

DOI: 10.24412/2077-8481-2023-4-32-40

УДК 621.787

М. Н. МИРОНОВА, канд. техн. наук, доц.

Е. Н. АНТОНОВА, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет (Могилев, Беларусь)

ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОТВЕРСТИЙ ПНЕВМОЦЕНТРОБЕЖНЫМИ РАСКАТНИКАМИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Аннотация

Рассмотрены вопросы обеспечения шероховатости по параметру Ra и формы микрорельефа поверхности при пневмоцентробежной обработке отверстий двухрядным пневмоцентробежным раскатником. Использован подход, базирующийся на технологиях функциональных семантических сетей. Проведен анализ влияния конструктивно-технологических факторов на качество поверхностей обрабатываемых отверстий. Указаны пути управления формой микрорельефа поверхности и шероховатостью поверхности.

Ключевые слова:

пневмоцентробежная обработка, искусственный интеллект, функциональные семантические сети.

Для цитирования:

Миронова, М. Н. Исследования обработки поверхностей отверстий пневмоцентробежными раскатниками на основе использования функциональных семантических сетей / М. Н. Миронова, Е. Н. Антонова // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2023. – № 4 (81). – С. 32–40.

Введение

Известно, что для того чтобы изделие экономично выполняло свое служебное назначение, оно должно обладать необходимым для этого качеством. Поэтому одной из задач технологии машиностроения является прогнозирование значений показателей качества поверхностей отверстий после пневмоцентробежной обработки.

Для управления процессом пневмоцентробежной обработки отверстий предлагается применять технологии искусственного интеллекта, основанные на использовании функциональных семантических сетей. Данный метод является эффективным способом обеспечения требуемых параметров качества поверхностей отверстий, т. к. основан на решении задачи многофакторной оптимизации конструкции инструмента и режимов обработки [1].

Использование технологий функ-

циональных семантических сетей позволит заранее определить ожидаемые показатели качества исходя из исходных условий проведения технологической операции пневмоцентробежной обработки отверстий.

В то же время предварительная оценка ожидаемых параметров качества поверхностей позволяет правильно спроектировать технологический процесс пневмоцентробежной обработки отверстий.

Постановка задачи

При разработке и внедрении в действующее производство любого технологического процесса следует учесть большое количество различных факторов. Поэтому для эффективного управления процессом пневмоцентробежной обработки отверстий необходим анализ влияния конструктивных и технологических параметров системы на шерохо-

ватость и форму микрорельефа поверхности. Анализируя влияние отдельных факторов на показатели качества поверхностей, можно достоверно их предсказывать.

Степени влияния различных конструктивно-технологических факторов на показатели качества поверхностей отверстий были исследованы с помощью системы *Semantic*, использующей функциональные семантические сети в качестве инструмента для вычислений. Интеллектуальность системы обеспечивается за счет того, что жесткий алгоритм действий отсутствует, а последовательность выполняемых действий определяется самой системой в процессе решения отдельной поставленной задачи [2].

Отношения и параметры функциональной семантической сети, учи-

тывающие взаимосвязи конструктивных параметров инструмента и режимов пневмоцентробежной обработки отверстий, приведены в [1].

Результаты и их анализ

В результате исследований были получены зависимости влияния различных конструктивных и технологических факторов на выходные параметры пневмоцентробежной обработки отверстий.

На рис. 1 представлены результаты моделирования влияния давления в камере расширения инструмента на частоту вращения шаров. Моделирование проводилось для обработки изделий из чугуна диаметром 110 мм шарами диаметром 10 мм с цилиндрическими соплами диаметром 2 мм. Зазор между деталью и инструментом составлял 0,1 мм.

