

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН НИЗЬКОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ ПО ПІДВИЩЕННЮ ДОВГОВІЧНОСТІХОДОВИХ КОЛІС МОСТОВИХ КРАНІВ

Цибульський В.А., Рибалко І.В., Круковська А.В.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Виконано аналіз причин виходу ходових коліс мостових кранів з ладу і процесів, які відбуваються в контактні колеса з рейкою. Розглянуто шляхи підвищення довговічності ходових коліс і висвітлено причини низької ефективності багатьох заходів, спрямованих на підвищення їх довговічності. Наведено рекомендації, щодо підвищення ефективності існуючих заходів.

Ключові слова: *мостовий кран, ходове колесо, довговічність, низька ефективність, рекомендації.*

Вступ

Мостові крани широко використовуються у сучасному виробництві. Вони є найбільш розповсюдженим і універсальним засобом підйому і переміщення різних вантажів і використовуються при виконанні деяких технологічних операцій і допоміжних робіт в машинобудуванні, металургії і інших галузях промисловості. В автоматизованому виробництві мостові крани виконують роль технологічного транспорту і тому вимоги до їх надійності є високими.

Широке використання мостових кранів пояснює наявність значної кількості досліджень, які направлено на покращення техніко-економічних і експлуатаційних показників цих машин. Маючи високі показники по продуктивності, розмірам і вазі, вітчизняні підйомно-транспортні машини, як правило, по надійності і довговічності поступають аналогічним зразкам іноземних фірм.

Наукові праці по дослідженню мостових кранів в цілому можна поділити на наступні групи:

- вдосконалення методів розрахунку цих машин з метою зниження їх металомісткості;
- розробка різноманітних типів привідних і гальмівних приладів, що забезпечують регулювання швидкостей робочих рухів і зниження динамічних навантажень;
- підвищення надійності і довговічності окремих елементів і вузлів.

До останньої групи належить багато праць, що стосуються проблеми підвищення довговічності ходових коліс мостових кранів. В той час коли металеві конструкції мостових кранів експлуатуються протягом багатьох років (від 20 до50), мають місце випадки, коли колеса служать 1-4 місяці при регламентованому терміні 5-12 років. Термін служби підкранових рейок знижується до 50-40 % від регламентованого. Витрати, що пов'язані із заміною ходових коліс, в більшості випадків є вирішальними при ремонті мостових кранів. Зменшення довговічності кранових коліс призводить до підвищення ремонтних витрат і збільшення простоїв крана, які досягають для мостових кранів до 10-12 % загального часу простоїв. Витрати, які пов'язані з заміною і відновленням ходових коліс, складають 15-17 % від вартості ремонту всього крана [1]. У зв'язку з недостатнім строком служби кранових ходових коліс сучасних кранів, останнім часом з'явилося багато запропонованих методів по конструктивній зміні ходової частини кранів мостового типу.

Отже, не зважаючи на значну кількість вже виконаних досліджень, запропонованих заходів щодо підвищення надійності і довговічності ходових коліс, це питання досить не втратило своєї актуальності.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

За результатами вивчення і аналізу виконаних раніше досліджень було виділено наступні найбільш характерні види пошкоджень ходових коліс мостових кранів [1-3]:

- інтенсивний і нерівномірний знос реборд;
- руйнування реборд;
- втомні руйнування на поверхні доріжки катання;
- розкочування і сповзання бандажу при складальній конструкції коліс;
- пластична деформація робочої поверхні коліс і утворення вм'ятин.

В реальних умовах роботи ходових коліс при їх огляді можна виявити присутність одразу кількох з числа наведених пошкоджень. Варіація пошкоджень може бути різною і визначається, насамперед, умовами експлуатації крана. У випадку зміни умов експлуатації може змінюватись і характер пошкоджень коліс.

В значній частці всіх досліджень [1, 2, 4, 5] по підвищенню довговічності кранових ходових коліс відмічається, що вихід їх з ладу, головним чином, обумовлений зношуванням їх реборд. При цьому 60-70 % підкранових рейок виходять з ладу внаслідок зносу їх бокових поверхонь [2].

Аналіз раніше виконаних досліджень [5-7] дозволив виділити наступні основні причини виникнення контакту реборд з підкрановою рейкою:

- неточність встановлення коліс;
- відхилення підкранових рейок від номінального положення;
- розбіжності у діаметрах коліс (ведучих);
- різниця швидкостей обертання привідних коліс (для кранів з роздільним приводом механізму переміщення);
- розворот крану при пуско-гальмівних процесах;
- різниця величин проковзування ведучих коліс.

