

Значение величины f_s при ее определении по формуле (3) и без учета снижения жесткости балки при упруго-пластической деформации ($\delta_s = 0,001$, $\delta_s' = 0,002$)

Размеры образца мм	Величина пластического прогиба, мм	
	по формуле (38)	без учета снижения жесткости балки
$l = 100$ $h = 10$	0,038	0,333
$l = 80$ $h = 15$	0,016	0,142

Выводы

Предложен метод определения предела текучести при поперечном изгибе образцов прямоугольного сечения. Возможность получения автоматической записи зависимости изгибающего момента от стрелы прогиба на любой испытательной машине, имеющей диаграммный аппарат, выгодно отличает метод определения предела текучести при поперечном изгибе от испытаний при чистом изгибе.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. А. Одинг, Заводская лаборатория, VII, 4 (1938).
2. Н. Н. Миролубов, Заводская лаборатория, VII, 4 (1938); Журнал технической физики, вып. 7 (1938).
3. И. В. Кудрявцев, Заводская лаборатория, XI, 10 (1945).
4. И. А. Одинг, Допускаемые напряжения в машиностроении и циклическая прочность металлов, Машгиз (1947).
5. Н. Н. Давиденков, Заводская лаборатория, VII, 3 (1938).
6. С. П. Тимошенко, Сопротивление материалов, т. 2, Гостехиздат (1946).

Н. П. ФЕДОТЬЕВ и П. М. ВЯЧЕСЛАВОВ

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ МИКРОТВЕРДОСТИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

(Ленинградский технологический институт им. Ленсовета)

Для правильного определения микротвердости гальванических осадков необходимо знать минимальную толщину слоя покрытия, при котором металл основы не будет оказывать искажающего влияния на точность измерений. Очевидно, эта минимальная толщина будет зависеть как от применяемой методики [1, 2, 3, 4], так и от твердости металлов покрытия и основы. Для определения твердости по методу статического вдавливания было необходимо установить соотношение между толщиной металла покрытия и глубиной вдавливания.

Костецкий и Топеха [5], работая с прибором ПМТ2 (квадратная алмазная пирамида с углом при вершине 136°), установили, что толщи-

на испытуемого слоя металла должна быть не меньше 0,75 величины диагонали отпечатка.

Испытания вдавливанием шарика [6] показали, что исследуемый металл должен иметь толщину, не меньшую, чем 7-кратная глубина вдавливания шарика. В литературе указывается, что при применении квадратной пирамиды с углом при вершине 136° минимальная толщина исследуемого металла должна быть в 10,5 раза больше глубины отпечатка и в 1,5 раза больше диагонали отпечатка.

Используя приведенные разноречивые данные, ряд авторов [2] делает вывод о невозможности применения метода статического вдавливания непосредственно к продуктам гальванических цехов.

Цель настоящей работы заключается в том, чтобы показать, что этот вывод неверен.

После детального исследования нами было установлено, во-первых, что при различной твердости основы и гальванического покрытия минимально допустимая толщина последнего изменяется и, во-вторых, что на базе найденного соотношения можно сделать окончательный вывод о возможности определения твердости гальванических покрытий методом вдавливания.

Ниже приводятся результаты некоторых экспериментов по рассматриваемому вопросу.

В целях более полного изучения зависимости между твердостью основы и минимальной толщиной гальванического покрытия в опытах был использован ряд электролитов, наиболее часто применяющихся на практике: медный цианистый, никелевый, серебряный, цианистый, хромовый, станнатный.

В качестве основы в наших опытах применялись пластинки из закаленной и мягкой стали, никеля, меди, серебра, олова, свинца. Это позволило нам исследовать влияние основы в широких пределах твердости от 10 до 1110 кг/мм².

Перед нанесением слоя покрытия на основу последнюю тщательно полировали пастой ГОИ, а затем обезжиривали дихлорэтаном и венской известью. Анодами служили пластины из соответствующих металлов.

Определение толщины осаждаемого металла производили на основе расчета по привесу металла и проверяли на микрошлифах. Измерение производили на микроскопе типа МИМ-5. Определение твердости осадка производили на приборе типа ПМТ-3. Для получения сравнимых данных во всех опытах применяли определение числа твердости при диагонали, равной 10 μ, однако метод нахождения этой диагонали и соответствующей ей твердости был несколько отличен от того метода, который предложен в литературе [7].

