

БАГАТОПРОХІДНЕ ОБРОБЛЕННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ЧЕРВ'ЯЧНИМИ ЗУБОРІЗНИМИ ФРЕЗАМИ

В работе приведены разные способы много проходной обработки зубчатых колес различными формами исходных инструментальных реек, сопряженных с обрабатываемым зубчатым колесом. Рассмотрены новые способы двух проходной обработки, что направлены на повышение производительности обработки зубчатых колес и увеличения стойкости червячных фрез, за счет замены схемы резания и профиля режущих кромок.

The paper shows different ways of multiple-pass machining of gears with different forms of initial rack-type tools coupled with processed gears. New ways of double-pass machining that are aimed at improving the productivity of processing of gears and at increase of worm gear hobs at the expense of cutting pattern and cutting edge profile have been considered.

Спосіб фрезерування зубчастих коліс черв'ячними фрезами має широке розповсюдження в промисловості завдяки своїй універсальності високої продуктивності і точності [1, 2, 3]. При виготовленні зубчастих коліс порівняно великого модуля використовують двох прохідне їх оброблення.

В статті наведені різні способи багато прохідного оброблення зубчастих коліс різними формами вихідних інструментальних рейок, спряжених з оброблюваним зубчастим колесом. Розглянуті нові способи двох прохідного оброблення, що спрямовано на підвищення продуктивності оброблення зубчастих коліс та підвищення стійкості черв'ячних фрез за рахунок заміни схеми різання і профілю різальних кромок.

Саме заміна схеми різання кромок і профілю різальних кромок є основним із напрямків удосконалення конструкцій черв'ячних фрез [2] і розглядається в даній статті.

Способи багато прохідного оброблення зубчастих коліс черв'ячними фрезами

Вихідна інструментальна поверхня черв'ячної фрези визначається, як огинаюча прямозубої рейки спряженої з заданим зубчастим колесом. Задане евольвентне зубчасте колесо має велику кількість спряжених з ним прямозубих рейок, з різними кутами профілю і різними кроками. Це дозволяє для обробки заданого зубчастого колеса використовувати різні черв'ячні фрези. Розміри профілю вихідного черв'яка черв'ячної фрези в нормальному перерізі за звичай приймають рівним розміру прямозубої рейки, спряженої з колесом, що нарізається. Схеми способів двох прохідного оброблення зубчастих коліс наведені в таблиці 1.

Недоліком першого способу є те, що при другому проході працюють бокові різальні кромки на їх повну довжину, що знижує працездатність інструменту.

З метою підвищення продуктивності в відповідності з другим способом були розроблені для двох прохідного оброблення різні черв'ячні фрези з $\alpha_0=20^\circ$, подібно стандартним інструментам, зі зменшеною висотою профілю зуба, що дозволило використовувати фрези з збільшеною кількістю зубів в порівнянні із стандартними черв'ячними фрезами і за цей рахунок підвищилась продуктивність оброблення. Недоліком зазначеного способу двох прохідного фрезерування зубчастих коліс є малі величини задніх кутів на бічних різальних кромках, що приводить до підвищеного зносу зубів фрези.

Більш прогресивним є третій спосіб двох прохідного оброблення зубчастих коліс, двома різними черв'ячними зуборізними фрезами. Перевагою цього способу є більш доцільна схема зрізування припуску, збільшення задніх кутів на бокових різальних кромках черв'ячної фрези першого проходу, можливість збільшення продуктивності за рахунок збільшення числа зубів інструменту.

Зменшення профільного кута другого проходу приводить до збільшення довжини активної лінії зачеплення фрези та оброблюваного колеса і відповідно до підвищення точності евольвентного профілю зубчастого колеса за рахунок зменшення огранки. Проте зменшення кута профілю до $10^\circ-15^\circ$ суттєво знижує величини задніх кутів на бічних різальних кромках, що знижує працездатність інструмента.

Таблиця 1.

Способи двох прохідного оброблення зубчастих коліс черв'ячними фрезами.

