

ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

УДК 621.8

КОНТРОЛЬ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОВОГО СТАНУ КРАНОВИХ КОЛІС,
ВАЛІВ ТА ОСЕЙ

О.В. Григоров, проф., д.т.н., С.О. Губський, доц., к.т.н.,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Анотація. Наведено результати досліджень впливу твердості поверхні кранових коліс (діаметром 710 мм, для сталі 65Г), валів та осей (діаметром перерізу 110–165 мм, матеріал – сталь 45) на показання коерцитивної сили. Зроблено висновки і намічено подальші напрями досліджень.

Ключові слова: кранове колесо, вал, вісь, механізм пересування крана, коерцитивна сила, твердість.

КОНТРОЛЬ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
КРАНОВЫХ КОЛЕС, ВАЛОВ И ОСЕЙ

О.В. Григоров, проф., д.т.н., С.А. Губский, доц., к.т.н., Национальный технический
университет «Харьковский политехнический институт»

Аннотация. Приведены результаты исследований влияния твердости поверхности крановых колес (диаметром 710 мм, для стали 65Г), валов и осей (диаметром сечения 110–165 мм, материал – сталь 45) на показания коэрцитивной силы. Сделаны выводы и намечены дальнейшие направления исследований.

Ключевые слова: крановое колесо, вал, ось, механизм передвижения крана, коэрцитивная сила, твердость.

STRESS-STRAIN BEHAVIOUR CONTROL FOR CRANE WHEELS,
SHAFTS AND AXES

O. Grigorov, Prof., Dr., Eng. Sc., S. Gubskiy, Assoc. Prof., Cand., Eng. Sc.,
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

Abstract. The article contains the research results concerning the influence of crane wheels surface hardness (diameter 710 mm, for steel 65G), shafts and axes (cross-sectional diameter 110–165 mm, material – steel 45) on the value of the coercive force. The conclusions have been drawn, and the areas for further investigations have been outlined.

Key words: crane wheel, shaft, axis, crane travelling gear, coercive force, hardness.

Вступ

Невід'ємною частиною виробництва кранових коліс, валів та осей є їх термообробка. Відомо, що при загартуванні сталі утворюється мартенсит, що має набагато більший об'єм у порівнянні з аустенітом та троости-

том. Як наслідок – поява внутрішніх напружень. Тому в процесі формування литої заготовки колеса чи вала та наступної термообробки (внаслідок різкої зміни температур) є неминучою поява значних залишкових напружень.

Також значне завищення в нормативних документах [1] вимог до твердості поверхні кочення та реборд литих коліс (до 380–390 НВ) призводить вже у процесі виробництва до самовільного руйнування коліс (на етапі механічної обробки та навіть на етапі зберігання на складі). Аналогічну ситуацію маємо з валами та осями.

Аналіз публікацій

У роботах [2–4] проведено дослідження зв'язку твердості поверхні кочення кранових коліс і замірів коерцитивної сили на цій поверхні. Встановлено, що коерцитивна сила на литих, нетермооброблених колесах зі сталі 55Л знаходиться в межах 3–4 А/см. На таких саме колесах після термообробки вона приблизно дорівнює 5 А/см, при цьому твердість становить 298–313 НВ. На готових колесах зі сталі 65Г значення коерцитивної сили в середньому становить 6 А/см. Також магнітним методом неруйнівного контролю на основі коерцитивної сили можна контролювати якість посадки колеса на вал, за рахунок вимірів коерцитивної сили до і після збирання. Різниця між показаннями буде чітким індикатором рівня залишкових напружень.

Більш детальних досліджень застосування магнітно-коерцитивного контролю для оцінки якості загартування кранових коліс не виявлено.

У роботах [5, 6] доведено доцільність та ефективність використання магнітно-коерцитивного контролю для оцінки стану прокатних валів.

У роботах [2–6] не наведено залежності зв'язку коерцитивної сили від твердості у формі графіка чи функції. Також зі змісту статті [4] невідомо, якого діаметра були кранові колеса, на яких проводилися дослідження, що значно ускладнює використання цих досліджень на практиці.

Мета і постановка задачі

Метою роботи є дослідження залежностей коерцитивної сили від твердості поверхні кочення кранових коліс, валів та осей з подальшим використанням їх (залежностей) на практиці.

