

Содержание

Введение.....	4
1. Цель работы	6
2. Задачи работы.....	6
3. Теоретическая часть.....	6
3.1. Испытание на растяжение	6
3.2. Испытание металлов на твёрдость.....	10
3.3. Определение ударной вязкости	15
4. Практическая часть.....	17
4.1. Меры безопасности при выполнении работы.....	17
4.2. Оборудование и материалы.....	18
4.3. Последовательность выполнения работы.....	18
Критерии результативности работы.....	19
Требования к оформлению и содержанию отчёта.....	19
Контрольные вопросы	20
Список литературы.....	21
Приложение 1. Перевод значений твердости, определяемых различными методами.....	22
Приложение 2. Параметры испытаний на твёрдость по Бринел- лю.....	24
Приложение 3. Выбор нагрузки и наконечника для испытания твердости по Роквеллу.....	24
Приложение 4. Форма отчёта по лабораторной работе.....	25
Приложение 5. Тесты для самоконтроля.....	29

Введение

Способность деталей машин и различных конструкций сохранять работоспособность и безотказность зависит от свойств материалов, из которых они изготовлены. Знание свойств материалов с учётом условий нагружения и эксплуатации деталей позволяет конструкторам правильно выбирать материал, технологам, знающим механические и технологические свойства материалов – назначать оптимальный режим их обработки, а экономистам, имеющим достаточных знаний в области технологии и стоимости материалов – правильно рассчитывать экономическую эффективность технологии изготовления деталей машин.

Для определения механических свойств материалов проводят специальные испытания. В данной работе рассмотрены методы испытания металлов на растяжение, твёрдость и ударный изгиб.

Перед выполнением работы студенты самостоятельно знакомятся с данным описанием, готовят ответы на тесты и контрольные вопросы для самопроверки.

При выполнении лабораторной работы у студента формируются такие профессиональные компетенции как способность использовать методы стандартных испытаний для определения механических свойств и технологических показателей конструкционных материалов.

Выполнив лабораторную работу, студент должен:

• **знать:**

- методы стандартных испытаний материалов по определению механических свойств;

- оборудование для стандартных испытаний;

• **уметь** применять методы и оборудование для стандартных испытаний материалов по определению механических свойств;

• **иметь навыки:**

- работы на испытательном оборудовании для стандартных испытаний;

- анализа полученных результатов в соответствии с техническим заданием.

На каждое занятие студент должен являться подготовленным к предстоящим работам и с предварительным отчётом, составленным в соответствии с требованиями к нему. Отчёты составляются по каждой лабораторной работе, аккуратно и грамотно, в тексте не

следует допускать сокращений записей. Эскизы и графики сопровождаются необходимыми пояснениями. Применяемые термины и обозначения должны соответствовать требованиям ГОСТ. Перед выполнением лабораторной работы у студентов проверяется наличие составленного предварительного индивидуального отчёта по работе, а также теоретическая подготовленность студентов методом их устного опроса по контрольным вопросам, приведённым в конце описания работы или по тестам. Студенты, не имеющие составленного индивидуального отчёта, и не готовые к ответу на контрольные вопросы к выполнению работ не допускаются. Таким студентам следует отработать эту работу со студентами другой группы или в конце семестра. По окончании лабораторной работы студенты обязаны сдать отчёт для проверки и защитить работу, отвечая на вопросы преподавателя по содержанию работы и по результатам её практической части.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. Цель работы – приобретение студентами навыков и умений, необходимых для определения основных механических свойств металлических материалов.

2. Задачи работы:

- 1) овладеть методами определения механических свойств материалов испытанием их на растяжение;
- 2) освоить методы контроля механических свойств материалов измерением твердости;
- 3) научиться определять ударную вязкость.

3. Теоретическая часть

К механическим свойствам металлов и сплавов относятся **прочность, упругость, пластичность, твердость, вязкость**. Эти свойства являются основными показателями, по которым судят о пригодности металла к различным условиям работы. Первые три свойства определяются испытанием материалов на растяжение.

3.1. Испытание на растяжение [ГОСТ 1497 - 84]

Для испытания на растяжение используют специальные образцы (рис. 1.1) с длиной рабочей части l в виде цилиндра или с прямоугольным сечением (плоские образцы).

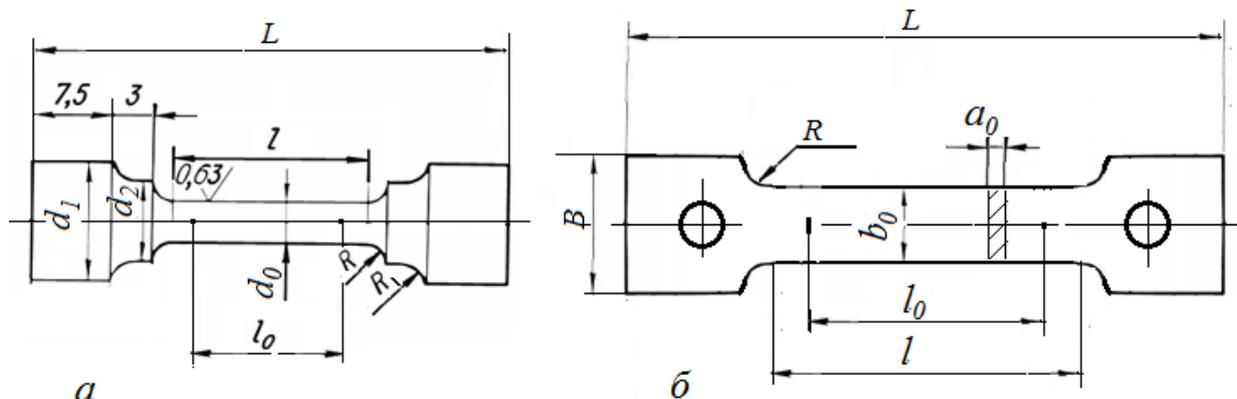


Рис. 1.1. Стандартные образцы для испытания на растяжение:

a - цилиндрический; *б* - плоский

На рабочей части образца выделяют метками начальную расчетную длину образца l_0 (мм), на которой определяется удлинение. Наиболее часто применяют пятикратные образцы круглого сечения с диаметром $d_0 = 5$ мм и $l_0 = 25$ мм (рис. 1.1, а). Плоские образцы применяют при испытании листовых материалов. Они имеют размеры: начальную толщину a_0 и ширину b_0 , расчетную длину рабочей части l_0 (рис. 1.1, б). Испытания проводятся на разрывных испытательных машинах (см. рис. на обложке).

При испытании тензометрическое устройство разрывной машины записывает в виде диаграммы зависимость между действующей осевой нагрузкой P и приращением длины образца Δl . На рис. 1.2 приведены типичные диаграммы растяжения, записываемые разрывной машиной при испытании металлических материалов. Диаграмма с постепенным переходом из упругой в пластическую область деформации (рис. 1.2, а) свойственна большинству металлов в пластичном состоянии (легированные стали, цветные сплавы). Для малоуглеродистой отожженной стали и некоторых бронз после их отжига характерна диаграмма с площадкой текучести (рис. 1.2, б). Хрупкие металлы (закалённая и не отпущенная сталь, чугун и др.) разрушаются при малых пластических деформациях (рис. 1.2, в).

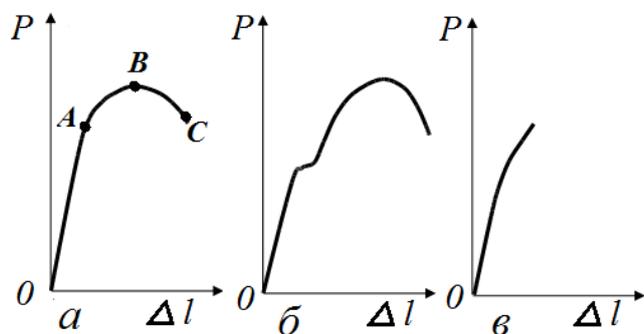


Рис. 1.2. Диаграммы растяжения различных металлов: OA – область упругой деформации; AB – участок упругопластической деформации; BC – стадия разрушения

Для практических вычислений условных напряжений пользуются диаграммами растяжения с характерными точками (рис. 1.3). Диаграмма растяжения P - Δl характеризует поведение образца из испытываемого материала с определенными геометрическими размерами. Чтобы исключить влияние размеров, диаграмму P - Δl пересчитывают в диаграмму σ - ε , где σ – напряжение, ε – относительная деформация, которая определяется как: $\varepsilon = (l - l_0)/l_0$, где l – текущая длина образца при испытании. Диаграмма σ - ε – та же диаграмма P - Δl , построенная в масштабе P/F_0 по оси ординат и в масштабе l/l_0 – по оси абсцисс. При растяжении образец удлиняется, а его поперечное сечение непрерывно уменьшается. Но поскольку площадь попереч-

ного сечения образца в каждый данный момент деформации определить сложно, то при определении прочностных характеристик (предела текучести и предела прочности) пользуются условными напряжениями. Они вычисляются делением соответствующей нагрузки на первоначальное поперечное сечение образца F_0 .

