

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Измерение твердости изделий аддитивных технологий

Методические указания по выполнению лабораторной работы
для студентов специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе
трёхмерных технологий»

Витебск
2020

УДК 621.9(07)

Составители:

Н. В. Путеев, Р. В. Окунев

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 10 от 30.12.2019.

Измерение твердости изделий аддитивных технологий : методические указания по выполнению лабораторной работы / сост. Н. В. Путеев, Р. В. Окунев. – Витебск : УО «ВГТУ», 2020. – 20 с.

В методических указаниях изложена методика выполнения лабораторной работы по дисциплине «Конструирование и расчет изделий».

УДК 621.9(07)

© УО «ВГТУ», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ	5
2 ЗАДАЧИ СТУДЕНТА	5
3 ОБЪЕКТЫ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ	5
4 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ	6
5 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ	10
6 РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ	11
7 ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА	13
8 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ	14
9 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	15
Приложение А	16
Приложение Б	17

ВВЕДЕНИЕ

Современные изделия производятся из различных материалов – черных и цветных металлов, их сплавов, пластиков, резин и всевозможных композитов.

Одним из важных параметров изделий, определяющих их качество, является твердость.

При этом применяемые технологии изготовления как классические так и на основе трехмерных технологий требуют проверки твердости в разных условиях: слоистая структура, вес изделия, доступность места замера, вид материала и т. д.

Этим обусловлено наличие нескольких шкал твердости и типов приборов.

Поэтому очень важно знание современных средств измерения твердости и грамотное их применение, а также умение обрабатывать результаты измерений.

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью лабораторной работы является получение знаний о шкалах измерения твердости, правильном выборе шкалы и прибора для конкретного материала и свойств изделия, закрепление навыков измерения на разных материалах, освоение расчета погрешностей измерений твердости, применения полученных значений параметра твердости.

Выполнение лабораторной работы является частью подготовки студентов специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трёхмерных технологий» к освоению возможностей современных средств измерения твердости, познание их преимуществ в сравнении с классическими методами замера, применению параметра твердости при расчете свойств и проектировании изделий. Также лабораторная работа готовит студента к изучению дисциплин по классической и трехмерной технологии производства изделий.

2 ЗАДАЧИ СТУДЕНТА

Задачами студента при выполнении лабораторной работы являются:

- изучение свойств современных материалов для аддитивных технологий производства изделий;
- определение понятия твердость и его применение при расчете, проектировании и производстве изделий;
- изучение существующих шкал твердости, применение и взаимный перевод;
- изучение современных приборов измерения твердости;
- освоение методик измерения твердости;
- развитие навыков в работе с приборами определения твердости;
- расчет погрешностей измерения;
- формирование выводов по работе;
- оформление отчета.

3 ОБЪЕКТЫ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Объектами лабораторной работы являются натурные образцы изделий:

- детали из незакаленной стали с плоскими и круглыми поверхностями;
- детали из объемнозакаленной стали с плоскими и круглыми поверхностями;

- детали из поверхностнозакаленной стали с плоскими и круглыми поверхностями;
- детали из стали с покрытием с плоскими и круглыми поверхностями;
- детали из меди и ее сплавов;
- детали алюминия и его сплавов;
- детали из резин;
- детали из пластика;
- детали из композитов;
- детали, изготовленные по технологии 3-D печати.

Таким образом, выполнение лабораторной работы по определению твердости перечисленных видов изделий охватывает различные материалы, формы и технологии, что позволяет студентам изучить и освоить замер твердости у значительной части изготавливаемых промышленностью изделий.

4 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ

Наиболее используемыми в современном производстве являются 4 шкалы твердости – Роквелла (HRC), Бринелля (HB), Виккерса (HV), Шора (HSD).

В работе будут использоваться только портативные твердомеры с возможностью выполнения измерений по всем шкалам и специализированные – МЕТ-Д1А, ТН 200, ТН 210.

Портативные твердомеры позволяют проводить экспресс-анализы твердости изделия непосредственно на месте эксплуатации или производства, а также в недоступных классическим твердомерам местах.