Дослідження впливу твердості поверхні кранових коліс на показання коерцитивної сили

Проведено дослідження впливу твердості поверхні кранових коліс на показання коерцитивної сили [7, 8] (рис. 1).

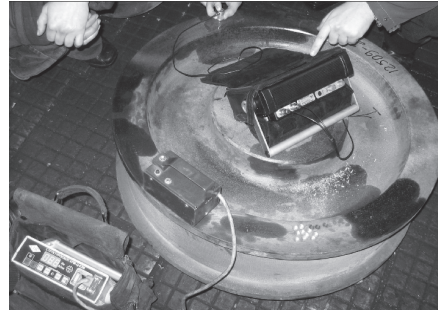


Рис. 1. Проведення магнітно-коерцитивного та ультразвукового НК кранових коліс

Досліджувалась готова продукція після приймання ОТК зі сталі 65Г діаметром коліс 710 мм. Виміри проводилися структуроскопом КРМ-ЦК-2М (зав. № 542, 834) та твердоміром ТДМ-1 (зав. № 469). Дослідження стали продовженням робіт [2–4].

Кранові колеса, що підлягали контролю, були виготовлені відповідно до вимог ГОСТ 28648-90 [1]. Твердість поверхні кочення кранових коліс зі сталі 65Г повинна бути в межах 320–390 НВ. Глибина загартування для кранових коліс діаметром 710 мм – не менше 25 мм. Глибина промагнічування структуроскопів КРМ-ЦК-2М, згідно з [9], є значно більшою, ніж 25 мм, що дозволяє контролювати кранові колеса після їх загартування. Точки замірів твердості та коерцитивної сили на колесах співпадали. На кожному колесі по поверхні кочення проводилося по чотири заміри (рис. 2).

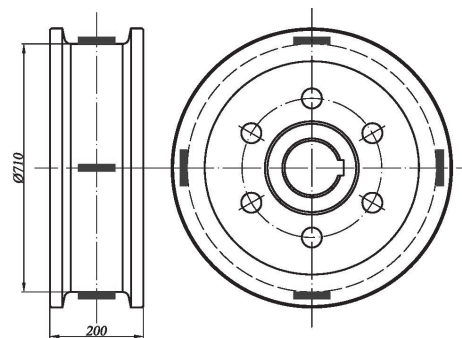


Рис. 2. Точки замірів твердості та коерцитивної сили на кранових колесах – ■■■■

Результати проведених досліджень зображені на рисунку (рис. 3). Провівши апроксимацію отриманих результатів, отримали криву, яку можна описати експоненційною функцією 1. Отримана достовірність апроксимації є достатньою ($R^2 = 0,9319$).

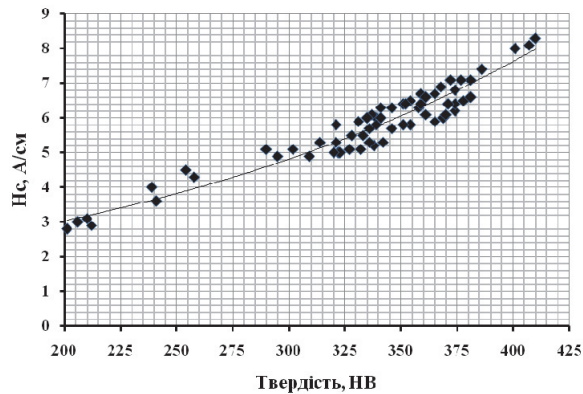


Рис. 3. Результати замірів коерцитивної сили та твердості на поверхні кочення кранових коліс (сталі 65Г, діаметр – 710 мм)

$$H_c(HV) = 1,2064 \cdot e^{0,0046 \cdot HV} \quad (1)$$

Під час проведення дослідження було виявлено колеса:

- що не пройшли термообробки («сирі»): твердість – 201–212 НВ, коерцитивна сила – 2,8–3,1 А/см;
- що мали недостатню твердість («недозагартовані»): твердість – 239–314 НВ, коерцитивна сила – 3,6–5,3 А/см;
- одне колесо з підвищеною твердістю («перезагартоване») – твердість сягала 410 НВ, а коерцитивна сила – 8,3 А/см.

В останньому випадку на поверхні колеса через деякий час з'явилася на реборді тріщина довжиною 400–500 мм (рис. 4).



