

Заключение

Приведенные в статье алгоритмы расчета распределения нагрузки в многопарном спироидном зацеплении могут применяться как в упругой, так и упругопластической постановке задачи. В упругопластической постановке задачи отдельно вопросом стоит вопрос необходимости учета пластического смятия микронеровностей на поверхности зубьев передачи, который в данной статье не рассматривается. Результаты расчета применимы для оценки прочности зубьев тяжело нагруженных передач. Отдельным достоинством данного подхода является возможность представления информации в форме, необходимой для исследователя, и не ограничивающейся возможностью программного обеспечения специализированного пакета МКЭ.

Библиографические ссылки

1. Höhn B.-R., Steingröver K., Lutz M. Determination and optimization of the Contact Pattern of Worm Gears // Gear Technology. – March/April 2003. – Pp. 12–17.

Получено 17.04.2017

2. Айрапетов Э. Л., Генкин М. Д., Мельникова Т. Н. Статика глобидных передач. – М. : Наука, 1981. – 198 с.

3. Шевелева Г. И. Численный метод решения контактной задачи при сжатии упругих тел // Машиноведение. – 1981. – № 5. – С. 90–94.

4. Шевелева Г. И. Решение контактной задачи методом последовательного нагружения // Известия вузов. – 1986. – № 9. – С. 10–15.

5. Бондаренко А. В. Статическая нагруженность глобидного зацепления с учетом особенностей формообразования, погрешностей изготовления, монтажа и податливости элементов передачи : дис. ... канд. техн. наук. – Курган, 1987. – 353 с.

6. Вяткин А. И. Разработка и анализ расчетно-экспериментальной эволюционной модели износа глобидного зацепления : дис. ... канд. техн. наук. – Курган, 1997. – 220 с.

7. Заблонский К. И. Зубчатые передачи. Распределение нагрузки в зацеплении. – Киев : Техніка, 1977. – 208 с.

8. Шевелева Г. И. Расчет упругих контактных перемещений на поверхностях деталей ограниченных размеров // Машиноведение. – 1984. – № 4. – С. 92–98.

9. Кузнецов А. С. Теоретическое и экспериментальное исследование статической нагруженности спироидной передачи : дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 2005. – 186 с.

УДК 621.833.389; 621.914.5

DOI 10.22213/2413-1172-2017-2-64-67

К. В. Богданов, аспирант, Институт механики ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Д. А. Хватов, магистрант, Институт механики ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ОБРАБОТКИ ВИТКОВ ЧЕРВЯКА ТОРЦОВОЙ РЕЗЦОВОЙ ГОЛОВКОЙ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ

Введение

В единичном и мелкосерийном производстве предварительное нарезание витков червяков резцом на токарных станках с ЧПУ является наиболее распространенным методом формообразования в силу простоты реализации при минимуме специальной технологической оснастки. Значительно большей производительностью отличаются методы предварительного нарезания червяков, основанные на применении многорезцовых инструментов с исходной

производящей поверхностью вращения – дисковых фрез и вихревых резцовых головок. Повышенная сложность переналадки оборудования и инструмента создает трудности применения этих методов в мелкосерийном производстве. Еще одним решением является применение инструмента торцового (чашечного) типа (рис. 1) (червяки типов ZK3 [1], SZK3, SZCT3 [2]).

В статье рассмотрен вариант реализации этого решения на широко распространенном и легко перенастраиваемом токарно-винторезном станке с ЧПУ.

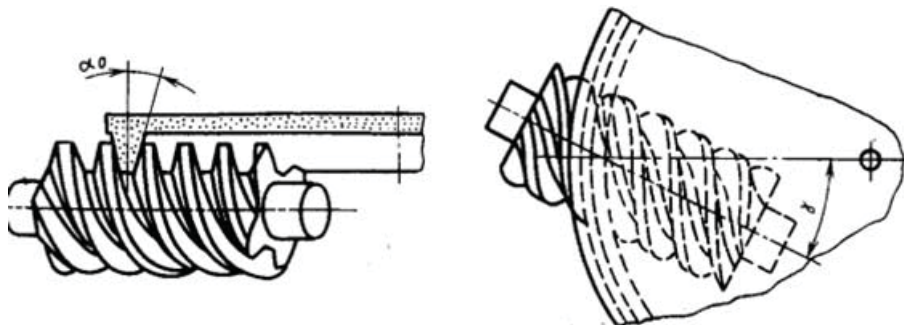


Рис. 1. Схема формообразования червяков вида ZK3 и SZK3

Геометрия нарезаемых витков

Боковые поверхности витков червяков в рассматриваемой схеме образуются в результате огибания производящей поверхности инструмента – конуса или тора [3]. Координаты точек поверхностей витков можно вычислить традиционным путем – решением уравнения станочного зацепления:

$$\mathbf{n} \cdot \mathbf{v}_{s1} = 0, \quad (1)$$

где \mathbf{n} – вектор нормали к производящей поверхности; \mathbf{v}_{s1} – вектор относительной скорости в станочном зацеплении – по сути скорости винтового дви-

жения инструмента относительно нарезаемого червяка.

