

державкой. Применение крепления режущих пластин исследованного типа приводит к зависимости плотности контактов "пластина—подкладка" и "подкладка—державка" от большого числа параметров: плоскостности граней пластины, правильности формы штифта, плоскостности контактирующих граней клина, деформации штифта и т.д. Все эти параметры даже при отклонении их в пределах установленных полей допусков часто обуславливают перекос пластины и образование зазоров.

Для исследования реальных характеристик плотности прилегания элементов системы крепления были выбраны наиболее характерные точки: две под вершиной в контактах "пластина—подкладка" и "подкладка—державка" (точки 1 и 3) и две в противоположной стороне пластины в аналогичных контактах (точки 2 и 4). По результатам измерений зазоров с помощью щупа вычислялись среднестатистические их значения, которые сведены в табл. 1.

Анализ табл. 1 показал, что образующиеся в процессе зажима зазоры приводят к снижению жесткости резцов при нагрузках, к появлению большого разброса их стойкости, к снижению надежности всей автоматизированной технологической системы.

Таким образом, проведенные исследования позволяют производить оценку качества сборных резцов и определять точность обработки или доводки каждого из элементов системы крепления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Х а м у д а С., Г р о м а к о в К.Г., Ш у с т и к о в А.Д. Экспериментальное исследование жесткости сборных торцовых фрез по их статическим характеристикам // Исследование процессов обработки металлов и динамики технолог. оборудования. — М., 1982. — С. 35—47.

УДК 621.924.93

В.А. СКРЯБИН, канд.техн.наук,

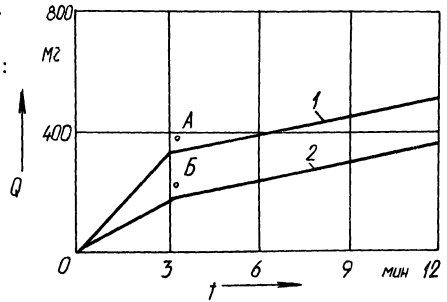
О.Ф. ПШЕНИЧНЫЙ, канд.техн.наук (Пензен. политехн. ин-т)

СУБМИКРОРЕЗАНИЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ НЕЗАКРЕПЛЕННЫМ АБРАЗИВОМ, УПЛОТНЕННЫМ ИНЕРЦИОННЫМИ СИЛАМИ

Исследования механизма съема металла незакрепленным абразивом [1—3] показали, что объяснение съема металла выступами микронеровностей поверхности абразивных зерен не раскрывает физики процесса резания по этому методу обработки. Доказательством тому служит трудность объяснения причины появления точки перегиба на графике зависимости съема металла от времени обработки при полировании прядильных колец [3]. Возникает предположение, что диспергирование металла происходит в результате взаимодействия с поверхностью детали как микро-, так и субмикрорельефа абразивных частиц.

В начальный момент обработки удаление металла происходит преимущественно вследствие работы субмикронеровностей. По мере заполнения впа-

Рис. 1. Зависимость съема металла от продолжительности обработки при дозированном формировании уплотненного абразивного слоя:
 1 – абразив 14A200; 2 – абразив 14A125



дин между ними интенсивность съема металла субмикронеровностями уменьшается. Дальнейшее снятие металла производится микронеровностями, но с меньшей интенсивностью, объясняемой, очевидно, тем, что относительное внедрение микронеровностей меньше, чем субмикронеровностей, а также более высокими режущими свойствами исходного микро- и субмикрорельефа. Режущая способность субмикронеровностей в большей степени зависит от объема впадин между ними. Если объем впадин незначителен, субмикрорельефы быстро забиваются стружкой и процесс отделения материала прекращается.

Для обоснования выдвинутых предположений были выполнены расчеты по определению объема материала, размещающегося во впадинах субмикронеровностей частиц зернистостью 200 и 125 при обработке колец на тех же режимах, при которых получены экспериментальные данные [3], приведенные на рис. 1.

Анализ фотографий [3] позволил наиболее достоверно определить высоту $h_{см}$ и ширину $b_{см}$ субмикронеровностей поверхности абразивных зерен ($h_{см} = 0,12$ мкм; $b_{см} = 0,28$ мкм).

