

УДК 621.833.389; 621.914.5

С. Е. Логинов, аспирант;
К. В. Богданов, магистрант

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НОВОГО МЕТОДА НАРЕЗАНИЯ ЗУБЬЕВ СПИРОИДНЫХ КОЛЕС

Рассмотрены модернизация токарно-винторезного станка с ЧПУ и конструкции элементов технологической оснастки, необходимые для реализации нового метода нарезания зубьев спироидных колес с помощью плоской резцовой головки.

Ключевые слова: спироидная передача, нарезание зубьев

Введение

Новый метод нарезания спироидных колес, предложенный в [1] (см. также [2]), способен преодолеть недостатки традиционно применяемых методов, существенно ограничивающих производительность обработки зубьев. В настоящей статье рассмотрен вариант практической реализации нового метода с использованием токарно-винторезного станка с ЧПУ и приведены основные требования к применяемому зуборезному инструменту (резцовой головке).

Схема обработки и основные требования к модернизации

Схематично реализация нового метода на токарно-винторезном станке показана на рис. 1 и 2. Заготовку колеса предполагается устанавливать в патрон 1 шпинделя. Резцовая головка 2 с приводом 3 и вертикальным суппортом 4 с помощью кронштейна 5 устанавливается на поперечный суппорт 6 станка, с которого предварительно убран резцедержатель. Использование нетрадиционного для токарных станков режущего инструмента (резцовой головки) и необходимость согласования многих движений при обработке требуют некоторой модернизации механической части и системы числового программного управления.

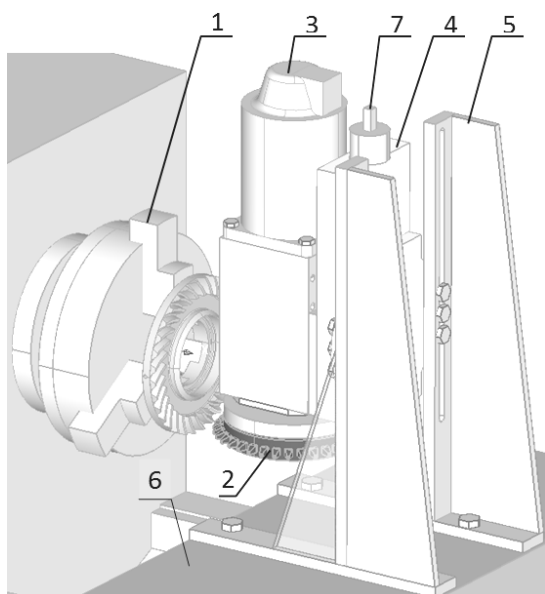


Рис. 1. Реализация нового метода на токарно-винторезном станке с ЧПУ

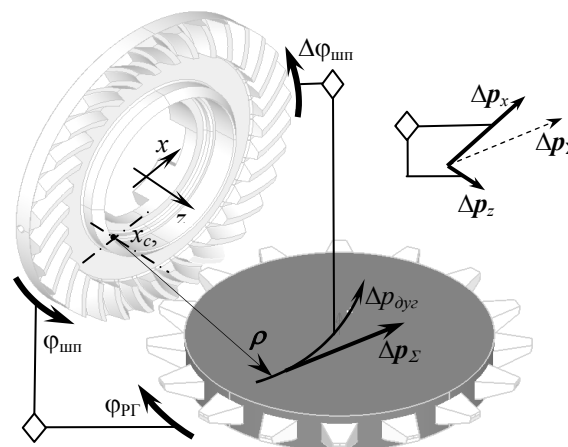


Рис. 2. Схема обработки

Можно выделить следующие группы требований к модернизации станка:

- требования к монтажу и относительному положению элементов;
- требования к точности движений, выполняемых при обработке;
- требования к жесткости и прочности элементов станочной наладки с учетом специфичности их нагружения.

Рассмотрим последовательно, как эти требования следует выполнять.

Монтажные требования

К числу установочных наладочных параметров при обработке относятся:

- расстояние B_0 от плоскости резцов головки до оси заготовки (оси центров) – регулируется вращением винта 7 вертикального суппорта 4, в качестве которого можно использовать, например, каретку суппорта универсального токарно-винторезного станка;
- станочный межосевой угол Σ_0 (угол между осями заготовки и резцовой головки; в самом распространенном частном случае этот угол равен 90°) – обеспечивается регулировкой при монтаже кронштейна 5 на суппорте 6 станка;
- положение центра (x_c, z_c) и радиус ρ дуговой траектории подачи резцовой головки;
- начальное и конечное станочное межосевое расстояние a_{w0} .

Последние параметры задаются в управляющей программе как обычно при токарной обработке.

