

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРШИН ЗЕРЕН В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ
АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

В работе [1] показано, что распределение центров тяжести абразивных частиц в поверхностном слое абразивных инструментов может быть описано уравнением параболы, при условии распределения частиц в матрице, т.е. во внутренних слоях абразива, по случайному закону равномерной плотности и при замене реальных частиц различных размеров через приведенный средний диаметр $d_{ср}$, вычисленный из условия сохранения массы абразивного вещества в рассматриваемом объеме. Очевидно, что вершины реальных частиц, размеры которых следует считать нормально распределенным и по отношению к $d_{ср}$, будут тяготеть к этой параболе, распределяясь случайным образом по отношению к ней как к геометрическому месту средних точек рассеивания числа вершин зерен по глубине слоя.

В идеальных условиях, когда вершины зерен не несут следов износа или разрушения, связанных с вскрытием, правкой или эксплуатацией инструмента, можно путем измерения разновысотности зерен в наружном слое инструмента и усреднения (графически или аналитически) результата найти местоположение рассматриваемой параболы и дать ее аналитическое выражение с целью определения числа зерен, находящихся в слое абразива, внедрившегося в обрабатываемую поверхность.

В обычных условиях нахождение уравнения параболы затруднено. Так, из-за различной степени износа, разрушения вершины зерен по глубине слоя плотность их по сравнению с исходной возрастает, а из-за вырывания, утраты зерен, бдений поверхности при вращении круга плотность их в слое, находящемся в последовательном контакте с обрабатываемым телом, уменьшается. Следовательно, возникла необходимость разработки методики определения числа зерен в слое с учетом вращения круга и нахождения аналитических зависимостей, удобных для последующих вычислений.

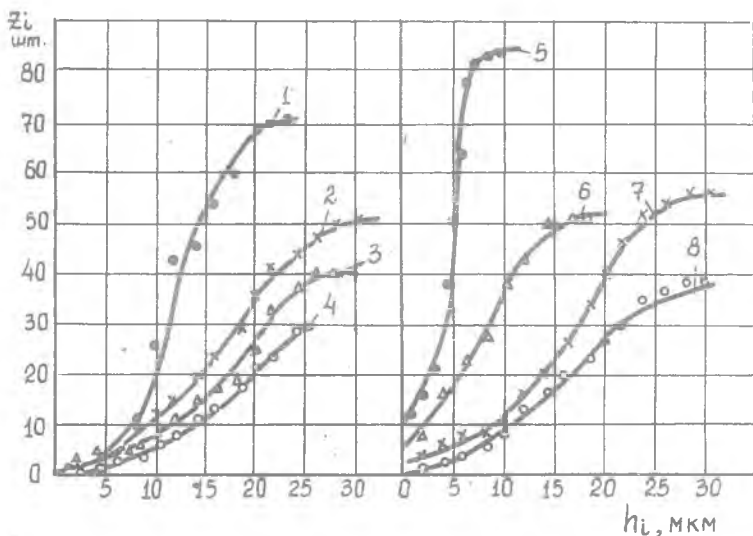
Исследование проводилось в правящих роликах типа ПР 70х10х32 мм, оснащенных природными алмазами зернистостью от 250/200 до 1000/800. Ролики изготавливались спеканием алмазов со связкой

МП-2, отличающейся высокой степенью алмазодержания. Концентрация алмазов в роликах изменялась от 100 до 350%. Для уменьшения влияния величины биений рабочей поверхности инструмента каждый ролик доводился на "месте" при установке на шпинделе плоскошлифовального станка модели ЗГТИ до величины 0,01 мм. В результате доводки ролики имели разную степень приработки и разрушения вершин (выкрашивания зерен с поверхности не наблюдалось, что избавляло от трудоемкой работы по определению степени вырваниа зерен). В наших опытах была использована "исходная" концентрация зерен в матрице.

Определение распределения разновысотности вершин зерен в наружном слое роликов производилось методом расшифровки числа царапин $Z, [I]$, оставляемых на полированной и предварительно оксидированной поверхности плоского клина, изготовленного из сырой конструкционной стали. Клин устанавливался на магнитной плите стола станка ЗГТИ и медленно, вручную, за счет продольной подачи, надвигался на вращающийся с рабочим числом оборотов правящий ролик до образования на нем достаточного количества слившихся в одну поверхность царапин.

