

前 言

本标准等同采用 ISO 12683:2004《机械镀锌层 技术规范和试验方法》(英文版)。

本标准根据 ISO 12683:2004 翻译起草。

为了便于使用,本标准做了下列编辑性修改:

——将附录 A 的标题“附加信息”改为“机械镀锌工艺过程及镀层特性”;

——删除国际标准的前言,增加了我国标准前言;

——“本国际标准”一词改为“本标准”;

——引用了与国际标准相对应的国家标准。

本标准的附录 B 为规范性附录,附录 A 为资料性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国金属与非金属覆盖层标准化技术委员会(SAC/TC 57)归口。

本标准主要起草单位:武汉材料保护研究所、北京永泰和金属防腐技术有限公司、马鞍山鼎泰科技股份有限公司、武汉康捷科技发展有限公司、杭州天堂伞业集团有限公司。

本标准主要起草人:贾建新、张德忠、吉静、张宏伟、史志民、刘冀鲁、喻晖、何杰、陈晓雷、龚大舒。

机械镀锌层 技术规范和试验方法

1 范围

本标准规定了金属工件上保护性机械镀锌层的要求。本标准还描述了机械镀锌层相关的试验方法。

注：附录 A 描述了一种机械镀锌的金属覆盖层加工工艺。本标准中适合机械镀的金属是锌。

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。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划 (GB/T 2828.1—2003, ISO 2859-1:1999, IDT)

GB/T 3138 金属镀覆和化学处理与有关过程术语 (GB/T 3138—1995, neq ISO 2079:1981)

GB/T 4955 金属覆盖层 覆盖层厚度测量 阳极溶解库仑法 (GB/T 4955—2005, ISO 2177:2003, IDT)

GB/T 4956 磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法 (GB/T 4956—2003, ISO 2178:1982, IDT)

GB/T 6462 金属和氧化物覆盖层 厚度测量 显微镜法 (GB/T 6462—2005, ISO 1463:2003, IDT)

GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验 (GB/T 10125—1997, eqv ISO 9227:1990)

GB/T 12334 金属和其他非有机覆盖层 关于厚度测量的定义和一般规则 (GB/T 12334—2001, ISO 2064:1993, IDT)

GB/T 16921 金属覆盖层 覆盖层厚度测量 X射线法 (GB/T 16921—2005, ISO 3479:2000, IDT)

GB/T 18253 钢及钢产品 检验文件的类型 (GB/T 18253—2000, eqv ISO 10474:1991)

GB/T 19349 金属和其他无机覆盖层 为减少氢脆危险的钢铁预处理 (GB/T 19349—2003, ISO 9587:1999, IDT)

GB/T 20017 金属和其他无机覆盖层 单位面积质量的测定 重量法和化学分析法评述 (GB/T 20017—2005, ISO 10111:2000, IDT)

GB/T 26107 金属与其他无机覆盖层 镀覆和未镀覆金属的外螺纹和螺杆的残余氢脆试验 斜楔法 (GB/T 26107—2010, ISO 10587:2000, IDT)

ISO 9220:1988 金属覆盖层 厚度测量 扫描电镜法

3 术语和定义

GB/T 3138、GB/T 12334 中确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

机械镀层 mechanically deposited coating

在一旋转滚桶内，存在冲击介质（通常为玻璃珠）及适当化学介质的条件下，不需电流或加热，将金

属粉末紧密地涂敷到适当处理的金属基体上获得的覆盖层。

3.2

镀层表观密度 **apparent coating density**

根据 GB/T 6462 测定的镀层厚度与 GB/T 20017 测定的单位面积质量计算获得。

4 需方认可并以文件形式确立的资料和要求

4.1 通则

由合同各方认可的下列相关条文规定的条款,应以文件形式确立。订立并核实合同前,应使其条款符合本标准明确规定的要求和以文件形式确立的 4.2 和 4.3 所列的条款。

4.2 必要资料

应提供以下资料:

- a) 本标准的标准号;
- b) 基体金属特性、基体表面状况和粗糙度;
- c) 工件的抗拉强度以及镀前降低应力的要求(见 7.1 和 7.2);
- d) 使用条件号(见 6.1)或镀层分类号(见 6.2);
- e) 附加后处理的要求(见 6.2 和 A.3);
- f) 非主要表面上缺陷可接受的程度和位置(见 8.2);
- g) 测量镀层厚度的位置,可接受的最大厚度和采用的测试方法(见 8.3);
- h) 采用的抽样程序(见第 9 章);
- i) 结合强度试验方法(见 8.4);
- j) 合格证明的要求(见第 11 章);
- k) 外观的特殊要求(见 8.1)。

