# 黄铜拉链晨曦金着色工艺研究

冯政勇[1]，王永森[2]，胡嘉盛[2]，陈桂庭[3]，何柏田[3]，刘　燕[3]，唐春保[3]
（1. 东莞大威机械有限公司，广东 东莞　523900；2. 梅州市嘉泰科技有限公司，广东 梅州　514000；
3. 嘉应学院化学与环境学院，广东 梅州　514015）

[摘　要]黄铜拉链晨曦金着色温暖而典雅，装饰效果好，可为消费者提供个性化配色选择。采用两步着色法对黄铜拉链晨曦金着色工艺进行研究，探讨了各因素对着色效果的影响，并采用扫描电镜（SEM）和能谱成分分析（EDS）方法分析着色层表面形貌和成分。结果表明，在常温下通过先茶金着色后白铜着色，所制备的晨曦金拉链着色效果理想；在最优工艺条件下获得的膜层各项性能均合格，着色膜层均匀致密，主要成分为 Cu-Zn-Sn-Se 复合物。该工艺色牢度高，适用于现有生产设备；制备工艺简单、质量可控性高、生产成本低，适合规模化生产。

[关键词]黄铜拉链；晨曦金；化学着色；工艺研究
[中图分类号] TG174.4　　[文献标识码] A　　doi：10.26935/j.issn.2097-5317.2026.0002
[文章编号] 2097-5317（2026）01-0008-06

## Study on Bright Dawn Gold Coloring Process of Brass Zippers

FENG Zhengyong[1], WANG Yongsen[2], HU Jiasheng[2], CHEN Guiting[3], HE Baitian[3], LIU Yan[3], TANG Chunbao[3]
（1. IDEAL Fastener（Dongguan）Limited, Dongguan 523900, China;
2. Meizhou Jiatai Technology Co., Ltd., Meizhou 514000, China;
3. School of Chemistry and Environment, Jiaying University, Meizhou 514015, China）

**Abstract**: The bright dawn gold coloring of brass zippers is warm and elegant with excellent decorative effects, providing consumers with personalized color matching options. A two-step coloring method was used to study the bright dawn gold coloring process of brass zippers, investigating the influence of various factors on the coloring effect. Scanning electron microscopy

收稿日期：2025-12-16
Received：2025-12-16
基金项目：梅州市无机功能材料重点实验室；2022 年度嘉应学院教学质量与教学改革工程（含教改）项目“基于混合式教学的环境专业有机化学课程教学改革”；2025 年度嘉应学院教学质量与教学改革工程项目（JYJG2025129）
Funding：Key Laboratory of Inorganic Functional Materials of Meizhou City; 2022 Project of Teaching Quality and Teaching Reform Engineering（Including Teaching Reform）of Jiaying University: “Teaching Reform of Organic Chemistry Course for Environmental Major Based on Blended Teaching”; 2025 Project of Teaching Quality and Teaching Reform Engineering of Jiaying University（JYJG2025129）
通信作者：刘　燕（1986-），讲师，博士，主要研究方向：电解与表面技术，E-mail：406789586@qq.com
Corresponding Author：LIU Yan（1986-），Lecturer，Ph.D.，Research Focus：Electrolysis and Surface Technology，E-mail：406789586@qq.com

(SEM) and energy dispersive spectroscopy (EDS) were employed to analyze the surface morphology and composition of the colored layer. The results showed that under normal temperature, the bright dawn gold zippers prepared by first tea gold coloring and then white copper coloring have an ideal coloring effect. Under the optimal process conditions, the obtained film met all performance requirements with a uniform and dense structure, whose main component was a Cu-Zn-Sn-Se composite. This process featured high color fastness and was compatible with existing production equipment; it was simple, controllable in quality, and low in production cost, making it suitable for large-scale production.

