

ISSN 1999-4125 (Print)

ISSN 2949-0642 (Online)

Научная статья

УДК 681.518.5

DOI: 10.26730/1999-4125-2024-3-32-39

ОЦЕНКА РЕЖУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ АБРАЗИВНОГО МАТЕРИАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ

Савчиц Артем Вячеславович, Маслова Татьяна Александровна,
Шумячер Вячеслав Михайлович

ВолгГТУ, Волжский политехнический институт (филиал)

*для корреспонденции: artem-savchic@yandex.ru



Информация о статье

Поступила:

25 марта 2024 г.

Одобрена после
рецензирования:

29 мая 2024 г.

Принята к публикации:

29 мая 2024 г.

Опубликована:

28 июня 2024 г.

Ключевые слова:

Абразивные материалы, шлифзерно, абразивный инструмент, режущая способность, информационно-измерительная система, измерительный прибор, автоматизированный контроль, программируемый логический контроллер

Аннотация.

Известно, что эффективность работы абразивного инструмента в первую очередь определяется физико-механическими свойствами абразивного зерна, а также качественными свойствами связки. Однако оценка существующими методами этих показателей не позволяет достаточно точно предсказать свойства готового инструмента. Данное обстоятельство приводит к тому, что процесс изготовления абразивного инструмента сопровождается достаточно высоким процентом брака, или затрудняется разработка новых его видов.

Поэтому очень важно оценивать основные свойства абразивных материалов. Так, одним из самых важных свойств абразивного зерна является режущая способность. Оценку данного свойства производили с помощью специальных методик с использованием прибора «РСЗ-2», разработанного в 80-х годах прошлого столетия.

Однако данные методики достаточно трудоемки, а сам прибор уже морально устарел, что снижает эффективность процесса анализа и обработки результатов. Стоит отметить отсутствие у приборов автоматизированного сбора и обработки получаемой экспериментальной информации.

Таким образом, необходима модернизация существующих приборов, чтобы они удовлетворяли современным реалиям в области приборостроения и представления результатов проведенных испытаний на них. В статье рассматривается подход к модернизации вышеупомянутого прибора. Приведена структурная схема автоматизированной системы управления прибором и описана работа его модернизированной версии. Модернизированная версия прибора позволит проводить эксперименты по определению свойств абразивных материалов в условиях, которые раньше были недостижимы, а также получать измерительную информацию для оценки энергетических показателей, тем самым определяя эффективность работы различных абразивных материалов.

Для цитирования: Савчиц А.В., Маслова Т.А., Шумячер В.М. Оценка режущей способности абразивного материала с использованием автоматизированных приборов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2024. № 3 (163). С. 32-39. DOI: 10.26730/1999-4125-2024-3-32-39, EDN: HLTZPN

Благодарности

Авторы выражают благодарность анонимным рецензентам данной статьи за их беспристрастную и качественную оценку нашей работы.

Введение

Эффективность работы абразивного инструмента в первую очередь определяется физико-механическими свойствами абразивного материала. Наиболее важным свойством является режущая способность. Однако существующие методы оценки этих свойств не позволяют достаточно точно предсказать свойства готового инструмента [1-5,7].

Среди известных в настоящее время методов наиболее точную оценку дают только два. Первый – это метод микрорезания с закреплением одного абразивного зерна по окружности вращающегося диска. Этот метод имитирует работу одного абразивного зерна в реальных условиях шлифования, но является трудоемким, длительным и дорогостоящим. Кроме того, он не позволяет смоделировать взаимодействие отдельных абразивных зерен [1,2, 5,6].

Второй метод наилучшим образом имитирует работу крупных абразивных зерен в шлифовальном круге и имеет значительные преимущества. Этот метод предполагает шлифование образца слоем пробных абразивных зерен, уплотненных (под действием центробежной силы) в барабане, вращающемся с заданной скоростью.

Данный подход был положен в основу работы прибора «РС3-2», контролирующего режущую способность шлифовального материала в условиях, имитирующих состояние абразивных зерен в шлифовальном круге. Прибор предназначен для измерения режущей способности шлифовального порошка и абразивных зерен любого шлифовального материала от 60 до 400 мкм [1-4].

