

А. А. Ищенко /д. т. н./, Д. А. Рассохин /к. т. н./,  
Д. Л. Какарека

Приазовский технический университет,  
г. Мариуполь, Украина  
e-mail: ishenko49@ukr.net;  
domenus91@gmail.com; radullik@gmail.com

## Накопленный опыт применения композитов в практике ремонта промышленного оборудования

A. A. Ishchenko /Dr. Sci. (Tech.),  
D. A. Rassokhin /Cand. Sci. (Tech.),  
D. L. Kakareka

Priazov Technical University, Mariupol, Ukraine  
e-mail: ishenko49@ukr.net;  
domenus91@gmail.com; radullik@gmail.com

## Accumulated experience of using composites in the practice of repairing industrial equipment

**Цель:** разработка рекомендаций по ремонту и восстановлению деталей металлургического оборудования методом применения композитных материалов.

**Методика.** Описание практических наработок по восстановлению оборудования, эксплуатируемого в тяжелых условиях на металлургических предприятиях.

**Результаты.** Разработаны технологии восстановления изношенных поверхностей металлургического оборудования.

**Научная новизна.** Установлено, что при восстановлении опорных поверхностей, в частности подшипников, для увеличения стойкости композитного слоя необходимо применять «маячки», которые обеспечивают точное позиционирование детали (кольца подшипника) и являются дополнительной опорной поверхностью при ударном воздействии на восстановленный слой. Заключение композитного материала в замкнутый объем обеспечивает повышение его несущей способности.

**Практическая значимость.** Рассмотрено практическое применение композитных материалов для восстановления различных деталей металлургического оборудования. В качестве первого примера приведен случай ввода в строй машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), у которой в процессе эксплуатации появились утечки воды через уплотнения, установленные на качающейся раме кристаллизатора и обеспечивающие герметичность при подаче охлаждающей воды к кристаллизатору. Защиту металлоконструкций МНЛЗ целесообразно и экономически оправданно выполнять полимерными защитными покрытиями, которые не требуют для своего использования специального оборудования и могут быть применены для покрытия больших площадей металлоконструкций. Описаны технологии восстановления, а также приемы при работе с композитным материалом. Подробно рассмотрен способ восстановления опорных поверхностей под подшипниками качения. Испытания проводились в реальных условиях с влиянием различных нагрузок. В статье описаны методы, позволяющие с помощью композитных материалов восстанавливать работоспособность узлов и деталей в течении 1–2 суток, то есть в сроки, обыденные для текущего ремонта непосредственно на месте эксплуатации. (Ил. 3. Библиогр.: 8 назв.)

**Ключевые слова:** композит, ремонт металлургического оборудования, машины непрерывного литья заготовок, рама кристаллизатора.

DOI: 10.33101/Soo5-0897543

**Постановка проблемы.** В последние годы в практике ремонта промышленного оборудования все большее применение находят композитные материалы на клеевых основах с добавлением требуемых нанопорошков и модификаторов [1–3]. Однако при ремонте машин металлургического производства такое применение чаще всего носит эпизодический характер и не входит составной частью в технологию текущих и капитальных ремонтов. В Приазовском государственном тех-

ническом университете накоплен большой опыт решения нестандартных ремонтных ситуаций, возникающих при эксплуатации металлургического оборудования, который может быть с успехом использован ремонтными службами предприятий, и потому представленный ниже материал является своевременным и актуальным [4–6].

**Формулировка цели.** Прежде всего, стоит сказать, что композитные материалы заметно

уступают по прочности стальным изделиям, наплавленным поверхностям или сварным швам. И с этих позиций достойной альтернативы сварочным технологиям нет. Однако в последующем изложении будет показано, что имеют место случаи, когда применение традиционных ремонтных технологий сопряжено либо с большими материальными затратами, либо они могут быть применены, но требуется длительная остановка агрегата с заменой вышедшей из строя детали на новую [7–8]. В то же время использование композитных материалов не только дает возможность в кратчайшие сроки выполнить ремонт, но и подарить восстановленным деталям новую жизнь.

