

## РОЛЬ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛМАЗНОГО КРУГА В КОМБИНИРОВАННЫХ ПРОЦЕССАХ АЛМАЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

**А.И. Грабченко\***, д-р техн. наук;

**И.Н. Пыжов\***, д-р техн. наук;

**Д.М. Алексеенко\*\***, канд. техн. наук,

\*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»; г. Харьков;

\*\*Сумский государственный университет, г. Сумы

*Рассмотрены некоторые вопросы, связанные с возможностью повышения эффективности процесса формообразования лезвийных инструментов из поликристаллических сверхтвердых материалов алмазным шлифованием. Высказано предположение, что дальнейший резерв повышения качества обработки ПСТМ лежит в области использования кругов на основе микропорошков алмаза. Однако при этом, скорее всего, еще более обострится отмеченное выше противоречие между качеством обработки и другими выходными показателями процесса шлифования и в первую очередь удельным расходом алмазов.*

**Ключевые слова:** процесс формообразования, комбинированный процесс шлифования, алмазный круг, характеристика круга, микропорошок алмаза, лезвийный инструмент, режущая кромка, режущий рельеф круга.

*Розглянуті деякі питання, пов'язані з можливістю підвищення ефективності процесу формоутворення лезових інструментів з полікристалічних надтвердих матеріалів алмазним шліфуванням. Висловлено припущення, що подальший резерв підвищення якості обробки ПНТМ лежить в області використання кругів на основі мікропорошків алмазу. Проте при цьому швидше за все ще більш загостриться зазначене вище протиріччя між якістю обробки й іншими вихідними показниками процесу шліфування і насамперед питомою витратою алмазів.*

**Ключові слова:** процес формоутворення, комбінований процес шліфування, алмазний круг, характеристика круга, мікропорошок алмазу, лезвий інструмент, різальна кромка, різальний рельєф круга.

### ВВЕДЕНИЕ

**1. Постановка проблемы.** На настоящий момент одним из наиболее используемых методов формообразования лезвийных инструментов и др. изделий из поликристаллических сверхтвердых материалов (ПСТМ) остается шлифование кругами на основе шлифпорошков алмаза. В связи с этим изыскание дополнительных возможностей для повышения эффективности этого процесса является актуальной проблемой.

**2. Анализ последних исследований и публикаций.** Проблемой повышения эффективности процесса алмазного шлифования ПСТМ занимались многие авторы [1, 2, 3]. Ими сделан основополагающий вывод о том, что наиболее перспективным методом алмазного шлифования этих уникальных по своим физико-механическим свойствам материалов следует считать комбинированный процесс, основанный на непрерывном электрохимическом управлении рабочей поверхностью токопроводящего круга (РПК) в автономной зоне. Это процесс имеет достаточно широкие технологические возможности, что позволяет сделать вывод о том, что он еще имеет нескрытые потенциальные возможности.

**3. Цель исследования.** Исследования показывают, что, несмотря на достаточную изученность комбинированного процесса шлифования ПСТМ, еще есть возможности для дополнительного повышения

эффективности, а следовательно, конкурентоспособности этого метода обработки. В связи с этим целью настоящей работы является установление некоторых особенностей комбинированного процесса алмазного шлифования ПСТМ, направленных на повышение его эффективности с учетом необходимости получения высокого качества обработки.

### ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Установлено, что наибольшее влияние на величину сколов режущих кромок лезвийных инструментов из ПСТМ  $\nu$  оказывают такие факторы, как зернистость круга  $Z$ , величина поперечной подачи  $S_{\text{поп}}$  (давление в контакте  $P_n$ ), угол заострения кромки  $\beta$ , концентрация алмазного круга и др.

Так, например, с увеличением  $S_{\text{поп}}$  возрастает и величина сколов, что можно объяснить ростом силовой напряженности процесса обработки. Использование алмазных кругов с повышенной зернистостью создает более благоприятные условия для их самозатачивания, что ведет к снижению общего уровня сил в зоне обработки. Однако, несмотря на это, величина сколов кромок все же растет по причине возрастания нагрузки на отдельно взятое зерно (с одной стороны крупные зерна имеют большую прочность, а с другой - их количество на РПК снижается).

Сказанное частично иллюстрируется данными, приведенными на рис. 1. Они свидетельствуют о том, что во всем диапазоне зернистости шлифовальных порошков ее снижение однозначно ведет к более чем четырехкратному улучшению состояния режущих кромок (рис. 1 а). С учетом повышенной хрупкости ПСТМ (и в особенности на основе алмаза) роль угла заострения режущего клина в вопросе сколообразования кромок должна быть очень заметной.

