УДК 621.8

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОСЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР УПРОЧНЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Кокорева О.Г., Фадеев Ф.О.

Московская государственная академия водного транспорта, филиал ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова», Москва, e-mail: kokoreva_olga_2.11@mail.ru, fadeew.filipp@mail.ru

Важнейшим направлением в повышении надежности и долговечности является создание современных и совершенствование существующих конструкций. Установлена возможность выбора оптимальных сочетаний технологических режимов обработки для повышения износостойкости деталей. Построена модель зависимости шероховатости поверхностного слоя деталей от режимов упрочняющей обработки. Проведена оценка адекватности моделей по классической методике. Предложен эффективный технологический способ поверхностно-пластической деформации путем изменения кинематики воздействия инструмента и обработанной поверхности осей колесных пар. Представлена конструкция инструмента для упрочнения обработкой поверхностно-пластической деформации. Установлено, что путем рационального выбора режимов обработки поверхностно-пластической деформации возможно осуществлять технологическое управление параметрами шероховатости, существенно снизив износ деталей, оптимизировав при этом технологический процесс производства. Определены пути совершенствования технологической обработки тяжелонагруженных поверхностей деталей.

Ключевые слова: поверхностно-пластическая деформация (ППД), оси колесных пар (ОКП), формообразующая обработка, упрочнение поверхностного слоя, износостойкость, шероховатость

IMPROVEMENT OF RELIABILITY AND DURABILITY OF AXLE WHEELED PARTS LOWERED BY SURFACE-PLASTIC DEFORMATION

Kokoreva O.G., Fadeev F.O.

Moscow State Academy of Water Transport, branch of the State University of the Marine and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov, Moscow, e-mail: kokoreva_olga_2.11@mail.ru, fadeew.filipp@mail.ru

The most important direction in increasing reliability and durability is the creation of modern and improvement of existing structures. The opportunity of a choice of optimum combinations of technological modes of processing for increase of wear resistance of details is established. A model is constructed for the dependence of the roughness of the surface layer of parts on the conditions of hardening treatment. The adequacy of the models was evaluated according to the classical method. An effective technological method of surface-plastic deformation is proposed by changing the kinematics of the action of the tool and the machined surface of the axes of wheel pairs. The design of the tool for hardening by the treatment of surface-plastic deformation is presented. It is established that by rational choice of the modes of processing of surface-plastic deformation it is possible to carry out technological management of the parameters of roughness, significantly reducing the wear of parts, optimizing the technological process of production. The ways of improving the technological processing of the heavily loaded parts surfaces are determined.

Keywords: surface-plastic deformation, axes of wheel pairs, form-forming treatment, hardening of the surface layer, wear resistance, roughness

В настоящее время существует ряд методов упрочняющей обработки, которые обеспечивают существенное повышение надежности и долговечности деталей машин.

В основе каждого метода лежит механизм поверхностно-пластической деформации заключающегося в деформации волокон металла в определенном направлении при накатывание роликом, что приводит к изменению текстуры. Установлено, что характер формообразующей обработки, в результате которой волокна деформируются и перераспределяются, оставаясь целыми, оказывает большое влияние на износостойкость поверхности.

Известно, что наибольшее влияние на коэффициент трения оказывают среднее арифметическое отклонение профиля Ra и относительная опорная длина tp профиля; на линейный износ и интенсивность изнашивания – параметры Ra, tp, опорная длина η_p профиля, средний шаг Sm неровностей профиля. Было установлено, что разные виды взаимодействия контактных поверхностей деталей, при которых протекают механические, физико-химические, тепловые и другие процессы, в реальных условиях эксплуатации оборудования усложняют процесс трения. Однако существует возможность выбора оптимальных сочетаний

