

Сясько В.А., Никазов А.А., Уманский А.С.

Сясько В.А. д.т.н., профессор, место работы: ООО «Константа», генеральный директор, E-mail:

office@constantaru.ru. Никазов А.А. аспирант каф. приборостроения Санкт – Петербургского

Горного университета, E-mail: nikazov91@gmail.com. Уманский А.С. аспирант каф.

приборостроения Санкт – Петербургского Горного университета, E-mail:

refreshermd@gmail.com

*Состояние и перспективы развития динамических методов измерения
твердости металлов при продлении срока эксплуатации
высокотехнологического оборудования*

В статье освещены существующие проблемы измерения твердости динамическими методами в РФ. Рассмотрены физические основы методов и состояние их метрологического обеспечения, на основании чего предложены необходимые мероприятия, которые обеспечат требуемую достоверность результатов измерения твердости металла и повысит безопасности эксплуатации сложного оборудования высокотехнологичных производств.

Ключевые слова: Неразрушающий контроль, твердость, динамический метод Либа, безопасность

Syasko V.A., Nikazov A.A., Umanskiy A.S.

*Condition and development prospects of dynamic hardness measuring
methods of metals during extension of the high-tech equipment life*

The article discusses the existing problems of dynamic hardness measurements in Russian Federation. The physical fundamentals of measuring methods and their metrological assurance are considered. Necessary steps are proposed to assure required true quantity value of hardness measurements and the operational safety of complex equipment in high-tech industries will be increased.

Keywords: Non-destructive testing, hardness, dynamic hardness measurements by Leeb, security

Обеспечение надежной работы трубопроводов, насосов, турбин и другого оборудования напрямую зависит от состояния металла. Как известно, в ходе эксплуатации при длительном тепловом воздействии агрессивных жидкостей, протекании токов и воздействии внешней среды происходят изменения микроструктуры металла, что ведет к снижению механических свойств стали. Для обеспечения безаварийной работы оборудования, для которого принимаются решения о продлении срока службы (ресурса) в

соответствии с РД 03-484-02 [1], необходим регулярный контроль элементов неразрушающими методами.

Одной из важнейших механических характеристик, определяющих состояние металла, является его твердость. Измерения твердости широко распространены в промышленности при контроле эксплуатационных характеристик изделий в процессе производства и эксплуатации при наличии соответствующих методик. Контроль твердости сталей, как правило, осуществляется по методам Бринелля, Виккерса или Роквелла. Установки, обеспечивающие измерение значений твердости по этим шкалам представляют стационарные установки. При контроле твердости элементов оборудования, находящихся в эксплуатации, необходима вырезка специальных образцов, которая приводит к увеличению количества сварных соединений и нарушению целостности структуры оборудования.

Ввиду этого в текущей практике контроля твердости сталей все чаще применяются малогабаритные переносные твердомеры, реализующие динамический метод измерения. Они обладают малыми габаритами и возможностью использования вне центральных заводских лабораторий непосредственно на поверхности металлических изделий объектов энергетики и т.п.

В существующих отечественных твердомерах, реализующих динамический метод измерения, твердость определяют по параметрам отскока падающего ударника. Принцип их работы близок к методу измерения твердости НЛ по Либу, который был разработан в 70-х годах прошлого века сотрудниками компании Proceq [2]. Суть метода заключается в измерении соотношения скоростей v_i падающего ударника до и после соударения с поверхностью исследуемого образца (рис. 1). Твердость по Либу НЛ рассчитывается в соответствии с формулой:

$$HL = (v_R/v_A) \cdot 1000,$$

где v_R – скорость отскока, v_A – скорость удара.

