

ОБЛАДНАННЯ ТА РЕМОНТИ

УДК 62-761

doi: 10.31498/2225-6733.36.2018.142545

© Ищенко А.А.¹, Какарека Д.Л.², Рассохин Д.А.³

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В статье рассмотрены положительные и негативные стороны различных методов восстановления оборудования, возможность их эффективного применения в металлургическом производстве, а также предложены новые методы восстановления узлов оборудования при помощи композитного материала.

Ключевые слова: восстановление, ремонт, технология, композитный материал.

Ищенко А.О., Какарека Д.Л., Рассохин Д.О. Аналіз сучасних методів відновлення промислового обладнання. Металургійне обладнання, яке працює в умовах інтенсивних навантажень, виходить з ладу значно раніше, що вимагає рішень по його відновленню. Однією з найбільш поширених причин виходу з ладу обладнання є знос підшипників. При руйнуванні підшипника відбувається пошкодження опорної поверхні, в якій він встановлений, змінюються розміри посадкового місця, з'являється еліпсність за рахунок вироблення і зменшується площа контакту поверхні зовнішнього кільця підшипника з опорною поверхнею. Знос опорної поверхні під підшипником знижує надійність устаткування, що експлуатується, тому необхідно виконувати роботи з відновлення опорної поверхні під підшипником. У статті описані методи відновлення обладнання, наведені основні позитивні і негативні сторони різних методів відновлення обладнання, а також можливість застосування в металургійному виробництві. Робота спрямована на знаходження нових способів ремонту, які б задовольняли новим вимогам, що пред'являються до ремонтів в металургійній галузі, такі як: скорочення ремонтного часу, зниження витрат, можливість виключення використання високоточного обладнання. Оскільки металургійне обладнання є габаритним, його демонтаж і транспортування на ремонтні ділянки є проблематичними. В роботі запропоновані нові методи відновлення вузлів устаткування за допомогою композитного матеріалу. Даний метод дозволить скоротити час ремонту устаткування, виключити повний демонтаж опорних частин і їх механічну обробку. Наведені різні способи застосування полімерного матеріалу, що дозволяють використовувати якомога менше матеріальних ресурсів для кожного випадку відновлення опорної поверхні під підшипником. Наведені способи дозволять скоротити час ремонту устаткування до 24 годин.

Ключові слова: відновлення, ремонт, технологія, композитний матеріал.

A.O. Ischenko, D.L. Kakareka, D.O. Rassohin. Analysis of modern methods of reconstruction of industrial equipment. Metallurgical equipment operating under conditions of intense stresses breaks down much sooner and requires solutions to restore it. One of the most common causes of equipment failure is the failure of bearings. When the bearing collapses, the supporting surface in which it is installed is damaged, the dimensions of

¹ д-р техн. наук, професор, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, ischenko50@ukr.net

² аспірант, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, dome-nus91@gmail.com

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

the seat change, an ellipse arises due to the wearing out and the contacting surface area of the bearing outer ring and the supporting surface decreases. The wear of the supporting surface under the bearing reduces the reliability of the operating equipment, therefore it is necessary to restore the supporting surface under the bearing. The article describes methods of equipment recovery, shows the main positive and negative aspects of various methods of equipment recovery, as well as the possibility of its application in metallurgical production. The work is aimed at finding new ways of repair that meet the new requirements for repairs in the metallurgical industry such as reducing repair time, reducing costs, the possibility of excluding the use of high-precision equipment. As the metallurgical equipment is of large dimensions, therefore, its dismantling and transportation to the repair areas is difficult. The paper suggests new methods for restoring equipment components using composite materials. This method will reduce the repair time of the equipment making it possible to exclude complete dismantling of the support parts and their machining. Various methods are described with the use of a polymeric material which will allow to use as little as possible material resources specifically for each case of restoration of the supporting surface under the bearing. The described methods will reduce the repair time of equipment up to 24 hours.

Key words: restoration, repair, technology, composite material.

Постановка проблеми. Каждый год на металлургических предприятиях происходит износ и поломки оборудования, несмотря на регулярное выполнение текущих и капитальных ремонтов. Для восстановления работоспособности оборудования применяют различные методы ремонта. Большинство из них требует механической обработки деталей, что при восстановлении крупногабаритных изделий проблематично, особенно в условиях металлургического производства. Такие ремонты занимают довольно продолжительное время и требуют больших финансовых затрат, что при нынешних тенденциях сокращения сроков ремонта является недопустимым. Таким образом, необходимы новые методы и технологии, позволяющие эффективней проводить восстановление, используя при этом минимальное количество ресурсов.

