



指导性文件  
GD 37-2022

中 国 船 级 社

# 原油油船货油舱耐蚀钢 检验指南

2023

2023年1月1日生效

北 京

# 目 录

<b>第1章 通 则</b> .....	<b>1</b>
1.1 一般要求 .....	1
1.2 适用范围 .....	1
1.3 术语与定义 .....	1
1.4 试验与检验 .....	2
<b>第2章 耐蚀钢的工厂认可</b> .....	<b>3</b>
2.1 一般规定 .....	3
2.2 钢材制造 .....	3
2.3 认可申请与试验大纲 .....	3
2.4 认可程序 .....	4
2.5 耐蚀钢的认可 .....	4
2.6 耐蚀钢标志 .....	5
2.7 证书 .....	5
<b>第3章 耐蚀钢的产品检验</b> .....	<b>7</b>
3.1 一般规定 .....	7
3.2 化学成分 .....	7
3.3 力学性能 .....	7
3.4 复试 .....	7
3.5 标识 .....	8
3.6 标示 .....	8
3.7 证书 .....	8
<b>第4章 耐蚀钢的应用</b> .....	<b>9</b>
4.1 一般规定 .....	9
4.2 应用区域 .....	9
4.3 焊接材料 .....	10
4.4 防腐蚀方法 .....	10
4.5 焊接工艺 .....	11
4.6 建造阶段 .....	11

4.7 营运阶段 .....	12
4.8 技术文件 .....	13
<b>附录A 原油油船货油舱耐蚀钢耐蚀试验程序 .....</b>	<b>15</b>
A1 适用范围 .....	15
A2 试验 .....	15
<b>附录B 耐蚀钢耐蚀性检测实验室认可要求 .....</b>	<b>26</b>
B1 适用范围 .....	26
B2 认可依据 .....	26
B3 一般要求 .....	26
B4 文件资料 .....	26
B5 试验设备 .....	27
B6 实验室配备文件 .....	27

# 第 1 章 通 则

## 1.1 一般要求

1.1.1 本指南的目的是为原油油船货油舱结构满足国际海事组织 IMO MSC.289(87) 决议规定，采用耐蚀钢作为保护涂层替代措施，使原油油船货油舱的耐腐蚀性能达到规定的 25 年目标使用寿命。

1.1.2 耐蚀钢达到其目标使用寿命的能力取决于钢的类型、使用、维护和检验。实际使用寿命是变化的，取决于很多的变化因素，包括使用情况。

1.1.3 除本指南另有规定外，原油油船货油舱耐蚀钢还应满足 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 3 章第 2 节“一般强度船体结构用钢”、第 3 节“高强度船体结构用钢”、CCS《产品检验指南》“W01 船用轧制钢材”的相应要求。例如，AH36RCB 耐蚀钢应在满足 AH36 钢材的要求基础上，满足本指南对于内底板耐蚀钢的要求。

## 1.2 适用范围

1.2.1 本指南适用于 5000 载重吨及以上原油油船。

1.2.2 本指南适用于厚度不大于 50mm 的钢板、扁钢、型钢和棒材。

## 1.3 术语与定义

1.3.1 本指南采用的术语定义如下：

(1) **原油油船** (以下简称“原油船”)：系指经 1978 年议定书修订的 1973 年国际防止船舶造成污染公约附则 I 规则 1 定义的原油油船，参见满足国际防止油污证书 (IOPP 证书格式 B)1.11.1 和 1.11.4 中所述从事原油运输业务的原油油船和原油 / 成品油油船。

(2) **原油油船货油舱耐蚀钢** (以下简称“耐蚀钢”)：系指满足 IMO MSC.289(87) 决议，作为原油油船货油舱涂层替代方法的耐腐蚀钢材。

(3) **目标使用寿命**：系指设计时，采用防腐蚀保护方法或使用耐腐蚀材料，使结构能够达到设计寿命的目标值，以年计。

(4) **常规钢**：系指 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 3 章第 2 节“一般强度船体结构用钢”和第 3 节“高强度船体结构用钢”中所列出的船体结构用钢。

(5) **试验对比钢**：系指在耐蚀试验中作为对比试样的钢材。

(6) **上甲板耐腐蚀试验**：系指验证适用于原油船货油舱上甲板区域内耐蚀钢耐腐蚀性能的试验。

(7) **内底板耐腐蚀试验**：系指验证适用于原油船货油舱内底板区域内耐蚀钢耐腐蚀性能的试验。

(8) **母级钢**：CCS《材料与焊接规范》第1篇第3章第2节“一般强度船体结构用钢”和第3节“高强度船体结构用钢”中与耐蚀钢相同强韧等级的钢材。以AH36 RCB耐蚀钢为例，母级钢是AH36。

(9) **PSPC-COT**：IMO MSC.288 (87) 决议《原油船货油舱保护涂层性能标准》。

#### 1.4 试验与检验

1.4.1 制造商应为验船师开展工作提供所有必要的设施和进入所有相关场所的许可，使其能够核实工厂是否按经认可的工艺规程进行生产、选择试验材料、见证试验和验证试验装置精度。

1.4.2 所有耐腐蚀试验应在满足 CCS 耐腐蚀试验机构认可要求的实验室（其要求参见本指南附录 B），采用符合要求的试验装置，按规定的试验程序，由具有胜任资格的人员进行。如果实验室提供证明其试验有效性的证据且至少满足附录 B10 要求，同时验船师在特定阶段（如耐腐蚀试验开始、取样阶段）到场见证试验，经 CCS 同意，可以考虑在未经认可的实验室进行耐腐蚀试验。

## 第 2 章 耐蚀钢的工厂认可

### 2.1 一般规定

2.1.1 生产耐蚀钢的制造商应向 CCS 提出认可申请。

2.1.2 耐蚀钢可根据其应用区域进行认可：

- (1) 用于货油舱上甲板下表面及其周边的结构；
- (2) 用于货油舱内底板上表面及其周边的结构；
- (3) 兼用于上述 (1) 和 (2) 区域的结构。

2.1.3 除本指南规定的耐腐蚀试验外，耐蚀钢的工厂认可应按 CCS《产品检验指南》“W01 船用轧制钢材”的相关规定进行。

2.1.4 耐蚀钢的耐蚀试验应根据其应用区域，按本指南附录 A 进行试验。

### 2.2 钢材制造

2.2.1 耐蚀钢应以电炉或氧气顶吹转炉或其他经 CCS 特别认可的方法冶炼，且应满足 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 3 章第 1 节的相关规定。

2.2.2 各等级耐蚀钢的脱氧方法、交货状态均应满足 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 3 章第 2 节或第 3 节的相关规定。

2.2.3 钢材应无明显的偏析和非金属夹杂物，且无影响材料使用的内部和表面缺陷。表面质量和缺陷修补的要求应满足 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 3 章第 1 节的相关规定。

2.2.4 耐蚀钢的尺寸偏差应满足 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 3 章第 1 节的相关规定。

