



# Property Comparison of Golden Adornments with Different Characteristics Based on XRD

Yijie Zhu, Danjing Hu\*, Qianyun Lu, Xuejun Yan, Qiujin Peng, Xu Zhang

Zhejiang Fangyuan Test Group Co., Ltd., Hangzhou, China

Email: 279503807@qq.com, \*hu\_danjing@126.com

**How to cite this paper:** Zhu, Y.J., Hu, D.J., Lu, Q.Y., Yan, X.J., Peng, Q.J. and Zhang, X. (2023) Property Comparison of Golden Adornments with Different Characteristics Based on XRD. *Open Access Library Journal*, 10: e9874.

<https://doi.org/10.4236/oalib.1109874>

**Received:** February 15, 2023

**Accepted:** March 14, 2023

**Published:** March 17, 2023

Copyright © 2023 by author(s) and Open Access Library Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## Abstract

In this paper, the properties of golden adornments with four different characteristics were analyzed and compared by means of gold content analysis, XRD analysis, Vickers hardness test and wear resistance test. The results showed that the alignment of Au atomic crystal from 3D electroforming process and 5G process is different from traditional process and former process. Besides, products made by 3D electroforming process have the best Vickers hardness and wear resistance. The mechanical property and wear resistance of the gold adornments produced by 5G process are near to those of the former process. However, the hardness and wear resistance of traditional process are relatively lowest, from the perspective of long-term use, there is a risk of wear deformation.

## Subject Areas

Metal Material

## Keywords

Golden Adornments, XRD, Vickers Hardness, Wear Resistance

## 1. 简介

随着黄金市场的消费升级，以黄金为原料的各类黄金饰品交易市场也异常火爆。大量黄金生产企业开始投入到新颖多变的黄金饰品研制中，随之而来的是不同工艺不同质感的黄金饰品开始逐渐扩大并占领年轻消费群体的市场，其中尤其以古法金饰品、3D硬金饰品和5G黄金饰品最为典型。这类新兴的黄金饰品普遍以精致的外观、复杂的款式、不易变形的产品性能来抓住消费者的购买欲。正因为不同工艺的黄金饰品均有其突出的产品特点，消费者无法直接依据商品推广信息来准确分辨和判断产品间的性能差异，故需要

采用科学、系统的研究来比较产品的性能特点。

常规的用于区分黄金饰品产品质量好坏的首要指标是黄金含量，其金含量分析方法以 X 射线荧光光谱法[1]、火试金法[2]、ICP 光谱法[3]、还原重量法[4]为主。除了主材金含量需符合国家标准要求外，不同产品的物理性能指标，例如硬度、耐磨性等，尚未见系统性的研究比较。本文的目的是基于 XRD [5]，采用不同分析方法将近年来新兴的黄金饰品从不同生产工艺方向与传统工艺黄金饰品进行横向比较，再结合相关物理性能指标，来明确古法金饰品、3D 硬金饰品和 5G 黄金饰品这三类新兴产品与传统黄金饰品之间的区别。

## 2. 实验部分

### 2.1. 材料

试验材料为市售黄金饰品(图 1)，分别为 1#样品(传统工艺黄金饰品)、2#样品(古法工艺黄金饰品)、3#样品(3D 电铸工艺硬金饰品)和 4#样品(5G 工艺黄金饰品)。XRD 分析时，样品需压制为表面光亮的薄片，其余分析状态均为原样测试。

### 2.2. 仪器

XRD 分析，采用日本理学 Rigaku D/Max-2500V 型 X 射线衍射仪，Cu 靶，K $\alpha$  射线源，管电压 40 kV，管电流 40 mA，步长 0.1°，扫描速度 1°·min<sup>-1</sup>，接收狭缝间距 0.3 mm。连续扫描模式，扫描角度  $2\theta = 5^\circ \sim 80^\circ$ 。MS205DU 十万分之一电子天平，梅特勒-托利多国际贸易(上海)有限公司；CF15 灰吹炉，英国卡博莱特公司；HV-1000 显微硬度计，上海联尔试验设备有限公司。

## 3. 结果与讨论

### 3.1. 黄金含量分析

不同工艺的足金黄金饰品，依据国家标准 GB 11887-2012 要求，其金含量均需大于或等于 990‰ [6]，对应的仲裁检验方法为灰吹法(火试金法)。故按 GB/T 9288-2019《金合金首饰 金含量的测定 灰吹法(火试金法)》[2]对四类样品分别进行黄金含量分析，并计算相对标准偏差，结果见表 1。由此可见，不同工艺黄金饰品的黄金含量均符合 GB 11887-2012 的金含量要求，产品质量差异不明显。



Figure 1. Sample picture

图 1. 样品示例图片

**Table 1.** Gold content analysis**表 1.** 黄金含量分析

产品种类	1#样品	2#样品	3#样品	4#样品
测试结果				
金含量(%)	995.8	993.1	999.2	999.4
RSD (%)	0.017	0.021	0.005	0.005

