

Определение режимов генератора технологических импульсов для электроэрозионного профилирования алмазных шлифовальных кругов

А.Д. Семёнов, А.С. Никиткин, О.В. Авдеева

ФГБОУ ВПО Пензенский государственный университет г. Пенза, ФГУП ФНПЦ «ПО «Старт» им. М.В. Проценко» г. Заречный Пензенская обл.

Процесс электроэрозионного профилирования алмазных шлифовальных кругов довольно подробно изучен, выявлены влияния различных технологических режимов обработки на производительность, точность и качество обрабатываемых поверхностей, износ электрода-инструмента [1]. Однако ввиду сложности взаимосвязей между режимами процесса профилирования и его технологическими характеристиками, рекомендации по выбору параметров разрядных импульсов обосновываются, в первую очередь, практическим опытом и результатами экспериментальных исследований [2].

Обоснованный выбор формы разрядных импульсов особенно важен при профилировании алмазно-абразивного инструмента, так как чрезмерное увеличение мощности разрядных импульсов приводит к тому, что алмазные зёрна заметно разрушаются вследствие графитизации, окисления и возникновения термических микронапряжений [3]. С другой стороны уменьшение мощности импульсов приводит к снижению производительности процесса профилирования. Стремление увеличить производительность за счет уменьшения межэлектродного зазора недопустимо, поскольку может привести к механическому воздействию алмазных зерен шлифовального круга на электрод–инструмент, что приведет к его интенсивному износу. Обоснованный выбор длительности и частоты разрядных импульсов обеспечивает равномерное размещение эрозионных лунок в промежутке между алмазными зернами. Такое размещение эрозионных лунок значительно снижает термическое воздействие разрядных импульсов на алмазные зерна, и как следствие, обеспечивает неизменность их режущих свойств.

Таким образом, рациональный выбор параметров разрядных импульсов приводит к повышению размерной стойкости фасонных алмазных шлифовальных кругов, а также сохраняет их режущие свойства.

В работе [3] установлено, что максимальный эффект эрозии при обработке алмазосодержащего слоя будет достигнут при тех условиях, когда электрические параметры разряда позволят обеспечить на поверхности этого слоя лунки с диаметрами, не превышающими среднеквадратичного расстояния между алмазными зёрнами

$$d_{л} \leq l_3, \quad (1)$$

где $d_{л}$ – номинальный диаметр лунки, соответствующий разряду на свободной поверхности электрода; l_3 – квадратичное среднее расстояние между зёрнами (шаг зёрен).

Таким образом, для установления обоснованных временных параметров разрядных импульсов необходимо определить структуру геометрии рабочей поверхности алмазного шлифовального круга и определить среднее расстояние между алмазными зёрнами у шлифовальных кругов различной зернистости при различной концентрации алмазного порошка в связке.

Для выявления структуры геометрии рабочей поверхности было проведено её сканирование профилографом-профилометром «Сейтроник ПШ8-4 (С.С.)» в плоскости, проходящей через ось алмазного круга и перпендикулярной вектору скорости резания.

На рисунке 1 приведена характерная профилограмма рабочей поверхности алмазного круга с 100% концентрации и зернистостью 50/40 мкм.

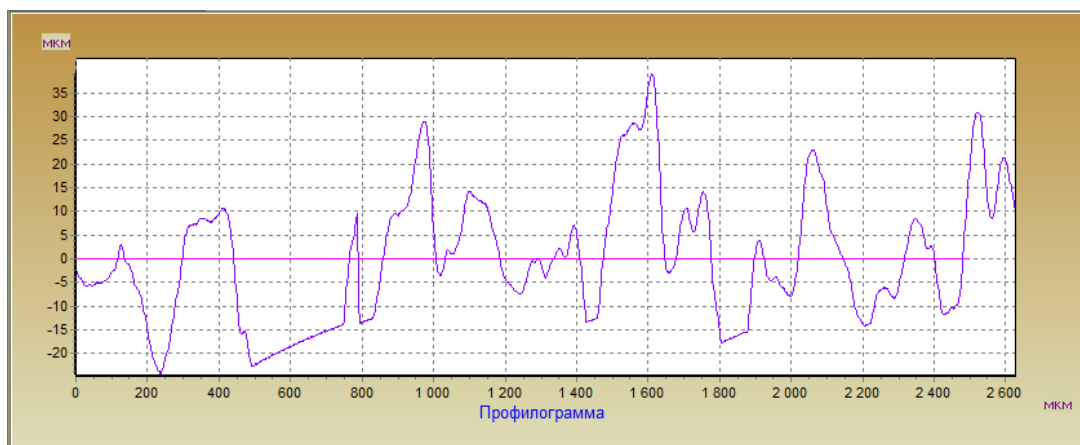


Рисунок 1 – Профилограмма рабочей поверхности алмазного круга

На рисунках 2 и 3 показаны корреляционная функция и спектральная плотность данной профилограммы.