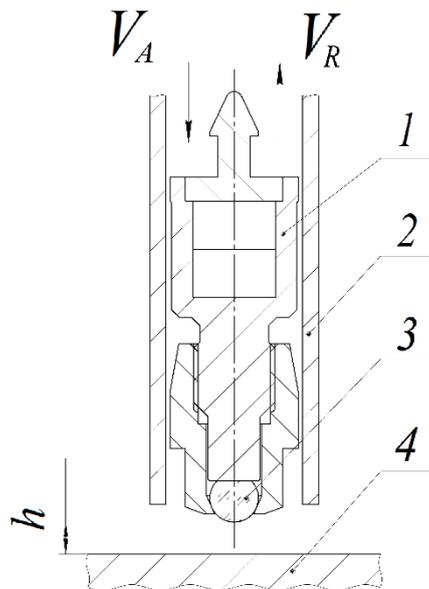


Рис. 1. Схема измерения твердости по Либу: 1 – корпус ударника, 2 – направляющая трубка, 3 – сферический наконечник индентора, 4 – испытуемый образец

На сегодняшний день существует несколько различных шкал твердости по Либу для преобразователей, отличающиеся формой наконечника (радиусом R) и массой ударника M , а также его кинетической энергией E_A при падении. Метод стандартизован в США и Европе: DIN 50156 (1-3), ASTM A956, ISO/DIS 16859 (1-3) [3-5]. Приборы, основанные на этом методе, позиционируются как портативные твердомеры для практически всего спектра конструкционных металлов и сплавов: от алюминия до закаленных сталей.

В перечисленных стандартах строго определены технические параметры твердомеров, реализующих метода Либса:

- обозначение шкал: HLx (В зависимости от параметров ударника $x = D, S, E, DL, D+15, C, G$);

- нормируемые параметры (в качестве примера, для шкал D, E):

а) кинетическая энергия удара $E_A = 11,5$ мДж;

б) скорость удара $v_A = 2,05$ м/с;

в) максимальное расстояние наконечника индентора от поверхности образца при измерении скорости 2,00 мм;

г) масса ударника $M = 5,45$ г;

д) радиус наконечника $R=1,5$ мм;

е) параметры образца: масса не менее 5 кг, толщина не менее 25 мм (незакрепленный) и 3 мм (закрепленный).

В Российской Федерации динамические твердомеры вносятся в Госреестр СИ под видом твердомеров по стандартизованным шкалам. При этом происходит подмена понятий, т.к. поверка проводится по мерам твердости соответствующих шкал для статических твердомеров. По сути, имеет место градуировка шкалы прибора путем подгонки нужных коэффициентов пересчета таким образом, чтобы его показания соответствовали значениям измеряемых мер. В то же время, если таким прибором провести измерения мер той же шкалы, но из другого материала, то он выдаст неверные значения. В результате, прибор дает правильные результаты измерений только на материалах, аналогичных тем, из которых изготовлены меры, на которых он был поверен. При этом в описаниях типа, свидетельствах о поверке и руководствах по эксплуатации таких приборов не удалось найти ограничений их применимости для разных типов материалов. Таким образом, пользователи приборов вводятся в заблуждение относительно возможностей их использования и метрологических характеристик. Данный факт представляется весьма опасным, учитывая количество продаваемых в РФ приборов такого типа и отрасли, в которых они используются.

В качестве примеров использования сертифицированных динамических твердомеров, как средств измерений по другим шкалам твердости, можно привести отраслевые нормативные документы:

1. Инструкция Росэнергоатома: РД ЭО 0027-2005 [6]. В приведенном документе в п. 5.3.1 прямо сказано: «Приборы, основанные на методе Лееба, используют для определения твердости по шкале Бринелля, Виккерса или Роквелла».

2. Руководящий документ ОАО РЖД РД 32 ЦВ 050-2005 [7]. В этом документе в п. 4.1.6.3 дана ссылка на применение динамического твердомера МЕТ-Д1 [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] для измерения твердости по Виккерсу: «Контроль твердости наплавки износостойких поверхностей. Контроль твердости наплавки износостойких поверхностей 240 ...300НВ проводить твердомером портативным динамическим типа МЕТ-Д1, зарегистрирован в Госреестре средств измерений № 22736-02».

3. Инструкция Федеральной службы по экологическому и атомному надзору СО 153-34.17.440-2003 [8] в приложении Р п. 1.5 сказано: «При

использовании переносных приборов с относительно неглубоким внедрением шарика (менее 0,2 мм), например, типа ТЭМП-1, рекомендуется следующее число измерений».

