



国际标准

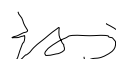
**ISO**  
**4042**

第三版  
2018-08

---

---

## 紧固件 — 电镀涂层系统



Reference number  
ISO 4042:2018(E)

© ISO 2018



**COPYRIGHT PROTECTED DOCUMENT**

© ISO 2018

All rights reserved. Unless otherwise specified, or required in the context of its implementation, no part of this publication may be reproduced or utilized otherwise in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, or posting on the internet or an intranet, without prior written permission. Permission can be requested from either ISO at the address below or ISO's member body in the country of the requester.

ISO copyright office  
CP 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Geneva  
Phone: +41 22 749 01 11  
Fax: +41 22 749 09 47  
Email: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Website: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Published in Switzerland

## 目录

页码

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| 前言                                           | v   |
| 引言                                           | vii |
| 1 范围                                         | 1   |
| 2 规范的引用                                      | 1   |
| 3 术语和定义                                      | 2   |
| 4 涂层的一般特性                                    | 3   |
| 4.1 涂层金属或合金及主要用途                             | 3   |
| 4.2 基本电镀涂层系统的建立                              | 3   |
| 4.3 涂层系统和涂层工艺                                | 4   |
| 4.4 内部氢脆                                     | 4   |
| 4.4.1 总则                                     | 4   |
| 4.4.2 硬度低于360HV的紧固件                          | 5   |
| 4.4.3 硬度等于及360HV以上和最高达390 HV的紧固件             | 5   |
| 4.4.4 硬度超过390 HV的紧固件                         | 5   |
| 4.4.5 根据ISO 898-1, ISO 898-2 和 ISO 898-3的紧固件 | 6   |
| 4.4.6 对渗碳硬化和回火螺钉的烘烤和测试要求                     | 7   |
| 4.4.7 冷作硬化的紧固件                               | 8   |
| 4.4.8 贝氏体结构的紧固件                              | 8   |
| 4.5 烘烤                                       | 8   |
| 5 防腐和测试                                      | 8   |
| 5.1 总则                                       | 8   |
| 5.2 锌基涂层系统中性盐雾试验 (NSS)                       | 9   |
| 5.3 二氧化硫试验 (Kesternich试验)                    | 10  |
| 5.4 散装搬运, 自动处理, 如输送和/或分拣、储存和运输               | 11  |
| 6 尺寸要求和测试                                    | 11  |
| 6.1 总则                                       | 11  |
| 6.2 ISO公制螺纹紧固件                               | 11  |
| 6.2.1 涂层厚度                                   | 11  |
| 6.2.2 可测量性和可装配性                              | 12  |
| 6.3 其他紧固件                                    | 12  |
| 6.4 厚度确定的测试方法                                | 13  |
| 7 机械和物理性能和测试                                 | 15  |
| 7.1 总则                                       | 15  |
| 7.2 外观                                       | 15  |
| 7.3 温度有关的耐蚀性                                 | 15  |
| 7.4 扭力/夹紧力的关系                                | 15  |
| 7.5 六价铬的确定                                   | 15  |
| 8 测试的适用性                                     | 15  |
| 8.1 总则                                       | 15  |
| 8.2 每批次强制测试                                  | 15  |
| 8.3 过程控制测试                                   | 16  |
| 8.4 买方规定的情况下进行的测试                            | 16  |
| 9 标记系统                                       | 16  |
| 9.1 总则                                       | 16  |
| 9.2 订单上电镀涂层系统的标记                             | 17  |
| 9.3 紧固件用无六价铬电镀涂层系统的标记实例                      | 18  |
| 9.4 标签用电镀涂层系统的紧固件的标记                         | 19  |
| 10 电镀的订购要求                                   | 19  |

|           |                                       |    |
|-----------|---------------------------------------|----|
| 11        | 储存环境                                  | 20 |
| 附录 A (信息) | 涂层紧固件的设计外表和装配                         | 21 |
| 附录 B (信息) | 氢脆的考虑                                 | 29 |
| 附录 C (信息) | 铬酸盐转化涂层与锌镀层的耐腐蚀性                      | 33 |
| 附录 D (信息) | ISO公制螺纹涂层厚度和螺纹                        | 34 |
| 附录 E (信息) | 根据ISO 9227, NSS进行测试的涂层系统—中性盐雾试验箱腐蚀性评价 | 42 |
| 附录 F (信息) | 基于ISO 4042:1999的紧固件电镀涂装系统的过时标记        | 51 |
| 参考文献      |                                       | 54 |

## 前言

ISO(国际标准化组织)是一个世界性的国家标准机构联合会(ISO会员机构)。编制国际标准的工作通常通过ISO技术委员会进行。对已设立技术委员会的问题感兴趣的每个成员机构都有权在该委员会任职。国际组织、政府和非政府机构,与ISO保持联系,也参与此项工作。ISO与国际电工委员会(IEC)就所有电工标准化问题密切合作。

在ISO/IEC指令第1部分中介绍了用于开发本文件的程序以及用于进一步维护的步骤。特别是应注意不同类型ISO文件所需的不同审批标准。本文件是根据ISO/IEC指令第2部分的编辑规则起草的(见[www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives))。

人们注意到,该文件的某些内容可能是专利权的主题。ISO不应负责识别任何或所有这些专利权。在文件编制过程中确定的任何专利权的细节将在介绍和/或在收到的ISO专利申报清单上(见[www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents))。

本文件中使用的任何贸易名称都是为方便用户而提供的信息,并不构成认可。

关于标准的自愿性质的解释,ISO特定术语和表达与一致性评估相关的含义,以及ISO在贸易技术壁垒(TBT)中遵守世界贸易组织(WTO)原则的信息,可以在以下网址:[www.iso.org/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html)看到。

本文件由技术委员会ISO/TC 2、紧固件、小组委员会14、表面涂层编写。

第三版取消并取代了第二版(ISO 4042:1999),该版本在技术上已经过了修订。与前一版相比,主要变化如下:

- 适用于所有紧固件,包括自攻钉和螺纹成型螺钉、垫圈、铆钉、夹子等;
- 专注于用于紧固件防腐的涂层;
- 适用于无附加层的电镀涂层系统(转换涂层、封闭层、外涂层、润滑剂);
- 最小耐蚀性规范(白色腐蚀和红锈);
- 包括关于氢脆和预防措施的最新知识;
- ISO 1891-2中规定的定义;
- 关于腐蚀试验,包括二氧化硫试验(Kesternich)和中性盐雾试验的校正;
- 包括可测量性和可装配性要求;
- 对于厚度的确定,添加足够的测试方法和删除批次平均厚度;
- 所有涂层系统的新命名系统;
- 机械和物理性能规范及相关测试方法;
- 有关涂层紧固件的设计方面和装配的信息;

- 用于ISO公制螺纹螺纹的涂层厚度和螺纹间隙的信息;
- 中性盐雾试验箱腐蚀性评估信息。

## 引言

本文件已完全修订,以考虑到与无六价铬钝化有关的新发展,封闭剂和顶层的应用,功能性的要求以及研究工作的结果,最大限度地减少氢脆风险。



# 紧固件— 电镀涂层系统

## 1 范围

本文件详细说明了钢制紧固件的电镀涂层和涂层系统的要求。与尺寸特性有关的要求也适用于铜或铜合金的紧固件。

还规定了减少氢脆的风险要求,并给出了建议;见 4.4 和 附录 B.。

主要适用于锌和锌合金涂层系统(锌、锌镍、锌铁)和镉,主要用于防腐和其他功能特性:

- 有或无转化涂层;
- 有或无封闭剂;
- 有或无外涂层;
- 有或无润滑剂(整体润滑剂和/或随后添加润滑剂)。

其他电镀涂层和涂层系统(锡、锡锌、铜锡、铜银、铜、银、铜锌、镍、镍铬、铜镍、铜镍-铬)的规范仅包括在与 ISO 公制螺纹紧固件相关的尺寸要求。

本文件适用于螺栓、螺钉、螺柱和螺母与ISO公制螺纹,适用于非ISO公制螺纹紧固件,以及非螺纹紧固件,如垫圈、销钉、夹子和铆钉。

[附录 A](#) 提供了涂层紧固件的设计和装配信息。

本文件不规定对焊接或涂漆等属性的要求。

注 其他国际标准规定不同的电镀工艺。对紧固件的电镀,除非另有约定,本文件的要求适用。

## 2 引用标准

在文本中引用了下列文档,使其部分或全部内容构成本文件的要求。对于日期引用,仅适用引用的版本。对于未注明日期的引用,引用文档的最新版本(包括任何修订)适用。

ISO 1456, 金属及其他无机涂层—镍,镍加铬,铜加镍和铜加镍加铬电沉积涂层

ISO 1463, 金属和氧化物覆盖层—覆盖层厚度的测定—显微镜法

ISO 1502, 公制螺丝螺纹的ISO通用情况—量规和测量

ISO 1891-2, 紧固件—术语—第2部分:涂层词汇和定义

ISO 2081, 金属涂层—铁和钢上的锌电解涂层

ISO 2082, 金属涂层—铁和钢上的铬电解涂层

ISO 2093, 锡电镀层规范和试验方法

ISO 2177, 金属覆层—覆层厚度的测量—阳极溶解库仑法

ISO 2178, 磁性基体上的非磁性涂层—涂层厚度测量—磁性法

ISO 3231, 色漆和清漆-耐二氧化硫湿空气作用的测定

ISO 3497, 金属镀层—镀层厚度测量—X射线光谱测定法

ISO 3613:2010, 锌、镉、铝—锌合金及锌—铝合金表面铬酸盐的转化镀层—测试方法

ISO 4521, 金属和其它无机镀层—工程用电镀银和银合金镀层—规范和试验方法

ISO 6988, 金属涂层和其它无机物涂层—在一般水分冷凝作用下的二氧化硫试验

ISO 8991, 紧固件的标记系统

ISO 9227, 人造环境中的腐蚀试验—盐雾试验

ISO 15330, 紧固件—检查氢脆用预载荷试验—平行支承面法

ISO 15726, 金属涂层和其它无机涂层—使用镍、钴或铁的电镀锌合金

ISO 16047, 紧固件—紧固扭矩/轴向预紧力试验

ISO 16228, 紧固件—检验文件的类型

ISO 19598, 金属镀层—附加无Cr(VI)处理的铁或钢表面锌和锌合金电镀层

ISO 21968, 金属和非金属材料的基础上非磁性金属镀层—镀层厚度测量—相敏涡流法

ASME B18.6.3, 机螺钉, 自攻钉, 和金属攻钻螺钉 (英制系列)

### 3 术语和定义

本文件的目的, ISO 1891-2和以下所给出的术语和定义适用。ISO和IEC维护在以下地址标准化的术语数据库:

— ISO在线浏览平台: <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: <http://www.electropedia.org/>

#### 3.1

##### 参考板

检查用于紧固件测试的试验箱腐蚀性水平的参考材料

## 4 涂层的一般特性

### 4.1 涂层金属或合金及主要用途

钢制紧固件电镀涂层系统主要应用于防腐和功能性能，如扭矩/夹紧力关系。

此外，还可以对其他功能特性或装饰性能进行比较;见附录A。

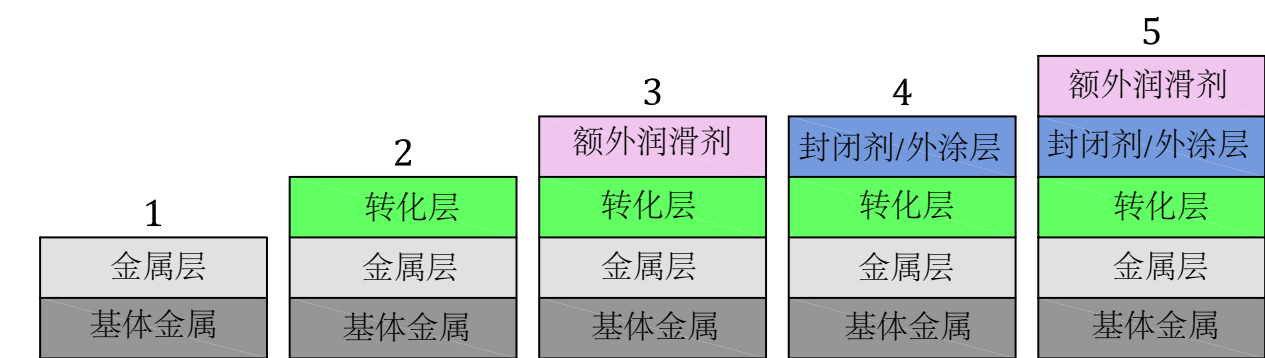
表1显示了常用的电镀涂层的主要用途和参考相关的ISO标准, 这些标准提供了本文档不包括的额外的一般信息，如代号。表1列出的一些国际标准规定了不同的电镀工艺。本文件的要求适用于紧固件的用途。

表1 — 根据其主要用途和相关 ISO 标准的电镀涂层

| 涂层金属                                                                    |                | 种类 | 紧固件涂层的主要用途 | ISO 标准               |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------|----|------------|----------------------|
| 符号                                                                      | 元素             |    |            |                      |
| Zn                                                                      | 锌              | 金属 | P/D/F      | ISO 2081, ISO 19598  |
| ZnNi                                                                    | 锌-镍            | 合金 | P/D/F      | ISO 15726, ISO 19598 |
| ZnFe                                                                    | 锌-铁            | 合金 | P/D/F      | ISO 15726, ISO 19598 |
| Cd                                                                      | 镉 <sup>a</sup> | 金属 | P/F        | ISO 2082             |
| Ni                                                                      | 镍              | 金属 | D/F        | ISO 1456             |
| Ni+Cr                                                                   | 镍-铬            | 多层 | D          | ISO 1456             |
| Cu+Ni                                                                   | 铜-镍            | 多层 | D          | ISO 1456             |
| Cu+Ni+Cr                                                                | 铜-镍-铬          | 多层 | D          | ISO 1456             |
| CuZn                                                                    | 黄铜             | 合金 | D          | —                    |
| CuSn                                                                    | 铜-锡(青铜)        | 合金 | F          | —                    |
| Cu                                                                      | 铜              | 金属 | F/D        | —                    |
| Ag                                                                      | 银              | 金属 | F/D        | ISO 4521             |
| CuAg                                                                    | 铜-银            | 合金 | F          | —                    |
| Sn                                                                      | 锡              | 金属 | F          | ISO 2093             |
| SnZn                                                                    | 锡-锌            | 金属 | F/P        | —                    |
| P 防腐 —<br>F 功能性质<br>D 装饰性质(颜色, 外观)<br>a 许多应用都限制或禁止镉 (残余的镉使用者主要是军事和航空工业) |                |    |            |                      |

### 4.2 基本电镀涂层系统的建立

图1显示基本的电镀涂层系统。



关键

- 1 仅金属层
- 2 金属层 + 转化层
- 3 金属层 + 转化层 + 额外润滑剂
- 4 金属层 + 转化层 + 封闭剂/外涂层
- 5 金属层 + 转化层 + 封闭剂/外涂层 + 额外润滑剂

图1 — 基本电镀涂层系统（示意图）

转化涂层增加了锌, 锌合金和镉涂层的防腐蚀。它可能是钝化 (无六价铬) 或铬酸盐 (含六价铬)。转换涂层还可以为额外的层和/或额外的颜色/油漆提供更好的附着力。

可选择附加的封闭剂/外涂层 (有或无整体润滑剂), 以提高耐腐蚀性并达到其他特定性能。(如扭矩/夹紧力性能, 对化学物质的抵抗, 机械阻力, 外表, 颜色, 热稳定性, 增强的电阻, 紫外线的耐辐射性)。

还可应用另一种润滑剂来调整或修正扭矩/夹紧力关系。

4.3 涂层系统和涂层工艺

在选择涂层系统和相关涂层工艺(见 附录A) 以及氢脆的考虑因素时, 应考虑紧固件的类型和几何形状(见 附录B)。

电镀工艺应根据公认的标准和/或与客户达成协议的规范进行控制。

4.4 内部氢脆

4.4.1 总则

如果以下三个条件同时出现在紧固件上:

- 具有高抗拉强度或硬度, 或经渗碳硬化并回火或冷加工至高硬度,
- 在拉伸应力下, 和
- 吸收了氢,

存在内部氢脆的风险 (IHE)。

对IHE的敏感性随着紧固件材料的硬度增加而增加。

表2中规定了根据硬度来防止IHE的淬火和回火紧固件的适当措施。根据ISO 898-1、ISO 898-2和ISO 898-3的紧固件，适用于表3、4和5。

表 2 — 与IHE有关硬度的淬火和回火紧固件的措施

| 360 HV                                |                                                 | 390 HV                                              |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| A                                     | B                                               | C                                                   |
| 没有对IHE的补充过程验证或产品测试<br><br>和<br>没有必要烘烤 | 对IHE的补充过程验证和/或产品测试<br><br>或<br>烘烤<br>(紧固件制造商选择) | 对IHE的补充过程验证和/或产品测试<br><br>和<br>烘烤<br>(应规定烘烤温度和持续时间) |
| 见 4.4.2                               | 见 4.4.3 和 B.6                                   | 见 4.4.4 和 B.6                                       |

#### 4.4.2 硬度低于360HV的紧固件

当电镀紧固件的最大硬度低于360HV (在表2, 3, 4 和 5中的A), 不需要对IHE进行补充过程验证, 也不需要烘烤。

#### 4.4.3 硬度等于及360HV以上和最高达390 HV的紧固件

当电镀紧固件的最大硬度等于或超过360HV, 到并包括390 HV (在表2, 3, 4 和 5中的B) 时, 不需要进行烘烤, 提供对IHE的补充过程验证和/或产品测试。然而, 采购商可以不要求烘烤。

对于在这个指定的硬度范围内的紧固件, 电镀不会造成IHE的风险。如果在产品测试中出现失效, 就不能假定烘烤这些零件可以防止这样的失效: 对紧固件材料的冶金和物理条件应进行不符合规定的调查。更多信息, 见 B.4.

