



Раздел I. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Тема 1.1. Свойства и способы испытаний металлов

Занятие №2.

Учебные вопросы:

3. Испытание металлов на твердость, способы Бринелля, (Роквелла и Виккерса)
4. Испытание металлов на ударную вязкость
5. Испытание металлов на выносливость. Ресурс деталей, работающих при переменных нагрузках

3. Испытание металлов на твердость, способы Бринелля, (Роквелла и Виккерса)

Твердость выражает многие свойства материала: сопротивляемость истиранию, режущие свойства, способность обрабатываться и др.

Испытание на твердость — наиболее массовое высокопроизводительное неразрушающее испытание материалов является надежным и универсальным методом физико-химического анализа свойств исследуемого материала. Испытания на твердость и микротвердость охватывают практически неограниченный круг материалов от самых мягких (например, графит) до ультра-твердых (алмаз, карбиды и пр.). Испытания на микротвердость дает возможность получать пластичные неразрушенные отпечатки на самых хрупких материалах (минералы, стекло и пр.) из которых невозможно приготовить образцы для других механических испытаний. Измерение твердости производится специальными приборами — твердомерами, позволяющими измерять твердость как в ограниченном объеме (измерение в микрообъемах, нитевидных кристаллов, тонких поверхностных слоев и пр.), так и измерение твердости многотонных отливок и крупногабаритных деталей переносными твердомерами. Известно более 30 способов измерения твердости и микротвердости, которые можно классифицировать следующим образом:

- способы, основанные на вдавливании жесткого наконечника в виде шара, конуса, пирамиды, цилиндра, лезвия и пр. в испытуемое тело, обычно с плоской поверхностью;
- способы, основанные на царапании испытуемого тела: набором эталонных образцов различной твердости; жестким наконечником в виде шара, конуса, пирамиды и пр.;
- способы, основанные на колебании маятника, опирающегося жестким наконечником определенной формы (обычно шар) на испытуемое тело. Измеряют время 10 качаний, амплитуду одного качания, время затухания колебаний до заданной амплитуды и т.д.

Наиболее распространенными способами измерения твердости являются измерения по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу и Шору.

Величина твердости и ее размерность для одного и того же материала зависит от примененного способа измерения. При этом пересчет значений твердости, определенных различными способами производится по таблицам или эмпирическим формулам.

Способы определения твердости

Твердость по методу Бринелля

Метод измерения твердости по Бринеллю (ГОСТ 9012) заключается во вдавливании шарика (стального или из твердого сплава) диаметра D в образец (изделие) под действием усилия P , приложенного перпендикулярно поверхности образца в течение определенного времени и измерения диаметра d отпечатка после снятия усилия (рис. 1.1).

Твердость по Бринеллю $HВ$ выражается отношением взятой нагрузки P к площади поверхности отпечатка F , т. е.

$$HB = \frac{P}{F}, (\text{МПа}).$$

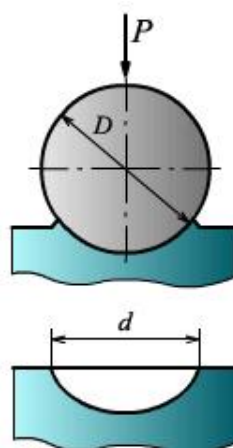


Рис. 1.1. Схема испытания на твердость по методу Бринелля

Если вычислить поверхность отпечатка, имеющего форму шарового сегмента, то HB определится по формуле

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}, (\text{МПа}).$$

Шарики — стандартных размеров 10, 5, 2,5 мм. Нагрузка на шарик зависит от материала и должна быть пропорциональна квадрату диаметра шарика:

для стали и чугуна..... $P = 30D^2$;

для меди..... $P = 10D^2$;

для баббитов и свинцовых бронз..... $P = 2,5D^2$;

Бабб́ит — антифрикционный сплав на основе олова или свинца, предназначенный для использования в виде слоя, залитого или напыленного по корпусу вкладыша подшипника скольжения.

Баббит, основу которого составляет олово (марки Б88, Б83, Б83С, SAE11, SAE12, ASTM2), используют, когда от антифрикционного материала требуется повышенная вязкость и минимальный коэффициент трения. Оловянный баббит по сравнению со свинцовым обладает более высокой коррозионной стойкостью, износостойкостью и теплопроводностью.

