

УДК 621.923.:621.921.34

В.В. Надуваев, к.т.н., доц.,**Е.Н. Фролов, к.т.н., доц.***Брянский государственный технический университет (Россия)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ СВ-АЛМАЗОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рассмотрены возможности эффективного использования поликристаллических СВ-алмазов при правке абразивных кругов, применяемых для различных видов шлифования.

Постановка проблемы. В современных условиях постоянно возрастают требования к качеству и эксплуатационным характеристикам деталей машин. Повышение этих показателей достигается, главным образом, применением более прочных и стойких новых видов конструкционных материалов, а также прогрессивных высокопроизводительных методов обработки деталей из этих материалов.

Изложение основного материала. Завершающим этапом изготовления большинства ответственных деталей являются операции абразивной обработки, на которых, как правило, формируются основные показатели качества деталей такие, как точность, шероховатость поверхности и физико-механические свойства поверхностного слоя. Основными требованиями, предъявляемыми к абразивной обработке, в том числе и к шлифованию, являются повышение производительности и снижение себестоимости обработки при сохранении требуемого качества обработанных поверхностей деталей машин. Несомненные достоинства процесса шлифования реализуются наиболее полно лишь в том случае, когда вместе с процессом шлифования получает аналогичное или опережающее развитие технология восстановления режущей способности абразивных кругов посредством их правки. Совершенствование процессов правки абразивных кругов является важнейшим условием повышения эффективности шлифования деталей. Это достигается путем использования для правки более производительных и износостойких видов правящих инструментов и оптимизации технологических условий правки [1].

Абразивные круги, как правило, в большей степени расходуются не в процессе шлифования, а в процессе их правки. Следовательно, износ шлифовальных кругов и правящих инструментов, влияющий на показатели процесса шлифования, в значительной мере зависит от вида правящего инструмента и технологических условий правки. Причем затраты времени на правку могут достигать 40–50 % штучного време-

ни обработки. Увеличение производительности процесса шлифования в значительной степени определяется правильным выбором правящих инструментов и совершенствованием самих методов правки. Существенное влияние на работоспособность правящего инструмента и показатели процесса шлифования оказывает правильный выбор вида алмазного сырья. Для изготовления правящих карандашей используются различные виды алмазов.

Проблема замены природных алмазов синтетическими в настоящее время решается не только за счет использования монокристаллических синтетических алмазов, но и путем применения поликристаллических синтетических алмазов.

В связи с этим особое значение приобретают вопросы, связанные с созданием новых видов правящих инструментов при использовании для их изготовления прогрессивных высокопроизводительных инструментальных материалов и более эффективных связей. Наиболее перспективным видом правящих инструментов являются алмазные карандаши, используемые для правки кругов на операциях круглого и плоского шлифования, а также на резьбо- и зубошлифовальных операциях. В настоящее время в правящих карандашах широко используются наряду с инструментальными материалами из природных алмазов различные виды синтетических алмазов и ПСТМ, в том числе и поликристаллические алмазы типа СВ. Алмазы типа СВ имеют достаточно высокую прочность 8–10 ГПа и термостойкость до 1470 К, к тому же, обладают изотропией свойств. Данное обстоятельство, а также относительно низкая стоимость данных алмазов позволяют их широко использовать в правящем инструменте, в том числе вместо дорогостоящих природных и некоторых видов синтетических алмазов.

В Брянском государственном техническом университете были разработаны и исследованы ряд конструкций алмазных правящих карандашей, рабочими элементами которых являются зерна алмазов типа СВ, отработана технология их изготовления и проведены исследования их эксплуатационных показателей. В результате предварительно проведенного анализа конструкций правящих инструментов был обоснован целесообразный выбор типоразмеров правящих алмазных карандашей, которые изготавливались типов 01, 02, 04 исполнения А и С в соответствии с ГОСТ 607-80. При изготовлении правящих карандашей использовался метод электроконтактного спекания с последующей горячей допрессовкой на специально созданной установке для спекания (рис. 1).

