

热 镀 锌

潘晓笛 · 甘肃人民出版社

Zn

153·1

6

热 镀 锌

潘晓笛 编

甘肃人民出版社

内 容 提 要

本书就热镀锌技术进行了简明扼要的介绍，主要内容包括：热镀锌的原理、方法、工艺规范、自动线生产、厂房建设及炉子设计等。另外对常用设备、工挂具、污水处理及安全技术等也作了说明。可供从事和研究热镀锌工作的技术人员、生产工人及有关院校师生参考。

责任编辑：赵兰泉

封面设计：王占国

热 镀 锌

潘晓笛 编著

甘肃人民出版社出版

（兰州第一新村51号）

甘肃省新华书店发行 兰州新华印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/32 印张4.25 字数87,000

1985年2月第1版 1985年2月第1次印刷

印数：1—4,950

书号：15096·70 定价：0.52元

前 言

随着国民经济的发展，在机械制造业中，对于一些重要器材采用热镀锌的要求日益增多。实践证明，热镀锌要比电镀锌优越得多，所以热镀锌得到了迅速而广泛的应用。虽然热镀锌工艺已经有了悠久的历史，但真正得到广泛应用和发展还是近几十年的事。目前，从事热镀锌的厂家已遍及全国，每年有几十万吨的零部件要进行热镀锌，其中可锻铸铁及灰铁材料件要占热镀锌总量的90%以上。热镀锌在工艺上还存在这样或者那样的一些问题，可是，这方面的资料实在太少，为了满足广大从事热镀锌工作同志们的需要，笔者总结了国内一些大厂和老厂的实践经验，并结合国外先进技术，编写了这本《热镀锌》。本书较系统地叙述了热镀锌工艺方法，同时在理论上也做了一些简明的阐述，可以供从事热镀锌工作的技术人员、生产工人和有关工科师生参考。

本书在编写过程中，曾得到郑州金海玛钢厂和无锡永新金属丝网厂，以及机械、冶金、电力、交通、五金、军工、外贸、公安、农机……等系统有关同志的协助和热情支持，特致谢意。

限于作者知识水平和业务水平，书中难免有不当和错误之处，谨望广大读者批评指正。

目 录

前言

第一章 绪论	(1)
§ 1—1 热镀锌的作用和意义	(1)
§ 1—2 热镀锌的基本原理	(3)
§ 1—3 热镀锌的基本工艺过程	(5)
第二章 镀前处理	(8)
§ 2—1 概述	(8)
§ 2—2 钢件的镀前处理	(9)
§ 2—3 铸铁件的镀前处理	(11)
第三章 配方工艺及成分机理	(13)
§ 3—1 锌的性质	(13)
§ 3—2 工业锌液的成分	(14)
§ 3—3 硅铝明锌液的成分	(16)
§ 3—4 助溶剂的配制及作用	(19)
§ 3—5 爆光剂的配制及作用	(19)
第四章 锌液的作业温度	(21)
§ 4—1 锌合金相变过程的热效应	(21)
§ 4—2 工业锌液的作业温度	(22)
§ 4—3 硅铝明锌液的作业温度	(24)
§ 4—4 锌液的升温 and 降温	(26)
§ 4—5 锌液面的保温	(31)
第五章 热镀锌工艺方法	(33)

§ 5—1	烘烤工艺规范	(33)
§ 5—2	浸煮工艺规范	(40)
§ 5—3	油膜常温工艺	(42)
§ 5—4	煤气连续工艺	(47)
§ 5—5	散落工件的打捞	(49)
第六章	镀后处理	(51)
§ 6—1	不良镀层的出光钝化处理	(51)
§ 6—2	不良镀层的退除	(53)
§ 6—3	镀层的挂膜	(54)
§ 6—4	锌灰锌渣的回收	(57)
第七章	常用设备及工挂具	(59)
§ 7—1	镀前处理的机械设备	(59)
§ 7—2	溶液槽设备	(64)
§ 7—3	震动器及离心机	(68)
§ 7—4	工挂具的种类	(70)
第八章	热能设备类型	(76)
§ 8—1	燃煤炉	(76)
§ 8—2	煤气反射炉	(84)
§ 8—3	电炉	(86)
第九章	镀锌锅	(89)
§ 9—1	铸造灰铁锅	(89)
§ 9—2	钢板焊接锅	(90)
§ 9—3	镀锌锅的材料	(92)
§ 9—4	镀锌锅栅筐	(97)
第十章	热镀锌车间的建设	(99)
§ 10—1	车间厂房形式	(99)
§ 10—2	车间工艺布置	(102)
§ 10—3	通风降温	(105)

