

Машиностроение и машиноведение

УДК 621.923+531.44:620.178

DOI: 10.30987/1999-8775-2021-7-4-11

В.И. Бутенко, Л.В. Гусакова,
Д.С. Дуров, Ю.В. Петухов**ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ,
ОБРАБОТАННЫХ ИМПРЕГНИРОВАННЫМ АБРАЗИВНЫМ
ИНСТРУМЕНТОМ**

Представлены результаты исследования точности обработки деталей импрегнированными диодидом хрома шлифовальными кругами и эффективности применения данного способа. Приведены исследования качественных параметров и структурного состояния материала поверхностного слоя деталей после обработки импрегнированным

инструментом, которые являются частью научной работы, начатой коллективом авторов в 2012 году.

Ключевые слова: деталь, абразивный инструмент, импрегнирование, диодид хрома, стойкость, структура, поверхностный слой, шероховатость.

V.I. Butenko, L.V. Gusakova, D.S. Durov, Yu.V. Petukhov

**QUALITATIVE INDEX ASSURANCE FOR PARTS MACHINED
WITH IMPREGNATED ABRASIVE TOOL**

The work purpose: the accuracy investigation of parts machined with chromium diiodine grinding disks, and also roughness and structural state of surface layer material in parts after working with the impregnated tool; the investigation data are a part of the scientific work which has been started since 2012.

The investigation methods: the accuracy and quality of machining parts with the impregnated grinding tool were analyzed; there was carried out a generalization of the data obtained regarding quality parameter changes in the surface layer of parts during working having an influence upon their operation characteristics.

The investigation results and novelty: the impregnation method including additional mechanical oscillation at the moment of tool impregnation; the

investigation results of accuracy and effectiveness of the mentioned method of working; the investigations of roughness parameters and distribution of residual stresses in the surface layer of parts.

Conclusions: at present in the Russian industry there are widely used methods and technologies of import substitution, industry needs low cost and efficient methods of working; thereupon there are urgent different investigations in the field of updating technology for metal grinding with the estimate of their effectiveness and qualitative characteristics of parts when using tools offered.

Key words: part, abrasive tool, impregnation, chromium diiodine, durability, structure, structure, surface layer, roughness.

Введение

Повышение эффективности абразивной обработки поверхностей деталей машин является важной задачей в современном машиностроительном производстве, которая может быть решена в том числе и импрегнированием абразивных инструментов поверхностно-активными веществами (ПАВ).

Существует довольно большое разнообразие способов пропитки абразивных инструментов различными веществами и

композициями [1-8], как органического, так и неорганического происхождения, подтвердивших свою эффективность при абразивной обработке деталей.

Для повышения эффективности работы абразивного инструмента был использован способ [11] импрегнирования шлифовальных кругов в водном растворе диодида хрома, который включает пропитку инструмента водным раствором в емкости, содержащим 20-25 г диодида

хрома на литр воды, и конвективную сушку абразивного инструмента при его вращении со скоростью $0,3-0,5 \text{ с}^{-1}$ в течение 1,5-2 часов при температуре $40-50 \text{ }^{\circ}\text{C}$, при котором пропитка абразивного инструмента осуществлялась в кипящем водном растворе диiodида хрома. Время пропитки t_n рассчитывалось по формуле [9]:

$$t_n = 3,2 \cdot 10^{-3} \cdot V^{1,15} \frac{a_0}{a}, \text{ мин,}$$

где V – объём абразивного инструмента, см^3 ; a_0 – нормативная пористость абразивного инструмента из заданного абразива, связки и состава, принимаемая в соответствии с ГОСТ Р 52781-2007 "Круги шлифовальные и заточные. Технические условия"; a – пористость импрегнированного абразивного инструмента из того же абразива, связки и состава, определяемая весо-

Исследования точности обработки

В настоящем исследовании определялось изменение стойкости шлифовальных кругов T после их правки, результаты которого показывают, что стойкость импрегнированных диiodидом хрома шлифовальных кругов в процессе их правки уменьшается: вначале существенно, затем медленнее, в среднем на 3-5% после каждой последующей правки, а далее начинает расти по отношению к стойкости стандартного инструмента, что может быть объяснено непрерывным вымыванием применяемой смазочно-охлаждающей жидкостью диiodида хрома из межзеренного пространства шлифовального круга и особенностями приработки импрегнированного шлифовального круга.