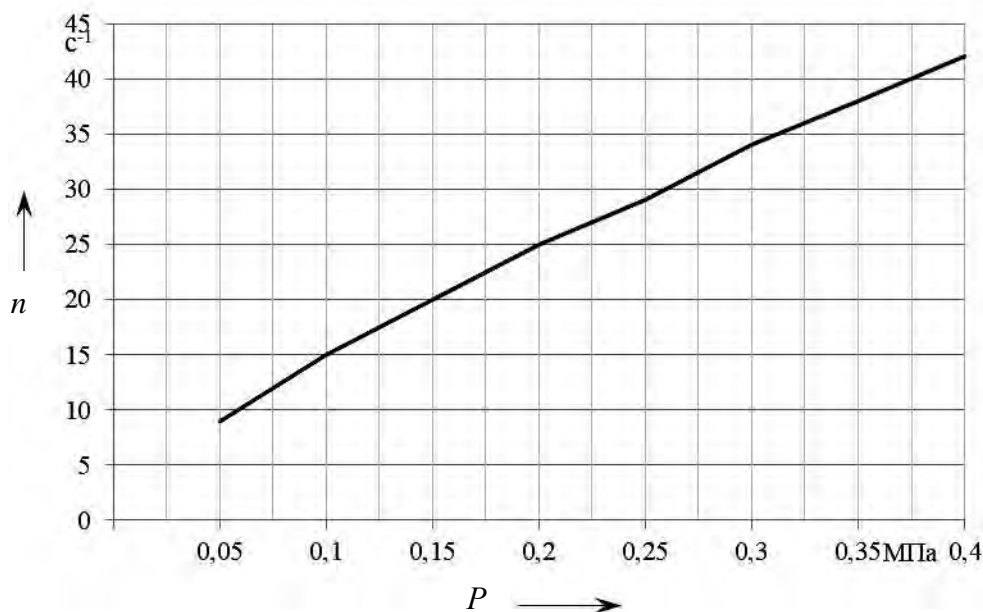


Рис. 1. Зависимость частоты вращения шаров от давления

Из графика видно, что с повышением давления частота вращения шаров увеличивается.

Исследования показали, что при увеличении зазора между заготовкой и инструментом до 0,6 мм частота враще-

ния шаров повышается (рис. 2). При дальнейшем его увеличении до 1,2 мм частота практически не изменяется. Это необходимо учитывать при выборе режимов обработки и конструировании инструмента. Так, например, изменени-

ем зазора между заготовкой и инструментом можно изменять частоту вращения шаров, не увеличивая давление в осевой полости инструмента.

Результаты моделирования влияния расположения сопел относительно оси инструмента (расстояния от оси инструмента до оси сопел b) на тангенци-

альную составляющую результирующей скорости шаров представлены на рис. 3. Данная зависимость получена для обработки стальной втулки диаметром 110 мм при давлении в камере расширения $P = 0,2$ МПа с числом сопел $z_c = 6$ и диаметре сопел $d_c = 3,5$ мм.

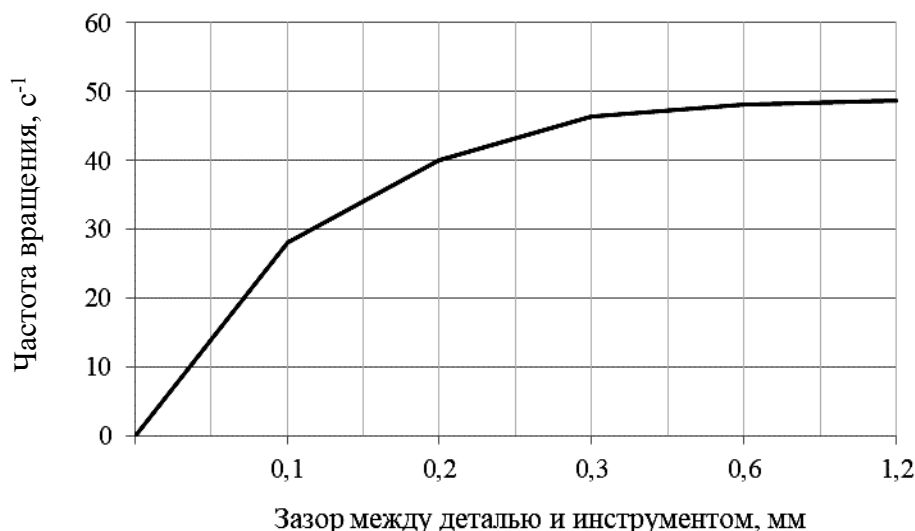


Рис. 2. Зависимость частоты вращения шаров от величины зазора между деталью и инструментом