Форму субмикровыступов в поперечном сечении сложно представить как сочетание дуг выступа и впадины с радиусом $\rho_{см}$ (рис. 2). Радиус закругления $\rho_{см}$ может быть определен геометрически как

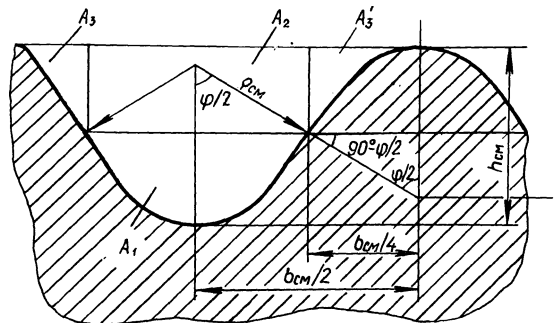


Рис. 2. Геометрическая модель единичных субмикровыступов микрорельефа абразивного зерна

$$\rho_{\text{см}} = \frac{0,25 b_{\text{см}}^2 + h_{\text{см}}^2}{4 h_{\text{см}}}$$

Площадь поперечного сечения впадины определялась геометрически как сумма площадей A_1 , A_2 и A_3 (рис. 2). В результате после вычислений и преобразований площадь впадины может быть определена по следующей зависимости:

$$A_{\text{вп}} = 2\rho_{\text{см}}^2 \sin \varphi / 2 \sin^2 \varphi / 4 + 0,375 h_{\text{см}} b_{\text{см}}$$

Суммарный объем впадин субмикронеровностей той части эллипсоидного зерна, которая находится в контакте с обрабатываемой поверхностью детали,

$$V_{\text{вп}} = (2\rho_{\text{см}}^2 \sin \varphi / 2 \sin^2 \varphi / 4 + 0,375 h_{\text{см}} b_{\text{см}}) l_{\Sigma}$$

где l_{Σ} — суммарная длина субмикронеровностей, находящихся в контакте, в соответствии с [1]

$$l_{\Sigma} = l_0 n_c = \sum_{i=1}^n l_i K_{\text{п}} n_c$$

где l_0 — суммарная длина всех следов контакта микронеровностей (на которых расположены субмикронеровности) в пределах эллипса отпечатка эллипсоидной абразивной частицы; n_c — количество субмикровыступов на поверхности одного микровыступа абразивного зерна; l_i — текущая длина одного следа; $K_{\text{п}}$ — коэффициент, учитывающий прерывистость микронеровностей.

Из рис. 3 в первом приближении можно считать, что $n_c = n_{c1} + n_{c2} + n_{c3}$, где $n_{c1} = n_{c2}$ — число субмикровыступов на прямолинейных участках микронеровностей; n_{c3} — число субмикронеровностей на криволинейных участках микровыступов.

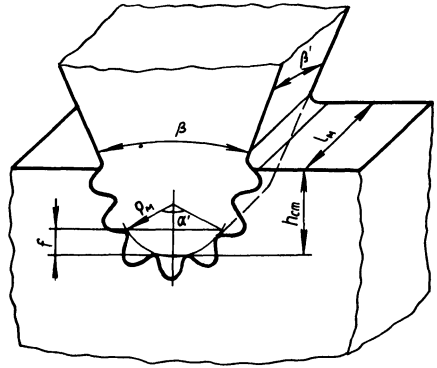
Из геометрических соотношений следует, что количество субмикронеровностей на внедрившейся на глубину $h_{\text{ст}}$ в поверхность металла микронеровности определяется следующим образом:

$$n_{c1} = n_{c2} = \frac{h_{\text{ст}} - f}{\cos \gamma}; \quad n_{c3} = \frac{0,01745 \rho_{\text{м}} a'}{b_{\text{см}}}$$

где $\rho_{\text{м}}$ — радиус округления микровыступа; a' — центральный угол.

Принимаем, что частицы — эллипсоидные с соотношением осей 1 : 1,77 [4]. Размеры осей частиц зернистостью 200 : $a = 1$ мм, $c = 0,565$, а частиц зернистостью 125 соответственно 0,625 мм и 0,353 мм. Площадь частицы в плане для зернистости 200 составит $A_{\text{ч}} = \pi a c = 1,774$ мм², а для зернистости 125 $A_{\text{ч}} = 0,693$ мм². Площадь контакта уплотненного бруска абразива с внутренней

рис. 3. Схема внедрения субмикронеровностей микровыступов абразивного зерна в поверхность детали



поверхностью кольца (диаметр кольца 50 мм, ширина 10 мм) при угле бруска абразива $\psi = 120^\circ$ будет равна 523 мм^2 .

Количество абразивных частиц, находящихся в контакте с деталью, при зернистости 200 — $q_{200} = 523/1,74 = 295$, а при зернистости 125 — $q_{125} = 523/0,693 = 755$.

