

Т.О. Алматаев, И.С. Касимов, Н. Каримходжаев, Н.Т. Алматаев
Андижанский государственный технический институт,
г.Андижан, Узбекистан, iqosimov1970.andmi@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФРИКЦИОННОГО ПРИТИРА НА ПАРАМЕТРЫ ШЕРОХОВАТОСТИ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТРУЩИХСЯ ДЕТАЛЕЙ

Аннотация

В работе рассмотрены вопросы повышения качества и чистоты обработки рабочей поверхности валовых деталей при чистовой обработке с использованием эксцентриковой ротационной щетки, а также представлены результаты экспериментальных исследований обработки деталей с эксцентриковой ротационной щеткой.

Ключевые слова: автотракторные двигатели, ремонт, износ, восстановление рабочей поверхности валов, эксцентриковая ротационная щетка, способ притирки после механической обработки, надежность.

Введение

Как известно, с увеличением пробега автомобилей изнашиваются рабочие поверхности их деталей. Особенно изнашиваются детали цилиндро-поршневой группы, коленчатые и распределительные валы двигателя внутреннего сгорания, которые имеют высокую стоимость. Ремонт и восстановление работоспособности этих деталей сопряжена с технологическими и материальными трудностями. Для ремонта изношенных рабочих поверхностей таких деталей применяются различные методы восстановления, среды которых наиболее эффективным способом является притирка [1-3].

Притирка деталей применяется для окончательной отделки предварительно отшлифованных деталей путём выравнивания малейших неровностей рабочей поверхности деталей и тем самым способствует увеличению межремонтного периода деталей [4-7]. Притирка является самым точным способом обработки рабочих поверхностей сопряженных деталей (1-й класс точности и выше, чистота обработки до 14-го класса) [8].

В 2012—2024 гг. кафедрой «Автомобилостроение и транспорт» в творческом содружестве с СП «GM Uzbekistan», Андижан «Avtotexxizmat» АО, а также ремонтным заводом «Ак-Яр» разработаны и внедрены в производство новые режимы стендовой приработки двигателей автомобилей «GM Uzbekistan» после капитального ремонта [9].

Методы и материалы

В Андижанском государственном техническом институте создан новый способ притирки деталей и притир с меньшей стоимостью, простотой конструкции, и эксплуатации [10]. Предлагаемой способа позволяет повысить качество притирки деталей за счет тонкого воздействия на обрабатываемую поверхность путем неравномерного касания щетинок о шероховатость поверхности деталей (рисунок 1).

Разработанный метод притирки деталей позволяют сократить трудоемкость и продолжительность приработки на 30...40 %, при этом межремонтный ресурс двигателя увеличивается в среднем на 25...30 %. На разработанный метод притирки получен патент «Способ притирки поверхности деталей и притир» [11].

Притирку поверхностей деталей с помощью ротационной щетки производят с свободными абразивными зёрнами, которые в смеси со связующей жидкостью наносят на рабочую поверхность в зоне обработки детали путем переменного изменения жесткости и усилия воздействия на шероховатость обрабатываемой поверхности. Притир, содержащий закрепленные на валу и между собой кольцевые элементы, выполнен в виде ротационной эксцентриковой щетки, закрепленными между собой с помощью эксцентриковых фланцев и снабженными щетинками различной высоты по эксцентриковой окружности [12-13].

При этом ротационная эксцентриковая щетка установлена на валу с возможностью вращения навстречу вращению обрабатываемой детали со скоростью в два и более раза большей, чем скорость вращения обрабатываемой детали.

