

and generation of the metal droplets in the slag, as well as the increase of dissolved sulfur in the iron droplets. The calculated results were compared to various experimental data of the quantity of sulfur loss by upward streams. The dependence of sulfur loss degree from the slag amount and technological parameters of magnesium desulfurization of molten metal were determined.

Keywords: desulfurization, injection, waste gas, ladle slag.

REFERENCES

1. Gurvich L.V., Veits I.V., Medvedev V.A. etc. *Termodinamicheskie svoystva individual'nykh veshchestv* [Thermodynamic properties of individual substances]. Vols. 1–4. Moscow: Nauka, 1978. 560 p. (In Russ.).
2. Gol'dshteyn N.L. *Kratkii kurs teorii metallurgicheskikh protsessov* [A short course in the theory of metallurgical processes]. Sverdlovsk: Metallurgizdat, 1961. 334 p. (In Russ.).
3. Medzhibozhskii M.Ya. *Osnovy termodinamiki i kinetiki staleplavil'nykh protsessov* [Fundamentals of thermodynamics and kinetics of steelmaking processes]. Kiev, Donetsk: Vishha shkola. Golovnoe izd-vo, 1986. 280 p. (In Russ.).
4. Popel' S.N., Sotnikov A.N., Boronkov V.M. *Teoriya metallurgicheskikh protsessov* [Theory of metallurgical processes]. Moscow: Metallurgiya, 1986. 463 p. (In Russ.).
5. Grigoryan V.A., Stomakhin A.Ya., Ponomarenko A.G. etc. *Fiziko-khimicheskie raschety elektrostaleplavil'nykh protsessov* [Physico-chemical calculations of EAF processes]. Moscow: Metallurgiya, 1989. 2278 p. (In Russ.).
6. Irons G.A., Guthrie R.I.L. *Metallurgical Transactions*. 1981. Vol. 12B, December, pp. 755.
7. Machikin V.I., Ivanov A.K., Stadonovskii E.I. Some features of mass exchange processes during external desulphurization with magnesium. *Izv. vuz. Chernaya metallurgiya = Izvestiya – Ferrous Metallurgy*. 1976, no. 4, pp. 29–32. (In Russ.).
8. Tkach N.T., Kurilova L.P. etc. *Bibliograficheskii ukazatel' VINITI*. 1981. Vol. 6, pp. 141. (In Russ.).
9. Rudenko A.L., Shevchenko A.F., Vergun A.S. Proceedings of the 7th International Conference MMT. 2012. Israel, August 20–23, pp. 120–129.
10. Voronova N.A., Privalov V.V., Apretova E.G. etc. *Metallurgiya*. 1978, no. 5, pp. 19–25. (In Russ.).
11. Machikin V.I., Zborshchik A.N., Stadonovskii E.N. *Povyshenie kachestva chernykh metallov* [Improvement of the quality of ferrous metals]. Kiev: Tekhnika, 1981. 160 p. (In Russ.).
12. Chernyatevich A.G., Sigarev E.N., Chubin K.I. Specific kinetics of pig iron desulphurization with injection of dispersed magnesium. *Teoriya i praktika metallurgii*. 2008, no.1, pp. 3–7. (In Russ.).
13. Voronova N.A. *Chernaya metallurgiya. Byul. nauchno-tekhnich. inf.* 1976, no.12, pp. 3–23. (In Russ.).
14. Vergun A.S., Lyudnaya P.S., Shevchenko A.L. *Metaloobrabotkova ta termichna obrobka metaliv*. 2007, no.1, p. 62. (In Ukr.).
15. Machikin V.I., Stadonovskii E.N. *Stal'*. 1979, no. 4, pp. 251–254. (In Russ.).
16. *Issledovanie vliyaniya kolichestva, sostava i svoystv kovshevogo shlaka na kinetiku desul'furatsii chuguna magniem v kovshe: Otchet o NIR L – 77 – 76*. [Investigation of the influence of quantity, composition and properties of ladle slag on the kinetics of magnesium desulphurization in the ladle: A Research report–77–76.]. no. 76009385. IChM, 1976. (In Russ.).

Received November 20, 2013

УДК 669.046

ПРОАКТИВНЫЕ РЕМОНТЫ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Коротков В.А., д.т.н., профессор (vk@udgz.ru)

Нижнетагильский технологический институт -
филиал Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина
(622031, Россия, Свердловская область, г. Нижний Тагил, ул. Красногвардейская, 59)

Аннотация. Проактивные ремонты предполагают меры по замедлению образования дефектов (трещин, износа), вызывающих их проведение. В этом случае увеличивается послеремонтная наработка механизмов, что существенно снижает ремонтные расходы и простои. Приведены результаты проактивных ремонтов на некоторых уральских предприятиях.

