

ИССЛЕДОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ВАЛОВ ОБКАТАНЫХ УСТРОЙСТВОМ СО СТАБИЛИЗАЦИЕЙ РАБОЧЕГО УСИЛИЯ ОБКАТЫВАНИЯ

Борис Бутаков, Виталий Артюх

Николаевский государственный аграрный университет
54029 г. Николаев ул. Крылова 17А

Аннотация. Проведены исследования точности диаметров валов после обкатывания деталей роликами устройством со стабилизацией рабочего усилия обкатывания. В результате исследований установлено, что после обкатывания точность деталей не выходит за пределы допуска.

Ключевые слова: обкатывание роликами, закон распределения, деформация, качество обработки, поле допуска.

ВВЕДЕНИЕ

Обкатывание деталей роликами с помощью устройства со стабилизацией рабочего усилия обкатывания сопровождается перераспределением металла в поверхностном слое и изменением наружного диаметра детали в зависимости от технологических параметров процесса и исходной шероховатости поверхности перед обкатыванием [1-6].

Применение способа обкатывания роликами в качестве финишной операции для обработки рабочих поверхностей деталей машин и механизмов, в частности валов, определило необходимость проведения исследования точностных характеристик этого способа.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Если допуск обрабатываемой поверхности вала по величине сравним с ожидаемым изменением диаметра или меньше его, то вал должен быть подготовлен под обкатывание с требуемым допуском, но с измененным на величину усадки номинальным размером которая представлена в табл.1 [6]

Исследование выполнялось на образцах валов диаметром 50 мм, изготовленных из стали 40 (200 НВ) в количестве 200 шт. обработанных последовательно шлифованием и обкатыванием со стабилизацией рабочего усилия обкатывания после точения (профильный радиус ролика $r_{\text{рол}} = 6$ мм, усилие обкатывания $P = 3$ кН, исходная шероховатость поверхности $R_a = 2,5$ мкм).

Как видно из табл.1 исходная шероховатость поверхности вала после точения соответствует 6 классу, поэтому перед обкатыванием оставляли припуск 0,015мм.

Анализ точности обработки образцов валов выполнялся статистическим методом (по кривым распределения [7-9]). Замеры деталей осуществлялись после каждого вида обработки рычажным микрометром "Карл Цейс Йена" (зав. № 46370) с пределами измерения 0-50 мм и ценой деления 0,002 мм в двух поперечных сечениях, по двум направлениям в каждом сечении. Из четырех полученных результатов вычислялось среднее арифметическое значение диаметров, которое и принималось за размер вала.

Таблица 1. Уменьшение диаметров валов при обкатывании в зависимости от шероховатости поверхности и способа предварительной обработки

Table 1. Reduction of diameters of shaft at обкатывании depending on a roughness of a surface and спо-соба preliminary processing

Способ предварительной обработки	Класс шероховатости подготовленной поверхности	Изменение диаметра после обкатывания в мм
Точение	4	0,03 – 0,06
	5	0,02 – 0,04
	6	0,01 – 0,02
Шлифование	5	0,01 – 0,02
	6	0,005 – 0,015

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Отклонения от круглости образцов валов определялось на кругломере "TALYROND". Примеры круглограмм приведены на рис.1.

Мера рассеяния действительных размеров диаметра валов определялась по формуле:

$$M = D_{\max} - D_{\min}, \quad (1)$$

где: D_{\max} - наибольший, D_{\min} - минимальный диаметр валов из контролируемой партии.

Среднее арифметическое значение размера, характеризующее центр группирования (распределения), определялось по формуле:

$$D_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot D_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (2)$$

где: D_i - середины интервалов размеров,
 m_i - эмпирические частоты,
 n - количество интервалов.