№ способу	Перший прохід	Другий прохід
1 рис 1.а	Оброблення стандартними фрезами з кутом профілю α^0 з вибраними розмірами зрізаного шару.	Оброблення стандартними фрезами з кутом профілю α^0 з вибраними розмірами зрізаного шару.
2 рис 1.б	Оброблення стандартними фрезами з кутом профілю α^0 з зменшеною висотою профілю зуба фрези, що відповідає головці зуба.	Оброблення стандартними фрезами з кутом профілю α^0 з зменшеною висотою профілю зуба фрези, що відповідає ніжці зуба.
3 рис 1.в	Оброблення фрезами з збільшеними кутами профілю $\alpha_{01}=25-30^0$ з зменшеною висотою профілю зуба фрези, що відповідає головці зуба.	Оброблення фрезами з зменшеними кутами профілю $\alpha_{02}=10-15^0$ з зменшеною висотою профілю зуба фрези, що відповідає ніжці зуба.

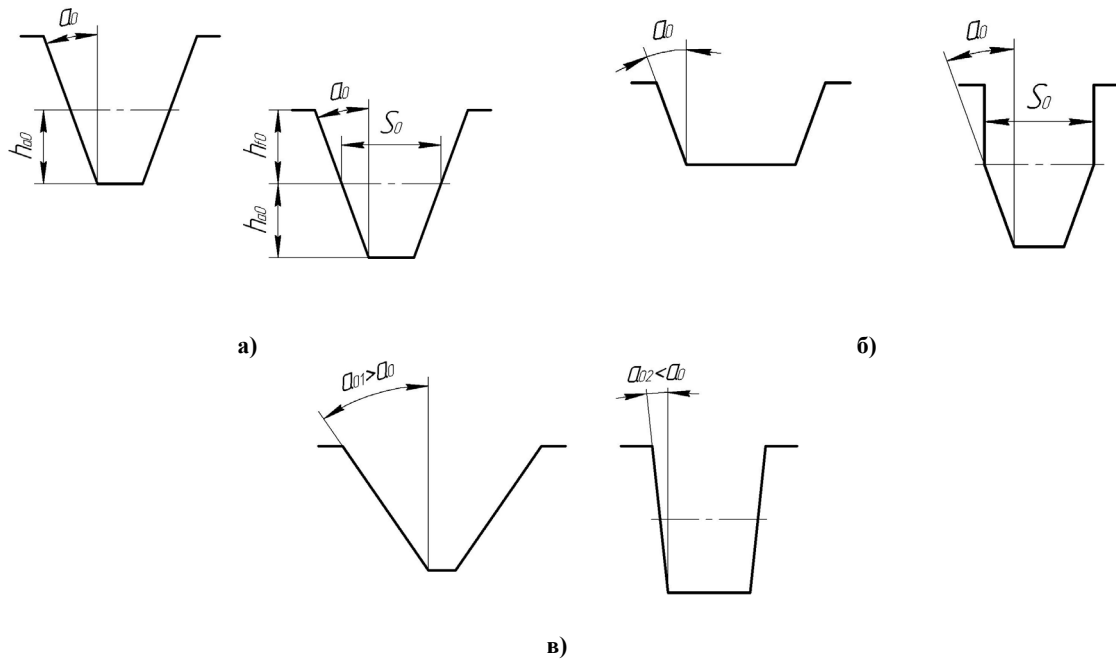


Рис. 1. Схеми двох прохідного оброблення зубчастих коліс.

При різних способах двох прохідного оброблення зубчастих коліс черв'ячними фрезами розглянемо форми їх профілів при виготовленні не коригованих прямозубих зубчастих коліс модулем m з числом зубів Z .

Визначення форми профілів зуборізної рейки черв'ячних фрез В відповідності з першим способом при двох параметричному обробленні зубчастих коліс стандартними черв'ячними фрезами кут профілю вихідної зуборізної рейки приймається рівним $\alpha_0=20^0$. Висота головки h_{a0} та ніжки h_{f0} зуба дорівнює $h_{a0}=h_{f0}=1,25 m$. Радіус ділильного кола r_0 дорівнює $r_0= mZ$. Радіус основного кола r_b дорівнює $r_b= r_0 \cos \alpha$. Товщина зуба $S_0 = \frac{\pi m}{2}$, крок зубів $p_0=mZ$ [1, 2].

При другому способі висота зубів фрез вибирається відповідно $h_0=1,25m$ і відповідно вибирається [4].

