

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ

Сплавы системы медь-никель, обладая высоким комплексом потребительских свойств, широко используются практически во всех отраслях техники – от морского судостроения и аэрокосмическая техника до электромеханических приборов и ювелирных изделий. Проблема повышения надежности и долговечности деталей машин из этих сплавов, эксплуатируемых в различных, в т. ч. агрессивных средах, решается также и нанесением гаммы защитно-декоративных покрытий.

Хорошо известен самопроизвольно протекающий процесс разрушения металлов в результате взаимодействия с окружающей средой, называемый коррозией. Для защиты от коррозионного воздействия на поверхности металлов создаются различные изолирующие пленки, устойчивость которых зависит от температуры и агрессивной среды. От низкотемпературной коррозии могут быть применены органические, неорганические или металлические защитные слои.

В работе рассмотрены результаты экспериментальных исследований структуры и фазового состава основы (мельхиора и нейзильбера) после деформации и термообработки, а также структуры и свойства неорганических и металлических защитных пленок.

Материалом основы для исследований служили прокатанные листы мельхиора марки МН19, толщиной 1 мм и нейзильбера марки МНЦ 15-20, на которые наносили защитные покрытия: окисные соединения, медь, олово, химический никель, золото, нитрид циркония (ZrN). Покрытия наносились различными способами: химическим оксидированием, электрохимическим осаждением и ионно-плазменным напылением. Последний метод обладает уникальной возможностью получения поверхностных слоев на деталях машин с новыми физико-химическими и эксплуатационными свойствами. Рецепт раствора и режимы химического и электрохимического осаждения защитных пленок использованы стандартные. Нитрид циркония наносили на промышленной установке «Булат» ионно-плазменным методом, покрытие осуществлялось при 500 °С в течение 30–40 мин., давление в рабочей зоне составляло  $p = 6,65 \cdot 10^{-3}$  Па.

Микроструктурный анализ нанесенных покрытий проводили с использованием металлографического комплекса «Olimpus PME-3» с

программным анализом изображения IA-32. Измерение микротвердости проводилась на приборе ПМТ-3, нагрузка составляла 100 г., используя расчетные методики [1].

По своей структуре мельхиоры являются сплавами на основе твердых растворов, прекрасно обрабатываются в горячем и холодном состояниях. Из нейзильберов наиболее широкое применение в отечественной практике получил сплав с 15 % Ni и 20 % Zn (МНЦ15-20), являющийся тройным твердым раствором никеля и цинка в меди [2].

Первоначально было исследовано температурное воздействие на микроструктуру и упрочнение деформированных сплавов. С этой целью для всех материалов были получены плоские заготовки толщиной 1,5 мм, которые после отжига при 800 °С (в течение 30 мин.) деформировались на лабораторном прокатном стане на величину 15–75 %. При этом часть образцов сплава МНЦ15-20 подвергалась термической обработке по режиму: закалка от 800 °С и последующий нагрев в интервале 100–700 °С длительностью 60 мин. Эти же образцы использовались для металлографического изучения структуры и измерения микротвердости.

В результате рекристаллизации после отжига изменение микроструктуры обоих сплавов в части их зеренного строения оказалось ожидаемым и типичным.

Несколько неожиданной оказалась зависимость микротвердости сплава МНЦ 15-20, подвергнутого послезакалочному нагреву – интервале 300–450 °С, фиксируется заметное повышение микротвердости. При этом общий прирост  $HV$  составляет около 35 %.

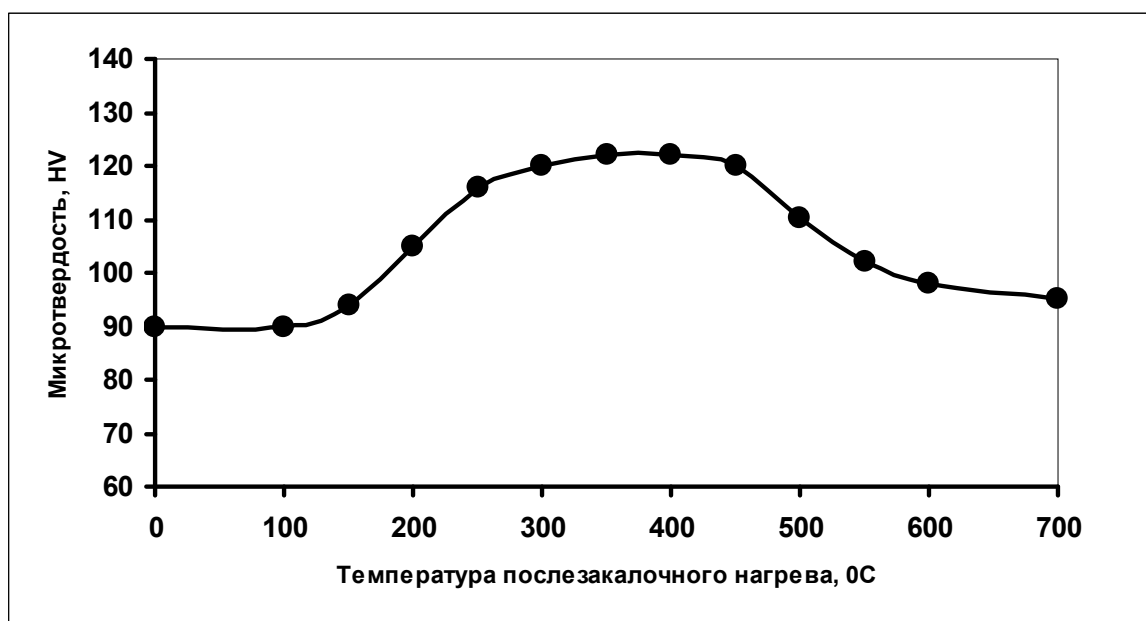


Рис. 1. Зависимость микротвердости сплава МНЦ15-20 от температуры послезакалочного нагрева

Указанная аномалия прочностных свойств была изучена в дальнейшем различными методами и получила объяснение с позиции развития процесса упорядочения в нейзильбере.

