

中国表面工程协会行业标准

BG/T 1501-2015

---

## 钢制热浸镀锌锅

2015-09-01 发布

2015-09-01 实施

---

中国表面工程协会 发布



## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 材料 .....	1
4 选型与设计 .....	3
5 制造规范 .....	4
6 质量检验与验收 .....	7
7 订货内容 .....	10
8 成品标志包装和运输 .....	10
附录 A（资料性附录） 锌锅的安装与使用要求 .....	11
附录 B（资料性附录） 锌锅制造厂的售后服务要求 .....	16

## 前 言

本标准 of 普通热浸镀锌（亦称批量热浸镀）的行业标准。

本标准按照GB/T1.1-2009《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准参照了国内外热浸镀锌行业及锌锅制造的相关数据和生产经验，予以总结与编写。

本标准由中国表面工程协会热浸镀专业委员会提出并归口管理。

本标准的起草单位：

鞍山市鞍海镀锌设备有限公司

天津泽豪科技有限公司

武汉惠民热镀成套设备有限公司

天津市中意德锌锅制造有限公司

天津市卧龙冶金设备有限公司

河北顺泰环保设备有限公司

河北省冶金研究院

河北省冶金学会

本标准主要起草人：陈冬、李新华、王明海、张国旺、黄泽元、胡文博、张希仁、安红旗、金向雷、张小红、吉坡

# 钢制热浸镀锌锅

## 1 范围

本标准规定了钢制热浸镀锌锅的材料、选型与设计、镀锌制造规范、质量检验与验收以及镀锌锅的使用要求。

本标准适用于钢制镀锌锅的制造与使用单位，并对镀锌锅专用钢板生产单位及镀锌设备生产单位具有参照及约束作用。

本标准适用于热镀锌温度低于 465℃或镀锌锅内壁最高温度低于 480℃的钢制镀锌锅，其锌液中铝含量不得超过 0.1%。本标准不适用于高温镀锌用镀锌锅及热镀锌-5%铝-稀土合金用镀锌锅。

## 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。其最新版本适用本标准。

GB/T222 钢的化学分析用试样取样法及化学成分允许偏差

GB/T223 钢铁及合金化学分析方法

GB/T228.1 金属材料室温拉伸试验方法

GB/T985.1 气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸

GB/T985.2 埋弧焊的推荐坡口

GB/T5117 碳钢焊条

GB/T11345 钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级

JB/T4730.5 承压设备无损检测第五部分：渗透检测

JB/T5000.1 重型机械通用技术条件

GB 50205 钢结构工程施工验收规范

GB/T2970 厚钢板超声波检验方法

GB/T3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带

GB/T711 优质碳素结构钢热轧厚钢板和宽钢带

GB/T14977 厚钢板表面质量

GB/T232 金属材料弯曲试验方法

## 3 材料

钢制镀锌锅板的选用，主要考虑其良好的耐镀锌液腐蚀的能力和一定的机械强度。因钢中合金和杂质元素大多会增加钢在镀锌液中的腐蚀速率，一些耐化学腐蚀、抗氧化性能好的不锈钢、耐热钢抗镀锌液腐蚀能力均不如低硅、低碳、低铝、低磷的结构钢。考虑到碳和锰对钢材强度的有益影响，可适当提高其含量。

### 3.1 化学成分的基本要求（见表1）

表1 锌锅专用钢板的基本要求

项目	化学成分（质量分数）%					
	C	Si	Mn	P	S	Als
指标	0.05~0.11	≤0.03	0.3~0.5	≤0.02	≤0.015	≤0.045
注：①当采用全铝（Alt）计算时，其含量应≤0.053%。 ②残余元素 Ni≤0.3%、Cr≤0.1%、Cu≤0.20%、N≤0.008%。 ③钢的成品化学分析允许偏差应符合 GB/T222 的规定。						

### 3.2 化学成分的推荐指标（见表2）

表2 锌锅专用钢板的推荐指标

项目	化学成分（质量分数）%					
	C	Si	Mn	P	S	Als
指标	0.10~0.20	≤0.01	0.50~0.90	≤0.01	≤0.015	≤0.025
注：①适当提高 C、Mn 的含量是为了增强钢板的力学性能，减少锌锅壁在较高温度下，由于锌液静压力造成的膨胀变形。 ②降低 Si、P、Al 的含量是为了提高钢板在锌液中的耐蚀性，可明显增加锌锅的使用年限，建议 Si+P+Al 的总含量不超过 0.045%。						

对不符合表1、表2成份的普通碳素结构钢板不宜用于锌锅制造。  
不推荐采用含碳量低于 0.05% 的钢板制作锌锅。

### 3.3 力学和工艺性能（见表3）

表3 锌锅专用钢板的力学和工艺性能

项目	拉 伸 试 验		180° 弯曲试验	
	抗拉强度 Rm/MPa	断后伸长率 A/%	d-弯曲压头直径 化学成分符合表1 要求 d=a	a-钢板厚度 化学成分符合表2 要求 d=1.5a
指 标	≥325	≥33	合格	

### 3.4 超声波探伤

锌锅专用钢板供应方应逐张进行超声波探伤，检验方法按 GB/T2970 规定执行，III级及III级以上为合格。

### 3.5 表面质量

钢板表面不得有裂纹、拉裂、气泡、折叠、夹杂、结疤和压入氧化铁皮，钢板不得有分层。  
钢板表面不允许有妨碍检查表面缺陷的薄层氧化皮及凹凸度大于钢板厚度公差之半的麻点、凹面、划痕及其他局部缺陷，且应保证钢板允许的最小厚度。