Количество и разновысотность царапин определялись с помощью профилограмм, записанных на блочном профилометре завода "Калибр", при вертикальном увеличении 1000-4000 и горизонтальном 200-4000. Таким образом соотношение ортогональных масштабов изменялось от 10:1 до 1:1. Профилограммы записывались в нескольких сечениях (до зоны перекрытия и после перекрытия царапин) на достаточной базе (2-5 мм и более) с целью получения для анализа нескольких сот царапин. Последовательное сравнение профилограмм, характеризующих этапы врезания ролика по глубине в клин, различные масштабы увеличения позволили надежно сравнивать кривые изменения профиля царапин с вершинами абразивных зерен (стабильность определения числа зерен по уровням для разных профилограмм и разными лицами составляла 5%). Таким образом, метод нанесения царапин на поверхность вращающимся роликом позволил получить в каждом отдельно взятом сечении взаимное наложение, "проекцию" непокрытых вершин зерен, оставляющих царапины (неровности), при врезном шлифовании (пренебрегая несущественным смещением клина за один оборот ролика). Покажем, что этого вполне достаточно для последующих количественных расчетов.

В статье приведены данные по расшифровке профилограмм для 8 роликов^х. За начало отсчета принималась вершина наиболее выступающего зерна, затем подсчитывалось нарастающее число вершин зерен последовательно в интервалах изменения глубины через 1-2 мкм. Графическая интерпретация измерений разновысотности зерен представлена на рис. 1.



Р и с. 1. Число вершин зерен по глубине поверхностного слоя правящих роликов, определенных по числу и глубине царапин, оставленных роликами на плоском клине:
 1 - 250/200, 100%; 2 - 630/500, 200%; 3 - 400/315, 150%;
 4 - 1000/800, 350%; 5 - 315/250, 350%; 6 - 315/250, 100%;
 7 - 800/630, 350%; 8 - 800/630, 100% (число зерен дано на базе 5 мм по ширине ролика)

На первом участке кривой (см.рис.1) удастся обнаружить все зерна, на втором - лишь часть их в связи со все увеличивающейся степенью перекрытия зерен друг другом. В конечном итоге из-за полного перекрытия царапины сливаются и зерна, находящиеся на большой глубине, обнаружить не удастся. Обозначим предельную эту

^х В проведении и обработке опытов принимал участие ст.инженер Б.И. Полупан.

глубину через h_n , а координату точки перегиба кривой, характеризующую глубину начала перекрытия зерен ("исчезновения" хотя бы одного зерна), через h_0 . Совершенно очевидно, что для поставленной задачи можно использовать только кривую от условного начала координат до точки h_0 .

В связи со случайным характером и ошибками определения числа и координат местоположения вершин зерен перегиб кривой на графике не может с достаточным основанием быть использован для определения рабочей части кривой $z_i = f(h_i)$.

Для этой цели применялись методы аппроксимации точек различными уравнениями вида e^{ax+c} , ax^n , ax^2+bx^2+cx+d , ax^2+bx+c , которые производились по методу наименьших квадратов на ЭВМ "Надри" и в отдельных случаях - на электронном калькуляторе PC-1001 фирмы Sharp. Точность замены оценивалась абсолютной (ϵ) и относительной (ϕ) ошибками.

С этой целью использовались известные зависимости

$$\epsilon = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_{\phi} - y_p)^2}{n-1}}; \quad \phi = \frac{\epsilon}{y} 100\%; \quad y = \frac{\sum y_{\phi}}{n}$$

где y_{ϕ} - экспериментальные координаты точек;

y_p - вычисленные координаты точек;

n - количество точек.

В табл. I показано, что экспериментальный материал лучше всего аппроксимируется уравнением квадратичной параболы, хотя в отдельных случаях с ошибкой $\phi = 5-10\%$ применимы и другие зависимости, в том числе, и уравнение прямой.

Анализ результатов аппроксимации экспериментальных данных по параболическому закону в зависимости от числа учитываемых точек позволил сделать вывод о том, что за "истинное" положение параболы следует принять то, при котором значение α имеет наибольшее значение при коэффициентах b и c , имеющих минимальные величины, что обуславливает наилучшее совпадение условного начала координат с расчетным ("действительным", но утраченным в силу износа, например вершин зерен, или по другим причинам). При этом относительное смещение "действительного" и условного начала координат, характеризуемого величинами X_0 , Y_0 , минимально.