Вместо графического построения зависимости между твердостью и

величиной диагонали и последующей интерполяции мы находили эту величину непосредственно из данных опыта, меняя нагрузку на алмазную пирамиду до тех пор, пока не получали отпечаток с требуемой диагональю. При известном навыке в работе такой отпечаток может быть получен после трех-четырех измерений. Набор разновесов от 200 до 0,5 г гарантировал достаточную точность измерения.

Определение твердости гальванического покрытия может происходить двояким путем: либо вдавливанием алмазной пирамиды перпендикулярно поверхности образца, либо вдавливанием пирамиды параллельно поверхности (т. е. в торец слоя).

Очевидно, что в обоих случаях приходится иметь дело с неоднородностью различных слоев по твердости. Однако в случае вдавливания пирамиды параллельно поверхности эта разница в твердости разноудаленных от основы зон должна проявиться еще резче, чем в случае измерения твердости вдавливанием перпендикулярно поверхности, так как в первом случае в сферу измерения попадут слои, находящиеся на расстоянии 10 μ друг от друга (при диагонали отпечатка, равной 10 μ), а во втором случае глубина погружения алмазной пирамиды с углом при вершине 136° будет составлять всего $\frac{10}{7} = 1,3 \mu$.

Кроме того, определение твердости покрытия вдавливанием наконечника в торец требует в данных условиях толщины покрытия свыше 10 μ и не может быть непосредственно применено к продукции гальванических цехов, так как связано с необходимостью изготовления микрошлифов. На основании всего вышесказанного был сделан вывод о целесообразности проведения испытаний вдавливанием пирамиды перпендикулярно плоскости образца.

На результаты измерения микротвердости большое влияние оказывает подготовка поверхности образца к испытанию. При шлифовке и полировке металла происходит наклеп, повышающий твердость. Су-

существует несколько способов получения поверхности металла без наклепа. Одним из распространенных способов является простое травление поверхности. Однако, как показала О. С. Бочвар [8], травление приводит к разрыхлению поверхностных слоев и снижению их твердости.

Наиболее перспективным, по мнению М. М. Хрущева [9], является метод электрополировки, позволяющий получать истинную, неискаженную структуру, свободную от всяких следов наклепа.

При осаждении меди и серебра из цианистых ванн, а также олова

из щелочной ванны, никеля и хрома измерение твердости может быть произведено непосредственно без предварительной механической и электрохимической полировки поверхности, так как упомянутые металлы в этих условиях осаждаются в мелкокристаллической форме, позволяющей достаточно точно определять величину отпечатка.

В таблице приведены результаты проведенных экспериментов. Как показали опыты, во всех вариантах осаждения существует определенная минимальная толщина осадка, при которой твердость его приобретает стабильное значение. Исключение

Результаты определения минимальной толщины осадка меди, серебра, никеля, олова и хрома на различные основы

Покрытие	Электролит г/л	Температура, °C	Плотность тока $D_k, \text{a/cm}^2$	Выход по тону %	Основа	Твердость основы $H_{100}, \text{кг/мм}^2$	Минимальная толщина осадка μ	Установившаяся твердость
Медь	CuCN — 31 KCN — 12 K ₂ CO ₃ — 7	18	0,5	64	Закаленная сталь	1080	1,5	179—188
					Никель	418	1,5	
					Серебро	111	3,0	
					Олово	37	4,0	
Серебро	AgCN — 35 KCN — 37 K ₂ CO ₃ — 10	18	0,5	95	Закаленная сталь	1080	1,5	108—112
					Олово	37	3,0	
Никель	NiSO ₄ · 7H ₂ O — 200 Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O — 160 NaCl — 20 H ₃ BO ₃ — 20	18	1,0	95	Закаленная сталь	1080	1,5	408—418
					Латунь	148	6—7	
					Серебро	111	8	
					Олово	37	10	
Олово	Na ₂ SnO ₃ · 3H ₂ O — 90 NaOH — 25 CH ₃ COONa — 15 H ₂ O ₂ — 2	70	1,0	80	Закаленная сталь	1080	1,5—1,7	37
Хром	Cr ₂ O ₃ — 270 H ₂ SO ₄ — 2,5	70	25		Закаленная сталь	1080	1—1,5	725
		60	25		Закаленная сталь	1080	0,5	900
		50	25		Латунь	148	23—24	1100

в этом отношении представляют хромовые осадки, твердость которых весьма сильно зависит от условий осаждения. Этот факт не расходится с известными литературными данными.

