

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБКАТЫВАНИЯ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КОНТАКТНОЙ ПРОЧНОСТИ.

Борис Бутаков, Дмитрий Марченко

Николаевский государственный аграрный университет
54029 Украина, г. Николаев, ул. Парижской комунны 9

Аннотация. Описана методика экспериментальных исследований технологического процесса обкатывания канатных блоков с помощью устройства с клиновым роликом. Приведены результаты экспериментальных исследований, в ходе чего, методом кругого восхождения, выяснены оптимальные конструкторско-кинематические параметры устройства.

Ключевые слова: обкатывание роликами, контактная прочность, планирование эксперимента, канатные блоки, устройство с клиновым роликом.

ВВЕДЕНИЕ

Создание способов и технологий, которые могут быть применены для упрочнения и повышения износостойкости, контактной прочности деталей путем поверхностной пластической деформации, является актуальным [1, 2]. Результаты научно-исследовательской работы по экспериментальным исследованиям влияния обкатывания роликами на долговечность стальных деталей, работающих при контактом смятии, проверены в производственных условиях при работе канатных блоков со стальными канатами [3 – 6].

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения исследований технологического процесса поверхностного упрочнения канатных блоков с помощью обкатывания роликов использовали экспериментальное устройство (рис. 1), которое содержит роликовый узел и рычажный силовой пружинный механизм поджатия ролика к детали, смонтированный в корпусе устройства [7]. Ролик устройства для обкатывания выполнен клинообразной формы с выпуклой образующей рабочего профиля, что позволяет одновременно обкатывать как конические, так и тороидальную поверхности

канатного блока и облегчает технологию чистового и упрочняющего обкатывания [8 – 10].

При обкатывании конической поверхности ручья канатного блока клиновым роликом с постоянной кривизной поверхности торцев ролика приведенная кривизна контакта ролика с деталью в плоскости подачи имеет значительно большие величины, чем при обкатывании круговой впадины, на конической поверхности средний угол φ вдавливания ролика значительно превысит 5° и следовательно, будет иметь место перенаклеп поверхности, появится недопустимая волнистость на обработанной поверхности [11]. Поэтому рабочая поверхность клинового ролика сделана с переменной кривизной.



Рис. 1. Экспериментальное устройство для обкатывания канатных блоков клиновым роликом

Fig. 1. The experimental device for an obkatyvaniye of rope sheaves a maple roller

Рычажный силовой пружинный механизм установлен с клиновым роликом на подшипниках качения. При установке подшипников скольжения в процессе обкатывания возникнет неравномерная деформация конической поверхности ручья канатного блока, и значительные силы трения скольжения, возникающие на поверхностях оси и боковых стенок рычага во время поворота последнего вокруг своей оси за счет биения профиля клинового ролика, будут то вычитаться из силы пружины, то складываться с ней, в зависимости от направления перемещения роликового узла. Как показали исследования, колебание усилия обкатывания составляют в этом случае до 45 % [12], что и приведет к появлению волнистости на боковых конических поверхностях ручья канатного блока.

Процесс обкатывания с помощью устройства с клиновым роликом осуществлялся на универсальном токарно-винторезном станке 1К65 (рис. 2). Регулирование таких параметров, как скорость обкатывания и число оборотов блока контролировалось на станке при соответствующей его настройке. Угол наклона профиля ручья и отклонения его формы от прямолинейной измерялись с помощью индикатора. Для исследования влияния обкатывания на качество поверхности и на степень упрочнения изготавливались клиновые ролики с переменным профильным радиусом его торцев.

Процесс обкатывания клиновым роликом канатных блоков на экспериментальном оборудовании снимали видеокамерой (Panasonic SDR – S26) с последующим кадровой изучением.