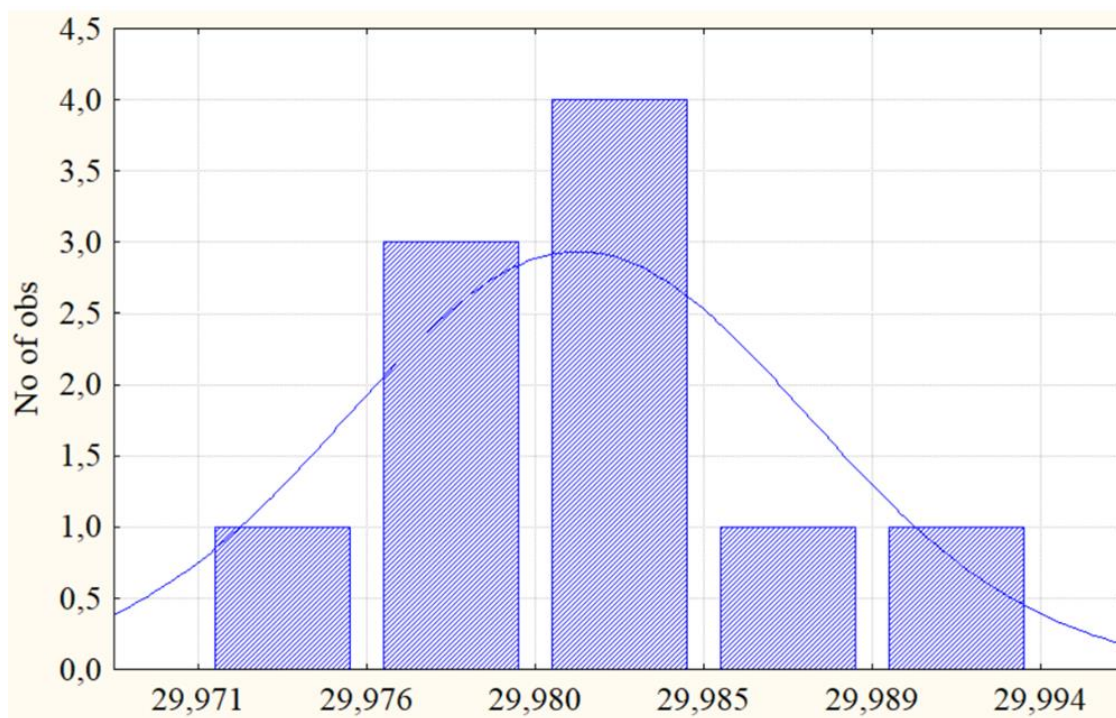
Исследования состояния поверхностного слоя образцов из стали 12ХН3А, подвергнутых шлифованию, импрегнированным диiodидом хрома абразивным инструментом [8, 13] показывают, что в процессе шлифования активный йод взаимодействует с ювенильными поверхностями деталей, образуя на них иодиды железа, которые имеют слоистую структуру и обладают низким коэффициентом трения.

Одним из важнейших показателей

вым способом в соответствии с рекомендациями, изложенными в работе [14].