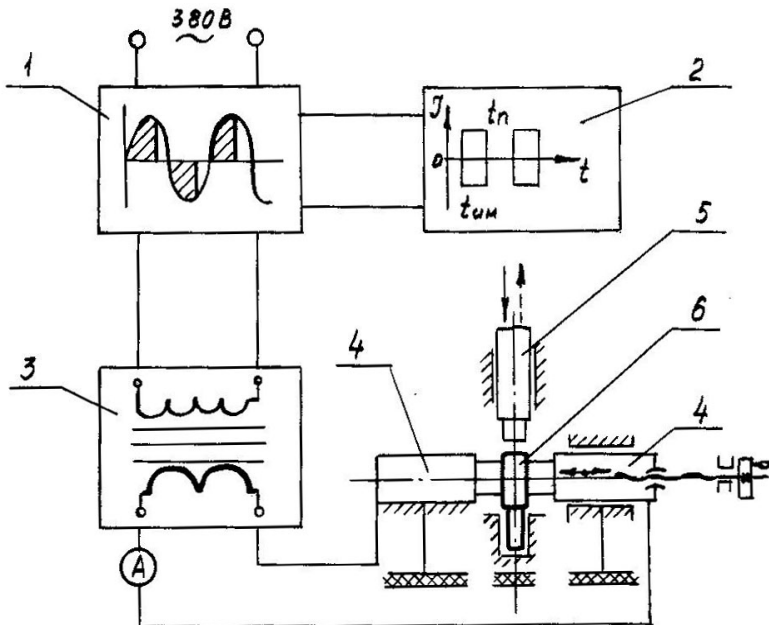


Рис. 1. Принципиальная схема установки для электроконтактного спекания алмазных карандашей:

1 – прерыватель линейный (ЛСЛ); 2 – система управления; 3 – трансформатор сварочный; 4 – медно-графитовые электроды; 5 – шток пресса (пуансон);

6 – заготовка алмазного карандаша

В результате проведения исследований процесса правки абразивных кругов было установлено, что основными эксплуатационными

характеристиками правящих карандашей являются их производительность и износостойкость, поскольку от них в значительной мере зависит качество обработки и себестоимость операций шлифования [2].

Наибольшее влияние на износостойкость правящих карандашей оказывают статическая прочность алмазов, их термостойкость, зернистость и концентрация, а также твердость, износостойкость и прочность алмазоудерживающей связки. Материал связки должен иметь близкий к алмазу коэффициент теплового расширения, чтобы алмаз не испытывал дополнительных термических напряжений в процессе правки. Однако, наиболее распространенные для изготовления алмазных карандашей металлические связки не обеспечивают надежного удержания алмазных зерен. В результате этого до 95 % алмазов полностью не расходуются на правку абразивных кругов, так как в процессе правки большинство из них вырывается из связки. Данное обстоятельство является причиной повышенного износа правящего инструмента, нестабильности рабочих характеристик абразивных кругов и ухудшения показателей процесса шлифования. Это явление объясняется достаточно низкой адгезионной активностью большинства металлических связок по отношению к химически инертному алмазу. Это, прежде всего, относится к связкам на основе композиции Cu + Sn, наиболее широко применяемым при изготовлении правящих карандашей. Повышение прочности алмазоудержания связок достигалось путем введения в их состав незначительных количеств так называемых переходных металлов Cr, Ti, V, Ni, что обеспечило хорошую смачиваемость жидким металлом поверхности алмаза и, следовательно, повышение адгезионной активности связки. Так введение в состав связки Cu + Sn до 1 % Ni позволило снизить величину критической глубины заделки алмазного зерна в 1,5–2 раза, что значительно повысило прочность алмазоудержания и способствовало снижению удельного расхода алмазоносного слоя, являющегося основным показателем износостойкости правящих карандашей.

Для сравнительной оценки работоспособности алмазных правящих карандашей были проведены исследования по влиянию зернистости «Z» алмазов (табл. 1) и концентрации «K» алмазов на удельный расход (табл. 2) алмазного слоя.

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований

Зернистость Z, мкм	Объем снятого абразива V, см ³	Весовой износ карандаша g, г		Удельный расход q, г/см ³ × 10 ⁻⁴	
		прир. алм.	алм. СВ	прир. алм.	алм. СВ

800/630	248	0,144	0,206	5,81	8,32
1000/800	242	0,073	0,123	3,02	5,09
1250/1000	236	0,033	0,059	1,43	2,53
1600/1250	229	0,023	0,028	0,99	1,21
2000/1600	223	0,007	0,018	0,31	0,83

Таблиця 2

Результаты экспериментальных исследований

Концентрация К, %	Объем снятого абразива V, см ³	Весовой износ карандаша g, г		Удельный расход карандашей, q, г/см ³ x 10 ⁻⁴	
		прир. алм.	алм. СВ	прир. алм.	алм. СВ
5	217	0,206	0,279	9,64	12,9
10	211	0,128	0,174	6,1	8,26
15	204	0,098	0,135	4,8	6,6
20	198	0,081	0,121	4,1	6,1
25	192	0,058	0,092	2,91	4,8

Результаты экспериментальных исследований показали, что с увеличением зернистости алмазов происходит снижение удельного расхода алмазоносного слоя правящих карандашей из природных алмазов и из алмазов типа СВ. При увеличении зернистости с 800/630 мкм до 2000/1600 мкм значение удельного расхода снижается в 16 раз для карандашей из природных алмазов и в 10 раз для алмазов типа СВ.