§ 10—4	余热利用	(106)
§ 10—5	废水处理	(108)
§ 10—6	劳动组织	(109)
第十一章	安全技术及辅助工艺措施	(111)
§ 11—1	化学溶液操作安全事项	(111)
§ 11—2	工艺操作安全事项	(113)
§ 11—3	其它注意事项	(114)
§ 11—4	辅助工艺方法	(115)
附录		(123)
一、	主要热电偶材料	(123)
二、	主要金属材料	(123)
三、	主要化学材料	(124)
四、	质量检验标准	(124)
五、	复习题	(125)

第一章 绪 论

§ 1—1 热镀锌的作用和意义

热镀锌又叫热浸镀锌，是对钢铁及铸铁材料进行化学和电化学防护的方法之一。在机械制造工业中，用热镀锌作为黑色金属材料的防护层已有悠久的历史，并沿用至今，而且还在日益广泛地应用着。

世界各国，由于钢铁锈蚀所造成的损失数字是相当惊人的。几乎每年钢产量的20~30%由于被锈蚀而报废，损耗的金属材料达1亿吨以上。有的国家，由于金属材料被锈蚀而造成的直接损失费用，竟占国民经济总产值的4%。美国在1978年由于钢铁锈蚀而造成的损失就达700亿美元之多。

金属材料被腐蚀的类型很多，例如：化学腐蚀、大气腐蚀、土壤腐蚀、电解质溶液腐蚀等等。而大气腐蚀就占了整个金属被腐蚀总量的一半以上。

当金属材料与比自己表面温度高的空气接触时，空气中所含的水蒸汽就可能在金属表面形成液态水。这种在金属表面凝结的水会使金属表面湿润，当这种凝结水在金属表面形成一层水膜时，由于空气中的二氧化硫、二氧化碳或盐类溶解进去，水膜实际上便成了一种电解质溶液，这样，金属表面的电化学腐蚀也就产生了。可见，空气越潮湿，空气中的灰尘越多，空气中所含有的有害物质越高，金属材料就越容

易生锈，其被腐蚀的速度也就越快。

当然，热镀锌不可能完全解决上述金属被腐蚀的问题。实践证明，在潮湿的空气、在含有二氧化碳及含有氧的水中，镀锌层表面将覆盖一层主要由碱式碳酸锌组成的白色薄膜。由于镀锌层的电位比钢铁件基体的电位负些，所以当镀层与基体形成原电池时，锌受到侵蚀而钢铁基面得到保护，这种保护方式通常被称为电化学保护。显然，这层镀锌层被腐蚀完以后，钢铁基体也将开始受到腐蚀。若把热镀锌与电镀锌相比较，热镀锌明显地具有层厚、结合牢固、工艺简便、生产周期短、无毒、公害小等许多优点。更重要的是由于热镀锌层厚，结合又牢固，所以比电镀锌的抗腐蚀能力要高几倍，以至几十倍。以电气材料为例，热镀锌件一般可使用5~6年，在干燥地区可以达到30年。而电镀锌件的寿命只有几个月，有的竟在施工安装过程中开始剥蚀。因此，热镀锌所具有的优良性能，已越来越引起人们的关注。

随着我国工业生产的迅速发展，对于热镀锌的需求越来越广，水暖、电气、电力、电讯及其它建筑器材和某些民用器材均需热镀锌。近年来，国内的热镀锌工作发展极为迅速，凡有条件的地方都开始采用热镀锌工艺，以适应和满足国内建设和出口的需要。