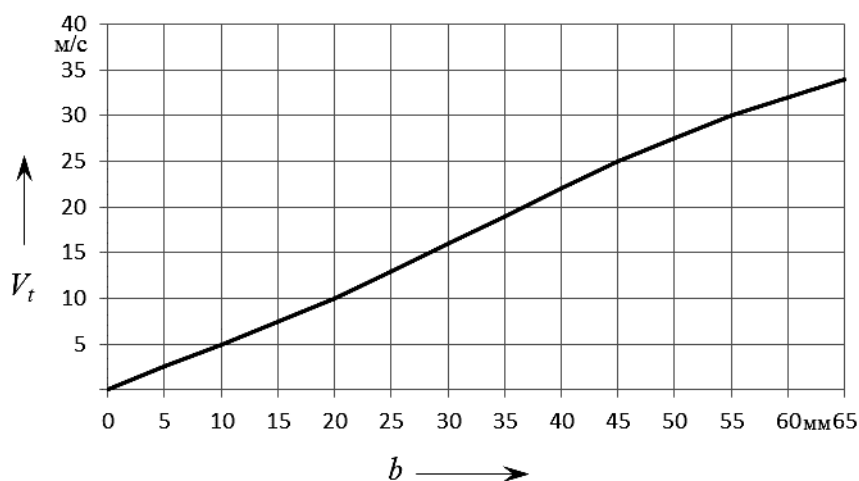


Рис. 3. Зависимость тангенциальной составляющей относительной скорости вращения шаров от расстояния b

Из графика видно, что с увеличением расстояния b возрастает тангенциальная составляющая скорости шара,

которая является определяющей для частоты вращения шаров. При увеличении тангенциальной составляющей повыша-

ется частота вращения шаров. При максимальном значении расстояния b частота вращения шаров максимальна, и шары при прохождении пути от одного сопла к другому обеспечивают выглаживающий эффект.

Шар с уменьшением расстояния b , совершив удар по обрабатываемой поверхности, отскакивает и перемещается к следующему соплу с минимальной скоростью, не оказывая воздействия на обрабатываемую поверхность на этом участке пути. При таком режиме работы шары выбивают лунки на обрабатываемой поверхности, что обеспечивает получение луночного микрорельефа.

При $b = 0$ тангенциальная составляющая также будет равна нулю, а нор-

мальная составляющая будет иметь максимальное значение. В этом случае вращение шаров практически отсутствует, но сила удара шара, находящегося напротив сопла, будет максимальной.

В результате исследований было изучено влияние подачи на работу, совершаемую инструментом, $A_{ин}$. Результаты моделирования представлены на рис. 4.

Установлено, что при увеличении подачи инструмента уменьшается работа, совершаемая инструментом.

Зависимость работы, необходимой для смятия микронеровностей, от твердости обрабатываемого материала показана на рис. 5.

