

УДК 621.9.06

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОЛЬЦЕВОГО ВЫСВЕРЛИВАНИЯ ЗАГОТОВОК ИЗ МОНОКРИСТАЛЛОВ ЛЕЙКОСАПФИРОВ

Светлана Алексеевна Сайкина

Магистрант 2 курса

кафедра «Резание материалов, металлорежущие станки и инструменты имени С. С. Силина»

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева

Научный руководитель: В. В. Михрютин,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Резание материалов, металлорежущие станки и инструменты имени С. С. Силина»

В настоящее время в промышленности широко используются изделия из неметаллических материалов, в частности из лейкосапфира. Он является диэлектриком и термически стабильным материалом, обладает повышенной износостойкостью, химической инертностью и отличными оптическими свойствами. Это делает его незаменимым материалом для работы в жестких высокотемпературных и химически активных условиях, при высоких механических нагрузках. Из него получают изделия для электроники, оптики, медицины, машиностроения и других отраслей.

Для получения изделия из лейкосапфира требуемого размера первоначально выращивают монокристалл, из которого различными методами вырезают заготовки для дальнейшей обработки.

Основным методом получения монокристаллов лейкосапфира является метод Киропулоса, отличающийся технологической простотой, надежностью и экономической эффективностью. При этом получают заготовки (були) диаметром до 300 мм и высотой до 450 мм (рис.1). Для получения изделий заданных форм и размеров необходима дальнейшая механическая обработка заготовок.

Анализ литературы показал, что встречающаяся информация лишь обобщенно характеризует технологические методы обработки изделий из лейкосапфира. При этом практически отсутствует информация о применяемом оборудовании, используемых инструментах, режимах и особенностях обработки, характерных для данных материалов. Существующие технологические решения, используемые в производстве, в большинстве случаев основаны на применении универсального оборудования с ручным управлением. Из-за высокой твердости лейкосапфира его обработка возможна лишь алмазным инструментом на оборудовании, имеющем достаточную жесткость и высокую точность. В то же время к изделиям, для которых целесообразно использовать лейкосапфир в качестве конструкционного материала, предъявляются строгие требования по точности, качеству и конфигурации поверхностей.



Рис. 1. Були из лейкосапфира

Следовательно, главным препятствием для широкого внедрения изделий из сапфира на сегодняшний день являются низкие технологические свойства сапфира в отношении обрабатываемости, что приводит к значительному увеличению стоимости изделий. В то же время, перспективным является создание станков с ЧПУ, имеющих встроенную систему управления процессом обработки.

Одной из наиболее важных операций обработки монокристалла лейкосапфира является получение цилиндров диаметрами от 25 мм до 150 мм (рис.2), что производится путём высверливания цилиндров данного диаметра кольцевыми (трепанирующими) свёрлами с рабочей поверхностью из алмаза на специализированных станках (рис. 3).



Рис. 2. Цилиндрические заготовки, полученные путем высверливания из монокристалла

Процесс характеризуется затруднительным удалением продуктов обработки из зоны резания, что требует подачи смазочно-охлаждающей жидкости под давлением с внутренней стороны сверла и защиты окружающего пространства и рабочего от разбрызгивания жидкости.

В настоящее время эта операция выполняется на универсальном оборудовании с ручным управлением, что значительно снижает производительность и качество обработки. Для повышения производительности, точности и надежности обработки актуальной является разработка схемы станка с ЧПУ для осуществления операций алмазного высверливания заготовок из лейкосапфира.



Рис. 3. Кольцевые (трепанирующие) свёрла

Обрабатываемый монокристалл имеет неправильную форму, что затрудняет его закрепление при обработке.

Наиболее целесообразным представляется закрепление в центрах с введением упругодемпфирующего элемента, позволяющего снизить неравномерность нагрузки на поверхность кристалла от центра. Схема базирования кристалла в специальном приспособлении при обработке показана на рис. 4.

