

Джемилов Э. Ш., Джемалядинов Р. М., Курманов Р. Д., Сейдалиев Р. С.
E. Sh. Dzhemilov, R. M. Dzhemalyadinov, R. D. Kurmanov, R. S. Seydaliev

ПРИМЕНЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ СОТС ПРИ ОБРАБОТКЕ КОНИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ АЛМАЗНЫМ ХОНИНГОВАНИЕМ

SAFE SOTS FOR TAPERED HOLE MACHINING BY DIAMOND HONING

Джемилов Эшреб Шефикович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии машиностроения Крымского инженерно-педагогического университета имени Февзи Якубова (Россия, Симферополь). E-mail: eshreb@mail.ru.

Eshreb Sh. Dzhemilov – PhD in Engineering, Associate Professor, Head of Mechanical Engineering Technology Department, Crimean Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov (Russia, Simferopol). E-mail: eshreb@mail.ru.

Джемалядинов Руслан Марленович – преподаватель кафедры технологии машиностроения Крымского инженерно-педагогического университета имени Февзи Якубова (Россия, Симферополь). E-mail: rus.dzhemalyadinov@mail.ru.

Ruslan M. Dzhemaluyadinov – Lecturer, Mechanical Engineering Technology Department, Crimean Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov (Russia, Simferopol). E-mail: rus.dzhemalyadinov@mail.ru.

Курманов Ресуль Диляверович – аспирант Крымского инженерно-педагогического университета имени Февзи Якубова (Россия, Симферополь). E-mail: kurmanov.77@mail.ru.

Resul D. Kurmanov – Post-Graduate Student, Crimean Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov (Russia, Simferopol). E-mail: kurmanov.77@mail.ru.

Сейдалиев Рефат Саидович – аспирант Крымского инженерно-педагогического университета имени Февзи Якубова (Россия, Симферополь).

Refat S. Seydaliev – Post-Graduate Student, Crimean Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov (Russia, Simferopol).

Аннотация. Одним из наиболее производительных процессов финишной обработки отверстий является алмазное хонингование, обладающее способностью снятия больших припусков и исправления погрешностей геометрической формы, сформированных на предшествующих операциях. Использование алмазного хонингования для обработки конических отверстий в изделиях с сопрягаемыми поверхностями имеет актуальное значение. Процесс хонингования конических отверстий недостаточно изучен. Кинематика данного процесса обработки состоит из четырёх основных движений: комбинированное движение резания – вращательное $V_{окр}$ и возвратно-поступательное $V_{в-п}$; комбинированное движение брусков – радиальное возвратно-поступательное $V_{в-п,рад}$; возвратно-поступательное движение брусков вдоль образующей $V_{в-п,бр}$, которое обеспечивает постоянный контакт рабочей поверхности инструмента с деталью. После каждого двойного хода инструмента осуществляется дозированная подача брусков $S_{рад}$. На основе исследований, направленных на обеспечение равномерного распределения контактного давления между поверхностью бруска и детали из-за переменной площади контакта и количества зёрен, участвующих в резании, создана конструкция инструмента, обеспечивающего повышение точности обработки конических отверстий хонингованием. Проведённые исследования, характеризующие качество поверхности при хонинговании конических отверстий бруском с характеристикой АС6 500/400-М5-01-100 % с использованием инструмента, оснащённого как традиционной, так и экспериментальной колодками, где в качестве смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) использовался керосин, показали, что отклонение от круглости уменьшилось в 1,7 раз; отклонение прямолинейности уменьшилось в 1,8 раз; отклонение угла конуса уменьшилось в 1,6 раз; параметры шероховатости вдоль образующей конического отверстия составили $Ra = 5,73...5,9$ мкм против $Ra = 4,09...5,99$ мкм. В статье представлены результаты экспериментов с использованием безопасного состава СОЖ – НСК-5 как альтернативы керосину, вызывающему аллергические реакции у оператора.