#### 4.4.4 硬度高于390 HV的紧固件

当电镀紧固件的最大硬度超过390 HV (在表2, 3 和 5中的C), 时, 需要烘烤; 见B.4 f以获得最低推荐的烘烤温度和持续时间。

下列应用可豁免:

- 设计或标准未规定其承受拉伸应力的紧固件 (如根据ISO 898-5的紧定螺钉), 不需要烘烤, (见 B.2),
- 感应感化末端 (如: 螺纹成型螺钉) 不应考虑按表2的关系进行相关的测量, 因为他们的末端凸出通过适配件形成螺纹时不承受拉伸应力。

碱性的锌-镍电镀 (镍含量从12 % 至 16 %), 由于IHE的低风险尽可能避免烘烤 (见 B.3)。不执行烘烤的决定应根据测试 (见 B.6) 和供需双方的协议。

注 对于酸性锌-镍电镀, 研究显示与碱性锌-镍电镀的有相似的好处, 然而烘烤避免氢脆则需要更多的数据。

## 4.4.5 根据 ISO 898-1, ISO 898-2 和 ISO 898-3 的紧固件

根据 ISO 898-1, ISO 898-2 和 ISO 898-3 的紧固件, 适用于表3, 4 和5。

表3 — 根据ISO 898-1的规定与IHE有关的措施

| 根据ISO 898-1的螺栓,<br>螺钉和螺柱                                                | 性能等级               |                    |                      |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
|                                                                         | ≤ 9.8              | 10.9               | 12.9 and 12.9        |
| 有关IHE的措施                                                                | A                  | B                  | C                    |
|                                                                         | 没有对IHE的补充过程验证或产品测试 | 对IHE的补充过程验证和/或产品测试 | 对IHE的补充过程验证和/或产品测试   |
|                                                                         | 和<br>没有必要烘烤        | 或<br>烘烤            | 和<br>烘烤 <sup>a</sup> |
|                                                                         | —                  | 紧固件制造商选择           | 应规定烘烤温度和持续时间 (也见B.4) |
|                                                                         | 见 4.4.2            | 见 4.4.3 和 B.6      | 见 4.4.4 和 B.6        |
| <sup>a</sup> 碱性的锌-镍电镀 (镍含量从12 % 至 16 %), 不执行烘烤的决定应根据测试(见 B.6) 和供需双方的协议。 |                    |                    |                      |

表4 — 根据ISO 898-2的规定与IHE有关螺母的措施

| 根据ISO 898-2的螺母                                                                       | 性能等级                   |                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
|                                                                                      | ≤ 12                   |                                |
| 有关IHE的措施                                                                             | 螺母规定最大硬度 < 360 HV      | 螺母规定最大硬度 ≥ 360 HV <sup>a</sup> |
|                                                                                      | A                      | B                              |
|                                                                                      | 无补充过程验证<br>和<br>没有必要烘烤 | 对IHE的补充过程验证<br>或<br>烘烤         |
|                                                                                      | —                      | 紧固件制造商选择                       |
|                                                                                      | 见 4.4.2                | 见 4.4.3                        |
| <sup>a</sup> 仅:<br>— 对正常(1型) 细牙螺母, 性能等级10级, 以及<br>— 对高型(2) 细牙螺母, 性能等级12级, 和直径16mm以上。 |                        |                                |

表5 — 根据ISO 898-3的标准, 与IHE有关的平垫圈的措施

| 根据 ISO 898-3的平垫圈                                                                         | 性能等级                    |                         |                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------------|
|                                                                                          | ≤ 200HV                 | 300HV                   | 380HV                                  |
| 有关IHE的措施                                                                                 | A                       | B                       | C                                      |
|                                                                                          | 无补充过程验证<br>和<br>没有必要烘烤  | 对IHE的补充过程验证<br>或<br>烘烤  | 对IHE的补充过程验证<br>和<br>烘烤 <sup>a</sup>    |
|                                                                                          | —                       | 紧固件制造商选择                | 应规定烘烤温度和持续时间 (也见 <a href="#">B.4</a> ) |
|                                                                                          | 见 <a href="#">4.4.2</a> | 见 <a href="#">4.4.3</a> | 见 <a href="#">4.4.4</a>                |
| <sup>a</sup> 碱性的锌-镍电镀 (镍含量从12 % 至 16 %), 不执行烘烤的决定应根据测试(见 <a href="#">B.6</a> ) 和供需双方的协议。 |                         |                         |                                        |

#### 4.4.6 对渗碳硬化和回火螺钉的烘烤和测试要求

表面硬化和回火紧固件包括自攻螺钉 (见ISO 2702)、金属材料的螺纹成型螺钉、钻尾钉 (见ISO 10666) 和软材料 (如塑料、木材) 螺钉。这些螺钉的表面通常被有意硬化以完成其特定功能。

表面硬化和回火螺丝对IHE的敏感性不仅仅取决于芯部硬度; 见 [B.3](#)。

[表6](#)中详细说明了对于渗碳硬化和回火紧固件的要求 (除了用于软材料的自攻螺钉和螺钉)。

在[表7](#)中规定了软材料自攻螺钉和螺钉的要求。

对IHE的测试, 如在390 HV ([表6](#)中C) 以上的芯部硬度的表面硬化和回火螺钉, 以及在390 HV ([表7](#)中C) 上的自攻螺钉, 应依照ISO 15330或ASME B 18.3的标准进行。

表6 — 与IHE有关的用于渗碳硬化和回火螺钉的措施 (除了用于软材料的自攻螺钉和螺钉)

|                                                                       | 芯部硬度                            |                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                                                                       | ≤ 370 HV                        | > 370 HV                                               |
| 有关IHE的措施                                                              | B                               | C                                                      |
|                                                                       | 对IHE的补充过程验证<br>和<br>产品测试 和/或 烘烤 | 对IHE的补充过程验证<br>和<br>烘烤<br>和<br>每个制造批的产品测试 <sup>a</sup> |
|                                                                       | 紧固件制造商选择                        | 应规定烘烤温度和持续时间 (也见 <a href="#">B.4</a> )                 |
| <sup>a</sup> 碱性的锌-镍电镀 (镍含量从12 % 至 16 %), 应考虑制程控制中的产品测试(对每个制造批不是强制性的)。 |                                 |                                                        |

表7 — 与IHE有关的软材料自攻螺钉和螺钉的措施

| 有关IHE的措施                                                             | 芯部硬度                            |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                                                                      | ≤ 390 HV                        | > 390 HV                                               |
|                                                                      | B                               | C                                                      |
|                                                                      | 对IHE的补充过程验证<br>和<br>产品测试 和/或 烘烤 | 对IHE的补充过程验证<br>和<br>烘烤<br>和<br>每个制造批的产品测试 <sup>a</sup> |
|                                                                      | 紧固件制造商选择                        | 应规定烘烤温度和持续时间(也见 <a href="#">B.4</a> )                  |
| <sup>a</sup> 碱性的锌-镍电镀 (镍含量从12 % 至 16 %),应考虑制程控制中的产品测试(对每个制造批不是强制性的)。 |                                 |                                                        |

4.4.7 冷作硬化紧固件

对于紧固件冷作硬化到高硬度导致残余应力, 不打算淬火和回火,见 [B.5](#).

[表3](#) 表3对于具有 ISO 公制螺纹的紧固件, 无论在热处理之前或之后的螺纹滚制, 均应适用: 通过冷硬化局部增加表面硬度, 对IHE的易感性无负面影响。

4.4.8 贝氏体结构的紧固件

在[4.4](#)中没有涉及到贝氏体结构的紧固件。供应商与购买者之间有必要签订书面协议。

4.5 烘烤

烘烤时, 烘烤条件, 包括温度和持续时间应根据紧固件材料的性质, 电镀工艺, 和涂层材料。见[B.4](#)以获得更详细的指南/建议。

烘烤通常执行在转化涂层的应用之前和/或者在另外的封闭剂/外涂层的应用之前。如果钝化(有或无封闭剂), 并根据烘烤温度, 烘烤在钝化和/或封闭条件可能是适当的, 但耐腐蚀不受损害。

注 在适当的保护, 通过关联的工艺条件和涂层材料对紧固件材料氢脆的敏感性, 并通过应用适当的工艺控制程序, 许多钢制紧固件是电镀不烘烤。根据 DIN 50969-2 或 ASTM F1940 方法是公认的研究方法的过程控制, 以减少IHE的风险。这些或其他类似的测试方法可作为在控制过程中指定烘烤要求的依据。

然而, 预防IHE的风险并不仅仅取决于烘烤 (见 [4.4](#) 和 [附录B](#)).

5 防腐和测试

5.1 总则

电镀涂层系统的防腐在很大程度上取决于金属层的厚度。

锌、锌铁、锌镍和镉涂层的转化涂层和/或封闭剂/镀锡涂层提供了防止涂层金属腐蚀（白色腐蚀形成）的保护，从而为金属腐蚀提供了额外的保护。

锌、锌合金和镉的镀层比钢基金属阳性少，提供阴极保护的条件。与之相反，金属比钢基金属（如镍、铜、银）的阳性更强，不能提供阴极保护，如果涂层损坏或有凹痕，则会加剧紧固件的腐蚀。

润湿和使用温度的频率和持续时间，接触腐蚀性化学品和接触其他金属和材料（电流腐蚀/接触腐蚀）可以影响涂层的保护性能。

耐腐蚀性被认为是一种产品特性，可因以下因素而改变：

- 处理和运输对涂层的物理损害，以及
- 在运输和储存过程中，涂层的氧化或与环境的反应。

在选择涂层系统之前，应考虑装配的所有功能和条件，而不仅仅是紧固件；见附录A。应在买方和紧固件供应商和/或涂层者和/或化学品供应商之间作出适当的选择。

加速腐蚀试验中的耐腐蚀性（如中性盐雾试验、二氧化硫试验）不能直接与服役环境中的腐蚀保护行为有关。然而，加速试验通常用于评价涂层系统的耐腐蚀性。

## 5.2 锌基涂层系统中性盐雾试验（NSS）

采用ISO 9227标准的中性盐雾试验（NSS）对涂层系统的耐蚀性进行了评价。

当要求对试验箱腐蚀性进行评估时，应按照附录E的规定进行。

根据ISO 9227标准进行的NSS测试，将通过从电镀过程（即过程控制）中定期抽取的样品紧固件的耐蚀性进行量化，来监控工艺的一致性。由于这些原因，NSS测试应在“涂覆”状态下进行样品紧固件测试。

“涂敷”状态是指在完成所有涂层步骤（包括应用任何封闭剂、外涂层或润滑剂）后，不发生5.4中所列因素的劣化，即在任何筛选、包装、装配、运输或贮存之前。

注1 客户或最终用户通常希望单独使用NSS测试作为参考，以评估耐腐蚀性作为“性能特征”和/或供应商监控。在这种情况下，在“收到”的情况，如在筛选、包装、装配、运输和/或储存发生劣变后，对样品紧固件进行防腐处理；在这些情况下，不适宜在表8中使用最低中性盐雾试验时间。相反，表8中的值作为评估在接受条件下的耐腐蚀性的起始基础，同时考虑到导致耐蚀性劣变的因素。见5.4。

在表8中指定的无 Cr (VI) 钝化涂层系统的中性盐雾试验持续时间应单独适用于紧固件，在涂层后和在“涂层”状态下测试不早于24小时。对于含铬酸盐转化涂层的镀锌系统的中性盐水喷雾试验时间，见附录C。

在腐蚀试验的评估中，不应考虑紧固件的接触点，如果有的话，则不应考虑。

带有固定垫圈的紧固件在接合紧固件和垫圈之间有区域，由于内部电化学沉积行为，镀层厚度较小；这类似于有盲孔的紧固件。

这两种方法都能在腐蚀试验过程中降低腐蚀能力，不应是被拒收的理由。在使用中，这些区域通常不会受到环境腐蚀。

注2 对于拟在涂层 (压接、铆接等) 后受到高塑性变形的紧固件, 在变形区内的耐腐蚀性降低。

表8 — 常用锌和锌合金涂层系统的耐腐蚀性

| 锌基涂层系统                       | 代码<br>(见表11) | 最低中性盐雾试验持续时间 <sup>a</sup><br>小时 |              |      |                  |
|------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|------|------------------|
|                              |              | 无涂层金属腐蚀<br>(白色腐蚀)               | 无基体金属腐蚀 (红锈) |      |                  |
|                              |              |                                 | 涂层厚度         |      |                  |
|                              |              |                                 | 5 μm         | 8 μm | 12 μm            |
| Zn, 透明钝化 <sup>b</sup>        | Zn//An/T0    | 8                               | 48           | 72   | 96               |
| Zn, 彩虹色钝化 <sup>b</sup>       | Zn//Cn/T0    | 72                              | 120          | 192  | 240              |
| Zn, 彩虹色钝化, 封闭 <sup>b</sup>   | Zn//Cn/T2    | 120                             | 168          | 240  | 288              |
| Zn, 黑色钝化, 封闭                 | Zn//Fn/T2    | 24 <sup>c</sup>                 | 72           | 144  | 192              |
| ZnFe, 彩虹色钝化 <sup>b</sup>     | ZnFe//Cn/T0  | 96                              | 144          | 216  | 264              |
| ZnFe, 彩虹色钝化, 封闭 <sup>b</sup> | ZnFe//Cn/T2  | 120                             | 216          | 288  | 360              |
| ZnFe, 黑色钝化, 封闭               | ZnFe//Fn/T2  | 96 <sup>c</sup>                 | 192          | 240  | 312              |
| ZnNi, 银灰色钝化                  | ZnNi//Cn/T0  | 120                             | 480          | 720  | 720 <sup>d</sup> |
| ZnNi, 银灰色钝化, 封闭              | ZnNi//Cn/T2  | 168                             | 600          | 720  | 720 <sup>d</sup> |
| ZnNi, 黑色钝化                   | ZnNi//Fn/T0  | 48 <sup>c</sup>                 | 360          | 600  | 720 <sup>d</sup> |
| ZnNi, 黑色钝化, 封闭               | ZnNi//Fn/T2  | 120 <sup>c</sup>                | 480          | 720  | 720 <sup>d</sup> |

最低中性盐雾试验持续时间不应被视为直接指导的涂层紧固件可能会在所有环境中使用的耐腐蚀性。见 ISO 9227。

a 通过挂镀工艺，对涂层可能损伤的影响减小，从而提高了耐蚀性。

b 黑色斑点不应引起拒收，因为它们不影响耐腐蚀，见 A.1.4.4.

c 白雾不认为是白色腐蚀，见 A.1.4.2.

d 通常会有更高的耐腐蚀性，但为了本文件的目的，腐蚀试验在720小时后停止。

与温度相关的耐腐蚀性也见 7.3

5.3 二氧化硫测试 (Kesternich 测试)

本试验适用于锌基涂层系统的户外建筑紧固件。

需要时，应使用ISO 6988或ISO 3231标准的二氧化硫测试，以评估涂层系统的耐蚀性;但是，与ISO 6988或ISO 3231的室外建筑紧固件相比，该测试将采用两2升的二氧化硫 (SO<sub>2</sub>)进行。

该测试用于监测过程的一致性，方法是对从电镀过程（即过程控制）中定期采集的样品紧固件的耐腐蚀性进行量化。由于这些原因，在“涂覆”的状态下，应在样品紧固件上进行二氧化硫试验。“涂敷”状态是指在完成所有涂层步骤（包括应用任何封闭剂、外涂层或润滑剂）后，不发生5.4 中所列因素的劣化,即在任何筛选、包装、装配、运输或贮存之前。

二氧化硫试验应仅适用于紧固件，并应在涂覆“涂覆”状态下，在24小时内进行。

在订购时，供应商和买方之间应商定最小的循环数。（如：2, 3, 5, 8, 10, 12, 15个循环）

在对腐蚀试验的评价中，不应考虑紧固件的接触点，如果有的话，则不应考虑。

带有固定垫圈的紧固件在接合紧固件和垫圈之间有区域，由于内部电化学沉积行为，镀层厚度较小；这类似于有盲孔的紧固件。这两种方法都能在腐蚀试验过程中降低腐蚀能力，不应是被拒收的理由。在使用中，这些区域通常不会受到环境腐蚀。

## 5.4 散装搬运，自动处理，如输送和/或分拣、储存和运输

散装处理，如进料和/或分拣、储存和运输等自动过程，可大大减少腐蚀防护（特别是防止涂层金属腐蚀），这取决于涂层系统和紧固件的类型和几何形状。尤其是发生在更少的自我修复效应和/或冲击损伤和/或磨损敏感的封闭层/外涂层的无Cr(VI)的涂层系统。

如果在这些或类似的过程/步骤之后要检查腐蚀防护，供应商和购买者之间应该达成协议，如：

- 减少最小中性盐雾试验持续时间；
- 调整涂层参数；
- 增加涂层系统的厚度；和/或
- 更换电镀涂层系统。

## 6 尺寸要求和测试

### 6.1 总则

在涂覆前，所有紧固件尺寸应在产品标准或技术规范规定的指定公差范围内。

根据ISO 965-1、ISO 965-2和ISO 965-3，可应用于ISO公制螺纹的涂层厚度取决于基本偏差，它本身取决于螺纹和以下公差带：

- 外螺纹公差带g, f, e；
- 内螺纹公差带G或H。

更多信息，见 [附录 D](#)。

### 6.2 ISO公制螺纹紧固件

#### 6.2.1 涂层厚度

涂层厚度对可测量性和装配性有显著影响，因此应考虑螺纹的公差和间隙。

如是外螺纹的情况, 涂层不应超过零线 (基本尺寸, 即  $h/H$ ), 如是内螺纹的情况也不应低于零线以下; 见 [D.5](#).