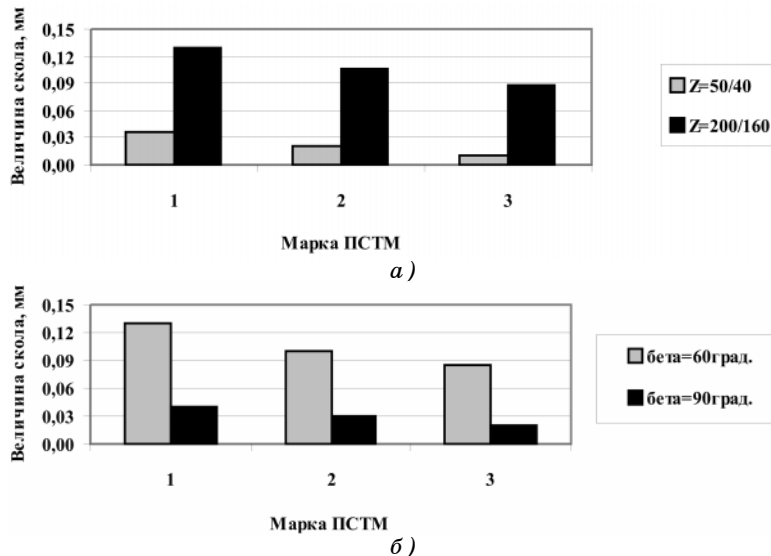


Рисунок 1 – Влияние зернистости круга (а) и угла заострения кромки (б) на величину скола для различных марок ПСТМ. Условия обработки: круг 12А2-45° 150 х 20 х 3 х 32 АС4 125/100 4 В2-01  $V_k=20\text{м/с}$ ,  $S_{\text{пр.}}=1\text{м/мин}$ ,  $\beta=75^\circ$ ; 1- АСБ; 2 - АСПК; 3 - СКМ - Р

Чем больше угол заострения  $\beta$ , тем меньше должна быть величина  $\nu$ . Это нашло свое экспериментальное подтверждение (рис. 1 б) и согласуется с данными, полученными в работе [9] применительно к доводке алмазов на чугунных дисках, шаржированных алмазным

микророшкком. В ней, в частности, отмечается, что для уменьшения вероятности образования сколов особое внимание следует обращать на выбор марки материала чугунного диска, зернистость микророшка и угол заострения лезвия, величина которого должна находиться в пределах  $\beta \approx 80^{\circ} - 105^{\circ}$ .

Величина сколов на режущих кромках также существенно зависит от марки самого обрабатываемого ПСТМ. Здесь сказывается влияние структуры последнего. Так, например, поликристаллы АСБ, имеющие более крупнокристаллическую структуру, сильнее подвержены сколообразованию, нежели АСПК (рис. 1 а).

Данные по влиянию концентрации алмазоносного слоя круга на величину сколов кромки свидетельствуют о том, что с ее увеличением размеры сколов кромки несколько уменьшаются. Это можно объяснить снижением нагрузки на единичное зерно и хорошими условиями для более интенсивного самозатачивания режущего рельефа круга (чему во многом способствует уменьшение мостиков связки между зернами). Однако при этом следует иметь в виду, что влияние концентрации необходимо в первую очередь рассматривать через число зерен, находящихся в контакте с обрабатываемым ПСТМ.

Чем мягче связка, тем меньшую величину сколов она обеспечивает. Объясняется это в основном уровнем термосиловой напряженности, при которой происходит процесс ее самозатачивания. Так, металлоорганические связки ТО-2 и В1-13, имеющие в своем составе металлический наполнитель, обеспечивают несколько большую величину  $\nu$  по сравнению с органическими связками (например, В2-01). Далее по мере влияния на величину сколов режущих кромок идут керамические и металлические связки как еще более жесткие.

Особенностью обработки ПСТМ кругами на прочных (жестких) металлических связках является в данном случае тот факт, что они допускают возможность регулировать в широких пределах «жесткость» режущего рельефа, а следовательно, и управлять процессом сколообразования кромок инструментов. Это стало возможным за счет использования комбинированных процессов шлифования, которые позволяют создавать достаточно хорошие условия для управления процессом самозатачивания алмазных зерен. Известно, что в случае обработки ПСТМ скорость износа зерен (при прочих равных условиях) является функцией высоты их выступания над уровнем связки [1, 2, 3] (в результате чего меняется и их количество в контакте с режущей кромкой инструмента). На практике это осуществляется путем реализации в зоне управления необходимой интенсивности удаления связки круга, соответствующей скорости износа алмазных зерен, имеющих ту или иную высоту выступания над уровнем связки круга.

Экспериментально доказано (рис. 2), что путем изменения силы тока в цепи управления  $I$  (величина которой определяет интенсивность растворения связки круга) можно в определенных пределах управлять величиной сколов кромки.

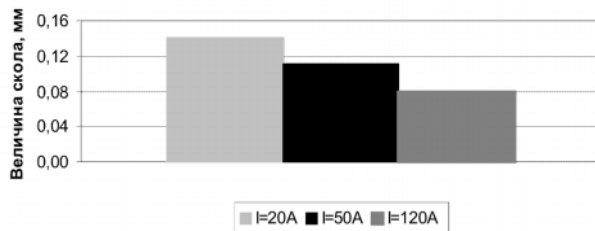


Рисунок 2 – Влияние силы тока в цепи управления на величину скола для случая формообразования режущих лезвий из СКМ-Р

Это объясняется тем, что с ростом силы тока круг начинает работать более мягко, так как алмазные зерна на его рабочей поверхности имеют большую высоту выступания над уровнем связки и поэтому интенсивно самозатачиваются при достаточно малых значениях силы резания.

