

ВОЛНИСТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОБКАТЫВАНИИ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ РОЛИКАМИ

Борис Бутаков, Виталий Артюх

Николаевский национальный аграрный университет

54020, г. Николаев, ул. Парижской коммуны, 9

Boris Butakov, Vitaliy Artyukh

Mykolayiv National Agrarian University

54020, Nikolaev, st. Paris Commune, 9

Аннотация. Сформулирована и экспериментально обоснована причина появления волнистости на поверхности при обкатывании торообразными роликами – колебание усилия обкатывания из-за наличия больших сил трения скольжения в механизме нагружения ролика.

Ключевые слова: обкатывание роликами, волнистость, пластическая деформация, сила трения, роликовый узел.

ВВЕДЕНИЕ

Основной причиной появления волнистости некоторые исследователи считают наличие торцевого биения ролика, приводящее к переменной подаче обкатывания [1 – 8].

Несмотря на существенное влияние, которое продольная подача вносит в процесс деформации поверхностного слоя, влияние обкатывания на изменение исходной шероховатости при этом остается таким же, как при обкатывании без подачи.

Это проверено экспериментально и остается справедливым при равенстве количества проходов без подачи приведенному количеству проходов i ролика с подачей, определяющееся в зависимости от ширины контактной канавки $2a_0$, подачи s и количества продольных проходов ролика $i_{\text{прод}}$.

$$i = \frac{2a_0}{s} i_{\text{прод}} \quad (1)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При обкатывании с продольной подачей ролика формируется новый микропрофиль поверхности, который накладывается на деформированную исходную шероховатость.

Обкатанная поверхность сохраняет винтовой след подачи ролика. Высота вновь созданных при этом неровностей на участке стабильного процесса может быть рассчитана геометрически:

$$R''_z = r_p - \frac{\sqrt{4r_p^2 - s^2}}{2}, \quad (2)$$

где: R''_z – высота неровностей, мм;

r_p – радиус кривизны ролика, мм;

s – подача ролика, мм/об.

Шаг этих неровностей равняется подаче ролика (рис. 1). Опытная проверка связи шероховатости с подачей ролика показывает, что зависимость (2) хорошо соблюдается при относительно больших подачах.

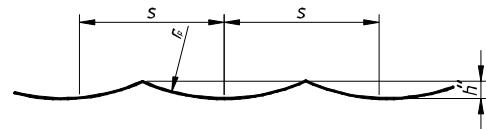


Рис 1. Профиль неровностей при обкатывании роликом

Fig.1. Type of burries at a rolling roller

При подачах больше 0,78 мм/об высота неровностей совпадает с расчетной; при меньших подачах высота сохраняется в пределах 0,28 - 0,35 мкм и от подачи не зависит. В этом случае на обкатанной поверхности образуется волна с шагом, отличным от подачи.

В этом случае высота волн не выходит из пределов 7-го класса шероховатости. В других случаях волнистость при обкатывании может быть значительно глубокой. При малой шероховатости поверхности в пределах одного шага волны (0,18 мкм) сама волна с шагом 2,5 мм имеет высоту 0,16 мкм.

Высота волны при обкатывании уменьшается с увеличением профильного радиуса ролика или с уменьшением усилия, то есть с уменьшением угла вдавливания ролика, и не зависит от подачи и скорости обкатывания.

Рассмотрим этот процесс подробнее. Автор работы [1] считает что по мере вращения детали ролик вращается и подается (рис. 2, а), при этом углу поворота ролика ψ соответствует угол поворота детали $\psi D_p/D_0$ и подача ролика на величину, определяющаяся следующим выражением:

$$S_\psi = s \frac{\psi}{2\pi} \cdot \frac{D_p}{D_0}, \quad (3)$$

где: s – подача ролика на один оборот детали, мм.

