

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ ПЛАСТИЧНОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Громаковский Д.Г., Ковшов А.Г., Ибатуллин И.Д.

*Научно-исследовательский институт проблем
надежности механических систем при Самарском
государственном техническом университете
443010 Самара, ул. Галактионовская, 141
E-mail: pnms@sstu.samara.ru*

АННОТАЦИЯ. Разработан новый неразрушающий способ склерометрического контроля пластичности материалов, предназначенный для применения в исследовательских лабораториях и как средство технического контроля качества металлопродукции в производстве.

Качество металлических изделий, получаемых обработкой давлением (штампованием, ковкой, прокаткой, волочением), надежность и долговечность узлов трения машин, в которых пластическая деформация и усталостные процессы развиваются в тонких поверхностных слоях, во многом определяются способностью материалов выдерживать многократные пластические деформации без разрушения, т.е. их пластичностью.

В настоящее время оценка показателей пластичности материалов производится по результатам объемных испытаний образцов на какой-либо один вид деформации: растяжение, сжатие, кручение, изгиб и др. Количественные критерии пластичности разделяются на силовые (максимальные нагрузки и напряжения), энергетические (активационные параметры процесса) и деформационные (максимальные перемещения и деформации). Однако до сих пор нет надежного обобщающего показателя пластичности. Кроме того, объемные методы деформации основаны на разрушающих испытаниях и не приспособлены для оценки пластично-

сти материала в поверхностном слое, модифицированном технологической обработкой и трением, что необходимо при разработке новых трибоматериалов. Указанные недостатки связаны с отсутствием универсальной, объединяющей теории деформации и разрушения металлов и сплавов.

В отделе "Надежность трибосистем" НИИ ПНМС при СамГТУ разработан новый неразрушающий способ оценки пластичности металлов и сплавов на базе склерометрии, в основу которого заложены идеи термофлуктуационной кинетической теории прочности материалов.

Сущность нового способа заключается в том, что на поверхности исследуемого материала алмазным индентором Виккерса оттесняют микроборозды (микроцарапины), оценивают количество оттесненного материала и рассчитывают энергию активации пластической деформации - U_0 как удельную работу, затрачиваемую на пластическое оттеснение одного моля деформируемого вещества, и активационный объем (структурно-чувствительный коэффициент γ).

Склерометрический способ оценки энергии активации характеризуется высокой чувствительностью и воспроизводимостью результатов, а также позволяет учитывать физико-химическую и структурную модификацию материалов под влиянием комбинированного действия среды, статических и динамических нагрузок, температур и др. факторов. Важным преимуществом метода склерометрии является то, что он позволяет производить деформацию исследуемого материала в условиях малоциклового усталости и исследовать анизотропию его свойств. Величина энергии активации пластической деформации, получаемая при совместном действии нормальных и касательных напряжений, является универсальным, однозначным и аддитивным критерием пластичности, знание которой позволяет: оценивать пластичность металлопродукции; осуществлять контроль качества изделий при химико-термической и механической обработке, выбор, контроль и оптимизацию методов упрочнения материалов и восстановления изношенных поверхностей; контролировать качество материалов покрытий; оптимизировать

условия деформирования и трения; оценивать совместимость конструкционных и смазочных материалов.

Приведенное описание способа обосновывается на базе кинетической теории прочности. Основы такой теории начали разрабатываться в 50-е годы советскими учеными (С.Н.Журковым, В.А.Петровым, А.В.Савицким и др.), которая в настоящее время известна как кинетическая термофлуктуационная теория прочности. В этой теории связь между долговечностью (либо скоростью деформации) материалов и внешними факторами - температурой и напряжением-осуществляется через энергию активации процесса деформации. При изучении пластической деформации энергия активации соответственно отражает пластичность испытываемого материала.

Лабораторный вариант разработанного способа оценки пластичности содержит следующие этапы:

- изготовить образец исследуемого материала;
- закрепить образец на нагревательном устройстве и разместить на столике микротвердомера ПМТ-3 таким образом, чтобы исследуемая поверхность располагалась под индентором;
- установить нагрузку на индентор: 15÷20 г для исследования тонких покрытий; 30 г - цветных металлов; 50÷100 г - нецветных металлов, сталей и сплавов;
- нагреть образец до требуемой температуры и, при необходимости, нанести на поверхность смазочный материал;
- опустить индентор на исследуемую поверхность и нанести царапину длиной ~0,01 мм путем вращения маховика поперечного смещения столика (при этом столик с образцом перемещается относительно неподвижного индентора),
- нанести на поверхность не менее трех царапин при 5 проходах индентора. Повторные проходы индентора осуществляются возвратно-поступательным движением столика с образцом путем вращения маховика попеременно в разные стороны при опущенном инденторе;
- измерить оптическим микрометром ширину борозд, полученных при однократном D_1 [мкм] и пятикратном D_5 [мкм] проходах индентора;