钢板表面局部缺陷允许清理，清理处应平滑无棱角，并应保证钢板允许的最小厚度。

不得使用锈蚀严重的旧钢板，如有个别局部凹坑或磕碰损伤，允许进行焊补，并打磨与周围母材平齐。

### 3.6 钢板的尺寸公差

钢板的尺寸公差应符合 GB/T3274 的规定。

### 3.7 供货状态

钢板以热轧或热处理（正火、退火）状态交货。

### 3.8 冶炼及轧制方法

锌锅专用钢板为铝镇静钢热轧钢板。钢板的成分偏析和局部宏观缺陷（疏松、夹渣、气孔、折叠等）都会对锌锅使用造成危害，因此，除了对钢板的化学成分及力学性能提出要求外，还必须对熔炼和轧制过程的质量控制提出严格要求。钢由转炉或电炉冶炼并采用炉外精炼工艺技术，将钢中的各类杂质控制在较低水平。在轧制中采取较大的压下量，以消除钢锭的中心缺陷，提高钢材力学性能和内在质量。

## 4 选型与设计

### 4.1 锌锅结构型式

通常将钢制锌锅的结构型式分为以下三种类型（见图 1），其结构特点与应用范围见表 4。全圆角锌锅的基本结构型式见图 2。

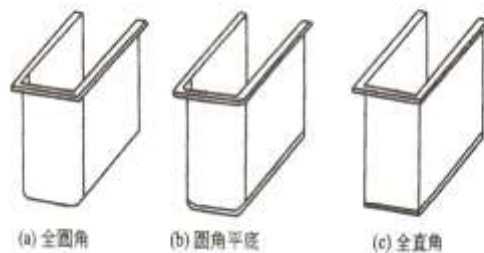


图 1 锌锅结构形式

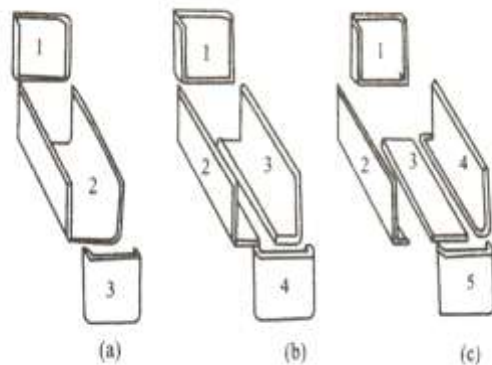


图 2 全圆角锌锅侧壁板、端头板和底板的组合型式举例

表 4 钢制锌锅结构特点与应用范围

形式	结构特点	优点	缺点	应用范围
全圆角	侧壁之间、侧壁及底部连接均为圆角	焊缝承载能力强，底渣流动无死角	制造成本偏高	用于深度 2m 以上的锌锅
圆角平底	侧壁连接为圆角，侧壁与底部连接为直角	锌锅角部不易存渣，角部锌液不易过热	底渣易存死角	用于深度 < 2m 的锌锅
全直角	侧壁之间及底部连接均为直角	制造容易，成本低	角部、底部易存渣	仅用于小型锌锅

## 4.2 锌锅几何形状与主要尺寸

### 4.2.1 锌锅的几何形状

普通热浸镀锌（亦称批量热镀锌），通常采用长方型的锌锅，对于薄壁的长管状或长板状部件可以采用立式圆形锌锅，不推荐使用长度方向为梯形或变截面的“T”形锌锅，因为它将形成锌锅不同位置热应力的差异及锌液流动的死角，从而缩短其使用寿命；同时还会造成各处供热强度不一致，影响锌锅的正常运行。

### 4.2.2 锌锅的主要尺寸确定原则

a) 根据浸镀最大工件的宽度与长度，确定锌锅长度与宽度的最小尺寸，保证工件整体浸入、提出以及打灰操作的顺利进行。

b) 根据锌锅的热负荷、安全的供热强度计算确定其加热面积和锌锅深度，锌锅深度一般为锌锅宽度的 1.3~2 倍。加大深度的好处是增加锌浴的热容量，减少锌温波动，提高小时作业量；增加锅壁的供热面积，降低供热强度，可以延长锌锅寿命；有利于锌渣的沉降，防止工件对底渣的扰动，保证镀件表面质量。

c) 锌锅的总容锌量应该为每小时最大作业量的 30~40 倍（钢丝热镀锌锌锅可采用 20 倍），以保证锌液温度的稳定性。

d) 圆角锌锅内壁的弯曲半径一般为 125~200mm，冷弯时为板厚的 3 倍以上，热弯时为板厚的 2.5 倍以上。

## 4.3 锌锅壁厚度 $\delta$

锌锅壁厚度取决于所选定的锌锅专用钢板，目前有 40mm、50mm、60mm 三种规格。除小型锌锅选用  $\delta$  为 40mm 的钢板外，一般采用  $\delta$  为 50mm 的钢板，对超长或超深 (>3m) 的锌锅，可考虑选用  $\delta$  为 60mm 的钢板。

增加锌锅壁厚度，其抗静压力的能力及刚性增加，但热应力相应增大。当锌锅深度超过 1.8m 时，应当在锌锅外侧设置可调整的支撑装置，以减少锌锅变形。

## 5 制造规范

### 5.1 锌锅钢板的复验

制作前应认真检查锌锅专用钢板表面质量，核查其质量证明书上各项指标是否符合设计和本标准“3 材料”的相关要求，并按 GB/T 222《钢的化学分析用试样取样法及化学成分允许偏差》标准进行取样、复验其化学成分；按 GB/T228《金属材料室温拉伸试验方法》对钢板进行力学性能检验，对有超声波探伤要求的锌锅专用钢板，制作厂家应按 GB/T2970 进行复检。不合格钢板不得使用或只可用作锌锅锅沿