Канатный блок 2 (рис. 2) устанавливали отверстием в центр патрона станка и поджимали центром 3 задней бабки 4 универсального токарно-винторезного станка. Устройство 1 кронштейном закрепляли в резцедержателе суппорта станка. Перемещением суппорта станка ролик вводили в ручей канатного блока так, чтобы он своей узкой частью рабочего профиля

коснулся впадины ручья канатного блока. Усилие на ролике устанавливалась с помощью вращения гайки тяги на тяге устройства для сжатия пружины на необходимую величину (при сжатии пружины на 3,5 мм усилие на ролике составляло 1 кН).

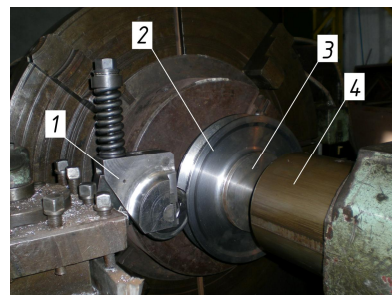


Рис. 2. Общий вид экспериментального оборудования:

- 1 – устройство для обкатывания канатных блоков;
- 2 – канатный блок; 3 – оправка;
- 4 – задняя бабка токарного станка

Fig. 2. General view of the experimental equipment:

- 1 – the device for an obkатыvaniye of rope sheaves;
- 2 – rope sheave; 3 – mandrel; 4 – back grandma of the lathe

Обкатываемую поверхность блока смазывают машинным маслом и включают его вращение со скоростью 40 – 50 м/мин.

В процессе вращения канатного блока за счет сил трения вращается ролик устройства и рабочие торцы ролика оставляют на обкатываемой поверхности детали два синусоидальных следа, которые по мере вращения блока и ролика постепенно смещаются в круговом направлении, пока вся поверхность ручья не окажется продеформированной.

Усилие на ролике колеблется в пределах $\pm 5\%$, так как сила трения в подшипниках качения мала, поскольку коэффициент трения f_k в подшипниках качения не больше 0,008. Этим обеспечивается равномерная деформация поверхностного слоя ручья блока.

Степень наклепа измеряли и определяли после обкатывания с помощью

универсального интегрального динамического твердомера TIME Hardness Tester TH130 (рис. 3), который обеспечивает высокую точность и широкий диапазон измерения, а также может быть подсоединен к ПЕОМ.



Рис. 3. Процесс измерения твердости поверхности профиля канатного блока после обкатывания
Fig. 3. Process of measurement of hardness of a surface of a profile of a rope sheave after an obkattyvaniye

Шероховатость рабочей поверхности до и после обкатывания канатного блока исследовалась двумя методами.

До обкатывания шероховатость поверхности канатного блока была определена с помощью эталонных образцов шероховатости ОШ (ГОСТ 9378 – 93, изготовленных в соответствии с требованиями ГОСТ 2789 – 73). После обкатывания с различными режимами в профиль канатного блока заливалась самотвердеющая пластмасса на основе акриловых смол «ПРОТАКРИЛ – М», таким образом делались реплики [13]. Рабочую поверхность профиля блока в местах снятия реплик обезжировали ацетоном. После высыхания пасты (время полимеризации 25 – 30 мин при температуре 35 – 40 °С) шлифовалась противоположная сторона реплики.

Кроме того шероховатость и волнистость обкатанной поверхности измерялась с помощью профилографа-профилометра типа А1 (ГОСТ 19299 – 73 и ГОСТ 19300 – 73), модель 252 завода «Калибр» (рис. 4), а по профилограммам определялись значения R_a .

Погрешность определения шероховатости поверхности с применением реплик составляет не больше 8 %.

В ходе экспериментальных исследований анализ экспертной оценки («психологический эксперимент») и статистической обработки значений факторов [14 – 19] позволили сделать вывод о наибольшем влиянии на качество выполнения технологического процесса следующих четырех факторов: угол вдавливания ролика; профильный радиус ролика; количество оборотов блока; скорость обкатывания. В результате чего использовался трехуровневый, четырех факторный план Бокса 2-го порядка проведения эксперимента [3].



