

ABSTRACT

Suwnice pomostowe pełnią kluczową rolę w cyklicznych procesach przemieszczania ładunków o zróżnicowanych masach i różnym poziomie ich zagrożenia dla otoczenia, w ograniczonej przestrzeni o zróżnicowanych warunkach środowiskowych. Suwnice pomostowe niejednokrotnie są krytycznymi urządzeniami w procesach technologicznych. Są urządzeniami podlegającymi dozorowi technicznemu.

Charakter pracy suwnic pomostowych i warunki ich użytkowania (intensywność i dynamika) skutkują w szczególności degradacjami stanu technicznego dźwigarów (konstrukcja nośna), które w połączeniu z trudnymi warunkami otoczenia (gradienty temperatury, wilgotność, pole magnetyczne, inne źródła agresywnego oddziaływania, drgania) mają najczęściej charakter zmęczeniowy i przeciążeniowy (stany nieustalone, skoszenia, inne). Z praktyki eksploatacji suwnic możliwe jest stwierdzenie, że 80% uszkodzeń w konstrukcjach nośnych (dźwigarach) jest skutkiem zmęczenia materiału, a 20% jest skutkiem przeciążeń statycznych i dynamicznych zachodzących w procesie użytkowania.

Obserwowanymi skutkami uszkodzeń dźwigarów skrzynkowych suwnic pomostowych (trwałe zmiany w ich geometrii w płaszczyznach poziomych i pionowych oraz pęknięcia i inne zmiany w strukturze materiału dźwigarów, korozja) są dodatkowe naprężenia i odkształcenia, które mają swoje przełożenie na bezpieczeństwo i niezawodność eksploatacyjną urządzenia oraz jego trwałość eksploatacyjną (w szczególności żywotność konstrukcji nośnej suwnicy) oraz koszty eksploatacji. Dlatego też istotnym zagadnieniem jest bieżąca ocena stanu technicznego dźwigarów suwnic pomostowych, w szczególności możliwych zmian w strukturze materiału konstrukcji.

Przedmiotem badań są dźwigary skrzynkowe suwnic pomostowych oraz możliwość identyfikacji (kontroli) możliwych uszkodzeń. Realizacja badań zmian zachodzących w strukturze materiału dźwigarów suwnic pomostowych jest zagadnieniem czasochłonnym, trudnym i złożonym, z uwagi na wielkogabarytowość konstrukcji mostu suwnicy pomostowej, instalację urządzenia w miejscu zabudowy (użytkowania) na znacznej wysokości, możliwe trudne warunki otoczenia, ograniczony czas dostępności urządzenia dla potrzeb badań, możliwe zagrożenia w zakresie bezpieczeństwa dla personelu wykonującego badania stanu technicznego dźwigarów. Dlatego też badania dźwigarów suwnic pomostowych są realizowane w praktyce zazwyczaj nieregularnie.

Przedmiotem pracy jest projekt i wykonanie specjalistycznego robota (narzędzia) umożliwiającego zdalną niedestrukcyjną inspekcję (uszkodzeń)

struktury materiałowej dźwigarów skrzynkowych suwnic pomostowych o złożonej geometrii, a ponadto opracowanie metody wnioskowania o stanie technicznym konstrukcji. Celem naukowym pracy jest koncepcja i projekt specjalistycznego robota umożliwiającego samodzielne przemieszczanie się po złożonym geometrycznie dźwigarze (w poziomie i w pionie, na i pod konstrukcją) umiejscowionym w przestrzeni roboczej. Celem aplikacyjnym pracy jest wykonanie specjalistycznego robota wyposażonego w czujnik GMR (Giant Magneto-Resistance) z elastyczną ramą wspomagającą przemieszczanie się po złożonej geometrycznie konstrukcji dla potrzeb zdalnej niedestrukcyjnej oceny stanu technicznego (uszkodzeń struktury materiałowej) dźwigarów skrzynkowych suwnic pomostowych.

Teza pracy: możliwe jest zautomatyzowanie prac inspekcyjnych dźwigarów suwnic pomostowych skrzynkowych w rezultacie zastosowania specjalistycznego robota. W rezultacie realizacji badań konstrukcji dźwigarów suwnic w układzie online możliwe jest zwiększenie ich trwałości eksploatacyjnej.

Wykorzystanie specjalistycznego zdalnie sterowanego robota inspekcyjnego do automatyzacji procesu oceny stanu technicznego dźwigarów suwnic pozwala skrócić całkowity czas badania konstrukcji, umożliwia dostęp do wcześniej niedostępnych obszarów, zwiększa bezpieczeństwo procesu badań. Pod tym względem proponowane rozwiązanie jest oryginalne. Trwałe uszkodzenia konstrukcji i korozja są głównymi przyczynami degradacji stalowych mostów podsuwnicowych, co zmniejsza ich wytrzymałość i żywotność.

Opracowano i wykonano zautomatyzowany specjalistyczny robot do wykrywania pęknięć, korozji i innych rodzajów defektów dźwigarów suwnic z wykorzystaniem techniki badań nieniszczących. Robot jest wyposażony w szereg gigantycznych czujników magnetooporowych (GMR), może również przenosić czujniki specjalistyczne innego typu, zbierać dane pomiarowe i przysyłać je do zdalnej stacji gromadzenia i przetwarzania wyników badań w czasie rzeczywistym dla potrzeb decyzyjnych.