Таким образом, управление режущим рельефом кругов является важнейшим фактором в решении проблемы повышения качества формообразования режущих кромок лезвийных инструментов из ПСТМ.

Нами установлен один из возможных путей совершенствования комбинированного процесса черного шлифования ПСТМ. Он вытекает из анализа такой его физической особенности, как периодичность изменения значений всех выходных показателей во времени [2]. Эта особенность обусловлена периодичностью (скачкообразностью) изменения параметров режущего рельефа круга и свидетельствует об отсутствии устойчивости процесса шлифования в целом. Исследования показывают, что это весьма отрицательно сказывается на качестве режущих кромок лезвийных инструментов из ПСТМ. Как было установлено ранее [1], [2], одним из путей стабилизации процесса в таком случае может служить создание достаточно высокого уровня скорости растворения связки, позволяющей поддерживать в контакте с ПСТМ оптимальное число алмазных зерен. Например, при оптимальной с точки зрения удельного расхода алмазов круга величине силы тока в цепи управления  $I \approx 60A$  (одноместная обработка синтетического алмаза) процесс шлифования нестабилен. Его стабилизация наступает при силе тока  $I > 100-150A$ . Естественно, при этом будет иметь место высокий расход алмазов за счет выпадения из связки значительного количества зерен, не использовавших свой режущий ресурс.

В связи с этим были проведены работы по изысканию путей совершенствования черного формообразования лезвийных инструментов из ПСТМ, основанного на использовании процесса шлифования токопроводящими кругами с алмазоносным слоем из шлифпорошков алмаза с управлением РПК.

На выходные показатели процесса шлифования ПСТМ особое влияние оказывает концентрация алмазного круга. На этот факт обращено в частности, внимание в работах [1, 2, 3]. Как уже отмечалось выше, это, в первую очередь связано с числом зерен в контакте с ПСТМ, а, следовательно, с уровнем силовой напряженности в зоне обработки. В настоящее время для установления оптимального значения концентрации алмазного круга при шлифовании ПСТМ на основе алмаза и нитрида бора проводятся трудоемкие испытания. Их суть в конечном итоге заключается в построении зависимостей  $Y = f(K)$  для достаточно большого числа сочетаний параметров, характеризующих характеристику алмазоносного слоя круга и режимы обработки. Здесь « $Y$ » – выходной показатель обработки, например, производительность, удельный расход алмазов, себестоимость и т.д.

В связи с этим была высказана идея о том, что, используя явление периодичности процесса [1, 2] (в основе которой лежит ярко выраженное явление приспособляемости процесса шлифования поликристаллических ПСТМ [1, 3]), можно установить оптимальное количество зерен в контакте с ПСТМ. Если затем изготовить круг с такой же характеристикой, то устойчивость процесса шлифования (для данных конкретных условий обработки) будет максимально обеспечена. Разница будет в том, что при использовании такого круга в работе будет участвовать подавляющее количество зерен, находящихся на РПК. Естественно, что при этом высота выступания зерен над связкой будет минимальной. Все это должно положительно сказаться на устойчивости процесса обработки и привести к существенному снижению удельного расхода алмазов круга.

На базе этих рассуждений был предложен экспресс-способ определения оптимальной концентрации алмазного круга на токопроводящей связке путем шлифования. Его достоинством является простота реализации и высокая точность результата, поскольку речь идет о концентрации круга, оптимальной для конкретных условий обработки. Оптимальная концентрация круга в данном случае определяется следующим образом. Шлифуют сверхтвердый материал кругом с концентрацией не менее 100% на металлической связке, которую подвергают электрохимическому растворению, при этом поддерживают постоянное давление круга на обрабатываемую поверхность и регистрируют один из выходных показателей процесса обработки, например, мощность шлифования  $N$ , линейный съем ПСТМ  $h$  и т.д. (рис. 3 а).

При появлении регулярных периодически повторяющихся пульсаций контролируемого показателя (рис. 3 а) прерывают процесс в момент начала очередного всплеска и определяют число зерен  $n_{opt}$ , находившихся в контакте со сверхтвердым материалом.

Зная  $n_{opt}$ , можно расчетным путем определить требуемое значение оптимальной концентрации алмазного круга, используя зависимости, изложенные в литературе.

Воспользовавшись формулой, приведенной в [5], имеем

$$K_{opt} = \frac{n_{opt} \cdot 200 \cdot \pi \cdot 0,6^{3/2} \cdot (0,96 \cdot Z_{cp})}{3}, \quad (1)$$

где  $K_{opt}$  - оптимальное значение концентрации, %;  $n_{opt}$  - число зерен (оптимальное), находившихся в контакте со сверхтвердым материалом, шт./мм<sup>2</sup>;  $Z_{cp}$  - средний размер алмазного зерна, мм.

