

Для цитирования: Ахмедпашаев М. У., Ахмедпашаев М. М., Бегов Ж.Б. Повышение ресурса работы винтов погружных насосов виброобкаткой их поверхностей. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2016;43 (4):17-24. DOI:10.21822/2073-6185-2016-43-4-17-24

For citation: Ahmedpashaev M. U., Ahmedpashaev M. M., Begov ZH. B. Increase in the working life of screws of immersion pumps by vibratory finishing of their surfaces. Herald of Dagestan State Technical University. Technical Sciences. 2016;43 (4):17-24. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2016-43-4-17-24

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ. МЕХАНИКА

УДК: 620.193.16.004.624

DOI: 10.21822/2073-6185-2016-43-4-17-24

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ ВИНТОВ ПОГРУЖНЫХ НАСОСОВ ВИБРООБКАТКОЙ ИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Ахмедпашаев М.У.¹, Ахмедпашаев М.М.², Бегов Ж.Б.³

¹⁻³ Филиал Дагестанского государственного технического университета в г. Каспийске,

367015 г. Каспийск, ул. Алферова 3, Россия,

¹⁻² e-mail: ailahmedpashaev@mail.ru, ³ e-mail: zhamidin2013@yandex.ru

Резюме. Цель. Исследовать возможности повышения ресурса работ винтов погружных насосов виброобкаткой их поверхностей. **Метод.** В основу метода виброобкатки положено два принципа: отказ от шлифования - использование тонкого пластического деформирования и усложнение кинематики по сравнению с известными процессами обкатывания роликами и шариками. **Результат.** Разработана принципиальная схема виброобкатывания; построены графики напряжений, возникающих в поверхностном слое стали 30ХГСА при точении и виброобкатывании; определена зависимость микротвердости от глубины распространения наклепа при обкатывании и виброобкатывании.

Установлено, что поскольку виброобкатывание является способом отделочно-упрочняющей обработки, кинематические и динамические характеристики этого процесса связаны, как и при других видах чистовой обработки, с показателями качества обрабатываемых поверхностей. Задача разработки методики определения режимов виброобработки усложнена, во-первых, тем, что число параметров, определяющих режим этого процесса, значительно больше, чем при обкатывании и других способах обработки с относительно простой кинематикой, во-вторых, тем, что все параметры режима в той или иной мере влияют на все характеристики качества поверхности. **Вывод.** При виброобкатывании поверхностей слой винта погружных насосов испытывает давление инструмента (шарика) и происходит упруго-пластическая деформация поверхностных слоев, распространяющаяся на некоторую глубину. Температура при виброобкатывании по обычным режимам не превышает 150-300^oС, причем она резко падает с увеличением глубины, и уже на глубине 0,1-0,3 мм от поверхности винта снижается до температуры окружающей среды.

Оптимизация микрорельефа трущихся поверхностей – наиболее эффективный способ улучшения их прирабатываемости, уменьшения прирабочного и нормального износа, улучшения их противозадирных свойств. Доказана эффективность и перспективность использования виброобкатывания практически во всех областях металлообрабатывающей промышленности.

Ключевые слова: виброобкатывание, инструмент, винт погружного насоса, нефтяная промышленность, материал, износ, параметры режимов

