



# 中华人民共和国船舶行业标准

CB/T 3958—2004

---

## 船舶钢焊缝磁粉检测、渗透检测 工艺和质量分级

Ship steel weld magnetic particle testing & penetration testing technology and  
quality classification

2004—02—16 发布

2004—06—01 实施

---

国防科学技术工业委员会 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语 .....	1
4 检测人员 .....	1
5 检测设备 .....	1
6 工艺方法 .....	2
7 检测时机 .....	2
8 缺陷指示的分类 .....	2
9 质量分级 .....	2
10 缺陷指示的记录 .....	2
11 检测报告 .....	3
附 录 A (规范性附录) 磁粉检测工艺方法 .....	4
A.1 范围 .....	4
A.2 磁粉及磁悬液 .....	4
A.3 焊缝表面的要求 .....	4
A.4 灵敏度试片 .....	4
A.5 磁化 .....	6
A.6 操作注意事项 .....	9
A.7 磁痕的观察 .....	9
A.8 退磁 .....	9
A.9 技术文件 .....	9
附 录 B (规范性附录) 渗透检测工艺方法 .....	11
B.1 范围 .....	11
B.2 探伤剂 .....	11
B.3 标准试块 .....	11
B.4 工艺方法 .....	11
B.5 技术文件 .....	14
附 录 C (规范性附录) 非标准温度时渗透检测工艺试验方法 .....	15
C.1 概述 .....	15
C.2 对比试块 .....	15
C.3 对比试块的使用 .....	15
参考文献 .....	16

## 前 言

本标准的附录A、附录B和附录C是规范性附录。

本标准由中国船舶工业集团公司提出。

本标准由中国船舶工业综合技术经济研究院归口。

本标准起草单位：中国船舶工业第十一研究所。

本标准主要起草人：王 劲、沈昌义、喜鸾英。

# 船舶钢焊缝磁粉检测、渗透检测 工艺和质量分级

## 1 范围

本标准规定了对磁粉检测、渗透检测的检测人员、检测设备、工艺方法、检测报告的要求和质量分级。

本标准适用于船舶钢焊缝的质量检测和评定。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包含勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 12604.3 无损检测术语 渗透检测

GB/T 12604.5 无损检测术语 磁粉检测

HB/Z 61-1998 渗透检验

JB/T 6064 渗透探伤用镀铬试块 技术条件

JB/T 6065 磁粉探伤用标准试片

JB/T 8290 磁粉探伤机

JB/T 9213-1999 无损检测 渗透检查 A型对比试块

SH/T 0161-1992 石油产品中氯含量测定法

## 3 术语

GB/T 12604.3和GB/T 12604.5确立的术语和定义适用于本标准。

## 4 检测人员

- 4.1 从事磁粉检测和渗透检测的人员，应持有中国船级社认可的相应的船舶无损检测技术资格证书。
- 4.2 编制工艺文件（如工艺卡和/或工艺规程）的人员，应持有相应的Ⅱ级以上船舶无损检测技术资格证书。
- 4.3 审核磁粉检测和渗透检测工艺文件的人员，应持有相应的Ⅲ级船舶无损检测技术资格证书。
- 4.4 检测人员的视力应每年检查一次，矫正视力不应低于1.0，无色盲和色弱。

## 5 检测设备

- 5.1 检测用的计量设备必须由具有法定资格的单位进行计量检定，并出具检定证书，且保证在计量有效期内。
- 5.2 磁粉探伤机应符合JB/T 8290的规定。
- 5.3 用于磁轭法检测的交流电磁轭，在其最大磁极间距上的提升力应大于44 N，直流电磁轭在其最大磁极间距上的提升力应大于177 N。
- 5.4 用于施加干磁粉的喷粉器应能均匀地喷洒出雾状的干燥的磁粉，并产生足够的压缩气流，用以吹掉被检表面上没有形成磁痕的磁粉。喷粉器喷出的气体流速应按制造厂规定的方法进行必要的调整。
- 5.5 磁悬液喷洒设备应有搅拌装置或具有相应能力，使磁悬液处于均匀悬浮状态，并能以适当的压力将磁悬液施加在被检面上。
- 5.6 黑光灯的紫外线波长范围为330 nm~390 nm，中心波长为365 nm。距黑光灯滤光板表面380 mm处的紫外线辐照度不应低于1 000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。黑光灯电源电压波动超过 $\pm 10\%$ 时，应安装稳压器。

- 5.7 紫外线辐照计的波长范围为 300 nm~400 nm, 中心波长为 365 nm。  
 5.8 荧光亮度计的波长范围为 430 nm~520 nm, 中心波长为 500 nm~520 nm。  
 5.9 紫外线辐照计、荧光亮度计及照度计应每年送相应计量单位校验一次。  
 5.10 黑光灯的紫外线辐照度应每周检查一次。  
 5.11 照度计的测量范围应大于 1 000 lx。  
 5.12 放大镜的倍数范围为 2~10 倍。  
 5.13 设备的校验和修理情况均应有文字记录, 并作为设备档案妥善保管。

