

Н.А.КОВРИШКИН, канд.техн.наук, Кировоградский НТУ
О.И.САДЧЕНКО, асп., Кировоградский НТУ

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ЧЕРВЯКОВ С ВОГНУТЫМ ПРОФИЛЕМ ВИТКОВ В ОБЩЕМ СЛУЧАЕ СТАНОЧНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ

Розглянуто питання про особливості обробки черв'яків з угнутих профілем витків. Виконується розрахунок інтенсивності видалення металу поверхнею дискового інструменту. Наведено результати 3D моделювання інтенсивності видалення металу при обробці черв'яка.

The features of processing of worm with concave profile are considered. Metal removal intensity calculation by a disk tool surface is executed. The results of 3D modeling of metal removal intensity are resulted at processing a worm.

Постановка проблеми. К червячным передачам, которые используются в металлорежущих станках, предъявляются высокие требования по долговечности, высокой кинематической точности, тонком регулировании зазора, компенсации износа и др. Синтез новых червячных передач открывает новые направления и подходы в решении научной задачи повышения точности и долговечности червячных передач для металлорежущих станков.

Особый научный и практический интерес представляет применение в качестве таких передач червячных передач с вогнутым профилем витков червяка. Такие передачи известны своей высокой нагрузочной способностью, которая может практически в два раза превышать нагрузочную способность червячных передач с червяками типа ZA, ZI и др.

Однако червячная передача с вогнутым профилем витка червяка [1,2], созданная на основе способа жесткой неконгруэнтной производящей пары имеет ряд особенностей, влияние которых на точность механической обработки червячных колес и червяков необходимо исследовать. Поэтому исследования, направленные на повышение точности червячных передач с вогнутым профилем витков червяка являются актуальными.

Анализ литературы. Известна червячная передача с вогнутым профилем витка червяка [1,2], которая синтезирована на основе способа жесткой неконгруэнтной производящей пары (ЖНПП) [3]. Первым элементом ЖНПП является червячная фреза для нарезания эвольвентных колес по ГОСТ 9324, которая используется для нарезания червячного колеса. Вторым элементом ЖНПП является дисковый инструмент, производящая поверхность которого формируется дугами гипербол однополостных гиперболоидов вращения, которые образуются при вращении линейных образующих эвольвентного геликоида червячной

фрезы. В соответствии с работой [1] производящие поверхности червячной фрезы и дискового инструмента являются неконгруэнтными.

Особенностью такой червячной передачи с вогнутым профилем витка червяка является то, что для обработки червячного колеса используется стандартный инструмент, а шлифовальный круг одновременно обрабатывает обе стороны впадины витка червяка. В общем случае станочного зацепления винтовая поверхность червяка такой передачи может иметь переменный шаг в осевом сечении [2].

Поскольку обработка червячного колеса ведется на существующем оборудовании стандартным инструментом, то при решении вопроса о повышении точности обработки можно воспользоваться результатами работ [4-6].

В работах [4] рассмотрено повышение качества червячных фрез за счет совершенствования геометрии режущей части. В этой работе предложены такие установки шлифовального круга для затылования червячной фрезы по ГОСТ 9324, которые обеспечивают точность профиля при переднем угле $\gamma_{a0} \neq 0^\circ$ не меньше, чем у чистовой червячной фрезы с $\gamma_{a0} = 0^\circ$. В особых случаях установки шлифовального круга точность профиля чистовой фрезы с передним углом $\gamma_{a0} \neq 0^\circ$ может быть и выше, чем у чистовой червячной фрезы с $\gamma_{a0} = 0^\circ$.

В работах [5] рассмотрено повышение эффективности нарезания цилиндрических зубчатых колес червячными фрезами с распределенным профилем начального контура.

В работе [6] рассмотрены вопросы обеспечения точности при обработке делительных червячных пар.

Таким образом, существует широкий ряд исследований, на основании которых можно решать вопросы повышения точности механической обработки червячного колеса рассматриваемой передачи. Однако для решения вопроса о повышении точности обработки червяков с вогнутым профилем витков необходимо провести исследование особенностей их механической обработки, обусловленных применением способа ЖНПП.

Цель статьи. Целью статьи является исследование особенностей механической обработки червяков с вогнутым профилем витков в общем случае станочного зацепления с дисковым инструментом.