Таким образом, предложенный способ определения оптимальной концентрации алмазного круга основан на учете зависимости числа зерен  $n$  (см. рис. 3 а) в контакте с ПСТМ от высоты их выступания над уровнем связки.

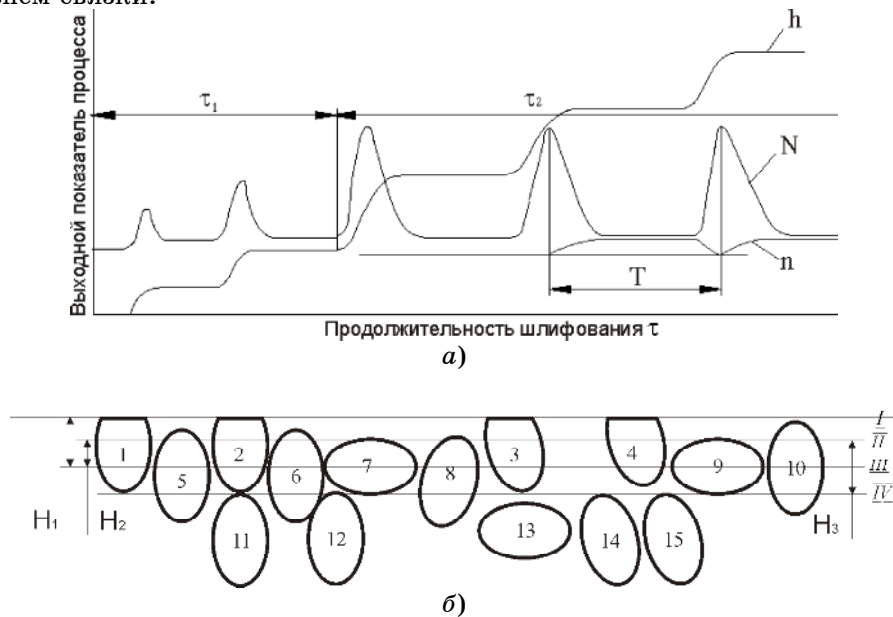


Рисунок 3 – Картина изменения параметров обработки во времени (а) и схема размещения зерен на РПК (б)

Сказанное можно проиллюстрировать с помощью упрощенной схемы (рис. 3 б). Здесь уровень связки соответствует уровню III. На уровне I, когда высота зерен равна  $\dot{I}_1$ , в контакте с обрабатываемым сверхтвердым материалом находится оптимальное число зерен (зерна 1, 2, 3, 4).

При данной нагрузке они начинают интенсивно самозатачиваться, а их высота выступания над уровнем связки уменьшаться, поскольку скорость износа зерен на данном этапе превышает скорость электрохимического удаления связки. Этот процесс, естественно, будет сопровождаться ростом числа зерен в контакте с поликристаллом. При определенной высоте зерен (а следовательно, и фиксированном их числе в контакте с ПСТМ) процесс их самозатачивания прекращается и трансформируется в трение высокоизносостойкой пары [1, 2, 3] «алмазные зерна – обрабатываемый поликристалл» (уровень II, зерна 1-10, высота  $H_2$ ).

Поскольку удаление связки осуществляется непрерывно, то высота зерен вновь начинает расти, а число зерен уменьшается. И когда уровень связки переместится с уровня III на уровень IV ( $H_3 = H_1$ ), в контакте с обрабатываемым поликристаллом останутся только зерна 5, 6, 8, 10, и процесс их самозатачивания вновь возобновится. Однако, как вытекает из схемы, представленной на рисунке, зерна 1, 2, 3 и 4 выпадут из связки, не в полной мере реализовав свои потенциальные возможности, а зерна 7 и 9 покинут алмазосносный слой, практически не участвуя в резании. Это и обуславливает высокий расход алмазов круга.

Поэтому, если остановить процесс шлифования в момент начала очередного всплеска значения выходного показателя обработки, когда на РПК находится оптимальное число алмазных зерен, контактирующих с обрабатываемым поликристаллом, то на этой основе можно определить оптимальную концентрацию. Естественно, что перед проведением эксперимента круг необходимо приработать в течение времени  $\tau_1$ . Появление трех-четырех всплесков параметра процесса шлифования (например, мощности  $N$ , линейного износа круга  $h$  и т.д.) одинаковой амплитуды, следующих через одинаковый период времени  $T$ , свидетельствует о том, что процесс шлифования перешел в установившуюся стадию.

Если условия обработки будут соответствовать условиям испытания, то круг, имеющий оптимальную концентрацию, будет работать в режиме самозатачивания практически непрерывно, т.к. в контакте с обрабатываемым поликристаллом будет находиться оптимальное количество зерен.

