

**ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ
ENGINEERING TECHNOLOGY**

Научная статья

УДК 621.787

DOI: 10.26730/1999-4125-2023-4-36-48

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ
НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ**

Петренко Константин Петрович

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

*для корреспонденции: konst.petr@mail.ru

**Информация о статье**

Поступила:

19 мая 2023 г.

Одобрена после
рецензирования:

15 сентября 2023 г.

Принята к публикации:

20 сентября 2023 г.

Опубликована:

27 сентября 2023 г.

Ключевые слова:

центробежные насосы,
качество поверхностного
слоя, коррозионностойкие
стали, алмазное
выглаживание,
шероховатость, упрочнение

Аннотация.

Приведены результаты исследований шероховатости и упрочнения поверхностного слоя при алмазном выглаживании образцов из коррозионностойкой стали, применяемой для изготовления деталей центробежных насосов. Установлено, что алмазное выглаживание способствует интенсивному снижению шероховатости поверхности и приводит к значительному упрочнению поверхностного слоя. Выявлено, что повышение силы выглаживания до определенного предела приводит к снижению шероховатости, дальнейшее возрастание усилия приводит к повышению шероховатости благодаря перенаклепу и частичному разрушению поверхностного слоя. В случае применения индентора с радиусом 4 мм снижение параметров шероховатости наблюдается во всем диапазоне усилий. При использовании индентора с радиусом 0,8 мм минимальные значения всех параметров шероховатости наблюдаются при усилии 40 кг, при этом они имеют примерно такие же значения, что и при радиусе 4 мм. Дальнейшее возрастание усилия приводит к увеличению всех параметров шероховатости. По мере возрастания нагрузки происходит неравномерное увеличение степени упрочнения при различных профильных радиусах инструмента. Достигнутая степень упрочнения поверхностного слоя составила от 0,15 до 0,82 (от 15 до 82%) в зависимости от усилия выглаживания и профильного радиуса инструмента. Установлено, что при увеличении усилия выглаживания и уменьшении профильного радиуса происходит возрастание микротвердости поверхностного слоя, что связано с возрастающим удельным давлением и пластическим течением металла. Результаты исследований показывают, что алмазное выглаживание является эффективным методом снижения шероховатости, формирования благоприятного рельефа и повышения износостойкости деталей центробежных насосов.

Для цитирования: Петренко К.П. Исследование влияния режимов алмазного выглаживания на качество поверхности деталей центробежных насосов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 4 (158). С. 36-48. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-4-36-48, EDN: KUXRON

Введение

Центробежные насосы относятся к динамическим лопастным насосам, в которых жидкая среда перемещается через рабочее колесо от центра к периферии. Достоинствами центробежных насосов являются неп пульсирующий поток жидкости, возможность работы в различных условиях, отсутствие клапанов и других встроенных элементов, большой КПД и надежность.

Центробежные насосы широко используются при разработке месторождений полезных ископаемых подземным и открытым способами для откачки воды, поступающей в горные выработки, а также в химической и нефтеперерабатывающей промышленности (Рис. 1).



*Рис. 1. Общий вид насоса НЦС 180 – 425
Fig. 1. General view of model SRP 180 – 425 pump*

Детали проточной части насосов в тяжелых условиях эксплуатации подвергаются кавитационному, гидроабразивному и коррозионному изнашиванию, что в свою очередь приводит к их разрушению, снижению производительности и долговечности.

Так, в работе [1] показано, что при работе на шахтной воде с высоким содержанием механических примесей преждевременно выходят из строя дорогостоящие детали и узлы: подшипники скольжения, торцевые уплотнения, а также узел гидропята. Автор отмечает, что несовершенство технологического процесса восстановления деталей узла гидропята объясняет их низкую надежность при повторной эксплуатации.

В [2] отмечается, что основным видом износа является гидроабразивный износ и усталостное разрушение рабочих колес. По мнению автора, лучшим материалом для изготовления колес в данных условиях эксплуатации является легированный чугун с поверхностным упрочнением бором. Повышение усталостной прочности рабочих колес достигается также магнитно-импульсной обработкой. Ресурс рабочих колес при применении указанных методов возрастает до двух раз.

А. М. Долгих [3] исследовал влияние защитных карбидных покрытий на кавитационную стойкость деталей машин из углеродистых и легированных сталей. Установлено, что максимальную защиту углеродистых и низколегированных сталей от кавитационной эрозии обеспечивают одно- и двухкомпонентные карбидные слои толщиной более 30 мкм. В то же время высоколегированные хромистые и хромоникелевые стали в исходном состоянии имеют более высокую кавитационную стойкость по сравнению с нанесенными покрытиями вследствие низкого содержания углерода, наличия в основе карбидообразующих элементов и присутствия хрупких σ -фаз. При этом зафиксировано повышение стойкости рабочего колеса насоса при работе в агрессивных средах в пять раз.

В работе [4] изучалось влияние гидроабразивного износа на эксплуатационные характеристики и долговечность деталей проточной части центробежных насосов. С точки зрения автора, неравномерность износа деталей происходит из-за неравномерного контакта абразивных частиц с острыми гранями с поверхностью при их проходе через насос. По мере прохода частиц через секции насоса происходит частичное сглаживание их граней и наблюдается снижение износа. Для снижения износа, в частности, рекомендуется изготавливать детали насоса из материалов повышенной коррозионной стойкости и износостойкости.

В статье [5] исследовались причины износа деталей центробежных насосов в зависимости от режимов их эксплуатации при работе на оросительных станциях. Результаты показали, что износ торцевой части лопастей, изготовленных из нержавеющей стали X18H9TЛ, происходит в основном в результате действия абразивных частиц. Для лопастей, изготовленных из углеродистой стали 25, решающую роль играет кавитационное разрушение. Установлено также, что знакопеременные пульсирующие нагрузки усиливают износ деталей и уменьшают производительность насосной установки.