Однако многие примеры использования композитного материала в металлургических ремонтах не связаны с работой в условиях повышенных температур, и анализу их успешной эксплуатации отремонтированного оборудования посвящены следующие примеры ремонта.

**Фактический материал.** В качестве первого примера приведен случай ввода в строй машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), у которой в процессе эксплуатации появились утечки воды через уплотнения, установленные на качающейся раме кристаллизатора и обеспечивающие герметичность при подаче охлаждающей воды к кристаллизатору.

В процессе эксплуатации желобок в раме, в который укладывается резиновое уплотнение, корродирует и не может полноценно удерживать уплотнение в заданном положении. Отсюда – утечки воды и необходимость восстановления герметичности системы ее подачи в кристаллизатор. Традиционный выход из положения – демонтаж плитовины с изношенными канавками, наплавка и фрезеровка фигурной канавки под установку уплотнения. Остановка машины при этом, учитывая демонтаж, восстановление и монтаж, – достаточно длительный процесс, при условии подготовленной технологии и оборудования для восстановления. С помощью композитных материалов эта ремонтная проблема решается за 2 дня. Суть восстановления, как видно из рис. 1, заключается в установке в подающем отверстии ленты из нержавеющей стали и фиксации ее к плитовине с помощью сварочных прихваток. Затем образовавшуюся полость между приваренной полосой и остатками желоба под уплотнение заполняют композитным материалом, обрабатывают резиновое уплотнение разделительным составом и укладывают его в бывшую канавку под высотный маячок, ограничивающий ее утапливание ниже требуемого уровня.

Через 6 часов (если  $t^{\circ}$  окружающей среды не была ниже 15 °С) уплотнение извлекают, удаляют излишки выдавленного композитного материала и укладывают уплотнение назад в образованную

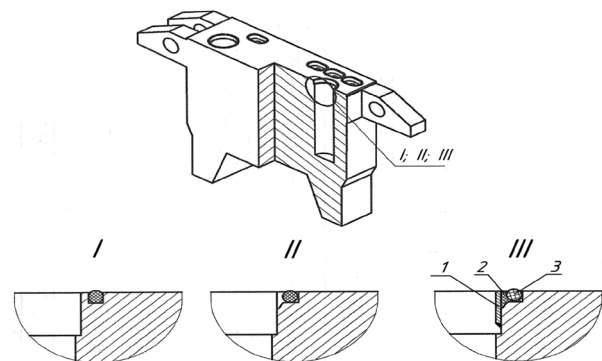
им канавку. В чем преимущество этой технологии? Сроки ремонта сокращаются в разы. Исключается вероятность повторения утечек, так как и нержавеющая полоса и композитный материал не подвержены коррозии и будут служить дольше, чем служила новая плитовина с канавкой под уплотнение. Это наиболее впечатляющий пример применения новых ремонтных технологий, обеспечивающих параллельно с сокращением сроков ремонта и увеличение срока службы узла в сравнении с исходным состоянием. Учитывая неординарность выполнения подобных ремонтов на других машинах и выявленную при этом надежность восстановленного уплотнительного соединения, можно рекомендовать подобную технологию для широкого применения.

Защиту металлоконструкций МНЛЗ целесообразно и экономически оправданно выполнять полимерными защитными покрытиями, которые не требуют для своего использования специального оборудования и могут быть применены для покрытия больших площадей металлоконструкций.

При этом алгоритм их применения выглядит следующим образом:

- зачистка поверхностей от краски или коррозионных наростов;
- обезжиривание поверхности;
- просушка поверхности;
- нанесение полимерно-защитного покрытия при помощи кисти или шпателя.

