

М.А. ГРИГОРЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ РАБОТЫ АЛМАЗНОГО ЗЕРНА ПРИ ПРАВКЕ

Установлены три вида соударения выступов: поперечное, продольное и косое. На основании теории трещинообразования определены величины разрушающих сил выступов. Выявлено, что при разрушении выступов алмазных зерен критическая сила разрушения больше, чем эльборовых и электрокорундовых; при продольном соударении требуются большие динамические нагрузки, чем при поперечном и косом соударении; процесс разрушения можно регулировать с помощью ориентации выступов в инструментах.

Ключевые слова: разрушение хрупкого материала, соударение, алмазное зерно, трещинообразование.

Правка шлифовальных кругов (ШК) с помощью алмазного ролика (АР) характеризуется контактированием двух дискретных, шероховатых, неоднородных твердых тел, на поверхностях которых случайно расположены режущие выступы, перемещающиеся с большими скоростями и подвергающиеся соударению, в результате чего происходит их разрушение. Учитывая беспорядочную ориентацию режущих выступов АР и ШК, возможны три вида их соударения: поперечное, продольное и косое (рис.1), изучение которых может стать основанием для управления ударного взаимодействия и эффективного проведения процесса правки.

Исследования с помощью микроскопа УММ показали, что отходы правки включают в себя частицы абразивных и алмазных зерен. Размеры частиц составляют для электрокорундового круга 0,6(0,7; для эльборового круга 0,7(0,8; для алмазного ролика 0,5(0,6 от среднего размера зерна в инструменте. В шламе существуют почти целые зерна, имеющие идентичные размеры в инструменте. Это дает возможность установить, что в реальных условиях процесса правки зерна обоих контактирующих инструментов в основном механически разрушаются и выпадают из связки. Механизм разрушения хрупкого материала представляется в виде процесса зарождения трещин, которые возникают в случае, когда радиальные напряжения превышают прочность материала. По теории Гриффитса [1], длина трещин увеличивается, когда подводимая и потребляемая энергии равны.

Рассмотрим условия разрушения при поперечном центральном соударении контактирующих выступов (рис.1а). В результате соударения выступов один из них или оба разрушаются. При равных условиях в первую очередь разрушается выступ абразивного зерна, так как прочность электрокорунда (эльбора) меньше, чем алмаза. Но по причине действия циклически повторяющихся механических и тепловых ударов увеличиваются существующие в выступе длины трещин, и при критическом коэффициенте интенсивности напряжений разрушается выступ алмазного зерна. Каждый контактирующий выступ можно рассмотреть как

консольную балку переменного сечения, заделанную одним концом в теле зерна, а зерно – прикрепленным к связке, на свободном конце которого влияет ударная сила P_z (рис.1а). Нормальные растягивающие напряжения в любом его сечении будут [2]: $\sigma = Mz/I$ (где z - расстояние от оси выступа до данной точки сечения), $M = -P_z y$, $I = \pi a b^3 / 4$ (y - расстояние данного сечения от вершин выступа; a , b - полуоси сечения выступа).