在国外，一些工业发达国家，虽然电镀技术相当发达，但由于电镀锌的性能远比不上热镀锌，因此正在大力发展热镀锌技术。特别是第5次关于热浸镀锌方面的国际会议（Fifth International Conference on Hot Dip Galvanizing · 1958）以后，热镀锌成为世界各国公认的一种经济实惠的材料保护工艺之一，并且被纳入国家和国际标准之列。

§ 1—2 热镀锌的基本原理

热镀锌和电镀锌不一样。电镀锌是在电解过程中，使阴极上形成锌的镀层。实际上，电镀锌是使锌原子逐渐沉淀的一个沉积过程。即在开始电镀时，在铁基表面生成细微的小结晶核，这种单个的结晶核随着电镀时间的延长而增加，最后连成一片而形成了镀层。与此截然相反，热镀锌不是沉积过程，而是锌对铁的溶解过程，是熔融锌液对铁的溶解而形成的一种镀层。这种过程，实际上是一种焊锌挂膜的过程。

热镀锌层的形成，如图 1 所示，是经以下步骤实现的：

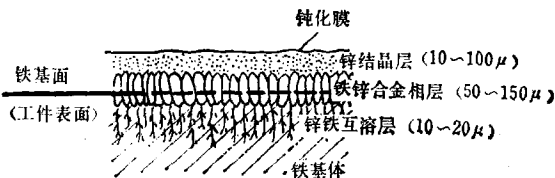


图 1 热镀锌的镀层结构

1. 铁基表面被锌液溶解。
2. 铁在被锌液溶解的过程中形成铁锌合金，并继续扩散。
3. 在铁锌合金层的表面包络着锌层，锌层冷却结晶，形成锌的镀层。

因此，经过去污除锈的钢铁材料，直接浸入熔融的锌液中得到的这种镀锌保护层，结合非常牢固。同时，它的扩散能力与覆盖能力远比电镀锌要好。

所谓扩散能力和覆盖能力，就是镀层在被镀材料表面上的均匀性和完整性。扩散能力又叫均镀能力，它是指镀层厚度的均匀分布能力；覆盖能力又叫深度能力、遮盖能力或着落能力。就这两种能力而言，热镀锌要比电镀锌强得多。例如，工件材料上的深凹处、或者管形件的内孔孔壁，电镀锌往往镀得很浅，甚至镀不上。而热镀锌，不论工件形状如何复杂，均能获得内外一致的良好镀层。

总之，热镀锌的过程实际上是锌液对工件材料铁基表面的溶解过程。根据生产实践和试验，国内把这种过程分为5类：

第1类是发生在锌液温度 480°C 以下的溶解过程。在这种情况下，铁基表面的铁锌合金相的结构紧密，并牢固地粘附在铁基体上。所以，在这种情况下，如果在锌液中不加入其它添加剂时，浸镀速度比较缓慢，镀层也比较厚。

第2类是发生在锌液温度 540°C 左右的溶解过程。在这种情况下，生成的铁锌相合金层紧密而牢固，又由于锌液的流动性较好而缩短了锌对铁基溶解扩散的路程，所以，这类溶解速度要比第一类快一些。也就是说，浸镀时间要短一些。

第3类的特点是强烈的恶性溶解过程，这个温度在 495°C 左右。在这种情况下，形成的铁锌合金相呈多孔状，因此相当疏松，与铁基的结合不良，极易脱落。熔融锌液对铁基表面的侵蚀溶解在不断地进行，对浸镀十分不利。

第4类是指发生在锌液温度高于 620°C 时的溶解情况。在这种情况下，铁锌合金相很快就会形成，这是一类速度最快的浸镀温度。

第5类是一种急剧的具有破坏性的溶解过程，这个过程
的锌液温度在 660°C 以上。此时，所形成的铁锌合金会被
锌液直接扩散或带走，铁锌之间的溶解和化合反应不断地迅速
进行着。铁基表面失去了挂锌的机会，锌液无法粘附于铁基
表面。这是一类破坏浸镀条件的溶解类型。