Односторонній знос реборд супроводжується нерівномірним зносом циліндричної поверхні кочення, яка по мірі зносу наближується до конічної, що ще більше ускладнює взаємодію реборд з підкрановими рейками. При силовій взаємодії реборд коліс з підкрановими рейками мають місце випадки їх руйнування (злам). Як правило, це трапляється при експлуатації коліс з сильно зношеними ребордами. У відповідності з ГОСТ 28648-90 колеса повинні замінюватись новими по досягненні зносу реборд величини 50 % попередньої їх товщини.

Зношування реборд при контакті з підкрановою рейкою відбувається в результаті тертя ковзання, яке супроводжується їх взаємним стиранням.

Разом зі зношуванням реборд при експлуатації ходових коліс спостерігається зношування і руйнування поверхні доріжки кочення. Однак практика свідчить, що заміна коліс по причині зношування доріжки кочення відбувається значно рідше. Це можна пояснити тим, що зношування реборд відбувається більш швидко, тому що при контакті реборд з рейками виникає процес скоплювання, тобто молекулярної взаємодії. При усуненні же причин, що обумовлюють контакт реборд з головою підкранових рейок, довговічність коліс буде визначатись зносостійкістю поверхневих шарів на доріжці кочення.

Мета і постановка задач

Метою даного дослідження є виявлення і аналіз причин, які нівелюють ефективність значної кількості заходів, що спрямовані на підвищення довговічності ходових коліс мостових кранів. Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати наступні задачі дослідження:

- проаналізувати процеси, що відбуваються при взаємодії колеса з рейкою і які призводять до їх зносу;
- розглянути можливі шляхи підвищення довговічності ходових коліс і заходи, які пропонувались відповідно до них;

– дослідити причини низької ефективності заходів, спрямованих на підвищення довговічності ходових коліс і надати рекомендації щодо підвищення їх ефективності.

Дослідження процесів, що відбуваються в контактні колеса з рейкою. Процеси, що відбуваються в контактні обода колеса з рейкою, в значній мірі визначаються функціональними особливостями пари ходове колесо – рейка. Механізм взаємодії даної пари, як і закономірності руйнувань, що виникають, досить складний. Для розуміння цього факту розглянемо деякі аспекти цього питання, щоб більш глибоко зрозуміти з якими чинниками доводиться мати справу.

На рис. 1.1 наведено схему розподілу зусиль, які діють на колесо при його взаємодії з рейкою. При нерухомому колесі (рис. 1, а) згідно з теорією Герца контактні напруги розподіляються по закону еліпса, ось якого проходить через середину полоси контакту. Сумарна реакція з боку рейки співпадає з лінією дії навантаження Q на колесо і направлена в зворотному напрямку. При коченні колеса симетрія поля контактних напруг порушується по причині явища гістерезису. Напруги в зоні наростаючих деформацій стають більшими, ніж в зоні де вони зменшуються (рис. 1, б). Лінія дії загальної складової реакції зміщується в сторону напрямку руху за лінію симетрії плоскості контакту на деяку величину k . Це зміщення визначає супротив перекочуванню, величина якого залежить від фізичних властивостей пари, тобто матеріалу, термічної і механічної обробки тощо.

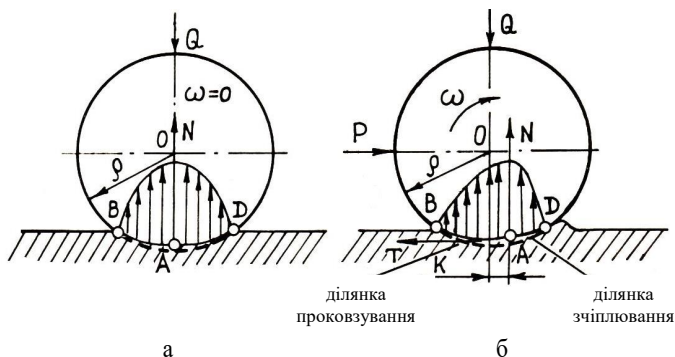


Рис.1. Схема розподілу сил, що діють на колесо: а – під навантаженням в стані спокою; б – під навантаженням при русі

На довговічність коліс суттєво впливає проковзування, яке інтенсифікує процес стирання і зношування. Якщо при терті кочення без проковзування при достатньому тиску в зоні контакту відбувається, головним чином, пластичне зтискання, то при проковзуванні до пластичного зтискання додається пластичний зсув. Під впливом нормальних і дотичних навантажень крайній поверхневий шар інтенсивно пластично деформується – «пливе» і створює орієнтовану будову матеріалу, що визначає розташування підповерхневих тріщин. При цьому пластичні деформації і теча матеріалу спостерігається не тільки у пластичних матеріалів, але і в сталях, які загартовано до високої твердості.

Проковзування кранових коліс виникає в період несталого руху при пуско-тормозних процесах. При цьому рух крана супроводжується не тільки подовжнім проковзуванням, але і поперековим. Останнє має місце при русі колеса, коли його площина перекошується на малий кут φ відносно вісі рейки.