及外部支撑装置，并做特殊标记。

## 5.2 下料及坡口切割

5.2.1 钢板下料时，应做好材料跟踪及材料标记移植，记录内容包括锌锅的合同号、每块钢板的批号及材质、规格等。

5.2.2 原始轧制钢板毛边应切除约 30mm，供应商已切除毛边的钢板，其边缘去除量以保证切割质量即可。个别切割缺陷应及时按要求进行焊补、磨平并检验合格，方可转入下道工序。

5.2.3 钢制锌锅的焊接接头及坡口形式和尺寸应符合设计图纸或 GB/T985.1 与 GB/T985.2 的规定。在保证焊缝有效厚度和焊接质量的前提下，制造厂可按焊接方法采用对应的坡口形式。坡口表面应基本平整并打磨光滑，坡口切割缺陷需及时焊补、磨平，不得影响后续焊缝质量。

5.2.4 锅体钢板拼接位置，可由制作厂家根据锅体外形尺寸及钢板供料规格确定，不得出现十字拼接焊缝，相邻平行焊缝间距不得小于 0.5m。

5.2.5 锌锅上沿可使用与锌锅板厚度一致的其他材质的钢板。

## 5.3 压弯成型

5.3.1 钢制锌锅的钢板弯曲一般应采用模具成型，有条件时可采用热弯模具成型，钢板加热温度为 850~900℃，并用红外测温仪监控。

5.3.2 压制前清整钢板及模具表面，避免因压制损伤钢板表面质量。

5.3.3 冷弯时，弯曲半径  $R \geq 3$  倍钢板厚度，热弯时，弯曲半径  $R \geq 2.5$  倍钢板厚度。弯曲减薄量不得大于钢板厚度的 5%。

5.3.4 热弯曲后坡口表面的氧化和锈蚀应在组装前去除并露出金属光泽。

5.3.5 成型后的钢板边缘，可通过氧乙炔焰切除多余部分或火焰矫形保证组装质量，触及的坡口部位应重新修整。

## 5.4 装配

5.4.1 锌锅装配应根据设计图样及工艺要求进行。

5.4.2 装配前应检查锅体各组成部件的几何尺寸和外观质量是否符合设计图样及工艺要求，对不符合要求的部件不准进行装配。

5.4.3 装配锌锅用平台的平面度公差  $\leq 1\text{mm}/\text{m}^2$ ，整块平台的平面度公差  $\leq 2\text{mm}/\text{m}^2$ 。

5.4.4 锌锅装配应考虑焊接时焊工操作的难易程度，从而制定出最合理的装配顺序。

5.4.5 锌锅装配间隙应符合图样和有关标准的要求，在个别情况下，如要求采用无间隙和间隙公差在 2mm 以下的对接焊缝和角焊缝，其最大的局部间隙不得大于 5mm，长度小于该焊缝总长的 20%。

## 5.5 焊接

### 5.5.1 焊接材料

钢制锌锅焊接方法及焊材材料的选择，可由制作厂家根据自身实际情况和设计要求确定，以保证焊缝内外质量和控制硅含量为准则。目前钢制锌锅常用焊接方法及焊接材料见表 5，市售焊接材料熔敷金属典型化学成分见表 6。

表 5 钢制锌锅常用焊接方法及材料

焊接方法	焊接材料	优点	缺点	备注
手工电弧焊	焊条 E4303(J422)、CJ427A	焊缝硅含量控制较好	效率低	
半自动气体保护焊	焊丝 ER50-6 保护气体 CO <sub>2</sub>	焊接质量较稳定，效率高	焊缝硅含量较高	焊锅沿用
埋弧自动焊	焊丝 H08A 焊剂 HJ431	焊接质量稳定，效率高	焊缝硅含量高	
	焊丝 H08A 锌锅专用新型低硅焊剂	焊接质量稳定，效率高，焊缝中硅含量可以控制 0.03%以内		

表 6 焊接材料及其典型熔敷金属化学成分（质量分数）%

型号	C	S	Mn	P	Si	Cr	Ni
焊条 E4303(J422)	0.09	0.012	0.39	0.026	0.13	0.03	0.04
焊条 CJ427A	0.049	0.012	0.19	0.022	0.04	—	—
焊丝 ER50-6	0.07	0.014	1.46	0.015	0.86	0.02	0.03
焊丝 H08A 锌锅专用新型低硅焊剂	≤0.100	≤0.030	0.300~0.600	≤0.030	≤0.030	≤0.200	≤0.300

### 5.5.2 定位焊

a) 定位焊在锅体的外坡口侧进行，所用焊接材料的性能与正式焊接材料的性能相同，质量要求等同于正式焊缝。

b) 定位焊的起头和结尾处应圆滑，否则易造成未焊透现象。

c) 在焊缝交叉处和焊缝方向急剧变化处不要进行定位焊，确需定位焊时，宜避开该处 50mm 左右。

d) 定位焊的电流应比正常焊接的电流大 10~15%。

e) 定位焊缝应距设计焊缝端部 30mm 以上，焊缝长应为 50~100mm，间距应为 400~600mm，定位焊缝的焊接深度不得大于锅体的 2/3，保证刚性固定的前提下，定位焊缝越小越好。

f) 定位焊时如发现错位现象，可采用火焰加热局部矫形，并加支撑予以固定，正式焊接完毕后去除支撑。

### 5.5.3 正式施焊

a) 一般情况下，锌锅内壁焊缝采用手工电弧焊，外壁采用埋弧自动焊。如采用新型焊剂可有效控制焊缝硅含量，内壁也可采用埋弧自动焊。

b) 施焊另一侧焊缝前，应采用碳弧气刨清除对侧焊缝根部超标缺陷，打磨光滑并修整坡口形状，必要时可按 JB/T4730.5 进行渗透检验 (PT)，确认无超标缺陷后再施焊。