На основе данных таблицы можно установить зависимость между минимальной толщиной гальванических покрытий и их твердостью на различных основах. Эта зависимость представлена на рис. 1 и 2 и выра-

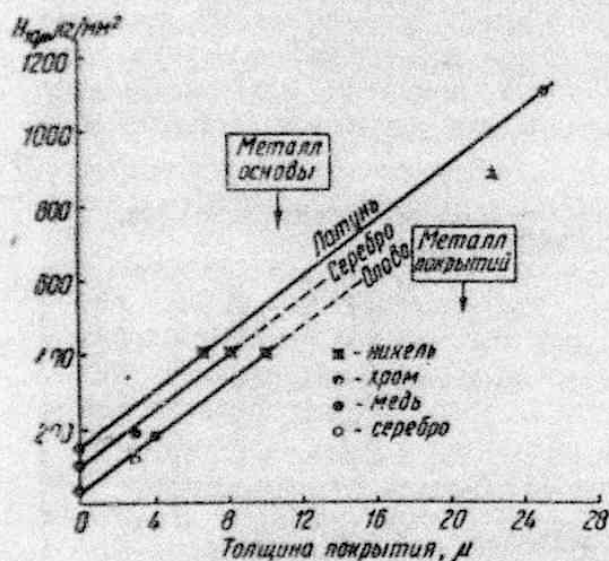


Рис. 1. Минимальная толщина гальванического покрытия на различных основах в зависимости от твердости покрытия

жается прямыми, пересекающимися с осью ординат в точках, соответствующих твердости основы, причем прямые на графиках располагаются параллельно одна другой.

Как уже указывалось ранее, измерения числа твердости производились при диагонали отпечатка в 10 м. Весьма интересным являлось изучение соотношения между минимальной толщиной гальванического покрытия и величиной диагонали отпечатка. С этой целью нами были поставлены опыты по определению минимальной толщины оловянного покрытия на стали и никелевого покрытия на латуни при различных диагоналях отпечатка.

Как видно из рис. 3 и 4, существует прямая пропорциональность между минимальной толщиной гальванического покрытия и величиной диагонали. Это обстоятельство дает

возможность еще более упростить расчет минимальной толщины гальванического покрытия для определения микротвердости методом вдавливания и предложить для расчета минимальной толщины гальванических покрытий следующие эмпирические формулы:

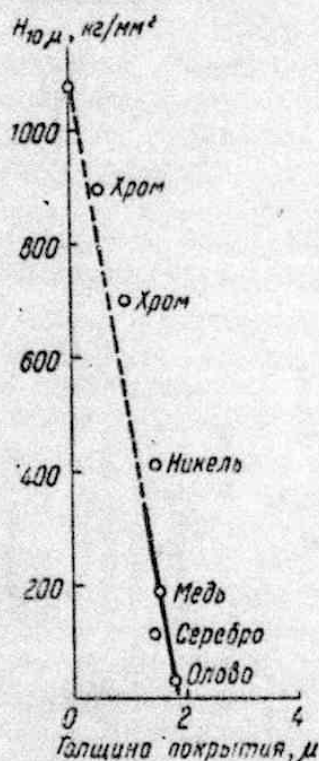


Рис. 2. Минимальная толщина гальванического покрытия на стальной основе

$$l = \frac{(H_1 - H_2) d}{420}$$

(основа мягче покрытия);

$$l = \frac{(H_2 - H_1) d}{6500}$$

(основа тверже покрытия).

Здесь l — минимальная толщина покрытия, м; H_1 — твердость покрытий в кг/мм² при диагонали отпечатка 10 м; H_2 — твердость основы в кг/мм² при диагонали отпечатка 10 м; d — диагональ отпечатка, м.

Полученные результаты позволяют обсудить вопрос относительно соотношения толщины покрытия и глубины вдавливания (или диаметра отпечатка).