В наш час не викликає сумніву, що дотичні сили суттєво впливають на напружений стан матеріалу навколо і, безпосередньо, в зоні контакту. Вивченню їх впливу на контактну міцність присвячено багато наукових праць М.М. Саверіна, Л.О. Галіна, М.В. Коровчинського, С.В. Пінегіна і інших вчених.

Під дією змінних контактних напруг, які перевищують деяку границю, в найбільш напруженій зоні поверхневого шару виникають мікротріщини. Подальший їх розвиток призводить до втомного викрашування металу. В літературі даний вид пошкодження часто називають пітингом.

Згідно втомлювальної (кумулятивної) теорії зношування, запропонованою проф. І.В. Крагельським, даний вид зношування характеризується багатоактним навантаженням одиничних фрикційних зв'язків аж до відділення часток зносу. До нашого часу немає чіткої уяви про виникнення викрашувань при контакті деталей, що обертаються.

Тріщина може виникнути як на глибині, так і на поверхні, в залежності від співвідношення між нормальною і тангенціальною складовими сили в контакт і від змін фізико-механічних властивостей матеріалу у поверхневому шарі. В основі механізму розвитку тріщини лежить той самий процес, що і при звичайній об'ємній втомлюваності. Специфічність процесу контактної втомлюваності полягає в значно більшому рівні діючих напружень стискання, тепловиділенні від зовнішнього тертя, в наявності двох тіл і проміжного середовища між ними, що активно приймає участь в процесі, і в ролі мікронерівностей як концентраторів напружень.

Під дією контактних напружень, що змінюються на поверхнях кочення коліс, разом з викрашуванням може мати місце другий вид пошкоджень – відшарування. В основі відшарування так як і викрашування лежать втомні процеси. Даний вид руйнування часто називають лускатим зносом, так як частки зносу, що відокремлюються, за формою нагадують луску. Відшарування виникає в результаті розвитку тріщини на деякій глибині з виходом її на поверхню. Цей вид руйнування поверхневих шарів спостерігався на колесах, які було піддано поверхневому загартовуванню, а також може мати місце на поверхні не зміцнених ходових коліс. Його поява пояснюється інтенсивною пластичною деформацією поверхневих шарів, яка передусє появи відшарувань. В результаті пластичної деформації матеріал наклепується і стає більш твердим. Це супроводжується анізотропією матеріалу. В результаті дії контактних напруг і дотичної сили на стику зміцненого поверхневого шару з серцевиною виникають мікротріщини, які розвиваючись виходять на поверхню і призводять до відшарування металу [2].

На нашу думку, присутність у контакті колеса з рейкою абразивних часток, може також грати далеко не останню роль в утворенні втомних руйнувань поверхневих шарів. Їх вплив може проявлятися в інтенсифікації пластичної деформації, яка завжди передусє появи контактної-втомних викрашувань. З нашої точки зору, для умов роботи ходових коліс специфічною особливістю проявлення абразивного зношування можна вважати саме те, що воно може ідентифікуватися через розвиток мало циклових втомних руйнувань.

Наведений вище механізм зношування кранових ходових коліс дозволяє зрозуміти, чому на деяких колесах після незначного часу експлуатації спостерігаються втомні руйнування, в той час, коли закладений в них запас контактної міцності повинен відвернути це. Саме з причини наявності абразивних часток, що мають достатні абразивні властивості, фактичні напруги, які сприймають локальні мікрооб'єми матеріалу, можуть бути вище розрахованих значень. У випадку перевищення цими напругами величини, що відповідає подовженій границі контактної витривалості, розвивається мало циклова втомлюваність. Метал викрашується і утворюються заглиблення, які спотворюють геометричну форму поверхні ободу і контактне навантаження приймає явно виражений динамічний характер. Тому для зниження ймовірності появи втомних руйнувань на поверхні доріжки кочення ходових коліс, наявність деякого запасу по контактній міцності, що закладається на стадії проектування, є виправданим заходом [2].

Аналіз шляхів підвищення довговічності ходових коліс і дослідження причин низької ефективності заходів з цього питання. Зносостійкість ходових коліс залежить від великої кількості факторів. Всі їх можна класифікувати по-різному. Ми згодні з тими дослідниками, які поділяють їх на дві групи. Перша з них враховує особливості конструкції моста і механізму його переміщення, точність виготовлення і встановлення коліс, профілю

рейок і точність їх монтажу, а також умови експлуатації. До другої групи належать ті фактори, які відносяться тільки до самого колеса в частині матеріалу колеса і технології його виготовлення.