- c) 双面坡口两侧焊缝应交替进行施焊, 使两侧焊接热输入均衡, 减少焊接热应力和变形。
- d) 除底部拐角处外, 其他部位焊缝尽可能采用平焊, 以保证焊缝质量。

#### 5.5.4 施焊环境

当施焊环境出现下列任一情况, 且无有效防护措施时, 禁止施焊:

- a) 手工焊时风速大于 10m/s;
- b) 气体保护焊时风速大于 2m/s;
- c) 相对湿度大于 90%;
- d) 雨、雪环境;
- e) 当焊件温度低于 0℃时, 应在始焊处 100mm 范围内预热到 15℃左右。

#### 5.5.5 一般要求

a) 焊接材料应符合工艺要求和有关标准的规定, 焊条及焊剂按规定的温度和时间进行烘干、保温, 随取随用。

b) 焊接前应清除焊接区域的铁锈、氧化皮、油污、油漆等影响焊缝质量的污物和杂质, 清理区域为距焊缝边缘不小于 20mm。

c) 不准随意在焊缝外母材上引弧, 焊后不准撞砸接头。

d) 为防止裂纹产生, 应选择适合的焊接工艺参数和施焊程序。

e) 为防止焊缝夹渣, 多层施焊应将层间焊渣清除干净。

f) 手工电弧焊在每层焊道焊完后, 立即用圆头敲渣小锤或电动锤击工具均匀敲击焊缝金属, 减小焊接残余应力。但根部焊道及盖面层与母材坡口面相邻的两侧焊道不宜锤击, 以免出现熔合线和近缝区的硬化或裂纹。

## 5.6 热处理

5.6.1 根据客户需要, 可对锌锅进行整体去应力退火处理。

5.6.2 锌锅进炉时, 炉温应低于 300℃, 加热温度应以 600-650℃为宜。

5.6.3 升温 and 降温速率应 ≤50℃/h。

5.6.4 保温时间一般为 2~4 小时。

5.6.5 随炉冷至 300℃以下可以出炉空冷。

5.6.6 对未经整体去应力退火处理的锌锅, 应在安装后的开炉过程中做补充去应力处理, 由锌锅制造单位提供可行的热处理曲线。

## 6 质量检验与验收

### 6.1 焊接质量要求

#### 6.1.1 锌锅的外观质量

锌锅的各道焊缝应平滑、无毛刺、夹渣、缩松和气孔, 板面光洁、平滑、无明显划伤和机械伤痕。

#### 6.1.2 锌锅的焊缝质量

钢制锌锅的焊缝质量等级见表 7。

表 7 钢制锌锅的焊缝质量等级

缺陷名称	焊缝质量等级		
	I	II	III
未焊满	不允许	$\leq 0.2+0.02\delta$ ，且 $\leq 1\text{mm}$ 。每 100mm 焊缝内缺陷总长 $\leq 25\text{mm}$	$\leq 0.2+0.02\delta$ ，且 $\leq 2\text{mm}$ 。每 100mm 焊缝内缺陷总长 $\leq 25\text{mm}$
根部收缩	$\leq 0.2+0.02\delta$ ，且 $\leq 0.5\text{mm}$	$\leq 0.2+0.02\delta$ ，且 $\leq 1\text{mm}$	$\leq 0.2+0.02\delta$ ，且 $\leq 2\text{mm}$
	长度不限		
咬边	不允许	$\leq 0.05\delta$ ，且 $\leq 0.5\text{mm}$ 。连续长度 $\leq 100\text{mm}$ ，且焊缝两侧咬边总长 $\leq 10\%$ 焊缝总长	$\leq 0.1\delta$ ，且 $\leq 1\text{mm}$ 。长度不限
裂纹	不允许		
弧坑裂纹	不允许		个别长度 $\leq 5\text{mm}$ 的弧坑裂纹允许存在
电弧擦伤	不允许		个别电弧擦伤允许存在
飞溅	清除干净		
接头不良	不允许	造成缺口深度 $\leq 0.05\delta$ ，且 $\leq 0.5\text{mm}$ 。每米焊缝不得超过一处	造成缺口深度 $\leq 0.1\delta$ ，且 $\leq 1\text{mm}$ 。每米焊缝不得超过一处
焊瘤	不允许		
未焊透	不允许	$\leq 0.1\delta$ ，且 $\leq 1.5\text{mm}$ 。每 100mm 焊缝内缺陷总长 $\leq 25\text{mm}$	$\leq 0.15\delta$ ，且 $\leq 2\text{mm}$ 。每 100mm 焊缝内缺陷总长 $\leq 25\text{mm}$
表面夹渣	不允许	深 $\leq 0.1\delta$ ，长 $\leq 0.3\delta$ ，且 $\leq 10\text{mm}$	深 $\leq 0.2\delta$ ，长 $\leq 0.5\delta$ ，且 $\leq 20\text{mm}$
表面气孔	不允许	每 50mm 焊缝长度内允许直径 $\leq 0.3\delta$ ，且 $\leq 2\text{mm}$ 的气孔少于两个，孔间距 $\geq 6$ 倍孔径	每 50mm 焊缝长度内允许直径 $\leq 0.4\delta$ ，且 $\leq 3\text{mm}$ 的气孔少于两个，孔间距 $\geq 6$ 倍孔径
角焊缝厚度不足	不允许	$\leq 0.3+0.05\delta$ ，且 $\leq 1\text{mm}$ 。每 100mm 焊缝内缺陷总长 $\leq 25\text{mm}$	$\leq 0.3+0.05\delta$ ，且 $\leq 2\text{mm}$ 。每 100mm 焊缝内缺陷总长 $\leq 25\text{mm}$
角焊缝脚不对称	差值 $\leq 1+0.1a$	差值 $\leq 2+0.15a$	差值 $\leq 2+0.2a$
	a-设计焊缝有效厚度		
内部缺陷	GB/T11345 II级	GB/T11345 III级	