Наши данные показывают, что в случае, когда основа тверже покрытия, это отношение не превышает 1,5; так, например, для случая осаждения олова на закаленную сталь минимальная толщина гальванического покрытия равняется 1,7 м, глубина вдавливания наконечника при диагонали отпечатка 10 м рав-

на 1,3 μ , а отношение их $1,7 : 1,3 = 1,3$; в случае, если основа мягче

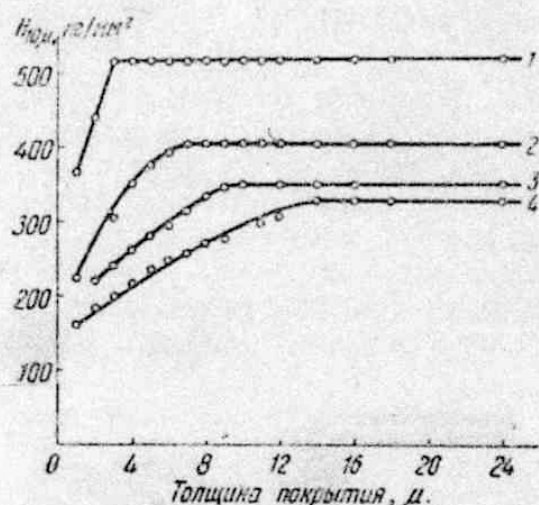


Рис. 3. Зависимость твердости от толщины никелевого покрытия на латунной основе при различных диагоналях отпечатка:

1—5 μ ; 2—10 μ ; 3—15 μ ; 4—20 μ

покрытия, оно может практически возрасти до 20 (например хромо-вое покрытие на латуни).

Таким образом, для случая, когда основа тверже покрытия, это отношение в 3—5 раз меньше значений, встречающихся в литературе. Наоборот, для случая, когда основа мягче покрытия, отношение может быть почти вдвое больше значений, полученных другими исследователями [5].

Выводы

1. Изучено влияние твердости основы на твердость гальваническо-

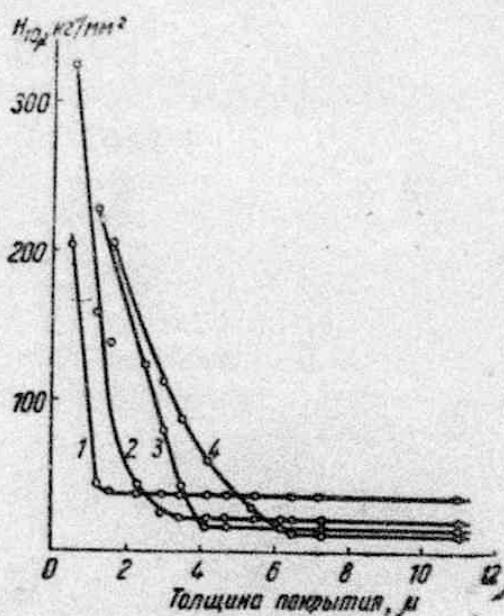


Рис. 4. Зависимость твердости оловянного покрытия от его толщины на стальной основе при различных диагоналях отпечатка:

1—10 μ ; 2—20 μ ; 3—30 μ ; 4—40 μ

го осадка на ряде гальванических покрытий.

2. Показана возможность применения метода статического вдавливания для определения микротвердости гальванических покрытий.

3. Предложены расчетные формулы для определения минимальной толщины гальванического покрытия, при которой возможно определение твердости методом вдавливания.

4. Показано, что отношение толщины покрытия к глубине вдавливания при применении более твердой основы, чем покрытие, должно быть не меньше 1,5; при применении более мягкой основы — должно быть не меньше 20.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. И. Орлова и Д. С. Абрамсон, Контроль электролитов и качества гальванопокрытий, Машгиз, (1950).
2. Г. О. Нейль, Твердость металлов и ее измерение, Металлургия (1940).
3. Биллиер, Основы гальванотехники, ОНТИ (1937).
4. П. Б. Краевский и Л. П. Адамович, Контроль электролитов гальванических ванн и покрытий, Металлургия (1941).
5. Костецкий и Топеха, Заводская лаборатория, XIV, 2 (1932).
6. Трансеккине Фард. Сосайти, 27, 41—51 (1931).
7. М. М. Хрущов и Е. С. Беркович, Микротвердость, определяемая методом вдавливания, Изд. АН СССР (1943).
8. О. С. Бочвар, Исследование методов подготовки шлифов для испытания на микротвердость, Труды совещания по микротвердости, Изд. АН СССР (1951).
9. М. М. Хрущов, Основные задачи развития метода микротвердости, Труды совещания по микротвердости, Изд. АН СССР (1951).