ISSN 0002-306X. Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. 2000. Т. LIII, № 3.

УДК 621.922.029 МАШИНОСТРОЕНИЕ

М.А. ГРИГОРЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЬЕФОВ ПОВЕРХНОСТЕЙ АЛМАЗНОГО РОЛИКА И ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

Установлено, что при формировании рельефа ШК при правке АР происходит взаимное разрушение вершин контактирующих выступов наружной части рельефов обоих инструментов, вследствие чего на этих участках увеличивается плотность распределения разновысотности вершин, соответствующая закону бета-распределения. Учитывая случайный характер распределения разновысотности, определены количество выступов на разных уровнях рельефов АР и ШК, а также вероятное количество ударяющихся выступов при правке.

Ключевые слова: рельеф, режущие выступы, распределение, профилограмма.

Процесс формирования рельефа поверхности шлифовального круга (ШК) при правке алмазным роликом (АР) обусловлен пространственным взаимодействием рельефов режущих поверхностей двух инструментов. При этом нагрузка на ШК передается через контактирующие поверхности выступов рельефа АР. Так как на алмазных зернах существуют многочисленные субмикровыступы, то их перемещение относительно микровыступов на наружной поверхности ШК сопровождается соударением с последними, в результате чего происходит их разрушение и формирование нового рельефа на поверхностях АР и ШК. Учитывая случайный характер распределения разновидности выступов в интервале H_p рельефа АР ($0 \le y_p \le H_p$), а также ее асимметрию и результаты анализа существующих законов распределения (нормального, бета, гамма, логарифмически нормального, Релея, Коши, Вейбулла и т.д.), наиболее близко реальному распределению разновысотности выступов по высоте соответствует бета-распределение, плотность которого имеет вид [1] $\varphi(x) = Ax^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}$, где $A = \Gamma(\alpha+\beta)/\Gamma(\alpha)+\Gamma(\beta)$; Γ - гамма-функция; α, β – параметры бета-распределения, зависящие от математического ожидания z и дисперсии σ^2.

Если обозначить общее количество вершин режущих выступов на единице поверхности рельефа АР через $n_{ср}$, а число уровней выступов до рассматриваемой глубины через n_p, то функцию распределения выступов по высоте можно представить в виде $\varphi(x) = n_p/n_{ср}$. Вероятность нахождения выступа в слое dx_p равна $dn_p/n_{ср}$, а число режущих выступов на уровне y_p: $n_p = n_{ср} A_p \int_0^{y_p} x_p^{\alpha_p-1}(1-x_p)^{\beta_p-1} dx_p$.

Переходом к относительным величинам координат и интегрированием получим вероятное количество режущих выступов на единице поверхности АР:

$$n_p = n_{cp} A_p \sum_{m=0}^{\infty} (-1)^m \frac{(\beta_p - 1)!(y_p / H_p)^{\alpha_p + m}}{(\beta_p - 1 - m)!\, m!(\alpha_p + m)}, \qquad (1)$$

Для определения статистических характеристик рельефа, параметров бета-распределения и количества режущих выступов n_p необходимо экспериментально изучить рельеф поверхности АР. С этой целью был применен метод профилографирования. Запись профиля производилась на профилографе-профилометре мод. 201. Для записи были использованы алмазные ролики прямого и фасонного (углового) профиля со сплошной и прерывистой поверхностью, изготовленные из природных алмазов зернистостью 800/630, 630/500, 500/400 на твердосплавной связке с концентрацией 50, 100, 150%, а также ролики из синтетических алмазов АС15, АС32 зернистостью 400/315, 315/250, 250/200, 200/160 на гальванических и металлических (М1) связках с концентрацией 50, 100, 150%. Для правки использовались круги как фасонного, так и прямого профиля со сплошными и прерывистыми поверхностями электрокорундовые (из 24А, зернистость 12,16,25,40, твердость СМ1, С1, СТ1, структура 7, на керамической связке К5) и эльборовые (из эльбора – Л, зернистость 20, 16, 12, 6, 4, твердость СМ1, С1, СТ1, связка керамическая К5, концентрация 50, 100, 150%). Профиль АР записывался после доводки и правки, а ШК – после правки и шлифования. Режимы правки электрокорундового круга: $V_к$=25 *м/с*, $V_д$=7 *м/с*, $S_п$=0,03 *мм/ход*, $S_{пр}$=0,5*мм/об*; эльборового круга $V_к$=25 *м/с*, $V_д$=7*м/с*, $S_п$=0,01 *мм/ход*, $S_{пр}$=0,1 *мм/об*. В качестве СОЖ применялось индустриальное масло 12.