Ключевые слова: ремонт, упрочнение, проактивные ремонты.

В металлоемкой металлургической отрасли ремонтные потери (в денежном и временном выражениях) составляют значительную величину, поэтому их сокращение представляет актуальную задачу.

Во время ремонтных остановок производства выполняется ревизия механизмов с определением недопустимых дефектов, после чего проводится непосредственно ремонт, т.е. замена забракованных деталей новыми. Массивные части оборудования (корпуса прессов и дробилок, крышки мельниц, траверсы и др.) не заменяются, но выполняются работы по устранению имеющихся дефектов (трещины, износ).

С 90-х годов при ремонтах стала применяться вибродиагностика, т.е. определение дефектов по вибра-

ционному фону, создаваемому работающим оборудованием. Она в значительной мере сокращает ревизионные простои, связанные с разборкой и осмотром механизмов. Кроме того, вибродиагностика позволяет сократить складские запасы запчастей, так как состояние механизмов непрерывно отслеживают, поэтому закупают только необходимое.

Если опустить совершенствование технологий сборки-разборки, чем занимаются постоянно, то для дальнейшего сокращения ремонтных затрат остается одно средство – увеличение послеремонтной наработки оборудования. Это достигается мерами по замедлению образования дефектов (трещин, износа), вынуждающих к замене деталей. Ремонты, выпол-

няемые с их применением, называют проактивными ремонтами.

Работы по замедлению образования трещин и износа могут вестись по трем направлениям:

- уменьшение интенсивности внешнего воздействия;
- снижение пиковой (от вибраций, ударов и др.) составляющей во внешнем воздействии;
- упрочнение рабочих поверхностей.

В настоящей работе приводится обзор проактивных ремонтов, выполненных на уральских заводах инновационным предприятием ООО «Композит», созданном в 1990 г. при Нижнетагильском филиале Уральского федерального университета, работа которого отмечена грамотами Правительства РФ и Федерального агентства Роспатент.

Уменьшение интенсивности внешнего воздействия

Внешний фактор, вызывающий износ или появление трещин, в конечном счете, зависит от мощности оборудования. Но ее снижение влечет падение производительности. Тем не менее, такой путь возможен, если годовая выработка оборудования, эксплуатирующегося с меньшей нагрузкой за счет малых ремонтных простоев, окажется больше, чем в случае работы с большой нагрузкой и значительными ремонтными простоями [1].

Уменьшения разрушающего действия внешнего фактора без снижения мощности добиваются рациональным конструированием по уменьшению его сосредоточенности, т.е. более равномерным распределением рабочих напряжений и т.п.

В корпусе 12-м штампа для формовки труб большого диаметра вдоль продольной оси после относительно непродолжительной эксплуатации образовалась магистральная трещина. Ее заварка без дополнительных мер по «усилению» конструкции представлялась ненадежной. Тогда был выполнен анализ напряженного состояния конструкции и установлено, что уровень эквивалентных напряжений по линии излома (рис. 1) резко снижается в результате изменения всего лишь угла расположения нижних ребер жесткости [2]. Последующая эксплуатация модернизированного во время ре-

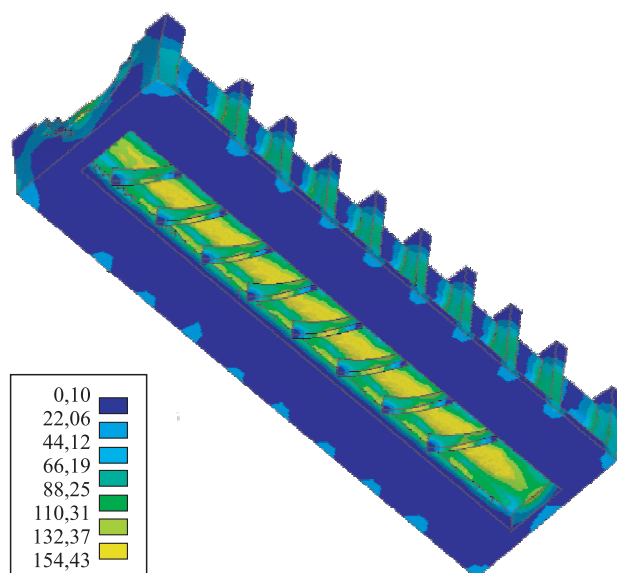


Рис. 1. Штамп для формовки труб большого диаметра с наклонным расположением ребер жесткости (в левом углу представлена картина эквивалентных напряжений в МПа)

монтной сварки штампа подтвердила справедливость найденного решения.

