

УДК 33

DOI: 10.34670/AR.2020.19.86.025

Перспективы применения импрегнированных абразивных материалов на металлообрабатывающем предприятии

Бутенко Виктор Иванович

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет),
125993, Российская Федерация, Москва, Волоколамское шоссе, 4;
e-mail: durovds@mail.ru

Дуров Дмитрий Сергеевич

Кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры 104 «Технологическое проектирование
и управление качеством»,
Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет),
125993, Российская Федерация, Москва, Волоколамское шоссе, 4;
e-mail: durovds@mail.ru

Гусакова Лиана Валерьевна

Кандидат технических наук,
доцент кафедры 109Б «Проектирование специальных
авиационных комплексов»,
Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет),
125993, Российская Федерация, Москва, Волоколамское шоссе, 4;
e-mail: gusakovalv@mail.ru

Сафоклов Борис Борисович

Старший преподаватель кафедры 104 «Технологическое проектирование
и управление качеством»,
Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет),
125993, Российская Федерация, Москва, Волоколамское шоссе, 4;
e-mail: safoklovbb@mail.ru

Долгов Олег Сергеевич

Доктор технических наук, профессор,
Директор Института № 1,
профессор кафедры 505 «Инновационная экономика, финансы
и управление проектами»,
заведующий кафедрой 104 «Технологическое проектирование
и управление качеством»,
Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет),
125993, Российская Федерация, Москва, Волоколамское шоссе, 4;
e-mail: Dekan1@mai.ru

Аннотация

В статье рассмотрены возможности и эффект от применения на машиностроительном предприятии, использующем в своем производственном цикле шлифовальные операции, импрегнированных диоксидом хрома шлифовальных кругов. Задача снижения издержек и повышения эффективности абразивной обработки поверхностей деталей остается актуальной в современном машиностроительном производстве. Одним из перспективных путей ее решения является импрегнирование, или пропитка, абразивных инструментов поверхностно-активными веществами (ПАВ), повышающими комплекс экономико-технологических параметров процесса, таких как стойкость абразивного инструмента, производительность съема материала детали, точность достигаемых в процессе обработки деталей размеров и др. Существуют и достаточно хорошо изучены способы импрегнирования абразивных инструментов парафином, озокеритом, фенолформальдегидной смолой, серой, канифолью, церезином, стеарином, этилгсантогенатом калия, раствором силикатов натрия, ароматическими хлорсодержащими соединениями и другими веществами, композициями из нескольких элементов, включая наполнители в виде графита, дисульфида молибдена, фторопласта, микропорошков и др. Недостатки данных композиций могут проявляться в их ограниченной применимости ввиду необходимости подбора конкретного импрегнирующего состава в зависимости от обрабатываемого материала и инструмента, в ряде случаев ввиду их токсичности для человека и необходимости применения импрегнирующих составов исключительно на водной основе, отличающейся своей коррозионной активностью и недостаточным удержанием химически активных веществ в порах абразивного инструмента, снижающей его твердости и др.

Для цитирования в научных исследованиях

Бутенко В.И., Дуров Д.С., Гусакова Л.В., Сафоклов Б.Б., Долгов О.С. Перспективы применения импрегнированных абразивных материалов на металлообрабатывающем предприятии // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2020. Том 10. № 9А. С. 239-246. DOI: 10.34670/AR.2020.19.86.025

Ключевые слова

Снижение издержек, повышение эффективности, обработка деталей, абразивный инструмент, импрегнирование, диоксид хрома, стойкость инструмента.

Введение

При шлифовании импрегнированными абразивными кругами наблюдаются быстропротекающие процессы разрушения и восстановления твердых смазочных пленок в зоне контакта шлифовального инструмента и детали, происходящие благодаря большим скоростям движения молекул при высоких температурах и давлениях. Вещества, находящиеся при этом в порах круга, могут переходить в разное агрегатное состояние, а эффективность импрегнатора зависит от продуктов его распада, их проникающей способности и активности взаимодействия с обрабатываемым материалом [Носенко, Митрофанов, Крутикова, 2015].

