

В. А. Васильева¹✉

Сравнение методов обработки для асферических зеркал и линз из разных материалов на станках алмазного микроточения

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: tupi4ok.nika@yandex.ru

Аннотация. В рамках данного исследования осуществлено сопоставление характеристик двух станков для алмазного микроточения: российского станка АМТ-150 и иностранного станка SATISLOH SPM/SPS-200. Основное внимание уделено их техническим характеристикам, возможностям обработки различных материалов, а также особенностям технологического процесса. Исследованы преимущества и недостатки каждого станка, выявлены их сильные и слабые стороны. Показано, что российский станок АМТ-150 обладает преимуществом по цене, доступности запчастей, универсальности и энергопотреблению, что делает его привлекательным вариантом для российских предприятий. В то же время, SATISLOH SPM/SPS-200 превосходит по точности обработки и автоматизации, что делает его лучшим выбором для задач, требующих ультравысокой точности и качества поверхности. Сделан вывод о том, что выбор станка для алмазного микроточения должен основываться на конкретных требованиях к точности, материалам и бюджету проекта.

Ключевые слова: алмазное микроточение, станок SPM/SPS-200, станок АМТ-150, оптические элементы

V. A. Vasileva¹✉

Comparison of processing methods on diamond micro-machining machines for aspherical mirrors and lenses made of different materials

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: tupi4ok.nika@yandex.ru

Abstract. This study compares the characteristics of two diamond micro-machining machines: the Russian AMT-150 machine and the foreign SATISLOH SPM/SPS 200 machine. The main focus is on their technical characteristics, processing capabilities for various materials, and the specific features of the manufacturing process. The advantages and disadvantages of each machine are explored, and their strengths and weaknesses are identified. It is shown that the Russian AMT-150 machine has an advantage in terms of price, availability of spare parts, versatility, and energy consumption, making it an attractive option for Russian enterprises. At the same time, the SATISLOH SPM/SPS 200 machine excels in terms of processing accuracy and automation, making it the best choice for tasks that require ultra-high precision and surface quality. Project-specific requirements for precision, materials, and budget should guide the selection of a diamond micro-machining machine.

Keywords: Diamond micro-abrasive finishing, SPM/SPS 200 machine tool system, AMT-150 production machine, optical elements

Введение

Сегодня в мире оптики очень важно уметь делать асферические линзы и зеркала. Они нужны везде: от самолетов и ракет до медицинского оборудования и автомобилей. Чтобы эти оптические детали получались максимально точными и качественными, часто используют алмазное микроточение. Этот способ позволяет сделать поверхность очень гладкой, почти без погрешностей, что напрямую влияет на то, насколько хорошо оптика будет работать.

Для определения преимуществ и недостатков, в статье будет проведен сравнительный анализ российского станка АМТ-150 и иностранного станка SPM/SPS-200, которые используются для алмазного микроточения. Основное внимание будет уделено их техническим характеристикам, возможностям обработки различных материалов.

Целью исследования является выявление сильных и слабых сторон обоих станков, а также определение наиболее подходящего оборудования для различных задач в оптической промышленности.

Характеристики и материалы

Алмазное микроточение – это метод высокоточной механической обработки, при котором используются сверхострые инструменты из природного алмаза для создания сложных поверхностей из различных материалов с высочайшей точностью. Это технология применяется в оптической промышленности для изготовления линз, зеркал и других оптических компонентов с минимальным отклонениями и идеальной гладкой поверхностью [1,2].

Станок SPM/SPS-200 представляет собой очень быстрый, очень эргономичный и твердый шлифовальный станок, разработанный с учетом новейших технологий, для производства сложных компонентов, прецизионной оптики. Он предназначен для работы с объектами до 200 мм в диаметре, которые выполнены из разрушаемых материалов, таких как стекло, хрусталь, инфракрасный материалов, алюминий, медные сплавы и керамики. Этот аппарат оснащен двумя шпинделями смонтирована на многофункциональной поворотной головкой, которая позволяет проводить одновременную обработку в нескольких различных режимах, таких как «включения и выключения инструмента Кубок ось» и «инструмент диск» режимы. Станок работает с высокой точностью и стабильностью благодаря прямому подключению двигателей шпинделей и осей, а также системе охлаждения водой [3, 9].

Для работы со станком SPM/SPS 200 можно использовать прямое программирование по стандарту DIN 66025 или подключить его к программе Satisloh CAMPos. Основание станка сделано из специального полимербетона, который помогает убирать вибрации, делает станок очень прочным и не дает ему нагреваться или остывать. Станок можно собрать из разных частей, чтобы поставить нужный шпиндель для разных задач. Встроенный 3D-измеритель позволяет проверять, насколько точно получилась деталь, и менять путь инструмента, чтобы

обработка была очень точной и всегда одинаковой. На рисунках 1 и 2 показано, модель станка и его рабочее место [4, 10].



