

ICS 25.220.40
CCS A 29



中华人民共和国国家标准

GB/T 43497—2023

电沉积层及相关精饰 化学镀镍磷-陶瓷复合镀层

Electrodeposited coatings and related finishes—
Electroless Ni-P-ceramic composite coatings

(ISO 23363:2020, MOD)

2023-12-28 发布

2024-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 标识 2

 4.1 通则 2

 4.2 标识示例 3

5 要求 3

 5.1 替代试样 3

 5.2 表面精饰 3

 5.3 厚度 3

 5.4 硬度 3

 5.5 结合强度 3

 5.6 孔隙率 3

 5.7 耐蚀性 3

 5.8 镀覆前消除应力的热处理 4

 5.9 镀覆后消除氢脆的热处理 4

 5.10 提高硬度的热处理 4

 5.11 改善结合强度的热处理 4

 5.12 摩擦磨损系数 4

 5.13 化学成分 4

 5.14 底镀层 4

6 抽样 4

附录 A（规范性） 用于提高复合镀层硬度、磨损和腐蚀性能的陶瓷颗粒的一般分类 5

附录 B（资料性） 化学镀镍磷-陶瓷复合镀层的镀液配方和操作条件 6

附录 C（规范性） 共沉积纳米陶瓷颗粒的分析方法 7

参考文献 8

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件修改采用 ISO 23363:2020《电沉积层及相关精饰 化学镀镍磷-陶瓷复合镀层》。

本文件与 ISO 23363:2020 的技术差异及其原因如下：

- 增加了适用范围,以符合我国技术条件；
- 用规范性引用的 GB/T 2828.1 替换了 ISO 2859-1,用规范性引用的 GB/T 2828.3 替换了 ISO 2859-3(见第6章),用规范性引用的 GB/T 3138 替换了 ISO 2080(见第3章),用规范性引用的 GB/T 6461 替换了 ISO 10289(见5.7),用规范性引用的 GB/T 9790 替换了 ISO 4516,用规范性引用的 GB/T 10125 替换了 ISO 9227,用规范性引用的 GB/T 10610 替换了 ISO 4288(见5.2),用规范性引用的 GB/T 12332 替换了 ISO 4526(见5.14),用规范性引用的 GB/T 12334 替换了 ISO 2064(见第3章),用规范性引用的 GB/T 12609 替换了 ISO 4519(见第6章),用规范性引用的 GB/T 13913 替换了 ISO 4527(见第3章、5.3、5.11、5.13、5.14),用规范性引用的 GB/T 16921 替换了 ISO 3497(见5.3),用规范性引用的 GB/T 19349 替换了 ISO 9587(见第3章),用规范性引用的 GB/T 19350 替换了 ISO 9588(见第3章、5.9、5.10),用规范性引用的 GB/T 20018 替换了 ISO 3543(见5.3),用规范性引用的 GB/T 31563 替换了 ISO 9220,以适用我国技术条件,提高可操作性；
- 将表 A.1 中的注移至附录 A 第一段,为了符合我国技术条件。

本文件做了下列编辑性修改：

- 增加了表 A.1 和表 B.1 的引语。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件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。

本文件起草单位：武汉材料保护研究所有限公司、中国电力科学研究院有限公司、上汽通用五菱汽车股份有限公司、桐乡市铁盛线路器材股份有限公司、江西恒大高新技术股份有限公司、荆大(荆州)汽车配件有限公司、暨南大学、广州三孚新材料科技股份有限公司、武汉市标准化研究院。

本文件主要起草人：易娟、毛祖国、蓝先、杨臻、张德忠、李庆阳、易盼、熊剑、沈煜、张华平、田志斌、黄勇、莫娟、黄宗斌。

引 言

化学镀镍磷(Ni-P)合金镀层通常在热的微酸性或偶尔为碱性溶液中,使用次磷酸盐离子作为还原剂,将镍离子受控地化学还原到催化表面而产生的。由于沉积的镍合金是反应的催化剂,因此该过程是一种自维持或自催化过程。