Подобное произошло с новой траверсой пресса. В ней трещины появились в продольных швах приваривающих наклонные листы, расположенные в «тамбурах» длиной по 600 мм (по одному с каждого края траверсы), сформированных внутренними поперечными диафрагмами. Их ремонтная заварка, выполненная с предварительной разделкой, оказалась еще менее успешной – трещины появились сразу после сварки, до начала эксплуатации. Траверса представляет собой балку коробчатого сечения длиной 13,34, высотой 1,4 и шириной 2,4 м; материал – сталь повышенной прочности марки 09Г2С. При сварке угловые сварочные деформации швов создают упругую деформацию листов, т.е. прогиб, который штриховой линией показан на рис. 2. В результате листы уподобляются взведенной пружине, энергия которой создает разрушающее швы усилие. Чтобы не допустить этого, наружные вертикальные листы скреплены ребрами жесткости по 10 штук на каждой стороне. Наклонные же листы оказались не скрепленными. Приварка в тамбурах по малой перегородке

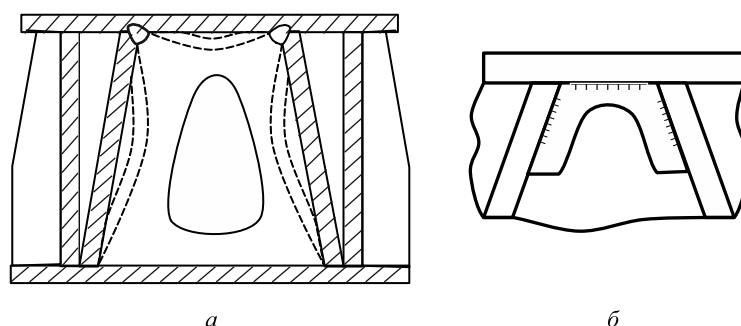


Рис. 2. Поперечное сечение «тамбура» траверсы пресса 3,57 тыс. т (а) и малая перегородка в нем (б), скрепляющая наклонные листы

(рис. 2, б) предупредила появление упругой деформации листов и возникновение трещин [3].

Сброс излишнего давления в доменной печи производится через атмосферный клапан. Для замедления изнашивания контактных поверхностей потоком запыленного разогретого газа на металлургическом комбинате применяли твердосплавную (HRC 55) наплавку, которая затем подлежала трудоемкой шлифовке. Анализ показал, что износ происходит из-за неплотного прилегания контактных поверхностей, когда клапан закрыт. Тогда было решено применить уплотнение стыка огнеупорным асбестом (рис. 3). Истечение газов через неплотное прилегание уменьшилось настолько, что без ущерба стойкости перешли на менее твердую (HRC 35) наплавку, обрабатываемую точением, что существенно снизило трудоемкость ремонта клапана [4].

Снижение пиковой составляющей во внешнем воздействии

Пиковая составляющая нагрузки в одних случаях является неизбежной (например, в работе молота), но в других она может появляться от неполадок в работе оборудования. На машине непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) устройство подшипникового узла роликов было таково, что из-за перебоев в смазке их вращение могло временно прекращаться, что приводило к появлению «лысок», вынуждающих проводить преждевременную замену роликов. После того как вращение роликов с осями заменили вращением бочки ролика на неподвижной оси, заклинивание роликов устранилось, как следствие, стойкость их возросла примерно в 2,5 раза [5].

Пиковые составляющие в нагрузке часто создают вибрация. На металлургическом комбинате был пущен в эксплуатацию вакууматор с плоским днищем. В нем закрепляли два патрубка, опускающиеся в расплав стали. Через один происходило всасывание расплава в вакууматор, а через другой осуществлялся слив расплава обратно в ковш. Всасывающий патрубок при работе создавал вибрацию, которая быстро разрушала огнеупорную футеровку, и вакууматор выводился в ремонт. Были разработаны усиливающие элементы (рис. 4),

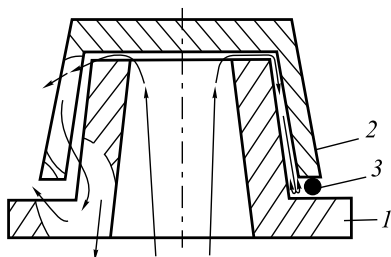


Рис. 3. Клапан доменной печи:

1 – седло; 2 – крышка; 3 – уплотнение; в левой части – образование продувов при неплотном прилегании, в правой части – применение уплотнения

снизившие вибрацию, в результате чего стойкость вакууматора увеличилась вдвое, и вдвое же снизилась себестоимость вакуумирования [6].