Рис. 4. Общий вид профилографа-профилометра М – 252
Fig. 4. A general view profilografa-profilometra М – 252

После статистической обработки экспериментальных данных на ПЕОМ (с помощью программ Statistica и Excel) получены математические модели для шероховатости поверхности ($ШП$) и степени наклепа ($СН$), которые описывают технологический процесс обкатывания канатных блоков.

Уравнения регрессии имеют вид:

$$\begin{aligned} ШП = & 1922402789X_1 + 02520X_2 - 05837X_3 - 04970X_4 - \\ & - 0014X_1 \cdot X_2 + 0280X_1 \cdot X_3 - 0002X_1 \cdot X_4 - 0154X_2 \cdot X_3 + \\ & + 0257X_2 \cdot X_4 + 0359X_3 \cdot X_4 - 0094X_1^2 - 0522X_2^2 + \\ & + 1405X_3^2 - 1280X_4^2; \end{aligned}$$

$$CH=475008-0,2578X_1-0,7167X_2+0,135X_3+0,1157X_4-0,127X_1 \cdot X_2+0,236X_1 \cdot X_3-0,535X_1 \cdot X_4-0,124X_2 \cdot X_3+0,115X_2 \cdot X_4-1,062X_3 \cdot X_4-0,483X_1^2-0,106X_2^2-0,925X_3^2+0,931X_4^2.$$

В качестве объекта исследования [20 – 22] влияния обкатывания роликами на контактную прочность были приняты канатные блоки, долговечность рабочего профиля которых составляла не больше 3 – 4-х месяцев.

ВЫВОДЫ

В результате проведения экспериментальных исследований с применением метода крутого восхождения определены оптимальные конструкторско-кинематические параметры процесса обкатывания. С помощью планирования эксперимента при оптимизации технологического процесса обкатывания канатного блока клиновым роликом получены следующие оптимальные режимы обработки: профильный радиус ролика (X_1) 15 мм, скорость обкатывания (X_2) 40 – 50 м/мин, оптимальный угол вдавливания ролика (X_3) 5 град, количество оборотов блока (X_4) 160 – 180 об.

Их оптимальное сочетание формирует качество выполнения технологического процесса поверхностного упрочнения стальных деталей обкатыванием роликами со следующими показателями: шероховатость поверхности ($ШП$) – 1...1,9 мкм; степень наклепа (CH) – 46,5...56 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов А. 2010. Новая теория контактной прочности упруго сжатых тел / А. Попов // MOTROL. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture Polish Academy of Sciences Branch of Lublin Ropczyce School of Engineering and Management. — Lublin, — Tom 12A. — 223—232.
2. Попов А. 2011. Контактная прочность зубчатых муфт с продольно модифицированными зубьями / А. Попов, О. Савенков // MOTROL. Commission of

Motorization and Power Industry in Agriculture Polish Academy of Sciences Branch of Lublin Ropczyce School of Engineering and Management. — Lublin, — Tom 13A. — 167—176.

3. Бугаков Б.И. 2010. Оптимизация параметров поверхностного упрочнения обкатыванием роликами канатных блоков с целью повышения их контактной прочности / Б. И. Бугаков, Д. Д. Марченко // Проблеми трибології. — № 3. — 99—107.

4. Б. И. Бугаков. 1984. Усовершенствование процесса чистового обкатывания деталей роликами / Б. И. Бугаков // Вестник машиностроения. — №7. — 50—53.

5. Бугаков Б.И. 2007. Технология обкатывания роликами деталей складной формы / Б.И. Бугаков, Д.Д. Марченко // Вісник аграрної науки Причорномор'я. — Миколаїв. — Вип. 1 (39) — 242—251.

6. Бугаков Б.И. 2008. Разработка способа обкатывания роликами стальных деталей с целью повышения их контактной прочности / Б.И. Бугаков, Д.Д. Марченко // MOTROL. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture Polish Academy of Sciences Branch of Lublin Ropczyce School of Engineering and Management. — Lublin, — Vol. 10B. — 15—28.