Твердомер динамический МЕТ-Д1А представляет собой портативный прибор, состоящий из электронного блока и датчика, соединенных между собой кабелем.

Внешний вид твердомера МЕТ-Д1А с динамическим датчиком представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Твердомер МЕТ-Д1А с динамическим датчиком

Твердомер динамический МЕТ-Д1А имеет сертификат об утверждении типа средств измерений № 2566, зарегистрирован в Государственном реестре СИ под № РБ 03 03 2046 03 и допущен к применению в Республике Беларусь.

Применяемая в работе модификация электронного блока для твердомера МЕТ-Д1А выполнена в алюминиевом, пылевлагонепроницаемом корпусе, класса защиты IP66. Твердомер комплектуется динамическим датчиком.

Твердомер МЕТ-Д1А измеряет по шкале «С» Роквелла от 20 до 67, по шкале Бринелля от 75 до 650, по шкале Виккерса от 75 до 999, по шкале Шора от 23 до 102 единиц. Также предусмотрены дополнительные шкалы Роквелла HRB, HRN, HRT, Лейба HL и возможность проводить контроль твердости металлов, которые существенно отличаются по свойствам от стали – алюминий, медь, их сплавы и т. д.

Твердомер производит обработку результатов измерений: вычисление среднего значения, удаление текущего измерения, сохранение данных, работа с архивом.

В твердомере имеется шкала предела прочности (R_m), которая позволяет в соответствии с ГОСТ 22791-77 определять предел прочности на растяжение изделий из углеродистых сталей перлитного класса путём автоматического пересчёта со шкалы твёрдости Бринелля (НВ). Твердомер может быть применен для оценки стабильности технологических процессов (обработка изделий, сварка и т. д.), диагностики оборудования с целью оценки его остаточного безопасного ресурса (контроль твёрдости трубопроводов, котлов и т. д.).

Твердомер МЕТ-Д1А определяет значения твердости методом отскока, размеры отпечатка не определяются оптически, как это принято в классических методах. Здесь измерение твердости основано на определении отношения скоростей бойка, находящегося внутри датчика, до и после удара. На конце бойка расположен твердосплавный шарик, непосредственно контактирующий с контролируемой поверхностью в момент удара. Внутри бойка находится постоянный магнит. Боёк, после нажатия спусковой кнопки при помощи предварительно взведенной пружины выбрасывается на измеряемую поверхность. При этом боёк перемещается внутри катушки индуктивности и своим магнитным полем наводит в ней ЭДС. Сигнал с выхода катушки индуктивности подается на вход электронного блока, где преобразуется в значение твёрдости выбранной шкалы и выводится на дисплей.

Конструкция динамического датчика приведена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Конструкция динамического датчика

Наибольшей корректностью обладают результаты измерений, произведенные при температуре окружающей среды 20 ± 5 °С; относительной влажности воздуха 30–80 %; атмосферном давлении 84–106 кПа; шероховатости на измеряемой поверхности не более Ra 3,2 мкм; радиусе кривизны не менее 10 мм.

Твердомер позволяет проводить измерение твёрдости поверхностного слоя металла, подвергнутого наплавлению, напылению, механической, термической и другим видам поверхностной обработки металла. Такой контроль твёрдости недоступен для стационарных твердомеров, которые под действием больших нагрузок «продавливают» поверхностный слой.

При использовании твердомера толщина измеряемого поверхностного слоя металла должна, по крайней мере, в десять раз превышать глубину проникновения внедряемого тела датчика (пирамиды или бойка).

В работе твердомер МЕТ-Д1А измеряет твердость изделий массой менее 3-х кг или толщиной менее 12 мм только при выполнении следующих условий: наличии чугунной или стальной опорной плиты массой не менее 3 кг; наличии смазки для притирки изделия к опорной плите; изделие должно быть плотно притёрто к поверхности опорной плиты.

При работе возможна проверка правильности работы твердомера по эталонным образцам, входящим в комплект.