В исследовании [6] авторами приводятся технологические рекомендации к производству деталей корпусно-секционных центробежных насосов. В частности, для валов из легированных сталей после термической обработки следует применять поверхностное пластическое деформирование обкаткой роликами или шариками, формирующее благоприятный профиль шероховатости поверхности, что существенно увеличивает износостойкость и усталостную прочность. Отмечается, что при превышении некоторого оптимального усилия обкатывания происходит повышение шероховатости в результате разрушения поверхности и искажения микропрофиля.

В [7] представлен обзор причин износа штоков и гильз гидроцилиндров погрузочно-доставочных машин. Установлено, что до 55% случаев выхода из строя гидроцилиндров происходит из-за износа уплотнительных колец штоковой полости, что является следствием несоответствия параметров шероховатости поверхности условиям трения в процессе эксплуатации. В ходе исследований установлено, что в качестве отделочной обработки вместо существующего по технологическому процессу полирования целесообразно применять алмазное выглаживание, которое обеспечивает оптимальный микропрофиль, низкую шероховатость поверхности Ra 0,2 мкм и повышение несущей способности поверхностного слоя штоков.

Высокая эффективность алмазного выглаживания при изготовлении деталей затворных узлов арматуры высокого давления для транспортирования жидких и газообразных углеводородных сред приводится в [8].

В [9] отмечается существенное повышение циклической долговечности сварных швов из стали 12X18H10T после пневмодробеструйной обработки, особенно в сочетании с предварительной термической обработкой и растяжением.

В [10] авторы исследовали трибологические свойства стали 12X18H10T в процессе наноструктурирующей фрикционной обработки. Было установлено, что в процессе обработки полусферическим индентором из синтетического алмаза в безокислительной среде аргона формируется поверхность с низкой шероховатостью (Ra 0,1 мкм), обеспечивается интенсивное деформационное упрочнение (710 HV0,025). Это, в свою очередь, приводит к значительному снижению износа в начальный период эксплуатации.

В. А. Бубнов [11] изучал влияние степени пластической деформации на механические свойства и усталостную прочность образцов из аустенитных сталей 12X18H9T и 12X18H10T. Результаты показали существенное повышение предела выносливости с возрастанием степени деформации. Отмечается, что упрочнение аустенитных сталей происходит под действием двух процессов: дислокационного и фазового превращения γ -железа в α -железо с образованием мартенсита деформации. При этом значительная способность к упрочнению сталей данного типа сочетается с сохранением высокой пластичности, что позволяет использовать малоотходные процессы получения заготовок и деталей.

В [12] проводились исследования влияния режимов алмазного выглаживания на параметры качества поверхностного слоя и коррозионную стойкость деталей из конструкционных сталей различных классов. Установлено, в частности, значительное возрастание микротвердости (498 HV) и снижение глубинной скорости коррозии (0,062 мм/год) образцов из стали 12X18H10T после термической обработки и алмазного выглаживания.

В. П. Кузнецов с соавторами [13] исследовал влияние силы в процессе сухого алмазного выглаживания аустенитной стали на шероховатость и деформационное упрочнение поверхностного слоя. В результате установлено, что наибольшее снижение шероховатости достигается при силе 150 Н, дальнейшее увеличение усилия (до 200 Н) приводит к повышению шероховатости поверхности. Максимальный уровень микротвердости происходит при выглаживании с нагрузкой 175 Н, несмотря на образование отдельных наплывов и микротрещин,

последующее увеличение силы (до 200 Н) приводит к снижению микротвердости, что авторы связывают с перенаклепом, который приводит к локальному разрушению поверхностного слоя.

В [14] проводились исследования качества поверхностного слоя в процессе алмазного выглаживания. В результате была разработана математическая модель влияния технологических параметров (усилия, профильного радиуса, подачи) на шероховатость поверхности. Авторы отмечают, что при правильном выборе технологических режимов возможно получение показателей шероховатости в желаемом диапазоне.

Результаты исследований других авторов [15-21] также показывают, что алмазное выглаживание является эффективным методом, позволяющим формировать благоприятный профиль шероховатости поверхности в сочетании с упрочнением и сжимающими остаточными напряжениями, что повышает несущую способность и долговечность деталей машин.

Насосы для перекачивания агрессивных сред по конструкции сходны с шахтными насосами и представляют собой разнообразные по исполнению устройства, изготавливаемые из материалов, устойчивых к воздействию окружающей среды. Это касается, в первую очередь, деталей проточной части. В таких отраслях как химическая, целлюлозно-бумажная, нефтеперерабатывающая, пищевая, мясомолочная промышленность, а также грузовой железнодорожный и морской транспорт, для изготовления деталей насосов применяются коррозионностойкие стали, характеризующиеся высокой стойкостью в агрессивных средах. На Рис. 2 представлен продольный разрез горизонтального насоса с осевым подводом жидкости типа X исполнения Д. Т. Л.

