

ТЕХНІЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ КРАНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МАГНІТНОЇ СТРУКТУРОСКОПІЇ

Вантажопідйомні крани є важливим обладнанням у різних галузях народного господарства, працездатність якого безпосередньо впливає на результати діяльності підприємств. Однак внаслідок тривалого розриву виробничих зв'язків, зміни власників підприємств, а також через відсутність обігових коштів, більшість суб'єктів господарювання теперішнього часу не спроможні оновлювати парк вантажопідйомної техніки. В результаті близько 80% вантажопідйомних кранів в Україні і Російській Федерації [1] відпрацювали нормативний ресурс і, відповідно, підлягають виведенню з експлуатації. Якщо до того ж врахувати, що вантажопідйомні крани є машинами підвищеної небезпеки, прихована загроза для промислової безпеки виглядає масштабною і цілком реальною.

Для оцінки технічного стану вантажопідйомних кранів застосовуються різні методи діагностування, у тому числі методи визначення напружено-деформованого стану металу та зварних з'єднань (неруйнівного контролю). В даній роботі розглядаються особливості використання та експериментальне застосування методу магнітної структуроскопії при технічному діагностуванні кранових металоконструкцій.

1. Загальні відомості і характеристики методу магнітної структуроскопії

Переважаюча сфера використання методу магнітної структуроскопії – це визначення зон концентрації напружень у металевих конструкціях машин, у яких експлуатаційна втома матеріалу розвивається й накопичується випереджальними темпами. При цьому суттєвим є те, що місцезнаходження цих зон у металоконструкціях є логічно визначеним самою будовою контрольованих виробів, оскільки все різноманіття конструкцій будується за єдиними законами і принципами опору матеріалів і будівельної механіки. Крім того, розміри зон концентрації напружень досить значні й істотно перевищують розміри одиничного дефекту. У результаті виявляються ці зони надійно, без будь-яких пошукових складностей.

В основу магнітного контролю покладені кореляційні залежності між механічними властивостями металу й основним фізичним параметром петлі магнітного гістерезису – коерцитивною

силою H_c (А/см), які піддаються контролю при статичних і циклічних навантаженнях на всіх стадіях випробування аж до руйнування [2 - 5]. Коерцитивна сила є важливим інформаційним параметром, що дозволяє визначати фізико-механічні характеристики матеріалу.

У теперішній час на кранобудівних заводах України починають впроваджувати паспорти магнітного контролю. Суть даного нововведення полягає в тому, щоб весь метал, що потрапляє у виробництво, при входному контролі підлягав не лише хімічному аналізу й механічним випробуванням, але й металографічним дослідженням, а також первісним вимірам коерцитивної сили.

Зібрані й підготовлені до зварювання металоконструкції піддаються магнітному контролю відповідно до визначених зон контролю. Після виготовлення зварених конструкцій виконується остаточний магнітний контроль, результати якого заносяться до паспорту магнітного контролю. Експлуатаційним організаціям рекомендується після проведення монтажних робіт (до і після статичних і динамічних випробувань) проводити магнітну структуроскопію з вимірами коерцитивної сили в зазначених у паспорті магнітного контролю зонах з реєстрацією у відповідних графах паспорта значень H_c . При кожному черговому (позачерговому) технічному огляді крана також виконується магнітний контроль для аналізу зміни напружено-деформованого стану окремих ділянок металоконструкції з метою прогнозування можливості подальшої експлуатації крана.

Необхідно також відзначити доцільність введення паспортів магнітного контролю не лише для кранів, що виготовляються, але й для кранів, що перебувають в експлуатації, при вирішенні питання (на стадії вибору проектних рішень) щодо проведення реконструкції, модернізації, складного капітального ремонту металоконструкцій крана. За результатами експертного обстеження з визначенням напружено-деформованого стану металоконструкцій приймається рішення про можливість проведення реконструкції або доцільності виконання ремонтно-відбудовчих робіт.

Експериментальні дослідження і теоретичне обґрунтування дозволили створити науково-технічну базу нового методу неруйнівного контролю на основі виміру магнітного параметра - коерцитивної сили. Проведені випробування циклічним навантаженням сталевих зразків з амплітудами, що моделюють легкий, середній і тяжкий режими роботи металоконструкцій підіймальних кранів [4]. На підставі результатів досліджень розроблено методику оцінки залишкового ресурсу підіймальних споруд [8]. Побудовані номограми, за допомогою яких за величиною вимірної коерцитивної сили прогнозується залишковий ресурс металоконструкцій.