В наш час звісно багато способів підвищення довговічності ходових коліс. Аналізуючи ці способи їх часто класифікують за двома основними напрямками: конструкторському і технологічному. Перший напрямок передбачає підвищення довговічності коліс за рахунок різноманітних конструктивних рішень. Вони можуть стосуватись удосконалення конструкцій мостових кранів і безпосередньо механізму переміщення. Заходи такого характеру передбачають підвищення терміну служби коліс за рахунок зниження інтенсивності зношування реборд. Це можливо за рахунок скорочення часу контакту реборд коліс з головою рейок, зниження величини сил, що діють на реборди в той час, коли вони контактують з головою рейки, а також зменшення значення коефіцієнта тертя, наприклад, за рахунок змащування реборд [1, 5-7].

З самого початку ходові колеса на мостових кранах встановлювали в кінцевих балках на вісі з підшипниками ковзання, які допускали їх зміщення вздовж вісі в діапазоні 30-50 мм. Взаємодія реборди з головою рейки проходила більш «м'яко», чим при жорсткому кріпленні колеса на вісі. Але таке встановлення ходових коліс ускладнювало передачу крутного моменту на привідні колеса, втулки швидко зношувались і ремонт ходової частини, а саме – заміна коліс і підшипників були більш складними.

Пізніше ходові колеса стали встановлювати на підшипниках кочення в з'єднаних буксах. Це спростило виготовлення, складання, ремонт ходової частини кранів, однак, використання підшипників кочення повністю виключило осьовий рух коліс по відношенню до рами моста.

Інтенсивний знос реборд поставив питання про необхідність підвищення зносостійкості ходових коліс. Використання з цією метою загартовування робочої поверхні коліс СВЧ не змогло покращити ситуацію, так як почався масовий вихід зі строю цих коліс, в основному, за рахунок викрашування метала. Простим і ефективним заходом підвищення довговічності коліс, стало розширення доріжки кочення колеса. Воно повинне було знівелювати втрату рухомості коліс вздовж вісі в результаті їх встановлення на підшипниках кочення.

В наш час ширину обода двохребордного колеса приймають для кранів і вантажних тележок відповідно на 25-30 і 15-20 мм більш ніж ширина головки рейки. У одноребордних коліс ця різниця повинна бути не менш 30 мм.

Одним з найбільш доступних, економічних і достатньо ефективних способів зниження зносу реборд коліс вважається їх змащування [1, 6]. Мазильний матеріал подається до зони контакту реборди і рейки, завдяки чому зменшується значення коефіцієнта тертя і інтенсивність зношування пари ходове колесо – рейка. Існують різні пристрої (лубрикатори), схеми для змащування реборд і різні види мазильних матеріалів [6].

Серед інших конструктивних заходів, які направлено на підвищення довговічності ходових коліс, слід відмітити рекомендації щодо зміни існуючого профілю доріжки кочення кранового колеса. На чотирьохколесних мостових кранах використовуються, головним чином, двохребордні циліндричні колеса у відповідності з ГОСТ 28648-90.

Разом з двохребордними циліндричними колесами (рис. 2, а) в ходових частинах мостових кранів використовувались або рекомендувались до використання:

- конічні колеса (рис. 2, б);
- конусно-циліндричні колеса (рис. 2, в);
- колеса, конусність яких збільшується по мірі наближення до реборди (змінна конусність) (рис. 2, г);
- самоцентруючі колеса (рис. 2, д).

Дослідження по використанню ходових коліс з різноманітною формою поверхні обода мали за мету за рахунок зміни форми підвищити стійкість руху мостових кранів,

знизити навантаження на елементи металоконструкції кранів, а також підвищити довговічність ходових коліс.

Без сумніву, збільшення конусності коліс призводить до підсилення центруючого ефекту. Однак це негативно впливає на довговічність підкранових рейок. З метою покращення умов взаємодії конічних коліс з рейками запропонована конструкція коліс, в яких разом з конічним передбачається ділянка циліндричної поверхні. Запобігти постійному кромковому контакту, який притаманний конічним колесам, можна за рахунок використання поверхонь кочення з перемінною конусністю. Конічні колеса достатньо широко розповсюджені в США і Англії [1, 7].

Підвищити довговічність ходових коліс намагались і за рахунок використання конструкції безребордних ходових коліс [1]. Функції реборд в цьому випадку виконують направляючі ролики з вертикальною віссю обертання. Такі колеса отримали розповсюдження в Німеччині. Однак в США, Англії і Україні безребордні колеса не знайшли широкого використання.

