

УДК 621.923.5

ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ КОНИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ ИЗ СТАЛИ 40Х АЛМАЗНЫМ ХОНИНГОВАНИЕМ

Э. Ш. ДЖЕМИЛОВ, Р. И. СУЛЕЙМАНОВ

*Крымский инженерно-педагогический университет,
г. Симферополь*

ALPER UYSAL

Yildiz Technical University, Turkey, Istanbul

Ключевые слова: алмазное хонингование, контактные давления, отклонение от круглости, отклонение от прямолинейности, шероховатость.

Введение

Изготовление точных конических отверстий является сложным технологическим процессом. Известные операции, которые формируют конические отверстия, не обеспечивают стабильное качество обработанных поверхностей.

При внутреннем шлифовании конического отверстия обрабатываемую деталь необходимо устанавливать с выверкой биения по индикатору, что приводит к снижению производительности процесса. Образование погрешностей формы конического отверстия связано с вибрацией и упругим отжатию шлифовального круга, устанавливаемого консольно. Высокие скорости при шлифовании и высокие температуры в зоне резания приводят к появлению прижогов на обрабатываемой поверхности и изменению структуры поверхностного слоя материала, снижая качество обработки.

При зенкерование конических отверстий форма инструмента копируется на обрабатываемой поверхности. Основными причинами погрешностей обработки является низкая стойкость инструмента из-за выкрашивания и сколов на режущей части зенкера [1].

Одной из высокопродуктивных операций, обеспечивающих качество обработки конических отверстий, является алмазное хонингование, при изучении которого были отмечены его особенности:

- переменная ширина контакта рабочей поверхности инструмента с деталью приводит к неравномерному съему материала;
- значения параметров шероховатости обработанной поверхности изменяются по длине отверстия.

В связи с этим возникает необходимость создания условий, которые повышают качество обработки конических отверстий, на основе управления процессом контактного взаимодействия инструмента с деталью. Решение данной научно-технической задачи имеет актуальность для науки и практики [2].

Цель исследования – повышение качества обработанной поверхности конических отверстий алмазным хонингованием за счет равномерного обеспечения контактных давлений при взаимодействии инструмента с деталью и применения прогрессивных СОЖ.

Методы исследования

Экспериментальные исследования выполнены на основе научных положений теории резания материалов, механики контактного взаимодействия при алмазно-абразивной обработке и проектировании режущих инструментов. По результатам исследований даны рекомендации, позволяющие повысить качество обработки конических отверстий алмазным хонингованием.

По полученным данным построены графические зависимости, характеризующие отклонение от круглости и прямолинейности, шероховатости обработанных конических отверстий.

Основная часть

На основе аналитических и экспериментальных исследований особенностей процесса хонингования конических отверстий была определена зависимость для определения контактного давления (q_y) в любой точке бруска при взаимодействии рабочей поверхности инструмента с деталью [2]:

$$q_y = \beta \omega k_d^2 HV \bar{N} \delta^2,$$

где β – коэффициент, зависящий от формы конического зерна; ω – коэффициент, учитывающий отличие формы зерна от формы пирамиды Виккерса; k_d – коэффициент динамики, учитывающий уменьшение глубины внедрения зерна при резании (устанавливается экспериментально); HV – твердость обрабатываемого материала по Викерсу; \bar{N} – число зерен, участвующих в резании; δ – глубина внедрения зерна.

Экспериментальные исследования, проводимые по разработанной методике [2], показали неравномерность распределения контактных давлений по длине бруска, из чего можно заключить, что процесс резания сопровождается неравномерным съемом материала. Связано это с тем, что при хонинговании конических отверстий ширина контакта бруска с заготовкой постоянно изменяется, а глубина внедрения режущих зерен с уменьшением ширины контакта увеличивается. Следовательно, возникают отклонения от круглости и прямолинейности образующей конического отверстия, неравномерность шероховатости обработанной поверхности, что нежелательно для сопрягаемых деталей или последующей операции притирки, которая является весьма трудоемкой.