Исследования показали, что профилограммы режущих поверхностей алмазных и абразивных инструментов, снятые в поперечном и продольном направлениях, на определенную величину различаются (рис.1).

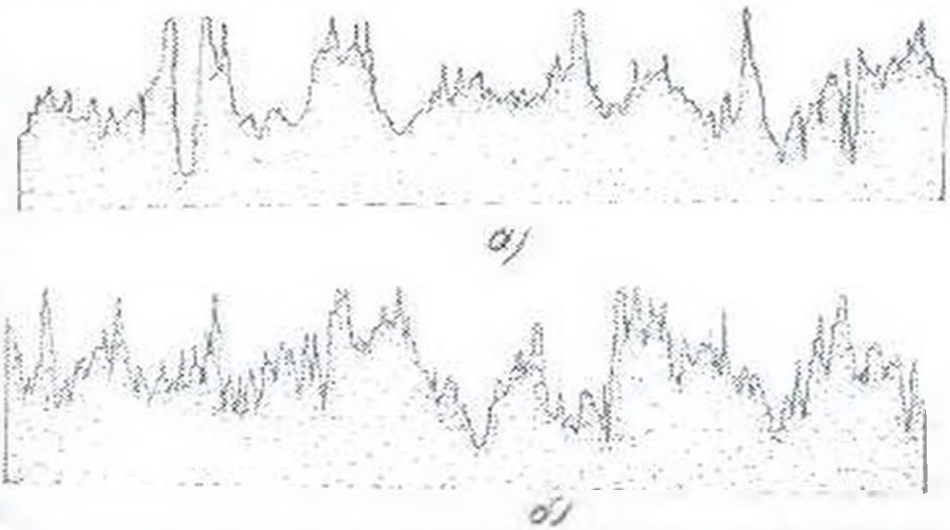

Рис.1. Профилограммы режущей поверхности алмазного ролика зернистостью 800/630, К=100%, на твердосплавной связке после доводки: а – продольного направления, б – поперечного направления

При обработке профилограммы были определены высоты $y_{вi}$ вершин режущих выступов зерен относительно нулевой линии (линия, проходящая через вершину наиболее выступающих выступов), относительная частота n/N и построен полигон распределения (рис.2). Полигоны распределения разновысотности вершин выступов рельефа режущей поверхности АР, независимо от зернистости, имеют одинаковые формы: на верхней части рельефа имеется высокая частость распределения размера y_p, распространяющаяся до некоторой глубины (10...20 *мкм*); в правой асимметричной части частость асимптотически уменьшается, распространяясь до полной глубины профиля.

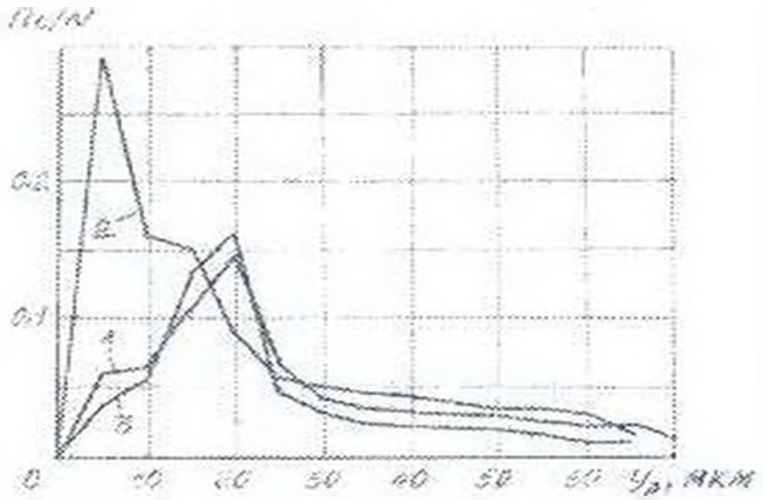

Рис 2. Полигон распределения разновысотности вершин режущих выступов рельефа поверхности алмазного ролика после правки: 1 – 500/400, 100% (связка твердосплавная), 2 - 200/160, 100%(связка М1), 3 - 800/630, 100% (связка твердосплавная)

