

针织器材用 T10A 钢表面化学镀镍工艺

包雨威, 范金辉, 朱世根

(东华大学 机械工程学院, 上海 201620)

摘 要: 为了在 T10A 钢表面得到厚度薄且孔隙率较低的化学镀镍层, 运用单因素分析法, 考察了施镀温度、施镀时间、硫酸镍质量浓度和次磷酸钠质量浓度对化学镀镍层厚度及孔隙率的影响, 并初步得到各因素指标的适宜浓度范围。在此基础上, 通过正交试验法, 确定了化学镀镍的最优工艺配方: 硫酸镍 25 g/L, 次磷酸钠 25 g/L, 醋酸钠 25 g/L, 辅助配位剂 25 g/L, 光亮剂 2 g/L, 硫脲 2 mg/L, pH=4.0, 施镀温度 70 ℃, 施镀时间 10 min。正交试验的极差分析表明: 在施镀温度、施镀时间、硫酸镍质量浓度和次磷酸钠质量浓度 4 个因素指标中, 硫酸镍质量浓度对于镀层厚度、孔隙率及镀层显微硬度的影响都最大; 且采用该化学镀镍配方, 可获得孔隙率为 12 点/cm², 镀层厚度为 4.1 μm 及镀层显微硬度为 487 HV_{0.1} 的镀层。

关键词: T10A 钢; 化学镀镍; 镀层厚度; 孔隙率; 正交试验

中图分类号: TG174.44

文献标识码: A

文章编号: 1007-9289(2013)06-0063-07

Electroless Nickel Plating on T10A Steel

BAO Yu-wei, FAN Jin-hui, ZHU Shi-gen

(College of Mechanical Engineering, Donghua University, Shanghai 201620)

Abstract: To obtain slight and low porosity eletroless nickel coating on T10A, the effects of temperature, time, nickel sulfate, and sodium hypophosphite on thickness of the coating and porosity rate were studied using single-factor tests. The pleasant range of influencing factors was first obtained. Through orthogonal experimental design, an optimal bath formulation for electroless nickel plating was then determined as follows: nickel sulfate 25 g/L, sodium hypophosphite 25 g/L, sodium acetate 35 g/L, auxiliary complex-former agent 30 g/L, polish 2 g/L, sulfocarbamide 2 mg/L, pH 4.0 and temperature 70 ℃. The results show that the concentration of significantly influenced the thickness of the coating, porosity rate and hardness; the electroless-nickel-plating with the porosity of 12 points per cm², thickness of 4.1 μm and hardness of 487 HV_{0.1} can be obtained.

Key words: T10A; electroless nickel plating; thickness of coating; porosity; orthogonal experimental design

0 引 言

T10A 钢被广泛应用于制造针织器材。多数针织器材在编织过程中与纤维直接接触、使织物成形, 它对于织物的质量有至关重要的影响。在编织过程中, 若针织器材表面粗糙度差、耐磨性差, 容易导致针织器材将织物拉毛、拉断和不耐用。因此, 可通过合适的表面处理工艺进行弥补。化学镀镍产品因其具有硬度高、耐磨性能好、镀层

结合能力强、均镀性好以及大规模应用成本低、操作简便等优点, 在轻纺工业、日用五金、精密仪器等工业部门应用广泛^[1-3]。利用化学镀处理后的针织器材产品, 能弥补表面粗糙度差的缺陷; 此外, 经化学镀处理后的产品还被赋予一些优良性能, 包括耐磨性好、装饰性好等^[4-6]。

在针织器材表面的化学镀镍, 与通常的化学镀镍要求不同: 一般化学镀镍要求镀层越厚越好,

收稿日期: 2013-06-28; 修回日期: 2013-10-28

作者简介: 包雨威(1989—), 男(汉), 上海人, 硕士生; 研究方向: 材料加工

网络出版日期: 2013-11-07 14:57; 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3905.TG.20131107.1457.011.html>

引文格式: 包雨威, 范金辉, 朱世根. 针织器材用 T10A 钢表面化学镀镍工艺 [J]. 中国表面工程, 2013, 26(6): 63-69.