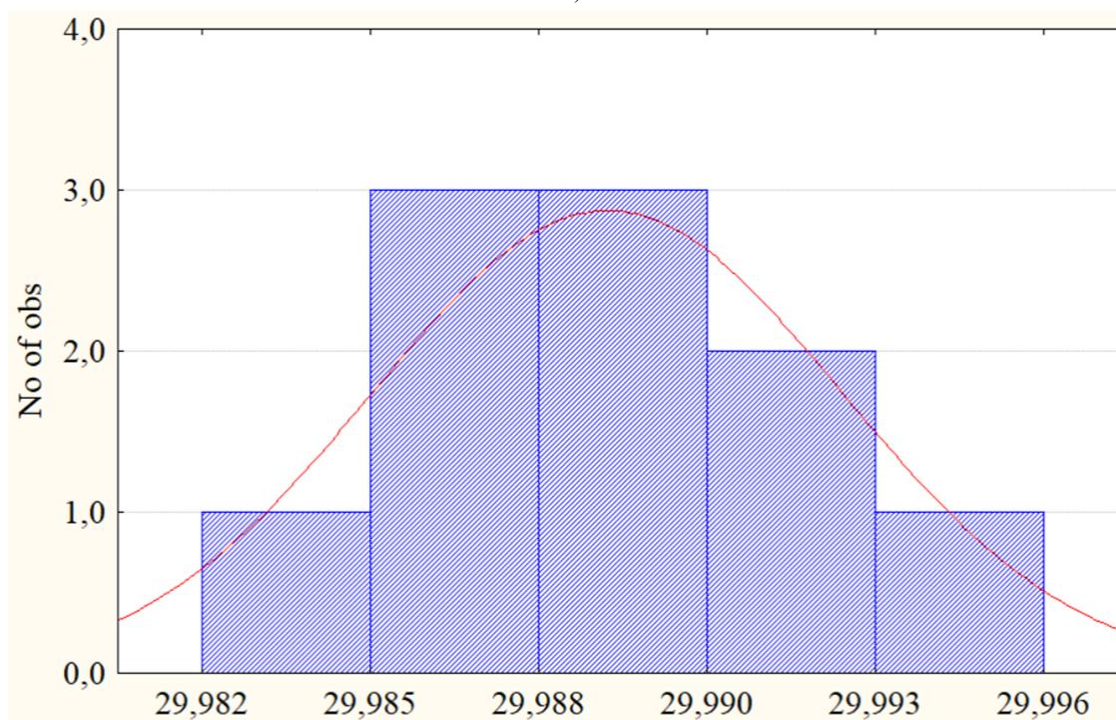
Исследование эффективности применения импрегнированных диiodидом хрома шлифовальных кругов осуществлялось путем обработки образцов из стали 12ХН3А диаметром 30 мм и длиной 200 мм после чистовой токарной обработки. Шлифование образцов осуществлялось на круглошлифовальном станке мод. 3У12ВФ11 кругами ПП 400×50×203 14АФ60К7V ГОСТ Р 5281-2007 со скоростью резания $V_{кр} = 35 \text{ м/с}$, скорости вращения образцов $V_{\partial} = 0,314 \text{ м/с}$, продольная подача $S_{пр} = 0,02 \text{ м/с}$, подача врезания $S_{вр} = 0,01 \text{ мм/дв.ход}$, число двойных ходов $m = 3$. В качестве смазочно-охлаждающей жидкости использовался 5-процентный водный раствор эмульсола Укринол-14 [10].

эффективности использования шлифовальных кругов является обеспечение ими необходимой точности размеров обрабатываемых деталей в течение всего периода стойкости инструмента [15, 16]. В связи с этим была проведена обработка шлифованием валов из стали 12ХН3А, при которой определялись поля рассеивания размеров партии деталей в пределах стойкости шлифовального круга. Подконтрольной обработке подвергались валы диаметром обрабатываемых поверхностей 30 мм, допуском 8 квалитета точности. По полученным результатам определялись поля рассеивания размеров диаметров деталей, обработанных без применения ПАВ ω_1 и с применением различных способов подачи импрегнатора – диiodида хрома в зону обработки (импрегнирование, добавка в СОТС, введение в состав абразивной массы) ω_2 . Поля рассеивания определялись после обработки каждой партии деталей из 10 штук, а распределения размеров обработанных деталей приведены на рис. 1 и 2. Замеры производились гладким цифровым микрометром МКЦ 50 Зубр "ЭКСПЕРТ" 34482-50 с ценой деления 0,001 мм.



