

**М.О.Ковришкін, доц., канд. техн. наук, Г.Б. Філімоніхін, проф., д-р техн. наук,
Ю.В.Андрєєв, магістр**

Кіровоградський національний технічний університет

Особливості механічної обробки конічних черв'яків з угнутим профілем витків в загальному випадку верстатного зачеплення

Розглянуто питання про особливості механічної обробки конічних черв'яків з угнутим профілем витків. Виконано розрахунок інтенсивності видалення металу поверхнею дискового інструменту. Наведено результати 3D моделювання інтенсивності видалення металу при обробці конічного черв'яка.
механічна обробка, верстатне зачеплення, конічний черв'як, угнутий профіль

До черв'ячних передач, що використовуються в металорізальних верстатах, пред'являються високі вимоги щодо довговічності, високої кінематичної точності, тонкого регулювання зазору, компенсації зносу та ін. Синтез нових черв'ячних передач відкриває нові напрямки і підходи в розв'язанні наукової задачі підвищення точності і довговічності черв'ячних передач для металорізальних верстатів.

Особливий науковий і практичний інтерес представляє застосування для вузлів металорізальних верстатів черв'ячних передач з угнутим профілем витків черв'яка. Такі передачі відомі своєю високою навантажувальною здатністю, що може практично в два рази перевищувати відповідний показник черв'ячних передач з черв'яками типу ZA та ZI [1]. Однак черв'ячна передача з угнутим профілем витка черв'яка [2], створена на основі способу жорсткої неконгруентної виробної пари (ЖНВП) [3] має ряд особливостей, вплив яких на точність механічної обробки черв'ячних коліс і черв'яків необхідно досліджувати. Тому дослідження, спрямовані на підвищення точності черв'ячних передач з угнутим профілем витків черв'яка є актуальними.

Згідно з [2], першим елементом ЖНВП, що використовується для нарізування черв'ячного колеса, є черв'ячна фреза для нарізування евольвентних зубчастих коліс за ГОСТ 9324. Другим елементом ЖНВП є дисковий інструмент, виробна поверхня якого формується дугами гіпербол однопорожнинних гіперболоїдів обертання, що утворюються при обертанні лінійних твірних евольвентного гелікоїда черв'ячної фрези. Згідно з [2] виробні поверхні черв'ячної фрези і дискового інструмента є неконгруентними.

Особливістю такої черв'ячної передачі є те, що для обробки черв'ячного колеса використовується стандартний інструмент, а шліфувальне коло одночасно обробляє обидві сторони западини витка черв'яка. У загальному випадку верстатного зачеплення гвинтова поверхня черв'яка може мати перемінний крок в осьовому перерізі [2].

У роботі [4] розглянуті питання забезпечення точності та особливості механічної обробки циліндричних черв'яків, проте відповідні дослідження щодо конічних черв'яків не проводилися.

Таким чином, для розв'язання питання про підвищення точності обробки конічних черв'яків з угнутим профілем витків необхідно провести дослідження особливостей їхньої механічної обробки, обумовлених застосуванням способу ЖНВП.

Прийmemo за мету роботи дослідження особливостей механічної обробки конічних черв'яків з угнутим профілем витків у загальному випадку верстатного зачеплення з дисковим інструментом.

Для досягнення мети дослідження вирішимо наступні задачі:

- визначення особливостей механічної обробки конічних черв'яків з угнутих профілем витків;
- дослідження особливостей механічної обробки конічних черв'яків з угнутих профілем витків у загальному випадку верстатного зачеплення з дисковим інструментом.

Для розв'язання першої задачі скористаємося роботою [5], де розглянуто загальний випадок верстатного зачеплення конічного черв'яка з дисковим інструментом. Згідно з [5] при нарізуванні черв'як встановлюють так, щоб твірна початкового конуса розташовувалася в початковій площині H (рис.1).

