СОДЕРЖАНИЕ № 9/2019

НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ

Лялякин В.П. Восстановление деталей машин — важное направление импортозамещения в Агропромышленном комплексе 3

ПРАКТИКА РЕМОНТА, ВОССТАНОВЛЕНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ

Сливинский Е.В., Киселёв В.И., Радин С.Ю. Модернизация трехосных тележек магистральных и промышленных тепловозов 6

Скрябин В.А. Особенности ремонта тележек мостовых кранов 10

Тимирязев В.А., Схиртладзе А.Г., Дацко А.Г., Бочаров С.И. Доработка углов при изготовлении деталей сложной геометрии с использованием цикла маятникового контурного фрезерования 16

ДИАГНОСТИКА И ПРИЧИНЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ

Сиваков В.П., Вураско А.В., Музыкантова В.И. Определение содержания конденсата в сушильных цилиндрах по температуре их охлаждения 19

УТИЛИЗАЦИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ярославцев В.М., Ярославцева Н.А. Технологические решения проблем утилизации стальной стружки 24

РВМ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

Мокроусов А.С., Гончарова А.В. Исследование процесса поставок нефтепродуктов на основе заключения государственных контрактов 27

ОБЩИЕ И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

Алдошин Н.В., Кравченко И.Н., Лылин Н.А., Мосяков М.А. Проектирование очесывающих устройств для уборки сельскохозяйственных культур 33

Бышов Н.В., Кузелев Н.Р., Нуждин Г.А., Рембалович Г.К. Управление качеством ремонта. Подготовка специалистов 37

Алексеев Н.С., Шашок А.В., Капорин В.А., Иванов С.В. Шероховатость поверхности при шлифовании микропористого покрытия 44

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ, НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с января 2002 г.

РЕМОНТ ВОССТАНОВЛЕНИЕ МОДЕРНИЗАЦИЯ

РВМ

9/2019

Рекомендован ВАК *для публикации материалов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора технических наук по следующим специальностям: 05.02.04 — Трение и износ в машинах (технические науки), 05.02.08 — Технология машиностроения (технические науки), 05.02.11 — Методы контроля и диагностика в машиностроении (технические науки), 05.20.03 — Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки), 05.21.05 — Древесиноведение: технология и оборудование деревопереработки (технические науки).*

Журнал вошел в Russian Science Citation Index (RSCI) на базе Web of Science.

Редакционный совет:

Клюев Владимир Владимирович — председатель редакционного совета, академик РАН

Дорохов А.С., чл.-корр. РАН
Лобачевский Я.П., чл.-корр. РАН
Мешалкин В.П., академик РАН
Приходько В.М., чл.-корр. РАН
Гаркунов Д.Н., д-р техн. наук, проф.
Гладков С.А., ген. директор ПО «САЗИ»
Dr. **Eric Kochman** (USA)
Музыкант Я.А., президент компании ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ»
Русин М.Ю., д-р техн. наук, проф., гл. конструктор ОНПП «Технология»
Ушаков Б.К., д-р техн. наук, проф.

Главный редактор

Баурова Н.И., д-р техн. наук, проф. E-mail: nbaurova@mail.ru

Заместитель главного редактора **Кременский И.Г.**, канд. техн. наук

Редакционная коллегия

Апатенко А.С., д-р техн. наук, проф.
Артемьев Б.В., д-р техн. наук, проф.
Быков В.В., д-р техн. наук, проф.
Гладштейн В.И., д-р техн. наук, проф.
Ерофеев М.Н., д-р техн. наук, проф.
Ефимов А.Г., д-р техн. наук, чл.-корр. АЭН РФ
Ковалевский М.А., канд. экон. наук
Кононенко А.С., д-р техн. наук
Кравченко И.Н., д-р техн. наук, проф.
Кузелев Н.Р., д-р техн. наук, проф.
Мельников Э.Л., д-р техн. наук, проф.
Морозов Б.Б., нач. отдела «ОКБ Сухого»
Петрова А.П., д-р техн. наук, проф.
Слинко Д.Б., канд. техн. наук
Схиртладзе А.Г., д-р пед. наук, канд. техн. наук, проф.
Туполев В.С., канд. техн. наук
Угрюмов С.А., д-р техн. наук, проф.
Шубочкин А.Е., д-р техн. наук, чл.-корр. АЭН РФ

Редактор Зайцева Т.Ф.

