



«Новые методы определения твёрдости материалов»

Лекция 33

Lec_33_metod_opr_tverd_3MC_LNA_22_12_2015

Влияние различных факторов на значения твёрдости

**Профессор Мощенок В.И.
Доцент Лалазарова Н.А.**

Содержание



33.1. Влияние состояния поверхности материала на значения твёрдости.



33.2. Влияние материала индентора на значения твёрдости.



33.3. Влияние анизотропии материала на значения твёрдости.



Список литературы



Контрольные вопросы

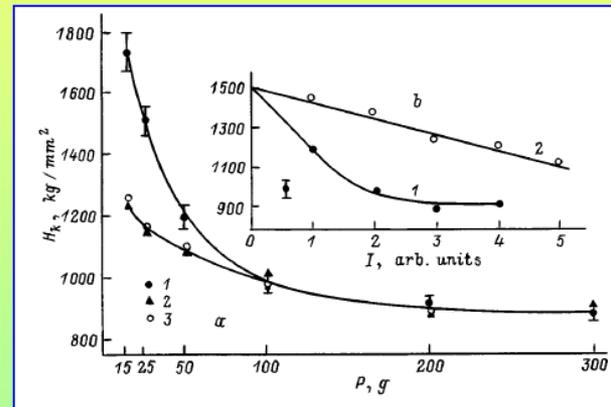


Задания для самостоятельной работы

33.1. Влияние состояния поверхности материала на значения твёрдости

Твёрдость является одной из важнейших характеристик конструкционных материалов, широко используется для контроля их качества на различных этапах изготовления деталей.

На твёрдость оказывает влияние состояние поверхности материала. Под поверхностью понимается несколько самых верхних атомных слоев твердого тела.



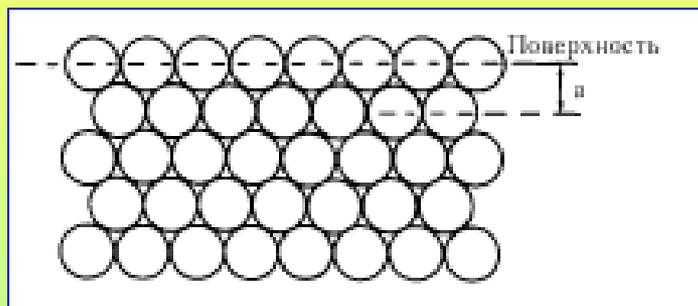
Поверхностным считают слой толщиной до 100 мкм. Поверхность материала имеет свойства отличные от свойств объёмного материала.

Рис. 1. *a* — экспериментальные и расчетные кривые зависимости микротвёрдости Si от нагрузки: 1 — в темноте, 2 и 3 — при воздействии УФ-излучения (экспериментальная и расчетная соответственно). Погрешность измерений, указанная в темноте при данной нагрузке, относится и к освещению; *b* — зависимость микротвёрдости Si от интенсивности освещения; при воздействии квантами света: 1 — $h\nu > \Delta E_g$, 2 — $h\nu < \Delta E_g$, (I — интенсивность в условных единицах источников света, 0 — соответствует темноте.)

Влияние состояния поверхности материала на значения твёрдости

Одна из причин такого явления, когда поверхность отличается от объема тела, состоит в том, что поверхность образовалась путем разрезания твердого тела параллельно выбранной плоскости атомов (вариант 1).

Если эта операция не сдвигает атомы относительно их равновесных положений в объеме, то о такой поверхности можно сказать, что она представляет собой одну из плоскостей твердого тела.