分散在化学镀镍液中的纳米陶瓷颗粒可能与沉积的 Ni-P 层结合,从而形成镍磷-陶瓷(Ni-P-陶瓷)复合镀层。Ni-P 基质与掺杂的陶瓷颗粒之间没有分子键。这种掺入现象主要由颗粒在工件表面的冲击、沉降以及随后被生长的 Ni-P 基质包覆而造成。由于处理溶液自由散布在物体表面,因此该工艺能在不规则形状的物体表面形成厚度均匀的沉积物。化学镀镍磷-陶瓷复合镀层的物理化学性能和结构取决于陶瓷颗粒的尺寸、类型、化学惰性和沉积均匀性以及化学镀条件(如 pH、温度、镀液成分、使用的表面活性剂、基材的质量及其预处理、活化方法和后续热处理等)。

化学镀镍磷-陶瓷复合材料的应用有利于提高镀层的硬度、磨损和耐腐蚀性能,这取决于陶瓷的性质。



电沉积层及相关精饰 化学镀镍磷-陶瓷复合镀层

1 范围

本文件规定了从溶液镀覆到金属及非金属基材上的化学镀镍磷-陶瓷复合镀层的要求。

本文件适用于金属及非金属基材上的化学镀镍磷-陶瓷复合镀层。

本文件不适用于三元镍合金和镍硼陶瓷复合镀层。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

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—2012,ISO 2859-1:1999,IDT)

GB/T 2828.3 计数抽样检验程序 第3部分:跳批抽样程序(GB/T 2828.3—2008,ISO 2859-3:2005,IDT)

GB/T 3138 金属及其他无机覆盖层 表面处理 术语(GB/T 3138—2015,ISO 2080:2008,IDT)

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)

GB/T 9790 金属材料 金属及其他无机覆盖层的维氏和努氏显微硬度试验(GB/T 9790—2021,ISO 4516:2002,MOD)

GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验(GB/T 10125—2021,ISO 9227:2017,MOD)

GB/T 10610 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 评定表面结构的规则和方法(GB/T 10610—2009,ISO 4288:1996,IDT)

GB/T 12332 金属覆盖层 工程用镍电镀层(GB/T 12332—2008,ISO 4526:2004,IDT)

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 2064:1996,IDT)

GB/T 12609 电沉积金属覆盖层和相关精饰 计数检验抽样程序(GB/T 12609—2005,ISO 4519:1980,IDT)

GB/T 1391 金属覆盖层 化学镀镍-磷合金镀层 规范和试验方法(GB/T 13913—2008,ISO 4527:2003,IDT)

GB/T 16921 金属覆盖层 覆盖层厚度测量 X射线光谱法(GB/T 16921—2005,ISO 3497:2000,IDT)

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—2012,ISO 9587:2007,IDT)

GB/T 19350 金属和其他无机覆盖层 为减少氢脆危险的涂覆后钢铁的处理(GB/T 19350—2012,ISO 9588:2007,IDT)

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)

GB/T 31563 金属覆盖层 厚度测量 扫描电镜法(GB/T 31563—2015, ISO 9220:1988, MOD)

ISO 1463 金属和氧化物覆盖层 厚度测量 显微镜法(Metallic and oxide coatings—Measurement of coating thickness—Microscopical method)

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

ISO 2081 金属及其他无机覆盖层 钢铁上经过处理的锌电镀层(Metallic and other inorganic coatings—Electroplated coatings of zinc with supplementary treatments on iron or steel)

注: GB/T 9799—2011 金属及其他无机覆盖层 钢铁上经过处理的锌电镀层(ISO 2081:2008, IDT)

ISO 2178 磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法(Non-magnetic coatings on magnetic substrates—Measurement of coating thickness—Magnetic method)

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

ISO 2819 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(Metallic coatings on metallic substrates—Electrodeposited and chemically deposited coatings—Review of methods available for testing adhesion)

注: GB/T 5270—2005 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(ISO 2819:1980, IDT)

ISO 2859-2 计数抽样检验程序 第2部分:按极限质量 LQ 检索的孤立批检验抽样方案 [Sampling procedures for inspection by attributes—Part 2: Sampling plans indexed by limiting quality (LQ) for isolated lot inspection]