Рис. 1. Изделие Satisfloh, модель SPM/SPS 200

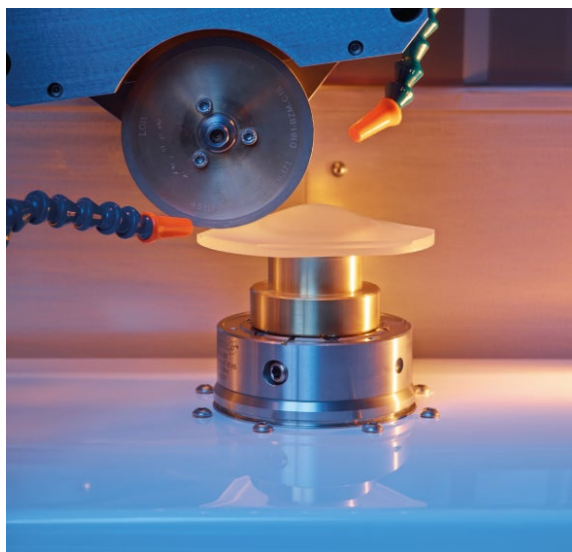


Рис. 2. Зона обработки станка SPM/SPS 200

Технология обработки [5]:

- алмазное микроточение: обработка с помощью алмазного инструмента с точностью до $\pm 0,1$ мкм и шероховатостью до 10 нм.
- полировка: завершающая стадия для достижения зеркального блеска.

Преимущества станка SPM/SPS-200 [5]:

- высочайшая точность: погрешность до $\pm 0,1$ мкм, идеальна для сложных асферических поверхностей.

- гладкость поверхности: Шероховатость до 10 нм, обеспечивает превосходное качество изображения.

- автоматизация: станок оснащен системами самокоррекции и мониторинга.

- универсальность: подходит для полимеров, металлов, керамик и стекол.

Область применения – высокоточные оптические системы (авиация, космонавтика, микроскопия), медицина (эндоскопы, хирургические системы), автомобильная и бытовая оптика (камеры, очки, VR/AR-устройства).

Идеален для: миниатюрных и средних оптических элементов с ультранизкой шероховатостью.

Не подходит для: крупногабаритных деталей.

Ультрапрецизионный станок алмазного микроточения АМТ-150 – это сверхточный станок с ЧПУ со стабильной производительностью и чрезвычайно высокой точностью обработки, который может адаптироваться к сложным условиям обработки [1, 6]. Общий вид станка и его рабочая зона показан на рисунках 3 и 4.

Данное оборудование разработано для высокоточного формирования оптических поверхностей, включая сферические, асферические и киноформные. Оно способно обрабатывать широкий спектр материалов, таких как оптический кристаллический германий, кремний, селенид и сульфид цинка, а также благородные металлы (золото, платина), свинец и полиметилметакрилат (известный также как авиационный пластик) [7, 8].



Рис. 3. Общий вид станка модели АМТ-150

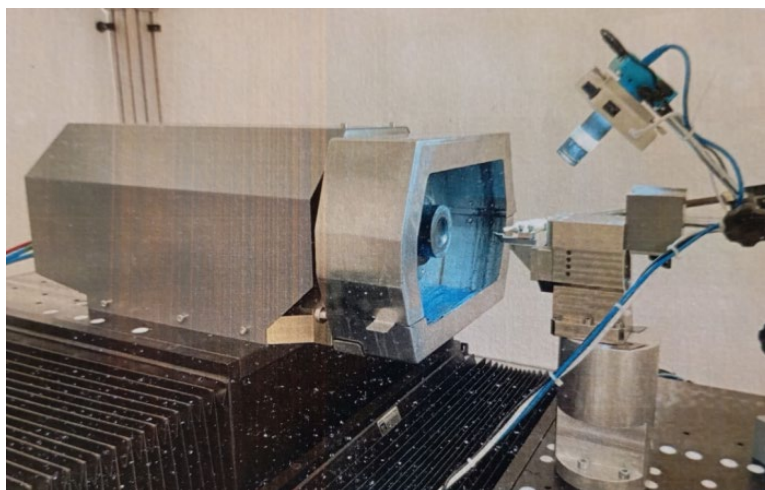


Рис. 4. Рабочая зона станка АМТ-150

Основные особенности применения станка:

- система контроля реального времени;
- станина из натурального гранита собственной частотой 2 Гц;
- гистологические направляющие для перемещения осей;
- ультрапрецизионный шпиндель на воздушной подушке 10.000 об/мин;
- встроенной системы измерения и коррекция профиля поверхности;
- система двойного контроля положения оси с разрешающей способностью

нм;

- большое количество вариантов обрабатывает поверхности: плоскости, сферических и асферических поверхностей, свободной формы и так далее [7].