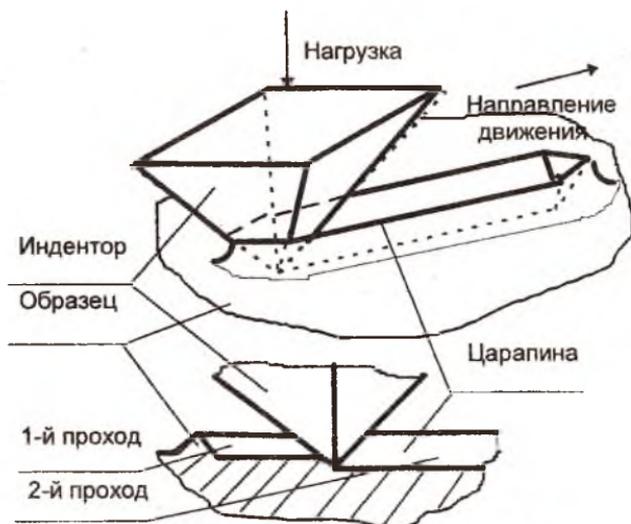


Рис.1 Царапание поверхностного слоя индентором Виккерса

- усреднить данные замеров ширины царапин при однократном и пятикратном проходах индентора по трем царапинам;

- рассчитать энергию активации разрушения материала поверхностного слоя и структурно-чувствительный коэффициент по формулам

$$U_0 = \frac{14,286 \cdot V_m \cdot (P - 1) \cdot N \cdot f}{D_5^2 - D_1^2} \text{ [кДж/моль]}, \quad (1)$$

$$g = U_0 / H_{\mu 1} \quad (2)$$

где V_m - молярный объем [мм³/моль]; P - число проходов; f - коэффициент трения; N - нагрузка на индентор, [Н]; H_{μ} - микротвердость [кгс/мм²].

Способ реализован на базе микротвердомера Виккерса ПМТ-3. Дополнительное оснащение включает нагревательное устройство и активатор динамических нагрузок. Предлагаемый способ является базовым для других методов кон-

троля качества материалов, в частности для оценки активационных параметров термомеханической деструкции смазочных материалов [1]. Для производственных испытаний на деталях проектируются специализированные приборы, на которых могут быть размещены испытываемые детали.

Способ прошел широкую лабораторную апробацию на различных металлах и сплавах, а также на металлоизделиях в условиях производства.

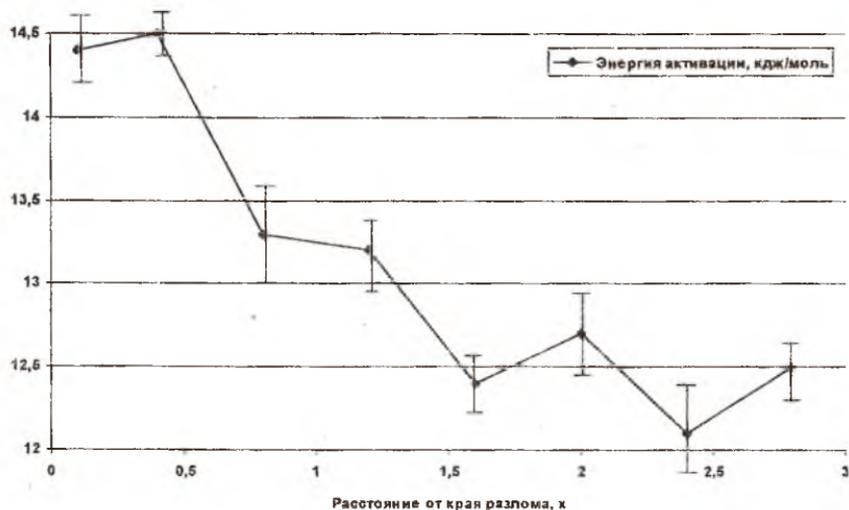


Рис.2

В качестве примера реализации новой методики приведем данные, полученные при оценке пластичности алюминиевых образцов, подвергнутых испытаниям на усталостную прочность при наложенной вибрации (совместно с МГТУ им. Баумана).

Оценку пластичности проводили при следующих режимах: комнатная температура; масса навески, $m=0,02$ кг; число проходов индентора, $P=5$; глубина царапин, $h=1\pm 3$ мкм; шаг измерений - 0,4 мм.

Испытания разрушенных образцов и образцов с трещинами показали, что материал, прилегающий к краям разло-

ма (трещины) претерпевает изменения, что характеризуется повышенными значениями энергии активации U_0 (до 25%) и микротвердости H_{μ} (до 15%). Длина модифицированных участков составляет 1,5÷2,5мм (рис.2). Структурно-чувствительный коэффициент существенно значения не изменяет.

Модифицированные участки с шириной 1-2 мм, расположенные перпендикулярно продольной оси, наблюдались также на образцах, подвергнутых усталостным испытаниям, но не доведенных до появления внешних признаков разрушения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Патент РФ "Способ оценки энергии активации термомеханической деструкции смазочных материалов" №97101152/20 (001157).

РАЗРАБОТКА МАЛОУТХОДНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ КАБЕЛЬНЫХ НАКОНЕЧНИКОВ

Галимов Э.Р., Дукин В.П.

*Казанский государственный технический университет
420111 Казань, ул.К.Маркса, 10
E-mail: root @ kaitdm.kazan.su*

АННОТАЦИЯ. Описан опыт разработки и серийного внедрения в производство нового ресурсосберегающего технологического процесса изготовления литых алюминиевых кабельных наконечников. Разработаны оптимальный состав шихты и технология фасонного литья в кокиль с использованием переплава отходов алюминиевых проводов.