Расположение динамического датчика при измерении показано на рисунке 3

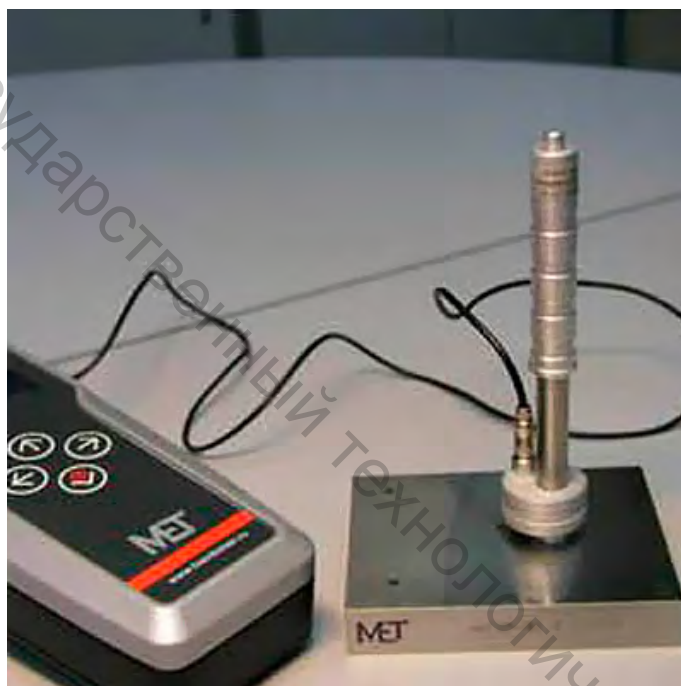


Рисунок 3 – Расположение динамического датчика при измерении

ТН200 – это современный ультрапортативный измеритель твердости по Шору со встроенным датчиком тип «А». Процесс определения твердости заключается в измерении глубины погружения индентора. При внедрении индентора в испытуемый образец на дисплее отображаются показатели, выраженные в единицах твердости по Шору А.

Шкала Шора А используется для мягких материалов таких, как пластмассы, эбонит, резина.

Портативный твердомер ТН200 измеряет твердость резины по Шору А в диапазоне от 0 до 100 HSA.

Внешний вид твердомера ТН-200 представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Внешний вид твердомера ТН-200

Твердомер ТН 210 – ультрапортативный измеритель твердости по Шору со встроенным датчиком по Шору D. Прибор для определения твердости по Шору фирмы TIME ТН210 – интегральный цифровой твердомер. В него входит измерительное устройство и система обработки данных.

Твердомер ТН210 обычно используется для измерения твердости твердого пластика и резины, например, твердой смолы, а так же для материалов, использующихся при изготовлении покрытий для пола, боулинга и т. д.

5 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Работа выполняется 4 академических часа.

Первые 2 часа:

- изучение образцов, перечисленных в п. 3;
- изучение шкал твердости;
- изучение приборов измерения твердости;
- определение применяемости;
- назначение каждому образцу материала прибора, шкалы и метода измерения.

Вторые 2 часа:

- получение индивидуального задания;
- проведение измерений с учетом особенностей образцов;
- обработка результатов измерений;
- формирование выводов;

- написание и предоставление отчета преподавателю.

Работы выполняются студентом по методикам, выбираемым студентом в паспорте твердомера и согласованным с преподавателем.

Порядок работы с твердомером МЕТ-Д1А показано в приложении В.

При проведении работы студентом должны применяться знания из курсов математики, физики, материаловедения, механики, сопротивления материалов, деталей машин.

6 РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ

Погрешностью измерения называется отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины. Т. к. истинное значение измеряемой величины неизвестно, то при количественной оценке погрешности пользуются действительным значением физической величины.

Погрешность результата измерения можно оценить с разной точностью на основании различной исходной информации. В соответствии с этим различают измерения с точной, приближенной и предварительной оценкой погрешностей. При измерениях с точной оценкой погрешности учитывают индивидуальные метрологические свойства и характеристики каждого из примененных средств измерений, анализируют метод измерений, контролируют условия измерений с целью учета их влияния на результат измерения. Если измерения ведут с приближенной оценкой погрешности, то учитывают лишь метрологические характеристики средства измерений и оценивают влияние на результат только отклонения условий измерения от нормальных. Измерения с предварительной оценкой погрешности выполняются по типовым методикам, регламентированным нормативными документами, в которых указаны методы и условия измерений, типы погрешностей и т. д., и на основе этих данных заранее оценена возможная погрешность результата.

