



Міністерство освіти і науки України;
Кіровоградський національний технічний
університет;
Національний університет кораблебудування ім.
адмірала Макарова;
Миколаївський державний гуманітарний університет
імені Петра Могили
Миколаївський національний аграрний університет

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА МІЦНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ПРИ РЕМОНТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЕРСПЕКТИВНИХ МЕТОДІВ ЗМІЦНЕННЯ

МАТЕРІАЛИ

Всеукраїнської науково-практичної конференції

м. Миколаїв, 25-26 вересня 2013 року

**Миколаїв
2013**

УДК 621.7; 621.8; 539.4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБКАТЫВАНИЯ РОЛИКАМИ КАНАТНЫХ БЛОКОВ

Б. И. Бутаков, д.т.н., профессор

Д. Д. Марченко, ассистент

И. М. Данильчук, студент группы Пб м

Николаевский национальный аграрный университет

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

Описана методика экспериментальных досліджень технологічного процесу обкатування канатних блоків за допомогою пристрою із клиновим роликом. Наведені результати експериментальних досліджень, у ході чого методом крутого сходження з'ясовані оптимальні конструкторсько-кінематичні параметри пристрою.

Создание способов и технологий, которые могут быть применены для упрочнения и повышения износостойкости, контактной прочности деталей путем поверхностной пластической деформации, является актуальным. 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 [1].

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

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. 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.

Для обеспечения оптимального усилия обкатывания при обработке конической поверхности ручья канатного блока, где приведенная кривизна контакта ролика с деталью в плоскости подачи имеет значительно больше 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. Поэтому рабочая поверхность клинового ролика выполнена с переменной кривизной.

Рычажный силовой пружинный механизм установлен с клиновым роликом на подшипниках качения. При установлении подшипников скольжения в процессе обкатывания возникнет неравномерная деформация конической поверхности ручья канатного блока, так как значительные силы трения скольжения, возникающие на поверхностях оси и боковых стенок рычага во время поворота последнего вокруг своей оси при биении 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 % [2], что и приведет к появлению волнистости на боковых конических поверхностях ручья канатного блока.



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

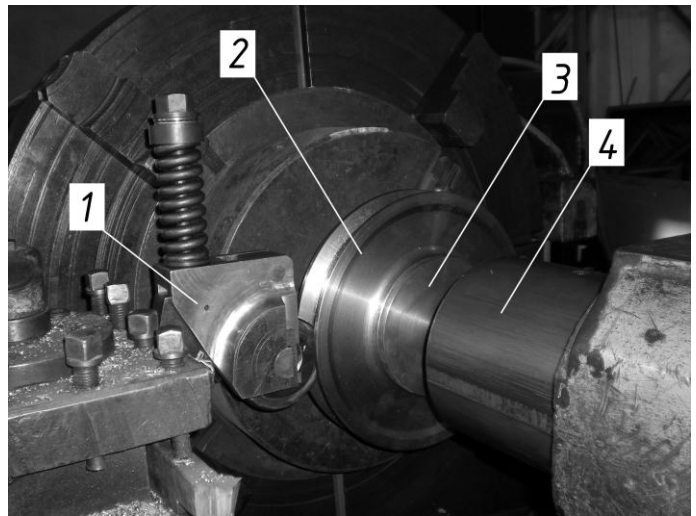


Рис. 2. Общий вид экспериментального оборудования: 1 – устройство для обкатывания канатных блоков; 2 – канатный блок; 3 – оправка; 4 – задняя бабка токарного станка

Процесс обкатывания с помощью устройства с клиновым роликом проводился на универсальном токарно-винторезном станке 1К65 (рис. 2), потому что регулирование таких параметров, как скорость обкатывания и число оборотов блока контролировалось на станке при соответствующей 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 переменные клиновые ролики с разными углом вдавливания и профильным радиусом.

Процесс обкатывания клиновым роликом канатных блоков на экспериментальном оборудовании снимали видеокамерой (Panasonic SDR – S26) с последующим покадровым 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 резцедержатель 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 устанавливается с помощью вращения гайки на тяге устройства для сжатия пружины на необходимую величину (при сжатии пружины на 3,5 мм усилие на ролике составляет 1 кН).

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 образуют 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 TИME Hardness Tester TH130 (рис. 3), который обеспечивает высокую точность и широкий диапазон измерения, а также может быть подсоединен к ПЕОМ.