PHYSICAL-MATEMATICAL SCIENCE
MECHANICS

INCREASE IN THE WORKING LIFE OF SCREWS OF IMMERSION PUMPS BY
VIBRATORY FINISHING OF THEIR SURFACES

Magomedpasha U. Akhmedpashaev¹, Murad M. Akhmedpashaev², Zhamidin B. Begov³

¹⁻³ Branch of Dagestan State Technical University in Kaspiysk,

3 Alferov Str., Kaspiysk 367015, Russia,

¹⁻²e-mail: ailahmedpashaev@mail.ru, ³e-mail: zhamidin2013@yandex.ru

Abstract: Objectives. To investigate the increased performance possibilities of screws on submersible pumps by vibratory finishing of their surfaces. **Method.** The vibratory finishing method is based on two principles: rejection of light plastic deformation polishing as well as the complication of kinematics associated with known cold working processes. **Results.** A schematic diagram of vibratory finishing; the compiled graphs show pressure, occurring in the surface layer of steel 30KhGSA when lathe turning and vibratory finishing; the microhardness dependence on the work hardening distribution depth at rolling and vibratory finishing is determined. It is established that since vibratory finishing is a method of hardening, kinematic and dynamic characteristics of the process are connected, as in other types of finishing, with characteristic indicators of machined surfaces. The task of developing methods for determining the vibratory finishing regime is complicated, firstly by the number of parameters that determine the process conditions being considerably greater than tumbling and other processing methods with relatively simple kinematics; secondly, due to the fact that all the mode parameters affect all surface quality characteristics in one way or another. **Conclusion.** When vibratory finishing the surface layer of a screw submerged in a vibratory machine, using steel shots for burnishing, an extension of the surface layer's elastic-plastic deformation to a certain depth is achieved. The temperature at the time of vibratory finishing, according to conventional standards, does not exceed 150-300°C; moreover, it decreases sharply with increasing depth and at room temperature is already at the depth of 0.1-0.3 mm from the surface of the screw. Microrelief optimisation of the bearing surfaces is the most effective way to improve conformability, reduce the run-in and normal wear and improve anti-seize properties. The efficiency and potential for the use of vibratory finishing in virtually all areas of the metal industry is proven.

Keywords: vibratory finishing, tools, screws for submersible pumps, oil industry, material wear, parameter regimes

Введение. В конструкциях погружных насосов, используемых для добычи нефти из скважин, которые самостоятельно не фонтанируют, рабочим элементом, создающим разрежение в рабочей зоне, является длинный (около 3-х метров) винт, работающий в трибосопряжении с резиновой облойкой [1,2,3,4]. К точности размеров и формы таких винтов конструкторы предъявляют высокие требования, что обусловлено необходимостью повышения показателей надежности работы насосов, и в частности, работоспособности винта в узле трения. При добыче нефти с больших глубин 1000-1200 м, когда температура окружающей среды достигает 200°C, вместе с нефтью в насос попадают абразивные частицы (песчинки кварца), а также другие вредные для износостойкости поверхностей деталей вещества (парафин, сера, органические кислоты и др.). Повышенный и неравномерный абразивный износ рабочей поверхности стального винта является главным фактором, ограничивающим ресурс насоса [5,6,7,8,9].

Используемый в настоящее время на практике метод шлифования лепестковыми крупами не предназначен для размерной обработки фасонных деталей [10], поэтому от этого ме-

тогда нельзя ожидать заметного исправления отклонений фасонной геометрии рабочей поверхности, допущенных при точении винта, тем более повышения их ресурса работы. Выемка насоса из скважины с последующим его ремонтом является трудоемким и дорогостоящим процессом, поэтому становится очевидной актуальность решения проблемы повышения работоспособности насосов на этапе их изготовления.

Постановка задачи. Шлифование является трудоемкой операцией и не упрочняет поверхность винта погружных насосов. Для упрочнения и получения мелкозернистой структуры, повышающей прочность и твердость винта, в статье поставлена цель - повышение ресурса работы винта погружных насосов виброобработкой его поверхностей.

Методы исследования. В основу метода виброобработки положена два принципа: отказ от шлифования - использование тонкого пластического деформирования и усложнение кинематики по сравнению с известными процессами обкатывания роликами и шариками. Принципиальная схема виброобкатывания и параметры режима показаны на рисунке 1.

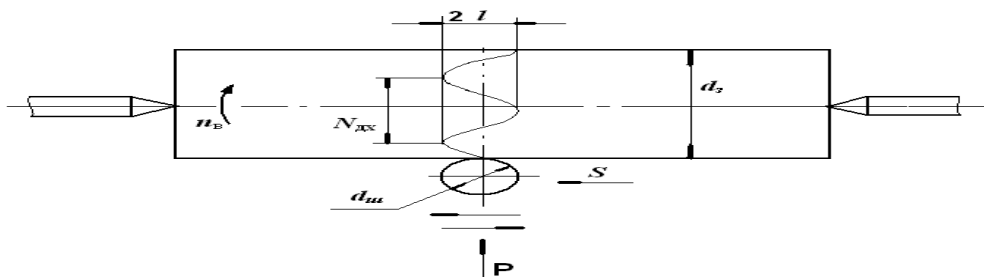


Рис. 1. Принципиальная схема и параметры режима виброобкатывания

Fig. 1. Circuit diagram and mode settings vibroabrasive

Как известно, силы, возникающие в процессе виброобкатывания, создают большие контактные давления на его рабочей поверхности, поэтому материал рабочей части инструмента должен обладать следующими основными свойствами [11,12]: большой твердостью; способностью сопротивляться стиранию; высоким пределом прочности на сжатие; низким коэффициентом трения (при трении в паре с металлом); большой теплопроводностью и теплоемкостью. Всем этим требованиям в наилучшей степени отвечает алмаз.

