

9. Лакшми Бхаскаран «Дизайн и время» Пер. с англ. И.Д. Галыбиной, М.: АРТ-РОДНИК, 2006.
10. Джон МакВейд «Before&After: Дизайн страниц» Пер. с англ. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2006. – 272 с.
11. Робин Вильямс «Дизайн для недизайнеров», пер. с англ. В. Овчинникова, – М.: Символ-Плюс, 2008. – 192 с.
12. Усатая Т.В. Развитие художественно-проектной деятельности в процессе профессиональной подготовки студентов университета. Автореферат дис. канд. пед. наук – Магнитогорск, 2004. - 23 с.

13. Кафедра проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.magtu.ru>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус. англ.
14. Свистунова Е.А. Современные САПР в процессе изучения Инженерной и компьютерной графики в профессиональной подготовке студентов технического университета// Механическое оборудование металлургических заводов: междунар. сб. науч. тр. / под ред. Корчунова А.Г. Вып. 3. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014. - С. 190-198.



УДК 658.588 + 621.791 + 621.785

С. И. Козлов

ООО «Инженерно-технический центр»

Нижний Тагил, Россия

E-mail: itcpb@mail.ru

Дата поступления 16.10.2015

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕМОНТОВ КАК УСЛОВИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация

Трещины, износ и др. повреждения оборудования, появляющиеся при эксплуатации, указывают на недостатки в конструировании. Их целесообразно устранять во время проведения ремонтов, что увеличивает безремонтную наработку оборудования, уменьшает число отказов и неисправностей, в целом способствует росту безопасности промышленных объектов. Рассмотрены приоритетные для применения в ремонтном производстве способы упрочнения (ручная плазменная закалка установкой УДГЗ-200, карбонитрация) и рациональные приемы ремонтной сварки, выполняемой по месту эксплуатации оборудования.

Ключевые слова: промышленная безопасность, наплавка, плазменная закалка, карбонитрация, напыление, оборудование горных и металлургических предприятий.

Введение

Слово «ремонт» дословно означает «перемонтировать», т.е. предусматривает извлечение из механизма неисправной детали и замену ее подобной, но новой деталью. Срок службы новой детали будет примерно таким же, как у замененной детали, или меньше с учетом ветшания других частей механизма. В справочнике по проектированию [1], говорится, что какой бы тща-

тельной ни была конструкторская разработка настоящая доводка механизмов, возможна только с началом их эксплуатации. Появляющиеся во время ее неисправности указывают на то, что требует улучшения, поэтому ремонты полезно совмещать с модернизацией.

Производитель механизмов и запасных частей, безусловно, заботится о надежности и долговечности своей продукции, но

при возможности выбора, предпочтение отдает снижению себестоимости ее производства. Потребитель же, сопоставляя свои потери от ремонтов и технического обслуживания, уменьшающих объемы годового выпуска продукции, может заметить целесообразность удорожания ремонтов в пользу повышения безотказности работы оборудования. Одновременно с безотказностью оборудования, повышается безопасность эксплуатации промышленного объекта, чему уделяется все больше внимания. Так изменяющие документы по Федеральному закону о промышленной безопасности № 116 ФЗ от 21.07.1997г в среднем принимаются каждые 1,2 года. Совершенствование требований безопасности несомненно важно, но основу ее все же составляют безотказно работающие детали, механизмы, машины и оборудование. Поэтому работа по совершенствованию ремонтов должна рассматриваться как приоритетная в области промышленной безопасности. Ее проведение логично вытекает из требования регистрации отказов и неисправностей при внедрении системы автоматизации планирования ТООР [2].

Методы упрочнения в ремонтном производстве

Причиной отказов механического оборудования в 80% случаев является износ. Им повреждается не все тело деталей, а лишь места контактов, поэтому для их защиты были разработаны методы поверхностного упрочнения. Гальваническое хромирование в сотни раз увеличило стойкость типографского набора и тиражи изданий. Русское техническое общество, в 1888г празднуя 50-летие этого изобретения, сделанного в России Б.С. Якоби, отмечало, что по своему значению оно может быть приравнено к открытию книгопечатания [3]. В настоящее время насчитывается более 100 методов поверхностного упрочнения, но широкое применение кроме хромирования нашли не многие: закалка (объемная, газопламенная, ТВЧ), цементация, азотирование. Как следствие, детали часто используется в не упрочненном или незначительно упрочненном состоянии, быстро изнашивается и становится причиной, не только пла-

новых, но и непредвиденных или аварийных ремонтов. Поэтому имеет актуальность совершенствование технологий упрочнения деталей и частей оборудования во время их ремонтов.