Раздел основного материала. Для того чтобы неконгруэнтная производящая пара [1] была жесткой [3], в станочных зацеплениях обеспечивается одно и тоже абсолютное движение.

Рассмотрим общий случай станочного зацепления червяка с дисковым инструментом. Согласно [2] при обработке червяк устанавливаются так, чтобы образующая начального цилиндра располагалась в начальной плоскости H см.рис1. Начальная плоскость параллельна вектору скорости инструмента V_u . Расчетная точка P станочного зацепления расположена в

начальной плоскости. Через нее проходят расчетные сечения поверхностей червяка и инструмента. Расчетные сечения перпендикулярны осям начальных поверхностей. Для дискового инструмента задается радиус r_u в расчетном сечении. Для червяка задается радиус r_l в расчетном сечении и соответствующий угол γ_l подъема винтовой линии витка. Считается, что угол γ_l имеет положительное значения для правого червяка. Червяк вращается вокруг своей оси с угловой скоростью ω_1 . Дисковый инструмент, в соответствии со способом ЖНПП, должен двигаться вдоль проекции оси червячной фрезы Z_0 на начальную плоскость со скоростью V_u . Дисковый инструмент вращается вокруг своей оси с угловой скоростью ω_2 . Заготовка червяка повернута относительно направления подачи дискового инструмента на угол τ [2], значение которого определяется следующим образом:

$$\tau = \gamma_l - \gamma_u, \quad (1)$$

где γ_u – угол между осью шлифовального круга и осью червячной фрезы при образовании ЖНПП. Считается, что значение угла γ_u является положительным, если ось дискового инструмента при образовании ЖНПП поворачивается по отношению к оси червячной фрезы против часовой стрелки. На рис. 1 показано положительное направление углов γ_u и τ .

Скорость поступательного движения дискового инструмента вдоль проекции оси Z_0 червячной фрезы на начальную плоскость рассчитывается так, чтобы за время оборота червяка на угол 2π проекция величины его перемещения на ось червяка Z_l была равна величине $\pi m_n z_l$, где z_l – число заходов червяка.

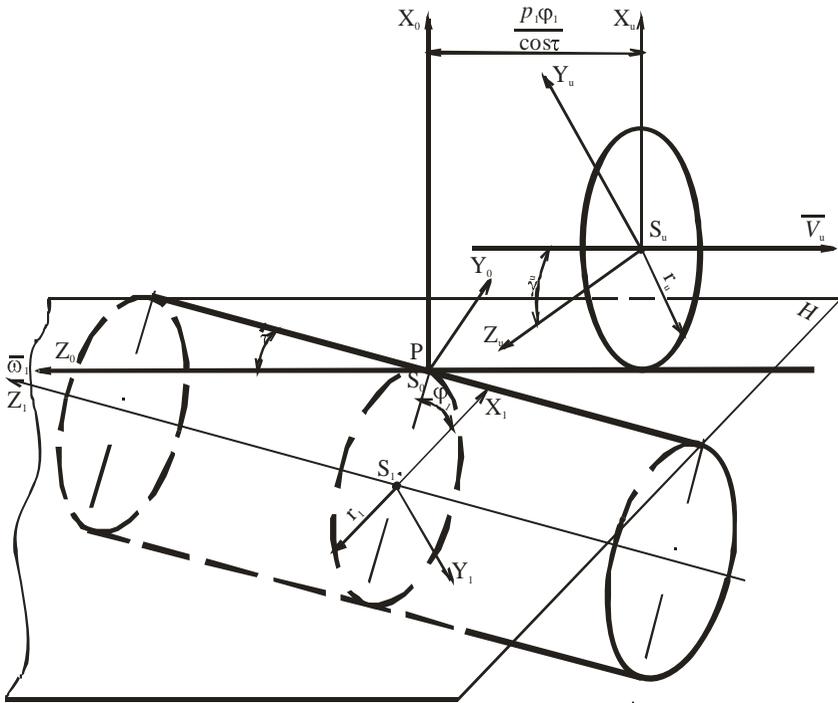


Рис.1. Схема станочного зацепления.

