

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ РЕЖУЩИХ ЗЕРЕН ПРИ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ НА ПАРАМЕТРЫ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

Новиков Ф.В., докт. техн. наук, **Шкурупий В.Г.**, канд. техн. наук,
(Харьковский национальный экономический университет имени Семена Кузнецца)

Приведены результаты аналитических исследований параметров шероховатости поверхности при абразивной обработке. Показано, что с увеличением количества работающих зерен (рассматривая зерна в форме конуса) и уменьшением толщины среза (рассматривая зерна в форме сферы) отношение высотных параметров шероховатости поверхности R_{max} / R_a увеличивается, достигая значений 20...30 и более. Это согласуется с экспериментальными данными, полученными при абразивном полировании

Для обеспечения высоких показателей шероховатости поверхности обрабатываемых деталей машин применяются различные методы абразивной обработки (шлифование, хонингование, абразивное полирование и т.д.). Технологические возможности этих методов обработки достаточно полно изучены [1, 2]. Вместе с тем, закономерности формирования шероховатости поверхности при абразивной обработке аналитически описаны недостаточно полно и требуют проведения дальнейших исследований. В особой мере это относится к аналитическому определению отношения высотных параметров шероховатости поверхности R_{max} / R_a , которое может принимать различные значения. Так, по экспериментальным данным, при шлифовании $R_{max} / R_a = 4...6$ [3], а при абразивном полировании отношение R_{max} / R_a может принимать достаточно большое значение, равное 30 [4]. Поэтому важно провести теоретический анализ характера изменения отношения R_{max} / R_a для различных условий абразивной обработки, моделируя зерна в форме конуса и сферы.

Для решения поставленной задачи рассмотрена расчетная схема образования шероховатости поверхности на неподвижной плоскости образца (рис. 1) в результате наложения на нее проекций n зерен, расположенных на рабочей поверхности инструмента, движущегося со скоростью V перпендикулярно неподвижной плоскости образца. Первоначально принято, что режущие зерна имеют форму конуса, одинаковые размеры и выступают на одинаковую высоту. Для аналитического описания образуемой шероховатости поверхности предложено использовать вероятностную функцию $\Phi(y)$, характеризующую вероятность неударенного металла с поверхности обрабатываемого образца, т.е. определяющей долю оставшегося на обрабатываемой поверхности металла в виде микронеровностей (рис. 1,а):

$$\Phi(y) = e^{-\frac{2 \cdot \text{tg} \gamma \cdot n}{B} \cdot y}, \quad (1)$$

где 2γ – угол при вершине конусообразного режущего зерна; n – количество абразивных зерен, участвующих в процессе резания; B – ширина обрабатываемого образца, м; y – координата, отсчитываемая от вершины зерна, м.