Ремонтное производство отличается от машиностроительного масштабами и серийностью, что дает основание проанализировать возможность применения в нем методов упрочнения, которые не нашли широкого применения у машиностроителей.

Карбонитрация. Она представляет собой разновидность азотирования в расплаве солей [4]. Не вызывает деформаций и повреждения поверхности, что позволяет проводить ее готовым деталям, избавляясь от их трудоемкой финишной шлифовки. Продолжительность карбонитрации на порядок короче азотирования, а перед обработкой не требуется тщательной очистки деталей, как перед газовым (ионным, каталитическим) азотированием. В отличие от газового азотирования, она не удобна для автоматизации [5], но пригодна к применению с высокой эффективностью в средне- и мелкосерийном производстве запасных частей. При испытаниях на трение карбонитрация на порядок и более снижает износ упрочненных образцов, одновременно в ~ 2 раза уменьшает изнашивание сопрягаемых неупрочненных образцов; применение карбонитрированных деталей (рисунок 1) существенно сокращает их расход и на ~20% снижает потери на трение [6-9].

Плазменная закалка. Закалка стала более доступна с разработкой в 2002г в ООО «Композит» установки УДГЗ-200 [10]. Работая с ней, сварщик 2-3 разряда перемещает горелку с плазменной дугой по закаливаемой поверхности, оставляя на ней с некоторым перекрытием упрочненные полосы шириной 5...10мм. Закалка происходит без подачи воды на деталь, за счет теплоотвода в её тело, поэтому применяется не только в термических цехах, но и на ремонтных (сборочных) площадках. Плазменная дуга, вызывая на поверхности цвета побежалости, не ухудшает шероховатость в диапазоне Rz10...60, не дает деформаций, благодаря чему закаленным деталям не требуются финишная шлифовка.

Установка УДГЗ-200 восполняет отсутствие дорогостоящего термического оборудования; делает закалку экологически чистой, процесс закалки удобен для автоматизации. Твердый (HRC45-65) слой закалки (0,5...1,5мм) увеличивает срок службы: крановых рельс и колес, зубчатых и шлицевых соединений, канатных блоков, футеровочных плит, направляющих [11-13]. Это делает работу оборудования более надежной, существенно сокращает простои. Например, плазменная закалка конусов дробилок (рис. 3) на Качканарском ГОКе в пять раз сократила их восстановительные ремонты [14].

Рециклинг и наплавка

Принцип «секондхенд» в 90-е годы в США был распространен из бытовой сферы в промышленность, как индустриальный кодекс «рециклинга» [15]. Им предусматривается восстановление изношенных деталей и частей оборудования для повторного употребления по прямому или альтернативному назначению, причем восстановление должно предусматриваться уже при проектировании.

Наиболее часто для восстановления используются наплавка - нанесение на поверхность слоя металла методом сварки. Экономический эффект в этом случае столь очевиден, что первооткрыватели сварки Бенардос Н.Н. и Славянов Н.Г. применяли наплавку чаще, чем саму сварку. Впоследствии восстановление наплавкой стали сочетать с приданием восстановленной поверхности повышенной износостойкости. В настоящее время стандартизовано (ГОСТ 10543-98, ГОСТ 21448-75, ГОСТ 10051-75 и др.) более сотни марок наплавочных материалов (электродов, прутков, порошков, проволок, лент) для различных видов изнашивания. В этом случае дорогостоящий износостойкий материал расходуется в небольшом количестве ($\leq 5\%$ от всей массы) на облицовку рабочих поверхностей, тогда как основная масса детали выполняется из экономичной углеродистой стали [16].

