

Сертифікація, стандартизація, якість

УДК 620.179

НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ КОМПОЗИЦІЙНОГО ОСНАЩЕННЯ БУРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ СИСТЕМИ СТАЛЬ – ТВЕРДИЙ СПЛАВ

Л.О.Боруцак, Б.О.Боруцак, Ю.Д.Петрина, С.П.Ващишак

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 41166
e-mail: public@nuing.edu.ua

Шарошки бурових долот и рабочие органы горнодобывающих комбайнов оснащаются сплошными зубками или сегментами из твердого сплава путем запрессовки или впаивания в гнезда. Указанные элементы характеризуются высокой твердостью и износостойкостью в условиях абразивной среды, но динамические нагрузки приводят к растрескиванию и выпаданию твердосплавных элементов из гнезд. Более перспективными являются композиционные материалы системы “сталь – твердый сплав”, однако возникают трудности с контролем их качества.

В настоящей статье предложено методику неразрушающего контроля и отбраковки композиционных стальных отливок, армированных зернистыми твердыми сплавами на основе карбидов вольфрама и предназначенных для оснащения буровых долот, с применением усовершенствованного электромагнитного индукционного дефектоскопа и микроконтроллерного блока.

Шарошки бурових доліт та робочі органи гірничих комбайнів оснащують, як правило, суцільними зубками або сегментами з твердого сплаву на основі карбідів вольфраму шляхом запресування чи впаювання у відповідні гнізда. Вказані елементи мають високу твердість та зносостійкість в умовах абразивного середовища, проте динамічні навантаження призводять до розхитування та випадання твердосплавних елементів з гнізд. Це стає причиною значних непродуктивних простоїв у роботі бурових установок та гірничих комбайнів, викликаних необхідністю заміни шарошок чи робочих дисків.

Композити на основі сталюї метало-зв'язки, об'ємно армовані гранулами твердих сплавів на основі карбідів вольфраму, є досить перспективними матеріалами для використання їх замість суцільних твердосплавних елементів.

Mill boring bit and work parts of mountain combines are supplied with unbroken teeth or segments made from hard alloy on the basis of tungsten carbides in a pressing way or in a way of soldering in seats. Specified elements have high hardness and wear resistance in conditions of abrasive environment, but dynamic loadings causes getting lose and hard alloy elements shedding from their seats. More perspective are composition materials of “steel-hard alloy” system, however there are some troubles in their quality control.

In this article technique of undestructive control and sorting of composition steel casts, reinforcement by grainy hard alloys on the basis of tungsten carbides and appointed for equipping boring bits with using improvement induction flaw detector and microcontroller block is proposed.

Армування здійснюється в процесі відцентрового литва зубків у керамічні форми з одночасним введенням армуючих компонентів у рідку сталь. Таким чином, отримується виливок, що має комплексні властивості: високу зносостійкість і твердість робочої зони (“головки” зубка) та пластичність його основи.

Абразивна та ударно-абразивна зносостійкість отриманих композитів як основна експлуатаційна характеристика насамперед визначається кількістю, концентрацією та характером розміщення армуючих компонентів у робочій зоні.

Слід зауважити, що на експлуатаційні характеристики зубків впливає також структура металу матриці в армованій зоні, яка насамперед залежить від ступеня розчинення матеріалу армуючого компонента.

Встановлено [2], що основним критерієм якості армованої зони є об'ємний відсотковий вміст зернистого твердого сплаву в головках зубків (він повинен становити 45-55%), причому границі армованої зони не повинні входити на поверхню виливка та, власне, об'єм останньої повинен становити 35-40% від загального об'єму виливка.

Для контролю вказаних параметрів на даний час застосовують руйнівні та неруйнівні методи контролю. Традиційні металографічні, рентгеноспектральні та ультразвукові методи не є ефективними з наведених нижче причин.

Зазвичай, для визначення концентрації твердого сплаву в армованій зоні та його розподілу по об'єму вибираються зразки (в кількості 1-2% від загальної), кожен з яких розрізають абразивними кругами в кількох площинах, потім поверхні зрізу шліфують, протравлюють і встановлюють об'ємний вміст твердого сплаву та форму і розміщення армованої зони візуально. Однак, цей спосіб надто трудомісткий і не забезпечує стовідсоткового контролю якості.

