

8th International Scientific Conference
Science and Society 2015

TECHNICAL SCIENCES

Kireyev S.Yu., Perelygin Yu.P.

MICROHARDNESS OF THIN COVERINGS

Kireyev S.Yu., Perelygin Yu.P., Penza State University,
Faculty of Natural Science, Russia

Abstract

Results of pilot studies about dependence of microhardness of various coverings on their thickness are given. It is proved that the analysis of the received dependence allows to determine the true microhardness of coverings without taking note of material of a basis.

Keywords: microhardness, thin coverings, zinc, nickel, titanium nitride

Теоретическая часть

Твердость гальванических покрытий является одной из наиболее распространенных характеристик, определяющих качество покрытия и область его применения [1-3].

Метод определения микротвердости предназначен для оценки твердости очень малых (микроскопических) объемов материалов [4-6]. Его применяют для измерения твердости тонкой проволоки или ленты, тонких поверхностных слоёв, в том числе и гальванических покрытий. Измерение микротвердости позволяет определить твердость отдельных фаз или структурных составляющих сплавов, а также разницы в твердости отдельных участков этих составляющих. Это единственный вид механических испытаний, который позволяет получать информацию без порчи изделия.

В качестве индентора при измерении микротвердости чаще всего используют правильную четырехгранную алмазную пирамиду с углом при вершине 136° [5]. Эта пирамида плавно вдавливаются (10-15 сек) в образец при нагрузках 0,05 - 5Н.

**8th International Scientific Conference
Science and Society 2015**

Согласно требованиям ГОСТа [5] диагонали отпечатка должны быть не менее 8 – 9 мкм. При этом наименьшая толщина покрытия должна быть не менее 40 – 45 мкм. Поскольку толщина многих гальванических покрытий (и не только гальванических) часто имеет значения в несколько раз меньше, что не позволяет использовать данный метод в его непосредственном виде.

По данным [6] с целью исключения искажающего влияния более твердой, чем покрытие, основы на точность измерения микротвердости покрытия, толщина покрытия должна в 1,5 раза превосходить глубину вдавливания алмазной пирамиды, а при более мягкой основе, его толщина должна не менее чем в 20 раз превышать глубину вдавливания алмазной пирамиды и расчет минимальной толщины покрытия (δ) рекомендовано производить по уравнению (1):

$$\delta = \frac{(H_{пок} - H_{под}) \cdot d}{420} \quad (1)$$

где $H_{пок}$ и $H_{под}$ – микротвердость покрытия и основы соответственно при диагонали отпечатка 10 мкм, Па; d – фактическая длина диагонали отпечатка, мкм.

При измерении микротвердости гальванических покрытий толщиной менее $d/7$ на приборе ПМТ-3 происходит продавливание покрытия и внедрение алмазной пирамиды в подложку.

Ранее [7] показано, что в данном случае микротвердость гальванического покрытия можно рассчитать по уравнению следующего вида:

$$H_{пок} = \frac{Hd^2 - H_{под}(d - 7\delta)^2}{d^2 - (d - 7\delta)^2} \quad (2)$$

где H , $H_{под}$ и $H_{пок}$ - микротвердость системы покрытие-подложка, подложки и покрытия соответственно

Анализ уравнения (2) показывает, что для правильного его использования необходимо соблюдение следующих условий:

- твердость основы-подложки должна быть меньше твердости покрытия;
- покрытие должно быть сплошным;
- толщина покрытия должна быть меньше диагонали отпечатка более чем в 7 раз.

Последнее требование, можно выполнить путем изменения нагрузки на алмазную пирамиду. При этом глубина

**8th International Scientific Conference
Science and Society 2015**

вдавливания пирамиды должна быть не менее чем в 10 раз меньше толщины изделия.

Экспериментальная часть

В таблице 1 приведены величины микротвердости гальванических покрытий цинком и никелем осажденных из лактатных электролитов [8, 9] от толщины при электроосаждении их на медную основу.

На рисунке 1 приведены зависимости $H_{\delta} = f(\delta)$ исследованных гальванических покрытий из которых можно определить толщину покрытия, при которой материал основы не будет оказывать влияние на микротвердость покрытия.

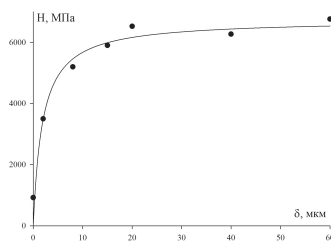
Таблица 1. Зависимость микротвердости покрытий цинком и никелем от толщины

Металл покрытия	Микротвердость (МПа) покрытия при толщине, мкм						
	0	2	8	15	20	40	60
Цинк	921				1415	1465	1464
Никель	921	3500	5200	5900	6525	6270	6762

Обработка экспериментальных данных позволила выявить, что микротвердость исследованных гальванических покрытий (H_{δ}) в зависимости от их толщины достаточно точно описывается следующим уравнением:

$$H_{\delta} = \frac{H_{\text{пок}} k \delta}{1 + k \delta} \quad (3)$$

где $H_{\text{пок}}$ – микротвердость покрытия при его толщине, когда материал основы не оказывает влияние, k – константа, численно равная обратной величине толщины покрытия ($1/\delta_{1,2}$), при которой микротвердость покрытия равна половине микротвердости покрытия $H_{\text{пок}}$.