Помимо этого, указанными свойствами обладают: синтетический корунд, минералокерамика, твердые сплавы и легированные инструментальные стали. При обработке стали 30ХГСА винта погружных насосов в качестве шарика или ролика можно использовать любой из указанных выше материалов.

Поскольку виброобкатывание является способом отделочно-упрочняющей обработки, кинематические и динамические характеристики этого процесса связаны, как и при других видах чистовой обработки, с показателями качества обрабатываемых поверхностей.

Решение задачи разработки методики определения режимов виброобработки усложнено, во-первых, тем, что число параметров, определяющих режим этого процесса, значительно больше, чем при обкатывании и других способах обработки с относительно простой кинематикой, во-вторых, тем, что все параметры режима в той или иной мере влияют на все характеристики качества поверхности.

Параметры, определяющие режим виброобкатывания, следующие: n_b - частота вращения винта, в мин^{-1} ; S - подача шарика за один оборот заготовки погружного винта, в мм; $N_{дх}$ - число двойных ходов (циклов осцилляций), в мин; l - амплитуда осцилляции, в мм; d_3 - диаметр заготовки погружного винта; $d_{ш}$ - диаметр шарика инструмента; P - усилие вдавливания шарика.

В зависимости от сочетания параметров режима обработки (S ; n_b ; $N_{дх}$; P) при постоянных значениях остальных параметров можно получить один из следующих видов микрорельефа виброобкатанной поверхности (табл. 1). Кроме указанных видов микрорельефа, возможно их сочетание, например, микрорельефа IV вида с I, II или III видом.

Получению микрорельефа I, II и III вида обычно предшествует гладкое накатывание или выглаживание, при этом чистота поверхности увеличивается от I до IV класса, т.к. толь-

ко IV вид микрорельефа или его комбинация с другими видами приводит к созданию полностью нового микрорельефа.

Таблица 1. Виды микрорельефа виброобкатанной поверхности

Table 1. Types of surface microrelief vibracathedral

Вид микрорельефа	I	II	III	IV
	Отсутствие пересечение	Неполное пересечение	Полное пересечение	Слияние

Обсуждение результатов. При виброобкатывании поверхностей слой винта погружных насосов испытывает давление инструмента (шарика) и происходит упруго-пластическая деформация поверхностных слоев, распространяющаяся на некоторую глубину.

Температура при виброобкатывании по обычным режимам не превышает 150-300°C, причем она резко падает с увеличением глубины, и уже на глубине 0,1 - 0,3мм от поверхности винта снижается до температуры окружающей среды. Поэтому исключены структурные и фазовые изменения, обусловленные действием тепла в процессе обработки (прижоги, вторичная закалка и отпуск), что характерно для методов обработки резанием.

Пластическая деформация происходит путем сдвигов по плоскостям скольжения отдельных частей кристаллитов, раздроблением крупных кристаллов. При этом структура поверхностного слоя становится более мелкозернистой и получает ориентацию-текстуру, что для винтов погружных насосов является положительным эффектом, так как направлена перпендикулярно действию изгибающих сил.

При виброобкатывании в поверхностном слое металла создаются значительные сжимающие остаточные напряжения (рис. 2). Естественно, что в первую очередь, это относится к поверхностям с полностью новым микрорельефом. При создании системы канавок на поверхности винта также возникает напряжение, однако особенности его распределения по поверхности обусловлены тем, что упрочненные участки перемещаются с участками исходной поверхности.

