

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАСТИЧНОСТИ МЕТАЛЛОВ УДАРНЫМ МИКРОИНДЕНТИРОВАНИЕМ

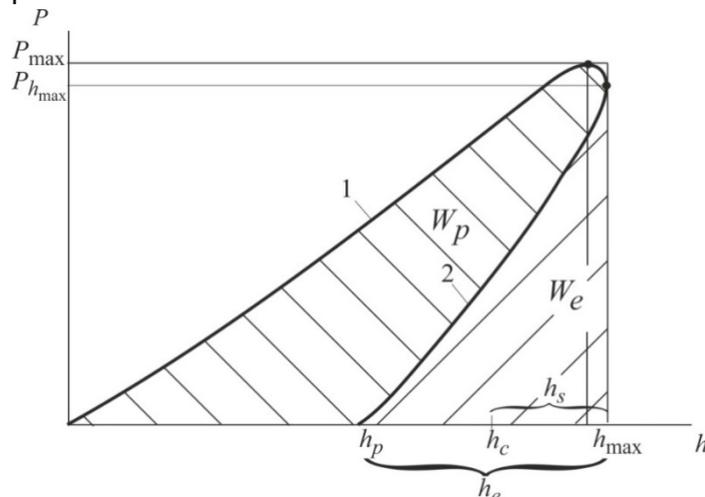
Крень А.П.

Институт прикладной физики НАН Беларуси, г. Минск, alekspk@mail.ru

Пластичность наряду с пределом текучести и временным сопротивлением является важнейшей характеристикой металлов, по которой оценивается их способность претерпевать значительную пластическую деформацию перед разрушением. Благодаря этому свойству при деформировании металла происходит перераспределение локальных напряжений по всему объёму материала, что уменьшает опасность разрушения. На пластичность металлов, как и на величину твердости, сильное влияние оказывает скорость деформации, вид кристаллической решетки и компоненты примесей, что подтверждается существенным отличием пластичности металлов с примесями от чистых металлов.

Целью настоящей работы являлась оценка возможности определения характеристик пластичности с помощью метода ударного микроиндентирования, осуществляемого сферическим наконечником. При этом было предложено характеризовать пластичность металла соотношением пластической и полной деформаций в образующейся при вдавливании лунке с учетом измеряемого одновременно модуля упругости металла.

В работе для определения пластичности использовался прибор типа ИСУМ-1 [1], разработанный в ИПФ НАН Беларуси, позволяющий по данным одного микроудара получить полный цикл нагружения – силовую диаграмму «контактное усилие P – глубина вдавливания индентора h ». Типичный вид диаграммы при испытании упругопластического материала показан на рис. 1. Диаграмма включает стадию нагружения, на которой глубина внедрения увеличивается, и стадию разгрузки, на которой происходит восстановление упругих деформаций, запасенных в материале на стадии нагружения. Как видно из рис. 1, по диаграмме можно непосредственно определить значения пластической h_p , упругой h_e и максимальной h_{max} глубин вдавливания индентора.



1 – стадия нагружения, 2 – стадия разгрузки

Рисунок 1 - Диаграмма вдавливания индентора в упругопластический материал (W_p – пластическая и W_e – упругая составляющие работы деформирования)

Пластичность $\bar{\delta}_d$ при индентировании определялась по отношению пластической деформации к общей. Используя выражение Тейбора [2] была получена следующая формула:

$$\bar{\delta}_d = \frac{h_p}{h_{\max}^{-0,5} h_e} \quad (1)$$

Формула (1) удобна для использования, поскольку все параметры для определения пластичности $\bar{\delta}_d$, входящие в формулу, берутся непосредственно из диаграммы динамического вдавливания (рис. 1). В тоже время, на определяемое по формуле (1) значение $\bar{\delta}_d$, оказывает влияние модуль упругости материала E и тип кристаллической решетки. Данный факт был учтен введением специального поправочного коэффициента. Эксперименты по определению $\bar{\delta}_d$ проводились на стальных образцах с различной термообработкой, образцах из алюминия и меди (с разной степенью прокатки), титана, вольфрама и их сплавов.

Проведенные эксперименты доказали возможность использования индентирования для разделения материалов по пластическим характеристикам. Так, в частности, показано, что $\bar{\delta}_d$ чистого титана почти в 2 раза превышает пластичность деформированного титанового сплава ВТ-6, что полностью соответствует справочной информации [3]. Пластичность чистой меди существенно превышает $\bar{\delta}_d$ ее сплава – латуни. Термообработка углеродистых сталей в значительной мере влияет на пластичность, понижая ее с ростом твердости, а повышение температуры увеличивает значения $\bar{\delta}_d$. Опыты, проведенные на алюминии с разной степенью прокатки, подтвердили, что его $\bar{\delta}_d$ снижается, что вполне естественно, поскольку при таком виде обработки запас пластичности также уменьшается.

Таким образом, предложен новый метод определения пластичности по отношению глубины пластического вдавливания к контактной глубине в отпечатке с отстройкой от влияния модуля упругости материала. Метод является неразрушающим, основан на использовании динамического индентирования, предусматривающего регистрацию кривой нагружения, и доказал свою эффективность и чувствительность при определении пластических свойств металлов и сплавов. Определяемая характеристика пластичности имеет диапазон изменения для металлических материалов от 0,9 для чистой меди до 0,18 для стали с твердостью 62,2 HRC. Метод позволяет оценивать запас пластичности в изделиях, подвергающихся технологическим или эксплуатационным пластическим деформациям, а также температурному воздействию.

Литература

1. Крень А.П., Мацулевич О.В. Применение метода динамического индентирования для контроля механических характеристик композиционных материалов // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: сб. ст. 6-й Междунар. науч.-техн. конф. / Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – С.265-269.
2. Tabor, D. The Hardness of Metals / D.Tabor. – London: Oxford University Press, 1951. –173 p.
3. ГОСТ 26492–85. Прутки катаные из титана и титановых сплавов. – Введ. 1987-01-01. – М. Изд-во стандартов, 1985. – 31 с.