

УДК 621.791.92

DOI: 10.30987/article_5ba8a18733e8e3.42998992

А.С. Паренко, К.В. Макаренко

ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕЗЬБЫ ЗАМКОВОГО СОЕДИНЕНИЯ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ НАПЛАВКИ В ВЫСАЖЕННУЮ КАНАВКУ

Изучены преимущества и недостатки существующей технологии ремонта изношенной резьбы замкового соединения бурильных труб и возможность ее совершенствования за счет применения

способа электроконтактной наплавки в высаженную канавку.

Ключевые слова: бурильная труба, износ, резьба, восстановление, электроконтактная наплавка.

A.S. Parenko, K.V. Makarenko

THREAD RESTORATION TECHNOLOGY OF TOOL-JOINT IN DRILL PIPES BY METHOD OF ELECTRIC CONTACT WELD DEPOSITION INTO UPSET GROOVE

In connection with a relatively high cost of drill pipes large companies loss caused by rejection achieves tens millions of rubles. And at the same time it is necessary to take into account that the tool-joint thread rejection does not mean at all unworthiness to operation a drill pipe itself as having restored an interlock it is possible to continue the operation of a restored product. In such a way, one of the priority directions at major repair of drill pipes is a restoration of interlock geometrical joints.

In this paper there is considered a technology for repair of a worn thread in an interlock of drill pipes

and its updating at the expense of electric contact weld deposition used into an upset groove. The method offered allows keeping a pipe without its shortening at repair at the expense of additional metal application directly upon a thread area and decreasing a thermal impact area and also increasing operation properties of a restored pipe.

Key words: drill pipe, wear, thread, restoration, electric contact weld deposition.

Введение

Бурильные трубы являются неотъемлемой частью и вспомогательным инструментом бурильных установок (рис. 1). Трубы играют важную роль связующего звена между режущим инструментом (буром) и бурильной аппаратурой. Эти изделия нужны для спуска в скважину, придания буру требуемого вращения и передачи

ему нагрузки, а также подъема рабочих инструментов со дна скважины на поверхность. Помимо этого, через них осуществляется подача в зону бурения бурильного раствора, который предназначен для охлаждения режущего элемента в процессе бурения скважин.

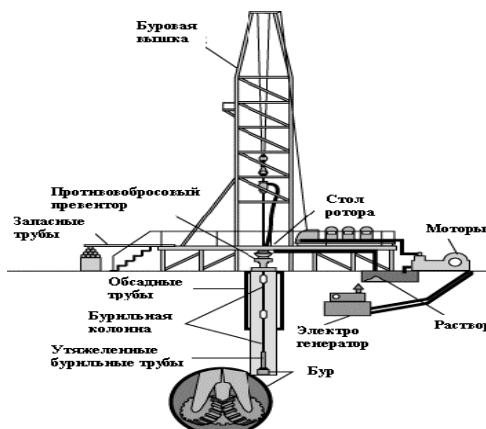


Рис. 1. Схема бурильной установки

Трубы соединяются друг с другом специальным замковым соединением; один конец трубы с наружной трапецеидальной

резьбой (ниппель) входит в соединение с внутренней резьбой другой трубы (муфта).

Конструкция, условия эксплуатации и причины износа замкового соединения

Замковое соединение (рис. 2) представляет собой резьбу с большой конусностью и крупным шагом. Для обеспечения герметичности ниппельная часть имеет упорный уступ, а муфтовая – упорный торец. Резьбовое соединение реализуется с наличием небольшого натяга. В ходе эксплуатации трубы многократно свинчиваются и развинчиваются. При свинчивании ниппель замка наворачиваемой буровой трубы входит в муфту с просадкой и натягом, благодаря чему обеспечивается самоцентрирование замкового соединения. Процесс соединения труб осуществляют с помощью специального механического ключа, обеспечивающего силовое враще-

ние ниппеля замка относительно неподвижной муфты. При этом контактные поверхности резьбы испытывают значительную осевую нагрузку от массы подвешенной буровой колонны, а при развинчивании – от натяга пружины подъемного крюка. Таким образом, процесс свинчивания-развинчивания замка осложняется осевыми нагрузками, действующими дискретно в противоположных направлениях. Это существенно усложняет процесс трения и способствует ускорению износа профиля резьбы, ослаблению натяга, что в конечном итоге снижает ресурс работы замка буровых труб.

