

文章编号: 1001-3849(2002)06-0015-07

# 热镀锌的钢结构件制造要点

杨变英 编译

(航天科技集团 长治清华机械厂 技术开发中心, 山西 长治 046012)

**摘要:** 指出需热镀锌的钢结构件制造时应注意的要点。对焊接件、构件形状、铸件、螺栓连接构件、钢材的成分、不同材料的组合件、局部不需镀锌件、冷加工件、构件的变形、镀锌前后机械强度的变化及镀锌后钢结构件的处理等制造过程所遇到的金属工艺问题和解决途径给予说明。

**关键词:** 热镀锌; 钢结构件; 金属工艺

**中图分类号:** TQ 153.15      **文献标识码:** B

## Key Points for Hot Galvanized Steel Structural Parts Production

Translated and Compiled by YANG Bian-ying

### 1 焊接

#### 1.1 断续焊接

镀锌过程中的酸或焊药液体从不焊接的部分向内部渗透, 这种液体在镀锌后渗出, 造成镀不上锌或溶解锌。

因而, 如图 1 所示, 凸缘零件等在普通钢结构件上只焊两面, 而热镀锌结构要求必须四面断续焊。

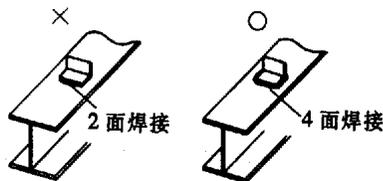


图 1 凸缘零件的焊接

#### 1.2 梁主体与加固板

如图 2 所示两张不同板厚的钢板重叠时, 要将重叠部分的面积保持在  $400 \text{ cm}^2$  以下。

这是因为板厚差造成的温度分布不均, 热膨胀

或收缩不仅引起板材变形, 而且有可能使周围的焊接产生龟裂。

板材面积大时在镀锌后分别用螺栓连接为好。必须同时镀锌时, 要在每超过  $400 \text{ cm}^2$  处焊接一处螺栓。

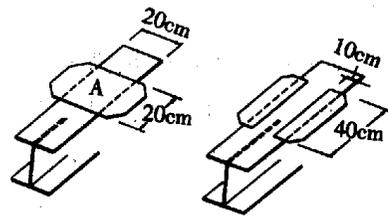


图 2 不同板厚的钢板焊接

#### 1.3 热变形

焊道有可能会发生龟裂, 所以最小焊接长度应当在  $500 \text{ mm}$  以上。再者, 周围的焊接如果有坑, 就会从这里进入水分, 由于这些水分的膨胀, 会造成钢板的变形, 所以焊接时应当谨慎操作。

#### 1.4 焊接熔渣

收稿日期: 2002-01-28

作者简介: 杨变英(1958-)女, 山西长治人, 长治清华机械厂技术开发中心翻译。

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

热镀锌时焊接熔渣会造成镀不上锌, 必须将它除掉。通常在热镀锌工厂进行的前处理不能够除去, 必须事先利用喷砂或喷气钢齿等的机械性冲击, 才能完全除掉。另外, 焊接时产生的飞溅物, 有损美观, 必须除掉。

经过热镀锌的部件焊接时, 必须除去熔渣、飞溅物。为了能够较容易地除去熔渣, 需选择钛铁型焊条, 或涂上飞溅物附着防止剂, 然后再焊接。

## 2 构件形状

### 2.1 一般构件断面形状要求左右对称

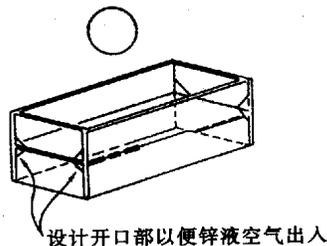
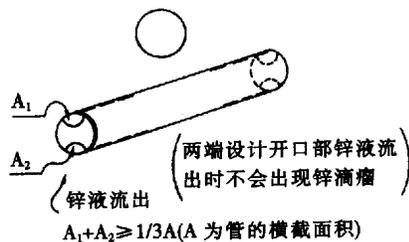
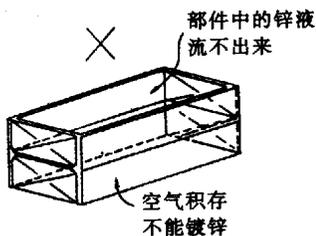
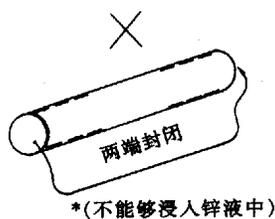