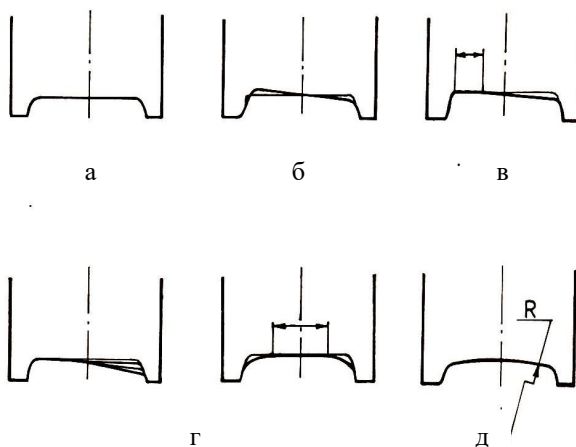


Рис.2. Типи профілю поверхонь кочення ходових коліс

Звісні випадки використання конструкцій ходових коліс, які складаються з колісного центра і бандажа. При зносі бандажа його замінюють на новий. Недоліком такої конструкції є розкочування і сід бандажа з колеса. Намагання подовжити термін служби бандажів збільшенням натягу призводить до того, що бандажі лопаються. Звісні випадки використання збірних коліс за кордоном.

Авторами [1, 8] запропоновано кранове ходове колесо з пружним кільцем, розташованим в ободі (рис. 3). За ствердженнями авторів така конструкція ходового колеса забезпечує більшу його довговічність в наслідок більшої площі контакту між пружним кільцем та поверхнями колеса. За їх дослідженнями це зменшує контактні напруження в зоні з'єднання і запобігає зминанню еластичної вставки. Конструкція, яка складається із декількох шарів, з яких зовнішні зроблені із міцного матеріалу 1, а середній шар являється маломіцним легким наповнювачем 2, має не тільки зменшену масу, але має високу міцність і жорсткість, що пояснюється в першу чергу більшим значенням моменту інерції всієї стінки (рис. 4). У порівнянні з одношаровою обшивкою момент інерції може бути збільшеним в багато десятків разів [1].

В сучасній промисловості все частіше можна зустріти конструкції, які складаються з декількох неоднорідних шарів [9]. Це, як правило, циліндричні деталі, поєднані між собою за допомогою різних методів, наприклад, футеровані барабани, труби для транспортування різних речовин, ходові колеса. У різних галузях техніки, таких як авіабудування, суднобудування, будівництво та інші, знаходять застосування багатшарові конструкції, в основному трьохшарові пластини та оболонки. Трьохшарова конструкція складається з двох міцних зовнішніх шарів, які з'єднані за допомогою заповнювача. Заповнювачем являється матеріал, який має меншу міцність, ніж зовнішні шари, але забезпечує пружні властивості оболонці або пластинці.



Рис.3. Колесо ходове кранове з пружним кільцем, розташованим в ободі

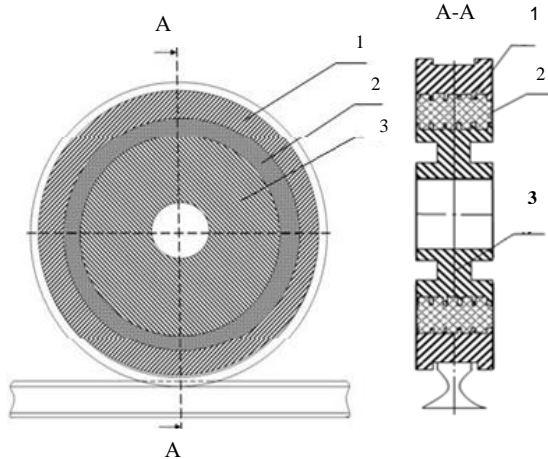


Рис.4. Конструкція колеса ходового кранового з пружним кільцем: 1 – обід; 2 – пружне кільце; 3 – диск

Пружне кільце (рис.4) має ступінчасту форму, яка входить в пази, які нарізані на внутрішній поверхні колеса. Це дозволяє зменшити вібрації при пересуванні коліс за рахунок поглинання динамічних навантажень, до яких призводять поштовхи при русі вантажного візка [1].

На нашу думку запропонована авторами [1] конструкція колеса може в певній мірі бути ефективною в боротьбі зі зношуванням. Вона дійсно буде мати кращі динамічні

властивості, сили взаємодії в контакті будуть відрізнятися меншою динамічною складовою. Взагалі це повинно привести до більш «м'якої» роботи крана в цілому. Але, разом з цим, слід відмітити деякі негативні моменти.

Насамперед, сама конструкція колеса є більш складною з точки зору його виготовлення і, особливо, забезпечення точності взаємного розташування елементів. Така конструкція можливо буде ефективною на кранах невеликої вантажопідйомності. Автори [1] відмічають, що порівняльні розрахунки, які були проведені для мостового двох балочного крану вантажопідйомністю 5 т, прогоном 22,5 м, висотою підйому 8 м, режимом роботи 7К, показали, що при застосуванні ходових коліс з пружним кільцем на вантажному візку зменшується швидкість коливань вантажу в 4,8 рази, прискорень в 6,0 разів, швидкість коливань металоконструкції зменшується в 1,2 рази, прискорень в 1,43 рази. Тобто мова йде о кранах малої вантажопідйомності з невеликими колесами. А якщо крани мають вантажопідйомність 50 т і більше, у яких колеса можуть бути 700 мм в діаметрі і більше? Хотілося б мати більш інформації, що стосується зносостійкості і довговічності таких коліс. Отже є питання, на які ще треба отримати відповідь.