而针织器材产品精细,化学镀镍层不能太厚,要求镀层厚度小于 5 μm。因此,针织器材上进行化学镀镍工艺有较大难度,既要保证镀层厚度较薄,又要达到其耐磨性的要求。另外,通常电镀后的针织器材容易出现针头烧焦、表面毛糙等缺陷。为此,文中针对针织器材产品镀镍的特点和要求,旨在研发一种化学镀镍工艺配方,侧重研究在 T10A 钢基体上,化学镀工艺对镀层厚度、镀层孔隙率及镀层显微硬度的影响。

1 试 验

1.1 样品及化学镀镍试验流程

试验采用 30 mm × 30 mm × 1.5 mm 的 T10A 钢片作为基体材料。其成份如表 1 所示:

表 1 T10A 钢成分(质量分数/%)

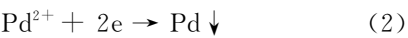
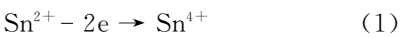
Table 1 Composition of T10A steel (w/%)

Element	C	Si	Mn	S	P	Cr
Content	1.01	0.18	0.26	0.003	0.009	0.018

Element	Ni	Cu	V	Ti	Fe
Content	0.136	0.223	0.005	0.008	Bal.

具体试验流程:钢片经机械抛光,有机除油后晾干,进行化学除油,清洗干净后用盐酸腐蚀,清洗后使用中和剂进行中和,洗净后浸 NaOH 溶液,清洗干净,活化后进行化学镀镍,直至干燥。

其中,有机除油剂为煤油;化学除油剂为磷酸三钠和 OP 乳化剂的混合溶剂,化学除油时间为 20 min;盐酸腐蚀使用 100 mol/L 的稀盐酸,处理 10 s;中和剂使用质量浓度为 100 g/L 的碳酸氢钠,处理时间为 3 min;浸 80 g/L NaOH 时间为 20 min;活化采用 Pd²⁺,主要反应为:



1.2 化学镀镍工艺条件

化学镀镍工艺配方如表 2 所示,为了避免其它杂质影响,试验药品均为分析纯,镀液均用去离子水配制。控制 pH 为 4~6,温度 50~90 ℃,时间 6~10 min。

1.3 镀层性能测试

为在 T10A 钢片表面得到薄(厚度小于 5 μm)、孔隙率低且表面硬度较高的化学镀镍层,采用以下性能测试方法。

表 2 T10A 钢化学镀镍配方

Table 2 Formula of electroless plating on T10A steel

Concentration of compounds	Value
Nickel sulfate/(g · L ⁻¹)	25-45
Sodium hypophosphite/(g · L ⁻¹)	25-45
Natrium aceticum/(g · L ⁻¹)	35
Auxiliary complex-former/(g · L ⁻¹)	25-45
Brightening agent/(g · L ⁻¹)	2
Sulfourea/(mg · L ⁻¹)	2

1.3.1 镀层厚度

用式(3)计算镀层厚度,

$$\Delta\delta = (\delta_2 - \delta_1)/2 \tag{3}$$

式中:Δδ 为镀层厚度,μm;δ₁、δ₂ 分别为样品镀覆前后的厚度,μm。其中,镀覆前、后的厚度采用 25 mm 外径千分尺测量,5 次测量求平均值以减小误差。

1.3.2 孔隙率

孔隙率测试按 GB 5935-86 标准进行。贴滤纸法:将 10 g 铁氰化钾和 20 g 氯化钠溶于 1 L 蒸馏水中,充分搅拌后作为检验溶液待用。将滤纸浸入检验溶液中,待滤纸充分润湿后紧贴在受检镀层表面,5 min 后揭下印有孔隙斑点的滤纸,用 1 cm² 的方格玻璃板放置在滤纸上,数出方格内呈现的蓝色斑点数量。3 次测量取平均值以减小误差。