Также успешные результаты были получены при восстановлении опорных поверхностей под подшипниками качения. Как правило, консольная нагрузка на хвостовине вала редуктора при наличии дополнительных ударных или вибрационных нагрузений чаще всего приводит к выработке контактной поверхности «гнезда подшипника». Как правило, такая выработка в



**Рис. 1. Рама кристаллизатора и этапы восстановления герметичности конструкции:**  
 I – исходное состояние нового кристаллизатора;  
 II – изношенная канавка под уплотнением;  
 III – восстановленная канавка под уплотнением (1 – лента из нержавеющей стали; 2 – композитный материал; 3 – резиновое уплотнение, обработанное отделителем)

виде канавки с глубиной от 0,5 мм влечет за собой необходимость демонтажа корпусной детали, отправки ее на наплавку и последующую обработку в механическом цехе. Но не всегда есть возможность вывести из технологического процесса оборудование на несколько дней или демонтировать крупногабаритную корпусную деталь. В нашей практике с помощью композитных материалов удавалось восстанавливать работоспособность подшипникового узла в течение 1–2 суток, то есть в сроки, обыденные для текущего ремонта непосредственно на месте эксплуатации. На рис. 2 показаны основные этапы такого восстановления, а относились они к таким узлам, как редуктор механизма управления клещами клещевого крана цеха блюминг, который демонтировать невозможно, поскольку он был выполнен как одно целое с рамой (тележкой) моста, опора промвала механизма поворота люльки башенного вагоноопрокидывателя, опоры роликов роляганга и многое другое.

При такой технологии, которая предполагает формирование композитным материалом опорной поверхности с помощью самого подшипника или шлифованного шаблона, несущая способность такого узла не уступает новому по двум причинам.

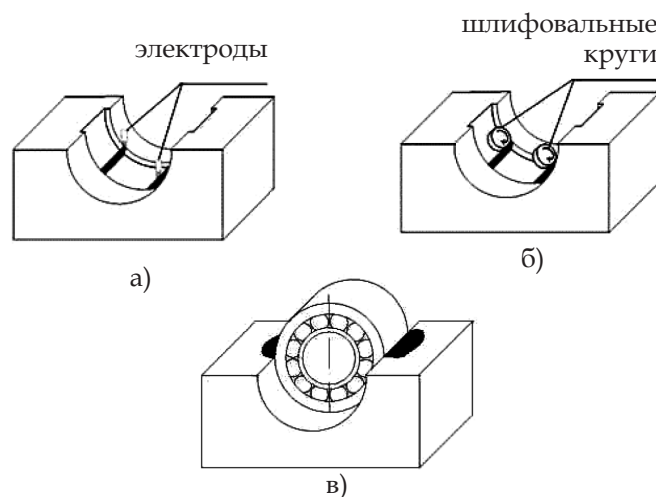
Первая – это снижение удельных нагрузок на контактную поверхность, поскольку шлифованное кольцо подшипника контактирует со шлифованной опорной восстановленной поверхностью корпуса, поскольку она образована, как показано выше, самым наружным кольцом подшипника. В стандартном варианте исполнения опорной поверхности, полученной после обработки фрезой, шлифованное кольцо подшипника сидит на вершинах микронеровностей обработанной поверхности (рис. 3), и, естественно, при даже незначительных динамических нагрузках эти вершинки обминаются, и начинается выработка гнезда подшипника.

Вторая причина заключается в способности композитного материала демпфировать ударные и вибрационные нагрузки без разрушения, что положительно влияет на продление срока службы опорной поверхности.

**Основные результаты.** Как видно из этого перечня, работы по защите не будут занимать много времени, и могут быть выполнены в период плановой остановки оборудования на текущий ремонт.

Во всех перечисленных примерах ремонтов был использован один и тот же прием – заключение композитного материала в замкнутый объем и повышение за счет этого его несущей способности.