Расчеты с использованием зависимости (1) показывают, что осевой профиль витков червяка видов *ZK3* и *SZK3* оказывается выпуклым, причем величина выпуклости тем больше, чем больше угол γ_1 подъема витка и меньше угол α_0 профиля (рис. 2).

Модернизация и наладка станка

Схематично реализация метода предварительного нарезания червяков торцевой резцовой головкой на токарном станке с ЧПУ показана на рис. 3.

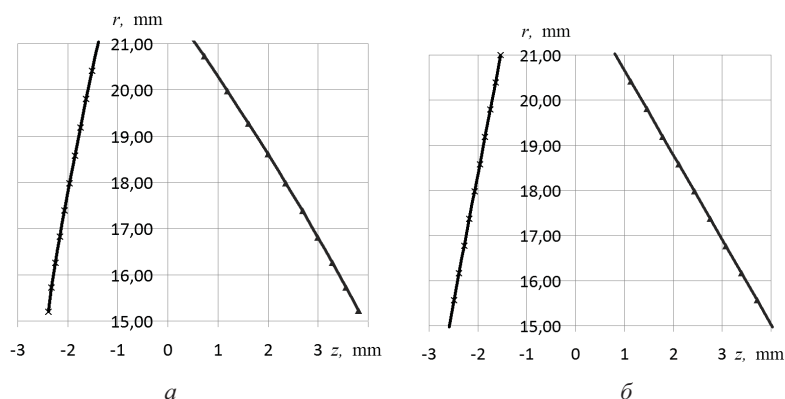


Рис. 2. Осевой профиль витков червяков вида SZK3 ($m_{x1} = 2,75 \text{ mm}$, $d_1 = 36,5 \text{ mm}$, $\alpha_{0R} = 10^\circ$, $\alpha_{0L} = 28^\circ$):
 $a - z_1 = 1$, $\gamma_1 = 4,31^\circ$; $b - z_1 = 4$, $\gamma_1 = 16,77^\circ$

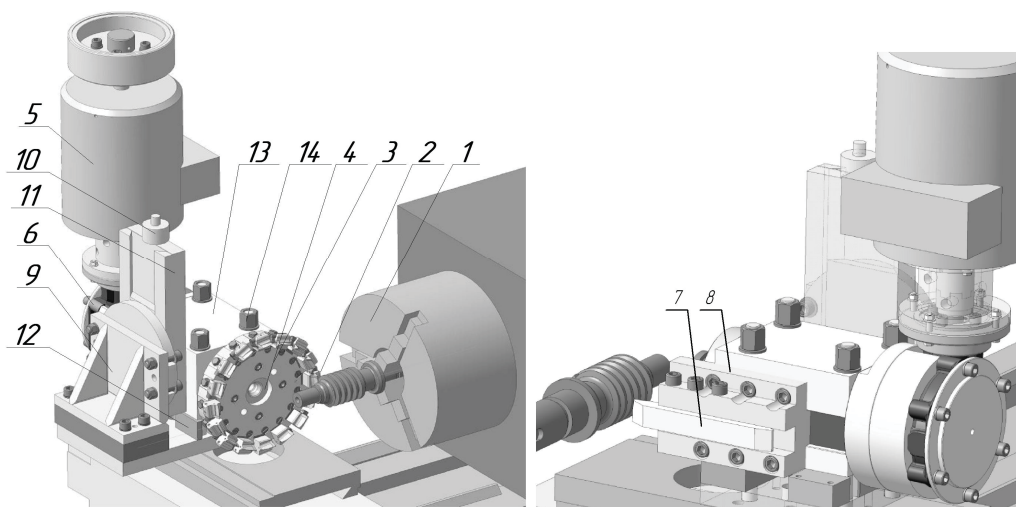


Рис. 3. Токарный станок с ЧПУ 16A20Ф3, модернизированный для нарезания витков червяков торцевой резцовой головкой

Заготовка червяка устанавливается в патрон 1. С поперечного суппорта станка 2 демонтирован резцедержатель, взамен которого установлен механизм для закрепления, выверки и приведения во вращение торцевой головки 3. Резцовая головка закрепляется на шпинделе 4, который приводится во вращение с помощью электродвигателя 5 и спироидного редуктора 6. Для большей универсальности в конструкции предусмотрена возможность установки одиночного резца 7 в резцедержатель 8.