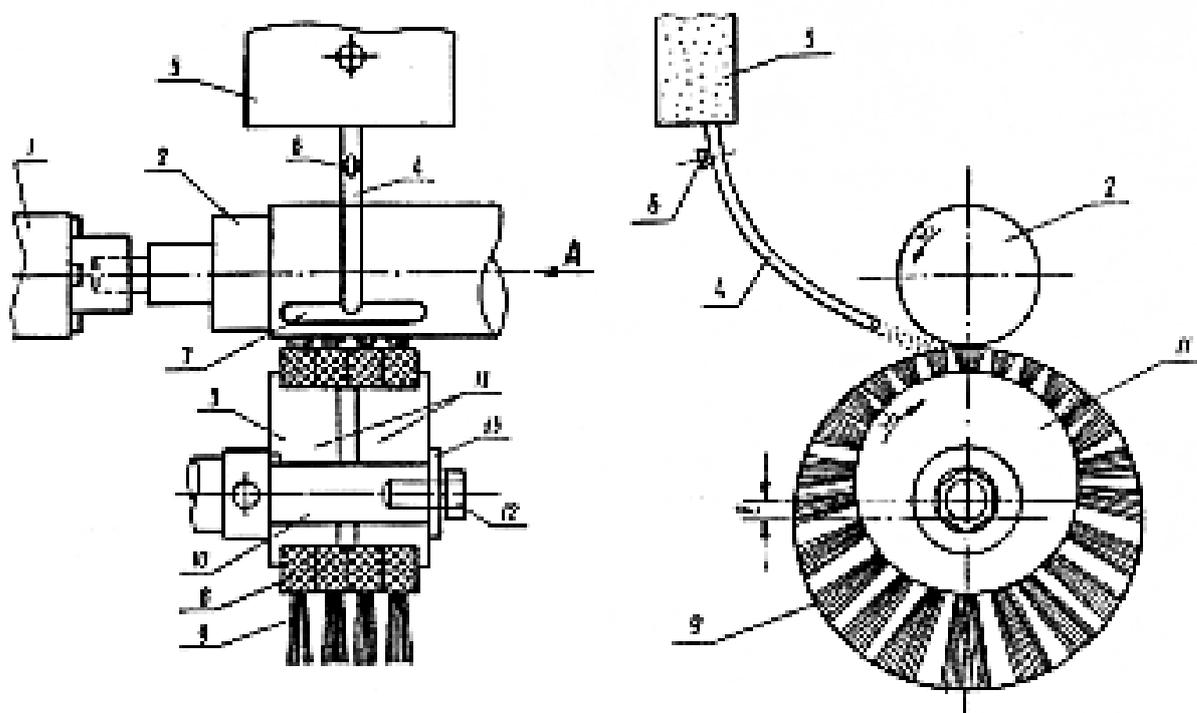


Рисунок 1 – Устройство для осуществления способа притирки деталей ротационной щеткой (вид сбоку)

На рисунке 1 изображена схема притирки деталей с помощью ротационной эксцентриковой щетки. Устройство для осуществления предлагаемого способа притирки поверхности детали содержит шлифовальный станок 1, на котором установлены с возможностью вращения навстречу друг другу обрабатываемая деталь 2 и ротационная эксцентриковая щетка 3, над которыми расположен направлятель свободных абразивных зёрен 4 вместе со связующей жидкостью из бака 5, снабженного краником 6 с помощью сопла 7. Ротационная эксцентриковая щетка состоит из четырех (можно и более в зависимости от размера обрабатываемой поверхности) кольцевых пластмассовых элементов 8, в которые влиты щетинки 9 из тонких капроновых нитей, имеющих разную длину. Кольцевые пластмассовые элементы плотно прилегают друг к другу и укреплены между собой и на валу 10 с

помощью двух эксцентриковых фланцев 11 посредством болтового соединения 12 и шайбы 13.

Притирка деталей с использованием предлагаемой ротационной эксцентриковой щетки осуществляется следующим образом.

