

ком диапазоне (от 15 до 50 руб. на один карат алмазных или алмазоподобных инструментов) и зависит от конкретных условий их внедрения и использования.

УДК 621.923

И. Ш. НЕВЛЮДОВ, канд. техн. наук,

П. Д. ДУДКО, канд. техн. наук

Харьковский институт радиоэлектроники

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНЫХ ЗЕРЕН В ПРОЦЕССЕ ДОВОДКИ

Известно [1—3], что входящие в состав пасты поверхностно- и химически активные вещества интенсифицируют процесс доводки. Они облегчают пластическую деформацию материала, а также снижают коэффициент трения между абразивом и обрабатываемым материалом.

Наиболее интенсивно разрушаются зерна под действием тангенциальной силы [4]. Кроме того, разрушающая способность абразива в 6—10 раз выше действия нормальной силы по сравнению с тангенциальной.

Таким образом, учитывая уменьшение сил резания, имеющее место при воздействии активных добавок на обрабатываемый материал, можно предположить, что степень разрушения алмазно-абразивных зерен в средах химически активных веществ будет ниже, чем неактивных. Для выяснения этого вывода были исследованы разрушения алмазных и абразивных зерен на специальной установке, имитирующей процесс плоской доводки. Обработке подвергали образцы из стали ШХ15 твердостью 58²—62, которые после шлифования до 8 класса шероховатости доводили пастами электрокорунда зернистости М28, М14 и М7 до 11 класса шероховатости.

Эксперименты проводили при следующем режиме обработки: скорость возвратно-поступательного движения стола — 10 м/мин, давление притира — 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5 кгс/см²; длина пути, пройденного образцом по притиру — 10, 50, 100, 200, 400 м.

Изучали разрушение электрокорунда нормального (М28) и синтетического алмаза (АСМ 28/14) в средах керосина и керосина с добавкой 5%¹ молочной кислоты. Диспергированные отходы из шлама выбирали согласно методике [5].

Зерна измеряли по фотографиям, сделанным при помощи электронного микроскопа УЭМВ-100К. На поверхность дистиллированной воды наносили 1%¹-ный раствор очищенной нитроцеллюлозы в амилацетате и выдерживали в течение двух-трех минут. После этого на поверхность пленки коллодия, толщина

которой колебалась в пределах 200—300 Å, наносили суспензию из раздробленных алмазных или абразивных зерен и спирта. Затем после испарения спирта пленку коллодия переносили на сетку и высушивали. Дальнейшую работу с микроскопом осуществляли по методике [6].

При исследовании разрушения алмазно-абразивных зерен измерить геометрические параметры практически невозможно. Поэтому зерна для измерения произвольно взятой области с заданной надежностью выбирали вероятностным методом согласно [7].

Исследовали разрушение абразивных зерен в зависимости от доводочных сред, давления притира и длины пути, пройденного абразивом. Степень разрушения зерен оценили подсчетом максимальных и минимальных их размеров, частоты распределения по размерам, дисперсии и средней величины отношения большого и малого размеров абразивных зерен.

Экспериментальные данные обрабатывали на ЭВМ «Нари-2».

На рис. 1 приведена интегральная частота распределения зерен электрокорунда зернистости М28 в зависимости от доводочных сред и давления притира. Из рисунка видно, что существенное влияние на степень разрушения абразивных зерен оказывают давление притира и среда, в которой происходит обработка. Так, в керосине с добавкой молочной кислоты степень разрушения абразивных зерен примерно на 40% ниже, чем в керосине. Это объясняется тем, что наиболее интенсивное разрушение зерен наблюдается под действием тангенциальной силы [4]. Молочная кислота, оказывая активное химическое влияние на металл, способствует повышению его съема и, следовательно, уменьшению тангенциальной силы, действующей на активное зерно. Кроме того, при этом происходит снижение адгезии металла к абразиву, т. е. уменьшение потенциальных очагов схватывания между наростом металла на абразиве и металлом образца из-за химосорбционной пленки, оказывающей экранирующее влияние на рабочую поверхность абразивных зерен и облегчающей их врезание в металл. Такая же закономерность наблюдается при доводке алмазными составами. При этом лишь интенсивность разрушения алмаза ниже, чем абразива.

Из рис. 1 также следует, что интегральная частота распределения зерен с повышением давления смещается в сторону увеличения доли мелких зерен. Если при давлении $0,5 \text{ кгс/см}^2$ (10^5 н/м^2) еще видны зерна размером 24—28 мкм, то уже при $0,75 \text{ кгс/см}^2$ (10^5 н/м^2) они отсутствуют. Наиболее интенсивное разрушение отмечается при давлении $0,75—1,0 \text{ кгс/см}^2$ для зерен электрокорунда и $1,25—1,5 \text{ кгс/см}^2$ — для синтетического алмаза.