Износостойкая (твердая) наплавка создает затруднения при механообработке. Применение «мягкой» наплавки с последующей закалкой не практиковалось, из-за

появления деформаций и повреждения окатиной не наплавленных поверхностей. Появление в промышленности установки УДГЗ-200 сделало возможным проведение закалки наплавленным деталям. Например, наплавка проволокой Нп-30ХГСА (HB250) не создает затруднений при механической обработке, при этом существенно упрочняется до HB490 в результате финишной закалки установкой УДГЗ-200 [17]. Сочетание наплавки с закалкой установкой УДГЗ-200 расширяет возможности упрочнения в ходе ремонтов.

Электроискровое легирование (ЭИЛ), представляющее собой мало-амперную разновидность наплавки, преимущественно применялось для упрочнения режущего и штампового инструмента. Однако, как показано в работах [18, 19] оно эффективно так же для восстановления небольших износов (до 0,4мм) тяжелых валов по месту их эксплуатации (на дробилках, шахтных подъемных машинах и др.), и дает существенное сокращение простоев оборудования и ремонтных расходов.

Ремонтная сварка

Стоимость изготовления и монтажа станин, корпусов и др. массивных частей оборудования, как правило, высокая, поэтому экономически целесообразно, образующиеся на них в ходе эксплуатации трещины устранять ремонтной сваркой. Сварка часто сопровождается появлением сварочных трещин. Ремонтная сварка выполняется по поврежденному металлу, поэтому вероятность появления сварочных трещин в ходе ее выполнения выше. Вопросы оптимизации ремонтной сварки по месту эксплуатации ремонтируемых изделий рассмотрены в работе [20]. Показано, что применение дуговой строжки снижает затраты на разделку трещин, при этом дает возможность надежного контроля за полной удалением разделяемых трещин. Для уменьшения простоев ремонтируемого оборудования организованы передвижные посты, оснащенные сварочными полуавтоматами. Их применение одновременно с многократным ростом производительности сварки, по сравнению с ручной сваркой

электродами, уменьшает деформации и вероятность появления сварочных трещин [21, 22]. Для снижения температуры подогрева при сварке, выполнение которого на массивных деталях затруднительно, разработано рациональное применение проковки швов в ходе сварки.

Оптимизация конструкторских решений в ходе ремонтов

Важными принципами конструирования является снижение массы машин (оборудования) и увеличение производительности (мощности). Но это приводит к росту напряжений в элементах конструкций и на контактных поверхностях, вызывающих поломки и изнашивание. Поэтому с учетом условий эксплуатации и частоты ремонтов могут быть оправданными решения по снижению нагрузок при эксплуатации и увеличению массы оборудования, если это сопровождается увеличением рентабельности.

Можно различать благоприятное и неблагоприятное восприятие оборудованием рабочих нагрузок. Во втором случае возможны вибрация, шумовые эффекты, концентрация напряжений, которые приводят к быстрым отказам. Решения по исключению неблагоприятного восприятия оборудованием рабочих нагрузок имеет большое значение.

В машине непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) часто прекращалось вращение роликов. При этом «трение качения» ролика о слиток переходило в более агрессивное «трение скольжения», что приводило к быстрому локальному износу и преждевременной замене роликов. После того как вращение роликов с осями заменили вращением бочки ролика на неподвижной оси, случаи заклинивания роликов устранились. Как следствие исключился агрессивный вид изнашивания «трением скольжением», что увеличило наработку роликов в 2,5 раза [23].

Корпус 12-метрового штампа для формовки труб большого диаметра после непродолжительной эксплуатации разломился надвое вдоль продольной оси. Его ремонтная сварка без «усиления» конструкторской

представлялась не перспективной. Однако собственно «усиления» за счет увеличения массы удалось избежать. Анализ напряженного состояния, показал, что изменение от нормали на 7 град. угла расположения нижних ребер жесткости более равномерно распределяет рабочее усилие по корпусу штампа и устраняет концентрацию напряжений по линии излома. Такая модернизация не потребовала ни удорожания ремонта, ни увеличения массы конструкции [24]. Подобным образом с усовершенствованием конструкции были выполнены ремонты траверс и рукояти ковша экскаватора [25-27].