注: GB/T 2828.2—2008 计数抽样检验程序 第2部分:按极限质量 LQ 检索的孤立批检验抽样方案(ISO 2859-2:1985, MOD)

ISO 2859-4 计数抽样检验程序 第4部分:声称质量水平的评定程序(Sampling procedures for inspection by attributes—Part 4: Procedures for assessment of declared quality levels)

注: GB/T 2828.4—2008 计数抽样检验程序 第4部分:声称质量水平的评定程序(ISO 2859-4:2002, MOD)

ISO 27307 热喷涂 热喷涂陶瓷涂层粘附力/内聚力的横向划痕测试方法(Thermal spraying—Evaluation of adhesion/cohesion of thermal sprayed ceramic coatings by transverse scratch testing)

3 术语和定义

GB/T 3138、GB/T 12334、GB/T 13913、GB/T 19349、GB/T 19350 界定的术语和定义适用于本文件。

ISO 和 IEC 维护的标准化工作中使用的术语数据网址如下:

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

——IEC 电子百科: <http://www.electropedia.org/>。

4 标识

4.1 通则

标识应包括以下内容:

- a) 术语“化学镀镍磷-陶瓷复合镀层”;
- b) 本文件编号:GB/T 43497;
- c) 连字符;
- d) 基体金属的化学符号;

- e) 斜线分隔符(/);
- f) 镍磷、陶瓷以及化学镀前后所施镀层的符号,按施镀顺序分隔符(/)隔开。镀层标识应包括镀层厚度(单位: μm)。

4.2 标识示例

标识参考下列示例。

示例 1: 10800 铜基金属上 20 μm 厚的化学镀镍-磷碳化硅复合镀层,磷的质量分数为 8%,SiC 的体积分数为 25%,平均尺寸为 300 nm;

化学镀镍磷-陶瓷复合镀层 GB/T 43497-Cu(10800)/NiP(8)20/SiC300(25)

示例 2: 同样的镀层应用于 G43400 钢,在化学镀前需要在 210 $^{\circ}\text{C}$ 下热处理 22 h 以消除内应力,然后再电镀 0.5 μm 的铬,在 210 $^{\circ}\text{C}$ 下热处理 22 h 以消除氢脆,其标识如下:

化学镀镍磷-陶瓷复合镀层 GB/T 43497-Fe(G43400)[SR(210)22]/NiP(8)20/SiC 300(25)/Cr0.5[ER(210)22]

5 要求

5.1 替代试样

当镀覆工件的尺寸、形状或材料不适合进行试验时,或者由于工件数量少、价格昂贵而不适合用于破坏性试验时,应使用规范的替代试样。替代试样可用于测量镍磷-陶瓷复合镀层的结合力、厚度、孔隙率、耐腐蚀性、硬度和其他性能。

5.2 表面精饰

陶瓷颗粒的加入能增加镀层的表面粗糙度,特别是在坚硬的亚微米级陶瓷颗粒的情况下。如果需要指定的最终表面粗糙度,应按 GB/T 10610 描述的测量方法进行测量。

注:化学镀镍复合镀层在镀覆前的表面光洁度往往不如基材。

5.3 厚度

除非需方另有规定,镀层的厚度应按 GB/T 13913、GB/T 16921、GB/T 20048、GB/T 31563、ISO 2178、ISO 1463 给出的方法之一进行测量。

5.4 硬度

除热处理外,镍磷-陶瓷复合镀层的硬度应与化学镀镍磷镀层不同。根据附录 A,其复合镀层取决于陶瓷颗粒的类型、尺寸、性质和在沉积层中分散的均匀程度。当硬度有规定时,应按 GB/T 9790 给出的方法进行测量。镀层的硬度应在需方规定硬度的 $\pm 10\%$ 以内。

5.5 结合强度

在化学镀镍磷-陶瓷复合镀层之前,宜使用电镀/化学镀镍或其他金属底镀层,以提高与基材的结合强度。镀层应按 ISO 2819 和 ISO 27307 描述的一项或多项方法测试结合强度,或者由需方规定。