Використання ультразвукового дослідження, в нашому випадку, дає змогу виявити гранули твердого сплаву в робочій зоні виливків, але таким способом неможливо встановити його кількість та відсотковий вміст, що зумовлене самим характером проходження та відбиття ультразвукової хвилі.

Приблизно такі ж недоліки властиві і рентгенографічному аналізу, оскільки після просвічування рентгенівськими променями "тіні" від гранул релієту накладаються, тому щоб оцінити відсотковий вміст армуючих компонентів необхідно здійснити кільцеве просвічування "жорстким" випромінюванням, що значно сповільнює процес контролю. Таким чином, застосування цього методу для стовідсоткового контролю в умовах масового виробництва вимагатиме ще й суттєвих енергетичних затрат і, крім того, значною мірою є небезпечним для здоров'я людини.

Саме тому розроблення нових і вдосконалення існуючих методик неруйнівного контролю фазового складу композиційних виробів є важливою передумовою створення матеріалів із заданими комплексними механічними та триботехнічними властивостями.

Для того, щоб комплексно оцінити якість отриманих зубків, було вирішено використати властивість електромагнітної індукції, суть якої полягає в реєстрації зміни взаємодії власного електромагнітного поля котушки з електромагнітним полем вихрових струмів, що індукуються цією котушкою в контрольованому об'єкті.

В нашому випадку застосування вказаного методу є доцільним ще й з міркувань, що контроль якості можна проводити відразу після отримання заготовки, відбраковуючи неякісні виливки. Тим самим економляться кошти на їх механічну та термічну обробку (цементация, гартування та шліфування).

Як відомо, магнітні та електричні властивості металів і сплавів значною мірою визначаються їхнім хімічним і фазовим складом, на-

явністю та розподілом включень, дефектністю структури, а також розмірами та конфігурацією досліджуваних об'єктів [2, 3, 4]. В нашому випадку відомо, що тверді сплави на основі карбідів вольфраму практично немагнітні, окрім того, магнітні властивості армованої зони теж залежать від ступеня легування основного металу матриці елементами, які містять твердий сплав.

Запропонована методика визначення концентрації і характеру розподілу армуючих компонентів за допомогою електромагнітного індуктивного дефектоскопа базується на використанні залежності магнітоелектричних властивостей композитів від відсоткового співвідношення мас металу матриці і армуючого твердого сплаву в досліджуваному об'ємі, а також від розміру і розміщення власне армованої зони в об'ємі матриці.

Базова (серійна) модель дефектоскопа призначена для неперервного контролю якості трубчастих та пруткових заготовок із сталей. Нами було здійснено модернізацію базової моделі дефектоскопа для роботи за запропонованою методикою. Модернізований дефектоскоп складається з підсилювача-коректора з електронно-променевою трубкою та блоку давачів (рис 1). Останній складається з двох котушок (випробувальної та компенсаційної) і пристрою для синхронної зміни положення фіксуючих вставок з діаманетика. Модернізація серійного дефектоскопа полягає в доробці електронного блоку з метою підвищення його чутливості та виготовленні нового комплексу давачів, конструктивно об'єднаних у окремий блок (рис. 1). На відміну від серійних, в новому давачі обмотки-приймачі розміщені не в центрі намагнічуючих обмоток, а зміщені до верхнього торця давача, а в середині останнього розміщені регульовані вставки з діаманетного матеріалу (текстоліту, ебоніту, фторопласту). Заглиблені у верхніх кінцях вставок за формою відповідають випробуваним взірцям і дають змогу чітко виставити в котушках як еталонний, так і досліджуваний об'єкти. Вставки можна замінювати залежно від розміру та форми взірців, що проходять випробування.

Методика роботи з приладом полягає ось у чому. Насамперед необхідно виконати тарування приладу для роботи з певним типорозміром зубків. Тарування полягає у побудові залежності величини амплітуди та зсуву фаз на екрані дефектоскопа від відсоткового вмісту та розміщення твердого сплаву у виливку. Для тарування використовують суцільнометалеві взірці із сталі 20ХНЗМА без армування та виливки з деякими проміжними значеннями об'ємного вмісту та розміщенням твердого сплаву, які по черзі вміщують у випробувальну котушку давача, та виливок з оптимальним розміщенням армованої зони і достатньою концентрацією твердого сплаву у ній, який розміщують у еталонній котушці давача.