Summary. One of the most productive hole finishing processes is diamond honing, which has the ability to remove large allowances and correct geometric shape errors formed in previous operations. The use of diamond honing for the machining of conical holes in products with mating surfaces is of current importance. The process of honing conical bores is insufficiently studied. The kinematics of this machining process consists of four main movements: the combined cut-ting movement - rotational V_{mov} and reciprocating V_{r-t} ; the combined movement of the bars - the radial reciprocating movement of the bars $V_{r-t \text{ rad.}}$; reciprocating movement of the bars along the generatrix $V_{r-t \text{ bar}}$, which ensures constant contact of the working surface of the tool with the part. After each double stroke of the tool, a metered supply of S_{rad} bars is carried out. Based on researches aimed at providing even distribution of contact pressure between the surface of a stone and a workpiece because of variable contact area and number of grains involved in cutting the design of a tool providing increase of accuracy of honing processing of tapered bores was created. The research performed to characterize the surface quality at honing of conical bores using a stone with characteristics AC6 500/400-M5-01-100 % with the tools equipped with both conventional and experimental blocks, where kerosene was used as a lubricant-coolant, showed that the deviation from roundness decreased by 1,7 times; deviation of straightness decreased 1,8 times; deviation of cone angle decreased 1,6 times; roughness parameters along the formative of a cone hole made $Ra = 5,73... 5,9 \mu\text{m}$ vs. $Ra = 4.09...5.99 \mu\text{m}$. The paper presents the results of experiments with the use of a safe coolant composition - NSC-5 as an alternative to kerosene, which causes allergic reactions in the operator.

Ключевые слова: алмазное хонингование, конические отверстия, контактные давления, прямолинейность образующей, круглость, шероховатость.

Key words: diamond honing, tapered holes, contact pressures, straightness of the generatrix, roundness, roughness.

УДК 621.923

Введение. Обеспечение высокого качества деталей является одной из основных задач, стоящих перед машиностроителями, реализация которых базируется в совершенствовании методов механической обработки с использованием нераскрытых внутренних ресурсов технологической системы.

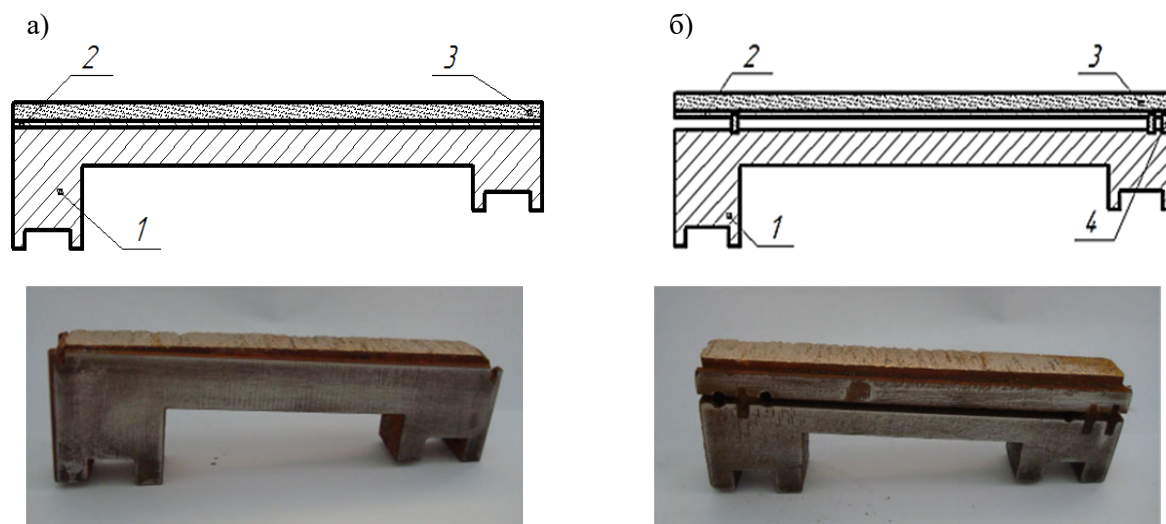
Известно, что финишные методы обработки способствуют исправлению размерных погрешностей, полученных на предшествующих операциях, обеспечивают требуемую шероховатость поверхности. Получение внутренних поверхностей в сравнении с наружными поверхностями является трудоёмким процессом. Следует отметить, что не все методы на этапе финишной обработки обеспечивают заданные точность и качество. Например, при внутреннем шлифовании консольно-расположенный инструмент подвергается упругому отжатию, а появление прижогов на обрабатываемой поверхности из-за высоких температур, связанных со скоростями резания, приводит к изменению структуры поверхностного слоя материала.