На основании выполненных исследований было установлено, что существенное влияние на показатели износостойкости правящих карандашей оказывает характер износа алмазного слоя. В ходе микроскопического анализа была определена картина износа и установлен механизм изнашивания алмазоносного слоя. Как показали исследования, в процессе правки связка на рабочей поверхности карандаша изнашивается неравномерно. Наиболее интенсивный износ происходит в зоне вокруг алмазного зерна, где образуется углубление под действием потока абразивного шлама, снимаемого с круга в процессе правки, что способствует снижению износостойкости алмазных правящих карандашей. Это явление наблюдается практически для всех видов металлических связок, независимо от их твердости. Повышение износостойкости может быть достигнуто путем введения в связку высокоабразивных наполнителей и относительного повышения концентрации алмазов.

Основные закономерности процесса правки абразивных кругов были подтверждены в ходе экспериментальных исследований, которые проводились для оценки работоспособности алмазных правящих ка-

рандашей, изготовленных из алмазов типа СВ. Исследованию подвергались карандаши типа 02 и 04 исполнения С, изготовленные из природных алмазов и алмазов типа СВ на медно-оловянной и твердосплавной связках. Правке данными карандашами подвергались абразивные круги, изготовленные по ГОСТ 2424-83 типа ПП400х40х203. Процесс правки осуществлялся на универсальном круглошлифовальном станке модели ЗБ153У на следующих режимах $V_{кр} = 36$ м/с, $S_{прод} = 0,5$ м/мин., $S_{попер} = 0,03$ мм/дв. х., $V_{охл} = 20$ л/мин. Износ правящих карандашей оценивался весовым методом на аналитических весах WA-31 производства Польши. Износ абразивных кругов определялся линейным методом [3].

По результатам проведенных исследований были получены экспериментальные зависимости удельного расхода алмазного слоя «q» правящих карандашей из природных алмазов и алмазов типа СВ от зернистости «Z» и концентрации «K» алмазов, а также твердости и износостойкости связки карандашей и абразивных кругов (рис. 2).

При увеличении зернистости связки происходит снижение «q» как для карандашей из природных алмазов, так и для карандашей типа СВ. Так, например, при правке круга твердостью CM2 карандашами из алмазов типа СВ, значение удельного расхода алмазного слоя снижается с ростом зернистости с 800/630 мкм до 2000/1600 мкм примерно в 10 раз. При увеличении «Z» свыше 2000 мкм интенсивность снижения «q» падает и даже наблюдается его стабилизация удельного расхода алмазного слоя.

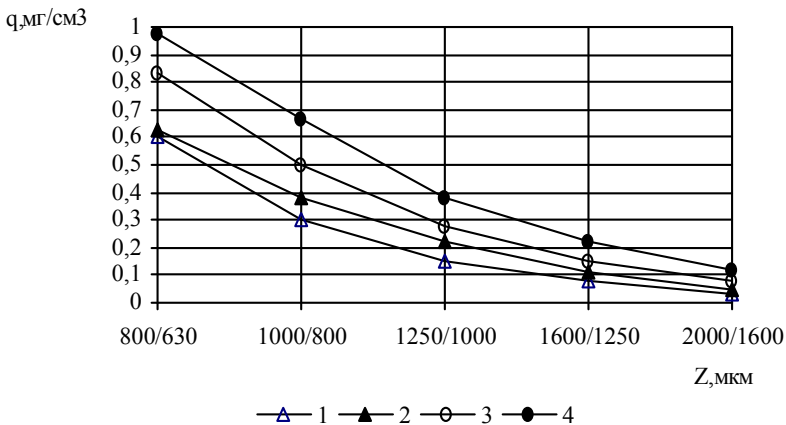


Рис. 2. Зависимость удельного расхода алмазного слоя «q» от зернистости алмазов «Z» для концентрации K = 80 %

при правке абразивных кругов марок А40СМ2К (1,3)
и А40СТ1К (2, 4) правящими карандашами
из природных алмазов (1, 2) и алмазов типа СВ (3, 4)
на связке М2-01 твердостью НВ180