Высокой реакционной способностью при взаимодействии с металлами, особенно с высокой адгезией к абразивному материалу, обладают галогены [Носенко, Митрофанов, Крутикова, 2015; Моррисон, Бойд, 2002]. Среди большого количества видов ПАВ, а также способов их применения при абразивной обработке поверхностей деталей одним из наиболее эффективных является способ импрегнирования шлифовальных кругов в водном растворе диоксида хрома [Бутенко, 2016; Бутенко, Гусакова, 2012].

Основная часть

Для повышения эффективности работы абразивного инструмента был разработан эффективный способ импрегнирования шлифовальных кругов в водном растворе диоксида хрома [Бутенко, Давиденко, 2019], сущность которого заключается в том, что абразивный инструмент на керамической связке помещают в емкость с водным раствором диоксида хрома (20-25 г на литр воды) и в течение одной минуты сообщают ему вертикальные колебательные движения с определенной частотой, обеспечивающей его полное погружение в водный раствор и полное извлечение из него [Бутенко, Гусакова, Кулинский, 2016]. Далее импрегнированный инструмент подвергают конвективной сушке в течение 1,5-2 часов при температуре 40-50 °С.

Исследование эффективности применения импрегнированных диоксидом хрома шлифовальных кругов осуществлялось путем обработки образцов из стали 12ХН3А диаметром 30 мм и длиной 200 мм после чистовой токарной обработки (шероховатость поверхности перед шлифованием находилась в диапазоне $Ra = 8,0-12,5$ мкм). Шлифование образцов осуществлялось на круглошлифовальном станке мод. 3У12ВФ11 импрегнированными кругами ПП 400×50×203 14АФ60К7V ГОСТ Р 5281-2007 со скоростью резания $V_{кр} = 35$ м/с, скорости вращения образцов $V_d = 0,314$ м/с, продольной подаче $S_{пр} = 0,02$ м/с, подаче врезания $S_{вр} = 0,01$ мм/дв.ход, числе двойных ходов $m = 3$. В качестве смазочно-охлаждающей жидкости использовался 5-процентный водный раствор эмульсола Укринол-14 [Бутенко, Дуров, Шаповалов, 2014].

В процессе работы шлифовальных кругов осуществлялись их периодические правки, обусловленные необходимостью восстановления остроты режущих кромок и геометрии диска, а также удаления загрязнений из межзеренного пространства абразива. Результаты исследований в виде гистограмм представлены на рис. 1, из анализа которого следует, что стойкость импрегнированных диоксидом хрома шлифовальных кругов в процессе их правки уменьшается: вначале значительно, затем в среднем на 3-5% после каждой последующей правки, а далее снова начинает возрастать. При этом также существенно увеличивались и сами периоды стойкости импрегнированного абразивного инструмента.

Также было установлено, что шлифованные импрегнированными диоксидом хрома кругами

образцы из стали 12ХН3А подвергались воздействию активного йода, взаимодействующего с поверхностями деталей, свободных от окислов, и образующего на них йодиды железа, которые обладают низким коэффициентом трения [Бутенко, 2016; Бутенко, 2018; Бутенко, 2020].

