

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПРАВКИ СВОБОДНЫМ АБРАЗИВОМ НА РЕЖУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ АЛМАЗНОГО ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

*В.В. ГУСЕВ, доктор техн. наук, профессор
А.Л. МЕДВЕДЕВ, ассистент
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)*

Поступила 18 сентября 2013
Рецензирование 21 октября 2013
Принята к печати 15 ноября 2013

Медведев А.Л. – 83001, Украина, г. Донецк, ул. Артема 58,
Донецкий национальный технический университет,
e-mail: medvedev_andr@mail.ru

Рассмотрен процесс управления состоянием рабочей поверхности алмазного шлифовального круга при обработке изделий из технической керамики. Для устранения дефектного слоя при обработке керамики необходимо управлять состоянием рабочей поверхности шлифовальных кругов. Для управляющих воздействий на рабочую поверхность выбран способ правки свободным абразивом как один из наиболее производительных методов. Свободный абразив подается в зону правки в виде бруска, в котором абразив (70 %) был связан различными материалами. Прочность на сжатие при этом изменялась от 1,5 до 80 МПа. В процессе исследований определено, что применение брусков с меньшей прочностью на сжатие позволяет достичь наибольшей режущей способности алмазного круга при высокой скорости ее восстановления.

Ключевые слова: шлифование, правка, свободный абразив, режущая способность, прочность.

Введение

Одним из перспективных направлений машиностроения является применение в машиностроительных узлах деталей из технической керамики. В силу высокой твердости керамических материалов в качестве обрабатывающего инструмента применяют алмазные шлифовальные круги на металлической связке с последующей их правкой. Применение кругов с характеристикой связки, приводящей к их самозатачиванию, вызывает повышенный расход алмазов, что увеличивает себестоимость процесса обработки керамики. В процессе алмазного шлифования на обработанных поверхностях деталей из керамики в их поверхностном слое образуются дефекты, что является следствием термического и силового воздействий инструмента при резании. Наличие дефектов, в

свою очередь, негативно сказывается на качестве изделий, уменьшая долговечность, снижая физико-механические характеристики изделий и др. Чем меньше глубина проникновения дефектов на поверхности материала заготовки, тем ниже затраты на последующие финишную или упрочняющую операции. Следовательно, необходимо стремиться к обработке изделий из технической керамики без дефектного слоя, что позитивно скажется на их экономических и эксплуатационных показателях. Для уменьшения силового и термического воздействия необходимо правильно выбрать характеристику инструмента, режимы и регламент обработки, управлять режущей способностью шлифовального круга в процессе обработки [1,2].

Одним из способов управления рабочей поверхностью шлифовального круга (РПК) является правка [3,4]. На кафедре «Мехатронные

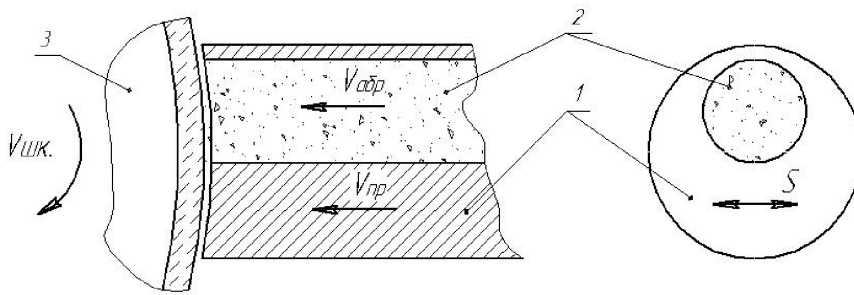


Рис. 1. Схема процесса правки шлифовальных кругов свободным абразивом:

1 – притир; 2 – абразивный брусочек; 3 – шлифовальный круг

системы машиностроительного оборудования» ДонНТУ проводятся исследования процесса воздействия способом свободного абразива на РПК. Схематически процесс представлен на рис. 1.

Принцип действия устройства для правки заключается в следующем. К шлифовальному кругу 3, который вращается с рабочей скоростью $V_{ш.к.}$, подводят до прикосновения притир 1. Притиру задают возвратно-поступательное движение S вдоль образующей инструмента. Подача притира к инструменту со скоростью $V_{пр.}$ необходима для компенсации изменения величины зазора, возникающего за счет износа притира во время правки. Общий вид устройства для правки представлен на рис. 2.