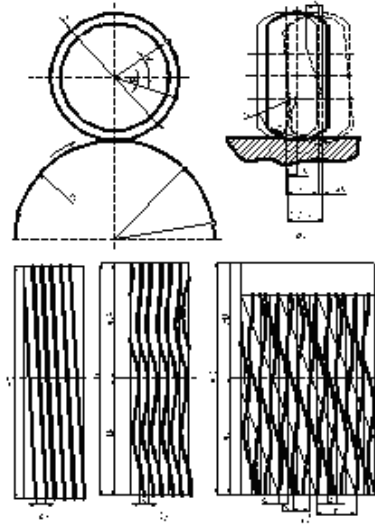


Рис. 2. Образование волнистости поверхности при обкатывании: a – изменение подачи при осевом биении ролика, b – развертка поверхности вала, обкатанного роликом, не имеющим осевого биения, c – развертка поверхности вала, обкатанного роликом с осевым биением при кратных диаметрах детали и ролика, d – развертка поверхности вала, обкатанного роликом при некрatных диаметрах детали и ролика

Fig. 2. Washboarding surface at a rolling-off: and is a change of serve at to axial beating of roller, is an involute of surface of billow, obkatannogo a roller, not having the axial beating, in – an involute of surface of billow, obkatannogo a roller with the osevim beating at the multiple diameters of detail and roller, gramme, is an involute of surface of billow, obkatannogo a roller at the not multiple diameters of detail and roller

Развернем поверхность детали на плоскость. В случае идеальной схемы контактная канавка постоянного профиля шириной $2a$ расположится на обкатанной поверхности в виде параллельных прямых с постоянным шагом, ровным подаче (рис. 2, b). Для реальной детали и ролика схема может существенно измениться.

Рабочая поверхность ролика из-за погрешности изготовления и установки может иметь некоторое осевое и радиальное биение (рис. 2, a). След ролика на развертке обрабатываемой поверхности становится криволинейным.

В результате биения изменяется фактическая подача ролика:

$$s_{\text{факт}} = s + \Delta s. \quad (4)$$

Искажение подачи при рассматривании двух смежных следов ролика будет равняться:

$$\begin{aligned} \Delta s &= \frac{\delta}{2} \sin \left(\psi_0 + \psi + 2\pi \frac{D_o}{D_p} \right) - \frac{\delta}{2} \sin(\psi_0 + \psi) = \\ &= \delta \cos \left(\psi_0 + \psi + \pi \frac{D_o}{D_p} \right) \cdot \sin \pi \frac{D_o}{D_p}. \end{aligned} \quad (5)$$

В случае кратности диаметров детали и ролика $\sin \pi D_o/D_p$, а следовательно, и Δs равняются нулю, то есть подача остается постоянной, несмотря на биение ролика (рис. 2, b).

В общем случае Δs является переменной величиной, зависящей в каждой точке поверхности от угла поворота ролика ψ . Найдем значение угла ψ , что отвечает наибольшему и наименьшему приращению подачи. Для этого приравняем к нулю производную функции $\Delta s = f(\psi)$:

$$\Delta s' = -\delta \sin \pi \frac{D_o}{D_p} \cdot \sin \left(\psi_0 + \psi + \pi \frac{D_o}{D_p} \right) = 0. \quad (6)$$

Последнее равенство удовлетворяется при:

$$\psi_0 + \psi + \pi \frac{D_o}{D_p} = \pm \pi n,$$

где: $n = 0; 1; 2; 3; \dots$

Отсюда :

$$\psi = \pi \left(\pm n - \frac{D_o}{D_p} \right) - \psi_0. \quad (7)$$

Подставив найденное значение угла в равенство (5), найдем экспериментальные значения приращения подачи:

$$\Delta s_{\text{min}}^{\text{max}} = \pm \delta \sin \pi \frac{D_o}{D_p}. \quad (8)$$

Из формулы (5) видно, что полный цикл изменения Δs завершается за каждый оборот ролика. При вращении детали участки, обкатанные с одинаковой фактической подачей, смещаются по ее поверхности, как в осевом, так и в круговом направлениях. При этом участки, обкатанные с уменьшенной против номинала подачей, деформируются сильнее и образуют впадину, а обкатанные с увеличенной фактической подачей и менее деформированные – гребень волны. Сливаясь в процессе обкатывания одинаково деформированные участки создают многозаходную винтовую поверхность с определенным шагом – шагом волны (рис. 2, c)

При обкатывании деталей цилиндрическими роликами на их поверхности получа-

ют прямоугольный отпечаток, если оси ролика и детали параллельны. В этом случае длина отпечатка на цилиндрической детали определяется длиной ролика или длиной образующей цилиндрической поверхности, ширина отпечатка зависит от приведенной кривизны ролика и детали в плоскости качения ролика. Если оси ролика и детали в осевом их пересечении наклонены под небольшим углом, или вместо цилиндрического ролика применен конический, то на детали получают каплевидный отпечаток, ширина которого уменьшается до нуля в направлении обкатанной поверхности. При этом получают задний угол вдавливания ролика в деталь φ_a (рис. 3) равным $25'-30'$ при обкатывании сталей, $40'-1^\circ$ - при обкатывании закаленных сталей и $1^\circ 30'$ - при обкатывании чугунов [1, 2, 9].