Твердость по методу Роквелла

Сущность метода измерения твердости по Роквеллу заключается во внедрении в поверхность образца (или изделия) алмазного конусного или стального сферического наконечника под действием последовательно прикладываемых усилий P_0 и основного P_1 усилий и в определении глубины внедрения наконечника после снятия основного усилия P_1 (ГОСТ 9013). (рис. 1.2.)

$$HR = k - \frac{h}{c}, (\text{МПа}),$$

где k — постоянный коэффициент: $k = 130$ при испытании шариком; $k = 100$ при испытании конусом;

c — цена деления индикатора (0,002 мм).

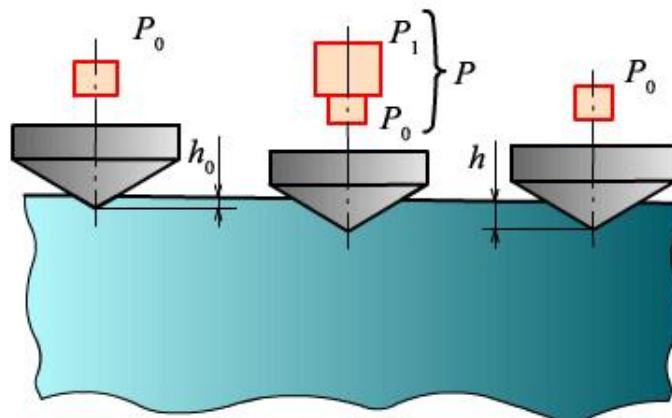


Рис. 1.2. Схема испытания на твердость по методу Роквелла

Твердость по методу Виккерса

Измерение твердости основано на вдавливании алмазного наконечника в форме правильной четырехгранной пирамиды с углом между гранями 136° в образец (изделие) под действием силы P , приложенной в течение определенного времени, и измерении диагоналей отпечатка d_1, d_2 , оставшихся на поверхности образца после снятия нагрузки (рис. 1.3).

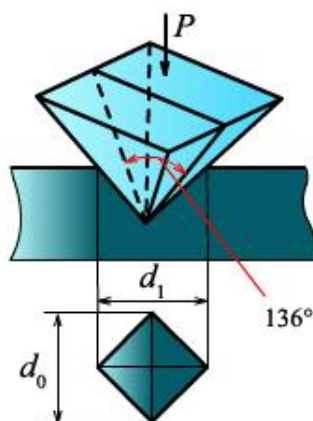


Рис. 1.3. Схема испытания на твердость по методу Виккерса

$$HV = \frac{P}{F}, \text{ (МПа) },$$

где F — площадь поверхности отпечатка.

В результате испытаний на поверхности образца получают отпечаток в виде ромба, для которого измеряют обе диагонали и вычисляют их среднее значение. Отсюда

$$HV = \frac{2P \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1,854 \frac{P}{d^2}, \text{ (МПа) },$$

где P — нагрузка, кгс;

α — угол между противоположными гранями пирамиды при вершине, равной 136° ;

d — среднее арифметическое значение длин обеих диагоналей отпечатка после снятия нагрузки, мм.

4. Испытание металлов на ударную вязкость

Динамические испытания на ударный изгиб выявляют склонность металла к хрупкому разрушению. Метод основан на разрушении образца с концентратором посередине одним ударом маятникового копра (рис. 1.4). Ударная вязкость a_H , кгс·м/см², (КС) определяется работой A_H , необходимой для излома образца, отнесенной к рабочей площади поперечного сечения F :

$$a_H = \frac{A_H}{F}.$$

Образец устанавливают на двух опорах, затем наносят удар по его середине со стороны, противоположной надрезу. Работа, затраченная на разрушение образца

$$A_H = Ph_1 \cdot (\cos \beta - \cos \alpha),$$

где P — масса маятника, кг;
 h_1 — расстояние от оси маятника до его центра тяжести, м;
 β — угол подъема маятника после разрушения образца;
 α — угол подъема маятника перед ударом.

Формула дает возможность подсчитать A_H по измеренным углам α и β (P и h_1 — постоянные для данного копра).

В пластичном состоянии у металлов $a_H > 5—7$ кгс·м/см².