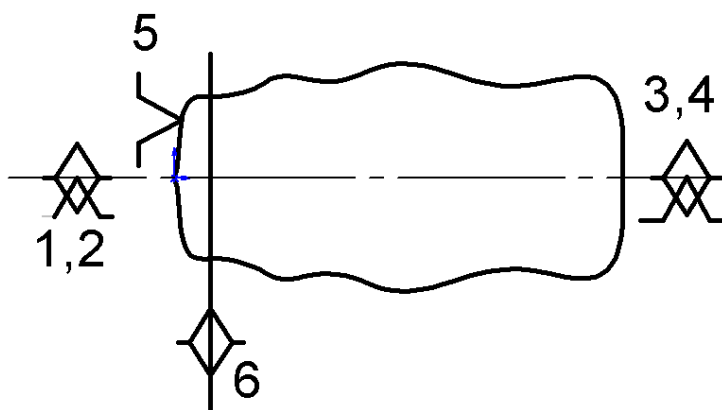


Рис. 4. Схема базирования кристалла

Неправильная форма монокристалла и дефекты в его структуре делают необходимым перед обработкой ориентировать его в пространстве, поворачивая в двух плоскостях.

Схема обработки показана на рис. 5. Обрабатываемый монокристалл 1 закрепляется в центрах специальной конструкции, имеющих устройство для передачи вращения. Вырезание заготовки из монокристалла осуществляется при поступательном движении вдоль оси вращения кольцевыми сверлами с алмазным слоем 2. Перед обработкой требуется определенным образом установить сверло относительно заготовки путем перемещения его в плоскости, перпендикулярной его оси и двух поворотов во взаимно перпендикулярных плоскостях.

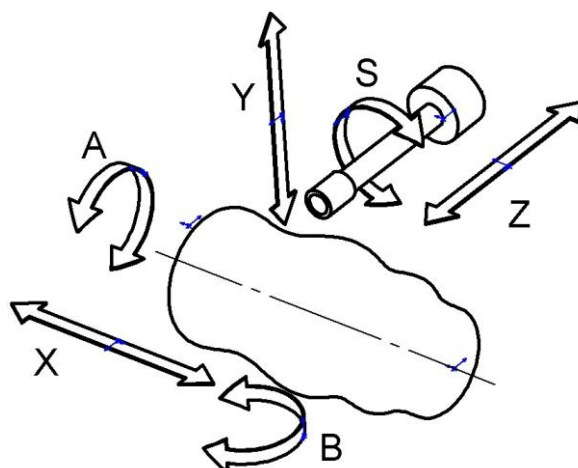


Рис. 5. Схема обработки кристалла

Таким образом, разрабатываемый станок должен иметь три линейных и две круговых управляемых оси. Поскольку требуется ограниченное число оборудования, целесообразно произвести модернизацию существующего станка с добавлением необходимых координатных движений. Наиболее подходящими для этой цели являются круглошлифовальные станки, имеющие поворотный стол и привод вращения изделия.

В связи с этим выполнена разработка 5-ти координатного станка для кольцевого высверливания заготовок из лейкосапфиров, способного обеспечить высокую точность и качество обработанной поверхности совместно с коэффициентом использования материала заготовок при сниженных показателях себестоимости обработки по отношению к существующим аналогам.

Поскольку требуется ограниченное число станков для кольцевого сверления, было признано нецелесообразным разработка станка, все детали несущей системы которого требовалось бы специально изготавливать. Поэтому было предложено в качестве основы использовать станину и основные узлы существующего станка. В качестве основы для проведения модернизации был выбран станок мод. 3А151. Компонка данного станка позволяет реализовать два поступательных и два вращательных движения (рис. 6), при разработке использовались методические разработки, описанные в [1, 2].