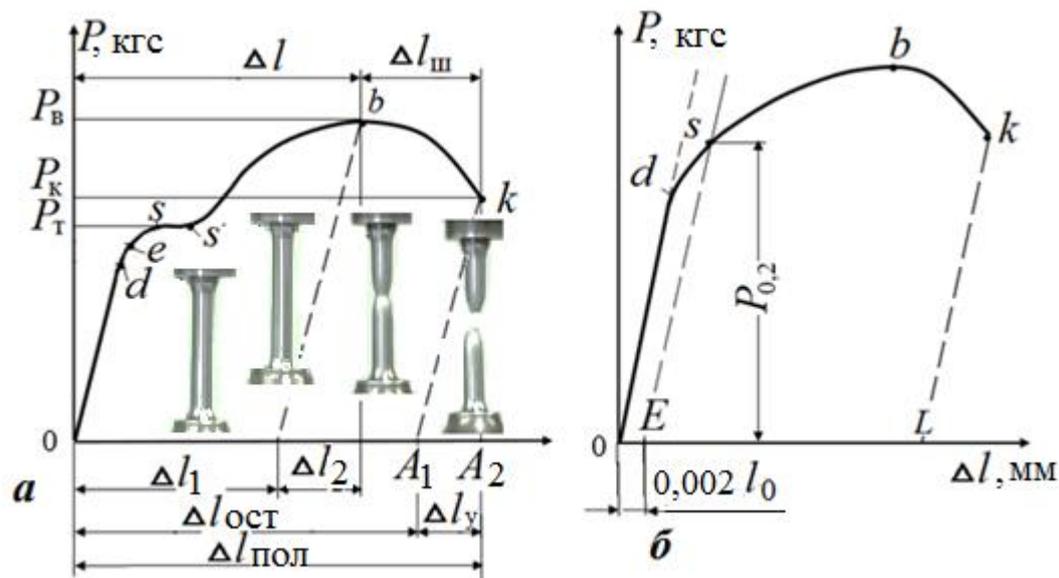


Рис. 1.3. Характерные участки и точки диаграммы растяжения:

a – диаграмма растяжения малоуглеродистой стали с площадкой текучести;

б – схема определения условного предела текучести $\sigma_{0,2}$ (местоположения точки *S*)

При малых нагрузках на участке диаграммы $0d$ остаточная деформация не возникает и образец после снятия нагрузки принимает исходную длину – он ведет себя упруго. Этот участок упругой деформации имеет прямолинейный вид и характеризует жёсткость материала. Чем меньшую упругую деформацию показывает материал под действием нагрузки, тем выше его жёсткость, которая оценивается модулем упругости (Юнга): $E = \sigma / \delta$, МПа.

При дальнейшем увеличении нагрузки прямолинейная зависимость нарушается. За точкой «*e*» возникает заметная остаточная деформация и в точке «*s*» (рис. 1.3, *a*) образуется площадка текучести *s-s'*. Наименьшее напряжение, при котором образец деформируется без заметного увеличения нагрузки («течёт»), называется *физическим пределом текучести*. Он определяется по формуле

$$\sigma_T = \frac{P_T}{F_0}, \text{ МПа} \quad (1.1)$$

Для материалов, не имеющих на диаграмме растяжения горизонтальную площадку (см. рис. 1.2, *a* или 1.3, *б*), определяют нагрузку $P_{0,2}$, которая вызывает остаточную деформацию, равную 0,2 % от

расчётной длины образца. При достаточно большом масштабе первичной диаграммы растяжения значение нагрузки $P_{0,2}$ определяют графически прямо на этой диаграмме. Для этого на оси деформации откладывают отрезок, равный 0,2 % ($0,002 \cdot l_0$, мм) расчётной длины образца и из этой точки проводят линию, параллельную упругому участку диаграммы. Точка пересечения этой линии с диаграммой соответствует величине нагрузки $P_{0,2}$ (см. рис. 1.3, б). По установленному таким образом значению $P_{0,2}$ вычисляют условный предел текучести по формуле

$$\sigma_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{F_0}, \text{ МПа} . \quad (1.2)$$

Предел текучести характеризует напряжение, при котором происходит переход от упругой деформации к пластической.

Напряжение, вызванное наибольшей нагрузкой P_B (точка «b») называется *временным сопротивлением* или *пределом прочности*:

$$\sigma_B = \frac{P_B}{F_0}, \text{ МПа} . \quad (1.3)$$

При испытании до точки «b» образец имеет цилиндрическую форму. После точки «b» происходит заметное местное сужение образца с образованием шейки, где и сосредотачивается дальнейшая деформация образца. Поэтому на участке *b-k* сечение образца (см. рис. 1.3, а) быстро уменьшается, вследствие чего уменьшается и растягивающая нагрузка. В некоторой точке «k» образец разрывается по наименьшему сечению шейки F_k . В хрупком материале образование шейки почти не выражено, и при достижении предела прочности σ_B сразу происходит разрушение (см. рис. 1.2, в). После испытания обломки образца складывают и измеряют его конечную расчетную длину после разрыва l_k и конечный диаметр d_k (рис. 1.4). По ним определяют показатели пластичности материала.

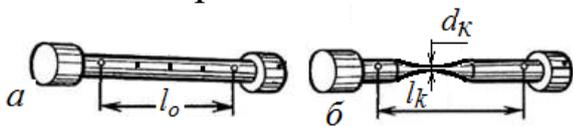


Рис. 1.4. Образец до испытания (а) и после испытания, сложенный для измерения (б)

Различают две характеристики пластичности: относительное удлинение δ и относительное сужение ψ .

Они определяются по формулам

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} 100 \% = \frac{\Delta l_{\text{ост}}}{l_0} 100 \% , \quad (1.4)$$

где l_k –длина образца после разрыва; l_0 –первоначальная расчётная длина образца.

Относительное сужение вычисляется по формуле

$$\psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0} 100 \% = \frac{\Delta F_k}{F_0} 100 \%, \quad (1.5)$$

где F_k –площадь сечения образца после разрыва;

F_0 –первоначальное сечение образца.

Условно принято считать металл надёжным при $\delta \geq 15 \%$ и $\psi \geq 45 \%$ [1, С. 73]. Испытание на растяжение относится к разрушающим методам определения механических свойств материалов. Для текущего контроля качества термообработанных металлов обычно используют неразрушающие способы, главным из которых является измерение твердости.

3.2. Испытание металлов на твёрдость

Наиболее простым способом определения механических свойств является измерение твёрдости. *Твёрдость* – это способность материала сопротивляться внедрению в его поверхность твёрдого тела – индентора [2, С. 52]. В качестве индентора используют закалённый стальной шарик или алмазный наконечник в виде конуса или пирамиды. Наиболее широко используются методы измерения твёрдости вдавливанием по Бринеллю и Роквеллу.

3.2.1. Измерение твердости по методу Бринелля. Для измерения твёрдости по методу Бринелля применяют твердомер типа ТШ, на котором под нагрузкой P (от 62,5 до 3000 кг) вдавливают в поверхность испытываемого материала стальной закалённый шарик (рис. 1. 5, а) диаметром D (1,0; 2,0; 2,5; 5,0 и 10 мм). После снятия нагрузки на поверхности образца остается отпечаток (рис. 1.5, б, в), диаметр d которого измеряют с помощью микроскопа (лупы) Бринелля МПБ–2 с точностью $\pm 0,05$ мм (рис. 1.5, г). Число твердости определяют как отношение нагрузки P к сферической поверхности отпечатка F – лунки (шарового сегмента) диаметром d , оставляемого шаровым индентором диаметром D по формуле

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}. \quad (1.6)$$

На практике твёрдость не вычисляют по формуле (1.6), а определяют по таблице ГОСТ 9012-59, исходя из полученного значения диаметра

отпечатка d , а также по известным диаметру шарика D и значению приложенной нагрузки P (прил. 1).