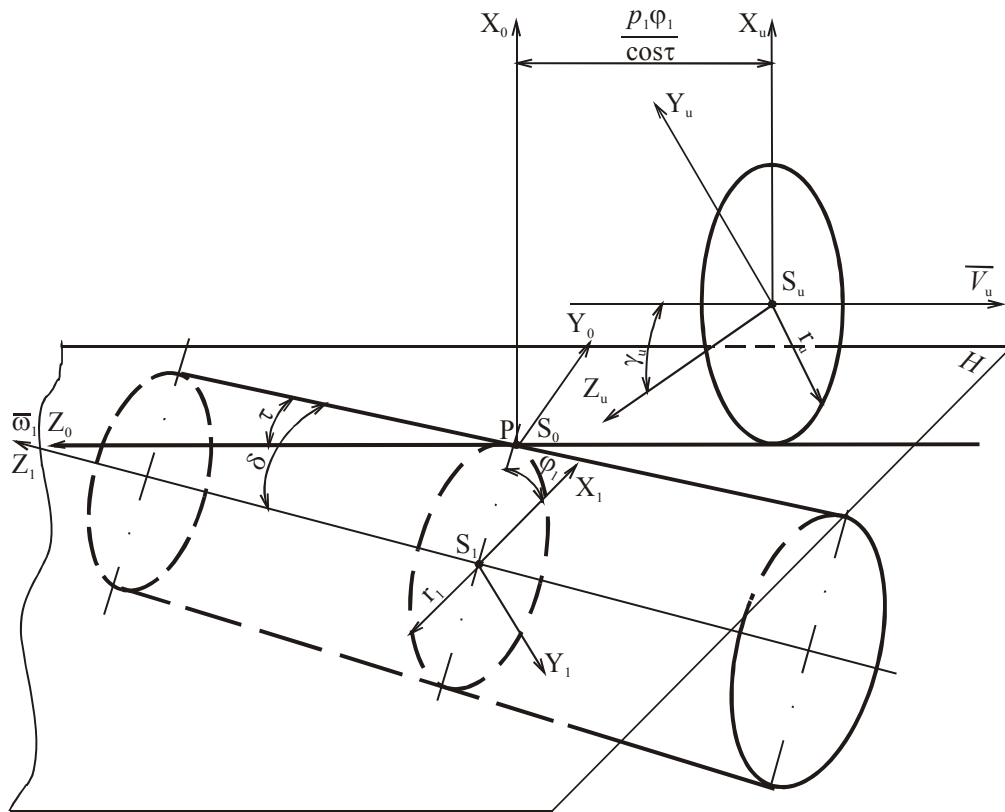


Рисунок 1 – Верстатне зачеплення для нарізання витків конічного черв'яка дисковим інструментом [5]

Початкова площина паралельна вектору швидкості $\vec{V}_u$ переміщення інструмента. Розрахункова точка P верстатного зачеплення розташована в початковій площині. Через точку P проходять розрахункові перетини початкових поверхонь черв'яка та інструмента. Ці перетини перпендикулярні осям початкових поверхонь.

Для інструмента задається радіус r_u окружності розрахункового перетину. В розрахунковому перетині черв'яка задається радіус r_1 та кут γ_1 підйому гвинтової лінії витка. Кут конусу черв'яка дорівнює 2δ . При нарізуванні черв'як обертається навколо своєї вісі з кутовою швидкістю $\bar{\omega}_1$. Згідно з [6] дисковий інструмент рухається вздовж проекції вісі черв'ячної фрези на початкову площину H з швидкістю $\vec{V}_u$. Крім цього дисковий інструмент обертається навколо своєї вісі з кутовою швидкістю $\bar{\omega}_2$.

Вектор $\vec{V}_u$ складає з проекцією вісі черв'яка на початкову площину H кут τ , а з віссю дискового інструмента кут γ_u . Згідно з [6], значення кута τ визначається так:

$$\tau = \gamma_1 - \gamma_u. \quad (1)$$

Таким чином, механічна обробка розглянутих конічних черв'яків у загальному випадку верстатного зачеплення має особливості, визначені наявністю кута τ . Відомі черв'ячні передачі з угнутих профілем витка черв'яка, крім досліджуваної, цього кута не мають, тобто для них $\tau = 0^\circ$.