Принимаем, что площадь контактирования зерна с деталью в течение небольшого промежутка времени $A_{\text{отп}} = \pi a_1 c_1$ (a_1, c_1 — полуоси эллипсоидного отпечатка зерна) [1]. В течение этого времени происходит удаление металла с заполнением впадин между субмикронеровностями. Затем зерно поворачивается и в контакт вступает новая часть поверхности и т.д. Количество таких поворотов с обновлением поверхности частицы в первом приближении

$$n_{\text{пов}} = \frac{A_{\text{эл.ч}}}{\pi a_1 c_1},$$

где $A_{\text{эл.ч}}$ — площадь поверхности частицы, моделируемой эллипсоидом вращения:

$$A_{\text{эл.ч}} = 2\pi c \left(c + \frac{a}{\epsilon} \arcsin \epsilon \right); \quad \epsilon = \frac{\sqrt{a^2 - c^2}}{a},$$

Для частиц зернистостью 200 $n_{\text{пов}} = 107\,000$, а зернистостью 125 — $n_{\text{пов}} = 63\,587$.

Масса материала, снятого с поверхности детали субмикронеровностями и размещенного между впадинами, определяется следующим образом:

$$G_{\Sigma} = G_{\text{вп}} n_{\text{пов}} q K_{\varphi}, \quad (1)$$

где $G_{\text{вп}}$ — масса удаленного материала; $G_{\text{вп}} = \rho V_{\text{вп}}$; ρ — плотность обрабатываемого материала; K_{φ} — коэффициент, учитывающий, что при поворотах частиц часть материала выпадает из впадин субмикронеровностей, улучшая их ре-

жущую способность, которая повышается также за счет мельчайших сколов абразивных частиц. Но в то же время не все повороты частиц $n_{\text{пов}}$ практически реализуются.

На рис. 1 нанесены значения G_{Σ} , подсчитанные по формуле (1) для частиц зернистостью 200 (точка А) и 125 (точка Б) при $K_{\phi} = 1,2$ (по данным работы [5]). Как видно из рис. 1, точки А и Б располагаются в непосредственной близости от точек перегиба экспериментальных кривых.

Таким образом, предположение о снижении интенсивности съема металла, связанном с заполнением впадин субмикронеровностей и изменением их режущей способности, подтверждается вышеприведенными расчетами. Изложенные положения о механизме субмикрорезания при обработке незакрепленным абразивом, уплотненным инерционными силами, позволяют объяснить многие физические особенности этого метода обработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шестопал Ю.Т., Скрябин В.А. Условия микрорезания при обработке деталей уплотненным слоем свободного абразива // Алмаз. и абразив. обработка деталей машин и инструмента. — Пенза, 1980. — Вып. 9. — С. 77–81.
2. Скрябин В.А. Повышение эффективности процесса микрорезания при обработке поверхностей деталей абразивом, уплотненным инерционными силами: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Мн., 1984. — 16 с.
3. Мартынов А.Н. Основы метода обработки деталей свободным абразивом, уплотненным инерционными силами. — Саратов, 1981. — 212 с.
4. Королев А.В. Исследование процессов образования поверхностей инструмента и детали при абразивной обработке. — Саратов, 1975. — 120 с.
5. Яцерицын П.И., Мартынов А.Н., Гарнопольский А.В. Двойственная природа съема металла при обработке деталей абразивом, уплотненным центробежно-планетарным способом // Изв. АН БССР. Сер. физ.-техн. наук. — 1987. — № 1. — С. 60–64.

УДК 621.924.93

В.А. СКРЯБИН, канд. техн. наук,
О.Ф. ПШЕНИЧНЫЙ, канд. техн. наук (Пензен. политехн. ин-т)

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССА СУБМИКРОРЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ УПЛОТНЕННЫМ СЛОЕМ НЕЗАКРЕПЛЕННОГО АБРАЗИВА

Исследование метода обработки деталей абразивом, уплотненным инерционными силами, позволило установить, что плотность контактирования абразивных частиц с обрабатываемой поверхностью значительно выше, чем при обработке деталей жесткими и эластичными абразивными кругами [1, 2]. При этом съем металла происходит преимущественно выступами микро- и субмикрорельефа поверхности абразивных зерен, в результате чего происходит весьма тонкое диспергирование металла. По известным характеристикам процесса субмикрорезания единичным зерном, физико-механическим свойствам обрабатываемого материала, а также режимам резания и продолжительности обработки можно дать оценку производительности процесса субмикрорезания, а следовательно, и съема металла совокупностью абразивных зерен.