Весь період роботи кранової металоконструкції умовно розділяється на три етапи, які обумовлені ступенем зношуваності металу. Відповідно до них встановлюються режими експлуатації кранів залежно від коерцитивної сили:

I - режим надійної експлуатації, коли всі несучі елементи працюють в пружній області; анізотропія й концентрація внутрішніх напружень менш 25%; з позиції механіки руйнування така конструкція може продовжувати працювати в тому ж режимі більше 1,5 тис. змін (більше 3 років);

II - режим контрольованої експлуатації, коли всі несучі елементи (або зони) працюють у пружно-пластичній області, інші - у пружній; при цьому анізотропія властивостей і концентрація напруг досягає 50%; кран можна експлуатувати в тому ж режимі навантаження не більше 1 тис. змін, тобто обстеження металевих конструкцій необхідно виконувати не пізніше ніж через 2 роки;

III - критичний режим експлуатації, коли окремі елементи або ділянки несучої конструкції крана працюють у пластичній області, а металоконструкція в цілому - в пружно-пластичній і пружній областях.

2. Застосування методу магнітної структуроскопії

За замовленням ВАТ “Баглійкокс” державним підприємством “Придніпровський експертно-технічний центр” із залученням спеціалістів Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна проведено діагностування технічного стану мостового перевантажувача виробництва Красноярського машинобудівного заводу “Сибтяжмаш”. Відомо, що конструктивні недоліки кранів даної конструкції усуваються під час експлуатації шляхом підсилення прогонової споруди. Тому, з метою виявлення елементів металоконструкцій, які мали пружно-пластичні деформації в результаті циклічного навантаження, і визначення можливості подальшої експлуатації крана відповідно до його паспортних характеристик, виконувався магнітний контроль металевих конструкцій. Контролювались елементи металоконструкції несучої труби мосту і балки ригелів в місцях підсилення (рис. 1).

Таблиця 1 – Магнітні властивості матеріалу металоконструкцій

| Стан металу | Значення коерцитивної сили, А/см | |
|----------------|----------------------------------|----------------|
| | Сталь 17ГС-12 | Сталь 09Г2С-12 |
| Поставлення | 4,0 | 4,0 |
| Межа текучості | 10,0 | 7,8 |
| Межа міцності | 14,0 | 9,5 |