Шероховатость рабочей поверхности до и после обкатывания канатного блока исследовалось 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 [3]. Рабочую поверхность профиля блока в местах снятия реплик обезжиривали ацетоном. После высыхания пасты (время полимеризации 25 – 30 мин при температуре 35 – 40 °С) шлифовалась одна 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 позволили сделать вывод о наибольшем влиянии на качество выполнения технологического процесса следующих четырех факторов: угла вдавливания ролика; профильного радиуса ролика; количества оборотов блока; скорости обкатывания. В результате чего использовался трехуровневый, четырех факторный план Бокса 2-го порядка проведения эксперимента [1].



Рис. 3. Процесс измерения твердости поверхности профиля канатного блока после обкатывания



Рис. 4. Общий вид профилографа-профилометра М – 252

После статистической обработки экспериментальных данных на ПЕОМ (с помощью программ Statistica и Excel) получены математические модели для шероховатости поверхности (*ШП*) (1) и степени наклепа (*СН*) (2), которые описывают технологический процесс обкатывания канатных блоков.

Уравнения регрессии имеют вид:

$$\begin{aligned} ШП = & 1,9224 - 0,2789 \cdot X_1 + 0,2520 \cdot X_2 - 0,5837 \cdot X_3 - 0,4970 \cdot X_4 - \\ & - 0,014 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,280 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,002 \cdot X_1 \cdot X_4 - 0,154 \cdot X_2 \cdot X_3 + \\ & + 0,257 \cdot X_2 \cdot X_4 + 0,359 \cdot X_3 \cdot X_4 - 0,094 \cdot X_1^2 - 0,522 \cdot X_2^2 + \\ & + 1,405 \cdot X_3^2 - 1,280 \cdot X_4^2; \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} СН = & 47,5008 - 0,2578 \cdot X_1 - 0,7167 \cdot X_2 + 0,135 \cdot X_3 + 0,1157 \cdot X_4 - \\ & - 0,127 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,236 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,535 \cdot X_1 \cdot X_4 - 0,124 \cdot X_2 \cdot X_3 + \\ & + 0,115 \cdot X_2 \cdot X_4 - 1,062 \cdot X_3 \cdot X_4 - 0,483 \cdot X_1^2 - 0,106 \cdot X_2^2 - \\ & - 0,925 \cdot X_3^2 + 0,931 \cdot X_4^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Результаты расчетов, получено при сочетании факторов X_1 и X_2 , приведены на рис. 5.

Если рассмотреть построенные графики, то можно сделать вывод, что зона оптимального сочетания факторов ограничена кривыми ШП и СН в точках *A, B, C, F, G*. При этом шероховатость поверхности будет лежать в пределах $1,2 \text{ мкм} < \text{ШП} < 1,4 \text{ мкм}$, а степень наклепа $44 \% < \text{СН} < 45 \%$.

При данных показателях критериев оптимизации величина профильного радиуса ролика должна составлять 16...20 мм, а скорость обкатывания - 27...36 м/мин.

Последовательным изменением сочетания факторов, получены двумерные пересечения поверхностей отклика при всех возможных комбинациях факторов.

Так при сочетании факторов значения угла вдавливания (X_3) и количества оборотов блока (X_4) при $X_1 = 0$ (профильный радиус ролика) и $X_2 = 0$ (скорость обкатывания) были получены уравнения регрессии в виде:

$$\begin{aligned} \text{ШП} = & 1,9224 - 0,5837 \cdot X_3 - 0,4970 \cdot X_4 + 0,359 \cdot X_3 \cdot X_4 + \\ & + 1,405 \cdot X_3^2 - 1,280 \cdot X_4^2; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{СН} = & 47,5008 + 0,135 \cdot X_3 + 0,1157 \cdot X_4 - 1,062 \cdot X_3 \cdot X_4 - \\ & - 0,925 \cdot X_3^2 + 0,931 \cdot X_4^2. \end{aligned} \quad (4)$$