Установлено также, что разница в степени разрушения зерен в доводочных средах зависит от давления притира, т. е. имеется интервал, где достигается наибольшее отличие в степени разрушения зерен: для алмаза — 1,0—1,5, для абразива — 0,5—1,0 кгс/см² (10⁵ н/м²). Это связано с прочностными харак-

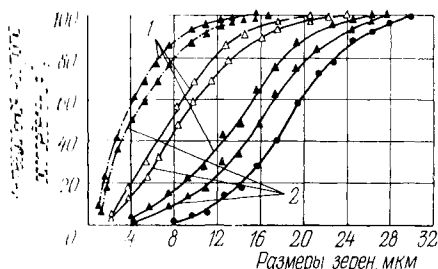


Рис. 1. Интегральная частота распределения зерен электрокорунда М28 в зависимости от доводочных сред и давления притира:

1 — неактивная среда (керосин); 2 — добавка 5% молочной кислоты в неактивную среду; ○—○—○— исходный микропорошок; ◆◆◆— $p=0,5$ кгс/см²;

△—△—△ — $p=0,75$ кгс/см²; △—·—△—·—△ — $p=1,0$ кгс/см².

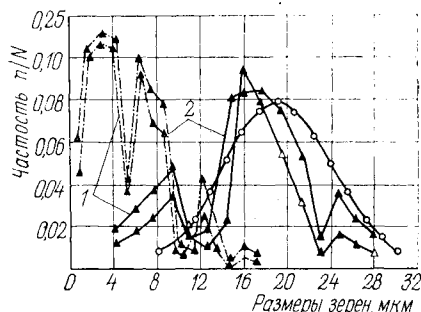


Рис. 2. Изменение частотного распределения зерен электрокорунда в зависимости от давления притира и длины пути доводки при обработке в среде керосина (1) и с добавкой в керосин 5% молочной кислоты (2):

○—○—○— нормальное распределение исходного микропорошка; ◆◆◆

$p=0,5$ кгс/см²; △—·—△—·—△ — $p=1,0$ кгс/см².

теристиками алмазных и абразивных зерен, а также с условиями, в которых происходит взаимодействие химически активных веществ с металлом. Так, при давлении 0,25 кгс/см² (10⁵ н/м²) разница в степени разрушения алмазных и абразивных зерен в неактивной среде и с добавкой молочной кислоты незаметна. Это обусловлено тем, что зерна в исходном состоянии имеют дефекты в виде микротрещин и несовершенства кристаллической решетки. При растягивающих напряжениях происходит активное взаимодействие молочной кислоты с поверхностью дефектов, способствующее интенсивному разрушению зерен. Кроме того, при малом давлении действие молочной кислоты на металл проявляется незначительно в связи с низкой локальной температурой.

Увеличение давления абразива более 1,0 и для алмаза — более 1,5 кгс/см² (10⁵ н/м²) также способствует уменьшению разницы в степени разрушения зерен в отмеченных средах. Последнее объясняется доминирующим влиянием силового фактора.

Однако при этом встречаются (до 5%) абразивные зерна крупных размеров: 17—24 мкм при давлении 0,75 кгс/см² и 14—16 мкм — при 1 кгс/см² (10⁵ н/м²).

Кроме того, при увеличении давления от 0,75 до 1,25 кгс/см² (10⁵ н/м²) (0,75—1 кгс/см² — для зерен электрокорунда и 1,00—1,25 кгс/см² — для зерен алмаза) появляются зерна размером 1—2 мкм (примерно 25%).

Изменение частотного распределения размера разрушающих зерен электрокорунда от давления притира показано на рис. 2. Как видим, распределение зерен исходного микропорошка имеет довольно правильную симметричную форму. При давлении 0,25 кгс/см² (10⁵ н/м²) начинают разрушаться крупные зерна и максимум кривой смещается к мелким зернам. С дальнейшим увеличением давления $P=1,0$ кгс/см² (10⁵ н/м²) «пик» кривой частотного распределения давления еще больше. Аналогичное влияние оказывает длина пути доводки. При 50 м начинают разрушаться крупные зерна и максимум кривой смещается в сторону мелких зерен. Когда длина пути доводки достигает 100 м, некоторое количество зерен еще сохраняется, но максимум кривой частотного распределения смещается к мелким зернам еще больше и его абсолютная величина возрастает.

Степень разрушения зерен при доводке абразивным составом с керосином выше, чем с керосином с добавкой молочной кислоты. Однако эта разница с дальнейшим увеличением длины пути постепенно сокращается и при 400 м становится заметной.