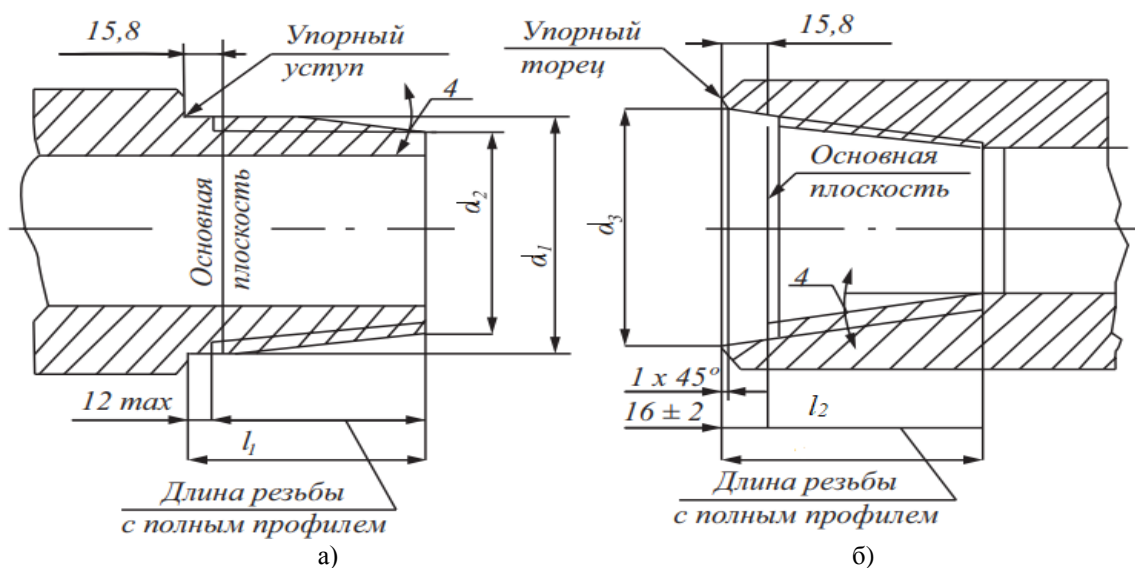
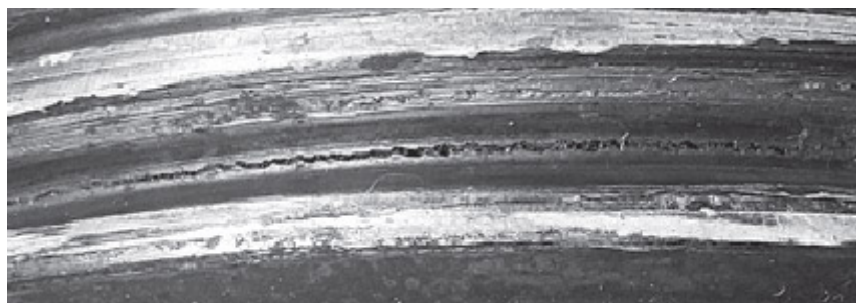


Рис. 2. Конструкция замковых частей буровой трубы: а – ниппель; б – муфта; d_1 – большой диаметр конуса; d_2 – малый диаметр конуса; d_3 – диаметр расточки муфты; l_1 – длина конуса ниппеля; l_2 – длина конуса муфты

Особенности конструкции резьбы замковой части учитывают большие статические и динамические нагрузки, возникающие при ее эксплуатации. При этом

переменный по высоте профиль резьбы создает естественные концентраторы механических напряжений и очаги возникновения усталостных трещин (рис. 3).

Рис. 3. Трещина в витке резьбы замковой части буровой трубы, $\times 5$

Износ вершин профиля резьбы уменьшает их площадь, при этом величина осевой силы в резьбовом соединении замка уменьшается, что приводит к снижению плотности стыка, т.е. к недостаточной закреплённости ниппеля замка в его муфте. В этом случае под воздействием рабочих нагрузок и вибраций возникают условия для частичного сдвига или смещения свинченных труб в резьбовом соединении, снижение плотности которого интенсифицирует износ резьбы вплоть до начала раскрытия стыка. При этом возможен промыв резьбы буровым раствором и обрыв инструмента, что является сложной аварией и требует остановки бурения для ликвидации ее последствий. Необходимо иметь в виду, что весь процесс развития вероятной аварийной ситуации в стволе скважины протекает скрытно, визуальному

контролю не поддается и является неуправляемым до момента излома. Процесс износа интенсифицируется, если плотность натяга замкового соединения снизилась ниже допустимой по каким-либо причинам (недоворот резьбы, ее дефекты, внешний износ замка, особенно односторонний, и т.д.). Ослабление натяга вызывает смещение резьбы и образование микрозазора между торцевыми поверхностями замка, что чревато в конечном итоге промывом резьбы и разрушением замкового соединения (рис.4) [1].

