

УДК 621.787.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПРИ ППД СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ НАЧАЛУ ШЕЛУШЕНИЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПЕРЕНАКЛЕПА ПОВЕРХНОСТИ

Никифоров Н.И.

*Камышинский технологический институт (филиал) Волгоградского государственного
технического университета, Камышин, e-mail: nikiforovni@rambler.ru*

В статье представлено решение задачи определения граничных значений силы деформирования при которых возникает недопустимое ухудшение шероховатости поверхности обрабатываемой ППД роликами конического профиля. За основу принята зависимость полученная В.М. Браславским [1] для роликов бочкообразного профиля. Преобразование принятой зависимости произведено на основе рассмотрения зоны контакта конического ролика как двух зон – зоны внедрения и сбega, для которых имеется методика определения геометрических параметров контакта. В результате получена математическая зависимость позволяющая для заданных условий определять величины сил деформирования, превышение которых ведет к шелушению обработанной поверхности.

Ключевые слова: ППД, поверхностное пластическое деформирование, конический ролик, сила деформирования

DETERMINATION OF DEFORMATION FORCE WHEN SPD CORRESPONDING START PEELING AS A RESULT OF THE PERENAKLEPA SURFACE

Nikiforov N.I.

*The Kamyshin Tecnological Institute (branch) of the Volgograd State Technical University, Kamyshin,
e-mail: nikiforovni@rambler.ru*

The article presents the task of determining the boundary values of the deformation forces under which cause an invalid deterioration of surface roughness of cultivated SPD rollers conical profile. The basis adopted dependence obtained V.M. Braslavsky [1] roller barrel profile. The conversion of adopted dependence was based on the consideration in the contact area of the conical roller as two zones—a zone of introduction and sbega, for which there is a method of determining the geometric parameters of the contact. As a result of mathematic dependence allows for specified conditions to determine the magnitude of the force of deformation, the excess of which leads to the flaking surface.

Keywords: SPD, surface plastic deformation, conical roller, the power of deformation

Известно, что обкатывание с силой превышающей определенное значение может привести к перенаклепу и как следствие шелушению обкатанной поверхности. Об этом свидетельствует и наличие экстремума у кривых зависимости шероховатости от погонной силы обкатки (рис. 1) [1].

При обработке жесткими обкатниками это явление может наступить при натяге $\approx 150...175$ мкм [2]. Начало шелушения зависит от механических свойств обкатываемого материала, формы микронеровностей, условий смазки и режима обкатки. В.М. Браславским [1], для бочкообразных роликов, предложено определять это усилие по формуле:

$$P = \frac{5,9 HB^{1,15} \frac{b}{a} \phi^{2,3}}{\left[\frac{1}{r} + \frac{1}{R} + \frac{b}{a} \left(\frac{2}{D_p} + \frac{2}{D_o} \right) \right]^2} \quad (1)$$

где a и b – полуоси эллиптической площадки контакта; ϕ – средний угол вдавливания; D_p , r – диаметр и радиус профиля ролика;

D_o , R – диаметр и радиус кривизны образующей детали.

Покажем как эта зависимость может быть применена для роликов конического профиля. Контурная линия контакта конического ролика с цилиндрической деталью имеет каплевидную форму (рис. 2), причем пятно контакта можно рассматривать как совокупность двух зон: зоны внедрения ролика – a_1 в заготовку и зоны упругого восстановления (сбega) – a_2 . Геометрические параметры контакта могут быть определены по зависимостям приведенным в работе [3].

Приняв, что деформирующее усилие представляет собой равномерно распределенную по длине контакта нагрузку, полное усилие будет равно:

$$P_y = P_{a1} \cdot \frac{2\sqrt{2R_1 \cdot h_m} + a_2}{2\sqrt{2R_1 \cdot h_m}} \quad (2)$$

где P_{a1} – усилие действующее на участке внедрения; a_2 – полуось контакта на участке упруго восстановления; h_m – наибольшая глубина внедрения деформирующего ролика; R_1 – радиус ролика на участке внедрения.