Тележки обжиговых печей при движении контактируют бортами. Износ бортов приводит к перекосу тележек, что в свою очередь создает повышенную нагрузку на приводную «звездочку». Быстрый износ бортов тележек был исключен твердой наплавкой «в размер» [28]. Это одновременно ликвидировало перекос тележек в машине, уменьшило нагрузку на «звездочку» и, как следствие, – частоту замены её секторов. Если раньше в «звездочке» каждый год заменялось по одному сектору (ценой ~1 млн. руб.), то теперь замена сектора проводится раз в четыре года.

Работа по оптимизации конструкции и качеству оборудования во время ремонтов формализована компанией ООО «Балтех» в виде концептуальной программы «Надежное оборудование» [29]. Она предусматривает накопление данных о неисправностях и отказах во время эксплуатации и на основе этого планирование сроков и содержания ремонтов. При этом используются разнообразные средства диагностирования: мобильные смазочные минилаборатории, тепловизоры, виброметры лазерные приборы центровки и позиционирования и проч. Получаемый обширный материал о темпах изменения состояния оборудования является основой для корректировки его конструкции, технологий изготовления и сборки. Этот новый тип системы ТОиР получил название «Проактивные ремонты».

Заключение

Эксплуатация оборудования сопровождается его износом и др. повреждениями, которые не только требуют ремонтных расходов, но и становятся причиной внезапных сбоев в работе, несущих в себе угрозу безопасности. По особенностям трещин, износа и др. повреждений оборудования, появляющихся при эксплуатации, целесообразно выявлять и устранять его недостатки, т.е. использовать ремонты как школу конструирования. Приведенный обзор литературных источников убеждает в эффективности такой работы.

Список литературы

1. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х кн. Кн. 1. /Под ред. П.Н.Учаева. – М.:Машиностроение, 1988. – 560с.
2. Эффективность автоматизации планирования ТОиР на металлургическом предприятии. / Суханцев С.С., Киров А.Н.// Механическое оборудование металлургических заводов: межрегион. сб. науч. тр. / под ред. Корчунова А.Г. - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск.гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. – Вып. 1. – С. 22-27. 22-27
3. Рассказы из истории русской науки и техники. / Болховитинов В.Н., Буянов А.В., Захарченко В.Д., Остроумов Г.Н. // М.: Молодая гвардия, 1957. – 590с.
4. Прокошкин Д.А. Химико-термическая обработка металлов – карбонитрация. М.: Машиностроение – Металлургия, 1984. – 240с.
5. Тихонов А.К. Химико-термическая обработка в массовом производстве. //Металловедение и термическая обработка металлов, 1996. – №1. – С.15...18.
6. Studying the Wear Resistance of Carbonitrided Workpieces // Journal of Friction and Wear. 2013, Vol. 34, No. 1, pp. 27–31.
7. Investigation of phase composition of high temperature chromium steels and chromitriding process in austenitic alloys / Skorobogatykh V.N., Tsikh S.G., Shchenkova I.A., Kozlov P.A. // International Heat Treatment and Surface Engineering. 2011. Vol. 5. № 4. P. 161-164.
8. Korotkov V.A. Study of Carbonitration. // Chemical and Petroleum Engineering Volume 50, Issue 7-8, November 2014 P. 494...498.
9. Исследование влияния карбонитрирования на коэффициент трения зубчатых передач на основе физического моделирования. / Жиркин Ю.В., Юсупов Р.Р., Султанов Н.Л., Мироненков Е.И. // Ремонт, восстановление, модернизация. 2013. № 11. С. 21-25.
10. Установка для ручной поверхностной закалки плазменной дугой. / Коротков В.А., Макаров С. В. // Металлообработка. 2009. № 5. С. 43-46.
11. Korotkov V.A. Metallurgical Equipment Component Plasma Hardening // Metallurgist. 2014. Vol.58, Nos.7-8. P. 705-711.
12. Korotkov V.A. Wear Resistance of Plasma-Hardened Materials. // Journal of Friction and Wear, 2011. Vol.32. No.1. P.17-22.
13. Korotkov V.A. Plasma Quenching of Gear and Slotted Couplings. // Russian Engineering Research, 2009. Vol 29. No.8. P.813...816.
14. Реновационные работы на Качканарском ГОКе. / Липатов, А. М. Веснин, В. А. Коротков В.А. // Ремонт, восстановление, модернизация, 2015, №2, С.3-7.
15. Кривошеков В.Е. Реинжиниринг систем восстановления изношенных деталей машин и рециклинг запасных частей. // Инженерия поверхности и реновация изделий: материалы 4-ой международной научн.-технич. конференции. Киев, 2004. – С. 129-131.
16. Коротков В.А. Наплавка в промышленности. // Тяжелое машиностроение, 2001. № 2. С. 8-13.
17. Коротков В.А. Плазменная закалка слоя наплавки 30ХГСА. // Химическое и нефтегазовое машиностроение, 2015. №5. С. 19-21.
18. Коротков В.А. Электроискровое легирование. // Ремонт, восстановление, модернизация, 2005. – № 10. – С. 31-35.
19. Восстановление тяжелых валов методом электроискрового легирования. /