4.3 附加资料

可要求提供下列附加资料。如果需要提供这些资料,则其要求应由需方规定:

- a) 特殊的镀后处理(见 A.3);
- b) 已镀工件的特殊包装要求;
- c) 规定以外的试验报告的其他要求。

5 基体

本标准没有规定工件机械镀锌前金属基体的表面状态、精饰条件或表面粗糙度。但是,应该认识到镀层表面的粗糙度取决于金属基体的原始粗糙度,因此,由基体引起的镀层粗糙度不应作为机械镀锌拒收的理由。

6 镀层分类和标识

6.1 使用条件号

使用条件号表示使用环境的严酷性(见 EN 12500:2000,附录 E)。

6.2 锌镀层厚度和后处理类型

锌镀层应按表 1 和表 2 要求的厚度和附加后处理进行分类。

表 1 机械镀锌的最小厚度

类型	最小厚度/ μm
Zn107M(Fe)	107
Zn81M(Fe)	81
Zn66M(Fe)	66
Zn53M(Fe)	53
Zn40M(Fe)	40
Zn25M(Fe)	25
Zn12M(Fe)	12
Zn8M(Fe)	8
Zn6M(Fe)	6

表 2 附加后处理

类型	说 明
1	机械镀,不带后处理
2	黄色、暗绿或黑色铬酸盐转化处理
3	需方规定的后处理

7 预处理要求

7.1 镀前降低应力的处理

当需方有规定时,抗拉强度等于或大于 1 000 MPa(31 HRC)和经过机加工、磨削、矫直或冷成型的钢铁工件,在清洗和机械镀前应进行降低应力处理。降低应力的热处理程序和方法应由需方规定,或需方根据 GB/T 19349 确定合适的程序和方法。降低应力的热处理应在电解处理前完成。

7.2 清洗

在氢存在下易产生脆性的高强度钢,机械镀前应通过碱性溶液非电解清洗或碱性溶液阳极电解清洗。

产生了重氧化或有刻痕的高强度钢应采用含有缓蚀剂的酸进一步清洗以避免氢脆的产生。

8 检验

8.1 外观

肉眼或校正视力下目测已镀工件主要表面,不应有明显可见的凸瘤、麻坑、粗糙、裂纹或未镀区域,也不应有褪色和脱色。非主要表面上缺陷的可接受的程度和位置应由需方规定。镀层应具有均匀的银色外观,其光泽为无光至中等亮度的光泽。

注:当基材光滑、没有碎金属、夹杂物、空隙及其他缺陷时,往往能在其表面获得较好的加工(精饰)效果。金属精饰者常常可以采用特殊的处理方法(如研磨、抛光、磨料喷射、化学处理和电抛光等方法)去除缺陷。但是,这不是精饰加工的正常步骤。必要时这些处理方法应由需方规定。

8.2 表面缺陷

由基材表面条件和精加工引起的镀层外观缺陷和变异(如刮伤、针孔、滚印、夹杂物等)不应成为拒收的理由。

镀层外观应是均匀的,不应有影响镀层功能的缺陷,例如凸瘤、麻坑、结节、剥落等。镀层应镀覆所有表面,包括螺纹根部、螺纹顶部、拐角处和边缘处。镀层在一定程度上不应脱色,否则会影响镀层外观,而这种外观被视为功能要求。但是,由漂洗引起表面污迹及颜色或出光的变化不应成为拒收的理由。

注:通常情况下机械镀的镀层不如电镀层光滑或光亮。

8.3 厚度

整个主要表面上镀层厚度的测量应符合 GB/T 12334 的规定。

镀层厚度可用以下方式测定:GB/T 4955(库仑法),GB/T 4956(磁性方法),GB/T 6462(显微镜法),GB/T 16921(X 射线光谱法)。其他方法如能验证与 GB/T 4955、GB/T 4956、GB/T 6462 和 GB/T 16921 厚度测量值的不确定度小于 10%,则这些方法也可以用于厚度测量。

镀层厚度的测量应在产品的主要表面或规定的部位进行。

经过后处理(见表 2)的镀层,其厚度测量应在补镀或后处理之前进行。对于 2 类铬酸盐转化膜,镀层厚度测量之前用手指蘸上柔性的研磨剂(例如浮型氧化铝或氧化镁)轻轻将其从测试区擦除。