图3 箱体或管状构件形状

这样设计是由于铁和热锌密度差小 ( $7.85 - 6.60 = 1.25$ ), 如果出现空气积存, 就不能够浸入锌液中。

### 2.3 工字钢的中间板厚 $t$ 和桁梁高度 $D$ 的关系

应当是  $t > D/100$ 。但是中间板厚如果是 6 mm, 则会产生  $\pm D/150$  程度的波状变形, 所以 9 mm 以上为好。  $D > 600$  mm 时, 为了防止变形, 如图 4 所示每间隔  $1.0 \sim 1.5 D$ , 放入一块加强板。

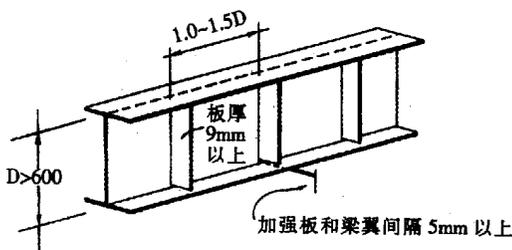


图4 防止因加强板造成的变形

如图 5 所示, 型钢加工件, 由于组装加强筋, 部

构件形状复杂时, 容易造成变形和破损, 应当分成多个简单部件, 分别进行镀锌, 然后用螺栓连接为好。

### 2.2 箱体或管状结构等断面封闭的部件

应当在两端留有开口以便锌液流入内部或从内部流出。管端部有凸缘板等密闭的部件时, 要在一端设计占断面积  $1/3$  以上, 另一端  $1/5$  以上的开口, 作为锌液出入口和排气口。管内部有隔板时, 开口面积要占到管断面积的  $1/3$  以上。(见图 3)

分地方形成了袋状结构。如果这样进行镀锌, 则会发生空气积存, 镀不上锌, 有锌残留等现象。为了去除残留的锌, 要旋转产品, 使镀锌操作复杂, 外观不好。为了解决这些问题, 必需设计弧形缺口。

### 2.4 钢管组组件

封闭部件, 在对角方向的两端部位或角部位, 要设计足够的孔, 以便空气或锌液流入流出。钢管的焊接, 需如图 6 所示开孔, 然后再焊接。

孔的尺寸, 锌液贯通孔为管内径的  $2/3$  以上, 外部孔是空气孔, 要求直径在 10 mm 以上。

## 3 铸件

铸件 (如图 7) 由于其表面附着有型砂等硅酸盐杂质, 必须经过喷砂进行镀锌前处理。铸件形状应当做成不会因喷砂产生死角的形状。厚度尽可能均衡为好, 需注意厚度差别大时, 容易产生裂纹。铸件类产品锌附着量大, 而且附着厚度不均匀, 精度要求高