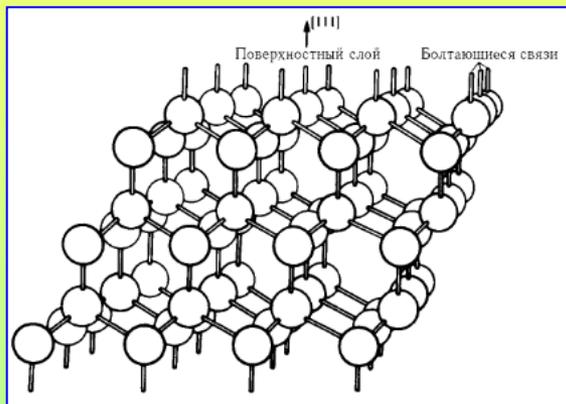
Поверхность сохраняет объёмную структуру

Такая плоскость характеризуется минимальным нарушением твердого тела, возникает при образовании поверхности,

но и в таком случае в силу того, что электронные свойства объема зависят от трехмерной периодичности потенциала, потери периодичности в одном измерении приведут к изменению электронного состояния на поверхности и вблизи нее, и поэтому поверхностные электронные свойства будут отличаться от объемных.

Влияние состояния поверхности материала на значения твёрдости

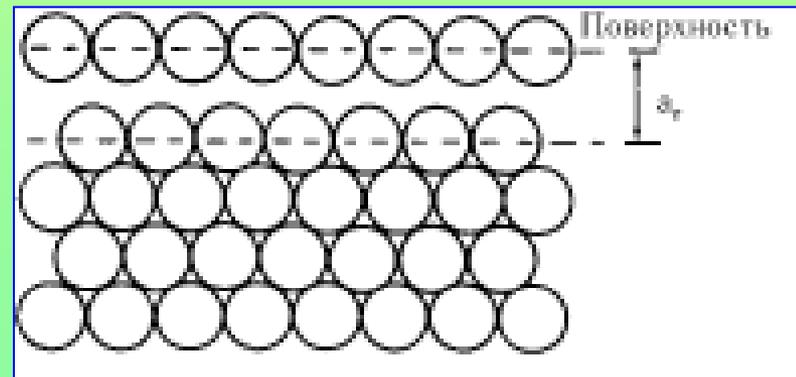
Отсутствие ближайших соседей с одной стороны от поверхностных атомов может привести к образованию химических связей, которые будут «болтаться» снаружи от твердого тела и будут готовы вступить в химические реакции (вариант 2).



Связи, которые болтаются на поверхности кристалла

Более вероятным является то, что возмущение, вызванное обрывом твердого тела на поверхности, особенно за счет отсутствия связей со стороны ближайших соседей, приводит к новым равновесным положениям атомов на поверхности или вблизи нее (вариант 3). Простейшее изменение этого типа - это релаксация (см. рис)

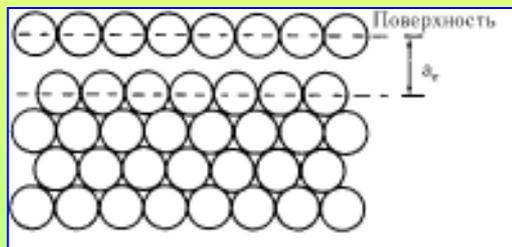
Релаксация поверхностной плоскости, которая сопровождается удалением ее от кристалла



Влияние состояния поверхности материала на значения твёрдости

Здесь расстояние поверхностной плоскости от ближайшей к ней плоскости атомов больше, чем, например, соответствующее расстояние в объеме твердого тела. Это отклонение от объемной межплоскостных расстояния может распространяться в глубину твердого тела.

Поверхностная область, в которой имеются отклонения от объемной межплоскостных расстояния, называется кромкой.



Релаксация поверхностной плоскости, которая сопровождается удалением ее от кристалла

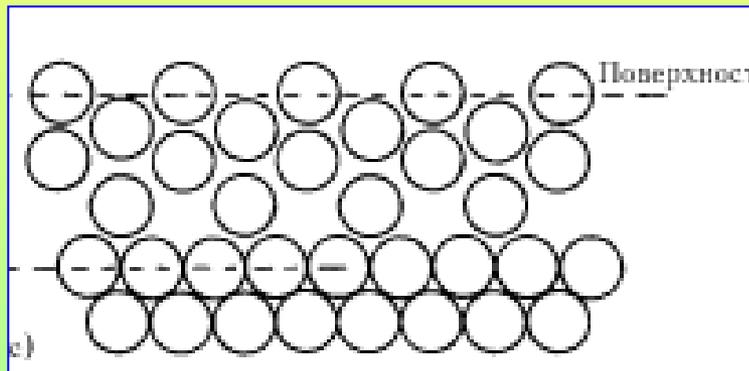
Релаксация сохраняет симметрию расположения атомов поверхности, но меняет расстояние между атомными плоскостями в направлении, перпендикулярном поверхности.