Одним из прогрессивных методов финишной обработки отверстий является хонингование, где можно использовать бруски с содержанием абразива (синтетического алмаза, кубического нитрида бора) и различными характеристиками зёрен для обеспечения заданной микроструктуры на обрабатываемой поверхности. Обработка отверстий хонингованием с использованием алмазных брусков сопровождается снятием минимальных припусков и возможностью управления процессом для создания микрогеометрии на поверхности, структура которой остаётся неизменной из-за низких температур (до 90 °С) в зоне резания.

Изделия с сопрягаемыми поверхностями, работающие под высоким давлением (до 50 МПа), применяют для обеспечения герметичности перекрытия и используются в различных отраслях промышленности. Наиболее часто подобные сопряжения имеют форму конуса. К таким изделиям относятся дозаторы в автоматических линиях, используемых на предприятиях пищевой отрасли, пробковые краны трубопроводов и фонтанной арматуры в газовой и нефтехимической промышленности.

Обработка хонингованием конических отверстий является сложным технологическим процессом. Из-за изменения диаметра на длине образующей конуса в хонинговальной головке бруска совершают дополнительное движение – радиальное возвратно-поступательное, которое является

обязательным условием. Если при хонинговании цилиндрических отверстий площадь контакта бруска с деталью постоянна, то хонингование конического отверстия протекает при постоянном изменении площади контакта инструмента с обрабатываемой поверхностью, что приводит к неравномерному съёму припуска. В результате проведения исследований контактного взаимодействия инструмента с деталью было достигнуто равномерное распределение давления на всей длине бруска и предложена экспериментальная конструкция колодки как элемента хонинговальной головки (см. рис. 1), которая позволила обеспечить равномерный съём припуска [1].



1 – корпус; 2 – подложка; 3 – алмазный брусок; 4 – опорная планка
Рис. 1. Конструкция колодки: а – традиционная; б – экспериментальная

Несмотря на невысокие температуры в контактной зоне, процесс снятия припуска должен проходить с применением смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), превалирующим эффектом которой должна выступать моющая функция [2]. Большинство применяемых на сегодняшний день составов СОЖ для абразивной обработки это водные эмульсии с добавлением различных поверхностно-активных веществ (ПАВ) [3–5]. Как показывает практика, такие составы имеют неплохие результаты, однако изначально при хонинговании, особенно при обработке чугунов, в качестве СОЖ применялся керосин или смесь керосина с минеральными маслами, которые позволяют эффективно вымывать образующуюся мелкодисперсную стружку и не подвергать элементы системы станок-приспособление-инструмент-заготовка (СПИЗ) коррозии [6; 7].

Отказ от применения керосиносодержащих составов СОЖ был обусловлен рядом негативных факторов, среди которых высокая пожароопасность и, что самое главное, раздражение кожных покровов у операторов, обслуживающих данное оборудование [8].

Современные требования к экологизации производства привели к поиску новых составов, которые бы не уступали по своим физико-механическим характеристикам и в то же время оставались безопасными для здоровья рабочего и позволяли существенно снизить стоимость утилизации отработанных СОЖ [9–11].