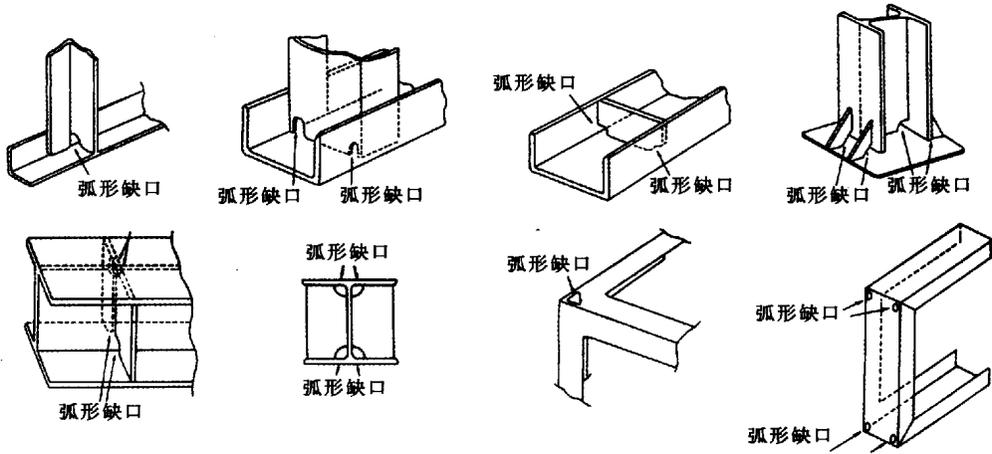


图5 型钢加工件

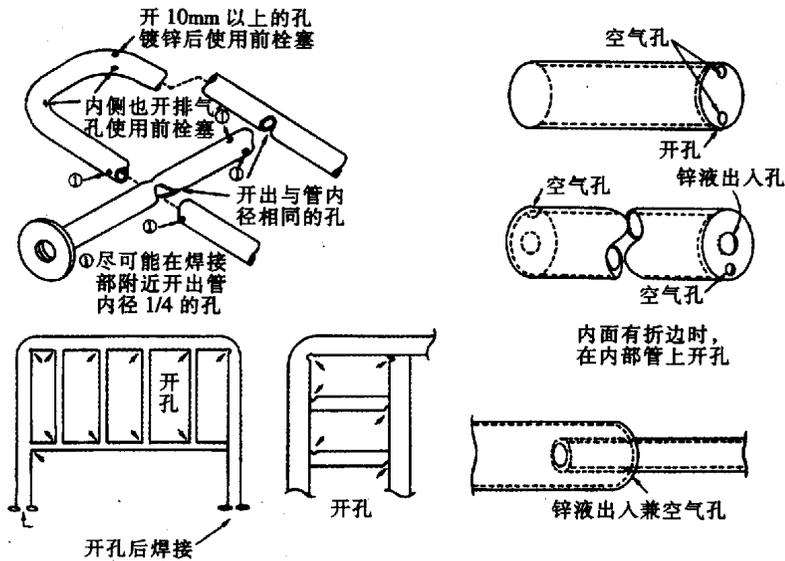


图6 钢管组装图

时,应当事先对表面进行精加工,然后再镀锌,方能得到平滑的镀锌效果。

栓的锌层。但安装在钢结构件上的螺栓则不能进行这样的操作,所以螺栓部分容易积存锌滴。

安装有螺栓的零件应作如下处置。

#### 4.1 镀锌后除去多余的锌

小直径螺栓,经过攻丝(或套扣)进行清除,直径大的零件,要采用经过加热溶解后用刷抛光除去锌层的方法(图8)。

#### 4.2 镀锌前的掩蔽处理

为了防止螺栓部分附着锌,要采用涂抹掩蔽涂料,或用掩蔽材料覆盖的方法(图8)。

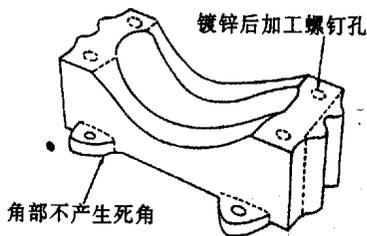


图7 铸件

### 4 螺栓安装构件

需进行镀锌的构件,有安装用螺栓、螺母及插口等焊接件。

小零件镀锌后,利用离心分离机等可以除去螺

### 5 可动构件

诸如套筒、轴、摇柄等镶合部位是可动的构件,需要分解后再进行镀锌。对于一般直径要留有1.6

mm 以上的间隙, 因部件的材质、壁厚或用途不同, 很难有一致性规定。镀锌后, 不能很容易镶合时, 采

用加热可动部分的方法。

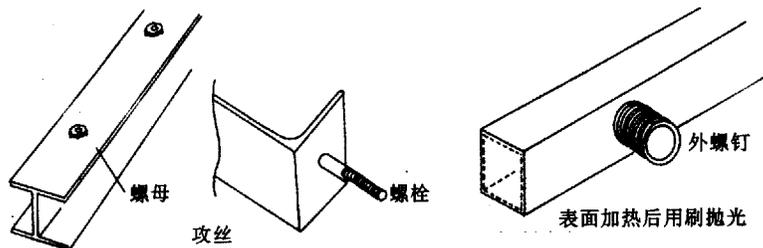


图 8 螺栓安装构件

### 6 钢材的化学成分

钢中所含的化学成分 Si, Mn, P 等, 其含量如果增加, 就会促进 Fe-Zn 的合金化反应, 增大锌附着量, 这种现象明显时, 则会产生叫做“烧焦”的现象。

