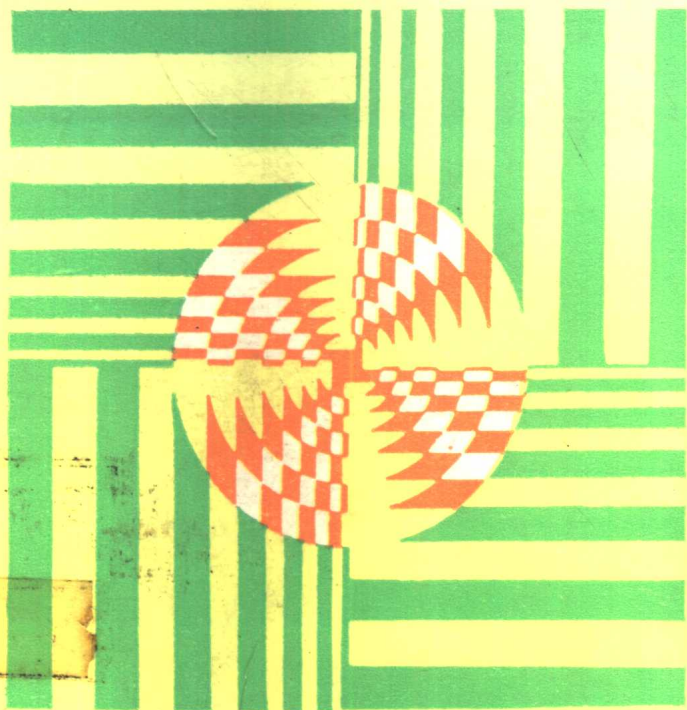


镀(涂)层质量检验技术

许强龄 编著



上海科学技术文献出版社

镀(涂)层质量检验技术

许强龄 编著

上海科学技术文献出版社

(沪)新登字 301 号

镀(涂)层质量检验技术

许强龄 编著

*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路 2 号)

全国新华书店经销

上海科技文献出版社昆山联营厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 印张 10.5 字数 254.000

1992 年 7 月第 1 版 1992 年 7 月第 1 次印刷

印数: 1-4, 100

ISBN 7-80513-993-8/T·233

定 价: 8.00 元

《科技新书目》 270-349

内 容 提 要

《镀(涂)层质量检验技术》是汇集国内外电镀层和涂覆层各种性能质量检验技术的专著。内容包括各种镀(涂)层的外观、厚度、结合力、孔隙率、硬度、应力、脆性、耐腐蚀、耐晒、导电、钎焊、耐霉菌等性能的测试方法,从方法的原理,到仪器结构、试验方法、结果评定等方面均作了详细介绍。

本书论述简明扼要,密切结合生产实际,部分内容反映了近年来发展的检测新技术。对于表面处理企业加强质量控制,提高产品质量有较大的实用意义。

本书可供电镀、氧化、涂装等生产单位、科研单位的工程技术人员、中高级技术工人使用,也可作表面处理专业大、中专的教材或参考书。

前 言

电镀、氧化、涂装等表面处理加工,是机械、电子、仪表、轻工、农机、造船、航天等工业的重要基础工艺和共性技术。众多的产品通过各种表面处理加工后,可以获得华丽装饰的外观,延长使用寿命,改善产品的功能,从而达到提高产品的质量,满足产品升级换代和人民物质生活的需要。

随着表面处理工业的发展,为了确保产品质量的提高,镀(涂)层的质量监控及其相应的检测技术应用,日益受到表面处理企业的关注和广大表面处理工作者的重视,成为企业评判产品质量和全面质量管理的一项重要内容。同时也是研究表面处理新工艺,鉴定镀(涂)层工艺性能的必要手段。对此,掌握镀(涂)层质量检验技术和应用,是表面处理工作者的一门必备的基础技术。

现代科学技术的发展,不仅为传统的电镀、氧化、涂装等表面处理加工输入了大量新工艺和新技术,而且近年来以真空镀、离子镀、化学镀、电泳镀、机械镀,以及刷镀等一代新技术又得到飞速发展,因此各类镀(涂)层质量检验的内容显著增加,采用常规的外观检验已远远不能满足质量检验的要求,必须采用现代化的检测技术才能与之相适应。所以,作为表面处理技术人员,全面了解与掌握镀(涂)层的各种测试技术的基本原理、操作技能,以及相应的评定方法,是至关重要的任务。