### 2.3 认可申请与试验大纲

2.3.1 制造商申请工厂认可时，除常规钢材认可所需要的资料外，还应提交如下资料：

- (1) 腐蚀试验大纲；

(2) 腐蚀试验设备与试验条件；

(3) 为确认耐蚀性，与产品验收标准相关的技术数据；

(4) 试验程序和验收准则；

(5) 有关解释如何增加或控制化学成分以改善钢材耐蚀性的背景资料：各元素与钢材耐蚀性的影响关系；为达到规定耐蚀水平而特别添加 / 控制的化学元素；

(6) 申请认可的耐蚀钢的牌号和最大厚度；

(7) 适用的焊接方法、焊接材料和相应的焊接参数。

2.3.2 CCS 应审核试验大纲，并根据申请认可的范围确定试验要求。在试验大纲中确认需要由验船师见证的检验和试验。试验项目除常规船体结构钢所需要的所有试验外，还应包括本指南附录 A 的耐蚀性试验。

## 2.4 认可程序

2.4.1 耐蚀钢应按钢材的等级、交货状态和应用区域进行认可。

2.4.2 CCS 验船师宜在试验大纲中确定的试验特定阶段见证相关的试验项目。

## 2.5 耐蚀钢的认可

2.5.1 试验应按 CCS 批准的试验大纲进行。

2.5.2 应选取足够数量的炉次和试验材料，以确认为改善耐蚀性而添加或控制的化学元素的相互作用和 / 或控制范围 ( 上下限 ) 的有效性。具体可根据制造商提交的认可申请资料而确定。

2.5.3 耐蚀性试验应满足本指南附录 A 的要求。

2.5.4 耐蚀钢的认可，除母材耐蚀性试验外，还应包括采用适用焊接材料的焊接接头耐蚀性试验。

2.5.5 除上述规定的试验要求外，在下述情况下，CCS 可以提出增加试验的要求：

(1) 当 CCS 认为根据现有数据对由每种元素进行理论分析所确定的成分控制范围，仅按附录 A 规定数量进行试验不足以确认影响耐蚀性能的化学成分控制范围的有效性时；

(2) 当 CCS 认为基于腐蚀试验结果而设定的影响耐蚀性能的化学成分控制范围太宽时；

(3) 当 CCS 认为验证设定影响耐蚀性能的化学成分控制范围的腐蚀试验结果有效性不够充分，或有某些漏洞时；

(4) 试验过程中，在预定见证的时间节点，未通知验船师出席现场，以及 CCS 认为为了确认试验结果有效性有必要增加试验时；

(5) 除上述情况外，CCS 认为有必要时。

2.5.6 耐蚀钢的化学成分应满足 CCS《材料与焊接规范》相应母级钢化学成分的要求。为改进耐蚀性而有意添加的超出规范规定范围的元素和规范未规定的元素，其总量应控制在 1% 以内。

## 2.6 耐蚀钢标志

2.6.1 根据本指南，取得“原油油船货油舱耐蚀钢”认可的钢材，应按其适用区域，在母级钢符号后增加耐蚀钢后缀。

“RCU”：适用于货油舱上甲板区域的耐蚀钢；

“RCB”：适用于货油舱内底板区域的耐蚀钢；

“RCW”：对货油舱上甲板和内底板区域均适用的耐蚀钢。

例如：具有满足 CCS《材料与焊接规范》高强度船体结构钢 AH36 级钢相关性能要求，且适用于原油船货油舱上甲板结构的耐蚀钢应以“AH36 RCU”表示。

## 2.7 证书

2.7.1 试验完成后，制造商应完成认可试验报告并提交 CCS。如果所有结果满足要求，CCS 将颁发一份工厂认可证书。

2.7.2 工厂认可证书应包括下列内容：

(1) 认可证书编号；

(2) 制造商名称；

(3) 耐蚀钢牌号；

- (4) 化学成分范围 ( 包括为改善耐蚀性而添加和 / 或控制的化学元素的含量 );
- (5) 最大厚度;
- (6) 炼钢方法、制造工艺和交货状态;
- (7) 适用的焊接材料和焊接方法;
- (8) 使用限制 ( 如有 );
- (9) 认可的有效期。

## 第3章 耐蚀钢的产品检验

### 3.1 一般规定

3.1.1 所有耐蚀钢均应由经 CCS 认可的制造商生产。

3.1.2 除本指南另有规定外，耐蚀钢的产品检验应满足母级钢的要求。

3.1.3 产品出厂检验可不必进行耐蚀性试验。

3.1.4 按照制造工艺保证有效的生产控制是制造商的责任。当因控制失误导致质量下降时，制造商应确定问题的原因并提出防止再次发生的措施，同时向 CCS 提供一份报告。若工厂提出受影响的产品继续使用时，每个炉次均应进行耐蚀性试验。为确保产品质量，CCS 可要求对制造厂后续提供的产品适当增加试验频率。

### 3.2 化学成分

3.2.1 制造商应对每一炉次取样进行熔炼化学成分分析，其结果应满足 2.5.6 的规定。

3.2.2 在认可时确定的与钢材耐蚀性相关的所有化学成分范围应得到严格的控制。

3.2.3 CCS 接受制造商提供的化学成分分析报告，但在验船师有要求时可核查钢材的化学成分。

### 3.3 力学性能

3.3.1 已得到 CCS 认可的耐蚀钢，产品检验应按母级钢的要求进行相应的力学性能试验。

3.3.2 试验材料的截取、试样制作、试样数量和试验应满足 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 2 章和第 3 章的相关要求。

3.3.3 试验结果应满足 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 3 章第 2 节或第 3 节中相应母级钢的要求。

### 3.4 复试

3.4.1 力学性能不满足要求时，应按 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 1 章第 2 节的有关要求复试和验收。

### 3.5 标识

3.5.1 制造商应采用一套能够从钢锭、钢坯和成品材料上追溯到原始铸件的标识系统。当验船师有要求时可方便地对材料进行追溯。

### 3.6 标示

3.6.1 制造商对检验合格的每一件钢材，应至少在一个位置清晰地标出 CCS 的标志和下列内容：

- (1) 制造商名称或标志；
- (2) 钢材等级标志，含耐蚀标志；
- (3) 钢材的规格；
- (4) 铸次号及其他能够追溯钢材全部生产过程的编号或缩写；
- (5) 如订货方有要求，可标上订货合同号或其他识别标识。

上述标识和钢印应用油漆或采用其他措施标出，以求明显易认。

3.6.2 对于成捆交货的小型钢材，经 CCS 同意，可在每捆材料的端部予以标识，或在每捆材料牢固地系上含有上述信息的标牌。

3.6.3 凡标有 CCS 标志的钢材，如在随后的检验中发现不符合规定要求，应将该标志彻底去除。

### 3.7 证书

3.7.1 钢材的合格证书应包括下列内容：

- (1) 订货方的名称和合同号，使用该材料的船名（如已知）；
- (2) 材料的炉批号，试样号（如适用）；
- (3) 制造商的标志；
- (4) 材料牌号（包括耐蚀标志）、尺寸；
- (5) 化学成分；
- (6) 认可时确认的为改善耐蚀性而添加或控制的每一化学元素的质量数；
- (7) 试验结果；
- (8) 交货状态；
- (9) 制造商的质量承诺。

## 第 4 章 耐蚀钢的应用

### 4.1 一般规定

4.1.1 本章规定了原油油船货油舱耐蚀钢在建造和营运过程中的特殊要求。

4.1.2 除本指南另有规定外，耐蚀钢的建造和营运要求应满足母级钢的要求。

### 4.2 应用区域

4.2.1 为满足 IMO SOLAS 公约第 II-1 章 A-1 部分第 3-11 条 MSC.289 (87) 决议的规定，在如下区域应用经认可的耐蚀钢，如图 4.2.1 所示：