1.3.3 表面粗糙度

表面粗糙度测试在 JB-4C 型精密粗糙度仪上进行。测量参数是 Ra,取样长度 L=0.8 mm,评定长度 Ln=3.2 mm,测量范围 Ra 0.01~10 μm,采样速度为 0.5 mm/s,仪器精度为 0.001 μm。

1.3.4 镀层表面显微硬度测试

通过 HXD-1000TM/LCD 型显微硬度计进行镀层硬度测试。其中,试验力设置为 0.98 N,保压时间为 20 s。每个试样进行 10 点测试,其平均值即为该试样镀层的显微硬度值。

1.3.5 镀层表面形貌分析

采用 Axiovert 40 MAT 型倒置金相显微镜

观察镀层表面形貌。

1.3.6 结合力测试

结合力测试按 GB/T 5270-2005 标准进行。划线试验法:用磨为 30°锐刀的硬质钢划刀,相距 2 mm 划 2 根平行线,观察各线之间的任一部分的镀层是否从基体金属上剥落。

2 结果与讨论

2.1 温度对镀层厚度及孔隙率的影响

当施镀时间为 10 min,硫酸镍和次磷酸钠的质量浓度均为 25 g/L,pH 为 4 时,温度对镀层厚度及孔隙率的影响如图 1 所示。由图可知,随着温度的升高,镀层厚度呈“升高-降低”,孔隙率呈“降低-升高”的变化趋势。其中,镀速变快是由于温度升高使得离子运动剧烈,从而使沉积速率增大。在 70 ℃时镀速达到最高,当温度超过 70 ℃以后,镀液中次磷酸钠的活性持续上升,促进了镀液中磷的析出,从而增大了镀液的不稳定性。试验发现,镀液温度达到 80 ℃后,镀液开始出现白色沉淀,镀液分解。因此,在达到镀速“顶峰”后,随着温度的升高,镀速开始逐渐减小。一般情况下,孔隙率随镀层厚度的增加而降低。因此,孔隙率在达到最大镀速前随着温度升高而降低,之后,由于镀液的分解,导致镍-磷很难沉积于基体,因此孔隙率有所增加。可见,在 T10A 钢表面沉积化学镀镍的适宜镀液温度为 65~75 ℃。

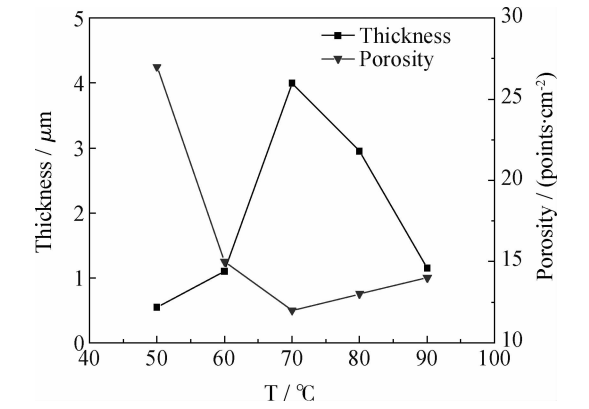


图 1 温度对 Ni-P 镀层厚度及孔隙率的影响
Fig. 1 Effect of temperature on coating thickness and porosity

2.2 时间对镀层厚度及孔隙率的影响

当施镀温度为 70 ℃,硫酸镍和次磷酸钠的质量浓度均为 25 g/L,pH 为 4 时,施镀时间对镀层厚度及孔隙率的影响如图 2 所示。由图可知,随

着施镀时间的增加,镀层厚度呈“升高”,孔隙率呈“降低”的趋势。由于化学镀镍需要一定的起镀温度,而沉积速率是一定时间内的平均速率,因此,在其他条件一定的情况下,沉积速率随时间增加而增快,而继续增加施镀时间,镀层厚度可能会超出 5 μm 的厚度要求。因此适宜的施镀时间为 8~10 min。