## 6 工艺方法

- 6.1 磁粉检测工艺方法按附录 A 的规定。  
 6.2 渗透检测工艺方法按附录 B 的规定。

## 7 检测时机

- 7.1 所有焊缝的磁粉检测和渗透检测应在外观检查合格后进行。  
 7.2 对于易产生延迟裂纹的焊缝, 应在焊缝经时效后进行检测。

## 8 缺陷指示的分类

- 8.1 缺陷指示可分为下列两类:

- a) 线状缺陷指示——指示的长度与指示的宽度之比大于 3 的缺陷指示。  
 b) 圆形缺陷指示——指示的长度与指示的宽度之比不大于 3 的缺陷指示。

- 8.2 在同一直线上, 间距不大于 2 mm 的两个或两个以上缺陷指示, 按一个缺陷指示计算, 其长度为其各个缺陷指示的长度及其间距之和。

## 9 质量分级

- 9.1 不允许存在下列缺陷:

- a) 任何裂纹;  
 b) 任何未熔合;  
 c) 任何长度大于 3 mm 的线状缺陷指示;  
 d) 任何单个缺陷长度或宽度大于或等于 4 mm 的圆形缺陷指示。

- 9.2 缺陷指示等级的评定按表 1 进行, 评定区尺寸为 35 mm×100 mm, 评定区选在缺陷指示最密集的部位。

表1 缺陷指示的等级评定

单位为毫米

评定区尺寸	等 级	缺陷指示累计长度
35×100	I	<0.5
	II	0.5~2.0
	III	>2~4
	IV	>4~8
	V	>8

## 10 缺陷指示的记录

根据实际需要和现场条件, 可采用照相、示意图、描拓和覆膜以及其他记录方法进行缺陷指示的记录。

## 11 检测报告

- 11.1 磁粉检测报告按附录 A 的 A. 9. 2 的规定。
- 11.2 渗透检测报告按附录 B 的 B. 5. 2 的规定。

# 附录 A (规范性附录) 磁粉检测工艺方法

## A.1 范围

本附录规定了船舶钢焊缝磁粉检测的工艺。

本附录适用于检测铁磁性材料焊缝(包括热影响区)表面和近表面的裂纹和其他缺陷。

## A.2 磁粉及磁悬液

### A.2.1 磁粉

A.2.1.1 磁粉应具有高导磁率和低剩磁性质,磁粉之间不应相互吸引。

A.2.1.2 磁粉粒度应均匀。湿粉法用磁粉的平均粒度为 $2\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$ ,最大粒度应不大于 $45\ \mu\text{m}$ 。干粉法用磁粉的平均粒度应不大于 $90\ \mu\text{m}$ ,最大粒度应不大于 $180\ \mu\text{m}$ 。

A.2.1.3 非荧光磁粉的颜色应与被检工件表面之间产生明显的对比度,需要时应在被检工件表面施加反差增强剂,反差增强剂的厚度应适中,以降低探伤灵敏度为准。

A.2.1.4 磁粉应置于密封容器内,并在干燥环境中贮存。否则,使用前应将磁粉在 $60^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ 温度下烘焙1 h。

### A.2.2 载液

A.2.2.1 载液可分为油基和水基两种。

A.2.2.2 常用的油基载液为变压器油、煤油或变压器油和煤油的混合液。

A.2.2.3 常用的水基载液为含有添加剂(表面活性剂、防锈剂或防冻剂)的水。

### A.2.3 磁悬液的配制

A.2.3.1 先将磁粉或磁膏用少量载液调成均匀的糊状,在连续搅拌中慢慢加入所需的载液,直到磁粉和载液之间达到规定的比例。

A.2.3.2 磁悬液的粘度应小于 $5.0\ \text{mm}^2/\text{s}$ 。

A.2.3.3 新配制的非荧光磁悬液浓度为 $10\ \text{g/L}\sim 20\ \text{g/L}$ ,荧光磁悬液浓度为 $1\ \text{g/L}\sim 3\ \text{g/L}$ 。

A.2.3.4 磁悬液浓度应用梨形管进行测定。一般情况下,每100 ml磁悬液中,非荧光磁粉沉淀体积为 $1.2\ \text{ml}\sim 2.4\ \text{ml}$ ,荧光磁粉沉淀体积为 $0.1\ \text{ml}\sim 0.3\ \text{ml}$ 。测定前应对磁悬液进行充分的搅拌。重复使用的磁悬液搅拌时间不少于30 min。

