

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТАНКА ДЛЯ МИКРОФРЕЗЕРОВАНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ПЛОСКИХ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Е. М. Захаревич¹, 04@vniiinstrument.ru, В. В. Лапшин¹, vasylap@mail.ru,

В. В. Ложкарев²

¹ АО «ВНИИИНСТРУМЕНТ», Москва, Россия

² ИПФ РАН, Нижний Новгород, Россия

В статье представлены основные конструктивные особенности станка для микрофрезерования крупногабаритных плоских оптических деталей. Описан технологический процесс и особенности обработки. Приведены результаты обработки крупногабаритных изделий из алюминиевого сплава АМг6 и водорастворимого кристалла KDP.

Статья поступила в редакцию 22.04.2019

Статья принята к публикации 14.05.2019

Оптические элементы и отражатели с плоскими рабочими поверхностями находят широкое применение в современной оптической промышленности. Требования к точности и качеству таких изделий постоянно повышаются, что приводит к необходимости создания оборудования, позволяющего выполнить их обработку.

В АО «ВНИИИНСТРУМЕНТ» был разработан и изготовлен станок для обработки крупногабаритных плоских оптических деталей методом алмазного фрезерования однозубой фрезой (рис. 1). Станок предназначен, помимо обработки пластичных материалов (цветные сплавы, пластики), для обработки хрупких материалов, таких как водорастворимые кристаллы KDP, кремний, германий, селенид цинка и др. При обработке хрупких материалов за счет режимов резания, геометрии алмазного инструмента, а также параметров самого станка можно реализовать условия, при которых хрупкий материал поведет себя как пластичный [1, 2].

Основные особенности станка для микрофрезерования крупногабаритных плоских оптических деталей:

- базовые элементы станка выполнены из натурального гранита;
- линейный узел перемещений выполнен на аэростатических опорах с пористым дросселированием и вакуумным натягом;
- шпиндельный узел станка выполнен с использованием сферических аэростатических опор с пористым дросселированием;

- станок оснащен системой виброизоляции с собственной частотой колебаний не более 1 Гц;
- дискретность программируемого линейного перемещения составляет 10 нм;
- станок оснащен электроприводами прямого действия на базе двигателей с пониженной вибрационностью;
- встроенная система отвода стружки;

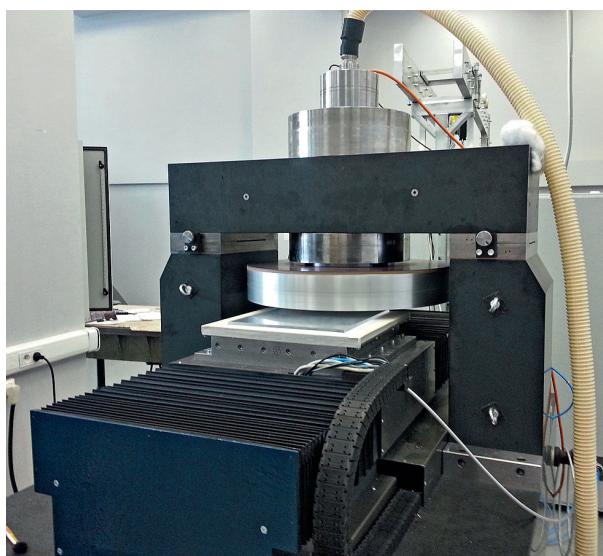


Рис. 1. Станок для микрофрезерования крупногабаритных плоских оптических деталей

- специальная вакуумная планшайба из пористой керамики для крепления заготовки;
- ручной механизм врезания инструмента с дискретностью 1 мкм.

Технические и точностные характеристики станка представлены в таблице. Точность обработки плоских оптических деталей достигается за счет следующих параметров станка:

- бение оси шпинделя менее 50 нм;
- отклонение от прямолинейности перемещения каретки составляет 150 нм на длине хода 400 мм.