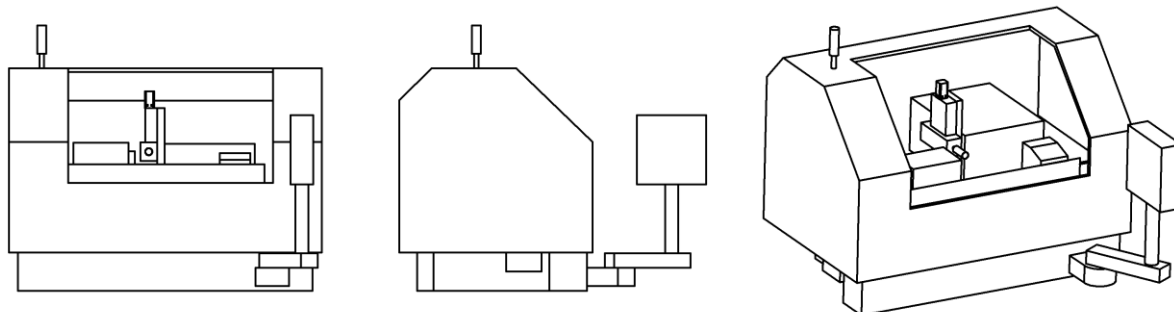


Рис. 6. Компоновочная схема обрабатывающего центра

В проекте конструкции станка был учтен ряд требований, предъявляемых к современным станкам с ЧПУ.

При модернизации станка предлагается произвести ряд изменений. Исключается гидропривод дроссельного регулирования, осуществляющий в исходной конструкции перемещения стола и шпиндельной бабки. Это позволит значительно снизить энергопотребление станка и улучшить условия труда за счет снижения шума, создаваемого гидроприводом. Демонтируется также шлифовальный шпиндель и кожух шлифовального круга. При этом шпиндельная бабка исходного станка в результате модернизации будет использоваться в качестве поперечных салазок.

Растущие требования безопасности и экологичности конструкций определяют использование кабинетного типа ограждения станка. Этот вид ограждения предполагает изоляцию зоны обработки, что позволяет повысить безопасность работы оборудования за счет полного ограждения всех движущихся рабочих органов, а также разлета стружки и брызг СОЖ, а также снизить влияние внешних случайных воздействий на процесс обработки.

Разработка цифровой модели станка выполнялась в учебной версии CAD/CAM/CAE – системе NX7.5.

Привод поперечных салазок и стола (оси Z и X) выполнены на основе передач винт-гайка качения (ВГК) с приводом от синхронных электродвигателей.

При разработке конструкции обрабатывающего центра, в соответствии с принципом модульного построения конструкции, был произведен подбор компонентов приводов главного движения и подач из серийно изготавливаемых устройств. Модели компонентов приводов были созданы с использованием специальных приложений [1, 2] и импортированы в систему трехмерного моделирования NX 7.5. Модели синхронных электродвигателей создавались в приложении Siemens CAD Creator (рис.7).