(1) 上甲板及完整的内部结构，包括连接纵舱壁和横舱壁的肘板。在具有环形强框架结构的货油舱中，甲板横梁应向下保护到面板之下的第一个防倾肘板处。

(2) 纵横舱壁应保护至最上层检验通道，该最上层通道及其支撑肘板应全部保护。

(3) 无最上层检验通道的货油舱舱壁，应在中心线处自甲板向下保护至舱深的 10%，但不必超过 3m。

(4) 内底板及从底板上表面往上 0.3m 的所有舱内结构 (包括舱壁板)。

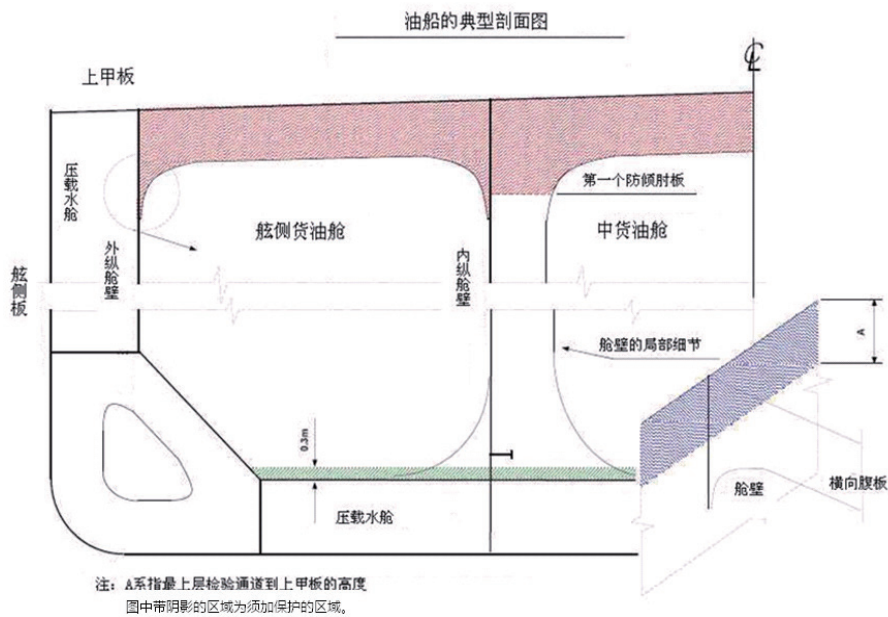


图 4.2.1 原油船货油舱耐蚀钢应用区域

4.2.2 构成船体结构的永久检验通道构件，如作为步道的纵向加强肋、纵梁等，如其位于 4.2.1 规定的区域内，应使用耐蚀钢（原则与主结构相同制造商）或者按照 PSPC-COT 涂装。

4.2.3 不构成船体结构的永久检验通道构件，如扶手、独立平台、梯子、踏步等，如其位于 4.2.1 规定的区域内，应采用适当的防腐蚀方法。建议使用与主结构相同制造商的耐蚀钢或者按照 PSPC-COT 涂装构件和焊缝。也可以使用其他防腐蚀方法，如阴极保护，这些方法不应削弱周围结构耐蚀钢的耐蚀性能。

4.2.4 对于测量设备用管道、支撑件和非船体强力构件的舾装件，如其位于 4.2.1 规定的区域内，建议使用耐蚀钢或者涂装保护。

### 4.3 焊接材料

4.3.1 耐蚀钢的焊接宜使用耐蚀钢证书上的焊接材料，否则应按照 4.6.4 要求进行涂装。

4.3.2 如果申请增加耐蚀钢认可证书外的焊接材料，应在满足 CCS《材料与焊接规范》第 3 篇第 2 章焊接材料要求外，进行附录 A 中规定的焊接接头耐腐蚀试验。

### 4.4 防腐蚀方法

4.4.1 对 4.2.1 规定的区域允许采用不同的防腐蚀措施，不同防腐蚀措施的组合也可用于同一结构构件。

原油油船货油舱的防腐蚀方法

表 4.4.1

构件		上甲板	内底板
防腐蚀方法	情况 1	耐蚀钢 RCU	耐蚀钢 RCB
	情况 2	PSPC-COT	耐蚀钢 RCB
	情况 3	耐蚀钢 RCU	PSPC-COT
	情况 4	耐蚀钢 RCW	耐蚀钢 RCW

注：① 同一构件可同时采用耐蚀钢和涂装保护。  
② RCW 耐蚀钢可以替代 RCU 耐蚀钢或者 RCB 耐蚀钢。

4.4.2 不同的防腐蚀方法应满足各自的标准。

4.4.3 当采用耐蚀钢作为货油舱防腐蚀措施时，钢材的耐蚀性应适用于应用区域。在同一区域内应尽可能采用同一制造商的耐蚀钢。

## 4.5 焊接工艺

4.5.1 母级钢的焊接工艺适用于同强韧等级耐蚀钢的焊接。

## 4.6 建造阶段

4.6.1 结构建造用的耐蚀钢应为经认可的耐蚀钢，并按证书允许的适用区域加以应用。

4.6.2 如果在 4.2.1 规定区域内使用不同制造商的耐蚀钢时，连接两种不同耐蚀钢的焊接区域应按照 PSPC-COT 涂装，如图 4.6.2 所示。但是，如果耐蚀钢认可证书上焊接材料匹配于这两种耐蚀钢，可以不要求有涂层。