Таким образом, скорость поступательного движения инструмента с угловой скоростью вращения червяка связана следующим выражением:

$$V_u = \frac{p_1 \omega_1}{\cos \tau} = r_1 \omega_1 \frac{\operatorname{tg} \gamma_1}{\cos \tau}, \quad (2)$$

где p_1 – винтовой параметр поверхности витков червяка.

Поскольку, как правило, червяки подвергаются термообработке, то здесь и далее будем считать, что дисковым инструментом для обработки витков есть шлифовальный круг.

Анализ рис.1, а также зависимостей (1) и (2) показывает, что $\tau=0^\circ$ при условии равенства γ_1 и γ_u т.е. ось винтовой поверхности нарезаемой на червяке совпадает с осью заготовки червяка. В этом частном случае станочного зацепления червяк и шлифовальный круг устанавливается также как и при обработке червяков типа ZA, ZI и др. Подобной является и настройка цепи подачи станка, на котором реализуется станочное зацепление. В общем же случае станочного зацепления между осью винтовой поверхности, нарезаемой на червяке, и осью заготовки червяка есть угол τ , а при настройке цепи подачи станка необходимо обеспечить множитель $1/\cos(\tau)$. Скорость поступательного движения шлифовального

круга возрастет по сравнению с частным случаем в $1/\cos(\tau)$ раз. На рис.2 показано влияние угла τ на скорость поступательного движения шлифовального круга при $m=4$ мм, $z_1=1$, $\omega_1=2\pi$ рад/мин и $\tau=0^\circ\dots 10^\circ$.

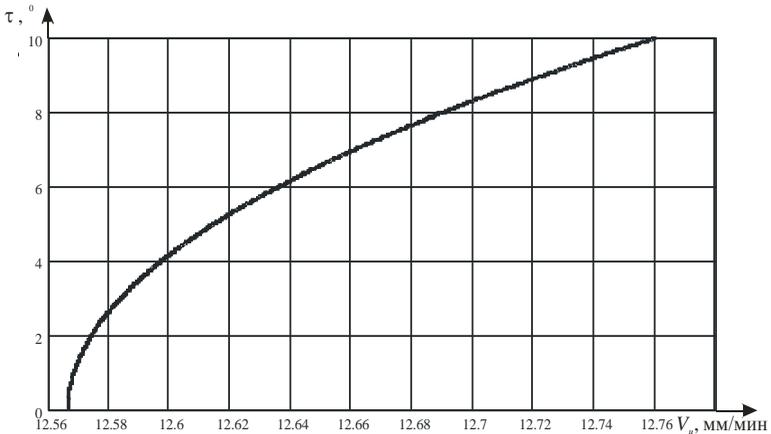


Рис.2. Изменение скорости поступательного движения шлифовального круга

Таким образом, механическая обработка рассмотренных червяков в общем случае станочного зацепления имеет особенности, определенные наличием угла τ .

Следовательно, можно предположить, что увеличение скорости поступательного движения шлифовального круга V_u под влиянием угла τ и увеличение значения самого угла τ приводит к изменению как объема удаляемого при обработке металла, так и интенсивности этого процесса.

Для подтверждения этого предположения проводились расчеты объема металла, который удаляется из заготовки червяка при обработке шлифовальным кругом, а также расчет интенсивности процесса обработки как объема металла, удаляемого в единицу времени.

Расчет объема металла V , удаляемого в процессе обработки червяка, производился на основании методики, изложенной в работе [7]. Расчет производился для обработки червяка с $m=4$ мм, $z_1=1$, $\gamma_1=6^\circ 20' 25''$ шлифовальным кругом с $r_u=150$ мм для значений $\tau_1=0^\circ$, $\tau_1=1^\circ$, $\tau_1=5^\circ$ при длине обработанного участка 80 мм. В результате расчета было установлено, что $V_1=38778$ мм³, $V_2=38818$ мм³, $V_3=39404$ мм³. Таким образом, при обработке расчетного червяка изменение угла τ приводит к увеличению объема удаляемого металла.

Расчет интенсивности процесса обработки dV/dt производился на основании методики, изложенной в работе [7], путем определения движения векторного элемента площади поверхности резания в материале заготовки червяка при формообразовании поверхностью инструмента. Для упрощения интерпретации полученных зависимостей на основе методики,

изложенной в работе [8], было проведено 3D моделирование интенсивности процесса обработки расчетного червяка при постоянном диаметре $d_u=const$ и частоте вращения шлифовального круга $n_u=const$. Расчетные точки расположены через каждые 0,25 оборота червяка. Результаты 3D моделирования интенсивности процесса обработки рассмотренного выше расчетного червяка приведены на рис.3.