Анализ последних исследований и публикаций. Ремонты промышленного оборудования подразделяются на следующие виды: централизованный ремонт, децентрализованный ремонт, смешанный метод ремонта, узловый метод ремонта, последовательно-поузловой метод ремонта. Ремонт заключается в замене изношенных деталей, а изношенные детали восстанавливаются, если износ не превысил предельно допустимое значение. В литературе [1-3] описаны методы ремонта деталей, такие как наплавка, сварка, изготовление ремонтных деталей, но нет точных указаний или критериев по технологии восстановления деталей. Все виды восстановления деталей, описанные в литературе, подразумевают дальнейшую механическую обработку, которая в условиях металлургического производства затруднительна, поэтому необходимо искать новые методы ремонта, исключающие дальнейшую механическую обработку. В литературе [4-7] приведены характеристики композитных материалов, а также технологии их применения. Использование композитного материала, при восстановлении изношенного оборудования, невозможно в местах больших нагрузок и высоких температур, для этого необходимо разрабатывать специальные технологии его применения. Поскольку композитный материал не является универсальным ремонтным средством, применение других технологий считается целесообразным.

Целью работы является предложение новых методов восстановления оборудования с использованием композитного материала.

Изложение основного материала. При восстановлении изношенного оборудования применяются различные методы, приведённые на схеме (рис. 1), выбор которых зависит от степени износа и конструктивных особенностей ремонтируемых деталей. Каждый вид ремонта является индивидуальным, поскольку каждая деталь изнашивается в разной степени, поэтому применение одних методов ремонта подходит к одним деталям и совершенно не подходит к другим.

При выборе способа ремонта и упрочнения деталей главным показателем является износостойкость нанесённых покрытий, но должны быть учтены и другие свойства восстановленных слоев, такие как прочность, пластичность, твердость, адгезионная прочность, стойкость к

высоким температурам и коррозии. При восстановлении деталей необходимо учитывать вид нагрузки, которую воспринимает деталь, и степень износа. Для деталей, работающих в неподвижных соединениях или в парах трения, имеющих износ не более 0,3 мм, возможно использование восстановления при помощи гальваники, такое как хромирование или никелирование.



Рис. 1 – Способы восстановления и упрочнения поверхностей деталей

Для деталей, работающих в условиях трения скольжения, а также без ударных нагрузок, применяют технологию восстановления при помощи газопламенного напыления. Данный способ подходит для восстановления небольших участков поверхности, позволяет не перегревать восстанавливаемую деталь и создает однородный слой нанесённого материала.

В то же время вышеперечисленные методы непригодны для восстановления мест износа при трении качения, а также при местной сосредоточенной нагрузке. В этом случае можно отремонтировать деталь способом наплавки, заменой элемента детали или способом пластического деформирования. Остановимся подробнее на каждом из этих способов.

Слесарно-механический способ восстановления поверхностей деталей заключается в том, что одну из сопрягаемых деталей (обычно сложную и дорогую) ремонтируют механической обработкой до заданного ремонтного размера, а другую деталь, простую по конструкции и более дешёвую, заменяют новой соответствующего ремонтного размера. Выбор ремонтных размеров должен производиться в пределах размеров, которые обеспечивают достаточную прочность обеих деталей.

Дальше рассмотрим способ восстановления деталей электролитическим и химико-термическим способом. Хромирование – это процесс электролитического наращивания хрома на поверхность ремонтируемых деталей. Восстановленный слой обладает повышенной твердостью, низким коэффициентом трения и повышенной износостойкостью. Хромовые покрытия – теплостойкие (до 800⁰С), обладают низким коэффициентом трения, повышенной твердостью, они устойчивы к коррозии. Ресурс хромированных деталей увеличивается в 4-10 раз. Данный способ применяется при изготовлении и ремонте гидравлических и пневматических цилиндров, а также для деталей, работающих в агрессивных средах.

Восстановление изношенных деталей методом осталивания позволяет нарастить слой железа толщиной до 2 мм, скорость осталивания в 10 раз больше, чем хромирования, данный метод применяется при восстановлении корпусов насосов, направляющих пластин и т. д.

