面状态和检验时期（热处理状态）。

7.9.2 制造厂标志号、产品合同号，锻件名称、图号、材质、炉号、卡号。

7.9.3 缺陷记录与工件草图、检验结果的评定。

7.9.4 检验日期与检验人员签名等。

附录 A
(规范性附录)
锻钢件横波检测方法和质量验收要求

A.1 适用范围

凡轴向长度大于50mm，内外直径之比不小于75%的筒形环形锻件，均可选用本附录所规定的方法，沿锻钢件圆周面进行超声横波检测。

A.2 探头

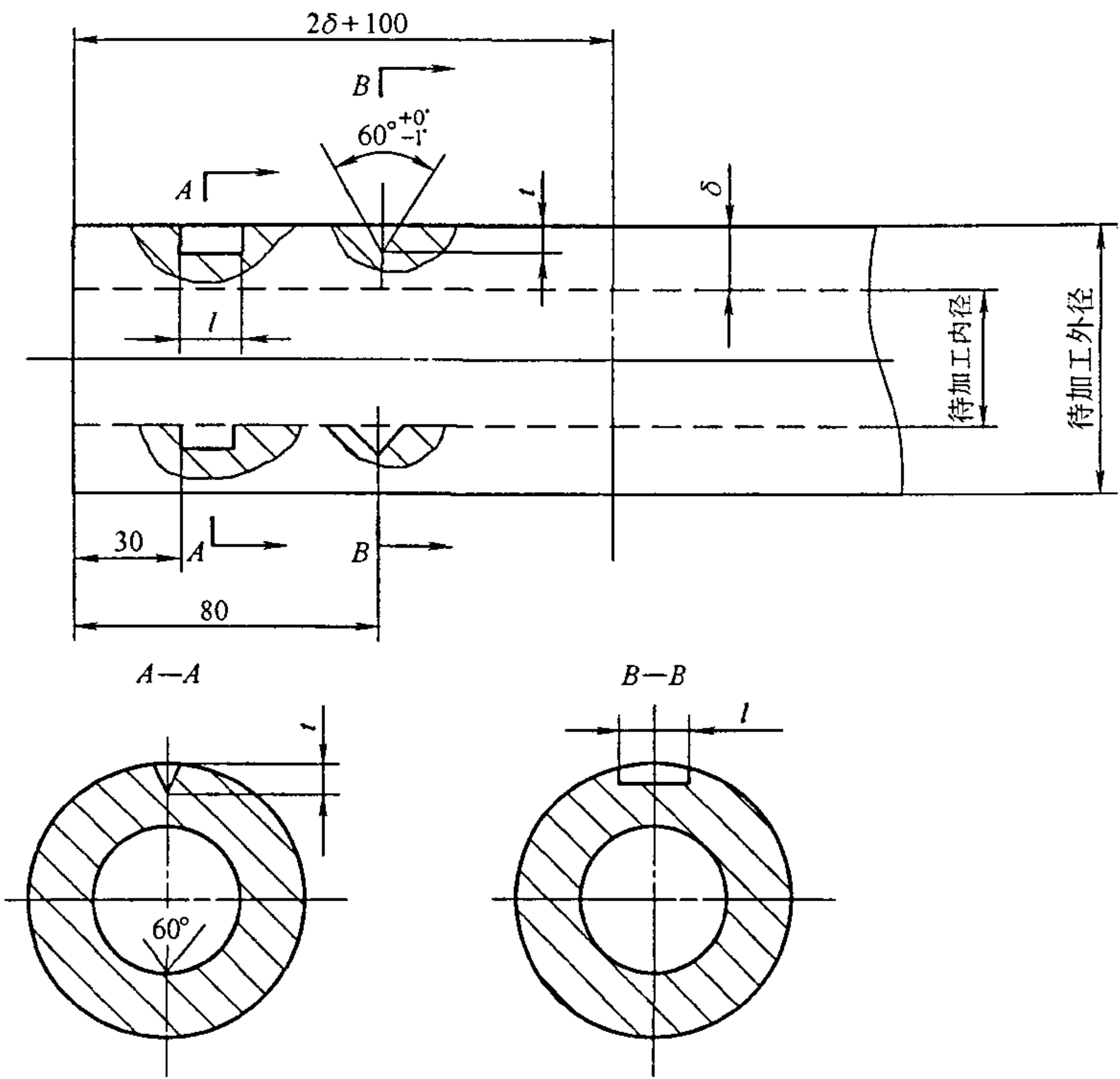
A.2.1 探头频率主要为2.5MHz，也可用2MHz。

A.2.2 探头晶片面积为 $100\text{mm}^2 \sim 400\text{mm}^2$ 。

A.2.3 原则上采用 K_1 探头，但根据锻钢件几何形状的多样性，也可采用其他 K 值探头，以能检测整个锻件体积为选用原则。

A.3 校验试块

A.3.1 可利用被探锻件的壁厚或长度上的加工余量部分制作校验试块，在锻件的内外表面分别沿轴向和周向加工出平行的V形槽作为标准刻槽。V形槽长度为25mm，角度为 60° ，深度为锻件最大壁厚的3%或6mm（二者取较小值），具体制作见图A.1。



- 注1: $t=3\%\delta$ 或6mm，二者取较小值。
注2: 槽深公差范围: $t_{-2\%}^0$ ；但不应大于 $t_{-0.03}^0$ 。
注3: $l=25\text{mm}$ 。
注4: V形角度为: $60^\circ_{-1.0}^0$ 。
注5: 槽底部的平面宽度不能大于V形槽深度 t 的20%。