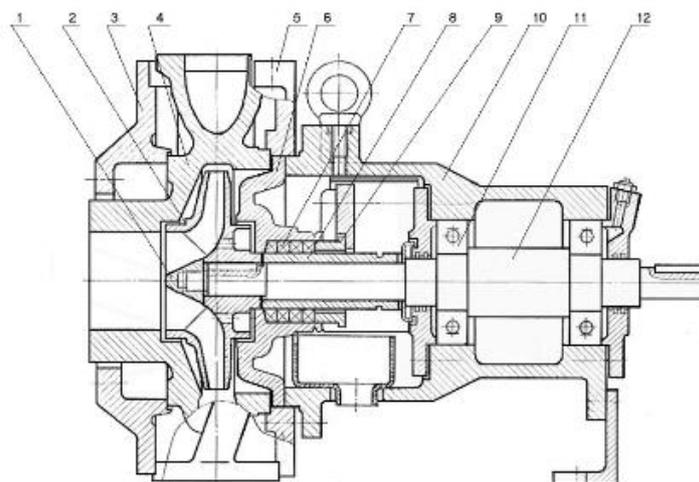


Рис. 2. Продольный разрез центробежного насоса: 1 – гайка рабочего колеса, 2 – колесо рабочее, 3, 5 – прижимные фланцы, 4 – корпус насоса, 6 – корпус сальника, 7 – набивка сальника, 8 – защитная втулка, 9 – крышка сальника, 10 – кронштейн, 11 – подшипник, 12 – вал

Fig 2. Longitudinal section of a horizontal rotary pump: 1 – impeller nut, 2 – impeller, 3, 5 – clamping flanges, 4 – pump casing, 6 – gasket casing, 7 – gasket packing, 8 – protective bush, 9 – gasket cap, 10 – bracket, 11 – bearing, 12 – shaft

Таблица 1. Химический состав (по массе), % стали 12X18H10T
Table 1. Chemical composition (by weight), % of steel 12Kh18N10T

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti
<0,12	<0,8	<2,0	17,0 – 19,0	9,0 – 11,0	5·С – 0,8

Защитные втулки (позиция 8 на Рис. 2) в насосах используются в узлах пар трения скольжения для защиты вала от износа и коррозии. Они являются экономической альтернативой замене или трудоемкому процессу восстановления изношенных валов. По технологическому процессу втулки изготавливаются из коррозионностойкой стали аустенитного класса 12X18H10T, химический состав которой приведен в Таблице 1.

Характер износа защитных втулок в процессе эксплуатации претерпевает изменения. На первом этапе при малых величинах износа втулка изнашивается равномерно. В процессе увеличения износа под действием дисбалансов рабочих колес и моментов сил сопротивления вал может терять прямолинейность, а втулка вследствие этого изнашивается односторонне. Таким образом, актуальной является задача повышения износостойкости защитных втулок и сохранения их геометрических параметров за счет применения рациональной упрочняющей обработки, обеспечивающей оптимальные параметры качества поверхностного слоя.

Методы исследования

Известно, что ключевыми факторами, влияющими на износостойкость, являются шероховатость поверхности, а также глубина и степень упрочнения поверхностного слоя. В связи с этим в данной работе исследовалось влияние технологических режимов выглаживания на параметры шероховатости и упрочнения поверхностного слоя. С этой целью были изготовлены гладкие цилиндрические образцы из стали 12Х18Н10Т (Рис. 3).



Рис. 3. Экспериментальные образцы
Fig. 3. Experimental specimens



Рис. 4. Инденторы
Fig. 4. Diamond Burnishes

На каждом образце имелось пять рабочих участков диаметром 40 мм и длиной 35 мм, отделенных друг от друга поперечными канавками для выхода инструмента и позволяющими выполнять исследования нескольких режимов выглаживания на одном образце. Установка

образцов в передний и задний центры станка осуществлялась с помощью центровых отверстий. Инденторы (Рис. 4) устанавливались в упругую державку (Рис. 5).



Рис. 5. Упругая державка
Fig. 5. Flexible Tool Holder

Таблица 2. Результаты исследования шероховатости
Table 2. Results of the study of roughness

R_{pr} , мм	Усилие, кг	Ra , мкм	$Rmax$, мкм	Sm , мм	R_{pr} , мм	Усилие, кг	Ra , мкм	$Rmax$, мкм	Sm , мм
4	15	1,15	5,9	0,09	0,8	10	1,61	8,23	0,09
4	20	0,94	5,2	0,05	0,8	35	0,46	2,76	0,019
4	25	0,62	3,2	0,018	0,8	40	0,31	2,46	0,014
4	30	0,36	2,8	0,015	0,8	45	0,42	3,6	0,02

Таблица 3. Результаты исследования упрочнения
Table 3. Results of the hardening study

R_{pr} , мм	Усилие, кг	δ	R_{pr} , мм	Усилие, кг	δ
4	10	0,15	0,8	10	0,25
4	15	0,19	0,8	20	0,34
4	20	0,21	0,8	25	0,39
4	25	0,32	0,8	30	0,43
4	30	0,51	0,8	35	0,46
4	35	0,62	0,8	40	0,61
			0,8	45	0,82

Радиальное усилие обеспечивалось упругим элементом державки, который тарировался, в результате чего строился тарировочный график «перемещение – усилие». В ходе проведения исследований усилие выглаживания контролировалось по перемещению упругого элемента державки. Профильный радиус индентора составлял 0,8 мм и 4 мм, усилие варьировалось в диапазоне 10 – 45 кгс. Подача составляла 0,04 мм/об. В процессе изготовления образцы обрабатывались до шероховатости Ra 2-3 мкм.

Шероховатость обработанной поверхности образцов определялась по профилограмме поверхности с помощью профилографа-профилометра «Talysurf 5M». Формировался массив координат точек профилограммы, координаты пересчитывались в реальные путем деления соответственно на горизонтальное и вертикальное увеличение. Далее по методу наименьших квадратов определялось положение средней линии, после чего оценивались отклонения точек профиля от средней линии. Затем рассчитывались параметра шероховатости поверхности: среднеарифметическое отклонение профиля Ra , полная высота профиля $Rmax$ и средний шаг неровностей профиля Sm (Таблица 2).

Микротвердость поверхностного слоя определялась на микротвердомере ПМТ-3 методом косого среза при нагрузке на индентор 0,5 Н. Измерение микротвердости на косом срезе осуществлялось по трем дорожкам с расстоянием между ними 1 мм. По полученным результатам

определялись средние значения и строился график изменения микротвердости по глубине. Степень упрочнения рассчитывалась по формуле:

$$\delta = \frac{HV_s - HV_0}{HV_0} \quad (1)$$

где HV_s – микротвердость выглаженной поверхности;
 HV_0 – исходная микротвердость.