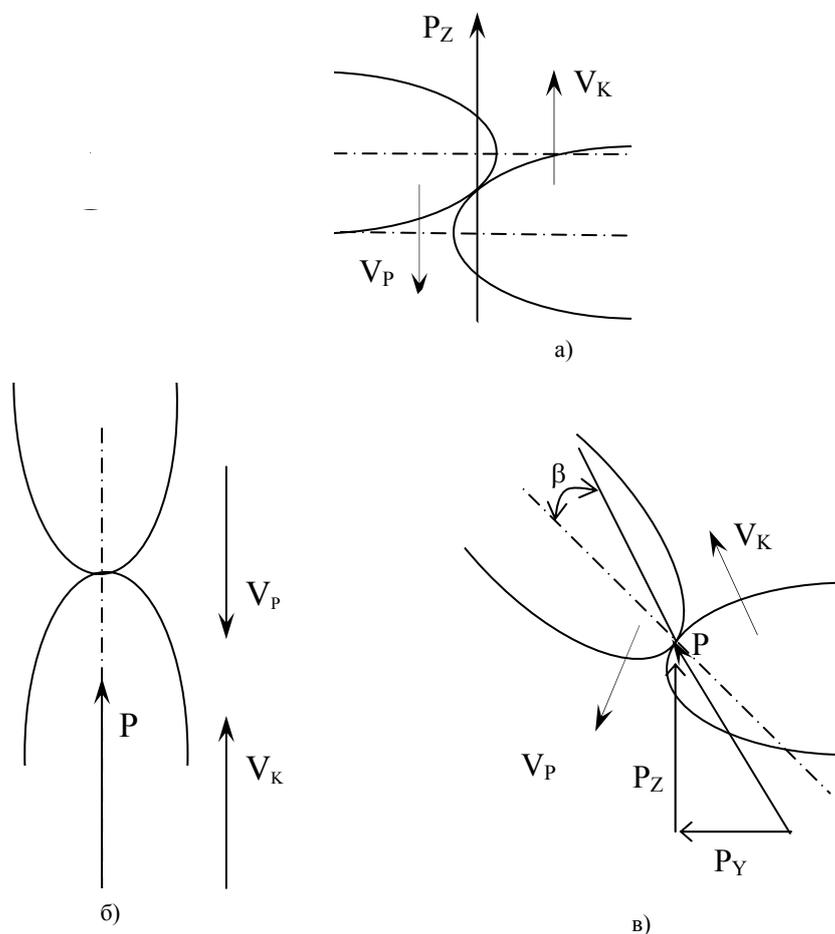


Рис.1. Виды соударения выступов: а – поперечное, б – продольное, в – косое

Если на выступе существуют трещины, то напряжение у конца трещины, находящейся на расстоянии L от вершины, определяется в виде [1]: $\sigma_T = K_{IC} / \sqrt{2\pi L}$, где K_{IC} - критическое значение коэффициента интенсивности напряжения.

При наличии на поверхности выступа трещин часть нагрузки перераспределяется на соседние участки, вследствие чего происходит увеличение силы у вершин трещин на некотором участке длиной L_1 .

Приравнявая усилия в пределах зоны L_1 при наличии трещин с усилиями в пределах L и L_1 сплошного выступа, а также напряжение в некоторой точке с трещиной с напряжением этой точки без трещины выступа, после интегрирования и преобразований определяем расстояние L_1 и критическую силу удара P_{zk} , при которой выступ разрушается $L_1 = L/3$, $P_{zk} = 1,36ab^3K_{IC} / b_{max} y K_d \sqrt{2\pi L}$, где K_d - коэффициент, учитывающий динамичность процесса, $K_d = 1,35$.

При продольном соударении выступов (рис.1б) с момента контактирования ударная сила между ними постепенно возрастает, одновременно увеличивается и контактная площадь. На краю площади контакта действуют растягивающие напряжения, приводящие к обламыванию вблизи контура контакта и уменьшению площади контакта. Вследствие этого растягивающие напряжения увеличиваются, и на оси выступа под контактной площадкой появляется трещина. На основании [2] критическая сила удара, разрушающая выступ, при

продольном соударении будет $P_k = K_{IC} a_1^2 \left(\frac{c_1}{\sqrt{L}} - \frac{c_2}{\sqrt{a_1}} \right)$, где a_1 - радиус площади контакта;

c_1, c_2 - численные постоянные.

Если ударная сила P влияет на выступ наклонной (рис.1в), составляющие импульсы, полученные выступом, будут $P_z = P \sin \beta$, $P_y = P \cos \beta$. Нормальные растягивающие напряжения в некотором сечении выступа равны $\sigma = M/W - P_y/F$, где $M = -P_z y$, $W = I/F$, F - площадь рассматриваемого сечения выступа; y - расстояние от вершин выступа до рассматриваемого сечения.

