

УДК 621.9

ОСОБЕННОСТИ ВЕРИФИКАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ПО ТОЧНОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

С.В. Сергеев, А.А. Шелегов, Ю.С. Сергеев

Сформулированы основные принципы верификации управляющих программ по точности формообразования поверхностей. На примере обработки отверстий показан процесс верификации управляющей программы по точности размера, формы и шероховатости поверхности.

Ключевые слова: управляющая программа; верификация; точность формообразования; срезаемые слои; многоцелевые станки.

В настоящее время на предприятиях аэрокосмического комплекса нашей страны применяется огромное количество современных, высокотехнологичных станков с ЧПУ для обработки металлов резанием. По принципу работы они подразделяются на различные группы (токарные, фрезерные, шлифовальные и др.). Причем, основную долю всего парка оборудования занимают фрезерные и токарно-фрезерные обрабатывающие центры. Зачастую для изготовления сложных деталей рабочие органы таких станков способны перемещаться в пространстве по 5-ти и более осям одновременно. Это в свою очередь требует от людей, занятых разработкой управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ, опыта и очень высокой квалификации. Однако, все же при разработке УП не исключены ошибки, которые могут привести либо к поломке инструмента, либо к очень серьезным повреждениям оборудования и соответственно дорогостоящему ремонту. Для предотвращения таких последствий требуется предварительная проверка УП перед запуском ее на реальном станке. На сегодняшний день существует огромное количество специальных программных продуктов для симуляции и верификации УП [1]. Одной из наиболее мощных, универсальных и удобных в использовании является система *VeriCut* от компании *CGTech*. Она позволяет создать виртуальный станок любой компоновки и сложности, а также реализовать логику стойки ЧПУ для управления рабочими органами согласно команд, прописанных в загруженной УП. В процессе работы в *VeriCut*, открыв необходимый станок и загрузив в него режущий инструмент, приспособление и заготовку, можно симулировать, верифицировать и оптимизировать УП (рис. 1).

То есть существует возможность в реальном времени увидеть все движения рабочих органов станка и динамический процесс снятия материала инструментом с заготовки. В процессе этого постоянно происходит проверка на столкновения элементов станка между собой, а также инструмен-

та с заготовкой или приспособлением. Параллельно ведется проверка синтаксиса УП на различные рода несоответствия. После симуляции и верификации можно произвести оптимизацию, то есть в автоматическом режиме максимально сократить время обработки детали при помощи регулирования режимов резания в каждой точке траектории движения инструмента в зависимости от фактически снимаемого слоя материала и заданных пользователем параметров. После чего УП можно обрабатывать на реальном станке.

Помимо симуляции и проверки УП на столкновения при помощи *VeriCut*, используя определенные методы и инструменты данной системы, можно решать и нестандартные задачи. Одной из таких задач является проверка УП по точности формообразования поверхностей. Известно, что при обработке даже идеально заточенным инструментом и по режимам резания в полном соответствии с рекомендациями производителя нередко происходит отклонение этих параметров, что связано с влиянием на процесс динамических факторов. Поэтому в случае обработки особо ответственных деталей целесообразно проводить данную верификацию по точности, что положительно скажется на сокращении материальных затрат предприятия по причине брака. В качестве примера рассмотрим, как можно реализовать возможность расчета параметров формы и шероховатости поверхности при обработке отверстия многолезвийными мерными режущими инструментами, такими как сверло и развертка.