При таких значениях угла φ_a обеспечивается интенсивная деформация микронеровностей и поверхностного слоя, волнистость на обкатанной поверхности отсутствует. Такой процесс применяют при обкатывании валов и розкатывании цилиндрических отверстий в крупносерийном и массовом производствах.

Каплевидный отпечаток может быть получен и при применении самоустанавливающегося цилиндрического ролика. С помощью силы подачи, возникающей в процессе обкатывания, ролик за счет поворота самоустанавливающейся головки на угол $20'-30'$ обеспечивает получение каплевидного отпечатка [10 – 15].

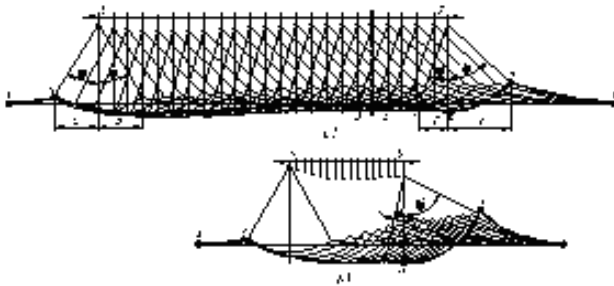


Рис. 3. Схема последовательного деформирования поверхности деталей при обкатывании торообразным роликом с продольной подачей S : a – при нормальном процессе; b – процесс деформации не стабилизировался

Fig. 3. Chart of successive deformation of surface of details at a rolling a roobraznym roller with the longitudinal serve of S : and – at a normal process; b – the process of deformation was not stabilized

В том случае, когда оси цилиндрического ролика и детали перекрещиваются, на ней возникает эллиптический отпечаток. Такой же отпечаток может быть получен при обкатывании деталей бочкообразными, сферическими или торообразными роликами.

Во время обкатывания роликом отпечаток превращается в пластично деформированную канавку, которая при обработке цилиндрических поверхностей с подачей представляет собой винтовую линию. Так как ширина канавки в несколько раз превышает подачу, то при последующих оборотах детали ролик прокатывается по уже деформированной поверхности, несколько расширяя и углубляя канавку.

Геометрические размеры заходной впадины для некоторых обрабатываемых материалов приведены в табл.1.

При нормальном процессе обкатывания торообразным роликом после некоторого числа оборотов детали углубление канавки прекращается (Рис. 3, a). Ролик соприкасается с каждой точкой поверхности $2a/s$ раз. Перед роликом возникает волна деформированного металла, а расширение контактной канавки приводит к возрастанию контакта, что обуславливает постепенное снижение глубины канавки при последующих оборотах детали и на участке CD процесс обкатывания стабилизируется. Волна металла перед роликом GHI намного больше волны EFG за ним. На всем участке обкатывания до его стабилизации в точке D изменяется угол вдавливания ролика φ_a .

Процесс поверхностного деформирования зависит от силы обкатывания, размеров и профиля ролика, размеров обрабатываемой поверхности, механических свойств обкатываемого металла и числа $2a/s$. При некоторых сочетаниях указанных факторов стабилизация процесса может и не наступить.

Например, на рис. 3, b интенсивный рост волны металла перед роликом продолжается до тех пор, пока гребень волны не начнет разрушаться. Участок поверхности ниже остальной обкатанной поверхности. Имеется соотношение [1] для расчета ширины впадины в начале обкатанной поверхности:

$$L_b = 1,27 \sqrt{\frac{P}{HB}}, \quad (9)$$

где: P – усилие обкатывания, H .

Таблица 1 Геометрические размеры заходной впадины в начале обкатываемого участка [1, 16 – 19]

Table 1. Geometrical sizes of inlet cavity at the beginning of rolling area [1, 16 – 19]

Материал	НВ	D_d , мм	D_p , мм	r_p , мм	P , Н	S , мм/об	t_k , мм	Ширина заходной впадины, мм	
								экспериментальная	расчетная
АЛ5	84	114	50	54	6000	0,61	0,04	12	10,8
				16		0,43	0,08		
				5,5		0,3	0,18		
Сталь 20	131	115	50	54	8400	1,04	0,02	9,3	10
				5,5		0,3	0,18		
Ст5	180	300	105	3	15000	0,3	0,3	12	11,5
Сталь 50	196	235	105	10	60000	0,5	0,7	Поверхность разрушилась	
				12			0,5		
				10			0,45	20	22
								22	22
Сталь 34ХНЗМ	270	500	105	10	59500	0,5	0,4	18	18

При больших углах φ_a вдавливания ролика на обкатанной поверхности детали появляется волнистость с шагом, отличным от величины подачи ролика.