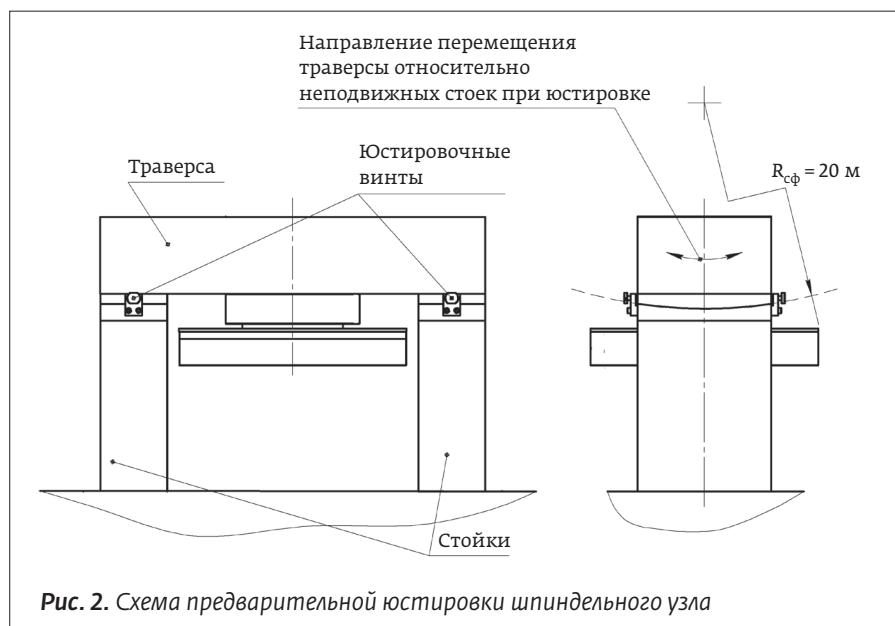


Рис. 2. Схема предварительной юстировки шпиндельного узла

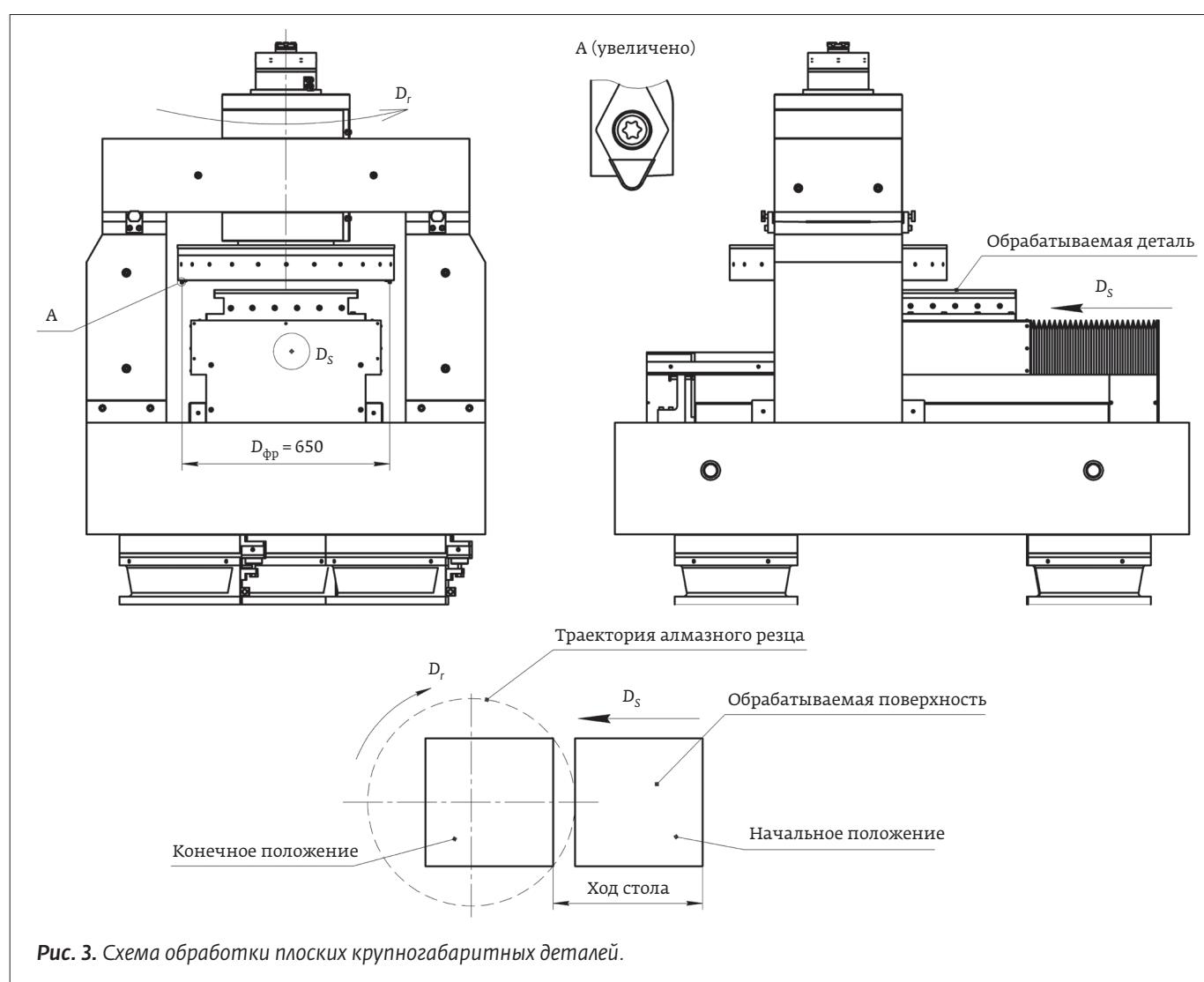


Рис. 3. Схема обработки плоских крупногабаритных деталей.