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.

Наладка и переналадка станка осуществляется с помощью простых и легко контролируемых настроек.

К числу установочных наладочных параметров при обработке относятся:

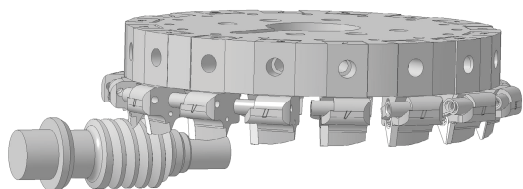
– угол между осью заготовки и осью резцовой головки (в нашем случае этот угол равен 90°); обеспечивается регулировкой при монтаже кронштейна 9 на суппорте станка 2;

– расстояние между осью вращения резцовой головки и осью вращения заготовки при обработке; настраивается вращением винта 10 вертикального суппорта 11 и установки регулировочных пластин 12 необходимой толщины и выбирается близким к значению

$$a_{w,0} = 0,5d_0 \sin \gamma_1, \quad (2)$$

где γ_1 – делительный угол подъема линии червяка; d_0 – диаметр резцовой головки.

Для обеспечения большей жесткости и прочности после настройки межосевого расстояния корпус шпинделя 13 фиксируется гайками 14 (см. рис. 3).



Резцы головки испытывают динамические нагрузки главным образом перпендикулярно своим передним плоскостям, т. е. окружная составляющая силы резания, действующей на резцовую головку, является доминирующей, что требует применения соответствующих подшипников шпинделя резцовой головки. При этом одному и тому же набору расчетных наладочных параметров соответствуют несколько вариантов расположения резцовой головки и направления ее вращения (рис. 4). В качестве основного варианта, обеспечивающего большую жесткость и надежное прижатие к направляющим станины станка силами резания, является горизонтальное расположение (рис. 4) оси вращения резцовой плоскости и ее вращение против часовой стрелки.

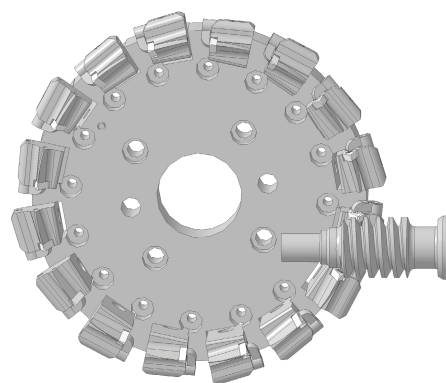


Рис. 4. Расположение резцовой головки

В процессе формообразования витков одновременно применяется вращение резцовой головки и продольная подача резцовой головки, согласованная с вращением нарезаемого червяка. Необходимое согласование движений реализуется на большинстве токарных станков в режиме нарезания резьбы.

Режущий инструмент

В качестве режущего инструмента для нарезания витков червяка используется двусторонняя торцовая резцовая головка (рис. 5).

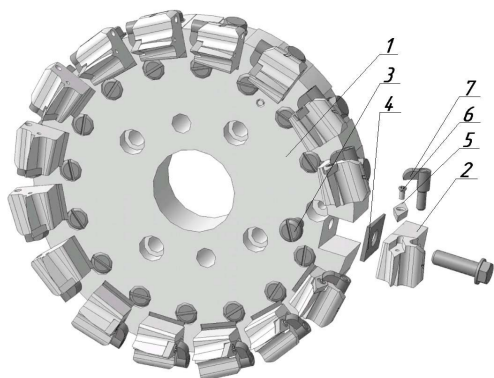


Рис. 5. Двухсторонняя торцовая резцовая головка со сборными резцами

Резцовая головка имеет жесткий массивный корпус 1, в радиальных пазах которого поочередно

устанавливаются резцы 2, профилирующие правую и левую поверхности витков червяка. При помощи винта 3 регулировочный клин 4 перемещают вверх или вниз, в результате чего достигается точное расположение режущих кромок резцов в радиальном направлении. Резцы оснащены сменными твердосплавными пластинами 5. Механизм двойного зажима пластины представляет собой комбинацию из винта 6 и зажима 7, что обеспечивает точное позиционирование и надежное закрепление пластины.