Для кожного випробуваного взірця фіксують характер кривої розбалансу, вимірюючи амплітуду за числом поділок на вертикальній

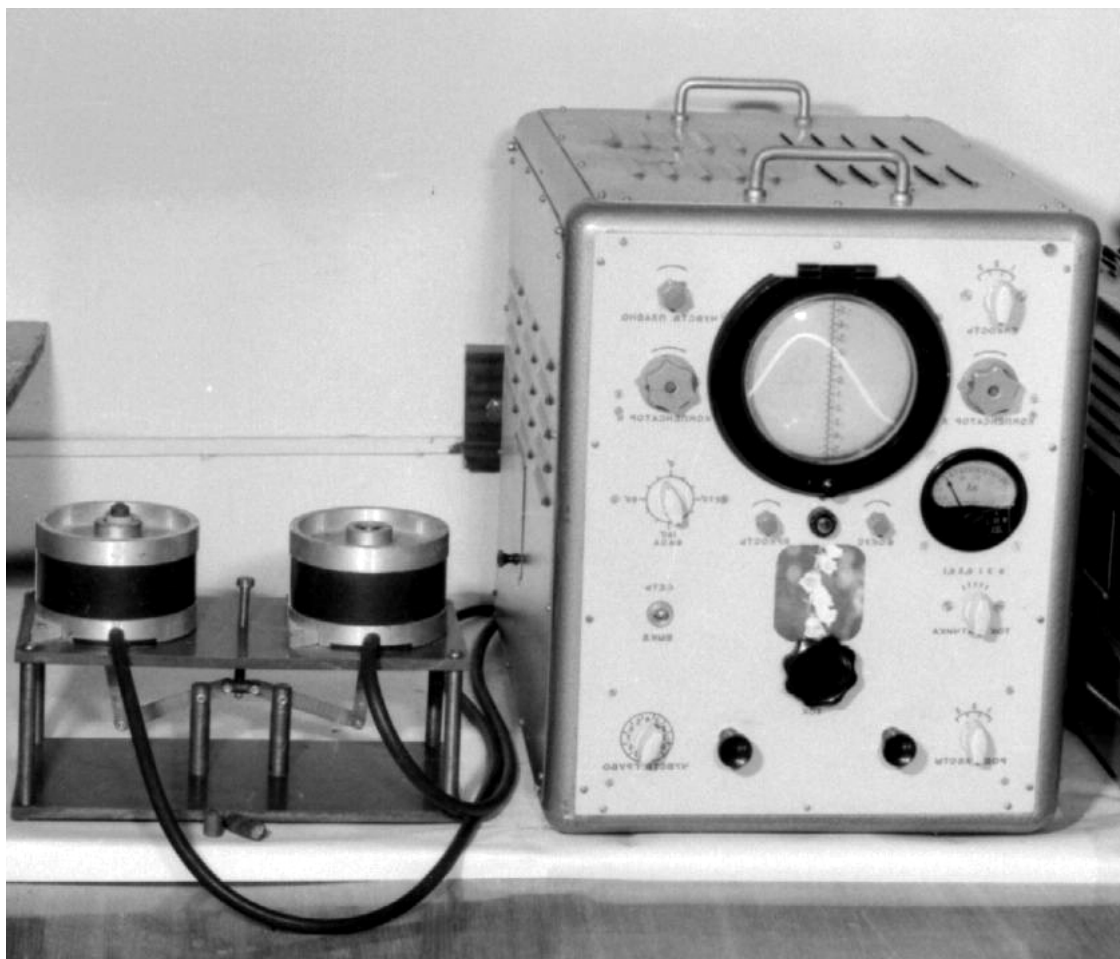


Рисунок 1 – Модернізований електромагнітний індуктивний дефектоскоп з блоком давачів

шкалі екрану, та величину зсуву по фазі за шкалою фазозміщуючого потенціометра (поворотом його рукоятки криву кожен раз розміщують симетрично до вертикальної осі екрану). Подальші експерименти засвідчили, що ці два параметри кривої значною мірою характеризують досліджувані вилівки. Відтак шляхом розрізання виливків у характерних площинах візуально визначають конфігурацію армованої зони та вміст у ній твердого сплаву.

