

КОМП'ЮТЕРЕНЕ 3D МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОМЕТРІЇ ЗРІЗІВ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ФРЕЗИ

Грицай І., д.т.н., проф., Топчій В., к.т.н., доц., Кук А.М., к.т.н., доц.
НУ «Львівська політехніка»

Зубасті колеса та передачі є невід'ємними складовими сучасних машин, а обсяги їх щорічного виробництва в різних галузях машинобудування складають мільйони одиниць. Основним способом нарізання зубчастих коліс в усіх організаційно-технічних типах виробництва у наш час є зубофрезерування коліс черв'ячними модульними фрезами.

Цей процес належить до найскладніших процесів різання та формоутворення, який поєднує чотири кінематичних рухи – обертання фрези, її осьову подачу, обертання заготовки та конструктивний рух – переміщення різальних елементів фрези, розташованих на гвинтовій поверхні основного черв'яка, вздовж осі фрези. Складність моделювання полягає у тому, що поверхня різання неперервно змінює своє розташування та форму стосовно зубців фрези. Ця поверхня формується на заготовці, як деяка перехідна поверхня між ще необробленою поверхнею та частково обробленою впадиною між зубцями колеса, яке нарізають. Участь у її утворенні беруть усі зубці, які здійснювали різання за весь час, що передувало певному моменту. Неперервна зміна форми та розмірів перехідної поверхні визначає форму та розміри стружок і параметри перерізу зрізів зубців та лез інструменту, а її відтворення є основою для правильної кількісної оцінки параметрів зрізів окремих лез та зубців фрези. У свою чергу, повна та достовірна інформація про перерізи зрізів і форму та розміри шарів металу, які зрізаються в процесі зубофрезерування, є основою для розрахунку та аналізу сил різання, тертя, теплових процесів, коливань та вібрацій тощо.

З огляду на розповсюдження та значення даного процесу у сучасному машинобудуванні, його моделюванню присвячені праці низки авторів, зокрема, [1, 2]. Перевагою цих праць є представлення кінематики процесу траєкторією руху окремого зубця в обертанні навколо осі фрези, а також відтворення руху зубців, які передували різанню даного зубця в положеннях по осьовій подачі. Проте цей підхід автори не поширюють на обкочування, яке є частиною кінематики процесу зубофрезерування; у вказаних працях цей рух розглядається як «позиції генерування» у виді перерізу траєкторії зубця площиною міжцентрового перпендикуляру. Попри позитивні ідеї, які містять ці дослідження, вони не дають змоги повною мірою та адекватно відтворити перехідну поверхню і параметри зрізуваних шарів.

Базуючись на відомих підходах створено методику оцінки процесу різання черв'ячною фрезною, яка усуває вказані недоліки. Якщо описати геометрію сліду зубця в русі різання, то цей слід буде окреслений його контуром в повороті відносно осі фрези; цю поверхню визначено як «тороїд» з індексом «*i*» (рис.1, а). У будь-якому положенні фрези та колеса тороїд окремого зубця фрези обмежений зовнішньою циліндричною поверхнею заготовки та

попередньо сформованою поверхнею западини між зубцями колеса, яка після певного часу врзання виявляється сформована [3, 4]:

1 - зубцем, попереднім стосовно даного (i -го), по осьовій подачі на зуб s_z тобто, зубець, найближчий до даного на гвинтовій поверхні, який вже здійснив різ. Траєкторія-тороїд цього зубця зміщено по осі фрези на величину одиничного лінійного переміщення Δx гвинтової поверхні черв'яка фрези: $\Delta x p / z_\phi = \pi t / z_\phi$ у напрямку, протилежному до переміщення гвинтової поверхні черв'яка та повернуто на одиничний кут профілювального різання в напрямку обертання зубчастого колеса, де p – крок фрези та колеса; z_k, z_ϕ – відповідно, кількість зубців колеса та фрези; його індекс ($i-1$) $_\psi$;

2 - даним (i -м зубцем), коли він прорізає цю западину в його попередньому по осьовій подачі фрези положенні: його тороїд зміщуємо у напрямку, зворотному до вектора осьової подачі, на величину осьової подачі s_o ; його індекс ($i-1$) $_S$;

3 - попереднім до цього зубця зубцем на гвинтовій лінії, його тороїд повернуто на кут ψ у напрямку, зворотному до обертання колеса, його індекс: ($i-1$) $_S \psi$.