В хрупком состоянии $a_H < 1—2$ кгс·м/см².

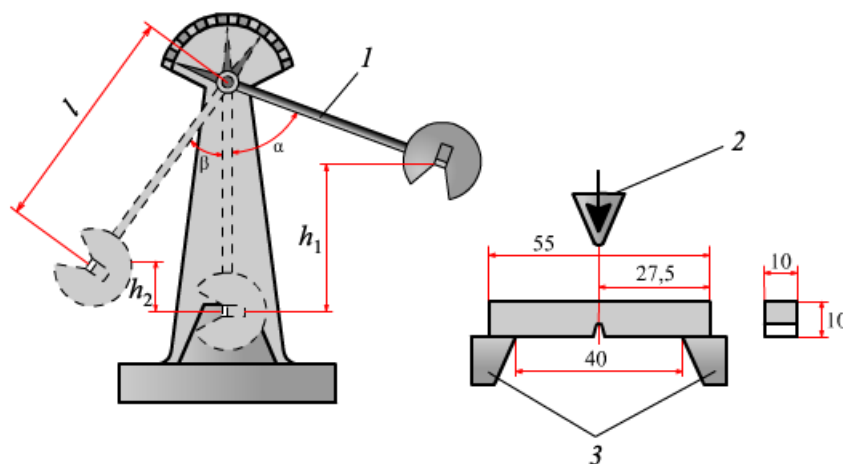


Рис 1.4. Схема маятникового копра и образца при испытании
 1 — маятник; 2 — нож маятника; 3 — опоры

5. Испытание металлов на выносливость. Ресурс деталей, работающих при переменных нагрузках

Многие детали машин подвергаются длительное время знакопеременным нагрузкам, что приводит к разрушению при напряжениях, лежащих ниже предела упругости. Это явление было названо усталостью металлов.

Усталостью металлов называется явление разрушения в результате многократного повторно-переменного (циклического) нагружения, а свойство металлов сопротивляться усталости называется **выносливостью**.

Усталостное разрушение наиболее часто происходит на участках с наибольшей концентрацией напряжений (переход одного сечения к другому, царапины, риски, резьба, различные

включения, газовые пузыри, пористость). Под действием приложенных многократно повторяющихся нагрузок в местах концентрации напряжений возникают трещины.

Усталостному разрушению могут подвергаться многие детали авиационной техники, работающие при переменных нагрузках (пружины, шестерни, лопатки турбин и компрессоров). Поэтому сплавы, применяемые для изготовления этих и других ответственных деталей, подвергают испытанию на выносливость.

Испытания на выносливость производят при повторно-переменных нагрузках на специальных машинах. При испытании на выносливость определяют то наибольшее знакопеременное напряжение, которое образец выдерживает при заданном числе циклов напряжения. Под циклом напряжения подразумевают неоднократный переход от наибольшего напряжения к наименьшему и обратно. Для черных металлов принято брать 10 млн. циклов, а для цветных — 100 млн. Из практики известно, что если образец выдержал указанное число циклов нагружения, то он выдержит без разрушения и неограниченное число циклов.

При усталостном разрушении излом состоит из двух зон. Первая зона (рис. 1.5, поз. 2) — **зона усталости** имеет гладкую притертую поверхность. Образование этой зоны происходит постепенно. На начальной стадии приложения циклической нагрузки на поверхности образуется большое количество трещин, однако растет только та, которая имеет достаточно большую длину и острую вершину. Продвигаясь вглубь образца, усталостная трещина образует глубокий и острый надрез. В зоне усталости нередко можно видеть полосы («бороздки»), отражающие последовательное положение растущей трещины. Трещина развивается как вязкая. В период каждого цикла нагружения у ее вершины протекает большая пластическая деформация. Скорость роста трещины невелика. Рост трещины продолжается до тех пор, пока сечение не окажется столь малым, что действующие в нем напряжения превысят разрушающие. Тогда происходит быстрое разрушение. Это приводит к образованию второй зоны в усталостном изломе — **зоны долома** (рис. 1.5, поз. 3). Зона долома имеет структуру, характерную для хрупкого или вязкого разрушения при однократных нагрузках (статических или ударных).



Рис. 1.5. Усталостное разрушение
1 — очаг зарождения трещины; 2 — излом; 3 — зона долома