Упрочнение рабочих поверхностей

Известно, что отказы, связанные с износом, составляют около 80 % в общем числе отказов оборудования. Поэтому меры по снижению износа рабочих поверхностей вносят наиболее ощутимый вклад в увеличение послеремонтной наработки. Эффективно снижают износ наплавка и термическое упрочнение, которые широко использует в своей деятельности ООО «Композит». Следует заметить, что применение упрочнения для сокращения ремонтов, по сути дела есть проведение опытно-конструкторской работы, результаты которой должны представлять значительный интерес для конструкторов, но на практике, к сожалению, это встречается не часто.

Наплавка. Гидростанции из плунжерных насосов (Г-301, Г-305) обслуживают работу прессов различной мощности и назначения. Создаваемое высокое (около 300 атм.) пульсирующее давление вызывает кавитацию, которая, дополняясь механическими, коррозионными и эрозийными повреждениями, приводит к быстрому выходу из строя плунжеров. Насосы с плунжерами из углеродистой стали марки 45 в нормализованном состоянии с твердостью HB 180 дают течь и нуждаются в ремонте всего через 20 суток. В 70 – 80 гг. стали применять азотирование плунжеров. Поскольку углеродистая сталь при азотировании упрочняется незначительно, то ее заменили легированной (38ХМЮА, 38Х2Ю). В результате поверхностную твердость увеличили до HV 760, что дало повышение срока службы (с двумя ремонтными шлифовками) примерно до одного года.

ООО «Композит» в начале 90-х годов приступил к наплавке плунжеров, которая сопровождалась искривлением, исключающим их дальнейшее применение. Оптимизацией технологии добились снижения наплавочных деформаций, а, благодаря толстому (3,5 – 4,0 мм)

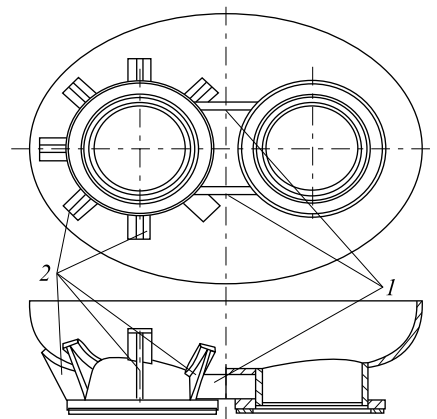


Рис. 4. Устранение вибрации всасывающего патрубка вакууматора применением «распорок» (1) и «косынок» (2)

слою наплавки (рис. 5), небольшой остаточный изгиб устранялся при обточке наплавленного слоя. Первоначально применяли аустенитную наплавочную проволоку Св-08Х20Н9Г7Т с невысокой твердостью, которую увеличивали обкаткой шариком до HV 350 – 400 с одновременным снижением шероховатости до $Ra = 0,63$. Производственные испытания показали, что стойкость наплавленных плунжеров не уступает стойкости азотированных. Но возможность восстановления изношенных плунжеров для повторного употребления делала наплавку аустенитной сталью предпочтительнее азотирования.

Новая наплавочная проволока 40Х16РТ [7] с повышенной твердостью HRC 58 на плунжерах насосов Г-305 увеличила их наработку в 3 раза. Рост срока эксплуатации за счет увеличения стойкости и повторных наплавок стал вызывать усталостные поломки плунжеров по кольцевой проточке. В связи с этим проведена модернизация крепления плунжера [8]. Вместо кольцевой канавки, представляющей опасный концентратор напряжений, на приводном конце плунжера делают-

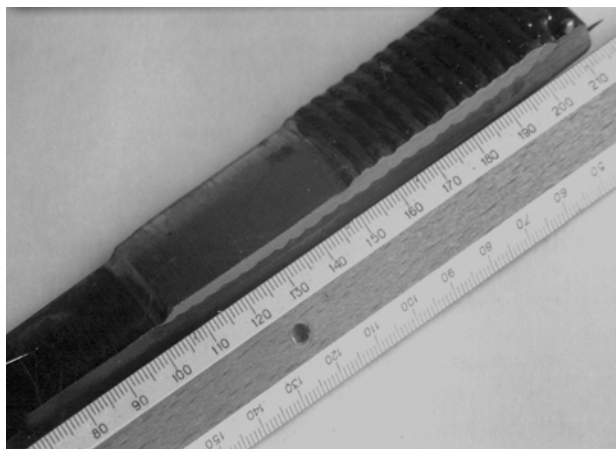


Рис. 5. Макрошлиф слоя наплавки на плунжере насоса высокого давления

ся три засверловки через 120° по длине окружности. В них помещают шары, через которые передается приводное усилие на плунжер. Три засверловки представляют собой меньший концентратор напряжений, чем прямоугольная кольцевая канавка. Применение шаров вместо кольца делает узел самоустанавливающимся, в котором рабочие нагрузки распределяются равномерно. Это устранило усталостные поломки плунжеров.

