

何福朝 尹镇东 王高明 译


论
概
践
实
守
定
论
论
论
论
论
论

153.1

友谊出版公司

镀锌实践概论

何福朝 尹镇东 王高明 译

 友谊出版公司

一九八四年·北京

镀锌实践概论

*

友谊出版公司出版
新华书店北京发行所发行
中国建筑工业出版社印刷厂

*

开本：850×1168毫米1/32·印张2¹/₄ 字数53,000
1984年1月第1版 1984年1月北京第1次印刷

书号15309·1 定价0.60元

前 言

本书所阐述的技术和实践是以经验和调查为基础的，可以作为一般镀锌工业管理人员和检查人员的指南。本书包括镀锌车间有效工作所需要的基本的技术资料。它不作为热镀锌实践的完整的论文，而是给以简单的说明。

一九五七年第一版，标题是《优秀实践手册》并在一九六五年重写，而现在的版本是经镀锌工作者协会技术委员会校订的。

镀锌工作者协会附属于锌技术发展协会，是一个非商业性团体，由英国和海外的第一流镀锌工作者组成，它同世界上的类似组织有密切的联系。这个协会成立于一九四九年，旨在鼓励在工业中采用先进技术，并促进镀锌钢材的使用。权威性的出版物论述了镀锌过程的各个方面。全体工作人员愿意讨论镀锌的问题，并回答用户提出的技术问题。

目 录

前言

绪论	1
热浸镀锌工艺	1
锌在防止腐蚀中的作用	1
镀层的寿命	2
适于镀锌的材料	4
镀锌层	4
第一章 镀前处理	11
脱脂	11
1. 热碱溶液法	11
2. 冷碱溶液法	12
3. 蒸气脱脂法	12
4. 其他方法	12
除漆	12
1. 热碱溶液法	12
2. 燃烧法	13
3. 喷砂法	13
4. 其他方法	13
喷砂处理	13
酸洗	14
1. 盐酸的应用	15

2. 盐酸的控制	16
3. 硫酸	18
4. 氢氟酸和混合酸	18
5. 碱洗	20
清洗	20
溶剂处理	20
1. 干法镀锌	21
2. 湿法镀锌	23
3. 溶剂材料	24
4. 烟气控制	25
第二章 镀锌	27
工件浸镀	27
1. 锌的质量	27
2. 铝的添加	27
3. 锌渣的去除	29
4. 锌锅温度	29
5. 浸渍速度	31
6. 浸渍时间	31
7. 锌灰的影响	31
8. 取出速度	32
9. 遮蔽	32
镀后处理	32
1. 擦拭	32
2. 离心法	33
3. 螺纹刷光法	34
4. 水冷却法	34
5. 堆存和保管	34
6. 暂时的保护性处理	35

7. 铬酸盐法	35
8. 磷酸盐法	36
9. 涂油和涂清漆	36
变形	36
1. 钢中的内应力	37
2. 加工过程中产生的内应力	37
3. 运输过程中引起的应力	38
4. 浸镀和冷却过程中引起的应力	38
5. 工件设计	39
工件运输	39
1. 工件的移动	40
2. 机械运输设备	40
3. 封闭的容器和管状工件	42
4. 有计划地浸镀	42
第三章 有关的操作	43
废料	43
1. 锌渣的来源	43
2. 锌渣形成的控制	45
3. 镀锌锅中锌渣的影响	46
4. 锌渣的清除	46
5. 锌渣的处理	46
6. 锌灰的来源	47
7. 减少锌灰的形成	47
8. 锌灰的处理	48
9. 撇去溶剂渣	50
检查和验收	51
1. 肉眼检查	51
2. 镀层厚度	52

3. 镀层的均匀性	54
4. 附着性能	55
镀锌钢材的焊接与损坏镀层的修理	55
镀锌钢材的涂漆	56
1. 涂漆的时间	56
2. 附着性	57
3. 新镀锌钢材的涂漆	57
4. 贮水箱和容器	57
5. 地下埋的镀锌钢材	58
安全	58
第四章 镀锌车间	59
车间设备和维修	59
1. 脱脂槽	59
2. 酸洗槽、溶剂槽和清洗槽	59
3. 干燥平台和干燥炉	60
4. 镀锌锅	60
5. 辅助设备	60
6. 废酸的中和和排放	61
7. 烟气排除	61
8. 维修	61
附录	63

绪 论

热浸镀锌工艺

热镀锌是防止钢铁生锈的一种方法。该工艺大体上是通过化学处理的方法将工件表面弄干净，然后浸入镀锌锅中，锌与铁起反应而形成镀层。从150多年前镀锌第一次成为商品以来，镀锌的原理至今没有什么变化，但是只有在对镀锌工艺过程进行了大量研究以后，才使今日的镀锌成为技术上可以控制的工业。