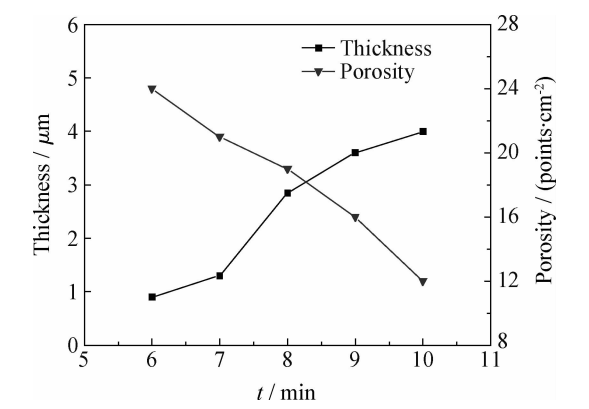


图 2 时间对 Ni-P 镀层厚度及孔隙率的影响
Fig. 2 Effect of time on coating thickness and porosity

2.3 硫酸镍对镀层厚度及孔隙率的影响

当施镀温度为 70 ℃,施镀时间为 10 min,次磷酸钠的质量浓度为 25 g/L,pH 为 4 时,硫酸镍对镀层厚度及孔隙率的影响如图 3 所示。由图可知,随着硫酸镍质量浓度的增加,镀层厚度呈“降低-升高”,孔隙率呈“升高-降低”的变化趋势。在化学镀镍-磷反应过程中,硫酸镍作为主盐其主要作用是提供沉积所需要的 Ni^{2+} , Ni^{2+} 优先与络合剂络合,大部分形成络合态的 Ni^{2+} ,只有极少部分以游离态 Ni^{2+} 的形式存在。随硫酸镍质量浓度的增加,溶液中先出现络合态的 Ni^{2+} ,此时会使得镀速变小;之后随其质量浓度的继续增加,溶液中出现越来越多的游离态 Ni^{2+} ,该离子容易被还原成 Ni,因此,沉积速率上升。但 Ni 浓度过高时,镀液易发生浑浊甚至自分解、镀层颜色发暗、色泽不均匀^[7]。

随硫酸镍浓度的增加,孔隙率变化明显。其原因是由于硫酸镍浓度的增加,溶液中游离态 Ni^{2+} 过高,使得亚磷酸镍沉淀过早生成,从而镀液的稳定性下降,导致基体镀不上镍,因此增加了镀层的孔隙率。综合考虑镀层厚度要求以及孔隙要尽量少,可见,适宜的硫酸镍质量浓度为 25~30 g/L。

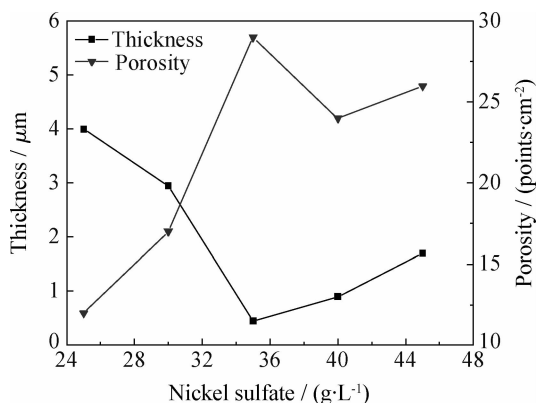
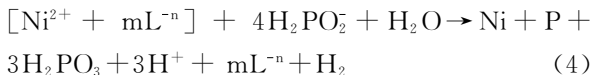


图3 硫酸镍对 Ni-P 镀层厚度及孔隙率的影响

Fig. 3 Effect of nickel sulfate on coating thickness and porosity

2.4 次磷酸钠对镀层厚度及孔隙率的影响

当施镀温度为 70 ℃, 施镀时间为 10 min, 硫酸镍的质量浓度为 25 g/L, pH 为 4 时, 次磷酸钠对镀层厚度及孔隙率的影响如图 4 所示。由图可知, 随着次磷酸钠质量浓度的增加, 镀层厚度均呈“减小-增大-减小”的波浪形变化趋势, 孔隙率的变化不大, 根据次磷酸盐在镀液中的总反应式:



由上式可以看出, 每还原 1 mol Ni^{2+} 会产生 3 mol 亚磷酸根离子。反应继续进行, 则要补加次磷酸盐, 致使亚磷酸根离子不断积累。文献[8]表明, 当浓度达到 30 g/L 时, 将迅速降低化学镀镍层的沉积速率。因此, 适宜的次磷酸钠质量浓度为 25~30 g/L。

2.5 正交试验法分析

针织器材上化学镀镍的评价指标除了镀层厚度和镀层孔隙率这两个关键指标外, 表面显微硬度也是一个重要指标。针织器材在编织过程中主要受到的磨损形式是磨粒磨损, 而材料对磨粒磨损的抗力是随材料硬度的增加而增加。因此, 要降低磨粒磨损可通过提高针织器材表面硬度的方式。在 2.1~2.4 分析得出的适宜范围的基础上, 结合表面显微硬度指标进行正交试验分析。

正交试验采用 $\text{L}_9(3^4)$ 混合正交体系, 选取的因素分别是施镀温度、施镀时间、硫酸镍质量浓度和次磷酸钠质量浓度, 评价指标为镀层厚度、镀层孔隙率和镀层显微硬度, 正交试验水平如表 3 所

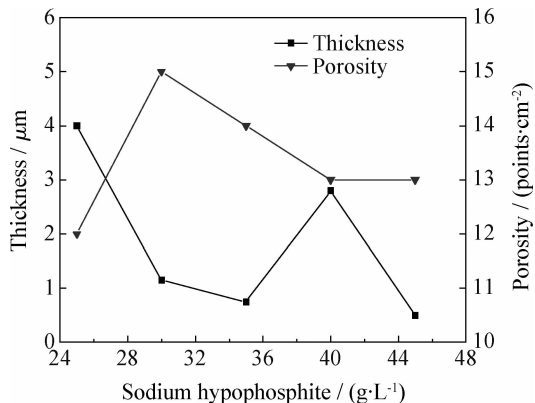


图4 次磷酸钠对 Ni-P 镀层厚度及孔隙率的影响

Fig. 4 Effect of sodium hypophosphite on coating thickness of and porosity

示, 试验方案及通过极差法处理所得数据结果如表 4 所示。

2.5.1 各因素对镀层厚度指标的影响

由表 4 数据可得: 当施镀温度为 70 ℃ 时、施镀时间为 10 min、硫酸镍质量浓度为 25 g/L、次磷酸钠质量浓度为 25 g/L 时, 镀层厚度最厚(小于规定要求的 5 μm), 即最佳工艺配方为 $\text{A}_2\text{B}_3\text{C}_1\text{D}_1$ 。同时, 通过极差值比较可发现, 硫酸镍质量浓度对于镀层厚度的影响较大, 次磷酸钠质量浓度次之, 而时间的影响最小。

2.5.2 各因素对镀层孔隙率指标的影响

由表 4 可知: 当施镀温度为 70 ℃ 或 75 ℃ 时、施镀时间为 10 min、硫酸镍质量浓度为 25 g/L、次磷酸钠质量浓度为 25 g/L 时, 镀层孔隙率最小, 即最佳工艺配方为 $\text{A}_2\text{B}_3\text{C}_1\text{D}_1$ 或 $\text{A}_3\text{B}_3\text{C}_1\text{D}_1$ 。同时, 通过极差值比较可发现, 硫酸镍质量浓度对于镀层孔隙率的影响较大, 时间的影响次之, 而温度的影响最小。

2.5.3 各因素对镀层显微硬度指标的影响

由表 4 数据可得: 当施镀温度为 70 ℃ 时、施镀时间为 10 min、硫酸镍质量浓度为 25 g/L、次磷酸钠质量浓度为 25 g/L 时, 镀层显微硬度最高, 即最佳工艺配方为 $\text{A}_2\text{B}_3\text{C}_1\text{D}_1$ 。同时, 通过极差值比较可发现, 硫酸镍质量浓度对镀层显微硬度的影响较大, 温度影响与硫酸镍质量浓度的影响几乎相同, 而时间对显微硬度的影响最小。