因此，在整个热镀锌施工的工艺过程中，选择和控制适
当的锌液温度，是保证产品质量，提高作业效率，降低生产
成本的关键。

§ 1—3 热镀锌的基本工艺过程

热镀锌的整个工艺过程，可分为镀前处理、热镀施工和
镀后处理三个基本工艺阶段。

一、镀前处理

在欲镀锌的工件中，除了机加工成形的零件外，不论锻
压、焊接以及铸造成形的零件，都要进行表面处理或表面清
理工作。其中除了铸件必须进行喷丸或抛丸清理外，其它钢
铁件则要进行去油除锈处理。镀前处理的目的是，除去被镀
工件表面残留的型砂微尘、氧化皮及油垢等，使工件的铁基
材料在洁净的状态下进行热镀锌，以保证镀层的质量。

二、热镀施工

电镀是单纯的电解过程，而热镀则包括浸渍盐酸、进锅
浸镀、直到清水冷却等一整套工艺过程。而且中间衔接很
紧，基本上没有什么停顿和间断，是连续不停地进行着。因
此，为了获得质量优良的镀层，就必须严格遵循热镀施工过
程的操作规范，把握好每一工序的时间和工艺配方，选择和

控制要求的锌液温度，以及掌握熟练而灵活的作业技巧。

三、镀后处理

在一般情况下，热镀锌在镀后不作其它处理。如果是为了装饰或增强防腐能力，就要将镀件再行钝化，或加涂一层有机膜。镀后处理也包括对不良镀层的补救和返工工作，还包括对锌液灰渣的清理工作。总之，热镀锌的镀后处理，是一项辅助性的工作，但也是一项工艺性较强的工作。

四、热镀锌的工艺流程

热镀锌的工艺流程主要包括：表面清理→浸盐酸及助溶剂→脱水→浸镀→爆光冷却。

详细流程如图 2 所示。

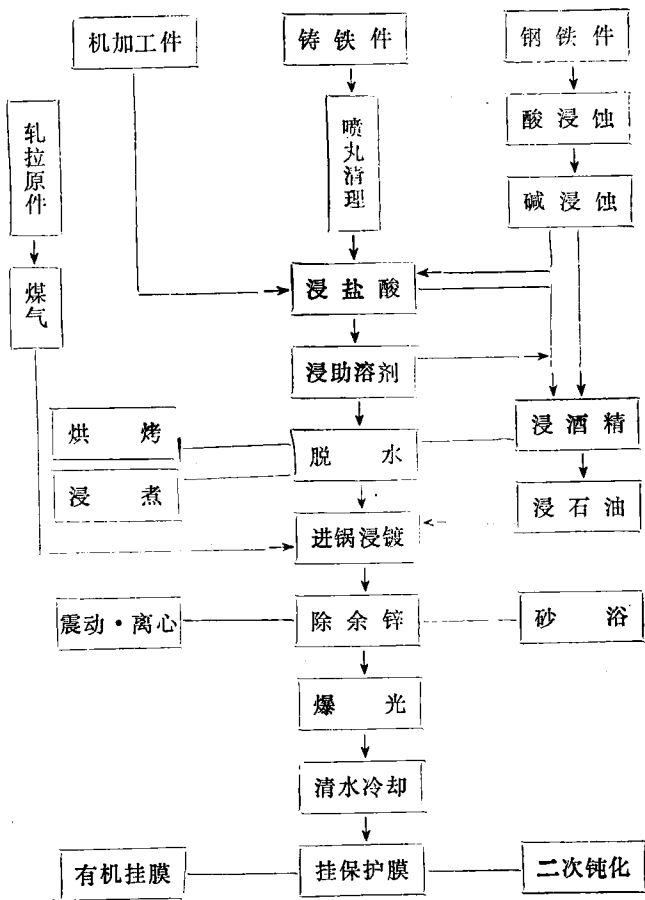


图2 热镀锌工艺流程

第二章 镀前处理

§ 2—1 概述

被镀工件的表面情况如何，对于热镀锌的质量至关重要。若要获得优良的镀锌层，就必须认真地进行对工件表面的处理工作，这是保证整个工艺过程效果的必要条件。

在电镀作业中，即使工件表面的油垢和氧化皮没有清理干净，镀锌层仍然有可能沉积在上面。当然，镀层与铁基之间可能形成夹层，导致起皮、起泡或花斑等不良情况。在热镀锌作业中，如果工件表面清理得不彻底，那么就会阻碍锌层的附着。这种在工件上镀不上锌的情况，在热镀锌中被叫做“缺锌”。