При включении шлифовального станка 1 обрабатываемая деталь 2 совершает вращательное движение. При этом ротационная эксцентриковая щетка 3 вращается навстречу вращению обрабатываемой детали 2. В пространство между обрабатываемой деталью 2 и ротационной эксцентриковой щеткой 3 посредством направителя 4 и сопла 7 вводят абразивную смесь. Щетинки 9 распределяют абразивную смесь по всей обрабатываемой поверхности детали 2 и при притирке поверхности детали 2, создается переменное усилие воздействия щетинок 9 на шероховатости обрабатываемой поверхности. При этом каждая из щетинок 9 из-за различной их высоты по эксцентриковой окружности воздействует на обрабатываемую поверхность в каждой ее точке с различной жесткостью, благодаря чему и происходит сглаживание шероховатостей с обрабатываемой поверхности детали 2, что повышает чистоту обрабатываемой поверхности детали 2.

Результаты и обсуждение

Анализ ранее проведенных исследований и отдельных статистических сведений показали, что если следовать всем рекомендациям по проведению ремонта и последующей обкатки двигателей, то ресурс двигателя до следующего ремонта должен составить 80-100% от первоначального ресурса. Однако, на практике из-за некачественного проведения ремонтных работ и обкатки ресурс двигателя снижется ещё на 20-30%.

Переход деталей автомобильного двигателя из начального положения в рабочее состояние охватывает сложные механические и физико-химические процессы. Из-за малой площади контактной поверхности на которую падает давление и слабой степени защищенности трущихся поверхностей от вторичных образований приводит к сближению деформированных микро поверхностей, и это приводит к затвердеванию и интенсивному износу металлических соединений. В процессе обработки поверхности детали меняется не только геометрия обрабатываемой поверхности но и в корне меняется структурное строение металла, а также свойства тонкого слоя поверхности детали [14].

По результатам лабораторных исследований выбиралась форма рабочего органа для притирки поверхности деталей двигателя внутреннего сгорания. Для этого на токарном станке были проведены испытания процесса притирки поверхности деталей рабочими органами различной формы. При этом фиксировались такие показатели как число оборотов ротационной щётки, затраченное время на обработку поверхности детали и качество притирки. В таблице 2 приведены результаты проведенных испытаний по обработке поверхности деталей различными типами шлифовальных рабочих органов. При этом, время затраченное на обработку детали каждым рабочим органом устанавливалось одинаковым и равным 5-ти минутам. Качество притирки оценивалось по 10-ти бальной шкале.

Из таблицы 1 видно, что обработка поверхности деталей ротационной щёткой имеет самый высокий балл.

Для повышения достоверности полученных результатов обработанная поверхность после притирки протиралась чистой салфеткой, затем эта салфетка взвешивалась на электронных весах. По результатам опытов установлено, что

наименьшее загрязнение салфетки наблюдалось после обработки ротационной щёткой. Поэтому для дальнейших исследований была выбрана ротационная щётка.

Таблица 1 - Результаты испытаний обработки различными рабочими органами и ротационной щёткой.

№	Наименование показателей	Наждачный камень и эмульсия	Брус с кожаным ремнем	Керамический брус 4-5	Ротационная щётка и эмульсия с абразивной смесью
1	Качество притирки, балл	6	8	7	9
2	Загрязнение салфетки, г	1,25±0,51	1,02±0,31	1,12±0,22	0,85±0,13
3	Время притирки шейки коленчатого вала, мин	5	5	5	5

На основании анализа конструкций шлифовальных приспособлений, с целью повышения качества притирки шеек коленчатого вала, были подготовлены ротационные щётки с различными типами ворсов и разными диаметрами барабанов.



Рисунок 2 – Типы ротационных щёток с различным ворсом и с различным диаметром.