当涂层厚度超过间隙时, 应适用特殊要求; 见 [附录 D](#).

6.2.2 可测量性和装配性

涂层 ISO 公制螺纹应按照 ISO 1502 的公差带, 外螺纹为  $h$  和内螺纹为  $H$  的通规 (GO) 来测量。

当测量已涂覆的螺栓, 螺钉和螺柱时, 从螺纹末端开始  $1d$  长度的最大扭矩为  $0,001d^3$  (Nm) 是可以接受的。当测量已涂覆的螺母时, 最大扭矩为  $0,001D^3$  (Nm) 是可以接受的。见 [表 9](#).

表9 — ISO公制螺纹最大测量扭矩

| 公称螺纹直径, $d$ 或 $D$<br>mm                                  | 最大测量扭矩<br>Nm |
|----------------------------------------------------------|--------------|
| 3                                                        | 0,03         |
| 4                                                        | 0,06         |
| 5                                                        | 0,13         |
| 6                                                        | 0,22         |
| 8                                                        | 0,51         |
| 10                                                       | 1,0          |
| 12                                                       | 1,7          |
| 14                                                       | 2,7          |
| 16                                                       | 4,1          |
| 18                                                       | 5,8          |
| 20                                                       | 8,0          |
| 22                                                       | 11           |
| 24                                                       | 14           |
| 27                                                       | 20           |
| 30                                                       | 27           |
| 33                                                       | 36           |
| 36                                                       | 47           |
| 39                                                       | 59           |
| 其他直径, 扭矩应根据 $0,001 d^3$ 或 $0,001 D^3$ (Nm) 计算并圆整到2位有效数字。 |              |

供应商和买方之间的协议可适用于装配的验收程序:

- 对于外螺纹, 使用合适的螺母或原始的配合紧固件;
- 对于内螺纹, 使用一个合适的芯轴(如: 根据ISO 898-2的保载规定的芯轴) 或原始的配合紧固件。

6.3 其他紧固件

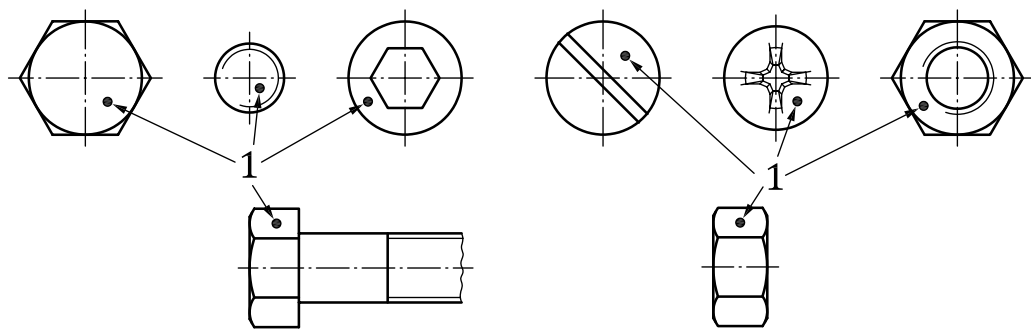
涂覆后, 对非ISO公制螺纹紧固件和本文件中规定的非螺纹紧固件均无尺寸要求。更多信息, 见 [附录 A](#).

## 6.4 厚度确定的测试方法

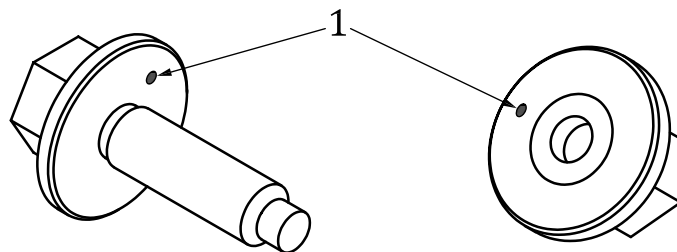
下列测试方法之一将用于确定金属层的局部厚度：

- 根据ISO 3497的X射线技术。
- 符合ISO 2177的库仑测量法；当存在额外的非导电层时，不应使用此方法。
- 根据ISO 1463的显微镜方法（在紧固件的任何区域上）。
- 根据ISO 2178的磁性感应技术（在添加任何封闭剂和/或润滑剂之前）；该方法也可用于确定局部厚度。
- 根据ISO 21968涡流（相位敏感）测试。

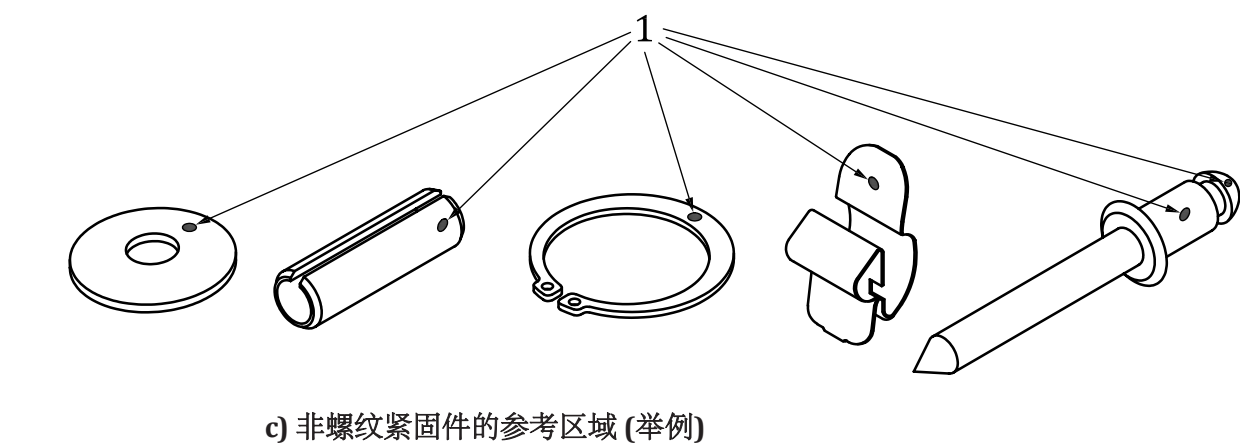
若有争议，应使用符合ISO 1463的显微镜方法，并在图2中指定的参考区域中确定厚度。对于未在图2中显示的紧固件形状，参考区域应协商一致（也见备注2）。



a) 螺纹紧固件的参考区域



b) 套垫的参考区域



关键

1 局部涂层厚度测定参考区域

图 2 — 紧固件的参考区域

对于自由垫圈和类似的平的紧固件，[表8](#)中规定的耐腐蚀性能是决定性的。涂层厚度仅供参考。对于被套住的垫圈，参考面积应与螺栓、螺钉或螺母的承表面相反;见 [图 2 b\)](#)。

注 1 更多关于在垫圈和类似的扁平紧固件上涂层均匀性的信息，见 [A.3.4](#)。

根据[图2](#)所测的参考区域，金属层的涂层厚度应符合[表10](#)的最小值。在除参考区以外的位置较低的局部厚度不应引起拒收。

表10 — 金属层涂层厚度

| 涂层厚度代号 | 参考区域的最小局部厚度<br>μm |
|--------|-------------------|
| 3      | 3                 |
| 5      | 5                 |
| 8      | 8                 |
| 10     | 10                |
| 12     | 12                |
| 15     | 15                |
| 20     | 20                |
| 25     | 25                |
| 30     | 30                |

注2 大多数螺栓和螺钉都在滚桶中电镀，因此最大的涂层厚度是在紧固件的两个极端（称为狗骨式效应）。这种效应在相关直径的较长长度有所增加，并倾向于减少杆部的涂层厚度。这是将头部和末端指定为参考区域的原因之一，以便对涂层厚度进行可重复的测定。

## 7 机械及物理性能及测试

### 7.1 总则

电镀涂层系统应符合ISO 1456、ISO 2081、ISO 2082、ISO 2093、ISO 4521、ISO 15726、ISO 19598（见[表1](#)）涉及外观、附着力和延展性的规定，以及[7.2](#)到[7.5](#)的要求。

### 7.2 外观

涂覆的紧固件应无起泡、分层和无涂层区域的影响，从而对腐蚀保护产生不利影响。局部过厚的涂层（例如，有外涂层的情况下）不会损害功能性（可测性、扭矩/夹紧力关系等）。

为了给转化层提供一个彩色的表层，可以将染料/颜料添加到钝化或染色的溶液中，通常用于区分用途。染料/颜料也可以添加到封闭剂/外涂层，以获得有色表面。

### 7.3 与温度有关的耐腐蚀性

高温会影响涂层紧固件的耐腐蚀性保护。

在订货时商定时，可在指定的加热循环后对耐腐蚀性进行测试。温度和持续时间应协商一致，如在120°C时1小时，在120 °C时24小时，在150 °C时1小时。对于锌基涂层，在某一特定周期的零件温度下加热紧固件后，在[5.2](#)中规定的耐腐蚀性要求仍将满足。

### 7.4 扭矩/夹紧力的关系

需要的时候，可以用ISO公制螺纹来确定紧固件扭矩/夹紧力关系，包括封闭剂和/或带有整体润滑剂和/或随后添加润滑剂的涂层。

测试方法应在供应商和买方之间协商一致，按照ISO 16047标准与ISO公制螺纹紧固件，并/或符合其他相关技术规范。

在供应商和买方之间就扭矩/夹紧力关系的要求应协商一致。更多信息见 [A.2](#)。

### 7.5 六价铬的确定

需要时，Cr(VI)存在与否应根据ISO 3613:2010, 5.5.2确定。

## 8 测试应用

### 8.1 总则

第5至第7条规定的所有要求都适用于涂层的一般特征。当买方要求时，订购时，选择的测试应协商一致。

### 8.2 每批的强制测试

每批紧固件应执行以下的测试：

- 涂层的厚度 (见 [6.4](#));

- ISO公制紧固件的可测量性/装配性 (见 6.2.2);
- 外观 (见 7.2).

8.3 过程控制测试

以下测试不打算适用于每个紧固件批次，但应用于过程控制（见ISO 16426），相关时：

- 耐腐蚀性: NSS 测试 (见 5.2);
- 根据4.4，对IHE的补充/附加过程验证。

8.4 在买方规定的情况下进行的测试

下面的测试是在购买者特别需要的时候进行的。过程控制（见8.3）可用于向购买者提供测试结果：

- 耐腐蚀性: NSS 测试 (见 5.2) 或者，只有在特别需要的时候，二氧化硫测试(见 5.3);
- 耐热性 (见 7.3);
- 扭矩/夹紧力的关系 (见ISO 16047的举例);
- 六价铬的存在与否的确定(见 7.5).

9 标记系统

9.1 总则

涂层系统可由许多层组成，如 表11所示。 然而，并不是所有的层都需要存在; 见 图1。

表11 — 电镀涂层系统关键的标记

| 要素                         | 描述                                                     | 符号                        | 标记                |
|----------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| 基体金属                       | 钢                                                      |                           |                   |
| Metal layer(s)             | 锌<br>锌-镍<br>锌-铁<br>(其他金属层, 见表 1)                       | Zn<br>ZnNi<br>ZnFe        | 表 12              |
| 转化层 (钝化)                   | 透明<br>彩虹色<br>黑色<br>黄色<br>无转化层                          | An<br>Cn<br>Fn<br>Gn<br>U | 表 13 <sup>a</sup> |
| 封闭剂/外涂层                    | 封闭剂 (也见 A.1.3)<br>外涂层 (也见 A.1.3)<br>无封闭剂, 无外涂层<br>无润滑剂 | T2<br>T7<br>T0<br>nL      | 表 15              |
| 额外的润滑剂                     | 随后添加的润滑剂                                               | T4                        | 表 15              |
| <sup>a</sup> 铬转化层, 见 表 14. |                                                        |                           |                   |

9.2 订购的电镀涂层系统的标记

根据ISO 8991规定的标记系统，应将涂层的标记添加到紧固件指定的标记中。 电镀涂层系统应按照表11和相同的顺序标记。应使用斜线 (/) 将涂层标记的数据字段分开。 见 9.3的举例。

根据本文件的规定，电镀涂层系统的标记是根据ISO 2081和ISO 19598的锌和锌合金电镀涂层系统。

注 根据ISO 4042:1999<sup>1)</sup>已过时的标记代码，在附录F中提供参考。

对于其他电镀涂层，应按照表1中所引用的相关标准进行标记。

当需要应力消除过程和/或烘烤时，它不应包括在规定的标记中，而是单独规定。

表12 — 订购紧固件的电镀涂层系统的标记

| 电镀涂层系统                                                                                                                    |                            |                                                   |                            | 中性盐雾试验持续时间<br>(红锈) <sup>c</sup> | 若需要，扭矩/<br>夹紧力规范 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|------------------|
| 金属层<br>涂层材料                                                                                                               | 厚度 <sup>c</sup>            | 转化涂层                                              | 封闭剂, 外涂层<br>和/或润滑剂         |                                 |                  |
| Zn                                                                                                                        | 根据<br><a href="#">表 10</a> | 根据 <a href="#">表 13</a> 或<br><a href="#">表 14</a> | 根据<br><a href="#">表 15</a> | 如：480 h                         | C <sup>d</sup>   |
| ZnNi <sup>a</sup>                                                                                                         |                            |                                                   |                            |                                 |                  |
| ZnFe <sup>b</sup>                                                                                                         |                            |                                                   |                            |                                 |                  |
| <sup>a</sup> 紧固件用锌镍电镀镀层的质量为12% 到16% 镍的典型含量, 及 ISO 15726 中的标记为 ZnNi (12) 。如果需要更多的镍含量, 见 ISO 15726。                         |                            |                                                   |                            |                                 |                  |
| <sup>b</sup> 锌铁合金按质量为0.3%到1%的铁。                                                                                           |                            |                                                   |                            |                                 |                  |
| <sup>c</sup> 根据 <a href="#">表8</a> ，可以用最小中性盐雾试验时间来代替厚度。在这种情况下，在涂层系统的标记中应忽略厚度，并在末端的末端添加耐腐蚀性能;见 <a href="#">9.3</a> , 例子 1。 |                            |                                                   |                            |                                 |                  |
| <sup>d</sup> 在订购时，需规定 $\mu_{\text{tot}}$ 或 $K$ 值; 也见 <a href="#">A.2.1</a> .                                              |                            |                                                   |                            |                                 |                  |

表13 — 无六价铬转化涂层 (仅适用于锌和锌合金电镀涂层)

| 钝化 <sup>a</sup>                                                            |                  | 典型的外表                     |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------|
| 代码 <sup>b</sup>                                                            | 名称               |                           |
| An                                                                         | 透明               | 透明, 光亮略带轻微蓝色 <sup>c</sup> |
| Cn                                                                         | 彩虹色 <sup>d</sup> | 略带彩虹色且透明                  |
| Fn                                                                         | 黑色               | 黑色, 允许黑色略带彩虹色             |
| Gn                                                                         | 黄色               | 黄带彩虹色                     |
| U                                                                          | —                | 无转化涂层                     |
| <sup>a</sup> 纳米粒子可以被整合到所有类型的钝化中，以改善表层和/或功能特性。                              |                  |                           |
| <sup>b</sup> 第一个字母对应于ISO 2081中规定的转化涂层;按照ISO 19598，第二个字母 (n) 表示在转化涂层中没有六价铬。 |                  |                           |
| <sup>c</sup> 蓝色的颜色可以从浅蓝色到深色的彩虹色，这取决于涂层系统。                                  |                  |                           |
| <sup>d</sup> 也叫做厚层钝化。                                                      |                  |                           |

1) 作废。

表14 — 六价铬转化涂层的标记(仅适用于锌和锌合金涂层)

| 铬转化涂层           |     | 典型表层          |
|-----------------|-----|---------------|
| 代码 <sup>a</sup> | 名称  |               |
| A               | 光亮  | 透明, 光亮略带轻微蓝色  |
| C               | 彩虹色 | 黄带彩虹色         |
| D               | 不透明 | 橄榄绿           |
| F               | 黑色  | 黑色, 允许黑色略带彩虹色 |
| U               | —   | 无转化涂层         |