Istotnym elementem robota są jego koła magnetyczne, które nie tylko pomagają w „wspinaniu” się po stalowych konstrukcjach, ale także generują pole magnetyczne umożliwiające wykrywanie uszkodzeń elementów stalowych. Układ czujników typu GMR kalibruje każdą zmianę gęstości strumienia magnetycznego. Technika detekcji koncentruje się na analizie zjawiska strumienia pola magnetycznego, które w przypadku uszkodzenia elementu stalowego zmienia przewodność elektryczną i gęstość pola magnetycznego. Czujnik matrycowy GMR monitoruje niewielkie różnice w gęstości strumienia

pola magnetycznego w rezultacie których możliwe jest wykrycie defektu konstrukcji.

Opracowano i wykonano robot mobilny zdalnie sterowany, z możliwością planowania obszaru badawczego konstrukcji dźwigara, z nawigacją w zakresie pozycjonowania w przestrzeni roboczej, sensorami dla potrzeb rejestracji parametrów eksploatacyjnych użytecznych w ocenie stanu technicznego konstrukcji (lasery, czujniki GMR, kamery), ze systemem przetwarzania i analizy oraz prezentacji wyników badań, algorytmami lokalizacji i planowania trasy. Robot z wynikiem pozytywnym został przetestowany w praktyce.

Arun Kumar Yadav
30/12/2024

ABSTRACT

Overhead traveling cranes play a key role in the cyclical processes of moving loads of various weights and varying levels of their risk to the environment, in a limited space with various environmental conditions. Overhead cranes are often critical devices in technological processes. They are devices subject to technical supervision.

The nature of the operation of overhead cranes and the conditions of their use (intensity and dynamics) result, in particular, in the degradation of the technical condition of the girders (supporting structure), which, combined with difficult environmental conditions (temperature gradients, humidity, magnetic field, other sources of aggressive impact, vibrations), most often have fatigue and overload character (transients, skews, other). From the practice of crane operation, it is possible to state that 80% of damage to load-bearing structures (girders) is the result of material fatigue, and 20% is the result of static and dynamic overloads occurring in the process of use.

The observed effects of damage to the box girders of overhead cranes (permanent changes in their geometry in horizontal and vertical planes as well as cracks and other changes in the structure of the girders material, corrosion) are additional stresses and deformations that affect the safety and operational reliability of the device and its service life (in particular, the service life of the crane supporting structure) and operating costs. Therefore, an important issue is the ongoing assessment of the technical condition of overhead crane girders, in particular possible changes in the structure of the construction material.

The subject of the thesis are box girders of overhead travelling cranes and the possibility of identifying (controlling) possible damage. Execution of tests of changes in the material structure of bridge crane girders is a time-consuming, difficult and complex issue, due to the large-size structure of the bridge crane bridge, installation of the device at the place of installation (use) at a considerable height, possible difficult environmental conditions, limited time of availability of the device for tests, possible safety hazards for the personnel performing technical condition tests of the crane girder. Therefore, tests of overhead crane girders are usually carried out irregularly in practice.

The subject of the thesis is the design and implementation of a specialized robot (tool) enabling remote non-destructive inspection (of damage) of the material structure of box girders of overhead cranes with complex geometry, and also the development of a method for inferring the technical condition of the structure. The scientific goal of the work is the concept and design of a specialized robot that allows independent movement on a geometrically

complex girder (horizontally and vertically, on and under the structure) located in the working space. The application purpose of the work is to make a specialized robot equipped with a GMR (Giant Magneto-Resistance) sensor with a flexible frame supporting movement on a geometrically complex structure for the purposes of remote non-destructive assessment of the technical condition (damage to the material structure) of box girders of overhead cranes.

Thesis of the work: it is possible to automate the inspection works of box crane girders as a result of using a specialized robot. As a result of carrying out tests on the structure of overhead crane girders in the online system, it is possible to increase their service life.

The use of a specialized remotely controlled inspection robot to automate the process of assessing the technical condition of crane girders allows you to shorten the total time of structure testing, enables access to previously inaccessible areas, and increases the safety of the testing process. In this respect, the proposed solution is original. Permanent structural damage and corrosion are the main causes of degradation of steel crane bridges, which reduces their strength and service life.

An automated specialized robot for detecting cracks, corrosion and other types of defects in crane girders using non-destructive testing techniques was developed and build. The robot is equipped with a series of giant magnetoresistance (GMR) sensors, it can also carry other types of specialized sensors, collect measurement data and send them to a remote station for collecting and processing test results in real time for decision-making purposes.

An important element of the robot are its magnetic wheels, which not only help in "climbing" on steel structures, but also generate a magnetic field that allows detecting damage to steel elements. The GMR sensor system calibrates each change in the magnetic flux density. The detection technique focuses on the analysis of the magnetic field flux phenomenon, which changes the electrical conductivity and magnetic field density in the event of damage to the steel element. The GMR matrix sensor monitors small variations in the magnetic flux density, as a result of which it is possible to detect a structural defect.

A remotely controlled mobile robot was developed and build, with the possibility of planning the testing area of the girder structure, with navigation in the field of positioning in the working space, sensors for recording operating parameters useful in assessing the technical condition of the structure (lasers, GMR sensors, cameras), with a system for processing and analysis and presentation of inspection results, location and route planning algorithms. The robot with a positive result has been tested in practice.

Arun Kumar Yadav
30/12/2024