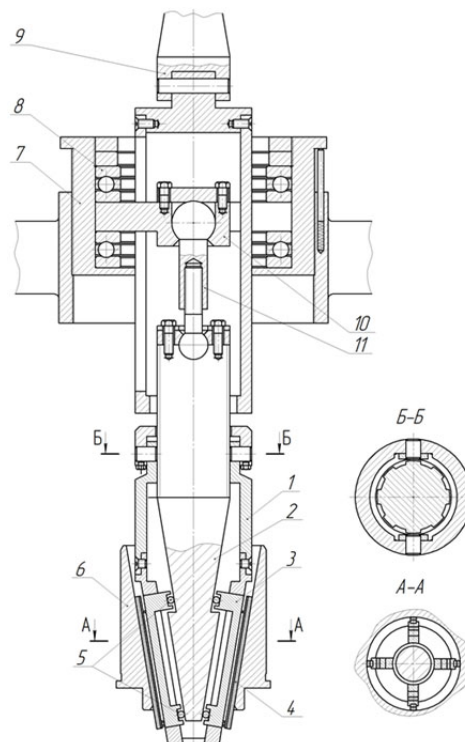
В данной статье при проведении экспериментальных исследований в качестве СОЖ использовался керосин как исходный состав, а также предлагаемый состав 5-процентного водного раствора натриевой соли кислого гудрона (НСК-5).

Методика проведения эксперимента. Исследования проводились на радиально-сверлильном станке мод. 2К522, дополнительно оснащённом кривошипно-шатунным механизмом, обеспечивающим бесступенчатое возвратно-поступательное движение шпинделя в автоматическом режиме, что является обязательным условием для процесса хонингования (см. рис. 2). Обрабатываемый материал – сталь 40Х улучшенная (HRC 42...52) по ГОСТ 4543-2016, используемый для корпуса дозатора дозировочно-укупорочного агрегата Б4-КрП-1 50.10.013, имеющего кониче-

ское отверстие с углом конуса 25° . Для проведения экспериментов разработана хонинговальная головка (см. рис. 3), в которой были установлены алмазные бруски с характеристикой АС6 500/400-М5-01-100%. Установленные режимы резания: окружная скорость – $V_{ок} = 45$ м/мин; скорость возвратно-поступательного движения – $V_{в-п} = 10$ м/мин. В качестве СОЖ использовался на водной основе НСК-5 (см. табл. 1), который обладает хорошими моющими, антикоррозионными и консервационными свойствами, повышенной поверхностной активностью и облегчает процесс резания, повышает интенсивность съема металла, уменьшает удельный расход алмазов.



Рис. 2. Радиально-сверлильный станок мод. 2K522



1 – корпус; 2 – шток разжимной; 3 – колодка;
4 – алмазный брусок; 5 – ролик; 6 – обрабатываемая
деталь; 7 – стакан ограничителя; 8 – подшипник
упорный; 9 – конусный соединительный наконечник;
10 – крестовина; 11 – шарнир

Рис. 3. Хонинговальная головка для обработки конических отверстий

Химический состав СОЖ НСК-5

Таблица 1

в процентах (мас.)

Натриевая соль кислого гудрона	Тетраборноокислый натрий	Натрий азотнокислый	Триэтаноламин	Вода
3	0,25	0,25	1,5	95

После хонингования проводится контроль полученных поверхностей при измерении отклонений прямолинейности образующей и круглости, а также шероховатости обработанной поверхности.

Результаты и их обсуждение. Фактические линии прямолинейности образующей конического отверстия после обработки традиционной и экспериментальной колодками, полученные в результате измерений в 5 точках, представлены на рис. 4.