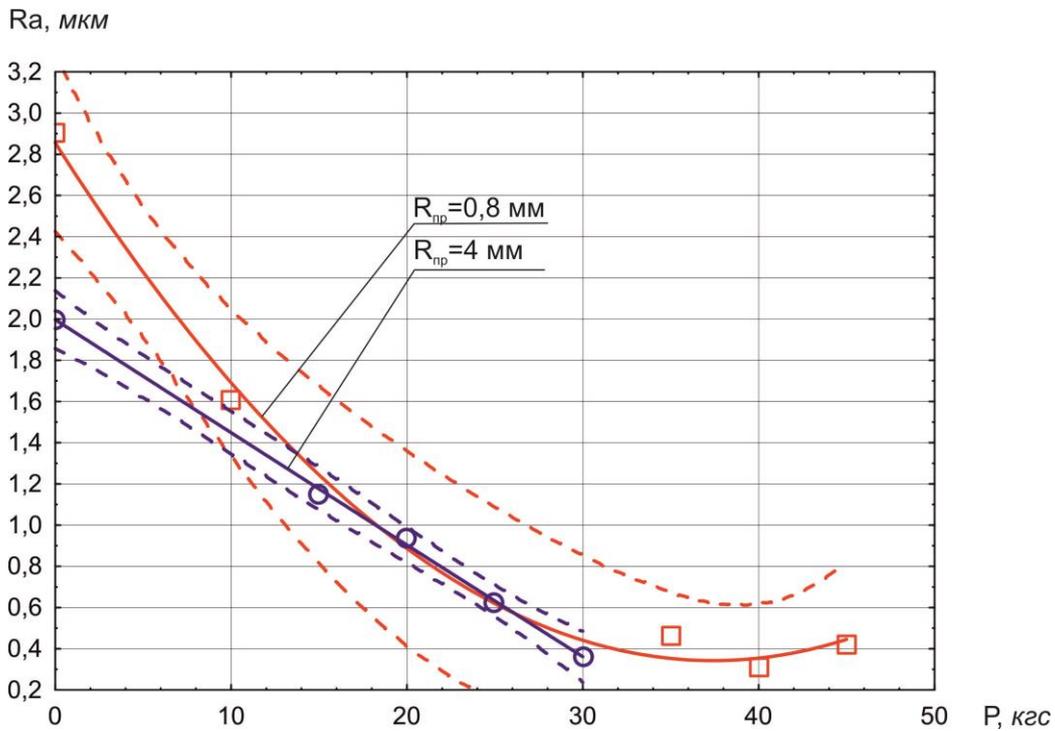


Рис. 6. Влияние режимов выглаживания на параметр Ra
 Fig. 6. Burnishing conditions effect on Ra parameter

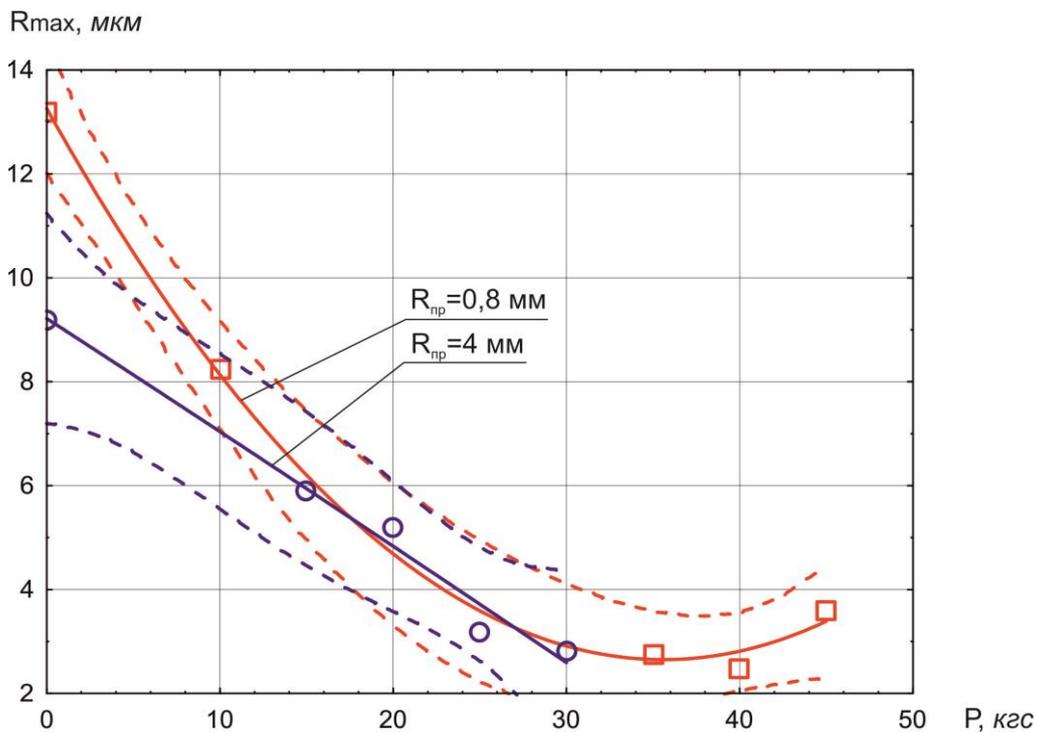


Рис. 7. Влияние режимов выглаживания на параметр Rmax
 Fig. 7. Burnishing conditions effect on Rmax parameter