Таким образом, рассчитанное по выражению (1) значение  $K_{opt}$  позволяет стабильно обеспечивать возможные для конкретных условий значения выходных показателей обработки, поскольку периодичность процесса вырождается и круг работает достаточно устойчиво до полного износа алмазосносного слоя. Это хорошо иллюстрируется данными, приведенными на рис. 4.

Они с достаточно высокой точностью совпадают с данными работы [2] (условия обработки те же). Однако такой результат достигнут при использовании круга, имеющего оптимальную концентрацию ( $K_{opt} = 40\%$ ). А это означает, что экономия алмазов (по сравнению с кругом с концентрацией 100%) должна быть как минимум двухкратной за счет уменьшения числа зерен, выпавших из связки и не использовавших свой режущий ресурс. Что же касается круга с оптимальной концентрацией, то максимальное количество зерен, находящихся на его рабочей поверхности, должно контактировать с обрабатываемым ПСТМ.

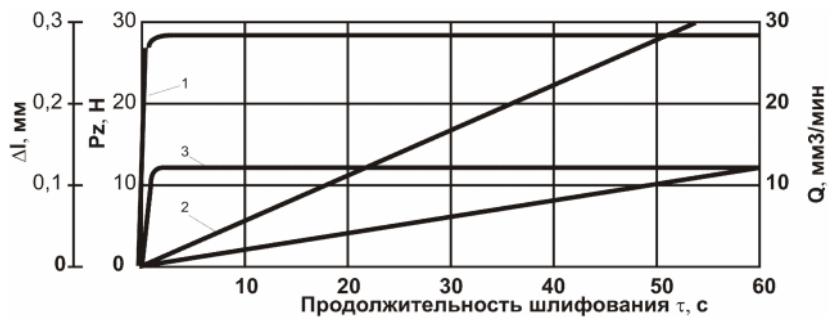


Рисунок 4 – Влияние продолжительности шлифования АСБ на тангенциальную составляющую силы резания ( $P_z$ ), линейный съём ПСТМ ( $\Delta l$ ) и производительность обработки ( $Q$ ): 1 -  $P_z$ ; 2 -  $\Delta l$ ; 3 -  $Q$ .

Рабочая высота зерен круга будет при этом значительно меньше, чем при работе стандартным кругом. Наличие положительного эффекта при использовании круга с оптимальным значением концентрации подтверждается данными экспериментов (рис. 5а, б).

Эти данные свидетельствуют о том, что удельный расход алмазов круга снижается примерно в 2,4 раза.

Что касается качества режущих кромок, то при использовании стандартного круга величина сколов колебалась в пределах 0,05-0,06 мм, в то время как для круга, имеющего  $K_{opt}=40\%$ , она стабильно находилась в пределах 0,06мм.

Объяснить такой результат можно, по всей видимости, разными состояниями режущего рельефа стандартного круга ( $K=100\%$ ), для которого характерно явление периодичности. В момент, когда режущий рельеф сглаживается и процесс шлифования трансформируется в процесс трения высокоизносостойкой пары «алмазные зерна - обрабатываемый ПСТМ», на качестве обработки может сказаться полирующий эффект, производимый зернами с площадками износа [3].

Это и обуславливает несколько меньшее значение величины сколов ( $\nu=0,05\text{мм}$ ) по сравнению с режимом самозатачивания зерен ( $\nu=0,06\text{мм}$ ). Здесь уместно отметить, что эти рассуждения относятся только к упругой схеме, когда усилие прижима ПСТМ к кругу регламентируется оператором.

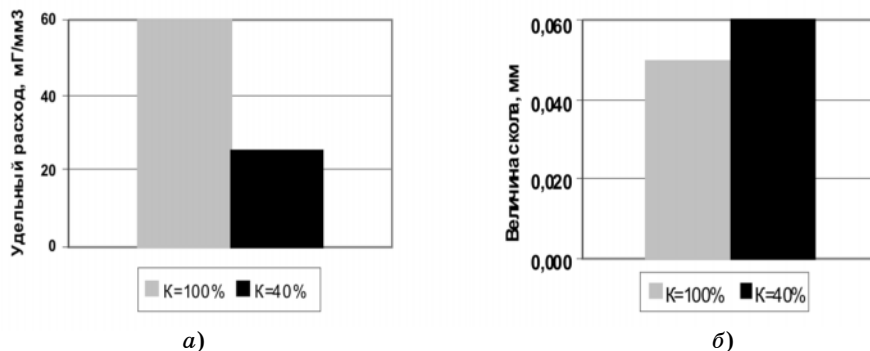


Рисунок 5 – Показатели процесса шлифования с оптимальным и неоптимальным значениями концентрации алмазного круга

В рассмотренном способе определения оптимальной концентрации алмазного круга  $K_{opt}$  такой важный параметр его характеристики, как зернистость, имеет чисто геометрический смысл. Дальнейшие