<sup>a</sup> 字母与ISO 2081中规定的转化涂层相对应。

表 15 — 封闭剂、外涂层和/或润滑剂的标记

| 代码 <sup>a</sup> | 名称                            | 要求                                                                      |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| —               | 当没有标记代码T时, 封闭剂或外涂层可以由涂覆者选择使用。 |                                                                         |
| T0              | 无封闭剂, 及无外涂层                   | 某一特定的应用不应有封闭剂和外涂层。(例如: 涂胶, 导电性, 电接触, 焊接).                               |
| T2              | 封闭剂 <sup>b</sup>              | 封闭剂应使用, 可能是有或没有整体润滑剂 <sup>c</sup> .                                     |
| T4              | 随后添加的润滑剂 <sup>d</sup>         | 应使用润滑剂或蜡。<br>润滑剂可以直接应用在金属层上, 或者在钝化层上, 或者在封闭剂上, 或者在外涂层上 <sup>c</sup> 。   |
| T7              | 外涂层 <sup>b</sup>              | 应使用一种外涂层。<br>外涂层通常用于达到特定的特征, 如抗化学性、颜色。<br>外涂层可能有或没有整体润滑剂 <sup>c</sup> . |
| nL              | 无润滑剂                          | 整体润滑剂不存在(此代码应添加到 T2 或 T7, 如相关).                                         |

注 更多关于封闭剂和外涂层的信息, 见 [A.1.3](#)。

<sup>a</sup> 紧固件的编码是与ISO 2081和ISO 19598一致的。

<sup>b</sup> 封闭剂和外涂层可以有机的或无机的, 也可以是两者的结合。

<sup>c</sup> 当扭矩/夹紧力关系 (如摩擦系数的范围) 是特殊的, 应适当应用整体润滑剂或随后添加的润滑剂。

<sup>d</sup> 当指定了随后添加的润滑剂时, 代码 T4 应放置在斜杠后, 并直接在封闭剂或外涂层标记后; 见 [9.3](#), 例子 4。

9.3 紧固件无六价铬电镀涂层系统的标记实例

在规定的最低耐腐蚀性时, 应按照[表8](#)检查规定的涂层系统的兼容性要求。

实例1 紧固件与电镀涂层 (ISO 4042) 的锌镍合金 (ZnNi) 与典型的镍含量为12% 到 16%, 不需要涂层厚度, 但最低的耐腐蚀性盐喷雾试验 720 h 不发生的基体金属腐蚀 (红锈), 与无六价铬透明转化涂层 (An), 没有具体的封闭剂, 外涂层或润滑剂, 标记如下:

[紧固件标记] - ISO 4042/ZnNi/An/720h

实例2 锌 (Zn)电镀涂层 (ISO 4042) 的紧固件,与要求的涂层厚度8  $\mu\text{m}$ 和无六价铬的透明钝化 (An), 标记如下:

[紧固件标记] – ISO 4042/Zn8/An

实例3 锌 (Zn)电镀涂层 (ISO 4042) 的紧固件,与要求的涂层厚度12 $\mu\text{m}$ , 无六价铬的彩虹色转化涂层(Cn), 有随后的封闭剂或无整体润滑剂(T2), 标记如下:

[紧固件标记] – ISO 4042/Zn12/Cn/T2

实例4 锌 (Zn)电镀涂层 (ISO 4042) 的紧固件,与要求的涂层厚度12 $\mu\text{m}$ , 无六价铬的黑色的转化涂层(Fn), 有随后的外涂层(T7), 有随后的添加的润滑剂 (T4), 且摩擦系数  $\mu_{\text{tot}}$  在[0,10 至 0,20]内, 标记如下:

[紧固件标记] – ISO 4042/Zn12/Fn/T7/T4( $\mu$ 0,10–0,20)

实例5 锌 (Zn)电镀涂层 (ISO 4042) 的紧固件,与要求的涂层厚度8 $\mu\text{m}$ , 无六价铬的彩虹色转化涂层(Cn), 禁止随后的封闭剂(T0), 标记如下:

[紧固件标记] – ISO 4042/Zn8/Cn/T0

实例6 锌 (Zn)电镀涂层 (ISO 4042) 的紧固件,与要求的涂层厚度8 $\mu\text{m}$ , 无六价铬的黑色的转化涂层(Fn), 涂覆者选择余下的随后封闭剂, 标记如下:

[紧固件标记] – ISO 4042/Zn8/Fn

实例7 锌镍合金 (ZnNi)电镀涂层 (ISO 4042) 的紧固件与典型的镍含量12% 到16% 和要求的涂层厚度8 $\mu\text{m}$ , 与无六价铬透明转换涂层 (An), 并无规定的封闭剂,外涂层, 润滑剂或扭矩/夹紧力要求, 标记如下:

[紧固件标记] – ISO 4042/ZnNi8/An

## 9.4 用电镀涂层系统标记紧固件

至少应将下列信息添加到标签中, 并由斜杠(/)分隔:

- 根据本文件的ISO 4042电镀涂层系统;
- 涂层的材料;
- 根据 表8, 金属层的厚度, 或最低中性盐雾试验持续时间
- 根据表13 (后缀n表示它不含六价铬) 或表14的转化涂层;
- 根据表15, 封闭剂、外涂层和/或随后添加的润滑剂。

实例 [紧固件标记] – ISO 4042/ZnNi8/Fn/T7/T4

## 10 电镀的订购要求

根据本文件订购的电镀涂层系统的紧固件时, 应提供下列信息:

- a) 对该文件的参考(ISO 4042:2018);

- b) 涂层标记 (见 [第9节](#));
- c) 与涂层工艺相关的紧固件的性能, 如基体材料、表面条件、硬度、抗拉强度和/或性能等级;
- d) 在电镀前应力消除的条件, 如有的话, 消除应力;
- e) 或具有 ISO 公制螺纹的紧固件, 在螺纹公差带内的非涂层紧固件的特定螺纹公差 (如有);
- f) 如果有的话, 必须采取预防措施, 以防范IHE的风险, 如烘烤。 (见 [4.4](#) 和 [4.5](#));
- g) 对扭矩/夹紧力关系的要求, 如有的话, 以及有关的测试方法 (如 ISO 16047), 由供应商和买方协商一致;
- h) 其他要求 (如: 耐化学性、涂胶的适宜性、导电性能/绝缘性) ;
- i) 将进行的额外试验 (见 [8.4](#)) 和相关抽样;
- j) 根据ISO 16228的要求, 对测试报告的要求。

## 11 储存条件

贮存条件不得影响涂层紧固件的扭矩/夹紧力和耐腐蚀性。 (也见 [A.4](#)).

## 附录 A

### (信息)

### 涂层紧固件的外表与装配

#### A.1 设计

##### A.1.1 总则

在选择涂层系统之前，应考虑装配的所有功能和条件，而不仅仅是紧固件；见A.2.2。买方应咨询供应商，以确定特定应用的适当选择。

当今，Cr (VI) 受到了广泛的限制。因此，建议对新的应用使用无Cr (VI) 转化涂层（钝化）。

对于封闭剂和外涂层(见 A.1.3)，可选择整体润滑剂或额外的润滑剂来达到扭矩/夹紧力的特性。可以选择封闭剂和外涂层来增加耐腐蚀性能，并达到其他的特殊性能和/或工作性能。（如：抗化学性，机械阻力，冲击/耐磨性，外表，颜色，耐热性，电绝缘/导电性，耐紫外线）。

##### A.1.2 涂层工艺

电镀涂层系统可以用滚镀或挂镀工艺进行批量处理。外涂层通常采用旋转的工艺。

紧固件电镀一般是一个批量工艺。当大量的小批量被涂覆时，为了达到所要求的涂层紧固件的性能和工作性能，需要一个合适的涂层线和/或工艺。对于大尺寸或质量的紧固件，或要减少或避免螺纹损坏的风险，可考虑挂镀加工而不是散装/滚镀加工。

当外涂层被应用时，固化过程（特别是高温和/或更长的持续时间）会对紧固件的性能/工作性能产生不利影响，例如：

- 冷作硬化紧固件，
- 对于在热处理后螺纹滚压的紧固件，故意引入的残余应力，可减少，
- 非金属嵌件预制扭矩锁紧螺母。

##### A.1.3 封闭剂和外涂层

封闭剂和/或外涂层通常是为了提高锌基涂层系统的耐腐蚀性。然而，两者都有不同的特点：

- 封闭剂通常在潮湿状态下应用，而不需要烘干。这使得封闭剂可以部分融入钝化层，形成一个复合层，从而提高耐蚀性。封闭剂还用于其他几个用途，如润滑，减少钝化层的彩虹色，消光或增亮效果等。层厚度通常约为0,5  $\mu\text{m}$  到2  $\mu\text{m}$ 。

— 在中间干燥步骤后, 外涂层通常应用于干燥状态。当满足特殊要求时, 通常使用外涂层, 如将颜料加入到强化色彩 (如黑色)、高耐化学性等。层厚度通常为 $2\text{ }\mu\text{m}$ 到 $10\text{ }\mu\text{m}$ 。

封闭剂或外涂层的性质的选择应根据所期望的额外性能; 见 [A.2.2](#).

#### A.1.4 涂层腐蚀对外观的可能影响

##### A.1.4.1 总则

根据 ISO 9227 的腐蚀测试导致两种腐蚀产品:

- 锌或锌合金层的涂层腐蚀, 通常被称为白色腐蚀 (或“白锈”);
- 基体金属腐蚀, 一般称为红锈。

进一步的光学变化可能发生在初始阶段的腐蚀测试, 如轻微的白色薄膜称为白雾 (或“灰色面纱”), 或者像小黑点。

##### A.1.4.2 白雾

白雾是由测试介质与锌的轻微反应引起的, 主要发生在金属层和/或钝化层的自然微裂纹中。在锌镍合金层的情况下, 白雾停止进一步腐蚀, 被认为是高腐蚀稳定性的条件。



a) 锌-镍合金在72 h NSS测试后的白雾



b) 锌-镍合金在1 000 h NSS测试后的白雾

图 A.1 — 白雾 (举例)

在大约24小时至72小时的腐蚀试验后, 典型的白雾出现在没有或透明或彩虹色的钝化锌-镍镀层上; 见 [图A.1 a](#)). 在24小时到120小时的腐蚀试验后, 黑色钝化层结合的非合金化锌层以及锌-铁或锌-镍合金, 也会出现白雾。

白雾不是大量的, 在潮湿状态是不可见的, 仅在干燥零件上; 见 [图A.2](#).



a) 在潮湿状态的零件



b) 在干燥状态的零件

图A.2 — 在潮湿和干燥的状态下，在720 h NSS测试之后，在锌-镍层上的白雾的实例

白雾是一种特殊的锌镍层的自然现象，应予以接受。如对装饰品/装饰外观要求较高，建议购买者与供应商签订书面协议。

#### A.1.4.3 白色腐蚀

与白雾形成对比的是，锌和锌合金层的白色腐蚀是由涂层金属的大量腐蚀引起的，其数量更大，并且可以在零件的潮湿状态中识别出来；见 [图 A.3](#) 和 [A.4](#)。

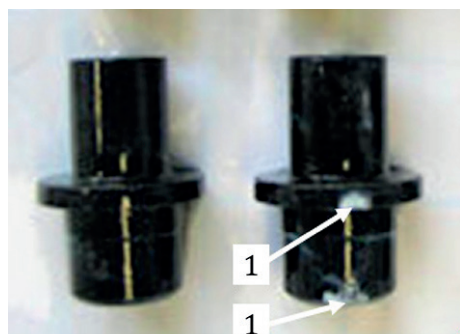


a) 彩虹色钝化锌层在240 h NSS测试后的白色腐蚀

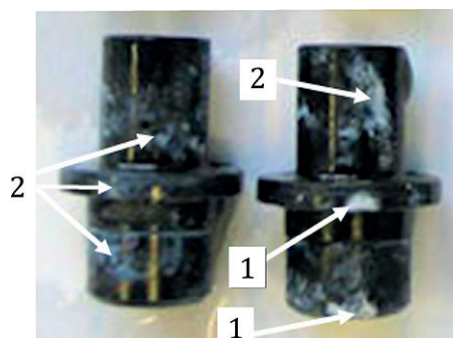


b) 彩虹色钝化锌层在480 h NSS测试后的严重白色腐蚀

图 A.3 — 白色腐蚀的实例



a) 零件在潮湿关状态  
(仅白色腐蚀可见)



b) 相同零件在干燥状态  
(白雾和白色腐蚀可见)

关键词

- 1 白色腐蚀
- 2 白雾

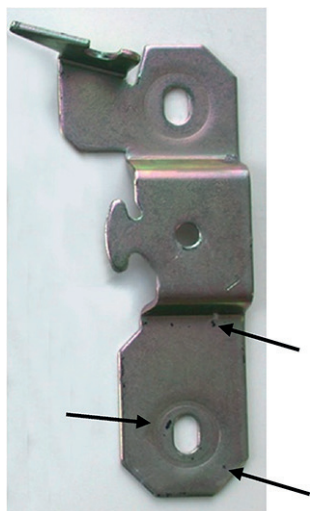
图 A.4 — 在240 h NSS测试后，在黑色的钝化和透明的封闭剂的锌层上白色腐蚀和白雾的实例

#### A.1.4.4 黑点

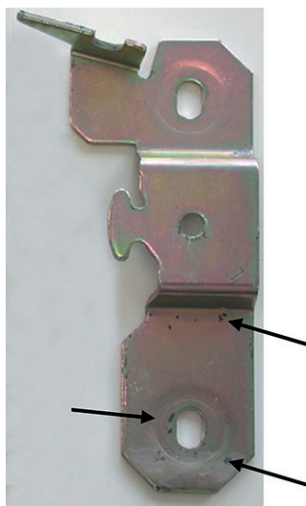
在涂层腐蚀初始发生前，在加速腐蚀试验中会出现黑点；见 图 A.5。主要根本原因是基体金属和/或涂层金属的微缺陷。腐蚀介质可以在基体金属中迁移或被埋入，并在缺乏氧气的情况下导致腐蚀，形成黑色腐蚀产物。

注 其他黑点的根源存在，但目前尚未充分调查。

黑点不应导致拒收，因为它们不会损害耐腐蚀性，通常不会出现在服役条件下。



a) 在168 h NSS测试后的零件



b) 相同零件在 408 h NSS测试后



c) 典型的黑点



d) 测试中使用了彩虹色钝化锌层在240 h NSS测试后的黑点

图 A.5 — 彩虹色钝化锌层在NSS测试后黑点的实例

## A.2 功能性能

### A.2.1 可装配性和安装性

如使用额外的外涂层或其他涂层的浸入旋转工艺, 在装配部件 (如间隙孔) 间的间隙, 紧固件功能部分的尺寸公差, 工具夹持 (如挡圈), 工具插入 (如凹槽和内驱动) 和组件不应受损。

对于ISO公制螺纹涂层涂层的尺寸要求, 见 [6.2](#) 和 [附录 D](#)。

应考虑涂层系统与紧固过程的兼容性，特别是在高速紧固的情况下，如 $100\text{ min}^{-1}$  及以上 (过热的风险，摩擦系数的增加，粘/滑，等等)。

此外，还应考虑涂层紧固件与夹紧零件的相容性，如：螺纹孔，铝件的夹紧、镁、不锈钢、电镀件、热浸镀锌件、塑料、木材等零件上。

对于具有 ISO 公制螺纹的紧固件，至少有一个联接螺纹紧固件应润滑以保持扭矩/夹紧力关系，并达到特定的夹紧力。电镀涂层系统提供润滑解决方案 (见[1.1](#))。扭矩/夹紧力关系可以根据 ISO 16047 确定，并表示为摩擦系数 $\mu_{\text{tot}}$ 或K系数。

### A.2.2 涂层紧固件和装配的其他特性

#### A.2.2.1 耐化学性

如果需要耐化学性，在电镀涂层系统上应用的有机外涂层通常比无机外涂层或封闭剂更能抵抗酸和碱性化学物质。

#### A.2.2.2 导电性

电镀涂层系统的导电性与封闭剂一般适用于电泳涂层和抗静电用途。电镀涂层系统与封闭剂和外涂层相结合通常不适合电气接地。

#### A.2.2.3 原电池腐蚀

为了降低原电池腐蚀的风险，应考虑装配的每一部分 (涂层紧固件和夹紧部件)。应避免采用无涂层夹紧件的涂层紧固件的直接金属接触，尤其是不锈钢、铝、镁、铜或铜合金、碳纤维材料和碳填充橡胶。由于具有较高的绝缘效果，有机外涂层可以提高原电池腐蚀。

降低原电池腐蚀风险最合适的措施是选择与所夹紧部件相比具有相同或类似电位的紧固件涂层或涂层系统。

#### A.2.2.4 清洁度

对于清洁度的要求，应检查电镀涂层系统是否合适 (如灰尘、颗粒大小、颗粒类型、颗粒数、清洁度测试方法的适用性)。

### A.3 与紧固件和涂层工艺有关的特殊问题

#### A.3.1 总则

在选择涂层系统和相关涂层工艺时应考虑紧固件的类型：每一种紧固件的主要问题都列在[A.3.2](#)至[A.3.9](#)。对于下列类型的紧固件，应考虑适当的措施，并考虑潜在的问题。

当对一个或多个特定的选择特征进行筛选时，买方和供应商之间应协商一致。

### A.3.2 ISO公制螺纹紧固件

需要考虑的主要问题是

- 螺纹损伤 (零件越重, 它就越敏感),
- 在使用外涂层时, 驱动/凹槽及内螺纹填充的情况,
- 螺纹上的颗粒,
- 外部零件的污染物。

对于电镀紧固件, 要涂上一层附加的外涂层且 $P < 1\text{mm}$ , 供应商和买方之间应达成特殊协议。

### A.3.3 套垫圈的紧固件

需要考虑的主要问题是:

- 保留的颗粒 (例如, 当喷丸被用作预处理时);
- 不均匀涂层沉积与局部厚度较低的原因, 是由于在滚镀和旋转过程中粘在一起的, 如封闭剂, 外涂层;
- 外部零件的污染物。

### A.3.4 垫圈和类似紧固件

在滚镀和旋转过程中, 自由垫圈和类似的紧固件往往粘在一起, 如封闭剂、外涂层等。这通常会产生一种不均匀的涂层沉积, 具有较低的局部厚度, 并且可引起较低耐腐蚀性。

### A.3.5 粘合剂或涂胶的紧固件

需要考虑的主要问题是:

- 在选定的电镀涂层系统中, 粘合剂或涂胶的适用性,
- 功能性 (缺乏附着力, 损伤扭矩/夹紧力关系),
- 耐腐蚀性降低 (例如: 涂胶的高温应用/固化温度)
- 粘合剂或涂胶与润滑涂层系统结合的性能。

### A.3.6 预制扭矩螺母

对于全金属预制扭矩螺母, 电镀涂层系统与硅酸盐封闭剂或外涂层结合在一起, 会导致在紧固期间旋合螺纹磨损而增加摩擦; 对于这种应用, 应使用另一种封闭剂或外涂层和/或额外的润滑剂。

对于非金属嵌件的预制扭矩螺母, 应考虑固化温度可能产生的不利影响 (例如, 有机外涂层的情况)。

### A.3.7 带凹槽、内驱、空腔或孔的紧固件

特别是对于小紧固件, 需要特殊的技术来防止颗粒的滞留 (例如, 当用喷丸作为预处理时), 以及在额外应用的外涂层的情况下, 在凹槽、内部驱动、空腔或孔 (盲或通孔) 上的过多的涂层。

### A.3.8 形成自己配合螺纹的螺钉

选择电镀涂层系统时,应考虑螺纹成形性能的要求,如公制螺纹成形螺钉、自攻、自钻、纤维板钉以及塑料螺钉。

### A.3.9 夹子和挡圈

需要考虑的主要问题如下:

- 在涂覆过程中应避免夹子和挡圈损坏。
- 在额外使用的外涂层的情况下,有必要采取特殊的技术来防止颗粒的保留和/或过多的涂层。

## A.4 涂层紧固件的储存

在贮存和安装前,应避免与水或其它液体的直接接触、凝结、暴露于灰尘中等;这种情况会损坏扭矩/夹紧力的关系和/或耐腐蚀性。

## 附录 B

### (信息)

### 氢脆的考虑

#### B.1 总则

在文献和标准中，氢脆的典型特征是：

由氢与拉伸应力相结合引起的金属或合金的延性永久丧失，由外部应用载荷和/或内部残余拉伸应力引起。

氢脆 (HE), 通常也称为氢辅助开裂(HAC), 根据氢的来源分为两类: 内部氢脆和环境氢脆 (EHE)。IHE是由炼钢产生的残余氢或诸如酸洗、电镀等加工步骤触发。EHE是由在拉伸应力下从外部来源引入金属的氢气触发的, 例如在服役紧固件的情况。术语应力腐蚀断裂 (SCC) 通常用于定义EHE, 当氢作为表面腐蚀的副产品而被钢制紧固件吸收而产生。

当敏感的紧固件暴露于腐蚀产生的氢气时，防止IHE的措施不会消除EHE的风险。见 ISO/TR 20491<sup>2)</sup> [18] 有关紧固件氢脆的详细信息。

#### B.2 氢脆失效的条件

对于氢脆失效，以下三个条件是必要的：

- 易受氢损伤的材料条件 (氢脆的根本原因),
- 拉伸应力 (通常是负载应用的结果;包括残余拉伸应力), 以及
- 氢原子。

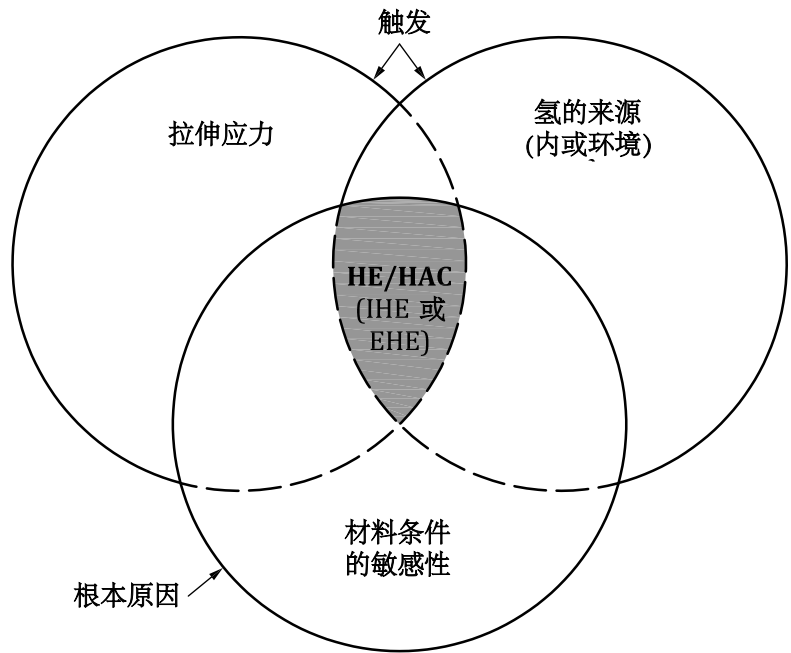
见 图 B.1. 中的HE

如果所有这些要素中的三个都有足够的数量和给定的时间，氢的损伤会导致裂纹的萌生和生长直到延迟断裂的发生。失效的时间可能会有所不同, 这取决于状态的严重程度和氢的来源。

注 IHE失效发生在安装后的几个小时内，通常小于72小时。

---

2) 准备中



图B.1 — 氢脆失效 (HE/HAC) 的条件

B.3 电镀和内部氢脆(IHE)

关于IHE最相关的制造工艺主要考虑的是电镀工艺和相关清洗和准备工艺（如酸洗）。这些工艺是显著的，因为它们通常是最终的制造步骤而电镀材料（如锌）在桶里的反应会释放出氢。

电镀工艺产生氢；但是，紧固件所吸收的氢的总量与所产生的氢的数量并无直接关系。可吸收的氢的总量取决于工艺类型（如碱性锌，酸性锌，锌合金）和工艺参数（电流密度，电镀时间，挂/滚镀）。影响保持在紧固件中的氢气数量的最重要因素是涂层对氢溢出的渗透性。涂层渗透性的决定是否允许氢溢出到外面或如果涂层是一个有效的屏障阻挡氢的溢出，氢将会强制滞留在钢中。

典型的电镀清洗包括热碱性清洗，其次是酸洗和阳极电解碱性清洗。酸洗是涂装覆过程中氢的重要来源。因此，应使用合适的抑制剂和最小清洗周期时间来最小化IHE的风险。

对于硬度高于390HV的紧固件，如性能等级12.9，使用非酸性方法（如干珩磨、喷丸）或碱性清洗，建议采用特殊的预处理。但是，对于小紧固件（如M6以下），带有固定垫圈的紧固件，小的内驱动/凹槽，内螺纹或某些非螺纹紧固件（如弹簧销、圆锥垫圈），酸性清洗可能是唯一可行的方法。

研究表明，磷酸盐涂层的12.9级紧固件在室温下放置超过24小时没有IHE风险，因为磷酸盐涂层非常多孔。

同样地，研究表明，与纯镀锌层相比，镍含量12% 到16%的碱性锌镍镀层的IHE风险明显较低。其中一个原因是锌镍镀层 (ZnNi) 比锌 (锌) 或锌铁 (ZnFe) 涂层更具有渗透性。

对于航空航天应用，已开发出特定的低氢脆锌镍 (LHE-ZnNi) 工艺以取代低氢脆镉 (LHE-Cd) 涂层。

渗碳硬化和回火螺钉的敏感性不仅取决于芯部硬度,而且还依赖于渗碳硬度和渗碳深度等变量。随着这些变量的增加,敏感性会增加。螺钉的几何形状也可能影响到敏感性,因为在螺钉的薄剖面,从高硬度到较低硬度没有明显的过渡区域,例如是法兰的情况下,见 ISO/TR 20491。薄的剖面,更大比例的渗碳深度是较高敏感性的原因。

## B.4 烘烤

影响烘烤效率的关键因素是

- 温度,
- 持续时间,
- 涂层的渗透性,
- 涂层厚度。

对于易受影响的紧固件 (例如,硬度/芯部硬度高于390HV) 电镀锌,8小时至10小时在190°C到220°C是一个最低推荐烘烤持续时间。然而:

- 根据紧固件的种类、尺寸和强度/硬度等级,结合涂层系统和涂层工艺,成功地应用了较短的持续时间;
- 根据紧固件的类型,尺寸和强度/硬度水平,烘烤持续时间可达24小时,足以减少移动的氢。

在大约190 °C烘烤电镀锌紧固件的一般做法是不足以提取氢,因为锌是氢扩散的有效屏障。结果表明,烘烤持续时间为4小时甚至可能是有害的,并可能导致偶尔的失败。为了烘烤是有效和有益的,建议延长烘烤持续时间。

如ISO 898-1所规定的10.9级紧固件,正确地制造到预期的材料和冶金性能,不会因为IHE敏感而失效,也不需要烘烤。鉴于目前对烘烤效果和材料敏感性的理解,防止这些紧固件失效的不是烘烤。性能等级10.9的紧固件有时被烘烤作为预防制造错误或失控的过程,可能使材料变得敏感。

如果应用中出现延迟性断裂,除紧固件及其制造和电镀工艺外,还应调查包括装配和服役条件在内的所有条件。

ISO 2081, ISO 9588和ISO 19598中规定的烘烤标准过于宽泛,不适用于紧固件。

烘烤过程中使用的最大温度和持续时间受以下因素的限制。不应超过紧固件最初回火的温度,不应损害涂层的性能。温度和/或持续时间的超标会影响热处理后螺纹滚制的有益效果。

电镀锌零件通常在温度不高于220°C的情况下烘烤。电镀镉的零件通常是在不高于200°C的温度下烘烤。

烘烤过程通常是在电镀后进行的,在使用转化涂层和/或封闭剂和/或外涂层 (如果有的话) 之前。然而,其他的顺序可能是合适的,这取决于表面处理的具体性质。

作为一个良好的规程的问题,电镀和烘烤之间的时间应该保持短。这种做法的目的是最大限度地提取移动氢,否则移动氢的一部分可以可逆地被困住,更难烘烤出来。

这一现象已被证明是有关的电镀钢硬度在500HV范围内和以上。通常使用的方法指定确切的持续时间(例如4小时)纯粹是主观的,目的是作为一个实际的运作时间框架,也是一个质量保证机制,以监测良好的规程。涂层和烘烤之间的时间不应用作紧固件批次的可接受性的严格标准,它绝对不应用作将根本原因分配给紧固件失效的基础。

烘烤炉的条件,包括装载方法,炉内持续时间和温度均匀性,应加以控制。要达到一个合理的有效的烘烤策略,包括决定是烘烤还是不烘烤,应通过持续负载测试和/或工艺鉴定试验获得的经验测试数据来验证,如DIN 50969-2和ASTM F1940中规定的。

### B.5 去应力

电镀前的去应力与淬火和回火的紧固件无关,也不适用;回火能有效消除残余应力。

在淬火、回火和电镀前硬化的紧固件中的残余拉伸应力会导致氢辅助微裂纹的萌生。如果材料敏感,且有足够的氢,而由于冷作硬化而产生的残余拉伸应力可能超过钢的HE阈值应力,有益的预防措施是在电镀前进行去应力操作。

只有造成严重塑性变形的操作,如冷成形、冷弯、冷拉直,以及一些钻孔和焊接操作,才有可能在电镀前去应力。标准的二次加工操作,如研磨、车加工、攻丝和铣削等,都是没有问题的。

随着温度和持续时间的增加,去应力效果也随之增加。然而,最高温度是有限的,使紧固件的机械性能不受损。

注 ISO 9587中推荐的去应力标准过于宽泛,不适用于紧固件。

### B.6 氢脆的试验方法

测试方法可以检测或测量由于氢的影响而产生的任何机械损耗,总是包含一个时间分量。

通常,氢脆测试是通过持续负载测试来完成的。持续负载测试的目的是作为后期生产(如电镀后)的质量保证步骤,用于测试IHE敏感的高强度紧固件。持续的负载测试包括在固定的时间范围内应用特定的静态负载,从24小时到200小时,这取决于具体的规格。持续载荷试验的定性性质是,紧固件在给定的时间点将通过或失效。可持续负载测试有多种方法。最常用于紧固件的测试是规定在IISO 15330、DIN 50969-2、NASM 1312-2、ASTM F606/F606M中。如果能有效地检测特定类型的紧固件,可以使用制造商或采购商开发或同意的其他测试。

注 持续负载测试适用于生产测试。标准的持续负载测试规范不是用在从服役中拆卸后测试零件。

## 附录 C (信息)

### 铬酸盐转化涂层与镀锌层的腐蚀保护

本附件给出了用中性盐雾试验 (含六价铬) 对锌镀层的典型耐腐蚀性的信息, 并按照 ISO 9227 的标准进行了测试; 见 [表 C.1](#)。

铬酸盐转化涂层不应用于新的应用。

表 C.1 — 锌涂层中性盐雾耐腐蚀性

| 根据本文件标记的代码 | 过时的涂层代码 <sup>a</sup> | 涂层代码<br>μm | 最低中性盐雾试验持续时间  |                                |                 |
|------------|----------------------|------------|---------------|--------------------------------|-----------------|
|            |                      |            | 小时            |                                |                 |
|            |                      |            | 铬酸盐转化<br>涂层标记 | 无涂层金属腐蚀 <sup>b</sup><br>(白色腐蚀) | 无基体金属腐蚀<br>(红锈) |
| Zn5/A      | Fe/Zn 5c1A           | 5          | A             | 6                              | 24              |
| Zn5/B      | Fe/Zn 5c1B           |            | B             | 12                             | 36              |
| Zn5/C      | Fe/Zn 5c2C           |            | C             | 48                             | 72              |
| Zn5/D      | Fe/Zn 5c2D           |            | D             | 72                             | 96              |
| Zn5/F      | Fe/Zn 5Bk            |            | F             | 12                             | —               |
| Zn8/A      | Fe/Zn 8c1A           | 8          | A             | 6                              | 48              |
| Zn8/B      | Fe/Zn 8c1B           |            | B             | 24                             | 72              |
| Zn8/C      | Fe/Zn 8c2C           |            | C             | 72                             | 120             |
| Zn8/D      | Fe/Zn 8c2D           |            | D             | 96                             | 144             |
| Zn8/F      | Fe/Zn 8Bk            |            | F             | 24                             | 72              |
| Zn12/A     | Fe/Zn 12c1A          | 12         | A             | 6                              | 72              |
| Zn12/B     | Fe/Zn 12c1B          |            | B             | 24                             | 96              |
| Zn12/C     | Fe/Zn 12c2C          |            | C             | 72                             | 144             |
| Zn12/D     | Fe/Zn 12c2D          |            | D             | 96                             | 168             |
| Zn12/F     | Fe/Zn 12Bk           |            | F             | 24                             | 96              |
| Zn25/A     | Fe/Zn 25c1A          | 25         | A             | 无可用数据                          |                 |
| Zn25/B     | Fe/Zn 25c1B          |            | B             |                                |                 |
| Zn25/C     | Fe/Zn 25c2C          |            | C             |                                |                 |
| Zn25/D     | Fe/Zn 25c2D          |            | D             |                                |                 |
| Zn25/F     | Fe/Zn 25Bk           |            | F             |                                |                 |