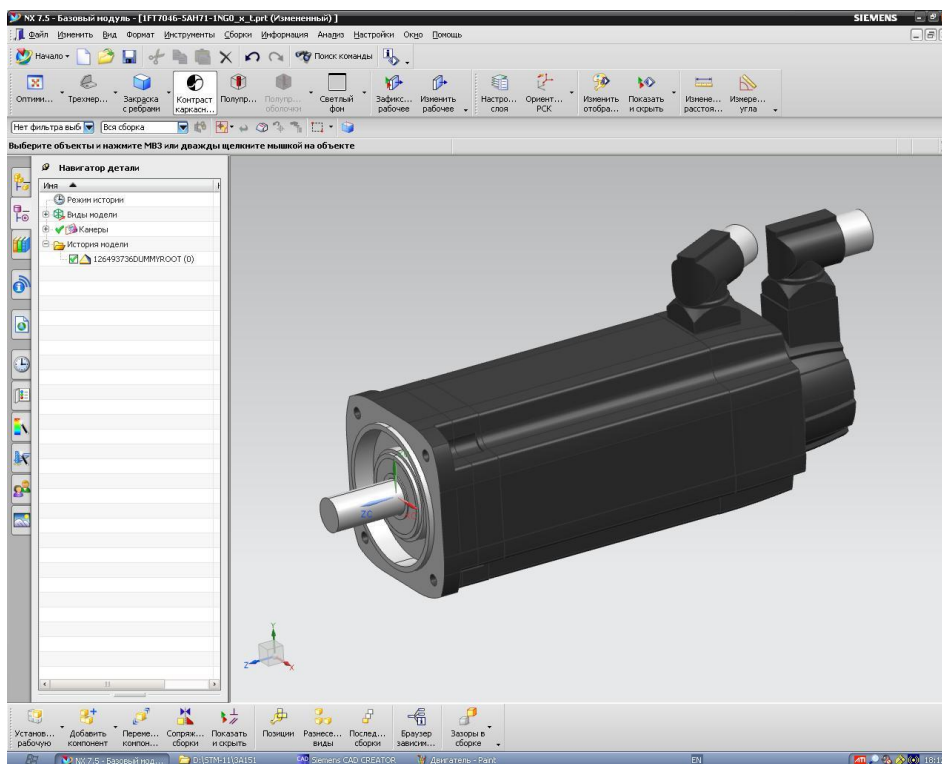


Рис. 7. Модель синхронного электродвигателя в окне NX 7.5

Модели передач винт-гайка качения (рис. 8) и их опор (рис. 9) создавались в специальном приложении, распространяемом производителем компонентов систем линейного перемещения THK Co.