2.5.4 综合 3 个评定指标分析

综合评定, 镀层厚度指标、镀层孔隙率和镀层显微硬度指标的正交试验结果, 可以确定同时满足厚度要求、孔隙率要求及显微硬度要求的最佳

工艺为 A₂B₃C₁D₁。度为 4.1 μm,孔隙率为 12 点/cm²,显微硬度为 487 HV_{0.1}。与正交试验结果的最佳工艺配方一致。

对所得最佳工艺进行验证试验发现:镀层厚

表 3 化学镀镍 L₉(3⁴)正交试验因素水平表

Table 3 Orthogonal factors and their levels of L₉(3⁴) for electroless nickel plating

Level	Temperature(A)/℃	Time(B)/min	Nickel Sulfate(C)/(g·L ⁻¹)	Sodium hypophosphite(D)/(g·L ⁻¹)
1	65	8	25	25
2	70	9	30	30
3	75	10	35	35

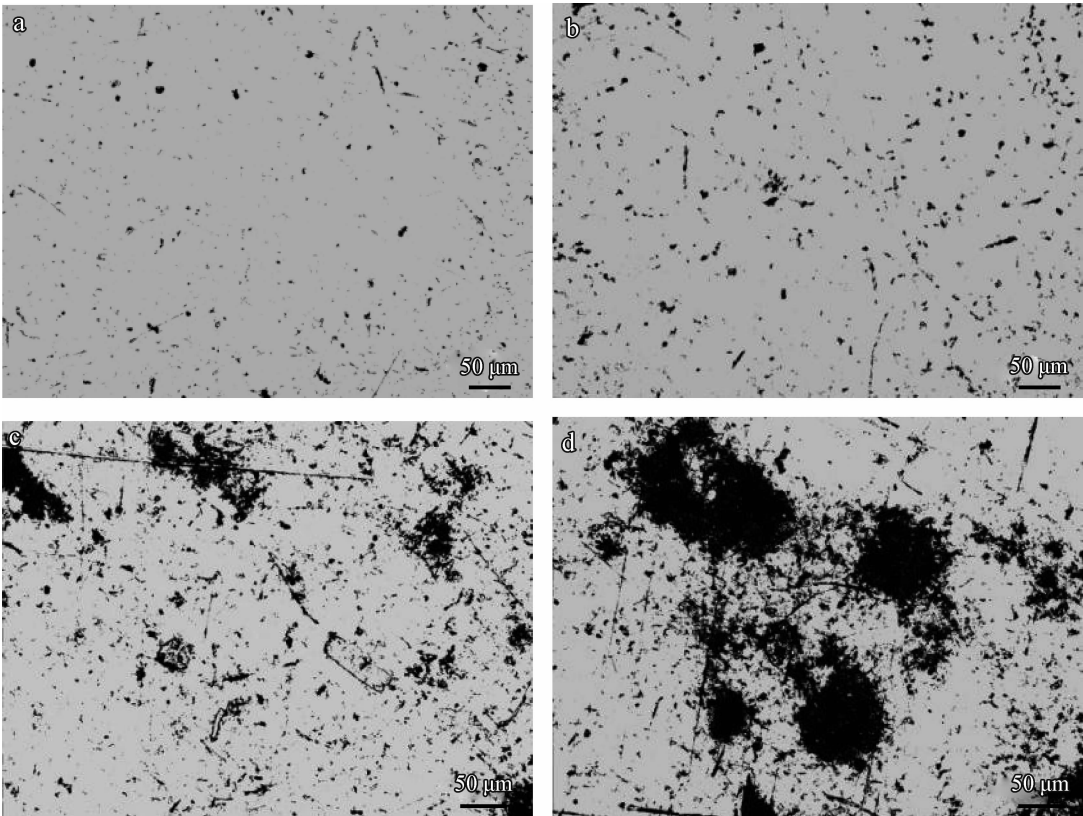
表 4 L₉(3⁴)正交试验方案和结果

Table 4 Experimental program and data processing of L₉(3⁴) orthogonal test

Number		A/ ℃	B/ min	C/ (g·L ⁻¹)	D/ (g·L ⁻¹)	Thickness/ μm	Porosity rate/ (points·cm ⁻²)	Hardness/ HV _{0.1}
1		65	8	25	25	3.5	14	457
2		65	9	30	30	2.6	15	410
3		65	10	35	35	2.1	16	401
4		70	8	30	35	2.8	15	448
5		70	9	35	25	3.1	16	456
6		70	10	25	30	3.5	12	486
7		75	8	35	30	2.2	18	400
8		75	9	25	35	3.1	13	437
Thickness/ μm	K1	8.2	8.5	10.1	10.4			
	K2	9.4	8.8	9.2	8.3			
	K3	9.1	9.4	7.4	8.0			
	R	1.2	0.9	2.7	2.4			
Porosity rate/ (points·cm ⁻²)	K1	45	47	39	42			
	K2	43	44	42	45			
	K3	43	40	50	44			
	R	2	7	11	3			
Hardness/ HV _{0.1}	K1	1 268	1 304	1 380	1 373			
	K2	1 390	1 303	1 319	1 295			
	K3	1 297	1 348	1 257	1 287			
	R	122	44	123	87			