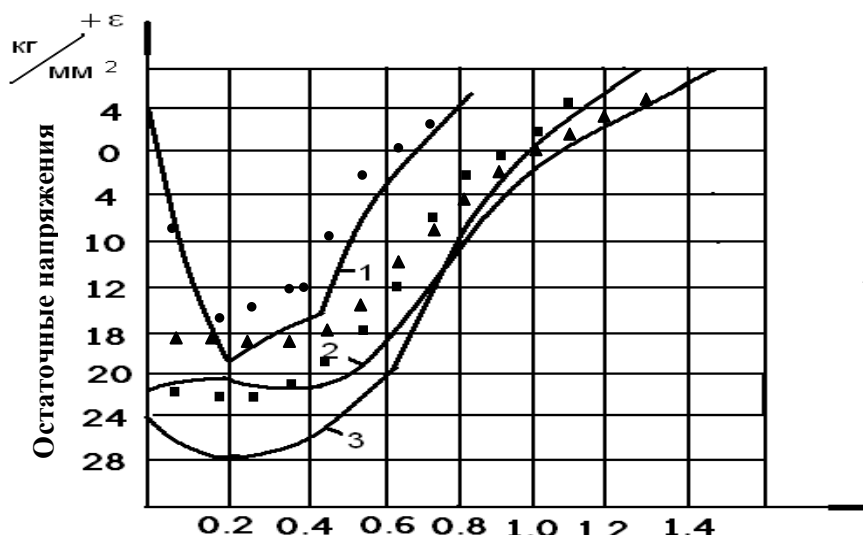


Рис. 2. Графики напряжений, возникающих в поверхностном слое стали 30ХГСА при точении (1), обкатывании (2) и виброобкатывании (3)

Fig. 2. Graphic of stresses arising in the surface layer of steel 30 KhGSA turning (1), rolling (2) and vibroabrasive (3)

Упрочнение поверхностного слоя при виброобкатывании связано с изменением тонкой кристаллической структуры металла при пластической деформации. Упрочнение металла объясняет современная теория дислокации.

Зависимость микротвердости от глубины распространения наклепа при обкатывании и виброобкатывании представлена на рис. 3. Видно, что глубина наклепанного слоя после виброобкатывания колеблется от нескольких десятков до нескольких сотен микрометров и значительно возрастает с применением предварительного выглаживания поверхности или накатывания.

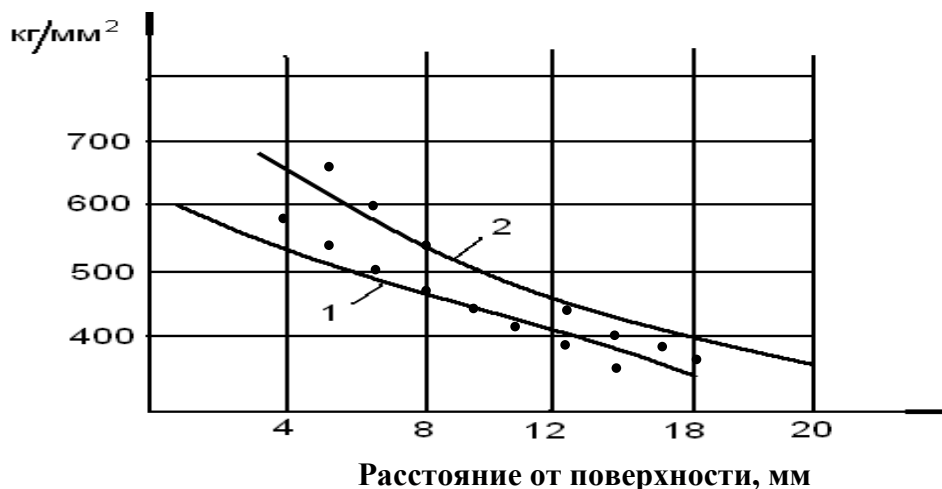


Рис. 3. Зависимость микротвердости от глубины распространения наклепа при обкатывании (1) и виброобкатывании (2)
Fig. 3. The dependence of microhardness on the depth distribution of shot peening during the orbital forging (1) and vibroabrasive (2)

Практика показывает эффективность и перспективность использования виброобкатывания практически во всех областях металлообрабатывающей промышленности [13 - 21]. В последующие годы проведены значительные исследования возможности применения виброобкатывания для обработки деталей двигателей внутреннего сгорания, срок службы которых лимитируется износом.