Для предотвращения появления волнистости при чистовом обкатывании рекомендуют принимать угол вдавливания значением 2 – 3° (что, однако, ограничивает шероховатость обкатанной поверхности величиной $40 < R_z < 80$ мкм, а для уменьшения волнистости – использовать ролики с точным рабочим профилем и чаще их перешлифовывать. При упрочняющем обкатывании тонкий поверхностный слой для исключения волнистости поверхности сошлифовывают или стачивают, это существенно уменьшает эффективность упрочнения. Заметим, что силы трения в опорах, суммируясь с рабочим усилием пружинящего элемента обкатного устройства, влияют на величину усилия P ; при наличии же радиального биения ролика эти силы трения в процессе обкатывания становятся переменными по величине и направлению.

С целью проверки данных представлений с помощью универсального динамометра УДМ конструкции ВНИИ нами были измерены составляющие усилия P при обкатывании торообразным роликом вала из наиболее распространенной конструкционной стали

40 (200 НВ) диаметром 100 мм на токарном станке с помощью разработанного и изготовленного на кафедре “Транспортных технологий и технического сервиса” Николаевского НАУ устройства рычажного типа со стабилизацией рабочего усилия обкатывания, показанного на рис. 4 [20].

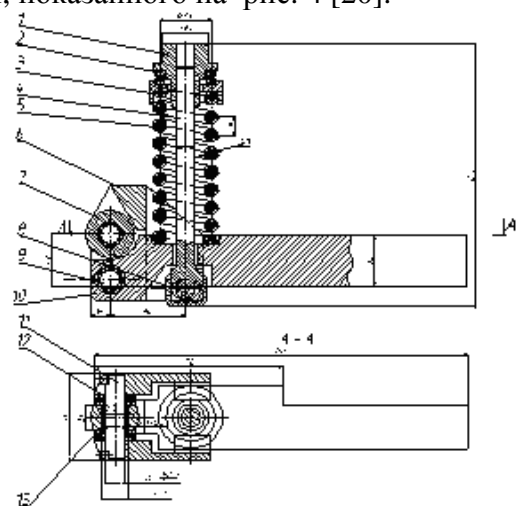


Рис. 4. Конструктивная схема устройства для обкатывания деталей торообразным роликом со стабилизацией рабочего усилия обкатывания

Fig. 4 Device for rolling of details by a toroidal roller with stabilization of effort of rolling

Принцип работы устройства заключается в следующем: ролик 7 установлен с помощью

подшипников 12, 13 на оси 11. Усилие пружины 5 через тягу 4, ось 8 и рычаг 6 передается на ролик 7 и передается на обкатываемую деталь. Рычаг 6 установлен на оси 9 с помощью игольчатого и упорных подшипников, и легко перемещается вокруг корпуса 10

Общий вид устройства для обкатывания роликом со стабилизацией рабочего усилия обкатывания представлен на рис. 5.



Рис. 5. Общий вид устройства для обкатывания деталей торообразным роликом со стабилизацией рабочего усилия обкатывания

Жесткость рычажно-пружинного механизма составляет 0,745 кН/мм. Усилие пружины (P_{np}) определяется величиной ее сжатия (f_{np}) в миллиметрах и рассчитывается по зависимости:

$$P_{np} = j_{np} \times f_{np}, \quad (10)$$

где: j_{np} – жесткость пружины, $j_{np} = 0,472$ кН/мм.

Усилие P обкатывания на ролике в кН определяют по зависимости:

$$P = P_{np} \times 60/38 = f_{np} \times 0,472 \times 60 / 38 = 0,745 f_{np}, \quad (11)$$

где: 60 и 38 величины плеч усилия пружины и усилия на ролике соответственно в миллиметрах.