Для визначення кількості твердого сплаву і розміщення армованої зони випробуваний взірець вводиться у випробувальну котушку, на екрані дефектоскопа виникає крива певної форми і зміщення (рис. 2). За різницями амплітуд тарувальних та випробуваних взірців методом інтерполяції визначають кількість твердого сплаву у вилівку. Горизонтальне зміщення кривої дає інформацію про розміщення армуючого компонента в об'ємі металу.

Внаслідок порівняння досліджених взірців, що містять різну кількість твердого сплаву, з еталонними – твердосплавними або суцільно сталевими – виявлено, що зміна форми кривої на екрані визначається відсотковим вмістом твердого сплаву у взірці.

Фазовий зсув індикаторної кривої та амплітуди її спотворень в основному визначаються розміщенням армованої зони і наявністю ливарних дефектів.

Це зумовлено тим, що об'ємно армований карбідами сталевий вилівок є гетерогенною системою, магнітні та електричні властивості якої визначаються початковими властивостями, ваговим або об'ємним співвідношенням її компонентів.

Окрім того, при надмірному зміщенні армованої зони до вершини зубка і виході твердого сплаву на поверхню, а також при надмірному ступені розчинення зернистого твердого сплаву у металевій матриці спостерігається значне спотворення форми кривої на екрані приладу.

Взірці діаметром $23^{+0.3}$ мм довжиною 25 мм із сталі 18Х2Н2МФЛ, армовані релітом, досліджувались з максимальним значеннями струму давача (до 2,5А), чутливості електронного блоку та мінімальним і стабільним проміжком між взірцями і внутрішньою поверхнею давача, що становить 1,0...1,2 мм.

Амплітуда прогину індикаторної кривої на екрані насамперед залежить від кількості зернистого твердого сплаву у взірці і складає приблизно 6,5, 3,5 і 2,0 одиниці шкали екрану за концентрації гранул 65...70, 35...40, 20...25% відповідно (рис. 2, а–в). При цьому фазовий зсув кривої розбалансу давачів перевищує 20...35 градусів при заглибленому розміщенні армованої зони в тілі взірця або при зміщенні її в один бік від осі симетрії останнього.

