

96. Frumkin V. D., Rubichev N. A. *Dostovernost' kontrolja sredstv radioizmerenij i kontrol'ne dopuski*. Moscow: Izdatel'stvo standartov, 1975. Print. 97. Korotkov V. P., Tajc B. A. *Osnovy metrologii i teorii tochnosti izmeritel'nyh ustrojstv: ucheb. Posobie*. M.: Izdatel'stvo standartov, 1978. Print. 98. GOST 8.051–81. *Pogreshnosti, dopuskaemye pri izmerenii linejnyh razmerov do 500 mm*. Dejstvujushhij; vved. s 01.01.1982. Moscow: Izd-vo standartov, 2009. Print.

*Поступила (received) 23.04.2014*

УДК 620.179.14

**Б. М. ГОРКУНОВ**, докт. техн. наук, проф., НТУ "ХПИ";  
**Н. Н. СИРЕНКО**, канд. техн. наук, доцент НТУ "ХПИ";  
**А. А. АВРАМЕНКО**, канд. техн. наук, доцент НТУ "ХПИ";  
**А. А. ТИЩЕНКО**, канд. техн. наук, НТУ "ХПИ"

### **ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ ГЛУБИНЫ УПРОЧНЕННОГО СЛОЯ ИЗДЕЛИЙ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

В работе рассмотрен алгоритм функционирования вихретокового устройства для контроля глубины упрочненного слоя металлических изделий, реализующий измерительные, расчетные и управляющие операции. Данный алгоритм позволяет осуществлять ряд процедур по определению контролируемого параметра и проводить статистическую обработку результатов контроля. На основе приведенного алгоритма разработана блок-схема и рассмотрен принцип действия автоматизированного вихретокового устройства. Сделан вывод о том, что данное устройство позволяет проводить контроль объектов в режиме реального времени, что значительно уменьшает временные затраты и повышает эффективность производства.

**Ключевые слова:** вихретоковый контроль, глубина упрочненного слоя, амплитуда, фаза, автоматизированное устройство.

**Введение.** Одними из важнейших задач неразрушающего контроля в целом и вихретокового в частности, являются задачи разработки и создания устройств структуроскопии: сортировка материалов по маркам, оценка степени их химической чистоты, оценка глубины и качества поверхностно упрочненных слоев, а также контроль качества термической и химико-термической обработки деталей, состояния поверхностных слоев после механической обработки и т.д. [1, 2].

Устройства для вихретоковой структуроскопии должны совмещать в себе такие функции: использование измерительных процедур и проведение вычислительных операций. В настоящее время уровень развития устройств на базе микропроцессорной техники дает возможность повысить метрологические характеристики и расширить функциональ-

© Б. М. Горкунов, Н. Н. Сиренко, А. А. Авраменко, А. А. Тищенко, 2014

ные возможности данных устройств. Следовательно, переход к построению микропроцессорных вихретоковых устройств для структуросткопии является основным моментом в формировании предпосылок для создания интеллектуальных средств контроля и диагностики.

**Цель статьи.** Цель данной работы заключается в разработке алгоритма и блок-схемы автоматизированного вихретокового устройства, реализующих контроль глубины упрочненного слоя металлических цилиндрических изделий в режиме реального времени, т.е. в процессе технологической обработки.

**Основная часть.** Для исключения влияния технологических факторов на результат качества упрочнения разработан метод вихретокового контроля глубины упрочненного слоя металлических изделий, который позволяет проводить контроль данного параметра в режиме реального времени [3]. На основе данного метода разработан алгоритм, реализующий измерительные, расчетные и управляющие операции для обеспечения рациональных режимов работы вихретокового преобразователя (ВТП) и оптимальной работы упрочняющей установки. На рис. 1 приведена структурная схема алгоритма функционирования автоматизированного устройства с применением трансформаторного ВТП. Данный алгоритм реализует метод контроля, заключающийся в сравнении выходных сигналов (амплитуда или фаза) ВТП с объектом контроля (ОК) с соответствующими сигналами ВТП, в котором размещен стандартный образец (СО) с заданной глубиной упрочненного слоя и изготовленный из того же материала, что и ОК.

