

МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МЕТАЛООБРОБКА

УДК 669-7:621.86.01

doi: 10.31498/2225-6733.39.2019.201058

© Лаврик В.П.¹, Суглобов В.В.², Шишкін В.В.³, Лоза А.В.⁴

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ МАГНІТО-ГРЕЙФЕРНОГО КРАНУ ЗА РАХУНОК УСУНЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ ДЕФОРМАЦІЙ В ПРОЛІТНИХ БАЛКАХ

В роботі наведені результати обстеження металоконструкцій головних (пролітних) балок моста магніто-грейферного крану. Виявлені причини виникнення залишкового (від'ємного) прогину цих балок, відзначений негативний вплив прогину на експлуатаційні характеристики і безпеку роботи крану. Запропоновано економічно доцільну комплексну технологію ремонту металоконструкцій пролітних балок з метою продовження терміну служби крану. Розроблено конструкцію натяжного пристрою і його кріплення на головних балках. Складено схему технологічного процесу комплексного ремонту.

Ключові слова: магніто-грейферний кран, головна балка, деформація, будівельний підйом, гаряча правка, метод попереднього напруження.

Лаврик В.П., Суглобов В.В., Шишкін В.В., Лоза А.В. Повышение эксплуатационной надежности магнито-грейферного крана за счет устранения остаточных деформаций в пролетных балках. В работе приведены результаты обследования металлоконструкций главных (пролетных) балок моста магнито-грейферного крана. Выявлены причины возникновения остаточного (отрицательного) прогиба этих балок, отмечено негативное влияние прогиба на эксплуатационные характеристики и безопасность работы крана. Предложена экономически целесообразная комплексная технология ремонта металлоконструкций пролетных балок с целью продления срока службы крана. Разработана конструкция натяжного устройства и его крепления на главных балках. Составлена схема технологического процесса комплексного ремонта.

Ключевые слова: магнито-грейферный кран, главная балка, деформация, строительный подъем, горячая правка, метод предварительного напряжения.

V.P. Lavrik, V.V. Syglovov, V.V. Shishkin, A.V. Loza. Improvement of exploitation reliability of a magnetic-grab crane by means of removal of residual deformation in main beams. In hired results over of inspection of metal structures of main beams of bridge of magnetic-bucket crane are brought, his technical description is given. Reasons of origin of the remaining (negative) bending and his negative influence are educed on operating descriptions and safety of work of crane. The size of the negative bending of main beams of bridge is set in size of a 105 mm at the size of crane span 20 m. Such size of the building deflection resulted in rolling of two light carts of magnetic-bucket crane to the middle of span, their defect and leaning against three skating rinks. Such defect assisted strengthening of wear of flange and increased attenuation time of own vibrations. Previous repairs of beams by means of hot edit heating of areas of lateral walls to the temperature 800-900 °C in future negatively affected on operating descriptions of crane metal construction. Expedient complex technology of repair of metal structures for span

¹ канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

² д-р техн. наук, професор, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

³ канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

⁴ канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

beams is offered technically with the purpose of extension of time of service of crane. Technology includes: method of hot edit of beam and method of preliminary tension. The sequence of works is described at implementation of repair these methods. The construction of stretching device and his bracing on main beams. In the construction of stretching device supports are included with the set tighteners (lug). Tensioning devices are fastened to the bottom belt of tension beams. In lugs the cored armature is set and she is laid on brackets. The pull of the cored armature is produced by means of hydraulic jacks, fixed by a nut and check-nut. Diagrammatized technological process of complex repair. The offered technology will allow to produce repair works without dismantling of crane and promote reliability of its exploitation.

Keywords: magnetic-bucket crane, deformation, rise building, hot edit, the method of pretension.