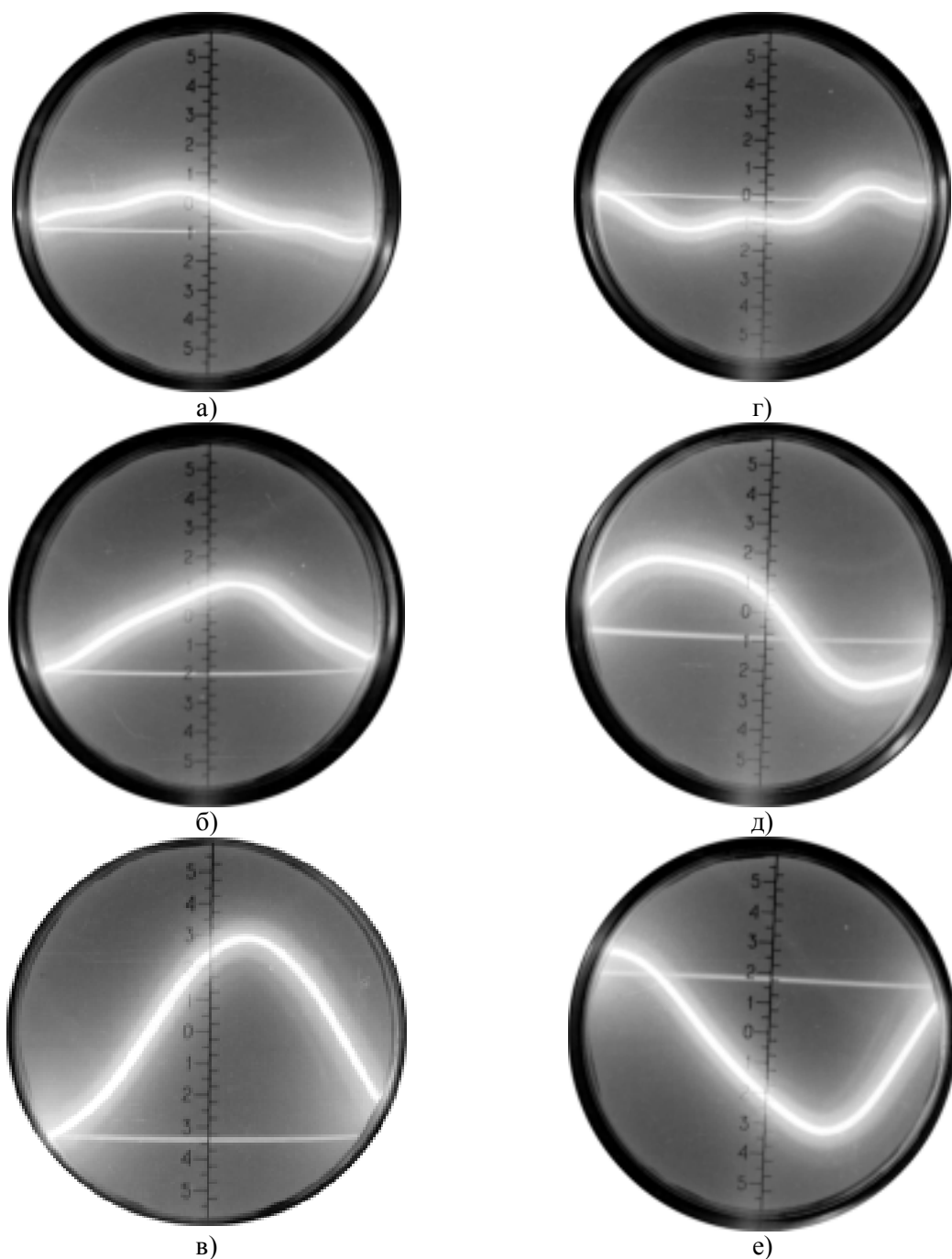


Рисунок 2 – Осцилограми взірців з різними характеристиками

У процесі дослідження взірців з приповерхневою армованою зоною результати отримуються досить характерні. В цьому випадку за тих же значень концентрації твердого сплаву амплітуда прогину кривої розбалансу становить приблизно 7,5; 4,0; 2,0 поділки шкали на екрані дефектоскопа, а кут зсуву фази зростає до 80...100°. Амплітуда спотворення при цьому сягає 50% від загальної величини прогину (рис. 2, г–е).

За такою методикою можна здійснювати стовідсотковий контроль якості армування сталевих виливків немагнітними армуючими компонентами з достатнім для практики ступенем точності.

Недоліком запропонованої методики є її низька продуктивність, яка полягає у необхідності оператора постійно фіксувати покази дефектоскопа, визначати кількість поділок шкали, записувати результати і т. ін. Тому нами запропоновано функції обробки інформації здійснювати за допомогою мікроконтролерного блока.

Структурна схема мікроконтролерного блока наведена на рис. 3. До складу блока входять узгоджуючі пристрої 1–4, які під'єднуються до вихідних клем дефектоскопа. Оскільки амплітуда сигналу з дефектоскопа може сягати десятків вольт, то для її зменшення, а також з метою усунення високовольтних викидів від котушок здавачів, узгоджуючі пристрої вико-