Таким образом, экспериментально установлено, что в случае относительно небольшой степени износа вершин зерен и колебаний аб-

разивного слоя по отношению к цилиндру вращения ролика (шлифовального круга) количество зерен в рабочей части ролика может быть определено по числу и глубине царапин и аппроксимировано уравнением параболы. Если простота обработки экспериментальных данных играет важную роль или аппроксимация параболической кривой не приносит выигрыша, то следует использовать уравнение вида $z_i = \alpha h_i^n$, параметры которого просто определяются по экспериментальным точкам, аппроксимированным прямой в двойной логарифмической сетке.

Поскольку полученные уравнения параболического вида экстраполируются на большие глубины, по сравнению с глубинами, на которых были определены царапины, то ошибки вычислений возрастают с увеличением глубины изучаемого слоя. Поэтому неправомерно использовать их для вычисления числа зерен на всей глубине слоя, соизмеримой с размерами самих зерен.

Реальные глубины шлифования составляют величину 0,01–0,05 мм и соизмеримы с величиной h_0 , поэтому с точностью 10–15% полученные уравнения можно использовать для практических расчетов.

В ы в о д ы

1. Предложенная методика определения разновысотности зерен в слое по числу и глубине царапин, зафиксированных на поверхности плоского клина, обеспечивает аппроксимацию точек до глубины h_0 уравнениями вида $y = \alpha x^2 + \beta x + c$ и $y = \alpha x^n$ с точностью до 10% и экстраполяцию их до реальных глубин шлифования с точностью 10–15%.

2. Полученные уравнения распределения вершин зерен характеризуют в комплексе состояние абразивного слоя в динамике вращения, т.е. отражают степень изношенности вершин (технологическую наследственность, связанную с эксплуатацией и правкой зерен) и суммарное биение всего слоя зерен по отношению к поверхности вращения, в силу чего в принципе не могут характеризовать распределение центров тяжести (симметрии) зерен в статическом слое идеализированной модели инструмента.

3. Притушение вершин зерен (уменьшение разновысотности зерен) искусственным путем (правкой) служит средством управления числом зерен в рабочем пространстве инструмента и открывает тонкие методы улучшения эксплуатационных свойств абразивных

Л и т е р а т у р а

І. Байкалов А.К., Сукенник И.Л. "Алмазный правящий инструмент на гальванической связке". Киев, "Наукова думка", 1976, 204 с.

УДК 621.91

В.Н. Трусов, Ю.А. Копытин

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАСЧЕТА ИЗНОСА АБРАЗИВНОГО КРУГА ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Зерно, участвующее в резании при шлифовании, подвергается воздействию усилия, которое может быть представлено составляющими P_z , P_y и P_x .

В процессе обработки происходит изнашивание режущей поверхности круга, что является следствием как вырыва отдельных зерен, так и их механического разрушения. Характер износа рабочей поверхности круга будет зависеть от глубины заделки t зерна в связке и физико-механических свойств связки и зерна.

Решить сложную задачу по определению износа круга в процессе его работы с учетом влияния всех факторов пока не представляется возможным. Однако, схематизируя процесс, можно установить некоторые его закономерности.

В первом приближении форму режущего зерна можно принять в виде прямоугольного параллелепипеда высотой X_n и с равносторонним основанием $d \times d$, где $d = 0,5X_n$, а связку рассматривать как хрупкую среду с линейно-упругой характеристикой. По мнению авторов [1], подобные допущения вполне оправданы. Характер распределения нагрузки, действующей на зерно, в его заделке можно определить при следующих допущениях: 1 - тангенциальная составляющая сила P_z целиком воспринимается боковыми стенками заделки; 2 - вертикальная составляющая воспринимается "дном" заделки; 3 - жесткость зерна предполагается бесконечно большой по сравнению с жесткостью связки; 4 - силы трения в расчет не принимаются; 5 - эпюры отпора изменяются по линейному закону; 6 - вертикальная составляющая силы резания приложена по оси симметрии