镀(涂)层质量检验的内容和方法,是根据产品的特定要求和
使用环境而决定的,通常情况下其主要内容有镀(涂)层的外观质量(包括表面缺陷、粗糙度、光亮性等)、结合力、厚度、孔隙率、耐腐蚀性、硬度、应力、脆性、导电性、钎焊性,以及耐晒性、耐热性、耐霉菌性等。特定情况下还需鉴别镀层的成份、金相结构和微观形貌等等。其测试方法包括目测法、化学法、电化学法、物理或机械

法、光学法以及各种射线法等。所以,镀(涂)层质量检测技术是一门涉及多学科、内容极为丰富的专业性测试技术。

受镀(涂)产品在质量检验时应检测的内容、方法和评定指标,应严格按照产品设计要求或产品标准进行。多数产品的质量标准均有相应的国际标准、国标或部标明文规定。对于未列入国标或部标的产品,其质量检验标准可按产品加工要求或实样对照予以评定,作为评判产品质量分级或合格与否的依据。

鉴于表面处理镀(涂)层的质量检验内容广泛,测试方法众多,评定指标又各不相同,至今国内尚无一本内容比较齐全的镀(涂)层质量检验专著。因此,作者根据从事这方面工作多年的实际经验和尽可能收集到的资料,结合国内表面处理工业的实际需要,较系统地 and 全面地介绍各种镀(涂)层有关性能测试技术。通过测试方法原理、仪器构造和选型、试验方法和步骤,以及结果计算和评判等方面的介绍,供读者在实际工作中参考。针对一些特殊性能检验需要,本书对镀层成分的定性鉴定、微观结构和形貌的鉴别也作了概要的介绍,并在附录中收录了各种镀(涂)层评定标准的目录、各类涂覆层标记及标注方法等内容供读者查阅。所以,《镀(涂)层质量检验技术》是一本内容广泛,密切结合生产实际,具有较强专业性和实用性的镀(涂)层质量检验的技术专著,可供从事这一领域工作的工程技术人员阅读,也可作为表面处理专业大、中专院校的教材或参考书。

本书的第八章“化学转化膜性能检验”由许磊同志编写,第十章“涂层质量检验”由柳依玲同志编写。上海轻工业研究所沈宁一教授在百忙中对全书作了审阅,在此深表感谢。

由于作者水平所限,不当之处难免,谨请广大读者批评指正。

许强龄

1991年11月

目 录

第一章 电镀层外观检验	1
第一节 表面缺陷检验.....	2
第二节 表面粗糙度检验.....	10
第三节 表面光亮度检验.....	29
第四节 装饰铬层的裂纹及覆盖性检验.....	32
第二章 电镀层厚度检验	35
第一节 测厚方法概述.....	35
第二节 点滴法测厚.....	40
第三节 液流法测厚.....	44
第四节 溶解法测厚.....	50
第五节 库仑法测厚.....	52
第六节 金相法测厚.....	60
第七节 轮廓仪法和光切法测厚.....	64
第八节 磁性法测厚.....	65
第九节 涡流法测厚.....	68
第十节 β 射线法测厚.....	70
第十一节 X射线荧光法测厚.....	71
第十二节 其它测厚法.....	71
第三章 电镀层的耐腐蚀性检验	78
第一节 大气暴露试验.....	74
第二节 盐雾试验.....	80
第三节 腐蚀膏试验.....	90
第四节 二氧化硫工业气体腐蚀试验.....	94
第五节 湿热试验.....	98
第六节 周期浸润腐蚀试验	100

第七节 其它人工加速腐蚀试验法	102
第八节 阴极性镀层腐蚀试验结果的评定方法	104
第四章 电镀层孔隙率检验	110
第一节 贴滤纸法	110
第二节 涂膏法	114
第三节 浸渍(灌注)法	116
第四节 置换法	118
第五节 二氧化硫法	119
第六节 硝酸气氛法	120
第七节 电图象法	120
第五章 电镀层结合力检验	122
第一节 摩擦试验法	122
第二节 切割试验法	124
第三节 变形试验法	125
第四节 加热(骤冷)试验法	128
第五节 镀层结合力的定量检验法	131
第六章 电镀层的硬度检验	138
第一节 硬度概述	138
第二节 显微硬度计	140
第三节 测试条件的选择	144
第四节 测试方法和步骤	146
第七章 电镀层物理性能检验	149
第一节 镀层内应力测试	149
第二节 镀层脆性测试	155
第三节 镀层延展性测试	162
第四节 镀层抗拉强度和耐磨性测试	166
第五节 镀层钎焊性测试	168
第六节 镀层表面接触电阻测试	171
第八章 化学转化膜性能检验	174
第一节 铝和铝合金化学转化膜性能测试	174