Вывод. На износостойкость винта погружного насоса влияет большое количество факторов, наиболее важными из которых являются количество и качество поверхностей трущихся деталей, в том числе абразивные природные нефтяные частицы.

Независимо от характера пар трения и условий их работы основными геометрическими характеристиками качества трущихся поверхностей, определяющими их прирабатываемость и износостойкость, являются: величина опорной поверхности, форма микронеровностей и их однородность. Эти характеристики обуславливают в первую очередь маслоемкость поверхностей при граничном трении и величину площади контакта при сухом трении. Нормирование конструктором лишь высоты микронеровностей является недостаточным.

Оптимизация микрорельефа трущихся поверхностей – наиболее эффективный способ улучшения их прирабатываемости, уменьшения прирабочного и нормального износа, улучшения их противозадирных свойств.

Виброобкатывание обладает наибольшими возможностями образования микрорельефа, близкого к оптимальному условию работы винта погружного насоса.

Библиографический список:

1. Progressive Cavity Pump [Электронный ресурс]. – Режим доступа: best-pump.com/progressive-cavity.
2. Погружные насосы для скважин: виды, характеристики, монтаж.- [Электронный ресурс]. – Режим доступа: energomir.net/vodoprovod
3. Screw Pump - Progressive Cavity Screw Pump Manufacturer from Nashik.- [Электронный ресурс]. – Режим доступа: positivemeteringpump.com/screw.

4. Industrial Pumps, Screw Pump Manufacturers, Dosing Pumps Suppliers.- [Электронный ресурс]. – Режим доступа: padmavatisalesandservices.com.
5. Костецкий Б.И. Фундаментальные закономерности трения и износа.- Киев: Знание, 1987.-30 с.
6. Костецкий В. И. Структурно – энергетические основы управления трением и износом в машинах: в помощь лектору и специалисту / подг. В.И. Костецким о-ву «Знание» УССР.– Киев: [Б.и], 1990. – 32 с.
7. Крагельский И. В. Узлы трения машин / И. В. Крагельский, Н.М. Михин.- М.: Машиностроение, 1984.- 280 с.
8. Сильман Г.И. Триботехническое материаловедение и триботехнология: учебник / Г. И. Сильман, О. А. Горленко.- М.: Машиностроение, 2006.- 347с.
9. Крукович М. Г. Технологические методы повышения износостойкости и восстановления деталей машин. Ч. 2 : повышение износостойкости деталей машин: учеб. пособие / М.Г. Крукович, А.Н. Минкевич, Э. Р. Тонэ - М. :[Б. и.], - 2002. - 150 с.
10. Комбалов В.С. Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов: справочник / В.С.Комбалов; под. ред. К.В. Фролова, Е.А. Марченко. М.: Машиностроение, 2008. - 296 с.
11. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов/Б.М. Базров.- М.: Машиностроение, 2005.-736 с.
12. Солоненко В.Г. Резание металлов и режущие инструменты/В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин: - М.: Высшая школа, 2007.-414 с.
13. Ахмедпашаев М.У. Усовершенствование технологии изготовления износостойких частей изделий машиностроения /М.У. Ахмедпашаев, А.У. Ахмедпашаев, М.М. Батдалов, М.М.Яхутлов//Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки.- 2012.- № 26.- С. 73-77.
14. Ахмедпашаев А.У. Исследование влияния легирующих элементов на структуру экспериментальных образцов после поверхностного упрочнения/М.У. Ахмедпашаев, Ж.Б. Бегов, Б.М. Мусайбов//Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки.- 2014.- Т.34.-№ 3.- С. 20-27.
15. Belen P. Thermodynamic assessment of the Ni - Ti phase diagram / P. Belen, K.C.H. Kumar, P.Wolman's // Z. Metallkde. - 1996. Bd.-87.- N.1.-S.2–13.
16. Ивановский В.Н. Скважинные насосные установки для добычи нефти / В.Н. Ивановский, В.И. Дарищев, А.А. Сабиров [и др.]. – М.: ГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2002. – 824 с.
17. Begelinger A. Reibung Verschleip und Betriebsrauhigkeit bei verschie denen Lagerwerkstoffen /A. Begelinger // Ind Anz. 1981. V. 103, № 24. pp. 64-67.
18. Материаловедение и металлургия. Перспективы технологии и оборудования: материалы русско-японский семинара (МИС и С – ULVAC inc, 25 марта 2003 г.) / под ред. Л.В. Кожитова.– М.: МГИУ, 2003.– 373 с.
19. Современные технологии и материаловедение/под ред. Ю. А. Баландина: сб. тр. Магнитогорск. гос.техн. ун-т им. Г. И. Носова.- Магнитогорск: МГТУ, 2003. - 305 с.
20. АЮНТЕС Cylinder Skiving and Roller Burnishing Machine.- [Электронный ресурс]. – Режим доступа: tubethe.com/watch/IMxaXCFvzQI.
21. Roller Burnishing. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: mol-lart.com/tooling/roller.