所谓烧焦, 就是 Fe-Zn 合金层异常发达, 以至到达了镀锌层表面。造成这种现象的最大影响的是 Si 的含量。另外 Si 和 P 的含量的复合作用, 也会造成大的影响。如果 Si 的质量分数达到 0.025%, P 的质量分数达到 0.02% ~ 0.03%, δ1 层就会部分损坏, 可能会生成 ζ 层和 η 层的混合结晶, 合金化反应活跃。

在液温 460 以下, 能够保证镀锌层形成的基

准为:  $Si\% + 2.5 \times P\% < 0.09\%$

### 7 不同材料的组合件

表面状态不同, 厚度差别大, 钢材制造法不同时, 由于其前处理和镀锌条件不同, 所以得不到品质均一的镀锌效果。有碍镀锌的组合件如图 10 所示。

表面状态有氧化皮或锈很严重的, 有铸件夹砂现象的, 切削部有毛刺, 附着有难溶性涂料等等, 这些都需要进行喷砂处理。

厚度差别比较大的部件, 软钢, 高强度钢, 铸钢等不同种类钢材的组合, 会在锌附着量、镀锌外观、结合力等方面产生差异。

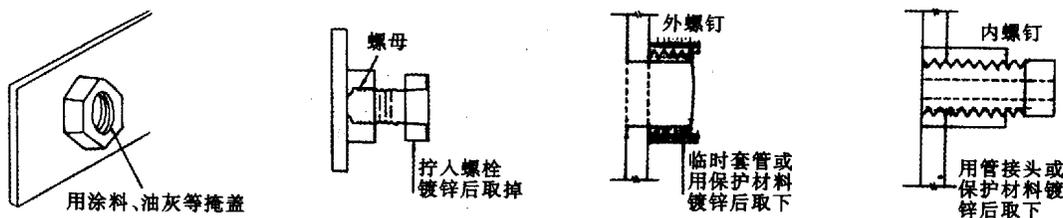


图 9 螺栓构件的掩蔽

不同钢材的组合件, 特别是 Si 含量不同的部件, 会给镀锌附着量, 外观造成明显的影响。Si 的质量分数在 0.05% 以下, 或 0.15% ~ 0.25% 以外的范围, 显示激烈的合金化反应, 发生异常镀锌或烧焦。