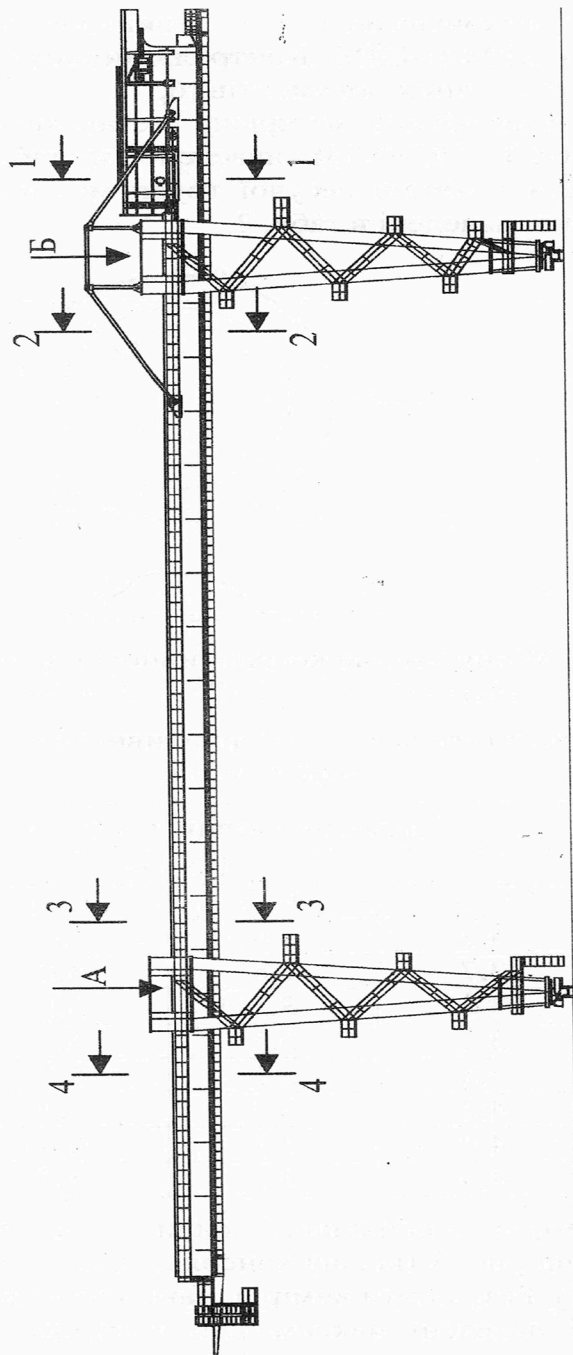


Рисунок 1 – Мостовой перемантжувач

Виміри виконувалися з використанням магнітного структуроскопу - КРМ-Ц-К2М. Контроль виконувався за методиками відповідно до нормативних документів [6, 7].

Магнітні властивості матеріалу металоконструкцій (17ГС-12, 09Г2С-12 за ГОСТ 19282-73) наведено в табл.1. Місця замірів коерцитивної сили у металі несучої труби моста показані на рис. 2. Результати вимірів наведені в табл. 2.

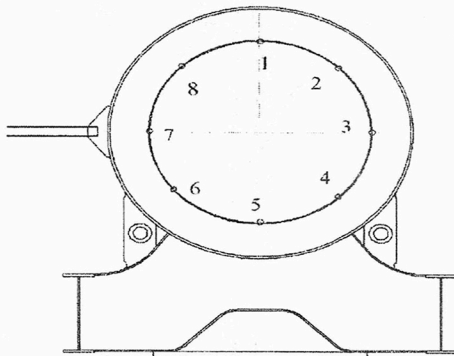


Рисунок 2 – Місця замірів коерцитивної сили у несучій трубі (перерізи 1 - 1, 2 - 2, 3 - 3, 4 - 4)

Таблиця 2 – Результати вимірів коерцитивної сили у металі несучої труби моста

| Місця замірів | Значення коерцитивної сили, А/см | | | |
|---------------|----------------------------------|-------|-------|-------|
| | Переріз | | | |
| | 1 - 1 | 2 - 2 | 3 - 3 | 4 - 4 |
| 1 | 4,5 | 3,6 | 3,0 | 3,3 |
| 2 | 3,7 | 2,8 | 3,0 | 3,9 |
| 3 | 3,8 | 3,2 | 3,0 | 3,0 |
| 4 | 3,4 | 3,5 | 3,1 | 3,0 |
| 5 | 4,6 | 3,1 | 5,2 | 4,1 |
| 6 | 4,2 | 3,3 | 3,0 | 4,5 |
| 7 | 4,9 | 2,7 | 6,0 | 3,0 |
| 8 | 4,9 | 3,3 | 6,5 | 3,7 |

Місця замірів коерцитивної сили у металі нижнього поясу ригеля показані на рис. 3 (вільна консоль - вид А, ремонтна консоль - вид Б, див. рис. 1). Результати вимірів наведені в табл. 3.

В табл. 4 наведені максимальні значення коерцитивної сили отримані під час проведення технічного діагностування мостового перевантажувача. Порівняння максимальних значень коерцитивної сили з допустимими і критичними значеннями дозволяє зробити

висновок про те, що структура металу основних елементів несучих металлоконструкцій крана перебуває у задовільному стані.