Постановка проблеми. Для організації стабільної роботи машинобудівних і металургійних підприємств необхідно забезпечити надійну роботу підйомно-транспортних машин, зокрема, мостових кранів. В процесі тривалої експлуатації мостових кранів різного призначення внаслідок пластичної деформації головних (пролітних) балок моста може утворюватись залишковий прогин балок в напрямі дії сил тяжіння (так званий «від'ємний прогин»). Від'ємний прогин коробчастих балок супроводжується скочуванням візків крана до середини прольоту та збільшенням амплітуди і часу угасання власних коливань мосту. Тому актуальним завданням серед проблем кранового господарства є розробка технології ремонту металоконструкції головних балок, яка б дозволила не лише усунути їх від'ємний прогин, але й підвищити їх жорсткість, а разом з цим зменшити амплітуду і тривалість коливань мосту крана в процесі експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема підвищення експлуатаційної надійності кранів, що працюють на металургійних підприємствах, є вкрай актуальною і широко представлена в багатьох наукових роботах [1-4]. Відсоток морально застарілих і зношених кранів на металургійних підприємствах України складає близько 85%. В ряді робіт [2, 3] відзначається, що одним з методів посилення металоконструкції головних балок є створення в них початкового напруження, що за знаком є протилежним від того, що виникає при корисному навантаженні. Тому актуальним завданням стає розробка економічно доцільної комплексної технології ремонту, яка б дозволила відновити геометричну форму і збільшити показники жорсткості головних балок кранів без їх демонтажу і тривалої зупинки в технологічному циклі виробництва.

Мета роботи – розробка економічно доцільної технології ремонту металоконструкції головних балок мостового крану, яка забезпечує збільшення жорсткості балок, а також зменшення амплітуди і тривалості їх коливань в процесі експлуатації крана.

Виклад основного матеріалу. В шлакопомольних відділеннях металургійних підприємств експлуатуються мостові магніто-грейферні крани вантажопідйомністю 10 + 10 т.

Технічна характеристика крану:

- вантажопідйомність магніту – 10 т;
- вантажопідйомність грейфера – 10 т;
- проліт моста крану – 20 м;
- висота підйому магніту – 24 м;
- висота підйому грейфера – 23 м;
- швидкість підйому магніту – 20 м/хвил (0,33 м/с);
- швидкість підйому грейфера – 32 м/хвил (0,53 м/с);
- швидкість пересування магнітного візка – 70 м/хвил (1,17 м/с);
- швидкість пересування грейферного візка – 70 м/хвил (1,17 м/с);
- швидкість пересування крану – 100 м/хвил (1,67 м/с);
- маса крану – 50 т.

Крани працюють у важкому режимі на відкритому повітрі і здійснюють перевантаження шлаків. В процесі тривалої експлуатації мостових кранів внаслідок механічних навантажень і дії високих температур в головних балках виникають пластичні деформації, що призводять спочатку до зменшення первинного будівельного підйому, а згодом – до появи і збільшення від'ємного залишкового прогину балок. Обстеження доводять, що деформування моста відбу-

вається поступово в період усього терміну експлуатації і значною мірою залежить від умов роботи кранів.

Поява залишкового прогину виявляється на кранах усіх типів. Крім навантаження і режиму роботи на величину прогину впливають також тип крану, конструктивне виконання металоконструкції мосту і технічний стан підкранових шляхів. За даними [1] величина прогину для кранів прольотом 28,5 м може досягати 200 мм.

При обстеженні металоконструкції головних балок одного з магніто-грейферних кранів прольотом 20 м авторами статті був виявлений залишковий прогин величиною 105 мм. Величину прогину визначали нівеліром. Залишковий прогин коробчастих балок призводив до скошування магнітного і грейферного візків к середині прольоту, що збільшувало час загасання власних коливань. В процесі візуального огляду встановлено, що візки мали перекошеність і спиралися на три катки. Такий перекіс значною мірою посилював знос реборд.

Головними причинами появи залишкового прогину пролітних балок є циклічний характер їх навантаження статичними і динамічними силами, а також наявність залишкового напруження, обумовленого технологією виготовлення металоконструкції.

Технологія виготовлення головної балки передбачає наступну послідовність дій [5].