异种金属的组合件, 例如铜、铝、铅、黄铜、不锈钢、钎焊等, 应当避免在镀锌液中溶浸或掉落。

### 8 局部不镀锌

热镀锌产品一般是整个表面进行镀锌后使用, 但也有热镀锌件表面的一部分要求不镀锌。

为了确保磨擦系数, 磨擦连接面不镀锌。但是, 最近是采取在镀锌后进行适当的处理(喷砂等), 来确保磨擦系数的方法。

焊接部位不镀锌, 是为了避免焊接加热时锌脱落而造成的影响。

要求局部不镀锌时, 有镀锌前掩蔽的方法, 和镀锌后除去某些部分不要锌的方法, 在此以一般的掩蔽方法为例进行说明。

#### 8.1 无锈的坯料或经过机械加工后的部件

用耐热材料掩盖不需镀锌面, 以便不与锌液接触。

#### 8.2 锈或氧化皮厚的材料

涂抹环氧树脂之类的耐药性物质, 使其即使是在酸洗处理过程中, 这一部分也不会除去锈。如果有锈, 即使浸入锌液中, 这一部分也难以形成镀锌层(图 11)。

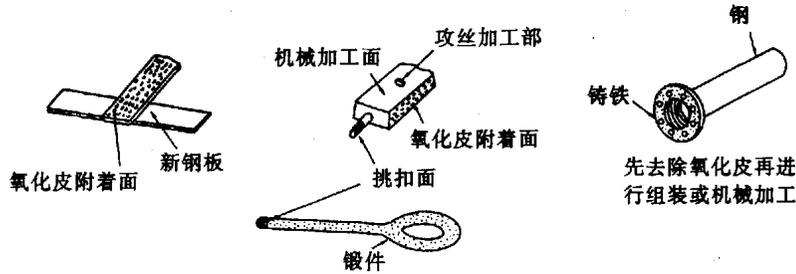


图10 有碍镀锌的组合件

围铰孔 3 mm。

### 9.3 切割加工

切割加工, 希望利用熔断或锯的方法。

## 10 坯料污垢

用碱性水溶液不能够除去的油脂类, 有苯酚类树脂、环氧树脂、煤焦油、沥青等。它们附着在钢铁制品上时, 必须考虑其它除脂方法。例如, 利用有机溶剂除脂, 或喷砂处理, 或利用燃烧炉燃烧等方法, 但费时, 镀锌的成本也会提高。

因此, 施行镀锌的坯料, 必须选用不容易脱落的涂膜或没有污垢附着的坯料。而且, 临时划线等使用的漆也应避免使用油性物质, 尽可能使用水溶性物质。

## 11 变形

构成钢铁制品的钢材有残余应力, 镀锌后就会出现变形。关键是变形发生的程度是否在允许限度内, 是否容易校正。

变形发生的原因及变形程度取决于制品的尺寸、形状、结构、焊接方法, 原材料的内部应力, 以及镀锌条件等, 这些条件单独或相互关联造成变形发生, 而事先难以预测变形量。

### 11.1 冷加工时钢材的残余应力

钢材中有残余应力时, 通过镀锌前进行退火等热处理, 释放残余应力则会减轻变形发生。如果增强措施不影响使用, 那么, 设计加工槽或折叠加工则能够控制变形。

### 11.2 镀锌工序产生的温差

制品浸入镀锌液提起或冷却时的速热速冷, 而产生的局部温差是难以避免的, 由于热膨胀的变化产生的变形, 即使在常温下使其均热也还是会保留。这种现象, 特别是壁厚差别大的构件组合而成的制品, 多有发生。

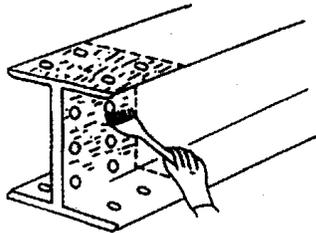


图11 刷涂

### 8.3 大型钢材或厚板材料

桥梁等大型结构件所使用的钢材或厚壁件, 热镀锌的反应时间长。如果在镀锌液内与锌液长时间接触, 原先涂抹的一部分涂料就会消失, 容易形成镀锌层, 所以需采取重新涂刷涂料或涂刷后粘贴掩蔽胶带等方法处理(图12)。

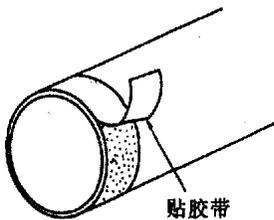


图12 钢管的端部不镀锌处理

## 9 冷加工

承受较大拉伸力的钢材, 如果浸入热镀锌液中, 钢材会产生龟裂。这一现象, 没有明确的理论解释, 现在认为是熔融金属脆化的一种, 对于热镀锌管理来讲, 是不可防止的, 若要完全防止, 就必须将坯料内部应力保持在一定限度以下。为了防止脆化, 一般提倡如下方法。