第二节	镁和镁合金化学转化膜性能测试	187
第三节	铜和铜合金化学转化膜性能测试	189
第四节	锌和镉化学转化膜性能检验	190
第五节	钢铁化学转化膜性能测试	194
第九章	电镀层成分、结构的剖析和鉴定	197
第一节	单金属镀层的鉴别和确证	197
第二节	合金镀层的鉴别和确证	210
第三节	镀层结构和形貌鉴定	218
第十章	涂层质量检验	227
第一节	涂层外观检验	227
第二节	涂层厚度检验	230
第三节	涂层硬度检验	231
第四节	涂层冲击强度检验	233
第五节	涂层柔软性检验	238
第六节	涂层被塑料组分软化性检验	241
第七节	涂层附着力检验	244
第八节	涂层耐磨性检验	257
第九节	涂层耐霉菌检验	259
第十节	涂层孔隙率检验	263
第十一节	涂层老化性能检验	268
第十二节	涂层耐湿热性检验	276
第十三节	涂层耐盐雾检验	278
附录一	电镀层质量检验标准目录	280
附录二	电镀和化学涂覆表示方法	298
附录三	各类镀层的盐雾试验和腐蚀膏试验结果对比	301
附录四	用金刚石锥体试验的显微硬度值	306
附录五	旧标准光洁度与新标准粗糙度对照表	322

第一章 电镀层外观检验

产品电镀的目的,除了防护以及达到某些功能指标外,几乎都要求一定的外观质量,特别是装饰性、防护-装饰性镀层,诸如首饰、钟表、家用电器、自行车、缝纫机以及众多的日用五金产品,其中不少零件的电镀层,均要求有华丽而光亮的外观,并不允许存在明显的缺陷。因此,电镀层的外观检验是最基本、常用的检验内容,外观不合格的镀件就无需进行其它项目的测试。所以,外观质量检验是镀层质量检验首要而普遍的项目之一。

镀层外观质量包括:

1. 表面缺陷,诸如镀层表面(包括基体存在而电镀后未能克服的)上针孔、麻点、起瘤、气泡、毛刺、斑点、烧焦、暗影、阴阳面以及树枝状、海绵状沉积层等弊病。

2. 粗糙度,产品电镀后其表面的光洁程度。外观检验时,其粗糙度应达到或低于规定粗糙度指标。

3. 光亮度,产品电镀后其表面的反光性。外观检验时,其光亮度应符合或高于规定的光亮度指标。

4. 覆盖性,指产品经电镀后,在其规定应镀覆部位是否完全被镀层覆盖等等。

5. 色泽,除银白色镀层(包括钝化层)外,对于各种有色镀层(包括钝化层)诸如金、铜、黄铜、仿金、黑镍(铬)、古铜,以及电镀锌、镉后的彩色或有色钝化层,外观检验时应达到规定的色泽。

应当指出,由于电镀加工的特殊性,镀层表面的一些轻度而不影响使用性能的弊病,如防护-装饰性镀层非主要表面上的轻微弊病;防护性镀层上的某些不影响耐蚀性能的某些弊病,诸如轻度水迹、丝流、挂具触痕、钝化液痕迹等等,应根据产品要求或检验标准区别对待。

镀层外观检验时的取样,应根据产品要求或检验标准规定进行。通常情况下有以下几种取样方法:

1. 外观要求高的镀件(如高档工艺饰品)、高附加值镀件(如首饰)、贵重仪器零件,以及某些对外观有严格要求的镀件,应进行逐件检验。

2. 大批量而要求外观质量分级的产品,应进行普检(即100%作分级检验)。

3. 批量较大而外观要求不十分严格的镀件,可以每批产品抽取5—10%进行检验,若其中发现不合格时,再取双倍数量零件复验,复验中仍有一定数量不合格者则可根据具体情况作部分或全部退修或返工处理。

电镀层的外观检验中,表面缺陷一般采用目测法进行。粗糙度可以专用仪器测试。光亮度虽有仪器进行检测,但由于受到镀件形状、镀层色泽的影响而尚未普遍应用,目前仍以目测法为主。镀层覆盖性检验采用化学法等进行。

