



ЦИТ: ua317-069 DOI: 10.21893/2415-7538.2017-07-1-069

УДК 620.178.1.05

**ДОРАБОТКА ДАТЧИКА ТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЛИНЕЙНЫХ
РАЗМЕРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЁРДОСТИ МАТЕРИАЛОВ
MODIFICATION OF SENSOR ACCURATELY LINEAR MEASUREMENT
FOR MEASURING THE HARDNESS OF THE MATERIAL**

к.т.н., доц. Жуков Е.М. / c.t.s., as.prof. Zhukov J.M.

аспирант кафедры ТМ Тетерина И.А./ Graduate student ТМ Teterina I.A.

аспирант кафедры ТМ Любимый Н.С./ Graduate student ТМ Lubimyi N. S.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,

Россия, Белгород, ул. Костюкова 46, 308012

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,

Russia, Belgorod, Kostyukova 46, 308012

Аннотация. В статье рассматриваются методы определения механических испытаний на твёрдость материалов. Определён круг задач, решаемых механическим измерением твёрдости. Дано описание доработки датчика точных измерений линейных размеров для измерения твёрдости материалов. Сделаны выводы о влиянии использования предложенного устройства при изготовлении изделий на экономические показатели.

Ключевые слова: твёрдость; датчик точных измерений; индентор; измерение твёрдости; линейный шаговый электродвигатель, твёрдость по Роквеллу.

Вступление. На сегодняшний день, одной из актуальных проблем машиностроения является оперативный контроль твердости поверхностей деталей различных изделий, например, пресс-форм.

Под твёрдостью понимается свойство материала сопротивляться упругой и пластической деформации [2, стр.25] или разрушению при внедрении в него другого, более твёрдого и не получающего остаточной деформации [1, стр.18; 5, стр.11] тела – индентора.

Применение методов механических испытаний на твёрдость в настоящее время получило чрезвычайно широкое распространение. Они позволяют [2, стр.10; 4, стр.214]:

- 1) легко и быстро испытывать ограниченно малые объемы металла;
- 2) проводить механические испытания тогда, когда практически никакие другие способы по тем или иным причинам использовать нельзя;
- 3) испытывать материалы практически без повреждаемости (другие методы механических испытаний сопровождаются безвозвратным повреждением испытуемого образца материала);
- 4) использовать образцы с предварительной обработкой только малого участка поверхности материала;
- 5) определять твёрдость в микросечениях и микрообъёмах, например в структурных составляющих, отдельных фазах или слоях материала;
- 6) использовать компактные приборы, измерять твёрдость непосредственно на работающем оборудовании, с применением автоматизации и интеграции с цифровой вычислительной техникой;



7) легко устанавливать эмпирическую или аналитическую связь получаемых результатов с данными других испытаний.

Основной текст. Способы определения твёрдости в зависимости от временного характера приложения нагрузки и измерения сопротивления вдавливанию индентора подразделяют на статические, динамические и кинетические [2, стр.41]. Наиболее распространёнными являются статические методы, при которых нагрузку к индентору прикладывают плавно и постепенно, а время выдержки под нагрузкой регламентируется стандартами на соответствующие методы.

При динамических методах определения твёрдости испытательный индентор воздействует на образец с определённой кинетической энергией, затрачиваемой на упругую отдачу и/или формирование отпечатка, а также на различные потери (вибрация, тепловыделение, трение и т.п.). Твёрдость при этом определяется, по существу, на основе оценки расходования кинетической энергии индентора. Динамическую твёрдость часто называют также твёрдостью материала при ударе. Твёрдость при ударе характеризует сопротивление внедрению не только на поверхности образца, но и в некотором объёме материала. К динамическим методам можно также условно отнести метод царапания.

Кинетические методы определения твёрдости основываются на непрерывной регистрации процесса вдавливания индентора с записью диаграммы «нагрузка на индентор – глубина внедрения индентора». Перспективность такого подхода заключается в регистрации всей кинетики процесса упругопластического деформирования материала при вдавливании индентора, а не только конечного результата испытаний, как при других методах.

По принципу приложения нагрузки способы определения твёрдости можно подразделить на способы вдавливания, отскока, царапания и резания [2, стр.43].

Способы вдавливания являются наиболее распространёнными. Твёрдость в этом случае определяется как сопротивление, которое оказывает испытуемое тело внедрению более твёрдого индентора и отражает преимущественно сопротивление материала пластической деформации [1, стр.19; 5, стр.13]. Способы отскока основаны на измерении твёрдости по высоте отскока бойка, падающего на испытуемую поверхность. твёрдость при этом отражает преимущественно сопротивление упругой деформации. Измерение твёрдости способом отскока широко применяют для контроля больших изделий и конструкций с использованием переносных приборов ввиду оперативности, удобства и лёгкости автоматизации и компьютеризации.