В связи с этим возникла необходимость создания инструмента, обеспечивающего на поверхности бруска при его взаимодействии с деталью равномерно распределенную контактную нагрузку.

Была разработана колодка (составляющий элемент инструмента), позволяющая выравнять контактные нагрузки на рабочей поверхности бруска (рис. 1).



Рис. 1. Колодка инструмента для хонингования конических отверстий:
 а – промышленная (традиционная): 1 – корпус; 2 – подложка; 3 – алмазный брусок;
 б – экспериментальная: 1 – корпус; 2 – подложка; 3 – алмазный брусок;
 4 – опорная планка

По полученным расчетным и экспериментальным результатам (см. таблицу) построены графические зависимости (рис. 2), из которых видно, что конструкция экспериментальной колодки позволяет выравнять контактные давления на рабочей поверхности бруска при его взаимодействии с поверхностью конического отверстия.

С помощью программы SolidWorks была создана модель для наглядного представления контактного взаимодействия инструмента (в среднем положении) с обрабатываемой деталью при хонинговании конического отверстия (рис. 3). При построении модели входные параметры соответствовали параметрам, использованным в ходе проведения экспериментов (материал детали и инструмент, их габаритные размеры, приложенная нагрузка).

Значения контактных давлений на поверхности бруска

Длина образующей L , мм	Давление q_y , МПа			
	Промышленная (традиционная) колодка		Предлагаемая колодка	
	Экспериментальное	Расчетное	Экспериментальное	Расчетное
5	1,04	1,25	0,52	0,57
15	1,08	1,18	0,50	0,45
25	0,75	0,78	0,35	0,33
35	0,44	0,73	0,34	0,24
45	0,47	0,55	0,23	0,16
55	0,10	0,35	0,19	0,09
65	0,15	0,20	0,18	0,04
75	0,07	0,04	0,05	0,014

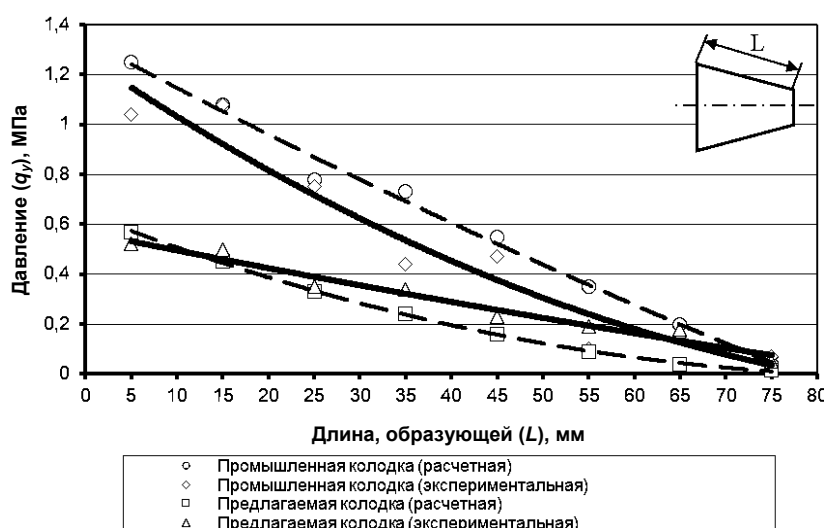


Рис. 2. Распределение контактного давления q_y вдоль бруска при использовании промышленной (традиционной) и экспериментальной колодок

Напряженное состояние поверхности детали, отражающее контактное взаимодействие процесса хонингования, показывает эффективность применения экспериментальной колодки.