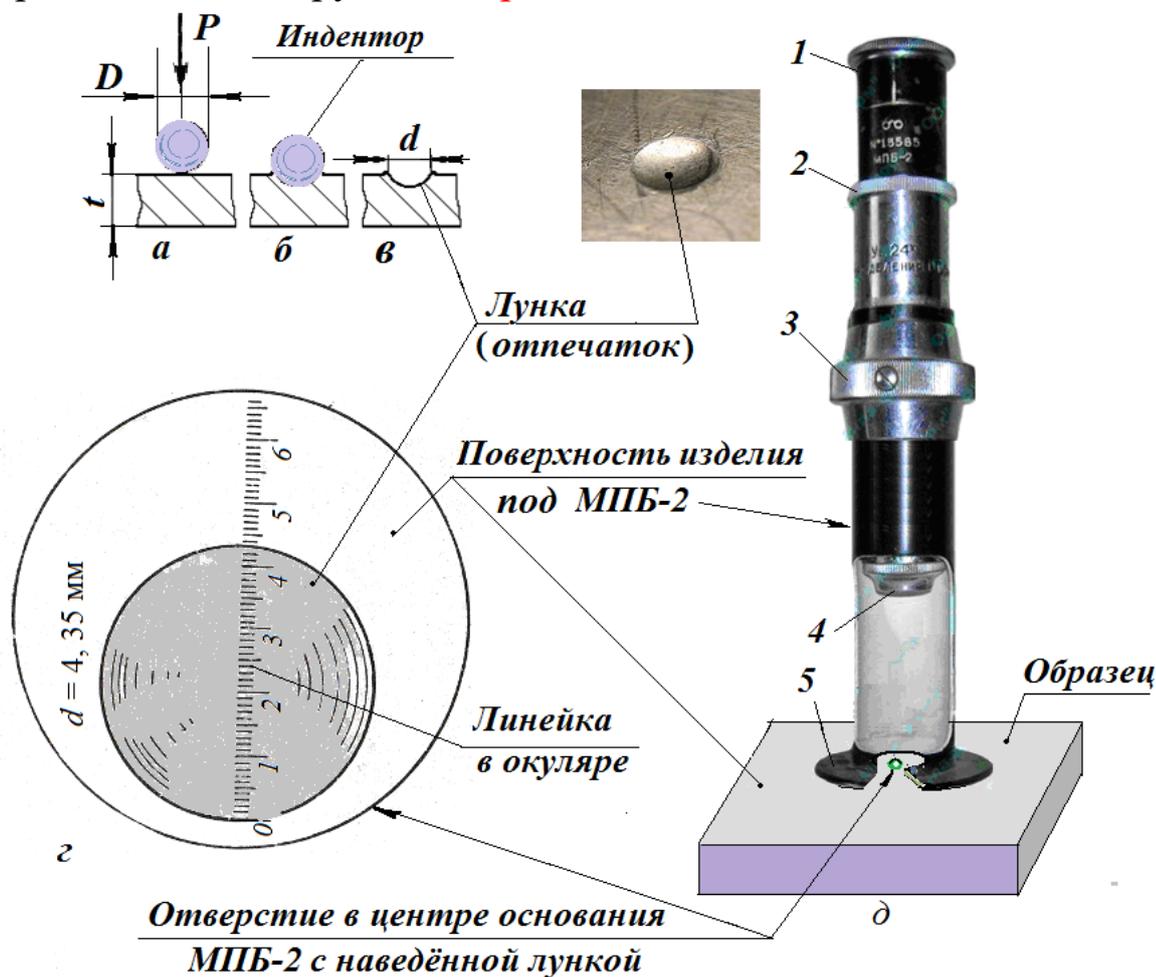


Рис. 1.5. Измерение твердости по Бринеллю:

a – начало нагружения; b – конец нагружения; $в$ – полученный отпечаток (лунка) диаметром d ; $г$ – измерение отпечатка; $д$ – лупа Бринелля, настроенная для измерения диаметра отпечатка

Размерность твердости по Бринеллю–кг/мм² (10^{-1} МПа). Метод применяется для измерения твёрдости относительно мягких материалов (железо, отожженная сталь, графитизированные чугуны, цветные металлы и сплавы).

Между числом твёрдости по Бринеллю и пределом прочности металлов σ_B , МПа, существуют эмпирические зависимости:

- для стали с твердостью90...175 *HB* $\sigma_B = 3,4 \text{ HB}$;
175...450 *HB* $\sigma_B = 3,6 \text{ HB}$;
- для отожженной меди, латуни, бронзы $\sigma_B = 4,8... 5,5 \text{ HB}$;
- для холоднокатаной меди $\sigma_B = 3,5 \text{ HB}$;
- для наклепанной меди, латуни, бронзы $\sigma_B = 4,0 \text{ HB}$;
- для отожженного дуралюмина $\sigma_B = 3,6 \text{ HB}$;
- для дуралюмина после закалки и старения.... $\sigma_B = 3,7 \text{ HB}$.

Режимы измерения твёрдости (диаметр шарика, нагрузка, время нагружения) выбираются в зависимости от толщины образца и твёрдости испытуемого материала по данным, приведённым в прил. 2. При этом следует учесть, что для получения одинаковых чисел твёрдости при испытании одного и того же материала шариками разных диаметров необходимо соблюдать закон подобия между получаемыми диаметрами отпечатков. Для удовлетворения такого закона измерение твёрдости проводят при постоянном соотношении между величиной нагрузки P и квадратом диаметра шарика D^2 : $K=P/D^2$. Это соотношение оказывается разным для материалов с различной твёрдостью (см. прил. 2) и оно достигается подбором диаметра шарика D , усилия P таким образом, чтобы диаметр отпечатка находился в пределах $0,24 D \leq d \leq 0,6 D$.

Твёрдость по Бринеллю обозначают символом НВ (*Hardness Brinell*). При измерении твёрдости с использованием закалённого стального шарика (во избежание его разрушения) твёрдость измеряемого материала не должна превышать 450 единиц. Тогда при измерении твёрдости в условиях, приведённых в прил. 2 ($D=10$ мм; $P=3000$ кг; $\tau = 10$ с), твёрдость обозначается, например, 300 НВ. При использовании шарика из твёрдого сплава можно измерять и более твёрдые материалы (> 450 НВ). В этом случае твёрдость обозначается, например, 500 НВ. Если испытания проводились в условиях, отличающихся от приведённых в прил. 2, то запись будет иметь следующий вид: 250 НВ 5/750/20 или 500 НВ 5/750/20. В этих обозначениях твёрдости первая цифра показывает значение твёрдости (250 и 500); затем цифры 5—диаметр шарика, мм; 750—нагрузка на индентор, кгс; 20—время выдержки под нагрузкой, с. Метод непригоден для измерения твёрдости тонких листовых материалов, деталей с твёрдой поверхностью.

3.2.2. Метод измерения твердости по Роквеллу. При измерении твёрдости по методу Роквелла в качестве индентора в приборах ТК-2 (о приборе см. прил. 4, с. 27) используют стальной шарик диаметром 1,59 мм или алмазный конус с углом при вершине 120° . По ГОСТ 9013-59 в зависимости от комбинации «индентор-нагрузка» различают 11 шкал твердости по методу Роквелла (A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T). Но наиболее часто пользуются шкалами A, C (с алмазным конусом) и B, F (со стальным шариком). Твердость по Роквеллу обозначается цифрами и буквами HR с указанием шкалы A,

В, С или F (например, 60 HRC, 80 HRA и т. д.).

При измерении твёрдости индентор вдавливаются в металл двумя последовательными нагружениями (рис. 1.6). Вначале к индентору прикладывают предварительную нагрузку $P_0=98$ Н (10 кгс), которую применяют для исключения влияния на результат измерения упругой деформации, шероховатости и локальных повреждений поверхности. Индентор под нагрузкой P_0 внедряется на расстояние h_0 от поверхности материала. На такой глубине находится исходная измерительная поверхность. Затем прикладывают основную нагрузку P_1 так, что суммарная нагрузка составляет $P=P_0+P_1$. Под действием суммарной нагрузки индентор внедрится в материал на глубину h_1 от исходной измерительной поверхности образца. Затем нагрузка P_1 после некоторой выдержки снимается и при этом индентор из-за упругости испытуемого материала переместится вверх и остановится на расстоянии « e » от исходной измерительной поверхности, что соответствует остаточной глубине проникновения индентора.