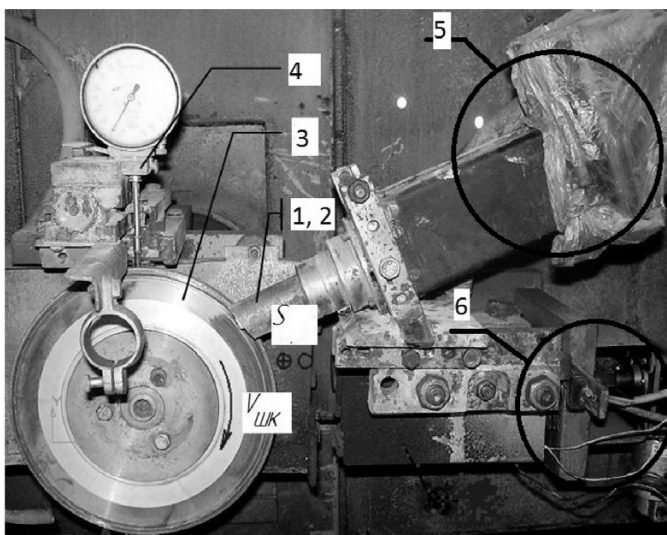


Рис. 2. Внешний вид устройства для управления состоянием РПК свободным абразивом:

1, 2 – притир с абразивным брусочком; 3 – алмазный шлифовальный круг; 4 – устройство для измерения линейного износа; 5 – механизм подачи абразива; 6 – механизм подачи притира

Абразив подается в зону правки в связанном (в виде бруска) или свободном (суспензия) состоянии. Его формирование в брусок используется лишь для цели транспортировки в зону правки, где под действием шлифовального круга он разрушается и высвободившиеся абразивные зерна участвуют в удалении связки алмазного круга. Независимо от способа подачи абразива в зону правки (брусочек или суспензия) управление состоянием РПК является правкой свободным абразивом.

Подача абразивного бруска 2 со скоростью $V_{абр.}$, отличной от скорости притира, необходима для поступления в зону контакта притир-ШК необходимого количества абразивных зерен.

Механизмы подачи притира и абразива являются независимыми и состоят из двигателей постоянного тока, редукторов и передач винт-гайка. Двигатели постоянного тока позволяют плавно регулировать скорости подачи механизмов. При правке суспензией к устройству для правки присоединяется гидронасос с дросселем для регулировки объема подачи абразива.

Целью исследования является определение влияния прочности закрепления абразивных зерен в правящем бруске на максимально достижимый уровень режущей способности шлифовального круга при управляющем воздействии свободного абразива.

Методика экспериментальных исследований

Обрабатываемый материал – ситалл АС-370 ($HV = 8 \cdot 10^9$ Па, $K_{1c} = 2,1 \cdot 10^6$ Па·м^{1/2}). Плоское встречное врезное шлифование кругом 1А1 200×75×6×3 АС32 – 250/200 – 4 – М2-01. Режимы резания: скорость резания $V_k = 33$ м/с, продольная скорость стола $S = 0,1$ м/с, глубина резания $t = 1,3$ мм. СОТС – вода с добавкой 0,3 %-й кальцинированной соды (расход 5 л/мин). Для правки использовались бруски из карбида кремния зеленого по ряду F54, связующим веществом в которых выступали эпоксидная смола, цемент, гипс, а также бруски, изготовленные из шлифовального круга ПП 400×32×40 КЗ Т1 64С 32П.

Кроме того, использовалась суспензия смеси абразива, глины и воды [5]. Испытания на прочность брусков производились в соответствии с ГОСТ 8462-85. Бруски из шлифовального круга на керамической связке имели прочность на сжатие $\sigma_{сж} \approx 80$ МПа, бруски со связующим из эпоксидной смолы – $\sigma_{сж} \approx 50$ МПа, из цемента – $\sigma_{сж} \approx 3,24$ МПа, из гипса – $\sigma_{сж} \approx 1,52$ МПа.

Экспериментальные исследования проводились при идентичных начальных условиях. Объем подаваемого абразива как в свободном (в виде суспензии), так и в связанном (в брусках) состоянии оставался постоянным за счет варьирования скоростью его подачи в зону правки. Режущая способность шлифовального круга определялась по упругой схеме с постоянным усилием поджатия 41,5 Н образца из ситалла АС-370 к поверхности шлифовального круга.