8th International Scientific Conference
Science and Society 2015

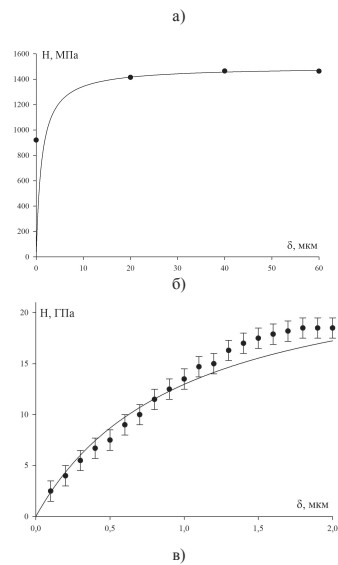


Рис. 1. Зависимость микротвердости покрытий никелем (а), цинком (б) на меди (М00) [10], а также нитридом титана (в) на стали 08Х18Н9Т [11] от толщины покрытия (точки – экспериментальные значения, кривые – теоретически построенные зависимости вида $H_{\delta} = \frac{H_{max}k\delta}{1+k\delta}$)

После несложных математических преобразований уравнение (3) можно привести к уравнению линейного вида

$$\frac{1}{H_{\delta}} = \frac{1}{H_{max}} \cdot \frac{1}{k} + \frac{1}{H_{max}} \cdot \frac{1}{\delta}$$

Построив зависимости в координатах $\frac{1}{H_{\delta}} = f\left(\frac{1}{\delta}\right)$ (рис. 2) можно графически найти постоянные в уравнении 3, значения которых приведены в таблице 2.

8th International Scientific Conference
Science and Society 2015

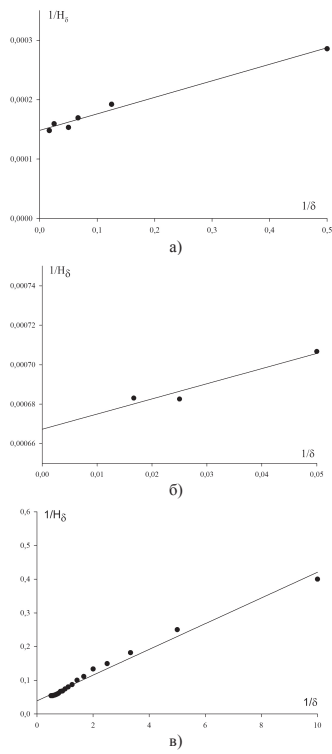


Рис. 2. Зависимость $\frac{1}{H_\delta} = f\left(\frac{1}{\delta}\right)$ для покрытий никелем (а) и цинком (б) на меди (M00), а также нитридом титана (в) на стали 08X18H9T

**8th International Scientific Conference
Science and Society 2015**

Таблица 2. Значения постоянных в уравнении (3) для различных покрытий

Материал покрытия	Материал основы	$H_{пок}$	$\delta_{1/2}$
Никель	Медь (M00)	6738,5 МПа	1,88 мкм
Цинк	Медь (M00)	1498,6 МПа	1,15 мкм
Нитрид титана	Сталь (08X18H9T)	25,7 ГПа	1,02 мкм

Выводы

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что анализ зависимости микротвердости системы покрытие-основа от толщины покрытия позволяет определить истинную микротвердость покрытия, без учета влияния материала основы.

References:

- [1] Gulyaev A. P. Metal Science// М.: Metallurgy. 1977, p. 647
- [2] Gogoberidze D. B. Hardness and its measuring methods// М. 1952, p. 320
- [3] Materials Science: University Textbook/ Arzamasov B. N., Makarova V. I., Mukhin G. G., 3rd publication, stereoplate –М.: Bauman MG TU publishing office, 2002. -648 p.
- [4] Khrushchev M. M., Berkovich E. S. PMT-2 and PMT-3 Devices for Microhardness Tests. М.: Academy of Sciences USSR. -1950. -62 p.
- [5] All-Union State Standard 9450-76. Microhardness Measuring by indentation of diamond tips. М.: Gosstandart, 1978. 55 p.
- [6] Fedotyev N. P., Vyacheslavov P. M. Microhardness Measuring Methods in electroplated coating research// Plant Laboratory, -1952. -Vol. 18. -№7. -P. 867-871
- [7] Kireev S. Yu., Perelygin Yu. P. Microhardness of electroplated coating// The World of Galvanic, -2010, - №2(15), -P. 42-44
- [8] Perelygin Yu. P., Kireev S. Yu., Lipovsky V. V., Yagnichenko N. V. Nickel electrodeposition from acidulous sulfate electrolytes containing lactic acid// Electroplating and Surface processing. -2008. -Vol. XVI. - № 2. -P. 14-16