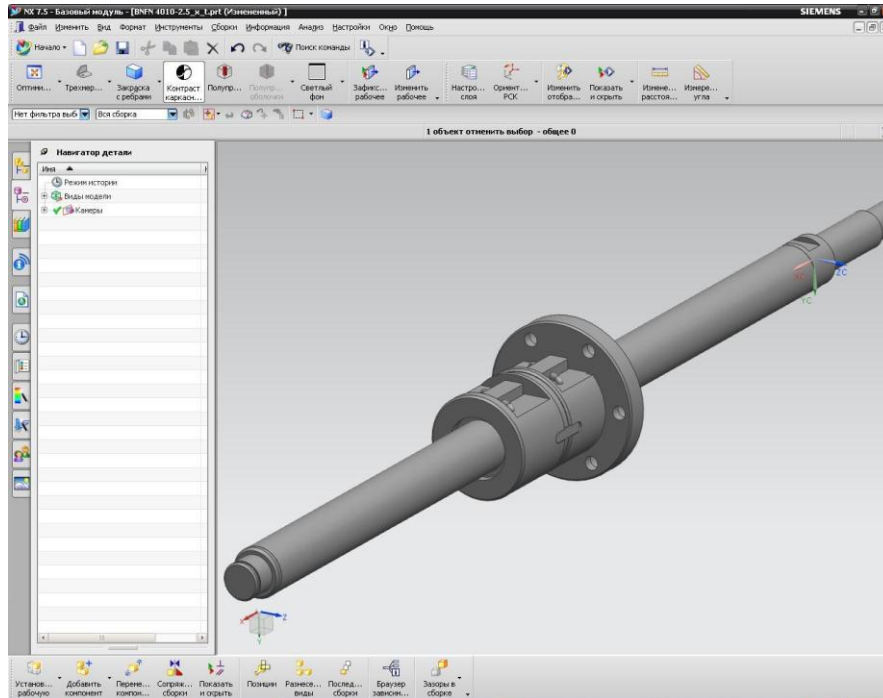


Рис. 8. Модель передачи винт-гайка качения

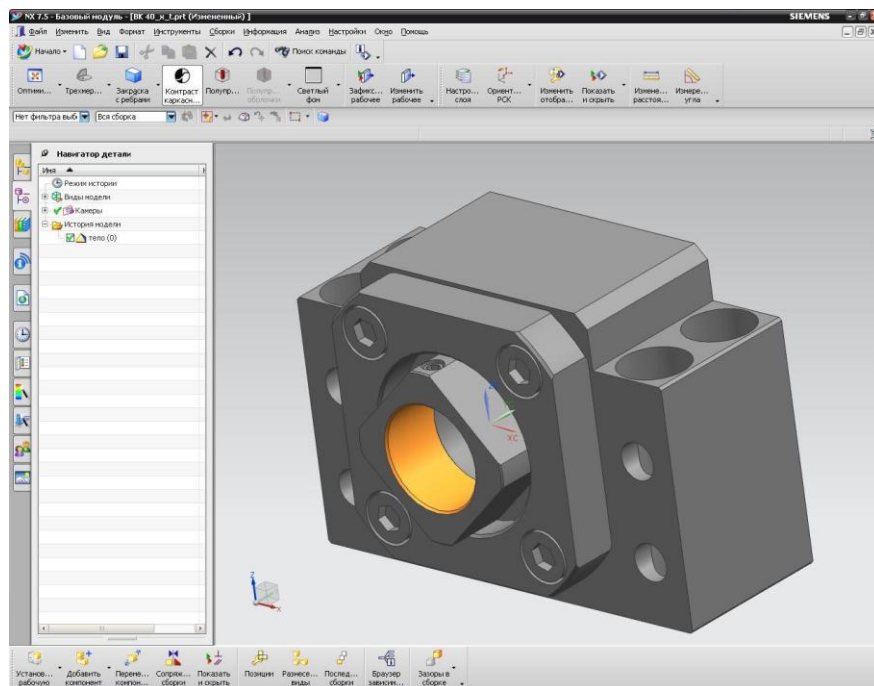


Рис. 9. Опора винт-гайки качения

Модели приводов собирались в виде отдельных сборок, использовавшихся далее в качестве подборок в общей сборке станка (рис. 10).