Результаты и обсуждение

При работе алмазного круга имеют место четыре процесса, оказывающих влияние на его работоспособность и состояние рабочей поверхности круга: истирание зерен по обрабатываемой поверхности с образованием площадок износа, хрупкое разрушение микроскалыванием зерен, вырывание зерен из связки, вышлифовывание связки стружкой, которая совместно с СОТС образует абразивный поток. С увеличением удаленного шлифовальным кругом обрабаты-

ваемого материала уменьшается глубина РПК, распределение вершин зерен по высоте рабочей поверхности изменяется и приобретает правостороннюю асимметрию, площадки износа на поверхности зерен возрастают. Все это приводит к увеличению составляющих силы резания.

В результате проведенного исследования были получены зависимости изменения режущей способности алмазного шлифовального круга во времени в зависимости от материала связующего, участвующего в правке. График зависимости представлен на рис. 3.

Режущая способность алмазного шлифовального круга от времени правки для брусков с различным связующим, а следовательно, различной прочностью на сжатие изменяется неодинаково. Так, для брусков со связующим из эпоксидной смолы и изготовленных из шлифовального круга режущая способность с течением времени практически не отличается от исходной (до правки). По истечении 25-30 мин правка шлифовального круга была прекращена.

При правке с использованием суспензии и брусками со связующим из гипса и цемента режущая способность шлифовального круга увеличивается с течением времени. Максимального значения она достигает уже к 400...500 с правки. При продолжении правки режущая способность практически не изменяется, находясь в пределах $(3,5...4,5)10^{-7} \text{ м}^3/(\text{мин Н})$. Это связано с периодическим обновлением наибо-

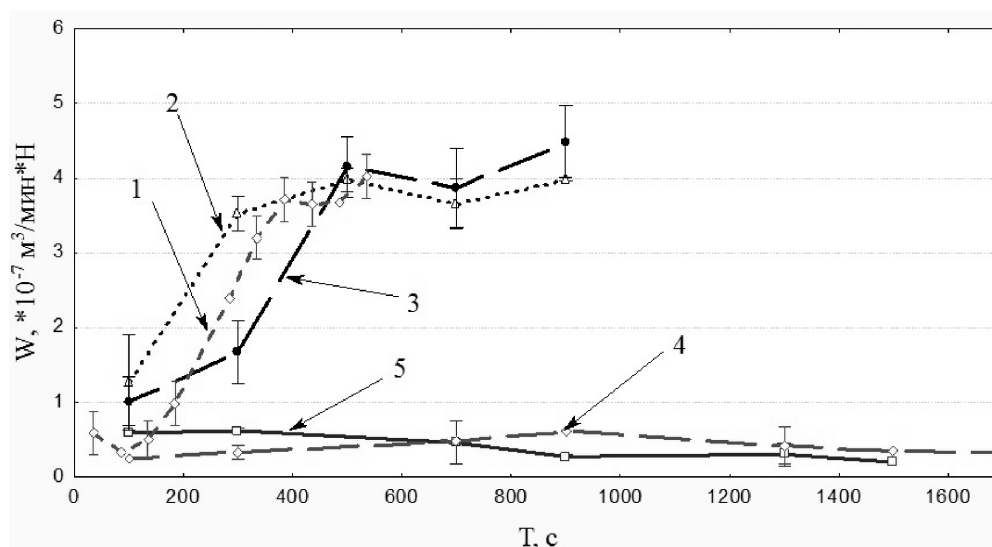


Рис. 3. Изменение режущей способности алмазного шлифовального круга от времени правки свободным абразивом с различным связующим:

1 – в виде суспензии; 2 – цемент; 3 – гипс; 4 – эпоксидная смола;
5 – брусок из шлифовального круга

лее выступающих из связки зерен шлифовального круга, их сколами под воздействием зерен свободного абразива.

Анализ профилограмм рабочей поверхности круга до и после правки способом свободного абразива позволил получить гистограммы распределения его зерен по высоте их выступания из связки. Отсчет распределения зерен по высоте ведется от наиболее выступающего зерна из связки. Гистограммы представлены на рис. 4.

На рис. 4, а представлена гистограмма распределения зерен шлифовального круга по высоте до начала правки (после обработки технической керамики). Разновысотность зерен на РПК не превышает величины 72 мкм. Гистограмма имеет явно выраженную правостороннюю асимметрию, что связано с разрушением, в первую очередь, при обработке наиболее выступающих из связки зерен. Режущая способность шлифовального круга с таким распределением выступания алмазных зерен из связки не превышает $1 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3/(\text{мин Н})$.