由于锌不能同覆盖着铁锈或油脂的钢铁起反应，因此在钢铁工件进行热镀锌以前首先必须清洗，可以包括脱脂、喷砂和酸洗等工序。其次，钢铁件上必须涂上一层溶剂，使表面活化，允许锌“润湿”它并在浸渍时起反应。镀锌件取出时，多余的锌流回锌锅里。镀锌件可以浸于水中（浸冷）或仅仅在空气中冷却。

所采用的两种主要工艺的区别在于溶剂的涂敷方法。湿法镀锌工艺是工件在酸洗和清洗之后通过漂浮在锌锅表面的溶剂进行镀锌；干法镀锌工艺则是在浸镀以前，工件上涂的一层溶剂已经干燥，而后将工件浸渍到镀锌锅里。

锌在防止腐蚀中的作用

暴露的钢铁会很快生锈（锈是铁的氧化物，没有保护作用）。金属继续进行锈蚀，直到完全消耗掉。预防生锈的方法是用一种涂层覆盖在表面上防止潮气或空气同金属接触。涂油漆有一

些作用，但是它不能完全防潮，并且油漆膜终究要破损，潮气就会进入。在这种情况下，油漆下面的金属就开始很快地生锈。

热镀锌能保护钢铁的表面，其作用要比油漆层或塑料层有效得多。当经过清洗的钢铁件浸渍于锌液时，锌液与钢铁之间发生反应而形成了以锌为基础的合金镀层。因此，镀锌层防止物理损坏的能力要比油漆层强得多，而且有些很难镀到的地方也能完全镀上。

即使在镀层上有小的裂纹(如划痕)，仍能防止裂缝中的金属生锈，并能防止锈蔓延到镀层的下面去。这是由于锌铁之间存在电化学差别的原因，即锌抢先消耗而使铁得到保护。这种“牺牲性的保护”是热浸镀锌的主要功效，也是镀锌层比油漆或塑料保护层优越的主要原因。

热浸镀锌层虽然在接触空气或水时也稍有反应，但是它的表面是很结实的，因此比油漆层的保护时间长。在农村和在空气比较清洁的地区，镀锌层能维持很多年。即便在工业集中的环境中也能使钢铁多年不生锈。当然，防腐时间的长短决定于镀层的厚度。

经过喷砂处理或用某些钢材能够得到较厚的镀层。这些镀层包括钢铁浸渍在锌锅中时所形成的大量锌铁化合物。随着镀层在应用中的消耗，锌铁化合物逐渐暴露。由于化合物中含有铁，所以表面色度减退而呈现一层轻微的锈层。这种外观根本不影响镀层的保护作用，但在考究外观时例外。

镀层的寿命

钢铁上锌层的寿命取决于镀层的厚度和暴露的条件，无论镀层所采用的方法如何——热浸镀锌、金属喷镀或其他方法都是如此。

因此，镀层的价值将根据其厚度来决定。使用厚度不够的

镀层达不到在特殊暴露条件下所要求的寿命，这是不经济的。

镀层厚度通常用单位面积上锌的重量表示，305克/米² (单面)相当于43微米的镀层，而610克/米²的热浸镀锌，相当于85微米厚的镀层。

在工业区的腐蚀条件下，镀锌层的保护作用就不如在清洁条件下好，因此在工业区，镀锌层的寿命要比农村和海岸区短些。表1列出不同情况下镀锌层寿命的数据。不过，具体的条件会对镀层的性能有很大的影响。

不同环境中铁和锌的腐蚀率

表 1

大气环境	露 天 5 年			610克/米 ² 镀锌层的大致寿命 (年)
	腐蚀率 (微米/年)		低碳钢/锌	
	低碳钢	锌		
农 村	2.2	0.09	24	34
海 岸 区	4.5	0.13	34	24
工 业 区	2.1	0.18	13	17
工 业 区	2.7	0.16	17	19

* 计算这些数字时，假设钢材基体开始腐蚀时原有的锌层还剩下10%，并且镀层是均匀一致的。

室外用的镀锌结构钢材的需要量日益增加，这种钢材要求有较长的使用寿命，因此其镀锌层要厚些。因为镀锌层的寿命与单位面积上的锌重成正比，增加厚度能延长其使用年限。

当热浸镀锌所能达到的寿命不能满足要求时，就得认真研究镀锌后再涂漆的问题。目前，已经能够在新镀锌的钢材表面上进行涂漆。当然，也可以等待镀锌层老化以后再进行涂漆。在镀锌层上涂漆的情况下，镀锌层的作用，是在使用期间漆层破坏以后能够防止钢铁基体不致受到腐蚀。把镀锌层表面上的漆层去掉再次涂漆是很容易的事，但是如果金属基体被锈蚀以后再进行处理就困难多了，就象通常在钢铁件上直接涂漆的情况那样。在镀锌层上再涂上一层漆可以无限期地维持下去。