На верхній пояс головної балки, розташованої на складальному стенді, встановлюють і прихоплюють по попередній розмітці діафрагми і потім бічні стінки. Розкрій бічних стінок враховує будівельний підйом балок. Додатний вигин верхнього поясу зі встановленими діафрагмами задається поверхнею складального стенду і закріплюється установкою розкросних бічних листів. За допомогою гідравлічних домкратів балку прогинають до повної вибірки будівельного підйому, усуваючи гофри у вертикальній стінки. Така технологія виготовлення балок призводить до того, що в нижніх поясах зварних швах виникають залишкові розтягувальні напруження. Циклічні вертикальні навантаження, що мають місце при експлуатації крану, сприяють збільшенню цих напружень, які можуть досягати і навіть перевищувати границю текучості матеріалу шва. У цьому полягає механізм утворення залишкового прогину у балках коробчастого перерізу.

У попередньому ремонті крану, що обстежувався, для відновлення будівельного підйому застосовувався економічно доцільний метод гарячої правки з використанням гідравлічного домкрата. Економічна доцільність методики полягала у тому, що ремонт здійснювався у відносно короткий термін і без демонтажу металоконструкції, тобто на робочому місці крана. Для цього кран підіймали гідравлічними домкратами, розташованими всередині мосту, і забезпечували зворотний вигин обох пролітних балок за рахунок місцевого нагріву ділянок, нижче нейтральної лінії. Проте позитивний ефект гарячої правки виявився тимчасовим, бо нагрів ділянок бічних стінок до температури 800-900°C негативно позначився на характеристиках міцності матеріалу стінок і експлуатаційних показниках металоконструкції в цілому. Тобто при суттєвих перевагах даний спосіб ремонту не забезпечив довгостроковий ефект.

На підставі аналізу відомих методів ремонту мостових кранів і досвіду ремонтних робіт металоконструкцій була запропонована і апробована нова економічно доцільна методика ремонту головних балок мостових кранів. Методика має комплексний характер, тобто поєднує дві ремонтні технології, що застосовуються послідовно. Для її реалізації спочатку виконують гарячу правку головних балок крана, а далі закріплюють позитивний ефект створенням попереднього напруження металоконструкції за рахунок затяжок. На рис. 1 представлена схема обладнання, що застосовується для ремонту балок моста з використанням запропонованої технології.

Нижче наведені технологічні операції ремонту, що мають бути здійснені послідовно.

1. Гаряча правка балки.

Мета операції – деформація головної балки в вертикальній площині до появи додатного вигину, що дорівнює величині первинного будівельного підйому.

1.1. Магніто-грейферний кран встановлюють в ремонтній зоні. Схема крану представлена на рис. 1. Обидва візки розташовують в крайньому положенні біля тупикових упорів (бажано по різні боки мосту). Виконують інструментальне нівелювання над обома стінками кожної балки. Роблять вимір деформації балок в горизонтальній площині і перевірку їх міри скручування.

1.2. Посередині прольоту під кожною головною балкою встановлюють гідравлічні домкрати сумарним зусиллям більше 50 т. За допомогою домкратів головну балку підіймають до

відриву ходових коліс від підкранових рейок (відстань коліс від підкранових рейок з обох боків прольоту близько 50 мм). Вузли ходових коліс хомутами закріплюють до підкранових і кінцевих балок.

1.3. На нижньому поясі і на бічних стінках намічають зони нагріву балок. Вибір зон нагріву роблять з урахуванням розташування діафрагм. Місця розташування діафрагм визначають таким чином: великі діафрагми зазвичай співпадають з вертикальними стінками кронштейнів майданчиків, а малі – з місцями установки кріплення підвізкових рейок. Розміщення діафрагм можливо визначити шляхом обстукування молотком металоконструкції.

1.4. Нагрів намічених ділянок головних балок виконують за допомогою газових пальників до температури 550-600°C (стан червоного розжарення металу) в певній послідовності. Кожен подальший нагрів роблять після охолодження раніше нагрітих ділянок балок. Один цикл нагріву-правки дозволяє зменшити залишковий прогин на 6-8 мм.