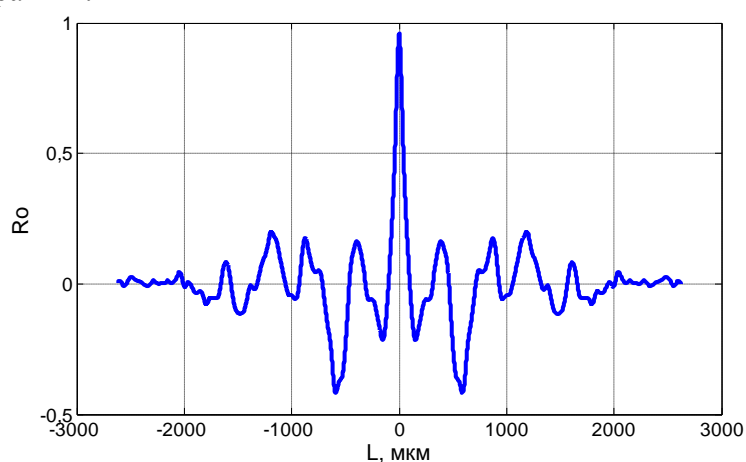


Рисунок 2 - Корреляционная функция профилограммы рабочей поверхности алмазного круга зернистостью 50/40 мкм 100% концентрации

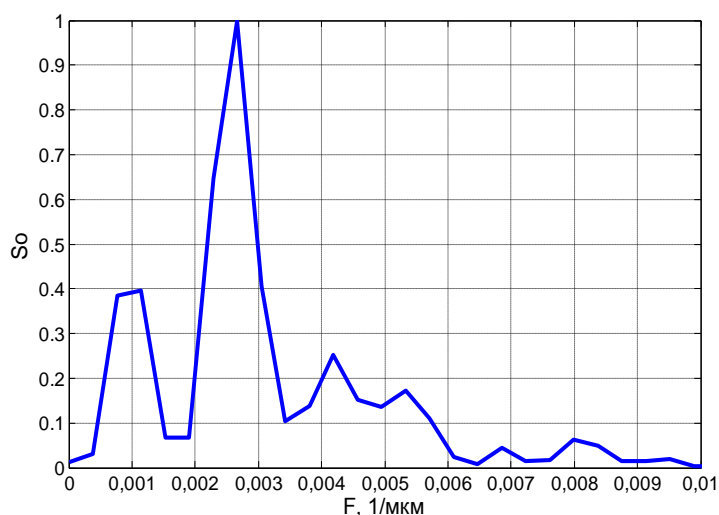


Рисунок 3 – Спектральная плотность профилограммы рабочей поверхности алмазного круга зернистостью 50/40 мкм 100% концентрации

Анализ коррелограмм и спектрограмм позволил установить, что неровности рабочей поверхности алмазных кругов содержат квазипериодическую составляющую, период которой зависит от концентрации и зернистости алмазного порошка. Для

рассматриваемого алмазного круга со 100% концентрацией и зернистостью 50/40 мкм период оказался равен 385 мкм.

На основании этого было сделано предположение, что наличие квазипериодической составляющей обусловлено наличием алмазных зёрен, выступающих над поверхностью связки.

Для экспериментальной проверки этого предположения было проведено фотографирование различных участков рабочей поверхности алмазного круга.

Поскольку рабочая поверхность алмазных кругов является случайной функцией удовлетворяющей условиям стационарности и эргодичности [4], то нет необходимости рассматривать её всю целиком. Достаточно определить средний шаг алмазных зёрен на локальном участке этой поверхности. Полученное значение среднего расстояния между алмазными зёрнами будет справедливо для всей рабочей поверхности шлифовального круга.

На рисунке 4 представлена одна из фотографий фрагмента рабочей поверхности алмазного шлифовального круга зернистостью 50/40 мкм и 100% концентрацией с размерами 640x1840 мкм. Эта фотография получена с помощью микроскопа марки «Альтами СМП1» фирмы ООО «Альта». На фотографии отмечены порядковые номера алмазных зёрен и расстояния между ними.

