

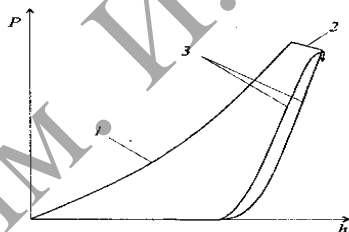
В. С. САВЕНКО, Т. И. СТРУК, В. Б. ГРИЦЕВА, К. Г. ГУЛАК
МГПУ им. И.П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

МИКРОСТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БРОНЗИРОВАННОЙ ПРОВОЛОКИ МЕТОДОМ КИНЕТИЧЕСКОГО ИНДЕНТИРОВАНИЯ

Введение. Кинетическое индентирование как способ неразрушающего контроля охватывает в настоящее время области макро-, микро и наноиндентирования. Линейный размер очагов пластической деформации при этом изменяется более чем в 1000 раз, а объем – более чем в 10^9 раз. Такой масштаб локализации при кинетическом индентировании позволяет находить корреляции между результатами такого испытания и многообразными процессами пластической деформации и разрушения.

Кинетическое индентирование выявляет процессы локальной пластической деформации при износе, усталости, ударной вязкости и др. Они являются не статическими, а кинетическими (зависящими от скорости и времени) процессами. Учитывая, что масштаб событий при исследовании твердого тела изменяется в 10^9 раз, кинетическое индентирование представляется мощным и эффективным способом для установления закономерностей перехода от макро- к микромасштабу многообразных процессов пластической деформации и разрушения [1].

Результаты испытания в рассматриваемом методе регистрируются в виде диаграммы вдавливания «нагрузка на индентор P – глубина отпечатка h » а также в координатах «глубина отпечатка h – время t » при активной деформации; релаксации напряжений или при ползучести. Характерный вид диаграммы вдавливания P – h показан на рисунке 1.



1 – нагружения; 2 – выдержки под нагрузкой; 3 – разгрузки и повторного нагружения

Рисунок 1 – Типовая диаграмма вдавливания с участками нагружения

Участок активного нагружения зависит от формы индентора, свойств материала и размеров отпечатка. По участку 1 находят непрерывный ряд значений твердости или микротвердости, измеренной по глубине отпечатка h . Значения твердости и микротвердости отличаются тем, что первая в условиях геометрического подобия отпечатков является константой, характеризующей макроскопически однородный материал, а вторая неоднозначно зависит от размера отпечатка, отражая дискретную природу пластической деформации, а также влияние поверхности как специфического дефекта твердого тела.

Длина участка 2 диаграммы зависит от кинетических характеристик материала, скорости нагружения времени выдержки отпечатка под нагрузкой, а его наклон dP/dh численно равен жесткости системы измерения нагрузки, как правило, жесткости пружин динамометра. Участок 3 активного разгрузки характеризует упругие свойства материала, а при повторном нагружении того же отпечатка регистрируется петля гистерезисных потерь, количественно выражающая меру обратимости пластической деформации в отпечатке при его циклическом нагружении [2].

Экспериментальные методы исследования. Исследования проводились на приборе цифрового микротвердометра micromet 5114. Инденторы – пирамида виккерса, тестовые нагрузки были: 300гр, 500гр, 1000гр, время нагружения: 5–15 с.

Образцы полировались по специальной методике, до достижения однородности полируемой поверхности.

Исследование проводилось перпендикулярно индентируемой плоскости шлифа в ортогональном направлении вектора деформации.

Твёрдость по Бринеллю находится по значениям предела прочности и текучести материала [3]:

$$\sigma_A = \frac{HB}{3} = \frac{10HB}{3},$$

где σ_A – предел прочности

$$\sigma_0 = \frac{HB}{6} = \frac{10HB}{6},$$

где σ_0 – предел текучести.

Математический анализ кинематических характеристик позволяет построить с использованием программы Microsoft Office Excel поверхность зависимости глубины отпечатка h от нагрузки P и времени t .