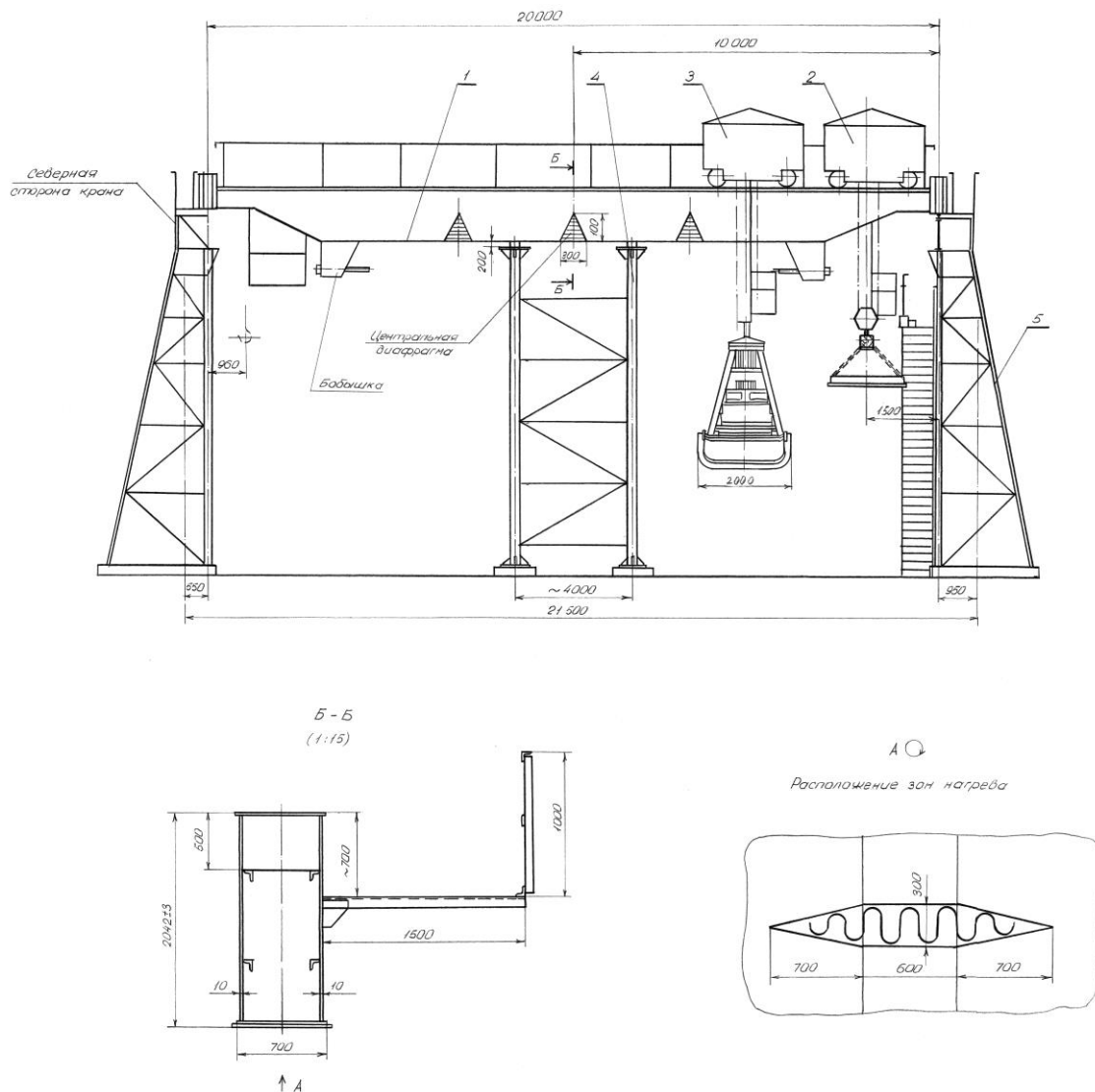


Рис. 1 – Монтажна схема щодо ремонту головної балки моста: 1 – головна балка; 2 – візок магнітний; 3 – візок грейферний; 4 – портал; 5 – сходи

2. Створення попереднього напруження.