При способах царапания и резания твёрдость определяется соответственно, как сопротивление материала царапанию или резанию.

Работы, выполненные авторами на кафедре технологии машиностроения БГТУ им. В. Г. Шухова, позволили доработать конструкцию датчика точных измерений линейных размеров схема которого представлена на рис. 1. Подробное устройство и работа датчика описаны в [3, стр.1].

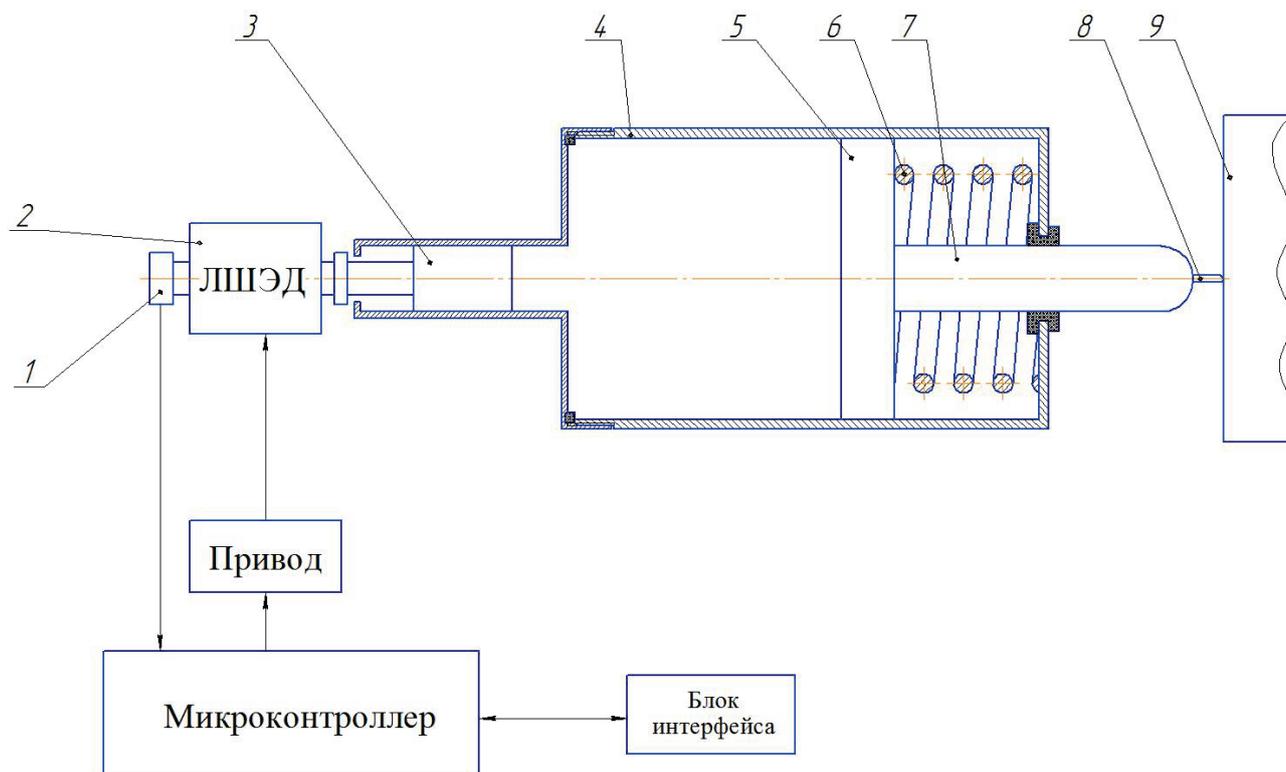


Рис. 1. Схема датчика точных измерений линейных размеров.

1 – энкодер; 2 – линейный шаговый электродвигатель; 3 – дополнительный поршень; 4 – комбинированный гидроцилиндр; 5 – основной поршень; 6 – пружина; 7 – выдвижной шток; 8 – контактный наконечник; 9 – измеряемая поверхность.

Авторы предлагают доработать устройство, представленное на рис. 1 для адаптации его под измерение твёрдости металлов и сплавов по методу Роквелла [2, стр.26]. Для этого предлагается использовать в качестве контактного наконечника индентор (алмазный или твердосплавный конус с углом при вершине 120° и радиусом скругления вершины 0,2 мм; стальной или твердосплавный шарик с диаметром 1/16 дюйма; стальной или твердосплавный шарик с диаметром 1/8 дюйма). Выбор вида индентора зависит от шкалы по которой производится измерение.