**Key words**: brass zipper; bright dawn gold; chemical coloring; process research

## 0 前 言

拉链根据材质不同可分为金属拉链、树脂拉链和尼龙拉链 3 大类[1],其中金属拉链的材料主要包括黄铜、铝合金等。随着科学技术的发展和人们生活水平的不断提高,消费者对拉链产品的色彩多样性与功能实用性要求日益提升。

金属着色是通过在金属表面形成一层兼具防腐蚀功能与装饰性外观的防护层,实现防腐与装饰双重目的。铜合金着色作为一种传统防腐装饰技术,在我国可追溯至 3 000 年前的青铜时代[2]。目前,金属着色处理手段主要包括电镀[3]、阳极氧化[4]以及化学镀[5,6]等。与电镀相比,化学镀具有镀层均匀、操作简单、镀覆部件不受尺寸形状限制等优势,应用更为广泛。已开发的铜及铜合金化学着色色调主要有黑色、古铜色、香槟金色、魅惑紫、银色等[5,6]。晨曦金是一种淡金色暖系色调,给人温暖典雅的视觉感受,具备广阔的市场应用潜力。本研究采用两步着色法对黄铜拉链着色工艺进行探究,在黄铜拉链表面成功获得晨曦金色调,并系统考察了该晨曦金膜层的综合性能。该新工艺具有操作简单、成膜速度快、着色均匀、膜层与拉链结合强度高、耐磨性好等特点,可为其工业生产应用提供参考。

## 1 试验工艺与材料

### 1.1 实验材料

采用 H65 轧制黄铜拉链半成品(由国内某大型拉链公司提供)进行试验。

### 1.2 工艺流程

制备晨曦金拉链的具体工艺流程如下:

S1. 前处理:除油→水洗→活化→水洗;

S2. 抛光:抛光→水洗→除膜→水洗→抛光→水洗→除膜→水洗;

S3. 再处理:除酸→水洗→活化;

S4. 膜层着色与固色:茶金着色→水洗→白铜着色→碱洗→水洗→固色→水洗→甩干。

### 1.3 工艺参数

#### 1.3.1 除油

采用 50.00 g/L 碱性除油粉,温度 60 ℃以上,处理时间 2.0~4.0 min。

#### 1.3.2 活化

采用 5%(质量分数,下同)硫酸溶液,室温条件下处理 8~12 s。

#### 1.3.3 抛光

抛光液由双氧水、硝酸(65%)、硫酸(98%)、乙醇、乙二醇与水按质量比 30.00∶0.03∶0.50∶1.30∶0.03∶15 000.00 配制而成,室温下处理 0.6~1.5 min。

#### 1.3.4 除膜

采用 1%稀硫酸溶液,室温条件下处理 20~30 s。

#### 1.3.5 除酸

除酸液由碳酸钠、磷酸三钠与水按质量比 1∶1∶125配制而成,室温下处理 10.0~20.0 min。

#### 1.3.6 膜层着色

(1)茶金着色 硫酸 7.20~7.60 g/L、二氧化硒 0.09~1.30 g/L、五水硫酸铜 0.50~7.40 g/L、过硫酸铵 2.00~6.00 g/L,室温下处理 6~14 s。

(2)白铜着色 白铜着色液由白铜 A 剂与白铜 B 剂按体积比 1∶3 混合而成。其中,白铜 A 剂成分:硫酸 10.00~14.00 g/L、氯化亚锡 30.00~70.00 g/L;白铜 B 剂成分:硫脲 10.00~30.00 g/L、次亚磷酸钠 35.00~85.00 g/L、AEO-9(脂肪醇聚氧乙烯醚)2.00~10.00 g/L,室温下处理 6~14 s。

#### 1.3.7 碱洗

采用 2.00 g/L 碳酸钠溶液,室温下处理 5 s。

#### 1.3.8 膜层固色

采用磷酸三钠 0~0.75 g/L、苯并三氮唑 0.50~1.75 g/L,室温下处理 0.8~1.2 min。

### 1.4 色膜层的测试与分析

#### 1.4.1 理化性能测试

(1)耐腐蚀性测试 参照国家标准 GB/T

2423.17-2024 中性盐雾试验标准(NSS)。将着色后的拉链放入盐雾腐蚀试验箱,在 35 ℃条件下用 5%氯化钠溶液连续喷雾 48 h,取出后观察着色膜外观,自然干燥后经水洗、吹干,评价其耐腐蚀性。

(2)色牢度测试　参照美国 AATCC 变色沾色灰卡,通过 AATCC TM135-2018 洗衣机水洗测试及 AATCC TM61 3A-2020 钢珠耐磨洗测试,评价膜层结合力与耐磨性。

1.4.2　微观形貌及成分测试

采用场发射扫描电子显微镜(Zeiss Sigma 500)观察晨曦金着色膜层的微观形貌;采用能量色散 X 射线能谱仪(布鲁克 XFlash 6130X)分析着色后黄铜拉链色膜层的化学组成。