Также прибор можно использовать для определения обрабатываемости (износостойкости) различных металлических и неметаллических материалов в процессе шлифования, для подбора смазочно-охлаждающих жидкостей и оптимизации процесса шлифования в целом.

Прибор разработан достаточно давно (в восьмидесятых годах), и из-за этого его использование для современного производства уже становится проблематичным по следующим причинам [8-13]:

- Для измерения режущей способности абразивных зерен свыше 400 мкм с помощью этого прибора необходимо увеличить ширину рабочей камеры барабана и диаметр образца. Сделать это невозможно, так как это не заложено в исходную конструкцию.

- Низкая скорость вращения барабана (до 60 м/с), которая для современных условий работы абразивных материалов и инструментов уже не котируется.

- Отсутствует возможность регулирования скорости вращения барабана в широких пределах.

- Отсутствует автоматизированный контроль над процессом испытания образцов или материалов с последующим расчетом и анализом необходимых показателей резания.

- Прибор обладает существенными массогабаритными показателями.

Наличие вышеперечисленных недостатков у прибора ограничивает его применение в современных условиях производства абразивных инструментов. Данный прибор является уникальной разработкой филиала Всесоюзного научно-исследовательского института абразивов и шлифования (ВНИИАШ) в городе Волжском. В ходе анализа российской и зарубежной научно-технической литературы не было найдено аналогов данного прибора.

Исходя из вышесказанного, основной целью работы является устранение недостатков прибора и перевод его системы управления на современную элементную базу с расширением функционала по управлению экспериментами и обработке получаемой информации.

Методы

Режущая способность шлифовальных материалов (или износостойкость) на приборе определяется путем шлифования образца уплотненным центробежными силами слоем испытуемых абразивных зерен, находящихся в барабане, вращающемся со скоростью, соответствующей скорости шлифовального круга [1,2].

Для стабилизации условий испытания резания верхний рабочий слой контролируемого шлифовального материала постоянно наращивается путем транспортировки абразивных зерен в рабочую камеру барабана. Подача смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания, как и на шлифовальных станках, предотвращает пылеобразование и нагрев образца.

Работа на приборе РС3-2 осуществляется следующим образом. Устанавливается необходимая скорость резания. В бункер питателя засыпается доза сухого шлифматериала, подлежащего испытанию. Образец, имеющий форму стержня длиной 50 мм, диаметром 25 мм вставляется в специальное отверстие упругой балки и зажимается винтом. Включается привод барабана, вибропитателя и подача смазочно-охлаждающей жидкости. Момент касания слоя уплотненного шлифматериала и образца считается началом испытания. Дальнейшее наращивание слоя уплотненных зерен вызывает увеличение силы резания, а отрицательная обратная связь датчика усилия резания и вибропитателя обеспечивает изменение производительности питающего

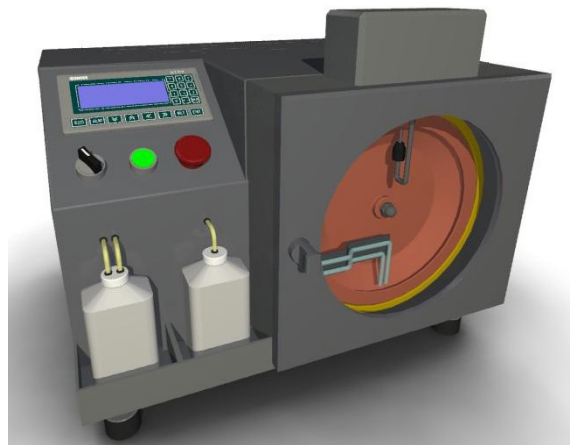


Рис. 1. Внешний вид модернизированного прибора
Fig. 1. The appearance of the modernized device

