

УДК 621.793.184: 546.82/83'171

И. Б. Исламов**, *И. С. Опарин

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

* *ilshat.islamov.1994@mail.ru*

Научные руководители – проф., д-р техн. наук *В. Р. Бараз*
зав. лабораторией *С. С. Герасимов*

О НИТРИДНОМ ПОКРЫТИИ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА

Изучено ионно-плазменное напыление промышленного сплава Cu–Ni–Zn композиции (типа МНЦ15-20) комбинированной обработкой нитридами титана и циркония. Для оценки микротвердости покрытия использовалась методика, предусматривающая обязательное проникновение алмазного индентора сквозь нитридный слой. Показано, что микротвердость покрытия более чем в 6 раз превышает эти показатели для материала основы. Рассмотренные режимы напыления обеспечивают формирование нитридных слоев, полностью имитирующих эффект золочения.

Ключевые слова: ионно-плазменное напыление, нитриды, микротвердость, защитно-декоративное покрытие, нейзильбер, эффект золочения.

I. B. Islamov, I. S. Oparin

ABOUT NITRIDE COATING OF ARTIFICIAL ARTICLES FROM COPPER–NICKEL ALLOY

Ion-plasma spraying that was made by titanium and zirconium nitrides complex treatment of an industrial alloy of a Cu-Ni-Zn alloy was studied. To evaluate the microhardness of the coating we used a technique that required the compulsory penetration of the diamond indenter through the nitride layer. It is shown the microhardness of the coating is six times higher than these values for the base material. The reviewed modes of spraying provide the nitride layers formation that imitates completely the gold plating.

Keywords: ion-plasma spraying, nitrides, micro hardness, protective and decorative coating, nickel silver, gilding effect.

Промышленные сплавы на медной основе находят широкое применение в электротехнике, для получения деталей точных приборов, медицинских инструментов, паровой и водяной арматуры. Вместе с тем они являются превосходным материалом для изготовления художественных и ювелирных изделий. Например, сплавы МН19

(мельхиор), МНЦ15-20 (нейзильбер) оказываются весьма пригодными для создания высокохудожественных изделий и драгоценных украшений. Эти сплавы используются в таком качестве благодаря своим свойствам: коррозионной устойчивости и достаточными прочностью и пластичностью в горячем и холодном состояниях [1–3].

Для повышения эстетических свойств ювелирно-художественных изделий из данных сплавов их принято покрывать защитно-декоративным материалом путем нанесения тонкого поверхностного слоя из благородных металлов (золочение, серебрение). С одной стороны, использование таких декоративных покрытий позволяет придать изделию приятный потребительский цвет, а, с другой, обеспечить повышенную стойкость от коррозионного воздействия внешней среды и особенно – высокую износостойкость благодаря повышенной твердости.

Применение благородных металлов для указанных целей имеет очевидное ограничение (дефицит этих материалов, их высокая стоимость), поэтому вполне актуальной представляется проблема, связанная с заменой драгоценных металлов на покрытия из менее дорогих материалов, позволяющие, однако, сохранить необходимые эстетические и потребительские свойства изделия.

Настоящая работа направлена на изучение возможностей получения на медно-никелевом сплаве покрытий, имеющих цветовую гамму в виде имитации под золото и отличающихся повышенной стойкостью по отношению к механическому воздействию (износостойкостью).

Исследуемым материалом служил промышленный сплав на медной основе типа МНЦ15-20 (нейзильбер), содержащий в качестве основных легирующих элементов никель и цинк в количестве соответственно 15,4 и 19,7 масс. %.

Среди известных технологических способов получения декоративных покрытий (гальванический метод, метод оксидирования) наибольший интерес представляет метод ионно-плазменного напыления с получением нитридных соединений на основе титана и циркония. В этом случае получается тонкий высокотвердый защитный слой, по цвету имитирующий эффект золочения. Поэтому в работе использовался указанный метод, который был осуществлен на установке «Булат» [4].

Схема установки с указанием всех необходимых конструктивных элементов и периферийного оборудования представлена на рис. 1.

Защитное покрытие осуществлялось путем комплексного нанесения соединений нитридов титана (TiN) и циркония (ZrN). Ионно-плазменное напыление заключалась в распылении титанового и циркониевого образцов-испарителей (в форме усеченного конуса) за счет бомбардировки их поверхностей ионами рабочего газа (азота), образующихся в плазме тлеющего разряда. Обработка проводилась при 500 °С в течение 70 мин. В качестве материала распылителя использовались промышленно чистые Ti

и Zr. При указанном режиме распыления атомы титано-циркониевого испарителя, встречаясь с ионами азота, формировали соответствующие нитриды, которые и осаждался попеременно на материале основы (мишени), образуя чередующиеся слои (своеобразный сэндвич). Непосредственным объектом напыления являлись заготовки исследуемого сплава в виде прямоугольных образцов (15 × 50), вырезанных из прокатанных листов толщиной 1 мм. Предварительно заготовки отжигались при 650 °С в течение 30 мин.