Отже, можна висунути гіпотезу, що збільшення швидкості поступального руху шліфувального кола $\bar{V}_u$ під впливом кута τ і зміна значення самого кута τ приводить до зміни як обсягу металу, що видаляється при обробці, так і інтенсивності цього процесу.

Для розв'язання другої задачі дослідження та підтвердження наведеної вище гіпотези проводився розрахунок обсягу металу, що видаляється з заготовки черв'яка при обробці шліфувальним колом, а також розрахунок інтенсивності процесу обробки як обсягу металу, що видаляється в одиницю часу.

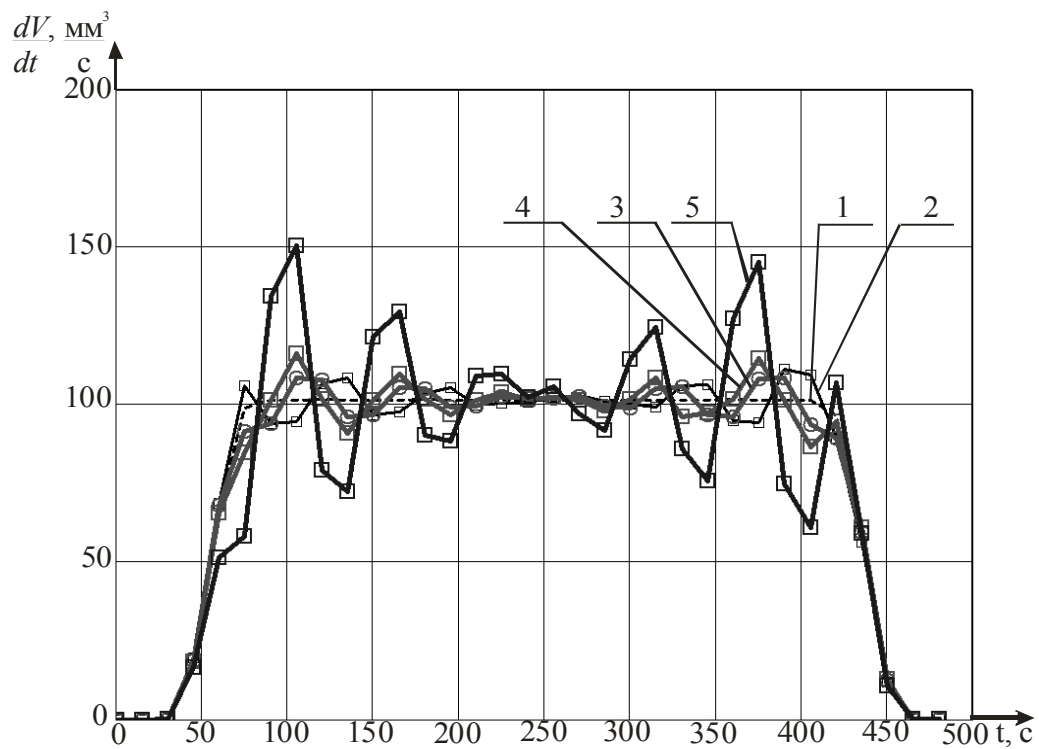
Розрахунок обсягу металу V , що видаляється в процесі обробки конічного черв'яка, здійснювався на підставі методики, викладеної в роботі [7]. Для забезпечення можливості порівняння результатів цього дослідження та досліджень, виконаних в роботі [4], розрахунок проводився для обробки черв'яка з $m = 4$ мм, $z_1 = 1$, $\gamma_1 = 6^\circ 20' 25''$ шліфувальним колом з $r_u = 150$ мм для значень $\tau = 0^\circ$, $\tau = 1^\circ$, $\tau = 5^\circ$, при $\delta = 0^\circ$, $\delta = 1^\circ$, $\delta = 5^\circ$ для кожного з τ та довжині обробленої ділянки 80 мм. Результати розрахунків наведені в табл.1.