5.6 孔隙率

如有需要,需方应指定化学镀镍磷-陶瓷复合镀层的最大孔隙率以及孔隙率测试方法。

5.7 耐蚀性

掺入镍磷基质的陶瓷颗粒的性质、类型和掺入量(体积分数,%)能影响镀层的耐蚀性(见附录 A)。

同样,表面条件,例如表面光洁度、氢脆、孔隙率、陶瓷与镍基体之间的界面以及镀层中的磷含量,能影响镀层的腐蚀行为。需方应规定耐蚀性以及耐蚀性测试方法。如有必要,需方应按 GB/T 6461 的规定进行腐蚀评级。按 GB/T 10125 描述的测试方法,醋酸盐雾试验以及铜加速盐雾试验可用来评估镀层抗点腐蚀能力。

注:在人工环境下的耐蚀性测试不一定与工件使用寿命或工件性能相关联。

5.8 镀覆前消除应力的热处理

除非需方另有规定,当最大抗拉强度等于或大于 1 000 MPa,以及因加工、磨削、矫直或冷加工而产生拉应力的钢件,应在清洗和金属沉积之前进行消除应力的热处理。热处理的程序和等级应由需方规定。

5.9 镀覆后降低氢脆的热处理

类似于镍磷镀层,最大抗拉强度大于或等于 1 000 MPa 的钢件以及经过表面硬化处理工件的镍磷-陶瓷复合镀层,应按 GB/T 19350、ISO 2081 描述的方法或需方规定的程序进行镀覆前降低氢脆的热处理。

5.10 提高硬度的热处理

当需要时,应在镀覆 1 h 内进行热处理,以提高化学镀镍磷-陶瓷复合镀层的硬度。对镀层进行使其硬化的热处理后,如果能达到 GB/T 19350 的要求,则不必单独进行消除应力的热处理。

5.11 改善结合强度的热处理

除非需方另有规定,应按 GB/T 13913 的规定进行热处理,以提高结合强度。

5.12 摩擦磨损系数

镍磷-陶瓷复合镀层的摩擦磨损系数应按照需方制定的方法进行测量,以确保满足要求。

注:陶瓷颗粒的数量和类型(见附录 A 和附录 B)以及化学镀镍复合镀层的热处理能影响摩擦磨损系数。

5.13 化学成分

应按 GB/T 13913 描述的方法测定镍磷-陶瓷复合镀层的磷含量。相同,除非需方另有规定,镀层中陶瓷含量应采用附录 C 中的测量方法进行测量。

5.14 底镀层

如有需要,应按 GB/T 12332 和 GB/T 13913 描述的方法测量电镀或化学镀镍底镀层的厚度。

6 抽样

除非需方另有规定,否则应按 GB/T 2828.1、GB/T 2828.3、ISO 2859-2、ISO 2859-4 或 GB/T 12609 描述的方法进行抽样。验收等级应由需方规定。

附录 A
(规范性)

用于提高复合镀层硬度、磨损和腐蚀性能的陶瓷颗粒的一般分类

应考察陶瓷的形态和粒度对复合镀层的硬度、磨损和腐蚀性能的影响。陶瓷颗粒的共沉积性能取决于各种因素,包括催化惰性、粒子电荷、镀液反应性、粒子尺寸分布(平均为 10 nm~1 000 nm)以及粒子与金属基质的相容性。如果需要,陶瓷颗粒应在进入镀液前进行预处理。常见陶瓷颗粒的一般分类及用途见表 A.1。