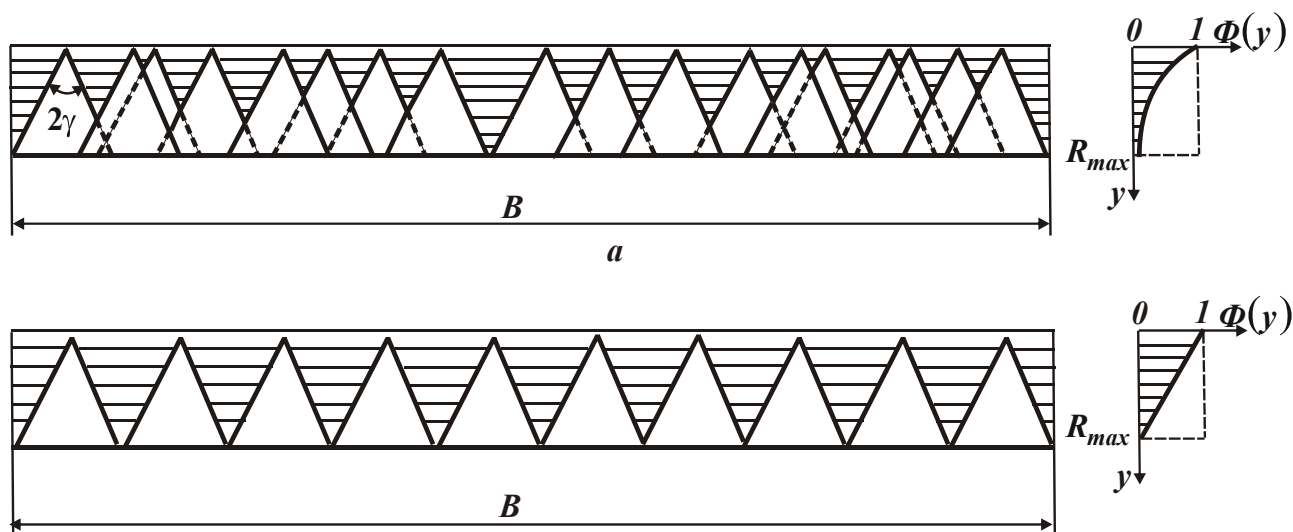


Рис. 1. Расчетная схема вероятностной функции $\Phi(y)$ при неупорядоченном (а) и упорядоченном (б) расположении проекций зерен на плоскости образца

По физической сути функция $\Phi(y)$ соответствует классической относительной опорной длине микропрофиля обработанной поверхности – одному из основных параметров шероховатости поверхности [1].

В работе [5] приведено общее теоретическое решение определения параметра шероховатости поверхности R_a на основе использования вероятностной функции $\Phi(y)$ (рис. 2). Для этого первоначально определено положение средней линии $y = a$, которая разделяет микропрофиль обработанной поверхности на две части таким образом, что заштрихованные на рис. 2 площади F_1 и F_2 равны между собой. В этом случае наибольшая впадина микропрофиля соответствует значению $y = 0$, а наибольший выступ микропрофиля соответствует значению $y = R_{max}$ (высотному параметру шероховатости поверхности).

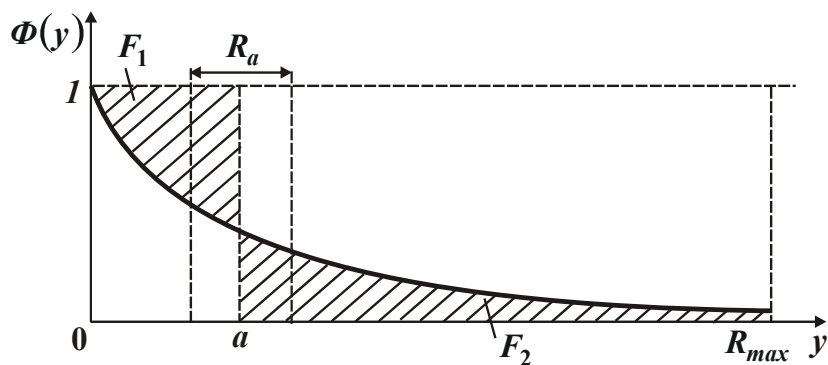


Рис. 2. Расчетная схема параметра шероховатости поверхности

Параметр шероховатости поверхности R_a по определению равен длине стороны прямоугольника с высотой $\Phi(y)=1$ (рис. 2), т.е.

$$R_a = \frac{F_1 + F_2}{1} = 2 \cdot F_1 = 2 \cdot F_2. \quad (2)$$

Положение средней линии профиля $y = a$ определяется из условия $F_1 = F_2$. Тогда в общем случае площади F_1 и F_2 аналитически опишутся:

$$F_1 = \int_0^a [1 - \Phi(y)] \cdot dy = a - \int_0^a \Phi(y) \cdot dy; \quad (3)$$

$$F_2 = \int_a^{R_{max}} \Phi(y) \cdot dy. \quad (4)$$

Сравнивая зависимости (3) и (4), получено:

$$a = \int_0^a \Phi(y) \cdot dy + \int_a^{R_{max}} \Phi(y) \cdot dy = \int_0^{R_{max}} \Phi(y) \cdot dy. \quad (5)$$