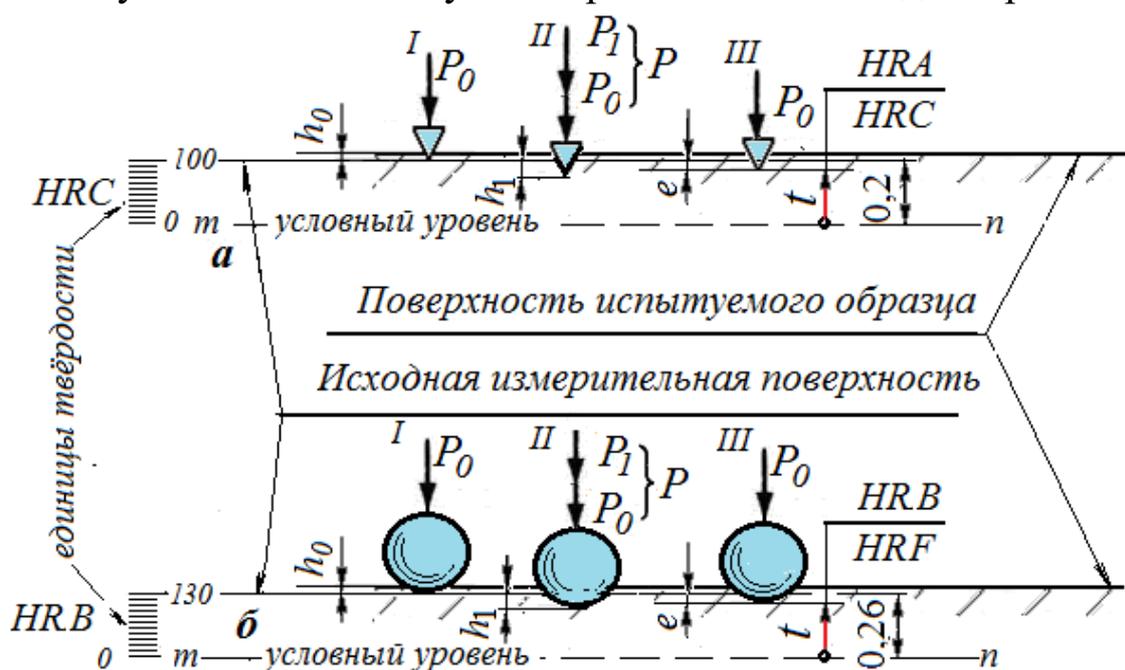


Рис. 1.6. Схемы внедрения алмазного (а) и шарового (б) инденторов при измерении твердости по Роквеллу: I – предварительное нагружение; II – окончательное нагружение; III – измерение

Твёрдостью по Роквеллу принято считать расстояние t в условных единицах, на которое индентор при измерении не дошёл до условного уровня. Условный уровень t расположен, в зависимости от формы индентора, на расстоянии равном 0,2 или 0,26 мм от исходной измерительной поверхности (см. рис. 1.6).

Все перемещения индентора при измерении твёрдости фикси-

руются индикатором часового типа, по круговой шкале которого определяют значение твёрдости (рис. 1.7). Индикатор имеет две шкалы – чёрную и красную. По чёрной шкале измеряют твёрдость более твёрдых материалов HRA и HRC, а по красной – HRB и HRF относительно мягких.

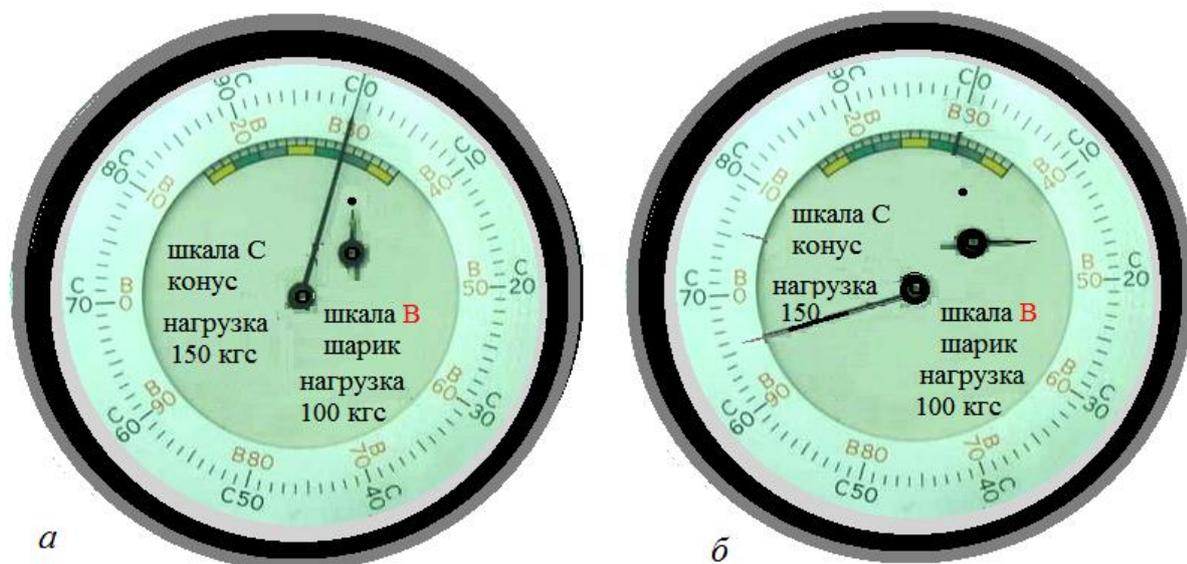


Рис. 1.7. Индикатор прессы Роквелла ТК-2 с циферблатной шкалой твёрдости: *а* – положение стрелок после предварительного нагружения, когда маленькая стрелка совпадает с точкой, а большая – на нуле шкалы; *б* – положение стрелок после испытания материала

Цена деления шкал одинакова и соответствуют сотой части окружности шкалы и равна 0,002 мм глубины вдавливания индентора. При этом чёрная шкала будет иметь при испытании конусным наконечником $0,2/0,002=100$ делений, а при испытании шаровым наконечником (красная шкала) – $0,26/0,002 = 130$ делений.

Число твёрдости определяется по формулам:

- по чёрной шкале HRC (HRA) $= t = 100 - e/0,002$;
- по красной шкале HRB (HRF) $= t = 130 - e/0,002$.

Единица твёрдости по Роквеллу – величина безразмерная, отсчитывается в условных единицах и соответствует осевому перемещению индентора на 0,002 мм. По шкале С обычно измеряют твёрдость закалённых сталей при нагрузке $P = 150$ кгс. По шкале А проводят измерение тонких изделий или тонких слоёв. Эта шкала полностью совпадает со шкалой С, но измерения проводятся при меньшей нагрузке $P = 60$ кгс и меньшей глубине проникновения. При измерении стальным шариком по шкале В (нагрузка 100 кг) производят измерение твёрдости при её умеренных значениях (например, стали после отжига), а по шкале F (нагрузка 60 кг) определяют

твёрдость цветных металлов и сплавов. Выбор нагрузки и индентора для определения твёрдости материала по Роквеллу осуществляют по данным прил. 3. Расстояние между центрами двух соседних отпечатков должно быть не менее 3 мм.

Достоинствами метода измерения твёрдости по Роквеллу являются: 1) возможность измерения твердости в широком диапазоне как очень твердых, так и сравнительно мягких материалов; 2) отпечатки от конуса и шарика столь малы, что можно проводить испытания на уже готовых деталях; 3) испытание занимает мало времени, и число твёрдости читается непосредственно на шкале прибора.

Значения твердости по Роквеллу можно пересчитать на твердость по Бринеллю с помощью эмпирических переводных таблиц (см. прил. 1).

3.3. Определение ударной вязкости [ГОСТ 9454 – 84]

Важной характеристикой надежности материала является вязкость. *Вязкостью* называется способность материала сопротивляться разрушению при динамических нагрузках. Материалы, требующие большой затраты энергии на излом (разрушение) называют *вязкими*. Вязкость материала можно установить по результатам испытания на ударный изгиб или по виду излома.