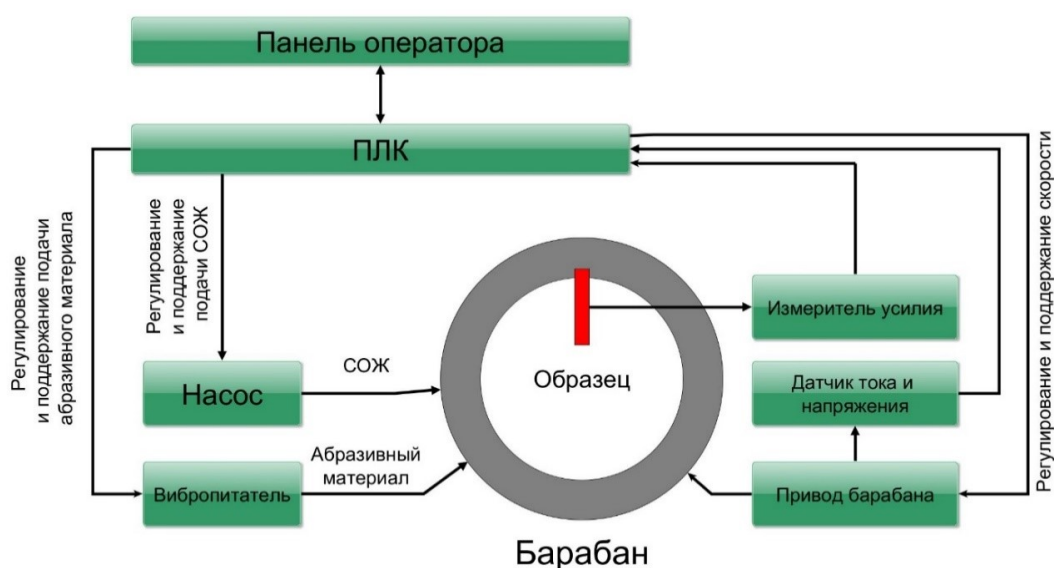


Рис. 2. Упрощенная структурная схема системы управления прибором
Fig. 2. Simplified block diagram of the device control system

устройства и тем самым стабилизацию силы резания на заданном уровне.

Режущую способность шлифовального материала, временно превращенного в своеобразный инструмент, характеризует отношение массы или объема снятого обрабатываемого материала к длительности обработки при заданных условиях.

Зная силу резания, диаметр барабана, число оборотов шпинделя и время шлифования, можно рассчитать удельную энергию шлифования по следующей формуле [1-3, 9]:

$$E_{yd} = k \cdot \frac{S \cdot P}{R},$$

где E_{yd} – удельная энергия шлифования, Дж/мм³;

k – коэффициент, зависящий от конструктивных параметров прибора, м;

S – скорость вращения шпинделя, об/мин;

P – сила резания, Н;

R – режущая способность шлифовального материала, мм³/мин.

Можно предположить, что основным требованием к абразивному инструменту является максимальный съем металла в единицу времени, то есть его режущая способность, но показатель «удельная энергия шлифования» адекватнее характеризует степень совершенства этого инструмента. Так, при малой зернистости и низкой скорости резания при несоответствии шлифовального и обрабатываемого материала удельные энергозатраты велики, абразивный инструмент несовершенен, и наоборот. Показатель «удельная энергия шлифования» более универсален, чем, например, сила резания, поскольку последняя является косвенным показателем энергетической стороны процесса обработки и не учитывает многих факторов, влияющих на ее абсолютные значения и энергоемкость обработки [1,2,3].

Результаты исследования

Для устранения вышеперечисленных недостатков была произведена модернизация прибора с использованием современной элементной базы. Основным узлом, подвергшимся модернизации, стала система управления прибором. Конструктив остался практически неизменным.

В «РСЗ-2» система управления и контроля была слабым местом, она не позволяла обеспечивать изменение скорости вращения барабана, а также работала по принципу одноконтурных не связанных между собой узлов. Данное обстоятельство сказывалось на обеспечении постоянства показателей, обеспечивающих прибором наилучшую имитацию условий резания в шлифовальном круге.

В модернизированном приборе, который получил название «РСЗ-3» (Рис. 1), работой прибора управляет промышленный логический контроллер (далее – ПЛК). Он обеспечивает не только стабильные условия проведения имитационных испытаний, но и расчет необходимых показателей. Вывод информации в процессе проведения эксперимента осуществляется на панель оператора и по беспроводной сети может отображаться на компьютере или планшете.

После анализа старой модели прибора была разработана новая концепция системы управления им с использованием современной элементной базы. В модернизированном приборе, помимо ПЛК, в систему контроля и управления входят следующие основные узлы [8,9,11,12]:

- измеритель усилия резания;
- система управления скоростью барабана;
- система управления скоростью подачи абразивного материала;
- система управления расходом смазочно-охлаждающей жидкости (далее СОЖ) в барабан;
- датчик скорости барабана;
- датчики тока и напряжения, необходимых для расчета «удельной энергии шлифования».