Руководители регионов

Санкт-Петербург
Чуппина С.В., д-р хим. наук, проф.
Татарстан (Казань)
Стоянов О.В., д-р техн. наук, проф.
Центрально-Черноземный регион (Орел)
Коломейченко А.В., д-р техн. наук, проф.
Якутия
Григорьев И.В., д-р техн. наук, проф.
Уральский регион (Нижний Тагил)
Коротков В.А., д-р техн. наук, проф.
Брянск
Михальченков А.М., д-р техн. наук, проф.
Пенза
Скрябин В.А., д-р техн. наук, проф.
Республика Мордовия
Сенин П.В., д-р техн. наук, проф.

При использовании материалов журнала в любой форме ссылка на журнал обязательна.
За достоверность информации и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели.

Адрес издательства:
105215, Москва, 9-я Парковая ул., д. 60.
Тел.: 8 (495) 988-98-67, факс: 8 (495) 988-98-65.
E-mail: admin@nait.ru, rvm@nait.ru, http://www.nait.ru

© ООО «Наука и технологии», 2019

УДК 621.121.002 (075.8)

Особенности ремонта тележек мостовых кранов

В.А. СКРЯБИН, д-р техн. наук, проф.
Пензенский государственный университет, г. Пенза, 440026, РФ
E-mail: vs_51@list.ru
DOI:10.31044/1684-2561-2019-0-9-10-15
Поступила в редакцию 06.11.2018
После доработки 17.04. 2019
Принята к публикации 13.05.2019

Рассмотрено состояние подъемных канатов с целью определения дефектов. Браковку каната выполняют согласно «Правилам по кранам». Разработана технология и оборудование восстановления стальных канатов крановой тележки с целью предохранения каната от преждевременного изнашивания, а также технология ремонта стальных грузовых барабанов путем наплавки под слоем флюса или заварки небольших трещин в указанном допустимом диапазоне изнашивания. Крюк восстанавливают электродуговой наплавкой, которую должен производить только дипломированный сварщик. Приведены особенности ремонта стальных крюков путем наплавки и проверки методом магнитной дефектоскопии.

Ключевые слова: *состояние подъемных канатов, восстановления стальных канатов крановой тележки, особенности ремонта стальных крюков путем наплавки и проверки методом магнитной дефектоскопии.*

A state of lifting ropes to determine defects has been studied. Rejection of the rope is performed according with «Rules for cranes». A technology and equipment for recondition of steel ropes of a crane trolley for protection of a rope against premature wear, as well as a repair technology of steel load drums by surfacing under a layer of flux or welding of small cracks have been developed. Repair features of steel hooks by welding and inspection by the method of magnetic flaw detection are discussed.

Keywords: *state, lifting rope, recondition, steel rope, crane trolley, steel hook, surfacing, inspection, magnetic flaw detection method.*

К крановому оборудованию относят мостовые краны грузоподъемностью от 5 до 120 т, подвесные краны грузоподъемностью до 5 т, краны консольные, тельферы и краны-штабелеры.

Мостовые опорные краны, перемещающиеся по подкрановым путям, уложены на консолях колонн, в настоящее время используют только в цехах крупных и тяжелых деталей и сборочных единиц (более 5 т). Скорость передвижения крана $V = 20—60$ м/мин.

Краны мостового типа — это краны, грузозахватный элемент которых подвешен к тележке, передвигающейся по мосту, или к стреле крана, передвигающегося по мосту.

К ним относят мостовые, козловые, кабельные краны и краны-штабелеры. На рис. 1, 2 представлена конструкция мостового крана.