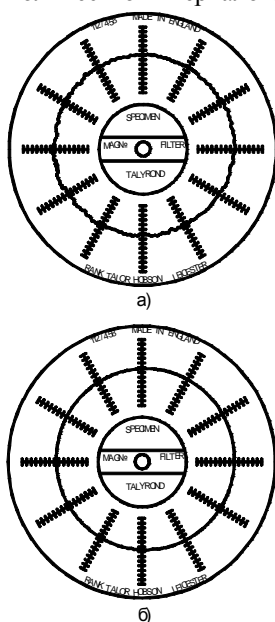


Рис.1. Круглограммы образцов валов после шлифования (а) и обкатывания устройством со стабилизацией рабочего усилия обкатывания (б)

Fig.1. Circlegrams of samples of shaft after grinding (а) and обкатывания an arrangement with stabilization of working effort обкатывания (б)

Эмпирическое среднее квадратическое отклонение от среднего значения размера определялось по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - D_{cp})^2 \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}} \quad (3)$$

На рис.2. приведены полигоны распределений, где кривая 1 - для валов после шлифования, кривая 2 - для валов после обкатывания устройством со стабилизацией рабочего усилия обкатывания.

Анализ эмпирических кривых распределения показывает, что как после шлифования, так и после обкатывания они близки к кривым нормального распределения. Наблюдается смещение центра группирования (распределения) размеров деталей после обкатывания на величину $E = 0,003$, что можно объяснить изменением диаметра обкатанных валов за счет увеличения плотности дислокаций кристаллической решетки.

При сборке валов со втулкой величина зазора должна составлять 0,01-0,02 мм, поэтому изменение диаметров валов на 0,003 мм не повлечет практически к увеличению трудоемкости применяемой по действующей технологии доводки, для достижения необходимой начальной площади контактирования.

Выравнивание эмпирического распределения производилось по закону нормального распределения (Гаусса).

Для построения кривых нормального распределения 1а - после шлифования и 2а - после обкатывания устройством со стабилизацией рабочего усилия обкатывания (рис.2), достаточно определить координаты шести-семи точек, в том числе четырех характерных точек. Одна из характерных точек, соответствующая абсциссе $x = \bar{x} = D_{cp}$, является вершиной кривой, а остальные три берутся с абсциссами $x = \pm S$, $x = \pm 2S$, $x = \pm 3S$ (табл. 2).