Таким образом, сохранение и поддержание в процессе эксплуатации качества резьбы замковых соединений является необходимым условием обеспечения их нормативного натяга для предотвращения абразивной эрозии на границе замковых стыков.

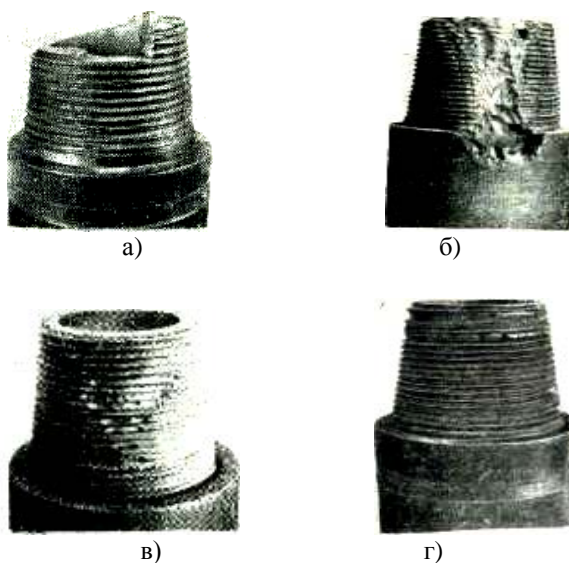


Рис. 4. Характер разрушения замкового соединения:
 а – слом ниппеля бурового замка; б – размыв ниппеля бурового замка; в – слом витков замковой резьбы ниппеля замка; г – заедание замковой резьбы бурового замка

Статистика брака бурильных труб показывает, что более 60 % труб отбраковываются по причине износа замкового

соединения по резьбе и наружному диаметру вследствие абразивного износа в процессе эксплуатации.

Технология восстановления резьбового соединения

В связи с относительно высокой стоимостью бурильных труб потери крупных компаний от отбраковки достигают десятков миллионов рублей, что указывает на значительную актуальность исследований в данном направлении. При этом необходимо учесть, что зачастую отбраковка по резьбе замка вовсе не означает непригодности к работе непосредственно самой бурильной трубы, так как, восстановив замковое соединение, возможно продолжать эксплуатировать отремонтированное изделие. Таким образом, одним из приоритетных направлений при капитальном ремонте бурильных труб является восстановление геометрических параметров замковых соединений [2; 3].

В России получила широкое распространение технологическая схема восстановления замкового соединения, которая включает следующие операции. Во-первых, выполняется токарная операция по отрезке менее металлоемкой части резьбы. Во-вторых, осуществляется нарезание новой резьбы из металлоемкой части старой резьбы и тела замка. В-третьих, на заключительном этапе производится восстановление длины усиления замка электродуговой наплавкой под слоем флюса. Данная операция может не проводиться, что определяется требованиями заказчика. Иногда применяется иная технология, включающая в себя следующие операции: токарная обработка для снятия дефектной резьбы; наплавка дополнительного слоя металла электродуговой наплавкой под слоем флюса; нарезание новой резьбы по восстановленному слою [4-7].

Недостатки данных способов очевидны. Во-первых, увеличенная зона термического воздействия на металл при сварке под слоем флюса приводит к изменению структуры и свойств металла в наиболее ответственной части изделия. Во-вторых, применение флюса при наплавке предполагает постоянное загрязнение зоны

наплавочной операции и систематическую ее уборку. Кроме того, в процессе наплавки выделяются вредные для человека газы, что требует использования дополнительной защиты персонала от их негативного воздействия. В-третьих, использование технологии наплавки в участках конструктивных переходов замкового соединения предполагает применение предварительного подогрева, который удлиняет технологический цикл восстановления и повышает себестоимость данной операции. В-четвертых, укорачивание тела замка приводит к конструкционному разупрочнению бурильной трубы. Даже в случае восстановления длины усиления уменьшается участок высадки замка, что также негативно влияет на конструкционную прочность трубы. В-пятых, при восстановлении трубы по данной технологии происходит уменьшение длины трубы на 60...70 мм, поскольку часть резьбы нарезается из тела замка. Так как данная операция может повторяться до 3-4 раз на отдельной трубе, то такое систематическое сокращение ее длины заставляет потребителя компенсировать укорочение применением новых труб.