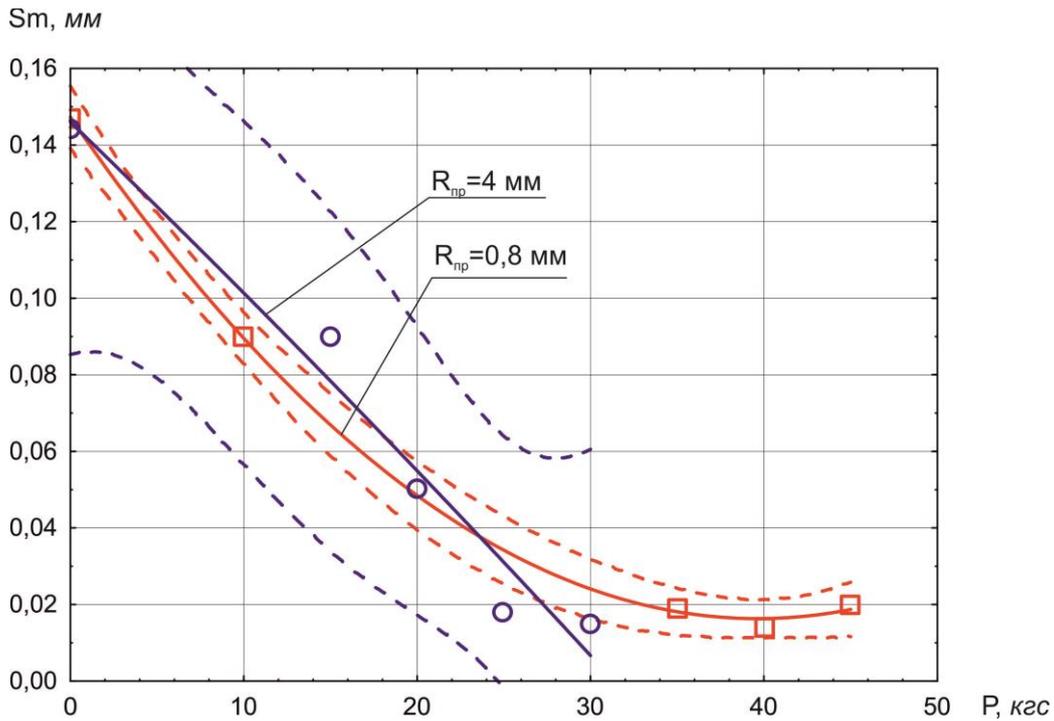


Рис. 8. Влияние режимов выглаживания на параметр S_m
 Fig. 8. Burnishing conditions effect on S_m parameter

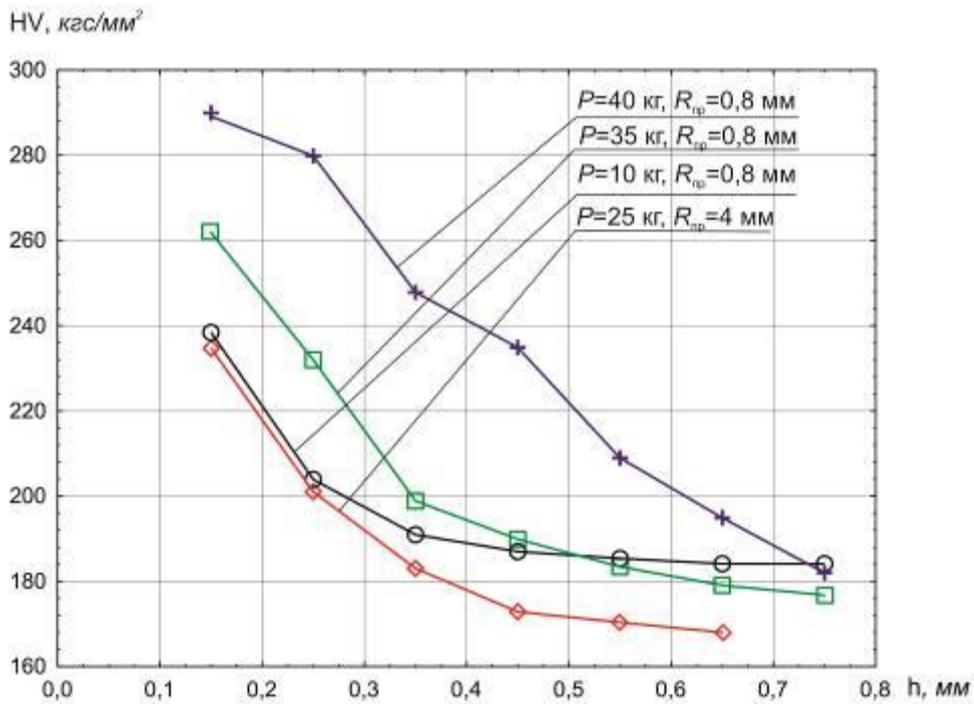


Рис. 9. Изменение микротвердости по глубине поверхностного слоя после выглаживания
 Fig. 9. Micro-hardness distribution by the depth of surface layer after burnishing

В Таблице 3 приведены результаты исследования упрочнения поверхностного слоя.