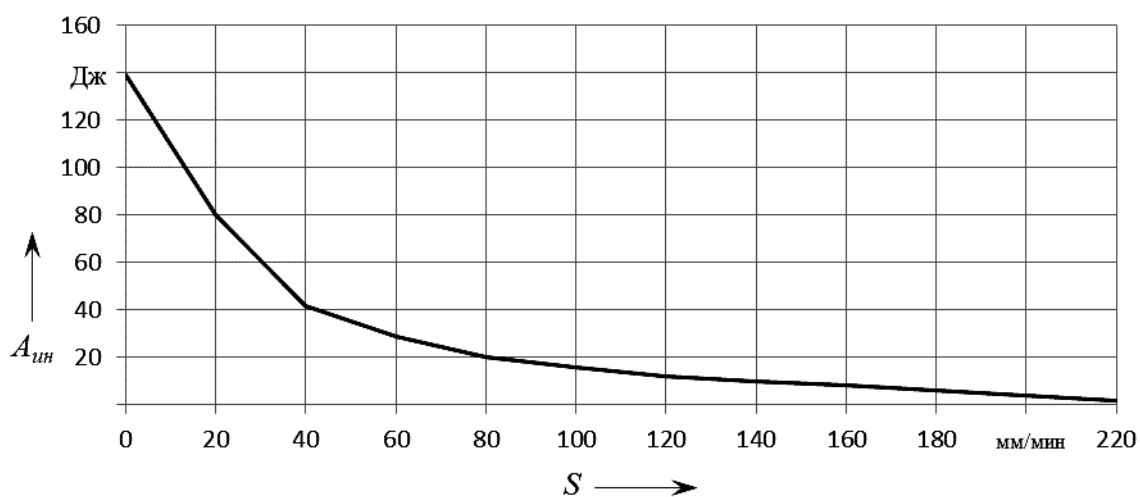


Рис. 4. Зависимость работы, совершаемой инструментом, от подачи

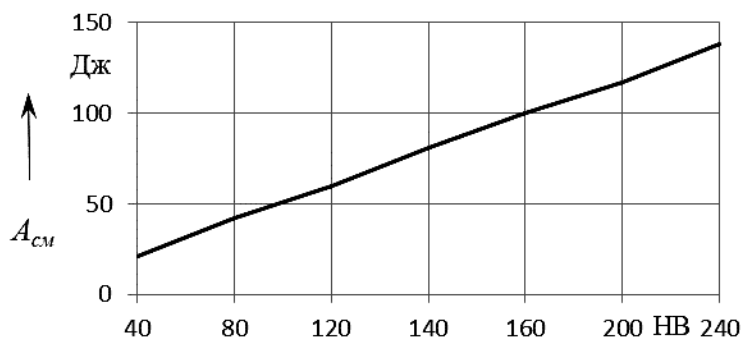


Рис. 5. Зависимость работы, необходимой для смятия микронеровностей, от твердости обрабатываемого материала

Из графика видно, что при обработке втулок с большей твердостью необходимо большая сила для смятия неровностей.

На рис. 6 показано влияние количества сопел на частоту их вращения.

Исследования проводились для сопел диаметром 2,5 мм при давлении $P = 0,1$ МПа в осевой полости пневмоцентробежного раскатника диаметром 109 мм, снабженного деформирующими шарами диаметром 10 мм.

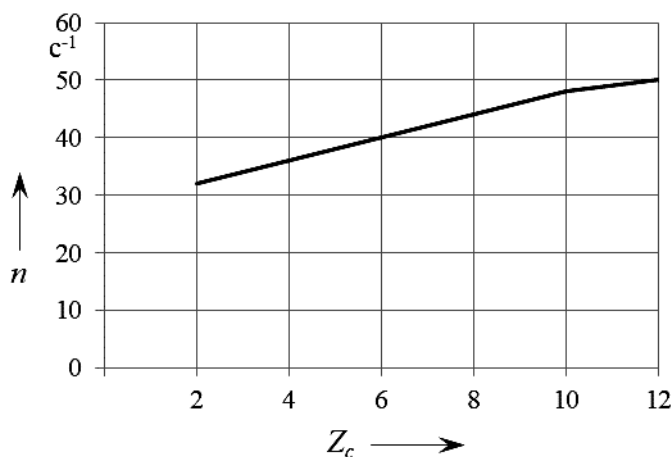


Рис. 6. Влияние давления и количества сопел на частоту вращения шаров

Анализ результатов моделирования показал, что с ростом количества сопел частота вращения деформирующих шаров увеличивается, т. к. повышается массовый расход воздуха, совершающего работу, необходимую для смятия неровностей.

Проведенные исследования позво-

лили определить влияние некоторых конструктивно-технологических факторов на качество обрабатываемой поверхности.

Влияние исходной шероховатости поверхности бронзовых втулок диаметром 45 мм и твердостью 100 НВ на ее конечное значение показано на рис. 7.

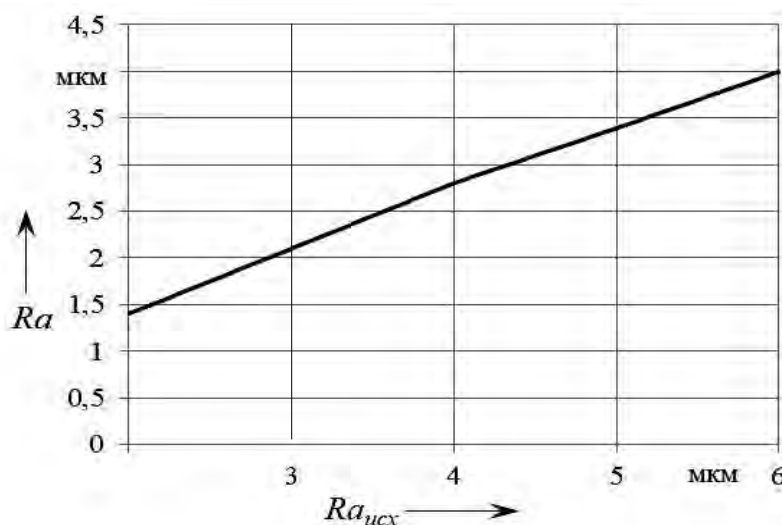


Рис. 7. Влияние исходной шероховатости поверхности на ее конечное значение

При больших исходных значениях шероховатости поверхности необходимо выполнить и большую работу для смятия неровностей, следовательно, при увеличении исходной шероховатости увеличивается и конечная шероховатость.