Упрощенная структурная схема прибора представлена на Рис. 2.

Прибор работает следующим образом. При запуске выбирается скорость вращения имитационного диска для осуществления операции резания. Одновременно с пуском диска запускается подача тестируемого абразивного материала и СОЖа. При этом подача СОЖ в зону резания осуществляется равномерно и, как и на шлифовальных станках, предотвращает пылеобразование и нагрев образца [2].

В процессе проведения испытаний (исследований) металлический образец с течением времени стачивается об абразивный слой, возникает необходимость

поддержания постоянного усилия резания. Для измерения этого параметра используется тензодатчик, способный измерять такое усилие.

При поступлении в барабан из вибропитателя достаточного количества абразивного материала начинается процесс резания контрольного образца. При этом датчик усилия, связанный с контрольным образцом, начнет фиксировать силовое воздействие на образец.

В процессе резания верхний рабочий слой контролируемого шлифовального материала постоянно наращивается путем транспортировки абразивных зерен в рабочую камеру барабана с помощью вибропитателя, управляемого датчиком усилия [2].

Если по какой-либо причине усилие резания возрастает, то расход абразивного материала будет уменьшаться, и наоборот. Расход регулируется за счет управления частотой работы вибропитателя. Таким образом, схема автоматики поддерживает величину усилия резания на уровне, зависящем от задания.

В процессе проведения испытаний на панели оператора отображаются основные показатели: скорость, ток и напряжение на двигателе, удельная энергия шлифования. Эти же показатели могут передаваться на смартфон, телефон или ПК для формирования соответствующего отчета и построения необходимых графиков [8,9, 11,12].

Обсуждение

Результаты экспериментов, проведенных на данном приборе, позволяют разрабатывать абразивный инструмент с новыми свойствами, а также оценивать износостойкость материалов при их обработке разными абразивными материалами или их комбинациями. Существенный плюс оценки режущей способности и износостойкости на данном приборе заключается в том, что не нужно проводить полный цикл изготовления абразивного инструмента, теоретические свойства которого требуется оценить. Данный подход позволит существенно снизить затраты. Можно выделить еще одно положительное свойство использования данного прибора при производстве абразивного инструмента – корректировка его рецептуры «на лету», тем самым можно добиться снижения брака на производстве.

Выводы

Использование результатов испытаний, которые формирует прибор, позволит оценить режущие свойства абразивного материала и сформировать соответствующие отчеты. При отклонении полученных данных от нормированных можно внести корректировку в рецептуру изготовления абразивных инструментов и тем самым снизить процент брака в одном случае. В другом случае можно с

минимальными затратами провести эксперименты для разработки нового абразивного инструмента.