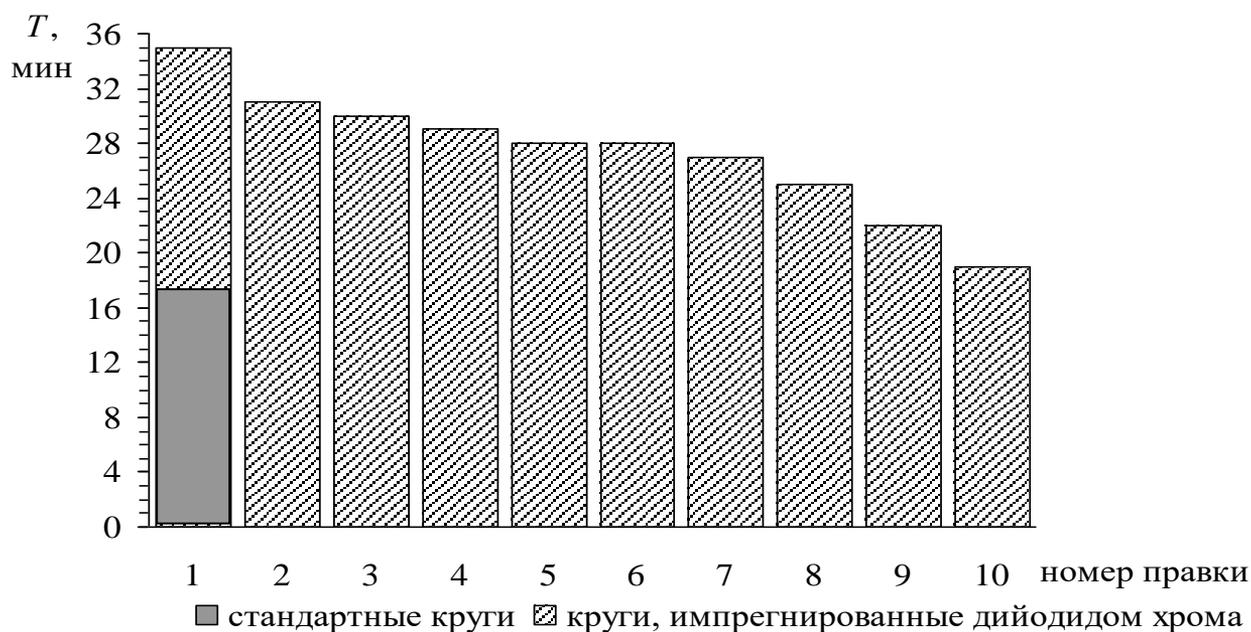


Рисунок 1 - Гистограммы изменения стойкости импрегнированных шлифовальных кругов по мере их правки

Одним из важнейших показателей эффективности использования шлифовальных кругов является обеспечение ими необходимой точности размеров обрабатываемых деталей в течение всего периода стойкости абразивного инструмента. Результаты измерения размеров шлифованных деталей в пределах 6-8 квалитетов точности за период стойкости импрегнированного инструмента в обобщенном виде позволяют установить, что имеет место некоторое сужение разброса реальных размеров шлифованных деталей, что связано с улучшением условий абразивной обработки [Рыжкин и др., 1996]. Об этом также свидетельствует и уменьшение шероховатости обработанных поверхностей деталей Ra с 1,3...1,7 до 1,15...1,35 мкм.

Одной из важных характеристик эксплуатационных свойств материала поверхностного слоя обработанных деталей является его энергетическое состояние [Бутенко, 2018; Бутенко, 2020; Бутенко, Давиденко, Сосницкая, 2019; Дальский, Суслов, Косилова, Мещеряков, 2003; Лебедев, 2006], оцениваемое удельной величиной накопленной энергии деформации, которое, в свою очередь, зависит от состояния используемого абразивного инструмента, режимов обработки и состава применяемых смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ). Использование импрегнированного диоксидом хрома шлифовального круга приводит к снижению удельной величины накопленной энергии деформации в среднем до 15-20%, а введение в состав применяемой СОЖ 20 грамм на литр диоксида хрома также способствует дополнительно снижению величины этой величины до 5%, при этом затраты на организацию и осуществление процесса импрегнирования шлифовальных кругов в производственных условиях, как правило, окупаются в течение одного года.

Заключение

Таким образом, абразивная обработка деталей импрегнированными диоксидом хрома кругами не только позволяет увеличить до двух раз стойкость используемых абразивных инструментов и снизить связанные с этим затраты на их периодическую правку и приобретение, но и повысить точность размеров обрабатываемых партий деталей, а также улучшить качественные показатели характеристик их поверхности.