Метод испытания на ударный изгиб основан на разрушении образцов с надрезом, который служит концентратором напряжений. Образцы могут иметь концентраторы трёх видов: надрез в виде буквы U с радиусом концентратора $R=1$ мм; острый надрез в виде буквы V с $R=0,25$ мм и с трещиной T (рис. 1.8). Образцы с U-образным концентратором (образцы Шарпи) применяют при приёмочном контроле металлов. При испытании металлов ответственного назначения рекомендуется применять образцы Менаже с V-образным надрезом (детали летательных аппаратов, транспортных средств, ёмкости высокого давления и т. д.). Образцы с трещиной T предназначены для особо ответственных конструкций и деталей, где сопротивление развитию трещины имеет первостепенное значение. Для испытания концы образца устанавливают горизонтально на опоры копра надрезом в сторону, противоположную удару ножа маятника. Перед испытанием маятник копра поднимают в исходное положение на высоту H (рис. 1.9) и удерживают его в этом положении защёлкой. Освобождённый от защёлки маятник, падая, разрушает образец и по

инерции поднимается на высоту h . По шкале маятникового копра определяют полную работу удара K , затраченную на разрушение образца при ударе (см. рис. 1.10) или рассчитывают по формуле

$$K = P(H - h) = mgl (\cos \beta - \cos \alpha), \text{ Дж (кгс}\cdot\text{м)}. \quad (1.8)$$

Затем эту работу делят на поперечное сечение образца в месте надреза F_0 (чаще используют стандартные образцы с $F_0=0,8 \text{ см}^2$).

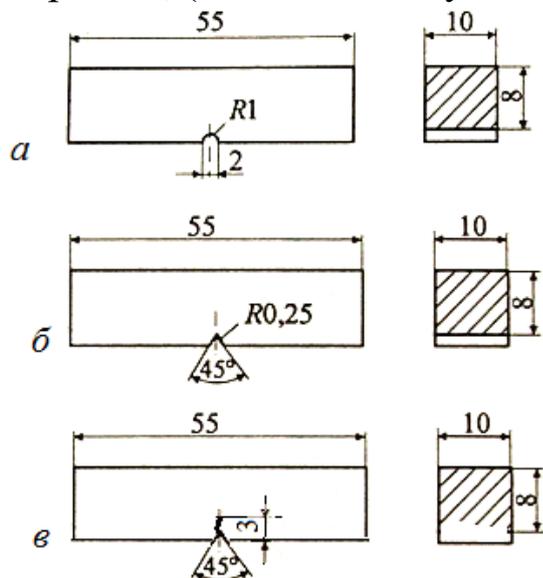


Рис. 1.8. Основные типы образцов для испытания вязкости с различным видом надрезов:
 a – U-образный; b – V-образный;
 c – T- с инициированной трещиной

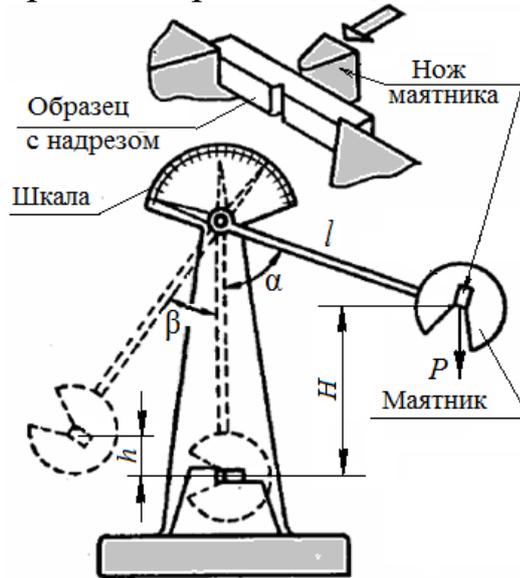


Рис.1.9. Схема ударного испытания на маятниковом копре МК-30: α – угол подъёма; β – угол взлёта; H и h – высоты подъема и взлета маятника соответственно; l – длина маятника

Полученное значение $KC = K/F_0$, Дж/см² (кгс·м/см²), называется удельной работой разрушения или *ударной вязкостью*. Чем выше ударная вязкость материала, тем он обладает лучшей способностью сопротивляться разрушению под действием ударных нагрузок. Суммарная величина работы разрушения складывается из двух составляющих: работы на зарождение A_z и распространение трещины A_p , т. е. $K=A_z+A_p$.

Надёжность материала определяется работой распространения трещины. Чем больше A_p , тем меньше возможность внезапного хрупкого разрушения. Для определения A_p используют образцы с усталостной трещиной (концентратором T), которую создают на специальном вибраторе. При разрушении такого образца работа затрачивается только на распространение трещины. После испытания на удар и определения A_p необходимо проанализировать вид излома. У хорошего материала с достаточно высоким значением A_p излом

должен быть вязким волокнистого или ямочного вида (о видах излома излагается в практикуме № 1).

В зависимости от формы надреза ударная вязкость обозначается КСУ, КСV или КСТ. Если первые две буквы КС обозначают символ ударной вязкости, то третья буква – вид концентратора. Затем после букв следующая первая цифра показывает максимальную энергию удара маятника (Дж), вторая – глубину концентратора и третья – ширину образца (например, *КСТ 150/3/7,5*).

Цифры в обозначении ударной вязкости не ставятся, если при определении работы удара использовался копёр с максимальной энергией удара маятника 30 Дж, а образцы с размерами 10x10 мм, с глубиной концентратора 2 мм для образцов с U и V концентраторами и 3 мм – для образцов с Т-образным концентратором.

Недостатком ударной вязкости, как характеристики прочности, является то, что она не используется в расчетах деталей на прочность. Однако практическое значение этой характеристики достаточно велико, поскольку позволяет оценить способность материала сопротивляться разрушению.

Получив в результате механических испытаний численные значения характеристик механических свойств, можно дать техническую оценку прочности металла. Конструкционно прочным можно считать только такой материал, который в условиях эксплуатации обладает оптимальным сочетанием прочности, пластичности и вязкости.

4. Практическая часть

4.1. Меры безопасности при выполнении работы

Прежде чем приступать к выполнению лабораторной работы, необходимо:

1) пройти инструктаж по ТБ и ПБ и расписаться в контрольном листе;

2) к выполнению лабораторной работы допускаются только те студенты, которые прошли проверку знаний по ПБ на рабочем месте, и при наличии их подписи в контрольном листе регистрации инструктажа студентов по охране труда;

3) лабораторная работа выполняется в помещении учебной лаборатории, где размещены электроприборы и оргтехника, отвечающие требованиям ПБ.

4.2. Оборудование и материалы

- штангенциркуль;
образцы из стали 10, стали 45 и стали У8 для испытания на твёрдость;
- образцы для испытания на растяжение (образцы на растяжение различных видов до и после разрыва);
- твердомер Бринелля модели ТШ-2М;
- твердомер Роквелла модели ТК-2;
- видеофильмы по методам испытания материалов на растяжение и ударную вязкость.

4.3. Последовательность выполнения работы

1. Ознакомиться с типовыми образцами на растяжение и ударную вязкость. Посмотреть видеоролики, обращая внимание на устройство, принцип действия испытательных машин, методику проведения испытаний, определения прочностных и пластических характеристик, ударной вязкости материалов.

2. По образцам, подвергнутым растяжению, определить относительное удлинение δ и относительное сужение ψ (при $l_0 = 25$ мм).

3. Изучить с помощью учебного мастера (преподавателя) устройство используемых твердомеров.

4. Произвести измерения твердости на трёх образцах отожжённой и закаленной стали с различным содержанием углерода по методам Бринелля и Роквелла, выбрав условия испытаний по прил. 2 и 3. Диаметр отпечатка по методу Бринелля измеряют в двух взаимно перпендикулярных направлениях и определяют как среднее арифметическое.

5. Измерить твёрдость дуралюминия по шкале HRF прибора Роквелла. При измерении по методу Роквелла повторяют испытания на одном образце 4 раза, принимая среднее из трех последних. Для сравнения результатов все полученные данные следует перевести по таблице прил.1 на шкалу Бринелля HB.

6. Рассчитать предел прочности по значению твердости, пользуясь эмпирической формулой для измеряемого материала.

7. Экспериментальные и расчетные данные занести в табл. 1.1, сделать заключение о влиянии углерода на прочность и твёрдость стали.

Таблица 1.1

Результаты испытаний на твёрдость

Материал	Метод измерения твёрдости	Твёрдость по Бринеллю НВ	σ_B , МПа
Низкоуглеродистая сталь – сталь 10			
Среднеуглеродистая сталь – сталь 45			
Высокоуглеродистая сталь – сталь У8			
Закалённая сталь – сталь 45			
Дуралюминий			

8. По результатам испытаний построить графики зависимости твердости и прочности стали в отожженном состоянии от процентного содержания в ней углерода.

9. Составить письменный отчет по работе.

Критерии результативности работы

Лабораторная работа считается выполненной в том случае, если студент:

- 1) научился правильно анализировать экспериментальные данные по определению основных механических свойств материалов;
- 2) результаты выполненной работы представлены в соответствии с требованиями к составлению отчёта;
- 3) правильно ответил на все контрольные вопросы.