表 A.1 常见陶瓷颗粒的一般分类及用途

类型	硬度	摩擦磨损系数	耐腐蚀性	备注
氧化物	Al_2O_3 、 Cr_2O_3 、 TiO_2 、 $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ 、 SiO_2 、 CeO_2	Al_2O_3 、 Cr_2O_3 、 TiO_2 、 $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ 、 SiO_2 、 CeO_2	Al_2O_3 、 Cr_2O_3 、 TiO_2 、 $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ 、 SiO_2 、 CeO_2	对镀液反应性的考虑
碳化物	SiC 、 WC 、 TiC 、 B_4C 、 Cr_3C_2 、碳化物金属陶瓷、 TaC 、 ZrC	SiC 、 WC 、 TiC 、 B_4C 、 Cr_3C_2 、碳化物金属陶瓷、 TaC 、 ZrC	SiC 、 B_4C 、 Cr_3C_2 、 TaC 、碳化物金属陶瓷	
氮化物	C-BN 、 Si_3N_4 、 AlN 、 TiN	h-BN	C-BN 、 h-BN 、 Si_3N_4 、 AlN 、 TiN	
硼化物	TiB_2 、 ZrB_2 、 TaB_2 、 HfB_2	TiB_2 、 ZrB_2 、 TaB_2 、 HfB_2	ZrB_2 、 HfB_2	
硫化物	—	WS_2 、 MoS_2	WS_2 、 MoS_2	
其他	金刚石	CNT 、 SnSe_2 、石墨、石墨烯、 RGO	金刚石、 CNT 、石墨烯、石墨	

附录 B
(资料性)

化学镀镍磷-陶瓷复合镀层的镀液配方和操作条件

细陶瓷颗粒的分散显著增加了镀液的表面积载荷,从而导致镀液的分解。此外,还应旋转电镀试样,使其沉积的陶瓷颗粒均匀分布到镀层中,这将影响镀层的摩擦磨损系数和腐蚀性能。化学镀镍磷-陶瓷复合镀层镀液典型配方和操作条件见表 B.1。

表 B.1 化学镀镍磷-陶瓷复合镀层镀液典型配方和操作条件

溶液组成	酸性镍磷溶液	碱性镍磷溶液
镍来源	硫酸镍、氨基磺酸镍、氯化镍、碳酸镍、醋酸镍	硫酸镍、氯化镍
还原剂	次磷酸钠	次磷酸钠
络合剂 (单一或组合)	羧酸、羟基羧酸、氨基乙酸、胺	羧酸盐、羟基羧酸盐、焦磷酸盐离子、胺类、 烷胺类
稳定剂	铋离子,硫脲和/或其他硫代有机化合物非 离子和阳离子表面活性剂	硫脲等硫代有机化合物
润湿剂	非离子型和阳离子型表面活性剂	非离子型和阳离子型表面活性剂
pH(采用烧碱或 硫酸调整)	3.8~6.5	8~11
温度/℃	75~90	30~90
陶瓷负载量/(g/L)	1~10	1~10

附 录 C

(规范性)

共沉积纳米陶瓷颗粒的分析方法

C.1 通则

除非需方另有规定,否则应按照 C.2~C.4 中给出的方法测定共沉积的纳米陶瓷颗粒(在复合镀层中)的含量。

C.2 光学或扫描电镜法

使用垂直金相显微镜或扫描电子显微镜记录复合镀层横截面的光学或扫描电子显微镜。用显微技术计算了镍磷-陶瓷复合镀层中所含颗粒的数量或所测定的面积分数,得到了镍磷-陶瓷复合镀层中陶瓷颗粒的体积分数。

C.3 X 射线分析法

能量色散 X 射线分析(EDAX)。应采用 X 射线荧光(XRF)或电子探针微分析仪(EPMA)技术对镍磷-陶瓷复合镀层中陶瓷颗粒的含量进行鉴定。

C.4 化学分析法

如果基质和陶瓷颗粒是耐酸的,应将已知质量的镍磷-陶瓷复合镀层溶解到酸性溶液中(例如,浓硝酸)。剩余的陶瓷颗粒应进行离心、过滤、干燥和称重,以获得复合镀层中陶瓷颗粒的含量(质量分数或体积分数)。

参 考 文 献

- [1] ISO 19487 金属及其他无机覆盖层 电沉积镍-陶瓷复合镀层(Metallic and other inorganic coatings—Electrodeposit nickel-ceramics composite coatings)
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
电沉积层及相关精饰
化学镀镍磷-陶瓷复合镀层
GB/T 43497—2023

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

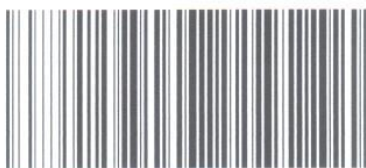
*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 25 千字
2023年12月第一版 2023年12月第一次印刷

*

书号: 155066 • 1-74647 定价 31.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 43497-2023