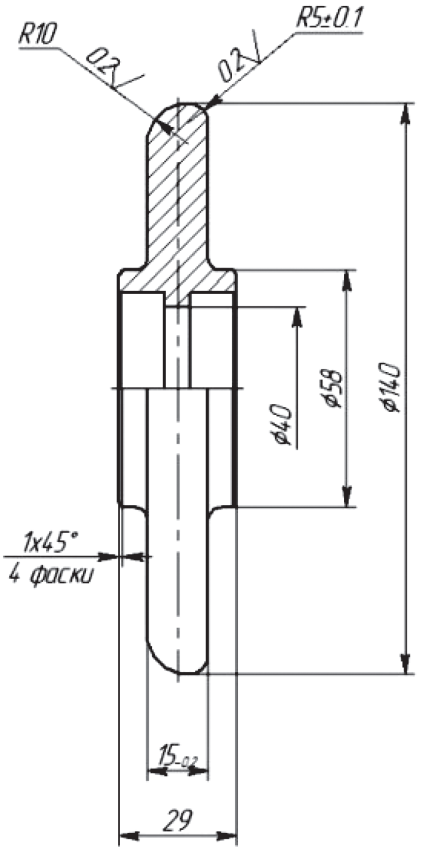
технологических режимов обработки, позволяющих получить поверхности фактически с требуемой макро – и микрогеометрией, существенно повысив износостойкость и снизить коэффициент трения в соединениях деталей [1].

Как один из возможных технологических способов для достижения поставленной цели является использование поверхностно-пластической деформации (ППД) путем изменения кинематики взаимодействия инструмента и обрабатываемой поверхности ОКП. Это дает возможность получить требуемую траекторию деформации поверхности, позволяющую уменьшить высоту микронеровностей.

Однако анализ исследований в этой области не позволяет выявить закономерности технологии обработки ОКП с параметрами качества обработанной поверхности.

Проведены исследования поверхностей осей колесных пар, изготовленных из специальной осевой стали ОсЛ ГОСТ 4728–89. При этом ось предварительно подвергалась токарной обработке на станке модели РТ2517 резцами, оснащенными пластинами твердого сплава Т15К6. Геометрические параметры режущей части резца α=8°, γ=10°, $\varphi=\varphi_1$=45°, λ=5°. Режимы обработки на токарной операции V = 60…75 м/мин, S=0,2…0,3 мм/об. Шероховатость под накатывание R_z=20 мкм.

Упрочняющая обработка производилась роликом с криволинейной образующей (рисунок), который изготовлен из стали Х12М, который изготовлен из стали 62…64, диаметр ролика 140 мм [6].



Ролик с криволинейной образующей

Известно, что качество формирования поверхностного слоя значительное влияние оказывают такие величины, как скорость вращения, подача, пространственное расположение осей инструмента и детали.

Задача исследований сводится к планированию и реализации k-факторного эксперимента для оценки значений коэффициентов b_i функции отклика на основании существующей методики [2].

Линейное уравнение этой функции имеет вид

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^{k} b_{ij} x_i x_j , \qquad (1)$$

где y – параметр оптимизации, а именно шероховатость Ra; b_0, b_1, b_2, b_3 – коэффициенты подлежащие определению и зависящие от характера обработки; x_1 – фактор S, мм/об – подача; x_2 – фактор V, м/мин – скорость обкатывания; x_3 – фактор θ, град. – знак скрещивания.

Коэффициенты оцениваются по результатам эксперимента и определяются по формуле:

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^{N} x_{ij} y_j}{N} . \qquad (2)$$

Построение плана эксперимента сводится к выбору экспериментальных точек, симметричных относительно нулевого уровня. Нулевой или основной уровень определяется из анализа априорной информации, т.е. полученной до начала эксперимента. Для каждого фактора выбирается два уровня, на которыз он будет варьироваться в эксперименте (табл. 1).

Число опытов, необходимое для реализации всех возможных сочетаний уровней факторов, находится по формуле

$$N = 2^k , \qquad (3)$$

где N – число опытов; k – число факторов; 2 – число уровней.

Тогда: $N=2^3=8$.

Матрица планирования и результаты опытов приведены в табл. 2.