如果被镀工件的表面粗糙而且不平整，虽然并不影响热镀锌工作的进行，但是，镀出来的工件，同样是粗糙、不平整的，当然也不光亮。粗糙不平的镀锌层，其抗腐蚀能力要低于平整而光滑的镀层。显然，粗糙的镀锌层达不到理想的防腐和装饰的目的。所以，在热镀之前，必须用机械或化学的方法，尽可能将其工件清理平整干净，以满足热镀锌对工件表面的光洁度要求。

对工件的表面处理工作来说，热镀锌要比电镀简单。因为机加工成形的工件，基本上可以不进行镀前处理，而直接进行热镀施工。对于用其它方法加工成形的工件，只须进

行化学处理就行了；而对铸造成形的工件，则要用机械方法进行处理。

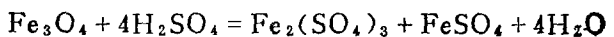
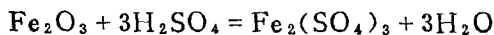
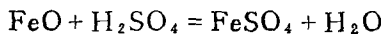
热镀锌工艺当中，工件表面在加工过程中所残留的油污、油膜和其它有机质，并不妨碍镀锌，因为这些物质在镀锌时，由于高温的关系，被燃烧或挥发掉了。影响热镀锌质量的因素，主要是工件表面的氧化皮和硫化铁层，至于较薄的铁锈并不会对热镀锌带来很大的影响。尽管如此，也不能对热镀锌的镀前处理工作有所忽视。因为，镀前处理工件的好坏，决定着整个热镀锌工艺的优劣。

§ 2—2 钢件的镀前处理

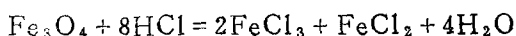
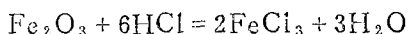
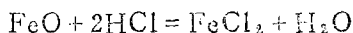
对于机加工成形的各种钢铁件，一般不作任何镀前处理，就可直接进入热镀锌。

对于用其它方法加工成形的钢铁件，比如锻压成形的工件，焊接成形的工件，轧制和拉制成形的工件，由于其表面一般有一层较厚的氧化皮，以及其它不良情况，所以都要进行酸液浸蚀处理。用于对钢铁件浸蚀的酸常有硫酸(H_2SO_4)、盐酸(HCl)、或两者按比例组成的混合酸。通过酸浸蚀使工件表面的氧化铁(Fe_2O_3)、氧化亚铁(FeO)和四氧化三铁(Fe_3O_4)生成可溶于水的盐类。其化学反应如下：

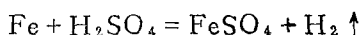
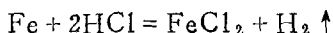
与硫酸的反应：



与盐酸的反应：



铁与酸的反应：



由于铁的各种氧化物和酸的反应速度是不一样的，同时，又由于在酸中除去铁的氧化皮时，也必然会伴随铁基被酸溶解和氢气的析出。所以，酸浸蚀使得氧化皮疏松和剥离。然而同时也会产生一些弊病，例如酸的过分消耗、铁的过蚀、甚至因渗氢而产生氢脆等。采取的措施，可在酸中加入2%左右的缓蚀剂。一般加入的缓蚀剂有“若丁”（邻二甲苯硫脲）和硫脲，因为它们具有在钢铁基体表面上吸附形成薄膜的作用，可以把铁与酸隔离开，以防止铁基表面的过蚀和氢脆的发生。工艺规范如下。

首先在酸槽中加入2/3容积的水，然后根据水量按以下配方配制溶液：

硫酸（ H_2SO_4 ）（浓度为10%）	100~200克/升
盐酸（ HCl ）（浓度为10%）	100~200克/升
若丁	0.3~0.5克/升
温度	常温
浸蚀时间	5~20分钟

因为工件在浸蚀后，往往在表面上带有残渣和灰泥，所以还要通过碱液的中和处理，其工艺规范：

氢氧化钠（ NaOH ）	100~200克/升
温度	>80℃