Влияние подачи на конечную шероховатость при обработке бронзовых и алюминиевых изделий представлено на рис. 8. Исходная шероховатость обрабатываемой поверхности $Ra_{исх} = 5$ мкм.

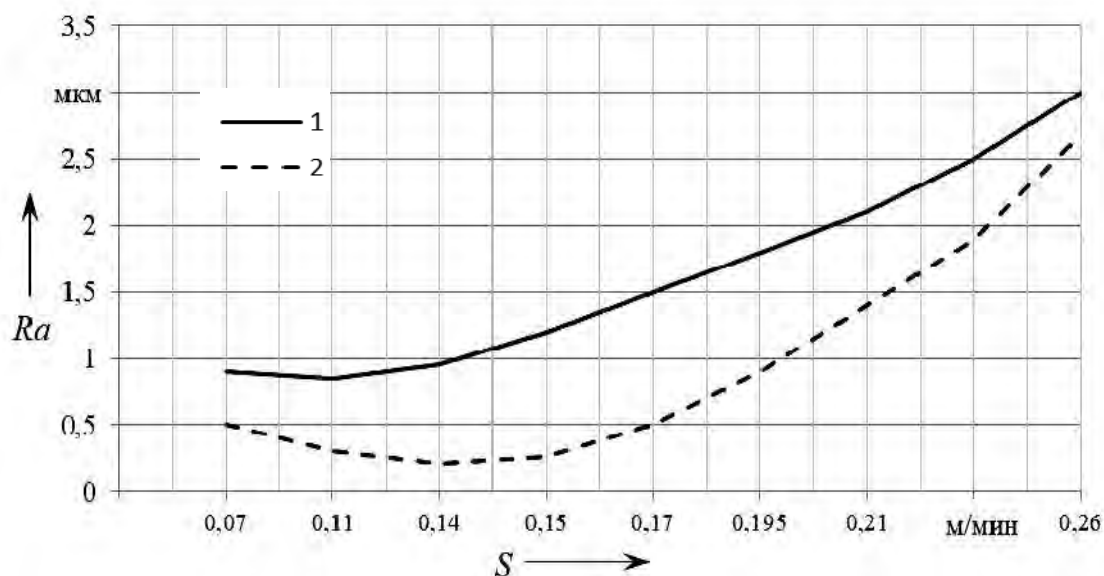


Рис. 8. Зависимость шероховатости от подачи при обработке: 1 – бронзовая втулка с твердостью 110...115 НВ; 2 – алюминиевая втулка с твердостью 70...75 НВ

Характер полученных зависимостей показывает, что при увеличении подачи шероховатость уменьшается на определенном интервале, затем начинает возрастать. Это связано с тем, что с увеличением подачи работа, совершаемая инструментом, уменьшается, и с определенного значения (это значение зависит от твердости обрабатываемого материала) ее становится недостаточно для смятия микронеровностей, тогда шероховатость начинается увеличиваться. При малой твердости материала и малых подачах инструмент совершает работу большую, чем необходимо для смятия микронеровностей материала.

Установлено, что при увеличении диаметра шаров конечная шероховатость уменьшается. График, представленный на рис. 9, отражает зависимость конечной шероховатости от диаметра шаров

при давлении $P = 0,3$ МПа, диаметре сопел $d_c = 3,5$ мм и исходной шероховатости $Ra_{исх} = 6$ мкм. Результаты моделирования приведены для обработки втулок из стали 35 диаметром 120 мм.

График, представленный на рис. 10, отражает зависимость конечной шероховатости от давления в камере расширения инструмента P . Результаты моделирования приведены для обработки втулок из стали 35 диаметром 120 мм с исходной шероховатостью $Ra_{исх} = 6$ мкм при диаметре сопел $d_c = 1,5$ мм и диаметре шаров $d_{ш} = 8$ мм.