Об'єднання в просторі (композиція) усіх чотирьох тороїдів: « i », «($i-1$) $_\psi$ », «($i-1$) $_S$ » та «($i-1$) $_S \psi$ » формує поверхню різання цього зубця, перехідну поверхню і об'ємний контур стружки, яку зрізає i -й зубець фрези, що розташований на певній віддалі від міжосьового перпендикуляра (рис 1,б).

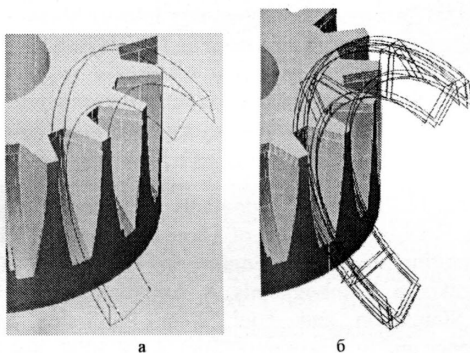


Рис.1. Траєкторія руху - тороїд окремого зубця фрези (а) та композиція з тороїдів, які формують поверхню різання цього зубця (б)

На рис.2 наведено схему, на якій цифрами -5, -4, ...3 позначені ділянки робочої зони, в яких було визначено форму стружок, які зрізають зубці фрези, розташовані на віддальх, кратних $3\Delta x$ відносно міжосьового перпендикуляру (від'ємний знак відповідає вхідній частині фрези) та геометричні 3D моделі стружок у цих позиціях; побудова виконана в системі AutoCad.

Вказана методика визначення форми та розмірів перехідних поверхонь і стружки, розроблена для черв'ячного зубофрезерування, може бути

використана для аналізу та оцінки інших процесів нарізання зубчастих коліс та складних поверхонь, які відбуваються в умовах неперервного обточування: нарізання черв'ячних коліс, циліндричних та конічних коліс з гвинтовими зубцями, шліцевих поверхонь тощо.

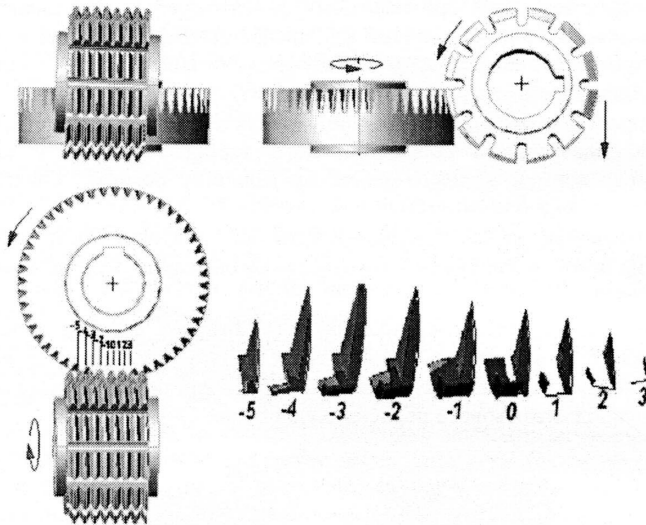


Рис.2. Позиції зубців черв'ячної фрези, в яких визначено форму стружок та 3D моделі стружок у цих позиціях

Література:

1. V. Dimitriou, N.Vidakis, A Antoniadis. Advanced Computer Aided Design Simulation of Gear Hobbing by Means of Three-Dimensional Kinematics Modeling: Journal of Manufacturing Science and Engineering OCTOBER 2007, Vol. 129 / 911.
2. K.-D. Bouzakis, S. Kombogiannis, A. Antoniadis, N. Vidakis. Gear Hobbing Cutting Process Simulation and Tool Wear Prediction Models: Journal of Manufacturing Science and Engineering FEBRUARY 2002, Vol. 124 Õ 43.
3. Грицай І.Є. Моделювання параметрів зрізів, сил та моментів під час нарізання зубчастих коліс черв'ячними фрезами. Машинознавство. N7, 1998. С.19-23.
4. Грицай І.Є. Ситнік В.В.Силове поле шнекової зуборізної фрези та його кількісна оцінка. Оптимізація вироб. проц. та технічний контроль в машинобуд. Вісник ДУ"ЛП". Вип.371, 1999. - С.3-13.