Стандартный круг новый

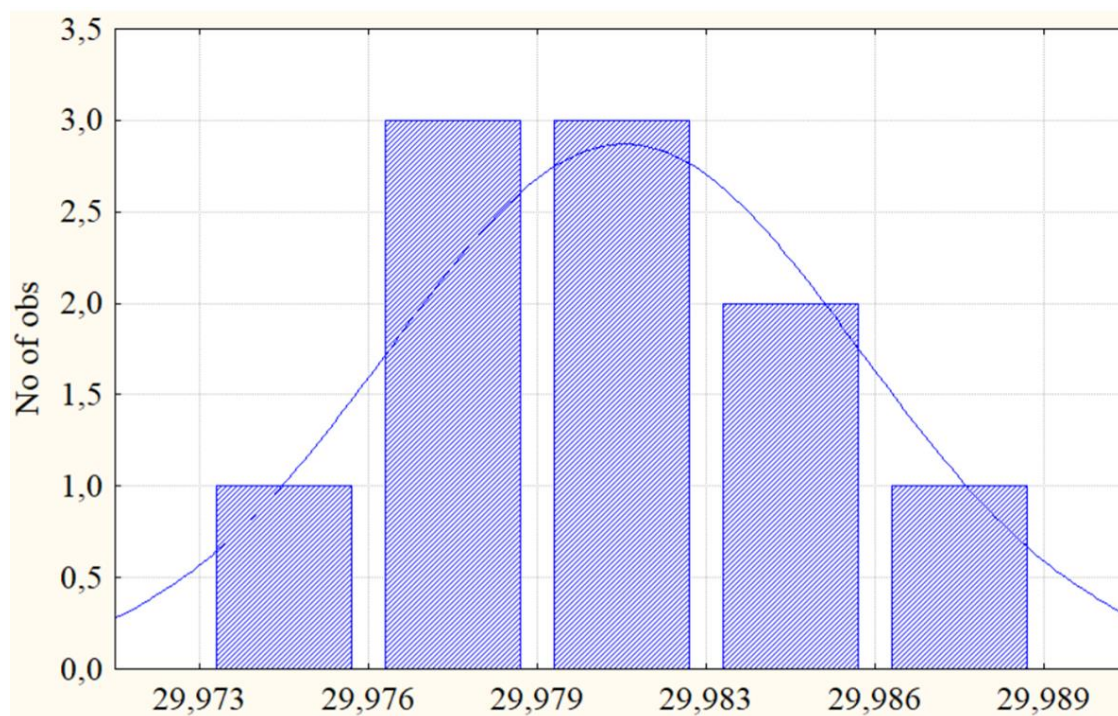
а)



Стандартный круг правка

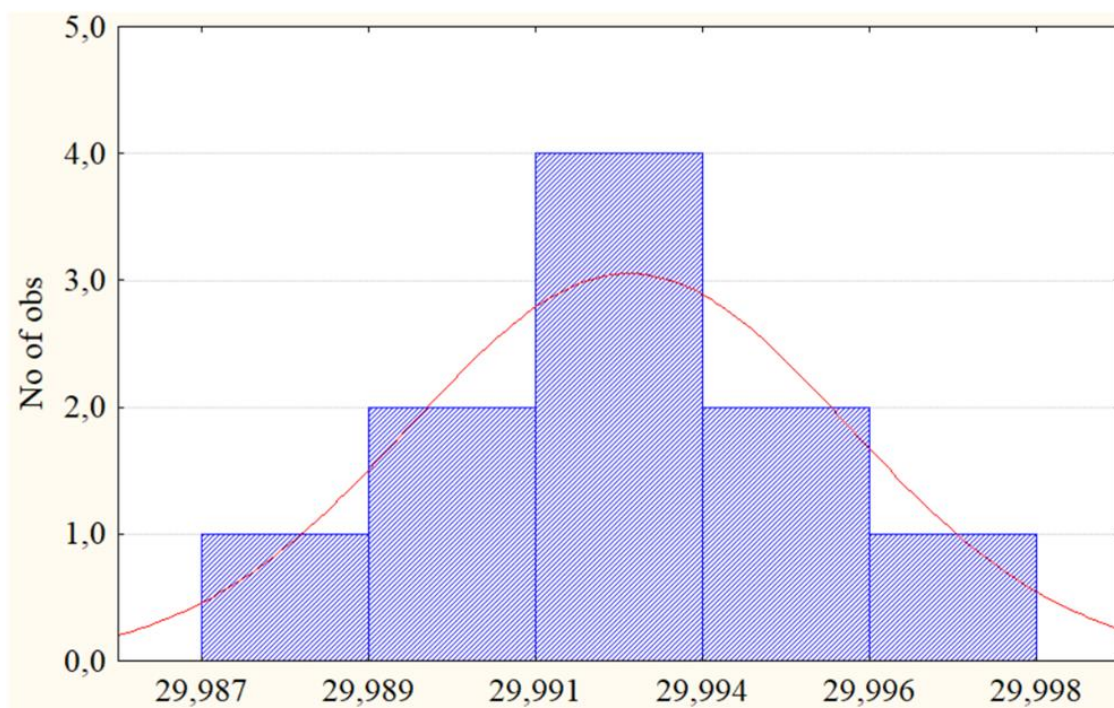
б)