Требования к содержанию и оформлению отчёта

Отчёт составляется с использованием электронного варианта описания данной лабораторной работы путём переноса фрагментов текста и необходимых рисунков в текст отчёта и дальнейшим редактированием. Эта часть отчёта оформляется до занятий при подготовке к лабораторным занятиям. На лабораторных занятиях отчёт оформляется окончательно внесением рукописью расчётов и написанием выводов. Отчёт должен иметь объём не более 3...4-х страниц. В прил. 4 приведена форма отчета. После окончательного оформления отчета студент защищает работу преподавателю путём ответа на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Какие механические характеристики можно определить испытанием материалов на растяжение?
2. Какие образцы применяются для испытания на растяжение?
3. Какую зависимость изображает первичная диаграмма растяжения, записанная испытательной машиной на растяжение?
4. Какие встречаются на практике типичные диаграммы растяжения металлов?
5. Как по диаграмме растяжения определить $\sigma_{\text{в}}$ и $\sigma_{\text{т}}$?
6. В чём заключается разница между физическим и условным пределом текучести?
7. Как определить характеристики пластичности δ и ψ ?
8. Что называется твердостью?
9. В чём заключается сущность измерения твердости по Бринеллю?
10. С какими значениями диаметров используются шаровые инденторы при испытании на твердость по Бринеллю и из каких условий они выбираются?
11. Какой прибор используется для измерения диаметра отпечатка при испытании на твердость по Бринеллю и как осуществить измерение?
12. Как обозначается твердость по Бринеллю?
13. Какие существуют зависимости между твердостью и пределом прочности материала на растяжение?
14. В чём заключается измерение твердости по Роквеллу?
15. Какие типы наконечников и нагрузки на них применяются при испытании материалов на твердость по методу Роквелла?
16. В каких случаях используются шкалы A , C , B , F при испытании на твердость по Роквеллу и как настроить прибор на эти шкалы?
17. Как обозначается твердость по Роквеллу, измеренная по шкалам A , B , C и F ?
18. Почему меньшая глубина проникновения наконечника соответствует большей твердости материала при измерении твердости по Роквеллу?
19. Какие условия принято соблюдать при измерении твердости по Роквеллу (минимальные расстояния между центрами соседних отпечатков и от края образцов, минимальная толщина образцов)?

20. По каким шкалам (красной или чёрной) производится отсчёт твёрдости при вдавливании алмазного наконечника и стального шарика соответственно?

21. В чём заключается метод определения ударной вязкости?

22. Какое свойство конструкционных материалов называется вязкостью и какие материалы называют вязкими?

23. Какими методами можно установить вязкость материала?

24. Какие виды надрезов используются в образцах для испытания на ударную вязкость и какова их роль?

25. Как определяется полная работа, затраченная на разрушение образца и из каких двух частей она состоит?

26. В чём разница между полной работой, затраченной на разрушение и удельной работой?

27. Есть ли разница между удельной работой разрушения и ударной вязкостью?

28. Как обозначается ударная вязкость материалов?

В прил. 5 приведены тесты для самоконтроля.

Список литературы

1. Солнцев Ю. П., Пряхин Е. И. Материаловедение: Учебник для вузов. Изд. 4-е, перераб. и доп. –СПб.: Химиздат, 2007. –784 с.

2. Материаловедение: Учебник для вузов /Б. Н. Арзамасов, В. И. Макарова, Г. Г. Мухин и др.; Под общ. ред. Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина, Н. М. Рыжова. –6-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 648 с.

Приложение 1

Перевод значений твердости, определяемых различными методами

Твёрдость по Бринеллю, 10^{-1} МПа		Твёрдость по Роквеллу				Твёрдость по Шору, HSD
Диам. отп. d , мм	$D=10$ мм $P=3000$ кг	HRC	HRA	HRB	HRV HRF	
1	2	3	4	5	6	7
2,20	782	72	89	-	1220	107
2,30	713	67	85	-	1021	96
2,40	652	63	83	-	867	88
2,50	600	59	81	-	746	81
2,55	578	58	80	-	694	78
2,60	555	56	79	-	649	75
2,65	532	54	78	-	606	72
2,70	512	52	77	-	587	70
2,75	495	51	76	-	551	68
2,80	477	49	76	-	534	66
2,85	460	48	75	-	502	64
2,90	444	47	74	-	474	61
2,95	430	45	73	-	460	59
3,00	415	44	73	-	435	57
3,05	402	43	72	-	423	55
3,10	387	41	71	-	401	53
3,15	375	40	71	-	390	52
3,20	364	39	70	-	380	50
3,25	351	38	69	-	361	49
3,30	340	37	69	-	344	47
3,35	332	36	68	-	335	46
3,40	321	35	68	-	320	45
3,45	311	34	67	-	312	44
3,50	302	33	67	-	305	42
3,55	293	31	66	-	291	41
3,60	286	30	66	-	285	40
3,65	277	29	65	-	278	39
3,70	269	28	63	-	272	38
3,75	262	27	64	-	261	37
3,80	255	26	64	-	255	36
3,85	248	25	63	-	250	36
3,90	241	24	63	100	240	35
3,95	235	23	62	99	235	34
4,00	238	22	62	98	226	33
4,05	223	21	61	97	221	33
4,10	241	20	61	97	217	32
4,15	212	19	60	96	213	31

1	2	3	4	5	6	7
4,20	207	18	60	95	209	30
4,25	202		59	94	201	30
4,30	196		58	93	197	29
4,35	192	-	58	92	190	29
4,40	187	-	57	91	186	28
4,45	183	-	56	89	183	28
4,50	179	-	56	88	177	27
4,55	174	-	55	87	174	27
4,60	170	-	55	86	170	26
4,65	166	-	54	85	166	26
4,70	163	-	53	84	163	25
4,75	159	-	53	83	159	25
4,80	156	-	52	82	156	24
4,85	153	-	52	81	153	24
4,90	149	-	51	80	149	23
4,95	146	-	50	79	146	23
5,00	143	-	50	78	143	22
5,05	140	-	-	77	140	21
5,10	137	-	-	75	137	21
5,15	134	-	-	74	134	19
5,20	131	-	-	73	131	19
5,25	128	-	-	72	128	19
5,30	126	-	-	71	126	19
5,35	124	-	-	70	HRF	19
5,40	121	-	-	68	100	19
5,45	118	-	-	67		19
5,50	116	-	-	65	98	19
5,55	114	-	-	64		18
5,60	112	-	-	63		18
5,65	109	-	-	61	95	18
5,70	107	-	-	60		18
5,75	105	-	-	58	93	18
5,80	103	-	-	57		18
5,85	101	-	-	56	90	17

В таблице единицы твердости формально имеют размерность кгс/мм². Для перевода чисел твердости в систему СИ табличное значение твердости необходимо умножить на коэффициент 9,81 и полученный результат записывать с размерностью МПа.

Приложение 2

Ориентировочные параметры испытаний по ГОСТ 9012-59

Материал	НВ, МПа $\frac{\text{кгс/мм}^2}$	Толщина испытуемого образца S , мм	Диаметр шарика D , мм	Нагрузка $KD^2=P$, МПа (кгс)	Вре- мя под нагр., с
Чёрные металлы	1370 – 1440	>6	10	$30D^2 = 29420 (3000)$	10
	140 – 150	3-6	5	$30D^2 = 7355 (750)$	
		<3	2,5	$30D^2 = 1840 (187,5)$	
	< $\frac{1370}{140}$	>6	10	$10D^2 = 9807 (1000)$	10
		3-6	5	$10D^2 = 2452 (250)$	
		<3	2,5	$10D^2 = 612,5 (62,5)$	
Цветные металлы на основе меди; дуралю- мины	> $\frac{1270}{130}$	>6	10	$30D^2 = 29420 (3000)$	30
		3-6	5	$30D^2 = 7355 (750)$	
		<3	2,5	$30D^2 = 1840 (187,5)$	
	$\frac{340 - 1270}{35 - 130}$	>6	10	$10D^2 = 9807 (1000)$	30
		3-6	5	$10D^2 = 2452(250)$	
		<3	2,5	$10D^2 = 612,5 (62,5)$	
Сплавы Mg, Al, Sn, Pb, баббит	$\frac{78 - 340}{8 - 35}$	>6	10	$2,5D^2 = 2452 (250)$	60
		3-6	5	$2,5D^2 = 612,5 (62,5)$	
		<3	2,5	$2,5D^2 = 162 (16,5)$	