При уменьшении давления шероховатость увеличивается. Такой характер изменения кривой объясняется тем, что при больших давлениях создается достаточная сила воздушного потока для вращения шаров. При уменьшении давления расход воздуха становится

меньше, и силы воздушного потока (струй) уже недостаточно для вращения шаров. Поэтому уменьшается ударная

сила шаров и, соответственно, увеличивается шероховатость.

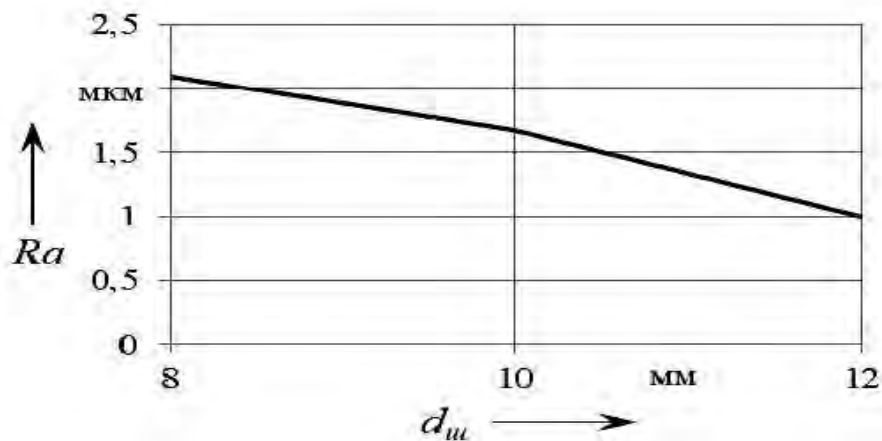


Рис. 9. Зависимость конечной шероховатости от диаметра шаров

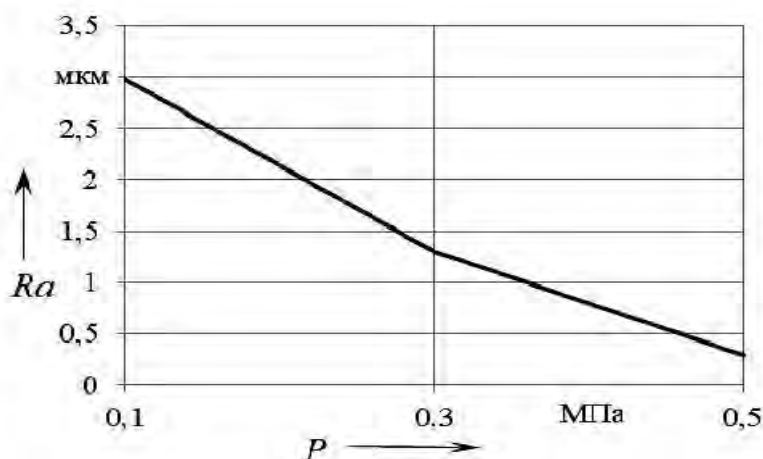


Рис. 10. Зависимость шероховатости от давления в камере расширения инструмента

Установлено, что при уменьшении диаметра сопел увеличивается конечная шероховатость поверхности (рис. 11), т. к. уменьшается объемный расход воздуха, что влечет за собой снижение частоты вращения шаров и ударной силы.

Заключение

Результаты исследований позволили выявить влияние конструктивных (диаметров сопел и шаров, формы и

расположения сопел, зазора между заготовкой и инструментом) и технологических (подачи инструмента и давления сжатого воздуха в осевой полости раскатника) параметров инструмента на шероховатость и форму микрорельефа поверхности на основе многочисленных компьютерных экспериментов со случайными комбинациями параметров на основе использования интеллектуальной системы *Semantic*.

Использование этих данных поз-

воляет строить эффективные алгоритмы управления процессом пневмоцентробежной обработки отверстий.

На основе данных, полученных в результате моделирования, установлено, что наибольшее влияние на шероховатость поверхности оказывают давление сжатого воздуха, подача инструмента и, в меньшей степени, диа-

метры шаров.

Установлено, что наибольшее влияние на форму микрорельефа оказывают форма и расположение сопел, диаметры шаров, а также подача, что следует учитывать при проектировании инструмента и выборе режимов обработки.