注：除注明角焊缝缺陷外，其余均为对接、角接焊缝通用

## 6.2 尺寸及形位公差要求

6.2.1 钢制锌锅未注尺寸公差执行表 8，图样未标注时执行 B 级。

表 8 尺寸公差

单位: mm

精度等级	公称尺寸									
	30~ 120	120~ 400	400~ 1000	1000~ 2000	2000~ 4000	4000~ 8000	8000~ 12000	12000~ 16000	16000~ 20000	> 20000
B	±2	±2	±3	±4	±6	±8	±10	±12	±14	±16
C	±3	±4	±5	±8	±11	±14	±18	±21	±24	±27

注: 公称尺寸小于 30mm, 允许偏差±1mm

6.2.2 钢制锌锅未注直线度、平面度和平行度公差执行表 9 形位公差, 图样不标注执行 F 级。

表 9 形位公差

单位: mm

精度等级	公称尺寸									
	30~ 120	120~ 400	400~ 1000	1000~ 2000	2000~ 4000	4000~ 8000	8000~ 12000	12000~ 16000	16000~ 20000	> 20000
E	1.0	1.5	3.0	4.5	6.0	8.0	10	12	14	16
F	1.5	3.0	5.5	9.0	11	16	20	22	25	25

### 6.3 涂装

#### 6.3.1 涂装前的表面处理

所有涂装表面, 涂漆前均需进行表面除锈处理, 必须将铁锈、氧化皮、油脂、灰尘、泥土等污物清除干净。

#### 6.3.2 漆膜质量

漆膜外观应满足以下要求: 底漆、中间漆、面漆漆膜不允许有针孔、气泡、裂纹、咬底、渗色、漏涂、流挂、局部剥落等缺陷。面漆表面应平整均匀、漆膜丰满、色泽一致。

### 6.4 成品质量等级划分

锌锅成品质量等级见表 10。

表 10 成品质量等级划分

成品等级	一级	二级
钢板	$Si \leq 0.02$ ; $P \leq 0.015$ ; $S \leq 0.010$	$Si \leq 0.03$ ; $P \leq 0.025$ ; $S \leq 0.020$
	锅体钢板 GB/T2970 超声波探伤 III 级合格	锅体钢板 GB/T2970 超声波探伤 IV 级合格
焊缝质量等级	I、II	III
焊缝化学成分	$Si \leq 0.03$	$Si \leq 0.12$
尺寸公差	B	C
形位公差	E	F

### 6.5 验收

锌锅的验收除应符合本章的各项规定外, 还应符合产品图样的要求, 并提供以下文件:

- 锌锅钢板的质量证明书
- 焊接材料的合格证书
- 所有制造检验报告

- d) 无损探伤报告
- e) 锌锅加热升温曲线

## 7 订货内容

订货内容应包括本标准号、产品名称、锌锅尺寸、锅板材质单复印件或质保单、锅板厚度、锌锅结构、锌锅形状、锌锅交货状态、其他要求。

## 8 成品标志包装和运输

### 8.1 标志

镀锌锅两侧面应涂漆标记如下内容

- a) 产品名称
- b) 规格尺寸
- c) 制造单位名称
- d) 制造日期
- e) 执行标准
- f) 出厂编号

### 8.2 包装

根据产品特点，本产品可裸装。

### 8.3 运输

用半拖挂车运输，装车后应垫平、垫稳、牢固位置。产品运输时应避免冲击、碰撞和雨雪淋袭。

### 8.4 储存

镀锌锅存放在有防雨雪设施通风环境良好的库房内，不得与酸、碱混存一个库房内。

**附 录 A**  
**(资料性附录)**  
**锌锅的安装与使用要求**

## **A. 1 锌锅安装**

锌锅的安装应与镀锌炉的建造与施工同步进行。它包括供热系统、测控温系统、设备基础、炉壁保温、锌锅外壁支撑等主要环节。

### **A. 1.1 供热系统**

A. 1.1.1 镀锌炉供热应保证正常的镀锌工作温度，锌锅侧壁各处受热均匀，避免存在过热和加热不足的区域。

A. 1.1.2 燃气及燃油的供热系统，可在喷嘴处设防护板或隔热板，在渣线以上 100mm 处向下设隔热层，以防止锌锅局部过热。

### **A. 1.2 测控温系统**

A. 1.2.1 在锌锅侧壁长度方向的炉膛内设置多处炉膛温度监测点（包括烟道进口处）。

A. 1.2.2 在锌锅内两端设置锌液温度的测量与控制点，采用分度号 E(或 K) 的热电偶。为防止热电偶被锌液腐蚀，应将其放入热电偶保护套管内，保护管应采用导热好的耐锌液腐蚀材料。

A. 1.2.3 采用电能供热系统时，除在锌锅内设置测温电偶外，还可将控制热电偶装在锌锅两端的外壁上。

A. 1.2.4 必须定期对热电偶与二次仪表进行校对，以保证测量系统与记录的准确可靠。

A. 1.2.5 设置超温自动报警装置。

### **A. 1.3 锌锅基础**

A. 1.3.1 锌锅基础通常由钢筋混凝土承重层与耐火砖隔热层组成。

A. 1.3.2 安装锌锅的地槽，应考虑做防水处理或外置密封钢槽。保证其在可能发生意外情况时，都要处于无渗漏且干燥的环境内。

A. 1.3.3 锌锅基础的水平度要求为 $\leq 1.5\%$ 。

### **A. 1.4 炉壁保温**

镀锌炉的炉壁与锌锅上沿都要设置足够厚度的保温层，减少不必要的热损失，降低能源消耗。通常要求侧壁外表面温度不高于 55℃。在锌炉的保温壁上应开设数个观察孔。

### **A. 1.5 锌锅外壁支撑**

A. 1.5.1 锌锅深度超过 1.8m（电加热时为 2.2m），在侧壁深度方向应加一道支撑；超过 2.5m 可加两道支撑。沿锌锅长度方向支撑点的间隔可在 1.5~2.0m 范围内选择，支撑点要均匀布置。

A. 1.5.2 支撑装置可选用 U 型钢结构或者采用单侧支撑，但应进行强度与刚度计算，做到安全可靠。

A. 1.5.3 支撑装置应为可调整式的，以保证其与锌锅壁的间隙均匀一致，并随温度变化做适当的调整。

A. 1.5.4 支撑装置暴露在炉膛高温区域的部分，必须采用耐热钢制造。以保证其在承受压力时，不发生变形。

A. 1.5.5 在锌锅长度方向应留有热膨胀的间隙。

## A. 1.6 锌锅泄漏报警和应急措施

A. 1.6.1 在靠近锌锅外侧底部，必须设置漏锌报警装置，一旦发生漏锌事故，流出的锌液将立刻使其发生短路而发生报警信号，并关闭加热系统。

A. 1.6.2 在靠近锌锅外侧底部，在可能的条件设置一定容积的应急处理用漏锌坑（总容锌的 25%~30%）。漏锌坑应为锥形以便挖取，并可设置钢制提钩。

## A. 1.7 锌锅贮存与安装前的准备

### A. 1.7.1 锌锅贮存

当锌锅需在安装前存放一段时间，就需要做防锈处理（如涂覆防锈油）。存放时应整体垫起，并使一端垫起的高度大于另一端，同时加盖棚盖。在任何情况下决不允许水气或水积聚在锌锅内。

### A. 1.7.2 安装前的准备

安装前，一定将锌锅表面浮锈、氧化皮及杂物清除干净，表面氧化皮可用机械方法清除，但不能使表面粗糙。为了吊装方便可在锌锅上沿处焊上数个吊装耳。安装完毕后切除。

## A. 2 锌锅的正确使用

### A. 2.1 锌锭的装入

A. 2.1.1 由于深的锌锅在初次使用时，锌锅壁没有锌铁合金，为了减少液态锌对铁的晶间腐蚀引发裂纹的危险性，必须装入纯锌锭（>99.99%），并且锌锅底部不得添加铅锭。

A. 2.1.2 由于锌锅均采用侧壁加热，所以码放锌锭时必须使之紧靠锌锅内壁。锌锭之间尽可能紧密码放，这样有利于热传导。

A. 2.1.3 由于锌的线膨胀系数很高（约为铁的 3 倍），为了防止锌锭在加热升温过程产生膨胀造成对锌锅壁的压力，在锌锭中间应留有 100mm 的间隙，为了稳固锌锭，可放置一些软木条。当锌锭溶化后它被炭化浮出锌液面。

A. 2.1.4 为了减少熔锌时锌锅上部热量的损失，应设置保温盖，不具备此条件时可在锌锅上方盖以岩棉毡（用钢筋件支撑）。

### A. 2.2 升温与保温

A. 2.2.1 对装满锌锭的锌锅加热时，为了对锌炉的保温炉体进行烘干和蓄热；释放锌锅制造过程中产生的加工及焊接应力；保持锌锅各部分温度均衡并减少锌锅变形；升温应缓慢并合理控制各部位温度差，锌锅壁内外温度差必须低于 50℃；锅壁与锅底的温度差必须低于 100℃。

#### A. 2.2.2 升温速度的控制及保温

室温至 300℃之间的升温速度应 $\leq 2^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 、300℃~420℃之间的升温速度应 $\leq 5^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。

对新建造的镀锌炉窑，在 100℃~120℃的温度段应有 6~8h 恒温，使炉室保温材料中的水分得到蒸发；在 300℃~330℃范围内应有 24h 的恒温段，在此温度下，锌锅的变形与应力的释放较为明显；随着锌锭开始熔化（锌的熔点为 419.5℃），锌锅进入自然恒温阶段，此时应当适时补加锌锭，直至锌锭全部熔化并达到规定液面高度；然后根据工艺需要升至工作温度。

### A. 2.3 锌锅安全运行的控温与供热

#### A. 2.3.1 锌锅安全运行的温度与监控

a) 锌锅运行时，必须对锌液温度进行实时测量与监控。在工艺条件允许时，可采用较低的镀锌温度，此时供热强度高一些也是安全的。通常认为锌液温度保持在 445~460℃之间是适宜的。只有当锌