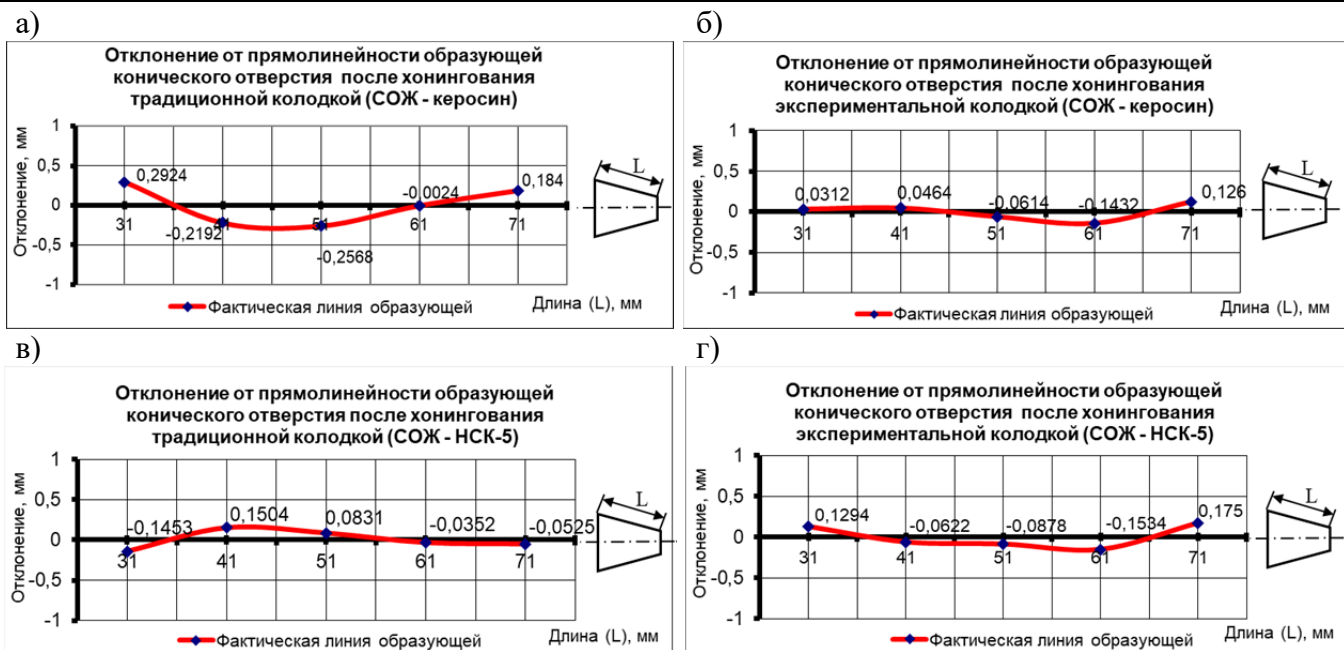


Рис. 4. Отклонение от прямолинейности образующей конического отверстия после хонингования алмазным бруском АС6 500/400-М5-01-100% с использованием: а – традиционной колодки (СОЖ – керосин); б – экспериментальной колодки (СОЖ – керосин); в – традиционной колодки (СОЖ – НСК-5); г – экспериментальной колодки (СОЖ – НСК-5)

Графики показывают уменьшение отклонения прямолинейности образующей конического отверстия при хонинговании экспериментальной колодкой, что связано с выравниванием контактных давлений на длине алмазного бруска, а также возможностью применения НСК-5, действие которой в процессе обработки аналогично керосину.

По полученным результатам измерений отклонений от круглости конического отверстия в поперечном сечении построены круглограммы (см. рис. 5).

Круглограммы показывают эффективность хонингования в среде НСК-5 при оснащении инструмента экспериментальной колодкой.

В процессе исследования микрогеометрии обработанной поверхности конического отверстия с углом конуса 25° после хонингования алмазными брусками АС6 500/400-М5-01-100% с использованием в инструменте традиционной и экспериментальной колодок было установлено, что величина параметров шероховатости возрастает при перемещении от меньшего диаметра отверстия к большему (см. рис. 6).

Полученные результаты шероховатости показывают, что экспериментальная конструкция колодки в сочетании с НСК-5 при хонинговании создаёт благоприятные условия для получения равной микрогеометрии поверхности образующей конического отверстия. Параметры шероховатости при обработке с НСК-5 составили $Ra = 5,488...5,593$ мкм против $Ra = 5,73...5,895$ мкм с керосином.