Таблица 2 - Показатели притирки коленчатого вала эксцентриковой ротационной щёткой

№	Наименование показателей	Д=70 мм, цилиндрической формы	Д=20 мм, цилиндрической формы	Ротационная щётка эксцентриковой формы
1	Качество притирки, балл	8,3	8,7	9,2
2	Загрязнение салфетки, г	0,89±0,14	0,92±0,23	0,72±0,19
3	Время притирки шейки коленчатого вала, мин	5	5	5

Результаты испытаний показали, что при обработке поверхности детали ротационной щёткой со смещенным центром вращения можно добиться самых высоких показателей качества притирки при наименьших затратах времени (рис.2 и таблица 2).

Проведены сравнительные испытания различных способов притирки рабочей поверхности шеек коленчатого вала двигателя автомобиля “ДАМАС”. Результаты испытаний приведены в таблице 3. Показано, что при ручной притирки шероховатость $R_a=0,08-0,06$, притирки с кожаной лентой $R_a=0,06-0,04$, а притирки эксцентриковой ротационной щеткой с абразивной эмульсией самый минимальный $R_a=0,04-0,02$ мкм, что доказывает эффективность данного метода [15].

Таблица 3- Результаты обработки различными способами рабочей поверхности шейки коленчатого вала автомобиля “ДАМАС”.

№	Метод притирки	Время притирки 1-ой рабочей поверхности шейки, мин	мкм	
			R_a	R_z
1.	Ручная притирка(контрольная)	22,6	0,08-0,06	0,1-0,085
2.	Притирки с кожаным лентой	12,8	0,06-0,04	0,1-0,060
3.	Притирки эксцентриковой ротационной щеткой с абразивной эмульсией	5,3	0,04-0,02	0,05-0,025

В результате теоретических и экспериментальных исследований для улучшения качественных показателей ротационной щётки были выбраны следующие параметры: диаметр и частота вращения барабана, минимальная и максимальная высота щетинок щётки.

Для определения оптимальных параметров ротационной щётки применен метод планирования экспериментов. Для этого принят полный многофакторный план экспериментов V_4 , составлена матрица плана и при проведении 24-х опытов факторы, влияющие на процесс притирки изменялись на трёх уровнях.

Преимущества данного метода состоит в том, что факторы $X_1... X_k$ изменяются одновременно, и их влияние изучается посредством ответных функций $F=f(X_1... X_k)$. По результатам экспериментальных исследований, имеющих определенное количество опытных точек, можно получить аналитическое выражение в виде полинома для выбранной оценочной функции F

$$Y = V_0 + \sum V_i X_i + X_i X_j + \sum V_i X_i^2 + \dots \quad (1)$$

где: V_0 - свободный член;

V_i - коэффициент регрессии;

X_i, X_j - неуправляемые независимые факторы.

Анализ результатов теоретических исследований и проведенных лабораторных испытаний позволили установить степень и интервалы факторов, влияющих на работу ротационной щётки (таблица 4).

Таблица 4 - Факторы и пределы их изменений

№	Факторы	Обозначения	Единица измерения	Границы изменений	Условное обозначение	Изменение факторов		
						Нижнее	Базовое	Верхнее
						-1	0	+1
1	Радиус барабана	г	мм	50	X_1	150	200	250
2	Число оборотов барабана	н	об/мин	500	X_2	1000	1500	2000
3	Минимальная длина волокна	$X_{мин}$	мм	10	X_3	20	30	40
4	Максимальная длина волокна	$X_{мак}$	мм	10	X_4	50	60	70

Исходя из размеров коленчатого вала выбраны предельные размеры диаметров барабана ротационной щётки от 150 до 250 мм. Число оборотов вращающейся ротационной щётки выбрано с учетом мощности и числа ступеней скорости вращения шлифовального и токарного станков. Максимальная и минимальная длина ворса ротационной щётки установлена на основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований.

С целью упрощения записи результатов экспериментальных исследований и наблюдений а также их обработки размерные величины значений преобразуем на безразмерные сдующим образом:

$$X_i = (X_{ji} - X_{j0}) / \Delta X_i$$

где: X_{ji} - i -тый результат j -того эксперимента;

X_{j0} - основной фактор j -того эксперимента;

ΔX_i - интервал изменения i -того фактора.