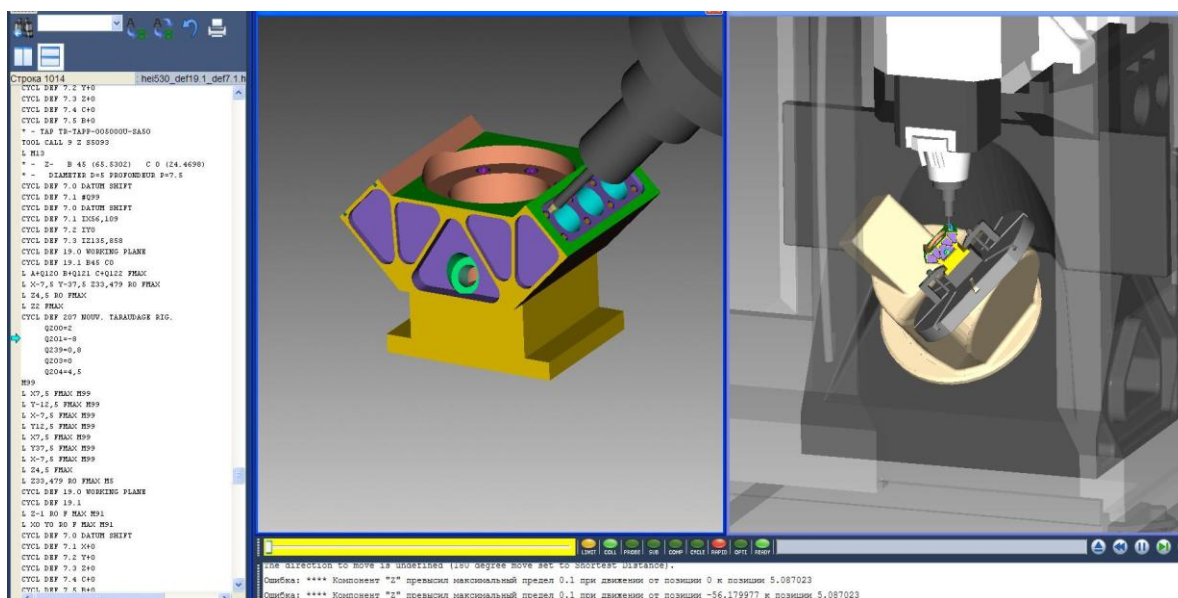


Рис. 1. Симуляция и верификация УП на виртуальном станке

Итак, для начала необходимо создать в *VeriCut* такую кинематическую схему, с помощью которой можно реализовывать перемещения и вращения объекта в пространстве в направлениях, удовлетворяющих условию решаемой задачи. В данном случае, зная все факторы, влияющие на инструмент в процессе резания задана схема, состоящая из 5-ти линейных осей (U, V, X, Y, Z) и 2-х круговых осей (B и C). Оси U и V дублируют оси X и Y . Взаимное подчинение осей следующее: $U - V - B - X - Y - Z - C$ и зависит также от решаемой задачи. Затем необходимо создать в любой *CAD* системе 3D модель инструмента с полным соблюдением его геометрии. После чего модель экспортируется в *VeriCut* для дальнейшей работы. По умолчанию не зависимо от геометрии инструмента, после команды на включение рабочих оборотов шпинделя, система преобразует инструмент в тело, полученное путем вращения его относительно своей оси. В результате в процессе симуляции съем материала сводится к тому, что из фасетного тела заготовки динамически вычитается объем тела вращения инструмента. А это не приемлемо, поскольку для проверки точности формы и определения шероховатости поверхности необходимо учитывать материал, срезанный каждым зубом инструмента в процессе резания. В силу этого обстоятельства необходимо воспользоваться специальным макросом, который встроен в систему *VeriCut*. Прописав в УП строку: *CGTECH_MACRO "BroachModeOnOff" 1*, активируют режим, позволяющий при любом движении инструмента отображать снятый материал каждым зубом инструмента, учитывая его реальную геометрию (рис. 2).

После того как данный пункт выполнен «задают» заготовку для обработки. В данном случае это обычный куб (для сверла) и куб с предварительно выполненным отверстием (для развертки). Затем задается управляющая программа, в которой учитываются все факторы влияния на процесс резания и в которой происходит расчет движения инструмента по заданным параметрам. В результате на данном примере мы наблюдаем реальную форму и шероховатость отверстий.

При помощи инструментов замера *VeriCut* есть возможность численно определить величины различных параметров. Например, можно измерить величину фактического увода оси полученного отверстия, его диаметр, разбивку, объем срезанного материала за всю обработку. Вместе с тем, можно рассчитать объемы или площади срезов по каждому зубу инструмента за любой период времени и др. Затем, полученные результаты по точности формы, размера и шероховатости поверхности отверстий сравнивают с требованиями, заданными чертежом, и в случае отклонений корректируют режимы резания, тем самым оперативно влияют на качество обработки [2].

