

УДК 621.923.9

Автоматизированная установка экструзионного хонингования для постобработки деталей, изготовленных методом селективного лазерного спекания

Широкова Дарья Денисовна^(*)

dashashir23@mail.ru

SPIN-код: 6577-8446

Нафиков Марат Ирекович

maratn2010@gmail.com

Щедрин Владимир Владимирович

spacesteel@bk.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Представлена разработка автоматизированной установки экструзионного хонингования для постобработки деталей аддитивного производства. Технология основана на двухбаковой пневматической системе подачи абразивных паст, обеспечивающей эффективную очистку и снижение шероховатости внутренних каналов сложной геометрии. Ожидаемые результаты включают кратное снижение шероховатости и упрощение технологического процесса по сравнению с существующими аналогами. Установка обладает значительными конкурентными преимуществами, такими как низкое энергопотребление и высокую отказоустойчивость за счет исключения из конструкции механических элементов, подвергающихся износу из-за трения.

Ключевые слова: экструзионное хонингование, аддитивное производство, селективное лазерное спекание (SLS), постобработка, абразивная паста, пневматическая система, шероховатость поверхности

Введение. Развитие аддитивных технологий, в частности селективного лазерного спекания (SLS) металлических порошков, столкнулось с проблемой низкого качества внутренних поверхностей [1] и сложностью удаления неспеченного порошка из каналов сложной геометрии. Существующие методы постобработки, такие как механическое и гидроабразивное хонингование, имеют существенные недостатки, включая высокий износ, большое энергопотребление и ограниченную эффективность для каналов малого диаметра [2, 3]. Целью данной работы является разработка автоматизированной установки экструзионного хонингования, лишенной этих недостатков. Научная новизна заключается в адаптации принципов парциальной пневмоподачи [4] для создания импульсных потоков абразивной пасты.

Методы и материалы. Для проведения исследования была разработана и собрана экспериментальная установка экструзионного хонингования, центральным элементом которой является двухбаковая пневматическая система подачи абразивной пасты [4]. Два герметичных бака были рассчитаны на рабочее давление до 20 бар с запасом прочности (коэффициент запаса 1,6) [1]. Подача сжатого воздуха и управление потоками пасты осуществлялись с помощью быстродействующих пневматических клапанов. Система управления на базе программируемого логического контроллера (ПЛК) получает данные

в реальном времени от датчиков давления, установленных на линиях подачи, позволяя анализировать и регулировать параметры процесса. В качестве обрабатываемых сред использовались различные абразивные пасты [5]. Для экспериментов были изготовлены эталонные образцы, с системой внутренних каналов, включая прямые, изогнутые и разветвленные конфигурации. Методология эксперимента заключалась в последовательном тестировании влияния ключевых параметров: давления подачи, времени обработки, вязкости абразивной пасты и геометрии канала. Качество обработки оценивалось путем измерения шероховатости поверхности (R_a) до и после процедуры, а измерением расхода на отдельном стенде.

Результаты. Экспериментальные исследования продемонстрировали эффективность разработанной технологии. Установка способна работать в непрерывном режиме, испытания образцов после проведения процедуры хонингования показали улучшения гидравлических характеристик, что может судить о повышении качества поверхности внутренних каналов и избавления от неспеченного порошка. Сравнительный анализ с мировыми аналогами [2, 3] выявил ключевые преимущества разработанной системы. Энергопотребление установки составило 0,8–1,2 кВт/ч, что на 50–60 % ниже, чем у гидравлических систем Extrude Hone.

Заключение. Проведенные исследования подтвердили высокую эффективность разработанной автоматизированной установки экструзионного хонингования для решения критической проблемы постобработки деталей аддитивного производства. Реализованная двухбаковая пневматическая система с программируемым управлением [4] позволяет достигать требуемых показателей качества поверхности при значительном сокращении временных и энергетических затрат. Дальнейшие работы будут направлены на доработку экспериментальной установки и обработки полученных результатов экспериментов.

Список источников

- [1] Дальский А.М. *Технология конструкционных материалов*. Москва, Машиностроение, 2004, 567 с.
- [2] Williams R., Melton S. Abrasive Flow Machining for Additive Manufacturing. *Journal of Materials Processing Technology*, 2022, art. no. 299.
- [3] Jain V.K. Nanofinishing Techniques. *Microfabrication and Precision Engineering*, 2017, pp. 285–311.
- [4] Щедрин В.В., Нафиков М.И., Кочетов А.И. Парциальная система подачи топлива ЖРД, принцип работы и области рационального применения. *XLIX Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королева и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства: сб. тез.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025, с. 101–102.
- [5] Jain N.K. *Advanced Machining Processes*. McGraw-Hill Education, 2020, 450 p.