Она может приводить к изменению свойств на поверхности, например, она может образовывать электрический дипольный момент в области кромки.

Влияние состояния поверхности материала на значения твёрдости

Гораздо более сильное разрушение происходит, когда поверхностные атомы перестраиваются в структуру, симметрия которой совершенно отличается от симметрии объемного кристалла (вариант 4).

Это явление называется реконструкцией и пример ее показано на рис. Реконструкция изменяет симметрию вблизи поверхности



и влияет на все структурно-зависимые свойства поверхности - колебания атомов, химические, оптические и электронные свойства.

Реконструкция четырёх крайних атомных плоскостей.

Влияние состояния поверхности материала на значения твёрдости

Существует много теорий, объясняющих причины различия свойств поверхности и свойств объёма материала. Знание этих причин позволит объяснить механизм формирования отпечатка при измерении твёрдости, то есть механизм микроиндентирования.

Примером, который хорошо иллюстрирует различия свойств поверхности и объёма материала, является микроиндентирование кристалла кремния, подвергнутого различным поверхностным энергетическим воздействиям.

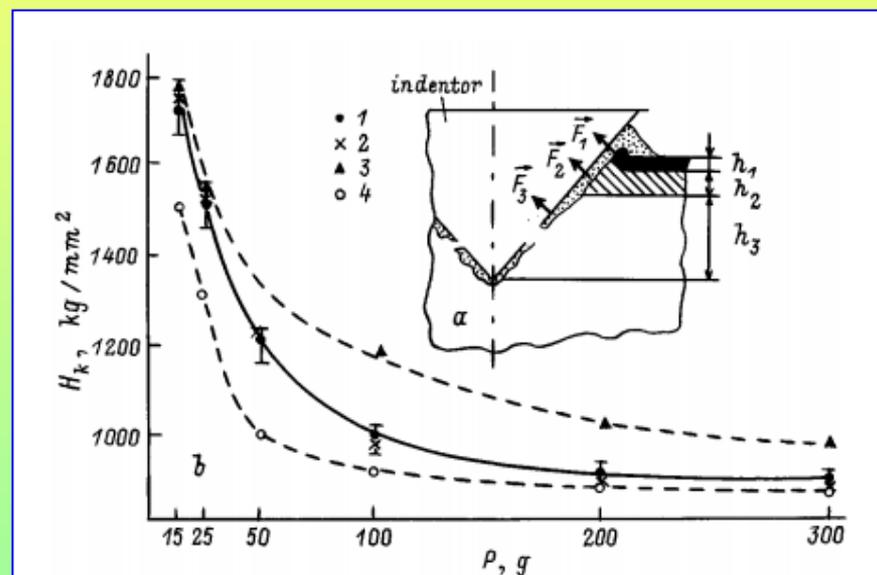
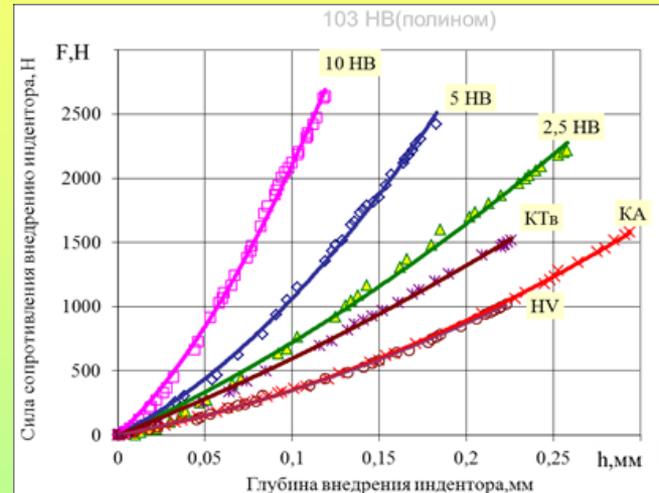