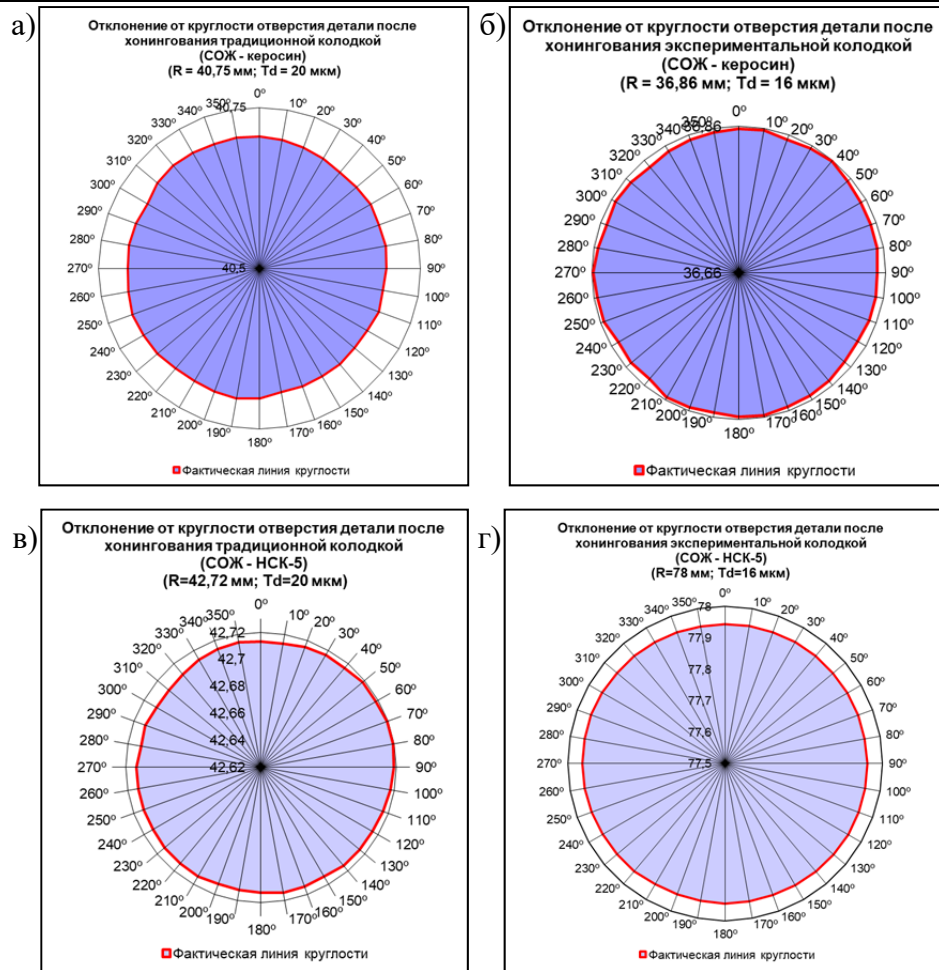


Рис. 5. Отклонение от круглости конического отверстия после хонингования алмазным брусом АС6 500/400-М5-01-100% с использованием: а – традиционной колодки (СОЖ – керосин); б – экспериментальной колодки (СОЖ – керосин); в – традиционной колодки (СОЖ – НСК-5); г – экспериментальной колодки (СОЖ – НСК-5)