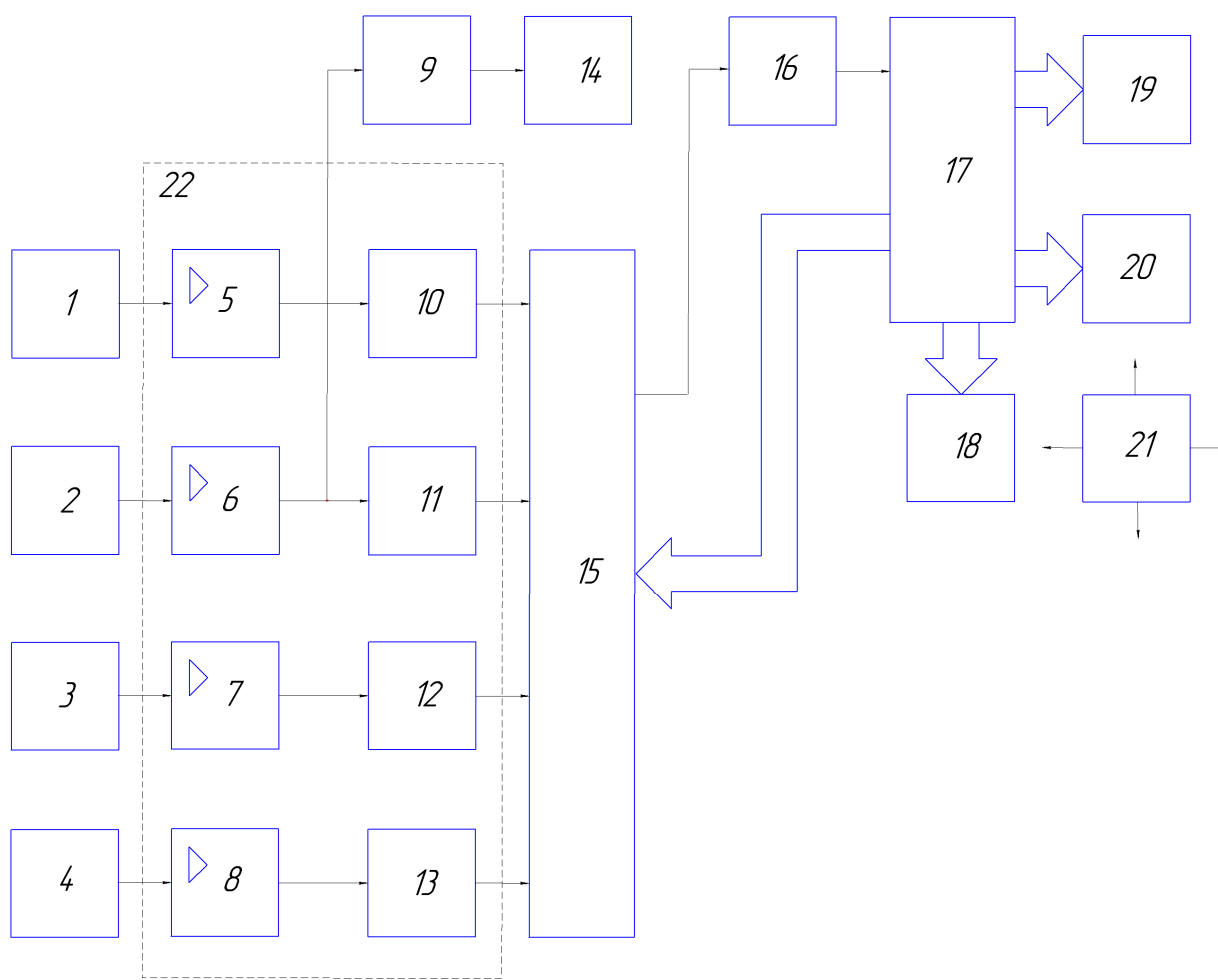


Рисунок 3 – Структурна схема мікроконтролерного блока

нано на основі керованих трансформаторів з високим ступенем насичення осердя. Це дає змогу пропускати без змін сигнали з низькою амплітудою і зменшувати амплітуду високовольтних сигналів. Кінцеве приведення до норми характеристик сигналів здійснюється каналами обробки інформації, до складу яких входять нормуючі підсилювачі 5–8 та керовані смугові фільтри 10–13. Нормуючі підсилювачі 5–8 підтримують амплітуди сигналів на рівні, що не перевищує 1 В. Це необхідно для забезпечення нормальної роботи смугових фільтрів. Керовані смугові фільтри 10–13 дають змогу оптимально налаштуватись на найбільш інформаційні частоти роботи котушок і усунути частоти завод, які виникають від роботи потужного електрообладнання, ліній електропередач і т. ін.

Для контролю проходження сигналу через нормуючі підсилювачі до виходу одного з них приєднано детектор 9 та аналоговий індикатор 14. Шкалу індикатора проградуєвано таким чином, що 100 її відсотків відповідає амплітуді сигналу 1,2 В (канали обробки інформації мають переважувальну здатність 20%).