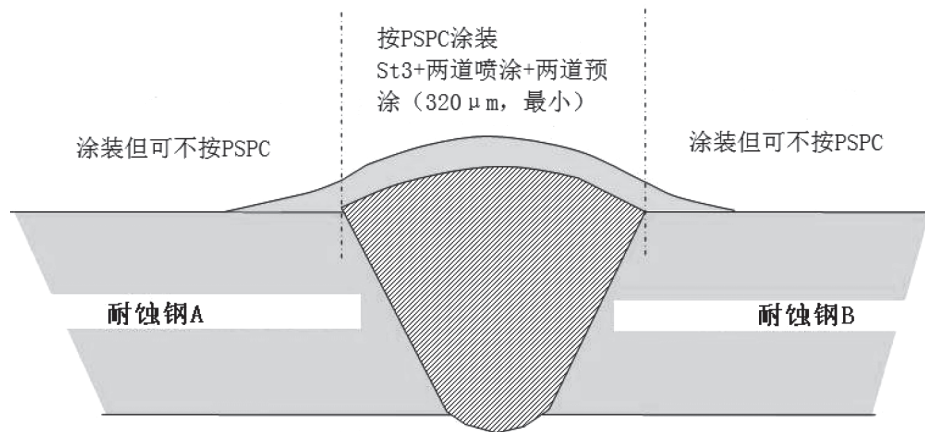


图 4.6.2 不同制造商耐蚀钢的连接

4.6.3 如果在 4.2.1 规定区域内耐蚀钢与常规钢相连时，常规钢和焊接区域应按照 PSPC-COT 涂装，如图 4.6.3 所示。

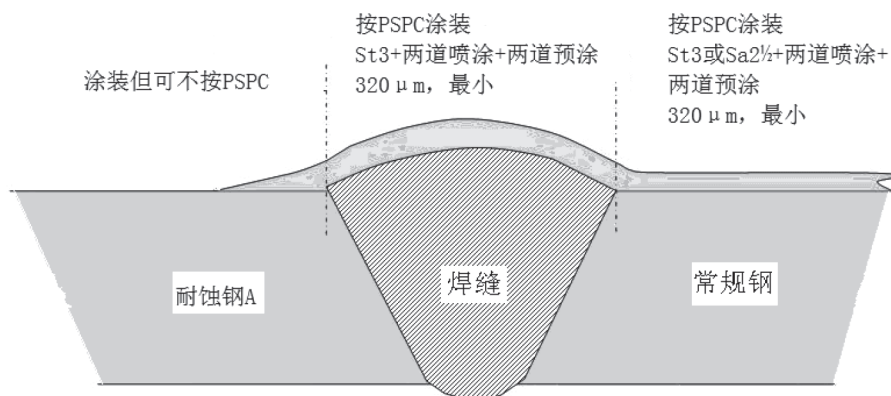


图 4.6.3 耐蚀钢与常规钢的连接

4.6.4 当采用非耐蚀钢认可证书上的焊接材料,焊接区域应按照 PSPC-COT 涂装,如图 4.6.4 所示。

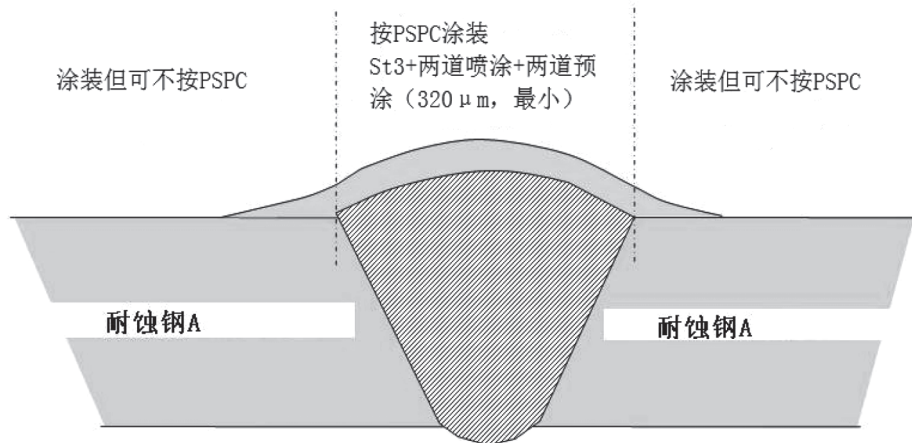


图 4.6.4 采用非耐蚀钢认可证书上的焊接材料

4.6.5 焊接耐蚀钢的热输入应不大于认可试验所确认的允许最大焊接热输入。

4.6.6 在建造过程中,应尽量避免耐蚀钢表面受到有害的损伤。必要时可采用适当的措施防止飞溅、弧击、划伤等对钢材表面的影响。

4.6.7 船厂建造阶段在耐蚀钢结构上安装的临时结构,如吊耳等,如果采用非耐蚀钢而且未采用耐蚀钢认可证书中指定的焊接材料时,建议焊接部分按照 PSPC-COT 涂装,如图 4.6.7 所示。

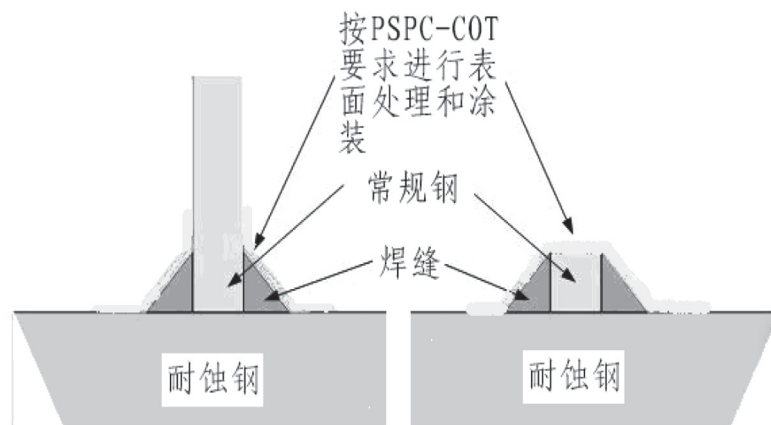


图 4.6.7 耐蚀钢上临时结构的涂装范围

## 4.7 营运阶段

4.7.1 如果技术文件规定修理方法,修理应按照所述方法进行。

4.7.2 如果需要更换耐蚀钢或重新涂装，建议使用与建造期间相同的防腐蚀方法。

4.7.3 如果使用耐蚀钢替换耐蚀钢，建议使用与建造时同一制造商的耐蚀钢。如果使用不同制造商的耐蚀钢时，连接两种不同耐蚀钢的焊接区域应按照 PSPC-COT 涂装，涂装范围如图 4.6.2 所示。但是，如果用于焊接的焊接材料在这两种耐蚀钢认可证书上，可以不要求有涂层。

4.7.4 如果使用常规钢替换耐蚀钢，应按照 PSPC-COT 涂装。

4.7.5 如果采用非耐蚀钢认可证书上的焊接材料，应按照 PSPC-COT 涂装，涂装范围如图 4.6.4 所示。

## 4.8 技术文件

4.8.1 新船建造阶段，船厂应准备一份技术文件提交 CCS。如果使用的防腐蚀方法不同，则技术文件应包括每个区域及其防腐蚀方法。技术文件中至少应包括下列内容：

(1) 耐蚀钢的工厂认可证书复印件；

(2) 耐蚀钢牌号和厚度，以及应用位置 / 区域。（当将这些信息标注在认可图纸上送交时，相关图纸也应包括在技术文件中）；

(3) 局部涂装的涂层技术文件（如有局部涂装时）；

(4) 耐蚀钢所用焊接材料和焊接工艺；

(5) 制造商建议的耐蚀钢修理方法（如有时）。

4.8.2 经 CCS 确认的技术文件应有一份复印件在船舶整个寿命期内被保存在船上。

4.8.3 当耐蚀钢修理时，如耐蚀钢更换、点蚀部位焊补和在耐蚀钢构件上进行涂装等，船东或船舶经营者应将包括下列有关修理的信息记录在技术文件中：

(1) 修理的区域；

(2) 修理的方法（焊补、更换耐蚀钢或采用涂装）；

(3) 如果更换耐蚀钢，新换的耐蚀钢（牌号、板厚）、焊接材料及所用的焊接工艺；

(4) 如果使用涂层，PSPC-COT 规定的记录。

注 1: 耐蚀钢修理所用涂层的详细情况应记录在耐蚀钢技术文件中。此时, 涂层记录无需纳入涂层技术文件。

注 2: 点蚀焊补只能使用耐蚀钢认可证书上的焊接材料。如果采用非耐蚀钢认可证书上的焊接材料, 所修补部分周围的适当区域应在修补后按照 PSPC-COT 的要求涂装。

注 3: 定期检验的测厚记录保存在 CCS 规定的文件中, 不必记录在耐蚀钢技术文件中。

## 附录 A 原油油船货油舱耐蚀钢耐蚀试验程序

### A1 适用范围

本程序规定了原油油船货油舱耐蚀钢耐蚀性能的试验程序。

### A2 试验

耐蚀钢耐蚀性能应按下列试验进行验证。

#### A2.1 模拟上甲板工况条件的试验

##### A2.1.1 试验装置

A2.1.1.1 试验装置示意图如图 A2.1.1.1 所示。允许在图 A2.1.1.1 所示的尺寸基础上增大直径，最大至 390mm，以容纳 25 个试样。若需要进一步增加容器直径以容纳更多数量的试样，应经 CCS 同意。