第一节 表面缺陷检验

一、表面缺陷的类型及其特征

1. 针孔:指镀层表面的一类与针尖凿过类似的细孔,其疏密及分布虽不相同,但在放大镜下观察时,一般其大小、形状相似。针孔通常是由电镀过程中氢气泡吸附而产生的缺陷。

2. 麻点:指镀层表面的一类不规则的凹穴孔,其特征是形状、大小、深浅不一。麻点一般是由于基体缺陷或电镀过程中异物粘附造成的缺陷。

3. 毛刺:指镀层表面一类凸起而有刺手感觉的异物,通常其特点是在电镀向上面或高电流密度区较为显著。

4. 鼓泡:指镀层表面一类隆起的小泡,其特征是大小、疏密不一,且与基体分离。鼓泡一般在锌合金、铝合金上的镀层较为明显。

5. 脱皮:指镀层与基体(或底镀层)剥落的开裂状或非开裂

状缺陷。脱皮通常由于镀前处理不良引起的弊病。

6. 斑点：指镀层表面的一类色斑、暗斑等缺陷。它是由于电镀过程中沉积不良、异物粘附或钝化液清洗不净造成。

7. 雾状：指镀层表面存在程度不一的云雾状覆盖物，多数产生于光亮镀层表面。

8. 阴阳面：指镀层表面局部亮度不一或色泽不均的缺陷，多数情况下在同类产品中表现出一定的规律性。

除上述表面缺陷外，镀层表面有时还有丝流、擦伤、水迹，以及树枝状、海绵状镀层等弊病，均应进行严格的检查。

二、测试条件

为了便于清楚地观察镀层表面缺陷、防止外来因素的干扰，目测镀层表面缺陷应在规定的外观检验工作台或外观检验箱进行（如图 1-1）。

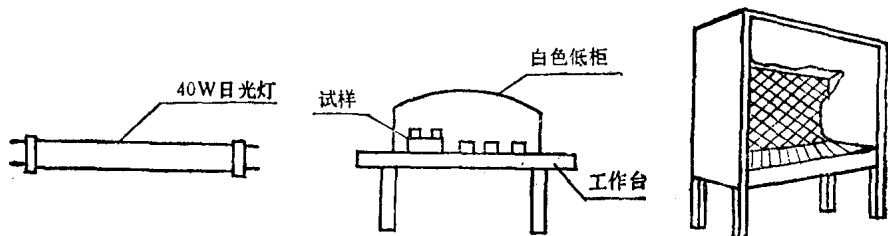


图 1-1

外观检查工作台采用自然照明时，试样应放置在不反射光的白色平台上利用顺方向自然散射光下检查。

外观检查工作台和外观检查箱采用人工照明时，应采用照度为 300 lx 近似自然光（相当于 40W 日光灯 500 mm 处的照度），照明下面放一白色打字纸柜，进行目测。

目测检查时，试样和肉眼的距离不小于 300 mm，对于重要的镀层和有特殊要求的镀件，允许采用 2—5 倍的放大镜检查。

三、测试方法

进行镀层外观缺陷检验的镀件，在检查前应采用清洁的软布或棉纱揩去试样表面的油污，但应注意不要擦伤镀层。

检查时操作人员应集中注意力，仔细观察镀层表面有无各种不允许的弊病，并根据产品的质量技术标准作出正确的评定。弊病程度应以文字说明，必要时进行外观封样。

四、各种电镀层的外观要求

各种电镀层的外观应具有结晶细致，平滑均匀，表面无脱皮、剥落和起泡现象，不存在锈迹、烧焦及露底等弊病。

1. 镀层色泽

(1) 铜镀层

无光泽铜层：呈深玫瑰色或浅红色。

光亮铜层：呈柔和的光亮玫瑰色或浅红色。

(2) 镍镀层

无光泽镀层：呈柔和的银白色，略带黄色。

半光亮镍层：呈柔和略带浅黄色的稍有光泽的银白色。

光亮镍层：呈柔和略带浅黄色的有光泽银白色。

全光亮镍层：呈柔和略带浅黄色的镜面光泽的银白色。

(3) 铬镀层

无光泽铬层：呈淡青色的银白色。

半光亮铬层：呈稍有光泽的银蓝色。

光亮铬层：呈近似镜面的银蓝色。

全光亮铬层：呈镜面有光泽的银蓝色。

耐磨镀铬层：呈淡青色稍有光泽的银白色。

(4) 锌镀层

未钝化锌层：略呈浅灰色的银白色。

彩钝化锌层：有光泽的彩虹色。

白钝化锌层：有光泽的青白色，或略带蓝色。

(钝化去氢的锌层色泽允许稍有变暗，但不允许呈棕色或可擦去的钝化膜。)