<sup>a</sup> 对于含铬酸盐转化涂层的锌镀层, 请见 ISO 2081 中与 ISO 4520 相关的分类代码。

<sup>b</sup> 低镀层厚度会损害铬酸盐转化涂层的抵抗力。

## 附录 D (信息)

### ISO公制螺纹涂层厚度和螺纹间隙

#### D.1 总则

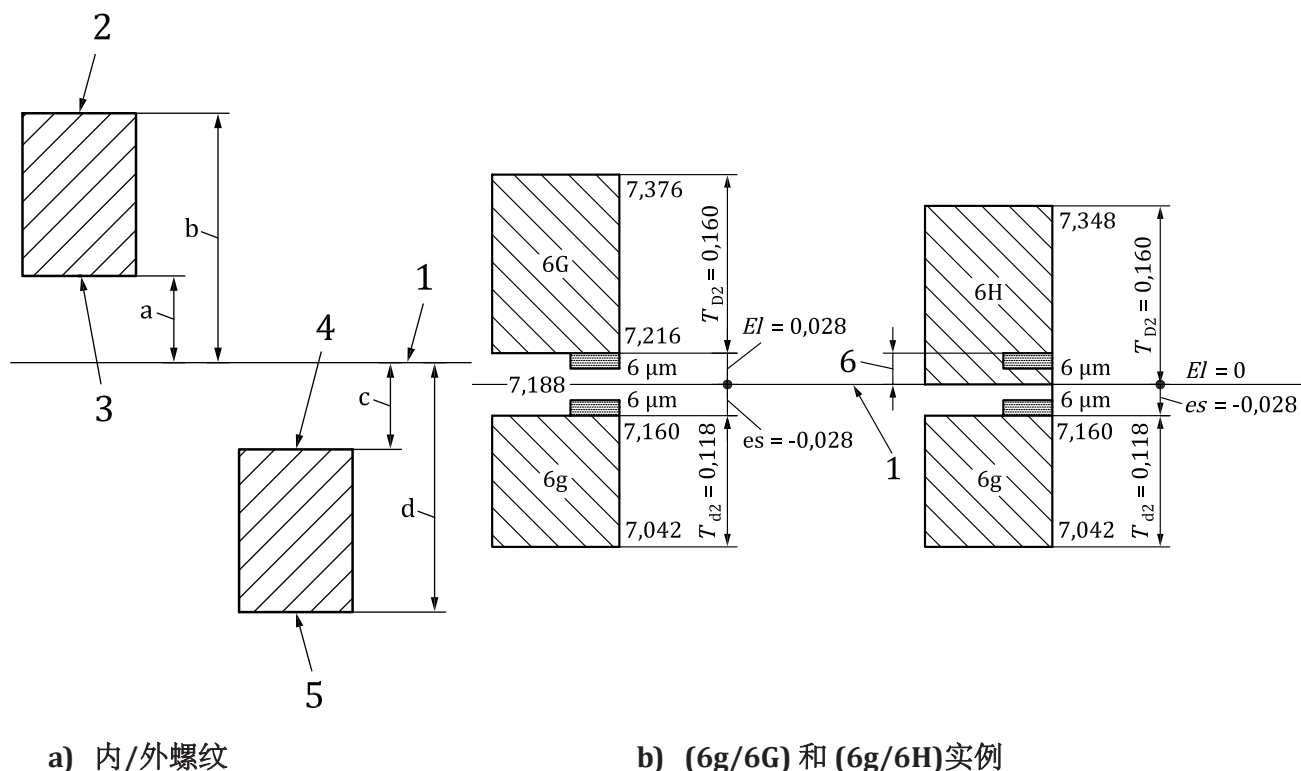
所需涂层系统对ISO公制螺纹的适用性受螺纹基本偏差的限制, 因此受螺纹中径、裕量和公差带的限制。

ISO公制螺纹的紧固件尺寸要求和测试规定在 [6.2](#) 中。

电镀涂层工艺通常不会在紧固件的整个表面产生均匀的涂层厚度分布。由于涂层厚度对测量性的影响很大, 因此有必要考虑螺纹位置、公差和间隙。

在设计电镀的紧固件时, 至少应考虑以下几点:

- 紧固件的类型和尺寸;
- 涂覆前螺纹的公差带;
- 涂层工艺导致的厚度的典型散差(见 [D.2](#));
- 螺纹中可用的间隙(见 [图 D.1](#)).

**关键词**

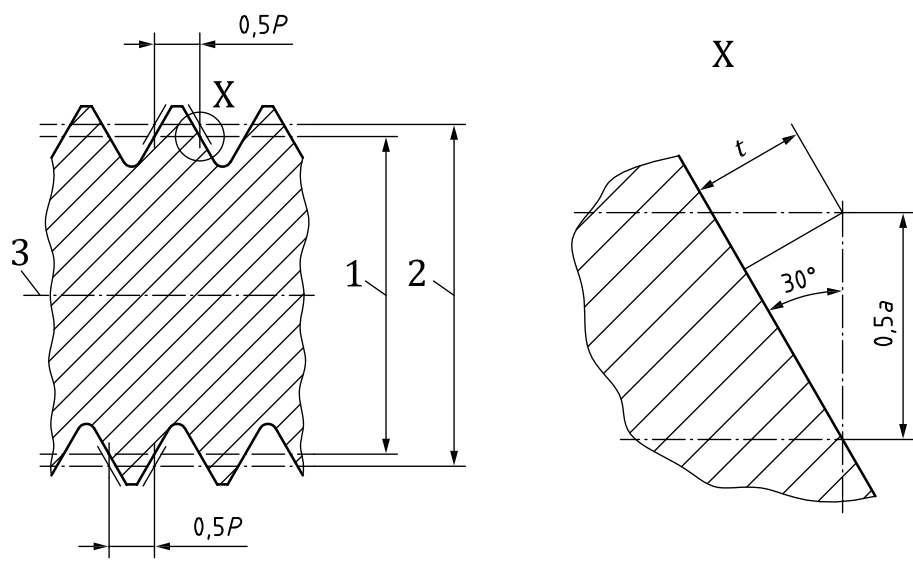
- 1 零线
- 2 螺母螺纹涂层前最大螺纹中径
- 3 螺母螺纹涂层前最小螺纹中径
- 4 螺栓螺纹涂层前最大螺纹中径
- 5 螺栓螺纹涂层前最小螺纹中径
- 6 制造间隙 (公差直到6H下限公差完全使用为止)
- $T_{D2}$   $D_2$ 的公差
- $T_{d2}$   $d_2$ 的公差
- $El$  螺母螺纹与零线的基本偏差的下限
- $es$  螺栓螺纹与零线的基本偏差的上限
- a,c 相应基本偏差的间隙
- b,d 最大间隙对应的是基本偏差的绝对值加上公差等级值。

**图 D.1 — 涂层中径公差带和间隙**

子图 a) 和 b) 给出了在螺栓/螺母组装M8上容纳6 $\mu\text{m}$ 涂层厚度所需的间隙的实例。

**D.2 涂层厚度与中径之间的几何关系**

在外螺纹上应用理论/参考涂层厚度  $t$  的涂层时, 螺纹中径  $d_2$  增加  $4t$ , 如 图 D.2 和 表 D.1 所示。



关键词

- $a$  涂层的螺纹中径变化
- $P$  牙距
- $t$  涂层厚度
- 1 涂层前螺纹中径,  $d_2$
- 2 涂层后螺纹中径
- 3 螺纹轴线

$\frac{t}{0,5a} = \sin 30^\circ = 0,5 \quad 0,25a = t \quad a = 4t$

图 D.2 — 外螺纹涂层厚度与螺纹中径之间的几何关系

表 D.1 — 涂层厚度与中径之间的几何关系

尺寸为微米

| 涂层厚度 | 螺纹中径增加的尺寸 |
|------|-----------|
| $t$  | $4t^a$    |
| 3    | 12        |
| 4    | 16        |
| 5    | 20        |
| 6    | 24        |
| 8    | 32        |
| 10   | 40        |
| 12   | 48        |

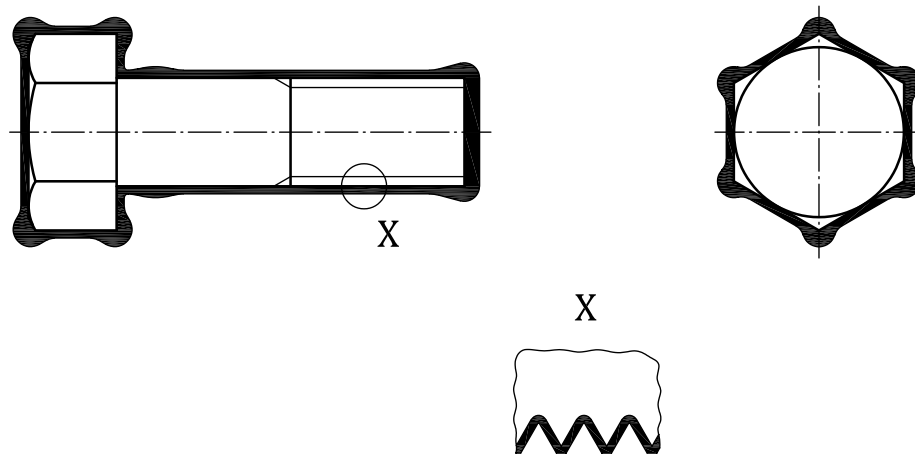
<sup>a</sup> 此螺纹中径的增加对应于涂层厚度 $t$ 所需要的最小间隙。

D.3 外螺纹紧固件涂层厚度

电镀可能导致涂层厚度不均匀，主要有两个原因：

- 外缘的厚度增加和内腔的厚度减少，如螺纹根部，内部驱动，

— 长零件的厚度增加被称为狗骨效应,如图D.3所示的放大。



图D.3 — 电镀过程中涂层厚度的典型分布 (为了说明而夸大)

对于外螺纹的紧固件,狗骨效应通常取决于长度  $l$  和直径  $d$  之间的比值。一般来说,  $l > 5d$  的螺栓,与参考区域的局部厚度相比,在中间长度可以有局部厚度的  $1/3$  到  $1/2$  (见 图 2)。

较厚涂层的规格(为了在长螺栓的中间长度获得足够的涂层厚度—通常  $10d$  到  $15d$ —为了防腐的目的)可能导致螺纹末端的涂层超厚,从而损害可装配性和/或可测量性。反过来,较薄涂层的规格将允许螺纹旋合容易,但可能导致在中间长度的涂层厚度不足。这是一种可以使狗骨效应的影响最小化的知识。

额外的层,如封闭剂、外涂层和/或润滑剂,可以在孔、凹槽、内驱动、空腔和螺纹根部引起的材料滞留。

#### D.4 内螺纹涂层厚度

与内螺纹等内表面相比,电镀不会在外表面沉积相同的涂层厚度。

电镀原理是,金属镀层厚度的分布与电镀过程中的局部电流密度成正比。内部螺纹的预期金属镀层厚度也取决于螺母几何,即螺母相对于螺纹直径的相对高度。不同种类的电解质(如酸性或碱性)会导致不同的厚度分布(甚至是内螺纹中无涂层区域)。通常,碱性电解质的使用会导致更均匀的金属分布。

注 然而,与上述情况相反,大量的涂层可以通过特定的电镀工艺在内螺纹中沉积。

在电镀锌或锌合金镀层的实践中,如果公差带不占零线(基本尺寸),则在涂覆前公制内螺纹可以使用公差带  $6H$ 。如果螺母被第三方涂覆,则应验证功能性螺纹可装配能力。

额外的表面层,如封闭剂、外涂层和/或润滑过程中使用的润滑剂,可以在内螺纹中产生材料滞留。如果不允许接受  $6H$  的通规( $GO$ ),则应考虑其他未涂覆螺母的螺纹公差带。

## D.5 涂层厚度间隙

### D.5.1 外螺纹紧固件

制造的外螺纹的紧固件,应在螺纹中径提供足够的间隙,以容纳涂层厚度。

根据ISO 965 - 1,ISO 965 - 2或ISO 965 - 3的规定,应用于ISO公制外螺纹的涂层厚度,取决于[表D.2](#)中给定的螺纹中径的基本偏差 (间隙),它本身取决于螺纹和外螺纹的公差带g、f或e。

[表D.2](#)表示基本偏差 (间隙)是无涂层外螺纹的牙距和公差带的函数。最小和最大间隙是限制涂层可用空间的理论值。

表 D.2 — ISO公制外螺纹的理论最小间隙和相应最大涂层厚度

| 螺纹牙距<br>$P$<br>mm | 公称螺纹直径, $d$<br>(粗牙螺纹) <sup>a</sup><br>mm | 公差带 g                 |                               | 公差带 f                 |                               | 公差带 e                 |                               |
|-------------------|------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
|                   |                                          | 基本偏差<br>$\mu\text{m}$ | 涂层厚度<br>max.<br>$\mu\text{m}$ | 基本偏差<br>$\mu\text{m}$ | 涂层厚度<br>max.<br>$\mu\text{m}$ | 基本偏差<br>$\mu\text{m}$ | 涂层厚度<br>max.<br>$\mu\text{m}$ |
| 0,35              | 1,6                                      | -19                   | 4                             | -34                   | 8                             | —                     | —                             |
| 0,4               | 2                                        | -19                   | 4                             | -34                   | 8                             | —                     | —                             |
| 0,45              | 2,5                                      | -20                   | 5                             | -35                   | 8                             | —                     | —                             |
| 0,5               | 3                                        | -20                   | 5                             | -36                   | 9                             | -50                   | 12                            |
| 0,6               | 3,5                                      | -21                   | 5                             | -36                   | 9                             | -53                   | 13                            |
| 0,7               | 4                                        | -22                   | 5                             | -38                   | 9                             | -56                   | 14                            |
| 0,8               | 5                                        | -24                   | 6                             | -38                   | 9                             | -60                   | 15                            |
| 1                 | 6                                        | -26                   | 6                             | -40                   | 10                            | -60                   | 15                            |
| 1,25              | 8                                        | -28                   | 7                             | -42                   | 10                            | -63                   | 15                            |
| 1,5               | 10                                       | -32                   | 8                             | -45                   | 11                            | -67                   | 16                            |
| 1,75              | 12                                       | -34                   | 8                             | -48                   | 12                            | -71                   | 17                            |
| 2                 | 14 和 16                                  | -38                   | 9                             | -52                   | 13                            | -71                   | 17                            |
| 2,5               | 18, 20 和 22                              | -42                   | 10                            | -58                   | 14                            | -80                   | 20                            |
| 3                 | 24 和 27                                  | -48                   | 12                            | -63                   | 15                            | -85                   | 21                            |
| 3,5               | 30 和 33                                  | -53                   | 13                            | -70                   | 17                            | -90                   | 22                            |
| 4                 | 36 和 39                                  | -60                   | 15                            | -75                   | 18                            | -95                   | 23                            |
| 4,5               | 42 和 45                                  | -63                   | 15                            | -80                   | 20                            | -100                  | 25                            |
| 5                 | 48 和 52                                  | -71                   | 17                            | -85                   | 21                            | -106                  | 26                            |
| 5,5               | 56 和 60                                  | -75                   | 18                            | -90                   | 22                            | -112                  | 28                            |
| 6                 | 64                                       | -80                   | 20                            | -95                   | 23                            | -118                  | 29                            |

注：涂层厚度的理论上限是在各自螺纹公差的上限（外螺纹）的螺纹尺寸基础上计算的。

a 粗牙螺纹的公称直径的信息仅供参考：确定尺寸为螺纹螺距  $P$ 。

### D.5.2 内螺纹紧固件

制造的内螺纹的紧固件,应在螺纹中径提供足够的间隙,以容纳涂层厚度。

根据ISO 965 - 1,ISO 965 - 2或ISO 965 - 3的规定,应用于ISO公制MW 螺纹的涂层厚度,取决于表D.3中给定的螺纹中径的基本偏差 (间隙),它本身取决于螺纹和内螺纹的公差带G或H。

表 D.3 表示基本偏差 (间隙) 是无涂层内螺纹的牙距和公差带的函数。最小和最大间隙是限制涂层可用空间的理论值。

## Nominal thread

表D.3 — ISO公制内部螺纹的理论最小间隙和相应最大涂层厚度

| 螺纹牙距<br><i>P</i> | 公称螺纹直径<br><i>D</i><br>(粗牙螺纹) <sup>a</sup> | 公差带 G |      | 公差带 H               |
|------------------|-------------------------------------------|-------|------|---------------------|
|                  |                                           | 基本偏差  | 涂层厚度 |                     |
|                  | mm                                        | mm    | μm   |                     |
| 0,35             | 1,6                                       | +19   | 4    | 可能制造的螺母的无涂层螺纹没有达到零线 |
| 0,4              | 2                                         | +19   | 4    |                     |
| 0,45             | 2,5                                       | +20   | 5    |                     |
| 0,5              | 3                                         | +20   | 5    |                     |
| 0,6              | 3,5                                       | +21   | 5    |                     |
| 0,7              | 4                                         | +22   | 5    |                     |
| 0,8              | 5                                         | +24   | 6    |                     |
| 1                | 6                                         | +26   | 6    |                     |
| 1,25             | 8                                         | +28   | 7    |                     |
| 1,5              | 10                                        | +32   | 8    |                     |
| 1,75             | 12                                        | +34   | 8    |                     |
| 2                | 14 和 16                                   | +38   | 8    |                     |
| 2,5              | 18, 20 和 22                               | +42   | 10   |                     |
| 3                | 24 和 27                                   | +48   | 12   |                     |
| 3,5              | 30 和 33                                   | +53   | 13   |                     |
| 4                | 36 和 39                                   | +60   | 15   |                     |
| 4,5              | 42 和 45                                   | +63   | 15   |                     |
| 5                | 48 和 52                                   | +71   | 15   |                     |
| 5,5              | 56 和 60                                   | +75   | 16   |                     |
| 6                | 64                                        | +80   | 20   |                     |