Соответственно параметр шероховатости поверхности R_a определится:

$$R_a = 2 \cdot F_2 = 2 \cdot \int_a^{R_{max}} \Phi(y) \cdot dy. \quad (6)$$

С учетом зависимости (1) и числа $N = 2 \cdot \text{tg} \gamma \cdot n \cdot R_{max} / B$, установленного из рис. 1,б и определяющего во сколько раз суммарная длина оснований проекций n зерен на вертикальную плоскость $2 \cdot \text{tg} \gamma \cdot n \cdot R_{max}$ будет больше ширины обрабатываемого образца B на уровне $y = R_{max}$, параметры a и R_a выразятся:

$$a = \int_0^{R_{max}} \Phi(y) \cdot dy = \frac{B}{2 \cdot \text{tg} \gamma \cdot n} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2 \cdot \text{tg} \gamma \cdot n \cdot R_{max}}{B}} \right) = \frac{R_{max}}{N} \cdot (1 - e^{-N}); \quad (7)$$

$$R_a = 2 \cdot \int_a^{R_{max}} \Phi(y) \cdot dy = \frac{B}{\text{tg} \gamma \cdot n} \cdot \left(e^{-\frac{2 \cdot \text{tg} \gamma \cdot n \cdot a}{B}} - e^{-\frac{2 \cdot \text{tg} \gamma \cdot n \cdot R_{max}}{B}} \right) = \frac{2 \cdot R_{max}}{N} \cdot (e^{-(1-e^{-N})} - e^{-N}). \quad (8)$$

Из табл. 1 и рис. 3 следует, что значения отношения R_{max} / R_a , рассчитанные на основе зависимости (8), с увеличением числа N непрерывно увеличиваются, особенно при условии $N \geq 4$.

Таблица 1

Расчетные значения отношений R_a / R_{max} и R_{max} / R_a

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

R_a / R_{max}	0,324	0,285	0,225	0,178	0,144	0,121	0,105	0,091	0,081	0,073
R_{max} / R_a	3,086	3,509	4,444	5,618	6,944	8,26	9,52	10,98	12,34	13,7
N	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80
R_a / R_{max}	0,049	0,036	0,029	0,024	0,02	0,018	0,014	0,012	0,01	0,009
R_{max} / R_a	20,55	27,4	34,25	41,1	48	54,8	68,5	82,2	95,9	109,6

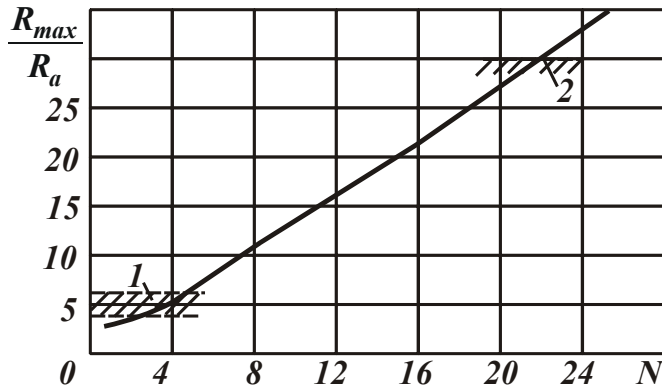


Рис. 3. Зависимость отношения R_{max} / R_a от N : 1 – зона шлифования; 2 – зона абразивного полирования

Практикой абразивной обработки установлено, что при шлифовании отношение R_{max} / R_a , как правило, принимает значения 4...6 [3]. Исходя из табл. 1 и рис. 3, это достигается для $N=3...5$.

При абразивном полировании отношение R_{max} / R_a может принимать значение 30 [4]. Исходя из табл. 1 и рис. 3, это достигается для $N \approx 22$.

Следовательно, увеличение отношения R_{max} / R_a до значения 30 при абразивном полировании обусловлено увеличением числа N , т.е. увеличением количества зерен n , участвующих в формировании шероховатости поверхности. Из этого вытекает, что при шлифовании в формировании шероховатости поверхности участвует значительно меньшее количество зерен, чем при абразивном полировании.

При условии $N \geq 4$ экспонентная функция $e^{-N} \rightarrow 0$, поэтому вторыми слагаемыми в зависимостях (7) и (8) можно пренебречь в первом приближении. Тогда они примут простой вид:

$$a = \frac{B}{2 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot n}; \quad (9)$$

$$R_a = \frac{0,367 \cdot B}{\operatorname{tg} \gamma \cdot n}. \quad (10)$$

Преобразуя зависимости (9) и (10) с учетом отношения $N = 2 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot n \cdot R_{max} / B$, получено:

$$a = \frac{B}{2 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot n} \cdot \frac{R_{max}}{R_{max}} = \frac{R_{max}}{N}; \quad (11)$$

$$R_a = \frac{0,367 \cdot B}{\operatorname{tg} \gamma \cdot n} \cdot \frac{R_{max}}{R_{max}} = \frac{0,734 \cdot R_{max}}{N} \quad (12)$$

