

指南编号/Guideline No.W-16(202307)



# W-16

## 牺牲阳极

生效日期/Issued date:2023 年 7 月 1 日

©中国船级社 China Classification Society

## 前言

中国船级社（以下简称“本社”）产品检验指南规定了拟申请 ~~CCS-本社~~ 认可/检验的船舶入级产品、授权法定产品的适用技术要求及检验试验要求。

本指南并不限制用户采用其它试验方法和要求，但相关试验方法及要求应不低于本指南的要求。

本指南由 ~~CCS-本社~~ 编写和更新，通过网址 <http://www.ccs.org.cn> 发布，使用相关方对于本社指南如有意见可反馈至 [mp@ccs.org.cn](mailto:mp@ccs.org.cn)。

历史发布版本及发布时间：W-16(201510) 2015-10-20

W-16(201605) 2016-05-31

本版本主要修改内容：

完善了两种锌阳极的化学成分及电化学性能要求，调整了格式和部分文字表述。

## 目 录

|           |                     |           |
|-----------|---------------------|-----------|
| 1         | 适用范围.....           | 4         |
| 2         | 规范性引用文件.....        | 4         |
| 3         | 术语和定义.....          | 4         |
| <u>4</u>  | <u>图纸资料.....</u>    | <u>5</u>  |
| 5         | 技术要求.....           | 5         |
| <u>6</u>  | <u>原材料及零部件.....</u> | <u>7</u>  |
| <u>57</u> | <u>原型式试验要求.....</u> | <u>77</u> |
| <u>68</u> | <u>单件/单批检验.....</u> | <u>88</u> |

## 牺牲阳极

### 1 适用范围

1.1 本检验指南适用于船用牺牲阳极的产品检验。

1.2 经本社同意，牺牲阳极也可按照本社接受标准的技术要求进行单件/单批检验。

### 2 规范性引用文件

本检验指南采用的检验依据如下：

- (1) 中国船级社《钢质海船入级规范》（以下简称《规范》）
- (2) GB/T\_4948《铝-锌-钢系合金牺牲阳极》
- (3) GB/T\_4950《锌-~~铝~~-~~镉~~合金牺牲阳极》
- ~~(4) GB/T\_17848《牺牲阳极电化学性能试验方法》~~

### 3 术语和定义

3.1 牺牲阳极：在电解质中，用一种电极电位比较负的金属或合金与电极电位比较正的金属结构连接在一起，依靠前者不断腐蚀所产生的电流来保护该金属结构，称这种不断被腐蚀的金属为牺牲阳极。

3.2 理论电容量：根据库仑定律计算消耗单位质量的牺牲阳极所产生的电量，单位 A h/kg。

3.3 实际电容量：实际测得消耗单位质量的牺牲阳极所产生的电量。单位 A h/kg。

3.4 电流效率：实际电容量与理论电容量的百分比。

3.5 参比电极：可用来测量其它电极电位且自身电极电位稳定的电极。

3.6 开路电位：在电解质中，牺牲阳极的自然腐蚀单位。单位 V。

3.7 工作电位：在电解质中，牺牲阳极与阴极短路连接时，牺牲阳极的电极电位。单位 V。

## 4 图纸资料

4.1 根据本社要求，装船的牺牲阳极不要求本社认可，但需经本社单件/单批检验合格并持有本社船用产品证书。如工厂自愿性申请本社工厂认可，则应提交型式试验大纲和相应的图纸资料。

## 4.5 技术要求

4.5.1 化学成分：牺牲阳极的化学成分应符合表 4.5.1 规定

锌阳极化学成分 表 4.1(1)

| 化学元素 | Al      | Cd        | 最大杂质  |       |       |       | Zn |
|------|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|----|
|      |         |           | Fe    | Cu    | Pb    | Si    |    |
| 含量，% | 0.3~0.6 | 0.05~0.12 | 0.005 | 0.005 | 0.006 | 0.125 | 余量 |

锌阳极化学成分 表 5.1(1)

| 种类            | Al      | Cd             | 杂质元素    |        |        |           | Zn |
|---------------|---------|----------------|---------|--------|--------|-----------|----|
|               |         |                | Fe      | Cu     | Pb     | 其它        |    |
| I型锌<br>铝镉阳极   | 0.3~0.6 | 0.05~0.12      | ≤0.005  | ≤0.005 | ≤0.006 | Si ≤0.125 | 余量 |
| II型锌<br>铝镉阳极  | 0.1~0.5 | 0.025~<br>0.07 | ≤0.005  | ≤0.005 | ≤0.006 | ≤0.1      | 余量 |
| III型高<br>纯锌阳极 | ≤0.005  | ≤0.003         | ≤0.0014 | ≤0.002 | ≤0.003 | ≤0.005    | 余量 |