Проверка асимметричности (табл.1) по показателю β_1, островершинности по показателю β_2 [2] и значения критерия согласия χ^2 дала удовлетворительные результаты.

Таблица 1

Зернистость	$\bar{y}_p$	$\bar{z}_p$	σ^2	α_p	β_p	A_p	β_1	β_2
800/630	57,3	0,36	0,084	0,62	1,1	0,49	0,28	2,08
500/400	46,6	0,36	0,086	0,59	1,07	0,68	0,29	2,05
315/250	36,8	0,29	0,088	0,39	0,96	0,39	0,68	2,42
250/200	35,6	0,29	0,106	0,28	0,68	0,25	0,15	2,29
200/160	29,7	0,27	0,075	0,44	1,2	0,43	0,84	2,69

Зная параметры α_p и β_p, можно определить количество n_p в любом уровне профиля. Как видно (рис.3а), с увеличением зернистости алмазов количество n_p уменьшается. На основании обработки профилограмм режущих поверхностей электрокорундовых и эльборовых кругов полигоны распределения в основном имеют одновершинные и

асимметричные формы, что можно объяснить воздействием процесса правки на рельеф поверхности, приводящим к увеличению количества вершин на его верхней части. Статистические характеристики и параметры бета-распределения для этих кругов после правки приведены в табл.2.

Таблица 2

Характеристика круга	$\bar{y}$	$\bar{z}$	σ^2	α	β	A	β_1	β_2
24А4ОСТ17К5	45,1	0,14	0,04	0,27	2,16	0,59	4,28	7,14
24А4ОСМ17К5	59,3	0,17	0,062	0,23	1,08	0,37	2,46	4,46
24А25СТ17К5	31,9	0,14	0,025	0,52	3,29	1,86	2,65	5,32
24А25С17К5	35,4	0,15	0,032	0,87	2,49	1,16	1,49	5,19
24А25СМ17К5	38,5	0,15	0,056	0,21	1,13	0,39	1,8	5,17
24А16С17К5	25,7	0,15	0,029	0,52	2,91	1,4	1,16	4,96
24А16СМ17К5	28,3	0,16	0,038	0,39	2,09	0,66	2,47	4,9
24А12СМ17К5	22,2	0,17	0,035	0,52	2,51	1,09	1,97	4,48
Л02ОСТ1К5 100%	16,5	0,18	0,026	0,86	3,82	2,38	1,35	3,99
Л02ОСМ1К5 100%	15,5	0,16	0,021	0,8	4,37	4,69	1,73	4,56
Л016СТ1К5 100%	13,9	0,17	0,029	0,32	3,18	1,21	4,78	8,14
Л016СМ1К5 100%	13,2	0,16	0,028	0,57	3,1	1,65	2,44	5,17
Л012СТ1К5 100%	13,3	0,19	0,023	0,87	3,7	3,23	1,29	3,88
Л012СМ1К5 100%	13,4	0,18	0,028	0,76	3,5	2,52	1,6	4,13
Л06СТ1К5 100%	10,4	0,2	0,033	0,83	3,16	2,15	1,15	3,6
Л04СТ1К5 100%	10,9	0,24	0,06	0,49	1,52	1,68	1,68	3,97

Определение количества режущих выступов на единице площади электрокорундового n_k и эльборового $n_э$ круга с помощью формулы, аналогичной (1), показало (рис.3 б,в), что интенсивность их увеличения по высоте рельефа снижается, имея максимальное значение в верхних слоях.