(5) 铜锡合金镀层

低锡青铜：呈金黄色或带浅红色的无光或有光泽镀层。

高锡青铜：呈银白色的无光或有光泽的镀层。

- (6) 锡镀层: 呈稍有光泽的银灰色。
- (7) 银镀层: 呈无光泽或有光泽的银白色。
- (8) 金镀层: 呈有光泽的金黄色。

2. 允许缺陷

各种电镀层在产品主表面上允许有以下缺陷:

- (1) 稍有不明显的水迹。
- (2) 稍有不均匀的色差。
- (3) 工件锐边上的轻度粗糙。

3. 不允许缺陷

- (1) 树枝状或海绵状镀层。
- (2) 斑点或条纹状镀层。
- (3) 密集状针孔或毛刺。
- (4) 明显未洗净的盐类痕迹。
- (5) 明显的擦伤或钝化膜脱落等等。

常用各种镀层的外观要求见表 1-1。

表 1-1 各种电镀层的外观要求

一、镀锌及镀镉

镀层外观要求	允许的缺陷	不允许的缺陷
1. 表面未钝化的锌, 镀层应是银白色或银灰色 未钝化的镉镀层应是银白色或银灰色 钝化的锌、镉镀层应具有银白色或是彩虹色或呈金黄色 镀前喷砂的零件, 膜层允许为黄色或彩虹色。经油槽除氢的钝化膜, 允许无光泽 2. 镀层应细致均匀	1. 轻微的水印、形状复杂零件之棱边有很轻微的粗糙 2. 同一零件上允许有不均匀的颜色和光泽 3. 钝化膜有轻微的划伤, 焊接处镀层发暗 4. 局部镀的零件部分与不镀的交界处允许有轻微的黑印	1. 粗糙、烧焦、斑点、黑点、气泡和脱落 2. 树枝状、海绵状和条纹状的镀层 3. 局部无镀层(工艺规定处除外) 4. 可擦去的或呈棕色、褐色的钝化膜 5. 未洗净的盐类痕迹

(续表)

二、镀银

镀层外观要求	允许的缺陷	不允许的缺陷
1. 银镀层应是银白色, 经抛光的银镀层应是光亮的、镜面般的银白色, 经钝化的银镀层, 为稍带浅黄色调的银白色 2. 镀层应细致均匀	1. 同一零件上稍有轻微不均匀的颜色和微黄色光泽 2. 形状复杂零件之棱边有轻微的粗糙	1. 树枝状、海绵状、条纹状的镀层 2. 粗糙、黑点、斑点、烧焦、气泡、起皮和脱落的镀层 3. 零件腐蚀和未洗净的盐类痕迹

三、镀锡

镀层外观要求	允许的缺陷	不允许的缺陷
1. 锡层应是银灰色至浅灰色 2. 光亮锡层应是银白色光亮镀层 3. 镀层应细致均匀	1. 零件的焊缝处允许镀层发暗 2. 同一零件的颜色稍有不均匀 3. 轻微的水印 4. 形状复杂的零件之棱边有轻微的粗糙	1. 树枝状、海绵状、条纹状的镀层 2. 黑点、斑点、粗糙、烧焦、气泡、起皮等缺陷 3. 未洗净的盐类痕迹 4. 镀层呈褐色或暗灰色

四、镀铬

镀层外观要求	允许的缺陷	不允许的缺陷
1. 镀层应具有光泽至带白或浅蓝的颜色(硬铬层应是稍带白色或带浅蓝色的银白色, 装饰镀铬层应是光亮的镜面般的银白色并稍带浅蓝色) 2. 镀层应细致均匀	1. 非主要表面允许有轻微的挂具印 2. 形状复杂的零件之棱边有轻微的粗糙 3. 同一零件上有不均匀的颜色和光泽(装饰性镀铬不允许有上述缺陷)	1. 粗糙、毛刺、烧焦、裂纹、起皮、脱落和树枝状镀层 2. 主要表面不应有无铬、露底

五、镀镍

镀层外观要求	允许的缺陷	不允许的缺陷
1. 镍镀层颜色为稍带淡黄色的银白色, 光亮镀镍应是非常光亮的银白色 2. 镀层应细致均匀	1. 颜色稍微不均匀 2. 同一零件上有轻度不均匀的色差	1. 树枝状、海绵状、条纹状及黑点、斑点、粗糙、烧黑、气泡和起皮 2. 灰色、褐色、绿色和黑色斑点 3. 未洗净的盐类痕迹