Рис. 1. Распределение размеров в партии обработанных деталей стандартным кругом:
в начале работы – а и перед правкой круга – б



Импрегнированный круг новый

а)



Импрегнированный круг правка

б)

Рис. 2. Распределение размеров в партии обработанных деталей импрегнированным кругом: в начале работы – а и перед правкой круга – б

Также были проведены исследования точности обработки путем сравнения полей рассеивания при обработке первой ω_1^H , ω_2^H и последней ω_1^K , ω_2^K партии деталей, как новыми кругами, так и постепенно изношенными в этом процессе и требующих

переточки. Результаты изменения за период стойкости инструмента при допустимом диапазоне изменения размеров обрабатываемых деталей в обобщенном виде представлены на рис. 3.

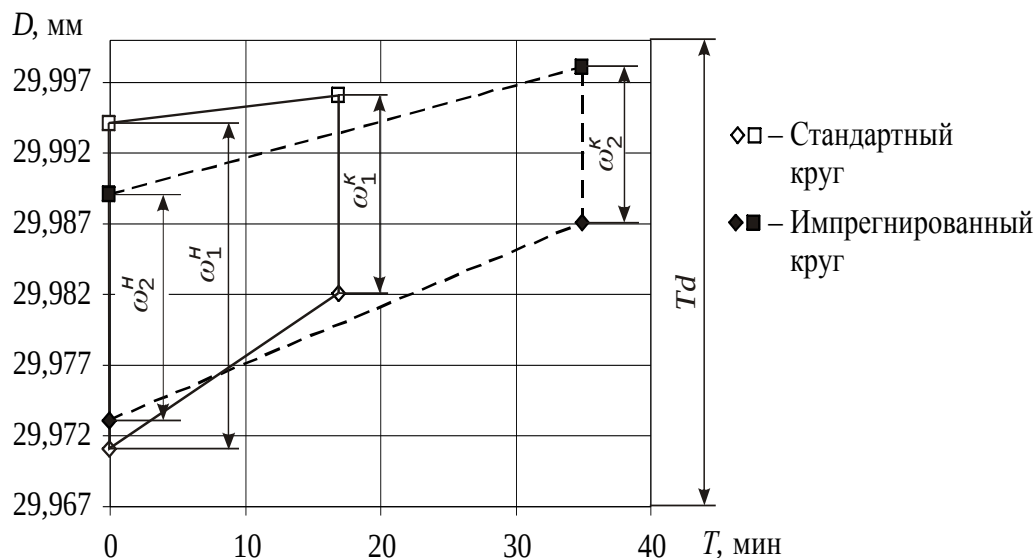


Рис. 3. Рассеивание размеров партий деталей в пределах поля допуска на размер Td при обработке обычным и импрегнированным кругом

Исследования параметров качества обработки

В рассмотренных случаях обработки имеет место превышение полей рассеивания размеров деталей, обработанных новыми кругами по отношению к таковым, полученным кругами на исчерпании периода их стойкости. Это может быть объяснено уменьшением числа режущих зерен и увеличением сглаживающих и давящих [12]. Об этом свидетельствует также уменьшение параметра шероховатости Ra обработанных поверхностей деталей и увеличение величины технологических остаточных растягивающих напряжений в материале поверхностного слоя $\sigma_{ост}$ (рис. 4) при одновременном уменьшении съема металла в единицу времени.

При этом имеет место закономерность изменения полей рассеивания размеров деталей, обрабатываемых стандартным и импрегнированным кругами $\omega_1^H > \omega_2^H$ и $\omega_1^K > \omega_2^K$.