Результаты и обсуждение

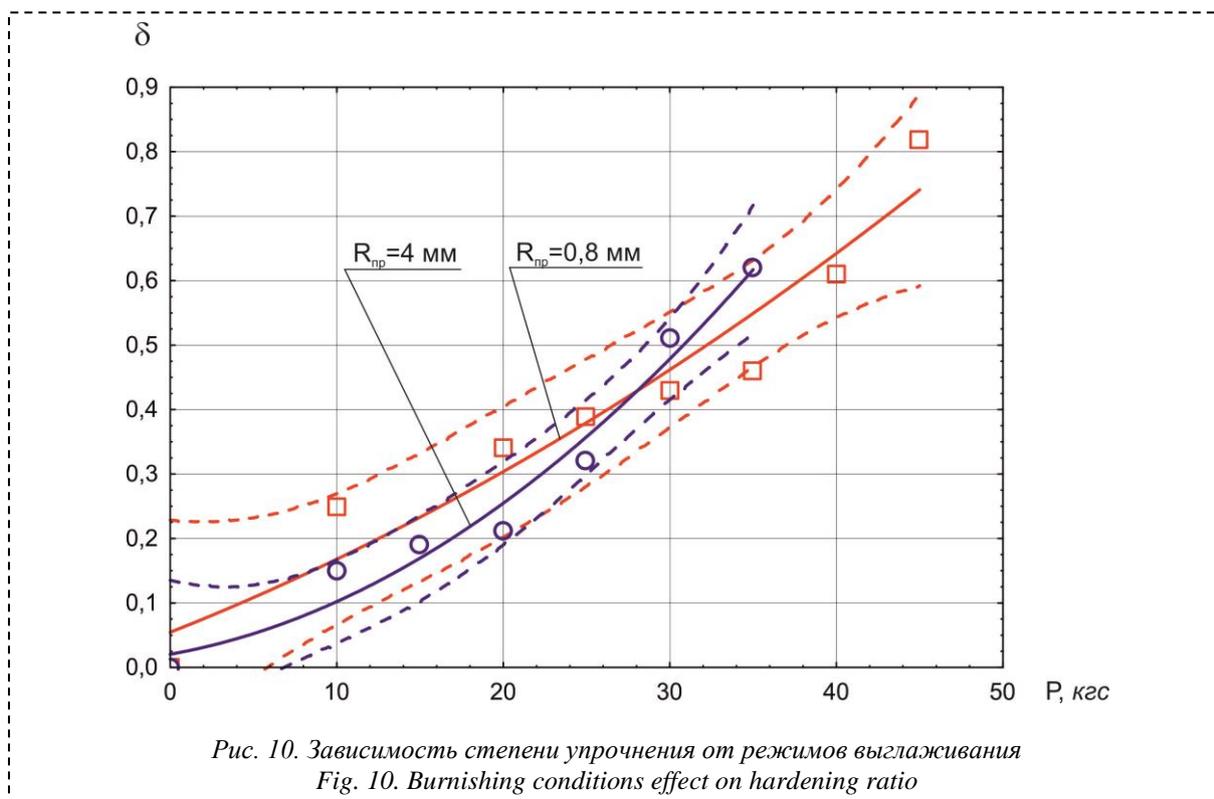
На Рис. 6-8 приведены зависимости параметров шероховатости поверхности от режимов выглаживания.

Анализ приведенных результатов показывает, что с увеличением усилия выглаживания параметры шероховатости существенно снижаются. Это происходит вследствие увеличения глубины внедрения выглаживателя и площади контакта инструмента с поверхностным слоем. При радиусе 4 мм по мере возрастания усилия до 30 кгс происходит снижение параметра Ra от 2,0 до 0,36 мкм, параметра $Rmax$ от 9,2 до 2,8 мкм, параметра Sm от 0,144 до 0,015 мм.

В случае применения индентора с радиусом 4 мм снижение параметров шероховатости наблюдается во всем диапазоне усилий. При использовании индентора с радиусом 0,8 мм минимальные значения всех параметров шероховатости наблюдаются при усилии 40 кг, при этом они имеют примерно такие же значения, что и при радиусе 4 мм. Дальнейшее возрастание усилия приводит к увеличению всех параметров шероховатости. На наш взгляд, это связано с возникновением высоких удельных давлений на поверхностный слой. Превышение некоторого оптимального усилия (в нашем случае 40 кгс) приводит к искажению микронеровностей и перенаклепу, который вызывает частичное разрушение поверхностного слоя.

На Рис. 9 показано распределение микротвердости по глубине поверхностного слоя после выглаживания при различных режимах. Как и следовало ожидать, при увеличении усилия выглаживания и уменьшении профильного радиуса происходит возрастание микротвердости поверхностного слоя, что связано с возрастающим удельным давлением и пластическим течением металла. По мере удаления от поверхности микротвердость снижается до 170-190 HV на глубине 0,65-0,75 мм.

На Рис. 10 представлено влияние технологических режимов на степень упрочнения выглаженной поверхности. Анализ показывает существенное влияние силы выглаживания на степень упрочнения. По мере возрастания нагрузки происходит неравномерное увеличение степени упрочнения при различных профильных радиусах инструмента. Алмазное выглаживание приводит к упрочнению поверхностного слоя от 0,15 до 0,82 (от 15 до 82%), при этом влияние профильного радиуса не так существенно по сравнению с влиянием на шероховатость поверхности, решающее значение имеет усилие выглаживания.



Выводы

1. Установлено, что алмазное выглаживание является эффективным способом снижения шероховатости, формирования благоприятного микрорельефа и упрочнения поверхностного слоя деталей из коррозионностойких сталей аустенитного класса.

2. Возрастание усилия выглаживания приводит к закономерному снижению всех параметров шероховатости поверхности. Для каждого сочетания технологических параметров существует оптимальное усилие выглаживания, при превышении которого параметры шероховатости возрастают вследствие перенаклепа и микроразрушений поверхностного слоя.

3. Увеличение усилия выглаживания и уменьшение профильного радиуса инструмента приводит к возрастанию микротвердости поверхностного слоя и возрастанию степени упрочнения.