References:

1. Progressive Cavity Pump. Available from: best-pump.com/progressive-cavity
2. Pogruznyye nasosy dlya skvazhin: vidy, kharakteristiki, montazh. [Submersible pumps for wells: types, characteristics, mounting (In Russ.)]. Available from: energo-mir.net/vodprovod

3. Screw Pump – Progressive Cavity Screw Pump Manufacturer from Nashik. Available from: positivemeteringpump.com/screw
4. Industrial Pumps, Screw Pump Manufacturers, Dosing Pumps Suppliers. Available from: padmavatisalesandservices.com
5. Kostetskiy B.I. Fundamentalnyye zakonomernosti treniya i iznosa. Kiev: Znanie; 1987. 30 s. [Kostetskiy B.I. Fundamental regularities of friction and wear. Kiev: Znanie; 1987. 30 p. (In Russ.)]
6. Kostetskiy V.I. Strukturno-energeticheskie osnovy upravleniya treniem i iznosom v mashinakh: v pomoshch lektoru i spetsialistu. Podg. V.I. Kostetskim o-vu "Znanie" USSR. Kiev: [B.i]; 1990. 32 s. [Kostetskiy V.I. Structural and power result-based management of friction and wear in vehicles: in aid of lecturer and expert. Prepared by V.I. Kostetskiy to the Society of "Znanie" USSR. Kiev; 1990. 32 p. (In Russ.)]
7. Kragelskiy I.V., Mikhin, N.M. Uzly treniya mashin. M.: Mashinostroyeniye; 1984. 280 s. [Kragelskiy I.V., Mikhin, N.M. Friction units of vehicles. Moscow: Mashinostroyeniye; 1984. 280 p. (In Russ.)]
8. Silman G.I., Gorlenko O.A. Tribotekhnicheskoye materialovedenie i tribotekhnologiya: uchebnik. M.: Mashinostroyeniye; 2006. 347 s. [Silman G.I., Gorlenko O.A. Tribotechnical materials science and tribotechnology: textbook. Moscow: Mashinostroyeniye; 2006. 347 p. (In Russ.)]
9. Krukovich M.G., Minkevich, A.N., Tone E.R. Tekhnologicheskie metody povysheniya iznosostoykosti i vosstanovleniya detaley mashin. Ch. 2: povyshenie iznosostoykosti detaley mashin: ucheb. posobie. M.: [B. i.]; 2002. 150 s. [Krukovich M.G., Minkevich, A.N., Tone E.R. Technological methods of wear resistance increase and repair of machine components. Pt. 2: wear resistance increase of machine components: study guide. Moscow; 2002. 150 p. (In Russ.)]
10. Kombalov V.S. Metody i sredstva ispytaniy na trenie i iznos konstruktsionnykh i smazochnykh materialov: spravochnik. Pod red. K.V. Frolova, E.A. Marchenko. M.: Mashinostroyeniye; 2008. 296 s. [Kombalov V.S. Methods and techniques for friction and wear test of constructional material and lubricants: reference book. In: K.V. Frolov, E.A. Marchenko (Eds). Moscow: Mashinostroyeniye; 2008. 296 p. (In Russ.)]
11. Bazrov, B.M. Osnovy tekhnologii mashinostroeniya: uchebnik dlya vuzov. M.: Mashinostroyeniye; 2005. 736 s. [Bazrov, B.M. Fundamentals of manufacturing engineering: textbook for higher institutions. Moscow: Mashinostroyeniye; 2005. 736 p. (In Russ.)]
12. Solonenko V.G., Ryzhkin A.A. Rezanie metallov i rezhushchie instrumenty. M.: Vysshaya shkola; 2007. 414 s. [Solonenko V.G., Ryzhkin A.A. Metalcutting and cutting tools. Moscow: Vysshaya shkola; 2007. 414 p. (In Russ.)]
13. Akhmedpashaev M.U., Akhmedpashaev A.U., Batdalov M.M., Yakhutlov M.M. Uovershenstvovanie tekhnologii izgotovleniya iznosostoykikh chastey izdeliy mashinostroeniya. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2012; 26; 73-77. [Akhmedpashaev M.U., Akhmedpashaev A.U., Batdalov M.M., Yakhutlov M.M. Improvement of manufacturing technology of engineering products' wearproof parts. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2012;26;73-77. (In Russ.)]
14. Akhmedpashaev A.U., Begov Zh.B., Musaibov B.M. Issledovanie vliyaniya legiruyushchikh elementov na strukturu eksperimentalnykh obraztsov posle poverkhnostnogo uprochneniya. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki 2014;34(3):20-27. [Akhmedpashaev A.U., Begov Zh.B., Musaibov B.M. The research of the influence of alloying elements on the structure of experimental samples after superficial hardening. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2014; 34(3):20-27. (In Russ.)]