Степень влияния принятого вида и способа применения ПАВ на точность получаемых размеров обрабатываемой детали может быть оценена коэффициентом [8]

$$K_{\Delta} = \frac{\Delta\omega_1}{\Delta\omega_2} \geq 1,$$

где $\Delta\omega_1 = \omega_1^H - \omega_1^K$; $\Delta\omega_2 = \omega_2^H - \omega_2^K$.

При этом $\Delta\omega_1 \geq \Delta\omega_2$.

Данные подконтрольной обработки шлифованием деталей, позволили определить ориентировочные значения коэффициента K_{Δ} при обработке деталей из стали 12ХН3А в поле допуска 8h качества точности размера и способа применения импрегнатора (в данном случае, дийодида хрома), которые составили 1,8-1,9. Эти значения коэффициента K_{Δ} можно использовать при выборе способа применения ПАВ для абразивной обработки шлифовальными кругами 14AF60K7V.

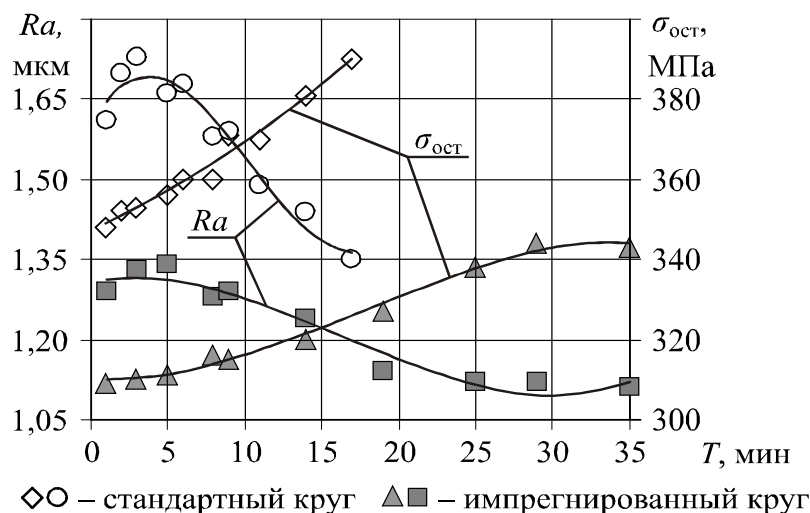


Рис. 4. Изменение параметра шероховатости обработанной поверхности детали Ra и технологических остаточных напряжений $\sigma_{ост}$ за период стойкости T стандартного и импрегнированного шлифовального круга

Заключение

Таким образом, абразивная обработка деталей импрегнированными диоксидом хрома кругами позволяет увеличить стойкость используемых инструментов, повысить точность размеров обрабатываемых деталей, улучшить качественные по-