Движения при обработке

В процессе формообразования зубьев при новой схеме одновременно применяется поперечная и продольная подача (круговая интерполяция) резцовой головки, что требует согласования трех пар движений на станке (рис. 2):

- а) вращения резцовой головки и вращения заготовки колеса;
- б) подачи резцовой головки и дополнительного вращения заготовки колеса;
- в) поперечной и продольной подачи.

Следует отметить, что существуют токарные обрабатывающие центры, имеющие все необходимые связи движений, однако стоимость такого оборудования значительно превосходит стоимость токарно-винторезных станков с ЧПУ. На большинстве токарных станков с ЧПУ можно осуществить согласование вращения шпинделя с подачей поперек оси, с подачей вдоль оси или линейной подачей вдоль образующей.

Для совместной реализации первых двух пар согласованных движений с точки зрения программирования и технологии удобно выполнять не сложение вращений шпинделя (рис. 3, а), а одновременное увязывание углов его поворота с подачей и вращением резцовой головки (рис. 3, б), которое должно осуществляться сервоприводом.

С помощью обычных для токарно-винторезных станков циклов можно реализовать нарезания резьбы на цилиндре, плоскости (резьба-спираль) или конусе. Особенностью рассматриваемой схемы, осложняющей реализацию, является то, что вращение шпинделя должно быть согласовано с круговой подачей инструмента (по сути – резьба на детали вращения с исходной дуговой образующей). Для преодоления этой сложности предлагается разбить круговую траекторию подачи инструмента на ряд достаточно малых линейных участков.

Из двух возможных направлений подачи инструмента следует применять направление от периферии заготовки к ее центру (рис. 2) – при этом меньшей является опасность срезания зубьев.

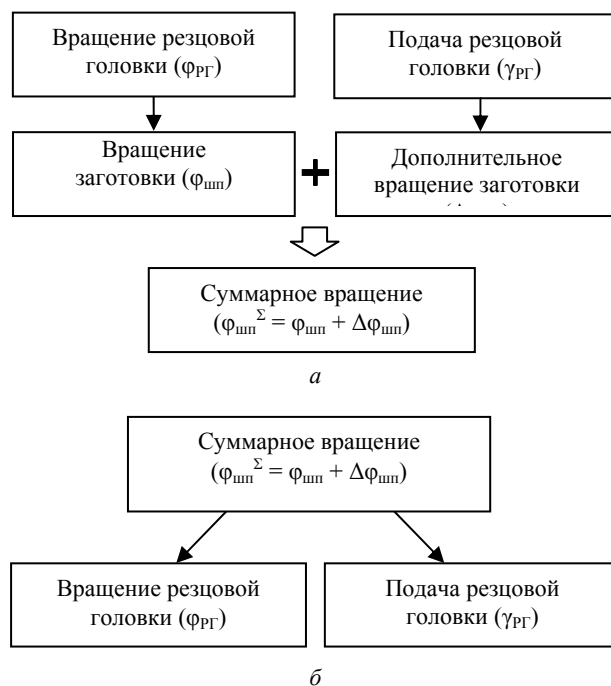


Рис. 3. Согласование движений при обработке

Жесткость и прочность элементов конструкции

Резцы головки испытывают нагружение главным образом перпендикулярно своим передним плоскостям, то есть осевая составляющая силы резания, действующей на РГ, является доминирующей, что требует применения соответствующих подшипников шпинделя РГ. При этом одному и тому же набору расчетных наладочных параметров соответствуют четыре варианта расположения резцовой головки и ее резцов, соответствующие следующим двум парам альтернатив (рис. 4): плоскости резцов выше (а) или ниже (б) оси центров и передние плоскости резцов обращены кверху (в) или книзу (г). В качестве основного варианта, обеспечивающего большую жесткость и надежное прижатие к направляющим станины станка силами резания, является обращение передних плоскостей резцов вверх при расположении резцовой головки ниже оси центров. Для обеспечения достаточной жесткости и прочности кронштейн оснащен ребрами.