Мета операції – фіксація позитивного ефекту гарячої правки головної балки і збільшення жорсткості металоконструкції головної балки за рахунок попереднього напруження її елементів.

2.1. До нижнього поясу головної балки по обох краях закріплюють опори (бобишки) зі встановленими натяжними пристроями (натягачами, рис. 1-2). Бобишки виготовляють і прикрі-

плюють до нижнього поясу головної балки за допомогою електрозварювання. Закріплюють також тимчасові підвісні люльки. Зварену стержневу арматуру (для стягування) підіймають лебідкою і встановлюють на кронштейни, приварені до головної балки моста.

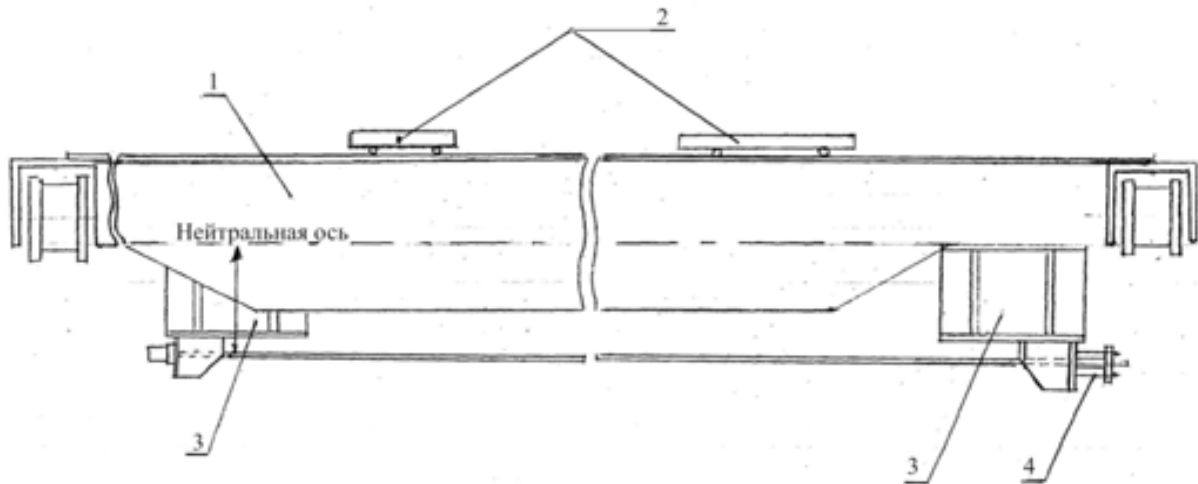


Рис. 2 – Пристрій для створення попереднього напруження головної балки (встановлений на крані без його демонтажу): 1 – головна балка; 2 – візки крана; 3 – опори; 4 – натягач (домкрат)

2.2. За допомогою натяжних пристроїв (гідравлічних домкратів) здійснюють натягнення стержнів силової траверси, розташованої уздовж головних балок (по дві арматури діаметром 30 мм на кожен балку), після чого стержні фіксують у напруженому стані з двох боків гайкою і контргайкою.

2.3. Зазначені вище ремонтні операції виконують паралельно на обох балках моста.

Запропонована технологія була реалізована в умовах діючого виробництва (кран шлакопомольного відділення одного з металургійних підприємств) і дозволила протягом незначного ремонтного часу і без суттєвих економічних витрат усунути залишковий прогин, зменшити амплітуду і час коливань моста, підвищити жорсткість головних балок, знизити кількість ремонтів і значно підвищити експлуатаційну довговічність крана.

Висновки

1. За результатами обстеження металоконструкції головних балок магніто-грейферного крана був виявлений від'ємний будівельний прогин величиною 105 мм.

2. На підставі аналізу відомих методів ремонту головних балок і досвіду ремонтних робіт металоконструкцій запропоновано комплексну технологію усунення залишкових деформацій головних балок шляхом поєднання методів гарячої правки і попереднього напруження.

3. Розроблено конструкцію натяжного пристрою, що закріплюється на головній балці крана. Розроблено технологію натягнення стержневої арматури і її фіксації в напруженому стані.