### 3.2. XRD 分析

考虑到黄金饰品的成分和组织结构是决定其性能的基本因素，故采用粉晶衍射仪对不同工艺的黄金饰品进行 XRD 分析，期望得出黄金样品的物相结构及元素的存在状态，分析结果见图 2。

据资料显示，XRD 衍射线的位置取决于晶胞的形状、大小，也取决于各晶面间距；而衍射线的相对强度则取决于晶胞内原子的种类、数目及排列方式。图 2 表明，古法工艺黄金与传统工艺黄金的 XRD 衍射线位置和强度一致，说明金原子晶胞排列方式一致；古法工艺只是在表面做出传统复古纹样，并未改变金原子晶胞排列方式。而 3D 电铸工艺硬金饰品与 5G 工艺黄金饰品相比于传统工艺黄金的 X 射线衍射线的位置和强度差异非常大，这可从微观角度说明工艺制作方式从根本上改变了金原子晶胞排列方式，导致晶面的择优取向不同。结构决定性能，故 3D 硬金、5G 黄金和传统黄金在外观形态和硬度方面均表现出差异，这也是其性能差异大的原因之一。

### 3.3. 维氏硬度测试

选取具有代表性的样品，在四类黄金饰品上分别进行维氏硬度测试，使用 HV-1000 显微硬度计，选择 0.2 kg 试验力，压头下降速度 50  $\mu\text{m/s}$ ，试验力保持时间 10 s，测试结果如表 2 所示。

由表 2 可知，电铸工艺和 5G 工艺的黄金饰品硬度明显高于传统黄金，是因为两种工艺均涉及了金原子结合方式的改变，从微观结构上提高了产品的力学性能。不同于电铸工艺和 5G 工艺，古法工艺的黄金饰品硬度接近传统工艺，仅略微升高，该结论与 XRD 分析结果一致，表明古法工艺是一种表面处理优化工艺，不涉及金相结构的改变，所以对产品硬度的贡献不大。

### 3.4. 耐磨性试验

考虑到首饰行业尚未有相关国家标准用于测定饰品的耐磨性，故参考 GB/T 28485-2012《镀层饰品 镍释放量的测定 磨损和腐蚀模拟法》[7]，通过试验前后试样的单位面积质量差来比较产品的耐磨性能。为了便于分析，实验选用 4 件代表不同工艺的黄金手镯，且具有相近的测试面积，悬挂固定在滚筒中转动 8 h，每 4 h 调整滚筒反向旋转，取出后清洗烘干称重，计算各试样的单位面积质量损失，结果见表 3。