Поперечные балки *1* установлены на рельсах и имеют механизмы передвижения *2*. На поперечных балках установлены несущие балки, образующие мост *4*. Кабина крана *3* подвешена к мосту (у кранов с большим пролетом кабина подвешивается к тележке), тележка *7* перемещается по мосту с помощью механизма передвижения тележки *10*. На тележке расположен механизм подъема груза *9* (на данном кране имеется также дополнительный механизм подъема груза *8* с меньшей грузоподъемностью). Кран перемещается по опорным балкам *13*, установленным на колоннах или кронштейнах. Токоподвод к тележке осуществляется с помощью кабеля, перемещающегося по натянутому тросу *6*. Токоподвод к крану — троллейный или с помощью кабеля с использованием кабелеукладчика.

Устройство тележки

Тележка (рис. 3) передвигается по рельсам, уложенным на мосту. Главный механизм подъема груза состоит из электродвигателя *12*, тормоза *4*, редуктора *3*, барабана *13* с канатом и крюковой подвески *6*. Аналогично вспомогательный механизм подъема включает электродвигатель *2*, вал *1*, тормоз *16*, редуктор *15*, барабан *14* и крюковую подвеску *5*. Механизм передвижения тележки включает электродвига-

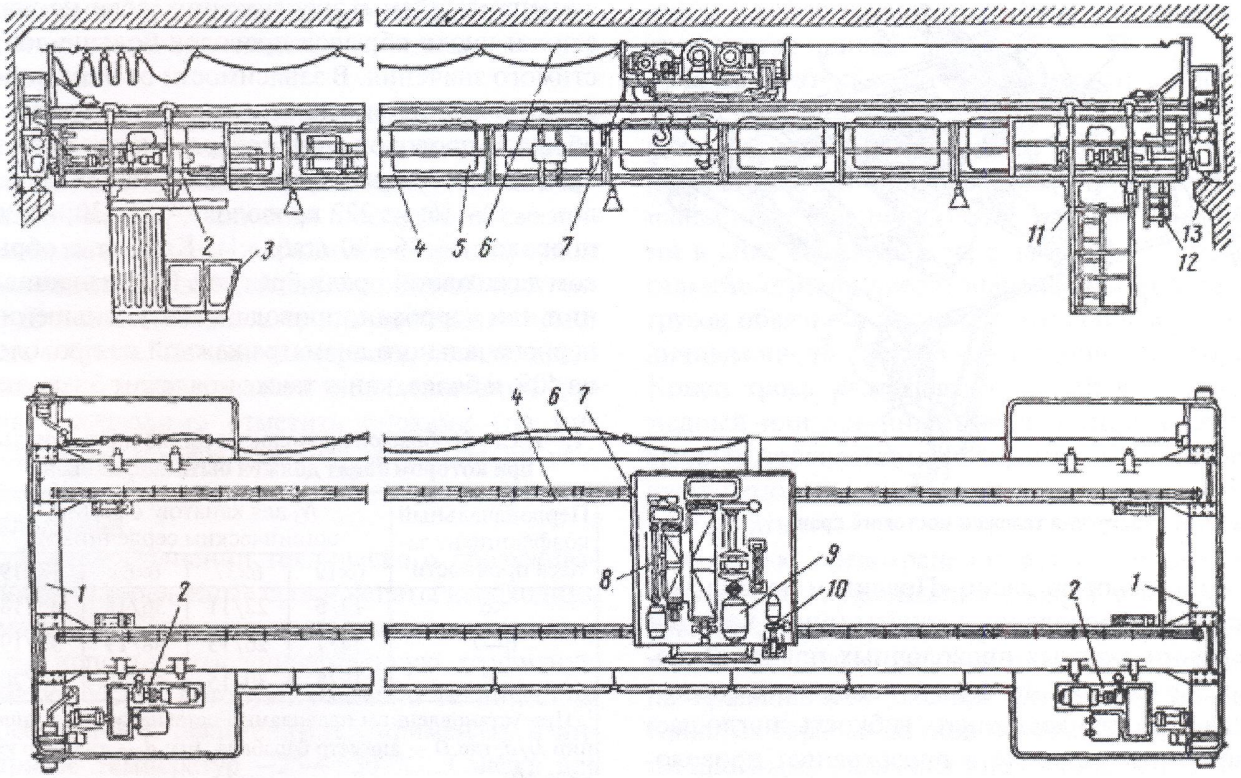

Рис. 1. Схема цехового мостового крана

тель *11*, муфту *8*, редуктор *7*, валы *9* и ходовые колеса *10*. Двумя механизмами подъема оснащаются обычно лишь краны грузоподъемностью не менее 10 т.

Мостовые опорные краны перемещаются по путям, опорами которых являются консоли колонн. Они применяются для установки, кантования и межоперационного транспортирования деталей. Высота подъема составляет 16—32 м, скорость передвижения 70—120 м/мин. Достоинство мостовых кранов в том, что они обслуживают всю площадь цеха.

Для внутрицехового транспортирования применяются ***мостовые и подвесные однобалочные краны***. По сравнению с опорными, они имеют следующие преимущества:

- не требуют установки колонн для подкрановых путей, что увеличивает полезную площадь цеха;
- имеют малые габариты по вертикали, что позволяет получить большую высоту подъема груза;
- обладают высокой маневренностью, что важно в поточном производстве.

При ремонте тележек [1—3] в первую очередь необходимо определить состояние подъемных канатов. Их разматывают и осматривают с целью определения дефектов. Браковку кана-