Библиография

1. Бутенко В.И. Структура и потенциал трибоконтакта поликристаллических материалов. Ростов н/Д: ДГТУ, 2018. 160 с.
2. Бутенко В.И. Технологическая совместимость функциональных слоев и покрытий. Ростов н/Д, 2020. 169 с.
3. Бутенко В.И. Финишная обработка поверхностей деталей: способы, устройства, инструменты. Ростов н/Д: ДГТУ, 2016. 219 с.
4. Бутенко В.И., Гусакова Л.В. Повышение эффективности шлифования поверхностей деталей машин. Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2012. 176 с.
5. Бутенко В.И., Гусакова Л.В., Кулинский А.Д. Перспективные направления повышения эффективности шлифования поверхностей деталей машин // Вестник Брянского государственного технического университета. 2016. № 2(50) 2016. С. 112-120.
6. Бутенко В.И., Давиденко К.В. Патент РФ № 2703063 Способ импрегнирования абразивных инструментов. МПК В24 D 3/34 // Бюллетень № 29. 2019. 10 с.
7. Бутенко В.И., Давиденко К.В., Сосницкая Т.С. Установка для определения энергетического состояния материала поверхностного слоя детали // Инженерный студенческий научно-технический журнал. 2019. № 2(28). Донецк: Изд-во ДонНТУ. С. 24-28.
8. Бутенко В.И., Дуров Д.С., Шаповалов Р.Г. Научные технологии создания высокоресурсных деталей машин. Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2014. 404 с.
9. Дальский А.М., Суслов А.Г., Косилова А.Г., Мещеряков Р.К. (ред.) Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т 2. 5-е изд., исправл. М.: Машиностроение-1, 2003. 944 с.
10. Лебедев В.А. Технология динамических методов поверхностного пластического деформирования. Ростов н/Д: ДГТУ, 2006. 183 с.
11. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. Прентис-Холл Индия, 2002. 1282 с.
12. Никитин А.В. Шлифование труднообрабатываемых материалов импрегнированными кругами как способ повышения их режущих свойств // Инструмент и технологии. 2010. № 28. С. 52-58.
13. Носенко В.А., Митрофанов А.П., Крутикова А.А. Повышение эффективности шлифования с использованием галогенообразующего импрегнатора // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. № 8 (665) 2015. С. 65-72.
14. Рудометов Ю.И. Применение абразивных инструментов, пропитанных суспензиями импрегнаторов // СТИН. 2012. № 11. С. 34-37.
15. Рыжкин А.А. и др. Физические основы обработки металлов резанием. Ростов н/Д: ДГТУ, 1996. 354 с.
16. Сердюк В.В., Куценко Ю.Б., Степанов А.Б., Ашкинази Л.А. Импрегнатор для шлифовальных кругов. Патент № 2047476 РФ, МПК В 24 D 3/34. 1995.
17. Чирков Г.В. Влияние импрегнирования шлифовального круга на качество обработки // Технология машиностроения. 2007. № 2. С. 22-23.
18. Krugilin S. Silvicultural growth models of the formation of *Quercus Robur* in the black earth zone conditions of the steppe of the South of Russia // World Ecology Journal. 2018. No. 8(3). P. 23-45. <https://doi.org/https://doi.org/10.25726/NM.2019.49.29.002>.
19. Li Wei, Tian Qianjun, Zhang Bo. Impregnant for impregnated grinding wheels and application thereof in preparing impregnated grinding wheels. Patent no. 101791786 CN, В 24 D 3/34. 2010. 10 p.
20. Taran, S., Kolganova I. Optimization of park plantings in the regions of Rostov-on-Don and Novocheerkassk by introducing into gardening species of the genus *ACER L* // World Ecology Journal. 2018. No. 8(3). P. 56-70. <https://doi.org/https://doi.org/10.25726/NM.2019.31.46.004>.
21. Tsai M.-Y., Jian S.-X. Development of a micro-graphite impregnated grinding wheel // International Journal of Machine Tools and Manufacture. 2012. Vol. 56. P. 94-101.

Prospects for the use of impregnated abrasive materials in metalworking enterprises

Viktor I. Butenko

Moscow Aviation Institute (National Research University),
125993, 4 Volokolamskoe shosse, Moscow, Russian Federation;
e-mail: durovds@mai.ru

Dmitrii S. Durov

PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department 104 "Technological design
and quality management",
Moscow Aviation Institute (National Research University),
125993, 4 Volokolamskoe shosse, Moscow, Russian Federation;
e-mail: durovds@mai.ru

Liana V. Gusakova

PhD in Technical Sciences,
Associate Professor of the Department 109B "Design of special aviation complexes",
Moscow Aviation Institute (National Research University),
125993, 4 Volokolamskoe shosse, Moscow, Russian Federation;
e-mail: gusakovalv@mail.ru