4. Застосування технології гарячої правки і методу попереднього напруження дозволяє усунути від'ємний будівельний прогин, збільшити довговічність і термін служби мостових магніто-грейферних кранів.

Перелік використаних джерел:

1. Концевой Е.М. Ремонт крановых металлоконструкций / Е.М. Концевой, Б.М. Розенштейн. – М. : Машиностроение, 1979. – 206 с.
2. Брауде В.И. Надежность подъемно-транспортных машин / В.И. Брауде, Л.Н. Семенов. – Л. : Машиностроение, 1986. – 186 с.
3. Слободяник В.А. Повышение долговечности крановых мостов методом преднапряжений / В.А. Слободяник // Автомобильный транспорт : Сб. науч. тр. / ХГАДТУ. – Харьков, 2000. –

С. 54-56.

4. Сахновский М.М. Уроки аварий стальных конструкций / М.М. Сахновский, А.М. Титов. – Киев : Будивельник, 1969. – 200 с.
5. Куркин С.А. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций / С.А. Куркин, В.М. Ховов, А.М. Рыбачук. – М. : Машиностроение, 1989. – 328 с.

References:

1. Kontsevoi E.M., Rozenshtein V.M. *Remont kranovykh metallokonstruktsii* [Repair of crane metal structures]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1979. 206 p. (Rus.)
2. Braude V.I., Semenov L.N. *Nadezhnost' pod'emno-transportnykh mashin* [The reliability of hoisting machines]. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1986. 186 p. (Rus.)
3. Slobodianik V.A. Povyshenie dolgovechnosti kranovykh mostov metodom prednapriazhenii [Increased durability of crane bridges using the prestressing method]. *Avtomobil'nyi transport – Automobile Transport*, 2000, pp. 54-56. (Rus.)
4. Sakhnovskii M.M., Titov A.M. *Uroki avarii stal'nykh konstruktsii* [Steel construction accident lessons]. Kyiv, Budivel'nik Publ., 1969. 200 p. (Rus.)
5. Kurkin S.A., Khovov V.M., Rybachuk A.M. *Tekhnologiia, mekhanizatsiia i avtomatizatsiia proizvodstva svarnykh konstruktsii* [Technology, mechanization and automation of the production of welded structures]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1989. 328 p. (Rus.)

Рецензент: Ю.Г. Сагіров
канд. техн. наук, доц., ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 13.08.2019

УДК 621.923

doi: 10.31498/2225-6733.39.2019.201060

© Сергєєв О.С.¹, Андїлахай О.О.²

ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗМЕНШЕННЯ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ ПРИ АБРАЗИВНІЙ ОБРОБЦІ

Наведені аналітичні залежності для визначення параметрів шорсткості поверхні при абразивній обробці з позиції одновисотного розташування ріжучих зерен в формі сфери на робочій поверхні інструменту і їх взаємного перекриття в процесі формування шорсткості оброблюваної поверхні. Розрахунками встановлено, що одновисотне розташування ріжучих зерен на робочій поверхні інструменту є основною умовою суттєвого зменшення параметрів шорсткості поверхні R_a і R_{max} . На цій основі розроблено ефективний метод внутрішнього шліфування з застосуванням м'якого повстяного (фетрового) кола з наклеєним шаром абразивного порошку 63С зернистістю F80-F150, що дозволяє істотно зменшити параметр шорсткості поверхні R_a без збільшення трудомісткості і зменшення продуктивності обробки. При цьому ефективно виробляти шліфування, встановлюючи вісь обертання шліфувального круга з індивідуальним приводом перпендикулярно осі обертання оброблюваного отвору. В результаті значно збільшується кількість одночасно працюючих абразивних зерен за рахунок збільшення площі контакту шліфувального круга з оброблюваною деталлю. Це призводить до зменшення шорсткості обробленої поверхні.

Ключові слова: доведення вільним абразивом, абразивні зерна, інструмент, внутрішнє шліфування, продуктивність обробки.

¹ аспірант, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, bmbylat@ukr.net

² д-р техн. наук, проф. ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, andilahaia@gmail.com