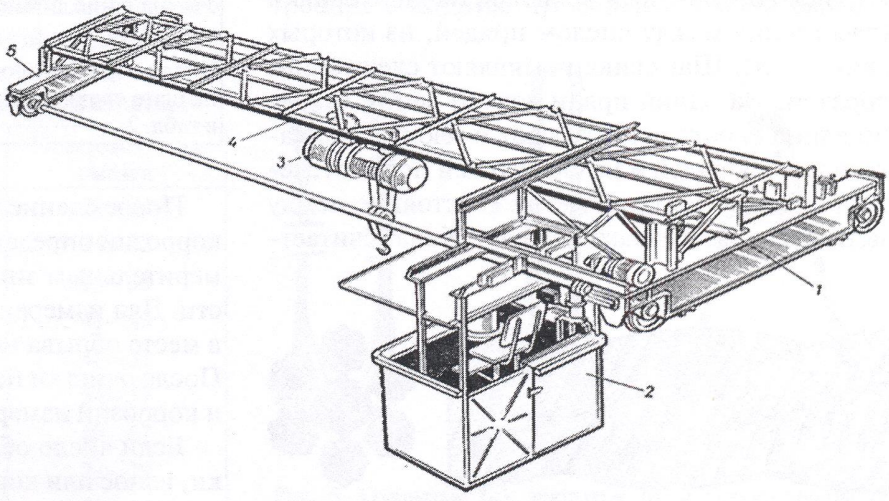

Рис. 2. Иллюстрация мостового однобалочного крана

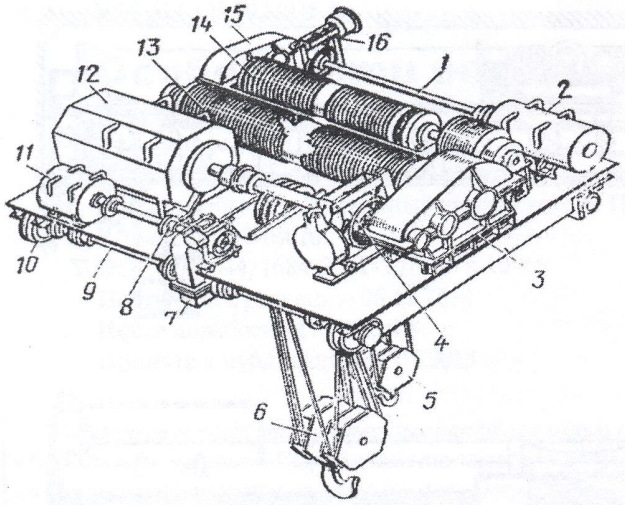

Рис. 3. Иллюстрация тележки мостового крана

та выполняют согласно «Правилам по кранам». Стальные проволочные канаты (рис. 4) состоят из шести круглых проволочных прядей *2*, которые расположены вокруг пенькового сердечника *1*. Он придает канату гибкость, поглощает смазочный материал и предохраняет проволоки каната от коррозии. Диаметр каната должен быть в 8—16 раз, а диаметр проволоки — в 250—450 раз меньше диаметра блока или барабана механизма подъема. Чем меньше диаметр каната по сравнению с диаметром барабана, тем лучше работает канат.

При осмотре каната нужно определить наличие порванных проволок. Если в канате порвано более 10% проволок, то его эксплуатировать нельзя, и он подлежит выбраковке. Для определения пригодности каната к работе подсчитывают число оборванных проволок на шаге свивки (расстояние между числом прядей, из которых свит канат). Шаг свивки выявляют следующим образом. На одной пряди делают метку, от нее по длине каната отсчитывают имеющееся в канате число прядей и на следующей после отсчета пряди ставят вторую метку. Расстояние между метками является шагом свивки. Канат считается непригодным к эксплуатации, если на шаге свивки число обрывов проволок больше допустимого значения. В зависимости от числа проволок в канате и запаса его прочности число обрывов проволок, при котором канат следует браковать, составляет: для канатов из 114 проволок — 12—16; из 222 проволок — 22—30; из 366 проволок — 36—40 (табл. 1). Канаты с обрывом даже одной пряди бракуют. При изнашивании или коррозии, приводящих к уменьшению первоначального диаметра каждой из проволок на 40% и более, канат также подлежит браковке.