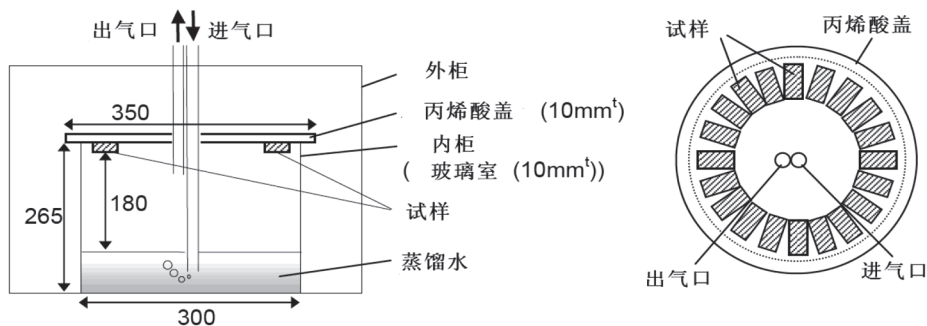


图 A2.1.1.1 模拟上甲板腐蚀试验装置示意图

A2.1.1.2 试验装置包括一个双层柜，外层柜的温度应进行控制，试验装置周围的环境温度尽可能受到控制。试验装置应具有自动进行温度控制、测量和记录的功能。

A2.1.1.3 上甲板试验装置的顶盖应有可靠的试样固定装置，且不影响试样的受试表面。

##### A2.1.2 试验气体

A2.1.2.1 模拟货油舱上甲板工况的混合气体比例为  $(4 \pm 1)\% \text{O}_2 - (13 \pm 2)\% \text{CO}_2 - (100 \pm 10) \text{ppm SO}_2 - (500 \pm 50) \text{ppm H}_2\text{S} - (83 \pm 2)\% \text{N}_2$ 。

A2.1.2.2 试验时，可以用下列两组气体等体积混合后注入试验装置中：

(1)  $(8 \pm 2)\%O_2$ 、 $(26 \pm 4)\%CO_2$ 、 $(200 \pm 20)ppmSO_2$ 、 $N_2$  余量；

(2)  $(1000 \pm 100)ppmH_2S$  和  $N_2$  余量。

### A2.1.3 试样

A2.1.3.1 母材试验包括 20 个耐蚀钢母材试样，焊接接头试验包括 5 个耐蚀钢焊接接头试样。为了进行比较，应至少在相同条件下对 5 个试验对比钢试样进行试验。

A2.1.3.2 试验对比钢的化学成分应符合表 A2.1.3.2 的要求。化学成份应基于钢材证书中熔炼分析化学成份。试验对比钢宜选择船体结构用钢，也可接受满足表 A2.1.3.2 要求的符合国家标准的钢。

C	Mn	Si	P	S
0.13-0.17	1.00-1.20	0.15-0.35	0.010-0.020	0.002-0.008
Al(最小酸溶)	Nb 最大值	V 最大值	Ti 最大值	Nb+V+Ti 最大值
0.015	0.02	0.10	0.02	0.12
Cu 最大值	Cr 最大值	Ni 最大值	Mo 最大值	其他成分最大值
0.1	0.1	0.1	0.02	0.02 (每种成分)

A2.1.3.3 每个试样的尺寸为  $(25 \pm 1) mm \times (60 \pm 1) mm \times (5 \pm 0.5) mm$ ，焊接接头试样的尺寸为  $(25 \pm 1) mm \times (60 \pm 1) mm \times (5 \pm 0.5) mm$ ，包括宽度为  $(15 \pm 5) mm$  焊缝金属，如图 A2.1.3.3 所示。试样的尺寸可用千分尺或卡尺准确测量，测量精度为 0.01mm。

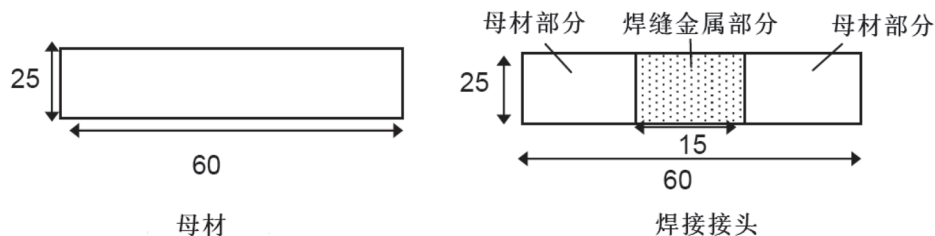


图 A2.1.3.3 试验试样

A2.1.3.4 对于厚度过大的试样，可采用机加工方法将试样从试验面的背面减薄至  $5mm \pm 0.5mm$ ，试样边缘不允许倒角。

A2.1.3.5 母材试样的试验表面距轧制面应小于 2mm。试验前所有试样 (包括试验对比钢) 的受试表面均应采用 600 号砂纸手工打磨或采用机加工方法磨削。所有试样的粗糙度应基本一致, 建议打磨后的表面粗糙度约 Ra 0.16 $\mu$ m。

A2.1.3.6 焊接接头试样的母材应采用与母材试样同炉号材料, 但可以取自不同于母材试样的板。试样应采用母材申请认可的焊接材料和焊接方法, 在平焊位置上进行焊接。焊缝的宽度, 不包括热影响区, 应为 10~20mm。试验表面应磨至裸钢。受试表面均应采用 600 号砂纸手工打磨或采用机加工方法磨削。所有试样的粗糙度应基本一致, 建议打磨后的表面粗糙度约 Ra 0.16 $\mu$ m。

A2.1.3.7 试样应依次经丙酮和无水乙醇清洗、用吹风机干燥, 每个试样分别进行称重, 并予以记录。称量的精度为  $\pm 1$ mg。随后试样置于干燥皿中备用。

A2.1.3.8 为了不影响试验结果, 非试验面应保护不受腐蚀环境影响, 例如采用能够耐试验腐蚀介质且不影响试验结果的涂料予以保护。

A2.1.3.9 所有试样均应采用适当的方法予以标识。标识的方法应简单易辨识, 且不影响试验结果。

#### A2.1.4 试验程序

A2.1.4.1 耐蚀钢试样和试验对比钢试样应在同一个容器内试验。

A2.1.4.2 母材试验应分别进行 21、49、77 和 98 天。试验对比钢试验应进行 98 天。焊接接头试验应进行 98 天。

A2.1.4.3 每个试验阶段各有 5 个试样。

A2.1.4.4 腐蚀试验开始前, 应事先考虑在该试验装置和试验条件下试验对比钢的腐蚀速率是否满足试验要求。

A2.1.4.5 所有试样应在试验开始前安放, 与出气管基本保持等距离 (如图 A2.1.1.1 所示), 且各组试样按圆周均匀分布的原则放置。为防止蒸馏水溅到试样表面, 试样表面和蒸馏水之间应保持充足的距离, 同时试样相互之间应保持一定间隙。试样安放后, 应调整整个试验平面至水平位置。

A2.1.4.6 进气管应浸没于蒸馏水中, 气管端部离容器底部约 40mm。为避免在试验过程中水份蒸发造成水位过分降低, 允许在取样时适量补充蒸馏水。

A2.1.4.7 试样应加热至  $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$  保持  $(19 \pm 2)$  h,  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$  保持  $(3 \pm 2)$  h, 两个温度之间转换时间应至少为 1h。1 次试验周期的时间为 24h。蒸馏水的温度应保持不高于  $36^\circ\text{C}$ 。加热 / 冷却的温度转换时间, 指开始加热 / 冷却至规定稳定温度的时间, 见图 A2.1.4.7a 和图 A2.1.4.7b。同一转换阶段 (如冷却阶段、保温阶段或加热阶段) 的时间差应不大于 10min。在整个试验过程中, 试样和水的温度应连续记录, 其间隔一般不超过 2.5 min。