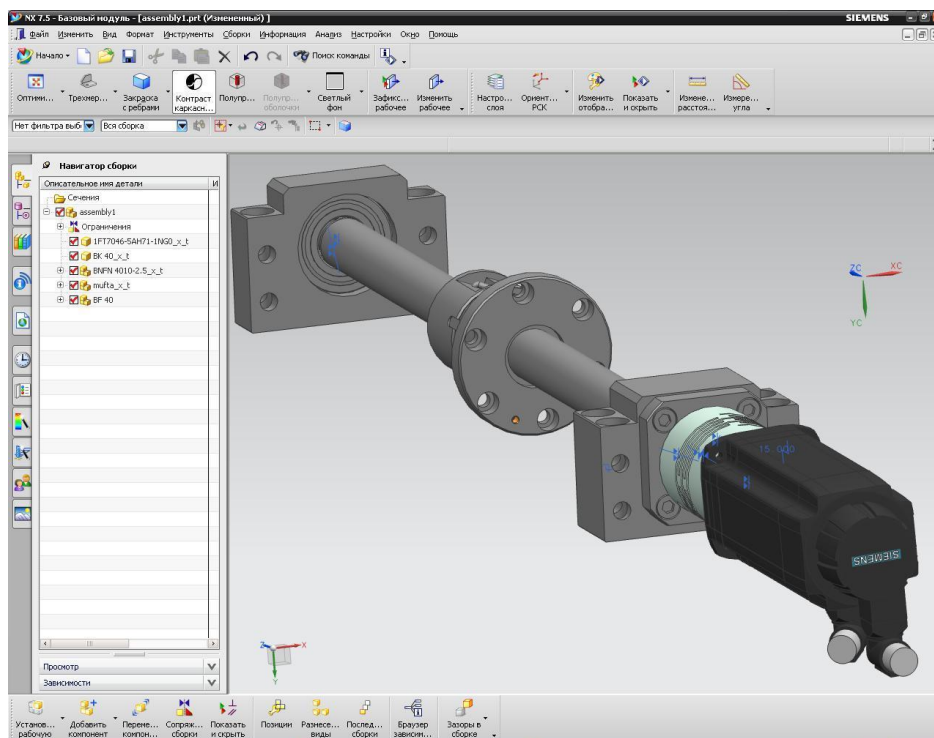


Рис. 10. Создание под сборки привода поперечных перемещений

Изменению подвергнут также привод вращения изделия. Для осуществления управляемого поворота обрабатываемого монокристалла установлен червячный редуктор с приводом от синхронного электродвигателя (ось A). Привод расположен в шпиндельной бабке заготовки. Поворот стола (ось B) осуществляется также при помощи червячного редуктора. Перемещения по осям A , B и X (рис. 5) носят установочный характер при настройке положения монокристалла перед высверливанием заготовки, поэтому к ним не предъявляются высокие требования по динамике приводов. Следовательно, использование в них механических передач не снижает качества станка, но по сравнению с системами прямого привода, построенных на основе линейных и круговых синхронных двигателей позволяет существенно снизить стоимость конструкции.

Поскольку в базовом станке отсутствует рабочий орган, осуществляющий движение вдоль вертикальной оси Y , была разработана конструкция колонны и шпиндельной бабки, установленной с использованием линейных направляющих качения (рис. 11). Использованы линейные шариковые направляющие HSR, в которых шарики циркулируют по четырем рядам отшлифованных до точного размера дорожек качения рельса и каретки. В результате использования жесткой низкопрофильной конструкции каретки достигается прецизионное и устойчивое перемещение линейной направляющей.

В шпиндельной бабке расположен шпиндельный узел (рис. 12) для установки алмазного инструмента для кольцевого сверления.