Третій спосіб двох прохідного нарізання зубчастих коліс передбачає різні величини кутів профілю вихідної зуборізної рейки.

Визначимо розміри профілю зуборізної рейки для першого проходу, прийнявши збільшене значення кута профілю α_{01} . Радіус r_1 початкового кола спряженого з початковою прямою рейки, дорівнює (рис. 2.): $r_1 = r_b / \cos \alpha_1$.

Товщина зуба S_1 вихідної інструментальної рейки визначається за залежністю: $S_1 = S_0 + 2r_1(\text{inv} \alpha_1 - \text{inv} \alpha_0)$.

Ширина f_1 вершини різальної кромки дорівнює: $f_1 = S_1 - h_{a01} \operatorname{tg} \alpha_1$,

де h_{a01} – вибрана висота головки зуба, яка приймається $h_{a01} = r_1 - r_0$.

При проектуванні черв'ячної фрези для першого проходу можна вибирати ширину f_1 для вершинної різальної кромки та відповідно визначати висоту h_{a01} , за залежністю: $h_{a01} = \frac{S_1 - f_1}{\operatorname{tg} \alpha_1}$.

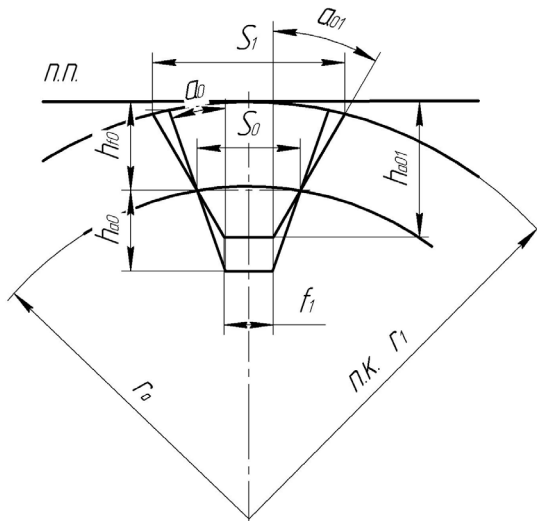


Рис. 2. Визначення розміри профілю зуборізної рейки для першого проходу

Аналогічно визначаються розміри вихідної інструментальної зуборізної рейки для другого проходу при прийнятому зменшеному куту. При другому проході кут профілю вихідної зуборізної рейки α_{02} можна приймати рівним $\alpha_0 = 20^\circ$.

Для прикладу розраховано геометрію різальної кромки черв'ячних фрез в кінематичній системі координат [6] 1-ого та 2-ого проходів за першим та третім способом табл. 1., нарізалися зубчасті колеса модулем 10, кількість зубів 50, к-т зміщення колеса $x=0$. Параметри фрез та їх установки за першим способом: зовнішній діаметр 150 мм, гвинтові стружечні канавки, кут вихідної інструментальної рейки 20° , інструментальний задній кут 10° ,

інструментальний передній кут 0 , зустрічна подача $S=2$ мм/об, глибина установки фрези на першому проході $m=10$ мм, зуби фрези знаходяться в момент найбільшого врізання в заготовку, розрахунки наведені на рис. 3. для переднього кінематичного кута.