## 2　结果与讨论

### 2.1　着色液中各组分用量对着色效果的影响

2.1.1　茶金着色液

(1)硫酸　着色液中添加一定量的硫酸可以提高着色过程中 pH 值的稳定性,使整个着色过程可以高效、连续地进行,保证着色质量。硫酸的浓度较低时,膜层的形成速率慢,不利于着色反应的进行,甚至难以成膜;而硫酸浓度过高时,着色和变色速率又会过快,氧化层的沉积加快,膜层颜色不易控制,颜色偏红。硫酸质量浓度过高时膜层甚至变得暗沉、发灰甚至脱落[7]。硫酸质量浓度对色膜层颜色的影响如表 1所示,由表可知茶金着色液中硫酸适宜的质量浓度为 7.30~7.50 g/L。

**表 1　硫酸质量浓度对色膜层颜色的影响**

**Table 1　Effect of mass concentration of $H_2SO_4$ on color of film**

| $\rho$(硫酸)/(g·L$^{-1}$) | 7.20 | 7.30 | 7.40 | 7.50 | 7.60 |
|---|---|---|---|---|---|
| 色膜层颜色 | 色光发黄 | 茶金 | 茶金 | 茶金 | 色光发红 |

(2)二氧化硒　二氧化硒作为主要的成膜物质,可以保证着色工艺的顺利进行。在一定条件下增加二氧化硒的浓度可以加快着色、发黑速度。二氧化硒的浓度过低会影响发黑的质量,出现发黑膜层不均匀、结合力差,甚至不发黑的不利现象。二氧化硒质量浓度对色膜层颜色的影响如表 2 所示,可知本工作中茶金着色液二氧化硒的添加量宜为 0.09~0.90 g/L。

**表 2　二氧化硒质量浓度对色膜层颜色的影响**

**Table 2　Effect of mass concentration of $SeO_2$ on color of film**

| $\rho$(二氧化硒)/(g·L$^{-1}$) | 0 | 0.09 | 0.50 | 0.90 | 1.30 |
|---|---|---|---|---|---|
| 色膜层颜色 | 不上色 | 茶金 | 茶金 | 茶金 | 色光发蓝 |

(3)五水硫酸铜　五水硫酸铜作为一种媒染剂,在着色液中受强氧化剂作用而释放出原子态氧[8],和色素结合形成色素沉淀以达到染色效果。五水硫酸铜同样也是金属拉链茶金着色液中的主盐,是主要的成膜物质,五水硫酸铜的浓度含量极大地影响着膜层的质量[9]。五水硫酸铜对膜层的颜色影响不大,但对膜层的厚度有着较大的影响。五水硫酸铜质量浓度对色膜层颜色的影响如表 3 所示,可知本工作茶金着色液所用五水硫酸铜宜为 0.90~4.80 g/L。

**表 3　五水硫酸铜质量浓度对色膜层颜色的影响**

**Table 3　Effect of mass concentration of $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ on color of film**

| $\rho$(五水硫酸铜)/(g·L$^{-1}$) | 0.50 | 0.90 | 2.70 | 4.80 | 7.40 |
|---|---|---|---|---|---|
| 色膜层颜色 | 茶金 | 茶金 | 茶金 | 茶金 | 茶金,膜层疏松 |

(4)过硫酸铵　过硫酸铵作为一种强氧化剂,在溶液中会产生较活泼的氧离子,其在镀液中含量的多少对氧化还原的反应速率、膜层颜色等起着决定性作用。过硫酸铵含量过少时氧化能力较弱,会造成膜层颜色较浅而不美观;含量过高时又会造成着色速率过快,反应不易控制,严重时会造成膜层的溶解、易于脱落等不利于膜层性能的现象[10]。过硫酸铵质量浓度对色膜层颜色的影响如表 4 所示,可知本工作茶金着色液中适宜的过硫酸铵质量浓度为 3.00~3.50 g/L。其着色原理是 $Se^{4+}$ 和 $Cu^{2+}$ 首先在工件表面被活泼元素锌等还原,进而形成以 CuSe 为骨架的化合物膜;同时过硫酸铵在酸性条件下分解产生活性氧[11],活性氧可氧化黄铜中的铜形成氧化亚铜或氧化铜镶嵌在 CuSe 膜层中。