## A.3 焊缝表面的要求

A.3.1 被检焊缝表面及两侧各25 mm区域内应清洁、干燥,没有油脂、铁锈、污垢、氧化皮、棉纤维、涂层、焊剂和焊接飞溅物。

A.3.2 被检工件上的孔隙在检测后磁粉难于清除时,则应在检测前用无害物质堵塞。

A.3.3 为防止电弧烧伤焊缝表面和提高导电性能,应将焊缝和电极接触部分清除干净,必要时应在电极上安装接触垫。

A.3.4 被检焊缝表面需经外观检查合格后方可进行磁粉探伤。

## A.4 灵敏度试片

### A.4.1 A型灵敏度试片

A.4.1.1 A型灵敏度试片应符合JB/T 6065的要求。

A.4.1.2 A型灵敏度试片仅适用于连续法,以试片上显示清晰的磁痕来确认被检焊缝表面有效磁场强度和方向、有效检测区范围。

A.4.1.3 A型灵敏度试片的灵敏度分高、中、低三档,型号及槽深见表A.1。若无特殊规定应采用中档灵敏度试片。

表 A.1 A型灵敏度试片

单位为微米

型 号	相对槽深	灵敏度	材 质
A <sub>1</sub> —15/100	15/100	高	超高纯铁, C<0.03%, H <sub>0</sub> <80A/m, 经退火处理
A <sub>2</sub> —30/100	30/100	中	
A <sub>3</sub> —60/100	60/100	低	

注: 试片相对槽深表达式中, 分子为人工槽深度, 分母为试片厚度。

## A.4.2 C型灵敏度试片

A.4.2.1 C型灵敏度试片应符合JB/T 6065的要求。

A.4.2.2 当检测角焊缝和焊缝坡口等狭小部位, 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。C型灵敏度试片的型号及人工缺陷深度见表A.2。

表 A.2 C型灵敏度试片

单位为微米

型 号	厚 度	人工缺陷深度	材 质
C	50	8	超高纯铁, C<0.03%, H <sub>0</sub> <80A/m, 经退火处理

## A.4.3 磁场指示器 (八角试块)

磁场指示器用于对被检工件表面磁场方向、有效检测区范围作粗略的校验。其几何尺寸及示意图见图A.1。

A.1.

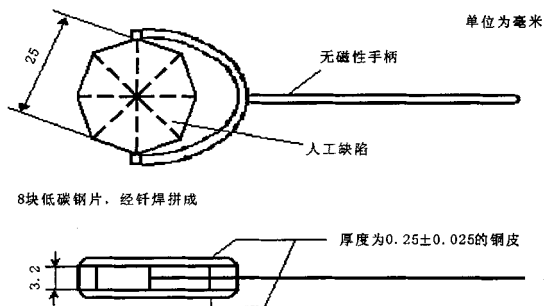


图 A.1 磁场指示器

## A.4.4 灵敏度试片的使用

A.4.4.1 在进行焊缝磁粉检测时, 应用灵敏度试片确定工件磁化适当与否, 或用磁场指示器测试系统灵敏度。

A.4.4.2 使用A型或C型灵敏度试片时, 应将试片无人工刻槽的面朝外。为使试片与被检面接触良好, 可用透明胶带将试片平整粘贴在焊缝检测区表面上, 并注意胶带不要覆盖试片上的人工刻槽。测试时, 应清晰显示与磁场方向垂直的刻槽的磁痕。

A.4.4.3 使用磁场指示器时, 应在用连续法对工件磁化的同时, 将指示器平稳地放在焊缝检测区表面, 并对其表面施加磁悬液, 以是否出现部分“\*”形磁痕来判定磁化适当与否。



## A.5 磁化

## A.5.1 磁化电流类型

磁化电流可用直流电、全波整流电、半波整流电或交流电。

## A.5.2 磁化方法

## A.5.2.1 电流磁化法

采用电流磁化法时, 电极间距应在75 mm ~200mm之间。通电时间不应太长, 电极与工件之间的接触应保持良好的, 以免灼伤工件 (见图A.2)。电流磁化法的磁化规范见表A.3。

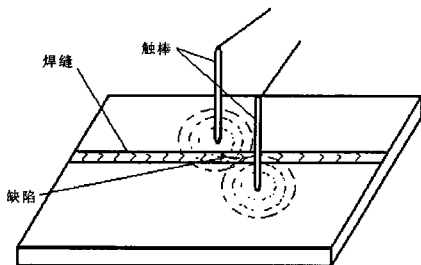


图 A.2 电流磁化法

表 A.3 电流磁化法磁化电流值

工件厚度 $T$ mm	电流值 $I$ A
$<20$	(3~4) 倍触头间距值
$\geq 20$	(4~5) 倍触头间距值
注: 触头间距以毫米为单位。	

## A.5.2.2 线圈法

A.5.2.2.1 当采用低填充因数线圈对工件进行纵向磁化时, 可把工件放置在线圈中靠近线圈内壁的地方 (见图A.3)。

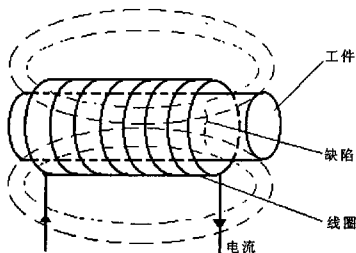


图 A.3 线圈法

偏心放置时,线圈的磁化电流按公式(A.1)计算,正中放置时,线圈的磁化电流按公式(A.2)计算:

$$I = \frac{45000}{N(L/D)}(1 \pm 0.1) \dots\dots\dots (A.1)$$

$$I = \frac{1720R}{N[6(L/D) - 5]}(1 \pm 0.1) \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