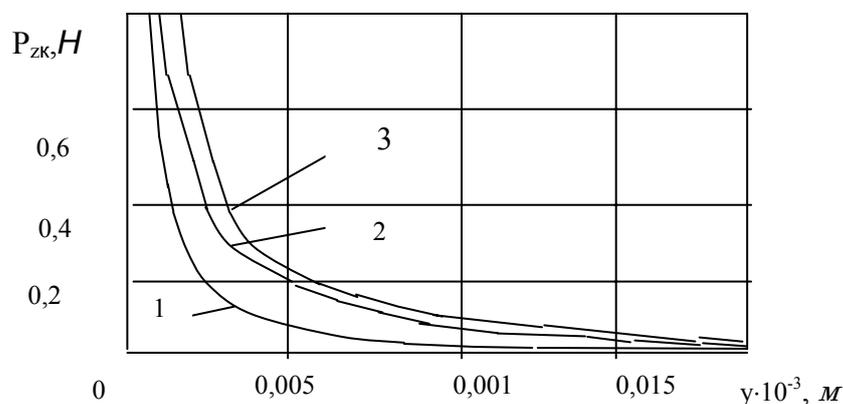


Рис.2. Зависимость критической силы P_{zk} разрушения выступа от расстояния y при поперечном соударении выступов: 1 - зерно 24 A16, 2 - зерно Л016;

3 - зерно алмазное 200/160 ($L=0,001 (10^{-3} м)$)

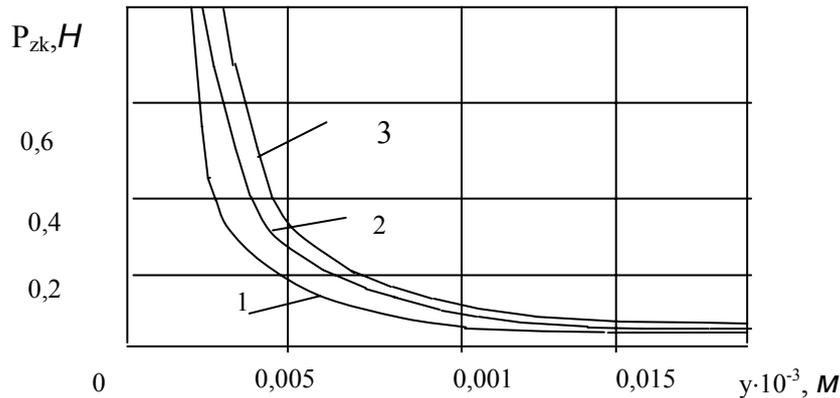


Рис.3. Зависимость критической силы P_k разрушения выступа от расстояния y при косом соударении выступов: 1 – зерно 24 А16, 2 – зерно Л016; 3 – зерно алмазное 200/160 ($L=0,001 (10^{-3} м)$)

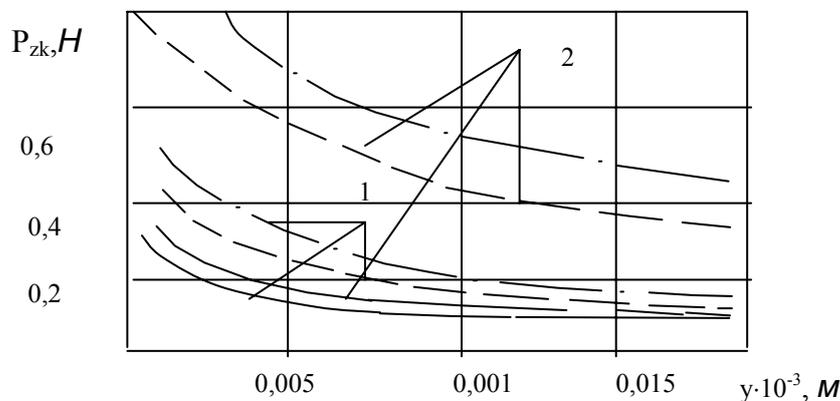


Рис.4. Зависимость критической силы P_k разрушения зерна от длины L трещины при косом соударении выступов: сплошная линия – зерно 24А16, штриховая линия – зерно Л016, штрихпунктирная линия – зерно алмазное 200/160
(1 – $y=0,135(10^{-3} м)$, 2 – $y=0,09(10^{-3} м)$)