Плунжеры прессов представляют собой тяжелые цилиндры массой 5 – 45 т, изготовленные из углеродистой стали (типа 50), из-за коррозии и кавитации быстро (в течение года эксплуатации) выходят из строя. Повреждения поверхности оказываются столь значительными, что ремонтная проточка производится на 5 – 10 мм. С каждым ремонтом из-за уменьшения диаметра плунжера снижается рабочее усилие прессы, что вызывает падение его производительности. В 60-х гг. для увеличения стойкости плунжеров стали применять наплавку твердой (HV 380) хромистой сталью марки 20Х13, но из-за склонности к образованию сварочных трещин она не получила распространения. Вместо нее освоили наплавку аустенитной сталью марки 08Х19Н10. Твердость наплавленного слоя в этом случае существенно ниже (HV 200), но в нем не образуется сварочных трещин. Износ плунжеров с аустенитной наплавкой ниже, чем не наплавленных, но, как и ненаплавленные, они нуждаются в ежегодной ремонтной проточке. В связи с этим была разработана хромистая коррозионно-стойкая наплавочная проволока Св-12Х15Г2 с высокой (HV 400) твердостью, но не склонной к образованию трещин. В результате ее применения наплавленные плунжеры в 4 – 5 раз увеличивают наработку [9].

Сведения о производстве наплавленных плунжеров насосов высокого давления и плунжеров прессов приведены в таблице.

Разновидностью наплавки является электроискровое легирование (ЭИЛ). Его отличительная особен-

Производство в ООО «Композит» наплавленных плунжеров по годам

Наименование	Количество наплавленных плунжеров в					
	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.
Плунжеры насосов:						
Г-301	92	24	17	–	50	55
Г-305	169	69	13	10	60	60
УНБТ-950	42	42	13	–	12	38
TWS	–	–	171	238	173	118
Другие	20	23	72	–	–	30
Плунжеры прессов диаметром:						
более 500 мм	11	12	3	5	27	41
менее 500 мм	2	3	5	4	7	16
Гидроцилиндры прессов	8	2	8	2	2	18
Клапанные коробки и корпуса насосов	40	74	16	8	17	23

ность в том, что толщина (0,01 – 0,15 мм) наносимого слоя строго определяется режимом. Это позволяет без последующей шлифовки восстанавливать места под подшипники качения. В середине 90-х годов на ферросплавном заводе из-за перехода на дробление более мелкой фракции ускорился износ эксцентриковых валов, часть из которых (с износом до 0,2 мм на диаметр) было решено восстановить методом ЭИЛ. Эксплуатация показала, что наработка валов увеличилась не менее чем в 2 раза. В последствие эксцентриковые валы методом ЭИЛ были восстановлены для щековых дробилок СМД-110, СМД-117, СМД-118, ШДП-12×15; для грохота фирмы «Сандвик»; для бурового насоса УНБ-600. Кроме того восстанавливали посадочные места на валах «редуктора подъема» экскаватора ЭКГ-10, на валу-шестерне привода мельницы МШР 36×40, на приводном валу дробилки Д2Г 900×700, на 4-х валах шахтных подъемных машин, в редукторе (массой около 30 т) привода головной звездочки обжиговой машины и др. [10]. В настоящее время в Молдавии возобновлено производство установок ЭИЛ (под маркой Alier), причем в результате их усовершенствования максимальная толщина наносимого покрытия увеличилась с 0,15 до 0,30 мм.

Муфты и приводные шпиндели прокатных станов работают с высокой динамической нагрузкой, которая, в некоторых случаях быстро (в течение месяца) выводит их из строя. Твердая наплавка выкрашивается, поэтому прибегают к частой наплавке мягким наплавочным материалом. С целью повышения стойкости разработана технология наплавки чередующимися твердыми и мягкими участками, что в 2 – 3 раза продлевает срок службы наплавленных деталей. Например, универсальные шпиндели (сталь марки 40ХН2МА, 6 т) крупно-сортного стана из-за износа ежегодно растачивались на ремонтный размер. Для восстановления размеров провели комбинированную наплавку с использованием

проволоки Св-18ХГ1С1, твердость (НВ 270) которой выше твердости (НВ 240) основного металла, но не настолько, чтобы создать трудности при механообработке. В эксплуатации шпиндели (рис. 6) находились 2 и 3 года, что в 2 – 3 раза больше обычного их срока службы до ремонтной расточки.