Применение такого режущего инструмента дает следующие преимущества:

- возможность использования корпусов распространенных резцовых головок для колес с круговыми зубьями;
- нет необходимости в дорогостоящем оборудовании для изготовления, заточки и контроля резцовой головки;
- использование стандартных твердосплавных пластин;
- увеличение стойкости инструмента и производительности обработки.

В общем случае при изготовлении сборного инструмента следует стремиться максимизировать число режущих элементов, что позволит обеспечить максимальную производительность обработки. С другой стороны, при использовании торцовой резцовой головки для нарезания витков можно осна-

стить резцами лишь некоторые пазы, что сокращает подготовку единичного производства.

При выборе размера резцовой головки необходимо исходить из условия предотвращения срезания нарезаемых витков вогнутой стороной производящей поверхности (рис. 6). Нами применяются два достаточно простых метода для расчета минимального диаметра d_{0min} инструмента.

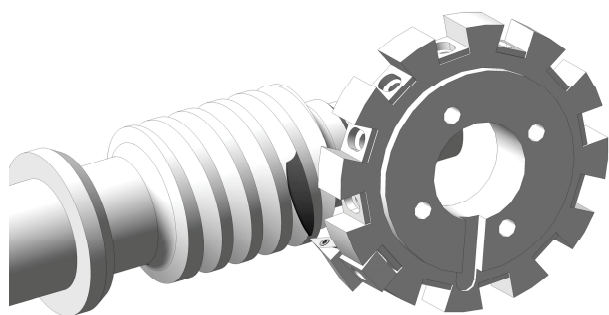


Рис. 6. Срезание витков вогнутой стороной производящей поверхности

Дифференциальный метод основан на расчете радиуса кривизны витка червяка в плоском сечении, параллельном его оси и отстоящем от нее на величину радиуса $d/2$. Опуская выкладки, приведем конечную формулу для расчета d_{0min} :

$$d_{0min} = d \cos\varphi \sec^2 \gamma \sqrt{1 + \sec^2 \gamma \cotan^2 \alpha_x}, \quad (3)$$

где γ – угол подъема винтовой линии витка; α_x – осевой угол профиля витка; φ – угол наклона нормального сечения витка к секущей плоскости.

Графический способ состоит в непосредственном визуальном сопоставлении в среде имеющейся *CAD-system* указанного сечения червяка с окружностью выбираемого диаметра (рис. 7).

Этот способ зачастую оказывается более доступным, наглядным и удобным для конструктора и позволяет выполнять проверку отсутствия интерференции производящей и формируемой поверхностей по всей их протяженности. На практике нами используются оба способа.

Результаты нарезания витков червяка

Нарезание витков червяка на указанном модифицированном токарном станке с использованием

Получено 17.04.2017

двухсторонней торцовой резцовой головки, оснащенной резцами со сменными твердосплавными пластинами, позволило сократить время предварительной обработки витков в 3-4 раза и уменьшить шероховатость обрабатываемой поверхности с Ra 3,2...6,3 мкм до Ra 0,8...1,6 мкм по сравнению с нарезанием резцом на том же станке.

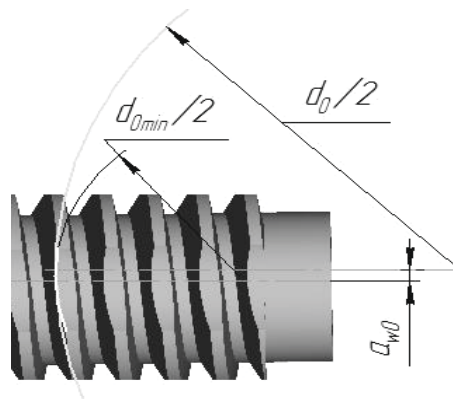


Рис. 7. Графический способ определения d_{0min}

Заключение

Описанные в работе элементы модернизации широко распространенного и доступного оборудования, на наш взгляд, являются достаточно простыми и сравнительно малозатратными, чтобы создать альтернативу традиционному способу нарезания витков червяка в мелкосерийном производстве. Развитие этой работы состоит в отладке процессов проектирования и изготовления режущего инструмента и технологического оснащения, оптимизации методов наладки станка и режимов обработки для различных условий производства.

Библиографические ссылки

1. ГОСТ 18498–89. Передачи червячные. Термины, определения и обозначения. – М. : Изд-во стандартов, 1992.
2. ГОСТ 22850–77. Передачи спироидные. Термины, определения и обозначения. – М. : Изд-во стандартов, 1978.
3. Лонг В. А. Разработка и исследование вопросов технологии нарезания торцовым инструментом червяков спироидных передач механизмов и устройств специального и общего назначения : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 1984. – 22 с.