Технические характеристики станка для микрофрезерования крупногабаритных плоских оптических деталей

Технические параметры	Значение
Наибольшие габаритные размеры обрабатываемой детали, мм	450 × 450 × 30 мм
Диапазон частот вращения шпинделя, мин ⁻¹	50–600
Количество осей, шт. ось X – поперечный суппорт; ось С – вращение шпинделя	2
Ход поперечного суппорта, ось X, мм	800
Разрешающая способность по оси X, нм	1
Диапазон подач по оси X, мм / мин	0,002–150

- отклонение от перпендикулярности оси шпинделя к направлению движения каретки составляет не более 0,2".

Отклонение от перпендикулярности оказывает наибольшее влияние на точность обработки крупногабаритных плоских оптических деталей, так как приводит к появлению вогнутости или выпуклости обработанной поверхности. Для устранения отклонения разработана методика юстировки, состоящая из двух этапов.

На первом этапе юстировка выполняется за счет смещения траверсы, на которой установлен шпиндель, относительно неподвижных стоек. Сопряжение траверсы и стоек осуществляется через переходные детали, имеющих цилиндрическую форму с радиусом 20 м. Перемещение траверсы относительно стоек обеспечивается специальными винтами. Упрощенная схема юстировки показана на рис. 2.

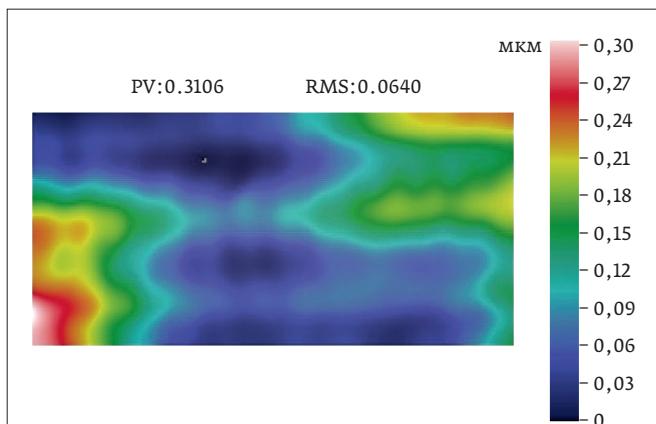


Рис. 4. Отклонение от плоскостиности детали с габаритами 280 × 150 мм

Второй этап подразумевает точную юстировку оси аэростатического шпинделя. Для этого на станке предусмотрен специальный механизм подвода воздуха в аэростатический подшипник, который позволяет выполнять наклон оси шпинделя с точностью до десятых долей секунды.

Схема обработки крупногабаритных деталей показана на рис. 3. Обрабатываемая деталь располагается на вакуумном столе, базовая поверхность которого должна быть проточена после выполнения юстировки шпиндельного узла.

Технология изготовления состоит из следующих этапов:

- Установка обрабатываемой детали на стол и ее обработка на черновых режимах без включения вакуума (деталь лежит на столе под своим весом);
- Переворот детали и обработка ее обратной стороны на тех же режимах без включения вакуума;