**表 4　过硫酸铵质量浓度对色膜层颜色的影响**

**Table 4　Effect of mass concentration of $(NH_4)_2S_2O_8$ on color of film**

| $\rho$(过硫酸铵)/(g·L$^{-1}$) | 2.00 | 2.50 | 3.00 | 3.50 | 4.00 | 6.00 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 色膜层颜色 | 不上色 | 色光发黄 | 茶金 | 茶金 | 色光偏暗 | 色光偏暗、发红 |

2.1.2　白铜着色液

白铜着色液由白铜 A 剂和白铜 B 剂按照体积比

1∶3的比例混合而成。

(1)白铜 A 剂 (a)硫酸:白铜 A 剂中所含硫酸的作用及影响效果与上述茶金着色液中硫酸相同。本工作白铜 A 剂中硫酸的适宜质量浓度为 10.00~14.00 g/L。(b)氯化亚锡:氯化亚锡是白铜着色工艺中的沉积主盐,对着色有很大的影响。当着色液中无氯化亚锡时,着色膜层无法形成,而当着色液中氯化亚锡浓度过高时,会导致膜层颜色偏白,且膜层颜色不均匀。氯化亚锡质量浓度对色膜层颜色的影响如表 5 所示,可知本工作白铜 A 剂中适宜的氯化亚锡含量为 40.00~60.00 g/L。

**表 5 氯化亚锡质量浓度对色膜层颜色的影响**

**Table 5 Effect of mass concentration of $SnCl_2$ on color of film**

| $\rho$(氯化亚锡)/(g·L$^{-1}$) | 0 | 30.00 | 40.00 | 50.00 | 60.00 | 70.00 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 色膜层颜色 | 茶金 | 色光偏黄 | 晨曦金 | 晨曦金 | 晨曦金 | 色光偏白 |

(2)白铜 B 剂 (a)硫脲:本工艺中添加剂硫脲一方面作为配位剂,避免金属离子提前沉淀,保证镀液稳定,同时还能控制金属离子的沉积速率,让镀层均匀附着在拉链表面;另一方面它也充当光亮剂和整平剂,能改善镀层的晶体生长状态,减少镀层针孔、气泡等缺陷,让拉链镀层更光滑细腻、色泽均匀。当着色液中硫脲含量过少时镀层晶体颗粒粗大且厚度不均,表面缺乏光泽、平整度差,易出现针孔、气泡、麻点等缺陷,无法满足装饰性或精密性应用需求;而含量过高时硫脲中的硫元素易与铜离子反应生成硫化铜沉淀,镀液稳定性下降,这些沉淀物会夹杂在镀层中,使镀层发脆、韧性下降,后续加工易开裂、脱落。硫脲质量浓度对色膜层颜色的影响如表 6 所示,可知本工作白铜 B 剂所含适宜的硫脲质量浓度为 10.00~25.00 g/L。

**表 6 硫脲质量浓度对色膜层颜色的影响**

**Table 6 Effect of mass concentration of $CH_4N_2S$ on color of film**

| $\rho$(硫脲)/(g·L$^{-1}$) | 0 | 10.00 | 20.00 | 25.00 | 30.00 |
|---|---|---|---|---|---|
| 色膜层颜色 | 茶金 | 晨曦金 | 晨曦金 | 晨曦金 | 白金色 |

(b)次亚磷酸钠:次亚磷酸钠在着色液中作为一种抗氧化剂,可以保证化学镀过程的稳定进行。其含量过少时会导致膜层氧化变色、发黄以及镀液不稳定的一系列问题。另外,次亚磷酸钠也是一种促进剂,有利于金属离子的沉积,含量少则沉积慢;含量过高则沉积时容易产生大量的气泡,影响着色均匀性。着色液中添加一定量的促进剂可以有效促进着色过程中的还原反应、起到催化作用,且能极大地缩短反应时间,使得拉链上的晨曦金色膜着色更加均匀。次亚磷酸钠质量浓度对色膜层颜色的影响如表 7 所示,可知本工作白铜 B 剂中所含适宜的次亚磷酸钠质量浓度为 45.00~75.00 g/L。