锅容锌足够大时方可采用低于 440℃ 的低温镀锌。此时，应限制一次浸入工件的重量，使锌液温度的降低不得大于 10℃，避免造成浸镀时间延长、镀层增厚的现象。

b) 锌锅内壁温度超过 480℃ 时，将进入锌锅腐蚀加剧的危险工作区，490~510℃ 为腐蚀的峰值区域。由于难以测试锌锅内壁温度，所以有条件时可测量锌锅外壁温度，作为对锌锅内壁监控的补充。一般情况下，锌液温度与锌锅外壁温度差约为 30~50℃。在保温阶段或者正常均衡生产时，温差可为 15~20℃。在避免热源直接辐射时，可通过安装锌锅外壁测温点，实现对锌锅温度的监测，锌锅外壁温度可控制在 480~510℃ 的范围。锌锅的加热与保温控制应以锌液温度为基础并参考锌锅外壁温度。

c) 炉膛温度的监控也是十分重要的。炉膛温度系指锌炉的保温层与锌锅外壁之间的加热气体的平均温度。炉膛温度越高则对锌锅的供热强度越大。根据不同的热源，提出不同的要求：

——燃油或发生炉煤气，可控制在 700℃ 以下。

——天然气或电加热，可控制在 650℃ 以下。

A. 2. 3. 2 严格控制单位小时的生产量（含挂具的重量），通常为锌锅容锌量 1/30~1/40，一定要做到均衡生产。为了追求更高的产量，随意提高供热强度，必然会缩短锌锅的使用年限。应避免锌锅超负荷生产。

A. 2. 3. 3 为了保证锌锅的安全运行，除了应具备自动控温系统外，上述各位置的温度参数，应该设置记录系统，要求每隔 30 分钟，做一次记录，以做备查。

A. 2. 3. 4 若能遵循上述锌锅运行规则，锌锅的腐蚀速率可以控制在 1.0~2.5mm/a 范围内。

#### A. 2. 4 锌锅的供热强度 $q$

为保证锌锅的安全运行及使用年限，必须严格控制锌锅壁的供热强度。

供热强度系指单位时间内向锌锅单位有效表面的供热量，用  $q$  表示。它与锌锅内壁温度密切相关。供热强度增大时，锅内外壁温度差加大，锅内壁温度也提高。锅内壁加剧腐蚀的临界温度为 490℃，一般内壁安全温度控制在 480℃ 以下。当锌锅内壁温度不变时，镀锌（锌液）温度越低，可允许的供热强度越大，因此在保证锌锅有足够容量时，采用较低的镀锌温度，可以相应提高小时作业量。一般工件合理的镀锌温度为 445~460℃，其允许的供热强度及推荐作业量见表 A. 1。

表 A. 1 不同锌液温度下的允许供热强度及临界作业量

锌液温度℃	换算成不同热量单位的允许供热强度 $q$ 值			可供参照的临界浸镀作业量（含挂具质量）
	kW/(m <sup>2</sup> ·h)	kcal/(m <sup>2</sup> ·h)	kJ/(m <sup>2</sup> ·h)	t/h
445	31	26660	111620	锌锅容锌量（t）的 1/30
460	24	20640	86400	锌锅容锌量（t）的 1/40

#### A. 2. 5 锌锅的日常维护

A. 2. 5. 1 定时定量补加锌锭，保持锌液面高度的稳定，最好不低于锌锅上沿 100~150mm。同时高于锌锅加热区。

A. 2. 5. 2 清灰时一定要使锌锅壁周边保持干净，在锌液面上下 50~75mm 处不得有堆积的锌灰或硬锌。尤其要保持热电偶保护套周围的锌液面清洁，必要时可使热电偶有水平移动的空间，以便于清理。不可在两端热电偶处堆积过量的锌灰，否则可能影响测温准确性。

A. 2. 5. 3 锌锅内壁在运行中生成的锌铁合金层（厚约 2~3mm）可以延缓锌液对锅壁的腐蚀速率。在浸锌过程中应采取有效措施保护锌锅内壁的合金层。保护措施如下：

- a) 减少锌液温度和液面的波动。
- b) 工件浸锌前应经良好烘干，避免进入锌液时产生爆炸震动，防止锌铁合金层遭到损伤或脱落。
- c) 浸镀、起吊大型工件晃动（脱溶剂渣）时，应防止它对锌锅壁的接触撞击。
- d) 往锌锅加锌锭时，若整坨加入应沿锌锅长度方向均匀分配，避免对锅壁的磕碰。
- e) 打灰操作时，应减少对锌液的搅动，以降低锌液的波动而造成对锅壁的冲刷腐蚀。
- f) 锌液凝固重新熔锌时应尽量缓慢加热。
- g) 尽量减少停炉次数。

#### A. 2. 5. 4 锌锅加热系统的定时监控与观察

- a) 燃烧器的工作状态是否正常（包括防护板、反射板的工作状态），避免出现过热区（如靠近喷嘴的区域及烟道进口区）。
- b) 电加热时，注意观察各区段的三相电流是否平衡，同时保持各区段之间电流值均衡。
- c) 炉膛测温热电偶的位置是否处于合理范围内，若发生偏移，应予调整。
- d) 建立定时监控记录，发现异常及时维修。

#### A. 2. 6 锌渣的清除

锌锅投入运行后，锌液与工件及锅壁发生合金化反应形成锌渣，锌液中铝含量低于 0.134%（理论值）时，其中大部分沉于锅底形成底渣。因锌渣导热性较差，如堆积在锌锅壁上，将造成该区域局部过热，会发生较严重的腐蚀，明显降低锌锅的使用寿命。悬浮于锌液中锌渣（ζ相颗粒），还会影响镀锌件外观质量。为此必须定期认真捞渣。