7. Бабей Ю.И. 1995. Поверхностное упрочнение металлов / Ю.И. Бабей, Б.И. Бугаков, В.Г. Сысоев. — К.: Наукова думка. — 256.

8. Бугаков Б.И. 2006. Упрочнение деталей с помощью ППД с целью повышения их контактной прочности и износостойкости / Б.И. Бугаков, С.И. Пастушенко, В.А. Артох, Д.Д. Марченко // Вісник Полтавської державної аграрної академії. — №4. — 28—30.

9. Бугаков Б. И. 2011. Дослідження мікроструктури зразків після поверхневого пластичного деформування / Б. И. Бугаков, Д. Д. Марченко // Матеріали VII-ої Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Перспективна техніка і технології – 2011». — Миколаїв: МДАУ. — 25—33.

10. Бутаков Б.И. 2008. Повышение контактной прочности стальных деталей с помощью поверхностного пластического деформирования / Б.И. Бутаков, Д.Д. Марченко // Проблемы трибологии. — № 1. — 14—23.
11. Бутаков Б. И. 1992. Основные принципы технологии импульсного и малоскоростного воздействия на структуру и свойства металлов и сплавов: дис. на соискание ученой степени доктора техн. наук: 05.02.01 / Бутаков Борис Иванович. — К. — 533.
12. Бутаков Б.И. 2009. Влияние поверхностной пластической деформации на степень упрочнения и диффузию химических элементов в поверхностном слое / Б. И. Бутаков, Д. Д. Марченко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Сборник научных трудов. — Харьков : Северо-восточный научный центр. Транспортная академия Украины. — Выпуск 46. — 17—21.
13. Аркулис Г.Э. 1971. Измерения шероховатости поверхности с помощью реплик / Г. Э. Аркулис, М. И. Куприн, В. Д. Голев, А. М. Игонькин // Вестник машиностроения. — № 12. — 48—50.
14. Адлер Ю.П. 1976. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. — М.: Наука — 280.
15. Спиридонов А.А. 1975. Планирование эксперимента. Учебное пособие / А.А. Спиридонов, Н.Г. Васильев. — Свердловск: УПИ им. С.М. Макарова. — 152.
16. Касандикова О.Н. 1976. Обработка результатов наблюдений / О.Н. Касандикова, В.В. Лебедев. — М.: Наука. — 18—22.
17. Степнов М.Н. 1972. Статистическая обработка результатов механических испытаний / Степнов М.Н. — М.: Машиностроение. — 232.
18. Степнов М.Н. 1985. Статистическая обработка результатов механических испытаний. Справочник / Степнов М.Н. — М.: Машиностроение. — 306.
19. Смирнов Н.В. 1969. Курс теории вероятностей и математической статистики / Н.В. Смирнов, И.В. Дунин-Барковский — М.: Наука. — 512.
20. Новик Ф.С. 1980. Оптимизация процессов технологии металлов методом планирования экспериментов / Новик Ф.С. — М.: Машиностроение. — 340.
21. Шенк Х. 1972. Теория инженерного эксперимента / Шенк Х. — М.: Мир. — 259.
22. Веденяпин Г.В. 1973. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Веденяпин Г.В. — М.: Колос. — 134.

TECHNIQUE AND RESULTS OF
PILOT STUDIES OF
TECHNOLOGICAL PROCESS OF
ROLLING OF STEEL DETAILS FOR
THE PURPOSE OF INCREASE OF
CONTACT DURABILITY.

Abstract. The technique of pilot studies of technological process of an rolling of rope sheaves by means of the device with a maple roller is described. Results of pilot studies during that, the method of an abrupt ascension, found out optimum design and kinematic parameters of the device are given.

Key words: rolling rollers, contact durability, experiment planning, rope sheaves, the device with a maple roller.