исследования показали, что зернистость играет важную самостоятельную роль, поскольку размер алмазных зерен, с одной стороны, влияет на их прочность [6], а с другой - на количество зерен на рабочей поверхности круга (при его неизменной концентрации). В реальном процессе шлифования, когда практически отсутствует внедрение зерен в обрабатываемый материал, при прочих равных условиях обработки этот факт будет определять уровень силовой напряженности в зоне контакта ПСТМ с кругом. Поскольку (как уже отмечалось выше) с точки зрения снижения сколообразования на кромках повышенное число зерен является благоприятным фактом, прочность ПСТМ на сжатие является ограничительным фактором. Проведенные экспериментальные исследования позволили для случая обработки сверхтвердых материалов на основе алмаза установить эмпирическую зависимость, связывающую зернистость с концентрацией алмазного круга и пределом прочности обрабатываемого ПСТМ на сжатие:

$$Z_{cp} = K_{nz} \cdot \frac{1,5 \cdot K + \sqrt{0,5 \cdot K^2 + 200 \cdot \sigma \cdot K}}{\sigma}, \quad (2)$$

где  $Z_{cp}$  - средний размер алмазного зерна, мкм;  $K_{nz}$  - коэффициент, учитывающий марку (прочность) алмазного зерна;  $\sigma$  - предел прочности обрабатываемого ПСТМ на сжатие, ГПа;  $K$  - концентрация алмазных зерен в круге, %;

Здесь соответствие размерностей обеспечивается за счет размерности постоянного коэффициента, равного единице.

Необходимость учета параметра  $\sigma$  в выражении (2) преследует цель предотвращения случаев возможного растрескивания алмаза. По данным различных источников [5, 6], величина предела прочности на сжатие может значительно колебаться в зависимости от марки алмаза (в интервале 0,5-8 ГПа). Как известно, значение  $\sigma$  для природного алмаза примерно равно 2 ГПа [6].

Графики, отражающие взаимосвязь зернистости и концентрации алмазных кругов на металлической связке М2-01 с зернами марки АС6 для случая обработки ПСТМ на основе алмаза, представлены на рис. 6.

Они свидетельствуют о том, что область применения кругов с наиболее распространенной концентрацией ( $K=100\%$ ) в данном случае весьма ограничена.

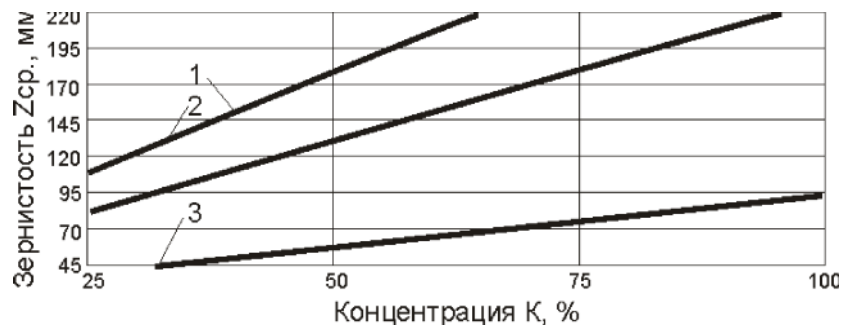


Рисунок 6 – Взаимосвязь между оптимальными значениями зернистости и концентрации круга на основе шлифпорошков алмаза.

1 -  $\sigma = 1,0$  МПа; 2 -  $\sigma = 1,5$  МПа; 3 -  $\sigma = 5,0$  МПа

На основании выполненных исследований можно утверждать, что качество режущих кромок лезвийных инструментов из ПСТМ находится



в противоречии с другими выходными показателями обработки и в первую очередь с производительностью и удельным расходом алмазов круга.

Это проявляется в том, что условия обработки, оптимальные с точки зрения этих показателей, обеспечивают, как правило, наибольшую величину сколов. Сказанное подтверждается экспериментальными данными (рис. 7).

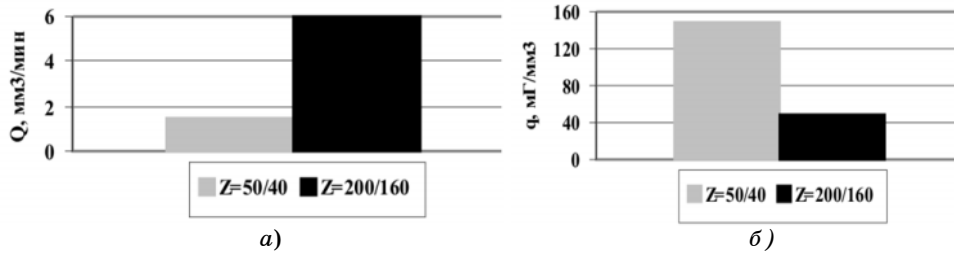


Рисунок 7 – Влияние зернистости алмазного круга на производительность процесса (а) и удельный расход алмазов (б) при обработке АСПК 2. Условия обработки: круг 12А2-45° 150х20х3х32 АС6 4 М1-01.  $V_k=20\text{ м/с}$ ;  $S_{np}=1\text{ м/мин}$ ;  $P_n=3\text{ МПа}$ ;  $I=100\text{ А}$

Как уже отмечалось, одним из главнейших факторов, ответственных за качество режущих кромок, является зернистость кругов. Об этом убедительно свидетельствуют экспериментальные данные, приведенные на рисунках 8 и 9.