$I$ ——电流值,单位为安培(A);

$N$ ——线圈匝数;

$L$ ——工件长度的数值,单位为毫米(mm);

$D$ ——工件直径或横截面上最大宽度的数值,单位为毫米(mm)

$R$ ——线圈半径的数值,单位为毫米(mm)。

A.5.2.2.2 当采用高填充因数线圈对工件进行磁化时,应按公式(A.3)计算磁化电流:

$$I = \frac{35000}{N[(L/D) + 2]}(1 \pm 0.1) \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

$I$ ——电流值,单位为安培(A);

$N$ ——线圈匝数;

$L$ ——工件长度的数值,单位为毫米(mm);

$D$ ——工件直径或横截面上最大宽度的数值,单位为毫米(mm)。

A.5.2.2.3 公式(A.1)、(A.2)、(A.3)适用于长径比( $L/D$ )大于等于3的工件。对于长径比小于3的工件,可使用磁极加长块来提高长径比的有效值,或采用灵敏度试片实测来决定电流值。对于长径比大于10的工件,其长径比取10。线圈法的有效磁化区在线圈内中部,离两端各0.5倍线圈直径的长度范围内。

#### A.5.2.3 中心导体法

管子或空心零件采用中心导体法,它能产生与工件同轴的周向磁场,而且在工件内表面的磁场强度最大。芯棒的材料宜用铜质,芯棒的直径应尽可能大,芯棒可以正中放置,也可偏心放置。偏心放置时,芯棒与工件内表面的间距为10 mm~15 mm。每次的有效检测区约为4倍芯棒直径 $d$ (见图A.4),且应有一定的重叠区,重叠区长度应不小于0.4  $d$ 。中心导体法磁化规范见表A.4。

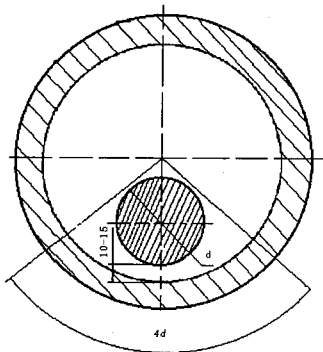


图 A.4 中心导体法

表 A.4 中心导体法磁化电流值

最大壁厚 mm	芯棒直径 mm			
	12.5	25	37.5	50
	电流值 ( $\pm 10\%$ ) A			
3~6	500	750	1 000	1 250
>6~9	750	1 000	1 250	1 500
>9~12	1 000	1 250	1 500	1 750
>12~15	1 250	1 500	1 750	2 000

注：对于壁厚大于15 mm的工件，壁厚每增加3.2 mm，电流值增加250 ( $\pm 10\%$ ) A。

## A.5.2.4 磁轭磁化法

采用磁轭磁化时，磁轭的磁极间距应控制在50 mm~200 mm之间，检测的有效区域为两极连线两侧各1/4磁极间距的范围内，磁化区域每次应有15 mm的重叠（见图A.5）。

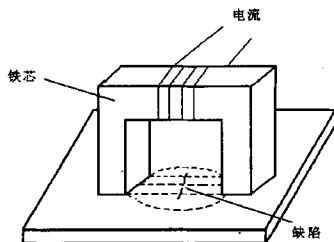


图 A.5 磁轭法

## A.5.2.5 旋转磁场法

旋转磁场法可对焊缝作连续行走检测，焊缝被旋转磁场连续磁化，在一次通电过程中可同时检出各个方向上的缺陷。

## A.5.2.6 平行电缆法

检测角焊缝纵向缺陷时，可采用平行电缆法（见图A.6）。检测时，将电缆平行放置在焊缝附近，电缆应紧贴工件，但应注意不要遮盖焊缝，以免影响施加磁粉和观察。磁化电流应根据灵敏度试片实测结果来确定。

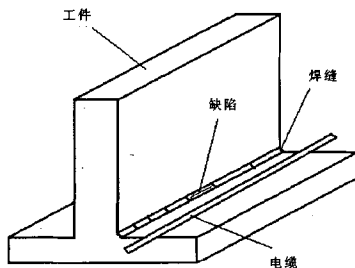


图 A.6 平行电缆法

## A.6 操作注意事项

A.6.1 采用连续法时，磁粉或磁悬液应在通磁时间内施加完毕，连续通磁时间为1 s~3 s，应至少反复磁化两次，停施磁悬液至少1 s后才可停止磁化。应注意，已形成的磁痕不要被流动着的磁悬液所破坏。