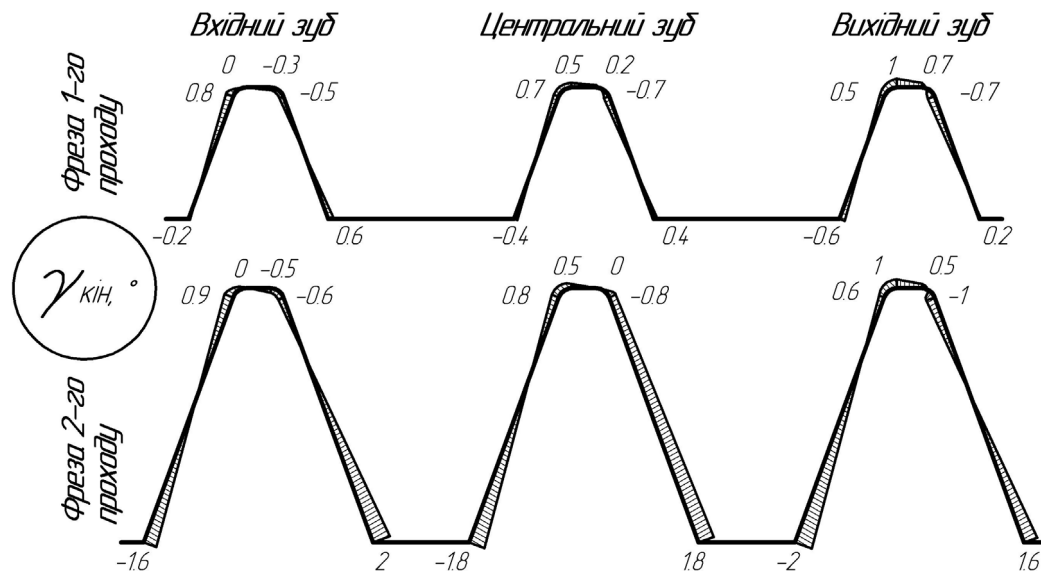


Рис. 3. Епюра розподілу передніх кінематичних кутів по профілю зуба фрези для фрез першого проходу та другого проходу за першим способом двох прохідного зубофрезерування табл. 1.

Для заднього кінематичного кута для фрез першого проходу та другого проходу за першим способом двох прохідного зубофрезерування табл. 1. розрахунки наведені на рис. 4.

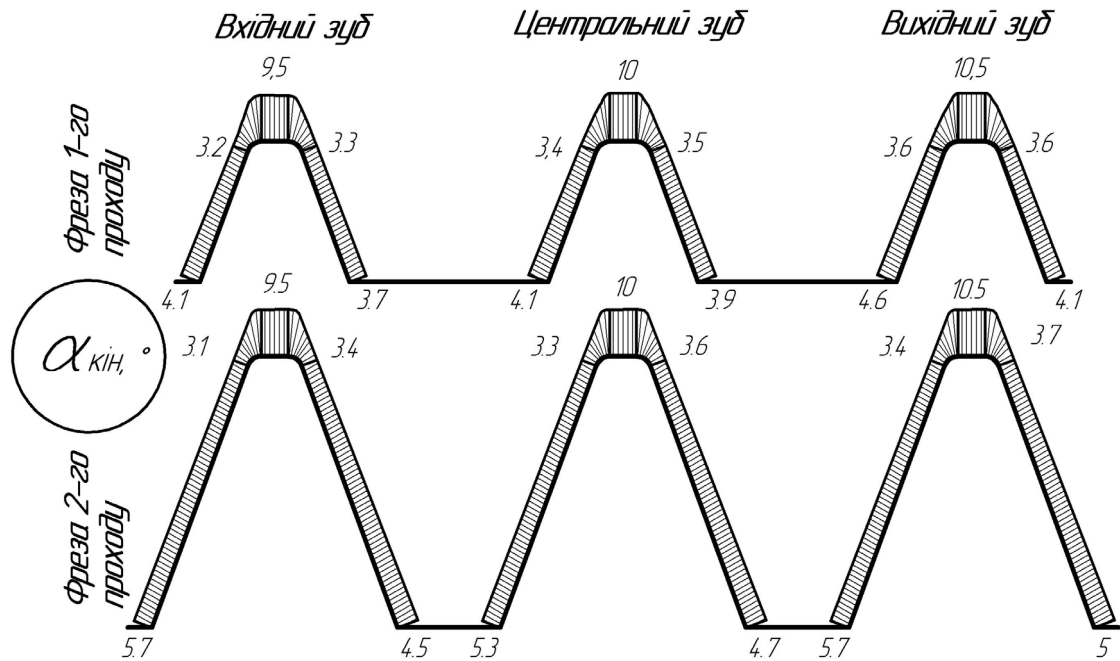


Рис. 4. Епюра розподілу задніх кінематичних кутів по профілю зуба фрези для фрез першого проходу та другого проходу за першим способом двох прохідного зубофрезерування табл. 1.