Если из первоначального положения ролику сообщить радиальную подачу S_p, то вероятность встречи пар выступов рельефов ролика и круга определится произведением dn_p/n_{cp} и dn_k/n_{ck}, а полное число вероятных ударов n_y, образовавшихся от взаимодействия режущих выступов обоих рельефов, - интегралом [3]

$$n_y = n_c A \int_0^{S_p S_p'} \int_0^{y_k} x_p^{\alpha_p - 1}(1 - x_p)^{\beta_p - 1} x_k^{\alpha_k - 1}(1 - x_k)^{\beta_k - 1} dx_p dx_k .$$

Разложив члены выражения в ряды и решая интеграл, окончательно получим

$$n_y = n_c A_y DM \frac{m_p! m_k!}{(m_p + m_k)!} S_p^{(\alpha_p + \alpha_k + m_p + m_k + 2)}, \qquad (2)$$

где n_c – наименьшее количество выступов из двух контактирующих рельефов; A_y,D,M – величины, зависящие от высоты профиля Н, параметров α, β, количества m членов рядов.

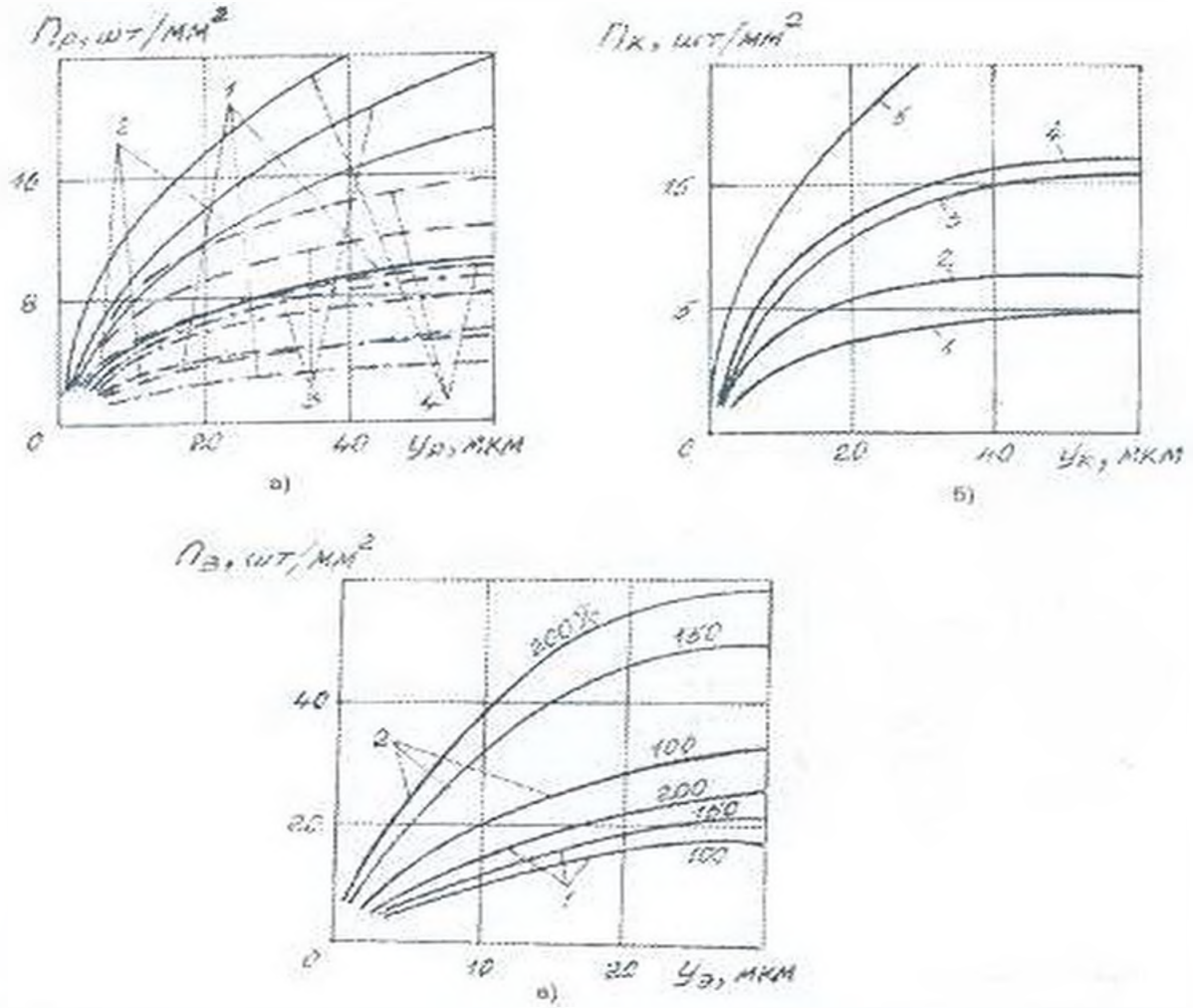

Рис 3. Зависимость количества n режущих выступов от высоты профиля: а – алмазного ролика при правке: 1 –50%, 2- 100%, 3-150%, 4-200% (-·- 200/160, --- 250/200, -·-315/250). 5 – электрокорундового круга: 1-24А4ОСТ17К5, 2-24А40СМ17К5, 3-24А25СТ17К5, 4-24А25СМ17К5; в – эльборового круга: 1-ЛО20СТ1К5, 2- Л016СТ1К5

Сравнение полученных результатов с существующими экспериментальными и теоретическими данными [4,5] показало, что для распределения разновысотности вершин режущих кромок можно применять закон бета-распределения, а с помощью полученных формул (1), (2) определить количество вершин режущих кромок на разных высотах рельефа, а также число вероятно ударяющихся выступов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Корн Г., Корн Т.** Справочник по математике для работников и инженеров. – М.: Наука, 1978. – 831 с.
2. **Пирсон К.** Таблицы неполной бета-функции. – М.: АН СССР, 1974. – 538 с.
3. **Григорян М.А.** Методика определения силы резания при правке шлифовальных кругов. Информационно-рекламный листок № 4Р-90. – Ереван /АРМНИИНТИ, Госплан АрмССР - 1990 - 4 с.