铝阳极化学成分 表 4.5.1(2)

| 种类             | 化学成分%           |                     |                     |                     |    |      |    |        |      |      |    |
|----------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|----|------|----|--------|------|------|----|
|                | Zn              | In                  | Cd                  | Sn                  | Mg | Si   | Ti | 杂质，不大于 |      |      | Al |
|                |                 |                     |                     |                     |    |      |    | Si     | Fe   | Cu   |    |
| 铝-锌-镉-镉<br>A11 | 2.5<br>~<br>4.5 | 0.018<br>~<br>0.050 | 0.005<br>~<br>0.020 | -                   | -  | -    | -  | 0.10   | 0.15 | 0.01 | 余量 |
| 铝-锌-镉-锡<br>A12 | 2.2<br>~<br>5.2 | 0.020<br>~<br>0.045 | -                   | 0.018<br>~<br>0.035 | -  | -    | -  | 0.10   | 0.15 | 0.01 | 余量 |
| 铝-锌-镉-硅        | 5.5             | 0.025               | -                   | -                   | -  | 0.10 | -  | -      | 0.15 | 0.01 | 余  |

|                      |                 |                     |   |                     |                   |           |                   |      |      |      |    |
|----------------------|-----------------|---------------------|---|---------------------|-------------------|-----------|-------------------|------|------|------|----|
| A13                  | ~<br>7.0        | ~<br>0.035          |   |                     |                   | ~<br>0.15 |                   |      |      |      | 量  |
| 铝-锌-镉-锡-<br>镁<br>A14 | 2.5<br>~<br>4.0 | 0.020<br>~<br>0.050 | - | 0.025<br>~<br>0.075 | 0.50<br>~<br>1.00 | -         | -                 | 0.10 | 0.15 | 0.01 | 余量 |
| 铝-锌-镉-镁-<br>钛<br>A21 | 4.0<br>~<br>7.0 | 0.020<br>~<br>0.050 | - | -                   | 0.50<br>~<br>1.50 | -         | 0.01<br>~<br>0.08 | 0.10 | 0.15 | 0.01 | 余量 |

注：当用户有要求时，对牺牲阳极的化学成分可适当调整，但其性能和质量应符合本指南要求。

5.2 牺牲阳极的电化学性能：牺牲阳极的电化学性能应符合表 5.2 规定

~~4.2 牺牲阳极的电化学性能：牺牲阳极的电化学性能应符合表 4.2 规定~~

~~牺牲阳极的电化学性能~~

~~表 4.2~~

牺牲阳极的电化学性能

表 5.2

| 阳极材料            | 开路电位<br>V       | 工作电位<br>V       | 实际电容<br>量 Ah/kg | 电流效<br>率 % | 消耗率<br>Kg/(A×a) | 溶解状况                    |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------|-------------------------|
| I 型、II 型<br>锌阳极 | ≤-1.05          | ≤-1.00          | ≥780            | ≥95        | ≤11.23          | 腐蚀产物容<br>易脱落，表面<br>溶解均匀 |
| III 型锌阳<br>极    | ≤-1.05          | ≤-1.00          | ≥760            | ≥92        | ≤11.53          | 腐蚀产物容<br>易脱落，表面<br>溶解均匀 |
| 1 型铝阳极          | -1.18~<br>-1.10 | -1.12~<br>-1.05 | ≥2400           | ≥85        | ≤3.65           | 腐蚀产物容<br>易脱落，表面<br>溶解均匀 |
| 2 型铝阳极          | -1.18~<br>-1.10 | -1.12~<br>-1.05 | ≥2600           | ≥90        | ≤3.37           | 腐蚀产物容<br>易脱落，表面<br>溶解均匀 |

注：介质为人造海水，参比电极为饱和甘汞电极，A11、A12、A13、A14 为 1 型，A21 为 2 型。

4.3 牺牲阳极应装有铁芯，钢芯应使阳极耗蚀后仍能保持住阳极。牺牲阳极应为典型的设计型式，并应有足够的刚度，以避免与其支座发生共振。

4.4 牺牲阳极基体与铁芯之间的接触电阻不大于 0.001 Ω。

4.5 牺牲阳极的工作表面应无氧化皮氧化渣、无毛刺、无飞边等缺陷。无长度超过 50mm 深度超过 5mm 的裂纹，缩孔深度小于牺牲阳极厚度的 10% 且深度不超过 10mm 裂纹和缩孔应符合本社接受标准的要求。工作表面要保持干净，不得粘有油漆、油污，非工作面应平整，宜在非工作面均匀涂刷有机涂料或加装