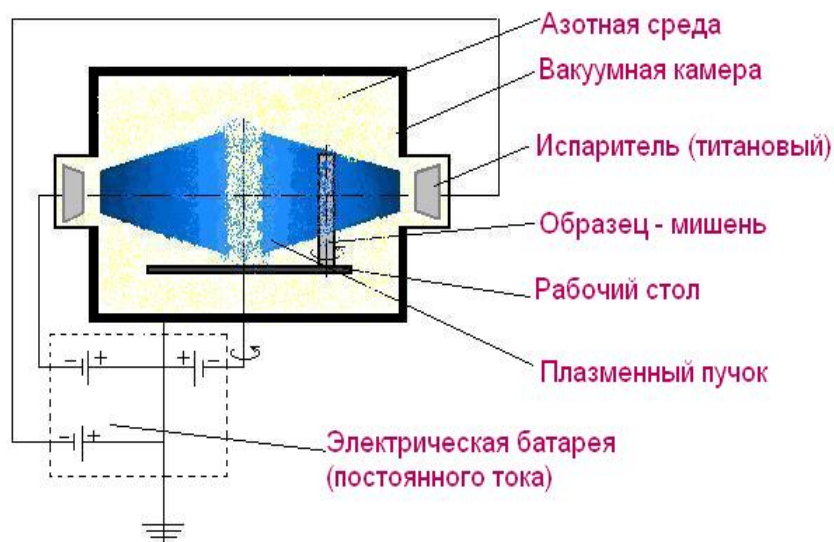


Рис. 1. Схема установки для ионно-плазменного напыления

Для оценки микротвердости тонких покрытий был использован метод, предложенный в работе [5]. Его суть состоит в следующем. Предварительно определяется толщина самого покрытия (пленки) любым из известных методов. Затем измеряется твердость материала-основы (т. е. без покрытия) $HV_{осн}$. Далее определяется микротвердость самого образца с покрытием, причем таким образом, чтобы под действием приложенной нагрузки алмазный индентор обеспечил продавливание покрытия. Это позволяет оценить твердость композиции «покрытие-металлическая основа» $HV_{комп}$. И далее расчетным способом определяется микротвердость самого покрытия $HV_{покр}$. Тем самым на основании прямых измерений микротвердости основного материала и его комбинации с покрытием уже опосредовано удастся судить о микротвердости самого покрытия.

Определение микротвердости проводилось стандартным методом на приборе ПМТ-3 при нагрузке 100 г (которая гарантированно обеспечивала продавливание покрытия насквозь).

Микроструктурный анализ нанесенного покрытия осуществлялся с использованием металлографического комплекса «Olympus PME-3» с программным анализом изображения IA-32. В качестве травителя

использовался реактив, состоящий из водного раствора хлорного железа с соляной кислотой (10 г FeCl₃, 25 мл HCl, 100 мл H₂O) [2].

Установлено, что микротвердость сплава МНЦ15-20 в исходном состоянии, т. е. после отжига, составляла 100 HV.

Микроструктурная картина полученного покрытия показана на рис. 2. Толщина нитридного слоя равнялась 4,1 мкм.

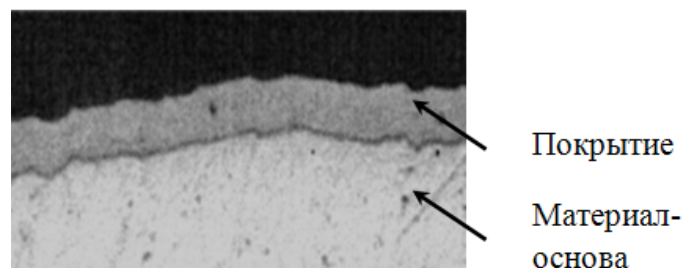


Рис. 2. Покрытие сплава МНЦ15-20 нитридными соединениями при ионно-плазменном напылении (500 °С, 70 мин), × 450

Полученные данные приведены в табличной форме, в которой указаны результаты измерения микротвердости сплава МНЦ15-20 до и после нанесения покрытия. Видно, что микротвердость покрытия более чем 6 раз превышает микротвердость материала-основы и в 3 раза твердость композиции (покрытие + основа).

Оценка микротвердости нитридных покрытий

| Сплав | Толщина слоя, мкм | $HV_{\text{осн}}$ | $HV_{\text{комп}}$ | $HV_{\text{покр}}$ |
|----------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| МНЦ15-20 | 4,1 | 100 | 205 | 640 |

При оценке полученных абсолютных значений микротвердости следует учитывать, что индентор (алмазная пирамидка) при нагружении пробивает нитридный слой, проникая в материал-основу. Поэтому значение твердости композиции превосходит твердость матрицы фактически более чем вдвое, в то время как твердость самого покрытия (по результатам расчета) превышает твердость матрицы в шесть с лишним раз.

Эти данные позволяют говорить о том, что покрытие из нитридных соединений не только дает возможность получить приятный декоративный цвет (эффект золочения), но и обеспечивает его механическую сохранность (износостойкость) благодаря высокой твердости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Осинцев О. Е. Медь и медные сплавы. Отечественные и зарубежные марки: справочник / О. Е. Осинцев, В. Н. Федоров. Москва : Машиностроение, 2004. 336 с.

2. Николаев А. К. Медь и жаропрочные сплавы: фундаментальный справочник / А. К. Николаев, С. А. Костин. Москва : Изд-во ДПК Пресс, 2012. 720 с.
3. Куманин В. И. Материалы для ювелирных изделий / В. И. Куманин, В. Б. Лившиц. Москва : Кладезь, 2012. 244 с.
4. Пранявичюс Л. Защитные покрытия и технология их получения физическими методами / Л. Пранявичюс, Р. Валатка, Л. Анцявичене. Каунасский политехнический институт, 1990. 384 с.
5. Измерение твердости тонких пленок / Ю. А. Быков [и др.] // МиТОМ. 2003. № 10. С. 32–35.