Детальное изучение технологии восстановления замковой части бурильных труб показывает, что переход к абсолютно новым способам позволит в значительной степени уменьшить недостатки, свойственные традиционной технологии. В настоящее время на кафедре «Машиностроение и материаловедение» Брянского государственного технического университета разрабатывается альтернативная технология восстановления резьбы замков бурильной трубы, которая позволит сократить количество операций и обеспечит повышение эксплуатационных свойств изнашиваемых элементов. Предлагаемая технология основана на способе электроконтактной наплавки в предварительно высеченную канавку (рис. 5).

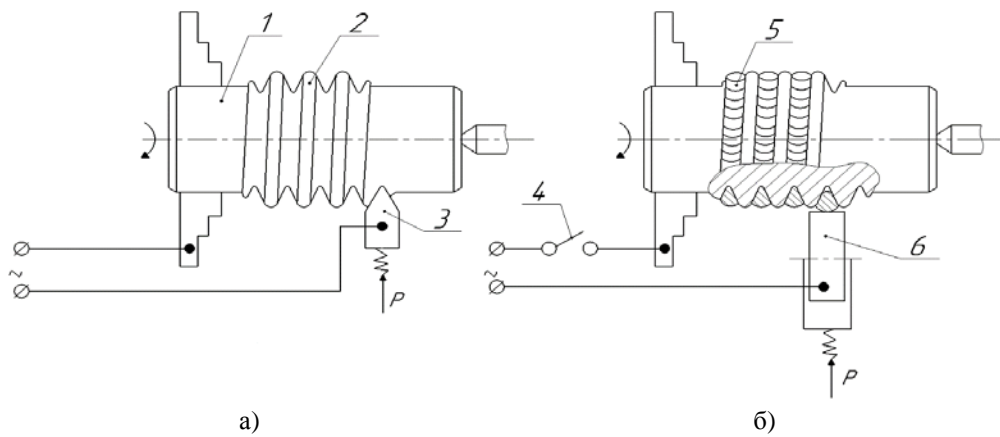


Рис. 5. Схема наплавки в высаженную канавку: а - схема электромеханической высадки; б - схема электроконтактной наплавки; 1 - деталь; 2 - высаженная канавка; 3 - высаживающая пластина; 4 - прерыватель тока; 5 - наплавленный валик присадочного металла; 6 - наплавляющий ролик

Предлагаемый способ предполагает нанесение дополнительного слоя металла непосредственно на поврежденный участок резьбы, что позволяет избежать операции по укорачиванию трубы. Нанесение дополнительного слоя металла осуществляется с помощью электроконтактной наплавки, что позволяет значительно уменьшить зону термического воздействия, тем самым снизить постоперационные внутренние напряжения в изделии.

Одним из существенных недостатков традиционных способов наплавки является снижение усталостной прочности наплавленных деталей вследствие разупрочнения наплавленного металла в месте нахлеста спиралевидных валиков. При перехлестывании зон термического влияния соседних валиков проходит повторный отжиг, что приводит к снижению твердости металла. Кроме того, для данных методов характерно наличие большого количества дефектов металлургического происхождения, что

обусловлено усадочными процессами и повышением склонности к газонасыщению металла сварного валика в расплавленном состоянии [8; 9].

Восстановление размеров изношенной резьбы замка бурильных труб наплавкой без перекрытия валиков оказалось возможным при применении метода электроконтактной наплавки в высаженную канавку. Данный способ предполагает использование элементов существующей резьбы в качестве канавки для последующей электроконтактной наплавки.

На первоначальном корректировочном этапе электромеханическая высадка применяется с целью перенесения дополнительного металла в места срыва резьбы. При этом происходит увеличение высоты стенок канавки и изменение ее формы, что в последующем будет способствовать улучшению условий заполнения ее присадочным материалом (рис. 6).