Таблиця 1 – Обсяг металу, що видаляється при обробці розрахункового черв'яка

Кут $\gamma_u, ^\circ$	Кут $\tau, ^\circ$	Кут $\delta, ^\circ$	$V, \text{мм}^3$
$6^\circ 20' 25''$	0°	0°	38778
$6^\circ 20' 25''$	0°	1°	38607
$6^\circ 20' 25''$	0°	5°	38468
$5^\circ 20' 25''$	1°	0°	38818
$5^\circ 20' 25''$	1°	1°	38601
$5^\circ 20' 25''$	1°	5°	38470
$1^\circ 20' 25''$	5°	0°	39404
$1^\circ 20' 25''$	5°	1°	38909
$1^\circ 20' 25''$	5°	5°	38898

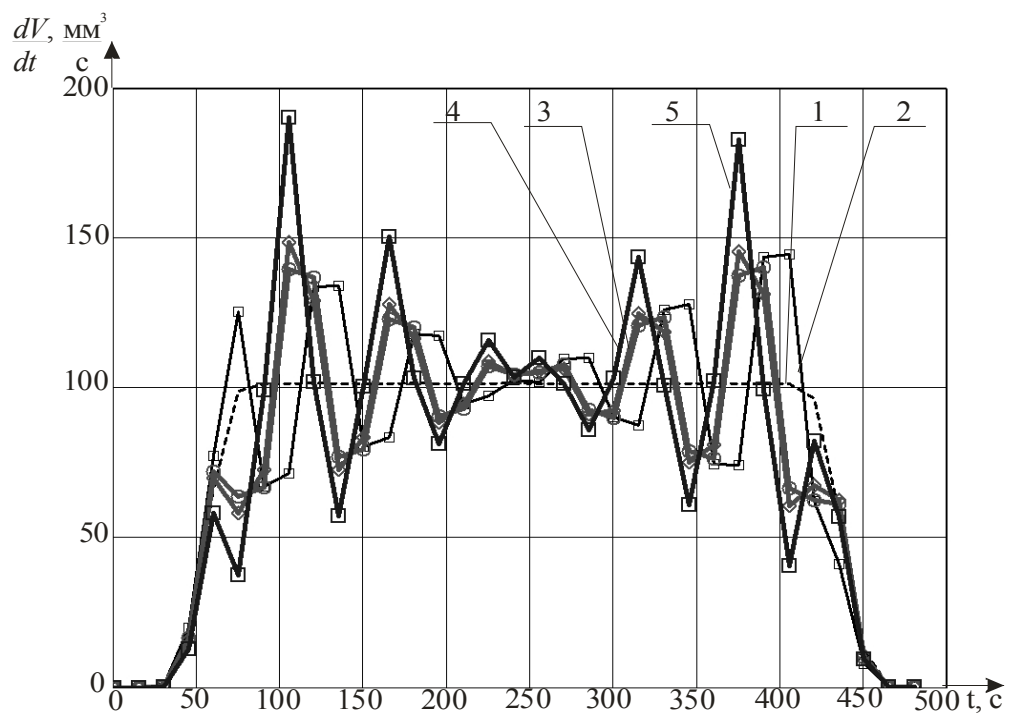
Аналіз табл.1 показує, що при обробці розрахункового конічного черв'яка зміна кута τ приводить до зменшення обсягу металу, що видаляється.