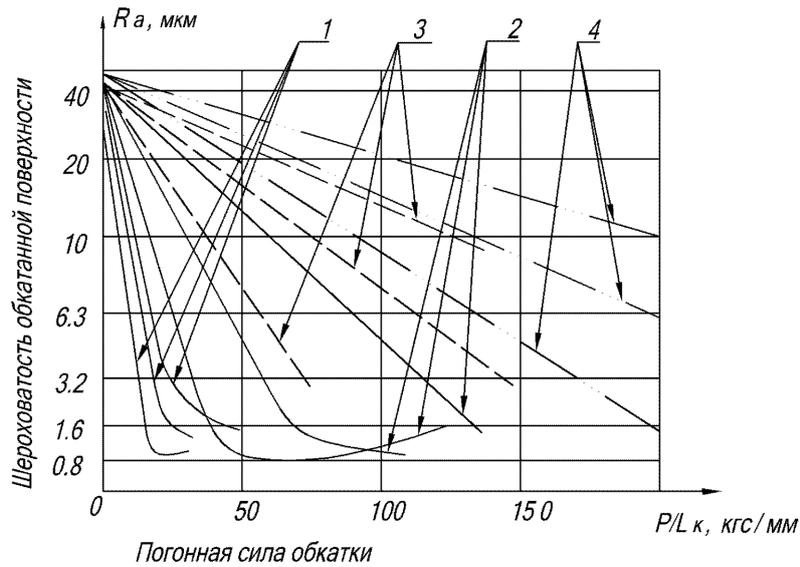


Рис. 1. Зависимость шероховатости от погонной силы обкатки роликами с прямолинейной образующей при диаметре ролика 3 мм (1), 5 мм (2), 12,5 мм (3), 32 мм (4) [1]

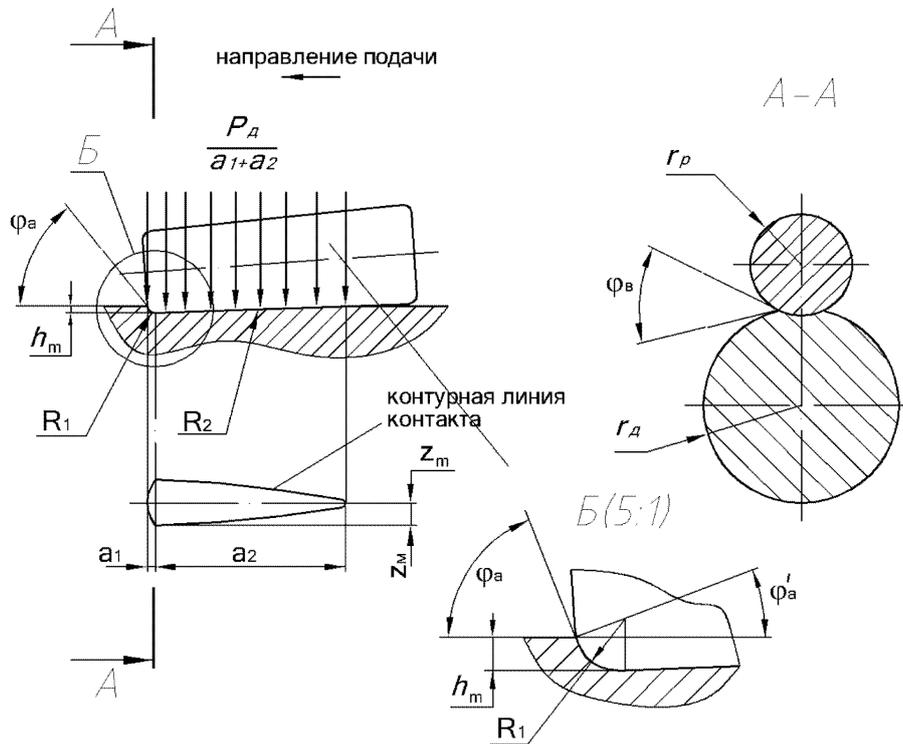


Рис. 2. Схема внедрения конического ролика в поверхность вала

Средний угол вдавливания определяется по формуле:

$$\phi = \frac{\phi_a + \phi_b}{2} \quad (3)$$

где ϕ_a – угол вдавливания в направлении подачи; ϕ_b – угол вдавливания в направлении скорости обкатки.

Для определения угла ϕ_a рассмотрим схему внедрения ролика в направлении подачи (см. рис. 2, Б).