Рис. 2. *a* — схематическое изображение внедрения индентора в материал: h_1 и h_2 соответственно толщины приповерхностного и переходного слоев, h_3 — толщина слоя со стационарным значением H . F_i — силы, действующие на индентор с соответствующего слоя; *b* — зависимость микротвёрдости Si от нагрузки в темноте: 1 — экспериментальная, 2 — расчетная, с учетом коэффициента α , при $h_1 = 0.03$ и $h_2 = 0.07 \mu\text{m}$, $H_1 = 2900$, $H_2 = 2600$ и $H_3 = 900 \text{ kg/mm}^2$, 3 и 4 — без учета коэффициента α .

33.2. Влияние материала индентора на значения твёрдости

Материал индентора влияет на значения твёрдости. Пример исследования влияния материала индентора на твёрдость.

В качестве инденторов были выбраны конуса из твёрдого сплава и алмаза.



В качестве исследуемого материала — мера твёрдости 103НВ.

Для внедрения твердосплавного конуса необходима нагрузка почти в 2 раза больше, чем для алмазного. Это объясняется, вероятно, большим радиусом притупления при вершине твердосплавного конуса и, соответственно, большей степенью пластической деформации, а также большим коэффициентом трения между поверхностью индентора и отпечатка. Поэтому поверхностная твёрдость будет также больше для твердосплавного индентора.

33.3. Влияние анизотропии материала на значения твёрдости

Анизотропия пластических и упругих свойств материала может стать причиной несоответствия между геометрическими размерами ожидаемого отпечатка, соответствующего профилю индентора, и фактического, получаемого после удаления индентора из зоны укола.

Проводили испытания листового алюминиевого сплава АМгб и материала с повышенной пластичностью Д16АМ с анизотропией прочностных и пластических свойств.

Толщина листов составляла 1,5 мм.

Отпечатки наносили на образцы на приборе Виккерса по пяти лучам, направления которых ориентированы под углами $\alpha = 0, 30, 45, 60$ и 90° к продольной оси образца, совпадающей с осью прокатки листа и направлением деформирования.

Из-за неодинаковых упругой и пластической деформации отпечатка, ориентированного под углом к направлению оси прокатки листа, получены разные длины его диагоналей. Видно, что приобретенная в результате пластического деформирования анизотропия механических свойств металла приводит к изменению конечных размеров восстановленной лунки.

Влияние анизотропии материала на значения твёрдости

Так, с увеличением угла α наклона отпечатка к продольной оси деформирования образца АМгб среднее значение длин обеих диагоналей отпечатка $d_{\text{ср}}$ увеличивается, достигая максимума при $\alpha = 45^\circ$.

С дальнейшим ростом угла α наклона отпечатка $d_{\text{ср}}$ уменьшается. На величину $d_{\text{ср}}$ оказывает влияние также уровень пластической деформации материала:

с ее увеличением значение $d_{\text{ср}}$ уменьшается, а влияние приобретаемой по мере деформирования металла анизотропии, усиливается.

Аналогичные результаты получены для алюминиевого сплава Д16АМ. Чем больше материал склонен к проявлению анизотропии упруго-пластических свойств, тем больше величина $d_{\text{ср}}$ отпечатка. Анизотропия материала проявляется прежде всего в разной длине диагоналей отпечатка.

Влияние анизотропии материала на значения твёрдости

При схеме расположения индентора, когда отпечаток ориентирован сторонами по оси деформирования образца ($\alpha = 0$), влияние упругих деформаций материала на размеры отпечатка вследствие его пластического деформирования значительно меньше, чем если отпечаток ориентирован диагоналями ($\alpha = 45^\circ$).