Список литературы

1. Пушкарев О. И. Разработка системы мониторинга технологий шлифовальных материалов для обеспечения их качества по физико-механическим характеристикам и эффективности процессов абразивной обработки: дисс., доктор технических наук. Саратов, 2006. С. 101–110.
2. Граблин В. А., Крюков С. А. Влияние внешних факторов на физико-механические свойства абразивных композитов // 26-я межвузовская научно-практическая конференция студентов и молодых ученых Г. Волжского : Посвящается Году науки и технологий в РФ, Волжский, 24–28 мая 2021 года. Волжский : Волгоградский государственный технический университет, 2021. С. 178–180. EDN GTVXYW.
3. Еремеев П. Д. О методике оценки физико-механических характеристик абразивных материалов для инструмента, применяемого при обдирочном шлифовании // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2012. №28(47). С. 220–224.
4. Шатько Д. Б., Люкшин В. С. Исследование режущей способности единичных абразивных зерен в зависимости от их формы и пространственной ориентации // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 5(159). С. 23–30. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-5-23-30, EDN: QIVLVI
5. Зубарев Ю. М., Приемышев А. В. Моделирование процесса шлифования микрорезанием единичными абразивными зёрнами. Ч. 1. Определение прочности абразивных зерен // Справочник. Инженерный журнал. 2020. № 11(284). С. 13–17. DOI: 10.14489/hb.2020.11.pp.013-017.
6. Чаплыгин Б. А., Шеркунов В. Г., Судаков Н. В. [и др.] Разработка методики и оборудования для исследования реологических свойств абразивных материалов на вулканитовой связке // Инновационные технологии в металлургии и машиностроении : материалы международной молодежной научно-практической конференции «Инновационные технологии в металлургии и машиностроении», посвященной памяти чл.-корр. РАН, почетного доктора УрФУ В. Л. Колмогорова, [г. Екатеринбург, 26–30 ноября 2013 г.] Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. С. 62–73.
7. Savchits A., Grablin V. Methods and instruments used for control of operational properties of abrasive tools and materials. AIP Conference Proceedings. 2023; 2507(1):020006. DOI: 10.1063/5.0110386.
8. Маслова Т. А., Савчиц А. В. Анализ современных средств автоматизации для разработки лабораторной установки по исследованию режущей способности абразивных материалов // Научно-технический вестник Поволжья. 2022. № 12. С. 250–253. EDN IBGFJN.
9. Пушкарев О. И., Кулик О. Г., Пузырькова В. Е. Мониторинг качества шлифовальных материалов в процессах абразивной обработки // Процессы абразивной обработки, абразивные инструменты и материалы. Шлифабразив-2019 : сборник статей XVII Международной научно-технической конференции, Волжский, 24–26 сентября 2019 года / под общей редакцией В. М. Шумячера. Волжский : Волгоградский государственный технический университет, 2019. С. 144–149. EDN MQWBHO.
10. Шумячер В. М., Крюков С. А. Использование данных автоматизированного мониторинга процесса шлифования для проектирования абразивного инструмента // XI Форум вузов инженерно-технологического профиля Союзного государства : сборник трудов конференции, Минск, 12–16 декабря 2022 года. Минск : Белорусский национальный технический университет, 2023. С. 25–27. EDN SKZVNI.
11. Шумячер В. М., Крюков С. А. Экспресс-контроль износостойкости абразивного инструмента // XI Форум вузов инженерно-технологического профиля Союзного государства : сборник трудов конференции, Минск, 12–16 декабря 2022 года. Минск : Белорусский национальный технический университет, 2023. С. 40–42. EDN EAALJX.
12. Назаренко В. А., Башкирцева И. В., Пушкарев Д. О. Автоматизированный прибор для комплексной оценки структурно-механических характеристик абразивных материалов // СТИН. 2017. № 4. С. 38–40. EDN YKVDDBF.
13. Ягьяев Э. Э., Богуцкий В. Б., Шрон Л. Б. Разработка системы управления с обратной связью на основе анализа динамики процесса плоского шлифования // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. 2021. №4(74). С. 291–296. DOI: 10.34771/UZCEPU.2021.4.74.059. EDN TZYBVP.
14. Шатько Д. Б., Люкшин В. С. Исследование прочности шлифовальных зерен // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. №4 (158). С. 26–35. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-4-26-35, EDN PNMRIС.
15. Богуцкий В. Б., Шрон Л. Б. Изменение характеристик рабочей поверхности шлифовального круга за период его стойкости // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. 2019. Т.19. № 2. С. 66–74. DOI: 10.14529/engin190206. EDN EXAFOD.

© 2024 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Савчиц Артем Вячеславович, кандидат техн. наук, доцент, доцент кафедры «Автоматика, электроника и вычислительная техника», Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета (404121, г. Волжский, Волгоградская обл., ул. Энгельса, 42А), e-mail: artem-savchic@yandex.ru.

Маслова Татьяна Александровна, ассистент кафедры «Автоматика, электроника и вычислительная техника», Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета (404121, г. Волжский, Волгоградская обл., ул. Энгельса, 42А), e-mail: maslova_t_a@bk.ru.

Шумячер Вячеслав Михайлович, доктор техн. наук, профессор, профессор кафедры «Строительство, технологические процессы и машины», Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета (404121, г. Волжский, Волгоградская обл., ул. Энгельса, 42А), e-mail: vms22@yandex.ru

Заявленный вклад авторов:

Савчиц Артем Вячеславович – концептуализация исследования; написание текста, сбор и анализ данных; обзор соответствующей литературы; выводы.