2.6 pH 值对孔隙率的影响

当施镀温度为 70 ℃,施镀时间为 10 min,硫酸镍和次磷酸钠的质量浓度均为 25 g/L 时,图 5 为不同 pH 值条件下获得的镀层的金相照片。从图 5 可以看出,随着 pH 值的增加,镀层表面质量明显变差。在试验过程中,也清楚地发现:当 pH



(a) pH=4.0 (b) pH=6.0 (c) pH=8.0 (d) pH=10.0

图 5 不同 pH 值条件下获得的镀层的金相组织

Fig. 5 Metallograph of the sample obtained at different pH

值持续增加超过 6.0 时,镀液开始出现大量白色沉淀,由于镀液中次磷酸根发生自分解,导致了镀层孔隙率的增加。因此,适宜的 pH 值为 4.0。

2.7 表面粗糙度

针织器材的疲劳强度大小很大程度上决定其寿命。而针织器材疲劳断裂的发生往往与其表面质量密切相关。在编织过程中,针织器材受交变载荷的作用,其表面粗糙,容易在表面微观尖角处发生应力集中现象,使其本身存在的显微裂纹扩展,最终导致失效。因此,降低针织器材表面粗糙度值,是提高针织器材使用寿命的重要途径。并且,针织器材表面粗糙度值越低,一般会有较好的减磨性能。

表 5 是前述正交试验试样通过 JB-4C 型表面粗糙度仪测得数据。从表中可知:针织器材经化学镀镍后表面粗糙度值减小,减小量约 0.1~0.105 μm。同时可发现,化学镀镍前 Ra 值越小,化学镀镍后 Ra 值的减小量也越小。总体来说,化学镀镍前后表面粗糙度值均在 Ra 0.20~0.40 μm

范围内,属同一表面粗糙度等级。

表 5 镀前后试样表面粗糙度 (Ra/μm)

Table 5 The samples' surface roughness (Ra/μm) before and after plating

Number	Before	After	△Ra
1	0.365	0.262	0.103
2	0.359	0.259	0.100
3	0.364	0.262	0.102
4	0.362	0.260	0.102
5	0.365	0.262	0.103
6	0.363	0.261	0.102
7	0.370	0.265	0.105
8	0.361	0.260	0.101
9	0.363	0.261	0.102

2.8 镀层结合力

在上述各因素适宜范围内的试验样品,经过

划线试验法测试后,经放大镜检查,没有发现镀层剥落现象,因此可以判定镀层的结合力良好。

3 结 论

(1) 结合单因素分析及正交试验,确定了一种适合针织器材的最优化学镀镍配方:硫酸镍 25 g/L,次磷酸钠 25 g/L,醋酸钠 25 g/L,辅助配位剂 25 g/L,光亮剂 2 g/L,硫脲 2 mg/L,pH 值 4.0,温度 70 ℃,施镀时间 10 min。