Плазменная закалка. Закалку как средство снижения износа совершенствовали путем применения высококонцентрированных источников поверхностного нагрева, в том числе газопламенного, в электролите, ТВЧ, лазерным лучом и др. В 80-х гг. XX в. для поверхностной закалки начали использовать плазменную дугу. Однако интерес к ней в 90-х гг. стал снижаться, так как практическое применение осложнялось из-за высокой чувствительности качества закалки к настройке режима. Новый импульс плазменная закалка получила с разработкой в 2002 г. в ООО «Композит» установки УДГЗ-200. В ней удалось стабилизировать тепловое воздействие дуги на поверхность, и сделать возможным выполнение закалки вручную. Не смотря на неизбежные при этом колебания скорости и длины дуги, закаленный слой получается стабильным, а поверхность – без оплавления. В век «безлюдных» производств разработка ручной технологии может показаться ошибочной. Но это не так. Ручные технологии благодаря универсальности демонстрируют «живучесть». С разработкой установки УДГЗ-200 закалка стала доступнее. Теперь закаливается то, что было не возможно. При этом она удобно используется в составе автоматов.

Суммируя исследования, проведенные по плазменной закалке установкой УДГЗ-200 [11 – 15], можно отметить следующее. Дуга оставляет на поверхности закаленные полосы шириной 8 – 12 мм, которые сварщик располагает с некоторым перекрытием. Они окрашены «цветами побежалости» (рис. 7), т.е. покрыты тонкой пленкой оксидов, которые не оказывают существенно-



Рис. 6. Универсальный шпиндель прокатного стана с наплавкой



Рис. 7. Пальцы ковша экскаватора с плазменной закалкой

го влияния на шероховатость поверхности в диапазоне $Rz\ 4 - 40$. Плазменная закалка не дает деформаций, благодаря чему закаленным деталям во многих случаях не требуется финишная шлифовка.

Закалка происходит за счет отвода тепла в тело детали без подачи воды на место нагрева. Поэтому установка УДГЗ-200 применяется на ремонтных площадках, по месту механообработки и эксплуатации деталей, а не только в термических цехах и на специализированных участках. Наличие установки УДГЗ-200 в значительной мере восполняет отсутствие печей для закалки, цементации, азотирования, установок ТВЧ, а также делает закалку экологически чистой и легко осваиваемой.

Твердый (HRC 45 – 65) слой закалки толщиной 0,5 – 1,5 мм многократно увеличивает срок службы крановых рельс и колес, зубчатых и шлицевых соединений, канатных блоков, вырубных, формовочных, вытяжных штампов и др. ответственных деталей. Плазменной закалкой упрочняют низкоуглеродистую сталь марки 20ГЛ, в производственной практике закалке не подлежащую. Благодаря установке УДГЗ-200 увеличена номенклатура закаливаемых изделий и решен ряд важных проблем на ведущих предприятиях Урала. Через 5 лет после разработки установка УДГЗ-200 прошла сертификацию и по ТУ 3862-001-47681378 – 2007 было начато ее промышленное производство. К концу 2012 г. выпущено более 40 установок, которые поставлены на предприятия России, Украины, Казахстана. В 2008 г. установка УДГЗ-200 отмечена серебряной медалью Женевого салона изобретений и инноваций.

Устранение дефектов в корпусах и массивных деталях оборудования

Корпуса (прессов, дробилок, прокатных клетей и др.) и массивные детали (траверсы, кантовочные линейки прокатных станов и др.) оборудования по понятным причинам затруднительно доставлять на ремонтные заводы, поэтому работы по устранению в них дефектов организуют по месту эксплуатации. Обычно это сварочные работы по заварке трещин и наплавка изношенных поверхностей. Расход сварочных и наплавочных материалов исчисляется сотнями килограммов, поэтому трудоемкость работ высокая. Но простой оборудования не могут быть слишком длительными. Выход обычно находили в том, чтобы трещины заваривать не на всю глубину, а наплавкой восстанавливать не всю толщину износа. Работоспособность этим восстанавливали, но не надолго.

Чтобы повысить производительность сварочно-наплавочных работ ООО «Композит» в конце 90-х гг. впервые в отрасли на таких работах стали применять сварочные полуавтоматы [3, 16]. По сравнению с ручной электродуговой сваркой электродами производительность увеличивается в 2 – 4 раза. Кроме того, были

выработаны экономичные меры по предупреждению трещин, которые обычно сопровождают такие работы, что позволило одновременно повысить их качество [17].