注 1: 2 类镀层在铬酸盐转化过程中会溶解少量的锌。因此,应在铬酸盐转化后进行厚度测量以满足厚度要求。最小厚度应符合表 1。

注 2: 机械镀层通常在暴露的边缘和尖锐部位会比较薄,在平面和凹处镀层会比较厚。

注 3: 本标准所要求的镀层厚度是指最小厚度,即主要表面上任一点的镀层厚度应该等于或者大于规定厚度。表面每点的镀层厚度值各不相同是机械镀的特性。因此,某些点镀层厚度应该超过规格值,才能保证所有点厚度等于或者大于规定值。在多数情况下,工件上的平均厚度应大于规定值;厚度应大于规定值多少依工件形状和沉积过程特性而定。

8.4 结合强度

检测锌镀层与基材的结合强度时,试验方法应与镀件的使用要求一致。用剥离法将镀层与基材分离与由镀层或基材断裂引起的剥落明显不同,因而剥离的难易程度可作为结合强度好坏的判据。结合强度可以由以下方法之一进行测定:

——弯曲试验:使部件从塑性变形直至破裂,如果有规定按照规定进行。

——划痕试验:被镀物件表面用尖锐物、刀子、刀片划穿至基材,并且用 4 倍放大镜检查划痕和切痕。

注:还没有很好的方法评估机械镀层的结合强度。以上是经常使用的方法。但是,在特殊情况下用其他的方法可能更适合。GB/T 5270 描述了结合强度试验的各种方法。

8.5 耐蚀性

根据 GB/T 10125 进行中性盐雾试验(NSS)时,每个等级的镀层应持续表 3 规定的最短暴露时间(以 h 计)才开始出现明显腐蚀。

注:如果附加 2 类铬酸盐转化膜(见表 3)的工件既要检查白锈也要检查红锈,则可用替代试样来确定白锈与红锈的终点。这就允许试验可不间断地持续所要求的两个实验周期多的时间,且不必根据 GB/T 10125 在检验时先清洗试样。

附加 2 类铬酸盐转化膜的工件在盐雾试验之前应在室温下放置 24 h。

附加 3 类处理(上蜡,染色等)的工件不应用作耐蚀试验的试样,以考察是否满足要求。

表 3 加速盐雾试验的最小暴露时间(GB/T 10125)

等级	后处理类型	开始出现腐蚀的时间/h	
		白锈	红锈
Zn 110 M(Fe)	1	无要求	500
	2	72	500
Zn 80 M(Fe)	1	无要求	400
	2	72	400
Zn 65 M(Fe)	1	无要求	350
	2	72	350

表 3 (续)

等级	后处理类型	开始出现腐蚀的时间/h	
		白锈	红锈
Zn 50 M(Fe)	1	无要求	300
	2	72	300
Zn 40 M(Fe)	1	无要求	250
	2	72	250
Zn 25 M(Fe)	1	无要求	192
	2	72	192
Zn 12 M(Fe)	1	无要求	72
	2	48	144
Zn 8 M(Fe)	1	无要求	48
	2	48	96
Zn 6 M(Fe)	1	无要求	24
	2	24	48

在表 3 规定的试验周期结束时,用目视或矫正视力在通常的阅读距离内观测,白色(锌)或者红色(亚铁或三价铁)腐蚀物质出现表明其耐蚀性不合格,若这些腐蚀物只在工件的边缘出现则除外。相对于明显的腐蚀产物,轻微的白色腐蚀是可以接受的。

附加 2 类转化膜的工件,需要更长的时间才会出现白色或红色腐蚀物。例如,对于 Zn 8 M(Fe) 类型 2,如果 48 h 后没有白色腐蚀物出现,则试验需要继续 96 h。同样,对于 Zn 25 M(Fe) 类型 2,如果 72 h 后没有白色腐蚀物出现,则试验总共需要 192 h。

注 1: 机械镀只是一种滚筒加工工艺。工件经过机械镀所产生的镀层与通过挂镀所产生的表面具有不同的性质。同样,工件的腐蚀试验结果与试样的试验结果也可能不同。

盐雾试验要求可适当地验证加工工艺的技术质量,但是,这些要求对于实际工件的验收可能不切实际。在这种情况下,需方应该在订货单上注明要求。

注 2: 在许多情况下,加速腐蚀试验的结果与在其他介质中的抗腐蚀能力是没有直接关系的,因为影响腐蚀过程的某些因素,例如保护膜的形成,受外界的影响有很大的不同。因此,试验的结果不能作为材料在使用中的耐蚀性的直接依据。