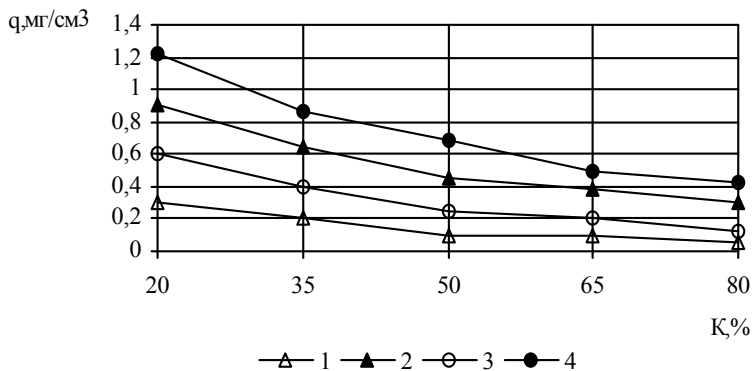


Рис. 3. Зависимость удельного расхода алмазного слоя «q» от концентрации алмазов «K» при зернистости $Z = 2000/1600$ мкм (1, 2), $Z = 1000/800$ мкм (3, 4) для карандашей из природных алмазов (1, 3) и алмазов типа СВ (2, 4) на связке М2-01 твердостью НВ180 при правке круга ПП1400х40х203 25А40СМ2К

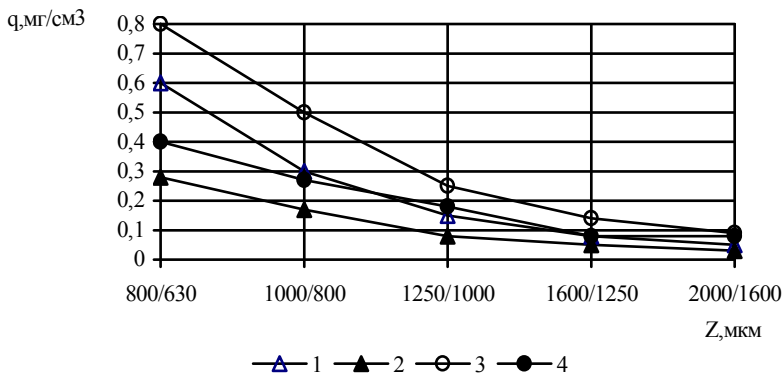


Рис. 4. Зависимость удельного расхода алмазного слоя «q» от зернистости алмазов «Z» при концентрации $K = 80\%$ для карандашей из природных алмазов (1, 2) и алмазов типа СВ (3, 4) на связке М2-01 твердостью НВ180 (1, 3)

*и на связке М6-02 твердостью НВ250 (2, 4) при правке круга ПП400х40х203
25А40СМ2К*

На рисунку 3 представлена зависимость удельного расхода «q» от концентрации алмазов «К». При увеличении «К» с 20 до 80 % происходит снижение «q» для всех алмазных карандашей в том числе из алмазов типа СВ. При значении «К» свыше 60 % наблюдается некоторая стабилизация удельного расхода «q» алмазного слоя. Аналогичным образом происходит изменение «q» в зависимости от «К» и для карандашей, изготовленных из природных алмазов.

Проведенные теоретико-экспериментальные исследования позволили также установить влияние физико-механических свойств связки и ее износостойкости на показатели износостойкости алмазных правящих карандашей.

На рисунку 4 представлена зависимость удельного расхода алмазного слоя «q» для карандашей из алмазов типа СВ и природных алмазов от зернистости «Z» алмазов в карандашах, а также от износостойкости и твердости связки. Как показали выполненные исследования при использовании связок, обладающих большей твердостью, например, М6-02 значения «q» меньше, чем у карандашей со связкой М2-01. Причем при малых значениях зернистости влияние износостойкости сказывается на удельном расходе «q» гораздо больше, чем при более высоких зернистостях.

Значение удельного расхода алмазного слоя снижается с увеличением концентрации алмазов с 5 до 85 %, более чем в 3 раза для карандашей из природных алмазов и в 4 раза для карандашей из алмазов типа СВ.

На основании полученных экспериментальных исследований были выявлены оптимальные характеристики для определенного вида правящего инструмента и конкретных условий правки абразивных кругов, которые следует рекомендовать для широкого использования в машиностроительной отрасли (табл. 3) [4].