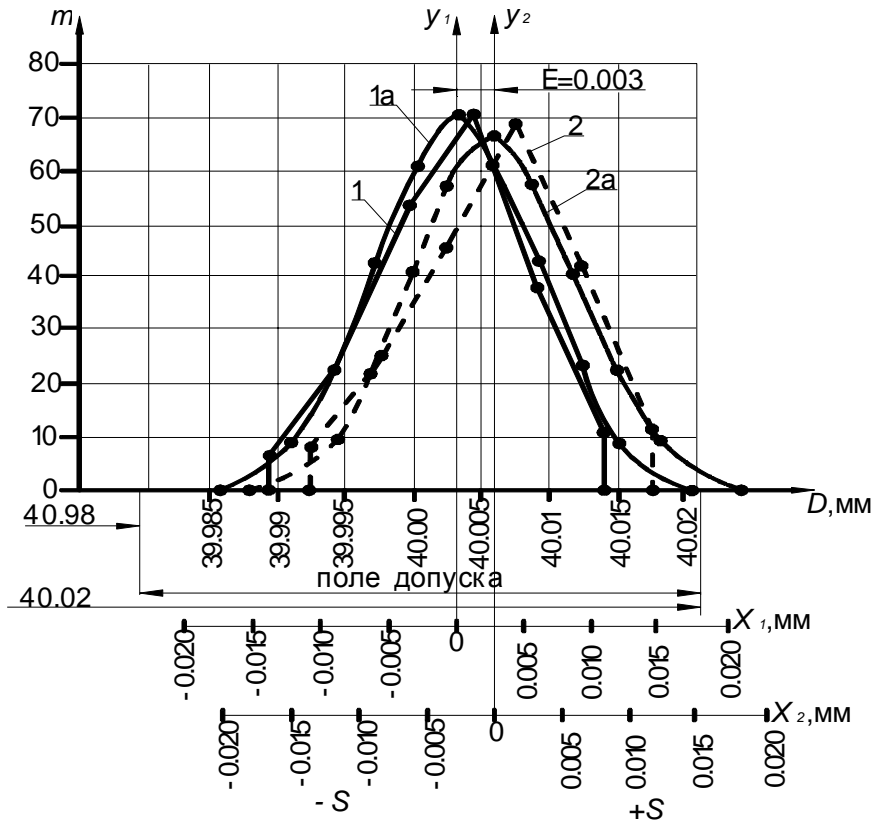


Рис. 2. Полигоны распределения (1, 2) и кривые нормального распределения (1,а и 2,а).
 1, 1,а – после шлифования; 2, 2,а – после обкатывания
 Fig. 2. Ranges of distribution (1, 2) and curves a normalth of distribution (1a, 2a,)
 1, 1a – after grinding; 2, 2a, – after rolling

Таблица 2 Координаты для построения кривых распределения
 Table 2. Coordinates for plotting distribution

X	-3 S	-2 S	-1,5S	-S	-0,5S	0	0 S	1 S	2 S	3 S
Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0	0,05 S	0,13 S	0,2 S	0,35 S	0,4 S	0,3 S	0,2 S	0,1 S	0,05 S
Y(1 a)	0	9	23	42	61	77	89	97	100	100
Y(2 a)	0	9	22	40	58	76	88	96	100	100

Как уже указывалось выше, для оценки параметров распределения размеров диаметров валов был принят закон нормального распределения.

В первом приближении качественная оценка степени соответствия эмпирического распределения закону нор-

мального распределения была произведена визуально, совмещенные кривые эмпирического и теоретического распределения (рис.2).

Для более объективной оценки степени соответствия эмпирического распределения закону нормального распределения используются критерии согласия. Для этой цели воспользуемся критерием согласия χ^2 - Пирсона, как наиболее часто употребляемым критерием для проверки гипотезы о законе распределения:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^e \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}, \quad (4)$$

где: m_i - эмпирическая частота каждого интервала;
 e - число интервалов;

$n = \sum m_i$ - число всех результатов измерений;

p_i - вероятность попадания размера в данный интервал при нормальном законе распределения:

$$p_i = F\left(\frac{D_{i-1} - D_{cp}}{S}\right) - F\left(\frac{D_i - D_{cp}}{S}\right), \quad (5)$$

где F - интеграл вероятностей [10-13];
 D_{cp} - среднее арифметическое результатов измерения;

S - эмпирическое значение среднего квадратичного отклонения;

D_{i-1} и D_i - граничные значения интегралов.

После подсчета λ^2 - критерия следует произвести его сравнение с величиной критического значения $\lambda^2 p$; f [14-16] при некоторой доверительной вероятности p и числе степеней свободы $f = e-3$.

Примем доверительную вероятность $p = 0,05$, число степеней свободы $f = 6-3 = 3$. Критическое значение $\chi^2_{0,05} = 7,8$ [17].

Таким образом, нет оснований сомневаться в справедливости принятой гипотезы о законе нормального распределения результатов измерения валов как после шлифования, так и после обкатывания, что подтверждается данными работы [18-22].

ВЫВОДЫ

1. Рассеивание погрешностей при обкатывании валов устройством со стабилизацией рабочего усилия обкатывания хорошо описывается законом нормального распределения.

2. Обкатывание устройством со стабилизацией рабочего усилия может быть использовано как способ окончательной размерной обработки.