Детали с трещинами и раковинами или износом более 2 мм возможно отремонтировать при помощи сварки и последующей наплавки, а затем применяется механическая обработка до проектных размеров. Термический ремонт можно разделить на две группы: термическая, термомеханическая. К термической группе можно отнести электродуговую сварку, наплавку под флюсом, лучевую наплавку, газовую сварку и т. д. Преимуществом данного способа восстановления является наращивание больших объемов металлов. Однако необходимо учитывать, что при сварке (наплавке) восстанавливаемого изделия образуются внутренние напряжения, которые необходимо убирать последующей термической обработкой перед механической обработкой. Данный способ применяют при восстановлении роликов, внутренних отверстий колес и т. д.

Следует остановиться и на специализированных видах наплавки. Плазменную наплавку металлов при ремонте применяют, главным образом, с целью увеличения износостойкости определенных поверхностей деталей оборудования. Присадочный материал для наплавки или напыления

может иметь вид проволоки, ленты или порошка. Для наплавки применяются твердые сплавы.

Электровибрационная наплавка заключается в том, что электрод при сварке вибрирует, в результате этого непрерывная дуга превращается в прерывистую. Наплавленный металл подается на поверхность небольшими порциями в струе жидкого электролита или защитного газа, которые охлаждают электрод и защищают дугу от воздействия окружающей атмосферы.

Однако при восстановлении деталей вышеперечисленными способами ремонта требуется дальнейшая механическая обработка, что весьма затруднительно при больших габаритах восстанавливаемого оборудования, для чего разрабатываются новые технологии ремонтов оборудования с применением композитного материала. Полимерные материалы, предназначенные для ремонта, выпускаются в виде паст или жидкой консистенции, пастообразный материал предназначен для выполнения работ на вертикальных участках или потолочных поверхностях. Полимерные материалы в жидком виде предназначены для создания защитных покрытий толщиной от 250 мкм до 2 мм и позволяют заполнить замкнутые объемы. Использование композитных материалов холодного отверждения позволяет устранять дефекты практически любого оборудования.

Одним из примеров использования композитного материала в промышленности является восстановление опорной поверхности под наружным кольцом подшипника. Этот вид ремонтов с помощью металлополимеров широко применяется в настоящее время при восстановлении корпусов редукторов. Данный способ ремонта необходим при разрушении подшипников, которые воспринимают ударные нагрузки. Восстановление опорной поверхности корпусов при помощи полимерного материала является эффективным, поскольку позволяет восстановить работоспособность с минимальными затратами и с высокой долговечностью. Применение этого вида ремонта опорной поверхности под подшипником заключается в формировании контактной поверхности под подшипником самим подшипником или шаблоном, имитирующим наружное кольцо подшипника. Данный метод позволяет без механообработки получить идеальную опорную поверхность, что в сочетании со способностью слоя композита демпфировать ударные нагрузки без разрушения значительно повышает срок службы восстанавливаемого узла. Таким образом, опорную поверхность под подшипником можно восстановить без демонтажа корпуса, непосредственно в условиях производства. Метод восстановления, исключая демонтаж основного корпуса, значительно удешевляет процесс ремонта. Разработано несколько технологий восстановления опорных поверхностей под подшипниками.

Технология восстановления заключается в том, что когда выработка (износ) подшипникового гнезда происходит в центре с образованием канавки, а крайние участки нетронуты, то они могут служить опорной поверхностью для установки шаблона (имитатора)

На рис. 2 показан случай восстановления опорной поверхности под подшипник при помощи шаблона (имитатора). Изношенную поверхность зачищают и углубляют, чтобы толщина слоя полимера была не менее 2 мм. После зачистки и углубления поверхность обрабатывают обезжиривателем и высушивают, затем наносят композитный материал с избытком, при этом нанесенный материал должен быть выше базовой поверхности. Затем на поверхность устанавливают шаблон (имитатор), обработанный разделительным составом, и затягивают болты до полного выдавливания излишков композитного материала. В случаях, когда крышка тоже нуждается в ремонте, по разьему прокладывается бумага или пленка, предназначенная для предотвращения прилипания крышки к корпусу.

Когда время не позволяет изготовить шаблон, восстановление выполняют при помощи самого подшипника. Для такого типа восстановления необходимо предварительно наплавить в выбранной канавке маячки, затем их ручной шлифовальной машинкой необходимо заточить в базовую плоскость.