Рассмотрим предельный случай, когда материал изотропен по модулю упругости ($b = b'$). При удалении индентора из лунки длины сторон a отпечатка уменьшаются на величину упругой деформации b , и его диагональ будет равна (б)

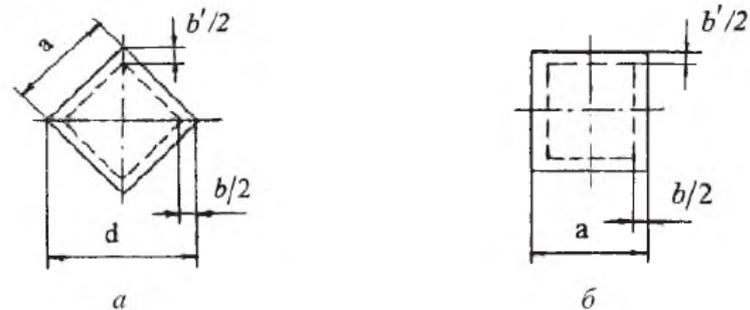


Рис. 3. Влияние упругих деформаций на размеры диагоналей разгруженного отпечатка при ориентировке индентора диагоналями (а) и сторонами (б).

$$d = (a - b)\sqrt{2}$$

на эту же величину уменьшится диагональ другого отпечатка (а):

$$d = a\sqrt{2} - b$$

Влияние анизотропии материала на значения твёрдости

Расположение диагонали индентора параллельно оси прокатки может привести к погрешности до 40%.

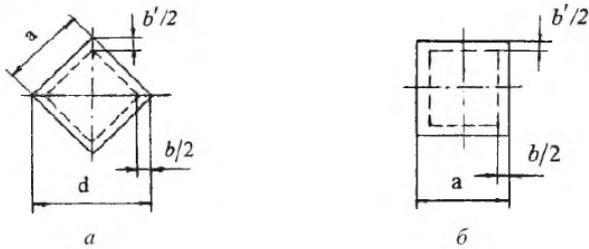


Рис. 3. Влияние упругих деформаций на размеры диагоналей разгруженного отпечатка при ориентировке индентора диагоналями (а) и сторонами (б).

Анализ полученных результатов показал, что для материалов с повышенной анизотропией упругих и пластических свойств расположение индентора имеет определяющее значение.

Чем выше уровень анизотропии упругопластических свойств металла, тем больше проявляется влияние угла наклона отпечатка на среднее значение диагоналей последнего. Поэтому для повышения достоверности получаемых результатов при проведении измерений твердости необходимо, чтобы положение индентора при каждом уколе не изменялось относительно осей анизотропии. При ориентировке индентора, когда его грани по направлению совпадают с осями анизотропии металла, установленная стандартом 2%-ная норма на расхождение в длинах диагоналей отпечатка для листовых материалов сохраняется также для анизотропных материалов, поскольку, несмотря на возможную разницу в длине сторон отпечатка, его диагонали будут примерно равны между собой.

Список литературы к лекции 33

1) О распределении величины микротвёрдости по глубине образца / А.Б.Герасимов, Г.Д.Чирадзе, Н.Г.Кувитадзе, А.П.Бибилашвили, З.Г.Бохочадзе// Физика твёрдого тела, 1999.-Т.41.-Вып.7.-С. 1225-1227.

2) Праттон М. Введение в физику поверхности.-Ижевск:НИЦ «Регулярная и хаотичная динамика», 2000.-256 с.

3) Музыка Н.Р. Влияние анизотропии листовых материалов на точность измерения твердости по Виккерсу // Проблемы прочности, 2007.-№2.-С. 143-152.



Контрольные вопросы

1) Какой слой считается поверхностным?

2) Какие существуют гипотезы, объясняющие повышение твёрдости поверхности?

3) Как влияет материал индентора на твёрдость материала?

Задания для самостоятельной работы

1. Изучить по литературным источникам влияние материала индентора-шарика на значения твёрдости по Бринеллю.



Кафедра технології металлов и матеріалознавства

Лалазарова Наталія Алексеевна

E-mail: lalaz1991@mail.ru

г. Харків, ул. Петровського, 25, ХНАДУ, КАФЕДРА ТМ и М

Tel.(8-057)707-37-92