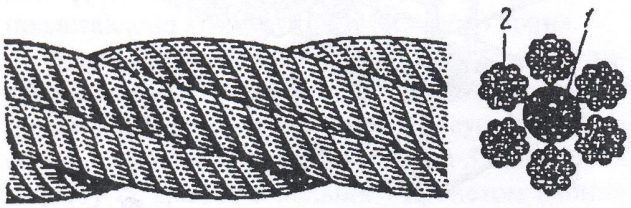

Рис. 4. Стальной канат

1. Число *N* обрывов проволок на длине шага свивки, при котором канат должен быть забракован

Первоначальный коэффициент запаса прочности[1]	*N*, для канатов[2] с одним органическим сердечником			
	6×19	6×37	6×61	18×19
<6	12/6	22/11	36/18	36/18
6—7	14/7	26/13	38/19	38/19
>7	16/8	30/15	40/20	40/20

[1] При установленном правилами Ростехнадзора отношении D/d, где D — диаметр барабана, мм; d — диаметр каната, мм.

[2] Первый множитель — диаметр проволоки, мм; второй множитель — число проволок в числителе — для крестовой свивки, в знаменателе — для односторонней.

Если канат имеет поверхностный износ или коррозию проволок, то число обрывов проволок на шаге свивки при браковке должно быть уменьшено в соответствии со следующими требованиями (табл. 2).

2. Требования к дефектам подъемного каната

Уменьшение диаметра проволок, %	10	15	20	24	30 и более
Число обрывов проволок на шаге свивки, %, указанных в табл. 2	85	75	70	60	50

Повреждение каната в результате износа или коррозии определяют микрометром или другим мерительным инструментом требуемой точности. Для измерения отгибают конец проволоки в месте обрыва на участке наибольшего износа. После очистки поверхности проволоки от грязи и коррозии измеряют диаметр.

Если число обрывов проволок на шаге свивки, износ или коррозия не превышают допустимой нормы, то при дальнейшей эксплуатации

каната необходимо тщательно наблюдать за его состоянием и записывать результаты осмотров в журнал.