На рис. 4, б представлена гистограмма распределения зерен шлифовального круга по высоте после правки брусом, изготовленным из шлифовального круга. Разновысотность зерен на РПК не превышает величины в 73 мкм. Таким образом, она практически осталась такой же, как до начала правки. Однако гистограмма распределения зерен стала ближе к нормальному закону распределения. Это свидетельствует о протекании процесса правки, однако режущая способность круга практически не изменяется (см. рис. 3).

На рис. 4, в представлена гистограмма распределения зерен шлифовального круга по высоте после правки брусом, изготовленным со связующим из эпоксидной смолы. Разновысотность зерен на РПК достигает значения в 112 мкм. По сравнению с гистограммой, представленной на рис. 4, а, заметно увеличение разновысотности зерен на 55 % при сохранении правосторонней асимметрии распределения. Такое распределение зерен по высоте РПК не приводит к росту

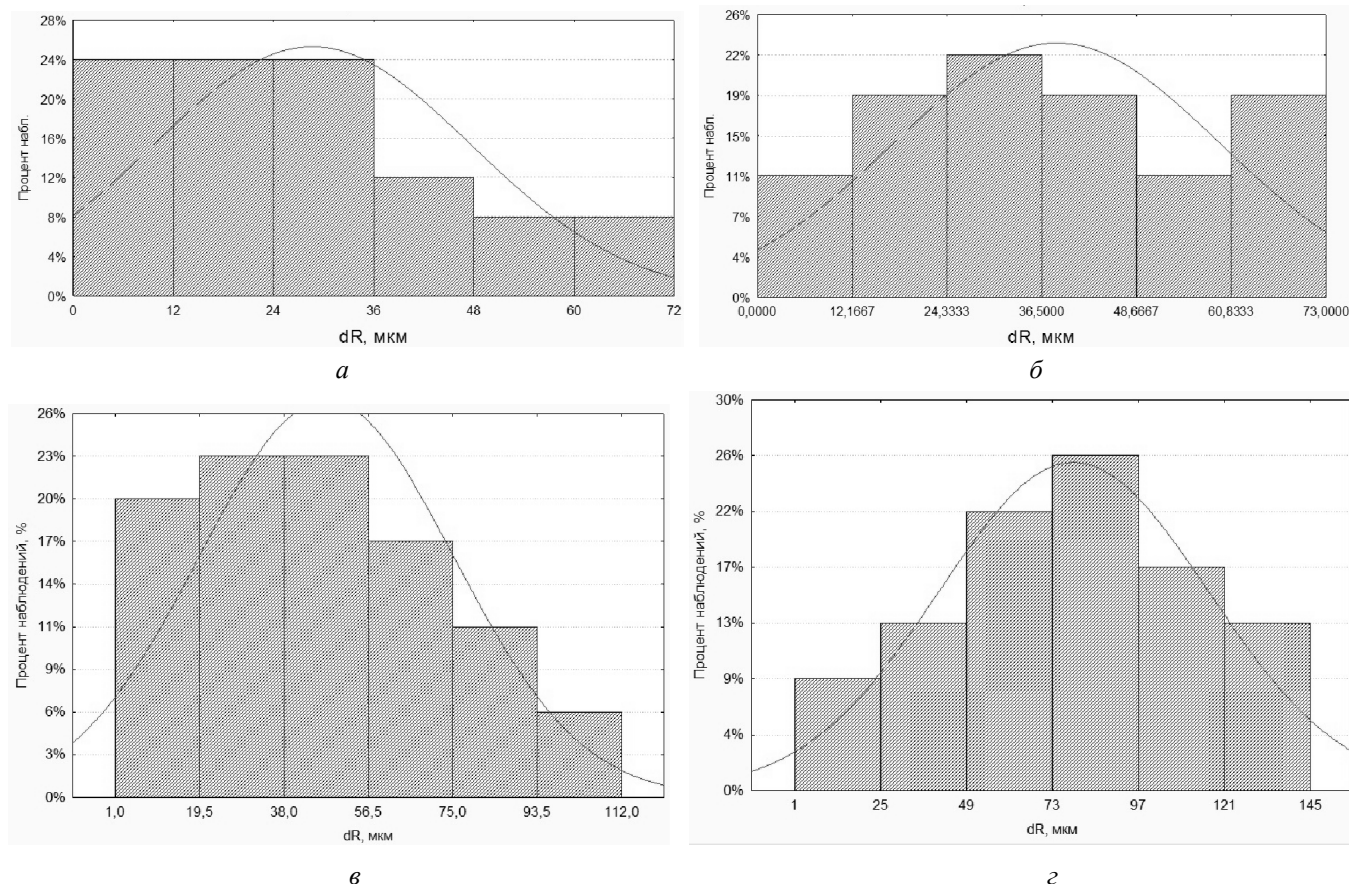


Рис. 4. Гистограмма распределения зерен ШК по высоте выступания из связки:

а – после обработки технической керамики (до правки); б – после правки брусом из шлифовального круга; в – после правки брусом со связкой из эпоксидной смолы; г – брусом со связкой из цемента/гипса/суспензией

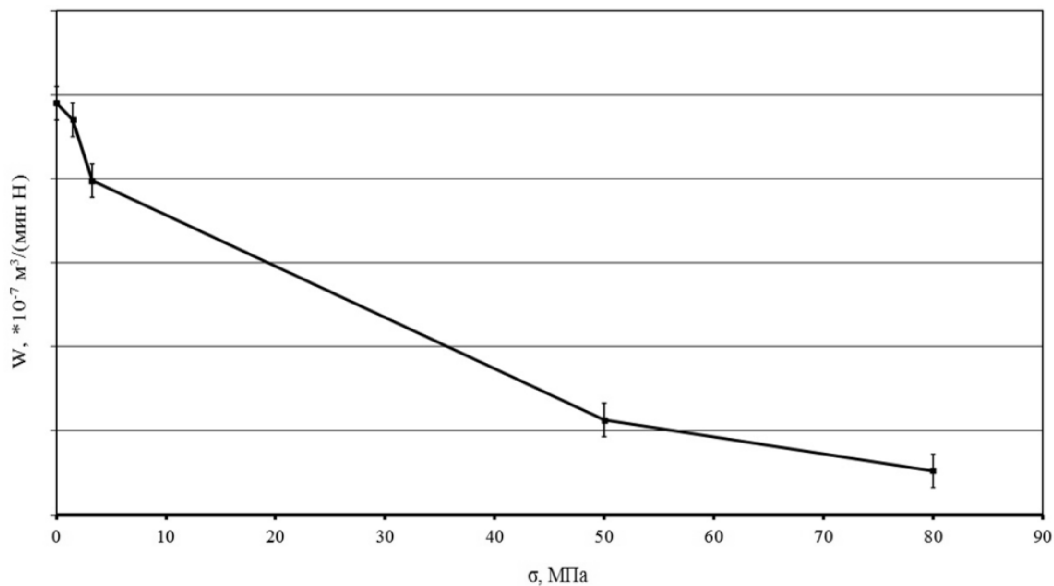


Рис. 5. Зависимость предельной режущей способности шлифовального круга от прочности абразивного бруска

режущей способности круга (см. рис. 3). Высокая прочность связи зерен правящего абразива приводит к разрушению наиболее выступающих из связки алмазных зерен.

На рис. 4, *з* представлена гистограмма распределения зерен по высоте шлифовального круга после правки брусками свободного абразива со связующим из цемента. Разновысотность зерен после правки достигает 145 мкм – характер распределения ближе к нормальному закону распределения. Такое изменение характера распределения и максимальной высоты выступания зерен из связки шлифовального круга свидетельствует о значительной развитости РПК по сравнению с исходной, что оказывает непосредственное влияние на режущую способность, приводит к ее увеличению (см. рис. 3) Гистограммы распределения зерен по высоте для брусков со связующим из гипса и в виде суспензии в статье не представлены, так как максимальная величина разновысотности зерен и характер распределения идентичны с гистограммой, представленной на рис. 4, *з*.

Полученные данные позволили судить о влиянии прочности абразивного бруска на предельно достижимый уровень режущей способности шлифовального круга.

Как видно из рис. 5, предельная режущая способность шлифовального круга выше для тех брусков, у которых прочность на сжатие σ ниже. Так, наибольший прирост режущей способности

и максимально достижимый ее уровень наблюдался на брусках, прочность на сжатие которых не превышает 1,5...3,0 МПа.

Выводы

Таким образом, для правки способом свободного абразива необходимо выбирать материал связующего бруска свободного абразива таким образом, чтобы абразив транспортировался в зону правки не разрушаясь, а прочность на сжатие бруска не должна превышать 1,5...3,0 МПа. В этом случае достигается максимальная режущая способность шлифовального круга $3,5...4,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3/(\text{мин Н})$ за 400...500 с правки. Поддержание режущей способности в этих пределах позволяет минимизировать влияние силы резания на образование дефектного слоя на поверхности детали.