Таблица 1

Уровни и интервалы варьирования

	X_1 (подача)	X_2 (скорость/частота)	X_3 (угол)	X_4 (знак угла)
Основной уровень	0,26	180	15	+
Интервал варьирования	0,04	20	5	+
Верхний уровень	0,30	200	30	+
Нижний уровень	0,22	160	20	-

Таблица 2

Матрица планирования для полного факторного эксперимента

№ опыта	Порядок реализации	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	Y
1	4	+	+0,3	+200	+30	+	0,158
2	3	+	-0,22	+200	+30	-	0,365
3	8	+	+0,3	-160	+30	-	0,168
4	5	+	-0,22	-160	+30	+	1,261
5	7	+	+0,3	+200	-20	-	1,333
6	2	+	-0,22	+200	-20	+	0,483
7	1	+	+0,3	-160	-20	+	0,808
8	6	+	-0,22	-160	-20	-	0,604

Согласно методике [2] были определены коэффициенты регрессии модели (1), вычислена дисперсия параметра оптимизации S_y^2=0,005987, средняя квадратичная ошибка в определении коэффициентов регрессии $s(b_i)$=0,0007483, доверительный интервал коэффициентов регрессии при 5%-м уровне значимости коэффициентов Δb_i=±0,12. По доверительному интервалу были выделены статически значимые коэффициенты регрессии.

Таким образом, разработана модель зависимости шероховатости от режимов обработки ППД в виде полиному первой степени:

$$Y = 0,6475 - 0,1595X_3 + 0,1915X_1X_2 - \\ -0,2942X_1X_3 - 0,1637X_2X_3. \quad (4)$$

Согласно полученной модели (4) параметр оптимизации (y) уменьшается с увеличением значений фактора X_3, а также факторов X_1X_2, X_1X_3 и X_2X_3 действующих совместно.

Проверку адекватности модели (4) проводили по F-критерию Фишера, для чего рассчитывалась дисперсия адекватности.

$$s_{Ad}^2 = 0,013435. \quad (5)$$

Модель считается адекватной, если соблюдается условие:

$$F_p < F_t, \quad (6)$$

где F_p – расчетное значение критерия Фишера; F_t – теоретическое значение критерия Фишера, по справочным данным F_t=19,2 [2].

$$F_p = s_{Ad}^2 / s_y^2. \quad (7)$$

Тогда: 2,24<19,2.

Следовательно, модель адекватна.

Модель зависимости шероховатости от факторов обработки ППД будет иметь вид:

$$Ra = Y = 0,6415 - 0,1595\theta + \\ +0,1915Sn - 0,2942S\theta - 0,1637n\theta. \quad (8)$$

Анализ данной модели показывает, что на параметр оптимизации (шероховатость) оказывает влияние угол скрещивания θ осей ролика и детали, а также взаимодействие таких факторов как подача и скорость вращения, подача и угол скрещивания, скорость вращения и угол скрещивание.

На основе результатов получено следующее значение шероховатости Ra=0,34…0,4 (требуемая 1,64…3,2 мкм) [4]. Полученные данные позволяют сделать вывод, что путем рационального выбора уровней факторов, определяющих условия обработки ППД, делают реальным возможность осуществлять технологическое управление параметрами шероховатости, и тем самым снизить износ детали, а как следствие исключить операцию шлифования из технологического процесса обработки осей колесных пар. А так же позволяет определить приоритетные пути дальнейшего совершенствования технологии обработки.

Список литературы

1. Гасанов Ю.Н. Износ поверхностей деталей, обработанных при различных сочетаниях технологических операций // Вестник машиностроения. – 2001. – №4. – С. 50–52.

2. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.

3. Школьник Л.М., Шахов В.И. Технология и приспособления для упрочнения и отделки деталей накатыванием. – М.: Машиностроение, 1964, – 184 с.

4. Технологическая инструкция по упрочнению накатыванием роликами осей колесных пар локомотивов и моторных вагонов ТИ 32 ЦТ – ВНИИЖТ – 95. – М.: ВНИИЖТ, 1995. – 14 с.

5. Комплект документов на технологический процесс обработки резанием детали «Ось колесной пары 27.03.03.04.101».

6. Орлов В.В., Кокорева О.Г. Пути повышения качества поверхностей осей колесных пар упрочненных поверхностно-пластическим деформированием // СТИН. – 2006. – №9 – С. 29–30.