

А.В. РАБЦЕВИЧ

ГНУ «ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»

Минск, Беларусь

При создании прибора Импульс-2М [1] стояла задача контроля изделий из сталей различных марок. Были разработаны алгоритмы и программное обеспечение прибора, использующие единую калибровочную зависимость твердости от коэффициента восстановления скорости индентора  $H = H(e)$ . Проведенные ранее исследования показали, что исключая стали аустенитного класса и стали, подвергнутые высокой степени предварительной пластической деформации, одной калибровочной зависимости достаточно для получения требуемой точности прибора при измерении твердости. Для оценки предела прочности прибор использует наряду с универсальной и индивидуальные зависимости по маркам стали.

Контроль твердости других металлов и сплавов не отличается от сталей как по принципу контроля, так и используемым алгоритмам (исключая изделия из чугуна). Одновременное наличие в приборе нескольких программ с собственными калибровками показало себя достаточно эффективным решением проблемы, хоть и не совсем элегантным. Было принято решение переписать программное обеспечение прибора в части хранения и внутреннего представления калибровочной информации.

Другой задачей, которую могло бы решить новое программное обеспечение, было предоставление пользователю возможности самостоятельной корректировки калибровочных данных. В настоящее время в приборе Импульс-2М в качестве калибровочной характеристики используется единая для всего диапазона измерений аппроксимирующая функция с коррекцией в области высокого коэффициента динамичности. Очевидно, что процесс получения такой зависимости достаточно трудоемок и требует высокой квалификации исполнителя. Калибровка заключается в проведении серий измерений на образцовых мерах твердости, статистической обработке и численной аппроксимации полученных результатов методом наименьших квадратов. Преимуществом данного подхода является предсказуемость поведения получаемой зависимости на участках между калибровочными точками, а также высокая точность и стабильность полученной характеристики во времени.

Во время эксплуатации прибора может потребоваться коррекция калибровочной зависимости из-за изменения жесткости разгонной пружины, износа механизма ударного преобразователя или индентора. Также потребность в коррекции может быть вызвана различием мер твердости, ис-

пользуемых при калибровке и поверке. Благодаря использованию аппроксимирующей калибровочной зависимости, должно быть достаточно минимальной коррекции. Однако ранее было невозможно внести малые изменения в калибровочную характеристику без проведения повторной калибровки прибора изготовителем.

В качестве решения проблемы было предложено совместить использование базовой аппроксимирующей калибровочной зависимости, с возможностью ее подстройки. Механизм подстройки калибровочной функции был реализован в виде набора точек коррекции  $\{x, \Delta y\}$ , задающих коррекцию калибровочной зависимости. Здесь  $x$  - регистрируемый прибором параметр, например, коэффициент восстановления скорости индентора.  $\Delta y$  - коррекция результата измерения, например, твердости НВ относительно базовой калибровочной зависимости. В промежутках между этими точками величина коррекции вычисляется по линейному либо другому закону, обеспечивающему гладкость перехода между смежными отрезками. Наличие базовой калибровочной зависимости обеспечивает корректное поведение результирующей калибровочной зависимости между точками коррекции.

В качестве точки коррекции естественно принять среднее значение регистрируемого параметра при измерении образца, по которому осуществляется калибровка. Образцовые меры твердости имеют фиксированный набор значений твердости с небольшими допустимыми отклонениями от номинала. Например, набор мер твердости сталей по Бринеллю состоит из трех мер, имеющих твердость близкую к 100 НВ, 200 НВ, 400 НВ. Поэтому дальнейшую корректировку калибровочной зависимости удобно выполнять в этих же точках.

Для расширения номенклатуры контролируемых сплавов, наряду с изменением величины коррекции  $\Delta y$  в predeterminedенных точках, пользователю прибора предоставлена возможность добавления своих собственных точек коррекции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Рабцевич, А. В.** Особенности контроля металлических тонкостенных изделий и изделий с низким качеством обработки поверхности / А. В. Рабцевич, О. В. Мацулевич, В. А. Рудницкий // Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта: сб. науч. тр. – Новополоцк : УО «ПГУ», 2008. – Вып. 5. – С. 79–89.

E-mail: [alexander.v.rabtchevich@iaph.bas-net.by](mailto:alexander.v.rabtchevich@iaph.bas-net.by)