Список литературы

1. Гусев В.В., Калафатова Л.П. Технологическое обеспечение качества обработки изделий из технической керамики. – Донецк: ДонНТУ, 2012. – 250 с.
2. Гусев В.В., Молчанов А.Д., Медведев А.Л. Теоретическое исследование механизма взаимодействия свободного абразива со связкой шлифовального круга и притиром при правке // Научные труды ДонНТУ (машиностроение и машиноведение). – 2012. – № 9 (205). – Донецк: ДонНТУ. – С. 118–126.



3. Матюха П.Г., Полтавец В.В. Алмазное шлифование с электроэрозионными управляющими воздействиями на рабочую поверхность круга. – Донецк: ДонНТУ, 2006. – 164 с.

4. Чачин В.Н., Дорофеев В.Д. Профилирование алмазных шлифовальных кругов. – Минск: Наука и техника, 1974. – 160 с.

5. Бурмистров В.В., Байков А.В., Емельянов А.Н., Калафатова Л.П., Хроменко А.Д. Способ правки абразивного инструмента // Патент СССР № 4765299 30.12.93. Бюл. № 47-48. – 2 с.

6. Гусев В.В., Вяльцев Н.В., Медведев А.Л. и др. Способ правки шлифовальных кругов // Патент Украины № 99526. 27.08.2012. Бюл № 16.

Obrabotka metallov

N 4(61), October–December 2013, Pages 98-103

The influence of the tool mechanical characteristic for dressing by the free abrasive on cutting ability of the diamond grinding wheel

V.V. Gusev, A.L. Medvedev

Donetsk National Technical University, Artema st., 58,
Donetsk, 83001, Ukraine

E-mail: medvedev_andr@mail.ru

Received 18 September 2013

Revised 21 October 2013

Accepted 15 November 2013

Abstract

The process of state control of the diamond grinding wheel working surface in the processing of products made of technical ceramics is considered. To eliminate the defect layer in the processing of ceramics it is necessary to control the state of the grinding wheel working surface. As a method to control actions on the work surface a free abrasive dressing is selected, because it is one of the efficacious methods of dressing. Free abrasive is supplied to the dressing area in the form of a bar, wherein the abrasive (70 %) is associated with various materials. A compressive stress during the dressing varied from 1.5 to 80 MPa. It is determined that the use of bars with smaller compressive strength allows to achieve maximum cutting ability of the diamond wheel at a high speed of its recovery.

Keywords: Technical ceramic; Diamond grinding wheel; Dressing; Free abrasive; Defective layer; Quality.

References

1. Gusev V.V., Kalafatova L.P. *Tehnologicheskoe obespechenie kachestva obrabotki izdelij iz tehnikeskoj keramiki* [Technological quality assurance processing of products made of technical ceramics]. Donetsk, DonNTU, 2012. 250 p.

2. Gusev V.V., Molchanov A.D., Medvedev A.L. Teoreticheskoe issledovanie mehanizma vzaimodejstvija svoobodnogo abraziva so svjazkoj shlifoval'nogo kruga i pritirom pri pravke [Theoretical study of the mechanism of interaction with a bunch of free abrasive grinding wheel and lap at revision]. *Nauchnye trudy DonNTU (mashinostroenie i mashinovedenie)*, 2012, no.9 (205), pp. 118-126.

3. Matjuha P.G., Poltavec' V.V. *Almaznoe shlifovanie s jelektroerozionnymi upravljajushhimi vozdejstvijami na rabochuju poverhnost' kruga* [Diamond grinding with electroerosion control actions on a wheel working surface]. Donetsk, DonNTU, 2006. 164 p.

4. Chachin V.H., Dorofeev V.D. *Profilirovanie almaznyh shlifoval'nyh krugov* [Profiling of diamond grinding wheels]. Minsk, Nauka i tehnika, 1974. 160 p.

5. Burmistrov V.V., Bajkov A.V., Emel'janov A.N., Kalafatova L.P., Hromenko A.D. *Sposob pravki abrazivnogo instrumenta* [Method dressing of abrasive tools]. Patent USSR, no. 4765299, 1993.

6. Gusev V.V., Vjal'cev N.V., Medvedev A.L., e.a. *Sposob pravki shlifoval'nyh krugov* [Method dressing of grinding wheel]. Patent Ukraine, no. 99526, 2012.