Последнее можно объяснить тем, что исходный микропорошок, как уже отмечалось, имеет определенное количество зерен с дефектами, которые в начале процесса доводки способствуют наиболее интенсивному разрушению. Это подтвердилось при проведении экспериментов с длиной пути доводки 5 и 10 м. Самое интенсивное разрушение зерен происходило при длине пути 5 м, с дальнейшим увеличением длины пути интенсивность разрушения снижалась.

Фотографии доведенной поверхности (рис. 3) подтверждают наш вывод о химическом воздействии на металл молочной кислоты в условиях резания-царапания абразивными зернами. На поверхностях, доведенных с применением керосина, видны риски механического воздействия абразива. Поверхности, доведенные абразивным составом с добавкой молочной кислоты, имеют рельеф в виде «растравленных» участков.

Как следует из рис. 4, при низких давлениях разница в разрушении зерен в рассмотренных средах незначительна. С повышением давления степень разрушения зерен в среде с добавкой молочной кислоты ниже, чем в керосине.

Приведенный на рис. 4 график также подтверждает, что при давлении более 1 кгс/см² для абразива и 1,5 кгс/см² (10⁵ н/м²) для алмаза происходит уменьшение разности в разрушении

зерен при доводке в керосине и в керосине с добавкой молочной кислоты.

Отметим, что на графике видны два характерных участка. Вначале с увеличением давления происходит резкое уменьшение размера зерен из-за их дробления. Это объясняется тем, что в зоне обработки имеются крупные зерна, которые, внедряясь в поверхность притира, осуществляют микрорезание, и под действием тангенциальной нормальной сил происходит их интен-

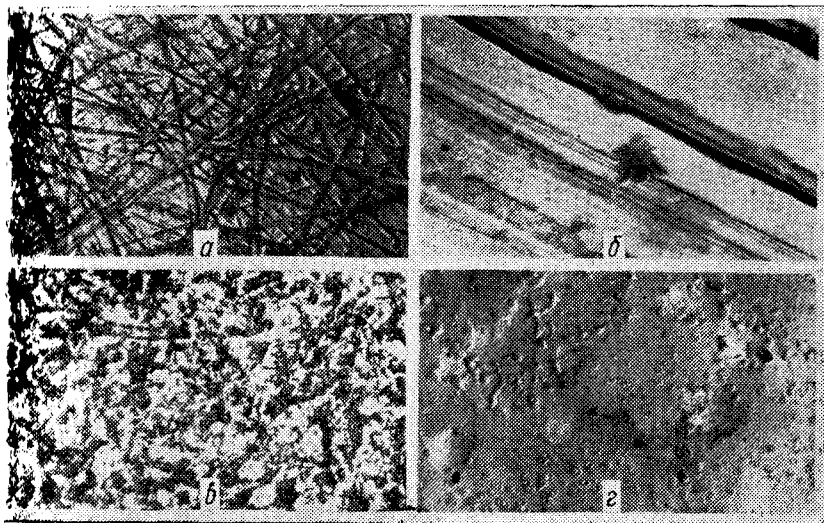


Рис. 3. Поверхности, доведенные пастами с неактивной добавкой (керосин) — а, б и с добавкой 5% молочной кислоты — в, г (а, в — 600 \times ; б, г — 10000 \times).

сивное разрушение. При этом с некоторой разницей между крупными и мелкими зернами разрушающее влияние нормальной силы на крупные зерна возрастает.

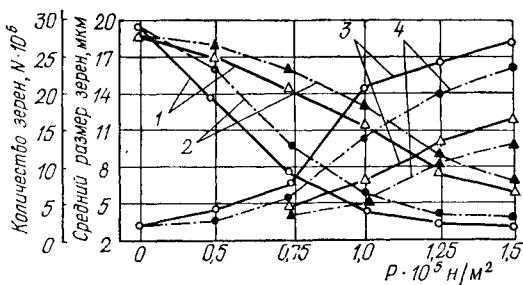


Рис. 4. Зависимости количества и среднего размера зерен электрокорунда (1, 2) и алмазных зерен (3, 4) от давления притира при доводке в среде керосина (1, 3) и с добавкой в керосине 5% молочной кислоты.

С дальнейшим увеличением давления (более 1 кгс/см^2 , второй участок графика) продолжает разрушаться лишь небольшое число зерен. Это обусловлено тем, что с увеличением количества зерен нормальная сила, действующая на одно зерно, уменьшается.