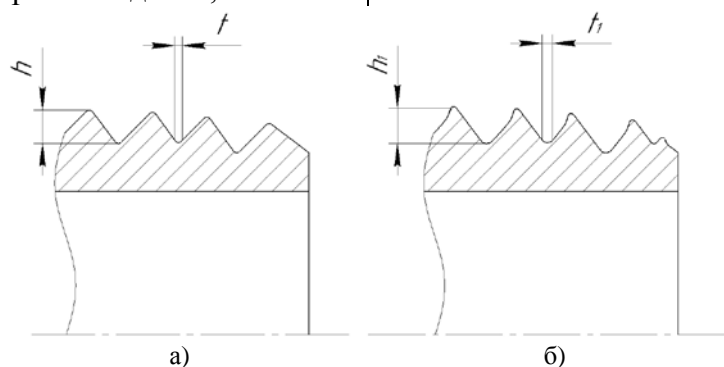


Рис. 6. Форма канавки: t , t_1 – ширина дна канавки; h , h_1 – высота стенки канавки ($t_1 > t$, $h_1 > h$), соответственно: а – без применения электромеханической высадки; б – с применением электромеханической высадки

Наплавлять металл в высаженную канавку целесообразно импульсами тока с модулированным фронтом (рис. 7), так как при наплавке прямоугольными импульса-

ми тока его значение в момент включения равно номинальному, а площадь контакта круглой присадочной проволоки со стенками канавки минимальна.

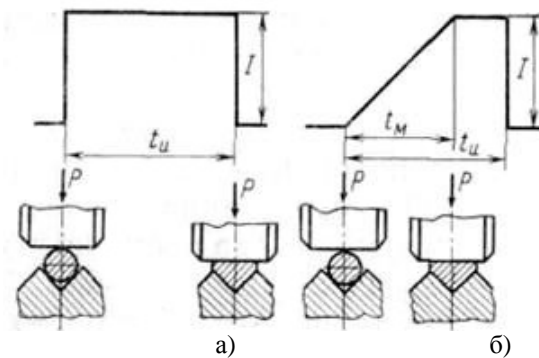


Рис. 7. Схема нагрева и деформации присадочной проволоки прямоугольным импульсом тока (а) и импульсом тока с модулированным фронтом (б)

При вдавливании наплавляющим роликом и под воздействием пропускаемого электрического тока участок присадочной проволоки деформируется, заполняя канавку, и происходит его электроконтактное приваривание к металлу основы (рис. 8). Значение тока при этом остается постоянным, а плотность тока уменьшается пропорционально площади контакта. По

такому же закону распределяется и температура по площади контакта, что не обеспечивает одинаковых условий соединения металлов. Цель модуляции фронта импульса – обеспечить постоянную плотность тока в контакте деформирующейся присадочной проволоки со стенками высаженной канавки [8].

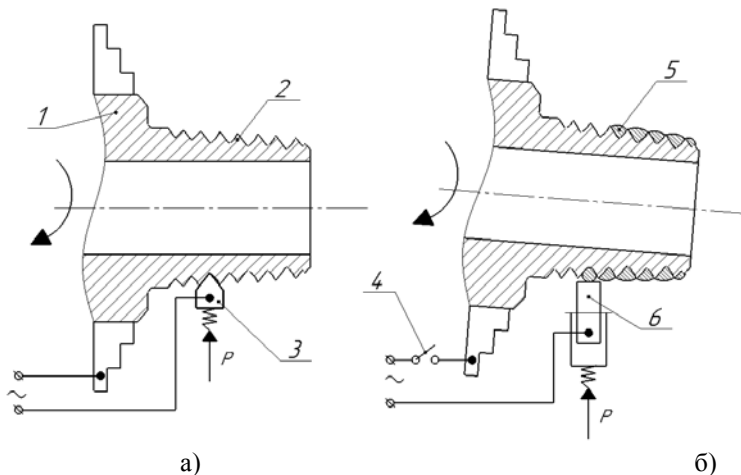


Рис. 8. Схемы различных этапов восстановления резьбы замка буровой трубы: а – схема электромеханической высадки; б – схема электроконтактной наплавки; 1 – деталь; 2 – высаженная канавка; 3 – высаживающая пластина; 4 – прерыватель тока; 5 – наплавленный валик присадочного металла; 6 – наплавляющий ролик

Время нарастания тока до номинального значения примерно равно времени деформации присадочной проволоки до

заполнения всего сечения канавки восстанавливаемой резьбы.