Boris B. Safoklov

Senior Lecturer of the Department 104 "Technological design
and quality management",
Moscow Aviation Institute (National Research University),
125993, 4 Volokolamskoe shosse, Moscow, Russian Federation;
e-mail: safoklovbb@mail.ru

Oleg S. Dolgov

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Director of the Institute No. 1,
Professor of the Department 505 "Innovative economics, finance
and project management",
Head of the Department 104 "Technological design and quality management",
Moscow Aviation Institute (National Research University),
125993, 4 Volokolamskoe shosse, Moscow, Russian Federation;
e-mail: Dekan1@mai.ru

Abstract

The article considers the possibilities and effect of using grinding wheels impregnated with chromium diiodide at a machine-building enterprise that uses grinding operations in its production cycle. The task of reducing costs and improving the efficiency of abrasive surface treatment of parts remains relevant in modern machine-building production. One of the promising ways to solve this problem is to impregnate abrasive tools with surface-active substances (surfactants) that increase the complex of economic and technological parameters of the process, such as the durability of the abrasive tool, the productivity of removing the part material, the accuracy of the dimensions achieved during the processing of parts, etc. There are well-studied methods for impregnating abrasive tools with paraffin, ozokerite, phenol-formaldehyde resin, sulfur, rosin, ceresin, stearin, potassium, sodium silicate solution, aromatic chlorine-containing compounds and other substances, compositions of several elements including fillers in the form of graphite, molybdenum disulfide, fluoroplast, micro-powders, etc. The disadvantages of these compositions may be manifested in their limited applicability due to the need to select a specific impregnating composition depending on the material and tool being processed, in some cases due to their toxicity to humans and the need to use only water-based impregnating compositions, characterized by their corrosion activity and insufficient retention of chemically active substances in the pores of the abrasive tool, reducing its hardness, etc.

For citation

Butenko V.I., Durov D.S., Gusakova L.V., Safoklov B.B., Dolgov O.S. (2020) Perspektivy primeneniya impregirovannykh abrazivnykh materialov na metalloobrabatyvayushchem predpriyatii [Prospects for the use of impregnated abrasive materials in metalworking enterprises]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 10 (9A), pp. 239-246. DOI: 10.34670/AR.2020.19.86.025

Keywords

Cost reduction, efficiency improvement, part processing, abrasive tool, impregnation, chromium diiodide, tool life.

References

1. Butenko V.I. (2016) *Finishnaya obrabotka poverkhnostei detalei: sposoby, ustroistva, instrumenty* [Finishing the surfaces of parts: methods, devices, tools]. Rostov-on-Don: Don State Technical University.
2. Butenko V.I. (2018) *Struktura i potentsial tribokontakta polikristallicheskikh materialov* [Structure and potential of a tribocontact of polycrystalline materials]. Rostov-on-Don: Don State Technical University.
3. Butenko V.I. (2020) *Tekhnologicheskaya sovmestimost' funktsional'nykh sloev i pokrytii* [Technological compatibility of functional layers and coatings]. Rostov-on-Don.
4. Butenko V.I., Davidenko K.V. (2019) Patent RF № 2703063 Sposob impregirovaniya abrazivnykh instrumentov. MPK B24 D 3/34 [RF patent No. 2703063 Method for impregnating abrasive tools. IPC B24 D 3/34]. *Byulleten' № 29* [Bulletin No. 29].. 10 c.
5. Butenko V.I., Davidenko K.V., Sosnitskaya T.S. (2019) Ustanovka dlya opredeleniya energeticheskogo sostoyaniya materiala poverkhnostnogo sloya detali [Installation for determining the energy state of the material of the surface layer of the part]. *Inzhenernyi studencheskii nauchno-tekhnicheskii zhurnal* [Engineering student scientific and technical journal], 2(28). Donetsk: Publishing house of Donetsk National Technical University, pp. 24-28.
6. Butenko V.I., Durov D.S., Shapovalov R.G. (2014) *Naukoemkie tekhnologii sozdaniya vysokoresursnykh detalei mashin* [High-tech technologies for creating high-resource machine parts]. Taganrog: Publishing house of South Federal University.
7. Butenko V.I., Gusakova L.V. (2012) *Povyshenie effektivnosti shlifovaniya poverkhnostei detalei mashin* [Improving the efficiency of grinding the surfaces of machine parts]. Taganrog: Publishing house of South Federal University.