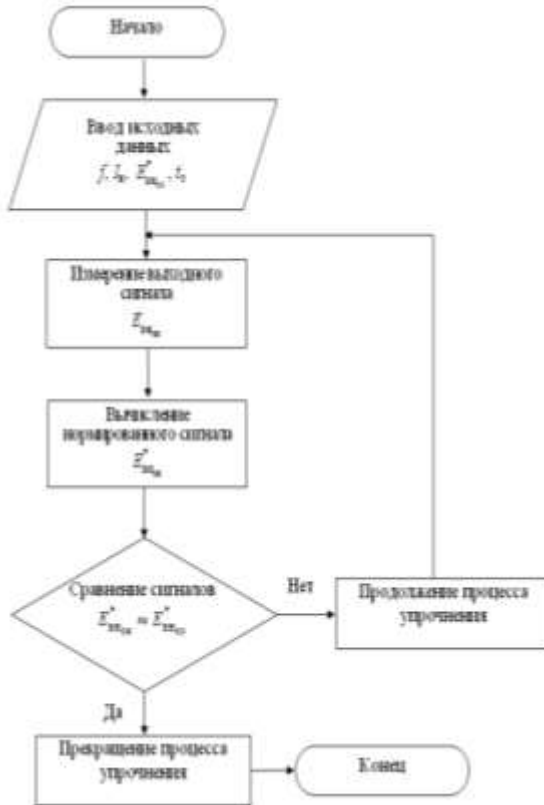


Рис. 1 – Алгоритм функционирования вихретокового устройства для контроля глубины упрочненного слоя металлических изделий

Работа автоматизированного вихретокового устройства по данному алгоритму состоит в следующем: оператором производится ввод начальных данных (частоты зондирующего поля  $f$ ; намагничивающего тока  $I_n$ ; опорного значения нормированного выходного сигнала амплитуды  $E_{внсо}^*$  (или фазы) ВТП с СО; времени упрочнения  $t_3$ ) в зависимости от выбранного материала, геометрии образца и заданной глубины упрочненного слоя. Затем производится измерение значения выходного сигнала амплитуды  $E_{внок}^*$  ВТП с ОК, прошедшим процедуру упрочнения и рассчитывают значение нормированного выходного сигнала

$E_{\text{вн}_{\text{ок}}}^*$ . После этого выполняется сравнение значения выходного сигнала амплитуды  $E_{\text{вн}_{\text{ок}}}^*$  ВТП с упрочненным ОК с заранее рассчитанным либо измеренным значением выходного сигнала амплитуды  $E_{\text{вн}_{\text{со}}}^*$  ВТП с СО, выполненным из того же материала, что и ОК, имеющего аналогичные геометрические размеры, и упрочненного на заданную глубину. При равенстве сигналов  $E_{\text{вн}_{\text{ок}}}^* \approx E_{\text{вн}_{\text{со}}}^*$  делается вывод о том, что ОК упрочнился на заданную глубину. В противном случае операция упрочнения продолжается, пока не выполнится заданное условие.

При необходимости данный алгоритм позволяет осуществлять ряд процедур по определению контролируемого параметра и проводить статистическую обработку результатов контроля. Выбор структуры алгоритма функционирования вихретокового устройства зависит от конкретной задачи. Приведенный алгоритм возможно применять для реализации автоматизированных устройств вихретокового контроля глубины упрочненного слоя изделий, которые работают как в статическом, так и в динамическом режимах.

На рис. 2 приведен вариант построения блок-схемы автоматизированного вихретокового устройства для контроля глубины упрочненного слоя металлических цилиндрических изделий, работающей в режиме реального времени.

Работа устройства происходит следующим образом: блок управления 9 подает команду на включение блока перемещения 2, который помещает ОК в упрочняющую установку 4. Далее блок управления 9 выключает блок перемещения 2 и включает упрочняющую установку 4, в которую помещен ОК, на заданное в начальных условиях время  $t_3$  для прохождения ОК процесса упрочнения поверхности. По истечении заданного времени блок управления 9 отключает упрочняющую установку 4 и подает команду на включение блока перемещения 2, который перемещает ОК из упрочняющей установки 4 в трансформаторный ВТП проходного типа 3. С помощью генератора синусоидального стабильного тока 1 устанавливаются заданные значения намагничивающего тока  $I_n$  и его частота  $f$ . Далее, сигнал с трансформаторного ВТП проходного типа 3 с упрочненным ОК поступает на амплитудный 5 (или фазовый 6) детектор для выделения сигнала, пропорционального  $E_{\text{вн}_{\text{ок}}}^*$ , который подается на блок компараторов 8. Также на блок компараторов 8 с датчика амплитуды 7 подается опорный нормированный сигнал  $E_{\text{вн}_{\text{со}}}^*$ , который предварительно измеряется либо рассчиты-

вается для ВТП с СО с заданной глубиной упрочненного слоя и выполненного из того же материала, что и ОК. Если значение нормированной амплитуды трансформаторного ВТП проходного типа 3 с ОК принимает значение, равное опорному значению нормированной амплитуды, т.е. выполняется условие  $E_{\text{внОК}}^* \approx E_{\text{внСО}}^*$ , то блок управления 9 останавливает работу автоматизированного вихретокового устройства и подает сигнал на блок индикации 10.