注：涂层厚度的理论上限是在各自螺纹公差的上限（内螺纹）的螺纹尺寸基础上计算的。

<sup>a</sup> 粗牙螺纹的公称直径的信息仅供参考：确定尺寸为螺纹螺距 P。

D.6 耐腐蚀与间隙的相容性

有关耐腐蚀性和间隙的相容性, 请参阅图 D.4 以了解信息。

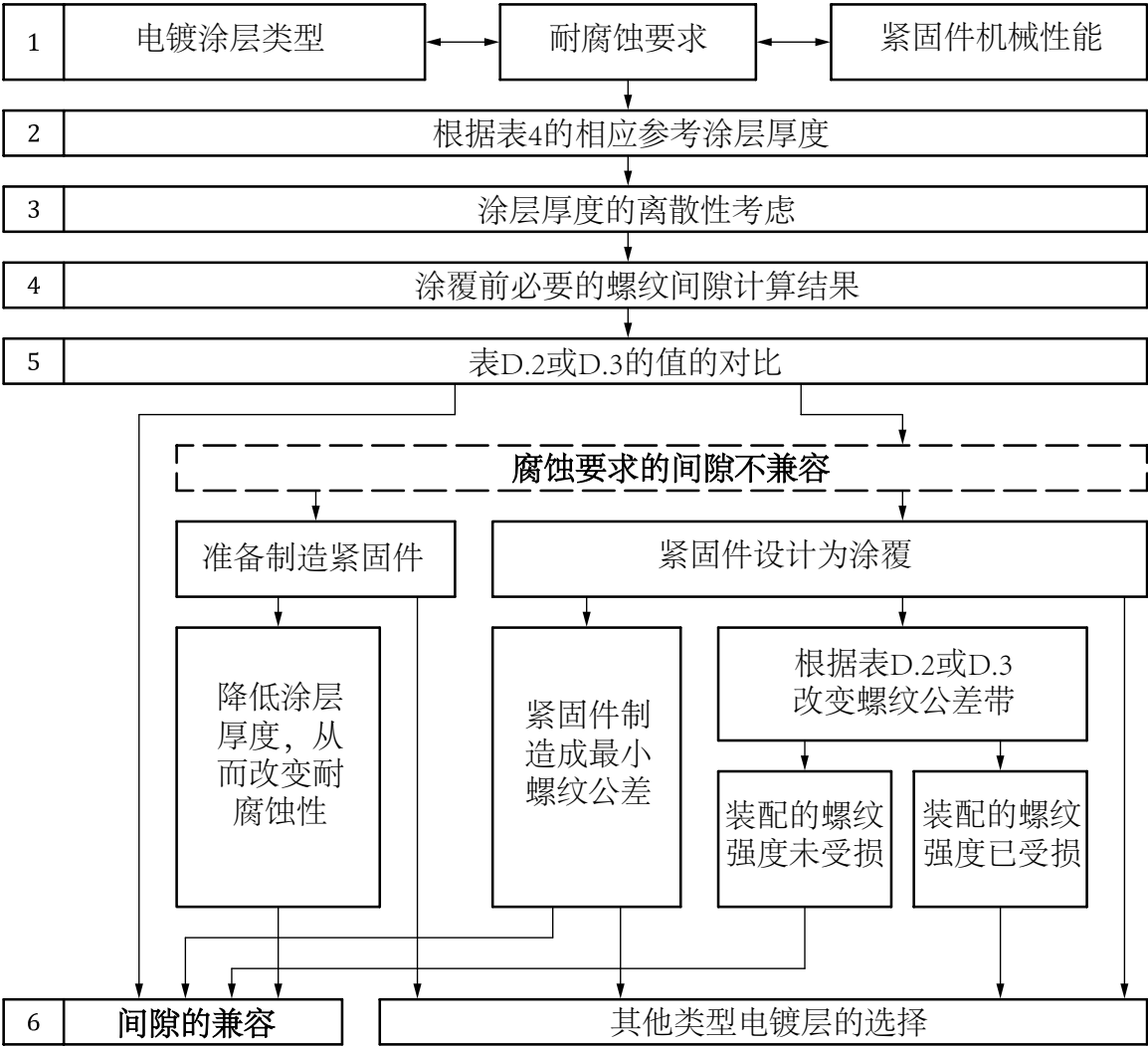


图 D.4 — 检查耐腐蚀性和间隙之间兼容性的实例

通过选择外和内螺纹的螺纹公差带的组合, 应确保对组件装配的滑牙的力大于外螺纹紧固件的极限拉伸载荷,,  $F_m$ .

增加的间隙也会影响其他功能方面, 如预制扭矩特性, 耐疲劳性等。

## 附录 E (信息)

### 根据ISO 9227, NSS进行测试的涂层系统 — 对中性盐雾试验箱腐蚀性的评价

#### E.1 引言

当要求对试验箱的腐蚀性进行评估时, 应按照本附件的规定执行。

本附件设计用于除 ISO 9227 中指定的用于中性盐喷雾试验外的测试方法。为控制制造批次, 建立了基于锌基涂层的钢紧固件的评价方法。

这一开发作为对ISO 9227的补充的主要原因是, 在可靠性、重现性和减少测试结果的分散性方面的必要改进, 因为中性盐雾试验是用于紧固件生产的接受

— 使用相同的评价模式 (在锌基涂层钢制参考板上出现红锈, 而不是重量损失评估), 及

— 对试验箱的腐蚀性进行周期性控制。

此方法在紧固件行业中得到了成功的应用, 大大提高了不同盐雾箱的再现性。

#### E.2 目的

本附件是ISO 9227的一种补充, 它指定了一种评估试验箱对中性盐雾试验 (NSS) 的腐蚀性的方法, 适用于锌和锌合金电镀涂层系统的钢制紧固件。

定义了两种类型的测试, 以便:

— 确定腐蚀程度作为等级, 并确定试验箱被认为是符合要求的条件, 通过在有用的容积中控制试验箱的腐蚀性, 独立于要测试的标本;

— 监控周期性控制之间的试验箱腐蚀性。

#### E.3 频率控制

腐蚀性水平的确定应至少每年进行一次, 并且在设备的大型保养或维修工作之前使用该试验箱。

腐蚀性监测应至少每月进行一次。

## E.4 工作条件

### E.4.1 参数

除评估试验箱腐蚀性的方法外，应检查ISO 9227中所有的参数。

### E.4.2 参考板

参考板应由钢制成，如按照ISO 6932的CR24，至少在一个表面上涂上一层锌，用高速连续热浸镀锌获得的一层锌。锌的厚度应为  $(11 \pm 1) \mu\text{m}$ 。

参考板的尺寸为190 mm × 90 mm;见图 E.4.

参考板可能被上油，以便更好地在存储中防护。

参考板须附有一份至少载有以下内容的检验证书：

- 供应商的标识;
- 参考板的识别（卷号和铸号）；
- 基体金属的化学成分和力学性能;
- 锌沉积的测量厚度;
- 保护油的参考, 如果有的话。

### E.4.3 参考板的准备

#### E.4.3.1 脱脂过程

在脱脂过程完成后，应在24小时内使用参考板。  
应按下列方法进行脱脂：

- a) 使用带丙酮的软布进行预脱脂。
- b) 超声波脱脂的清洁溶液的组成如下：
  - 碳酸氢钠( $\text{NaHCO}_3$ )  $(15 \pm 2) \text{ g/l}$ ;
  - 碳酸钠( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )  $(10 \pm 2) \text{ g/l}$ ;
  - 磷酸三钠 ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ )  $(20 \pm 2) \text{ g/l}$ ;
  - 用蒸馏水或去离子水将体积调整到一公升。

#### 超声波条件

- 温度  $(45 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ;
- 持续时间  $(7 \pm 1)$  分钟。

此脱脂溶液在一个不透明的容器中的使用寿命为36个月，贮存条件范围从0 °C到40 °C。将此溶液存储在一个密封的容器中(一升该溶液足够最多5个面板)。

- c) 在关闭超声波之前, 用钳子将面板取出。在蒸馏或去离子水中冲洗, 然后在清洁溶剂中 (乙醇或丙酮), 最后在空气中晾干。

E.4.3.2 面板的保护

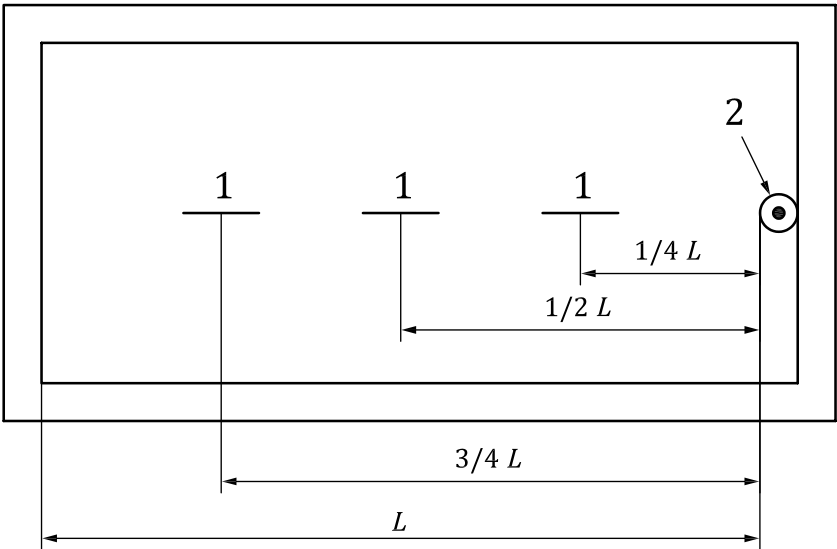
脱脂的板应戴手套处理。面板的边缘和背面应使用合适的胶带（例如，宽度为38mm或50mm的棕色PVC胶带，或类似的粘性可去除型保护），如图E.4所示，使总暴露的表面为160mm x 80 mm。

E.4.3.3 参考板和集液器的位置

支撑物应由化学惰性材料组成。应将试验板的定位且与垂直方向保持角度 $(20 \pm 5)^\circ$ ，不受保护的面向上。每个试验板的中心应按平均样品曝光高度保持水平。试验板的数量和相对位置根据测试方法和试验箱设计的不同而不同，见 图 E.1 到 E.3:

- 每年至少应使用三个试验板进行年度控制。在喷嘴和试验箱壁之间的最远处，试验板应放置1/4、1/2和3/4的距离;
- 在每月监测期间至少应使用一个试验板。试验板应放置在喷嘴和试验箱壁之间的最远处。

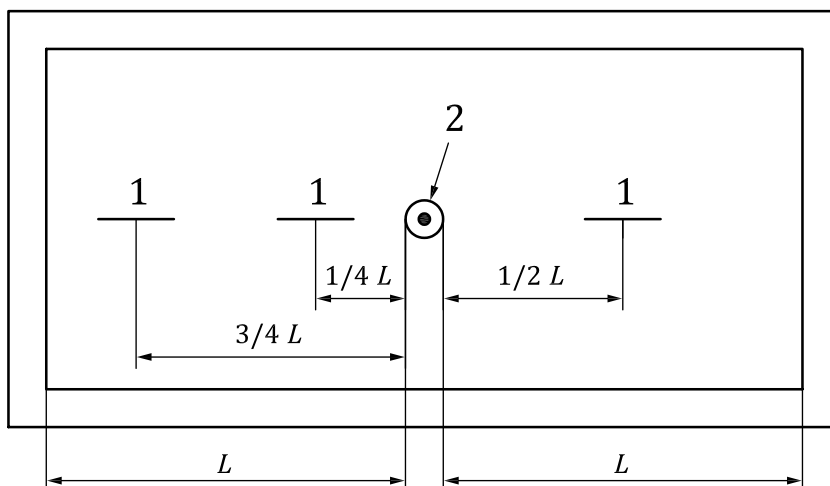
收集设备应按照ISO 9227的规定放置。对于年度控制，收集设备的数量应与试验板的数量相同，并尽可能靠近试验板的位置。



关键词

- $L$  喷雾嘴与试验箱壁之间最远处的距离
- 1 试验板
- 2 喷雾嘴

图 E.1 — 非中心喷雾试验箱



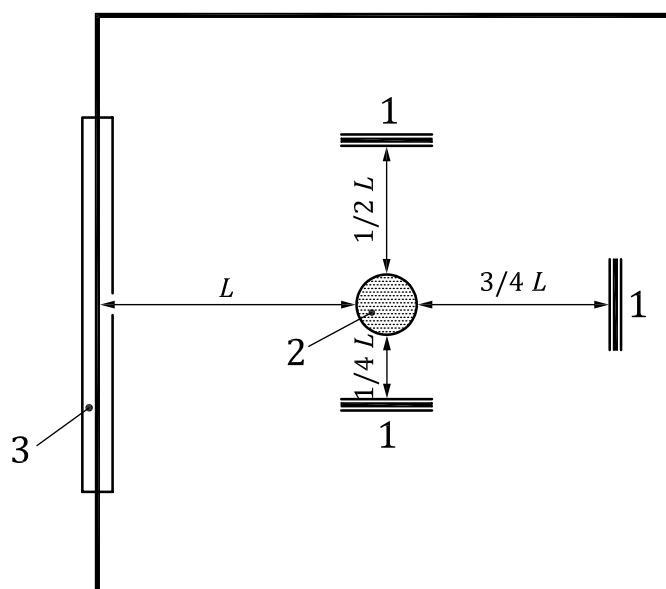
**关键词**

$L$  喷雾嘴与试验箱壁之间最远处的距离

1 试验板

2 喷雾嘴

图 E.2 — 中心喷雾试验箱



**关键词**

$L$  喷雾嘴与试验箱壁之间最远处的距离

1 试验板

2 喷雾嘴

3 门

图 E.3 — 四方-中心喷雾试验箱

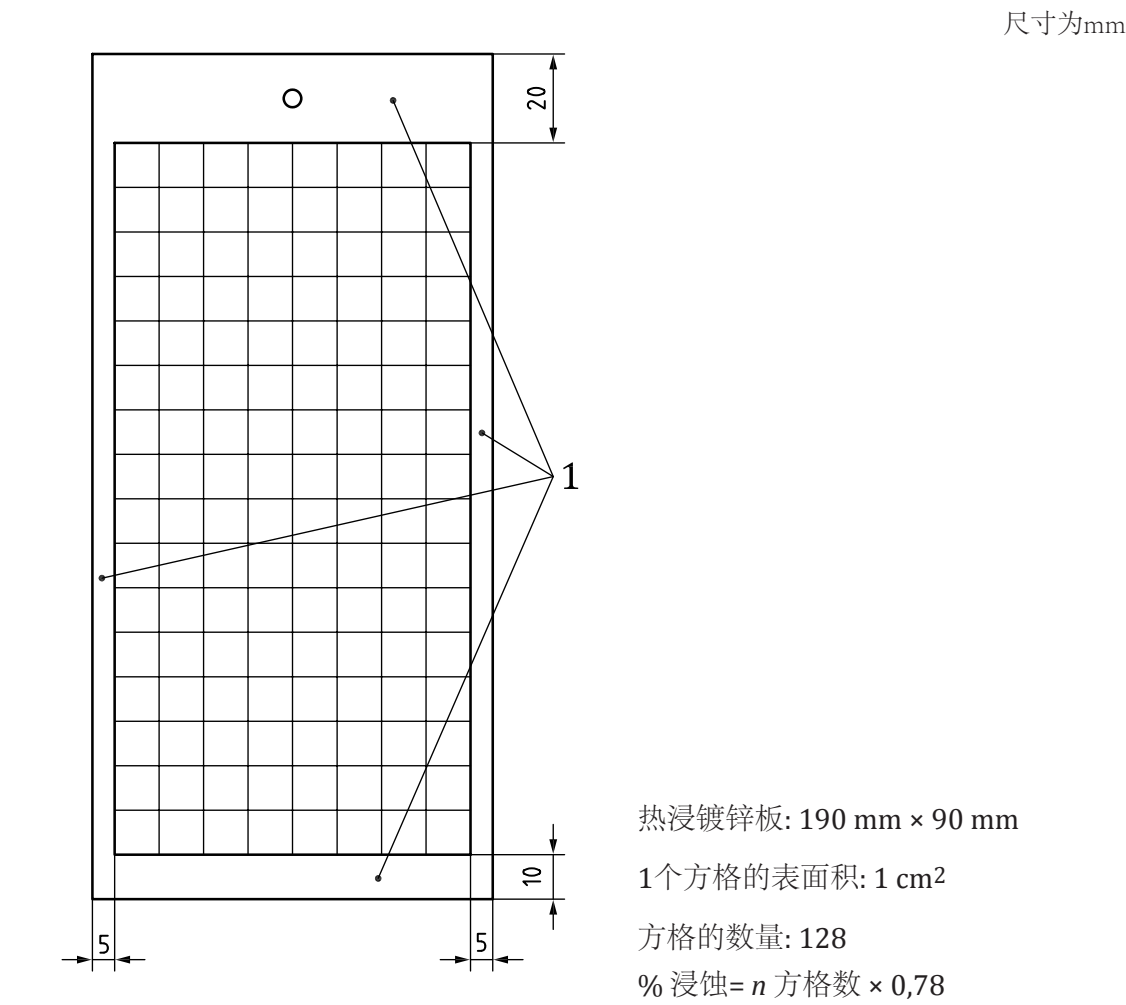
**E.4.3.4 试验箱的布局**

试验板应布局好，使其不接触到试验箱，使其表面暴露于盐雾的自由循环中。

在年度控制期间，试验箱内应只包含参考板。  
在试验箱正常运作期间，可进行每月监测。其他暴露的样品不得妨碍参考板。

E.4.4 控制罩

图E.4中规定的控制罩应在透明的箔纸上复制。罩应放置在参考板上。



关键词  
1 保护区 (见 E.4.3.2)

图 E.4 — 参考板的保护和控制罩

E.4.5 浸蚀表面的确定

报告的每一个腐蚀的方格应尽可能显示一个点的红锈(包括流). 见示例 图 E.5。

所有的目视检查都要在未冲洗的、仍然潮湿的试验板上进行。  
最终检查应在70小时至72小时后, 然后每 (24 ± 1) h. 在实际操作方面, 建议在星期五开始测试。