其他绝缘层。

45.6 牺牲阳极的工作表面要保持干净，不得粘有油漆、油污。每个牺牲阳极的重量偏差为±3%，但总重量不应出现负偏差；带状锌阳极的重量偏差应符合本社接受标准的要求。

45.7 每个牺牲阳极的重量偏差为±3%，但总重量不应出现负偏差；每个牺牲阳极的长度偏差为±2%，宽度偏差为±3%，厚度偏差为±5%，直线度不大于2%。带状锌阳极的尺寸偏差应符合本社接受标准的要求。

## **6 原材料及零部件**

原材料及零部件应符合本社接受标准的要求无。

## **7 原型式试验要求**

57.1 牺牲阳极产品在下列情况之一时，应进行原型试验型式试验

- (1) 新产品设计定型时产品首次申请本社检验时；
- (2) 生产工艺发生改变时；
- (3) 订货方提出明确要求时；
- (4) 自愿性申请本社工厂认可时。

57.2 牺牲阳极的原型试验型式试验项目见表 57.2

**原型试验型式试验项目**

**表 57.2**

| 序号 | 试验项目                    | 应符合的检验依据                                |
|----|-------------------------|---|
| 1  | <u>外观检查表面质量、重量和尺寸试验</u> | 本指南 <u>5.5、5.6 和 5.7 条 4.6 款和 4.7 款</u> |
| 2  | 成品化学成分分析                | 本指南 <u>45.1 条款</u>                      |
| 3  | 电化学性能试验                 | 本指南 <u>45.2 条款</u>                      |
| 4  | 接触电阻试验                  | 本指南 <u>45.4 条款</u>                      |

### 57.3 组批规则取样原则

采用同一批号原材料，同一工艺生产线，同一班次所生产的牺牲阳极为一批每种类的产品，应取典型规格的试样进行型式试验。

### 57.4 样品数量

57.4.1 当进行化学成分分析时，原型试验时每批熔炼生产的牺牲阳极应于炉前和产品上分别取三个试样进行化学成分分析。炉前取样时，从熔炼炉上下取浇

铸液制备试样; 产品上取样时, 随机任意抽检三个阳极产品, 分别在每个阳极产品上取一份分析试样, 取样部位应避开铁脚。单件/单批检验时可直接从产品上取样。每个试样上的取样量为20 g以上的碎屑。

57.4.2 当进行重量和尺寸检验时, 在同批、同一规格型号的产品中, 随机任取十个样品测定其重量和外形尺寸。

57.4.3 牺牲阳极的表面质量应逐个逐件进行检验检查。

57.4.4 当进行电化学性能检验时, 每次电化学性能试验应使用三个试样, 试样应分别取自三个阳极。

57.4.5 当进行接触电阻检验时, 每五批牺牲阳极随机任取三个作为试样, 测量阳极体与铁脚间的接触电阻。

### 57.5 判定规则

检验中若有一个样品不符合要求, 应加倍抽样复验。若复验仍有不符合要求的, 则该批产品型式试验不合格。表面质量检验的不合格产品按个处理。

## 68 单件/单批检验

### 8.1 组批规则

采用同一批号原材料, 同一工艺生产线, 同一班次所生产的牺牲阳极为一批。

6.18.2 在每类型产品在原型试验按本指南第7条进行型式试验的基础上, 对牺牲阳极的日常单件/单批检验时, 制造厂应进行下述试验按照下列要求进行, 组批规则、样品数量、判定规则取样数量和试验结果应分别按照5.3、5.4、5.5应符合本指南第5条和第7条款相关规定要求执行, 检验项目试验包括:

- (1) 外观检查表面质量检查: 应符合本指南45.5款和45.6款的要求;
- (2) 重量和尺寸检查: 应符合本指南45.7款的要求;

(3) 每个炉批的成品化学成分分析。从产品上取样, 随机任意抽检三个阳极产品, 分别在每个阳极产品上取一份分析试样, 取样部位应避开铁脚。每个试样上的取样量为20 g以上的碎屑: 应符合本指南45.1款的要求。

### 8.3 判定规则

检验中若有一个样品不符合要求, 应加倍抽样复验。若复验仍有不符合要求的, 则该批产品不合格。产品表面质量不合格, 可按个处理。

8.3 经检验合格的产品上应标识 CCS 检验标志 (如: CCS 钢印)。

### 6.28.4 制造厂需提交的记录或报告

6.2.1(1) 外观检查报告；

6.2.2(2) 重量和尺寸检查报告；

6.2.3(3) 产品的化学成分分析报告；

6.2.4(4) 原材料质保书质量证明书；

6.2.5(5) 产品图纸（如有时）；

6.2.6(6) 工厂所使用的检测设备有效的检定证明复印件其他本社验船师认为必要的资料。