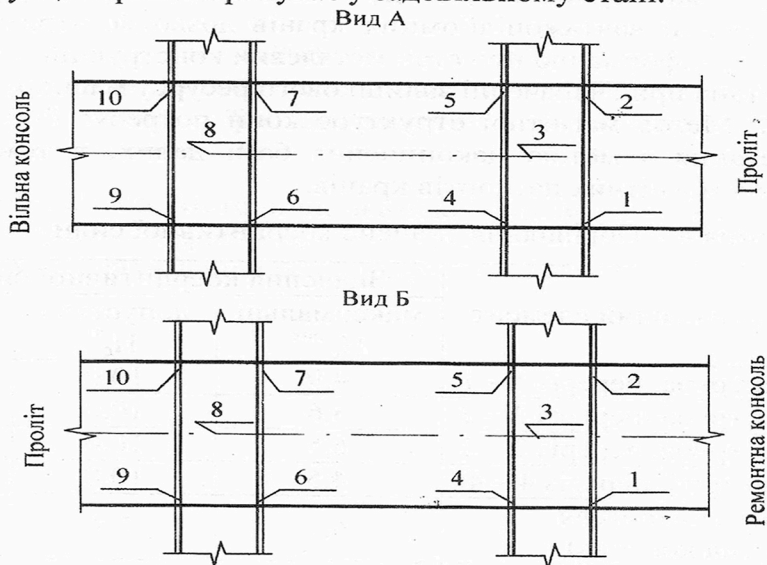


Рисунок 3 – Місця замірів коерцитивної сили у нижньому поясі ригеля

Таблиця 3 – Результати вимірів коерцитивної сили у металі нижнього поясу ригеля, А/см

| Місця замірів | Вільна консоль | Ремонтна консоль |
|---------------|----------------|------------------|
| 1 | 4,3 | 3,5 |
| 2 | 5,3 | 3,1 |
| 3 | 4,0 | 3,6 |
| 4 | 4,4 | 3,7 |
| 5 | 4,4 | 3,0 |
| 6 | 3,6 | 3,9 |
| 7 | 3,7 | 4,0 |
| 8 | 3,4 | 3,9 |
| 9 | 2,4 | 4,0 |
| 10 | 2,7 | 6,1 |

Висновки

1. Застосування методу магнітної структуроскопії при діагностуванні вантажопідійомних кранів дозволяє отримувати більш достовірну інформацію про стан металевих конструкцій, яка може бути використана при визначенні залишкового ресурсу машини в цілому.

2. Метод магнітної структуроскопії потребує більш широкого використання з метою накопичення бази даних, в тому числі для створення магнітних паспортів кранів.

Таблиця 4 – Порівняння значень коерцитивної сили

| Контрольований елемент | Значення коерцитивної сили, А/см | | |
|--|----------------------------------|----------------------|---------------------|
| | максимальні H_c^{\max} | допустимі H_c^T | критичні H_c^B |
| Несуча труба, переріз 1 – 1 | 4,9 | 10,0 | 14,0 |
| Несуча труба, переріз 2 – 2 | 3,6 | 10,0 | 14,0 |
| Несуча труба, переріз 3 – 3 | 6,5 | 10,0 | 14,0 |
| Несуча труб, переріз 4 – 4 | 4,5 | 10,0 | 14,0 |
| Нижній пояс ригеля (ремонтна консоль) | 6,1 | 7,8 | 9,5 |
| Нижній пояс ригеля (вільна консоль) | 5,3 | 7,8 | 9,5 |

ЛІТЕРАТУРА

1. Никитин К.Д., Горбунова Л.Н. Состояние грузоподъемных кранов с истекшими нормативными сроками и меры по повышению уровня их промышленной безопасности // Подъемные сооружения. Специальная техника.- 2003, № 11.- С. 4 – 5.

2. Богачева Н.Д. Расширение возможностей применения метода коэрцитивной силы // В мире неразрушающего контроля.- 2005, № 2.- С. 8 - 9.

3. Бондаренко Ю.К., Фурман Я.М., Бондаренко А. Ю., Ковальчук О.В. Проблемы определения ресурса сварных конструкций (обзор) // Техническая диагностика и неразрушающий контроль.- 2005, №1. – С. 3 - 9.

4. Мужичий В.Ф., Ремезов В.Б. Оценка текущего состояния и остаточного ресурса металлоконструкций с применением структуроскопов // В мире неразрушающего контроля.- 2005, №1.- С. 18 - 21.

5. Попов В.А. Исследования и практика применения магнитной структуроскопии // Подъемные сооружения. Специальная техника.- 2004, № 9.- С. 12 – 16.

6. ГОСТ 30415-96. Сталь. Неразрушающий контроль механических свойств и микроструктуры металлоконструкций магнитным методом.

7. РД ИКЦ "КРАН"-007-97/02. Магнитный контроль напряженно-деформированного состояния и остаточного ресурса подъемных сооружений при проведении их обследования и технического диагностирования.

8. МВ 000-2.01-05. Методичні вказівки з проведення магнітного контролю напружено-деформованого стану металлоконструкцій підйомних споруд та визначення їх залишкового ресурсу.