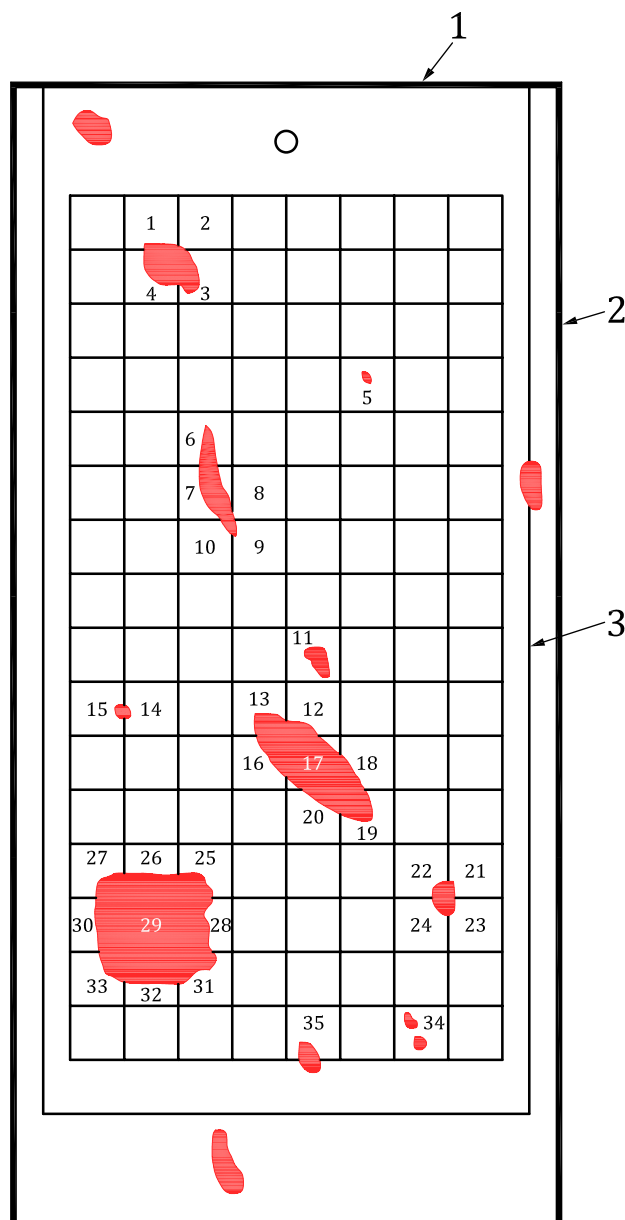
如果其中一个试验板显示在72小时检查有红锈的证据, 重复测试 (如以下星期一), 并且每24小时检查一次。

对于年度控制, 试验箱应在72小时的初始30分钟内开箱。每月监测, 每次开箱不得超过60分钟。不得扣除开箱时间。

#### E.4.6 腐蚀性量化

在测试期间, 罩的顶部应按照其在试验箱中的方向精确放置在参考板的顶部。

如 图 E.5 所示, 腐蚀性量化的一个示例。



#### 关键词

- 1 罩的顶部和试验板顶部
- 2 参考板
- 3 控制罩

35格显示有红锈: 腐蚀的百分比(红锈比例- RRR) 是 27,3 % ( $35 \times 0,78$ )

图E.5 — 腐蚀性量化的示例

E.5 腐蚀结果

红锈时间 (RRT) 是为生锈的水平超过 5% (即至少7个方格显示红锈) 所采取的时间。

每个试验板的 RRT 和相应的等级应按照表 E.1 表示。见 E.6.5 中的示例。

表 E.1 — 腐蚀性水平评价分级系统

| 红锈时间 (RRT)<br>h     | 等级 | 腐蚀评价 |
|---------------------|----|------|
| $RRT \leq 72$       | A  | 不符合  |
| $72 < RRT \leq 96$  | B  | 符合   |
| $96 < RRT \leq 120$ | C  |      |
| $RRT > 120$         | D  | 不符合  |

对于腐蚀性评价, 当每个试验板的等级按照表 E.1 等于 B 或 C 测试锌和锌基涂层系统钢制紧固件, 试验箱是符合性的目的。

试验箱腐蚀性表现为与表 E.1 相同的 A 至 D 分级系统。

注 当使用多个试验箱 (例如在买方和供应商的位置) 测试涂层紧固件时, 只有在腐蚀性水平符合表 E.1 的情况下才能达到可靠的一致结果。

E.6 年度控制和月度监测报告格式示例

E.6.1 试验箱腐蚀性水平的年度控制与月度监测

|         |                               |                               |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|
| 试验类型:   | 月度监测 <input type="checkbox"/> | 年度控制 <input type="checkbox"/> |
| 试验开始日期: | 试验箱标识号:                       |                               |
| 参考板的批号: |                               |                               |

E.6.2 冷凝检查

| 收集的体积 ml/h <sup>a</sup> |       |       |
|-------------------------|-------|-------|
| 收集器 1                   | 收集器 2 | 收集器 3 |
|                         |       |       |

注 收集器设备编号与试验板编号相同。

<sup>a</sup> 整个测试持续时间的平均测量值 (包括开箱时间); 根据ISO 9227, 水平收集面积为80 cm<sup>2</sup>为(1,5 ± 0,5) ml/h (对应于三个收集设备每个直径为10 cm ).

### E.6.3 腐蚀等级的确定

|                                |    | 红锈的依据: % 控制罩上的数量 |       |       |
|--------------------------------|----|------------------|-------|-------|
| 红锈时间 (RRT)<br>h                | 等级 | 试验板 1            | 试验板 2 | 试验板 3 |
| $RRT \leq 72$                  | A  |                  |       |       |
| $72 < RRT \leq 96$             | B  |                  |       |       |
| $96 < RRT \leq 120$            | C  |                  |       |       |
| $RRT > 120$                    | D  |                  |       |       |
| 结果 (红锈比例达到 $RRR \geq 5\%$ 的等级) |    |                  |       |       |

### E.6.4 试验箱腐蚀的结论

|         |                          |     |                          |
|---------|--------------------------|-----|--------------------------|
| 所有参数的符合 | <input type="checkbox"/> | 不符合 | <input type="checkbox"/> |
| 评价:     |                          |     |                          |
| 操作员姓名:  | 日期:                      | 签名: |                          |

### E.6.5 腐蚀等级确认的实例

腐蚀等级确认的实例在 [表 E.2](#) 和 [E.3](#) 中给出。

表 E.2 — 实例1 符合的试验箱

|                                |    | 红锈的依据: % 控制罩上的数量                     |                                        |                                         |
|--------------------------------|----|--------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 红锈时间 (RRT)<br>h                | 等级 | 试验板 1                                | 试验板 2                                  | 试验板 3                                   |
| $RRT \leq 72$                  | A  | 红锈: 0 方格 —                           | 红锈: 1 方格 0,78 %                        | 红锈: 0 方格 —                              |
| $72 < RRT \leq 96$             | B  | 红锈: 3 方格 ( $3 \times 0,78 =$ ) 2,3 % | 红锈: 8 方格 ( $8 \times 0,78 =$ ) 6,2 %   | 红锈: 方格 ( $10 \times 0,78 =$ ) 7,8 %     |
| $96 < RRT \leq 120$            | C  | 红锈: 7 方格 ( $7 \times 0,78 =$ ) 5,5 % | 红锈: 12 方格 ( $12 \times 0,78 =$ ) 9,4 % | 红锈: 20 方格 ( $20 \times 0,78 =$ ) 15,6 % |
| $RRT > 120$                    | D  | —                                    | —                                      | —                                       |
| 结果 (红锈比例达到 $RRR \geq 5\%$ 的等级) |    | C                                    | B                                      | B                                       |
|                                |    | 腐蚀等级: 符合                             |                                        |                                         |

表 E.3 — 实例2 不符合的试验箱

| 红锈时间 (RRT)<br>h                | 等级 | 红锈的依据: % 控制罩上的数量                     |                                         |                                         |
|--------------------------------|----|--------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                |    | 试验板 1                                | 试验板 2                                   | 试验板 3                                   |
| $RRT \leq 72$                  | A  | 红锈: 0 方格 —                           | 红锈: 0 方格 —                              | 红锈: 0 方格 —                              |
| $72 < RRT \leq 96$             | B  | 红锈: 1 方格 0,78 %                      | 红锈: 3 方格 ( $3 \times 0,78 =$ ) 2,3 %    | 红锈: 10 方格 ( $10 \times 0,78 =$ ) 7,8 %  |
| $96 < RRT \leq 120$            | C  | 红锈: 3 方格 ( $3 \times 0,78 =$ ) 2,3 % | 红锈: 7 方格 ( $7 \times 0,78 =$ ) 5,5 %    | 红锈: 20 方格 ( $20 \times 0,78 =$ ) 15,6 % |
| $RRT > 120$                    | D  | 红锈: 7 方格 ( $7 \times 0,78 =$ ) 5,5 % | 红锈: 15 方格 ( $15 \times 0,78 =$ ) 11,7 % | 红锈: 35 方格 ( $35 \times 0,78 =$ ) 27,3 % |
| 结果 (红锈比例达到 $RRR \geq 5$ % 的等级) |    | D                                    | C                                       | B                                       |
|                                |    | 腐蚀等级: 不符合                            |                                         |                                         |

附录 F  
(信息)

根据 ISO 4042:1999，紧固件上的电镀涂层系统旧的标记代码

警告 — 该系统不得用于新用途;它只包括使用这个系统的现有图纸和文档的信息和推荐。应使用第9条规定的标记代码系统。

F.1 旧的代码系统

根据ISO 4042:1999的规定，紧固件上的电镀涂层系统的旧的标记代码是在表F.1中给出的。

表 F.1 — 旧的代码系统

|                   |   |   |   |
|-------------------|---|---|---|
|                   | X | X | X |
| 涂层金属或合金 (见 表 F.2) |   |   |   |
| 最小涂层厚度 (见 表 F.3)  |   |   |   |
| 光饰或铬处理 (见 表 F.4)  |   |   |   |

表 F.2 — 涂层金属/合金

| 符号                                   | 元素                 | 旧的代码 |
|--------------------------------------|--------------------|------|
| Zn                                   | 锌                  | A    |
| Cd <sup>a</sup>                      | 镉                  | B    |
| Cu                                   | 铜                  | C    |
| CuZn                                 | 黄铜                 | D    |
| Ni <sup>b</sup>                      | 镍                  | E    |
| Ni b Cr r <sup>b</sup>               | 镍-铬                | F    |
| CuNi b <sup>b</sup>                  | 铜-镍                | G    |
| CuNi b Cr r <sup>b</sup>             | 铜-镍-铬 <sup>c</sup> | H    |
| Sn                                   | 锡                  | J    |
| CuSn                                 | 铜-锡(青铜)            | K    |
| Ag                                   | 银                  | L    |
| CuAg                                 | 铜-银                | N    |
| ZnNi                                 | 锌-镍                | P    |
| ZnCo                                 | 锌-钴                | Q    |
| ZnFe                                 | 锌-铁                | R    |
| <sup>a</sup> 在某些国家, 使用镉是受限制或禁止的。     |                    |      |
| <sup>b</sup> 对于ISO分类代码, 请参见ISO 1456。 |                    |      |
| <sup>c</sup> 铬层的厚度约为0,3 µm.          |                    |      |

表 F.3 — 镀层厚度(总的沉积厚度)

| 镀层厚度<br>µm                                                              |                    | 旧的标记 |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------|------|
| 单金属镀层                                                                   | 双金属镀层 <sup>a</sup> |      |
| 无涂层厚度要求                                                                 | —                  | 0    |
| 3                                                                       | —                  | 1    |
| 5                                                                       | 2 + 3              | 2    |
| 8                                                                       | 3 + 5              | 3    |
| 10                                                                      | 6 + 4              | 9    |
| 12                                                                      | 8 + 4              | 4    |
| 15                                                                      | 10 + 5             | 5    |
| 20                                                                      | 8 + 12             | 6    |
| 25                                                                      | 10 + 15            | 7    |
| 30                                                                      | 12 + 18            | 8    |
| <sup>a</sup> 第一个和第二个金属镀层的厚度适用于所有的多层厚度, 但不适用于外涂层为铬的多层镀层, 其铬镀层厚度均为0,3 µm. |                    |      |

表 F.4 — 光饰和铬处理

| 光饰程度                                                                             | 铬酸盐处理进行钝化 <sup>a</sup> : 典型颜色 | 旧的标记 |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------|
| 无光泽                                                                              | 无色                            | A    |
|                                                                                  | 浅蓝色至带淡蓝色的彩虹色 <sup>b</sup>     | B    |
|                                                                                  | 隐约可见的淡黄色至黄棕色, 彩虹色             | C    |
|                                                                                  | 淡褐橄榄色至橄榄棕色                    | D    |
| 半光亮                                                                              | 无色                            | E    |
|                                                                                  | 浅蓝色至带淡蓝色的彩虹色 <sup>b</sup>     | F    |
|                                                                                  | 隐约可见的淡黄色至黄棕色, 彩虹色             | G    |
|                                                                                  | 淡褐橄榄色至橄榄棕色                    | H    |
| 光亮                                                                               | 无色                            | J    |
|                                                                                  | 浅蓝色至带淡蓝色的彩虹色 <sup>b</sup>     | K    |
|                                                                                  | 隐约可见的淡黄色至黄棕色, 彩虹色             | L    |
|                                                                                  | 淡褐橄榄色至橄榄棕色                    | M    |
| 高光亮                                                                              | 无色                            | N    |
| 可选的                                                                              | 与 B, C或D一样                    | P    |
| 无光泽                                                                              | 棕黑色到黑                         | R    |
| 半光亮                                                                              | 棕黑色到黑                         | S    |
| 光亮                                                                               | 棕黑色到黑                         | T    |
| 全光饰                                                                              | 不进行铬酸盐处理 <sup>c</sup>         | U    |
| <sup>a</sup> 钝化处理仅能用于锌或镉镀层<br><sup>b</sup> 仅适用于锌镀层<br><sup>c</sup> 例如这样的镀层: A5U. |                               |      |

## F.2 旧的标记示例:

示例 紧固件的电镀锌涂层 (A 来自 表 F.2), 要求镀层厚度为5 μm (2 来自 表 F.3), 光亮状态 “光亮”, 铬酸盐处理至彩虹色(L 来自 表 F.4), 标记如下:

[紧固件标记] – A2L

如果使用此旧的标记, 则适用以下情况:

— 如未明确要求最小镀层厚度, 则按表 F.3, 该镀层厚度的标记代号为“0” — 例如A0P — 以便该代号包括在完整的技术要求中。代号“0”适用于小于M1.6的螺纹零件或其他小零件。

— 如要求其他处理, 如涂抹油脂或油, 则需协议。如果适用, 则将此处理添加为明文规定的标记。

## 参考文献

- [1] ISO 898-1, 碳钢制和合金钢制紧固件的机械性能— 第1部份: 粗牙螺纹和细牙螺纹螺栓, 螺丝及螺柱的性能等级规定
- [2] ISO 898-2, 碳钢制和合金钢制紧固件的机械性能— 第2部份: 粗牙螺纹和细牙螺纹螺母的性能等级规定
- [3] ISO 898-3, 碳钢制和合金钢制紧固件的机械性能— 第3部份: 垫片性能等级规定
- [4] ISO 898-5, 碳钢制和合金钢制紧固件的机械性能— 第5部份: 粗牙螺纹和细牙螺纹紧定螺钉及相似螺纹紧固件的性能等级规定
- [5] ISO 965-1, ISO一般用途米制螺纹— 公差— 第1部分: 原则和基本数据
- [6] ISO 965-2, ISO一般用途米制螺纹— 公差— 第2部分: 一般用途内螺纹和外螺纹的极限尺寸— 中等质量
- [7] ISO 965-3, ISO一般用途米制螺纹— 公差— 第2部分: 结构螺纹的偏差
- [8] ISO 2702, 热处理钢制自攻螺钉— 机械性能
- [9] ISO 4042:1999, 紧固件— 电镀层
- [10] ISO 4520, 镀锌层和镀镉层上的铬酸盐转化膜
- [11] ISO 6932, 含碳量最高为0.25%的冷轧碳素钢带
- [12] ISO 7539-7, 金属与合金的腐蚀. 应力腐蚀试验. 第7部分 慢速率应力试验方法
- [13] ISO 9588, 金属和其他无机覆盖层 为减少氢危险的涂覆后钢铁的处理
- [14] ISO 9001, 质量管理体系— 要求
- [15] ISO 10474, 钢和钢成品—— 检验文件
- [16] ISO 10666, 自钻自攻螺钉— 机械和功能性能
- [17] ISO 16426, 紧固件— 质量保证系统
- [18] ISO/TR 20491, 钢制紧固件氢脆基本原理
- [19] ASTM F606/F606M, 测定内外螺纹紧固件垫圈直接拉力指示器以及铆钉机械性能的标准试验方法
- [20] ASTM F1624, 用增长载荷技术测量钢中氢脆性的标准试验方法
- [21] ASTM F1940, 电镀或涂覆紧固件防氢脆的过程控制检定的标准试验方法
- [22] ASTM G129, 评估金属材料对环境协助开裂敏感性的慢应变速率试验的标准实施规程
- [23] EN 10204, 金属产品— 检验文件的类型

- [24] NASM 1312-2, 紧固件试验方法 - 方法2 - 相互作用
- [25] DIN 50969-2, 高强度结构钢建筑部件的氢诱导易脆断裂预防.第2部分:试验方法