Как свидетельствуют данные, представленные на рис. 8, имеется противоречие в вопросе выбора характеристики алмазного круга. Его суть заключается в том, что с точки зрения удельного расхода алмазов необходимо стремиться использовать использовать круги с пониженными значениями концентрации, а с точки зрения качества режущих кромок, наоборот, ее значение должно быть повышенным, что наглядно иллюстрируется данными, приведенными на рис. 10.

Это противоречие можно в определенной мере разрешить, используя выражение (2). Что касается коэффициента  $K_{nz}$ , то в данном случае целесообразно использовать не статическую, а динамическую прочность алмазных зерен.

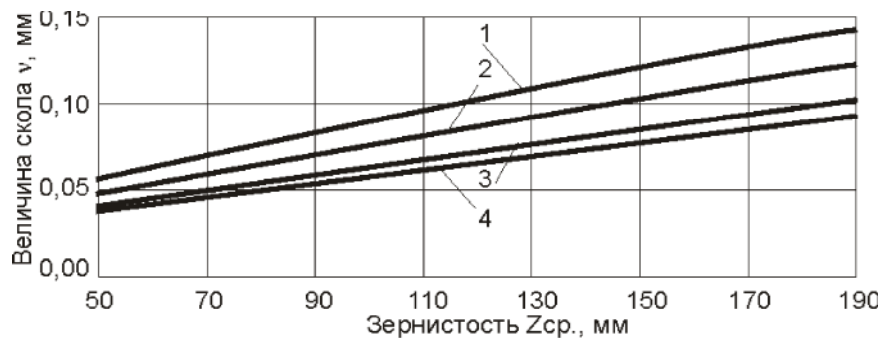


Рисунок 8 – Влияние зернистости и концентрации алмазного круга на величину сколов для случая формообразования режущих лезвий из СКМ-Р.

Условия обработки: круг 12А2-45° 150х20х3х32 АС6 125/100 4 М1-01.

$V_k=30\text{ м/с}$ ;  $S_{np}=1\text{ м/мин}$ ;  $P_n=3\text{ МПа}$ ;  $I=60\text{ А}$ ;  $\beta=60^\circ$ ;

1 -K=25%; 2 -K=50%; 3 -K=100%; 4 -K=150%

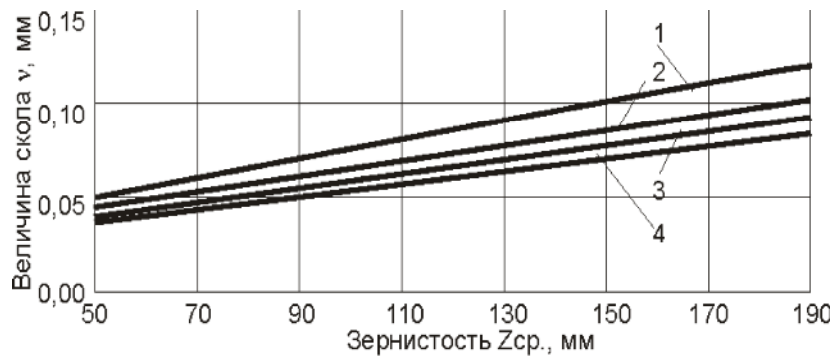


Рисунок 9 – Влияние зернистости алмазного круга и силы тока на величину сколов для случая формообразования режущих лезвий из СКМ-Р. Условия обработки: круг 12A2-45° 150x20x3x32 AC6 125/100 4 M1-01.  $V_k=30\text{ м/с}$ ;  $S_{np}=1\text{ м/мин}$ ;  $P_n=3\text{ МПа}$ ;  $I=60\text{ А}$ ;  $\beta=60^\circ$ ; 1 -  $I=40\text{ А}$ ; 2 -  $I=60\text{ А}$ ; 3 -  $I=80\text{ А}$ ; 4 -  $I=100\text{ А}$

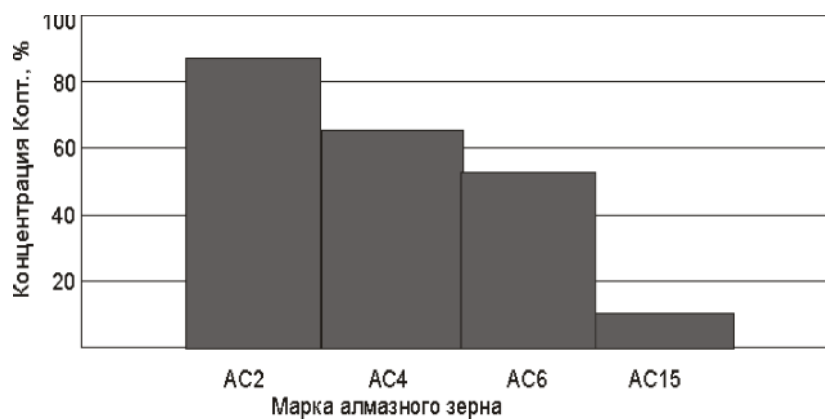


Рисунок 10 – Оптимальные значения концентрации круга в зависимости от марки алмазных зерен