### 9.1 弯曲加工

冷弯加工曲率, 直径是钢材厚度的3倍。如果曲率必须在此以下时, 应采取退火或热加工。

### 9.2 开孔加工

希望使用钻开孔。12 mm 厚以下的钢板, 可以采用冲孔, 而厚度在此以上的部件, 需在冲孔后将周

### 11.3 由于焊缝和镀锌造成的变形

钢材局部加热时会产生延伸或压缩应力,从而在某一方向发生变形。发生一般性变形的倾向归纳如下。

结构:左右对称的结构变形少,焊接处少的制品

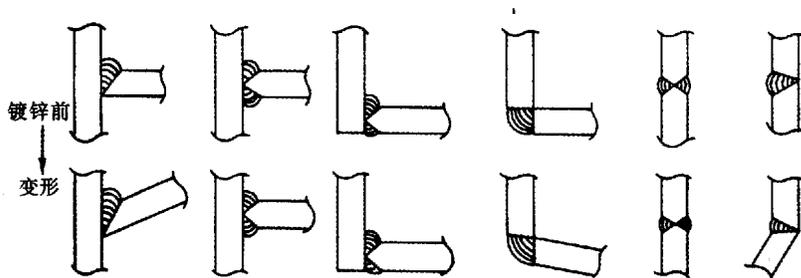


图 13 焊接方法和变形程度

只是简单的变形,钢构架结构变形非常少。

焊接方法:图 13 所示的焊接方法是最基本的倾向。但是,有时也会因为整体结构或焊接条件等原因而不发生变形。

## 12 镀锌前后钢材的机械强度变化

一般来讲,SS41, SM 41, SM 50(日本钢材型号)等钢材被广泛使用。这些钢材没有因镀锌而造成机械强度改变的。据日本热镀锌镀金协会和武藏工业大学的共同研究,SM 41, SM 58 两种钢在镀锌后拉伸强度仍能满足 JIS 规格要求,与镀锌前相比没有明显的差别。经弯曲试验后也没有差异。

## 13 镀锌后处理

### 13.1 镀锌层的修补

镀锌制品由于切割、开孔、焊接等加工,在结构上、使用时、以及坯料表面出现异常状态时,会有一部分露出钢材原料。这些没有镀锌的部分必须修补,而且需与经过镀锌的制品具有相同的耐腐蚀性。除耐腐蚀外还应注意附着性能好、操作简便等因素,一般多使用高浓度锌末涂料。此外,还有锌合金类熔融、喷镀锌等方法。无论哪种方法,修补部分都需用刷抛光、锉光等,完全去除异物,然后再进行修补。

高质量分数的锌末涂料是由大量(90%)的金属锌末和载色剂构成,是具有锌的电化学防腐能力的涂料。用刷子涂一次,可以得到 50 μm 的涂层,具有优越的防腐性能,可以说是最方便的修补材料。

### 13.2 弯曲加工

镀锌层由纯锌层和合金层构成,其锌层及合金层的延伸是有限的,当超越这一限量,过度弯曲时,镀锌层就会产生龟裂或剥离。管道用镀锌钢管英国标准(BS),对弯曲试验有规定,该规定要求弯曲内侧半径是管的外径的 8 倍,弯曲成 90 度。应当以比

较大的弯曲半径完成弯曲。如果缩小弯曲半径,则镀锌层就容易剥离。

弯曲加工性能受镀锌条件的影响。为了改善弯曲加工性能,应当尽可能抑制合金层的扩大,均匀地镀上锌层。因此,镀锌温度应保持比较低的温度,浸锌时间尽可能缩短,而且镀锌后尽可能快速冷却。

镀锌制品在镀锌后的弯曲加工有限度,过大的弯曲,还是希望在镀锌前进行,不得不镀锌后进行弯曲加工时,应事先充分讨论方案。

### 13.3 白锈防止对策

1) 发生原因 白锈,是光亮的镀锌层,经过雨淋,或者处在不容易干燥的环境而发生的。但镀锌制品浸泡在水中时则不发生白锈。镀锌表面有腐蚀锌的产物,例如,酸性物质、碱性物质、有机物、食盐等物质附着时,会产生明显的白锈。

经过海上运输等,接触海水的场合,多产生白锈,白锈的主要成分是碱式碳酸锌,其一例组成如下。



白锈的发生一定与水分有关。镀锌层一部分干燥,一部分湿润的状态下,其边缘线长时间不移动时,白锈多发生在邻近边缘线湿润的地方镀锌层上。水滴中含有水分,导电。而且,水滴的外围接触空气,比内部空气中的氧要多。在这种状态时,产生氧浓差电池现象。接近水滴中央部位的锌表面,比接近水滴外围边缘线的锌表面电位低。因此,接近中央部位的锌,被离子化,溶入水中,借助氢氧基或碳酸离子变成碱式碳酸锌,沉着在表面,变成白锈。