A.6.2 采用干粉法时，应确认检测部位和磁粉已完全干燥后再施加磁粉。干磁粉的施加可采用手动或电动喷粉器以及其他合适的工具来进行。磁粉应均匀地撒在工件被检面上，磁粉不应施加过多，以免掩盖缺陷磁痕，在吹去多余磁粉时不应干扰缺陷磁痕。

A.6.3 采用湿粉法时，应确认检测部位能被磁悬液良好地湿润后再施加磁悬液。磁悬液的施加可采用喷、浇、浸等方法，不可采用涂刷法。磁悬液的流速不应过快。

A.6.4 采用磁轭磁化法和电流磁化法检测焊缝表面时，焊缝的每一区域至少应进行两次独立的检测，即在与焊缝轴线大致呈 $+45^\circ$ 和 $-45^\circ$ 的方向上分别进行磁化。若有必要，还应与焊缝轴线平行的方向上进行磁化，以检测焊缝表面横向缺陷。相邻两个检测区域之间，应有一定的交叉覆盖宽度（10 mm~20 mm）。

A.6.5 采用旋转磁场法检测焊缝表面时，四个磁极均应与被检部位保持良好接触。移动速度应不大于2 m/min。

A.6.6 容易产生淬火裂纹的焊缝不允许采用电流磁化法进行检测。

## A.7 磁痕的观察

A.7.1 非荧光磁粉的磁痕应在白光照射下进行观察，白光强度不小于1 000 lx。

A.7.2 荧光磁粉的磁痕应在白光强度不大于20 lx的黑暗环境下用黑光灯进行观察，焊缝表面的黑光强度应不低于1 000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。

A.7.3 在肉眼不易识别磁痕的情况下，可用2~10倍的放大镜来观察磁痕，也可采用其他有效方法进行验证。

## A.8 退磁

只有在图样、技术文件或合同中规定时才进行退磁，退磁方法有：

- 交流退磁法：将需退磁的工件从通电的磁化线圈中缓慢抽出，直至工件离开线圈1 m以上时再切断电流，或将工件放入通电的磁化线圈内，将线圈中的电流逐渐减小至零。
- 直流退磁法：将需退磁的工件从磁化源（磁化线圈或磁轭）中缓慢抽出，直至工件离开1 m以上时，或将工件放入通电的磁化线圈内，反复改变电流的方向，并将磁化电流逐渐减小至零，初始磁化强度应不小于原来的磁化强度。
- 大型工件退磁：大型工件可使用交流电磁轭进行局部退磁或采用缠绕电缆线圈分段退磁。

## A.9 技术文件

### A.9.1 工艺卡

工艺卡的内容一般包括：

- 依据的文件名称、编号，编写日期；
- 工程的名称、焊接件的名称、图号、焊缝检查部位、检测时机和检测比例或长度；
- 检测工序中应控制的内容：磁化方法、磁化装置、表面制备、磁粉类型、磁化电流、灵敏度、退磁方法等；
- 执行标准、验收等级。

### A.9.2 检测报告

检测报告一般包括下列内容：

- 委托单位、报告编号；
- 焊接件名称及编号、焊缝尺寸；
- 被检工件草图和被检区域及缺陷记录；
- 焊缝情况（母材材质、表面状况、焊接方法、焊缝长度）；

- e) 执行标准和验收等级;
- f) 磁粉探伤设备(型号、名称、编号);
- g) 灵敏度试片;
- h) 磁化过程;
- i) 工件磁化方式;
- j) 磁化电流(交流、半波整流、直流等);
- k) 磁场方向;
- l) 磁场强度(安匝数、磁场强度、提升力、磁化电流和持续时间);
- m) 磁粉的种类和浓度;
- n) 缺陷记录(磁痕评定、解释和缺陷性质);
- o) 退磁情况(如果需要);
- p) 质量评定结果;
- q) 检测人员、审核人员等级和签字;
- r) 检测日期及审核日期。

**附录 B**  
**(规范性附录)**  
**渗透检测工艺方法**

**B.1 范围**

本附录规定了船舶钢焊缝渗透检测的工艺。

本附录适用于检测焊缝（包括热影响区）表面开口性的缺陷，如裂纹、未熔合、夹渣和气孔等。

**B.2 探伤剂**

B.2.1 探伤剂包括渗透剂（荧光和着色）、乳化剂、清洗剂、显像剂。

B.2.2 探伤剂应具有良好性能，对被检焊缝及其周围母材无腐蚀作用，探伤剂的性能要求及试验方法应符合HB/Z 61-1998的有关规定。

B.2.3 对奥氏体不锈钢焊缝检测时，探伤剂残渣中的氯和氟含量之和不应大于1%，检测方法按SH/T 0161-1992的规定。

B.2.4 不同厂家、不同型号和系列的探伤剂不能混用。

**B.3 标准试块**

B.3.1 标准试块应符合JB/T 6064的规定。

B.3.2 不锈钢镀铬试块（B型试块）和黄铜板镀铬定量试块（C型试块），主要用于检验操作方法和工艺系统灵敏度。使用试块时，应在焊缝检测的同时按同样的工艺进行平行操作，指示应与试块所附照片相同。