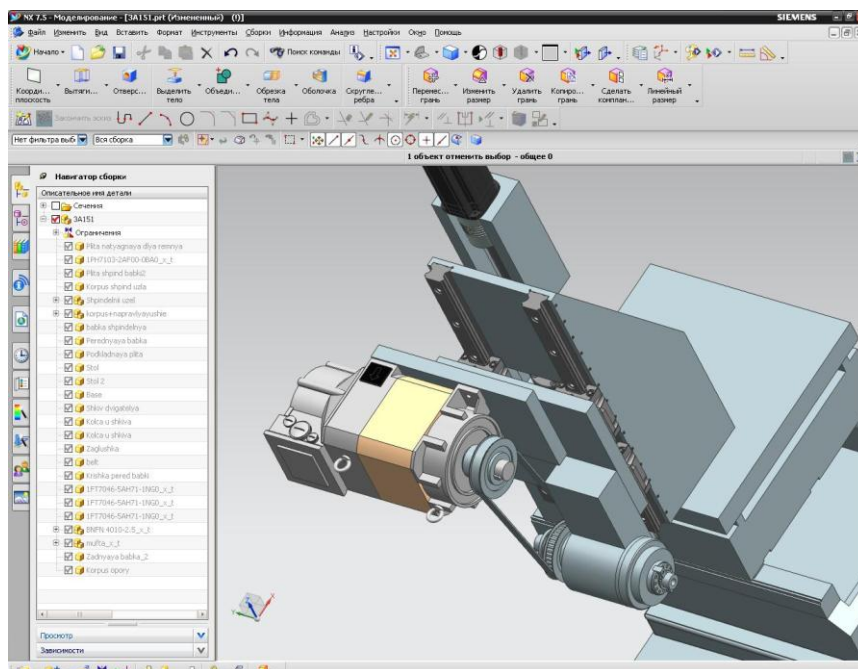


Рис. 11. Шпиндельная бабка

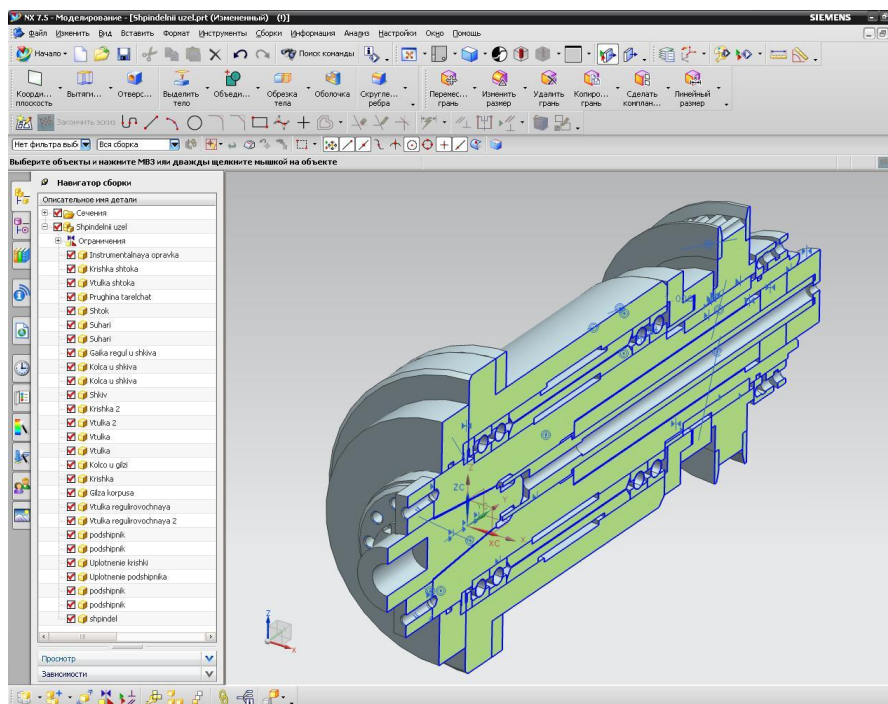


Рис. 12. Шпиндельный узел

Ряд деталей и узлов станка, например, станина, поперечные салазки проработаны на уровне габаритных моделей. Более детальной проработке подвергнуты узлы линейных, круговых подач и шпиндельные бабки приводов вращения инструмента и заготовки.

Важной составляющей процесса проектирования или модернизации современного станка является разработка системы ЧПУ и корректный выбор и стыковка ее компонентов системы управления. Выбор компонентов системы

управления и приводов подач производился с использованием специального программного обеспечения [1].

В процессе разработки производилась оценка дизайна станка. Для этого построен ряд фотореалистических изображений модели модернизированного станка (рис 13).