##### A. 2. 6. 1 捞渣周期

通常每 7~10 天捞一次渣。当镀锌温度高、浸锌时间长，生产量大会产生更多的锌渣，捞渣周期则短。

A. 2. 6. 2 底渣层厚度应控制在 200mm 以下（视锌锅深度与工作特点而定）。在任何情况下，浸入的工件都不应当触及底渣层，以免搅动使其扩散至锌液中。

A. 2. 6. 3 捞渣时，必须清除堆积在锌锅端底部、边角部的锌渣以及粘附于锅壁上的残渣（俗称死渣）。

#### A. 2. 7 运行中锌锅的检查与维修

##### A. 2. 7. 1 锌锅变形情况的观测

锌锅在长期使用过程中，在它的长度及深度方向，由于锌液的静力作用，可能会产生凸状的蠕变（主要为塑性变形），并随锅壁减薄而越来越明显。因此应定期测量并记录锌锅上沿的水平度及直线度，经常检查支撑点附近的异常变化。通过这些观测，可以大致判断锌锅均匀腐蚀的状况。

##### A. 2. 7. 2 锌锅内壁非均匀腐蚀的状况

锌锅内壁容易发生非均匀腐蚀的区域或部位如下：

- a) 浸锌作业的主要工作区的两侧。该区域是锌锅受热负荷与热传递最强烈的部位，锌锅中部及偏上的位置是锌液对流及波动最大的区域。
- b) 锌锅角部和底渣线附近。当捞渣不及时，该区域很容易产生过热而加剧腐蚀。通常为带状腐蚀，严重时可能穿孔。
- c) 锌液面波动的区域。常常与加铝操作、液面波动、液面过低、锌灰和锌渣堆积有关。
- d) 锌锅的焊接存在质量问题的区域。
- e) 锌锅钢板存在内在缺陷的部位。

非均匀腐蚀的特征是带状腐蚀或形成局部区域的凹坑腐蚀。在某些条件下，亦可能形成波浪凹坑。

##### A. 2. 7. 3 锌锅内壁非均匀腐蚀的探测

锌锅使用过程中，操作人员很难直接观察到内壁的腐蚀状态，为了提早发现锌锅内壁的局部腐蚀部

位，通常采取的方法，是用钢制探钩进行人工探测，它对凹坑或带状腐蚀的发现与进展情况的探测较为有效。但需培养专门人员，并做好记录。

#### A. 2. 7. 4 锌锅的维修

当锌锅的整体寿命尚未达到终极，只是通过探测发现局部腐蚀严重(如出现明显的凹坑或是渗漏点)，可以把锌液外抽到储锌保温罐，也可全部或部分掏锌，进行锌锅内壁的堆焊修补。焊前清理非常关键，必须将锅壁表面的锌和锌铁合金清除掉，打磨露出钢的清洁表面。所用堆焊材料可与锌锅材料相同或采用专用耐锌液腐蚀堆焊材料。堆焊修补后即可投入运行。

#### A. 2. 8 停炉操作检查或更换锌锅

当需要更换锌锅或按计划对锌锅腐蚀情况进行检查时，则应停止锌锅的运行，并将锌液全部抽出。此时的停炉操作，应遵循以下原则。

A. 2. 8. 1 为了能将锅底部锌液顺利抽出，必须先进行彻底捞渣，按 A. 2. 6 所述要求捞渣 2~3 次，彻底捞净为好。

A. 2. 8. 2 做好抽锌(或掏锌)的准备工作(包括抽锌泵、插板、分隔锌锭模、锌液储存保温罐等)，抽锌后应当将锌锅底部的余渣取出。

#### A. 2. 8. 3 抽锌方法的选择

a) 大、中型锌锅多采用抽锌泵，抽至锌锭模或保温罐内。

b) 小型锌锅可采用掏锌桶，掏至锌锭模内。

#### A. 2. 8. 4 停炉抽锌后的锌锅检查

a) 目测检查锌锅内壁的腐蚀状况，以确定换锅或局部堆焊修复。

b) 用测厚仪检测锌锅各处的腐蚀深度。当在内壁检测时，须除掉锌铁合金层。如有条件在外壁检测时，可保持锌锅原状，采用划格法大面积排查各处的腐蚀深度，以便做出正确判断。

c) 根据锌锅整体变形情况及腐蚀深度综合分析锌锅的使用年限是否达到服役终点。通常认为大范围的工作区腐蚀损失为锌锅厚度的40%~45%时可考虑更换锌锅。

附 录 B  
(资料性附录)  
锌锅制造厂的售后服务要求

- B.1 对用户镀锌炉的设计、改造施工与锌锅安装提出建议和现场指导。
- B.2 提供开炉加热升温曲线。根据用户的需求，可参与锌锅的升温运行。
- B.3 在锌锅投产后提供对锌锅内壁腐蚀状况的手工探测检查技术。根据用户的需求，定期为用户探测锌锅内壁的腐蚀状况。
- B.4 建立用户锌锅运行档案。定期回访，以掌握用户锌锅运行情况，对于用户的反馈信息，及时答复与处理。
- B.5 对有需求的客户，提供有偿使用的停炉抽锌设备、锌液保温容器（罐、车）和技术服务。
- B.6 在保修期内对非用户使用不当原因而形成的锌锅严重腐蚀的情况（见附录 A），应按合同规定要求予以免费维修。
- B.7 为缩短停炉或检查的时间，减少经济损失（包括停炉减产、锌液损耗、重新升温的能耗损失等），应当提倡停炉抽锌至保温容器，在锌锅检测、修补或更换后，及时将锌液返抽回锌锅的新方法。锌锅制造厂应当为用户提供技术方案、工艺流程(见图 B. 1)并提供相应的有偿技术服务。



图 B. 1 锌锅检查或更换，利用隔热容器的推荐流程