Анализ результатов 3D моделирования показывает, что при увеличении угла τ амплитуда колебания объема металла, удаляемого в единицу времени в процессе обработки червяка увеличивается. Средствами снижения амплитуды колебаний есть увеличение расчетного диаметра и частоты вращения шлифовального круга, а также изменение формы припуска под чистовую обработку червяка.

Выводы. Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать вывод, что: 1. На процесс обработки дисковым инструментом червяков с вогнутым профилем витков в общем случае станочного зацепления существенно влияет угол τ между осью заготовки червяка и направлением подачи дискового инструмента; 2. Увеличение угла τ приводит к увеличению скорости поступательного движения дискового инструмента в $1/\cos(\tau)$ раз; увеличивает объем удаляемого при обработке металла и изменяет интенсивность этого процесса; увеличивает амплитуду колебания объема металла, удаляемого в единицу времени при обработке червяка.

Результаты исследований можно применить при выборе размеров шлифовального круга, назначении режимов резания, распределении припусков по операциям при обработке червяка с вогнутым профилем витков.

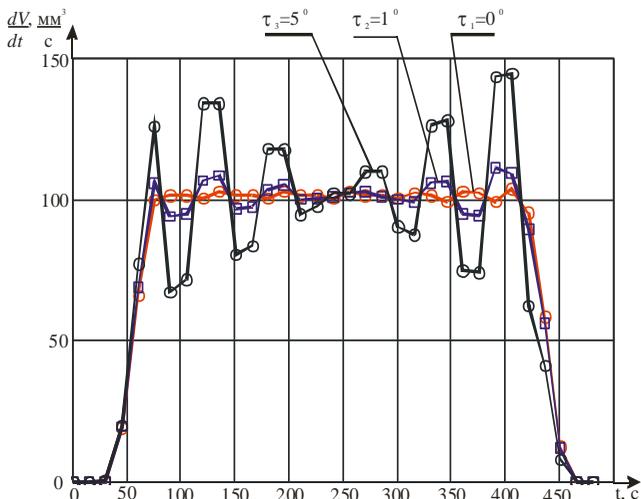


Рис.3. Результаты 3D моделирования.

Список литературы: 1.Надеин В.С., Ковришкин Н.А. Производящая пара для нарезания червячных передач с вогнутым профилем червяка // Проблемы качества и долговечности зубчатых передач и редукторов: Тр.междунар.научн. – техн. конф. – Харьков: ХГПУ. – 1997. – С.68–74. 2.Надеин В.С., Ковришкин М.О. Поверхня витків черв'яка з угнутим профілем нової різновидності // Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету / техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград, 1999. – Вип.№5. – С.152–157. 3.Давыдов Я.С. Образование сопряженных поверхностей в зубчатых передачах по принципу жесткой неконгруэнтной производящей пары // Вестник машиностроения. – 1963. – № 2. – С. 9-13. 4.Гончаров А.М. Повышение точности профилирования червячных фрез с оптимальными передними углами. // Резание и инструмент. – Харьков.– 1990. – №43. – С.64-68. 5.Грицай І.Є. Основи підвищення ефективності процесу нарізання циліндричних зубчастих коліс черв'ячними фрезами: Дис. докт. техн. наук. – Львів, 2003. – 425 с. 6.Производство зубчатых колес. Справочник. Под ред. д-ра техн.наук проф. Б.А.Тайца. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – С. 379-383. 7.Проектирование и расчет металлорежущего инструмента на ЭВМ: учеб. пособие для вузов / О.В.Таратынов, Г.Г.Земсков, Ю.П.Тарамыкин и др.; Под ред. О.В.Таратынова, Ю.П.Тарамыкина. – М.: Высш.шк. – 423 с. 8.Ковришкин М.О.Садченко О.І. Визначення шляхом 3D моделювання об'єму матеріалу, що видаляється при обробці черв'яків з угнутим профілем витків // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград, 2006. – Вип.№17. – С.200–204.

Поступила в редакцію 16.05.2007