Предлагаемая авторами доработка устройства для измерения твёрдости на основе датчика точных измерений линейных размеров работает следующим образом. Через блок интерфейса подаётся команда на измерение, микроконтроллер подаёт сигнал на привод [7, стр.13], который приводит в действие линейный шаговый электродвигатель (ЛШЭД). Шток ЛШЭД соединён с дополнительным поршнем комбинированного гидроцилиндра. Через пару поршней комбинированного гидроцилиндра перемещение штока ЛШЭД передаётся на выдвижной шток устройства с установленным на него индентором. Величина перемещения индентора фиксируется микроконтроллером и передаётся на ЭВМ как описано в [3, стр.3]. При контакте индентора с поверхностью измеряемого материала будет изменяться величина тока, что позволит отследить моменты контакта индентора с измеряемой поверхностью и момент снятия нагрузки. Изменение величины



тока на ЛШЭД также, как и перемещение индентора будет регистрироваться во времени при помощи микроконтроллера, а данные передаваться на ЭВМ [6, стр.17]. В то же время устройство имеет возможность регулирования величины нагрузки на индентор посредством регулирования напряжения подаваемого на ЛШЭД при помощи микроконтроллера. Нужно отметить что величина нагрузки зависит не только от напряжения, подаваемого на ЛШЭД, но и от разности диаметров поршней комбинированного гидроцилиндра, это необходимо учитывать при расчёте напряжения подаваемого на ЛШЭД. Итак, устройство имеет возможность регулирования нагрузки на индентор и регистрации перемещения индентора после снятия основной нагрузки и до её приложения.

Чем твёрже материал, тем меньше будет глубина проникновения индентора в него. Чтобы при большей твёрдости материала не получалось большее число твёрдости по Роквеллу, вводят условную шкалу глубин, принимая за одно её деление глубину, равную 0,002 мм, датчик точных измерений линейных размеров [3, стр.3] на основе которого авторы предлагают схему твердомера позволяет производить измерения и регистрацию таких величин. При испытании алмазным конусом предельная глубина внедрения составляет 0,2 мм, или $0,2/0,002 = 100$ делений, при испытании шариком — 0,26 мм, или $0,26/0,002 = 130$ делений. Таким образом, формулы для вычисления значения твёрдости по Роквеллу (1),(2) будут выглядеть следующим образом:

При измерении по шкале А (HRA) и С (HRC):

$$HR = 100 - \frac{H-h}{0.002} \quad (1)$$

При измерении по шкале В (HRB):

$$HR = 130 - \frac{H-h}{0.02} \quad (2)$$

Разность $H-h$ представляет разность глубин погружения индентора (в миллиметрах) после снятия основной нагрузки H и до её приложения h (при предварительном нагружении). Доработка предлагаемого авторами в статье устройства для измерения твёрдости на остова датчика точных измерений линейных [6, стр.17] размеров позволяет снять необходимые для расчёта параметры и рассчитать твёрдость по Роквеллу для различных шкал.

Заключение и выводы. Применением предложенного авторами устройства для измерения твёрдости можно добиться значительного увеличения точности и скорости измерения, адаптировать устройство для автоматического измерения твёрдости на МРС с ЧПУ, что в конечном итоге приведёт к улучшению экономических показателей изготовления изделий за счёт экономии операционного времени.

Литература:

1. Дуганов, В.Я., Федосеенко Н.И. Влияние технологических параметров и механических свойств материала на остаточную пластическую деформацию // Технология машиностроения. 2013.№4. С. 18-20.

2. Колмаков А.Г., Тереньтьев В.Ф., Бакиров М.Б. Методы измерения твёрдости: справ. 2-е изд. перераб. и доп.- М.: Интермет Инжиниринг, 2005. С.150.



3. Патент РФ №2015113237/28, 10.10.2015 Першин Н.С., Чепчуров М.С., Четвериков Б.С. Датчик для точных измерений линейных размеров// Патент России № 155384.2015. Бюл. №28.

4. Тимирязев В.А., Вороненко В.П., Схиртладзе А.Г. Основы технологии машиностроительного производства: учеб. для вузов. - СПб.: Лань, 2012. С.442.

5. Чепчуров М.С. Контроль и регистрация основных параметров резания при обработке крупногабаритных деталей // Технология машиностроения. - 2008. №3. С. 11-12.

6. Чепчуров М.С., Воронкова М.Н. Модернизация координатно-расточного станка с использованием датчиков линейных перемещений// Ремонт, восстановление, модернизация. 2011. №6. С. 17-19.

7. Чепчуров М.С. Модернизация управления приводом фрезерного станка с ЧПУ при использовании ПК // Ремонт, восстановление, модернизация. 2008. №7. С. 13-15.

Abstract

This article discusses methods for determining the mechanical tests on the hardness of materials. We outline a range of problems solved by mechanical measurements of hardness. The description of the refinement of the sensor accurate measurement of linear dimensions to measure the hardness of materials. The conclusions about the impact of the proposed use of the device at manufacture of articles on economic indicators.

Key words: hardness, accurate measurement sensor, indenter, measurement of hardness, linear stepper motor, Rockwell hardness.