**表 7 次亚磷酸钠质量浓度对色膜层颜色的影响**

**Table 7 Effect of mass concentration of $NaH_2PO_2$ on color of film**

| $\rho$(次亚磷酸钠)/(g·L$^{-1}$) | 35.00 | 45.00 | 55.00 | 65.00 | 75.00 | 85.00 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 色膜层颜色 | 色光偏黄 | 晨曦金 | 晨曦金 | 晨曦金 | 晨曦金 | 偏哑光色 |

(c)脂肪醇聚氧乙烯醚(AEO-9):本工作中的 AEO-9 添加剂是晶粒细化剂,可以有效达到细化晶粒的作用。金属的晶粒的形成过程主要分为晶核的形成和晶核的长大 2 大过程,加入一定量的细化剂相当于增加了晶核的数量,即增大了形核率,使晶粒变多,从而改善了金属拉链表面质量,使膜层得到细小的等轴晶、改善色膜外观。加入适量的细化剂AEO-9可以有效拓宽上色的时间、使膜层的颜色更加均匀,而含量过多时会造成上色过程缓慢、膜层粗糙易脱落等现象。AEO-9 质量浓度对色膜层颜色的影响如表 8 所示,可知本工作白铜 B 剂所添加适宜的 AEO-9 浓度含量为 4.00~8.00 g/L。

**表 8 AEO-9 质量浓度对色膜层颜色的影响**

**Table 8 Effect of mass concentration of AEO-9 on color of film**

| $\rho$(AEO-9)/(g·L$^{-1}$) | 0 | 2.00 | 4.00 | 6.00 | 8.00 | 10.00 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 色膜层颜色 | 晨曦金不均匀 | 晨曦金不均匀 | 晨曦金均匀 | 晨曦金均匀 | 晨曦金均匀 | 色光偏暗 |

## 2.2 工艺条件对着色效果的影响

### 2.2.1 着色温度

在整个着色流程中,着色温度和过硫酸铵共同决定着成膜的速率。温度过高、过低都不利于拉链的着色。着色过程中温度过高时,成膜的速率会加快,导致色膜疏松不耐磨、易脱落,且过硫酸铵分解快、溶液使用寿命短;而温度过低时,成膜速度慢,即使着色时间延长也得不到理想的晨曦金色膜。本工作中适宜的着色温度为常温,具体试验考察结果见表 9。

表 9　着色温度对色膜层颜色的影响

Table 9　Effect of coloring temperature on color of film

| 温度/℃ | 20 | 25 | 30 | 35 |
|---|---|---|---|---|
| 色膜层颜色 | 晨曦金 | 晨曦金 | 色光偏白 | 白金色 |

2.2.2　着色时间

着色时间对膜层的影响较大，对能否成功着色起着关键性的作用。在一定的温度下，着色时间的延长对膜层颜色没有明显的影响，但膜层表面稍有掉灰。而着色时间较短时，膜层颜色则达不到理想的效果。本工作中在常温对金属拉链进行着色处理，着色时间宜控制在 8～12 s（见表 10）。

表 10　着色时间对色膜层颜色的影响

Table 10　Effect of coloring time on color of film

| 着色时间/s | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
|---|---|---|---|---|---|
| 色膜层颜色 | 茶金色 | 晨曦金 | 晨曦金 | 晨曦金 | 白金色 |

## 2.3　色膜层的理化性能分析

综上，黄铜拉链晨曦金着色最佳工艺条件为：茶金着色液—硫酸 7.30～7.47 g/L、二氧化硒 0.09～0.90 g/L、五水硫酸铜 0.90～4.80 g/L、过硫酸铵 3.00 g/L；白铜着色液由白铜 A 剂和白铜 B 剂按照体积比 1∶3 混合而成，白铜 A 剂—硫酸 10.00～14.00 g/L、氯化亚锡 40.00～60.00 g/L；白铜 B 剂—硫脲 10.00～25.00 g/L、次亚磷酸钠 45.00～75.00 g/L、AEO-9 4.00～8.00 g/L。两次着色都在室温下进行，着色时间 8～12 s。

本工作通过耐腐蚀性测试和色牢度测试对最佳工艺色膜层的理化性能进行分析。为保证实验结果的准确性，共设置了 4 组平行实验，晨曦金拉链的理化性能测试结果如表 11 所示。