B.3.3 试块使用后，要按产品说明书的规定进行清洗，清洗后将其置于1:1的丙酮和乙醇溶液中浸渍30 min，凉干或吹干后置于试块盒内，并放置在干燥处保存。

B.3.4 当发现标准试块有堵塞或灵敏度与原先比较有下降时，应及时更换。

**B.4 工艺方法****B.4.1 一般检测工艺**

B.4.1.1 渗透剂可采用着色渗透剂或荧光渗透剂。渗透工艺按去除方法有水洗型、后乳化型和溶剂去除型三种。

B.4.1.2 荧光和着色渗透检测的一般检测工艺流程见图B.1。

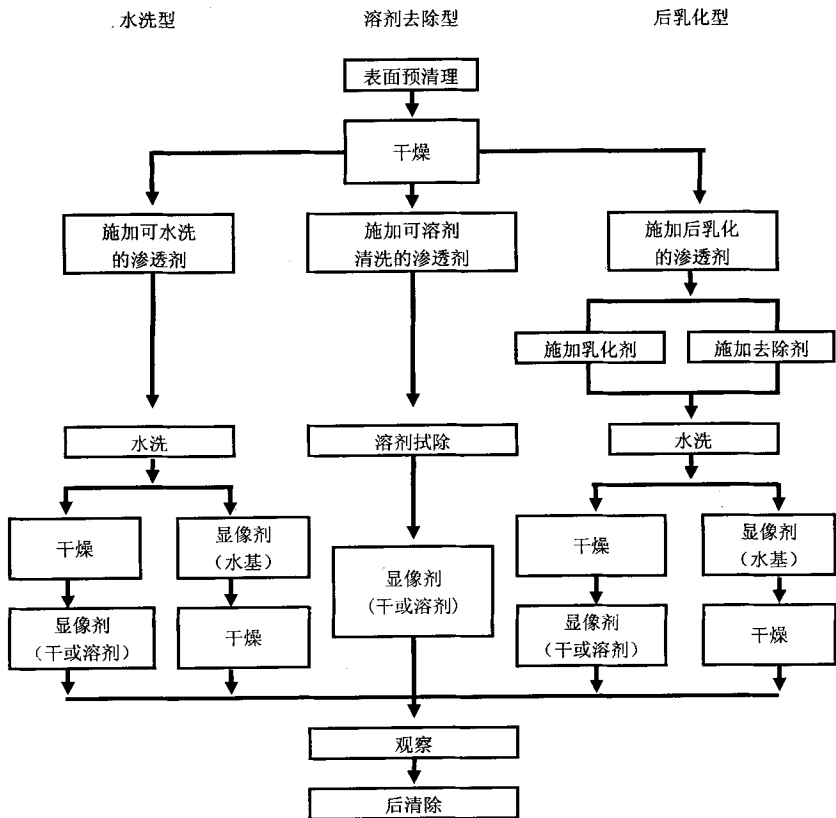


图 B.1 荧光和着色渗透检测的一般工艺流程图

**B.4.2 表面预清理**

B.4.2.1 被检工件焊缝表面及其两侧25mm区域内应无锈蚀、氧化皮、焊渣、飞溅物、油脂、涂层、油膜、污垢等有可能干扰渗透检测的物质。

B.4.2.2 根据被检工件材料的种类以及不同情况和条件，表面预处理可分别采用碱洗、酸洗、蒸气清洗、溶剂清洗、机械清洗和超声波清洗等方法。

B.4.2.3 采用的预处理方法不应影响以后的检测和工件本身的使用性能。

B.4.2.4 不允许用喷砂、喷丸和硬砂轮打磨等可能堵塞缺陷的清理方法。

**B.4.3 渗透****B.4.3.1 渗透方法选用**

B.4.3.1.1 渗透检测方法的选用可根据被检焊缝表面粗糙度、检测灵敏度和检测现场的水源、电源等条件来决定。

B.4.3.1.2 焊缝渗透检测一般采用水洗型和溶剂去除型着色（或荧光）法，对于表面光洁且检查灵敏度要求高的可采用后乳化型去除工艺。

B.4.3.1.3 对于表面粗糙 ( $Ra > 6.3$ ) 且检测灵敏度要求低的可采用水洗型渗透检测。

B.4.3.1.4 对于现场无水源、电源的检测宜采用溶剂去除型着色法。

#### B.4.3.2 渗透操作

B.4.3.2.1 渗透剂和被检焊缝的表面温度应保持在  $10^{\circ}\text{C} \sim 52^{\circ}\text{C}$  (在检测过程中, 允许作局部的加热或冷却, 但温度应保持在  $10^{\circ}\text{C} \sim 52^{\circ}\text{C}$ )。当无法满足上述要求时, 应按实际情况做对比试验, 来鉴定工艺方法的可用性, 试验方法见附录C。