Оценка указанных защитных покрытий проводилась путем исследования толщины покрытия, величины переходной зоны, силы сцепления, износостойкости и сравнения цветовой окраски.

В случае покрытия мельхиора и нейзильбера оловом, медью, золотом пленки сохраняют свой естественный цвет. Цветовая гамма оксидной пленки на мельхиоре и нейзильбере зависит от режимов оксидирования и варьируется от золотистого до роскошного черного с сизым отливом. Покрытия на основе нитридных соединений титана и циркония (TiN и ZrN), полученные ионно-плазменным напылением, позволяют получить яркий цвет, полностью имитирующий эффект золочения.

Толщина оксидных пленок на всех образцах составляла ~1 мкм, при том, что металлографическим методом не обнаруживается разница по толщине оксидного слоя для различных цветовых оттенков. Толщина металлических гальванических покрытий соответствовала технологическим режимам и составила: для золота и никеля менее 1 мкм, меди – это 6,5 мкм и для олова ~ 10 мкм.

Мононитриды ZrN, TiN представляют собой материалы цвета золота, обладающими большими значениями микротвердости, низким коэффициентом трения (например, по отношению к стали), прекрасной химической и температурной стабильностью, поэтому вызывают несомненный интерес с точки зрения механических, химических и электрических свойств [3]. Нитрид титана, наиболее распространенный материал из выше перечисленных, в основном характеризуется металлическими свойствами, имеет высокую микротвердость, повышенную температуру плавления (2950 °C), электропроводность ( $25\text{--}40 \cdot 10^{-6}$  Ом/м). Покрытия на основе нитрида титана являются перспективными с точки зрения возможности получения высокой твердости, прочности в сочетании с формированием хороших защитно-декоративных свойств. Это позволяет широко использовать нитрид TiN в качестве покрытий изделий, применяемых в машиностроении, в легкой и химической промышленности, в быту.

В табл. приведены данные, характеризующие микротвердость самих сплавов-основ, а также нанесенных покрытий.

Таблица

## Оценка микротвердости покрытий для нейзильбера

Тип нитрида	Толщина слоя, мкм	HV композита	HV покрытия	HV основы
TiN	1,5	205	640	80
ZrN	4,0	205	560	100

Как видно, твердость покрытий (по результатам расчета) превышает твердость матрицы в 5–8 раз. Микротвердость напыленных нитридов различна и отличается друг от друга примерно на 100 единиц HV.

Микроструктурная картина полученного покрытия для обоих нитридных соединений показана на рис. 2. Толщина нитридных покрытий контролируется, естественно, режимами напыления и составляла для TiN – 1,5 мкм и для ZrN – 4,0 мкм.

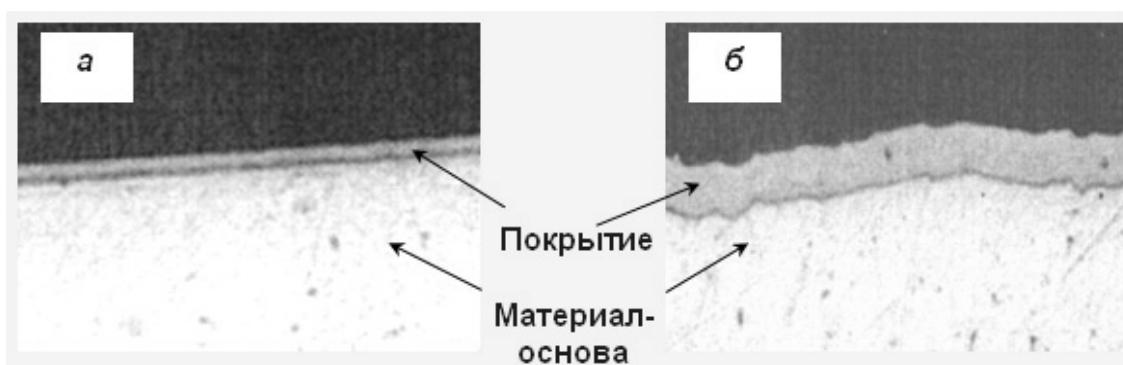


Рис. 2. Толщина покрытия нейзильбера нитридными соединениями: а) TiN (выдержка при напылении 20 мин.); б) ZrN (выдержка 70 мин.), x450

### Выводы

1. Изученные покрытия, нанесенные различными технологическими способами (электролиз, напыление, оксидирование), позволяют модифицировать поверхность и получать на поверхности мельхиора и нейзильбера защитно-декоративные слои толщиной от 1 до 10 мкм, отличающиеся физико-химическими и эксплуатационными свойствами и широкой цветовой гаммой.

2. Установлено, что сплав нейзильбер классического состава (65-15-20) обнаруживает тенденцию к термическому упрочнению путем проведения закалки (от 800 °С) и последующего старения при 300–450 °С. Данный результат не согласуется с имеющимися литературными представлениями о возможности старения медно-никель-цинкового сплава данной композиции.

### **Список использованных источников**

1. *Быков Ю.А., Карпухин С.Д., Панфилов Ю.В., Бойченко М.К.* [и др.] Измерение твердости тонких пленок // *МиТОМ*. 2003. № 10. С. 32–35.
2. *Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И.* *Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов*. М.: *Металлургия*, 1972. 480 с.
3. *Ковенский И.М., Поветкин В.В.* *Металловедение покрытий : учеб.* М.: «СП Интермет Инжиниринг», 1999. 364 с.