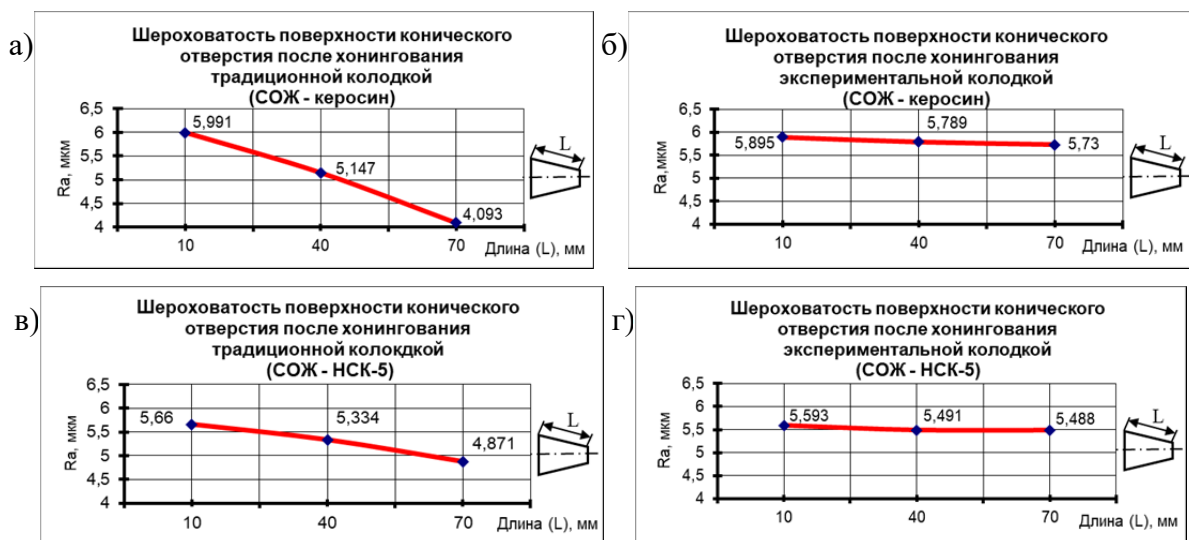


Рис. 6. Шероховатость поверхности образующей конического отверстия после хонингования брусками АС20 125/100-М5-01-100% с использованием: а – традиционной колодки (СОЖ – керосин); б – экспериментальной колодки (СОЖ – керосин); в – традиционной колодки (СОЖ – НСК-5); г – экспериментальной колодки (СОЖ – НСК-5)

Заключение. Результаты проведённых экспериментов, характеризующие качество поверхности при хонинговании конических отверстий в стали 40Х алмазными брусками с характеристикой АСб 500/400-М5-01-100%, показали, что обработка с предлагаемой конструкцией колодки для угла конуса 25° в среде НСК-5 позволила повысить точность, выровнять и снизить микронеровность на длине образующей. В дальнейшем планируется проведение экспериментов с подбором СОЖ для обработки труднообрабатываемых материалов, качество которых затруднено из-за засаливания брусков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джемилев, Э. Ш. Повышение качества обработки конических отверстий алмазным хонингованием на основе исследования контактного взаимодействия инструмента с деталью: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Джемилев Эшреб Шефикович. – Харьков, 2010. – 161 с.
2. Шашин, А. Д. Исследование влияния СОЖ на процесс взаимодействия инструмента и заготовки при обработке металлов резанием: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Шашин Андрей Дмитриевич. – Москва, 2003. – 118 с.
3. Душко, О. В. Обеспечение эффективности алмазно-абразивной обработки изделий из высокотвёрдой керамики: дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.07 / Душко Олег Викторович. – Волгоград, 2018. – 253 с.
4. Yang, Zhong & Zhen, Yangshu & Tao, Yu. Study on the characteristics of grinding fluid in extrusion grinding machining / Journal of Physics: Conference Series. 2021. – 012054.
5. O. N. Didmanidze, M. Y. Karelina and E. P. Parlyuk. Tribo-Characteristics of Promising Cutting Fluids for Metal Cutting / 2021 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. 2021. P. 1-4.
6. Башкирцева, И. В. Совершенствование финишной абразивной обработки путём рационального подбора состава смазочно-охлаждающей жидкости / И. В. Башкирцева, Т. Н. Орлова // Процессы абразивной обработки, абразивные инструменты и материалы. Шлифабразив-2019: сборник статей XVII Международной научно-технической конференции / под общ. ред. В. М. Шумячера. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2019. – С. 124-128.
7. Хонингование: моногр. / А. П. Бабичев [и др.]; под ред. А. П. Бабичева; М-во образования и науки Рос. Федерации; Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т; Донской гос. техн. ун-т. – Волгоград: ВолГАСУ, 2013. – 245 с.
8. Косарев, В. В. Профессиональные болезни: учеб. пособие / В. В. Косарев, С. А. Бабанов. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2011. – 207 с.
9. M. Naveed, A. Arslan, H. M. A. Javed, T. Manzoor, M. M. Quazi, T. Imran, Z. M. Zulfattah, M. Khurram, I. M. R. Fattah. State-of-the-Art and Future Perspectives of Environmentally Friendly Machining Using Biodegradable Cutting Fluids / Energies. 2021. – 4816.
10. Jing Ni, Yongfeng Yang, Can Wu. Assessment of water-based fluids with additives in grinding disc cutting process / Journal of Cleaner Production. – P. 593-601.
11. Sharan V., Rajesh H., Sankaranarayanan R. Biodegradable cutting fluids for manufacturing processes // AIP Conference Proceedings. 2020. 140039.