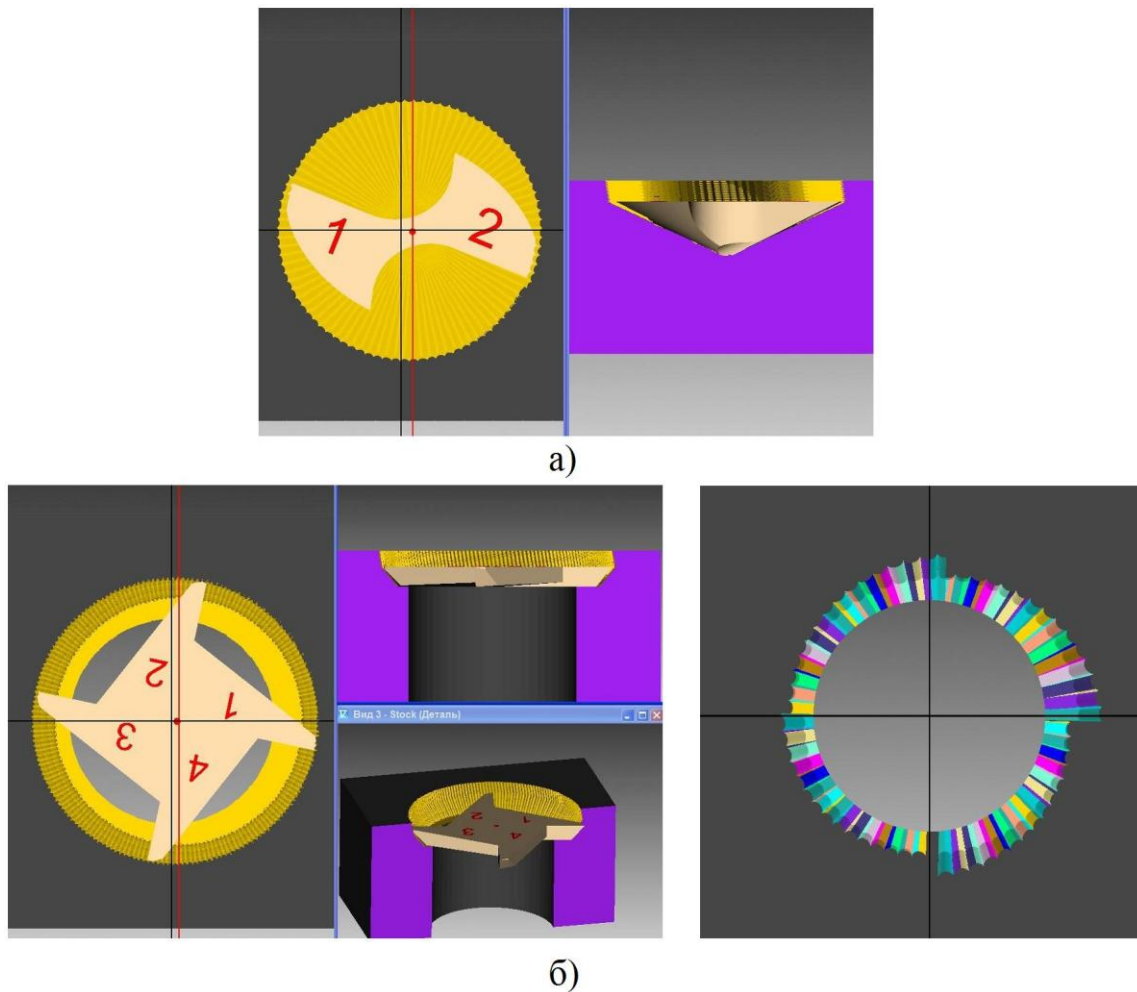


Рис. 2. Реальная форма и шероховатость отверстий, полученная по заданным режимам резания: а – сверлом, б – разверткой

Данный вид верификации является очень точным и в полной мере учитывает все особенности, связанные с обработкой на реальном станке, что значительно упрощает подготовку УП при изготовлении особо ответственных деталей единичного производства и сокращает процент брака до минимума.

Библиографический список

1. Станки с ЧПУ: устройство, программирование, инструментальное обеспечение и оснастка: учеб. пособие / А.А. Жолобов, Ж.А. Мрочек, А.В. Аверченков, М.В. Терехов, В.А. Шкаберин. – 2-е изд., стер. – М.: ФЛИНТА, 2014. – 355 с.

2. Сергеев, С.В. Повышение эффективности вибрационных процессов при механической обработке различных материалов: монография / С.В. Сергеев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 262 с.

[К содержанию](#)