На рис. 6 показана схема действия составляющих усилия обкатывания на деталь

На рис. 7 показана осциллограмма составляющих усилия P , полученная при установке роликового узла на опорах скольжения, т.е. применительно к конструкции устройств, используемых на заводах для упрочняющего или чистового обкатывания стальных деталей.

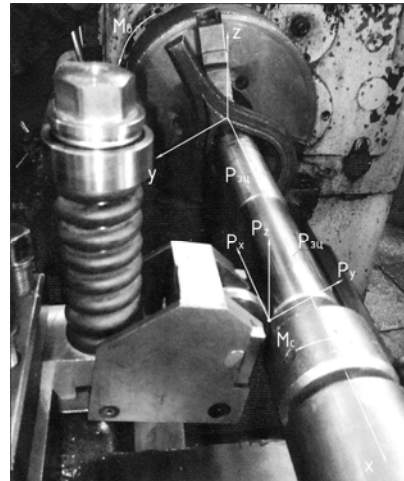


Рис. 6. Составляющие усилия обкатывания на деталь: P_x – касательное усилие качения ролика; P_y – номинальное усилие поджатия ролика к детали; P_z – усилие подачи; $P_{zц}$ – нагрузка от задней бабки в осевом направлении

Fig. 6 Constituents of effort of rolling on a detail: P_x is tangent effort of wobbling of roller; P_y is nominal effort of screwing of roller to the detail; P_z is effort of serve; $P_{zц}$ is loading from a back grandmother in axial direction

Номинальное значение усилия поджима ролика к детали, $P_{yn} = 5$ кН, а соотношение: $P_{xn} : P_{yn} : P_{zn} = 0,15 : 5 : 1,5$. Сила P_x в процессе обкатывания остается практически постоянной, а силы P_y и P_z с каждым оборотом ролика периодически изменяются; амплитуда колебания силы P_y составляет $\Delta P_y = 0,45$, а сила P_z (в направлении подачи) изменяется менее заметно. При установке роликового узла на подшипниках качения, как показали измерения, $\Delta P_y < 0,03 P_{yn}$, а колебания сил P_x и P_y практически не обнаружены.

Коэффициент трения в подшипниках скольжения составляет $f_c = 0,05 \div 0,1$, а в подшипниках качения $f_k = 0,003 \div 0,008$, поэтому стабилизация силы P при установке роликового узла на подшипниках качения достигается существенным уменьшением сил трения в опорах. Силы трения в опорах, складываясь с рабочим усилием пружинящего элемента обкатного устройства, влияют на величину усилия P обкатывания; при наличии же радиального биения ролика силы трения в процессе обкатывания становятся переменными по величине и направлению. Это позволило предположить, что основной причиной появления волнистости является

наличие колебания усилия P обкатывания при каждом обороте ролика в результате его радиального биения.

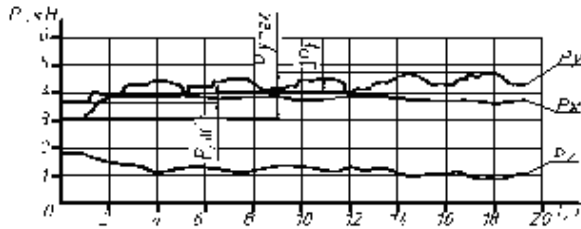


Рис. 7. Осциллограмма составляющих усилия обкатывания P при установке роликового узла на опорах скольжения

Fig. 4 Oscillogram of constituents of effort of rolling-off of R during setting of roller knot on supports of sliding

Рассчитаем шаг волны S_w при некратных отношениях D_d/D_p . Точками на развертке следа ролика при качении его по детали отмечены места максимального значения усилия P (рис. 8).

Точки, сдвигаясь по поверхности детали, образуют винтовые линии с шагом S_w , превосходящим величину S подачи ролика. Вдоль этих линий деформация металла поверхностного слоя детали получается большей, чем в промежутках между ними, чем и определяется появление волнистости.

Из подобия треугольников ABC и A_1B_1C получим:

$$S_w = D_p S / (D_p N - D_d), \quad (12)$$

где: $N = D_d/D_p + 1$ (здесь D_d/D_p - целая часть отношения). Данное выражение справедливо для случая, исключающего проскальзывание ролика по детали при их взаимном вращении, при наличии скольжения фактический шаг волны может значительно отличаться от расчетного. Разворотом оси ролика вокруг перпендикуляра к поверхности контакта в ту или другую сторону можно изменить степень проскальзывания ролика и тем самым повлиять на величину S_w .