По форме количественного выражения погрешности измерения разделяются на абсолютные, относительные и приведенные.

Абсолютной погрешностью, выражаемой в единицах измеряемой величины, называется отклонение результата измерения от истинного значения

$$\Delta = Y(x) - x \quad (1)$$

Абсолютная погрешность характеризует величину и знак полученной погрешности, но не определяет качество самого измерения.

Чтобы иметь возможность сравнивать качество измерений, используют относительную погрешность.

Относительной погрешностью называется отношение абсолютной погрешности результата измерения к истинному значению измеряемой величины

$$\delta = \frac{\Delta}{x}. \quad (2)$$

Мерой точности измерений служит показатель, обратный модулю относительной погрешности

$$k_T = \frac{1}{|\delta|}. \quad (3)$$

Приведенной погрешностью, выражающей потенциальную точность измерений, называется отношение абсолютной погрешности к некоторому нормирующему значению (например, конечное значение шкалы прибора, предел измерений)

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_N} 100\%. \quad (4)$$

По характеру проявления погрешности измерений подразделяются на три основных класса: систематические, случайные и грубые (промахи).

Систематические погрешности – составляющие погрешности измерений, остающиеся постоянными или закономерно изменяющиеся при многократных измерениях одной и той же величины в одних и тех же условиях.

Случайные погрешности – составляющие погрешности измерений, изменяющиеся случайным образом по значению и по знаку при повторных измерениях одной и той же физической величины в одних и тех же условиях. Практически случайные погрешности неизбежны, неустранимы и всегда имеют место в результате измерения. Однако их можно уменьшить путем многократного измерения физической величины и последующей статистической обработкой полученных результатов.

Грубые погрешности (промахи) – погрешности, существенно превышающие ожидаемые при данных условиях измерения. Грубые погрешности возникают из-за ошибок оператора или неучтенных внешних воздействий. В случае однократного измерения промах обнаружить нельзя. При многократных измерениях промахи выявляют в процессе обработки результатов и исключают из рассмотрения, пользуясь определенными правилами.

Таким образом, если не учитывать промахи, абсолютная погрешность измерения имеет систематическую и случайную составляющие:

$$\Delta = \Delta_{\text{сист}} + \Delta_{\text{сл}}. \quad (5)$$

По причинам возникновения погрешности измерения подразделяются на методические, инструментальные, внешние и субъективные (личные).

Методические погрешности возникают из-за несовершенства метода измерений, некорректности алгоритмов или формул, по которым производятся вычисления результатов измерений, отличия принятой модели объекта измерения от той, которая правильно описывает его свойство, определяемое путем измерения, а также из-за влияния выбранного средства измерений на измеряемые параметры сигналов.

Инструментальные (приборные) погрешности возникают из-за несовершенства средств измерений. Источниками инструментальных погрешностей могут быть, например, неточная градуировка прибора и смещение нуля, вариации показаний прибора в процессе эксплуатации.

Внешняя погрешность – составляющая погрешности измерения, связанная с отклонением одной или нескольких влияющих величин от нормальных значений или выходом за пределы нормальной области (влажность, температура, нестабильность источников питания).

Субъективные погрешности вызываются ошибками оператора при отсчете показаний средств измерения.

По характеру поведения измеряемой величины в процессе измерений различают статические и динамические погрешности.

Статические погрешности возникают при измерении установившегося значения измеряемой физической величины.

Динамические погрешности имеют место при динамических измерениях, когда измеряемая величина изменяется во времени и требуется установить закон ее изменения.

Причина появления динамических погрешностей состоит в несоответствии скоростных (временных) характеристик прибора и скорости изменения измеряемой величины.

По условиям эксплуатации средств измерений различают основную и дополнительную погрешности.

Основная погрешность средства измерений имеет место при нормальных условиях эксплуатации, оговоренных в регламентирующих документах.

Дополнительная погрешность возникает вследствие выхода какой-либо из влияющих величин за пределы нормальной области значений.