Следующий способ заключается в необходимости нанесения полимера быстрого отверждения в канавку и при помощи линейки, обработанной разделительным составом, выставлении маячков. После полной полимеризации линейку убирают. Пример выполнения маячков показан на рис. 3а. Оптимальное расположение маячков определяется углом 25-45° от вертикальной оси. После подготовки маячков подшипник обрабатывается разделительным составом, композит с избытком наносится на изношенную зону опорной поверхности, устанавливается подшипник, закрывается крышкой и утягивается болтами. После застывания металлополимера необходимо демонтировать болты и легкими ударами в осевом направлении демонтировать с

места. После демонтажа крышки и подшипника необходимо удалить излишки полимера из опорной поверхности под подшипником.

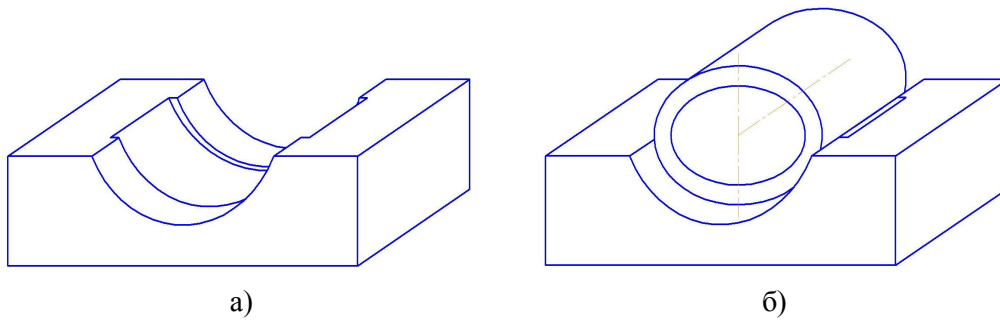


Рис. 2 – Применение шаблона для восстановления опорной поверхности подшипника: а – выработанное место опорной поверхности подшипника; б – шаблон установлен, излишки материала композита выдавлены на плоскость разъема

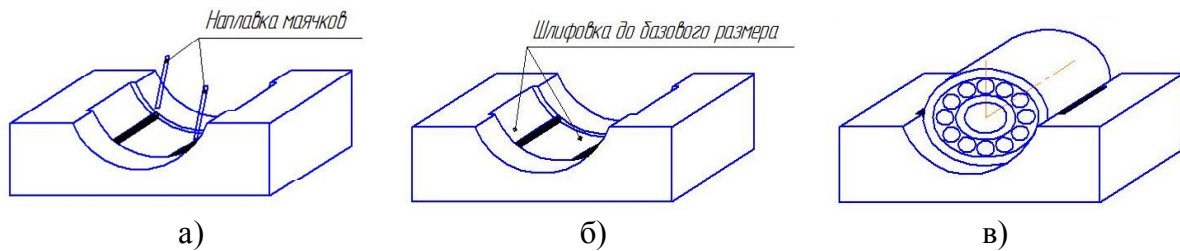


Рис. 3 – Подготовка и расположение установочных маячков, нанесение материала и установка подшипника в проектное положение: а – наплавка маячков; б – шлифовка до базового размера; в – установка подшипника

Второй способ применяется в том случае, когда корпус подшипника неразъёмный. В этом случае подшипник или шаблон выставляется на подкладках. Подшипник выставляется в проектное положение при помощи установочного элемента, как показано на рис. 4. В отверстие снизу подается композитный материал, до момента появления из отверстия в верхней части разъема. Когда материал отвердел, необходимо удалить избыток материала.