Составляя условия равновесия усилий и напряжений в некоторой точке, получим длину трещины и критическую силу удара, разрушающую выступ при косом соударении: $L_1 = L$, $P_k = \pi K_{IC} ab / \sqrt{2\pi L} K_d \times \times (4yb_{max} / b^2 - P_y / P_z)$. В качестве примера рассмотрим правку червячных зубошлифовальных кругов 24А16СМ17К5 ($K_{IC} = 7,4 \cdot 10^5 H/M^{3/2}$, $V_k = 25 м/с$, радиальная подача ролика $S_p = 0,03 \cdot 10^{-3} м/ход$, $P_y / P_z = 2$ [4]) и Л016СМ1К5 ($K_{IC} = 31,9 \cdot 10^5$, $V_k = 25$, $S_p = 0,01 \cdot 10^{-3}$) алмазным роликом из природного алмаза 315/250, на твердосплавной основе ($K_{IC} = 37,9 \cdot 10^5$, $V_p = 7 м/с$) при попутном вращении его с применением СОЖ.

Результаты расчета (рис.2-4) показали, что для разрушения алмазных и эльборовых зерен требуется большее ударное усилие, чем для электрокорундовых; с увеличением расстояния трещин от вершин выступа необходимая разрушающая нагрузка увеличивается; для разрушения выступа при продольном соударении требуются большие нагрузки, чем при поперечном соударении. Полученные результаты хорошо согласуются с известными данными [3-5].

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что в реальных условиях правки виды ударов контактирующих выступов зависят от их взаимоположения в момент соударения, что приводит к разным результатам явлений удара и эффекта разрушения. Процесс разрушения можно регулировать путем ориентации выступов на контактирующих поверхностях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Броек Д.** Основы механики разрушения. – М.: Высшая школа, 1980. – 368 с.
2. **Тимошенко С.П.** Теория упругости. – М.: Наука, 1979. – 560 с.
3. **Королев А.В.** Исследование процессов образования поверхностей инструмента и детали при абразивной обработке. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1975. – 179 с.
4. **Григорян М.А.** Исследование и разработка алмазных роликов для профилирования червячных зубошлифовальных кругов: Дис. ... канд. техн. наук. – Тбилиси, 1982. – 113 с.
5. **Чеповецкий И.Х.** Основы финишной алмазной обработки. – Киев: Наукова думка, 1980. – 467 с.

НПО "Нейтрон" РА. Материал поступил в редакцию 23.01.1999.

Մ.Ա. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

ԱԼՄԱՍՏԵ ՀԱՏԻԿԻ ԴԻՆԱՄԻԿ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ՈՒՂՂՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ

Հիմնավորվել են ելունների հարվածների երեք տեսակներ՝ լայնակի, երկայնակի և շեղ: Ճաքագոյացման տեսությամբ որոշվել են ելունների քայքայման ուժերի մեծությունները: Բացահայտվել է, որ ավաստե հատիկների ելունների քայքայման սահմանային ուժն ավելի մեծ է, քան էլեկտրակորունդի և էլբորե հատիկների: Երկայնակի հարվածի ժամանակ ելունների քայքայման համար պահանջվում են ավելի մեծ դինամիկ բեռներ, քան լայնակի և շեղ հարվածների ժամանակ:

M.A. GRIGORYAN

DYNAMIC OPERATION STUDIES OF DIAMOND GRAINS DURING DRESSING

Three kinds of projection collisions are established: traversal, longitudinal and diagonal. Destructive projection force size based on the cracking theory is defined. It is established that for diamond grain projection destruction the critical destruction force is greater than for elbor and electrical corundum ones, during longitudinal collision greater dynamic loads are required than during a transversal and diagonal stroke. The destruction process can be regulated by means of projection orientations in tools.