ИЛИ

$$\frac{a}{R_{max}} = \frac{1}{N}; \quad (13)$$

$$\frac{R_a}{R_{max}} = \frac{0,734}{N}. \quad (14)$$

Как следует из зависимостей (13) и (14), отношения a/R_{max} и R_a/R_{max} тем меньше, чем больше $N \geq 1$. Применяемое на практике отношение

$$\frac{R_{max}}{R_a} = \frac{N}{0,734}, \quad (15)$$

наоборот, тем больше, чем больше число $N \geq 1$. Этим показано, что отношения R_a/R_{max} и R_{max}/R_a , описываемые зависимостями (14) и (15), вполне однозначно определяются числом N (табл. 2).

Таблица 2

Расчетные значения отношений R_a/R_{max} и R_{max}/R_a

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R_a/R_{max}	0,734	0,367	0,244	0,183	0,146	0,122	0,105	0,091	0,081	0,073
R_{max}/R_a	1,36	2,72	4,1	5,46	6,85	8,2	9,52	10,98	12,34	13,7
N	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80
R_a/R_{max}	0,049	0,036	0,029	0,024	0,02	0,018	0,014	0,012	0,01	0,009
R_{max}/R_a	20,55	27,4	34,25	41,1	48	54,8	68,5	82,2	95,9	109,6

Как видно, при условии $N \geq 4$ значения отношений R_a/R_{max} и R_{max}/R_a , приведенные в табл. 1 и табл. 2 фактически совпадают, что позволяет для практических целей использовать упрощенные зависимости (14) и (15).

Для сравнения параметров шероховатости поверхностей, образованных в результате работы инструментов с неупорядоченным и упорядоченным расположением абразивных зерен, рассмотрим расчетную схему, справедливую для упорядоченного расположения абразивных зерен, представленных в форме сферы радиусом R (рис. 4).

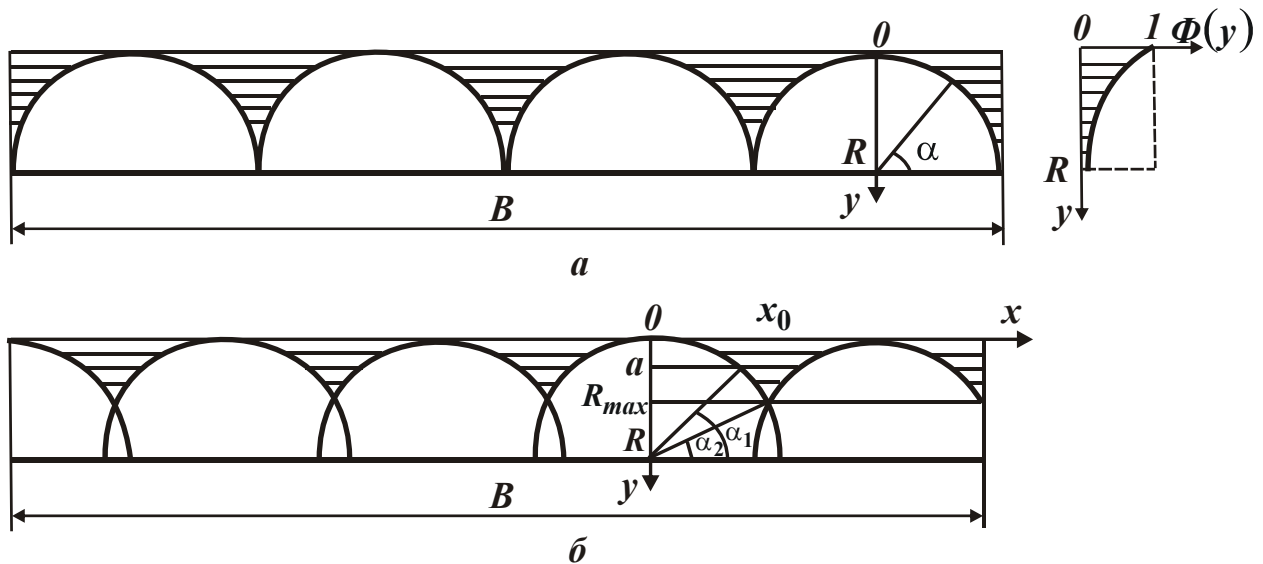


Рис. 4. Схема наложения проекций зерен на плоскость обрабатываемого образца при упорядоченном расположении зерен: а – $R_{max} = R$; б – $R_{max} < R$