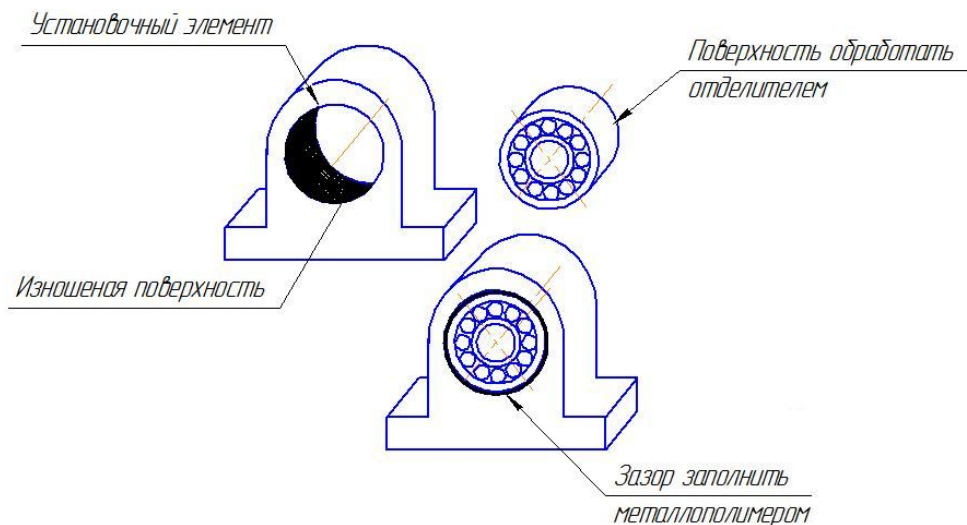


Рис. 4 – Технология восстановления опорной поверхности неразъёмного корпуса подшипника качения

Выводы

Выполненный анализ возможных способов восстановления промышленного оборудования и оценки их достоинств и недостатков позволил сделать вывод о том, что применение новых технологий ремонта с использованием композитных материалов существенно сокращает сроки ремонтов, их трудоемкость и позволяет выполнять ремонтные работы непосредственно на месте эксплуатации. В сочетании со способностью композитных материалов демпфировать ударные нагрузки и защищать восстановленное оборудование от коррозии делает их применение весьма перспективным.

Список использованных источников:

1. Жуйков В.А. Эксплуатация и ремонт оборудования: учебное пособие / В.А. Жуйков. – Киров : Изд-во ВятГУ, 2008. – 127 с.
2. Цеков В.И. Ремонт деталей металлургического оборудования : справочник / В.И. Цеков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1983. – 320 с.
3. Седуш В.Я. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин / В.Я. Седуш. – Киев : Вища школа, 1976. – 228 с.
4. Ищенко А.А. Технологические основы восстановления промышленного оборудования современными полимерными материалами / А.А. Ищенко. – Мариуполь : ПГТУ, 2007. – 247 с.
5. Композиционные материалы: справочник / В.В. Васильев [и др.]; под общ. ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. – М. : Машиностроение, 1990. – 512 с.
6. Плахтин В.Д. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин / В.Д. Плахтин. – М. : Металлургия, 1983. – 415 с.
7. Ищенко А.А. Ремонт деталей и узлов энергетического оборудования композитными материалами / А.А. Ищенко, Е.В. Дашко. – Мариуполь : ГБУЗ «ПГТУ», 2016. – 202 с.

References:

1. Zhuykov. V.A. *Ekspluatatsiya i remont oborudovaniya: uchebnoye posobiye* [Operation and repair of the equipment: tutorial]. Kirov, VyatGU Publ., 2008. 127 p. (Rus.)
2. Tsekov. V.I. *Remont detaley metallurgicheskogo oborudovaniya: Spravochnik* [Repair of details of the metallurgical equipment: reference book]. Moscow, Metallurgija Publ., 1983. 320 p. (Rus.)
3. Sedush V.Ya. *Nadezhnost', remont i montazh metallurgicheskikh mashin* [Reliability, repair and installation of metallurgical cars]. Kiev, Vishcha shkola Publ., 1976. 228 p. (Rus.)
4. Ishchenko A.A. *Tekhnologicheskiye osnovy vosstanovleniya promyshlennogo oborudovaniya so-vremennymi polimernymi materialami* [Technological bases of restoration of the industrial equipment modern polymeric materials]. Mariupol, PSTU Publ., 2007. 247 p. (Rus.)
5. Vasilyev V.V., Protasov V.D., Bolotin V.V. *Kompozitsionnyye materialy: Spravochnik* [Composite materials: reference book]. Moscow, Mechanical engineering Publ., 1990. 512 p. (Rus.)
6. Plakhtin V.D. *Nadezhnost', remont i montazh metallurgicheskikh mashin* [Reliability, repair and installation of metallurgical]. Moscow, Metallurgy Publ., 1983. 415 p. (Rus.)
7. Ishchenko A.A., Dashko E.V. *Remont detaley i uzlov energeticheskogo oborudovaniya kompozitnymi materialami* [Repair of details and knots of the power equipment composite materials]. Mariupol, PSTU Publ., 2016. 202 p.

Рецензент: А.В. Ширяев
канд. техн. наук, проф., ГБУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 03.04.2018