Приложение 3

Выбор нагрузки и наконечника для испытания твердости
по Роквеллу

Шкала	Вид нако- нечника	Допускае- мые преде- лы шкалы	Общее усилие, $\frac{H}{\text{кгс}}$	Назначение
<i>HRC</i> чёрная	Конус	20...67	$\frac{1471}{150}$	а) высокоуглеродистая отожженная сталь; б) закаленная сталь
<i>HRA</i> Черная	Конус	70 ... 85	$\frac{589}{60}$	а) высокотвердые сплавы; б) тонкие твердые поверх- ностные слои
<i>HRB</i> Красная	Шарик	25... 100	$\frac{981}{100}$	а) среднеуглеродистая отожженная сталь; б) твердые цветные сплавы
<i>HRF</i> Красная	Шарик	50...100	$\frac{589}{60}$	мягкие цветные сплавы

Форма отчёта по лабораторной работе

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение УГАТУ
Кафедра Материаловедения и физики металлов

ОТЧЁТ

по лабораторной работе №1

«Определение механических свойств конструкционных материалов»

Выполнил (а) студент (ка) гр. _____ / _____ /

Проверил _____ / _____ /

1. Цель и задачи работы:

2. Краткая теория

В отчёте привести:

- рисунки образцов на растяжение;
- типичные кривые на растяжение и описать методику определения пределов прочности, текучести и характеристик пластичности;
- схемы измерения твёрдости по Бринеллю и Роквеллу и дать краткое их описание;
- приборы для измерения твёрдости по методам Бринелля и Роквелла;
- схему и описание определения ударной вязкости

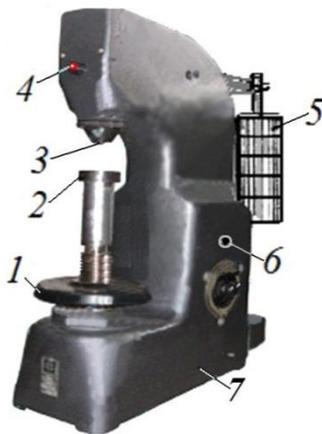


Рис. 1.П4 Твердомер Бринелля:
 1 – штурвал; 2 – съёмный предметный
 столик; 3 – индентор с наконечником;
 4 – сигнальная лампочка; 5 – груз;
 6 – пусковая кнопка; 7 – станина



Рис. 2. П4. Твердомер Роквелла:
 1 – штурвал; 2 – стол; 3 – индентор;
 4 – сигнальная лампочка; 5 – груз;
 6 – выключатель; 7 – станина; 8 – пе-
 даль; 9 – ободок ; 10 – индикатор

Проведение испытания на прессе Бринелля. Измеряется твёрдость низкоуглеродистой стали после отжига. Поскольку твёрдость стали лежит в пределах от $140 < \text{НВ} < 450$, то испытания проводятся при нагрузке $P=29240 \text{ Н}$ (3000 кг) и диаметре шарика $D=10 \text{ мм}$. Образец кладётся на столик прессы 2. Затем вращением по часовой стрелке маховика 1 столик с образцом поднимается вверх до отказа и таким образом поджимается к индентору 3. Нажимом на кнопку 6 включается электродвигатель и груз 5 через систему рычагов вдавливают индентор в испытуемый образец. По окончании испытания, когда погаснет лампочка 4 и выключится электродвигатель, столик с образцом вращением штурвала опускается, снимается образец и измеряется диаметр полученного отпечатка с помощью лупы МПБ-2 (см. рис. 1.5).

Проведение испытания на приборе Роквелла. Согласно заданию необходимо измерить твёрдость отожжённой и закалённой стали, а также дуралюмина. Тип наконечника (индентора) и груз выбираются в зависимости от ожидаемой твёрдости испытуемого металла. Для закалённых сталей выбирается в качестве индентора алмазный конус, подвешивается груз массой 150 кг (шкала С). Для мягких отожжённых сталей индентором является шарик, груз 100 кг (шкала В), а для дуралюмина используется шкала F с шаровым наконечником и с грузом в 60 кг. Измерение твёрдости проводим в следующей последовательности:

1) испытуемый образец устанавливаем на подъёмный столик 2;

2) столик 1 с образцом поднимаем до соприкосновения с наконечником 3 вращением штурвала. Затем продолжая медленно вращать штурвал добиваемся, чтобы малая стрелка индикатора оказалась против красной точки, а большая при этом встала примерно вертикально. При таком положении стрелок пружина, расположенная над индентором сжимается и создаёт дополнительную нагрузку на образец $P_0=10$ кг;

3) вращением ободка 9 конец большой стрелки совмещаем с тридцатым делением красной шкалы, соответствующее отметки 130 условной шкалы глубин (положение стрелки на рис. 3.П4, а);

4) нажатием педали 8 включаем механизм нагружения прибора. При этом автоматически вначале прикладывается полная нагрузка (она соответствует положению стрелки I на рис. 3.П4, б), происходит выдержка под нагрузкой, а затем полная нагрузка снижается до предварительной нагрузки P_0 . Положение стрелки II при этой нагрузке соответствует числу твёрдости по Роквеллу 88 HRB.)



Рис. 3. П4. Индикатор прибора ТК-2: положение стрелок в зависимости от этапов испытания

После установления числа твёрдости по шкале прибора вращением маховика 1 в обратном направлении освобождают образец.

Схема маятничкового копра и методика испытания на ударную вязкость
(привести схему испытания и краткое описание методики)

Таблица с результатами измерений твёрдости

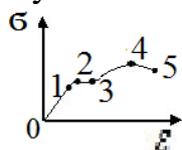
Материал	Метод измерения твёрдости	Твёрдость по Бринеллю, НВ	Временное сопротивление σ_B , МПа
Низкоуглеродистая сталь			
Среднеуглеродистая сталь			
Высокоуглеродистая сталь			
Закалённая сталь			
Дуралюминий			

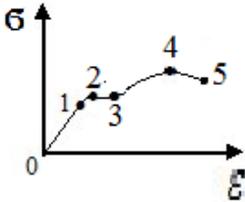
График зависимости твёрдости НВ и предела прочности σ_B в зависимости от содержания углерода (составить).

Выводы по работе

Контрольные тесты

Вопросы	Ответы
1	2
1.1. Какие размеры плоских образцов используются при определении пластичности металлов после испытания на растяжение?	<ol style="list-style-type: none"> 1) расчётная длина l_0; 2) начальная ширина b_0; 3) диаметр D_0; 4) начальная толщина a_0; 5) удлинение Δl.
1.2. К механическим свойствам материалов относятся	<ol style="list-style-type: none"> 1) плотность материала; 2) электросопротивление и электропроводность; 3) теплопроводность; 4) предел прочности и пластичность; 5) приложенная к образцу нагрузка и удлинение.
1.3. Сила деформирования образцов (осевая нагрузка) на современных разрывных машинах определяется	<ol style="list-style-type: none"> 1) подвешиванием гирь; 2) рычажным силоизмерителем; 3) стрелочным прибором; 4) тензометрическим устройством.
1.4. Физический предел текучести определяется как отношение	<ol style="list-style-type: none"> 1) максимальной нагрузки на сечение образца после деформации; 2) величины нагрузки, соответствующей площадки текучести на сечение образца после деформации; 3) величины нагрузки, соответствующей площадки текучести на сечение образца до деформации; 4) максимальной нагрузки на сечение образца до деформации.
1.5. Модуль упругости можно определить из закона Гука по формуле	<ol style="list-style-type: none"> 1) $\sigma = F/S$; 2) $k = ES/l_0$; 3) $E = \sigma/\delta$; 4) $E = \Delta l/l_0$; 5) $E = \Delta l/(Sl_0)$.
1.6. На графике растяжения материала укажите область текучести	<ol style="list-style-type: none"> 1) 0-1; 2) 1-2; 3) 2-3; 4) 3-4; 5) нет правильного ответа.