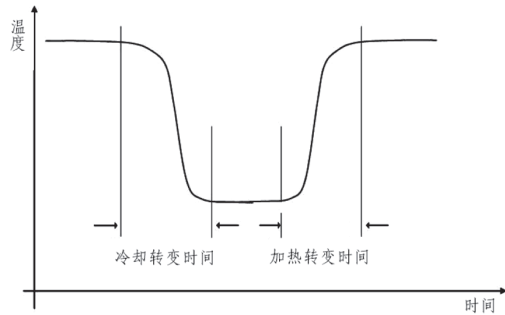


图 2.1.4.7a 温度转换时间

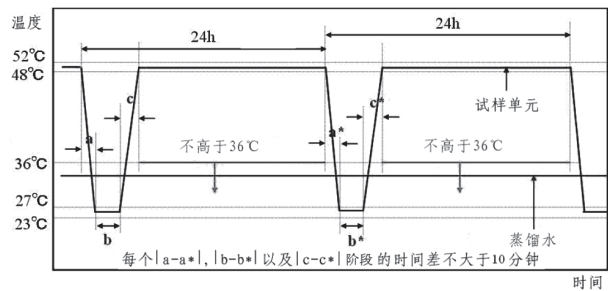


图 2.1.4.7b 转换时间的控制

A2.1.4.8 试验过程中, 可以将 A2.1.2 规定的两组不同组份的气体等体积混合后注入试验容器。在试验开始后的 24h 内气体流量建议按表 A2.1.4.8 予以控制, 随后的气体流量应控制在不低于 20 ml/min。

试验开始 (含更换试样) 24h 内腐蚀气体流量控制

表 2.1.4.8

试验容器内直径 mm	300	390
进气流量范围 ml/min	100~110	100~170

A2.1.4.9 当需要中途提取 / 更换试样时, 应在试样处于高温的时间段关断试验气体后, 先用适量的纯氮气 ( $\text{N}_2$ ) 吹除试验装置中的腐蚀气体, 至试样干燥后取出 / 更换试样。取样 / 更换的时间一般不超过 4h。进行氮气置换时, 氮气的流量不宜低于 300ml/min。放入试样后, 重新按 A2.1.4.8 的要求控制试验气体和流量, 建立腐蚀环境。

A2.1.4.10 耐蚀钢母材试验应分别在 21、49、77 和 98 天取样, 取样应按均匀分布的原则。试验对比钢 98 天取出。焊接接头试样 98 天取出。

A2.1.4.11 取出的试样应用下述方法处理:

(1) 取出的试样在流水下用毛刷擦洗以便去除腐蚀物。再用 ISO 8407-2009 附录中的 C3.1 溶剂或 GB/T 16545-2015 表 A 中的 C.3 酸洗液去除表面的残余腐蚀物;

(2) 采用适当的溶剂或工具去除非试验面涂料或包覆物；

(3) 使用丙酮或者无水乙醇擦拭并干燥。

A2.1.4.12 干燥后的母材试样逐个称重。称量的精度为  $\pm 1 \text{ mg}$ 。

A2.1.4.13 干燥后的每个焊接接头分别制取两个 20mm 长  $\times$  5mm 宽的全厚度焊接接头试样。试样的纵轴线垂直于焊缝熔合线，并使熔合线位于试样长度的中间，如图 A2.1.4.13 所示。试样应嵌入树脂中，抛光后使用硝酸乙醇溶液侵蚀出熔合线。置于约 100 倍的光学显微镜下观察试验的受试表面，并拍照评定。当评定需要角度计算时，还应增加放大至约 250 倍的照片。

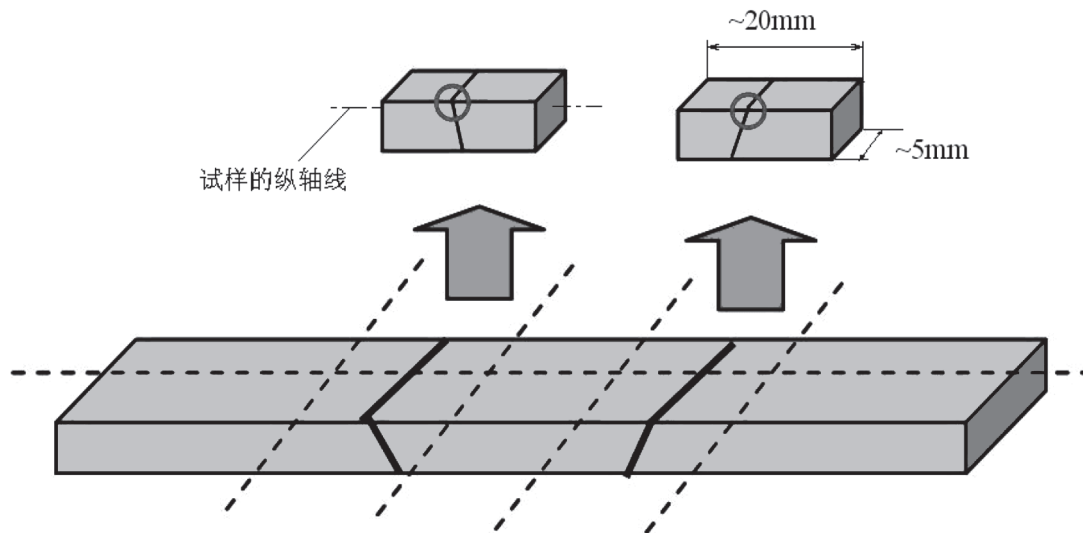


图 A2.1.4.13 焊接接头试样

## A2.1.5 试验结果

### A2.1.5.1 母材试验结果

(1) 测量试验前试样的尺寸和重量。

(2) 测量试验后试验对比钢 ( $W_C$ ) 和耐蚀钢 ( $W_{21}$ ,  $W_{49}$ ,  $W_{77}$  和  $W_{98}$ ) 的失重 (初始重量和试验后重量之间的差)。

(3) 按下式计算试验对比钢 ( $CL_C$ ) 和耐蚀钢 ( $CL_{21}$ ,  $CL_{49}$ ,  $CL_{77}$  和  $CL_{98}$ ) 的腐蚀损耗：

$$CL_C(mm) = \frac{10 \times W_C}{S \times D}$$

$$CL_{21}(mm) = \frac{10 \times W_{21}}{S \times D}$$

$$CL_{49}(mm) = \frac{10 \times W_{49}}{S \times D}$$

$$CL_{77}(mm) = \frac{10 \times W_{77}}{S \times D}$$

$$CL_{98}(mm) = \frac{10 \times W_{98}}{S \times D}$$

式中： $W_C$ ——试验对比钢的失重 (g)(5 个试样的平均值)  
 $W_{21}$ ——21 天后耐蚀钢的失重 (g)(5 个试样的平均值)  
 $W_{49}$ ——49 天后耐蚀钢的失重 (g)(5 个试样的平均值)  
 $W_{77}$ ——77 天后耐蚀钢的失重 (g)(5 个试样的平均值)  
 $W_{98}$ ——98 天后耐蚀钢的失重 (g)(5 个试样的平均值)  
 $S$ ——表面积 ( $\text{cm}^2$ )  
 $D$ ——密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

