

ИЗМЕНЕНИЕ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ОБЪЕМОМ ВЫДАВЛЕННОГО НА ПОВЕРХНОСТЬ МАТЕРИАЛА И ОБЪЕМОМ ОТПЕЧАТКА ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ МИКРОИНДЕНТИРОВАНИИ

© А.И. Тюрин, М.А. Юнак

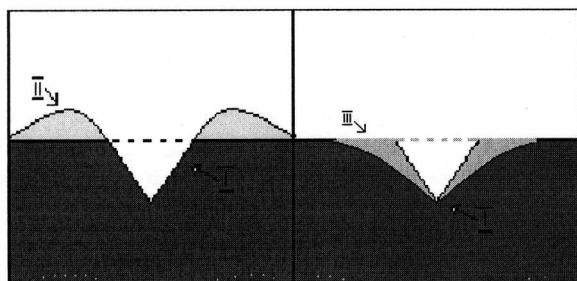


Рис. 1. Рельеф поверхности материала после индентирования. I – отпечаток, II – «навал», III – сдавленная область

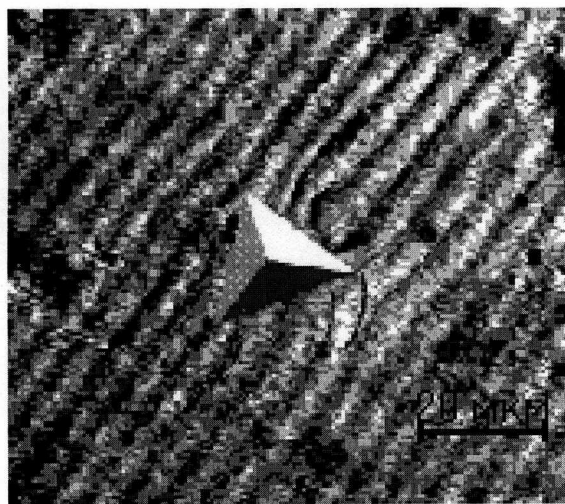


Рис. 2. Интерференционная картина вокруг отпечатка

С помощью такого метода неразрушающего исследования механических свойств материалов как микроиндентирование в данной работе решался вопрос о том, куда преимущественно перемещается материал из-под индентора: в направлении внедрения или к свободной поверхности, образуя так называемые «навалы» около отпечатка (см. рис. 1). Объем материала в навалах меньше, равен или больше объема отпечатка? Таким образом стремились выяснить некоторые закономерности в пластическом поведении деформируемого материала, а так же временные зависимости данных величин.

В качестве исследуемых материалов были выбраны такие, у которых при индентировании «навалы» заведомо образуются. Это ионные и ковалентные кристаллы LiF, NaCl и ZnS. Считается, что в кристаллах вынос

материала на поверхность осуществляется по плоскостям скольжения [1], но по численным данным (для типичных времен индентирования $\approx 8-10$ с) в литературе встречаются взаимоисключающие данные и суждения [1–2].

Основной целью данной работы явилось установление временной зависимости отношения объема «навала» к объему отпечатка.

Для решения задачи использовался динамический наноиндентометр собственной конструкции. Глубина отпечатка составила ≈ 3 мкм для всех рассмотренных кристаллов. Индентирование осуществлялось алмазной пирамидой Берковича под действием треугольного импульса силы постоянной амплитуды и длительностью фронта нагружения – в диапазоне времен $t = 10 \text{ мс} \div 50 \text{ с}$.

Измерение объема «навала» производилось путем измерения искривления интерференционных полос в непосредственной близости от отпечатка (рис. 2). Таким образом, был так же исследован рельеф «навала», то есть его высота и длина и их изменение с увеличением времени, исследована степень растекания материала в стороны от зоны локальной деформации в зависимости от времени, а также предприняты попытки усмотрения зависимости между полученными данными и картиной дислокационной розетки вокруг отпечатка.

В результате установлено, что для всех исследованных кристаллов доля «навала» составляет меньшую часть от объема отпечатка. Для LiF и NaCl она при минимальном t имеет некоторое минимальное значение, которое с увеличением времени нагружения вначале сильно возрастает, а затем, достигнув предела, существенно не изменяется при дальнейшем удлинении фронта. Следовательно, здесь имеется переход от одного способа пластической деформации к другому. Те же самые измерения дают для ZnS несколько другой результат. Здесь при минимальном t доля «навала» также имеет какое-то определенное значение, но оно с увеличением времени нагружения уменьшается. Значит, у ZnS имеет место другой способ деформации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боярская Ю.С., Грабко Д.З., Кац М.С. Физика процессов микроиндентирования. Кишинев: Штиинца, 1986. 264 с.
2. Шпунт А.А. Изучение микрорельефа поверхности вокруг отпечатка индентора в кристаллах типа NaCl // ФТТ. 1962. Т. 4. № 3. С. 718–723.
3. Мелентьев А.Г. Исследование топографии поверхности вдоль царапин на монокристаллах KCl методом прецизионной профилометрии // Кристаллография. 1995. Т. 40. № 4. С. 736–740.