казатели поверхностного слоя, а также создать на обработанных поверхностях деталей структуры, обладающие низким коэффициентом трения, что является важным для деталей трибосистем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудометов, Ю. И. Применение абразивных инструментов, пропитанных суспензиями импрегнаторов / Ю. И. Рудометов // Станки и инструмент. – 2012. – № 11. – С. 34-37.
2. Патент № 2047476 РФ, МПК В 24 D 3/34 (1995). Импрегнатор для шлифовальных кругов : № 2047476: заявл. 1993.01.11: опубл. 1995.11.10 / Сердюк В. В., Куценко Ю. Б., Степанов А. Б., Ашкинази Л. А. ; заявитель: Сердюк В. В.
3. Чирков, Г. В. Влияние импрегнирования шлифовального круга на качество обработки / Г. В. Чирков // Технология машиностроения. – 2007. – № 2. – С. 22-23.
4. Никитин, А. В. Шлифование труднообрабатываемых материалов импрегнированными кругами как способ повышения их режущих свойств / А. В. Никитин // Инструмент и технологии. – 2010. – № 28. – С. 52-58.
5. Patent № 101791786 CN, В 24 D 3/34 (2010). Impregnant for impregnated grinding wheels and application thereof in preparing impregnated grinding wheels / Li Wei, Tian Qianjun, Zhang Bo.
6. Tsai, M. Y. Development of a micro-graphite impregnated grinding wheel / M. Y. Tsai, S. X. Jian // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2012. – V. 56. – Pp. 94-101.
7. Носенко, В. А. Повышение эффективности шлифования с использованием галогенообразующего импрегнатора / В. А. Носенко, А. П. Митрофанов, А. А. Крутикова // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2015. – № 8 (665). – С. 65-72.
8. Butenko, V. Method for improving the quality of the product obtained by abrasive treatment with impregnated tools / V. Butenko, L. Gusakova, D. Durov, B. Safoklov, O. Dolgov // Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal Vol. 5, No. 6, 398-402 p. (2020).
9. Патент РФ № 2618682 C1 МПК B24D 3/34(2006.01). Способ импрегнирования абразивных инструментов. заявл. 2015-11-17: опубл. 10.05.2017 Бюл. № 13 / В. И. Бутенко.
10. Бутенко, В. И. Научные технологии создания высокоресурсных деталей машин / В. И. Бутенко, Д. С. Дуров, Р. Г. Шаповалов. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2014. – 404 с.
11. Патент РФ №2703063 РФ МПК B24 D 3/34 (2019). Способ импрегнирования абразивных инструментов: заявл. 2019-05-21 : опубл. 2019-10-15 / В. И. Бутенко, К. В. Давиденко; заявитель Бутенко В. И.
12. Рыжкин, А. А. Физические основы обработки металлов резанием: учеб. пособие / А. А. Рыжкин, В. С. Дмитриев, М.М. Климов [и др.]. – Ростов-на-Дону: Издат. центр. ДГТУ, 1996. – 354 с.

13. **Бутенко, В. И.** Технологическая совместимость функциональных слоев и покрытий / В. И. Бутенко. – Ростов-на-Дону, 2020. – 169 с.
14. **Островский, В. И.** Теоретические основы процесса шлифования / В. И. Островский. – М.: Машиностроение, 2010. – 284 с.
15. **Димов, Ю. В.** Математическая модель для определения производительности обработки деталей полимерно-абразивными кругами / Ю. В. Димов, Д. Б. Подашев // Вестник машиностроения. – 2018. - № 8. - С. 56-63.
16. **Подашев, Д. Б.** Оптимизация финишной обработки деталей эластичным инструментом: монография / Д. Б. Подашев. – LAP Lambert Academic Publishing, OmniScriptum GmbH&Co. KG (Германия), 2017.
1. **Rudometov, Yu.I.** Use of abrasive tools impregnated with impregnator suspensions / Yu.I. Rudometov // *Machines and Tool*. – 2012. – No.11. – pp. 34-37.
2. **Patent No. 20474776 the RF, IPC B 24 D 3/34 (1995).** *Impregnator for Grinding Disks*: No. 2047476: claimed: 11.01.1993; published: 10.11.1995 / Serdyuk V.V., Kutsenok Yu.B., Stepanov A.B., Ashkinazy L.A.; applicant: Serdyuk V.V.
3. **Chirkov, G.V.** Impact of grinding disk impregnation upon processing quality / G.V. Chirkov // *Engineering Technique*. – 2007. – No.2. – pp. 22-23.
4. **Nikitin, A.V.** Hard-to-machine material grinding with impregnated disks as means for their cutting properties increase / A.V. Nikitin // *Tool and Technologies*. – 2010. – No.28. – pp. 52-58.
5. **Patent № 101791786 CN, B 24 D 3/34 (2010).** Impregnant for impregnated grinding wheels and application thereof in preparing impregnated grinding wheels / Li Wei, Tian Qianjun, Zhang Bo.
6. **Tsai, M. Y.** Development of a micro-graphite impregnated grinding wheel / M. Y. Tsai, S. X. Jian // *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. – 2012. – V. 56. – Pp. 94-101.
7. **Nosenko, V.A.** Grinding effectiveness increase using halogen-forming impregnator / V.A. Nosenko, A.P. Mitrofanov, A.A. Krutikova // *College Proceedings. Mechanical Engineering*. – 2015. – No.8 (665). – pp. 65-72.
8. **Butenko, V.** Method for improving the quality of the product obtained by abrasive treatment with impregnated tools / V. Butenko, L. Gusakova, D. Durov, B. Safoklov, O. Dolgov // *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal* Vol. 5, No. 6, 398-402 p. (2020).
9. **Patent the RF No. 2618682 S1 МПК B24D 3/34(2006.01).** *Method for Abrasive Tool Impregnation*. Claimed: 17.11.2015; published: 10.05.2017; Bull. No.13 / V.I. Butenko.
10. **Butenko, V.I.** *High Technologies for Long-operated Machinery Development* / V.I. Butenko, D.S. Durov, R.G. Shapovalov. – Taganrog: SFU Publishers, 2014. – pp. 404.
11. **Patent No. 2703063 the RF IPC B24 D 3/34 (2019).** *Method for Abrasive Tool Impregnation*: claimed: 2019-05-21; published: 2019-10-15 / V.I. Butenko, K.V. Davidenko; applicant: Butenko V.I.
12. **Ryzhkin, A.A.** *Physical Fundamentals of Metal Cutting*: manual / A.A. Ryzhkin, V.S. Dmitriev, M.M. Klimov [et al.]. – Rostov-upon-Don: Publishing Center of DSTU, 1996. – pp. 354.
13. **Butenko, V.I.** *Technological Compatibility of Operational Layers and Coatings* / V.I. Butenko. – Rostov-upon-Don, 2020. – pp. 169.
14. **Ostrovsky, V.I.** *Theoretical Fundamentals of Grinding* / V.I. Ostrovsky. – М.: Mechanical Engineering, 2010. – pp. 284.
15. **Dimov, Yu.V.** Mathematicl model for definition of parts machining capacity with polymer-abrasive disks / Yu.V. Dimov, D.B. Podashev // *Bulletin of Mechanical Engineering*. – 2018. – No.8. – pp. 56-63.
16. **Podashev, D.B.** *Parts Finishing Optimization with Elastic Tool*: monograph / D.B. Podashev. - LAP Lambert Academic Publishing, OmniScriptum GmbH&Co. KG (Germany), 2017.