Кроме того, разделение графика на два характерных участка — интенсивного дробления и ослабленного дробления — можно объяснить следующим: каждое зерно абразивного микрораспыла нужно рассматривать как кристалл с определенным количеством дефектов. С уменьшением размера кристалла снижается количество дефектов в нем (внутренних микротрещин, включений посторонних образований или дислокаций). Очевидно, благодаря этому мелкие зерна обладают очень высокой прочностью. Одновременно среди разрушенных зерен имеется некоторое количество (3—5%) более крупных, с малым количеством дефектов, которые плохо поддаются разрушению. Следовательно, наибольшему разрушению подвергаются зерна, которые в процессе получения приобрели какие-либо дефекты в большом количестве и их дробление определяет первый участок графика.

ВЫВОДЫ

1. Как показали исследования, в процессе доводки разрушаются алмазные и абразивные зерна. Степень их разрушения в керосине выше, чем в керосине с добавкой молочной кислоты.

Существует интервал давлений, при котором достигается наибольшая разность в разрушении зерен в указанных средах: для электрокорунда — 0,5—1,0, для синтетического алмаза АСО — 0,75—1,5 кгс/см^2 (10^5 н/м^2).

2. Интенсивное разрушение зерен происходит в начальный период обработки, в дальнейшем наблюдаются лишь незначительные изменения их размера.

3. При малых давлениях (0,25—0,5 кгс/см^2) разрушаются прежде всего зерна с острыми кромками вследствие их перекатывания, а также зерна, имеющие дефекты. С увеличением давления более 1,5 кгс/см^2 (10^5 н/м^2) происходит разрушение зерна с сохранением на его отдельных участках субмикронеровностей и острых кромок.

4. Одна из причин снижения степени разрушения зерен в среде с добавкой молочной кислоты — уменьшение наростообразования. Молочная кислота, экранируя поверхность абразива хемосорбционной пленкой, предохраняет ее от налипания металла.

5. Характер разрушения алмазных и абразивных зерен идентичен. Однако при одинаковых условиях степень разрушения зерен электрокорунда выше, чем алмаза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гребенчиков И. В. Роль химии в процессах полирования. — В кн.: Качество поверхности деталей машин. Вып. 3. М., 1957, с. 223—230.
2. Лихтман В. И., Щукин Е. Д., Ребиндер П. А. Физико-химическая механика металлов. М., Изд-во АН СССР, 1962. 302 с.
3. Дудко П. Д., Невлюдов И. Ш., Глезер М. М. Высокопроизводительные доводочные пасты с химически активными компонентами. — «Станки и инструмент», 1975, № 5, с. 18—22.

4. Богомолов Н. И. Основные процессы при взаимодействии абразива и металла. Автореф. дис. на соиск. учен. степени д-ра техн. наук, Киев, 1967. 45 с.
5. Севлюдов И. Ш., Дудко П. Д. Влияние химически активных веществ в доводочных пастах на производительность доводки. — В кн.: Высокопроизводительная абразивная обработка. М., 1974, с. 155—157.
6. Шиммель Г. Методика электронной микроскопии. М., «Мир», 1972. 299 с.
7. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М., «Высшая школа», 1972. 367 с.

УДК 621.9

В. В. КОЛГАНЕНКО, В. П. ЗУБАРЬ, канд. техн. наук

Харьковский политехнический институт

В. В. ГОЛИК, В. В. КОЛОМИЕЦ

Харьковский институт механизации сельского хозяйства

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ТОЧЕНИИ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ 40Х РЕЗЦАМИ ИЗ ГЕКСАНИТА-Р

При исследовании влияния режимов резания на шероховатость обработанной поверхности широко применяют статистические методы обработки результатов экспериментов. Это позволяет сократить количество последних и провести их подробный математический анализ с графическим изображением.

Нами использовано центральное композиционное униформное планирование второго порядка с независимыми переменными v , s , t . Эксперименты проводили на универсальном токарно-винторезном станке повышенной точности ИЖ-250П. Геометрические параметры резцов из гексанита-Р были постоянными во всех опытах: $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\alpha_1 = 15^\circ$, $\varphi = 40^\circ$, $\varphi_1 = 20^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $l_f = 0,2-0,25$ мм.

Исходное уравнение регрессии второго порядка для трех переменных имеет вид $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3$,

где y — логарифм Ra; x_1 , x_2 , x_3 — кодированные значения логарифмов режимов резания.

После проведения предварительных исследований и на основании априорной информации было выбрано пять уровней варьирования (таблица).

После математических преобразований кодированные переменные согласно табл. 1 принимают такой вид: $x_1 = 2,254 \ln v - 10,5762$; $x_2 = 2,1827 \ln s + 6,0259$; $x_3 = 1,8205 \ln t + 3,1919$.

Фактическое значение среднего арифметического отклонения профиля неровностей принимали средним из двух парал-