Маслова Татьяна Александровна – обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных.

Шумячер Вячеслав Михайлович - постановка исследовательской задачи; научный менеджмент.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

ASSESSMENT OF THE CUTTING ABILITY OF AN ABRASIVE MATERIAL USING AUTOMATED DEVICES

Artem V. Savchits, Tatyana A. Maslova, Vyacheslav M. Shumyacher

VSTU, Volzhsky Polytechnic Institute (branch)

*for correspondence: artem-savchic@yandex.ru



Article info

Received:

25 March 2024

Accepted for publication:

29 May 2024

Accepted:

29 May 2024

Published:

28 June 2024

Keywords: Keywords

Abrasive materials, grinding, abrasive tools, cutting ability, information and measuring system, measuring device,

Abstract.

It is known that the efficiency of an abrasive tool is primarily determined by the physico-mechanical properties of the abrasive grain, as well as the qualitative properties of the bundle. However, the assessment of these indicators by existing methods does not allow us to accurately predict the properties of the finished instrument. This circumstance leads to the fact that the manufacturing process of an abrasive tool is accompanied by a sufficiently high percentage of defects or the development of new types of it is difficult.

Therefore, it is very important to evaluate the basic properties of abrasive materials. Thus, one of the most important properties of an abrasive grain is its cutting ability. This property was evaluated using special techniques using the RSZ-2 device, developed in the 80s of the last century.

However, these methods are either quite time-consuming, and the device itself is already obsolete, which reduces the efficiency of the analysis and processing of the results. It is worth noting that the devices do not have automated collection and processing of the experimental information received.

Thus, it is necessary to modernize existing devices so that they meet modern realities in the field of instrumentation and presentation of the results of tests performed on them. The article considers an approach to the modernization

automated control,
programmable logic controller

of the above-mentioned device. A block diagram of the automated control system of the device is presented and the operation of its upgraded version is described. The upgraded version of the device will allow conducting experiments to determine the properties of abrasive materials in conditions that were previously unattainable, as well as obtaining measurement information to assess energy performance, thereby determining the efficiency of various abrasive materials.

For citation: Shumyacher V.M., Khudolei A.L., Kryukov S.A. Increasing the efficiency of magnetorheological polishing suspensions due to the use of magnetic abrasive particles. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2024; 3(163):32-39. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2024-3-32-39, EDN: HLTZPN

Acknowledgements

The authors express their gratitude to the anonymous reviewers of this article for their unbiased and qualitative assessment of our work.