表 11　晨曦金拉链的理化性能

Table 11　Physical and chemical properties of bright dawn gold zippers

| 测试项目 | 试验 1 | 试验 2 | 试验 3 | 试验 4 |
|---|---|---|---|---|
| 5%NaCl 48 h 中性盐雾试验 | 无腐蚀 | 无腐蚀 | 无腐蚀 | 无腐蚀 |
| AATCC 135 洗衣机水洗色牢度 | 4 级 | 4 级 | 4 级 | 4 级 |
| AATCC 61-3A 钢珠研磨色牢度 | 4 级 | 4 级 | 4 级 | 4 级 |

通过 5%NaCl 48 h 中性盐雾实验测试，膜层外观变化不大、无麻点产生，晨曦金拉链均无腐蚀性，产品合格。色牢度评价级别一般为 1～5 级，5 级最优，具有 5 级色牢度的拉链经过处理后膜层基本无变化。若所制备的金属拉链色牢度低于 3 级，或表层牙色被均匀磨掉，或链牙边缘处有膜层脱落，即为不合格[12]。而本工作制备的晨曦金拉链，通过 AATCC 135 洗衣机水洗色牢度和 AATCC 61-3A 钢珠研磨色牢度实验结果均达到 4 级，表明色牢度较好，产品评价均为合格。

## 2.4　色膜层微观形貌及其成分分析

采用上述最佳工艺对拉链进行晨曦金着色，着色前后的效果对比如图 1 所示。图 2 为着色后黄铜拉链放大 5 000 倍表面的微观形貌图，可以看出黄铜拉链晨曦金着色处理后表面形成了一层均匀致密的氧化膜。图 3 所示为着色后黄铜拉链表面的 EDS 谱，表 12为着色后黄铜拉链表面的元素分布明细，经分析可知着色膜的主要成分为 Cu-Zn-Sn-Se 的复合物。其中少量的 C 元素来源可能是着色前处理不彻底，如拉链基材表面残留的轧制油、脱模剂、清洗剂等有机杂质，在着色后未完全去除，或由着色工艺带入，如晨曦金着色液中含有的有机配位剂、成膜助剂等，在成膜过程中吸附或包覆在镀层表面。



（a）着色前



（b）着色后

图 1　黄铜拉链着色效果图

Fig. 1　Coloring effectiveness of brass zipper

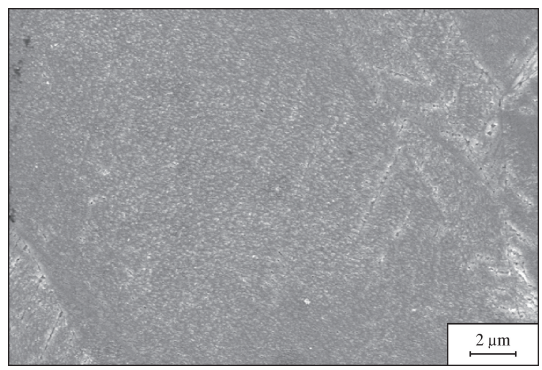



图 2　着色后黄铜拉链表面的微观形貌

Fig. 2　SEM photograph of colored brass zipper surface

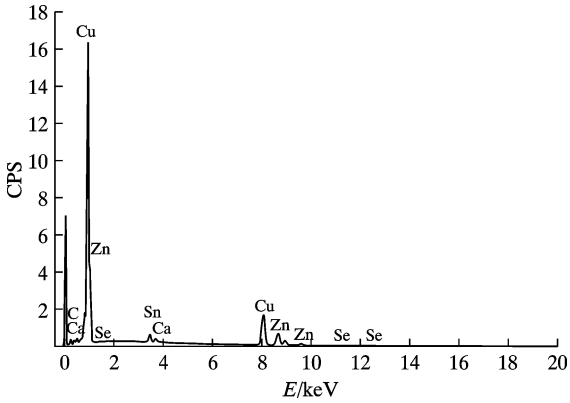



图 3 着色后黄铜拉链表面的 EDS 谱

Fig. 3 EDS photograph of colored brass zipper surface

**表 12 着色后黄铜拉链表面的元素分布(质量分数)%**

**Table 12 Elemental distribution on the surface of colored brass zippers (mass fraction) %**

| 元素 | 含量 |
|---|---|
| C | 6.37 |
| Cu | 57.83 |
| Zn | 31.34 |
| Se | 0.13 |
| Sn | 4.33 |

