

Д.А. ГОРБУНОВ, П.И. МАРКОВ, Е. М. ПАТУК
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Автоматизация контрольно-измерительных операций представляет многоступенчатый информационно-преобразовательный процесс, максимально адаптированный к условиям и технологиям производства.

Более высокий уровень технологического совершенствования представляет автоматизированный контроль в едином пространственно-временном распределении свойств и операций. В технологическом контроле литейного производства и металлургии физико-технические испытания и получение информации о механических характеристиках металлов и сплавов представляют большой объем ответственной работы. Испытания на твердость проводятся чаще других при определении механических характеристик металлов: относительное удлинение, прочность, микрорельеф и профиль поверхности и т.д.

Способы твердометрии преимущественно различаются по реакции поверхности на механическое воздействие. Если в динамических способах твердость поверхности оценивается по скорости отскока твердого тела, то в статических – по размерам получаемого при воздействии твердого тела отпечатка на ней.

В статических испытаниях поверхности на твердость измерительная информация формируется в процессе упруго-пластического воздействия индентора с определенным сечением и усилием в некоторых пространственно-временных координатах. По «отпечатку» такого воздействия оценивается твердость материала.

Широкое применение способов статической твердометрии объясняется присущими им преимуществами средств и технологий.

К существенным ограничениям статической твердометрии относятся:

- информационно-технологический разрыв в формировании источника первичной информации и ее считывании;

- субъективность в оценке параметров отпечатка и при табличном пересчете результатов;

- косвенная и субъективная оценка отпечатка по сечению лунки.

В испытаниях по методу Бринелля твердость НВ зависит от диаметра шарика, значения нагрузки и времени τ ее действия. Численно твердость ЧТ вычисляют по формуле

$$ЧТ = C \cdot 2F / \pi \cdot D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right),$$

где $C = 0,102$, коэффициент при выражении F в Ньютонах; D и d – в миллиметрах.

По существующим технологиям величины F , D и τ нормированы и их градации устанавливаются в зависимости от числа твердости (интервала) и толщины образца, которая должна быть в 10 раз больше глубины h отпечатка. Глубина h вдавливания определяется выражением:

$$h = R - \sqrt{R^2 - \frac{d^2}{4}} = 0,5(D - \sqrt{D^2 - d^2}).$$

Для повышения точности отсчета диаметр отпечатка измеряется в двух взаимоперпендикулярных направлениях с помощью микроскопа или других измерительных средств с требуемой погрешностью не хуже 0,25 % от диаметра шарика.

В такой многофакторной зависимости относительная погрешность зависит в большей мере от субъективного отсчета диаметра отпечатка, где значительное влияние оказывает некруглость формы и нечеткость (размытость) кромок при измерении микроскопом. Более общим видом отклонений формы являются овальность или огранка, когда профиль отпечатка представляет собой многогранную фигуру. Статистически более вероятным отклонением от круглой является овальное, когда профиль представляет собой фигуру, у которой наибольший d_s и наименьший d_m диаметры взаимно перпендикулярны, а отклонение от круглости

$$\Delta = 0,5 (d_s - d_m).$$

При вдавливании стального шарика в поверхность образца сказывается явление упругого последствия, когда большая часть деформации проявляется одновременно с приложением деформирующего воздействия и сразу исчезает после его прекращения. Оставшееся упругое последствие со временем исчезает медленнее, что накладывает некоторые ограничительные условия, чтобы одновременно с упругим воздействием остаточная деформация была весьма ограничена. При этом последовательное вдавливание шарика и промежуточная деформация не должны переходить пределы упругости, т.е. не превышать наименьшего напряжения металла, обуславливающего остаточную деформацию.

Величина остаточного напряжения P металла, соответствующая упругому последствию, после прекращения вдавливания убывает со временем t и определяется выражением:

$$P = P_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}},$$

где P_0 – максимальное напряжение; τ – время релаксации.

При продолжительном воздействии индентора, равном времени релаксации, упругое последствие весьма значительно, но снижается при очень медленном и очень быстром нажатии.

В этом проявляется принципиальный информационно-физический недостаток метода и технологий раздельного процесса измерения твердости, когда операции формирования первичного сообщения и обработки результатов выполняются в различных пространственно-временных координатах.

Автоматизированная твердометрия позволяет проводить испытания в едином информационно-преобразовательном цикле. Экспериментальные исследования в лабораторных условиях с помощью твердомера ТШ-2М определили две группы недостатков такой технологии.

В группе функционально-технологических недостатков более значимы операции: подготовка образцов, взаимоориентированное расположение образца на сменном столе и шпинделе, системное электромеханическое управление с таймером.

Информационно-метрологические недостатки обусловлены технологиями формирования первичной информации, операционным разрывом информационного процесса, субъективными факторами табличного ввода и расчета с ручным документированием.

Более «совершенствуемыми» на основе современной оптоэлектроники и информационно-преобразовательной техники являются информационно-преобразовательные операции. Автоматизированные испытания позволяют роботизировать сам процесс измерений твердости по более достоверному информативному параметру и проводить эти операции одновременно с работой электромеханической системы. Блочно-модульный принцип построения позволяет применить современные технологии оптико-электронных преобразований, микропроцессорной обработки с цифровым отображением информации. Усовершенствование информационных технологий формирования, преобразования и обработки измерительной информации позволяет высокопроизводительно проводить все операции параметрических преобразований и дистанционной передачи в единых пространственно-временных координатах с запрограммированной последовательностью. При этом автоматизированная информационная система проводит обработку сигналов датчика по требуемому алгоритму. Отображение режимов, параметров, результатов измерения и других операций производится в микропроцессорном блоке управления, расположенном также в корпусе твердомера.

Интерфейс связи расширяет функциональные и эксплуатационные возможности модернизированного твердомера, подключенного к ПЭВМ. Это позволяет вести процесс измерения твердости в полуавтоматическом режиме с ограниченным участием оператора.

Наряду с совершенствованием способов традиционной твердометрии разрабатываются способы и средства комбинированных испытаний. Такие работы связаны с увеличением объемов программно-алгоритмической обработки. И здесь особо значимы результаты, получаемые путем системного объединения статических и динамических испытаний поверхности.