Рис. 4. Дефект-тріщина на реборді кранового колеса внаслідок «перезагартування»

Отже, нормативній твердості поверхні кочення кранових коліс зі сталі 65Г діаметром 710 мм, яку отримуємо після їх загартування, відповідає коерцитивна сила: $320 \text{ НВ} \approx 5,4 \text{ А/см}$, $390 \text{ НВ} \approx 7,4 \text{ А/см}$.

Проведено дослідження впливу твердості поверхні валів та осей (після приймання ОТК, близько 100 одиниць) на показання коерцитивної сили. Ці елементи виготовлялися для використання в механізмі пересування крана. Наприклад, досліджувалися вали (осі), що мають у своєму перерізі діаметри 110–165 мм, матеріал – Ст 45 (діаметр кранового колеса при цьому повинен бути 800 мм). Виміри проводилися структуроскопами типу КРМ-ЦК-2М (зав. № 542, 834) та твердоміром ТДМ-1 (зав. № 469). Точки замірів твердості та коерцитивної сили на валах (осях) співпадали. Твердість поверхні валів (осей) готової продукції має бути в межах 174–217 НВ. Встановлено, що даній нормативній твердості поверхні валів та осей зі Ст 45 (діаметром 110–165 мм), яку отримуємо після їх виготовлення, відповідає коерцитивна сила: $170 \text{ НВ} \approx 14,0 \text{ А/см}$, $220 \text{ НВ} \approx 21,6 \text{ А/см}$.

Висновки

Внаслідок проведених досліджень залежностей коерцитивної сили від твердості поверхні кочення кранових коліс, валів та осей отримано результати, що дозволяють контролювати якість загартування кранових коліс, валів та осей у процесі виробництва, проводити експрес-контроль при експертному обстеженні.

Аналогічно можна проводити контроль напружено-деформованого стану кранових коліс, валів та осей за параметром коерцитивної з інших матеріалів та геометричних розмірів, попередньо провівши дослідження залежності коерцитивної сили від твердості їх поверхні.

Література

1. Колеса крановые. Технические условия: ГОСТ 28648–90. – Действует от 01.07.1991. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 8 с.
2. Причины трещинообразования крановых колес и рекомендации по их устране-

- нию: отчет о НИР/ ХЗ ПТО им. Ленина. – Х., 1987. – 89 с.
3. Проведение металлографических исследований структуры литых крановых колес и сравнительный анализ твердости поверхности катания и реборд крановых колес на Харьковском заводе ПТО с за- мерами коэрцитивной силы: отчет по НИР / ОАО «Укрмашстанкопроект». – Х., 2001. – 121 с.
 4. Попов В.А. Практика выявления колес мостовых кранов с недопустимым уровнем остаточных напряжений / В.А. Попов, Г.Я. Безлюдько, Е.И. Елкина // Подъёмные сооружения. Специальная техника. – 2002. – № 9. – С. 27–29.
 5. Крутикова Л.А. Применение магнитной структуроскопии прокатных валков для управления качеством проката / Л.А. Крутикова // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2010. – №3. – С. 32–37.
 6. Безлюдько Г.Я. Оценка текущего состояния и остаточного ресурса прокатных валков на основе магнитного (по коэрцитивной силе) метода неразрушающего контроля / Г.Я. Безлюдько, В.Ф. Мужичкий, Л.А. Крутикова и др. // Дефектоскопия. – 2002. – №4. – С. 3–9.
 7. Исследование влияния твердости ходовых колес мостовых кранов на показания коэрцитивной силы (Харьковского завода ПТО): отчет №272–10 / Ю.Е. Никельберг, С.А. Губский. – Х.: ООО «Подъём-сервис», 2010. – 101 с.
 8. Исследование влияние твердости ходовых колес мостовых кранов, валов и осей на показания коэрцитивной силы: отчет №64–10 / С.А. Губский. – Х.: ООО «Фирма «ВЕТА», 2010. – 152 с.
 9. Михеев М.Н. Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля / М.Н. Михеев, Э.С. Горкунов. – М.: Наука, 1993. – 252 с.
- Рецензент: И.Г. Кириченко, профессор, д.т.н., ХНАДУ.
- Стаття надійшла до редакції 7 квітня 2014 р.
-