8.6 无氢脆试验

弹簧和其他承受弯曲的高强度工件在镀覆后需要在室温下至少放置 48 h,之后再载荷、弯曲或者使用。这种高强度钢件不会有氢脆。需方订单有规定时,应按照 GB/T 26107 进行无氢脆的检测。

注: 机械镀的主要优势是在镀覆过程中不会使硬化钢产生氢脆。然而,某些清洗过程中会产生明显的氢脆。合适的后续工序和 7.2 规定的清洗方法可能会产生轻微程度的氢脆,这种氢脆通常只需在室温下自我释放 24 h。

9 抽样

应根据 GB/T 2828.1 从检验批中随机抽取样本。应检查样本中的工件是否符合本标准的要求,并且根据抽样程序的标准,将检验批分为合格批或不合格。

检验批应定义为同类型工件的集合,它们是按同一规范,由同一供方在同一时间段或大致相同的时间里,在完全一致的条件下镀覆的,并且它们作为一组进行接收或拒收检验。绝不能将超过一周时间生产的产品作为一个检验批。

如果试验中用独立试样代替镀覆工件,则替代试样应具有相同的性质、尺寸和数量,并按 8.4 的要求进行试验。

注: 如果工件的尺寸、形状或者材料不适合试验,或者不适合破坏性试验,例如工件很昂贵或者有数量限制等因素,那么试验可用替代试样替代镀覆的工件。

如果需要使用替代试样,那么替代试样的数量、组成材料、形状和尺寸应符合需方的规定。

试样应具有和工件一样的影响试验特性的那些特点,并且与工件一起通过那些影响性质的加工步骤。

代替工件进行结合强度、耐蚀性或外观试验的试样,其构成材料、冶金条件应与替代的工件一样,并且与替代工件属于同一产品批,还一起进行相同的工艺操作。

代替工件进行厚度试验的试样,应被引入到进行单层或多层覆盖层的加工工序中,并且应通过影响镀层厚度的所有步骤。

当用试样代替镀件进行厚度试验时,不需要试样与镀件具有相同的厚度分布,除非试样与镀件形状和尺寸一样。因此,根据试样厚度试验的结果对镀件进行验收之前,应确定试样的厚度与镀件的厚度之间的关系。接受的原则应为试样厚度符合镀件厚度的要求。

10 返镀

拒收工件可进行返镀时,在返镀前应使用不产生氢脆的工艺除去金属镀层。

11 合格证明

11.1 通则

若订单有要求,供方或生产方应提供符合本标准和合同要求的合格证明和/或关于检验结果的试验报告。

11.2 常规情况

供方应根据 GB/T 18253 中 2.1 的规定提供符合订货单要求的合格证书。

11.3 特殊情况

若订单有要求,则应根据 GB/T 18253 提供其他类型的试验报告。试验报告的类型应在订货单中明确规定。

附录 A

(资料性附录)

机械镀锌工艺过程及镀层特性

A.1 镀层加工过程

机械镀锌通常包含 a) 到 g) 步骤(其顺序如下):

- a) 表面预处理:用化学方法(见 7.2)对待镀工件的表面进行预处理,以便进行 b) 步骤,并且将工件表面清洗干净及充分除去氧化皮。
- b) 薄铜层的沉积:在一个适宜的化学溶液中,不用电流,采用浸渍法沉积薄铜层。
- c) 促进处理:促进金属粉末均匀沉积。
- d) 镀覆:将工件放入存在下列物质的滚筒中(见 3.1)进行处理:
 - 冲击介质,例如,玻璃珠或其他在沉积过程中呈现化学惰性的物质;
注:冲击介质借助机械力驱使金属粉末冲向工件表面。
 - 液体介质,通常包含水和特殊有机酸材料,以避免氧化的生成,同时保持有效的活性直到沉积过程结束;
 - “促进剂”或“加速剂”,促进金属粉末均匀沉积;
 - 粉末状态的金属锌(见附录 B)。
- e) 分离:将工件从固体和液体介质中分离出来。
- f) 漂洗。
- g) 干燥。

A.2 镀层户外耐蚀性

机械镀很大程度减少了氢脆的风险,并且适合处理不便于电镀的深孔和凹槽工件。锌层通常用于防腐蚀。锌镀层的耐蚀性主要取决于镀层重量、后处理(如果有)及工件暴露的环境类型。所有厚度的锌镀层可替代其他有效的覆盖层工艺。表 A.1 给出的数据是通过广泛的试验得到的,并且可以用于比较各种大气环境中锌层的行为。其数值仅仅具有指示性,因为在全世界不同地区的独立研究得到的结果,其数值与这些平均值相差很大。