Окружности абразивных зерен описываются уравнением:

$$x^2 + (y - R)^2 = R^2. \quad (16)$$

Функция $\Phi(y)$, характеризующая величину неудаленного металла с поверхности обрабатываемого образца, т.е. определяющая долю оставшегося на обрабатываемой поверхности металла в виде микронеровностей, выражается зависимостью:

$$\Phi(y) = \frac{R - x}{R} = 1 - \sqrt{1 - \left(1 - \frac{y}{R}\right)^2}, \quad (17)$$

$$\text{где } x = \sqrt{R^2 - (y - R)^2} = R \cdot \sqrt{1 - \left(1 - \frac{y}{R}\right)^2}.$$

Положение средней линии профиля $y = a$, согласно зависимости (7) с учетом $R_{max} = R$, определяется:

$$a = \int_0^R \Phi(y) \cdot dy = \int_0^R \left[1 - \sqrt{1 - \left(1 - \frac{y}{R}\right)^2} \right] \cdot dy. \quad (18)$$

Для вычисления определенного интеграла следует произвести замену переменной: $\left(1 - \frac{y}{R}\right) = \sin \alpha$ (рис. 4,а), тогда $dy = -R \cdot \cos \alpha \cdot d\alpha$. Пределы интегрирования $y = 0$ и $y = R$ соответственно равны: $\alpha = \frac{\pi}{2}$ и $\alpha = 0$. После преобразований получено:

$$a = R \cdot \int_0^{\pi/2} (1 - \cos \alpha) \cdot \cos \alpha \cdot d\alpha = R \cdot \int_0^{\pi/2} \left[\cos \alpha - \left(\frac{1 + \cos 2\alpha}{2} \right) \right] \cdot d\alpha =$$

$$= \left(1 - \frac{\pi}{4} \right) \cdot R = 0,215 \cdot R. \quad (19)$$

Параметр шероховатости поверхности R_a определяется зависимостью (8):

$$R_a = 2 \cdot \int_a^R \Phi(y) \cdot dy = 2 \cdot \int_a^R \left[1 - \sqrt{1 - \left(1 - \frac{y}{R} \right)^2} \right] \cdot dy =$$

$$= 2 \cdot R \int_0^{\alpha_1} \left[\cos \alpha - \left(\frac{1 + \cos 2\alpha}{2} \right) \right] \cdot d\alpha = 2 \cdot R \cdot \left(\sin \alpha_1 - \frac{\alpha_1}{2} - \frac{1}{4} \cdot \sin 2\alpha \right). \quad (20)$$

Угол α_1 определяется из условия: $y = a = 0,215 \cdot R$. Тогда

$$\sin \alpha_1 = 1 - \frac{a}{R} = 1 - 0,215 = 0,785. \quad (21)$$

Соответственно, угол $\alpha_1 = 52^\circ$ и зависимость (20) принимает вид:

$$R_a = 0,18 \cdot R. \quad (22)$$

Сравнивая полученное значение параметра шероховатости поверхности R_a с аналогичным значением R_a , полученным при неупорядоченном расположении абразивных зерен, т.е. на основе использования теории вероятностей [6], видно, что они совпадают при числе $N = 3$. Следовательно, для того чтобы обеспечить параметр шероховатости поверхности $R_a = 0,18 \cdot R$ при неупорядоченном расположении зерен, их количество должно быть больше в 3 раза, чем при упорядоченном расположении зерен. Из этого вытекает, что упорядоченное расположение зерен позволяет потенциально в 3 раза повысить производительность обработки по сравнению с неупорядоченным расположением зерен.

В табл. 3 и на рис. 5 (кривая 4) приведены расчетные значения функции $\Phi(y)$ при упорядоченном расположении зерен. На рис. 5 также приведены расчетные значения функции $\Phi(y)$ при неупорядоченном расположении зерен [6]. Как видно, графики 2 и 4 на рис. 5 отличаются, несмотря на то, что для них параметр R_a один и тот же и принимает значение $R_a = 0,18 \cdot R$.