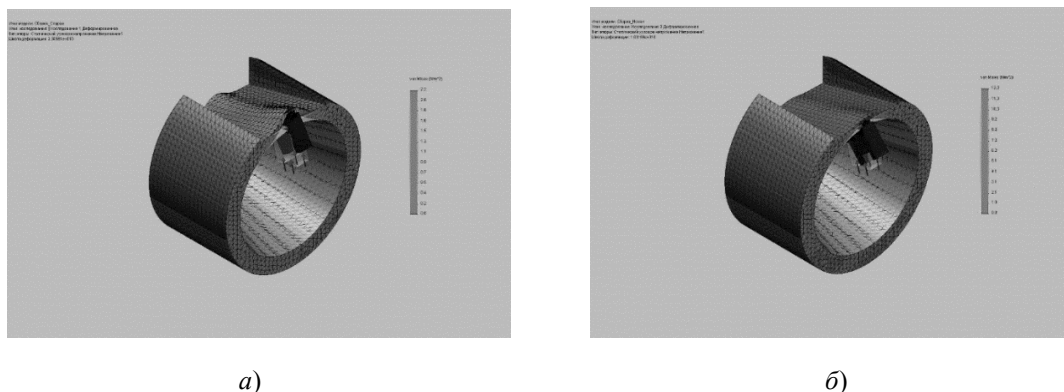


Рис. 3. Модель контактного взаимодействия колодки с поверхностью конического отверстия детали (в среднем положении относительно детали): а – промышленная (традиционная) колодка; б – экспериментальная колодка

Возможности программы SolidWorks позволяют создать модели конструкций колодок для обработки конических отверстий, имеющих различную длину и угол конуса.

Полученные результаты позволили продолжить исследования, направленные на формирование качества обработанной поверхности.

Для проведения экспериментов в качестве материала была использована сталь 40Х улучшенная (HRC 42–52) по ГОСТ 4543–71. Обработка проводилась на радиально-сверлильном станке модели 2К522. Установленные режимы резания: $V_{о.к} = 45$ м/мин; $V_{в-п} = 10$ м/мин. Алмазные бруски: АС6 500/400-М5-01-100 %. СОЖ: НСК-5 и керосин.

И. Е. Фрагин [3] указывает, что керосин является высокоэффективной СОЖ для процесса алмазного хонингования, так как представляет собой парафиновые углеводороды от С11Н24 до С15Н32. В керосине от 0,2 до 3 % нафтеновых кислот с числом углеродных атомов 13–15 и более. Нафтеновые кислоты содержат 7,5 % жирных кислот и среди них олеиновую кислоту – эффективные ПАВ. Автор выдвигает также предположение о хемосорбционном взаимодействии ювенильной поверхности металла и органических ПАВ, содержащихся в керосине. В работах [4]–[7] авторами также подтверждается эффективность применения керосина.

Водный раствор концентрата НСК-5 был разработан институтом химии приса-док Академии наук Азербайджанской ССР. В его состав входят следующие компоненты: 30 % – натриевых солей кислого гудрона; 2,5 % – азотнокислого натрия; 2,5 % – тетраборокислого натрия; 15 % – триэтанолamina; остальное вода. Испытания НСК-5 показали, что он обладает хорошими теплоотводящими, смазывающими, антикоррозионными свойствами. В результате внедрения водного раствора НСК-5 стойкость алмазных брусков увеличилась в 2,5 раза, удельный расход алмаза стал ниже, а производительность процесса выше, чем при использовании керосина [8].

После хонингования были проведены измерения параметров точности: отклонений от круглости конического отверстия в поперечном сечении; прямолинейности образующей. По полученным результатам построены круглограммы (рис. 4) и отклонения прямолинейности образующей (рис. 5).

