

# ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ И СПОСОБА ОБРАБОТКИ СИГНАЛА ДИНАМИЧЕСКИХ ТВЕРДОМЕРОВ ПО ШКАЛАМ ЛИБА

© 2020 г. Автор: Голев Артём Сергеевич<sup>1\*</sup>

Научный руководитель: д.т.н. Гоголинский Кирилл Валерьевич<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup> – Санкт-Петербургский горный университет, 199106 Санкт-Петербург,  
Васильевский остров, 21 линия дом 2

\*artemgolev1999@gmail.com; \*\* nanoscan@yandex.ru

Твердометрия, как вид неразрушающих измерений, широко применяется на всех этапах технического производства. При входном контроле сырья или заготовок, в процессе термической обработки материалов или монтажных работах и при эксплуатации изделий. Наиболее актуальным вопросом в этом направлении сегодня является развитие портативных твердомеров, позволяющих проводить оперативные измерения непосредственно на объекте контроля (далее ОК) [1]. К таким портативным твердомерам относятся твердомеры, реализующие динамический метод Либа [2].

В соответствии с [3] при измерениях твердости по методу Либа падающий нормально к поверхности исследуемого материала ударник сталкивается с поверхностью и отскакивает. Скорость ударника измеряют до и после соударения. Отношение скорости отскока ударника к скорости удара определяет твердость HL по шкалам Либа.

Особенностью метода Либа по сравнению со статическими шкалами твердости (Бринелля, Роквелла и Виккерса) является тот факт, что значения твердости HL зависят от значений упругих и пластических свойств материалов. Числа твердости по шкалам HL можно сравнить со стандартизованными шкалами Бринелля HB, Роквелла HR и Виккерса HV только через экспериментальные зависимости, основанные на сравнении для конкретных видов материалов. Для неизвестных материалов или материалов без таких зависимостей невозможно произвести сравнение значений по шкалам HL со значениями по шкалам HB, HR или HV. Кроме того, в рамках существующего подхода невозможно получить количественную информацию об упругих (модуль Юнга) и пластических (предел текучести) свойствах материала ОК.

Для повышения информативности метода динамической твердости предложена идея непрерывного измерения зависимости скорости ударника от времени при проведении измерений [4], в отличие от метода Либа, где информативными параметрами являются скорость удара и скорость отскока. Этот метод, по аналогии с методом инструментального индентирования [5], предлагается назвать динамическим методом инструментального индентирования.

Измерив зависимость скорости от времени в процессе удара, путём численного дифференцирования, можно получить зависимость ускорения от времени, а зная массу ударника, вычислить зависимость силы взаимодействия ударника с ОК от времени. Осуществив численное интегрирование, можно получить зависимость глубины внедрения ударника в поверхность ОК от времени. Построенная по полученным данным зависимость силы от глубины внедрения позволяет вычислять свойства материала ОК.

Для решения этой задачи необходимо оптимизировать конструкцию первичного измерительного преобразователя (ПП) твердомера и способ получения сигнала.

Задачами оптимизации являются:

- обеспечение линейности зависимости измеряемой ЭДС от скорости ударника путем изменения взаимного расположения катушки индуктивности и магнита в ударнике для получения максимума ЭДС в момент соударения бойка с ОК;

- устранение влияния вихревых токов, воздействующих на сигнал ПП путём замены металлической направляющей трубки и упорного кольца на неметаллические;

- анализ и устранение источников электромагнитных шумов, влияющих на измерительный сигнал.

В данной работе представлена и подробно описана новая конструкция ПП, удовлетворяющая таким требованиям, как линейность измеряемого сигнала и отсутствие вихревых токов. Также приведены основные соотношения и зависимости для реализации предлагаемого метода измерения не только поверхностной, но и объемной твердости, величина которой связана с удельной энергией пластической деформации материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Gogolinskii K.V., Syasko V.A., Umanskii A.S., Nikazov A.A. and Bobkova T.I.* Mechanical properties measurements with portable hardness testers: advantages, limitations, prospects. 2019 Journal of Physics Conference Series 1384:012012. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1384/1/012012>

2. New dynamic method for hardness testing of metallic materials, VDI-Report No. 308, pp 123-128, 1978.

3. ISO 16859-1:2015, Metallic materials — Leeb hardness test — Part 1: Test method, MOD.

4. *Рудницкий В.А., Крень А.П., Ланцман Г.А.* Оценка пластичности металлических материалов методом динамического индентирования // Литье и металлургия. 2017. №2. С. 81–87.

5. *Oliver W. C., Pharr G. M.* A new improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and sensing indentation experiments // J. of Mater. Res. — 1992. — 7, No. 6. — P. 1564—1582.