Таблица 3

Расчетные значения функции $\Phi(y)$ при упорядоченном расположении зерен

y/R	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\Phi(y)$	1	0,564	0,4	0,286	0,2	0,134	0,083	0,046	0,02	0,005	0

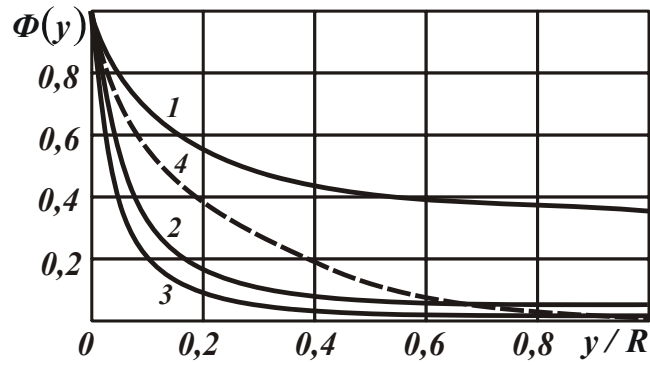


Рис. 5. Характер изменения функции $\Phi(y)$ при неупорядоченном расположении зерен (1 – $N=1$; 2 – $N=3$; 3 – $N=4$) и упорядоченном расположении зерен (4)

Отношение высотных параметров шероховатости поверхности R_a / R_{max} , исходя из зависимости (22) с учетом $R_{max} = R$ равно $R_a / R_{max} = 0,18$. Соответственно $R_{max} / R_a = 5,55$, что в большей мере соответствует условиям формирования шероховатости поверхности при шлифовании.

Заслуживает особого внимания случай $0 < R_{max} < R$ (рис. 4,б).

Функция $\Phi(y)$ в этом случае описывается зависимостью, аналогичной зависимости (17):

$$\Phi(y) = \frac{x_0 - x}{x_0} = 1 - \frac{x}{x_0}, \quad (23)$$

где $x = \sqrt{R^2 - (y - R)^2} = R \cdot \sqrt{1 - \left(1 - \frac{y}{R}\right)^2}$; $x_0 = \sqrt{R^2 - (R_{max} - R)^2} = R \cdot \sqrt{1 - \left(1 - \frac{R_{max}}{R}\right)^2}$.

Тогда

$$\Phi(y) = 1 - \frac{\sqrt{1 - \left(1 - \frac{y}{R}\right)^2}}{\sqrt{1 - \left(1 - \frac{R_{max}}{R}\right)^2}} = 1 - z \cdot \sqrt{1 - \left(1 - \frac{y}{R}\right)^2}, \quad (24)$$

где $z = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(1 - \frac{R_{max}}{R}\right)^2}}$.

Положение средней линии профиля $y = a$ определяется зависимостью:

$$a = \int_0^{R_{max}} \Phi(y) \cdot dy = \int_0^{R_{max}} \left[1 - z \cdot \sqrt{1 - \left(1 - \frac{y}{R}\right)^2} \right] \cdot dy. \quad (25)$$

С учетом новой переменной: $\left(1 - \frac{y}{R}\right) = \sin \alpha$, ее производной $dy = -R \cdot \cos \alpha \cdot d\alpha$ и новых пределов интегрирования $\alpha = \frac{\pi}{2}$ и $\alpha = \alpha_2 = \arcsin\left(1 - \frac{R_{max}}{R}\right)$ вместо исходных пределов интегрирования $y = 0$ и $y = R_{max}$ зависимость (25) принимает вид:

$$a = R \cdot \int_{\alpha_2}^{\pi/2} (1 - z \cdot \cos \alpha) \cdot \cos \alpha \cdot d\alpha = R \cdot \int_{\alpha_2}^{\pi/2} \left[\cos \alpha - z \cdot \left(\frac{1 + \cos 2\alpha}{2}\right) \right] \cdot d\alpha =$$

$$= R \cdot \left[(1 - \sin \alpha_2) + \frac{z}{4} \cdot \sin 2\alpha_2 - \frac{z}{2} \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_2\right) \right]. \quad (26)$$

Параметр шероховатости поверхности R_a определяется зависимостью, аналогичной зависимости (20):

$$R_a = 2 \cdot \int_a^{R_{max}} \Phi(y) \cdot dy = 2 \cdot \int_a^{R_{max}} \left[1 - z \cdot \sqrt{1 - \left(1 - \frac{y}{R}\right)^2} \right] \cdot dy. \quad (27)$$