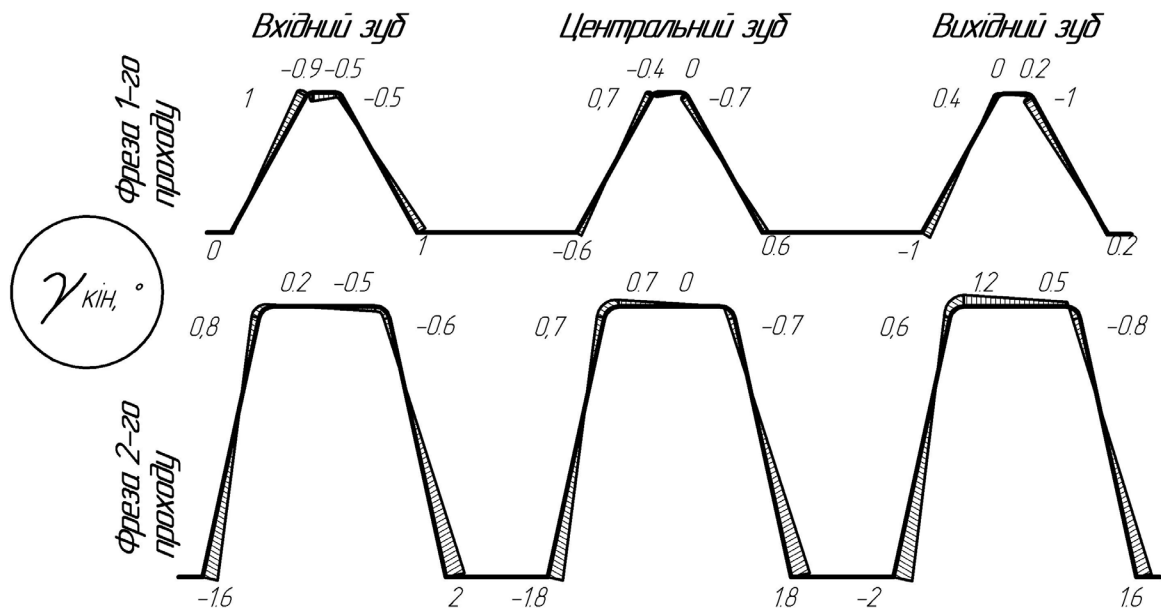


Рис. 5. Епюра розподілу передніх кінематичних кутів по профілю зуба фрези для фрез першого проходу та другого проходу третім способом двох прохідного зубофрезерування табл. 1, кут вихідної інструментальної рейки – фрези першого проходу – 40° , фрези другого проходу – $14,5^\circ$

Параметри фрез та їх установки за третім способом двох прохідного зубофрезерування табл. 1.: зовнішній діаметр 150 мм, гвинтові стружечні канавки, кут вихідної інструментальної рейки – фрези першого проходу – 40° , фрези другого проходу – $14,5^\circ$, інструментальний задній кут 10° , інструментальний передній кут 0, зустрічна подача $S=2$ мм/об, глибина установки фрези на першому проході $m=10$ мм, зуби фрези знаходяться в момент найбільшого врізання в заготовку, розрахунки наведені на рис. 5. для переднього кінематичного кута.

Для заднього кінематичного кута для фрез першого проходу та другого проходу за першим способом двох прохідного зубофрезерування табл. 1. розрахунки наведені на рис. 6.

Як показали розрахунки геометрії різальної частини черв'ячних фрез в кінематичній системі координат при

двох похідному фрезеруванню значення задніх бічних кутів різальної частини фрези зі збільшеним кутом профілю має більші значення в порівнянні з стандартною фрезою, що доцільним при першому проході на якому видаляється більша частина припуску на оброблення зубчастого колеса, що є доцільним для збільшення продуктивності цього процесу, та підвищення стійкості інструменту. Однак фреза другого проходу з зменшеним кутом профілю має менш сприятливу геометрію на задній поверхні бічних кромки в порівнянні з стандартною фрезою, про те враховуючи, що основний припуск матеріалу був зняти фрезою першого проходу то зниження стійкості інструменту буде незначне, але повинна підвищитись точність профілю колеса за рахунок збільшення довжини активної лінії профілювання таких фрез в порівнянні з стандартними.