Розрахунок інтенсивності процесу механічної обробки dV/dt проводився на основі методики, викладеної в роботі [7], шляхом визначення руху векторного елемента площі поверхні різання в матеріалі заготовки конічного черв'яка при формоутворенні поверхнею дискового інструмента. Для спрощення інтерпретації отриманих залежностей на основі методики, викладеної в роботі [8], було проведено 3D моделювання інтенсивності процесу обробки розрахункового черв'яка при постійному радіусі $r_u = \text{const}$ і частоті обертання шліфувального кола $n_u = \text{const}$. Розрахункові точки розташовані через кожні 0,25 оберту черв'яка. Результати 3D моделювання інтенсивності процесу механічної обробки розглянутих вище конічних черв'яків з $\tau = 1^\circ$ приведені на рис.2, а для конічних черв'яків з $\tau = 5^\circ$ – на рис.3.



- 1 – циліндричний черв'як типу ZA;
 2 – циліндричний черв'як з $\tau = 1^\circ$;
 3,4,5 – конічні черв'яки з $\tau = 1^\circ$ та з $\delta = 0^\circ$, $\delta = 1^\circ$, $\delta = 5^\circ$ відповідно

Рисунок 2 – Результати 3D моделювання інтенсивності процесу механічної обробки



- 1 – циліндричний черв'як типу ZA;
 2 – циліндричний черв'як з $\tau = 5^\circ$;
 3,4,5 – конічні черв'яки з $\tau = 5^\circ$ та з $\delta = 0^\circ$, $\delta = 1^\circ$, $\delta = 5^\circ$ відповідно

Рисунок 3 – Результати 3D моделювання інтенсивності процесу механічної обробки

Аналіз результатів 3D моделювання, наведених на рис.2 та рис.3 показує, що при збільшенні кута δ амплітуда коливання обсягу металу, що видаляється в одиницю часу в процесі механічної обробки конічного черв'яка, збільшується. Кут δ більше ніж кут τ впливає на амплітуду коливання обсягу металу.

Таким чином, в результаті проведених досліджень було встановлено, що:

– на процес механічної обробки дисковим інструментом конічних черв'яків з угнутим профілем витків у загальному випадку верстатного зачеплення істотно впливає як кут δ так і кут τ ;

– збільшення кута δ :

1) зменшує обсяг металу, що видаляється при механічній обробці;

2) збільшує амплітуду коливання обсягу металу, що видаляється в одиницю часу при обробці конічного черв'яка;

– збільшення кута τ :

1) збільшує обсяг металу, що видаляється при механічній обробці;

2) збільшує амплітуду коливання обсягу металу, що видаляється в одиницю часу при обробці конічного черв'яка, але в меншому ступеню ніж збільшення кута δ .

Результати досліджень можна застосувати при виборі розмірів шліфувального кола, призначенні режимів різання, розподілі припусків по операціях при обробці конічних черв'яків з угнутим профілем витків.

Список літератури

1. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. – М.: Наука, 1968. – 584 с.
2. 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.
3. Давыдов Я.С. Образование сопряженных поверхностей в зубчатых передачах по принципу жесткой неконгруэнтной производящей пары//Вестник машиностроения. – 1963.–№2. – С.9-13.
4. Ковришкин Н.А., Садченко О.И. Особенности обработки червяков с вогнутым профилем в общем случае станочного зацепления // Проблемы качества и долговечности зубчатых передач, редукторов, их деталей и узлов: Тр.междунар.научн. – техн. конф. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2007. – С.167–172.
5. Ковришкін М.О., Боголюбов С.В. Верстатне зачеплення для обробки дисковим інструментом витків конічного черв'яка з угнутим профілем // Наукові записки – Вип.4. – Кіровоград: КДТУ, 2003. – С.79–83.
6. Ковришкін М.О. Поверхня витків конічного черв'яка з угнутим профілем утворена дисковим інструментом // Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація./ – Вип.12. – Кіровоград: КДТУ, 2003. – С.179–185.
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. Ковришкін 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.

Рассмотрен вопрос об особенностях механической обработки конических червяков с вогнутым профилем витков. Выполнен расчет интенсивности удаления металла поверхностью дискового инструмента. Приведены результаты 3D моделирования интенсивности удаления металла при обработке конического червяка.

The question on features of machining of conic worms with concave profile is 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 conic worm.