Произведя замену $\left(1 - \frac{y}{R}\right) = \sin \alpha$ и соответственно $dy = -R \cdot \cos \alpha \cdot d\alpha$, с учетом новых пределов интегрирования $\alpha_1 = \arcsin\left(1 - \frac{a}{R}\right)$ и $\alpha_2 = \arcsin\left(1 - \frac{R_{max}}{R}\right)$ вместо исходных пределов интегрирования $y = a$ и $y = R_{max}$, получено:

$$R_a = 2 \cdot R \int_{\alpha_2}^{\alpha_1} \left[\cos \alpha - z \cdot \left(\frac{1 + \cos 2\alpha}{2}\right) \right] \cdot d\alpha =$$

$$= 2 \cdot R \cdot \left[(\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2) - \frac{z}{2} \cdot (\alpha_1 - \alpha_2) - \frac{z}{4} \cdot (\sin 2\alpha_1 - \sin 2\alpha_2) \right]. \quad (28)$$

В табл. 4 приведены рассчитанные по зависимостям (26) и (28) значения отношений a/R , R_a/R и R_{max}/R_a для различных значений R_{max}/R .

Таблица 4

Расчетные значения z , α_2 , a/R , α_1 , R_a/R и R_{max}/R_a

R_{max}/R	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0
z	3,2	2,294	1,666	1,4	1,25	1,154	1,0
α_2 , град.	72	65	53	45	37	30	0

a/R	0,017	0,0341	0,0638	0,0934	0,1219	0,147	0,215
α_1 , град.	74	69	62	58	56	54	52
R_a/R	0,00088	0,0055	0,017	0,0346	0,0614	0,0858	0,18
R_{max}/R_a	56,8	18,18	11,76	8,67	6,51	5,83	5,55

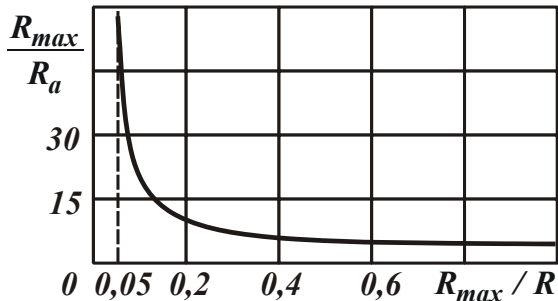


Рис. 6. Зависимость отношения R_{max}/R_a от R_{max}/R

Как видно, отношение параметров шероховатости поверхности R_{max}/R_a в зависимости от отношения R_{max}/R изменяется в широких пределах, принимая при $R_{max}/R=0,05$ весьма большое значение $R_{max}/R_a=56,8$ (рис. 6). При $R_{max}/R>0,1$ отношение R_{max}/R_a принимает значения, которые соответствуют экспериментально установленным значениям для процессов шлифования и хонингования [1-3].

В работе [4] экспериментально установлено, что при абразивном полировании отношение R_{max}/R_a может принимать значение, равное 30. Исходя из табл. 4, это связано с существенным уменьшением отношения $R_{max}/R \rightarrow 0,05$ вследствие существенного уменьшения толщин срезов отдельными зернами, что является особенностью процесса абразивного полирования.

Таким образом, при моделировании абразивных зерен в форме сферы можно даже при упорядоченном расположении зерен получить значения R_{max}/R_a , изменяющиеся в весьма широких пределах и соответствующие экспериментальным данным, тогда как при моделировании абразивных зерен в форме конуса при их упорядоченном расположении (рис. 1,б) отношение R_{max}/R_a принимает одно значение, равное $R_{max}/R_a=4$. Следовательно, моделирование абразивных зерен в форме сферы в большей мере соответствует реальным условиям формирования шероховатости поверхности как при шлифовании, так и при абразивном полировании.