Таблица 3
*Рекомендуемые области применения алмазных карандашей
для правки абразивных кругов*

Вид шлифования	Параметры шлифовального круга				Характеристика правящего карандаша		
	марка абразива	размеры Dхh, мм	зернистость	твердость	марка алмаза	материал связки	обозначение

Круглое наруж- ное	24А, 25А	600х63	16-40	СМ-С	алмаз СВ	М2-01	3908-0086
	64С	400х40		СТ1-СТ2	прир. алм.А	М6-02 М8-01	3908-0088 3908-0091 3908-0093
Бесцен- тровое	24А, 25А	400х63	16-40	СТ1-СТ2	алмаз СВ	М2-01	3908-0085
				СТ1-СТ2	прир. алм.А	М6-02 М8-01	3908-0088 3908-0091 3908-0093
Внут- реннее	24А, 25А	150х40	8-40	М-СМ-С	алмаз СВ	М2-01	3908-0055 3908-0085
Плоское	64С	500х63	16-40	СТ1-СТ2	прир. алм.А	М6-02 М8-01	3908-0085 3908-0088
Резьбо- и зубошли- фование	Эльбор	400х8	63/50	Т1-Т2	алмаз СВ прир. алм.А	М2-01 М6-02	3908-0061 3908-0062
	24А, 25А	300х32	16-40	Ст1-СТ2	прир. алм.А	М6-02	3908-0069

В настоящее время разработана широкая номенклатура инструментов из ПСТМ (СВ-алмазов), имеющих различные физико-механические свойства, выбираемые в зависимости от обрабатываемого материала и условий эксплуатации алмазного инструмента. Так на основании вышеизложенного были созданы варианты технологических процессов изготовления широкой гаммы конструкций алмазных инструментов различного назначения [5].

Вывод. Представленные выше материалы показывают, что создание новых конструкций алмазного инструмента из ПСТМ на основе СВ-алмазов позволяет не только значительно расширить область эффективного применения предлагаемого инструмента в различных отраслях металло- и камнеобрабатывающей промышленности, но и в определенной степени исключить возможность использования инструментов из природных алмазов.

Однако при этом следует отметить, что себестоимость правящих карандашей, изготовленных из алмазов типа СВ в 8–10 раз ниже себестоимости карандашей из природных алмазов. Всесторонний анализ закономерностей процессов правки абразивных кругов и исследования, представленные выше, а также расчеты экономической эффективности процессов шлифования в целом показали, что карандаши из поликристаллических алмазов типа СВ достаточно эффективны при правке абразивных кругов различной твердости, что позволяет рекомендовать их для широкого использования в промышленности [5].

Список использованной литературы:

1. *Мальшев В.И.* Прогрессивные методы обработки абразивных кругов / *В.И. Мальшев, В.И. Пилинский, Г.Г. Покладий и др.* – К. : Техника, 2005. – 112 с.
2. *Аверченков В.И.* Исследование правки абразивных кругов карандашами на основе ПСТМ-алмазов типа СВ / *В.И. Аверченков, В.В. Надуваев* // Прогрессивные технологии – основа качества и производительности обработки изделий, АТН РФ ВВО. – Нижний Новгород, 2008. – С. 40–47.
3. *Аверченков В.И.* Исследование технологических возможностей правящих карандашей из поликристаллических сверхтвердых материалов – алмазов типа СВ / *В.И. Аверченков, В.В. Надуваев, Е.Н. Фролов* // Сверхтвердые материалы. – 1998. – № 2. – С. 72–76.
4. *Надуваев В.В.* Повышение эффективности правки абразивных кругов карандашами из алмазов типа СВ / *В.В. Надуваев, Е.Н. Фролов* // Высокоэффективные технологии в машиностроении : тез. докл. конф. – М., 2007. – С. 56–58.
5. *Надуваев В.В.* Перспективы использования поликристаллических СВ-алмазов в машиностроении / *В.В. Надуваев, Е.Н. Фролов* // Вестник Брянского государственного технического университета. – № 2. – Брянск, 2012. – С. 114–119.

НАДУВАЕВ Владимир Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» Брянского государственного технического университета.

Научные интересы:

- машиностроение;
- информационные технологии в образовании;
- обработка деталей машин сверхтвердыми материалами;
- технологическое обеспечение качества деталей машин.

ФРОЛОВ Евгений Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» Брянского государственного технического университета.

Научные интересы:

- машиностроение;
- информационные технологии в образовании;
- обработка деталей машин сверхтвердыми материалами;

– технологическое обеспечение качества деталей машин.

Тел./факс: +7(4832)58–82–20.

E-mail: nsp32@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 12.09.2013