Новые или признанные годными стальные канаты для тележек кранов до их установки на отремонтированный кран нужно смазать канатной мазью, солидолом или другими смазочными материалами и хранить в закрытом сухом помещении, укладывая на деревянный настил.

Длинные канаты и тросы необходимо смотать в бухты. На канатах (тросах, цепях), предназначенных для захвата и подвешивания грузов, необходимо отметить бирками (на них указывают номера канатов) максимально возможную грузоподъемность и дату последнего испытания.

При выполнении технического обслуживания в установленные сроки канаты необходимо смазывать. Для смазки стальных канатов следует использовать универсальную графитную смазку УС-А, которую, согласно техническим требованиям, рекомендуется применять в интервале температур –25—+50 °С. Смазка для канатов не должна содержать абразивные механические примеси, а также кислоты и щелочи. Разрешается смазывать канаты техническим вазелином, смешанным с графитом.

Перед нанесением смазки поверхность каната очищают от грязи металлической щеткой и промывают керосином. Смазку наносят на канат деревянной лопаточкой или кистью. Для лучшего сцепления с поверхностью каната смазку рекомендуется подогревать. Правильно нанесенная смазка не должна отслаиваться и отшелушиваться. Разовый расход для первичной пропитки и поверхностной смазки смазочного материала на 1 м каната в зависимости от диаметра приведен в табл. 3.

3. Расход смазочного материала на 1 м каната, г

Диаметр каната, мм	Первичная пропитка	Поверхностная смазка
13,0—15,0	63—72	21—24
17,5—19,5	81—95	24—32
21,5—24,0	104—112	35—38
26,0—28,0	122—130	41—43
30,0—32,3	140—150	46—51
34,5—37,0	160—170	54—57
39,0—43,5	180—200	60—67
47,5—50,0	220—240	73—79
56,0—60,0	255—265	85—86

Вспомогательными такелажными средствами, используемыми при эксплуатации кранов, являются канатные и цепные стропы (рис. 5), которые служат для навешивания грузов, оснащенных специальными приспособлениями в виде скоб, крюков, рым-болтов. Универсальные стропы предназначены для строповки грузов обвязкой. Стропы изготавливают с различным числом ветвей — от одной до четырех. Конец троса закладывают петлей в стальной, медный или латунный коуш, который предохраняет проволоки от истирания. Стропы бракуют, ремонтируют и хранят так же, как и стальные канаты.

С целью предохранения каната от преждевременного изнашивания следует после запасовки и крепления проверить его работу на холостом ходу машины, обратив особое внимание на правильность укладки витков на барабан. Канат на барабан должен наматываться ровными плотными рядами без перегибов, как правило, в один слой. При прохождении каната через блоки нельзя допускать соскакивания с ручьев и заклинивания его ветвей между блоком и обоймой.

При ремонте тележек кранов нужно тщательно осмотреть грузовой барабан. В процессе эксплуатации образуются насечки на ручьях, трещины на цилиндрической поверхности и на ступице, отколы реборд. Особое внимание следует обратить на места перехода стенки к фланцу и к ребрам. При наличии любых трещин в корпусе чугунный грузовой барабан