7 ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе оформляется студентом в ученической тетради или на листах формата А4.

Отчет должен содержать:

- титульный лист;
- индивидуальное задание на работу;
- обоснование выбора шкалы и прибора измерения твердости;
- описание процесса измерения твердости;
- расчет погрешностей;
- выводы;
- использованные источники.

8 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Назовите материалы и изделия, проверяемые на твердость по шкале Роквелла.
2. Назовите материалы и изделия, проверяемые на твердость по шкале Бринелля.
3. Назовите материалы и изделия, проверяемые на твердость по шкале Виккерса.
4. Назовите материалы и изделия, проверяемые на твердость по шкале Шора.
5. В чем особенность измерения твердости алюминия?
6. В чем особенность измерения твердости пластиков?
7. В чем особенность измерения твердости резин?
8. В чем особенность измерения твердости композитов?
9. В чем особенность измерения твердости изделия с упрочненным поверхностным слоем?
10. В чем преимущества портативных измерителей твердости?
11. Опишите принцип измерения по Роквеллу.
12. Опишите принцип измерения по Бринеллю.
13. Опишите принцип измерения по Виккерсу.
14. Опишите принцип измерения по Шору.
15. Опишите нормальное распределение.
16. Опишите виды погрешностей.
17. Опишите способы уменьшения погрешностей измерения.
18. Опишите ограничения при измерении твердости

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волегов, А. С. Метрология и измерительная техника: электронные средства измерений электрических величин : учебное пособие для вузов / А. С. Волегов, Д. С. Незнахин, Е. А. Степанова. – Москва : Издательство Юрайт, 2018. – 103 с.
2. Зубченко, А. С. Марочник сталей и сплавов / А. С. Зубченко. – Москва : Машиностроение, 2001. – 672 с.
3. ГОСТ 8.062-85. Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений твёрдости по шкалам Бринелля.
4. ГОСТ 8.064-94. Государственная поверочная схема для средств измерений твёрдости по шкалам Роквелла и Супер Роквелла.
5. ГОСТ 8.063-2007. Государственная поверочная схема для средств измерений твёрдости металлов и сплавов по шкалам Виккерса.
6. ГОСТ 8.516-2001. Государственная поверочная схема для средств измерений твёрдости металлов по шкале Шора D
7. ТУ 4271-03-18606393-2012. Твердомеры портативные динамические МЕТ-Д1, МЕТ-Д1А.

Приложение А

Образец оформления титульного листа отчета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

Кафедра «Технология и оборудование машиностроительного производства»

Отчет

по лабораторной работе

по дисциплине «Конструирование и расчет изделий»

«Измерение твердости изделий аддитивных технологий»

Студент _____

(подпись)

(Фамилия И.О.)

группа

Преподаватель _____

(подпись)





(Фамилия И.О.)

Витебск

20 ..

Приложение Б
Порядок измерения твердости твердомером МЕТ-Д1А

№	Иллюстрация	Выполняемые действия
1		<p>Включите электронный блок твердомера, нажав на нижнюю клавишу клавиатуры. На дисплее блока появиться надпись «Динамический датчик»</p>
2		<p>Взвести пружину, расположенную в корпусе динамического датчика, с помощью небольшого усилия обеих рук навстречу друг другу</p>
		

				<p>Установить датчик на поверхность измеряемого изделия, при этом двумя пальцами прижмите к поверхности опорную шайбу датчика</p>
3				
4				<p>Плавно нажмите на кнопку, расположенную на верхнем торце датчика. На дисплее появится число твердости</p>
				

5			На дисплее появится число твердости
---	---	--	-------------------------------------

Витебский государственный технологический университет

Учебное издание

Измерение твердости изделий аддитивных технологий

Методические указания по выполнению лабораторной работы

Составители:

Путеев Николай Владимирович

Окунев Роман Владимирович

Редактор *Т.А. Осипова*

Корректор *А.В. Пухальская*

Компьютерная верстка *О.С. Герасимова*

Подписано к печати 15.01.2020. Формат 60x90¹/₁₆. Усл. печ. листов 1,25.
Уч.-изд. листов 1,6. Тираж 2 экз. Заказ № 16.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.