## 3 结 论

(1)通过两步法,先茶金着色后白铜着色,在室温下着色 8~12 s,所制备的晨曦金黄铜拉链着色效果理想。

(2)所制备的晨曦金着色膜耐腐蚀性和结合力性能均合格,可满足生产要求;着色膜均匀致密,主要成分为 Cu-Zn-Sn-Se 的复合物。

(3)该工艺操作简便,质量可控性高,生产成本低,且着色液稳定性好,适合于铜及铜合金制品、电镀工业及各种五金制品,具有推广应用的价值。

## [ 参 考 文 献 ]

[1] 施维诚. 拉链[J]. 国外纺织技术 (针织、服装分册), 1984(15): 39-44.
SHI W C. Zipper[J]. Foreign Textile Technology (Knitting & Apparel Volume), 1984(15): 39-44.

[2] 程沪生. 铜及铜合金着色[J]. 电镀与涂饰, 2011, 30(9): 38-41.
CHENG H S. Coloring of copper and copper alloys[J]. Electroplating & Finishing, 2011, 30(9): 38-41.

[3] 刘 凯. 镍的彩色电镀工艺研究[D]. 重庆:重庆大学, 2014.
LIU K. Technology of colored electroplating on nickel substrate[D]. Chongqing: Chongqing University, 2014.

[4] 凌付平. 基于铝合金阳极氧化膜的表面着色技术及性能研究[J]. 中国金属通报, 2020(11): 104-105.
LING F P. Research on surface coloring technology and properties of aluminum alloy anodic oxide films[J]. China Metal Bulletin, 2020(11): 104-105.

[5] 赖俐超, 唐春保, 吴春伟, 等. 黄铜拉链深红古铜着色工艺[J]. 材料保护, 2012, 45(9): 46-47.
LAI L C, TANG C B, WU C W, et al. Process for deep antique copper coloring of brass zipper[J]. Materials Protection, 2012, 45(9): 46-47.

[6] 赖俐超, 李 勇, 唐春保. 黄铜拉链香槟金着色工艺[J]. 电镀与涂饰, 2020, 39(7): 421-424.
LAI L C, LI Y, TANG C B, et al. Champagne gold coloring of brass zipper[J]. Electroplating & Finishing, 2020, 39(7): 421-424.

[7] 刘 燕, 唐春保, 李 勇, 等. 黄铜拉链魅惑紫着色工艺[J]. 材料保护, 2021, 54(7): 93-96.
LU Y, TANG C B, LI Y, et al. Charm purple coloring process for brass zipper[J]. Materials Protection, 2021, 54(7): 93-96.

[8] 张鹏华, 黄元盛, 温立哲. 酸性镀铜层晶体生长机理研究[J]. 电镀与精饰, 2025, 47(8): 29-33.
ZHANG P H, HANG Y S, WEN L Z. Study on crystal growth mechanism of acid copper plating[J]. Plating & Finishing, 2025, 47(8): 29-33.

[9] 张丰如, 赖俐超, 唐春保, 等. 黄铜拉链黑古铜色着色新工艺[J]. 材料保护, 2014, 47(1): 62-63.
ZHANG F R, LAI L C, TANG C B, et al. Black antique brass coloring technology for brass zipper[J]. Materials Protection, 2014, 47(1): 62-63.

[10] 刘 燕, 覃浩彪, 王永森, 等. 黄铜拉链橄榄绿着色工艺的研究[J]. 电镀与精饰, 2022, 44(4): 25-29.
LIU Y, QIN H B, WANG Y S, et al. Study on process for olive green coloring of brass zipper[J]. Plating & Finishing, 2022, 44(4): 25-29.

[11] 谢光荣. 黄铜拉链常温着色新工艺[J]. 材料保护, 2004, 37(11): 40-41.
XIE G R. New coloring technology for brass slide chain at normal temperature [J]. Materials Protection, 2004, 37(11): 40-41.

[12] 郭 剑, 刘 聘, 邵忠财. 黄铜拉链着红古铜色工艺研究[J]. 电镀与涂饰, 2016, 35(12): 629-632.
GUO J, LIU P, SHAO Z C. Study on process for red bronze coloring of brass zipper[J]. Electroplating & Finishing, 2016, 35(12): 629-632.

[编校:陈 鸣]