**Выводы.** Успешная эксплуатация большинства восстановленных с помощью композитных материалов узлов промышленного оборудования свидетельствует о широких перспективах решения таким образом различных ремонтных



а) наплавка маячков; б) шлифовка до базового размера; в) установка подшипника

Рис. 2. Основные этапы восстановления опорной поверхности под подшипником

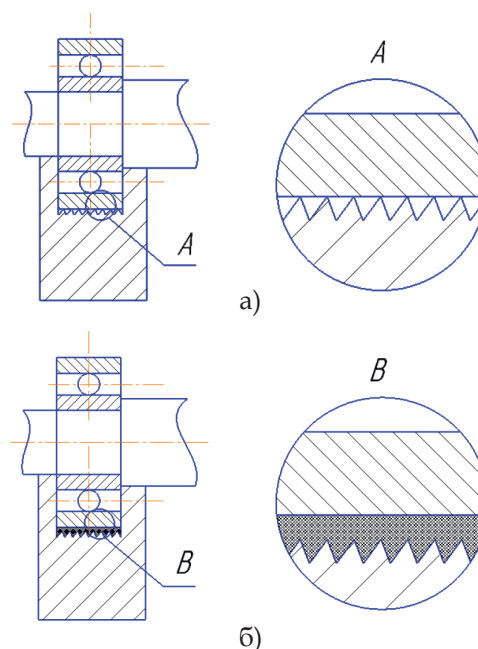


Рис. 3. Стандартный вариант исполнения опорной поверхности (а) и вариант восстановления опорной поверхности композитным материалом (б)

задач, стоящих перед механиками ремонтных производств.

**Библиографический список / References**

1. Шавырин В. Н. Клеесварные конструкции / В. Н. Шавырин, В. Н. Рязанцев. – М.: Машиностроение, 1981. – 168 с.  
 Shavyrin V. N., Ryazantsev V. N. *Kleesvarnyye konstruktsii*. Moscow, Mashinostroenie, 1981, 168 p.  
 2. Кардашов Д. А. Полимерные клеи: создание и применение / Д. А. Кардашов, А. П. Петрова. – М.: Химия, 1983. – 256 с.  
 Kardashov D. A., Petrova A. P. *Polimernye klei: sozdanie i primenenie*. Moscow, Khimiya, 1983, 256 p.



3. Ковачич Л. Склеивание металлов и пластмасс / Л. Ковачич. – М.: Химия, 1985. – 240 с.

Kovachich L. *Skleivanie metallov i plastmass*. Moscow, Khimiya, 1985, 240 p.

4. Ищенко А. А. Новые технологии восстановления тяжело нагруженного прокатного оборудования / А. А. Ищенко, А. Н. Семенюта, И. К. Ефимов // *Металл и литье Украины*. – 2005. – № 7–8. – С. 61–63.

Ishchenko A. A., Semenyuta A. N., Efimov I. K. *Novye tekhnologii vosstanovleniya tyazhelonagruzhennogo prokatnogo oborudovaniya*. Metall i lit'e Ukrainy, 2005, no. 7-8, pp. 61-63.

5. Кормилецин Г. С. Основы диагностики и ремонта химического оборудования / Г. С. Кормилецин. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2008. – 120 с.

Kormil'tsin G. S. *Osnovy diagnostiki i remonta khimicheskogo oborudovaniya*. Tambov, Izdatel'stvo TGTU, 2008, 120 p.

6. Ермаков В. И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В. И. Ермаков, В. С. Шеин. – Л.: Химия, 1981. – 367 с.

Ermakov V. I., Shein V. S. *Remont i montazh khimicheskogo oborudovaniya*. L., Khimiya, 1981, 367 p.

7. Кормилецин Г. С. Основы монтажа и ремонта технологического оборудования / Г. С. Кормилецин, О. О. Иванов. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2001. – 87 с.

Kormil'tsin G. S., Ivanov O. O. *Osnovy montazha i remonta tekhnologicheskogo oborudovaniya*. Tambov, Izdatel'stvo TGTU, 2001, 87 p.