Розглянуті вище конструктивні заходи мають різну ефективність. Довговічність коліс, головним чином, підвищується за рахунок зниження інтенсивності зношування реборд. Однак всі заходи не є ефективними, якщо не приділяти уваги до питань точності встановлення коліс, точності монтажу і покращення стану підкранових рейок. При переміщенні крана міст повторює всі нерівності рейок в горизонтальній площині, що викликає динамічні навантаження на реборди від горизонтального переміщення маси крана.

Практика свідчить, що хороших результатів можна досягти за рахунок підвищення точності встановлення ходових коліс, разом з відповідним чином укладеними рейками, а також шляхом змашування реборд [6].

Аналіз результатів випробовувань показав, що при похибці встановлення коліс не більше 0,5 мм на 1000 мм, колеса виходять з ладу по причині зносу доріжки кочення, а не по зносу реборд і мають, таким чином більшу довговічність. При перекошуванні коліс, який дорівнює 1-2 мм на 1000 мм, термін служби коліс знижується, приблизно, в 2 рази, 3-5 мм – в 3-4 рази [2].

Зі спостережень за роботою фінських мостових кранів фірми «Коне» видно, що майже для литих коліс (сталіне лиття з вмістом 0,6-0,7 % вуглецю і 1-1,5 % марганцю) з низькою твердістю робочої поверхні (220-235 НВ) терміни служби доходять до 5 років. Той факт, що колеса фірми «Коне» виходять з ладу з-за зносу доріжки кочення, а не реборд, свідчить, що точності виготовлення і встановлення кранових коліс фірмою приділяється багато уваги. Саме перекошування коліс часто являються причиною того, що множинні конструктивні заходи, які повинні покращити роботу кранів в цілому, в значному ступені втрачають свою ефективність [6]. Це стосується, наприклад, використання конічних ходових коліс [5].

Кут встановлення ходових коліс є важливішим фактором дестабілізації руху крана. З часом попередня точність встановлення ходових коліс може порушитись. Є різні конструкції вузлів встановлення ходових коліс, які дозволяють проводити регулювання в умовах експлуатації. Однак внаслідок ускладнення конструкції крана практичного застосування вони не отримали.

В наш час звісно багато різних способів контролю точності встановлення коліс [1, 2]. Однак найбільші методів контролю точності установки коліс достатньо трудомісткі. Тому вони не знаходять застосування на практиці, в результаті чого ця проблема ще далека від її вирішення.

Розглянуті раніше заходи частково можуть сприяти підвищенню довговічності ходових коліс. Але ефективність їх буде більш значною, якщо вони реалізуються комплексно з технологічними заходами. Технологічний напрямок підвищення довговічності ходових коліс стосується вибору способів отримання заготовки, виду технології зміцнення і питань складання та контролю кранів.

Методи складання мостових кранів, що застосовуються, часто не забезпечують потрібної точності установлення ходових коліс. Дійсні відхилення можуть перевищувати допуск на установку ходових коліс у 84 випадках зі 100, а кількісно ці відхилення перевищують допуск в декілька разів. При складанні кранів по «жорсткій» схемі, коли кінцеві балки подаються на загальне складання з встановленими на них ходовими колесами, після зварювання з головними балками неодмінно виникають перекоси, які негативно впливають на довговічність коліс.

Правильний вибір матеріалу для деталі є важливим питанням в забезпеченні її надійності. Аналіз матеріалів, що зараз використовуються для виготовлення ходових коліс, свідчить про безсистемність підходу до вибору матеріалу для виробництва коліс (ГОСТ 28648-90). Перелік включає вуглецеві і леговані конструкційні, ресорно-пружинні сталі, які мають різні механічні характеристики, прогартовуваність і інші властивості. В числі найбільш застосовуваних відмітимо сталі марок 45, 50, 55, а також сталі 60Г, 65Г, 75, 55СЛ, 35ГЛ. Значно рідше використовують сталі 40Х, 40ХН.

Вплив матеріалу ходового колеса на його довговічність був проаналізований авторами роботи [1]. В порядку зростання довговічності вони розташували досліджені ними матеріали наступним чином: сталь 35, 45, 60Г, 65Г і 75. З одного боку, на перший погляд, це є досить передбачуваним, а з іншого важко аналізувати цю інформацію без даних про те, які технології зміцнення при цьому використовували, в якому структурному стані знаходились наведені матеріали.