图 A.1 V 形校正槽示意图

A.3.2 也可使用单独的校验试块，其试块的材质、热加工工艺和壁厚均与被探锻件相同，表面粗糙度应与被探锻件相近，但不得优于被探锻件。

A.3.3 生产一批同类锻件时，可取其中一件制作单独的校验试块。

A.4 检测灵敏度调节

将探头从锻件外圆面对准内圆面的V形槽，移动探头并调整增益，使最大反射波高达全屏高的75%，将该波高值在面板上描一点；再移动探头对准外圆面的V形槽，保持仪器增益不变，将最大反射波高值在面板上再描一点；然后过这两点作一直线，称为全波幅灵敏度参考线。再下降6dB作一平行于全波幅灵敏度参考线的直线，称为半波幅灵敏度参考线。

A.5 检测操作

A.5.1 检测扫查方向如图A.2所示。

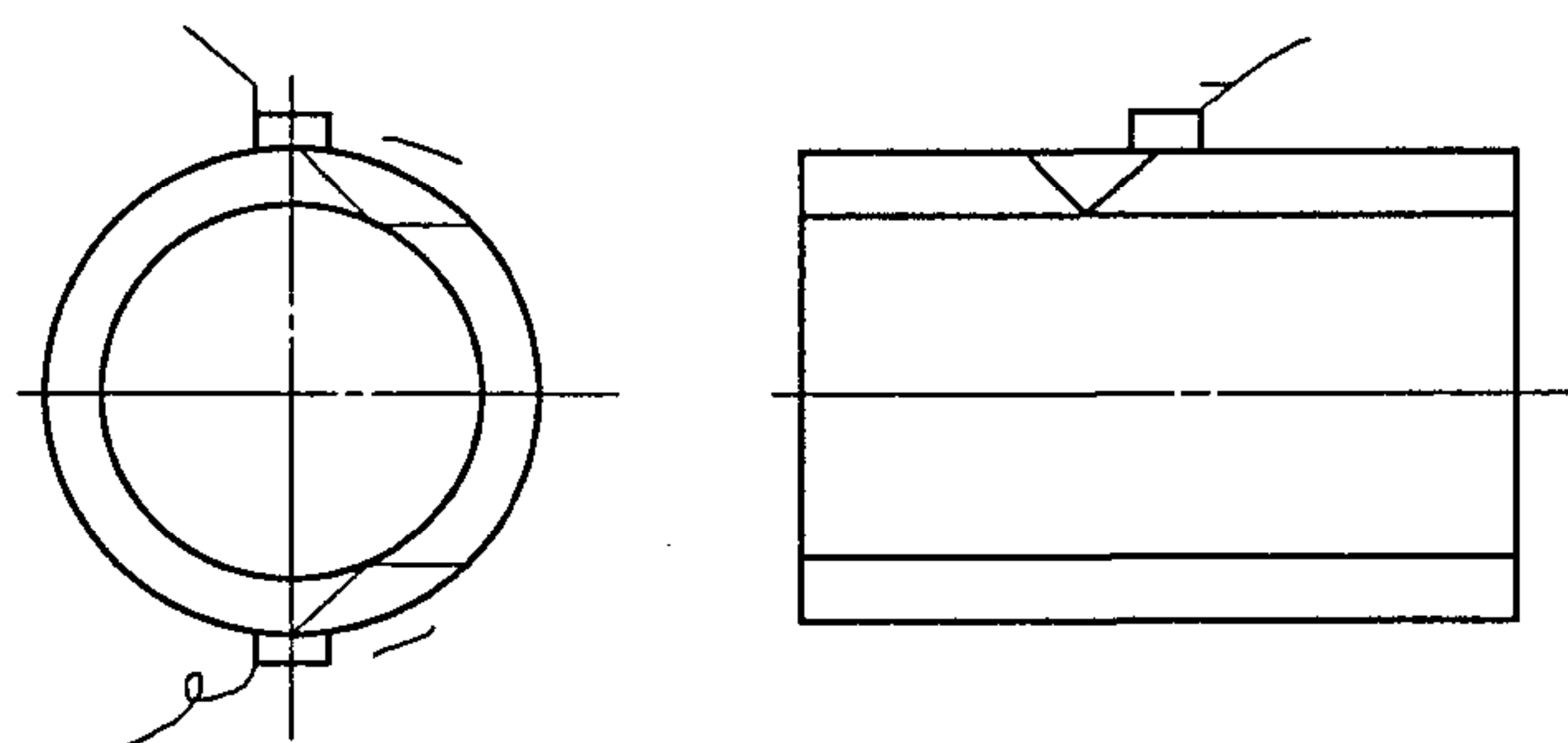


图 A.2 检测扫查方向示意图

A.5.2 手工检测时，探头扫查速度不得超过150mm/s。

自动检测时，探头扫查速度不得超过1000mm/s。

A.5.3 扫查时探头晶片要有15%的重叠。

A.6 记录及评定

A.6.1 记录超过半波幅灵敏度参考线的缺陷信号和位置分布。

A.6.2 锻件存在超过全波幅灵敏度参考线的缺陷时为缺陷超标件。

A.6.3 判定存在裂纹的锻件为不合格件。

中 华 人 民 共 和 国
机械行业标准
重型机械通用技术条件
第15部分：锻钢件无损检测
JB/T 5000.15—2007

*

机械工业出版社出版发行
北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037

*

210mm×297mm·1.5印张·49千字
2008年2月第1版第1次印刷

*

书号：15111·8684
网址：<http://www.cmpbook.com>
编辑部电话：（010）88379779
直销中心电话：（010）88379693
封面无防伪标均为盗版

版权专有 侵权必究