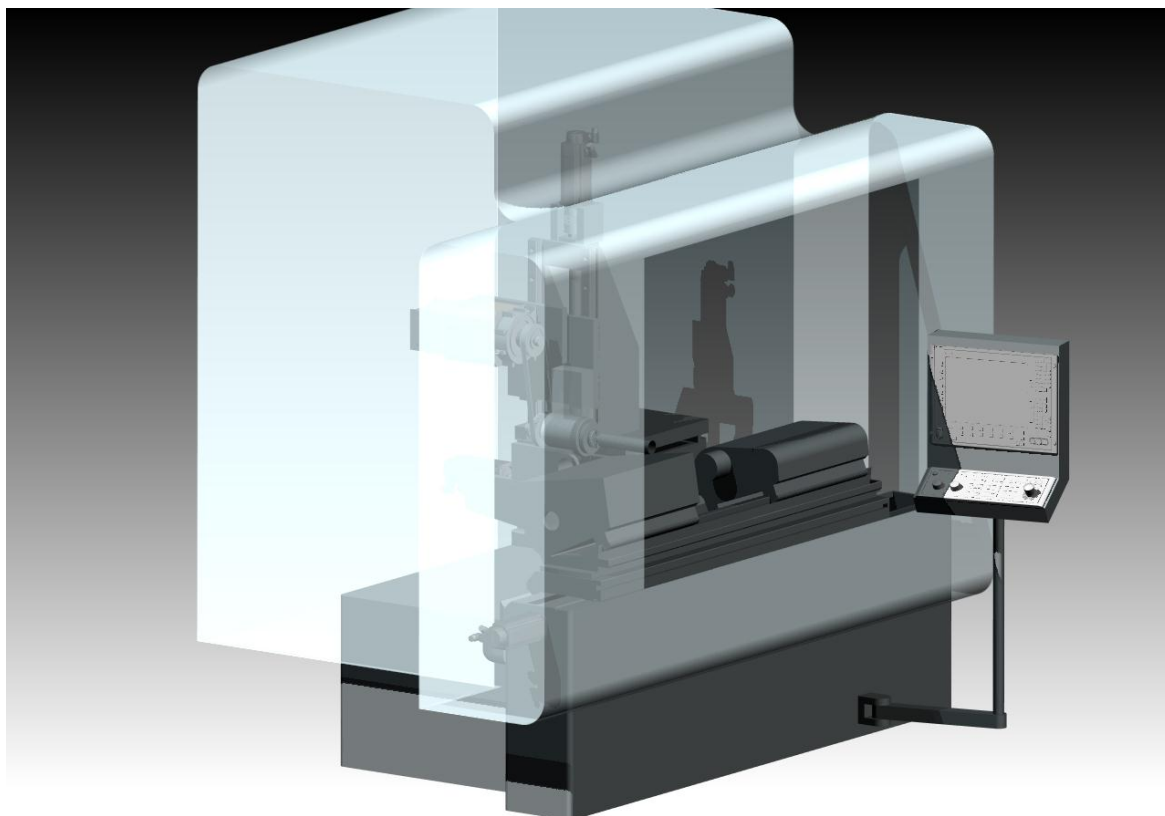


Рис.13. Фотореалистическое изображение модели модернизированного станка

В результате выполненной работы предложен проект модернизации станка мод. 3А151. Построена трехмерная модель обрабатывающего центра для высверливания заготовок из монокристаллов лейкосапфиров, в которой учтен ряд требований, предъявляемых к современным станкам с ЧПУ. Модели компонентов приводов созданы с использованием специальных приложений и импортированы в систему трехмерного моделирования NX 7.5.

По сравнению с существующим технологическим процессом, применение данного станка позволяет повысить точность обработки, что обеспечивается установкой ВГК с предварительным натягом и датчиков обратной связи по положению узлов. Кроме того, появляется возможность обработки деталей по заданной программе, что позволяет расширить технологические возможности станка и сократить время на его переналадку.

Конструкция обрабатывающего центра выполнена на основе серийно изготавливаемого шлифовального станка, основные детали и узлы которого обладают достаточной точностью для выполнения ответственных работ.

Детали несущей конструкции станка прошли естественное старение, что способствует отсутствию коробления и сохранению точности станка во время эксплуатации.

Разработана конструкция колонны и шпиндельной бабки (осуществляющая движение вдоль вертикальной оси Y), которая устанавливается при помощи линейных направляющих качения, позволяющих достигать высокой точности позиционирования и скоростей холостых перемещений.

Зона обработки закрыта кабинетом, предотвращающим разбрызгивание СОЖ и надежно защищающая от последствий разрушения инструмента и заготовки в процессе обработки.

Для обеспечения требуемой точности при модернизации целесообразно выполнить шлифовку направляющих продольного станка и шпиндельной бабки.

В целом предложенную концепцию станка можно охарактеризовать как удачную и рекомендовать ее как основу для выполнения проекта модернизации оборудования.

Литература

1. *Михрютин В. В., Шерстобитов М. А.* Программные средства проектирования автоматизированных станков// Оборудование и инструмент для профессионалов № 5, 2009. – С. 18 – 20.
2. *Михрютин В. В., Михрютина А. В.* Курсовое проектирование станков с использованием системы трехмерного моделирования// ВКИТ №9 2010. С. 21–27.