15. Belen P., Kumar K.C.H., Wolman P. Thermodynamic assessment of the Ni - Ti phase diagram. *Z. Metallkde.* 1996; 87(1):2–13.
16. Ivanovskiy V.N., Darishchev V.I., Sabirov A.A. i dr. *Skvazhinnyye nasosnyye ustanovki dlya dobychi nefi.* M.: GUP Izd-vo “Neft i gaz” RGU nefi i gaza im. I.M. Gubkina; 2002. 824 s. [Ivanovskiy V.N., Darishchev V.I., Sabirov A.A. et al. *Oil-well pumping units for the oil extraction.* Moscow: Gubkin Russian State University of Oil and Gas Publ.; 2002. 824 p. (In Russ.)].
17. Begelinger A. Reibung Verschleip und Betriebsrauhigkeit bei verschie denen Lagerwerkstoffen. *Ind Anz.* 1981;103(4):64-67.
18. Materialovedenie i metallurgiya. Perspektivy tekhnologii i oborudovaniya: materialy russko-yaponskiy seminara (MIS i S – ULVAC inc, 25 marta 2003 g.). Pod red. L.V. Kozhitova. M.: MGIU; 2003. 373 s. [Kozhitov L.V. (Ed.). *Materials science and metallurgy. Prospects of technology and equipment: proceedings of Russian-Japanese seminar (MIS and S – ULVAC inc, on March 25, 2003).* Moscow: MSIU; 2003. 373 p. (In Russ.)]
19. Sovremennyye tekhnologii i materialovedenie. Pod red. Yu. A. Balandina: sb. tr. Magnitogorsk. gos. tekhn. un-t im. G. I. Nosova. Magnitogorsk: MGTU; 2003.305 s. [Yu. A. Balandin (Ed.). *Modern technologies and materials science. Collected papers of Nosov Magnitogorsk State Technical University.* Magnitogorsk: MSTU; 2003. 305 p. (In Russ.)].
20. AIOHTEC Cylinder Skiving and Roller Burnishing Machine. Available from: tube-the.com/watch/IMxaXCFvzQI
21. Roller Burnishing. Available from: mol-lart.com/tooling/roller

Сведения об авторах.

Ахмедпашаев Магомедпаша Узайруевич – доктор технических наук, доцент заведующий кафедрой основ конструирования машин и материаловедения.

Ахмедпашаев Мурад Магомедпашаевич – инженер

Бегов Жамидин Баламирзаевич – старший преподаватель кафедры основ конструирования машин и материаловедения.

Information about the authors.

Magomedpasha U. Akhmedpashaev – Dr. Sc.(Technical), Assoc.Prof., Department of bases of constructing of machines and materials.

Murad M. Akhmedpashaev – Engineer.

Zhamidin B. Begov– Senior lecturer, Department of basic design and materials science.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию 12.10.2016.

Принята в печать 20.12.2016.

Conflict of interest

Received 12.10.2016.

Accepted for publication 20.12.2016.