Заключение

Предлагаемый метод позволяет устранить недостатки применяемой в настоящее время технологии. Также метод по-

зволяет, используя специальный режим термической обработки, повысить эксплуатационные свойства восстановленной

резьбы и тем самым снизить вероятность повторного образования дефектов на замковой части бурильных труб. Работы по оптимизации режимов восстановления

резьбы и используемых присадочных материалов продолжают в направлении повышения эксплуатационных свойств резьбы замкового соединения бурильных труб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузьминых, Д.В. Определение ресурса замкового соединения бурильных труб: метод. указания / Д. В. Кузьминых. – Ухта: Изд-во УГТУ, 2011. – 18 с.
2. Глазов, В.А. Восстановительная наплавка замков бурильных труб / В.А. Глазов // Engineer & technological service SPF–CSC. – 2013. – № 4. – URL: <http://burneft.ru/archive/issues/2013–04/16> (дата обращения: 25.03.2014).
3. Амосов, А.П. Оптимизация восстановления замковых соединений бурильных труб методом наплавки / А.П. Амосов, Д.А. Михеев // Научно-ёмкие технологии в машиностроении. – 2015. – № 1. – С. 7.
4. РД 39-2-930-83. Типовые технологические инструкции по подготовке к эксплуатации и ремонту бурильных труб в цехах центральных трубных баз производственных объединений Миннефтепрома.

1. Kuzminykh, D.V. *Definition of Lock-Joint Life in Drill Pipes: Methodical Guide* / D.V. Kuzminykh. – Ukhta: Publishing House of USTU, 2011. – pp. 18.
2. Glazov, V.A. Restoration weld deposition in drill pipe lock-joints / V.A. Glazov // Engineer & technological service SPF–CSC. – 2013. – No. 4. – URL: <http://burneft.ru/archive/issues/2013–04/16> (address date: 26.03.2014).
3. Amosov, A.P. Optimization of lock-joint restoration for drill pipes by weld deposition / A.P. Amosov, D.A. Mikheev // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. – 2015. – No. 1. – pp. 7.
4. RD 39-2-930-83. *Standard Technological Instructions for Drill Pipe Operation and Repair Preparation*

5. Ридель, В.А. Ремонт резьбовых соединений бурильных труб / В.А. Ридель. – М.: Гостотоптехиздат, 1957. – 57 с.
6. Нефтяной форум. Электрон. текстовые дан. – Тольятти, 2010. – Режим доступа: <http://www.oilforum.ru/>.
7. Ремонт бурильных труб. Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://pknm.ru/>.
8. Клименко, Ю.В. Электроконтактная наплавка / Ю.В. Клименко, Э.С. Каракозов. – М.: Металлургия, 1978. – 128 с.
9. Аскинази, Б.М. Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой / Б.М. Аскинази, Э.С. Каракозов. – М.: Машиностроение, 1989. – 197 с.

tion in Shops of Central Pipe Bases of Production Corporations of MinPetroleumIndustry.

5. Ridel, V.A. *Repair of Drill Pipes Threaded Joints* / V.A. Ridel. – М.: Gostoptechizdat, 1957. – pp. 57.
6. *Oil Forum. Electronic Text Data.* – Togliatti, 2010. – Access mode: <http://www.oilforum.ru/>.
7. *Drill Pipe Repair. Electronic Text Data.* – Access mode: <http://pknm.ru/>.
8. Klimentko, Yu.V. *Electronic Contact Weld Deposition* / Yu.V. Klimentko, E.S. Karakozov. – М.: Mwtallurgy, 1978. – pp. 128.
9. Askinazy, B.M. *Machinery Hardening and Restoration by Electro-Mechanical Processing* / B.M. Askinazy, E.S. Karakozov. – М.: Mechanical Engineering, 1989. – pp. 197.

Статья поступила в редакцию 24.04.18.

Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета
Давыдов С.В.

Статья принята к публикации 14.05.18.

Сведения об авторах:

Паренко Андрей Сергеевич, магистрант кафедры «Машиностроение и материаловедение» Брянского государственного технического университета, e-mail: 720dcm@gmail.com.

Parento Andrey Sergeevich, Master degree student of the Dep. "Mechanical Engineering and Material Science", Bryansk State technical University, e-mail: 720dcm@gmail.com.

Макаренко Константин Васильевич, д.т.н., профессор кафедры «Машиностроение и материаловедение» Брянского государственного технического университета, e-mail: makkon1@yandex.ru.

Makarenko Konstantin Vasilievich, Dr. Sc. Tech., Prof. of the Dep. "Mechanical Engineering and Material Science", Bryansk State Technical University, e-mail: makkon1@yandex.ru.