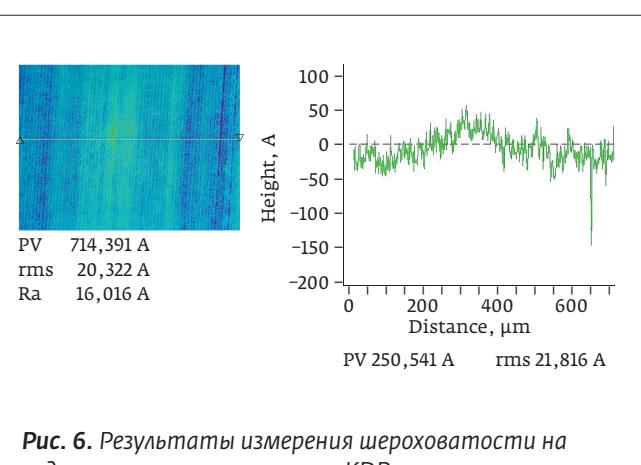


Рис. 6. Результаты измерения шероховатости на водорасторимом кристалле KDP

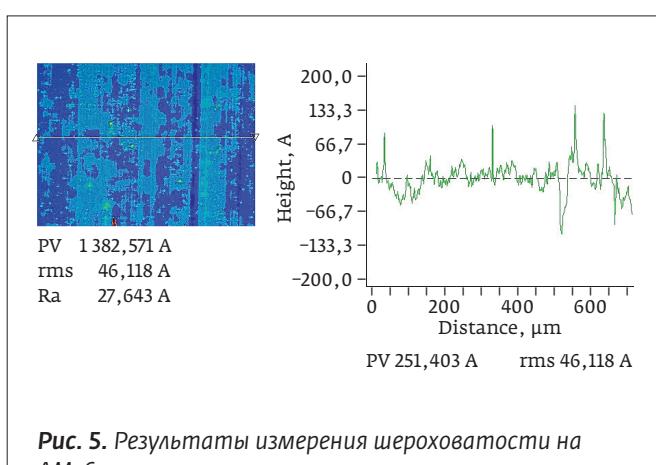


Рис. 5. Результаты измерения шероховатости на АМг6

Центр превосходства в области
ультрапрекциионных технологий
наноточной обработки
особоответственных изделий

ВНИИИНСТРУМЕНТ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

Ультрапрекциионные технологии обработки:

- тонкого алмазного точения;
- тонкого алмазного фрезерования;
- тонкого алмазного шлифования.
 - ◆ точность формы обработанных поверхностей менее 50 нанометров;
 - ◆ шероховатость обработанных поверхностей менее 10 нанометров.

Ультрапрекциионные станки с ЧПУ

- ◆ базовые детали из натурального камня

Ультрапрекциионные узлы на аэростатических опорах

- ◆ шпиндельные узлы (бение оси менее 50 нанометров);
- ◆ линейные суппорты (прямолинейность перемещения менее 50 нанометров на длине 300 мм);
- ◆ поворотные столы (с разрешающей способностью 0,01")

Изготовление особоответственных деталей

- ◆ из материалов на основе закаленной стали, алюминия, меди, германия и кремния;
- ◆ линз Френеля и прессформ для производства линз Френеля;
- ◆ оптики с асферическими поверхностями из стекла, кварца, сапфира, ситалла.

АО «ВНИИИНСТРУМЕНТ»
член международной ассоциации
European Society for Precision Engineering
and Nanotechnology (euspen).

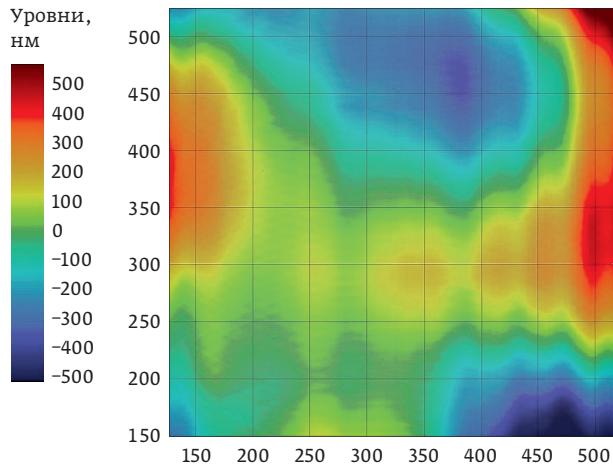


телефон: +7 (495) 366-94-11
факс: +7 (495) 366-92-77

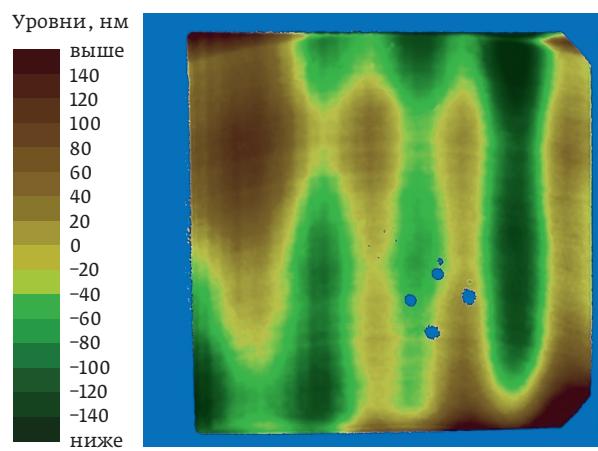
e-mail: vniiniinstrument@vniinistrument.ru

Российская Федерация, 107023, г. Москва, Б. Семеновская ул., дом 49

www.vniinistrument.ru



PV99% = 1 086,25 нм; RMS = 193,654 нм; GRMS = 60,41 нм / см

Рис. 7. Отклонение от плоскостиности детали с габаритами 400×400 ммРис. 8. Отклонение от плоскостиности детали с габаритами 180×180 мм

- Повторение пункта 2 до тех пор, пока не будет исправлена исходная форма детали. Требуется выполнить не менее трех переворотов.
- Обработка рабочей поверхности оптической детали на чистовых режимах с включением вакуума.