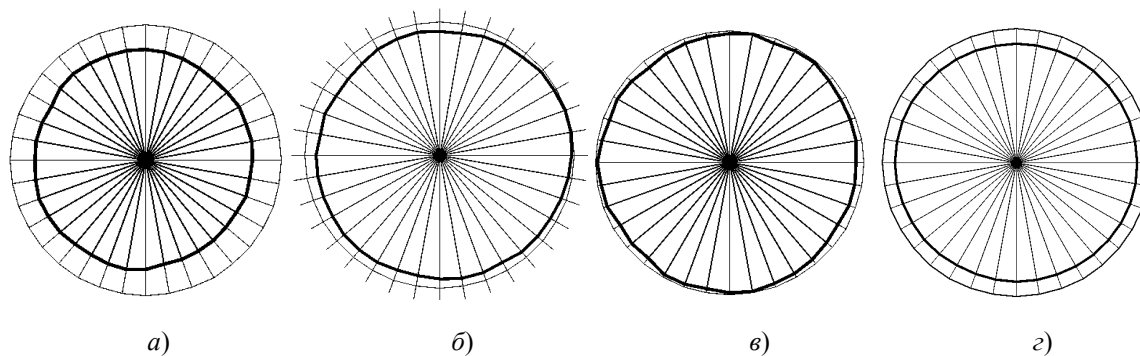


Рис. 4. Круглограммы поверхности конического отверстия после хонингования:

- а – традиционной колодкой: СОЖ–керосин; $R = 42,719$ мм; $Td = 20$ мм;
- б – традиционной колодкой: СОЖ–НСК-5 на водной основе; $R = 42,719$ мм; $Td = 20$ мм;
- в – экспериментальной колодкой: СОЖ–керосин; $R = 36,97$ мм; $Td = 16$ мм;
- з – экспериментальной колодкой: СОЖ–НСК-5 на водной основе; $R = 36,97$ мм; $Td = 16$ мм