4. **Филимонов Л.Н.** Высокоскоростное шлифование. – Л.: Машиностроение, 1979. – 248 с.
5. **Залвер О., Малкин С.** Шлифование вольфрамкобальтовых твердых сплавов // Тр. Амер. об-ва инженеров-механиков. – 1980.- № 3. – С. 176-185.

НПО "Нейтрон" РА   Материал поступил в редакцию 23.01.1999

Մ.Ա. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

ԱԼՄԱՍՏԵ ԳԼԱՆԱԿԻ ԵՎ ՀՂԿԱՔԱՐԻ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐԻ ՌԵԼԻԵՖՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ՈՒՂՂՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ԺԱՄԱՆԱԿ

Հիմնավորված է, որ ալմաստե գլանակով ուղղման ժամանակ հղկաքարի ռելիեֆի ձևավորման ընթացքում տեղի է ունենում երկու գործիքների ռելիեֆների արտաքին մասերի հպվող ելուստների գագաթների փոխադարձ քայքայում, որի հետևանքով այդ տեղամասերում մեծանում է գագաթների տարաբարձրության բաշխվածության խտությունը, ինչը հանգեցնում է բետա-բաշխվածությունը համապատասխանող ասիմետրիկ օրենքի: Հաշվի առնելով տարաբարձրության բաշխվածության պատահական բնույթը, որոշվել է ելուստների քանակը ալմաստե գլանակի և հղկաքարի ռելիեֆների տարբեր մակարդակների վրա, ինչպես նաև հարվածող ելուստների հավանական քանակը ուղղման ժամանակ:

M.A. GRIGORYAN

INVESTIGATION OF DIAMOND ROLLER AND GRINDING WHEEL SURFACE RELIEFS

It is stated that the mutual failure of contacting tip points in the external part of the both tool reliefs in grinding wheel (GW) relief formation and diamond roller (DR) straightening occurs and, as a result, the allocation of different height density corresponding to the beta-allocation law increases in these sections. Taking into account the random character of the different height allocation, the quantity of the projections on different levels of DK and GW reliefs and probable quantity of impacting projections in straightening are determined.