由表 3 可见，不同工艺的黄金饰品，其耐磨性能差异较大。从试验结果可得，传统工艺黄金样品的单位面积质量损失最大，耐磨性最差；3D 硬金样品

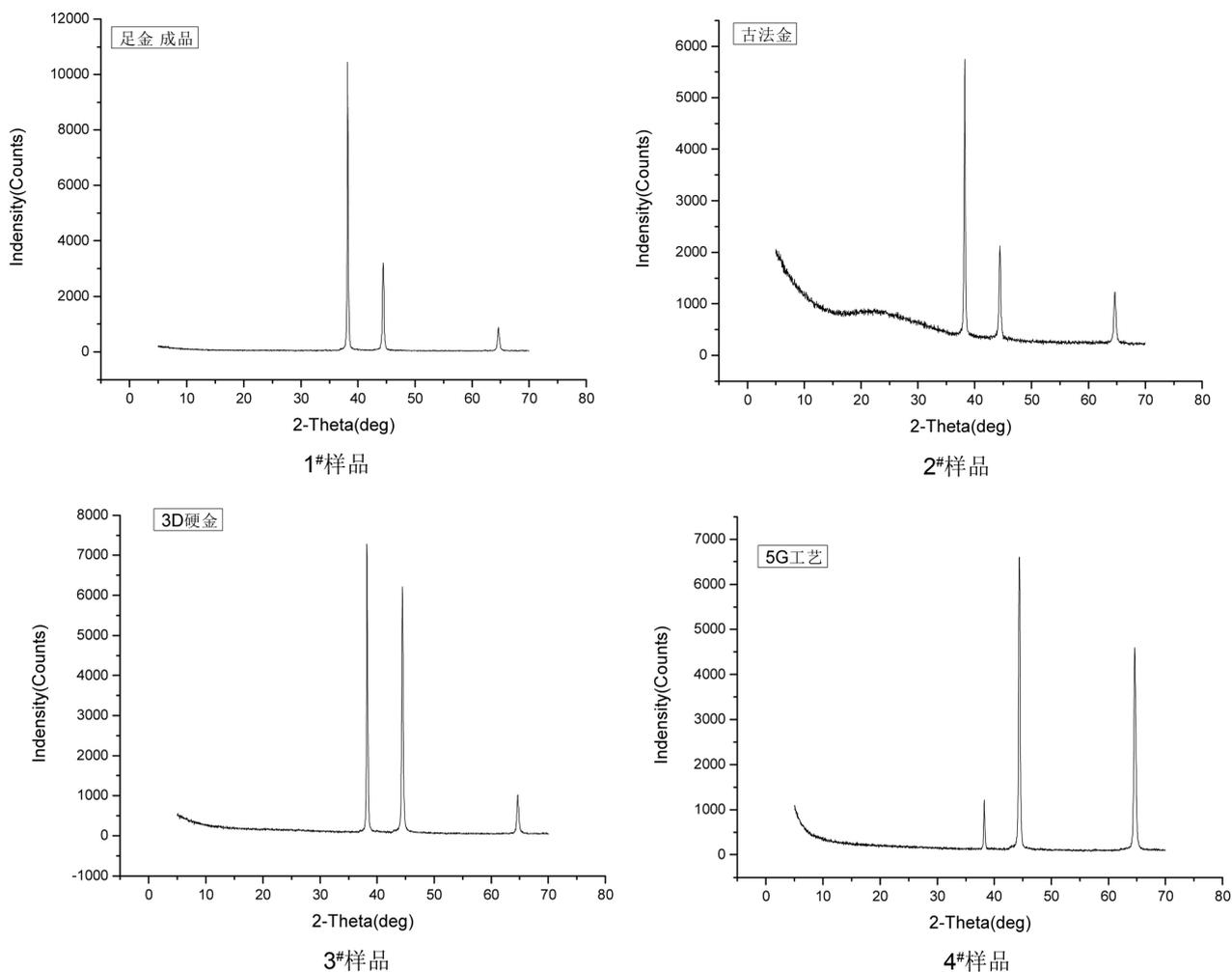


Figure 2. XRD analysis

图 2. XRD 分析

Table 2. Hardness test

表 2. 硬度测试

产品种类	1#样品	2#样品	3#样品	4#样品
测试结果				
维氏硬度(HV0.2)	44.3	57.5	97.8	66.5
RSD (%)	1.67	1.14	0.65	1.09

Table 3. Mass loss per unit area of samples

表 3. 试样单位面积质量损失

产品种类	1#样品	2#样品	3#样品	4#样品
测试结果				
质量损失 (mg/cm <sup>2</sup> )	6.17	3.03	0.47	2.89

的质量损失明显低于其余三种样品，这说明 3D 电铸工艺生产的产品耐磨性最佳。古法金工艺和 5G 工艺的产品耐磨性较为接近，若要进一步区分，需加大试验样本，从统计学角度来进行横向比较。

#### 4. 结论

本文基于 XRD 探讨了不同工艺黄金饰品在产品性能上的差异。3D 电铸工艺的产品硬度和耐磨性能最佳，5G 工艺与古法工艺的黄金饰品具有较为接近的力学性能和耐磨性能，传统工艺黄金饰品的产品性能相对最低，佩戴使用中存在磨损变形的风险。

#### 基金项目

浙江省市场监督管理局科研计划项目(2022-ZL-13); 浙江省市场监管局科研计划项目(2022-ZL-34)。

#### References

- [1] 全国首饰标准化技术委员会. GB/T 18043-2013 首饰 贵金属含量的测定 X 射线荧光光谱法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [2] 全国首饰标准化技术委员会. GB/T 9288-2019 金合金首饰 金含量的测定 灰吹法(火试金法) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [3] 全国首饰标准化技术委员会. GB/T 40114-2021 首饰 贵金属含量的测定 ICP 差减法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- [4] 胡丹静, 严雪俊, 张旭, 等. 密闭消解-重量法测定掺铍、钨和钨的黄金饰品中金量[J]. 贵金属, 2019, 40(4): 42-46.
- [5] 施新华, 武立宏, 栗春. 欧美最新 X 射线衍射残余应力测定标准介绍[J]. 理化检验(物理分册), 2011, 47(10): 623-628.
- [6] 全国首饰标准化技术委员会. GB 11887-2012 首饰 贵金属纯度的规定及命名方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [7] 全国首饰标准化技术委员会. GB/T 28485-2012 镀层饰品 镍释放量的测定 磨损和腐蚀模拟法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.

#### Appendix (Abstract and Keywords in Chinese)

##### 基于 XRD 的不同工艺黄金饰品的性能比较

**摘要:** 本文采用黄金含量分析、XRD 分析、维氏硬度测试和耐磨性检验等方法对四种不同工艺黄金饰品的性能进行了分析与比较。结果表明：3D 电铸工艺和 5G 工艺的金原子晶胞排列方式不同于传统工艺和古法工艺的黄金饰品，且以 3D 电铸工艺的产品硬度和耐磨性能最佳；5G 工艺与古法工艺的黄金饰品具有较为接近的力学性能和耐磨性能；而传统工艺的黄金饰品，其硬度和耐磨性能相对最低，从长期佩戴使用的角度上看，存在磨损变形的风险。

**关键词:** 黄金饰品, XRD, 维氏硬度, 耐磨性