Выводы. Проактивные ремонты направлены на снижение концентрации напряжений и сосредоточенности внешнего воздействия, а также пиковой (от вибраций, ударов и др.) составляющей во внешнем воздействии; на упрочнение рабочих поверхностей. После их проведения оборудование работает не только не хуже, но лучше чем новое, что позволяет говорить об омолаживающем эффекте проактивных ремонтов. Для ускорения ремонтов корпусов оборудования и тяжелых деталей по месту их эксплуатации использованы сварочные полуавтоматы, а для упрочнения рабочих поверхностей – установки электроискрового легирования марки Alieg и ручной плазменной закалки УДГЗ-200.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х кн. Кн. 1. / Под ред. П.Н. Учаева. – М.: Машиностроение, 1988. – 560 с.
- Гончаров К.А., Чечулин Ю.Б. // Ремонт, восстановление, модернизация. 2011. № 7. С. 33 – 38.
- Коротков В.А., Зотов А.С. // Сварка и диагностика. 2008. № 5. С. 26, 27.
- Коротков В.А., Чубелов В.А. // Тяжелое машиностроение. 2000. № 7. С. 35, 36.
- Коротков В.А., Михайлов И.Д., Бабайлов Д.С. // Сварочное производство. 2007. № 1. С. 30, 31.
- Шекуров А.В., Виноградов С.В. // Ремонт, восстановление, модернизация. 2005. № 10. С. 14 – 17.
- Пат. 2293640 РФ. Проволока для наплавки / Коротков В.А., Михайлов И.Д., Агафонов Э.Ж. // Открытия. Изобретения. 2007. № 5.
- Пат. 78272 РФ. Узел крепления плунжера в насосе высокого давления / Коротков В.А., Агафонов Э.Ж., Михайлов И.Д. // Полезные модели. 2008. № 32.
- Коротков В.А., Михайлов И.Д., Веснин А.М., Зотов А.С. – В кн.: Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки: материалы 10-й Международной науч.-практ. конф.; в 2 ч. Ч. 1. – СПб: Изд-во политехн. ун-та, 2008. С. 184 – 192.
- Агафонов Э.Ж., Коротков В.А., Шекуров А.В., Ячменев Э.В. // Горный журнал. 2006. № 2. С. 59 – 61.
- Коротков В.А., Шекуров А.В. // Сварочное производство. 2007. № 8. С. 25 – 29.
- Ананьев С.П., Коротков В.А. // Вестник машиностроения. 2011. № 8. С. 35 – 37.
- Коротков В.А., Михайлов И.Д., Агафонов Э.Ж. // Кузнечно-штамповое производство. Обработка металлов давлением. 2009. № 1. С. 40 – 45.
- Коротков В.А. // Вестник машиностроения. 2009. № 8. С. 87 – 89.
- Коротков В.А. // Тяжелое машиностроение. 2012. № 1. С. 2 – 5.
- Коротков В.А. // Сварочное производство. 2004. № 3. С. 32 – 36.
- Коротков В.А., Михайлов И.Д. // Сварочное производство. 2011. № 7. С. 41 – 48.

PROACTIVE REPAIRS IN STEEL INDUSTRY

Korotkov V.A., Dr. Sci. (Eng.), Professor (vk@udgz.ru)

Nizhny Tagil Institute of Technology (Branch) of the Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin (59, Krasnogvardeiskaya str., Nizhny Tagil, Sverdlovsk Region, 622031, Russia)

Abstract. Proactive repairs suggest the measures to slow the formation of defects (cracks, wear), causing their conduct. In this case a post-repair operating time of mechanisms is increased. That reduces significantly repair costs and downtime. The results of the proactive repairs at some of the Ural enterprises are exemplified.

Keywords: repair, strengthening, proactive repairs.