4. Алмазное выглаживание может быть применено для повышения износостойкости и ресурса деталей центробежных насосов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овчинников Н. П. Опыт эксплуатации секционных насосов главного водоотлива подземного рудника «Удачный» // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017. № 3. С. 154–161.
2. Акопов Е. Ю. Обоснование и выбор методов повышения ресурса погружных центробежных насосов: Дис ... канд. техн. наук. Москва: Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС». 2016, 165 с.
3. Долгих А. М. Повышение кавитационной стойкости деталей машин нанесением защитных покрытий // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. 2011. № 3. С. 76–80.
4. Долганов А. В. Влияние гидроабразивного износа элементов проточной части на эксплуатационные качества центробежных насосов медно-колчеданных рудников // Горный информационно-аналитический бюллетень. Механика и машиностроение. 2014. № 6. С. 181–186.
5. Мамажанов М., Уралов Б., Хидиров С. Влияние гидроабразивного износа деталей центробежных и осевых насосов на эффективность эксплуатации оросительных насосных станций // Journal of Irrigation and Melioration. 2019. № 1(15) pp. 36–41.
6. Алиев Н. А., Исаев А. Е., Пономаренко М. В., Алиев П. Н. Способы повышения долговечности корпусно-секционных шахтных насосов // Научные труды ДонНТУ «Проблемы машиностроения». 2006. С. 317–327.
7. Севагин С. В., Вержанский А. П. Обеспечение требуемого качества изготовления штоков гидроцилиндров погрузочно-доставочных машин // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2021. № 5. С. 35–44.
8. Зайдес С. А., Машуков А. Н. Применение технологии алмазного выглаживания для улучшения геометрии затворных узлов арматуры высокого давления // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2019. № 1. С. 5–13.
9. Пачурин Г. В. Оптимизация режимов поверхностной пластической обработки с целью повышения эксплуатационной долговечности металлоизделий // Успехи современного естествознания. 2011. №2. С. 91–94.
10. Макаров А. В., Скорынина П. А., Осинцева А. Л., Юровских А. С., Саврай Р. А. Повышение трибологических свойств аустенитной стали 12X18H10T наноструктурирующей фрикционной обработкой // Обработка металлов. Материаловедение. 2015. №4 (69). С. 80–92.
11. Бубнов В. А. Упрочнение аустенитных сталей холодной пластической деформацией // Вестник КГУ, 2017. №2. С. 44–50.
12. Тарасова Д. А., Зарубин В. П. Упрочняющая обработка как способ повышения долговечности деталей пожарных насосов // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: 5 Международная научно-практическая конференция. 14.10.2021. С. 354–360.
13. Кузнецов В. П., Макаров А. В., Скоробогатов А. С., Скорынина П. А., Лучко С. Н., Сирош В. А., Чекан Н. М. Влияние нормальной силы на сглаживание и упрочнение поверхностного слоя стали 03X16H15M3T1 при сухом алмазном выглаживании сферическим индентором // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2022. Т. 24, № 1. С. 6–22. DOI: 10.17212/1994-6309-2022-24.1-6-22.
14. Mieczyslaw Korzynski, Kazimiera Dudek, Arkadiusz Palczak, Bartosz Kruczek, Paweł Kocurek Experimental Models and Correlations between Surface Parameters MEASUREMENT SCIENCE REVIEW. 2018. 18. No. 3. 123–129.
15. Sachin B., Narendranath S., Chakradhar D. Effect of working parameters on the surface integrity in cryogenic diamond burnishing of 17-4 PH stainless steel with a novel diamond burnishing tool February // Journal of Manufacturing Processes. 2019. 38(6914):564–571.
16. Полетаев В. А., Шпенькова Е. В., Голяс А. А. Исследование механических характеристик поверхностного слоя деталей электронасосов, упрочненных алмазным выглаживанием // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2017. Том 18. №7. С. 311–317.
17. Lin Y. C., Wang S. W., Lai H. Y. The Relationship between Surface Roughness and Burnishing Factor in the Burnishing Process Int. J Adv. Manuf. Technol. 2004. 23. 666–671.
18. Juha Huuki and Sampsa V. A. Laakso Surface improvement of shafts by the diamond burnishing and ultrasonic

burnishing techniques April // International Journal of Machining and Machinability of Materials. 2017. 19 (3). 246–259.

19. Yuan X. L., Sun Y. W., Gao L. S. et al. Effect of roller burnishing process parameters on the surface roughness and microhardness for TA2 alloy. Int J Adv Manuf Technol. 2016. 85. 1373–1383. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-8031-0>

20. Смелянский В. М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием. Москва : Машиностроение, 2002. 300 с. Текст : непосредственный.

21. Торбило В. М. Алмазное выглаживание. Москва : Машиностроение, 1972. 105 с. Текст : непосредственный.

© 2023 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Петренко Константин Петрович, доцент, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: konst.petr@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

Петренко Константин Петрович – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, обзор соответствующей литературы, концептуализация исследования, сбор и анализ данных, выводы, написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

THE EFFECT OF DIAMOND BURNISHING PARAMETERS ON SURFACE INTEGRITY OF ROTARY PUMPS PARTS

Konstantin P. Petrenko

T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

*for correspondence: konst.petr@mail.ru



Article info

Received:

19 May 2023

Accepted for publication:

15 September 2023

Accepted:

20 September 2023

Published:

27 September 2023

Keywords: rotary pumps, surface integrity, stainless steels, diamond burnishing, surface roughness, surface hardening

Abstract.

In this paper results of surface roughness and hardening research in processes of diamond burnishing of austenitic stainless steel specimens are presented. It is well-known that surface roughness is one of the key factors that impacts on wear resistance. In this connection the work was carried out to examine diamond burnishing conditions on surface roughness parameters. It was found that diamond burnishing contributes to drastic reduction of surface roughness. Also, it was established that burnishing force increase to certain limits causes reduction of surface roughness parameters, while further force boosting produces increased surface roughness. This effect occurs due to «over-hardening» and partial damage of surface layer. When employing indenter with 4 mm tip radius, surface roughness parameters reduction is observed throughout the whole range of burnishing forces. When indenter with 0.8 mm tip radius is in use, the minimal values of surface roughness parameters correspond to 40 kg burnishing force. Further force increase leads to surface roughness growing. As the burnishing force increases the hardening ratio grows unevenly under a variety of tool tip radii. The hardening ratio ranges from 0.15 to 0.82 (15 to 82%) depending on burnishing force and tool tip radius. It has been established that burnishing force increasing together with tool tip radius decreasing results in surface micro hardness rising due to growing specific pressure and metal plastic flow. Results obtained demonstrate

that diamond burnishing is a suitable and effective method for surface roughness reduction, favorable surface topography and wear resistance increasing of rotary pumps parts.