- Коротков В.А., Агафонов Э.Ж. Шекуров А.В., Ячменев Э.В. // Горный журнал, 2006. №2. С. 59-61.
20. Из опыта ремонтной сварки горно-металлургического оборудования. / Коротков В.А., Михайлов И.Д. // Сварочное производство, 2011. №7. С. 41-48.
21. Коротков В.А. Опыт применения сварочных полуавтоматов на предприятиях Уральского региона. // Сварочное производство, 2004. №3. С. 32-36.
22. Из опыта эффективного использования механизированной сварки в среде аргона. / Коротков В.А., Максимов В.Н., Сумеркин В.П. // Сварка и Диагностика, 2008. №4. С.25-26.
23. Исследование наплавки на роликах МНЛЗ. / Коротков В.А., Михайлов И.Д., Бабайлов Д.С. // Сварочное производство, 2007. № 1. С. 30-31.
24. Моделирование напряженно-деформированного состояния штампа для формовки

труб большого диаметра. / Гончаров К.А., Чечулин Ю.Б. // Ремонт, восстановление, модернизация, 2011. №7. С.33-38.

25. Ремонтная сварка траверсы пресса. / Коротков В.А., Зотов С.А. // Сварка и Диагностика, 2008. №5. С.26-27.
26. Ремонтная сварка пресса СКВ-6000. / Коротков В.А., Михайлов И.Д., Панов В.И. // Ремонт, восстановление, модернизация, 2009. № 2. С. 4-7.
27. Совершенствование технологий ремонта ковша и рукояти экскаватора ЭКГ-5А. / Коротков В.А., Гаев А.С. // Технология машиностроения, 2010. №10. С.47-50.
28. Совершенствование технологий сварки и наплавки в ремонтах горного оборудования. / Коротков В.А., Агафонов Э.Ж., Веснин А.М. // Горный журнал, 2008. №4. С. 82...85.
29. ООО «Балтех». // www.baltechprom.ru - просмотр 14.10.2015.



УДК 621.771.25.08

Н.Ш. Тютеряков
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»
г. Магнитогорск, Россия
E-mail: ntc.mgtu@mail.ru
Дата поступления 26.11.2015

АНАЛИЗ ДЕТАЛЕЙ ВАЛКОВОЙ АРМАТУРЫ PRD СОРТОПРОКАТНОГО СТАНА 450 ОАО «ММК» ПО КРИТЕРИЯМ НАДЕЖНОСТИ

Аннотация

Работа посвящена изучению износостойкости изнашиваемых деталей валковой арматуры качения – роликов. Предложена методика определения критериев надежности валковой арматуры PRD. Выполнена статистическая обработка наработок деталей арматуры PRD. Выполнен расчет ресурса деталей валковой арматуры PRD. Определен необходимый месячный, а также годовой запасы в роликах, подшипниках, осей, накладок и винтовых пар валковой арматуры. Предложены рекомендации по повышению надежности валковой арматуры.

Ключевые слова: валковая арматура, сортовой стан, прокатная клеть, надежность.

Введение

Валковая арматура, образуя с прокатными валками единый комплекс технологического инструмента, является неотъемлемой частью основных агрегатов сортовых станов – рабочих клетей [4]. Она включает в себя детали, работающие длительное время и не требующие замены, регулярного

восстановления – арматурные брусья, коробки, крепежные элементы и др. В то же время валковая арматура содержит сменные детали, подвергающиеся изнашиванию. Эти детали требуют периодической замены или восстановления.

Износостойкость сменных деталей валковой арматуры во многом определяет