适于镀锌的材料

一般来说，多数结构用钢材都能进行热浸镀锌。要想在不同类型的钢材上形成令人满意的镀锌层，只需要采取稍微不同的预处理。

一般镀锌工作者常用低碳钢镀锌。通常供应的钢材在成分上的一些改变对镀锌过程影响很小。但是表面状况起很重要的作用。钢材不总是完全均匀的，是否适于镀锌，还要考虑到钢中偏析、夹渣及铁皮等的严重影响（在本书第三章“检查和验收”一节中讲到镀锌的缺陷）。

硅的成分对于钢和锌液的反应速度有重要的影响。碳含量和锰含量也对这一速度有影响（锰的影响较小）。这种影响对于低碳钢成分变化来说并没有多大的意义。在焊接的金属中有时会出现高的硅含量。因此，焊接件焊缝处的镀层同构件其它部位的镀层略有不同。

铸铁表面经过适当处理后也很容易镀锌。当铸件表面夹砂时，用一般酸洗方法不易洗掉。这样的铸件需要用喷砂或特殊的方法清理后才能镀锌。若可锻铸件在热处理前没有清理干净，存在氧化皮，也会出现上述问题。

铸铁和锌液的反应速度与铁的成分有关，而其中硅和磷的含量尤为重要。适于镀锌的铸铁，其成分是3%的硅和1%的磷。如果硅的含量超过了3%，则锌和铸铁之间的反应要减慢。低硅含量能增加锌渣的形成，并使镀层加厚，尤其是当浸渍的时间加长时更是如此。含磷低的铸铁也是一样。

镀 锌 层

热浸镀锌过程主要包括两部分，一部分是同金属表面接触、在锌和铁之间形成一层锌铁合金，另外一部分是在外面的纯锌

层。这两部分都有助于防腐蚀和延长镀层寿命，在钢带连续镀锌时，要在锌锅中添加附加剂来减缓合金层的形成以改善其塑性。

这种合金层比外面的纯锌层硬并且展性很差。在显微镜下观察，合金层通常是由两相组成，靠近钢铁的是 δ 相，含6~11%的铁，外面的合金层是 ζ 相，含大约6%的铁。平常的镀层包括三相， γ 相出现在 δ 相的下面。 γ 相很薄，一般在商业性涂层中是看不见的，甚至在高倍放大后也看不见，除非在预先经过特制的检验样品中才能看见。 ζ 相的厚度变化很大并常在镀锌的外层出现闪烁，尤其是当镀锌钢材表面粗糙或者具有特殊的金相特点时。当小部件的镀锌温度超过 530°C 时，全合金镀层呈 δ 相塑性形态（参见图1、图2和图3）。

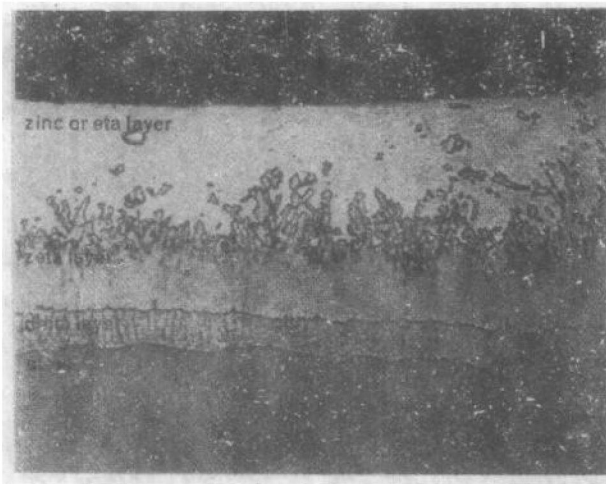


图1 低碳钢角钢在 450°C 锌液中浸渍6分钟后的典型镀层组织(放大400倍)