3. Если допуск обрабатываемой поверхности по величине сравним с ожидаемым изменением диаметра или меньше его, деталь должна быть подготовлена под обкатывания с требуемым допуском, но с изменением на величину усадки номинальным размером увеличенным для валов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Браславский В.М. 1975. Технология обкатки крупных деталей роликами / В.М. Браславский. 2-е изд. - М.: Машиностроение, - 160.
2. Бугаков Б.И. 1984. Усовершенствование процесса чистового обкатывания деталей роликами / Б.И. Бугаков. Вестник машиностроения. - № 7. - 50 - 53.
3. Бабей Ю.И. 1995. Поверхностное упрочнение металлов / Ю.И. Бабей, Б.И. Бугаков, В.Г. Сысоев] - К.: Наукова думка, - 256.
4. Азаревич Г.М. 1963. Чистовая обработка цилиндрических поверхностей пластическим деформированием / [Г.М. Азаревич Г.Ш. Берштейн] - М.: ОНТИ НИИ Тракторсельхозмаша, - 43.
5. Браславский В.М. 1989. Обкатка деталей роликами как средство повышения износостойкости / [В.М. Браславский, В.В. Топычканов]. Пр-во крупных машин, НИИТЯЖМАШ Уралмашзвода, - Вып. XIX. - 136 - 144.
6. Браславский В.М. 1975. Технология обкатки крупных деталей роликами / - М.: Машиностроение, - 160.
7. Браславский В.М. 1985. Повышение износостойкости винтовых пар обкатыванием роликами / [В.М. Браславский, Б.И. Бугаков, Ю.Я. Шилков]. Технология, организация и механизация механосборочного производства. - М.: НИИформТЯЖМАШ, - 15 - 17.
8. Бугаков Б.И. Усовершенствование процесса чистового обкатывания деталей роликами / Б.И. Бугаков. Вестн. машиностроения. - 1984. - № 7. - С. 50-53.
9. Иванов В.В. 1980. Износостойкость стальных деталей, упрочненных обкаткой роликом / В.В. Иванов. Тр. ЦНИИТМАШ, кн. 2. - М., - 67-75.
10. Кашеев В.Н. 1985. Предварительный наклеп и абразивное разрушение металлической поверхности / В.Н. Кашеев Сельхозмашина. - № 1.- 20-26.
11. Крагельский И.В. 1985. Основы расчетов на трение и износ / [И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Комбалов] - М.: Машиностроение, - 526.
12. Кудрявцев И.В. 1984. Новые способы поверхностного пластического деформирования / [И.В. Кудрявцев, Р.Е. Грудская]. Машиностроитель, № 7, 28-29.
13. Марков А.И. 1980. Ультразвуковая обработка материалов / А.И. Марков - М.: Машиностроение, - 238.

14. Фридман Я.Б. 1987. Механические свойства металлов / Я.Б. Фридман — М.: Оборонгиз, — 556.
15. Одинцов Л. Г. 1981. Финишная обработка деталей алмазным выглаживанием и вибро-выглаживанием / Л. Г. Одинцов – М.: Машиностроение, – 160.
16. Папшев Д.Д. 1983. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием / Д.Д. Папшев – М.: Машиностроение, – 152.
17. Рыжов Э.В. 1979. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин / [Э.В. Рыжов, А.Г. Суслов, В.П. Федоров] - М.: Машиностроение, — 176.
18. Степнов М.Н. 1980. Статистическая обработка результатов механических испытаний / М. Н. Степнов – М.: Машиностроение, – 232.
19. Хрущов М.М. 1984. Экспериментальные основы теории абразивного изнашивания / [М.М. Хрущов, М.А. Бабичев] Вести, машиностроения. — № 6. — 56 — 62.
20. Школьник Л.М., Шахов В.И. 1964. Технология и приспособления для упрочнения и отделки деталей накатыванием. – М.: Машиностроение. – 184.
21. Aleksey Popov Новая теория контактной прочности упруго сжатых тел / Motrol, Motoryzacja I energetyka rolnictwa. – Lublin 2010. - Tom12A. 223 – 232.
22. Holoptsev A. W. Особенности применения множественно-регрессионных моделей динамики активности Sr-90 в ташлыкском водохранилищном водоеме Южноукраинской АЭС при ее прогнозировании / Zhebet L.S. // Motrol, Motoryzacja I energetyka rolnictwa. – Lublin 2011. – Tom13. 137 – 149.

**INVESTIGATION MADE
GROSS ROLLING
PROCESSING DEVICES SB
STABILIZE A WORKING
STRONG ROLLING**

Abstract. Conducted the study accuracy razmerov Valov ambassadors obkатыvaniya details rollers up your device co stabilize a working usylyya rolling. As a result of research podtverdylos that after rolling precision parts not vyhodyt predel for admission.

Key words: rolling rollers, the law of apportionment, deformation, the quality of data processing, field access.