Поскольку формула (2) получена применительно к наиболее рекомендуемой для обработки ПСТМ марке зерен AC6 [1, 2, 3], то для нее  $K_{nz}=1$ . Для других марок алмазных зерен усредненные значения этого коэффициента можно определить, используя данные по динамической прочности зерен различных марок, изложенные в работе [3]. Они соответственно будут составлять:  $K_{nz}=0,68$  (AC2);  $K_{nz}=0,85$  (AC4);  $K_{nz}=3,1$  (AC15).

Эти данные позволяют сделать вывод о том, что зерна алмаза, прочных марок (прочнее AC6) не следует рекомендовать для формообразования лезвийных инструментов из ПСТМ т.к. при этом концентрация кругов должна быть существенным образом снижена. В то же время для менее прочных марок алмазных зерен она может быть значительно увеличена.

Это наглядно иллюстрируется данными, приведенными на рис. 10, для случая обработки синтетических алмазов, когда зернистость круга  $Z=125/100$ , а предел прочности алмаза на сжатие  $\sigma=2,0$  ГПа.

#### ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Таким образом, процесс предварительного формообразования лезвийных инструментов из ПСТМ путем шлифования алмазными кругами на основе шлифпорошков алмаза имеет ряд существенных недостатков и может

быть рекомендован только в обоснованных случаях. Некоторое улучшение выходных показателей такого процесса может быть достигнуто за счет правильного выбора характеристики алмазного круга (оптимальное сочетание значений зернистости и концентрации). Одним из возможных эффективных путей дальнейшего улучшения качества режущих кромок является дополнительное снижение размеров алмазных зерен в кругах. Для кругов на основе шлифпорошков алмаза ( $Z_{\min} = 50/40$ ) такой возможности нет. В связи с этим можно предположить, что дальнейший резерв повышения качества формообразования лезвийных инструментов из ПСТМ лежит в области использования кругов на основе микропорошков алмаза. Однако при этом скорее всего еще более обострится отмеченное выше противоречие между качеством обработки и другими выходными показателями процесса шлифования и в первую очередь удельным расходом алмазов. Перспективы дальнейшего развития исследований на наш взгляд состоят в решении задачи улучшения удержания зерен микропорошков алмазов в связке круга. Это может позволить выйти по удельному расходу алмазов на уровень его значений, характерных для кругов на основе шлифовальных порошков.

## SUMMARY

### ROLE OF DIAMOND WHEEL CHARACTERS IN COMBINED PROCESSES OF SUPERHARD MATERIALS DIAMOND GRINDING

*A. I. Grabchenko, I. N. Pyzhov,*  
*National technical university "Kharkiv politechnical institute", Kharkiv;*  
*D. M. Alekseenko,*  
*Sumy State University, Sumy*

*Some questions related to possibility of increase the efficiency of the formation process of lathe instruments made of polycrystalline superhard materials by means of diamond grinding are considered.*

**Key words:** *forming process, combined grinding process, diamond wheel, wheel characteristic, diamond micropowder, cutting edge, cutting relief of wheel*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грабченко А.И. Научные основы алмазного шлифования сверхтвердых поликристаллических материалов: дис. в форме научного доклада д-ра. техн. наук: 05.03.01 / Грабченко Анатолий Иванович. - Харьков, 1995. - 59 с.
2. Грабченко А.И. Повышение производительности шлифования ПСТМ с управлением режущим рельефом круга / А.И. Грабченко, И.Н. Пыжов // Сверхтвердые материалы. - 1982. - № 5. - С. 34-37.
3. Федорович В.А. Разработка научных основ и способов практической реализации управления приспособляемостью при алмазном шлифовании сверхтвердых материалов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.03.01 / Федорович Владимир Алексеевич. - Харьков, 2002. - 466 с.
4. Хрульков В.А. Алмазные инструменты в прецизионном приборостроении / В.А. Хрульков, А.Я. Головань, А.И. Федотов. - М.: Машиностроение, 1977. - 223 с.
5. Резников А.Н. Абразивная и алмазная обработка материалов: справочник / А.Н. Резников, Е.И. Алексенцев, Я.И. Барац и др.; под ред. А.Н. Резникова. - М.: Машиностроение, 1977. - 391 с.
6. Синтетические алмазы в машиностроении / В.Н. Бакуль, Б.И. Гинсбург, Л.Л. Мишнаевский и др.; под ред. В.Н. Бакуля. - К.: Наукова думка, 1976. - 352 с.

*Поступила в редакцию 20 сентября 2010 г.*