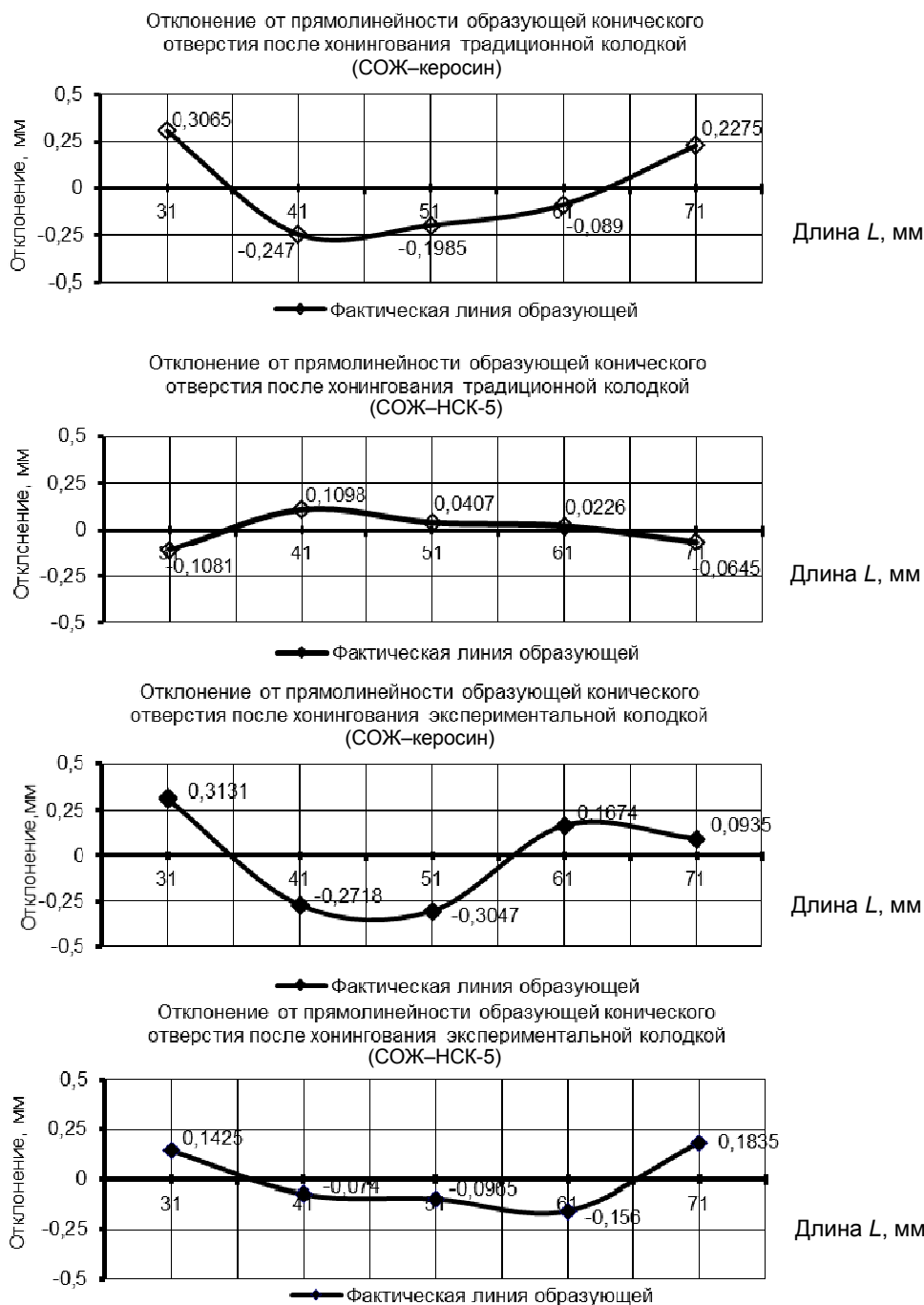


Рис. 5. Отклонения образующей конического отверстия после хонингования

Качество поверхности конического отверстия после хонингования в среде керосина и НСК-5 оценивалось параметром шероховатости.

В процессе исследования микрогеометрии образующей конического отверстия с углом конуса 25° после хонингования с использованием в инструменте как промышленной (традиционной), так и экспериментальной колодки было определено, что параметры шероховатости переменны. Их величина возрастает при перемещении от меньшего диаметра отверстия к большему. Для измерения шероховатости был использован портативный профилометр с программным обеспечением TR200.

На основании полученных данных построены графики шероховатости вдоль образующей конического отверстия (рис. 6).

Результаты шероховатости, представленные на рис. 5, показывают, что экспериментальная конструкция колодки и применение НСК-5 в качестве СОЖ при хонинговании создают благоприятные условия формирования равной микрогеометрии поверхности образующей конического отверстия.