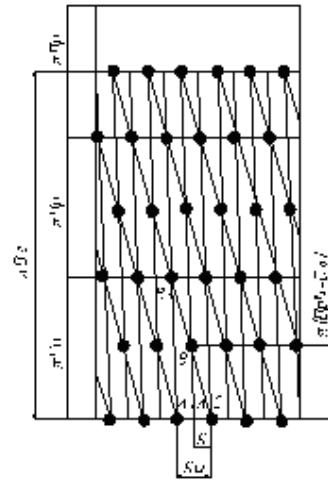


Рис. 8. Схема расчета шага S_w волны при обкатывании роликами
Fig. 8. Chart of computation of step of the S_w wave at rolling by rollers

Стабилизируя с помощью установки роликового узла на подшипниках качения усилие P можно исключить появление волнистости при больших углах вдавливания, которые свойственны даже упрочняющему обкатыванию. При этом удастся получить шероховатость поверхности $R_a = 0,08 - 0,32$ мкм при исходной $R_z = 80 - 160$ мкм, и кроме того, совместить чистовое и упрочняющее обкатывание.

Представленные на рис. 9 профилограммы поверхности вала из наиболее мягкой из всех конструкционных сталей, 20, HB 140 (при обкатывании этой стали имеет место максимальная волнистость обработанной поверхности) до обкатывания и после при $P_{ун} = 5$ кН, $S = 0.2$ мм/об детали, $D_d = 117$ мм, $D_p = 60$ мм, свидетельствуют об эффективности установки роликового узла на подшипниках качения.

На кривой (рис. 9. в.) видна волнистость на обкатанной поверхности с шагом $S_w = 3,9$ мм, что соответствует значению S_w , рассчитанному по формуле (12).

Эффективность обкатывания может быть повышена также за счет применения роликов малого диаметра (бочкообразных и цилиндрических), что полностью исключает появление волнистости и при трении скольжения роликового узла в устройстве в следствии малости угла ϕ_a .

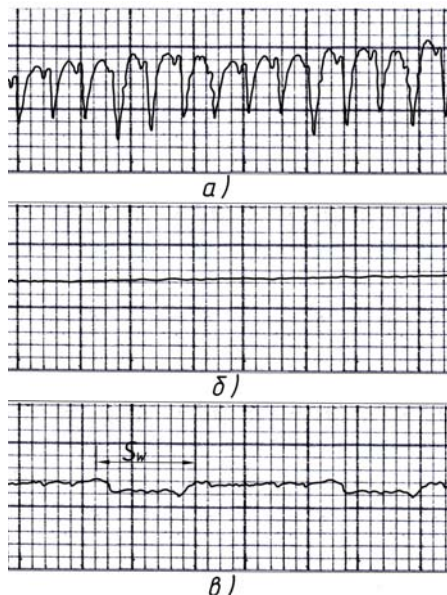


Рис 9. Профилотграммы поверхности вала из стали 20: а – до обкатывания $R_z = 100$ мк; б – после обкатывания при установке роликового узла на подшипниках качения ($R_a = 0,08 - 0,16$ мкм); в – после обкатывания при установке роликового узла на опорах скольжения

Fig. 9. Profilogrammy of surface of billow from steel 20: а – to the rolling-off of $R_z = 100$ мк; б – after a rolling-off during setting of roller knot on bearings of wobbling ($R_a = 0,08 - 0,16$ мкм); в – after a rolling-off during setting of roller knot on supports

ВЫВОД

Разработан и исследован способ стабилизации усилия обкатывания при установлении роликового узла на опорах качения, что позволяет устранить появление волнистости обкатыванием торообразными роликами при больших средних углах вдавливания роликов ($\varphi \leq 5^\circ$) и совместить упрочняющее и чистовое обкатывание.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Braslavskij V. 1975. Tehnologija obkatki krupnyh detalej rolíkami / V. M. Braslavskij. 2-e izd. – M.: Mashinostroenie. – 160.
2. Azarevich G. 1963. Chistovaja obrabotka cilindricheskikh poverhnostej plasticheskim deformirovaniem / G. Azarevich G. Bershtejn - M.: ONTI NII Traktorsel'-hozmasa. - 43.
3. Braslavskij V. 1989. Obkatka detalej rolíkami kak sredstvo povyshenija izno-sostojkosti / V. Braslavskij, V. Topychkanov. Pr-vo krupnyh mashin, NIITJaZhMASH Uralmashzczoda. — Вып. XIX. — 136 — 144.