Виконані нами дослідження [2] найбільш використовуваних для виготовлення ходових коліс марок сталей (55СЛ і 65Г) на Харківському заводі підійомно-транспортного обладнання" (ООО "ХЗ ПТО") засвідчив наступне. Сталь 55СЛ має більш високу зносостійкість ніж сталь 65Г у всьому регламентованому діапазоні твердості (320-390 НВ). Однак зносостійкість сталі 65Г в меншому ступені залежить від зміни механічних характеристик. При твердості сталі близькій до 320 НВ зносостійкість обох сталей практично не відрізняється. А при твердості сталі 55СЛ менше за 300 НВ вона суттєво поступається сталі 65Г. Отже сталь 55СЛ більш вимоглива до стабільності режимів термічної обробки, чим сталь 65Г [10]. Запропонована нами марка сталі 35ХМЛ замість 55СЛ показала себе досить добре [2]. Вона розмістилась посередині між сталями 65Г і 55СЛ за зносостійкістю в усьому регламентованому діапазоні твердості. При цьому її зносостійкість несуттєво змінюється у всьому діапазоні, механічні характеристики є більш стабільними при варіації режимів термічної обробки і, що також є дуже важливим – вона менш ніж інші сталі зношує підкранові рейки. Крім цього не можна не звернути увагу на те, що сталь 35ХМЛ забезпечує більш високу надійність конструкції колеса (меншу схильність до виникнення тріщин і раптового руйнування в процесі виготовлення і експлуатації).

Підприємства, що експлуатують крани, часто самі виготовляють колеса для ремонтних потреб. При цьому разом з традиційними сталями ними використовуються і інші марки сталей, придатність яких визиває сумнів. Відсутність централізованого виробництва коліс в якості запасних частин обумовлює різноманітність технологій виготовлення і зміцнення. Часті випадки, коли колеса зовсім не піддають зміцненню, або використовуються технологічні процеси поверхневого зміцнення, низька ефективність яких підтверджена практикою експлуатації ходових коліс. Звісні випадки використання чавуну для виготовлення коліс. За кордоном використовують колеса з високоміцного чавуна. Чавунні колеса забезпечують ефект самозмашення при взаємодії з рейкою, що знижує втрати на тертя при переміщенні і зменшує швидкість зношування коліс в порівнянні зі сталевими колесами.

В роботах [1, 2] відмічається, що закордонні фірми «Морган» і «Еллаєнс» (США) для виготовлення коліс використовують сталі, які містять 0,65-0,7 % вуглецю і 0,7-1,0 % марганцю. Це відповідає нашим маркам сталей 75 і 65Г. Профіль обода сформовано гарячою обробкою. Розміщення волокон в металі колеса крана фірми «Морган» відповідає

технологічному процесу прокатки. Суцільнокатані колеса якісно кращі за отримані ковкою або литтям.

Суцільнокатані заготовки виконують з ребордами і з крізним центральним отвором, що забезпечує зниження втрат матеріалу і трудомісткість обробки. За даними експлуатації термін служби прокатаних ходових коліс зі сталей 65Г і 75 вищій за точені (з робочим профілем, отриманим механічною обробкою) в 1,38 рази по доріжці кочення і в 1,45 разів – по реборді. Тому для коліс, виготовлених зі сталей 65Г і 75, найкращою є двохребордна заготовка з робочим профілем сформованим прокаткою з наступною термічною обробкою – сорбітизацією. Остання полягає у повному прогріві колеса до температури аустенізації і охолодженні в воді тільки робочої поверхні (обода) в процесі обертання колеса. Практика засвідчила, що довговічність коліс після сорбітизації в 5 разів вище за ті, у яких поверхня загартовувалась СВЧ. Однак тут треба звернути увагу на культуру виробництва. Свого часу на спеціалізованому підприємстві ООО "ХЗ ПТО" нами було виявлено недоліки в технології сорбітизації, які призводили до низької якості і сприяли зниженню довговічності коліс [2]. Для їх усунення було запропоновано відповідні заходи, які покращили якість коліс.

Отже, як видно з вище сказаного зараз існує багато шляхів і запропоновано багато заходів, що спрямовані на підвищення надійності і довговічності ходових коліс, але не зважаючи на це продовжуються пошуки нових заходів, а існуючі остаються по заувагою. Тому на цій підставі можна зробити наступні висновки.