Так как значения полученных величин X_i по $f_1(X)$ и $f_2(X)$ неизвестны, то принимаем их значения расположенные в граничных пределах:

$$-1 \leq X_i \leq +1 \quad (i = 1,2,3,4)$$

Путем обработки результатов экспериментальных исследований получены следующие уравнения регрессии:

степень притирки поверхности детали

$$\check{Y} = 83,63 - 0,81X_1 + 2,69X_2 + 1,33X_3 - 1,25X_4 - 1,13X_1X_2 + 1,24X_1X_3 + 1,95X_2X_3 - 6,06X_1^2 - 3,38X_3^2, \% \quad (2)$$

время притирки поверхности детали

$$\check{Y} = 0,973 - 0,045X_1 + 0,049X_2 + 0,24X_3 - 0,025X_4 - 0,007X_1^2 + 0,124X_1X_4 - 0,009X_2X_3 + 0,004X_2X_4 - 0,007X_3X_4 + 0,122X_1^2 + 0,011X_2^2, 0,020X_3^2 + 0,012X_4^2, \text{ минут} \quad (3)$$

Учитывая, то что основной целью многофакторного эксперимента является определение параметров обеспечивающих высококачественное притирки шейки коленчатого вала при малом расходе времени, определяем значения условного экстремума обоих уравнений регрессии.

Полученные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты оптимизации

№	Значения факторов	Факторы			
		$X_1(D)$	$X_2(n)$	$X_3(X_{\text{мин}})$	$X_4(X_{\text{мак}})$
1	Закодированное	0,0274	0,8472	0,3635	-0,1074
2	Фактическое	211,36	1354	31,23	58,49
3	Усредненное	212	1350	32	60

Анализ уравнения (2) показал, что на качество притирки шероховатости рабочей поверхности детали существенное влияние оказывает частота вращения и минимальная длина ворса ротационной щетки. Установлено, что увеличение диаметра и максимальной длины ворса ротационной щётки отрицательно влияет на степень притирки шероховатости поверхности деталей. Это объясняется тем, что с увеличением частоты вращения и минимальной длины ворса ротационной щётки повышается вероятность более плотного соприкосновения с обрабатываемой поверхностью. А увеличение диаметра и максимальной длины ворса снижает

вероятность соприкосновения ротационной щётки с обрабатываемой поверхностью, так как увеличивается расстояние между её ворсинками.

Анализ следующего уравнения (3) показал, что частота вращения и диаметр барабана также оказывают существенное влияние на процесс притирки поверхности деталей. Если диаметр барабана уменьшается т.е. увеличивается длина ворса, то увеличивается и время притирки детали, если увеличивается диаметр барабана, то уменьшается время. Это объясняется ещё и тем, что с увеличением частоты вращения увеличиваются динамические силы воздействия на обрабатываемую поверхность, также увеличение диаметра барабана приводит к уменьшению этих динамических сил, так как увеличивается угол захвата барабаном обрабатываемой поверхности детали.

Заключение

1. Разработан способ применения ротационной щетки с действующей переменной твердостью для притирки рабочей поверхности шеек коленчатых валов автотракторных двигателей.

2. Создана конструкция новой эксцентриковой ротационной щетки для обработки рабочей поверхности шеек коленчатых валов автотракторных двигателей, определены режимы обработки, а также установлены аналитическая и корреляционная связи между их параметрами

3. Разработана усовершенствованная технология притирки рабочей поверхности шеек коленчатого вала двигателей с помощью вращающейся эксцентриковой ротационной щётки.

4. Установлено, что при применении эксцентриковой ротационной щётки сокращается время притирки рабочей поверхности шеек коленчатого вала автотракторных двигателей, повышается эффективность процесса обкатки на 15-20% и увеличивается его ресурс работы на 7-12%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калачевский Б. А., Калмин Б. И., Колмаков Б. Г., Кoryто М. С. Современные методы формообразования и обработки заготовок деталей машин. Учебное пособие. 2003. -101 с.