З виходу каналів обробки інформації сигнали почергово подаються через аналоговий комутатор 15 на блок виділення абсолютної величини 16 (амплітудний детектор сигналу). Після блока виділення абсолютної величини

сигнали подаються на вхід аналого-цифрового перетворювача (АЦП) мікроконтролера 17. Перетворений у цифровий код сигнал обробляється мікроконтролером 17 за певним алгоритмом. За допомогою цього ж мікроконтролера можна керувати узгоджувачами пристроями, смуговими фільтрами та комутатором з клавіатури 18. Також за допомогою клавіатури 18 можна здійснювати керування блоком цифрової індикації 19 та пристроєм передавання даних 20.

Пристрій передавання даних 20 слугує для передавання даних з мікроконтролерного блоку безпосередньо до ЕОМ. Усі пристрої мікроконтролерного блоку живляться від компенсаційного джерела живлення 21.

Оскільки нормуючі підсилювачі 5–8 та керовані смугові фільтри 10–13 каналів обробки інформації є найбільш чутливими до впливу температури, то для підвищення стабільності їхньої роботи і зменшення температурних похибок ці пристрої поміщені у термостат 22. Термостат 22, який працює за диференціальним принципом, підтримує температуру у пристроях 5–13 на рівні $40 \pm 1^\circ\text{C}$ при зміні зовнішньої температури від $+5^\circ\text{C}$ до $+36^\circ\text{C}$. Це дає змогу проводити контроль якості армування сталевих виливків немагнітними армуючими компонентами практично в будь-який час доби і пору року.

Працює мікроконтролерний блок так. При подачі на узгоджуючі пристрої 1–4 сигналів з дефектоскопа, вони нормуються і фільтруються у пристроях 5–13 та по команді з клавіатури 18 за допомогою аналогового комутатора 15 по черзі надходять на АЦП мікроконтролера 17. Мікроконтролер вимірює характеристики сигналів (амплітуду, фазу та форму) і по черзі видає значення амплітуди та форми на цифровий індикатор 19. Для відтворення форми сигналів мікроконтролер 17 здійснює переведення амплітуди аналогового сигналу у тривалість цифрового імпульсу певної фіксованої частоти. Однак, візуальне відтворення форми сигналів можна здійснити тільки за допомогою ЕОМ.

Пристрій передачі даних 20 пересилає дані, що обробив мікроконтролер 17, на ЕОМ, де відбувається відтворення форми сигналів і записування даних у пам'ять. Після цього є можливість детально опрацювати отримані дані з метою подальшого удосконалення запропонованої методики неруйнівного контролю якості армування сталевих виливків.

Література

1 Дорофеев А.А. Элетроиндуктивная дефектоскопия. – М.: Машиностроение, 1967. – 232 с.

2 Методика контроля качества центробежно-армированного металла, используемого для изготовления шарошечного инструмента стволопроходческих комплексов и буровых машин угольной промышленности. – Львов: ФМИ им. Г.В.Карпенко АН УССР, 1983. – 20 с.

3 Отливки армированные шарошек буровых долот. Технические условия ТУ ИГАЦ–002-84. – Ивано-Франковск: ИФИНГ, 1984. – 6 с.

4 Рети П. Неразрушающие методы контроля металлов. – М.: Машиностроение, 1992. – 208 с.

IV Всеукраїнська науково-практична конференція

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРОМИСЛОВИХ РЕГІОНІВ ЯК УМОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ

*м. Запоріжжя
(11–12 грудня 2008 р.)*

Оргкомітет конференції

*Запорізька державна інженерна академія,
69006, м. Запоріжжя, пр. Леніна, 226*

ecokonf@gmail.com

**тел./факс (061) 223 85 00, 223 82 70
8-067-5851955**

Тематика конференції:

- Охорона повітряного басейну
- Охорона водного басейну
- Утилізація і рекуперація вторинних сировинних та енергетичних ресурсів
- Радіоекологічна безпека
- Екологічний менеджмент, екологічний аудит, оцінка екологічних ризиків та управління природоохоронною діяльністю промислових регіонів

До участі в конференції запрошуються представники міністерств і відомств, вчені та спеціалісти академічних та галузевих науково-дослідних і проектних інститутів, вищих навчальних закладів, керівники підприємств різних форм власності, санітарно-епідеміологічних організацій, представники обласних та міських органів управління охорони навколишнього природного середовища, екологічних інспекцій, управлінь з питань надзвичайних ситуацій, органів державної виконавчої влади та місцевого самоврядування і громадських організацій.