2) 白锈是增大了的锌氧化物, 所以, 实际上镀锌层的浸蚀即使很小, 看上去也很明显。继续发展下去, 白锈的下面变黑以后, 从外观上感觉浸蚀的量是极少的。通常, 由于白锈造成的锌量减少, 在镀锌层  $1\ \mu\text{m}$  以下。

白锈, 在发生环境任其继续脱落, 镀锌表面就会形成致密的保护膜, 不影响耐腐蚀性能, 经过一段时间, 变得和正常部位一样从外观上看没有什么差别。因而, 白锈, 不应视为镀锌质量方面的缺陷。

3) 白锈的防止对策 对于一般用途来说, 不应视为质量方面的问题, 而特定用途时, 应改善保管及使用环境防止白锈发生。

a. 通风良好, 或室内保管。

b. 室外保管时, 选择排水良好的地方保管, 与地面留出间隙放置。

c. 设法不要造成部分性露雨。

d. 堆放时接触部位多的制品避免雨天堆放。

e. 室外保管, 雨天时完全用罩遮盖, 天晴后迅速取下防护罩。

f. 避免放在潮湿性物质、吸湿性物质的附近。海上运输, 岸边保管时, 应避免海水打湿。

#### 参考文献

[1] 亚铅めっき钢构造物研究会. 溶融亜鉛めっき的设计制作上の留意点[M]. 东京: 亚鉛めっき钢构造物研究会 1995.

## 欢迎订阅《电镀与环保》

《电镀与环保》是我国表面处理领域内具有影响、在技术上具有先进性与实用性的专业杂志之一。从1988年即被中国科技情报所列为该所国家科委委托项目所用的统计用期刊。本刊现已入编《中国学术期刊(光盘版)》。美国《化学文摘》和英国《表面处理技术文摘》经常摘发《电镀与环保》文章的文摘或题录。刊物在海外有相当影响。

《电镀与环保》设有栏目: 电镀、化学镀、涂装、阳极氧化膜、化学转化膜、设备、分析测试、污染治理、经验介绍等。

《电镀与环保》双月刊, 全年6期, 单月底出版, 邮局发行(报刊代号4-328)。每本定价5元, 全年30元, 也可汇款到编辑部补订。

编辑部地址: 上海市余姚路607弄19号 邮编: 200042

电话/传真: (021)-62303415 E-mail: ddyhb@online.sh.cn

## 《电子工艺技术》征订启事

《电子工艺技术》是我国唯一的电子行业生产技术的综合性科技期刊, 创刊于1980年, 该刊集众多专业为一体, 突出工艺特色, 凡是与电子产品生产过程相关的技术, 都是该刊的报道范围。内容包括国内外电子工业生产技术动态、基础理论研究和科技成果介绍及科研生产中所急需的新技术、新材料、新工艺、新设备及引进消化吸收经验等。辟有SMT/PCB、新工艺新技术、LCD技术、国外工艺文献导读、市场信息与新产品开发及技术讲座等栏目。内容着重于先进性和实用性。

《电子工艺技术》为双月刊, 国内外公开发行人, 是一本集技术性、学术性于一身, 融广告、商情、行业信息于一体的综合性专业权威期刊。读者面已覆盖国内外电子行业及相关专业、大专院校及研究院所等单位。电子工艺天地大, 一刊在手睹精华。选择《电子工艺技术》, 是您明智之举。

大16开, 双月刊, 每册定价6.00元, 全年36.00元 国内发行代号: 22-52; 国外发行代号: BM 4439

全国各地邮局均可订阅 编辑部地址: 太原市115信箱(030024)

电话: (0351) 6523813 6520409 传真: (0351) 6520409

电子信箱: gytech@public.ty.sx.cn 网址: <http://www.ersuo.com/jskw/dzgyjs.htm>