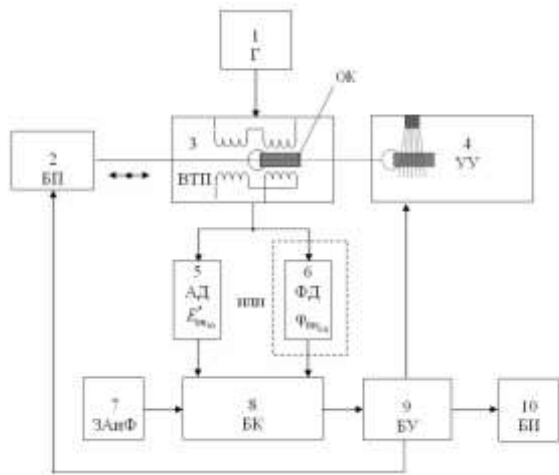


Рис. 2 – Автоматизированное вихретоковое устройство для контроля глубины упрочненного слоя металлических цилиндрических изделий

Сигнал на блоке индикации 10 свидетельствует о том, что ОК упрочнился на заданную глубину. В противном случае, процедура упрочнения и контроля продолжается по вышеописанной методике. Аналогичным образом происходит контроль глубины упрочненного слоя изделия по фазе выходного сигнала ВТП с ОК.

**Вывод.** Применение данного устройства в промышленности позволит уменьшить брак выпускаемой продукции, а также экономить энергетические ресурсы и уменьшить временные затраты, т.е. повысить эффективность производства.

**Список литературы:** 1. Карнаш М.О. Обґрунтування комплексного підходу до визнання фізико-механічних характеристик матеріалу металоконструкцій // Методи та прилади контролю якості. – 2004. – №12. – С. 30–33. 2. А.С. Бакунов, В.Ф. Мужичук, С.Е. Шубочкин. Структуроскоп вихретоковий ВЭ-26НП // Дефектоскопия. – 2003. – №11. – С. 67–72. 3. Пат. на корисну модель №52844 (Україна), МПК(2010) G01N27/90.

Вихрострумвий спосіб контролю поверхневого зміцнення / Горкунов Б. М., Тіона І. В., Тищенко А. А.; заявник і власник НТУ"ХП". – №u201003240 ; заяв. 22.03.2010 ; надрук. 10.09.2010, Бюл. №17.

**Bibliography (transliterated):** 1. Karpash, M. O. "Obgruntuvannya kompleksnoho pidkhotu do vyznannya fizyko-mekhanichnykh kharakterystyk materialu metalokonstruktsiy". *Metody ta prylady kontrolyu yakosti*. No. 12. 2004. 30–33 Print. 2. Bakunov, A. S., V. F. Muzhickij, and S. E. Shubochkin. "Strukturoskop vihretokovij VJe-26NP". *Defektoskopija*. No. 11. 2003. – №11. 67–72 Print. 3. Gorkunov, B. M., I. V. Tyupa and A. A. Tyshchenko. *Vykhrostrumovyy sposib kontrolyu poverkhnevoho zmitsnennya*. Pat. na korynsnu model' No. 52844, MPK(2010) G01N27/90. Byul. No. 17. 2010. Print.

*Поступила (received) 25.04.2014*

УДК 620.179.16

**Р. М. ГАЛАГАН**, канд.техн. наук, ст. викл. НТУУ «КПІ», Київ

## **РОЗРОБКА СТОХАСТИЧНОЇ МОДЕЛІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ВИРОБІВ ПОРОШКОВОЇ МЕТАЛУРГІЇ**

Обґрунтовано розробку стохастичної моделі ультразвукового неруйнівного контролю виробів порошкової металургії у вигляді лінійної системи, яка має породжуючий процес, власну імпульсну реакцію та відгук при наявності дефекту. В результаті виділено інформаційні параметри, за якими можна проводити класифікацію технічного стану виробу – зміна математичного сподівання та дисперсії вибірок вимірних значень швидкості ультразвуку.

**Ключові слова:** вироби порошкової металургії, фізико-механічні властивості, стохастична модель, ультразвуковий контроль, швидкість ультразвуку.

**Вступ.** Вироби порошкової металургії (ПМ) сьогодні використовуються в широкому спектрі галузей: від автомобільної та аерокосмічної промисловості до електроінструментів та побутової техніки. Технологія ПМ продовжує стрімко розвиватися; її основною перевагою є те, що вона дозволяє отримати нові матеріали – псевдосплави з композинтів, які неможливо сплавити литтям, з керованими характеристиками: механічними, магнітними, електричними, тепловими та ін. Недоліком ПМ є немінучий розкид властивостей виробів у межах однієї партії [1]. Більше того, в результаті особливостей технологічних процесів і недосконалої технологічного устаткування можливий розкид властивостей порошкового матеріалу в об'ємі окремого зразку або виробу [2].

© Р. М. Галаган, 2014