4. Braslavskij V. 1975. Tehnologija obkatki krupnyh detalej rolíkami / Braslavskij V. M. - M.: Mashinostroenie. - 160.
5. Odincov L. 1987. Uprochnenie i ot-delka detalej poverhtnosnym plasticheskim deformirovaniem / L. Odincov – M.: Mashinostroenie. – 160.
6. Ryzhov Je. 1971. Povysenie izno-stojnosti soedinenij tehnologicheskimi metodami obrabotki/ Ryzhov Je., Braslavskij V., Topychkanov V. Nauch. – teh. sb. Brjan. in – ta transport. Mashinostroenija. – №2. — 47 — 51.
7. Ryzhov Je. 1972. Vlijanie usilija obkatyvanija na geometriju nerovnostej / Ryzhov Je., Braslavskij V., Topychkanov V. Nauch. – teh. sb. Brjan. in – ta transport. Ma-shinostroenija. – №2. — 47 — 51
8. Ryzhov Je. 1979. Tehnologicheskoe obe-spechenie jekspluatacionnyh svojstv detalej mashin / Ryzhov Je., Suslov A., Fedorov V. – L.: Mashinostroenie. – 176.
9. Braslavskij V. 1985. Povysenie iznosostojkosti vintovyh par obkatyvaniem rolíkami / V. Braslavskij, B. Butakov, J. Shilkov. Tehnologija, organizacija i mehanizacija mehanosborochnogo proizvodstva. — M.: NIIformTJaZhMASH, — 15 — 17.
10. Shnejder J. 1982. Jekspluatacionnye svojstva detalej s reguljarnym mikro-rel'efom / Shnejder J. – L.: Mashinostroenie. – 248.
11. Konovalov E. 1968. Chistovaja i uprochnjajushhaja rotacionnaja obrabotka poverhnostej/ Konovalov E., Sidorenko V. – Minsk: Vyshesh. shk., – 364.
12. Kudrjavcev I. 1984. Novye sposoby poverhnostnogo plasticheskogo deformirovaniya / I. Kudrjavcev, R. Grudskaja. Mashinostroitel', № 7, 28-29.
13. Fridman J. 1987. Mehanicheskie svojstva metallov / J. Fridman — M.: Mashinostroenie. — 556.
14. Popov A. 2010. Novaja teorija kontaktnoj prochnosti uprugogo szhatyh tel / Motrol, Motoryzacija I energetyka rolnictwa. – Lublin - Tom12A. - 223 – 232.
15. Mamarin V. 2010. Vlijaniya oval'nosti poverhnosti shipa na harakteristiki profirovannyh podshipnikov / Motrol, Motoryzacija I energetyka rolnictwa. – Lublin. - Tom12A. 31 – 36.
16. Babej J. 1995. Poverhnostnoe uprochnenie metallov/ J. Babej, B. Butakov, V. Sysoev - K.: Naukova dumka. – 256.

17. Papshev D. 1983. Otdelchno-uprochnjajushhaja obrabotka poverhnostnym plasticheskim deformirovanijem / D. Papshev – M.: Mashinostroenie. – 152.
18. Kudrjavcev I. 1951. Vnutrennie na-prjazhenija kak rezerv prochnosti v mashino-stroenii / Kudrjavcev I. – M.: Mashgiz. – 278.
19. Shkol'nik L., Shahov V. 1964. Tehnologija i prisposoblenija dlja uprochnenija i otdelki detalej nakatyvanijem. – M.: Mashinostroenie. – 184.
20. Pat. 71119 Ukraïna, MPK V24V 39/00. Pristrii dlja zmicnjujučogo ta chistovogo obkatuvannja poverhon' til obertannja zi stabilizacieju robočogo zusillja / B. Butakov, V. Artjuh; zajavnik i vlasnik Butakov B. – № u201112463; zajavl. 24.10.2011; opubl. 10.07.2012, Bjul. №13.

WAVINESS OF SURFACE AT ROLLING-OFF OF BODIES OF ROTATION ROLLERS

Summary. Formulated and reason appearance of waviness is experimentally grounded at a rolling toroobraznymi rollers is oscillation of effort of rolling from the presence of large forces of sliding friction in the mechanism of loading of roller.

Key words: rolling, waviness, flowage, force of friction, roller knot, rollers