如果 5 个试验对比钢中至少 3 个试样的  $CL_C$  在 0.05 和 0.11 之间 (腐蚀率在 0.2 和 0.4 mm/年之间), 则试验有效。否则应调整试验条件, 以满足  $CL_C$  的要求。

(4) 对 21、49、77 和 98 天的试验结果按幂函数做最小二乘法得到系数  $A$  和  $B$ 。耐蚀钢的腐蚀损耗表述如下:

$$CL = A \times t^B$$

式中： $A$ (mm) 和  $B$ ——系数  
 $t$ ——试验时间 (天数);

(5) 通过下式计算得到 25 年后的腐蚀损耗估算值 ( $ECL$ )。

$$ECL(mm) = A \times (25 \times 365)^B$$

#### A2.1.5.2 焊接接头的试验结果

(1) 台阶深度应按下述步骤进行测量, 如图 A2.1.5.2(1) 所示:

- (a) 在金相照片上, 通过熔合线与腐蚀表面的交点, 作一直线 A-B 垂直于腐蚀平面;
- (b) 从 A-B 线在上下两个台阶处分别沿母材和焊缝划距离 A-B 线至少 300  $\mu\text{m}$  的平行线 C-D 线和 E-F 线;

- (c) 测量 A-B 线与 C-D 线的交点和 A-B 线与 E-F 线的交点之间的距离  $r$ , mm;
- (d) 如果 E-F 线与 A-B 线的交点高于 C-D 与 A-B 线的交点, 则可以认为没有台阶, 试验合格;
- (e) 如果 E-F 线与 A-B 线的交点不高于 C-D 与 A-B 线的交点, 则按下列公式计算不连续的台阶深度  $R$ :

$$R = \frac{r \times 1000}{M} \mu\text{m}$$

式中:  $r$  — 测量得到的台阶深度, mm;  
 $M$  — 照片的放大倍数。

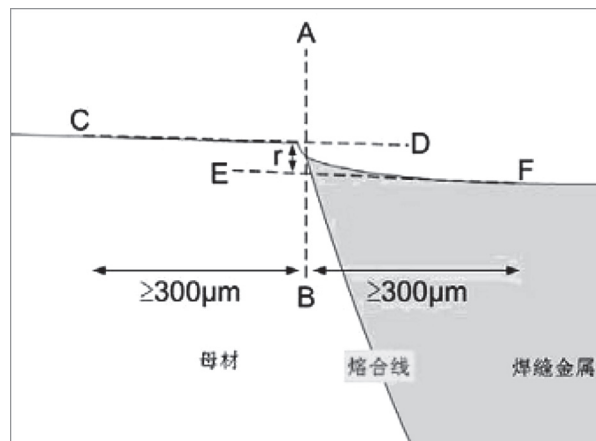


图 A2.1.5.2(1) 台阶深度的测量

(2) 若两个金相试样上的台阶深度均不大于  $30\mu\text{m}$ , 或一个焊接接头试样中有一个金相试样的台阶深度大于  $50\mu\text{m}$ , 则不必进行下述 (3) 的角度测量。

(3) 台阶角度应按下述步骤进行测量, 如图 A2.1.5.2(3) 所示:

- (a) 制作 250 倍金相照片;
- (b) 在母材和焊缝的表面平均轮廓上分别划一直线 C-D 和 E-F;
- (c) 分别找到母材台阶最边缘与 C-D 线的交点和焊缝台阶最边缘与 E-F 线最近的交点, 两个交点作一直线;
- (d) 测量 C-D 线和 (c) 中直线之间的夹角。

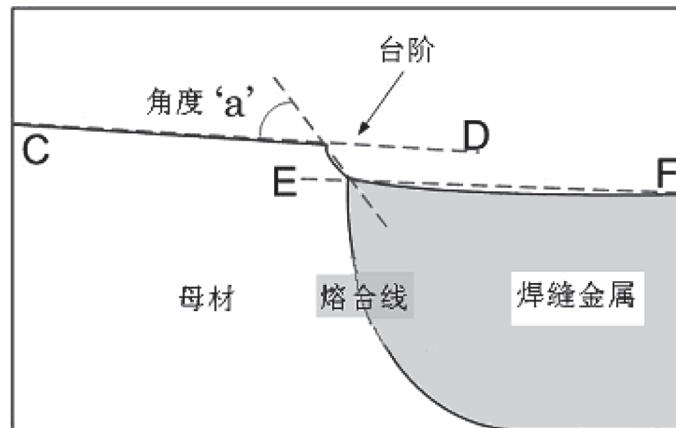


图 A2.1.5.2(3) 台阶深度的测量

#### A2.1.6 验收标准

A2.1.6.1 母材试验结果，ECL(mm) 应小于等于 2mm；

A2.1.6.2 焊接接头的母材和焊缝金属之间应无不连续表面。五个焊接接头试样都应满足下列条件，否则焊接接头被认为含有不连续表面：

- (1) 每个焊接接头试样的两个台阶深度均小于或等于  $30\mu\text{m}$ ，或者
- (2) 每个焊接接头试样的两个台阶的深度均小于或等于  $50\mu\text{m}$ ，且分别测得的角度均小于或等于  $15^\circ$ 。

#### A2.1.7 试验报告

A2.1.7.1 试验报告应包括下列内容：

- (1) 制造商的名称；
- (2) 试验日期；
- (3) 耐蚀钢牌号、焊接材料牌号；
- (4) 按 A2.1.5 的试验结果；
- (5) 按 A2.1.6 的判定。

#### A2.2 模拟内底工况条件的试验

##### A2.2.1 试验装置

A2.2.1.1 试验装置如图 A2.2.1.1 所示。

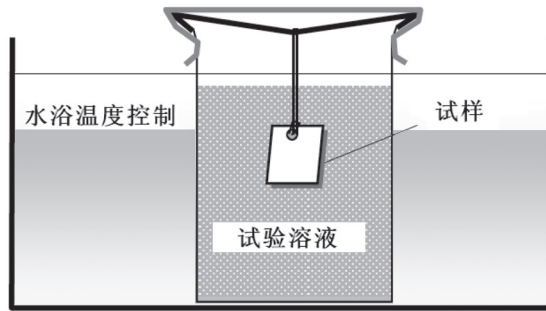


图 A2.2.1.1 模拟内底腐蚀试验装置示意图

### A2.2.2 试样

A2.2.2.1 母材和焊接接头应各有至少 5 个试样。为了进行比较，应至少在相同条件下对 5 个试验对比钢试样进行试验。试验对比钢试样应符合 A2.1.3.2 的要求。

A2.2.2.2 对于母材试样，每个试样的尺寸为  $(25 \pm 1) \text{ mm} \times (60 \pm 1) \text{ mm} \times (5 \pm 0.5) \text{ mm}$ ，对于焊接接头试样，每个试样的尺寸为  $(25 \pm 1) \text{ mm} \times (60 \pm 1) \text{ mm} \times (5 \pm 0.5) \text{ mm}$ ，其中包括宽度为  $(15 \pm 5) \text{ mm}$  的焊缝金属，如图 A2.2.2.2 所示。