8. Кормилецин Г. С. Диагностика и ремонт технологического оборудования / Г. С. Кормилецин, Р. А. Шубин, А. М. Воробьев. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009. – 30 с.

Kormil'tsin G. S., Shubin R. A., Vorob'ev A. M. *Diagnostika i remont tekhnologicheskogo oborudovaniya*. Tambov, Izdatel'stvo TGTU, 2009, 30 p.

**Мета:** розробка рекомендацій щодо ремонту і відновлення деталей металургійного устаткування методом застосування композитних матеріалів.

**Методика.** Опис практичних напрацювань щодо відновлення обладнання, яке експлуатується в тяжких умовах на металургійних підприємствах.

**Результати.** Розроблено технологію відновлення зношених поверхонь металургійного обладнання.

**Наукова новизна.** Встановлено, що при відновленні опорних поверхонь, зокрема підшипників, для збільшення стійкості композитного шару необхідно застосовувати «маячки», які забезпечують точне позионування деталі (кільця підшипника) і є додатковою опорною поверхнею при ударній дії на відновлений шар. Вміщення композитного матеріалу в замкнутий обсяг забезпечує підвищення його несучої здатності.

**Практична значущість.** Розглянуто практичне застосування композитних матеріалів для відновлення різних деталей металургійного устаткування. Як перший приклад наведено випадок введення в дію машини безперервного лиття заготовок (МБЛЗ), у якій в процесі експлуатації з'явилися витоки води

через ущільнення, встановлені на хиткій рамі кристалізатора, що забезпечують герметичність при подачі охолоджуючої води до кристалізатора. Захист металоконструкцій МНЛЗ доцільно і економічно виправдано виконувати полімерними захисними покриттями, які не вимагають для свого використання спеціального обладнання і можуть бути застосовані для покриття великих площ металоконструкцій. Описано технології відновлення, а також прийоми при роботі з композитним матеріалом. Детально розглянуто спосіб відновлення опорних поверхонь під підшипниками кочення. Випробування проводилися в реальних умовах з впливом різних навантажень. У статті описано методи, що дозволяють за допомогою композитних матеріалів відновлювати працездатність вузлів і деталей протягом 1–2 діб, тобто в терміни, звичайні для поточного ремонту безпосередньо на місці експлуатації.

**Ключові слова:** композит, ремонт металургійного обладнання, машини безперервного лиття заготовок, рама кристалізатора.

**Purpose.** Development of recommendations on repair and restoration of details of the metallurgical equipment by a method of application of composite materials.

**Methodology.** Description of practical developments on the restoration of equipment operated in difficult conditions at metallurgical enterprises.

**Findings.** Technologies have been developed to restore the worn surfaces of metallurgical equipment.

**Originality.** It has been established that when restoring bearing surfaces, in particular bearings, to increase the durability of the composite layer, it is necessary to use "beacons" that provide precise positioning of the part (bearing ring) and are an additional support surface when impacting the restored layer. The conclusion of the composite material in a closed volume provides an increase in its carrying capacity.

**Practical value.** The practical application of composite materials for the restoration of various parts of metallurgical equipment is considered. As a first example, the case of the commissioning of a continuous casting machine (CCM), in which water leaks through seals installed on the rocking frame of the crystallizer and ensuring tightness during the supply of cooling water to the crystallizer, was introduced. It is advisable and economically feasible to protect metal structures of continuous casting machines with polymeric protective coatings that do not require special equipment for their use and can be used to cover large areas of metal structures. The technology of recovery, as well as techniques for working with composite material are described. The method of restoring the bearing surfaces under rolling bearings is considered in detail. The tests were carried out in real conditions with the influence of various loads. The article describes methods that allow using composite materials to restore the efficiency of assemblies and parts within 1–2 days, that is, in terms of routine maintenance repairs directly at the place of operation.

**Key words:** composite, repair of metallurgical equipment, continuous casting machines, mold frame.

**Рекомендована к публикации**  
д. т. н. О. А. Бейгул

Поступила 26.10.2018