4. Методические указания по проведению экспертизы промышленной безопасности ОАО «Сургутнефтегаз» МУ 21У-003-2004 [9] в пункте 5.13 Твердомерия сказано «Механические характеристики могут быть определены косвенными методами после измерения твердости с помощью ударных переносных твердомеров ВПИ-3МБ (ТБД-1) для определения твердости стальных изделий в единицах Бринелля НВ. Для определения твердости стальных изделий по Виккерсу НРС используются приборы... ТДМ-1, ТЕМП-2 и др., отвечающие требованиям ГОСТ 22761 и ГОСТ 22762».

В Госреестр средств измерений на сегодняшний день внесено более 2-х десятков твердомеров, обозначенных как «динамические», «портативные», «малогабаритные» или «переносные». Несмотря на довольно большую историю разработки и применения динамических твердомеров, в России до сих пор не существует единства в терминологии, а также отсутствует унификация их конструкции и рабочих характеристик.

В соответствии с [4] числа твердости НЛ являются первичными при измерениях методом Либа. Также твердомеры по Либу имеют возможность пересчета в наиболее часто используемые шкалы твердости по стандартизованным в Европе и США таблицам соответствия для наиболее распространенных групп материалов, в частности для различных типов сталей, медных сплавов, бронз, алюминиевых сплавов и т.д.

Требования и ограничения к использованию таблиц пересчета регламентированы международным стандартом ISO 18265 [10].

Негативные последствия сложившейся в РФ практики поверки твердомеров Либа по мерам других шкал твердости проявляются также в том, что отечественные «динамические» твердомеры, успешно прошедшие поверку в РФ, не могут применяться за рубежом, в частности в Европе. Причиной этого является отличие параметров преобразователей и градуировка приборов по статическим мерам твердости.

Из всего вышперечисленного следует, что твердомер, который по своей конструкции, методу измерений, форме индентора, алгоритму расчета значений твердости и другим существенным параметрам не соответствует стандарту на данную шкалу твердости, не может быть поверен по этой шкале в рамках существующих поверочных схем. Приборы, реализующие

динамические методы измерения твердости (в частности, метод Либа) ни по одному из существенных для методов измерения твердости параметров не соответствуют действующим стандартам на методы измерения твердости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу и Шору, и, вследствие этого, не могут быть внесены в Госреестр средств измерений и поверяться как твердомеры по этим шкалам.

Таким образом сложившаяся в РФ практика использования динамических твердомеров для контроля состояния изделий из сталей и сплавов при продлении срока эксплуатации высокотехнологичного оборудования может стать причиной выхода его из строя и возникновения аварийных ситуаций. Во избежание этого необходима разработка нового стандарта на основе [3-5]. В этом случае измерение твердости по шкале Либа будет строго регламентировано, а конструкция и рабочие параметры «портативных динамических твердомеров» различных производителей будут унифицированы. Кроме того, следует внести соответствующие требования в нормативные документы, регламентирующие контроль состояния изделий из металлов и сплавов. Предлагаемые мероприятия позволят значительно повысить уровень промышленной безопасности и вероятность безаварийной работы оборудования.

Список литературы:

1. РД 03-484-02 «Положение о порядке продления срока безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений на опасных производственных объектах», утвержденное постановлением Госгортехнадзора России 05.08.2002г. №43
2. Leeb D. New dynamic method for hardness testing of metallic materials, VDI-Report № 308, pp.123-128, 1978
3. ISO/DIS 16859-1 "Metallic materials - Leeb hardness test - Part 1: Test method"
4. ISO/DIS 16859-2 "Metallic materials - Leeb hardness test - Part 2: Verification and calibration of the testing devices"
5. ISO/DIS 16859-3 "Metallic materials - Leeb hardness test - Part 3: Calibration of reference test blocks"
6. РД ЭО 0027-2005 Инструкция по определению механических свойств металла оборудования атомных станций безобразцовыми методами по характеристикам твердости
7. РД 32 ЦВ 050-2005 Методика выполнения измерений надрессорной балки, боковых рам, пружин и рессорного комплекта при проведении плановых видов ремонта тележек 18-100
8. СО 153-34.17.440-2003 Инструкция по продлению срока эксплуатации паровых турбин сверх паркового ресурса
9. МУ 21У-003-2004 Методические указания по проведению экспертизы промышленной безопасности насосов центробежных типа ЦНС с истекшим сроком службы и определению возможности их дальнейшей эксплуатации
10. ISO 18265, Metallic materials — Conversion of hardness values.