For citation: Petrenko K.P. The effect of diamond burnishing parameters on surface integrity of rotary pumps parts. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2023; 4(158):36-48. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2023-4-36-48, EDN: KUXRON

REFERENCES

1. Ovchinnikov N.N. The experience of operation of sectional pumps of the main drainage of the underground mine «Udachny». *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Kuzbass state technical university bulletin*. 2017; 3:154–161.
2. Akopov E.Yu. Justification and choice of ways of submerged rotary pumps life increasing. Cand.Sci. Dissertation. Moscow: National Technological Research University; 2016. 165 p.
3. Dolgikh A. M. Increase the cavitation resistance of the machine tools with depositing carbide coatings. *Polotsk state university bulletin*. 2011; 3:76–80.
4. Dolganov A.V. The influence of hydro-abrasive depreciation of excretory elements on exploitation qualities of rotary pumps at copper and pyrites pits. *Mining informational and analytical bulletin*. 2014; 6:181–186.
5. Mamajonov M., Uralov B., Khidirov S. The impact of hydro-wear parts of centrifugal and axial flow pumps for operational efficiency of the irrigation pumping station // *Journal of Irrigation and Melioration*. 2019; 1(15):36–41.
6. Aliev N.A., Isaev A.E., Ponomarev N.V., Aliev P.N. Ways of service life increasing of barrel-type mining pumps. *Scientific papers of Donetsk National Technical University «Machine Building problems»*. 2006. P. 317–327.
7. Sevagin S.V., Verzhanskiy A.P. Quality control in manufacture of hydraulic cylinder rods for load-haul-dumpers. *Mining informational and analytical bulletin*. 2021; 5:35–44.
8. Zaydes S.A., Mashukov A.N. Application of diamond smoothing technology to improve the microgeometry of the valves of high-pressure piping. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Kuzbass state technical university bulletin*. 2019; 1:5–13.
9. Pachurin G. V. Optimization of plastic surface treatment to improve reliability of the metal parts. *Advances in current natural sciences*. 2011; 2:91–95.
10. Makarov A.V., Skorynina P.A., Osintseva A.L., Yurovskikh A.S., Savrai R.A. Improving the tribological properties of austenitic 12Kh18N10T steel by nanostructuring frictional treatment. *OBRABOTKA METALLOV (METAL WORKING AND MATERIAL SCIENCE)*. N 4(69). October – December 2015. Pp. 80–92.
11. Bubnov V.A. cold plastic deformation hardening of austenitic steels. *Kurgan state university bulletin*. 2017; 2:44–50.
12. Tarasova D.A., Zarubin V.P. Hardening treatment as a way to increase the durability of fire pump parts. *Collection of materials of the v international conference scientific and practical conferences*. Ivanovo. October 14, 2021. Pp. 354–360.
13. Kuznetsov V.P., Makarov A.V., Skorobogatov A.S., Skorynina P.A., Luchko S.N., Sirosh V.A., Chekan N.M. Normal force influence on smoothing and hardening of steel 03Cr16Ni15Mo3Ti1 surface layer during dry diamond burnishing with spherical indenter. *Obrabotka metallov (tehnologiya, oborudovanie, instrumenty) = Metal Working and Material Science*. 2022; 24(1):6–22.
14. Mieczyslaw Korzynski, Kazimiera Dudek, Arkadiusz Palczak, Bartosz Kruczek, Paweł Kocurek Experimental Models and Correlations between Surface Parameters MEASUREMENT SCIENCE REVIEW. 2018; 18(3):123–129.
15. B. Sachin, S. Narendranath, D. Chakradhar. Effect of working parameters on the surface integrity in cryogenic diamond burnishing of 17-4 PH stainless steel with a novel diamond burnishing tool February. *Journal of Manufacturing Processes*. 2019; 38(6914):564–571.
16. Poletaev V.A., Shpen'kova E.V., Golias A.A. Investigation of mechanical characteristics of surface layer of pumps parts hardened by diamond smoothing. *Assembling in Mechanical Engineering and Instrument-Making*. 2017; 18(7):311–317.
17. Lin Y.C., Wang S.W., Lai H.Y. The Relationship between Surface Roughness and Burnishing Factor in the Burnishing Process Int. J Adv. Manuf. Technol. 2004; 23: 666–671.
18. Juha Huuki and Sampsa V.A. Laakso Surface improvement of shafts by the diamond burnishing and ultrasonic burnishing techniques April. *International Journal of Machining and Machinability of Materials*. 2017; 19(3):246–259.
19. Yuan, X.L., Sun, Y.W., Gao, L.S. et al. Effect of roller burnishing process parameters on the surface roughness and microhardness for TA2 alloy. Int J Adv Manuf Technol. 2016; 85:1373–1383. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-8031-0>.
20. Smelyanskiy V.M. Mechanics of Reinforced Parts by Surface Plastic Deformation, Moscow: Mashinostroenie; 2002. 300 pp.
21. Torbilo V.M. Diamond burnishing, Moscow: Machine-building Publ.; 1972. 105 pp.

© 2023 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Konstantin P. Petrenko, associate professor, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russia, Kemerovo, Vesennaya st., 28), e-mail: konst.petr@mail.ru

Contribution of the authors:

Konstantin P. Petrenko – formulation of a research task, scientific management, review of relevant literature, conceptualization of research, data collection and analysis, conclusions, writing a text.

All authors have read and approved the final manuscript.