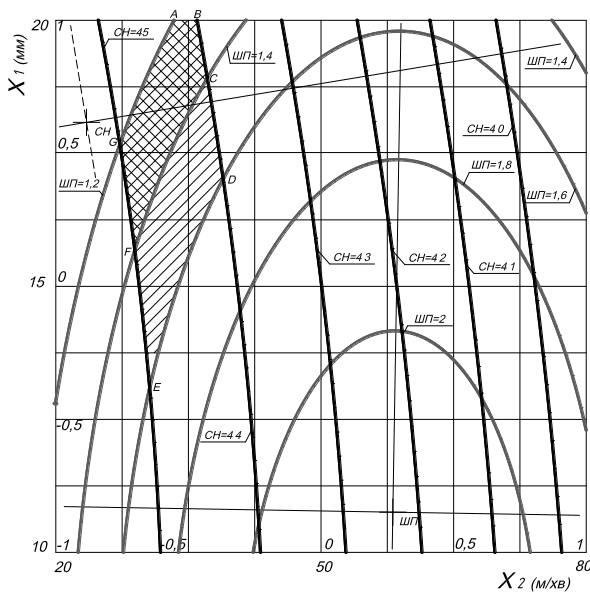


Рис. 5. Двухмерные пересечения поверхностей отклика при сочетании факторов X_1 и X_2 при $X_3 = 0$ и $X_4 = 0$

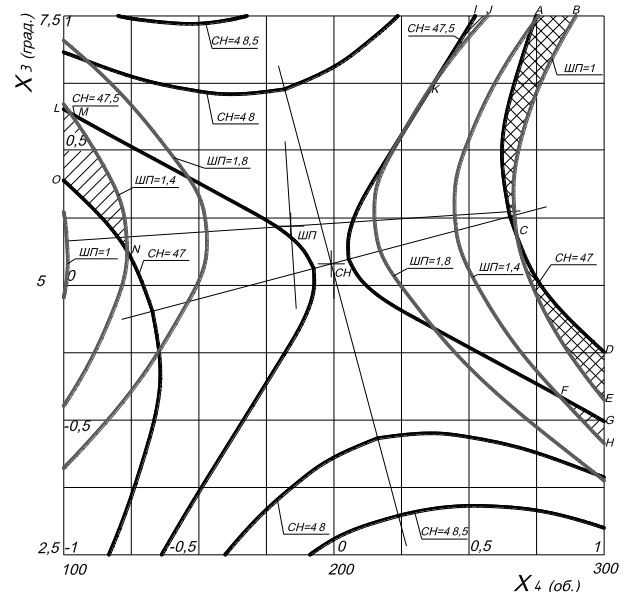


Рис. 6. Двухмерные пересечения поверхностей отклика при сочетании факторов X_3 и X_4 при $X_1 = 0$; $X_2 = 0$

Решение системы уравнений дало координаты центров поверхностей отклика:

для шероховатости поверхности: $X_3 = 0,22$; $X_4 = - 0,16$; $\alpha = 3,81^\circ$; $Y_S = 1,89$;

для степени наклепа: $X_3 = 0,08$; $X_4 = - 0,01$; $\alpha = 14,8^\circ$; $Y_S = 47,50$.

На рис. 6 приведены результаты, полученные для уравнений (3) и (4), из которых видно, что зоны оптимального сочетания факторов ограничены

кривими *ШП* и *СН* в точках *A, B, C* и *C, D, E*. При этом шероховатость поверхности в обеих зонах около 1 мкм, а степень наклепа составляет 47 %, при этом угол вдавливания ролика составляет $4^{\circ} \dots 7^{\circ}$, а количество оборотов блока 265...300 об.

В результате проведения экспериментальных исследований с применением метода крутого восхождения выяснены 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; степень наклепа (*СН*) – 46,5...56 %.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бутаков Б. И. Оптимизация параметров поверхностного упрочнения обкатыванием роликами канатных блоков с целью повышения их контактной прочности / Б. И. Бутаков, Д. Д. Марченко // Проблемы трибологии. — 2010. — № 3. — С. 99—107.
2. Б. И. Бутаков. Усовершенствование процесса чистового обкатывания деталей роликами / Б. И. Бутаков // Вестник машиностроения. — 1984. — №7. — С. 50—53.
3. Аркулис Г. Э. Измерения шероховатости поверхности с помощью реплик / Г. Э. Аркулис, М. И. Куприн, В. Д. Голев, А. М. Игонькин // Вестник машиностроения. — 1971. — № 12. — С. 48—50.

PILOT STUDIES OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF OBKATYVANY ROLLERS OF ROPE SHEAVES

B.I. Butakov, D.D. Marchenko, I.M. Danilchuk.

The technique of pilot studies of technological process of an obkatyvaniye 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.