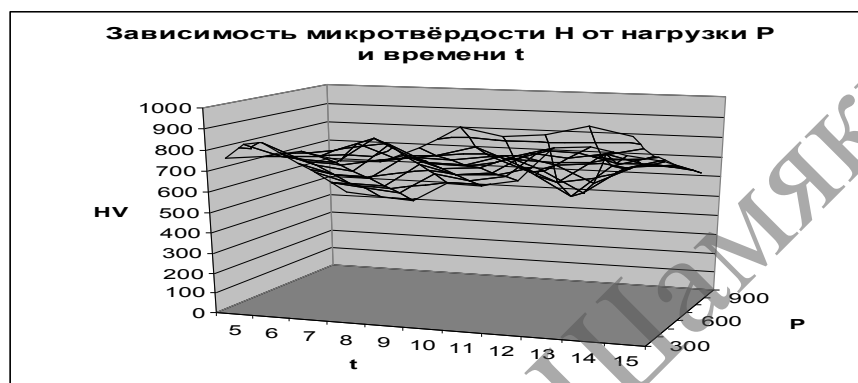


Рисунок 2 – Поверхность зависимости глубина отпечатка h от нагрузки P и времени t

Из рисунка 2 видно, что микротвёрдость материалов матрицы и фазы не зависит от размера отпечатка. Первый участок зависимости представляется горизонтальной прямой с постоянным значением V в интервале $h \ll x$. В этом интервале отношение числа отпечатков, попавших в фазы, к общему числу отпечатков равно их удельным объёмам V_f и V_m . Реальные, даже однофазные, материалы могут проявлять рост микротвёрдости с уменьшением размеров отпечатка, который объясняется дискретной природой пластической деформации. Поэтому горизонтальный участок на зависимости $V(h)$ следует рассматривать как частный случай.

На рис. 3 показаны кривые зависимости микротвёрдости H от времени t , которое изменялось от 5 до 15 с., при нагрузках 300, 500 и 1000 г.

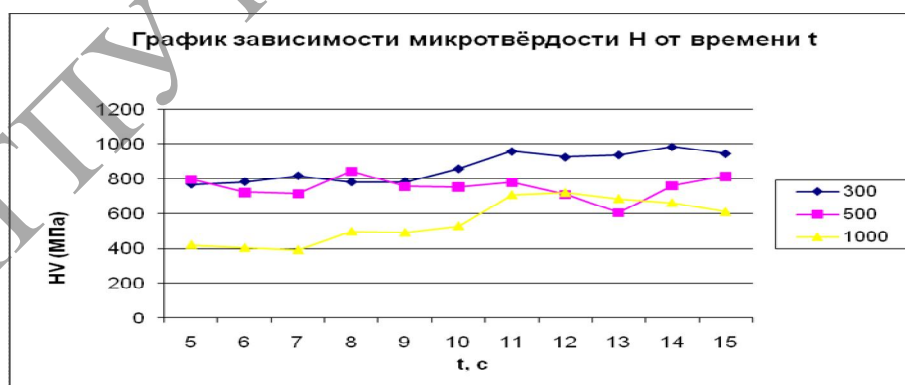


Рисунок 3 – Зависимость микротвёрдости H от времени t

С увеличением нагрузки на индентор микротвёрдость уменьшается, что объясняется масштабным фактором, при увеличении глубины отпечатка.

С ростом времени деформационной нагрузки происходят процессы релаксации деформирующих усилий, сопровождающиеся обратимостью пластической деформации, приводящие к незначительному увеличению микротвёрдости [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошкин, В. И. Оценка структуры и механических свойств материалов по статистическим характеристикам микротвердости / В. И. Кошкин. – М.: МГИУ, 2001. – 62 с.
2. Булычев, С. И. Испытание материалов непрерывным вдавливанием индентора / С. И. Булычев, В. П. Алехин. – М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.
3. Марковец, М. П. Определение механических свойств металлов по твёрдости / М. П. Марковец. – М.: Машиностроение, 1979. – 192 с.
4. Алехин, В. П. Физика прочности и пластичности поверхностных слоёв материалов / В. П. Алехин. – М.: Наука, 1983. – 280 с.

МГИУ им. И.П.Шамякина