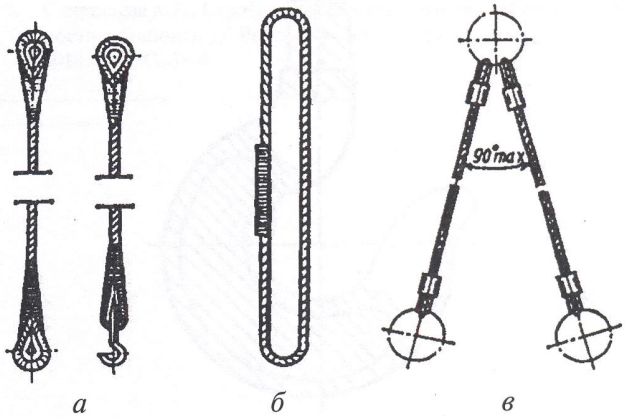

Рис. 5. Открытые (*а*), закрытые (*б*) и двухсторонние (*в*) стропы

подлежит обязательной замене. Наличие запаса прочности допускает восстановление профиля ручья барабана на глубину до 20—25% расчетной толщины стенки. После протачивания нужно обязательно проверить прочность стенки барабана. При достижении предельного изнашивания, но не более 0,7 первоначальной толщины стенки, стальные грузовые барабаны наплавляют под слоем флюса. Стальные грузовые барабаны, имеющие сквозные трещины и изношенные стенки (0,3 первоначальной толщины), нужно заменять на новые. Небольшие несквозные трещины в стальных барабанах разделывают и заваривают. Перед заваркой необходимо по документам завода-изготовителя определить марку стали, из которой изготовлен барабан, при отсутствии документов нужно выполнить химический анализ. При содержании углерода в стали, превышающем 0,25%, сварку следует проводить с подогревом до 200—300 °С. После сварки грузовой барабан нужно отжечь при температуре выше 700 °С.

Зубчатый венец барабана нужно заменить, если изнашивание зубьев превышает 10%. Если зазор между втулкой и валом в грузовых барабанах, вращающихся на втулках, превышает 0,5 мм, то втулку нужно заменить. Вал барабана следует проверить на биение, шейки восстановить под новые втулки. Изношенные отверстия в ступице под подшипник можно восстановить гальваническим натиранием, а затем установить втулку ремонтного размера. Изношенные шпоночные пазы исправляют напильником или шабером, расширять паз можно не более чем на 3 мм. Чугунные барабаны можно восстанавливать слесарно-механической обработкой, а при изнашивании стенок более чем на 20—25% их следует заменить. При ослаблении затяжки болтов, крепящих зубчатые венцы к барабанам, отверстия для них необходимо совместно рассверлить и развернуть. При необходимости следует изготовить новые болты.

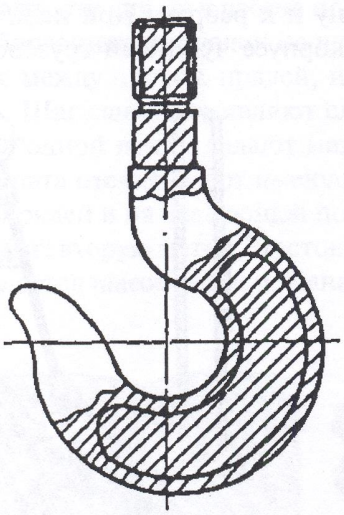

Рис. 6. Проверка крюка магнитной дефектоскопией (места, подлежащие проверке, заштрихованы)

В ряде конструкций вращательное движение грузовому барабану от вала редуктора передается крестовыми кулачковыми муфтами. Кулаки муфты при эксплуатации сильно изнашиваются. Подварка кулаков малоэффективна, поэтому при ремонте их следует заменить. Лучше всего этот узел модернизировать, заменив крестовую муфту зубчатой. При ремонте нужно проверить и при необходимости восстановить систему смазывания узла грузового барабана. Оси блоков и барабанов смазывают универсальной среднеплавкой смазкой под давлением.

При ремонте тележек подвеску с крюком следует полностью разобрать. Грузовой крюк нужно тщательно осмотреть для определения его состояния, степени изнашивания, наличия дефектов. Особое внимание следует обратить на отсутствие трещин в хвостовой части и в месте перехода резьбы (рис. 6, опасные места заштрихованы). При изнашивании резьбы крюк нужно заменить новым. Заваривать и восстанавливать нарезку резьбы не допускается, а также не разрешается заваривать стержень крюка. Не допускаются изгибы и подрезы хвостовика, заусенцы, острые углы, волосовины, трещины. Грузовой крюк подлежит восстановлению, если изнашивание в вертикальном размере зева достигает 5% и не превышает 10% первоначальной высоты сечения. При изнашивании более 10% крюк бракуют.