表 A.1 镀层户外耐蚀性

大气环境	机械镀锌平均腐蚀速率/($\mu\text{m}/\text{年}$)
工业和沿海	6.5
城市非工业或沿海	1.7
城郊	1.5
农村	0.9
室内干燥	大大低于 0.6

A.3 特殊后处理类型

A.3.1 1类镀层

1类镀层(单纯锌层)通常用于低价值的防护,其初期形成的白色腐蚀产物对使用无害;也常常用于高温至 120 $^{\circ}\text{C}$ 的防护,这时铬酸盐的功效大部分被破坏了。

A.3.2 2类镀层

2类镀层(有色铬酸盐转化)铬酸盐转化膜具有颜色(黄色、橄榄色、青铜色等)(见表A.2),这种镀层用于延缓镀件白锈的生成,或提供客户需要的特殊用途的颜色。

表 A.2 2类铬酸盐转化膜的分类

标识	类型	典型外观
A ^a	无色	透明,无色至浅蓝
B ^a	漂白	透明,略带彩虹色
C	彩虹色	黄色,泛彩
D	不透明	橄榄绿,浅褐色或青铜色
E	黑色	黑色,泛彩
注:机械镀的特性是机械镀层的颜色与电镀层的不同,其色泽较电镀层暗淡。		
^a 白锈耐腐蚀性较差。		

A.3.3 3类镀型

为满足特殊用途,1类镀层或2类镀层上可进行如涂蜡、染色等补充处理。

A.4 镀层重量与厚度的关系

机械镀获得的镀层密度与热浸镀获得的镀层密度不同。因此,单位面积的质量相同的两类镀层其厚度不同。

由于镀层密度和化学性质的不同,对应的环境以及腐蚀试验也不同,应认识到表A.3并不企图提供关于耐蚀性的任何信息。

表 A.3 最小厚度、最小单位面积的质量和锌类型之间的相互关系

最小锌镀层厚度 μm	分 类	锌镀层最小质量 测试试样的平均值 g/m^2
107	110	610
81	80	458
66	65	381
53	50	305

附录 B
(规范性附录)
锌粉规格

机械镀锌最常用的锌粉可以从各类供应商处获得。为了获得高效的沉积和耐蚀性好的镀层,应使用无氧化物、无化学或其他杂质的锌粉,并且锌粉的颗粒分散应特别均匀(见表 B.1)。

表 B.1 锌粉的化学特性

成分	含量
锌总量	最低 99.0%
金属锌(Zn)	最低 96.5%
铅(Pb)	最高 0.05%
铁(Fe)	最高 0.005%
其他元素	微量

注:粉末应是流体的。

表 B.2 和表 B.3 提供了锌粉颗粒分布特性指标。一般使用情况下,锌粉应如表 B.2 所述。

表 B.2 锌镀层小于或等于 25 μm 时锌粉颗粒的质量规格

形式	基本球形颗粒
粒子尺寸	平均直径 5 μm ~7 μm (费氏微筛分粒器)
颗粒分布 (库尔特颗粒计数器)	粒子直径小于 2 μm ,最高 2%; 粒子直径小于 20 μm ,最低 98%
过筛	325 目筛网过筛:最低 99.7%

表 B.3 锌镀层大于 25 μm 时锌粉颗粒的质量规格

类型	球形颗粒
粒子尺寸	平均直径 8 μm ~17 μm
颗粒分布 (过筛)	100 目筛网:微量; 325 目筛网:3%~4%

参 考 文 献

- [1] GB/T 5270 金属基体上的金属覆盖层 电沉积和化学沉积层 附着强度试验方法评述 (GB/T 5270—2005, ISO 2819:1980, IDT).
- [2] GB/T 6461 金属基体上金属和其他无机覆盖层 经腐蚀试验后的试样和试件的评级 (GB/T 6461—2002, ISO 10289:1999, IDT).
- [3] GB/T 6463 金属和其他无机覆盖层厚度测量方法评述 (GB/T 6463—2005, ISO 3882:2003, IDT).
- [4] GB/T 14165 金属和合金 大气腐蚀试验 现场试验的一般要求 (GB/T 14165—2008, ISO 8565:1992, IDT).
- [5] GB/T 20018 金属与非金属覆盖层 覆盖层厚度测量 β 射线背散射法 (GB/T 20018—2005, ISO 3543:2000, IDT).
- [6] EN 12500:2000, Protection of metallic materials against corrosion—Corrosion likelihood in atmospheric environment—Classification, determination and estimation of corrosivity of atmospheric environments.