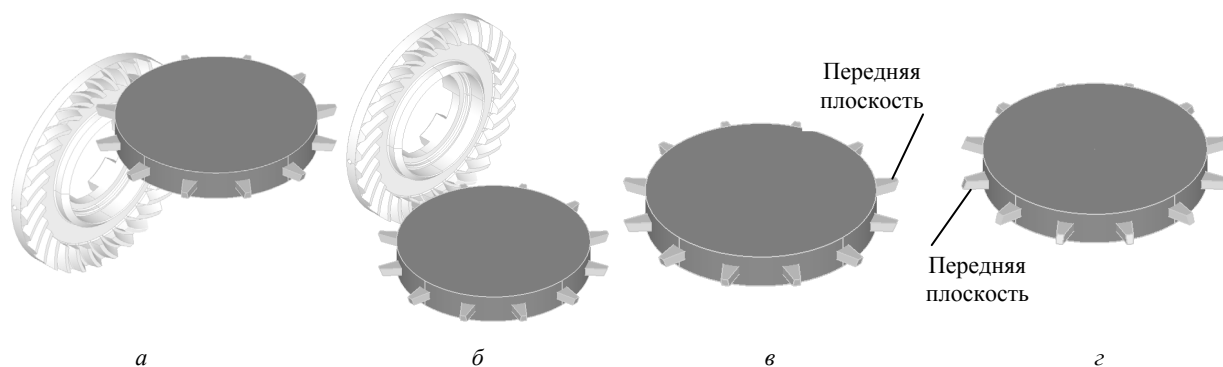


Рис. 4. Варианты расположения резцовой головки и резцов

Плоская резцовая головка

В качестве режущего инструмента для нового метода нарезания зубьев спироидных колес используется резцовая головка с радиальными пазами, в которых установлены призматические резцы (рис. 5). Сборная конструкция инструмента дает следующие преимущества:

- режущие элементы (резцы) могут быть изготовлены из быстрорежущей стали или твердого сплава, а остальные детали головки – из более дешевой конструкционной стали;
- существенно упрощены производство и переточка инструмента, в частности, заточку резцов можно производить вне корпуса резцовой головки по отдельности или группами.

В общем случае при изготовлении сборного инструмента следует стремиться максимизировать число режущих элементов – это позволит обеспечить максимальную производительность обработки. С другой стороны, при использовании резцовой головки для новой схемы формообразования можно оснастить резцами лишь некоторые (вплоть до единственного) пазы, что сокращает подготовку единичного производства.

Для точного позиционирования резцов резцовой головки в окружном, осевом и радиальном направлениях необходимо жестко регламентировать шаг между боковыми стенками пазов корпуса, обеспечивать надежное прижатие резцов к базировочным поверхностям, обеспечивать единообразное профилирование резцов при их переточке.

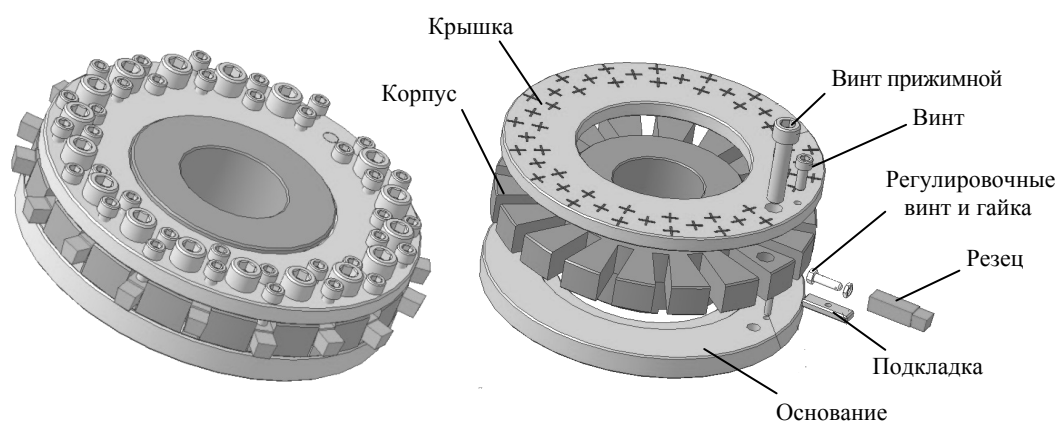


Рис. 5. Резцовая головка

Существуют два варианта расположения передних режущих кромок резцов:

а) расположение передних режущих кромок в одной осевой плоскости, что позволяет проводить переточку на стандартных плоскошлифовальных станках без использования специального оборудования и облегчает настройку осевого положения резцовой головки;

б) расположение передних режущих кромок под углом к плоскости резцовой головки, что позволяет более гибко управлять процессами нарезания и обеспечивать примерно равные условия резания для разноименных боковых поверхностей зуба, но при этом усложняя процесс изготовления и переточки резцов.

Задние плоскости резцов следует располагать так, чтобы обеспечивать положительные задние углы резания на всем протяжении формообразования зубьев.

Особенности разработки управляющих программ

В обычном программном обеспечении для токарной обработки имеется возможность одновременного согласованного управления тремя координатами – перемещениями вдоль координатных осей x и z и круговой координатой шпинделя (в частности, как было отмечено выше, такое управление позволяет реализовать нарезание резьбы на конической поверхности). Управление дополнительно вводимым вращением

режущего инструмента, на наш взгляд, можно осуществить тремя альтернативными способами:

– использованием программного обеспечения, применяемого в токарных обрабатывающих центрах, где ведется управление 4–5 координатами одновременно (в частности, и углом поворота приводного инструмента, аналогом которого можно считать резцовую головку);

– использованием широко распространенного программного обеспечения для фрезерной обработки, в котором обычно ведется управление 4–5 координатами;

– введением в циклы управления нарезанием резьбы дополнительного согласованного параметра, задающего скорость вращения резцовой головки.