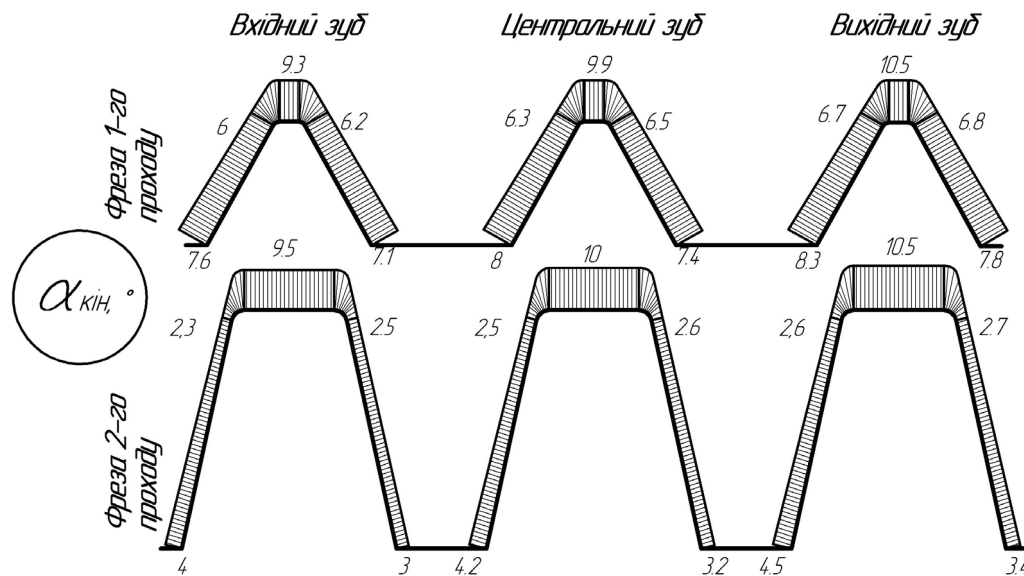


Рис. 6. Епюра розподілу задніх кінематичних кутів по профілю зуба фрези для фрез першого проходу та другого проходу за третім способом двох прохідного зубофрезерування табл. 1, кут вихідної інструментальної рейки – фрези першого проходу – 40° , фрези другого проходу – $14,5^\circ$

Висновки

Розроблені способи двох прохідного оброблення зубчастих коліс різними зуборізними фрезами. В загальному випадку для першого проходу використовуються фрези зі зменшеною висотою зубів та збільшеним кутом профілю зуборізної рейки, для другого проходу фреза із зменшеним кутом профілю. Визначені розміри профілів вихідної інструментальної зуборізної рейки при різних способах багато прохідного оброблення, при першому та другому проходах.

Список літератури

1. Родин П.Р. Основы проектирования режущих инструментов: учеб. для студентов машиностроительных специальностей – К.: Высш. шк. 1990. – 421с.
2. Родін П.Р., Равська Н.С., Ковальова Л.І. Різальний інструмент в прикладах і задачах: навчальний посібник. – К.: Вища школа 1994р.- 293с.
3. Формоутворення черв'ячних зуборізних фрез./ Богуслаєв В.О., Равська Н.С., Качан О.Я., Балушок К.Б., Мозговий В.Ф., Охріменко О.А. - Запоріжжя, вид. ВАТ «Мотор Січ», 2007р. – 179с.
4. Грицай І.Є. Основы підвищення ефективності процесу нарізання циліндричних зубчастих коліс черв'ячними фрезами: Дис. на здобуття ступеня доктора техн. Наук. – Львів, 2003. – 421с.
5. Грицай І.Є. Теоретико - прикладні основи комплексних наукових досліджень процесу нарізання зубчастих коліс. – Львів: СПОЛОМ 2009р.- 254с.
6. Равська Н.С., Ніколаєнко Т.П., Охріменко О.А. Геометрія різальної частини черв'ячних фрез. //Вісник ЖІТІ. - Житомир, 2003. - Вип.№3(27). - С.101-106.
7. Медведицков С.Н. Высокопроизводительное зубонарезание фрезами. - М.: Машиностроение, 1981. - 104 с
8. Сидоренко А.К., Адам Я.И., Овумян Г.Г. Производство крупных зубчатых передач. –М.-К.:Машгиз, 1961-156с