REFERENCES

1. Orlov P.I. *Osnovy konstruirovaniya*. Vols. 1–2. Vol. 1. Uchaev P.N. ed. Moscow: Mashinostroenie, 1988. 560 p. (In Russ.).
2. Goncharov K.A., Chechulin Yu.B. Simulation of the stress-strain state of the die for forming of large-diameter pipes. *Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya*. 2011, no. 7, pp. 33–38. (In Russ.).
3. Korotkov V.A., Zotov A.S. Repair welding of press' cross-piece. *Svarka i diagnostika*. 2008, no. 5, pp. 26–27. (In Russ.).
4. Korotkov V.A., Chubelov V.A. Design solutions as a means of increasing the effectiveness of the protective surfacing. *Tyazheloe mashinostroenie*. 2000, no. 7, pp. 35–36. (In Russ.).
5. Korotkov V.A., Mikhailov I.D., Babailov D.S. The study of welding of CCM rollers. *Svarochnoe proizvodstvo*. 2007, no. 1, pp. 30–31. (In Russ.).
6. Shekurov A.V., Vinogradov S.V. Improving of repairs of degassers. *Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya*. 2005, no. 10, pp. 14–17. (In Russ.).
7. Korotkov V.A., Mikhailov I.D., Agafonov E.Zh. *Provoloka dlya naplavki* [Wire for facing]. Patent RF no. 2293640. *Otkrytiya. Izobreteniya*. 2007, no. 5. (In Russ.).
8. Korotkov V.A., Agafonov E.Zh., Mikhailov I.D. *Uzel krepleniya plunzhera v nasose vysokogo davleniya* [Attachment of fitting plunger in high-pressure pump]. Patent RF no. 78272. *Poleznye modeli*. 2008, no. 32. (In Russ.).
9. Korotkov V.A., Mikhailov I.D., Vesnin A.M., Zotov A.S. In: *Tekhnologii remonta, vosstanovleniya i uprochneniya detalei mashin, mekhanizmov, oborudovaniya, instrumenta i tekhnologicheskoi osnastki: materialy 10-i Mezhdunarodnoi nauch.-prakt. konf.* [Technology of repairs, restoration and strengthening of machine parts, machinery, equipment, tools and tooling: Proceedings of the 10th International scientific-practical conf.]. Part.1. St. Petersburg: Izd-vo politekhn. un-ta, 2008, pp. 184–192. (In Russ.).
10. Agafonov E.Zh., Korotkov V.A., Shekurov A.V., Yachmenev E.V. Recovery of heavy rolls by electrospark alloying. *Gornyi zhurnal*. 2006, no. 2, p. 59–61. (In Russ.).
11. Korotkov V.A., Shekurov A.V. Investigations into plasma quenching. *Welding International*. 2008. Vol. 22, no. 7, pp. 475–479.
12. Anan'ev S.P., Korotkov V.A. Study of wear resistance of materials of crane rails and wheels. *Vestnik mashinostroeniya*. 2011, no. 8, pp. 35–37. (In Russ.).
13. Korotkov V.A., Mikhailov I.D., Agafonov E.Zh. Increasing resistance of stamps by plasma quenching. *Kuznechno-shtampovoe proizvodstvo. Obrabotka metallov davleniem*. 2009, no. 1, pp. 40–45. (In Russ.).
14. Korotkov V.A. Plasma quenching of gear and slotted couplings. *Russian Engineering Research*. 2009. Vol. 29, no. 8, pp. 813–816.
15. Korotkov V.A. 10-year anniversary of the use of manual plasma quenching. *Tyazheloe mashinostroenie*. 2012, no. 1, pp. 2–5. (In Russ.).
16. Korotkov V.A. Experience of the semiautomatic welding machines in Ural's enterprises. *Svarochnoe proizvodstvo*. 2004, no. 3, pp. 32–36. (In Russ.).
17. Korotkov V.A., Mikhailov I.D. Experience with repair welding of mining and metallurgical equipment. *Welding International*. 2012. Vol. 26, no. 11, pp. 895–900.

Received December 6, 2012

УДК 621.73

ШТАМПОВКА ПОКОВКИ «КРЕСТОВИНА» ИЗ ШАРОВОЙ ЗАГОТОВКИ

Филиппова М.В., к.т.н., доцент (filippova_mv@mail.ru)

Перетягко В.Н., д.т.н., профессор

Федоров А.А., к.т.н., доцент

Климов А.С., аспирант

Сибирский государственный индустриальный университет

(654007, Россия, Новокузнецк, Кемеровская обл., ул. Кирова, д. 42)

Аннотация. Разработана новая технология штамповки выдавливания поковок «крестовина» из шаровой заготовки при двухстороннем приложении силы. Проведено исследование напряженно-деформированного состояния металла. Изготовлена хорошего качества опытная партия поковок «крестовина» карданного вала грузовой автомашины.

Ключевые слова: штамповка, выдавливание, шаровая заготовка, напряжение, деформация, среднее нормальное напряжение, качество поковки.

Горячая штамповка крестовины из цилиндрической заготовки в открытых штампах производится следующим образом. После нагрева металла до ковочной

температуры цилиндрическую заготовку подают для штамповки на молоте или прессе. На первом переходе происходит осадка цилиндрической заготовки, а на