Заключение

Описанные в работе элементы модернизации широко распространенного и доступного оборудования хотя и затрагивают многие стороны его конструкции и управления, однако, на наш взгляд, являются достаточно простыми и сравнительно малозатратными для того, чтобы создать альтернативу традиционному способу нарезания зубьев спироидных колес – на универсальных зубофрезерных станках. Развитие этой работы состоит в разработке методов и оснащения изготовления и переточки зуборезного инструмента и отладке режимов обработки для различных условий производства.

Библиографические ссылки

1. Трубачев Е. С., Злобина П. А., Логинов С. Е. Новая схема формообразования зубьев спироидных колес // Интеллектуал. системы в пр-ве. – 2011. – № 2. – С. 178–184.
2. Трубачев Е. С., Логинов С. Е. Новый метод нарезания зубьев спироидных колес // Теория и практика зубчатых передач : сб. тр. Междунар. симп. (21–23 янв., 2014 г., Россия, Ижевск). – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2013. – 580 с.

* * *

S. E. Loginov, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

K. V. Bogdanov, Master's degree student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Practical implemetation of a new method of spiroid gearwheel tooth cutting

Modernization of the lathe CNC machine and design of tooling elements needed to implement a new tooth cutting method with a plane cutting head for spiroid gearwheels are suggested.

Keywords: spiroid gear, spiroid tooth cutting

Получено: 22.04.14

УДК 62-754.4

А. А. Лужбина, аспирант;

Ю. В. Турыгин, доктор технических наук, профессор

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛЕЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ РЕЗОНАТОРА И ОСНОВАНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ВОЛНОВОГО ГИРОСКОПА

Определена актуальность проблемы технологического обеспечения оптимальных характеристик клеевого соединения резонатора и основания твердотельного волнового гироскопа. Решена плоская контактная задача методом конечных элементов. Сделаны выводы о величине напряжений и их распределении по длине клеевого слоя.

Ключевые слова: твердотельный волновой гироскоп, клеевое соединение, резонатор, основание, метод конечных элементов**Введение**

Твердотельный волновой гироскоп (ТВГ) – вибрационный гироскоп, основанный на эффекте прецессии стоячей волны, возбужденной в твердом теле, при вращении чувствительного элемента, относительно оси, перпендикулярной плоскости колебаний. Описанный принцип работы известен как эффект Брайана [1]. ТВГ применяются в системах навигации, ориентации и стабилизации в космической и военной технике благодаря высокой точности, способности работать в экстремальных условиях. Достижение высокой точности невозможно без качественного технологического обеспечения всех этапов производства. В общем случае технология изготовления ТВГ состоит из изготовления двух основных деталей: кварцевого резонатора и керамического основания, которые впоследствии герметизируются в металлическом корпусе (рис. 1).

Резонатор соединяется с основанием с использованием токопроводящего клея на эпоксидной основе с добавлением мелкодисперсных частиц серебра. Толщина клеевого слоя не более 6 мкм в отверстии и немного больше к торцу ножки резонатора. Применение в данном случае именно клеевого способа соединения обусловлено, во-первых, возможностью многократного монтажа/демонтажа, во-вторых, в данном случае это соединение неоднородных, неметаллических материалов, и применение других видов соединения технологически сложно.

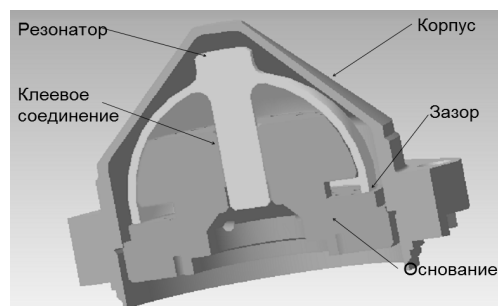


Рис. 1. Конструкция ТВГ

Решение контактной задачи

В анализе технологических погрешностей резонатора рассмотрены все виды возможных дефектов, которые, в общем, должны быть устранены балансировкой резонатора, однако на практике идеального по форме резонатора добиться сложно [2]. Колебания сферы такого резонатора быстро затухают (низкая добротность). Упругие свойства клеевого слоя в допустимых пределах способны компенсировать возникающие паразитные колебания. Аналитический расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) клеевого соединения затрудняется сложной геометрией соединяемых деталей, невозможностью учета всех действующих внешних нагрузок. Численные методы в данном случае позволят провести расчет НДС в сокращенные сроки и представить результаты в наглядном виде. Для исследования НДС клеевого соедине-