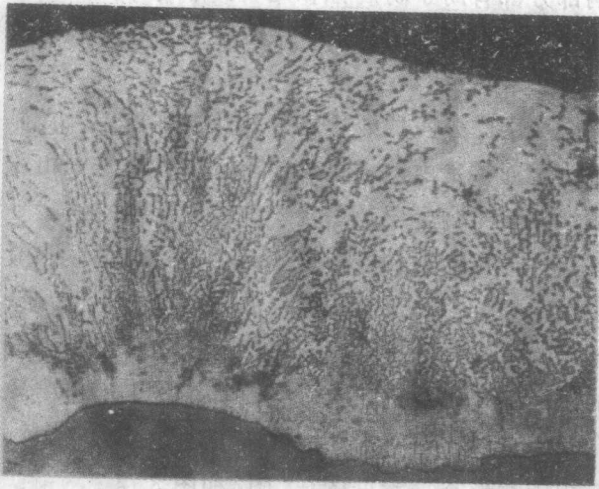


图 2 钢窗镀锌层中闪烁的
 ζ 相组织 (放大400倍)

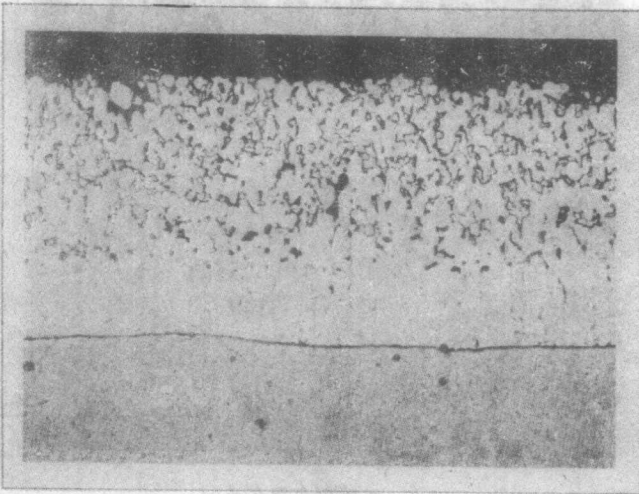


图 3 在560°C下镀锌时 δ 相扩
散的显微组织 (放大360倍)

一般镀锌过程中合金层的厚度主要决定于钢材的硅含量、钢材表面的粗糙度、锌锅的温度、浸渍的时间、冷却的快慢等，下面分别介绍。

1. 钢材的硅含量

在通常的镀锌温度 $445\sim 455^{\circ}\text{C}$ 时，钢材中硅的含量对镀锌层的表面和厚度具有重要的作用。含微量硅的沸腾钢，主要用来生产钢板制品，如钢管和凹形器皿。在这些制品上，镀层的光泽和镀层的厚度要符合BS 729的要求。

半镇静和镇静钢通常含硅较多，因此镀层较厚。镇静钢的硅含量超过 0.3% 常常会产生灰色厚镀层，这样的镀层大部分是锌铁合金，虽然它们的防腐蚀性能好，但机械强度较差。图4是含硅 0.35% 钢的镀锌层的典型结构图。当半镇静钢含硅量在 0.05% 和 0.25% 之间时，镀锌的结果不好控制。虽然已经对这种钢材进行过研究，但结果还不完全一致。钢材中硅的含量对

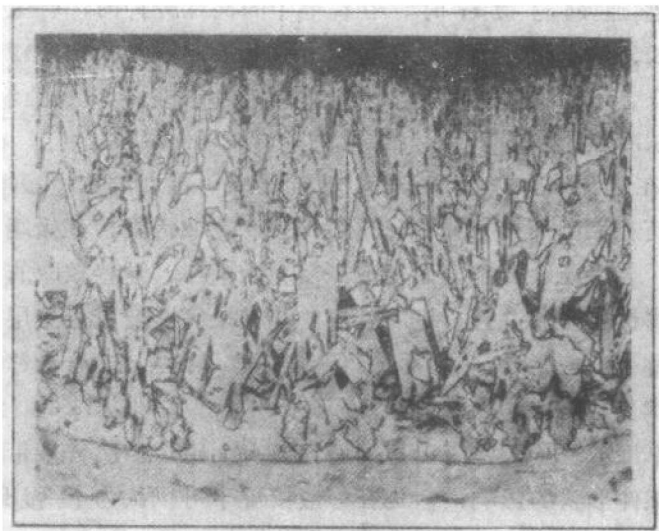


图 4 含硅 0.35% 钢的镀锌层显微组织（放大300倍）

镀层重量所起的作用称为沙德林效应 (*Sandelin Effect*)。因为结果不一致,此处还不能给出硅的作用图表。在 $530\sim 560^{\circ}\text{C}$ 高温下镀锌,硅的作用能够被抑止。但这只有在使用陶瓷锅时才有可能实现,钢或铁锅不能用这样高的温度。在 430°C 时镀锌虽然能防止厚镀层的形成,但是在这种仅仅略高于锌凝固点(419°C)的低温下工作,产量不会高。