Параметр R_{max} по физической сути определяет толщину среза a_z отдельным зерном, которая принимает предельное значение при условии перехода от процесса резания к процессу трения зерна с обрабатываемым материалом. Согласно экспериментальным данным профессора Богомолова Н.И., это условие выполняется при предельных значениях $a_z/\rho=0,04 \dots 0,08$, а по данным профессора Крагельского И.В. – при $a_z/\rho=0,14 \dots 0,17$, т.е. в общем $a_z/\rho=0,04 \dots 0,17$, где ρ – радиус округления режущей кромки зерна, мкм. Тогда в общем $a_z \approx R_{max} = (0,04\dots 0,17) \cdot R$, где R – радиус абразивного зерна, мкм. Рассматривая отношение $a_z/\rho \approx R_{max}/R$, из рис. 6 следует, что при переходе от процесса резания к процессу трения зерна с обрабатываемым материалом отношение высотных параметров шероховатости поверхности R_{max}/R_a может изменяться в широких пределах – от 56 до 14. Из этого вытекает, что процесс абразивного

полирования может протекать в этих условиях, т.к. по приведенным выше экспериментальным данным отношение $R_{max} / R_a = 30$, соответственно $R_{max} / R = 0,07$.

При шлифовании, как известно, отношение R_{max} / R_a принимает меньшие значения (на уровне 4...6), а это соответствует значениям $R_{max} / R > 0,6$. Очевидно, в этих условиях протекает устойчивый процесс резания. При этом также возможно протекание интенсивного процесса трения связки шлифовального круга с обрабатываемым материалом, однако он в меньшей мере влияет на отношение R_{max} / R_a .

Таким образом, установлена тесная связь отношения R_{max} / R_a с отношением $a_z / \rho \approx R_{max} / R$. Как следует из рис. 6, чем больше это отношение, тем меньше отношение R_{max} / R_a и выше эффективность процесса обработки с точки зрения обеспечения высокопроизводительного съема обрабатываемого материала. С уменьшением отношения $a_z / \rho \approx R_{max} / R$ до предельного значения, при котором происходит переход от процесса резания к процессу трения зерна с обрабатываемым материалом, отношение R_{max} / R_a может принимать весьма большие значения.

Существенно увеличить отношение R_{max} / R_a можно и при обработке материалов методами пластического деформирования, т.е. когда отношение $a_z / \rho \approx R_{max} / R$ принимает предельные значения. Так, экспериментально установлено, что при выглаживании шаром отношение $R_{max} / R_a = 14,2$, а параметр $R_a = 0,1$ мкм. Приблизительно такие же значения достигаются и при тонком точении алмазным инструментом ($R_{max} / R_a = 21,2$; $R_a = 0,1$ мкм) и при абразивном полировании ($R_{max} / R_a = 30$; $R_a = 0,1$ мкм). Следовательно, обработка в этих условиях в большей мере подчиняется закономерностям трения и пластического деформирования материала, в результате чего уменьшаются параметры шероховатости, причем, параметр R_a в большей мере, что приводит к увеличению отношения R_{max} / R_a . При струйно-абразивной обработке отношение R_{max} / R_a принимает значение 6,25, что соответствует условиям протекания устойчивого процесса резания. Однако образуемая шероховатость поверхности характеризуется достаточно большими значениями параметров R_a и R_{max} .

Список литературы: 1. Технологические методы повышения износостойкости деталей машин / Э.В. Рыжов. – К.: Наук. думка, 1984. – 272 с. 2. Качество поверхности при алмазно-абразивной обработке / Э.В. Рыжов, А.А. Сагарда, В.Б. Ильицкий, И.Х. Чеповецкий. – К.: Наук. думка, 1979. – 244 с. 3. Маслов Е.Н. Теория шлифования металлов / Е.Н. Маслов. – М.: Машиностроение, 1974. – 319 с. 4. Шкурупій В.Г. Підвищення ефективності технології фінішної обробки світловідбиваючих поверхонь деталей із тонкого листа і стрічок: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.08 “Технологія машинобудування” / В.Г. Шкурупій. – Одеса, 2006. – 21 с. 5. Новіков Ф.В. Математична модель визначення шорсткості поверхні при абразивній обробці / Ф.В. Новіков, В.В. Нежебовський, В.Г. Шкурупій // Вісник НТУ “ХПІ”. Збірник наукових праць. Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х.: НТУ “ХПІ”. – 2013. – № 5 (979). – С. 199-210. 6. Шкурупій В.Г. Оценка

влияния зернистости абразива на шероховатость поверхности при абразивной обработке / В.Г. Шкурупий, Ф.В. Новиков, А.Г. Крюк // Вісник НТУ "ХП". Збірник наукових праць. Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Х.: НТУ "ХП". – 2014. – № 44 (1087). – С. 184–189.