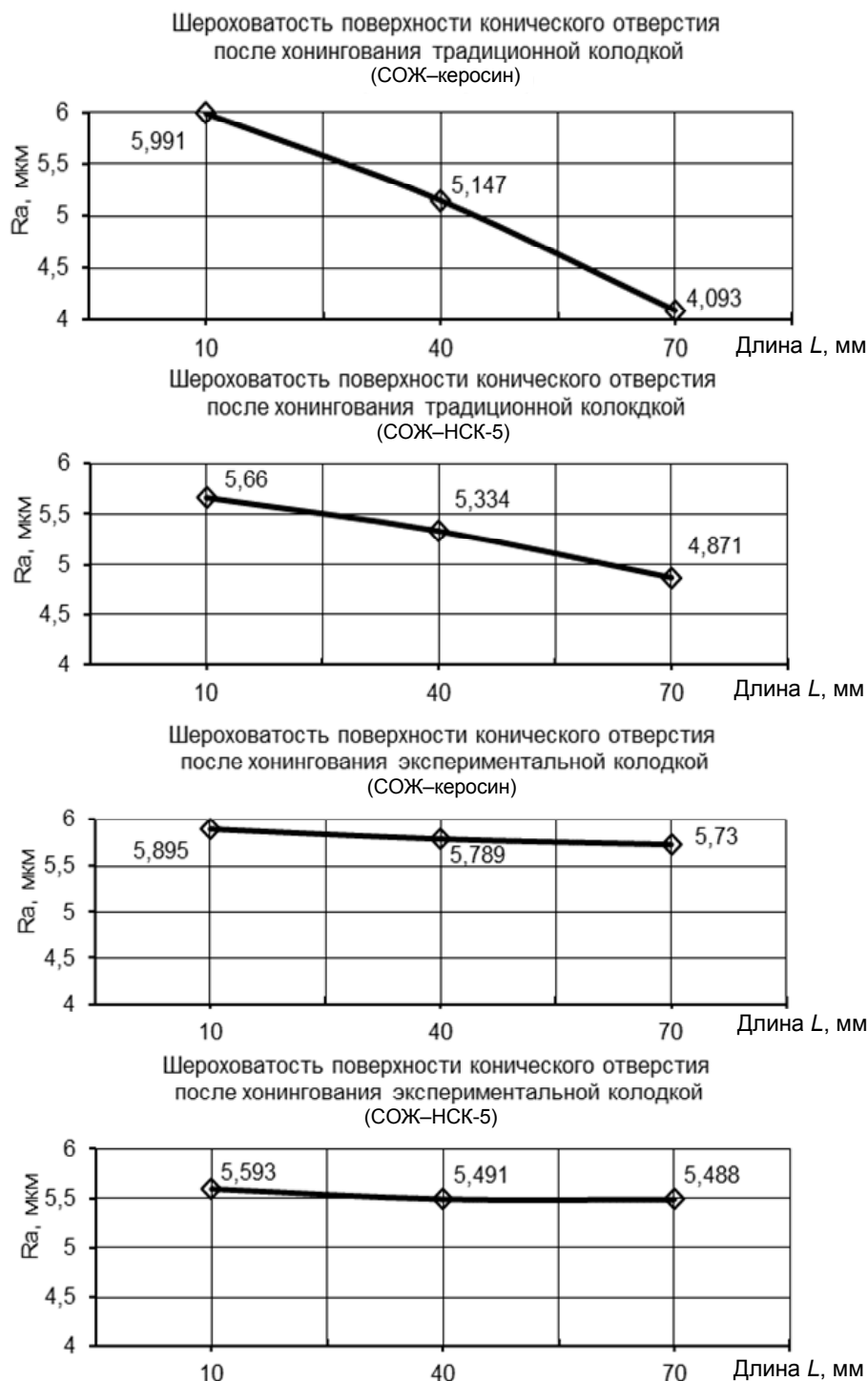


Рис. 6. Шероховатость поверхности образующей конического отверстия после хонингования брусками АС6 500/400-М5-01-100 %

Заключение

Результаты проведенных исследований показали, что при хонинговании конических отверстий из стали 40Х в среде водного раствора НСК-5 и бруском с характеристикой АС6 500/400-М5-01-100 %, закрепленным в предлагаемой конструкции колодки, позволило обеспечить равномерную шероховатость обработанной поверхности.

Литература

1. Иззетов, Н. А. Повышение точности и производительности чистовой обработки конических отверстий алмазным хонингованием : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / Н. А. Иззетов. – М., 1987. – 254 с.
2. Джемилов, Э. Ш. Повышение качества обработки конических отверстий алмазным хонингованием на основе исследования контактного взаимодействия инструмента с деталью : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / Э. Ш. Джемилов. – Харьков, 2010. – 160 с.
3. Фрагин, И. Е. Расчет настройки выхода хона при алмазном и абразивном хонинговании / И. Е. Фрагин. – М. : ОНТЭИ, 1965. – С. 68–79. – (Алмазная обработка деталей машин).
4. Латышев, В. Н. Повышение эффективности СОЖ / В. Н. Латышев. – М. : Машиностроение, 1975. – 88 с.
5. Малиновский, Г. Г. Масляные смазочно-охлаждающие жидкости для обработки металлов резанием / Г. Г. Малиновский. – М. : Химия, 1988. – 187 с.
6. Ребиндер, П. А. Поверхностно-активные вещества / П. А. Ребиндер. – М. : Знание, 1961. – 46 с.
7. Худобин, Л. В. Смазочно-охлаждающие средства, применяемые при шлифовании / Л. В. Худобин. – М. : Машиностроение, 1971. – 211 с.
8. Абразивная и алмазная обработка материалов : справочник / под. ред. А. Н. Резникова. – М. : Машиностроение, 1977. – 392 с.

Получено 19.03.2019 г.