2. 钢材表面的粗糙度

钢材表面越粗糙,则镀锌的合金层也越厚,这可能是因为有比较大的表面同锌起作用。另外,粗糙表面上的镀层厚度也不如平滑面上的均匀。

3. 锌锅的温度

镀锌锅的温度越高,合金层的生长也越快。但在实际上,通过上述因素所得到的较厚合金层是有限度的。

4. 浸渍的时间

普通钢材镀锌时,在锌锅中的头几分钟内,合金层迅速增长,然后附着率降低,合金层增长很慢(参看图5)。这是因为合金层本身具有保护性而阻止同钢基体进一步反应。

5. 冷却的快慢

在镀锌后的冷却过程中,合金层可能会继续慢慢增长,但只有在大断面钢材镀锌时这才是一个重要因素。在极端的情况下,合金层会渗出表面变成了灰色的斑点。这些较厚的合金层使得镀层坚硬并且有可能变脆。当镀层完全变成合金层时,一般称为灰镀层,或称灰条 (*Grey Bar*)。非合金锌的外层基本上是熔融的纯锌,是随工件从镀锌锅中带出来的。纯锌层的厚度取决于工件带出来的锌液多少而定。虽然锌液带出量也受工件形状的影响,但是在一般情况下可以认为慢慢地出锌锅可以得到好的结果,在工件上留下一层薄而均匀的锌层。若很快取出工件,就会留下一层厚而不均匀的镀层,这是不好

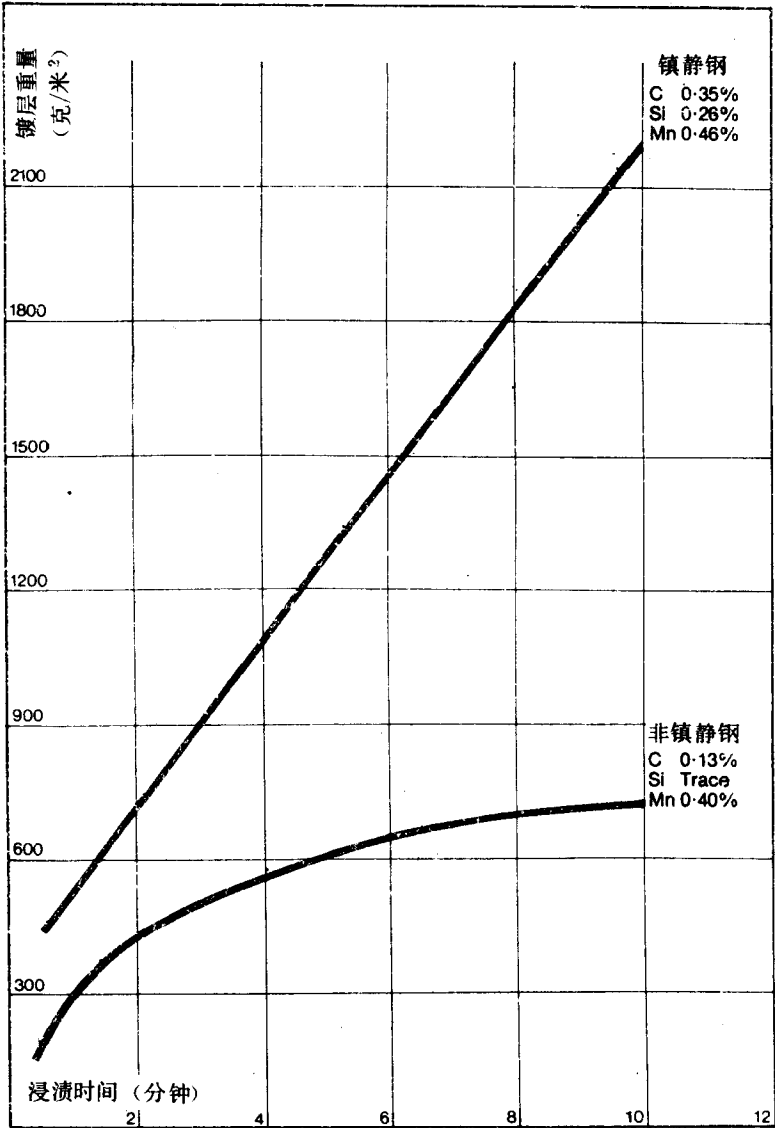


图 5 在镀锌温度 455°C 时, 硅镇静钢和 非镇静钢的镀层重量