REFERENCES

1. Pushkarev O.I. Development of a system for monitoring technologies of grinding materials to ensure their quality in terms of physical and mechanical characteristics and efficiency of abrasive processing processes: diss., Doctor of Technical Sciences. Saratov, 2006.
2. Grablin V.A., Kryukov S.A. The influence of external factors on the physico-mechanical properties of abrasive composites. *26th interuniversity scientific and practical conference of students and young scientists of Volzhsky : Dedicated to the Year of Science and Technology in the Russian Federation*. Volzhsky, May 24-28, 2021. Volzhsky: Volgograd State Technical University; 2021. EDN GTVXYW.
3. Yermeev P.D. On the methodology for evaluating the physico-mechanical characteristics of abrasive materials for tools used in stripping grinding. *Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture*. 2012; 28(47):220–224.
4. Shatko D.B., Lyukshin V.S. Investigation of the cutting ability of single abrasive grains depending on their shape and spatial orientation. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2023; 5(159):23–30. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-5-23-30. EDN: QIVLVI
5. Zubarev Yu.M., Priemyshev A.V. Modeling of the grinding process by micro-cutting with single abrasive grains. Part 1. Determination of the strength of abrasive grains. *Handbook. Engineering magazine*. 2020; 11(284):13–17. DOI: 10.14489/hb.2020.11.pp.013-017.
6. Chaplygin B.A., Sherkunov V.G., Sudakov N.V. [et al.] Development of methods and equipment for the study of rheological properties of abrasive materials on a vulcanite bundle. *Innovative technologies in metallurgy and mechanical engineering : materials of the international youth scientific and practical conference "Innovative technologies in metallurgy and mechanical engineering", dedicated to the memory of chl.-Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honorary Doctor of UrFU V. L. Kolmogorov,* [Yekaterinburg, November 26-30, 2013]. Yekaterinburg: Ural University Press; 2014.
7. Savchits A., Grablin V. Methods and instruments used for control of operational properties of abrasive tools and materials. *AIP Conference Proceedings*. 2023; 2507(1):020006. DOI: 10.1063/5.0110386
8. Maslova T.A., Savchits A.V. Analysis of modern automation tools for the development of a laboratory installation for the study of the cutting ability of abrasive materials. *Scientific and Technical Bulletin of the Volga region*. 2022; 12:250–253. EDN IBGFJN.
9. Pushkarev O.I., Kulik O.G., Bubyakova V.E. Monitoring of the quality of grinding materials in the processes of abrasive processing. *Processes of abrasive processing, abrasive tools and materials. Shlifabraziv-2019 : collection of articles of the XVII International Scientific and Technical Conference, Volzhsky, September 24-26, 2019 / under the general editorship of V. M. Shumyacher*. Volzhsky: Volgograd State Technical University; 2019. 144–149. EDN MQWBHO.
10. Shumyacher V.M., Kryukov S.A. The use of data from automated monitoring of the grinding process for the design of abrasive tools. *XI Forum of universities of engineering and technological profile of the Union State : proceedings of the conference, Minsk, December 12-16, 2022*. Minsk: Belarusian National Technical University; 2023. EDN SKZVNI.
11. Shumyacher V.M., Kryukov S.A. Express control of wear resistance of abrasive tools. *XI Forum of universities of engineering and technological profile of the Union State : proceedings of the conference, Minsk, December 12-16, 2022*. Minsk: Belarusian National Technical University; 2023. EDN EAALJX.
12. Nazarenko V.A., Bashkirtseva I.V., Pushkarev D.O. Automated device for complex assessment of structural and mechanical characteristics of abrasive materials. *STIN*. 2017; 4:38–40. EDN YKVBDF.
13. Yagyaev E.E., Bogutsky V.B., Shron L.B. Development of a feedback control system based on the analysis of the dynamics of the flat grinding process. *Scientific notes of the Crimean Engineering Pedagogical University*. 2021; 4(74):291–296. DOI: 10.34771/UZCEPU.2021.4.74.059. EDN TZYBVP.

14. Shatko D.B., Lyukshin V.S. The study of the strength of grinding grains // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2023; 4(158):26–35. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-4-26-35. EDN PNMERIC.

15. Dulichenko I.V., Kudryavtseva N.N., Orlova T.N. Methods for determining mechanical strength. *Abrasive processing processes, abrasive tools and materials: Collection of articles of the International Scientific and Technical Conference, Volgograd-Volzhsy, January 30-31, 2011; ed. Shumyacher V. M.*

Volgograd-Volzhsy: Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering; 2012.

16. Bogutsky V.B., Shron L.B. Change in the characteristics of the working surface of the grinding wheel during the period of its durability. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Mechanical Engineering.* 2019; 19(2):66–74. DOI: 10.14529/engin190206. EDN EXAFOD.

© 2024 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Artem V. Savchits, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automation, Electronics and Computational Engineering, Volzhsky Polytechnic Institute (branch) Volgograd State Technical University (42A Engels str., Volzhsky, Volgograd region, 404121), e-mail: artem-savchic@yandex.ru .

Tatyana A. Maslova, Assistant of the Department of Automation, Electronics and Computer Engineering, Volzhsky Polytechnic Institute (branch) Volgograd State Technical University (42A Engels str., Volzhsky, Volgograd region, 404121), e-mail: maslova_t_a@bk.ru .

Vyacheslav M. Shumyacher, Dr. Sc. in Engineering, Professor, Professor of the Department of Construction, Technological Processes and Machines, Volzhsky Polytechnic Institute (branch) Volgograd State Technical University (42A Engels str., Volzhsky, Volgograd region, 404121), e-mail: vms22@yandex.ru

Contribution of the authors:

Artem V. Savchits – conceptualization of research; writing text, data collection and analysis; review of relevant literature; conclusions.

Tatyana A. Maslova – review of relevant literature, data collection and analysis.

Vyacheslav M. Shumyacher - setting a research task; scientific management.

All authors have read and approved the final manuscript.