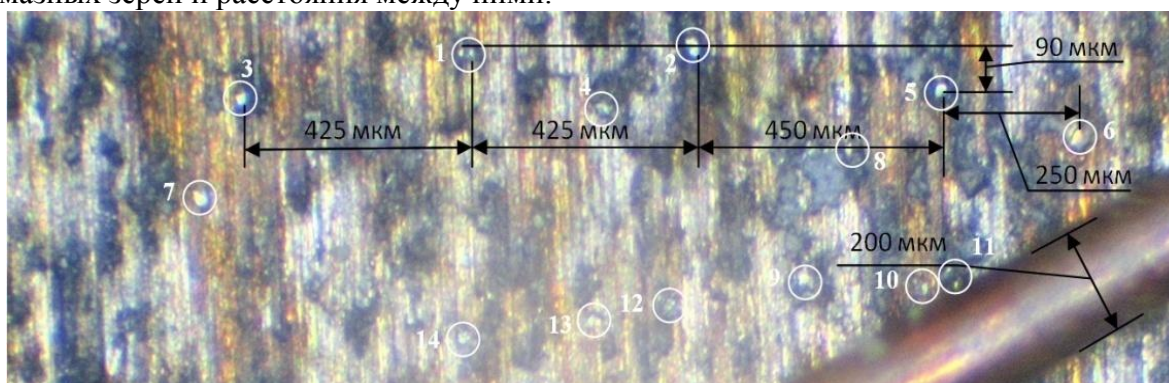


Рисунок 5 – Фотография рабочей поверхности алмазного шлифовального круга

Число зёрен и расстояние между ними, показанное на рисунке 5, подтверждает обоснованность сделанного предположения.

С целью уточнения расстояния между алмазными зёрнами был проведён вычислительный эксперимент, в соответствии с которым на рассматриваемом участке поверхности с размерами 640x1840 мкм, равными размерам фотографии (рис. 5), случайным образом, по равномерному закону распределения, размещались n точек, число которых равно числу алмазов видимых на рисунке 5 ($n = 14$). Затем с помощью программного пакета *Matlab* строилась триангуляция Делоне и определились длины векторов образующих треугольники (рис. 6). После этого вычислялась средняя геометрическая величина длины этих векторов, которая и является средним расстоянием между алмазными зёрнами (шагом зёрен).

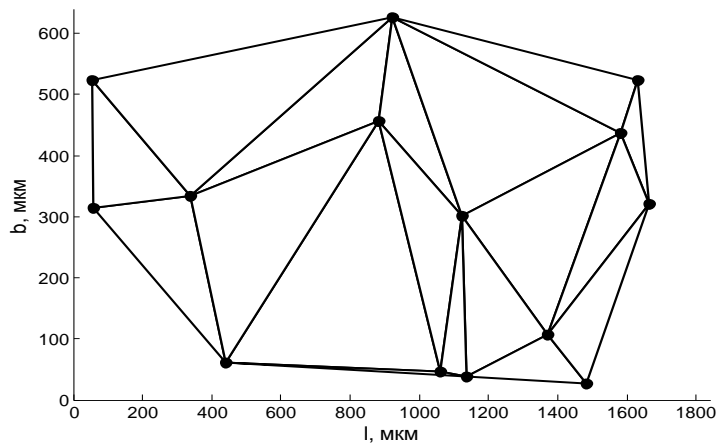


Рисунок 6 – Триангуляция Делоне для алмазных зёрен расположенных на рассматриваемом участке

Среднее расстояние между алмазными зёрнами l_3 для шлифовального круга зернистостью 50/40 мкм и концентрацией 100% получилось равным 410 мкм.

Таким образом, установлено, что наблюдается квазипериодическое расположение алмазов на рабочей поверхности алмазного круга, зависящее от концентрации и зернистости алмазного порошка в алмазосодержащем слое. В связи с этим для определения среднего расстояния между алмазными зёрнами необходимо рассчитать количество алмазных зёрен, приходящихся на единицу площади рабочей поверхности алмазного круга.

Для этого рассмотрим локальный участок рабочей поверхности алмазного круга шириной и длиной равными 640x1840 мкм. Для расчета числа алмазных зёрен находящихся на этом участке примем его глубину равной половине среднего диаметра алмазного зерна $h = d_{cp}/2$. Выбор такой глубины обусловлен тем, что алмазные зёрна, погруженные в связку на глубину меньше половины их диаметра можно не учитывать, так как они из-за слабого сцепления со связкой не смогут участвовать в процессе шлифования. Так для зернистости 50/40 мкм глубина объёмного локального участка будет равна 35 мкм.

Средний диаметр алмазных зёрен можно определить по формуле [5]:

$$d_{CP} = \frac{6,1}{\sqrt[3]{N}} \text{ [мкм]}, \quad (2)$$

где N – число абразивных частиц в навеске, шт.

В таблице 1 приведены значения среднего диаметра зёрен для алмазного порошка марки АС 6.

Таблица 1 - Значения среднего диаметра алмазных зёрен

Зернистость алмазного порошка, мкм	Среднее число зёрен в 1 карате алмазного порошка N , тыс.шт.	Средний диаметр зерна d_{cp} , мкм
400/315	2,44	453
315/250	4,53	368
250/200	8,41	300
200/160	15,6	244
160/125	29,1	198
125/100	54,0	161
100/80	100	131
80/63	186	106
63/50	346	86
50/40	644	70