1. Duganov, V.Ya., Fedoseenko N.I. (2015) Vliyanie technologicheskikh parametrov i mechanicheskikh svoystv materiala na ostatochnuyu plasticheskuyu deformatsiyu [Influence of technological parameters and mechanical properties of material on residual plastic deformation] in *Tekhnologiya mashinostroeniya* [Manufacturing engineering], №4, pp. 18-20.

2. Kolmakov A.G., Terentyev V.F., Bakirov M.B.(2005) Metody izmereniya tverdosti [Methods of measuring hardness], pp. 150.

3. Patent RF №2015113237/28, 10.10.2015 Pershin N.S., Chepchurov M.S., Chetverikov B.S. Datchik dlya tochnykh izmereniy lineynykh razmerov [Sensor for accurate measurement of linear dimensions], newsletter № 28.

4. Timiryazev V.A., Voronenko V.P., Skhirtladze A.G.(2012) Osnovy tekhnologii mashinostroitelnogo proizvodstva [Basic technology of machine-building production], pp.442.

5. Chepchurov M.S.(2008) Kontrol i registraciya osnovnih parametrov rezaniya pri obrabotke krupnogabaritnih detalei [Monitoring and recording of main cutting parameters when machining large parts] in in *Tekhnologiya mashinostroeniya* [Manufacturing engineering], №3, pp 11-12.

6. Chepchurov M.S. Voronkova M.N.(2011) Modernizaciya koordinatno-rastochного станка s ispolzovaniem datchikov lineinih peremeschenii [Modernisation of coordinate measuring machine using linear displacement transducers] in *Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya* [Repair,restoration, modernization], №6, pp. 17-19.

7. Chepchurov M.S. (2008) Modernizaciya upravleniya privodom frezernого станка s chpu pri ispolzovanii PK [Modernization of the actuator control milling CNC machine when using a PC] in in *Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya* [Repair,restoration, modernization], №7, pp. 13-15

Научный руководитель: д.т.н., проф. Чепчуров М.С.

Статья подготовлена в рамках Программы стратегического развития университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова с использованием оборудования на



базе Центра Высоких Технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Статья отправлена: 10.11.2017 г.

© Жуков Е.М., Тетерина И.А., Любимый Н.С.

ЦИТ: ua317-017 DOI: 10.21893/2415-7538.2017-07-1-017

УДК 681.784:612.84

РАЗРАБОТКА СТРОБОСКОПА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИНЕРЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЗРЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

DEVELOPMENT OF A STROBOSCOPE FOR STUDYING THE INERTIAL PROPERTIES OF THE VISION OF THE HUMAN

к.т.н., доц. Прытков С.В. / c.t.s., as.prof Prytkov S. V.

бакалавр Лапшов М.О. / bachelor Lapshov M.O.

МГУ им. Н. П. Огарева, Саранск, ул. Большевистская, д. 68, 430005

National Research Mordovia State University, Saransk, Bolshevistskaya Str. 68, 430005

Аннотация. В работе рассматривается лабораторный стенд, предназначенный для изучения инерционных свойств зрения человека. Стенд можно использовать для определения критической частоты слияния мельканий в случае П — образных световых стимулов и демонстрации эффективной яркости. В статье описывается принцип действия стробоскопа, приводится его структурная схема и листинг программы управления.

Ключевые слова: инерция зрения, критическая частота слияния мельканий, закон Табольта, эффективная яркость, стробоскоп, RGB светодиоды, Raspberry Pi 3, язык программирования Python.

Инерция – важное свойство человеческого зрения. Благодаря ей мы можем смотреть кино и мультфильмы, играть в компьютерные игры, изменять яркость светодиодных светильников. Но помимо сугубо полезных её проявлений есть и опасные, такие как стробоскопический эффект на производстве, когда вращающаяся деталь кажется неподвижной. Инерционные свойства зрения безусловно широко освещены в научной, научно-популярной и учебной литературе. Однако, как показывает опыт, студенты чаще всего руководствуются правилом «лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать или прочитать». Цель данной статьи – описать стробоскоп, разработанный сотрудниками и студентами института электроники и светотехники ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарева» для образовательных целей.

Как известно, эффективная яркость – физическая величина, связанная с ощущением яркости объекта S (рис. 1). При длительном действии яркости L , эффективная яркость L_e будет на прямую зависеть от L , и можно считать, что в данном случае обе величины будут равны $L_e = L$. Но эффективная яркость L_e перестает быть равной яркости L , как только L становится величиной, переменной во времени. Здесь уже нарушается однозначная зависимость между действующей в данный момент яркостью и ощущением яркости. Эффективная яркость начинает выполнять функцию количественной характеристики зрительного ощущения [1].

Критической частотой слияния мельканий называют частоту, при которой