Ссылка для цитирования:

Бутенко, В.И. Обеспечение качественных показателей деталей, обработанных импрегнированным абразивным инструментом / В.И. Бутенко, Л.В. Гусакова, Д.С. Дуров, Ю.В. Петухов // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2021. – № 7. – С. 4 - 11. DOI: 10.30987/1999-8775-2021-7-4-11.

Статья поступила в редакцию 24.03.21.

Рецензент: д.т.н., профессор Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета,
Мокрицкий Б.Я.,

член редсовета журнала «Вестник БГТУ».

Статья принята к публикации 21.06.21.

Сведения об авторах:

Бутенко Виктор Иванович, д.т.н., профессор кафедры «Проектирование специальных авиационных комплексов», Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), e-mail: butenkoviktor@yandex.ru.

Гусакова Лиана Валерьевна, к.т.н., доцент кафедры «Проектирование специальных авиационных комплексов», Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), e-mail: GusakovaLV@mail.ru.

Butenko Victor Ivanovich, Dr. Sc. Tech., Prof. of the Dep. "Design of Special Aircraft Complexes", Moscow Aircraft Institute (National Research University), e-mail: butenkoviktor@yandex.ru.

Gusakova Liana Valerievna, Can. Sc. Tech., Assistant Prof. of the Dep. "Design of Special Aircraft Complexes", Moscow Aircraft Institute (National Research University), e-mail: GusakovaLV@mail.ru.

Дуров Дмитрий Сергеевич, к.т.н., доцент кафедры 104 «Технологическое проектирование и управление качеством», Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), e-mail: drdsdrd@mail.ru/

Петухов Юрий Владимирович, к.т.н., доцент кафедры 104 «Технологическое проектирование и управление качеством», Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), e-mail: uvp1946@mail.ru.

Durov Dmitry Sergeevich, Can. Sc. Tech., Assistant Prof. of the Dep. 104 "Technological Design and Quality Control", Moscow Aircraft Institute (National Research University), e-mail: drdsdrd@mail.ru.

Petukhov Yury Vladimirovich, Can. Sc. Tech., Assistant Prof. of the Dep. 104 "Technological Design and Quality Control", Moscow Aircraft Institute (National Research University), e-mail: uvp1946@mail.ru.