B.4.3.2.2 渗透剂的施加应在焊缝表面预清洗、干燥, 并达到规定温度以后才能进行, 渗透剂的施加方法有喷涂、涂刷、流布和浸渍等。

B.4.3.2.3 在规定温度下, 渗透时间应参照产品使用说明书中规定的时间且不应少于5 min。在渗透时间内应保持被检区域表面全部被渗透剂覆盖, 并保持湿润状态。

#### B.4.4 去除多余渗透剂

B.4.4.1 达到规定的渗透时间后, 应清除残留在被检表面上的渗透剂。在去除过程中, 既要防止清除不足而造成对缺陷指示的识别困难; 又要防止清除过度, 以免渗入缺陷中的渗透剂也被除去。使用荧光渗透剂时, 应在紫外线照射下, 观察清除程度。

B.4.4.2 水洗型渗透剂应用喷水方法清除, 水压不应超过345 kPa, 水温应为  $10^{\circ}\text{C} \sim 38^{\circ}\text{C}$ 。在某些特殊情况下, 如果没有合适的水洗装置, 也可采用干净不起毛的吸湿材料蘸水擦拭焊缝表面上多余的渗透剂。

B.4.4.3 去除后乳化型渗透剂的乳化剂用亲油性的或亲水性的。

B.4.4.3.1 亲油性乳化剂可通过涂刷或浸渍的方法施加在焊缝表面。乳化时间应从施加乳化剂时开始算起, 乳化时间应参照产品说明书中的建议, 并根据应用情况通过试验确定。

B.4.4.3.2 亲水性乳化剂施加前, 已渗透好的焊缝表面应进行预清洗, 可采用喷水清洗焊缝, 水温应控制在  $10^{\circ}\text{C} \sim 38^{\circ}\text{C}$ , 水压应在170kPa~275kPa范围内, 清洗时间不应超过60 s, 清洗后可用压缩空气(一般压力为175kPa)把残留的积水去除。

B.4.4.3.3 亲水性乳化剂可通过喷洒或浸渍的方法施加在焊缝表面。乳化剂的温度应保持在  $10^{\circ}\text{C} \sim 38^{\circ}\text{C}$ 。

B.4.4.3.4 焊缝表面已乳化的渗透剂可采用喷水以及浸泡等方法清洗掉。喷水清洗的水温应控制在  $10^{\circ}\text{C} \sim 38^{\circ}\text{C}$ , 水压应遵守产品说明书的规定, 同一部位最大喷水时间不应大于120 s。浸泡清洗时应把需清洗的部位完全浸没在水中, 用空气或机械方法搅动水。水温应保持在  $10^{\circ}\text{C} \sim 38^{\circ}\text{C}$ , 最大浸泡时间不应超过120 s。

B.4.4.4 溶剂去除型渗透剂的去除, 应采用干净不起毛的布或纸沿着某一个方向擦拭。先用干燥的布或纸擦拭, 直到大部分渗透剂都已去除后, 再用蘸有少量溶剂去除剂的布或纸轻轻擦除残留的渗透剂。

#### B.4.5 干燥

B.4.5.1 干燥的方法可用干净布擦干、压缩空气吹干、热风吹干和自然干燥。干燥时间通常为5 min~10 min。

B.4.5.2 施加快干式显像剂之前或施加湿式显像剂之后, 检测面须经干燥处理。一般可用热风干燥或自然干燥。干燥时, 被检面的温度不应高于  $52^{\circ}\text{C}$ 。

B.4.5.3 当采用清洗剂清洗时, 不应加热干燥。

#### B.4.6 显像

B.4.6.1 使用干显像剂时, 应先经干燥处理, 再用适当方法将显像剂施加到焊缝表面, 并保持一段时间。

B.4.6.2 使用含水液体显像剂时, 可采用喷涂、流布或浸渍等方法。被检焊缝表面经过清洗后, 可在干燥前直接将湿显像剂施加在被检焊缝表面, 然后迅速排除多余显像剂, 再进行干燥处理。

B.4.6.3 使用溶剂显像剂时, 焊缝表面经干燥处理后, 再将显像剂喷洒到被检焊缝表面, 然后进行自然干燥或用压缩空气吹干。

B.4.6.4 着色渗透剂只能用湿显像剂。荧光渗透剂则干、湿显像剂都可以应用。

B.4.6.5 显像剂在使用前应充分搅拌均匀, 显像剂施加应薄而均匀, 不可在同一区域反复多次施加。

B.4.6.6 喷洒湿显像剂时, 喷嘴离被检表面距离为300 mm~400 mm, 喷洒方向与被检表面夹角为  $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ , 或根据产品使用说明书的规定进行操作。