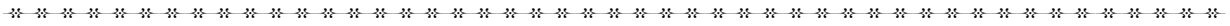
(2) 采用该化学镀镍配方,在针织器材上可获得的镀层具有较低孔隙率为 12 点/cm²,镀层厚度为 4.1 μm,镀层显微硬度为 487 HV_{0.1}且结合力良好。

参考文献

[1] 李思良,左安鹏. 钢铁化学镀 Ni-P 沉积速率的研究 [J]. 电镀与环保, 2012, 32(1): 29-31.
[2] 肖鑫,许律,李德,等. 钢铁件化学镀 Ni-Cu-P 合金工艺

研究 [J]. 腐蚀科学与防护技术, 2012, 24(4): 337-341.
[3] 武晓阳,刘定富. 化学镀非晶态镍-磷合金的研究 [J]. 电镀与精饰, 2012, 34(4): 5-9.
[4] 程鑫,饶群力. 化学镀 Ni-B 合金镀层组织形态的研究 [J]. 电镀与环保, 2012, 32(2): 19-21.
[5] 赵亚楠,王胜,冯晋阳,等. TiO₂ 涂层与化学镀 Ni-P 用于铸件表面处理 [J]. 西安工业大学学报, 2012, 32(2): 123-125.
[6] 弭锡岭,冀留庆,徐旺. 45 镀钢表面化学镀技术及镀层研究 [J]. 化学工程与装备, 2012, (6): 156-157.
[7] 孙建伟. 化学镀 Ni 工业化相关技术研究 [D]. 浙江: 浙江大学, 2004.
[8] 李宁,袁国伟,黎德育. 化学镀镍基金属理论与技术 [M]. 第一版. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2000.

作者地址: 上海市松江区人民北路 2999 号 201620
东华大学四号学院楼机械学院 3059 室
Tel: (021) 6779 2825
E-mail: Nordic_Bao@163.com



• 学术动态 •

2014 第二届(重庆)国际表面工程技术学术论坛第一轮通知

由中国表面工程协会电镀分会和重庆市科学技术协会主办,重庆表面工程技术学会、重庆表面工程协会和解放军后勤工程学院承办的 2014 第二届(重庆)国际表面工程技术学术论坛将于 2014 年 4 月 21~23 日在重庆召开。会议为期 3 天,4 月 21 日全体参会代表注册,22~23 日为第十二届全国表面工程-电镀与精饰年会暨第二届(重庆)国际表面工程技术学术论坛报告并参观展会。同期展会:2014 国际(重庆)表面处理、电镀、涂装展览会。

会议主题报告及专题论坛包括:① 表面处理行业、企业结构调整、产品技术结构调整专题交流;② 无氰电镀、代铬镀层和代铬涂层技术路线图交流;③ 电子电镀及线路板表面处理技术论坛;④ 航空航天与国防装备领域表面处理工艺技术应用论坛;⑤ 汽车、摩托车、风电装备表面处理工艺论坛;⑥ 表面处理新工艺、新技术、新产品论坛;⑦ 表面处理园区与清洁生产论坛;⑧ 表面处理生产实践与管理论坛。

本次会议论文稿件形式不限,可以提交专题综述、行业综述、国内外综述以及科研开发成果、技术应用成果、产品升级换代报告、新产品应用报告等。稿件首页为摘要/内容提要、姓名、出生年月、职务/职称、工作单位及联系方式,稿件格式无特殊要求,字数不限。请于 2014 年 3 月 1 日前将 Word/PDF 格式电子文档 Email 至 ldhgh@126.com,邮件标题请注明“<姓名>2014 年会投稿”。

参加会议报告人员请与组委会工作人员沟通报告方向及题目,于 4 月 10 日前将 PPT/PDF 格式电子文档 Email 至 ldhgh@126.com,邮件题目请注明“<姓名>2014 年会报告”。

联系人:吴宏 13896106040,肖萧 13996020937

(摘自表面工程信息网)