При замене крюка его размеры и качество должны соответствовать крюку завода-изготовителя (по записи в крановой книге). В книге нужно сделать запись и приложить паспорт нового крюка; на крюке должна быть маркировка: грузоподъемность, номер и клеймо ОТК.

В указанном допустимом диапазоне изнашивания крюк восстанавливают электродуговой наплавкой, которую должен производить только дипломированный сварщик. После наплав-

ки крюк необходимо подвергнуть отпуску. Для этого его нужно нагреть до 600—500 °С, выдерживать при этой температуре 1 ч, а затем охладить до 300—400 °С. Наплавленную поверхность и околошовную зону следует тщательно зачистить наждачным камнем, проверить одним из методов дефектоскопии отсутствие трещин и других дефектов. На грузовом крюке методом магнитной дефектоскопии подлежат проверке стержень и зона его нижней части (см. рис. 6).

Ответственными деталями подвески являются траверса крюка, ось блоков и щеки подвески. Эти детали нужно тщательно очистить и осмотреть для определения степени изнашивания и наличия дефектов. При осмотре рекомендуется использовать лупу.

На цапфах траверсы грузового крюка не допускаются риски и задиры глубиной более 0,5 мм. При изнашивании цапф траверсы и оси не более чем на 10% эти детали необходимо заменить. Цапфы при меньшем изнашивании можно восстановить протачиванием, посредством которого удаляют риски и задиры. Наименьший диаметр цапф после протачивания допускается не менее 92% номинального [4—7].

На щеках подвески магнитной дефектоскопией необходимо проверить несущую часть (см. рис. 6). Незначительные дефекты в щеках подвески нужно вырубить и заварить. После исправления деталь нужно проверить повторно.

При ремонте узла неподвижных полиспастовых блоков его нужно разобрать, проверить ось блоков на отсутствие трещин и степень изнашивания, блоки осмотреть и при необходимости заменить втулки и подшипники качения, проверить опорные места в раме тележки. На многих кранах этот узел расположен под тележкой. Для доступа к нему сооружают леса. При форменной конструкции моста делают деревянный настил по нижнему поясу ферм. Если конструкция моста выполнена в виде сплошной балки, то монтируют подвесные леса.

Вывод

Разработана технология и оборудование восстановления стальных канатов крановой тележки с целью предохранения каната от преждевременного изнашивания, а также технология ремонта стальных грузовых барабанов путем наплавки под слоем флюса или заварки небольших трещин в указанном допустимом диапазоне изнашивания. Крюк восстанавливают электродуговой наплавкой, которую должен производить только дипломированный сварщик. Приведены особенности ремонта стальных крюков путем наплавки и проверки методом магнитной дефектоскопии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Схиртладзе А.Г., Григорьев С.Н., Скрябин В.А.** и др. Технологические основы ремонта и восстановления производственных машин и оборудования. Йошкар-Ола.: Поволжский ГТУ. 2012. 492 с.
2. **Бадагуев Б.Т.** Безопасная эксплуатация грузоподъемных кранов. М.: Машиностроение. 2012. 384 с.
3. **Схиртладзе А.Г., Скрябин В.А.** Ремонт технологического оборудования. М.: КУРС: ИНФРА-М. 2018. 352 с.
4. **Схиртладзе А.Г., Скрябин В.А., Борискин В.П.** Ремонт подъемных кранов. Старый Оскол: изд-во «Тонкие наукоемкие технологии». 2007. 264 с.
5. **Скрябин В.А., Схиртладзе А.Г.** Технология ремонта деталей резьбовых соединений // Техника машиностроения. 2014. № 4 (92). С. 23—24.
6. **Схиртладзе А.Г., Скрябин В.А., Зверовщиков А.Е.** Технология ремонта кранов и подпятников электромеханических измерительных приборов // Технология металлов. 2018. № 11. С. 33—38.
7. **Схиртладзе А.Г., Скрябин В.А.** Восстановление работоспособности остановов // Ремонт, восстановление, модернизация. 2018. № 4. С. 3—4.