B.4.6.7 不应在被检表面上倾倒溶剂显像剂, 以免冲洗掉缺陷内的渗透剂。



B.4.6.8 显像时间取决于显像剂的种类、缺陷大小以及被检工件温度，应按产品使用说明书规定，一般应不少于7 min，特殊情况可通过试验确定。

#### B.4.7 观察

B.4.7.1 观察显示的指示应在显像剂施加后7 min~30 min内进行。

B.4.7.2 在荧光渗透检测时，检测人员应在观察前用5 min以上时间在暗处使眼睛适应。若检测人员带眼镜或在观察中使用放大镜，这些用具都应是而非光敏的。

B.4.7.3 荧光渗透检测的指示观察应在白光亮度不大于20 lx的暗处使用黑光灯进行。焊缝表面的黑光强度应不低于1 000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。

B.4.7.4 着色渗透检测的指示观察应在白光强度大于1 000lx的条件下进行。

B.4.7.5 对于出现的指示，应区分是相关指示、非相关指示或伪指示。如果不能分辨时，应进行再检测或用其他方法进行检测。

#### B.4.8 复检

若发现下列情况应重新将试件彻底清洗干净进行复检：

- a) 检测结束过程中发现探伤剂失效时；
- b) 在操作方法上有误时；
- c) 难以确定指示是缺陷还是非缺陷的因素引起时。

#### B.4.9 后清除

检测结束后，如果残留的探伤剂会干扰以后的加工过程或使用，以及会在使用过程中与其他成分结合而产生腐蚀，则应进行后清除。可采用简单水洗、机械清洗、蒸气除油、溶剂浸渍或超声波清洗等方法进行后清除。后清除应在检测完成后尽可能快地进行。

### B.5 技术文件

#### B.5.1 工艺卡

工艺卡的内容一般包括：

- a) 依据的文件名称、编号，编写日期；
- b) 工程的名称、焊接件的名称、图号、焊缝检查部位、检测时机和检测比例或长度；
- c) 检测工序中应控制的内容：预处理方法、渗透方法、渗透时间、渗透剂牌号、乳化时间、清洗方法、水温、水压、压缩空气压力、干燥温度、干燥时间、显像方法和时间、显像剂牌号、灵敏度、环境条件、紫外线辐照度；
- d) 执行标准、验收等级。

#### B.5.2 检测报告

检测报告一般包括下列内容：

- a) 委托单位、报告编号；
- b) 焊接件名称及编号、焊缝尺寸；
- c) 技术草图和被检区域及缺陷记录；
- d) 焊缝情况（母材材质、表面状态、焊接方法、焊缝长度）；
- e) 执行标准和验收等级；
- f) 检测方法，探伤剂名称（或牌号）；
- g) 渗透剂的施加方法和渗透时间，乳化剂的施加方法和乳化时间，洗净方法或去除方法，干燥方法及其温度和时间；
- h) 对比试块；
- i) 缺陷指示的评定和解释；
- j) 缺陷性质；
- k) 质量评定结果；
- l) 检测人员、审核人员等级和签字；
- m) 检测日期及审核日期。

附 录 C  
(规范性附录)  
非标准温度时渗透检测工艺试验方法

### C.1 概述

本附录规定了在10℃～52℃温度范围以外渗透检测工艺的试验方法。

### C.2 对比试块

对比试块可利用渗透探伤用A型灵敏度对比试块（其制作方法按JB/T 9213-1999），将该试块沿中间槽对半分，一片标上“Ⅰ”，另一片标上“Ⅱ”。

### C.3 对比试块的使用

C.3.1 鉴定非标准温度的渗透检测方法，应将试块和所有的材料都加热或冷却并保持在预定的检测温度，再将拟采用的方法用于“Ⅱ”试块，在10℃～52℃温度范围内将原先已经证明合适的渗透检测方法用于“Ⅰ”试块。然后比较“Ⅰ”和“Ⅱ”两试块裂纹的指示，如果“Ⅱ”试块上的指示基本和“Ⅰ”试块上的指示相同，则可认为拟采用的方法是可用的，否则，则认为拟采用的方法不适用，应调整工艺、更改试剂或采用其他检测方法。

C.3.2 温度低于10℃时，应在该温度至10℃的温度范围内对检测工艺进行试验。

C.3.3 温度超过52℃时，应确定温度的上下限，并在该温度范围内对检测工艺进行试验。

C.3.4 采用着色渗透剂时，允许对标准温度和非标准温度使用同一个对比试块（也可直接使用A型灵敏度试块），并用照相法进行比较。

C.3.4.1 先对非标准温度下处理的试块进行照相，然后对标准温度下处理的试块进行照相，比较两张照片中的裂纹显示指示，比较后按C.3.1中的有关内容执行。

C.3.4.2 在两次处理过程之间，应将试块彻底洗干净。

C.3.4.3 在制取上述比较用的照片时，应采用相同的照相技术。

参 考 文 献

1. JB 4730-1994 压力容器无损检测
  2. ASTM E 709-1995 磁粉检测实施方法
  3. ASTM E 165-1995 液体渗透检测操作方法
  4. 《ASME锅炉及压力容器规范》第V卷 2001
-