По описанной технологии выполнена обработка оптической детали из алюминиевого сплава АМг6 с габаритами 280×150 . В качестве режущего инструмента использовался алмазный резец с радиусом при вершине 5 мм. С целью достижения наилучших показателей шероховатости были подобраны режимы резания, обеспечивающие наименьшую высоту микронеровностей [3]. Частота вращения шпинделя составляла 260 об/мин, глубина резания – 2 мкм, подача на оборот – 10 мкм.

Результаты замера отклонения от плоскостиности обработанной детали и параметры шероховатости поверхности показаны на рис. 4 и 5 соответственно. Отклонение составило 0,31 мкм, а шероховатость поверхности составила по параметру R_a 2,7 нм, а по параметру R_{ms} 4,6 нм.

По аналогичной технологии была выполнена обработка плоской поверхности водорастворимого кристалла KDP с габаритами 400×400 мм и 180×180 мм. В качестве режущего инструмента также использовался алмазный резец с радиусом при вершине 5 мм. Так как обрабатываемый кристалл является хрупким материалом, режимы резания назначались таким образом, чтобы обеспечивался пластичный характер обра-

ботки [1, 2]. Частота вращения шпинделя составляла 260 об/мин, глубина резания – 2 мкм, подача на оборот – 5 мкм.

Шероховатость поверхности полученной при обработке, составила R_a 1,6 нм и R_{ms} 2 нм (рис. 6). Отклонение от плоскостиности на оптической детали с габаритами 180×180 мм составило 280 нм, а на детали с габаритами 400×400 мм – 1083 нм (рис. 7 и 8).

Результаты проведенных работ доказывают, что разработанный станок обеспечивает выполнение обработки оптических деталей с уникальными характеристиками. Дальнейшие работы направлены на совершенствование технологии обработки с целью повышения точности и качества изготовленных деталей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Захаревич Е. М., Лапшин В. В., Шавва М. А., Грубый С. В. Экспериментальное определение границ хрупкопластичного перехода при резании хрупких материалов. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*. 2016; 7(676): 64–71.
Zaharevich E. M., Lapshin V. V., Shavva M. A., Grubyj S. V. Ekspperimental'noe opredelenie granic hrupkoplastichnogo perekhoda pri rezanii hrupkih materialov. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Mashinostroenie*. 2016; 7(676): 64–71.
- Шавва М. А., Лапшин В. В., Грубый С. В. Сверхточная обработка хрупких оптических материалов в нанометровом диапазоне толщин срезаемого слоя. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*. 2016; 4(673): 52–59.
Shavva M. A., Lapshin V. V., Grubyj S. V. Sverhtochchnaya obrabotka hrupkih opticheskikh materialov v nanometrovom diapazone tolschin srezaemogo sloya. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Mashinostroenie*. 2016; 4(673): 52–59.
- Грубый С. В., Лапшин В. В. Моделирование процесса и разработка технологии сверточной обработки плоских отражателей однорезцовой алмазной фрезерной головкой. *Наука и образование: Научное издание МГТУ им. Баумана*. 2014; 2: 49–74.
Grubyj S. V., Lapshin V. V. Modelirovaniye processa i razrabotka tekhnologii sverhtochnoi obrabotki ploskih otrazhatelej odnorezcovoj almaznoj frezernoj golovkoj. *Nauka i obrazovanie: Nauchnoe izdanie MGTU im. Baumana*. 2014; 2: 49–74.

21–24.10.2019



ТЕХНОФОРУМ



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



www.technoforum-expo.ru

Организаторы:

60 ЭКСПОЦЕНТР



Российская Ассоциация
производителей
станкоинструментальной продукции
«Станкоинструмент»

При поддержке
Министерства промышленности
и торговли РФ

Под патронатом ТПП РФ

Международная
специализированная
выставка «Оборудование
и технологии обработки
конструкционных
материалов»



Россия, Москва,
ЦВК «Экспоцентр»