Преимущества станка АМТ-150:

- широкий диапазон материалов: подходит для классических и экзотических оптических материалов.
- большая рабочая зона: позволяет обрабатывать крупные детали.
- доступность: традиционные методы шлифования и полировки дешевле.

Область применения – классическая оптика (астрономические телескопы, микроскопы), инфракрасная и ультрафиолетовая оптика (тепловизоры, лазерные системы), крупногабаритные оптические системы (зеркала для астрофизических обсерваторий) [8].

Идеален для: крупногабаритных деталей и широкого спектра материалов.

Не подходит для: сверхвысоких требований к точности ($\pm 0,1$ мкм).

Основные отличия и преимущества АМТ-150 по сравнению с SPM/SPS-200:

Цена и доступность запчастей: Российский станок АМТ-150 значительно выигрывает по цене и доступности сервисного обслуживания, что позволяет снизить затраты на эксплуатацию и ремонт;

Универсальность: АМТ-150 может использоваться не только для алмазного микроточения, но и для других видов обработки, что расширяет сферу применения станка;

Ремонтопригодность: конструкция станка АМТ-150 спроектирована с учетом удобства ремонта и замены деталей, что обеспечивает долговечность и надежность;

Энергопотребление: энергозатраты АМТ-150 ниже по сравнению с иностранным аналогом, что позволяет экономить на электричестве;

Климатическая адаптация: Российский станок лучше адаптирован к российским климатическим условиям, что обеспечивает стабильную работу в широком диапазоне температур;

Местная поддержка: наличие местных сервис-центров и поставщиков запчастей значительно упрощает обслуживание и ремонт.

Российский станок АМТ-150 показал себя как эффективный инструмент для работы с материалами различной степени твердости (от мягких до средней твердости). Его способность обрабатывать алюминий, керамику и полимеры делает его важным в таких отраслях как оптическая, медицинская и авиационная промышленность.

Помимо своих технических возможностей, АМТ-150 предлагает российским предприятиям ряд существенных преимуществ: выгодную цену, оперативную доступность запасных частей, широкую сферу применения и низкие эксплуатационные расходы по энергопотреблению.

Результаты

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о наличии у российского станка АМТ-150 и иностранного станка SPM/SPS 200 как преимуществ, так и недостатков. Станок АМТ-150 характеризуется привлекательной ценой, широким спектром обрабатываемых материалов и удобством эксплуатации, что делает его привлекательным для российских производственных предприятий. В то же время, SPM/SPS 200 превосходит по показателям точности обработки и степени автоматизации, что определяет его применимость для задач, предъявляющих повышенные требования к точности и качеству поверхности.

В итоге, когда речь заходит о выборе станка для алмазного микроточения, главное – ориентироваться на то, какая точность нужна, с чем предстоит работать и сколько денег есть. Оба станка отлично справляются со своими задачами, и если правильно подобрать оборудование, то и оптические элементы получатся наилучшего качества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Медунецкий В.М., Солк С.В. Опыт применения и перспективы технологии алмазного микроточения : Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики: НИИ оптико-электронного приборостроения, 2014. – 165 с.
2. Бурыкин В. В. Шероховатость поверхностного слоя оптических изделий после алмазного микроточения: Вестник Брянского ГТУ, 2018.– 9 с.
- 3.Оборудование
https://promarchive.ru/catalog/machinetools/finishing_machines/surface_grinding_machines/precision_grinding_machine_optical_-_lt_200_mm_spm-140/?ysclid=mmvxsy9srm335421455

4. Ермолаев В. К. Шлифовальные станки для обработки оптики: журнал "РИТМ машиностроения" № 1-2019
5. Оборудование <https://www.satisloh.com/precision-optics/grinding/spm-150>
6. Медунецкий, В. М. Экспериментальные методы и средства защиты оптико-электронных систем космического базирования от механических воздействий: НИИ оптико-электронного приборостроения, 2023. – 910 с.
7. Гурин Н.А. Изготовление дифракционного оптического элемента методом презеционного алмазного микроточения: журнал «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» , 2022.– 27 с.
8. Яковлев А. А., Солк С. В. Особенности технологического процесса изготовления охлаждаемых зеркал на основе меди и медных сплавов для мощных лазеров непрерывного и импульсно-периодического действия: оптический журнал, 2019. – 44 с.
9. Оборудование <https://www.sales-cncoptics.ru/products/pretsizionnaya-optika/shlifovalnie-stanki/spm-200/?ysclid=mo2e1j5kpl540886386>
10. Оборудование <https://pdf.directindustry.com/pdf/satisloh/precision-optics-spm-sps-200-grinding-polishing/36200-747213.html>

© В. А. Васильева, 2026