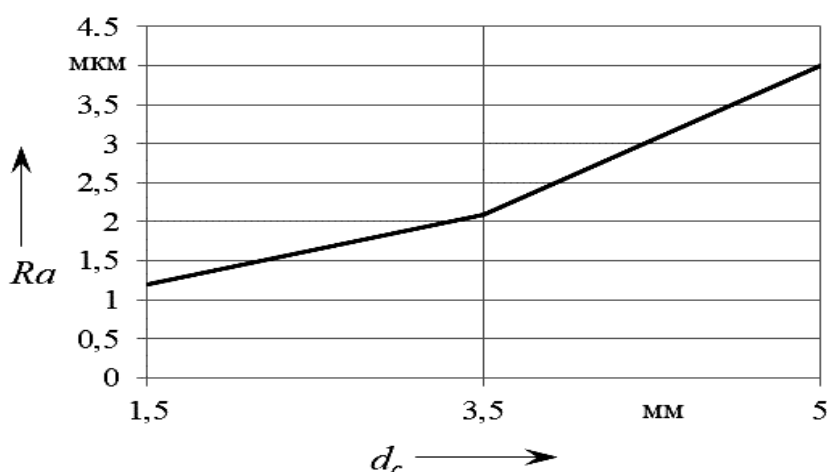


Рис. 11. Зависимость шероховатости от диаметра сопел

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Миронова, М. Н.** Управление шероховатостью и формой микрорельефа при упрочняющей пневмоцентробежной обработке отверстий на основе использования функциональных семантических сетей / М. Н. Миронова, Е. Н. Антонова // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2020. – № 3. – С. 76–85.
2. **Пашкевич, В. М.** Функциональные семантические сети для обеспечения точности механической обработки / В. М. Пашкевич, М. Н. Миронова. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2015. – 200 с.
3. **Гарлачов, Н. С.** Влияние конструктивных и технологических факторов на частоту вращения шаров пневмоцентробежного раскатника / Н. С. Гарлачов, Е. Н. Антонова // Вестн. МГТУ. – 2006. – № 1. – С. 41–44.
4. **Парахневич, В. Т.** Энергетический анализ пневмоцентробежного шарикового раскатника / В. Т. Парахневич, Е. Н. Антонова // Вестн. МГТУ. – 2006. – № 1. – С. 188–192.
5. **Гарлачов, Н. С.** Методика определения работы, совершаемой пневмоцентробежным раскатником при обработке внутренних цилиндрических поверхностей / Н. С. Гарлачов, Е. Н. Антонова // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2007. – № 1. – С. 76–81.
6. **Антонова, Е. Н.** Обработка внутренних поверхностей тел вращения двухрядным пневмоцентробежным раскатником / Е. Н. Антонова // Сборник научных трудов членов Международной Балтийской Ассоциации машиностроителей. – Калининград: Калининград. гос. техн. ун-т, 2005. – № 5. – С. 59–61.
7. **Пашкевич, В. М.** Методология комплексного решения технологических задач на основе использования функциональных семантических сетей / В. М. Пашкевич, М. Н. Миронова // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2013. – № 2. – С. 95–105.

Статья сдана в редакцию 17 октября 2023 года

Контакты:

MarinaMN16@mail.ru (Миронова Марина Николаевна);

antonovaen@list.ru (Антонова Елена Николаевна).

M. N. MIRONOVA, E. N. ANTONOVA

RESEARCH ON SURFACE TREATMENT OF HOLES USING PNEUMATIC CENTRIFUGAL ROLLERS WITH APPLICATION OF FUNCTIONAL SEMANTIC NETWORKS

Abstract

The paper considers the issues of ensuring roughness according to Ra parameter and a surface microrelief form during pneumocentrifugal treatment of holes with a two-row pneumocentrifugal roller. The approach used is based on the technologies of functional semantic networks. The influence of design-engineering factors on the surface quality of machined holes has been analyzed. Ways to control the surface microrelief form and surface roughness are specified.

Keywords:

pneumocentrifugal treatment, artificial intelligence, functional semantic networks.

For citation:

Mironova, M. N. Research on surface treatment of holes using pneumatic centrifugal rollers with application of functional semantic networks / M. N. Mironova, E. N. Antonova // Belarusian-Russian University Bulletin. – 2023. – № 4 (81). – P. 32–40.