Висновки

– незважаючи на значну кількість досліджень і запропонованих заходів для підвищення довговічності ходових коліс, терміни їх служби остаються незадовільними, про що свідчать роботи присвячені цьому питанню;

– основна причина виходу коліс з ладу остається незмінною – інтенсивне зношування реборд і доріжки кочення;

– суттєво знизити або зовсім виключити вибравку коліс по причині зносу реборд можливо, якщо добитись широкої реалізації на практиці результатів тих досліджень, ефективність яких підтверджено вітчизняною і закордонною практикою; особливу увагу слід приділити виконанню вимог до точності встановлення коліс при складанні кранів і контролю положення підкранових рейок і коліс в період експлуатації кранів;

– слід переглянути існуючий стандарт на колеса і внести деякі поправки з метою більш жорсткого регулювання номенклатури марок сталей для їх виготовлення; пропонується включити в цей стандарт сталь 35ХМЛ, як таку, що забезпечує високу зносостійкість пари «колесо-рейка», більшу надійність конструкції колеса і має більш стабільні механічні характеристики;

– сталь 55СЛ слід виключити з переліку сталей для виготовлення ходових коліс, зважаючи на те, що вона є більш вимогливою до стабільності режимів термічної обробки; у випадку її використання нижню границю діапазону твердості слід дещо підкоректувати, а саме: замість 320 НВ вона повинна дорівнювати не менше ніж 340 НВ;

– виробникам продукції (підйомно-транспортного обладнання) не залишати поза увагою питання підвищення культури виробництва – дотримуватись технології, при необхідності своєчасно вдосконалювати її, слідкувати за останніми досягненнями в питаннях забезпечення надійності, довговічності і контролю якості за регламентованими параметрами.

Список використаних джерел

1. Слепужніков Є.Д. Механізми пересування мостових кранів: монографія / Є.Д. Слепужніков, Н.М. Фідровська, І.С. Варченко. – Харків : НУЦЗУ, 2019. – 124 с.

2. Цибульський В.А. Оптимізація властивостей матеріалів ходових коліс мостових кранів з метою підвищення їх довговічності // Дис. ... канд. техн. наук : 05.02.01 / Цибульський Вадим Анатолійович ; Харківський автомобільно-дорожній інститут – Харків, 1996. – 197 с.
3. Трушин А.В. Вопросы повышения долговечности ходовых колес мостовых кранов / А.В. Трушин, В.А. Добровенский // Подъемно-транспортные машины: Сб. научн. тр. – Тула: Тульск. политехн. ин-т, 1977. – С.112-115.
4. Лобов Н.А. О повышении долговечности ходовых колес мостовых кранов / Н.А. Лобов, А.В. Масыгин, И.А. Дулев // Вестник машиностроения. – 1989. – №2. – С. 30-34.
5. Алейников В.А. Способ повышения износостойкости реборд крановых колес / В.А. Алейников, Л.П. Кондратьев // Подъемно-транспортная техника и склады. – 1992. – №2. – С. 25-27.
6. Аникеева Ф.Л. Контроль точности установки ходовых колес и смазка реборд / Ф.Л. Аникеева, В.Н. Березин // В сб.: Подъемно-транспортное оборудование / Повышение прочности и долговечности крановых ходовых колес. – М.: ЦНИИТЭИТЯЖМАШ, 1981. – Вып. 6-81-14. – С. 5-7.
7. Totten C. 1985. Reducing crane wheel failures by 50 % / C. Totten // Iron and Steel Engineers. – 1985. – №5. – P. 22-25.
8. Фідровська Н.М. Динамічні навантаження при пересуванні ходових коліс з гумовими вставками / Н.М. Фідровська, Є.Д. Слепужніков, О.В. Чернишенко // Машинобудування: зб. наук. пр. – Харків : Укр. інж.- пед. акад., 2015. – Вип. 15. – С. 87-91.
9. Решетов Д.Н. Детали машин / Д.Н. Решетов. – М. : Машиностроение, 1989. – 496 с.
10. Цибульський В.А. Повышение долговечности ходовых колес мостовых кранов при техническом обслуживании и ремонте / В. А. Цибульский, А.А. Концевич, Э.А. Тимченко // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Вип. 139. – «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва». – Харьков : ХНТУСГ, 2013. – С. 146-151.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН НИЗКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ХОДОВЫХ КОЛЕС МОСТОВЫХ КРАНОВ

Цибульський В.А., Рыбалко И.В., Круковская А.В.

Выполнен анализ причин выхода ходовых колес мостовых кранов со строя и процессов, которые происходят в контакте колеса с рельсом. Рассмотрены пути повышения долговечности ходовых колес и вскрыты причины низкой эффективности многих мероприятий, направленных на повышение их долговечности. Приведены рекомендации по повышению эффективности существующих мероприятий.

Abstract

RESEARCH THE REASONS FOR THE LOW EFFICIENCY OF MEASURESTO INCREASE THE DURABILITY OF THE WHEELSBRIDGE CRANES

V.Tsybulsky, I.Rybalko, A.Krukovskaya

Analysis of the reasons for the release of the traveling wheels of bridge cranes with the system and processes that occur in contact of the wheel with the rail are made. Ways to increase the durability of the wheels are reviewed and reasons for the low efficiency of many activities aimed at improving their durability are disclosed. Recommendations for improving the effectiveness of existing activities are given.