2. Баженов С.П., Казьмин Б.Н., Носов С.В. Основы эксплуатации и ремонта автомобилей и тракторов. М.: «Академия», 2011.-336 с.

3. Панкрашев А. С. Интенсификация процессов приработки цилиндра-поршневой группы отремонтированных дизельных двигателей путем финишной обработки гилз цилиндров антифрикционными материалами. Автореферат дисс. к.т.н. -Санкт-Петербург: Пушкин. 2010.- 20 стр.

4. Бржозовский Б.М. Обеспечение технологической надежности при бесцентровой абразивной обработке. Монография. - Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2010. -216 с.

5. Бураев М. К. Оценка износа и годности деталей тракторов //Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2006. № 6. С.13-16.

6. Бишутин С.Г. Повышение долговечности деталей пар трения при финишной абразивной обработке. //Вестник Брянского государственного технического университета. 2009. № 4. С.4-7с.,

7. Кравчук М. А., Крайко С. Э., Шелег В. К. Определение шероховатости обработанной поверхности. 2019./ [Электронный ресурс] -Минск: БНТУ, 2019. С.26-27

8. Косимов К. Технологическое обеспечение прочности поверхности деталей машин // Журнал "Техника в селском хозяйстве". М., 2007. №4. С. 27-29.

9. Косимов И. С. Повышение ресурса валовых деталей автотракторных двигателей с помощью ротационной щётки (на примере коленчатых валов) Автореферат дисс. д.ф.т.н. - Андиджан: Анд.МИ 2024. -С.49
10. Косимов И.С. Повышение эффективности притирки деталей двигателя с использованием ротационной щётки // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. 2020. № 12 (81). С. 45-48 (05.00.00. № 12 (81))
11. Носиров И. З., Алматаев Т. О., Косимов И. С., Способ притирки поверхности детали и притир: Патент. IAP 03685 30.06.2008 Бюллетен № 6. . -61 стр
12. Karimxodjaev N., Qosimov I.S. Lapping of restored shaft parts of autotractor engine // Journal «The scientific heritage» Budapest. 2023. № 111 (111). pp.50-52. (05.00.00. ISSN 9215 — 0365)
13. Косимов И., Салижонов М.И. Выбор формы рабочего инструмента для притирки поверхности деталей ДВС // Международная научно-практическая конференция по теме: «Современные проблемы инновационного развития науки. Образования и производства» Андиджан. - 2020. С. 150-161.
14. Саблин П.А., Щетинин В.С. Высота микронеровностей и параметры шероховатости-комплексная оценка качества обработанной поверхности //Ученые записки. Комсомолского-на-Амуре государственного технического университета. 2020. №7. 90-94 стр.
15. Nasirov I.Z., Kosimov I.S. Choosing Method of Grinding Crankshaft Neck // Yeastern Yeuropean Scientific Journal (ISSN 2199-7977). DOI 10.12851/EESJ201905. Dusseldorf – Germany: www.auris-verlag.de., 2019. Pp.60-62.

T.O.Almatayev, I.S.Kasimov, N.Karimkhodjayev, N.T.Almatayev
Andijan State Technical Institute,
Andijan, Uzbekistan, iqosimov1970.andmi@gmail.com

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF FRICTION LAP ON THE ROUGHNESS PARAMETERS OF THE WORKING SURFACE OF CRUSHING PARTS

Abstract

The paper considers the issues of improving the quality and purity of processing the working surface of shaft parts during finishing using an eccentric rotary brush, and also presents the results of experimental studies of processing parts with an eccentric rotary brush.

Keywords: automotive and tractor engines, repair, wear, restoration of the working surface of shafts, eccentric rotary brush, lapping method after mechanical processing, reliability.