8. Butenko V.I., Gusakova L.V., Kulinskii A.D. (2016) Perspektivnye napravleniya povysheniya effektivnosti shlifovaniya poverkhnostei detalei mashin [Promising directions of increasing the efficiency of grinding the surfaces of machine parts]. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Bryansk State Technical University].. № 2(50) pp. 112-120.
9. Chirkov G.V. (2007). Vliyanie impregnirovaniya shlifoval'nogo kruga na kachestvo obrabotki [Influence of grinding wheel impregnation on processing quality]. *Tekhnologiya mashinostroeniya* [Mechanical engineering technology], 2, pp. 22-23.
10. Dal'skii A.M., Suslov A.G., Kosilova A.G., Meshcheryakov R.K. (2003) (eds.) *Spravochnik tekhnologa-mashinostroitel'ya: v 2-kh t. T2* [Handbook of a mechanical engineer: in 2 volumes], 5th ed. Moscow: Mashinostroenie-1 Publ.
11. Krugilin S. (2018) Silvicultural growth models of the formation of *Quercus Robur* in the black earth zone conditions of the steppe of the South of Russia. *World Ecology Journal*, 8(3), pp. 23-45. <https://doi.org/https://doi.org/10.25726/NM.2019.49.29.002>.
12. Lebedev V.A. (2006) *Tekhnologiya dinamicheskikh metodov poverkhnostnogo plasticheskogo deformirovaniya* [Technology of dynamic methods of surface plastic deformation]. Rostov-on-Don: Don State Technical University.
13. Li Wei, Tian Qianjun, Zhang Bo. (2010) Impregnant for impregnated grinding wheels and application thereof in preparing impregnated grinding wheels. Patent no. 101791786 CN, B 24 D 3/34.10 p.
14. Morrison R., Boid R. (2002) *Organicheskaya khimiya* [Organic chemistry]. Prentis-Kholl Indiya.
15. Nikitin A.V. (2010) Shlifovanie trudnoobrabatyvaemykh materialov impregnirovannymi krugami kak sposob povysheniya ikh rezhushchikh svoystv [Grinding of difficult-to-machine materials with impregnated wheels as a way to improve their cutting properties]. *Instrument i tekhnologii* [Instrument and technology], 28, pp. 52-58.
16. Nosenko V.A., Mitrofanov A.P., Krutikova A.A. (2015) Povyslenie effektivnosti shlifovaniya s ispol'zovaniem galogenoobrazuyushchego impregnatora [Increasing the efficiency of grinding with the use of a halogen-forming impregnator]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Mashinostroenie* [Izvestiya vysshikh educational institutions. Mechanical engineering], 8 (665), pp. 65-72.
17. Rudometov Yu.I. (2012) Primenenie abrazivnykh instrumentov, propitannykh suspenziyami impregnatoren [Application of abrasive tools impregnated with suspensions of impregnators]. *STIN*, 11, pp. 34-37.
18. Ryzhkin A.A. et al. (1996) *Fizicheskie osnovy obrabotki metallov rezaniem* [Physical foundations of metal cutting: textbook. allowance]. Rostov-on-Don: Don State Technical University.
19. Serdyuk V.V., Kutsenok Yu.B., Stepanov A.B., Ashkinazi L.A. *Impregnatoren dlya shlifoval'nykh krugov. Patent № 2047476 RF, MPK B 24 D 3/34. 1995* [Impregnator for grinding wheels. Patent No. 2047476 RF, IPC B 24 D 3/34. 1995].
20. Taran S., Kolganova I. (2018) Optimization of park plantings in the regions of Rostov-on-Don and Novocherkassk by introducing into gardening species of the genus *ACER L.* *World Ecology Journal*, 8(3), pp. 56-70. <https://doi.org/https://doi.org/10.25726/NM.2019.31.46.004>.
21. Tsai M.-Y., Jian S.-X. (2012) Development of a micro-graphite impregnated grinding wheel. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 56, pp. 94-101.