(续表)

六、化学镀镍

镀层外观要求	允许的缺陷	不允许的缺陷
1. 化学镀镍层的颜色应是光泽的银白色, 除氢后呈浅黄色调的半光亮 2. 镀层应细致均匀	1. 同一零件有稍不均匀的光泽 2. 轻微的水印	1. 树枝状、海绵状、条纹状的镀层 2. 斑点、黑点、气泡、起皮、暗色和镀层脱落 3. 未洗净的盐类痕迹

七、镀铜

镀层外观要求	允许的缺陷	不允许的缺陷
1. 铜镀层颜色为紫红色或玫瑰色 2. 光亮铜层应是全光亮的玫瑰红色 3. 铜镀层应细致均匀	1. 稍有不均匀的颜色 2. 形状复杂的零件之棱边有轻微粗糙(用于装饰性多层电镀打底的铜层除外) 3. 局部镀的零件交界面允许1mm以内不均匀	1. 树枝状、海绵状、条纹状、黑点、斑点、脱落、气泡、烧焦和粗糙等缺陷 2. 未洗净的盐类痕迹

注: 防止渗碳和渗氮的零件镀层不允许有气孔(一般零件不应超过2孔/cm²)。

八、镀黄铜

镀层外观要求	允许的缺陷	不允许的缺陷
1. 黄铜镀层的颜色为浅黄色或浅粉黄色 2. 镀层应细致均匀 3. 光亮黄铜层应是光亮的金黄色	1. 同一零件上稍有不均匀的颜色 2. 形状复杂的零件, 边角处有轻微的粗糙	1. 条纹状、海绵状的镀层 2. 粗糙、烧焦、气泡和脱落 3. 红色、白色及棕色的镀层 4. 未洗净的盐类痕迹

九、锡合金镀层

镀层外观要求	允许的缺陷	不允许的缺陷
1. 锡合金镀层为银白色、浅粉红色等规定色泽 2. 镀层应细致均匀	1. 同一零件上的镀层颜色稍有不均匀 2. 形状复杂的零件之棱边有轻微的粗糙	1. 树枝状、海绵状、条纹状的镀层 2. 烧焦、发黑、气泡和脱落 3. 未洗净的盐类痕迹

(续表)

十、镀黑镍

镀层外观要求	允许的缺陷	不允许的缺陷
1. 镀层应为黑色 2. 镀层应细致均匀	同一零件上有轻微不均匀的颜色 注: 镀黑镍不作厚度检查	1. 镀层粗糙、起皮和脱落 2. 机械损伤 3. 未洗净的盐类痕迹

十一、镀金

镀层外观要求	允许的缺陷	不允许的缺陷
1. 金镀层的颜色为金黄色。光亮金镀层应全光亮 2. 镀层应细致均匀	同一零件上有很轻微的不均匀颜色和光泽	1. 粗糙、发暗、棕色的镀层 2. 未洗净的盐类痕迹

十二、铝及其合金(硫酸及铬酸)阳极化

镀层外观要求	允许的缺陷	不允许的缺陷
1. 铝及其合金硫酸阳极化膜层颜色为乳白色和灰白色。铬酸阳极化为浅灰色至乳白色 2. 钝化后为黄绿色至浅黄色 3. 染色后呈均匀的各种色调	1. 同一零件上有不同的颜色和阴影 2. 轻微的水印 3. 允许有夹具印, 深孔处氧化膜不完整	1. 用手指能擦掉的疏松膜层和钝化或着色的挂灰 2. 花纹、烧焦、过腐蚀、斑点和划伤 3. 裸铝零件阳极化后不允许出现黑点和黑斑 4. 未洗净的盐类痕迹

注: 阳极化膜层钝化质量检查方法, 用湿热毛巾擦拭时, 其水气痕迹在同一时间均匀消失, 即为合格。

十三、铝及其合金硬质阳极化

镀层外观要求	允许的缺陷	不允许的缺陷
1. 硬质阳极化膜层颜色应为暗灰色至黑色 2. 膜层应连续均匀	1. 同一零件有不同颜色和光泽 2. 轻微的水印 3. 由于铸造所引起的缺陷 4. 夹具处无膜层 5. 变形板材允许有丝纹	1. 局部无膜层(工艺规定除外) 2. 过腐蚀 3. 疏松和易擦掉的氧化膜 4. 膜层表面上的光亮白斑点