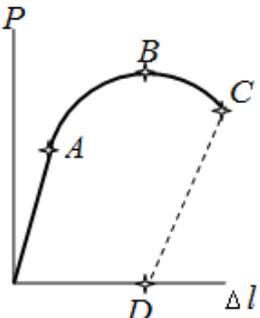


1	2
<p>1.7. Расшифруйте условия испытаний 180 НВ 5/250/10</p>	<p>1) обозначает значение твердости 250 единиц Бринелля при использовании шарика диаметром 10 мм при нагрузке 180 кг и временем выдержки под нагрузкой 5 с; 2) модель прибора для испытаний методом Бринелля; 3) твердость 180 единиц Бринелля при использовании шарика с $D=5$мм при $P=250$ кгс и временем выдержки под нагрузкой 10 с; 4) твердость 180 единиц Роквелла при основной нагрузке $P_1=250$ кгс и предварительной нагрузке $P_0=10$ кгс и временем выдержки под нагрузкой 5 с; 5) марка прибора для испытаний методом Роквелла.</p>
<p>1.8. На графике растяжения материала укажите область упругих деформаций</p> 	<p>1) 0-1; 2) 1-2; 3) 2-3; 4) 3-4; 5) нет правильного ответа.</p>
<p>1.9. Как обозначается условный предел текучести?</p>	<p>1) P_{\max}; 2) F_0 ; 3) $P_{0,2}$; 4) l_0; 5) P_T.</p>
<p>1.10. Какие из перечисленных показателей относят к пластичности материалов?</p>	<p>1) временное сопротивление; 2) относительное сужение; 3) истинное сопротивление разрыву; 4) предел пропорциональности; 5) условный предел текучести.</p>
<p>1.11. Диаграмма растяжения с физическим пределом текучести характера для</p>	<p>1) деформированного металла; 2) частого металла; 3) отожженного металла; 4) металла упрочненного термической обработкой; 5) наклепанного металла.</p>

1	2
<p>1.12. Что характеризует твердость? Укажите правильные ответы</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) способность материала оказывать сопротивление контактному воздействию и внедрению в его поверхность недеформирующегося наконечника (индентора); 2) свойство материала сопротивляться упругой и пластической деформации или разрушению при местных контактных воздействиях со стороны другого, более твердого тела (индентора); 3) качество материала и пригодность его для того или иного назначения; 4) сопротивление материала местной пластической деформации, возникающей при внедрении в него более твердого тела – индентора; 5) способность тела противостоять внедрению в поверхностные слои инородных тел.
<p>1.13. Что обозначает запись 235 НВ 5/750/30 ?</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) твердость 5 кгс/мм при нагрузке 235 кгс, диаметре шарика 750 мм и временем выдержки под нагрузкой 30 с; 2) твердость 750 кгс/мм при нагрузке 235 кгс, диаметре шарика 5 мм и временем выдержки под нагрузкой 30 с; 3) твердость 235 кгс/мм при нагрузке 750 кгс, диаметре шарика 30 мм и временем выдержки под нагрузкой 5 с; 4) твердость 235 кгс/мм при использовании шарика диаметром 5 мм, нагрузке 750 кг и временем выдержки под нагрузкой 30 с; 5) модель прибора для измерения твердости.
<p>1.14. Единицы измерения твердости по Роквеллу</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) кгс/мм²; 2) Н; 3) мм; 4) условные единицы; 5) кгс.
<p>1.15. Какие из перечисленных показателей относят к пластичности материалов?</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) временное сопротивление; 2) относительное сужение; 3) истинное сопротивление разрыву; 4) предел пропорциональности; 5) условный предел текучести.

1	2
1.16. Чему равен предел прочности стали (10^{-1} МПа) с твердостью 40 HRC?	1) 135; 2) 160; 3) 240; 4) 200; 5) 127.
1.17. Формула для определения относительного удлинения:	1) $\delta=(l_k-l_0)/l_0$ 100%; 2) $l_0=5,65d$; 3) $l=11,3 l_0$; 4) $\sigma_T=P_T/F_0$; 5) $\psi=(F_0-F_k)/F_0$?
1.18. Первичная диаграмма растяжения строится в координатах:	1) нагрузка – удлинение; 2) напряжение – деформация; 3) нагрузка– деформация; 4) напряжение – удлинение.
1.19. Число твердости по Роквеллу при использовании индентора в виде алмазного конуса обозначают символом:	1) HRA; 2) HRB; 3) HV; 4) HRC; 5) HRC э.
1.20. Метод Бринелля позволяет определить твердость материалов	1) от 8 до 450 кгс/мм ² ; 2) от 78,5 до 4413 МПа; 3) от 100 до 500 кгс/мм ² ; 4) от 5 до 1000 кгс/мм ² ; 5) до 450 HB.
1.21. Каково временное сопротивление стали при твердости 300 HB?	1) 415; 2) 84; 3) 108; 4) 72; 5) 102.
1.22. Способность материала сопротивляться действию внешних сил, не разрушаясь, называется	1) прочностью; 2) вязкостью; 3) пластичностью; 4) твердостью.
1.23. Временное сопротивление (предел прочности) определяется как отношение	1) максимальной нагрузки на сечение образца после деформации; 2) величины нагрузки, соответствующей площадки текучести на сечение образца после деформации; 3) величины нагрузки, соответствующей площадки текучести на сечение образца до деформации; 4) P_{max}/F_0 .

1	2
1.24. Что показывает индекс при обозначении условного предела текучести ?	1) величину заданного остаточного удлинения образца 0,2 %; 2) величину заданного остаточного удлинения образца 2,0 %; 3) величину погрешности при определении условного предела текучести; 4) величину заданного остаточного удлинения образца 20 %; 5) произвольно выбранное условное обозначение.
1.25. При испытании на твердость методом Виккерса в качестве индентора используют	1) алмазный конус с углом при вершине 120°; 2) правильную четырехгранную алмазную пирамиду с углом между противоположными гранями 136°; 3) стальной закаленный шарик диаметром 1,588 мм; 4) четырехгранную пирамиду из карбида вольфрама; 5) алмазный конус с углом при вершине 136°.
1.26. Какой стадии деформации соответствует площадка текучести на диаграмме растяжения?	1) стадии упругой деформации; 2) стадии пластической деформации с без изменения нагрузки; 3) стадии пластической деформации с интенсивным упрочнением в результате возрастания плотности дислокаций; 4) стадии интенсивной деформации без упрочнения; 5) стадии разрушения .
1.27. Каков предел прочности σ_B дуралюминия после закалки и старения с твердостью НВ 119 ?	1) $\sigma_B=290$ МПа; 2) $\sigma_B=440$ МПа; 3) значение σ_B дуралюминия по твердости определить невозможно; 4) $\sigma_B=210$ МПа; 5) $\sigma_B=180$ МПа.
1.28. Какие механические свойства материала выявляются при испытаниях на растяжение?	1) показатели прочности, пластичности, вязкости; 2) твердость, пластичность, предел выносливости; 3) характеристики σ_B , σ_T , δ , ψ ; 4) характеристики σ_B , σ_T , ψ , δ , a_H ; 5) характеристики НВ, σ_B , ψ , δ .

1	2
1.29. Первичная диаграмма растяжения строится в координатах:	1) нагрузка (P) – время (τ); 2) нагрузка (P) – относительное удлинение (δ); 3) абсолютное удлинение (Δl) – время (τ); 4) нагрузка (P) – абсолютное удлинение (Δl); 5) напряжение (σ)– удлинение (Δl).
1.30. Что означают символы HRC, HRB и HRA?	1) число твердости по Роквеллу при использовании алмазного конуса; 2) число твердости по Роквеллу при использовании шарового индентора; 3) шкалы для измерений твердости разных объектов; 4) для измерений при уменьшенной общей нагрузке на конус.
1.31. Условное обозначение твердости по Бринеллю:	1) HRA; 2) HRC; 3) HB; 4) HV.
1.32. Условное обозначение твердости по Роквеллу:	1) HB; 2) HRC; 3) HV; 4) HSD.
1.33. Единицы измерения твердости по Бринеллю:	1) МПа; 2) кг/мм ² ; 3) у.е. = 0,002 мм; 4) у.е. = 29,85.
1.34. Единицы измерения твердости по Роквеллу:	1) МПа; 2) кг/мм ² ; 3) у.е. = 0,002 мм; 4) у.е. = 29,85.
1.35. Какой точке на диаграмме растяжения соответствует начало появления шейки? 	1) A; 2) B; 3) C; 4) D.

1	2
1.36. Ударная вязкость характеризует	1) работу разрушения; 2) удельную работу разрушения; 3) удельную прочность; 4) удельную жесткость.
1.37. Определение ударной вязкости относится к	1) статическим методам испытания; 2) динамическим методам испытания; 3) циклическим методам испытания; 4) испытаниям на износостойкость.
1.38. Какое из перечисленных свойств в наибольшей степени характеризует сопротивление материалов хрупкому разрушению?	1) твёрдость; 2) предел прочности; 3) предел текучести; 4) ударная вязкость.

1.39. Что изображено на рисунке?



О т в е т ы :

- 1) излом стальной детали после глубокого травления;
- 2) скопления цементитных частиц в окружении мартенситных игл в закалённой высоколегированной стали;
- 3) древовидные кристаллы (дендриты) в литом сплаве;
- 4) ответы неправильны