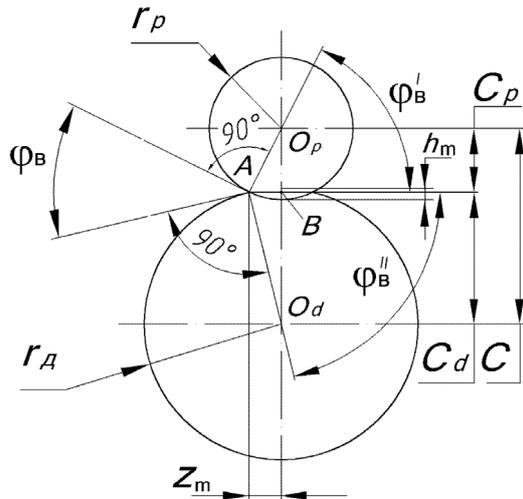


Рис. 3. Схема к определению угла вдавливания в направлении скорости обкатывания

$$\phi_a = 90^\circ - \phi'_a; \sin \phi'_a = \frac{R_1 - h_m}{R_1} = 1 - \frac{h_m}{R_1};$$

$$\phi_a = 90^\circ - \arcsin\left(1 - \frac{h_m}{R_1}\right) \quad (4)$$

Для нахождения угла ϕ_b рассмотрим схему внедрения ролика в сечении перпендикулярном продольной подаче (рис. 3).

Из этой схемы: $\phi_b = 180^\circ - \phi'_b - \phi''_b$

Из прямоугольных треугольников O_pAB и O_dAB :

$$\sin \phi'_b = \frac{C_p}{r_p}; \sin \phi''_b = \frac{C_d}{r_d}$$

С другой стороны:

$$C = C_p + C_d = r_p + r_d - h_m$$

И, следовательно:

$$C_p = r_p + r_d - h_m - C_d$$

Катет $AB = z_m$ из тех же треугольников:

$$z_m = \sqrt{r_d^2 - C_d^2} = \sqrt{r_p^2 - C_p^2}$$

Откуда: $C_d = \sqrt{C_p^2 - r_p^2 + r_d^2}$

Решая совместно полученные уравнения получим:

$$C_p = r_p + r_d - h_m - \sqrt{C_p^2 - r_p^2 + r_d^2}$$

Откуда:

$$C_p = \frac{C}{2} + \frac{r_p^2 - r_d^2}{2C} \quad (5)$$

$$C_d = \frac{C}{2} - \frac{r_p^2 - r_d^2}{2C} \quad (6)$$

Таким образом можно записать для синусов определяемых углов:

$$\sin \phi'_b = \frac{C}{2r_p} + \frac{r_p^2 - r_d^2}{2Cr_p};$$

$$\sin \phi''_b = \frac{C}{2r_d} - \frac{r_p^2 - r_d^2}{2Cr_d}$$

$$\phi_b = 180^\circ - \arcsin\left(\frac{C^2 + r_p^2 - r_d^2}{2Cr_p}\right) - \arcsin\left(\frac{C^2 - r_p^2 + r_d^2}{2Cr_d}\right) \quad (7)$$

Для нахождения отношения $\frac{b}{a}$ применим зависимости [3] для геометрических параметров контакта каплевидной формы:

$$a = \sqrt{2R_1 \cdot h_m};$$

$$b = \sqrt{\frac{2r_d \cdot r_p \cdot h_m}{r_d + r_p - h_m}} \quad (8)$$

Откуда:

$$\frac{a}{b} = \sqrt{\frac{C \cdot h_m}{r_d \cdot r_p}} \quad (9)$$

Усилие, действующее на участке внедрения, будет определяться по формуле:

$$P_{a1} = \frac{5,9HB^{1,15} \sqrt{\frac{r_d \cdot r_p}{Ch_m}} \cdot \phi^{2,3}}{\left(\frac{1}{R_1} + \sqrt{\frac{r_d \cdot r_p}{C \cdot h_m} \left(\frac{1}{r_p} + \frac{1}{r_d}\right)}\right)^2} \quad (10)$$

Подставив полученную зависимость в формулу (2) получим зависимость силы деформирования от геометрических параметров контактной зоны, размеров контактирующих тел, а также механических свойств обрабатываемого материала, при которой возможно шелушение обрабатываемой ППД поверхности:

$$P_y = \frac{5,9HB^{1,15} \sqrt{\frac{r_d \cdot r_p}{Ch_m}} \cdot \phi^{2,3} \cdot (\sqrt{2R_1 h_m} + a_2)}{\left(\frac{1}{R_1} + \sqrt{\frac{r_d \cdot r_p}{C \cdot h_m} \left(\frac{1}{r_p} + \frac{1}{r_d}\right)}\right)^2 \cdot \sqrt{2R_1 h_m}}$$

Список литературы

1. Браславский В.М. Технология обкатки крупных деталей роликами. – 2-е изд. – М.: Машиностроение., 1975. – 160 с.
2. Жасимов М.М. Управление качеством деталей при поверхностном пластическом деформировании. – Алма-Ата: Наука, 1986. – 208 с.
3. Никифоров Н.И. Определение площади контакта при ППД коническими роликами // Современные проблемы науки и образования. – 2010. – № 4 – С. 121–126.