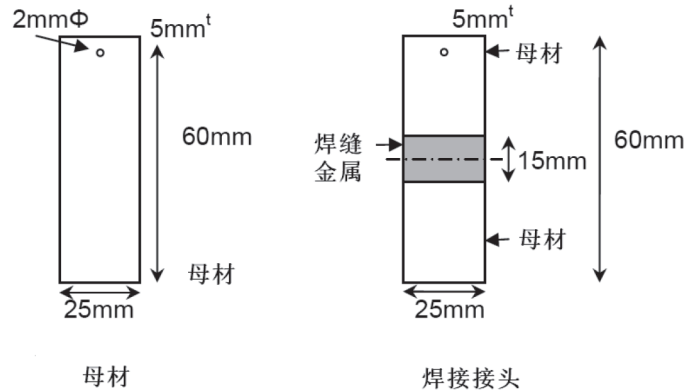


图 A2.2.2.2 模拟内底工况条件的试验试样

A2.2.2.3 试样按照 A2.1.3.4-A2.1.3.7 制备。

### A2.2.3 试验溶液

A2.2.3.1 试验溶液中应含有 10% 重量百分比的氯化钠，溶液用盐酸调节 pH 值至 0.85(如果测量稀释后 pH 值，稀释后 pH 值应等同于稀释前 pH0.85)。

A2.2.3.2 为减少试验溶液 pH 值的变化，每隔 24 h 应换新一次试验溶液。

A2.2.3.3 试验溶液的体积应大于 20ml/cm<sup>2</sup>( 试样的表面积 )。

A2.2.3.4 试验溶液的温度应保持在 30 ± 2℃。

A2.2.3.5 为防止试验溶液的蒸发，容器口可以用塑料薄膜或其他适合材料密封。

#### A2.2.4 试验程序

A2.2.4.1 内底板试验时，揭去溶液容器上覆盖的密封，用细尼龙线 ( 直径 0.3 mm 至 0.4 mm) 将试样悬挂在溶液中心。可将不同试样各置于不同容器中，也可将同一材料的多个试样共置一个容器中。试验腐蚀介质体积与试样之比应不低于规定的比例。当多个试样共置一个容器中时，试样的间距一般不小于 30 mm。

A2.2.4.2 试验过程中应将容器密封，防止溶液蒸发浓缩。

A2.2.4.3 每隔 24 h 应换新一次试验溶液。试验溶液不得重复使用。

A2.2.4.4 母材试验进行 72 h，焊接接头试验进行 168 h。

A2.2.4.5 实验完成后的试样按照 A2.1.4.11-A2.1.4.13 处理。。

#### A2.2.5 试验结果

##### A2.2.5.1 母材试验结果

- (1) 测量试验前试样的尺寸和重量；
- (2) 测量试验后试样的失重 ( 初始重量和试验后重量之间的差 )；
- (3) 按下式计算腐蚀速率 (C.R.):

$$C.R.(mm / year) = \frac{365(days) \times 24(hours) \times W \times 10}{S \times 72(hours) \times D}$$

式中：W——失重 (g)，  
S——表面积 (cm<sup>2</sup>)，  
D——密度 (g/cm<sup>3</sup>)；

(4) 将 C.R. 值标绘在正态分布数据图上，识别出现裂缝和 / 或局部腐蚀的试样。偏离正态数据分布的 C.R. 数据应从试验结果中去除。如图 A2.5.1(4) 所示。

- (5) 计算 C.R. 数据的平均值 (C.R.<sub>ave</sub>):

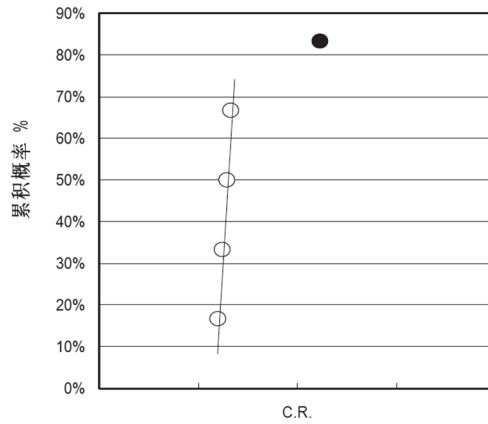


图 A2.2.5.1(4) 在正态分布图上标绘 C.R. 值的示意图  
(这种情况下 C.R. 数据●应弃用并删除。)

#### A2.2.5.2 焊接接头试验结果

(1) 按照 A2.1.5.2 测量母材和焊缝金属之间的表面边界。

#### A2.2.6 验收标准

A2.2.6.1 母材  $C.R._{ave}$  (mm/年)  $\leq 1.0$  ;

A2.2.6.2 焊接接头的母材和焊缝金属之间无不连续表面。

#### A2.2.7 试验报告

A2.2.7.1 试验报告应包括下列内容:

- (1) 制造商的名称;
- (2) 试验日期;
- (3) 耐蚀钢牌号、焊接材料牌号;
- (4) 按 A2.2.5 的试验结果;
- (5) 按 A2.2.6 的判定。

## 附录 B 耐蚀钢耐蚀性检测实验室认可要求

### B1 适用范围

本要求适用于根据 IMO MSC.289(87) 决议《原油油船货油舱腐蚀防护可替代方法性能标准》对原油油船货油舱上甲板、内底板用耐蚀钢耐蚀性检测实验室(以下简称“实验室”)的认可。

### B2 认可依据

- 1) IMO MSC.289(87) 决议《原油油船货油舱防腐蚀替代方法性能标准》
- 2) CCS《船用产品试验检测机构认可指南》

### B3 一般要求

B3.1 除本附录另有规定外, 实验室应满足 CCS《船用产品试验检测机构认可指南》第 1 篇的要求。

B3.2 实验室应具备必要的试样加工和处理能力。

B3.3 实验室所使用的试验用气体应满足质量要求且具有质量证明书。

B3.4 实验室应具有温度自动记录装置。

B3.5 安放上甲板试验装置的实验室内应装有废气处理装置和气体泄漏报警装置, 其废气排放应满足国家规定。

### B4 文件资料

B4.1 实验室除提交 CCS《船用产品试验检测机构认可指南》第 1 篇第 3 章 3.2 要求的资料外, 应提交如下文件资料:

- 1) 从事与耐蚀钢腐蚀相关试验的历史;
- 2) 试验使用的对比钢来源及其成分;
- 3) 试验中主要使用的各种气体和化学药品的详细信息;

## B5 试验设备

B5.1 实验室应至少具有以下合格的试验设备和材料:

序号	设备名称	数量	使用用途
1	电子分析天平 (精度不低于 0.1mg)	1	测量腐蚀失重
2	金相磨抛机	1	试样磨光抛光
3	千分尺或游标卡尺 (精度不低于 0.01mm)	1	试样尺寸测量
4	温湿度测量仪	2	测量温湿度
5	质量流量控制计 (精度不低于 1ml/min)	2	气体流量控制
6	H <sub>2</sub> S 检测仪	2	空气中 H <sub>2</sub> S 含量检测 (其中至少一台为固定式带报警功能)
7	SO <sub>2</sub> 检测仪	1	空气中 SO <sub>2</sub> 含量检测
8	金相显微镜	1	微观观察
9	货油舱上甲板腐蚀试验装置	1	腐蚀试验
10	货油舱内底板腐蚀试验装置	1	腐蚀试验
11	pH 计	1	测量 pH 值
12	满足 IMO 标准成分要求的对比钢材料	若干	验证试验的有效性

## B6 实验室配备文件

B6.1 实验室应配备如下技术文件:

- 1) 《原油油船货油舱腐蚀保护替代方法的性能标准》(IMO MSC.289(87) 决议)
- 2) CCS《原油油船货油舱耐蚀钢检验指南》;
- 3) 涉及有毒有害气体的人员防护、废气和废液处理的有关国家规定、自行制定的规程和操作指南。